User's Manual

CubeSuite+ V1.00.00

統合開発環境

ユーザーズマニュアル　78K0 コーディング編

対象デバイス

78K0 マイクロコントローラ

ルネサス エレクトロニクス
www.renesas.com

Rev.1.00　2011.04

ご注意書き

1. 本資料に記載されている内容は本資料発行時点のものであり、予告なく変更することがあります。当社製品のご購入およびご使用にあたりましては、事前に当社営業窓口で最新の情報をご確認いただきますとともに、当社ホームページなどを通じて公開される情報に常にご注意ください。
2. 本資料に記載された当社製品および技術情報の使用に関連し発生した第三者の特許権、著作権その他の知的財産権の侵害等に関し、当社は、一切その責任を負いません。当社は、本資料に基づき当社または第三者の特許権、著作権その他の知的財産権を何ら許諾するものではありません。
3. 当社製品を改造、改変、複製等しないでください。
4. 本資料に記載された回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報は、半導体製品の動作例、応用例を説明するものです。お客様の機器の設計において、回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報を使用する場合には、お客様の責任において行ってください。これらの使用に起因しお客様または第三者に生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
5. 輸出に際しては、「外国為替及び外国貿易法」その他輸出関連法令を遵守し、かかる法令の定めるところにより必要な手続を行ってください。本資料に記載されている当社製品および技術を大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用の目的その他軍事用途の目的で使用しないでください。また、当社製品および技術を国内外の法令および規則により製造・使用・販売を禁止されている機器に使用することができません。
6. 本資料に記載されている情報は、正確を期すため慎重に作成したものですが、誤りがないことを保証するものではありません。万一、本資料に記載されている情報の誤りに起因する損害がお客様に生じた場合においても、当社は、一切その責任を負いません。
7. 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」、「高品質水準」および「特定水準」に分類しております。また、各品質水準は、以下に示す用途に製品が使われることを意図しておりますので、当社製品の品質水準をご確認ください。お客様は、当社の文書による事前の承諾を得ることなく、「特定水準」に分類された用途に当社製品を使用することができません。また、お客様は、当社の文書による事前の承諾を得ることなく、意図されていない用途に当社製品を使用することができません。当社の文書による事前の承諾を得ることなく、「特定水準」に分類された用途または意図されていない用途に当社製品を使用したことによりお客様または第三者に生じた損害等に関し、当社は、一切その責任を負いません。なお、当社製品のデータ・シート、データ・ブック等の資料で特に品質水準の表示がない場合は、標準水準製品であることを表します。

   標準水準： コンピュータ、OA 機器、通信機器、計測機器、AV 機器、家電、工作機械、パーソナル機器、産業用ロボット

   高品質水準： 輸送機器（自動車、電車、船舶等）、交通用信号機器、防災・防犯装置、各種安全装置、生命維持を目的として設計されていない医療機器（厚生労働省定義の管理医療機器に相当）

   特定水準： 航空機器、航空宇宙機器、海底中継機器、原子力制御システム、生命維持のための医療機器（生命維持装置、人体に埋め込み使用するもの、治療行為（患部切り出し等）を行うもの、その他直接人命に影響を与えるもの）（厚生労働省定義の高度管理医療機器に相当）またはシステム等
8. 本資料に記載された当社製品のご使用につき、特に、最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他諸条件につきましては、当社保証範囲内でご使用ください。当社保証範囲を超えて当社製品をご使用された場合の故障および事故につきましては、当社は、一切その責任を負いません。
9. 当社は、当社製品の品質および信頼性の向上に努めておりますが、半導体製品はある確率で故障が発生したり、使用条件によっては誤動作したりする場合があります。また、当社製品は耐放射線設計については行っておりません。当社製品の故障または誤動作が生じた場合も、人身事故、火災事故、社会的損害などを生じさせないようお客様の責任において冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計等の安全設計およびエージング処理等、機器またはシステムとしての出荷保証をお願いいたします。特に、マイコンソフトウェアは、単独での検証は困難なため、お客様が製造された最終の機器・システムとしての安全検証をお願いいたします。
10. 当社製品の環境適合性等、詳細につきましては製品個別に必ず当社営業窓口までお問合せください。ご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制する RoHS 指令等、適用される環境関連法令を十分調査のうえ、かかる法令に適合するようご使用ください。お客様がかかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関して、当社は、一切その責任を負いません。
11. 本資料の全部または一部を当社の文書による事前の承諾を得ることなく転載または複製することを固くお断りいたします。
12. 本資料に関する詳細についてのお問い合わせその他お気付きの点等がございましたら当社営業窓口までご照会ください。

注 1. 本資料において使用されている「当社」とは、ルネサス エレクトロニクス株式会社およびルネサス エレクトロニクス株式会社がその総株主の議決権の過半数を直接または間接に保有する会社をいいます。

注 2. 本資料において使用されている「当社製品」とは、注 1 において定義された当社の開発、製造製品をいいます。

このマニュアルの使い方

このマニュアルは，78K0 マイクロコントローラ用アプリケーション・システムを開発する際の統合開発環境である CubeSuite+について説明します。

CubeSuite+は，78K0 マイクロコントローラの統合開発環境（ソフトウエア開発における，設計，実装，デバッグなどの各開発フェーズに必要なツールをプラットフォームである IDE に統合）です。統合することで，さまざまなツールを使い分ける必要がなく，本製品のみを使用して開発のすべてを行うことができます。

対 象 者　このマニュアルは，CubeSuite+を使用してアプリケーション・システムを開発するユーザを対象としています。

目　　的　このマニュアルは，CubeSuite+の持つソフトウエア機能をユーザに理解していただき，これらのデバイスを使用するシステムのハードウエア，ソフトウエア開発の参照用資料として役立つことを目的としています。

構　　成　このマニュアルは，大きく分けて次の内容で構成しています。

読 み 方　このマニュアルを読むにあたっては，電気，論理回路，マイクロコンピュータに関する一般的知識が必要となります。

凡　　例

データ表記の重み	：左が上位桁，右が下位桁
アクティブ・ロウの表記	：$\overline{\times\times\times}$（端子，信号名称に上線）
注	：本文中につけた注の説明
注意	：気をつけて読んでいただきたい内容
備考	：本文中の補足説明
数の表記	：10 進数　…　××××
	16 進数　…　0x××××

関連資料　関連資料は暫定版の場合がありますが，この資料では「暫定」の表示をしておりません。あらかじめご了承ください。

資　料　名		資料番号	
		和　文	英　文
CubeSuite+ 統合開発環境 ユーザーズ・マニュアル	起動編	R20UT0545J	R20UT0545E
	78K0 設計編	R20UT0546J	R20UT0546E
	78K0R 設計編	R20UT0547J	R20UT0547E
	RL78 設計編	R20UT0548J	R20UT0548E
	V850 設計編	R20UT0549J	R20UT0549E
	R8C 設計編	R20UT0550J	R20UT0550E
	78K0 コーディング編	このマニュアル	R20UT0551E
	RL78,78K0R コーディング編	R20UT0552J	R20UT0552E
	V850 コーディング編	R20UT0553J	R20UT0553E
	コーディング編（CX コンパイラ）	R20UT0554J	R20UT0554E
	R8C コーディング編	R20UT0576J	R20UT0576E
	78K0 ビルド編	R20UT0555J	R20UT0555E
	RL78,78K0R ビルド編	R20UT0556J	R20UT0556E
	V850 ビルド編	R20UT0557J	R20UT0557E
	ビルド編（CX コンパイラ）	R20UT0558J	R20UT0558E
	R8C ビルド編	R20UT0575J	R20UT0575E
	78K0 デバッグ編	R20UT0559J	R20UT0559E
	78K0R デバッグ編	R20UT0560J	R20UT0560E
	RL78 デバッグ編	R20UT0561J	R20UT0561E
	V850 デバッグ編	R20UT0562J	R20UT0562E
	R8C デバッグ編	R20UT0574J	R20UT0574E
	解析編	R20UT0563J	R20UT0563E
	メッセージ編	R20UT0407J	R20UT0407E

注意　上記関連資料は，予告なしに内容を変更することがあります。設計などには，必ず最新の資料を使用してください。

〔メ　モ〕

〔メ　モ〕

〔メ　モ〕

目　　次

第 6 章　関数仕様　…　616

第 7 章　スタートアップ　…　821

第 1 章　概　　説

この章では，システム開発時における 78K0 C コンパイラ・パッケージ（CA78K0）の役割，および，機能概要について説明します。

1. 1　概　　要

78K0 C コンパイラは，78K0 の C 言語，または ANSI-C で記述されたソースを機械語に変換する言語処理プログラムです。78K0 C コンパイラにより，78K0 のオブジェクト・ファイル，またはアセンブラ・ソース・ファイルを得ることができます。

78K0 アセンブラは，78K0 のアセンブリ言語で記述されたソースを機械語に変換する言語処理プログラムの総称です。

1. 1. 1　C コンパイラとアセンブラ

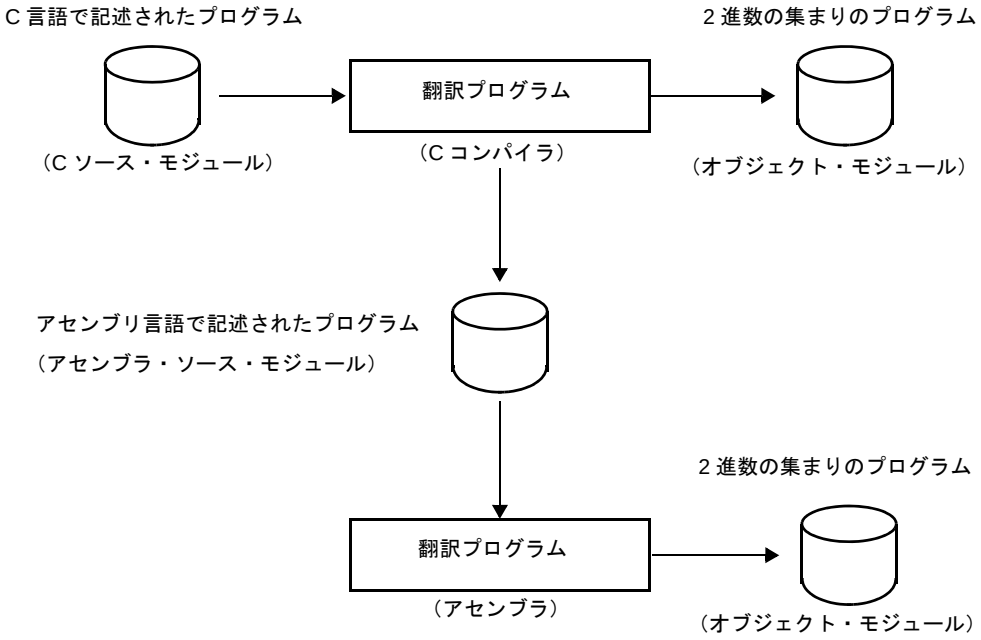
（1）C 言語とアセンブリ言語

C コンパイラは，C ソース・モジュールを入力し，オブジェクト・モジュールとアセンブラ・ソース・モジュールを出力します。したがって，ユーザは C 言語を用いてプログラムを作成し，プログラムの実行の細部まで指示したい場合には，アセンブリ言語でプログラムを修正することができます。

また，アセンブラは，アセンブラ・ソース・モジュールを入力し，オブジェクト・モジュールを出力します。

C コンパイラ／アセンブラの流れを次に示します。

図 1―1　C コンパイラ／アセンブラの流れ



(2) リロケータブル・アセンブラ

アセンブラが変換した機械語は，マイクロコンピュータのメモリに書き込まれて使用されます。このとき，変換された機械語がメモリのどこに書き込まれるかが，決定されていなければなりません。

したがって，アセンブラの変換する機械語には，「各機械語がメモリのどのアドレスに配置されるべきか」という情報が付加されています。

機械語を配置するアドレスの決定方法により，アセンブラは，“アブソリュート・アセンブラ”と“リロケータブル・アセンブラ”に大別され，78K0 アセンブラでは，リロケータブル・アセンブラを採用しています。

- アブソリュート・アセンブラ

  アセンブリ言語から変換した機械語は，絶対的なアドレスに配置されます。

- リロケータブル・アセンブラ

  アセンブリ言語から変換した機械語には，一時的なアドレスが与えられます。

  なお，リンカにより，絶対的なアドレスが配置されます。

アブソリュート・アセンブラで 1 つのプログラムを作成する際には，原則として一度にプログラミングしなければなりませんでした。しかし，大きなプログラムを 1 つのまとまりとして作成した場合，プログラムが複雑になり，また保守する際にもプログラムの解析が困難になります。

そこで，プログラムを 1 つ 1 つの機能単位ごとにいくつかのサブ・プログラム（モジュール）に分割して，プログラム開発を行います。これをモジュラ・プログラミングと呼びます。

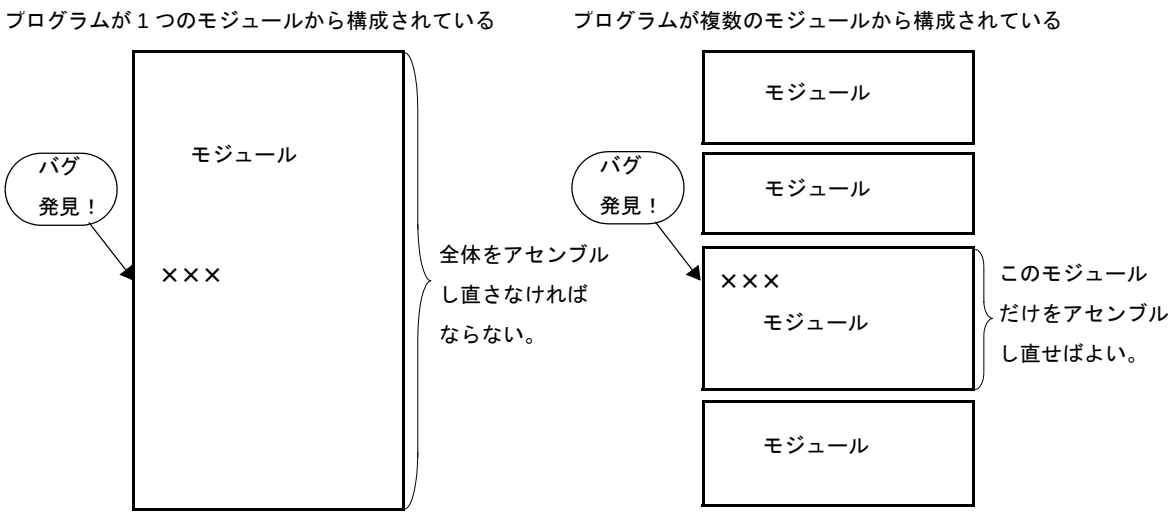
リロケータブル・アセンブラは，モジュラ・プログラミングに適したアセンブラであり，モジュラ・プログラミングを行うことにより，次の利点があげられます。

(a) 開発効率が上がる

大きなプログラムを一度にプログラミングすることは困難です。このような場合，プログラムを 1 つ 1 つの機能単位ごとにモジュール分割すれば，複数の人数でプログラムの並行開発ができ，開発効率が上がります。

また，プログラム中にバグが発見された場合，一部の修正を行うために全プログラムをアセンブルすることなく，修正が必要なモジュールだけアセンブルし直すことができ，デバッグ時間を短くできます。

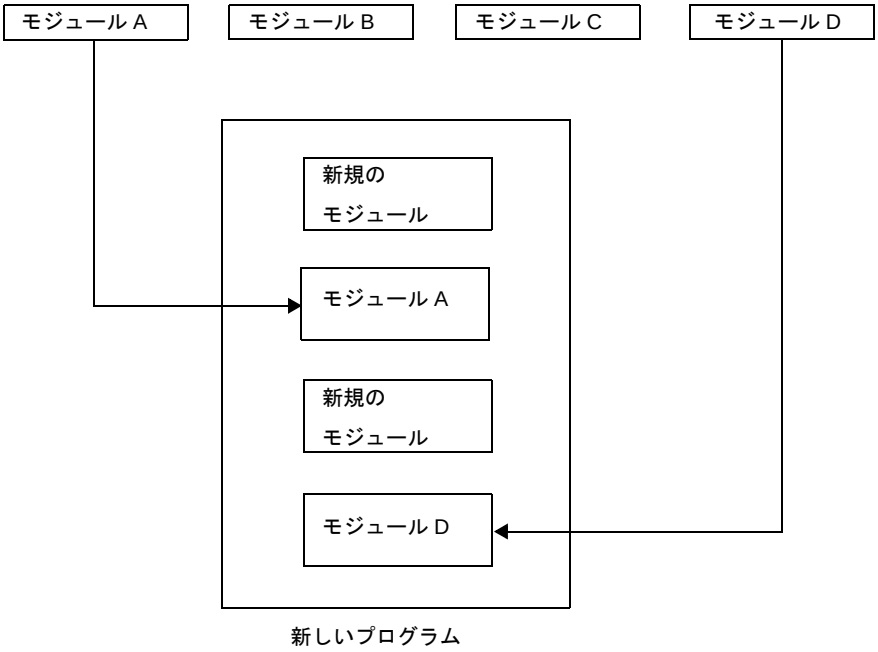
図 1―2　モジュール分割



（b）資源の活用ができる

以前に作成された信頼性，汎用性の高いモジュールをほかのプログラムの開発に再利用できます。このような汎用性の高いモジュールを蓄積することにより，新規にプログラム開発する部分を少なくすることができます。

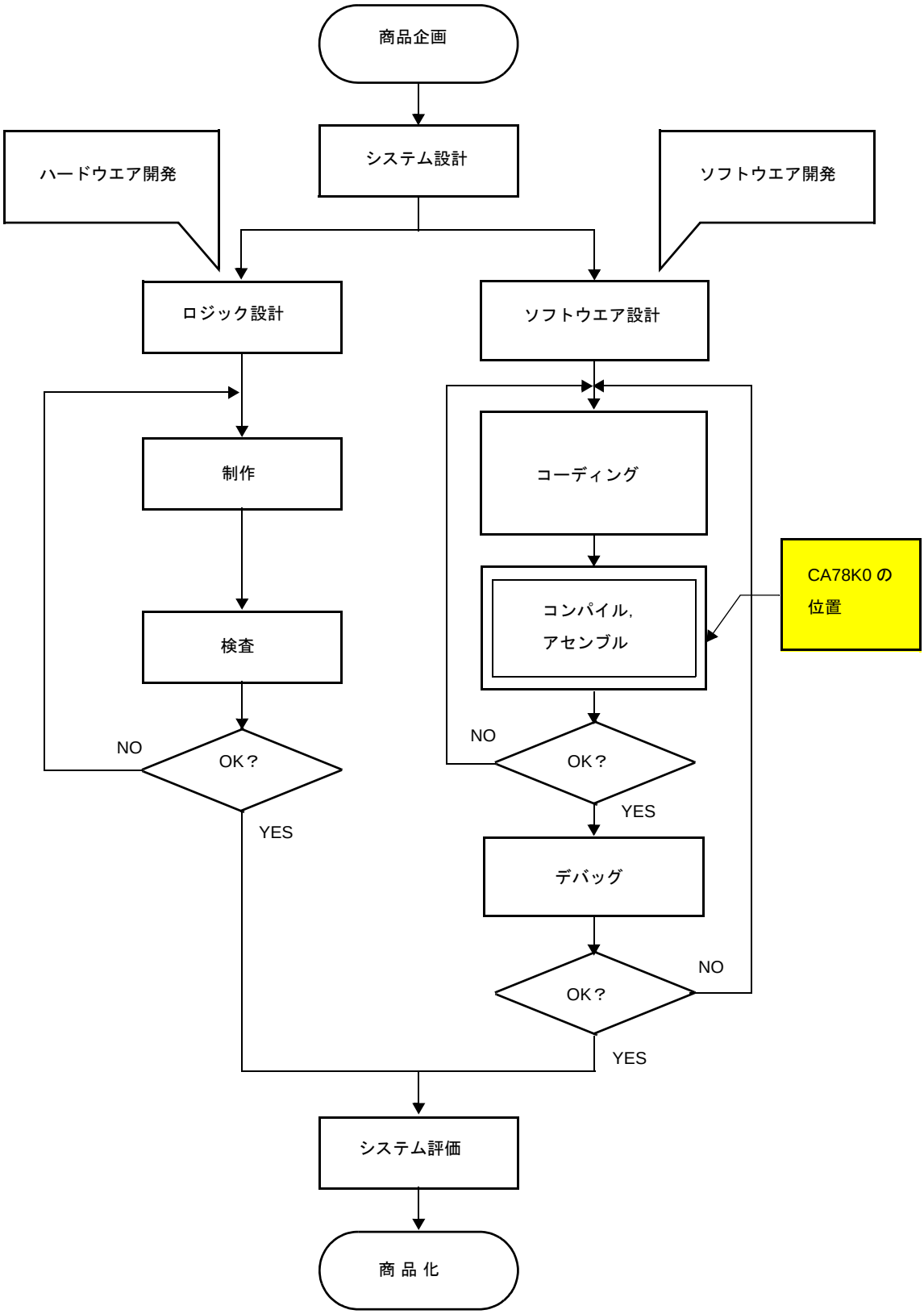
図 1―3 資源の活用



1. 1. 2 コンパイラ／アセンブラの位置づけ

製品開発における“コンパイラ”，“アセンブラ”の位置づけを次に示します。

図 1―4 マイクロコンピュータ応用製品の開発工程



1. 1. 3 処理の流れ

プログラム開発手順は，次のようになります。

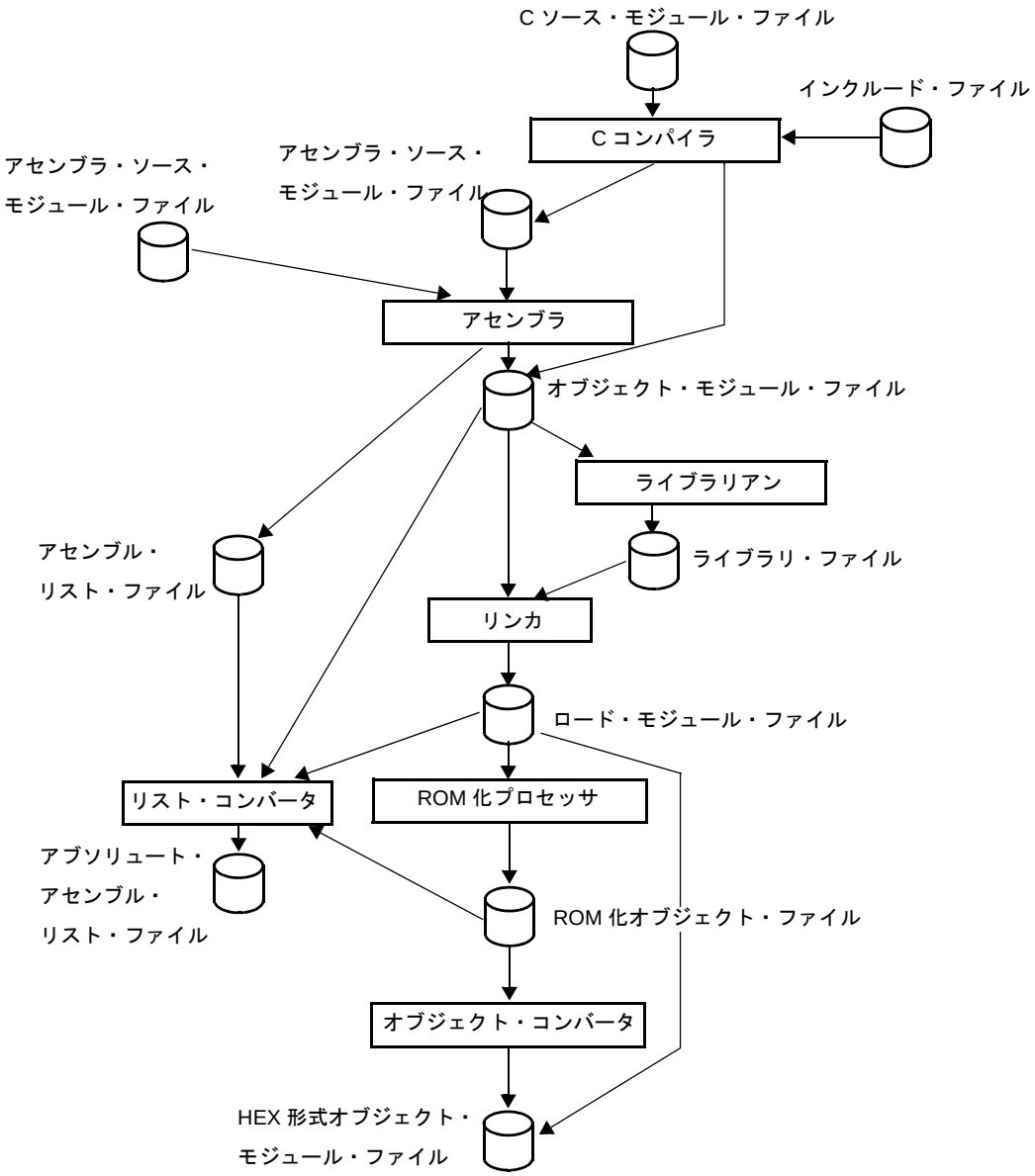
C コンパイラは，C ソース・モジュール・ファイルをコンパイルしてオブジェクト・モジュール・ファイル，またはアセンブラ・ソース・モジュール・ファイルを生成します。生成されたアセンブラ・ソース・モジュール・ファイルにより，手作業による最適化（ハンド・オプティマイズ）を行うことができ，効率のよいオブジェクト・モジュールを作成することができます。特に，高速な処理を必要とする場合，またはオブジェクト・モジュールをコンパクトにしたい場合などに有効です。

なお，以下のプログラムから構成されています。

表 1―1 プログラム構成

プログラム名	機能
コンパイラ	C ソース・モジュール・ファイルのコンパイル
アセンブラ	アセンブラ・ソース・モジュール・ファイルのアセンブル
リンカ	オブジェクト・モジュール・ファイルの結合，リロケータブル・セグメントの配置アドレス決定
オブジェクト・コンバータ	HEX 形式オブジェクト・モジュール・ファイルへの変換
ライブラリアン	ライブラリ・ファイルの作成
リスト・コンバータ	アブソリュート・アセンブル・リスト・ファイルの生成

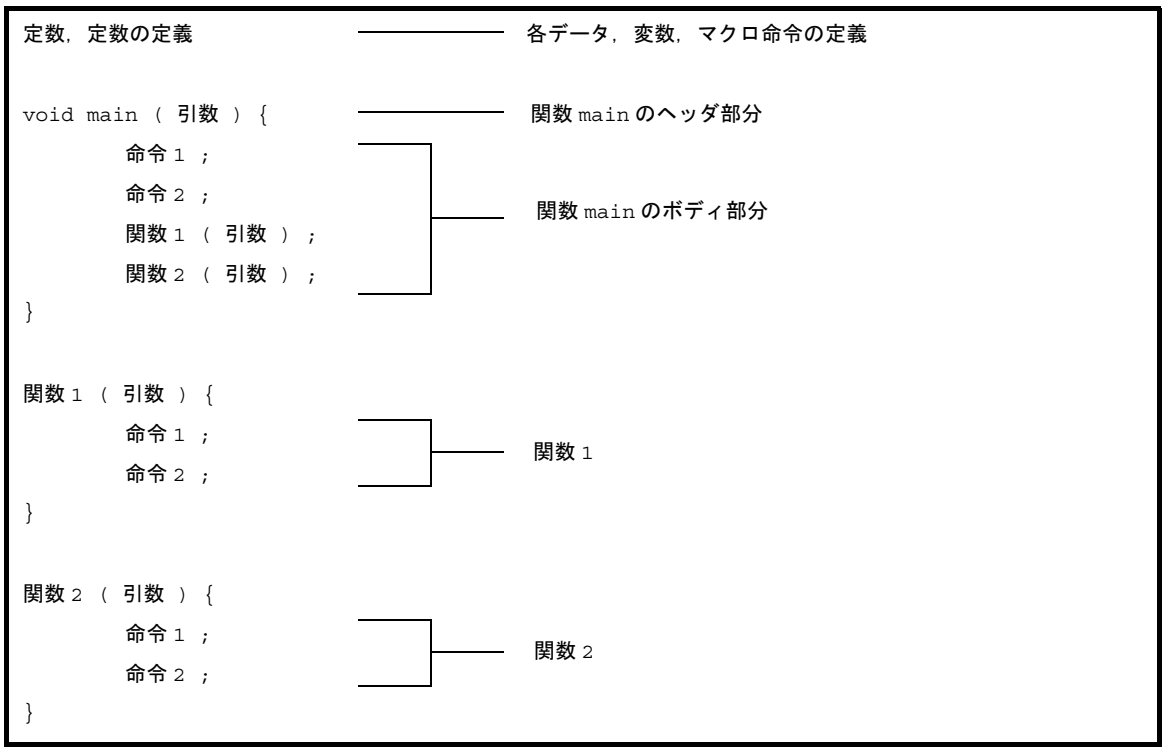
図 1―5 コンパイラ／アセンブラの処理の流れ



1. 1. 4　C ソース・プログラムの基本構成

C 言語のプログラムは，関数の集まりです。関数は，それぞれ独立した機能を持つように作成します。そして，関数“main”によって 1 つのプログラムにまとめます。C 言語のメイン・ルーチンは，関数“main”になります。

関数は，関数名と引数を定義するヘッダ部分と，プログラムの本体を示すボディ部分からなります。次に C 言語のプログラム形式を示します。



実際の C ソース・プログラムでは，次のようになります。

```
#define TRUE    1               /* #define xxx xxx      前処理指令（マクロ定義）*/
#define FALSE   0               /* #define xxx xxx      前処理指令（マクロ定義）*/
#define SIZE    200             /* #define xxx xxx      前処理指令（マクロ定義）*/

void    displaystring ( char*, int );   /* xxx xxxx ( xxx, xxx ) 関数プロトタイプ宣言 */
void    displaychar ( char );           /* xxx xxxx ( xxx )      関数プロトタイプ宣言 */

char    mark[SIZE + 1] ;                /* char xxx              型宣言，外部定義 */
                                        /* xx[xx]                演算子 */
void main ( void ) {
    int     i, prime, k, count ;        /* int xxx               型宣言 */

    count = 0 ;                         /* xx = xx               演算子 */

    for ( i = 0 ; i <= SIZE ; i ++ )    /* for ( xx ; xx ; xx ) xxx ; 制御構造 */
        mark[i] = TRUE ;
    for ( i = 0 ; i <= SIZE ; i ++ ) {
```

```
        if ( mark[i] ) {
            prime = i + i + 3 ;                 /* xxx = xxx + xxx + xxx     演算子 */
            displaystring ( "%6d", prime );     /* xxx ( xxx );              演算子 */

            count ++ ;
            if ( ( count%8 ) == 0 ) displaychar ( '\n' );  /* if ( xxx ) xxx ; 制御構造 */
            for ( k = i + prime ; k <= SIZE ; k += prime )
                mark[k] = FALSE ;
        }
    }
    displaystring ( "\n%d primes found.", count );        /* xxx ( xxx ); 演算子 */
}

void    displaystring ( char *s, int i ) {
    int     j ;
    char    *ss ;

    j = i ;
    ss = s ;
}

void    displaychar ( char c ) {
    char    d ;

    d = c ;
}
```

(1) 型，記憶クラスの宣言

オブジェクトを示す識別子の型，および記憶クラスの宣言です。

(2) 演算子，式

算術演算，論理演算，代入などを行います。

(3) 制御構造

プログラムの流れを指定します。C 言語の制御構造には，選択，繰り返し，分岐それぞれ数個の命令が用意されています。

(4) 構造体，共用体

構造体，または共用体を宣言します。構造体は，異なる型の連続した領域を持つオブジェクトで，共用体は，異なる型の重なり合う領域を持つオブジェクトです。

(5) 外部定義

関数，または外部オブジェクトを定義します。関数は，C 言語プログラムを機能別に分けたときの 1 つの要素です。C 言語のプログラムは，関数の集まりによって構成されます。

(6) 前処理指令

コンパイラに対する命令です。“#define”は，C コンパイラに対してプログラム中に第 1 オペランドと同じものが現れたら第 2 オペランドに置き換えることを指令します。

(7) 関数プロトタイプ宣言

関数の戻り値と引数の型を宣言します。

1.2 特 長

CA78K0 の特長を次に示します。

1.2.1 C コンパイラの特長

(1) ANSI-C 準拠

C 言語の標準的な規格である ANSI-C 規格に準拠しています。

備考 ANSI: American National Standards Institute

(2) ROM/RAM 効率を重視

外部変数をショート・ダイレクト・アドレッシング領域に割り付けることができます。また，関数引数，自動変数をショート・ダイレクト・アドレッシング領域やレジスタへ割り付けることができます。

ビット操作命令を活用した，1 ビットのデータ定義，操作が可能です。

(3) 組み込みを制御を意識

78K0 が持つ周辺ハードウェアを C 言語で直接制御できます。

割り込み処理を C 言語で直接記述できます。

(4) 78K0 固有の拡張仕様をサポート

78K0 C コンパイラは，ANSI にない CPU のコードを生成する次の拡張機能を備えています。78K0 の特殊機能用レジスタを C 言語レベルで記述可能にする機能，オブジェクト・コードを短縮し，実行速度の向上を図る機能があります。

オブジェクト・コードを短縮し，実行速度を向上させる方法としては，次のものがあります。

表 1―2 実行速度の向上方法一覧

方法	拡張機能
callt 領域を利用して関数を呼び出す	callt/__callt 関数

方法	拡張機能
変数をレジスタに割り当てる	レジスタ変数
saddr 領域に変数を割り当てる	sreg/__sreg
sfr 名を使用できる	sfr 領域
前後処理（スタック・フレーム）のない関数を生成する	noauto 関数，norec/__leaf 関数
C ソース・プログラム中にアセンブリ言語を記述する	ASM 文
saddr，sfr 領域へのビット・アクセスを行う	bit 型変数，boolean/__boolean 型変数
callf 領域に関数本体を格納する	callf/__callf 関数
ビット・フィールドを unsigned char 型で指定できる	ビット・フィールド宣言
乗算するコードを直接インライン展開して出力する	乗算関数
除算するコードを直接インライン展開して出力する	除算関数
ローテートするコードを直接インライン展開して出力する	ローテート関数
メモリ空間の特定番地のアクセスを行う	絶対番地アクセス関数
特定のデータや命令を直接コード領域に埋め込む	データ挿入関数
使用スタックの修正を呼ばれた関数側で行う	__pascal 関数
memcpy，memset を直接インライン展開して出力する	メモリ操作関数

78K0 C コンパイラの各拡張機能の詳細については，「3. 2 拡張言語仕様」を参照してください。

1. 2. 2 アセンブラの特長

78K0 アセンブラは，次の特長的な機能を備えています。

（1）マクロ機能

ソース中で同じ命令群を何回も記述する場合，その一連の命令群を 1 つのマクロ名に対応させてマクロ定義をすることができます。

マクロ機能を利用することにより，コーディングの効率を上げることができます。

（2）分岐命令の最適化機能

分岐命令自動選択疑似命令として，「BR」を備えています。

メモリ効率のよいプログラムを生成するためには，分岐命令の分岐先範囲に応じたバイトの分岐命令を記述する必要があります。しかし，分岐先範囲をいちいち意識して分岐命令を記述することは面倒です。BR 疑似命令を記述することにより，アセンブラが分岐先範囲に応じて適切な分岐命令のコードを生成します。これを分岐命令の最適化機能と呼びます。

(3) 条件付きアセンブル機能

ソースの一部分を条件によりアセンブルする／しないに設定することができます。

ソース中にデバッグ文などを記述した場合，デバッグ文を機械語に変換する／しないを条件付きアセンブルのスイッチ設定により選択することができます。デバッグ文が必要なくなった場合でも，ソースに大幅な変更を加えることなく，アセンブルを行うことができます。

1.2.3 最大値

(1) コンパイラの最大値

コンパイラの最大値については，「(9) 翻訳限界」を参照してください。

(2) アセンブラの最大値

アセンブラの最大値を以下に示します。

表 1―3 アセンブラの最大値

項目	最大値
シンボル数（ローカル＋パブリック）	65,535 個
クロスリファレンス・リスト出力可能なシンボル数	65,534 個注 1
1 マクロ参照のマクロ・ボディ最大サイズ	1M バイト
全マクロ・ボディ合計のサイズ	10M バイト
1 ファイル中のセグメント数	256 個
1 ファイル中のマクロ，インクルード指定	10,000 個
1 インクルード・ファイル中のマクロ，インクルード指定	10,000 個
リロケーション情報注 2	65,535 個
行番号情報	65,535 個
1 ファイル中の BR 疑似命令数	32,767 個
ソース 1 行の文字数	2,048 文字注 3
シンボル長	256 文字
スイッチ名の定義数注 4	1,000 個
スイッチ名の文字長注 4	31 文字
セグメント名の文字長	8 文字
モジュール名（NAME 疑似命令）の文字長	256 文字
MACRO 疑似命令の仮引数の数	16 個
マクロ参照の実引数の数	16 個
IRP 疑似命令の実引数の数	16 個
マクロ・ボディ内のローカル・シンボル数	64 個
マクロ展開のローカル・シンボル数合計	65,535 個
マクロ（マクロ参照，REPT 疑似命令，IRP 疑似命令）のネスト数	8 レベル
TITLE 制御命令，-lh オプションで指定可能な文字数	60 文字注 5

項目	最大値
SUBTITLE 制御命令で指定可能な文字数	72 文字
1 ファイル中のインクルード・ファイルのネスト数	16 レベル
条件アセンブルのネスト数	8 レベル
-i オプションで，指定可能なインクルード・ファイル・パス数	64 個
-d オプションで定義可能なシンボル数	30 個

注 1. モジュール名，セクション名の個数を引いた数です。
メモリを使用します。メモリがなければファイルを使用します。

2. アセンブラでシンボル値が解決できない場合に，リンカに渡す情報のことです。
たとえば，MOV 命令で外部参照シンボルを参照した場合，リロケーション情報が 2 個，.rel ファイルに生成されます。

3. 復帰 / 改行コードを含みます。1 行に 2049 文字以上記述した場合，警告メッセージが出力され，2049 文字以降は無視されます。

4. スイッチ名は，SET/RESET 疑似命令で真 / 偽に設定され，$IF などで使用されるものです。

5. アセンブル・リスト・ファイルの 1 行の文字数指定（X とします）が 119 文字以下の場合，“X - 60 ” 文字以内とします。

(3) リンカの最大値

リンカの最大値を以下に示します。

表 1―4 リンカの最大値

項目	最大値
シンボル数（ローカル + パブリック）	65,535 個
同一セグメントの行番号情報	65,535 個
セグメント数	65,535 個
入力モジュール	1,024 個
メモリ領域名の文字長	256 文字
メモリ領域数	100 個[注]
-b オプションで指定可能なライブラリ・ファイル数	64 個
-i オプションで指定可能なライブラリ・ファイル・パス数	64 個

注 デフォルトで定義されているものを含みます。

第 2 章 機 能

この章では，CA78K0 をより効果的に用いるためのプログラミング技法，および拡張機能の利用方法について説明します。

2. 1 変数（アセンブラ）

この節では，変数（アセンブラ）について説明します。

2. 1. 1 初期値なし変数を定義する

データ・セグメント内にメモリ領域を確保します。

データ・セグメントを定義するには，DSEG 疑似命令を使用し，メモリ領域には DS 疑似命令を使用します。

例 10 バイトの初期値なし変数の定義

```
            DSEG
_table :    DS      10
```

備考 「DSEG」，「DS」を参照してください。

2. 1. 2 初期値あり const 定数を定義する

コード・セグメント内のメモリ領域を初期化します。

コード・セグメントを定義するには，CSEG 疑似命令を使用し，メモリ初期化には 1 バイトの場合には DB 疑似命令を，2 バイトの場合には DW 疑似命令を使用します。

例 初期値あり定数の定義

```
            CSEG
_val1 :     DB      0F0H    ; 1 バイト
_val2 :     DW      1234H   ; 2 バイト
```

備考 「CSEG」，「DB」，「DW」を参照してください。

2. 1. 3 1 ビット変数を定義する

ビット・セグメント内に 1 ビットメモリ領域を確保します。

ビット・セグメントを定義するには，BSEG 疑似命令を使用し，1 ビットのメモリ領域には DBIT 疑似命令を使用します。

例 初期値なしビット変数の定義

```
        BSEG
_bit1   DBIT
_bit2   DBIT
_bit3   DBIT
```

備考 「BSEG」,「DBIT」を参照してください。

2. 1. 4 変数の 1/8 ビット・アクセスを行う

アセンブラの記述で，saddr 上のアドレスに 2 つのシンボル名を与え，そのシンボル名をそれぞれビット・アクセス用とバイト・アクセス用とするためには，セグメント DSEG の再配置属性を saddr とし，バイト・アクセス用シンボルのビット名を EQU 疑似命令で，ビット・アクセス用シンボル名として定義してください。

例 バイト・アクセス用シンボル名：FLAGBYTE,
ビット・アクセス用シンボル名：FLAGBIT の場合

- smp1.asm

```
        NAME    SMP1
        PUBLIC  FLAGBYTE, FLAGBIT

FLAGS           DSEG    SADDR           ; DSEG の再配置属性は SADDR
FLAGBYTE :      DS ( 1 )                ; FLAGBYTE の定義
FLAGBIT         EQU     FLAGBYTE.0      ; FLAGBIT の定義
                END
```

- smp2.asm

```
        NAME    SMP2

        EXTRN   FLAGBYTE
        EXTBIT  FLAGBIT         ; FLAGBIT は EXTBIT 宣言して使用

        CSEG
C1 :
        MOV     FLAGBYTE, #0FFH
        CLR1    FLAGBIT
        END
```

備考 「DSEG」,「EQU」を参照してください。

2.1.5 短い命令長でアクセスできる領域へ配置する

ショート・ダイレクト・アドレッシング領域は，ほかのデータ・メモリに比べ，短いバイト数の命令でアクセスすることのできる領域です。この領域を効率的に使うことで，メモリ効率のよいプログラムを開発することができます。

ショート・ダイレクト・アドレッシング領域に配置するには，DSEG 疑似命令の再配置属性を saddr，または，saddrp に指定します。

アセンブラソースの使用例を以下に示します。

- モジュール 1

```
PUBLIC  TMP1, TMP2
WORK    DSEG saddrp
TMP1 :  DS 2 ; word
TMP2 :  DS 1 ; byte
```

- モジュール 2

```
EXTRN   TMP1, TMP2
SAB     CSEG
MOVW    TMP1, #1234H
MOV     TMP2, #56H
        :
```

備考 「DSEG」を参照してください。

2.1.6 オプション・バイトを記述する

オプション・バイトを指定するには，アセンブラ記述のモジュールを追加して，そこで DB 疑似命令を用いて記述してください。

スタートアップ・ルーチンに追加するのが簡単です。

例 オプション・バイトへの 3000000002 の設定

```
OPT     CSEG    OPT_BYTE
OPTION: DB      30H
        DB      00H
        DB      00H
        DB      00H
        DB      02H
```

備考 「CSEG」，「DB」を参照してください。

2. 2 変数（C 言語）

この節では，変数（C 言語）について説明します。

2. 2. 1 参照のみのデータを ROM へ配置する

（1）初期値あり変数の ROM 配置

参照のみの初期値あり変数を ROM に配置するには，const 修飾子を指定してください。

例 参照のみの初期値あり変数 a を ROM に配置します。

```
const int       a = 0x12 ;      /* ROM に配置 */
int             b = 0x12 ;      /* ROM/RAM に配置 */
```

変数 a は，ROM に配置されます。
変数 b の場合には，初期値が ROM に配置されて，変数自体は RAM に配置されます（ROM ／ RAM 両方の領域が必要になります）。
スタートアップ・ルーチンの ROM 化処理で，ROM の初期値を RAM の変数にコピーします。
ROM 化により，ROM と RAM の両方に領域が必要になります。

（2）ROM 領域へのテーブル・データの割り当て

テーブル・データを ROM 領域だけに割り当てるには，以下のように型修飾子 const を使用して宣言してください。

```
const unsigned char table_data[9] = { 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 } ;
```

2. 2. 2 短い命令長でアクセスできる領域へ配置する

ショート・ダイレクト・アドレッシング領域は，ほかのデータ・メモリに比べ，短いバイト数の命令でアクセスすることのできる領域です。この領域を効率的に使うことで，メモリ効率のよいプログラムが開発できます。

使用例を以下に示します。

sreg 宣言，あるいは __sreg 宣言された外部変数，および関数内 static 変数（sreg 変数と呼ぶ）は，自動的にショート・ダイレクト・アドレッシング領域［FE20H - FEB3H］（ノーマル・モデル），［FE20H - FECFH］（スタティック・モデル），にリロケータブルに割り当てられます。

```
extern sreg int hsmm0 ;
extern sreg int hsmm1 ;
extern sreg int *hsptr ;

void main ( void ) {
        hsmm0 -= hsmm1 ;
}
```

備考 「sreg 宣言による saddr 領域利用（sreg/__sreg）」を参照してください。

2. 2. 3 直接アドレスへ配置する

（1）direcrtmap

__directmap 宣言された外部変数，および関数内 static 変数の初期値を配置アドレス指定とみなして，指定アドレスに変数を配置します。配置アドレスは整数で指定してください。

C ソース中における __directmap 変数は，static 変数と同様に扱います。

絶対番地に配置する変数を定義したいモジュール中で，__directmap 宣言を行います。

```
__directmap char        c = 0xfe00 ;
__directmap __sreg char d = 0xfe20 ;
__directmap __sreg char e = 0xfe21 ;

__directmap struct x {
        char    a ;
        char    b ;
} xx = { 0xfe30 } ;
void main ( void ) {
        c = 1 ;
        d = 0x12 ;
        e.5 = 1 ;
        xx.a = 5 ;
        xx.b = 10 ;
}
```

備考 「絶対番地配置指定（__directmap）」を参照してください。

(2) セクションを使用した方法

コンパイラ出力セクション名の変更と，開始アドレスの指定を行います。

#pragma 指令により，変更するセクション名と変更後のセクション名，およびセクションの開始アドレスを指定します。

セクション名 @@CODE を CC1 に変更し，開始アドレスを 2400H 番地に指定します。

```
#pragma section @@CODE CC1 AT  2400H

void main ( void ) {
        /* 関数本体 */
}
```

備考 「コンパイラ出力セクション名の変更（#pragma section …）」を参照してください。

2. 2. 4 1 ビット変数を定義する

変数を bit，boolean 型にすることで，1 ビットのデータとして扱われ，ショート・ダイレクト・アドレッシング領域に配置されます。

bit，boolean 型変数は初期値なし（不定）の外部変数と同様に扱います。

このビット変数に対してコンパイラは，次のビット操作命令を出力します。

- MOV1, AND1, OR1, XOR1, SET1, CLR1, NOT1, BT, BF

C 記述で，ショート・ダイレクト・アドレッシング領域へのビット・アクセスが可能になります。

```
#define ON      1
#define OFF     0

extern bit      data1 ;
extern bit      data2 ;

void main ( void ) {
        data1 = ON ;
        data2 = OFF ;
        while ( data1 ) {
                data1 = data2 ;
                testb ( ) ;
        }
        if ( data1 && data2 )
                chgb ( ) ;
}
```

備考 「bit 型変数（bit），boolean 型変数（boolean/__boolean）」を参照してください。

2. 2. 5 構造体の空き領域を詰める

構造体のメンバ変数を 2 バイト・アラインしないようにするには，-rc オプションを指定してください。

ただし，構造体以外の変数をアラインメントしないようにする方法は，サポートされていません。

2. 2. 6 内部拡張 RAM へデータを配置する

C 言語で内部拡張 RAM にデータを配置するには，C ソース中で内部拡張 RAM に割り当てたいデータを別名セクションに配置するように指定し，リンク・ディレクティブを指定してください。

例 以下のようにデータを配置した場合，

```
#pragma section @@DATA IXDATA
int i;                          /* 内部拡張 RAM に配置するデータ */
#pragma section @@DATA @@DATA
int j;                          /* 内部高速 RAM に配置するデータ */
```

リンク・ディレクティブは，次のように指定してください。

```
memory IXRAM : ( 0F400H, 400H )
merge  IXDATA := IXRAM
```

備考 「コンパイラ出力セクション名の変更（#pragma section …）」を参照してください。

2.3 関　　数

この節では，関数について説明します。

2.3.1 短い命令長でアクセスできる領域へ配置する

callt 関数を利用することで通常の呼び出し命令 call に比べ，オブジェクト・コードを短縮することができます。

callt 命令は，callt テーブルと呼ばれる領域［40H - 7FH］に，呼ぶ関数のアドレスを格納し，直接関数を呼ぶよりも短いコードで関数を呼ぶことを可能にします。

```
__callt void    func1 ( void ) ;

__callt void    func1 ( void ) {
        /* 関数本体 */
}
```

備考 「callt 関数（callt/__callt）」，「norec 関数（norec）」，および「callf 関数（callf/__callf）」を参照してください。

2.3.2 直接アドレスへ配置する

(1) セクションを使用した方法

コンパイラ出力セクション名の変更と，開始アドレスの指定を行います。

#pragma 指令により，変更するセクション名と変更後のセクション名，およびセクションの開始アドレスを指定します。

```
#pragma section @@DATA  ??DATA  AT 0DE00H

int             a1 ;                            // ??DATA
int             a2 ;                            // ??DATA

#pragma section @@DATS  ??DATS  AT 0FE30H

sreg int        b1 ;                            // ??DATS
sreg int        b2 ;                            // ??DATS
```

備考 「コンパイラ出力セクション名の変更（#pragma section …）」を参照してください。

2. 3. 3 関数のインライン展開を行う

#pragma inline は，メモリ操作用標準ライブラリ memcpy，memset を関数呼び出しではなく，直接インライン展開してコードを出力する機能です。

また，実行速度を速くするために，いくつかの関数をインライン展開したい場合，関数ごとにインライン展開できるような命令はありませんが，memcpy，memset 以外の関数をインライン展開する場合は，以下のような関数形式マクロ等を使用して記述してください。

```
#define MEMCOPY ( a, b, c ) \
        { \
                struct st { unsigned char d[ ( c ) ]; } ; \
                * ( ( struct st * ) ( a ) ) = * ( ( struct st * ) ( b ) ) ; \
        }
```

備考 「メモリ操作関数（#pragma inline）」を参照してください。

2. 3. 4 アセンブラ命令を埋め込む

C コンパイラが出力するアセンブラ・ソース・ファイルに，ユーザが記述したアセンブラ・ソースを埋め込みます。

（1）#asm ～ #endasm

#asm でアセンブラ・ソースの開始を示し，#endasm でアセンブラ・ソースの終了を示します。アセンブラ・ソースは #asm，#endasm の間に記述します。

```
#asm
    :   /* アセンブラ・ソース */
#endasm
```

プロパティ パネル の［コンパイル・オプション］タブで「アセンブリ・ファイルを出力する」を「はい」に設定してください。（設定方法は，「CubeSuite+ 78K0 ビルド編」を参照してください。）

備考 「ASM 文（#asm ～ #endasm/__asm）」を参照してください。

（2）__asm

C ソース中に次の形式で記述します。

```
__asm ( 文字列リテラル ) ;
```

文字列リテラルの記述方法は ANSI に準拠し，エスケープ文字列（\ n：改行，\ t：タブなど）や \ による行の継続，文字列の連結などの記述が可能です。

プロパティ パネル の［コンパイル・オプション］タブで「アセンブリ・ファイルを出力する」を「はい」に設定してください。（設定方法は，「CubeSuite+ 78K0 ビルド編」を参照してください。）

備考 「ASM 文（#asm ～ #endasm/__asm）」を参照してください。

2. 3. 5 norec 関数，noauto 関数を記述する

norec 関数，noauto 関数では，関数の前後処理（スタック・フレームの生成）のコードを出力しません。

- noauto 関数

以下の 2 つの条件を満たす関数であれば，noauto 関数にできます。

- 「3. 3. 3 noauto 関数呼び出しインタフェース（ノーマル・モデルのみ）」のルールで，関数の引数をすべてレジスタに割り当てることができる。
- 関数の引数割り当てで余ったレジスタおよびレジスタ変数用 saddr 領域[注]に，すべてのオートマティック変数が割り当たる。

```
noauto  short   nfunc ( short a, short b, short c );
short   l, m ;
void    main ( ) {
        static short ii, jj, kk ;
        l = nfunc ( ii, jj, kk );
}
noauto  short   nfunc ( short a, short b, short c ) {
        m = a + b + c ;
        return ( m );
}
```

- norec 関数

以下の 3 つの条件を満たす関数であれば，norec 関数にできます。

- 関数自身から他の関数を呼び出していない。
- 「3. 3. 4 norec 関数呼び出しインタフェース（ノーマル・モデルのみ）」のルールで，関数の引数をすべてレジスタおよび norec 関数の引数用 saddr 領域[注]に割り当てることができる。
- 関数の引数割り当てで余ったレジスタ，norec 関数の引数用 saddr 領域[注]，および norec 関数のオートマティック変数用 saddr 領域[注]に，すべてのオートマティック変数が割り当たる。

```
norec int       rout ( int  a, int  b, int  c );

int     i, j ;

void    main ( void ) {
        int     k, l, m ;
        i = l + rout ( k, l, m ) + ++k ;
}

norec int       rout ( int a, int b, int c ) {
        int     x, y ;
        return ( x + ( a << 2 ) );
}
```

注 saddr 領域は，-qr オプション指定時のみ有効です。

備考 「noauto 関数（noauto）」，および「norec 関数（norec）」を参照してください。

2.4 マイコン機能の使用

この節では，マイコン機能の使用について説明します。

2.4.1 C 言語で特殊機能レジスタ（SFR）へアクセスする

（1）SFR の各レジスタの設定

sfr 領域は，78K0 マイクロコントローラの各種周辺ハードウエアに対するモード・レジスタや，制御レジスタなどの特別な機能が割り付けられたレジスタ群（PM1，P1，TMC80 など）の領域です。

sfr 領域を使用するには，C ソースの先頭に，C ソース中に SFR 名を使用することを宣言します。キーワードの sfr は，大文字でも小文字でも記述することができます。

```
#pragma sfr
```

宣言がない場合は，定義されていないというエラー・メッセージが表示されます。

```
E0711 Undeclared ' 変数名 ' ; function ' 関数名 '
```

#pragma sfr 指定で使用可能になる SFR の記号は，特殊機能レジスター覧中の略号と同じです。

#pragma PC(種別) を指定する場合は，それよりも後ろに #pragma sfr を記述します。

また，次のものは，#pragma sfr の前に記述することができます。

- コメント
- 前処理指令のうち変数の定義／参照，関数の定義／参照を生成しないもの

C ソース中では，デバイスが持つ SFR 名をそのまま記述します。このとき，SFR 名を宣言する必要はありません。

SFR 名は，初期値なし（不定）の外部変数となります。

SFR 名に不正な定数データを代入した場合は，コンパイル・エラーとなります。

備考 「sfr 領域利用（sfr）」を参照してください。

(2) SFR の各レジスタ内のビット指定

SFR の各レジスタ内のビット指定の記述方法は，以下のように予約語，または，“レジスタ名 . ビット位置”になります。

例 1. TM1 を開始させる場合

```
TCE1 = 1 ;
または
TMC1.0 = 1 ;
```

2. TM1 を停止させる場合

```
TCE1 = 0 ;
または
TMC1.0 = 0 ;
```

2. 4. 2 C 言語で割り込み処理を行う

(1) 割り込み関数

割り込み関数を指定する場合には，次の 2 つの指令があります。

- #pragma interrupt
- #pragma vect

これらはどちらを使用してもかまいません。また，ベクタ・テーブルも生成され，出力アセンブラ・ソースで確認することができます。

#pragma 指令は C ソースの先頭に記述します。

ただし，次の項目はこの #pragma 指令の前に記述することができます。

- コメント
- プリプロセス指令のうち変数の定義／参照，関数の定義／参照を生成しないもの

例 INTP0 端子入力に対する割り込み処理

```
#pragma interrupt INTP0 inter rb1

void    inter ( void ) {
        /* INTP0 端子入力に対する割り込み処理 */
}
```

備考 「割り込み関数（#pragma vect/#pragma interrupt）」を参照してください。

(2) スタック領域の確保

コンパイラの拡張機能の割り込み関数を使用する場合で，スタック切り替えの指定を使わなかった場合は，コンパイラは必要なスタック・サイズを別途確保せず，デフォルトのスタックを使用します。

2. 4. 3 C 言語で CPU 制御命令を使用する

（1）halt 命令

マイクロコンピュータのスタンバイ機能の一つである halt 命令を使用するには，#pragma HALT を使用し次のように記述します。

#pragma 指令は C ソースの先頭に記述します。

ただし，次の項目はこの #pragma 指令の前に記述することができます。

- コメント
- プリプロセス指令のうち変数の定義／参照，関数の定義／参照を生成しないもの

関数呼び出しと同様の形式で，C ソース中に次のように大文字で記述します。

例 halt 命令の使用

```
#pragma HALT
    :
void    func ( void ) {
        :
        HALT ( ) ;
}
```

備考 「CPU 制御命令（#pragma HALT/STOP/BRK/NOP）」を参照してください。

（2）stop 命令

マイクロコンピュータのスタンバイ機能の一つである stop 命令を使用するには，#pragma STOP を使用し次のように記述します。

#pragma 指令は C ソースの先頭に記述します。

ただし，次の項目はこの #pragma 指令の前に記述することができます。

- コメント
- プリプロセス指令のうち変数の定義／参照，関数の定義／参照を生成しないもの

関数呼び出しと同様の形式で，C ソース中に次のように大文字で記述します。

例 stop 命令の使用

```
#pragma STOP
    :
void    func ( void ) {
        :
        STOP ( ) ;
}
```

備考 「CPU 制御命令（#pragma HALT/STOP/BRK/NOP）」を参照してください。

（3）brk 命令

マイクロコンピュータのソフトウエア割り込みを使用するには，#pragma BRK を使用し次のように 記述します。

#pragma 指令は C ソースの先頭に記述します。

ただし，次の項目はこの #pragma 指令の前に記述することができます。

- コメント
- プリプロセス指令のうち変数の定義／参照，関数の定義／参照を生成しないもの

関数呼び出しと同様の形式で，C ソース中に次のように大文字で記述します。

例 brk 命令の使用

```
#pragma BRK
    :
void    func ( void ) {
         :
        BRK ( ) ;
}
```

備考 「CPU 制御命令（#pragma HALT/STOP/BRK/NOP）」を参照してください。

（4）nop 命令

マイクロコンピュータの何も動作をせずにクロックを進める nop 命令を使用するには，#pragma NOP を使用し次のように記述します。

#pragma 指令は C ソースの先頭に記述します。

ただし，次の項目はこの #pragma 指令の前に記述することができます。

- コメント
- プリプロセス指令のうち変数の定義／参照，関数の定義／参照を生成しないもの

関数呼び出しと同様の形式で，C ソース中に次のように大文字で記述します。

例 nop 命令の使用

```
#pragma NOP
    :
void    func ( void ) {
         :
        NOP ( ) ;
}
```

備考 「CPU 制御命令（#pragma HALT/STOP/BRK/NOP）」を参照してください。

2.5 スタートアップ・ルーチン

この節では，スタートアップ・ルーチンについて説明します。

2.5.1 スタートアップ・ルーチン内の関数／領域を削除する

（1）exit 関数の削除

スタートアップ・ルーチンの中で，EQU シンボル EXITSW を 0 に設定することにより，exit 関数を削除することができます。

（2）未使用領域の削除

標準ライブラリが使用する _@FNCTBL 等の領域については，使用しているライブラリを確認し，スタートアップ・ルーチン cstart.asm 中の EXITSW 等の EQU シンボルの値を変更することにより，未使用の領域を削除することができます。

制御する EQU シンボルとライブラリ関数名，シンボル名はつぎのようになります。

EQU シンボル	ライブラリ関数名	シンボル名
BRKSW	brk sbrk malloc calloc realloc free	_errno _@MEMTOP _@MEMBTM _@BRKADR
EXITSW	exit	_@FNCTBL _@FNCENT
RANDSW	rand srand	_@SEED
DIVSW	div	_@DIVR
LDIVSW	ldiv	_@LDIVR
STRTOKSW	strtok	_@TOKPTR
FLOATSW	atof strtod 数学関数 浮動小数点ランタイム・ライブラリ	_errno

備考 「7.4 スタートアップ・ルーチン」を参照してください。

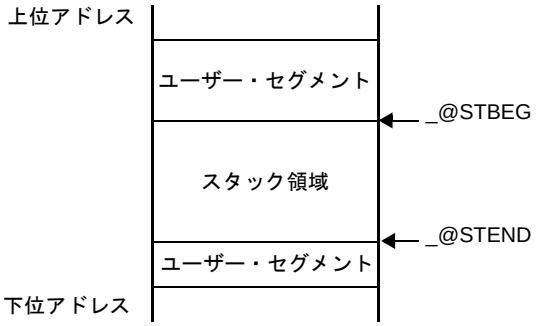
2. 5. 2 スタック領域を確保する

(1) スタックの設定

リンクする際に，スタック解決用シンボル生成指定オプション -s を指定すると，スタックの最下位アドレスの値を持つ「_@STEND」シンボルと，最上位アドレス＋1の値を持つ「_@STBEG」シンボルが生成されます。

```
-sSTACK      <- ディレクティブで定義したスタック用の領域
```

図 2―1 スタックの設定



この場合，スタック・ポインタは，以下のように設定してください。

```
MOVW    SP, #_@STBEG
```

(2) スタック領域の確認

リンカの -kp オプションを指定して，リンク・リスト・ファイル中にパブリック・シンボル・リストを出力することで，スタック領域を確認することができます。

「_@STEND」シンボルと「_@STBEG」シンボルの間が，スタック領域になります。

例 パブリック・シンボル・リスト

```
*** Public symbol list ***

MODULE  ATTR    VALUE   NAME

        NUM     0FE20H  _@STBEG
        NUM     0FB7EH  _@STEND
```

2. 5. 3 RAM の初期化を行う

デフォルトのスタートアップ・ルーチンで初期値をコピーされる領域は次のようになります。

- @@INIT セグメント
- @@INIS セグメント

また，0 クリアされる領域は次のようになります。

- saddr 領域（0FE20H ～ 0FEDFH）
- @@DATA セグメント
- @@DATS セグメント

上記以外の領域を初期化したい場合には，スタートアップ・ルーチンに初期化する処理を追加してください。

備考 「7. 4 スタートアップ・ルーチン」を参照してください。

2.6 リンク・ディレクティブ

この節では，リンク・ディレクティブについて説明します。

2.6.1 デフォルト領域を分割する

リンク・ディレクティブにて定義するメモリ領域の名前を指定することができますが，特殊機能レジスタ領域の配置には注意が必要です。

たとえば，RAM 領域を 2 箇所指定する場合のメモリ領域名をデフォルトで定義されている RAM とユーザ定義の STACK とした場合，必ず「RAM」という領域に SFR が含まれるようにリンク・ディレクティブを記述してください。

例 リンク・ディレクティブ

```
MEMORY  STACK : ( 0EF00H, 00100H )
MEMORY  RAM :   ( 0F000H, 01000H )
```

備考 「5.1.1 リンク・ディレクティブ」を参照してください。

2.6.2 セクションの配置を指定する

(1) 領域指定

セクションの配置を指定する際に，メモリ領域を指定することができます。

MERGE 疑似命令で，対象セクションをメモリ領域に配置指定します。

例 入力セグメント SEG1 をメモリ領域 MEM1 中に割り付ける

```
MEMORY  ROM : ( 0000H, 1000H )
MEMORY  MEM1 : ( 1000H, 2000H )
MERGE   SEG1 : = MEM1
```

備考 「5.1.1 リンク・ディレクティブ」を参照してください。

(2) アドレス指定

セクションの配置を指定する際に，アドレスを指定することができます。

MERGE 疑似命令で，対象セクション配置アドレスを指定します。

例 入力セグメント SEG1 を 500H 番地に割り付ける

```
MEMORY  ROM : ( 0000H, 1000H )
MERGE   SEG1 : AT ( 500H )
```

備考 「5.1.1 リンク・ディレクティブ」を参照してください。

2.7 コード・サイズの削減

この節では，コード・サイズの削減について説明します。

2.7.1 拡張機能でオブジェクト生成の効率化を行う

78K0 応用製品の開発を行う場合，78K0 C コンパイラではデバイスの saddr 領域，callt 領域，あるいは callf 領域を利用することにより，効率の良いオブジェクトを生成することができます。

- 外部変数を使用する
  - if（saddr 領域が使用可能） → sreg/__sreg 変数を使用する / コンパイラ・オプション（-rd）を使用する
- 1 ビットのデータを使用する
  - if（saddr 領域が使用可能） → bit/boolean/__boolean 型変数を使用する
- 関数の定義
  - if（何回も呼ばれる関数）
    - if（callt 領域が使用可能）
      - __callt/callt 関数とする（コード・サイズ，実行スピード削減に有効）
    - if（callf 領域が使用可能）
      - __callf/callf 関数とする（コード・サイズ，実行スピード向上に有効）
    - if（再帰的に使用しない）
      - __leaf/norec 関数とする
  - if（オートマティック変数を使用しない）
    - noauto 関数とする
  - if（オートマティック変数を使用する && saddr 領域が使用可能）
    - register 宣言する

(1) 外部変数の使用

外部変数を定義するときに saddr 領域が利用可能であれば，定義する外部変数を sreg/__sreg 変数にします。

sreg/__sreg 変数は，メモリに対する命令と比べ命令コードが短く，オブジェクト・コードを縮小することができ，実行速度も向上します（sreg 変数にする代わりに，オプション -rd によっても同様のことを行うことができます）。

```
sreg/__sreg 変数の定義 :  extern sreg int   変数名 ;
                          extern __sreg int 変数名 ;
```

備考 「sreg 宣言による saddr 領域利用（sreg/__sreg）」を参照してください。

(2) 1 ビット・データの使用

1 ビットのデータしか使用しないオブジェクトは，bit 型変数（または boolean/__boolean 型変数）にします。bit/boolean/__boolean 型変数に対する操作には，ビット操作命令が生成されます。また，sreg 変数と同様，saddr 領域を使用しますので，コードを縮小することができ，実行速度も向上します。

```
bit/boolean 型変数の宣言 : bit          変数名 ;
                           boolean      変数名 ;
                           __boolean    変数名 ;
```

備考 「bit 型変数（bit），boolean 型変数（boolean/__boolean）」を参照してください。

(3) 関数定義の工夫

何回も呼ばれる関数は，オブジェクト・コードを短縮するか，高速に呼び出すことのできる構造にする必要があります。したがって，何回も呼ばれる関数で，callt 領域を利用できる場合は callt 関数にし，callf 領域を利用できる場合は callf 関数にします。callt/callf 関数は，デバイスの callt/callf 領域を利用して呼び出されるので，通常の呼び出しよりも短いコードで呼び出すことができます。

関数自身から他の関数を呼び出さない関数は，__leaf/norec 関数にします。norec 関数は，関数の前後処理（スタック・フレーム）のない関数になるので，通常の関数に比べ，オブジェクト・コードを短縮することができ，実行速度も向上します。

```
callt 関数の定義 : callt   int    tsub ( )  {
                     :
                   }
norec 関数の定義 : norec   int    tsub ( )  {
                     :
                   }
callf 関数の定義 : callf   int    tsub ( )  {
                     :
                   }
```

備考 「callt 関数（callt/__callt）」，「norec 関数（norec）」，および「callf 関数（callf/__callf）」を参照してください。

(4) 最適化オプション

オブジェクト・コード・サイズを重視した最適化オプションは，次のとおりです。

```
-qx3，または -qx4
```

実行スピードも重視する場合は，-qx2（デフォルト）を指定してください。

-qx4 は，-qx3 に加え”共通コードのサブルーチン化”と”スタックアクセス用ライブラリ”の呼び出しなどを行うことで，コード・サイズの削減を行います。したがって，-qx3 と比較して実行スピードは遅くなる可能性があります。

__sreg を変数に付加することで，さらに，コード・サイズの縮小，実行スピード向上が見込めます。ただし，saddr 領域が使用可能な場合に限ります。領域が不足し，使用することができなくなった場合は，ビルド・エラーとなります。

さらに，オブジェクト効率を向上させたい場合は，C ソースに 78K0 C コンパイラがサポートしている拡張機能を加えてください。

saddr 領域の使用に加え，最適化オプションを使用してコンパイルすることにより，C ソースの修正を行わずに，良いオブジェクトを生成することができます。

(5) 拡張機能の使用

- 関数の定義
  - if （何回も呼ばれる関数）
    - if （再帰的に使用しない）
      - __leaf/norec 関数とする
  - if （オートマティック変数を使用しない）
    - noauto 関数とする
  - if （オートマティック変数を使用する && saddr 領域が使用可能）
    - register 宣言する
  - if （内部 static 変数を使用する）&& （ saddr 領域が利用可能）
    - __sreg 宣言する

(a) 再帰的に使用しない関数

何回も呼ばれる関数の中で再帰的に使用しないものは，__leaf/norec 関数にします。

norec 関数は，関数の前後処理（スタック・フレーム）のない関数になります。このため，通常の関数に比べ，オブジェクト・コードを短縮することができ，実行速度も向上します。

備考 norec 関数の定義（norec int rout ( ) …）については，「norec 関数（norec）」，「3. 3. 4 norec 関数呼び出しインタフェース（ノーマル・モデルのみ）」を参照してください。

(b) オートマティック変数を使用しない関数

オートマティック変数を使用しない関数は，noauto 関数にします。noauto 関数は，スタック・フレームのない関数です。また，引数も可能なかぎり，レジスタ渡しとなります。オブジェクト・コードを短縮することができ，実行速度が向上します。

備考 noauto 関数の定義（noauto int sub1 (int i) …）については，「noauto 関数（noauto）」，「3. 3. 3 noauto 関数呼び出しインタフェース（ノーマル・モデルのみ）」を参照してください。

(c) オートマチック変数を使用する関数

オートマチック変数を使用する関数で，saddr 領域が使用可能であれば register 宣言します。register 宣言は，宣言されたオブジェクトをレジスタに割り当てます。

レジスタを用いたプログラムは，メモリを使ったプログラムと比べ高速に動作し，またオブジェクト・コードも短縮されます。

備考 register 変数の定義（register int i ; …）については，「レジスタ変数（register）」を参照してください。

(d) 内部 static 変数を使用する関数

内部 static 変数を使用する関数で，saddr 領域が使用可能であれば，__sreg 宣言，または，-rs オプションを指定します。sreg 変数と同様，オブジェクト・コードを縮小することができ，実行速度も向上します。

備考 「sreg 宣言による saddr 領域利用（sreg/__sreg）」を参照してください。

(6) その他の機能

その他，次のような方法で，コード効率，または実行速度を向上することができます。

(a) SFR 名（または SFR ビット名称）の使用

#pragma sfr

備考 「sfr 領域利用（sfr）」を参照してください。

(b) 1 ビットのメンバのみからなるビット・フィールドには，__sreg 宣言を使用（メンバには unsigned char 型も使用可能）

```
__sreg  struct  bf {
        unsigned char   a : 1 ;
        unsigned char   b : 1 ;
        unsigned char   c : 1 ;
        unsigned char   d : 1 ;
        unsigned char   e : 1 ;
        unsigned char   f : 1 ;
} bf_1 ;
```

備考 「sreg 宣言による saddr 領域利用（sreg/__sreg）」を参照してください。

(c) 割り込み処理にはレジスタ・バンク切り替えを使用

#pragma interrupt INTP0 inter RB1

備考 「割り込み関数（#pragma vect/#pragma interrupt）」を参照してください。

（d）乗算，除算組み込み関数の使用

#pragma mul

#pragma div

備考 「乗算関数（#pragma mul）」，「除算関数（#pragma div）」を参照してください。

（e）高速化したいモジュールのみ，アセンブリ言語で記述

2. 7. 2 複雑な式の計算を行う

計算結果がバイト型で収まる数値になるとき，計算過程の途中でダブル・ワード型が必要な場合の最も合理的なプログラムの記述方法は，以下のようになります。

例 a の b における百分率 c を四捨五入して求めます。

```
c = ( a × 100 + b ÷ 2 ) ÷ b
```

以下のような記述した場合，答え c を long int 宣言することになり，領域の確保が 1 バイトで済むところを 4 バイトも確保しなければなりません。

```
void    _x ( ) {
        c = ( ( unsigned long int ) a * ( unsigned long int ) 100 + ( unsigned long
int ) b / ( unsigned long int ) 2 ) / ( unsigned long int ) b ;
}
```

計算過程の途中の数値だけをダブル・ワード型にするには，以下のように記述してください。

```
#pragma mul
#pragma div

unsigned int    a, b ;
unsigned char   c ;

void    _x ( ) {
       c = ( unsigned char ) divux ( ( unsigned long ) ( b / 2 ) + muluw ( a, 100 ),
b ) ;
}
```

2.8 コンパイラとアセンブラの相互参照

この節では，コンパイラとアセンブラの相互参照について説明します。

2.8.1 変数の相互参照を行う

(1) C 言語で定義した変数を参照する方法

C 言語プログラム中で定義した外部変数をアセンブリ言語ルーチン中で参照する場合，extern 宣言します。
アセンブリ言語ルーチン中では，定義した変数の先頭に“_”（アンダースコア）を付けます。

例 C ソース

```
extern void     subf ( void ) ;
char    c = 0 ;
int     i = 0 ;

void main ( void ) {
        subf ( ) ;
}
```

例 アセンブラ・ソース

```
$PROCESSOR ( F051144 )
        PUBLIC  _subf
        EXTRN   _c
        EXTRN   _i
@@CODE CSEG
_subf :
        MOV     a , #04H
        MOV     !_c , a
        MOVW    ax , #07H ; 7
        MOVW    !_i , ax
        RET
        END
```

備考 「9.5 C 言語で定義した変数を参照する方法」を参照してください。

(2) アセンブリ 言語で定義した変数を参照する方法

アセンブリ 言語プログラム中で定義した外部変数を C 言語ルーチン中で参照する場合，extern 宣言します。

アセンブリ言語ルーチン中で定義する変数の先頭に“_”（アンダースコア）を付けます。

例 C ソース

```
extern char     c ;
extern int      i ;

void    subf ( void ) {
        c = 'A' ;
        i = 4 ;
}
```

例 アセンブラ・ソース

```
NAME ASMSUB
                PUBLIC  _i
                PUBLIC  _c
ABC DSEG        BASEP
_i : DW         0
_c : DB         0
                END
```

備考 「9. 6 アセンブリ言語で定義した変数を C 言語側で参照する方法」を参照してください。

2. 8. 2 関数の相互参照を行う

(1) C 言語で定義した関数を参照する方法

C 言語により記述された関数をアセンブリ言語ルーチンから呼び出す手順は，次のようになります。

(a) ワーク・レジスタ（AX，BC，DE）を退避する

(b) 引数をスタックに積む

(c) C 言語関数をコールする

(d) 引数のバイト数分スタック・ポインタ（SP）の値を修正する

(e) C 言語関数の戻り値（BC，または DE，BC）を参照する

例 アセンブリ言語

```
$PROCESSOR ( F051144 )
        NAME    FUNC2
        EXTRN   _CSUB
        PUBLIC  _FUNC2
@@CODE CSEG
_FUNC2 :
        movw    ax, #20H        ; 第 2 引数 "j" を設定
        push    ax              ;
        movw    ax, #21H        ; 第 1 引数 "i" を設定
        call    !_CSUB          ; 関数 "CSUB ( i, j )" の呼び出し
        pop     ax              ;
        ret
END
```

備考 詳細は，「9. 4 アセンブリ言語から C 言語ルーチンの呼び出し」を参照してください。

(2) アセンブリ 言語で定義した関数を参照する方法

C 言語関数から呼び出されるアセンブリ言語で定義した関数では，次の手順で処理を行います。

(a) ベース・ポインタ，レジスタ変数用 saddr 領域を退避する

(b) スタック・ポインタ（SP）をベース・ポインタ（HL）へコピーする

(c) 関数 FUNC 本来の処理を行う

(d) 戻り値をセットする

(e) 退避したレジスタを復帰する

(f) 関数 main へリターンする

例 アセンブリ言語

```
$PROCESSOR ( F051144 )
        PUBLIC _FUNC
        PUBLIC _DT1
        PUBLIC _DT2
@@DATA DSEG UNITP
_DT1 : DS ( 2 )
_DT2 : DS ( 4 )
@@CODE CSEG
_FUNC :
        PUSH    HL              ; save base pointer
        PUSH    AX
        MOVW    AX , SP         ; copy stack pointer
        MOVW    HL , AX
        MOV     A , [ HL ]      ; arg1
        XCH     A , X
        MOV     A , [ HL + 1 ]  ; arg1
        MOVW    !_DT1 , AX      ; move 1st argument ( i )
        MOV     A , [ HL + 8 ]  ; arg2 ( バンク領域にある場合は，オフセットに 6 を加算 )
        XCH     A , X
        MOV     A , [ HL + 9 ]  ; arg2 ( バンク領域にある場合は，オフセットに 6 を加算 )
        MOVW    !_DT2 + 2 , AX
        MOV     A , [ HL + 6 ]  ; arg2 ( バンク領域にある場合は，オフセットに 6 を加算 )
        XCH     A , X
        MOV     A , [ HL + 7 ]  ; arg2 ( バンク領域にある場合は，オフセットに 6 を加算 )
        MOVW    !_DT2 , AX      ; move 2nd argument ( l )
        MOVW    BC , #0AH       ; set return value
        POP     AX
        POP     HL              ; restore base pointer
        RET
        END
```

備考 詳細は，「9. 3 C 言語からアセンブリ言語ルーチンの呼び出し」を参照してください。

2. 8. 3　アセンブラから C 言語で記述した関数を呼び出す時にレジスタの退避を行う

アセンブラから C 言語で記述した関数を呼び出す場合，レジスタの退避を行う必要があります。

退避しなければならないレジスタを以下に示します。

hl レジスタ	C 関数で退避されます。
ax，bc，de レジスタ	ワーク・レジスタであるため，C 関数で使用される可能性があります。

これらの値をアセンブラ側で関数をコールする前に退避するようにしてください。

例　関数 _c_function を呼び出す前に，ax，bc，de レジスタの退避を行います。

```
push    ax
push    bc
push    de
call    !_c_function    ; C 言語で記述された関数
pop     de
pop     bc
pop     ax
```

詳細については，「第 9 章　コンパイラとアセンブラの相互参照」を参照してください。

第 3 章　コンパイラ言語仕様

この章では，78K0 C コンパイラがサポートするコンパイラ言語仕様について説明します。

3. 1　基本言語仕様

この節では，C コンパイラがサポートする基本言語仕様について説明します。

C コンパイラは，ANSI 規格で規定された言語仕様をサポートしていますが，その中には処理系定義として規定されている項目があります。ここでは，78K0 マイクロコントローラの処理系に依存した項目の言語仕様について説明します。

また，厳密な ANSI 準拠処理のオプションを指定した場合と指定しない場合の差分についても説明します。

なお，78K0 C コンパイラで独自に追加されている拡張言語仕様については，「3. 2　拡張言語仕様」を参照してください。

3. 1. 1　処理系依存

この節では，ANSI 規格における処理系依存項目について説明します。

(1) データ型とサイズ

複数バイトで構成されるデータ型の中のバイト順序は，“下位から上位”です。また，符号付き整数は，2 の補数で表現します。最上位ビットには，符号（正，または 0 の場合 0，負の場合 1）が入ります。

- 1 バイト中のビット数は，8 ビットとします。
- オブジェクト中のバイト数，バイト順序，符号化は，次のように規定します。

表 3―1　データ型とサイズ

データ型	サイズ
char 型	1 バイト
int，short 型	2 バイト
long，float，double 型	4 バイト
ポインタ	ポインタ型の変数（バンク機能（-mf）使用時は関数ポインタは除く）：2 バイト 関数ポインタ（バンク機能（-mf）使用時）：4 バイト

(2) 翻訳段階

ANSI 規格では，翻訳における構文規則間の優先順位を 8 つの翻訳段階（翻訳フェーズ）に規定しています。3 段階目の“前処理字句と空白類文字の並びへの分割”で処理系定義となっている，“改行文字以外の空白類文字の空でない並び”は 1 つに置き換えられずそのまま保持されます。

ただし，タブについては -lt オプションの指定した空白文字に置き換えられます。

(3) 診断メッセージ

何らかの構文規則違反，および制約違反を含む翻訳単位に対して，ソース・ファイル名，行番号（特定可能な場合のみ）を含むエラー・メッセージを出力します。なお，エラー・メッセージの書式は“警告”，“致命的エラー”，“その他のエラー”の 3 種類に区別されます。

(4) フリー・スタンディング環境

(a) フリー・スタンディング環境[注]においては，プログラム開始処理時に呼び出される関数の名前，および型は特に規定しません。したがって，ユーザ・オウン・コーディング，またはターゲット・システムに依存します。

注 オペレーティング・システムの機能を使用せずに C 言語ソース・プログラムを実行する環境のこと。
ANSI 規格では，実行環境にはフリー・スタンディング環境とホスト環境の 2 つが規定されていますが，78K0 C コンパイラでは，ホスト環境は現在提供されていません。

(b) フリー・スタンディング環境におけるプログラム終了処理の効果は，特に規定しません。したがって，ユーザ・オウン・コーディング，またはターゲット・システムに依存します。

(5) プログラムの実行

対話型装置の構成については，特に規定しません。
したがって，ユーザ・オウン・コーディング，またはターゲット・システムに依存します。

(6) 文字集合

実行環境文字集合の要素の値は，ASCII コードです。

(7) 多バイト文字

多バイト文字は，文字定数，文字列ではサポートしていません。
ただし，コメントにおける日本語記述はサポートしています。

(8) 文字表示の意味

拡張表記の値は，次のように規定します。

表 3―2 拡張表記と意味

拡張表記	値（ASCII）	意味
\ a	07	アラート（警告音）
\ b	08	バックスペース
\ f	0C	フォーム・フィード（改ページ）
\ n	0A	ニュー・ライン（改行）
\ r	0D	キャリッジ・リターン（復帰）

拡張表記	値（ASCII）	意味
\ t	09	水平タブ
\ v	0B	垂直タブ

（9）翻訳限界

次に，翻訳に際しての限界値を示します。

なお，* の付いている値は保証値であり，それ以上の値でも可能な場合もありますが，動作は保証されません。

表 3―3 拡張表記と意味

内容	限界値
複文，繰り返し制御構造，および選択制御構造の入れ子のレベル数 （ただし，“case”のラベル数に依存）	45
条件組み込みの入れ子のレベル数	255
1 つの宣言中の 1 つの算術型，構造体型，共用体型，または不完全型を修飾する（任意の組み合わせの）ポインタ，配列，および関数宣言子の数	12
完全な宣言子の中の，かっこで囲まれた宣言子の入れ子のレベル数	591*
完全な式の中の，かっこで囲まれた式の入れ子のレベル数	32
マクロ名における有効先頭文字数	256
外部識別子における有効先頭文字数	249
内部識別子における有効先頭文字数	249
1 つの翻訳単位内の外部識別子の数	1024*
1 つの基本ブロック内で宣言可能なブロック有効範囲をもつ識別子の数	255
1 つの翻訳単位内で同時に定義可能なマクロ識別子の数	32767
1 つの関数定義内の仮引数，および 1 つの関数呼び出し内の実引数の数	39*
1 つのマクロ定義内の仮引数の数	31
1 つのマクロ呼び出し内の実引数の数	31
1 つの論理ソース行内の文字数	2048*
連結後の 1 つの文字列定数，またはワイド文字列定数内の文字数	509*
1 つのオブジェクト・サイズ（データを示す）	65535
インクルード・ファイルに対する入れ子のレベル数	50
1 つの“switch”文に対する“case”ラベルの数 （ネストされている場合，それも含める）	257
1 コンパイル単位のソース行数	65535*
関数コールのネスト	40*
1 オブジェクト・モジュールあたりのコード，データ，スタック・セグメントのトータル・サイズ	65535
単一構造体，または単一共用体内のメンバ数	256
単一列挙型における列挙型定数の数	255

内容	限界値
単一構造体宣言の並び内の，構造体，または共用体定義の入れ子のレベル数	15
初期化子要素のネスト	15
1 ソース・モジュール・ファイル中の関数定義数	4095
マクロのネスト	200
インクルード・ファイル・パス指定数	64

（10）数量的限界

（a）汎整数型の限界値（limits.h ファイル）

汎整数型（char 型，符号付き／符号なし整数型，および列挙型）で表現できる値の各種限界値を limits.h ファイルに定義しています。

なお，多バイト文字はサポートしていないため，MB_LEN_MAX は該当する限界値を持ちません。そこで，MB_LEN_MAX には 1 として，定義のみ行っています。

また，-qu オプションが指定された場合，CHAR_MIN は 0，CHAR_MAX は UCHAR_MAX と同値となります。次に，limits.h ファイルで定義されている各種限界値を示します。

表 3―4 汎整数型の各種限界値（limits.h ファイル）

名前	値	意味
CHAR_BIT	+8	ビット・フィールドではない最小のオブジェクトのビット数（＝1 バイト）
SCHAR_MIN	-128	signed char 型の最小値
SCHAR_MAX	+127	signed char 型の最大値
UCHAR_MAX	+255	unsigned char 型の最大値
CHAR_MIN	-128	char 型の最小値
CHAR_MAX	+127	char 型の最大値
SHRT_MIN	-32768	short int 型の最小値
SHRT_MAX	+32767	short int 型の最大値
USHRT_MAX	+65535	unsigned short int 型の最大値
INT_MIN	-32768	int 型の最小値
INT_MAX	+32767	int 型の最大値
UINT_MAX	+65535	unsigned int 型の最大値
LONG_MIN	-2147483648	long int 型の最小値
LONG_MAX	+2147483647	long int 型の最大値
ULONG_MAX	+4294967295	unsigned long int 型の最大値

（b）浮動小数点型の各種限界値（float.h ファイル）

浮動小数点型の特性に関する各種限界値を float.h ファイルに定義しています。

次に，float.h ファイルで定義されている各種限界値を示します。

表 3―5 浮動小数点型の各種限界値の定義（float.h ファイル）

名前	値	意味
FLT_ROUNDS	+1	浮動小数点加算に対する丸めのモード 78K0 マイクロコントローラでは，1（もっとも近い方向へ丸める）とします。
FLT_RADIX	+2	指数表現の基数（b）
FLT_MANT_DIG	+24	浮動小数点仮数部における FLT_RADIX を底とする数字の数（p）
DBL_MANT_DIG		
LDBL_MANT_DIG		
FLT_DIG	+6	q 桁の 10 進数の浮動小数点数を基数 b の p 桁をもつ浮動小数点数に丸めることができ，再び変更なしに q 桁の 10 進数値に戻すことができるような 10 進数の桁数**注 1**（q）
DBL_DIG		
LDBL_DIG		
FLT_MIN_EXP	-125	FLT_RADIX をその値から 1 引いた値でべき乗したとき，正規化された浮動小数点数となるような最小の負の整数 （e_{min}）
DBL_MIN_EXP		
LDBL_MIN_EXP		
FLT_MIN_10_EXP	-37	10 をその値でべき乗したとき，正規化された浮動小数点数の範囲内になるような最小の負の整数 $\log_{10} b^{e_{min-1}}$
DBL_MIN_10_EXP		
LDBL_MIN_10_EXP		
FLT_MAX_EXP	+128	FLT_RADIX をその値から 1 引いた値でべき乗したとき，表現可能な有限浮動小数点数となるような最大の整数 （e_{max}）
DBL_MAX_EXP		
LDBL_MAX_EXP		
FLT_MAX_10_EXP	+38	表現可能な有限浮動小数点数の最大値 $(1 - b^{-p}) * b^{e_{max}}$
DBL_MAX_10_EXP		
LDBL_MAX_10_EXP		
FLT_MAX	3.40282347E + 38F	表現可能な有限浮動小数点数の最大値 $(1 - b^{-p}) * b^{e_{max}}$
DBL_MAX		
LDBL_MAX		
FLT_EPSILON	1.19209290E - 07F	指定された浮動小数点型で表現できる 1.0 と，1.0 より大きい最も小さい値との差異**注 2** b^{1-p}
DBL_EPSILON		
LDBL_EPSILON		

名前	値	意味
FLT_MIN	1.17549435E - 38F	正規化された正の浮動小数点数の最小値 $b^{e_{min}-1}$
DBL_MIN		
LDBL_MIN		

注 1. DBL_DIG，LDBL_DIG は，ANSI 規格では，10 以上となっていますが，78K0 マイクロコントローラでは，double 型も long double 型も 32 ビットであるため 6 となります。

2. DBL_EPSILON と LDBL_EPSILON は，ANSI 規格では，1E - 9 以下となっていますが，78K0 マイクロコントローラにおいては 1.19209290E - 07F となります。

（11）識別子

識別子で認識することができるのは，最初の 249 文字です。

なお，英字の大文字と小文字は区別されます。

（12）char 型

型指定子（signed，unsigned）の付かない単なる char 型は，符号付き整数として扱います。

ただし，C コンパイラの -qu オプションを指定することにより，符号なし整数として扱うこともできます。

ANSI 規格において要求されるソース・プログラムの文字集合に含まれないもの（エスケープ・シーケンス）は，char 型以外を char 型へ代入する場合と同様に，型変換して格納されます。

```
char    c = '\777';     /* c の値は -1 となる */
```

（13）浮動小数点定数

浮動小数点定数は，IEEE754 **注**に準拠しています。

注 IEEE：Institute of Electrical and Electronics Engineers（電気電信学会）の略称です。
また，IEEE754 とは，浮動小数点演算を扱うシステムにおいて，扱うデータ形式や数値範囲などの仕様の統一化を図った標準です。

（14）文字定数

（a）ソース・プログラムの文字集合と実行環境における文字集合は，基本的に両者とも ASCII コードで，同一の値をもつメンバと対応します。

（b）2 つ以上の文字を含む整数文字定数の値は，すべての文字が有効値となります。

（c）基本的な実行環境文字集合で表現されない文字やエスケープ・シーケンスを含む場合，次のようになります。

- 8 進数エスケープ・シーケンス，および 16 進数エスケープ・シーケンスは，その 8 進数表記，および 16 進数表記で示される値となります。

\ 077	63

- 単純エスケープ・シーケンスは，次のようになります。

\ '	'
\ "	"
\ ?	?
\\	\

- \ a，\ b，\ f，\ n，\ r，\ t，\ v については，「(8) 文字表示の意味」で示されている値と同値になります。

(d) 多バイト文字の文字定数はサポートしていません。

(15) ヘッダ・ファイル名

ヘッダ・ファイル名の 2 つの形式（< >，" "）内の列をヘッダ・ファイル，または外部ソース・ファイル名に反映する方法は，「(32) ヘッダ・ファイル取り込み」で規定します。

(16) コメント

コメント中に日本語が記述できます。デフォルトの文字コードは，シフト JIS となります。

入力ソース・ファイルの中の文字コードは，C コンパイラの -z オプション，または環境変数で選択できます。

オプション指定は環境変数よりも優先されます。ただし，none を指定すると，文字コードは保証されません。

(a) オプション指定

```
-ze | -zn | -zs
```

(b) 環境変数

```
LANG78K [ euc | none | sjis ]
```

なお，設定方法は，使用する環境の設定方法に従います。

(17) 符号付き定数と符号なし定数

汎整数型の値がよりサイズの小さい符号付き整数に変換される場合，上位ビットを切り捨てて，ビット列イメージをコピーします。

また，符号なし整数が，対応する符号付き整数に変換される場合，内部表現は変化しません。

（18）浮動小数点と汎整数

汎整数型の値が浮動小数点型に型変換される際，型変換される値が，表現しうる値の範囲内にはあるが正確に表現することができない場合，その結果は，表現しうる最も近い値へ丸められます。

なお，結果がちょうど中央の値である場合には，偶数（仮数の最下位ビットが 0 のもの）に丸められます。

（19）double 型と float 型

78K0 マイクロコントローラ処理系では，double 型は float 型と同じ浮動小数点表現であり，32 ビット・データ（単精度）として扱われます。

（20）ビット単位の演算子における符号付き型

ビット単位の演算子における符号付き型に対する特性は，シフト演算子については，「（26）ビット単位のシフト演算子」の規定に準じます。

また，その他の演算子については，符号なしの値として（ビット・イメージのままで）計算するものとします。

（21）構造体と共用体のメンバ

共用体のメンバの値がそれと異なるメンバに格納される場合，整列条件に従って格納されるため，その共用体のあるメンバへのアクセスは，整列条件に従って行われます（「（b）構造体型」，および「（c）共用体型」を参照）。

ただし，共通の先頭メンバの並びを共有している構造体だけをメンバとして含んでいる共用体の場合，内部表現は同じであるため，どの構造体の共通の先頭メンバを参照しても同じになります。

（22）sizeof 演算子

“sizeof”演算子の結果は，「（1）データ型とサイズ」におけるオブジェクト中のバイトに関する規定に準じます。

なお，構造体と共用体については，パディング領域を含んだバイト数とします。

（23）キャスト演算子

ポインタを汎整数型に変換する場合，要求される変数のサイズは，次のサイズです。変換結果は，ビット列がそのまま保存されます。

また，任意の整数はポインタに型変換できますが，int 型よりも小さい整数の場合，結果はその型に従って拡張されます。

ポインタ型の変数（バンク機能（-mf）使用時は関数ポインタは除く）	2 バイト
関数ポインタ（バンク機能（-mf）使用時）	4 バイト

（24）乗除／剰余演算子

整数同士の除算で割り切れず，オペランドが負の値をもつ場合，“/”演算子の結果は，除数，または被除数のいずれか一方が負の場合は，代数的な商よりも大きい最小の整数となります。

ただし，どちらも負の場合は，代数的な商よりも小さい最大の整数となります。

また，オペランドが負の値をもつ場合，“%”演算子の結果の符号は第一オペランドの符号とします。

（25）加減演算子

同一配列の要素を指す 2 つのポインタが減算される場合，結果の型は int 型とし，サイズは 2 バイトとします。

（26）ビット単位のシフト演算子

“E1 >> E2”において，E1 が符号付きの型で負の値をもつ場合，算術シフトを行います。

（27）記憶域クラス指定子

記憶域クラス指定子“register”の宣言は，可能なかぎり高速にアクセスするために行いますが，必ずしも有効であるとはかぎりません。

（28）構造体と共用体指定子

（a）signed，unsigned の付かない int 型ビット・フィールドは，符号なしとして扱います。

（b）ビット・フィールドを保持するために，十分な大きさの任意のアドレス付け可能な記憶域単位を割り付けることができますが，十分な領域がなかった場合，合わなかったビット・フィールドはフィールドの型の整列条件に合わせて次の単位に詰め込まれます。

（c）単位内のビット・フィールドの割り付け順序は下位から上位です。
ただし，-rb オプションにより，割り付け順序を上位から下位にすることができます。

（d）1 つの構造体，または共用体の非ビット・フィールドの各メンバは，次のように境界整列されます。

- char，unsignd char 型，およびその配列：　バイト境界
- その他（ポインタを含む）：　2 バイト境界

（29）列挙型指定子

列挙型は，次の型の中ですべての列挙定数を表現可能な最初のものとなります。

- signed char
- unsigned char
- signed int

（30）型修飾子

“volatile”修飾された型をもつデータへのアクセスは，データがマッピングされているアドレス（I/O ポートなど）に依存します。

（31）条件組み込み

（a）条件組み込みで指定される文字定数に対する値と，その他の式中に現れる文字定数の値とは等しくなります。

（b）単一文字の文字定数は，負の値を持たないようにしてください。

（32）ヘッダ・ファイル取り込み

（a）“#include < 文字列 >”という形式の前処理指示

“#include < 文字列 >”という形式の前処理指示は，“文字列”が“\”で始まらない場合[注]，指定されたフォルダ（-i オプション）からヘッダ・ファイルを検索し，次に INC78K0 環境変数で指定されているフォルダを検索し，最後に，cc78k0.exe が置かれた bin フォルダからの相対パスでの .. \ inc78k0 フォルダを検索します。

なお，“<”と“>”の区切り記号の間に指定された文字列で一意に識別されるヘッダ・ファイルを探し出すと，そのヘッダ・ファイルの内容全体で置き換えます。

注 “\”と“/”の両者がフォルダの区切りとしてみなされます。

例

```
#include        <header.h>
```

検索順は，次のとおりです。

- -i で指定したフォルダ
- 環境変数 INC78K0 で指定されているフォルダ
- 標準のフォルダ

（b）“#include " 文字列 "”という形式の前処理指示

“#include " 文字列 "”という形式の前処理指示は，“文字列”が“\”で始まらない場合[注]，ソース・ファイルがあるフォルダからヘッダ・ファイルを検索し，次に，指定したフォルダ（-i オプション），INC78K0 環境変数で指定されているフォルダ，最後に cc78k0.exe が置かれた bin フォルダからの相対パスでの .. \ inc78k0 フォルダを検索します。

なお，“ " ”“ " ”の区切り記号の間に指定された文字列で一意に識別されるヘッダ・ファイルを探し出すと，そのヘッダ・ファイルの内容全体で置き換えます。

注 “\”と“/”の両者がフォルダの区切りとしてみなされます。

例

```
#include        "header.h"
```

検索順は，次のとおりです。

- ソース・ファイルがあるフォルダ
- -i で指定したフォルダ
- 環境変数 INC78K0 で指定されているフォルダ
- 標準のフォルダ

(c)“#include 前処理字句列”という形式

“#include 前処理字句列”という形式において，前処理字句列が単一で < 文字列 >，または " 文字列 " の形式に置換されるマクロである場合にのみ，単一のヘッダ・ファイル名の前処理字句として扱われます。

(d)“#include < 文字列 >”という形式の前処理指示

（最終的に）区切られた列とヘッダ・ファイル名との間においては，列中の英文字の長さを判別し，

コンパイラ動作環境において有効なファイル名長までが有効

となります。ファイルを探すフォルダについては，上記の規定に準じます。

(33) #pragma 指令

#pragma 指令は，ANSI でサポートされている前処理指令の 1 つです。#pragma に続く文字列により，コンパイラで決められた方法で翻訳するようにコンパイラに指示するものです。

#pragma 指令がコンパイラによってサポートされていなければ，#pragma 指令は無視されコンパイルを続行します。指令によりキーワードの追加がある場合は，そのキーワードが C ソース中にある場合にエラーが出力されます。これを避けるためには，C ソース中のキーワードを削除するか，#ifdef で切り分けます。

(34) あらかじめ定義されたマクロ名

次に，サポートしているマクロ名を示します。

なお，“__”で終わらないマクロは，従来の C 言語仕様（K&R 仕様）のために提供しているものです。ANSI 規格に厳密な処理を行う場合，前後に“__”のある形式のマクロを利用するようにしてください。

表 3―6 サポートしているマクロ

マクロ名	定義
__LINE__	その時点でのソース行の行番号（10 進数）
__FILE__	仮定されたソース・ファイルの名前（文字列定数）
__DATE__	ソース・ファイルの翻訳日付（“Mmm dd yyyy”の形式をもつ文字列定数 ここで，月の名前は ANSI 規格で規定されている asctime 関数で生成されるもの（英字 3 文字の並びで最初の 1 文字のみ大文字）と同じもの。dd の最初の文字は値が 10 より小さい場合空白とします）
__TIME__	ソース・ファイルの翻訳時間（asctime 関数で生成される時間と同じような“hh : mm : ss”の型式をもつ文字列定数）

マクロ名	定義
__STDC__	10 進定数 1（ANSI に厳密な処理を指定時に定義）注
__K0__	10 進定数 1
__STATIC_MODEL__	10 進定数 1（スタティック・モデル指定時）。
__CHAR_UNSIGNED__	10 進定数 1（-qu オプションを指定した場合に定義）
__CA78K0__	10 進定数 1
CPU マクロ	ターゲット CPU を示すマクロで 10 進定数 1 デバイス・ファイル中の「品種指定名」で示される文字列の先頭に”__”と末尾に“_”を付けたものが定義されます（英字は大文字で記述してください）

注 -za オプション指定時に定義します。

（35）特別なデータ型の定義

次に，stddef.h ファイルにおける NULL，size_t，ptrdiff_t の定義を示します。

表 3―7 NULL，size_t，ptrdiff_t の定義（stddef.h ファイル）

NULL ／ size_t ／ ptrdiff_t	定義
NULL	((void *) 0)
size_t	unsigned int
ptrdiff_t	int

3. 1. 2 データの内部表現と領域

78K0 C コンパイラが扱うデータのそれぞれの型における，内部表現と領域について説明します。

（1）基本型

基本型は，算術型とも呼ばれ，整数型と浮動小数点型からなります。

また，整数型は，char 型，符号付き整数型，符号なし整数型，列挙型に分類されます。

（a）整数型

整数型には，次の 4 種類の型があります。整数型の値は，2 進数 0 と 1 によって表現されます。

- char 型
- 符号付き整数型
- 符号なし整数型
- 列挙型

- char 型

char 型は，実行文字集合の任意の文字を格納するのに十分な大きさを持っています。

char オブジェクトに格納される文字の値は，正になります。

文字以外のものは，符号付き整数として扱われます。

格納する際，オーバフローが生じるとオーバフローした部分は無視されます。

- 符号付き整数型

符号付き整数型には，次の 4 種類の型があります。

- signed char
- short int
- int
- long int

signed char 型で宣言されるオブジェクトは，修飾子がない char と同じ大きさの領域を持ちます。

修飾子がない int オブジェクトは，実行環境の CPU アーキテクチャにとって自然な大きさを持ちます。

符号付き整数型には，それに対応する符号なし整数型があり，ともに同じ大きさの領域を使用します。

符号付き整数型の正の数は，符号なし整数型の部分集合です。

- 符号なし整数型

符号なし整数型は，キーワード unsigned で示されるものです。

符号なし整数型を含む計算ではオーバフローしません。符号なし整数型を含む計算の場合，整数型で表現できない値になると，計算結果は符号なし整数型で表現できる最大数に 1 を加算した値で割った余りに置き換わるからです。

- 列挙型

列挙は，名付られた整数定数の集合です。

列挙の並びにより，構成されます。

（b）浮動小数点型

浮動小数点型には，次の 3 種類の型があります。

- float
- double
- long double

なお，78K0 C コンパイラでは，double，long double 型は，float と同様に ANSI/IEEE754-1985 で規定されている，単精度正規化数に対する浮動小数点表現としてサポートします。つまり，float，double，long double 型の値の範囲は同じとなります。

表 3―8 型による値の範囲

型	値の範囲
(signed) char	-128 ～ +127

型	値の範囲
unsigned char	0 ～ 255
(signed) short int	-32768 ～ +32767
unsigned short int	0 ～ 65535
(signed) int	-32768 ～ +32767
unsigned int	0 ～ 65535
(signed) long int	-2147483648 ～ +2147483647
unsigned long int	0 ～ 4294967295
float	1.17549435E - 38F ～ 3.40282347E + 38F
double	1.17549435E - 38F ～ 3.40282347E + 38F
long double	1.17549435E - 38F ～ 3.40282347E + 38F

備考 1. signed は省略可能です。ただし，char 型の signed を省略した場合，コンパイル時の条件（オプション）により signed char，または unsigned char と判断されます。

2. short int と int は，同じ値の範囲を持ちますが，異なる型として扱われます。

3. unsigned short int と unsigned int は，同じ値の範囲を持ちますが，異なる型として扱われます。

4. float，double，long double は，同じ値の範囲を持ちますが，異なる型として扱われます。

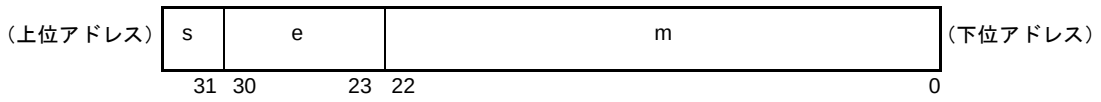
5. float，double，long double の値の範囲は，絶対値の範囲です。

浮動小数点数（float 型）の仕様を以下に示します。

- フォーマット

浮動小数点数のフォーマットを次に示します。

図 3―1 浮動小数点数のフォーマット



この形式の数値は，次のようになります。

```
          ( サイン部値 )                ( 指数部値 )
( -1 )                  * ( 仮数部値 ) * 2
```

s	サイン部（1 ビット） 正数の場合は 0，負数の場合は 1 をとります。

<table>
<tr><td>e</td><td>指数部（8 ビット）
底 2 の指数を 1 バイトの整数型（負の場合 2 の補数表現）で表し，この値にさらに 7FH のバイアスを加えた値を用いています。これらの関係を次に示します。

<table><tr><th>指数部（16 進）</th><th>指数部の値</th></tr><tr><td>FE
:
81
80
7F
7E
:
01</td><td>127
:
2
1
0
-1
:
-126</td></tr></table></td></tr>
<tr><td>m</td><td>仮数部（23 ビット）
仮数部は絶対値で表現され，仮数部のビット位置 22 ～ 0 が 2 進数の小数点第 1 位～第 23 位に相当します。
仮数部値は浮動小数点値が 0 になる場合を除いて，常に 1 ～ 2 の範囲になるように指数部の値を調整します（正規化）。そのため，1 の位（1 の値を意味する）は常に 1 となり，この形式では省略した形で表現しています。</td></tr>
</table>

- ゼロの表現

指数部 = 0，かつ仮数部 = 0 のとき，次のように± 0 を表現します。

```
          ( サイン部値 )
( -1 )                * 0
```

- 無限大の表現

指数部 = 0FFH，かつ仮数部 = 0 のとき，次のように±∞を表現します。

```
          ( サイン部値 )
( -1 )                * ∞
```

- 非正規化数

指数部 = 0，かつ仮数部 ≠ 0 のとき，次のように非正規化数を表現します。

```
          ( サイン部値 )                -126
( -1 )                * ( 仮数部値 ) * 2
```

備考 ここでの仮数部値は，1 未満の数値であり，仮数部のビット位置 22 ～ 0 がそのまま小数点第 1 位～ 23 位を表現します。

- 非数（NaN）の表現

指数部 = 0FFH，かつ仮数部 ≠ 0 のとき，サイン部にかかわらず非数を表現します。

- 演算結果の丸め処理

最近偶数への不偏丸めを行います。演算結果が上記の浮動小数点のフォーマットで表現できない場合，表現可能な最も近い値に丸めます。

丸め以前の値に対して等差の表現可能な値が 2 つある場合，偶数（2 進表現の最下位ビットが 0 となる数）に丸めます。

- 演算例外

演算例外には，次の 5 種類があります。

表 3―9 演算例外

例外	戻り値
アンダフロー	非正規化数
消滅（INEXACT）	± 0
オーバフロー	±∞
ゼロ除算	±∞
演算不能	非数（NaN）

各例外発生時は，matherr 関数を呼び出して警告します。

（2）文字型

文字型には，次の 3 種類の型があります。

- char
- signed char
- unsigned char

（3）不完全型

不完全型には，次の 4 つがあります。

- オブジェクトの大きさが確定しない配列
- 構造体
- 共用体
- void 型

（4）派生型

派生型には，次の 5 種類の型があります。

- 配列型
- 構造体型
- 共用体型
- 関数型
- ポインタ型

(a) 配列型

配列型は，要素型と呼ばれるメンバ・オブジェクトの集まりを連続して割り付けることを示します。

メンバ・オブジェクトは，すべて同じ大きさの領域を持ちます。要素型，および配列の要素の個数を指定します。なお，不完全型の配列を作ることはできません。

(b) 構造体型

構造体型は，大きさの異なるメンバ・オブジェクトの集まりを連続して割り付けることを示します。

個々のメンバ・オブジェクトは，名前によって指定することができます。

備考 配列型と構造体型を総称して集成体型と呼びます。集成体型は，メンバ・オブジェクトが連続して取られます。

(c) 共用体型

共用体型は，重なり合うメンバ・オブジェクトの集まりを示します。

個々のメンバ・オブジェクトは，異なる大きさと名前を持ち，個別に指定することができます。

(d) 関数型

関数型は，指定された型の戻り値を持つ関数を示します。

戻り値の型，引数の数，および引数の型を指定します。

戻り値の型がＴであれば，その関数はＴを返す関数と呼ばれます。

(e) ポインタ型

ポインタ型は，被参照型と呼ばれる関数型オブジェクト型，および不完全型から作られます。

ポインタ型は，オブジェクトを表します。オブジェクトが示す値は，被参照型の実体を参照するために使用されます。

被参照型Ｔから作られるポインタ型は，Ｔへのポインタと呼ばれます。

3.1.3 メ モ リ

メモリ・モデルは，ターゲット・デバイスのメモリ空間により決定します。

(1) メモリ・モデル

メモリ空間は最大 64K バイトなので，コード部・データ部あわせて 64K のモデルとします。ただし，バンク関数を使用することによって，コード部に関しては 64K を越すことができます。

(2) レジスタ・バンク

- スタートアップ時に，レジスタ・バンクが“RB0”に設定されます（78K0 C コンパイラのスタートアップ・ルーチンの中で設定されています）。この設定により，通常（レジスタ・バンクの変更をしないかぎり）レジスタ・バンク 0 は，常に使用されます。
- レジスタ・バンク変更指定をした割り込み関数の先頭で，指定されたレジスタ・バンクに設定されます。

(3) メモリ空間

78K0 C コンパイラは，次のようにメモリ空間を利用します。

(a) ノーマル・モデルの場合

図 3―2 メモリ空間の利用（ノーマル・モデルの場合）

アドレス		用途		サイズ（バイト）
00	40 - 7FH	CALLT テーブル		64
0800 - 0FFFH		CALLF エントリ		2048
FE	20 - B7H	sreg 変数，boolean 型変数		152
FE	B8 - BFH	ランタイム・ライブラリの引数		8
FE	C0 - C7H	norec 関数の引数		8
FE	C8 - CFH	norec 関数のオートマティック変数		8
FE	D0 - DFH	レジスタ変数		16
FE	E0 - F7H	RB3-RB1	ワーク・レジスタ注	24
	F8 - FFH	RB0	ワーク・レジスタ	8
FF	00 - FFH	sfr 変数		256

注 レジスタ・バンク指定をしたときに使用します。

（b）スタティック・モデル（-sm16 指定時）の場合

図 3―3　メモリ空間の利用（スタティック・モデルの場合）

アドレス		用途		サイズ（バイト）
00	40 - 7FH	CALLT テーブル		64
0800 - 0FFFH		CALLF エントリ		2048
FE	20 - CFH	sreg 変数, boolean 型変数		176
FE	D0 - DFH	共有領域注 2		16
FE	20 - DFH の連続した領域	引数, オートマティック変数, ワーク用注 3		8
FE	E0 - F7H	RB3-RB1	ワーク・レジスタ注 1	24
	F8 - FFH	RB0	ワーク・レジスタ	8
FF	00 - FFH	sfr 変数		256

注 1.　レジスタ・バンク指定をしたときに使用します。

2.　-sm オプションのパラメータによってコンパイラが使用する領域は変化します。
共有領域として使用しない領域は，sreg 変数，boolean 型変数として利用できます。

3.　スタティック・モデル拡張仕様オプション（-zm）指定時のみ有効です。

3. 2　拡張言語仕様

この章では，ANSI（American National Standards Institute）規格に規定されていない，78K0 C コンパイラ特有の拡張機能について説明します。

78K0 C コンパイラの拡張機能は，ターゲット・デバイスである 78K0 を有効的に利用するためのコードを生成します。この拡張機能すべてが常に有効とはかぎらないので，目的にあわせて有効なもののみ使用することをお勧めします。拡張機能の効率的な使用法を「第 2 章　機　　能」で説明しているので，この章とあわせて参照してください。

78K0 C コンパイラの拡張機能を使った C ソース・プログラムは，マイクロコンピュータに依存した機能を利用しますが，他のマイクロコンピュータへの移植に関しては C 言語レベルで互換性を持っています。このため，拡張機能を使って作成された C ソース・プログラムにおいても，簡単な修正により他のマイクロコンピュータへ移植することができます。

3. 2. 1　マクロ名

78K0 C コンパイラは，ターゲット・デバイスのマイクロコントローラ名を示すマクロ名と，デバイス名を示すマクロ名の 2 種類の名前を持ちます。これらは，ターゲット・デバイス用のオブジェクト・コードを出力するためにコンパイル時のオプション，またはC ソース中のデバイス種別によって指定されます。以下の例では，__K0__と，__F051144_ が指定されたことになります。

マクロ名の詳細については，「(34) あらかじめ定義されたマクロ名」を参照してください。

```
コンパイル時のオプション：
>cc78k0 -cF051144 prime.c …

デバイス種別指定：
        #pragma pc ( F051144 )
```

3. 2. 2　キーワード

78K0 C コンパイラでは，拡張機能を実現するために次の字句をキーワードとして追加しています。これらの字句も ANSI-C のキーワードと同様，ラベルや変数名として使用することはできません。

キーワードは，すべて英小文字で記述します。このため，英大文字が含まれているとキーワードと判断されません。

次に，78K0 C コンパイラで追加されているキーワード一覧を示します。これらのキーワードのうち，“__”で始まらないキーワードは，ANSI-C 言語仕様のみを許可するオプション（-za）指定により，無効にすることができます。

表 3―10　追加キーワード一覧

追加キーワード		用途
常に有効	-za オプション指定時は無効	
__callt	callt	callt 領域を利用した関数呼び出し
__callf	callf	callf 領域を利用した関数呼び出し
__sreg	sreg	saddr 領域に変数割り当て
―	noauto	前後処理のない関数を生成
__leaf	norec	前後処理のない関数を生成
__boolean	boolean	saddr，sfr 領域へのビット・アクセス
―	bit	saddr，sfr 領域へのビット・アクセス
__interrupt	―	ハードウエア割り込み
__interrupt_brk	―	ソフトウエア割り込み
__asm	―	ASM 文
__pascal	―	関数呼び出し時のスタックの修正を呼ばれた関数側で行うコードを生成
__flash	―	ファーム ROM 関数
__flashf	―	__flashf 関数

追加キーワード		用途
常に有効	-za オプション指定時は無効	
__directmap	−	絶対番地配置指定
__temp	−	テンポラリ変数
__mxcall	−	__mxcall 関数

(1) 関数

callt，__callt，callf，__callf，noauto，norec，__leaf，__interrupt，__interrupt_brk，__flash，__flashf，__pascal は，修飾属性子です。これは，関数の宣言時に先頭に記述します。

修飾宣言子の記述形式を以下に示します。

```
修飾属性子 通常の宣言子 関数名 （ 仮引数型並び／識別子並び ）
```

記述例を以下に示します。

```
__callt  int  func  ( int ) ;
```

修飾属性子の指定は，次のものにかぎります（noauto と，norec/__leaf は，同時に指定することはできません）。

なお，callt と __callt，callf と __callf，norec と __leaf は，同じ指定とみなされます。ただし，“__”が付加されている修飾属性子は，-za オプション指定時でも有効となります。

callt，callf，noauto，norec，callt noauto，callt norec，noauto callt，norec callt，callf noauto，callf norec，noauto callf，norec callf，__interrupt，__interrupt_brk，__pascal，__pascal noauto，__pascal callt，__pascal callf，noauto __pascal，callt __pascal，callf __pascal，callt noauto __pascal，callf noauto __pascal，__flash，__flashf

(2) 変数

sreg，__sreg の指定は，C 言語の register と同じ規定です（sreg の詳細については，「sreg 宣言による saddr 領域利用（sreg/__sreg）」を参照してください）。

bit，boolean，__boolean 型の指定は，C 言語の char，または int 型指定子と同じ規定です。ただし，これらの型は，関数の外で定義された変数（外部変数）にのみ指定することができます。

__directmap の指定は，C 言語の型修飾子と同じ規定です（詳細については，「絶対番地配置指定（__directmap）」を参照してください）。

__temp の指定は，C 言語の型修飾子と同じ規定です（詳細については，「テンポラリ変数（__temp）」を参照してください）。

3. 2. 3　#pragma 指令

#pragma 指令は，ANSI でサポートされている前処理指令の 1 つです。#pragma に続く文字列により，コンパイラで決められた方法で翻訳するようにコンパイラに指示するものです。

#pragma 指令がコンパイラによってサポートされていなければ，#pragma 指令は無視されコンパイルが続けることができます。指令によりキーワードの追加がある場合は，そのキーワードが C ソース中にある場合にエラーが出力されます。これを避けるためには，C ソース中のキーワードを削除するか，#ifdef で切り分けます。

78K0 C コンパイラでは，拡張機能を実現するために，次の #pragma 指令をサポートしています。

なお，#pragma の後ろに指定するキーワードは，大文字でも小文字でも記述可能です。

この指令を使用した拡張機能については，「3. 2. 4　拡張機能の使用方法」を参照してください。

表 3―11　#pragma 指令リスト

#pragma 指令	用途
#pragma sfr	SFR 名を C ソース・レベルで記述する →「sfr 領域利用（sfr）」参照
#pragma asm	C ソース中に ASM 文を入れる →「ASM 文（#asm ～ #endasm/__asm）」参照
#pragma vect #pragma interrupt	割り込み処理を C ソース・レベルで記述する →「割り込み関数（#pragma vect/#pragma interrupt）」参照
#pragma di #pragma ei	DI ／ EI 命令を C ソース・レベルで記述する →「割り込み機能（#pragma DI，#pragma EI）」参照
#pragma halt #pragma stop #pragma brk #pragma nop	CPU 制御命令を C ソース・レベルで記述する →「CPU 制御命令（#pragma HALT/STOP/BRK/NOP）」参照
#pragma access	絶対番地アクセス関数を使用する →「絶対番地アクセス関数（#pragma access）」参照
#pragma section	コンパイラ出力セクション名を変更し，セクション配置を指定する →「コンパイラ出力セクション名の変更（#pragma section …）」参照
#pragma name	モジュール名を変更する →「モジュール名変更機能（#pragma name）」参照
#pragma rot	ローテート関数を使用する →「ローテート関数（#pragma rot）」参照
#pragma mul	乗算関数を使用する →「乗算関数（#pragma mul）」参照
#pragma div	除算関数を使用する →「除算関数（#pragma div）」参照
#pragma bcd	BCD 演算関数を使用する →「BCD 演算関数（#pragma bcd）」参照
#pragma opc	データ挿入関数を使用する →「データ挿入関数（#pragma opc）」参照

#pragma 指令	用途
#pragma ext_table	フラッシュ領域分岐テーブルの先頭アドレスを指定する →「フラッシュ領域分岐テーブル（#pragma ext_table）」参照
#pragma ext_func	ブート領域からフラッシュ領域への関数呼び出しを行う →「ブート領域からフラッシュ領域への関数呼び出し機能（#pragma ext_func）」参照
#pragma realregister	レジスタ直接参照関数を使用する →「レジスタ直接参照関数（#pragma realregister）」参照
#pragma hromcall	ファームウエア内蔵セルフ書き込みサブルーチン直接呼び出し用関数を使用する →「ファームウエア内蔵セルフ書き込みサブルーチン直接呼び出し関数（#pragma hromcall）」参照
#pragma inline	標準ライブラリ関数 memcpy，memset をインライン展開する →「メモリ操作関数（#pragma inline）」参照

3. 2. 4 拡張機能の使用方法

拡張機能には，次のものがあります。

表 3―12 拡張機能一覧

拡張機能	概要
callt 関数（callt/__callt）	呼び出される関数のアドレスが callt テーブル領域に置かれ，関数が呼び出されます。 通常の呼び出し命令 call に比べ，オブジェクト・コードを短縮することができます。
レジスタ変数（register）	レジスタ，または saddr 領域に変数をとることができ，通常の変数を使用した場合と比べ，実行速度が向上します。 また，オブジェクト・コードを短縮することができます。
sreg 宣言による saddr 領域利用（sreg/__sreg）	sreg 宣言，あるいは __sreg 宣言された外部変数，および関数内 static 変数を saddr 領域に割り当てることができ，通常の変数を使用した場合と比べ，実行速度が向上します。 また，オブジェクト・コードを短縮することができます。変数は，オプションによっても saddr 領域に割り当てることができます。
外部変数／外部 static 変数の saddr 自動割り当てオプションによる利用（-rd）	外部変数／外部 static 変数を saddr 領域に割り当てることができ，通常の変数を使用した場合と比べ，実行速度が向上します。 また，オブジェクト・コードを短縮することができます。変数は，オプションによっても saddr 領域に割り当てることができます。
内部 static 変数の saddr 自動割り当てオプションによる利用（-rs）	内部 static 変数を saddr 領域に割り当てることができ，通常の変数を使用した場合と比べ，実行速度が向上します。 また，オブジェクト・コードを短縮することができます。変数は，オプションによっても saddr 領域に割り当てることができます。
引数／オートマティック変数に対する saddr 自動割り当てオプションによる利用（-rk）	引数，およびオートマティック変数を saddr 領域に割り当てることができ，通常の変数を使用した場合と比べ，実行速度が向上します。 また，オブジェクト・コードを短縮することができます。変数は，オプションによっても saddr 領域に割り当てることができます。

拡張機能	概要
変数情報ファイル指定オプションによる利用（-ma）	変数情報ファイルの指定に従い，外部変数／外部 static 変数（const 型を除く）を saddr 領域に割り当てることができ，通常の変数を使用した場合と比べ，実行速度が向上します。 また，オブジェクト・コードを短縮することができます。
sfr 領域利用（sfr）	特殊機能レジスタ（sfr）を sfr の略号（sfr 名）によって C ソース・ファイル中で使用することができます。
noauto 関数（noauto）	前後処理（スタック・フレーム）のない関数を生成します。 noauto 関数の呼び出しで，引数はレジスタ渡しになります。これにより，実行速度が向上し，オブジェクト・コードを短縮することができます。 この関数は，引数，オートマティック変数に制限があります。 詳細については，「noauto 関数（noauto）」を参照してください。
norec 関数（norec）	前後処理（スタック・フレーム）のない関数を生成します。 norec/__leaf 関数の呼び出しで，引数はレジスタ渡しになります。また，norec/__leaf 関数内で使用するオートマチック変数は，レジスタ，あるいは saddr 領域に割り当てられます。これにより，実行速度が向上し，オブジェクト・コードを短縮することができます。 この関数は，引数，オートマチック変数に制限があります。また，この関数から関数呼び出しはできません。 詳細については，「norec 関数（norec）」を参照してください。
bit 型変数（bit），boolean 型変数（boolean/__boolean）	1 ビットの記憶領域を持つ変数を生成します。 bit 型変数，boolean/__boolean 型変数を使用することにより，saddr 領域へビット・アクセスすることができます。 なお，boolean/__boolean 型変数は，機能，使用方法とも，bit 型変数と同じです。
ASM 文（#asm ～ #endasm/__asm）	C コンパイラが出力したアセンブラ・ソース・ファイルに，ユーザが記述したアセンブラ・ソースが埋め込まれます。
漢字（/* 漢字 */，// 漢字）	C ソース・ファイルのコメント中に，漢字を記述することができます。 漢字コードには，シフト JIS コード，EUC コードを選択することができます。また，漢字コードなしも選択することができます。
割り込み関数（#pragma vect/#pragma interrupt）	ベクタ・テーブルを生成し，割り込みに対応したオブジェクト・コードを出力します。 これにより，C ソース・レベルで割り込み関数の記述が可能となります。
割り込み関数修飾子（__interrupt, __interrupt_brk）	この修飾子により，ベクタ・テーブルの設定と割り込み関数定義を別ファイルに記述することができます。
割り込み機能（#pragma DI，#pragma EI）	オブジェクトに割り込み禁止命令，割り込み許可命令を埋め込みます。
CPU 制御命令（#pragma HALT/STOP/BRK/NOP）	オブジェクトに次の各命令を埋め込みます。 halt 命令 stop 命令 brk 命令 nop 命令

拡張機能	概要
callf 関数（callf/__callf）	callf 命令は，callf エントリ領域に関数本体を格納し，call 命令に比べて速く短いコードで関数を呼ぶことを可能にします。 これにより，実行スピードが向上し，オブジェクト・コードを短縮することができます。
絶対番地アクセス関数（#pragma access）	オブジェクトに通常のメモリ空間をアクセスするコードを関数呼び出しではなく，直接インライン展開して出力し，オブジェクト・ファイルを生成します。
ビット・フィールド宣言（型指定子の拡張）	ビット・フィールドを unsigned char 型で指定することにより，メモリの節約，オブジェクト・コードの短縮，実行速度の向上を図ることができます。
ビット・フィールド宣言（ビット・フィールドの割り付け方向）	ビット・フィールドの割り付け方向を -rb オプションの指定／無指定により変更します。
コンパイラ出力セクション名の変更（#pragma section …）	コンパイラ出力セクション名を変更することにより，リンカでそのセクションを独立に配置することができます。
2 進定数（0bxxx）	C ソース中で，2 進数を記述することができます。
モジュール名変更機能（#pragma name）	C ソース中で，オブジェクト・モジュール名を任意に変更することができます。
ローテート関数（#pragma rot）	オブジェクトに式の値をローテートするコードを直接インライン展開して出力します。
乗算関数（#pragma mul）	オブジェクトに式の値を乗算するコードを直接インライン展開して出力します。 この関数により，オブジェクト・コードを短縮し，実行速度を向上することができます。
除算関数（#pragma div）	オブジェクトに式の値を除算するコードを直接インライン展開して出力します。 この関数により，オブジェクト・コードを短縮し，実行速度を向上することができます。
BCD 演算関数（#pragma bcd）	オブジェクトに式の値を BCD 演算するコードを直接インライン展開して出力します。 BCD 演算は，10 進数 1 桁を 2 進数 4 ビットで表現するための演算です。
バンク関数	バンク領域，または共通領域に関数を配置します。 これにより，バンク機能を持つデバイスの対応が可能になります。
定数番地のバンク関数	定数番地のバンク関数を呼び出すことができます。 バンク機能を持つデバイスのみで使用することができます。
データ挿入関数（#pragma opc）	カレント・アドレスに定数データを挿入します。 アセンブラ記述を使用せずに，特定のデータや命令をコード領域に埋め込めます。
スタティック・モデル	コンパイル時に -sm オプションを指定することにより，オブジェクト・コードの短縮，実行速度の向上，割り込み処理の高速化，メモリの節約が可能となります。
int，short 型の char 型への変更（-zi）	コンパイル時に -zi オプションを指定することにより，int 型 /short 型を char 型とみなします。
long 型の int 型への変更（-zl）	コンパイル時に -zl オプションを指定することにより，long 型を int 型とみなします。

拡張機能	概要
パスカル関数（__pascal）	関数呼び出し時に引数の積み込みによって使用したスタックの修正を関数呼び出し側では行わずに，呼ばれた関数側で行うことにより，関数呼び出し箇所が多い場合に，オブジェクト・コードを短縮することができます。
関数呼び出しインタフェースの自動パスカル関数化（-zr）	コンパイル時に -zr オプションを指定することにより，norec/__interrupt/ __interrupt_brk/___flash/__flashf/ 可変長引数の関数を除くすべての関数に対して __pascal 属性を付加します。
フラッシュ領域配置方法（-zf）	コンパイル時に -zf オプションを指定することにより，プログラムをフラッシュ領域に配置したり，-zf オプションを指定せずに作成したブート領域のオブジェクトと結合して使用できるようになります。
フラッシュ領域分岐テーブル（#pragma ext_table）	フラッシュ領域分岐テーブルの先頭アドレスを #pragma 指令により指定することにより，スタートアップ・ルーチン，割り込み関数をフラッシュ領域に配置したり，ブート領域からフラッシュ領域への関数呼び出しを行うことができます。
ブート領域からフラッシュ領域への関数呼び出し機能（#pragma ext_func）	ブート領域から呼び出すフラッシュ領域中の関数名，および ID 値を #pragma 指令により指定することにより，ブート領域からフラッシュ領域中の関数を呼び出せるようになります。
ファーム ROM 関数（__flash）	インタフェース・ライブラリのプロトタイプ宣言時に，__flash 属性を先頭に追加することにより，ファーム ROM 関数に関する操作を C ソース・レベルで記述することができます。
引数／戻り値の int 拡張抑制方法（-zb）	コンパイル時に -zb オプションを指定することにより，オブジェクト・コードの短縮，実行速度の向上を図ることができます。
配列オフセット計算簡略化方法（-qw2）	コンパイル時に -qw2，-qw3 オプションを指定することにより，オフセット計算コードが簡略化され，オブジェクト・コードの短縮，実行速度の向上を図ることができます。
レジスタ直接参照関数（#pragma realregister）	関数呼び出しと同様の形式でソース中に記述したり，モジュールの #pragma realregister 指令によりレジスタ直接参照関数の使用を宣言することにより，C 記述によるレジスタへのアクセスを簡単に行うことができます。
[HL + B] ベースト・インデクスト・アドレッシング活用方法（-qe）	コンパイル時に -qe オプションを指定することにより，オブジェクト・コードの短縮や実行速度の向上を図ることができます。
ファームウエア内蔵セルフ書き込みサブルーチン直接呼び出し関数（#pragma hromcall）	関数呼び出しと同様の形式でソース中に記述したり，モジュールの #pragma hromcall 指令によってファームウエア内蔵セルフ書き込みサブルーチン直接呼び出し関数の使用を宣言することにより，ファームウエア内蔵セルフ書き込みサブルーチンの C 記述による呼び出しを簡単に行うことができます。
__flashf 関数（__flashf）	関数の宣言時に __flashf 属性を先頭に追加することにより，この関数内にファームウエア内蔵セルフ書き込みサブルーチン呼び出し関数を記述する際に，その呼び出しごとにレジスタ・バンクの退避／復帰，およびレジスタ・バンク 3 に切り替えるコードが生成されなくなります。
メモリ操作関数（#pragma inline）	#pragma inline 指令により，標準ライブラリ関数 memcpy，memset を関数呼び出しではなく，直接インライン展開して出力し，オブジェクト・ファイルを生成します。これにより，実行速度の向上を図ることができます。

拡張機能	概要
絶対番地配置指定（__directmap）	絶対番地に配置する変数を定義したいモジュール中で __directmap 宣言を行うことにより，任意のアドレスに変数を配置することができ，同じアドレスに複数の変数を重ねて配置することができます。
スタティック・モデル拡張仕様（-zm）	コンパイル時に -zm オプションを指定することにより，既存スタティック・モデルの制限事項が緩和され，記述性が向上します。
テンポラリ変数（__temp）	コンパイル時に -sm，-zm オプションを指定し，引数とオートマティック変数に対して __temp 宣言を行うことにより，引数，オートマティック変数領域を節約することができます。 また，引数，オートマティック変数の生存区間が明確に分かっていて，関数呼び出しの前後で値の一致が保証される必要がない変数に対して適用すると，メモリを節約することができます。
プロローグ／エピローグ対応ライブラリ（-zd）	コンパイル時に -zd オプションを指定することにより，プロローグ／エピローグ・コードがライブラリに置換され，オブジェクト・コードを短縮することができます。

callt 関数（callt/__callt）

呼び出される関数のアドレスが callt テーブル領域に置かれ，関数が呼び出されます。

［機能］

- callt 命令は，callt テーブルと呼ばれる領域［40H - 7FH］に，呼ぶ関数のアドレスを格納し，直接関数を呼ぶよりも短いコードで関数を呼ぶことを可能にします。
- callt 宣言（あるいは __callt 宣言）された関数（callt 関数と呼ぶ）の呼び出しには，関数名の先頭に？を付加した名前を使用します。呼び出しには，callt 命令を使用します。
- 呼ばれる関数は，通常の関数と変わりません。

［効果］

- オブジェクト・コードを短縮することができます。

［方法］

- 呼び出す関数に callt/__callt 属性を追加します（先頭に記述します）。

```
callt   extern 型名     関数名
__callt extern 型名     関数名
```

［制限］

- callt/__callt 宣言された関数のアドレスは，callt テーブルに配置されます。しかし，callt テーブルへの配置はリンク時に行われるので，アセンブラ・ソース・モジュール中で callt テーブルを利用する場合，作成するルーチンはシンボルを使い，リロケータブルにします。
- callt 関数の数に関するチェックは，リンク時に行います。
- -za オプション指定時は，__callt が有効となり，callt は無効となります。
- -zf オプション指定時は，callt 関数は定義できません。定義した場合は，エラーとなります。
- callt テーブルは 40H - 7FH の領域です。
- 許される callt 属性の関数の数を越えて callt テーブルを使用した場合は，コンパイル・エラーとなります。
- -ql オプションの指定により，callt テーブルを使用します。そのため，1 ロード・モジュール当たり，およびリンクするモジュールのトータルで許される callt 属性の数は，次に示すとおりとなります。
- 乗除算命令のないデバイスの場合は，乗除算の実行に callt テーブルを 2 個使用するため，最大数はそれぞれ 2 減ります。
- プロローグ／エピローグ対応ライブラリで callt エントリをノーマル・モデル時に 2 個，スタティック・モデル時に最大 10 個使用するため，最大数はノーマル・モデル時に 2 個，スタティック・モデル時に最大 10 個減ります。

オプション	-ql なし	-ql1	-ql2	-ql3	-ql4	-ql5
ノーマル・モデル	30	30	28	17	8	2

オプション	-ql なし	-ql1	-ql2	-ql3	-ql4	-ql5
スタティック・モデル	32	32	31	18	10	-

- スタティック・モデルでは -ql5 オプションを指定できません。
- -ql オプション未使用時，およびデフォルトの制限値は，次のようになります。

callt 関数	制限値	
	ノーマル・モデル時	スタティック・モデル時
1 ロード・モジュール当たりの個数	最大 30	最大 32
リンクするモジュールでトータルの個数	最大 30	最大 32

注意 ノーマル・モデル指定時は，バンク関数呼び出しライブラリで callt テーブルを 2 個使用します。バンク関数の詳細については，「バンク関数」を参照してください。

［使用例］

(C ソース)

```
============ ca1.c ============
__callt extern  int     tsub ( );

void    main ( ) {
        int     ret_val ;
        ret_val = tsub ( );
}
```

```
 ============ ca2.c ============


__callt int     tsub ( ) {
        int val ;
        return val ;
}
```

(コンパイラの出力オブジェクト)

ca1 のモジュール

```
        EXTRN   ?tsub                   ; 宣言
        callt   [?tsub]                 ; 呼び出し
```

ca2 のモジュール

```
        PUBLIC  _tsub                   ; 宣言
        PUBLIC  ?tsub                   ;
@@CALT  CSEG    CALLT0                  ; セグメントへの割り付け
?tsub : DW      _tsub
@@CODE CSEG
_tsub :                                 ; 関数定義
                  :
                                        ; 関数本体
                  :
```

呼ばれる関数“tsub ( ) ”は callt テーブルにアドレスを格納するために callt 属性を加えてあります。

［互換性］

（1）他の C コンパイラから 78K0 C コンパイラ

- キーワード callt/__callt を使用していなければ修正する必要はありません。
- callt 関数に変更する場合，前記の方法に従って修正します。

（2）78K0 C コンパイラから他の C コンパイラ

- #define を用います。詳細については，「3. 2. 5　C ソースの修正」を参照してください。

レジスタ変数（register）

変数をレジスタ，saddr 領域に割り当てます。

［機能］

- 宣言した変数（関数引数を含む）をレジスタ（HL），saddr 領域（_@KREG00 ～ _@KREG15）に割り当てます。レジスタ宣言をしたモジュールの前処理・後処理中にレジスタ，あるいは saddr 領域の退避・復帰を行います。
- スタティック・モデルの場合は，参照回数に基づき割り当てを行うので，どのレジスタ，saddr 領域に割り当てるかは不定となります。
- レジスタ変数の割り当て方法の詳細については，「3. 3　関数呼び出しインタフェース」を参照してください。
- レジスタ変数は，コンパイル条件により，次のように割り当てられる領域が変わります（各オプションについては，「78K0 ビルド編」のユーザーズ・マニュアルを参照してください）。
  - ノーマル・モデルの場合，レジスタ変数は宣言された順にレジスタ HL，saddr 領域［0FED0H - 0FEDFH］に割り当てます。ただし，レジスタ HL には，スタック・フレームがない場合のみレジスタ変数を割り当てます。saddr 領域には，-qr オプションを指定した場合のみ割り当てます。
  - スタティック・モデルの場合，レジスタ変数は参照回数に基づきレジスタ DE，-sm 指定で確保した _@KREGxx に割り当てます。_@KREGxx には，-zm2 オプションを指定した場合のみ割り当てます。-zm2 オプションについては，「スタティック・モデル」を参照してください。

［効果］

- レジスタ，saddr 領域に対する命令は，通常メモリに対する命令より短く，オブジェクト・コードの短縮，実行速度の向上を図ることができます。

［方法］

- 記憶域クラス指定子 register で，register クラスであることを宣言します。

```
register        型名      変数名
```

［制限］

- レジスタ変数の使用回数が少ない場合は，逆にオブジェクト・コードが増加することもあります（ソースの規模，内容に依存します）。
- レジスタ変数宣言は，char/int/short/long/float/double/long double，およびポインタに対して使用することができます。

（1）ノーマル・モデルの場合

- char は他の型に対して 1/2 の領域を long/float/double/long double/ 関数ポインタ（バンク機能（-mf）使用時）は 2 倍の領域を使用します。char 同士はバイト境界を持ちますが，それ以外の場合はワード境界を持ちます。

- int/short，データ・ポインタ，関数ポインタ（バンク機能（-mf）未使用時）の場合で，1 関数当たり最大 8 変数まで使用可能とします。9 変数目からは通常のメモリに割り当てます。
- スタック・フレームがない関数の場合は，int/short，データ・ポインタ，関数ポインタ（バンク機能（-mf）未使用時）の場合で 1 関数あたり最大 9 変数まで使用可能とし，10 変数目からは通常のメモリに割り当てます。

（2）スタティック・モデルの場合

- char は他の領域に対して 1/2 の領域を使用します。
- int/short/ ポインタの場合で 1 関数当たり最大 1 変数まで使用可能とします。
- 2 変数目からは通常のメモリに割り当てます。
- long/float/double/long double に対しては無効とします。

データ型	使用可能な数（1 関数当たり）	
	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
int/short	最大 8 変数	最大 1 変数
ポインタ	最大 8 変数 （ただし，スタック・フレームがない関数の場合は，最大 9 変数，また，バンク機能（-mf）使用時の関数ポインタは最大 4 変数）	最大 1 変数

［使用例］

C ソースを以下に示します。

```
void    func ( ) ;

void main ( ) {
        register int    i, j ;
        i = 0 ;
        j = 1 ;
        i += j ;
        func ( ) ;
}
```

（1）-sm オプション未指定時（レジスタ変数がレジスタ HL と saddr 領域に割り当てられた例）

次のラベルは，スタートアップ・ルーチンで宣言されます（「3. 4 saddr 領域のラベル一覧」を参照してください）。

コンパイラの出力オブジェクトは，以下のようになります。

```
        EXTRN   _@KREG00        ; 使用する saddr 領域の参照を行う
_main :
        push    hl              ; 関数の先頭でレジスタの内容を退避する
        movw    ax, _@KREG00    ; 関数の先頭で saddr の内容を退避する
        push    ax              ;

        movw    hl, #00H        ; 関数中では次のようなコードを出力する
        movw    _@KREG00, #01H  ;
        movw    ax, _@KREG00    ;
        xch     a, x            ;
        add     l, a            ;
        xch     a, x            ;
        addc    h, a            ;
        call    !_func          ;

        pop     ax              ; 関数の終わりで saddr の内容を復帰する
        movw    _@KREG00, ax    ;
        pop     hl              ; 関数の終わりでレジスタの内容を復帰する
        ret
```

（2）-sm オプション指定時（レジスタ変数がレジスタ DE に割り当てられた例）

コンパイラの出力オブジェクトは，以下のようになります。

```
_main :
        push    de              ; 関数の先頭でレジスタの内容を退避する

        movw    de, #00H        ;
        movw    ax, #01H        ;
        movw    !?L0003, ax     ;
        xch     a, x            ;
        add     e, a            ;
        xch     a, x            ;
        addc    d, a            ;
        call    !_func          ;
        pop     de              ; 関数の終わりでレジスタの内容を復帰する
        ret
```

- レジスタ変数を使用するには，変数の記憶域クラスを register クラスにするだけです。
- ラベル _@KREG00 などは，78K0 C コンパイラに添付されているライブラリ内に PUBLIC 宣言されたモジュールが含まれています。

［互換性］

（1）他の C コンパイラから 78K0 C コンパイラ

- register 宣言をサポートしているコンパイラであれば，修正する必要はありません。
- レジスタ変数にしたい場合は，register 宣言を追加します。

（2）78K0 C コンパイラから他の C コンパイラ

- register 宣言をサポートしているコンパイラであれば，修正する必要はありません。
- レジスタ変数がいくつまで，また，どのような領域に割り当てられるかは使用するコンパイラに依存します。

sreg 宣言による saddr 領域利用（sreg/__sreg）

sreg 宣言，あるいは __sreg 宣言された外部変数，および関数内 static 変数を saddr 領域に割り当てます。

［機能］

- sreg 宣言，あるいは __sreg 宣言された外部変数，および関数内 static 変数（sreg 変数と呼ぶ）は，自動的に saddr 領域［0FE20H - 0FEB7H］（ノーマル・モデル），［0FE20H - 0FECFH］（スタティック・モデル）にリロケータブルに割り当てられます。前記領域を越える場合は，コンパイル・エラーとなります。
- C ソース中における sreg 変数は通常の変数と同様に扱います。
- char/short/int/long 型の sreg 変数の各ビットは，自動的に boolean 型変数になります。
- 初期値なしで宣言された sreg 変数は初期値 0 を持ちます。
- アセンブラ・ソース中で宣言した sreg 変数のうち参照できる領域は，saddr 領域［0FE20H - 0FEFFH］です。ただし，［0FEB8H - 0FEFFH］（ノーマル・モデル），［0FED0H - 0FEFFH］（スタティック・モデル）はコンパイラが使用するので，注意が必要です（「図 3―2　メモリ空間の利用（ノーマル・モデルの場合）」，「図 3―3　メモリ空間の利用（スタティック・モデルの場合）」を参照してください）。

［効果］

- saddr 領域に対する命令は，通常メモリに対する命令よりも短く，オブジェクト・コードが短縮し，実行速度が向上します。

［方法］

- 変数を定義するモジュール中，および関数の中で，sreg 宣言あるいは __sreg 宣言を行います。関数の中では，static 記憶域クラス指定子が付いている変数のみ sreg 変数にすることができます。

```
sreg    型名    変数名 / sreg    static  型名    変数名
__sreg  型名    変数名 / __sreg  static  型名    変数名
```

- sreg 外部変数を参照するモジュール中では，次の宣言を行います。関数内でも記述することができます。

```
extern sreg     型名    変数名 / extern __sreg    型名    変数名
```

［制限］

- const 型，または関数に sreg/__sreg を指定した場合は，警告メッセージを出力し，sreg 宣言を無視します。
- char 型は，他の型の半分の領域，long/float/double/long double/ 関数ポインタ（バンク機能（-mf）使用時）型は 2 倍の領域を使用します。
- char 同士はバイト境界を持ちますが，それ以外の場合はワード境界を持ちます。
- -za 指定時は，__sreg のみ有効となり，sreg が無効となります。

- ノーマル・モデルでは，int/short，データ・ポインタ，関数ポインタ（バンク機能（-mf）未使用時）の場合で 1 ロード・モジュールあたり 76 変数まで使用可能とします（saddr 領域［0FE20H - 0FEB7H］を使用した場合）。ただし bit，boolean 型変数を使用した場合，使用できる数は減ります。
- スタティック・モデルでは，int/short，ポインタの場合で 1 ロード・モジュールあたり 88 変数まで使用可能とします（saddr 領域［0FE20H - 0FECFH］を使用した場合）。ただし bit，boolean 型変数，共有領域を使用した場合，使用できる数は減ります。

［使用例］

C ソースを以下に示します。

```
extern sreg     int     hsmm0 ;
extern sreg     int     hsmm1 ;
extern sreg     int     *hsptr ;

void main ( ) {
        hsmm0 -= hsmm1 ;
}
```

sreg 変数の定義コードをユーザが作成する場合の例です。ただし，C ソースに extern 宣言をつけない場合は，78K0 C コンパイラが次のコードを出力します。この場合，ORG 疑似命令は出力しません。

```
        PUBLIC  _hsmm0  ; 宣言
        PUBLIC  _hsmm1
        PUBLIC  _hsptr

@@DATS  DSEG    SADDRP  ; セグメントに割り付けます。
        ORG     0FE20H
_hsmm0 :        DS      ( 2 )
_hsmm1 :        DS      ( 2 )
_hsptr :        DS      ( 2 )
```

関数中では，次のようなコードを出力します。

```
movw    ax, _hsmm0
xch     a, x
sub     a, _hsmm1
xch     a, x
subc    a, _hsmm1 + 1
movw    _hsmm0, ax
```

［互換性］

（1）他の C コンパイラから 78K0 C コンパイラ

- キーワード sreg/__sreg を使用していなければ，修正する必要はありません。
  sreg 変数に変更する場合，前記の方法に従って修正します。

（2）78K0 C コンパイラから他の C コンパイラ

- #define を用います。詳細については，「3. 2. 5　C ソースの修正」を参照してください。これにより，
  sreg 変数は通常の変数として扱われます。

内部 static 変数の saddr 自動割り当てオプションによる利用（-rs）

内部 static 変数を saddr 領域に割り当てます。

［機能］

- 内部 static 変数（const 型を除く）を sreg 宣言あり／なしにかかわらず，自動的に saddr 領域に割り当てます。
- *n* の値と m の指定により，割り当てる内部 static 変数を次のように指定することができます。

n，m の指定	saddr 領域に割り当てる変数
n	（1）*n* = 1 の場合 char，unsigned char 型の変数 （2）*n* = 2 の場合 *n* = 1 の場合の変数と short，unsigned short，int，unsigned int，enum，ポインタ型の変数（バンク機能（-mf）使用時は関数ポインタは除く） （3）*n* = 4 の場合 *n* = 2 の場合の変数と long，unsigned long，float，double，long double 型の変数，関数ポインタ（バンク機能（-mf）使用時）
m	構造体，共用体，配列
省略した場合	すべての変数

- sreg 宣言された変数は上記の指定にかかわらず，saddr 領域に割り当てます。
- このオプションによって，saddr 領域に割り当てられた変数は，sreg 変数と同じ扱いとなり，機能，制限は「sreg 宣言による saddr 領域利用（sreg/__sreg）」で記述したとおりとなります。

［方法］

- -rs[*n*][m]（*n* は 1，2，または 4）オプションを指定します。

備考　-rs[*n*][m] オプションで異なる *n*，m を指定したモジュール同士も，リンクすることができます。

外部変数／外部 static 変数の saddr 自動割り当てオプションによる利用（-rd）

外部変数／外部 static 変数を saddr 領域に割り当てます。

［機能］

- 外部変数／外部 static 変数（const 型を除く）を sreg 宣言あり／なしにかかわらず，自動的に saddr 領域に割り当てます。
- *n* の値と m の指定により，割り当てる外部変数，外部 static 変数を次のように指定することができます。

n，m の指定	saddr 領域に割り当てる変数
n	（1）*n* = 1 の場合 char，unsigned char 型の変数 （2）*n* = 2 の場合 *n* = 1 の場合の変数と short，unsigned short，int，unsigned int，enum，ポインタ型の変数（バンク機能（-mf）使用時は関数ポインタは除く） （3）*n* = 4 の場合 *n* = 2 の場合の変数と long，unsigned long，float，double，long double 型の変数，関数ポインタ（バンク機能（-mf）使用時）
m	構造体，共用体，配列
省略した場合	すべての変数

- sreg 宣言された変数は上記の指定にかかわらず，saddr 領域に割り当てます。
- extern 宣言により参照する変数についても上記に従い，saddr 領域に割り当てられているものとして処理します。
- このオプションによって，saddr 領域に割り当てられた変数は，sreg 変数と同じ扱いとなり，機能，制限は「sreg 宣言による saddr 領域利用（sreg/__sreg）」で記述したとおりとなります。

［方法］

- -rd[*n*][m]（*n* は 1，2，または 4）オプションを指定します。

［制限］

- -rd[*n*][m] オプションで異なる *n*，m を指定したモジュール同士は，リンクすることはできません。

引数／オートマティック変数に対する saddr 自動割り当てオプションによる利用（-rk）

引数，およびオートマティック変数を saddr 領域に割り当てます。

［機能］

- 引数，およびオートマティック変数（const 型を除く）を sreg 宣言あり／なしにかかわらず，自動的に saddr 領域に割り当てます。
- *n* の値と m の指定により，割り当てる引数とオートマティック変数を次のように指定することができます。

n，m の指定	saddr 領域に割り当てる変数
n	（1）*n* = 1 の場合 char，unsigned char 型の変数 （2）*n* = 2 の場合 *n* = 1 の場合の変数と short，unsigned short，int，unsigned int，enum，ポインタ型の変数（バンク機能（-mf）使用時は関数ポインタは除く） （3）*n* = 4 の場合 *n* = 2 の場合の変数と long，unsigned long，float，double，long double 型の変数，関数ポインタ（バンク機能（-mf）使用時）
m	構造体，共用体，配列
省略した場合	すべての変数

- sreg 宣言された変数は上記の指定にかかわらず，saddr 領域に割り当てます。
- このオプションによって，saddr 領域に割り当てられた変数は，sreg 変数と同じ扱いとなります。

［方法］

- -rk[*n*][m]（*n* は 1，2，または 4）オプションを指定します。

備考　-rk[*n*][m] オプションで異なる *n*，m を指定したモジュール同士も，リンクすることができます。

［制限］

- スタティック・モデルのみサポートします。-sm オプション未指定時は警告メッセージを出力し，自動割り当てを行いません。
- レジスタ変数宣言した引数／変数は，saddr 領域には割り当たりません。
- -qv オプションが同時に指定されている場合は，レジスタ DE に対する割り当てが優先されます。

［使用例］

C ソースを以下に示します。

```
sub ( int hsmarg ) {
        int     hsmauto ;
        hsmauto = hsmarg ;
}
```

コンパイラの出力オブジェクトは，以下のようになります。

```
@@DATS          DSEG    SADDRP
?L0003 :        DS      ( 2 )
@@CODE          CSEG
_sub :
                movw    ?L0003, ax      ; hsmauto
                ret
```

変数情報ファイル指定オプションによる利用（-ma）

変数情報ファイルの指定に従い，外部変数／外部 static 変数（const 型を除く）を saddr 領域に割り当てます。

［機能］

- 変数情報ファイルの指定に従い，外部変数／外部 static 変数（const 型を除く）を saddr 領域に割り当てます。
- 変数情報ファイル生成ツールが出力した変数情報ファイルを指定できます。
- C ソース上で sreg 宣言された変数は，変数情報ファイルの指定にかかわらず saddr 領域に割り当てます。
- extern 宣言により参照する変数についても変数情報ファイルの指定に従い，saddr 領域に割り当てられているものとして処理します。
- -za オプション指定時にも有効となります。
- -ma オプションによって saddr 領域に割り当てられた変数は sreg 変数と同じ扱いとなり，機能は「sreg 宣言による saddr 領域利用（sreg/__sreg）」で記述したとおりとなります。

［効果］

- saddr 領域に対する命令は，通常メモリに対する命令よりも短く，オブジェクト・コードが短縮し，実行速度が向上します。

［方法］

- -ma オプションを指定します。

［制限］

- 変数情報ファイルで const 型の変数を saddr 領域割り当てに指定した場合は，警告メッセージを出力し，変数の saddr 領域割り当て指定は無効となります。
- 変数情報ファイルで，C ソース上では存在しない変数を saddr 領域割り当てに指定した場合は，変数の saddr 領域割り当ては無効となります。警告メッセージは出力しません。
- -ma オプションと -rd オプションを同時に指定した場合は，警告メッセージを出力し，-rd オプション指定は無効となります。
- -ma オプションと -rs オプションを同時に指定した場合は，-rs オプションの優先度が高いので，-ma オプションによる配置が抑制されます。

sfr 領域利用（sfr）

特殊機能レジスタ（sfr）を sfr の略号（sfr 名）によって C ソース・ファイル中で使用することができます。

［機能］

- sfr 領域は，78K0 の各種周辺ハードウエアに対するモード・レジスタや制御レジスタなどの特別な機能が割り付けられたレジスタ群の領域です。
- sfr 名の使用を宣言することにより，sfr 領域に関する操作が C ソース・レベルで記述することができます。
- sfr 変数は，初期値なし（不定）の外部変数です。
- 読み出し専用 sfr 変数の書き込みチェックを行います。
- 書き込み専用 sfr 変数の読み出しチェックを行います。
- sfr 変数に不正な定数データを代入した場合，コンパイル・エラーとします。
- 使用できる sfr 名は，［0FF00H - 0FFFFH］中に割り付けてあるものです。

［効果］

- sfr 領域に関する操作を C ソース・レベルで記述することができます。
- sfr に対する命令は，メモリに対する命令よりも短く，オブジェクト・コードの短縮，実行速度の向上を図ることができます。

［方法］

- #pragma 指令により，C ソース中に sfr 名を使用することを宣言します（キーワードの sfr は，大文字でも小文字でも記述可能です）。

```
#pragma sfr
```

#pragma sfr は，C ソースの先頭に記述します。ただし，#pragma PC（種別）を指定する場合は，それよりも後ろに #pragma sfr を記述します。

次のものは，#pragma sfr の前に記述することができます。

- コメント
- 前処理指令のうち，変数の定義／参照，関数の定義／参照を生成しないもの

- C ソース中では，デバイスが持つ sfr 名をそのまま記述します。このとき，sfr 名を宣言する必要はありません。

［制限］

- sfr 名は，大文字で記述します。小文字は通常の変数扱いとなります。

［使用例］

（1）sfr 領域の利用 1

C ソースを以下に示します。

```
#ifdef  __K0__
#pragma sfr
#endif

void    main ( ) {
                P0 -= ADCR ;
                /* ADCR = 10 ;  ==> error */
}
```

宣言に関するコードは何も出力されず，関数中で次のようなコードを出力します。

```
mov     a, P0
sub     a, ADCR
mov     P0, a
```

（2）sfr 領域の利用 2

sfr に対して，各ビットごとにアクセスすることもできます。8 ビットのレジスタの場合，“ビット番号”は 0-7 で指定します。

```
レジスタ名．ビット番号
```

また，各レジスタの持つフラグのビットにアクセスする場合，それぞれのビット名を用いてアクセスすることができます。ビット名には，デバイス・ファイルで定義されている名前を指定します。

C ソースを以下に示します。

```
#pragma sfr
void func1(void)
{
        unsigned char   c;

        P0 = 1;         /* P0 に 1 を書き込みます */
        c = PM0;        /* PM0 から読み込みます */
        P0.1 = 1;       /* P0 のビット 1 を 1 にします */
        SPT0 = 1;       /* ビット名 SPT0 のビットを 1 にします */
}
```

［互換性］

（1）他の C コンパイラから 78K0 C コンパイラ

- デバイスやコンパイラに依存しない部分であれば，修正する必要はありません。

（2）78K0 C コンパイラから他の C コンパイラ

- “#pragma sfr”文を削除するか，または“#ifdef”により切り分け，sfr 変数であった変数の宣言を追加します。

次に例を示します。

```
#ifdef  __K0__
#pragma sfr
#else

unsigned char   P0 ;    /* 変数の宣言 */
#endif

void main ( void ) {
        P0 = 0 ;
}
```

- sfr，またはそれに代わる機能を持つデバイスの場合，その領域をアクセスするためには専用のライブラリを作成しなければなりません。

noauto 関数（noauto）

前後処理（スタック・フレーム）のない関数を生成します。

［機能］

- noauto 関数は，オートマティック変数に制限を設けて，前後処理（スタック・フレームの形成）のコードを出力しないようにします。
- 引数は，すべてレジスタ，またはレジスタ変数用 saddr 領域（0FEDCH - 0FEDFH）に割り当てます。レジスタに割り当てることができない引数があれば，コンパイル・エラーとします。
- 引数割り当てで余ったレジスタ，およびレジスタ変数用 saddr 領域に，すべてのオートマティック変数が割り当たるときのみ，オートマティック変数を使用することができます。
- レジスタ変数用 saddr 領域には，コンパイル時に -qr オプションを指定した場合のみ割り当てます。
- レジスタに割り当てた以外の引数は，レジスタ変数用 saddr 領域に格納します。
  引数の記述順に昇順に格納します（「3. 4　saddr 領域のラベル一覧」を参照してください）。
- noauto 関数をコールする際のコードは，通常関数をコールする場合と同じコードを出力します。
- -sm オプション指定時は，最初に noauto を記述した行にのみ警告メッセージを出力し，noauto 関数をすべて通常の関数として扱います。

［効果］

- オブジェクト・コードの短縮と，実行速度の向上を図ることができます。

［方法］

- 関数宣言時に noauto 属性を宣言します。

```
noauto　型名　　関数名
```

［制限］

- -za 指定時は，noauto は無効となります。
- noauto 関数の引数は，型や数に制限があります。
  noauto 関数で使用できる引数の型を次に示します。ただし，レジスタ HL には，long/signed long/unsigned long，float/double/long double，関数ポインタ（バンク機能（-mf）使用時）は割り当てず，その他の引数を割り当てます。
  - ポインタ
  - char/signed char/unsigned char
  - int/signed int/unsigned int
  - short/signed short/unsigned short
  - long/signed long/unsigned long
  - float/double/long double

- 使用可能な引数は，合計サイズが最大 6 バイトです。
- これらの制限は，コンパイル時にチェックされます。
- 引数に register 宣言した場合，register 宣言は無視します。

［使用例］

（1）-qr オプション指定時

C ソースを以下に示します。

```
noauto  short   nfunc ( short a, short b, short c );
short   l, m ;
void    main ( ) {
        static short ii, jj, kk ;
        l = nfunc ( ii, jj, kk );
}
noauto  short   nfunc ( short a, short b, short c ) {
        m = a + b + c ;
        return ( m );
}
```

コンパイラの出力オブジェクトは，以下のようになります。

```
@@CODE  CSEG
_main :
; line  5 :     static short ii, jj, kk ;
; line  6 :     l = nfunc ( ii, jj, kk ) ;
        movw    ax, !?L0005             ; kk
        push    ax
        movw    ax, !?L0004             ; jj
        push    ax
        movw    ax, !?L0003             ; ii
        call    !_nfunc                 ; 関数 nfunc（a, b, c）呼び出し
        pop     ax
        pop     ax
        movw    ax, bc
        movw    !_l, ax                 ; 戻り値を外部変数 L に代入
; line  7 :     }
        ret
; line  8 :     noauto short nfunc ( short a, short b, short c ) {
_nfunc :
        push    hl                      ; HL を退避
        xch     a, x                    ;
        xch     a, _@KREG12             ; _@KREG12 に引数 a をセットし
        xch     a, x                    ;
```

```
        xch     a, _@KREG13             ;
        push    ax                      ; _@KREG12 を退避
        push    ax                      ; _@KREG14 を退避
        movw    ax, sp                  ;
        movw    hl, ax                  ;
        mov     a, [hl + 10]            ;
        xch     a, x                    ;
        mov     a, [hl + 11]            ;
        movw    _@KREG14, ax            ; _@KREG14 に引数 c をセット
        mov     a, [hl + 8]             ;
        xch     a, x                    ;
        mov     a, [hl + 9]             ;
        movw    hl, ax                  ; HL に引数 b をセット
; line  9 :     m = a + b + c ;
        movw    ax, hl                  ;
        xch     a, x                    ;
        add     a, _@KREG12             ;
        xch     a, x                    ;
        addc    a, _@KREG13             ;
        xch     a, x                    ;
        add     a, _@KREG14             ;
        xch     a, x                    ;
        addc    a, _@KREG15             ; a（_@KREG12）に b（HL）と
                                        ; c（_@KREG14）を加算
        movw    !_m, ax                 ; 演算結果を外部変数 m に代入
; line  10 :    return ( m ) ;
        movw    bc, ax                  ; 外部変数 m の内容を返す
        pop     ax                      ;
        movw    _@KREG14, ax            ; _@KREG14 を復帰
        pop     ax                      ;
        movw    _@KREG12, ax            ; _@KREG12 を復帰
        pop     hl                      ; HL を復帰
        ret
```

［説明］

- この例では，ヘッダ部分で noauto 属性を追加しています。

  noauto を宣言して，スタック・フレームの生成を行わないようにしています。

［互換性］

（1）他の C コンパイラから 78K0 C コンパイラ

- キーワード noauto を使用していなければ，修正する必要はありません。
- noauto 関数に変更する場合，前記の方法に従って修正します。

（2）78K0 C コンパイラから他の C コンパイラ

- #define を用います。詳細については，「3. 2. 5　C ソースの修正」を参照してください。

norec 関数（norec）

前後処理（スタック・フレーム）のない関数を生成します。

［機能］

- 関数自身から他の関数を呼び出さない関数は，norec 関数にすることができます。
- norec 関数では，関数の前後処理（スタック・フレームの形成）のコードを出力しません。
- norec 関数の引数は，レジスタ，norec 関数の引数用 saddr 領域［0FEC0H - 0FEC7H］に割り当てます。
- レジスタ，saddr 領域に割り当てることができない場合は，コンパイル・エラーとなります。
- 引数はレジスタ，あるいは saddr 領域［0FEC0H - 0FEC7H］に格納し，norec 関数を呼び出します。
- オートマチック変数は，saddr 領域［0FEC8H - 0FECFH］に割り当てます。レジスタ変数も同様です。
- saddr 領域には，コンパイル時に -qr オプションを指定した場合のみ割り当てられます。
- 引数が long/float/double/long double 型，関数ポインタ（バンク機能（-mf）使用時）以外の場合，第 1 引数をレジスタ AX，第 2 引数をレジスタ DE，第 3 引数以降を saddr 領域に昇順に格納します。
  引数が long/float/double/long double 型，関数ポインタ（バンク機能（-mf）使用時）の場合，第 1 引数から saddr 領域へ昇順に格納します。ただし，レジスタ AX，DE に格納されるのは，引数の型によらず，1 引数ずつのみです。
- AX に格納された引数は，norec 関数の先頭で，DE に格納された引数がなければ DE にコピーされ，DE に格納された引数があれば _@RTARG6，7 にコピーされます。
- オートマチック変数が long/float/double/long double 型，関数ポインタ（バンク機能（-mf）使用時）以外の場合，引数の割り当て後，余っていれば宣言された順に DE，_@RTARG6，7，_@NRARG0，1，…の順に格納していきます。
  オートマチック変数が long/float/double/long double 型，関数ポインタ（バンク機能（-mf）使用時）の場合，引数の割り当て後，余っていれば宣言された順に，_@NRARG0，1，…の順に格納していきます。
  @RTARG6，7，@NRARG0，1，…については，「3. 4　saddr 領域のラベル一覧」を参照してください）。

［効果］

- オブジェクト・コードを短縮することができ，プログラムの実行速度が向上します。

［方法］

- 関数の宣言時に，norec 属性を宣言します。

```
norec　　型名　　関数名
```

- norec の代わりに __leaf の記述も可能です。

［制限］

- norec 関数中から，他の関数を呼び出すことはできません。

- norec 関数の引数，およびオートマチック変数には，サイズや数の制限があります。
- -za 指定時は，norec は無効となり，__leaf のみ有効となります。
- -sm オプション指定時は，最初に norec を記述した行にのみ警告メッセージを出力し，norec 関数をすべて通常の関数として扱います。
- 引数，オートマチック変数に関する制限は，コンパイル時にチェックし，エラーとします。
- 引数，およびオートマチック変数にレジスタ宣言した場合は，レジスタ宣言を無視します。
- norec 関数で使用可能な引数，およびオートマチック変数の型を次に示します。
  なお，char/signed char/unsigned char 同士であれば，連続して saddr 領域に割り当てますが，それ以外の型と連続する場合は，2 バイト・アラインで割り当てます。
  - ポインタ
  - char/signed char/unsigned char
  - int/signed int/unsigned int
  - short/signed short/unsigned short
  - long/signed long/unsigned long
  - float/double/long double

（1）-qr オプション指定なしの場合

- 使用できる引数の数は，long/float/double/long double 型，関数ポインタ（バンク機能（-mf）使用時）以外の場合は 2 変数で，long/float/double/long double 型，関数ポインタ（バンク機能（-mf）使用時）を使用することはできません。
- norec 関数内で使用可能なオートマチック変数は，long/float/double/long double 型，関数ポインタ（バンク機能（-mf）使用時）以外の場合は引数で使用せず余ったバイト数分で，最大 4 バイトです。long/float/double/long double 型，関数ポインタ（バンク機能（-mf）使用時）を使用することはできません。

（2）-qr オプション指定ありの場合

- 使用できる引数の数は，long/float/double/long double 型，関数ポインタ（バンク機能（-mf）使用時）以外の場合は 6 変数で，long/float/double/long double 型，関数ポインタ（バンク機能（-mf）使用時）の場合は 2 変数です。
- norec 関数内で使用可能なオートマチック変数は，引数で使用せず余ったバイト数分と saddr のサイズ分で，long/float/double/long double 型，関数ポインタ（バンク機能（-mf）使用時）以外の場合は最大 20 バイト，long/float/double/long double 型，関数ポインタ（バンク機能（-mf）使用時）の場合は最大 16 バイトです。
- これらの制限は，コンパイル時にチェックしエラーとします。

［使用例］

C ソースを以下に示します。

```
norec int       rout ( int  a, int  b, int  c );

int     i, j ;

void    main ( void ) {
        int     k, l, m ;
        i = l + rout ( k, l, m ) + ++k ;
}

norec int       rout ( int a, int b, int c ) {
        int     x, y ;
        return ( x + ( a << 2 ) );
}
```

（1）-qr オプション指定ありの場合

コンパイラの出力オブジェクトは，以下のようになります。

```
        EXTRN   _@NRARG0            ; 使用する saddr 領域の参照を行う。
        EXTRN   _@NRARG1            ;
        EXTRN   _@NRARG6            ;
          :
        _@NRARG0 ←m                 ; 引数を saddr 領域に格納する
          :
        de       ←l                 ; 引数を DE に格納する
          :
        ax       ←k                 ; 引数を AX に格納する
        call    !_rout              ; norec 関数を呼び出す

_rout :
        movw    _@RTARG6, ax
                                    ; saddr 領域から引数を受け取る
        mov     c, #02H
        xch     a, x
        add     a, a
        xch     a, x
        rolc    a, 1
        dbnz    c, $$-5
        xch     a, x
        add     a, _@NRARG1         ; saddr 領域のオートマティック変数を使用する
        xch     a, x                ;
        addc    a, _@NRARG1 + 1     ; saddr 領域のオートマティック変数を使用する
        movw    bc, ax              ;
        ret
```

［説明］

rout 関数の定義に，norec 関数であることを示すための norec 属性を付けます。

［互換性］

（1）他の C コンパイラから 78K0 C コンパイラ

- キーワード norec を使用していなければ，修正する必要はありません。
- norec 関数に変更する場合，前記の方法に従って修正します。

（2）78K0 C コンパイラから他の C コンパイラ

- #define を用います。詳細については，「3. 2. 5　C ソースの修正」を参照してください。

bit 型変数（bit），boolean 型変数（boolean/__boolean）

1 ビットの記憶領域を持つ変数を生成します。

［機能］

- bit，boolean 型変数は，1 ビットのデータとして扱われ，saddr 領域に配置されます。
- bit，boolean 型変数は初期値なし（不定）の外部変数と同様に扱います。
- このビット変数に対してコンパイラは，次のビット操作命令を出力します。

```
MOV1, AND1, OR1, XOR1, SET1, CLR1, NOT1, BT, BF
```

［効果］

- C 記述でアセンブラ・ソース・レベルのプログラミング，saddr，sfr 領域へのビット・アクセスが可能になります。

［方法］

- bit，boolean 型変数を使用するモジュール中で bit，boolean 型宣言を行います。
- bit の代わりに __boolean を記述することも可能です。

```
bit             変数名
boolean         変数名
__boolean       変数名
```

- bit，boolean 型変数を参照するモジュール中で extern bit (boolean) 宣言を行います。

```
extern bit              変数名
extern boolean          変数名
extern __boolean        変数名
```

- char/int/short/long 型の sreg 変数（配列の要素，構造体のメンバを除く），および 8 ビットの sfr 変数は自動的に bit 型変数としても使用可能になります。

```
変数名.n （n は 0 ～ 31）
```

［制限］

- bit，boolean 型変数同士の演算は，キャリー・フラグを使用して行われます。このため，各ステートメント間でのキャリー・フラグの内容は保証されません。
- 配列の定義／参照を行うことはできません。
- 構造体，共用体のメンバとして使用することはできません。
- 関数の引数の型として使用することはできません。
- オートマチック変数（スタティック・モデル以外）の型として使用することはできません。
- bit 型変数のみで，1 ロード・モジュール当たり最大 1216 変数まで使用することができます（saddr 領域［0FE20H - 0FEB7H］を使用した場合）（ノーマル・モデル）。
- bit 型変数のみで，1 ロード・モジュール当たり最大 1536 変数まで使用できます（saddr 領域［0FE20H - 0FEDFH］を使用した場合）（スタティック・モデル）。
- 初期値ありで宣言することはできません。
- const 宣言とともに記述された場合は，const 宣言を無視します。
- 次に示した演算子による定数との演算は，0，1 のみ可能となります。

分類	演算子
代入	=
ビットごとの AND	&，&=
ビットごとの OR	|，|=
ビットごとの XOR	^，^=
論理 AND	&&
論理 OR	||
等しい	==
等しくない	!=

- *，&（ポインタ参照，アドレス参照），sizeof 演算を行うことはできません。
- -za オプション指定時は，__boolean のみ有効となります。
- sreg 変数を使用した場合と，-rd，-rs，-rk（saddr 自動割り当てオプション）指定時には，使用可能な数は減ります。

［使用例］

C ソースを以下に示します。

```
#define ON      1
#define OFF     0

extern bit      data1 ;
extern bit      data2 ;

void main ( void ) {
        data1 = ON ;
        data2 = OFF ;
        while ( data1 )  {
                data1 = data2 ;
                testb ( ) ;
        }

        if ( data1 && data2 )
                chgb ( ) ;
}
```

bit 型変数の定義コードをユーザが作成する場合を示します。ただし，extern 宣言を付けない場合は，コンパイラが次のコードを出力します。このときには，ORG 疑似命令は出力しません。

```
PUBLIC  _data1          ; 宣言
PUBLIC  _data2

@@BITS  BSEG            ; セグメントへの割り付け
        ORG     0FE20H
_data1  DBIT
_data2  DBIT
```

関数中では，次のようなコードを出力します。

```
set1    _data1                  (初期化)
clr1    _data2                  (初期化)
bf_     data1, $?L0001          (判断)
mov1    CY, _data2              (代入)
mov1    _data1, CY              (代入)
bf      _data1, $?L0005         (論理 AND 式)
bf      _data2, $?L0005         (論理 AND 式)
```

［互換性］

（1）他の C コンパイラから 78K0 C コンパイラ

- キーワード bit，boolean，__boolean を使用していなければ，修正する必要はありません。
- bit，boolean 型変数に変更する場合，前記の方法に従って修正します。

（2）78K0 C コンパイラから他の C コンパイラ

- #define を用います。詳細については，「3. 2. 5　C ソースの修正」を参照してください（この変更により，bit，boolean 型変数は通常の変数として扱われます）。

ASM 文（#asm ～ #endasm/__asm）

C コンパイラが出力したアセンブラ・ソース・ファイルに，ユーザが記述したアセンブラ・ソースが埋め込みます。

［機能］

（1）#asm ～ #endasm

- 78K0 C コンパイラが出力するアセンブラ・ソース・ファイル中に，ユーザが記述したアセンブラ・ソースを埋め込みます。
- #asm の行と #endasm の行は出力しません。

（2）__asm

- 文字列リテラルにアセンブリ・コードを記述することで，アセンブリ命令を出力し，アセンブラ・ソース中に挿入します。

［効果］

- C ソースのグローバル変数をアセンブラ・ソースで操作することができます。
- C ソースには記述することができない機能を実現可能です。
- C コンパイラが出力したアセンブラ・ソースをハンド・オプティマイズし，C ソース中に埋め込むことにより，効率の良いオブジェクトを得ることができます。

［方法］

（1）#asm ～ #endasm

- #asm でアセンブラ・ソースの開始を示し，#endasm でアセンブラ・ソースの終了を示します。アセンブラ・ソースは #asm，#endasm の間に記述します。

```
#asm
  :      /* アセンブラ・ソース */
#endasm
```

（2）__asm

- C ソース中に次の形式で記述します。

```
__asm（ 文字列リテラル ）;
```

- 文字列リテラルの記述方法は ANSI に準拠し，エスケープ文字列（\ n：改行，\ t：タブなど）や\による行の継続，文字列の連結などの記述が可能です。

［制限］

- #asm のネストは許されません。
- ASM 文を使用した場合，オブジェクト・モジュール・ファイルは生成されず，アセンブラ・ソース・ファイルが生成されます。
  プロパティパネルの［コンパイル・オプション］タブで「アセンブリ・ファイルを出力する」を「はい」に設定してください。（設定方法は，「CubeSuite+ 78K0 ビルド編」を参照してください。）
- __asm は，小文字の記述のみ許します。大文字や大文字小文字混在で記述された場合，ユーザ関数とみなします。
- -za オプション指定時は，__asm のみ有効となります。
- “#asm ～ #endasm”，および __asm は，C ソースの関数中にしか記述することができません。したがって，アセンブラ・ソースはセグメント名 @@CODE の CSEG に出力されます。

［使用例］

（1）#asm ～ #endasm

C ソースを次に示します。

```
void main ( void ) {
#asm
        callt [init]
#endasm
}
```

コンパイラの出力オブジェクトは，以下のようになります。

```
@@CODE  CSEG
_main :
        callt [init]
        ret
        END
```

#asm と #endasm の間をアセンブル・ソースとして，アセンブラ・ソース・ファイルへ出力します。

（2）__asm

C ソースを次に示します。

```
#pragma asm

int     a, b ;

void    main ( ) {
        __asm ( "\tmovw ax, !_a \t ; ax <- a" );
        __asm ( "\tmovw !_b, ax \t ; b <- ax" );
}
```

コンパイラの出力オブジェクトは，以下のようになります。

```
@@CODE  CSEG
_main :
        movw    ax, !_a         ; ax <- a
        movw    !_b, ax         ; b <- ax
        ret
        END
```

［互換性］

- #asm をサポートしている C コンパイラには，その C コンパイラで指定されるフォーマットに従って修正してください。
- ターゲット・デバイスが異なる場合，アセンブラ・ソース部分を修正してください。

漢字（/* 漢字 */，// 漢字）

C ソースのコメント中に漢字を記述することができます。

［機能］

- C ソースのコメント中に漢字を記述することができます。
- コメント中の漢字はコメントとして扱われ，コンパイルの対象とはしません。
- コメント中で使用される漢字のコードをオプション，または環境変数により選択することができます。
  オプションの指定がない場合，環境変数 LANG78K に設定されたものが設定されます。
- オプションと環境変数 LANG78K の両方が指定されている場合は，オプションで指定したものが有効になります。
- 環境変数 LANG78K に SJIS と設定された場合は，コメント中の漢字種別をシフト JIS コードと解釈します。
- 環境変数 LANG78K に EUC と設定された場合は，コメント中の漢字種別を EUC コードと解釈します。
- 環境変数 LANG78K に NONE と設定された場合は，コメント中に漢字コードがないと解釈します。
- デフォルトは，SJIS を指定したものとします。

［効果］

- 理解しやすいコメントを書くことができ，C ソースの管理が容易になります。

［方法］

- コンパイラ・オプション，または環境変数のいずれかにより，漢字コードを設定します（デフォルトの設定でよい場合は，設定の必要はありません）。

（1）コンパイラ・オプションによる設定

次のオプションのうち，いずれかを指定します。

オプション	説明
-zs	SJIS（シフト JIS コード）
-ze	EUC（EUC コード）
-zn	NONE（漢字コードなし）

（2）環境変数 LANG78K による設定

- SJIS，EUC，または NONE のいずれかを設定します。
- SJIS，EUC，NONE は，大文字でも小文字でも記述可能です。
- C ソースのコメント中に漢字（環境変数 LANG78K に SJIS を設定した場合はシフト JIS コード，EUC を設定した場合は EUC コード）を記述します。

```
SET     LANG78K = SJIS   ; シフト JIS コードの場合
SET     LANG78K = EUC    ;EUC コードの場合
SET     LANG78K = NONE   ; 漢字コードなしの場合
```

［制限］

- コメント中に記述することができるのは，シフト JIS コード，EUC コードです。
  コメント以外で記述することができるのは，ASCII コードが 0x7f 以下の文字です。
  具体的には，全角文字のすべて，半角カタカナ（半角の句読点等を含む）をコメント以外には記述することができません。
  なお，記述した場合，意図したコードにならない場合があります。

［使用例］

C ソースを以下に示します。

```
// main関数
void main ( void ) {
        /* コメント */
}
```

アセンブラ・ソース中に漢字種別情報を出力します。
コンパイラの出力オブジェクトは，以下のようになります。

```
$KANJICODE SJIS
```

アセンブラ・ソース中に C ソースを出力する場合，コメント中の漢字も出力します。

```
; line          1 : // main関数
; line          2 : void    main ( void ) {
@@CODE  CSEG
_main :
; line          3 :             /* コメント */
; line          4 : }
```

［説明］

- C ソースのコメント中にのみ漢字を使うことができます。
- “// コメント”を使用する場合は，コンパイラ・オプション -zp を指定してください。

［互換性］

（1）他の C コンパイラから 78K0 C コンパイラ

- コメントを書ける以外の場所（“/* … */”，または“// …改行”の外）に漢字がある場合，修正しなければなりません。
- 漢字コードが違う場合は，漢字コードの変換が必要です。

（2）78K0 C コンパイラから他の C コンパイラ

- コメント中に漢字を書くことができる C コンパイラに対しては，C ソースの修正はありません。
- コメント中に漢字を書くことができない C コンパイラの場合は，C ソースの漢字を削除しなければなりません。

割り込み関数（#pragma vect/#pragma interrupt）

ベクタ・テーブルを生成し，割り込みに対応したオブジェクト・コードを出力します。

［機能］

- 記述された関数名のアドレスを指定された割り込み要求名に対応する割り込みベクタ・テーブルに登録します。
- 割り込み関数では，次のもののうち，使用しているもの（ASM 文中で使用されているものは除く）をスタックに退避／復帰を行うためのコードを割り込み関数の先頭（レジスタ・バンク指定の場合は，そのコードの後ろ）と終わりに出力します。
  - レジスタ
  - レジスタ変数用 saddr 領域
  - norec 関数の引数／ auto 変数用 saddr 領域（使用の有無を問わない）
  - ランタイム・ライブラリ用 saddr 領域（ノーマル・モデルのみ）

ただし，割り込み関数の指定や状況によっては，次のとおり，退避／復帰領域が異なります。

- 無変更指定時は，レジスタ・バンクの変更，またはレジスタの退避／復帰，および saddr 領域の退避／復帰を行うためのコードを使用の有無にかかわらず，出力しません。
- レジスタ・バンク指定がある場合は，指定されたレジスタ・バンクに変更するためのコードを割り込み関数の先頭に出力するため，レジスタの退避／復帰は行いません。
- 無変更指定がない場合で，割り込み関数内に関数呼び出しがある場合は，レジスタに関しては，使用／未使用にかかわらず，全領域を退避／復帰します。

(1) ノーマル・モデルの場合

コンパイル時に -qr オプションを指定しない場合は，レジスタ変数用 saddr 領域，norec 関数の引数／ auto 変数用の saddr 領域は未使用のため，退避／復帰コードを出力しません。
なお，全退避コードの方がサイズが小さい場合は，全退避コードを出力します。
以上をまとめると，退避／復帰領域は，次のようになります。

退避／復帰領域	NO BANK	関数コールあり				関数コールなし			
		-qr なし		-qr あり		-qr なし		-qr あり	
		スタック	RBn	スタック	RBn	スタック	RBn	スタック	RBn
使用レジスタ	×	×	×	×	×	○	×	○	×
全レジスタ	×	○	×	○	×	×	×	×	×
使用ランタイム・ライブラリ用 saddr 領域	×	×	×	×	×	○	○	○	○
全ランタイム・ライブラリ用 saddr 領域	×	○	○	○	○	×	×	×	×
使用レジスタ変数用 saddr 領域	×	×	×	○	○	×	×	○	○

退避／復帰領域	NO BANK	関数コールあり				関数コールなし			
		-qr なし		-qr あり		-qr なし		-qr あり	
		スタック	RBn	スタック	RBn	スタック	RBn	スタック	RBn
norec 関数の引数／auto 変数用全 saddr 領域	×	×	×	○	○	×	×	×	×

スタック ： スタック使用指定
RBn ： レジスタ・バンク指定
○ ： 退避する
× ： 退避しない

(2) スタティック・モデルの場合

コンパイル時に -sm オプションを指定した場合は，レジスタ変数用 saddr 領域，norec 関数の引数 /auto 変数用の saddr 領域，およびランタイム・ライブラリ用の saddr 領域は存在しないため，退避／復帰領域は，次のようになります。

退避／復帰領域	NO BANK	関数コールあり		関数コールなし	
		スタック	RBn	スタック	RBn
使用レジスタ	×	×	×	○	×
全レジスタ	×	○	×	×	×

スタック ： スタック使用指定
RBn ： レジスタ・バンク指定
○ ： 退避する
× ： 退避しない

ただし，leafwork1 ～ 16 の指定があった場合は，共有領域の上位アドレスから，バイト数をスタックに退避／復帰を行うコードを割り込み関数の先頭と終わりに出力します（-zm オプション未指定時は，「スタティック・モデル」を参照してください。-zm オプション指定時は，「スタティック・モデル拡張仕様（-zm）」を参照してください）。

注意 割り込み関数中に ASM 文があり，その中でレジスタやコンパイラの予約領域（上に示した表にある領域）を用いる場合は，その領域の退避はユーザの責任となります。

［効果］

- C ソース・レベルで割り込み関数の記述が可能となります。
- レジスタ・バンクを変更できるため，レジスタの退避処理を行うコードを出力せず，オブジェクト・コードを縮小，実行速度を向上することができます。
- 割り込み要求名を認識するため，ベクタ・テーブルのアドレスを意識する必要がありません。

［方法］

- #pragma 指令により割り込み要求名，関数名，スタック切り替え，コンパイラが使用するレジスタ，および saddr 領域の退避／復帰を指定します。なお，#pragma 指令は C ソースの先頭に記述します（割り込み要求名に関しては，デバイスのユーザーズ・マニュアルを参照してください）。ただし，ソフトウエア割り込み BRK の場合は，BRK_I と記述してください。
- #pragma PC（種別）を記述する場合は，それよりも後ろにこの #pragma 指令を記述します。次の項目はこの #pragma 指令の前に記述することができます。
  - コメント
  - プリプロセス指令のうち変数の定義／参照，関数の定義／参照を生成しないもの

(1) ノーマル・モデルの場合

```
#pragma △ vect ( または interrupt) △割り込み要求名△関数名△

                [ スタック切り替え指定 ] △[ スタック使用指定
                                           無変更指定
                                           レジスタ・バンク指定 ]
```

(2) スタティック・モデルの場合

```
#pragma △ vect ( または interrupt) △割り込み要求名△関数名△

                [ 共有領域退避／復帰指定 ] △[ スタック使用指定
                  退避／復帰対象               無変更指定
                                               レジスタ・バンク指定 ]
```

- *割り込み要求名*

  大文字で記述します。

  デバイスのユーザーズ・マニュアルを参照してください（例：NMI，INTP0 など）。

  ただし，ソフトウエア割り込み BRK の場合は，BRK_I と記述してください。

- *関数名*

  割り込み処理を記述した関数名

- *スタック切り替え指定*

  SP = 配列名 [+ オフセット位置]（例：SP = buff + 10）

  配列は，unsigned char で定義してください（例：unsigned char buff [10] ;）。

- *スタック使用指定*

  STACK（デフォルト）

- *無変更指定*

  NOBANK

- *レジスタ・バンク指定*

  RB0/RB1/RB2/RB3

- 共有領域退避／復帰指定

leafwork1 ～ 16

- 退避／復帰対象

SAVE_R退避／復帰対象をレジスタに限定

SAVE_RN退避／復帰対象をレジスタ，_ @ NRATxx に限定（-sm，-zm オプション指定時のみ）

注意 78K0 C コンパイラのスタートアップ・ルーチンでは，レジスタ・バンク 0 に初期指定されているので，レジスタ・バンク 1-3 を指定するようにしてください。leafwork の指定で共有領域の退避を行う場合，指定するバイト数は，全モジュール中 -sm オプションで確保した共有領域の最大バイト数に合わせる必要があります。

［制限］

- 割り込み要求名は，大文字で記述します。
- 1 モジュール単位でのみ，割り込み要求名の重複チェックを行います。
- 以下の 3 つの条件を満たすときに，レジスタの内容を書き換えてしまう可能性がありますが，コンパイラはこれをチェックすることはできません。
  レジスタ・バンク切り換えの設定がある場合は，レジスタ・バンクが重複しないように設定してください。また，レジスタ・バンクが重複するような設定を行う場合は，それらの割り込みが重ならないように，制御してください。
  NOBANK（無変更指定）を指定した場合も，レジスタの退避を行わないので，レジスタを破壊しないように制御する必要があります。
  - 複数の割り込みが発生
  - 発生した割り込みの中に，同じ BANK を使用する割り込みが複数ある
  - #pragma interrupt ～の記述で，NOBANK，またはレジスタ・バンク指定がある
- 割り込み関数は，callt/__callt/callf/__callf/noauto/norec/__leaf/__pascal/__flash/__flashf を指定することができません。割り込み関数は，引数，戻り値を持つことができないため，void 型で指定します（例：void func (void) ; ）。
- 割り込み関数中に ASM 文が存在しても，全退避のコードは出力しません。したがって，割り込み関数中の ASM 文中でコンパイラ予約領域などを使用する場合，または ASM 文中で関数コールを行う場合の退避はユーザが行う必要があります。
- -sm オプション無指定時に leafwork1 ～ 16 を指定した場合は，ワーニングを出力し，共有領域退避／復帰指定を無視します。
- スタック切り替えを指定した場合，配列名シンボルにオフセットを加算した位置にスタック・ポインタを切り替えます。配列名の領域の確保は #pragma 指令では行わないため，別途グローバルの unsigned char 型配列として定義する必要があります。
- 関数の先頭にスタック・ポインタを切り替えるコードを関数の最後にスタック・ポインタを元に戻すコードを生成します。
- スタック切り替え用の配列に sreg/__sreg キーワードを付加した場合，属性が違う同名の変数が複数定義されたとみなし，コンパイル・エラーとなります。なお，-rd オプションにより saddr 領域に配列を配置させることは可

能ですが，スタックとして使用されるため，コード，およびスピードに関し，効率が良くなることはありません。スタック以外の用途で saddr 領域を使用することをお勧めします。

- スタック切り替え指定は，無変更指定とは同時に指定することはできません。指定した場合は，エラーとなります。
- スタック切り替え指定は，スタック使用指定／レジスタ・バンク指定より先に記述しなければなりません。スタック切り替え指定を後に記述した場合は，エラーとなります。
- #pragma vect/#pragma interrupt 指定で退避先として無変更指定，レジスタ・バンク指定，およびスタック切り替え指定をした関数が同一モジュール内で定義されなかった場合，ワーニングを出力し退避先指定，スタック切り替えを無視します。この場合，デフォルトのスタックが使用されます。

［使用例］

(1) レジスタ・バンク指定がある場合

C ソースを次に示します。

```
#pragma interrupt NMI inter rb1

void    inter ( ) {
        /* NMI 端子入力に対する割り込み処理 */
}
```

コンパイラの出力オブジェクトは，以下のようになります。

```
@@CODE          CSEG
_inter :

        ; レジスタ・バンクの切り替えコード
        ; コンパイラが使用する saddr 領域の退避コード
        ; NMI 端子入力に対する割り込み処理（関数本体）
        ; コンパイラが使用する saddr 領域の復帰コード
        reti
@@VECT02        CSEG    AT      02H ; NMI
_@vect02 :
        DW      _inter
```

(2) スタック切り替え指定とレジスタ・バンク指定がある場合

C ソースを以下に示します。

```
#pragma interrupt INTP0 inter sp = buff + 10 rb2

unsigned char   buff[10] ;

void    func ( );

void    inter ( ) {
        func ( );
}
```

コンパイラの出力オブジェクトは，以下のようになります。

```
@@CODE          CSEG
_inter :
        sel     RB2                     ; レジスタ・バンクの切り替え
        push    ax                      ; スタック・ポインタの切り替え
        movw    ax, sp                  ;       〃
        movw    sp, #_buff + 10         ;       〃
        push    ax                      ;       〃
        movw    ax, _@RTARG0            ; コンパイラが使用する saddr の退避
        push    ax                      ;       〃
        movw    ax, _@RTARG2            ;       〃
        push    ax                      ;       〃
        movw    ax, _@RTARG4            ;       〃
        push    ax                      ;       〃
        movw    ax, _@RTARG6            ;       〃
        push    ax                      ;       〃
        call    !_func
        pop     ax                      ; コンパイラが使用する saddr の復帰
        movw    _@RTARG6                ;       〃
        pop     ax                      ;       〃
        movw    _@RTARG4                ;       〃
        pop     ax                      ;       〃
        movw    _@RTARG2                ;       〃
        pop     ax                      ;       〃
        movw    _@RTARG0                ;       〃
        pop     ax                      ; スタック・ポインタを元に戻す
        movw    sp, ax                  ;       〃
        pop     ax                      ;       〃
        reti

@@VECT06        CSEG    AT      0006H
_@vect06 :
        DW      _inter
```

(3) 共有領域退避／復帰指定がある場合（スタティック・モデルのみ）

C ソースを以下に示します。

```
#pragma interrupt INTP0 inter leafwork4
void    func ( );
void    inter ( ) {
        func ( );
}
```

コンパイラの出力オブジェクトは，以下のようになります。

```
        EXTRN   _@KREG12
        EXTRN   _@KREG14

@@CODE          CSEG
_inter :
        push    ax              ; レジスタの退避
        push    bc              ;       〃
        push    hl              ;       〃
        movw    ax, _@KREG12    ; 共有領域の退避
        push    ax              ;       〃
        movw    ax, _@KREG14    ;       〃
        push    ax              ;       〃
        call    !_func
        pop     ax              ; 共有領域の復帰
        movw    _@KREG14, ax    ;       〃
        pop     ax              ;       〃
        movw    _@KREG12, ax    ;       〃
        pop     hl              ; レジスタの復帰
        pop     bc              ;       〃
        pop     ax              ;       〃
        reti

@@VECT06        CSEG    AT      0006H
_@vect06 :
        DW      _inter
```

［互換性］

（1）他の C コンパイラから 78K0 C コンパイラ

- 割り込み関数を使用していなければ，修正する必要はありません。
- 割り込み関数に変更する場合は，前記の方法に従って修正します。

（2）78K0 C コンパイラから他の C コンパイラ

- #pragma vect/#pragma interrupt 指定を削除すれば，通常の関数として扱われます。
- 割り込み関数として使用する場合は，各コンパイラの仕様により変更が必要です。

割り込み関数修飾子（__interrupt，__interrupt_brk）

ベクタ・テーブルの設定と割り込み関数定義を別ファイルに記述することができます。

［機能］

- 関数を __interrupt 修飾子で宣言することにより，その関数はハードウエア割り込み関数とみなされ，ノンマスカブル／マスカブル割り込み関数のためのリターン命令 RETI により復帰します。
- 関数を __interrupt_brk 修飾子で宣言することにより，その関数はソフトウエア割り込み関数とみなされ，ソフトウエア割り込み関数のためのリターン命令 RETB により復帰します。
- この修飾子で宣言された関数は，（ノンマスカブル／マスカブル／ソフトウエア）割り込み関数とみなされ，次の（1）～（4）の内コンパイラの作業領域として使用しているものをスタックに退避／復帰します。
  ただし，この関数中に関数コールの記述がある場合は，全領域をスタックに退避します。

（1）レジスタ

（2）レジスタ変数用 saddr 領域

（3）norec 関数の引数／ auto 変数用 saddr 領域（使用の有無を問わない）

（4）ランタイム・ライブラリ用 saddr 領域

備考 コンパイル時に -qr オプションを指定しない場合（デフォルト）は，（2），（3）の領域は未使用のため，退避／復帰コードを出力しません。また，コンパイル時に -sm オプションを指定した場合は，（2），（3），（4）の領域は未使用のため，退避／復帰コードを出力しません。

［効果］

- この修飾子で宣言することにより，ベクタ・テーブルの設定と割り込み関数定義を別のファイルに記述することができます。

［方法］

- 割り込み関数の修飾子に __interrupt/__interrupt_brk のいずれかを付加します。

（1）ノンマスカブル／マスカブル割り込み関数の場合

```
__interrupt void        func ( ) { 処理 }
```

（2）ソフトウエア割り込み関数の場合

```
__interrupt_brk void    func ( ) { 処理 }
```

［制限］

- 割り込み関数は，callt/__callt/callf/__callf/noauto/norec/__leaf/__pascal/__flash/__flashf を指定することができません。

［使用例］

- 次のように，割り込み関数宣言，定義をします。ベクタ・アドレスの設定コードは，#pragma interrupt により生成されます。

```
#pragma interrupt       INTP0   inter   RB1     /* ソフトウエア割り込みの割り込み */
#pragma interrupt       BRK_I   inter_b RB2     /* 要求名は“BRK_I”です。*/

__interrupt void        inter ( ) ;             /* プロトタイプ宣言 */
__interrupt_brk void    inter_b ( ) ;           /* プロトタイプ宣言 */
__interrupt void        inter ( ) { 処理 } ;     /* 関数本体 */
__interrupt_brk void    inter_b ( ) { 処理 } ;   /* 関数本体 */
```

［互換性］

（1）他の C コンパイラから 78K0 C コンパイラ

- 割り込み関数をサポートしていなければ，修正は必要ありません。
- 割り込み関数に変更したい場合は，上記の方法に従って変更します。

（2）78K0 C コンパイラから他の C コンパイラ

- #define により可能です。通常の関数として扱えます。
- 割り込み関数として使用する場合は，各コンパイラの仕様により変更が必要です。

［注意］

- この修飾子を宣言するだけでは，ベクタ・アドレスの設定を行いません。ベクタ・アドレスの設定は #pragma vect/interrupt 指令あるいはアセンブラ記述などにより，別途行う必要があります。
- saddr 領域，レジスタの退避先はスタックとなります。
- #pragma vect（または interrupt）…によりベクタ・アドレスの設定，退避先の変更を行った場合でも，同一ファイル中に関数定義がない場合は，退避先の変更は無視され，デフォルトであるスタックになります。
- #pragma vect（または interrupt）…の指定と同一ファイルに割り込み関数を定義する場合は，この修飾子を記述しなくても，#pragma vect（または interrupt）…で指定された関数名を割り込み関数と判断します。

  #pragma vect/interrupt 指令の詳細については，「割り込み関数（#pragma vect/#pragma interrupt）」を参照してください。

割り込み機能（#pragma DI，#pragma EI）

オブジェクトに割り込み禁止命令，割り込み許可命令を埋め込みます。

［機能］

- オブジェクトに DI，EI のコードを出力し，オブジェクト・ファイルを作成します。
- #pragma 指令がない場合，DI ( )，EI ( ) は通常の関数とみなされます。
- 関数中の先頭（オートマチック変数の宣言，コメント，プリプロセス指令を除く）に“DI ( ) ; ”が記述された場合は，関数の前処理より前（関数名のラベルの直後）に DI のコードを出力します。
- 関数の前処理のあとに DI のコードを出力する場合は，“DI ( ) ; ”を記述する前で新たなブロックを開きます（“{ ”で区切ります）。
- 関数中の最後（コメント，プリプロセス指令を除く）に“EI ( ) ; ”が記述された場合は，関数の後処理より後ろ（RET のコードの直前）に EI のコードを出力します。
- 関数の後処理の前に EI のコードを出力する場合は，“EI ( ) ; ”を記述したあとで新たなブロックを閉じます（“} ”で区切ります）。

［効果］

- 割り込み禁止の関数を作成できます。

［方法］

- #pragma DI，#pragma EI 指令を C ソースの先頭に記述します。
  次の項目は，#pragma DI，#pragma EI の前に記述することができます。
  - コメント
  - 他の #pragma 指令
  - 前処理指令のうち変数の定義／参照，関数の定義／参照を生成しないもの
- 関数呼び出しと同様の形式で，ソース中に DI ( ) ; ，EI ( ) ; と記述します。
- #pragma 以降に記述する DI，EI は，大文字でも小文字でも記述可能です。

［制限］

- この機能を使用する場合は，関数名として DI，EI を使用することはできません。
- DI，EI は大文字で記述します。小文字は通常の関数として扱われます。

［使用例］

```
#ifdef  __K0__
#pragma DI
#pragma EI
#endif
```

C ソースを以下に示します。

```
#pragma DI
#pragma EI

void main ( void ) {
        DI ( ) ;
        ; 関数本体
        EI ( ) ;
}
```

コンパイラの出力オブジェクトは，以下のようになります。

```
_main :
        di
        ; 前処理
        ; 関数本体
        ; 後処理
        ei
        ret
```

（1）DI，EI を前／後処理の後と前に出力する場合

C ソースを以下に示します。

```
#pragma DI
#pragma EI

void main ( void ) {
        {
                DI ( ) ;
                ; 関数本体
                EI ( ) ;
        }
}
```

コンパイラの出力オブジェクトは，以下のようになります。

```
_main :
        ; 前処理
        di
        ; 関数本体
        ei
        ; 後処理
        ret
```

［互換性］

（1）他の C コンパイラから 78K0 C コンパイラ

- 割り込み機能を使用していなければ，修正する必要はありません。
- 割り込み機能を使用している場合は，前記の方法に従って修正します。

（2）78K0 C コンパイラから他の C コンパイラ

- #pragma DI，#pragma EI 指令を削除するか，あるいは #ifdef で切り分けます。関数名として DI，EI を使用することができます（例：#ifdef __K0__ 〜 #endif）。
- 割り込み機能として使用する場合は，各コンパイラの仕様により変更が必要です。

CPU 制御命令（#pragma HALT/STOP/BRK/NOP）

オブジェクトに halt 命令，stop 命令，brk 命令，nop 命令を埋め込みます。

［機能］

- オブジェクトに次のコードを出力し，オブジェクト・ファイルを作成します。
  - HALT 動作用の命令（HALT）
  - STOP 動作用の命令（STOP）
  - BRK 命令
  - NOP 命令

［効果］

- マイクロコンピュータのスタンバイ機能を C プログラムで使用することができます。
- ソフトウエア割り込みを発生することができます。
- CPU を動作させずに，クロックを進めることができます。

［方法］

- #pragma HALT，#pragma STOP，#pragma NOP，#pragma BRK 命令を C ソースの先頭に記述します。
- 次の項目は，#pragma 指令の前に記述することができます。
  - コメント
  - 他の #pragma 指令
  - プリプロセス指令のうち変数の定義／参照，関数の定義／参照を生成しないもの
- #pragma 以降のキーワードは大文字でも小文字でも記述可能です。
- 関数呼び出しと同様の形式で，C ソース中に次のように大文字で記述します。

```
HALT ( ) ;
STOP ( ) ;
BRK ( ) ;
NOP ( ) ;
```

［制限］

- この機能を使用する場合は，関数名として HALT，STOP，BRK，NOP を使用することができません。
- HALT，STOP，BRK，NOP は大文字で記述します。小文字は通常の関数扱いとなります。

［使用例］

C ソースを以下に示します。

```
#pragma HALT
#pragma STOP
#pragma BRK
#pragma NOP

void main ( void ) {
        HALT ( ) ;
        STOP ( ) ;
        BRK ( ) ;
        NOP ( ) ;
}
```

コンパイラの出力オブジェクトは，以下のようになります。

```
@@CODE  CSEG
_main :
        halt
        stop
        brk
        nop
```

［互換性］

（1）他の C コンパイラから 78K0 C コンパイラ

- CPU 制御命令を使用していなければ，修正する必要はありません。
- CPU 制御命令を使用したい場合は，前記の方法に従って修正します。

（2）78K0 C コンパイラから他の C コンパイラ

- “#pragma HALT”，“#pragma STOP”，“#pragma BRK”，“#pragma NOP”文を削除，あるいは #ifdef で切り分けると，関数名として HALT，STOP，BRK，NOP を使用できます。
- CPU 制御命令として使用する場合は，各コンパイラの仕様により変更が必要です。

callf 関数（callf/__callf）

callf エントリ領域に関数本体を格納し，call 命令に比べて速く短いコードで関数を呼ぶことを可能にします。

［機能］

- callf 命令は，callf 領域に関数本体を格納し，call 命令に比べて短いコードで関数を呼ぶことを可能にします。
- callf 関数をプロトタイプ宣言なしに参照した場合には，通常の call 命令によって関数を呼びます。
- 呼ばれる関数は，通常の関数と同じです。

［効果］

- オブジェクト・コードを短縮することができます。

［方法］

- 関数の宣言時に，callf 属性，あるいは __callf 属性を先頭に追加します。

```
callf extern    型名    関数名
__callf extern  型名    関数名
```

［制限］

- callf 宣言された関数は，callf エントリ領域に配置します。callf 領域のどこに配置するかは，リンク時に決定されます。したがって，アセンブラ・ソース・モジュール中で callf 関数を呼び出す場合は，シンボルを使ったリロケータブルなアセンブラ・ソースで記述する必要があります。
- callf 関数の占めるサイズに関するチェックはリンク時に行います。
- callf エントリ領域は，［800H - 0FFFH］です。
- callf 属性の許される関数は，特に制限はありません。
- callf 属性の関数のトータル・サイズは，［800H - 0FFFH］内に配置可能なサイズです。
- -za オプション指定時は，__callf のみ有効となります。
- -zf オプション指定時は，callf 関数を定義することができません。定義した場合は，エラーとします。

［使用例］

(C ソース 1)

```
__callf extern  int     fsub ( );

 void   main ( ) {
        int     ret_val ;
        ret_val = fsub ( );
 }
```

(C ソース 2)

```
__callf int     fsub ( ) {
        int     val ;
        return  val ;
 }
```

```
（コンパイラの出力オブジェクト）
＜C ソース 1＞
        EXTRN   _fsub           ; 宣言
        callf   !_fsub          ; 呼び出し

＜C ソース 2＞（callf エントリ領域に配置されます。）
        PUBLIC  _fsub           ; 宣言

@@CALF  CSEG    FIXED
_fsub :                         ; 関数定義
          :
        ; 関数本体
          :
```

［互換性］

（1）他の C コンパイラから 78K0 C コンパイラ

- キーワード callf/__callf を使用していなければ，修正する必要はありません。
  callf 関数に変更したい場合は，前記の方法に従って修正します。

（2）78K0 C コンパイラから他の C コンパイラ

- #define により使用可能となります。これにより，callf 関数は通常の関数として扱われます。

絶対番地アクセス関数（#pragma access）

オブジェクトに通常の RAM 空間をアクセスするコードを直接インライン展開して出力し，オブジェクト・ファイルを生成します。

［機能］

- オブジェクトに通常の RAM 空間をアクセスするコードを関数呼び出しではなく，直接インライン展開して出力し，オブジェクト・ファイルを生成します。
- #pragma 指令がない場合は，絶対番地アクセス用の関数は通常の関数とみなされます。

［効果］

- C 記述により，通常のメモリ空間の特定番地のアクセスを簡単に行うことができます。

［方法］

- #pragma access 指令を C ソースの先頭に記述します。
- 関数呼び出しと同じ形式でソース中に記述します。
- 次の項目は，#pragma access の前に記述することができます。
  - コメント
  - 他の #pragma 指令
  - プリプロセス指令のうち変数の定義／参照，関数の定義／参照を生成しないもの
- #pragma 以降のキーワードは，大文字でも小文字でも記述可能です。

絶対番地アクセス用の関数名は，次の 4 つです。

```
peekb, peekw, pokeb, pokew
```

（1）絶対番地アクセス用の関数一覧

（a）unsigned char peekb (*addr*) ;

unsigned int *addr* ;

アドレス *addr* の内容 1 バイトを返します。

（b）unsigned int peekw (*addr*) ;

unsigned int *addr* ;

アドレス *addr* の内容 2 バイトを返します。

（c）void pokeb (*addr* , *data*) ;

unsigned int *addr* ;

unsigned char *data* ;

アドレス *addr* が示す位置に，*data* の内容 1 バイトを書き込みます。

（d）void pokew (*addr* , *data*) ;

unsigned int *addr* ;

unsigned int *data* ;

アドレス *addr* が示す位置に，*data* の内容 2 バイトを書き込みます。

［制限］

- 関数名として，絶対番地アクセス用の関数名を使用することはできません。
- 絶対番地アクセス用の関数は，小文字で記述します。大文字は通常の関数として扱われます。

［使用例］

C ソースを以下に示します。

```
#pragma access

char    a ;
int     b ;

void    main ( ) {
        a = peekb ( 0x1234 );
        a = peekb ( 0xfe23 );
        b = peekw ( 0x1256 );
        b = peekw ( 0xfe68 );

        pokeb ( 0x1234, 5 );
        pokeb ( 0xfe23, 5 );
        pokew ( 0x1256, 7 );
        pokew ( 0xfe68, 7 );
}
```

コンパイラの出力オブジェクトは，以下のようになります。

```
  :       :
mov     a, !01234H
mov     !_a, a
mov     a, 0FE23H
mov     !_a, a
movw    ax, !01256H
movw    !_b, ax
movw    ax, 0FE68H
movw    !_b, ax

mov     a, #05H
mov     !01234H, a
```

```
mov     0FE23H, #05H
movw    ax, #07H
movw    !01256H, ax
movw    0FE68H, #07H
```

［互換性］

（1）他の C コンパイラから 78K0 C コンパイラ

- 絶対番地アクセス用の関数を使用していなければ，修正は必要ありません。
- 絶対番地アクセス用の関数に変更したい場合は，前記の方法に従って変更してください。

（2）78K0 C コンパイラから他の C コンパイラ

- “#pragma access”文を削除，または #ifdef で切り分けます。関数名として，絶対番地アクセス用の関数名を使用することができます。
- 絶対番地アクセス用の関数として使用する場合は，各コンパイラの仕様により変更が必要です（#asm, #endasm，あるいは asm ( ) ; など）。

ビット・フィールド宣言（型指定子の拡張）

ビット・フィールドを unsigned char，signed char，unsigned int，signed int，unsigned short，signed short 型で指定することができます。

［機能］

- unsigned char，signed char 型のビット・フィールドは，バイト境界をまたがって割り付けられることはありません。
- unsigned int，signed int，unsigned short，signed short 型のビット・フィールドは，ワード境界をまたがって割り付けられることはありません。ただし，-rc オプション指定時は，ワード境界をまたがって割り付けることが可能となります。
- サイズの同じ型のビット・フィールドは，同じバイト単位（またはワード単位）に割り付けられます。
  サイズの違う型の場合は，違うバイト単位（またはワード単位）に割り付けられます。
- unsigned short，signed short 型は，それぞれ unsigned int，signed int 型と同じに扱います。

［効果］

- メモリの節約，オブジェクト・コードの短縮，実行速度の向上を図ることができます。

［方法］

- ビット・フィールドの型指定子として，unsigned int 型に加え，unsigned char，signed char，signed int，unsigned short，signed short 型の指定を行うことができます。
  次のように宣言します。

```
struct  タグ名 {
        unsigned char    フィールド名 : ビット幅 ;
        unsigned char    フィールド名 : ビット幅 ;
                :
        unsigned int     フィールド名 : ビット幅 ;
} ;
```

［使用例］

```
struct tagname {
        unsigned char   A : 1 ;
        unsigned char   B : 1 ;
                :
        unsigned int    C : 2 ;
        unsigned int    D : 1 ;
                :
} ;
```

［互換性］

（1）他の C コンパイラから 78K0 C コンパイラ

- ソースの修正は必要ありません。
- 型指定子に unsigned char，signed char，unsigned short，signed short を使用したい場合は，型指定子を変更します。

（2）78K0 C コンパイラから他の C コンパイラ

- 型指定子に unsigned char，signed char，signed int，unsigned short，signed short を使用していなければ，修正は必要ありません。
- 型指定子に unsigned char，signed char，signed int，unsigned short，signed short を使用している場合は，unsigned int に変更します。

ビット・フィールド宣言（ビット・フィールドの割り付け方向）

ビット・フィールドの割り付け方向を -rb オプションの指定／無指定により変更します。

［機能］

- ビット・フィールドの割り付け方向を -rb オプション指定により MSB 側からに変更します。
- -rb オプション指定がない場合は，LSB 側から割り付けられます。

［方法］

- ビット・フィールドを MSB 側から割り付ける場合，コンパイル時に -rb オプションを指定します。
- ビット・フィールドを LSB 側から割り付ける場合，オプションは指定しません。

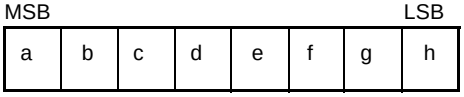
［使用例］

（1）ビット・フィールドの宣言 1

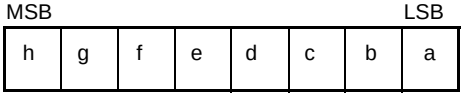
```
struct t {
        unsigned char   a : 1 ;
        unsigned char   b : 1 ;
        unsigned char   c : 1 ;
        unsigned char   d : 1 ;
        unsigned char   e : 1 ;
        unsigned char   f : 1 ;
        unsigned char   g : 1 ;
        unsigned char   h : 1 ;
} ;
```

a ～ h は 8 ビット以下なので，1 バイト単位中に割り付けます。

-rb オプション指定時の
MSB から割り付けたビット配置



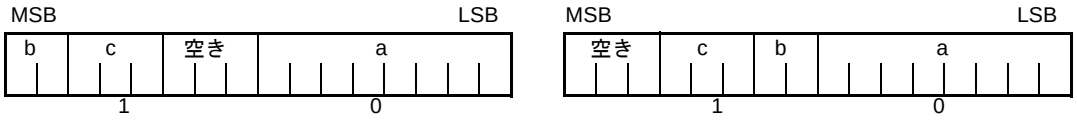
-rb オプション無指定時の
LSB から割り付けたビット配置



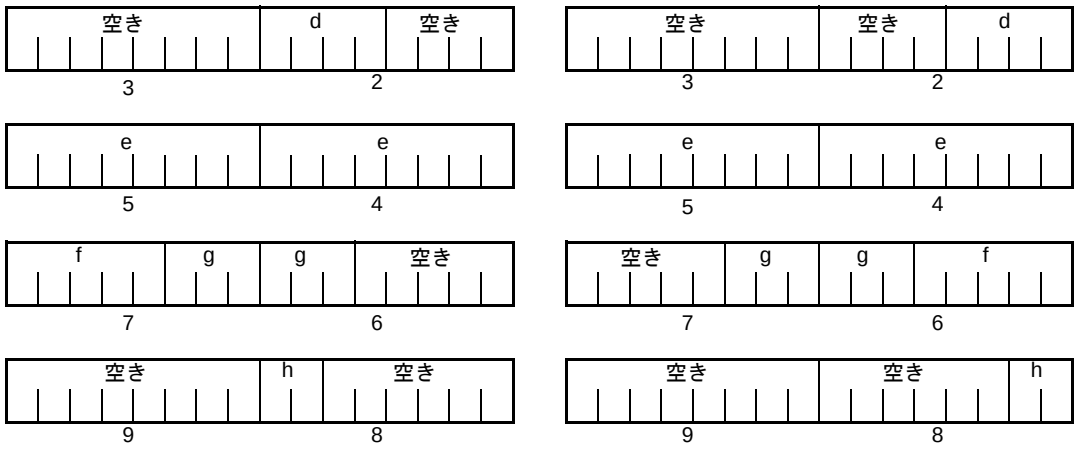
(2) ビット・フィールドの宣言 2

```
struct  t {
        char            a ;
        unsigned char   b : 2 ;
        unsigned char   c : 3 ;
        unsigned char   d : 4 ;
        int             e ;
        unsigned int    f : 5 ;
        unsigned int    g : 6 ;
        unsigned char   h : 2 ;
        unsigned int    i : 2 ;
} ;
```

-rb オプション指定時の MSB から割り付けたビット配置	-rb オプション無指定時の LSB から割り付けたビット配置

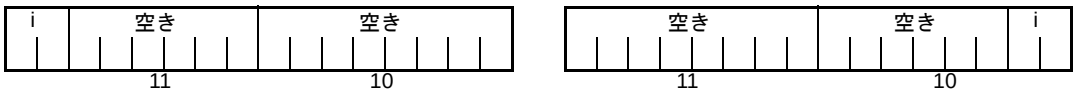


char 型のメンバ a を最初のバイト単位に割り付けます。b，c は次のバイト単位から割り付けます。十分な空きがなくなれば，次のバイト単位に割り付けます。ここでは，空きが 3 ビットで，d が 4 ビットなので，d は次のバイト単位に割り付けます。



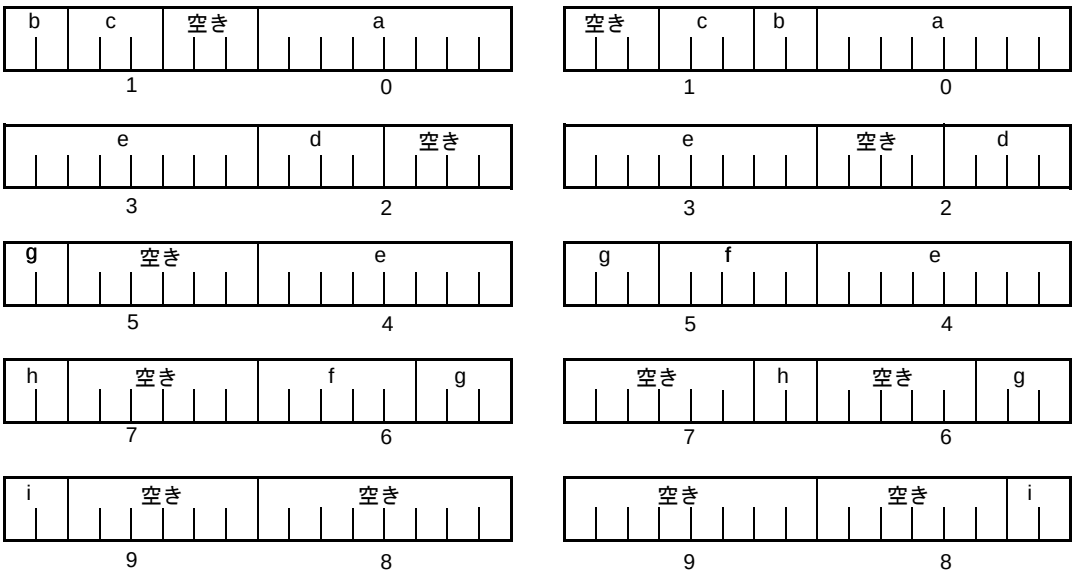
g は unsigned int 型のビット・フィールドなので，バイト境界をまたがっても割り付けます。

h は unsigned char 型のビット・フィールドなので，unsigned int 型のビット・フィールドの g と同じバイト単位ではなく，次のバイト単位に割り付けます。



i は unsigned int 型のビット・フィールドなので，次のワード単位に割り付けます。

-rc オプション指定時（構造体メンバをパッキングする）には，前記ビット・フィールドの配置は，次のとおりとなります。

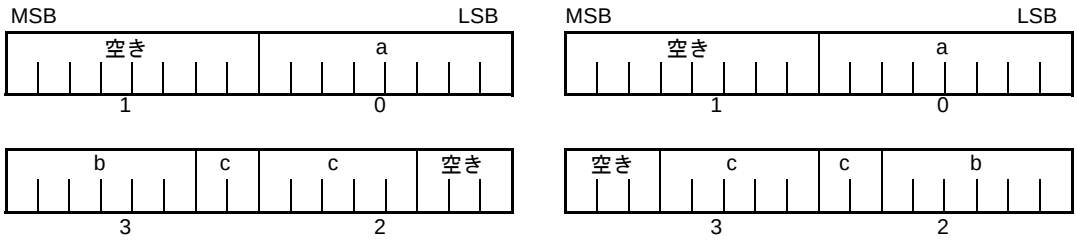


備考　ビット配置図の下の数字は，構造体の先頭からのバイト・オフセット値を示します。

(3) ビット・フィールドの宣言 3

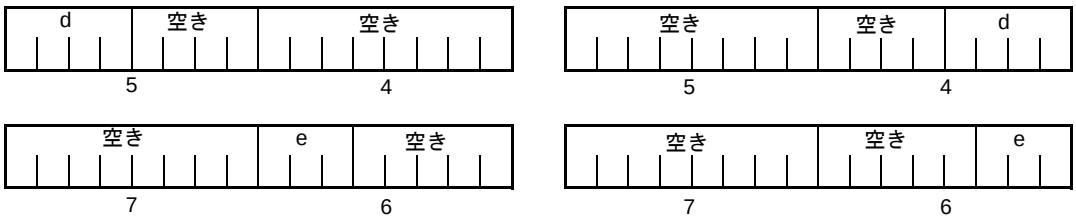
```
struct  t {
        char            a ;
        unsigned int    b : 6 ;
        unsigned int    c : 7 ;
        unsigned int    d : 4 ;
        unsigned char   e : 3 ;
        unsigned int    f : 10 ;
        unsigned int    g : 2 ;
        unsigned int    h : 5 ;
        unsigned int    i : 6 ;
} ;
```

-rb オプション指定時の MSB から割り付けたビット配置	-rb オプション無指定時の LSB から割り付けたビット配置

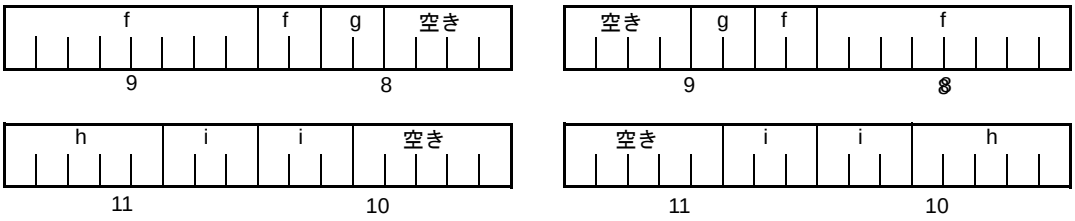


b，c は unsigned int 型のビット・フィールドなので，次のワード単位から割り付けます。

d も unsigned int 型のビット・フィールドなので，次のワード単位から割り付けます。

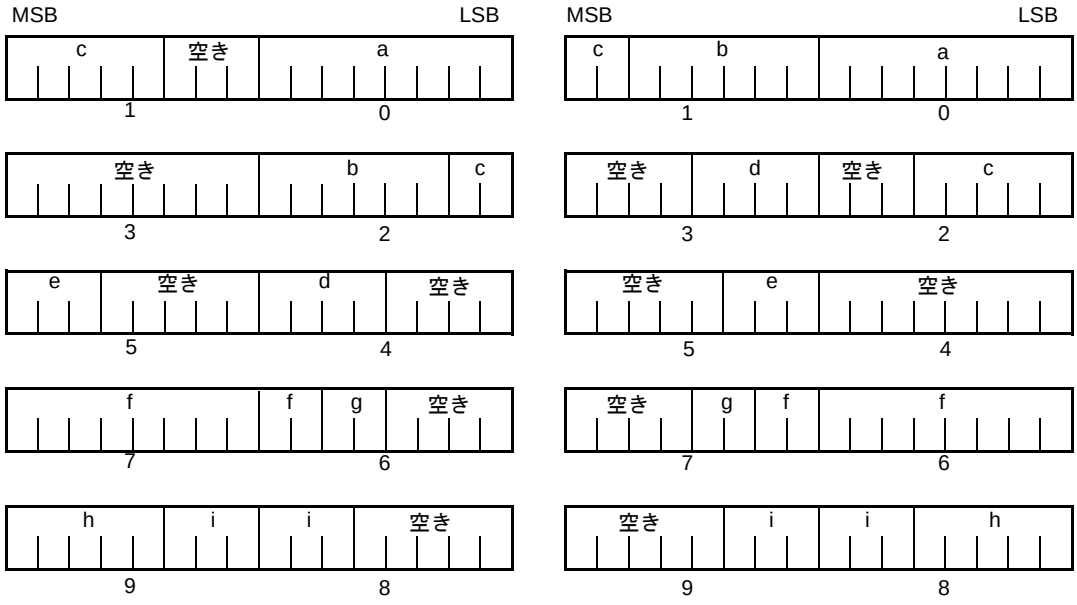


e は unsigned char 型のビット・フィールドなので，次のバイト単位に割り付けます。



f，g と h，i は，それぞれワード単位ごとに割り付けます。

-rc オプション指定時（構造体メンバをパッキングする）には，前記ビット・フィールドの配置は，次のとおりとなります。



備考 ビット配置図の下の数字は，構造体の先頭からのバイト・オフセット値を示します。

［互換性］

（1）他の C コンパイラから 78K0 C コンパイラ

- 修正は必要ありません。

（2）78K0 C コンパイラから他の C コンパイラ

- -rb オプションを指定し，ビット・フィールドが割り付けられる順序を考慮したコーディングをしている場合は，変更が必要です。

コンパイラ出力セクション名の変更（#pragma section …）

コンパイラ出力セクション名の変更と，開始アドレスの指定を行います。

［機能］

- コンパイラ出力セクション名の変更と，開始アドレスの指定を行います。
  開始アドレスを省略した場合は，デフォルトの配置となります。コンパイラ出力セクション名とデフォルトの配置については，「3.5　セグメント名一覧」を参照してください。
  また，開始アドレスを省略し，リンク時にリンク・ディレクティブ・ファイルを使用してセクション配置を指定することができます。リンク・ディレクティブについては，「5.1.1　リンク・ディレクティブ」を参照してください。
- @@CALT，@@CALF セクション名を AT 開始アドレス指定付きで変更する場合は，callt，callf 関数はソース・ファイル中で他の関数より前，または後ろにまとめて記述しなければなりません。
- #pragma 指令が記述された以降にデータを記述した場合，そのデータを変更セクションに配置します。
  再変更指令も可能であり，再変更指令以降にデータを記述した場合，そのデータを再変更セクションに配置します。
  変更前に定義したデータを変更後に再定義した場合，再変更されたセクションに配置します。
  なお，（関数内）static 変数に対しても同様に有効です。

［効果］

- コンパイラ出力セクションを 1 ファイル中に何度も変更することにより，各セクションをそれぞれ独立に配置することができるようになるため，独立に配置したいデータの単位で，データを配置することができます。

［方法］

- 次の #pragma 指令により，変更するセクション名と変更後のセクション名，およびセクションの開始アドレスを指定します。
  なお，この #pragma 指令は，C ソースの先頭に記述します。
  #pragma PC（種別）を記述する場合は，それよりも後ろにこの #pragma 指令を記述します。
  次の項目は，この #pragma 指令の前に記述することができます。
  - コメント
  - 前処理指令のうち，変数の定義／参照，関数の定義／参照を生成しないもの

  ただし，BSEG のすべてのセクション，DSEG のすべてのセクション，および CSEG のうちの @@CNST セクションは，C ソース中のどこに記述してもよく，また何度でも再変更指令を行うことができます。元のセクション名に戻す場合は，変更セクション名にコンパイラ出力セクション名を記述します。
  ファイルの先頭に，次のような宣言をします。

```
#pragma section コンパイラ出力セクション名　変更セクション名　　[ AT 開始アドレス ]
```

- #pragma 以降に記述するキーワードのうち，コンパイラ出力セクション名は，必ず大文字で記述してください。
  section，AT は，大文字でも小文字でも大小文字混在でも記述可能です。

- 変更セクション名の書式は，アセンブラの仕様に準拠します（セグメント名は 8 文字までです）。
- 開始アドレスには，C 言語の 16 進数および，アセンブラの 16 進数のみ記述することができます。

（1）C 言語の 16 進数

```
0xn/0xn … n
0Xn/0Xn … n
( n = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F )
```

（2）アセンブラの 16 進数

```
nH/n … nH
nh/n … nh
( n = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F )
```

16 進数の先頭文字は数字でなければなりません。

例えば，値が 255 の数値を 16 進数で表現する場合，F の前にゼロを指定し，0FFH とする必要があります。

- CSEG のうち，@@CNST セクション以外のセクション，つまり関数を配置するセクションは，C ソースの先頭以外（C ソース記述後）にこの #pragma 指令を記述することはできません。エラーになります。
- C の本文記述後にこの #pragma 指令を行った場合，オブジェクト・モジュール・ファイルは作成されず，アセンブラ・ソース・ファイルが作成されます。コンパイラのオプションにてアセンブラ・ソース・モジュール・ファイル作成指定“-a, -sa”を行ってください。
- C の本文記述後にこの #pragma 指令がある場合，この #pragma 指令があり，C の本文（変数や関数の外部参照宣言を含む）のいっさいないファイルはインクルードすることはできません。エラーになります（後述の「エラー記述例 1」を参照）。
- C の本文記述後にこの #pragma 指令を行ったファイルでは，この記述以降，#include 文を記述することはできません。エラーになります（後述の「エラー記述例 2」を参照）。
- C の本文のあとに #include 文があった場合，この記述以降，この #pragma 指令を記述することはできません。エラーになります（後述の「エラー記述例 3」を参照）。
  ただし，C の本文がヘッダファイルの中にある場合はエラーになりません。

```
d1.h
        extern int      a ;


d2.h
        #define VAR 1


d.c
        #include "d1.h"                 // C の本文があり，#include の中の場合，
        #include "d2.h"                 // d.c の #pragma 指令はエラーではない
        #pragma section @@DATA ??DATA1
```

［制限］

- ベクタ・テーブル用セグメントを示すセクション名（たとえば @@VECT02 など）を変更することはできません。
- AT 開始アドレス指定の同名セクションは，（他ファイルも含めて）複数あるとリンク・エラーとなります。
- バンク関数用セグメントを示すセクション名（@@BANK1 など）は変更できません。
- コンパイラ出力セクション名 @@DATS，@@BITS，@@INIS の指定アドレスは 0FE20H - 0FEB7H の範囲内にしてください。

［使用例］

セクション名 @@CODE を CC1 に変更し，開始アドレスを 2400H 番地に指定します。

C ソースを以下に示します。

```
#pragma section @@CODE  CC1     AT      2400H

void    main ( ) {
        ; 関数本体
}
```

コンパイラの出力オブジェクトは，以下のようになります。

```
CC1     CSEG    AT      2400H
_main :
        ; 前処理
        ; 関数本体
        ; 後処理
        ret
```

C の本文があり，そのあとにこの #pragma 指令を記述する場合の記述例を示します。

// 以降に配置するセクションを示します。

（1）記述例 1

```
#pragma section @@DATA          ??DATA
int             a1 ;                    // ??DATA
sreg int        b1 ;                    // @@DATS
int             c1 = 1 ;                // @@INIT と @@R_INIT
const int       d1 = 1 ;                // @@CNST
#pragma section @@DATS          ??DATS
int             a2 ;                    // ??DATA
sreg int        b2 ;                    // ??DATS
int             c2 = 1 ;                // @@INIT と @@R_INIT
const int       d2 = 1 ;                // @@CNST
#pragma section @@DATA          ??DATA2
```

```
// ??DATA が自動的に閉じられ，??DATA2 が有効となる
int             a3 ;                    // ??DATA2
sreg int        b3 ;                    // ??DATS
int             c3 = 3 ;                // @@INIT と @@R_INIT
const int       d3 = 3 ;                // @@CNST
#pragma section @@DATA          @@DATA
// ??DATA2 が閉じられ，デフォルト @@DATA に戻る
#pragma section @@INIT          ??INIT
#pragma section @@R_INIT        ??R_INIT
int             a4 ;                    // @@DATA
sreg int        b4 ;                    // ??DATS
// @@INIT，@@R_INIT の両方の名前を変えないと ROM 化が破綻するが，それはユーザ責任
int             c4 = 1 ;                // ??INIT と ??R_INIT
const int       d4 = 1 ;                // @@CNST
#pragma section @@INIT          @@INIT
#pragma section @@R_INIT        @@R_INIT
// ??INIT，??R_INIT が閉じられ，デフォルトに戻る
#pragma section @@BITS          ??BITS
__boolean e4 ;                          // ??BITS
#pragma section @@CNST          ??CNST
char            *const p = "Hello" ;    // p も "Hello" も ??CNST
```

（2）記述例 2

```
#pragma section @@INIT          ??INIT1
#pragma section @@R_INIT        ??R_INIT1
#pragma section @@DATA          ??DATA1
char            c1 ;
int             i2 ;
#pragma section @@INIT          ??INIT2
#pragma section @@R_INIT        ??R_INIT2
#pragma section @@DATA          ??DATA2
char            c1 ;
int             i2 = 1 ;
#pragma section @@DATA          ??DATA3
#pragma section @@INIT          ??INIT3
#pragma section @@R_INIT        ??R_INIT3
extern char     c1 ;                    // ??DATA3
int             i2 ;                    // ??INIT3 と ??R_INIT3
#pragma section @@DATA          ??DATA4
#pragma section @@INIT          ??INIT4
#pragma section @@R_INIT        ??R_INIT4
```

C の本文があり，そのあとにこの #pragma 指令を記述する場合の制限を次のエラー記述例で説明します。

(3) エラー記述例 1

```
a1.h
        #pragma section @@DATA  ??DATA1         // #pragma section のみのファイル

a2.h
        extern int      func1( void );
        #pragma section @@DATA  ??DATA2         // C の本文があり，そのあとにこの
                                                // #pragma 指令があるファイル

a3.h
        #pragma section @@DATA  ??DATA3         // #pragma section のみのファイル

a4.h
        #pragma section @@DATA  ??DATA3
        extern int      func2 ( void );         // C の本文を含むファイル

a.c
        #include "a1.h"
        #include "a2.h"
        #include "a3.h"         // ←エラー
                                // a2.h で C の本文があり，そのあとにこの #pragma
                                // 指令があるので，この pragma 指令のみのファイル
                                // である a3.h をインクルードできない
        #include "a4.h"
```

(4) エラー記述例 2

```
b1.h
        const int i ;

b2.h
        const int j ;
        #include "b1.h"         // C の本文があり，そのあとにこの #pragma 指令を行った
                                // ファイル（b.c）ではないので，エラーではない

b.c
        const int       k ;
        #pragma section @@DATA  ??DATA1
        #include "b2.h"         // ←エラー
                                // C の本文があり，そのあとにこの #pragma 指令を行った
                                // ファイル（b.c）においては，include 文を記述できない
```

(5) エラー記述例 3

```
c1.h
        extern int       j ;
        #pragma section @@DATA  ??DATA1 // c3.h 処理前にインクルードされ，処理される
                                        // ため，エラーではない

c2.h
        extern int       k ;
        #pragma section @@DATA  ??DATA2 // ←エラー
                                        // c3.h で c の本文があり，そのあとに
                                        // #include 文があるので，それ以降この
                                        // #pragma 指令はできない

c3.h
        #include "c1.h"
        extern int       i ;
        #include "c2.h"
        #pragma section @@DATA  ??DATA3 // ←エラー
                                        // C の本文があり，そのあとに #include 文が
                                        // あるので，それ以降この #pragma 指令は
                                        // できない

c.c
        #include "c3.h"
        #pragma section @@DATA  ??DATA4 // ←エラー
                                        // c3.h で C の本文があり，そのあとに
                                        // #include 文があるので，それ以降この
                                        // #pragma 指令はできない
        int     i ;
```

[互換性]

(1) 他の C コンパイラから 78K0 C コンパイラ

- セクション名変更機能をサポートしていなければ，修正は必要ありません。
- セクション名を変更をしたい場合は，上記の方法に従って変更します。

(2) 78K0 C コンパイラから他の C コンパイラ

- #pragma section …を削除，または #ifdef で切り分けます。
- セクション名を変更する場合は，各コンパイラの仕様により変更が必要です。

［注意］

- セクションは，アセンブラにおけるセグメントに相当します。
- コンパイラは，変更セクション名と他のシンボルとの重複チェックをしません。したがって，ユーザは出力アセンブル・リストをアセンブルするなどして，重複していないか確認してください。
- -zf オプション指定時には，セクション名の先頭から 2 番目の“@”を“E”に変更したセクション名となります。
- #pragma section の使用により ROM 化関連のセクション名[注]を変更した場合，スタートアップ・ルーチンの変更はユーザ責任となります。

注　ROM 化関連セクション名
@@R_INIT, @@R_INIS, @@INIT, @@INIS

ROM 化関連セクション名変更に伴うスタートアップ・ルーチン（cstart.asm または cstartn.asm），終端ルーチン（rom.asm）の変更例について，次に示します。

C ソースを以下に示します。

```
#pragma section @@R_INIT        RTT1
#pragma section @@INIT          TT1
```

上に示した #pragma section の記述により，初期値あり外部変数を格納するセクション名を変更した場合，ユーザは変更したセクションに格納する外部変数の初期化処理をスタートアップ・ルーチンに追加する必要があります。

つまり，スタートアップ・ルーチンには，変更したセクションの先頭ラベルの宣言と，初期値のコピーを行う部分を追加し，終端ルーチンには終端ラベルの宣言を行う部分を追加します。

次に，その方法を示します。

RTT1_S，RTT1_E は，セクション RTT1 の先頭と終端のラベルの名前であり，TT1_S，TT1_E は，セクション TT1 の先頭と終端のラベルの名前です。

（1）スタートアップ・ルーチン cstart*.asm の変更点

（a）名前を変更したセクションの終端ラベルの宣言を追加します。

```
  :
EXTRN   _main, _exit, _@STBEG
EXTRN   _?R_INIT, _?R_INIS, _?DATA, _?DATS

EXTRN   RTT1_E, TT1_E           ; RTT1_E, TT1_E の EXTRN 宣言を追加する
  :
```

（b）名前を変更した RTT1 セクションから TT1 セクションへの初期値のコピーを行う部分を追加します。

```
  :
LDATS1 :
        MOVW    AX, HL
        CMPW    AX, #LOW_?DATS
        BZ      $LDATS2
        MOV     A, #0
        MOV     [HL], A
        INCW    HL
        BR      $LDATS1
LDATS2 :
        MOVW    DE, #TT1_S
        MOVW    HL, #RTT1_S
LTT1 :
        MOVW    AX, HL
        CMPW    AX, #RTT1_E
        BZ      $LTT2
        MOV     A, [HL]
        MOV     [DE], A
        INCW    HL
        INCW    DE
        BR      $LTT1
LTT2 :
;
        CALL    !_main ; main ( );
        MOVW    AX, #0
        CALL    !_exit ; exit ( 0 );
        BR      $$
;
```

RTT1 セクションから TT1 セクション
へ初期値をコピーする部分を追加

（c）名前を変更したセクションの先頭のラベルを設定します。

```
  :
@@R_INIT        CSEG    UNITP
_@R_INIT :
@@R_INIS        CSEG    UNITP
_@R_INIS :
@@INIT          DSEG    UNITP
_@INIT :
@@DATA          DSEG    UNITP
_@DATA :
@@INIS          DSEG    SADDRP
_@INIS :
@@DATS          DSEG    SADDRP
_@DATS :

RTT1            CSEG    UNITP           ; セクション RTT1 の先頭を示す
RTT1_S :                                ; ラベルの設定を追加
TT1             DSEG    UNITP           ; セクション TT1 の先頭を示す
TT1_S :                                 ; ラベルの設定を追加

@@CALT          CSEG    CALLT0
@@CALF          CSEG    FIXED
@@CNST          CSEG    UNITP
@@BITS          BSEG
;
                END
```

（2）終端ルーチン rom.asm の変更点

注意 オブジェクト・モジュール名“@rom”，“@rome”は変更しないでください。

（a）名前を変更したセクションの終端を示すラベルの宣言

```
NAME            @rom
;
PUBLIC          _?R_INIT, _?R_INIS
PUBLIC          _?INIT, _?DATA, _?INIS, _?DATS

PUBLIC          RTT1_E, TT1_E           ; RTT1_E, TT1_E を追加

;
@@R_INIT        CSEG    UNITP
_?R_INIT :
@@R_INIS        CSEG    UNITP
_?R_INIS :
@@INIT          DSEG    UNITP
_?INIT :
@@DATA          DSEG    UNITP
_?DATA :
@@INIS          DSEG    SADDRP
_?INIS :
@@DATS          DSEG    SADDRP
_?DATS
  :
```

（b）終端を示すラベルの設定

```
  :
RTT1    CSEG    UNITP           ; セクション RTT1 の終端を示す
RTT1_E :                        ; ラベルの設定を追加

TT1     DSEG    UNITP           ; セクション TT1 の終端を示す
TT1_E :                         ; ラベルの設定を追加

;
        END
```

2 進定数（0bxxx）

C ソース中で，2 進数を記述することができます。

［機能］

- 整数定数が記述可能な位置に，2 進定数を記述することができます。

［効果］

- ビット列で定数を記述したい場合，8 進数や 16 進数などに置き換えずに直接記述することができ，可読性も良くなります。

［方法］

- C ソース中で，2 進定数を記述します。
  2 進定数の記述方法は，次のとおりです。

```
0b      2 進数字
0B      2 進数字
```

備考 2 進数字：“0”か“1”のいずれか 1 つです。

- 2 進定数は先頭に 0b または 0B があり，0，または 1 の数字の並びが後ろに続きます。
- 2 進定数の値は，2 を基数として計算されます。
- 2 進定数の型は，次のリスト中でその値を表現することのできる最初のものです。

添字なし 2 進数	int，unsigned int，long int，unsigned long int
u，または U の添字付き	unsigned int，unsigned long int
l，または L の添字付き	long int，unsigned long int
u，または U の添字，および l，または L の添字付き	unsigned long int

［使用例］

C ソースを以下に示します。

```
unsigned        i ;

i = 0b11100101 ;
```

コンパイラの出力オブジェクトは，以下の場合と同じです。

```
unsigned        i ;


i = 0xe5 ;
```

［互換性］

（1）他の C コンパイラから 78K0 C コンパイラ

- 修正する必要はありません。

（2）78K0 C コンパイラから他の C コンパイラ

- 2 進定数をサポートしている場合コンパイラの場合は，そのコンパイラの仕様にあうように修正する必要があります。
- 2 進定数をサポートしていないコンパイラの場合は，8 進，10 進，16 進などの他の整定数形式に修正する必要があります。

モジュール名変更機能（#pragma name）

C ソース中で，オブジェクト・モジュール名を任意に変更することができます。

［機能］

- オブジェクト・モジュール・ファイルのシンボル情報テーブルに，指定されたモジュール名の先頭から 254 文字を出力します。
- アセンブル・リスト・ファイルに -g2 指定時はシンボル情報（MOD_NAM）として，-ng 指定時は NAME 疑似命令として，指定されたモジュール名の先頭から 254 文字を出力します。
- 255 文字以上のモジュール名が指定された場合は，警告メッセージを出力します。
- 許されない文字が記述された場合は，エラーとし，アボートします。
- この #pragma 指令が 1 ソース・ファイル中に複数存在する場合は，警告メッセージを出力し，後ろに記述した方を有効とします。

［効果］

- オブジェクトのモジュール名を任意の名前に変更することができます。

［方法］

- 記述方法は，次のとおりです。

```
#pragma name    モジュール名
```

モジュール名は，OS でファイル名として許す文字から“(”，“)”と漢字を除いたものとします。
大文字／小文字は区別します。

［使用例］

```
#pragma name    module1
```

［互換性］

（1）他の C コンパイラから 78K0 C コンパイラ

- モジュール名変更機能をサポートしていなければ，修正する必要はありません。
- モジュール名を変更したい場合は，上記の方法に従い変更します。

（2）78K0 C コンパイラから他の C コンパイラ

- #pragma name …を削除，または #ifdef で切り分けます。
- モジュール名を変更する場合は，各コンパイラの仕様により，変更が必要です。

ローテート関数（#pragma rot）

オブジェクトに式の値をローテートするコードを直接インライン展開して出力します。

［機能］

- オブジェクトに式の値をローテートするコードを関数呼び出しではなく，直接インライン展開して出力し，オブジェクト・ファイルを生成します。
- #pragma の指令がない場合は，ローテート用の関数は通常の関数とみなされます。

［効果］

- C ソース，または ASM 記述により，ローテートを行う処理を記述しなくてもローテート機能を実現することができます。

［方法］

- 関数呼び出しと同様の形式で，ソース中に記述します。
  ローテート用の関数名は，次の 4 つです。
  rorb, rolb, rorw, rolw

（1）unsigned char rorb (*x*, *y*) ;
unsigned char *x* ;
unsigned char *y* ;
x を *y* 回右ローテートします。

（2）unsigned char rolb (*x*, *y*) ;
unsigned char *x* ;
unsigned char *y* ;
x を *y* 回左ローテートします。

（3）unsigned int rorw (*x*, *y*) ;
unsigned int *x* ;
unsigned char *y* ;
x を *y* 回右ローテートします。

（4）unsigned int rolw (*x*, *y*) ;
unsigned int *x* ;
unsigned char *y* ;
x を *y* 回左ローテートします。

注意　上記の関数宣言は -zi オプションの影響は受けません。

- モジュールの #pragma rot 指令により，ローテート用の関数の使用を宣言します。
  ただし，次の項目は #pragma rot の前に記述することができます。
  - コメント
  - 他の #pragma 指令
  - プリプロセス指令のうち変数の定義／参照，関数の定義／参照を生成しないもの
- #pragma 以降に記述するキーワードは，大文字でも小文字でも可能です。

［制限］

- 関数名として，ローテート用の関数名を使用することはできません。
- ローテート用の関数は，小文字で記述します。大文字は通常の関数扱いとなります。

［使用例］

C ソースを以下に示します。

```
#pragma rot

unsigned char   a = 0x11 ;
unsigned char   b = 2 ;
unsigned char   c ;

void main ( void ) {
        c = rorb ( a, b ) ;
}
```

出力アセンブラ・ソースは，以下のようになります。

```
mov     a, !_b
mov     c, a
mov     a, !_a
ror     a, 1
dbnz    c, $$-1
mov     !_c, a
```

［互換性］

（1）他の C コンパイラから 78K0 C コンパイラ

- ローテート用の関数を使用していなければ，修正は必要ありません。
- ローテート用の関数に変更したい場合は，上記の方法に従い変更します。

（2）78K0 C コンパイラから他の C コンパイラ

- “#pragma rot”文を削除，または #ifdef で切り分けます。
- ローテート用の関数として使用する場合は，各コンパイラの仕様により，変更が必要です（#asm, #endasm，あるいは asm ( ) ; など）。

乗算関数（#pragma mul）

オブジェクトに式の値を乗算するコードを直接インライン展開して出力します。

［機能］

- オブジェクトに式の値を乗算するコードを関数呼び出しではなく，直接インライン展開して出力し，オブジェクト・ファイルを生成します。
- #pragma の指令がない場合は，乗算用の関数は通常の関数とみなされます。

［効果］

- 乗算命令の入出力のデータ・サイズを生かしたコードが生成されるため，通常の乗算式の記述より実行スピードが速く，かつサイズが小さいコードを生成することができます。

［方法］

- 関数呼び出しと同様の形式で，ソース中に記述します。
  乗算用の関数名を次に示します。
  mulu

（1）**unsigned int mulu (*x*, *y*) ;**
unsigned char *x* ;
unsigned char *y* ;
x と *y* を符号なし乗算します。

- モジュールの #pragma mul 指令により，乗算用の関数の使用を宣言します。
  ただし，次の項目は，#pragma mul の前に記述することができます。
  - コメント
  - 他の #pragma 指令
  - プリプロセス指令のうち変数の定義／参照，関数の定義／参照を生成しないもの
- #pragma 以降に記述するキーワードは，大文字でも小文字でも可能です。

［制限］

- 乗算命令がないターゲット・デバイスの場合は，ライブラリ呼び出しとなります。
- 関数名として，乗算用の関数名を使用することはできません（#pragma mul 宣言時）。
- 乗算用の関数は，小文字で記述します。大文字は通常の関数扱いとなります。

［使用例］

C ソースを以下に示します。

```
#pragma mul

unsigned char   a = 0x11 ;
unsigned char   b = 2 ;
unsigned int    i ;

void main ( void ) {
        i = mulu ( a, b ) ;
}
```

コンパイラの出力オブジェクトは，以下のようになります。

```
mov     a, !_b
mov     x, a
mov     a, !_a
mulu    x
movw    !_i, ax
```

［互換性］

（1）他の C コンパイラから 78K0 C コンパイラ

- 乗算用の関数を使用していなければ，修正は必要ありません。
- 乗算用の関数に変更したい場合は，前記の方法に従い変更します。

（2）78K0 C コンパイラから他の C コンパイラ

- “#pragma mul”文を削除，または #ifdef で切り分けます。関数名として，乗算用の関数名を使用できます。
- 乗算用の関数として使用する場合は，各コンパイラの仕様により，変更が必要です（#asm，#endasm あるいは asm ( ) ; など）。

除算関数（#pragma div）

オブジェクトに式の値を除算するコードを直接インライン展開して出力します。

［機能］

- オブジェクトに式の値を除算するコードを関数呼び出しではなく，直接インライン展開して出力し，オブジェクト・ファイルを生成します。
- #pragma の指令がない場合は，除算用の関数は通常の関数とみなされます。

［効果］

- 除算命令の入出力のデータ・サイズを生かしたコードが生成されるため，通常の除算式の記述より，実行スピードが速く，かつサイズが小さいコードを生成することができます。

［方法］

- 関数呼び出しと同様の形式で，ソース中に記述します。
  除算用の関数名は，次の 2 つです。
  divuw, moduw

（1）**unsigned int divuw (*x*, *y*) ;**
unsigned int *x* ;
unsigned char *y* ;
x と *y* を符号なし除算し，商を返します。

（2）**unsigned char moduw (*x*, *y*) ;**
unsigned int *x* ;
unsigned char *y* ;
x と *y* を符号なし除算し，余りを返します。

注意　上記の関数宣言は -zi オプションの影響を受けません。

- モジュールの #pragma div 指令により，除算用の関数の使用を宣言します。
  ただし，次の項目は，#pragma div の前に記述することができます。
  - コメント
  - 他の #pragma 指令
  - プリプロセス指令のうち変数の定義／参照，関数の定義／参照を生成しないもの
- #pragma 以降に記述するキーワードは，大文字でも小文字でも可能です。

［制限］

- 除算命令がないターゲット・デバイスの場合は，ライブラリ呼び出しとなります。
- 関数名として，除算用の関数名を使用することはできません。
- 除算用の関数は，小文字で記述します。大文字は通常の関数扱いとなります。

［使用例］

C ソースを以下に示します。

```
#pragma div

unsigned int    a = 0x1234 ;
unsigned char   b = 0x12 ;
unsigned char   c ;
unsigned int    i ;

void main ( void ) {
        i = divuw ( a, b ) ;
        c = moduw ( a, b ) ;
}
```

コンパイラの出力オブジェクトは，以下のようになります。

```
mov     a, !_b
mov     c, a
movw    ax, !_a
divuw   c
movw    !_i, ax
mov     a, !_b
mov     c, a
movw    ax, !_a
divuw   c
mov     a, c
mov     !_c, a
```

［互換性］

（1）他の C コンパイラから 78K0 C コンパイラ

- 除算用の関数を使用していなければ，修正する必要はありません。
- 除算用の関数に変更したい場合は，前記の方法に従い変更します。

（2）78K0 C コンパイラから他の C コンパイラ

- “#pragma div”文を削除，または #ifdef で切り分けます。関数名として，除算用の関数名を使用することができます。
- 除算用の関数として使用する場合は，各コンパイラの仕様により，変更が必要です（#asm，#endasm あるいは asm ( ) ; など）。

BCD 演算関数（#pragma bcd）

オブジェクトに式の値を BCD 演算するコードを直接インライン展開して出力します。

［機能］

- オブジェクトに式の値を BCD 演算するコードを関数呼び出しではなく，直接インライン展開して出力し，オブジェクト・ファイルを生成します。
  ただし，bcdtob，btobcd，bcdtow，wtobcd，bbcd 関数は，インライン展開されません。
- #pragma の指令がない場合，BCD 演算用の関数は通常の関数と見なされます。

［効果］

- C ソース，または ASM 記述により，BCD 演算を行う処理を記述しなくても，BCD 演算機能を実現することができます。

［方法］

- 関数呼び出しと同様の形式で，ソース中に記述します。
  BCD 演算用の関数名は，次の 13 種類です。

（1）unsigned char adbcdb (*x*, *y*) ;
unsigned char *x* ;
unsigned char *y* ;
BCD 補正命令により，10 進法による加算を行います。

（2）unsigned char sbbcdb (*x*, *y*) ;
unsigned char *x* ;
unsigned char *y* ;
BCD 補正命令により，10 進法による減算を行います。

（3）unsigned int adbcdbe (*x*, *y*) ;
unsigned char *x* ;
unsigned char *y* ;
BCD 補正命令により，10 進法による加算を行います（結果拡張付き）。

（4）unsigned int sbbcdbe (*x*, *y*) ;
unsigned char *x* ;
unsigned char *y* ;
BCD 補正命令により，10 進法による減算を行います（結果拡張付き）。
ボローが発生した場合は，上位桁を 0x99 に設定します。

（5）unsigned int adbcdw (*x*, *y*) ;

unsigned int *x* ;

unsigned int *y* ;

BCD 補正命令により，10 進法による加算を行います。

（6）unsigned int sbbcdw (*x*, *y*) ;

unsigned int *x* ;

unsigned int *y* ;

BCD 補正命令により，10 進法による減算を行います。

（7）unsigned long adbcdwe (*x*, *y*) ;

unsigned int *x* ;

unsigned int *y* ;

BCD 補正命令により，10 進法による加算を行います（結果拡張付き）。

（8）unsigned long sbbcdwe (*x*, *y*) ;

unsigned int *x* ;

unsigned int *y* ;

BCD 補正命令により，10 進法による減算を行います（結果拡張付き）。

ボローが発生した場合は，上位桁を 0x9999 に設定します。

（9）unsigned char bcdtob (*x*) ;

unsigned char *x* ;

10 進法による値を 2 進法による値に変換します。

（10）unsigned int btobcde (*x*) ;

unsigned char *x* ;

2 進法による値を 10 進法による値に変換します。

（11）unsigned int bcdtow (*x*) ;

unsigned int *x* ;

10 進法による値を 2 進法による値に変換します。

（12）unsigned int wtobcd (*x*) ;

unsigned int *x* ;

2 進法による値を 10 進法による値に変換します。

ただし，*x* が 10000 以上の値の場合は，0xffff を返します。

（13）unsigned char btobcd (*x*) ;

unsigned char *x* ;

2 進法による値を 10 進法による値に変換します。

ただし，オーバフローは切り捨てます。

注意　上記の関数宣言は，-zi および -zl オプションの影響を受けません。

- モジュールの #pragma bcd 指令により，除算用の関数の使用を宣言します。ただし，次の項目は #pragma bcd の前に記述することができます。
  - コメント
  - 他の #pragma 指令
  - プリプロセス指令のうち変数の定義／参照，関数の定義／参照を生成しないもの
- #pragma 以降に記述するキーワードは，大文字でも小文字でも可能です。

［制限］

- BCD 演算用の関数名は，関数名として使用することはできません。
- BCD 演算用の関数は，小文字で記述します。大文字は通常の関数扱いとなります。
- スタティック・モデル時は，adbcdwe と sbbcdwe はサポートしません。

［使用例］

C ソースを以下に示します。

```
#pragma  bcd

unsigned char   a = 0x12 ;
unsigned char   b = 0x34 ;
unsigned char   c ;

void main ( void ) {
        c = adbcdb ( a, b ) ;
        c = sbbcdb ( b, a ) ;
}
```

コンパイラの出力オブジェクトは，以下のようになります。

```
mov     a, !_a
add     a, !_b
adjba
mov     !_c, a
mov     a, !_b
sub     a, !_a
adjbs
mov     !_c, a
```

［互換性］

（1）他の C コンパイラから 78K0 C コンパイラ

- BCD 演算用の関数を使用していなければ，修正は必要ありません。
- BCD 演算用の関数に変更したい場合は，上記の方法に従い変更します。

（2）78K0 C コンパイラから他の C コンパイラ

- “#pragma bcd”文を削除するか #ifdef で切り分けます。BCD 演算用の関数名を関数名として使用することができます。
- BCD 演算用の関数として使用する場合は，各コンパイラの仕様により，変更が必要です（#asm, #endasm あるいは asm ( ) ; など）。

バンク関数

バンク領域，または共通領域に関数を配置します。

［機能］

- 関数をバンク領域に配置するか，共通領域に配置するかを関数情報ファイル指定オプション -mf にて指定します。
- バンク領域に配置する関数（バンク関数）は，バンク関数呼び出し用ライブラリを経由した呼び出しとなります。
- 共通領域に配置する関数は，通常の関数呼び出しになります。
- 関数情報ファイル指定オプション -mf で指定した関数情報ファイルに，ソース・ファイルの関数情報がない場合は，ソース・ファイルの関数を共通領域に配置するよう，関数情報ファイルに情報を追加します。
- static 関数は，通常の関数呼び出しとなります。
- 定数番地のバンク関数を呼び出す時は，定数番地のバンク関数参照用の関数 __BANK0，__BANK1，…，__BANK15 を用います。
  詳細については，「定数番地のバンク関数」を参照してください。
- リンク対象のソース・ファイル全てに対し，同一の関数情報ファイルを用います。異なる関数情報ファイルを用いた出力オブジェクトをリンクすると，リンク時にエラーとなります。
- 関数情報ファイルを指定した出力オブジェクトと，関数情報ファイルを指定しない出力オブジェクトをリンクすると，リンク時にエラーとなります。

［効果］

- 64K バイトの空間を越えるコード部への配置が可能となります。

［方法］

- リンク対象の全てのソース・ファイルに対して，関数情報ファイル指定オプション -mf で関数情報ファイルを指定します。
- 指定した関数情報ファイルが存在しない場合，新規に作成します。
- ソース・ファイルに関する情報が，指定した関数情報ファイルにない場合，指定した関数情報ファイルに，ソース・ファイルの関数情報を追加します。ソース・ファイルは，共通領域に配置されることになります。
- リンク時に配置できずにエラーが出た場合は，関数情報ファイルを編集して，いくつかのファイルの配置先をバンク領域に変更してください。
- 編集内容が反映されるのは，配置先の変更のみです。
- 関数情報ファイルの編集方法については，「78K0 ビルド編」のユーザーズ・マニュアルを参照してください。
  関数情報ファイルを以下に示します。

```
/ #0xxxx
// 78K/0 Series C Compiler Vx.xx Function Information File

ファイル名 := 配置先（C … 共通領域，0 - 15 … バンク番号）（コード・サイズ）
{
        関数名1 ;
        関数名2 ;
}

// *** Code Size Information ***
// COMMON       : 配置先に共通領域を指定したファイルの合計コード・サイズbytes
// BANK00       : 配置先にバンク番号0を指定したファイルの合計コード・サイズbytes
// BANK01       : 配置先にバンク番号1を指定したファイルの合計コード・サイズbytes
```

［制限］

- バンク領域に配置するのは関数本体のみで，データはバンク領域には配置することができません。
- 同一ファイル中の関数は，全て同一のバンクに配置されます。
- バンク関数は，callt/callf/noauto/norec/__callt/__callf/__leaf/__interrupt/__interrupt_brk/__pascal/__flash/__flashf を指定することができません。
- -mf オプション指定時は，-sm オプションを無視します。
  スタティック・モデルを使用することはできません。
- -mf オプション指定時は，-zr オプションを無視します。
  パスカル関数インタフェースを使用することはできません。
- 関数情報ファイル中で編集できるのは，ソース・ファイル単位の配置先のみです。
- 関数情報ファイル中の出力コード・サイズ情報には，ASM 文のコード・サイズを含みません。
  また，ROM データのサイズも含みません。ROM データは，以下のデータを指します。
  - const 変数用セグメント
  - 無名文字列定数
  - 自動変数の初期値データ
- 関数情報ファイル中に，コメントを入れることはできません。
- 関数をバンク領域に配置すると，関数呼び出し元，関数呼び出し先の双方で出力コードが変化します。ソース・ファイルの配置先を変更した時は，関数呼び出し元／呼び出し先のソース・ファイルを再度コンパイルしてください。
- ファイル中の関数のサイズがバンク領域より大きい場合，バンク領域に配置することはできません。
- 以下の関数は，バンク領域に配置できません。
  - スタートアップ・ルーチン
  - ライブラリ
  - 割り込み関数
  - callt 関数，callf 関数
  - noauto 関数，norec 関数，パスカル関数

［使用例］

それぞれのソース・ファイルを関数情報ファイル指定オプション -mf で同一の関数情報ファイル名を指定してコンパイルします。

- a.c

```
extern int      func1 ( );
extern int      func2 ( );
int     func3 ( );

int     a = 0, b ;
void    func ( ) {
        b = func1 ( a );
            :
        b = func2 ( a );
            :
        b = func3 ( a );
}

int     func3 ( int a ) {
     :
}
```

- b.c

```
int     func1 ( int a ) {
    :
}
```

- c.c

```
int     func2 ( int a ) {
    :
}
```

以下のような関数情報ファイルを作成します。

```
/ #0xxxx
// 78K/0 Series C Compiler Vx.xx Function Information File

a.c     := C    (3000)          ←ファイル a.c は共通領域に配置
{
        func ;
        func3 ;
}
```

```
b.c     := C    (1000)          ←ファイル b.c は共通領域に配置
{
        func1 ;
}

c.c     := C    (2500)          ←ファイル c.c は共通領域に配置
{
        func2 ;
}

// *** Code Size Information ***
// COMMON       : 6500 byte
// BANK00       :    0 bytes
// BANK01       :    0 bytes
// BANK02       :    0 bytes
```

最初に作成した関数情報ファイルは，全てのファイルを共通領域に配置する設定となっています。

全てのファイルを共通領域に配置できない場合は，リンク時にエラーとなりますので，関数情報ファイル中の出力コード・サイズ情報を参考に，いくつかのソース・ファイルをバンク領域に配置するように，関数情報ファイルを編集してください。

編集後の関数情報ファイルを以下に示します。

```
/ #0xxxx
// 78K0 Series C Compiler Vx.xx Function Information File

a.c     := 0    (3000)          ←ファイル a.c はバンク 0 に配置
{
        func ;
        func3 ;
}

b.c     := 1    (1000)          ←ファイル b.c はバンク 1 に配置
{
        func1 ;
}

c.c     := C    (2500)          ←ファイル c.c は共通領域に配置
{
        func2 ;
}


// *** Code Size Information ***
// COMMON       : 6500 byte
```

```
// BANK00       :    0 bytes
// BANK01       :    0 bytes
// BANK02       :    0 bytes
```

ファイルの配置先を変更することで，関数のコード・サイズは変化します。

編集した関数情報ファイルを関数情報ファイル指定オプション -mf で指定して，再度コンパイルしてください。

コンパイラは，関数情報ファイルの内容に従って，各ファイルを共通領域／バンク領域に配置するよう，オブジェクトを出力します。

コンパイラの出力オブジェクトは，以下のようになります。

```
@@BANK0 CSEG    BANK0
_func :
            :
        push    hl
        movw    hl, #_func1
        mov     e, #BANKNUM _func1
        callt   [@@bcall]
        pop     hl
            :
        call    !_func2
            :
        push    hl
        movw    hl, #_func3
        callt   [@@bcals]
        pop     hl
            :

_func3 :
            :

@@BANK1 CSEG    BANK1
_func1 :
            :

@@CODE  CSEG
_func2 :
            :
```

コンパイラが呼び出すバンク関数呼び出しルーチンを以下に示します。

```
@@CALT          CSEG    CALLT0
@@bcall :       DW      ?@bcall
@@bcals :       DW      ?@bcals

@@LCODE         CSEG
?@bcall :
        xch     a, e
        xch     a, BANK
        push    ax
        mov     a, e
        call    !@@bcsub
        pop     ax
        mov     BANK, a
        ret

?@bcals :
        push    de
        call    !@@bcsub
        pop     ax
        ret

@@bcsub :
        push    hl
        ret
```

［互換性］

（1）他の C コンパイラから 78K0 C コンパイラ

- 修正する必要はありません。

（2）78K0 C コンパイラから他の C コンパイラ

- 修正する必要はありません。

［注意］

- バンク機能（-mf）使用時，関数ポインタのサイズは，4 バイトになります。
- 共通領域に配置した関数の呼び出しは，バンク領域に配置した関数の呼び出しより高速です。
- バンク領域に配置した関数の呼び出しは，バンク関数呼び出しルーチンを経由するため，遅くなります。
- 同一バンク領域内の関数呼び出しは，他のバンク領域の関数呼び出しに比べ，より速いバンク関数呼び出しルーチンを使用します。
- 他のファイルから呼ばれない関数を static 関数にすることで，共通領域に配置した関数と同じ速度で呼び出すことが可能となります。

- ソース・ファイルを削除したり，ファイル名を変更した場合，元のファイルの情報を .fin から削除しなければなりません。

定数番地のバンク関数

定数番地のバンク関数を呼び出すことができます。

［機能］

- 定数番地のバンク関数を参照するコードを生成します。
- バンク機能を持つデバイスのみで使用することができます。

［効果］

- 定数番地のバンク関数を呼び出すことができます。

［方法］

- 関数呼び出しと同様の形式で，ソース中に大文字で記述します。
- 定数番地のバンク関数参照用の関数名は，__BANK0，__BANK1，…，__BANK15 です。

（1）定数番地のバンク関数参照用の関数一覧

unsigned long __BANK0 (unsigned int *addr*) ;
unsigned long __BANK1 (unsigned int *addr*) ;
unsigned long __BANK2 (unsigned int *addr*) ;
unsigned long __BANK3 (unsigned int *addr*) ;
unsigned long __BANK4 (unsigned int *addr*) ;
unsigned long __BANK5 (unsigned int *addr*) ;
unsigned long __BANK6 (unsigned int *addr*) ;
unsigned long __BANK7 (unsigned int *addr*) ;
unsigned long __BANK8 (unsigned int *addr*) ;
unsigned long __BANK9 (unsigned int *addr*) ;
unsigned long __BANK10 (unsigned int *addr*) ;
unsigned long __BANK11 (unsigned int *addr*) ;
unsigned long __BANK12 (unsigned int *addr*) ;
unsigned long __BANK13 (unsigned int *addr*) ;
unsigned long __BANK14 (unsigned int *addr*) ;
unsigned long __BANK15 (unsigned int *addr*) ;

下位 2 バイトに *addr* が示す 2 バイトの定数値，その上位 1 バイトにバンク番号，さらに最上位 1 バイトにバンク関数を意味する定数 1 を設定した 4 バイト・データを取得します。

引数（*addr*）には，定数のみ記述することができます。*addr* は CPU アドレスになります。

［制限］

- バンク機能を持つデバイスでは，定数番地のバンク関数参照用の関数名を関数として使用することはできません。
- バンク機能を持たないデバイスでは，定数番地のバンク関数参照用の関数を記述しても，通常の関数扱いとなります。
- __BANK0，__BANK1，…，__BANK15 は，大文字で記述します。小文字は通常の関数扱いとなります。

［使用例］

C ソースを以下に示します。

```
#define FUNC_CALL ( addr )      ( ( void ( * ) ( ) ) ( addr ) ) ( )
#define FUNC_ADDR ( addr )      ( void ( * ) ( ) ) ( addr )
void    ( *fp ) ( );
void    func ( ) {
        fp = FUNC_ADDR ( __BANK1 ( 0x8000 ) );
        FUNC_CALL ( 0x2000 );                   /* 通常関数呼び出し */
        FUNC_CALL ( __BANK2 ( 0x9000 ) );       /* バンク関数呼び出し */
}
```

コンパイラの出力オブジェクトは，以下のようになります。

```
_func :
; line  6 :     fp = FUNC_ADDR ( __BANK1 ( 0x8000 ) );
        movw    ax, #08000H
        movw    !_fp, ax
        movw    ax, #0101H
        movw    !_fp + 2, ax
; line  7 :     FUNC_CALL ( 0x2000 );               /* 通常関数呼び出し */
        call    !02000H
; line  8 :     FUNC_CALL ( __BANK2 ( 0x9000 ) );   /* バンク関数呼び出し */
        push    hl
        movw    hl, #09000H
        mov     e, #02H
        vcallt  [@@bcall]
        vpop    hl
; line  9 :     }
        vret
```

［互換性］

（1）他の C コンパイラから 78K0 C コンパイラ

- 定数番地のバンク関数参照用の関数を使用していなければ，修正する必要はありません。
- 定数番地のバンク関数参照用の関数に変更する場合，前記の方法に従って修正します。

（2）78K0 C コンパイラから他の C コンパイラ

- 関数名として，定数番地のバンク関数参照用の関数名を使用することができます。
- 定数番地のバンク関数参照用の関数として使用する場合は，各コンパイラの仕様により変更が必要です。

データ挿入関数（#pragma opc）

カレント・アドレスに定数データを挿入します。

［機能］

- カレント・アドレスに定数データを挿入します。
- pragma の指令がない場合は，データ挿入用の関数は通常の関数とみなされます。

［効果］

- ASM 文を使わなくても，特定のデータや命令をコード領域に埋め込めます。
  ASM 文を使った場合，アセンブラを通さないとオブジェクトを得られませんが，データ挿入関数を使用した場合，アセンブラを通さなくてもオブジェクトを得られます。

［方法］

- 関数呼び出しと同様の形式でソース中に大文字で記述します。
- データ挿入用の関数名は，__OPC です。

（1）void __OPC (unsigned char *x*, ･･･) ;

引数に記述した定数値をカレント・アドレスに挿入します。
引数は，定数しか記述することができません。

- #pragma opc 指令によりデータ挿入用の関数の使用を宣言します。
  ただし，次の項目は，#pragma opc の前に記述することができます。
  - コメント
  - 他の #pragma 指令
  - プリプロセス指令のうち変数の定義／参照，関数の定義／参照を生成しないもの
- #pragma 以降に記述するキーワードは，大文字でも小文字でも可能です。

［制限］

- 関数名として，データ挿入用の関数名が使用できません（#pragma opc 指定時）。
- __OPC は大文字で記述します。小文字は通常の関数扱いとなります。

［使用例］

C ソースを以下に示します。

```
#pragma opc

void    main ( ) {
        __OPC ( 0xBF );
        __OPC ( 0xA1, 0x12 );
        __OPC ( 0x10, 0x34, 0x12 );
}
```

コンパイラの出力オブジェクトは，以下のようになります。

```
_main :
; line  4 : __OPC ( 0xBF );
        DB      0BFH
; line  5 : __OPC ( 0xA1, 0x12 );
        DB      0A1H
        DB      012H
; line  6 : __OPC ( 0x10, 0x34, 0x12 );
        DB      010H
        DB      034H
        DB      012H
; line  7 : }
        ret
```

［互換性］

（1）他の C コンパイラから 78K0 C コンパイラ

- データ挿入用の関数を使用していなければ，修正は必要ありません。
- データ挿入用の関数に変更したい場合は，上記の方法に従い変更します。

（2）78K0 C コンパイラから他の C コンパイラ

- “#pragma opc”文を削除，または #ifdef で切り分けます。関数名として，データ挿入用の関数名を使用できます。
- データ挿入用の関数として使用する場合は，各コンパイラの仕様により，変更が必要です（#asm, #endasm あるいは asm ( ) ; など）。

スタティック・モデル

コンパイル時に -sm オプションを指定することにより，オブジェクト・コードの短縮，実行速度の向上，割り込み処理の高速化，メモリの節約が可能となります。

［機能］

- 引数は，すべてレジスタ渡しとします（詳細については，「3. 3. 5　スタティック・モデルの関数呼び出しインタフェース」を参照してください）。
- レジスタで渡ってきた関数引数を関数固有の静的領域に割り付けます。
- オートマティック変数を関数固有の静的領域に割り付けます。
- leaf 関数注の場合，引数，およびオートマティック変数は，0FEDFH 以下の saddr 領域に，記述順に上位アドレスから割り付けます。この saddr 領域は全モジュールの leaf 関数で共有するため，共有領域と呼びます。共有領域の最大サイズは，-sm オプション指定時にパラメータで指定することができます。

```
-sm[nn] : nn = 0 - 16
```

nn バイトを共有領域として割り付け，残りは関数固有の静的領域に割り付けます。
nn = 0 の場合，および省略時は，共有領域を持ちません。

注　関数を呼び出していない関数は，コンパイラが自動判別するので，norec/__leaf を記述する必要はありません。

- 関数引数，およびオートマティック変数に，sreg/__sreg キーワードを付加することができます。
sreg/__sreg キーワードを付加した関数引数，およびオートマティック変数は，saddr に割り付けられ，ビット操作が可能となります。
- -rk オプションを指定することにより，関数引数，およびオートマティック変数（関数内 static 変数を除く）を saddr に割り付け，ビット操作が可能となります（「sreg 宣言による saddr 領域利用（sreg/__sreg）」を参照してください）。
- 次のマクロ定義をコンパイラが自動的に行います。

```
#define __STATIC_MODEL__        1
```

［効果］

- 通常，スタック・フレームをアクセスする命令よりも，静的領域をアクセスする命令の方が短く高速なので，オブジェクト・コードの短縮，実行速度の向上を図ることができます。
- ノーマル・モデルで行っている，saddr 領域を使用している引数，および変数（割り込み関数でのレジスタ変数，norec 関数の引数／オートマティック変数，ランタイム・ライブラリの引数）の退避／復帰処理を行わないので，割り込み処理の高速化を図ることができます。
- 複数の leaf 関数でデータ領域を共有するので，メモリを節約することができます。

［方法］

- コンパイル時に，-sm オプションを指定します。
  この際のオブジェクトをスタティック・モデルと呼び，これに対し，-sm オプション無指定時のオブジェクトをノーマル・モデルと呼びます。

［制限］

- ノーマル・モデルのモジュールとは，リンクすることができません。ただし，スタティック・モデルのモジュール同士であれば，共有領域の最大サイズは異なっていても，リンクすることができます。
- 浮動小数点数はサポートしません。float，および double のキーワードが記述された場合は，フェイタル・エラーとします。
- 引数は，最大 3 引数，合計 6 バイトまでとします。
- 引数がスタック渡しでないため，可変長引数を使用することはできません。可変長引数はエラーとなります。
- 構造体／共用体の引数，および戻り値を使用することはできません。これらの記述はエラーとなります。
- noauto/norec/__leaf 関数を使用することはできません。これらの記述に対し，警告メッセージを出力し，無視します（「noauto 関数（noauto）」，「norec 関数（norec）」を参照してください）。
- 再帰関数を使用することはできません。関数引数，オートマティック変数領域を静的に確保するため，再帰関数を使用することはできません。コンパイラが検出可能な再帰関数に対しては，エラーとします。
- プロトタイプ宣言を省略することはできません。関数呼び出しがあるにもかかわらず，その関数の実体定義もプロトタイプ宣言もない場合は，エラーとします。
- 引数，および戻り値の制限，再帰関数である関数が使用できないため，一部の標準ライブラリを使用することはできません。
- -zl オプションが指定されていない場合は，ワーニングを出力して，-zl オプションが指定されたものとして処理します。したがって，常に long 型を int 型とみなします（「long 型の int 型への変更（-zl）」を参照してください）。
- 最適化指定オプション -ql5 は同時に指定できません。指定した場合は，警告メッセージ（W0076）を出力して，-ql5 オプションを -ql4 オプション指定に置き換えて処理します。

［使用例］

（1）-sm4 指定時

C ソースを以下に示します。

```
void    sub ( char, char, char );
void    main ( ) {
        char    i = 1 ;
        char    j, k ;
        j = 2 ;
        k = i + j ;
        sub ( i,  j, k );
}
```

```
void    sub ( char p1, char p2, char p3 ) {
        char    a1, a2 ;
        a1 = 1<<p1 ;
        a2 = p2 + p3 ;
}
```

コンパイラの出力オブジェクトは，以下のようになります。

```
@@DATA          DSEG    UNITP
L0003 :         DS      ( 1 )                   ; 関数 main の自動変数 k
                DS      ( 1 )

; line  1 :     void sub ( char, char, char );
; line  2 :     void main ( ) {

@@CODE          CSEG
_main :
                push    de
; line  3 :     char    i = 1 ;
                mov     e, #01H         ; 1     ; 自動変数 i
; line  4 :     char    j, k ;
; line  5 :     j = 2 ;
                mov     d, #02H         ; 2     ; 自動変数 j
; line  6 :     k = i + j ;
                mov     a, e
                add     a, d                    ; i と j を加算
                mov     !?L0003, a      ; k     ; k に代入
; line  8 :     sub ( i, j, k );
                mov     h, a                    ; k をレジスタ H で渡す
                push    de
                pop     bc                      ; j をレジスタ B で渡す
                mov     a, e                    ; i をレジスタ A で渡す
                call    !_sub
; line  9 :     }
                pop     de
                ret
; line  10 :    void    sub ( char p1, char p2, char p3 )
; line  11 :    {
_sub :
                mov     l, a                    ; 第 1 引数を l に割り当てる
                mov     a, h
                mov     _@KREG15, a             ; 第 3 引数を共有領域に割り当てる
; line  12 :    char    a1, a2 ;
; line  13 :    a1 = 1<<p1 ;
                mov     a, l                    ; 第 1 引数 p1
                mov     c, a
```

```
                mov     a, #01H
                dec     c
                inc     c
                bz      $?L0006
                add      a, a
                dbnz    c, $$-2
?L0006 :
                mov     _@KREG14, a     ; a1    ; 自動変数 a1 は共有領域
; line  14 :    a2 = p2 + p3 ;
                mov     a, b                    ; 第 2 引数 p2
                add     a,_@KREG15      ; p3    ; 第 3 引数 p3 を加算
                mov     _@KREG13, a     ; a2    ; 自動変数 a2 は共有領域
; line   15 :   }
                ret
```

［互換性］

（1）他の C のコンパイラから 78K0 C コンパイラ

- ノーマル・モデルのオブジェクトを作成する場合は，-sm オプションを指定しなければソースの修正は必要ありません。
- スタティック・モデルのオブジェクトを作成する場合は，上記の方法に従い変更します。

（2）78K0 C コンパイラから他の C コンパイラ

- 他のコンパイラでそのまま再コンパイルすれば，ソースの修正は必要ありません。

［注意］

- 引数／オートマティック変数を静的に確保しているので，再帰関数は引数／オートマティック変数の内容が破壊される可能性があります。直接自分自身を呼び出す場合はエラーとしますが，他の関数を呼び出した先で自分自身が呼び出された場合，コンパイラはそれを検出することができず，エラーとなりません。
- 割り込み時に，処理中の関数が割り込み処理（割り込み関数，および割り込み関数が呼び出す関数）により呼び出された場合，引数／オートマティック変数の内容が破壊される可能性があります。
- 割り込み時に，処理中の関数が共有領域を使用している場合でも，共有領域の退避／復帰は行われません。

int，short 型の char 型への変更（-zi）

コンパイル時に -zi オプションを指定することにより，int 型 /short 型を char 型とみなします。

［機能］

- int 型／ short 型を char 型とみなします。つまり，char と記述したのとまったく同等となります。
- 型変更の詳細を次に示します（一部の -qu オプションが影響を受けます）。

C ソース上で記述された型	オプション	変更後の型
short，short int，int	-qu あり	unsigned char
short，short int，int	-qu なし	signed char
unsigned short，unsigned short int，unsigned，unsigned int	—	unsigned char
signed short，signed short int，signed，signed int	—	signed char

- C ソース上で，最初に int，または short キーワードが出現した行に対し，警告メッセージを出力します。
- -qc オプションは，指定の有無にかかわらず有効とします。-qc オプションの指定がない場合，警告メッセージを出力し，-qc オプションを有効とします。
- -za オプションと同時に指定（-zai など）した場合，警告メッセージを出力します（-w2 指定時のみ）。
- 次に示す，型指定子が記述可能な構文で省略できるものは，char 型とみなします。
  - 関数の引数，および返却値
  - 型指定子省略の変数／関数宣言
- 次のマクロ定義をコンパイラが自動的に行います。

```
#define __FROM_INT_TO_CHAR__    1
```

- 一部の標準ライブラリを使用することができなくなります。

［方法］

- -zi オプションを指定します。

［制限］

- -zi を指定したモジュールと指定しないモジュールは，リンクできません。

long 型の int 型への変更（-zl）

コンパイル時に -zl オプションを指定することにより，long 型を int 型とみなします。

［機能］

- long 型を int 型とみなします。つまり，int と記述したのとまったく同等となります。
- 型変更の詳細を次に示します。

C ソース上で記述された型	変更後の型
unsigned long，unsigned long int	unsigned int
long，long int，signed long，signed long int	signed int

- C ソース上で，最初に long キーワードが出現した行に対し，警告メッセージを出力します。
- -za オプションと同時に指定（-zal など）した場合，警告メッセージを出力します（-w2 指定時のみ）。
- 次のマクロ定義をコンパイラが自動的に行います。

```
#define __FROM_LONG_TO_INT__    1
```

- 一部の標準ライブラリを使用することができなくなります。

［方法］

- -zl オプションを指定します。

［制限］

- -zl を指定したモジュールと指定しないモジュールは，リンクすることができません。

パスカル関数（__pascal）

関数呼び出し時に引数の積み込みによって使用したスタックの修正を関数呼び出し側では行わずに，呼ばれた関数側で行います。

［機能］

- 関数呼び出し時に引数の積み込みによって使用したスタックの修正を関数呼び出し側では行わずに，呼ばれた関数側で行うコードを生成します。

［効果］

- 関数呼び出し箇所が多い場合に，オブジェクト・コードの短縮を図ることができます。

［方法］

- 関数の宣言時に，__pascal 属性を先頭に追加します。

［制限］

- パスカル関数は，可変長引数をサポートしません。可変長引数を定義した場合は，ワーニングを出力して __pascal キーワードを無視します。
- パスカル関数は，norec/__interrupt/__interrupt_brk__flash/__flashf キーワードを指定することができません。指定した場合，norec キーワードの場合は，__pascal キーワードを無視し，__interrupt/__interrupt_brk/__flash/__flashf キーワードの場合は，エラーを出力します。
- プロトタイプ宣言が不完全な場合，正常作動しないことがあるため，パスカル関数の実体定義や，プロトタイプ宣言がないものに対し，警告メッセージを出力します。
- スタティック・モデル指定オプション（-sm）指定時は，パスカル関数をサポートしません。パスカル関数使用時に -sm を指定した場合は，__pascal キーワードが最初に出現した箇所に対し，警告メッセージを出力して，入力ファイル中の __pascal キーワードを無視します。

［使用例］

C ソースを以下に示します。

```
__pascal        int func ( int a, int b, int c );
void    main ( ) {
        int     ret_val ;

        ret_val = func ( 5, 10, 15 );
}
__pascal        int func ( int a, int b, int c ) {
        return ( a + b + c );
}
```

コンパイラの出力オブジェクトは，以下のようになります。

```
_main :
        push    hl
        movw    ax, #0FH        ; 引数で 4 バイトのスタックを消費
        push    ax              ;
        mov     x, #0AH         ;
        push    ax              ;
        mov     x, #05H         ;
        call    !_func
                                ; ここでスタックの修正をしない
        movw    ax, bc
        movw    hl, ax
        pop     hl
        ret

_func :
        push    hl
        push    ax
        movw    ax, sp
        movw    hl, ax
        mov     a, [hl + 6]
        add     a, [hl]
        xch     a, x
        mov     a, [hl + 7]
        addc    a, [hl + 1]
        xch     a, x
        add     a, [hl + 8]
        xch     a, x
        addc    a, [hl + 9]
        movw    bc, ax
        pop     ax
        pop     hl
        pop     de              ; リターン・アドレスを取得
        pop     ax              ;
        pop     ax              ; 呼び出し側で消費した 4 バイトのスタックを修正
        push    de              ; リターン・アドレスの積み直し
        ret
```

［説明］

- -zr オプションにより，すべての関数をパスカル関数にすることができますが，呼び出し箇所が少ない関数に使用する場合，オブジェクト・コードが増加することがあります。

［互換性］

（1）他の C コンパイラから 78K0 C コンパイラ

- 予約語 __pascal を使用していなければ，修正は必要ありません。
- パスカル関数に変更したい場合は，上記の方法に従って変更します。

（2）78K0 C コンパイラから他の C コンパイラ

- #define により可能です。
- この変更により，パスカル関数は通常の関数として扱われます。

関数呼び出しインタフェースの自動パスカル関数化（-zr）

コンパイル時に -zr オプションを指定することにより，norec/__interrupt/__interrupt_brk/__flash/__flashf/ 可変長引数の関数を除くすべての関数に対して __pascal 属性を付加します。

［機能］

- norec/__interrupt/__interrupt_brk__flash/__flashf/ 可変長引数の関数を除くすべての関数に対して，__pascal 属性を付加します。

［方法］

- コンパイル時に -zr オプションを指定します。

［制限］

- -zr オプションを指定したモジュールと指定しないモジュールは，リンクすることができません。リンクを行った場合，リンク・エラーとなります。
- スタティック・モデル指定オプション（-sm）を同時に指定することはできません。
  指定した場合，警告メッセージを出力して，-zr オプションを無視します。
- 数学関数標準ライブラリはパスカル関数に未対応のため，数学関数標準ライブラリ使用時は，-zr オプションを使用することはできません。

備考　パスカル関数呼び出しインタフェースに関しては，「3. 3. 6　パスカル関数呼び出しインタフェース」を参照してください。

フラッシュ領域配置方法（-zf）

コンパイル時に -zf オプションを指定することにより，プログラムをフラッシュ領域に配置したり，-zf オプションを指定せずに作成したブート領域のオブジェクトと結合して使用できるようになります。

注意　このフラッシュ機能は，フラッシュ領域セルフ書き換え機能を持たないデバイスでは，使用しないでください。使用した場合は，動作は保証されません。
この機能は，デバイスのフラッシュ・メモリ書き換え機能を有効にします。

［機能］

- フラッシュ領域に配置するオブジェクト・ファイルを生成します。
- ブート領域からは，フラッシュ領域の外部変数を参照することはできません。
- フラッシュ領域からは，ブート領域の外部変数を参照することができます。
- ブート領域のプログラムとフラッシュ領域のプログラムでは，同じ外部変数，および同じグローバル関数を定義することはできません。

［効果］

- プログラムをフラッシュ領域に配置することができるようになります。
- -zf オプションを指定せずに作成したブート領域のオブジェクトと結合して使用できるようになります。

［方法］

- コンパイル時に -zf オプションを指定します。

［制限］

- スタートアップ・ルーチン，ライブラリはフラッシュ領域用のものを使用してください。

フラッシュ領域分岐テーブル（#pragma ext_table）

フラッシュ領域分岐テーブルの先頭アドレスを #pragma 指令により指定することにより，スタートアップ・ルーチン，割り込み関数をフラッシュ領域に配置したり，ブート領域からフラッシュ領域への関数呼び出しを行うことができます。

注意　このフラッシュ機能は，フラッシュ領域セルフ書き換え機能を持たないデバイスでは，使用しないでください。使用した場合は，動作は保証されません。
この機能は，デバイスのフラッシュ・メモリ書き換え機能を有効にします。

［機能］

- スタートアップ・ルーチンへの分岐テーブル，割り込み関数への分岐テーブル，およびブート領域からフラッシュ領域への関数呼び出しのための分岐テーブルの先頭アドレスを決定します。
- 分岐テーブルの先頭から 32 個分は，割り込み関数専用（スタートアップ・ルーチンを含む）とし，それぞれ 3 バイトの領域を占有します。
- 通常関数の分岐テーブルは「分岐テーブルの先頭アドレス + 3 * 32」以降に配置し，バンク機能を持つデバイスではそれぞれ 8 バイトの領域をバンク機能を持たないデバイスではそれぞれ 3 バイトの領域を占有します。
  ext_func の ID 値については，「ブート領域からフラッシュ領域への関数呼び出し機能（#pragma ext_func）」を参照してください。
- バンク機能を持つデバイスでは，分岐テーブルは 3 * 32 + 8 *（ext_func の ID 最大値 + 1）バイトの領域を占有します。
  バンク機能を持たないデバイスでは，分岐テーブルは 3 *（32 + ext_func の ID 最大値 + 1）バイトの領域を占有します。
  ext_func の ID 値については，「ブート領域からフラッシュ領域への関数呼び出し機能（#pragma ext_func）」を参照してください。

［効果］

- スタートアップ・ルーチン，割り込み関数をフラッシュ領域に配置することができます。
- ブート領域からフラッシュ領域への呼び出しを行うことができます。

［方法］

- 次の #pragma 指令により，フラッシュ領域分岐テーブルの先頭アドレスを指定します。

```
#pragma ext_table　　分岐テーブルの先頭アドレス
```

なお，#pragma 指令は，C ソースの先頭に記述してください。

- 次の項目は，#pragma 指令の前に記述しても問題ありません。
  - コメント
  - #pragma ext_func，-zf 指定時の #pragma vect，または #pragma interrupt 以外の #pragma 指令
  - プリプロセス指令のうち，変数の定義／参照，関数の定義／参照を生成しないもの

［制限］

- 分岐テーブルは，フラッシュ領域の先頭アドレスに配置します。
- #pragma ext_func，-zf 指定時の #pragma vect，または #pragma interrupt の前に #pragma ext_table がない場合，エラーとなります。
- 分岐テーブルの先頭アドレス値は，80H - 0FF80H とします。ただし，バンク機能を持つデバイスでは，バンク領域に分岐テーブルを配置することはできません。また，先頭アドレス値は，-zb リンカ・オプションで指定するフラッシュ・スタート・アドレスと一致させてください。アドレスが一致していない場合は，リンク・エラーとなります。
- 指定した分岐テーブルの先頭アドレス値に従って，割り込みベクタ用ライブラリ（_@vect00 ～ _@vect3e）を再構築する必要があります。割り込みベクタ用ライブラリ中の分岐テーブルの先頭アドレス値のデフォルトは，2000H です。
- 分岐テーブルの先頭アドレスに 2000H 以外を指定する場合は，次のようにライブラリを再構築してください。

（1）割り込みベクタ用ライブラリ中の分岐テーブルの先頭アドレス値を変更します。

Renesas Electronics \ CubeSuite+ \ CA78K0 \ V*x.xx* \ Src \ cc78k0 \ src フォルダにある vect.inc の

```
ITBLTOP  EQU  2000H
```

という部分の，2000H の箇所を指定したアドレスに変更します。

（2）割り込みベクタ用ライブラリを更新します。

Renesas Electronics \ CubeSuite+ \ CA78K0 \ V*x.xx* \ Src \ cc78k0 \ bat \ repvect.bat をコマンド・プロンプト上で起動してアセンブラなどによりライブラリを更新し，Renesas Electronics \ CubeSuite+ \ CA78K0 \ V*x.xx* \ Src \ cc78k0 \ lib の更新されたライブラリを Renesas Electronics \ CubeSuite+ \ CA78K0 \ V*x.xx* \ Lib78k0 にコピーしてリンク用に使用します。

注意　上記フォルダは，インストール方法により異なります。

［使用例］

分岐テーブルを 2000H 番地以降に生成し，割り込み関数を配置します。

C ソースを以下に示します。

```
#pragma ext_table       0x2000
#pragma interrupt       INTP0   intp

void    intp ( void ) {

}
```

(1) 割り込み関数をブート領域に配置する場合（-zf 指定なし）

コンパイラの出力オブジェクトは，以下のようになります。

```
                PUBLIC  _intp
                PUBLIC  _@vect06
@@CODE          CSEG
_intp :
                reti

@@VECT06        CSEG    AT      0006H
_@vect06 :
                DW      _intp
```

割り込みベクタ・テーブルに，割り込み関数の先頭アドレスを設定します。

(2) 割り込み関数をフラッシュ領域に配置する場合（-zf 指定あり）

コンパイラの出力オブジェクトは，以下のようになります。

```
                PUBLIC  _intp
@ECODE          CSEG
_intp :
                reti

@EVECT06        CSEG    AT      02009H
                br      !_intp
```

分岐テーブルに，割り込み関数の先頭アドレスを設定します。
分岐テーブルの先頭アドレスが 2000H，割り込みベクタ・アドレス（2 バイト）が 0006H なので，分岐テーブルのアドレス値は，2000H + 3 *（0006H / 2）番地となります。
割り込みベクタ・テーブルへの 2009H 番地の設定は，割り込みベクタ用ライブラリが行います。

割り込みベクタ 06 用ライブラリを以下に示します。

```
                PUBLIC  _@vect06

@@VECT06        CSEG    AT      0006H
_@vect06 :
                DW      2009H
```

［互換性］

（1）他の C コンパイラから 78K0 C コンパイラ

- #pragma ext_table を使用していなければ，修正は必要ありません。
- フラッシュ領域分岐テーブルの先頭アドレスを指定したい場合は，上記の方法に従って変更します。

（2）78K0 C コンパイラから他の C コンパイラ

- #pragma ext_table 指令を削除，または #ifdef で切り分けます。
- フラッシュ領域分岐テーブルの先頭アドレスを指定する場合は，各コンパイラの仕様により変更が必要です。

ブート領域からフラッシュ領域への関数呼び出し機能（#pragma ext_func）

ブート領域から呼び出すフラッシュ領域中の関数名，および ID 値を #pragma 指令により指定することにより，ブート領域からフラッシュ領域中の関数を呼び出せるようになります。

注意　このフラッシュ機能は，フラッシュ領域セルフ書き換え機能を持たないデバイスでは，使用しないでください。
使用した場合は，動作は保証されません。
この機能は，デバイスのフラッシュ・メモリ書き換え機能を有効にします。

［機能］

- ブート領域からフラッシュ領域への関数呼び出しをフラッシュ領域分岐テーブルを介して行います。
- フラッシュ領域からは，ブート領域中の関数を直接呼び出せます。

［効果］

- ブート領域からフラッシュ領域中の関数を呼び出すことができるようになります。

［方法］

- 次の #pragma 指令により，ブート領域から呼び出すフラッシュ領域中の関数名，および ID 値を指定します。

```
#pragma ext_func        関数名  ID 値
```

なお，この #pragma 指令は，C ソースの先頭に記述します。
次の項目は，この #pragma 指令の前に記述されても問題ありません。
- コメント
- プリプロセス指令のうち変数の定義／参照，関数の定義／参照を生成しないもの。

［制限］

- ID 値は，0 ～ 255 （ 0xff ）とします。
- #pragma ext_func の前に，#pragma ext_table がない場合，エラーとなります。
- 同じ関数名で ID 値が異なる場合，および異なる関数名で ID 値が同じ場合は，エラーとなります。
  次の（1），（2）は，エラーとなります。

（1）#pragma ext_func f1 3
#pragma ext_func f1 4

（2）#pragma ext_func f1 3
#pragma ext_func f2 3

- ブート領域からフラッシュ領域へ関数呼び出しを行い，フラッシュ領域に対応する関数定義がない場合，リンカはチェックすることができませんので，注意してください。
- callt，callf 関数は，ブート領域内のみ配置可能とし，フラッシュ領域（-zf オプション指定時）に callt，callf 関数を定義したときは，エラーとなります。

［使用例］

分岐テーブルを 2000H 番地以降に生成し，フラッシュ領域中の関数 f1，f2 をブート領域から呼び出します。

（1）バンク機能を持たないデバイスの場合

C ソースを以下に示します。

- ブート領域側

```
#pragma ext_table       0x2000
#pragma ext_func        f1      3
#pragma ext_func        f2      4

extern  void    f1 ( void );
extern  void    f2 ( void );

void    func ( void ) {
        f1 ( );
        f2 ( );
}
```

- フラッシュ領域側

```
#pragma ext_table       0x2000
#pragma ext_func        f1      3
#pragma ext_func        f2      4

void    f1 ( void ) {
}
void    f2 ( void ) {
}
```

備考 1. #pragma ext_func f1 3 は，関数 f1 への飛び先を分岐テーブルの 2000H+ 3 * 32 + 3 * 3 番地に配置することを意味します。

2. #pragma ext_func f2 4 は，関数 f2 への飛び先を分岐テーブルの 2000H + 3 * 32 + 3 * 4 番地に配置することを意味します。

3. 分岐テーブルの先頭から 3 * 32 バイトは，割り込み関数専用（スタートアップ・ルーチンを含む）です。

コンパイラの出力オブジェクトは，以下のようになります。

- ブート領域側（-zf 指定なし）

```
@@CODE  CSEG
_func :
        call    !02069H
        call    !0206CH
        ret
```

- フラッシュ領域側（-zf 指定あり）

```
@ECODE  CSEG
_f1 :
        ret
_f2 :
        ret

@EXT03  CSEG    AT      02069H
        br      !_f1
        br      !_f2
```

(1) バンク機能を持つデバイスの場合

C ソースを以下に示します。

- ブート領域側

```
#pragma         ext_table       0x2000
#pragma         ext_func        f1      3
#pragma         ext_func        f2      4

extern  void    f1 ( void );
extern  void    f2 ( void );

void    func ( ) {
        f1 ( );
        f2 ( );
}
```

- フラッシュ領域側

```
#pragma         ext_table       0x2000
#pragma         ext_func        f1      3


void    f1 ( ) {
}
```

- フラッシュ領域側（共通領域配置）

```
#pragma          ext_table 0x2000
#pragma          ext_func f2 4

void     f2 ( ) {
}
```

備考 1. #pragma ext_func f1 3 は，関数 f1 への飛び先を分岐テーブルの 2000H + 3 * 32 + 8 * 3 番地に配置することを意味します。

2. #pragma ext_func f2 4 は，関数 f2 への飛び先を分岐テーブルの 2000H + 3 * 32 + 8 * 4 番地に配置することを意味します。

3. 分岐テーブルの先頭から 3 * 32 バイトは，割り込み関数専用（スタートアップ・ルーチンを含む）です。

コンパイラの出力オブジェクトは，以下のようになります。

- ブート領域側（-zf 指定なし）

```
@@CODE   CSEG
_func :
         push    hl
         call    !02078H
         pop     hl
         call    !02080H
         ret
```

- フラッシュ領域側（バンク配置）（-zf 指定あり）

```
@@BANK0 CSEG     BANK0
_f1 :
         ret

@EXT03   CSEG    AT       02078H
         movw    hl, #_f1
         mov     e, #BANKNUM _f1
         br      !?@bcall
```

- フラッシュ領域側（共通領域配置）（-zf 指定あり）

```
        @@ECODE CSEG
_f2 :
        ret

@EXT04  CSEG    AT      02080H
        br      !_f2
        DB      ( 5 )
```

［互換性］

（1）他の C コンパイラから 78K0 C コンパイラ

- #pragma ext_func を使用していなければ，修正は必要ありません。
- ブート領域からフラッシュ領域への関数呼び出しを行いたい場合は，上記の方法に従って変更します。

（2）78K0 C コンパイラから他の C コンパイラ

- #pragma ext_func 指令を削除，または #ifdef で切り分けます。
- ブート領域からフラッシュ領域への関数呼び出しを行う場合は，各コンパイラの仕様により変更が必要です。

ファーム ROM 関数（__flash）

インタフェース・ライブラリのプロトタイプ宣言時に，__flash 属性を先頭に追加することにより，ファーム ROM 関数に関する操作を C ソース・レベルで記述することができます。

注意　このフラッシュ機能は，フラッシュ領域セルフ書き換え機能を持たないデバイスでは，使用しないでください。
使用した場合は，動作は保証されません。
この機能は，デバイスのフラッシュ・メモリ書き換え機能を有効にします。

［機能］

- ファーム ROM 関数と C 言語の関数の間に位置するインタフェース・ライブラリを介して，フラッシュのセルフ書き込みを行うファーム ROM 関数を呼び出します。
- インタフェース・ライブラリ呼び出しのインタフェースは，第一引数がレジスタで，第二引数以降がスタック渡しになります。第一引数のレジスタは次のとおりです。

1，2 バイト・データ	AX
4 バイト・データ	AX（下位），BC（上位）

- 戻り値のサイズに応じて，インタフェース・ライブラリは，次に示すレジスタに戻り値を設定する必要があります。

1，2 バイト・データ	BC
4 バイト・データ	BC（下位），DE（上位）

［効果］

- ファーム ROM 関数に関する操作を C ソース・レベルで記述することができます。

［方法］

- インタフェース・ライブラリのプロトタイプ宣言時に，__flash 属性を先頭に追加します。

［制限］

- 関数ポインタによる関数呼び出しは，サポートしません。
- __flash 付きの関数本体を定義したときは，エラーとなります。
- スタティック・モデル指定時は，4 バイト・データはサポートしません。

［互換性］

（1）他の C コンパイラから 78K0 C コンパイラ

- 予約語 __flash を使用していなければ，修正は必要ありません。
- ファーム ROM 関数に変更したい場合は，上記の方法に従って変更します。

（2）78K0 C コンパイラから他の C コンパイラ

- #define により可能（「3. 2. 5　C ソースの修正」参照）です。
- ファーム ROM 関数あるいはそれに代わる機能のある CPU において，その領域をアクセスするにはユーザが専用のライブラリを作成する必要があります。

引数／戻り値の int 拡張抑制方法（-zb）

コンパイル時に -zb オプションを指定することにより，オブジェクト・コードの短縮，実行速度の向上を図ることができます。

［機能］

- 関数戻り値の型定義が char/unsigned char 型の場合に，戻り値の int 拡張コードを生成しません。
- 関数引数のプロトタイプが定義されていて，かつそのプロトタイプの引数定義が char/unsigned char 型の場合に，引数の int 拡張コードを生成しません。

［効果］

- int 拡張コードが生成されないため，オブジェクト・コードの短縮，実行速度の向上を図ることができます。

［方法］

- コンパイル時に -zb オプションを指定します。

［制限］

- 関数本体の定義とその関数に対するプロトタイプ宣言がファイル間で異なる場合，不正動作となる場合があります。

［使用例］

C ソースを以下に示します。

```
unsigned char   func1 ( unsigned char x, unsigned char y ) ;
unsigned char   c, d, e ;

void main ( void ) {
        c = func1 ( d, e ) ;
        c = func2 ( d, e ) ;
}

unsigned char   func1 ( unsigned char x, unsigned char y ) {
        return x + y ;
}
```

(1) -zb 指定ありの場合

コンパイラの出力オブジェクトは，以下のようになります。

```
_main :
; line  5 :     c = func1 ( d, e );
        mov     a, !_e
        mov     x, a                    ; int 拡張しない
        push    ax
        mov     a, !_d
        mov     x, a                    ; int 拡張しない
        call    !_func1
        pop     ax
        mov     a, c
        mov     !_c, a
; line  6 :     c = func2 ( d, e );
        mov     a, !_e
        mov     x, #00H                 ; 0
        xch     a, x                    ; プロトタイプ宣言がないので int 拡張する
        push    ax
        mov     a, !_d
        mov     x, #00H                 ; 0
        xch     a, x                    ; プロトタイプ宣言がないので int 拡張する
        call    !_func2
        pop     ax
        mov     a, c
        mov     !_c, a
        ret
; line  8 :     unsigned char   func1 ( unsigned char x, unsigned char y )
_func1 :
        push    hl
        push    ax
        movw    ax, sp
        movw    hl, ax
        mov     a, [hl]
        xch     a, x
        mov     a, [hl + 6]
        movw    hl, ax
; line  10 :    return x + y ;
        mov     a, l
        add     a, h
        mov     c, a                    ; int 拡張しない
        pop     ax
        pop     hl
        ret
```

［互換性］

（1）他の C コンパイラから 78K0 C コンパイラ

- すべての関数本体の定義に対するプロトタイプ宣言が正しく行われていない場合は，プロトタイプ宣言を正しく行います。あるいは，-zb オプションを指定しません。

（2）78K0 C コンパイラから他の C コンパイラ

- 修正は必要ありません。

配列オフセット計算簡略化方法（-qw2）

コンパイル時に -qw2 オプションを指定することにより，オフセット計算コードが簡略化され，オブジェクト・コードの短縮，実行速度の向上を図ることができます。

［機能］

- char/unsigned char/int/unsigned int/short/unsigned short 型配列のオフセット（配列の先頭からの距離）を計算する際に，インデックスが unsigned char 型変数の場合に，桁上がりが生じないと仮定して，下位バイトのみ計算するコードを生成します。
- -qw2 オプション指定時は，saddr 領域配置の配列を unsigned char 変数で参照する場合のみ，オフセットを下位バイトのみ計算するコードを生成します。

［効果］

- オフセット計算コードが簡略化され，オブジェクト・コードの短縮，実行速度の向上を図ることができます。

［方法］

- コンパイル時に -qw2 オプションを指定します。

［制限］

- -qw4 はサポートしません。

［使用例］

C ソースを以下に示します。

```
unsigned char           c ;
unsigned char           ary[10] ;
sreg unsigned char      sary[10] ;
void    main ( ) {
        unsigned char   a ;

        a = ary[c] ;
        a = sary[c] ;
}
```

(1) -qw2 指定ありの場合

コンパイラの出力オブジェクトは，以下のようになります。

```
_main :
        push    hl
; line 6 :      unsigned char a ;
; line 7 :
; line 8 :      a = ary[c] ;
        mov     a, !_c
        mov     c, a
        push    hl
        movw    hl, #_ary
        mov     a, [hl + c]
        pop     hl
        mov     l, a
; line 9 :      a = sary[c] ;
        mov     a, !_c
        add     a, #low ( _sary )
        mov     e, a                    ; 下位バイトのみ計算
        mov     d, #0FEH ; 254
        mov     a, [de]
        mov     l, a
; line 10 : }
        pop     hl
        ret
```

[互換性]

(1) 他の C コンパイラから 78K0 C コンパイラ

- ソースの修正は必要ありません。

(2) 78K0 C コンパイラから他の C コンパイラ

- ソースの修正は必要ありません。

レジスタ直接参照関数（#pragma realregister）

関数呼び出しと同様の形式でソース中に記述したり，モジュールの #pragma realregister 指令によりレジスタ直接参照関数の使用を宣言することにより，C 記述によるレジスタへのアクセスを簡単に行うことができます。

［機能］

- オブジェクトにレジスタをアクセスするコードを関数呼び出しではなく，直接インライン展開して出力し，オブジェクト・ファイルを生成します。
- #pragma 指令がない場合は，レジスタ直接参照関数は通常の関数とみなされます。

［効果］

- C 記述により，レジスタのアクセスを簡単に行うことができます。

［方法］

- 関数呼び出しと同様の形式で，ソース中に記述します。
  レジスタ直接参照関数名は，次の 21 個です。

（1）unsigned char __geta (void) ;

A レジスタの値を取得します。

（2）void __seta (unsigned char *x*) ;

x を A レジスタに設定します。

（3）unsigned int __getax (void) ;

AX レジスタの値を取得します。

（4）void __setax (unsigned int *x*) ;

x を AX レジスタに設定します。

（5）bit __getcy (void) ;

CY フラグの値を取得します。

（6）void __setcy (unsigned char *x*) ;

x の下位 1 ビットを CY フラグに設定します。

（7）void __set1cy (void) ;

set1　CY 命令を生成します。

（8）void __clr1cy (void) ;

clr1　CY 命令を生成します。

（9）void __not1cy (void) ;

not1　CY 命令を生成します。

（10）void __inca (void) ;

inc　a 命令を生成します。

（11）void __deca (void) ;

dec　a 命令を生成します。

（12）void __rora (void) ;

ror　a , 1 命令を生成します。

（13）void __rorca (void) ;

rorc　a , 1 命令を生成します。

（14）void __rola (void) ;

rol　a , 1 命令を生成します。

（15）void __rolca (void) ;

rolc　a , 1 命令を生成します。

（16）void __shla (void) ;

A レジスタを 1 ビット論理左シフトするコードを生成します。

（17）void __shra (void) ;

A レジスタを 1 ビット論理右シフトするコードを生成します。

（18）void __ashra (void) ;

A レジスタを 1 ビット算術右シフトするコードを生成します。

（19）void __nega (void) ;

A レジスタの 2 の補数を得るコードを生成します。

（20）void __coma (void) ;

A レジスタの 1 の補数を得るコードを生成します。

（21）void __absa (void) ;

A レジスタの絶対値を得るコードを生成します。

- モジュールの #pragma realregister 指令により，レジスタ直接参照関数の使用を宣言します。
  ただし，次の項目は，#pragma realregister の前に記述することができます。
  - コメント
  - 他の #pragma 指令
  - プリプロセス指令のうち変数の定義／参照，関数の定義／参照を生成しないもの

［制限］

- レジスタ直接参照用の関数名は，関数名として使用ですることはできません。レジスタ直接参照用の関数は，小文字で記述します。大文字は通常の関数扱いとなります。
- __seta，__setax，__setcy 関数で設定した A，AX レジスタ，および CY フラグの値は，以後のコード生成において保持されません。
- __geta，__getax，__getcy 関数で A，AX レジスタ，および CY フラグが参照されるタイミングは，式の評価順によります。

［使用例］

C ソースを以下に示します。

```
#pragma realregister
unsigned char   c = 0x88, d, e ;
void    main ( ) {
        __seta ( c );                   /* A レジスタに変数 c の値をセット */
        __shla ( );                     /* 1 ビット論理左シフト */
        d = __geta ( );                 /* 変数 d に A レジスタの値をセット */
        if ( __getcy ( ) ) {            /* CY を参照（オーバフローを見る）*/
                e = 1 ;                 /* CY == 1 なら e に 1 をセット */
        }
}
```

コンパイラの出力オブジェクトは，以下のようになります。

```
_main :
; line  5 :     __seta ( c );           /* A レジスタに変数 c の値をセット */
        mov     a, !_c
; line  6 :     __shla ( );             /* 1 ビット論理左シフト */
        add     a, a
; line  7 :     d = __geta ( );         /* 変数 d に A レジスタの値をセット */
        mov     !_d, a
; line  8 :     if ( __getcy ( ) ) {    /* CY を参照（オーバフローを見る）*/
        bnc     $?L0003
; line  9 :     e = 1 ;                 /* CY == 1 なら e に 1 をセット */
        mov     a, #01H ;1
```

```
        mov     !_e, a
?L0003 :
; line  10 :    }
; line  11 :    }
        ret
```

［互換性］

（1）他の C コンパイラから 78K0 C コンパイラ

- レジスタ直接参照用の関数を使用していなければ，修正は必要ありません。
- レジスタ直接参照用の関数に変更したい場合は，上記の方法に従い変更します。

（2）78K0 C コンパイラから他の C コンパイラ

- “#pragma realregister”指令を削除するか，#ifdef で切り分けます。レジスタ直接参照用の関数名を関数名として使用することができます。
- レジスタ直接参照用の関数として使用する場合は，各コンパイラの使用により，変更が必要です（#asm，#endasm あるいは asm ( ) ; など）。

［注意］

- レジスタ直接参照関数を実行するまでに，CY，A，AX が意図のとおりに保存されている保証はありません。したがって，この関数は式の第 1 項に書くなど，値が変化する前に使用されることをお勧めします。

[HL + B] ベースト・インデクスト・アドレッシング活用方法（-qe）

コンパイル時に -qe オプションを指定することにより，オブジェクト・コードの短縮や実行速度の向上を図ることができます。

［機能］

- char/unsigned char 型配列，および char/unsigned char 型ポインタを参照する際のインデックスが unsigned char 変数の場合に，[HL + B] ベースト・インデクスト・アドレッシングを用いたコードを生成します。

［効果］

- オブジェクト・コードの短縮，実行速度の向上を図ることができます。

［方法］

- コンパイル時に -qe オプションを指定します。

［制限］

- ソース記述によっては，オブジェクト・コードが増加する場合があります。
  ノーマル・モデル時は，この機能は無効となります。

［使用例］

C ソースを以下に示します。

```
unsigned char   c, d ;
unsigned char   ary[10] ;
char    *p ;
void    main ( ) {
        ary[c] *= d + 1 ;

        * ( p + c ) * = 4 ;
}
```

(1) -sm，-qce 指定ありの場合

コンパイラの出力オブジェクトは，以下のようになります。

```
_main :
; line  6 :     ary[c] *= d + 1 ;
        mov     a, !_d
        inc     a
        mov     x, a
        mov     a, !_c
        mov     b, a
        movw    hl, #_ary
        mov     a, [hl + b]   ; [HL + B] ベースト・インデクスト・アドレッシング使用
        mulu    x
        mov     a, x
        mov     [hl + b], a   ; [HL + B] ベースト・インデクスト・アドレッシング使用
; line  7 :
; line  8 :     * ( p + c )* = 4 ;
        mov     a, !_c
        mov     b, a
        movw    ax, !_p
        movw    hl, ax
        mov     a, [hl + b]   ; [HL + B] ベースト・インデクスト・アドレッシング使用
        add     a, a
        add     a, a
        mov     [hl + b], a   ; [HL + B] ベースト・インデクスト・アドレッシング使用
; line  9 :     }
        ret
```

[互換性]

(1) 他の C コンパイラから 78K0 C コンパイラ

- 修正は必要ありません。

(2) 78K0 C コンパイラから他の C コンパイラ

- 修正は必要ありません。

ファームウエア内蔵セルフ書き込みサブルーチン直接呼び出し関数（#pragma hromcall）

関数呼び出しと同様の形式でソース中に記述したり，モジュールの #pragma hromcall 指令によってファームウエア内蔵セルフ書き込みサブルーチン直接呼び出し関数の使用を宣言することにより，ファームウエア内蔵セルフ書き込みサブルーチンの C 記述による呼び出しを簡単に行うことができます。

注意　このフラッシュ機能は，フラッシュ領域セルフ書き換え機能を持たないデバイスでは，使用しないでください。使用した場合は，動作は保証されません。
この機能は，デバイスのフラッシュ・メモリ書き換え機能を有効にします。

［機能］

- オブジェクトにファームウエア内蔵セルフ書き込みサブルーチン直接呼び出しコードを関数呼び出しではなく，直接インライン展開して出力し，オブジェクト・ファイルを生成します。
- #pragma 指令がない場合は，ファームウエアセルフ書き込みサブルーチン直接呼び出し関数は通常の関数とみなされます。
- __setsp 関数は，SP（スタック・ポインタ）を指定アドレスに設定します。
- __hromcall 関数は，レジスタ・バンクを一時的にバンク 3 に切り替え，C レジスタに機能番号，HL にエントリ RAM 領域先頭アドレスを設定して，指定したエントリ・アドレスをコールします。
  B レジスタの値を戻り値とします。
- __hromcalla 関数は，レジスタ・バンクを一時的にバンク 3 に切り替え，C レジスタに機能番号，HL にエントリ RAM 領域先頭アドレスを設定して，指定したエントリ・アドレスをコールします。
  A レジスタの値を戻り値とします。

［効果］

- C 記述により，ファームウエア内蔵セルフ書き込みサブルーチンの呼び出しを簡単に行うことができます。

［方法］

- 関数呼び出しと同様の形式で，ソース中に記述します。ファームウエア内蔵セルフ書き込みサブルーチン直接呼び出し関数名は，次の 3 個です。

（1）ファームウエア内蔵セルフ書き込みサブルーチン直接呼び出し用関数の一覧

（a）unsigned char __hromcall (unsigned int *entryaddr* , unsigned char *funcno* , void **entrydata*) ;

一時的にレジスタ・バンク 3 に切り替えて，*entrydata* を HL レジスタ，*funcno* を C レジスタに設定して，*entryaddr* のアドレスをコールします。
B レジスタの値を戻り値とします。

（b）unsigned char __hromcalla (unsigned int *entryaddr* , unsigned char *funcno* , void **entrydata*) ;

一時的にレジスタ・バンク 3 に切り替えて，*entrydata* を HL レジスタ，*funcno* を C レジスタに設定して，*entryaddr* のアドレスをコールします。
A レジスタの値を戻り値とします。

（c）void __setsp (unsigned int *spaddr*) ;

spaddr の値を SP（スタック・ポインタ）に設定します。

- モジュールの #pragma hromcall 指令により，ファームウエア内蔵セルフ書き込みサブルーチン直接呼び出し関数の使用を宣言します。
ただし，次の項目は，#pragma hromcall の前に記述することができます。
  - コメント
  - 他の #pragma 指令
  - プリプロセス指令のうち変数の定義／参照，関数の定義／参照を生成しないもの

［制限］

- ファームウエア内蔵セルフ書き込みサブルーチン直接呼び出し用の関数名は，関数名として使用することはできません。
- セルフ書き込みサブルーチンが書き込まれた BFA 領域が内蔵されていないデバイスの場合は，この関数を使用することはできません。
- ファームウエア内蔵セルフ書き込みサブルーチンの仕様が，
  - レジスタ・バンク 3 使用
  - C レジスタに機能番号を設定
  - HL レジスタにエントリ RAM 領域の先頭アドレスを設定

  でない場合は，この関数を使用することはできません。
- __hromcall，__hromcalla 関数の第 1，2 引数は，定数のみ指定することができます。定数以外を指定した場合はエラーとします。

［使用例］

C ソースを以下に示します。

```
#pragma di
#pragma sfr
#pragma hromcall
unsigned char   entryram[32] ;
unsigned char   ret ;
void    func ( ) {
        /* 割り込み禁止 */
        DI ( );
        /* セルフ・プログラミング・モードへ移行 */
        FLSPM0 = 1 ;
```

```
        /* __hromcall サブルーチンをコール */
        __hromcall ( 0x8100, 0, entryram );

        /* 書き込み時間データ設定 */
        entryram[7] = 0x20 ;
        /* 消去時間データ設定 */
        entryram[8] = 0x4c ;
        entryram[9] = 0x4c ;
        entryram[10] = 0x00 ;
        /* コンバージェンス時間データ設定 */
        entryram[11] = 0x01 ;
        entryram[12] = 0x3d ;
        /* __hromcall サブルーチンをコール */
        ret = __hromcall ( 0x8100, 1, entryram );
          :
}
```

コンパイラの出力オブジェクトは，以下のようになります。

```
_func :
        di
; line  8 :     /* 割り込み禁止 */
; line  9 :     DI ( );
; line  10 :    /* セルフ・プログラミング・モードへ移行 */
; line  11 :    FLSPM0 = 1 ;
        set1    FLSPM0
; line  12 :
; line  13 :    /* __hromcall サブルーチンをコール */
; line  14 :    __hromcall ( 0x8100, 0, entryram );
        push    psw                                     ; カレント・レジスタ・バンクを保存
        sel     rb3                                     ; バンク 3 に切り替え
        movw    hl, #_entryram
        mov     c, #00H                                 ; 0
        call    !08100H
        pop     psw                                     ; カレント・レジスタ・バンクに復帰
        mov     a, 0FEE3H
; line  15 :    /* 書き込み時間データ設定 */
; line  16 :    entryram[7] = 0x20 ;
        mov     a, #020H                                ; 32
        mov     !_entryram + 7, a
; line  17 :    /* 消去時間データ設定 */
; line  18 :    entryram[8] = 0x4c ;
        mov     a, #04CH                                ; 76
        mov     !_entryram + 8, a
; line  19 :    entryram[9] = 0x4c ;
```

```
        mov     !_entryram + 9, a
; line  20 :    entryram[10] = 0x00 ;
        mov     a, #00H                                 ; 0
        mov     !_entryram + 10, a
; line  21 :    /* コンバージェンス時間データ設定 */
; line  22 :    entryam[11] = 0x01 ;
        inc     a
        mov     !_entryram + 11, a
; line  23 :    entryram[12] = 0x3d ;
        mov     a, #03DH                                ; 61
        mov     !_entryram + 12, a
; line  24 :    /* __hromcall サブルーチンをコール */
; line  25 :    ret = __hromcall ( 0x8100, 1, entryram );
        push    psw                                     ; カレント・レジスタ・バンクを保存
        sel     rb3                                     ; バンク 3 に切り替え
        movw    hl, #_entryram
        mov     c, #01H                                 ; 1
        call    !08100H
        pop     psw                                     ; カレント・レジスタ・バンクに復帰
        mov     a, 0FEE3H
        mov     !_ret, a
              :
        ret
```

[互換性]

(1) 他の C コンパイラから 78K0 C コンパイラ

- ファームウエア内蔵セルフ書き込みサブルーチン直接呼び出し用の関数を使用していなければ，修正は必要ありません。
- ファームウエア内蔵セルフ書き込みサブルーチン直接呼び出し用の関数に変更したい場合は，上記の方式に従い変更します。

(2) 78K0 C コンパイラから他の C コンパイラ

- “#pragma hromcall”文を削除するか，#ifdef で切り分けます。関数名として，ファームウエア内蔵セルフ書き込みサブルーチン直接呼び出し用の関数名を使用することができます。
- ファームウエア内蔵セルフ書き込みサブルーチン直接呼び出し用の関数として使用する場合は，各コンパイラの仕様により，変更が必要です（#asm，#endasm，あるいは asm ( ) ; など）。

［注意］

- この関数の関数呼び出しを行う前に，引数をエントリ RAM 領域に設定する必要があります。エントリ RAM 領域に設定する値に関しては，デバイスのユーザーズ・マニュアルを参照してください。
- 割り込み禁止処理，およびセルフ・プログラミング・モードへの移行処理は，この関数では行わないので，この関数を使う前にそれらの処理を行う必要があります。
- __hromcall，__hromcalla 関数に設定するファームウエア・エントリ・アドレス，および機能番号に設定する値は，デバイスのユーザーズ・マニュアルを参照してください。

__flashf 関数（__flashf）

関数の宣言時に __flashf 属性を先頭に追加することにより，この関数内にファームウエア内蔵セルフ書き込みサブルーチン呼び出し関数を記述する際に，その呼び出しごとにレジスタ・バンクの退避／復帰，およびレジスタ・バンク 3 に切り替えるコードが生成されなくなります。

注意　このフラッシュ機能は，フラッシュ領域セルフ書き換え機能を持たないデバイスでは，使用しないでください。使用した場合は，動作は保証されません。
この機能は，デバイスのフラッシュ・メモリ書き換え機能を有効にします。

［機能］

- 関数の先頭で，プログラム・ステータス・ワードをスタックに保存したあと，割り込み禁止，およびレジスタ・バンク 3 へ切り替えます。
- 関数の最後で，スタックに保存しておいたプログラム・ステータス・ワードを復帰します。
- 「ファームウエア内蔵セルフ書き込みサブルーチン直接呼び出し関数（#pragma hromcall）」の関数が，#pragma hromcall の宣言の有無にかかわらず，有効となります。
- 関数呼び出し側は，A（1 バイト・データの場合），または AX（2 バイト・データの場合）に引数を設定して呼び出し，関数定義側では，A，または AX で渡ってきた引数を saddr 領域（ノーマル・モデル時［0FEBAH - 0FEBFH］）にコピーします。
- オートマティック変数は，saddr 領域（ノーマル・モデル時［0FEBAH - 0FEBFH］）に割り当てます。レジスタ変数も同様です。

［効果］

- __flashf 属性を追加した関数内に，「ファームウエア内蔵セルフ書き込みサブルーチン直接呼び出し関数（#pragma hromcall）」を記述した際に，その呼び出しごとにレジスタ・バンクの退避／復帰，およびレジスタ・バンク 3 に切り替えるコードが生成されなくなります。

［方法］

- 関数の宣言時に，__flashf 属性を先頭に追加します。

［制限］

- __flashf 関数の中からは，「ファームウエア内蔵セルフ書き込みサブルーチン直接呼び出し関数（#pragma hromcall）」以外の関数を呼び出すことはできません。
- 関数引数は，char/unsigned char/int/unsigned int/short/unsigned short/ ポインタ型の 1 引数しか定義することができません。
- 戻り値，およびオートマティック変数は，char/unsigned char/int/unsigned int/short/unsigned short/ ポインタ型しか定義することができません。
- 引数，およびオートマティック変数をあわせて最大 6 バイトしか定義することができません。

- long 型演算を行うことはできません。

［使用例］

C ソースを以下に示します。

```
#pragma di
#pragma sfr
#pragma hromcall
unsigned char   entryram[32] ;
unsigned char   ret ;
__flashf        void    func ( ) {
        /* セルフ・プログラミング・モードへ移行 */
        FLSPM0 = 1 ;

        /* __hromcall サブルーチンをコール */
        __hromcall ( 0x8100, 0, entryram );
        /* 書き込み時間データ設定 */
        entryram[7] = 0x20 ;
        /* 消去時間データ設定 */
        entryram[8] = 0x4c ;
        entryram[9] = 0x4c ;
        entryram[10] = 0x00 ;
        /* コンバージェンス時間データ設定 */
        entryarm[11] = 0x01 ;
        entryram[12] = 0x3d ;
        /* __hromcall サブルーチンをコール */
        ret = __hromcall ( 0x8100, 1, entryram );
          :
}
```

コンパイラの出力オブジェクトは，以下のようになります。

```
_func ;
        push    psw             ; カレント・レジスタ・バンクを保存   ; この 3 行はコンパイラが自動生成
        di                      ; 割り込み禁止                       ;
        sel     rb3             ; バンク 3 に切り替え                ;
; line  7 :     /* セルフ・プログラミング・モードへ移行 */
; line  8 :     FLSPM0 = 1 ;
        set1    FLSPM0
; line  9 :
; line  10 :    /* __hromcall サブルーチンをコール */
; line  11 :    __hromcall ( 0x8100, 0, entryram );
        movw    hl, #_entryram
        mov     c, #00H     ; 0
        call    !08100H
```

```
; line  12 :    /* 書き込み時間データ設定 */
; line  13 :    entryram[7] = 0x20 ;
        mov     a, #020H    ; 32
        mov     [hl + 7], a
; line  14 :    /* 消去時間データ設定 */
; line  15 :    entryram[8] = 0x4c ;
        mov     a, #04CH    ; 76

        mov     [hl + 8], a
; line  16 :    entryram[9] = 0x4c ;
        mov     [hl + 9], a
; line  17 :    entryram[10] = 0x00 ;
        mov     a, #00H     ; 0
        mov     [hl + 10], a
; line  18 :    /* コンバージェンス時間データ設定 */
; line  19 :    entryram[11] = 0x01 ;
        inc     a
        mov     [hl + 11], a
; line  20 :    entryram[12] = 0x3d ;
        mov     a, #03DH    ; 61
        mov     [hl + 12], a
; line  21 :    /* __hromcall サブルーチンをコール */
; line  22 :    ret = __hromcall ( 0x8100, 1, entryram );
        mov     c, #01H     ; 1
        call    !08100H
        mov     a, b
        mov     !_ret, a
          :
        pop     psw         ; カレント・レジスタ・バンクに復帰 ; この行もコンパイラが自動生成
        ret
```

［互換性］

（1）他の C コンパイラから 78K0 C コンパイラ

- キーワード __flashf を使用していなければ，修正は必要ありません。
- __flashf 関数に変更した場合は，上記の方法に従い変更します。

（2）78K0 C コンパイラからの他の C コンパイラ

- #define により可能です（「3. 2. 5 C ソースの修正」を参照してください）。

メモリ操作関数（#pragma inline）

標準ライブラリ関数 memcpy，memset を直接インライン展開して出力し，オブジェクト・ファイルを生成します。

［機能］

- メモリ操作用標準ライブラリ関数 memcpy，memset を関数呼び出しではなく，直接インライン展開して出力し，オブジェクト・ファイルを生成します。
- #pragma 指令がない場合は，標準ライブラリ関数を呼び出すコードを生成します。

［効果］

- 標準ライブラリ関数呼び出し時と比べて，実行速度の向上を図ることができます。
- 指定文字数に定数を指定した場合は，オブジェクト・コードの短縮も図ることができます。

［方法］

- 関数呼び出しと同様の形式で，ソース中に記述します。
- 次の項目は，#pragma inline の前に記述することができます。
  - コメント
  - 他の #pragma 指令
  - プリプロセス指令のうち変数の定義／参照，関数の定義／参照を生成しないもの

［使用例］

C ソースを以下に示します。

```
#pragma inline

char    ary1[100], ary2[100] ;

void main ( void ) {
        memset ( ary1, 'A', 50 ) ;
        memcpy ( ary1, ary2, 50 ) ;
}
```

（1）-sm 指定なしの場合

コンパイラの出力オブジェクトは，以下のようになります。

```
_main :
        push    hl
; line  5 :     memset ( ary1, 'A', 50 );
        movw    de, #_ary1
```

```
        mov     a, #041H        ; 65
        mov     c, #032H        ; 50
        mov     [de], a
        incw    de
        dbnz    c, $$-2
; line  6 :     memcpy ( ary1, ary2, 50 );
        movw    de, #_ary1
        movw    hl, #_ary2
        mov     c, #032H        ; 50
        mov     a, [hl]
        mov     [de], a
        incw    de
        incw    hl
        dbnz    c, $$-4
; line  7 :     }
        pop     hl
        ret
```

（2）-sm 指定ありの場合

コンパイラの出力オブジェクトは，以下のようになります。

```
_main :
        push    de
; line  5 :     memset ( ary1, 'A', 50 );
        movw    hl, #_ary1
        mov     a, #041H        ; 65
        mov     c, #032H        ; 50
        mov     [hl], a
        incw    hl
        dbnz    c, $$-2
; line  6 :     memcpy ( ary1, ary2, 50 );
        movw    hl, #_ary1
        movw    de, #_ary2
        mov     c, #032H        ; 50
        mov     a, [de]
        mov     [hl], a
        incw    de
        incw    hl
        dbnz    c, $$-4
; line  7 :     }
        pop     de
        ret
```

［互換性］

（1）他の C コンパイラから 78K0 C コンパイラ

- メモリ操作用の関数を使用していなければ，修正は必要ありません。
- メモリ操作用の関数に変更したい場合は，上記の方法に従い変更します。

（2）78K0 C コンパイラから他の C コンパイラ

- “#pragma inline”指令を削除，または #ifdef で切り分けます。

絶対番地配置指定（__directmap）

絶対番地に配置する変数を定義したいモジュール中で __directmap 宣言を行うことにより，任意のアドレスに変数を配置することができます。

［機能］

- __directmap 宣言された外部変数，および関数内 static 変数の初期値を配置アドレス指定とみなして，指定アドレスに変数を配置します。変数アドレスは整数で指定してください。
- C ソース中における __directmap 変数は，通常の変数と同様に扱います。
- 初期値を配置アドレス指定とみなすため，初期値を定義することができず，初期値は不定となります。
- 指定可能なアドレス指定範囲，指定アドレスに対する領域確保用モジュールがリンクされる領域確保範囲，および変数の重複チェック範囲は，次のとおりです。

項目	範囲
アドレス指定範囲	0x80 - 0xffff
領域確保範囲	0xfd00 - 0xfeff
重複チェック範囲	0xf000 - 0xfeff

- アドレス指定がアドレス指定範囲外の場合は，エラーを出力します。
- __directmap で宣言された変数は，以下の領域の境界をまたいで配置することはできません。配置した場合，エラーを出力します。
  - saddr 領域（0xfe20 ～ 0xfeff）
  - sfr 領域，saddr 領域が重なる領域（0xff00 ～ 0xff1f）
  - sfr 領域（0xff20 ～ 0xffff）
- __directmap 宣言された変数の配置アドレスが重複し，重複チェック範囲内であれば，警告メッセージ（W0762）を出力して，重なった変数名を表示します。
- アドレス指定範囲が saddr 領域内の場合は，__sreg 宣言を自動的に付与し，saddr 命令を生成します。
- __directmap 宣言された char/unsigned char/short/unsigned short/int/unsigned int/long/unsigned long 型変数に対してビット参照を行う場合は，sreg/__sreg を併用する必要があります。併用しない場合は，エラーとします。

［効果］

- 任意のアドレスに変数を配置することができ，同じアドレスに複数の変数を重ねて配置することができます。

［方法］

- 絶対番地に配置する変数を定義したいモジュール中で，__directmap 宣言を行います。

```
__directmap                  型名    変数名 = 配置アドレス指定 ;
__directmap static           型名    変数名 = 配置アドレス指定 ;
__directmap __sreg           型名    変数名 = 配置アドレス指定 ;
__directmap __sreg static    型名    変数名 = 配置アドレス指定 ;
```

- 構造体／共用体／配列に対して __directmap 宣言を行う場合は，{ } で囲んでアドレス指定を行います。
- __directmap 外部変数を参照するモジュール中では，__directmap の宣言は不要で，extern 宣言のみ行います。

```
extern                       型名    変数名 ;
extern      __sreg           型名    変数名 ;
```

- saddr 領域内に配置した __directmap 外部変数を参照するモジュール中で saddr 命令を生成するには，__sreg を併用して extern __sreg 型名変数名 ; とする必要があります。

［制限］

- 関数引数，戻り値，およびオートマチック変数には指定することができません。指定した場合は，エラーとなります。
- short/unsigned short/int/unsigned int/long/unsigned long 型変数を奇数番地に配置した場合，__directmap 宣言を行ったファイル内では正常なコードが生成されますが，別ファイルから extern 宣言で参照した場合，不正コードとなります。
- 領域確保範囲外のアドレス指定を行った場合，変数領域は確保されないので，ディレクティブ・ファイルを記述するか，領域確保用モジュールを別途作成する必要があります。

［使用例］

C ソースを以下に示します。

```
__directmap     char    c = 0xfe00 ;
__directmap     __sreg  char    d = 0xfe20 ;
__directmap     __sreg  char    e = 0xfe21 ;
__directmap     struct  x {
        char    a ;
        char    b ;
} xx = { 0xfe30 };

void    main ( ) {
        c = 1 ;
        d = 0x12 ;
        e.5 = 1 ;
        xx.a = 5 ;
        xx.b = 10 ;
}
```

コンパイラの出力オブジェクトは，以下のようになります。

```
        PUBLIC  _c
        PUBLIC  _d
        PUBLIC  _e
        PUBLIC  _xx
        PUBLIC  _main
_c      EQU     0FE00H                  ; __directmap 宣言された変数は
_d      EQU     0FE20H                  ; EQU でアドレスを定義
_e      EQU     0FE21H                  ;
_xx     EQU     0FE30H                  ;
        EXTRN   __mmfe00                ; 領域確保モジュール・リンク用
        EXTRN   __mmfe20                ; EXTRN 出力
        EXTRN   __mmfe21                ;
        EXTRN   __mmfe30                ;
        EXTRN   __mmfe31                ;
@@CODE  CSEG
_main :
; line  10 :    c = 1 ;
        mov     a, #01H ;1
        mov     !_c, a
; line  11 :    d = 0x12 ;
        mov     _d, #012H               ; アドレス指定が saddr 領域内のため，
                                        ; saddr 命令を出力
; line  12 :    e.5 = 1 ;
        set1    _e.5                    ; __sreg と併用しているため，ビット操作可能
; line  13 :    xx.a = 5 ;
        mov     _xx, #05H               ; アドレス指定が saddr 領域内のため，
                                        ; saddr 命令を出力
; line  14 :    xx.b = 10 ;
]
        mov     _xx + 1, #0AH           ; アドレス指定が saddr 領域内のため，
                                        ; saddr 命令を出力
; line  15 :    }
        ret
```

［互換性］

（1）他の C コンパイラから 78K0 C コンパイラ

- キーワード __directmap を使用していなければ，修正する必要はありません。
- __directmap 変数に変更したい場合は，前記の方法に従い変更します。

（2）78K0 C コンパイラから他の C コンパイラ

- #define により可能です（「3. 2. 5 C ソースの修正」を参照してください）。
- 絶対番地配置指定として使用する場合は，各コンパイラの仕様により変更が必要です。

スタティック・モデル拡張仕様（-zm）

コンパイル時に -zm オプションを指定することにより，既存スタティック・モデルの制限事項が緩和され，記述性が向上します。

［機能］

- _@NRAT00 ～ _@NRAT07 の 8 バイトの saddr 領域を引数用，ワーク用として，コンパイラの予約領域として確保します。
- 引数とオートマティック変数に対して，__temp 宣言を行うことにより，テンポラリ変数を使用可能とします（「テンポラリ変数（__temp）」を参照してください）。
- 引数の宣言数を 3 個から，int サイズで 6 個，char サイズで 9 個まで記述可能とします。第 4 引数以降は，呼び出し側で _@NRAT00 ～ _@NRAT05 の領域に引数を設定し，呼ばれた側で別領域にコピーします。ただし，呼ばれた側が leaf 関数，または引数に対して __temp 宣言が行われている場合は，コピーは行わず，引数を設定した _@NRATxx の領域をそのまま使用します。
- 引数に，2 バイト・サイズ以下の構造体／共用体を記述可能とします。
- 関数戻り値に，構造体／共用体を記述可能とします。
  サイズが 2 バイト以下の場合は，値を返します。
  サイズが 3 バイト以上の場合は，返却値格納用静的領域を確保してこの領域に戻り値を格納し，返却値格納用静的領域の先頭アドレスを返します。
- leaf 関数の共有領域として，_@NRAT00 ～ _@NRAT07 の 8 バイトの領域も使用します。共有領域の割り当ては，-sm 指定で確保した _@KREGxx 領域より先に，_@NRAT00 ～ _@NRAT07 の 8 バイトの領域に割り当てます。
- 配列／共用体／構造体に対しても，_@NRATxx , -sm 指定で確保した _@KREGxx 領域に収まるサイズであれば，_@NRATxx , _@KREGxx に割り当てます。
- 割り込み関数の退避対象は，次のとおりです。

復帰／退避領域	NO BANK	関数コールあり				関数コールなし			
		-zm1		-zm2		-zm1		-zm2	
		スタック	RBn	スタック	RBn	スタック	RBn	スタック	RBn
使用レジスタ	×	×	×	×	×	○	×	○	×
全レジスタ	×	○	×	○	×	×	×	×	×
全 _@NRATxx 領域	×	○	○	○	○	×	×	×	×
全 _@KREGxx 領域	×	○	○	×	×	×	×	×	×
使用 _@KREGxx 領域	×	×	×	○	○	×	×	○	○

スタック　：スタック使用指定
RBn　　：レジスタ・バンク指定
○　　：退避する
×　　：退避しない

ただし，#pragma interrupt 指定時に次のように指定することにより，退避対象を限定することができます。

SAVE_R（退避／復帰対象をレジスタに限定）

SAVE_RN（退避／復帰対象をレジスタ，_@NRATxx に限定）

- -zm1 オプションと -zm2 オプションの相違点は，-sm 指定で確保した _@KREGxx 領域の取り扱いのみです。

-zm1 オプション指定時は，leaf 関数の共有領域のみ，_@KREGxx を使用します。

-zm2 オプション指定時は，_@KREGxx 領域の退避／復帰を行い，_@KREGxx 領域に引数，オートマティック変数を割り当てます（ノーマル・モデルの -qr オプション互換）。

- -sm オプション未指定時に，-zm オプションが指定された場合は，警告メッセージ（W0055）を出力し，-zm オプション指定を無視します。

［効果］

- 既存スタティック・モデルの制限事項を緩和できるため，記述性が向上します。

［方法］

- コンパイル時に，-sm オプションとともに -zm オプションを指定します。

［使用例］

（1）例 1

C ソースを以下に示します。

```
char    func1 ( char a, char b, char c, char d, char e );
char    func2 ( char a, char b, char c, char d );
void    main ( ) {
        char    a = 1, b = 2, c = 3, d = 4, e = 5, r ;
        r = func1 ( a, b, c, d, e );
}
char    func1 ( char a, char b, char c, char d, char e ) {
        char    r ;

        r = func2 ( a, b, c, d );
        return  e + r ;
}
char    func2 ( char a, char b, char c, char d ) {
        return  a + b + c + d ;
}
```

（a）-sm8 -zm1 -qc 指定ありの場合

コンパイラの出力オブジェクトは，以下のようになります。

```
_main :
; line  5 :     char    a = 1, b = 2, c = 3, d = 4, e = 5, r ;
        mov     a, #01H         ; 1
        mov     !L0003, a       ; a
        inc     a
        mov     !L0004, a       ; b
        inc     a
        mov     !L0005, a       ; c
        inc     a
        mov     !L0006, a       ; d
        inc     a
        mov     !L0007, a       ; e
; line  6 :
; line  7 :     r = func1 ( a, b, c, d, e );
        mov     _@NRAT01, a     ; 第 5 引数を引数受け渡し用 saddr 領域に設定
        mov     a, !L0006       ; d
        mov     _@NRAT00, a     ; 第 4 引数を引数受け渡し用 saddr 領域に設定
        mov     a, !L0005       ; c
        mov     h, a
        mov     a, !L0004       ; b
        mov     b, a
        mov     a, !L0003       ; a
        call    !_func1
        mov     !L0008, a       ; r
; line  8 :     }
        ret
; line  9 :     char    func1 ( char a, char b, char c, char d, char e ) {
_func1 :
        mov     !L0011, a
        mov     a, b
        mov     !L0012, a
        mov     a, h
        mov     !L0013, a
        mov     a, _@NRAT00     ; 静的領域にコピー
        mov     !L0014, a       ;
        mov     a, _@NRAT01     ; 静的領域にコピー
        mov     !L0015, a
; line  10 :    char    r ;
; line  11 :
; line  12 :    r = func2 ( a, b, c, d )
        mov     a, !L0014       ; d
        mov     _@NRAT00,a       ; 第 4 引数を引数受け渡し用 saddr 領域に設定
        mov     a, !L0013       ; c
        mov     h, a
        mov     a, !L0012       ; b
```

```
        mov     b, a
        mov     a, !L0011       ; a
        call    !_func2
        mov     !L0016, a       ; r
; line  13 :    return  e + r ;
        add     a, !L0015       ; e
L0010 :
; line  14 :    }
        ret
; line  15 :    char    func2 ( char a, char b, char c, char d ) {
_func2 :
        mov     _@NRAT01, a
        mov     a, b
        mov     _@NRAT02, a
        mov     a, h
        mov     _@NRAT03, a
; line  16 :    return  a + b + c + d ;
        mov     a, _@NRAT01     ; a
        add     a, _@NRAT02     ; b
        add     a, _@NRAT03     ; c
        add     a, _@NRAT00     ; d leaf 関数時は _@NRAT00 をそのまま使用
L0018 :
; line  17 :    }
        ret
```

（b）-sm8 -zm2 -qc 指定ありの場合

コンパイラの出力オブジェクトは，以下のようになります。

```
@@CODE  CSEG
_main :
        movw    ax, _@KREG10    ;
        push    ax              ; _@KREG10 ～ _@KREG15 領域の退避
        movw    ax, _@KREG12    ;
        push    ax              ;
        movw    ax, _@KREG14    ;
        push    ax              ;
; line  5 :     char    a = 1, b = 2, c = 3, d = 4, e = 5, r ;
        mov     _@KREG15, #01H  ; a, 1 _@KREG11 ～ _@KREG15 に変数を配置
        mov     _@KREG14, #02H  ; b, 2
        mov     _@KREG13, #03H  ; c, 3
        mov     _@KREG12, #04H  ; d, 4
        mov     _@KREG11, #05H  ; e, 5
; line  6 :
; line  7 :     r = func1 ( a, b, c,  d, e );
        mov     a, _@KREG11     ; e
```

```
        mov     _@NRAT01, a     ; 第 5 引数を引数受け渡し用 saddr 領域に設定
        mov     a, _@KREG12     ; d
        mov     _@NRAT00, a     ; 第 4 引数を引数受け渡し用 saddr 領域に設定
        mov     a, _@KREG13     ; c
        mov     h, a
        mov     a, _@KREG14     ; b
        mov     b, a
        mov     a, _@KREG15     ; a
        call    !_func1
        mov     _@KREG10, a     ; r
; line  8 :     }
        pop     ax              ;
        mov     w_@KREG14, ax   ; _@KREG10 ～ _@KREG15 領域の復帰
        pop     ax              ;
        mov     w_@KREG12, ax   ;
        pop     ax              ;
        mov     w_@KREG10, ax   ;
        ret
; line  9 :     char func1 ( char a, char b, char c, char d, char e ) {
_func1 :
        mov     _@NRAT06, a     ; a レジスタの退避
        movw    ax, _@KREG10    ;
        push    ax              ; _@KREG10 ～ _@KREG15 領域の退避
        movw    ax, _@KREG12    ;
        push    ax              ;
        movw    ax, _@KREG14    ;
        push    ax              ;
        mov     a, _@NART06     ; a レジスタの復帰
        mov     _@KREG15, a
        movw    ax, bc
        mov     _@KREG14, a
        movw    ax, hl
        mov     _@KREG13, a
        mov     a, _@NART00     ; _@KREG12 にコピー
        mov     _@KREG12, a
        mov     a, _@NART01     ; _@KREG11 にコピー
        mov     _@KREG11, a
; line  10 :    char r ;
; line  11 :
; line  12 :    r = func2 ( a, b, c, d )
        mov     a,  _@KREG12    ; d
        mov     _@NRAT00, a     ; 第 4 引数を引数受け渡し用 saddr 領域に設定
        mov     a, _@KREG13     ; c
        mov     h, a
        mov     a, _@KREG14     ; b
```

```
        mov     b, a
        mov     a, _@KREG15     ; a
        call    !_func2
        mov     _@KREG10, a     ; r
; line  13 :    return e + r ;
        add     a, _@KREG11     ; e
L0004 :
; line  14 :    }
        movw    hl, ax          ; a レジスタの退避
        pop     ax              ;
        movw    _@KREG14, ax    ; _@KREG10 ～ _@KREG15 領域の復帰
        pop     ax              ;
        movw    _@KREG12, ax    ;
        pop     ax              ;
        movw    _@KREG10, ax    ;
        movw    ax, hl          ; a レジスタの復帰
        ret
; line  15 :    char func2 ( char a, char b, char c, char d ) {
_func2 :
        mov     _@NRAT01, a
        mov     a, b
        mov     _@NRAT02, a
        mov     a, h
        mov     _@NRAT03, a
; line  16 :    return a + b + c + d ;
        mov     a, _@NRAT01     ; a
        add     a, _@NRAT02     ; b
        add     a, _@NRAT03     ; c
        add     a, _@NRAT00     ; d leaf 関数は _@NRAT00 をそのまま使用
L0006 :
; line  17 :    }
        ret
```

(2) 例 2

C ソースを以下に示します。

```
__sreg  struct  x {
        unsigned char   a ;
        unsigned char   b : 1 ;
        unsigned char   c : 1 ;
} xx, yy ;
__sreg  struct  y {
        int     a ;
        int     b ;
} ss, tt ;
```

```
struct  x       func1 ( struct x );
struct  y       func2 ( );
void main ( ) {
        yy = func1( xx );
        tt = func2 ( );
}
struct  x       func1 ( struct x aa ) {
        aa.a = 0x12 ;
        aa.b = 0 ;
        aa.c = 1 ;
        return aa ;
}
struct  y       func2 ( ) {
        return  tt ;
}
```

(a) -sm -zm 指定ありの場合

コンパイラの出力オブジェクトは，以下のようになります。

```
@@CODE  CSEG
_main :
; line  14 :    yy = func1 ( xx );
        movw    ax, _xx
        call    !_func1
        movw    _yy, ax
; line  15 :    tt = func2 ( );
        call    !_func2
        movw    hl, ax
        push    de
        movw    de, #_tt
        mov     c, #04H                 ; 4
        mov     a, [hl]
        mov     [de], a
        incw    hl
        incw    de
        dbnz    c, $$-4
        pop     de
; line  16 :    }
        ret
; line  17 :    struct  x       func1 ( struct x aa ) {
_func1 :
        movw    _@NRAT00, ax
; line  18 :    aa.a = 0x12 ;
        mov     _@NRAT00, #012H         ; aa, 18
; line  19 :    aa.b = 0 ;
```

```
        clr1    _@NRAT01.0
; line  20 :    aa.c = 1 ;
        set1    _@NRAT01.1
; line  21 :    return  aa ;
        movw    ax, _@NRAT00            ; aa 2バイト以下なので値返し
; line  22 :    }
        ret
; line  23 :    struct  y       func2 ( ) {
; line  24 :    return  tt ;
        movw    hl, #_tt                ; 3バイト以上なので，静的領域を確保し，
        push    de                      ; 静的領域に戻り値をコピー
        movw    de, #L0007
        mov     c, #04H                 ; 4
        mov     a, [hl]
        mov     [de], a
        incw    hl
        incw    de
        dbnz    c, $$-4
        pop     de
        movw    ax, #L0007              ; 静的領域の先頭アドレスを返す
; line  25 :    }
        ret
```

［互換性］

（1）他の C コンパイラから 78K0 C コンパイラ

- ソースの修正は必要ありません。

（2）78K0 C コンパイラから他の C コンパイラ

- ソースの修正は必要ありません。

テンポラリ変数（__temp）

コンパイル時に -sm，-zm オプションを指定し，引数とオートマティック変数に対して __temp 宣言を行うことにより，引数，オートマティック変数領域を節約することができます。

［機能］

- leaf 関数に該当する／しないにかかわらず，引数，オートマティック変数を _@NRAT00 ～ _@NRAT07 の領域に割り当てます。_@NRAT00 ～ _@NRAT07 領域に割りあたらなかった場合は，__temp 宣言がない場合と同じ扱いとします。
- __temp 宣言された引数とオートマティック変数は，関数呼び出し時に値が破壊されます。
- 外部変数と static 変数には，__temp を宣言することはできません。
- __sreg 宣言を併用した場合，char/unsigned char/short/unsigned short/int/unsigned int 変数をビット操作可能とします。
- -sm，-zm オプションが指定されていない場合に __temp 宣言を行うと，警告メッセージ（W0339）を出力して，ファイル中の __temp 宣言を無視します。

［効果］

- __temp 宣言された引数とオートマティック変数は，_@NRAT00 ～ _@NRAT07 領域で共有されるため，引数とオートマティック変数領域を節約することができます。
- 引数とオートマティック変数の生存区間が明確に分かっていて，関数呼び出しの前後で値の一致が保証される必要がない変数に対して適用すると，メモリを節約することができます。

［方法］

- コンパイル時に -sm，-zm オプションを指定し，引数とオートマティック変数に対して __temp 宣言を行います。

［制限］

- 関数呼び出し時の引数が 3 引数以下の場合は，関数呼び出し時の引数に，__temp 宣言された引数とオートマティック変数を記述することができます。
  4 引数以上ある場合は，引数評価時に値が破壊される可能性があるため，記述した場合の値は保証されません。

［使用例］

C ソースを以下に示します。

```
void    func1 ( __temp char a, char b, char c, __sreg __temp char d );
void    func2 ( char a );
void    main ( ) {
        func1 ( 1, 2, 3, 4 );
}
```

```
void    func1 ( __temp char a, char b, char c, __sreg __temp char d ) {
        __temp  char    r ;

        d.1 = 0 ;
        r = a + b + c + d ;
        func2 ( r );
}
void    func2 ( char r ) {
        int     a = 1, b = 2 ;
        r++ ;
}
```

（1）-sm -zm -qc 指定ありの場合

コンパイラの出力オブジェクトは，以下のようになります。

```
@@CODE  CSEG
_main :
; line  5 :     func1 ( 1, 2, 3, 4 );
        mov     a, #04H         ; 4
        mov     _@NRAT00, a
        mov     h, #03H         ; 3
        mov     b, #02H         ; 2
        mov     a, #01H         ; 1
        call    !_func1
; line  6 :     }
        ret
; line  7 :     void func1 ( __temp char a, char b, char c, __sreg __temp char d ) {
_func1 :
        mov     _@NRAT01, a     ; _@NRAT01 に割り当て
        mov     a, b
        mov     !L0005, a
        mov     a, h
        mov     !L0006, a
                                ; _@NRAT00 割り当ての引数はそのまま
; line  8 :     __temp  char    r ;
; line  9 :
; line  10 :    d.1 = 0 ;
        clr1    _@NRAT00.1      ; ビット操作可能
; line  11 :    r = a + b + c + d ;
        mov     a, _@NRAT01     ; a
        add     a, !L0005       ; b
        add     a, !L0006       ; c
        add     a, _@NRAT00     ; d
        mov     _@NRAT02, a     ; r  _@NRAT02 を使用
; line  12 :    func2 ( r );
```

```
        call    !_func2
; line  13 :    }
                                ; リターン後は _@NRAT00 ～ _@NRAT02 の値は変化している
        ret

; line  14 :    void    func2 ( char r ) {
_func2 :
        mov     _@NRAT00, a
; line  15 :    int     a = 1, b = 2 ;
        movw    _@NRAT02, #01H  ; a, 1
        movw    _@NRAT04, #02H   ; b, 2
; line  16 :    r++ ;
        inc     _@NRAT00
; line  17 :    }
        ret
```

［互換性］

（1）他の C コンパイラから 78K0 C コンパイラ

- 予約語 __temp を使用していなければ，修正の必要はありません。
- テンポラリ変数に変更したい場合は，前記の方法に従い変更します。

（2）78K0 C コンパイラから他の C コンパイラ

- #define により可能です（「3. 2. 5　C ソースの修正」を参照してください）。

  この変更により，__temp 変数は通常の変数として扱われます。

プロローグ／エピローグ対応ライブラリ（-zd）

コンパイル時に -zd オプションを指定することにより，プロローグ／エピローグ・コードがライブラリに置換され，オブジェクト・コードを短縮することができます。

［機能］

- プロローグ／エピローグ・コードの特定パターンをライブラリ呼び出しに置換します。
- ユーザが使用できる callt の数が，ノーマル・モデル時に 2 個，スタティック・モデル時に最大 10 個減ります。
- ノーマル・モデル時のライブラリ置換パターンは，次のとおりです。

  HL，_@KREGxx 退避／コピー，スタック・フレーム確保　→　callt [@@cprep2]

  HL，_@KREGxx 復帰，スタック・フレーム解放　→　callt [@@cdisp2]
- スタティック・モデル時の引数に対する _@NRATxx，_@KREGxx の割り当ては，最初の 3 引数が次に述べるパターンにあてはまるように配置します。また，char/int 混在の場合は，int 型複数引数のパターンにあてはまるように配置間隔を調整します。
- スタティック・モデル時のライブラリ置換パターンは，次のとおりです。

（1）char 2 引数用

```
mov     _@NRAT00, a      →      callt [@@nrcp2]
mov     a, b
mov     _@NRAT01, a

mov     _@KREG15, a      →      callt [@@krcp2]
mov     a, b
mov     _@KREG14, a
```

（2）char 3 引数用

```
mov     _@NRAT05, a      →      callt [@@nrcp3]
mov     a, b
mov     _@NRAT06, a
mov     a, h
mov     _@NRAT07, a

mov     _@KREG15, a      →      callt [@@krcp3]
mov     a, b
mov     _@KREG14, a
mov     a, h
mov     _@KREG13, a

mov     _@NRAT06, a      →      call !@@nkrc3
mov     a, b
```

```
mov     _@NRAT07, a
mov     a, h
mov     _@KREG15, a
```

(3) int 2 引数用

```
movw    _@NRAT00, ax      →       callt [@@nrip2]
movw    ax, bc
movw    _@NRAT02, ax

movw    _@KREG14, ax      →       callt [@@krip2]
movw    ax, bc
movw    _@KREG12, ax
```

(4) int 3 引数用

```
movw    _@NRAT02, ax      →       callt [@@nrip3]
movw    ax, bc
movw    _@NRAT04, ax
movw    ax, hl
movw    _@NRAT06, ax

movw    _@KREG14, ax      →       callt [@@krip3]
movw    ax, bc
movw    _@KREG12, ax
movw    ax, hl
movw    _@KREG10, ax

movw    _@NRAT04, ax      →       call !@@nkri31
movw    ax, bc
movw    _@NRAT06, ax
movw    ax, hl
movw    _@KREG14, ax

movw    _@NRAT06, ax      →       call !@@nkri32
movw    ax, bc
movw    _@KREG14, ax
movw    ax, hl
movw    _@KREG12, ax
```

(5) 退避／復帰用

```
_@NRAT00 ～ _@NRAT07 退避  →       callt [@@nrsave]

_@NRAT00 ～ _@NRAT07 復帰  →       callt [@@nrload]
```

```
_@KREG14 ～ 15 退避        →      call !@@krs02

_@KREG12 ～ 15 退避        →      call !@@krs04
                           →      call !@@krs04i
_@KREG10 ～ 15 退避        →      call !@@krs06
                           →      call !@@krs06i
_@KREG08 ～ 15 退避        →      call !@@krs08
                           →      call !@@krs08i

_@KREG06 ～ 15 退避        →      call !@@krs10
                           →      call !@@krs10i

_@KREG04 ～ 15 退避        →      call !@@krs12
                           →      call !@@krs12i

_@KREG02 ～ 15 退避        →      call !@@krs14
                           →      call !@@krs14i

_@KREG00 ～ 15 退避        →      call !@@krs16
                           →      call !@@krs16i

_@KREG14 ～ 15 復帰        →      call !@@krl02

_@KREG12 ～ 15 復帰        →      call !@@krl04
                           →      call !@@krl04i

_@KREG10 ～ 15 復帰        →      call !@@krl06
                           →      call !@@krl06i
_@KREG08 ～ 15 復帰        →      call !@@krl08
                           →      call !@@krl08i

_@KREG06 ～ 15 復帰        →      call !@@krl10
                           →      call !@@krl10i

_@KREG04 ～ 15 復帰        →      call !@@krl12
                           →      call !@@krl12i

_@KREG02 ～ 15 復帰        →      call !@@krl14
                           →      call !@@krl14i

_@KREG00 ～ 15 復帰        →      call !@@krl16
                           →      call !@@krl16i
```

[効果]

- プロローグ／エピローグ・コードをライブラリに置換することにより，オブジェクト・コードを短縮することができます。

[方法]

- コンパイル時に -zd オプションを指定します。

[制限]

- フラッシュ領域配置指定オプション -zf は，同時に指定することはできません。指定した場合は，警告メッセージ（W0054）を出力して，-zd オプションを無視します。

[使用例]

（1）例 1

C ソースを以下に示します。

```
int     func1 ( int a, int b, int c );
int     func2 ( int a, int b, int c );
void    main ( ) {
        int     r ;

        r = func1 ( 1, 2, 3 );
}
int     func1 ( int a, int b, int c ) {
        return  func2 ( a + 1, b + 1, c + 1 );
}
int     func2 ( int a, int b, int c ) {
        return  a + b + c ;
}
```

（a）-sm8 -zm2d -qc 指定時

```
@@CODE  CSEG
_main :
        movw    ax, _@KREG14
        push    ax
; line  5 :     int     r ;
; line  6 :
; line  7 :     r = func1 ( 1, 2, 3 );
        movw    hl, #03H        ; 3
        movw    bc, #02H        ; 2
```

```
        movw    ax, #01H        ; 1
        call    !_func1
        movw    _@KREG14, ax    ; r
; line  8 :     }
        pop     ax
        movw    _@KREG14, ax
        ret
; line  9 :     int     func1 ( int a, int b, int c ) {
_func1 :
        call    !@@krs06
        callt   [@@krip3]
; line  10 :    return  func2 ( a + 1, b + 1, c + 1 );
        movw    ax, _@KREG10    ; c
        incw    ax
        movw    hl, ax
        movw    ax, _@KREG12    ; b
        incw    ax
        movw    bc, ax
        movw    ax, _@KREG14    ; a
        incw    ax
        call    !_func2
L0004 :
; line  11 :    }
        call    !@@krl06
        ret
; line  12 :    int     func2 ( int a, int b, int c ) {
_func2 :
        callt   [@@nrip3]
; line  13 :    return  a + b + c ;
        movw    ax, _@NRAT02    ; a
        xch     a, x
        add     a, _@NRAT04     ; b
        xch     a, x
        addc    a, _@NRAT05     ; b
        xch     a, x
        add     a, _@NRAT06     ; c
        xch     a, x
        addc    a, _@NRAT07     ; c
L0006 :
; line  14 :    }
        ret
```

(2) 例 2

C ソースを以下に示します。

```
int     func ( register int a, register int b );
void    main ( ) {
        register int    a = 1, b = 2, c = 3, r ;
        r = func ( a, b );
}
int     func ( register int a, register int b ) {
        register int    r ;

        r = a + b ;
        return  r ;
}
```

(a) -qr -zd 指定時

コンパイラの出力オブジェクトは，以下のようになります。

```
@@CODE  CSEG
_main :
        movw    de, #0300H
        callt   [@@cprep2]
; line  4 :     register int    a = 1, b = 2, c = 3, r ;
        movw    hl, #01H        ; 1
        movw    _@KREG00, #02H ; b, 2
        movw    _@KREG02, #03H ; c, 3
; line  5 :
; line  6 :     r = func ( a, b );
        movw    ax, _@KREG00    ; b
        push    ax
        movw    ax, hl
        call    !_func
        pop     ax
        movw    ax, bc
        movw    _@KREG04, ax    ; r
; line  7 :     }
        movw    ax, #0300H
        callt   [@@cdisp2]
        ret
; line  8 :     int     func ( register int a, register int b ) {
_func :
        movw    de, #0C940H
        callt   [@@cprep2]
; line  9 :     register int    r ;
; line  10 :
```

```
; line  11 :    r = a + b ;
        movw    ax, hl
        xch     a, x
        add     a, _@KREG12     ; a
        xch     a, x
        addc    a, _@KREG13     ; a
        movw    _@KREG00, ax    ; r
; line  12 :    return  r ;
        movw    bc, ax
L0004 :
; line  13 :    }
        movw    ax, #0C940H
        callt   [@@cdisp2]
        ret
```

［互換性］

（1）他の C コンパイラから 78K0 C コンパイラ

- ソースの修正は必要ありません。
- プロローグ／エピローグ・コードをライブラリに置換したい場合は，前記の方法に従い変更します。

（2）78K0 C コンパイラから他の C コンパイラ

- ソースの修正は必要ありません。

［注意］

- スタティック・モデル時の引数コピー・パターンは，最初の 3 引数以内に対して register 指定がない場合，または最初の 3 引数以内に対してすべて __temp 指定を行っている場合のみ，パターン・マッチングします。したがって，-qv オプション指定，および最初の 3 引数以内で部分的に register/__temp 指定を行うと，パターン・マッチングしないため，-zd オプション指定の効果が得ることができなくなります。

3. 2. 5　C ソースの修正

拡張機能を使用することにより，効率の良いオブジェクトを生成することができます。しかし，拡張機能は78K0 に即したもので，他に利用するためには修正が必要になる場合があります。

ここでは，他の C コンパイラから 78K0 C コンパイラへの移植と，78K0 C コンパイラから他の C コンパイラへの移植の 2 つの場合について，その方法を説明します。

（1）他の C コンパイラから 78K0 C コンパイラ

- #pragma 注

  他の C コンパイラが #pragma をサポートしている場合は，C ソースを修正する必要があります。修正方法は，その C コンパイラの仕様によって検討します。

- 拡張仕様

  他の C コンパイラがキーワードを追加するなどの仕様の拡張を行っている場合は，修正する必要があります。修正方法はその C コンパイラの仕様によって検討します。

注 ANSI でサポートされている前処理指令の 1 つで，#pragma に続く文字列をコンパイラへの指令として認識させるものです。その指令がコンパイラによってサポートされていなければ，#pragma 指令は無視され，コンパイルが続けられて正常に終了します。

（2）78K0 C コンパイラから他の C コンパイラ

- 78K0 C コンパイラは，拡張機能としてキーワードの追加を行っているため，他の C コンパイラへ移植するためには，キーワードを削除するか，#ifdef で切り分けなければなりません。

例を以下に示します。

（a）キーワードを無効にする（callf，sreg，noauto，norec なども同様）

```
#ifndef __K0__
#define callt           /* callt 関数を通常の関数にします。*/
#endif
```

（b）他の型に変更する

```
#ifndef __K0__
#define bit     char    /* bit 型変数を char 型変数にします。*/
#endif
```

3. 3　関数呼び出しインタフェース

関数呼び出し時の関数間インタフェースについて次の内容を説明します。

- 戻 り 値（すべての関数で共通）
- 通常関数呼び出しインタフェース
- noauto 関数呼び出しインタフェース（ノーマル・モデルのみ）
- norec 関数呼び出しインタフェース（ノーマル・モデルのみ）
- スタティック・モデルの関数呼び出しインタフェース
- パスカル関数呼び出しインタフェース

3. 3. 1　戻 り 値

関数の戻り値は，レジスタ，またはキャリー・フラグに格納します。

戻り値の格納場所を以下に示します。

表 3―13　戻り値の格納場所

型	格納場所	
	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
1 バイト整数	BC	A
2 バイト整数		AX
4 バイト整数	BC（下位），DE（上位）	サポートしない
ポインタ （バンク機能（-mf）未使用時）	BC	AX
ポインタ （バンク機能（-mf）使用時）	BC（データ・ポインタ） BC（下位），DE（上位）（関数ポインタ）	サポートしない
構造体，共用体	BC（関数固有の領域にコピーした場合，構造体，共用体の先頭アドレス）	サポートしない
1 ビット	CY（キャリー・フラグ）	CY（キャリー・フラグ）
浮動小数点数（float 型）	BC（下位），DE（上位）	サポートしない
浮動小数点数（double 型）	BC（下位），DE（上位）	サポートしない

3. 3. 2　通常関数呼び出しインタフェース

引数の割り当て場所がすべてレジスタで，自動変数が存在しない関数の場合は，noauto 関数呼び出しインタフェースと同様です。

(1) 引数の渡し方

- 引数には，レジスタに割り当てる引数と通常の引数があります。
- レジスタに割り当てる引数は，レジスタ宣言した引数であり，割り当て可能なレジスタ，_@KREGxx がある間，レジスタ，_@KREGxx に割り当たります。ただし，_@KREGxx への割り当ては，-qr 指定時のみ行います。以下，レジスタ，_@KREGxx に割り当たる引数をレジスタ引数と呼びます。
- _@KREGxx については，「3. 4　saddr 領域のラベル一覧」を参照してください。

- 残りの引数は，スタックに割り当たります。
- 関数呼び出し側では，レジスタ宣言された引数，通常の引数ともに同じ方法で渡します。第 2 引数以降は，スタックで渡し，第 1 引数はレジスタ，またはスタックで渡します。
- 関数定義側では，レジスタ，またはスタックで渡ってきた引数を引数割り当て場所に格納します。
- レジスタ引数は，レジスタ，または _@KREGxx にコピーします。受け渡しがレジスタの場合でも，関数呼び出し側（渡し側）と関数定義側（受け側）のレジスタが異なるため，レジスタのコピーが必要です。
- 通常の引数は，関数定義側で最後から先頭に向かう順番でスタックに積みます。スタックに積む最小単位は 16 ビットであり，16 ビットより大きい型は上位から順番に 16 ビット単位で積みます。8 ビットの型は，16 ビットに拡張されます。受け渡しがスタックの場合は，受け渡し場所がそのまま引数割り当て場所になります。
- 引数を割り当てるレジスタの退避，復帰は，関数定義側で行います。
- 第 1 引数の渡し場所を次に示します。

表 3―14 第 1 引数の渡し場所（関数呼び出し側）（ノーマル・モデル）

型	格納場所
1 バイト・データ注 2 バイト・データ注	AX
3 バイト・データ注 4 バイト・データ注	AX，BC
浮動小数点数	AX，BC
その他	スタック渡し

注 1-4 バイト・データには，構造体，共用体，ポインタを含みます。

表 3―15 引数受け渡し一覧（関数呼び出し側）（スタティック・モデル）

引数の型	第 1 引数	第 2 引数	第 3 引数
1 バイト整数	A	B	H
2 バイト整数	AX	BC	HL

備考 引数が 4 バイトの場合，AX，BC に割り当て，残りの引数を HL，または H に割り当てます。
1 ～ 4 バイト整数には，構造体と共用体は含まれません。

(2) 引数の格納場所と順序

- 引数には，レジスタに割り当てる引数と通常の引数があります。レジスタに割り当てる引数は，レジスタ宣言した引数，および -qv 指定時の引数です。
- レジスタに割り当てられない引数は，スタックに割り当てます。スタックに割り当たる引数は，最後の引数から順番にスタックに積みます。
- 引数を割り当てるレジスタの退避，復帰は，関数定義側で行います。

- 通常の引数は，スタックに積みます。受け渡しがスタックの場合は，受け渡し場所がそのまま引数の割り当て場所になります。
- 関数定義側では，レジスタ，またはスタックで渡ってきた引数を引数割り当て場所に格納します。レジスタ引数は，レジスタ，または _@KREGxx にコピーします。_@KREGxx へのコピーは，-qr 指定時のみ行います。受け渡しがレジスタの場合でも，関数呼び出し側（渡し側）と関数定義側（受け側）のレジスタが異なるため，レジスタのコピーが必要です。
- 関数呼び出し側では，レジスタ引数，通常の引数ともに同じ方法で渡します。
  第 2 引数以降はスタックで渡し，第 1 引数はレジスタ，またはスタックで渡します。
  第 1 引数の渡し場所については，「表 3―14　第 1 引数の渡し場所（関数呼び出し側）（ノーマル・モデル）」を参照してください。

引数のレジスタ，_@KREGxx への割り当て順序は，次のとおりです。

（a）使用するレジスタ

HL

注意　スタック・フレームがある場合は HL には割り当てません。

（b）使用する saddr 領域

_@KREG12 ～ 15

（c）割り当て順序

- レジスタの場合

char 型	L，H の順
int，short，enum 型	HL

- saddr 領域の場合

char 型	_@KREG12，_@KREG13，_@KREG14，_@KREG15 の順
int，short，enum 型	_@KREG12 ～ 13，_@KREG14 ～ 15 の順
long，float，double 型	_@KREG12 ～ 13（下位），_@KREG14 ～ 15（上位）

（3）自動変数の格納場所と順序

- 自動変数には，レジスタに割り当てる自動変数と通常の自動変数があります。レジスタに割り当てる自動変数は，レジスタ宣言した自動変数，-qv 指定時の自動変数であり，割り当て可能なレジスタ，_@KREGxx がある間，レジスタ，_@KREGxx に割り当たります。ただし，_@KREGxx への割り当ては，-qr 指定時のみ行います。
  以降，レジスタ，_@KREGxx に割り当たる自動変数をレジスタ変数と呼びます。
- _@KREGxx については，「3. 4　saddr 領域のラベル一覧」を参照してください。

- レジスタ変数は，レジスタ引数を割り当てたあとに割り当てを行います。このため，レジスタ変数がレジスタに割り当たるのは，レジスタ引数の割り当て後にレジスタが余ったときです。
- レジスタに割り当たらなかった自動変数は，スタックに割り当たります。
- 自動変数を割り当てるレジスタ，_@KREGxx の退避，復帰は，関数定義側で行います。

自動変数のレジスタ，_@KREGxx への割り当て順序は，次のとおりです。

(a) 使用するレジスタ

HL

注意　スタック・フレームがある場合は HL には割り当てません。

(b) 使用する saddr 領域

_@KREG00 ～ 11

(c) 割り当て順序

- レジスタの場合

char 型	L，H の順
int，short，enum 型	HL

- saddr 領域の場合

char 型	_@KREG00，_@KREG01…_@KREG11 の順
int，short，enum 型	_@KRET00 ～ 01，_@KREG02 ～ 03…_@KREG10 ～ 11 の順
long，float，double 型	_@KREG00 ～ 03，_@KREG04 ～ 07，_@KREG08 ～ 11 の順

- スタックに割り当たる自動変数は，宣言順にスタックに積みます。

(4) 例

(a) 例 1

C ソースを以下に示します。

```
void    func0 ( register int, int );

void    main ( void ) {
        func0 ( 0x1234, 0x5678 );
}

void    func0 ( register int p1, int p2 ) {
        register int    r ;
```

```
        int     a ;
        r = p2 ;
        a = p1 ;
}
```

出力コードは，以下のようになります。

```
_main :
; line  4 :     func0 ( 0x1234, 0x5678 );
        movw    ax,  #05678H   ; 22136
        push    ax                      ; スタック受け渡し引数
        movw    ax, #01234H    ; 4660   ; 第 1 引数はレジスタ渡し
        call    !_func0                 ; 関数呼び出し
        pop     ax                      ; スタック受け渡し引数
; line  5 :     }
        ret
; line  6 :     void    func0 ( register int p1,  int p2 ) {
_func0 :

        push    hl
        xch     a, x
        xch     a, _@KREG12
        xch     a, x
        xch     a, _@KREG13             ; レジスタ引数 p1 を _@KREG12 に割り当てる
        push    ax                      ; レジスタ引数用 saddr 領域退避
        movw    ax, _@KREG00
        push    ax                      ; レジスタ変数用 saddr 領域退避
        push    ax                      ; 自動変数 a の領域確保
        movw    ax, sp
        movw    hl, ax
; line  7 :     register int    r ;
; line  8 :     int             a ;
; line  9 :     r = p2 ;
        mov     a, [hl+10]      ; p2    ; スタック受け渡し引数 p2 を
        xch     a, x
        mov     a, [hl+11]      ; p2
        movw    _@KREG00, ax    ; r     ; レジスタ変数 _@KREG00 に代入
; line  10 :    a = p1 ;
        movw    ax, _@KREG12    ; p1    ; レジスタ引数 _@KREG12 を
        mov     [hl+1], a       ; a
        xch     a, x
        mov     [hl], a         ; a     ; 自動変数 a に代入
; line  11 :    }
        pop     ax                      ; 自動変数 a の領域解放
        pop     ax
        movw    _@KREG00, ax            ; レジスタ変数用 saddr 領域復帰
```

```
        pop     ax
        movw    _@KREG12, ax            ; レジスタ引数用 saddr 領域復帰
        pop     hl
        ret
```

(b) 例 2

C ソースを以下に示します。

```
void    func1 ( int, register int ) ;

void main ( void ) {
        func1 ( 0x1234, 0x5678 ) ;
}

void    func1 ( int p1, register int p2 ) {
        register int    r ;
        int     a ;
        r = p2 ;
        a = p1 ;
}
```

出力コードは，以下のようになります。

```
_main :
; line  4 :     func1 ( 0x1234, 0x5678 );
        movw    ax, #05678H     ; 22136
        push    ax                      ; スタック受け渡し引数
        movw    ax, #01234H     ; 4660  ; 第 1 引数はレジスタ渡し
        call    !_func1                 ; 関数呼び出し
        pop     ax                      ; スタック受け渡し引数
; line  5 : }
        ret
; line  6 : void func1 ( int p1, register int p2 ) {
_func1 :
        push    hl
        push    ax                      ; 第 1 引数 p1 をスタックに積む
        movw    ax, _@KREG00
        push    ax                      ; レジスタ変数用 saddr 領域退避
        movw    ax, _@KREG12
        push    ax                      ; レジスタ引数用 saddr 領域退避
        push    ax                      ; 自動変数 a の領域確保
        movw    ax, sp
        movw    hl, ax
        mov     a, [hl+12]              ; スタック渡し saddr 領域受け引数 p2
        xch     a, x
```

```
        mov     a, [hl+13]
        movw    _@KREG12, ax            ; レジスタ引数を _@KREG12 に割り当てる
; line  7 :     register int    r ;
; line  8 :     int     a ;
; line  9 :     r = p2 ;
        movw    ax, _@KREG12    ; p2
        movw    _@KREG00, ax    ; r     ; レジスタ変数 _@KREG00
; line 10 :     a = p1;
        mov     a, [hl+6]       ; p1    ; レジスタ渡しスタック受け引数 p1（下位）
        mov     [hl], a         ; a     ; 自動変数 a（下位）
        xch     a, x
        mov     a, [hl+7]       ; p1    ; レジスタ渡しスタック受け引数 p1（上位）
        mov     [hl+1], a       ; a     ; 自動変数 a（上位）
; line 11 : }
        pop     ax                      ; 自動変数 a の領域解放
        pop     ax
        movw    _@KREG12, ax            ; レジスタ引数用 saddr 領域復帰
        pop     ax
        movw    _@KREG00, ax            ; レジスタ変数用 saddr 領域復帰
        pop     ax
        pop     hl
        ret
```

3. 3. 3 noauto 関数呼び出しインタフェース（ノーマル・モデルのみ）

（1）引数の渡し方

- 関数呼び出し側では，通常関数と同じ方法で渡します（「3. 3. 2 通常関数呼び出しインタフェース」を参照してください）。
- 関数定義側では，レジスタ，またはスタックで渡ってきた引数をレジスタ，および _@KREG12 ～ 15 にコピーします。_@KREG12 ～ 15 へのコピーは，-qr 指定時のみ行います。受け渡しがレジスタの場合でも，関数呼び出し側（渡す側）と関数定義側（受け側）のレジスタが異なるため，レジスタのコピーが必要です。
- 引数を割り当てるレジスタ，および _@KREG12 ～ 15 の退避，復帰は，関数定義側で行います。

（2）引数の格納場所と順序

- 関数定義側では，引数はすべて，レジスタ，および _@KREG12 ～ 15 に割り当たります。ただし，_@KREG12 ～ 15 への割り当ては，-qr 指定時のみ行います。
- レジスタ，および _@KREG12 ～ 15 に割り当てることができない引数があれば，エラーとします。
- 関数呼び出し側では，通常関数と同じ方法で渡します（「3. 3. 2 通常関数呼び出しインタフェース」を参照してください）。

- 関数定義側では，レジスタ，またはスタックで渡ってきた引数をレジスタ，および _@KREG12 ～ 15 にコピーします。受け渡しがレジスタの場合でも，関数呼び出し側（渡し側）と関数定義側（受け側）のレジスタが異なるため，レジスタのコピーが必要です。
- 引数を割り当てるレジスタ，および _@KREG12 ～ 15 の退避，復帰は，関数定義側で行います。

（a）割り当て順序

- 通常関数と同様です（「3. 3. 2 通常関数呼び出しインタフェース」を参照してください）。

（3）自動変数の格納場所と順序

- 自動変数は，割り当て可能なレジスタ，_@KREG12 ～ 15 に割り当たります。
  ただし，_@KREG12 ～ 15 への割り当ては，-qr 指定時のみです。_@KREG12 ～ 15 については，「3. 4 saddr 領域のラベル一覧」を参照してください。
- 自動変数は，引数を割り当てたのち，レジスタが余っていればレジスタに割り当てます。また，-qr 指定時は _@KREG12 ～ 15 にも割り当てます。
  レジスタ，_@KREG12 ～ 15 に割り当てることができない自動変数があれば，エラーとします。
- 自動変数を割り当てるレジスタ，_@KREG12 ～ 15 の退避，復帰は，関数定義側で行います。

（a）割り当て順序

- 自動変数のレジスタへの割り当て順序は，引数の割り当て順序と同じです。
- _@KREG12 ～ 15 に割り当たる自動変数は，宣言順に割り当てます。

（4）例

C ソースを示します。

```
noauto  void    func2 ( int, int );
void    main ( ) {
        func2 ( 0x1234, 0x5678 );
}
noauto  void    func2 ( int p1, int p2 ) {
  :
}
```

出力コードは，以下のようになります。

```
_main :
; line  4 :     func2 ( 0x1234, 0x5678 );
        movw    ax, #05678H     ; 22136
        push    ax                      ; スタック渡し引数
        movw    ax, #01234H     ; 4660  ; 第１引数はレジスタ渡し
        call    !_func2                 ; 関数呼び出し
        pop     ax                      ; スタック渡し引数
; line  5 :     }
        ret
```

```
; line  6 :     noauto  void    func2 ( int p1, int p2 ) {
_func2 :
        push    hl                      ; 引数用レジスタ退避
        xch     a, x
        xch     a, _@KREG12             ; 引数 p1 を _@KREG12 に割り当てる（下位）
        xch     a, x
        xch     a, _@KREG13             ; 引数 p1 を _@KREG13 に割り当てる（上位）
        push    ax                      ; 引数用 saddr 領域退避
        movw    ax, sp
        movw    hl, ax
        mov     a, [hl+6]               ; スタック渡しレジスタ受け引数 p2（下位）
        xch     a, x
        mov     a, [hl+7]               ; スタック渡しレジスタ受け引数 p2（上位）
        movw    hl, ax                  ; 引数を HL に割り当てる
          :
        pop     ax
        movw    _@KREG12, ax            ; 引数用 saddr 領域復帰
        pop     hl                      ; 引数用レジスタ復帰
        ret
```

3. 3. 4 norec 関数呼び出しインタフェース（ノーマル・モデルのみ）

（1）引数の渡し方

- 引数はすべて，レジスタ，_@NRARGx，_@RTARG6，7 に割り当たります。関数呼び出し側では，引数をレジスタ，_@NRARGx で渡します。
- 関数定義側では，レジスタで渡ってきた引数をレジスタ，または _@RTARG6，7 にコピーします（「3. 4 saddr 領域のラベル一覧」を参照してください）。

（2）引数の格納場所と順序

- 関数定義側では，引数はすべて，レジスタ，_@NRARGx，_@RTARG6，7 に割り当たります。ただし，_@NRARGx への割り当ては，-qr 指定時のみ行われます。
- _@RTARG6 ～ 7 への割り当ては，DE に格納された引数がある場合のみです（「3. 4 saddr 領域のラベル一覧」を参照してください）。
- レジスタ，_@NRARGx，_@RTARG6，7 に割り当てることができない引数があれば，エラーとします。
- 関数呼び出し側では，引数をレジスタ，_@NRARGx で渡します。
- 関数定義側では，レジスタで渡ってきた引数をレジスタ，または _@RTARG6，7 にコピーします。受け渡しがレジスタの場合でも，関数呼び出し側（渡し側）と関数定義側（受け側）のレジスタが異なるため，レジスタのコピーが必要です。

  受け渡しが _@NRARGx の場合は，受け渡し場所がそのまま引数の割り当て場所になります。
- レジスタでの受け渡しができなくなったときは，_@NRARGx にも割り当てて受け渡します。レジスタと _@NRARGx を混在して受け渡すことになります。

(a) 引数の割り当て順序

- _@NRARGx に割り当たる引数は，宣言順に割り当てます。
- レジスタに割り当たる引数は，次の規則でレジスタ，_@RTARG6，7 に割り当てます。

(b) 使用するレジスタ

引数が char，int，short，enum，ポインタ型 1 個の場合	AX 渡し，DE 受け
引数が char，int，short，enum，ポインタ型 2 個以上の場合	AX，DE 渡し，_@RTARG6，7，DE 受け

(c) 割り当て順序

char，int，short，enum，ポインタ型	DE，_@RTARG6，7 の順

(3) 自動変数の格納場所と順序

- 自動変数は，割り当て可能なレジスタ，_@NRARGx がある間，レジスタ，_@NRARGx に割り当たり，なくなれば _@NRATxx に割り当たります。
  ただし，_@NRARGx，_@NRATxx への割り当ては，-qr 指定時のみ行われます。_@NRATxx については，「3. 4 saddr 領域のラベル一覧」を参照してください。
  レジスタ，_@NRARGx，_@NRATxx に割り当てることができない自動変数があれば，エラーとします。
- 自動変数を割り当てるレジスタの退避，復帰は，関数定義側で行います。

(a) 割り当て順序

- 自動変数のレジスタ，_@RTARG6 ～ 7 への割り当て順序は，引数の割り当て順序と同じです。
- _@NRARG，_@NRATxx に割り当たる自動変数は，宣言順に割り当てます。

(4) 例

C ソースを以下に示します。

```
norec   void    func3 ( char, int, char, int );
void    main ( ) {
        func3 ( 0x12, 0x34, 0x56, 0x78 );
}
norec   void    func3 ( char p1, int p2, char p3, int p4 ) {
        int     a ;
        a = p2 ;
}
```

(a) -qr 指定の場合

出力コードは，以下のようになります。

```
_main :
; line  4 :     func3 ( 0x12, 0x34, 0x56, 0x78 );
        movw    _@NRARG1, #078H     ; 120    ; 引数を _@NRARG1 で渡す
        mov     _@NRARG0, #056H     ; 86     ; 引数を _@NRARG0 で渡す
        movw    de, #034H           ; 52     ; 引数をレジスタ DE で渡す
        mov     a, #012H            ; 18     ; 引数をレジスタ A で渡す
        call    !_func3                      ; 関数呼び出し
        ret
; line  6 :     norec   void    func3 ( char p1, int p2, char p3, int p4 ) {
_func3 :
        mov     _@RTARG6, a                  ; 引数 p1 を _@RTARG6 に割り当てる
; line  7 :     int     a ;
; line  8 :     a = p2 ;
        movw    ax, de                       ; 引数 p2
        movw    _@NRARG2, ax        ; a      ; 自動変数 a
        ret
```

3.3.5 スタティック・モデルの関数呼び出しインタフェース

(1) 引数の渡し方

- 関数呼び出し側では，レジスタ引数，通常の引数ともに同じ方法で渡します。
  引数は，最大 3 引数，6 バイトまでとし，すべてレジスタで渡します。
- 関数定義側では，レジスタで渡ってきた引数を引数割り当て場所に格納します。
  レジスタ引数は，レジスタにコピーします。受け渡しがすべてレジスタでも，関数呼び出し側（渡し側）と関数定義側（受け側）のレジスタが異なるため，レジスタのコピーが必要です。
- 通常の引数は，関数固有の領域に割り当てます。

(2) 引数の格納場所と順序

(a) 引数の格納場所

- 引数には，レジスタに割り当てる引数と通常の引数があります。
- レジスタに割り当てる引数は，レジスタ宣言した引数であり，レジスタに割り当て可能なかぎり，レジスタに割り当たります。
- 関数定義側では，レジスタで渡ってきた引数を引数割り当て場所に格納します。
  レジスタ引数は，レジスタにコピーします。受け渡しがすべてレジスタでも，関数呼び出し側（渡し側）と関数定義側（受け側）のレジスタが異なるため，レジスタのコピーが必要です。通常の引数は，関数固有の領域に割り当てます。
- 引数／オートマティック変数を割り当てるレジスタの退避，復帰は，関数定義側で行います。
- 残りの引数は，関数固有に確保した領域に割り当たります。
- 関数呼び出し側では，レジスタ引数，通常の引数ともに同じ方法で渡します。
  引数は最大 3 引数，6 バイトまでとし，すべてレジスタで渡します。
  引数の渡し場所について，次に示します。

データ・サイズ	第 1 引数	第 2 引数	第 3 引数
1 バイト・データ注	A	B	H
2 バイト・データ注	AX	BC	HL
4 バイト・データ注	AX，BC に割り当て，残りを H，または HL に割り当てます。		

注 1 ～ 4 バイト・データには，構造体，共用体は含みません。

(b) 引数の割り当て順序

- 関数固有の領域に割り当たる引数は，最後の引数から順番に割り当てます。
- レジスタ引数は，次の規則でレジスタ DE に割り当てます。

- 使用するレジスタ

DE

- 割り当て順序

char 型	D，E の順
int，short，enum 型	DE

(3) 自動変数の格納場所と順序

(a) 自動変数の格納場所

- 自動変数には，レジスタに割り当てる自動変数と通常の自動変数があります。
- レジスタに割り当てる自動変数は，レジスタ宣言した自動変数，-qv 指定時の自動変数です。
- レジスタ変数は，レジスタ引数を割り当てたあとに割り当てを行います。このため，レジスタ変数がレジスタに割り当たるのは，レジスタ引数の割り当て後にレジスタが余ったときです。
- 残りの自動変数は，関数固有の領域に割り当たります。
- 自動変数を割り当てるレジスタの退避，復帰は，関数定義側で行います。

(b) 自動変数の割り当て順序

- 自動変数のレジスタへの割り当て順序は，次の規則でレジスタ DE に割り当てます。

- 使用するレジスタ

DE

- 割り当て順序

char 型	E，D の順
int，short，enum 型	DE

- 関数固有の領域に割り当てられる自動変数は，宣言順に割り当てます。

(4) 例

(a) 例 1

C ソースを以下に示します。

```
void    func4 ( register int, char );
void    func ( void );
void    main ( ) {
        func4 ( 0x1234, 0x56 );
}
void    func4 ( register int p1, char p2 ) {
        register char   r ;
        int     a ;
        r = p2 ;
        a = p1 ; func ( );
}
```

出力コードは，以下のようになります。

```
@@DATA  DSEG    UNITP
L0005   : DS    ( 1 )                   ; 引数 p2
L0006   : DS    ( 1 )                   ; 自動変数 r
L0007   : DS    ( 2 )                   ; 自動変数 a

; line  1 :     void    func4 ( register int, char ); void func ( void );
; line  2 :     void    main ( ) {
@@CODE  CSEG
_main :
; line  3 :     func4 ( 0x1234, 0x56 );
        mov     b, #056H        ; 86    ; 第 2 引数をレジスタ B で渡す
        movw    ax, #01234H     ; 4660  ; 第 1 引数をレジスタ AX で渡す
        call    !_func4                 ; 関数呼び出し
; line  4 :     }
        ret
; line  5 :     void    func4 ( register int p1, char p2 ) {
_func4 :
        push    de                      ; レジスタ引数用レジスタ退避
        movw    de, ax                  ; レジスタ引数 p1 を DE に割り当てる
        movw    a, b
        mov     !L0005, a               ; 引数 p2 を L0005 にコピー
; line  6 :     register char   r ;
; line  7 :     int     a ;
; line  8 :     r = p2 ;
```

```
        mov     !L0006, a       ; r     ; 自動変数 r
; line  9 :     a = p1 ; func ( );
        movw    ax, de                  ; レジスタ引数 p1
        movw    !L0007, ax      ; a     ; 自動変数 a
        call    !_func
; line  10 :    }
        pop     de                      ; レジスタ引数用レジスタ復帰
        ret
```

（b）例 2

C ソースを以下に示します。

```
void    func5 ( int, register char );
void    func ( void );
void    main ( ) {
        func5 (0x1234, 0x56 );
}
void    func5 ( int p1, register char p2 ) {
        register char   r ;
        int     a ;
        r = p2 ;
        a = p1 ; func ( );
}
```

- -nq 指定の場合

出力コードは，以下のようになります。

```
@@DATA  DSEG    UNITP
L0005   : DS    ( 2 )
L0006   : DS    ( 2 )

; line  1 :     void  func5 ( int, register char ); void func ( void );
; line  2 :     void  main ( ) {

@@CODE  CSEG
_main :
; line  3 :     func5 ( 0x1234, 0x56 );
        mov     b, #056H        ; 86    ; 第 2 引数をレジスタ B で渡す
        movw    ax, #01234H     ; 4660  ; 第 1 引数をレジスタ AX で渡す
        call    !_func5                 ; 関数呼び出し
; line  4 :     }
        ret
; line  5 :     void    func5 ( int p1, register char p2 ) {
_func5 :
        push    de                      ; レジスタ変数，レジスタ引数用レジスタ退避
```

```
        movw    !L0005, ax              ; 引数 p1 を L0005 にコピー
        mov     a, b
        mov     d, a                    ; レジスタ引数 p2 を d に割り当てる
; line  6 :     register char   r ;
; line  7 :     int     a ;
; line  8 :     r = p2 ;
        mov     a, d                    ; レジスタ引数 p2
        mov     e, a                    ; レジスタ変数 r
; line  9 :     a = p1 ; func ( );
        movw    ax, !L0005      ; p1    ; 引数 p1
        movw    !L0006, ax      ; a     ; 自動変数 a
        call    !_func
; line  10 :    }
        pop     de                      ; レジスタ引数用レジスタ復帰
        ret
```

3. 3. 6 パスカル関数呼び出しインタフェース

関数呼び出し時に引数の積み込みによって使用したスタックの修正を関数呼び出し側で行わずに，呼ばれた関数側で行う点のみが他関数インタフェースと異なる点であり，それ以外の点は同時に指定された関数属性と同じです。

[引数の割り当て場所]

[引数の割り当て順序]

[自動変数の割り当て場所]

[自動変数の割り当て順序]

- noauto 属性が同時に指定されている場合は，noauto 関数呼び出しと同じです（「3. 3. 3 noauto 関数呼び出しインタフェース（ノーマル・モデルのみ）」を参照してください）。
- noauto 属性が同時に指定されていない場合は，通常関数呼び出しと同じです（「3. 3. 2 通常関数呼び出しインタフェース」を参照してください）。

（1）例

（a）例 1

C ソースを以下に示します。

```
__pascal        void    func0 ( register int, int );
void    main ( ) {
        func0 ( 0x1234, 0x5678 );
}
__pascal        void    func0 ( register int p1, int p2 ) {
        register int    r ;
        int     a ;
        r = p2 ;
        a = p1 ;
}
```

- -qr 指定の場合

出力コードは，以下のようになります。

```
_main :
; line  4 :     func0 ( 0x1234, 0x5678 );
        movw    ax, #05678H    ; 22136
        push    ax                      /* スタック受け渡し引数 */
        movw    ax, #01234H    ; 4660   /* 第 1 引数はレジスタ渡し */
        call    !_func0                 /* 関数呼び出し */
                                        /* ここでスタックの修正をしない */
; line  5 :     }
        ret
; line  6 :     __pascal        void    func0 ( register int p1, int p2 ) {
_func0 :
        push    hl
        xch     a, x
        xch     a, _@KREG12
        xch     a, x
        xch     a, _@KREG13             /* レジスタ引数 p1 を _@KREG12 に割り当てる */
        push    ax                      /* レジスタ引数用 saddr 領域退避 */
        movw    ax, _@KREG00
        push    ax                      /* レジスタ変数用 saddr 領域退避 */
        push    ax                      /* 自動変数 a の領域確保 */
        movw    ax, sp
        movw    hl, ax
; line  7 :     register int    r ;
; line  8 :     int     a ;
; line  9 :    r = p2 ;
        mov     a, [hl+10]    ; p2      /* スタック受け渡し引数 p2 を */
        xch     a, x
        mov     a, [hl+11]    ; p2
        movw    _@KREG00, ax ; r        /* レジスタ変数 _@KREG00 に代入 */
; line  10 :    a = p1 ;
        movw    ax, _@KREG12 ; p1       /* レジスタ引数 _@KREG12 を */
        mov     [hl+1], a     ; a
        xch     a, x
        mov     [hl], a       ; a       /* 自動変数 a に代入 */
; line  11 :    }
        pop     ax                      /* 自動変数 a の領域解放 */
        pop     ax
        movw    _@KREG00, ax            /* レジスタ変数用 saddr 領域復帰 */
        pop     ax
        movw    _@KREG12, ax            /* レジスタ引数用 saddr 領域復帰 */
        pop     hl
        pop     de                      /* リターン・アドレスを取得 */
        pop     ax                /* スタック受け渡し引数で消費したスタックを修正 */
```

```
        push    de                      /* リターン・アドレスの積み直し */
        ret
```

（b）例 2

C ソースを以下に示します。

```
__pascal        noauto  void    func2 ( int, int );
void    main ( ) {
        func2 ( 0x1234, 0x5678 );
}
__pascal        noauto  void    func2 ( int p1, int p2 ) {
  :
}
```

- -qr 指定の場合

出力コードは，以下のようになります。

```
_main :
; line  4 :     func2 ( 0x1234, 0x5678 );
        movw    ax, #05678H     ; 22136
        push    ax                      /* スタック渡し引数 */
        movw    ax, #01234H     ; 4660  /* 第 1 引数はレジスタ渡し */
        call    !_func2                 /* 関数呼び出し */
                                        /* ここでスタックの修正をしない */
; line  5 :     }
        ret
; line  6 :     __pascal        noauto  void    func2 ( int p1, int p2 ) {
_func2 :
        push    hl              /* 引数用レジスタ退避 */
        xch     a, x
        xch     a, _@KREG12     /* 引数 p1 を _@KREG12 に割り当てる（下位）*/
        xch     a, x
        xch     a, _@KREG13     /* 引数 p1 を _@KREG13 に割り当てる（上位）*/
        push    ax              /* 引数用 saddr 領域退避 */
        movw    ax, sp
        movw    hl, ax
        mov     a, [hl+6]       /* スタック渡しレジスタ受け引数 p2（下位）*/
        xch     a, x
        mov     a, [hl+7]       /* スタック渡しレジスタ受け引数 p2（上位）*/
        movw    hl, ax          /* 引数を HL に割り当てる */
          :
        pop     ax
        movw    _@KREG12, ax    /* 引数用 saddr 領域復帰 */
        pop     hl              /* 引数用レジスタ復帰 */
        pop     de              /* リターン・アドレスを取得 */
```

```
        pop     ax              /* スタック受け渡し引数で消費したスタックを修正 */
        push    de              /* リターン・アドレスの積み直し */
        ret
```

3. 4 saddr 領域のラベル一覧

78K0 C コンパイラでは，次に示すラベル名によって saddr 領域を参照しています。したがって，C ソース・プログラム，またはアセンブラ・ソース・プログラム中で，次のラベルと同じ名前を使用することはできません。

3. 4. 1 ノーマル・モデル

(1) レジスタ変数

ラベル名	アドレス
_@KREG00	0FED0H
_@KREG01	0FED1H
_@KREG02	0FED2H
_@KREG03	0FED3H
_@KREG04	0FED4H
_@KREG05	0FED5H
_@KREG06	0FED6H
_@KREG07	0FED7H
_@KREG08	0FED8H
_@KREG09	0FED9H
_@KREG10	0FEDAH
_@KREG11	0FEDBH
_@KREG12	0FEDCH 注
_@KREG13	0FEDDH 注
_@KREG14	0FEDEH 注
_@KREG15	0FEDFH 注

注 関数の引数が register 宣言，または -qv オプションが指定され，かつ -qr オプションが指定されている場合に，引数を saddr 領域に割り当てます。

(2) norec 関数の引数

ラベル名	アドレス
_@NRARG0	0FEC0H
_@NRARG1	0FEC2H
_@NRARG2	0FEC4H
_@NRARG3	0FEC6H

（3）norec 関数のオートマチック変数

ラベル名	アドレス
_@NRAT00	0FEC8H
_@NRAT01	0FEC9H
_@NRAT02	0FECAH
_@NRAT03	0FECBH
_@NRAT04	0FECCH
_@NRAT05	0FECDH
_@NRAT06	0FECEH
_@NRAT07	0FECFH

（4）ランタイム・ライブラリの引数

ラベル名	アドレス
_@RTARG0	0FEB8H
_@RTARG1	0FEB9H
_@RTARG2	0FEBAH
_@RTARG3	0FEBBH
_@RTARG4	0FEBCH
_@RTARG5	0FEBDH
_@RTARG6	0FEBEH
_@RTARG7	0FEBFH

3. 4. 2　スタティック・モデル

（1）共有領域

ラベル名	アドレス
_@KREG00	0FED0H
_@KREG01	0FED1H
_@KREG02	0FED2H
_@KREG03	0FED3H
_@KREG04	0FED4H
_@KREG05	0FED5H
_@KREG06	0FED6H
_@KREG07	0FED7H
_@KREG08	0FED8H
_@KREG09	0FED9H
_@KREG10	0FEDAH

ラベル名	アドレス
_@KREG11	0FEDBH
_@KREG12	0FEDCH
_@KREG13	0FEDDH
_@KREG14	0FEDEH
_@KREG15	0FEDFH

(2) 引数，オートマティック変数，ワーク用

ラベル名	アドレス
_@NRAT00	0FExxH 注
_@NRAT01	_@NRAT00 + 1
_@NRAT02	_@NRAT00 + 2
_@NRAT03	_@NRAT00 + 3
_@NRAT04	_@NRAT00 + 4
_@NRAT05	_@NRAT00 + 5
_@NRAT06	_@NRAT00 + 6
_@NRAT07	_@NRAT00 + 7

注　saddr 領域内の任意のアドレス

3.5　セグメント名一覧

コンパイラが出力する全セグメントと配置について，説明します。

なお，表に使用されているオプション，再配置属性は，以下のとおりです。

- CSEG の再配置属性

CALLT0	指定セグメントを 40H - 7FH 番地で先頭が 2 の倍数になるように配置します。
AT　絶対式	指定セグメントを絶対番地に配置します（0000H - 0FEFFH 内）。
FIXED	指定セグメントを 800H - 0FFFH 番地に配置することを指定します。
UNITP	指定セグメントを任意の位置へ先頭が 2 の倍数になるように配置します（80H - 0FA7EH 内）。

- DSEG の再配置属性

SADDRP	指定セグメントを saddr 領域内の 0FE20H - 0FEFFH に先頭が 2 の倍数になるように配置します。
UNITP	指定セグメントを任意の位置へ先頭が 2 の倍数になるように配置します（デフォルトは RAM 領域内）。

3. 5. 1 セグメント名一覧

(1) プログラム領域，データ領域

セクション名	セグメント・タイプ	再配置属性	説明
@@CODE	CSEG		コード部用セグメント
@@LCODE	CSEG		ライブラリ・コード用セグメント
@@CNST	CSEG	UNITP	ROM データ[注1]
@@R_INIT	CSEG	UNITP	初期化データ用セグメント（初期値あり）
@@R_INIS	CSEG	UNITP	初期化データ用セグメント（初期値あり sreg 変数）
@@CALF	CSEG	FIXED	callf 関数用セグメント
@@CALT	CSEG	CALLT0	callt 関数のテーブル用セグメント
@@VECT*nn*	CSEG	AT 00*nn*H	ベクタ・テーブル用セグメント[注2]
@@INIT	DSEG	UNITP	データ領域用セグメント（初期値あり）
@@DATA	DSEG	UNITP	データ領域用セグメント（初期値なし）
@@INIS	DSEG	SADDRP	データ領域用セグメント（初期値あり sreg 変数）
@@DATS	DSEG	SADDRP	データ領域用セグメント（初期値なし sreg 変数）
@@BITS	BSEG		boolean 型変数，bit 型変数用セグメント
@@BANK0 ～ @@BANK15	CSEG	BANK0 ～ BANK15	バンク関数用セグメント

注 1. ROM データは，以下のデータを指します。

- const 変数用セグメント
- 無名文字列定数
- 自動変数の初期値データ

2. 割り込みの種類により，*nn* の値が変わります。

(2) フラッシュ・メモリ領域

セクション名	セグメント・タイプ	再配置属性	説明
@ECODE	CSEG		コード部用セグメント
@LECODE	CSEG		ライブラリ・コード用セグメント
@ECNST	CSEG	UNITP	ROM データ[注1]
@ER_INIT	CSEG	UNITP	初期化データ用セグメント（初期値あり）
@ER_INIS	CSEG	UNITP	初期化データ用セグメント（初期値あり sreg 変数）
@EVECT*nn*	CSEG	AT *mmmm*H	ベクタ・テーブル用セグメント[注2]
@EXT*xx*	CSEG	AT *yyyy*H	フラッシュ領域分岐テーブル用セグメント[注3]
@EINIT	DSEG	UNITP	データ領域用セグメント（初期値あり）
@EDATA	DSEG	UNITP	データ領域用セグメント（初期値なし）

セクション名	セグメント・タイプ	再配置属性	説明
@EINIS	DSEG	SADDRP	データ領域用セグメント（初期値あり sreg 変数）
@EDATS	DSEG	SADDRP	データ領域用セグメント（初期値なし sreg 変数）
@EBITS	BSEG		boolean 型変数，bit 型変数用セグメント
@ECALF	CSEG		ダミー・セグメント
@ECALT	CSEG		ダミー・セグメント

注 1. ROM データは，以下のデータを指します。

- const 変数用セグメント
- 無名文字列定数
- 自動変数の初期値データ

2. 割り込みの種類により，*nn*，*mmmm* の値が変わります。

3. フラッシュ領域関数の ID により，*xx*，*yyyy* の値が変わります。

3. 5. 2 セグメントの配置

セグメント・タイプ	配置先（デフォルト）
CSEG	ROM
BSEG	RAM の saddr 領域
DSEG	RAM

3. 5. 3 C ソース例

```
#pragma interrupt       INTP0   inter rb1       /* 割り込みベクタ */

void    inter(void);                            /* 割り込み関数プロトタイプ宣言 */
const   int     i_cnst = 1;                     /* const 変数 */
__callt void    f_clt(void);                    /* callt 関数プロトタイプ宣言 */
__callf void    f_clf(void);                    /* callf 関数プロトタイプ宣言 */
__boolean       b_bit;                          /* boolean 型変数 */
long            l_init = 2;                     /* 初期値あり外部変数 */
int             i_data;                         /* 初期値なし外部変数 */
__sreg  int     sr_inis = 3;                    /* 初期値あり sreg 変数 */
__sreg  int     sr_dats;                        /* 初期値なし sreg 変数 */

void    main ( ) {                              /* 関数定義 */
        int     i;
        i = 100;
}

void    inter ( ) {                             /* 割り込み関数定義 */
        unsigned char   uc = 0;
```

```
        uc++;
        if ( b_bit )
        b_bit = 0;
}

__callt void    f_clt ( ) {                    /* callt 関数定義 */
}

__callf void    f_clf ( ) {                    /* callf 関数定義 */
}
```

3. 5. 4　出力アセンブラ・モジュール例

アセンブラ・ソース中の疑似命令，命令セットは，各デバイスにより異なります。

詳細については，「第 4 章　アセンブラ言語仕様」を参照してください。

```
; 78K0 C Compiler Vx.xx Assembler Source            Date : xx xxx xxxx Time : xx : xx : xx

; Command   : -cf051144 sample.c -sa -ng
; In-file   : sample.c
; Asm-file  : sample.asm
; Para-file :

$PROCESSOR ( F051144 )
$NODEBUG
$NODEBUGA
$KANJICODE  SJIS
$TOL_INF    03FH, 0xxxH, 00H, 020H, 00H

            PUBLIC  _inter
            PUBLIC  _i_cnst
            PUBLIC  _b_bit
            PUBLIC  _l_init
            PUBLIC  _i_data
            PUBLIC  _sr_inis
            PUBLIC  _sr_dats
            PUBLIC  _main
            PUBLIC  _f_clt
            PUBLIC  ?f_clt
            PUBLIC  _f_clf
            PUBLIC  _@vect06

@@BITS      BSEG                    ; boolean 型変数用セグメント
_b_bit      DBIT
```

```
@@CNST      CSEG  UNITP             ; const 変数用セグメント
_i_cnst :   DW    01H               ; 1

@@R_INIT    CSEG  UNITP             ; 初期化データ用セグメント（初期値あり外部変数）
            DW    00002H, 00000H    ; 2

@@INIT      DSEG  UNITP             ; データ領域用セグメント（初期値あり外部変数）
_l_init :   DS    ( 4 )

@@DATA      DSEG  UNITP             ; データ領域用セグメント（初期値なし外部変数）
_i_data :   DS    ( 2 )

@@R_INIS    CSEG  UNITP             ; 初期化データ用セグメント（初期値あり sreg 変数）
            DW    03H               ; 3

@@INIS      DSEG  SADDRP            ; データ領域用セグメント（初期値あり sreg 変数）
_sr_inis :  DS  ( 2 )

@@DATS      DSEG  SADDRP            ; データ領域用セグメント（初期値なし sreg 変数）
_sr_dats :  DS  ( 2 )

@@CALT      CSEG  CALLT0            ; callt 関数のテーブルセグメント
?f_clt :    DW    _f_clt

; line  1 :   #pragma INTERRUPT   INTP0   inter   rb1   /* 割り込みベクタ */
; line  2 :
; line  3 :   void    inter ( void );           /* 割り込み関数プロトタイプ宣言 */
; line  4 :   const   int     i_cnst = 1 ;      /* const 変数 */
; line  5 :   __callt void    f_clt ( void );   /* callt 関数プロトタイプ宣言 */
; line  6 :   __callf void    f_clf ( void );   /* callf 関数プロトタイプ宣言 */
; line  7 :   __boolean       b_bit ;           /* boolean 型変数 */
; line  8 :   long    l_init = 2 ;              /* 初期値あり外部変数 */
; line  9 :   int     i_data ;                  /* 初期値なし外部変数 */
; line  10 :  __sreg  int     sr_inis = 3 ;     /* 初期値あり sreg 変数 */
; line  11 :  __sreg  int     sr_dats ;         /* 初期値なし sreg 変数 */
; line  12 :
; line  13 :  void    main ( ) {                /* 関数定義 */

@@CODE  CSEG                        ; コード部用セグメント
_main :
        push  hl                    ; [INF] 1, 4
; line  14 :  int     i ;
; line  15 :  i = 100 ;
        movw  hl, #064H      ; 100  ; [INF] 3, 6
; line  16 :  }
```

```
        pop   hl                    ; [INF] 1, 4
        ret                         ; [INF] 1, 6
; line  17 :
; line  18 :  void    inter ( ) {               /* 割り込み関数定義 */
_inter :
        sel   RB1                   ; [INF] 2, 4 レジスタバンク 1 を選択
        push  hl                    ; [INF] 1, 4
; line  19 :  unsigned char   uc = 0 ;
        mov   l, #00H         ; 0   ; [INF] 2, 4
; line  20 :  uc++ ;
        inc   l                     ; [INF] 1, 2
; line  21 :  if ( b_bit )
        bf    _b_bit, $L0005        ; [INF] 4, 10
; line  22 :  b_bit = 0 ;
        clr1  _b_bit                ; [INF] 2, 4
L0005 :
; line  23 :  }
        pop   hl                    ; [INF] 1, 4
        reti                        ; [INF] 1, 6
; line  24 :
; line  25 :  __callt void f_clt ( ) {        /* callt 関数定義 */
_f_clt:
; line  26 :  }
        ret                         ; [INF] 1, 6
; line  27 :
; line  28 :  __callf void f_clf ( ) {          /* callf 関数定義 */

@@CALF  CSEG  FIXED                 ; callf 関数用セグメント
_f_clf :
; line  29 :  }
        ret                         ; [INF] 1, 6
@@VECT06 CSEG  AT      0006H        ; 割り込みベクタ
_@vect06 :
        DW    _inter
        END
; *** Code Information ***
;
; $FILE C:\CA78K0\Vx.xx\Smp78k0\cc78k0\sample.c
;
; $FUNC  main ( 13 )
;        void = ( void )
;        CODE SIZE = 6 bytes, CLOCK_SIZE = 20 clocks, STACK_SIZE = 2 bytes
;
; $FUNC  inter ( 18 )
;        void =  ( void )
```

```
;         CODE SIZE = 14 bytes, CLOCK_SIZE = 38 clocks, STACK_SIZE = 2 bytes
;
; $FUNC   f_clt ( 25 )
;         void = ( void )
;         CODE SIZE = 1 bytes, CLOCK_SIZE = 6 clocks, STACK_SIZE = 0 bytes
;
; $FUNC   f_clf ( 28 )
;         void = ( void )
;         CODE SIZE = 1 bytes, CLOCK_SIZE = 6 clocks, STACK_SIZE = 0 bytes

; Target chip : uPD78F0511_44
; Device file : Vx.xx
```

第 4 章　アセンブラ言語仕様

この章では，78K0 アセンブラがサポートするアセンブラ言語仕様について説明します。

4. 1　ソースの記述方法

この節では，ソースの記述方法，式と演算子などについて説明します。

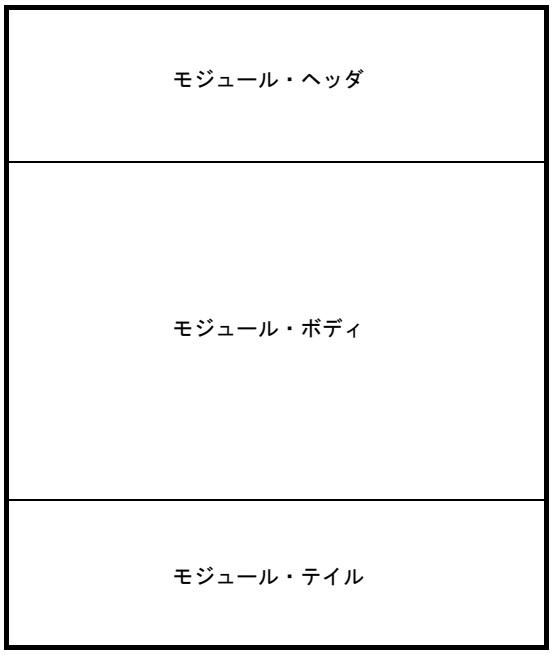
4. 1. 1　基本構成

1 つのソースをいくつかのモジュールに分割して記述したとき，アセンブラの入力単位となる各モジュールをソース・モジュールと呼びます（プログラムが 1 つのモジュールからなるとき，ソースとソース・モジュールは同じ意味を持ちます）。

アセンブラの入力単位となるソース・モジュールは，大まかには次の 3 つの構成部分からなります。

- モジュール・ヘッダ（Module Header）
- モジュール・ボディ（Module Body）
- モジュール・テイル（Module Tail）

図 4―1　ソース・モジュールの構成



(1) モジュール・ヘッダ

次に，モジュール・ヘッダに記述できる制御命令を示します。これらの制御命令は，モジュール・ヘッダ以外には記述できません。

また，モジュール・ヘッダは省略することが可能です。

表 4―1 モジュール・ヘッダに記述できるもの

記述できるもの	説明
アセンブラ・オプションと同様の機能を持つ制御命令	- PROCESSOR - DEBUG/NODEBUG/DEBUGA/NODEBUGA - XREF/NOXREF - SYMLIST/NOSYMLIST - TITLE - FORMFEED/NOFORMFEED - WIDTH - LENGTH - TAB - KANJICODE
C コンパイラや構造化アセンブラ・プリプロセッサなどの上位プログラムが出力する特別な制御命令	- TOL_INF - DGS - DGL

(2) モジュール・ボディ

モジュール・ボディには，次のものは記述できません。

- アセンブラ・オプションと同様の機能を持つ制御命令

上記以外のすべての疑似命令，制御命令，インストラクションは，モジュール・ボディに記述可能です。

また，モジュール・ボディは，セグメントと呼ぶ単位に分割して記述します。

セグメントは，それぞれ対応する疑似命令で定義します。

- コード・セグメント

  CSEG 疑似命令で定義します。

- データ・セグメント

  DSEG 疑似命令で定義します。

- ビット・セグメント

  BSEG 疑似命令で定義します。

- アブソリュート・セグメント

  CSEG，DSEG，BSEG 疑似命令で，再配置属性に配置アドレス（AT 配置アドレス）を指示してセグメントを定義します。また，ORG 疑似命令で定義することもできます。

モジュール・ボディは，どのようなセグメントの組み合わせで構成してもかまいません。

ただし，データ・セグメントやビット・セグメントの定義は，コード・セグメントの定義よりも前で行うようにしてください。

(3) モジュール・テイル

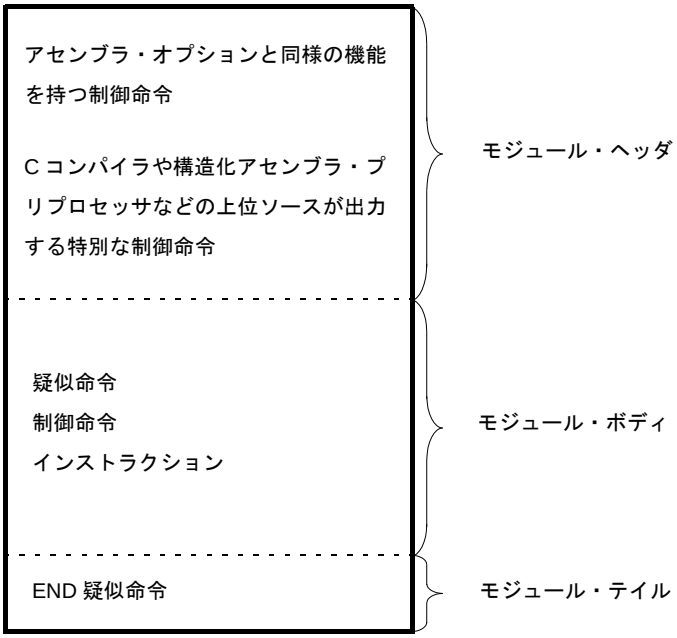
モジュール・テイルは，ソース・モジュールの終了を示すもので，END 疑似命令を記述します。

END 疑似命令のあとにコメント，空白，タブ，改行コード以外のものを記述すると，警告メッセージが出力され，それらは無視されます。

(4) ソースの全体構成

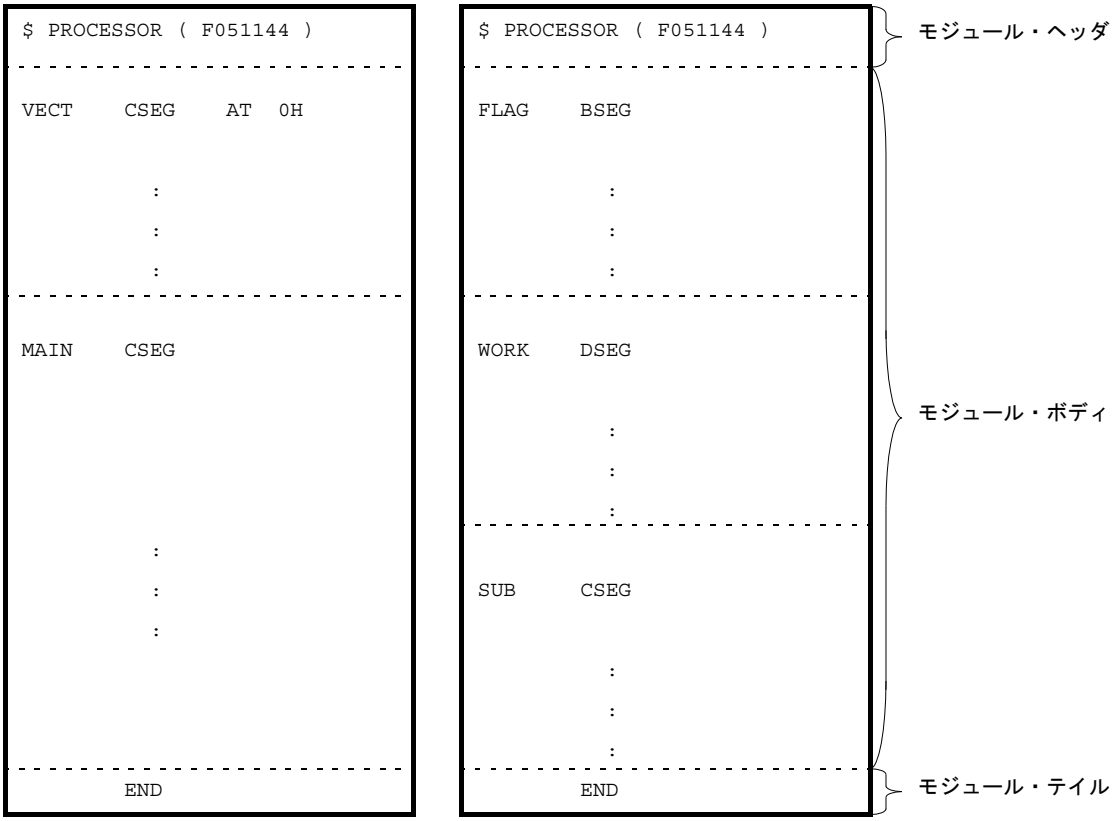
次に，ソース・モジュール（ソース）の全体構成を示します。

図 4―2　ソース・モジュールの全体構成



また，次に，ソース・モジュールの構成例を簡単に示します。

図 4―3 ソース・モジュールの構成例

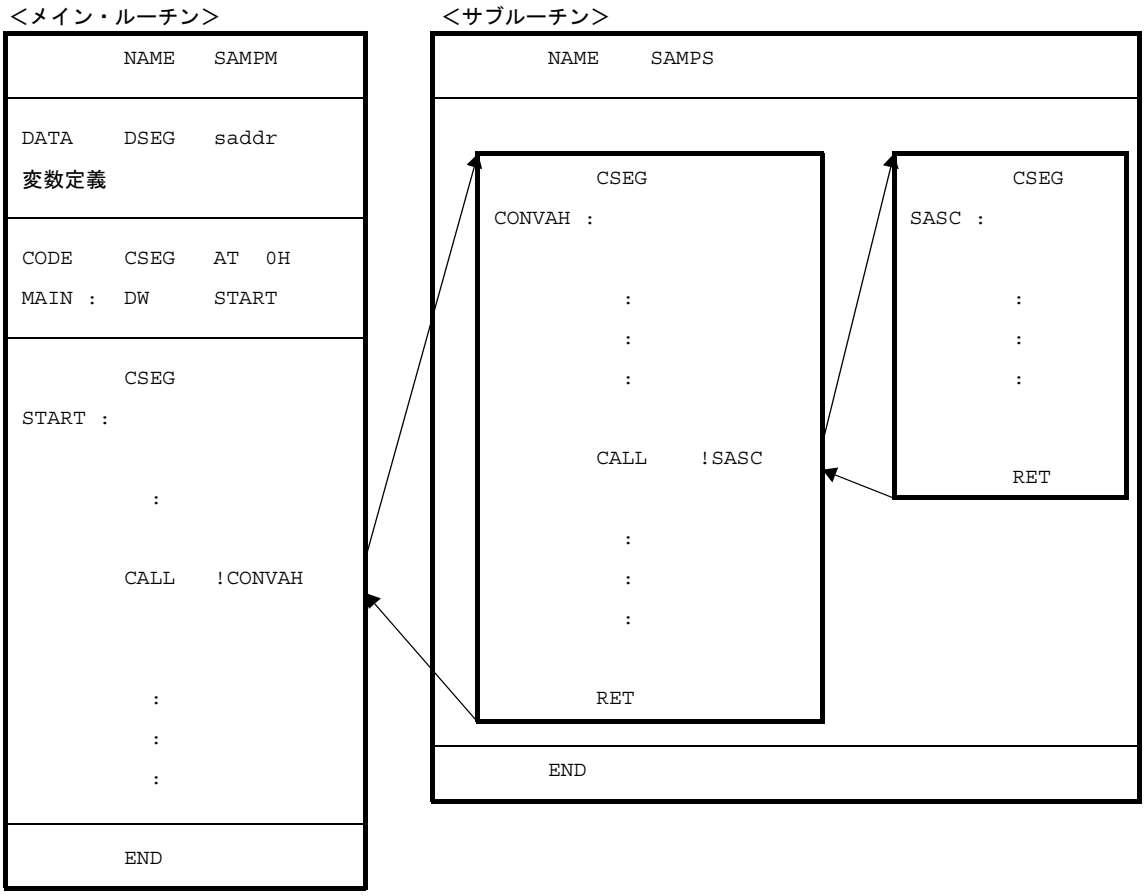


(5) 記述例

ここで，ソース・モジュール（ソース）の記述例をサンプル・プログラムとして示します。

次に，サンプル・プログラムの構成を簡単に示します。

図 4―4 サンプル・プログラムの構成



- メイン・ルーチン

```
        NAME    SAMPM           ; (1)
; ***************************************
;       HEX -> ASCII Conversion Program
;       main-routine
; ***************************************

PUBLIC  MAIN, START             ; (2)
EXTRN   CONVAH                  ; (3)
EXTRN   _@STBEG                 ; (4)   ←この記述はエラーです。

DATA    DSEG    saddr           ; (5)
HDTSA : DS      1
STASC : DS      2
```

```
CODE    CSEG    AT 0H           ; (6)
MAIN :  DW      START

        CSEG                    ; (7)
START :
        ; chip initialize
        MOVW    SP, #_@STBEG

        MOV     HDTSA, #1AH
        MOVW    HL, #HDTSA      ; set hex 2-code data in HL register
        CALL    !CONVAH         ; convert ASCII <- HEX
                                ; output BC-register <- ASCII code

        MOVW    DE, #STASC      ; set DE <- store ASCII code table
        MOV     A, B
        MOV     [DE], A
        INCW    DE
        MOV     A, C
        MOV     [DE], A
        BR      $$
        END                     ; (8)
```

(1) モジュール名を宣言

(2) ほかのモジュールから参照されるシンボルを外部定義シンボルとして宣言

(3) ほかのモジュールで定義されているシンボルを外部参照シンボルとして宣言

(4) リンカの -s オプションで生成されるスタック解決用シンボルを外部参照シンボルとして宣言（リンクする際に -s オプションを指定しないとエラーになる）

(5) データ・セグメントの開始を宣言（saddr に配置する）

(6) コード・セグメントの開始を宣言（アブソリュート・セグメントとして 0H 番地から配置する）

(7) コード・セグメントの開始を宣言（アブソリュート・セグメントの終了を意味する）

(8) モジュールの終了を宣言

- サブルーチン

```
        NAME    SAMPS           ;  (9)
; ************************************************************
;       HEX -> ASCII Conversion Program
;       sub-routine
;
;   input condition     : ( HL )        <- hex 2 code
;   output condition    : BC-register   <- ASCII 2 code
; ************************************************************

PUBLIC  CONVAH                  ;  (10)

        CSEG                    ;  (11)
CONVAH :
        XOR     A, A
        ROL4    [HL]            ; hex upper code load
        CALL    !SASC
        MOV     B, A            ; store result

        XOR     A, A
        ROL4    [HL]            ; hex lower code load
        CALL    !SASC
        MOV     C, A            ; store result
        RET

; ************************************************************
;       subroutine   convert ASCII code
;
;   input       Acc ( lower 4bits )     <- hex code
;   output      Acc                     <- ASCII code
; ************************************************************

        CSEG
SASC :
        CMP     A, #0AH         ; check hex code > 9
        BC      $SASC1
        ADD     A, #07H         ; bias ( +7H )
SASC1 :
        ADD     A, #30H         ; bias ( +30H )
        RET
        END                     ;  (12)
```

（9）モジュール名を宣言

（10）ほかのモジュールから参照されるシンボルを外部定義シンボルとして宣言

（11）コード・セグメントの開始を宣言

（12）モジュールの終了を宣言

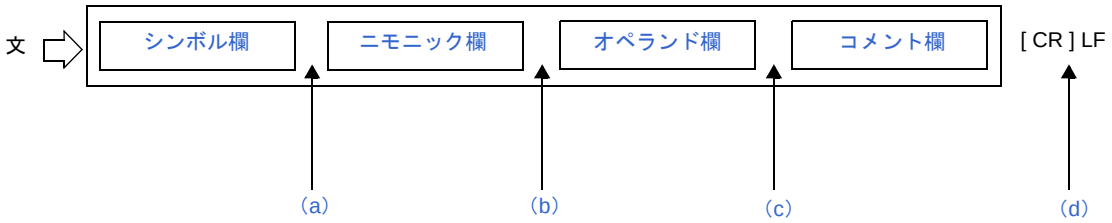
4. 1. 2 記述方法

（1）構成

ソースは，文（ステートメント）で構成します。

1 つの文は，次に示す 4 つのフィールドで構成します。

図 4―5 文の構成フィールド



（a）シンボル欄とニモニック欄は，コロン（ : ），または 1 つ以上の空白（または TAB）で区切ります（コロンで区切るか空白で区切るかは，ニモニック欄で記述する命令により異なります）。

（b）ニモニック欄とオペランド欄は，1 つ以上の空白（または TAB）で区切ります。ニモニック欄に記述する命令によっては，オペランド欄が必要ない場合もあります。

（c）コメント欄を記述するときは，コメント欄の前にセミコロン（ ; ）を記述します。

（d）各行の終わりは，LF で区切ります（LF の直前に CR が 1 つ存在してもかまいません）。

- 1 つの文は 1 行以内に記述します。1 行には最大 2048 文字（CR/LF を含む）まで記述することができます。このとき，TAB，および単独の CR は，それぞれ 1 文字として数えます。2049 文字以上記述した場合には，警告メッセージが出力され，2049 文字以降は無視されます。ただし，アセンブル・リストには 2049 文字以降も出力されます。
- 単独の CR は，アセンブル・リストには出力されません。
- 次のような行の記述が可能です。
  - 空行（文の記述のない行）
  - シンボル欄のみの行
  - コメント欄のみの行

(2) 文字セット

ソース・ファイル中に記述可能な文字は，次の 3 つから構成されます。

- 言語文字
- 文字データ
- 注釈（コメント）用文字

(a) 言語文字

ソース上で命令を記述するために使用する文字です。

言語文字の文字セットには，英数字，および特殊文字があります。

表 4―2 英数字

名称		文字
数字		0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
英字	大文字	A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z
	小文字	a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z

表 4―3 特殊文字

文字	名称	主な用途	
?	疑問符	英字相当文字	
@	単価記号	英字相当文字	
_	下線	英字相当文字	
	空白	各欄の区切り記号	区切り記号
HT (09H)	タブ・コード	空白相当文字	
,	コンマ	オペランドの区切り文字	
:	コロン	ラベル区切り記号	
;	セミコロン	コメント欄開始記号	
CR (0DH)	復帰コード	1 行の最終記号（アセンブラでは無視）	
LF (0AH)	改行コード	1 行の最終記号	
+	プラス	加算演算子，または正符号	アセンブラ演算子
-	マイナス	減算演算子，または負符号	
*	アスタリスク	乗算演算子	
/	スラッシュ	除算演算子	
.	ピリオド	ビット位置指定子	
( )	左右かっこ	演算順序	
< >	不等号	比較演算子	
=	等号	比較演算子	
'	引用符	- 文字定数の開始・終了記号 - マクロの引数を 1 つにまとめる記号	

文字	名称	主な用途
$	ドル記号	- ロケーション・カウンタの値 - アセンブラ・オプションに相当する制御命令の開始記号 - 相対アドレッシング指定記号
&	アンパーサンド	コンカティネート記号（マクロ・ボディ内で使用）
#	シャープ	イミーディエト・アドレッシング指定記号
!	感嘆符	絶対アドレッシング指定記号
[]	大かっこ	インダイレクト・アドレッシング指定記号

（b）文字データ

文字データは，文字列定数，文字列，および制御命令部（TITLE，SUBTITLE，INCLUDE）を記述するために使用する文字です。

注意 1. 00H を除くすべての文字（漢字かなを含みます。ただし，OS によってコードは異なります）が記述可能です。00H を記述するとエラーとなり，それ以降，引用符（’）で閉じるまで無視されます。

2. 不正文字が入力された場合，アセンブラは，不正文字を“！”に置き換えてアセンブル・リストに出力します（CR（0DH）は，アセンブル・リストに出力されません）。

3. Windows では，1AH をファイルの末尾と判断するため，入力データとはなりません。

（c）注釈（コメント）用文字

コメントを記述するために使用する文字です。

注意 文字データの文字セットと同一です。ただし，00H が入力されてもエラーは出力されません。アセンブル・リストには“！”に置き換えて出力されます。

（3）シンボル欄

シンボル欄には，シンボルを記述します。シンボルとは，数値データやアドレスなどに付けた名前のことです。

シンボルを使用することにより，ソースの内容がわかりやすくなります。

（a）シンボルの種類

シンボルは，その使用目的，定義方法によって，次に示す種類に分けられます。

シンボルの種類	使用目的	定義方法
ネーム	ソース中で，数値データやアドレスとして使用	EQU，SET，DBIT 疑似命令等のシンボル欄に記述します。
ラベル	ソース中で，アドレス・データとして使用	シンボルのあとにコロン（：）を付けることにより定義します。
外部参照名	あるモジュールで定義されたシンボルをほかのモジュールで参照するときに使用	EXTRN，EXTBIT 疑似命令のオペランド欄に記述します。

シンボルの種類	使用目的	定義方法
セグメント名	リンク時に使用	CSEG，DSEG，BSEG，ORG 疑似命令のシンボル欄に定義します。
モジュール名	シンボリック・デバッグ時に使用	NAME 疑似命令のオペランド欄に記述します。
マクロ名	ソース中で，マクロ参照時に使用	MACRO 疑似命令のシンボル欄に記述します。

注意　シンボル欄に記述可能なシンボルは，ネーム，ラベル，セグメント名，マクロ名の 4 種類です。

（b）シンボル記述上の規則

シンボルは，次の規則に基づいて記述します。

- シンボルは，英数字，および英字相当文字（?，@，_）で構成します。
  ただし，先頭文字に数字（0 ～ 9）は使用できません。
- シンボルの長さは，1 ～ 256 文字です。
  認識最大文字数を越えた文字は無視されます。
- シンボルとして，予約語は使用できません。
  予約語については，「4.5　予約語」を参照してください。
- 同一シンボルを二度以上定義することはできません。
  ただし，SET 疑似命令で定義したネームは，SET 疑似命令で再定義することができます。
- アセンブラは，シンボルの大文字／小文字を区別します。
- シンボル欄にラベルを記述する場合は，ラベルの直後にコロン（:）を記述します。

正しいシンボルの例を以下に示します。

```
CODE01   CSEG             ; “CODE01”はセグメント名
VAR01    EQU    10H       ; “VAR01”はネーム
LAB01 :  DW     0         ; “LAB01”はラベル
         NAME   SAMPLE    ; “SAMPLE”はモジュール名
MAC1     MACRO            ; “MAC1”はマクロ名
```

誤ったシンボルの例を以下に示します。

```
1ABC     EQU    3         ; 先頭文字に数字は使用できません。
LAB      MOV    A, R0     ; “LAB”ラベルです。ニモニック欄とコロン（ : ）で区切ります。
FLAG :   EQU    10H       ; ネームにはコロン（ : ）が必要ありません。
```

長いシンボルの例を以下に示します。

```
A123456789B12 ～ Y123456789Z123456      EQU     70H
        257 文字
                                ; 認識最大文字数（256 文字）を越えた文字“6”は
                                ; 無視されます。
                                ; A123456789B12 ～ Y123456789Z12345
                                ; というシンボルが定義されていることになります。
```

シンボルのみからなる文の例を以下に示します。

```
ABCD :                          ; ABCD がラベルとして定義されます。
```

（c）シンボルに関する注意事項

??RAnnnn（nnnn = 0000 ～ FFFF）というシンボルは，マクロ・ボディ内のローカル・シンボルが展開されるごとに，アセンブラによって自動的に置き換えられるシンボルであるため，二重定義しないように注意してください。

また，セグメント定義疑似命令でセグメント名が指定されなかったときは，アセンブラがセグメント名を自動生成します。次に，そのセグメントを示します。

同名で定義するとエラーとなります。

セグメント名	疑似命令	再配置属性
?A00nnnn（nnnn = 0000 - FFFF）	ORG 疑似命令	（なし）
?CSEG	CSEG 疑似命令	UNIT
?CSEGUP		UNITP
?CSEGT0		CALLT0
?CSEGFX		FIXED
?CSEGIX		IXRAM
?CSEGSI		SECUR_ID
?CSEGB0 ～ 15		BANK0 ～ 15
?CSEGOB0		OPT_BYTE
?DSEG	DSEG 疑似命令	UNIT
?DSEGUP		UNITP
?DSEGS		SADDR
?DSEGSP		SADDRP
?DSEGIH		IHRAM
?DSEGL		LRAM
?DSEGDSP		DSPRAM
?DSEGIX		IXRAM
?BSEG	BSEG 疑似命令	UNIT

(d) シンボルの属性

ネーム，およびラベルは，値と属性を持ちます。

値とは，定義された数値データやアドレス・データの値そのものです。

セグメント名，モジュール名，およびマクロ名は，値を持ちません。

属性とは，次に示すシンボル属性のことです。

属性の種類	区分	値
NUMBER	- 数値定数を割り付けたネーム - EXTRN 疑似命令で定義されたシンボル - 定数	10 進表現 ： 0 - 65535 16 進表現 ： 0H - FFFFH
ADDRESS	- ラベルとして定義されたシンボル - ラベルを EQU，SET 疑似命令で定義したネーム	10 進表現 ： 0 - 65535 16 進表現 ： 0H - FFFFH
BIT	- ビット値として定義されたネーム - BSEG 内のネーム - EXTBIT 疑似命令で定義されたシンボル	SFR，saddr 領域
SFR	SFR を EQU 疑似命令で定義したネーム	SFR 領域
SFRP	SFR を EQU 疑似命令で定義したネーム	
CSEG	CSEG 疑似命令で定義されたセグメント名	値を持ちません
DSEG	DSEG 疑似命令で定義されたセグメント名	
BSEG	BSEG 疑似命令で定義されたセグメント名	
MODULE	NAME 疑似命令で定義されたモジュール名 （指定されなかった場合は，入力ソース・ファイル名のプライマリ・ネームから作成されます）	
MACRO	MACRO 疑似命令で定義されたマクロ名	

例

```
TEN      EQU     10H          ; ネーム“TEN”は NUMBER 属性と値 10H を持ちます。
         ORG     80H
START :  MOV     A, #10H      ; ラベル“START”は，ADDRESS 属性と値 80H を持ちます。
BIT1     EQU     0FE20H.0     ; ネーム“BIT1”は，BIT 属性と値 0FE20H.0 を持ちます。
```

(4) ニモニック欄

ニモニック欄には，インストラクションのニモニック，疑似命令，およびマクロ参照を記述します。

オペランドの必要なインストラクションや疑似命令の場合，ニモニック欄とオペランド欄を 1 つ以上の空白，または TAB で区切ります。

ただし，インストラクションの第 1 オペランドの先頭が“#”，“$”，“！”，“[”の場合には，ニモニックと第 1 オペランドの間に何もなくても，正常にアセンブルが行われます。

正しい例：

```
MOV     A, #0H
CALL    !CONVAH
RET
```

誤った例：

```
MOVA    #0H             ; ニモニック欄とオペランド欄の間に，空白がありません。
C ALL    !CONVAH        ; ニモニック中に空白があります。
ZZZ                     ; 78K0 の命令には，“ZZZ”はありません。
```

(5) オペランド欄

オペランド欄には，インストラクションや疑似命令，およびマクロ参照の実行に必要なデータ（オペランド）を記述します。

各インストラクションや疑似命令により，オペランドを必要としないものや，複数のオペランドを必要とするものがあります。

2 個以上のオペランドを記述する場合には，各オペランドをコンマ（ , ）で区切ります。

オペランド欄に記述できるものは，次のものです。

- 定数（数値定数，文字列定数）
- 文字列
- レジスタ名
- 特殊文字（$ # ! [ ]）
- セグメント定義疑似命令の再配置属性
- シンボル
- 式
- ビット項

なお，各インストラクションや疑似命令により，要求するオペランドのサイズ，属性などが異なります。これらについては「4. 1. 15 オペランドの特性」を参照してください。

また，インストラクション・セットにおけるオペランドの表現形式と記述方法については，開発対象となる各デバイスのユーザーズ・マニュアルを参照してください。

以降に，オペランド欄に記述可能な各項目について説明します。

(a) 定数

定数は，それ自身で定まる値を持つもので，イミーディエト・データとも呼びます。

定数には，数値定数と文字列定数があります。

- 数値定数

数値定数として，2 進数，8 進数，10 進数，16 進数が記述可能です。

次に，各数値定数の表現方法を示します。

数値定数は，符号なしの 16 ビット・データとして処理されます。

値の範囲 0 ≦ n ≦ 65535 （FFFFH）

マイナスの値を記述するには，演算子のマイナス符号を使用します。

数値定数の種類	表記方法	表記例
2 進数	数値の最後に文字“B”，または“Y”を付加	1101B 1101Y
8 進数	数値の最後に文字“O”，または“Q”を付加	74O 74Q
10 進数	数値をそのまま記述，または最後に文字“D”，または“T”を付加	128 128D 128T
16 進数	- 数値の最後に文字“H”を付加 - 先頭文字が“A”，“B”，“C”，“D”，“E”，“F”で始まる場合には，その前に“0”を付加	8CH 0A6H

- 文字列定数

文字列定数は，「(2) 文字セット」で示した文字を引用符（’）で囲んだものです。

文字列定数は，アセンブルされた結果，パリティ・ビットを 0 とした 7 ビット ASCII コードに変換されます。

文字列の長さは 0 ～ 2 です。

引用符自体を文字列定数とする場合には，引用符を 2 個続けて記述します。

例

```
'ab'            ; 6162H
'A'             ; 0041H
'A'''           ; 4127H
' '             ; 0020H（空白 1 個）
```

（b）文字列

文字列は，「(2) 文字セット」で示した文字を引用符（’）で囲んだものです。

文字列は，DB 疑似命令や TITLE，SUBTITLE 制御命令のオペランドに使用します。

例

```
        CSEG
MAS1 :  DB      'YES'           ; 文字列“YES”で初期化します。
MAS2 :  DB      'NO'            ; 文字列“NO”で初期化します。
```

（c）レジスタ名

オペランド欄に記述可能なレジスタとして，次のものがあります。

- 汎用レジスタ
- 汎用レジスタ・ペア

- 特殊機能レジスタ

汎用レジスタや汎用レジスタ・ペアは，絶対名称（R0 ～ R7，RP0 ～ RP3）での記述のほかに，機能名称（X，A，B，C，D，E，H，L，AX，BC，DE，HL）での記述も可能です。

なお，インストラクションの種類により，オペランド欄に記述可能なレジスタ名が異なります。各レジスタの記述方法の詳細については，開発対象となる各デバイスのユーザーズ・マニュアルを参照してください。

(d) 特殊文字

次に，記述可能な特殊文字を示します。

特殊文字	機能
$	- このオペランドを待つインストラクションが割り当てられているロケーション・アドレス（複数バイト命令の場合は1バイト目）を示します。 - 分岐命令の相対アドレッシングを示します。
!	- 分岐命令の絶対アドレッシングを示します。 - MOV 命令の全メモリ空間指定可能な addr16 指定を示します。
#	- イミーディエト・データを示します。
[ ]	- インダイレクト・アドレッシングを示します。

例

```
アドレス     ソース
100                  ADD     A, #10H
102          LOOP :  INC     A
103                  BR      $$ - 1       ; オペランドの 2 番目の $ は，103H 番地を示しま
                                          ; す。“BR $ - 1”と記述しても同様に動作します。
105                  BR      !$ + 100H    ; オペランドの 2 番目の $ は，105H 番地を示しま
                                          ; す。“BR $ + 100H”と記述しても同様に動作し
                                          ; ます。
```

(e) セグメント定義疑似命令の再配置属性

オペランド欄には，再配置属性を記述するとこができます。

再配置属性の詳細については，「4. 2. 2 セグメント定義疑似命令」を参照してください。

(f) シンボル

シンボルをオペランド欄に記述した場合は，そのシンボルに割り付けられたアドレス（または値）がオペランドの値になります。

例

```
VALUE   EQU     1234H
        MOV     AX, #VALUE      ; MOV     AX, #1234H と記述することができます。
```

(g) 式

式は，定数，ロケーション・アドレスを示す $，ネーム，またはラベルを演算子で結合したものです。
インストラクションのオペランドとして数値表現可能なところに記述することができます。
式と演算子については，「4. 1. 3 式と演算子」を参照してください。

例

```
TEN     EQU     10H
        MOV     A, #TEN - 5H
```

この記述例では，“TEN - 5H”が式です。
この式は，ネームと数値定数が -（マイナス）演算子で結合されています。式の値は“0BH”です。
したがって，この記述は“MOV A, #0BH”と書き換えることが可能です。

(h) ビット項

ビット項は，ビット位置指定子によって得ることができます。
ビット項の詳細については，「4. 1. 13 ビット位置指定子」を参照してください。

例

```
        CLR1    A.5
        SET1    1 + 0FE30H.3    ; オペランドの値は 0FE31H.3 です。
        CLR1    0FE40H.4 + 2    ; オペランドの値は 0FE40H.6 です。
```

(6) コメント欄

コメント欄には，セミコロン（ ; ）のあとにコメント（注釈）を記述します。
コメント欄は，セミコロンからその行の改行コード，または EOF までです。
コメントを記述することにより，理解しやすいソースを作成できます。
コメント欄の記述は，機械語変換というアセンブル処理の対象とはならず，そのままアセンブル・リストに出力されます。
記述可能な文字は，「(2) 文字セット」に示すものです。

例

```
        NAME    SAMPM
; ***************************************
;       HEX -> ASCII Conversion Program
;       main-routine
; ***************************************

        PUBLIC  MAIN, START
        EXTRN   CONVAH
        EXTRN   @STBEG

DATA    DSEG    saddr
HDTSA : DS      1
STASC : DS      2

CODE    CSEG    AT 0H
MAIN :  DW      START

        CSEG
START :
                                ; chip initialize
        MOVW    SP, #_@STBEG

        MOV     HDTSA, #1AH
        MOVW    HL, #HDTSA      ; set hex 2-code data in HL register

        CALL    !CONVAH         ; convert ASCII <- HEX
                                ; output BC-register <- ASCII code

        MOVW    DE, #STASC      ; set DE <- store ASCII code table
        MOV     A, B
        MOV     [DE], A
        INCW    DE
        MOV     A, C
        MOV     [DE], A
        BR      $$
        END
```

コメント欄のみの行

コメント欄のみの行

コメント欄にコメントが記述されている行

4. 1. 3　式と演算子

式とは，シンボル，定数，ロケーション・アドレスを示す $，ビット項，前述の 4 つに演算子を付加したもの，または演算子で結合したものです。

式を構成する演算子以外の要素を項といい，記述された左側から順に第 1 項，第 2 項，…と呼びます。

演算子には「表 4―4　演算子の種類」に示すものがあり，演算実行上の優先順位が「表 4―5　演算子の優先順位」のように決められています。

演算の順序を変更するには，かっこ“ ( ) ”を使用します。

例を示します。

```
MOV     A, #5 * ( SYM + 1 )
```

上記の例では，“5 * (SYM+1)”が式です。“5”が第 1 項，“SYM”が第 2 項，“1”が第 3 項です。“*”，“+”，“( )”が演算子です。

表 4―4　演算子の種類

演算子の種類	演算子
算術演算子	+，-，*，/，MOD，+ 符号，- 符号
論理演算子	NOT，AND，OR，XOR
比較演算子	EQ（=），NE（< >），GT（>），GE（>=），LT（<），LE（<=）
シフト演算子	SHR，SHL
バイト分離演算子	HIGH，LOW
特殊演算子	DATAPOS，BITPOS，MASK，BANKNUM
その他の演算子	( )

上記の演算子は，単項演算子，特殊単項演算子，2 項演算子，N 項演算子，その他の演算子に分けられます。

単項演算子	+ 符号，- 符号，NOT，HIGH，LOW，BANKNUM
特殊単項演算子	DATAPOS，BITPOS
2 項演算子	+，-，*，/，MOD，AND，OR，XOR，EQ (=)，NE (<>)，GT (>)，GE (>=)，LT (<)，LE (<=)，SHR，SHL
N 項演算子	MASK
その他の演算子	( )

表 4―5 演算子の優先順位

優先度	優先順位	演算子
高い	1	+ 符号，- 符号，NOT，HIGH，LOW，BANKNUM，DATAPOS，BITPOS，MASK
	2	*，/，MOD，SHR，SHL
	3	+，-
	4	AND
	5	OR，XOR
低い	6	EQ (=)，NE (<>)，GT (>)，GE (>=)，LT (<)，LE (<=)

式の演算は，次の規則に従います。

- 演算の順序は，演算子の優先順位に従います。
  同一順位の場合は，左から右に演算されます。単項演算子の場合は，右から左に演算されます。
- かっこ“( )”の中の演算は，かっこの外の演算に先立って行われます。
- 単項演算子の多重演算が可能です。
  例を示します。
  1 = - - 1 == 1
  -1 = -+1 = -1
- 式の演算は，符号なし 16 ビットで行います。
  演算中に 16 ビットを越えてオーバフローした場合，オーバフローした値は無視されます。
- 定数が 16 ビット（0FFFFH）を越える場合には，エラーとなり，その値は 0 とみなされて計算されます。
- 除算では，小数部分を切り捨てます。
  除算がゼロの場合は，エラーとなり，結果は 0 となります。
- 負の値は，2 の補数形式となります。
- 外部参照記号のアセンブル時の評価値はゼロです（評価値はリンク時に決定されます）。
- オペランド欄に記述した式の演算結果は，命令の要求を満たす値でなければなりません。
  8 ビット長のオペランドを要求される命令で，リロケータブル，または外部参照の式を記述した場合は，下位 8 ビットの値からオブジェクトが生成され，リロケーション情報には 16 ビットで必要な情報が出力されます。そして，リンカにおいて，決定された値が 8 ビットの範囲に収まるかのチェックがされ，オーバフローすると，リンク時にエラーとなります。
  アブソリュートな式を記述した場合は，アセンブラ内で値が決定されるので，要求した範囲に収まるかのチェックが行われます。
  例えば，MOV 命令の場合，オペランドは 8 ビットなので，0H ～ 0FFH の範囲に入っていなければなりません。

（1）正しい例

```
MOV     A, #'2*' AND 0FH
MOV     A, #4 * 8 * 8 - 1
```

（2）誤った例

```
MOV     A, #'2*.
MOV     A, #4 * 8 * 8
```

（3）式評価の例

式	評価値
2 + 4 * 5	22
(2 + 3) * 4	20
10/4	2
0 - 1	0FFFFH
-1 > 1	00H（偽）
EXT **注** + 1	1

注　EXT　：外部参照記号

4. 1. 4　算術演算子

算術演算子には，次のものがあります。

演算子	概要
+	第 1 項と第 2 項の値の加算
-	第 1 項と第 2 項の値の減算
*	第 1 項と第 2 項の値の乗算
/	第 1 項と第 2 項の値で剰余算を行い，整数部を求める
MOD	第 1 項と第 2 項の値で剰余算を行い，余りを求める
+ 符号	項の値をそのまま返す
- 符号	項の値の 2 の補数を求める

+

第 1 項と第 2 項の値の加算を行います。

［機能］

第 1 項と第 2 項の値の和を返します。

［使用例］

```
        ORG     100H
START : BR      !$ + 6          ; (1)
```

（1）BR 命令により，“現在のロケーション・アドレス＋ 6 番地”へジャンプします。
つまり，“100H + 6H = 106H”へジャンプします。
したがって，“START:　BR　!106H”と記述することもできます。

-

第 1 項と第 2 項の値の減算を行います。

［機能］

第 1 項と第 2 項の値の差を返します。

［使用例］

```
        ORG     100H
BACK :  BR      BACK - 6H       ; (1)
```

（1）BR 命令により，「“BACK”に割り付けられたアドレス－ 6 番地」へジャンプします。
つまり，“100H - 6H = 0FAH”へジャンプします。
したがって，“BACK:　BR　!0FAH”と記述することもできます。

*

第 1 項と第 2 項の値の乗算を行います。

［機能］

第 1 項と第 2 項の値の積を返します。

［使用例］

```
TEN     EQU     10H
        MOV     A, #TEN * 3     ; (1)
```

（1）EQU 疑似命令により，ネーム“TEN”に 10H という値が定義されます。
“#”はイミーディエト・データを示します。
“TEN * 3”という式は“10H * 3”のことで，30H を返します。
したがって，“MOV A, #30H”と記述することもできます。

/

第 1 項と第 2 項の値で剰余算を行い，整数部を求めます。

［機能］

第 1 項の値を第 2 項の値で割り，その値の整数部を返します。

小数部は切り捨てられます。

除数（第 2 項）が 0 の場合は，エラーとなります。

［使用例］

```
MOV     A, #256 / 50            ; (1)
```

(1)“256 / 50 = 5　余り 6”となります。

よって，整数部の 5 を返します。

したがって，“MOV A, #5”と記述することもできます。

MOD

第 1 項と第 2 項の値で剰余算を行い，余りを求めます。

［機能］

第 1 項の値を第 2 項の値で割り，その値の余りを返します。

除数が 0 の場合は，エラーとなります。

MOD の前後には，空白が必要です。

［使用例］

```
MOV     A, #256  MOD  50        ; (1)
```

(1)“256 / 50 = 5　余り 6”となります。

よって，余りの 6 を返します。

したがって，“MOV A, #6”と記述することもできます。

+ 符号

項の値をそのまま返します。

［機能］

項の値をそのまま返します。

［使用例］

```
FIVE    EQU     +5      ; (1)
```

(1) 項の値“5”をそのまま返します。

EQU 疑似命令により，ネーム“FIVE”に 5 という値が定義されます。

- 符号

項の値の 2 の補数を求めます。

［機能］

項の値の 2 の補数をとった値を返します。

［使用例］

```
NO      EQU     -1      ; (1)
```

(1)“-1”は 1 の 2 の補数となります。

0000 0000 0000 0001 の 2 の補数は

1111 1111 1111 1111 となります。

よって，EQU 疑似命令により，ネーム“NO”に 0FFFFH が定義されます。

4. 1. 5　論理演算子

論理演算子には，次のものがあります。

演算子	概要
NOT	項のビットごとの論理否定を求める
AND	第 1 項の値と第 2 項の値のビットごとの論理積を求める
OR	第 1 項の値と第 2 項の値のビットごとの論理和を求める
XOR	第 1 項の値と第 2 項の値のビットごとの排他的論理和を求める

NOT

項のビットごとの論理否定を求めます。

［機能］

項のビットごとの論理否定をとり，その値を返します。

NOT と項との間には，空白が必要です。

［使用例］

```
MOVW    AX, #NOT  3H          ; (1)
```

(1)“3H”の論理否定をとります。

よって，0FFFCH を返します。

したがって，“MOVW AX , #LOWW 0FFFCH”と記述することもできます。

NOT)	0000	0000	0000	0011
	1111	1111	1111	1100

AND

第 1 項の値と第 2 項の値のビットごとの論理積を求めます。

［機能］

第 1 項の値と第 2 項の値のビットごとの論理積をとり，その値を返します。

AND の前後には，空白が必要です。

［使用例］

```
MOV     A, #6FAH  AND  0FH     ; (1)
```

(1)“6FAH”と“0FH”の論理積をとります。

よって，“0AH”を返します。

したがって，(1)は“MOV A, #0AH”と記述することもできます。

	0000	0110	1111	1010
AND）	0000	0000	0000	1111
	0000	0000	0000	1010

OR

第 1 項の値と第 2 項の値のビットごとの論理和を求めます。

［機能］

第 1 項の値と第 2 項の値のビットごとの論理和をとり，その値を返します。

OR の前後には，空白が必要です。

［使用例］

```
MOV     A, #0AH  OR  1101B     ; (1)
```

(1)“0AH”と“1101B”の論理和をとります。

よって，“0FH”を返します。

したがって，(1)は“MOV A, #0FH”と記述することもできます。

	0000	0000	0000	1010
OR）	0000	0000	0000	1101
	0000	0000	0000	1111

XOR

第 1 項の値と第 2 項の値のビットごとの排他的論理和を求めます。

［機能］

第 1 項の値と第 2 項の値のビットごとの排他的論理和をとり，その値を返します。

XOR の前後には，空白が必要です。

［使用例］

```
MOV     A, #9AH  XOR  9DH      ; (1)
```

(1)“9AH”と“9DH”の排他的論理和をとります。

よって，“7H”を返します。

したがって，(1)は“MOV A, #7H”と記述することもできます。

	0000	0000	1001	1010
XOR）	0000	0000	1001	1101
	0000	0000	0000	0111

4. 1. 6　比較演算子

比較演算子には，次のものがあります。

演算子	概要
EQ（=）	第 1 項の値と第 2 項の値が等しいかどうか比較
NE（< >）	第 1 項の値と第 2 項の値が等しくないかどうか比較
GT（>）	第 1 項の値が第 2 項の値より大きいかどうか比較
GE（>=）	第 1 項の値が第 2 項の値より大きい，または等しいかどうか比較
LT（<）	第 1 項の値が第 2 項の値より小さいかどうか比較
LE（<=）	第 1 項の値が第 2 項の値より小さい，または等しいかどうか比較

EQ（=）

第 1 項の値と第 2 項の値が等しいかどうか比較します。

［機能］

第 1 項の値と第 2 項の値が等しいときに 0FFH（真），等しくないときに 00H（偽）を返します。

EQ の前後には，空白が必要です。

［使用例］

```
A1      EQU     12C4H
A2      EQU     12C0H

        MOV     A, #A1  EQ  ( A2 + 4H )         ; (1)
        MOV     X, #A1  EQ   A2                 ; (2)
```

(1)“A1 EQ (A2 + 4H)”は，“12C4H EQ (12C0H + 4H) ”となります。
このとき，第 1 項の値と第 2 項の値が等しいので，0FFH を返します。

(2)“A1 EQ A2”は，“12C4H EQ 12C0H”となります。
このとき，第 1 項の値と第 2 の値が等しくないので，00H を返します。

NE（< >）

第 1 項の値と第 2 項の値が等しくないかどうか比較します。

［機能］

第 1 項の値と第 2 項の値が等しくないときに 0FFH（真），等しいときに 00H（偽）を返します。

NE の前後には，空白が必要です。

［使用例］

```
A1      EQU     5678H
A2      EQU     5670H

        MOV     A, #A1  NE   A2                ;  (1)
        MOV     A, #A1  NE  ( A2 + 8H )        ;  (2)
```

（1）“A1 NE A2”は“5678H NE 5670H”となります。

このとき，第 1 項の値と第 2 項の値が等しくないので，0FFH を返します。

（2）“A1 NE (A2 + 8H) ”は“5678H NE (5670H + 8H) ”となります。

このとき，第 1 項の値と第 2 項の値が等しいので，00H を返します。

GT（>）

第 1 項の値が第 2 項の値より大きいかどうか比較します。

［機能］

第 1 項の値が第 2 項の値より大きいときに 0FFH（真），等しいか小さいときに 00H（偽）を返します。

GT の前後には，空白が必要です。

［使用例］

```
A1      EQU     1023H
A2      EQU     1013H

        MOV     A, #A1  GT   A2                ;  (1)
        MOV     X, #A1  GT  ( A2 + 10H )       ;  (2)
```

(1)“A1 GT A2”は“1023H GT 1013H”となります。

このとき，第 1 項の値が第 2 項の値より大きいので，0FFH を返します。

(2)“A1 GT (A2 + 10H) ”は“1023H GT (1013H + 10H) ”となります。

このとき，第 1 項の値が第 2 項の値と等しいので，00H を返します。

GE（>=）

第 1 項の値が第 2 項の値より大きい，または等しいかどうか比較します。

［機能］

第 1 項の値が第 2 項の値より大きいか，等しいときに 0FFH（真），小さいときに 00H（偽）を返します。

GE の前後には，空白が必要です。

［使用例］

```
A1      EQU     2037H
A2      EQU     2015H

        MOV     A, #A1  GE   A2                ;  (1)
        MOV     X, #A1  GE  ( A2 + 23H )       ;  (2)
```

(1)“A1 GE A2”は“2037H GE 2015H”となります。

このとき，第 1 項の値が第 2 項の値より大きいので，0FFH を返します。

(2)“A1 GE (A2 + 23H)”は“2037H GE (2015H + 23H)”となります。

このとき，第 1 項の値が第 2 項の値より小さいので，00H を返します。

LT（<）

第 1 項の値が第 2 項の値より小さいかどうか比較します。

［機能］

第 1 項の値が第 2 項の値より小さいときに 0FFH（真），等しいか大きいときに 00H（偽）を返します。

LT の前後には，空白が必要です。

［使用例］

```
A1      EQU     1000H
A2      EQU     1020H

        MOV     A, #A1  LT  A2              ; (1)
        MOV     X, # ( A1 + 20H )  LT  A2   ; (2)
```

(1)“A1 LT A2”は“1000H LT 1020H”となります。

このとき，第 1 項の値が第 2 の値より小さいので，0FFH を返します。

(2)“(A1 + 20H) LT A2”は“(1000H + 20H) LT 1020H”となります。

このとき，第 1 項の値と第 2 項の値が等しいので，00H を返します。

LE（<=）

第 1 項の値が第 2 項の値より小さい，または等しいかどうか比較します。

［機能］

第 1 項の値が第 2 項の値より小さいか等しいときに 0FFH（真），大きいときに 00H（偽）を返します。

LE の前後には，空白が必要です。

［使用例］

```
A1      EQU     103AH
A2      EQU     1040H

        MOV     A, #A1  LE  A2                  ; (1)
        MOV     X, # ( A1 + 7H )  LE  A2        ; (2)
```

(1)“A1 LE A2”は“103AH LE 1040H”となります。

このとき，第 1 項の値が第 2 の値より小さいので，0FFH を返します。

(2)“(A1 + 7H) LE A2”は“(103AH + 7H) LE 1040H”となります。

このとき，第 1 項の値が第 2 項の値より大きいので，00H を返します。

4. 1. 7　シフト演算子

シフト演算子には，次のものがあります。

演算子	概要
SHR	第 1 項の値を第 2 項で示す値分だけ右シフトした値を求める
SHL	第 1 項の値を第 2 項で示す値分だけ左シフトした値を求める

SHR

第 1 項の値を第 2 項で示す値分だけ右シフトした値を求めます。

［機能］

第 1 項の値を第 2 項で示す値（ビット数）分だけ右シフトし，その値を返します。

上位ビットには，シフトされたビット数だけ 0 が挿入されます。

SHR の前後には，空白が必要です。

シフト数が 0 の場合は，第 1 項の値がそのまま返されます。シフト数が 16 を越えた場合は，自動的に 0 が埋め込まれます。

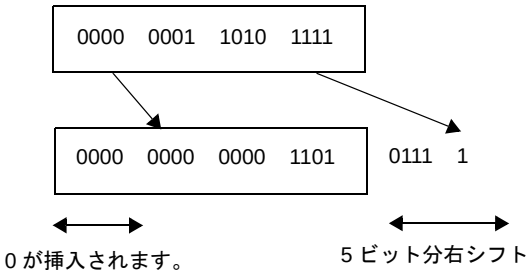
［使用例］

```
MOV     A, #01AFH  SHR  5       ; (1)
```

(1)“01AFH”を 5 ビット分右シフトします。

よって，“000DH”を返します。

したがって，“MOV A, #0DH”と記述することもできます。



SHL

第 1 項の値を第 2 項で示す値分だけ左シフトした値を求めます。

［機能］

第 1 項の値を第 2 項で示す値（ビット数）分だけ左シフトし，その値を返します。

下位ビットには，シフトされたビット数だけ 0 が挿入されます。

SHL の前後には，空白が必要です。

シフト数が 0 の場合は，第 1 項の値がそのまま返されます。シフト数が 16 を越えた場合は，自動的に 0 が埋め込まれます。

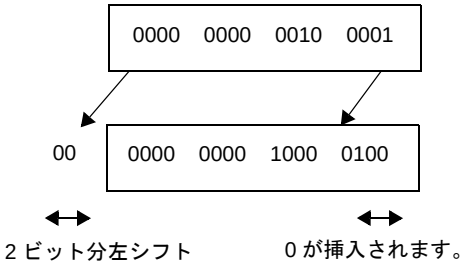
［使用例］

```
MOV     A, #21H  SHL  2        ; (1)
```

(1)“21H”を 2 ビット分左シフトします。

よって，“84H”を返します。

したがって，“MOV A, #84H”と記述することもできます。



4. 1. 8　バイト分離演算子

バイト分離演算子には，次のものがあります。

演算子	概要
HIGH	項の上位 8 ビットを求める
LOW	項の下位 8 ビットを求める

HIGH

項の上位 8 ビットを求めます。

［機能］

項の上位 8 ビットを返します。

HIGH と項との間には，空白が必要です。

［使用例］

```
MOV     A, #HIGH  1234H        ; (1)
```

(1) MOV 命令実行により，1234H の上位 8 ビット値 12H を返します。
したがって，(1) は“MOV A, #12H”と記述することもできます。

［備考］

SFR/EFR 名に対して HIGH 演算を行う場合は，次のように行います。

記述方法には，次の 2 つの方法があります。

```
HIGH SFR 名
HIGH △ EFR 名
```

または

```
HIGH[ ]([ ]SFR 名[ ])
HIGH[△]([△]EFR 名[△])
```

演算結果は，アブソリュートな NUMBER 属性の項となります。

ただし，SFR/EFR 名に同時に他の演算を施すことはできません。

例を以下に示します。

```
シンボル欄   ニーモニック欄   オペランド欄
             MOV            R0, #HIGH PM0
             MOV            R1, #HIGH PM1 + 1H      ; #( HIGH PM1 ) + 1 と同意
             MOV            R1, #HIGH ( PM1 + 1H )  ; SFR 名に HIGH 以外の演算子が同時に
                                                    ; 施されているのでエラー
```

LOW

項の下位 8 ビットを求めます。

［機能］

項の下位 8 ビットを返します。

LOW と項との間には，空白が必要です。

［使用例］

```
MOV     A, #LOW  1234H          ; (1)
```

(1) MOV 命令実行により，1234H の下位 8 ビット値 34H を返します。
したがって，(1) は“MOV A, #34H”と記述することもできます。

［備考］

SFR/EFR 名に対して LOW 演算を行う場合は，以下のように行います。

記述方法には，次の 2 つの方法があります。

```
LOW SFR名
LOW △ EFR名
```

または

```
LOW[ ]([ ]SFR名[ ])
LOW[△]([△]EFR名[△])
```

演算結果は，アブソリュートな NUMBER 属性の項となります。

ただし，SFR/EFR 名に同時に他の演算を施すことはできません。

例を以下に示します。

```
シンボル欄   ニーモニック欄   オペランド欄
             MOV            R0, #LOW PM0
             MOV            R1, #LOW PM1 + 1H       ; #( LOW PM1 ) + 1 と同意
             MOV            R1, #LOW ( PM1 + 1H )   ; SFR 名に LOW 以外の演算子が同時に
                                                    ; 施されているのでエラー
```

4. 1. 9　特殊演算子

特殊演算子には，次のものがあります。

演算子	概要
DATAPOS	ビット・シンボルのアドレス部を求める
BITPOS	ビット・シンボルのビット部を求める
MASK	指定のビット位置に 1，その他を 0 にした 16 ビット値を求める
BANKNUM	シンボルを定義したセグメントを配置するバンク番号を求める

DATAPOS

ビット・シンボルのアドレス部を求めます。

［機能］

ビット・シンボルのアドレス部（バイト・アドレス）を返します。

［使用例］

```
SYM     EQU     0FE68H.6                ;  (1)

        MOV     A, !DATAPOS  SYM        ;  (2)
```

(1) EQU 疑似命令により，ネーム“SYM”に 0FE68H.6 という値が定義されます。

(2)“DATAPOS SYM”は“DATAPOS 0FE68H.6”ということで，0FE68H を返します。
したがって，“MOV A, !0FE68H”と記述することもできます。

［備考］

SFR/EFR 名に対して DATAPOS 演算を行う場合は，次のように行います。

```
DATAPOS △ SFR 名
DATAPOS △ EFR 名
```

演算結果は，アブソリュートな NUMBER 属性の項となります。
ただし，SFR/EFR 名に同時に他の演算を施すことはできません。
例を以下に示します。

```
シンボル欄   ニーモニック欄   オペランド欄
             MOVW          HL, #DATAPOS PIF0
             MOVW          HL, #DATAPOS PIF0 + 1H
```

BITPOS

ビット・シンボルのビット部を求めます。

［機能］

ビット・シンボルのビット部（ビット位置）を返します。

［使用例］

```
SYM     EQU     0FE68H.6                ;  (1)

        CLR1    [HL].BITPOS  SYM        ;  (2)
```

(1) EQU 疑似命令により，ネーム“SYM”に 0FE68H.6 という値が定義されます。

(2)“BITPOS.SYM”は“BITPOS 0FE68H.6”ということで，6 を返します。
CLR1 命令実行により，[HL].6 を 0 クリアします。

［備考］

SFR/EFR 名に対して BITPOS 演算を行う場合は，次のように行います。

```
BITPOS △ SFR 名
BITPOS △ EFR 名
```

演算結果は，アブソリュートな NUMBER 属性の項となります。
ただし，SFR/EFR 名に同時に他の演算を施すことはできません。
例を以下に示します。

```
シンボル欄   ニーモニック欄   オペランド欄
             MOV1           [HL].BITPOS PIF0, CY
             MOVW           [HL].BITPOS PIF0 + 1H, CY
```

MASK

指定のビット位置に 1，その他を 0 にした 16 ビット値を求めます。

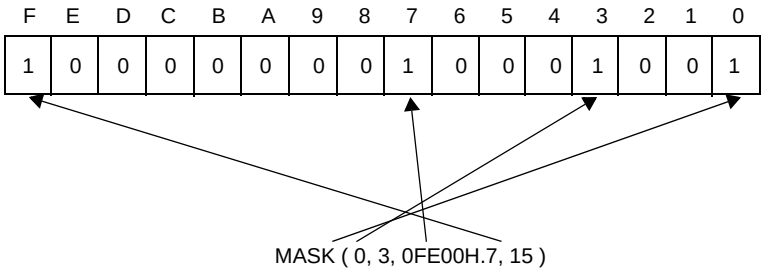
［機能］

指定のビット位置に 1，その他を 0 にした 16 ビット値を返します。

［使用例］

```
MOVW    AX, #MASK ( 0, 3, 0FE00H.7, 15 )    ; (1)
```

（1）MOVW 命令実行により，8089H を返します。



BANKNUM

シンボルを定義したセグメントを配置するバンク番号を求めます。

［機能］

シンボルを定義したセグメントを配置するバンク番号を返します。

BANKNUM とシンボルとの間には，空白が必要です。

［使用例］

```
        CSEG    BANK1
SYM :   NOP
         :
        MOV     A, #BANKNUM    SYM     ; (1)
```

(1) BANKNUM 演算子により，ラベル“SYM”を定義したセグメントを配置するバンク番号である 1 を返します。
したがって，“MOV A , #1”と記述することもできます。
ただし，シンボルを定義したセグメントを配置するメモリ領域がバンク以外の場合には，0 を返します。

4. 1. 10　その他の演算子

その他の演算子には，次のものがあります。

演算子	概要
( )	( ) 内の演算を優先して行う

( )

( ) 内の演算を優先して行います。

［機能］

( ) 内の演算を ( ) 外の演算に先立って行います。

演算の優先順位を変更したいときに使用します。

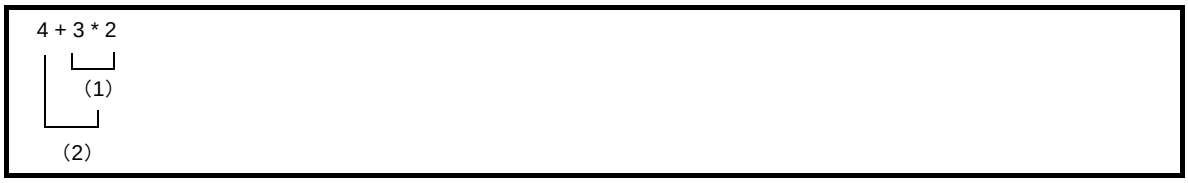
( ) が多重になっている場合は，一番内側の ( ) 内の式から演算します。

［使用例］

```
MOV     A, # ( 4 + 3 ) * 2
```

(1)，(2) の順で演算を行い，14 という値を返します。

( ) がなければ



(1)，(2) の順で演算を行い，10 という値を返します。

演算子の優先順位については，「表 4―5　演算子の優先順位」を参照してください。

4. 1. 11　演算の制限

式の演算は，項を演算子で結びつけて行います。項として記述できるものには，定数，$，ネーム，ラベルがあり，各項はリロケーション属性とシンボル属性を持ちます。

各項の持つリロケーション属性，シンボル属性の種類により，その項に対して演算可能な演算子が限られます。したがって，式を記述する場合には，式を構成する各項のリロケーション属性，シンボル属性に留意することが大切です。

(1) 演算とリロケーション属性

式を構成する各項は，リロケーション属性とシンボル属性を持ちます。

各項をリロケーション属性により分類すると，アブソリュート項，リロケータブル項，外部参照項の 3 種類に分けられます。

次に，演算におけるリロケーション属性の種類とその性質，およびそれに該当する項を示します。

表 4―6　リロケーション属性の種類

種類	性質	該当項
アブソリュート項	アセンブル時に値，定数が決定する項	- 定数 - アブソリュート・セグメント内のラベル - アブソリュート・セグメント内で定義したロケーション・アドレスを示す $ - 定数，上記のラベル，上記の $ 等，絶対値を定義したネーム
リロケータブル項	アセンブル時には値が決定しない項	- リロケータブル・セグメント内で定義したラベル - リロケータブル・セグメント内で定義したロケーション・アドレスを示す $ - リロケータブルなシンボルで定義したネーム
外部参照項注	ほかのモジュールのシンボルを外部参照する項	- EXTRN 疑似命令で定義したラベル - EXTBIT 疑似命令で定義したネーム

注　外部参照項を演算対象にすることができる演算子は，“+”，“-”，“HIGH”，“LOW”，“BANKNUM”の 5 つです。ただし，1 つの式に記述可能な外部参照項は，1 つだけです。その場合，必ず演算子“+”で結合されていなければなりません。

演算可能な演算子と項の組み合わせをリロケーション属性により分類すると，次のようになります。

表 4―7　リロケーション属性による項と演算子の組み合わせ（リロケータブル項）

演算子の種類	項のリロケーション属性			
	X：ABS Y：ABS	X：ABS Y：REL	X：REL Y：ABS	X：REL Y：REL
X + Y	A	R	R	—
X - Y	A	—	R	A 注 1

演算子の種類	項のリロケーション属性			
	X：ABS Y：ABS	X：ABS Y：REL	X：REL Y：ABS	X：REL Y：REL
X * Y	A	–	–	–
X / Y	A	–	–	–
X MOD Y	A	–	–	–
X SHL Y	A	–	–	–
X SHR Y	A	–	–	–
X EQ Y	A	–	–	A 注1
X LT Y	A	–	–	A 注1
X LE Y	A	–	–	A 注1
X GT Y	A	–	–	A 注1
X GE Y	A	–	–	A 注1
X NE Y	A	–	–	A 注1
X AND Y	A	–	–	–
X OR Y	A	–	–	–
X XOR Y	A	–	–	–
NOT X	A	A	–	–
+ X	A	A	R	R
- X	A	A	–	–
HIGH X	A	A	R 注2	R 注2
LOW X	A	A	R 注2	R 注2
BANKNUM X	A	A	A 注2	A 注2
MASK (X)	A	A	–	–
DATAPOS X.Y	A	–	–	–
BITPOS X.Y	A	–	–	–
MASK (X.Y)	A	–	–	–
DATAPOS X	A	A	R	R
BITPOS X	A	A	A	A

ABS ： アブソリュート項

REL ： リロケータブル項

A ： 演算結果がアブソリュート項になります。

R ： 演算結果がリロケータブル項になります。

－ ： 演算不可

注意 1. X，または Y が HIGH，LOW，BANKNUM，DATAPOS 演算を行ったリロケータブル項ではなく，X，Y がともに同一セグメントにある場合にかぎり，演算可能です。

2. X，または Y が HIGH，LOW，BANKNUM，DATAPOS 演算を行ったリロケータブル項でない場合にかぎり，演算可能です。

外部参照項を演算対象にすることができる演算子は，“+”，“-”，“HIGH”，“LOW”，“BANKNUM”の 5 つです。ただし，1 つの式に記述可能な外部参照項は，1 つだけです。

これらの演算子と外部参照項との実行可能な組み合わせをリロケーション属性により分類すると，次のようになります。

表 4―8 リロケーション属性による項と演算子の組み合わせ（外部参照項）

演算子の種類	項のリロケーション属性				
	X：ABS Y：EXT	X：EXT Y：ABS	X：REL Y：EXT	X：EXT Y：REL	X：EXT Y：EXT
X + Y	E	E	―	―	―
X - Y	―	E	―	―	―
+ X	A	E	R	E	E
HIGH X	A	E 注 1	R 注 2	E 注 1	E 注 1
LOW X	A	E 注 1	R 注 2	E 注 1	E 注 1
BANKNUM X	A	E 注 1	A 注 2	E 注 1	E 注 1
MASK (X)	A	―	―	―	―
DATAPOS X.Y	―	―	―	―	―
BITPOS X.Y	―	―	―	―	―
MASK (X.Y)	―	―	―	―	―
DATAPOS X	A	E	R	E	E
BITPOS X	A	E	A	E	E

ABS ：アブソリュート項
EXT ：外部参照項
REL ：リロケータブル項
A ：演算結果がアブソリュート項になります。
E ：演算結果が外部参照項になります。
R ：演算結果がリロケータブル項になります。
― ：演算不可

注 1. X，または Y が HIGH，LOW，BANKNUM，DATAPOS，BITPOS 演算を行った外部参照項でない場合にかぎり，演算可能です。

2. X，または Y が HIGH，LOW，BANKNUM，DATAPOS 演算を行ったリロケータブル項でない場合にかぎり，演算可能です。

(2) 演算とシンボル属性

式を構成する各項は，リロケーション属性に加えてシンボル属性を持ちます。

各項をシンボル属性により分類すると，NUMBER 項，ADDRESS 項の 2 種類に分けられます。

演算におけるシンボル属性の種類とそれに該当する項を次に示します。

表 4―9 演算におけるシンボル属性の種類

シンボル属性の種類	該当項
NUMBER 項	- NUMBER 属性を持つシンボル - 定数
ADDRESS 項	- ADDRESS 属性を持つシンボル - ロケーション・カウンタを示す“$”

演算可能な演算子と項の組み合わせをシンボル属性により分類すると，次のようになります。

表 4―10 シンボル属性による項と演算子の組み合わせ

演算子の種類	項のシンボル属性			
	X：ADDRESS Y：ADDRESS	X：ADDRESS Y：NUMBER	X：NUMBER Y：ADDRESS	X：NUMBER Y：NUMBER
X + Y	―	A	A	N
X - Y	N	A	―	N
X * Y	―	―	―	N
X / Y	―	―	―	N
X MOD Y	―	―	―	N
X SHL Y	―	―	―	N
X SHR Y	―	―	―	N
X EQ Y	N	―	―	N
X LT Y	N	―	―	N
X LE Y	N	―	―	N
X GT Y	N	―	―	N
X GE Y	N	―	―	N
X NE Y	N	―	―	N
X AND Y	―	―	―	N
X OR Y	―	―	―	N
X XOR Y	―	―	―	N
NOT X	―	―	N	N
+ X	A	A	N	N
- X	―	―	N	N
HIGH X	A	A	N	N

演算子の種類	項のシンボル属性			
	X：ADDRESS Y：ADDRESS	X：ADDRESS Y：NUMBER	X：NUMBER Y：ADDRESS	X：NUMBER Y：NUMBER
LOW X	A	A	N	N
BANKNUM X	A	A	—	—
DATAPOS X	A	A	N	N
MASK X	N	N	N	N

ADDRES ： ADDRESS 項

NUMBER ： NUMBER 項

A ： 演算結果が ADDRESS 項

N ： 演算結果が NUMBER 項

ー ： 演算不可

(3) 演算の制限についての確認方法

リロケーション属性，シンボル属性による演算の見方について，例を示します。

```
BR      $TABLE + 5H
```

ここで，“TABLE”はリロケータブルなコード・セグメント中で定義されたラベルであると仮定します。

(a) 演算とリロケーション属性

“TABLE + 5H”は，“リロケータブル項＋アブソリュート項”となるので，この演算を「表 4―7 リロケーション属性による項と演算子の組み合わせ（リロケータブル項）」にあてはめます。

演算子の種類 … X + Y

項のリロケーション属性 … X：REL，Y：ABS

したがって，演算結果は“R”，すなわちリロケータブル項になることがわかります。

(b) [演算とシンボル属性]

“TABLE + 5H”は“ADDRESS 項＋ NUMBER 項”となるので，この演算を「表 4―10 シンボル属性による項と演算子の組み合わせ」にあてはめます。

演算子の種類 … X + Y

項のリロケーション属性 … X：ADDRESS，Y：NUMBER

したがって，演算結果は“A”，すなわち ADDRESS 項となることがわかります。

4. 1. 12　絶対式の定義

絶対式は，アセンブルの途中で，その式を評価したときに値が確定しているような式を指します。

以下のいずれかに属するものを絶対式と呼びます。

- 定数
- 定数同士に演算を施した式（定数式）
- 定数，または定数式で定義された EQU シンボル，または SET シンボル
- 上記に演算を施した式

備考　シンボルは後方参照のみ可能です。

4. 1. 13　ビット位置指定子

ビット位置指定子（ . ）を使用することにより，ビット・アクセスが可能になります。

(1) 記述形式

```
X[ ].[ ]Y
          ┌──────┐
          └──────┘
  ビット項
```

X（第 1 項）		Y（第 2 項）
汎用レジスタ	A	式（0 ～ 7）
制御レジスタ	PSW	式（0 ～ 7）
特殊機能レジスタ	sfr **注**	式（0 ～ 7）
メモリ	[HL] **注**	式（0 ～ 7）

注　具体的な記述については，各デバイスのユーザーズ・マニュアルを参照してください。

(2) 機能

- 第 1 項にバイト・アドレスを指定するもの，第 2 項にビット位置を指定するものを指定します。これにより，ビット・アクセスが可能になります。

(3) 説明

- ビット位置指定子を使用したものをビット項と呼びます。
- ビット位置指定子には演算子との優先順位はなく，左辺を第 1 項，右辺を第 2 項と認識します。
- 第 1 項には，次の制限があります。
  - NUMBER，ADDRESS 属性の式，8 ビット・アクセスが可能な SFR 名，またはレジスタ名（A）が記述可能です。
  - 第 1 項にアブソリュートな式を記述する場合は，0FE20H - 0FF1FH の範囲でなければなりません。
  - 外部参照シンボルを記述することができます。
- 第 2 項には，次の制限があります。

- 式の値は，0 ～ 7 の範囲です。範囲を越えた場合にはエラーとなります。
- アブソリュートな NUMBER 属性の式のみ記述可能です。
- 外部参照シンボルを記述することはできません。

(4) 演算とリロケーション属性

- リロケーション属性における第 1 項と第 2 項の組み合わせを次に示します。

項の組み合わせ X：	ABS	ABS	REL	REL	ABS	EXT	REL	EXT	EXT
項の組み合わせ Y：	ABS	REL	ABS	REL	EXT	ABS	EXT	REL	EXT
X.Y	A	—	R	—	—	E	—	—	—

ABS ： アブソリュート項
REL ： リロケータブル項
EXT ： 外部参照項
A ： 演算結果がアブソリュート項になります。
E ： 演算結果が外部参照項になります。
R ： 演算結果がリロケータブル項になります。
ー ： 演算不可

(5) ビット・シンボルの値

- EQU 疑似命令のオペランドにビット位置指定子を用いたビット項を記述しビット・シンボルを定義した場合，そのビット・シンボルが持つ値を次に示します。

オペランドの種類	シンボル値
A.bit 注 2	1.bit
PSW.bit 注 2	1FEH.bit
sfr 注 1.bit 注 2	0FFXXH.bit 注 3
式 .bit 注 2	XXXXH.bit 注 4

注 1. 具体的な記述については，各デバイスのユーザーズ・マニュアルを参照してください。
2. bit = 0 ～ 7
3. 0FFXXH は，sfr のアドレス
4. XXXXH は，式の値

(6) 使用例

```
SET1    0FE20H.3
SET1    A.5
CLR1    P1.2
SET1    1 + 0FE30H.3    ; 0FE31H.3 に等しい
SET1    0FE40H.4 + 2    ; 0FE40H.6 に等しい
```

4. 1. 14 識 別 子

識別子とは，シンボル，ラベル，マクロ名などに使用する名前です。

識別子は，次の規則に基づいて記述します。

- 識別子は，英数字，および英字相当文字（?，@，_）で構成します。
  ただし，先頭文字に数字（0 ～ 9）は使用できません。
- 識別子として，予約語は使用できません。
  予約語については，「4. 5 予 約 語」を参照してください。
- アセンブラは，識別子の大文字／小文字を区別します。

4. 1. 15 オペランドの特性

オペランドを必要とする命令（インストラクション，および疑似命令）は，その種類により要求するオペランド値のサイズ，範囲，シンボル属性などが異なります。

たとえば，“MOV r, #byte”というインストラクションの機能は，「レジスタ r に，byte で示される値を転送する」ものです。このとき，レジスタ r は 8 ビット長のレジスタであるため，転送されるデータ“byte”のサイズは，8 ビット以下でなければなりません。

もし，“MOV R0, #100H”と記述した場合には，第 2 オペランド“100H”のサイズが 8 ビット長を越えているため，アセンブル・エラーとなります。

このように，オペランドを記述する場合には，次のような注意が必要です。

- 値のサイズ，アドレス範囲がその命令のオペランドに適しているかどうか（数値やネーム，ラベル）
- シンボル属性がその命令のオペランドに適しているかどうか（ネーム，ラベル）

(1) オペランドの値のサイズとアドレス範囲

命令のオペランドとして記述可能な数値／ネーム／ラベルの値のサイズとアドレス範囲には条件があります。

インストラクションの場合は，各インストラクションのオペランドの表現形式により，疑似命令の場合には命令の種類により，記述可能なオペランドのサイズとアドレス範囲に条件があります。

これらの条件を次に示します。

表 4―11 インストラクションのオペランド値の範囲

オペランドの表現形式	値の範囲	
byte	8 ビット値 ： 0H ～ 0FFH	
word	16 ビット値 ： 0H - 0FFFFH	
saddr	0FE20H - 0FF1FH	
saddrp	0FE20H - 0FF1FH の偶数値	
sfr	0FF00H - 0FFCFH，0FFE0H - 0FFFFH	
sfrp	0FF00H - 0FFCFH，0FFE0H - 0FFFFH の偶数値	
addr16	MOV，MOVW	0H - 0FFFFH 注
	その他の命令	0H - 0FA7FH
addr11	800H - 0FFFH	

オペランドの表現形式	値の範囲
addr5	40H - 7EH の偶数値
bit	3 ビット値 ： 0 ～ 7
n	2 ビット値 ： 0 ～ 3

注 sfr，efr をオペランドに記述したい場合は，!sfr，!efr の記述が可能です。これらは，!addr16 のオペランドとしてコードが出力されます。

sfr，efr は，“!”なしでも記述可能ですが，!addr16 のオペランドとしてコードが出力されます。

表 4―12 疑似命令のオペランド値の範囲

種類	疑似命令	値の範囲
セグメント定義	CSEG AT	0H ～ 0FFFFH
	DSEG AT	0H ～ 0FFFFH
	BSEG AT	0FE20H ～ 0FEFFH
	ORG	0H ～ 0FFFFH
シンボル定義	EQU	16 ビット値 0H ～ 0FFFFH
	SET	16 ビット値 0H ～ 0FFFFH
メモリ初期化領域確保	DB	8 ビット値 0H - 0FFH
	DW	16 ビット値 0H - 0FFFFH
	DS	16 ビット値 0H - 0FFFFH
分岐命令自動選択	BR	0H ～ 0FFFFH

(2) 命令の要求するオペランドのサイズ

命令には，機械命令と疑似命令がありますが，オペランドとしてイミーディエト・データ，またはシンボルを要求する命令については，各命令により要求するオペランドのサイズが異なります。したがって，命令の要求するオペランドのサイズ以上のデータを記述すると，エラーとなります。

なお，式の演算は，符号なし，16 ビットで行います。評価結果が 0FFFFH（16 ビット）を越えた場合には警告メッセージが出力されます。

ただし，オペランドにリロケータブルなシンボル，または外部シンボルを記述した場合は，アセンブラ内では値が決定されないので，リンカにおいて値の決定と範囲のチェックが行われます。

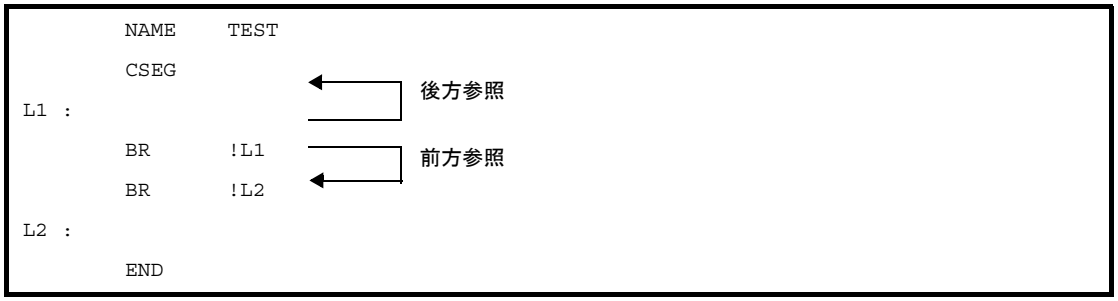
(3) オペランドのシンボル属性，リロケーション属性

命令のオペランドとしてネーム，ラベル，$（ロケーション・カウンタを示す）を記述する場合は，それらの式の項としてのシンボル属性，リロケーション属性（「4. 1. 11 演算の制限」を参照），また，ネーム，ラベルの場合は，その参照方向の条件により，オペランドとして記述可能かどうかが異なります。

ネーム，ラベルの参照方向には，後方参照と前方参照があります。

- 後方参照：オペランドとして参照するネーム，ラベルがそれ以前の行で定義されています。
- 前方参照：オペランドとして参照するネーム，ラベルがそれ以降の行で定義されています。

例を以下に示します。



次に，シンボル属性，リロケーション属性，ネーム，ラベルの参照方向の条件を示します。

表 4―13　オペランドとして記述可能なシンボルの性質

	シンボル属性	NUMBER		ADDRESS				NUMBER ADDRESS		sfr 予約語[注 1]	
	リロケーション属性	アブソリュート項		アブソリュート項		リロケータブル項		外部参照項			
	参照パターン	後方	前方	後方	前方	後方	前方	後方	前方	sfr	efr
記述形式	byte	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×
	word	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×
	saddr	○	○	○	○	○	○	○	○	○[注 2,3]	×
	saddrp	○	○	○	○	○	○	○	○	○[注 2,4]	×
	sfr	○[注 5]	×	×	×	×	×	×	×	○[注 2,6]	×
	sfrp	×	×	×	×	×	×	×	×	○[注 2,7]	×
	addr16[注 8]	○	○	○	○	○	○	○	○	○[注 9]	○[注 9]
	addr11	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×
	addr5	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×
	bit	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×
	n	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×

前方　：前方参照
後方　：後方参照
○　　：記述可能
×　　：エラー
－　　：記述不可能

注 1. EQU 疑似命令のオペランドに，sfr，sfrp（saddr と sfr がオーバーラップしていない領域の sfr）を指定し，定義されたシンボルは後方参照のみとし，前方参照は禁止します。

2. オペランドの組み合わせに，saddr/saddrp を sfr/sfrp に入れ替えた組み合わせが存在する命令に対し，saddr 領域の sfr 予約語を記述した場合は，saddr/saddrp としてコードが出力されます。

3. saddr 領域の sfr 予約語

4. saddr 領域の sfrp 予約語

5. 絶対式のみ
6. 8 ビット・アクセス可能な sfr 予約語のみ
7. 16 ビット・アクセス可能な sfr 予約語のみ
8. addr16 の値として使用禁止領域（0FA80H - 0FADFH）のアドレスが記述された場合のチェックは行いません。
9. BR，CALL 以外の命令のオペランド !addr16 でのみ，!sfr，!efr の指定が可能です。

表 4―14　疑似命令のオペランドとして記述可能なシンボルの性質

	シンボル属性		NUMBER		ADDRESS，SADDR						BIT					
	リロケーション属性		アブソリュート項		アブソリュート項		リロケータブル項		外部参照項		アブソリュート項		リロケータブル項		外部参照項	
	参照方向		後方	前方	後方	前方	後方	前方	後方	前方	後方	前方	後方	前方	後方	前方
疑似命令	ORG		○注1	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―
	EQU 注2		○	―	○	―	○注3	―	―	―	○	―	○注3	―	―	―
	SET		○注1	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―
	DB	サイズ	○注1	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―
		初期値	○	○	○	○	○	○	○	○	―	―	―	―	―	―
	DW	サイズ	○注1	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―
		初期値	○	○	○	○	○	○	○	○	―	―	―	―	―	―
	DS		○注4	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―
	BR		○	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―

前方　：前方参照
後方　：後方参照
○　：記述可能
―　：記述不可能

注 1. 絶対式のみが記述可能です。

2. 次のパターンを含む式を記述するとエラーとなります。
   - ADDRESS 属性― ADDRESS 属性
   - ADDRESS 属性　比較演算子　ADDRESS 属性
   - HIGH　アブソリュートな ADDRESS 属性
   - LOW　アブソリュートな ADDRESS 属性
   - BANKNUM　アブソリュートな ADDRESS 属性
   - DATAPOS　アブソリュートな ADDRESS 属性
   - MASK　アブソリュートな ADDRESS 属性
   - 上記の 7 つで，演算結果が最適化の影響を受ける可能性がある場合
3. リロケータブルな項をオペランドに持つ HIGH/LOW/BANKNUM/DATAPOS/MASK 演算子によってできた項は許されません。
4. 「4. 2. 4　メモリ初期化，領域確保疑似命令」を参照してください。

4. 2 疑似命令

この章では，疑似命令について説明します。

疑似命令とは，78K0 アセンブラが一連の処理を行う際に必要な各種の指示を行うものです。

4. 2. 1 概　　要

インストラクションは，アセンブルの結果，オブジェクト・コード（機械語）に変換されますが，疑似命令は，原則としてオブジェクト・コードに変換されません。

疑似命令は，主に次の機能を持ちます。

- ソースの記述を容易にします。
- メモリの初期化や領域の確保を行います。
- アセンブラ，リンカがその処理を行うために必要となる情報を与えます。

次に，疑似命令の種類を示します。

表 4―15 疑似命令一覧

種類	疑似命令
セグメント定義疑似命令	CSEG，DSEG，BSEG，ORG
シンボル定義疑似命令	EQU，SET
メモリ初期化，領域確保疑似命令	DB，DW，DS，DBIT
リンケージ疑似命令	EXTRN，EXTBIT，PUBLIC
オブジェクト・モジュール名宣言疑似命令	NAME
分岐命令自動選択疑似命令	BR
マクロ疑似命令	MACRO，LOCAL，REPT，IRP，EXITM，ENDM
アセンブル終了疑似命令	END

以降，各疑似命令について詳細な説明を行います。

説明の中で，[　] は大かっこの中が省略可能であることを … は同一の形式を繰り返すことを示します。

4. 2. 2 セグメント定義疑似命令

ソース・モジュールは，セグメント単位に分割して記述します。

この“セグメント”を定義するのが，セグメント定義疑似命令です。

セグメントには，次の 4 種類があります。

- コード・セグメント
- データ・セグメント
- ビット・セグメント
- アブソリュート・セグメント

セグメントの種類により，メモリのどの範囲に配置されるかが決まります。

次に，各セグメントの定義方法と配置されるメモリ・アドレスを示します。

表 4―16 セグメントの定義方法と配置されるメモリ・アドレス

セグメントの種類	定義方法	配置されるメモリ・アドレス
コード・セグメント	CSEG 疑似命令	内部，または外部の ROM アドレス内
データ・セグメント	DSEG 疑似命令	内部，または外部の RAM アドレス内
ビット・セグメント	BSEG 疑似命令	内部 RAM の saddr 領域内
アブソリュート・セグメント	CSEG，DSEG，BSEG 疑似命令で再配置属性に配置アドレス（AT 配置アドレス）を指示する	指定したアドレス

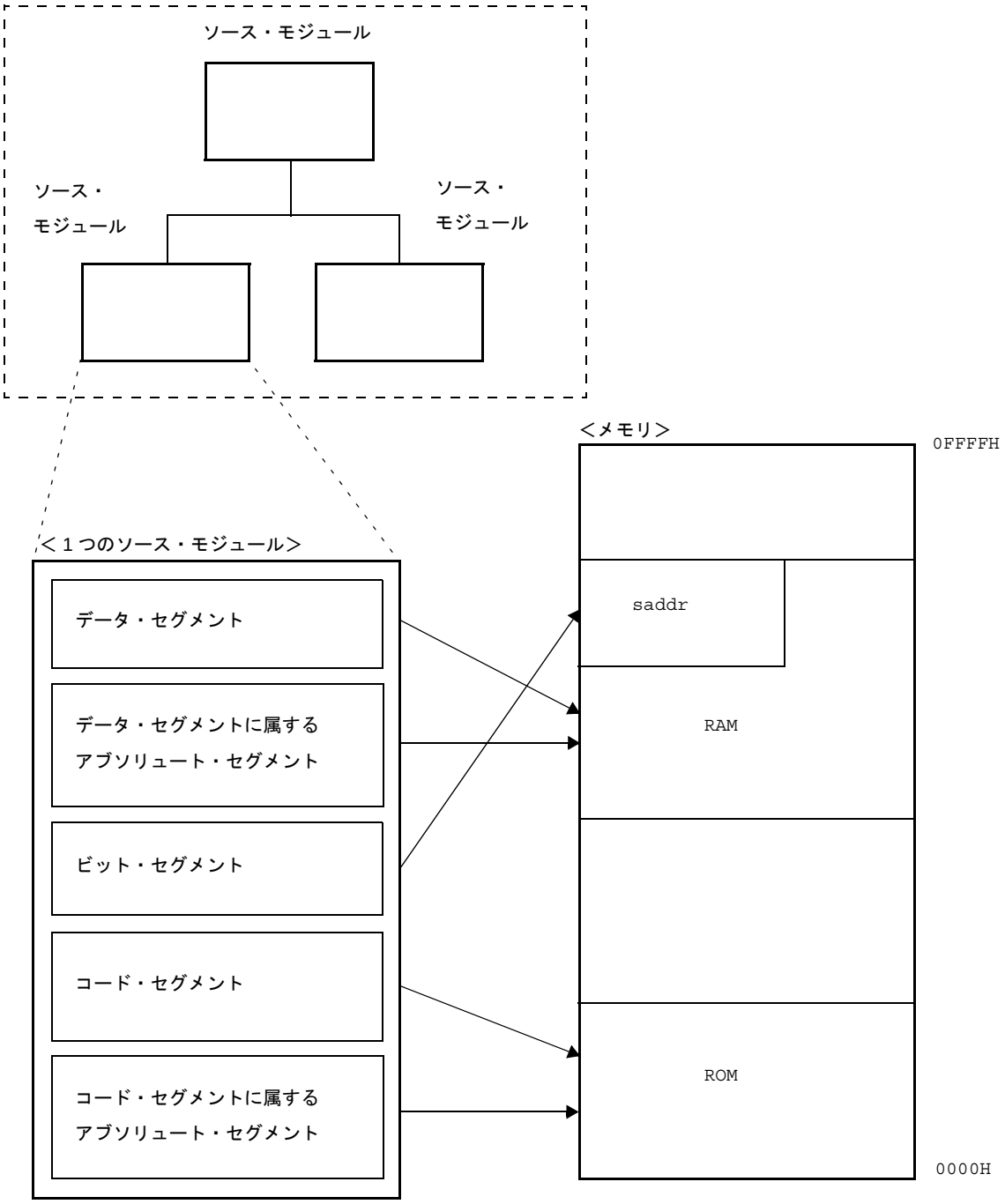
メモリの配置アドレスをユーザが決定したい場合には，アブソリュート・セグメントを記述します。スタック領域は，ユーザがデータ・セグメント内に領域を確保し，スタック・ポインタに設定する必要があります。

また，以下の領域には，セグメントを配置することはできません。

セキュリティ ID を指定する場合	85H ～ 8EH 番地
オンチップ・デバッグ機能を使用する場合	02H ～ 03H 番地（オンチップ・デバッグ用） 8FH ～オンチップ・デバッグのプログラムサイズ +1 の領域

セグメントの配置の例を次に示します。

図 4―6　セグメントのメモリ配置



セグメント定義疑似命令には，次のものがあります。

制御命令	概要
CSEG	アセンブラにコード・セグメントの開始を指示
DSEG	アセンブラにデータ・セグメントの開始を指示
BSEG	アセンブラにビット・セグメントの開始を指示
ORG	ロケーション・カウンタに，オペランドで指定した式の値を設定

CSEG

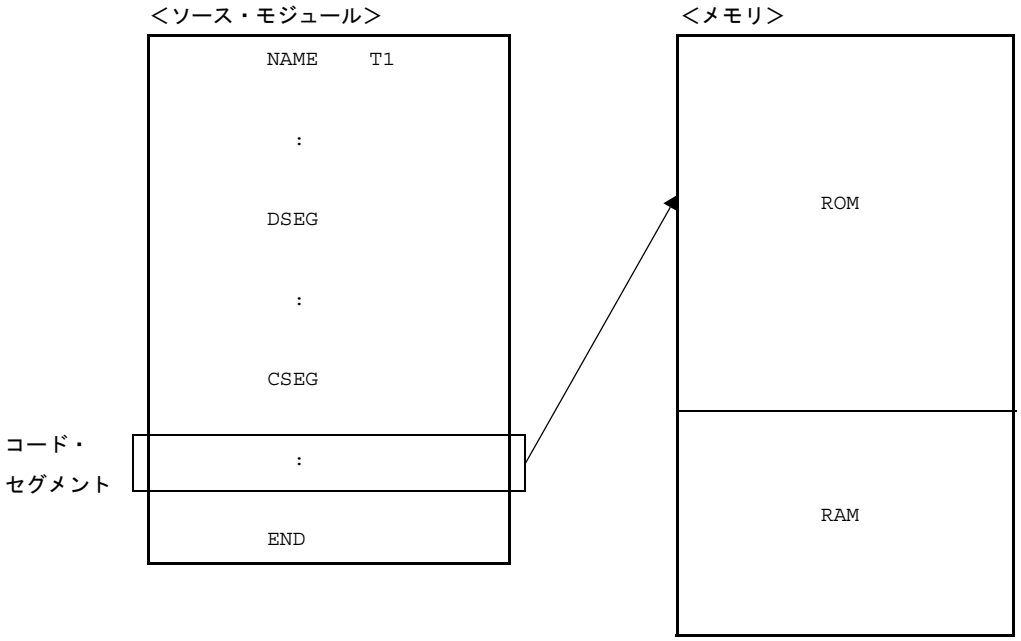
アセンブラにコード・セグメントの開始を指示します。

［記述形式］

シンボル欄	ニモニック欄	オペランド欄	コメント欄
[*セグメント名*]	CSEG	[*再配置属性*]	[; *コメント*]

［機能］

- CSEG 疑似命令は，アセンブラにコード・セグメントの開始を指示します。
- CSEG 疑似命令以降に記述した命令は，再びセグメント定義疑似命令（CSEG，DSEG，BSEG，ORG），または END 疑似命令が現れるまでコード・セグメントに属し，最終的に機械語に変換された時点で ROM アドレス内に配置されます。



［用途］

- CSEG 疑似命令で定義するコード・セグメントには，インストラクションや DB，DW 疑似命令等を記述します。ただし，そのセグメントを固定アドレスから配置する場合には，再配置属性欄に“AT 絶対式”を記述してください。
- サブルーチンなどの 1 つの機能を持つ単位の記述は，1 つのコード・セグメントとして定義します。
  その規模が比較的大きい場合や，そのサブルーチンに高い汎用性（ほかのプログラム開発にも流用できる）がある場合には，1 つのモジュールとして定義することをお勧めします。

［説明］

- コード・セグメントの開始アドレスは，ORG 疑似命令により指定できます。
  また，再配置属性欄に“AT 絶対式”を記述することによって，開始アドレスを指定することもできます。
- 再配置属性とは，セグメントの配置アドレスの範囲を限定するものです。
  次に，CSEG の再配置属性を示します。

表 4―17 CSEG の再配置属性

再配置属性	記述形式	説明
CALLT0	CALLT0	指定セグメントを 0040H - 007FH 番地内で先頭が偶数番地になるように配置します。 1 バイト命令“CALLT”でコールするサブルーチンのエントリ・アドレスを定義しているコード・セグメントの場合に指定してください。
FIXED	FIXED	指定セグメントを 0800H - 0FFFH 番地に配置します。 2 バイト命令“CALLF”でコールするサブルーチンを定義しているコード・セグメントの場合に指定してください。
AT	AT 絶対式	指定セグメントを絶対番地に配置します（0000H - 0FFFFH）（SFR，EFR 領域を除く）。
UNIT	UNIT	指定セグメントを任意の位置へ配置します（0080H - 0FA7FH）。
UNITP	UNITP	指定セグメントを任意の位置へ，先頭が偶数番地になるように配置します（0080H - 0FA7EH）。
IXRAM	IXRAM	指定セグメントを内部拡張 RAM に配置します。
SECUR_ID	SECUR_ID	セキュリティ ID 指定専用の属性です。セキュリティ ID 以外は指定しないでください。 指定セグメントを 0085H - 008EH 番地へ配置します。
BANK0 ～ 15	BANK0 ～ 15	指定セグメントを x8000H - xBFFFH へ配置します（x = 0 ～ F）。
BANK0 AT ～ BANK15 AT	BANK0 AT 絶対式～ BANK15 AT 絶対式	指定セグメントを x8000H - xBFFFH の絶対番地（x8000H+ 指定番地）へ配置します（x = 0 ～ F）。
OPT_BYTE	OPT_BYTE	ユーザ・オプション・バイト指定専用の属性です。ユーザ・オプション・バイト以外は指定しないでください。 指定セグメントを 0080H - 0084H 番地へ配置します。

- 再配置属性を省略した場合，“UNIT”と解釈されます。
- 「表 4―17 CSEG の再配置属性」以外の再配置属性を指定した場合は，アセンブラはエラーを出力し，“UNIT”が指定されたものとみなします。また，各セグメントのサイズが領域のサイズを越えた場合には，エラーとなります。
- 再配置属性 AT で不当な絶対式を指定すると，アセンブラはエラーを出力し，絶対式の値を 0 とみなし，処理を続けます。
- CSEG 疑似命令のシンボル欄にセグメント名を記述することにより，そのコード・セグメントにネーム（名前）を付けることができます。セグメント名が省略されたコード・セグメントには，アセンブラが自動的にデフォル

トのセグメント名を与えます。

次に，CSEG のデフォルト・セグメント名を示します。

再配置属性	デフォルト・セグメント名
CALLT0	?CSEGT0
FIXED	?CSEGFX
UNIT（または省略時）	?CSEG
UNITP	?CSEGUP
IXRAM	?CSEGIX
SECUR_ID	?CSEGSI
BANK0 ～ 15	?CSEGB0 ～ ?CSEGB15
OPT_BYTE	?CSEGOB0
AT	セグメント名省略不可

- C コンパイラが出力するデフォルト・セグメントのうち，下記のセグメントのサイズが 0 の場合，リンカで再配置属性を変更します。

セクション名	再配置属性	サイズ 0 の場合の再配置属性
@@CALT	CSEG CALLT0	CSEG UNIT
@@CALF	CSEG FIXD	CSEG UNIT

- 再配置属性が AT の場合，セグメント名を省略するとエラーとなります。
- 再配置属性が同一であれば，複数のコード・セグメントに同一のセグメント名を与えることができます（ただし，AT の場合は同名セグメントは許されません）。

  これらは，アセンブラ内部で 1 つのセグメントとして処理されます。同名セグメントの再配置属性が異なる場合には，エラーとなります。したがって，再配置属性ごとの同名セグメントの数は 1 つです。
- コード・セグメントは分割記述が可能です。つまり，同一モジュール内に記述された同一再配置属性，同一セグメント名のコード・セグメントは，アセンブラ内部で連続したひとつのセグメントとして処理されます。

注意 1. 再配置属性が AT の場合は，分割記述はできません。

2. 再配置属性が CALLT0 のアドレスが偶数となるように，必要ならば 1 バイトの間隙をおいてください。

- 別モジュール間での同名セグメントは，UNIT，CALLT0，FIXED，UNITP，SECUR_ID の場合のみ記述することができ，リンク時に連続した 1 つのセグメントとして結合されます。
- セグメント名は，シンボルとして参照できません。
- アセンブラの出力するセグメントの総数は，ORG 疑似命令によるセグメントをあわせて，別名セグメントが 255 個までです。同名セグメントは 1 つと数えます。
- セグメント名の最大認識文字数は，8 文字です。
- セグメント名の大文字，小文字は区別されます。
- OPT_BYTE で，ユーザ・オプション・バイトを指定します。

  ユーザ・オプション・バイト指定機能を持つデバイスに対して，ユーザ・オプション・バイトを指定していない

場合には，“?CSEGOB0”というデフォルト・セグメントが定義され，デバイス・ファイルから読み込んだ初期値が設定されます。

［使用例］

```
        NAME    SAMP1
C1      CSEG            ; (1)

C2      CSEG    CALLT0  ; (2)

        CSEG    FIXED   ; (3)

C1      CSEG    CALLT0  ; (4)   ←エラー

        CSEG            ; (5)
        END
```

(1) セグメント名が“C1”，再配置属性が“UNIT”と解釈されます。

(2) セグメント名が“C2”，再配置属性が“CALLT0”と解釈されます。

(3) セグメント名が“?CSEGFX”，再配置属性が“FIXED”と解釈されます。

(4) (1) でセグメント名“C1”は再配置属性“UNIT”として定義されているので，エラーとなります。

(5) セグメント名が“?CSEG”，再配置属性が“UNIT”と解釈されます。

DSEG

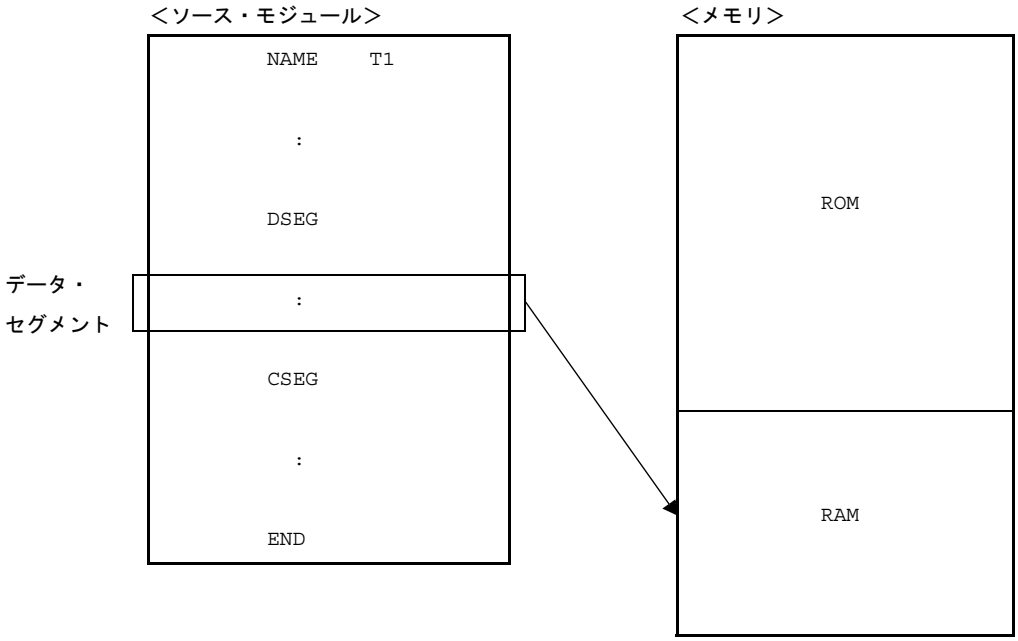
アセンブラにデータ・セグメントの開始を指示します。

［記述形式］

シンボル欄	ニモニック欄	オペランド欄	コメント欄
[*セグメント名*]	DSEG	[*再配置属性*]	[; *コメント*]

［機能］

- DSEG 疑似命令は，アセンブラにデータ・セグメントの開始を指示します。
- DSEG 疑似命令以降，再びセグメント定義疑似命令（CSEG，DSEG，BSEG，ORG），または END 疑似命令が現れるまでに DS 疑似命令により定義されたメモリ領域は，データ・セグメントに属し，最終的に，RAM アドレス内に確保されます。



［用途］

- DSEG 疑似命令で定義するデータ・セグメントには，主に DS 疑似命令を記述します。
  データ・セグメントは，RAM 内に配置されます。したがって，データ・セグメント内にインストラクションを記述することはできません。
- データ・セグメントでは，プログラムで使用する RAM の作業領域を DS 疑似命令により確保し，それぞれの作業領域のアドレスにラベルを付けます。プログラムを記述する場合，このラベルを利用します。
  データ・セグメントとして確保された領域は，RAM 上でほかの作業領域（スタック領域，ほかのモジュールで定義された作業領域など）と重複しないよう，リンカにより配置されます。

汎用レジスタ領域と重複する場合，リンカは警告メッセージを出力します。この警告メッセージの出力レベルは，警告メッセージ出力指定オプション（-w）により切り替えることができます。

-w の値	チェック対象
0	チェックしない
1	RB0
2	RB0 ～ RB3

［説明］

- データ・セグメントの開始アドレスは，ORG 疑似命令により指定できます。
  また，再配置属性欄に“AT 絶対式”を記述することによって，開始アドレスを指定することもできます。
- 再配置属性とは，データ・セグメントの配置アドレスの範囲を限定するものです。
  次に，DESG の再配置属性を示します。

表 4―18　DSEG の再配置属性

再配置属性	記述形式	説明
SADDR	SADDR	指定セグメントを saddr 領域に配置します（saddr 領域：0FE20H - 0FEFFH）。
SADDRP	SADDRP	指定セグメントを saddr 領域に先頭が偶数番地となるように配置します（saddr 領域：0FE20H - 0FEFFH）。
AT	AT 絶対式	指定セグメントを絶対番地に配置します（SFR，EFR 領域を除く）。
UNIT	UNIT，または指定なし	指定セグメントを任意の位置へ配置します（メモリ領域名“RAM”内）。
UNITP	UNITP	指定セグメントを任意の位置へ，偶数番地から配置します（メモリ領域名“RAM”内）。
IHRAM	IHRAM	指定セグメントを高速 RAM 領域にへ配置します。
LRAM	LRAM	指定セグメントを低速 RAM 領域に配置します。
DSPRAM	DSPRAM	指定セグメントを表示 RAM 領域に配置します。
IXRAM	IXRAM	指定セグメントを内部拡張 RAM 領域に配置します。

注　xxxx に当てはまるアドレスは，デバイスに依存します。

- 再配置属性が省略された場合，“UNIT”と解釈されます。
- 「表 4―18　DSEG の再配置属性」以外の再配置属性が指定された場合には，アセンブラはエラーを出力し，“UNIT”が指定されたものとみなします。また，各セグメントのサイズが領域のサイズを越えた場合には，エラーとなります。
- 再配置属性 AT で不当な絶対式を指定すると，アセンブラはエラーを出力し，絶対式の値を 0 とみなし，処理を続けます。
- データ・セグメント中に機械語命令（BR 疑似命令も含む）は記述できません。記述した場合はエラーとなり，その行は無視されます。

- DSEG 疑似命令のシンボル欄にセグメント名を記述することにより，そのデータ・セグメントにネーム（名前）を付けることができます。セグメント名が省略されたデータ・セグメントには，アセンブラが自動的にデフォルトのセグメント名を与えます。
  次に，DSEG のデフォルト・セグメント名を示します。

再配置属性	デフォルト・セグメント名
SADDR	?DSEGS
SADDRP	?DSEGSP
UNIT（または省略時）	?DSEG
UNITP	?DSEGUP
IHRAM	?DSEGIH
LRAM	?DSEGL
DSPRAM	?DSEGDSP
IXRAM	?DSEGIX
AT	セグメント名省略不可

- C コンパイラが出力するデフォルト・セグメントのうち，下記のセグメントのサイズが 0 の場合，リンカで再配置属性を変更します。

セクション名	再配置属性	サイズ 0 の場合の再配置属性
@@INIS	DSEG SADDRP	DSEG UNITP
@@DATS	DSEG SADDRP	DSEG UNITP
@EINIS	DSEG SADDRP	DSEG UNITP
@EDATS	DSEG SADDRP	DSEG UNITP

- 再配置属性が同一であれば，複数のデータ・セグメントに同一のセグメント名を与えることができます（ただし，AT の場合は同名セグメントは許されません）。
  これらは，アセンブラ内部で 1 つのセグメントとして処理されます。
- データ・セグメントは分割記述が可能です。つまり，同一モジュール内に記述された同一再配置属性，同一セグメント名のデータ・セグメントは，アセンブラ内部で連続したひとつのセグメントとして処理されます。

注意 1.　再配置属性が AT の場合は，分割記述はできません。
2.　再配置属性が SADDR の場合は，DESG 疑似命令を記述した直後のアドレスが偶数となるように，必要ならば 1 バイトの間隙をおいてください。

- 再配置属性が SADDRP の場合，DSEG 疑似命令を記述した直後のアドレスが 2 の倍数になるように配置されます。
- 同名セグメントの再配置属性が異なる場合には，エラーとなります。したがって，再配置属性ごとの同名セグメントの数は 1 つです。
- 別モジュール間での同名セグメントは，UNIT，UNITP，SADDR，SADDRP，LRAM，IHRAM，DSPRAM，IXRAM の場合のみ記述することができ，リンク時に連続した 1 つのセグメントとして結合されます。

- セグメント名はシンボルとして参照できません。
- アセンブラの出力するセグメントの総数は，ORG 疑似命令によるセグメントをあわせて，別名セグメントが 255 個までです。同名セグメントは 1 つと数えます。
- セグメント名の最大認識文字数は，8 文字です。
- セグメント名の大文字，小文字は区別されます。

［使用例］

```
        NAME    SAMP1
        DSEG                    ; (1)
WORK1 : DS      2
WORK2 : DS      1
        CSEG
        MOV     A, !WORK2       ; (2)
        MOV     A, WORK2        ; (3)   ←エラー
        MOVW    DE, #WORK1      ; (4)
        MOVW    AX, WORK1       ; (5)   ←エラー
        END
```

（1）DSEG 疑似命令により，データ・セグメントの開始を定義します。
再配置属性が省略されたので“UNIT”と解釈されます。デフォルトのセグメント名は“?DSEG”です。

（2）この記述は，“MOV A, !addr16”に該当します。

（3）この記述は，“MOV A, saddr”に該当します。
リロケータブルなラベル“WORK2”は“saddr”としては記述できません。したがって，（3）の記述はエラーです。

（4）この記述は，“MOVW rp, #word”に該当します。

（5）この記述は，“MOVW AX, saddrp”に該当します。
リロケータブルなラベル“WORK1”は“saddrp”としては記述できません。したがって，（5）の記述はエラーです。

BSEG

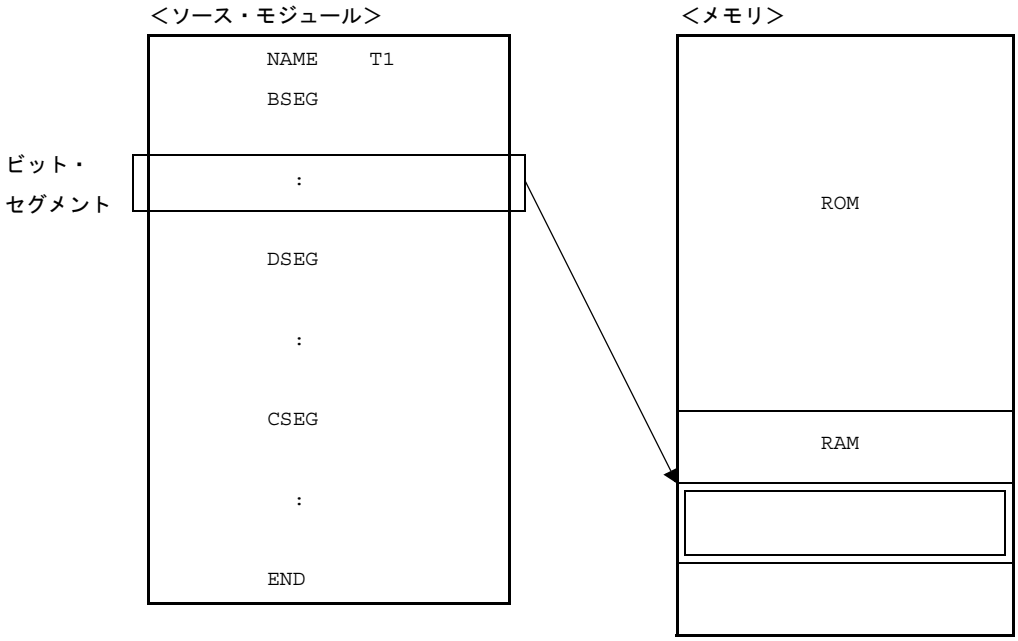
アセンブラにビット・セグメントの開始を指示します。

[記述形式]

シンボル欄	ニモニック欄	オペランド欄	コメント欄
[*セグメント名*]	BSEG	[*再配置属性*]	[; *コメント*]

[機能]

- BSEG 疑似命令は，アセンブラにビット・セグメントの開始を指示します。
- ビット・セグメントは，ソース・モジュール中で使用する RAM アドレスの定義を行うセグメントです。
- BSEG 疑似命令以降，再びセグメント定義疑似命令（CSEG，DSEG，BSEG），または END 疑似命令が現れるまでに DBIT 疑似命令により定義されたメモリ領域は，ビット・セグメントに属します。



[用途]

- BSEG 疑似命令で定義するビット・セグメントには，DBIT 疑似命令を記述します。
- ビット・セグメント内にインストラクションを記述することはできません。

[説明]

- ビット・セグメントの開始アドレスは，再配置属性欄に“AT 絶対式”を記述することによって指定することができます。

- 再配置属性とは，ビット・セグメントの配置アドレスの範囲を限定するものです。
  次に，BSEG の再配置属性を示します。

表 4―19　BSEG の再配置属性

再配置属性	記述形式	説明
AT	AT 絶対式	指定セグメントの先頭を絶対番地の 0 ビット目に配置します。ビット単位で指定することはできません（0FE20H - 0FEFFH）。
UNIT	UNIT，または指定なし	指定セグメントを任意の位置へ配置します（0FE20H - 0FEFFH）。

- 再配置属性を省略した場合，“UNIT”と解釈されます。
- 上記の表以外の再配置属性が指定された場合には，アセンブラはエラーを出力し，“UNIT”が指定されたものとみなします。また，各セグメントのサイズが領域のサイズを越えた場合には，エラーとなります。
- アセンブラ，リンカでは，ビット・セグメント内のロケーション・カウンタを“0xxxx.b”の形式で表示します（バイト・アドレスは 16 進 4 桁，ビット位置は 16 進 1 桁（0 ～ 7））。

(1) アブソリュート

バイト・アドレス	ビット位置							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0FE20H	0FE20H.0	0FE20H.1	0FE20H.2	0FE20H.3	0FE20H.4	0FE20H.5	0FE20H.6	0FE20H.7
0FE21H	0FE21H.0	0FE21H.1	0FE21H.2	0FE21H.3	0FE21H.4	0FE21H.5	0FE21H.6	0FE21H.7

(2) リロケータブル

バイト・アドレス	ビット位置							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0H	0H.0	0H.1	0H.2	0H.3	0H.4	0H.5	0H.6	0H.7
1H	1H.0	1H.1	1H.2	1H.3	1H.4	1H.5	1H.6	1H.7

備考　リロケータブルなビット・セグメント中でのバイト・アドレスは，セグメントの先頭からのバイト単位のオフセットを指定します。
なお，オブジェクト・コンバータが出力するシンボル・テーブルでは，ビットの定義を行う領域の先頭からのビット・オフセットで表示，出力されます。

シンボル値	ビット・オフセット
0FE20H.0	0000
0FE20H.1	0001
0FE20H.2	0002
:	:
0FE20H.7	0007

シンボル値	ビット・オフセット
0FE21H.0	0008
0FE21H.1	0009
:	:
0FE80H.0	0300
:	:

- 再配置属性 AT で不当な絶対式を指定すると，アセンブラはエラーを出力し，絶対式の値を 0 とみなし，処理を続けます。
- BSEG 疑似命令のシンボル欄にセグメント名を記述することにより，そのビット・セグメントにネーム（名前）を付けることができます。セグメント名が省略されたビット・セグメントには，アセンブラが自動的にデフォルトのセグメント名を与えます。
  次に，BSEG のデフォルト・セグメント名を示します。

再配置属性	デフォルト・セグメント名
UNIT（または省略時）	?BSEG
AT	セグメント名省略不可

- C コンパイラが出力するデフォルト・セグメントのうち，下記のセグメントのサイズが 0 の場合，リンカで再配置属性を変更します。

セクション名	再配置属性	サイズ 0 の場合の再配置属性
@@BITS	BSEG UNIT（SADDR 領域内）	BSEG UNIT（RAM 領域内）

- 再配置属性が UNIT であれば，複数のデータ・セグメントに同一のセグメント名を与えることができます（ただし，AT の場合に同名セグメントは許されません）。
  これらは，アセンブラ内部で 1 つのセグメントとして処理されます。したがって，再配置属性ごとの同名セグメントの数は 1 つです。
- 同じセグメント名のビット・セグメント同士は，同一の再配置属性 UNIT（AT の場合は同名セグメントは禁止）でなければなりません。
- 同一モジュール内に記述された同一セグメント名の再配置属性が UNIT ではないときは，エラーとなり，その行は無視されます。
- 別モジュール間での同名セグメントは，リンク時に連続した 1 つのセグメントとして結合されます。結合は，ビット単位で行われます。
- セグメント名は，シンボルとして参照できません。
- ビット・セグメントは，リンカにより 0FE20H - 0FEFFH に配置されます。
- ビット・セグメント内でラベルを記述することはできません。
- ビット・セグメント内で記述できる命令は，DBIT 疑似命令，EQU，SET，PUBLIC，EXTBIT，EXTRN，MACRO，REPT，IRP，ENDM 疑似命令，およびマクロ定義とマクロ参照のみです。これ以外のものが記述された場合には，エラーとなります。

- アセンブラの出力するセグメントの総数は，ORG 疑似命令によるセグメントをあわせて，別名セグメントが 255 個までです。同名セグメントは 1 つと数えます。
- セグメント名の最大認識文字数は，8 文字です。
- セグメント名の大文字，小文字は区別されます。

［使用例］

```
        NAME    SAMP1

FLAG    EQU     0FE20H
FLAG0   EQU     FLAG.0          ; (1)
FLAG1   EQU     FLAG.1          ; (2)

        BSEG                    ; (3)
FLAG2   DBIT

        CSEG
        SET1    FLAG0           ; (4)
        SET1    FLAG2           ; (5)
        END
```

(1) バイト・アドレス境界を意識して，ビット・アドレス（0FE20H のビット 0）を定義しています。

(2) バイト・アドレス境界を意識して，ビット・アドレス（0FE20H のビット 1）を定義しています。

(3) BSEG 疑似命令により，ビット・セグメントを定義します。再配置属性が省略されているので，アセンブラは，再配置属性が“UNIT”，セグメント名が“?BSEG”と解釈します。
ビット・セグメント内では，DBIT 疑似命令により，ビット作業領域を 1 ビットごとに定義します。ビット・セグメントは，モジュール・ボディのはじめの方に記述します。
ビット・セグメント内で定義したビット・アドレス FLAG2 は，バイト・アドレス境界を意識しないで配置されます。

(4) この記述は，“SET1 FLAG.0”と書き換えられます。ここで，FLAG は，バイト・アドレスを示します。

(5) この記述では，バイト・アドレスが意識されません。

ORG

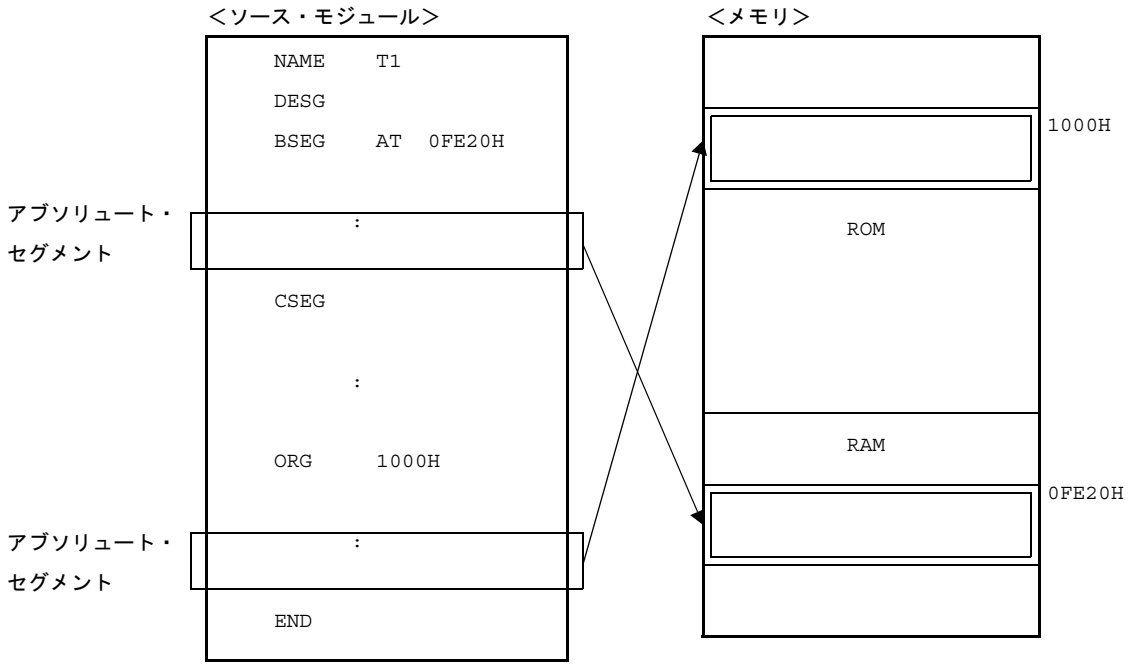
ロケーション・カウンタに，オペランドで指定した式の値を設定します。

［記述形式］

シンボル欄	ニモニック欄	オペランド欄	コメント欄
[*セグメント名*]	ORG	[*絶対式*]	[; *コメント*]

［機能］

- ロケーション・カウンタに，オペランドで指定した式の値を設定します。
- ORG 疑似命令以降，再びセグメント定義疑似命令（CSEG，DSEG，BSEG，ORG），または END 疑似命令が現れるまでに記述された命令や，確保されたメモリ領域は，アブソリュート・セグメントに属し，オペランドで指定したアドレスから配置されます。



［用途］

- コード・セグメント，データ・セグメントを特定のアドレスから配置させる場合に，ORG 疑似命令を指定します。

［説明］

- ORG 疑似命令により定義されたアブソリュート・セグメントは，その直前に CSEG，DSEG 疑似命令により定義されたコード・セグメント，またはデータ・セグメントに属します。

データ・セグメントに属するアブソリュート・セグメント内では，インストラクションを記述することはできません。また，ビット・セグメントに属するアブソリュート・セグメントを記述することはできません。

- ORG 疑似命令により定義されたコード，データ・セグメントは，再配置属性 AT のコード，データ・セグメントとして解釈されます。
- ORG 疑似命令のシンボル欄に，セグメント名を記述することにより，そのアブソリュート・セグメントにネームを付けることができます。
  セグメント名の最大認識文字数は 8 文字です。
- ORG 疑似命令によって定義されたモジュール内の同名セグメントの取り扱いは，CSEG 疑似命令，および DESG 疑似命令の AT 属性のセグメントと同一とします。
- ORG 疑似命令によって定義された別モジュール間の同名セグメントの取り扱いは，CSEG 疑似命令，および DESG 疑似命令の AT 属性のセグメントと同一とします。
- セグメント名が省略されたアブソリュート・セグメントには，アセンブラが自動的に“?A00nnnn”というセグメント名を与えます。nnnn は指定されたセグメントの先頭アドレスで，0000 - FFFF（16 進 4 桁）が入ります。
- ORG 疑似命令以前に CSEG，DSEG 疑似命令の記述がない場合，そのアブソリュート・セグメントは，コード・セグメント中のアブソリュート・セグメントと解釈されます。
- ORG 疑似命令のオペランドとして，ネーム／ラベルを記述する場合，そのネーム／ラベルは，ソース・モジュール中ですでに定義されたアブソリュート項でなければなりません。
- セグメント名は，シンボルとして参照できません。
- アセンブラの出力するセグメントの総数は，セグメント定義疑似命令によるセグメントをあわせて，別名セグメントが 255 個までです。同名セグメントは 1 つと数えます。
- セグメント名の最大認識文字数は，8 文字です。
- セグメント名の大文字，小文字は区別されます。

［使用例］

```
        NAME    SAMP1

        DSEG
        ORG     0FE20H          ; (1)
SADR1 : DS      1
SADR2 : DS      1
SADR3 : DS      2

MAIN0   ORG     100H
        MOV     A, SADR1        ; (2)   ←エラー

        CSEG                    ; (3)
MAIN1   ORG     1000H           ; (4)
        MOV     A, SADR2
        MOVW    AX, SADR3
        END
```

(1) データ・セグメントに属するアブソリュート・セグメントを定義します。
このアブソリュート・セグメントは，ショート・ダイレクト・アドレッシング領域の先頭アドレス 0FE20H 番地から配置されます。セグメント名の指定を省略しているので，アセンブラが自動的に“?A00FE20”というセグメント名を与えます。

(2) データ・セグメントに属するアブソリュート・セグメント内では，インストラクションの記述はできないため，エラーとなります。

(3) コード・セグメントの開始を宣言します。

(4) このアブソリュート・セグメントは，1000H 番地から配置されます。

4. 2. 3　シンボル定義疑似命令

シンボル定義疑似命令は，ソース・モジュールを記述する際に使用するデータにネーム（名前）を割り付けます。これにより，データ値の意味がはっきりし，ソース・モジュールの内容がわかりやすくなります。

シンボル定義疑似命令は，ソース・モジュール中で使用するネームの値をアセンブラに知らせるものです。

シンボル定義疑似命令には，次のものがあります。

制御命令	概要
EQU	オペランドで指定した式の値と属性を持つ数値データをネームとして定義
SET	オペランドで指定した式の値と属性を持つ変数をネームとして定義

EQU

オペランドで指定した式の値と属性を持つ数値データをネームとして定義します。

[記述形式]

シンボル欄	ニモニック欄	オペランド欄	コメント欄
ネーム	EQU	*式*	[; *コメント*]

[機能]

- オペランドで指定した式の値と属性（シンボル属性，およびリロケーション属性）を持つネーム（名前）を定義します。

[用途]

- ソース・モジュールの中で使用する数値データをネームとして定義し，命令のオペランドに数値データの代わりに記述します。
  特に，ソース・モジュールの中で頻繁に使用する数値データは，ネームとして定義しておくことをお勧めします。何らかの理由により，ソース・モジュール中のあるデータ値を変更しなければならないとき，ネームとして定義しておけば，そのネームのオペランド値を変更するだけで済みます。

[説明]

- EQU 疑似命令は，ソース・プログラムのどこに記述してもかまいません。
- EQU 疑似命令で定義したシンボルは，SET，SFR，SFRP 疑似命令，およびラベルとして再定義することはできません。また，SET，SFR，SFRP 疑似命令で定義したシンボルやラベルも EQU 疑似命令で再定義することはできません。
- EQU 疑似命令のオペランドにネーム／ラベルを記述する場合は，すでにソース・モジュール中で定義されているネーム／ラベルを使用します。
  オペランドとして外部参照項を記述することはできません。
  SFR，SFR ビット名称は，記述可能です。
- リロケータブルな項をオペランドに持つ HIGH/LOW/BANKNUM/DATAPOS/BITPOS 演算子によってできた項を含む式を記述することはできません。
- オペランドに次のパターンを含む式を記述すると，エラーとなります。

（1）ADDRESS 属性の式 1 － ADDRESS 属性の式 2

（2）ADDRESS 属性の式 1　比較演算子　ADDRESS 属性の式 2

（3）上記（1），（2）の中で，次の（a），（b）があてはまる場合。

（a）ADDRESS 属性の式 1 中のラベル 1 と ADDRESS 属性の式 2 のラベルの間に，その場でオブジェクト・コードのバイト数が決定できない BR 疑似命令が記述されている場合。

（b）ラベル 1 とラベル 2 が別セグメントであり，属するセグメントの先頭からラベルまでの間に，その場でオブジェクト・コードのバイト数が決定できない BR 疑似命令が記述されている場合。

（4）HIGH　アブソリュートな ADDRESS 属性の式

（5）LOW　アブソリュートな ADDRESS 属性の式

（6）BANKNUM　アブソリュートな ADDRESS 属性の式

（7）DATAPOS　アブソリュートな ADDRESS 属性の式

（8）BITPOS　アブソリュートな ADDRESS 属性の式

（9）上記（4）～（8）の中で，次の（a）があてはまる場合。

（a）ADDRESS 属性の式中のラベルと，属するセグメントの先頭の間にその場でオブジェクト・コードのバイト数が決定できない BR 疑似命令が記述されている場合。

- オペランドの記述形式にエラーがある場合，アセンブラはエラーを出力し，解析可能なかぎりの値をネームの値として登録します。
- EQU 疑似命令により定義したネームは，同一のソース・モジュール中では再定義することはできません。
- EQU 疑似命令でビット値を定義したネームは，値としてアドレスとビット位置を持ちます。
- EQU 疑似命令のオペランドとして記述可能なビット値とその参照可能範囲を次に示します。

オペランドの種類	シンボル値	参照可能範囲
A.bit 注 1	1.bit	同一モジュール内でのみ参照可能
PSW.bit 注 1	1FEH.bit	
sfr 注 2.bit 注 1	0FFXXH 注 3.bit	
efr 注 4.bit 注 1	0FXXXH 注 4.bit	
saddr.bit 注 1	0XXXXH 注 5.bit	別モジュールから参照可能
式 .bit 注 1	0XXXXH 注 5.bit	

注 1. bit = 0 ～ 7

2. 具体的な記述については，各デバイスのユーザーズ・マニュアルを参照してください。

3. 0FFXXH　：sfr のアドレス

4. 0FXXXH　：efr のアドレス

5. 0XXXXH　：saddr 領域（0FE20H - 0FF1FH）

［使用例］

```
        NAME    SAMP1

WORK1   EQU     0FE20H          ; (1)
WORK10  EQU     WORK1.0         ; (2)
P02     EQU     P0.2            ; (3)
A4      EQU     A.4             ; (4)
PSW5    EQU     PSW.5           ; (5)

        SET1    WORK10          ; (6)
        SET1    P02             ; (7)
        SET1    A4              ; (8)
        SET1    PSW5            ; (9)
        END
```

(1) ネーム“WORK1”は，値“0FE20H”と，シンボル属性“NUMBER”，リロケーション属性“ABSOLUTE”を持ちます。

(2)“saddr.bit”にあたるビット値“WORK1.0”に，ネーム“WORK10”を割り当てます。
オペランドに記述されている“WORK1”は，(1) で値“0FE20H”と定義済みです。

(3)“sfr.bit”にあたるビット値“P0.2”に，ネーム“P02”を割り当てます。

(4)“A.bit”にあたるビット値“A.4”に，ネーム“A4”を割り当てます。

(5)“PSW.bit”にあたるビット値“PSW.5”に，ネーム“PSW5”を割り当てます。

(6) この記述は，“SET1 saddr.bit”に該当します。

(7) この記述は，“SET1 sfr.bit”に該当します。

(8) この記述は，“SET1 A.bit”に該当します。

(9) この記述は，“SET1 PSW.bit”に該当します。

なお，(3)，(4)，(5) のように“sfr.bit”，“A.bit”，“PSW.bit”を定義したネームは，そのモジュール内でのみ参照することができます。
“saddr.bit”を定義したネームは，外部定義シンボルとして別のモジュールからも参照することができます（「4. 2. 5 リンケージ疑似命令」を参照）。

使用例のソース・モジュールをアセンブルすると，次のようなアセンブル・リストが生成されます。

```
        Assemble list

ALNO    STNO    ADRS    OBJECT      M I SOURCE STATEMENT

   1       1                                NAME    SAMP
   2       2
   3       3            ( FE20 )        WORK1   EQU     0FE20H          ; (1)
   4       4            ( FE20.0 )      WORK10  EQU     WORK1.0         ; (2)
   5       5            ( FF00.2 )      P02     EQU     P0.2            ; (3)
   6       6            ( 0001.4 )      A4      EQU     A.4             ; (4)
   7       7            ( 01FE.5 )      PSW5    EQU     PSW.5           ; (5)
   8       8    0000    0A20                    SET1    WORK10          ; (6)
   9       9    0002    2A00                    SET1    P02             ; (7)
  10      10    0004    61CA                    SET1    A4              ; (8)
  11      11    0006    5A1E                    SET1    PSW5            ; (9)
  12      12                                    END
```

ビット値をネームとして定義している（2）～（5）の行には，アセンブル・リストのオブジェクト・コード欄に定義されたネームの持つビット・アドレスの値が表示されています。

SET

オペランドで指定した式の値と属性を持つ変数をネームとして定義します。

[記述形式]

シンボル欄	ニモニック欄	オペランド欄	コメント欄
ネーム	SET	*絶対式*	[; *コメント*]

[機能]

- オペランドで指定した式の値と属性（シンボル属性，およびリロケーション属性）を持つネーム（名前）を定義します。
- SET 疑似命令で定義したネームの値と属性は，同一モジュール内において SET 疑似命令により再定義できます。
  SET 疑似命令により定義したネームの値と属性は，再び同じネームを再定義するまで有効です。

[用途]

- ソース・モジュールの中で使用する変数をネームとして定義し，命令のオペランドに数値データ（変数）の代わりに記述します。
  ソース・モジュールの中で，ネームの値を変更したい場合には，再度 SET 疑似命令で同じネームに異なる数値データを定義できます。

[説明]

- オペランドには，絶対式を記述します。
- SET 疑似命令は，ソース・プログラムのどこに記述してもかまいません。
  ただし，SET 疑似命令でネームを定義したネームを前方参照することはできません。
- SET 疑似命令でネームを定義した文にエラーがあると，アセンブラはエラーを出力し，解析可能なかぎりの値をネームの値として登録します。
- EQU 疑似命令で定義したシンボルを SET 疑似命令で再定義することはできません。
  また，SET 疑似命令で定義したシンボルを EQU 疑似命令で再定義することもできません。
- ビット・シンボルは定義できません。

［使用例］

```
        NAME    SAMP1
COUNT   SET     10H             ; (1)

        CSEG
        MOV     B, #COUNT       ; (2)
LOOP :
        DEC     B
        BNZ     $LOOP

COUNT   SET     20H             ; (3)

        MOV     B, #COUNT       ; (4)
        END
```

(1) ネーム“COUNT”は，値“10H”と，シンボル属性“NUMBER”，リロケーション属性“ABSOLUTE”を持ちます。これらは，(3) の記述の直前まで有効です。

(2) レジスタ B には，“COUNT”の値 10H が転送されます。

(3) ネーム“COUNT”の値を“20H”に変更します。

(4) レジスタ B には，“COUNT”の値 20H が転送されます。

4. 2. 4　メモリ初期化，領域確保疑似命令

メモリ初期化疑似命令は，プログラムで使用する定数データを定義します。

定義したデータの値は，オブジェクト・コードとして生成されます。

領域確保疑似命令は，プログラムで使用するメモリの領域を確保します。

メモリ初期化，領域確保疑似命令には，次のものがあります。

制御命令	概要
DB	バイト領域を初期化
DW	ワード領域を初期化
DS	オペランドで指定したバイト数分のメモリ領域を確保
DBIT	ビット・セグメント中で１ビットのメモリ領域を確保

DB

バイト領域を初期化します。

[記述形式]

シンボル欄	ニモニック欄	オペランド欄	コメント欄
[*ラベル* :]	DB	(*サイズ*)	[; *コメント*]
		または	
[*ラベル* :]	DB	*初期値* [, …]	[; *コメント*]

[機能]

- バイト領域を初期化します。
  初期化するバイト数は，サイズとして指定することができます。
- オペランドで指定された初期値で，メモリをバイト単位で初期化します。

[用途]

- プログラムで使用する式や文字列を定義するときに，DB 疑似命令を使用します。

[説明]

- オペランドがカッコ“(”，“)”で囲まれている場合はサイズ指定とみなされ，そうでない場合は初期値とみなされます。

(1) サイズ指定の場合

(a) オペランドにサイズを記述した場合，アセンブラは，指定されたバイト数分の領域を“00H”で初期化します。

(b) サイズには，絶対式を記述します。サイズの記述が不正な場合，エラーが出力され，初期化は行われません。

(2) 初期値指定の場合

(a) 式

式の値は 8 ビットのデータとして確保されます。したがって，式の値は 0H ～ 0FFH の間でなければなりません。8 ビットを越えた場合，下位 8 ビットがデータとして確保され，エラーが出力されます。

(b) 文字列

文字列が記述された場合，1 文字に対して，それぞれ 8 ビット ASCII コードが確保されます。

- DB 疑似命令は，ビット・セグメント内では記述することはできません。
- 初期値は，1 行の範囲であれば複数指定することができます。
- 初期値として，リロケータブルなシンボルや外部参照シンボルを含んだ式を記述することができます。

［使用例］

```
                NAME    SAMP1
                CSEG
WORK1 :         DB      ( 1 )                   ; (1)
WORK2 :         DB      ( 2 )                   ; (1)
                CSEG
MASSAG :        DB      'ABCDEF'                ; (2)
DATA1 :         DB      0AH, 0BH, 0CH           ; (3)
DATA2 :         DB      ( 3 + 1 )               ; (4)
DATA3 :         DB      'AB' + 1                ; (5)   ←エラー
                END
```

(1) サイズを指定しているので，それぞれのバイト領域を値“00H”で初期化します。

(2) 6 バイトの領域を文字列“ABCDEF”で初期化します。

(3) 3 バイトの領域を 0AH，0BH，0CH で初期化します。

(4) 4 バイトの領域を 00H で初期化します。

(5)“AB ”+1 の値は，4143H (4142H + 1) で 0H ～ 0FFH の範囲を越えています。
したがって，この記述はエラーとなります。

DW

ワード領域を初期化します。

[記述形式]

シンボル欄	ニモニック欄	オペランド欄	コメント欄
[*ラベル* :]	DW	(*サイズ*)	[; *コメント*]
		または	
[*ラベル* :]	DW	*初期値* [, …]	[; *コメント*]

[機能]

- ワード領域を初期化します。
  初期化するワード数は，サイズとして指定することができます。
- オペランドで指定された初期値で，メモリをワード（2 バイト）単位に初期化します。

[用途]

- プログラムで使用するアドレスやデータなどの 16 ビットの定数を定義するときに，DW 疑似命令を使用します。

[説明]

- オペランドがカッコ“(”，“)”で囲まれている場合はサイズ指定とみなされ，そうでない場合は初期値とみなされます。

(1) サイズ指定の場合

(a) オペランドにサイズを記述した場合，アセンブラは指定されたワード数分の領域を“00H”で初期化します。

(b) サイズには，絶対式を記述します。サイズの記述が不正な場合，エラーが出力され，初期化は行われません。

(2) 初期値指定の場合

(a) 定数

16 ビット以下の定数です。

(b) 式

式の値は，16 ビット・データとして確保されます。

文字列は，初期値として記述できません。

- DW 疑似命令は，ビット・セグメント内では記述できません。
- 初期値の上位 2 桁がメモリの上位アドレスに，下位 2 桁がメモリの下位アドレスに確保されます。
- 初期値は，1 行の範囲であれば複数指定することができます。
- 初期値として，リロケータブルなシンボルや外部参照シンボルを含んだ式が記述することができます。

［使用例］

```
                NAME    SAMP1
                CSEG
WORK1 :         DW      ( 10 )          ; (1)
WORK2 :         DW      ( 128 )         ; (1)
                CSEG
                ORG     10H
                DW      MAIN            ; (2)
                DW      SUB1            ; (2)

                CSEG
MAIN :
                CSEG
SUB1 :

DATA :          DW      1234H, 5678H    ; (3)
                END
```

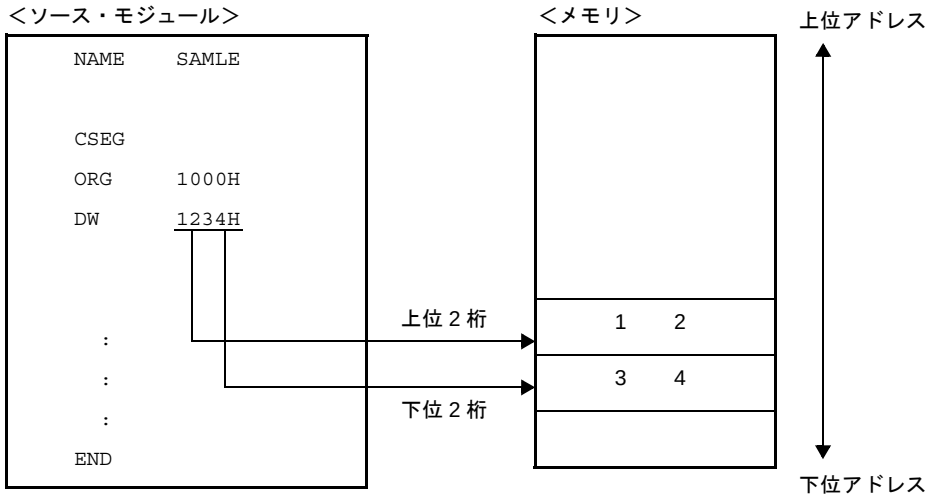
(1) サイズを指定しているので，それぞれのワード領域を値“00H”で初期化します。

(2) ベクタ・エントリ・アドレスを DW 疑似命令で定義します。

(3) 2 ワードの領域を“34127856”の値で初期化します。

注意　ワード値は，上位 2 桁でメモリの上位アドレスを下位 2 桁でメモリの下位アドレスを初期化します。

【例】


＜ソース・モジュール＞
NAME SAMLE
CSEG
ORG 1000H
DW 1234H
:
:
:
END
上位２桁
下位２桁
＜メモリ＞
1 2
3 4
上位アドレス
下位アドレス

DS

オペランドで指定したバイト数分のメモリ領域を確保します。

[記述形式]

シンボル欄	ニモニック欄	オペランド欄	コメント欄
[*ラベル* :]	DS	*絶対式*	[; *コメント*]

[機能]

- オペランドで指定したバイト数分のメモリ領域を確保します。

[用途]

- DS 疑似命令は，主にプログラムで使用するメモリ（RAM）の領域を確保するときに使用します。
  ラベルがある場合は，確保したメモリ領域の先頭アドレスの値をそのラベルに割り付けます。ソース・モジュールでは，このラベルを使用してメモリを操作する記述をします。

[説明]

- 確保する領域の内容は，不定です。
- 絶対式は，符号なし 16 ビットで評価されます。
- オペランドの値が 0 のときは，領域は確保されません。
- DS 疑似命令は，ビット・セグメント内では記述することはできません。
- DS 疑似命令のシンボルは後方参照のみです。
- オペランドに記述できるのは，絶対式を拡張した次のものです。
  - 定数
  - 定数に演算を施した式（定数式）
  - 定数，または定数式で定義された EQU シンボル，または SET シンボル
  - ADDRESS 属性の式 1 － ADDRESS 属性の式 2

  “ADDRESS 属性の式 1”中のラベル 1 と“ADDRESS 属性の式 2”中のラベル 2 は，リロケータブルな場合には，同一セグメント中で定義されていなければなりません。
  ただし，以下の場合にはエラーとなります。
  - ラベル 1 とラベル 2 が同一セグメントで，2 つのラベルの間にその場でオブジェクト・コードのバイト数が決定できない BR 疑似命令が記述されている場合
  - ラベル 1 とラベル 2 が別のセグメントで，属するセグメントの先頭からラベルまでの間に，その場でオブジェクト・コードのバイト数が決定できない BR 疑似命令が記述されている場合
  - 上記の 4 つの式に演算を施した式
- オペランドに記述することのできないものを次に示します。
  - 外部参照シンボル

- ADDRESS 属性の式 1 － ADDRESS 属性の式 2 を EQU で定義したシンボル
- ADDRESS 属性の式 1 － ADDRESS 属性の式 2 の形で式 1，2 のいずれかにロケーション・カウンタ（$）が記述された場合
- ADDRESS 属性の式に HIGH/LOW/BANKNUM/DATAPOS/BITPOS を施した式を EQU で定義したシンボル

［使用例］

```
                NAME    SAMPLE
                DSEG
TABLE1 :        DS      10              ; (1)
WORK1 :         DS      2               ; (2)
WORK2 :         DS      1               ; (3)
                CSEG
                MOVW    HL, #TABLE1
                MOV     A, !WORK2
                MOVW    BC, #WORK1
                END
```

(1) 10 バイトの作業領域を確保しますが，領域の内容は不定です。ラベル“TABLE1”を先頭アドレスに割り付けます。

(2) 1 バイトの作業領域を確保します。

(3) 2 バイトの作業領域を確保します。

DBIT

ビット・セグメント中で 1 ビットのメモリ領域を確保します。

[記述形式]

シンボル欄	ニモニック欄	オペランド欄	コメント欄
[*ネーム*]	DBIT	*なし*	[; *コメント*]

[機能]

- ビット・セグメント中で 1 ビットのメモリ領域を確保します。

[用途]

- DBIT 疑似命令は，ビット・セグメント中で，ビット領域を確保するために使用します。

[説明]

- DBIT 疑似命令は，ビット・セグメント中でのみ記述します。
- 確保した領域の内容は，不定です。
- シンボル欄にネームを記述した場合，そのネームは値として，アドレスとビット位置を持ちます。
- 定義したネームは，saddr.bit を要求される箇所に記述することができます。

[使用例]

```
        NAME    SAMPLE
        BSEG
BIT1    DBIT            ;  (1)
BIT2    DBIT            ;  (1)
BIT3    DBIT            ;  (1)

        CSEG
        SET1    BIT1    ;  (2)

        CLR1    BIT2    ;  (3)
        END
```

(1) 1 ビットごとの領域を確保し，それぞれのアドレスとビット位置を値として持つネーム（BIT1，BIT2，BIT3）を定義します。

（2）この記述は，“SET1 saddr.bit”に該当します。

“saddr.bit”として，（1）で確保したビット領域のネーム BIT1 を記述します。

（3）この記述は，“CLR1 saddr.bit”に該当します。

“saddr.bit”として，ネーム BIT2 を記述します。

4. 2. 5　リンケージ疑似命令

リンケージ疑似命令は，ほかのモジュールで定義されているシンボルを参照する場合に，その関連性を明白にさせるためのものです。

1 つのプログラムがモジュール 1 とモジュール 2 に分けて作成されている場合を考えます。モジュール 1 中において，モジュール 2 中で定義されているシンボルを参照したい場合，お互いのモジュールで何の宣言もなくそのシンボルを使うわけにはいきません。このため，「使いたい」，「使ってもよい」の表示をそれぞれのモジュールで行う必要があります。

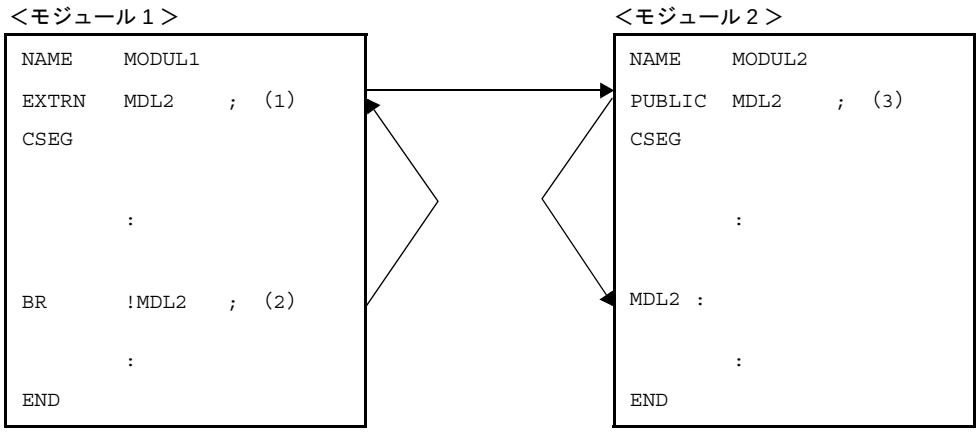
モジュール 1 では，「ほかのモジュール中で定義されているシンボルを参照したい」というシンボルの外部参照宣言をします。一方，モジュール 2 では，「そのシンボルは，ほかのシンボルで参照してもよい」というシンボルの外部定義宣言をします。

外部参照と外部定義という 2 つの宣言が有効に行われて，はじめてそのシンボルを参照することができます。

この相互関係を成立させるのが，リンケージ疑似命令であり，次の命令があります。

- シンボルの外部参照宣言を行うもの：EXTRN，および EXTBIT 疑似命令
- シンボルの外部定義宣言を行うもの：PUBLIC 疑似命令

図 4―7　2 つのモジュール間のシンボルの関係



上記のモジュール 1 では，モジュール 2 の中で定義しているシンボル“MDL2”を（2）で参照しているため，（1）で EXTRN 疑似命令により外部参照宣言を行っています。

モジュール 2 では，モジュール 1 から参照されるシンボル“MDL2”を（3）で，PUBLIC 疑似命令により外部定義宣言を行っています。

この外部参照，外部定義シンボルが正しく対応しているかどうかは，リンカによりチェックされます。

リンケージ疑似命令には，次のものがあります。

制御命令	概要
EXTRN	本モジュールで参照するほかのモジュールのビット・シンボル以外のシンボルを宣言
EXTBIT	本モジュールで参照するほかのモジュールの saddr.bit の値を持つビット・シンボルを宣言
PUBLIC	オペランドに記述したシンボルをほかのモジュールから参照できるよう宣言

EXTRN

本モジュールで参照するほかのモジュールのビット・シンボル以外のシンボルを宣言します。

［記述形式］

シンボル欄	ニモニック欄	オペランド欄	コメント欄
[*ラベル* :]	EXTRN	*シンボル名* [, …]	[; *コメント*]

［機能］

- 本モジュールで参照するほかのモジュールのシンボル（ビット・シンボルを除く）を宣言します。

［用途］

- ほかのモジュールの中で定義されているシンボルを参照する場合には，必ずそのシンボルを EXTRN 疑似命令で外部参照宣言します。
- オペランドの記述形式により，以下の違いがあります。

BASE (*シンボル名* [, …])	64K バイト内の（0H ～ 0FFFF 内）領域のシンボルとして参照可能となります。
再配置属性なし	リンカが配置後，PUBLIC されたシンボルの領域にあわせて処理を行い，参照可能となります。

［説明］

- EXTRN 疑似命令は，ソース・プログラムのどこに記述してもかまいません（「4. 1. 1　基本構成」を参照してください）。
- オペランドには，コンマ（ , ）で区切って最大 20 個のシンボルを指定することができます。
- ビット値を持つシンボルを参照する場合は，EXTBIT 疑似命令で外部参照宣言をします。
- EXTRN 疑似命令で宣言されたシンボルは，ほかのモジュールで PUBLIC 疑似命令で宣言されていなければなりません。
- EXTRN 疑似命令で宣言されたシンボルをモジュール中で参照しなくても，エラーにはなりません。
- EXTRN 疑似命令のオペランドとして，マクロ名を記述することはできません（マクロ名については，「4. 4　マクロ」を参照してください）。
- シンボルは，全モジュール中で一度だけ EXTRN 宣言できます。2 回目以降の宣言に対しては，ワーニングが出力されます。
- すでに宣言されたシンボルは，EXTRN 疑似命令のオペランドに記述することはできません。逆に，EXTRN 宣言したシンボルも，ほかの疑似命令により再定義，宣言することはできません。
- saddr 領域を EXTRN 疑似命令で定義したシンボルで参照することができます。
- 宣言されたシンボルは，NUMBER 属性扱いとなります。

［使用例］

- モジュール 1

```
        NAME    SAMP1
        EXTRN   SYM1, SYM2      ; (1)
        CSEG
S1 :    DW      SYM1            ; (2)
        MOV     A, SYM2         ; (3)
        END
```

- モジュール 2

```
        NAME    SAMP2
        PUBLIC  SYM1, SYM2      ; (4)
        CSEG
SYM1    EQU     0FFH            ; (5)
DATA1   DSEG    SADDR
SYM2 :  DB      012H            ; (6)
        END
```

(1)（2）と（3）で参照するシンボル“SYM1”，“SYM2”の外部参照宣言を行います。
オペランド欄には，複数のシンボルを記述することができます。

(2）シンボル“SYM1”を参照します。

(3）シンボル“SYM2”を参照します。saddr 領域を参照するコードを出力します。

(4）シンボル“SYM1”，“SYM2”を外部定義宣言します。

(5）シンボル“SYM1”を定義します。

(6）シンボル“SYM2”を定義します。

EXTBIT

本モジュールで参照するほかのモジュールの saddr.bit の値を持つビット・シンボルを宣言します。

[記述形式]

シンボル欄	ニモニック欄	オペランド欄	コメント欄
[*ラベル* :]	EXTBIT	*ビット・シンボル名* [, …]	[; *コメント*]

[機能]

- 本モジュールで参照するほかのモジュールの saddr.bit の値を持つビット・シンボルを宣言します。

[用途]

- ほかのモジュールの中で定義されているビット値を持つシンボルを参照する場合には，必ずそのシンボルを EXTBIT 疑似命令で外部参照宣言します。

[説明]

- EXTBIT 疑似命令は，ソース・プログラムのどこに記述してもかまいません。
- オペランドには，コンマ（ , ）で区切って最大 20 個のシンボルを指定することができます。
- EXTBIT 疑似命令で宣言されたシンボルは，ほかのモジュールで PUBLIC 疑似命令で宣言されていなければなりません。
- シンボルは，1 モジュール中で一度だけ EXTBIT 宣言することができます。2 回目以降の宣言に対しては，ワーニングが出力されます。
- EXBIT 疑似命令で宣言されたシンボルをモジュール中で参照しなくても，エラーにはなりません。

[使用例]

- モジュール 1

```
NAME    SAMP1
EXTBIT  FLAG1, FLAG2    ;  (1)
CSEG
SET1    FLAG1           ;  (2)
CLR1    FLAG2           ;  (3)
        END
```

- モジュール 2

```
        NAME    SAMP2
        PUBLIC  FLAG1, FLAG2    ; (4)
        BSEG
FLAG1   DBIT                    ; (5)
FLAG2   DBIT                    ; (6)
        CSEG
        NOP
        END
```

(1) 参照するシンボル“FLAG1”，“FLAG2”の外部参照宣言を行います。
オペランド欄には，複数のシンボルを記述することができます。

(2) シンボル“FLAG1”を参照します。
この記述は，“SET1 saddr.bit”に該当します。

(3) シンボル“FLAG2”を参照します。
この記述は，“CLR1 saddr.bit”に該当します。

(4) シンボル“FLAG1”，“FLAG2”を定義します。

(5) シンボル“FLAG1”を SADDR 領域のビット・シンボルとして定義します。

(6) シンボル“FLAG2”を SADDR 領域のビット・シンボルとして定義します。

PUBLIC

オペランドに記述したシンボルをほかのモジュールから参照できるよう宣言します。

[記述形式]

シンボル欄	ニモニック欄	オペランド欄	コメント欄
[*ラベル* :]	PUBLIC	*シンボル名* [, …]	[; *コメント*]

[機能]

- オペランドに記述したシンボルをほかのモジュールから参照できるよう宣言します。

[用途]

- ほかのモジュールから参照されるシンボル（ビット・シンボルを含む）を定義している場合には，必ず，そのシンボルを PUBLIC 疑似命令で外部定義宣言します。

[説明]

- PUBLIC 疑似命令は，ソース・プログラムのどこに記述してもかまいません。
- オペランドには，コンマ（ , ）で区切って最大 20 個のシンボルを指定することができます。
- オペランドに記述するシンボルは，同一モジュール内で定義していなければなりません。
- シンボルは，全モジュール中で一度だけ PUBLIC 宣言することができます。2 回目以降の宣言は，無視されます。
- 各ビット領域にあるビットシンボルは，PUBLIC 宣言することが可能です。
- 次のシンボルは，オペランドとして記述することはできません。

(1) SET 疑似命令で定義したネーム

(2) 同一モジュール内で EXTRN，EXTBIT 疑似命令で定義したシンボル

(3) セグメント名

(4) モジュール名

(5) マクロ名

(6) モジュール内で定義されていないシンボル

(7) ビット属性を持つオペランドを EQU 疑似命令で定義したシンボル

(8) SFR，SFRP 疑似命令で定義したシンボル

(9) sfr，efr を EQU 疑似命令で定義したシンボル（ただし，sfr 領域と saddr 領域のオーバーラップしている箇所は除きます。）

［使用例］

- モジュール 1

```
        NAME    SAMP1
        PUBLIC  A1, A2          ;  (1)
        EXTRN   B1
        EXTBIT  C1

A1      EQU     10H
A2      EQU     0FE20H.1

        CSEG
        BR      B1
        SET1    C1
        END
```

- モジュール 2

```
        NAME    SAMP2
        PUBLIC  B1              ;  (2)
        EXTRN   A1
        CSEG
B1 :
        MOV     C, #LOW ( A1 )
        END
```

- モジュール 3

```
        NAME    SAMP3
        PUBLIC  C1              ;  (3)
        EXTBIT  A2
C1      EQU     0FE21H.0
        CSEG
        CLR1    A2
        END
```

(1) シンボル A1，A2 が，ほかのモジュールから参照されるシンボルであることを宣言します。

(2) シンボル B1 が，ほかのモジュールから参照されるシンボルであることを宣言します。

（3）シンボル C1 が，ほかのモジュールから参照されるシンボルであることを宣言します。

4. 2. 6　オブジェクト・モジュール名宣言疑似命令

オブジェクト・モジュール名宣言疑似命令は，アセンブラで生成するオブジェクト・モジュールにモジュール名を与えます。

オブジェクト・モジュール名宣言疑似命令には，次のものがあります。

制御命令	概要
NAME	オペランドに記述したオブジェクト・モジュール名をアセンブラの出力するオブジェクト・モジュールに与える

NAME

オペランドに記述したオブジェクト・モジュール名をアセンブラの出力するオブジェクト・モジュールに与えます。

[記述形式]

シンボル欄	ニモニック欄	オペランド欄	コメント欄
[*ラベル* :]	NAME	*オブジェクト・モジュール名*	[; *コメント*]

[機能]

- オペランドに記述したオブジェクト・モジュール名をアセンブラの出力するオブジェクト・モジュールに与えます。

[用途]

- モジュール名は，デバッガによるシンボリック・デバッグ時に必要となります。

[説明]

- NAME 疑似命令は，ソース中プログラムのどこに記述してもかまいません。
- モジュール名の規則については，「(3) シンボル欄」を参照してください。
- モジュール名として指定できる文字は，OS でファイル名として許す文字から“(”（28H），“)”（29H）と 2 バイト文字を除いた文字とします。
- モジュール名をその他の疑似命令，インストラクションのオペランドとして記述することはできません。
- NAME 疑似命令を省略すると，ソース・モジュール・ファイルのプライマリ・ネーム（先頭から 8 文字）がモジュール名になります。なお，プライマリ・ネームは，大文字に変換されて取り出されます。
  複数個指定した場合は，ワーニングが出力され，2 回目以降の宣言は無視されます。
- オペランド欄のモジュール名は，8 文字以内で指定してください。
- シンボル名の大文字，小文字は区別されます。

[使用例]

```
        NAME    SAMPLE  ;  (1)
        DSEG
BIT1 :  DBIT

        CSEG
        MOV     A, B
        END
```

（1）モジュール名を SAMPLE として宣言します。

4. 2. 7　分岐命令自動選択疑似命令

無条件分岐命令において，分岐先アドレスをオペランドとして直接記述するものには，“BR　!addr16”，“BR $addr16”の 2 つがあります。

これらの命令は，命令のバイト数が異なるため，メモリ効率のよいプログラムを作成するためには，ユーザが分岐先の範囲に応じて，どのオペランドが適しているかを選択して使用する必要があります。

そこで，78K0 アセンブラが自動的に分岐先の範囲に応じて，2 バイト，または 3 バイトの分岐命令を選択する疑似命令を設けました。これを分岐命令自動選択疑似命令と呼びます。

分岐命令自動選択疑似命令には，次のものがあります。

制御命令	概要
BR	オペランドで指定された式の値の範囲に応じて，アセンブラが自動的に 2，3 バイトの BR 分岐命令を選択し，該当するオブジェクト・コードを生成

BR

オペランドで指定された式の値の範囲に応じて，アセンブラが自動的に 2 バイトから 3 バイトの BR 分岐命令を選択し，該当するオブジェクト・コードを生成します。

[記述形式]

シンボル欄	ニモニック欄	オペランド欄	コメント欄
[*ラベル* :]	BR	*式*	[; *コメント*]

[機能]

- オペランドで指定された式の値の範囲に応じて，アセンブラが自動的に 2 バイトから 3 バイトの BR 分岐命令を選択し，該当するオブジェクト・コードを生成します。

[用途]

- 分岐先が BR 疑似命令の次のアドレスから -80 ～ +7FH の範囲内では，2 バイトの“BR $addr16”命令が記述できますので，3 バイトの“BR !addr16”を記述するよりも 1 バイト分メモリの占有が少なくなります。メモリ効率の良いプログラムを生成するためには，2 バイト分岐命令を積極的に使用する必要があります。
  しかし，分岐命令を記述する際に分岐先範囲をいちいち考慮するのは面倒です。そこで，2 バイトの分岐命令が記述可能か，はっきりしない分岐命令については，BR 疑似命令を使用します。
- 2 バイト，または 3 バイトのどちらの分岐命令を記述するべきかが明確に判断できる場合は，該当するインストラクションを記述するようにしてください。これにより，BR 疑似命令を記述する場合に比べ，アセンブル時間を短縮することができます。

[説明]

- BR 疑似命令は，コード・セグメント内でのみ使用可能です。
- BR 疑似命令のオペランドには，直接ジャンプ先を記述します。式の先頭に，現在のロケーション・カウンタを示す“$”を記述することはできません。
- 最適化の対象となるためには，次のような条件があります。
  - 式中のラベル，または前方参照シンボルが 1 個以下。
  - ADDRESS 属性の EQU シンボルが記述されていない。
  - ADDRESS 属性の式－ ADDRESS 属性の式を EQU 定義したシンボルが記述されていない。
  - ADDRESS 属性の式に HIGH/LOW/BANKNUM/DATAPOS/BITPOS を施した式が記述されていない。

  これらの条件が満たされていない場合には，3 バイト命令となります。
  ただし，これらの条件を満たしている場合でも，分岐先のアドレスが 10000H 地付近の場合で，前方参照と後方参照が混在していると 4 バイト命令になる場合があります。

［使用例］

```
アドレス                NAME    SAMPLE
                C1      CSEG    AT      50H
0050H                   BR      L1                      ; (1)
0052H                   BR      L2                      ; (2)
.....
007DH           L1 :
.....
7FFFH           L2 :
                        END
```

（1）この BR 疑似命令は，分岐先との相対距離が -80H から +7FH の範囲内なので，2 バイトの分岐命令（BR　$addr16）が生成されます。

（2）この BR 疑似命令は，分岐先との相対距離が -80H から +7FH の範囲外なので，3 バイトの分岐命令（BR　!addr16）に置き換えられます。

ただし，これらの条件を満たしている場合でも，分岐先のアドレスが 10000H 番地付近の場合で，前方参照と後方参照が混在していると 4 バイト命令になる場合があります。

4. 2. 8　マクロ疑似命令

ソースを記述する場合，使用頻度の高い一連の命令群をそのつど記述するのは面倒です。また，記述ミス増加の原因ともなります。

マクロ疑似命令により，マクロ機能を使用することにより，同じような一連の命令群を何回も記述する必要がなくなり，コーディングの効率を上げることができます。

マクロの基本的な機能は，一連の文の置き換えにあります。

マクロ疑似命令には，次のものがあります。

制御命令	概要
MACRO	MACRO 疑似命令と ENDM 疑似命令の間に記述された一連の文に対し，シンボル欄で指定したマクロ名を付け，マクロを定義
LOCAL	オペランド欄で指定されたシンボル名は，そのマクロ・ボディ内でのみ有効なローカル・シンボルであることを宣言
REPT	REPT 疑似命令と ENDM 疑似命令の間に記述された一連の文をオペランド欄で指定した式の値分だけ，繰り返し展開
IRP	IRP 疑似命令と ENDM 疑似命令の間にある一連の文をオペランドで指定された実引数で仮引数を置き換えながら，実引数の数だけ繰り返し展開
EXITM	MACRO 疑似命令で定義されたマクロ・ボディの展開，および REPT-ENDM，IRP-ENDM による繰り返しを強制的に終了
ENDM	マクロの機能として定義される一連のステートメントを終了

MACRO

MACRO 疑似命令と ENDM 疑似命令の間に記述された一連の文に対し，シンボル欄で指定したマクロ名を付け，マクロを定義します。

[記述形式]

シンボル欄	ニモニック欄	オペランド欄	コメント欄
マクロ名	MACRO	[*仮引数* [, …]]	[; *コメント*]
	:		
	マクロ・ボディ		
	:		
	ENDM		[; *コメント*]

[機能]

- MACRO 疑似命令と ENDM 疑似命令の間に記述された一連の文（マクロ・ボディと呼びます）に対し，シンボル欄で指定したマクロ名を付け，マクロの定義を行います。

[用途]

- ソース中で，使用頻度の高い一連の文をマクロ定義しておきます。その定義以降では，定義されたマクロ名を記述するだけ（「(2) マクロの参照」を参照）で，そのマクロ名に対応するマクロ・ボディが展開されます。

[説明]

- MACRO 疑似命令には，対応する ENDM 疑似命令がなければなりません。
- シンボル欄に記述するマクロ名の規則については，「(3) シンボル欄」を参照してください。
- マクロを参照する場合は，ニモニック欄に定義済みのマクロ名を記述します。
- オペランド欄に記述する仮引数の規則については，シンボル記述上の規則と同じです。
- 1 つのマクロ疑似命令で指定できる仮引数は，16 個までです。
- 仮引数は，マクロ・ボディ内でのみ有効です。
- 仮引数として予約語を記述すると，エラーとなります。ただし，ユーザ定義シンボルを記述した場合には，仮引数としての認識が優先されます。
- 仮引数と実引数の個数は同じでなければなりません。
- マクロ・ボディ内で定義したネーム / ラベルを LOCAL 疑似命令で宣言すれば，そのネーム／ラベルは 1 回のマクロ展開でのみ有効になります。
- マクロのネスティング（マクロ・ボディ内でほかのマクロを参照すること）は，REPT，IRP あわせて，最大 8 レベルまでです。
- 1 つのモジュール内でのマクロ定義の最大数には，特に制限はありません。メモリが使えるかぎり定義することができます。

- クロスリファレンス・リストには，仮引数の定義行，参照行，シンボル名は出力されません。
- マクロ・ボディ中に，2 つ以上のセグメントを定義することはできません。定義した場合は，エラーが出力されます。

［使用例］

```
        NAME    SAMPLE

ADMAC   MACRO   PARA1, PARA2    ; (1)
        MOV     A, #PARA1
        ADD     A, #PARA2
        ENDM                    ; (2)

        ADMAC   10H, 20H        ; (3)
        END
```

(1) マクロ名“ADMAC”，2 つの仮引数“PARA1”，“PARA2”を指定したマクロ定義をしています。

(2) マクロ定義の終わりを示します。

(3) マクロ ADMAC を参照しています。

LOCAL

オペランド欄で指定されたシンボル名は，そのマクロ・ボディ内でのみ有効なローカル・シンボルであることを宣言します。

[記述形式]

シンボル欄	ニモニック欄	オペランド欄	コメント欄
なし	LOCAL	*シンボル名* [, …]	[; *コメント*]

[機能]

- オペランド欄で指定されたシンボル名は，そのマクロ・ボディ内でのみ有効なローカル・シンボルであることを宣言します。

[用途]

- マクロ・ボディ内でシンボルを定義しているマクロを 2 回以上参照すると，シンボルは二重定義エラーとなります。LOCAL 疑似命令を使用することにより，シンボルを定義しているマクロを複数回，参照することができます。

[説明]

- オペランド欄に記述するシンボル名の規則については，「(3) シンボル欄」を参照してください。
- ローカル宣言されたシンボルは，展開されるごとに“??RAnnnn”（n = 0000 ～ FFFF）というシンボルに置き換えられます。置き換え後の“??RAnnnn”というシンボルは，グローバル・シンボルと同じ扱いとなり，シンボル・テーブルに登録され，“??RAnnnn”というシンボル名で参照することができます。
- マクロ・ボディ内でシンボルを定義し，そのマクロを 2 回以上参照すると，ソース・モジュール中でそのシンボルを 2 回以上定義することになってしまいます。このため，そのシンボルは，マクロ内でのみ有効なローカル・シンボルであると宣言します。
- LOCAL 疑似命令は，マクロ定義内でのみ使用できます。
- LOCAL 疑似命令は，オペランド欄で指定したシンボルを使用する前に記述しなければなりません（マクロ・ボディの先頭で記述してください）。
- 1 つのモジュール内で LOCAL 疑似命令により定義するシンボル名は，すべて別名でなければいけません（各マクロ内で使用するローカル・シンボル名に同一名は使えません）。
- オペランド欄で指定できるローカル・シンボル数は，1 行以内であればいくつでも定義することができます。ただし，マクロ・ボディ内での最大数は 64 個です。65 個以上のローカル・シンボルが宣言された場合はエラーが出力され，そのマクロ定義は空のマクロ・ボディとして登録されます。参照された場合は，何も展開されません。
- ローカル・シンボルを定義しているマクロは，ネストさせることができません。
- LOCAL 疑似命令で定義したシンボルをマクロ外から参照することはできません。

- シンボルとして予約語を記述することはできません。ただし，ユーザ定義シンボルと同じシンボルを記述した場合には，LOCAL シンボルとしての機能が優先されます。
- LOCAL 疑似命令のオペランドで宣言したシンボルは，クロスリファレンス・リスト，シンボル・テーブル・リストには出力されません。
- LOCAL 疑似命令の行は，展開時に出力されません。
- マクロ定義の仮引数と同名のシンボルをそのマクロ定義の中で LOCAL 宣言した場合，エラーとなります。

［使用例］

```
        NAME    SAMPLE

        ; マクロの定義
MAC1    MACRO
        LOCAL   LLAB            ; (1)
LLAB :                          ;
        BR      $LLAB           ; (2)
        ENDM                    ;

        ; ソース本文
REF1 :  MAC1                    ; (3)

        BR      !LLAB           ; (4)     ←この記述はエラーです。

REF2 :  MAC1                    ; (5)
        END
```

(1) シンボル名 LLAB をローカル・シンボルとして定義しています。

(2) マクロ MAC1 内でローカル・シンボル LLAB を参照しています。

(3) マクロ MAC1 を参照しています。

(4) マクロ MAC1 の定義外でローカル・シンボル LLAB を参照しています。
この記述は，エラーになります。

(5) マクロ MAC1 を参照しています。

使用例のアセンブル・リストを次に示します。

```
        Assemble list

ALNO    STNO    ADRS    OBJECT  M I     SOURCE STATEMENT


  1       1                                     NAME    SAMPLE
  2       2                     M       MAC1    MACRO
  3       3                     M               LOCAL   LLAB            ;  (1)
  4       4                     M       LLAB :
  5       5                     M               BR      $LLAB           ;  (2)
  6       6                     M               ENDM
  7       7
  8       8     000000                  REF1 :  MAC1                    ;  (3)
          9                     #1      ;
 10             000000         #1      ??RA0000:
 11             000000  14FE   #1              BR      $??RA0000       ;  (2)
  9      12
 10      13     000002  2C0000                  BR      !LLAB           ;  (4)
***   ERROR E2407 , STNO  13 ( 0 ) Undefined symbol reference 'LLAB'
***   ERROR E2303 , STNO  13 ( 13 ) Illegal expression
 11      14
 12      15     000005                  REF2 :  MAC1                    ;  (5)
 16                            #1      ;
 17             000005         #1      ??RA0001 :
 18             000005  14FE   #1              BR      $??RA0001       ;  (2)
 13      19                                    END
```

REPT

REPT 疑似命令と ENDM 疑似命令の間に記述された一連の文をオペランド欄で指定した式の値分だけ，アセンブラが繰り返し展開します。

［記述形式］

シンボル欄	ニモニック欄	オペランド欄	コメント欄
[*ラベル* :]	REPT	*絶対式*	[; *コメント*]
	:		
	ENDM		[; *コメント*]

［機能］

- REPT 疑似命令と ENDM 疑似命令の間に記述された一連の文（REPT-ENDM ブロックと呼びます）をオペランド欄で指定した式の値分だけ，アセンブラが繰り返し展開します。

［用途］

- ソース中で一連の文を連続して繰り返し記述する場合に，REPT，ENDM 疑似命令を使用します。

［説明］

- REPT 疑似命令に対応する ENDM 疑似命令がなければ，エラーとなります。
- REPT-ENDM ブロック内では，マクロ参照，REPT，IRP をあわせたネスト・レベルの最大数 8 までネスティングすることができます。
- REPT-ENDM のブロックの途中で EXITM が現れると，展開を中止します。
- REPT-ENDM のブロック内に，アセンブル制御命令を記述することができます。
- REPT-ENDM のブロック内に，マクロ定義を記述することはできません。
- オペランド欄に記述する絶対式は，符号なし 16 ビットで評価されます。
  絶対式が 0 の場合には，何も展開されません。

［使用例］

```
NAME    SAMP1
CSEG
    ; REPT-ENDM ブロック
REPT    3               ;  (1)
        INC     B
        DEC     C
            ; ソース本文
ENDM                    ;  (2)
END
```

（1）REPT-ENDM ブロックを 3 回連続して展開するよう，指示しています。

（2）REPT-ENDM ブロックの終了を示します。

アセンブルすると，REPT-ENDM ブロックは次のように展開されます。

```
NAME    SAMP1
CSEG
REPT    3
        INC     B
        DEC     C
ENDM
        INC     B
        DEC     C
        INC     B
        DEC     C
        INC     B
        DEC     C
END
```

（1），（2）で定義された REPT-ENDM ブロックが，3 回展開されています。

アセンブル・リスト上には，ソース・モジュールの REPT 疑似命令による定義分（1），（2）は，表示されません。

IRP

IRP 疑似命令と ENDM 疑似命令の間にある一連の文をオペランドで指定された実引数（左から順）で仮引数を置き換えながら，実引数の数だけ繰り返し展開します。

[記述形式]

シンボル欄	ニモニック欄	オペランド欄	コメント欄
[*ラベル* :]	IRP	*仮引数* ,<[*実引数* [, …]]>	[; *コメント*]
	:		
	ENDM		[; *コメント*]

[機能]

- IRP 疑似命令と ENDM 疑似命令の間にある一連の文（IRP-ENDM ブロックと呼びます）をオペランドで指定された実引数（左から順）で仮引数を置き換えながら，実引数の数だけ繰り返し展開します。

[用途]

- ソース中で，一部分だけ変数となる一連の文を連続して繰り返し記述したい場合に，IRP-ENDM 疑似命令を使用します。

[説明]

- IRP 疑似命令には対応する ENDM 疑似命令がなければなりません。
- 実引数は，16 個まで記述することができます。
- IRP-ENDM ブロック内では，マクロ参照，REPT，IRP をあわせたネスト・レベルの最大数 8 までネスティングすることができます。
- IRP-ENDM ブロックの途中に EXITM を記述すると，そこで展開を中止します。
- IRP-ENDM ブロックで，マクロを定義することはできません。
- IRP-ENDM ブロック内に，アセンブル制御命令を記述することができます。

［使用例］

```
NAME    SAMP1
CSEG

IRP     PARA, <0AH, 0BH, 0CH>           ; (1)
    ; IRP-ENDM ブロック
ADD     A, #PARA
MOV     [DE], A
ENDM                                    ; (2)
    ; ソース本文
END
```

(1) 仮引数が PARA，実引数が 0AH，0BH，0CH の 3 個です。
仮引数“PARA”を実引数“0AH”，“0BH”，“0CH”に置き換えながら，IRP-ENDM ブロックを実引数の数 3 回分展開することを指示します。

(2) IRP-ENDM ブロックの終了を示します。

アセンブルすると，IRP-ENDM ブロックは次のように展開されます。

```
NAME    SAMP1
CSEG
    ; IRP-ENDM ブロック
ADD     A, #0AH         ; (3)
MOV     [DE], A
ADD     A, #0BH         ; (4)
MOV     [DE], A
ADD     A, #0CH         ; (5)
MOV     [DE], A
    ; ソース本文
END
```

(1)，(2) で定義された IRP-ENDM ブロックが，実引数の数 3 回分展開されています。

(3) PARA が 0AH に置き換えられました。

(4) PARA が 0BH に置き換えられました。

(5) PARA が 0CH に置き換えられました。

EXITM

MACRO 疑似命令で定義されたマクロ・ボディの展開，および REPT-ENDM，IRP-ENDM による繰り返しを強制的に終了させます。

［記述形式］

シンボル欄	ニモニック欄	オペランド欄	コメント欄
[*ラベル* :]	EXITM	*なし*	[; *コメント*]

［機能］

- MACRO 疑似命令で定義されたマクロ・ボディの展開，および REPT-ENDM，IRP-ENDM による繰り返しを強制的に終了させます。

［用途］

- この機能は，主に MACRO 疑似命令で定義したマクロ・ボディ中で，条件付きアセンブル（「4. 3. 7 条件付きアセンブル制御命令」を参照）機能を用いている場合に使用します。
- マクロ・ボディ中で，条件付きアセンブル機能を組み合わせて使用している場合，EXITM 疑似命令で強制的にマクロを抜けないと，アセンブルされてはならない部分がアセンブルされてしまう場合があります。このようなときに，EXITM 疑似命令を使用します。

［説明］

- マクロ・ボディ中に EXITM 疑似命令を記述した場合，マクロ・ボディとしては，ENDM 疑似命令までが登録されます。
- EXITM 疑似命令は，マクロ展開時にのみマクロの終了を指示します。
- オペランド欄に何かの記述がある場合には，エラーが出力されますが，EXITM 疑似命令の処理は行われます。
- EXITM 疑似命令が現れると，アセンブルは，IF/_IF/ELSE/ELSEIF/_ELSEIF/ENDIF のネスティング・レベルをそのマクロ・ボディに入ったときのネスティング・レベルまで強制的に戻します。
- マクロ・ボディ中に記述されたインクルード制御命令を展開したときに，インクルード・ファイル中の EXITM 疑似命令が現れた場合は，その EXITM 疑似命令を有効とし，そのレベルのマクロ展開を中止します。

［使用例］

```
        NAME    SAMP1
MAC1    MACRO                       ; (1)
          ; マクロボディ
        NOT1    CY
$       IF ( SW1 )                  ; (2)    ←IF ブロック
                BT      A.1, $L1
                EXITM               ; (3)
$       ELSE                        ; (4)    ←ELSE ブロック
                MOV1    CY, A.1
                MOV     A, #0
$       ENDIF                       ; (5)
$       IF ( SW2 )                  ; (6)    ←IF ブロック
                BR      [HL]
$       ELSE                        ; (7)    ←ELSE ブロック
                BR      [DE]
$       ENDIF                       ; (8)
          ; ソース本文
        ENDM                        ; (9)

        CSEG
$       SET ( SW1 )                 ; (10)
        MAC1                        ; (11)   ←マクロ参照
L1 :    NOP
        END
```

(1) マクロ MAC1 は，マクロ・ボディ内で条件付きアセンブル機能（(2)，(4) - (8)）を使用しています。

(2) 条件付きアセンブルの IF ブロックを定義します。
スイッチ名 SW1 が真（非 0）の場合，IF ブロックがアセンブルされます。

(3) (4) 以降のマクロ・ボディの展開を強制的に終了します。
この (3) の記述がないと，マクロが展開されたとき，アセンブルは (6) 以降のアセンブル処理に移ります。

(4) 条件付きアセンブルの ELSE ブロックを定義します。
スイッチ名 SW1 が偽（0）の場合，ELSE ブロックがアセンブルされます。

(5) 条件付きアセンブルの終了を示します。

(6) 再び，条件付きアセンブルの IF ブロックを定義します。
スイッチ名 SW2 が真（非 0）の場合，これに続く IF ブロックがアセンブルされます。

（7）条件付きアセンブルの ELSE ブロックを定義します。
スイッチ名 SW2 が偽（0）の場合，ELSE ブロックがアセンブルされます。

（8）（6），（7）の条件付きアセンブルの終了を示します。

（9）マクロ・ボディの終了を示します。

（10）SET 制御命令で，スイッチ名 SW1 に真の値（非 0）を与え，条件付きアセンブルの条件を設定します。

（11）マクロ MAC1 を参照しています。

備考 使用例には，条件付きアセンブル制御命令を記述してあります。詳細については，「4. 3. 7 条件付きアセンブル制御命令」を参照してください。マクロ・ボディ，マクロ展開については，「4. 4 マ ク ロ」を参照してください。

使用例のアセンブル・リストを次に示します。

```
          NAME    SAMP1
MAC1      MACRO                   ; (1)
            :
          ENDM                    ; (9)
          CSEG
$         SET ( SW1 )             ; (10)
          MAC1                    ; (11)
            ; マクロ展開部
          NOT1    CY
$         IF ( SW1 )
                  BT      A.1, $L1
            ; ソース本文
L1 :      NOP
          END
```

（11）のマクロ参照により，マクロ MAC1 のマクロ・ボディが展開されています。
（10）でスイッチ名 SW1 に真の値を設定しているため，マクロ・ボディ内の最初の IF ブロックがアセンブルされます。IF ブロックの最後に EXITM 疑似命令があるため，それ以降のマクロ・ボディは展開されていません。

ENDM

マクロの機能として定義される一連のステートメントの終了をアセンブラに指示します。

[記述形式]

シンボル欄	ニモニック欄	オペランド欄	コメント欄
なし	ENDM	*なし*	[; *コメント*]

[機能]

- マクロの機能として定義される一連のステートメントの終了をアセンブラに指示します。

[用途]

- MACRO 疑似命令，REPT 疑似命令，および IRP 疑似命令に続く一連のマクロ・ステートメントの最後には，必ず ENDM 疑似命令を記述します。

[説明]

- MACRO 疑似命令と ENDM 疑似命令の間に記述された一連のマクロ・ステートメントがマクロ・ボディとなります。
- REPT 疑似命令と ENDM 疑似命令の間に記述された一連のステートメントが，REPT-ENDM ブロックとなります。
- IRP 疑似命令と ENDM 疑似命令の間に記述された一連のステートメントが，IRP-ENDM ブロックとなります。

[使用例]

(1) MACRO-ENDM

```
        NAME    SAMP1
ADMAC   MACRO   PARA1, PARA2
                MOV     A, #PARA1
                ADD     A, #PARA2
        ENDM
          :
        END
```

（2）REPT-ENDM

```
NAME    SAMP2
CSEG
  :
REPT    3
        INC     B
        DEC     C
ENDM
  :
END
```

（3）IRP-ENDM

```
NAME    SAMP3
CSEG
  :
IRP     PARA, <1, 2, 3>
        ADD     A, #PARA
        MOV     [DE], A
ENDM
  :
END
```

4. 2. 9　アセンブル終了疑似命令

アセンブル終了疑似命令は，アセンブラにソース・モジュールの終了を指示します。ソース・モジュールの最後には，必ずアセンブル終了疑似命令を記述します。

アセンブラは，アセンブル終了疑似命令までをソース・モジュールとして処理します。したがって，REPT ブロックや IRP ブロックで，ENDM より前にアセンブル終了疑似命令があると，REPT ブロックと IRP ブロックは無効になります。

アセンブル終了疑似命令には，次のものがあります。

制御命令	概要
END	ソース・モジュールの終了を宣言

END

ソース・モジュールの終了を宣言します。

[記述形式]

シンボル欄	ニモニック欄	オペランド欄	コメント欄
なし	END	*なし*	[; *コメント*]

[機能]

- ソース・モジュールの終了をアセンブラに宣言します。

[用途]

- END 疑似命令は，ソース・モジュールの最後に必ず記述します。

[説明]

- アセンブラは，END 疑似命令が現れるまでソース・モジュールをアセンブルします。したがって，ソース・モジュールの最後には，END 疑似命令が必要です。
- END 疑似命令のあとにも，必ず改行コード（LF）を入力してください。
- END 疑似命令のあとに，空白，タブ，改行コード，コメント以外のステートメントがある場合には，ワーニングが出力されます。

[使用例]

```
NAME    SAMPLE
DSEG
  :
CSEG
  :
END                     ;  (1)
```

（1）ソース・モジュールの最後には，必ず END 疑似命令を記述します。

4.3 制御命令

この章では，制御命令について説明します。

制御命令とは，アセンブラの動作に対し細かい指示を与えるものです。

4.3.1 概　　要

制御命令は，アセンブラの動作に対し細かい指示を与えるもので，ソース中に記述します。

制御命令は，オブジェクト・コード生成の対象とはなりません。

次に，制御命令の種類を示します。

表 4―20　制御命令一覧

制御命令の種類	制御命令
アセンブル対象品種指定制御命令	PROCESSOR
デバッグ情報出力制御命令	DEBUG，NODEBUG，DEBUGA，NODEBUGA
クロスリファレンス・リスト出力指定制御命令	XREF，NOXREF，SYMLIST，NOSYMLIST
インクルード制御命令	INCLUDE
アセンブル・リスト制御命令	EJECT，LIST，NOLIST，GEN，NOGEN，COND，NOCOND，TITLE，SUBTITLE，FORMFEED，NOFORMFEED，WIDTH，LENGTH，TAB
条件付きアセンブル制御命令	IF，_IF，ELSEIF，_ELSEIF，ELSE，ENDIF，SET，RESET
漢字コード制御命令	KANJICODE
その他の制御命令	TOL_INF，DGS，DGL

制御命令は，疑似命令と同様に，ソース中に記述します。

また，「表 4―20　制御命令一覧」で示した制御命令のうち，次に示すものは，アセンブラを起動するときにアセンブラ・オプションとしてコマンド行でも指定することができます。

表 4―21　制御命令とアセンブラ・オプション

制御命令	アセンブラ・オプション
PROCESSOR	-c
DEBUG/NODEBUG	-g/-ng
DEBUGA/NODEBUGA	-ga/-nga
XREF/NOXREF	-kx/-nkx
SYMLIST/NOSYMLIST	-ks/-nks
TITLE	-lh
FORMFEED/NOFORMFEED	-lf/-nlf
WIDTH	-lw
LENGTH	-ll

制御命令	アセンブラ・オプション
TAB	-lt
KANJICODE	-zs/-ze/-zn

4. 3. 2　アセンブル対象品種指定制御命令

アセンブル対象品種指定制御命令は，ソース・モジュール・ファイル中でアセンブル対象品種を指定します。

アセンブル対象品種指定制御命令には，次のものがあります。

制御命令	概要
PROCESSOR	ソース・モジュール・ファイル中でアセンブル対象品種を指定

PROCESSOR

ソース・モジュール・ファイル中でアセンブル対象品種を指定します。

［記述形式］

```
[ ]$[ ]PROCESSOR[ ]([ ] 品種名 [ ])
[ ]$[ ]PC[ ]([ ] 品種名 [ ])                    ; 短縮形
```

［機能］

- PROCESSOR 制御命令は，ソース・モジュール・ファイル中でアセンブル対象品種を指定します。

［用途］

- アセンブル対象品種指定は，ソース・モジュール・ファイル，またはコマンド・ラインのどちらかで必ず指定しなければなりません。
- ソース・モジュール・ファイル中でアセンブル対象品種指定の記述がない場合，アセンブルのたびにアセンブル対象品種を指定しなければなりません。したがって，ソース・モジュール・ファイル中でアセンブル対象品種を指定しておくことにより，アセンブラ起動時の手間を省くことができます。

［説明］

- PROCESSOR 制御命令は，モジュール・ヘッダ部にのみ記述することができます。その他に記述した場合，アセンブラはアボートします。
- 指定可能な品種名ついては，各デバイスのユーザーズ・マニュアル，または「デバイス・ファイル　使用上の留意点」を参照してください。
- 指定した品種名がアセンブル対象品種と異なる場合，アセンブラはアボートします。
- PROCESSOR 制御命令は，複数指定することはできません。
- アセンブル対象品種指定は，コマンド・ライン上でアセンブラ・オプション（-c）によっても指定できます。ソース・モジュール・ファイル中とコマンド・ラインでの指定が異なる場合，アセンブラはワーニングを出力し，コマンド・ラインでの指定を優先します。
- アセンブラ・オプション（-c）を指定した場合でも，PROCESSOR 制御命令に対する文法チェックは行われます。
- ソース・モジュール・ファイル中，コマンド・ラインのどちらも指定されていない場合，アセンブラはアボートします。

［使用例］

```
$       PROCESSOR ( F051144 )
$       DEBUG
$       XREF

        NAME    TEST
          :
        CSEG
```

4. 3. 3　デバッグ情報出力制御命令

デバッグ情報出力制御命令は，ソース・モジュール・ファイル中で，オブジェクト・モジュール・ファイルに対してデバッグ情報の出力を指定することができます。

デバッグ情報出力制御命令には，次のものがあります。

制御命令	概要
DEBUG	オブジェクト・モジュール・ファイル中にローカル・シンボル情報を付加
NODEBUG	オブジェクト・モジュール・ファイル中にローカル・シンボル情報を付加しない
DEBUGA	オブジェクト・モジュール・ファイル中にアセンブラ・ソース・デバッグ情報を付加
NODEBUGA	オブジェクト・モジュール・ファイル中にアセンブラ・ソース・デバッグ情報を付加しない

DEBUG

オブジェクト・モジュール・ファイル中にローカル・シンボル情報を付加します。

[記述形式]

```
[ ]$[ ]DEBUG            ; 省略時解釈
[ ]$[ ]DG               ; 短縮形
```

[機能]

- DEBUG 制御命令は，オブジェクト・モジュール・ファイル中にローカル・シンボル情報を付加します。
- ローカル・シンボル情報とは，モジュール名，PUBLIC，EXTRN，EXTBIT シンボル以外のシンボルのことを示します。

[用途]

- DEBUG 制御命令は，ローカル・シンボルも含め，シンボリック・デバッグを行うときに使用します。

[説明]

- DEBUG 制御命令は，モジュール・ヘッダ部のみに記述することができます。
- DEBUG/NODEBUG 制御命令を省略した場合，アセンブラは DEBUG 制御命令が指定されたと解釈して処理を行います。
- DEBUG/NODEBUG 制御命令が複数回記述された場合は，後者が優先されます。
- ローカル・シンボル情報の付加は，コマンド・ライン上でアセンブラ・オプション（-g/-ng）によっても指定することができます。
- ソース・モジュール・ファイル中とコマンド・ライン上で異なる指定が行われた場合，コマンド・ライン上の指定が優先されます。
- アセンブラ・オプション（-ng）を指定した場合でも，DEBUG/NODEBUG 制御命令に対する文法チェックは行われます。

NODEBUG

オブジェクト・モジュール・ファイル中にローカル・シンボル情報を付加しません。

[記述形式]

```
[ ]$[ ]NODEBUG
[ ]$[ ]NODG             ; 短縮形
```

[機能]

- NODEBUG 制御命令は，オブジェクト・モジュール・ファイル中にローカル・シンボル情報を付加しません。なお，この場合にも，セグメント名はオブジェクト・モジュール・ファイルに出力されます。
- ローカル・シンボル情報とは，モジュール名，PUBLIC，EXTRN，EXTBIT シンボル以外のシンボルのことを示します。

[用途]

- NODEBUG 制御命令は，次の 3 種類の場合に使用します。
  - グローバル・シンボルのみのシンボリック・デバッグ
  - シンボルなしでのデバッグ
  - オブジェクトのみを必要とするとき（PROM による評価時など）

[説明]

- NODEBUG 制御命令は，モジュール・ヘッダ部のみに記述することができます。
- DEBUG/NODEBUG 制御命令を省略した場合，アセンブラは DEBUG 制御命令が指定されたと解釈して処理を行います。
- DEBUG/NODEBUG 制御命令が複数回記述された場合は，後者が優先されます。
- ローカル・シンボル情報の付加は，コマンド・ライン上でアセンブラ・オプション（-g/-ng）によっても指定することができます。
- ソース・モジュール・ファイル中とコマンド・ライン上で異なる指定が行われた場合，コマンド・ライン上の指定が優先されます。
- アセンブラ・オプション（-ng）を指定した場合でも，DEBUG/NODEBUG 制御命令に対する文法チェックは行われます。

DEBUGA

オブジェクト・モジュール・ファイル中にアセンブラ・ソース・デバッグ情報を付加します。

[記述形式]

```
[ ]$[ ]DEBUGA          ; 省略時解釈
```

[機能]

- DEBUGA 制御命令は，オブジェクト・モジュール・ファイル中にアセンブラ・ソース・デバッグ情報を付加します。

[用途]

- DEBUGA 制御命令は，アセンブラのソース・レベルで，デバッグするときに使用します。なお，ソース・レベルでのデバッグには，“統合デバッガ”が必要です。

[説明]

- DEBUGA 制御命令は，モジュール・ヘッダ部のみに記述することができます。
- DEBUGA/NODEBUGA 制御命令を省略した場合，アセンブラは DEBUGA 制御命令が指定されたと解釈して，処理を行います。
- DEBUGA/NODEBUGA 制御命令が複数回記述された場合は，後者が優先されます。
- アセンブラ・ソース・デバッグ情報の付加は，コマンド・ライン上でアセンブラ・オプション（-ga/-nga）によっても指定することができます。
- ソース・モジュール・ファイル中とコマンド・ライン上で異なる指定が行われた場合，コマンド・ライン上の指定が優先されます。
- アセンブラ・オプション（-nga）を指定した場合でも，DEBUGA/NODEBUGA 制御命令に対する文法チェックは行われます。
- C コンパイラ，構造化アセンブラ・プリプロセッサでデバッグ情報を出力して，コンパイル，構造化アセンブルした場合，その出力アセンブル・ソースをアセンブルするときには，デバッグ情報出力制御命令を記述しないでください。アセンブル時に必要な制御命令は，C コンパイラ，構造化アセンブラ・プリプロセッサが，アセンブラ・ソース中に制御文として出力します。

NODEBUGA

オブジェクト・モジュール・ファイル中にアセンブラ・ソース・デバッグ情報を付加しません。

[記述形式]

```
[ ]$[ ]NODEBUGA
```

[機能]

- NODEBUGA 制御命令は，オブジェクト・モジュール・ファイル中にアセンブラ・ソース・デバッグ情報を付加しません。

[用途]

- NODEBUGA 制御命令は，次の 2 種類の場合に使用します。
  - アセンブラ・ソース以外でのデバッグ
  - オブジェクトのみを必要とするとき（PROM による評価時など）

[説明]

- NODEBUGA 制御命令は，モジュール・ヘッダ部のみに記述することができます。
- DEBUGA/NODEBUGA 制御命令を省略した場合，アセンブラは DEBUGA 制御命令が指定されたと解釈して，処理を行います。
- DEBUGA/NODEBUGA 制御命令が複数回記述された場合は，後者が優先されます。
- アセンブラ・ソース・デバッグ情報の付加は，コマンド・ライン上でアセンブラ・オプション（-ga/-nga）によっても指定することができます。
- ソース・モジュール・ファイル中とコマンド・ライン上で異なる指定が行われた場合，コマンド・ライン上の指定が優先されます。
- アセンブラ・オプション（-nga）を指定した場合でも，DEBUGA/NODEBUGA 制御命令に対する文法チェックは行われます。
- C コンパイラ，構造化アセンブラ・プリプロセッサでデバッグ情報を出力して，コンパイル，構造化アセンブルした場合，その出力アセンブル・ソースをアセンブルするときには，デバッグ情報出力制御命令を記述しないでください。アセンブル時に必要な制御命令は，C コンパイラ，構造化アセンブラ・プリプロセッサが，アセンブラ・ソース中に制御文として出力します。

4. 3. 4　クロスリファレンス・リスト出力指定制御命令

クロスリファレンス・リスト出力指定制御命令は，ソース・モジュール・ファイル中でクロスリファレンス・リストの出力指定を行うことができます。

クロスリファレンス・リスト出力指定制御命令には，次のものがあります。

制御命令	概要
XREF	アセンブル・リスト・ファイルにクロスリファレンス・リストを出力
NOXREF	アセンブル・リスト・ファイルにクロスリファレンス・リストを出力しない
SYMLIST	リスト・ファイルにシンボル・リストを出力
NOSYMLIST	リスト・ファイルにシンボル・リストを出力しない

XREF

アセンブル・リスト・ファイルにクロスリファレンス・リストを出力します。

[記述形式]

```
[ ]$[ ]XREF
[ ]$[ ]XR                ; 短縮形
```

[機能]

- XREF 制御命令は，アセンブル・リスト・ファイルにクロスリファレンス・リストを出力することを指示します。

[用途]

- ソース・モジュール・ファイルで定義された各シンボルがソース・モジュール中のどこでどれだけ参照されているか，また，アセンブル・リストの何行目の記述で，そのシンボルを参照しているのか，などの情報を知りたいときに，クロスリファレンス・リストを出力します。
- アセンブルのたびに，クロスリファレンス・リスト出力指定を行うような場合には，ソース・モジュール・ファイル中にこれらを記述することにより，アセンブラ起動時の手間を省くことができます。

[説明]

- XREF 制御命令は，モジュール・ヘッダ部のみに記述することができます。
- XREF/NOXREF 制御命令が複数指定された場合には，後者が優先されます。
- クロスリファレンス・リスト指定は，コマンド・ライン上でアセンブラ・オプション（-kx/-nkx）によって指定することができます。
- ソース・モジュール・ファイル中とコマンド・ライン上で異なる指定が行われた場合，コマンド・ライン上の指定が優先されます。
- アセンブラ・オプション（-np）を指定した場合でも，XREF/NOXREF 制御命令に対する文法チェックは行われます。

NOXREF

アセンブル・リスト・ファイルにクロスリファレンス・リストを出力しません。

[記述形式]

```
[ ]$[ ]NOXREF          ; 省略時解釈
[ ]$[ ]NOXR            ; 短縮形
```

[機能]

- NOXREF 制御命令は，アセンブル・リスト・ファイルにクロスリファレンス・リストを出力しないことを指示します。

[用途]

- ソース・モジュール・ファイルで定義された各シンボルがソース・モジュール中のどこでどれだけ参照されているか，また，アセンブル・リストの何行目の記述で，そのシンボルを参照しているのか，などの情報を知りたいときに，クロスリファレンス・リストを出力します。
- アセンブルのたびに，クロスリファレンス・リスト出力指定を行うような場合には，ソース・モジュール・ファイル中にこれらを記述することにより，アセンブラ起動時の手間を省くことができます。

[説明]

- NOXREF 制御命令は，モジュール・ヘッダ部のみに記述することができます。
- XREF/NOXREF 制御命令が複数指定された場合には，後者が優先されます。
- クロスリファレンス・リスト指定は，コマンド・ライン上でアセンブラ・オプション（-kx/-nkx）によって指定することができます。
- ソース・モジュール・ファイル中とコマンド・ライン上で異なる指定が行われた場合，コマンド・ライン上の指定が優先されます。
- アセンブラ・オプション（-np）を指定した場合でも，XREF/NOXREF 制御命令に対する文法チェックは行われます。

SYMLIST

リスト・ファイルにシンボル・リストを出力します。

［記述形式］

```
[ ]$[ ]SYMLIST
```

［機能］

- SYMLIST 制御命令は，リスト・ファイルにシンボル・リストを出力することを指示します。

［用途］

- シンボル・リストを出力したい場合に使用します。

［説明］

- SYMLIST 制御命令は，モジュール・ヘッダ部のみに記述できます。
- SYMLIST/NOSYMLIST 制御命令が複数指定された場合には，後者が優先されます。
- シンボル・リストの出力は，コマンド・ライン上でアセンブラ・オプション（-ks/-nks）によっても指定することができます。
- ソース・モジュール・ファイル中とコマンド・ライン上で異なる指定が行われた場合，コマンド・ライン上の指定が優先されます。
- アセンブラ・オプション（-np）を指定した場合でも，SYMLIST/NOSYMLIST 制御命令に対する文法チェックは行われます。

NOSYMLIST

リスト・ファイルにシンボル・リストを出力しません。

［記述形式］

```
[ ]$[ ]NOSYMLIST        ; 省略時解釈
```

［機能］

- NOSYMLIST 制御命令は，リスト・ファイルにシンボル・リストを出力しないことを指示します。

［用途］

- シンボル・リストを出力したい場合に使用します。

［説明］

- NOSYMLIST 制御命令は，モジュール・ヘッダ部のみに記述できます。
- SYMLIST/NOSYMLIST 制御命令が複数指定された場合には，後者が優先されます。
- シンボル・リストの出力は，コマンド・ライン上でアセンブラ・オプション（-ks/-nks）によっても指定することができます。
- ソース・モジュール・ファイル中とコマンド・ライン上で異なる指定が行われた場合，コマンド・ライン上の指定が優先されます。
- アセンブラ・オプション（-np）を指定した場合でも，SYMLIST/NOSYMLIST 制御命令に対する文法チェックは行われます。

4. 3. 5　インクルード制御命令

インクルード制御命令は，ソース・モジュール中でほかのソース・モジュール・ファイルを引用する場合に使用します。

インクルード制御命令を有効に使用することにより，ソースの記述の手間を軽減することができます。

インクルード制御命令には，次のものがあります。

制御命令	概要
INCLUDE	ほかのソース・モジュール・ファイルの一連のステートメントを引用

INCLUDE

ほかのソース・モジュール・ファイルの一連のステートメントを引用します。

[記述形式]

```
[ ]$[ ]INCLUDE[ ]([ ] ファイル名 [ ])
[ ]$[ ]IC[ ]([ ] ファイル名 [ ])              ; 短縮形
```

[機能]

- 指定されたファイルの内容を指定された行以降に挿入展開し，アセンブルします。

[用途]

- 複数のソース・モジュール中で共通に記述する比較的大きな一連のステートメントを１つのファイル（インクルード・ファイル）としてまとめておきます。
  各ソース・モジュール中で，その一連のステートメントを引用する必要があるとき，INCLUDE 制御命令により，必要とするインクルード・ファイル名を指定します。
  これにより，ソース・モジュールの記述作業を軽減することができます。

[説明]

- INCLUDE 制御命令は，通常のソースにのみ記述することができます。
- アセンブラ・オプション（-I）で，インクルード・ファイルのパス名やドライブ名を指定することができます。
- インクルード・ファイルの読み込みパスのサーチの順番は，次のとおりです。

（1）インクルード・ファイルがパス名なしで指定された場合

（a）ソース・ファイルのあるパス

（b）アセンブラ・オプション（-I）で指定されたパス

（c）環境変数 INC78K0 で指定されたパス

（2）インクルード・ファイルがパス名付きで指定された場合

ドライブ名，またはバックスラッシュ（ \ ）から始まるパス名付きで指定した場合には，インクルード・ファイル名に付いているパス，相対パス（先頭に\がない）付きで指定された場合には，インクルード・ファイル名の前に（1）の順でパス名を付加します。

- インクルード・ファイルは，7 重までネスティングすることが可能です。つまり，ネスト・レベルの最大数は 8 です（ネスティングとは，インクルード・ファイル中で，別のインクルード・ファイルを指定することです）。
- インクルード・ファイルに，END 疑似命令の記述は必要ありません。
- インクルード・ファイルがオープンできない場合，アセンブラはアボートします。
- インクルード・ファイル中は，“IF，または _IF ～ ENDIF”の対応がとれた状態で，閉じなければなりません。もし，インクルード・ファイルの展開の入口の IF レベルと，展開終了直後の IF レベルの対応がとれていない場合，アセンブラはエラーを出力し，レベルを強制的に入口でのレベルに戻してアセンブルを続けます。
- インクルード・ファイル中でマクロを定義するときは，そのマクロ定義はインクルード・ファイル中で閉じていなければなりません。
  突然 ENDM 疑似命令が現れた場合には，エラーが出力され，その ENDM 疑似命令は無視されます。また，マクロ定義疑似命令があるのにそのインクルード・ファイル中に ENDM 疑似命令がない場合には，エラーが出力され，ENDM 疑似命令があるものとして処理されます。
- インクルード・ファイル中に，2 つ以上のセグメントを定義することはできません。定義した場合は，エラーが出力されます。

［使用例］

＜ソース＞注 1

```
  NAME    SAMPLE
  EXTRN   L1, L2
  PUBLIC  L3
$ INCLUDE ( EQU.INC ) ; (1)
  CSEG
   :
  END
```

＜ EQU.INC ＞注 2

```
  SYMA    EQU 10H
$ INCLUDE ( SET1.INC ) ; (2)
  SYMB    EQU 20H
$ INCLUDE ( SET2.INC ) ; (3)
    :
$ INCLUDE ( SET3.INC ) ; (4)
  SYMZ    EQU 100H
```

＜ SET1.INC ＞注 3

```
SYM1    SET 10H
```

＜ SET2.INC ＞注 3

```
SYM1    SET 20H
```

＜ SET3.INC ＞注 3

```
SYM1    SET 30H
```

(1) インクルード・ファイルとして，“EQU.INC”を指定しています。

(2) インクルード・ファイルとして，“SET1.INC”を指定しています。

(3) インクルード・ファイルとして，“SET2.INC”を指定しています。

(4) インクルード・ファイルとして，“SET3.INC”を指定しています。

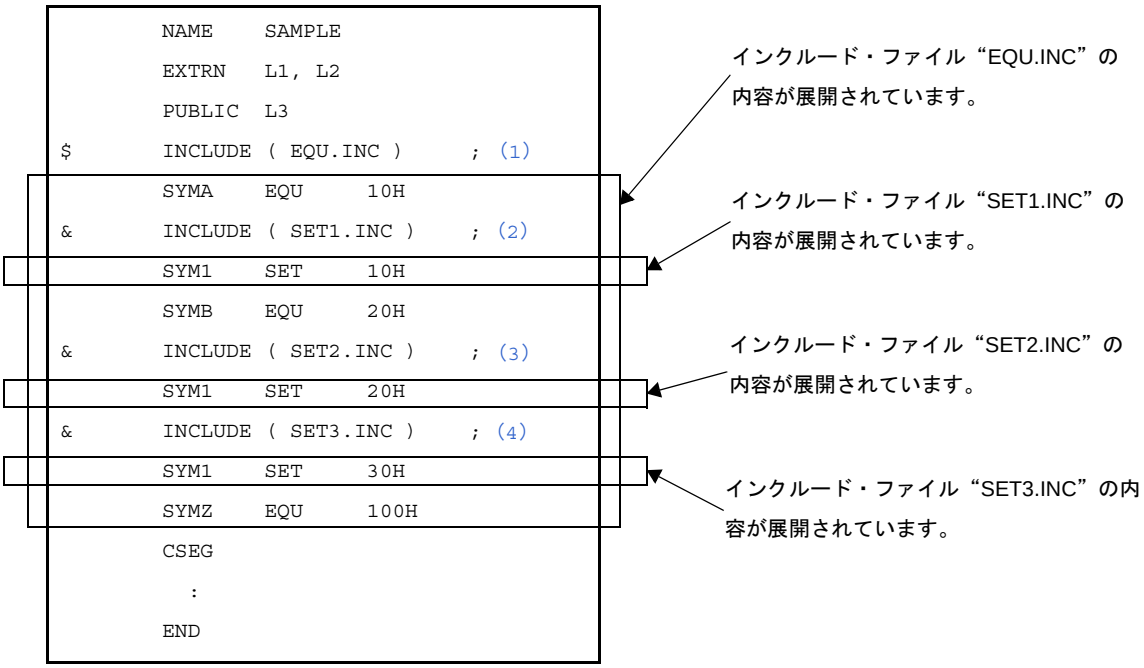
注 1. ソース・ファイル中には，$IC を複数指定することができます。また，同じインクルード・ファイルを複数指定することもできます。

2. EQU.INC には，$IC を複数指定することができます。

3. SET1.INC，SET2.INC，および SET3.INC 中には，$IC を指定することはできません。

このソースがアセンブルされると，インクルード・ファイルの内容が次のように展開されます。

```
        NAME    SAMPLE
        EXTRN   L1, L2
        PUBLIC  L3
$       INCLUDE ( EQU.INC )     ; (1)
        SYMA    EQU     10H
&       INCLUDE ( SET1.INC )    ; (2)
        SYM1    SET     10H
        SYMB    EQU     20H
&       INCLUDE ( SET2.INC )    ; (3)
        SYM1    SET     20H
&       INCLUDE ( SET3.INC )    ; (4)
        SYM1    SET     30H
        SYMZ    EQU     100H
        CSEG
          :
        END
```



4. 3. 6　アセンブル・リスト制御命令

アセンブル・リスト制御命令は，アセンブラの出力するアセンブル・リストに対して，改ページ，リスト出力をしない部分，サブタイトル・メッセージ出力などを指示するものです。

アセンブル・リスト制御命令には，次のものがあります。

制御命令	概要
EJECT	アセンブル・リストの改ページを指示
LIST	アセンブル・リストの出力開始位置を指示
NOLIST	アセンブル・リストの出力中止位置を指示
GEN	マクロ定義部，参照行，およびマクロ展開部をアセンブル・リストに出力
NOGEN	マクロ定義部，参照行，およびマクロ展開部をアセンブル・リストに出力しない
COND	条件アセンブルの条件成立部分，および不成立部分をアセンブル・リストへ出力
NOCOND	条件アセンブルの条件成立部分，および不成立部分をアセンブル・リストへ出力しない
TITLE	アセンブル・リスト，シンボル・テーブル・リスト，およびクロスリファレンス・リストのヘッダのタイトル欄に文字列を印字
SUBTITLE	アセンブル・リストのヘッダのサブタイトル欄に文字列を印字
FORMFEED	リスト・ファイルの最後にフォーム・フィードを出力
NOFORMFEED	リスト・ファイルの最後にフォーム・フィードを出力しない
WIDTH	リスト・ファイルの１行の最大文字数を指示
LENGTH	リスト・ファイルの１ページの行数を指示
TAB	リスト・ファイルのタブの展開文字数を指示

EJECT

アセンブル・リストの改ページを指示します。

[記述形式]

```
[ ]$[ ]EJECT
[ ]$[ ]EJ               ; 短縮形
```

[省略時解釈]

- EJECT 制御命令は，指定していないものとします。

[機能]

- EJECT 制御命令は，アセンブル・リストの改ページをアセンブラに指示します。

[用途]

- ソース・モジュール中で改ページを行いたい箇所に記述します。

[説明]

- EJECT 制御命令は，通常のソースのみに記述することができます。
- EJECT 制御命令自身のイメージを出力したあとに，リストを改ページします。
- コマンド・ラインでアセンブラ・オプション（-np），（-ll0）の指定がある場合や，制御命令の指定によりリスト出力禁止状態の場合，EJECT 制御命令は無効です。
- EJECT 制御命令のあとに不正な記述があった場合，アセンブラはエラーを出力します。

[使用例]

```
          :
        MOV     [DE+], A
        BR      $$
$       EJECT                   ; (1)
          :
        CSEG
          :
        END
```

（1）EJECT 制御命令により改ページを行います。

使用例のアセンブル・リストを次に示します。

```
          :
        MOV     [DE+], A
        BR      $$
$       EJECT                   ;  (1)
------------------------------------------- 改ページ ----------------------
          :
        CSEG
          :
        END
```

LIST

アセンブル・リストの出力開始位置をアセンブラに指示します。

[記述形式]

```
[ ]$[ ]LIST             ; 省略時解釈
[ ]$[ ]LI               ; 短縮形
```

[機能]

- LIST 制御命令は，アセンブル・リストの出力開始位置をアセンブラに指示します。

[用途]

- LIST 制御命令は，NOLIST 制御命令で指定したアセンブル・リスト出力中止の状態を再びアセンブル・リスト出力の状態にする場合に使用します。
  NOLIST 制御命令と LIST 制御命令を組み合わせて使用することにより，出力するアセンブル・リストの量や印字内容を制御することができます。

[説明]

- LIST 制御命令は，通常のソースにのみに記述することができます。
- NOLIST 制御命令以降，LIST 制御命令の指定があると，LIST 制御命令以降のステートメントは再びアセンブル・リストに出力されます。記述した LIST/NOLIST 制御命令自身もアセンブル・リストに出力されます。
- LIST/NOLIST 制御命令を省略した場合には，すべてのステートメントがアセンブル・リストに出力されます。

[使用例]

```
        NAME    SAMP1
$       NOLIST          ; (1)
DATA1   EQU     10H     ; アセンブル・リストに出力されません。
DATA2   EQU     11H     ; アセンブル・リストに出力されません。
          :             ; アセンブル・リストに出力されません。
DATAX   EQU     20H     ; アセンブル・リストに出力されません。
DATAY   EQU     20H     ; アセンブル・リストに出力されません。
$       LIST            ; (2)
        CSEG
          :
        END
```

（1）NOLIST 制御命令を指定しているので，これ以降，（2）の LIST 制御命令までのステートメントは，アセンブル・リストに出力されません。
NOLIST 制御命令自身は出力されます。

（2）LIST 制御命令を指定しているので，これ以降のステートメントは，再びアセンブル・リストに出力されます。
LIST 制御命令自身は出力されます。

NOLIST

アセンブル・リストの出力中止位置をアセンブラに指示します。

［記述形式］

```
[ ]$[ ]NOLIST
[ ]$[ ]NOLI             ; 短縮形
```

［機能］

- NOLIST 制御命令は，アセンブル・リストの出力中止位置をアセンブラに指示します。
  NOLIST 制御命令を指定したあと，次に LIST 制御命令が現れるまでのステートメントは，アセンブルされますがアセンブル・リストには出力されません。

［用途］

- NOLIST 制御命令は，リストの出力量を制限するために使用します。
- LIST 制御命令は，NOLIST 制御命令で指定したアセンブル・リスト出力中止の状態を再びアセンブル・リスト出力の状態にする場合に使用します。
  NOLIST 制御命令と LIST 制御命令を組み合わせて使用することにより，出力するアセンブル・リストの量や印字内容を制御することができます。

［説明］

- NOLIST 制御命令は，通常のソースにのみに記述することができます。
- NOLIST 制御命令は，アセンブル・リストの出力を中止するもので，アセンブルを中止するものではありません。
- NOLIST 制御命令以降，LIST 制御命令の指定があると，LIST 制御命令以降のステートメントは再びアセンブル・リストに出力されます。記述した LIST/NOLIST 制御命令自身もアセンブル・リストに出力されます。
- LIST/NOLIST 制御命令を省略した場合には，すべてのステートメントがアセンブル・リストに出力されます。

［使用例］

```
        NAME    SAMP1
$       NOLIST          ; (1)
DATA1   EQU     10H     ; アセンブル・リストに出力されません。
DATA2   EQU     11H     ; アセンブル・リストに出力されません。
          :             ; アセンブル・リストに出力されません。
DATAX   EQU     20H     ; アセンブル・リストに出力されません。
DATAY   EQU     20H     ; アセンブル・リストに出力されません。
$       LIST            ; (2)
        CSEG
          :
        END
```

(1) NOLIST 制御命令を指定しているので，これ以降，(2) の LIST 制御命令までのステートメントは，アセンブル・リストに出力されません。
NOLIST 制御命令自身は出力されます。

(2) LIST 制御命令を指定しているので，これ以降のステートメントは，再びアセンブル・リストに出力されます。
LIST 制御命令自身は出力されます。

GEN

マクロ定義部，参照行，およびマクロ展開部をアセンブル・リストに出力します。

［記述形式］

```
[ ]$[ ]GEN              ; 省略時解釈
```

［機能］

- GEN 制御命令は，マクロ定義部，参照行，およびマクロ展開部をアセンブル・リストに出力します。

［用途］

- アセンブル・リストの出力量を制限するために使用します。

［説明］

- GEN 制御命令は，通常のソースのみに記述することができます。
- GEN/NOGEN 制御命令を省略した場合，マクロ定義部，参照行，およびマクロ展開部をアセンブル・リストに出力します。
- GEN/NOGEN 制御命令自身のイメージが出力されたあとに，リスト制御が行われます。
- NOGEN 制御命令のあと，GEN 制御命令が指定された場合には，再びマクロ展開部の出力が開始されます。

［使用例］

```
        NAME    SAMP
$       NOGEN                           ;  (1)
ADMAC   MACRO   PARA1, PARA2
                MOV     A, #PARA1
                ADD     A, #PARA2
        ENDM
        CSEG
        ADMAC   10H, 20H
        END
```

使用例のアセンブル・リストを次に示します。

```
        NAME    SAMP1
$       NOGEN                           ;  (1)
ADMAC   MACRO   PARA1, PARA2
                MOV     A, #PARA1
                ADD     A, #PARA2
        ENDM
        CSEG
        ADMAC   10H, 20H
        MOV     A, #10H                 ; マクロ展開部は出力されません。
        AUD     A, #20H                 ; マクロ展開部は出力されません。
        END
```

（1）NOGEN 制御命令が指定されているので，マクロ展開部はリストに出力されません。

NOGEN

マクロ定義部，参照行，およびマクロ展開部をアセンブル・リストに出力しません。

［記述形式］

```
[ ]$[ ]NOGEN
```

［機能］

- NOGEN 制御命令はマクロ定義部，および参照行はアセンブル・リストに出力しますが，マクロ展開部は出力されません。

［用途］

- アセンブル・リストの出力量を制限するために使用します。

［説明］

- NOGEN 制御命令は，通常のソースのみに記述することができます。
- GEN/NOGEN 制御命令を省略した場合，マクロ定義部，参照行，およびマクロ展開部をアセンブル・リストに出力します。
- GEN/NOGEN 制御命令自身のイメージが出力されたあとに，リスト制御が行われます。
- NOGEN 制御命令でリスト出力中断後もアセンブルは続けられ，アセンブル・リスト上のステートメント・ナンバ（STNO）の値がカウント・アップされます。
- NOGEN 制御命令のあと，GEN 制御命令が指定された場合には，再びマクロ展開部の出力が開始されます。

［使用例］

```
        NAME    SAMP
$       NOGEN                           ;  (1)
ADMAC   MACRO   PARA1, PARA2
                MOV     A, #PARA1
                ADD     A, #PARA2
        ENDM
        CSEG
        ADMAC   10H, 20H
        END
```

使用例のアセンブル・リストを次に示します。

```
        NAME    SAMP1
$       NOGEN                           ;  (1)
ADMAC   MACRO   PARA1, PARA2
                MOV     A, #PARA1
                ADD     A,  #PARA2
        ENDM
        CSEG
        ADMAC   10H, 20H
        MOV     A, #10H                 ; マクロ展開部は出力されません。
        AUD     A, #20H                 ; マクロ展開部は出力されません。
        END
```

（1）NOGEN 制御命令が指定されているので，マクロ展開部はリストに出力されません。

COND

条件アセンブルの条件成立部分，および不成立部分をアセンブル・リストへ出力します。

［記述形式］

```
[ ]$[ ]COND             ; 省略時解釈
```

［機能］

- COND 制御命令は，条件アセンブルの条件成立部分，および不成立部分をアセンブル・リストへ出力します。

［用途］

- アセンブル・リストの出力量を制限するために使用します。

［説明］

- COND 制御命令は，通常のソースにのみに記述することができます。
- COND/NOCOND 制御命令を省略した場合，条件アセンブルの条件成立部分，および不成立部分をアセンブル・リストへ出力します。
- COND/NOCOND 制御命令自身のイメージが出力されたあとに，リスト制御が行われます。
- NOCOND 制御命令のあと，COND 制御命令が指定された場合には，再び条件不成立部分，および IF/_IF/ELSEIF/_ELSEIF/ELSE/ENDIF が記述されている行の出力が開始されます。

［使用例］

```
        NAME    SAMP

$       NOCOND
$       SET ( SW1 )
$       IF ( SW1 )                      ; アセンブルしてもリストには，出力されません。
                MOV     A, #1H
$       ELSE                            ; アセンブルしてもリストには，出力されません。
                MOV     A, #0H          ; アセンブルしてもリストには，出力されません。
$       ENDIF                           ; アセンブルしてもリストには，出力されません。
        END
```

NOCOND

条件アセンブルの条件成立部分，および不成立部分をアセンブル・リストへ出力しません。

［記述形式］

```
[ ]$[ ]NOCOND
```

［機能］

- NOCOND 制御命令は，条件アセンブルの条件成立部分のみをアセンブル・リストに出力し，条件不成立部分，および IF/_IF/ELSEIF/_ELSEIF/ELSE/ENDIF が記述されている行は，出力されません。

［用途］

- アセンブル・リストの出力量を制限するために使用します。

［説明］

- NOCOND 制御命令は，通常のソースにのみに記述することができます。
- COND/NOCOND 制御命令を省略した場合，条件アセンブルの条件成立部分，および不成立部分をアセンブル・リストへ出力します。
- COND/NOCOND 制御命令自身のイメージが出力されたあとに，リスト制御が行われます。
- NOCOND 制御命令で，リスト出力中断後も ALNO，STNO がカウント・アップされます。
- NOCOND 制御命令のあと，COND 制御命令が指定された場合には，再び条件不成立部分，および IF/_IF/ELSEIF/_ELSEIF/ELSE/ENDIF が記述されている行の出力が開始されます。

［使用例］

```
        NAME    SAMP

$       NOCOND
$       SET ( SW1 )
$       IF ( SW1 )                      ; アセンブルしてもリストには，出力されません。
                MOV     A, #1H
$       ELSE                            ; アセンブルしてもリストには，出力されません。
                MOV     A, #0H          ; アセンブルしてもリストには，出力されません。
$       ENDIF                           ; アセンブルしてもリストには，出力されません。
        END
```

TITLE

アセンブル・リスト，シンボル・テーブル・リスト，およびクロスリファレンス・リストのヘッダのタイトル欄に文字列を印字します。

[記述形式]

```
[ ]$[ ]TITLE[ ]([ ]'タイトル・ストリング'[ ])
[ ]$[ ]TT[ ]([ ]'タイトル・ストリング'[ ])          ; 短縮形
```

[省略時解釈]

- TITLE 制御命令は指定されていないものとし，アセンブル・リストのヘッダのタイトル欄は空白となります。

[機能]

- TITLE 制御命令は，アセンブル・リスト，シンボル・テーブル・リスト，およびクロスリファレンス・リストの各ページのヘッダのタイトル欄に，印字する文字列を指定します。

[用途]

- タイトルを各ページに印字することにより，リストの内容が一目でわかります。
- アセンブルのたびにタイトル指定を行うような場合，ソース・モジュール・ファイル中にこれらを記述することにより，アセンブラ起動時の手間を省くことができます。

[説明]

- TITLE 制御命令は，モジュール・ヘッダ部のみに記述することができます。
- TITLE 制御命令が複数指定された場合には，あとで指定したものが有効となります。
- タイトル・ストリングは，60 文字以内です。61 文字以上の場合には，先頭の 60 文字を有効とします。
  ただし，アセンブル・リスト・ファイルの 1 行の文字数指定（X とします）が 119 文字以下の場合，“X - 60”文字以内とします。
- タイトル・ストリングに引用符（'）を記述する場合には，2 個続けて記述します。
- 文字数が 0 の場合，タイトル欄は空白になります。
- タイトル・ストリングに「(2) 文字セット」にない不当文字が記述された場合は，“!”に置き換えてタイトル欄に出力されます。
- タイトル指定は，コマンド・ライン上でアセンブラ・オプション（-lh）によって指定することができます。

［使用例］

```
$       PROCESSOR (  F051144 )
$       TITLE ( 'THIS IS TITLE' )
        NAME    SAMPLE
        CSEG
        MOV     A, B
        END
```

使用例のアセンブル・リストを次に示します（行数は 72 行と指定しています）。

```
78K0 Series Assembler Vx.xx    THIS IS TITLE    Date:xx xxx xxxx  Page : 1


Command :       sample.asm
Para-file :
In-file :       sample.asm
Obj-file :      sample.rel
Prn-file :      sample.prn


         Assemble list


ALNO    STNO    ADRS    OBJECT  M I     SOURCE STATEMENT


 1       1                              $       PROCESSOR ( F051144 )
 2       2                              $       TITLE ( 'THIS IS TITLE' )
 3       3                                      NAME    SAMPLE
 4       4       ----                           CSEG
 5       5       0000    63                     MOV     A, B
 6       6                                      END


Segment information :


ADRS    LEN     NAME


0000    0001H   ?CSEG


Target chip : uPD78F051144
Device file : Vx.xx

Assembly complete, 0 error(s) and 0 warning(s) found. (0)
```

SUBTITLE

アセンブル・リストのヘッダのサブタイトル欄に文字列を印字します。

[記述形式]

```
[ ]$[ ]SUBTITLE[ ]([ ]'タイトル・ストリング'[ ])
[ ]$[ ]ST[ ]([ ]'タイトル・ストリング'[ ])          ; 短縮形
```

[省略時解釈]

- SUBTITLE 制御命令は指定されていないものとし，アセンブル・リストのヘッダのサブタイトル欄は空白となります。

[機能]

- アセンブル・リストの各ページ・ヘッダのサブタイトル欄に印字する文字列を指定します。

[用途]

- サブタイトルを各ページに印字することにより，アセンブル・リストの内容をわかりやすくします。
  サブタイトルは，各ページごとに印字する文字列を変更することができます。

[説明]

- SUBTITLE 制御命令は，通常のソースにのみに記述することができます。
- 指定可能な文字列は，72 文字までです。
  73 文字以上記述した場合，先頭の 72 文字が有効です。なお，全角文字は 2 文字，タブは 1 文字として数えます。
- SUBTITLE 制御命令は指定した文字列をその次のページからサブタイトル部に印字します。ただし，ページの先頭行に指定した場合には，そのページから印字します。
- SUBTITLE 制御命令を指定しない場合は，サブタイトル部は空白です。
- 文字列に引用符（'）を記述する場合には，2 個続けて記述してください。
- 文字数が 0 の場合，サブタイトル欄は空白となります。
- 指定された文字列の中に「(2) 文字セット」にない不当文字が記述された場合には，“！”に置き換えてサブタイトル欄に出力します。CR（0DH）を記述した場合は，エラーとなり，リスト上には何も出力されません。00H を記述すると，それ以降，引用符（'）で閉じるまで出力されません。

［使用例］

```
        NAME    SAMP
        CSEG
$       SUBTITLE ( 'THIS IS SUBTITLE 1' )       ; (1)
$       EJECT                                   ; (2)
        CSEG
$       SUBTITLE ( 'THIS IS SUBTITLE 2' )       ; (3)
$       EJECT                                   ; (4)
$       SUBTITLE ( 'THIS IS SUBTITLE 3' )       ; (5)
        END
```

(1) 文字列“THIS IS SUBTITLE 1”を指定します。

(2) 改ページ指示です。

(3) 文字列“THIS IS SUBTITLE 2”を指定します。

(4) 改ページ指示です。

(5) 文字列“THIS IS SUBTITLE 3”を指定します。

使用例のアセンブル・リストを次に示します（行数は 80 行です）。

```
78K0 Series Assembler Vx.xx                     Date : xx xxx xxxx  Page : 1

Command :       -cF051144 sample.asm
Para-file :
In-file :       sample.asm
Obj-file :      sample.rel
Prn-file :      sample.prn
        Assemble list

ALNO  STNO  ADRS  OBJECT  M I SOURCE STATEMENT

 1     1                          NAME SAMP
 2     2    ----                       CSEG
 3     3                      $   SUBTITLE ( 'THIS IS SUBTITLE 1' )   ; (1)
 4     4                      $   EJECT                               ; (2)
------------------------------------------- 改ページ -------------------------
78K0 Series Assembler Vx.xx                     Date:xx xxx xxxx  Page: 2

THIS IS SUBTITLE 1
```

```
ALNO  STNO  ADRS  OBJECT  M I SOURCE STATEMENT


 5     5    ----                  CSEG
 6     6                      $   SUBTITLE ( 'THIS IS SUBTITLE 2' )   ;  (3)
 7     7                      $   EJECT                               ;  (4)
------------------------------------------- 改ページ -------------------------
78K0 Series Assembler Vx.xx                    Date:xx xxx xxxx  Page: 3


THIS IS SUBTITLE 2


ALNO  STNO  ADRS  OBJECT  M I SOURCE STATEMENT


 8     8                      $   SUBTITLE ( 'THIS IS SUBTITLE 3' )   ;  (5)
 9     9                          END


Target chip : uPD78F051144
Device file : Vx.xx

Assembly complete, 0 error(s) and 0 warning(s) found. (0)
```

FORMFEED

リスト・ファイルの最後にフォーム・フィードを出力します。

[記述形式]

```
[ ]$[ ]FORMFEED
```

[機能]

- FORMFEED 制御命令は，リスト・ファイルの最後にフォーム・フィードを出力することを指示します。

[用途]

- アセンブル・リスト・ファイルの内容を印字したあとで，改ページしておきたい場合に使用します。

[説明]

- FORMFEED 制御命令は，モジュール・ヘッダ部のみに記述することができます。
- アセンブル・リストをプリント・アウトするとき，プリント・アウトが終了しても印字が最終ページの途中だと，最後のページが出てこない場合があります。
  このような場合，FORMFEED 制御命令，またはアセンブラ・オプション（-lf）を使用して，アセンブル・リストの最後に FORMFEED コードを付けてください。
  なお，多くの場合，ファイルの終了により FORMFEED コードが送られるので，最後に FORMFEED コードがあると不要な白紙が 1 ページ送られてしまいます。これを防止するために，NOFORMFEED 制御命令，またはアセンブラ・オプション（-nlf）がデフォルトで設定されます。
- FORMFEED/NOFORMFEED 制御命令を複数指定した場合は，最後に指定した命令が有効となります。
- フォーム・フィードの出力は，コマンド・ライン上でアセンブラ・オプション（-lf/-nlf）によっても指定することができます。
- ソース・モジュール・ファイル中とコマンド・ライン上で異なる指定が行われた場合，コマンド・ライン上の指定が優先されます。
- アセンブラ・オプション（-np）を指定した場合でも，FORMFEED/NOFORMFEED 制御命令に対する文法チェックは行われます。

NOFORMFEED

リスト・ファイルの最後にフォーム・フィードを出力しません。

［記述形式］

```
[ ]$[ ]NOFORMFEED      ; 省略時解釈
```

［機能］

- NOFORMFEED 制御命令は，リスト・ファイルの最後にフォーム・フィードを出力しないことを指示します。

［用途］

- アセンブル・リスト・ファイルの内容を印字したあとで，改ページしておきたい場合に使用します。

［説明］

- NOFORMFEED 制御命令は，モジュール・ヘッダ部のみに記述することができます。
- アセンブル・リストをプリント・アウトするとき，プリント・アウトが終了しても印字が最終ページの途中だと，最後のページが出てこない場合があります。
  このような場合，FORMFEED 制御命令，またはアセンブラ・オプション（-lf）を使用して，アセンブル・リストの最後に FORMFEED コードを付けてください。
  なお，多くの場合，ファイルの終了により FORMFEED コードが送られるので，最後に FORMFEED コードがあると不要な白紙が 1 ページ送られてしまいます。これを防止するために，NOFORMFEED 制御命令，またはアセンブラ・オプション（-nlf）がデフォルトで設定されます。
- FORMFEED/NOFORMFEED 制御命令を複数指定した場合は，最後に指定した命令が有効となります。
- フォーム・フィードの出力は，コマンド・ライン上でアセンブラ・オプション（-lf/-nlf）によっても指定することができます。
- ソース・モジュール・ファイル中とコマンド・ライン上で異なる指定が行われた場合，コマンド・ライン上の指定が優先されます。
- アセンブラ・オプション（-np）を指定した場合でも，FORMFEED/NOFORMFEED 制御命令に対する文法チェックは行われます。

WIDTH

リスト・ファイルの 1 行の最大文字数を指示します。

[記述形式]

```
[ ]$[ ]WIDTH[ ]([ ] 文字数 [ ])
```

[省略時解釈]

$WIDTH (132)

[機能]

- WIDTH 制御命令は，リスト・ファイルの 1 行の最大文字数を指示します。
  なお，文字数の指定範囲は，72 ～ 260 です。

[用途]

- 各種リスト・ファイルの 1 行の文字数を変更したい場合に使用します。

[説明]

- WIDTH 制御命令は，モジュール・ヘッダ部のみに記述することができます。
- WIDTH 制御命令が複数指定された場合は，最後に指定した命令が有効となります。
- 行文字数は，コマンド・ライン上でアセンブラ・オプション（-lw）によっても指定することができます。
- ソース・モジュール・ファイル中とコマンド・ライン上で異なる指定が行われた場合，コマンド・ライン上の指定が優先されます。
- アセンブラ・オプション（-np）を指定した場合でも，WIDTH 制御命令に対する文法チェックは行われます。

LENGTH

リスト・ファイルの 1 ページの行数を指示します。

[記述形式]

```
[ ]$[ ]LENGTH[ ]([ ] 行数 [ ])
```

[省略時解釈]

$LENGTH (66)

[機能]

- LENGTH 制御命令は，リスト・ファイルの 1 ページの行数を指示します。
  なお，行数の指定範囲は，0，および 20 ～ 32767 です。

[用途]

- アセンブル・リスト・ファイルの 1 ページの行数を変更したい場合に使用します。

[説明]

- LENGTH 制御命令は，モジュール・ヘッダ部のみに記述することができます。
- LENGTH 制御命令が複数指定された場合は，最後に指定した命令が有効となります。
- 行数は，コマンド・ライン上でアセンブラ・オプション（-ll）によっても指定することができます。
- ソース・モジュール・ファイル中とコマンド・ライン上で異なる指定が行われた場合，コマンド・ライン上の指定が優先されます。
- アセンブラ・オプション（-np）を指定した場合でも，LENGTH 制御命令に対する文法チェックは行われます。

TAB

リスト・ファイルのタブの展開文字数を指示します。

[記述形式]

```
[ ]$[ ]TAB[ ]([ ]展開文字数[ ])
```

[省略時解釈]

$TAB (8)

[機能]

- TAB 制御命令は，リスト・ファイルのタブの展開文字数を指示します。
  なお，展開文字数の指定範囲は，0 ～ 8 です。
- TAB 制御命令は，ソース・モジュール中の HT（Horizontal Tabulation）コードを各種リスト上でいくつかのブランク（空白）に置き換えて出力する（タビュレーション処理）ための基本となる文字数を指定します。

[用途]

- TAB 制御命令で，各種リストの 1 行の文字数を少なく指定した場合に，HT コードによるブランクを少なくし文字数を節約します。

[説明]

- TAB 制御命令は，モジュール・ヘッダ部のみに記述することができます。
- TAB 制御命令が複数指定された場合は，最後に指定した命令が有効となります。
- タブの展開文字数は，コマンド・ライン上でアセンブラ・オプション（-lt）によっても指定することができます。
- ソース・モジュール・ファイル中とコマンド・ライン上で異なる指定が行われた場合，コマンド・ライン上の指定が優先されます。
- アセンブラ・オプション（-np）を指定した場合でも，TAB 制御命令に対する文法チェックは行われます。

4. 3. 7　条件付きアセンブル制御命令

条件付きアセンブル制御命令は，ソース・モジュール中のある一連のステートメントをアセンブルの対象とする／しないを条件付きアセンブルのスイッチ設定により選択するものです。

条件付きアセンブル制御命令を有効に使用すると，ソース・モジュールをほとんど変更せずに，不必要なステートメントを除いたアセンブルを行うことができます。

条件付きアセンブル制御命令には，次のものがあります。

制御命令	概要
IF	アセンブル対象とするソース・ステートメントを限定するための条件を設定
_IF	
ELSEIF	
_ELSEIF	
ELSE	
ENDIF	
SET	IF/ELSEIF 制御命令で指定するスイッチ名に値を与える
RESET	

IF

アセンブル対象とするソース・ステートメントを限定するための条件を設定します。

［記述形式］

```
[ ]$[ ]IF[ ]([ ]スイッチ名[[ ]:[ ]スイッチ名] … [ ])
        :
[ ]$[ ]ELSEIF[ ]([ ]スイッチ名[[ ]:[ ]スイッチ名] … [ ])
        :
[ ]$[ ]ELSE
        :
[ ]$[ ]ENDIF
```

［機能］

- アセンブル対象とするソース・ステートメントを限定するための条件を設定します。
  条件付きアセンブルの対象となるソース・ステートメントは，IF 制御命令から ENDIF 制御命令までです。
- IF 制御命令は，指定したスイッチ名，あるいは条件式の評価値が真（00H 以外）の場合，それ以降，次の条件付きアセンブル制御命令（ELSEIF/_ELSEIF/ELSE/ENDIF）が現れるまでのソース・ステートメントがアセンブルされます。そのあとのアセンブル処理は，ENDIF 制御命令の次のステートメントに移ります。
  スイッチ名，あるいは条件式の評価値が偽（00H）の場合，それ以降，次の条件付きアセンブル制御命令（ELSEIF/_ELSEIF/ELSE/ENDIF）が現れるまでのソース・ステートメントは，アセンブルされません。
- ELSEIF/_ELSEIF 制御命令は，それ以前に記述してあるすべての条件付きアセンブル制御命令の条件が不成立（評価値が偽）の場合にのみ，条件判定が行われます。
  ELSEIF/_ELSEIF 制御命令で指定するスイッチ名，あるいは条件式の評価値が真の場合，それ以降，次の条件付きアセンブル制御命令（ELSEIF/_ELSEIF/ELSE/ENDIF）が現れるまでのソース・ステートメントがアセンブルされます。そのあとのアセンブル処理は，ENDIF 制御命令の次のステートメントに移ります。
  ELSEIF/ELSEIF の評価値が偽の場合，それ以降，次の条件付きアセンブル制御命令（ELSEIF/_ELSEIF/ELSE/ENDIF）が現れるまでのソース・ステートメントはアセンブルされません。
- ELSE 制御命令については，それ以前に記述したすべての IF/_IF/ELSEIF/_ELSEIF 制御命令の条件が不成立（スイッチ名の値が偽）の場合，ELSE 制御命令以降 ENDIF 制御命令が現れるまでのソース・ステートメントがアセンブルされます。
- ENDIF 制御命令は，条件付きアセンブルの対象となるソース・ステートメントの終了をアセンブラに指示します。

［用途］

- ソース・モジュールを大幅に変更することなく，アセンブル対象となるソース・ステートメントを変更することができます。
- ソース・モジュール中に，プログラム開発中にのみ必要となるデバッグ文などを記述した場合，そのデバッグ文を機械語に変換する／しないを条件付きアセンブルのスイッチ設定により選択することができます。

[説明]

- スイッチ名による条件判断を行う場合には，IF/ELSEIF 制御命令を使用し，条件式による条件判断を行う場合には，_IF/_ELSEIF 制御命令を使用します。
  両方を組み合わせて使用することもできます。つまり，1 つの IF，または _IF と ENDIF の対の中に，ELSEIF/_ELSEIF を組み合わせて使用することができます。
- 条件式には，絶対式を記述します。
- スイッチ名記述上の規則は，シンボル記述上の規則（「(3) シンボル欄」を参照してください）と同じです。
  ただし，最大認識文字数は，常に 31 文字です。
- IF/ELSEIF 制御命令で複数のスイッチ名を指定する場合は，各スイッチ名をコロン（：）で区切ります。
  ただし，1 つのモジュール内で使用できるスイッチ名は，最大 5 つです。
- IF/ELSEIF 制御命令で複数のスイッチ名を指定した場合，そのいずれか 1 つの値が真であれば，条件成立します。
- IF/ELSEIF 制御命令で指定するスイッチ名の値は，SET/RESET 制御命令により設定します。
  したがって，IF/ELSEIF 制御命令で指定するスイッチの値が，前もってソース・モジュール中で SET/RESET 制御命令により設定されていない場合は，RESET されたものとみなされます。
- スイッチ名，または条件式に不適当な記述がある場合，アセンブラはエラーを出力し，条件判断を偽とします。
- この制御命令を記述する場合には，IF，または _IF と ENDIF を対応させてください。
- マクロ・ボディ中に本制御命令が記述され，本体の途中で EXITM の処理を行って，そのレベルのマクロを抜けた場合，IF レベルは，アセンブラによってマクロ・ボディの入口の IF レベルまで強制的に戻されます。この場合，エラーになりません。
- 1 つの IF-ENDIF 制御命令の間に，別の IF-ENDIF 制御命令を記述することをネスティングと呼びます（8 レベルまでのネスティングが可能です）。
- 条件付きアセンブルで，アセンブルをしないステートメントは，オブジェクト・コードは生成されませんが，アセンブル・リストにはそのまま出力されます。出力したくない場合は，$NOCOND 制御命令を使用します。

[使用例]

- 例 1

```
        text0
$       IF ( SW1 )      ; (1)
                text1
$       ENDIF           ; (2)
          :
        END
```

(1) スイッチ名“SW1”の値が真の場合，text1 の部分がアセンブルされます。
スイッチ名“SW1”の値が偽の場合，text1 の部分はアセンブルされません。
スイッチ名“SW1”の値は，text0 の部分で SET/RESET 制御命令により真／偽に設定されています。

(2) 条件付きアセンブル範囲の終了を示します。

- 例 2

```
        text0
$       IF ( SW1 )      ;  (1)
                text1
$       ELSE            ;  (2)
                text2
$       ENDIF           ;  (3)
          :
        END
```

(1) スイッチ名“SW1”の値は，text0 の部分で SET/RESET 制御命令により真／偽に設定されています。
スイッチ名“SW1”の値が真の場合，text1 の部分をアセンブルし，text2 の部分はアセンブルされません。

(2) (1) のスイッチ名“SW1”の値が偽の場合，text1 の部分はアセンブルされず，text2 の部分がアセンブルされます。

(3) 条件付きアセンブル範囲の終了を示します。

- 例 3

```
        text0
$       IF ( SW1 : SW2 )        ;  (1)
                text1
$       ELSEIF ( SW3 )          ;  (2)
                text2
$       ELSEIF ( SW4 )          ;  (3)
                text3
$       ELSE                    ;  (4)
                text4
$       ENDIF                   ;  (5)
          :
        END
```

(1) スイッチ名“SW1”，“SW2”，“SW3”の値は，text0 の部分で SET/RESET 制御命令により真／偽に設定されています。
スイッチ名“SW1”または“SW2”の値が真の場合，text1 の部分がアセンブルされ，text2，text3，text4 の部分はアセンブルされません。
スイッチ名“SW1”と“SW2”の値がともに偽の場合，text1 の部分はアセンブルされず，(2) 以降の条件付きアセンブルが行われます。

(2) (1) のスイッチ名“SW1”と“SW2”の値がともに偽で，かつスイッチ名“SW3”の値が真の場合，text2 の部分がアセンブルされ，text1，text3，text4 の部分はアセンブルされません。

（3）（1）のスイッチ名“SW1”，“SW2”と，（2）のスイッチ名“SW3”の値がともに偽で，かつスイッチ名“SW4”の値が真の場合，text3 の部分がアセンブルされ，text1，text2，text4 の部分はアセンブルされません。

（4）（1），（2），（3）のスイッチ名“SW1”，“SW2”，“SW3”，“SW4”の値がすべて偽の場合，text4 の部分がアセンブルされ，text1，text2，text3 の部分はアセンブルされません。

（5）条件付きアセンブル範囲の終了を示します。

_IF

アセンブル対象とするソース・ステートメントを限定するための条件を設定します。

［記述形式］

```
[ ]$[ ]_IF 条件式
        :
[ ]$[ ]_ELSEIF 条件式
        :
[ ]$[ ]ELSE
        :
[ ]$[ ]ENDIF
```

［機能］

- アセンブル対象とするソース・ステートメントを限定するための条件を設定します。
  条件付きアセンブルの対象となるソース・ステートメントは，_IF 制御命令から ENDIF 制御命令までです。
- _IF 制御命令は，指定したスイッチ名，あるいは条件式の評価値が真（00H 以外）の場合，それ以降，次の条件付きアセンブル制御命令（ELSEIF/_ELSEIF/ELSE/ENDIF）が現れるまでのソース・ステートメントがアセンブルされます。そのあとのアセンブル処理は，ENDIF 制御命令の次のステートメントに移ります。
  スイッチ名，あるいは条件式の評価値が偽（00H）の場合，それ以降，次の条件付きアセンブル制御命令（ELSEIF/_ELSEIF/ELSE/ENDIF）が現れるまでのソース・ステートメントは，アセンブルされません。
- ELSEIF/_ELSEIF 制御命令は，それ以前に記述してあるすべての条件付きアセンブル制御命令の条件が不成立（評価値が偽）の場合にのみ，条件判定が行われます。
  ELSEIF/_ELSEIF 制御命令で指定するスイッチ名，あるいは条件式の評価値が真の場合，それ以降，次の条件付きアセンブル制御命令（ELSEIF/_ELSEIF/ELSE/ENDIF）が現れるまでのソース・ステートメントがアセンブルされます。そのあとのアセンブル処理は，ENDIF 制御命令の次のステートメントに移ります。
  ELSEIF/ELSEIF の評価値が偽の場合，それ以降，次の条件付きアセンブル制御命令（ELSEIF/_ELSEIF/ELSE/ENDIF）が現れるまでのソース・ステートメントはアセンブルされません。
- ELSE 制御命令については，それ以前に記述したすべての IF/_IF/ELSEIF/_ELSEIF 制御命令の条件が不成立（スイッチ名の値が偽）の場合，ELSE 制御命令以降 ENDIF 制御命令が現れるまでのソース・ステートメントがアセンブルされます。
- ENDIF 制御命令は，条件付きアセンブルの対象となるソース・ステートメントの終了をアセンブラに指示します。

［用途］

- ソース・モジュールを大幅に変更することなく，アセンブル対象となるソース・ステートメントを変更することができます。
- ソース・モジュール中に，プログラム開発中にのみ必要となるデバッグ文などを記述した場合，そのデバッグ文を機械語に変換する／しないを条件付きアセンブルのスイッチ設定により選択することができます。

［説明］

- スイッチ名による条件判断を行う場合には，IF/ELSEIF 制御命令を使用し，条件式による条件判断を行う場合には，_IF/_ELSEIF 制御命令を使用します。
  両方を組み合わせて使用することもできます。つまり，1 つの IF，または _IF と ENDIF の対の中に，ELSEIF/_ELSEIF を組み合わせて使用することができます。
- 条件式には，絶対式を記述します。
- スイッチ名記述上の規則は，シンボル記述上の規則（「(3) シンボル欄」を参照してください）と同じです。
  ただし，最大認識文字数は，常に 31 文字です。
- IF/ELSEIF 制御命令で複数のスイッチ名を指定する場合は，各スイッチ名をコロン（：）で区切ります。
  ただし，1 つのモジュール内で使用できるスイッチ名は，最大 5 つです。
- IF/ELSEIF 制御命令で複数のスイッチ名を指定した場合，そのいずれか 1 つの値が真であれば，条件成立します。
- IF/ELSEIF 制御命令で指定するスイッチ名の値は，SET/RESET 制御命令により設定します。
  したがって，IF/ELSEIF 制御命令で指定するスイッチの値が，前もってソース・モジュール中で SET/RESET 制御命令により設定されていない場合は，RESET されたものとみなされます。
- スイッチ名，または条件式に不適当な記述がある場合，アセンブラはエラーを出力し，条件判断を偽とします。
- この制御命令を記述する場合には，IF，または _IF と ENDIF を対応させてください。
- マクロ・ボディ中に本制御命令が記述され，本体の途中で EXITM の処理を行って，そのレベルのマクロを抜けた場合，IF レベルは，アセンブラによってマクロ・ボディの入口の IF レベルまで強制的に戻されます。この場合，エラーになりません。
- 1 つの IF-ENDIF 制御命令の間に，別の IF-ENDIF 制御命令を記述することをネスティングと呼びます（8 レベルまでのネスティングが可能です）。
- 条件付きアセンブルで，アセンブルをしないステートメントは，オブジェクト・コードは生成されませんが，アセンブル・リストにはそのまま出力されます。出力したくない場合は，$NOCOND 制御命令を使用します。

［使用例］

```
        text0
$       _IF ( SYMA )            ; (1)
                text1
$       _ELSEIF ( SYMB = SYMC ) ; (2)
                text2
$       ENDIF                   ; (3)
          :
        END
```

**(1) シンボル名“SYMA”の値は，text0 の部分で EQU，または SET 疑似命令により，定義されています。
シンボル名“SYMA”の値が真（非 0）の場合，text1 の部分がアセンブルされ，text2 はアセンブルされません。**

(2) シンボル名“SYMA”の値が偽（0）で SYMB と SYMC が同じ値をもつ場合，text2 がアセンブルされます。

（3）条件付きアセンブル範囲の終了を示します。

ELSEIF

アセンブル対象とするソース・ステートメントを限定するための条件を設定します。

［記述形式］

```
[ ]$[ ]IF[ ]([ ]スイッチ名[[ ]:[ ]スイッチ名] … [ ])
        :
[ ]$[ ]ELSEIF[ ]([ ]スイッチ名[[ ]:[ ]スイッチ名] … [ ])
        :
[ ]$[ ]ELSE
        :
[ ]$[ ]ENDIF
```

［機能］

- アセンブル対象とするソース・ステートメントを限定するための条件を設定します。
  条件付きアセンブルの対象となるソース・ステートメントは，IF/_IF 制御命令から ENDIF 制御命令までです。
- IF/_IF 制御命令は，指定したスイッチ名，あるいは条件式の評価値が真（00H 以外）の場合，それ以降，次の条件付きアセンブル制御命令（ELSEIF/_ELSEIF/ELSE/ENDIF）が現れるまでのソース・ステートメントがアセンブルされます。そのあとのアセンブル処理は，ENDIF 制御命令の次のステートメントに移ります。
  スイッチ名，あるいは条件式の評価値が偽（00H）の場合，それ以降，次の条件付きアセンブル制御命令（ELSEIF/_ELSEIF/ELSE/ENDIF）が現れるまでのソース・ステートメントは，アセンブルされません。
- ELSEIF/_ELSEIF 制御命令は，それ以前に記述してあるすべての条件付きアセンブル制御命令の条件が不成立（評価値が偽）の場合にのみ，条件判定が行われます。
  ELSEIF/_ELSEIF 制御命令で指定するスイッチ名，あるいは条件式の評価値が真の場合，それ以降，次の条件付きアセンブル制御命令（ELSEIF/_ELSEIF/ELSE/ENDIF）が現れるまでのソース・ステートメントがアセンブルされます。そのあとのアセンブル処理は，ENDIF 制御命令の次のステートメントに移ります。
  ELSEIF/ELSEIF の評価値が偽の場合，それ以降，次の条件付きアセンブル制御命令（ELSEIF/_ELSEIF/ELSE/ENDIF）が現れるまでのソース・ステートメントはアセンブルされません。
- ELSE 制御命令については，それ以前に記述したすべての IF/_IF/ELSEIF/_ELSEIF 制御命令の条件が不成立（スイッチ名の値が偽）の場合，ELSE 制御命令以降 ENDIF 制御命令が現れるまでのソース・ステートメントがアセンブルされます。
- ENDIF 制御命令は，条件付きアセンブルの対象となるソース・ステートメントの終了をアセンブラに指示します。

［用途］

- ソース・モジュールを大幅に変更することなく，アセンブル対象となるソース・ステートメントを変更することができます。
- ソース・モジュール中に，プログラム開発中にのみ必要となるデバッグ文などを記述した場合，そのデバッグ文を機械語に変換する／しないを条件付きアセンブルのスイッチ設定により選択することができます。

［説明］

- スイッチ名による条件判断を行う場合には，IF/ELSEIF 制御命令を使用し，条件式による条件判断を行う場合には，_IF/_ELSEIF 制御命令を使用します。
  両方を組み合わせて使用することもできます。つまり，1 つの IF，または _IF と ENDIF の対の中に，ELSEIF/_ELSEIF を組み合わせて使用することができます。
- 条件式には，絶対式を記述します。
- スイッチ名記述上の規則は，シンボル記述上の規則（「(3) シンボル欄」を参照してください）と同じです。
  ただし，最大認識文字数は，常に 31 文字です。
- IF/ELSEIF 制御命令で複数のスイッチ名を指定する場合は，各スイッチ名をコロン（：）で区切ります。
  ただし，1 つのモジュール内で使用できるスイッチ名は，最大 5 つです。
- IF/ELSEIF 制御命令で複数のスイッチ名を指定した場合，そのいずれか 1 つの値が真であれば，条件成立します。
- IF/ELSEIF 制御命令で指定するスイッチ名の値は，SET/RESET 制御命令により設定します。
  したがって，IF/ELSEIF 制御命令で指定するスイッチの値が，前もってソース・モジュール中で SET/RESET 制御命令により設定されていない場合は，RESET されたものとみなされます。
- スイッチ名，または条件式に不適当な記述がある場合，アセンブラはエラーを出力し，条件判断を偽とします。
- この制御命令を記述する場合には，IF，または _IF と ENDIF を対応させてください。
- マクロ・ボディ中に本制御命令が記述され，本体の途中で EXITM の処理を行って，そのレベルのマクロを抜けた場合，IF レベルは，アセンブラによってマクロ・ボディの入口の IF レベルまで強制的に戻されます。この場合，エラーになりません。
- 1 つの IF-ENDIF 制御命令の間に，別の IF-ENDIF 制御命令を記述することをネスティングと呼びます（8 レベルまでのネスティングが可能です）。
- 条件付きアセンブルで，アセンブルをしないステートメントは，オブジェクト・コードは生成されませんが，アセンブル・リストにはそのまま出力されます。出力したくない場合は，$NOCOND 制御命令を使用します。

［使用例］

```
        text0
$       IF ( SW1 : SW2 )        ; (1)
                text1
$       ELSEIF ( SW3 )          ; (2)
                text2
$       ELSEIF ( SW4 )          ; (3)
                text3
$       ELSE                    ; (4)
                text4
$       ENDIF                   ; (5)
          :
        END
```

（1）スイッチ名“SW1”，“SW2”，“SW3”の値は，text0 の部分で SET/RESET 制御命令により真／偽に設定されています。
スイッチ名“SW1”または“SW2”の値が真の場合，text1 の部分がアセンブルされ，text2，text3，text4 の部分はアセンブルされません。
スイッチ名“SW1”と“SW2”の値がともに偽の場合，text1 の部分はアセンブルされず，（2）以降の条件付きアセンブルが行われます。

（2）（1）のスイッチ名“SW1”と“SW2”の値がともに偽で，かつスイッチ名“SW3”の値が真の場合，text2 の部分がアセンブルされ，text1，text3，text4 の部分はアセンブルされません。

（3）（1）のスイッチ名“SW1”，“SW2”と，（2）のスイッチ名“SW3”の値がともに偽で，かつスイッチ名“SW4”の値が真の場合，text3 の部分がアセンブルされ，text1，text2，text4 の部分はアセンブルされません。

（4）（1），（2），（3）のスイッチ名“SW1”，“SW2”，“SW3”，“SW4”の値がすべて偽の場合，text4 の部分がアセンブルされ，text1，text2，text3 の部分はアセンブルされません。

（5）条件付きアセンブル範囲の終了を示します。

_ELSEIF

アセンブル対象とするソース・ステートメントを限定するための条件を設定します。

[記述形式]

```
[ ]$[ ]_IF 条件式
        :
[ ]$[ ]_ELSEIF 条件式
        :
[ ]$[ ]ELSE
        :
[ ]$[ ]ENDIF
```

[機能]

- アセンブル対象とするソース・ステートメントを限定するための条件を設定します。
  条件付きアセンブルの対象となるソース・ステートメントは，IF/_IF 制御命令から ENDIF 制御命令までです。
- IF/_IF 制御命令は，指定したスイッチ名，あるいは条件式の評価値が真（00H 以外）の場合，それ以降，次の条件付きアセンブル制御命令（ELSEIF/_ELSEIF/ELSE/ENDIF）が現れるまでのソース・ステートメントがアセンブルされます。そのあとのアセンブル処理は，ENDIF 制御命令の次のステートメントに移ります。
  スイッチ名，あるいは条件式の評価値が偽（00H）の場合，それ以降，次の条件付きアセンブル制御命令（ELSEIF/_ELSEIF/ELSE/ENDIF）が現れるまでのソース・ステートメントは，アセンブルされません。
- ELSEIF/_ELSEIF 制御命令は，それ以前に記述してあるすべての条件付きアセンブル制御命令の条件が不成立（評価値が偽）の場合にのみ，条件判定が行われます。
  ELSEIF/_ELSEIF 制御命令で指定するスイッチ名，あるいは条件式の評価値が真の場合，それ以降，次の条件付きアセンブル制御命令（ELSEIF/_ELSEIF/ELSE/ENDIF）が現れるまでのソース・ステートメントがアセンブルされます。そのあとのアセンブル処理は，ENDIF 制御命令の次のステートメントに移ります。
  ELSEIF/ELSEIF の評価値が偽の場合，それ以降，次の条件付きアセンブル制御命令（ELSEIF/_ELSEIF/ELSE/ENDIF）が現れるまでのソース・ステートメントはアセンブルされません。
- ELSE 制御命令については，それ以前に記述したすべての IF/_IF/ELSEIF/_ELSEIF 制御命令の条件が不成立（スイッチ名の値が偽）の場合，ELSE 制御命令以降 ENDIF 制御命令が現れるまでのソース・ステートメントがアセンブルされます。
- ENDIF 制御命令は，条件付きアセンブルの対象となるソース・ステートメントの終了をアセンブラに指示します。

[用途]

- ソース・モジュールを大幅に変更することなく，アセンブル対象となるソース・ステートメントを変更することができます。
- ソース・モジュール中に，プログラム開発中にのみ必要となるデバッグ文などを記述した場合，そのデバッグ文を機械語に変換する／しないを条件付きアセンブルのスイッチ設定により選択することができます。

［説明］

- スイッチ名による条件判断を行う場合には，IF/ELSEIF 制御命令を使用し，条件式による条件判断を行う場合には，_IF/_ELSEIF 制御命令を使用します。
  両方を組み合わせて使用することもできます。つまり，1 つの IF，または _IF と ENDIF の対の中に，ELSEIF/_ELSEIF を組み合わせて使用することができます。
- 条件式には，絶対式を記述します。
- スイッチ名記述上の規則は，シンボル記述上の規則（「(3) シンボル欄」を参照してください）と同じです。
  ただし，最大認識文字数は，常に 31 文字です。
- IF/ELSEIF 制御命令で複数のスイッチ名を指定する場合は，各スイッチ名をコロン（：）で区切ります。
  ただし，1 つのモジュール内で使用できるスイッチ名は，最大 5 つです。
- IF/ELSEIF 制御命令で複数のスイッチ名を指定した場合，そのいずれか 1 つの値が真であれば，条件成立します。
- IF/ELSEIF 制御命令で指定するスイッチ名の値は，SET/RESET 制御命令により設定します。
  したがって，IF/ELSEIF 制御命令で指定するスイッチの値が，前もってソース・モジュール中で SET/RESET 制御命令により設定されていない場合は，RESET されたものとみなされます。
- スイッチ名，または条件式に不適当な記述がある場合，アセンブラはエラーを出力し，条件判断を偽とします。
- この制御命令を記述する場合には，IF，または _IF と ENDIF を対応させてください。
- マクロ・ボディ中に本制御命令が記述され，本体の途中で EXITM の処理を行って，そのレベルのマクロを抜けた場合，IF レベルは，アセンブラによってマクロ・ボディの入口の IF レベルまで強制的に戻されます。この場合，エラーになりません。
- 1 つの IF-ENDIF 制御命令の間に，別の IF-ENDIF 制御命令を記述することをネスティングと呼びます（8 レベルまでのネスティングが可能です）。
- 条件付きアセンブルで，アセンブルをしないステートメントは，オブジェクト・コードは生成されませんが，アセンブル・リストにはそのまま出力されます。出力したくない場合は，$NOCOND 制御命令を使用します。

［使用例］

```
        text0
$       _IF ( SYMA )            ; (1)
                text1
$       _ELSEIF ( SYMB = SYMC ) ; (2)
                text2
$       ENDIF                   ; (3)
          :
        END
```

**(1) シンボル名“SYMA”の値は，text0 の部分で EQU，または SET 疑似命令により，定義されています。
シンボル名“SYMA”の値が真（非 0）の場合，text1 の部分がアセンブルされ，text2 はアセンブルされません。**

(2) シンボル名“SYMA”の値が偽（0）で SYMB と SYMC が同じ値をもつ場合，text2 がアセンブルされます。

（3）条件付きアセンブル範囲の終了を示します。

ELSE

アセンブル対象とするソース・ステートメントを限定するための条件を設定します。

［記述形式］

```
[ ]$[ ]IF[ ]([ ] スイッチ名 [[ ]:[ ] スイッチ名] … [ ])
または [ ]$[ ]_IF 条件式
        :
[ ]$[ ]ELSEIF[ ]([ ] スイッチ名 [[ ]:[ ] スイッチ名] … [ ])
または [ ]$[ ]_ELSEIF 条件式
        :
[ ]$[ ]ELSE
        :
[ ]$[ ]ENDIF
```

［機能］

- アセンブル対象とするソース・ステートメントを限定するための条件を設定します。
  条件付きアセンブルの対象となるソース・ステートメントは，IF/_IF 制御命令から ENDIF 制御命令までです。
- IF/_IF 制御命令は，指定したスイッチ名，あるいは条件式の評価値が真（00H 以外）の場合，それ以降，次の条件付きアセンブル制御命令（ELSEIF/_ELSEIF/ELSE/ENDIF）が現れるまでのソース・ステートメントがアセンブルされます。そのあとのアセンブル処理は，ENDIF 制御命令の次のステートメントに移ります。
  スイッチ名，あるいは条件式の評価値が偽（00H）の場合，それ以降，次の条件付きアセンブル制御命令（ELSEIF/_ELSEIF/ELSE/ENDIF）が現れるまでのソース・ステートメントは，アセンブルされません。
- ELSEIF/_ELSEIF 制御命令は，それ以前に記述してあるすべての条件付きアセンブル制御命令の条件が不成立（評価値が偽）の場合にのみ，条件判定が行われます。
  ELSEIF/_ELSEIF 制御命令で指定するスイッチ名，あるいは条件式の評価値が真の場合，それ以降，次の条件付きアセンブル制御命令（ELSEIF/_ELSEIF/ELSE/ENDIF）が現れるまでのソース・ステートメントがアセンブルされます。そのあとのアセンブル処理は，ENDIF 制御命令の次のステートメントに移ります。
  ELSEIF/ELSEIF の評価値が偽の場合，それ以降，次の条件付きアセンブル制御命令（ELSEIF/_ELSEIF/ELSE/ENDIF）が現れるまでのソース・ステートメントはアセンブルされません。
- ELSE 制御命令については，それ以前に記述したすべての IF/_IF/ELSEIF/_ELSEIF 制御命令の条件が不成立（スイッチ名の値が偽）の場合，ELSE 制御命令以降 ENDIF 制御命令が現れるまでのソース・ステートメントがアセンブルされます。
- ENDIF 制御命令は，条件付きアセンブルの対象となるソース・ステートメントの終了をアセンブラに指示します。

［用途］

- ソース・モジュールを大幅に変更することなく，アセンブル対象となるソース・ステートメントを変更することができます。

- ソース・モジュール中に，プログラム開発中にのみ必要となるデバッグ文などを記述した場合，そのデバッグ文を機械語に変換する／しないを条件付きアセンブルのスイッチ設定により選択することができます。

［説明］

- スイッチ名による条件判断を行う場合には，IF/ELSEIF 制御命令を使用し，条件式による条件判断を行う場合には，_IF/_ELSEIF 制御命令を使用します。
  両方を組み合わせて使用することもできます。つまり，1 つの IF，または _IF と ENDIF の対の中に，ELSEIF/_ELSEIF を組み合わせて使用することができます。
- 条件式には，絶対式を記述します。
- スイッチ名記述上の規則は，シンボル記述上の規則（「(3) シンボル欄」を参照してください）と同じです。
  ただし，最大認識文字数は，常に 31 文字です。
- IF/ELSEIF 制御命令で複数のスイッチ名を指定する場合は，各スイッチ名をコロン（:）で区切ります。
  ただし，1 つのモジュール内で使用できるスイッチ名は，最大 5 つです。
- IF/ELSEIF 制御命令で複数のスイッチ名を指定した場合，そのいずれか 1 つの値が真であれば，条件成立します。
- IF/ELSEIF 制御命令で指定するスイッチ名の値は，SET/RESET 制御命令により設定します。
  したがって，IF/ELSEIF 制御命令で指定するスイッチの値が，前もってソース・モジュール中で SET/RESET 制御命令により設定されていない場合は，RESET されたものとみなされます。
- スイッチ名，または条件式に不適当な記述がある場合，アセンブラはエラーを出力し，条件判断を偽とします。
- この制御命令を記述する場合には，IF，または _IF と ENDIF を対応させてください。
- マクロ・ボディ中に本制御命令が記述され，本体の途中で EXITM の処理を行って，そのレベルのマクロを抜けた場合，IF レベルは，アセンブラによってマクロ・ボディの入口の IF レベルまで強制的に戻されます。この場合，エラーになりません。
- 1 つの IF-ENDIF 制御命令の間に，別の IF-ENDIF 制御命令を記述することをネスティングと呼びます（8 レベルまでのネスティングが可能です）。
- 条件付きアセンブルで，アセンブルをしないステートメントは，オブジェクト・コードは生成されませんが，アセンブル・リストにはそのまま出力されます。出力したくない場合は，$NOCOND 制御命令を使用します。

［使用例］

- 例 1

```
        text0
$       IF ( SW1 )      ; (1)
                text1
$       ELSE            ; (2)
                text2
$       ENDIF           ; (3)
          :
        END
```

(1) スイッチ名“SW1”の値は，text0 の部分で SET/RESET 制御命令により真／偽に設定されています。
スイッチ名“SW1”の値が真の場合，text1 の部分をアセンブルし，text2 の部分はアセンブルされません。

(2) (1) のスイッチ名“SW1”の値が偽の場合，text1 の部分はアセンブルされず，text2 の部分がアセンブルされます。

(3) 条件付きアセンブル範囲の終了を示します。

- 例 2

```
        text0
$       IF ( SW1 : SW2 )        ; (1)
                text1
$       ELSEIF ( SW3 )          ; (2)
                text2
$       ELSEIF ( SW4 )          ; (3)
                text3
$       ELSE                    ; (4)
                text4
$       ENDIF                   ; (5)
          :
        END
```

(1) スイッチ名“SW1”，“SW2”，“SW3”の値は，text0 の部分で SET/RESET 制御命令により真／偽に設定されています。
スイッチ名“SW1”または“SW2”の値が真の場合，text1 の部分がアセンブルされ，text2，text3，text4 の部分はアセンブルされません。
スイッチ名“SW1”と“SW2”の値がともに偽の場合，text1 の部分はアセンブルされず，(2) 以降の条件付きアセンブルが行われます。

(2) (1) のスイッチ名“SW1”と“SW2”の値がともに偽で，かつスイッチ名“SW3”の値が真の場合，text2 の部分がアセンブルされ，text1，text3，text4 の部分はアセンブルされません。

(3) (1) のスイッチ名“SW1”，“SW2”と，(2) のスイッチ名“SW3”の値がともに偽で，かつスイッチ名“SW4”の値が真の場合，text3 の部分がアセンブルされ，text1，text2，text4 の部分はアセンブルされません。

(4) (1)，(2)，(3) のスイッチ名“SW1”，“SW2”，“SW3”，“SW4”の値がすべて偽の場合，text4 の部分がアセンブルされ，text1，text2，text3 の部分はアセンブルされません。

(5) 条件付きアセンブル範囲の終了を示します。

ENDIF

アセンブル対象とするソース・ステートメントを限定するための条件を設定します。

［記述形式］

```
[ ]$[ ]IF[ ]([ ]スイッチ名[[ ]:[ ]スイッチ名] … [ ])
または[ ]$[ ]_IF 条件式
        :
[ ]$[ ]ELSEIF[ ]([ ]スイッチ名[[ ]:[ ]スイッチ名] … [ ])
または[ ]$[ ]_ELSEIF 条件式
        :
[ ]$[ ]ELSE
        :
[ ]$[ ]ENDIF
```

［機能］

- アセンブル対象とするソース・ステートメントを限定するための条件を設定します。
  条件付きアセンブルの対象となるソース・ステートメントは，IF/_IF 制御命令から ENDIF 制御命令までです。
- IF/_IF 制御命令は，指定したスイッチ名，あるいは条件式の評価値が真（00H 以外）の場合，それ以降，次の条件付きアセンブル制御命令（ELSEIF/_ELSEIF/ELSE/ENDIF）が現れるまでのソース・ステートメントがアセンブルされます。そのあとのアセンブル処理は，ENDIF 制御命令の次のステートメントに移ります。
  スイッチ名，あるいは条件式の評価値が偽（00H）の場合，それ以降，次の条件付きアセンブル制御命令（ELSEIF/_ELSEIF/ELSE/ENDIF）が現れるまでのソース・ステートメントは，アセンブルされません。
- ELSEIF/_ELSEIF 制御命令は，それ以前に記述してあるすべての条件付きアセンブル制御命令の条件が不成立（評価値が偽）の場合にのみ，条件判定が行われます。
  ELSEIF/_ELSEIF 制御命令で指定するスイッチ名，あるいは条件式の評価値が真の場合，それ以降，次の条件付きアセンブル制御命令（ELSEIF/_ELSEIF/ELSE/ENDIF）が現れるまでのソース・ステートメントがアセンブルされます。そのあとのアセンブル処理は，ENDIF 制御命令の次のステートメントに移ります。
  ELSEIF/ELSEIF の評価値が偽の場合，それ以降，次の条件付きアセンブル制御命令（ELSEIF/_ELSEIF/ELSE/ENDIF）が現れるまでのソース・ステートメントはアセンブルされません。
- ELSE 制御命令については，それ以前に記述したすべての IF/_IF/ELSEIF/_ELSEIF 制御命令の条件が不成立（スイッチ名の値が偽）の場合，ELSE 制御命令以降 ENDIF 制御命令が現れるまでのソース・ステートメントがアセンブルされます。
- ENDIF 制御命令は，条件付きアセンブルの対象となるソース・ステートメントの終了をアセンブラに指示します。

［用途］

- ソース・モジュールを大幅に変更することなく，アセンブル対象となるソース・ステートメントを変更することができます。

- ソース・モジュール中に，プログラム開発中にのみ必要となるデバッグ文などを記述した場合，そのデバッグ文を機械語に変換する／しないを条件付きアセンブルのスイッチ設定により選択することができます。

［説明］

- スイッチ名による条件判断を行う場合には，IF/ELSEIF 制御命令を使用し，条件式による条件判断を行う場合には，_IF/_ELSEIF 制御命令を使用します。
  両方を組み合わせて使用することもできます。つまり，1 つの IF，または _IF と ENDIF の対の中に，ELSEIF/_ELSEIF を組み合わせて使用することができます。
- 条件式には，絶対式を記述します。
- スイッチ名記述上の規則は，シンボル記述上の規則（「(3) シンボル欄」を参照してください）と同じです。
  ただし，最大認識文字数は，常に 31 文字です。
- IF/ELSEIF 制御命令で複数のスイッチ名を指定する場合は，各スイッチ名をコロン（：）で区切ります。
  ただし，1 つのモジュール内で使用できるスイッチ名は，最大 5 つです。
- IF/ELSEIF 制御命令で複数のスイッチ名を指定した場合，そのいずれか 1 つの値が真であれば，条件成立します。
- IF/ELSEIF 制御命令で指定するスイッチ名の値は，SET/RESET 制御命令により設定します。
  したがって，IF/ELSEIF 制御命令で指定するスイッチの値が，前もってソース・モジュール中で SET/RESET 制御命令により設定されていない場合は，RESET されたものとみなされます。
- スイッチ名，または条件式に不適当な記述がある場合，アセンブラはエラーを出力し，条件判断を偽とします。
- この制御命令を記述する場合には，IF，または _IF と ENDIF を対応させてください。
- マクロ・ボディ中に本制御命令が記述され，本体の途中で EXITM の処理を行って，そのレベルのマクロを抜けた場合，IF レベルは，アセンブラによってマクロ・ボディの入口の IF レベルまで強制的に戻されます。この場合，エラーになりません。
- 1 つの IF-ENDIF 制御命令の間に，別の IF-ENDIF 制御命令を記述することをネスティングと呼びます（8 レベルまでのネスティングが可能です）。
- 条件付きアセンブルで，アセンブルをしないステートメントは，オブジェクト・コードは生成されませんが，アセンブル・リストにはそのまま出力されます。出力したくない場合は，$NOCOND 制御命令を使用します。

［使用例］

- 例 1

```
        text0
$       IF ( SW1 )      ; (1)
                text1
$       ENDIF           ; (2)
          :
        END
```

(1) スイッチ名“SW1”の値が真の場合，text1 の部分がアセンブルされます。
スイッチ名“SW1”の値が偽の場合，text1 の部分はアセンブルされません。
スイッチ名“SW1”の値は，text0 の部分で SET/RESET 制御命令により真／偽に設定されています。

(2) 条件付きアセンブル範囲の終了を示します。

- 例 2

```
        text0
$       IF ( SW1 )      ; (1)
                text1
$       ELSE            ; (2)
                text2
$       ENDIF           ; (3)
          :
        END
```

(1) スイッチ名“SW1”の値は，text0 の部分で SET/RESET 制御命令により真／偽に設定されています。
スイッチ名“SW1”の値が真の場合，text1 の部分をアセンブルし，text2 の部分はアセンブルされません。

(2) (1) のスイッチ名“SW1”の値が偽の場合，text1 の部分はアセンブルされず，text2 の部分がアセンブルされます。

(3) 条件付きアセンブル範囲の終了を示します。

- 例 3

```
        text0
$       IF ( SW1 : SW2 )        ; (1)
                text1
$       ELSEIF ( SW3 )          ; (2)
                text2
$       ELSEIF ( SW4 )          ; (3)
                text3
$       ELSE                    ; (4)
                text4
$       ENDIF                   ; (5)
          :
        END
```

(1) スイッチ名“SW1”，“SW2”，“SW3”の値は，text0 の部分で SET/RESET 制御命令により真／偽に設定されています。
スイッチ名“SW1”または“SW2”の値が真の場合，text1 の部分がアセンブルされ，text2，text3，text4 の部分はアセンブルされません。
スイッチ名“SW1”と“SW2”の値がともに偽の場合，text1 の部分はアセンブルされず，(2) 以降の条件付きアセンブルが行われます。

(2) (1) のスイッチ名“SW1”と“SW2”の値がともに偽で，かつスイッチ名“SW3”の値が真の場合，text2 の部分がアセンブルされ，text1，text3，text4 の部分はアセンブルされません。

(3) (1) のスイッチ名“SW1”，“SW2”と，(2) のスイッチ名“SW3”の値がともに偽で，かつスイッチ名“SW4”の値が真の場合，text3 の部分がアセンブルされ，text1，text2，text4 の部分はアセンブルされません。

(4) (1)，(2)，(3) のスイッチ名“SW1”，“SW2”，“SW3”，“SW4”の値がすべて偽の場合，text4 の部分がアセンブルされ，text1，text2，text3 の部分はアセンブルされません。

(5) 条件付きアセンブル範囲の終了を示します。

- 例 4

```
        text0
$       _IF ( SYMA )            ; (1)
                text1
$       _ELSEIF ( SYMB = SYMC ) ; (2)
                text2
$       ENDIF                   ; (3)
          :
        END
```

(1) シンボル名“SYMA”の値は，text0 の部分で EQU，または SET 疑似命令により，定義されています。
シンボル名“SYMA”の値が真（非 0）の場合，text1 の部分がアセンブルされ，text2 はアセンブルされません。

(2) シンボル名“SYMA”の値が偽（0）で SYMB と SYMC が同じ値をもつ場合，text2 がアセンブルされます。

(3) 条件付きアセンブル範囲の終了を示します。

SET

IF/ELSEIF 制御命令で指定するスイッチ名に値を与えます。

［記述形式］

```
[ ]$[ ]SET[ ]([ ]スイッチ名[[ ]:[ ]スイッチ名] … [ ])
```

［機能］

- SET 制御命令は，IF/ELSEIF 制御命令で指定するスイッチ名に値を与えます。
- SET 制御命令で指定したスイッチ名に，真の値（0FFH）を与えます。

［用途］

- IF/ELSEIF 制御命令で指定するスイッチ名に真の値（0FFH）を与えたいときは，SET 制御命令を記述します。

［説明］

- SET 制御命令では，スイッチ名を記述します。
  スイッチ名の記述上の規則は，シンボルの記述上の規則（「(3) シンボル欄」を参照してください）と同じです。
  ただし，最大認識文字数は，常に 31 文字です。
- スイッチ名は，予約語，スイッチ名以外のユーザ定義シンボルと重複してもかまいません。
- SET 制御命令で複数のスイッチ名を指定する場合は，各スイッチ名をコロン（:）で区切ります。ただし，1 つのモジュール内で使用できるスイッチ名は，最大 1000 個です。
- 一度 SET したスイッチ名を RESET することができます。また，一度 RESET したスイッチ名を SET することができます。
- IF/ELSEIF 制御命令で指定するスイッチ名は，その制御命令を記述する以前のソース・モジュール中で，SET/RESET 制御命令により，少なくとも 1 回は定義しなければなりません。
- スイッチ名は，クロスリファレンス・リストには出力されません。

［使用例］

```
$       SET ( SW1 )             ; (1)
          :
$       IF ( SW1 )              ; (2)
                text1
$       ENDIF                   ; (3)
          :
$       RESET ( SW1 : SW2 )     ; (4)
          :
$       IF ( SW1 )              ; (5)
                text2
$       ELSEIF ( SW2 )          ; (6)
                text3
$       ELSE                    ; (7)
                text4
$       ENDIF                   ; (8)
          :
        END
```

(1) スイッチ名“SW1”に真の値（0FFH）を与えます。

(2) (1) でスイッチ名“SW1”に真の値を与えていますので，text1 の部分がアセンブルされます。

(3) (2) から始まる条件付きアセンブル範囲の終了を示します。

(4) スイッチ名“SW1”と“SW2”に偽の値（00H）を与えます。

(5) スイッチ名“SW1”には（4）で偽の値を与えていますので，text2 の部分はアセンブルされません。

(6) スイッチ名“SW2”にも（4）で偽の値を与えていますので，text3 の部分もアセンブルされません。

(7) (5)，(6) のスイッチ名“SW1”，“SW2”の値がすべて偽のため，text4 の部分がアセンブルされます。

(8) (5) から始まる条件付きアセンブル範囲の終了を示します。

RESET

IF/ELSEIF 制御命令で指定するスイッチ名に値を与えます。

[記述形式]

```
[ ]$[ ]RESET[ ]([ ] スイッチ名 [[ ]:[ ] スイッチ名] … [ ])
```

[機能]

- RESET 制御命令は，IF/ELSEIF 制御命令で指定するスイッチ名に値を与えます。
- RESET 制御命令で指定したスイッチ名に，偽の値（00H）を与えます。

[用途]

- IF/ELSEIF 制御命令で指定するスイッチ名に偽の値（00H）を与えたいときは，RESET 制御命令を記述します。

[説明]

- RESET 制御命令では，スイッチ名を記述します。
  スイッチ名の記述上の規則は，シンボルの記述上の規則（「(3) シンボル欄」を参照してください）と同じです。
  ただし，最大認識文字数は，常に 31 文字です。
- スイッチ名は，予約語，スイッチ名以外のユーザ定義シンボルと重複してもかまいません。
- RESET 制御命令で複数のスイッチ名を指定する場合は，各スイッチ名をコロン（:）で区切ります。ただし，1 つのモジュール内で使用できるスイッチ名は，最大 1000 個です。
- 一度 SET したスイッチ名を RESET することができます。また，一度 RESET したスイッチ名を SET することができます。
- IF/ELSEIF 制御命令で指定するスイッチ名は，その制御命令を記述する以前のソース・モジュール中で，SET/RESET 制御命令により，少なくとも 1 回は定義しなければなりません。
- スイッチ名は，クロスリファレンス・リストには出力されません。

［使用例］

```
$       SET ( SW1 )             ; (1)
          :
$       IF ( SW1 )              ; (2)
                text1
$       ENDIF                   ; (3)
          :
$       RESET ( SW1 : SW2 )     ; (4)
          :
$       IF ( SW1 )              ; (5)
                text2
$       ELSEIF ( SW2 )          ; (6)
                text3
$       ELSE                    ; (7)
                text4
$       ENDIF                   ; (8)
          :
        END
```

(1) スイッチ名“SW1”に真の値（0FFH）を与えます。

(2) (1) でスイッチ名“SW1”に真の値を与えていますので，text1 の部分がアセンブルされます。

(3) (2) から始まる条件付きアセンブル範囲の終了を示します。

(4) スイッチ名“SW1”と“SW2”に偽の値（00H）を与えます。

(5) スイッチ名“SW1”には (4) で偽の値を与えていますので，text2 の部分はアセンブルされません。

(6) スイッチ名“SW2”にも (4) で偽の値を与えていますので，text3 の部分もアセンブルされません。

(7) (5)，(6) のスイッチ名“SW1”，“SW2”の値がすべて偽のため，text4 の部分がアセンブルされます。

(8) (5) から始まる条件付きアセンブル範囲の終了を示します。

4. 3. 8　漢字コード制御命令

コメントに記述された漢字をどの漢字コードで解釈するのかを指定する制御命令です。

漢字コード制御命令には，次のものがあります。

制御命令	概要
KANJICODE	コメントに記述された漢字を指定された漢字コードとして解釈

KANJICODE

コメントに記述された漢字を指定された漢字コードとして解釈します。

[記述形式]

```
[ ]$[ ]KANJICODE[ ] 漢字コード
```

[省略時解釈]

$KANJICODE SJIS

[機能]

- コメントに記述された漢字を指定された漢字コードとして解釈します。
- 漢字コードは，SJIS/EUC/NONE を記述することができます。

  SJIS : シフト JIS コードとして解釈します。

  EUC : EUC コードとして解釈します。

  NONE : 漢字として解釈しません。

[用途]

- コメント行の漢字の，漢字コードの解釈を指定するときに使用します。

[説明]

- KANJICODE 制御命令は，モジュール・ヘッダ部のみに記述することができます。
- KANJICODE 制御命令が，モジュール・ヘッダ部に複数回記述された場合は，その中でもっとも後者に記述された命令が優先されます。
- 漢字コード指定は，コマンド・ライン上でアセンブラ・オプション（-zs/-ze/-zn）によって指定することができます。
- ソース・モジュール中とコマンド・ライン上で異なる指定が行われた場合，コマンド・ライン上の指定が優先されます。
- コマンド・ライン上にオプションが指定された場合にも，KANJICODE 制御命令に対する文法チェックは行われます。

4. 3. 9　その他の制御命令

次に示す制御命令は，C コンパイラなどの上位プログラムが出力する特別な制御命令です。

- $TOL_INF
- $DGS
- $DGL

4.4 マクロ

この章では，マクロ機能の使い方について説明します。
プログラムの中で一連の命令群を何回も記述する場合に使用すると，便利な機能です。

4.4.1 概　　要

ソースの中で一連の命令群を何回も記述する場合，マクロ機能を使用すると便利です。

マクロ機能とは，MACRO，ENDM 疑似命令により，マクロ・ボディとして定義された一連の命令群をマクロ参照している箇所に展開することです。

マクロは，ソースの記述性を向上させるために使用するもので，サブルーチンとは異なります。

マクロとサブルーチンには，それぞれ次のような特長があります。それぞれ目的に応じて有効に使用してください。

(1) サブルーチン

- プログラム中で何回も必要となる処理を 1 つのサブルーチンとして記述します。サブルーチンは，アセンブラにより一度だけ機械語に変換されます。
- サブルーチンの参照には，サブルーチン・コール命令（一般にはその前後に引数設定の命令が必要）を記述するだけで済みます。
  したがって，サブルーチンを活用することにより，プログラムのメモリを効率よく使用することができます。
- プログラム中の一連のまとまった処理をサブルーチン化することにより，プログラムの構造化を図ることができます（プログラムを構造化することにより，プログラム全体の構造が分かりやすくなり，プログラムの設計が容易になります）。

(2) マクロ

- マクロの基本的な機能は，命令群の置き換えです。
  MACRO，ENDM 疑似命令によりマクロ・ボディとして定義された一連の命令群が，マクロ参照時にその場所に展開されます。アセンブラは，マクロ参照を検出するとマクロ・ボディを展開し，マクロ・ボディの仮引数を参照時の実引数に置き換えながら，命令群を機械語に変換します。
- マクロは，引数を記述することができます。
  たとえば，処理手順は同じであるがオペランドに記述するデータだけが異なる命令群がある場合，そのデータに仮引数を割り当ててマクロを定義します。マクロ参照時には，マクロ名と実引数を記述することにより，記述の一部分だけが異なる種々の命令群に対処することができます。

サブルーチン化の手法が，メモリ・サイズの削減やプログラムの構造化を図るために用いられるのに対し，マクロは，コーディングの効率を向上させるために用いられます。

4. 4. 2　マクロの利用

(1) マクロの定義

マクロの定義は，MACRO，ENDM 疑似命令により行います。

(a) 記述形式

シンボル欄	ニモニック欄	オペランド欄	コメント欄
マクロ名	MACRO	[*仮引数* [, …]]	[; *コメント*]
	:		
	ENDM		[; *コメント*]

(b) 機能

MACRO 疑似命令と ENDM 疑似命令の間に記述された一連の文（マクロ・ボディと呼びます）に対し，シンボル欄で指定したマクロ名を取り付け，マクロの定義を行います。

(c) 使用例

```
ADMAC   MACRO   PARA1, PARA2
        MOV     A, #PARA1
        ADD     A, #PARA2
        ENDM
```

上記の例は，PARA1 と PARA2 の 2 数を加算して，結果を A レジスタに格納する簡単なマクロ定義で，ADMAC というマクロ名が付けられています。PARA1，PARA2 が仮引数です。

詳細については，「4. 2. 8　マクロ疑似命令」を参照してください。

(2) マクロの参照

マクロの参照を行う場合は，すでにマクロ定義されているマクロ名をソースのニモニック欄に記述します。

(a) 記述形式

シンボル欄	ニモニック欄	オペランド欄	コメント欄
[*ラベル* :]	*マクロ名*	[*実引数* [, …]]	[; *コメント*]

(b) 機能

指定したマクロ名に割り付けられたマクロ・ボディを参照します。

(c) 用途

マクロ・ボディを参照するときに，この形式の記述を使用します。

(d) 説明

- マクロ名は，参照以前に定義されていなければなりません。
- 実引数はコンマ（，）で区切って，1 行以内であれば最大 16 個まで記述することができます。
- 実引数の文字列中に，空白を記述することはできません。
- 実引数にコンマ（，），セミコロン（；），空白，TAB を記述する場合には，それらを含む文字列をシングル・クォート（'）で囲ってください。
- 仮引数から実引数への置き換えは，それぞれの記述順に対応して，左から順に行われます。仮引数と実引数の数が一致しない場合は，ワーニングが出力されます。

(e) 使用例

```
        NAME    SAMPLE
ADMAC   MACRO   PARA1, PARA2
                MOV     A, #PARA1
                ADD     A, #PARA2
        ENDM

        CSEG
          :
        ADMAC   10H, 20H
          :
        END
```

すでに定義されているマクロ名“ADMAC”を参照しています。

10H，20H は実引数です。

(3) マクロの展開

アセンブラは，マクロを次のように処理します。

- マクロの参照を見つけると，それに対応するマクロ・ボディをマクロ名の位置に展開します。
- 展開したマクロ・ボディのステートメントをほかのステートメントと同様にアセンブルします。

(4) 使用例

「(2) マクロの参照」で参照されたマクロがアセンブルされ，展開されると，次のようになります。

```
        NAME    SAMPLE

        ; マクロ定義
ADMAC   MACRO   PARA1, PARA2
                MOV     A, #PARA1
                ADD     A, #PARA2
        ENDM

        ; ソース本文
        CSEG
          :

        ; マクロの展開
        ADMAC   10H, 20H                ; (a)
        MOV     A, #10H
        ADD     A, #20H
        ; ソース本文
          :
        END
```

(a) マクロの参照により，マクロ・ボディが展開されます。
マクロ・ボディ内の仮引数は，実引数に置き換えられます。

4. 4. 3 マクロ内のシンボル

マクロ内で定義するシンボルには，グローバル・シンボルとローカル・シンボルの 2 種類があります。

(1) グローバル・シンボル

- ソース内のすべてのステートメントから参照することができます。
  したがって，そのシンボルを定義しているマクロを 2 回以上参照し，一連のステートメントが展開されると，シンボルは二重定義エラーとなります。
- LOCAL 疑似命令で定義されていないシンボルは，グローバル・シンボルです。

(2) ローカル・シンボル

- ローカル・シンボルは，LOCAL 疑似命令で定義します（「4. 2. 8 マクロ疑似命令」を参照してください）。
- ローカル・シンボルは，LOCAL 疑似命令で LOCAL 宣言されたマクロ内でのみ参照することができます。
- マクロ外からローカル・シンボルを参照することはできません。

使用例を以下に示します。

```
        NAME    SAMPLE
          ; マクロの定義
MAC1    MACRO
        LOCAL   LLAB            ;  (a)
LLAB :
          :
GLAB :
        BR      LLAB            ;  (b)
        BR      GLAB            ;  (c)
        ENDM
          :
          ; ソース本文
REF1 :  MAC1                    ;  (d) ←マクロの参照
          :
        BR      LLAB            ;  (e) ←この記述はエラーです。
        BR      GLAB            ;  (f)
          :
REF2 :  MAC1                    ;  (g) ←マクロの参照
          :
        END
```

（a）ラベル LLAB をローカル・シンボルとして定義しています。

（b）マクロ MAC1 内で，ローカル・シンボル LLAB を参照しています。

（c）マクロ MAC1 内で，グローバル・シンボル GLAB を参照しています。

（d）マクロ MAC1 を参照しています。

（e）マクロ MAC1 の定義外で，ローカル・シンボル LLAB を参照しています。
この記述はアセンブル時にエラーとなります。

（f）マクロ MAC1 の定義外で，グローバル・シンボル GLAB を参照しています。

（g）マクロ MAC1 を参照しています。
同一のマクロが 2 回参照されています。

使用例のアセンブル・リストを次に示します。

```
        NAME    SAMPLE
          :
REF1 :  MAC1
          ; マクロの展開
??RA0000 :
          :
GLAB :                          ←エラー
        BR      ??RA0000
        BR      GLAB
          ; ソース本文
          :
        BR      !LLAB           ←エラー
        BR      !GLAB
          :
REF2 :  MAC1
          ; マクロの展開
??RA0001 :
          :
GLAB :                          ←エラー
        BR      ??RA0001
        BR      GLAB
          ; ソース本文
          :
        END
```

グローバル・シンボル GLAB が，マクロ MAC1 内で定義されています。

マクロ MAC1 が 2 回参照されており，一連のステートメントが展開された結果，グローバル・シンボル GLAB は二重定義エラーとなります。

4. 4. 4 マクロ・オペレータ

マクロ・オペレータには，“&”と“ ' ”の 2 種類があります。

(1) &（コンカティネート）

- コンカティネート記号は，マクロ・ボディ内で文字列と文字列を連結します。
  マクロ展開時には，コンカティネート記号の左右の文字列を連結し，コンカティネート自身は消滅します。
- コンカティネート記号は，マクロ定義時にシンボル中の“&”の前後を仮引数，あるいは LOCAL シンボルとして認識することが可能であり，マクロ展開時にシンボル中の“&”の前後の仮引数，あるいは LOCAL シンボルを評価してシンボル中に連結することができます。
- 引用符で囲まれた文字列中の“&”は，単なるデータとして扱われます。
- “&”を 2 つ続けると，1 つの“&”として扱われます。

使用例を以下に示します。

(a) マクロ定義

```
MAC     MACRO   P
LAB&P :                 ←仮引数の P が認識される
        D&B     10H
        DB      'P'
        DB      P
        DB      '&P'
        ENDM
```

(b) マクロ参照

```
        MAC     1H
LAB1H :
        DB      10H     ←D と B が連結されて DB となる
        DB      'P'
        DB      1H
        DB      '&P'    ←引用符中の“&”は単なるデータとして扱われる
```

(2) '(シングル・クォート)

- マクロ参照行，および IRP の実引数の先頭，あるいは，区切り文字のあとに，文字列をシングル・クォートで囲んで記述すると，その文字列がそのまま 1 つの実引数とみなされます。
  実引数に渡されるときには，シングル・クォートが外されて渡されます。
- マクロ・ボディ中にシングル・クォートで囲まれた文字列がある場合には，単なるデータとして扱われます。
- シングル・クォートで囲まれた中にシングル・クォートを使用する場合には，“''”を 2 つ続けて記述します。

使用例を以下に示します。

```
        NAME    SAMP
MAC1    MACRO   P
        IRP     Q, <P>
                MOV     A, #Q
        ENDM
ENDM


        MAC1    '10, 20, 30'
```

このソースをアセンブルすると，MAC1 は次のように展開されます。

```
IRP     Q, <10, 20, 30>
        MOV A, #Q
ENDM
        MOV     A, #10          ; IRP の展開
        MOV     A, #20          ; IRP の展開
        MOV     A, #30          ; IRP の展開
```

4.5 予約語

予約語には，機械語命令，疑似命令，制御命令，演算子，レジスタ名，および sfr シンボルがあります。
予約語は，アセンブラがあらかじめ予約している文字列で，所定の目的以外には転用することができません。
ソースの各欄に記述可能な予約語の種類と予約語一覧を次に示します。

表 4―22 予約語の種類

種類	説明
シンボル欄	すべての予約語が記述不可
ニモニック欄	機械語命令，および疑似命令のみ記述可能
オペランド欄	演算子，sfr シンボル，およびレジスタ名のみ記述可能
コメント欄	すべての予約語が記述可能

表 4―23 予約語一覧

種類	予約語
演算子	AND，BANKNUM，BITPOS，DATAPOS，EQ（=），GE（>=），GT（>），HIGH，LE（<=），LOW，LT（<），MASK，MOD，NE（< >），NOT，OR，SHL，SHR，XOR
疑似命令	AT，BASE，BASEP，BR，BSEG，CALLT0，CSEG，DB，DBIT，DS，DSEG，DSPRAM，DW，END，ENDM，ENDS，EQU，EXITM，EXTBIT，EXTRN，FIXED，IHRAM，IRP，IXRAM，LOCAL，LRAM，MACRO，MIRRORP，NAME，OPT_BYTE，ORG，PAGE64KP，PUBLIC，REPT，SADDR，SADDRP，SECUR_ID，SET，UNIT，UNITP
制御命令	COND，NOCOND，DEBUG，NODEBUG，DEBUGA [DG]，NODEBUGA [NODG]，EJECT [EJ]，FORMFEED，NOFORMFEED，GEN，NOGEN，IF，_IF，ELSEIF，_ELSEIF，ELSE，ENDIF，INCLUDE [IC]，KANJICODE，LENGTH，LIST [LI]，NOLIST [NOLI]，PROCESSOR [PC]，SET，RESET，SUBTITLE [ST]，SYMLIST，NOSYMLIST，TAB，TITLE [TT]，WIDTH，XREF [XR]，NOXREF [NOXR]
その他	DGL，DGS，SFR，SFRP，TOL_INF

備考 制御命令の [ ] 内は，短縮形を表します。

なお，sfr 一覧については，各デバイスのユーザーズ・マニュアルを参照してください。
割り込み要求ソース一覧，機械語命令，レジスタ名一覧については，各デバイスのユーザーズ・マニュアルを参照してください。

4.6 インストラクション

この節では，78K0 マイクロコントローラ製品の持つ各種命令機能を説明します。

注意 各命令の詳細な動作，および機械語（命令コード）については，「78K0 マイクロコントローラ ユーザーズ・マニュアル 命令編」を参照してください。
また，各デバイス製品のユーザーズ・マニュアルを参照してください。

4.6.1 メモリ空間

(1) メモリ空間

78K0 マイクロコントローラの製品は，内蔵するメモリの容量などによってプログラム・メモリのマッピングが異なります。メモリ・マップのアドレス領域の詳細については，各製品のユーザーズ・マニュアルを参照してください。

(2) 内部プログラム・メモリ（内部 ROM）空間

78K0 マイクロコントローラの製品は，アドレス空間にそれぞれ ROM を内蔵しており，プログラムやテーブル・データなどを格納します。通常，プログラム・カウンタ（PC）でアドレスされます。内部 ROM 空間については，各製品のユーザーズ・マニュアルを参照してください。

(a) ベクタ・テーブル領域

0000H-003FH の 64 バイトの領域はベクタ・テーブル領域として予約されています。ベクタ・テーブル領域には，$\overline{\text{RESET}}$ 入力，各割り込み要求発生により分岐するときのプログラム・スタート・アドレスを格納しておきます。16 ビット・アドレスのうち下位 8 ビットが偶数アドレスに，上位 8 ビットが奇数アドレスに格納されます。ベクタ・テーブル領域については，各製品のユーザーズ・マニュアルを参照してください。

(b) CALLT 命令テーブル領域

0040H-007FH の 64 バイトの領域には，1 バイト・コール命令（CALLT）のサブルーチン・エントリ・アドレスを格納できます。

(c) CALLF 命令エントリ領域

0800H-0FFFH の領域は，２バイト・コール命令（CALLF）で直接サブルーチン・コールできます。

(3) 内部データ・メモリ（内部 RAM）空間

78K0 マイクロコントローラの製品は，次に示す RAM を内蔵しています。内蔵している RAM については，各製品のユーザーズ・マニュアルを参照してください。

(a) 内部高速 RAM

78K0 マイクロコントローラの製品は，それぞれ内部高速 RAM を内蔵しています。

この領域のうち，0FEE0H-0FEFFH の 32 バイトの領域には，8 ビット・レジスタ 8 個を 1 バンクとする汎用レジスタが 4 バンク割り付けられています。

また，内部高速 RAM はスタック・メモリとしても使用できます。

(b) バッファ RAM

78K0 マイクロコントローラには，バッファ RAM が割り付けられている製品があります。バッファ RAM は，シリアル・インタフェース・チャネル 1（自動送受信機能付き 3 線式シリアル I/O モード）の送信／受信データを格納するために使用します。自動送受信機能付き 3 線式シリアル I/O モードで使用しない場合は，バッファ RAM は通常の RAM としても使用できます。

(c) VFD 表示用 RAM

78K0 マイクロコントローラには，VFD 表示用 RAM が割り付けられている製品があります。VFD 表示用 RAM は通常の RAM としても使用できます。

(d) 内部拡張 RAM

78K0 マイクロコントローラには，内部拡張 RAM が割り付けられている製品があります。

(e) LCD 表示用 RAM

78K0 マイクロコントローラには，LCD 表示用 RAM が割り付けられている製品があります。LCD 表示用 RAM は通常の RAM としても使用できます。

(4) 特殊機能レジスタ（SFR：Special Function Register）領域

0FF00H-0FFFFH の領域には，オンチップ周辺ハードウエアの特殊機能レジスタ（SFR）が割り付けられています。特殊機能レジスタについては，各製品のユーザーズ・マニュアルを参照してください。

注意 この領域内で，SFR が割り付けられていないアドレスをアクセスしないでください。誤ってアクセスすると，CPU がデッド・ロック状態になることがあります。

(5) 外部メモリ空間

メモリ拡張モード・レジスタの設定によりアクセスが可能な外部メモリ空間です。プログラム，テーブル・データなどの格納，および周辺デバイスを割り付けることができます。

外部メモリ空間を使用できる製品については，各製品のユーザーズ・マニュアルを参照してください。

(6) IEBus™ レジスタ領域

IEBus レジスタ領域には，IEBus コントローラの制御に使用する IEBus レジスタが割り付けられています。

IEBus コントローラを内蔵する製品については，各製品のユーザーズ・マニュアルを参照してください。

4. 6. 2 レジスタ

(1) 制御レジスタ

プログラム・シーケンス，ステータス，スタック・メモリの制御など専用の機能を持ったレジスタです。制御レジスタには，プログラム・カウンタ，プログラム・ステータス・ワード，スタック・ポインタがあります。

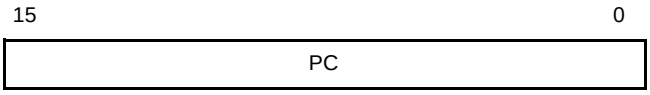
(a) プログラム・カウンタ（PC）

プログラム・カウンタは，次に実行するプログラムのアドレス情報を保持する 16 ビット・レジスタです。

通常動作時には，フェッチする命令のバイト数に応じて，自動的にインクリメントされます。分岐命令実行時には，イミーディエト・データやレジスタの内容がセットされます。

$\overline{\text{RESET}}$ 入力により，0000H と 0001H 番地のリセット・ベクタ・テーブルの値がプログラム・カウンタにセットされます。

図 4―8 プログラム・カウンタの構成



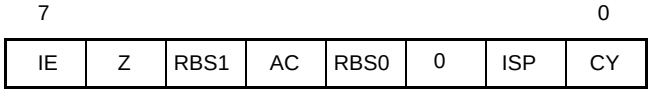
(b) プログラム・ステータス・ワード（PSW）

プログラム・ステータス・ワードは，命令の実行によってセット，リセットされる各種フラグで構成される 8 ビット・レジスタです。

プログラム・ステータス・ワードの内容は，割り込み要求発生時および PUSH PSW 命令の実行時に自動的にスタックされ，RETB，RETI 命令および POP PSW 命令の実行時に自動的に復帰されます。

$\overline{\text{RESET}}$ 入力により，02H になります。

図 4―9 プログラム・ステータス・ワードの構成



- 割り込み許可フラグ（IE）

CPU の割り込み要求受け付け動作を制御するフラグです。

IE = 0 のときは割り込み禁止（DI）状態となり，ノンマスカブル割り込み以外の割り込みはすべて禁止されます。

IE = 1 のときは割り込み許可（EI）状態となります。このときの割り込み要求の受け付けは，インサービス・プライオリティ・フラグ（ISP），各割り込み要因に対する割り込みマスク・フラグおよび優先順位指定フラグにより制御されます。

このフラグは，DI 命令実行または割り込み要求の受け付けでリセット（0）され，EI 命令実行によりセット（1）されます。

- ゼロ・フラグ（Z）

  演算結果がゼロのときセット（1）され，それ以外のときにリセット（0）されるフラグです。

- レジスタ・バンク選択フラグ（RBS0，RBS1）

  4 個のレジスタ・バンクのうちの 1 つを選択する 2 ビットのフラグです。

  SBL RBn 命令の実行によって選択されたレジスタ・バンクを示す 2 ビットの情報が格納されています。

- 補助キャリー・フラグ（AC）

  演算結果が，ビット 3 からキャリーがあったとき，またはビット 3 へのボローがあったときセット（1）され，それ以外のときリセット（0）されるフラグです。

- インサービス・プライオリティ・フラグ（ISP）

  受け付け可能なマスカブル・ベクタ割り込みの優先順位を管理するフラグです。ISP = 0 のときは優先順位指定フラグ・レジスタ（PR）で低位に指定されたベクタ割り込み要求は受け付け禁止となります。なお，実際に割り込み要求が受け付けられるかどうかは，割り込み許可フラグ（IE）の状態により制御されます。

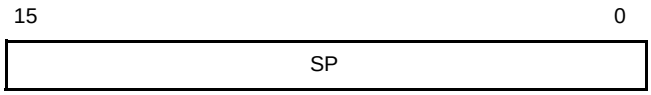
- キャリー・フラグ（CY）

  加減算命令実行時のオーバフロー，アンダフローを記憶するフラグです。また，ローテート命令実行時はシフト・アウトされた値を記憶し，ビット演算命令実行時には，ビット・アキュームレータとして機能します。

（c）スタック・ポインタ（SP）

メモリのスタック領域の先頭アドレスを保持する 16 ビットのレジスタです。スタック領域としては内部高速 RAM 領域のみ設定可能です。

図 4―10 スタック・ポインタの構成



スタック・メモリへの書き込み（退避）動作に先立ってデクリメントされ，スタック・メモリからの読み取り（復帰）動作のあとインクリメントされます。

各スタック動作によって退避／復帰されるデータは次の図のようになります。

注意 SP の内容は $\overline{\text{RESET}}$ 入力により，不定になりますので，必ず命令実行前に初期化してください。

図 4―11 スタック・メモリへ退避されるデータ

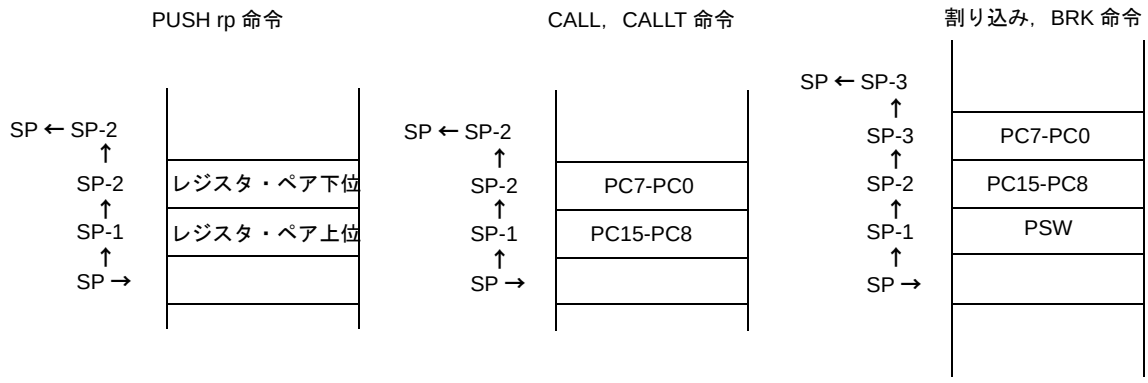
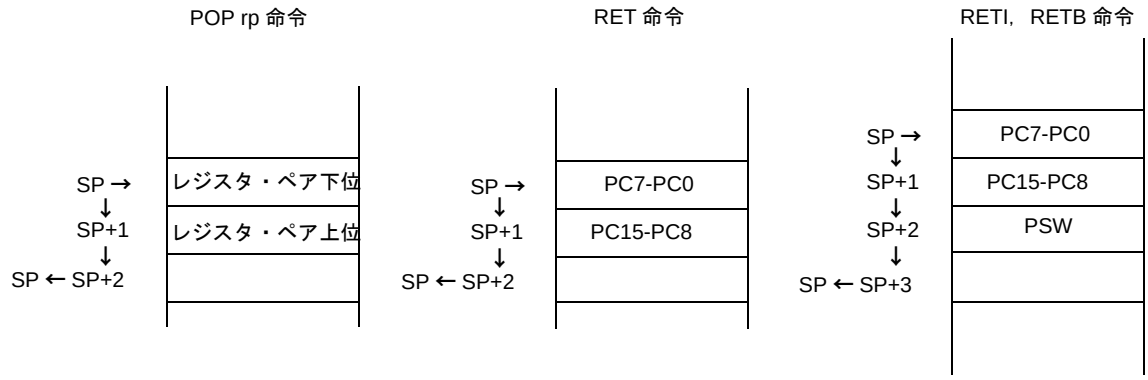


図 4―12 スタック・メモリから復帰されるデータ



(2) 汎用レジスタ

汎用レジスタは，データ・メモリの特定番地（0FEE0H-0FEFFH）にマッピングされており，8 ビット・レジスタ 8 個（X，A，C，B，E，D，L，H）を 1 バンクとして 4 バンクのレジスタで構成されています。

各レジスタは，それぞれ 8 ビット・レジスタとして使用できるほか，2 個の 8 ビット・レジスタをペアとして 16 ビット・レジスタとしても使用できます（AX，BC，DE，HL）。

また，機能名称（X，A，C，B，E，D，L，H，AX，BC，DE，HL）のほか，絶対名称（R0-R7，RP0-RP3）ででも記述できます。

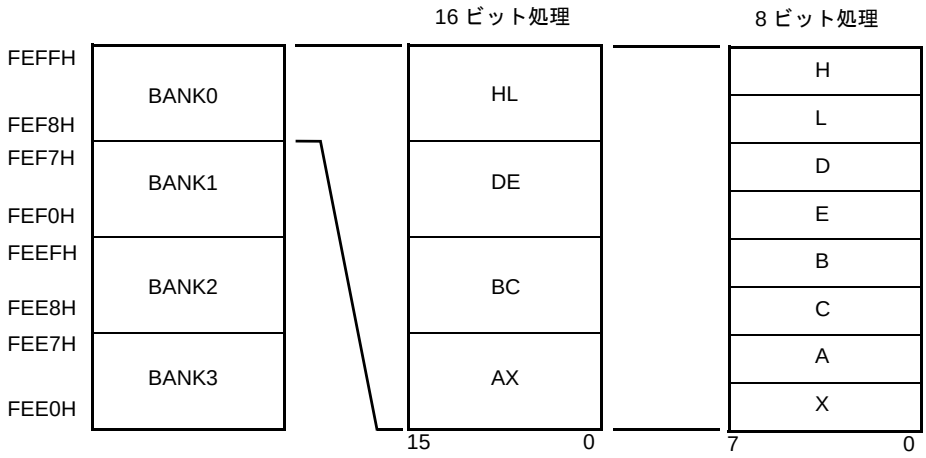
命令実行時に使用するレジスタ・バンクは，CPU 制御命令（SEL RBn）によって設定します。4 レジスタ・バンク構成になっていますので，通常処理で使用するレジスタと割り込み時で使用するレジスタをバンクごとに切り替えることにより，効率のよいプログラムを作成できます。

表 4―24 汎用レジスタの絶対アドレス対照表

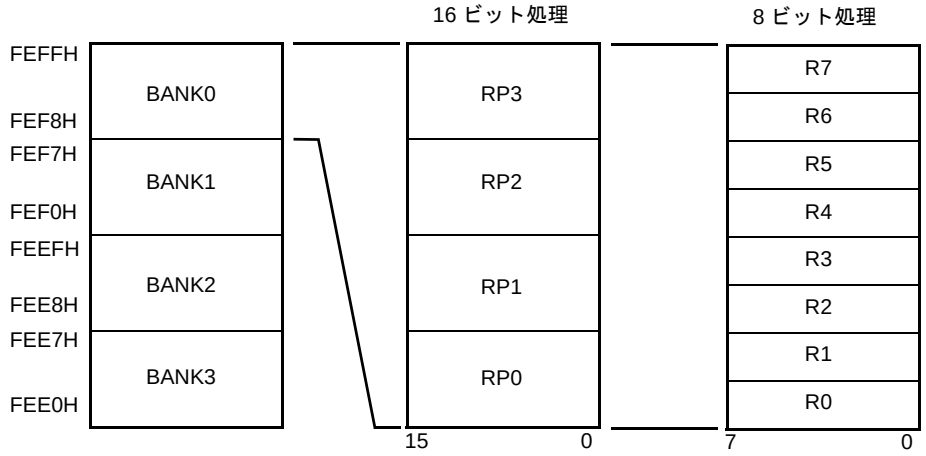
バンク名	レジスタ		絶対アドレス
	機能名称	絶対名称	
BANK0	H	R7	FEFFH
	L	R6	FEFEH
	D	R5	FEFDH
	E	R4	FEFCH
	B	R3	FEFBH
	C	R2	FEFAH
	A	R1	FEF9H
	X	R0	FEF8H
BANK1	H	R7	FEF7H
	L	R6	FEF6H
	D	R5	FEF5H
	E	R4	FEF4H
	B	R3	FEF3H
	C	R2	FEF2H
	A	R1	FEF1H
	X	R0	FEF0H
BANK2	H	R7	FEEFH
	L	R6	FEEEH
	D	R5	FEEDH
	E	R4	FEECH
	B	R3	FEEBH
	C	R2	FEEAH
	A	R1	FEE9H
	X	R0	FEF8H
BANK3	H	R7	FEE7H
	L	R6	FEE6H
	D	R5	FEE5H
	E	R4	FEE4H
	B	R3	FEE3H
	C	R2	FEE2H
	A	R1	FEE1H
	X	R0	FEE0H

図 4―13 汎用レジスタの構成

（a）機能名称



（b）絶対名称



（3）特殊機能レジスタ（SFR）

特殊機能レジスタは，汎用レジスタとは異なり，それぞれ特別な機能を持つレジスタです。

0FF00H-0FFFFH の 256 バイトの空間に割り付けられています。

特殊機能レジスタは，演算命令，転送命令，ビット操作命令などにより，汎用レジスタと同じように操作できます。操作可能なビット単位（1，8，16）は，各特殊機能レジスタで異なります。

各操作ビット単位ごとの指定方法を次に示します。

- 1 ビット操作

  1 ビット操作命令のオペランド（sfr.bit）にアセンブラで予約されている略号を記述します。アドレスでも指定できます。

- 8 ビット操作

  8 ビット操作命令のオペランド（sfr）にアセンブラで予約されている略号を記述します。アドレスでも指定できます。

- 16 ビット操作

16 ビット操作命令のオペランド（sfrp）にアセンブラで予約されている略号を記述します。アドレスを指定するときは偶数アドレスを記述してください。

特殊機能レジスタについては，各製品のユーザーズ・マニュアルを参照してください。

注意 この領域で SFR の割り付けられていないアドレスをアクセスしないでください。誤ってアクセスすると，CPU がデッド・ロック状態になることがあります。

4. 6. 3 アドレッシング

(1) 命令アドレスのアドレッシング

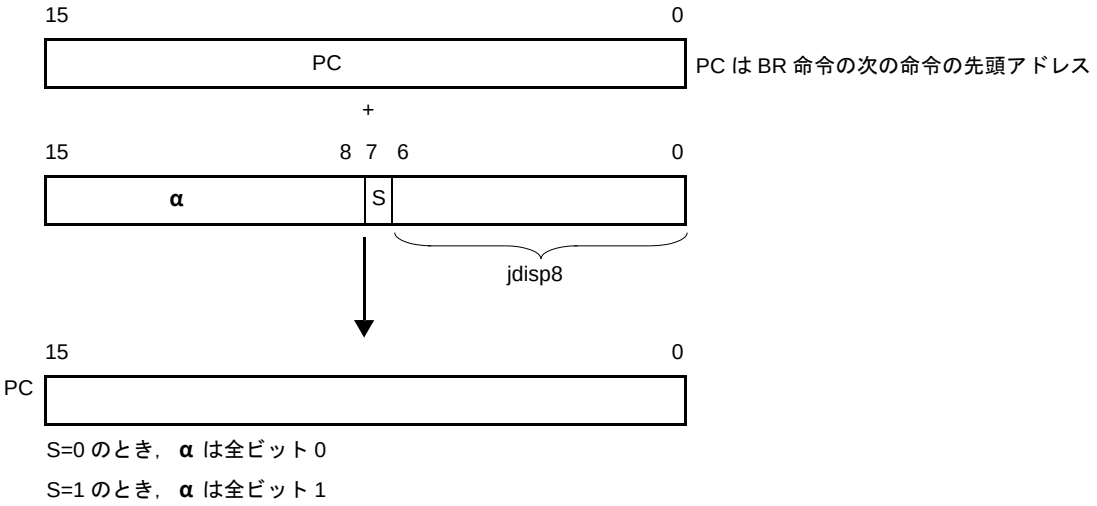
命令アドレスは，プログラム・カウンタ（PC）の内容によって決定されます。PC の内容は，通常，命令を 1 つ実行するごとにフェッチする命令のバイト数に応じて自動的にインクリメント（1 バイトに対して＋ 1）されます。しかし，分岐を伴う命令を実行する際には，次に示すようなアドレッシングにより分岐先アドレス情報が PC にセットされて分岐します（各命令についての詳細は 4. 6. 5 命令の説明を参照してください）。

(a) レラティブ・アドレッシング

次に続く命令の先頭アドレスに命令コードの 8 ビット・イミーディエト・データ（ディスプレースメント値：jdisp8）を加算した値が，プログラム・カウンタ（PC）に転送されて分岐します。ディスプレースメント値は，符号付きの 2 の補数データ（-128 ～ +127）として扱われ，ビット 7 が符号ビットとなります。つまり，レラティブ・アドレッシングでは，次に続く命令の先頭アドレスから相対的に -128 ～ +127 の範囲に分岐するということです。

BR $addr16 命令および条件付き分岐命令を実行する際に行われます。

図 4―14 レラティブ・アドレッシングの概略



(b) イミーディエト・アドレッシング

命令語中のイミーディエト・データがプログラム・カウンタ（PC）に転送され，分岐します。

CALL !addr16，BR !addr16，CALLF !addr11 命令を実行する際に行われます。

CALL !addr16，BR !addr16 命令は，全メモリ空間に分岐できます。CALLF !addr11 命令は，0800H-0FFFH の領域に分岐します。

図 4―15 CALL !addr16，BR !addr16 命令の例

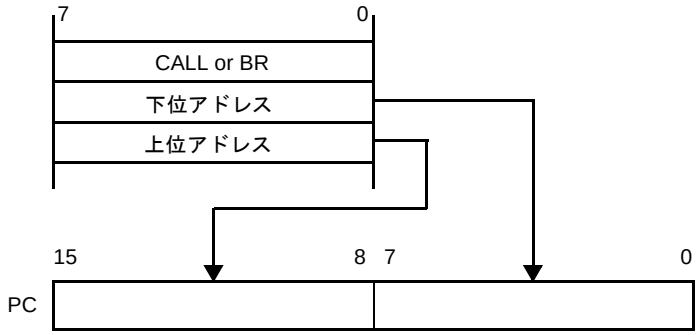
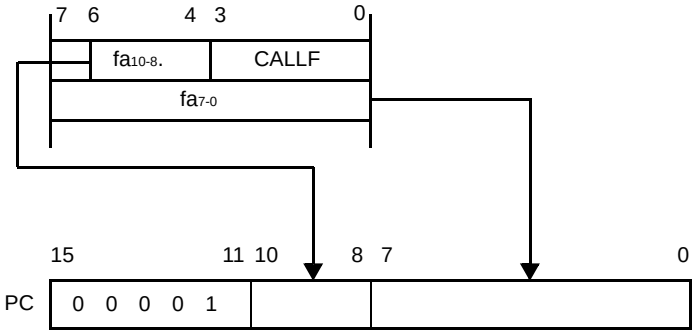


図 4―16 CALLF !addr11 命令の例

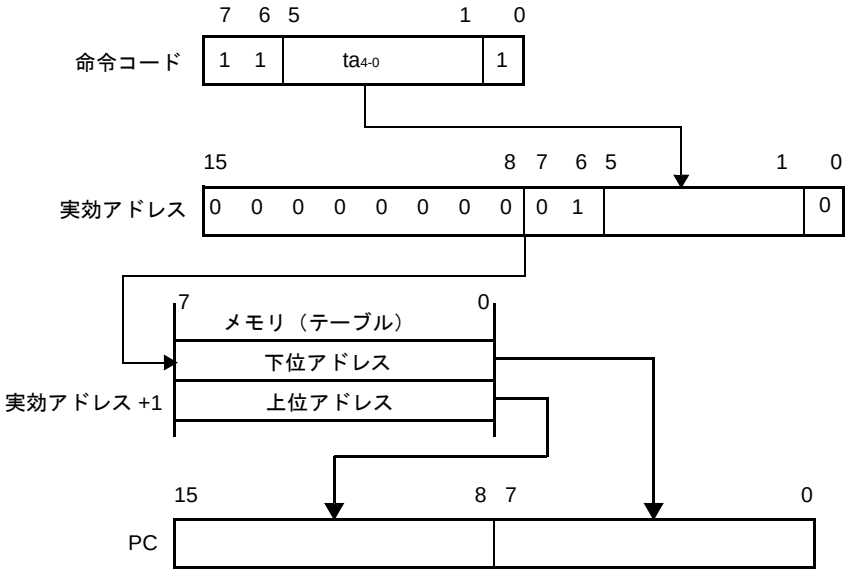


(c) テーブル・インダイレクト・アドレッシング

命令コードのビット 1 からビット 5 のイミーディエト・データによりアドレスされる特定ロケーションのテーブルの内容（分岐先アドレス）がプログラム・カウンタ（PC）に転送され，分岐します。

CALLT［addr5］命令を実行する際にテーブル・インダイレクト・アドレッシングが行われます。この命令では，40H-7FH のメモリ・テーブルに格納されたアドレスを参照し，全メモリ空間に分岐できます。

図 4―17　テーブル・インダイレクト・アドレッシングの概略

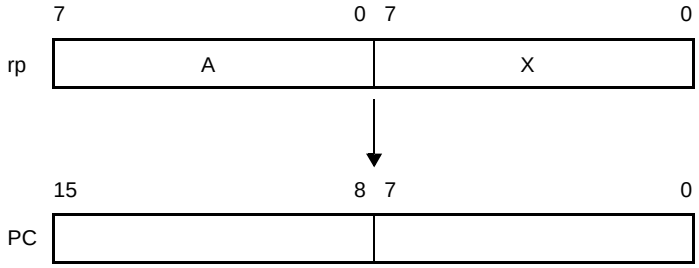


(d) レジスタ・アドレッシング

命令語によって指定されるレジスタ・ペア（AX）の内容がプログラム・カウンタ（PC）に転送され，分岐します。

BR AX 命令を実行する際に行われます。

図 4―18　レジスタ・アドレッシングの概略



(2) オペランド・アドレスのアドレッシング

命令を実行する際に操作対象となるレジスタやメモリなどを指定する方法（アドレッシング）として次に示すいくつかの方法があります。

(a) インプライド・アドレッシング

汎用レジスタの領域にあるアキュームレータ（A，AX）として機能するレジスタを自動的にアドレス指定するアドレッシングです。

78K0 マイクロコントローラの命令語中でインプライド・アドレッシングを使用する命令は次のとおりです。

命令	インプライド・アドレッシングで指定されるレジスタ
MULU	被乗数として A レジスタ，積が格納されるレジスタとして AX レジスタ
DIVUW	被除数および商を格納するレジスタとして AX レジスタ
ADJBA/ADJBS	10 進補正の対象となる数値を格納するレジスタとして A レジスタ
ROR4/ROL4	ディジット・ローテートの対象となるディジット・データを格納するレジスタとして A レジスタ

命令によって自動的に使用できるため，特定のオペランド形式を持ちません。

MULU X の場合の記述例は，8 ビット× 8 ビットの乗算命令において，A レジスタと X レジスタの積を AX に格納します。ここで，A，AX レジスタがインプライド・アドレッシングで指定されています。

（b）レジスタ・アドレッシング

オペランドとして汎用レジスタをアクセスするアドレッシングです。アクセスされる汎用レジスタは，レジスタ・バンク選択フラグ（RBS0，RBS1）および，命令コード中のレジスタ指定コード（Rn，RPn）により指定されます。

レジスタ・アドレッシングは，次に示すオペランド形式を持つ命令を実行する際に行われ，8 ビット・レジスタを指定する場合は命令コード中の 3 ビットにより 8 本中の 1 本を指定します。

オペランド形式を以下に示します。

表現形式	記述方法
r	X，A，C，B，E，D，L，H
rp	AX，BC，DE，HL

r，rp は，機能名称（X，A，C，B，E，D，L，H，AX，BC，DE，HL）のほかに絶対名称（R0-R7，RP0-RP3）で記述できます。

図 4―19 MOV A，C；r に C レジスタを選択する場合の記述例

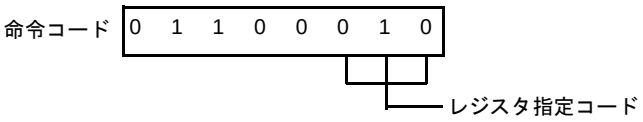
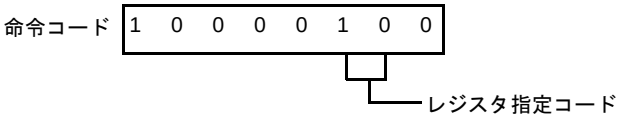


図 4―20 INCW DE；rp に DE レジスタ・ペアを選択する場合の記述例



(c) ダイレクト・アドレッシング

命令語中のイミーディエト・データが示すメモリを直接アドレスするアドレッシングです。

オペランド形式を以下に示します。

表現形式	記述方法
addr16	ラベルまたは 16 ビット・イミーディエト・データ

図 4―21　MOV A，!0FE00H；!addr16 を 0FE00H とする場合の記述例

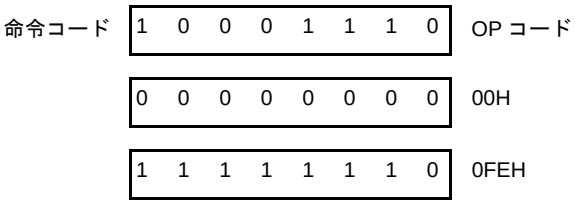
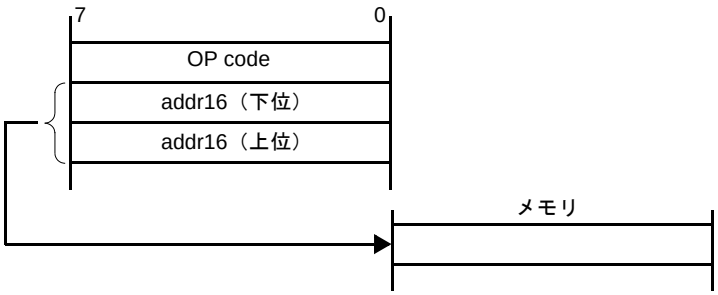


図 4―22　ダイレクト・アドレッシングの概略



(d) ショート・ダイレクト・アドレッシング

命令語中の 8 ビット・データで，固定空間の操作対象メモリを直接アドレスするアドレッシングです。

このアドレッシングが適用される固定空間とは，0FE20H-0FF1FH の 256 バイト空間です。0FE20H-0FEFFH には内部高速 RAM が，0FF00H-0FF1FH には特殊機能レジスタ（SFR）がマッピングされています。

ショート・ダイレクト・アドレッシングが適用される SFR 領域（0FF00H-0FF1FH）は，全 SFR 領域の一部分です。この領域には，プログラム上でひんぱんにアクセスされるポートや，タイマ／イベント・カウンタのコンペア・レジスタ，キャプチャ・レジスタがマッピングされており，短いバイト数，短いクロック数でこれらの SFR を操作できます。

実効アドレスのビット 8 には，8 ビット・イミーディエト・データが 20H-0FFH の場合は 0 になり，00H-1FH の場合は 1 になります。「図 4―24　ショート・ダイレクト・アドレッシングの概略」を参照してください。

オペランド形式を以下に示します。

表現形式	記述方法
saddr	ラベルまたは 0FE20H-0FF1FH のイミーディエト・データ
saddrp	ラベルまたは 0FE20H-0FF1FH のイミーディエト・データ（偶数アドレスのみ）

図 4―23　MOV 0FE30H，#50H；saddr を 0FE30H，イミーディエト・データを 50H とする場合の記述例

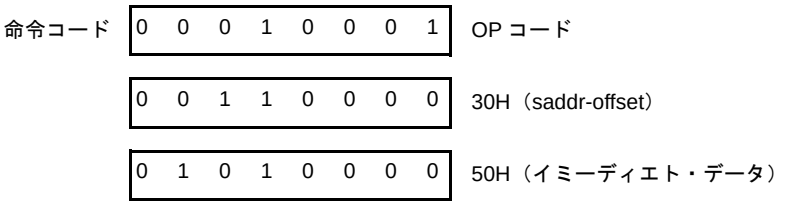
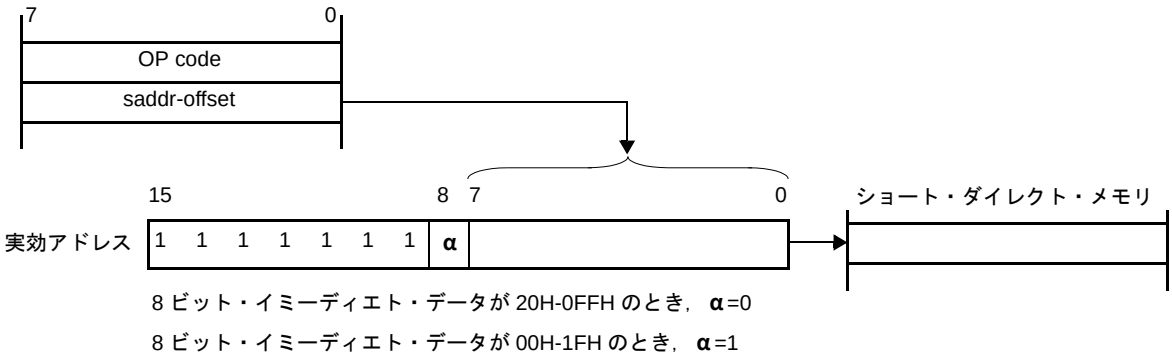


図 4―24　ショート・ダイレクト・アドレッシングの概略



（e）特殊機能レジスタ（SFR）アドレッシング

命令語中の 8 ビット・イミーディエト・データでメモリ・マッピングされている特殊機能レジスタ（SFR）をアドレスするアドレッシングです。

このアドレッシングが適用されるのは 0FF00H-0FFCFH，0FFE0H-0FFFFH の 240 バイト空間です。ただし，0FF00H-0FF1FH にマッピングされている SFR は，ショート・ダイレクト・アドレッシングでもアクセスできます。

オペランド形式を以下に示します。

表現形式	記述方法
sfr	特殊機能レジスタ名
sfrp	16 ビット操作可能な特殊機能レジスタ名（偶数アドレスのみ）

図 4―25　MOV PM0，A；sfr に PM0 を選択する場合の記述例

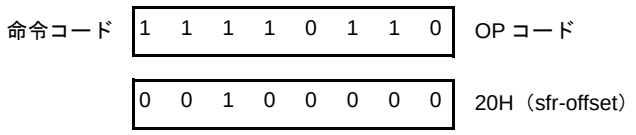
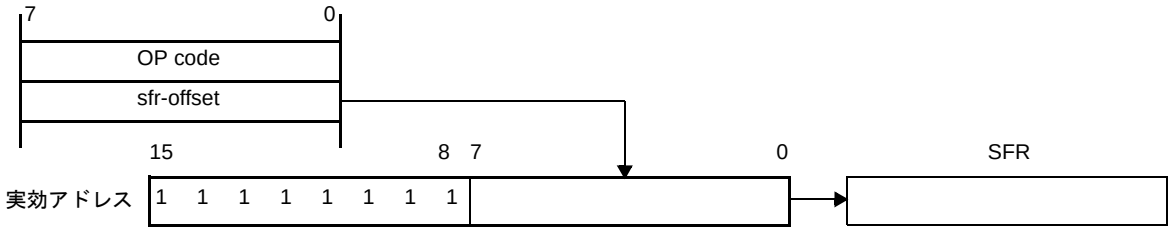


図 4―26　SFR アドレッシングの概略



(f) レジスタ・インダイレクト・アドレッシング

オペランドとして指定されるレジスタ・ペアの内容でメモリをアドレスするアドレッシングです。アクセスされるレジスタ・ペアは，レジスタ・バンク選択フラグ（RBS0，RBS1）および，命令コード中のレジスタ・ペア指定コードにより指定されます。

オペランド形式を以下に示します。

表現形式	記述方法
―	[DE]，[HL]

図 4―27　MOV A，［DE］；レジスタ・ペア［DE］を選択する場合の記述例

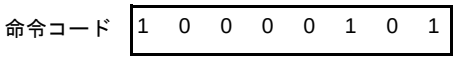
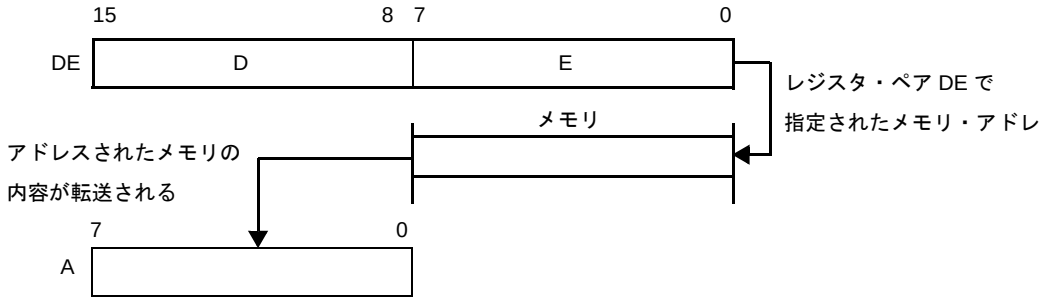


図 4―28　レジスタ・インダイレクト・アドレッシングの概略



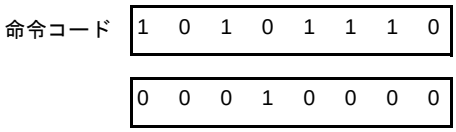
(g) ベースト・アドレッシング

HL レジスタ・ペアをベース・レジスタとし，この内容に 8 ビットのイミーディエト・データを加算した結果でメモリをアドレスするアドレッシングです。アクセスされる HL レジスタ・ペアは，レジスタ・バンク選択フラグ（RBS0，RBS1）で指定されるレジスタ・バンク中のものです。加算は，オフセット・データを正の数として 16 ビットに拡張して行います。16 ビット目からの桁上がりは無視します。すべてのメモリ空間に対してアドレッシングできます。

オペランド形式を以下に示します。

表現形式	記述方法
―	[HL ＋ byte]

図 4―29　MOV A,［HL ＋ 10H］; byte を 10H とする場合の記述例



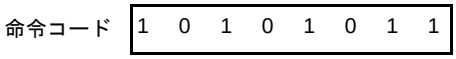
(h) ベースト・インデクスト・アドレッシング

HL レジスタ・ペアをベース・レジスタとし，この内容に命令語中で指定される B レジスタまたは C レジスタの内容を加算した結果でメモリをアドレスするアドレッシングです。アクセスされる HL，B，C レジスタは，レジスタ・バンク選択フラグ（RBS0，RBS1）で指定されるレジスタ・バンク中のレジスタです。加算は，B レジスタまたは C レジスタの内容を正の数として 16 ビットに拡張して行います。16 ビット目からの桁上がりは無視します。すべてのメモリ空間に対してアドレッシングできます。

オペランド形式を以下に示します。

表現形式	記述方法
―	[HL ＋ B]，[HL ＋ C]

図 4―30　MOV A,［HL ＋ B］の場合の記述例



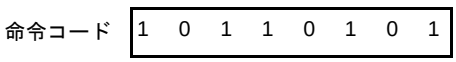
(i) スタック・アドレッシング

スタック・ポインタ（SP）の内容により，スタック領域を間接的にアドレスするアドレッシングです。

PUSH，POP，サブルーチン・コール，リターン命令の実行時および割り込み要求発生によるレジスタの退避／復帰時に自動的に用いられます。

スタック・アドレッシングは，内部高速 RAM 領域のみアクセスできます。

図 4―31　PUSH DE の場合の記述例



4. 6. 4　命令セット

この項では，78K0 マイクロコントローラの命令セットを一覧表にして示します。

78K0 マイクロコントローラ製品の命令は，すべて共通です。

(1) オペランドの表現形式と記述方法

各命令のオペランド欄には，その命令のオペランド表現形式に対する記述方法に従ってオペランドを記述しています（詳細は，アセンブラ仕様によります）。記述方法の中で複数個あるものは，それらの要素の 1 つを選択します。大文字で書かれた英字および #，!，$，[ ] の記号はキーワードであり，そのまま記述します。記号の説明は，次のとおりです。

#	イミーディエト・データ指定
!	絶対アドレス指定
$	相対アドレス指定
[ ]	間接アドレス指定

イミーディエト・データのときは，適当な数値またはラベルを記述します。ラベルで記述する際も #，!，$，[ ] 記号は必ず記述してください。

また，オペランドのレジスタの記述形式 r，rp には，機能名称（X，A，C など），絶対名称（次の表の中のカッコ内の名称，R0，R1，R2 など）のいずれの形式でも記述可能です。

表 4―25 オペランドの表現形式と記述方法

表現形式	記述方法
r	X (R0)，A (R1)，C (R2)，B (R3)，E (R4)，D (R5)，L (R6)，H (R7)
rp	AX (RP0)，BC (RP1)，DE (RP2)，HL (RP3)
sfr	特殊機能レジスタ略号**注**
sfrp	特殊機能レジスタ略号（16 ビット操作可能なレジスタの偶数アドレスのみ**注**）
saddr	0FE20H-0FF1FH：イミーディエト・データまたはラベル
saddrp	0FE20H-0FF1FH：イミーディエト・データまたはラベル（偶数アドレスのみ）
addr16	0000H-0FFFFH：イミーディエト・データまたはラベル（16 ビット・データ転送命令時は偶数アドレスのみ）
addr11	0800H-0FFFH：イミーディエト・データまたはラベル
addr5	0040H-007FH：イミーディエト・データまたはラベル（偶数アドレスのみ）
word	16 ビット・イミーディエト・データまたはラベル
byte	8 ビット・イミーディエト・データまたはラベル
bit	3 ビット・イミーディエト・データまたはラベル
RBn	RB0-RB3

注 0FFD0H-0FFDFH は，アドレスできません。

備考 特殊機能レジスタの略号は各製品のユーザーズ・マニュアルを参照してください。

(2) オペレーション欄の記号

各命令のオペレーション欄には，その命令実行時の動作を次の記号を用いて表します。

表 4―26 オペレーション欄の記号

記号	機能
A	A レジスタ：8 ビット・アキュムレータ
X	X レジスタ

記号	機能
B	B レジスタ
C	C レジスタ
D	D レジスタ
E	E レジスタ
H	H レジスタ
L	L レジスタ
AX	AX レジスタ・ペア：16 ビット・アキュムレータ
BC	BC レジスタ・ペア
DE	DE レジスタ・ペア
HL	HL レジスタ・ペア
PC	プログラム・カウンタ
SP	スタック・ポインタ
PSW	プログラム・ステータス・ワード
CY	キャリー・フラグ
AC	補助キャリー・フラグ
Z	ゼロ・フラグ
RBS	レジスタ・バンク選択フラグ
IE	割り込み要求許可フラグ
NMIS	ノンマスカブル割り込み処理中フラグ
( )	( ) 内のアドレスまたはレジスタの内容で示されるメモリの内容
XH，XL	16 ビット・レジスタの上位 8 ビット，下位 8 ビット
∧	論理積（AND）
∨	論理和（OR）
∀	排他的論理和（exclusive OR）
—	反転データ
addr16	16 ビット・イミーディエト・データ
jdisp8	符号付き 8 ビット・データ（ディスプレースメント値）

(3) フラグ欄の記号

各命令のフラグ欄には，その命令実行時のフラグの変化を下記の記号を用いて表します。

表 4―27 フラグ欄の記号

記号	フラグ変化
（ブランク）	変化なし
0	0 にクリアされる
1	1 にセットされる
×	結果にしたがってセット／リセットされる

記号	フラグ変化
R	以前に退避した値がリストアされる

（4）クロック数の説明

命令の 1 クロックはプロセッサ・クロック・コントロール・レジスタ（PCC）で選択した CPU クロック（f_{CPU}）の 1 クロック分です。

(5) アドレッシング別命令一覧

(a) 8 ビット命令

MOV，XCH，ADD，ADDC，SUB，SUBC，AND，OR，XOR，CMP，MULU，DIVUW，INC，DEC，ROR，ROL，RORC，ROLC，ROR4，ROL4，PUSH，POP，DBNZ

表 4―28 アドレッシング別命令一覧（8 ビット命令）

		第 2 オペランド												
		#byte	A	r 注	sfr	saddr	!addr16	PSW	［DE］	［HL］	［HL＋byte］ ［HL＋B］ ［HL＋C］	$addr16	1	なし
第1オペランド	A	ADD ADDC SUB SUBC AND OR XOR CMP		MOV XCH ADD ADDC SUB SUBC AND OR XOR CMP	MOV XCH	MOV XCH ADD ADDC SUB SUBC AND OR XOR CMP	MOV XCH ADD ADDC SUB SUBC AND OR XOR CMP	MOV	MOV XCH	MOV XCH ADD ADDC SUB SUBC AND OR XOR CMP	MOV XCH ADD ADDC SUB SUBC AND OR XOR CMP		ROR ROL RORC ROLC	
	r	MOV	MOV ADD ADDC SUB SUBC AND OR XOR CMP											INC DEC
	B, C											DBNZ		
	sfr	MOV	MOV											

		第 2 オペランド												
		#byte	A	r 注	sfr	saddr	!addr16	PSW	［DE］	［HL］	［HL＋byte］ ［HL＋B］ ［HL＋C］	$addr16	1	なし
	saddr	MOV ADD ADDC SUB SUBC AND OR XOR CMP	MOV									DBNZ		INC DEC
	!addr16		MOV											
	PSW	MOV	MOV											PUSH POP
	［DE］		MOV											
	［HL］		MOV											ROR4 ROL4
	［HL＋byte］ ［HL＋B］ ［HL＋C］		MOV											
	X													MULU
	C													DIVUW

注　r=A は除く。

（b）16 ビット命令

MOVW，XCHW，ADDW，SUBW，CMPW，PUSH，POP，INCW，DECW

表 4―29 アドレッシング別命令一覧（16 ビット命令）

		第 2 オペランド							
		#word	AX	rp 注	sfrp	saddrp	!addr16	SP	なし
第1オペランド	AX	ADDW SUBW CMPW		MOVW XCHW	MOVW	MOVW	MOVW	MOVW	
	rp	MOVW	MOVW 注						INCW DECW PUSH POP
	sfrp	MOVW	MOVW						
	saddrp	MOVW	MOVW						
	!addr16		MOVW						
	SP	MOVW	MOVW						

注 rp = BC，DE，HL のときのみ。

（c）ビット操作命令

MOV1，AND1，OR1，XOR1，SET1，CLR1，NOT1，BT，BF，BTCLR

表 4―30　アドレッシング別命令一覧（ビット操作命令）

		第 2 オペランド							
		A.bit	sfr.bit	saddr.bit	PSW.bit	［HL］.bit	CY	$addr16	なし
第1オペランド	A.bit						MOV1	BT BF BTCLR	SET1 CLR1
	sfr.bit						MOV1	BT BF BTCLR	SET1 CLR1
	saddr.bit						MOV1	BT BF BTCLR	SET1 CLR1
	PSW.bit						MOV1	BT BF BTCLR	SET1 CLR1
	［HL］.bit						MOV1	BT BF BTCLR	SET1 CLR1
	CY	MOV1 AND1 OR1 XOR1	MOV1 AND1 OR1 XOR1	MOV1 AND1 OR1 XOR1	MOV1 AND1 OR1 XOR1	MOV1 AND1 OR1 XOR1			SET1 CLR1 NOT1

（d）コール命令／分岐命令

CALL，CALLF，CALLT，BR，BC，BNC，BZ，BNZ，BT，BF，BTCLR，DBNZ

表 4―31　アドレッシング別命令一覧（コール命令／分岐命令）

		第 2 オペランド				
		AX	!addr16	!addr11	［addr5］	$addr16
第1オペランド	基本命令	BR	CALL BR	CALLF	CALLT	BR BC BNC BZ BNZ
	複合命令					BT BF BTCLR DBNZ

(e) その他の命令

ADJBA，ADJBS，BRK，RET，RETI，RETB，SEL，NOP，EI，DI，HALT，STOP

4.6.5 命令の説明

ここでは，78K0 マイクロコントローラ製品の命令を説明します。各命令は，ニモニック単位で，複数のオペランドをまとめて説明します。

表 4―32 アセンブリ言語命令一覧

機能	命令
8 ビット・データ転送命令	MOV，XCH
16 ビット・データ転送命令	MOVW，XCHW
8 ビット演算命令	ADD，ADDC，SUB，SUBC，AND，OR，XOR，CMP
16 ビット演算命令	ADDW，SUBW，CMPW
乗除算命令	MULU，DIVUW
増減命令	INC，DEC，INCW，DECW
ローテート命令	ROR，ROL，RORC，ROLC，ROR4，ROL4
BCD 補正命令	ADJBA，ADJBS
ビット操作命令	MOV1，AND1，OR1，XOR1，SET1，CLR1，NOT1
コール・リターン命令	CALL，CALLF，CALLT，BRK，RET，RETI，RETB
スタック操作命令	PUSH，POP，MOVW
無条件分岐命令	BR
条件付き分岐命令	BC，BNC，BZ，BNZ，BT，BF，BTCLR，DBNZ
CPU 制御命令	SEL，NOP，EI，DI，HALT，STOP

個々の命令について，次の内容を説明します。

なお，命令のバイト数は各製品のユーザーズ・マニュアルを参照してください。

78K0 マイクロコントローラ製品の命令は，すべて共通です。

[命令形式]

命令の基本記述形式を示します。

[オペレーション]

命令のオペレーションを略号を用いて示します。

[オペランド]

この命令で指定できるオペランドを示します。各オペランドの略号の説明は，「(2) オペレーション欄の記号」を参照してください。

［フラグ］

命令実行により変化するフラグの動作を示します。

各フラグの動作記号を凡例に示します。

記号	解説
ブランク	変化なし
0	0にクリアされる
1	1にセットされる
×	結果に従ってセットまたはクリアされる
R	以前に退避した値がリストアされる

［説明］

命令のオペレーションの詳細を解説します。

［記述例］

命令の記述例を示します。

(1) 8 ビット・データ転送命令

8 ビット・データ転送命令には，次の命令があります。

命令	概要
MOV	バイト・データの転送
XCH	バイト・データの交換

MOV

バイト・データの転送を行います。

［命令形式］

MOV dst, src

［オペレーション］

dst ← src

［オペランド］

オペランド（dst, src）
r, #byte
saddr, #byte
sfr, #byte
!addr16, #byte
A, r 注
r, A 注
A, saddr
saddr, A
A, sfr
sfr, A
A, !addr16
!addr16, A
PSW, #byte
A, PSW
PSW, A
A, [DE]
[DE], A
A, [HL]
[HL], A
A, [HL + byte]
[HL + byte], A
A, [HL + B]
[HL + B], A
A, [HL + C]

オペランド（dst, src）
[HL + C], A

注 r = A を除く。

［フラグ］

（1）PSW, #byte と PSW, A のオペランドの場合

Z	AC	CY
×	×	×

× ：結果にしたがってセット／リセットされる

（2）上記以外

Z	AC	CY

空欄 ：変化なし

［説明］

- 第 1 オペランドで指定されるデスティネーション・オペランド（dst）に，第 2 オペランドで指定されるソース・オペランド（src）の内容を転送します。
- MOV PSW, #byte 命令，MOV PSW, A 命令と次に続く命令の間では，すべての割り込みを受け付けません。

［記述例］

```
MOV     A, #4DH         ; (1)
```

（1）A レジスタに 4DH を転送します。

XCH

バイト・データの交換を行います。

[命令形式]

XCH dst, src

[オペレーション]

dst ←→ src

[オペランド]

オペランド（dst, src）
A, r 注
A, saddr
A, sfr
A, !addr16
A, [DE]
A, [HL]
A, [HL + byte]
A, [HL + B]
A, [HL + C]

注 r = A を除く。

[フラグ]

Z	AC	CY

空欄 ： 変化なし

[説明]

- 第 1 オペランドと第 2 オペランドの内容を交換します。

[記述例]

```
XCH     A, 0FEBCH       ; (1)
```

(1) A レジスタの内容と 0FEBCH 番地の内容を交換します。

（2）16 ビット・データ転送命令

16 ビット・データ転送命令には，次の命令があります。

命令	概要
MOVW	ワード・データの転送
XCHW	ワード・データの交換

MOVW

ワード・データの転送を行います。

[命令形式]

MOVW dst, src

[オペレーション]

dst ← src

[オペランド]

オペランド（dst, src）
rp, #word
saddrp, #word
sfrp, #word
AX, saddrp
saddrp, AX
AX, sfrp
sfrp, AX
AX, rp 注
rp, AX 注
AX, !addr16
!addr16, AX

注 rp = BC，DE，HL のときのみ。

[フラグ]

Z	AC	CY

空欄 ： 変化なし

[説明]

- 第 1 オペランドで指定されるデスティネーション・オペランド（dst）に，第 2 オペランドで指定されるソース・オペランド（src）の内容を転送します。

［記述例］

```
MOVW    AX, HL          ;  (1)
```

(1) HL レジスタの内容を AX レジスタに転送します。

［注意］

- 偶数アドレスのみ指定できます。奇数アドレスは指定できません。

XCHW

ワード・データの交換を行います。

[命令形式]

XCHW dst, src

[オペレーション]

dst ←→ src

[オペランド]

オペランド（dst, src）
AX, rp 注

注 rp = BC，DE，HL のときのみ。

[フラグ]

Z	AC	CY

空欄 ： 変化なし

[説明]

- 第 1 オペランドと第 2 オペランドの内容を交換します。

[記述例]

```
XCHW    AX, BC          ; (1)
```

(1) AX レジスタと BC レジスタの内容を交換します。

(3) 8 ビット演算命令

8 ビット演算命令には，次の命令があります。

命令	概要
ADD	バイト・データの加算
ADDC	キャリーを含むバイト・データの加算
SUB	バイト・データの減算
SUBC	キャリーを含むバイト・データの減算
AND	バイト・データの論理積
OR	バイト・データの論理和
XOR	バイト・データの排他的論理和
CMP	バイト・データの比較

ADD

バイト・データの加算を行います。

[命令形式]

ADD dst, src

[オペレーション]

dst, CY ← dst + src

[オペランド]

オペランド（dst, src）
A, #byte
saddr, #byte
A, r 注
r, A
A, saddr
A, !addr16
A, [HL]
A, [HL + byte]
A, [HL + B]
A, [HL + C]

注　r = A を除く。

[フラグ]

Z	AC	CY
×	×	×

×　：結果にしたがってセット／リセットされる

［説明］

- 第 1 オペランドで指定されるデスティネーション・オペランド（dst）と第 2 オペランドで指定されるソース・オペランド（src）を加算し，その結果を CY フラグとデスティネーション・オペランド（dst）に格納します。
- 加算の結果，dst が 0 になった場合，Z フラグがセット（1），その他の場合は Z フラグはクリア（0）されます。
- 加算の結果，ビット 7 からのキャリーが発生した場合は，CY フラグはセット（1），その他の場合は CY フラグはクリア（0）されます。
- 加算の結果，ビット 3 からビット 4 へのキャリーが発生した場合は，AC フラグはセット（1），その他の場合は AC フラグはクリア（0）されます。

［記述例］

```
ADD     CR10, #56H      ; (1)
```

（1）CR10 レジスタに 56H を加算し，結果を CR10 レジスタに格納します。

ADDC

キャリーを含むバイト・データの加算を行います。

[命令形式]

ADDC dst, src

[オペレーション]

dst, CY ← dst + src + CY

[オペランド]

オペランド（dst, src）
A, #byte
saddr, #byte
A, r 注
r, A
A, saddr
A, !addr16
A, [HL]
A, [HL + byte]
A, [HL + B]
A, [HL + C]

注　r = A を除く。

[フラグ]

Z	AC	CY
×	×	×

×　：結果にしたがってセット／リセットされる

［説明］

- 第 1 オペランドで指定されるデスティネーション・オペランド（dst）と第 2 オペランドで指定されるソース・オペランド（src）と CY フラグを加算して，結果をデスティネーション・オペランド（dst）と CY フラグに格納します。
  CY フラグは最下位ビットへ加算されます。
  この命令は，おもに複数バイトの加算を行うときに使用します。
- 加算の結果，dst が 0 になった場合，Z フラグがセット（1），その他の場合は Z フラグはクリア（0）されます。
- 加算の結果，ビット 7 からのキャリーが発生した場合は，CY フラグはセット（1），その他の場合は CY フラグはクリア（0）されます。
- 加算の結果，ビット 3 からビット 4 へのキャリーが発生した場合は，AC フラグはセット（1），その他の場合は AC フラグはクリア（0）されます。

［記述例］

```
ADDC    A, [HL + B]     ; (1)
```

(1) A レジスタと（HL レジスタ +（B レジスタ））番地の内容と CY フラグを加算し，結果を A レジスタに格納します。

SUB

バイト・データの減算を行います。

[命令形式]

SUB dst, src

[オペレーション]

dst, CY ← dst - src

[オペランド]

オペランド（dst, src）
A, #byte
saddr, #byte
A, r 注
r, A
A, saddr
A, !addr16
A, [HL]
A, [HL + byte]
A, [HL + B]
A, [HL + C]

注　r = A を除く。

[フラグ]

Z	AC	CY
×	×	×

×　：結果にしたがってセット／リセットされる

［説明］

- 第 1 オペランドで指定されるデスティネーション・オペランド（dst）から第 2 オペランドで指定されるソース・オペランド（src）を減算し，結果をデスティネーション・オペランド（dst）と CY フラグに格納します。
  ソース・オペランド（src）とデスティネーション・オペランド（dst）を同一のものとすることにより，デスティネーション・オペランドの 0 クリアが可能です。
- 減算の結果，dst が 0 なら，Z フラグはセット（1），その他の場合は Z フラグはクリア（0）されます。
- 減算の結果，ビット 7 でボローが発生した場合，CY フラグはセット（1），その他の場合はクリア（0）されます。
- 減算の結果，ビット 4 からビット 3 へのボローが発生した場合，AC フラグはセット（1），その他の場合はクリア（0）されます。

［記述例］

```
SUB     D, A            ; (1)
```

(1) D レジスタから A レジスタを減算し，結果を D レジスタに格納します。

SUBC

キャリーを含むバイト・データの減算を行います。

[命令形式]

SUBC dst, src

[オペレーション]

dst, CY ← dst - src - CY

[オペランド]

オペランド（dst, src）
A, #byte
saddr, #byte
A, r 注
r, A
A, saddr
A, !addr16
A, [HL]
A, [HL + byte]
A, [HL + B]
A, [HL + C]

注　r = A を除く。

[フラグ]

Z	AC	CY
×	×	×

×　：結果にしたがってセット／リセットされる

［説明］

- 第 1 オペランドで指定されるデスティネーション・オペランド（dst）から第 2 オペランドで指定されるソース・オペランド（src）と CY フラグを減算し，結果をデスティネーション・オペランド（dst）に格納します。
  CY フラグは最下位ビットから減算します。
  この命令は，主として複数バイトの減算を行うときに使用します。
- 減算の結果，dst が 0 なら，Z フラグはセット（1），その他の場合は Z フラグはクリア（0）されます。
- 減算の結果，ビット 7 でボローが発生した場合，CY フラグはセット（1），その他の場合はクリア（0）されます。
- 減算の結果，ビット 4 からビット 3 へのボローが発生した場合，AC フラグはセット（1），その他の場合はクリア（0）されます。

［記述例］

```
SUBC    A, [HL]          ; (1)
```

(1) A レジスタから（HL レジスタ）番地の内容と CY フラグを減算し，結果を A レジスタに格納します。

AND

バイト・データの論理積を行います。

[命令形式]

AND dst, src

[オペレーション]

dst ← dst ∧ src

[オペランド]

オペランド（dst, src）
A, #byte
saddr, #byte
A, r 注
r, A
A, saddr
A, !addr16
A, [HL]
A, [HL + byte]
A, [HL + B]
A, [HL + C]

注　r = A を除く。

[フラグ]

Z	AC	CY
×		

空欄　：変化なし

×　　：結果にしたがってセット／リセットされる

［説明］

- 第 1 オペランドで指定されるデスティネーション・オペランド（dst）と第 2 オペランドで指定されるソース・オペランド（src）のビットごとの論理積をとり，結果をデスティネーション・オペランド（dst）に格納します。
- 論理積をとった結果，全ビットが 0 であれば Z フラグはセット（1），その他の場合は，Z フラグはクリア（0）されます。

［記述例］

```
AND     0FEBAH, #11011100B      ; (1)
```

（1）0FEBAH の内容と 11011100B のビットごとの論理積をとり，結果を 0FEBAH に格納します。

OR

バイト・データの論理和を行います。

[命令形式]

OR dst, src

[オペレーション]

dst ← dst ∨ src

[オペランド]

オペランド（dst, src）
A, #byte
saddr, #byte
A, r 注
r, A
A, saddr
A, !addr16
A, [HL]
A, [HL + byte]
A, [HL + B]
A, [HL + C]

注 r = A を除く。

[フラグ]

Z	AC	CY
×		

空欄 ： 変化なし

× ： 結果にしたがってセット／リセットされる

［説明］

- 第 1 オペランドで指定されるデスティネーション・オペランド（dst）と第 2 オペランドで指定されるソース・オペランド（src）のビットごとの論理和をとり，結果をデスティネーション・オペランド（dst）に格納します。
- 論理和をとった結果，全ビットが 0 であれば Z フラグはセット（1），その他の場合は，Z フラグはクリア（0）されます。

［記述例］

```
OR      A, 0FE98H       ;  (1)
```

（1）A レジスタと 0FE98H のビットごとの論理和をとり，結果を A レジスタに格納します。

XOR

バイト・データの排他的論理和を行います。

[命令形式]

XOR dst, src

[オペレーション]

dst ← dst ∀ src

[オペランド]

オペランド（dst, src）
A, #byte
saddr, #byte
A, r 注
r, A
A, saddr
A, !addr16
A, [HL]
A, [HL + byte]
A, [HL + B]
A, [HL + C]

注　r = A を除く。

[フラグ]

Z	AC	CY
×		

空欄　：変化なし

×　　：結果にしたがってセット／リセットされる

［説明］

- 第 1 オペランドで指定されるデスティネーション・オペランド（dst）と第 2 オペランドで指定されるソース・オペランド（src）のビットごとの排他的論理和をとり，結果をデスティネーション・オペランド（dst）に格納します。
  この命令でソース・オペランド（src）に #0FFH を選択することにより，デスティネーション・オペランド（dst）の全ビットの論理否定がとれます。
- 排他的論理和の結果，全ビットが 0 であれば Z フラグはセット（1），その他の場合はクリア（0）されます。

［記述例］

```
XOR     A, L            ;  (1)
```

(1) A レジスタと L レジスタのビットごとの排他的論理和をとり，結果を A レジスタに格納します。

CMP

バイト・データの比較を行います。

[命令形式]

CMP dst, src

[オペレーション]

dst - src

[オペランド]

オペランド（dst, src）
A, #byte
saddr, #byte
A, r 注
r, A
A, saddr
A, !addr16
A, [HL]
A, [HL + byte]
A, [HL + B]
A, [HL + C]

注　r = A を除く。

[フラグ]

Z	AC	CY
×	×	×

×　：結果にしたがってセット／リセットされる

［説明］

- 第 1 オペランドで指定されるデスティネーション・オペランド（dst）から第 2 オペランドで指定されるソース・オペランド（src）を減算します。
  減算の結果はどこへも格納せずに Z，AC，CY の各フラグだけを変化させます。
- 減算の結果，0 なら Z フラグはセット（1），その他の場合は Z フラグはクリア（0）されます。
- 減算の結果，ビット 7 でボローが発生した場合，CY フラグはセット（1），その他の場合はクリア（0）されます。
- 減算の結果，ビット 4 からビット 3 へのボローが発生した場合，AC フラグはセット（1），その他の場合はクリア（0）されます。

［記述例］

```
CMP     0FE38H, #38H            ; (1)
```

（1）0FE38H 番地の内容から 38H を減算し，フラグだけを変化させます。
（0FE38H 番地の内容とイミーディエト・データの比較）

（4）16 ビット演算命令

16 ビット演算命令には，次の命令があります。

命令	概要
ADDW	ワード・データの加算
SUBW	ワード・データの減算
CMPW	ワード・データの比較

ADDW

ワード・データの加算を行います。

[命令形式]

ADDW dst, src

[オペレーション]

dst, CY ← dst + src

[オペランド]

オペランド（dst, src）
AX, #word

[フラグ]

Z	AC	CY
×	×	×

× ： 結果にしたがってセット／リセットされる

[説明]

- 第 1 オペランドで指定されるデスティネーション・オペランド（dst）と第 2 オペランドで指定されるソース・オペランド（src）の加算を行い，結果をデスティネーション・オペランド（dst）に格納します。
- 加算の結果，dst が 0 になった場合，Z フラグがセット（1），その他の場合は Z フラグはクリア（0）されます。
- 加算の結果，ビット 15 からのキャリーが発生した場合は，CY フラグはセット（1），その他の場合は CY フラグはクリア（0）されます。
- 加算の結果，AC フラグは不定となります。

[記述例]

```
ADDW    AX, #ABCDH      ; (1)
```

(1) AX レジスタと ABCDH を加算し，結果を AX レジスタに格納します。

SUBW

ワード・データの減算を行います。

[命令形式]

SUBW dst, src

[オペレーション]

dst, CY ← dst - src

[オペランド]

オペランド（dst, src）
AX, #word

[フラグ]

Z	AC	CY
×	×	×

× : 結果にしたがってセット／リセットされる

[説明]

- 第 1 オペランドで指定されるデスティネーション・オペランド（dst）から第 2 オペランドで指定されるソース・オペランド（src）を減算し，結果をデスティネーション・オペランド（dst）と CY フラグに格納します。
  ソース・オペランド（src）とデスティネーション・オペランド（dst）を同一のものとすることにより，デスティネーション・オペランドの 0 クリアが可能です。
- 減算の結果，dst が 0 なら Z フラグはセット（1），その他の場合は Z フラグはクリア（0）されます。
- 減算の結果，ビット 15 でボローが発生した場合，CY フラグはセット（1），その他の場合はクリア（0）されます。
- 減算の結果，AC フラグは不定となります。

[記述例]

```
SUBW    AX, #ABCDH      ; (1)
```

(1) AX レジスタの内容から ABCDH を減算し，結果を AX レジスタに格納します。

CMPW

ワード・データの比較を行います。

[命令形式]

CMPW dst, src

[オペレーション]

dst - src

[オペランド]

オペランド（dst, src）
AX, #word

[フラグ]

Z	AC	CY
×	×	×

× : 結果にしたがってセット／リセットされる

[説明]

- 第 1 オペランドで指定されるデスティネーション・オペランド（dst）から第 2 オペランドで指定されるソース・オペランド（src）を減算します。
  減算の結果はどこへも格納せずに Z，AC，CY の各フラグだけを変化させます。
- 減算の結果，0 なら Z フラグはセット（1），その他の場合は Z フラグはクリア（0）されます。
- 減算の結果，ビット 15 でボローが発生した場合，CY フラグはセット（1），その他の場合はクリア（0）されます。
- 減算の結果，AC フラグは不定となります。

[記述例]

```
CMPW    AX, #ABCDH              ; (1)
```

(1) AX レジスタから ABCDH を減算し，フラグだけを変化させます。
（AX レジスタとイミーディエト・データとの比較）

（5）乗除算命令

乗除算命令には，次の命令があります。

命令	概要
MULU	データの符号なし乗算
DIVUW	ワード・データの符号なし除算

MULU

データの符号なし乗算を行います。

[命令形式]

MULU src

[オペレーション]

AX ← A × src

[オペランド]

オペランド（src）
X

[フラグ]

Z	AC	CY

空欄 ： 変化なし

[説明]

- A レジスタの内容とソース・オペランド（src）のデータを符号なしのデータとして乗算し，結果を AX レジスタに格納します。

[記述例]

```
MULU    X       ; (1)
```

(1) A レジスタの内容と X レジスタの内容を乗算し，結果を AX レジスタに格納します。

DIVUW

ワード・データの符号なし除算を行います。

[命令形式]

DIVUW dst

[オペレーション]

AX（商），dst（余り）← AX ÷ dst

[オペランド]

オペランド（src）
C

[フラグ]

Z	AC	CY

空欄 ： 変化なし

[説明]

- AX レジスタの内容をデスティネーション・オペランド（dst）の内容で除算し，商を AX レジスタに，余りをデスティネーション・オペランド（dst）へ格納します。
  除算は AX レジスタおよびデスティネーション・オペランド（dst）の内容を符号なしのデータとして行われます。
  ただし，デスティネーション・オペランド（dst）が 0 のときは，C レジスタには X レジスタの内容が格納され，AX=0FFFFH となります。

[記述例]

```
DIVUW   C       ; (1)
```

(1) AX レジスタの内容を C レジスタの内容で除算し，商を AX レジスタへ，余りを C レジスタへ格納します。

（6）増減命令

増減命令には，次の命令があります。

命令	概要
INC	バイト・データのインクリメント
DEC	バイト・データのデクリメント
INCW	ワード・データのインクリメント
DECW	ワード・データのデクリメント

INC

バイト・データのインクリメントを行います。

[命令形式]

INC dst

[オペレーション]

dst ← dst + 1

[オペランド]

オペランド（src）
r
saddr

[フラグ]

Z	AC	CY
×	×	

空欄 ： 変化なし
× ： 結果にしたがってセット／リセットされる

[説明]

- デスティネーション・オペランド（dst）の内容を 1 だけインクリメントします。
- インクリメントした結果が 0 になれば Z フラグはセット（1），その他の場合はクリア（0）されます。
- インクリメントした結果，ビット 3 からビット 4 へのキャリーがあれば，AC フラグはセット（1），その他の場合はクリア（0）されます。
- 繰り返し処理のカウンタやインデクスト・アドレッシングのオフセット・レジスタのインクリメントに使用することが多いため，CY フラグの内容は変化させません（複数バイトの演算時に，CY フラグの内容を保持させるため）。

［記述例］

```
INC     B               ; (1)
```

(1) B レジスタをインクリメントします。

DEC

バイト・データのデクリメントを行います。

[命令形式]

DEC dst

[オペレーション]

dst ← dst - 1

[オペランド]

オペランド（src）
r
saddr

[フラグ]

Z	AC	CY
×	×	

空欄 ： 変化なし
× ： 結果にしたがってセット／リセットされる

[説明]

- デスティネーション・オペランド（dst）の内容を 1 だけデクリメントします。
- デクリメントした結果が 0 であれば，Z フラグはセット（1），その他の場合はクリア（0）されます。
- デクリメントした結果がビット 4 からビット 3 へのキャリーがあれば，AC フラグはセット（1），その他の場合はクリア（0）されます。
- 繰り返し処理のカウンタやインデクスト・アドレッシング時のオフセット用レジスタのデクリメントに使用することが多いため，CY フラグの内容は変化させません（複数バイトの演算時に CY フラグを保持させるため）。
- dst が B レジスタ，C レジスタ，または saddr の場合で AC，CY の各フラグを変化させたくない場合，DBNZ 命令を使用できます。

［記述例］

```
DEC     0FE92H          ;  (1)
```

（1）0FE92H 番地の内容をデクリメントします。

INCW

ワード・データのインクリメントを行います。

[命令形式]

INCW dst

[オペレーション]

dst ← dst + 1

[オペランド]

オペランド（src）
rp

[フラグ]

Z	AC	CY

空欄 ： 変化なし

[説明]

- デスティネーション・オペランド（dst）の内容を 1 だけインクリメントします。
- レジスタを使用するアドレッシングで，使用するレジスタ（ポインタ）のインクリメントに使用することが多いため，Z，AC，CY の各フラグを変化させません。

[記述例]

```
INCW    HL              ; (1)
```

(1) HL レジスタをインクリメントします。

DECW

ワード・データのデクリメントを行います。

[命令形式]

DECW dst

[オペレーション]

dst ← dst - 1

[オペランド]

オペランド（src）
rp

[フラグ]

Z	AC	CY

空欄　：変化なし

[説明]

- デスティネーション・オペランド（dst）の内容を 1 だけデクリメントします。
- レジスタを使用するアドレッシングで，使用するレジスタ（ポインタ）のデクリメントに使用することが多いため，Z，AC，CY の各フラグを変化させません。

[記述例]

```
DECW    DE              ; (1)
```

(1) DE レジスタをデクリメントします。

(7) ローテート命令

ローテート命令には，次の命令があります。

命令	概要
ROR	バイト・データの右方向のローテート
ROL	バイト・データの左方向のローテート
RORC	キャリーを含むバイト・データの右方向のローテート
ROLC	キャリーを含むバイト・データの左方向のローテート
ROR4	右方向のディジット・ローテート
ROL4	左方向のディジット・ローテート

ROR

バイト・データの右方向のローテートを行います。

[命令形式]

ROR dst, cnt

[オペレーション]

(CY, dst_7 ← dst_0, dst_{m-1} ← dst_m) × 1 回

[オペランド]

オペランド（dst, cnt）
A, 1

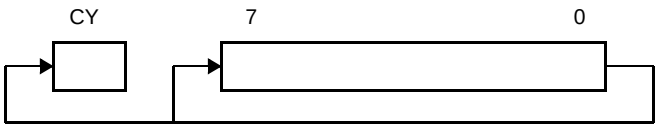
[フラグ]

Z	AC	CY
		×

空欄 ： 変化なし
× ： 結果にしたがってセット／リセットされる

[説明]

- 第 1 オペランドで指定されるデスティネーション・オペランド（dst）の内容を 1 回だけ右方向へ回転させます。
- LSB（ビット 0）の内容は，MSB（ビット 7）へ回転されると同時に CY フラグへも転送されます。



[記述例]

```
ROR     A, 1            ; (1)
```

(1) A レジスタの内容を右へ 1 ビット回転します。

ROL

バイト・データの左方向のローテートを行います。

[命令形式]

ROL dst, cnt

[オペレーション]

(CY, dst_0 ← dst_7, dst_{m+1} ← dst_m) × 1 回

[オペランド]

オペランド（dst, cnt）
A, 1

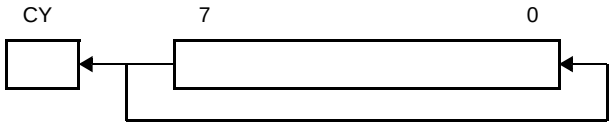
[フラグ]

Z	AC	CY
		×

空欄 ： 変化なし
× ： 結果にしたがってセット／リセットされる

[説明]

- 第 1 オペランドで指定されるデスティネーション・オペランド（dst）の内容を 1 回だけ左方向へ回転させます。
- MSB（ビット 7）の内容は，LSB（ビット 0）へ回転されると同時に CY フラグへも転送されます。



[記述例]

```
ROL     A, 1            ; (1)
```

(1) A レジスタの内容を左へ 1 ビット回転します。

RORC

キャリーを含むバイト・データの右方向のローテートを行います。

[命令形式]

RORC dst, cnt

[オペレーション]

(CY ← dst_0, dst_7 ← CY, dst_{m-1} ← dst_m) × 1 回

[オペランド]

オペランド（dst, cnt）
A, 1

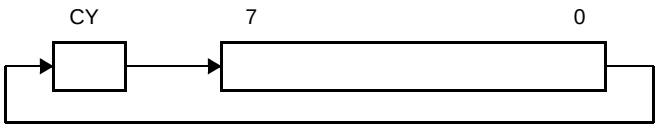
[フラグ]

Z	AC	CY
		×

空欄 ： 変化なし
× ： 結果にしたがってセット／リセットされる

[説明]

- 第 1 オペランドで指定されるデスティネーション・オペランド（dst）の内容を CY フラグを含め，1 回だけ右へ回転させます。



[記述例]

```
RORC    A, 1            ; (1)
```

(1) A レジスタの内容を CY フラグを含めて 1 ビット右方向へ回転します。

ROLC

キャリーを含むバイト・データの左方向のローテートを行います。

[命令形式]

ROLC dst, cnt

[オペレーション]

(CY ← dst_7, dst_0 ← CY, dst_{m+1} ← dst_m) × 1 回

[オペランド]

オペランド（dst, cnt）
A, 1

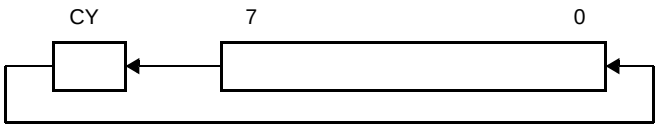
[フラグ]

Z	AC	CY
		×

空欄 ： 変化なし
× ： 結果にしたがってセット／リセットされる

[説明]

- 第 1 オペランドで指定されるデスティネーション・オペランド（dst）の内容を CY フラグを含め，1 回だけ左へ回転させます。



[記述例]

```
ROLC    A, 1            ; (1)
```

(1) A レジスタの内容を CY フラグを含めて 1 ビット左方向へ回転します。

ROR4

右方向のディジット・ローテートを行います。

[命令形式]

ROR4 dst

[オペレーション]

$A_{3-0} \leftarrow (dst)_{3-0}$, $(dst)_{7-4} \leftarrow A_{3-0}$,$(dst)_{3-0} \leftarrow (dst)_{7-4}$

[オペランド]

オペランド（dst）
[HL] 注

注 オペランド［HL］は，SFR 領域以外を対象としています。

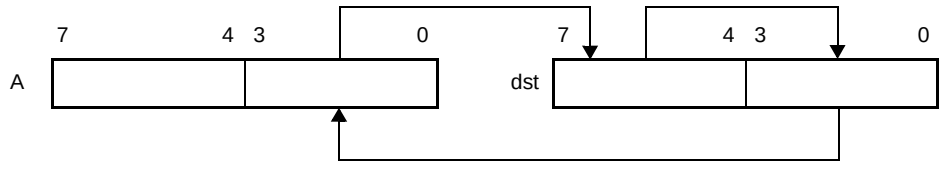
[フラグ]

Z	AC	CY

空欄 ： 変化なし

[説明]

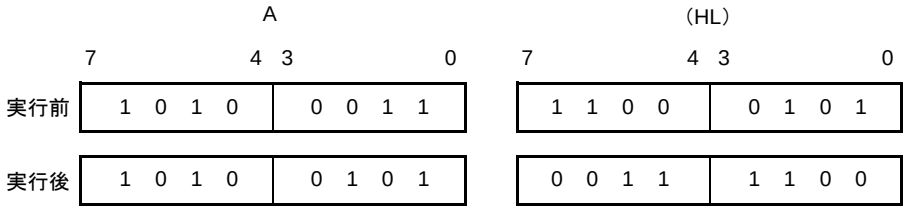
- A レジスタの下位 4 ビットとデスティネーション・オペランド（dst）の 2 桁のディジット・データ（4 ビット・データ）を右方向へ回転させます。
  A レジスタの上位 4 ビットは変化しません。



［記述例］

```
ROR4    [HL]            ;  (1)
```

(1) A レジスタと HL レジスタで指定されるメモリの内容で右方向へディジット・ローテートします。



ROL4

左方向のディジット・ローテートを行います。

[命令形式]

ROL4 dst

[オペレーション]

$A_{3-0} \leftarrow (dst)_{7-4}$, $(dst)_{3-0} \leftarrow A_{3-0}$,$(dst)_{7-4} \leftarrow (dst)_{3-0}$

[オペランド]

オペランド（dst）
[HL] 注

注 オペランド［HL］は，SFR 領域以外を対象としています。

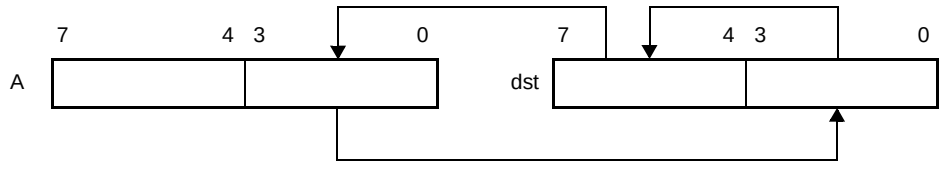
[フラグ]

Z	AC	CY

空欄 ： 変化なし

[説明]

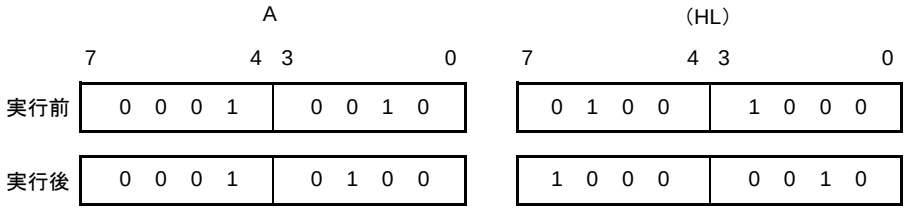
- A レジスタの下位 4 ビットとデスティネーション・オペランド（dst）の 2 桁のディジット・データ（4 ビット・データ）を左方向へ回転させます。
  A レジスタの上位 4 ビットは変化しません。



［記述例］

```
ROL4    [HL]            ;  (1)
```

(1) A レジスタと HL レジスタで指定されるメモリの内容で左方向へディジット・ローテートします。



（8）BCD 補正命令

BCD 補正命令には，次の命令があります。

命令	概要
ADJBA	加算結果の 10 進補正
ADJBS	減算結果の 10 進補正

ADJBA

加算結果の 10 進補正を行います。

[命令形式]

ADJBA

[オペレーション]

Decimal Adjust Accumulator for Addition

[オペランド]

なし

[フラグ]

Z	AC	CY
×	×	×

× : 結果にしたがってセット／リセットされる

[説明]

- A レジスタと CY フラグ，AC フラグの内容から，A レジスタと CY フラグ，AC フラグを 10 進補正します。この命令は，BCD（2 進化 10 進数）形式のデータを加算したのちに，加算結果が A レジスタに格納されている場合のみ，意味のある動作をします（その他の場合は，無意味な動作をします）。補正の方法は下表のとおりです。
- 補正の結果，A レジスタの内容が 0 になると Z フラグがセット（1），その他の場合は，クリア（0）されます。

条件		オペレーション
$A_{3-0} \leqq 9$ AC = 0	$A_{7-4} \leqq 9$ and CY = 0	A ← A，CY ← 0，AC ← 0
	$A_{7-4} \geqq 10$ or CY = 1	A ← A + 01100000B，CY ← 1，AC ← 0
$A_{3-0} \geqq 10$ AC = 0	$A_{7-4} < 9$ and CY = 0	A ← A + 00000110B，CY ← 0，AC ← 1
	$A_{7-4} \geqq 9$ or CY = 1	A ← A + 01100110B，CY ← 1，AC ← 1
AC = 1	$A_{7-4} \leqq 9$ and CY = 0	A ← A + 00000110B，CY ← 0，AC ← 0
	$A_{7-4} \geqq 10$ or CY = 1	A ← A + 01100110B，CY ← 1，AC ← 0

ADJBS

減算結果の 10 進補正を行います。

[命令形式]

ADJBSt

[オペレーション]

Decimal Adjust Accumulator for Subtractiont

[オペランド]

なし

[フラグ]

Z	AC	CY
×	×	×

× : 結果にしたがってセット／リセットされる

[説明]

- A レジスタと CY フラグ，AC フラグの内容から，A レジスタと CY フラグ，AC フラグを 10 進補正します。この命令は，BCD（2 進化 10 進数）形式のデータを減算したのちに，減算結果が A レジスタに格納されている場合のみ，意味のある動作をします（その他の場合は，無意味な動作をします）。補正の方法は下表のとおりです。
- 補正の結果，A レジスタの内容が 0 になると Z フラグがセット（1），その他の場合はクリア（0）されます。

条件		オペレーション
AC = 0	CY = 0	A ← A，CY ← 0，AC ← 0
	CY = 1	A ← A ＋ 01100000B，CY ← 1，AC ← 0
AC = 1	CY = 0	A ← A ＋ 00000110B，CY ← 0，AC ← 0
	CY = 1	A ← A ＋ 01100110B，CY ← 1，AC ← 0

(9) ビット操作命令

ビット操作命令には，次の命令があります。

命令	概要
MOV1	1ビット・データの転送
AND1	1ビット・データの論理積
OR1	1ビット・データの論理和
XOR1	1ビット・データの排他的論理和
SET1	1ビット・データのセット
CLR1	1ビット・データのクリア
NOT1	1ビット・データの論理否定

MOV1

1ビット・データの転送を行います。

[命令形式]

MOV1 dst, src

[オペレーション]

dst ← src

[オペランド]

オペランド（dst, src）
CY, saddr.bit
CY, sfr.bit
CY, A.bit
CY, PSW.bit
CY, [HL].bit
saddr.bit, CY
sfr.bit, CY
A.bit, CY
PSW.bit, CY
[HL].bit, CY

[フラグ]

（1）dst が CY の場合

Z	AC	CY
		×

空欄 ： 変化なし

× ： 結果にしたがってセット／リセットされる

(2) dst が PSW.bit の場合

Z	AC	CY
×	×	

空欄 : 変化なし
× : 結果にしたがってセット／リセットされる

(3) 上記以外

Z	AC	CY

空欄 : 変化なし

[説明]

- 第 1 オペランドで指定されたデスティネーション・オペランド（dst）に，第 2 オペランドで指定されたソース・オペランド（src）のビット・データを転送します。
- デスティネーション・オペランド（dst）が CY，または PSW.bit の場合，該当するフラグのみが変化します。

[記述例]

```
MOV1    P3.4, CY    ; (1)
```

(1) CY フラグの内容をポート 3 のビット 4 に転送します。

AND1

1 ビット・データの論理積を行います。

[命令形式]

AND1 dst, src

[オペレーション]

dst ← dst ∧ src

[オペランド]

オペランド（dst, src）
CY, saddr.bit
CY, sfr.bit
CY, A.bit
CY, PSW.bit
CY, [HL].bit

[フラグ]

Z	AC	CY
		×

空欄 ： 変化なし
× ： 結果にしたがってセット／リセットされる

[説明]

- 第 1 オペランドで指定されるデスティネーション・オペランド（dst）と第 2 オペランドで指定されるソース・オペランド（src）のビット・データとの論理積をとり，結果をデスティネーション・オペランド（dst）に格納します。
- CY フラグは，演算結果が格納されます（デスティネーション・オペランド（dst）であるため）。

［記述例］

```
AND1    CY, 0FE7FH.3    ;  (1)
```

（1）0FE7FH のビット 3 と CY フラグの論理積をとり，結果を CY フラグに格納します。

OR1

1 ビット・データの論理和を行います。

[命令形式]

OR1 dst, src

[オペレーション]

dst ← dst ∨ src

[オペランド]

オペランド（dst, src）
CY, saddr.bit
CY, sfr.bit
CY, A.bit
CY, PSW.bit
CY, [HL].bit

[フラグ]

Z	AC	CY
		×

空欄 ： 変化なし
× ： 結果にしたがってセット／リセットされる

[説明]

- 第 1 オペランドで指定されるデスティネーション・オペランド（dst）と第 2 オペランドで指定されるソース・オペランド（src）のビット・データとの論理和をとり，結果をデスティネーション・オペランド（dst）に格納します。
- CY フラグは，演算結果が格納されます（デスティネーション・オペランド（dst）であるため）。

［記述例］

```
OR1     CY, P2.5    ; (1)
```

(1) ポート 2 のビット 5 と CY フラグの論理和をとり，結果を CY フラグに格納します。

XOR1

1 ビット・データの排他的論理和を行います。

[命令形式]

XOR1 dst, src

[オペレーション]

dst ← dst ∀ src

[オペランド]

オペランド（dst, src）
CY, saddr.bit
CY, sfr.bit
CY, A.bit
CY, PSW.bit
CY, [HL].bit

[フラグ]

Z	AC	CY
		×

空欄 ： 変化なし
× ： 結果にしたがってセット／リセットされる

[説明]

- 第 1 オペランドで指定されるデスティネーション・オペランド（dst）と第 2 オペランドで指定されるソース・オペランド（src）のビット・データとの排他的論理和をとり，結果をデスティネーション・オペランド（dst）に格納します。
- CY フラグは，演算結果が格納されます（デスティネーション・オペランド（dst）であるため）。

［記述例］

```
XOR1  CY, A.7 ;  (1)
```

(1) A レジスタのビット 7 と CY フラグの排他的論理和をとり，結果を CY フラグに格納します。

SET1

1 ビット・データのセットを行います。

[命令形式]

SET1 dst

[オペレーション]

dst ← 1

[オペランド]

オペランド（dst）
saddr.bit
sfr.bit
A.bit
PSW.bit
[HL].bit
CY

[フラグ]

（1）dst が PSW.bit の場合

Z	AC	CY
×	×	×

× ： 結果にしたがってセット／リセットされる

（2）dst が CY の場合

Z	AC	CY
		1

空欄 ： 変化なし

1 ： 1 にセットされる

（3）上記以外

Z	AC	CY

空欄　：変化なし

［説明］

- デスティネーション・オペランド（dst）をセット（1）します。
- デスティネーション・オペランド（dst）が CY，または PSW.bit の場合，該当するフラグのみがセット（1）されます。

［記述例］

```
SET1    0FE55H.1        ;  (1)
```

（1）0FE55H のビット 1 をセット（1）します。

CLR1

1ビット・データのクリアを行います。

[命令形式]

CLR1 dst

[オペレーション]

dst ← 0

[オペランド]

オペランド（dst）
saddr.bit
sfr.bit
A.bit
PSW.bit
[HL].bit
CY

[フラグ]

（1）dst が PSW.bit の場合

Z	AC	CY
×	×	×

×　：結果にしたがってセット／リセットされる

（2）dst が CY の場合

Z	AC	CY
		0

空欄　：変化なし

0　：0にクリアされる

(3) 上記以外

Z	AC	CY

空欄　：変化なし

[説明]

- デスティネーション・オペランド（dst）をクリア（0）します。
- デスティネーション・オペランド（dst）が CY，または PSW.bit の場合，該当するフラグのみがクリア（0）されます。

[記述例]

```
CLR1    P3.7            ;  (1)
```

(1) ポート 3 のビット 7 をクリア（0）します。

NOT1

1 ビット・データの論理否定を行います。

[命令形式]

NOT1 dst

[オペレーション]

dst ← $\overline{dst}$

[オペランド]

オペランド（dst）
CY

[フラグ]

Z	AC	CY
		×

空欄 ： 変化なし
× ： 結果にしたがってセット／リセットされる

[説明]

- CY フラグを反転します。

[記述例]

```
NOT1    CY      ; (1)
```

(1) CY フラグを反転します。

（10）コール・リターン命令

コール・リターン命令には，次の命令があります。

命令	概要
CALL	サブルーチン・コール（16 ビット直接）
CALLF	サブルーチン・コール（11 ビット直接指定）
CALLT	サブルーチン・コール（コール・テーブル参照）
BRK	ソフトウエア・ベクタ割り込み
RET	サブルーチンからの復帰
RETI	ハードウエア・ベクタ割り込みからの復帰
RETB	ソフトウエア・ベクタ割り込みからの復帰

CALL

サブルーチン・コール（16 ビット直接）を行います。

[命令形式]

CALL target

[オペレーション]

(SP - 1) ← (PC + 3)H,

(SP - 2) ← (PC + 3)L,

SP ← SP - 2,

PC ← target

[オペランド]

オペランド（target）
!addr16

[フラグ]

Z	AC	CY

空欄 ： 変化なし

[説明]

- 16 ビットの絶対アドレスまたはレジスタ間接アドレスによるサブルーチン・コールです。
- 次の命令の先頭アドレス（PC+3）をスタックに退避し，ターゲット・オペランド（target）で指定されるアドレスに分岐します。

[記述例]

```
CALL    !3059H          ;  (1)
```

（1）3059H 番地にサブルーチン・コールします。

CALLF

サブルーチン・コール（11 ビット直接指定）を行います。

[命令形式]

CALLF [addr5]

[オペレーション]

(SP - 1) ← (PC + 2)H,

(SP - 2) ← (PC + 2)L,

SP ← SP - 2

PC ← target

[オペランド]

オペランド（target）
!addr11

[フラグ]

Z	AC	CY

空欄 ： 変化なし

[説明]

- 0800H-0FFFH 番地へのみ分岐可能なサブルーチン・コールです。
- 次の命令の先頭アドレス（PC ＋ 2）をスタックに退避し，0800H-0FFFH 番地の範囲内へ分岐します。
- アドレスは，下位の 11 ビットのみ指定します（上位 5 ビットは 00001B に固定）。
- サブルーチンを 0800H-0FFFH へ配置し，この命令を使用することでプログラム・サイズを圧縮することが可能です。また，外部メモリにプログラムがある場合は，実行時間も高速になります。

[記述例]

```
CALLF   !0C2AH          ;  (1)
```

（1）0C2AH 番地にサブルーチン・コールします。

CALLT

サブルーチン・コール（コール・テーブル参照）を行います。

[命令形式]

CALLT [addr5]

[オペレーション]

(SP - 1) ← (PC + 1)H,

(SP - 2) ← (PC + 1)L,

SP ← SP - 2

PCH ← (00000000, addr5 + 1),

PCL ← (00000000, addr5),

[オペランド]

オペランド（[addr5]）
[addr5]

[フラグ]

Z	AC	CY

空欄 ： 変化なし

[説明]

- コール・テーブル参照のサブルーチン・コールです。
- 次の命令の先頭アドレス（PC + 1）をスタックに退避し，コール・テーブル（アドレスの上位 8 ビットは 00000000B に固定で，次の 5 ビットを addr5 で指定します）のワード・データで示されるアドレスに分岐します。

[記述例]

```
CALLT   [40H]           ;  (1)
```

(1) 00040H，00041H 番地にあるワード・データをアドレスとして，そのアドレスにサブルーチン・コールします。

BRK

ソフトウエア・ベクタ割り込みを行います。

[命令形式]

BRK

[オペレーション]

(SP - 1) ← PSW,

(SP - 2) ← $(PC + 1)_H$,

(SP - 3) ← $(PC + 1)_L$,

IE ← 0

SP ← SP - 3,

PC_H ← (3FH),

PC_L ← (3EH),

[オペランド]

なし

[フラグ]

Z	AC	CY

空欄 ： 変化なし

[説明]

- ソフトウエア割り込み命令です。
- PSW と次の命令のアドレス（PC + 1）をスタックに退避し，次に IE フラグをクリア（0）して，ベクタ・アドレス（003EH）のワード・データで指示されるアドレスに分岐します。
  IE フラグがクリア（0）されるため，以後のマスカブル・ベクタ割り込みは禁止されます。
- この命令で発生したソフトウエア・ベクタ割り込みからの復帰には，RETB 命令を使用します。

RET

サブルーチンからの復帰を行います。

[命令形式]

RET

[オペレーション]

PC_L ← (SP),

PC_H ← (SP + 1),

SP ← SP + 2,

[オペランド]

なし

[フラグ]

Z	AC	CY

空欄 ： 変化なし

[説明]

- CALL，CALLF，CALLT 命令でコールされたサブルーチン・コールからのリターン命令です。
- スタックに退避されているワード・データを PC に復帰し，サブルーチンからリターンします。

RETI

ハードウエア・ベクタ割り込みからの復帰を行います。

[命令形式]

RETI

[オペレーション]

PC_L ← (SP),

PC_H ← (SP + 1),

PSW ← (SP + 2),

SP ← SP + 3

NMIS ← 0

[オペランド]

なし

[フラグ]

Z	AC	CY
R	R	R

R : 以前に退避した値がリストアされる

[説明]

- ベクタ割り込みからの復帰命令です。
- スタックに退避されているデータを PC と PSW に復帰し，割り込み処理ルーチンからリターンします。
- BRK 命令によるソフトウエア割り込みからの復帰には使用できません。
- この命令と次に実行する命令の間では，すべての割り込みを受け付けません。
- NMIS フラグはノンマスカブル割り込み受け付けにより 1 にセットされ，RETI 命令により 0 にクリアされます。

[注意]

- ノンマスカブル割り込み処理からの復帰を RETI 命令以外の命令で行うと，NMIS フラグが 0 にクリアされないため，すべての割り込み（ノンマスカブル割り込みを含む）を受け付けなくなります。

RETB

ソフトウエア・ベクタ割り込みからの復帰を行います。

[命令形式]

RETB

[オペレーション]

PC_L ← (SP),

PC_H ← (SP + 1),

PSW ← (SP + 2),

SP ← SP + 3

[オペランド]

なし

[フラグ]

Z	AC	CY
R	R	R

R : 以前に退避した値がリストアされる

[説明]

- BRK 命令で発生したソフトウエア割り込みからの復帰命令です。
- スタックに退避されている PC と PSW を復帰し，割り込み処理ルーチンからリターンします。
- この命令と次に実行する命令の間では，すべての割り込みを受け付けません。

（11）スタック操作命令

スタック操作命令には，次の命令があります。

命令	概要
PUSH	プッシュ
POP	ポップ
MOVW	スタック・ポインタとのワード・データの転送

PUSH

プッシュを行います。

[命令形式]

PUSH src

[オペレーション]

(1) src が rp の場合

(SP - 1) ← rp_H,

(SP - 2) ← rp_L,

SP ← SP - 2

(2) src が PSW の場合

(SP - 1) ← PSW,

(SP - 2) ← 00H,

SP ← SP - 2

[オペランド]

オペランド（src）
PSW
rp

[フラグ]

Z	AC	CY

空欄 ： 変化なし

[説明]

- ソース・オペランド（src）で指定されたレジスタのデータをスタックに退避します。

［記述例］

```
PUSH    AX              ; (1)
```

(1) AX レジスタの内容をスタックに退避します。

POP

ポップを行います。

[命令形式]

POP dst

[オペレーション]

(1) dst が rp の場合

rp_L ← (SP),

rp_H ← (SP + 1),

SP ← SP + 2

(2) dst が PSW の場合

PSW ← (SP + 1),

SP ← SP + 2

[オペランド]

オペランド（dst）
PSW
rp

[フラグ]

(1) dst が rp の場合

Z	AC	CY

空欄 ： 変化なし

(2) dst が PSW の場合

Z	AC	CY
R	R	R

R ： 以前に退避した値がリストアされる

［説明］

- デスティネーション・オペランド（dst）で指定されたレジスタに，データをスタックから復帰します。
- オペランドが PSW の場合，各フラグはスタックのデータで置き換わります。
- POP PSW 命令と次に続く命令の間では，すべての割り込みを受け付けません。

［記述例］

```
POP     AX              ; (1)
```

(1) AX レジスタにスタックのデータを復帰します。

MOVW

スタック・ポインタとのワード・データの転送を行います。

[命令形式]

MOVW dst, src

[オペレーション]

dst ← src

[オペランド]

オペランド（dst, src）
SP, #word
SP, AX
AX, SP

[フラグ]

Z	AC	CY

空欄　：変化なし

[説明]

- スタック・ポインタの内容を操作するための命令です。
- 第 1 オペランドで指定されるデスティネーション・オペランド（dst）に第 2 オペランドで指定されるソース・オペランド（src）を格納します。

[記述例]

```
MOVW    SP, #FE1FH              ; (1)
```

(1) スタック・ポインタに FE1FH を格納します。

（12）無条件分岐命令

無条件分岐命令には，次の命令があります。

命令	概要
BR	無条件分岐

BR

無条件分岐を行います。

[命令形式]

BR target

[オペレーション]

PC ← target

[オペランド]

オペランド（target）
!addr16
AX
$addr16

[フラグ]

Z	AC	CY

空欄　：変化なし

[説明]

- 無条件に分岐を行う命令です。
- ターゲット・アドレス・オペランド（target）のワード・データを PC に転送し，分岐します。

[記述例]

```
BR      AX              ; (1)
```

(1) AX レジスタの内容をアドレスとして分岐します。

（13）条件付き分岐命令

条件付き分岐命令には，次の命令があります。

命令	概要
BC	キャリー・フラグによる条件分岐（CY = 1）
BNC	キャリー・フラグによる条件分岐（CY = 0）
BZ	ゼロ・フラグによる条件分岐（Z = 1）
BNZ	ゼロ・フラグによる条件分岐（Z = 0）
BT	ビット・テストによる条件分岐（バイト・データのビット = 1）
BF	ビット・テストによる条件分岐（バイト・データのビット = 0）
BTCLR	ビット・テストによる条件分岐とクリア（バイト・データのビット = 1）
DBNZ	条件ループ（R1 ≠ 0）

BC

キャリー・フラグによる条件分岐（CY = 1）を行います。

[命令形式]

BC $addr16

[オペレーション]

PC ← PC + 2 + jdisp8 if CY = 1

[オペランド]

オペランド（$addr16）
$addr16

[フラグ]

Z	AC	CY

空欄 ： 変化なし

[説明]

- CY = 1 の場合に，オペランドで指定されたアドレスに分岐します。
  CY = 0 の場合は，何も処理を行わず，次に続く命令を実行します。

[記述例]

```
BC      $300H           ; (1)
```

(1) CY = 1 なら 0300H 番地に分岐します（ただし，この命令の先頭は 027FH-037EH 番地内にあります）。

BNC

キャリー・フラグによる条件分岐（CY = 0）を行います。

[命令形式]

BNC $addr16

[オペレーション]

PC ← PC + 2 + jdisp8 if CY = 0

[オペランド]

オペランド（$addr16）
$addr16

[フラグ]

Z	AC	CY

空欄 ： 変化なし

[説明]

- CY = 0 の場合に，オペランドで指定されたアドレスに分岐します。
  CY = 1 の場合は，何も処理を行わず，次に続く命令を実行します。

[記述例]

```
BNC     $300H           ; (1)
```

(1) CY = 0 なら 0300H 番地に分岐します（ただし，この命令の先頭は 027FH-037EH 番地内にあります）。

BZ

ゼロ・フラグによる条件分岐（Z = 1）を行います。

[命令形式]

BZ $addr16

[オペレーション]

PC ← PC + 2 + jdisp8 if Z = 1

[オペランド]

オペランド（$addr16）
$addr16

[フラグ]

Z	AC	CY

空欄 ： 変化なし

[説明]

- Z = 1 の場合に，オペランドで指定されたアドレスに分岐します。
  Z = 0 の場合は，何も処理を行わず，次に続く命令を実行します。

[記述例]

```
DEC B
BZ      $3C5H           ; (1)
```

(1) B レジスタが 0 なら 03C5H 番地に分岐します（ただし，この命令の先頭は，0344H-0443H 番地内にあります）。

BNZ

ゼロ・フラグによる条件分岐（Z = 0）を行います。

[命令形式]

BNZ $addr16

[オペレーション]

PC ← PC + 2 + jdisp8 if Z = 0

[オペランド]

オペランド（$addr16）
$addr16

[フラグ]

Z	AC	CY

空欄 ： 変化なし

[説明]

- Z = 0 の場合に，オペランドで指定されたアドレスに分岐します。
  Z = 1 の場合は，何も処理を行わず，次に続く命令を実行します。

[記述例]

```
CMP     A, #55H
BNZ     $0A39H          ; (1)
```

(1) A レジスタが 0055H でないとき，0A39H 番地に分岐します（ただし，この命令の先頭は 09B8H-0AB7H 番地内にあります）。

BT

ビット・テストによる条件分岐（バイト・データのビット = 1）を行います。

[命令形式]

BT bit, $addr16

[オペレーション]

PC ← PC + b + jdisp8 if bit = 1

[オペランド]

オペランド（bit, $addr16）	b（バイト数）
saddr.bit, $addr16	3
sfr.bit, $addr16	4
A.bit, $addr16	3
PSW.bit, $addr16	3
[HL].bit, $addr16	3

[フラグ]

Z	AC	CY

空欄 ： 変化なし

[説明]

- 第 1 オペランド（bit）の内容がセット（1）されているとき，第 2 オペランド（$addr16）で指定されるアドレスに分岐します。
  第 1 オペランド（bit）の内容がセット（1）されていないときは，何も処理を行わず，次に続く命令を実行します。

［記述例］

```
BT      0FE47H.3, $55CH      ; (1)
```

(1) 0FE47H 番地のビット 3 が 1 のとき，055CH 番地に分岐します（ただし，この命令の先頭は，04DAH-05D9H 番地内にあります）。

BF

ビット・テストによる条件分岐（バイト・データのビット = 0）を行います。

[命令形式]

BF bit, $addr16

[オペレーション]

PC ← PC + b + jdisp8 if bit = 0

[オペランド]

オペランド（bit, $addr16）	b（バイト数）
saddr.bit, $addr16	4
sfr.bit, $addr16	4
A.bit, $addr16	3
PSW.bit, $addr16	4
[HL].bit, $addr16	3

[フラグ]

Z	AC	CY

空欄 ： 変化なし

[説明]

- 第 1 オペランド（bit）の内容がクリア（0）されているとき，第 2 オペランド（$addr16）で指定されるアドレスに分岐します。
  第 1 オペランド（bit）の内容がクリア（0）されていないときは，何も処理を行わず，次に続く命令を実行します。

［記述例］

```
BF      P2.2, $1549H        ;  (1)
```

（1）ポート 2 のビット 2 が 0 のとき，1549H 番地に分岐します（ただし，この命令の先頭は，14C6H-15C5H 番地内にあります）。

BTCLR

ビット・テストによる条件分岐とクリア（バイト・データのビット = 1）を行います。

[命令形式]

BTCLR bit, $addr16

[オペレーション]

PC ← PC + b + jdisp8 if bit = 1, then bit ← 0

[オペランド]

オペランド（bit, $addr16）	b（バイト数）
saddr.bit, $addr16	4
sfr.bit, $addr16	4
A.bit, $addr16	3
PSW.bit, $addr16	4
[HL].bit, $addr16	3

[フラグ]

（1）bit が PSW.bit の場合

Z	AC	CY
×	×	×

× ： 結果にしたがってセット／リセットされる

（2）上記以外

Z	AC	CY

空欄 ： 変化なし

［説明］

- 第 1 オペランド（bit）の内容がセット（1）されているとき，第 1 オペランド（bit）の内容をクリア（0）し，第 2 オペランドで指定されたアドレスに分岐します。
  第 1 オペランド（bit）の内容がセット（1）されていないときは，何も処理を行わず，次に続く命令を実行します。
- 第 1 オペランド（bit）が PSW.bit の場合，該当するフラグの内容がクリア（0）されます。

［記述例］

```
BTCLR PSW.0, $356H    ; (1)
```

（1）PSW のビット 0（CY フラグ）が 1 の場合，CY フラグをクリアして，0356H 番地に分岐します（ただし，この命令の先頭は，02D4H-03D3H 番地内にあります）。

DBNZ

条件ループ（R1 ≠ 0）を行います。

[命令形式]

DBNZ dst, $addr16

[オペレーション]

dst ← dst - 1,

then PC ← PC + b+ jdisp16 if dst R1 ≠ 0

[オペランド]

オペランド（dst, $addr16）	b（バイト数）
B, $addr16	2
C, $addr16	2
saddr, $addr16	3

[フラグ]

Z	AC	CY

空欄　：変化なし

[説明]

- 第 1 オペランドで指定されるデスティネーション・オペランド（dst）の内容を－ 1 して，デスティネーション・オペランド（dst）へ格納します。
- デスティネーション・オペランド（dst）を－ 1 した結果が 0 でなかった場合，第 2 オペランド（$addr16）で示されるアドレスへ分岐します。デスティネーション・オペランド（dst）を－ 1 した結果が 0 のときは，何も処理を行わず，次に続く命令を実行します。
- フラグは変化しません。

［記述例］

```
DBNZ    B, $1215H           ; (1)
```

(1) B レジスタの内容をデクリメントし，0 にならなければ 1215H 番地に分岐します（ただし，この命令の先頭は，1194H-1293H 番地内にあります）。

（14）CPU 制御命令

CPU 制御命令には，次の命令があります。

命令	概要
SEL	レジスタ・バンクの選択
NOP	ノー・オペレーション
EI	割り込みの許可
DI	割り込みの禁止
HALT	ホルト・モードの設定
STOP	ストップ・モードの設定

SEL

レジスタ・バンクの選択を行います。

[命令形式]

SEL RBn

[オペレーション]

RBS0, RBS1 ← n ;（n = 0 ～ 3）

[オペランド]

オペランド（RBn）
RBn

[フラグ]

Z	AC	CY

空欄 ： 変化なし

[説明]

- オペランド（RBn）で指定されたレジスタ・バンクを次命令以降で使用するレジスタ・バンクとします。
- RBn には，RB0-RB3 まであります。

[記述例]

```
SEL     RB2     ; (1)
```

(1) 次命令以降で使用するレジスタ・バンクとして，レジスタ・バンク 2 を選択します。

NOP

ノー・オペレーションです。

[命令形式]

NOP

[オペレーション]

no operation

[オペランド]

なし

[フラグ]

Z	AC	CY

空欄　：変化なし

[説明]

- 何も処理をせずに時間だけを消費します。

EI

割り込みの許可を行います。

[命令形式]

EI

[オペレーション]

IE ← 1

[オペランド]

なし

[フラグ]

Z	AC	CY

空欄 ： 変化なし

[説明]

- マスカブル割り込みの受け付け可能な状態にします（割り込み許可フラグ（IE）をセット（1）します）。
- この命令と次に続く 1 命令の間では，すべての割り込みを受け付けません。
- この命令を実行しても，他の要因によりベクタ割り込みの受け付けを行わないようにすることができます。詳細については，各製品のユーザーズ・マニュアルの割り込み機能を参照してください。

DI

割り込みの禁止を行います。

[命令形式]

DI

[オペレーション]

IE ← 0

[オペランド]

なし

[フラグ]

Z	AC	CY

空欄 ： 変化なし

[説明]

- マスカブル割り込みのベクタ割り込みによる受け付けを禁止します（割り込み許可フラグ（IE）をクリア（0）します）。
- この命令と次に続く 1 命令の間では，すべての割り込みを受け付けません。
- 割り込み処理の詳細については，各製品のユーザーズ・マニュアルの割り込み機能を参照してください。

HALT

ホルト・モードの設定を行います。

[命令形式]

HALT

[オペレーション]

Set HALT Mode

[オペランド]

なし

[フラグ]

Z	AC	CY

空欄 ： 変化なし

[説明]

- HALT モードになります。CPU の動作クロックを停止させるモードです。通常動作モードとの組み合わせによる間欠動作により，システムのトータル消費電力を低下させることができます。

STOP

ストップ・モードの設定を行います。

[命令形式]

STOP

[オペレーション]

Set STOP Mode

[オペランド]

なし

[フラグ]

Z	AC	CY

空欄　：変化なし

[説明]

- STOP モードになります。メイン・システム・クロック発振回路を停止させ，システム全体が停止するモードです。リーク電流だけの超低消費電力にすることができます。

第 5 章　リンク・ディレクティブ仕様

この章では，リンク・ディレクティブに必要となる項目や，ディレクティブ・ファイルの記述方法について説明します。

5. 1　コーディング方法

ここでは，リンク・ディレクティブのコーディング方法について説明します。

5. 1. 1　リンク・ディレクティブ

リンク・ディレクティブ（以降ディレクティブと略します）とは，リンカに対して入力ファイルや使用可能なメモリ領域，セグメントの配置など，リンク時の各種指示を行うための命令群です。

ディレクティブには，次の 2 種類があります。

ディレクティブの種類	役割
メモリ・ディレクティブ	- 実装メモリのアドレスを宣言します。 - メモリをいくつかの領域に分割して，メモリ領域を指定します。 例を示します。 CALLT 領域 内蔵 ROM 外付け ROM SADDR SADDR 以外の内蔵 RAM
セグメント配置ディレクティブ	- セグメントの配置を指定します。 各セグメントに対し，次の内容を指定します。 アブソリュート・アドレス メモリ領域のみ指定

エディタなどを使用してディレクティブを記述したファイル（ディレクティブ・ファイル）を作成し，リンカの起動時に，-d オプションを指定します。

これにより，リンカはディレクティブ・ファイルを読み込み，解釈しながらリンク処理を行います。

(1) ディレクティブ・ファイル

ディレクティブ・ファイル中に記述するディレクティブの記述フォーマットを次に示します。

- メモリ・ディレクティブ

```
MEMORY　メモリ領域名：（ スタート・アドレス値，サイズ ）［ / メモリ空間名］
```

- セグメント配置ディレクティブ

```
MERGE セグメント名 : [ AT ( スタート・アドレス ) ] [ = メモリ領域名指定 ] [ / メモリ空間名 ]
MERGE セグメント名 : [ 結合属性 ] [ = メモリ領域名指定 ] [ / メモリ空間名 ]
```

なお，ディレクティブは，1 つのディレクティブ・ファイル中に複数記述することができます。

各ディレクティブの詳細については，「(2) メモリ・ディレクティブ」，「(3) セグメント配置ディレクティブ」を参照してください。

(a) シンボル

セグメント名，メモリ領域名，メモリ空間名の記述では，大文字と小文字は区別されます。

(b) 数値

各ディレクティブの項目のうち，数値定数を記述する場合は，10 進数，または 16 進数を記述することができます。

記述方法はソースと同じで，16 進数の場合は最後に“H”を付けます。また，先頭が A ～ F の場合は前に“0”を付けます。

例を以下に示します。

```
23H, 0FC80H
```

(c) コメント文

ディレクティブ・ファイル中に，“;”，または“#”を記述した場合，そこから改行文字（LF）まではコメントとして扱われます。なお，改行文字が現れる前にディレクティブ・ファイルが終了した場合は，終了までをコメントとして扱います。

例を以下に示します。

下線部がコメントとなります。

```
; DIRECTIVE FILE FOR 78F051144
MEMORY MEM1 : ( 01000H, 1000H ) #SECOND MEMORY AREA
```

(2) メモリ・ディレクティブ

メモリ・ディレクティブは，メモリ領域（実装するメモリのアドレスと名前）を定義するディレクティブです。

定義したメモリ領域は，その名前（メモリ領域名）によってセグメント配置ディレクティブで参照することができます。

メモリ領域は，デフォルトで定義されているメモリ領域を含め，100 個まで定義することができます。

構文を以下に示します。

```
MEMORY メモリ領域名 : ( スタート・アドレス , サイズ ) [/ メモリ空間名 ]
```

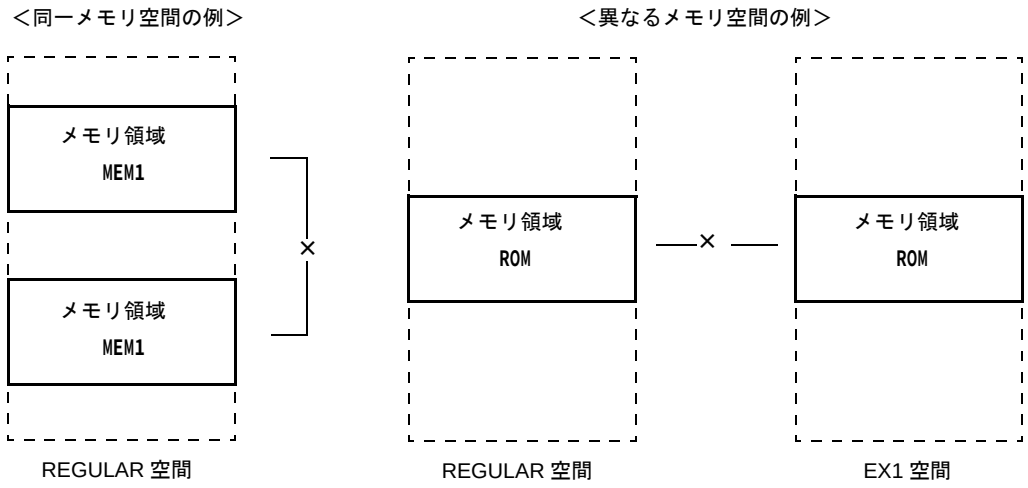
(a) メモリ領域名

定義するメモリ領域の名前を指定します。

指定時の条件は，次のとおりです。

- メモリ領域名に使用できる文字は，A ～ Z，a ～ z，0 ～ 9，_，?，@ です。
  ただし，0 ～ 9 はメモリ領域名の先頭には使用できません。
- 大文字と小文字は別の文字として区別します。
- 大文字と小文字は混在できます。
- メモリ領域名の長さは，最大 31 文字です。
  32 文字以上記述すると，エラーとなります。
- 各メモリ領域名は，全メモリ空間を通じて 1 つでなくてはなりません。
  異なるメモリ領域に同じメモリ領域名を付けることは，メモリ空間が同一である場合でも，異なる場合でも許されません。

図 5―1　メモリ領域名に指定できない例



(b) スタート・アドレス

定義するメモリ領域の先頭アドレスを指定します。

0H ～ 0FFFFFH までの数値定数を記述します。

(c) サイズ

定義するメモリ領域のサイズを指定します。

指定時の条件は，次のとおりです。

- 1 以上の数値定数を記述します。
- リンカがデフォルトで定義しているメモリ領域のサイズを指定し直す場合には，定義可能な範囲の制約があります。
  各デバイスのデフォルトで定義されているメモリ領域のサイズと再定義可能な範囲は，各デバイス・ファイルの「使用上の留意点」を参照してください。

(d) メモリ空間名

メモリ空間名は，メモリ空間を 64K バイトごとに分けた次の 16 個の名前で表されます。

REGULAR，EX1，EX2，EX3，EX4，EX5，EX6，EX7，EX8，EX9，EX10，EX11，EX12，EX13，EX14，EX15

メモリ空間名は，メモリ領域をどのメモリ空間に割り付けるかを指定するときに使います。

次に指定時の条件を示します。

- メモリ空間名は，すべて大文字で記述します。
- メモリ空間名を省略した場合，REGULAR を指定したものとみなされます。
- “ / ”を記述したあとにメモリ空間名を省略した場合は，エラーとなります。

機能を以下に示します。

- メモリ領域名で指定した名前を持つメモリ領域を指定したメモリ空間に定義します。
- 1 つのメモリ・ディレクティブで，1 つのメモリ領域を定義することができます。
- メモリ・ディレクティブ自体は，複数の記述が可能です。このとき，指定した順番に複数回定義された場合は，エラーとなります。
- デフォルトのメモリ領域は，メモリ・ディレクティブで同一のメモリ領域を再定義しないかぎり有効です。メモリ・ディレクティブの記述を省略した場合，リンカが持つ各デバイスごとのデフォルトのメモリ領域のみを指定したものとします。
- デフォルトのメモリ空間を使用せずに，別の領域名で使用するときは，デフォルトの領域名のサイズを“0”に設定してください。

使用例を以下に示します。

- メモリ空間（EX1）のアドレス 0H から 1FFH までをメモリ領域 ROMA として定義します。

```
MEMORY ROMA : ( 0H, 200H ) / EX1
```

(3) セグメント配置ディレクティブ

セグメント配置ディレクティブは，指定したセグメントを指定したメモリ領域上か，特定番地に配置するディレクティブです。

構文を以下に示します。

```
MERGE セグメント名 : [AT ( スタート・アドレス )][ = メモリ領域名 ][ / メモリ空間名 ]
MERGE セグメント名 : [ 結合属性 ][ = メモリ領域名 ][ / メモリ空間名 ]
```

(a) セグメント名

リンカに入力するオブジェクト・モジュール・ファイル中に含まれるセグメント名です。

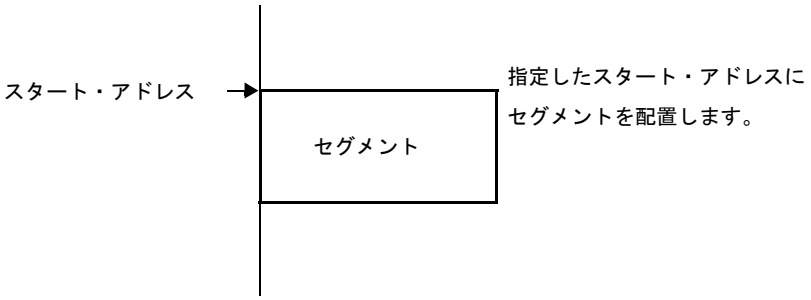
- セグメント名として，入力セグメント以外は指定できません。
- セグメント名は，アセンブル・ソース上に記述したとおりに指定しなければなりません。

（b）スタート・アドレス

セグメントを“スタート・アドレス”で指定した領域に配置します。

- 予約語 AT は，大文字，または小文字のいずれか一方で記述しなければなりません。大文字と小文字を混在することはできません。
- スタート・アドレスには，数値定数を記述します。

図 5―2　スタート・アドレス指定とセグメントの配置



注意 1.　指定したスタート・アドレスによって配置を行うと，セグメントが配置されるメモリ領域の範囲を越えてしまう場合は，エラーとなります。

2.　セグメント疑似命令の AT 指定，または ORG 疑似命令によって配置アドレスを指定したセグメントに対して，リンク・ディレクティブでスタート・アドレスを指定することはできません。

（c）結合属性

ソース中に同名のセグメントが複数あった場合，結合させずにエラーとしたいときは“COMPLETE”，結合したいときは“SEQUENT（デフォルト）”をディレクティブ中に指定します。

SEQUENT	セグメントを出現順に，順次空きを作らないようにマージします。 BSEG はビット単位で出現順にマージします。
COMPLETE	同名のセグメントが複数存在する場合はエラーとします。

例を以下に示します。

```
MERGE DSEG1 : COMPLETE = RAM
```

（d）メモリ空間名

メモリ空間名は，セグメントを配置するメモリ空間を指定します。

- メモリ空間名として指定できるのは，次の 16 種類のうちのいずれかです。
  REGULAR，EX1，EX2，EX3，EX4，EX5，EX6，EX7，EX8，EX9，EX10，EX11，EX12，EX13，EX14，EX15
- メモリ空間名は，すべて大文字で記述します。
- メモリ空間名を省略した場合，REGULAR を指定したものとみなされます。

次にセグメントの配置先を示します。

メモリ領域	メモリ空間	セグメントの配置先
指定なし	指定なし	REGULAR 空間中のデフォルト状態のとき配置されるメモリ領域
指定なし	メモリ空間名	指定されたメモリ空間中の任意のメモリ領域
メモリ領域名	指定なし	REGULAR 空間の指定されたメモリ領域
メモリ領域名	メモリ空間名	指定されたメモリ空間の指定されたメモリ領域

この表では，セグメントの配置の対象となるメモリ領域を定義するということを中心として説明しています。なお，実際の配置アドレス決定時には，“AT（スタート・アドレス）”が指定されていれば，そのアドレスからセグメントを配置します。

たとえば，再配置属性が“CSEG FIXED”であるセグメントに，メモリ名“EX1”が指定された場合，セグメントが 800H - 0FFFH の中に納まるように配置します。

注意を以下に示します。

- セグメント配置ディレクティブが指定しなかった入力セグメントは，アセンブル時にセグメント定義疑似命令で指定した再配置属性に従って配置アドレスが決定されます。
- セグメント名として指定したセグメントが存在しない場合は，エラーとなります。
- 同一のセグメントに対して，セグメント配置ディレクティブを複数回指定した場合は，エラーとなります。

5.2　予約語

ディレクティブ・ファイル中での予約語を次に示します。

予約語は，ディレクティブ・ファイル中で，ほかの意味（セグメント名やメモリ領域名など）に使用することはできません。

予約語	説明
MEMORY	メモリ・ディレクティブを指定
MERGE	セグメント配置ディレクティブを指定
AT	セグメント配置ディレクティブの配置属性（スタート・アドレス）を指定
SEQUENT	セグメント配置ディレクティブの結合属性（セグメントを結合する）を指定
COMPLETE	セグメント配置ディレクティブの結合属性（セグメントを結合しない）を指定

注意　予約語の記述は，大文字でも小文字でもかまいません。ただし，大文字と小文字を混在して記述することはできません。

例　MEMORY　：使用可
　　memory　：使用可
　　Memory　：使用不可

5.3 コーディング例

リンク・ディレクティブのコーディング例を次に示します。

5.3.1 リンク・ディレクティブを指定する場合

- セグメント・タイプ，再配置属性が“CSEG UNIT”であるセグメント SEG1 に対して，アドレスを割り付けます。

領域は次のように宣言してあるものとします。

```
MEMORY ROM  : ( 0000H, 1000H )
MEMORY MEM1 : ( 1000H, 2000H )
MEMORY RAM : ( 0FE00H, 200H )
```

- 入力セグメント SEG1 を ROM 領域中の 500H に割り付ける場合（次図（1）参照）

```
MERGE  SEG1 : AT ( 500H )
```

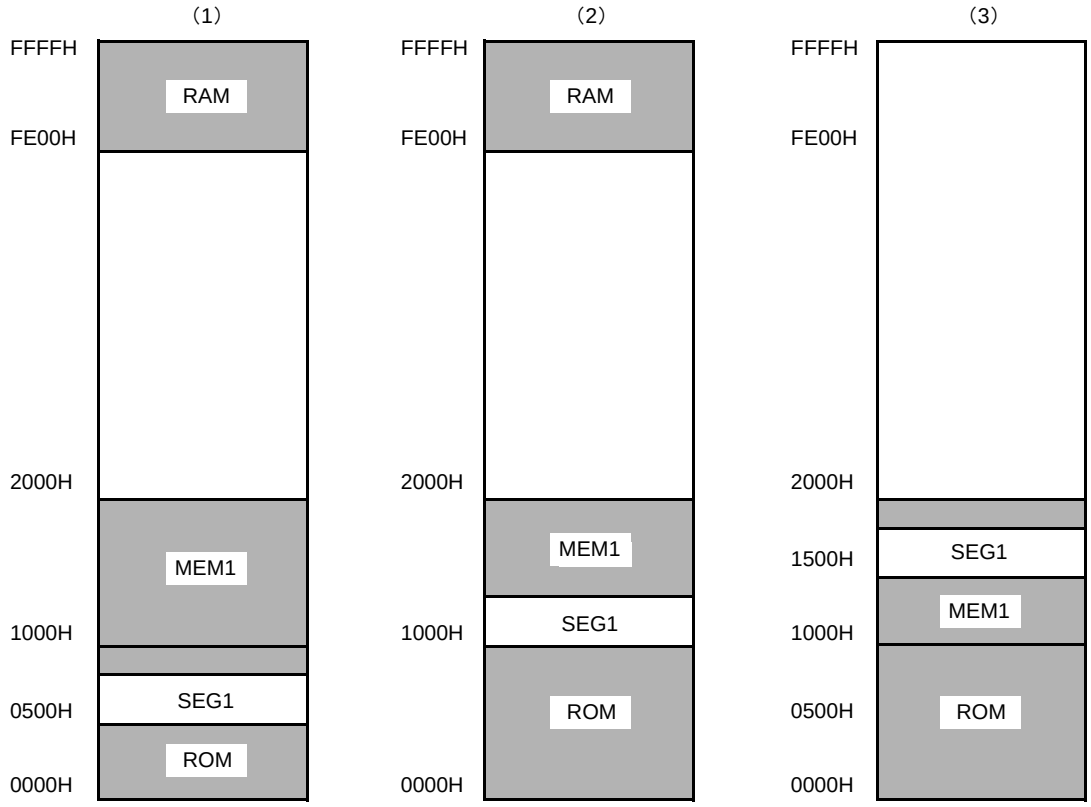
- 入力セグメント SEG1 をメモリ領域 MEM1 中に割り付ける場合（次図（2）参照）

```
MERGE  SEG1 : = MEM1
```

- 入力セグメント SEG1 をメモリ領域 MEM1 中の 1500H に割り付ける場合（次図（3）参照）

```
MERGE SEG1 : AT ( 1500H ) = MEM178
```

図 5―3　入力セグメント SEG1 の割り付け例



5. 3. 2　コンパイラを使用する場合

コンパイラを使用する場合の，リンク・ディレクティブ・ファイルの作成方法を説明します。実際のターゲット・システムに合わせて作成し，リンク時に -d オプションで作成したファイルを指定してください。

なお，作成の際には，次のことに注意してください。

- 78K0 C コンパイラは，ショート・ダイレクト・アドレス領域（saddr 領域）の一部を次のような 78K0 C コンパイラ固有の目的で使用する場合があります。

  具体的には，ノーマル・モデルの場合は，0FEB8H - 0FEDFH までの 40 バイトの領域です。-sm [n] オプションにより，スタティック・モデルを指定した場合は，共有領域として saddr 領域の一部［0FED0H - 0FEDFH］を使用します。

（1）ノーマル・モデルの場合

（a）ランタイム・ライブラリの引数［0FEB8H - 0FEBFH］

（b）norec 関数の引数，自動変数［0FEC0H - 0FECFH］

（c）-qr オプションを指定した場合の register 変数［0FED0H - 0FEDFH］

（d）標準ライブラリの作業用（（b）と（c）の領域の一部）

注意　ユーザが標準ライブラリを使用しない場合，（d）の領域は使用されません。

（2）スタティック・モデルの場合

（a）共有領域［0FED0H - 0FEDFH］

次にリンク・ディレクティブ・ファイル（lk78k0.dr）で RAM サイズを変更する例を示します。

メモリ・サイズの変更をする場合は，他の領域と重ならないように注意してください。変更の際には，使用するターゲット・デバイスのメモリ・マップを参照してください。

```
                        先頭アドレス  サイズ
memory RAM :     ( 0FB00h, 00320h )      → このサイズを大きくします。
memory SDR :     ( 0FE20h, 00098h )        （必要に応じて，先頭アドレスも変更します。）
merge @@INIS : = SDR                     → セグメントの配置を指定しています。
merge @@DATS : = SDR                     → セグメントの配置を指定しています。
merge @@BITS : = SDR                     → セグメントの配置を指定しています。
```

セグメントの配置を変更したい場合は，merge 文を追加します。コンパイラ出力セクション名の変更機能を使用した場合，セグメントを独自に配置することができます（詳細については，「コンパイラ出力セクション名の変更（#pragma section …）」を参照してください）。

セグメントの配置を変更した結果，配置するメモリが足りなくなった場合は，対応する memory 文を変更してください。

第 6 章　関数仕様

C 言語には，外部（周辺）装置，機器との入出力を行う命令がありません。これは，C 言語の設計者が，C 言語の機能を最小限度に抑えるように設計したためです。しかし，実際にシステムを開発するには，入出力操作が必要となります。このため，78K0 C コンパイラには，入出力操作を行うためのライブラリ関数が用意されています。

この章では，78K0 C コンパイラが持つライブラリ関数，シミュレータで使用可能な関数について説明します。

6.1　提供ライブラリ

78K0 C コンパイラで提供しているライブラリは，以下のとおりです。

標準ライブラリは，アプリケーション内で使用するときは，関連するヘッダ・ファイルをインクルードして，ライブラリ関数を使用します。

ランタイム・ライブラリは，標準ライブラリの一部ですが，78K0 C コンパイラが自動的に呼び出すルーチンで，C 言語ソースやアセンブリ言語ソースで記述する関数ではありません。

表 6―1　提供ライブラリ

ライブラリの種類	収録されている機能
標準ライブラリ	- 文字／文字列関数 - プログラム制御関数 - 特殊関数 - 入出力関数 - ユーティリティ関数 - 文字列／メモリ関数 - 数学関数 - 診断関数
ランタイム・ライブラリ	- インクリメント - デクリメント - 符号反転 - 1 の補数 - 論理否定 - 乗算 - 除算 - 剰余算 - 加算 - 減算 - 左シフト - 右シフト - 比較 - ビット AND - ビット OR

ライブラリの種類	収録されている機能
	- ビット XOR - 論理 AND - 論理 OR - 浮動小数点数からの変換 - 浮動小数点への変換 - bit からの変換 - スタートアップ・ルーチン - 関数前後処理 - バンク関数 - BCD 型変換 - 補助

6.1.1 標準ライブラリ

標準ライブラリに収録されている関数を示します。

標準ライブラリは，すべて -zf オプション指定時もサポートしています。

(1) 文字／文字列関数

関数名	機能	ヘッダ・ファイル	リエントラント性
isalpha	文字が英字（A ～ Z，a ～ z）であるかを判定する	ctype.h	○
isupper	文字が英大文字（A ～ Z）であるかを判定する	ctype.h	○
islower	文字が英小文字（a ～ z）であるかを判定する	ctype.h	○
isdigit	文字が数字（0 ～ 9）であるかを判定する	ctype.h	○
isalnum	文字が英数字（0 ～ 9，A ～ Z，a ～ z）であるかを判定する	ctype.h	○
isxdigit	文字が 16 進数字（0 ～ 9，A ～ F，a ～ f）であるかを判定する	ctype.h	○
isspace	文字が空白文字（空白，タブ，復帰，改行，垂直，タブ，改ページ）であるかを判定する	ctype.h	○
ispunct	文字が空白文字と英数字以外の表示可能文字であるかを判定する	ctype.h	○
isprint	文字が表示可能文字であるかを判定する	ctype.h	○
isgraph	文字が空白以外の表示可能文字であるかを判定する	ctype.h	○
iscntrl	文字がコントロール文字であるかを判定する	ctype.h	○
isascii	文字が ASCII コードであるかを判定する	ctype.h	○
toupper	英小文字を英大文字に変換する	ctype.h	○
tolower	英大文字を英小文字に変換する	ctype.h	○
toascii	ASCII コードへ変換する	ctype.h	○
_toupper	入力文字から“a”を引き，“A”を加える	ctype.h	○
toup		ctype.h	○
_tolower	入力文字から“A”を引き，“a”を加える	ctype.h	○
tolow		ctype.h	○

○ ：リエントラント

(2) プログラム制御関数

関数名	機能	ヘッダ・ファイル	リエントラント性
setjmp	呼び出し時の環境をセーブする	setjmp.h	×
longjmp	setjmp でセーブされた環境を復帰する	setjmp.h	×

× ：リエントラントでない

(3) 特殊関数

関数名	機能	ヘッダ・ファイル	リエントラント性
va_start（ノーマル・モデルのみ）	可変個の引数の処理のための設定を行う	stdarg.h	○
va_starttop（ノーマル・モデルのみ）	可変個の引数の処理のための設定を行う	stdarg.h	○
va_arg（ノーマル・モデルのみ）	可変個の引数を処理する	stdarg.h	○
va_end（ノーマル・モデルのみ）	可変個の引数の処理の終了を知らせる	stdarg.h	○

○ ：リエントラント

(4) 入出力関数

関数名	機能	ヘッダ・ファイル	リエントラント性
sprintf（ノーマル・モデルのみ）	フォーマットに従ってデータを文字列に書き込む	stdio.h	△
sscanf（ノーマル・モデルのみ）	入力文字列からフォーマットに従ってデータを読み込む	stdio.h	△
printf（ノーマル・モデルのみ）	フォーマットに従ってデータを SFR に出力する	stdio.h	△
scanf（ノーマル・モデルのみ）	SFR からフォーマットに従ってデータを読み込む	stdio.h	△
vprintf（ノーマル・モデルのみ）	フォーマットに従ってデータを SFR に出力する	stdio.h	△
vsprintf（ノーマル・モデルのみ）	フォーマットに従ってデータを文字列に書き込む	stdio.h	△

関数名	機能	ヘッダ・ファイル	リエントラント性
getchar	SFR から 1 文字読み込む	stdio.h	○
gets	文字列の読み取る	stdio.h	○
putchar	SFR に 1 文字出力する	stdio.h	○
puts	文字列を出力する	stdio.h	○

○ ： リエントラント

△ ： 浮動小数点未対応のものはリエントラント

(5) ユーティリティ関数

関数名	機能	ヘッダ・ファイル	リエントラント性
atoi	10 進整数文字列を int に変換する	stdlib.h	○
atol	10 進整数文字列を long に変換する	stdlib.h	○
strtol	文字列を long に変換する	stdlib.h	○
strtoul	文字列を unsigned long に変換する	stdlib.h	○
calloc	配列の領域を割り付けて 0 で初期化する	stdlib.h	○
free	割り付けられているブロックを解放する	stdlib.h	○
malloc	ブロックを割り付ける	stdlib.h	○
realloc	ブロックを再度割り付ける	stdlib.h	○
abort	プログラムを異常終了する	stdlib.h	○
atexit	正常終了時に呼び出される関数を登録する	stdlib.h	×
exit	プログラムを終了する	stdlib.h	×
abs	int 型の値の絶対値を求める	stdlib.h	○
labs	long 型の値の絶対値を求める	stdlib.h	○
div（ノーマル・モデルのみ）	int 型の除算を行い，商と剰余を求める	stdlib.h	×
ldiv（ノーマル・モデルのみ）	long 型の除算を行い，商と剰余を求める	stdlib.h	×
brk	ブレーク値をセットする	stdlib.h	×
sbrk	ブレーク値を増減する	stdlib.h	×
atof	10 進整数文字列を double に変換する	stdlib.h	×
strtod（ノーマル・モデルのみ）	文字列を double に変換する	stdlib.h	×
itoa	int を文字列に変換する	stdlib.h	○
ltoa（ノーマル・モデルのみ）	long を文字列に変換する	stdlib.h	○

関数名	機能	ヘッダ・ファイル	リエントラント性
ultoa（ノーマル・モデルのみ）	unsigned long を文字列に変換する	stdlib.h	○
rand	疑似乱数を発生する	stdlib.h	×
srand	疑似乱数の発生状態を初期化する	stdlib.h	×
bsearch（ノーマル・モデルのみ）	バイナリ・サーチを行う	stdlib.h	○
qsort（ノーマル・モデルのみ）	クイック・ソートを行う	stdlib.h	○
strbrk	ブレーク値をセットする	stdlib.h	○
strsbrk	ブレーク値を増減する	stdlib.h	○
stritoa	int を文字列に変換する	stdlib.h	○
strltoa（ノーマル・モデルのみ）	long を文字列に変換する	stdlib.h	○
strultoa（ノーマル・モデルのみ）	unsigned long を文字列に変換する	stdlib.h	○

○ ：リエントラント

× ：リエントラントでない

(6) 文字列／メモリ関数

関数名	機能	ヘッダ・ファイル	リエントラント性
memcpy	バッファを指定文字数分コピーする	string.h	○
memmove	バッファを指定文字数分コピーする	string.h	○
strcpy	文字列をコピーする	string.h	○
strncpy	文字列の先頭から指定の文字数分コピーする	string.h	○
strcat	文字列に文字列を追加する	string.h	○
strncat	文字列に指定文字数分の文字列を追加する	string.h	○
memcmp	2 つのバッファの指定文字数分を比較する	string.h	○
strcmp	2 つの文字列を比較する	string.h	○
strncmp	2 つの文字列の指定文字数分を比較する	string.h	○
memchr	指定文字数分のバッファから指定文字を探す	string.h	○
strchr	文字列中から指定された文字を探し，最初の出現位置を返す	string.h	○
strrchr	文字列中から指定された文字を探し，最後の出現位置を返す	string.h	○
strspn	検索される文字列の中で指定文字列中に含まれる文字だけで構成されている部分の先頭からの長さを求める	string.h	○
strcspn	検索される文字列の中で指定文字列中に含まれる文字以外で構成されている部分の先頭からの長さを求める	string.h	○

関数名	機能	ヘッダ・ファイル	リエントラント性
strpbrk	指定された文字列のどれかの文字が，検索される文字列中で最初に現れる位置を求める	string.h	○
strstr	指定文字列が，検索される文字列中に最初に現れる位置を求める	string.h	○
strtok	文字列を区切り文字以外からなる文字列に分解する	string.h	×
memset	バッファの指定文字数分を指定文字で初期化する	string.h	○
strerror	指定されたエラー番号に対応するエラー・メッセージの文字列を格納する領域へのポインタを返す	string.h	○
strlen	文字列の長さを求める	string.h	○
strcoll	地域特有の情報に基づいて 2 つの文字列を比較する	string.h	○
strxfrm	地域特有の情報に基づいて文字列を変換する	string.h	○

○ ： リエントラント

× ： リエントラントでない

(7) 数学関数

関数名	機能	ヘッダ・ファイル	リエントラント性
acos（ノーマル・モデルのみ）	acos を求める	math.h	×
asin（ノーマル・モデルのみ）	asin を求める	math.h	×
atan（ノーマル・モデルのみ）	atan を求める	math.h	×
atan2（ノーマル・モデルのみ）	atan2 を求める	math.h	×
cos（ノーマル・モデルのみ）	cos を求める	math.h	×
sin（ノーマル・モデルのみ）	sin を求める	math.h	×
tan（ノーマル・モデルのみ）	tan を求める	math.h	×
cosh（ノーマル・モデルのみ）	cosh を求める	math.h	×
sinh（ノーマル・モデルのみ）	sinh を求める	math.h	×
tanh（ノーマル・モデルのみ）	tanh を求める	math.h	×
exp（ノーマル・モデルのみ）	指数関数を求める	math.h	×

関数名	機能	ヘッダ・ファイル	リエントラント性
frexp（ノーマル・モデルのみ）	仮数部と指数部を求める	math.h	×
ldexp（ノーマル・モデルのみ）	x * 2 ^ exp を求める	math.h	×
log（ノーマル・モデルのみ）	自然対数を求める	math.h	×
log10（ノーマル・モデルのみ）	10 を底とした対数を求める	math.h	×
modf（ノーマル・モデルのみ）	小数部と整数部を求める	math.h	×
pow（ノーマル・モデルのみ）	x の y 乗を求める	math.h	×
sqrt（ノーマル・モデルのみ）	平方根を求める	math.h	×
ceil（ノーマル・モデルのみ）	x より小さくない最小の整数を求める	math.h	×
fabs（ノーマル・モデルのみ）	浮動小数点数 x の絶対値を求める	math.h	×
floor（ノーマル・モデルのみ）	x より大きくない最大の整数を求める	math.h	×
fmod（ノーマル・モデルのみ）	x/y の余りを求める	math.h	×
matherr（ノーマル・モデルのみ）	浮動小数点数を扱うライブラリの例外処理を求める	math.h	×
acosf（ノーマル・モデルのみ）	acos を求める	math.h	×
asinf（ノーマル・モデルのみ）	asin を求める	math.h	×
atanf（ノーマル・モデルのみ）	atan を求める	math.h	×
atan2f（ノーマル・モデルのみ）	y/x の atan を求める	math.h	×
cosf（ノーマル・モデルのみ）	cos を求める	math.h	×
sinf（ノーマル・モデルのみ）	sin を求める	math.h	×
tanf（ノーマル・モデルのみ）	tan を求める	math.h	×
coshf（ノーマル・モデルのみ）	cosh を求める	math.h	×

関数名	機能	ヘッダ・ファイル	リエントラント性
sinhf（ノーマル・モデルのみ）	sinh を求める	math.h	×
tanhf（ノーマル・モデルのみ）	tanh を求める	math.h	×
expf（ノーマル・モデルのみ）	指数関数を求める	math.h	×
frexpf（ノーマル・モデルのみ）	仮数部と指数部を求める	math.h	×
ldexpf（ノーマル・モデルのみ）	x * 2 ^ exp を求める	math.h	×
logf（ノーマル・モデルのみ）	自然対数を求める	math.h	×
log10f（ノーマル・モデルのみ）	10 を底とした対数を求める	math.h	×
modff（ノーマル・モデルのみ）	小数部と整数部を求める	math.h	×
powf（ノーマル・モデルのみ）	x の y 乗を求める	math.h	×
sqrtf（ノーマル・モデルのみ）	平方根を求める	math.h	×
ceilf（ノーマル・モデルのみ）	x より小さくない最小の整数を求める	math.h	×
fabsf（ノーマル・モデルのみ）	浮動小数点数 x の絶対値を求める	math.h	×
floorf（ノーマル・モデルのみ）	x より大きくない最大の整数を求める	math.h	×
fmodf（ノーマル・モデルのみ）	x/y の余りを求める	math.h	×

× ： リエントラントでない

(8) 診断関数

関数名	機能	ヘッダ・ファイル	リエントラント性
__assertfail（ノーマル・モデルのみ）	assert マクロをサポートする	assert.h	○

○ ： リエントラント

6.1.2 ランタイム・ライブラリ

ランタイム・ライブラリに収録されている関数を示します。

これらの演算の命令は，@@ などを関数名の頭に付けた形式で呼び出されます。ただし，cstart，cstarte，cprep，cdisp は，先頭に _@ を付加した形式で呼び出されます。

なお，以下の表にない演算については，ライブラリのサポートはありません。コンパイラがインライン展開を行います。

long の加減算，and/or/xor，シフトは，インライン展開される場合があります。

(1) インクリメント

関数名	サポートされるモデル		機能
	ノーマル・モデル	スタティック・モデル	
lsinc	○	−	signed long をインクリメントする
luinc	○	−	unsigned long をインクリメントする
finc	○	−	float をインクリメントする

(2) デクリメント

関数名	サポートされるモデル		機能
	ノーマル・モデル	スタティック・モデル	
lsdec	○	−	signed long をデクリメントする
ludec	○	−	unsigned long をデクリメントする
fdec	○	−	float をデクリメントする

(3) 符号反転

関数名	サポートされるモデル		機能
	ノーマル・モデル	スタティック・モデル	
lsrev	○	−	signed long を符号反転する
lurev	○	−	unsigned long を符号反転する
frev	○	−	float を符号反転する

(4) 1の補数

関数名	サポートされるモデル		機能
	ノーマル・モデル	スタティック・モデル	
lscom	○	−	signed long の1の補数を求める

関数名	サポートされるモデル		機能
	ノーマル・モデル	スタティック・モデル	
lucom	○	−	unsigned long の 1 の補数を求める

(5) 論理否定

関数名	サポートされるモデル		機能
	ノーマル・モデル	スタティック・モデル	
lsnot	○	−	signed long の否定を求める
lunot	○	−	unsigned long の否定を求める
fnot	○	−	float の否定を求める

(6) 乗算

関数名	サポートされるモデル		機能
	ノーマル・モデル	スタティック・モデル	
csmul	○	○	signed char 同士の乗算を行う
cumul	○	○	unsigned char 同士の乗算を行う
ismul	○	○	signed int 同士の乗算を行う
iumul	○	○	unsigned int 同士の乗算を行う
lsmul	○	−	signed long 同士の乗算を行う
lumul	○	−	unsigned long 同士の乗算を行う
fmul	○	−	float 同士の乗算を行う

(7) 除算

関数名	サポートされるモデル		機能
	ノーマル・モデル	スタティック・モデル	
csdiv	○	○	signed char 同士の除算を行う
cudiv	○	○	unsigned char 同士の除算を行う
isdiv	○	○	signed int 同士の除算を行う
iudiv	○	○	unsigned int 同士の除算を行う
lsdiv	○	−	signed long 同士の除算を行う
ludiv	○	−	unsigned long 同士の除算を行う
fdiv	○	−	float 同士の除算を行う

（8）剰余算

関数名	サポートされるモデル		機能
	ノーマル・モデル	スタティック・モデル	
csrem	○	○	signed char 同士の剰余算を行う
curem	○	○	unsigned char 同士の剰余算を行う
isrem	○	○	signed int 同士の剰余算を行う
iurem	○	○	unsigned int 同士の剰余算を行う
lsrem	○	－	signed long 同士の剰余算を行う
lurem	○	－	unigned long 同士の剰余算を行う

（9）加算

関数名	サポートされるモデル		機能
	ノーマル・モデル	スタティック・モデル	
lsadd	○	－	signed long 同士の加算を行う
luadd	○	－	unsigned long 同士の加算を行う
fadd	○	－	float 同士の加算を行う

（10）減算

関数名	サポートされるモデル		機能
	ノーマル・モデル	スタティック・モデル	
lssub	○	－	signed long 同士の減算を行う
lusub	○	－	unsigned long 同士の減算を行う
fsub	○	－	float 同士の減算を行う

（11）左シフト

関数名	サポートされるモデル		機能
	ノーマル・モデル	スタティック・モデル	
lslsh	○	－	signed long の左シフトを行う
lulsh	○	－	unsigned long の左シフトを行う

（12）右シフト

関数名	サポートされるモデル		機能
	ノーマル・モデル	スタティック・モデル	
lsrsh	○	－	signed long の右シフトを行う
lursh	○	－	unsigned long の右シフトを行う

（13）比較

関数名	サポートされるモデル		機能
	ノーマル・モデル	スタティック・モデル	
cscmp	○	○	signed char 同士の比較を行う
iscmp	○	○	signed int 同士の比較を行う
lscmp	○	－	signed long 同士の比較を行う
lucmp	○	－	unsigned long 同士の比較を行う
fcmp	○	－	float 同士の比較を行う

（14）ビット AND

関数名	サポートされるモデル		機能
	ノーマル・モデル	スタティック・モデル	
lsband	○	－	signed long 同士の AND をとる
luband	○	－	unsigned long 同士の AND をとる

（15）ビット OR

関数名	サポートされるモデル		機能
	ノーマル・モデル	スタティック・モデル	
lsbor	○	－	signed long 同士の OR をとる
lubor	○	－	unsigned long 同士の OR をとる

（16）ビット XOR

関数名	サポートされるモデル		機能
	ノーマル・モデル	スタティック・モデル	
lsbxor	○	－	signed long 同士の XOR をとる
lubxor	○	－	unsigned long 同士の XOR をとる

（17）論理 AND

関数名	サポートされるモデル		機能
	ノーマル・モデル	スタティック・モデル	
fand	○	－	float 同士の論理 AND をとる

（18）論理 OR

関数名	サポートされるモデル		機能
	ノーマル・モデル	スタティック・モデル	
for	○	－	float 同士の論理 OR をとる

（19）浮動小数点数からの変換

関数名	サポートされるモデル		機能
	ノーマル・モデル	スタティック・モデル	
ftols	○	－	float から signed long に変換する
ftolu	○	－	float から unsigned long に変換する

（20）浮動小数点への変換

関数名	サポートされるモデル		機能
	ノーマル・モデル	スタティック・モデル	
lstof	○	－	signed long から float に変換する
lutof	○	－	unsigned long から float に変換する

（21）bit からの変換

関数名	サポートされるモデル		機能
	ノーマル・モデル	スタティック・モデル	
btol	○	－	bit を long に変換する

（22）スタートアップ・ルーチン

関数名	サポートされるモデル		機能
	ノーマル・モデル	スタティック・モデル	

cstart	○	○	スタートアップ・モジュール
			- atexit 関数で関数を登録する領域（2 * 32 バイト）を確保し，先頭のラベル名を _@FNCTBL とする。
			- ブレーク領域（32 バイト）を確保し，先頭のラベル名を _@MEMTOP とし，領域の次のアドレスのラベル名を _@MEMBTM とする。
			- リセット・ベクタ・テーブルのセグメントを次のように定義し，スタートアップ・モジュールの先頭アドレスを指定する。
			`@@VECT00 CSEG AT 0000H`
			`DW _@cstart`
			- レジスタ・バンクを RB0 に設定する。
			- エラー番号を入れる変数 _errno に 0 を設定する。
			- atexit 関数で登録した関数の数を入れる変数 _@FNCENT に 0 を設定する。
			- ブレーク値の初期値として，_@MEMTOP のアドレスを変数 _@BRKADR に設定する。
			- rand 関数の疑似乱数の発生元となる変数 _@SEED に初期値 1 を設定する。
			- 初期化データのコピー処理，および初期値なし外部データの 0 クリアを行う。
			- main 関数（ユーザ・プログラム）を呼び出す。
			- exit 関数をパラメータ 0 で呼び出す

（23）関数前後処理

関数名	サポートされるモデル		機能
	ノーマル・モデル	スタティック・モデル	
cprep	○	−	関数の前処理を行う
cdisp	−	○	関数の後処理を行う
cprep2	−	○	関数の前処理（レジスタ変数用 saddr 領域を含む）を行う
cdisp2	−	○	関数の後処理（レジスタ変数用 saddr 領域を含む）を行う

関数名	サポートされるモデル		機能
	ノーマル・モデル	スタティック・モデル	
nrcp2	−	○	引数コピー用
nrcp3	−	○	引数コピー用
krcp2	−	○	引数コピー用
krcp3	−	○	引数コピー用
nkrc3	−	○	引数コピー用
nrip2	−	○	引数コピー用
nrip3	−	○	引数コピー用
krip2	−	○	引数コピー用
krip3	−	○	引数コピー用
nkri31	−	○	引数コピー用
nkri32	−	○	引数コピー用
krsb	−	○	引数コピー用
krlb	−	○	引数コピー用
krsw	−	○	引数コピー用
krlw	−	○	引数コピー用
nrsave	−	○	_@NRATxx 退避用
nrload	−	○	_@NRATxx 復帰用
krs02	−	○	_@KREGxx 退避用
krs04	−	○	_@KREGxx 退避用
krs04i	−	○	_@KREGxx 退避用
krs06	−	○	_@KREGxx 退避用
krs06i	−	○	_@KREGxx 退避用
krs08	−	○	_@KREGxx 退避用
krs08i	−	○	_@KREGxx 退避用
krs10	−	○	_@KREGxx 退避用
krs10i	−	○	_@KREGxx 退避用
krs12	−	○	_@KREGxx 退避用
krs12i	−	○	_@KREGxx 退避用
krs14	−	○	_@KREGxx 退避用
krs14i	−	○	_@KREGxx 退避用
krs16	−	○	_@KREGxx 退避用
krs16i	−	○	_@KREGxx 退避用
krsn04	−	○	_@KREGxx 退避用
krsn06	−	○	_@KREGxx 退避用
krsn08	−	○	_@KREGxx 退避用

関数名	サポートされるモデル		機能
	ノーマル・モデル	スタティック・モデル	
krsn10	−	○	_@KREGxx 退避用
krsn12	−	○	_@KREGxx 退避用
krsn16	−	○	_@KREGxx 退避用
krsp04	−	○	_@KREGxx 退避用
krsp06	−	○	_@KREGxx 退避用
krsp08	−	○	_@KREGxx 退避用
krsp10	−	○	_@KREGxx 退避用
krsp12	−	○	_@KREGxx 退避用
krsp14	−	○	_@KREGxx 退避用
krl02	−	○	_@KREGxx 復帰用
krl04	−	○	_@KREGxx 復帰用
krl04i	−	○	_@KREGxx 復帰用
krl06	−	○	_@KREGxx 復帰用
krl06i	−	○	_@KREGxx 復帰用
krl08	−	○	_@KREGxx 復帰用
krl08i	−	○	_@KREGxx 復帰用
krl10	−	○	_@KREGxx 復帰用
krl10i	−	○	_@KREGxx 復帰用
krl12	−	○	_@KREGxx 復帰用
krl12i	−	○	_@KREGxx 復帰用
krl14	−	○	_@KREGxx 復帰用
krl14i	−	○	_@KREGxx 復帰用
krl16	−	○	_@KREGxx 復帰用
krl16i	−	○	_@KREGxx 復帰用
krln04	−	○	_@KREGxx 復帰用
krln06	−	○	_@KREGxx 復帰用
krln08	−	○	_@KREGxx 復帰用
krln10	−	○	_@KREGxx 復帰用
krln12	−	○	_@KREGxx 復帰用
krln16	−	○	_@KREGxx 復帰用
krlp04	−	○	_@KREGxx 復帰用
krlp06	−	○	_@KREGxx 復帰用
krlp08	−	○	_@KREGxx 復帰用
krlp10	−	○	_@KREGxx 復帰用
krlp12	−	○	_@KREGxx 復帰用

関数名	サポートされるモデル		機能
	ノーマル・モデル	スタティック・モデル	
krlp14	―	○	_@KREGxx 復帰用
hdwinit	○	○	CPU リセット直後に周辺装置（sfr）の初期化処理を行う

（24）バンク関数

関数名	サポートされるモデル		機能
	ノーマル・モデル	スタティック・モデル	
bcall	○	―	バンク関数を呼び出す
bcals	○	―	バンク関数を呼び出す

（25）BCD 型変換

関数名	サポートされるモデル		機能
	ノーマル・モデル	スタティック・モデル	
bcdtob	○	○	1 バイト bcd を 1 バイト binary に変換する
btobcd	○	○	1 バイト binary を 2 バイト bcd に変換する
bcdtow	○	○	2 バイト bcd を 2 バイト binary に変換する
wtobcd	○	○	2 バイト binary を 2 バイト bcd に変換する
bbcd	○	○	1 バイト binary を 1 バイト bcd に変換する

（26）補助

関数名	サポートされるモデル		機能
	ノーマル・モデル	スタティック・モデル	
mulu	○	○	mulu 命令互換
mulue	○	○	mulu 命令互換
divuw	○	○	divuw 命令互換
divuwe	○	○	divuw 命令互換
addwbc	○	○	定型命令パターン置換用
clra0	○	○	定型命令パターン置換用
clra1	○	○	定型命令パターン置換用
clrx0	○	○	定型命令パターン置換用
clrax0	○	○	定型命令パターン置換用
clrax1	―	○	定型命令パターン置換用

関数名	サポートされるモデル		機能
	ノーマル・モデル	スタティック・モデル	
clrbc0	○	−	定型命令パターン置換用
clrbc1	○	−	定型命令パターン置換用
cmpa0	○	○	定型命令パターン置換用
cmpa1	○	○	定型命令パターン置換用
cmpc0	○	−	定型命令パターン置換用
cmpax1	○	○	定型命令パターン置換用
ctoi	○	○	定型命令パターン置換用
uctoi	−	○	定型命令パターン置換用
maxde	○	○	定型命令パターン置換用
mdeax	○	○	定型命令パターン置換用
incde	○	○	定型命令パターン置換用
decde	○	○	定型命令パターン置換用
maxhl	○	○	定型命令パターン置換用
mhlax	○	○	定型命令パターン置換用
inchl	−	○	定型命令パターン置換用
dechl	−	○	定型命令パターン置換用
shl4	−	○	定型命令パターン置換用
shr4	−	○	定型命令パターン置換用
swap4	−	○	定型命令パターン置換用
tableh	○	○	定型命令パターン置換用
apdech	−	○	定型命令パターン置換用
apinch	−	○	定型命令パターン置換用
incwhl	−	○	定型命令パターン置換用
decwhl	−	○	定型命令パターン置換用
dellab	○	−	定型命令パターン置換用
dell03	○	−	定型命令パターン置換用
della4	○	−	定型命令パターン置換用
delsab	○	−	定型命令パターン置換用
dels03	○	−	定型命令パターン置換用
hlllab	○	−	定型命令パターン置換用
hlll03	○	−	定型命令パターン置換用
hllla4	○	−	定型命令パターン置換用
hllsab	○	−	定型命令パターン置換用
hlls03	○	−	定型命令パターン置換用
dn2in	○	−	定型命令パターン置換用

関数名	サポートされるモデル		機能
	ノーマル・モデル	スタティック・モデル	
dn2de	○	−	定型命令パターン置換用
dn4in	○	−	定型命令パターン置換用
dn4ip	○	−	定型命令パターン置換用
dn4de	○	−	定型命令パターン置換用
dn4dp	○	−	定型命令パターン置換用
_inha	○	−	定型命令パターン置換用
_inah	○	−	定型命令パターン置換用
_lnha	○	−	定型命令パターン置換用
_lnh0	○	−	定型命令パターン置換用
_lnh4	○	−	定型命令パターン置換用
_lnah	○	−	定型命令パターン置換用
_ln0h	○	−	定型命令パターン置換用
_hn1in	○	−	定型命令パターン置換用
_hn1de	○	−	定型命令パターン置換用
_hn2in	○	−	定型命令パターン置換用
_hn2de	○	−	定型命令パターン置換用
_hn4in	○	−	定型命令パターン置換用
_hn4ip	○	−	定型命令パターン置換用
_hn4de	○	−	定型命令パターン置換用
_hn4dp	○	−	定型命令パターン置換用

6.2 関数間のインタフェース

ライブラリ関数は，関数呼び出しで利用します。関数の呼び出しは，call 命令により行います。引数はスタック，戻り値はレジスタにより受け渡しが行われます。

ただし，ノーマル・モデルは，可能であれば，第 1 引数もレジスタにより受け渡します。また，スタティック・モデルは，すべての引数をレジスタにより受け渡します。

6.2.1 引　　数

関数呼び出しインタフェース自動パスカル関数化オプション -zr 指定時，引数をスタックにより受け渡す場合，引数をスタックから取り去ることは，関数呼び出し先が行います。

スタティック・モデルの場合，引数をすべてレジスタで受け渡します。

渡せる引数は，最大 3 引数，6 バイトまでです。また，float，double，構造体引数の受け渡しはサポートしません。

ノーマル・モデルで第 2 引数以降は，スタックにより渡されます。

標準ライブラリの関数インタフェース（引数の受け渡し，戻り値の格納）は，通常関数と同じです。

詳細は，「3. 3. 2 通常関数呼び出しインタフェース」を参照してください。

6. 2. 2 戻 り 値

戻り値は，最小単位を 16 ビットとして，レジスタ BC から DE まで下位から 16 ビット単位で格納します。構造体を返す場合は，構造体の先頭アドレスを BC に格納します。ポインタを返す場合は，BC に格納します。

詳細は，「3. 3. 1 戻 り 値」を参照してください。

6. 2. 3 個々のライブラリによる使用レジスタの保存

HL（ノーマル・モデルの場合），DE（スタティック・モデルの場合）を使用するライブラリは，それらの使用するレジスタをスタックに保存します。

saddr 領域を使用するライブラリは，使用する saddr 領域をスタックに保存します。

また，ライブラリが使用するワーク・エリアは，スタック領域を使用します。

（1）-zr オプションを指定しない場合

引数と戻り値の受け渡し手順の例を次に示します。

呼び出す関数を示します。

```
"long func ( int a, long b, char *c ) ;"
```

（a）引数をスタックに積む（関数呼び出し元）

c，b の上位 16 ビット，b の下位 16 ビットの順にスタックに積まれます。a は AX レジスタ渡しとなります。

（b）call 命令により func を呼び出す（関数呼び出し元

b の下位 16 ビットの次に戻り番地が積まれ，関数 func に制御が移ります。

（c）関数内で使用するレジスタを保存する（関数呼び出し先）

HL を使用する場合，HL がスタックに積まれます。

（d）レジスタで渡された第 1 引数をスタックに積む（関数呼び出し先）

（e）関数 func の処理を行い，戻り値をレジスタに格納する（関数呼び出し先）

戻り値“long”の下位 16 ビットが BC に，上位 16 ビットが DE に格納されます。

（f）格納した第 1 引数を復帰する（関数呼び出し先）

（g）退避したレジスタを復帰する（関数呼び出し先）

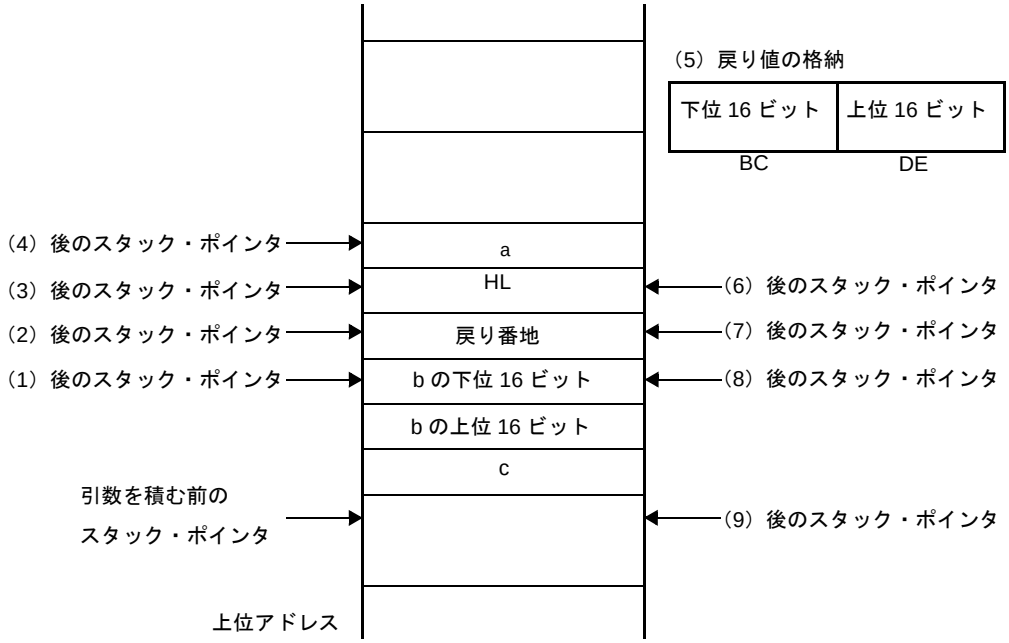
（h）ret 命令で呼び出した関数に制御を戻す（関数呼び出し先）

(i) 引数をスタックから取り除く（関数呼び出し元）

引数のバイト数（2 バイト単位）がスタック・ポインタに加えられます。

スタック・ポインタに 6 が加えられます。

図 6―1 関数呼び出し時のスタック領域



(2) -zr オプションを指定する場合

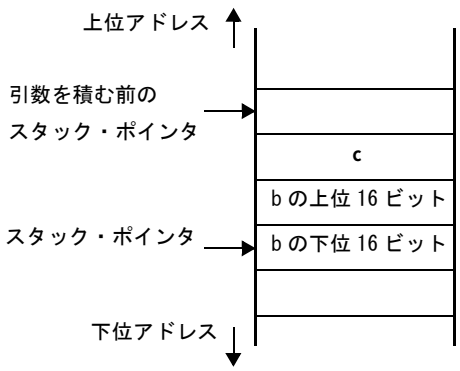
-zr オプションを指定した場合の引数と戻り値の受け渡し手順の例を次に示します。

呼び出す関数を示します。

```
"long func ( int a,  long b,  char *c );  "
```

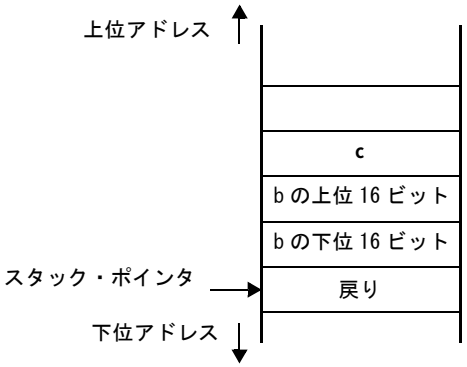
(a) 引数をスタックに積む（呼び出す側）

c，b の上位 16 ビット，b の下位 16 ビットの順にスタックに積まれます。a は AX レジスタ渡しとなります。

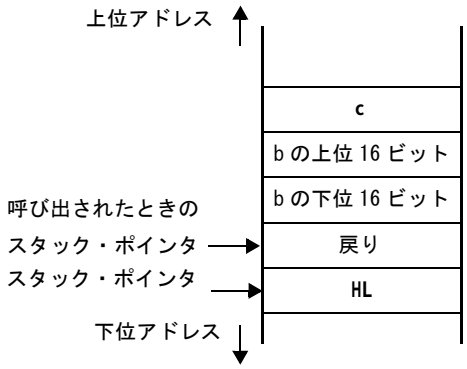


（b）call 命令により func を呼び出す（関数呼び出し元）

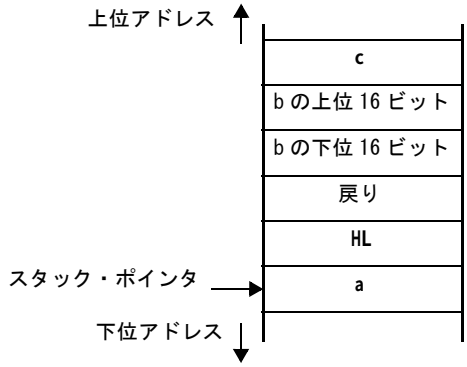
次の図に示すスタックの状態で関数 func に制御を渡します。



（c）使用するレジスタを保存する（関数呼び出し先）



（d）レジスタで呼び出された第 1 引数をスタックに積む

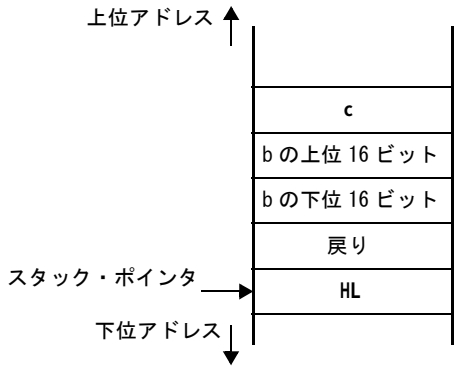


（e）関数 func の処理を行い，戻り値をレジスタに格納する（関数呼び出し先）

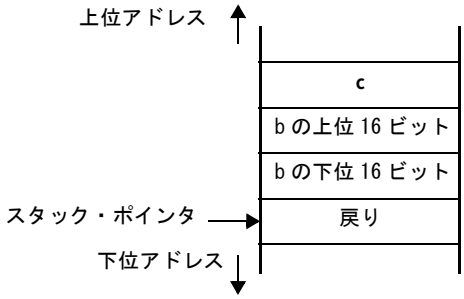
戻り値（long）の下位 16 ビットを BC，上位 16 ビットを DE に格納します。

BC	DE
戻り値の下位 16 ビット	戻り値の上位 16 ビット

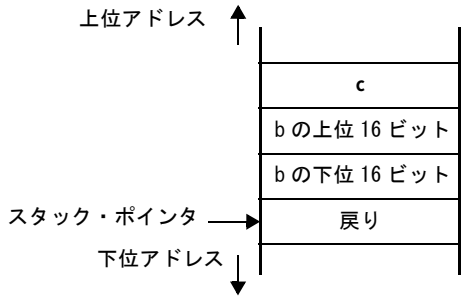
(f) 格納した第 1 引数を復帰する（関数呼び出し先）



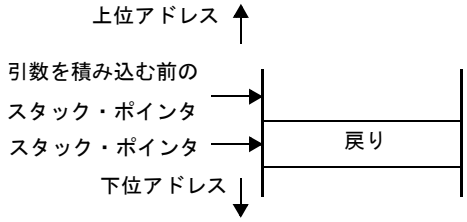
(g) 退避したレジスタを復帰する（関数呼び出し先）



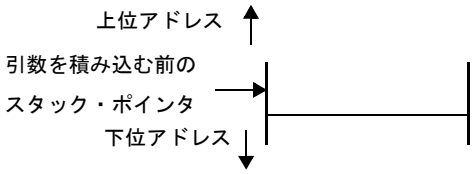
(h) 戻り番地をレジスタに格納し，引数を積み込む前の位置までスタック・ポインタを移動して，引数をスタックから取り除く（関数呼び出し先）



(i) レジスタに格納しておいた戻り番地をスタックに積み直す（関数呼び出し先）



(j) ret 命令で呼び出す側の関数に制御を戻す（関数呼び出し先）



6.2.4 バンク領域の対応について

バンク機能（-mf）を使用する場合，関数ポインタのサイズが 4 バイトとなるため，関数ポインタ，およびアドレスを扱う関数には，以下の制限があります。

(1) ポインタを扱う関数

```
sprintf , sscanf , printf , scanf , vprintf , vsprintf
```

引数に関数ポインタを指定した場合，動作を保証しません。

(2) アドレスを扱う関数

```
setjmp
```

選択されているバンクの情報を保存することはできません。
バンク領域に配置された関数では，setjmp を使用しないでください。
longjmp でバンク情報を復帰できないため，動作を保証しません。

(3) 関数ポインタを引数に持つ関数

```
bsearch , qsort , atexit
```

4 バイトの関数ポインタを使用することはできません。
バンク機能（-mf）使用時は，これらの関数を使用しないでください。

6.3 ヘッダ・ファイル

78K0 C コンパイラには，13 個のヘッダ・ファイルがあり，標準ライブラリ関数，型名，マクロ名を定義，または宣言しています。

78K0 C コンパイラのヘッダ・ファイルを次に示します。

ヘッダ・ファイル名	機能
ctype.h	文字・文字列関数を定義
setjmp.h	プログラム制御関数を定義
stdarg.h（ノーマル・モデルのみ）	特殊関数を定義

ヘッダ・ファイル名	機能
stdio.h	入出力関数を定義
stdlib.h	文字・文字列関数，メモリ関数，プログラム制御，および数学関数，特殊関数を定義
string.h	文字・文字列関数，メモリ関数，および特殊関数を定義
error.h	errno.h をインクルード
errno.h	変数を宣言，マクロ名を定義
limits.h	マクロ名を定義
stddef.h	型名を宣言，マクロ名を定義
math.h（ノーマル・モデルのみ）	数学関数を定義
float.h	マクロ名を定義
assert.h（ノーマル・モデルのみ）	診断関数を定義

注意　メモリ・モデル（ノーマル・モデル／スタティック・モデル）により，サポートする関数が異なります。また，-zi，-zl オプションにより，正常動作する関数が異なります。-zi，-zl オプションの有無により正常動作しない関数については，「プロトタイプ宣言が行われていません」というワーニングが出力されます。

6. 3. 1　ctype.h

ctype.h は，文字・文字列関数を定義します。

ctype.h では，次の関数が定義されています。

ただし，コンパイラ・オプション -za（ANSI 規定外の機能を無効とし，ANSI 規定の一部の機能を有効とするオプション）を指定した場合は，_toupper，_tolower の定義を行わず，代わりに tolow，toup の定義を行います。-za を指定しない場合は，tolow，toup の定義は行われません。また，オプション，および指定モデルにより，宣言する関数が異なります。

関数名	-zi，-zl 指定の有無							
	ノーマル・モデル				スタティック・モデル			
	なし	zi	zl	zi zl	なし	zi	zl	zi zl
isalpha	○	○	○	○	○	×	○	×
isupper	○	○	○	○	○	×	○	×
islower	○	○	○	○	○	×	○	×
isdigit	○	○	○	○	○	×	○	×
isalnum	○	○	○	○	○	×	○	×
isxdigit	○	○	○	○	○	×	○	×
isspace	○	○	○	○	○	×	○	×
ispunct	○	○	○	○	○	×	○	×
isprint	○	○	○	○	○	×	○	×
isgraph	○	○	○	○	○	×	○	×
iscntrl	○	○	○	○	○	×	○	×

関数名	-zi，-zl 指定の有無							
	ノーマル・モデル				スタティック・モデル			
	なし	zi	zl	zi zl	なし	zi	zl	zi zl
isascii	○	○	○	○	○	×	○	×
toupper	○	○	○	○	○	×	○	×
tolower	○	○	○	○	○	×	○	×
toascii	○	○	○	○	○	×	○	×
_toupper	○	○	○	○	○	×	○	×
toup	○	○	○	○	○	×	○	×
_tolower	○	○	○	○	○	×	○	×
tolow	○	○	○	○	○	×	○	×

○ ： サポートする

× ： サポートしない

6. 3. 2 setjmp.h

setjmp.h は，プログラム制御関数を定義します。

setjmp.h では，次の関数が定義されています。なお，オプション，および指定モデルにより，宣言する関数が異なります。

関数名	-zi，-zl 指定の有無							
	ノーマル・モデル				スタティック・モデル			
	なし	zi	zl	zi zl	なし	zi	zl	zi zl
setjmp	○	○	○	○	○	×	○	×
longjmp	○	○	○	○	○	×	○	×

○ ： サポートする

× ： サポートしない

setjmp.h では，次のオブジェクトが宣言されています。

- int 型配列の型“jmp_buf”の宣言
  - ノーマル・モデルの場合

```
typedef int     jmp_buf[11]
```

  - スタティック・モデルの場合

```
typedef int     jmp_buf[3]
```

6. 3. 3 stdarg.h（ノーマル・モデルのみ）

stdarg.h は，特殊関数を定義します。

stdarg.h では，次の関数が定義されています。

関数名	-zi，-zl 指定の有無			
	ノーマル・モデル			
	なし	zi	zl	zi zl
va_arg	○	○	○	○
va_start	△	△	△	△
va_starttop	△	△	△	△
va_end	○	○	○	○

○ ： サポートする

△ ： サポートするが動作に制限がある

stdarg.h では，次のオブジェクトが定義されています。

- char へのポインタ型“va_list”の宣言

```
typedef char    *va_list  ;
```

6. 3. 4 stdio.h

stdio.h は，入出力関数を定義します。stdio.h では，次の関数が定義されています。

ただし，オプション，および指定モデルにより，宣言する関数が異なります。

関数名	-zi，-zl 指定の有無							
	ノーマル・モデル				スタティック・モデル			
	なし	zi	zl	zi zl	なし	zi	zl	zi zl
sprintf	○	−	○	−	×	×	×	×
sscanf	○	−	○	−	×	×	×	×
printf	○	−	○	−	×	×	×	×
scanf	○	−	○	−	×	×	×	×
vprintf	○	−	○	−	×	×	×	×
vsprintf	○	−	○	−	×	×	×	×
getchar	○	○	○	○	○	×	○	×
gets	○	○	○	○	○	○	○	○
putchar	○	○	○	○	○	×	○	×
puts	○	○	○	○	○	×	○	×

○ ： サポートする

× ：サポートしない

－ ：動作を保証しない

次のマクロ名を宣言しています。

```
#define  EOF     ( -1 )
```

6. 3. 5 stdlib.h

stdlib.h は，文字・文字列関数，メモリ関数，プログラム制御，および数学関数，特殊関数を定義します。stdlib.h では，次の関数が定義されています。

ただし，コンパイラ・オプション -za（ANSI 規定外の機能を無効とし，ANSI 規定の機能を有効とするオプション）を指定した場合は，brk，sbrk，itoa，ltoa，ultoa の定義は行わず，代わりに strbrk，strsbrk，stritoa，strltoa，strultoa の定義を行います。-za を指定しない場合は，これらの関数の定義は行われません。

関数名	-zi，-zl 指定の有無							
	ノーマル・モデル				スタティック・モデル			
	なし	zi	zl	zi zl	なし	zi	zl	zi zl
atoi	○	－	○	－	○	×	○	×
atol	○	○	－	－	×	×	×	×
strtol	○	○	－	－	×	×	×	×
strtoul	○	○	－	－	×	×	×	×
calloc	○	○	○	○	○	×	○	×
free	○	○	○	○	○	×	○	×
malloc	○	○	○	○	○	×	○	×
realloc	○	○	○	○	○	×	○	×
abort	○	○	○	○	○	○	○	○
atexit	○	○	○	○	○	×	○	×
exit	○	○	○	○	○	×	○	×
abs	○	○	○	○	○	×	○	×
labs	○	○	－	－	×	×	×	×
div	○	×	○	×	×	×	×	×
ldiv	○	○	×	×	×	×	×	×
brk	○	○	○	○	○	×	○	×
sbrk	○	○	○	○	○	×	○	×
atof	○	○	○	○	×	×	×	×
strtod	○	○	○	○	×	×	×	×
itoa	○	○	○	○	○	×	○	×
ltoa	○	○	×	×	×	×	×	×
ultoa	○	○	×	×	×	×	×	×

関数名	-zi，-zl 指定の有無							
	ノーマル・モデル				スタティック・モデル			
	なし	zi	zl	zi zl	なし	zi	zl	zi zl
rand	○	―	○	―	×	×	×	×
srand	○	○	○	○	×	×	×	×
bsearch	○	○	○	○	×	×	×	×
qsort	○	○	○	○	×	×	×	×
strbrk	○	○	○	○	○	×	○	×
strsbrk	○	○	○	○	○	×	○	×
stritoa	○	○	○	○	○	×	○	×
strltoa	○	○	×	×	×	×	×	×
strultoa	○	○	×	×	×	×	×	×

○ ：サポートする

× ：サポートしない

― ：動作を保証しない

stdlib.h では，次のオブジェクトが宣言されています。

- int 型のメンバ“quot”，“rem”を持つ構造体型“div_t”の宣言（スタティック・モデルを除く）

```
typedef struct {
        int     quot ;
        int     rem ;
} div_t ;
```

- long int 型のメンバ“quot”，“rem”を持つ構造体型“ldiv_t”の宣言（スタティック・モデル，およびノーマル・モデルで -zl 指定時を除く）

```
typedef struct {
        long int        quot ;
        long int        rem ;
} ldiv_t ;
```

- マクロ名“RAND_MAX”の定義

```
#define RAND_MAX        32767
```

- マクロ名の宣言

```
#define EXIT_SUCCESS    0
#define EXIT_FAILURE    1
```

6. 3. 6 string.h

string.h は，文字・文字列関数，メモリ関数，および特殊関数を定義します。

string.h では，次の関数が定義されています。

ただし，オプション，および指定モデルにより，宣言する関数が異なります。

関数名	-zi，-zl 指定の有無							
	ノーマル・モデル				スタティック・モデル			
	なし	zi	zl	zi zl	なし	zi	zl	zi zl
memcpy	○	○	○	○	○	×	○	×
memmove	○	○	○	○	○	×	○	×
strcpy	○	○	○	○	○	○	○	○
strncpy	○	○	○	○	○	×	○	×
strcat	○	○	○	○	○	○	○	○
strncat	○	○	○	○	○	×	○	×
memcmp	○	−	○	−	○	×	○	×
strcmp	○	−	○	−	○	×	○	×
strncmp	○	−	○	−	○	×	○	×
memchr	○	○	○	○	○	×	○	×
strchr	○	○	○	○	○	×	○	×
strrchr	○	○	○	○	○	×	○	×
strspn	○	−	○	−	○	×	○	×
strcspn	○	−	○	−	○	×	○	×
strpbrk	○	○	○	○	○	○	○	○
strstr	○	○	○	○	○	○	○	○
strtok	○	○	○	○	○	○	○	○
memset	○	○	○	○	○	×	○	×
strerror	○	○	○	○	○	×	○	×
strlen	○	−	○	−	○	×	○	×
strcoll	○	−	○	−	○	×	○	×
strxfrm	○	−	○	−	○	×	○	×

○ ： サポートする

× ： サポートしない

− ： 動作を保証しない

6. 3. 7 error.h

error.h は，errno.h をインクルードしています。

6. 3. 8 errno.h

次のオブジェクトが宣言，定義されています。

- マクロ名“EDOM”，“ERANGE”，“ENOMEM”の定義

```
#define EDOM    1
#define ERANGE  2
#define ENOMEM  3
```

- volatile int 型の外部変数“errno”の宣言

```
extern volatile int errno ;
```

6. 3. 9 limits.h

limits.h では，次のマクロ名が定義されています。

```
#define CHAR_BIT        8
#define CHAR_MAX        +127
#define CHAR_MIN        -128
#define INT_MAX         +32767
#define INT_MIN         -32768
#define LONG_MAX        +2147483647
#define LONG_MIN        -2147483648

#define SCHAR_MAX       +127
#define SCHAR_MIN       -128
#define SHRT_MAX        +32767
#define SHRT_MIN        -32768
#define UCHAR_MAX       255U
#define UINT_MAX        65535U
#define ULONG_MAX       4294967295U
#define USHRT_MAX       65535U

#define SINT_MAX        +32767
#define SINT_MIN        -32768
#define SSHRT_MAX       +32767
#define SSHRT_MIN       -32768
```

ただし，修飾子なし char を unsigned char とみなす -qu オプションを指定した場合は，コンパイラが宣言するマクロ __CHAR_UNSIGNED__ により，CHAR_MAX，CHAR_MIN を次のように宣言します。

```
#define CHAR_MAX        ( 255U )
#define CHAR_MIN        ( 0 )
```

コンパイラ・オプションに -zi（int 型 /short 型を char 型，unsigned int 型 /unsigned short 型を unsigned char 型とみなす）オプションを指定した場合，コンパイラが宣言するマクロ __FROM_INT_TO_CHAR__ により，INT_MAX，INT_MIN，SHRT_MAX，SHRT_MIN，SINT_MAX，SINT_MIN，SSHRT_MAX，SSHRT_MIN，UINT_MAX，USHRT_MAX を次のように宣言します。

```
#define INT_MAX         CHAR_MAX
#define INT_MIN         CHAR_MIN
#define SHRT_MAX        CHAR_MAX
#define SHRT_MIN        CHAR_MIN
3
#define SINT_MAXS       CHAR_MAX
#define SINT_MINS       CHAR_MIN
#define SSHRT_MAXS      CHAR_MAX
#define SSHRT_MINS      CHAR_MIN
#define UINT_MAX        UCHAR_MAX
#define USHRT_MAX       UCHAR_MIN
```

コンパイラ・オプションに -zl（long 型を int 型，unsigned long 型を unsigned int 型とみなす）オプションを指定した場合，コンパイラが宣言するマクロ __FROM_LONG_TO_INT__ により，LONG_MAX，LONG_MIN，ULONG_MAX を次のように宣言します。

```
#define LONG_MAX        ( +32767 )
#define LONG_MIN        ( -32768 )
#define ULONG_MAX       ( 65535U )
```

6. 3. 10 stddef.h

stddef.h では，次のオブジェクトが宣言，定義されています。

- int 型の型“ptrdiff_t”の宣言

```
typedef int     ptrdiff_t ;
```

- unsigned int 型の型“size_t”の宣言

```
typedef unsigned int    size_t ;
```

- マクロ名“NULL”の定義

```
#define NULL    ( void * ) 0 ;
```

- マクロ名“offsetof”の定義

```
#define offsetof ( type, member )  ( ( size_t ) & ( ( ( type* )0 ) -> member ) )
```

備考 offsetof (*型*, *メンバ指示子*)

型 size_t を持つ汎整数定数式に展開し，その値は，（型が指示する）構造体の先頭から（メンバ指示子が指示する）構造体メンバまでのバイト単位でのオフセット値とします。

メンバ指示子は，static 型 t ; という宣言があった場合，式 &（t. メンバ指示子）を評価した結果がアドレス定数になるものでなければなりません。指定されたメンバがビット・フィールドの場合，その動作は保証しません。

6. 3. 11 math.h（ノーマル・モデルのみ）

math.h では，次の関数が定義されています。

関数名	-zi，-zl 指定の有無			
	ノーマル・モデル			
	なし	zi	zl	zi zl
acos	○	○	○	○
asin	○	○	○	○
atan	○	○	○	○
atan2	○	○	○	○
cos	○	○	○	○
sin	○	○	○	○
tan	○	○	○	○
cosh	○	○	○	○
sinh	○	○	○	○
tanh	○	○	○	○
exp	○	○	○	○
frexp	○	○	○	○
ldexp	○	○	○	○
log	○	○	○	○
log10	○	○	○	○
modf	○	○	○	○
pow	○	○	○	○
sqrt	○	○	○	○
ceil	○	○	○	○
fabs	○	○	○	○
floor	○	○	○	○
fmod	○	○	○	○

関数名	-zi，-zl 指定の有無			
	ノーマル・モデル			
	なし	zi	zl	zi zl
matherr	○	×	○	×
acosf	○	○	○	○
asinf	○	○	○	○
atanf	○	○	○	○
atan2f	○	○	○	○
cosf	○	○	○	○
sinf	○	○	○	○
tanf	○	○	○	○
coshf	○	○	○	○
sinhf	○	○	○	○
tanhf	○	○	○	○
expf	○	○	○	○
frexpf	○	○	○	○
ldexpf	○	○	○	○
logf	○	○	○	○
log10f	○	○	○	○
modff	○	○	○	○
powf	○	○	○	○
sqrtf	○	○	○	○
ceilf	○	○	○	○
fabsf	○	○	○	○
floorf	○	○	○	○
fmodf	○	○	○	○

○ ： サポートする

× ： サポートしない

次のオブジェクトが，定義されています。

- マクロ名“HUGE_VAL”の定義

```
#define HUGE_VAL        DBL_MAX
```

6. 3. 12 float.h

float.h では，次のオブジェクトが定義されています。

double 型の大きさが 32 ビットのときコンパイラが宣言するマクロ，__DOUBLE_IS_32BITS__ により，定義するマクロを切り分けます。

```
#ifndef _FLOAT_H

#define FLT_ROUNDS      1
#define FLT_RADIX       2

#ifdef  __DOUBLE_IS_32BITS__
#define FLT_MANT_DIG    24
#define DBL_MANT_DIG    24
#define LDBL_MANT_DIG   24

#define FLT_DIG         6
#define DBL_DIG         6
#define LDBL_DIG        6

#define FLT_MIN_EXP     -125
#define DBL_MIN_EXP     -125
#define LDBL_MIN_EXP    -125

#define FLT_MIN_10_EXP  -37
#define DBL_MIN_10_EXP  -37
#define LDBL_MIN_10_EXP -37

#define FLT_MAX_EXP     +128
#define DBL_MAX_EXP     +128
#define LDBL_MAX_EXP    +128

#define FLT_MAX_10_EXP  +38
#define DBL_MAX_10_EXP  +38
#define LDBL_MAX_10_EXP +38

#define FLT_MAX         3.40282347E+38F
#define DBL_MAX         3.40282347E+38F
#define LDBL_MAX        3.40282347E+38F

#define FLT_EPSILON     1.19209290E-07F
#define DBL_EPSILON     1.19209290E-07F
#define LDBL_EPSILON    1.19209290E-07F

#define FLT_MIN         1.17549435E-38F
```

```
#define DBL_MIN         1.17549435E-38F
#define LDBL_MIN        1.17549435E-38F

#else   /* __DOUBLE_IS_32BITS__ */
#define FLT_MANT_DIG    24
#define DBL_MANT_DIG    53
#define LDBL_MANT_DIG   53

#define FLT_DIG         6
#define DBL_DIG         15
#define LDBL_DIG        15

#define FLT_MIN_EXP     -125
#define DBL_MIN_EXP     -1021
#define LDBL_MIN_EXP    -1021

#define FLT_MIN_10_EXP  -37
#define DBL_MIN_10_EXP  -307
#define LDBL_MIN_10_EXP -307

#define FLT_MAX_EXP     +128
#define DBL_MAX_EXP     +1024
#define LDBL_MAX_EXP    +1024

#define FLT_MAX_10_EXP  +38
#define DBL_MAX_10_EXP  +308
#define LDBL_MAX_10_EXP +308

#define FLT_MAX         3.40282347E+38F
#define DBL_MAX         1.7976931348623157E+308
#define LDBL_MAX        1.7976931348623157E+308

#define FLT_EPSILON     1.19209290E-07F
#define DBL_EPSILON     2.2204460492503131E-016
#define LDBL_EPSILON    2.2204460492503131E-016

#define FLT_MIN         1.17549435E-38F
#define DBL_MIN         2.225073858507201E-308
#define LDBL_MIN        2.225073858507201E-308
#endif  /* __DOUBLE_IS_32BITS__ */

#define _FLOAT_H
#endif  /* !_FLOAT_H */
```

6. 3. 13 assert.h（ノーマル・モデルのみ）

assert.h では，次の関数が定義されています。

関数名	-zi，-zl 指定の有無			
	ノーマル・モデル			
	なし	zi	zl	zi zl
__assertfail	○	○	○	○

○ ： サポートする

assert.h では，次のオブジェクトが定義されています。

```
#ifdef  NDEBUG
#define assert ( p )    ( ( void ) 0 )
#else
extern int      __assertfail ( char *__msg, char *__cond, char *__file, int__line ) ;
#define assert ( p )    ( ( p ) ? ( void ) 0 : ( void ) __assertfail (
                            "Assertion failed : %s, file %s, line %d\n",
                        #p, __FILE__, __LINE__ ) )
#endif  /* NDEBUG */
```

ただし，assert.h ヘッダ・ファイルは，assert.h ヘッダ・ファイルでは定義しないもう 1 つのマクロ NDEBUG を参照し，ソース・ファイル中に assert.h を取り込む時点で，NDEBUG がマクロとして定義されている場合，assert マクロを単に，次のように宣言し，__assertfail の定義も行いません。

```
#define assert ( p )    ( ( void ) 0 )
```

6. 4 リエントラント性（ノーマル・モデルのみ）

リエントラントとは，あるプログラムから呼び出されている関数が，続けて他のプログラムによって呼び出し可能である状態です。

78K0 C コンパイラの標準ライブラリは，リエントラント性を考慮し，静的領域を使用していません。したがって，関数が使用する記憶域のデータが，他プログラムからの呼び出しによって破壊されることはありません。

ただし，次の関数は，リエントラントでないので注意してください。

- リエントラント化できない関数

```
setjmp，longjmp，atexit，exit
```

- スタートアップ・ルーチンで確保している領域を使用する関数

```
div，ldiv，brk，sbrk，rand，srand，strtok
```

- 浮動小数点を扱う関数

sprintf，sscanf，printf，scanf，vprintf，vsprintf 注
atof，strtod，すべての数学関数

注 sprintf，sscanf，printf，scanf，vprintf，vsprintf のうち，浮動小数点未対応のものは，リエントラントです。

6.5 文字／文字列関数

文字／文字列関数には，次のものがあります。

関数名	機能
isalpha	文字が英字（A ～ Z，a ～ z）であるかを判定
isupper	文字が英大文字（A ～ Z）であるかを判定
islower	文字が英小文字（a ～ z）であるかを判定
isdigit	文字が数字（0 ～ 9）であるかを判定
isalnum	文字が英数字（0 ～ 9，A ～ Z，a ～ z）であるかを判定
isxdigit	文字が 16 進数字（0 ～ 9，A ～ F，a ～ f）であるかを判定
isspace	文字が空白文字（空白，タブ，復帰，改行，垂直，タブ，改ページ）であるかを判定
ispunct	文字が空白文字と英数字以外の表示可能文字であるかを判定
isprint	文字が表示可能文字であるかを判定
isgraph	文字が空白以外の表示可能文字であるかを判定
iscntrl	文字がコントロール文字であるかを判定
isascii	文字が ASCII コードであるかを判定
toupper	英小文字を英大文字に変換
tolower	英大文字を英小文字に変換
toascii	ASCII コードへ変換
_toupper	入力文字から“a”を引き，“A”を加える
toup	
_tolower	入力文字から“A”を引き，“a”を加える
tolow	

isalpha

c が英字（A ～ Z，a ～ z）であるかを判定します。

［指定形式］

```
#include <ctype.h>
int isalpha ( int c ) ;
```

［引数／戻り値］

引数	戻り値
c ： 判定する文字	文字 *c* が英字である場合 ： 1 文字 *c* が英字でない場合 ： 0

［詳細説明］

- *c* が英字（A ～ Z，a ～ z）の場合は，1 を返します。
  それ以外の場合は，0 を返します。

isupper

c が英大文字（A ～ Z）であるかを判定します。

[指定形式]

```
#include <ctype.h>
int isupper ( int c ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
c ： 判定する文字	文字 *c* が英大文字である場合 ： 1 文字 *c* が英大文字でない場合 ： 0

[詳細説明]

- *c* が英大文字（A ～ Z）の場合，1 を返します。
  それ以外の場合は，0 を返します。

islower

c が英小文字（a ～ z）であるかを判定します。

[指定形式]

```
#include <ctype.h>
int islower ( int c ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
c ： 判定する文字	文字 *c* が英小文字である場合 ： 1 文字 *c* が英小文字でない場合 ： 0

[詳細説明]

- *c* が英小文字（a ～ z）の場合，1 を返します。
  それ以外の場合は，0 を返します。

isdigit

c が数字（0 ～ 9）であるかを判定します。

[指定形式]

```
#include <ctype.h>
int isdigit ( int c ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
c ： 判定する文字	文字 *c* が 10 進数である場合 ： 1 文字 *c* が 10 進数でない場合 ： 0

[詳細説明]

- *c* が数字（0 ～ 9）の場合，1 を返します。
  それ以外の場合は，0 を返します。

isalnum

c が英数字（0 ～ 9，A ～ Z，a ～ z）であるかを判定します。

［指定形式］

```
#include <ctype.h>
int isalnum ( int c ) ;
```

［引数／戻り値］

引数	戻り値
c ： 判定する文字	文字 *c* が英数字である場合 ： 1 文字 *c* が英数字でない場合 ： 0

［詳細説明］

- *c* が英数字（0 ～ 9，A ～ Z，a ～ z）の場合，1 を返します。
  それ以外の場合は，0 を返します。

isxdigit

c が 16 進数字（0 ～ 9，A ～ F，a ～ f）であるかを判定します。

[指定形式]

```
#include <ctype.h>
int isxdigit ( int c ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
c ： 判定する文字	文字 *c* が 16 進数字である場合 ： 1 文字 *c* が 16 進数字でない場合 ： 0

[詳細説明]

- *c* が英数字 16 進数字（0 ～ 9，A ～ F，a ～ f）の場合，1 を返します。
  それ以外の場合は，0 を返します。

isspace

c が空白文字（空白，タブ，復帰，改行，垂直，タブ，改ページ）であるかを判定します。

[指定形式]

```
#include <ctype.h>
int isspace ( int c ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
c ： 判定する文字	文字 *c* が空白文字である場合 ： 1 文字 *c* が空白文字でない場合 ： 0

[詳細説明]

- *c* が空白文字（空白，タブ，復帰，改行，垂直，タブ，改ページ）の場合，1 を返します。
  それ以外の場合は，0 を返します。

ispunct

c が空白文字と英数字以外の表示可能文字であるかを判定します。

[指定形式]

```
#include <ctype.h>
int ispunct ( int c ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
c ： 判定する文字	文字 *c* が空白文字と英数字以外の表示可能文字である場合 ： 1 文字 *c* が空白文字と英数字以外の表示可能文字でない場合 ： 0

[詳細説明]

- *c* が空白文字と英数字以外の表示可能文字の場合，1 を返します。
  それ以外の場合は，0 を返します。

isprint

c が表示可能文字であるかを判定します。

[指定形式]

```
#include <ctype.h>
int isprint ( int c ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
c ： 判定する文字	文字 *c* が表示可能な文字である場合 ： 1 文字 *c* が表示可能な文字でない場合 ： 0

[詳細説明]

- *c* が表示可能文字の場合，1 を返します。
  それ以外の場合は，0 を返します。

isgraph

c が空白以外の表示可能文字であるかを判定します。

[指定形式]

```
#include <ctype.h>
int isgraph ( int c ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
c ： 判定する文字	文字 *c* が空白以外の表示可能文字である場合 ： 1 文字 *c* が空白であるか表示可能文字でない場合 ： 0

[詳細説明]

- *c* が空白以外の表示可能文字の場合，1 を返します。
  それ以外の場合は，0 を返します。

iscntrl

c がコントロール文字であるかを判定します。

[指定形式]

```
#include <ctype.h>
int iscntrl ( int c ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
c ： 判定する文字	文字 *c* がコントロール文字である場合 ： 1 文字 *c* がコントロール文字でない場合 ： 0

[詳細説明]

- *c* がコントロール文字の場合，1 を返します。
  それ以外の場合は，0 を返します。

isascii

c が ASCII コードであるかを判定します。

[指定形式]

```
#include <ctype.h>
int isascii( int c ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
c ： 判定する文字	文字 *c* が ASCII コードである場合 ： 1 文字 *c* が ASCII コードでない場合 ： 0

[詳細説明]

- *c* が ASCII コードの場合，1 を返します。
  それ以外の場合は，0 を返します。

toupper

英小文字を英大文字に変換します。

[指定形式]

```
#include <ctype.h>
int toupper ( int c ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
c ： 変換される文字	*c* が変換可能な場合 ： 文字 *c* に対応した変換後の文字 *c* が変換不可能な場合 ： c

[詳細説明]

- toupper は，引数が英小文字であることを確認したうえで，英大文字に変換します。

tolower

英大文字を英小文字に変換します。

[指定形式]

#include <ctype.h>

int tolower (int *c*) ;

[引数／戻り値]

引数	戻り値
c ： 変換される文字	*c* が変換可能な場合 ： 文字 *c* に対応した変換後の文字 *c* が変換不可能な場合 ： c

[詳細説明]

- tolower は，引数が英大文字であることを確認したうえで，英小文字に変換します。

toascii

ASCII コードへの変換を行います。

[指定形式]

```
#include <ctype.h>
int toascii ( int c ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
c ： 変換される文字	*c* の ASCII コードの範囲以外のビットを 0 にした値 *c*

[詳細説明]

- *c* の ASCII コードに変換します。ASCII コードの範囲（ビット 0 ～ 6）以外のビット（ビット 7 ～ 15）は 0 にします。

_toupper

_toupper は，*c* から“a”を引き，“A”を加えます。
（_toupper と toup はまったく同じです。）

備考 a：英小文字，A：英大文字

[指定形式]

```
#include <ctype.h>
int _toupper ( int c ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
c ： 変換される文字	*c* から“a”を引き，“A”を加えた値

備考 a：英小文字，A：英大文字

[詳細説明]

- _toupper は，toup と似ていますが，引数が英小文字であることを確認しません。

toup

toup は，*c* から“a”を引き，“A”を加えます。
（_toupper と toup はまったく同じです。）

備考 a：英小文字，A：英大文字

［指定形式］

```
#include <ctype.h>
int toup ( int c ) ;
```

［引数／戻り値］

引数	戻り値
c ： 変換される文字	*c* から“a”を引き，“A”を加えた値

備考 a：英小文字，A：英大文字

［詳細説明］

- toup は，_toupper と似ていますが，引数が英小文字であることを確認します。

_tolower

_tolower は，*c* から“A”を引き，“a”を加えます。
（_tolower と tolow はまったく同じです。）

備考 a：英小文字，A：英大文字

[指定形式]

```
#include <ctype.h>
int _tolower ( int c ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
c ： 変換される文字	*c* から“A”を引き，“a”を加えた値

備考 a：英小文字，A：英大文字

[詳細説明]

- _tolower は，tolow と似ていますが，引数が英大文字であることを確認しません。

tolow

tolow は，*c* から“A”を引き，“a”を加えます。
（_tolower と tolow はまったく同じです。）

備考 a：英小文字，A：英大文字

［指定形式］

```
#include <ctype.h>
int tolow ( int c ) ;
```

［引数／戻り値］

引数	戻り値
c ： 変換される文字	*c* から“A”を引き，“a”を加えた値

備考 a：英小文字，A：英大文字

［詳細説明］

- tolow は，_tolower と似ていますが，引数が英大文字であることを確認します。

6. 6　プログラム制御関数

プログラム制御関数には，次のものがあります。

関数名	機能
setjmp	呼び出し時の環境をセーブ
longjmp	setjmp でセーブされた環境を復帰

setjmp

呼び出し時の環境をセーブします。

[指定形式]

#include <setjmp.h>

int setjmp (jmp_buf *env*) ;

[引数／戻り値]

引数	戻り値
env ： 環境をセーブする配列	直接呼び出された場合 ： 0 対応する longjmp の呼び出しから返る場合 ： 対応する longjmp の呼び出し時の *val* の値，ただし *val* が 0 の場合は 1

[詳細説明]

- setjmp は，直接呼び出された場合，HL レジスタ（ノーマル・モデルの場合），DE レジスタ（スタティック・モデルの場合），レジスタ変数として使用する saddr 領域，SP，および関数のリターン・アドレスを *env* にセーブし，0 を返します。

longjmp

setjmp でセーブされた環境を復帰します。

[指定形式]

#include <setjmp.h>

void longjmp (jmp_buf *env*, int *val*) ;

[引数／戻り値]

引数	戻り値
env ： setjmp でセーブした環境の配列 *val* ： setjmp に返す値	*env* に環境をセーブした setjmp の次に実行を移すので，longjmp には戻りません。

[詳細説明]

- longjmp は，*env* に保存された環境（HL レジスタ（ノーマル・モデルの場合），DE レジスタ（スタティック・モデルの場合），およびレジスタ変数として使用する saddr 領域，SP）を復帰し，対応する setjmp が *val*（ただし，*val* が 0 の場合は 1）を返したかのようにプログラムの実行が続きます。

6.7　特殊関数

特殊関数には，次のものがあります。

関数名	機能
va_start（ノーマル・モデルのみ）	可変個の引数の処理のための設定を行う
va_starttop（ノーマル・モデルのみ）	可変個の引数の処理のための設定を行う
va_arg（ノーマル・モデルのみ）	可変個の引数を処理
va_end（ノーマル・モデルのみ）	可変個の引数の処理の終了を知らせる

va_start（ノーマル・モデルのみ）

可変個の引数の処理のための設定を行います（マクロ）。

［指定形式］

#include <stdarg.h>

void va_start (va_list *ap*, *parmN*) ;

備考 va_list は，stdarg.h で typedef 定義されています。

［引数／戻り値］

引数	戻り値
ap ： va_arg，va_end で使えるように初期化される変数 *parmN* ： 可変引数の 1 個前の引数	なし

［詳細説明］

- va_start で，引数 ap は va_list 型（char * 型）のオブジェクトです。
- *ap* に *parmN* の次の引数を指すポインタを格納します。
- *parmN* は，関数定義上での右端の引数の名前です。
- *parmN* がレジスタ記憶クラスで宣言されている場合は，正常動作は保証されません。
- *parmN* が第一引数の場合は，正常動作は保証されません（代わりに va_starttop を使用してください）。

va_starttop（ノーマル・モデルのみ）

可変個の引数の処理のための設定を行います（マクロ）。

[指定形式]

```
#include <stdarg.h>
void va_starttop ( va_list ap, parmN ) ;
```

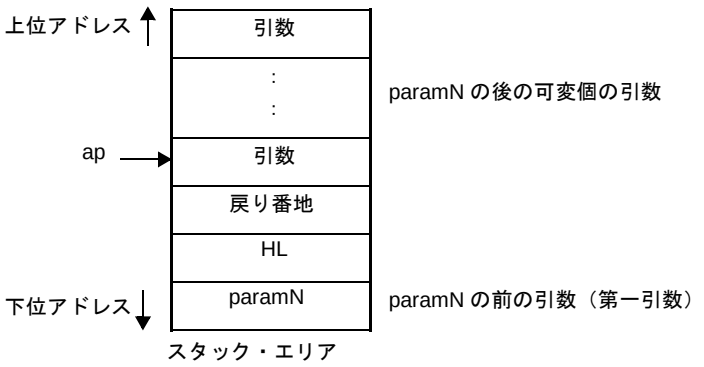
備考 va_list は，stdarg.h で typedef 定義されています。

[引数／戻り値]

引数	戻り値
ap ： va_arg，va_end で使えるように初期化される変数 *parmN* ： 可変引数の 1 個前の引数	なし

[詳細説明]

- *ap* は，va_list 型のオブジェクトです。
- *ap* に，*parmN* の次の引数を指すポインタをストアします。
- *parmN* は，関数定義上での右端，かつ 1 番目の引数の名前です。
- *parmN* がレジスタ記憶クラスで宣言されている場合は，正常動作は保証されません。
- *parmN* が第一引数以外の場合は，正常動作は保証されません。



va_arg（ノーマル・モデルのみ）

可変個の引数の処理を行います（マクロ）。

[指定形式]

#include <stdarg.h>

type va_arg (va_list *ap*, type) ;

備考 va_list は，stdarg.h で typedef 定義されています。

[引数／戻り値]

引数	戻り値
ap ： 引数リストの処理のための変数 type ： 変引数の該当箇所をポイントするための型（type は可変長の型で，たとえば va_arg (va_list *ap*, int) と記述すれば int 型，va_arg (va_list *ap*, long) と記述すれば long 型となる）	正常の場合 ： 可変引数の該当箇所の値 *ap* がヌル・ポインタの場合 ： 0

[詳細説明]

- va_arg では，引数 *ap* は va_start で初期化された va_list 型の *ap* と同じでなければなりません（それ以外の正常動作は保証されません）。
- 可変引数の該当箇所（va_start の直後は可変引数の先頭，その後は va_arg ごとに進めます）の値を type 型で返します。
- *ap* がヌル・ポインタの場合は，type 型の 0 を返します。

va_end（ノーマル・モデルのみ）

可変個の引数の処理の終了を知らせます（マクロ）。

[指定形式]

```
#include <stdarg.h>
void va_end ( va_list ap ) ;
```

備考 va_list は，stdarg.h で typedef 定義されています。

[引数／戻り値]

引数	戻り値
ap ： 可変個の引数の処理のための変数	なし

[詳細説明]

- va_end は，すべての可変引数を処理し終わったことをマクロ系に知らせるために，*ap* にヌル・ポインタをセットします。

6.8 入出力関数

入出力関数には，次のものがあります。

関数名	機能
sprintf（ノーマル・モデルのみ）	フォーマットに従ってデータを文字列に書き込み
sscanf（ノーマル・モデルのみ）	入力文字列からフォーマットに従ってデータを読み込み
printf（ノーマル・モデルのみ）	フォーマットに従ってデータを SFR に出力
scanf（ノーマル・モデルのみ）	SFR からフォーマットに従ってデータを読み込み
vprintf（ノーマル・モデルのみ）	フォーマットに従ってデータを SFR に出力
vsprintf（ノーマル・モデルのみ）	フォーマットに従ってデータを文字列に書き込み
getchar	SFR から 1 文字読み込み
gets	文字列の読み取り
putchar	SFR に 1 文字出力
puts	文字列を出力

sprintf（ノーマル・モデルのみ）

フォーマットに従ってデータを文字列に書きます。

[指定形式]

```
#include <stdio.h>
int sprintf ( char *s, const char *format, … ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
s ： 出力する文字列へのポインタ *format* ： 出力変換仕様を示す文字列へのポインタ … ： 変換される 0 個以上の引数	*s* に書かれた文字数（終端のヌル文字は数えません）

[詳細説明]

- 書式に対して実引数が不足しているときの動作は保証されません。実引数が残っているにもかかわらず，書式が尽きてしまう場合，余分の実引数は評価するだけで無視します。
- *format* で指定された出力変換仕様に従い，*format* の後ろに続く（0 個以上の）引数を変換して *s* で示された文字列に書き出します。
- 出力変換仕様は，0 個以上の指令です。通常の文字（%で始まる変換仕様以外）は，そのまま文字列 *s* に出力します。変換仕様は，（0 個以上の）後続の引数を取り出し，変換して文字列 *s* に出力します。
- 各変換仕様は % で始まり，次のものが順に続きます（変換指定が不正な場合には，その文字を出力します。この際，フラグと最小フィールド幅は有効です）。

（1）0 個以上のフラグ（後述）は，変換仕様の意味を修飾します。

（2）最小フィールド幅を指定するオプションの 10 進整数

もし，変換後の幅が，このフィールド幅よりも小さい場合，左にパッドを入れます（左寄せのフラグ（ - ）が指定されていれば，右にパッドが入ります）。パッドは，フィールド幅整数が 0 で始まり，右寄せの場合は 0，その他はスペース文字です。変換後の幅がフィールド幅より多くても切り捨てません。

- オプションの精度指定（ **.** 整数）

d，i，o，u，x，X 変換の場合は，最小の桁数を指定します。

s 変換では，最大文字数を指定します。

e，E，および f 変換については，小数点文字の後ろに出力すべき桁数を g，および G 変換については最大の有効桁数を指定します。

この精度指定は，（.整数）の形をしています。整数部が省略されたときは 0 とみなします。

この精度指定から生ずるパッドの量は，フィールド幅指定のパッドに優先します。

- オプションの h，l，または L

h は，引き続く d，i，o，u，x，X 変換を short int，または unsigned short int に対して行うように指定します。また，h は引き続く n 変換を short int へのポインタに対して行うように指定します。

l は，引き続く d，i，o，u，x，X 変換を long int，または unsigned long int に対して行うように指定します。また，l は引き続く n 変換を long int へのポインタに対して行うように指定します。

その他の変換に対しては，h，l，または L は無視します。

- 変換を指定する文字（後述の変換指定）

フィールド幅，または精度指定は，整数文字列の代わりに * を指定することができます。このとき，int 引数が整数値を与えます（変換される引数の前）。

この結果生じる負のフィールド幅は，- フラグのあとに正のフィールドが続いたものと解釈します。負の精度は無視されます。

フラグは次のとおりです。

フラグ	内容
-	変換した結果をフィールド内で左寄せします。
+	符号付き変換の結果に，+，または - の符号を付けます。
スペース	符号付き変換の結果に符号がない場合，スペースを頭に付けます。 スペースと + フラグを同時に指定すると，スペース・フラグは無視されます。
#	結果を“代替形式”に変換します。 o 変換では，最初の桁が 0 になるように精度を上げます。 x，X 変換では，非ゼロの結果には 0x（または 0X）が頭に付きます。 e，E，f 変換では，すべての場合に出力値に強制的に小数点が入ります（# なしのデフォルトでは，後続の数値がある場合にのみ小数点が表示されます）。 g，G 変換では，すべての場合に出力値に強制的に小数点が入り，後続する 0 の切り捨てを許しません（# なしのデフォルトでは，後続の数値がある場合にのみ小数点が表示されます。後続の 0 は切り捨てられます）。 その他の変換では，# フラグを無視します。
0	先頭フィールドを 0 で埋めます。 - フラグと同時に指定した場合は，0 フラグは無視されます。 d，i，o，u，x，X 変換で精度を指定している場合は，0 フラグは無視されます。

変換指定は次のとおりです。

変換指定	内容
d，i	int 引数を符号付き 10 進（d または i）表記に変換します。
o	int 引数を無符号 8 進（o）表記に変換します。
u	int 引数を無符号 10 進（u）表記に変換します。

変換指定	内容
x，X	int 引数を無符号 16 進（x または X）表記に変換します。 x 変換は a ～ f，X 変換は A ～ F の文字を 16 進文字として使います。

精度指定は，結果の最小桁数を指定し，結果が足りないときには頭の不足分の 0 を付けます。

精度指定の省略時は，1 とします。

0 を精度指定 0 で変換すると，何も現れません。

精度指定	内容
f	double 引数を [-]*dddd.dddd* の形式を持つ符号付きの値として変換します。 *dddd* は，1 個，または複数の 10 進数です。小数点の前の桁数はその数の絶対値によって決定され，小数点のあとの桁数は要求された精度によって決定されます。 精度が省略された場合は，精度を 6 として解釈します。
e	double 引数を [-]*d.dddd* e [sign] *ddd* の形式を持つ符号対の値として変換します。 d は 1 個の 10 進数，*dddd* は 1 個，または複数の 10 進数です。*ddd* は正確に 3 桁の 10 進数で，sign は +，または - です。 精度が省略された場合は，精度を 6 として解釈します。
E	指数の前に付くのが e ではなく，E である点を除いて，e のフォーマットと同様です。
g	double 引数を f，または e のフォーマットのうち，指定された精度に基づいて変換したときに，より短くなる方式を用います。 e フォーマットは，値の指数部が，-4 より小さいか，精度で指定された数よりも大きい場合にのみ用います。 あとに続く 0 は切り捨てられ，小数点は 1 個，または複数の数字が続く場合にのみ表示されます。
G	指数の前にあるのが e ではなく，E である点を除いて，g のフォーマットと同様です。
c	int 引数を unsigned char に変換し，結果の文字が書かれます。
s	引数は文字列へのポインタで，その文字列からの各文字は終端のヌル文字（出力には含みません）まで書かれます。 精度指定があれば，それより多くの文字は書きません。 精度が指定されない場合，または精度が配列の大きさよりも大きい場合，配列はヌル文字を含まなければなりません。
p	引数は void へのポインタの値を無符号 16 進 4 桁で表記（4 桁未満は頭に 0 を付けます）します。 ラージ・モデルは，無符号 16 進 8 桁で表記（上位 2 桁 0 でパディングし，6 桁未満は頭に 0 を付けます）します。 精度指定は無視します。
n	引数は整数へのポインタで，そこに対してこれまでに文字列 *s* に書き出した文字数を入れます。 変換は行いません。
%	% が書かれます。 引数は変換しません（フラグと最小フィールド幅は有効です）。

- 無効な変換指定子に対する動作は，保証しません。
- 実引数が共用体，または集成体であるか，またはそれを指すポインタである場合（%ｓ 変換のときの文字型配列，または %p 変換のときのポインタを除きます），動作は保証されません。

- フィールド幅が存在しないとき，または小さいときでも，変換結果を切り捨てることはありません。すなわち，変換結果の文字数がフィールド幅より大きい場合，その変換結果を含む幅までフィールドを拡張します。
- %f，%e，%E，%g，%G 変換時の特別の出力文字列の形式を次に示します。

  非数 → “(NaN)”

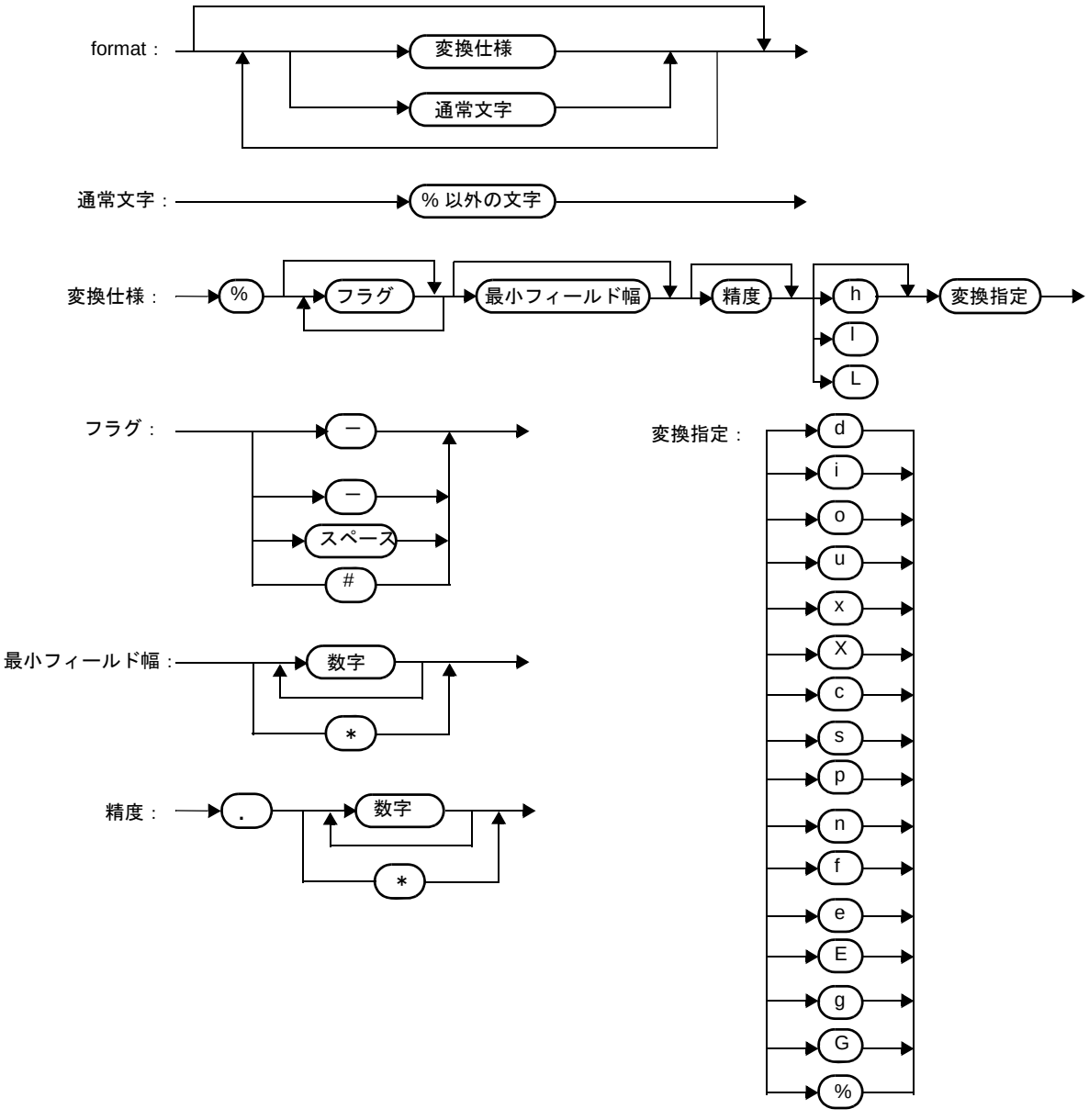
  + ∞ → “(+INF)”

  - ∞ → “(-INF)”

文字列 *s* の末尾にヌル文字（戻り値のカウントには含まない）を書きます。

format の構文図を次に示します。

図 6―2 *format* の構文図



sscanf（ノーマル・モデルのみ）

入力文字列からフォーマットに従ってデータを読みます。

［指定形式］

```
#include <stdio.h>
int sscanf ( const char *s, const char *format, … ) ;
```

［引数／戻り値］

引数	戻り値
s ： 入力文字列へのポインタ *format* ： 入力変換仕様を示す文字列へのポインタ … ： 変換された値を入れるオブジェクトへのポインタ（0個以上の）引数	文字列 *s* が空の場合 ： -1 文字列 *s* が空でない場合 ： 代入された入力項目の数

［詳細説明］

- *s* が指す文字列から入力します。*format* が指す文字列により許される入力列を指定します。*format* 以降の引数をオブジェクトへのポインタとして用います。*format* は入力列から，どのように変換するかを指定します。
- *format* に対して引数が足りない場合の正常動作は保証されません。過剰な引数の場合，式の評価は行いますが入力はされません。
- *format* は 0 以上の指令からなります。指令は次のとおりです。
  1 ：1 個以上の空白文字（isspace が真となる文字）
  2 ：通常文字（% 以外）
  3 ：変換指示
- 変換指示は % から始まり，% の後ろに次のものが順に続きます。

（1）オプションの代入禁止文字 *（引数へは代入しないことを示します）

（2）オプションの最大フィールド幅を指定する 10 進整数（0 の場合，指定のないものとします）

（3）オプションの h，l，または L（受信する側のオブジェクトのサイズを示します）

変換指示子 d，i，n，o，x に h が先行すれば，引数は int でなく short int へのポインタです。l がこれらに先行した場合は long int へのポインタです。

同様に，変換指示子 u に h が先行すれば，引数は unsigned short int へのポインタです。l が先行した場合は，unsigned long int へのポインタです。

変換指示子 e，E，f，g，G に l が先行すれば，引数は double へのポインタです（l なしのデフォルトでは引数は float へのポインタ）。また，L が先行した場合，無視します。

備考 変換指示子：対応する変換の種類を示す文字（後述）

- sscanf は *format* 中の指令を順に実行します。指令が失敗すれば，sscanf は戻ります。

（1）空白文字からなる指令は，最初の非空白文字（これは読み込みません）までか，読む文字がなくなるまで入力を読むことで実行されます。空白文字指令は，非空白文字が発見できなければ失敗します。

（2）通常文字の指令は，次の文字を読むことで実行されます。その文字と指令文字が異なるとき，指令は失敗します。

（3）変換指示の指令は，各変換指示子（後述）ごとに一致する入力列の集合を定義します。
変換指示は，次のステップ順に実行されます。

（a）入力空白文字（isspace で指定される）はスキップされます。ただし，変換指示子が [，c，n の場合を除きます。

（b）入力項目が文字列 s から読まれます。ただし，n 変換指示子のときは除きます。
入力項目とは，変換指示子で指示される文字列の最初の部分列のうち，最長の入力列（ただし，最大フィールド幅が指定されている場合は，その長さで打ち切ります）と定義します。入力項目の次の文字は，まだ読まれていないとみなします。
入力項目の長さが 0 のとき，指令の実行は失敗します。

（c）% 変換指示子を除いて，入力項目（%n 指令の場合は，入力文字数）が変換指示子により定まる型に変換されます。
入力項目が指示する形式と合わない場合は指令の実行は失敗します。
*** によって入力禁止が指定されないかぎり，変換の結果は，*format* に続く変換結果を受け取っていない最初の引数に指されるオブジェクトに格納されます。**

変換指示子は次のとおりです。

変換指示子	内容
d	10 進整数（符号が付いてもよい）に変換します。 対応する引数は整数へのポインタです。
l	整数（符号が付いてもよい）に変換します。 数値部の先頭が 0x，または 0X の場合 16 進整数，0 の場合は 8 進整数，その他は 10 進整数とみなします。 対応する引数は整数へのポインタです。
o	8 進整数（符号が付いてもよい）に変換します。 対応する引数は整数へのポインタです。

変換指示子	内容
u	無符号の 10 進整数に変換します。 対応する引数は無符号整数へのポインタです。
x	16 進整数（符号が付いてもよい）に変換します。
e，E，f，g，G	オプションの符号（+，または -），小数点を含む 1 個，または複数個の連続する 10 進数，およびオプションの指数（“e”または“E”）とそれに続くオプションの符号付き整数値から構成される浮動小数点値。 変換の結果，オーバフローとなった場合，±∞を変換結果とし，アンダフローとなった場合，非正規化数，または，± 0 を変換結果とします。 対応する引数は，float へのポインタです。
s	非空白文字列からなる文字列を入力します。 対応する引数は整数へのポインタです。16 進整数の先頭には 0x，または 0X を付けることができます。 対応する引数は，この文字列と終端のヌル文字を収容するのに十分な大きさを持つ配列へのポインタです。 終端のヌル文字は，自動的に付加されます。
[	期待する文字群（scanset という）からなる文字列を入力します。 対応する引数は，この文字列と終端のヌル文字を収容するのに十分な大きさを持つ配列へのポインタです。 終端のヌル文字は自動的に付加されます。 変換指示は，この文字以降から右角かっこ（] ）まで続きます。角かっこにはさまれた文字列（scanlist という）は，左角かっこの直後の文字がサーカム・フレックス（ ^ ）の場合を除き，scanset を構成します。^ の場合は，このサーカム・フレックスから右角かっこの間の scanlist 以外のすべての文字が scanset を構成します。ただし，[ ]，または [^] で始まる場合は，この右角かっこは scanlist に入り，次の右角かっこが，scanlist の終端になります。 scanlist の左端，右端以外のハイフン（ - ）は範囲指定です。- の左の文字が右の文字より ASCII コードが小さくない場合は，ハイフンは“ - ”そのものの文字とします。
c	フィールド幅（指定のないときは 1）で指定された個数の文字からなる文字列を入力します。 対応する引数は，この文字列を収容するのに十分な大きさを持つ配列へのポインタです。 終端のヌル文字は，追加しません。
p	無符号の 16 進整数として変換します。 対応する引数は，void へのポインタのポインタです。
n	文字列 *s* からは入力しません。 対応する引数は整数へのポインタであり，これまでこの関数で文字列 *s* から読み出された文字数がそのポインタの指すオブジェクトに格納されます。 %n 指令は，戻り値の代入カウントには含めません。
%	% を読みます。 いかなる変換も代入も起こりません。

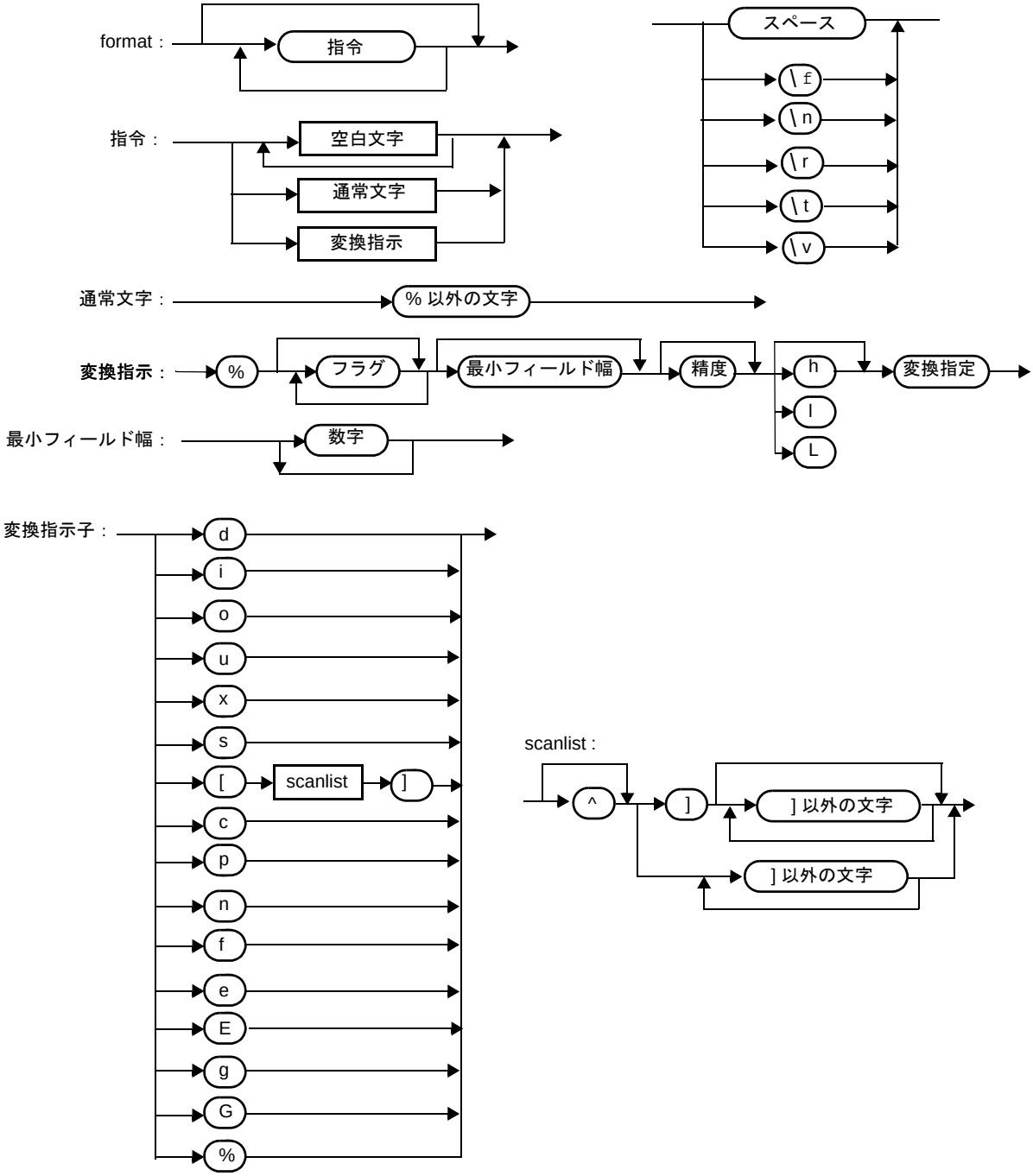
変換指示が不正な場合，指令は失敗します。

入力文字列に終端のヌル文字が出現したら，sscanf は戻ります。

整数変換の場合（d，i，o，u，x，p）は，オーバフローした場合，変換後の型のビット数より上位は切り捨てます。

format の構文図を次に示します。

図 6―3 *format* の構文図



printf（ノーマル・モデルのみ）

フォーマットに従ってデータを SFR に出力します。

［指定形式］

#include <stdio.h>

int printf (const char *format, …) ;

［引数／戻り値］

引数	戻り値
format ： 出力変換仕様を示す文字列へのポインタ … ： 変換される 0 個以上の引数	*s* に出力された文字数（終端のヌル文字は数えません）

［詳細説明］

- *format* で指定された出力変換仕様に従い，*format* のあとに続く（0 個以上の）引数を変換して putchar 関数を使用して出力します。
- 出力変換仕様は，0 個以上の指令です。通常の文字（%で始まる変換仕様以外）は，そのまま putchar 関数を使用して出力します。変換仕様は（0 個以上の）後続の引数を取り出し変換して putchar 関数を使用して出力します。
- 各変換仕様は，sprintf 関数と同じです。

scanf（ノーマル・モデルのみ）

SFR からフォーマットに従ってデータを読みます。

[指定形式]

```
#include <stdio.h>
int scanf ( const char *format, … ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
format ： 入力変換仕様を示す文字列へのポインタ … ： 変換された値を入れるオブジェクトへのポインタ（0 個以上の）引数	文字列 *s* が空でない場合 ： 代入された入力項目の数

[詳細説明]

- getchar 関数を使用し，入力を行います。*format* が指す文字列により許される入力列を指定します。*format* 以降の引数をオブジェクトへのポインタとして使用します。*format* は入力列からどのように変換するかを指定します。
- *format* に対して引数が足りない場合の正常動作は保証されません。過剰な引数の場合，式の評価は行いますが入力はされません。
- *format* は 0 以上の指令からなります。指令は次のとおりです。
  1 ：1 個以上の空白文字（isspace が真となる文字）
  2 ：通常文字（% 以外）
  3 ：変換指示
- 指令と矛盾する入力文字によって変換が終了した場合，その矛盾した入力文字は切り捨てます。変換指示は，sscanf 関数と同じです。

vprintf（ノーマル・モデルのみ）

フォーマットに従ってデータを SFR に出力します。

［指定形式］

```
#include <stdio.h>
int vprintf ( const char *format, va_list p ) ;
```

［引数／戻り値］

引数	戻り値
format ： 出力変換仕様を示す文字列へのポインタ *p* ： 引数並びへのポインタ	出力された文字数（終端のヌル文字は数えません）

［詳細説明］

- *format* で指定された出力変換仕様に従い，引数並びのポインタが指す引数を変換して putchar 関数を使用し出力します。
- 各変換仕様は，sprintf 関数と同じです。

vsprintf（ノーマル・モデルのみ）

フォーマットに従ってデータを文字列に書きます。

[指定形式]

```
#include <stdio.h>
int vsprintf ( char *s, const char *format, va_list p ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
s ： 出力を書く文字列へのポインタ *format* ： 出力変換仕様を示す文字列へのポインタ *p* ： 引数並びへのポインタ	*s* に出力された文字数（終端のヌル文字は数えません）

[詳細説明]

- *format* で指定された出力変換仕様に従い，引数並びのポインタが指す引数を *s* が指す文字列に書き出します。
- 出力変換仕様は，sprintf 関数と同じです。

getchar

SFR から，1 文字読み込みます。

［指定形式］

```
#include <stdio.h>
int getchar ( void ) ;
```

［引数／戻り値］

引数	戻り値
なし	SFR から読み込んだ 1 文字

［詳細説明］

- SFR シンボル P0（ポート 0）から読み込んだ値を返します。
- 読み込みに関して，エラー・チェックは行いません。
- 読み込む SFR の変更を行う場合は，ソースを変更しライブラリに登録し直すか，ユーザが新たに getchar 関数を作成する必要があります。

gets

文字列を読み取ります。

[指定形式]

```
#include <stdio.h>
char *gets ( char *s ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
s : 入力文字列へのポインタ	正常な場合 : s 1 文字も読み取らずファイルの終わりを検出した場合 : ヌル・ポインタ

[詳細説明]

- getchar 関数を使用して文字列を読み取り，*s* が指す配列に格納します。
- ファイルの終わりを検出したとき（getchar 関数が -1 を返したとき），または改行文字を読み取ったときに，文字列の読み取りは終了します。そして読み取った改行文字を捨て，最後に配列に格納した文字の最後にヌル文字を書きます。
- 正常の場合は，*s* を返します。
- ファイルの終わりを検出し，かつ配列に 1 文字も読み取っていなかった場合は，配列の内容は変化せずに残し，ヌル・ポインタを返します。

putchar

SFR に 1 文字出力します。

[指定形式]

```
#include <stdio.h>
int putchar ( int c ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
c ： 出力する文字	出力した文字

[詳細説明]

- SFR シンボル P0（ポート 0）に *c* で指定された文字を（unsigned char 型に変換して）書き込みます。
- 書き込みに関して，エラー・チェックは行いません。
- 書き込む SFR の変更を行う場合は，ソースを変更しライブラリに登録し直すか，ユーザが新たに putchar 関数を作成する必要があります。

puts

文字列を出力します。

[指定形式]

```
#include <stdio.h>
int puts ( const char *s ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
s ： 出力文字列へのポインタ	正常な場合 ： 0 putchar 関数が -1 を返したとき ： -1

[詳細説明]

- putchar 関数を使用し，*s* が指す文字列を書き込みます。そして出力の最後に改行文字を追加します。
- 文字列の終端のヌル文字の書き込みは行いません。
- 正常の場合 0 を返し，putchar 関数が -1 を返したとき，-1 を返します。

6.9 ユーティリティ関数

ユーティリティ関数には，次のものがあります。

関数名	機能
atoi	10 進整数文字列を int 変換
atol	10 進整数文字列を long に変換
strtol	文字列を long に変換
strtoul	文字列を unsigned long に変換
calloc	配列の領域を割り付けて 0 で初期化
free	割り付けられているブロックを解放
malloc	ブロックを割り付け
realloc	ブロックを再割り付け
abort	プログラムを異常終了
atexit	正常終了時に呼び出される関数を登録
exit	プログラムを終了
abs	int 型の値の絶対値を求める
labs	long 型の値の絶対値を求める
div（ノーマル・モデルのみ）	int 型の除算を行い，商と剰余を求める
ldiv（ノーマル・モデルのみ）	long 型の除算を行い，商と剰余を求める
brk	ブレーク値をセット
sbrk	ブレーク値を増減
atof	10 進整数文字列を double に変換
strtod（ノーマル・モデルのみ）	文字列を double に変換
itoa	int を文字列に変換
ltoa（ノーマル・モデルのみ）	long を文字列に変換
ultoa（ノーマル・モデルのみ）	unsigned long を文字列に変換
rand	疑似乱数を発生
srand	疑似乱数の発生状態を初期化
bsearch（ノーマル・モデルのみ）	バイナリ・サーチ
qsort（ノーマル・モデルのみ）	クイック・ソート
strbrk	ブレーク値をセット
strsbrk	ブレーク値を増減
stritoa	int を文字列に変換
strltoa（ノーマル・モデルのみ）	long を文字列に変換
strultoa（ノーマル・モデルのみ）	unsigned long を文字列に変換

atoi

10 進整数文字列を int に変換します。

[指定形式]

#include <stdlib.h>

int atoi (const char *nptr) ;

[引数／戻り値]

引数	戻り値
nptr ： 変換する文字列	正常の場合 ： 変換された値 正のオーバフローの場合 ： INT_MAX (32,767) 負のオーバフローの場合 ： INT_MIN (-32,768) 不正文字列の場合 ： 0

[詳細説明]

- *nptr* が指す文字列の最初の部分を int に変換します。

つまり，先頭から 0 個以上の空白文字（isspace が真となる文字）の列をスキップし，次の文字からの省略可能な符号と引き続く 10 進数字の列（10 進数字以外か終端のヌル文字が現れるまで）を整数に変換します。10 進数字がない場合は，0 を返します。

オーバフローが起こった場合は，正のときは INT_MAX（32,767），負のときは INT_MIN（-32,768）を返します。

atol

10 進整数文字列を long に変換します。

[指定形式]

#include <stdlib.h>

long int atol (const char *nptr) ;

[引数／戻り値]

引数	戻り値
nptr ： 変換する文字列	正常の場合 ： 変換された値 正のオーバフローの場合 ： LONG_MAX (2,147,483,647) 負のオーバフローの場合 ： LONG_MIN (-2,147,483,648) 不正文字列の場合 ： 0

[詳細説明]

- *nptr* が指す文字列の最初の部分を long に変換します。

つまり，先頭から 0 個以上の空白文字（isspace が真となる文字）の列をスキップし，次の文字からの省略可能な符号と引き続く 10 進数字の列（10 進数字以外か終端のヌル文字が現れるまで）を整数に変換します。10 進数字がない場合は，0 を返します。

オーバフローが起こった場合は，正のときは LONG_MAX（2,147,483,647），負のときは LONG_MIN（-2,147,483,648）を返します。

strtol

文字列を long に変換します。

[指定形式]

#include <stdlib.h>

long int strtol (const char **nptr*, char ***endptr*, int *base*) ;

[引数／戻り値]

引数	戻り値
nptr ： 変換する文字列 *endptr* ： 認識不可能部へのポインタを格納するポインタ *base* ： 指定する基数	正常の場合 ： 変換した値 正のオーバフローの場合 ： LONG_MAX (2,147,483,647) 負のオーバフローの場合 ： LONG_MIN (-2,147,483,648) 変換が行われない場合 ： 0

[詳細説明]

- *nptr* が指す文字列を次の 3 部分に分解します。

（1）空であってもよい空白文字列（isspace で指定される）

（2）*base* の値により決定される基数による整数表現

（3）1 文字以上の認識できない文字（終端のヌル文字を含む）の列

備考 （2）の文字列を整数に変換し，その結果を返します。

- *base* が 0 ならば，c の数値表現と解釈します（数値は，0x ～，または 0X ～（16 進数），0 ～（8 進数），0 以外の数字～（10 進数）で符号が前にあってもよい）。
- *base* が 2 ～ 36 のときは，それを基数とします（符号が前にあってもよい）。
  a（A）から z（Z）は 10 から 35 までを表します。
  base が 16 のときは，（あれば）符号の次に 0x，または 0X がついてもかまいません。
- （*endptr* がヌル・ポインタでなければ）（3）の文字列へのポインタを endptr が指すオブジェクトへ格納します。
- オーバフローの場合，正は LONG_MAX（2,147,483,647），負は LONG_MIN（-2,147,483,648）を返し，errno に ERANGE（2）を入れます。

- （2）の文字列が空，あるいは期待する型式に反する場合，変換は行わず（*endptr* がヌル・ポインタでなければ）*endptr* が指すオブジェクトに文字列へのポインタを格納し，0 を返します。*base* が 0，2 ～ 36 以外の場合も同様です。

strtoul

文字列を unsigned long に変換します。

[指定形式]

#include <stdlib.h>

unsigned long int strtoul (const char **nptr*, char ***endptr*, int *base*) ;

[引数／戻り値]

引数	戻り値
nptr ： 変換する文字列 *endptr* ： 認識不可能部へのポインタを格納するポインタ *base* ： 指定する基数	正常の場合 ： 変換した値 オーバフローの場合 ： ULONG_MAX (4,294,967,295U) 変換が行われない場合 ： 0

[詳細説明]

- *nptr* が指す文字列を次の 3 部分に分解します。

（1）空であってもよい空白文字列（isspace で指定される）

（2）*base* の値により決定される基数による整数表現

（3）1 文字以上の認識できない文字（終端のヌル文字を含む）の列

備考 （2）の文字列を無符号整数に変換し，その結果を返します。

- *base* が 0 ならば C の数値表現（0x ～，または 0X ～（16 進数），0 ～（8 進数），0 以外の数字～（10 進数））と解釈します。
- *base* が 2 ～ 36 のときは，それを基数とします。a（A）から z（Z）は 10 から 35 までを表します。base が 16 のときは，0x，または 0X がついてもかまいません。
- （*endptr* がヌル・ポインタでなければ）（3）の文字列へのポインタを endptr が指すオブジェクトへ格納します。
- オーバフローの場合，ULONG_MAX（4,294,967,295U）を返し，errno に ERANGE（2）を入れます。
- （2）の文字列が空，あるいは期待する型式に反する場合，変換は行わず（*endptr* がヌル・ポインタでなければ）*endptr* が指すオブジェクトに文字列へのポインタを格納し，0 を返します。*base* が 0，2 ～ 36 以外の場合も同様です。

calloc

配列の領域を割り付けて 0 で初期化します。

[指定形式]

```
#include <stdlib.h>
void *calloc ( size_t nmemb, size_t size ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
nmemb ： 配列の個数 *size* ： 配列のサイズ	割り付けられる場合 ： 割り付けられた領域の先頭へのポインタ 割り付けられない場合 ： ヌル・ポインタ

[詳細説明]

- *size* バイトの配列 *nmemb* 個分の領域を割り付け，その領域を 0 で初期化します。
- 割り付けられた領域の先頭へのポインタを返します。
- 割り付けられない場合には，ヌル・ポインタを返します。
- 割り付けは，ブレーク値から割り付け，割り付けられた領域の次のアドレスを新たなブレーク値とします。ブレーク値は，brk で設定します。brk については「brk」を参照してください。

free

割り付けられているブロックを解放します。

[指定形式]

```
#include <stdlib.h>
void free ( void *ptr ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
ptr ： 解放するブロックの先頭へのポインタ	なし

[詳細説明]

- *ptr* が指す領域からの割り付け済みの領域（ブレーク値の前まで）を解放します（free の後で呼ばれる malloc，calloc，realloc は，*ptr* からの領域を割り付けます）。
- *ptr* が割り付け済みの領域を指していなければ何もしません（解放は，*ptr* を新たなブレーク値とすることで行います）。

malloc

ブロックを割り付けます。

[指定形式]

```
#include <stdlib.h>
void *malloc ( size_t size ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
size ： 割り付けるブロックの大きさ	割り付けられる場合 ： 割り付けられた領域の先頭へのポインタ 割り付けられない場合 ： ヌル・ポインタ

[詳細説明]

- *size* バイト分の領域を割り付け，割り付けられた領域の先頭へのポインタを返します。
- 割り付けられない場合は，ヌル・ポインタを返します。
- 割り付けは，ブレーク値から割り付け，割り付けられた領域の次のアドレスを新たなブレーク値とします。ブレーク値は，brk で設定します。brk については「brk」を参照してください。

realloc

ブロックの再割り付けを行います。

[指定形式]

```
#include <stdlib.h>
void *realloc ( void *ptr, size_t size ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
ptr ： 再割り付けされるブロックの先頭へのポインタ *size* ： 再割り付けするブロックの大きさ	再割り付けされる場合 ： 再割り付けした領域の先頭へのポインタ *ptr* がヌル・ポインタで割り付けられる場合 ： 割り付けられた領域の先頭へのポインタ 再割り付け，割り付けできない場合 ： ヌル・ポインタ

[詳細説明]

- *ptr* が指す領域からの割り付け済みの領域（ブレーク値の前まで）の大きさを size に変更します。再割り付けする領域と，再割り付けされる割り付け済みの領域の小さい方の大きさまでの内容は変化しません。大きさが増加する場合は，増加分の割り付けを行い，減少する場合は減少分を解放します。
- *ptr* がヌル・ポインタの場合は，*size* 分の領域を新たに割り付けます（malloc と同じ）。
- *ptr* が割り付け済みの領域を指していない場合，または割り付けられない場合は，何もせずにヌル・ポインタを返します。
- 再割り付けは，*ptr* に size バイトを加えたアドレスを新たなブレーク値として行います。

abort

プログラムを異常終了させます。

[指定形式]

```
#include <stdlib.h>
void abort ( void ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
なし	戻りません。

[詳細説明]

- ループして戻りません。
- ユーザは abort の処理を作成します。

atexit

正常終了時に呼び出される関数を登録します。

[指定形式]

```
#include <stdlib.h>
int atexit ( void ( *func ) ( void ) ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
func ： 登録する関数へのポインタ	関数の登録が成功した場合 ： 0 関数が登録できない場合 ： 1

[詳細説明]

- atexit は，プログラムの正常終了時に *func* の指す関数が引数なしで呼ばれるように登録します。
- 関数は 32 個まで登録することができます。登録することができた場合は，0 を返します。登録されている関数が 32 個あり，これ以上登録することができない場合は，登録せずに 1 を返します。

exit

プログラムを終了させます。

[指定形式]

```
#include <stdlib.h>
void exit ( int status ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
status ： 終了状態を示す値	戻りません。

[詳細説明]

- exit は，プログラムを正常終了させます。
- 最初に atexit で登録した関数を登録と逆の順に呼びます。
- 内容はループになっており，exit 関数からは戻りません。
- ユーザは，exit の処理を作成します。

abs

int 型の値の絶対値を求めます。

[指定形式]

#include <stdlib.h>

int abs (int *j*) ;

[引数／戻り値]

引数	戻り値
j ： 絶対値を求める値	-32,767 ≦ *j* ≦ 32,767 の場合 ： *j* の絶対値 *j* が -32,768 の場合 ： -32,768（0x8000）

[詳細説明]

- abs は，*j* の値（int 型）の絶対値を求めます。
- *j* が -32768 の場合は，-32,768 を返します。

labs

long 型の値の絶対値を求めます。

［指定形式］

#include <stdlib.h>

long int labs (long int *j*) ;

［引数／戻り値］

引数	戻り値
j ： 絶対値を求める値	-2,147,483,647 ≦ *j* ≦ 2,147,483,647 の場合 ： *j* の絶対値 *j* が -2,147,483,648 の場合 ： -2147483,648（0x80000000）

［詳細説明］

- labs は，*j* の値（long 型）の絶対値を求めます。
- *j* が -2,147,483,648 の場合は，-2,147,483,648 を返します。

div（ノーマル・モデルのみ）

int 型の除算を行い，商と剰余を求めます。

［指定形式］

```
#include <stdlib.h>
div_t div ( int numer, int denom ) ;
```

［引数／戻り値］

引数	戻り値
numer ： 被除数 *denom* ： 除数	div_t 型のメンバ quot に商，rem に剰余を返します。

［詳細説明］

- div は，*numer* を *denom* で割った商と剰余を求めます。
- 商の絶対値は，*numer* の絶対値を *denom* の絶対値で割った値以下の最大の整数です。符号は数学と同じです（*numer* と *denom* が同符号の場合は正，異符号の場合は負）。
- 剰余は，*numer* - *denom* * 商の値です。
- *denom* が 0 の場合，商は 0，剰余は *numer* です。
- *numer* が -32,768，*denom* が -1 の場合，商は -32,768，剰余は 0 です。

ldiv（ノーマル・モデルのみ）

long 型の除算を行い，商と剰余を求めます。

［指定形式］

#include <stdlib.h>

ldiv_t ldiv (long int *numer*, long int *denom*) ;

［引数／戻り値］

引数	戻り値
numer ： 被除数 *denom* ： 除数	ldiv_t 型のメンバ quot に商，rem に剰余を返します。

［詳細説明］

- ldiv は，*numer* を *denom* で割った商と剰余を求めます。
- 商の絶対値は，*numer* の絶対値を *denom* の絶対値で割った値以下の最大の（long int 型）整数です。符号は数学と同じです（*numer* と *denom* が同符号の場合は正，異符号の場合は負）。
- 剰余は，*numer* - *denom* * 商の値です。
- *denom* が 0 の場合，商は 0，剰余は *numer* です。
- *numer* が -2,147,483,648，*denom* が -1 の場合は，商は -2,147,483,648，剰余は 0 です。

brk

ブレーク値をセットします。

[指定形式]

```
#include <stdlib.h>
int brk ( char *endds ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
endds ： 設定するブレーク値	正常の場合 ： 0 ブレーク値を変更できない場合 ： -1

[詳細説明]

- brk は，*endds* で与えられた値をブレーク値に設定します。
- *endds* が許容範囲外の場合は，ブレーク値を変更せず，errno に ENOMEM (3) をセットし，-1 を返します。

sbrk

ブレーク値を増減します。

[指定形式]

#include <stdlib.h>

char *sbrk (int *incr*) ;

[引数／戻り値]

引数	戻り値
incr ： ブレーク値を増減する量	正常の場合 ： 旧ブレーク値 ブレーク値が増減できない場合 ： -1

[詳細説明]

- sbrk は，ブレーク値を *incr* バイト増減（*incr* の符号による）します。
- 増減したあとのブレーク値が許容範囲外になる場合は，ブレーク値を変更せず，errno に ENOMEM (3) をセットし，-1 を返します。

atof

10 進整数文字列を double に変換します。

[指定形式]

```
#include <stdlib.h>
double atof ( const char *nptr ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
nptr ： 変換する文字列	正常の場合 ： 変換された値 正のオーバフローの場合 ： HUGE_VAL（オーバフローした値の符号を持つ） 負のオーバフローの場合 ： 0 不正文字列の場合 ： 0

[詳細説明]

- *nptr* が指す文字列を double に変換します。
  つまり，先頭から 0 個以上の空白文字（isspace が真となる文字）の列をスキップし，次の文字からの文字列（10 進数字以外か終端のヌル文字が現れるまで）を浮動小数点数に変換します。
- 変換が正常に行われると，浮動小数点数を返します。
- 変換でオーバフローが生じた場合には，オーバフローした値の符号を持つ HUGE_VAL を返し，errno に ERANGE をセットします。
- アンダフロー，またはオーバフローによる有効桁数の消滅が生じた場合には，それぞれ非正規化数，± 0 を返し，errno に ERANGE をセットします。
- 変換が行えない場合には，0 を返します。

strtod（ノーマル・モデルのみ）

文字列を double に変換します。

［指定形式］

```
#include <stdlib.h>
double strtod ( const char *nptr, char **endptr ) ;
```

［引数／戻り値］

引数	戻り値
nptr ： 変換する文字列 *endptr* ： 認識不可能部へのポインタを格納するポインタ	正常の場合 ： 変換された値 正のオーバフローの場合 ： HUGE_VAL（オーバフローした値の符号を持つ） 負のオーバフローの場合 ： 0 不正文字列の場合 ： 0

［詳細説明］

- *nptr* が指す文字列を double に変換します。
  つまり，先頭から 0 個以上の空白文字（isspace が真となる文字）の列をスキップし，次の文字からの文字列（10 進数字以外か終端のヌル文字が現れるまで）を浮動小数点数に変換します。
- 変換が正常に行われると，浮動小数点数を返します。
- 変換でオーバフローが生じた場合には，オーバフローした値の符号を持つ HUGE_VAL を返し，errno に ERANGE をセットします。
- アンダフロー，またはオーバフローによる有効桁数の消滅が生じた場合には，それぞれ非正規化数，± 0 を返し，errno に ERANGE をセットします。またこのとき *endptr* は，次の文字列へのポインタを格納します。
- 変換が行えない場合には，0 を返します。

itoa

int を文字列に変換します。

[指定形式]

#include <stdlib.h>

char *itoa (int *value*, char **string*, int *radix*) ;

[引数／戻り値]

引数	戻り値
value ： 変換する数値 *string* ： 変換結果へのポインタ *radix* ： 指定する基数	正常な場合 ： 変換した文字列へのポインタ それ以外の場合 ： ヌル・ポインタ

[詳細説明]

- 指定した数値 *value* をヌル文字で終了する文字列に変換し，結果を *string* で指される領域に格納します。変換は，指定された基数 *radix* で行い，変換した文字列へのポインタを返します。
- *radix* は 2 ～ 36 の範囲でなければなりません。それ以外の場合には，変換を行わず，ヌル・ポインタを返します。

ltoa（ノーマル・モデルのみ）

long を文字列に変換します。

［指定形式］

```
#include <stdlib.h>
char *ltoa ( long value, char *string, int radix ) ;
```

［引数／戻り値］

引数	戻り値
value ： 　変換する数値 *string* ： 　変換結果へのポインタ *radix* ： 　指定する基数	正常な場合 ： 　変換した文字列へのポインタ それ以外の場合 ： 　ヌル・ポインタ

［詳細説明］

- 指定した数値 *value* をヌル文字で終了する文字列に変換し，結果を *string* で指される領域に格納します。変換は，指定された基数 *radix* で行い，変換した文字列へのポインタを返します。
- *radix* は 2 ～ 36 の範囲でなければなりません。それ以外の場合には，変換を行わず，ヌル・ポインタを返します。

ultoa（ノーマル・モデルのみ）

unsigned long を文字列に変換します。

[指定形式]

```
#include <stdlib.h>
char *ultoa ( unsigned long value, char *string, int radix ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
value ： 変換する数値 *string* ： 変換結果へのポインタ *radix* ： 指定する基数	正常な場合 ： 変換した文字列へのポインタ それ以外の場合 ： ヌル・ポインタ

[詳細説明]

- 指定した数値 *value* をヌル文字で終了する文字列に変換し，結果を *string* で指される領域に格納します。変換は，指定された基数 *radix* で行い，変換した文字列へのポインタを返します。
- *radix* は 2 ～ 36 の範囲でなければなりません。それ以外の場合には，変換を行わず，ヌル・ポインタを返します。

rand

疑似乱数を発生させます。

[指定形式]

```
#include <stdlib.h>
int rand ( void ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
なし	0 から RAND_MAX の範囲の疑似乱数

[詳細説明]

- rand は，0 から RAND_MAX の範囲の疑似乱数を発生させます。

srand

疑似乱数の発生状態の初期化を行います。

[指定形式]

```
#include <stdlib.h>
void srand ( unsigned int seed ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
seed ： 疑似乱数の発生状態の初期値	なし

[詳細説明]

- srand は，疑似乱数の発生状態の初期化を行います。rand 関数が呼ばれたときの戻り値である疑似乱数列の基となる値として *seed* を使います。*seed* の値が同じであれば，再び srand 関数が呼ばれても，疑似乱数の列は変わりません。
- srand 関数をコールせずに rand 関数をコールすることは，*seed* = 1 で srand 関数をコールしたあとに rand 関数をコールするのと同じです。

bsearch（ノーマル・モデルのみ）

バイナリ・サーチを行います。

［指定形式］

```
#include <stdlib.h>
void *bsearch ( const void *key, const void *base, size_t nmemb, size_t size,
                                                    int ( *compare ) ( const void *, const void * ) ) ;
```

［引数／戻り値］

引数	戻り値
key ： 　サーチする値へのポインタ *base* ： 　サーチする配列へのポインタ *nmemb* ： 　配列要素の数 *size* ： 　配列の 1 要素のサイズ *compare* ： 　*key* と配列の要素を比較し，その関係を返す関数	マッチする配列要素がある場合 ： 　最初にマッチした配列要素へのポインタ マッチする配列要素がない場合 ： 　ヌル・ポインタ

［詳細説明］

- ポインタ *base* の指す配列から *key* の指すものをバイナリ・サーチします。ポインタ *base* の指す配列は，*size* の大きさの *nmemb* 個の昇順にソートされた配列です。
- *compare* 関数は *key* によって指されるものと配列要素を比較し，その関係を次の値により返します。*compare* 関数の第 1 引数は *key*，第 2 引数は配列要素です。

  0 より小さい　：*key* によって指されるものの方が小さい
  0　：両者は等しい
  0 より大きい　：*key* によって指されるものの方が大きい

- -zr オプション指定時，bsearch 関数の引数に渡す関数は，パスカル関数でなくてはなりません。

qsort（ノーマル・モデルのみ）

クイック・ソートを行います。

［指定形式］

#include <stdlib.h>

void qsort (void *_base_, size_t _nmemb_, size_t _size_, int (*_compare_) (const void *, const void *)) ;

［引数／戻り値］

引数	戻り値
base ： ソートする配列へのポインタ *nmemb* ： 配列要素の数 *size* ： 配列の 1 要素のサイズ *compare* ： 配列の 2 つの要素を比較し，その関係を返す関数	なし

［詳細説明］

- ポインタ *base* の指す配列を昇順になるようにクイック・ソートします。
  ポインタ *base* の指す配列は，*size* の大きさの *nmemb* 個の配列です。
- *compare* 関数は，2 つの配列要素（配列要素 1 と 2）を比較し，その関係を次の値により返します。
- *compare* 関数の第 1 引数は配列要素 1，第 2 引数は配列要素 2 です。
  0 より小さい ： 配列要素 1 の方が小さい
  0 ： 両者は等しい
  0 より大きい ： 配列要素 1 の方が大きい
- 等しい配列要素であった場合には，配列の先頭に近い方にあったものが先になります。
- -zr オプション指定時，qsort 関数の引数に渡す関数は，パスカル関数でなくてはなりません。

strbrk

ブレーク値をセットします。

[指定形式]

#include <stdlib.h>

int strbrk (char *endds) ;

[引数／戻り値]

引数	戻り値
endds ： 設定するブレーク値	正常な場合 ： 0 ブレーク値を変更できない場合 ： -1

[詳細説明]

- *endds* で与える値をブレーク値（割り当てられる領域の終わりのアドレスの次のアドレス）に設定します。
- *endds* が許容範囲外の場合はブレーク値を変更せず，errno に ENOMEM (3) をセットし -1 を返します。

strsbrk

ブレーク値を増減します。

[指定形式]

```
#include <stdlib.h>
char *strsbrk ( int incr ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
incr ： ブレーク値を増減する量	正常な場合 ： 旧ブレーク値 ブレーク値が増減できない場合 ： -1

[詳細説明]

- ブレーク値を *incr* バイト増減（*incr* の符号によります）します。
- 増減したあとのブレーク値が許容範囲外になる場合は，ブレーク値を変更せず errno に ENOMEM (3) をセットし -1 を返します。

stritoa

int を文字列に変換します。

[指定形式]

#include <stdlib.h>

char *stritoa (int *value*, char **string*, int *radix*) ;

[引数／戻り値]

引数	戻り値
value ： 変換する文字列 *string* ： 変換結果へのポインタ *radix* ： 指定する基数	正常な場合 ： 変換した文字列へのポインタ それ以外の場合 ： ヌル・ポインタ

[詳細説明]

- 指定した数値 value をヌル文字で終了する文字列に変換し，結果を *string* で指される領域に格納します。変換は，指定された基数 *radix* で行い，変換した文字列へのポインタを返します。
- *radix* は 2 ～ 36 の範囲でなければなりません。それ以外の場合には，変換を行わず，ヌル・ポインタを返します。

strltoa（ノーマル・モデルのみ）

long を文字列に変換します。

[指定形式]

```
#include <stdlib.h>
char *strltoa ( long value, char *string, int radix ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
value ： 変換する文字列 *string* ： 変換結果へのポインタ *radix* ： 指定する基数	正常な場合 ： 変換した文字列へのポインタ それ以外の場合 ： ヌル・ポインタ

[詳細説明]

- 指定した数値 value をヌル文字で終了する文字列に変換し，結果を *string* で指される領域に格納します。変換は，指定された基数 *radix* で行い，変換した文字列へのポインタを返します。
- *radix* は 2 ～ 36 の範囲でなければなりません。それ以外の場合には，変換を行わず，ヌル・ポインタを返します。

strultoa（ノーマル・モデルのみ）

unsigned long を文字列に変換します。

[指定形式]

#include <stdlib.h>

char *strultoa (unsigned long *value*, char **string*, int *radix*) ;

[引数／戻り値]

引数	戻り値
value ： 変換する文字列 *string* ： 変換結果へのポインタ *radix* ： 指定する基数	正常な場合 ： 変換した文字列へのポインタ それ以外の場合 ： ヌル・ポインタ

[詳細説明]

- 指定した数値 value をヌル文字で終了する文字列に変換し，結果を *string* で指される領域に格納します。変換は，指定された基数 *radix* で行い，変換した文字列へのポインタを返します。
- *radix* は 2 ～ 36 の範囲でなければなりません。それ以外の場合には，変換を行わず，ヌル・ポインタを返します。

6. 10 文字列／メモリ関数

文字列／メモリ関数には，次のものがあります。

関数名	機能
memcpy	バッファを指定文字数分コピー
memmove	バッファを指定文字数分コピー
strcpy	文字列をコピー
strncpy	文字列の先頭から指定の文字数分コピー
strcat	文字列に文字列を追加
strncat	文字列に指定文字数分の文字列を追加
memcmp	2 つのバッファの指定文字数分を比較
strcmp	2 つの文字列を比較
strncmp	2 つの文字列の指定文字数分を比較
memchr	指定文字数分のバッファから指定文字を探す
strchr	文字列中から指定された文字を探し，最初の出現位置を返す
strrchr	文字列中から指定された文字を探し，最後の出現位置を返す
strspn	検索される文字列の中で指定文字列中に含まれる文字だけで構成されている部分の先頭からの長さを求める
strcspn	検索される文字列の中で指定文字列中に含まれる文字以外で構成されている部分の先頭からの長さを求める
strpbrk	指定された文字列のどれかの文字が，検索される文字列中で最初に現れる位置を求める
strstr	指定文字列が，検索される文字列中に最初に現れる位置を求める
strtok	文字列を区切り文字以外からなる文字列に分解
memset	バッファの指定文字数分を指定文字で初期化
strerror	指定されたエラー番号に対応するエラー・メッセージの文字列を格納する領域へのポインタを返す
strlen	文字列の長さを求める
strcoll	地域特有の情報に基づいて 2 つの文字列を比較
strxfrm	地域特有の情報に基づいて文字列を変換

memcpy

バッファを指定文字数分コピーします。

[指定形式]

```
#include <string.h>
void *memcpy ( void *s1, const void *s2, size_t n ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
s1 ： コピー先のオブジェクトへのポインタ *s2* ： コピー元のオブジェクトへのポインタ *n* ： 指定文字数	*s1* の値

[詳細説明]

- memcpy は，*s2* が指すオブジェクトの n 文字を *s1* が指すオブジェクトへコピーします。
- *s2* ＜ *s1* ＜ *s2* + *n* の場合，正常動作は保証されません（先頭から順にコピーするため）。

memmove

バッファを指定文字数分コピーします（バッファが重なっても正常に動作します）。

[指定形式]

```
#include <string.h>
void *memmove ( void *s1, const void *s2, size_t n ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
s1 ： コピー先のオブジェクトへのポインタ *s2* ： コピー元のオブジェクトへのポインタ *n* ： 指定文字数	*s1* の値

[詳細説明]

- memmove は，*s2* が指すオブジェクトの n 文字を *s1* が指すオブジェクトへコピーします。
- *s1* と *s2* の指すオブジェクトが重なった場合も正常に動作します。

strcpy

文字列をコピーします。

[指定形式]

```
#include <string.h>
char *strcpy ( char *s1, const char *s2 ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
s1 ： コピー先文字列へのポインタ *s2* ： コピー元文字列へのポインタ	*s1* の値

[詳細説明]

- strcpy は，*s2* が指す文字列（終端のヌル文字を含みます）を *s1* が指す文字列へコピーします。
- *s2* ＜ *s1* ≦（*s2* + コピーする文字列の長さ）の場合，正常動作は保証されません（先頭から順にコピーするため）。

strncpy

文字列の先頭から指定の文字数分コピーします。

[指定形式]

```
#include <string.h>
char *strncpy ( char *s1, const char *s2, size_t n ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
s1 ： コピー先文字列へのポインタ *s2* ： コピー元文字列へのポインタ *n* ： コピーする文字数	*s1* の値

[詳細説明]

- strncpy は，*s2* が指す文字列の n 文字以内を *s1* が指す配列へコピーします。
- *s2* ＜ *s1* ≦（*s2* + コピーする文字列の長さ，または *s2* + *n* - 1 の最小値）の場合，正常動作は保証されません（先頭から順にコピーするため）。
- *s2* が指す文字列が *n* 文字未満の場合には，終端のヌル文字までをコピーします。*n* 文字以上の場合には，先頭から *n* 文字分をコピーし終端のヌル文字はコピーしません。

strcat

文字列に文字列を追加します。

[指定形式]

```
#include <string.h>
char *strcat ( char *s1, const char *s2 ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
s1 ： 追加される文字列へのポインタ *s2* ： 追加する文字列へのポインタ	*s1* の値

[詳細説明]

- strcat は，*s1* が指す文字列の終わりに *s2* が指す文字列（終端のヌル文字を含みます）をコピーして追加します。
  s2 の始めの文字を *s1* の終端のヌル文字に上書きします。
- 重なり合うオブジェクト間で複写を行う場合，その動作は保証されません。

strncat

文字列に指定文字数分の文字列を追加します。

[指定形式]

```
#include <string.h>
char *strncat ( char *s1, const char *s2, size_t n ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
s1 ： 追加される文字列へのポインタ *s2* ： 追加する文字列へのポインタ *n* ： 追加する文字数	*s1* の値

[詳細説明]

- strncat は，*s1* が指す文字列の終わりに，*s2* が指す文字列（終端のヌル文字を含みません）のうち *n* 文字分を追加します。*s2* の始めの文字を *s1* の終端の文字に上書きします。
- *s2* が指す文字列が *n* 文字未満の場合には，終端のヌル文字までを追加します。*n* 文字以上の場合には，先頭から *n* 文字分追加します。
- 終端のヌル文字は必ず追加します。
- 重なり合うオブジェクト間で複写を行う場合，その動作は保証されません。

memcmp

2 つのバッファの指定文字数分を比較します。

[指定形式]

```
#include <string.h>
int memcmp ( const void *s1, const void *s2, size_t n ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
s1 ： 比較するオブジェクトへのポインタ *s2* ： 比較するオブジェクトへのポインタ *n* ： 比較する文字数	*s1* と *s2* が *n* 文字分等しい場合 ： 0 *s1* と *s2* が *n* 文字以内で異なる場合 ： 最初の異なる文字を int に変換した値の差（*s1* の文字 - *s2* の文字）

[詳細説明]

- *s1* の指すオブジェクトと *s2* の指すオブジェクトを n 文字分比較します。
- *s1* と *s2* が *n* 文字分等しい場合，0 を返します。
- *s1* と *s2* が *n* 文字以内で異なる場合，最初の異なる文字を int に変換した値の差（*s1* の文字 - *s2* の文字）を返します。

strcmp

2 つの文字列を比較します。

[指定形式]

#include <string.h>

int strcmp (const char *s1, const char *s2) ;

[引数／戻り値]

引数	戻り値
s1 ： 比較文字列へのポインタ *s2* ： 比較文字列へのポインタ	文字列 *s1* と文字列 *s2* が等しい場合 ： 0 文字列 *s1* と文字列 *s2* が異なる場合 ： 最初の異なる文字を int に変換した値の差（*s1* の文字 - *s2* の文字）

[詳細説明]

- strcmp は，*s1* の指す文字列と *s2* の指す文字列を比較します。
- 文字列 *s1* と *s2* が等しい場合，0 を返します。文字列 *s1* と *s2* が異なる場合には，最初の異なる文字を int に変換した値の差（*s1* の文字 - *s2* の文字）を返します。

strncmp

2 つの文字列の指定文字数分を比較します。

[指定形式]

```
#include <string.h>
int strncmp ( const char *s1, const char *s2, size_t n ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
s1 ： 比較文字列へのポインタ *s2* ： 比較文字列へのポインタ *n* ： 比較する文字数	文字列 *s1* と文字列 *s2* が *n* 文字分等しい場合 ： 0 文字列 *s1* と文字列 *s2* が *n* 文字分異なる場合 ： 最初の異なる文字を int に変換した値の差（*s1* の文字 - *s2* の文字）

[詳細説明]

- strncmp は，*s1* の指す文字列と *s2* の指す文字列の *n* 文字分を比較します。
- 文字列 *s1* と *s2* が *n* 文字以内で等しい場合，0 を返します。文字列 *s1* と *s2* が *n* 文字以内で異なる場合には，最初の異なる文字を int に変換した値の差（*s1* の文字 - *s2* の文字）を返します。

memchr

指定文字数分のバッファから指定文字を探します。

[指定形式]

```
#include <string.h>
void *memchr ( const void *s, int c, size_t n ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
s ： 検索されるオブジェクトへのポインタ *c* ： 指定文字 *n* ： 検索するオブジェクトの文字数	文字 *c* がある場合 ： 最初に出現した文字 *c* へのポインタ 文字 *c* がない場合 ： ヌル・ポインタ

[詳細説明]

- *s* が指すオブジェクトの先頭から *n* 文字以内で最初に出現する（unsigned char に変換した）*c* の位置へのポインタを返します。
- 出現しない場合は，ヌル・ポインタを返します。

strchr

文字列中から指定された文字を探し，最初の出現位置を返します。

[指定形式]

```
#include <string.h>
char *strchr ( const char *s, int c ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
s ： 検索される文字列へのポインタ *c* ： 指定文字	文字列 *s* 中に文字 *c* がある場合 ： 文字列 *s* 中に最初に出現した文字 *c* を指すポインタ 文字列 *s* 中に文字 *c* がない場合 ： ヌル・ポインタ

[詳細説明]

- strchr は，*s* が指す文字列中の（char 型へ変換した）*c* の最初の出現位置を求め，そのポインタを返します。
- 終端のヌル文字は，文字列の一部とみなします。
- 文字列 *s* 中に文字 *c* がない場合は，ヌル・ポインタを返します。

strrchr

文字列中から指定された文字を探し，最後の出現位置を返します。

［指定形式］

```
#include <string.h>
char *strrchr ( const char *s, int c ) ;
```

［引数／戻り値］

引数	戻り値
s ： 検索される文字列へのポインタ *c* ： 指定文字	文字列 *s* 中に文字 *c* がある場合 ： 文字列 *s* 中に最後に出現した文字 *c* を指すポインタ 文字列 *s* 中に文字 *c* がない場合 ： ヌル・ポインタ

［詳細説明］

- strrchr は，*s* が指す文字列中の（char 型へ変換した）*c* の最後の出現位置を求め，そのポインタを返します。
- 終端のヌル文字は，文字列の一部とみなします。
- 文字列 *s* 中に文字 *c* がない場合は，ヌル・ポインタを返します。

strspn

検索される文字列の中で指定文字列中に含まれる文字だけで構成されている部分の先頭からの長さを求めます。

[指定形式]

```
#include <string.h>
size_t strspn ( const char *s1, const char *s2 ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
s1 ： 検索される文字列へのポインタ *s2* ： 指定文字列を示す文字列へのポインタ	文字列 *s1* 中の *s2* で指定される文字で構成される部分の長さ

[詳細説明]

- strspn は，*s1* が指す文字列中で *s2* が指す文字列中に含まれる，文字だけで構成されている部分の長さを返します。
- *s2* の終端のヌル文字は *s2* の一部とはみなしません。

strcspn

検索される文字列の中で指定文字列中に含まれる文字以外で構成されている部分の先頭からの長さを求めます。

[指定形式]

```
#include <string.h>
size_t strcspn ( const char *s1, const char *s2 ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
s1 ： 検索される文字列へのポインタ *s2* ： 指定文字列を示す文字列へのポインタ	文字列 *s1* 中の *s2* で指定される文字以外で構成される部分の長さ

[詳細説明]

- strcspn は，*s1* が指す文字列中で *s2* が指す文字列中に含まれる，文字以外で構成されている部分の長さを返します。
- *s2* の終端のヌル文字は *s2* の一部とはみなしません。

strpbrk

指定された文字列のどれかの文字が，検索される文字列中で最初に現れる位置を求めます。

[指定形式]

```
#include <string.h>
char *strpbrk ( const char *s1, const char *s2 ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
s1 ： 検索される文字列へのポインタ *s2* ： 指定文字を示す文字列へのポインタ	文字列 *s1* 中に文字列 *s2* 内のどれかの文字がある場合 ： 文字列 *s2* 内のどれかの文字が文字列 *s1* 中で最初に現れる文字へのポインタ 文字列 *s1* 中に文字列 *s2* 内の文字がない場合 ： ヌル・ポインタ

[詳細説明]

- *s2* が指す文字列内のどれかの文字が *s1* が指す文字列中で最初に現れる位置を求め，そのポインタを返します。
- 文字列 *s1* 中に文字列 *s2* 内の文字がない場合，ヌル・ポインタを返します。

strstr

指定文字列が，検索される文字列中に最初に現れる位置を求めます。

[指定形式]

```
#include <string.h>
char *strstr ( const char *s1, const char *s2 ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
s1 ： 検索される文字列へのポインタ *s2* ： 指定文字列へのポインタ	文字列 *s1* 中に文字列 *s2* がある場合 ： 文字列 *s2* が文字列 *s1* 中で最初に現れる位置の先頭へのポインタ 文字列 *s1* 中に文字列 *s2* がない場合 ： ヌル・ポインタ *s2* が空文字列の場合 ： *s1* の値

[詳細説明]

- *s1* が指す文字列中で *s2* が指す文字列（終端のヌル文字を除く）と全文字が一致する最初の位置の先頭へのポインタを返します。
- 文字列 *s1* 中に文字列 *s2* がない場合，ヌル・ポインタを返します。
- *s2* が空文字列を指す場合，*s1* の値を返します。

strtok

文字列を区切り文字以外からなる文字列に分解します。

[指定形式]

```
#include <string.h>
char *strtok ( char *s1, const char *s2 ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
s1 ： 分解される文字列へのポインタ，またはヌル・ポインタ *s2* ： 字句の区切り文字を示す文字列へのポインタ	字句がある場合 ： 字句の第 1 文字へのポインタ 字句がない場合 ： ヌル・ポインタ

[詳細説明]

- 字句とは，指定される文字列中の区切り文字以外の文字からなる文字列です。
- *s1* がヌル・ポインタの場合は，前回の strtok の呼び出しでの保存ポインタが指す文字列を分解される文字列とします。ただし，保存ポインタがヌル・ポインタの場合は何もせずにヌル・ポインタを返します。
- *s1* がヌル・ポインタでない場合は，*s1* が指す文字列を分解される文字列とします。
- *s2* が指す文字列に含まれない文字を分解される文字列から探し，見つからなければ保存ポインタをヌル・ポインタにして，ヌル・ポインタを返します。見つかれば，その文字を字句の第 1 文字とします。
- 字句の第 1 文字が見つかった場合，文字列 *s2* に含まれる文字を字句の第 1 文字以降から探します。見つからなければ，保存ポインタをヌル・ポインタにします。見つかれば，その文字の位置にヌル文字を上書きし，その次の文字へのポインタを保存ポインタにします。
- 字句の第 1 文字へのポインタを返します。

memset

バッファの指定文字数分を指定文字で初期化します。

[指定形式]

```
#include <string.h>
void *memset ( void *s, int c, size_t n ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
s ： 初期化するオブジェクトへのポインタ *c* ： 指定文字 *n* ： 指定文字数	*s* の値

[詳細説明]

- *s* が指すオブジェクトの先頭から *n* 文字分に（unsigned char 型に変換された）*c* の値をコピーします。

strerror

指定されたエラー番号に対応するエラー・メッセージの文字列を格納する領域へのポインタを返します。

[指定形式]

```
#include <string.h>
char *strerror ( int errnum ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
errnum ： エラー番号	エラー番号に対応するエラーがある場合 ： エラー・メッセージの文字列へのポインタ エラー番号に対応するエラーがない場合 ： ヌル・ポインタ

[詳細説明]

- *errnum* の値に対応して，次の値を返します。

errnum の値	戻り値
0	文字列“Error 0”へのポインタ
1（EDOM）	文字列“Argument too large”へのポインタ
2（ERANGE）	文字列“Result too large”へのポインタ
3（ENOMEM）	文字列“Not enough memory”へのポインタ
その他	ヌル・ポインタ

- エラー・メッセージの文字列を far 領域に確保しているため，戻り値は常に far ポインタとなります。したがって，strerror_n/strerror_f 関数は存在しません。

strlen

文字列の長さを求めます。

[指定形式]

```
#include <string.h>
size_t strlen ( const char *s ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
s : 文字列へのポインタ	文字列 *s* の長さ

[詳細説明]

- *s* が指す文字列の文字数を返します。

  文字数は，文字列の先頭から終端を示すヌル文字の前までの文字数です。

strcoll

地域特有の情報に基づいて 2 つの文字列を比較します。

[指定形式]

```
#include <string.h>
int strcoll ( const char *s1, const char *s2 ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
s1 ： 比較文字列へのポインタ *s2* ： 比較文字列へのポインタ	文字列 *s1* と文字列 *s2* が等しい場合 ： 0 文字列 *s1* と文字列 *s2* が異なる場合 ： 最初の異なる文字を int に変換した値の差（*s1* の文字 - *s2* の文字）

[詳細説明]

- 78K0 C コンパイラは，文化圏固有操作はサポートしていません。
  strcmp と同じ動作をします。

strxfrm

地域特有の情報に基づいて文字列を変換します。

[指定形式]

```
#include <string.h>
size_t strxfrm ( char *s1, const char *s2, size_t n ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
s1 ： 比較文字列へのポインタ *s2* ： 比較文字列へのポインタ *n* ： *s1* に入る最大文字数	変換した結果の文字列（終端を示す文字列を含みません）の長さを返します。 返却された値が n 以上の場合，*s1* で示される配列の内容は不定とします。

[詳細説明]

- 78K0 C コンパイラは，文化圏固有操作はサポートしていません。

次の関数と同じ動作をします。

```
strncpy ( s1, s2, c ) ;
return ( strlen ( s2 ) ) ;
```

6. 11 数学関数

数学関数には，次のものがあります。

関数名	機能
acos（ノーマル・モデルのみ）	acos を求める
asin（ノーマル・モデルのみ）	asin を求める
atan（ノーマル・モデルのみ）	atan を求める
atan2（ノーマル・モデルのみ）	atan2 を求める
cos（ノーマル・モデルのみ）	cos を求める
sin（ノーマル・モデルのみ）	sin を求める
tan（ノーマル・モデルのみ）	tan を求める
cosh（ノーマル・モデルのみ）	cosh を求める
sinh（ノーマル・モデルのみ）	sinh を求める
tanh（ノーマル・モデルのみ）	tanh を求める
exp（ノーマル・モデルのみ）	指数関数を求める
frexp（ノーマル・モデルのみ）	仮数部と指数部を求める
ldexp（ノーマル・モデルのみ）	x * 2 ^ exp を求める
log（ノーマル・モデルのみ）	自然対数を求める
log10（ノーマル・モデルのみ）	10 を底とした対数を求める
modf（ノーマル・モデルのみ）	小数部と整数部を求める
pow（ノーマル・モデルのみ）	x の y 乗を求める
sqrt（ノーマル・モデルのみ）	平方根を求める
ceil（ノーマル・モデルのみ）	x より小さくない最小の整数を求める
fabs（ノーマル・モデルのみ）	浮動小数点数 x の絶対値を求める
floor（ノーマル・モデルのみ）	x より大きくない最大の整数を求める
fmod（ノーマル・モデルのみ）	x/y の余りを求める
matherr（ノーマル・モデルのみ）	浮動小数点数を扱うライブラリの例外処理を求める
acosf（ノーマル・モデルのみ）	acos を求める
asinf（ノーマル・モデルのみ）	asin を求める
atanf（ノーマル・モデルのみ）	atan を求める
atan2f（ノーマル・モデルのみ）	y/x の atan を求める
cosf（ノーマル・モデルのみ）	cos を求める
sinf（ノーマル・モデルのみ）	sin を求める
tanf（ノーマル・モデルのみ）	tan を求める
coshf（ノーマル・モデルのみ）	cosh を求める
sinhf（ノーマル・モデルのみ）	sinh を求める
tanhf（ノーマル・モデルのみ）	tanh を求める
expf（ノーマル・モデルのみ）	指数関数を求める
frexpf（ノーマル・モデルのみ）	仮数部と指数部を求める

関数名	機能
ldexpf（ノーマル・モデルのみ）	x * 2 ^ exp を求める
logf（ノーマル・モデルのみ）	自然対数を求める
log10f（ノーマル・モデルのみ）	10 を底とした対数を求める
modff（ノーマル・モデルのみ）	小数部と整数部を求める
powf（ノーマル・モデルのみ）	x の y 乗を求める
sqrtf（ノーマル・モデルのみ）	平方根を求める
ceilf（ノーマル・モデルのみ）	x より小さくない最小の整数を求める
fabsf（ノーマル・モデルのみ）	浮動小数点数 x の絶対値を求める
floorf（ノーマル・モデルのみ）	x より大きくない最大の整数を求める
fmodf（ノーマル・モデルのみ）	x/y の余りを求める

acos（ノーマル・モデルのみ）

acos を求めます。

［指定形式］

#include <math.h>

double acos (double *x*) ;

［引数／戻り値］

引数	戻り値
x ： 演算を行う数値	-1 ≦ *x* ≦ 1 の場合 ： *x* の acos *x* ＜ -1，1 ＜ *x*，*x* が非数の場合 ： NaN

［詳細説明］

- *x* の acos（0 から π の範囲内）を計算します。
- *x* ＜ -1，1 ＜ *x* の定義域エラーの場合は，NaN を返し errno に EDOM をセットします。
- *x* が非数の場合は，NaN を返します。

asin（ノーマル・モデルのみ）

asin を求めます。

［指定形式］

```
#include <math.h>
double asin ( double x ) ;
```

［引数／戻り値］

引数	戻り値
x ： 演算を行う数値	-1 ≦ *x* ≦ 1 の場合 ： *x* の asin *x* ＜ -1，1 ＜ *x*，*x* が非数の場合 ： NaN *x* = -0 の場合 ： -0 アンダフロー時 ： 非正規化数

［詳細説明］

- *x* の asin（-π/2 から +π/2 の範囲内）を計算します。
- *x* ＜ -1，1 ＜ *x* の領域エラーの場合は，NaN を返し errno に EDOM をセットします。
- *x* が非数の場合は，NaN を返します。
- *x* が -0 の場合は，-0 を返します。
- 演算の結果，アンダフローが生じた場合は，非正規化数を返します。

atan（ノーマル・モデルのみ）

atan を求めます。

［指定形式］

```
#include <math.h>
double atan ( double x ) ;
```

［引数／戻り値］

引数	戻り値
x ： 演算を行う数値	正常時 ： *x* の atan *x* が非数の場合 ： NaN *x* = -0 の場合 ： -0 アンダフロー時 ： 非正規化数

［詳細説明］

- *x* の atan（$-\pi/2$ から $+\pi/2$ の範囲内）を計算します。
- *x* が非数の場合は，NaN を返します。
- *x* が -0 の場合は，-0 を返します。
- 演算の結果，アンダフローが生じた場合は，非正規化数を返します。

atan2（ノーマル・モデルのみ）

y/x の atan を求めます。

［指定形式］

```
#include <math.h>
double atan2 ( double y, double x ) ;
```

［引数／戻り値］

引数	戻り値
x ： 演算を行う数値 *y* ： 演算を行う数値	正常時 ： *y*/*x* の atan *x* と y がともに 0 か，y/x が表現できない値の場合，*x*，*y* がともに±∞の場合，*x*，*y* のどちらかが非数の場合 ： NaN アンダフロー時 ： 非正規化数

［詳細説明］

- *y*/*x* の atan（-π から +π の範囲内）を計算します。
- *x* と y がともに 0 か，*y*/*x* が表現できない値の場合，あるいは，*x*，*y* がともに無限大の場合には，NaN を返し errno に EDOM をセットします。
- *x*，*y* のどちらかが非数の場合は，NaN を返します。
- 演算の結果，アンダフローが生じた場合は，非正規化数を返します。

cos（ノーマル・モデルのみ）

cos を求めます。

[指定形式]

```
#include <math.h>
double cos ( double x ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
x ： 演算を行う数値	正常時 ： *x* の cos *x* が非数，*x* が無限大の場合 ： NaN

[詳細説明]

- *x* の cos を計算します。
- *x* が非数の場合は，NaN を返します。
- *x* が無限大の場合は，NaN を返し，errno に EDOM をセットします。
- *x* の絶対値が非常に大きい場合，演算結果はほとんど意味のない値となります。

sin（ノーマル・モデルのみ）

sin を求めます。

[指定形式]

```
#include <math.h>
double sin ( double x ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
x ： 演算を行う数値	正常時 ： *x* の sin *x* が非数，*x* が無限大の場合 ： NaN アンダフロー時 ： 非正規化数

[詳細説明]

- *x* の sin を計算します。
- *x* が非数の場合は，NaN を返します。
- *x* が無限大の場合は，NaN を返し，errno に EDOM をセットします。
- 演算の結果，アンダフローが生じた場合は，非正規化数を返します。
- *x* の絶対値が非常に大きい場合，演算結果はほとんど意味のない値となります。

tan（ノーマル・モデルのみ）

tan を求めます。

[指定形式]

```
#include <math.h>
double tan ( double x ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
x ： 演算を行う数値	正常時 ： *x* の tan *x* が非数，*x* = ±∞の場合 ： NaN アンダフロー時 ： 非正規化数

[詳細説明]

- *x* の tan を計算します。
- *x* が非数の場合は，NaN を返します。
- *x* が無限大の場合は，NaN を返し，errno に EDOM をセットします。
- 演算の結果，アンダフローが生じた場合は，非正規化数を返します。
- *x* の絶対値が非常に大きい場合，演算結果はほとんど意味のない値となります。

cosh（ノーマル・モデルのみ）

cosh を求めます。

[指定形式]

```
#include <math.h>
double cosh ( double x ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
x ： 演算を行う数値	正常時 ： *x* の cosh *x* が非数の場合 ： NaN *x* = ±∞の場合 ： +∞ オーバフロー時： HUGE_VAL（正の符号を持ちます）

[詳細説明]

- *x* の cosh を計算します。
- *x* が非数の場合は，NaN を返します。
- *x* が無限大の場合は，+∞を返します。
- 演算の結果，オーバフローが生じた場合は，正の符号を持つ HUGE_VAL を返し，errno に ERANGE をセットします。

sinh（ノーマル・モデルのみ）

sinh を求めます。

［指定形式］

#include <math.h>

double sinh (double *x*) ;

［引数／戻り値］

引数	戻り値
x ： 演算を行う数値	正常時 ： *x* の sinh *x* が非数の場合 ： NaN *x* = ±∞の場合 ： ±∞ オーバフロー時 ： HUGE_VAL（オーバフローした値の符号を持ちます） アンダフロー時 ： ± 0

［詳細説明］

- *x* の sinh を計算します。
- *x* が非数の場合は，NaN を返します。
- *x* が±∞の場合は，±∞を返します。
- 演算の結果，オーバフローが生じた場合は，オーバフローした値の符号を持つ HUGE_VAL を返し，errno に ERANGE をセットします。
- 演算の結果，アンダフローが生じた場合は，± 0 を返します。

tanh（ノーマル・モデルのみ）

tanh を求めます。

［指定形式］

```
#include <math.h>
double tanh ( double x ) ;
```

［引数／戻り値］

引数	戻り値
x ： 演算を行う数値	正常時 ： *x* の tanh *x* が非数の場合 ： NaN *x* = ±∞の場合 ： ± 1 アンダフロー時 ： ± 0

［詳細説明］

- *x* の tanh を計算します。
- *x* が非数の場合は，NaN を返します。
- *x* が±∞の場合は，± 1 を返します。
- 演算の結果，アンダフローが生じた場合は，± 0 を返します。

exp（ノーマル・モデルのみ）

指数関数を求めます。

[指定形式]

```
#include <math.h>
double exp ( double x ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
x ： 演算を行う数値	正常時 ： *x* の指数関数 *x* が非数の場合 ： NaN *x* = ±∞の場合 ： ±∞ アンダフロー時 ： 非正規化数 アンダフローによる有効桁数の消滅時 ： +0 オーバフロー時 ： HUGE_VAL（正の符号を持ちます）

[詳細説明]

- *x* の指数関数を計算します。
- *x* が非数の場合は，NaN を返します。
- *x* が±∞の場合は，±∞を返します。
- 演算の結果，アンダフローが生じた場合は，非正規化数を返します。
- 演算の結果，アンダフローによる有効桁数の消滅が生じた場合は，+0 を返します。
- 演算の結果，オーバフローが生じた場合は，正の符号を持つ HUGE_VAL を返し，errno に ERANGE をセットします。

frexp（ノーマル・モデルのみ）

仮数部と指数部を求めます。

[指定形式]

```
#include <math.h>
double frexp ( double x, int *exp ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
x ： 演算を行う数値 *exp* ： 指数部を格納するポインタ	正常時 ： *x* の仮数 *x* が非数，*x* = ±∞の場合 ： NaN *x* = ± 0 の場合 ： ± 0

[詳細説明]

- 浮動小数点数 *x* を *x* = m * 2 ^ n のような仮数 m と指数 n に分け，仮数 m を返します。
- 指数 n は，ポインタ *exp* の指し示すところに格納します。ただし，m の絶対値は 0.5 以上 1.0 未満です。
- *x* が非数の場合，NaN を返し，**exp* の値は 0 とします。
- *x* が無限大の場合は，NaN を返し，**exp* の値を 0 とし，errno に EDOM をセットします。
- *x* が± 0 の場合，± 0 を返し，**exp* の値は 0 とします。

ldexp（ノーマル・モデルのみ）

x * 2 ^ exp を求めます。

［指定形式］

```
#include <math.h>
double ldexp ( double x, int exp ) ;
```

［引数／戻り値］

引数	戻り値
x ： 演算を行う数値 *exp* ： べき乗数	正常時 ： *x* * 2 ^ *exp* *x* が非数の場合 ： NaN *x* = ±∞ の場合 ： ±∞ *x* = ± 0 の場合 ： ± 0 オーバフロー時 ： HUGE_VAL（オーバフローした値の符号を持ちます） アンダフロー時 ： 非正規化数 アンダフローによる有効桁数の消滅時 ： ± 0

［詳細説明］

- *x* * 2 ^ *exp* を計算します。
- *x* が非数の場合は，NaN を返します。
- *x* が±∞の場合は，±∞を返します。
- *x* が± 0 の場合，± 0 を返します。
- 演算の結果，オーバフローが生じた場合は，オーバフローした値を持つ HUGE_VAL を返し，errno に ERANGE をセットします。
- 演算の結果，アンダフローが生じた場合は，非正規化数を返します。
- 演算の結果，アンダフローによる有効桁数の消滅が生じた場合は，± 0 を返します。

log（ノーマル・モデルのみ）

自然対数を求めます。

［指定形式］

```
#include <math.h>
double log ( double x ) ;
```

［引数／戻り値］

引数	戻り値
x ： 演算を行う数値	正常時 ： *x* の自然対数 *x* ≦ 0 の場合 ： HUGE_VAL（負の符号を持ちます） *x* が非数の場合 ： NaN *x* が無限大の場合 ： ＋∞

［詳細説明］

- *x* の自然対数を求めます。
- *x* ＜ 0 の領域エラーの場合は，負の符号を持つ HUGE_VAL を返し，errno に EDOM をセットします。
- *x* = 0 の場合は，負の符号を持つ HUGE_VAL を返し，errno に ERANGE をセットします。
- *x* が非数の場合は，NaN を返します。
- *x* が＋∞の場合は，＋∞を返します。

log10（ノーマル・モデルのみ）

10 を底とした対数を求めます。

［指定形式］

```
#include <math.h>
double log10 ( double x ) ;
```

［引数／戻り値］

引数	戻り値
x ： 演算を行う数値	正常時 ： *x* の 10 を底とした対数 *x* ≦ 0 の場合 ： HUGE_VAL（負の符号を持ちます） *x* が非数の場合 ： NaN *x* が無限大の場合 ： ＋∞

［詳細説明］

- *x* の 10 を底とした対数を求めます。
- *x* ＜ 0 の領域エラーの場合は，負の符号を持つ HUGE_VAL を返し errno に EDOM をセットします。
- *x* = 0 の場合は，負の符号を持つ HUGE_VAL を返し，errno に ERANGE をセットします。
- *x* が非数の場合は，NaN を返します。
- *x* が＋∞の場合は，＋∞を返します。

modf（ノーマル・モデルのみ）

小数部と整数部を求めます。

[指定形式]

```
#include <math.h>
double modf ( double x, double *iptr ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
x ： 演算を行う数値 *iptr* ： 整数部へのポインタ	正常時 ： *x* の小数部 *x* が非数，または *x* が無限大の場合 ： NaN *x* が± 0 の場合 ： ± 0

[詳細説明]

- 浮動小数点数 *x* を小数部と整数部に分けます。
- *x* と同じ符号を持つ小数部を返し，整数部はポインタ *iptr* の指し示すところに格納します。
- *x* が非数の場合は，NaN を返し，ポインタ *iptr* の指し示すところに NaN を格納します。
- *x* が無限大の場合は，NaN を返し，ポインタ *iptr* の指し示すところに NaN を格納し，errno に EDOM をセットします。
- *x* = ± 0 の場合は，ポインタ *iptr* の指し示すところに± 0 を格納します。

pow（ノーマル・モデルのみ）

x の y 乗を求めます。

［指定形式］

```
#include <math.h>
double pow ( double x, double y ) ;
```

［引数／戻り値］

引数	戻り値
x ： 演算を行う数値 *y* ： 乗数	正常時 ： *x* ^ *y* *x* が非数，または *y* が非数の場合， *x* = + ∞，かつ *y* = 0， *x* ＜ 0，かつ *y* ≠整数， *x* ＜ 0，かつ y = ±∞， *x* = 0，かつ *y* ≦ 0 のいずれかの場合 ： NaN オーバフロー時 ： HUGE_VAL（オーバフローした値の符号を持ちます。） アンダフロー時 ： 非正規化数 アンダフローによる有効桁数の消滅時 ： ± 0

［詳細説明］

- *x* ^ *y* を計算します。
- *x* が非数，または *y* が非数の場合は，NaN を返します。
- *x* = + ∞かつ *y* = 0，*x* ＜ 0 かつ *y* ≠整数，*x* ＜ 0 かつ *y* = ±∞，*x* = 0 かつ *y* ≦ 0 のいずれかの場合は，NaN を返し，errno に EDOM をセットします。
- 演算の結果，オーバフローが生じた場合は，オーバフローした値の符号を持つ HUGE_VAL を返し，errno に ERANGE をセットします。
- アンダフローが生じた場合は，非正規化数を返します。
- アンダフローによる有効桁数の消滅が生じた場合は，± 0 を返します。

sqrt（ノーマル・モデルのみ）

平方根を求めます。

[指定形式]

```
#include <math.h>
double sqrt ( double x ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
x ： 演算を行う数値	*x* ≧ 0 の場合 ： *x* の平方根 *x* ＜ 0 の場合 ： 0 *x* が非数の場合 ： NaN *x* = ± 0 の場合 ： ± 0

[詳細説明]

- *x* の平方根を計算します。
- *x* ＜ 0 の領域エラーの場合は，0 を返し，errno に EDOM をセットします。
- *x* が非数の場合は，NaN を返します。
- *x* が± 0 の場合は，± 0 を返します。

ceil（ノーマル・モデルのみ）

x より小さくない最小の整数を求めます。

［指定形式］

```
#include <math.h>
double ceil ( double x ) ;
```

［引数／戻り値］

引数	戻り値
x ： 演算を行う数値	正常時 ： *x* より小さくない最小の整数 *x* が非数，*x* が無限大の場合 ： NaN *x* = -0 の場合 ： +0 *x* より小さくない最小の整数を表現できない場合 ： x

［詳細説明］

- *x* より小さくない最小の整数を求めます。
- *x* が非数の場合は，NaN を返します。
- *x* が無限大の場合は，NaN を返し errno に EDOM をセットします。
- *x* が -0 の場合は，+0 を返します。
- *x* より小さくない最小の整数を表現できない場合は，*x* を返します。

fabs（ノーマル・モデルのみ）

浮動小数点数 x の絶対値を返します。

[指定形式]

#include <math.h>

double fabs (double *x*) ;

[引数／戻り値]

引数	戻り値
x ： 絶対値を求める値	正常時 ： *x* の絶対値 *x* が非数の場合 ： NaN *x* = -0 の場合 ： +0

[詳細説明]

- *x* の絶対値を求めます。
- *x* が非数の場合は，NaN を返します。
- *x* が -0 の場合は，+0 を返します。

floor（ノーマル・モデルのみ）

x より大きくない最大の整数を求めます。

[指定形式]

```
#include <math.h>
double floor ( double x ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
x ： 演算を行う数値	正常時 ： *x* より大きくない最大の整数 *x* が非数，*x* が無限大の場合 ： NaN *x* = -0 の場合 ： +0 *x* より大きくない最大の整数を表現できない場合 ： x

[詳細説明]

- *x* より大きくない最大の整数を求めます。
- *x* が非数の場合は，NaN を返します。
- *x* が無限大の場合は，NaN を返し，errno に EDOM をセットします。
- *x* が -0 の場合は，+0 を返します。
- *x* より大きくない最大の整数を表現できない場合は，*x* を返します。

fmod（ノーマル・モデルのみ）

x/y の余りを求めます。

［指定形式］

#include <math.h>

double fmod (double *x*, double *y*)

［引数／戻り値］

引数	戻り値
x ： 演算を行う数値 *y* ： 演算を行う数値	正常時 ： *x*/*y* の余り *x* が非数，または *y* が非数の場合， *y* が± 0，または *x* が±∞の場合 ： NaN *x* ≠∞，かつ *y* = ±∞の場合 ： x

［詳細説明］

- *x* - i * *y* で表される x/y の余りを計算します。i は整数です。
- *y* ≠ 0 の場合は，戻り値は *x* と同じ符号を持ち，その絶対値は *y* の絶対値より小さくなります。
- *x* が非数，または *y* が非数の場合は，NaN を返します。
- *y* が± 0，または *x* = ±∞の場合は，NaN を返し，errno に EDOM をセットします。
- *y* が無限大の場合は，*x* が無限大でなければ x を返します。

matherr（ノーマル・モデルのみ）

浮動小数点数を扱うライブラリの例外処理を行います。

[指定形式]

```
#include <math.h>
void matherr ( struct exception *x ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値

struct exception {
int type ;
char *name ;
}
 	
type ：
演算例外を示す値
name ：
関数名
	なし

[詳細説明]

- 浮動小数点数を扱う，標準ライブラリ，ランタイム・ライブラリにおいて，例外発生時に呼び出されます。
- 標準ライブラリから呼び出された場合は，errno に EDOM，ERANGE を設定します。

次に，演算例外 type と errno の関係を示します。

type	演算例外	errno に設定する値
1	アンダフロー	ERANGE
2	消滅	ERANGE
3	オーバフロー	ERANGE
4	ゼロ除算	EDOM
5	演算不能	EDOM

matherr を変更，あるいは作成することで，独自のエラー処理を行うことができます。

- 渡される構造体は内蔵 RAM に存在するため，引数は常に near ポインタとなります。したがって，matherr_n/matherr_f 関数は存在しません。

acosf（ノーマル・モデルのみ）

acos を求めます。

［指定形式］

```
#include <math.h>
float acosf ( float x ) ;
```

［引数／戻り値］

引数	戻り値
x ： 演算を行う数値	-1 ≦ *x* ≦ 1 の場合 ： *x* の acos *x* ＜ -1，1 ＜ *x*，*x* が非数の場合 ： NaN

［詳細説明］

- *x* の acos（0 から π の範囲内）を計算します。
- *x* ＜ -1，1 ＜ *x* の定義域エラーの場合は，NaN を返し，errno に EDOM をセットします。
- *x* が非数の場合は，NaN を返します。

asinf（ノーマル・モデルのみ）

asin を求めます。

［指定形式］

```
#include <math.h>
float asinf ( float x ) ;
```

［引数／戻り値］

引数	戻り値
x ： 演算を行う数値	-1 ≦ *x* ≦ 1 の場合 ： *x* の asin *x* ＜ -1，1 ＜ *x*，*x* が非数の場合 ： NaN *x* = -0 の場合 ： -0 アンダフロー時 ： 非正規化数

［詳細説明］

- *x* の asin（-π/2 から +π/2 の範囲内）を計算します。
- *x* ＜ -1，1 ＜ *x* の定義域エラーの場合は，NaN を返し，errno に EDOM をセットします。
- *x* が非数の場合は，NaN を返します。
- *x* = -0 の場合は，-0 を返します。
- 演算の結果，アンダフローが生じた場合は，非正規化数を返します。

atanf（ノーマル・モデルのみ）

atan を求めます。

［指定形式］

```
#include <math.h>
float atanf ( float x ) ;
```

［引数／戻り値］

引数	戻り値
x ： 演算を行う数値	正常時 ： *x* の atan *x* が非数の場合 ： NaN *x* = -0 の場合 ： -0 アンダフロー時 ： 非正規化数

［詳細説明］

- *x* の atan（$-\pi/2$ から $+\pi/2$ の範囲内）を計算します。
- *x* が非数の場合は，NaN を返します。
- *x* = -0 の場合は，-0 を返します。
- 演算の結果，アンダフローが生じた場合は，非正規化数を返します。

atan2f（ノーマル・モデルのみ）

y/x の atan を求めます。

［指定形式］

```
#include <math.h>
float atan2f ( float y, float x ) ;
```

［引数／戻り値］

引数	戻り値
x ： 演算を行う数値 *y* ： 演算を行う数値	正常時 ： *y/x* の atan *x* と y がともに 0 か，*y/x* が表現できない値の場合，*x*，*y* がともに無限大の場合，*x*，*y* のどちらかが非数の場合 ： NaN アンダフロー時 ： 非正規化数

［詳細説明］

- *y/x* の atan（*-π* から *+π* の範囲内）を計算します。
- *x* と y がともに 0 か，*y/x* が表現できない値の場合，あるいは *x*，*y* がともに無限大の場合には，NaN を返し，errno に EDOM をセットします。
- *x*，*y* のどちらかが非数の場合は，NaN を返します。
- 演算の結果，アンダフローが生じた場合は，非正規化数を返します。

cosf（ノーマル・モデルのみ）

cos を求めます。

[指定形式]

```
#include <math.h>
float cosf ( float x ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
x ： 演算を行う数値	正常時 ： *x* の cos *x* が非数，*x* が無限大の場合 ： NaN

[詳細説明]

- *x* の cos を計算します。
- *x* が非数の場合は，NaN を返します。
- *x* が無限大の場合は，NaN を返し，errno に EDOM をセットします。
- *x* の絶対値が非常に大きい場合，演算結果はほとんど意味のない値となります。

sinf（ノーマル・モデルのみ）

sin を求めます。

[指定形式]

```
#include <math.h>
float sinf ( float x ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
x ： 演算を行う数値	正常時 ： *x* の sin *x* が非数，*x* が無限大の場合 ： NaN アンダフロー時 ： 非正規化数

[詳細説明]

- *x* の sin を計算します。
- *x* が非数の場合は，NaN を返します。
- *x* が無限大の場合は，NaN を返し，errno に EDOM をセットします。
- 演算の結果，アンダフローが生じた場合は，非正規化数を返します。
- *x* の絶対値が非常に大きい場合，演算結果はほとんど意味のない値となります。

tanf（ノーマル・モデルのみ）

tan を求めます。

[指定形式]

```
#include <math.h>
float tanf ( float x ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
x ： 演算を行う数値	正常時 ： *x* の tan *x* が非数，*x* が無限大の場合 ： NaN アンダフロー時 ： 非正規化数

[詳細説明]

- *x* の tan を計算します。
- *x* が非数の場合は，NaN を返します。
- *x* が無限大の場合は，NaN を返し，errno に EDOM をセットします。
- 演算の結果，アンダフローが生じた場合は，非正規化数を返します。
- *x* の絶対値が非常に大きい場合，演算結果はほとんど意味のない値となります。

coshf（ノーマル・モデルのみ）

cosh を求めます。

［指定形式］

```
#include <math.h>
float coshf ( float x ) ;
```

［引数／戻り値］

引数	戻り値
x ： 演算を行う数値	正常時 ： *x* の cosh *x* が非数の場合 ： NaN *x* が無限大の場合 ： +∞ オーバフロー時： HUGE_VAL（正の符号を持ちます）

［詳細説明］

- *x* の cosh を計算します。
- *x* が非数の場合は，NaN を返します。
- *x* が無限大の場合は，正の無限大の値を返します。
- 演算の結果，オーバフローが生じた場合は，正の符号を持つ HUGE_VAL を返し，errno に ERANGE をセットします。

sinhf（ノーマル・モデルのみ）

sinh を求めます。

［指定形式］

```
#include <math.h>
float sinhf ( float x ) ;
```

［引数／戻り値］

引数	戻り値
x ： 演算を行う数値	正常時 ： *x* の sinh *x* が非数の場合 ： NaN *x* = ±∞の場合 ： ±∞ オーバフロー時 ： HUGE_VAL（オーバフローした値の符号を持ちます） アンダフロー時 ： ± 0

［詳細説明］

- *x* の sinh を計算します。
- *x* が非数の場合は，NaN を返します。
- *x* が±∞の場合は，±∞を返します。
- 演算の結果，オーバフローが生じた場合は，オーバフローした値の符号を持つ HUGE_VAL を返し，errno に ERANGE をセットします。
- 演算の結果，アンダフローが生じた場合は，± 0 を返します。

tanhf（ノーマル・モデルのみ）

tanh を求めます。

［指定形式］

```
#include <math.h>
float tanhf ( float x ) ;
```

［引数／戻り値］

引数	戻り値
x ： 演算を行う数値	正常時 ： *x* の tanh *x* が非数の場合 ： NaN *x* = ±∞の場合 ： ± 1 アンダフロー時 ： ± 0

［詳細説明］

- *x* の tanh を計算します。
- *x* が非数の場合は，NaN を返します。
- *x* が±∞の場合は，± 1 を返します。
- 演算の結果，アンダフローが生じた場合は，± 0 を返します。

expf（ノーマル・モデルのみ）

指数関数を求めます。

[指定形式]

```
#include <math.h>
float expf ( float x ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
x ： 演算を行う数値	正常時 ： *x* の指数関数 *x* が非数の場合 ： NaN *x* = ±∞の場合 ： ±∞ オーバフロー時 ： HUGE_VAL（正の符号を持ちます） アンダフロー時 ： 非正規化数 アンダフローによる有効桁数の消滅時 ： +0

[詳細説明]

- *x* の指数関数を計算します。
- *x* が非数の場合は，NaN を返します。
- *x* が±∞の場合は，±∞を返します。
- 演算の結果，オーバフローが生じた場合は，正の符号を持つ HUGE_VAL を返し，errno に ERANGE をセットします。
- 演算の結果，アンダフローが生じた場合は，非正規化数を返します。
- 演算の結果，アンダフローによる有効桁数の消滅が生じた場合は，+0 を返します。

frexpf（ノーマル・モデルのみ）

仮数部と指数部を求めます。

[指定形式]

```
#include <math.h>
float frexpf ( float x, int *exp ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
x ： 演算を行う数値 *exp* ： 指数部を格納するポインタ	正常時 ： *x* の仮数 *x* が非数，*x* = ±∞の場合 ： NaN *x* = ± 0 の場合 ： ± 0

[詳細説明]

- 浮動小数点数 *x* を *x* = m * 2 ^ n のような仮数 m と指数 n に分け，仮数 m を返します。
- 指数 n は，ポインタ exp の指し示すところに格納します。ただし，m の絶対値は 0.5 以上 1.0 未満です。
- *x* が非数の場合は，NaN を返し，**exp* の値は 0 とします。
- *x* が±∞の場合は，NaN を返し，**exp* の値は 0 とし，errno に EDOM をセットします。
- *x* が± 0 の場合は，± 0 を返し，**exp* の値は 0 とします。

ldexpf（ノーマル・モデルのみ）

x * 2 ^ exp を求めます。

［指定形式］

```
#include <math.h>
float ldexpf ( float x, int exp ) ;
```

［引数／戻り値］

引数	戻り値
x ： 演算を行う数値 *exp* ： べき乗数	正常時 ： *x* * 2 ^ *exp* *x* が非数の場合 ： NaN *x* = ±∞の場合 ： ±∞ *x* = ± 0 の場合 ： ± 0 オーバフロー時 ： HUGE_VAL（オーバフローした値の符号を持ちます） アンダフロー時 ： 非正規化数 アンダフローによる有効桁数の消滅時 ： ± 0

［詳細説明］

- *x* * 2 ^ *exp* を計算します。
- *x* が非数の場合は NaN，±∞のときは±∞，± 0 のときは，± 0 を返します。
- 演算の結果，オーバフローが生じた場合は，オーバフローした値の符号を持つ HUGE_VAL を返し，errno に ERANGE をセットします。
- 演算の結果，アンダフローが生じた場合は，非正規化数を返します。
- 演算の結果，アンダフローによる有効桁数の消滅が生じた場合は，± 0 を返します。

logf（ノーマル・モデルのみ）

自然対数を求めます。

［指定形式］

```
#include <math.h>
float logf ( float x ) ;
```

［引数／戻り値］

引数	戻り値
x ： 演算を行う数値	正常時 ： *x* の自然対数 *x* ≦ 0 の場合 ： HUGE_VAL（負の符号を持ちます） *x* が非数の場合 ： NaN *x* が無限大の場合 ： ＋∞

［詳細説明］

- *x* の自然対数を求めます。
- *x* ＜ 0 の領域エラーの場合は，負の符号を持つ HUGE_VAL を返し，errno に EDOM をセットします。
- *x* = 0 の場合は，負の符号を持つ HUGE_VAL を返し，errno に ERANGE をセットします。
- *x* が非数の場合は，NaN を返します。
- *x* が＋∞の場合は，＋∞を返します。

log10f（ノーマル・モデルのみ）

10 を底とした対数を求めます。

［指定形式］

```
#include <math.h>
float log10f ( float x ) ;
```

［引数／戻り値］

引数	戻り値
x ： 演算を行う数値	正常時 ： *x* の 10 を底とした対数 *x* ≦ 0 の場合 ： HUGE_VAL（負の符号を持ちます） *x* が非数の場合 ： NaN *x* = + ∞の場合 ： + ∞

［詳細説明］

- *x* の 10 を底とした対数を求めます。
- *x* ＜ 0 の領域エラーの場合は，負の符号を持つ HUGE_VAL を返し，errno に EDOM をセットします。
- *x* = 0 の場合は，負の符号を持つ HUGE_VAL を返し，errno に ERANGE をセットします。
- *x* が非数の場合は，NaN を返します。
- *x* が + ∞の場合は，+ ∞を返します。

modff（ノーマル・モデルのみ）

小数部と整数部を求めます。

[指定形式]

#include <math.h>

float modff (float *x*, float **iptr*) ;

[引数／戻り値]

引数	戻り値
x ： 演算を行う数値 *iptr* ： 整数部へのポインタ	正常時 ： *x* の小数部 *x* が非数，*x* が無限大の場合 ： NaN *x* = ± 0 の場合 ： ± 0

[詳細説明]

- 浮動小数点数 x を小数部と整数部に分けます。
- *x* と同じ符号を持つ小数部を返し，整数部はポインタ *iptr* の指し示すところに格納します。
- *x* が非数の場合は，NaN を返し，ポインタ *iptr* の指し示すところに NaN を格納します。
- *x* が無限大の場合は，NaN を返し，ポインタ *iptr* の指し示すところに NaN を格納し，errno に EDOM をセットします。
- *x* = ± 0 の場合は，± 0 を返し，ポインタ *iptr* の指し示すところに± 0 を格納します。

powf（ノーマル・モデルのみ）

x の y 乗を求めます。

［指定形式］

```
#include <math.h>
float powf ( float x, float y ) ;
```

［引数／戻り値］

引数	戻り値
x ： 演算を行う数値 *y* ： 乗数	正常時 ： *x* ^ *y* *x* が非数，または *y* が非数の場合， *x* = + ∞，かつ y = 0， *x* ＜ 0，かつ *y* ≠整数， *x* ＜ 0，かつ *y* = ±∞， *x* = 0，かつ *y* ≦ 0 のいずれかの場合 ： NaN オーバフロー時 ： HUGE_VAL（オーバフローした値の符号を持ちます。） アンダフロー時 ： 非正規化数 アンダフローによる有効桁数の消滅時 ： ± 0

［詳細説明］

- *x* ^ *y* を計算します。
- *x* が非数，または *y* が非数の場合は，NaN を返します。
- *x* = + ∞かつ *y* = 0，*x* ＜ 0 かつ *y* ≠整数，*x* ＜ 0 かつ *y* = ±∞，*x* = 0 かつ *y* ≦ 0 のいずれかの場合は，NaN を返し，errno に EDOM をセットします。
- 演算の結果，オーバフローが生じた場合は，オーバフローした値の符号を持つ HUGE_VAL を返し，errno に ERANGE をセットします。
- アンダフローが生じた場合は，非正規化数を返します。
- アンダフローによる有効桁数の消滅が生じた場合は，± 0 を返します。

sqrtf（ノーマル・モデルのみ）

平方根を求めます。

[指定形式]

```
#include <math.h>
float sqrtf ( float x ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
x ： 演算を行う数値	*x* ≧ 0 の場合 ： *x* の平方根 *x* ＜ 0 の場合 ： 0 *x* が非数の場合 ： NaN *x* = ± 0 の場合 ： ± 0

[詳細説明]

- *x* の平方根を計算します。
- *x* ＜ 0 の領域エラーの場合は，0 を返し，errno に EDOM をセットします。
- *x* が非数の場合は，NaN を返します。
- *x* が± 0 の場合は，± 0 を返します。

ceilf（ノーマル・モデルのみ）

x より小さくない最小の整数を求めます。

［指定形式］

```
#include <math.h>
float ceilf ( float x ) ;
```

［引数／戻り値］

引数	戻り値
x ： 演算を行う数値	正常時 ： *x* より小さくない最小の整数 *x* が非数，*x* が無限大の場合 ： NaN *x* = -0 の場合 ： +0 *x* より小さくない最小の整数を表現できない場合 ： *x*

［詳細説明］

- *x* より小さくない最小の整数を求めます。
- *x* が非数の場合は，NaN を返します。
- *x* が無限大の場合は，NaN を返し，errno に EDOM をセットします。
- *x* が -0 の場合は，+0 を返します。
- *x* より小さくない最小の整数を表現できない場合は，*x* を返します。

fabsf（ノーマル・モデルのみ）

浮動小数点数 x の絶対値を返します。

[指定形式]

```
#include <math.h>
float fabsf ( float x ) ;
```

[引数／戻り値]

引数	戻り値
x ： 絶対値を求める値	正常時 ： *x* の絶対値 *x* が非数の場合 ： NaN *x* = -0 の場合 ： +0

[詳細説明]

- *x* の絶対値を求めます。
- *x* が非数の場合は，NaN を返します。
- *x* が -0 の場合は，+0 を返します。

floorf（ノーマル・モデルのみ）

x より大きくない最大の整数を求めます。

［指定形式］

```
#include <math.h>
float floorf ( float x ) ;
```

［引数／戻り値］

引数	戻り値
x ： 演算を行う数値	正常時 ： *x* より大きくない最大の整数 *x* が非数，*x* が無限大の場合 ： NaN *x* = -0 の場合 ： +0 *x* より大きくない最大の整数を表現できない場合 ： x

［詳細説明］

- *x* より大きくない最大の整数を求めます。
- *x* が非数の場合は，NaN を返します。
- *x* が無限大の場合は，NaN を返し，errno に EDOM をセットします。
- *x* が -0 の場合は，+0 を返します。
- *x* より大きくない最大の整数を表現できない場合は，*x* を返します。

fmodf（ノーマル・モデルのみ）

x/y の余りを求めます。

［指定形式］

#include <math.h>

float fmodf (float *x*, float *y*) ;

［引数／戻り値］

引数	戻り値
x ： 演算を行う数値 *y* ： 演算を行う数値	正常時 ： *x*/*y* の余り *y* が± 0，または *x* が±∞の場合， *x* が非数，または *y* が非数の場合： NaN *x* ≠∞，かつ *y* = ±∞の場合 ： x

［詳細説明］

- *x* - i * *y* で表される *x*/*y* の余りを計算します。i は整数です。
- *y* ≠ 0 の場合は，戻り値は *x* と同じ符号を持ち，その絶対値は *y* の絶対値より小さくなります。
- *y* が± 0，または x = ±∞の場合は，NaN を返し，errno に EDOM をセットします。
- *x* が非数，または *y* が非数の場合は，NaN を返します。
- *y* が無限大の場合は，*x* が無限大でなければ *x* を返します。

6. 12　診断関数

診断関数には，次のものがあります。

関数名	機能
__assertfail（ノーマル・モデルのみ）	assert マクロをサポート

__assertfail（ノーマル・モデルのみ）

assert マクロのサポートをします。

[指定形式]

#include <assert.h>

int __assertfail (char *__*msg*, char *__*cond*, char *__*file*, int __*line*) ;

[引数／戻り値]

引数	戻り値
__msg ： printf 関数に渡す出力変換仕様を示す文字列へのポインタ *__cond* ： assert マクロの実引数 *__file* ： ソース・ファイル名 *__line* ： ソース行番号	不定

[詳細説明]

- __assertfail 関数は，assert マクロ（「6. 3. 13　assert.h（ノーマル・モデルのみ）」を参照してください）から情報を受け取り，printf 関数を呼び，情報の出力を行い，さらに abort 関数の呼び出しを行います。
- assert マクロは，プログラム中に診断機能を付け加えます。
  assert マクロを実行するとき，p が偽（0 と等しい）の場合，assert マクロは，偽の値をもたらした特定の呼び出しに関する情報（情報の中には，実引数のテキスト，ソース・ファイル名，およびソース行番号を含みます。あとの 2 つは，それぞれマクロ __FILE__，および __LINE__ の値とします）を __assertfail 関数に渡します。

6. 13 ライブラリ消費スタック一覧

この節では，ライブラリに含まれている各種関数のスタック消費量について説明します。

6. 13. 1 標準ライブラリ

標準ライブラリのスタック消費量を示します。

（1）ctype.h

関数名	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
isalpha	0	0
isupper	0	0
islower	0	0
isdigit	0	0
isalnum	0	0
isxdigit	0	0
isspace	0	0
ispunct	0	0
isprint	0	0
isgraph	0	0
iscntrl	0	0
isascii	0	0
toupper	0	0
tolower	0	0
toascii	0	0
_toupper	0	0
toup	0	0
_tolower	0	0
tolow	0	0

（2）setjmp.h

関数名	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
setjmp	4	4
longjmp	2	2

（3）stdarg.h（ノーマル・モデルのみ）

関数名	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
va_arg	0	—
va_start	0	—
va_starttop	0	—
va_end	0	—

（4）stdio.h

関数名	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
sprintf	52（72）注	—
sscanf	290（304）注	—
printf	54（72）注	—
scanf	294（304）注	—
vprintf	52（72）注	—
vsprintf	52（72）注	—
getchar	0	0
gets	6	6
putchar	0	0
puts	4	4

注 （ ）内は浮動小数点対応版使用時の値

（5）stdlib.h

関数名	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
atoi	4	2
atol	10	—
strtol	18	—
strtoul	18	—
calloc	14	14
free	8	8
malloc	6	6
realloc	10	12
abort	0	0
atexit	0	0
exit	2 + n 注1	2 + n 注1
abs	0	0
labs	6（3）注4	—

関数名	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
div	2	—
ldiv	14	—
brk	0	0
sbrk	4	4
atof	35	—
strtod	35	—
itoa	10	10
ltoa	16	—
ultoa	16	—
rand	14（15）注4	—
srand	0	—
bsearch	32 + n 注2	—
qsort	16 + n 注3	—
strbrk	0	0
strsbrk	4	4
stritoa	10	10
strltoa	16	—
strultoa	16	—

注 1. n は atexit 関数で登録された外部関数中の最大スタック消費量

2. （ ）内は乗除算器を使用した場合

3. n は bsearch から呼び出される外部関数のスタック消費量

4. n は（20 + qsort から呼び出される外部関数のスタック消費量）×（1 + 再帰呼び出しの発生回数）

（6）string.h

関数名	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
memcpy	4	6
memmove	4	6
strcpy	2	4
strncpy	4	6
strcat	2	4
strncat	4	6
memcmp	2	4
strcmp	2	2
strncmp	2	4
memchr	2	2
strchr	4	0

関数名	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
strrchr	6	6
strspn	4	4
strcspn	4	4
strpbrk	6	6
strstr	4	4
strtok	4	4
memset	4	4
strerror	0	0
strlen	0	0
strcoll	2	2
strxfrm	4	4

（7）math.h（ノーマル・モデルのみ）

関数名	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
acos	22	—
asin	22	—
atan	22	—
atan2	23	—
cos	24（34）注	—
sin	24（34）注	—
tan	28（34）注	—
cosh	24	—
sinh	27	—
tanh	32	—
exp	24	—
frexp	2（10）注	—
ldexp	2（10）注	—
log	24（34）注	—
log10	22（32）注	—
modf	2（10）注	—
pow	26（36）注	—
sqrt	16	—
ceil	2（10）注	—
fabs	0	—
floor	2（10）注	—
fmod	2（10）注	—

関数名	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
matherr	0	–
acosf	22	–
asinf	22	–
atanf	22	–
atan2f	23	–
cosf	24（34）注	–
sinf	24（34）注	–
tanf	28（34）注	–
coshf	24	–
sinhf	27	–
tanhf	32	–
expf	24	–
frexpf	2（10）注	–
ldexpf	2（10）注	–
logf	24（34）注	–
log10f	22（32）注	–
modff	2（10）注	–
powf	26（36）注	–
sqrtf	16	–
ceilf	2（10）注	–
fabsf	0	–
floorf	2（10）注	–
fmodf	2（10）注	–

注 （ ）内は演算例外発生時

（8）assert.h（ノーマル・モデルのみ）

関数名	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
__assertfail	64（82）注	–

注 （ ）内は浮動小数点数対応版 printf 使用時

6. 13. 2 ランタイム・ライブラリ

ランタイム・ライブラリのスタック消費量を示します。

(1) インクリメント

関数名	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
lsinc	0	—
luinc	0	—
finc	16（26）注	—

注 （ ）内は演算例外発生時（コンパイラ付属の matherr 関数を使用した場合）

(2) デクリメント

関数名	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
lsdec	0	—
ludec	0	—
fdec	16（26）注	—

注 （ ）内は演算例外発生時（コンパイラ付属の matherr 関数を使用した場合）

(3) 符号反転

関数名	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
lsrev	0	—
lurev	0	—
frev	0	—

(4) 1の補数

関数名	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
lscom	0	—
lucom	0	—

(5) 論理否定

関数名	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
lsnot	0	—
lunot	0	—
fnot	0	—

(6) 乗算

関数名	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
csmul	2 注1	2 注1
cumul	2 注1	2 注1
ismul	6（1） 注1	6（1） 注1
iumul	6（1） 注1	6（1） 注1
lsmul	6（7） 注1	—
lumul	6（7） 注1	—
fmul	10（20） 注2	—

注 1. （ ）内は乗除算器を使用した場合

2. （ ）内は演算例外発生時

(7) 除算

関数名	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
csdiv	8	8
cudiv	2	2
isdiv	10（3） 注1	12（3） 注1
iudiv	6（1） 注1	6（1） 注1
lsdiv	10	—
ludiv	6	—
fdiv	10（20） 注2	—

注 1. （ ）内は乗除算器を使用した場合

2. （ ）内は演算例外発生時（コンパイラ付属の matherr 関数を使用した場合）

(8) 剰余算

関数名	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
csrem	8	10
curem	2	4
isrem	10（3） 注	12（3） 注
iurem	6（1） 注	6（1） 注
lsrem	10	—
lurem	6	—

注 1. （ ）内は乗除算器を使用した場合

（9）加算

関数名	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
lsadd	0	—
luadd	0	—
fadd	10（20）注	—

注 （ ）内は演算例外発生時

（10）減算

関数名	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
lssub	0	—
lusub	0	—
fsub	10（20）注	—

注 （ ）内は演算例外発生時

（11）左シフト

関数名	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
lslsh	2	—
lulshF	2	—

（12）右シフト

関数名	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
lsrsh	2	—
lursh	2	—

（13）比較

関数名	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
cscmp	0	2
iscmp	2	2
lscmp	2	—
lucmp	2	—
fcmp	4（16）注	—

注 （ ）内は演算例外発生時

（14）ビット AND

関数名	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
lsband	0	–
luband	0	–

（15）ビット OR

関数名	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
lsbor	0	–
lubor	0	–

（16）ビット XOR

関数名	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
lsbxor	0	–
lubxor	0	–

（17）論理 AND

関数名	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
fand	0	–

（18）論理 OR

関数名	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
for	0	–

（19）浮動小数点数からの変換

関数名	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
ftols	8	–
ftolu	8	–

（20）浮動小数点への変換

関数名	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
lstof	12（22）注	–
lutof	12（22）注	–

注 （ ）内は演算例外発生時（コンパイラ付属の matherr 関数を使用した場合）

（21）bit からの変換

関数名	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
btol	0	—

（22）スタートアップ・ルーチン

関数名	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
cstart	2	2

（23）関数前後処理

関数名	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
cprep	2 + n 注	—
cdisp	0	—
cprep2	自動変数 + レジスタ変数のサイズ	—
cdisp2	0	—
nrcp2	—	0
nrcp3	—	0
krcp2	—	0
krcp3	—	0
nkrc3	—	0
nrip2	—	0
nrip3	—	0
krip2	—	0
krip3	—	0
nkri31	—	0
nkri32	—	0
nrsave	—	8
nrload	—	0
krs02	—	2
krs04	—	4
krs04i	—	4
krs06	—	6
krs06i	—	6
krs08	—	8
krs08i	—	8
krs10	—	10
krs10i	—	10
krs12	—	12

関数名	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
krs12i	—	12
krs14	—	14
krs14i	—	14
krs16	—	16
krs16i	—	16
krl02	—	0
krl04	—	0
krl04i	—	0
krl06	—	0
krl06i	—	0
krl08	—	0
krl08i	—	0
krl10	—	0
krl10i	—	0
krl12	—	0
krl12i	—	0
krl14	—	0
krl14i	—	0
krl16	—	0
krl16i	—	0
hdwinit	0	0

注 n は確保するオートマティック変数のサイズ

（24）バンク関数

関数名	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
bcall	6	—
bcals	6	—

（25）BCD 型変換

関数名	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
bcdtob	4	4
btobcd	4	4
bcdtow	4	4
wtobcd	6	6
bbcd	4	4

（26）補助

関数名	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
mulu	4	4
mulue	4	4
divuw	6	6
divuwe	6	6
addwbc	0	0
clra0	0	0
clra1	0	0
clrx0	0	0
clrax0	0	0
clrax1	–	0
clrbc0	0	–
clrbc1	0	–
cmpa0	0	0
cmpa1	0	0
cmpc0	0	–
cmpax1	0	0
ctoi	0	0
uctoi	0	0
maxde	0	0
mdeax	0	0
incde	0	0
decde	0	0
maxhl	0	0
mhlax	0	0
inchl	0	0
dechl	0	0
shl4	0	0
shr4	0	0
swap4	0	0
tableh	0	0
apdech	0	0
apinch	0	0
incwhl	0	0
decwhl	0	0
dellab	0	–
dell03	0	–

関数名	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
della4	0	–
delsab	0	–
dels03	0	–
hlllab	0	–
hlll03	0	–
hllla4	0	–
hllsab	0	–
hlls03	0	–
dn2in	0	–
dn2de	0	–
dn4in	0	–
dn4ip	2	–
dn4de	0	–
dn4dp	2	–
_inha	11	–
_inah	11	–
_lnha	11	–
_lnh0	11	–
_lnh4	11	–
_lnah	11	–
_ln0h	11	–
_hn1in	11	–
_hn1de	11	–
_hn2in	11	–
_hn2de	11	–
_hn4in	11	–
_hn4ip	11	–
_hn4de	11	–
_hn4dp	11	–

6. 14 ライブラリ最大割り込み禁止時間一覧

乗除算器を使用したライブラリの中では，割り込み時に演算内容が途中で壊されないように，割り込み禁止になる時間があります。

乗除算器を使用したライブラリの中での，ライブラリの最大割り込み禁止時間一覧を次に示します。

乗除算器を使用しないライブラリでは，割り込み禁止になる区間はありません。

表 6―2 ライブラリの最大割り込み禁止時間（クロック数）

分類	関数名	サポートされるモデル		備考
		ノーマル・モデル	スタティック・モデル	
乗算	@@ismul	75	73	signed int 同士の乗算
	@@iumul	75	73	unsigned int 同士の乗算
	@@lsmul	85	―	signed long 同士の乗算
	@@lumul	85	―	unsigned long 同士の乗算
除算	@@isdiv	107	105	signed int 同士の除算
	@@iudiv	85	83	unsigned int 同士の除算
剰余算	@@isrem	107	105	signed int 同士の剰余算
	@@iurem	85	83	unsigned int 同士の剰余算
stdlib.h	div	183	―	
	rand	85	―	@@lumul を使用
	qsort	75	73	@@iumul を使用

6. 15 スタートアップ・ルーチン，ライブラリ関数更新用バッチ・ファイル

78K0 C コンパイラは，一部の標準ライブラリ関数，およびスタートアップ・ルーチンを更新するためのバッチ・ファイルを提供しています。bat フォルダ下にあるバッチ・ファイルについて，次に示します。

表 6―3 ライブラリ関数更新用バッチ・ファイル

バッチ・ファイル	用途
mkstup.bat	スタートアップ・ルーチン（cstart*.asm）を更新します。 スタートアップ・ルーチンを変更した場合は，このバッチ・ファイルを使用してアセンブルを行ってください。
reprom.bat	ROM 化終端ルーチン（rom.asm）を更新します。 rom.asm を更新した場合は，このバッチ・ファイルを使用してライブラリを更新してください。
repgetc.bat	getchar 関数を更新します。 デフォルトでは，SFR の P0 が入力ポートに設定されています。入力ポートを変更したい場合は，getchar.asm 中の PORT の EQU 定義値を変更し，このバッチ・ファイルを使用してライブラリを更新してください。
repputc.bat	putchar 関数を更新します。 デフォルトでは，SFR の P0 が出力ポートに設定されています。 出力ポートを変更したい場合は，putchar.asm 中の PORT の EQU 定義値を変更し，このバッチ・ファイルを使用してライブラリを更新してください。
repputcs.bat	putchar 関数を SM78K0 対応に更新します。 SM78K0 で putchar 関数の出力を確認したい場合は，このバッチ・ファイルを使用してライブラリを更新してください。

<table>
<tr><th>バッチ・ファイル</th><th>用途</th></tr>
<tr><td>repselo.bat</td><td>setjmp/longjmp 関数の退避／復帰処理において，コンパイラの予約領域（_@KREGxx）の退避／復帰を行うようにします（デフォルトは退避／復帰を行いません）。
-qr オプションを指定する場合は，このバッチ・ファイルを使用してライブラリを更新してください。</td></tr>
<tr><td>repselon.bat</td><td>setjmp/longjmp 関数の退避／復帰処理において，コンパイラの予約領域（_@KREGxx）の退避／復帰を行わないようにします（デフォルトは退避／復帰を行いません）。
-qr オプションを指定しない場合は，このバッチ・ファイルを使用してライブラリを更新してください。</td></tr>
<tr><td>repvect.bat</td><td>フラッシュ領域に配置する割り込みベクタ・テーブルへの分岐テーブルのアドレス値の設定処理（vect*.asm）を更新します。
デフォルトでは，フラッシュ領域分岐テーブルの先頭アドレスが 2000H に設定されていますが，フラッシュ領域分岐テーブルの先頭アドレスを変更したい場合は，vect.inc 中の ITBLTOP の EQU 定義値を変更し，このバッチ・ファイルを使用してライブラリを更新してください。</td></tr>
<tr><td>repmudiu.bat</td><td>乗除算器ライブラリに含まれる，標準ライブラリ (div)，ランタイム・ライブラリ (@@ismul，@@iumul，@@lsmul，@@lumul，@@isdiv，@@iudiv，@@isrem，@@iurem) を更新します。
デフォルトでは，乗除算器用 SFR のアドレスが以下の品種で動作するようになっています。
乗除算器 SFR が，以下のアドレス以外の品種を使用する場合は，使用する品種を指定し，このバッチ・ファイルを使用してライブラリを更新してください。
<table>
<tr><th>SFR 名</th><th>アドレス</th></tr>
<tr><td>SDR0</td><td>0FF60H</td></tr>
<tr><td>MDA0L</td><td>0FF62H</td></tr>
<tr><td>MDA0H</td><td>0FF64H</td></tr>
<tr><td>MDB0</td><td>0FF66H</td></tr>
<tr><td>DMUC0</td><td>0FF68H</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

6. 15. 1 バッチ・ファイルの使用法

サブフォルダ bat の下に置かれたバッチ・ファイルを使用します。

アセンブラ，ライブリアンの起動を行うバッチ・ファイルとなっているため，CubeSuite+ に同梱されているアセンブラなどが必要です。バッチ・ファイルを使用する前に，78K0 アセンブラの実行形式ファイルがあるフォルダを環境変数 PATH で設定してください。

バッチ・ファイルは，bat と同レベルのサブフォルダ（lib）を作成し，その下にアセンブル後のファイルを置きます。C スタートアップ・ルーチン，およびライブラリが，bat と同レベルのサブフォルダ lib にインストールされている場合は，それらのファイルを上書きします。

バッチ・ファイルでアセンブルしたファイルは Src \ cc**78k0** \ lib へ出力するので，lib**78k0** ディレクトリにコピーしてリンクしてください。

バッチ・ファイルの使用方法は，カレント・フォルダをサブフォルダ bat に移動し，各バッチ・ファイルを実行します。その際，次の引数が必要です。

品種 = chiptype（ターゲット・チップの種別）

F051144 … uPD78F051144 など

次に，各バッチ・ファイルの使用方法を示します。

(1) スタートアップ・ルーチン用

```
mkstup 品種
```

例を以下に示します。

```
mkstup F051144
```

(2) ROM 化ルーチン更新用

```
reprom 品種 乗除算命令の有無
```

例を以下に示します。

```
reprom F051144 use
```

(3) getchar 関数更新用

```
regetc 品種 乗除算命令の有無
```

例を以下に示します。

```
repgetc F051144 use
```

(4) putchar 関数更新用

```
repputc 品種 乗除算命令の有無
```

例を以下に示します。

```
repputc F051144 use
```

(5) putchar 関数（SM78K0 対応）更新用

```
repputcs 品種 乗除算命令の有無
```

例を以下に示します。

```
repputcs F051144 use
```

（6）setjmp/longjmp 関数更新用（復帰／退避処理あり）

```
repselo 品種 乗除算命令の有無
```

例を以下に示します。

```
repselo F051144 use
```

（7）setjmp/longjmp 関数更新用（復帰／退避処理なし）

```
repselon 品種 乗除算命令の有無
```

例を以下に示します。

```
repselon F051144 use
```

（8）割り込みベクタ・テーブル更新用

```
repvect 品種 乗除算命令の有無
```

例を以下に示します。

```
repvect F051144 use
```

（9）乗除算器使用ライブラリ更新用

```
repmudiu.bat 品種
```

例を以下に示します。

```
repmudiu.bat F051144
```

第 7 章　スタートアップ

この章では，スタートアップ・ルーチンについて説明します。

7.1　機能概要

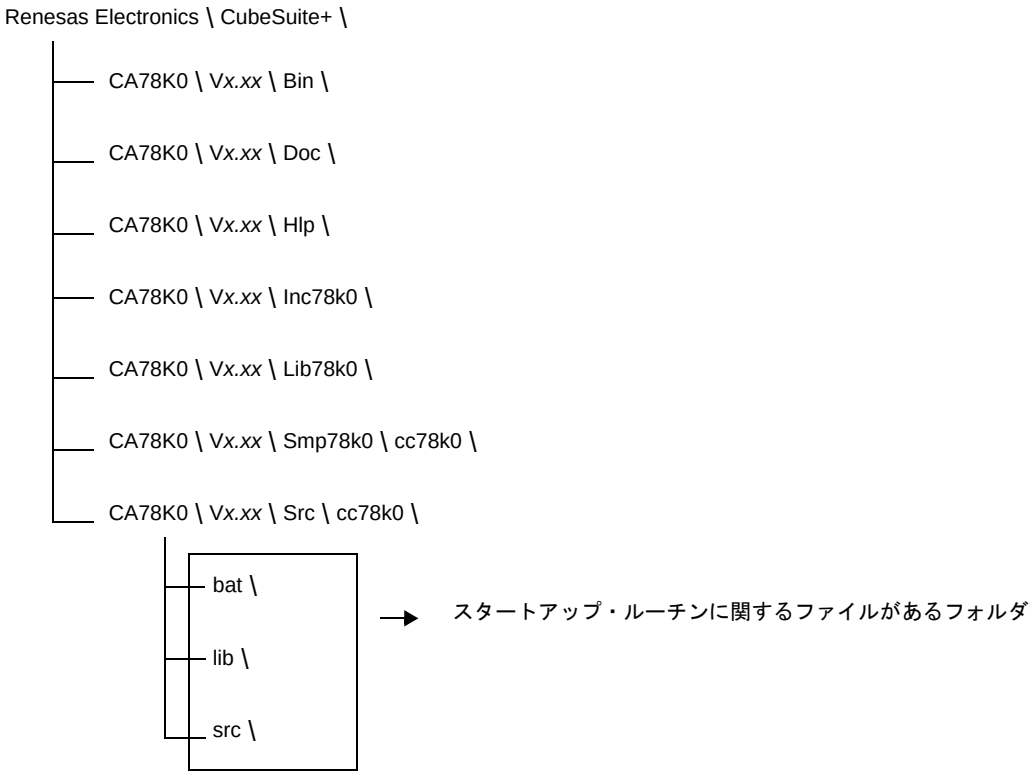
C 言語によるプログラムを実行させるには，システムへ組み込むための ROM 化処理，ユーザ・プログラム（main 関数）の起動などを行うプログラムが必要となります。このプログラムのことをスタートアップ・ルーチンと呼びます。

ユーザが作成したプログラムを実行させるためには，そのプログラムに応じたスタートアップ・ルーチンを作成しなければなりません。CA78K0 は，プログラム実行前に必要な処理を含むスタートアップ・ルーチンのオブジェクト・ファイルと，ユーザがシステムに合わせて変更できるようにスタートアップ・ルーチンのソース・ファイル（アセンブリ・ソース）を提供しています。スタートアップ・ルーチンのオブジェクト・ファイルをユーザ・プログラムとリンクすることにより，ユーザが実行前処理を記述しなくても実行可能なプログラムを作成することができます。

以降，スタートアップ・ルーチンの内容，使い方，改良のポイントなどについて説明します。

7.2　ファイルの構成

スタートアップ・ルーチンに関するファイルは，C コンパイラ・パッケージのフォルダ Src \ cc78k0 に格納されています。



次に，Src \ cc78k0 以下にあるフォルダの内容について示します。

7. 2. 1　フォルダ bat の内容

このフォルダのバッチ・ファイルは，IDE 上では使用することができません。

これらのバッチ・ファイルは，スタートアップ・ルーチンなどのソース修正が必要な場合のみ使用してください。

表 7―1　フォルダ“bat”の内容

バッチ・ファイル名	説明
mkstup.bat	スタートアップ・ルーチンのアセンブル用バッチ・ファイル
reprom.bat	rom.asm 更新用バッチ・ファイル**注 1**
repgetc.bat	getchar.asm 更新用バッチ・ファイル
repputc.bat	putchar.asm 更新用バッチ・ファイル
repputcs.bat	_putchar.asm 更新用バッチ・ファイル
repselo.bat	setjmp.asm，longjmp.asm 更新用バッチ・ファイル （コンパイラ予約領域退避あり）**注 2**
repselon.bat	setjmp.asm，longjmp.asm 更新用バッチ・ファイル （コンパイラ予約領域退避なし）**注 2**
repvect.bat	vect*.asm 更新用バッチ・ファイル
repmudiu.bat	乗除算器使用ライブラリ更新用バッチ・ファイル

注 1. ROM 化ルーチンは，ライブラリに含まれているため，このバッチ・ファイルでライブラリも更新されます。

2. コンパイラ予約領域（KREGxx などのために確保される saddr 領域）の退避がある setjmp/longjmp と，退避がない（レジスタの退避のみ行う）setjmp/longjmp を作成します。

7. 2. 2　フォルダ lib の内容

フォルダ lib には，スタートアップ・ルーチン，ライブラリのソースをアセンブルしたオブジェクト・ファイルが入っています。このオブジェクト・ファイルは，78K0 であれば，どのターゲット・デバイス用のプログラムとでもリンクすることができます。特に修正が必要ない場合には，あらかじめ入っているオブジェクト・ファイルをそのままリンクしてください。CA78K0 が提供している mkstup.bat を実行すると，このオブジェクト・ファイルは上書きされます。

表 7―2　フォルダ“lib”の内容

ファイル名			説明
通常	ブート領域	フラッシュ領域	
cl00.lib cl00r.lib cl00sm.lib cl00f.lib	cl00.lib cl00r.lib cl00sm.lib cl00f.lib	cl00e.lib cl00re.lib cl00sme.lib cl00fe.lib	ライブラリ（ランタイム・ライブラリ，標準ライブラリ）**注 1** （乗除算命令なしの品種の場合）

ファイル名			説明
通常	ブート領域	フラッシュ領域	
cl0.lib cl0r.lib cl0sm.lib cl0f.lib cl0x.lib cl0xr.lib cl0xsm.lib	cl0.lib cl0r.lib cl0sm.lib cl0f.lib cl0x.lib cl0xr.lib cl0xsm.lib	cl0e.lib cl0re.lib cl0sme.lib cl0fe.lib cl0xe.lib cl0xre.lib cl0xsme.lib	ライブラリ（ランタイム・ライブラリ，標準ライブラリ）**注 1** （乗除算命令ありの品種の場合）
s0.rel s0l.rel s0sm.rel s0sml.rel	s0b.rel s0lb.rel s0smb.rel s0smlb.rel	s0e.rel s0le.rel s0sme.rel s0smle.rel	スタートアップ・ルーチンのオブジェクト・ファイル**注 2**

注 1. ライブラリ・ファイルの命名規則は，次のようになっています。

```
lib78k0\cl0<mul/div><model><float><pascal><flash>.lib
```

<mul/div>

なし　：乗除算器未使用

x　　：乗除算器使用

<model>

なし　：ノーマル・モデル

sm　：スタティック・モデル

<float>

なし　：標準ライブラリ，ランタイム・ライブラリ（浮動小数点ライブラリ未使用）

f　　：浮動小数点ライブラリ用

<pascal>

なし　：通常関数インタフェース使用時

r　　：パスカル関数インタフェース使用時（コンパイル・オプション -zr 指定時）

<flash>

なし　：通常／ブート領域用

e　　：フラッシュ領域用

2. スタートアップ・ルーチンの命名規則は，次のようになっています。

```
lib78k0\s0<model><lib><flash>.rel
```

<model>

なし　：ノーマル・モデル

sm　：スタティック・モデル

<*lib*>

なし　：標準ライブラリ固定領域を使用しない場合

l　　：標準ライブラリ固定領域を使用する場合

<*flash*>

なし　：通常用

b　　：ブート領域用

e　　：フラッシュ領域用

78K0 C コンパイラのライブラリでは，次のようなデバイスの乗除算器に対応しています。

ただし，演算途中に割り込みが入った場合に演算結果を壊さないように，割り込み禁止にしている部分があります。

対象となるライブラリ関数と，割り込み禁止時間については，「6. 14　ライブラリ最大割り込み禁止時間一覧」を参照してください。

特殊機能レジスタを以下に示します。

機能	予約語	アドレス	サイズ
剰余データ・レジスタ 0	SDR0	FF60H	16 ビット
乗除算データ・レジスタ A0	MDA0H，MDA0L	FF64H，FF62H	16 ビット× 2
乗除算データ・レジスタ B0	MDB0	FF66H	16 ビット
乗除算器コントロール・レジスタ 0	DMUC0	FF68H	8 ビット

- 乗算時のレジスタ構成

＜乗数 A ＞　　＜乗数 B ＞　　＜積＞

MDA0（ビット 15 - 0）× MDB0（ビット 15 - 0）= MDA0（ビット 31 - 0）

- 除算時のレジスタ構成

＜被除数＞　　＜除数＞　　＜商＞　　＜剰余＞

MDA0（ビット 31 - 0）÷ MDB0（ビット 15 - 0）= MDA0（ビット 31 - 0）… SDR0（ビット 15 - 0）

- 乗除算器コントロール・レジスタ 0

7	6	5	4	3	2	1	0
DMUE	0	0	0	0	0	0	DMUSEL0

DMUE　　：演算動作の停止（0）／開始（1）

DMUSEL0　：除算モード（0）／乗算モード（1）

備考　ビット番号を四角で囲んでいるものは，そのビット名称が 78K0 アセンブラでは予約語に，78K0 C コンパイラでは #pragma sfr 指令で，sfr 変数として定義されているものです。

7. 2. 3　フォルダ src の内容

フォルダ src には，スタートアップ・ルーチン，ROM 化ルーチン，エラー処理ルーチン，標準ライブラリ関数（一部）のアセンブラ・ソースが入っています。システムに合わせて修正が必要な場合は，このアセンブラ・ソースを修正し，bat フォルダのバッチ・ファイルでアセンブルなどを行うことにより，リンクするオブジェクト・ファイルを作成することができます。

表 7―3　フォルダ“src”の内容

スタートアップ・ルーチン・ソース・ファイル名	説明
cstart.asm 注	スタートアップ・ルーチンのソース・ファイル（標準ライブラリ使用時用）
cstartn.asm 注	スタートアップ・ルーチンのソース・ファイル（標準ライブラリ未使用時用）
rom.asm	ROM 化ルーチンのソース・ファイル
_putchar.asm	_putchar 関数
putchar.asm	putchar 関数
getchar.asm	getchar 関数
longjmp.asm	longjmp 関数
setjmp.asm	setjmp 関数
vectxx.asm	各割り込みベクタ・ソース（xx：ベクタ・アドレス）
def.inc	ライブラリ種別設定用
macro.inc	各種定型パターンについてのマクロ定義
vect.inc	フラッシュ領域分岐テーブルの先頭アドレス
library.inc	明示的にブート領域に配置するライブラリの選択
xdiv.asm	div 関数 (乗除算器使用)
ximul.asm	@@ismul，@@iumul 関数 (乗除算器使用)
xlmul.asm	@@lsmul，@@lumul 関数 (乗除算器使用)
xisdiv.asm	@@isdiv 関数 (乗除算器使用)
xiudiv.asm	@@iudiv 関数 (乗除算器使用)
xisrem.asm	@@isrem 関数 (乗除算器使用)
xiurem.asm	@@iurem 関数 (乗除算器使用)

注　ファイル名に“n”が付加されたものは，標準ライブラリ処理がないスタートアップ・ルーチンです。標準ライブラリを使用しない場合のみに使用してください。また，cstartb*.asm はブート領域用スタートアップ・ルーチン，cstarte*.asm はフラッシュ領域用スタートアップ・ルーチンです。

7.3　バッチ・ファイルの説明

この節では，バッチ・ファイルについて説明します。

7.3.1　スタートアップ・ルーチン作成用バッチ・ファイル

スタートアップ・ルーチンのオブジェクト・ファイルを作成するには，フォルダ bat にある mkstup.bat を使用します。

また，mkstup.bat では，CA78K0 の中のアセンブラが必要となります。したがって，PATH を設定していない場合は，設定して動作できるようにしてください。

次に，使用方法を示します。

- mkstup.bat のあるフォルダ Src \ cc78k0 \ bat で，次のようにコマンド行で実行してください。

```
mkstup デバイス種別注
```

注　各デバイスのユーザーズ・マニュアル，または「デバイス・ファイル　使用上の留意点」を参照してください。

次に，使用例を示します。

- 対象品種が uPD78F051144 のときに使用するスタートアップ・ルーチンを作成します。

```
mkstup F051144
```

バッチ・ファイル mkstup.bat は，フォルダ bat と同じ階層のフォルダ lib の下にスタートアップ・ルーチンのオブジェクト・ファイルを上書きする形で格納します。

それぞれのフォルダには，オブジェクト・ファイルをリンクするときに必要なスタートアップ・ルーチンが出力されます。

次に，lib に作成されるオブジェクト・ファイル名を示します。

lib ——— s0.rel
s0b.rel
s0e.rel
s0l.rel
s0lb.rel
s0le.rel
s0sm.rel
s0smb.rel
s0sme.rel
s0sml.rel
s0smlb.rel
s0smle.rel

7.4　スタートアップ・ルーチン

この節では，スタートアップ・ルーチンについて説明します。

7.4.1　スタートアップ・ルーチンの概要

スタートアップ・ルーチンは，ユーザが作成したCソース・プログラムを実行させるために必要な準備を行います。ユーザのプログラムとリンクさせることにより，目的を果たすロード・モジュール・ファイルを作成することができます。

（1）機能

メモリの初期化，システムへ組み込むためのROM化処理，Cソース・プログラムの起動，終了処理などを行います。

- ROM化処理

Cソース・プログラム中で定義された外部変数，スタティック変数，sreg変数の初期値は，ROMに配置されます。しかし，ROMに配置されたままでは，変数の値を書き換えることができません。そのため，ROMに配置された初期値をRAMにコピーする必要があります。この処理をROM化処理といい，プログラムをROMに書き込んだとき，マイコン上で動作できるようにします。

（2）構成

スタートアップ・ルーチンに関連するプログラムとその構成を次に示します。

図7―1　スタートアップ・ルーチンに関連するプログラムとその構成

注 1. 標準ライブラリを使用する場合は，ライブラリに関する処理が最初に行われます。スタートアップ・ルーチン・ソース・ファイルの名前の最後に n がないものは，標準ライブラリに関する処理があり，n が付いたファイルは処理が省かれています。

2. hdwinit 関数は，周辺装置（sfr）の初期設定をする関数としてユーザが必要に応じて作成する関数です。hdwinit 関数を作成することにより，初期設定のタイミングを早くすることができます（main 関数の中でも初期設定は可能です）。ユーザが hdwinit 関数を作成しない場合は，何もせずにリターンします。

cstart.asm，と cstartn.asm は，ほぼ同じ内容です。
上記のファイルの違いを次に示します。

スタートアップ・ルーチンの種類	ライブラリ処理の有無
cstart.asm	あり
cstartn.asm	なし

（3）スタートアップ・ルーチンの使い分け

CA78K0 が提供している各ソース・ファイルに対応したオブジェクト・ファイル名を次に示します。

ファイルの種類	ソース・ファイル	オブジェクト・ファイル
スタートアップ・ルーチン	cstart*.asm **注 1，2**	s0*.rel **注 2，3**
ROM 化ファイル	rom.asm	ライブラリに含まれます。

注 1. *：標準ライブラリを使用しない場合は“n”が付きます。使用する場合は文字は付きません。

2. *：ブート領域用の場合は“b”，フラッシュ領域用の場合は“e”が付きます。

3. *：標準ライブラリの固定領域を使用する場合は“l”が付きます。

備考 *：rom.asm は，ROM 化処理でコピーされるデータの最終アドレスを示すラベルを定義しています。rom.asm のオブジェクトは，ライブラリに含まれています。

7. 4. 2　スタートアップ・ルーチンの前処理

サンプル・プログラム（cstart.asm）の前処理について説明します。

備考　cstart などは，先頭に _@ を付加した形式で呼び出されます。

```
        NAME    @cstart

$INCLUDE ( def.inc )                                            ; (1)
$INCLUDE ( macro.inc )
                                                                ; (2)
BRKSW       EQU     1   ; brk, sbrk, calloc, free, malloc, realloc function use
EXITSW      EQU     1   ; exit, atexit  function use
$_IF ( _STATIC )
RANDSW      EQU     0   ; rand, srand   function use
DIVSW       EQU     0   ; div           function use
LDIVSW      EQU     0   ; ldiv          function use
FLOATSW     EQU     0   ; floating point variables use
$ELSE
RANDSW      EQU     1   ; rand, srand   function use
DIVSW       EQU     1   ; div           function use
LDIVSW      EQU     1   ; ldiv          function use
FLOATSW     EQU     1   ; floating point variables use
$ENDIF
STRTOKSW    EQU     1   ; strtok        function use

        PUBLIC  _@cstart, _@cend                                ; (3)

$_IF ( BRKSW )
        PUBLIC  _@BRKADR, _@MEMTOP, _@MEMBTM
          :
$ENDIF
        EXTRN   _main, _@STBEG, _hdwinit                        ; (4)
$_IF ( EXITSW )
        EXTRN   _exit
$ENDIF
        EXTRN   _?R_INIT, _?R_INIS, _?DATA, _?DATS              ; (5)
@@DATA  DSEG    UNITP                                           ; (6)

$_IF ( EXITSW )
_@FNCTBL :      DS    2 * 32
_@FNCENT :      DS    2
  :
_@MEMTOP :      DS    32
_@MEMBTM :
$ENDIF
```

(1) インクルード・ファイルの取り込み

def.inc　→　ライブラリ種別設定用

macro.inc →　各種定型パターンについてのマクロ定義

(2) ライブラリ・スイッチ

コメントにある標準ライブラリを使用しない場合は，EQU 定義を 0 に修正することにより，使用しないライブラリの処理や，ライブラリ用に確保している領域を節約できます。デフォルトは，すべて使用する設定になっています（ライブラリ処理なしのスタートアップ・ルーチンには，この処理はありません）。

(3) シンボル定義

標準ライブラリ使用時に使用するシンボルを定義します。

(4) スタック解決用のシンボルの外部参照宣言

スタック解決用のパブリック・シンボル（_@STBEG）を外部参照宣言します。

_@STBEG は，スタック領域の最終アドレス +1 を値として持ちます。

_@STBEG は，リンカのスタック解決用シンボル生成オプション -s を指定することにより，自動生成されます。したがって，リンク時には -s オプションを必ず指定してください。この際，スタックに使用する領域名も指定してください。領域名を省略した場合は，RAM という領域を使用しますが，リンク・ディレクティブ・ファイルを作成することにより，スタック用領域を自由に配置することができます。メモリ・マップに関しては，ターゲット・デバイスのユーザーズ・マニュアルを参照してください。

次にリンク・ディレクティブ・ファイルの例を示します。リンク・ディレクティブ・ファイルは，通常のエディタでユーザが作成するテキスト・ファイルです（記述方法に関する詳細については，「7.6　コーディング例」を参照してください）。

例　リンク時に -sSTACK を指定した場合

lk78k0.dr（リンク・ディレクティブ・ファイル）を作成します。ターゲット・デバイスのメモリ・マップを参照して ROM，RAM はデフォルトで配置されるので，配置を変更しない場合は，指定する必要はありません。

リンク・ディレクティブについては，Smp78k0 \ CA78K0 フォルダの lk78k0.dr を参考にしてください。

```
                    先頭アドレス   サイズ
                        ↓          ↓
memory  SDR      : ( 0FE20h, 00098h )
memory  STACK    : ( xxxxh, xxxh )        ← ここに先頭アドレスとサイズを指定し，-d リンカ・
                                              オプションで lk78k0.dr を指定します。
                                              （例：-dlk78k0.dr）
merge @@INIS     : = SDR
merge @@DATS     : = SDR
merge @@BITS     : = SDR
```

(5) ROM 化処理用ラベルの外部参照宣言

ROM 化処理用ラベルは，後処理の部分で定義されます。

(6) 標準ライブラリ用領域確保

標準ライブラリ使用時に使用するための領域を確保します。

7. 4. 3　スタートアップ・ルーチンの初期設定

サンプル・プログラム（cstart.asm）の初期設定について説明します。

```
@@VECT00        CSEG    AT      0                                       ;  (1)
        DW      _@cstart


@LCODE  CSEG
_@cstart :
        SEL     RB0                                                     ;  (2)
        MOVW    SP, #_@STBEG            ; SP <-stack begin address      ;  (3)
        CALL    !_hdwinit                                               ;  (4)
          :
$_IF ( BRKSW OR EXITSW OR RANDSW OR FLOATSW )
        MOVW    AX, #0
$ENDIF
          :
```

(1) リセット・ベクタの設定

リセット・ベクタ・テーブルのセグメントを次のように定義し，スタートアップ・ルーチンの先頭アドレスを設定します。

```
@@VECT00        CSEG    AT      0000H
                DW      _@cstart
```

(2) レジスタ・バンクの設定

レジスタ・バンク RB0 をワーク・レジスタとして設定します。

(3) SP（スタック・ポインタ）の設定

スタック・ポインタに，_@STBEG を設定します。

_@STBEG は，リンカのスタック解決用シンボル生成オプション -s を指定することにより，自動生成されます。

(4) ハードウエア初期化関数呼び出し

hdwinit 関数は，周辺装置（SFR）の初期設定をする関数としてユーザが必要に応じて作成する関数です。この関数を作成することにより，ユーザの目的に合った初期設定が可能となります。

ユーザが hdwinit 関数を作成しない場合は，何もせずリターンします。

（5）ROM 化処理

cstart.asm の ROM 化処理について説明します。

```
; ************************************
; ROM DATA COPY
; ************************************
; copy external variables having initial value
        MOVW    HL, #_@R_INIT
        MOVW    DE, #_@INIT
LINIT1 :
        MOVW    AX, HL
        CMPW    AX, #_?R_INIT
        BZ      $LINIT2
        MOV     A, [HL]
        MOV     [DE], A
        INCW    HL
        INCW    DE
        BR      $LINIT1
LINIT2 :
        MOVW    HL, #_@DATA
; copy external variables which doesn't have initial value
LDATA1 :
          :
```

ROM 化処理では，ROM に配置された外部変数，sreg 変数の初期値を RAM にコピーします。処理される変数は，次の例に示すように（a）～（d）の 4 種類あります。

```
char    c = 1 ;                 (a) 初期値あり外部変数
int     i ;                     (b) 初期値なし外部変数注
__sreg  int     si = 0 ;        (c) 初期値あり sreg 変数
__sreg  char    sc ;            (d) 初期値なし sreg 変数注

void main ( void ) {
          :
}
```

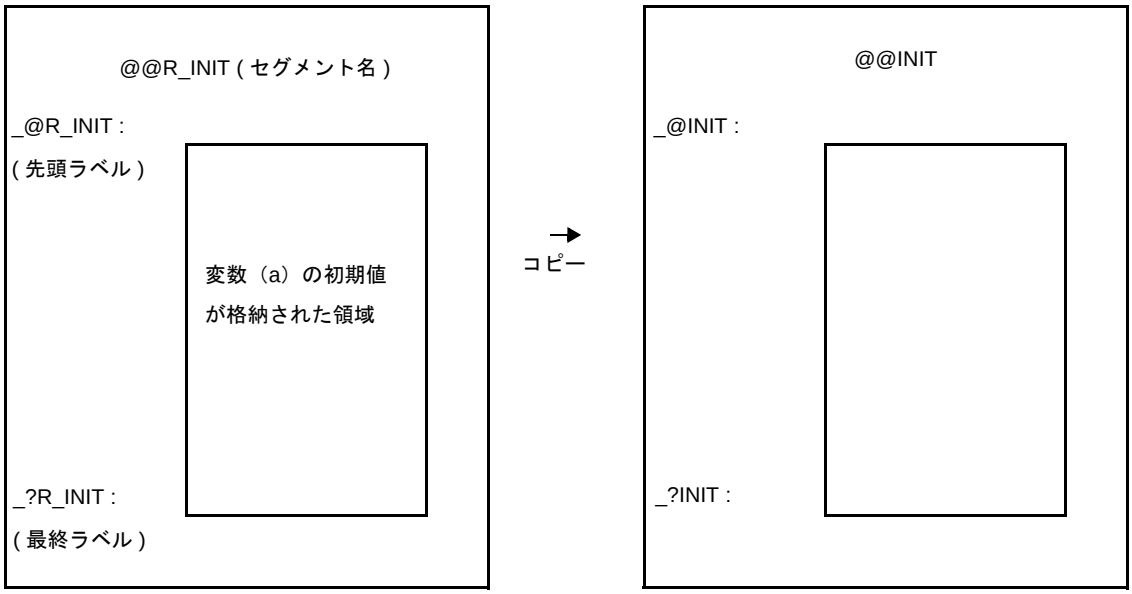
注　初期値なし外部変数，sreg 変数はコピーせず，直接 RAM に 0 を入れます。

- （a）初期値あり外部変数の ROM 化処理を次に示します。

  変数（a）の初期値は，78K0 C コンパイラにより，ROM 上の @@R_INIT というセグメントに配置されます。

  ROM 化処理は，これらの値を RAM 上の @@INIT というセグメントにコピーします（変数（c）についても，同様な処理を行います）。

図 7―2　初期値あり外部変数の ROM 化処理



- @@R_INIT セグメントの先頭ラベル，最終ラベルは，_@R_INIT，_?R_INIT で，@@INIT セグメントの先頭ラベル，最終ラベルは，_@INIT，_?INIT で定義されています。
- 変数（b），（d）については，コピーではなく直接 RAM の決められたセグメントへ 0 を入れます。

（a），（c）の変数が配置される ROM 領域のセグメント名，および各セグメントでの初期値の先頭，最終ラベルを次に示します。

変数の種類	セグメント	先頭ラベル	最終ラベル
初期値あり外部変数（a）	@@R_INIT	_@R_INIT	_?R_INIT
初期値あり sreg 変数（c）	@@R_INIS	_@R_INIS	_?R_INIS

（a）～（d）の変数が配置される RAM 領域のセグメント名，および各セグメントでの初期値の先頭，最終ラベルを次に示します。

変数の種類	セグメント	先頭ラベル	最終ラベル
初期値あり外部変数（a）	@@INIT	_@INIT	_?INIT
初期値なし外部変数（b）	@@DATA	_@DATA	_?DATA
初期値あり sreg 変数（c）	@@INIS	_@INIS	_?INIS
初期値なし sreg 変数（d）	@@DATS	_@DATS	_?DATS

7. 4. 4　スタートアップ・ルーチンの main 関数の起動と後処理

サンプル・プログラム（cstart.asm）の main 関数の起動と後処理について説明します。

```
            CALL    !_main          ; main ( );             ;  (1)
$_IF ( EXITSW )
            MOVW    AX, #0
            CALL    !_exit          ; exit ( 0 );           ;  (2)
$ENDIF
            BR      $$
;
_@cend :
                                                            ;  (3)
@@R_INIT    CSEG    UNITP
_@R_INIT :
@@R_INIS    CSEG    UNITP
_@R_INIS :
@@INIT      DSEG    UNITP
_@INIT :
@@DATA      DSEG    UNITP
_@DATA :
@@INIS      DSEG    SADDRP
_@INIS :
@@DATS      DSEG    SADDRP
_@DATS :
@@CALT      CSEG    CALLT0
@@CALF      CSEG    FIXED
@@CNST      CSEG    UNITP
@@BITS      BSEG
;
            END
```

（1）main 関数の起動

main 関数を呼び出します。

（2）exit 関数の起動

exit 処理が必要な場合は，exit 関数を呼び出します。

（3）ROM 化処理で使用するセグメント，ラベルの定義

ROM 化処理で，（1）～（4）の変数（「（5）ROM 化処理」を参照）ごとに，使用するセグメント，ラベルを定義します。セグメントは，各変数の初期値を格納する領域を示します。ラベルは，各セグメントの先頭アドレスを示します。

ROM 化用ファイル rom.asm について説明します。rom.asm のリロケータブル・オブジェクト・ファイルはライブラリの中に入っています。

```
        NAME    @rom
;
        PUBLIC  _?R_INIT, _?R_INIS
        PUBLIC  _?INIT, _?DATA, _?INIS, _?DATS
;
@@R_INIT        CSEG    UNITP                           ; (4)
_?R_INIT :
@@R_INIS        CSEG    UNITP
_?R_INIS :
@@INIT          DSEG    UNITP
_?INIT :
@@DATA          DSEG    UNITP
_?DATA :
@@INIS          DSEG    SADDRP
_?INIS :
@@DATS          DSEG    SADDRP
_?DATS :
;
        END
```

（4）ROM 化処理で使用するラベルの定義

ROM 化処理で，（1）～（4）の変数（「（5）ROM 化処理」を参照）ごとに，使用するラベルを定義します。これらのラベルは，各変数の初期値を格納するセグメントの最終アドレスを示します。

ユーザ・ライブラリが複数存在し，さらにそれぞれのユーザ・ライブラリの属するオブジェクト・モジュール・ファイル間にて相互参照が存在する場合に，CA78K0 に含まれる終端モジュール（rom.asm）のモジュール名“@rom”,“@rome”は変更しないでください。

変更した場合は，最後にリンクされない場合があります。

7.5　フラッシュ領域用スタートアップ・ルーチンでの ROM 化処理

フラッシュ用スタートアップ・ルーチンでは，通常のスタートアップ・ルーチンと次の点が異なります。

表 7―4　初期化データの ROM 領域のセクション

変数の種類	セグメント	先頭ラベル	終端ラベル
初期値あり外部変数（a）	@ER_INIT CSEG UNITP	E@R_INIT	E?R_INIT
初期値あり sreg 変数（c）	@ER_INIS CSEG UNITP	E@R_INIS	E?R_INIS

表 7―5　コピー先の RAM 領域のセクション

変数の種類	セグメント	先頭ラベル	終端ラベル
初期値あり外部変数（a）	@EINIT DSEG UNITP	E@INIT	E?INIT

変数の種類	セグメント	先頭ラベル	終端ラベル
初期値なし外部変数（b）	@EDATA DSEG UNITP	E@DATA	E?DATA
初期値あり sreg 変数（c）	@EINIS DSEG SADDRP	E@INIS	E?INIS
初期値なし sreg 変数（d）	@EDATS DSEG SADDRP	E@DATS	E?DATS

- スタートアップ・ルーチンでは，ROM 領域，RAM 領域の各セグメントの先頭としてそれぞれに次のラベルを付けます。

  E@R_INIT，E@R_INIS，E@INIT，E@DATA，E@INIS，E@DATS
- 終端モジュールでは，ROM 領域，RAM 領域の各セグメントの終端としてそれぞれに次のラベルを付けます。

  E?R_INIT，E?R_INIS，E?INIT，E?DATA，E?INIS，E?DATS
- スタートアップ・ルーチンは ROM 領域の各セグメントの先頭ラベルのアドレスから，終端ラベルのアドレス - 1 までの内容を RAM 領域の各セグメントの先頭ラベルのアドレスからの領域にコピーします。
- E@DATA から E?DATA まで，E@DATS から E?DATS まで，0 を埋め込みます。

7.6　コーディング例

CA78K0 が提供しているスタートアップ・ルーチンは，実際に使用するターゲット・システムに合わせて修正できます。ここでは，これらのファイルを修正する場合のポイントについて説明します。

7.6.1　スタートアップ・ルーチンを修正する場合

スタートアップ・ルーチン・ソース・ファイルの修正のポイントについて説明します。修正後は，修正したソース・ファイル（cstart*.asm）をフォルダ Src \ cc78k0 \ bat にあるバッチ・ファイル mkstup.bat を用いて，アセンブルしてください（*：英数字）。

（1）ライブラリ関数で使われるシンボル

次の表で示されるライブラリ関数を使わないのであれば，スタートアップ・ルーチン（cstart.asm）中の各関数に対応するシンボルは削除することができます。ただし，exit 関数は，スタートアップ・ルーチンで使用されるので，_@FNCTBL，_@FNCENT を削除することはできません（exit 関数も削除する場合は，それらのシンボルも削除することができます）。使用しないライブラリ関数のシンボルなどについては，ライブラリ・スイッチを変更することで削除することができます。

ライブラリ関数名	使われるシンボル
brk sbrk malloc calloc realloc free	_errno _@MEMTOP _@MEMBTM _@BRKADR
exit	_@FNCTBL _@FNCENT
rand srand	_@SEED

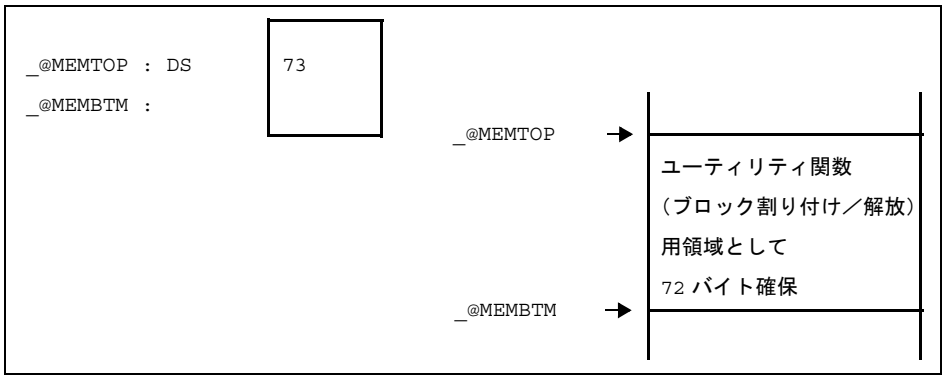
ライブラリ関数名	使われるシンボル
div	_@DIVR
ldiv	_@LDIVR
strtok	_@TOKPTR
atof strtod 数学関数 浮動小数点ランタイム・ライブラリ	_errno

（2）ユーティリティ関数（ブロック割り付け／解放）で使われる領域

ユーティリティ関数（ブロック割り付け／解放）で使われる領域サイズをユーザが定義する場合は，次の例のように設定します。

例　ユーティリティ関数（ブロック割り付け／解放）用として，72 バイト確保したい場合，スタートアップ・ルーチンの初期設定を次のように修正してください。

図 7―3　スタートアップ・ルーチンの初期設定例



スタートアップ・ルーチンに指定する数値は，確保したい領域サイズに 1 バイトを加えた値としてください。この例では，スタートアップ・ルーチンで 73 バイト確保していますが，実際にユーティリティ関数では 72 バイトまで確保可能となります。
指定したサイズが大きすぎる場合，RAM 領域に入りきらず，リンク時にエラーとなることがあります。このような場合には，次のように指定するサイズを小さくするか，リンク・ディレクティブ・ファイルを修正して回避してください。リンク・ディレクティブ・ファイルを修正する場合は，「5. 3. 2　コンパイラを使用する場合」を参照してください。

例　指定するサイズを小さくする場合

第 8 章　ROM 化

ROM 化とは，初期値あり外部変数などの初期値を ROM に配置しておき，システム実行時に RAM にコピーする処理です。

CA78K0 は，プログラムの ROM 化処理付きのスタートアップ・ルーチンを提供しているので，スタートアップ時の ROM 化処理などを記述する手間が省けます。

スタートアップ・ルーチンの内容については，「7. 4　スタートアップ・ルーチン」を参照してください。

次に，プログラムの ROM 化を行う方法について説明します。

ROM 化時には，スタートアップ・ルーチン，オブジェクト・モジュール・ファイルとライブラリをリンクします。スタートアップ・ルーチンは，オブジェクト・プログラムの初期化を行います。

（1）s0*.rel

スタートアップ・ルーチン（ROM 化対応）です。

初期化データのコピー・ルーチンを含み，初期化データの開始を示します。スタート・アドレスには，“_@cstart”というラベル（シンボル）が付けられます。

（2）cl0*.lib

CA78K0 に添付されているライブラリです。

このライブラリ・ファイルの中には，次のものが含まれています。

- ランタイム・ライブラリ

  ランタイム・ライブラリ名は，シンボルの先頭に“@@”が付加されます。ただし，特殊ライブラリ cstart には先頭に“_@”が付加されます。

- 標準ライブラリ

  標準ライブラリ名は，シンボルの先頭に“_”が付加されます。

（3）*.lib

ユーザ作成のライブラリです。

シンボルの先頭に“_”が付加されます。

注意　CA78K0 は，何種類かのスタートアップ・ルーチン，およびライブラリを提供しています。スタートアップ・ルーチンについては，「第 7 章　スタートアップ」を参照してください。ライブラリについては「7. 2. 2 フォルダ lib の内容」を参照してください。

第 9 章　コンパイラとアセンブラの相互参照

この章では，アセンブリ言語で作成したプログラムとのリンク方法について説明します。

C ソース・プログラムから呼び出す関数が他言語で記述されている場合，双方のオブジェクト・モジュールをリンカで結合します。この章では，C 言語で記述されたプログラムが他言語で記述されたプログラムを呼び出す手順，および他言語で記述されたプログラムから C 言語で記述されたプログラムを呼び出す手順を説明します。

他言語とのインタフェースの方法について，CA78K0 を使用し，次の順序で説明します。

- 引数／オートマティック変数のアクセス方法
- 戻り値の格納方法
- C 言語からアセンブリ言語ルーチンの呼び出し
- アセンブリ言語から C 言語ルーチンの呼び出し
- C 言語で定義した変数を参照する方法
- アセンブリ言語で定義した変数を C 言語側で参照する方法
- C 言語関数とアセンブラ関数間の呼び出しの注意事項

9. 1　引数／オートマティック変数のアクセス方法

78K0 C コンパイラの引数／オートマティック変数のアクセス方法は，次のとおりです。

9. 1. 1　ノーマル・モデルの場合

- 関数呼び出し側では，レジスタ引数，通常の引数ともに同じ方法で渡します。

  第 1 引数は次に示すレジスタ，およびスタックを使用し，第 2 引数以降はスタックで渡します。

型	渡し場所（第 1 引数）	渡し場所（第 2 引数以降）
1 バイト，2 バイト・データ	AX	スタック渡し
3 バイト，4 バイト・データ	AX，BC	スタック渡し
浮動小数点数	AX，BC	スタック渡し
その他	スタック渡し	スタック渡し

備考　1 ～ 4 バイト・データには，構造体，共用体を含みます。

- 関数定義側では，レジスタ，またはスタックで渡ってきた引数を引数割り当て場所に格納します。

  レジスタ引数は，レジスタ，または saddr 領域（_@KREGxx）にコピーされます。受け渡しがレジスタの場合でも，関数呼び出し側（渡し側）と関数定義側（受け側）のレジスタが異なるため，レジスタのコピーが行われます。

  レジスタで渡ってきた通常の引数は，関数定義側で最後から先頭に向かう順番でスタックに積みます。スタックに積む最小単位は 16 ビットであり，16 ビットより大きい型は上位から順番に 16 ビット単位で積みます。8

ビットの型は，16 ビットに拡張されます。受け渡しがスタックの場合は，受け渡し場所がそのまま引数の割り当て場所になります。

引数を割り当てるレジスタの退避，復帰は，関数定義側で行います。

- 関数の引数，および関数内で宣言されたオートマティック変数の値をオプションにより，次のレジスタ，saddr 領域，あるいはスタック・フレームに格納します。スタック・フレームに格納する際のベース・ポインタは，HL レジスタを使用します。

関数の引数は，register 宣言，または -qv オプションが指定されていて，かつ -qr オプションが指定されている場合に，saddr 領域に割り付けられます。

表 9―1　引数／オートマティック変数の格納一覧（ノーマル・モデルの場合）

オプション	引数／ auto 変数	格納場所	優先順位
-qv （レジスタ割り当てオプション）	宣言された引数，またはオートマティック変数	HL レジスタ （ベース・ポインタが必要ない場合のみ）	char 型：L，H の順 int，short，enum 型：HL
-qr （saddr 割り当てオプション）	register 宣言された引数，またはオートマティック変数	HL レジスタ （ベース・ポインタが必要ない場合のみ） 引数： _@KREG12 ～ 15 ［0FEDCH ～ 0FEDFH］ オートマティック変数： _@KREG00 ～ 11 ［0FED0H ～ 0FEDBH］	出現順でサイズ分のみ割り当てる。 レジスタには， char 型：L，H の順 int，short，enum 型：HL のように割り当てる。
-qrv	宣言された引数，またはオートマティック変数	HL レジスタ （ベース・ポインタが必要ない場合のみ） 引数： _@KREG12 ～ 15 ［0FEDCH ～ 0FEDFH］ オートマティック変数： _@KREG00 ～ 11 ［0FED0H ～ 0FEDBH］	出現順でサイズ分のみ割り当てる。 レジスタには， char 型：L，H の順 int，short，enum 型：HL のように割り当てる。
デフォルト	宣言された引数， オートマティック変数	スタック・フレーム	出現順

関数呼び出し例を以下に示します。

（1）-qrv 指定時

C ソースを以下に示します。

```
void    func0 ( register  int, int );
void    main ( ) {
        func0 ( 0x1234, 0x5678 );
}
void    func0 ( register int p1, int p2 ) {
        register int    r ;
        int     a ;
        r = p2 ;
        a = p1 ;
}
```

出力アセンブラ・ソースは，以下のようになります。

```
        EXTRN   _@KREG12
        EXTRN   _@KREG13
        EXTRN   _@KREG00
        EXTRN   _@KREG02
        PUBLIC  _func0
        PUBLIC  _main

@@CODE  CSEG
_main :
        movw    ax, #05678H     ; 22136
        push    ax                      ; スタック受け渡し引数
        movw    ax, #01234H     ; 4660  ; 第 1 引数はレジスタ渡し
        call    !_func0                 ; 関数呼び出し
        pop     ax                      ; スタック受け渡し引数
        ret
_func0 :
        push    hl                      ; 引数用レジスタ退避
        xch     a, x
        xch     a, _@KREG12
        xch     a, x
        xch     a, _@KREG13             ; レジスタ引数 p1 を _@KREG12 に割り当てる
        push    ax                      ; レジスタ引数用 saddr 領域退避
        movw    ax, _@KREG00
        push    ax                      ; レジスタ変数用 saddr 領域退避
        movw    ax, _@KREG02
        push    ax                      ; 自動変数用 saddr 領域退避
        movw    ax, sp
        movw    hl, ax
        mov     a, [hl + 10]            ; スタック受け渡し引数 p2 を
        xch     a, x
```

```
        mov     a, [hl + 11]
        movw    hl, ax                  ; HL に割り当てる
        movw    ax, hl                  ; 引数 p2 を
        movw    _@KREG00, ax    ; r     ; レジスタ変数 r に代入
        movw    ax, _@KREG12    ; p1    ; レジスタ引数 p1 を
        movw    _@KREG02, ax    ; a     ; 自動変数 a に代入
        pop     ax
        movw    _@KREG02, ax            ; レジスタ変数用 saddr 領域復帰
        pop     ax
        movw    _@KREG00, ax            ; 自動変数用 saddr 領域復帰
        pop     ax
        movw    _@KREG12, ax            ; レジスタ引数用 saddr 領域復帰
        pop     hl                      ; 引数用レジスタ復帰
        ret
        END
```

9. 1. 2　スタティック・モデルの場合

- 関数呼び出し側では，レジスタ引数，通常の引数ともに同じ方法で渡します。
- 引数は最大 3 引数，6 バイトまでとし，すべてレジスタで渡します。

型	渡し場所（第 1 引数）	渡し場所（第 2 引数）	渡し場所（第 3 引数）
1 バイト・データ	A	B	H
2 バイト・データ	AX	BC	HL
4 バイト・データ	AX，BC に割り当て，残りを H，または HL に割り当てる		

備考　1 ～ 4 バイト・データには，構造体，共用体は含みません。

- 関数定義側では，レジスタで渡ってきた引数を引数割り当て場所に格納します。
  register 宣言された引数（レジスタ引数）は，可能なかぎりレジスタに割り当て，通常の引数は，関数固有に確保した領域に割り当てます。
- レジスタ引数は，すべてレジスタで受け渡しが行われますが，関数呼び出し側（渡し側）と関数定義側（受け側）のレジスタが異なるため，レジスタのコピーが行われます。
- 引数／オートマティック変数を割り当てるレジスタの退避，復帰は，関数定義側で行います。
- 関数の引数，および関数内で宣言されたオートマティック変数の値をオプションにより，次のレジスタ，関数固有の領域に格納します。関数固有の領域は，関数ごとに RAM 内の領域を任意に確保した静的領域です。

表 9―2　引数／オートマティック変数の格納一覧（スタティック・モデルの場合）

オプション	引数／ auto 変数	格納場所	優先順位
-qv （レジスタ割り当てオプション）	宣言された引数，またはオートマティック変数	DE レジスタ	（引数） char 型：D，E の順 int，short，enum 型：DE （オートマティック変数） char 型：E，D の順 int，short，enum 型：DE
デフォルト	宣言された引数， オートマティック変数	関数固有の領域	引数は，第 1 引数から順に，自動変数は出現順に割り当てる
デフォルト	register 宣言された引数， register 変数	DE レジスタ	参照回数に基づきサイズ分のみ割り当てる。 サイズ分以上は，関数固有の領域に割り当てる。

関数呼び出し例を以下に示します。

（1）-sm，-qv 指定時

C ソースを以下に示します。

```
void    sub ( );
void    func ( register int, char );
void    main ( ) {
        func ( 0x1234, 0x56 );
}
void    func ( register  int  p1, char  p2 ) {
        register char   r ;
        int     a ;
        r = p2 ;
        a = p1 ;
        sub ( );
}
```

出力アセンブラ・ソースは，以下のようになります。

```
        PUBLIC  _func
        PUBLIC  _main
          :
@@DATA  DSEG
?L0005 :        DS      ( 1 )           ; 引数 p2
?L0006 :        DS      ( 1 )           ; レジスタ変数 r
?L0007 :        DS      ( 2 )           ; 自動変数 a
          :
```

```
@@CODE  CSEG
_main :
        mov     b, #056H        ; 86    ; 第 2 引数をレジスタ B で渡す
        movw    ax, #01234H     ; 4660  ; 第 1 引数をレジスタ AX で渡す
        call    !_func                  ; 関数呼び出し
        ret
_func :
        push    de                      ; レジスタ引数用レジスタ退避
        movw    de, ax                  ; レジスタ引数 p1 を DE に割り当てる
        mov     a, b
        mov     !?L0005, a              ; 引数 p2 を ?L0005 にコピー
        mov     !?L0006, a      ; r     ; レジスタ変数 r に代入
        movw    ax, de                  ; レジスタ引数 p1 を
        movw    !?L0007, ax     ; a     ; 自動変数 a に代入
        call    !_sub
        pop     de                      ; レジスタ引数用レジスタ復帰
        ret
        END
```

9.2　戻り値の格納方法

「3.3.1　戻り値」を参照してください。

9.3　C 言語からアセンブリ言語ルーチンの呼び出し

ここでは，ノーマル・モデルを使用した場合（デフォルト）の例を示します。

-qv オプション，-qr オプション，および -qrv オプションを指定した場合は，「表 9―1　引数／オートマティック変数の格納一覧（ノーマル・モデルの場合）」に従って格納されます。ただし，HL レジスタは，ベース・ポインタが必要のない場合（使用されていない場合）にのみ割り当てます。

C 言語からアセンブリ言語ルーチンの呼び出しを次の順序で説明します。

- 関数情報指定ファイルの変更
- C 言語の関数呼び出し手順
- アセンブリ言語ルーチンの情報退避とリターン

9.3.1　関数情報指定ファイルの変更

アセンブリ言語ルーチンをバンク領域に配置する場合，関数情報指定ファイルに関数情報を追加する必要があります。

関数情報指定ファイルの記述例を次に示します。

（1）関数 FUNC がある sample.asm を BANK2 に配置する場合

```
sample.asm := 2 (0) {
        FUNC ;
}
```

9. 3. 2　C 言語の関数呼び出し手順

アセンブリ言語ルーチンを呼び出す C 言語のプログラム例を次に示します。

```
extern  int     FUNC ( int, long );    /* 関数プロトタイプ */

void    main ( void ) {
        int     i, j ;
        long    l ;

        l = 0x54321 ;
        i = 1 ;
        j = FUNC ( i, l );             /* 関数コール */
}
```

このプログラム例で，実行時に行われるプログラム間のインタフェースと制御の流れを次に示します。

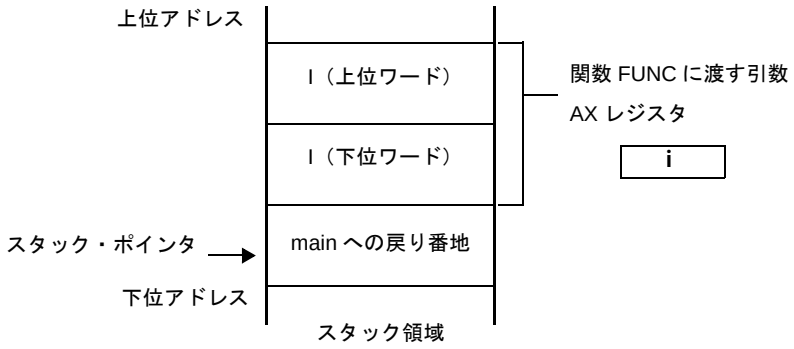
（1）通常のアセンブリ言語ルーチン呼び出し

（a）関数 main から関数 FUNC へ渡す第 1 引数をレジスタに入れ，第 2 引数以降をスタックに積む

（b）CALL 命令により関数 FUNC に制御を渡す

上記のプログラム例により，関数 FUNC に制御を移した直後のスタックは，次のようになります。

図 9―1　関数呼び出し直後のスタック

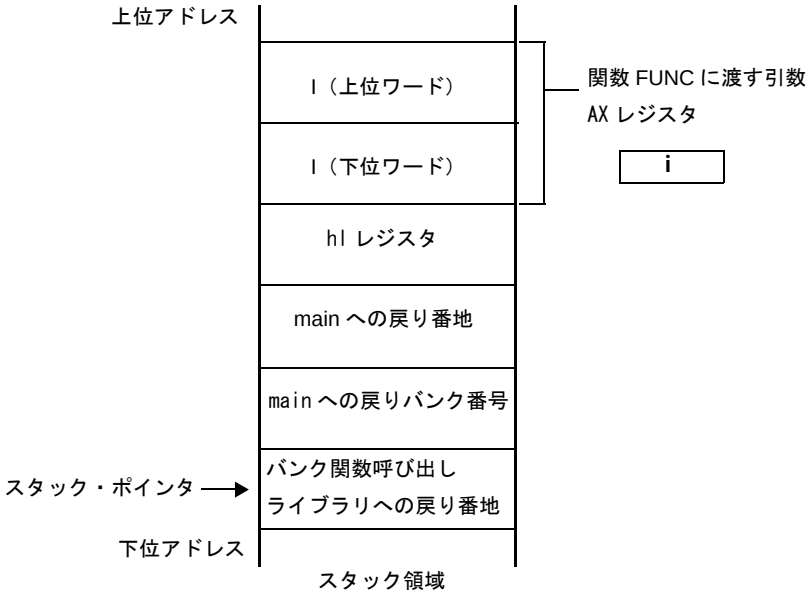


（2）バンク領域にあるアセンブリ言語ルーチン呼び出し

（a）関数 main から関数 FUNC へ渡す第 1 引数をレジスタに入れ，第 2 引数以降をスタックに積む

（b）関数 FUNC の先頭アドレスとバンク番号をレジスタに入れ，バンク関数呼び出しライブラリにより関数 FUNC に制御を渡す

上記のプログラム例により，関数 FUNC に制御を移した直後のスタックは，次のようになります。



9.3.3　アセンブリ言語ルーチンの情報退避とリターン

main 関数から呼び出される関数 FUNC では，次の手順で処理を行います。

（1）ベース・ポインタ，ワーク・レジスタを退避する

（2）スタック・ポインタ（SP）をベース・ポインタ（HL）へコピーする

（3）関数 FUNC 本来の処理を行う

（4）戻り値をセットする

（5）退避したレジスタを復帰する

（6）関数 main へリターンする

アセンブリ言語のプログラム例を次に示します。

```
$PROCESSOR ( F051144 )

        PUBLIC  _FUNC
        PUBLIC  _DT1
        PUBLIC  _DT2

@@DATA  DSEG    UNITP
_DT1 :  DS      ( 2 )
_DT2 :  DS      ( 4 )

@@CODE  CSEG
_FUNC :
        PUSH    HL              ; save base pointer      (1)
        PUSH    AX
        MOVW    AX, SP          ; copy stack pointer     (2)
        MOVW    HL, AX
        MOV     A, [HL]         ; arg1
        XCH     A, X
        MOV     A, [HL + 1]     ; arg1
        MOVW    !_DT1, AX       ; move 1st argument ( i )
        MOV     A, [HL + 8]     ; arg2 （バンク領域にある場合は，オフセットに 6 を加算）
        XCH     A, X
        MOV     A, [HL + 9]     ; arg2 （バンク領域にある場合は，オフセットに 6 を加算）
        MOVW    !_DT2 + 2, AX
        MOV     A, [HL + 6]     ; arg2 （バンク領域にある場合は，オフセットに 6 を加算）
        XCH     A, X
        MOV     A, [HL + 7]     ; arg2 （バンク領域にある場合は，オフセットに 6 を加算）
        MOVW    !_DT2, AX       ; move 2nd argument ( l )
        MOVW    BC, #0AH        ; set return value       (4)
        POP     AX
        POP     HL              ; restore base pointer   (5)
        RET                     ;                        (6)
        END
```

(1) ベース・ポインタ，ワーク・レジスタの退避

C ソースで記述した関数名の先頭に，“_”を付加したラベルを記述します。C ソース中で記述した関数名と同じ名前になります。

ラベルを記述したあと，HL レジスタ（ベース・ポインタ）を退避します。

C コンパイラが生成するプログラムでは，レジスタ変数用レジスタを退避せずに他の関数を呼び出します。このため，呼ばれる関数でこれらのレジスタの値を変更する場合は，事前に値の退避を行わなければなりません。ただし，呼び出し側でレジスタ変数を使っていない場合，ワーク・レジスタを退避する必要はありません。

(2) スタック・ポインタ（SP）のベース・ポインタ（HL）へのコピー

関数内の“PUSH，POP”によりスタック・ポインタ（SP）は変わります。このため，スタック・ポインタを“HL”レジスタにコピーして，引数のベース・ポインタとして使用します。

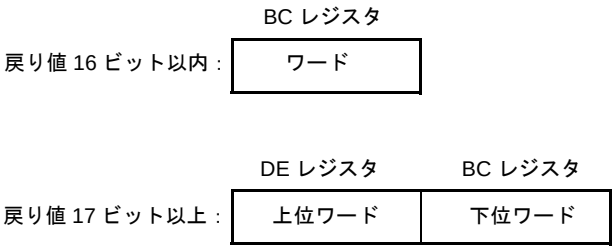
(3) 関数 FUNC 本来の処理を行う

（1），（2）の処理を行ったあと，呼び出される関数の本来の処理を行います。

(4) 戻り値のセット

戻り値がある場合，戻り値を“BC”，“DE”レジスタへセットします。戻り値がない場合，セットする必要はありません。

図 9―2　戻り値のセット

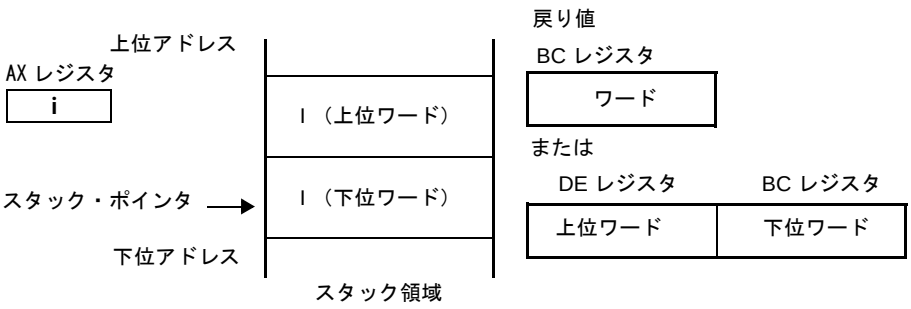


(5) レジスタの復帰

退避したベース・ポインタとワーク・レジスタを復帰します。

(6) 関数 main へのリターン

図 9―3　関数 main へのリターン



9.4　アセンブリ言語からC言語ルーチンの呼び出し

ここでは，C言語により記述された関数をアセンブリ言語ルーチンから呼び出す手順を説明します。

9.4.1　アセンブリ言語の関数呼び出し

C言語により記述された関数をアセンブリ言語ルーチンから呼び出す手順は，次のようになります。

(1) 通常のC言語ルーチン呼び出し

(a) Cのワーク・レジスタ（AX，BC，DE）を退避する

(b) 引数をスタックに積む

(c) C言語関数をコールする

(d) 引数のバイト数分スタック・ポインタ（SP）の値を修正する

(e) C言語関数の戻り値（BC，またはDE，BC）を参照する

- アセンブリ言語のプログラム例

```
$PROCESSOR ( F051144 )

        NAME    FUNC2
        EXTRN   _CSUB
        PUBLIC  _FUNC2

@@CODE  CSEG
_FUNC2 :
        movw    ax, #20H        ; set 2nd argument ( j )
        push    ax              ;
        movw    ax, #21H        ; set 1st argument ( i )
        call    !_CSUB          ; call "CSUB ( i,  j )"
        pop     ax              ;
        ret
        END
```

- ワーク・レジスタ（AX，BC，DE）の退避

C言語では，AX，BC，DEの3つのレジスタ・ペアを作業用として使用し，戻り時に値の復帰を行いません。このため，レジスタ内の値が必要な場合は，呼び出し側で退避します。

レジスタの退避／復帰は，引数受け渡しコードの前後で行ってください。

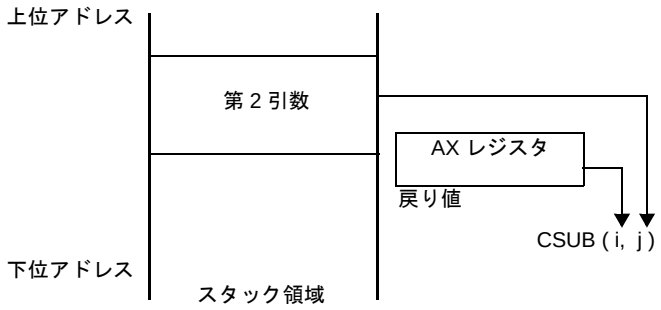
なお，HLレジスタについては，C言語側で使用している場合，常にC言語側で退避されます。

- 引数の積み込み

引数があれば引数をスタックに積みます。

引数の受け渡しは，次のようになります。

図 9―4　引数の受け渡し



- C 言語関数のコール

C 言語関数の呼び出しは，CALL 命令で行います。C 言語関数が callt 関数の場合，“callt”命令，callf 関数の場合，“callf”命令で呼び出します。

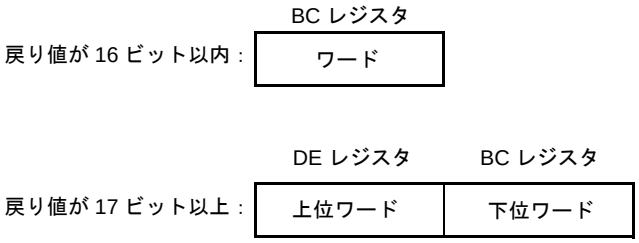
- スタック・ポインタ（SP）の復帰

引数を積んだバイト数分，スタックを復帰します。

- 戻り値（BC，DE）の参照

C 言語からの戻り値は，次のように返されます。

図 9―5　戻り値の参照



(2) バンク領域にある C 言語ルーチン呼び出し

(a) C のワーク・レジスタ（AX，BC，DE）を退避する

(b) 引数をスタックに積む

(c) HL レジスタを退避し，C 言語関数の先頭アドレスを HL レジスタに設定する

（d）C 言語関数のある領域のバンク番号を E レジスタに設定する

（e）バンク関数呼び出しライブラリ callt 命令でコールする

（f）HL レジスタを復帰する

（g）引数のバイト数分，スタック・ポインタ（SP）の値を修正する

（h）C 言語関数の戻り値（BC，または DE，BC）を参照する

- アセンブリ言語のプログラム例

```
$PROCESSOR ( F051144 )

        NAME    FUNC2
        EXTRN   _CSUB
        PUBLIC  _FUNC2

@@CODE          CSEG
_FUNC2 :
        movw    ax, #20H                ; set 2nd argument ( j )
        push    ax                      ;
        movw    ax, #21H                ; set 1st argument ( i )
        push    hl                      ;
        movw    hl, #_CSUB              ; set 1st argument ( i )
        movw    e, #_BANKNUM   _CSUB    ; set 1st argument ( i )
        callt   [@@bcall]               ; call "CSUB ( i,  j )"
        pop     hl                      ;
        pop     ax                      ;
        ret
        END
```

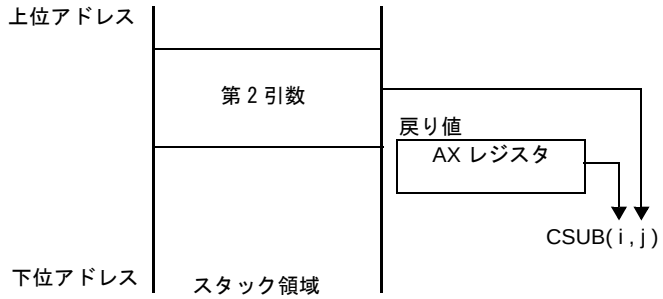
- ワーク・レジスタ（AX，BC，DE）の退避

C 言語では，AX，BC，DE の 3 つのレジスタ・ペアを作業用として使用し，戻り時に値の復帰を行いません。また，バンク関数呼び出しライブラリをコール際，E レジスタを使用します。
このため，レジスタ内の値が必要な場合は，呼び出し側で退避します。
レジスタの退避／復帰は，引数受け渡しコードの前後で行ってください。
なお，HL レジスタについては，引数の積み込み後に退避します。

- 引数の積み込み

引数があれば引数をスタックに積みます。
引数の受け渡しは，次のようになります。

図 9―6　引数の受け渡し



- HL レジスタの退避，および C 言語関数の先頭アドレス設定

  HL レジスタを退避し，バンク関数呼び出しライブラリで使用する C 言語関数の先頭アドレスを HL レジスタに設定します。

- C 言語関数のバンク番号設定

  バンク関数呼び出しライブラリで使用する C 言語関数のある領域のバンク番号を E レジスタに設定します。

- バンク関数呼び出しライブラリのコール

  バンク関数呼び出しライブラリ @@bcall を CALLT 命令で呼び出します。

- HL レジスタの復帰

  退避した HL レジスタを復帰します。

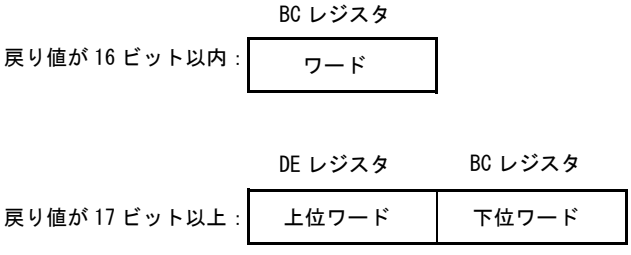
- スタック・ポインタ（SP）の復帰

  引数を積んだバイト数分，スタックを復帰します。

- 戻り値（BC，DE）の参照

  C 言語からの戻り値は，次のように返されます。

図 9―7　戻り値の参照



9.5　C 言語で定義した変数を参照する方法

C 言語プログラム中で定義した外部変数をアセンブリ言語ルーチン中で参照する場合，extrn 宣言します。

アセンブリ言語ルーチン中では，定義した変数の先頭に“_”（アンダースコア）を付けます。

C 言語のプログラム例を以下に示します。

```
extern void     subf ( void ) ;

char    c = 0 ;
int     i = 0 ;

void main ( void ) {
        subf ( ) ;
}
```

アセンブラでは，次のように行います。

```
$PROCESSOR ( F051144 )

        PUBLIC  _subf
        EXTRN   _c
        EXTRN   _i

@@CODE  CSEG
_subf :
        MOV     a, #04H
        MOV     !_c, a
        MOVW    ax, #07H        ; 7
        MOVW    !_i, ax
        RET
        END
```

9.6　アセンブリ言語で定義した変数を C 言語側で参照する方法

アセンブリ言語で定義した変数を C 言語側で参照するには，次のように行います。

C 言語のプログラム例を以下に示します。

```
extern  char    c ;
extern  int     i ;

void    subf ( void ) {
        c = ' A ' ;
        i = 4 ;
}
```

78K0 アセンブラでは，次のように行います。

```
        NAME    ASMSUB

        PUBLIC  _c3
        PUBLIC  _i

ABC     DSEG
_c :    DB      0
_i :    DW      0
        END
```

9.7　C 言語関数とアセンブラ関数間の呼び出しの注意事項

- “_”（アンダースコア）

78K0 C コンパイラは，出力するオブジェクト・モジュールの外部定義，および参照名に“_”（アンダースコア，ASCII コード“5FH”）を付けます。

次の C プログラム例で，“j = FUNC (i, l) ;”は，“_FUNC という外部名を参照する”と翻訳されます。

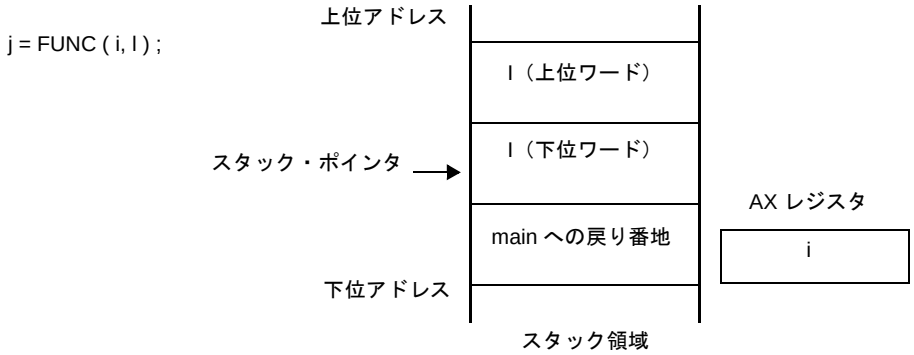
```
extern int      FUNC ( int, long ) ;    /* 関数プロトタイプ */

void main ( void ) {
        int     i,  j ;
        long    l ;

        l = 0x54321 ;
        i = 1 ;
        j = FUNC ( i, l ) ;             /* 関数コール */
}
```

78K0 アセンブラでは，ルーチン名を“_FUNC”と記述します。

- スタックに積む引数の配置

スタックに積まれる引数は，後位置引数から前位置引数へと上位アドレスから下位アドレス方向に積まれます。

図 9―8　スタックに積む引数の配置



第 10 章　注意事項

この章では，コーディングを行う際の注意事項を示します。

（1）漢字コード種別

SJIS，または EUC コードを含むソースを Windows 上で使用するときは，環境変数 LANG78，または“コメント中の漢字コード”オプションを指定してください。

指定した漢字コードとソース中に含まれる漢字コードが異なる場合，ビルド時にエラーになる，またはソースの一部を誤ってコメントとみなして正しくビルドされない場合があります。

（2）インクルード・ファイル

インクルード・ファイル内で，関数を定義し（宣言を除きます），C ソース中で展開することはできません。インクルード・ファイル内で定義を行うと，ソース・デバッグ時に正しく定義行が表示されないなどの弊害があります。

（3）アセンブラ・ソースを出力して使用する場合

C ソース・プログラム中に，#asm ブロック，または __asm 文などのアセンブリ言語による記述がある場合，ロード・モジュール・ファイル作成手順は，コンパイル，アセンブル，リンクの順になります。

アセンブリ言語による記述がある場合などのように，78K0C コンパイラで直接オブジェクトを出力せずに，いったんアセンブラ・ソースを出力し，アセンブルして使用する場合には，次の点に注意してください。

- #asm ブロック（#asm から #endasm で囲まれた部分），および __asm 文中で，シンボルを定義する必要があるときには，?L@ の文字列で始まる 8 文字以内のシンボル（たとえば，?L@01，?L@sym など）を使用してください。ただし，このシンボルを外部定義（PUBLIC 宣言）しないでください。また，#asm ブロック，および __asm 文中で，セグメントを定義することはできません。?L@ の文字列で始まるシンボルを使用しない場合，アセンブル時に致命的エラー（F2114）が出力されます。
- 『callf 関数』，『callf 関数以外の関数』の定義は，この 2 種類の定義群をそれぞれまとめて記述してください。
  まとめて記述しない場合，アセンブル時にワーニング（W2717）が出力されます。
- C ソースで extern されている変数を #asm ブロック内で使用している場合，他の C 記述部分で参照がないと EXTRN が生成されず，リンク・エラーとなるため，C で参照されない場合は，#asm ブロック内で EXTRN してください。
- #pragma section 指令でセグメント名を変更する場合，ソース・ファイル名のプライマリ名と同名のセグメント名を指定しないでください。アセンブル時にエラー（F2106）が出力されます。

（4）利用可能なアセンブラ・パッケージ

メモリ・バンクに対応しているため，CubeSuite+ に同梱されているアセンブラ以外を使用すると，エラーになる場合があります。

(5) リンク・ディレクティブ・ファイルの作成について

78K0C コンパイラで作成したオブジェクトをリンクする際に，ターゲット・デバイスの ROM/RAM 領域以外の領域を使用する場合，または任意のアドレスに指定してコードやデータを配置させたい場合は，リンク・ディレクティブ・ファイルを作成し，リンク時にリンカ・オプション -d で指定してください。

リンク・ディレクティブ・ファイルの作成方法については，「第５章　リンク・ディレクティブ仕様」，および CA78K0 に添付されている lk78k0.dr（smp78k0 フォルダ以下）を参照してください。

例　ある C ソース・ファイルの初期値なし外部変数（sreg 変数を除く）を外部メモリに配置させたい場合

(a) C ソースの先頭で初期値なし外部変数用セクション名を変更する

```
#pragma section @@DATA  EXTDATA
    :
```

注意　変更されたセグメントの初期化，および ROM 化はスタートアップ・ルーチンを変更して行うようにしてください。

(b) リンク・ディレクティブ・ファイル lk78k0.dr を作成する

```
memory  EXTRAM  : ( 0F000h, 00200h )
merge   EXTDATA : = EXTRAM
```

リンク・ディレクティブ・ファイル作成時には，次の点に注意してください。

- リンク時に，スタック解決用シンボル生成指定オプション -s を使用する場合には，スタック領域をリンク・ディレクティブ・ファイルの memory ディレクティブで確保し，確保したスタック領域名を明示的に指定することをお勧めします。領域名を省略した場合は，スタック領域として RAM 領域内（SFR 領域以外）が使用されます。

例　リンク・ディレクティブ・ファイル lk78k0.dr に追加した場合

```
memory  EXTRAM  : ( 0F000h, 00200h )
memory  STK     : ( 0FB00H, 20H )
merge   EXTDATA : = EXTRAM
```

コマンド・ラインは，次のようになります。

```
C>lk78k0 s01.rel prime.rel -bcl0.lib -sSTK -dlk78k0.dr
```

- 定義しているメモリ領域でリンクすると次のようなリンク・エラーが出力されることがあります。

```
RA78K0 error E3206 : Segment 'xxx' can't allocate to memory-ignored.
```

定義しているメモリ領域では，領域不足のために，指摘されたセグメントを配置することができないためです。

対処方法は，大きく分けて次の 3 つの手順になります。

- 配置できないセグメントのサイズを調べる（.map ファイル参照）。
  ただし，エラーで指摘されたセグメントの種類により，次のようにセグメントのサイズを調べる方法が異なります。
  - コンパイル時に自動生成されるセグメントのとき
    リンクし作成されたマップ・ファイルによりセグメントのサイズを調べます。
  - ユーザが作成したセグメントのとき
    アセンブル・リスト・ファイル（.prn）により配置されなかったセグメントのサイズを調べます。

- 上記で調べたセグメントのサイズをもとに，ディレクティブ・ファイルでセグメントが配置されている領域のサイズを拡大します。

- ディレクティブ・ファイル指定オプション -d を指定してリンクします。

（6）va_start マクロ使用時

関数により第一引数のオフセットが異なるため，stdarg.h に定義されている va_start マクロの動作は保証されません。

以下のようにマクロを使い分けてください。

- 第一引数を指定する場合は，va_starttop マクロを使用してください。

（7）SFR（特殊機能レジスタ）定数番地参照時

定数番地参照によって 16 ビット SFR を参照した場合，8 ビット単位でアクセスする不正なコードが生成されるため，SFR 名を使用して参照してください。第二引数以降を指定する場合は，va_start マクロを使用してください。

（8）スタートアップ・ルーチン，ライブラリについて

- スタートアップ・ルーチン，ライブラリは，使用している実行形式ファイル（cc78k0.exe）と同じバージョンで提供されているものを使用してください。
- 浮動小数点対応 sprintf，vprintf，vsprintf において，"%f"，"%e"，"%E"，"%g"，"%G" 指定の変換結果の精度以下の値を切り捨ててしまいます。また，"%g"，"%G" 指定の変換結果が精度以上であっても "%f" 変換してしまいます。
  浮動小数点対応 sscanf，scanf において，"%f"，"%e"，"%E"，"%g"，"%G" 指定時に 1 文字も有効な文字を読み込まなかった場合 +0 を変換結果とし，" ± " だけの場合± 0 を変換結果とします。
- atof 関数，strtod 関数，および数学関数は，パスカル関数に対応していません。
  コンパイラ・オプション -zr を指定した場合は，これらの関数を使用しないでください。

（9）ROM 化を行う場合について

ROM 化とは，初期値あり外部変数などの初期値を ROM に配置しておき，システム実行時に RAM にコピーする処理です。78K0C コンパイラでは，デフォルトで ROM 化用にコードを生成します。したがって，リンク時に ROM 化処理を含むスタートアップ・ルーチンとリンクする必要があります。

CA78K0 が提供するスタートアップ・ルーチンには次のものがあり，すべて ROM 化処理を含んでいます。フラッシュ・メモリのセルフ書き換えモードを使用する場合は，「(3) スタートアップ・ルーチンの使い分け」参照してください。

C 標準ライブラリ用の領域を使用しない場合	s0.rel
C 標準ライブラリ用の領域を使用する場合	s0l.rel

使用例を以下に示します。

なお，-s オプションは，スタック・シンボル（_@STBEG，_@STEND）自動生成オプションです。

```
C>lk78k0 s0.rel sample.rel -s -bcl0.lib -osample.lmf
```

sample.rel	ユーザ・プログラムのオブジェクト・モジュール・ファイル
s0.rel	スタートアップ・ルーチン
cl0.lib	ランタイム・ライブラリ，標準ライブラリ

注意 1. 必ずスタートアップ・ルーチンを最初にリンクしてください。

2. ユーザがライブラリを作成する場合は，CA78K0 が提供するライブラリとは分けて作成し，リンク時に CA78K0 のライブラリよりも前に指定するようにしてください。

3. CA78K0 のライブラリに，ユーザ関数を追加しないでください。

4. 浮動小数点ライブラリ（cl0*f.lib）を使用する場合は，通常のライブラリ（cl0*.lib）と両方リンクする必要があります。

例 浮動小数点対応の sprintf，sscanf，printf，scanf，vprintf，vsprintf を使用する場合

```
-bmylib.lib -bcl0f.lib -bcl0.lib
```

例 浮動小数点未対応の sprintf，sscanf，printf，scanf，vprintf，vsprintf を使用する場合

```
-bmylib.lib -bcl0.lib -bcl0f.lib
```

（10）プロトタイプ宣言

関数プロトタイプ宣言において，関数の型指定がない場合，エラー（E0301，E0701）となります。

```
f ( void ) ;    /* E0301 : Syntax error */
                /* E0701 : External definition syntax */
```

このような場合は，関数の型を記述してください。

```
int     f ( void ) ;
```

（11）エラー・メッセージ出力

関数外で，行頭のキーワードにスペル・ミスがある場合，エラー行の表示位置がずれたり，不適当なエラーを出す場合があります。

```
extren int      i ;             /* extern のスペルミス。ここでエラーにならない。*/
/* comment */
void            f ( void ) ;
[EOF]                           /* E0712 などのエラー */
```

（12）前処理指令中のコメント記述

前処理指令の記述において，前処理指令の前や途中，関数形式マクロの並びにコメントを記述すると，エラー（E0803，E0814，E0821 など）となります。

```
/* com1 */      #pragma         sfr                     /* E0803 */
/* com2 */      #define         ONE     1               /* E0803 */
#define         /* com3 */      TWO     2               /* E0814 */
#ifdef          /* com4 */      ANSI_C                  /* E0814 */

/* com5 */      #endif
#define         SUB ( p1, /* com6 */ p2 ) p2 = p1       /* E0821 */
```

このような場合は，前処理指令の後にコメントを記述してください。

```
#pragma         sfr                                     /* com1 */
#define         ONE     1                               /* com2 */
#define         TWO     2                               /* com3 */
#ifdef          ANSI_C                                  /* com4 */

#endif                                                  /* com5 */
#define         SUB ( p1, p2 ) p2 = p1                  /* com6 */
```

（13）構造体／共用体／ enum のタグ使用

関数プロトタイプ宣言で，（構造体，共用体，enum の）タグを定義する前に使用すると，（a）の条件を満たす場合はワーニング，（b）の条件を満たす場合はエラーとなります。

（a）引数宣言で，そのタグを使用して，構造体，共用体へのポインタを定義すると，関数の呼び出し時にワーニング（W0510）となります。

```
void    func ( int, struct st );

        struct  st {
                char    memb1 ;
                char    memb2 ;
        } st[ ] = {
                { 1, ' a ' }, { 2, ' b ' }
        };

void    caller ( void ) {
                        /* W0510 Pointer mismatch */
        func ( sizeof ( st ) / sizeof ( st[0] ), st );
}
```

（b）戻り値型宣言と引数宣言で，そのタグを使用して，構造体，共用体，enum 型を指定すると，エラー（E0737）となります。

```
                        /* E0737 Undeclared structure/union/enum tag */
void    func1 ( int, struct st ) ;
                        /* E0737 Undeclared structure/union/enum tag */
struct  st      func2 ( int ) ;
struct  st {
        char    memb1 ;
        char    memb2 ;
} ;
```

このような場合は，構造体，共用体，enum のタグの定義を先に行ってください。

（14）関数内の配列／構造体／共用体の初期化

関数内で，静的変数のアドレス，定数，文字列以外を用いた，配列／構造体／共用体の初期化を行うことができません。

```
void    f ( void ) ;
void    f ( void ) {
        char    *p, *p1, *p2 ;
        char    *ca[3] = { p, p1, p2 } ;   /* エラー( E0750 ) */
}
```

このような場合は，代入文を記述して，初期化の代わりとしてください。

```
void    f ( void ) ;
void    f ( void ) {
        char    *ca[3] ;
        char    *p, *p1, *p2 ;
        ca[0] = p ;  ca[1] = p1 ; ca[2] = p2 ;
}
```

（15）構造体を返す関数

関数が構造体そのものを返す場合，戻り値を返す処理中に割り込みが発生し，割り込み処理中に同じ関数の呼び出しがあると，割り込み処理終了後に戻り値が不正となります。

```
struct  str {
        char    c ;
        int     i ;
        long    l ;
} st ;

struct  str     func ( ) {
        /* 割り込み発生 */
          :
}

void    main ( ) {
        st = func ( );  /* 割り込み発生 */
}
```

上記の処理中，割り込み先で func 関数が呼ばれた場合，st が破壊される可能性があります。

（16）メモリ初期化疑似命令

メモリ初期化疑似命令 DB，DW をデータ・セグメント（DSEG）で記述した場合，オブジェクト・コードは出力されますが，オブジェクト・コンバータでワーニング（W4301）になります。これは，ROM 領域（コード領域）以外のアドレスにコードが存在するためです。

この状態で ROM コード発注（アクロス処理，テープ・アウトと呼ばれている作業です）を行うと，エラーになります。

（17）メモリ・ディレクティブ

各デバイスのデフォルトのメモリ領域名は，消去できません。

使用しないデフォルトのメモリ領域名のサイズは，0 にしてください。

ただし，セグメントによってはデフォルトの領域に割り付けられるものもあるため，領域名を変更する際には注意してください。

なお，デフォルトのメモリ領域名については，各デバイスのユーザーズ・マニュアルを参照してください。

（18）セグメント名

セグメント名を記述する場合，ソース・ファイル名のプライマリ名と同名のセグメント名を記述しないでください。アセンブル時に，アボート・エラー F2106 になります。

（19）SFR 名の EQU 定義

EQU 疑似命令のオペランドには SFR 名を指定することができますが，saddr 領域外の SFR の名前を PUBLIC に指定した場合，アセンブル・エラーとなります。

（20）セクションの開始アドレス指定

#pragma section 指令で開始アドレスを指定したセクションのサイズは，常に偶数となります。

（21）前処理指令 #line

前処理指令 #line を記述した時に，アセンブラ・ソース中のデバッグ情報が不正となります。また，このアセンブラ・ソースをアセンブルするとエラー (E2201) となります。

- 例

```
#include <stdio.h>
void    main (void) {
        int a;
#line 1 " test_line "
        a = 3;
        printf ( "__FILE__ = %s , __LINE__ = %d\n " , __FILE__ , __LINE__ );
}
```

このような場合は，以下のいずれかの方法で回避してください。

- オブジェクト・モジュール・ファイルを使用する。
- デバッグ情報を出力せずにアセンブラ・ソースを使用する。

（22）ROM 化処理

ユーザライブラリが複数存在し，さらにそれぞれのユーザライブラリの属するオブジェクト・モジュール・ファイル間にて相互参照が存在する場合に，78K0 C コンパイラに含まれる終端モジュール (rom.asm) のモジュール名“@rom”は変更しないでください。変更した場合は，最後にリンクされない場合があります。

付録 A　エディタ

この付録では，テキスト・ファイル／ソース・ファイルの表示／編集を行うエディタ パネルについて説明します。

エディタ パネル

テキスト・ファイル／ソース・ファイルの表示／編集を行います。

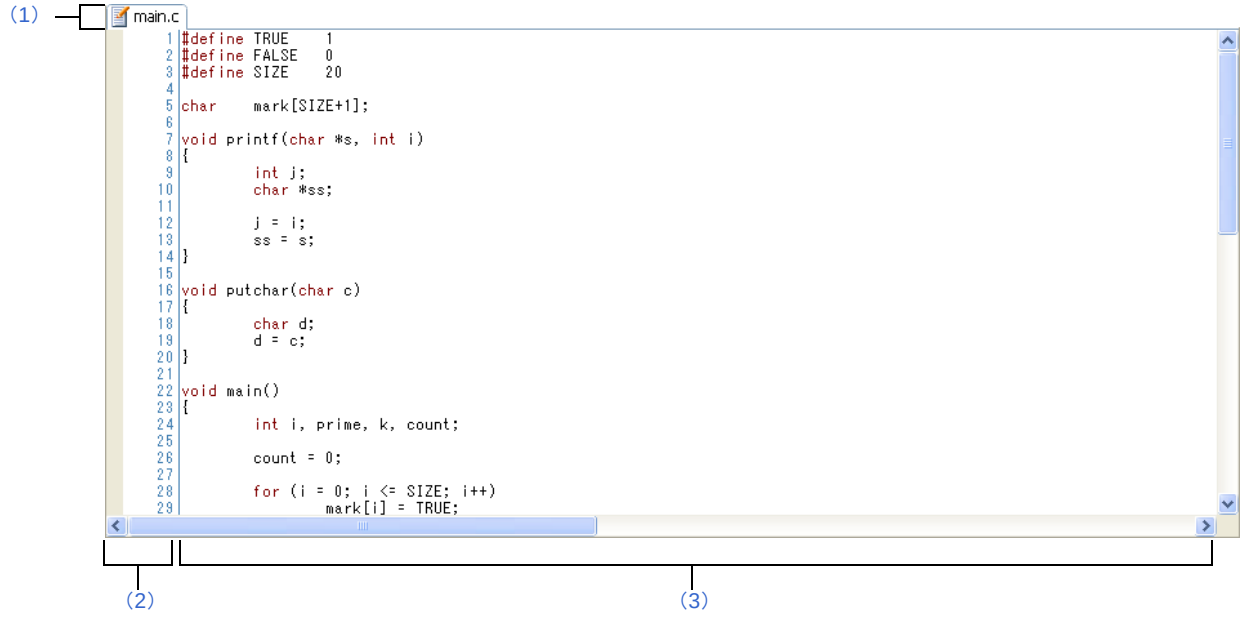
自動的にファイルのエンコード（Shift_JIS/EUC-JP/UTF-8）と改行コードを判別してオープンし，保存の際は元のエンコードと改行コードで保存します。

ただし，ファイルの保存設定 ダイアログでエンコードと改行コードを指定した場合は，それに従って保存します。

本パネルは複数オープンすることができます（最大個数：100 個）。

備考　ソース・ファイルをオープンする際，ダウンロードしているロード・モジュールの更新日時よりオープンするソース・ファイルの更新日時が新しい場合，メッセージを表示します。

図 A―1　エディタ パネル



ここでは，次の項目について説明します。

- ［オープン方法］
- ［各エリアの説明］
- ［［ファイル］メニュー（エディタ パネル専用部分）］
- ［［編集］メニュー（エディタ パネル専用部分）］
- ［コンテキスト・メニュー］

［オープン方法］

- プロジェクト・ツリー パネルにおいて，ファイルをダブルクリック
- プロジェクト・ツリー パネルにおいて，ソース・ファイルを選択したのち，コンテキスト・メニューの［開く］を選択
- プロジェクト・ツリー パネルにおいて，ファイルを選択したのち，コンテキスト・メニューの［内部エディタで開く ...］を選択
- プロジェクト・ツリー パネルにおいて，コンテキスト・メニューの［追加］→［新しいファイルを追加］を選択したのち，テキスト・ファイル／ソース・ファイルを作成

［各エリアの説明］

（1）タイトルバー

オープンしているテキスト・ファイル／ソース・ファイルのファイル名を表示します。

なお，ファイル名の末尾に表示するマークの意味は次のとおりです。

マーク	意味
*	編集中のテキスト・ファイルの内容を編集している場合に表示します。
(編集不可)	書き込み禁止状態のテキスト・ファイルをオープンしている場合に表示します。
ID 番号	同一のテキスト・ファイルを複数オープンしている場合に表示します。

（2）行番号エリア

表示しているテキスト・ファイル／ソース・ファイルの行番号を表示します。

（3）文字列エリア

テキスト・ファイル／ソース・ファイルの文字列の表示／編集を行います。

本エリアは，次の機能を備えています。

（a）文字列の編集

キーボードより，IME などの日本語入力システムを使用した文字列を入力することができます。

また，編集機能を充実させるための様々なショートカットキーを使用することができます。

（b）ファイルの監視機能

ソース・ファイルを管理するために，次の監視機能を備えています。

- CubeSuite+ 以外によって，現在表示しているファイルの内容を変更していた場合，ファイルを保存するかどうかのメッセージを表示し，どちらかを選択することができます。

備考　オプション ダイアログの設定により，次の項目をカスタマイズすることができます。

- 表示フォント
- タブ幅
- コントロール・キャラクタ（空白記号を含む制御コード）の表示／非表示／色分け

- 予約語／コメントの色分け

[[ファイル]メニュー（エディタ パネル専用部分）]

エディタ パネル専用の［ファイル］メニューは次のとおりです（その他の項目は共通です）。

*ファイル名*を閉じる	現在編集しているエディタ パネルをクローズします。 なお，パネルの内容を保存していない場合は，確認メッセージを表示します。
*ファイル名*を保存	現在編集しているエディタ パネルの内容を上書き保存します。 なお，ファイルを一度も保存していない，またはファイルが書き込み禁止の場合は，［名前を付けて *ファイル名*を保存 ...］の選択と同等の動作となります。
*ファイル名*の保存設定 ...	エディタ パネルで編集中のファイルのエンコードと改行コードを設定するために，ファイルの保存設定 ダイアログをオープンします。
名前を付けて *ファイル名*を保存 ...	現在編集しているエディタ パネルの内容を新規保存するために，名前を付けて保存 ダイアログをオープンします。
ページ設定 ...	Windows の印刷用ページ設定 を行うダイアログをオープンします。
印刷 ...	現在編集しているエディタ パネルの内容を印刷するために，Windows の印刷用 ダイアログをオープンします。

[[編集]メニュー（エディタ パネル専用部分）]

エディタ パネル専用の［編集］メニューは次のとおりです（その他の項目はすべて無効となります）。

元に戻す	エディタ パネル上で前回行った操作をキャンセルし，文字とキャレット位置を元に戻します（最大 100 回まで）。
やり直し	エディタ パネル上で前回行った［元に戻す］の操作をキャンセルし，文字とキャレット位置を元に戻します。
切り取り	選択範囲の文字列を切り取り，クリップ・ボードにコピーします。
コピー	選択範囲の文字列をクリップ・ボードにコピーします。
貼り付け	クリップ・ボードにコピーしている文字列をキャレット位置に，挿入モードの場合は挿入し，上書きモードの場合は上書きします。 ただし，クリップ・ボードの内容を文字列として認識できない場合は無効となります。
削除	キャレット位置の文字を 1 文字削除します。 ただし，範囲選択している場合は，選択しているの文字列を削除します。
すべて選択	現在編集中のテキストの先頭から最終までを選択状態にします。
検索 ...	検索・置換 ダイアログを［クイック検索］タブが選択状態でオープンします。 範囲選択している場合は，選択している範囲内での検索モードとなります。
置換 ...	検索・置換 ダイアログを［クイック置換］タブが選択状態でオープンします。 範囲選択している場合は，選択している範囲内での置換モードとなります。
移動 ...	指定した行へキャレットを移動するため，指定位置へ移動 ダイアログをオープンします。

［コンテキスト・メニュー］

【文字列エリア／行番号エリア】

関数へジャンプ	選択している範囲の文字列，またはキャレット位置の単語を関数名と判断して，その関数へジャンプします。 ただし，シンボル情報が存在するファイルをダウンロード対象として指定している場合のみ機能します。 なお，本メニューは，プロジェクトがアクティブ・プロジェクトの場合，およびライブラリ用のプロジェクト以外の場合のみ有効です。
ジャンプ前の位置へ戻る	キャレット位置がジャンプする前の位置へ戻ります。
ジャンプ先の位置へ進む	［ジャンプ前の位置へ戻る］を実行する前の位置へ進みます。
タグ・ジャンプ	キャレット行のメッセージに対応するエディタ（ファイル，行，桁）へジャンプします。
切り取り	選択している範囲の文字列を切り取ってクリップ・ボードに移動します。
コピー	選択している範囲の文字列をクリップ・ボードにコピーします。
貼り付け	クリップ・ボードの内容をキャレット位置に挿入します。
新しく開く	現在フォーカスのあるエディタ パネルと同じ内容で，新規にエディタ パネルをオープンします（新規にオープンしたエディタ パネルのタイトルバー上には，ファイル名とともに ID 番号を表示します）。 なお，エディタ パネルは最大 100 個までオープンすることができます。

付録B 索 引

【S】

【T】

【ら行】

【わ行】

改訂記録

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	2011.04.01	―	初版発行

CubeSuite+ V1.00.00 ユーザーズマニュアル
78K0 コーディング編

発行年月日　2011 年 4 月 1 日　Rev.1.00
発行　ルネサス エレクトロニクス株式会社
〒211-8668 神奈川県川崎市中原区下沼部 1753

ルネサス エレクトロニクス株式会社

■営業お問合せ窓口

http://www.renesas.com

※営業お問合せ窓口の住所・電話番号は変更になることがあります。最新情報につきましては、弊社ホームページをご覧ください。

ルネサス エレクトロニクス販売株式会社　〒100-0004　千代田区大手町2-6-2（日本ビル）　(03)5201-5307

■技術的なお問合せおよび資料のご請求は下記へどうぞ。
総合お問合せ窓口：http://japan.renesas.com/inquiry

CubeSuite+ V1.00.00

ルネサス エレクトロニクス株式会社

R20UT0551JJ0100