お客様各位

カタログ等資料中の旧社名の扱いについて

2010 年 4 月 1 日を以って NEC エレクトロニクス株式会社及び株式会社ルネサステクノロジが合併し、両社の全ての事業が当社に承継されております。従いまして、本資料中には旧社名での表記が残っておりますが、当社の資料として有効ですので、ご理解の程宜しくお願い申し上げます。

ルネサスエレクトロニクス ホームページ（http://www.renesas.com）

2010 年 4 月 1 日
ルネサスエレクトロニクス株式会社

【発行】ルネサスエレクトロニクス株式会社（http://www.renesas.com）

【問い合わせ先】http://japan.renesas.com/inquiry

■本ドキュメントに記載されているURLは、以下のとおり読み替えをお願いいたします。
http://www.necel.com/
http://www2.renesas.com/
↓
開発環境トップページ　http://japan.renesas.com/tools
ダウンロードポータル　http://japan.renesas.com/tool_download

■技術問合せについては、以下のページをご覧ください。
http://japan.renesas.com/tech_inquiry

■ツールユーザ登録については、以下のページをご覧ください。
http://japan.renesas.com/myrenesas

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。

RENESAS

ユーザーズ・マニュアル

CC78K0 Ver.3.70

Cコンパイラ

言語編

対象デバイス
78K0シリーズ

資料番号　U17200JJ1V0UM00（第1版）
発行年月　February 2005　CP(K)

〔メ　モ〕

目 次 要 約

- 本資料に記載されている内容は2005年2月現在のもので，今後，予告なく変更することがあります。量産設計の際には最新の個別データ・シート等をご参照ください。
- 文書による当社の事前の承諾なしに本資料の転載複製を禁じます。当社は，本資料の誤りに関し，一切その責を負いません。
- 当社は，本資料に記載された当社製品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，一切その責を負いません。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。
- 本資料に記載された回路，ソフトウエアおよびこれらに関する情報は，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，ソフトウエアおよびこれらに関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，一切その責を負いません。
- 当社は，当社製品の品質，信頼性の向上に努めておりますが，当社製品の不具合が完全に発生しないことを保証するものではありません。当社製品の不具合により生じた生命，身体および財産に対する損害の危険を最小限度にするために，冗長設計，延焼対策設計，誤動作防止設計等安全設計を行ってください。
- 当社は，当社製品の品質水準を「標準水準」，「特別水準」およびお客様に品質保証プログラムを指定していただく「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。

  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

  特別水準：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

  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，生命維持のための装置またはシステム等

  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。意図されていない用途で当社製品の使用をお客様が希望する場合には，事前に当社販売窓口までお問い合わせください。

（注）

（1）本事項において使用されている「当社」とは，NECエレクトロニクス株式会社およびNEC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う。

（2）本事項において使用されている「当社製品」とは，（1）において定義された当社の開発，製造製品をいう。

M8E　02.11

〔メ　モ〕

はじめに

CC78K0 Cコンパイラ（以下本Cコンパイラとする）は，Draft Proposed American National Standard for Information Systemsー Programming Language C（December 7, 1988）中の2. ENVIRONMENTと3. LANGUAGEを元に作成されています。したがって，ANSIに準拠しているCソース・プログラムであれば，本Cコンパイラによってコンパイルすることにより，78K0シリーズ応用製品の開発が可能となります。

CC78K0 Cコンパイラ 言語編（本マニュアル）は，本Cコンパイラを用いてソフトウエアの開発を行われる方に，本Cコンパイラの基本機能と，言語仕様を理解していただくことを目的として書かれています。

本マニュアルでは，本Cコンパイラの操作に関する解説はいたしません。したがって，本マニュアルをご理解されたあと，本Cコンパイラをお使いの際には，CC78K0 Cコンパイラ 操作編（U17201J）をお読みください。

また，78K0シリーズのアーキテクチャについては，78K0シリーズの各ユーザーズ・マニュアルを参照してください。

【ターゲット・デバイス】

本Cコンパイラでは，78K0シリーズのマイクロコンピュータのソフトウエア開発が可能です。各ターゲット・デバイスに対応させるためには，ターゲットの種類に応じたデバイス・ファイルが必要となります。

【対 象 者】

本マニュアルは，開発対象となるマイクロコンピュータのユーザーズ・マニュアルを一読された方で，ソフトウエア・プログラミングの経験がある方を対象とします。Cコンパイラ やC言語の知識は特に必要ありませんが，ソフトウエアに関する用語は理解されているものとして説明します。

【構 成】

本マニュアルの構成を次に示します。

第1章 概 説

Cコンパイラの一般的な機能と，本Cコンパイラの性能および特徴を説明します。

第2章 C言語の基本構成

C言語プログラムの構成と，その構成要素を説明します。

第3章 型，記憶域クラスの宣言

C言語で使用される型とその宣言，および記憶クラスについて説明します。

第4章 型の変換

本Cコンパイラによって自動的に行われる型の変換について説明します。

第5章 演算子と式

C言語で使用可能な演算子の記述方法や優先度を説明します。

第6章 C言語の制御構造

C言語の制御構造を，制御の流れや使用方法をあげて説明します。

第7章　構造体と共用体

構造体と共用体の概念と使用方法を説明します。

第8章　外部定義

外部定義の種類とその使用方法を説明します。

第9章　前処理指令（コンパイラに対する指令）

前処理指令の種類と使用方法を説明します。

第10章　ライブラリ関数

C言語におけるライブラリ関数の使い方と個々のライブラリ関数を説明します。

第11章　拡張機能

ターゲット・デバイスを活用するための拡張機能を説明します。

第12章　アセンブラとの相互参照

C言語プログラムからアセンブラ・プログラムを呼び出す方法などを説明します。

第13章　効率の良いコンパイラの活用法

本Cコンパイラを効率良く使用するための手段を説明します。

付　　録

saddr領域のレーベル一覧，セグメント名一覧，ランタイム・ライブラリ一覧，ライブラリ消費スタック一覧，ライブラリ最大割り込み禁止時間一覧，総合索引があります。

【読 み 方】

本書の読み方を説明します。

■Cコンパイラおよび C言語初心者の方

CコンパイラおよびC言語について初心者の方は，第1章から順を追ってご覧ください。本マニュアルでは，C言語プログラムの制御構造から拡張機能にいたるまでを順を追って説明しています。なお，**第1章　概　説**ではCソース・プログラム例を使い，本マニュアルの参照箇所を示していますのであわせてご利用ください。

■Cコンパイラおよび C言語経験者の方

本Cコンパイラの言語仕様は，ANSIに準拠しています。したがって，CコンパイラおよびC言語経験者の方は，本Cコンパイラ特有の機能を示した**第11章　拡張機能**からお読みください。なお，**第11章　拡張機能**をお読みになる場合には，ターゲット・デバイスである78K0シリーズ付属のユーザーズ・マニュアルを参照してください。

【関連資料】

本マニュアルに関連する資料（ユーザーズ・マニュアル）を紹介します。

開発ツールの資料（ユーザーズ・マニュアル）

資　料　名		資料番号	
		和　　文	英　　文
CC78K0 Ver.3.70　Cコンパイラ	操作編	U17201J	U17201E
	言語編	このマニュアル	U17200E
RA78K0 Ver.3.80　アセンブラ・パッケージ	操作編	U17199J	U17199E
	言語編	U17198J	U17198E
	構造化アセンブリ言語編	U17197J	U17197E
SM+　システム・シミュレータ	操作編	U17246J	U17246E
	ユーザ・オープン・インタフェース編	U17247J	U17247E
SM78Kシリーズ Ver.2.52　システム・シミュレータ	操作編	U16768J	U16768E
PM plus Ver.5.20		U16934J	U16934E
ID78K0-NS Ver.2.52　統合ディバッガ	操作編	U16488J	U16488E
ID78K0-QB Ver.2.81　統合ディバッガ	操作編	U16996J	U16996E
78K0シリーズ	命令編	U12326J	U12326E

【参考資料】

「Draft Proposed American National Standard for Information Systems - Programming Language C（December 7, 1988）」

【用　　語】

RTOS = 78K0シリーズ用 リアルタイムOS　RX78K0

【凡　　例】

本マニュアル中で共通に使用される記号などの意味を示します。

…	：同一の形式を繰り返す
“　”	：“　”で囲まれた文字そのもの
‘　’	：‘　’で囲まれた文字そのもの
⋮	：プログラム記述の省略形
／	：区切り記号
＼	：バック・スラッシュ
[　]	：かっこ内は省略可能

目次

図の目次

図番号　タイトル,ページ

表の目次

表番号　タイトル,ページ

第 1 章　概説

この章では，システム開発時における CC78K0 の役割，および，機能概要について説明します。

CC78K0 シリーズ　C コンパイラは，78K0 シリーズの C 言語，または ANSI-C で記述されたソース・プログラムを機械語に変換する言語処理プログラムです。CC78K0 シリーズ　C コンパイラにより，78K0 シリーズのオブジェクト・ファイル，またはアセンブラ・ソース・ファイルが得られます。

1.1　C 言語とアセンブリ言語

マイクロコンピュータに仕事をさせるには，プログラムやデータが必要です。これをユーザがプログラミングして，マイクロコンピュータのメモリ部に記憶させます。マイクロコンピュータが扱えるプログラムやデータは 2 進数の集まりで，これを機械語といいます。

この機械語に英語の略記号を 1 対 1 で対応させたものがアセンブリ言語です。アセンブリ言語は，機械語と 1 対 1 で対応しているためコンピュータに対して詳細な指示を与えられます（たとえば，入出力時の処理速度の向上など）。しかし，このことはコンピュータのあらゆる動作を 1 つ 1 つ指示しなければならないことを意味しています。そのためにプログラムの論理構造が，一目見ただけでは理解しにくく，またエラーなども発生しやすいものです。

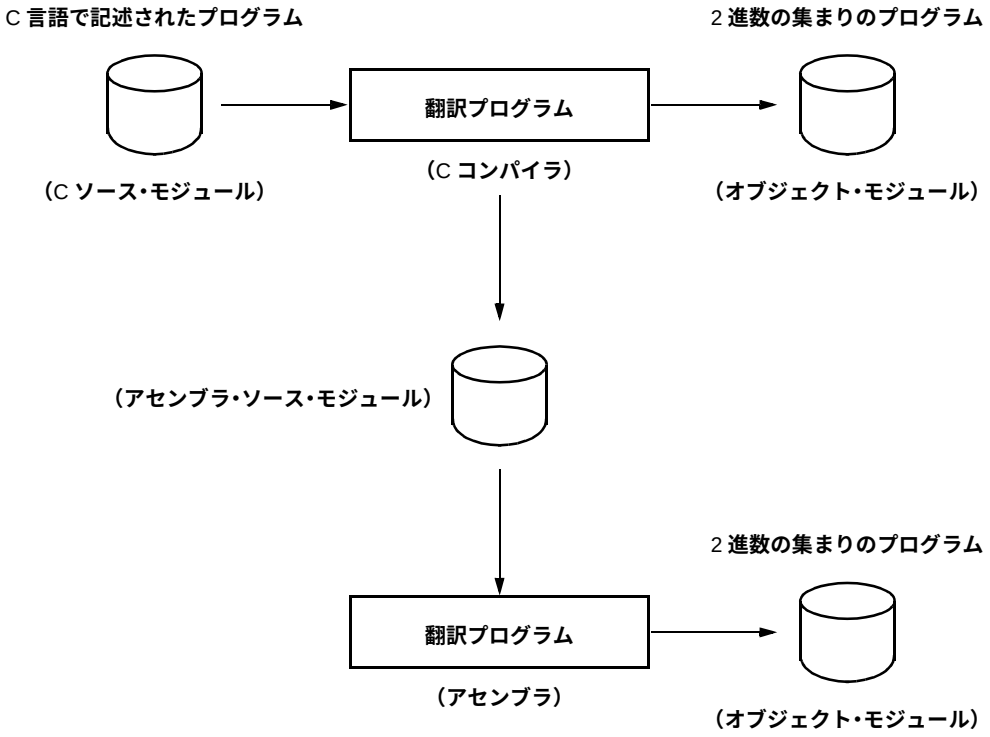
このようなアセンブリ言語に代わるものとして高級言語が開発されました。その中の 1 つに C 言語があります。これによりユーザは，コンピュータのアーキテクチャを気にせずにプログラミングでき，プログラム自体もアセンブリ言語に比べて論理構造などが理解しやすくなったといえます。

また，C 言語ではプログラムを作成するための多くの部品（関数）が用意されているので，ユーザはこれらを組み合わせてプログラムを作成できます。

C 言語は，ユーザにとって理解しやすいという特徴を持っています。しかし，C 言語で書かれたプログラムのままでは，マイクロコンピュータは理解できません。C 言語を理解させるには，それに相当する機械語に翻訳するプログラムが必要となります。この C 言語を機械語に翻訳する翻訳プログラムを C コンパイラと呼びます。

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できます。C コンパイラの翻訳の流れを，図 1-1 に示します。

図 1-1 翻訳の流れ


C 言語で記述されたプログラム
2 進数の集まりのプログラム
翻訳プログラム
（C コンパイラ）
（C ソース・モジュール）
（オブジェクト・モジュール）
（アセンブラ・ソース・モジュール）
2 進数の集まりのプログラム
翻訳プログラム
（アセンブラ）
（オブジェクト・モジュール）

1.2 C コンパイラによる開発手順

C コンパイラによる製品開発には，C コンパイラによって生成されたオブジェクト・モジュール・ファイルを連結するためのリンカや，ライブラリ・ファイルの作成を行うライブラリアン，また，プログラムのバグ取りのためのディバッガが必要になります。

C コンパイラに関連して必要となるソフトウエアを次に示します。

- エディタ　：　ソース・モジュール・ファイルの作成
- RA78K0　アセンブラ・パッケージ

構造化アセンブラ・プリプロセッサ	：アセンブリ言語で構造化プログラミングを実現
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 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
PM plus	：統合開発環境

- ソース・ディバッガ（78K0 用）　：　C ソース・モジュール・ファイルのバグ取り

C コンパイラによる製品開発手順は，次のようになります。

(1) 製品の機能分けを行う

(2) 機能ごとに C ソース・モジュールを作成する

(3) 各モジュールをコンパイルする

(4) 使用頻度の高いモジュールをライブラリ化する

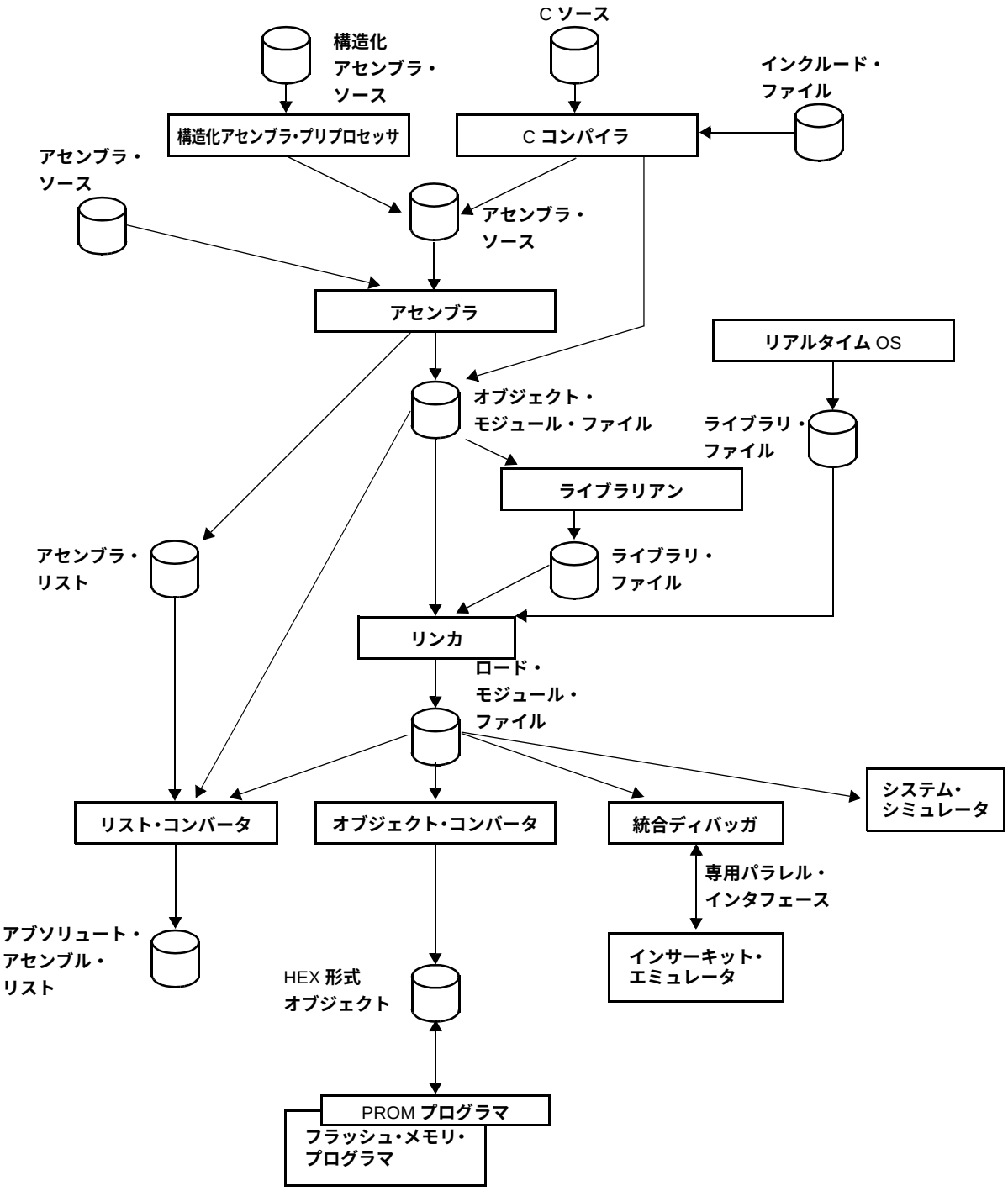
(5) 各モジュールをリンクする

(6) モジュールのディバグを行う

(7) オブジェクト・コンバータにより HEX ファイルに変換する

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）が行え，効率のよいモジュールを作成できます。特に，高速な処理を必要とする場合，またはモジュールをコンパクトにしたい場合などに有効です。

図 1-2 CC78K0 によるプログラム開発手順

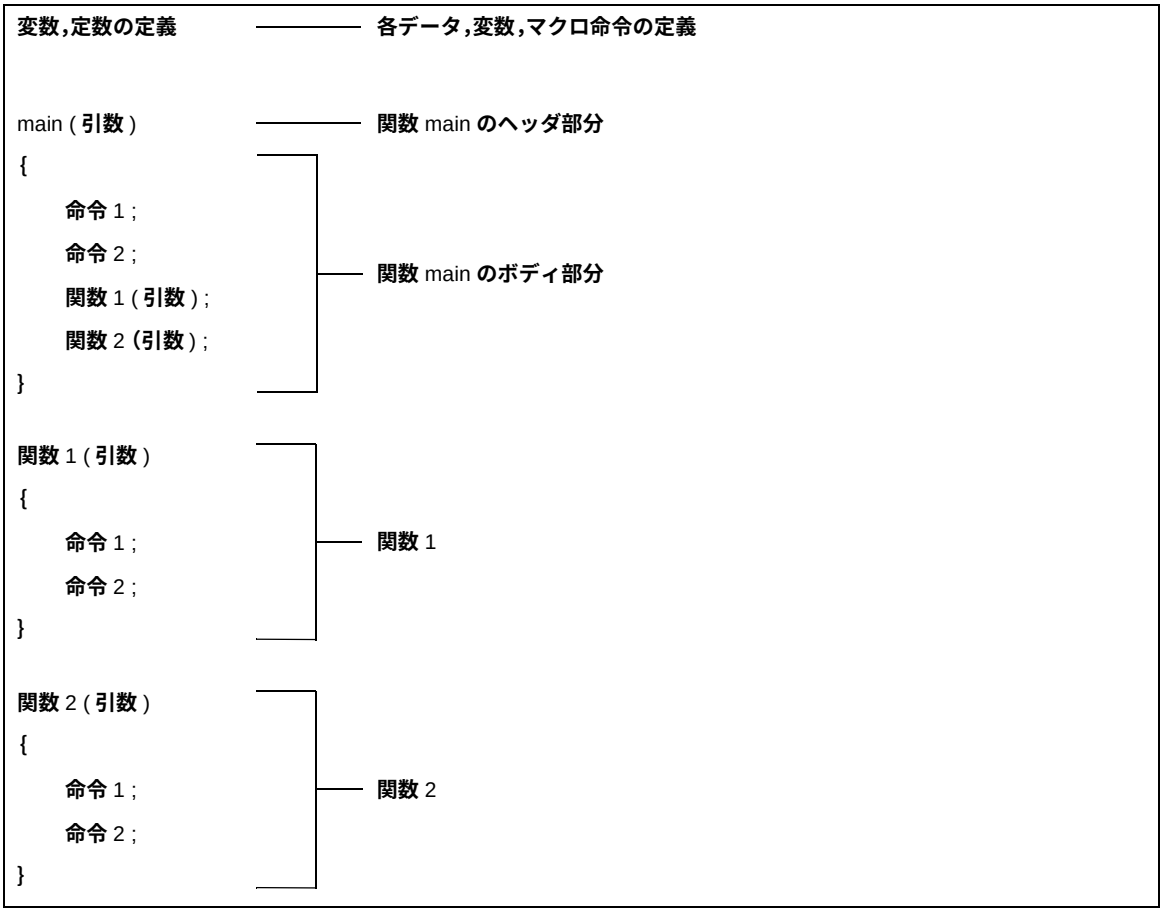


1.3 C ソース・プログラムの基本構成

1.3.1 プログラム形式

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   FALSE         0                  #define xxx xxx        /* 前処理指令（マクロ定義）(6)*/
#define   SIZE          200

void      printf ( char* , int ) ;         xxx xxxx ( xxx , xxx ) /* 関数プロトタイプ宣言 (7)*/
void      putchar ( char ) ;

char      mark [ SIZE + 1 ] ;              char   xxx              /* 型宣言 (1)   外部定義 (5)*/
main ( )                                   xx [ xx ]               /* 演算子 (2)*/
{
          int      i , prime , k , count ; int xxx                                  /* 型宣言 (1)*/

          count = 0 ;                      xx = xx                                 /* 演算子 (2)*/

          for ( i = 0 ; i <= SIZE ; i ++ ) for ( xx ; xx ; xx ) xxx;               /* 制御構造 (3)*/
                    mark [ i ] = TRUE ;

          for ( i = 0 ; i <= SIZE ; i ++ ) {
                    if ( mark [ i ] ) {
                              prime = i + i + 3 ;          xxx = xxx + xxx + xxx    /* 演算子 (2)*/
                              printf ( " %6d " , prime ) ; xxx ( xxx ) ;            /* 演算子 (2)*/

                              count ++ ;
                              if ( ( count%8 ) == 0 ) putchar ( ' \n ' ) ; if ( xxx ) xxx ;   /* 制御構造 (3)*/
                              for ( k = i + prime ; k <= SIZE ; k += prime )
                                        mark [ k ] = FALSE ;
                    }
          }
          printf ( " \n%d primes found. " , count ) ;xxx ( xxx ) ;                 /* 演算子 (3)*/
}

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

          j = i ;
          ss = s ;
}

void      putchar ( 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。型，記憶クラスの詳細については，「第 3 章 型，記憶域クラスの宣言」を参照してください。

(2) 演算子，式

算術演算，論理演算，代入などを行います。演算子と式の詳細については，「第 5 章 演算子と式」を参照してください。

(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。制御構造の詳細については，「第 6 章 C 言語の制御構造」を参照してください。

(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。構造体と共用体の詳細については，「第 7 章 構造体と共用体」を参照してください。

(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。外部定義の詳細については，「第 8 章 外部定義」を参照してください。

(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。前処理指令の詳細は，「第 9 章 前処理指令（コンパイラに対する指令）」を参照してください。

(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。

1.4 コンパイラの最大性能

実際にプログラム開発をはじめる前に，次のことを参照してください。

表 1-1 C コンパイラの最大性能

項目	制限値
複文，繰り返し制御文，選択制御文のネスト	45
条件コンパイルのネスト	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ポインタ，配列，および関数宣言子（の任意の組み合わせ）の個数	12
式中のかっこのネスト	32
マクロ名で意味を持つ文字数	256
内部，外部シンボル名で意味を持つ文字数	249
1 ソース・モジュール・ファイル中のシンボル数	1024 注 1
1 ブロックでブロック・スコープを持つシンボル数	255 注 1
1 ソース・モジュール・ファイル中のマクロ数	10000 注 2
関数定義，関数呼び出しのパラメータ	39
1 つのマクロ定義，マクロ呼び出しのパラメータ	31
1 つの論理ソース行の文字数	2048
結合後の文字列リテラル内の文字数	509
1 つのオブジェクト・サイズ（データを示します）	65535 バイト
#include のネスト	8
switch 文の case レーベル数	257
1 コンパイル単位のソース行数	約 30000
テンポラリ・ファイルを作成せずにコンパイルできるソース行数	約 300
関数コールのネスト	40
1 関数内のレーベル数	33
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 バイト
1 つの構造体，または共用体のメンバ数	256
1 つの列挙の列挙定数の数	255
1 つの構造体，共用体における構造体，または共用体のネスト	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	1000
1 つの完全宣言子におけるかっこで囲まれた宣言子の入れ子のレベル	591
マクロのネスト	200

表 1-1 C コンパイラの最大性能

項目	制限値
-I インクルード・ファイル・パス指定数	64

注 1　テンポラリ・ファイルを使用せずに，メモリ・スペースのみで処理できる制限値を示します。メモリ・スペースで処理しきれない場合は，テンポラリ・ファイルを使用し，そのときの制限値はファイル・サイズにより変わります。

注 2　コンパイラの予約マクロ定義を含みます。

1.5 C コンパイラの特長

この 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 シリーズ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。

- callt 領域を利用して関数を呼び出す ：callt / __callt 関数
- 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

次にこのコンパイラの拡張機能の概要を示します。各拡張機能の詳細は「第 11 章 拡張機能」を参照してください。

(1) 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・コードを短縮できます。

(2) 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・コードを短縮できます。

(3) saddr 領域利用（ sreg / __sreg ）

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。

(4) 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・ファイル中で使用できます。

(5) 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。詳細は，「11.5　(5) noauto 関数（noauto）」を参照してください。

(6) 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ティック変数は，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，実行速度の向上，およびオブジェクト・コードの短縮ができます。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。また，この関数から関数呼び出しはできません。詳細は，「11.5　(6) norec 関数（norec）」を参照してください。

(7) bit 型変数，boolean 型変数（ bit / 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 領域へのビット・アクセスができます。

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。

(8) 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。

(9) 漢字（ /* 漢字 */ , // 漢字 ）

C ソース・ファイルのコメント文中に漢字を記述できます。漢字コードには，シフト JIS コード，EUC コードを選択できます。また，漢字コードなしも選択できます。

(10) 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。

(11) 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できます。

(12) 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。

(13) 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

(14) 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，実行スピードを向上し，オブジェクト・コードを短縮できます。

(15) **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。

(16) **ビット・フィールド宣言**

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，実行速度の向上が図れます。**

(17) **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できます。

(18) 2 **進定数（** 2 **進定数** 0bxxx **）**

C **ソース中で，**2 **進数を記述できます。**

(19) **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できます。**

(20) **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。

(21) **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，実行速度を向上できます。

(22) **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，実行速度を向上できます。

(23) 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。**

(24) **バンク関数**

バンク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。

(25) **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できます。

(26) **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。

(27) **リアルタイム** OS**（**RTOS**）用割り込みハンドラ（** #pragma rtos_interrupt … **）**

RX78K0**（リアルタイム** OS**）用の割り込みハンドラを記述できます。**#pragma **指令により，ベクタの設定（割り込み要求名とハンドラ用の関数名，およびスタック切り替え設定）ができます。**

(28) **リアルタイム** OS**（**RTOS**）用割り込みハンドラ修飾子（** __rtos_interrupt **）**

RX78K0**（リアルタイム** OS**）用の割り込みハンドラ記述とベクタ設定を別ファイルにするための修飾子です。**

(29) リアルタイム OS（RTOS）用タスク関数（ #pragma rtos_task ）

#pragma 指令により，指定された関数を RX78K0（リアルタイム OS）用のタスクと解釈します。これにより，C ソース・レベルでコード効率の良いリアルタイム OS 用タスク関数の記述が可能となります。

(30) 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。

(31) 型変更（ -ZI ）

-ZI オプションや -ZL オプションを指定することにより，int 型 /short 型を char 型とみなしたり，long 型を int 型とみなします。

(32) 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・コードを短縮できます。

(33) 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 / __rtos_interrupt / __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。

(34) 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。

(35) 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ができます。

(36) 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。

(37) 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・レベルで記述できます。

(38) 引数／返り値の 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，実行速度の向上が図れます。

(39) 配列オフセット計算簡略化方法（ -QW2 / -QW3 ）

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，実行速度の向上が図れます。

(40) **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えます。

(41) **［HL + B］ベースト・インデクスト・アドレシング活用方法（ -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が図れます。

(42) **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えます。

(43) **__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。

(44) **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，実行速度の向上が図れます。

(45) **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でき，同じアドレスに複数の変数を重ねて配置できます。

(46) **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。

(47) **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，メモリを節約できます。

(48) **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・コードを短縮できます。

第 2 章　C 言語の基本構成

この章では，C ソース・モジュール・ファイルの構成要素の説明を行います。C ソース・モジュール・ファイルは，次の字句から構成されます。

キーワード	識別子	定数
文字列リテラル	演算子	区切り子
ヘッダ名	前処理数	コメント

次に，C プログラム記述例で使用されている字句を示します。

```
#include    " expand.h "
extern      void    testb ( void ) ;          extern          /* キーワード */
extern      void    chgb ( void ) ;
extern      bit     data1 ;                   data1 , data2   /* 識別子 */
extern      bit     data2 ;

void        main ( )                          void            /* キーワード */
{
            data1 = 1 ;                       1               /* 定数 */
            data2 = 0 ;                       0               /* 定数 */

            while ( data1 ) {                 while           /* キーワード */
                    data1 = data2 ;           { }             /* 区切り子 */
                    testb ( ) ;               =               /* 演算子 */
            }
            if ( data1 && data2 ) {           if              /* キーワード */
                    chgb ( ) ;                &&              /* 演算子 */
            }                                 ( )             /* 演算子 */
}

void        lprintf ( char *s , int i )       lprintf         /* 識別子 */
{                                             char , int      /* キーワード */
            int     j ;                       s , I           /* 識別子 */
            char    *ss ;                     *               /* 演算子 */
            j = i ;
            ss = s ;
}
              :
```

2.1 文字セット

2.1.1 文字集合

C プログラムで使用する文字集合には，ソース・ファイルを記述するソース文字の集合と実行環境で解釈される実行文字の集合があります。

実行文字集合中の文字の値は JIS コードです。

ソース文字集合，および実行文字集合中では，次の文字を使用できます。

表 2-1 文字集合中で使用できる文字一覧

26 個の英大文字 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
26 個の英小文字 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
10 個の 10 進数 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
29 個の図形文字 ! " # % & ' ( ) * + , - . / : ; < = > ? [\ ] ^ _ { | } ~
およびスペース，水平タブ，垂直タブ，改ページなどを示す制御文字

備考　文字定数，文字列リテラル，およびコメント中では，この他の文字を使用できます。

2.1.2 多バイト文字

ソース文字集合は，拡張文字集合中（コメント等）で多バイト文字を使用できます。また，実行文字集合は，シフト JIS 漢字コード，または EUC 漢字コードの多バイト文字が使用できます。

2.1.3 英字拡張表記（エスケープ・シーケンス）

警報や改ページなどの非図形文字は，英字拡張表記によって表現します。英字拡張表記は，円記号 " ￥ " とアルファベット 1 文字からなります。

非図形文字を表現する英字拡張表記を次に示します。

表 2-2 英字拡張表記一覧

英字拡張表記	意味	文字コード
￥a	警報	07H
￥b	バックスペース	08H
￥f	改ページ	0CH
￥n	改行	0AH
￥r	復帰	0DH

表 2-2 英字拡張表記一覧

英字拡張表記	意味	文字コード
¥t	水平タブ	09H
¥v	垂直タブ	0BH

2.1.4 3 文字表記（トライグラフ・シーケンス）

次に示す左側の三つの文字の並び（“3 文字表記 ”という）がソース・ファイル中にある場合，その 3 つの文字の並びを右側の対応する 1 文字に置き換えます。

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）を指定することで有効になります。

表 2-3 3 文字表記一覧

3 文字表記	意味
??=	#
??(	[
??/	\
??)	]
??’	^
??<	{
??!	|
??>	}
??-	~

2.2 キーワード

2.2.1 ANSI-C キーワード

次の字句は，コンパイラによってキーワードとして使用されるので，レーベルや変数名として使用できません。

表 2-4 ANSI-C キーワード一覧

auto	break	case	char	const	continue	default
do	double	else	enum	extern	for	float
goto	if	int	long	register	return	short
signed	sizeof	static	struct	switch	typedef	union
unsigned	void	volatile	while			

2.2.2 CC78K0 用に追加されたキーワード

この 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 キーワードと同様，レーベルや変数名として使用できません（大文字が含まれる場合は，キーワードとみなされません）。

ANSI-C 言語仕様のみを許可するオプション（-ZA）指定により，“ __ ” で始まらないキーワードを無効にできます。

表 2-5 CC78K0 用に追加されたキーワード一覧

__callt / callt	： callt 関数の宣言
__callf / callf	： callf 関数の宣言
__sreg / sreg	： sreg 変数の宣言
noauto	： noauto 関数の宣言
__leaf / norec	： norec 関数の宣言
bit	： bit 型変数の宣言
__boolean / boolean	： boolean 型変数の宣言
__interrupt	： ハードウエア割り込み関数
__interrupt_brk	： ソフトウエア割り込み関数
__banked , __non_banked	： バンク・インタフェース[注 1]
__asm	： asm 文
__rtos_interrupt	： リアルタイム OS 用割り込みハンドラ
__pascal	： パスカル関数
__flash	： ファーム ROM 関数
__flashf	： __flashf 関数
__directmap	： 絶対番地配置指定
__temp	： テンポラリ変数
__mxcall	： __mxcall 関数[注 2]

注 1　関数情報ファイル用に予約しているキーワードです。C ソース中には記述しないでください。

注 2　MX **とのインタフェース用に予約しているキーワードです。ユーザは使用しないでください。**

2.3 識別子

識別子は，次のものを示します。

表 2-6 識別子一覧

関数
オブジェクト
構造体，共用体，および列挙のタグ
構造体，共用体，および列挙のメンバ
typedef 名
レーベル名
マクロ名
マクロ仮引数

識別子は，アンダスコアを含めた英大文字と英小文字，および数字で表します。識別子として使用できる文字を次に示します。

なお，識別子の最大の長さに関して制限はありません。ただし，このコンパイラで認識できるのは，最初の 249 文字です。

表 2-7 識別子使用文字一覧

_（アンダスコア）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 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 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

識別子の先頭に数字を使用できません。また，識別子はキーワードと同じ名前にしてはなりません。

2.3.1 識別子の有効範囲

識別子は，宣言された場所によりその識別子が使用できる有効範囲が決まります。

識別子の有効範囲には，次のものがあります。

- 関数有効範囲
- ファイル有効範囲
- ブロック有効範囲
- 関数プロトタイプ有効範囲

```
extern   __boolean  data1 , data2 ;          ――― data1 , data2     /* ファイル有効範囲 */
void     testb ( int x ) ;                   ――― x                 /* 関数プロトタイプ有効範囲 */
void     main ( void )
{
         int        cot ;                    ――― cot               /* ブロック有効範囲 */
         data1 = 1 ;
         data2 = 0 ;

          while ( data1 ) {
                          data1 = data2 ;
                 j1 :                        ――― j1                /* 関数有効範囲 */
                          testb ( cot ) ;
         }
}

void     testb ( int x )                     ――― x                 /* ブロック有効範囲 */
{
   :
}
```

(1) **関数有効範囲**

関数有効範囲は，関数内全体を指します。関数有効範囲を持つ識別子は，指定された関数内のどこからでも参照できます。

関数有効範囲を持つ識別子は，レーベル名だけです。

(2) **ファイル有効範囲**

ファイル有効範囲は，コンパイル単位全体を指します。

ブロック，またはパラメータ・リストの外で宣言された識別子は，ファイル有効範囲を持ちます。ファイル有効範囲を持つ識別子は，プログラム中のどこからでも参照できます。

(3) **ブロック有効範囲**

ブロック有効範囲は，対になったブロック（中かっこ “ { } ” で囲まれたところ）を閉じるまでの範囲を示します。

ブロック，またはパラメータ・リストの中で宣言された識別子は，ブロック有効範囲を持ちます。ブロック有効範囲を持つ識別子は，指定したブロック内で有効です。

(4) **関数プロトタイプ有効範囲**

宣言された関数の終わりまでの範囲を指します。

関数プロトタイプ内のパラメータ・リストの中で宣言された識別子は，関数プロトタイプ有効範囲を持ちます。関数プロトタイプ有効範囲を持つ識別子は，指定された関数内で有効です。

2.3.2 識別子の結合

異なった，または同一の有効範囲内で 2 回以上宣言された識別子が，同じオブジェクトあるいは関数として参照できるようになることを識別子の結合といいます。識別子は，結合されることにより同一のものであるとみなされます。

識別子の結合には，外部結合と内部結合，および無結合があります。

(1) 外部結合

外部結合は，プログラム全体を構成するコンパイル単位，およびライブラリの集まりで結合されるものです。

外部結合の例を次にあげます。

- 記憶クラスを指定せずに宣言された関数
- extern 宣言されたオブジェクト，あるいは関数で，参照する識別子に記憶クラスの指定がない場合
- ファイル有効範囲を持ち，記憶クラスの指定がないオブジェクト

(2) 内部結合

内部結合は，1 つのコンパイル単位内で結合されるものです。

内部結合の例を次にあげます。

- ファイル有効範囲を持ち，記憶クラス指定子 static を含むオブジェクト，または関数

(3) 無結合

無結合は，固有な実体です。

無結合の例を次にあげます。

- オブジェクト，あるいは関数以外の識別子
- 関数のパラメータを宣言する識別子
- ブロック内で記憶クラス指定子 extern を持たないオブジェクトの識別子

2.3.3 識別子の名前空間

すべての識別子は，次に示す “ 名前空間 ” に分類されます。

- レーベル名 ： レーベルの宣言により区別されます。
- 構造体，共用体，列挙のタグ名 ： キーワード struct，union，enum によって区別されます。
- 構造体，共用体のメンバ名 ： 演算子 “ . ”, “ -> ” によって式中で区別されます。
- 普通の識別子（上記以外の識別子） ： 通常の宣言子，または列挙定数として宣言されます。

2.3.4 オブジェクトの記憶域期間

各オブジェクトは，そのライフタイムを決定する “ 記憶域期間 ” を持っています。記憶域期間には，静的（static）記憶域期間と自動（automatic）記憶域期間の 2 つがあります。

(1) 静的記憶域期間

静的記憶域期間を持つオブジェクトは，実行前に領域が確保されます。確保される領域は 1 回だけ初期化されます。静的オブジェクトは，プログラムの実行中存在して，最後に格納された値を保持します。

静的記憶域期間を持つオブジェクトを次に示します。

- 外部結合を持つオブジェクト
- 内部結合を持つオブジェクト
- 記憶クラス指定子 static で宣言されたオブジェクト

(2) 自動記憶域期間

自動記憶域期間を持つオブジェクトは，宣言されるブロック内に入るときにオブジェクトの領域が確保されます。ブロックに頭から入るときに，初期化の指定があるとオブジェクトの初期化が行われます。ブロック内のレーベルにジャンプして入った場合は，初期化されません。
自動記憶域期間を持つオブジェクトの領域は，宣言されたブロックの実行が終わると，保証されません。
自動記憶域期間を持つオブジェクトを次に示します。

- 無結合のオブジェクト
- 記憶クラス指定子 static で宣言されていないオブジェクト

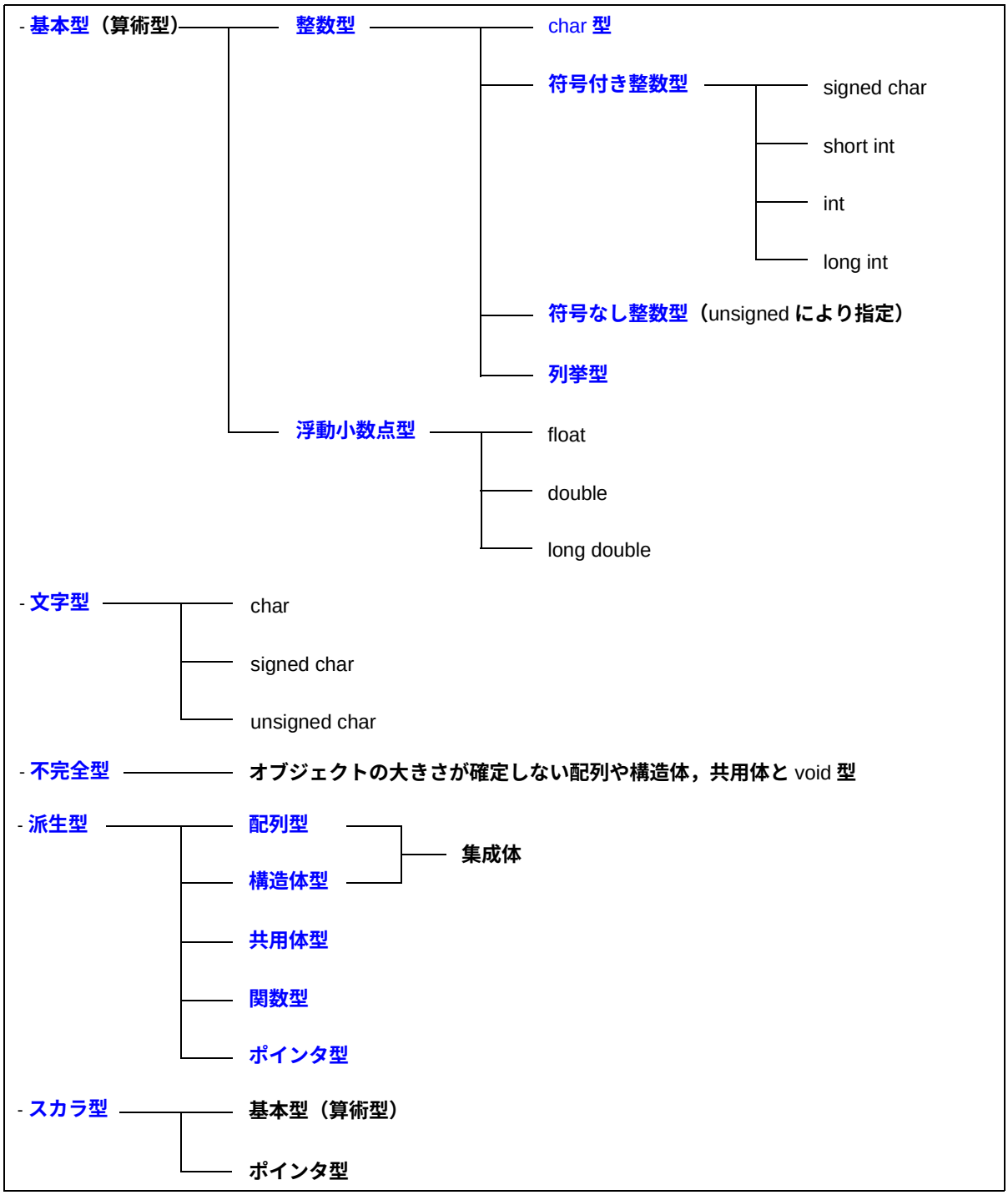
2.4 型

型は，オブジェクトに格納される値の性質を決定し，次の 3 種類に分けられます。

- オブジェクト型 ：オブジェクトを表す型
- 関数型 ：関数を表す型
- 不完全型 ：サイズに関する情報を持たないオブジェクトを表す型

型の分類を次に示します。

図 2-1 型分類



2.4.1 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。

(1) 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

(a) 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，あふれが生じるとあふれた部分は無視されます。

(b) 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。

(c) 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。

(d) 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。

(2) 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，このコンパイラでは，double，long double 型は，float と同様に ANSI / IEEE 754-1985 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 2-8 基本型一覧

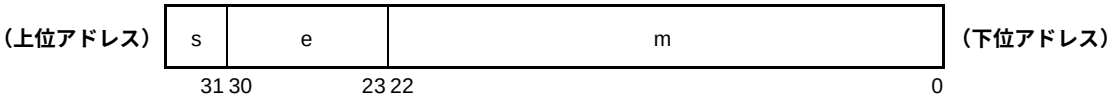
型	値の範囲
（signed）char	-128 〜 +127
unsigned char	0 〜 255
（signed）short int	-32768 〜 +32767
unsigned short int	0 〜 65535
（signed）int	-32768 〜 +32767
unsigned int	0 〜 65535
（signed）long int	-2147483648 〜 +2147483647
unsigned long int	0 〜 4294967295
float	1.17549435E - 38F 〜 3.40282347E + 38F
double	1.17549435E - 38F 〜 3.40282347E + 38F
long double	1.17549435E - 38F 〜 3.40282347E + 38F

- signed は省略できます。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。
- 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。
- 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。
- 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。
- float，double，long double の値の範囲は，絶対値の範囲です。

(a) 浮動小数点数（float 型）の仕様

- 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。



この形式の数値は，次のようになります。

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

s　：サイン部（1 ビット）

正数の場合 0，負数の場合 1 をとります。

e　：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，表 2-9 に示します。

表 2-9 指数部の関係

指数部（16 進）	指数部の値
FE ： 81 80 7F 7E ： 01	127 ： 2 1 0 -1 ： -126

m　：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。

- 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 = FFH，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 = FFH，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 2-10 演算例外一覧

例外	返値
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）

各例外発生時の警告は，matherr 関数を呼び出すことによって行います。

2.4.2 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

2.4.3 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

2.4.4 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

(1) 集成体型

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。

(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，不完全型の配列は作れません。

(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，名前によって指定できます。

(2) 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，個別に指定できます。

(3) 関数型

関数型は，指定された型の返り値を持つ関数を示します。返り値の型，パラメータの数，およびパラメータの型を指定します。返り値の型が T であれば，その関数は T を返す関数と呼ばれます。

(4) 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。

2.4.5 スカラ型

基本型（算術型）と，ポインタ型を総称してスカラ型といいます。スカラ型には，次のものがあります。

- char 型
- 符号付き整数型
- 符号なし整数型
- 列挙型
- 浮動小数点型
- ポインタ型

2.4.6 適合型

2 つの型が同じものであればそれは適合型と呼ばれます。たとえば，別々のコンパイル単位で宣言された 2 つの構造体，共用体，または列挙型は，メンバ数，メンバ名が同じで，メンバの型が一致すれば適合型です。このとき 2 つの構造体，共用体は個々のメンバが同じ順序で並び，2 つの列挙では個々のメンバは同じ値を持たなけ

ればなりません。

同じオブジェクト，または関数に関係するすべての宣言は，適合型を持たなければなりません。

2.4.7 合成型

合成型は，適合する 2 つの型から作られます。

合成型では次の事が成り立ちます。

- 片方が型の大きさが決まった配列であれば，その合成型は同じ大きさを持つ配列です。
- 片方だけがパラメータ型リスト（関数プロトタイプ）を持つ関数型であれば，その合成型はパラメータ型リストを持つ関数プロトタイプです。
- 両方の型がパラメータ型リストを持てば，合成パラメータ型リストのパラメータの型は対応するパラメータの合成型です。

＜合成型の例＞

ファイル有効範囲を持つ 2 つの宣言が次のようであると仮定します。

```
int f ( int ( * ) ( ) , double ( * ) [ 3 ] ) ;
int f ( int ( * ) ( char * ) , double ( * ) [ ] ) ;
```

このとき関数の合成型は，次のようになります。

```
int f ( int ( * ) ( char * ) , double ( * ) [ 3 ] ) ;
```

2.5 定数

定数は，あらかじめ設定しておく値です。個々の定数は，指定した形式，および値によって型が決定されます。定数には，次の 4 種類があります。

- 浮動小数点定数
- 整数定数
- 列挙定数
- 文字定数

2.5.1 浮動小数点定数

浮動小数点定数は，有効数字部，指数部，浮動小数点接尾語から構成されます。

- 有効数字部　　：整数部，小数点，小数部
- 指数部　　：e または E，符号付き指数
- 浮動小数点接尾語　：f / F（float）
  l / L（long double）
  省略時（double）

指数部の符号付き指数と浮動小数点接尾語は，省略できます。

なお，有効数字部は，整数部，または小数部のいずれかがなくてはなりません。また，小数点，または指数部のいずれかはなくてはなりません（例：1.23F，2e3）。

2.5.2 整数定数

整数定数は，数字ではじまり，小数点，および指数部を持ちません。整数定数が符号なし（unsigned）であることを示すのに符号なし接尾語を，long であることを示すのに長語接尾語を整数定数の後ろに付けることができます。

整数定数には次の 3 種類があります。

- 10 進定数　　：0 以外の数字から始まる 10 進数字
  10 進数字 = 1 2 3 4 5 6 7 8 9
- 8 進定数　　：整数接尾語 0 + 8 進数字
  8 進数字 = 0 1 2 3 4 5 6 7
- 16 進定数　　：整数接尾語 0x または 0X +16 進数字
  16 進数字 = 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 a b c d e f A B C D E F

符号なし接尾語
u U
長語接尾語
l L

(1) 10 進定数

10 進定数は 10 を基数とする整数値です。指定方法は 0 以外の数字を先頭にして，その後ろに 0-9 の数字を続けます（例：56UL）。

(2) 8 進定数

8 進定数は 8 を基数とする整数値です。指定方法は 0 を先頭にして，その後ろに 0-7 の数字を続けます（例：034U）。

(3) 16 進定数

16 進定数は 16 を基数とする整数値です。指定方法は 0x，または 0X を先頭にして，その後ろに 10 進数字，および 10 から 15 の値を表す a（または A）から f（または F）を続けます（例：0xF3）。

整数定数の型は，次に示す " 表現できる型 " の最初のものとみなされます。

このコンパイラでは，添字なしの定数の型は，コンパイル時の条件（オプション）により，char，または unsigned char に変更できます。

表 2-11 整数定数と表現できる型

整数定数	表現できる型
接尾語なし 10 進数	int，long int，unsigned long int
接尾語なし 8 進数，16 進数	int，unsiged int，long int，unsigned long int
u または U の接尾語付き	unsiged int，unsigned long int
l または L の接尾語付き	long int，unsigned long int
u または U の接尾語，および l または L の接尾語付き	unsigned long int

2.5.3 列挙定数

列挙定数は，列挙型変数の要素，つまり列挙型変数の値を示すために使用します。列挙型変数は，識別子で示される特定の値のみを持てます。

列挙型（enum）は次の型の中ですべての列挙定数を表現できる最初のものとなります。列挙定数は，識別子で示します。

- signed char
- unsigned char
- signed int

記述方法は，" enum 列挙型 {列挙型定数の並び} " となります。

＜例＞

```
enum months { January = 1 , February , March , April , May } ;
```

= と整数の指定がある場合は，列挙型変数はその整数値を持ち，その後ろに続く列挙型変数の値は，その値 +1 の値を持ちます。この例では，それぞれ順に 1 , 2 , 3 , 4 , 5 の値を持ちます。" = 1 " がない場合は，0 , 1 , 2 , 3 , 4 の値を持ちます。

2.5.4 文字定数

文字定数は ' x '，または ' ab ' のようにシングル・クォートで囲まれる 1 文字以上の文字列です。

文字定数には，シングル・クォート（ ' ），バック・スラッシュ（￥あるいは \ ），および改行文字（ \n ）は含まれません。それらの文字を表す場合は，拡張表記（エスケープ・シーケンス）を使用します。拡張表記は次の 3 種類があります。

- 単純拡張表記　：\' \" \? \\ \a \b \f \n \r \t \v
- 8 進拡張表記　：\8 進数字 [8 進数字 8 進数字]
  （例：\012 , \0 注 1）
- 16 進拡張表記　：\x 16 進数字
  （例：\xFF 注 2）

注 1　ヌル文字を表します。

注 2　このコンパイラでは，-1 の値を表します。ただし，char を unsigned char とみなす条件（オプション）を付けた場合は，+255 の値を表します。

2.6　文字列リテラル

文字列リテラルは，“ xxx ” のようにダブル・クォートで囲まれる 0 個以上の文字の並びです（例：“ xyz ” ）。

シングル・クォート（ ' ）は，それ自身，または拡張表記（ \' ）で表現します。また，ダブル・クォート（ " ）は，拡張表記（ \" ）で表現します。

配列要素は，char 型を持ち，与えられた文字で初期化されます（例：char array [ ] = “ abc ” ; ）。

2.7 演算子

演算子を次に示します。

表 2-12 演算子一覧

[ ] ( ) . ->
++ -- & * + - ~ ! sizeof
/ % << >> < > <= >= == !=
^ | && ||
? :
= *= /= %= += -= <<= >>=
&= ^= |=
, # ##

“ [ ] ”, “ ( ) ”，および “ ? : ” 演算子は必ずペアで使用します。また，この間には式を書くこともできます。

“ # ”，および “ ## ” は前処理指令のマクロ定義にのみ使用できます（記述方法については，「第 5 章 演算子と式」を参照してください）。

2.8 区切り子

区切り子は独立した文法，または意味を持つ記号ですが，値の生成は行いません。

区切り子を次に示します。

```
[] () {} * , : = ; ... #
```

区切り子“[]”,“()”,“{}”は，間に式，宣言，または文を書けます。ただし，これらは必ずペアで使用します。

区切り子“#”は前処理指令だけに使用します。

2.9 ヘッダ名

ヘッダ名は，“ #include ” 前処理指令でのみ使用されます。ヘッダ名の #include 指令により，外部ソース・ファイルとの対応付けが行われます。

ヘッダ名の #include 指令の例を示します（#include 各指令の詳細については，「9.2 ソース・ファイルの取り込み」を参照してください）。

#include	< ヘッダ名 >
#include	“ ヘッダ名 “

2.10 コメント

コメントは，C ソース・モジュールに入れる注釈文のことです。コメント文は，先頭を “ /* ” で示し最後を “*/” で閉じます。

なお，この C コンパイラはマルチバイト文字を識別でき，漢字を使用できます。オプション，または環境変数により，漢字コードを指定できます。また，-ZP オプションにより，“ // ” 以降改行までをコメント文として認識できます。

＜例＞

```
/* コメント文 */
// コメント文
```

第 3 章　型，記憶域クラスの宣言

この章では，C 言語で使用されるデータや関数の型と宣言，またその有効範囲について説明します。宣言とは，識別子，または識別子の集まりに，解釈および属性を指定することです。識別子によって名付けられたオブジェクトや関数に対して，記憶域も確保する宣言は“定義”といいます。

宣言の例を次に示します。

表 3-1 型，記憶域クラスの宣言の例

```
#define  TRUE              1
#define  FALSE             0
#define  SIZE              200
void     main ( void )
{
         auto     int      i , prime , k ;          /* オートマティック変数の宣言 */
         for ( i = 0 ; i <= SIZE ; i++ )
                  mark [ i ] = TRUE ;
                    :
}
```

宣言は，記憶域クラス指定子，型指定子，初期化宣言子などで構成されます。記憶域クラス指定子，型指定子は，結合，記憶の持続期間，および宣言子が示す実体の型を指定します。初期化宣言子はコンマで区切られる宣言子で，各々の宣言子は付加的な型情報，初期化子，またはその両方を持てます。

あるオブジェクトを表す識別子が無結合で宣言されている場合，そのオブジェクトの型はその宣言子の終わりまでに，または初期化子を持っていればその初期化宣言子の終わりまでに完全（サイズに関する情報を持つオブジェクト）になっていなければなりません。

3.1 記憶域クラス指定子

記憶域クラス指定子は，オブジェクトの記憶域クラスを指定するものです。記憶域クラスは，オブジェクトが持つ値の格納場所や，オブジェクトのスコープ（有効範囲）を示します。1 つの宣言中で，記憶域クラス指定子は 1 つまでしか記述できません。記憶域クラス指定子には，次の 5 つがあります。

- typedef
- extern
- static
- auto
- register

(1) typedef

typedef 指定子は，指定した型に対する同義語を宣言します。

typedef 指定子の詳細は，「3.6 typedef」を参照してください。

(2) extern

extern 指定子は，外部変数であることを示します。

(3) static

static 指定子は，オブジェクトが静的持続期間を持つことを示します。

静的持続期間を持つオブジェクトは，プログラムの実行前に領域を確保され，格納される値は 1 回だけ初期化されます。オブジェクトは，プログラムの実行中存在して，最後に格納された値を保持します。

(4) auto

auto 指定子は，オブジェクトが動的持続期間を持つことを示します。

動的持続期間を持つオブジェクトは，実行時に領域が確保されます。ブロックに頭から入るときに，初期化の指定があるとオブジェクトの初期化が行われます。ブロック内のレーベルにジャンプして入った場合は，初期化されません。

動的持続期間を持つオブジェクトの領域は，宣言されたブロックの実行が終わると保証はされません。

(5) register

register 指定子は，オブジェクトが CPU のレジスタに割り当てられることを示します。この C コンパイラでは，レジスタ，saddr 領域に割り当てられます。レジスタ変数の詳細については，「第 11 章 拡張機能」を参照してください。

3.2 型指定子

型指定子は，オブジェクトの型を指定します。型指定子には，次のものがあります。

- void
- char
- short
- int
- long
- float
- double
- long double
- signed
- unsigned
- **構造体指定子と共用体指定子**
- **列挙型指定子**
- typedef 名

また，この C コンパイラでは，次の型指定子が追加されています。

- bit / boolean / __boolean

各型指定子の意味と，このコンパイラで表現できる値の限界値（( ) 内の数値）について次に示します。このコンパイラは，浮動小数点演算について IEEE Std 754-1985 の単精度のみをサポートするため，double，long double は，float と同じフォーマットを持つものとします。

- void	：空の値の集合
- char	：基本文字セットを格納できる大きさ
- signed char	：符号付き整数（-128 ～ +127）
- unsigned char	：符号なし整数（0-255）
- short / signed short / short int /signed short int	：符号付き整数（-32768 ～ +32767）
- unsigned short / unsigned short int	：符号なし整数（0-65535）
- int / signed / signed int	：符号付き整数（-32768 ～ +32767）
- unsigned / unsigned int	：符号なし整数（0-65535）
- long / signed long / long int /signed long int	：符号付き整数（-2147483648 ～ +2147483647）
- unsigned long / unsigned long int	：符号なし整数（0-4294967295）
- float	：単精度の浮動小数点数（1.17549435E-38F ～ 3.40282347E + 38F）注
- double	：倍精度の浮動小数点数（1.17549435E-38F ～ 3.40282347E + 38F）注
- long double	：拡張精度の浮動小数点数（1.17549435E-38F ～ 3.40282347E + 38F）注
- 構造体／共用体指定子	：メンバ・オブジェクトの集合
- 列挙指定子	：int 型定数の集合
- typedef	：名指定した型の同義語
- bit / boolean / __boolean	：1 ビットで表現できる整数（0-1）

スラッシュで区切られた型指定子は，同じ大きさです。

注　絶対値の範囲です。

3.2.1　構造体指定子と共用体指定子

構造体指定子と共用体指定子は，名前付きメンバ（オブジェクト）の集まりを示します。個々のメンバは，それぞれ異なった型を持てます。

(1) 構造体指定子

構造体指定子は，複数の異なった型の集まりを 1 つのオブジェクトとして宣言します。個々の型のオブジェクトはメンバと呼ばれ，それぞれに名前を付けられます。また，宣言された順に，メンバ用の連続した領域が確保されます。

ただし，78K0 シリーズは奇数番地からワード・データのリード／ライトができない制約があるため，デフォルトではコード・サイズを優先して，2 バイト以上のメンバが偶数番地に配置されるようアライン・データを挿入します。したがって，メンバ間に関しては，アライン・データによる隙間が生じる場合があります。

-RC オプションを指定することによって，アライン・データの挿入を抑制し，構造体をパッキングできま

す。この場合，データ・サイズは小さくなりますが，奇数番地に配置された 2 バイト以上のメンバのリード／ライトが 1 バイト単位のリード／ライトのコードに展開されるため，コード・サイズが増加します。

構造体は，次のように宣言します。この宣言は，後ろに構造体変数の並びがないため，まだメモリ割り当てを行いません。構造体変数の定義については，「第 7 章 構造体と共用体」を参照してください。

```
struct    識別子 { メンバ宣言並び } ;
```

＜構造体宣言の例＞

```
struct    tnode  {
          int        count ;
          struct     tnode     *left ,  *right ;
} ;
```

(2) 共用体指定子

共用体指定子は，複数の異なった型の集まりを 1 つのオブジェクトとして宣言します。

個々の型のオブジェクトはメンバと呼ばれ，それぞれに名前を付けられます。

共用体のメンバ用に確保された領域は，すべて重なり合った領域です。

共用体は，次のように宣言します。この宣言は，後ろに共用体変数の並びがないため，まだメモリ割り当てを行いません。共用体変数の定義については，「第 7 章 構造体と共用体」を参照してください。

```
union     識別子 {  メンバ宣言並び  } ;
```

＜共用体宣言の例＞

```
union     u_tag  {
          int        var1 ;
          long       var2 ;
} ;
```

メンバの型は，不完全型，または関数型以外であればどのような型でもかまいません。また，メンバはビット数の指定付きで宣言できます。ビット数が指定されたメンバをビット・フィールドと呼びます。

また，このコンパイラでは，ビット・フィールド宣言に関する拡張機能を加えています。詳細は，「11.5 (16) ビット・フィールド宣言」を参照してください。

(3) ビット・フィールド

ビット・フィールドは，指定したビット数からなる整数型の領域です。ビット・フィールドには，int 型，unsigned int 型，および signed int 型を指定できます[注 1]。

修飾子のない int ビット・フィールド，および signed int ビット・フィールドの最上位ビットは，符号ビットとして判断されます[注 2]。

ビット・フィールドが複数ある場合，同じメモリ単位中に十分な空きが残っていれば続くビット・フィールドは，隣接するビットに詰めて入れられます。幅が 0 で無名のビット・フィールドを置いた場合は，同じメモリ単位中に次のビット・フィールドは詰め込まれません。無名のビット・フィールドは宣言子を持たず，コロン，および幅のみで宣言します。

ビット・フィールド・オブジェクトに単項＆演算子（アドレス）は適用できません。

注 1　このコンパイラの場合は，char 型，unsigned char 型，signed char 型も指定できます。ただし，このコンパイラは，signed 型ビット・フィールドをサポートしていないので，すべて unsigned 型とみなします。

注 2　このコンパイラでは，コンパイラ・オプション -RB により，ビット・フィールドの割り付け方向を変更できます（詳細は，「第 11 章 拡張機能」を参照してください）。

＜ビット・フィールドの例＞

```
struct    data {
          unsigned   int     a : 2 ;
          unsigned   int     b : 3 ;
          unsigned   int     c : 1 ;
} no1 ;
```

3.2.2　列挙型指定子

列挙型指定子は，順番付けされるオブジェクトを示します。列挙型指定子によって宣言されるオブジェクトは int 型を持つ定数として宣言されます。

列挙型指定子は，次のように宣言します。

```
enum    識別子 { 列挙子並び }
```

オブジェクトは，列挙子並びによって宣言します。オブジェクトは，宣言された順に先頭を 0 で，それに続くオブジェクトを順に 1 ずつ加えた値に定義します。また，“ = ” によって定数値を指定できます。

次の例では “ hue ” を列挙の識別子（タグ）にし，“ col ” この型を持つオブジェクト，“ cp ” をこの型を持つオブジェクトへのポインタとしています。この宣言で列挙された値は，“ { 0 , 1 , 20 , 21 } ” になります。

```
enum    hue  {
        chartreuse ,
        burgundy ,
        claret = 20 ,
        winedark
} ;

enum    hue       col , *cp ;
void    main ( void )  {
        col = claret ;
        cp = &col ;
        /* … */  ( *cp != burgundy ) /* … */
            :
}
```

3.2.3 タグ

タグは，構造体／共用体，および列挙型に付ける名前です。タグは宣言された型を持ち，タグにより同じ型のオブジェクトを宣言できます。

次の宣言の識別子がタグ名です。

```
構造体／共用体　識別子 { メンバ宣言並び }
または
enum　　識別子 { 列挙子並び }
```

タグは，メンバ宣言並びによって定義される構造体／共用体，および列挙の内容を持ちます。一度タグを指定し，構造体／共用体，および列挙を指定すると中かっこ “ { } ” で囲まれた並びを省略できます。次からの宣言は，タグが持つ内容と同じ構造を持ちます。同じ有効範囲中のそれ以後の宣言は中かっこで囲まれる並びを省略しなければなりません

次の型指定子は，内容が未定義なので構造体，または共用体は不完全型です。

```
構造体／共用体　識別子
```

この場合のタグは，オブジェクトの大きさが必要ないときにのみ使えます。これは，同じ有効範囲の中で，タグの内容を定義することにより型が完全になります。

次の例でタグ “ tnode ” は，整数，および 2 つの同じ型のオブジェクトへのポインタを含む構造体を指定しています。

```
struct    tnode  {
          int        count ;
          struct     tnode     *left , *right ;
} ;
```

次の例は “ s ” をタグで示される型のオブジェクトとして宣言し，“ sp ” をタグで示される型のオブジェクトへのポインタとして宣言します。この宣言により，式“ sp -> left ”は“ sp ”が指すオブジェクトの左の“ struct tnode ” へのポインタを指すことを示します。

また，式 “ s.right -> count ” は，“ s ” の右の “ struct tnode ” のメンバである “ count ” を指すことを示します。

```
typedef  struct     tnode     TNODE ;
struct    tnode  {
          int        count ;
          struct     tnode     *left , *right ;
} ;

TNODE  s , *sp ;
void      main ( void )  {
          sp -> left = sp -> right ;
          s.right -> count = 2 ;
}
```

3.3 型修飾子

型修飾子には，“ const ” と “ volatile ” の 2 つがあります。これらは，左辺値に対してのみ影響します。

const 修飾型で定義されたオブジェクトを，非 const 修飾型を持つ左辺値を使って変更できません。また，volatile 修飾型で定義されたオブジェクトを，非 volatile 修飾型を持つ左辺値を使って参照できません。

volatile 修飾型を持つオブジェクトは，コンパイラからは認識されない方法で変更でき，また他の認識されない副作用を持てます。したがって，このオブジェクトを参照する式は C 言語で書かれたプログラムがどのように実行されるかを，順序規則に従って厳密に評価しなければなりません。さらに，そのオブジェクトに最後に格納された値は，未知の要因による変更点を除き，すべての副作用完了点で，プログラムによって定められたものと一致する必要があります。

配列型の指定に型修飾子がある場合，型修飾子は配列ではなく配列の要素を修飾します。関数型の指定に型修飾子を含めることはできませんが，「2.2 キーワード」で示したこのコンパイラ独自の型修飾子，callt , __callt , callf , __callf , noauto , norec , __leaf , __interrupt , __interrupt_brk , __rtos_interrupt , __pascal を型修飾子として含めることはできます。

なお，sreg , __sreg , __directmap , __temp も型修飾子です。

次の例で “ real_time_clock ” は，ハードウエアによって変更できますが，代入や，インクリメント，デクリメントなどの操作はできません。

```
extern   const   volatile   int      real_time_clock ;
```

型修飾子が集成体型を修飾する場合を次に示します。

```
const    struct   s  { int mem ; } cs = { 1 } ;
struct   s        ncs ;                    /* オブジェクト ncs は変更可能である */
typedef  int      A [ 2 ] [ 3 ] ;
const    A a = { { 4 , 5 , 6 } , { 7 , 8 , 9 } } ;   /* const int の配列の配列 */
int      *pi ;
const    int      *pci ;

ncs = cs ;                                /* 正しい */
cs = ncs ;                                /* 代入演算子の変更可能な左辺値の制約に違反している */
pi = &ncs.mem ;                           /* 正しい */
pi = &cs.mem ;                            /* 代入演算子の型の制約に違反している */
pci = &cs.mem ;                           /* 正しい */
pi = a [ 0 ] ;                            /* 正しくない：a [ 0 ] は “ const int * ” 型を持つ */
```

3.4 宣言子

宣言子は，1 つの識別子を宣言します。ここでは，特にポインタ宣言子，配列宣言子，および関数宣言子を説明します。宣言子により，識別子の有効範囲，記憶域期間，および型を持つ関数，またはオブジェクトが決まります。

次に各宣言子の記述方法を示します。

3.4.1 ポインタ宣言子

ポインタ宣言子は，宣言する識別子がポインタであることを示します。ポインタは，値が格納されているところをポイントする（指す）ものです。

ポインタ宣言は，次のように行います。

```
*  型修飾子並び   識別子
```

この宣言により識別子は，型修飾子で修飾されたポインタになります。

次の 2 つの宣言は，“ 定数値への可変ポインタ ”，および “ 変数値への不変ポインタ ” を示しています。

```
const    int      *ptr_to_constant ;
int      *const   constant_ptr ;
```

1 行目の宣言は，ptr_to_constant が指す const int の内容は変更されてはならないが，ptr_to_constant 自身は他の const int を指すように変更されてもよいことを表しています。同様に 2 行目の宣言では，constant_ptr が指す int の内容は変更されてもよいが，constant_ptr 自身は常に同じ位置を指すことを表しています。

不変ポインタ constant_ptr の宣言は，“ int 型へのポインタ ” 型に対する定義を含むことによって明確にできます。

次の例は，constant_ptr を “ int への const 修飾ポインタ ” 型を持つオブジェクトとして宣言しています。

```
typedef  int      *int_ptr ;
const    int_ptr  constant_ptr ;
```

3.4.2 配列宣言子

配列宣言子は，宣言する識別子が配列型を持つオブジェクトであることを宣言します。

配列宣言は，次のように行います。

```
型       識別子   [ 定数式 ]
```

この宣言により識別子は，宣言された型の大きさを持つ配列になります。定数式の値が配列の要素数になります。定数式は，0 より大きい値を持つ整数定数式です。配列の宣言において定数式の指定がないと，配列は不完全型になります。

次の例は，11 の要素数からなる char 型の配列 “ a [ ] ” と，17 の要素数からなる char 型のポインタの配列 “ ap

[ ] ”を宣言しています。

```
char      a [ 11 ] , *ap [ 17 ] ;
```

次の例で，最初の宣言の x は，int 型へのポインタであることを宣言しています。2 番目の宣言では，y が他のところで宣言される大きさの指定のない int 型の配列であることを宣言しています。

```
extern    int       *x ;
extern    int       y [ ] ;
```

3.4.3 関数宣言子（プロトタイプ宣言を含む）

関数宣言子は，関数の返り値，および引数の型を宣言します。

関数宣言は，次のように行います。

```
型        識別子 ( 仮引数型並び，または識別子並び )
```

この宣言により，仮引数型並びで指定した型の仮引数を持ち，識別子の前に宣言された型の値を返す関数になります。関数の仮引数は，仮引数識別子並びによって指定します。これらの並びにより，引数を示す識別子とその型が決まります。ヘッダ・ファイル “ stdarg.h ” で定義されているマクロは，省略記法（ , …）で書かれた並びを仮引数に変換します。また，仮引数がない関数は，仮引数型並びを “ void ” にします。

3.5 型名

型名は，関数，またはオブジェクトの大きさを示す型の名前です。文法的にみた型名は，関数，またはオブジェクトに対する宣言から識別子を除いたものです。

次に型名の例をあげます。

- int ：int 型を指定します。
- int * ：int 型へのポインタを指定します。
- int * [3] ：int 型へのポインタを要素とする配列（要素数 3）を指定します。
- int (*) [3] ：int 型を要素とする配列（要素数 3）へのポインタを指定します。
- int * ( ) ：仮引数指定を持たない int 型へのポインタを返り値とする関数を指定します。
- int (*) (void) ：仮引数を持たず，int 型を返り値とする関数へのポインタを指定します。
- int (*const [ ]) (unsigned int , …) ：unsigned int 型の仮引数，およびその他の不定個の仮引数を持ち，int 型を返り値とする個々の関数への不変ポインタを要素とする配列（要素数不定）を指定します。

3.6 typedef

typedef は，識別子が指定した型と同義語であることを定義します。定義された識別子が typedef 名となります。

typedef 名の定義は，次のように行います。

```
typedef  型        識別子 ;
```

次の例で distance は int 型であり，metricp はパラメータ指定を持たず int 型を返す関数へのポインタです。また，z の型は指定された構造体であり，zp はこの構造体へのポインタです。

```
typedef  int        MILES , KLICKSP ( ) ;
typedef  struct     { long re , im ; }    complex ;
 /* … */
MILES    distance ;
extern   KLICKSP            *metricp ;
complex z , *zp ;
```

次に示す例は，typedef 名 t を signed int 型で，typedef 名 plain を int 型でそれぞれ宣言し，3 つのビット・フィールド・メンバを持つ構造体を宣言しています。ビット・フィールド・メンバは，次のとおりです。

- 名前が t で，0-15 の範囲の値をとるもの
- 名前がなく const 修飾された，（アクセスされたならば）-16 ～ +15 の範囲の値をとるもの
- 名前が r で，-16 ～ +15 の範囲の値をとるもの

```
typedef  signed   int        t ;
typedef  int        plain ;
struct   tag  {
         unsigned            t : 4 ;
         const               t : 5 ;
         plain               r : 5 ;
} ;
```

この例で，1 番目のビット・フィールド宣言は unsigned を型指定子とする（このため t を構造体メンバの名前となる）のに対し，2 番目のビット・フィールド宣言は const を型修飾子とする（typedef 名として参照できる t を修飾する）という点で異なっています。この宣言のあとで，内側の有効範囲中で，次の記述があれば，関数 f は “ 仮引数を 1 つ持ち，signed int を返す関数 ” として宣言され，その仮引数は，“ 仮引数を 1 つ持ち，signed int を返す関数へのポインタ型 ” として宣言されています。また，識別子 t は long 型として宣言されます。

```
t        f ( t ( t ) ) ;
long     t ;
```

typedef 名は，プログラムを読みやすくするために使用できます。次に示す signal 関数の 3 つの宣言はすべて，

1 番目に定義された typedef 名を使用しないものと同じ型を指定します。

```
typedef  void      fv ( int ) ;
typedef  void      ( *pfv ) ( int ) ;

void     ( *signal ( int , void ( * ) ( int ) ) ) ( int ) ;
fv       *signal ( int , fv * ) ;
pfv      signal ( int , pfv ) ;
```

3.7 初期化

初期化は，オブジェクトに前もって値を設定することです。オブジェクトの初期化は，初期化子によって行います。

初期化は，次のように行います。

```
オブジェクト = { 初期化子並び } ;
```

初期化子並びには，初期化するオブジェクトの数だけ初期化子を指定します。

静的記憶域期間を持つオブジェクトと集成体／共用体型を持つオブジェクトに対する初期化子，または初期化子並び中のすべての式は定数式によって指定します。

識別子の宣言がブロック有効範囲を持ち，外部結合，または内部結合を持つ場合，初期化できません。

3.7.1 静的記憶域期間を持つオブジェクトの初期化

静的記憶域期間を持つ算術型のオブジェクトの初期化を行わなかった場合は，暗黙的に 0 に初期化されます。同様に，静的記憶域期間を持つポインタ型のオブジェクトは，空ポインタ定数に初期化されます。

＜例＞

```
unsigned    int     gval1 ;                 /* 0 で初期化される */
static      int     gval2 ;                 /* 0 で初期化される */
void        func ( void ) {
            static  char    aval ;          /* 0 で初期化される */
}
```

3.7.2 自動記憶域期間を持つオブジェクトの初期化

自動記憶域期間を持つオブジェクトの初期化を行わなかった場合は，その値は不定となり保証されません。

＜例＞

```
void    func ( void ) {
        char        aval ;      /* この時点では不定 */
          :
        aval = 1 ;              /* 1 に初期化 */
}
```

3.7.3 文字配列の初期化

文字配列は，文字列リテラル（“ ”で囲まれた文字列）によって初期化できます。同様に，文字列リテラルの連続した文字は配列の要素を初期化します。

次の例では，“ 型修飾子なし ” の配列オブジェクト s，t が定義され，各配列の要素は文字列リテラルで初期化されます。

```
char s [ ] = " abc " , t [ 3 ] = " abc " ;
```

次の例は，前に示した初期化と同じです。

```
char    s [ ] = { 'a ' , ' b ' , ' c ' , ' \0 ' } ,
        t [ ] = { ' a ' , ' b ' , ' c ' } ;
```

次の例は，p を “ char へのポインタ ” 型として定義し，要素（メンバ）が文字列リテラルで初期化され，長さが 4 の “ char 配列 ” 型オブジェクトを指すように初期化しています。

```
char    *p = " abc " ;
```

3.7.4 集成体，共用体オブジェクトの初期化

- 集成体

  集成体型のオブジェクトの初期化は，添字の昇順，またはメンバの順に書かれた初期化子の並びで行います。指定する初期化子の並びは中かっこで囲みます。

  その並び中の初期化子が集成体のメンバ数より少ない場合，残りのメンバは静的記憶域期間を持つオブジェクトと同じように暗黙的に初期化されます。

  大きさのわからない配列は，初期化子の数によって配列の要素数が決まり，不完全型でなくなります。

- 共用体

  共用体型オブジェクトの初期化は，共用体の最初のメンバに対する中かっこで囲んだ初期化子です。

次の例では,大きさがわからない配列xが初期化によって3つのメンバを持つint型の1次元配列となります。

```
int     x [ ] = {1 , 3 , 5} ;
```

次の例は，中かっこで囲まれた初期化子を持つ完全な定義です。“ { 1 , 3 , 5 } ” は，配列オブジェクト “ y [0] ” の第 1 行目 “ y [0] [0] ”, “ y [0] [1] ”, “ y [0] [2] ” を初期化します。同様に，次の 2 行は “ y [1] ”, “ y [2] ” を初期化します。“ y [3] ” の初期値は，指定されていないので 0 となります。配列の初期化は，次のように指定できます。

```
char    y [ 4 ] [ 3 ] = {
        { 1 , 3 , 5 } ,
        { 2 , 4 , 6 } ,
        { 3 , 5 , 7 } ,
} ;
```

次の例は，前にあげた例と同じ結果になります。

```
char    z [ 4 ] [ 3 ] = {
        1 , 3 , 5 , 2 , 4 , 6 , 3 , 5 , 7
} ;
```

次の例は，z の第 1 列が指定した値に初期化され，残りの要素は 0 になります。

```
char    z[4][3]={
        {1},{2},{3},{4}
};
```

次の例は，3 次元配列を初期化しています。

q[0][0][0] は 1 に，q[1][0][0] は 2 に，q[1][0][1] は 3 に初期化され，さらに，4，5，および 6 はそれぞれ q[2][0][0]，q[2][0][1]，および q[2][1][0] を初期化します。そして残りはすべて 0 になります。

```
short   q[4][3][2]={
        {1},
        {2,3},
        {4,5,6}
};
```

次の例は，前にあげた 3 次元配列の初期化と同じ値に初期化されます。

```
short q [4][3][2]={
        1,0,0,0,0,0,
        2,3,0,0,0,0,
        4,5,6
};
```

次の例は，前にあげた初期化を中かっこを使って完全にしたものです。

```
short   q[4][3][2]={
        {
                {1},
        },
        {
                {2,3},
        },
        {
                {4,5,6},
        }
};
```

第 4 章　型の変換

式中で，2 つの演算数（オペランド）の型が違う場合，自動的に型変換が行われます。これは，キャスト演算子によって得られる変換と同じようなものです。この自動的な型変換は，暗黙の型変換といわれます。この章では，この暗黙の型変換について説明します。

型変換には，正常に変換されるものと，切り捨て，または四捨五入されるもの，また符号が変わるものがあります。型変換の一覧表を表 4-1 に示します。

表 4-1 型変換一覧

変換前		変換後										
		(signed) char	unsigned char	(signed) short int	unsigned short int	(signed) int	unsigned int	(signed) long int	unsigned long int	float	double	long double
(signed) char	+	＼	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	-	＼	N	○	N	○	N	○	N	○	○	○
unsigned char		△	＼	○	○	○	○	○	○	○	○	○
(signed) short int	+			＼	○	＼	○	○	○	○	○	○
	-			＼	N	＼	N	○	N	○	○	○
unsigned short int				△	＼	△	＼	○	○	○	○	○
(signed) int	+			＼	○	＼	○	○	○	○	○	○
	-			＼	N	＼	N	○	N	○	○	○
unsigned int				△	＼	△	＼	○	○	○	○	○
(signed) long int	+							＼	○	○	○	○
	-							＼	N	○	○	○
unsigned long int								△	＼	○	○	○
float										＼	○	○
double											＼	＼
long double											＼	＼

備考 1　signed は省略できます。ただし，char 型の場合にかぎり，コンパイル時の条件（オプション）によって signed char，または unsigned char とみなされます。

備考 2　○　：正しく変換されます。

＼　：型変換は，行われません。

N　：正しい値になりません（符号なし整数とみなされます）。

△　：ビット・イメージ的には変わりませんが，正の数で表現しきれない場合は，正しい値になり

ません（符号付き整数とみなされます）。

空欄 ： 変換時にあふれた部分は，切り捨てられます。符号も変換後の型によって変わる場合もあります。

4.1 算術オペランド

(1) 文字型と整数型（汎整数拡張）

char，short int，int のビット・フィールドと，これらの符号付き，または符号なしのもの，または列挙型を持つオブジェクトは，いずれの場合も，int 型で表現できる範囲内にあれば int 型に変換されます。int 型で表現できない場合は，unsigned int 型に変換されます。これらを “ 汎整数拡張 ” と呼びます。その他のすべての算術型は，汎整数拡張によって変わることはありません。汎整数拡張は，符号も含めて値を保持します。

このコンパイラでは，修飾子なしの char を符号付きとして扱います。なお，オプションにより，unsigned char として扱うこともできます。

(2) 符号付き整数型と符号なし整数型

整数型を持つ値が他の整数型に変換される場合，値が変換後の整数型で表現できればその値は変わりません。

符号付き整数がそれと等しいか，より大きいサイズを持つ符号なし整数に変換される場合，符号付き整数の値は負でなければ変わりません。符号付き整数の値が負で，符号なし整数が符号付き整数より大きいサイズを持つ場合は，まず，符号付き整数が符号なし整数と同じ大きさの符号付き整数に拡張され，次に，符号なし整数型で表現できる最大数に 1 を加えた値を足して変換前の符号付き整数の値が符号なしの値に変換されます。

整数型を持つ値がより小さいサイズを持つ符号なし整数に変換される場合，その結果は変換後の符号なし整数型で表現できる最大の符号なし数に 1 を加えた値で割った非負の余りとなります。整数型を持つ値がより小さいサイズを持つ符号付き整数に変換される場合，または符号なし整数が同じ大きさの符号付き整数に変換される場合，変換後の値を表現できなければ，あふれた部分は無視されます。変換パターンは，表 4-1 を参照してください。

符号付き整数から符号なし整数への変換には，次の場合があります。

表 4-2 符号付き整数から符号なし整数への変換

		unsigned	
		値の範囲小	値の範囲大
signed	+	／	○
	-	／	+

備考　○　：正しく変換されます。

+　：正の整数に変換されます。

／　：変換される型の最大値に 1 を加えた値で割った余り（剰余）となります。

(3) 通常の算術型変換

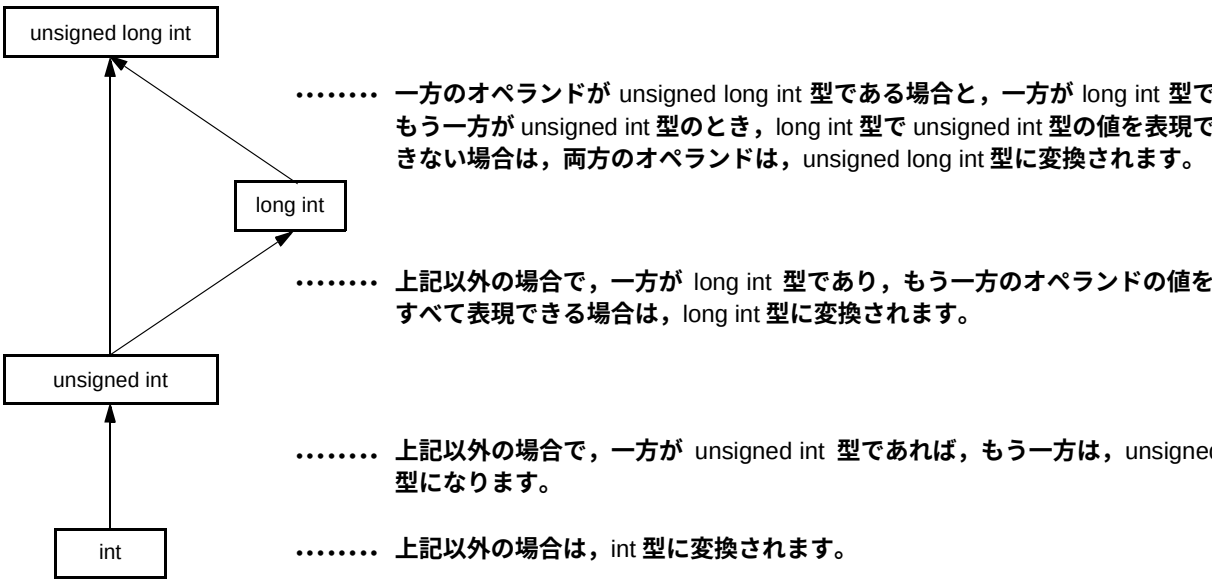
算術型の演算結果の型は，広い値の範囲を持つ方の型になります。演算結果の型変換は次のとおり行われます。

- 一方のオペランドが long double 型を持てば，もう一方のオペランドは long double 型に変換される。

- 一方のオペランドが double 型を持てば，もう一方のオペランドは double 型に変換される。
- 一方のオペランドが float 型を持てば，もう一方のオペランドは float 型に変換される。

上記以外は,次の規則に従って汎整数拡張を両方のオペランドに対して行います。図 4-1 に規則を示します。

図 4-1 通常の算術型変換



このコンパイラでは，コンパイル条件（最適化オプション）により，意図的に int 型に変換させないようにできます（詳細は，「CC78K0 C コンパイラ 操作編」のユーザーズ・マニュアルを参照してください）。

4.2 他のオペランド

(1) 左辺値と関数指示子

“ 左辺値 ” とは，オブジェクトを指定する（オブジェクト型，または void を除く不完全型を持つ）式です。配列型，不完全型，または const 修飾型を持たない左辺値，および const 修飾型のメンバを持たない構造体，または共用体は “ 変換可能な左辺値 ” です。

sizeof 演算子，単項＆演算子，++ 演算子，-- 演算子のオペランド，または演算子もしくは代入演算子の左オペランドである場合を除いて，配列型を持たない左辺値は指定されるオブジェクトに格納されている値に変換されます。変換されることにより左辺値ではなくなります。

不完全型を持ち，配列型を持たない左辺値は保証されません。

文字配列を除き，“ …の配列 ” 型を持つ左辺値は配列オブジェクトの先頭のメンバを指す “ …へのポインタ ” 型を持つ式に変換されます。これは左辺値ではありません。

“ 関数指示子 ” は，関数型を持つ式です。sizeof 演算子，または単項＆演算子のオペランドを除いて，“ …返す関数 ” 型を持つ関数指示子は “ …を返す関数へのポインタ ” 型を持つ式に変換されます。

(2) void

void 式（void 型を持つ式）の（存在しない）値は，どのような方法でも使えません。そして，この式に対して void を除く暗黙的な，または明示的な変換は適用されません。他の型の式が void 式を必要とする文脈中に現れると，その値，または指示子はないものとされます。

(3) ポインタ

void ポインタは，任意の不完全型，またはオブジェクト型へのポインタに変換できます。任意の不完全型，またはオブジェクト型へのポインタは void ポインタに変換できます。結果の値はもとのポインタと等しくなければなりません。

値 0 を持つ整数定数式が，void * 型にキャストされた式は “ 空ポインタ定数 ” と呼ばれます。空ポインタ定数があるポインタに代入されるか，またはあるポインタと等しいか，または比較されれば空ポインタ定数はそのポインタに変換されます。

第 5 章　演算子と式

この章では，C 言語で使用される演算子と定数式について説明します。

C 言語には，算術演算，論理演算を行うための豊富な演算子が用意されています。また，ビット演算やアドレス演算を行う演算子も用意されています。

式は，値の計算，オブジェクト，または関数の指示，副作用の生成とこれらの組合せを実行する演算子，およびオペランドの列です。

次に演算子の例を示します。

```
#define   TRUE    1
#define   FALSE   0
#define   SIZE    200

void      lprintf ( char * , int ) ;
void      putchar ( char c ) ;
char      mark [ SIZE + 1 ] ; ——————————————————————— +      /* 算術演算子 */

void      main ( void ) {
          int     i , prime , k , count ;
          count  = 0 ; ——————————————————————— =      /* 代入演算子 */
          for ( i = 0 ; i <= SIZE ; i++ ) ——————————————————— ++     /* 後置演算子 */
                    mark [ i ] = TRUE ; ——————————————————— <=     /* 関係演算子 */

          for ( i = 0 ; i <= SIZE ; i++ ) {
                    if (mark [ i ] ) {
                              prime = i + i + 3 ; ——————————————— +      /* 算術演算子 */
                              lprintf ( " %d " , prime ) ;
                              count++ ; ——————————————————— ++     /* 後置演算子 */
                              if ( ( count%8 ) == 0 ) ——————————— ==     /* 関係演算子 */
                                        putchar ( ' \n ' ) ;
                              for ( k = i + prime ; k<=SIZE ; k += prime ) ——— +=     /* 代入演算子 */
                                        mark [ k ] = FALSE ;
                    }
          }

          lprintf ( " Total %d\n " , count ) ;
          loop1 : ;
                    goto      loop1 ;
}

lprintf ( char *s , int i ) {
          int  j ;
          char *ss ;
          j = i ;
          ss = s ;
}

void    putchar ( char c ) {
          char d ;
          d = c ;
}
```

表 5-1 に C 言語で使用される演算子とその優先順位を示します。

表 5-1 演算子の評価順序

分類	演算子	結合	優先順位
後置	[ ] ( ) . -> ++ --	→	高い
単項	++ -- & * + - ~ ! sizeof	←	
キャスト	（型名）	←	
乗法	* / %	→	
加法	+ -	→	
シ フ ト	<< >>	→	
関係	< > <= >=	→	
等値	== !=	→	
ビットごとの AND	&	→	
ビットごとの排他的 OR	^	→	
ビットごとの OR	|	→	
論理 AND	&&	→	
論理 OR	||	→	
条件	? :	←	
代入	= *= /= %= += -= <<= >>= &= ^= |=	←	
コンマ	,	→	低い

同一行の演算子は，同じ優先順位を持ちます。式中に同じ優先順位を持つ演算子が 2 つ以上ある場合，矢印で示される方向に評価されていきます。

5.1 一次式

一次式には，次のものがあります。

- オブジェクト，または関数として宣言されている識別子
- 定数
- 文字列リテラル
- かっこで囲まれる式

一次式となる識別子は，オブジェクトの場合左辺値で，関数の場合は関数指示子です。定数は，「2.5 定数」で説明するように指定する値によって型が決まります。

文字列リテラルは，「2.6 文字列リテラル」で説明する型を持つ左辺値です。

5.2 後置演算子

後置演算子は，オブジェクトの後ろに置かれる演算子です。

後置演算子には，次のものがあります。

- [ ] 添字演算子
- ( ) 関数呼び出し
- 構造体と共用体のメンバ（ . -> ）
- 後置インクリメントと後置デクリメント演算子（ ++ -- ）

5.2.1 [ ] 添字演算子

【記述形式】

後置式	[添字式]

【機能】

- 添字演算子 “ [ ] ” は，配列オブジェクトのメンバを指定します。配列 “ E1 [E2] ” は，“ (* (E1 + (E2))) ” と同じであると定義されています。つまり E1 の値は配列の先頭メンバへのポインタであり，E2（整数なら）は E1 の E2 番目（0 から数えて）のメンバを示します。多次元配列の場合，配列の次元数の分，添字演算子を連結します。
  次の例で，x は 3*5 の int 型配列になります。x は 3 つのメンバを持ち，各々のメンバは 5 つの int 型メンバを持つ配列です。

```
int     x     [ 3 ] [ 5 ] ;
```

  添字演算子を連続して指定することにより，多次元配列を指定できます。E が i* j* … *k の n 次元配列（n ≧ 2）であるとき，E は n 個の添字演算子によって表せます。このとき，E は j* … *k の（n - 1）次元配列へのポインタになります。

【注意】

- 後置式は，“ ……のオブジェクトへのポインタ ” を持たなければなりません。添字式は，整数型で指定します。結果は，“ …… ” 型になります。

5.2.2 ( ) 関数呼び出し

【記述形式】

```
後置式 ( 引数式並び ) ;
```

【機能】

- 関数を呼び出します。関数呼び出しは，後置演算子 “ ( ) ” によって行われます。後置式によって，呼び出す関数を指定し，かっこ内に呼び出す関数へ渡す引数を示します。
- 関数に関する記述は，関数プロトタイプ宣言と，関数定義（関数本体），関数呼び出しがあります。関数プロトタイプ宣言は，関数が返す値と引数の型，および記憶クラスを指定します。
- 関数呼び出しで関数プロトタイプ宣言が参照されなければ各引数は，汎整数拡張されます。これは，“ ディフォールトの実引数拡張 ” と呼ばれます。関数プロトタイプ宣言を行うことにより，ディフォールトの実引数拡張を避け，引数の型や数，返り値の型のミスを検出できます。
- “ 識別子 ( ) ; ” のように記憶クラス指定，および型指定がない関数呼び出しは，外部オブジェクトを持ち，引数に関する情報がなく int を返す関数呼び出しであると解釈されます。つまり次の宣言が暗黙的に行われます。

```
extern    int        識別子 ( ) ;
```

【関数呼び出し例】

```
int       func ( char , int ) ;          /* 関数プロトタイプ宣言 */
char      a ;
int       b , ret ;
void      main ( void ) {
          ret = func ( a , b ) ;         /* 関数呼び出し */
}
int       func ( char c , int i ) {      /* 関数定義 */
             :
          return    i ;
}
```

【注意】

- 呼び出す関数は，配列を除くオブジェクトを返し，後置式はこの関数へのポインタ型です。
- プロトタイプを含む関数呼び出しでは，引数の型を対応する仮引数に代入可能な型にします。また，引数の数も合わせなければなりません。

5.2.3 構造体と共用体のメンバ（ . -> ）

(1) **. ドット**

【記述形式】

後置式 . 識別子

【機能】

- **“ . ” は，構造体，または共用体のメンバを指定します。後置式は指定する構造体，または共用体オブジェクトの名前であり，識別子はそのメンバの名前です。**

(2) -> **矢印**

【記述形式】

後置式 -> 識別子

【機能】

- **“ -> ” は，構造体，または共用体のメンバを指定します。後置式は指定する構造体，または共用体オブジェクトへのポインタの名前であり，識別子はそのメンバの名前です。**

＜．-> 演算子の例＞

```
#include < stdlib.h >

union {
        struct  {
                int         type ;
        } n ;
        struct  {
                int         type ;
                int         intnode ;
        } ni ;
        struct  {
                int         type ;
                struct  {
                        long        longnode ;
                } *nl_p ;
        } nl ;
} u ;

void    func ( void )  {
        u.nl.type = 1 ;
        u.nl.nl_p -> longnode = -31415L ;
        /* … */
        if ( u.n.type == 1 )
                u.nl.nl_p -> longnode = labs ( u.nl.nl_p -> longnode ) ;
}
```

5.2.4 後置インクリメントと後置デクリメント演算子（ ++ -- ）

(1) 後置インクリメント演算子

【記述形式】

後置式 ++

【機能】

- 後置インクリメント演算子はオブジェクトの値を 1 加算します。この演算は，オブジェクトの型を考慮して行われます。

(2) 後置デクリメント演算子

【記述形式】

後置式 --

【機能】

- 後置デクリメント演算子はオブジェクトの値を 1 減算します。この演算は，オブジェクトの型を考慮して行われます。

【注意】

- 後置インクリメントと後置デクリメント演算子のオペランドは，修飾された，または，されていない変換可能な左辺値です。

5.3 単項演算子

単項演算子は，1 つのオブジェクト，および項目に対して演算を行います。

単項演算子には，次のものがあります。

- 前置インクリメントと前置デクリメント演算子（ ++ -- ）
- アドレスと間接演算子（ & * ）
- 単項算術演算子（ + - ~ ! ）
- sizeof 演算子

5.3.1 前置インクリメントと前置デクリメント演算子（ ++ -- ）

(1) **前置インクリメント演算子**

【記述形式】

++ **単項式**

【機能】

- **前置インクリメント演算子はオブジェクトの値を** 1 **加算します。前置インクリメント演算子の式 “** ++E **” は，次の式と同じ結果になります。**

E = E + 1 **または** E += 1

(2) **前置デクリメント演算子**

【記述形式】

-- **単項式**

【機能】

- **前置デクリメント演算子はオブジェクトの値を** 1 **減算します。前置デクリメント演算子の式 “** -- E **” は，次の式と同じ結果になります。**

E = E - 1 **または** E -= 1

5.3.2 アドレスと間接演算子（＆ ＊）

(1) 単項 & 演算子

【記述形式】

& オペランド

【機能】

- 指定したオブジェクトのアドレスを返します。

(2) 単項 * 演算子

【記述形式】

* オペランド

【機能】

- 指定したポインタが指す値を返します。

【注意】

- 単項＆演算子のオペランドは，register 記憶域クラス指定子で宣言されていないオブジェクトを指す左辺値です。関数指示子，またはビット・フィールドは，単項＆演算子のオペランドに使用できません。
  単項 * 演算子のオペランドは，ポインタ型です。

5.3.3 単項算術演算子（+ - ~ !）

【機能】

- **単項 + 演算子は，オペランドに対して正の整数拡張を行います。**
- **単項 - 演算子は，オペランドに対して負の整数拡張を行います。**
- **単項 ~ 演算子は，オペランドのビットごとの補数を返します。**
- **単項 ! 演算子は，論理否定演算子と呼ばれます。論理否定演算子は，オペランドの値が“0”のとき“1”を返します。それ以外のときは“0”を返します。**

【構文】

```
+ オペランド
- オペランド
~ オペランド
! オペランド
```

5.3.4 sizeof 演算子

【記述形式】

```
sizeof 単項式
sizeof ( 型名 )
```

【機能】

- 指定したオブジェクトの大きさをバイト単位で返します。返り値はオブジェクトの型で決まり，オブジェクトの値自体は評価しません。
- sizeof 演算した char 型，unsigned char 型，または signed char 型（それらの修飾型も含める）のオブジェクトが返す値は 1 です。配列型のオブジェクトでは，配列の総バイト数になります。また，構造体，または共用体型のオブジェクトの場合，結果の値は領域を保持するために入れられた内部的な詰めものを含めたオブジェクトの総バイト数です。
- 結果は整数定数であり，その型は size_t です。これはヘッダ " stddef.h " で定義されています。sizeof 演算子は，おもに記憶域の割り当て，および入出力システムとのやり取りに使用します。

【使用例】

- 次の例は，配列の総バイト数をメンバの大きさで割ることにより，配列のメンバ数を求めています。num には，5 が入ります。

```
int     num ;
char    array [ ] = { 0 , 1 , 2 , 3 , 4 } ;

void    func ( void ) {
                num = sizeof array / sizeof array [ 0 ] ;
}
```

【注意】

- sizeof 演算子のオペランドには，関数型，または不完全型を持つ式とビット・フィールド・オブジェクトを指すものを使用できません。

5.4　キャスト演算子

キャスト演算子は，データの型を変更します。おもにポインタ型の変換を行う場合にキャスト演算子を使用します。

キャスト演算子には，次のものがあります。

- キャスト演算子（型名）

5.4.1 キャスト演算子（型名）

【記述形式】

```
( 型名 ) 式
```

【機能】

- **オブジェクトの型を，かっこ内で示した型に変換します。**

【使用例】

```
void    func ( void ) {
        int     val ;
        float   f ;

        f = 3.14F ;
        val = ( int ) f ;                   /* キャストにより，3 が val に入る */
        val = * ( int * ) 0x10000 ;         /* 定数をキャスト */
}
```

5.5 算術演算子

算術演算子には，次のものがあります。

- 乗除演算子（* / %）
- 加減演算子（+ -）

算術演算子は，優先順位により乗除演算子と加減演算子に分かれます。乗除演算子は，2 つのオペランドの積，商，余りを求め，加減演算子は，2 つのオペランドの和と差を求めます。

表 5-2 除算／剰余算の演算結果の符号

a / b		b	
		+	-
a	+	+	-
	-	-	+

a % b		b	
		+	-
a	+	+	+
	-	-	-

備考　a , b は各オペランドを示します。

除算は符号を取った数値によって行い，小数点以下は切り捨てます。剰余算も同じように符号を取った数値によって行います。除算／剰余算の演算結果は，符号を取って計算された値に表 5-2 の符号を付けたものです。表 5-2 は，2 つのオペランドの符号のみの計算結果を示しています。

5.5.1 乗除演算子（* / %）

(1) * 演算子

【記述形式】

```
E1 * E2
```

【機能】

- * 演算子は，2 つのオペランドの積を求めます。

(2) / 演算子

【記述形式】

```
E1 / E2
```

【機能】

- / 演算子は，左オペランドを右オペランドで除算した商を求めます。

(3) %演算子

【記述形式】

```
E1 % E2
```

【機能】

- %演算子は，左オペランドを右オペランドで除算した余りを求めます。

5.5.2 加減演算子（+ -）

(1) + **演算子**

【記述形式】

```
E1 + E2
```

【機能】

- 2 **つのオペランドの和を求めます。**

(2) - **演算子**

【記述形式】

```
E1 - E2
```

【機能】

- **左オペランドから右オペランドを引いた差を求めます。**

5.6 ビット単位のシフト演算子

シフト演算子は，演算子のオペランドを記号で示された方向へ移動します。

シフト演算子には，次のものがあります。

- シフト演算子（ << >> ）

表 5-3 シフト演算

a << b		b 注
a	+	0
	-	0

a >> b		b 注
a	+	0
	-	-1

注　b に a のビット幅以上の数値が指定され，シフト演算によりオーバフローが起こった場合の結果を表に示します。b に負の数が指定された場合は符号なし型とし，正の数として処理します。

備考　a , b は各オペランドを示します。

5.6.1 シフト演算子（ << >> ）

(1) << 演算子

【機能】

- 左オペランドを右オペランドが示す値（ビット）分左にシフトし，空いたビットに 0 を入れます。“ E1 << E2 ” で，“ E1 ” が符号なし型であれば結果の値は，“ E1 ” に 2 の “ E2 ” 乗をかけた値になります。

【構文】

```
E1 << E2
```

(2) >> 演算子

【機能】

- 左オペランドを右オペランドが示す値（ビット）分右にシフトします。
- このコンパイラでは，“ E1 ” が符号なし型の場合，シフトして空いたビットに 0 を入れます。
- “ E1 ” が符号付き型の場合，空いたビットに符号ビットと同じものを入れます。
- “ E1 >> E2 ” で，“ E1 ” が符号なし型，または符号付き型でかつ非負の値を持つ場合，結果の値は，“ E1 ” を 2 の “ E2 ” 乗で割った値です。

【構文】

```
E1 >> E2
```

5.7 関係演算子

関係を示す演算子には，2 つのオペランドの大小関係を示す “ 関係演算子 ” と，等しい／等しくないを示す “ 等値演算子 ” があります。

関係演算子と等値演算子は，次のものがあります。

- 関係演算子（ < > <= >= ）
- 等値演算子（ == != ）

関係演算子で，2 つのポインタを比較した場合の大小関係は，ポインタで指されるオブジェクトのアドレス空間内での相対位置によって決まります。

このコンパイラでは，関係演算子，等値演算子は，指定された関係が真であれば “ 1 ” を，偽であれば “ 0 ” を生成し，それらの結果は int 型を持ちます。

5.7.1 関係演算子（< > <= >=）

(1) < 演算子

【記述形式】

```
E1 < E2
```

【機能】

- 左オペランドが右オペランドより小さいときに“1”を返します。それ以外の場合には，“0”を返します。

(2) > 演算子

【記述形式】

```
E1 > E2
```

【機能】

- 左オペランドが右オペランドより大きいときに“1”を返します。それ以外の場合には，“0”を返します。

(3) <= 演算子

【記述形式】

```
E1 <= E2
```

【機能】

- 左オペランドが右オペランドより小さいか，等しいときに“1”を返します。それ以外の場合には，“0”を返します。

(4) >= 演算子

【記述形式】

```
E1 >= E2
```

【機能】

- 左オペランドが右オペランドより大きいか，等しいときに“1”を返します。それ以外の場合には，“0”を返します。

5.7.2 等値演算子（ == != ）

(1) == **演算子**

【機能】

- 2 **つのオペランドが等しい場合“** 1 **”を返し，等しくない場合に“** 0 **”を返します。**

【記述形式】

```
E1 == E2
```

(2) != **演算子**

【機能】

- 2 **つのオペランドが等しくない場合“** 1 **”を返し，等しい場合に“** 0 **”を返します。**

【構文】

```
E1 != E2
```

5.8 ビット単位の論理演算子

ビット単位の論理演算子は，オブジェクトの値をビット単位で論理演算します。ビット単位の論理演算には AND，排他 OR，OR があり，それぞれ次の演算子で示します。

- ビット単位の AND 演算子（ & ）
- ビット単位の排他 OR 演算子（ ^ ）
- ビット単位の OR 演算子（ | ）

5.8.1 ビット単位の AND 演算子（ & ）

【記述形式】

```
E1 & E2
```

【機能】

- **“ & ” はビットごとの論理積を返す，ビット単位の** AND **演算子です。ビット単位の** AND **演算子は，それぞれ対応するビットが “** 1 **” のときのみ “** 1 **” を返します。**
- **ビット単位の** AND **演算子は，“** & **演算子 ” によって指定します。**

表 5-4 **ビット単位の** AND **演算子**

		左オペランドの 1 **ビットの値**	
		1	0
右オペランドの 1 **ビットの値**	1	1	0
	0	0	0

5.8.2 ビット単位の排他 OR 演算子（ ^ ）

【記述形式】

```
E1 ^ E2
```

【機能】

- **“ ^ ”はビットごとの排他的論理和を返す，ビット単位の排他 OR 演算子です。ビット単位の排他 OR 演算子は，それぞれ対応するビットが異なるときのみ“ 1 ”を返します。**

表 5-5 ビット単位の排他的 OR 演算子

		左オペランドの 1 ビットの値	
		1	0
右オペランドの 1 ビットの値	1	0	1
	0	1	0

5.8.3 ビット単位の OR 演算子（ | ）

【記述形式】

```
E1 | E2
```

【機能】

- **“ | ”はビットごとの論理和を返す，ビット単位の** OR **演算子です。ビットごとの** OR **演算子は，それぞれ対応するビットが“** 0 **”のときのみ“** 0 **”を返します。**

表 5-6 **ビット単位の** OR **演算子**

		左オペランドの 1 **ビットの値**	
		1	0
右オペランドの 1 **ビットの値**	1	1	1
	0	1	0

5.9 論理演算子

論理演算子は，2 つのオペランドの論理積と論理和を行います。論理積は，論理 AND 演算子によって，論理和は論理 OR 演算子によって指定します。

論理演算子には，次のものがあります。

- 論理 AND 演算子（ && ）
- 論理 OR 演算子（ || ）

両論理演算子の各オペランドはともに int 型の値 “ 0 ”，または “ 1 ” を返します。

5.9.1 論理 AND 演算子（ && ）

【記述形式】

```
E1 && E2
```

【機能】

- && 演算子は，2 つのオペランドの論理 AND 演算を行います。論理 AND 演算は，2 つのオペランドが“ 0 ”以外のときのみ“ 1 ”を返します。これ以外の場合“ 0 ”を返します。結果の型は，int 型です。

表 5-7 論理 AND 演算子

		左オペランドの値	
		0	0 以外
右オペランドの値	0	0	0
	0 以外	0	1

【注意】

- && 演算子は，オペランドを左から右に評価します。左オペランドの値が“ 0 ”であれば，右オペランドの評価を行いません。

5.9.2 論理 OR 演算子（ || ）

【記述形式】

```
E1 || E2
```

【機能】

- || 演算子は，2 つのオペランドの論理 OR を行います。論理 OR 演算は 2 つのオペランドが “ 0 ” のときのみ “ 0 ” を返します。これ以外のときは，“ 1 ” を返します。結果の型は，int 型です。

表 5-8 論理 OR 演算子

		左オペランドの値	
		0	0 以外
右オペランドの値	0	0	1
	0 以外	1	1

【注意】

- || 演算子は，オペランドを左から右に評価します。左オペランドの値が “ 0 ” 以外であれば，右オペランドの評価を行いません。

5.10　条件演算子

条件演算子は第 1 オペランドの値によって次に行う処理を判断します。条件演算子は，“？”と“：”によって判断します。

条件演算子には，次のものがあります。

- 条件演算子（？:）

5.10.1 条件演算子（？：）

【記述形式】

```
第 1 オペランド ？ 第 2 オペランド ： 第 3 オペランド
```

【機能】

- 条件演算は第 1 オペランドを評価して，値が“ 0 ”以外であれば第 2 オペランドを評価し，“ 0 ”であれば第 3 オペランドを評価します。条件演算子の結果の値は，第 2，または第 3 オペランドの値になります。

【使用例】

```
#define  TRUE    1
#define  FALSE   0
char     flag ;
int      ret ;
int      func ( ) {
         ret = flag ? TRUE : FALSE ;
         return    ret ;
}
```

【注意】

- 第 2，および第 3 オペランドの型がともに算術型ならば，それらを共通の型にするために通常の算術型変換を行います。結果の型は，その共通の型とします。両オペランドの型がともに構造体型，または共用体型なら，結果の型はその型とします。また，両オペランドが void 型ならば結果の型は void 型とします。

5.11　代入演算子

代入演算子は右オペランドそのものを左のオブジェクトに格納する単純代入と，両オペランドの演算結果を左のオブジェクトに格納する複合代入があります。

代入演算子は，次のものがあります。

- **単純代入（ = ）**
- **複合代入（** *= /= %= += -= <<= >>= &= ^= |= **）**

5.11.1 単純代入（ = ）

【記述形式】

```
E1 = E2
```

【機能】

- **単純代入は，右オペランドを左オペランドの型に変換し，左のオブジェクトに格納します。**
  次の例では，単純代入の型変換によって関数から返される int **型の値は** char **型に変換され，あふれた部分は切り捨てられます。そして “** -1 **” との比較は，再び** int **型に変換されてから行われます。修飾子なしで宣言されている変数 “** c **” が** unsigned char **とみなされれば変換の結果は負にならず “** -1 **” との比較は決して等しくなりません。このような場合，移植性を完全にするために変数 “** c **” は** int **型で宣言します。**

```
int         f ( void ) ;

char        c ;
/* … */   ( ( c = f ( ) ) == -1 )  /* … */
```

5.11.2 複合代入（*= /= %= += -= <<= >>= &= ^= |=）

【記述形式】

```
E1 *= E2
E1 /= E2
E1 %= E2
E1 += E2
E1 -= E2
E1 <<= E2
E1 >>= E2
E1 &= E2
E1 ^= E2
E1 |= E2
```

【機能】

- **複合代入演算子は，左右のオペランドの演算を行い，結果を左のオブジェクトに格納します。格納される値は，左オペランドの型に変換されます。**
- **“** E1 op = E2 **” の複合代入は，左オペランド “** E1 **” が** 1 **度しか評価されないことを除き，単純代入式 “** E1 = E1 op (E2) **” と同じです。**

  次の複合代入演算の結果は，右の単純代入式の結果と同じになります。

```
a *= b ;        a = a * b ;
a /= b ;        a = a / b ;
a %= b ;        a = a % b ;
a += b ;        a = a + b ;
a -= b ;        a = a - b ;
a <<= b ;       a = a << b ;
a >>= b ;       a = a >> b ;
a &= b ;        a = a & b ;
a ^= b ;        a = a ^ b ;
a |= b ;        a = a | b ;
```

5.12 コンマ演算子

コンマ演算子には，次のものがあります。

- **コンマ演算子（ , ）**

5.12.1 コンマ演算子（ , ）

【記述形式】

```
E1 , E2
```

【機能】

- コンマ演算子は，左のオペランドを void 型として評価します。それから右のオペランドを評価し，その値を返します。
- 構文によって示されるように，コンマを区切り子として使用するところ（関数の引数並び，および初期化子並び中）ではこの章で示すコンマ演算子は現れません。
- 次の例では，コンマ演算子によって関数 f ( ) に渡す第 2 引数の値を求めています。コンマ演算子により，第 2 引数の値は 5 になります。

```
int     a , c , t ;
void    main ( void ) {
        f ( a , ( t = 3 , t + 2 ) , c ) ;
}
```

5.13 定数式

定数式には，汎整数定数式と算術定数式，アドレス定数式，および初期化子中の定数式があります。定数式の評価は実行中でなく，ほとんどコンパイル中に行われます。

定数式では，sizeof 演算子の中で使用する以外の，次のような演算子は使用できません。

- 代入演算子
- インクリメント演算子
- デクリメント演算子
- 関数呼び出し演算子
- コンマ演算子

(1) 汎整数定数式

汎整数定数式は汎整数型です。汎整数定数式のオペランドには次のものが使用できます。

- 整数定数
- 列挙定数
- 文字定数
- sizeof 式
- 浮動小数点定数

(2) 算術定数式

算術定数式は算術型です。算術定数式のオペランドには，次のものが使用できます。

- 整数定数
- 列挙定数
- 文字定数
- sizeof 式
- 浮動小数点定数

(3) アドレス定数

アドレス定数は，静的記憶域期間を持つオブジェクトへのポインタ，または関数指示子へのポインタです。アドレス定数は，配列型，または関数型の式を用いることにより，暗黙的に指定できます。明示的に指定するときは単項＆演算子を用います。

アドレス定数は，次の演算子を用いて指定できます。しかし，これを利用してもオブジェクトの値は参照できません。

- 配列添字演算子“ [ ] ”
- メンバ・アクセス演算子“ . ”
- メンバ・アクセス演算子“ -> ”
- アドレス単項演算子“ ＆ ”
- 間接単項演算子“ * ”
- ポインタへのキャスト

第 6 章　C 言語の制御構造

この章では，C 言語の制御構造と C で実行される文について説明します。

一般的に，どのような複雑な処理でも基本的な 3 つの制御構造で表せます。この 3 つの制御構造は，順次，選択，および繰り返しです。また強制的にプログラムの流れを変える場合，分岐を使います。

(1) 順次処理

順次処理は，プログラムに記述された順に上から下へ実行します。順次実行される文は，特に指定する必要はなく順次実行されます。

(2) 選択処理

選択処理は，実行中のプログラムの状態により次に実行する文が選択され，実行します。選択の条件は，制御文として指示します。制御文により 2 つ，または多岐にわたる文の 1 つが選択され実行されます。

(3) 繰り返し処理

繰り返し処理は，同じ処理を複数回実行します。制御される文は，制御文で示した状態の間，または指定した回数の間繰り返し実行されます。

(4) 分岐処理

分岐処理は，強制的に現在のプログラムの流れから抜け出し，指定したレーベルに制御を移します。分岐により指定したレーベル名の次の文から実行されます。

C 言語で実行される文には，次の 6 つがあります。

-	**レーベル付き文**	：switch 文の取る値と goto 文の分岐先により，分岐を引き起こします。
-	**複合文（ブロック）**	：複数の文の集まりを 1 つの構文単位としてまとめます。
-	**式文と空文**	：1 つの式とセミコロンからなる文が式文，セミコロンのみからなる文が空文です。
-	**選択文**	：式の値に応じていくつかの文から一つの文を選択します。
-	**繰り返し文**	：ループ本体と呼ばれる文を制御式が 0 と比較して等しくなるまでの間，繰り返して実行します。
-	**分岐文**	：別の場所への無条件分岐を引き起こします。

これらの文の記述例を次に示します。

【記述例】

```
#define  SIZE     10
#define  TRUE     1
#define  FALSE    0

extern   void     putchar ( char ) ;
extern   void     lprintf ( char * , int ) ;

charmark [ SIZE + 1 ] ;
void     main ( void ) {
         int      i , prime , k , count ;

         count = 0 ;
         for ( i = 0 ; i <= SIZE ; i++ )                    /* for ：繰り返し文 */
                  mark [ i ] = TRUE ;
         for ( i = 0 ; i <= SIZE ; i++ ) {                  /* for ：繰り返し文 */
                  if ( mark [ i ] ) {                       /* if ：選択文 */
                           prime = i + i + 3 ;
                           lprintf ( " %d " , prime ) ;
                           if ( ( count%8 ) == 0 )          /* if ：選択文 */
                                putchar ( ' \n ' ) ;
                           for ( k = i + prime ; k <= SIZE ; k += prime )
                                mark [ k ] = FALSE ;
                  }
         }
         lprintf ( " Total %d\n " , count ) ;

loop1: ;                                                    /*  loop1: ：レーベル付き文 */
         goto     loop1 ;                                   /*  goto ：分岐文 */
}
```

6.1 レーベル付き文

レーベル付き文は，switch 文と goto 文の分岐先を指定します。switch 文は，複数の選択肢がある文から制御式で指定した文を選択し，実行します。レーベル付き文は，switch 文で実行される文のレーベルになります。goto 文は，通常の処理の流れから対応するレーベルへ無条件に分岐します。

レーベル付き文には，次のものがあります。

- case レーベル
- default レーベル

6.1.1 case レーベル

【記述形式】

```
case 定数式 : 文
```

【機能】

- case は，switch 文中にのみ使用します。switch 文の制御式のとる値を列挙します。

【使用例 1】

```
int     f ( void ) , i ;
void    main ( void ) {
        /* … */
        switch ( f ( ) ) {
                case 1 :
                        i = i + 4 ;
                        break ;
                case 2 :
                        i = i + 3 ;
                        break ;
                case 3 :
                        i = i + 2 ;
        }
        /* … */
}
```

【説明】

- この例では，f ( ) の返り値が 1 のとき最初の case 文が選択され “ i = i + 4 ” の式が実行されます。同じように値が 2 のときは 2 番目の case が，3 のとき 3 番目の case が選択されます。使用例の break 文は途中で switch 文から抜け出すためのものです。
  このように case は，複数の選択肢がある場合に使用します。

【使用例 2】

```
int     i ;
void    main ( void ) {
        /* … */
        i = 2 ;
        switch ( i ) {
                case 1 :
                        i = i + 4 ;
                case 2 :
                        i = i + 3 ;
                case 3 :
                        i = i + 2 ;
        }
        /* … */
}
```

【説明】

- **この例では，**i **に** 2 **が入っているので，**2 **番目の** case **文から実行されますが，**case **文の中に** break **文を含まないため，続けて** 3 **番目の** case **文も実行されます。このように，**case **文の定数式と制御式が一致した場合，それ以降のプログラムを順次実行します。途中で** switch **文から抜けたい場合は，**break **文を使用します。**

6.1.2 default レーベル

【記述形式】

```
default ： 文
```

【機能】

- default は，switch 文中にのみ使用します。default は，switch 文中に対応する case がない場合の処理を指定します。

【使用例】

```
int     f ( void ) , i ;

switch ( f ( ) ) {
        case 1 :
                i = i + 4 ;
                break ;
        case 2 :
                i = i + 3 ;
                break ;
        case 3 :
                i = i + 2 ;
        default :
                i = 1 ;
}
```

【説明】

- この例では，f ( ) の返り値が 1-3 のときは対応する case が選択され，それに続く文が実行されます。この例の break 文は途中で switch 文から抜け出すためのものです。f ( ) の返り値が 1-3 以外の場合，default に続く文が実行され ｉ の値は 1 になります。

6.2 複合文（ブロック）

複合文は，複数の文を 1 つの構文単位とします。複数の文は，中かっこ“{}”で囲まれることにより複合文となります。たとえば複合文は，ある状態のときに行わせる処理が複数ある場合，その文を中かっこ“{}”で囲み処理させます。

6.3 式文と空文

1 つの文とセミコロンからなる文を式文といいます。また，セミコロンのみからなる文を空文といいます。空文は，空のループ本体やレーベルを置くために使用します。

式文と空文の記述例を次に示します。

次の例のように，式文として副作用を得るためだけに呼ばれる関数は，キャスト式を用いて明示的に返り値の値を捨てることができます。

```
int     p ( int ) ;
void    main ( void ) {
        /* … */
        ( void ) p ( 0 ) ;
}
```

空文は，繰り返し文のループ本体として使用できます。

```
char    *s ;
void    main ( void ) {
        /* … */
        while ( *s++ != ' 0 ' ) ;
        /* … */
}
```

また複合文を閉じる“ } ”の前にレーベルを置くためにも使用できます。

```
 void    func ( void ) {
        /* … */
        while ( loop1 ) {
                /* … */
                while ( loop2 ) {
                        /* … */
                        if ( want_out )
                                goto    end_loop1 ;
                        /* … */
                }
end_loop1 : ;
        }
}
```

6.4 選択文

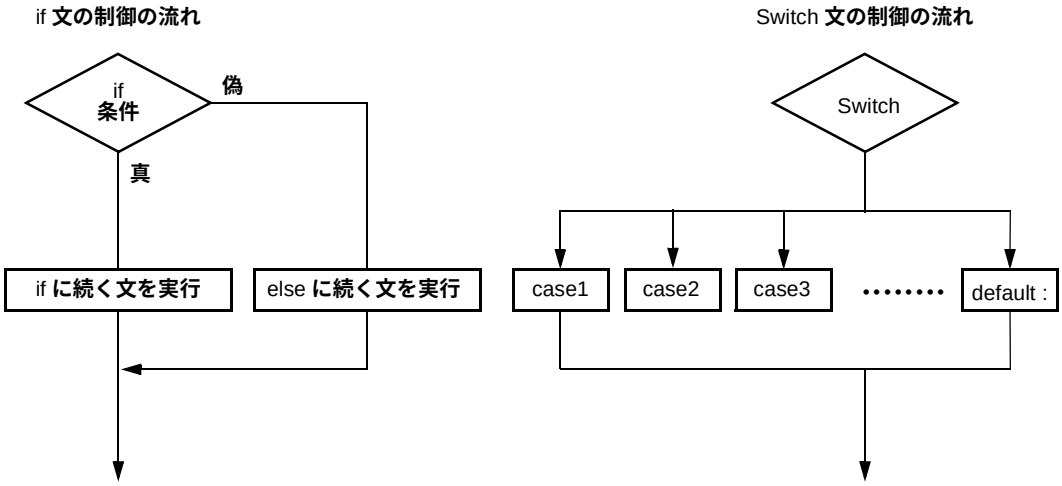
選択文には，if 文，switch 文があります。選択文は “ ( ) ” で囲まれた制御式の値によって，文の集まりの中から行う処理を選びます。

選択文には，次のものがあります。

- if 文，if ～ else 文
- switch 文

if 文，switch 文の制御の流れを次に示します。

図 6-1 選択文の制御の流れ



6.4.1 if 文，if ～ else 文

【記述形式】

```
if ( 式 ) 文
if ( 式 ) 文 else 文
```

【機能】

- if 文，if ～ else 文は，“ ( ) ” で囲まれた制御式の値が 0 でなければ次に続く文を実行します。if ～ else 文の場合，式の値が 0 になると else 文の文を実行します。

【使用例】

```
unsigned char     uc ;
void      func ( void ) {
          if ( uc < 10 ) {
                    /* 111 */
          } else {
                    /* 222 */
          }
}
```

【説明】

- この例では，if 文中の制御式により uc の値が 10 より小さい場合は “ { /* 111 */ } ” のブロックが実行され，10 以上の場合は “ { /* 222 */ } ” のブロックが実行されます。

【注意】

- if 文，if ～ else 文のあとに，“ { } ” で処理が囲まれていない場合は，if 文／ else 文の次の 1 行の処理のみを本体とみなし実行します。

6.4.2 switch 文

【記述形式】

```
switch（式）文
```

【機能】

- switch 文は，“ ( ) ” で囲った制御式に対応する case のスイッチ本体に制御を移します。制御式に対応する case がないときは，default に続く文が実行され，また default がないときはどの文も実行されません。

【使用例】

```
extern      void        func ( void ) ;
unsigned    char        mode ;
void        main ( void ) {
            switch ( mode ) {
                        case 2 :
                                    mode = 8 ;
                                    break ;
                        case 4 :
                                    mode = 2 ;
                                    break ;
                        case 8 :
                                    func ( ) ;
            }
}
```

【注意】

- 1 つの switch 文の各 case は，同じ値を設定できません。また，default は 1 つの switch 文中で 1 度しか使用できません。

6.5 繰り返し文

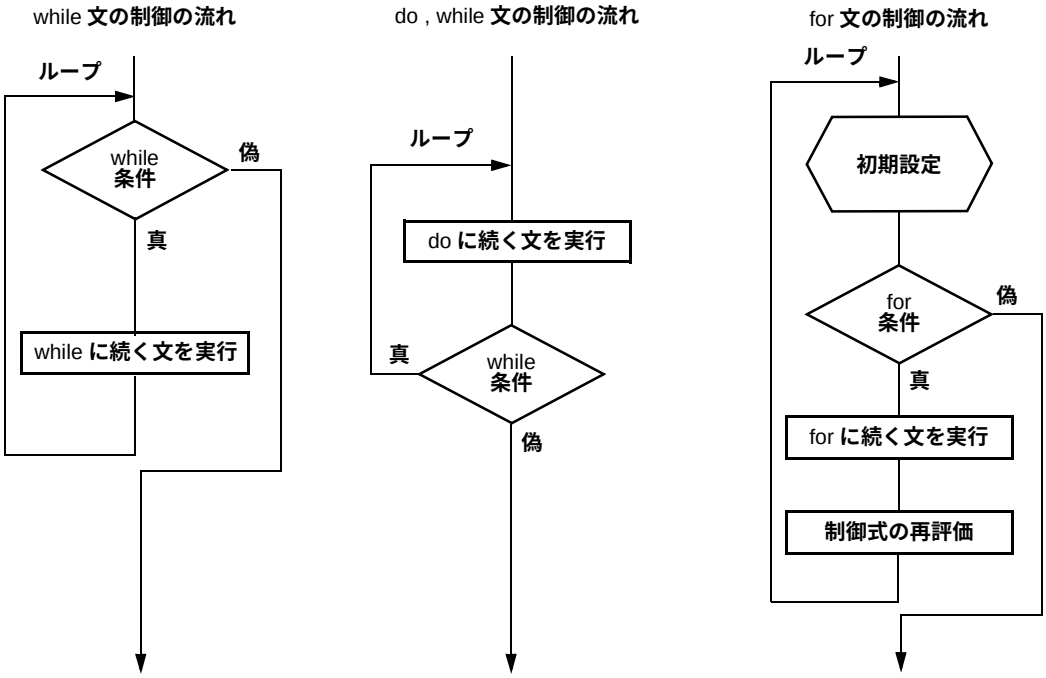
繰り返し文は，“ ( ) ” で囲まれた制御式が正しい間（“ 0 ” 以外のとき）ループ本体を繰り返し実行します。

繰り返し文には，次の 3 つがあります。

- while 文
- do 文
- for 文

次に繰り返し文の制御の流れを示します。

図 6-2 繰り返し文の制御の流れ



6.5.1 while 文

【記述形式】

```
while（式）文
```

【機能】

- while 文は，“ ( ) ” で囲まれた制御式が正しい間（0 以外のとき）ループ本体を繰り返し実行します。while 文は，制御式をループ本体の実行前に評価します。

【使用例】

```
int     i , x ;
void    main ( void ) {
        i = 1 ,  x = 0 ;

        while ( i < 11 ) {
                x += i ;
                i++ ;
        }
}
```

【説明】

- 使用例は，x に 1 から 10 までの整数の総和を求めるものです。この while 文のループ本体は，中かっこで囲まれた部分です。制御式 “ i < 11 ” は，ｉ が 11 になると 0 を返します。このため，ｉ が 1 から 10 になる間ループ本体が繰り返し実行されます。
- “ while (1) { 文 } ” は，永久にループ文を実行するために使用します。

6.5.2 do 文

【記述形式】

```
do 文 while ( 式 ) ;
```

【機能】

- do 文は，“ ( ) ” で囲まれた制御式が正しい間（0 以外のとき）ループ本体を繰り返し実行します。do 文は，制御式をループ本体の実行後に評価します。

【使用例】

```
int     i , x ;
void    main ( void ) {
        i = 1 ,  x = 0 ;

        do  {
                x += i ;
                i++ ;
        } while ( i < 11 ) ;
}
```

【説明】

- 使用例は，x に 1 から 10 までの整数の総和を求めるものです。この do 文のループ本体は，中かっこで囲まれた部分です。制御式 “ i < 11 ” は，ｉ が 11 になると 0 を返します。このため，ｉ が 1 から 10 になる間ループ本体が繰り返し実行されます。do 文の制御式は実行後に評価されるので，ループ本体は必ず 1 回以上実行されます。

6.5.3 for 文

【記述形式】

```
for（第 1 の式 ; 第 2 の式 ; 第 3 の式）文
```

【機能】

- for 文は，“ ( ) ” で囲まれた中の第 2 の式が正しい間（0 以外のとき）ループ本体を繰り返し実行します。第 1 の式は，カウンタとして使用する変数の初期化を行い，ループの最初に 1 回だけ実行します。第 2 の式でカウンタの判断を行います。第 3 の式は，ループごとに最後に実行する式で，この式の実行後，変数の再評価を行います。

【使用例】

```
int         i , x = 0 ;

for ( i = 1 ; i < 11 ; ++i )
            x += i ;
```

【説明】

- 使用例は，x に 1 から 10 までの整数の総和を求めるものです。この for ループの本体は，“ x += i ” です。制御式 “ i<11 ” は，ｉ が 11 になると 0 を返します。このため，ｉ が 1 から 10 になる間ループ本体が繰り返し実行されます。

【注意】

- for 文のあとに，“ { } ” で処理が囲まれていない場合は，for 文の次の 1 行の処理のみを for 文のループ本体とみなします。
- for 文の第 1 の式と第 3 の式は，省略できます。第 2 の式を省略した場合は，0 でない定数によって置き換えます。“ for (; ;) 文 ” の記述は，永久にループ本体を実行する場合に用います。

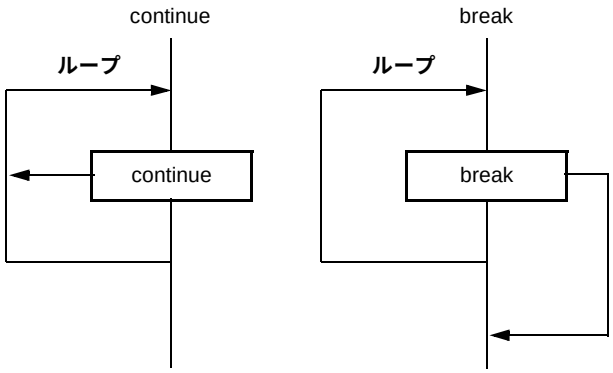
6.6 分岐文

分岐文は，現在の制御の流れから抜け出し，任意の場所へ無条件に制御を移すものです。分岐文には，次の 4 つがあります。

- goto 文
- continue 文
- break 文
- return 文

分岐文の制御の流れを次に示します。

図 6-3 分岐文の制御の流れ



6.6.1 goto 文

【記述形式】

```
goto 識別子 ;
```

【機能】

- goto 文は，現在の関数中に指定したレーベル名へ無条件にジャンプします。

【使用例】

```
do {
        /* … */
        goto point ;
        /* … */
} while ( /* … */ ) ;
        /* … */
point : ;
```

【説明】

- この例で，goto 文に制御が移るとループ処理から無条件に抜け出し，point の次の文に制御が移ります。

【注意】

- goto 文で示される分岐先（レーベル名）は，その goto 文を含む関数中のどこかに必ず示します。

6.6.2 continue 文

【機能】

- continue 文は，繰り返し文のループ本体中で使用します。continue 文により制御の流れは，ループ本体の最後に無条件に分岐します。continue 文は，これを囲む最も内側の繰り返し文に作用します。

【記述形式】

```
continue ;
```

【使用例】

```
while ( /* … */ ) {
        /* … */
        continue ;
        /* … */
contin : ;
}
```

【説明】

- この例で，ループ本体中の処理が continue 文にくると制御は，レーベル “ contin ” に無条件に分岐します。レーベル “ contin ” は，分岐先を示したもので特につける必要はありません。この例は，goto 文を使い continue 文を “ goto contin ; ” に替えても同じ動作をします。

【注意】

- continue 文は，ループ本体，またはループ本体中にのみ使用できます。

6.6.3 break 文

【記述形式】

```
break ;
```

【機能】

- break 文は，繰り返し文または switch 文中から抜け出し，繰り返し文または switch 文の次の文へ制御を移します。

【使用例】

```
int          i ;
unsigned char      count  , flag ;

void       main ( void ) {
           /*…*/
           for ( i = 0 ; i < 20 ; i++ )  {
                      switch ( count )  {
                                 case 10 :
                                            flag = 1 ;
                                            break ;              /* switch 文を抜ける */
                                 default :
                                            func ( ) ;
                      }
                      if ( flag )
                                 break ;                         /* for ループから抜ける */
           }
}
```

【説明】

- この例で break 文は，switch 文中で必要以上の評価を行わないように使用されています。switch 文の評価で，適合する case レーベルがあると，続く break 文により switch 文から抜け出します。

【注意】

- break 文は，スイッチ本体として使用するか，ループ本体としてのみ使用できます。

6.6.4 return 文

【記述形式】

```
return 式 ;
```

【機能】

- return 文は，return を含む関数から抜け出し，これを呼び出した関数に制御を移します。また，return 文の式の値を，関数呼び出し式の値として呼び出し元に返します。
- 1 つの関数中に複数の return 文を使用できます。
- 関数の最後を“ } ”で閉じることは，式を持たない return 文を実行することと同じです。

【使用例】

```
int     f ( int ) ;

void    main ( void ) {
        /* … */
        int     i = 0 , y = 0 ;
        y = f ( i ) ;
        /* … */
}

int     f ( int  i ) {
        int x = 0 ;
        /* … */
        return ( x ) ;
}
```

【説明】

- この例で関数“ f ( ) ”は，return 文に制御が移ると main 関数へリターンします。return 文では，返り値として変数“ x ”の値を返しているので，代入演算子により変数“ y ”に変数“ x ”の値が代入されます。

【注意】

- void 型の関数では，返り値を示す式を return 文に使用できません。

第 7 章　構造体と共用体

構造体，共用体は，1 つの名前でまとまった，異なった型を持つメンバ・オブジェクトの集まりです。構造体は，メンバ・オブジェクトが連続的に領域に割り付けられ，共用体は重なり合う領域を割り付けられます。

7.1　構造体

構造体は，連続的に割り付けられるメンバ・オブジェクトの集まりです。

(1) 構造体と構造体変数の宣言

構造体は，“ struct ” のキーワードによって，構造体宣言リスト，および構造体変数を宣言します。構造体宣言リストにはタグ名と呼ばれる任意の名前を付けられ，以降このタグ名によって同一構造の構造体変数を宣言できます。

【構造体の宣言】

```
struct    タグ名 { 構造体宣言リスト } 変数名 ;
```

次の例では，最初の struct で data というタグ名を持つ int 型の code，char 型の name，addr，tel 配列を宣言し，no1 をその変数として宣言しています。次の struct ではタグ名により no1 と同じ構造の構造体変数 no2，no3，no4，no5 を宣言しています。

【使用例】

```
struct    data {
          int       code ;
          char      name [ 12 ] ;
          char      addr [ 50 ] ;
          char      tel [ 12 ] ;
} no1 ;
struct    data      no2 , no3 , no4 , no5 ;
```

(2) 構造体宣言リスト

構造体宣言リストは，宣言する構造体型の構造を示します。構造体宣言リスト中の個々の要素をメンバといい，宣言されたメンバの順に領域が確保されます。次の “ 構造体宣言リストの例 ” では，変数 a，配列 b，二次元配列 c の順に領域が確保されます。

メンバの型は，不完全型（大きさがわからない配列），関数型であってはなりません。したがって，構造体宣言リスト中に自分自身を含んではいけません。以上の型を除き，メンバはどんなオブジェクト型でも持てます。さらに，メンバをビット数で指定するビット・フィールドも指定できます。

ビット・フィールドは，変数のとる値が 0 か 1 の 2 値である場合，必要最小限のビット数の指定である 1

ビットを指定します。ビット・フィールドにより，必要最小限のビット数の指定で，複数のメンバを 1 個の整数領域に格納できます。

【構造体宣言リストの例】

```
int     a ;
char    b [ 7 ] ;
char    c [ 5 ] [ 10 ] ;
```

【ビット・フィールド宣言の例】

```
struct  bf_tag {
        unsigned    int     a : 2 ;
        unsigned    int     b : 3 ;
        unsigned    int     c : 1 ;
} bit_field ;
```

ビット・フィールド

(3) 配列，ポインタ

構造体変数も他のオブジェクトと同様に配列にしたり，ポインタをとれます。構造体の配列では，配列の要素も構造体となります。

【構造体の配列】

構造体の配列宣言は他のオブジェクトと同じように行います。

```
struct  data  {
        char    name [ 12 ] ;
        char    addr [ 50 ] ;
        char    tel [ 12 ] ;
} ;
struct  data no [ 5 ] ;
```

【構造体のポインタ】

構造体のポインタは，ポインタが示す構造体の特徴を持ちます。つまり，構造体のポインタがインクリメントされるとポインタは構造体の大きさの分加算され，次の構造体を指すようになります。

次の例で “ dt_p ” は，“ struct data ” 型の値に対するポインタであることを示しています。

ここで “ dt_p ” をインクリメントすると “ &no [1] ” と同じ値になります。

```
struct  data no [ 5 ] ;
struct  data *dt_p = no ;
```

(4) 構造体メンバの参照方法

構造体メンバを参照するには構造体変数と変数へのポインタを使う 2 通りの方法があります。構造体変数による参照には “ . ” 演算子を，ポインタによる参照には “ -> ” 演算子を使います。

【構造体変数による参照】

構造体変数によるメンバの参照には，“ . ” 演算子を使います。

```
struct    data  {
          char      name [ 12 ] ;
          char      addr [ 50 ] ;
          char      tel [ 12 ] ;
} no [ 5 ] = { " NAME " , " ADDR " , " TEL " } , *data_ptr = no ;

void      main ( ) {
          char      c ;
          c = no [ 0 ] . name [ 1 ] ;
}
```

【ポインタによる参照】

ポインタ変数によるメンバの参照には，“ -> ” 演算子を使います。

```
struct    data  {
          char      name [ 12 ] ;
          char      addr [ 50 ] ;
          char      tel [ 12 ] ;
} no [ 5 ] = { " NAME " , " ADDR " , " TEL " } , *data_ptr = no ;

void      main ( ) {
          char      c ;
          data_ptr -> tel [ 3 ] = ‘ E ‘ ;
}
```

7.2 共用体

共用体は，同じ領域に割り付けられるメンバの集まりです。

(1) **共用体と共用体変数の宣言**

共用体は，“ union **” のキーワードによって，共用体宣言リスト，および共用体変数を宣言します。共用体宣言リストにはタグ名と呼ばれる任意の名前を付けられ，以降このタグ名によって同一構造の共用体変数を宣言できます。**

【共用体の宣言】

```
union タグ名 { 共用体宣言リスト } 変数名 ;
```

次の例では，最初の union **で** data **というタグ名を持つ** char **型の** name，addr，tel **配列を宣言し，**no1 **をその変数として宣言しています。次の** union **ではタグ名により** no1 **と同じ構造の共用体変数** no2，no3，no4，no5 **を宣言しています。**

```
union   data {
        char    name [ 12 ] ;
        char    addr [ 50 ] ;
        char    tel [ 12 ] ;
} no1 ;
union   data    no2 , no3 , no4 , no5 ;
```

(2) **共用体宣言リスト**

共用体宣言リストは，宣言する共用体型の構造を示します。共用体宣言リスト中の個々の要素をメンバといい，宣言されたメンバは同じ領域に確保されます。次の “ 共用体宣言リストの例 ” では，メンバの中で一番大きな領域となる “ c **” について領域が確保され，他のメンバは，新たに領域をとることはせず，同じ領域を使用します。**

メンバの型は，構造体宣言リストと同様，不完全型（大きさがわからない配列），関数型であってはなりません。以上の型を除き，メンバはどんなオブジェクト型でも持てます。

【共用体宣言リストの例】

```
int     a ;
char    b [ 7 ] ;
char    c [ 5 ] [ 10 ] ;
```

(3) **配列，ポインタ**

共用体変数も他のオブジェクトと同様，配列やポインタをとれます。

【共用体の配列】

共用体の配列宣言は他のオブジェクトと同じように行います。

```
union    data  {
         char      name [ 12 ] ;
         char      addr [ 50 ] ;
         char      tel [ 12 ] ;
} ;
union    data      no [ 5 ] ;
```

【共用体のポインタ】

共用体のポインタは，ポインタが示す共用体の特徴を持ちます。つまり，共用体のポインタがインクリメントされるとポインタは共用体の大きさ分加算され，次の共用体を指すようになります。

次の例で “ dt_p **” は，**union data **型の値に対するポインタです。**

```
union    data      no [ 5 ] ;
union    data      *dt_p = no ;
```

(4) **共用体メンバの参照方法**

共用体メンバを参照するには，共用体変数と変数へのポインタを使う二通りの方法があります。共用体変数による参照には “ . ” 演算子を，ポインタによる参照には “ -> **” 演算子を使います。**

【共用体変数による参照】

共用体変数によるメンバの参照には，“ . ” 演算子を使います。

```
union    data  {
         char      name [ 12 ] ;
         char      addr [ 50 ] ;
         char      tel [ 12 ] ;
} no [ 5 ] = { “ NAME ” , “ ADDR ” , “ TEL ” } ;

void     main ( void ) {
         no [ 0 ] .addr [ 10 ] = ‘ B ’ ;
            :
}
```

【ポインタによる参照】

ポインタによるメンバの参照には，“ -> **” 演算子を使います。**

```
union     data {
          char      name [ 12 ] ;
          char      addr [ 50 ] ;
          char      tel [ 12 ] ;
} *data_ptr ;

void      main ( void ) {
          data_ptr -> name [ 1 ] = ' N ' ;
             :
}
```

第 8 章　外部定義

プログラムの中で，前処理のあとには外部宣言の並びがあります。これらは，関数の外で現れファイル有効範囲を持つので，“ 外部 ” と呼ばれます。

外部オブジェクトに対し，識別子で名前付けを行う宣言，または関数のために記憶域の確保を行う宣言を，外部定義と呼びます。外部結合を持って宣言される識別子が式中（sizeof 演算子の演算数の部分を除く）で使われる場合，プログラム全体のどこかに，その識別子に対する外部定義が 1 つ必要です。

```
#define  TRUE    1
#define  FALSE   0
#define  SIZE    200
void     printf ( char * , int ) ;
void     putchar ( char c ) ;

char     mark [ SIZE + 1 ] ;                    /* 外部オブジェクト定義 */

main ( )
{
        int       i , prime , k , count ;

        count = 0 ;

        for ( i = 0 ; i <= SIZE ; i++ )
                mark  [ i ] = TRUE ;
        for ( i = 0 ; i <= SIZE ; i++ ) {
                if ( mark [ i ] ) {
                        prime = i + i + 3 ;
                        printf ( " %d " , prime ) ;
                        count++ ;
                        if ( ( count%8 ) == 0 ) putchar ( ' \n ' ) ;
                        for ( k = i + prime ; k <= SIZE ; k += prime )
                                mark [ k ] = FALSE ;
                }
        }
        printf ( " Total %d\n " , count ) ;

loop1 :
        goto     loop1 ;
}
```

8.1 関数定義

関数の定義は，外部定義です。関数定義は，記憶域クラス指定子を省略した場合でも“ extern ”で定義されたとみなされます。外部関数定義は，定義された関数が他のファイルから参照できることを示しています。たとえば，複数のファイルからなるプログラムにおいて，他のファイルにある関数を使用する場合，この関数は外部定義にします。

関数の記憶域クラス指定子は，extern，または static です。extern と定義した場合，他の関数から参照できますが，static で定義すると他のファイルから参照できません。

次の例で extern は記憶域クラス指定子，int は型指定子です。これらは，ディフォールトの値なので省略できます。“ max (int a , int b) ”は，関数宣言子です。そして，“ { return a > b ? a : b ; } ”が関数本体になります。

【関数定義の例】

```
extern    int       max ( int a , int b )
{
          return a > b ? a : b ;
}
```

この関数定義は，関数宣言中で仮引数の型を指定しているので，強制的に引数の型変換が行われます。仮引数に対して識別子並びの形を用いても記述できます。次にこの例を示します。

```
extern    int       max ( a , b )
int       a , b ;
{
          return a > b ? a : b ;
}
```

関数呼び出しの引数として，関数のアドレスを渡せます。関数名を式中に使うことによって，その関数のポインタが生成されます。

```
int       f ( void ) ;
void      main ( ) {
   :
          g ( f ) ;
}
```

この例では，関数 f を指すポインタにより関数 g に関数 f を渡しています。関数 g では，たとえば次のように定義します。

```
void      g ( int ( *funcp ) ( void ) )
{
          ( *funcp ) ( ) ;              /* または funcp ( ) ; */
}
```

あるいは

```
void    g ( int func ( void ) )
{
        func ( ) ;                  /* または ( *func ) ( ) ; */
}
```

8.2 外部オブジェクト定義

外部オブジェクト定義は，オブジェクトに対する識別子の宣言がファイル有効範囲，および初期化子を持つものです。また，ファイル有効範囲を持つオブジェクトに対する識別子の宣言で，記憶域クラス指定子がなく初期化子を持たないか，記憶域クラス指定子が static である場合は仮の定義です。この場合，初期化子 0 のファイル有効範囲を持つ宣言とみなされます。

外部オブジェクト定義の例を次に示します。

【外部オブジェクト定義の例】

```
-  int  i1 = 1 ;          ： 外部結合を持つ定義
-  static int  i2 = 2 ;   ： 内部結合を持つ定義
-  extern int  i3 = 3 ;   ： 外部結合を持つ定義
-  int  i4 ;              ： 外部結合を持つ仮の定義
-  static int  i5 ;       ： 内部結合を持つ仮の定義
-  int  i1 ;              ： 前のものを参照する正しい仮の定義
-  int  i2 ;              ： 結合規則違反
-  int  i3 ;              ： 前のものを参照する正しい仮の定義
-  int  i4 ;              ： 前のものを参照する正しい仮の定義
-  int  i5 ;              ： 結合規則違反
-  extern int  i1 ;       ： 外部結合された前のオブジェクトの参照
-  extern int  i2 ;       ： 内部結合された前のオブジェクトの参照
-  extern int  i3 ;       ： 外部結合された前のオブジェクトの参照
-  extern int  i4 ;       ： 外部結合された前のオブジェクトの参照
-  extern int  i5 ;       ： 内部結合された前のオブジェクトの参照
```

第 9 章　前処理指令（コンパイラに対する指令）

前処理指令は，“ # ” 前処理字句から改行文字までの前処理字句の列です。

前処理字句列の間で使用できる空白文字は，スペース，および水平タブだけです。

前処理指令は，ソース・ファイルのコンパイル前に行う処理を指定します。前処理には，ソース・ファイルの一部を条件によって処理，またはスキップさせる指令や，他のソース・ファイルを取り込む指令，マクロに置き換える指令などがあります。次に，それぞれの前処理指令について説明します。

9.1　条件付きコンパイル

条件付きコンパイルは，定数式の値によりソース・ファイルの一部分のコンパイルをスキップします。条件付きコンパイル指令で指定された定数式の値が偽（0）のとき，続く文はコンパイルされません。定数式には，sizeof 演算子，キャスト，列挙定数を使用できません。

条件付きコンパイルの指令には，次のものがあります。

- #if 指令
- #elif 指令
- #ifdef 指令
- #ifndef 指令
- #else 指令
- #endif 指令

条件付きコンパイルでは，次の単項式を指定できます。

defined	識別子
または	
defined	(識別子)

この単項式は，識別子が前処理指令 #define で定義されていれば 1 を返します。定義されていないか，定義を取り消してある場合は 0 を返します。

【使用例】

- この例では，SYM が定義されているので，1 を返し，#if ～ #endif の間をコンパイルします（#if ～ #endif の説明は，次頁以降の説明を参照してください）。

```
#define          SYM  0

#if  defined     SYM
   :
#endif
```

9.1.1 #if 指令

【記述形式】

```
#if  定数式 改行 「グループ」
```

【機能】

- 定数式の値が偽であればソース・ファイルの一部分のコンパイルをスキップします。

【使用例】

```
#if  FLAG == 0
   :
#endif
```

【説明】

- 使用例では，“ FLAG == 0 ” によって，後ろに続く文をコンパイルするかどうか判断しています。“ FLAG ” の値が 0 以外であれば，#if 指令と #endif 指令間のプログラムはコンパイルされず，0 の場合コンパイルされます。

9.1.2 #elif 指令

【記述形式】

```
#elif  定数式 改行 「グループ」
```

【機能】

- この指令は，通常 #if 指令の後ろにきます。#if 指令の定数式が偽のとき，後ろに続く #elif の定数式が評価され，偽であれば #elif の後ろのプログラムはコンパイルをスキップされます。

【使用例】

```
#if   FLAG == 0
   :
#elif  FLAG != 0
   :
#endif
```

【説明】

- 使用例では，“ FLAG ” の値によって，後ろに続く文をコンパイルするかどうか判断しています。“ FLAG ” の値が 0 の場合，#if 指令と #elif 指令間のプログラムがコンパイルされます。そして，0 以外の場合 #elif 指令と #endif 指令間のプログラムがコンパイルされます。

9.1.3 #ifdef 指令

【記述形式】

```
#ifdef  識別子 改行 「グループ」
```

【機能】

- #ifdef 指令は，#if 指令の定数式が defined 識別子になったものです。
- 識別子が #define 指令で定義されていれば，後ろに続くプログラムをコンパイルし，定義されていないか，定義を取り消してある場合にはコンパイルをスキップします。

【使用例】

```
#define  ON
#ifdef   ON
   :
#endif
```

【説明】

- 使用例では，#define 指令によって “ ON ” が定義されているので，#ifdef と #endif の間のプログラムはコンパイルされます。“ ON ” が定義されていなければ，#ifdef と #endif の間のプログラムはコンパイルされません。

9.1.4 #ifndef 指令

【記述形式】

```
#ifndef　識別子　改行　　「グループ」
```

【機能】

- #ifndef 指令は，#if 指令の定数式が !defined 識別子となったものと同じです。この指令は識別子が前に定義されていれば，後ろに続くプログラムをコンパイルしません。

【使用例】

```
#define   ON
#ifndef   ON
   :
#endif
```

【説明】

- 使用例では，#define 指令によって “ ON ” が定義されているので，#ifndef と #endif の間のプログラムはコンパイルされません。“ ON ” が定義されていなければ，#ifndef と #endif の間のプログラムはコンパイルされます。

9.1.5 #else 指令

【記述形式】

#else　**改行**　**「グループ」**

【機能】

- #else **指令は，前にある条件付きコンパイル指令の識別子が偽の場合にのみ，後ろに続くプログラムをコンパイルします。**#else **指令の前にくる指令は，**#if**，**#elif**，**#ifdef**，**#ifndef **指令があります。**

【使用例】

```
#define   ON
#ifdef    ON
   :
#else
   :
#endif
```

【説明】

- **使用例では，**#define **指令によって “** ON **” が定義されているので，**#ifdef **と** #else **の間のプログラムがコンパイルされます。“** ON **” が定義されていなければ，**#else **と** #endif **の間のプログラムがコンパイルされます。**

9.1.6 #endif 指令

【記述形式】

```
#endif　改行
```

【機能】

- #endif 指令は，前にある条件付きコンパイル指令の有効範囲が終わったことを示します。

【使用例】

```
#define  ON
#ifdef   ON
   :
#endif
```

【説明】

- 使用例で “ #endif ” は，条件付きコンパイル ifdef 指令の有効範囲の終わりを示しています。

9.2　ソース・ファイルの取り込み

前処理指令 #include は指定したヘッダの検索を行い，#include 指令とヘッダの内容全部を置き換えます。#include によるソース・ファイルの取り込みには 3 つの方法があります。

- #include < > 指令
- #include " " 指令
- #include 前処理字句列 指令

#include により取り込まれるソースの中で，#include 指令が現れても良いですが，このコンパイラでは，#include 指令のネストの制限があります。制限については，表 1-1 を参照してください。

備考　前処理字句列：#define 指令で定義された文字列

9.2.1 #include < > 指令

【記述形式】

#include < **ファイル名** > **改行**

【機能】

- **指定されたヘッダを** -i **コンパイラ・オプションで指定したディレクトリ，**INC78K0 **環境変数で指定されているディレクトリ，レジストリに登録されているディレクトリ** \NECTools32\inc78k0 **から順に検索し，**#include **指令をヘッダの内容すべてに置き換えます。**

【使用例】

#include < stdio.h >

【説明】

- INC78K0 **環境変数により指定されたディレクトリ，レジストリに登録されているディレクトリ**
  \NECTools32
- \inc78k0 **の中から“** stdio.h **”を検索し，前処理指令“** #include < stdio.h > **”を“** stdio.h **”の内容に置き換えます。**

  注意　上記のディレクトリは，インストール方法によって異なります。

9.2.2 #include " " 指令

【記述形式】

#include ” ファイル名 ” 改行

【機能】

- この前処理指令によって取り込まれるソース・ファイルは，はじめにカレント・ディレクトリの中から検索します。そして，目的のファイルがないと次に -i コンパイラ・オプションで指定されたディレクトリ，INC78K0 環境変数で指定されているディレクトリ，レジストリに登録されているディレクトリ \NECTools32\inc78K0 から順に検索します。このようにして検索されたファイルは #include 指令と置き換えられます。

【使用例】

```
#include " myprog.h "
```

【説明】

- カレント・ディレクトリ，INC78K0 環境変数により指定されたディレクトリ，レジストリに登録されているディレクトリ \NECTools32\inc78k0 の中から “ myprog.h ” を検索し，前処理指令 “ #include " myprog.h " ” を “ myprog.h ” の内容に置き換えます。

  注意　上記のディレクトリは，インストール方法によって異なります。

9.2.3 #include 前処理字句列 指令

【記述形式】

#include	前処理字句列	改行

【機能】

- 前処理字句列の置き換えによりヘッダ・ファイルが示されます。そして，ヘッダ・ファイルが検索され #include 指令と置き換わります。

【使用例】

```
#define     INCFILE     " myprog.h "
#include    INCFILE
```

【説明】

- “ #include 前処理字句列 改行 ”によるソース・ファイルの取り込みでは，指定された前処理字句列がマクロ置換により < ファイル名 >，または “ ファイル名 ” に置き換わらなければなりません。< ファイル名 > に置き換わった場合，ソース・ファイルは -i コンパイラ・オプションにより指定されたディレクトリ，INC78K0 環境変数で指定されているディレクトリ，レジストリに登録されているディレクトリ \NECTools32\inc78k0 から順に検索します。“ ファイル名 ” の場合はカレント・ディレクトリから検索し，なければ -i コンパイラ・オプションにより指定されたディレクトリ，INC78K0 環境変数で指定されているディレクトリ，レジストリに登録されているディレクトリ \NECTools32\inc78k0 から順に検索します。

  注意　上記のディレクトリは，インストール方法によって異なります。

9.3 マクロ置換

マクロ置換は，識別子で指定した文字列（マクロ名）を “ 置換要素並び ” に置き換えます。
マクロ置換には，オブジェクト形式と関数形式の 2 つがあります。

- オブジェクト形式
  #define 指令
- 関数形式
  #define ( ) 指令

(1) 実引数置換

実引数の置き換えは，関数形式マクロの呼び出しの引数が識別されたあとに行われます。置換要素並びの仮引数に #，または ## 前処理字句を前に付けずに，## 前処理字句が後ろに続かなければ，並び中に含まれるマクロがすべて展開されたあとに対応する引数に置き換えられます。

(2) # 演算子

前処理字句は，対応する引数を char 文字列処理字句に置き換えます。置換要素並び中の仮引数の前にこれを付けると，対応する引数は文字，または文字列になります。

(3) ## 演算子

前処理字句は，前後にある字句を結合します。結合は，次のマクロ展開が行われる前に実行され，## 前処理字句は削除されます。この結果，生成される字句にマクロ名があれば，さらにマクロ展開されます。

【## 演算子の例】

この例では，次のようにマクロ展開されます。

```
printf ( " x " " 1 " " = %d , x " "  2 " " = %s " , x1 , x2 ) ;
```

さらに，char 文字列が結合され次のようになります。

```
printf ( " x1 = %d , x2 = %s " , x1 , x2 ) ;
```

```
#include < stdio.h >
#define  debug ( s , t )      printf ( " x " #s " = %d , x " #t " = %s " , x##s , x##t ) ;

void     main ( ) {
         int        x1 ,  x2 ;
         debug ( 1 , 2 ) ;
}
```

(4) 再走査とそれ以上の置き換え

マクロ置換によって置き換えられた結果の前処理字句，およびソース・ファイルの残りの前処理字句の中にマクロ名がある場合，マクロ置換を行います。現在置き換え中のマクロ名（ソース・ファイルの残りの前処理字句は含まない）が置換要素並びの走査中に見つけられても，置き換えられません。

(5) **マクロ定義の有効範囲**

マクロ定義は，対応する #undef **指令が現れるまで置き換え続けます。**

9.3.1 #define 指令

【記述形式】

```
#define  識別子   置換要素並び      改行
```

【機能】

- #define **指令は，指定した識別子を置換要素並びに置き換えます。この指令以降の同じ識別子は置換要素並びに置き換えられます。**

【使用例】

```
#define  PAI      3.1415
```

【説明】

- **使用例では，ソース・リスト中“** PAI **”が現れると，すべて“** 3.1415 **”に置き換えられます。**

9.3.2 #define ( ) 指令

【記述形式】

#define **識別子** （**「識別子リスト」**） **置換要素並び** **改行**

【機能】

- **関数形式のマクロ指令は，関数形式で指定した識別子を置換要素並びに置き換えます。この指令以降の同じ識別子は置換要素並びに置き換えられます。また，関数形式のマクロ置換では引数を含む置き換えができます。**

【使用例】

```
#define  F ( n )  ( n * n )
void     main ( ) {
         int      i ;
         i = F ( 2 ) ;
}
```

【説明】

- **この例の** F (2) **は，**#define **指令により “** (2*2) **” に置き換えられます。したがって，**i **の値は** 4 **となります。**
- **関数形式のマクロは，関数定義と違い単なる文字の置き換えです。したがって，安全のために** #define **指令の置換要素並びは** ( ) **で囲んでおきます。**

9.3.3 #undef 指令

【記述形式】

```
#undef　識別子　改行
```

【機能】

- 対応するマクロ置換指令を終わらせます。

【使用例】

```
#define  F ( n ) ( n * n )
   :
#undef  F
```

【説明】

使用例で“ #undef ”は，前に指定されていた“ #define　F (n) (n*n) ”を無効にします。

9.4 行制御

行制御は，コンパイラがコンパイル時に使用する行番号を“ #line ”によって指定された番号に置き換えます。また，文字列を指定した場合，コンパイラが持つソース・ファイル名を指定した文字列に置き換えます。

(1) 行番号を変更する場合

行番号を変更する場合，次のように指定します。数字列には，0 および 32767 より大きい数は指定できません。

#line　**数字列　改行**

【使用例】

#line　10

(2) 行番号とファイル名を変更する場合

行番号とファイル名を変更する場合，次のように指定します。

#line　**数字列**　**“ 文字列 ”**　**改行**

【使用例】

#line　10　“ file1.c ”

(3) 前処理字句列を使用して変更する場合

上記の指定の他に，次のように指定できます。この場合には，指定した前処理字句列は，すべての置き換えのあとに，前記の 2 つの例のいずれかになるようにします。

#line　**前処理字句列**　**改行**

【使用例】

```
#define  LINE_NUM      100
#line    LINE_NUM
```

9.5 #error 前処理指令

#error 前処理指令は，指定した前処理字句を含むメッセージを出力し，コンパイルを不成功に終わらせる指定です。この前処理により，コンパイルを終了させたい場合に使用します。

次のように指定します。

```
#error    “前処理字句列”改行
```

【使用例】

- この使用例では，このコンパイラが持つ，デバイスのシリーズを示すマクロ名“__K0__”を使用しています。デバイスが 78K0 シリーズであれば，#if ～ #else 間のプログラムをコンパイルします。そうでない場合は，#else ～ #endif 間のプログラムをコンパイルしますが，#error 指令により，“not for 78K0”というメッセージをエラーとして出力しコンパイルを終了します。

```
#if __K0__
   :
#else
#error    “not for 78K0 ”
   :
#endif
```

9.6　#pragma（プラグマ）指令

#pragma 指令は，コンパイラに対し，コンパイラ定義の方法で動作することを指示する指令です。このコンパイラでは，78K0 シリーズ用のコードを生成するために #pragma 指令が何種類か用意されています（#pragma 指令の詳細は「第 11 章 拡張機能」を参照してください）。

【使用例】

- この例では，#pragma　NOP 指令により，C ソースで NOP 命令を直接出力するように記述できます。

```
#pragma          NOP
```

9.7　空指令（Null 指令）

空指令は，コンパイラに対して何の影響も与えません。

改行

9.8 コンパイラ定義のマクロ名

コンパイラには，次のマクロ名があらかじめ定義されています。

__LINE__ ：カレント・ソース行の行番号（10 進定数）

__FILE__ ：ソース・ファイル名（文字列リテラル）

__DATE__ ：ソース・ファイルのコンパイル日付
（“ Mmm dd yyyy ” の形をした文字列リテラル）

__TIME__ ：ソース・ファイルのコンパイル時刻（“ hh : mm : ss ” の形をした文字列リテラル）

__STDC__ ：ANSI [注] の規格に合致していることを意味する 10 進定数 “ 1 ”

注 ANSI とは，American National Standards Institute の略称です。

これらのマクロ名，および defined 識別子は，#define，または #undef 前処理指令の適用を受けてはなりません。また，すべてのコンパイラ定義のマクロ名は，アンダスコアではじめます。その後ろには，英大文字，または 2 番目のアンダスコアが続きます。

このコンパイラでは，上記の他に応用製品の開発対象となるデバイスにより，デバイスのシリーズ名を示すマクロ名と，デバイス名を示すマクロ名を持ちます。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します。

- デバイス名を示すマクロ名

```
__K0__
```

- デバイス名を示すマクロ名
  デバイス種別名の前に “ __ ”，後ろに “ _ ” を付与したもの
  （英字は大文字で記述してください）

  ＜例＞

```
__054_  __054Y_
```

  備考 デバイス種別名は，-C オプションで指定するものと同じです。デバイス種別名については，デバイス・ファイルに関する資料を参照してください。

また，この C コンパイラは，メモリ・モデルを示すマクロ名を持ちます。
スタティック・モデル指定時に，次のように定義します。

```
#define__STATIC_MODEL__   1
```

コンパイル時のデバイス種別の指定は，次のものをコマンド・ラインに追加することにより行います。

“ -C デバイス種別 ”

＜例＞

```
cc78k0  -c054Y  prime.c
```

次のように，C ソース・プログラムの先頭にデバイス種別を指定することにより，コンパイル時に指定する必要がなくなります。

“ #pragma PC (種別) ”

＜例＞

```
#pragma PC      ( 054Y )
  :
```

ただし，次のものは “ #pragma PC (種別) ” の前に記述できます。

- コメント文
- 変数の定義または参照，および関数の定義または参照を生成しない前処理指令

第 10 章　ライブラリ関数

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，この 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 C コンパイラには，入出力，文字／メモリ操作，プログラム制御，数学関数等のライブラリ関数があります。この章では，このコンパイラが持つライブラリ関数について説明します。

10.1　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，返り値はレジスタにより受け渡しが行われます。ただし，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，全ての引数をレジスタにより受け渡します。

10.1.1　引数

引数をスタックへ積むことと取り去ることは，呼び出す側が行います。呼び出される側はその値の参照だけを行います。ただし，引数をレジスタにより受け渡した場合は，呼び出された側が直接レジスタを参照し，必要に応じ，別のレジスタに引数の値のコピーを行います。また，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，呼び出された側が行います。

引数をスタック渡しする場合は，引数は最後から先頭に向かう順番でスタックに積まれます。

スタックに積まれる最小単位は 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 ビット単位で積まれます。8 ビットの型は，16 ビットに拡張されます。

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。

次に，引数の受け渡し一覧を示します。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，返り値の格納）は，通常関数と同じです。

表 10-1 第 1 引数受け渡し一覧（ノーマル・モデル）

第 1 引数の型	受け渡し方法
1 バイト，2 バイト整数	AX
3 バイト整数	AX , BC
4 バイト整数	AX , BC
浮動小数点数（float 型）	AX , BC
浮動小数点数（double 型）	AX , BC
その他	スタック渡し

備考　上記の型で，1-4 バイト整数には，構造体，共用体を含みます。

表 10-2 引数受け渡し一覧（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。

10.1.2　返り値

返り値は，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。次に，返り値格納一覧を示します。返り値の格納方法は，通常関数の場合と同じです。

(1) ノーマル・モデルの場合

表 10-3 返り値格納一覧（ノーマル・モデル）

返り値の型	格納方法
1 ビット	CY
1 バイト，2 バイト整数	BC
4 バイト整数	BC（下位），DE（上位）
浮動小数点数（float 型）	BC（下位），DE（上位）
浮動小数点数（double 型）	BC（下位），DE（上位）
構造体	返却する構造体を関数固有の領域にコピーし，アドレスを BC に格納します。
ポインタ	BC

(2) スタティック・モデルの場合

表 10-4 返り値格納一覧（スタティック・モデル）

返り値の型	格納方法
1 ビット	CY
1 バイト整数	A
2 バイト整数	AX
4 バイト整数	AX（下位），BC（上位）
ポインタ	AX

10.1.3 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

引数と返り値の受け渡し手順の例を次に示します。

＜呼び出す関数＞

```
“ 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（呼び出す側）

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（呼び出される側）

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（呼び出される側）

(e) 関数 func の処理を行い，返り値をレジスタに格納する（呼び出される側）

返り値 “ 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（呼び出される側）

(g) 退避したレジスタを復帰する（呼び出される側）

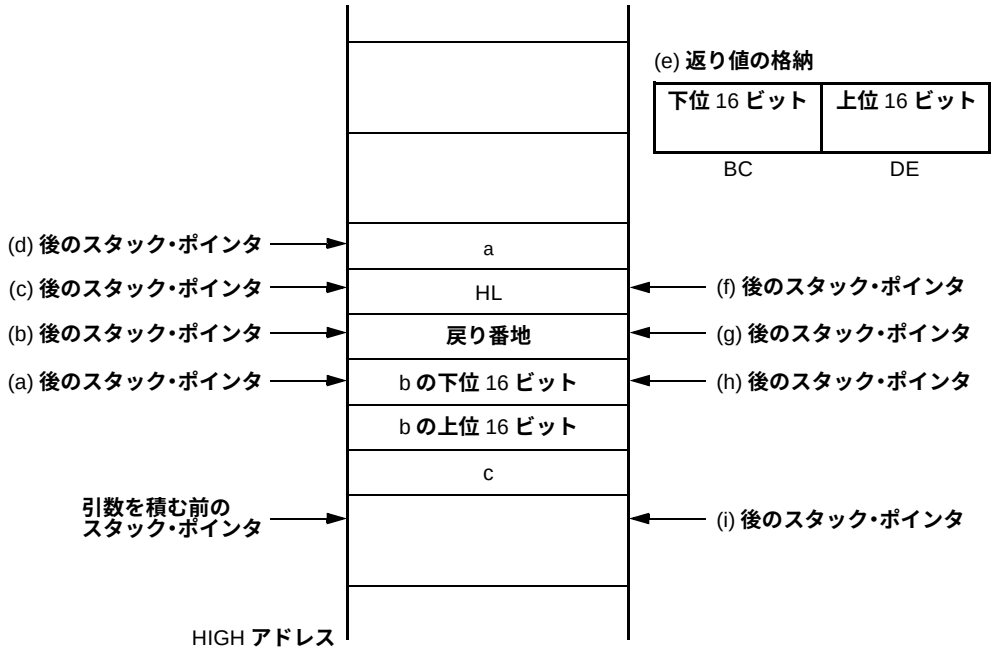
(h) ret 命令で呼び出した関数に制御を戻す（呼び出される側）

(i) 引数をスタックから取り除く（呼び出す側）

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。

図 10-1 の場合 6 が加えられます。

図 10-1 関数呼び出し時のスタック領域（-ZR 未指定時）



(2) -ZR オプションを指定する場合

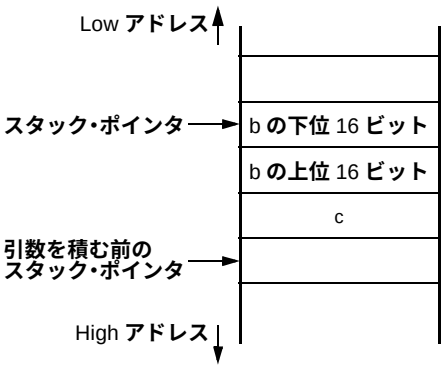
-ZR オプションを指定した場合の引数と返り値の受け渡し手順の例を次に示します。

＜呼び出す関数＞

```
“ long func ( int a ,  long b ,  char *c ) ; ”
```

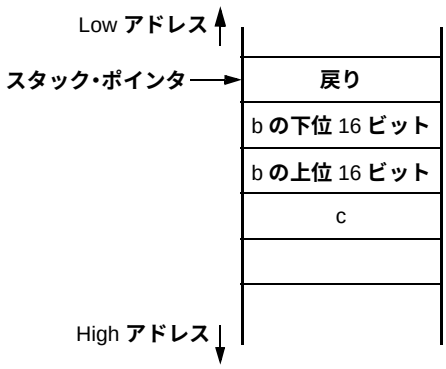
(a) 引数をスタックに積む（呼び出す側）

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。

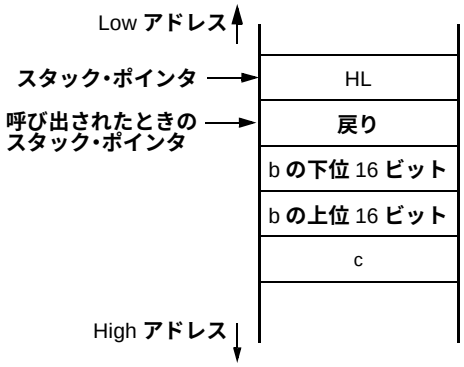


(b) call 命令により func を呼び出す（呼び出す側）

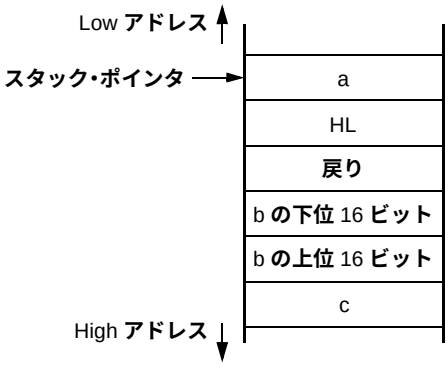
次の図に示すスタックの状態で関数 func に制御を渡します。



(c) 使用するレジスタを保存する（呼び出される側）



(d) レジスタで呼び出された第 1 引数をスタックに積む

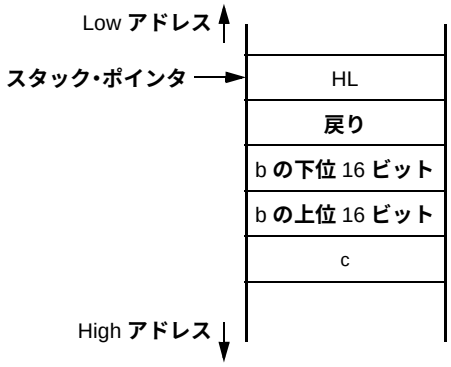


(e) 関数 func の処理を行い，返り値をレジスタに格納する（呼び出される側）

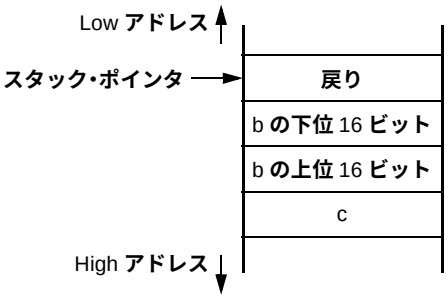
返り値（long）の下位 16 ビットを BC，上位 16 ビットを DE に格納します。

BC	DE
返り値の下位 16 ビット	返り値の上位 16 ビット

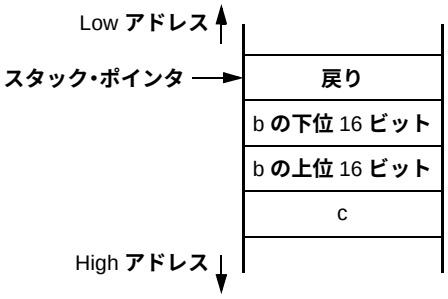
(f) 格納した第 1 引数を復帰する（呼び出される側）



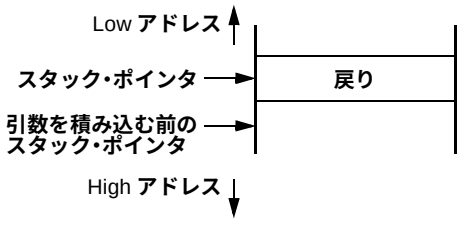
(g) 退避したレジスタを復帰する（呼び出される側）



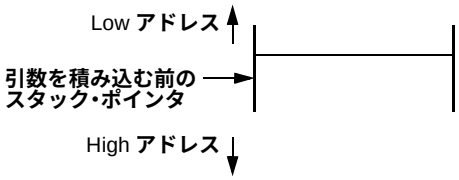
(h) 戻り番地をレジスタに格納し，引数を積み込む前の位置までスタック・ポインタを移動して，引数をスタックから取り除く（呼び出される側）



(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（呼び出される側）



(j) ret 命令で呼び出す側の関数に制御を戻す（呼び出される側）



10.1.4 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は使用できません。

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。

10.2 ヘッダ・ファイル

この 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。

この C コンパイラのヘッダ・ファイルを次に示します。

ctype.h	setjmp.h	stdarg.h（ノーマル・モデルのみ）	stdio.h
stdlib.h	string.h	error.h	errno.h
limits.h	stddef.h	math.h（ノーマル・モデルのみ）	float.h
assert.h（ノーマル・モデルのみ）			

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。

(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。

表 10-5 ctype.h の内容

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
isalnum	○	○	○	○	○	−	○	−
isalpha	○	○	○	○	○	−	○	−
iscntrl	○	○	○	○	○	−	○	−
isdigit	○	○	○	○	○	−	○	−
isgraph	○	○	○	○	○	−	○	−
islower	○	○	○	○	○	−	○	−
isprint	○	○	○	○	○	−	○	−
ispunct	○	○	○	○	○	−	○	−
isspace	○	○	○	○	○	−	○	−
isupper	○	○	○	○	○	−	○	−
isxdigit	○	○	○	○	○	−	○	−

表 10-5 ctype.h の内容

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
tolower	○	○	○	○	○	−	○	−
toupper	○	○	○	○	○	−	○	−
isascii	○	○	○	○	○	−	○	−
toascii	○	○	○	○	○	−	○	−
_tolower	○	○	○	○	○	−	○	−
_toupper	○	○	○	○	○	−	○	−
tolow	○	○	○	○	○	−	○	−
toup	○	○	○	○	○	−	○	−

○　：サポートする

−　：サポートしない

(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。

表 10-6 setjmp.h の内容

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 ]
```

(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。**

表 10-7 stdarg.h **の内容**

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	○	○	○	○
va_start_banked	△	△	△	△
va_starttop_banked	△	△	△	△

○　**：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 ;
```

(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。

表 10-8 stdio.h **の内容**

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	○	×	○	×	−	−	−	−

表 10-8 stdio.h の内容

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
scanf	○	×	○	×	−	−	−	−
vprintf	○	×	○	×	−	−	−	−
vsprintf	○	×	○	×	−	−	−	−
getchar	○	○	○	○	○	−	○	−
gets	○	○	○	○	○	○	○	○
putchar	○	○	○	○	○	−	○	−
puts	○	○	○	○	○	−	○	−

○　：サポートする

×　：動作を保証しない

−　：サポートしない

次のマクロ名を宣言しています。

```
#define   EOF   ( -1 )
#define   NULL   ( void * ) 0
```

(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。

表 10-9 stdlib.h の内容

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	○	○	×	×	−	−	−	−

表 10-9 stdlib.h の内容

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
calloc	○	○	○	○	○	−	○	−
free	○	○	○	○	○	−	○	−
malloc	○	○	○	○	○	−	○	−
realloc	○	○	○	○	○	−	○	−
abort	○	○	○	○	○	○	○	○
atexit	○	○	○	○	○	−	○	−
exit	○	○	○	○	○	−	○	−
abs	○	○	○	○	○	−	○	−
div	○	−	○	−	−	−	−	−
labs	○	○	×	×	−	−	−	−
ldiv	○	○	−	−	−	−	−	−
brk	○	○	○	○	○	−	○	−
sbrk	○	○	○	○	○	−	○	−
atof	○	○	○	○	−	−	−	−
strtod	○	○	○	○	−	−	−	−
itoa	○	○	○	○	○	−	○	−
ltoa	○	○	−	−	−	−	−	−
ultoa	○	○	−	−	−	−	−	−
rand	○	×	○	×	−	−	−	−
srand	○	○	○	○	−	−	−	−
bsearch	○	○	○	○	−	−	−	−
qsort	○	○	○	○	−	−	−	−
strbrk	○	○	○	○	○	−	○	−
strsbrk	○	○	○	○	○	−	○	−
stritoa	○	○	○	○	○	−	○	−
strltoa	○	○	−	−	−	−	−	−
strultoa	○	○	−	−	−	−	−	−

○　：サポートする

×　：動作を保証しない

−　：サポートしない

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) 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。

表 10-10 string.h **の内容**

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	○	○	○	○	○	−	○	−
strcspn	○	×	○	×	○	−	○	−
strpbrk	○	○	○	○	○	○	○	○
strrchr	○	○	○	○	○	−	○	−
strspn	○	×	○	×	○	−	○	−
strstr	○	○	○	○	○	○	○	○
strtok	○	○	○	○	○	○	○	○
memset	○	○	○	○	○	−	○	−
strerror	○	○	○	○	○	−	○	−
strlen	○	×	○	×	○	−	○	−
strcoll	○	×	○	×	○	−	○	−
strxfrm	○	×	○	×	○	−	○	−

○　：サポートする

×　：動作を保証しない

－　：サポートしない

(7) error.h

error.h は，errno.h をインクルードしています。

(8) errno.h

次のオブジェクトが定義されています。

【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 ;
```

(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
#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 )
```

(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 ) )
```

※ 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。**

(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。**

表 10-11 math.h **の内容**

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	○	○	○	○

表 10-11 math.h の内容

関数名	-ZI , -ZL 指定の有無			
	ノーマル・モデル			
	なし	ZI	ZL	ZI ZL
floor	○	○	○	○
fmod	○	○	○	○
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
```

(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 */
```

(13) assert.h（ノーマル・モデルのみ）

表 10-12 assert.h の内容

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一つのマクロ 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 )
```

10.3　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。

この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（1）～（3）の関数は，リエントラントではありませんので注意してください。

(1) **リエントラント化できない関数**

setjmp , longjmp , atexit , exit

(2) **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

(3) **浮動小数点を扱う関数**

sprintf , sscanf , printf , scanf , vprintf , vsprintf **注**

atof , strtod , **数学関数すべて**

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。**

10.4 標準ライブラリ関数

この C コンパイラの標準ライブラリ関数を機能別に分けて説明します。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。

表 10-13 標準ライブラリ関数一覧

関数の種類	関数名
文字／文字列関数	is ～
	toupper，tolower
	toascii
	_toupper / toup，_tolower / tolow
プログラム制御関数	setjmp，longjmp
特殊関数	va_start（ノーマル・モデルのみ），va_starttop（ノーマル・モデルのみ），va_start_banked（ノーマル・モデルのみ），va_starttop_banked（ノーマル・モデルのみ），va_arg（ノーマル・モデルのみ），va_end（ノーマル・モデルのみ）
入出力関数	sprintf（ノーマル・モデルのみ）
	sscanf（ノーマル・モデルのみ）
	printf（ノーマル・モデルのみ）
	scanf（ノーマル・モデルのみ）
	vprintf（ノーマル・モデルのみ）
	vsprintf（ノーマル・モデルのみ）
	getchar
	gets
	putchar
	puts

表 10-13 標準ライブラリ関数一覧

関数の種類	関数名
ユーティリティ関数	atoi，atol
	strtol，strtoul
	calloc
	free
	malloc
	realloc
	abort
	atexit，exit
	abs，labs
	div（ノーマル・モデルのみ），ldiv（ノーマル・モデルのみ）
	brk，sbrk
	atof，strtod
ユーティリティ関数	itoa，ltoa（ノーマル・モデルのみ），ultoa（ノーマル・モデルのみ）
	rand，srand
	bsearch（ノーマル・モデルのみ）
	qsort（ノーマル・モデルのみ）
	strbrk
	strsbrk
	stritoa，strltoa（ノーマル・モデルのみ），strultoa（ノーマル・モデルのみ）

表 10-13 標準ライブラリ関数一覧

関数の種類	関数名
文字列／メモリ関数	memcpy，memmove
	strcpy，strncpy
	strcat，strncat
	memcmp
	strcmp，strncmp
	memchr
	strchr，strrchr
	strspn，strcspn
	strpbrk
	strstr
	strtok
	memset
	strerror
	strlen
	strcoll
	strxfrm
数学関数	acos（ノーマル・モデルのみ）
	asin（ノーマル・モデルのみ）
	atan（ノーマル・モデルのみ）
	atan2（ノーマル・モデルのみ）
	cos（ノーマル・モデルのみ）
	sin（ノーマル・モデルのみ）
	tan（ノーマル・モデルのみ）
	cosh（ノーマル・モデルのみ）
	sinh（ノーマル・モデルのみ）

表 10-13 標準ライブラリ関数一覧

関数の種類	関数名
数学関数	tanh（ノーマル・モデルのみ）
	exp（ノーマル・モデルのみ）
	frexp（ノーマル・モデルのみ）
	ldexp（ノーマル・モデルのみ）
	log（ノーマル・モデルのみ）
	log10（ノーマル・モデルのみ）
	modf（ノーマル・モデルのみ）
	pow（ノーマル・モデルのみ）
	sqrt（ノーマル・モデルのみ）
	ceil（ノーマル・モデルのみ）
	fabs（ノーマル・モデルのみ）
	floor（ノーマル・モデルのみ）
	fmod（ノーマル・モデルのみ）
	matherr（ノーマル・モデルのみ）
	acosf（ノーマル・モデルのみ）
	asinf（ノーマル・モデルのみ）
	atanf（ノーマル・モデルのみ）
	atan2f（ノーマル・モデルのみ）
	cosf（ノーマル・モデルのみ）
	sinf（ノーマル・モデルのみ）
	tanf（ノーマル・モデルのみ）
	coshf（ノーマル・モデルのみ）
	sinhf（ノーマル・モデルのみ）
	tanhf（ノーマル・モデルのみ）
	expf（ノーマル・モデルのみ）
	frexpf（ノーマル・モデルのみ）
	ldexpf（ノーマル・モデルのみ）
	logf（ノーマル・モデルのみ）
	log10f（ノーマル・モデルのみ）
	modff（ノーマル・モデルのみ）
	powf（ノーマル・モデルのみ）
	sqrtf（ノーマル・モデルのみ）

表 10-13 標準ライブラリ関数一覧

関数の種類	関数名
数学関数	ceilf（ノーマル・モデルのみ）
	fabsf（ノーマル・モデルのみ）
	floorf（ノーマル・モデルのみ）
	fmodf（ノーマル・モデルのみ）
診断関数	__assertfail（ノーマル・モデルのみ）

10.4.1 文字／文字列関数

(1) is 〜

【機能】

- is 〜は文字種の判定を行います。

【ヘッダ・ファイル】

- すべて ctype.h

【関数プロトタイプ】

- int is 〜 (int c) ;

関数名	引数	返り値
is 〜	c … 判定する文字	文字 c が目的の文字である場合 … 1 文字 c が目的の文字でない場合 … 0

【説明】

関数名	範囲
isalpha	c が英文字（A-Z，a-z）であるかを判定します。
isupper	c が英大文字（A-Z）であるかを判定します。
islower	c が英小文字（a-z）であるかを判定します。
isdigit	c が数字（0-9）であるかを判定します。
isalnum	c が英数字（0-9，A-Z，a-z）であるかを判定します。
isxdigit	c が 16 進数字（0-9，A-F，a-f）であるかを判定します。
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。
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。
isprint	c が表示可能文字であるかを判定します。
isgraph	c が空白以外の表示可能文字であるかを判定します。
iscntrl	c がコントロール文字であるかを判定します。
isascii	c が ASCII 文字であるかを判定します。

(2) toupper，tolower

【機能】

- 文字種の変換を行います。
- toupper は，英小文字を英大文字に変換します。
- tolower は，英大文字を英小文字に変換します。

【ヘッダ・ファイル】

- ctype.h

【関数プロトタイプ】

- int to〜 (int c) ;

関数名	引数	返り値
toupper tolower	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

【説明】

toupper

- 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

- 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。

(3) toascii

【機能】

- toascii は，ASCII コードへの変換を行います。

【ヘッダ・ファイル】

- ctype.h

【関数プロトタイプ】

- int toascii (int c) ;

関数名	引数	返り値
toascii	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

【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。

(4) _toupper / toup ，_tolower / tolow

【機能】

- _toupper / toup **は，**c **から“**a **”を引き“**A **”を加えます。**a**：英小文字**
- _tolower / tolow **は，**c **から“**A **”を引き“**a **”を加えます。**A**：英大文字**

（ _toupper **と** toup**，**_tolower **と** tolow **はまったく同じです。）**

備考 a**：英小文字，**A**：英大文字**

【ヘッダ・ファイル】

- ctype.h

【関数プロトタイプ】

- int _to ～ (int c) ;

関数名	引数	返り値
_toupper toupi	c … **変換される文字**	c **から“**a **”を引き“**A **”を加えた値**
_tolower tolow		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**

【説明】

_toupper

- _toupper **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せん。**

_tolower

- _tolower **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せん。**

10.4.2 プログラム制御関数

(1) setjmp，longjmp

【機能】

- setjmp は，呼び出し時の環境をセーブします。
- longjmp は，setjmp でセーブされた環境を復帰します。

【ヘッダ・ファイル】

- setjmp.h

【関数プロトタイプ】

- int setjmp (jmp_buf env) ;
- void longjmp (jmp_buf env , int val) ;

関数名	引数	返り値
setjmp	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
longjmp	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。

【説明】

setjmp

- setjmp は，直接呼び出された場合，HL レジスタ，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

- longjmp は，env に保存された環境（HL レジスタ，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。

10.4.3 特殊関数

(1) va_start（ノーマル・モデルのみ），va_starttop（ノーマル・モデルのみ），va_start_banked（ノーマル・モデルのみ），va_starttop_banked（ノーマル・モデルのみ），va_arg（ノーマル・モデルのみ），va_end（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- va_start は，可変個の引数の処理のための設定を行います（マクロ）。
- va_starttop は，可変個の引数の処理のための設定を行います（マクロ）。
- va_start_banked は，可変個の引数の処理のための設定を行います（マクロ）。
- va_starttop_banked は，可変個の引数の処理のための設定を行います（マクロ）。
- va_arg は，可変個の引数の処理を行います（マクロ）。
- va_end は，可変個の引数の処理の終了を知らせます（マクロ）。

【ヘッダ・ファイル】

- stdarg.h

【関数プロトタイプ】

- void va_start (va_list ap , parmN) ;
- void va_starttop (va_list ap , parmN) ;
- void va_start_banked (va_list ap , parmN) ;
- void va_starttop_banked (va_list ap , parmN) ;
- type va_arg (va_list ap , type) ;
- void va_end (va_list ap) ;

備考 va_list は stdarg.h で typedef 定義されています。

関数名	引数	返り値
va_start va_starttop va_stat_banked va_starttop_banked	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
va_arg	ap … 引数リストの処理のための変数 type … 可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 が空ポインタの場合 … 0
va_end	ap … 可変個の引数の処理のための変数	なし

【説明】

va_start，va_start_banked

- va_start , va_start_banked 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パラメータの名前です。
- parmN がレジスタ記憶クラスで宣言されている場合は，正常動作は保証しません。
- parmN が第一引数の場合は，動作は保証されません（代わりに va_starttop , va_starttop_banked を使用してください）。
- バンク関数呼び出しルーチンを経由する関数は，va_starttop_banked を使用してください。

va_start_banked

- バンク関数呼び出しルーチンを経由する関数では，va_start は使用できません。va_start_banked を使用してください。

va_starttop，va_starttop_banked

- 第一引数をレジスタで渡すため，va_start , va_start_banked 関数に第一引数の指定はできません。
- 次のようにマクロを使い分けてください。

  (i) 第一引数を指定する場合は，va_starttop , va_starttop_banked マクロを使用してください。

  (ii) 第二引数以降を指定する場合は，va_start , va_start_banked マクロを使用してください。

va_starttop_banked

- バンク関数呼び出しルーチンを経由する関数では，va_starttop は使用できません。va_starttop_banked を使用してください。

va_arg

- va_arg で引数 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しません）。
- 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 が空ポインタの場合は，type 型の 0 を返します。

va_end

- 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 に空ポインタをセットします。

10.4.4 入出力関数

(1) sprintf（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- sprintf は，フォーマットに従ってデータを文字列に書きます。

【ヘッダ・ファイル】

- stdio.h

【関数プロトタイプ】

- int sprintf (char *s , const char *format , …) ;

関数名	引数	返り値
sprintf	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）

【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しません。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）。

  (i) 0 個以上のフラグ（後述）は変換仕様の意味を修飾します。

  (ii) 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。

表 10-14 sprintf のフラグ

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（# なしのディフォールトでは，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（# なしのディフォールトでは，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。

変換指定は次のとおりです。

表 10-15 sprintf の変換指定

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 引数を符号付き無符号 8 進（o）表記に変換します。
u	int 引数を符号付き無符号 10 進（u）表記に変換します。
x，X	int 引数を符号付き無符号 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。

表 10-16 sprintf の精度指定

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 を付ける）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），動作は保証しません。
- 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)”

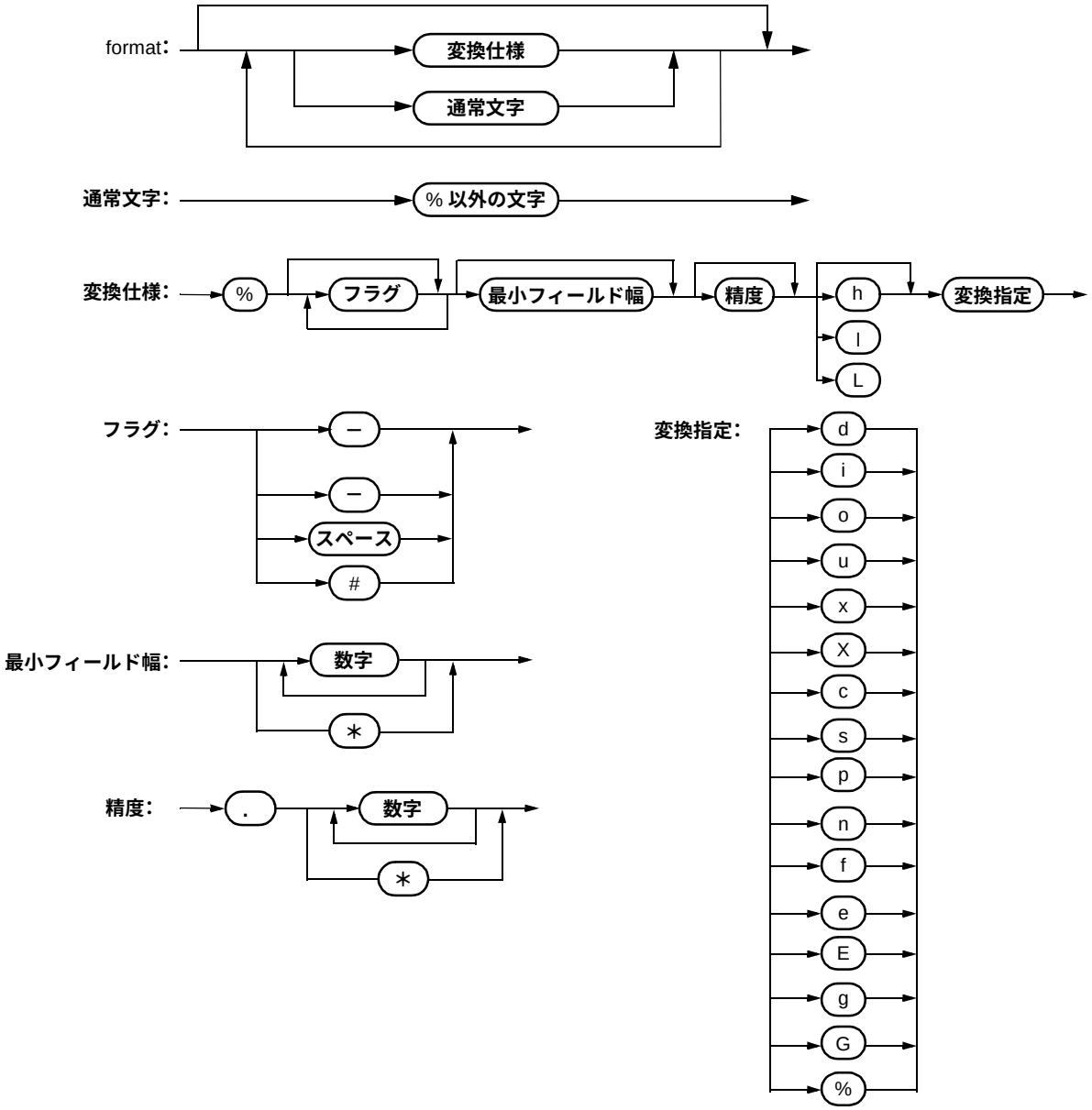
  +∞ → “(+INF)”

  -∞ → “(-INF)”

  文字列 s の末尾にヌル文字（返り値のカウントには含まない）を書きます。

  format の構文図を図 10-2 に示します。

図 10-2 出力 format の構文図



(2) sscanf（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- 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。

【ヘッダ・ファイル】

- stdio.h

【関数プロトタイプ】

- int sscanf (const char *s , const char *format , …) ;

関数名	引数	返り値
sscanf	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

【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しません。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。

  (i) 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）

  (ii) 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）

  (iii) 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 なしのディフォールトでは引数は 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。

- 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。
- 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。
- % 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ストアされます。

変換指示子は次のとおりです。

表 10-17 sscanf の変換指示子

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。
I	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。
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。

表 10-17 sscanf の変換指示子

変換指示子	内容
[	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 指令は返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。

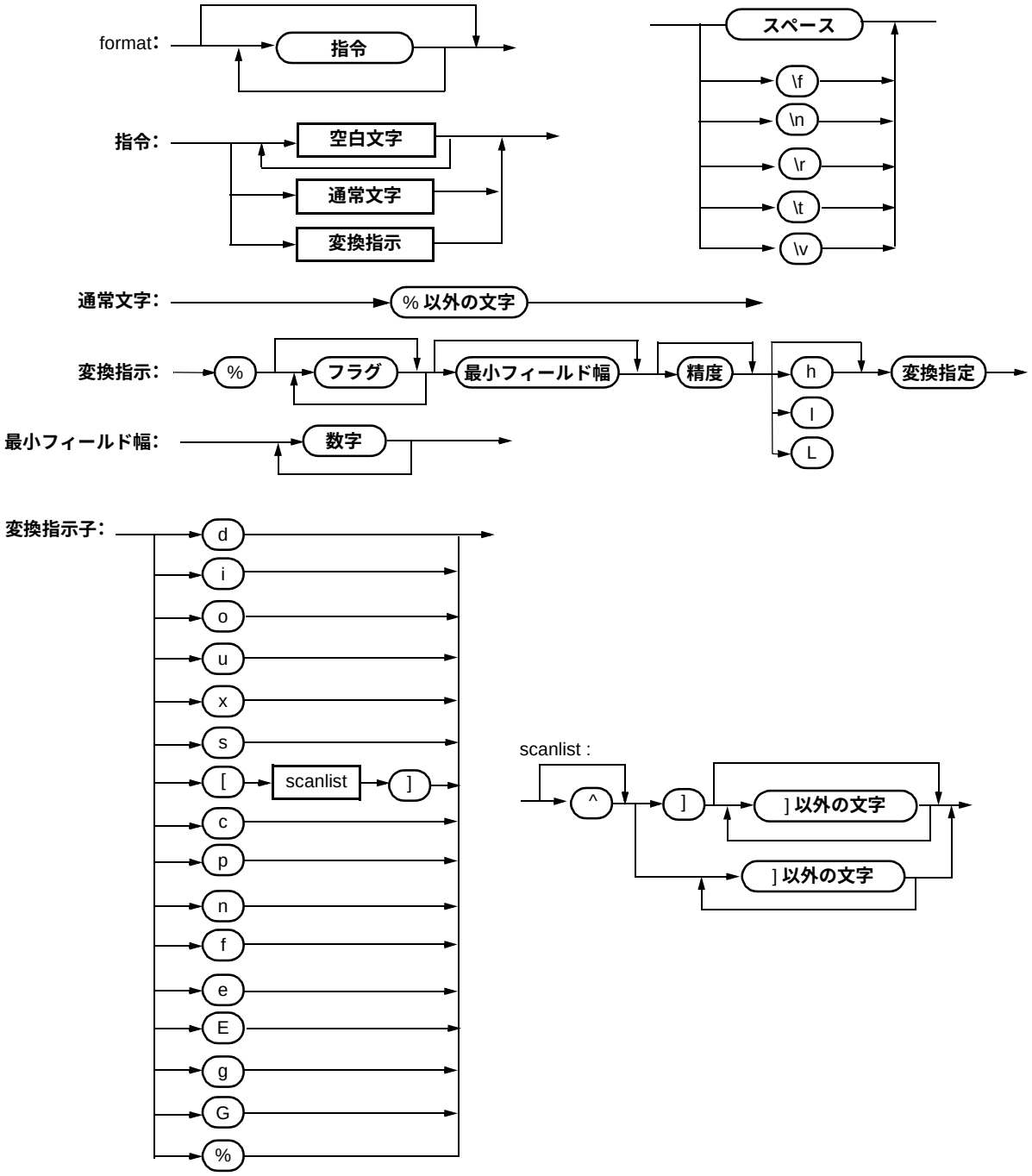
変換指示が不正な場合，指令は失敗します。

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 10-3 入力 format の構文図



(3) printf（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- printf は，フォーマットに従ってデータを SFR に出力します。

【ヘッダ・ファイル】

- stdio.h

【関数プロトタイプ】

- int printf (const char *format , …) ;

関数名	引数	返り値
printf	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）

【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。

(4) scanf（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- SFR からフォーマットに従ってデータを読みます。

【ヘッダ・ファイル】

- stdio.h

【関数プロトタイプ】

- int scanf (const char *format , …) ;

関数名	引数	返り値
scanf	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

【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しません。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。

(5) vprintf（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- vprintf は，フォーマットに従ってデータを SFR に出力します。

【ヘッダ・ファイル】

- stdio.h

【関数プロトタイプ】

- int vprintf (const char *format , va_list p) ;

関数名	引数	返り値
vprintf	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）

【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。

(6) vsprintf（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- vsprintf は，フォーマットに従ってデータを文字列に書きます。

【ヘッダ・ファイル】

- stdio.h

【関数プロトタイプ】

- int vsprintf (char *s , const char *format , va_list p) ;

関数名	引数	返り値
vsprintf	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）

【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。
- 入出力関数

(7) getchar

【機能】

- SFR から，1 文字読み込みます。

【ヘッダ・ファイル】

- stdio.h

【関数プロトタイプ】

- int getchar (void) ;

関数名	引数	返り値
getchar	なし	SFR から読み込んだ 1 文字

【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。

(8) gets

【機能】

- 文字列を読み取ります。

【ヘッダ・ファイル】

- stdio.h

【関数プロトタイプ】

- char *gets (char *s) ;

関数名	引数	返り値
gets	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 … 空ポインタ

【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，空ポインタを返します。

(9) putchar

【機能】

- SFR に 1 文字出力します。

【ヘッダ・ファイル】

- stdio.h

【関数プロトタイプ】

- int putchar (int c) ;

関数名	引数	返り値
putchar	c … 出力する文字	出力した文字

【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。

(10) puts

【機能】

- **文字列を出力します。**

【ヘッダ・ファイル】

- stdio.h

【関数プロトタイプ】

- int puts (const char *s) ;

関数名	引数	返り値
puts	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

【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。**

10.4.5 ユーティリティ関数

(1) atoi , atol

【機能】

- atoi は，10 進整数文字列を int に変換します。
- atol は，10 進整数文字列を long に変換します。

【ヘッダ・ファイル】

- stdlib.h

【関数プロトタイプ】

- int atoi (const char *nptr) ;
- long int atol (const char *nptr) ;

関数名	引数	返り値
atoi	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 (32767) 負のオーバフローの場合 … INT_MIN (-32768) 不正文字列の場合 … 0
atol		正常の場合 … 変換された値 正のオーバフローの場合 … LONG_MAX (2147483647) 負のオーバフローの場合 … LONG_MIN (-2147483648) 不正文字列の場合 … 0

【説明】

atoi

- 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（32767）負のときは INT_MIN（ -32768 ）を返します。

atol

- 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（ 2147483647 ）負のときは LONG_MIN（ -2147483648 ）を返します。

(2) strtol，strtoul

【機能】

- strtol は，文字列を long に変換します。
- strtoul は，文字列を unsigned long に変換します。

【ヘッダ・ファイル】

- stdlib.h

【関数プロトタイプ】

- long int strtol (const char *nptr , char **endptr , int base) ;
- unsigned long int strtoul (const char *nptr , char **endptr , int base) ;

関数名	引数	返り値
strtol	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 (2147483647) 負のオーバフローの場合 … LONG_MIN (-2147483648) 変換が行われない場合 … 0
strtoul		正常の場合 … 変換した値 オーバフローの場合 … ULONG_MAX (4294967295U) 変換が行われない場合 … 0

【説明】

strtol

- nptr が指す文字列を次の 3 部分に分解します。

  (i) 空であってもよい空白文字列（isspace で指定される）

  (ii) base の値により決定される基数による整数表現

  (iii) 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 （ii）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 が空ポインタでなければ）（iii）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（2147483647），負は LONG_MIN（ -2147483648）を返し，errno に ERANGE（ii）を入れます。

- （ii）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 が空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

- nptr が指す文字列を次の 3 部分に分解します。

  (i) 空であってもよい空白文字列（isspace で指定される）

  (ii) base の値により決定される基数による整数表現

  (iii) 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 （ii）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 が空ポインタでなければ）（iii）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（4294967295U）を返し，errno に ERANGE（ii）を入れます。
- （ii）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 が空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。

(3) calloc

【機能】

- calloc は，配列の領域を割り付けて 0 で初期化します。

【ヘッダ・ファイル】

- stdlib.h

【関数プロトタイプ】

- void * calloc (size_t nmemb , size_t size) ;

関数名	引数	返り値
calloc	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 … 空ポインタ

【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，空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「10.4.5 ユーティリティ関数　(11) brk，sbrk」を参照してください。

(4) free

【機能】

- 割り付けられているブロックを解放します。

【ヘッダ・ファイル】

- stdlib.h

【関数プロトタイプ】

- void free (void *ptr) ;

関数名	引数	返り値
free	ptr … 解放するブロックの先頭へのポインタ	なし

【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）。

(5) malloc

【機能】

- malloc は，ブロックを割り付けます。

【ヘッダ・ファイル】

- stdlib.h

【関数プロトタイプ】

- void *malloc (size_t size) ;

関数名	引数	返り値
malloc	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 … 空ポインタ

【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，空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「10.4.5 ユーティリティ関数　(11) brk，sbrk」を参照してください。

(6) realloc

【機能】

- realloc は，ブロックの再割り付けを行います。

【ヘッダ・ファイル】

- stdlib.h

【関数プロトタイプ】

- void * realloc (void *ptr , size_t size) ;

関数名	引数	返り値
realloc	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 が空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 … 空ポインタ

【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 が空ポインタの場合は，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，何もせずに空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。

(7) abort

【機能】

- abort は，プログラムを異常終了させます。

【ヘッダ・ファイル】

- stdlib.h

【関数プロトタイプ】

- void abort (void) ;

関数名	引数	返り値
abort	なし	戻りません。

【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。

(8) atexit , exit

【機能】

- atexit は，正常終了時に呼び出される関数を登録します。
- exit は，プログラムを終了させます。

【ヘッダ・ファイル】

- stdlib.h

【関数プロトタイプ】

- int atexit (void (*func) (void)) ;
- void exit (int status) ;

関数名	引数	返り値
atexit	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
exit	status … 終了状態を示す値	戻りません。

【説明】

atexit

- 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 個まで登録できます。登録できた場合は，0 を返します。登録されている関数が 32 個あり，これ以上登録できない場合は，登録せずに 1 を返します。

exit

- 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。

(9) abs **,** labs

【機能】

- abs **は，**int **型の値の絶対値を求めます。**
- labs **は，**long **型の値の絶対値を求めます。**

【ヘッダ・ファイル】

- stdlib.h

【関数プロトタイプ】

- int abs (int j) ;
- long int labs (long int j) ;

関数名	引数	返り値
abs	j **… 絶対値を求める値**	-32767 ≦ j ≦ 32767 **の場合 …** j **の絶対値** j **が** -32768 **の場合 …** -32768（ 0x8000 ）
labs		-2147483647 ≦ j ≦ 2147483647 **の場合 …** j **の絶対値** j **が** -2147483648 **の場合 …** -2147483648（ 0x80000000 ）

【説明】

abs

- abs **は，**j **の値（**int **型）の絶対値を求めます。**
- j **が** -32768 **の場合は，**-32768 **を返します。**

labs

- labs **は，**j **の値（**long **型）の絶対値を求めます。**
- j **が** -2147483648 **の場合は，**-2147483648 **を返します。**

(10) div（ノーマル・モデルのみ），ldiv（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- div は，int 型の除算を行い，商と剰余を求めます。
- ldiv は，long 型の除算を行い，商と剰余を求めます。

【ヘッダ・ファイル】

- stdlib.h

【関数プロトタイプ】

- div_t div (int numer , int denom) ;
- ldiv_t ldiv (long int numer , long int denom) ;

関数名	引数	返り値
div	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。
ldiv		ldiv_t 型のメンバ quot に商，rem に剰余を返します。

【説明】

div

- 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 -32768，denom が -1 の場合，商は -32768，剰余は 0 です。

ldiv

- 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 -2147483648，denom が -1 の場合は，商は -2147483648，剰余は 0 です。

(11) brk，sbrk

【機能】

- brk は，ブレーク値をセットします。
- sbrk は，ブレーク値を増減します。

【ヘッダ・ファイル】

- stdlib.h

【関数プロトタイプ】

- int brk (char *endds) ;
- char *sbrk (int incr) ;

関数名	引数	返り値
brk	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
sbrk	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

【説明】

brk

- 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

- 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。

(12) atof，strtod

【機能】

- atof は，10 進整数文字列を double に変換します。
- strtod は，文字列を double に変換します。

【ヘッダ・ファイル】

- stdlib.h

【関数プロトタイプ】

- double atof (const char *nptr) ;
- double strtod (const char *nptr , char **endptr) ;

関数名	引数	返り値
atof	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
strtod	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

【説明】

atof

- 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

- 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。

(13) itoa，ltoa（ノーマル・モデルのみ），ultoa（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- itoa は，int を文字列に変換します。
- ltoa は，long を文字列に変換します。
- ultoa は，unsigned long を文字列に変換します。

【ヘッダ・ファイル】

- stdlib.h

【関数プロトタイプ】

- char *itoa (int value , char *string , int radix) ;
- char *ltoa (long value , char *string , int radix) ;
- char *ultoa (unsigned long value , char *string , int radix) ;

関数名	引数	返り値
itoa ltoa ultoa	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 … 空ポインタ

【説明】

itoa，ltoa，ultoa

- 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，空ポインタを返します。

(14) rand，srand

【機能】

- rand は，疑似乱数を発生させます。
- srand は，疑似乱数の発生状態の初期化を行います。

【ヘッダ・ファイル】

- stdlib.h

【関数プロトタイプ】

- int rand (void) ;
- void srand (unsigned int seed) ;

関数名	引数	返り値
rand	なし	0 から RAND_MAX の範囲の疑似乱数
srand	seed … 疑似乱数の発生状態の初期値	なし

【説明】

rand

- rand は，0 から RAND_MAX の範囲の疑似乱数を発生させます。

srand

- 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返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。

(15) bsearch（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- bsearch は，バイナリ・サーチを行います。

【ヘッダ・ファイル】

- stdlib.h

【関数プロトタイプ】

- void *bsearch (const void *key , const void *base , size_t nmemb ,
  size_t size , int (*compare) (const void *, const void *)) ;

関数名	引数	返り値
bsearch	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 … 空ポインタ

【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。

(16) qsort（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- qsort は，クイック・ソートを行います。

【ヘッダ・ファイル】

- stdlib.h

【関数プロトタイプ】

- void qsort (void *base , size_t nmemb , size_t size ,
  int (*compare) (const void * , const void *)) ;

関数名	引数	返り値
qsort	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

【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。

(17) strbrk

【機能】

- **ブレーク値をセットします。**

【ヘッダ・ファイル】

- stdlib.h

【関数プロトタイプ】

- int strbrk (char *endds) ;

関数名	引数	返り値
strbrk	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

【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。**

(18) strsbrk

【機能】

- ブレーク値を増減します。

【ヘッダ・ファイル】

- stdlib.h

【関数プロトタイプ】

- char *strsbrk (int incr) ;

関数名	引数	返り値
strsbrk	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

【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。
- 増減した後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。

(19) stritoa，strltoa（ノーマル・モデルのみ），strultoa（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- stritoa は，int を文字列に変換します。
- strltoa は，long を文字列に変換します。
- strultoa は，unsigned long を文字列に変換します。

【ヘッダ・ファイル】

- stdlib.h

【関数プロトタイプ】

- char *stritoa (int value , char *string , int radix) ;
- char *strltoa (long value , char *string , int radix) ;
- char *strultoa (unsigned long value , char *string , int radix) ;

関数名	引数	返り値
stritoa strltoa strultoa	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 … 空ポインタ

【説明】

stritoa，strltoa，strultoa

- 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，空ポインタを返します。

10.4.6 文字列／メモリ関数

(1) memcpy，memmove

【機能】

- memcpy は，バッファを指定文字数分コピーします。
- memmove は，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）。

【ヘッダ・ファイル】

- string.h

【関数プロトタイプ】

- void *memcpy (void *s1, const void *s2 , size_t n) ;
- void *memmove (void *s1 , const void *s2 , size_t n) ;

関数名	引数	返り値
memcpy memmove	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

【説明】

memcpy

- 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，正常動作は保証しません（先頭から順にコピーするため）。

memmove

- 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。

(2) strcpy，strncpy

【機能】

- strcpy は，文字列をコピーします。
- strncpy は，文字列の先頭から指定の文字数分コピーします。

【ヘッダ・ファイル】

- string.h

【関数プロトタイプ】

- char *strcpy (char *s1 , const char *s2) ;
- char *strncpy (char *s1 , const char *s2 , size_t n) ;

関数名	引数	返り値
strcpy strncpy	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

【説明】

strcpy

- 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，正常動作は保証しません（先頭から順にコピーするため）。

strncpy

- 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，正常動作は保証しません（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。

(3) strcat，strncat

【機能】

- strcat は，文字列に文字列を追加します。
- strncat は，文字列に指定文字数分の文字列を追加します。

【ヘッダ・ファイル】

- string.h

【関数プロトタイプ】

- char *strcat (char *s1 , const char *s2) ;
- char *strncat (char *s1 , const char *s2 , size_t n) ;

関数名	引数	返り値
strcat strncat	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

【説明】

strcat

- 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 の初めの文字を 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，その動作は保証しません。

strncat

- 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 の初めの文字を 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，その動作は保証しません。

(4) memcmp

【機能】

- memcmp は，2 つのバッファの指定文字数分を比較します。

【ヘッダ・ファイル】

- string.h

【関数プロトタイプ】

- int memcmp (const void *s1 , const void *s2 , size_t n) ;

関数名	引数	返り値
memcmp	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）

【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。

(5) strcmp，strncmp

【機能】

- strcmp は，2 つの文字列を比較します。
- strncmp は，2 つの文字列の指定文字数分を比較します。

【ヘッダ・ファイル】

- string.h

【関数プロトタイプ】

- int strcmp (const char *s1 , const char *s2) ;
- int strncmp (const char *s1 , const char *s2 , size_t n) ;

関数名	引数	返り値
strcmp	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）
strncmp	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）

【説明】

strcmp

- 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

- 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。

(6) memchr

【機能】

- memchr **は，指定文字数分のバッファから指定文字を探します。**

【ヘッダ・ファイル】

- string.h

【関数プロトタイプ】

- void *memchr (const void *s , int c , size_t n) ;

関数名	引数	返り値
memchr	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 … 空ポインタ**

【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，空ポインタを返します。**

(7) strchr，strrchr

【機能】

- strchr は，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。
- strrchr は，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。

【ヘッダ・ファイル】

- string.h

【関数プロトタイプ】

- char *strchr (const char *s , int c) ;
- char *strrchr (const char *s , int c) ;

関数名	引数	返り値
strchr strrchr	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／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 … 空ポインタ

【説明】

trchr

- 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，空ポインタを返します。

strrchr

- 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，空ポインタを返します。

(8) strspn，strcspn

【機能】

- strspn は，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。
- strcspn は，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。

【ヘッダ・ファイル】

- string.h

【関数プロトタイプ】

- size_t strspn (const char *s1 , const char *s2) ;
- size_t strcspn (const char *s1 , const char *s2) ;

関数名	引数	返り値
strspn	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
strcspn		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

【説明】

strspn

- 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

- 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。

(9) strpbrk

【機能】

- strpbrk は，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。

【ヘッダ・ファイル】

- string.h

【関数プロトタイプ】

- char *strpbrk (const char *s1 , const char *s2) ;

関数名	引数	返り値
strpbrk	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 … 空ポインタ

【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，空ポインタを返します。

(10) strstr

【機能】

- strstr **は，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。**

【ヘッダ・ファイル】

- string.h

【関数プロトタイプ】

- char *strstr (const char *s1 , const char *s2) ;

関数名	引数	返り値
strstr	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 … 空ポインタ** s2 **が空文字列の場合 …** s1 **の値**

【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，空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。**

(11) strtok

【機能】

- 文字列を区切り文字以外からなる文字列に分解する。

【ヘッダ・ファイル】

- string.h

【関数プロトタイプ】

- char *strtok (char *s1 , const char *s2) ;

関数名	引数	返り値
strtok	s1 … 分解される文字列へのポインタ，または，空ポインタ 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 … 空ポインタ

【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 が空ポインタの場合は，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，保存ポインタが空ポインタの場合は何もせずに空ポインタを返します。
- s1 が空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空ポインタにして，空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，保存ポインタを空ポインタにします。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。

(12) memset

【機能】

- memset **は，バッファの指定文字数分を指定文字で初期化します。**

【ヘッダ・ファイル】

- string.h

【関数プロトタイプ】

- void *memset (void *s , int c , size_t n) ;

関数名	引数	返り値
memset	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**

【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。**

(13) strerror

【機能】

- strerror **は，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。**

【ヘッダ・ファイル】

- string.h

【関数プロトタイプ】

- char *strerror (int errnum) ;

関数名	引数	返り値
strerror	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 … 空ポインタ**

【説明】

- errnum **の値に対応して，次の文字列へのポインタを返します。**

  0 **：“** Error 0 **”**

  1（EDOM） **：“** Argument too large **”**

  2（ERANGE） **：“** Result too large **”**

  3（ENOMEM） **：“** Not enough memory **”**

  その他は空ポインタを返します。

(14) strlen

【機能】

- **文字列の長さを求めます。**

【ヘッダ・ファイル】

- string.h

【関数プロトタイプ】

- size_t strlen (const char *s) ;

関数名	引数	返り値
strlen	s … **文字列へのポインタ**	**文字列** s **の長さ**

【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。**

(15) strcoll

【機能】

- **地域特有の情報に基づいて** 2 **つの文字列を比較します。**

【ヘッダ・ファイル】

- string.h

【関数プロトタイプ】

- int strcoll (const char *s1 , const char *s2) ;

関数名	引数	返り値
strcoll	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**）

【説明】

- **このコンパイラは，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。**

(16) strxfrm

【機能】

- **地域特有の情報に基づいて文字列を変換します**

【ヘッダ・ファイル】

- string.h

【関数プロトタイプ】

- size_t strxfrm (char *s1 , const char *s2 , size_t n) ;

関数名	引数	返り値
strxfrm	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。**

【説明】

- **このコンパイラは，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 ) ) ;
```

10.4.7 数学関数

(1) acos（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- acos を求めます。

【ヘッダ・ファイル】

- math.h

【関数プロトタイプ】

- double acos (double x) ;

関数名	引数	返り値
acos	x … 演算を行う数値	-1 ≦ x ≦ 1 のとき … x の acos x ＜ -1，1 ＜ x，x = NaN のとき … NaN

【説明】

- x の acos（0 から π 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 ＜ -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。

(2) asin（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- asin を求めます。

【ヘッダ・ファイル】

- math.h

【関数プロトタイプ】

- double asin (double x) ;

関数名	引数	返り値
asin	x … 演算を行う数値	-1 ≦ x ≦ 1 のとき … x の asin x ＜ -1，1 ＜ x，x = NaN のとき … NaN x = -0 のとき … -0 アンダフロー時 … 非正規化数

【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。

(3) atan（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- atan を求めます。

【ヘッダ・ファイル】

- math.h

【関数プロトタイプ】

- double atan (double x) ;

関数名	引数	返り値
atan	x … 演算を行う数値	正常時 … x の atan x = NaN のとき … NaN x = -0 のとき … -0

【説明】

- x の atan（ - π/2 から + π/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。

(4) atan2（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- y/x の atan を求めます。

【ヘッダ・ファイル】

- math.h

【関数プロトタイプ】

- double atan2 (double y , double x) ;

関数名	引数	返り値
atan2	x … 演算を行う数値 y … 演算を行う数値	正常時 … y/x の atan 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 のどちらかが NaN，x，y がともに ±∞の場合 … NaN 非正規化数 … アンダフロー時

【説明】

- y/x の atan（ - π から + π の範囲内）を計算します。x と y が共に 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。

(5) cos（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- cos を求めます。

【ヘッダ・ファイル】

- math.h

【関数プロトタイプ】

- double cos (double x) ;

関数名	引数	返り値
cos	x … 演算を行う数値	正常時 … x の cos x = NaN，x = ±∞の場合 … NaN

【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。

(6) sin（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- sin を求めます。

【ヘッダ・ファイル】

- math.h

【関数プロトタイプ】

- double sin (double x) ;

関数名	引数	返り値
sin	x … 演算を行う数値	正常時 … x の sin x = NaN，x = ±∞の場合 … NaN アンダフロー時 … 非正規化数

【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。

(7) tan（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- tan を求めます。

【ヘッダ・ファイル】

- math.h

【関数プロトタイプ】

- double tan (double x) ;

関数名	引数	返り値
tan	x … 演算を行う数値	正常時 … x の tan x = NaN，x = ±∞の場合 … NaN アンダフロー時 … 非正規化数

【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。

(8) cosh（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- cosh を求めます。

【ヘッダ・ファイル】

- math.h

【関数プロトタイプ】

- double cosh (double x) ;

関数名	引数	返り値
cosh	x … 演算を行う数値	正常時 … x の cosh オーバフロー時，x = ±∞の場合 … HUGE_VAL（正の符号を持ちます） x = NaN … NaN

【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。

(9) sinh（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- sinh を求めます。

【ヘッダ・ファイル】

- math.h

【関数プロトタイプ】

- double sinh (double x) ;

関数名	引数	返り値
sinh	x … 演算を行う数値	正常時 … x の sinh x = NaN 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

【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。

(10) tanh（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- tanh を求めます。

【ヘッダ・ファイル】

- math.h

【関数プロトタイプ】

- double tanh (double x) ;

関数名	引数	返り値
tanh	x … 演算を行う数値	正常時 … x の tanh x = NaN の場合 … NaN x = ±∞の場合 … ± 1 アンダフロー時 … ± 0

【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。

(11) exp（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- 指数関数を求めます。

【ヘッダ・ファイル】

- math.h

【関数プロトタイプ】

- double exp (double x) ;

関数名	引数	返り値
exp	x … 演算を行う数値	正常時 … x の指数関数 x = NaN 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

【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。

(12) frexp（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- 仮数部と指数部を求めます。

【ヘッダ・ファイル】

- math.h

【関数プロトタイプ】

- double frexp (double x , int *exp) ;

関数名	引数	返り値
frexp	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 = NaN，x = ±∞の場合 … NaN x = ± 0 のとき … ± 0

【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。

(13) ldexp（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- x * 2 ^ exp を求めます。

【ヘッダ・ファイル】

- math.h

【関数プロトタイプ】

- double ldexp (double x , int exp) ;

関数名	引数	返り値
ldexp	x … 演算を行う数値 exp … べき乗数	正常時 … x ＊ 2 ^ exp x = NaN 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

【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。

(14) log（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- 自然対数を求めます。

【ヘッダ・ファイル】

- math.h

【関数プロトタイプ】

- double log (double x) ;

関数名	引数	返り値
log	x … 演算を行う数値	正常時 … x の自然対数 x ≦ 0 のとき … HUGE_VAL（負の符号を持ちます） x が非数の場合 … NaN x が無限大のとき … + ∞

【説明】

- x の自然対数を求めます。
- 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 ＜ 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。

(15) log10（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- 10 を底とした対数を求めます。

【ヘッダ・ファイル】

- math.h

【関数プロトタイプ】

- double log10（double x）;

関数名	引数	返り値
log10	x … 演算を行う数値	正常時 … x の 10 を底とした対数 x ≦ 0 のとき … HUGE_VAL（負の符号を持ちます） x が非数の場合 … NaN x が無限大のとき … + ∞

【説明】

- x の 10 を底とした対数を求めます。
- 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 ＜ 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。

(16) modf（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- 小数部と整数部を求めます。

【ヘッダ・ファイル】

- math.h

【関数プロトタイプ】

- double modf (double x , double *iptr) ;

関数名	引数	返り値
modf	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 のとき … ± 0

【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。

(17) pow（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- x の y 乗を求めます。

【ヘッダ・ファイル】

- math.h

【関数プロトタイプ】

- double pow（double x , double y）;

関数名	引数	返り値
pow	x … 演算を行う数値 y … 乗数	正常時 … x ^ y x = NaN または y = NaN， 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

【説明】

- x ^ y を計算します。
- 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。
- x = NaN，または y = NaN 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。
- 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。

(18) sqrt（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- 平方根を求めます。

【ヘッダ・ファイル】

- math.h

【関数プロトタイプ】

- double sqrt（double x）;

関数名	引数	返り値
sqrt	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 ＜ 0 の場合 … NaN

【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。

(19) ceil（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- x より小さくない最小の整数を求めます。

【ヘッダ・ファイル】

- math.h

【関数プロトタイプ】

- double ceil (double x) ;

関数名	引数	返り値
ceil	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 が非数のとき，または x = ±∞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

【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 -0 の場合は，+0 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 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。

(20) fabs（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- 浮動小数点数 x の絶対値を返します。

【ヘッダ・ファイル】

- math.h

【関数プロトタイプ】

- double fabs (double x) ;

関数名	引数	返り値
fabs	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

【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。

(21) floor（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- x より大きくない最大の整数を求めます。

【ヘッダ・ファイル】

- math.h

【関数プロトタイプ】

- double floor (double x) ;

関数名	引数	返り値
floor	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 が非数のとき，または無限大の場合 … 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

【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 -0 の場合は，+0 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 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。

(22) fmod（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- x/y の余りを求めます。

【ヘッダ・ファイル】

- math.h

【関数プロトタイプ】

- double fmod (double x , double y)

関数名	引数	返り値
fmod	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， y が± 0 の場合，x が±∞の場合 … NaN x ≠∞かつ y = ±∞の場合 … x

【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，返り値は 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 あるいは 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。

(23) matherr（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- 浮動小数点数を扱うライブラリの例外処理を行います。

【ヘッダ・ファイル】

- math.h

【関数プロトタイプ】

- void matherr (struct exception *x) ;

関数名	引数	返り値

matherr	struct exception {
	int type ;
	char *name ;
	}
	
	type … 演算例外を示す値
	name … 関数名
		なし

【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，独自のエラー処理ができます。

(24) acosf（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- acos を求めます。

【ヘッダ・ファイル】

- math.h

【関数プロトタイプ】

- float acosf (float x) ;

関数名	引数	返り値
acosf	x … 演算を行う数値	-1 ≦ x ≦ 1 の場合 … x の acos x ＜ -1，1 ＜ x，x = の場合 … NaN

【説明】

- x の acos（0 から π 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 ＜ -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。

(25) asinf（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- asin を求めます。

【ヘッダ・ファイル】

- math.h

【関数プロトタイプ】

- float asinf (float x) ;

関数名	引数	返り値
asinf	x … 演算を行う数値	-1 ≦ x ≦ 1 の場合 … x の asin x ＜ -1，1 ＜ x，x = NaN の場合 … NaN x = -0 … -0 アンダフロー時 … 非正規化数

【説明】

- x の asin（ - π/2 から + π/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 ＜ -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 = -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。

(26) atanf（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- atan を求めます。

【ヘッダ・ファイル】

- math.h

【関数プロトタイプ】

- float atanf (float x) ;

関数名	引数	返り値
atanf	x … 演算を行う数値	正常時 … x の atan x = NaN のとき … NaN x = -0 のとき … -0

【説明】

- x の atan（ - π/2 から + π/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。

(27) atan2f（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- y/x の atan を求めます。

【ヘッダ・ファイル】

- math.h

【関数プロトタイプ】

- float atan2f (float y , float x) ;

関数名	引数	返り値
atan2f	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，あるいは x，y のどちらかが NaN，x，y がともに±∞の場合 … NaN アンダフロー時 … 非正規化数

【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。

(28) cosf（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- cos を求めます。

【ヘッダ・ファイル】

- math.h

【関数プロトタイプ】

- float cosf (float x) ;

関数名	引数	返り値
cosf	x … 演算を行う数値	正常時 … x の cos x = NaN，x = ±∞の場合 … NaN

【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。

(29) sinf（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- sin を求めます。

【ヘッダ・ファイル】

- math.h

【関数プロトタイプ】

- float sinf (float x) ;

関数名	引数	返り値
sinf	x … 演算を行う数値	正常時 … x の sin x = NaN，x = ±∞の場合 … NaN アンダフロー時 … 非正規化数

【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。

(30) tanf（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- tan を求めます。

【ヘッダ・ファイル】

- math.h

【関数プロトタイプ】

- float tanf (float x) ;

関数名	引数	返り値
tanf	x … 演算を行う数値	正常時 … x の tan x = NaN，x = ±∞の場合 … NaN アンダフロー時 … 非正規化数

【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。

(31) coshf（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- cosh を求めます。

【ヘッダ・ファイル】

- math.h

【関数プロトタイプ】

- float coshf (float x) ;

関数名	引数	返り値
coshf	x … 演算を行う数値	正常時 … x の cosh オーバフロー時，x = ±∞の場合 … HUGE_VAL （正の符号を持ちます） x = NaN … NaN

【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。

(32) sinhf（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- sinh を求めます。

【ヘッダ・ファイル】

- math.h

【関数プロトタイプ】

- float sinhf (float x) ;

関数名	引数	返り値
sinhf	x … 演算を行う数値	正常時 … x の sinh 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） x = NaN … NaN x = ±∞の場合 … ±∞ アンダフロー時 … ± 0

【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。

(33) tanhf（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- tanh を求めます。

【ヘッダ・ファイル】

- math.h

【関数プロトタイプ】

- float tanhf（ float x ）;

関数名	引数	返り値
tanhf	x … 演算を行う数値	正常時 … x の tanh x = NaN … NaN x = ±∞の場合 … ± 1 アンダフロー時 … ± 0

【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。

(34) expf（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- 指数関数を求めます。

【ヘッダ・ファイル】

- math.h

【関数プロトタイプ】

- float expf（ float x ）;

関数名	引数	返り値
expf	x … 演算を行う数値	正常時 … x の指数関数 オーバフロー時 … HUGE_VAL （正の符号を持ちます） x = NaN … 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

【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。

(35) frexpf（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- 仮数部と指数部を求めます。

【ヘッダ・ファイル】

- math.h

【関数プロトタイプ】

- float frexpf (float x , int *exp) ;

関数名	引数	返り値
frexpf	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 = NaN，x = ±∞の場合 … NaN x = ± 0 の場合 … ± 0

【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。

(36) ldexpf（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- x * 2 ^ exp を求めます。

【ヘッダ・ファイル】

- math.h

【関数プロトタイプ】

- float ldexpf (float x , int exp) ;

関数名	引数	返り値
ldexpf	x … 演算を行う数値 exp … べき乗数	正常時 … x * 2 ^ exp x = NaN 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

【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。

(37) logf（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- 自然対数を求めます。

【ヘッダ・ファイル】

- math.h

【関数プロトタイプ】

- float logf (float x) ;

関数名	引数	返り値
logf	x … 演算を行う数値	正常時 … x の自然対数 x が非数の場合 … NaN x が無限大の場合 … + ∞ x ≦ 0 の場合 … HUGE_VAL（負の符号を持ちます）

【説明】

- x の自然対数を求めます。
- 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 ＜ 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。

(38) log10f（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- 10 を底とした対数を求めます。

【ヘッダ・ファイル】

- math.h

【関数プロトタイプ】

- float log10f（ float x ）;

関数名	引数	返り値
log10f	x … 演算を行う数値	正常時 … x の 10 を底とした対数 x が非数の場合 … NaN x = + ∞の場合 … + ∞ x ≦ 0 の場合 … HUGE_VAL（負の符号を持ちます）

【説明】

- x の 10 を底とした対数を求めます。
- 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 ＜ 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。

(39) modff（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- 小数部と整数部を求めます。

【ヘッダ・ファイル】

- math.h

【関数プロトタイプ】

- float modff (float x , float *iptr) ;

関数名	引数	返り値
modff	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 が非数または無限大の場合 … NaN x = ± 0 の場合 … ± 0

【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。

(40) powf（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- x の y 乗を求めます。

【ヘッダ・ファイル】

- math.h

【関数プロトタイプ】

- float powf (float x , float y) ;

関数名	引数	返り値
powf	x … 演算を行う数値 y … 乗数	正常時 … x ^ y x = NaN または y = NaN， 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 アンダフロー時 … 非正規化数 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。） アンダフローによる有効桁数の消滅時 … ± 0

【説明】

- x ^ y を計算します。
- 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。
- x = NaN ，または y = NaN 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。
- 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。

(41) sqrtf（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- 平方根を求めます。

【ヘッダ・ファイル】

- math.h

【関数プロトタイプ】

- float sqrtf (float x) ;

関数名	引数	返り値
sqrtf	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 ＜ 0 の場合 … NaN

【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。

(42) ceilf（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- x より小さくない最小の整数を求めます。

【ヘッダ・ファイル】

- math.h

【関数プロトタイプ】

- float ceilf (float x) ;

関数名	引数	返り値
ceilf	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 が非数の場合または x = ±∞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

【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 -0 の場合は，+0 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 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。

(43) fabsf（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- 浮動小数点数 x の絶対値を返します。

【ヘッダ・ファイル】

- math.h

【関数プロトタイプ】

- float fabsf (float x) ;

関数名	引数	返り値
fabsf	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

【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。

(44) floorf（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- x より大きくない最大の整数を求めます。

【ヘッダ・ファイル】

- math.h

【関数プロトタイプ】

- float floorf (float x) ;

関数名	引数	返り値
floorf	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 が非数の場合または無限大の場合 … 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

【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 -0 の場合は，+0 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 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。

(45) fmodf（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- x/y の余りを求めます。

【ヘッダ・ファイル】

- math.h

【関数プロトタイプ】

- float fmodf (float x , float y) ;

関数名	引数	返り値
fmodf	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， y が± 0 の場合，x が±∞の場合 … NaN x ≠∞ かつ y = ±∞の場合 … x

【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，返り値は 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 あるいは 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。

10.4.8 診断関数

(1) __assertfail（ノーマル・モデルのみ）

【機能】

- assert マクロのサポートをします。

【ヘッダ・ファイル】

- assert.h

【関数プロトタイプ】

- int __assertfail (char *__msg , char *__cond , char *__file , int__line) ;

関数名	引数	返り値
__assertfail	__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

【説明】

- __assertfail 関数は，assert マクロ（「10.2 (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。

10.5 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

このコンパイラは，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 ディレクトリ下にあるバッチ・ファイルについて，表 10-18 に示します。

注意　bat ディレクトリにある d002.78k と d014.78k は，ライブラリなどの更新用バッチ・ファイル起動時に使用するもので，開発用ではありません。開発時には，デバイス・ファイル（別売）が必要です。

表 10-18 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。 ディフォールトでは，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。 ディフォールトでは，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。
repselo.bat	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（ディフォールトは退避／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。
repselon.bat	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（ディフォールトは退避／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。
repvect.bat	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。ディフォールトでは，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。

10.5.1 バッチ・ファイルの使用法

サブディレクトリ 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，RA78K0 アセンブラ・パッケージ Ver.3.80 以上が動作する環境が必要です。バッチ・ファイルを使用する前に，RA78K0 の実行形式ファイルがあるディレクトリを環境変数 PATH で設定してください。

バッチ・ファイルは，bat と同レベルのサブディレクトリ（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 と同レベルのサブディレクトリ 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・ファイルの使用方法は，カレント・ディレクトリをサブディレクトリ bat に移動し，各バッチ・ファイルを実行します。その際，次のパラメータが必要です。

品種 = chiptype（ターゲット・チップの種別）

054 … u PD78054 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＞

```
mkstup　054
```

(2) ROM 化ルーチン更新用

reprom　品種　乗除算命令の有無

＜例＞

```
reprom　054　use
```

(3) getchar 関数更新用

regetc　品種　乗除算命令の有無

＜例＞

```
repgetc　054　use
```

(4) putchar 関数更新用

repputc　品種　乗除算命令の有無

＜例＞

```
repputc　054　use
```

(5) putchar **関数（**SM78K0 **対応）更新用**

repputcs　**品種　乗除算命令の有無**

＜例＞

```
repputcs　054　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＞

```
repselo　054　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＞

```
repselon　054　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＞

```
repvect　054　use
```

第 11 章　拡張機能

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

この 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 シリーズ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りませんので，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が「第 13 章 効率の良いコンパイラの活用法」で説明されておりますので，この章とあわせて参照してください。

この 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できます。

備考　この章の説明において，“ RTOS ” は，78K0 シリーズ リアルタイム OS の意味です。

11.1　マクロ名

この C コンパイラは，ターゲット・デバイスのシリーズ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。例では，__K0__ と，__054_ 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，「9.8 コンパイラ定義のマクロ名」を参照してください。

＜例＞

コンパイル時のオプション：

```
> CC78K0  -C054  prime.c …
```

デバイス種別指定：

```
#pragma pc ( 054 )
```

11.2 キーワード

この 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，レーベルや変数名として使用できません。

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。

次にこの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，無効にできます（ANSI-C キーワードについては，「2.2 キーワード」を参照してください）。

表 11-1 追加キーワード一覧

キーワード		用途
__callt	callt	callt / __callt 関数
__callf	callf	callf / __callf 関数
__sreg	sreg	sreg / __sreg 変数
	noauto	noauto 関数
__leaf	norec	norec / __leaf 関数
__boolean	boolean	boolean 型 / __boolean 型変数
	bit	bit 型変数
__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
__rtos_interrupt		RTOS 用割り込みハンドラ
__pascal		パスカル関数
__flash		ファーム ROM 関数
__flashf		__flashf 関数
__directmap		絶対番地配置指定
__temp		テンポラリ変数

(1) 関数

callt , __callt , callf , __callf , noauto , norec , __leaf , __interrupt , __interrupt_brk , __rtos_interrupt , __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次に示します。

```
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）
```

＜例＞

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

修飾属性子の指定は，次のものに限ります（noauto と，norec / __leaf は，同時に指定できません）。
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
- __rtos_interrupt
- __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，「11.5 (3) 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，「11.5 (45) 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，「11.5　(47) テンポラリ変数（__temp）」を参照してください）。

11.3 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 64 K バイトなので，コード部・データ部合わせて 64 K 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 64 K を越せます。

(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（この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

この 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（ディフォールト）の場合

図 11-1 メモリ空間の利用（ノーマル・モデル）

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 11-2 メモリ空間の利用（スタティック・モデル）

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。

注 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。

注 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。

11.4 #pragma 指令

#pragma 指令は，ANSI でサポートされている前処理指令の一つです。#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られます。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。

この 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できます。

この指令を使用した拡張機能については，「11.5 拡張機能の使用方法」を参照してください。

表 11-2 #pragma 指令リスト

#pragma 指令	用途
#pragma sfr	SFR 名を c で記述する → 「11.5 (4) sfr 領域利用（ sfr ）」
#pragma asm	C ソース中に ASM 文を入れる → 「11.5 (8) ASM 文（ #asm #endasm / __asm)」
#pragma vect #pragma interrupt	割り込み処理を C で記述する → 「11.5 (10) 割り込み関数（ #pragma vect / #pragma interrupt ）」
#pragma di #pragma ei	DI / EI 命令を C で記述する → 「11.5 (12) 割り込み機能（ #pragma DI，#pragma EI ）」
#pragma halt #pragma stop #pragma nop #pragma brk	CPU 制御命令を C で記述する → 「11.5 (13) CPU 制御命令（ #pragma HALT / STOP / BRK / NOP ）」
#pragma access	絶対番地アクセス関数を使用する → 「11.5 (15) 絶対番地アクセス関数（ #pragma access ）」
#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 → 「11.5 (17) コンパイラ出力セクション名の変更（ #pragma section … ）」
#pragma name	モジュール名を変更する → 「11.5 (19) モジュール名変更機能（ #pragma name ）」
#pragma rot	ローテート関数を使用する → 「11.5 (20) ローテート関数（ #pragma rot ）」
#pragma mul	乗算関数を使用する → 「11.5 (21) 乗算関数（ #pragma mul ）」
#pragma div	除算関数を使用する → 「11.5 (22) 除算関数（ #pragma div ）」
#pragma bcd	BCD 演算関数を使用する → 「11.5 (23) BCD 演算関数（ #pragma bcd ）」
#pragma opc	データ挿入関数を使用する → 「11.5 (26) データ挿入関数（ #pragma opc ）」
#pragma rtos_interrupt	リアルタイム OS（RX78K0）用割り込みハンドラを使用する → 「11.5 (27) リアルタイム OS（RTOS）用割り込みハンドラ（ #pragma rtos_interrupt … ）」
#pragma rtos_task	リアルタイム OS（RX78K0）用タスク関数を使用する → 「11.5 (29) リアルタイム OS（RTOS）用タスク関数（ #pragma rtos_task ）」
#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 →「11.5 (35) フラッシュ領域分岐テーブル（ #pragma ext_table ）」

表 11-2 #pragma 指令リスト

#pragma 指令	用途
#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 →「11.5 (36) 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 ）」
#pragma realregister	レジスタ直接参照関数を使用する →「11.5 (40) レジスタ直接参照関数（ #pragma realregister ）」
#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 →「11.5 (42) 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 ）」
#pragma inline	標準ライブラリ関数 memcpy , memset をインライン展開する →「11.5 (44) メモリ操作関数（ #pragma inline ）」

11.5　拡張機能の使用方法

拡張機能には，次のものがあります。

(1) callt **関数（** callt / __callt **）**

(2) **レジスタ変数（** register **）**

(3) saddr **領域利用（** sreg / __sreg **）**

(4) sfr **領域利用（** sfr **）**

(5) noauto **関数（**noauto**）**

(6) norec **関数（**norec**）**

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

(8) ASM **文（** #asm #endasm / __asm**）**

(9) **漢字（** /* **漢字** */ **，** // **漢字** **）**

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

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

(12) **割り込み機能（** #pragma DI**，**#pragma EI **）**

(13) CPU **制御命令（** #pragma HALT / STOP / BRK / NOP **）**

(14) callf **関数（**callf / __callf**）**

(15) **絶対番地アクセス関数（** #pragma access **）**

(16) **ビット・フィールド宣言**

(17) **コンパイラ出力セクション名の変更（** #pragma section … **）**

(18) 2 **進定数（** 2 **進定数** 0bxxx **）**

(19) **モジュール名変更機能（** #pragma name **）**

(20) **ローテート関数（** #pragma rot **）**

(21) **乗算関数（** #pragma mul **）**

(22) **除算関数（** #pragma div **）**

(23) BCD **演算関数（** #pragma bcd **）**

(24) **バンク関数**

(25) **定数番地のバンク関数**

(26) **データ挿入関数（** #pragma opc **）**

(27) **リアルタイム** OS**（**RTOS**）用割り込みハンドラ（** #pragma rtos_interrupt … **）**

(28) **リアルタイム** OS**（**RTOS**）用割り込みハンドラ修飾子（** __rtos_interrupt **）**

(29) **リアルタイム** OS**（**RTOS**）用タスク関数（** #pragma rtos_task **）**

(30) **スタティック・モデル**

(31) **型変更（** -ZI **）**

(32) **パスカル関数（** __pascal **）**

(33) **関数呼び出しインタフェースの自動パスカル関数化（** -ZR **）**

(34) **フラッシュ領域配置方法（** -ZF **）**

(35) **フラッシュ領域分岐テーブル（** #pragma ext_table **）**

(36) **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 **）**

(37) **ファーム** ROM **関数（** __flash **）**

(38) **引数／返り値の** int **拡張抑制方法（** -ZB **）**

(39) **配列オフセット計算簡略化方法（** -QW2 / -QW3 **）**

(40) **レジスタ直接参照関数（** #pragma realregister **）**

(41) [HL + B] **ベースト・インデクスト・アドレシング活用方法（** -QE **）**

(42) **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 **）**

(43) __flashf **関数（** __flashf **）**

(44) **メモリ操作関数（** #pragma inline **）**

(45) **絶対番地配置指定（** __directmap **）**

(46) **スタティック・モデル拡張仕様（** -ZM **）**

(47) **テンポラリ変数（** __temp **）**

(48) **プロローグ／エピローグ対応ライブラリ（** -ZD **）**

個々の拡張機能について，次の内容を説明します。

【機能】	**：拡張機能により実現される機能を説明します。**
【効果】	**：拡張機能により得られる効果を説明します。**
【方法】	**：拡張機能の利用法を説明します。**
【使用例】	**：拡張機能の使用例を示します。**
【制限】	**：拡張機能を利用する場合の制限を説明します。**
【説明】	**：使用例の説明をします。**
【互換性】	**：他の** C **コンパイラによって開発された** C **ソース・プログラムをこの** C **コンパイラによってコンパイルする場合の** C **ソース・プログラムの互換性を説明します。**

(1) callt 関数（ callt / __callt ）

【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
```

【使用例】

```
__callt   void     func1 ( void ) ;

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

【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 属性の数は表 11-3 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使用オプション（-ZD）指定時は，-QL4 オプションは使用できません。また，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。

表 11-3 -QL オプション指定時に使用できる callt 属性の関数の数

オプション	-QL1	-QL2	-QL3	-QL4
ノーマル・モデル	29	27	7	0
スタティック・モデル	32	28	19	10

- -QL オプション未使用時，およびディフォールトは次のようになります。

表 11-4 callt 関数の使用制限

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 29	最大 32
リンクするモジュールでトータルの個数	最大 29	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 3 個使用します。バンク関数の詳細については，「(24) 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
                    :
```

【説明】

- **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】

〈他の C **コンパイラからこの** 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。**

〈この C **コンパイラから他の** C **コンパイラ〉**

- #define **によって行います。詳しくは，「**11.6 C **ソースの修正」を参照してください。**

(2) レジスタ変数（ register ）

【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いますので，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，「11.7 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，「CC78K0 C コンパイラ 操作編」のユーザーズ・マニュアルを参照してください）。

  (i) 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［ FED0H-FEDFH ］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。

  (ii) 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，「(46) スタティック・モデル拡張仕様（ -ZM ）」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，実行速度の向上が図れます。

【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
```

【使用例】

```
void      main ( void ) {
          register  unsigned char  c ;
             :
}
```

【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できます。

（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，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。

（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。

表 11-5 レジスタ変数の使用制限

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＞

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

- -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）

  次のレーベルはスタートアップ・ルーチンで宣言されます（「付録 A saddr 領域のレーベル一覧」を参照してください）。

＜コンパイラの出力オブジェクト＞

```
        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
```

- -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）

```
_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
```

【説明】

- 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。
- レーベル _@KREG00 等は，この 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】

〈他の C コンパイラからこの 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。
- レジスタ変数にしたい場合は，register 宣言を追加します。

〈この 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。

(3) saddr 領域利用（ sreg / __sreg ）

(a) sreg 宣言による利用

【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［FE20H-FEB7H］（ノーマル・モデル），［FE20H-FECFH］（スタティック・モデル）領域にリロケータブルに割り当てられます。前記領域を超える場合は，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 [FE20H-FEFFH] です。ただし，[FEB8H-FEFFH]（ノーマル・モデル），[FED0H-FEFFH]（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 11-1 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，ワーニング・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。
- 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［ FE20H-FEB7H ］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（ノーマル・モデル）。

- int / short，ポインタの場合（バンク機能（-MF）未使用時）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［ FE20H-FECFH ］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（スタティック・モデル）。

次に，1 ロード・モジュール中に使用可能な sreg 変数の最大数を示します。

表 11-6 sreg 変数の使用制限

データ型	使用可能な数（1 ロード・モジュールあたり）	
	saddr 領域［ FE20H-FEB7H ］使用時	saddr 領域［ FE20H-FECFH ］使用時
int/short，ポインタ	最大 76 変数[注] （ただし，バンク機能（-MF）使用時は 38 変数）	最大 88 変数[注] （ただし，バンク機能（-MF）使用時は 44 変数）

注　bit , boolean 型変数を使用した場合，使用できる数は減ります。

【使用例】

＜ C ソース＞

```
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，この 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。

＜アセンブラ・ソース＞

```
                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。

＜コンパイラの出力オブジェクト＞

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

【互換性】

〈他の C **コンパイラからこの** 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。**

〈この C **コンパイラから他の** C **コンパイラ〉**

- #define **によって行います。詳しくは「**11.6 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。**

(b) 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）

【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できます。

表 11-7 -RD オプションにより saddr 領域に割り当てられる変数

n の値	saddr 領域に割り当てる変数
1 の場合	char，unsigned char 型の変数
2 の場合	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）使用時は関数へにポインタ型の変数は除く）
4 の場合	2 の場合の変数と long，unsigned long，float，double，long double 型の変数，関数へのポインタ型の変数（バンク機能（-MF）使用時）
M の場合	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 (a) で記述したとおりとなります。

【指定方法】

- -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できません。

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

【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できます。

表 11-8 -RS オプションにより saddr 領域に割り当てられる変数

n の値	saddr 領域に割り当てる変数
1 の場合	char , unsigned char 型の変数
2 の場合	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）使用時は関数へにポインタ型の変数は除く）
4 の場合	2 の場合の変数と long，unsigned long，float，double，long double 型の変数，関数へのポインタ型の変数（バンク機能（-MF）使用時）
M の場合	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（a）で記述したとおりとなります。

【指定方法】

- -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できます。

(d) **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**）**

【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できます。**

表 11-9 -RK **オプションにより** saddr **領域に割り当てる変数**

n **の値**	saddr **領域に割り当てる変数**
1 **の場合**	char , unsigned char **型の変数**
2 **の場合**	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**）使用時は関数へにポインタ型の変数は除く）**
4 **の場合**	2 **の場合の変数と** long，unsigned long，float，double，long double **型の変数，関数へのポインタ型の変数（バンク機能（**-MF**）使用時）**
M **の場合**	**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。**

【指定方法】

- -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ワーニング・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**＞

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

＜コンパイラの出力オブジェクト＞

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

(4) sfr 領域利用（ sfr ）

【機能】

- sfr 領域は，78K0 シリーズ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，［ FF00H-FFFFH ］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れます。

【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できます）。

```
#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 の前に記述できます。
  (i) コメント
  (ii) 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】

＜C ソース＞

```
#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。

＜コンパイラの出力オブジェクト＞

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

【互換性】

〈他の C コンパイラからこの 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。**

〈この 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
/* 変数の宣言 */
unsigned char     P0 ;
#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。**

(5) noauto 関数（noauto）

【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（ FEDCH-FEDFH ）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（「付録 A saddr 領域のレーベル一覧」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ワーニング・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，実行速度の向上が図れます。

【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 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

- 使用できる引数は，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】

(C ソース)

- -QR **オプション指定時**

＜C ソース＞

```
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＞

```
@@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                ; 返り値を外部変数 l に代入
; line7 : }
        ret
; line          8 :  noauto short nfunc ( short a , short b , short c )
; line          9 : {
_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
        movw    ax , _@KREG14           ;
        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          10 :  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          11 :  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】

〈他の C コンパイラからこの 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。

〈この C コンパイラから他の C コンパイラ〉

- #define によって行います。詳しくは，「11.6 C ソースの修正」を参照してください。

(6) norec 関数（norec）

【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（ FEC0H-FEC7H ）に割り当てます。
- レジスタ，saddr 領域に割り当てられない場合は，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（ FEC0H-FEC7H ）に格納し，norec 関数を呼び出します。
- オートマティック変数は，saddr 領域（ FEC8H-FECFH ）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。
- オートマティック変数が long / float / double / long double 型以外の場合，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。
  オートマティック変数が long / float / double / long double 型の場合，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。
  残りの変数は宣言された順に saddr 領域に格納されます（「付録 A saddr 領域のレーベル一覧」を参照してください）。

【効果】

- オブジェクト・コードが短縮でき，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は，呼び出せません。
- norec 関数の引数，およびオートマティック変数には，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ワーニング・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，オートマティ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，およびオートマティ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 **関数で使用できる引数，およびオートマティ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

（-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 **型以外の場合は** 2 **変数で，**long / float / double / long double **型は使用できません。**
- norec **関数内で使用できるオートマティック変数は，**long / float / double / long double **型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 **型は使用できません。**

（-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 **型以外の場合は** 6 **変数で，**long / float / double / long double **型の場合は** 2 **変数です。**
- norec **関数内で使用できるオートマティック変数は，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 **型以外の場合は最大** 20 **バイト，**long / float / double / long double **型の場合は最大** 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＞

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

int      i ,  j ;
void     main ( ) {
                    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 ) ) ;
}
```

- -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＞

```
        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          ← 1                     ; 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】

〈他の C コンパイラからこの 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。

〈この C コンパイラから他の C コンパイラ〉

- #define によって行います。詳しくは，「11.6 C ソースの修正」を参照してください。

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

【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 命令

【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 の記述もできます。

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できません。
- 配列の定義／参照はできません。
- 構造体，共用体のメンバとして使用できません。
- 関数の引数の型として使用できません。
- オートマティック変数（スタティック・モデル以外）の型として使用できません。
- bit 型変数のみで，1 ロード・モジュール当たり最大 1216 変数まで使用できます（saddr 領域［ FE20H-FEB7H ］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 1408 変数まで使用できます（saddr 領域［ FE20H-FECFH ］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。
- 表 11-10 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。
- *，&（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。

表 11-10 定数 0 か 1 のみ使用する演算子（ビット型変数使用時）

分類	演算子	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	!=

備考　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，使用できる数は減ります。

【使用例】

＜ C ソース＞

```
#define  ON      1
#define  OFF     0

extern   bit     data1 ;
extern   bit     data2 ;

void     main ( )
{
         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。この時には ORG 疑似命令は出力しません。

＜アセンブラ・ソース＞

```
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。

＜コンパイラの出力オブジェクト＞

```
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】

〈他の C コンパイラからこの 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。

〈この C コンパイラから他の C コンパイラ〉

- #define によって行います。詳しくは，「11.6 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）。

(8) ASM 文（#asm #endasm / __asm）

【機能】

(a) #asm ～ #endasm

- この 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。

(b) __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・ソースで操作できます。
- C ソースには記述できない機能を実現できます。
- 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が得られます。

【方法】

(a) #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
```

(b) __asm

- ASM 文を記述するモジュールの先頭で，#pragma asm 指定により __asm の使用を宣言します（#pragma 以降のキーワードは，大文字でも小文字でも記述できます）。
- 次の項目は，#pragma asm の前に記述できます。

  (i) コメント

  (ii) 他の #pragma 指令

  (iii) 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できます。

【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。**
- __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】

(a) #asm **～** #endasm

＜C **ソース＞**

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

ユーザの記述したアセンブラ・ソースをアセンブラ・ソース・ファイルへ出力します。

＜コンパイラの出力オブジェクト＞

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

【説明】

- #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。**

(b) __asm

＜C ソース＞

```
#pragma asm

int         a , b ;

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

＜アセンブラ・ソース＞

```
@@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。**

(9) 漢字（/* 漢字 */ , // 漢字 ）

【機能】

- C ソースのコメント文中に漢字を記述できます。
- 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 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 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 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。
- ディフォールトは，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（ディフォールトの設定で良い場合は，設定の必要はありません）。

  (a) コンパイラ・オプションによる設定

  表 11-11 のオプションのうち，いずれかを指定します。

表 11-11 漢字オプション

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）

  (b) 環境変数 LANG78K による設定

  - EUC，SJIS，または NONE のいずれかを設定します（autoexec.bat 等のファイルに必要に応じ記述します）。
  - EUC，SJIS，NONE は，大文字でも小文字でも記述できます。
  - C ソースのコメント文中に漢字（環境変数 LANG78K に EUC を設定した場合は EUC コード，SJIS を設定した場合はシフト JIS コード）を記述します。

```
SET     LANG78K = EUC       （EUC コードの場合）
SET     LANG78K = SJIS      （シフト JIS コードの場合）
SET     LANG78K = NONE      （漢字コードがない場合）
```

【制限】

- **漢字が記述できるのは，コメント文中のみです。**

【使用例】

＜C ソース＞

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

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＞

```
$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 ( )
; line                  3 : {
@@CODE CSEG
_main :
; line                  4 :                 /* コメント文 */
; line                  5 : }
```

【説明】

- **C ソースのコメント文中にのみ漢字を使えます。**
- **“ // 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】

〈他の C コンパイラからこの C コンパイラ〉

- **コメント文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。**

〈この 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ける 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けない 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。**

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

【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。

(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（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。

（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／復帰領域は表 11-12 のようになります。

表 11-12 割り込み関数使用時の退避／復帰領域

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
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	×	○	○	○	○	×	×	×	×

表 11-12 割り込み関数使用時の退避／復帰領域

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
使用レジスタ変数用 saddr 領域	×	×	×	○	○	×	×	○	○
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

（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／復帰領域は次のとおりになります。

表 11-13 割り込み関数使用時の退避／復帰領域（スタティック・モデルの場合）

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，「(30) 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，「(46) 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・コードの縮小，実行速度を向上できます。
- 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，レジスタ，および使用する 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，ご使用のターゲット用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 指令の前に記述できます。

  (i) コメント

  (ii) 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

＜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 ┘
```

＜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。ご使用のターゲット用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（ディフォールト）
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）**

△ ： **スペース**

注意 この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ますので，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 **つ条件を満たす時に，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。**

  (i) **複数の割り込みが発生**

  (ii) **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**

  (iii) #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 / callf / noauto / norec / __callt / __callf / __leaf /__rtos_interrupt /__pascal / __flash /__flashf **を指定できません。**
- **割り込み関数は，引数，返り値を持てないので，**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等を使用する場合，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 **指令では行いませんので，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，ディフォールトのスタックが使用されます。

【使用例】

- レジスタ・バンク指定がある場合

＜C ソース 1＞

```
#pragma          interrupt NMI inter rbl
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＞

```
@@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
```

- **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 2＞

```
#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＞

```
@@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
```

- **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 3＞

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

＜コンパイラの出力オブジェクト＞

```
        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】

〈他の C コンパイラからこの 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。**

〈この 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。**

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

【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（ディフォールト）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。

＜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 }
```

＜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 / callf / noauto / norec / __callt / __callf / __leaf /__rtos_interrupt / __pascal / __flash / __flashf を指定できません。

【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，ディフォー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，「(10) 割り込み関数（ #pragma vect / #pragma interrupt ）」を参照してください）。

【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】

〈他の C コンパイラからこの 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。

〈この 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。

(12) 割り込み機能（ #pragma DI，#pragma EI ）

【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（オートマティック変数の宣言，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（関数名のレーベルの直後）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 の前に記述できます。
  (i) コメント
  (ii) 他の #pragma 指令
  (iii) 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できます。

【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 1＞

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

＜コンパイラの出力オブジェクト＞

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

- DI，EI を前／後処理の後と前に出力する場合

＜C ソース 2＞

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

＜コンパイラの出力オブジェクト＞

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

【互換性】

〈他の C コンパイラからこの 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。**

〈この 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。

(13) CPU 制御命令（#pragma HALT / STOP / BRK / NOP）

【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。

(1) HALT 動作用の命令を出力します（HALT）。
(2) STOP 動作用の命令を出力します（STOP）。
(3) BRK 命令を出力します。
(4) NOP 命令を出力します。

【効果】

- マイクロコンピュータのスタンバイ機能を C プログラムで使用できます。
- ソフトウエア割り込みを発生できます。
- CPU を動作させずにクロックを進められます。

【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 指令の前に記述できます。

  (i) コメント

  (ii) 他の #pragma 指令

  (iii) 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できます。
- 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。

```
(1) HALT ( ) ;
(2) STOP ( ) ;
(3) BRK ( ) ;
(4) 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＞

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

＜コンパイラの出力オブジェクト＞

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

【互換性】

〈他の C コンパイラからこの 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。**

〈この 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。**

(14) callf 関数（callf / __callf）

【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-FFFH] 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-FFFH] 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。
- -ZA オプション指定時は，callf 関数を定義できません。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】

〈他の C コンパイラからこの 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。**

〈この 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。**

(15) 絶対番地アクセス関数（ #pragma access ）

【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が簡単にできます。

【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 の前に記述できます。

  (i) コメント

  (ii) 他の #pragma 指令

  (iii) 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できます。
  絶対番地アクセス用の関数名は，次の 4 つです。

peekb , peekw , pokeb , pokew

［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が使用できません。**
- **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＞

```
#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 ) ;
}
```

＜出力アセンブラ・ソース＞

```
  :        :
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】

〈他の C コンパイラからこの 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。**

〈この 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）。

(16) ビット・フィールド宣言

(a) 型指定子の拡張

【機能】

- unsigned 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 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。バイト境界をまたがって割り付けることはできます。
- 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。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。

【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れます。

【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 型の指定ができます。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】

〈他の C コンパイラからこの 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 を使用したい場合は型指定子を変更します。

〈この C コンパイラから他の C コンパイラ〉

- 型指定子に unsigned char 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 を使用している場合は，unsigned int に変更します。

(b) **ビット・フィールドの割り付け方向**

【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＞

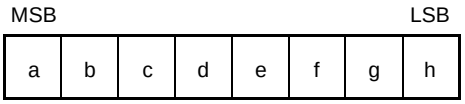
```
struct    t {
          unsigned char    a : 1 ;
          unsigned char    b : 1 ;
          unsigned char    c : 1 ;
          unsigned char    d : 1 ;
          unsigned char    e : 1 ;
          unsigned char    f : 1 ;
          unsigned char    g : 1 ;
          unsigned char    h : 1 ;
} ;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

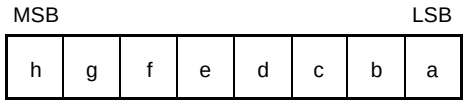
【説明】

- 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。**

図 11-3 **ビット・フィールド宣言によるビット配置（使用例** 1**）**

-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**





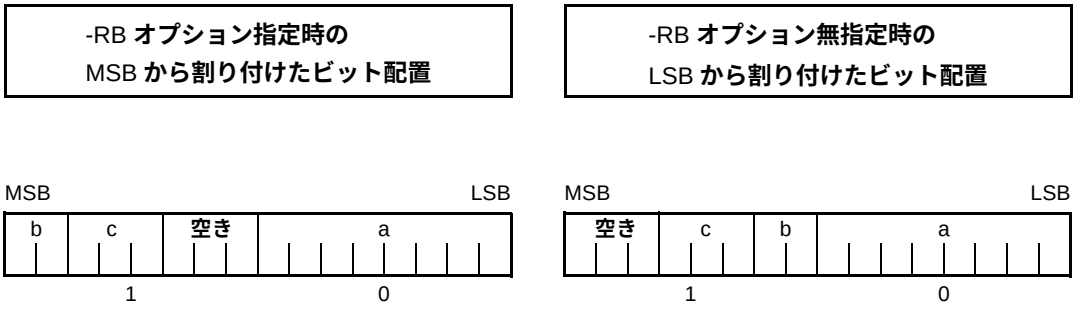
【使用例 2】

＜ビット・フィールドの宣言＞

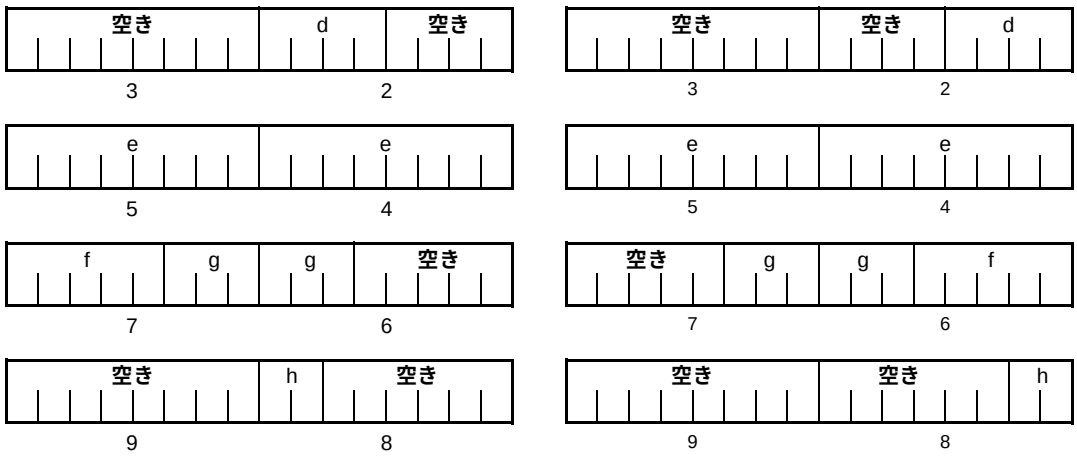
```
struct    t {
          char              a ;
          unsigned char     b : 2 ;
          unsigned char     c : 3 ;
          unsigned char     d : 4 ;
          int               e ;
          unsigned char     f : 5 ;
          unsigned char     g : 6 ;
          unsigned char     h : 2 ;
  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

【説明】

図 11-4 ビット・フィールド宣言によるビット配置（使用例 2）



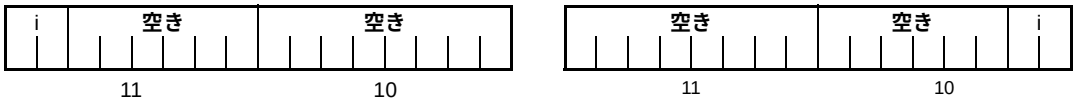
char 型のメンバ a を最初のバイト単位に割り付けます。b , c は次のバイト単位から割り付けます。十分な空きがなくなれば，次のバイト単位に割り付けます。ここでは，空きが 3 ビットで，d が 4 ビットなので，d は次のバイト単位に割り付けます。



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

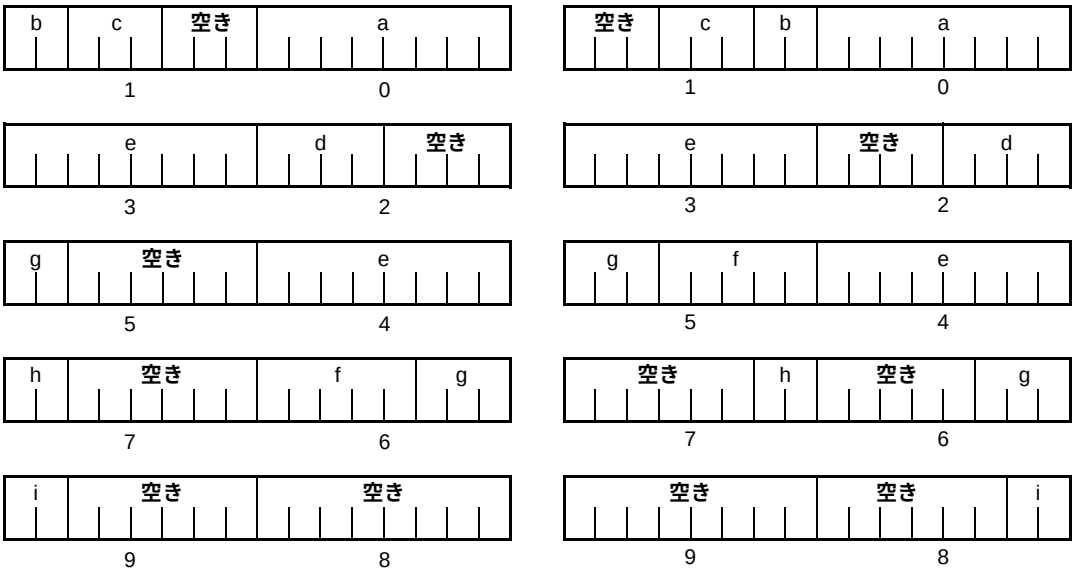
単位ではなく，次のバイト単位に割り付けます。



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。

図 11-5 ビット・フィールド宣言によるビット配置（使用例 2）（-RC オプション指定時）



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。

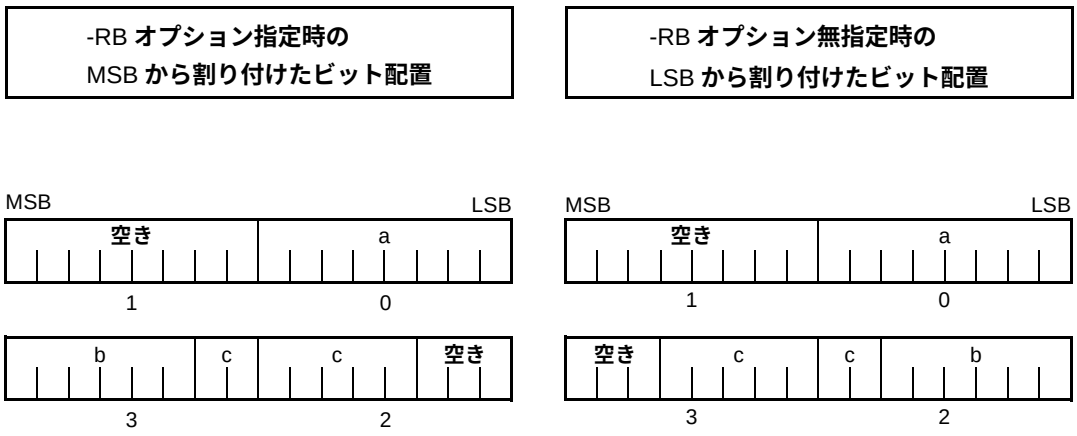
【使用例 3】

＜ビット・フィールドの宣言＞

```
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 ;
} ;
```

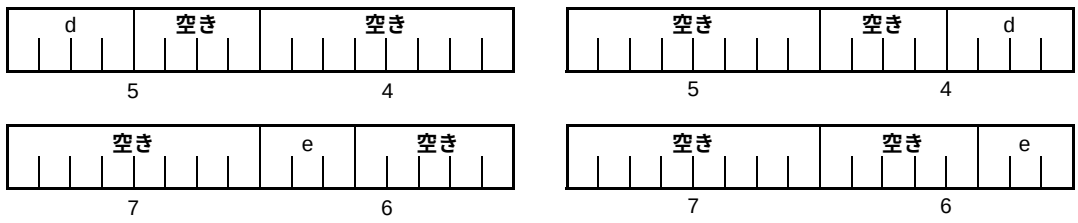
【説明】

図 11-6 ビット・フィールド宣言によるビット配置（使用例 3）

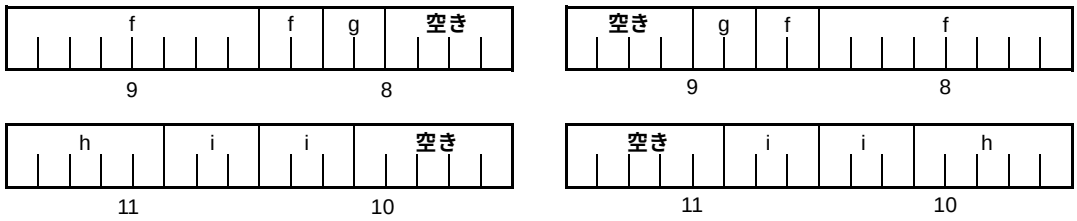


b , c は unsigned int 型のビット・フィールドなので，次のワード単位から割り付けます。

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。



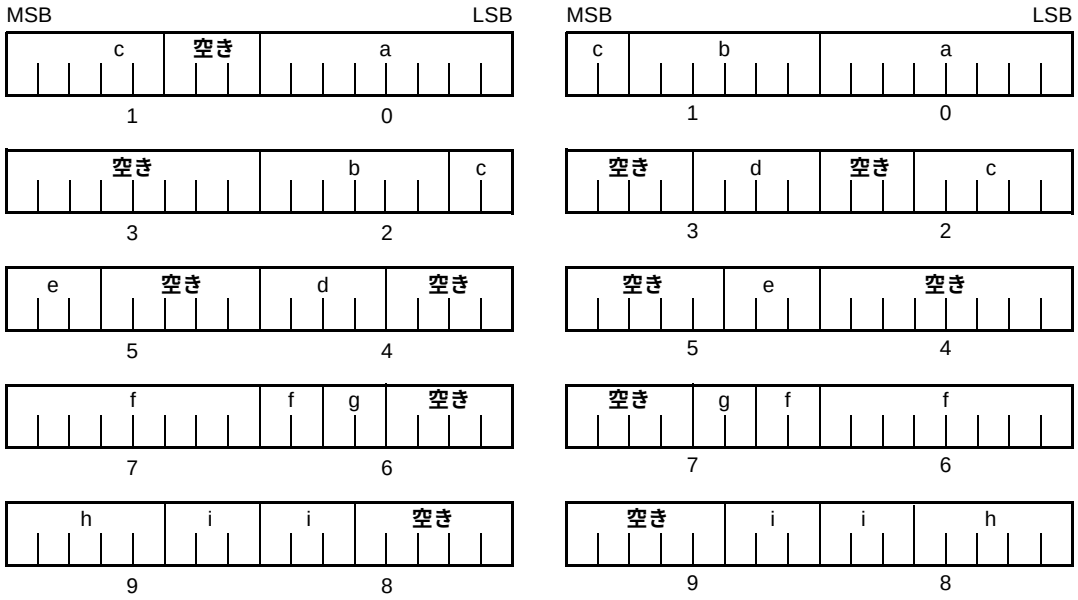
e は unsigned char 型のビット・フィールドなので，次のバイト単位に割り付けます。



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。

図 11-7 ビット・フィールド宣言によるビット配置（使用例 3）（-RC オプション指定時）



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】

〈他の C コンパイラからこの C コンパイラ〉

- 修正は必要ありません。

〈この 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。

(17) コンパイラ出力セクション名の変更（ #pragma section … ）

【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，ディフォー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ィフォールトの配置については，「付録 B 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できます。リンク・ディレクティブについては，RA78K0 アセンブラ・パッケージ 操作編のユーザーズ・マニュアル (UxxxxxJ）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 指令の前に記述できます。

  (i) コメント

  (ii) 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できます。
- 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 進数及び，アセンブラの 16 進数のみ記述できます。

【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 )
```

【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　値が 255 の数値を 16 進数で表現する場合は，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 の本文記述後）にこの #pragma 指令は記述できません。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。
- 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）の一切ないファイルはインクルードできません。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）。

【使用例 1】

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＞

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

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

＜出力オブジェクト＞

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

【使用例 2】

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

なお，// 以降に配置するセクションを示します。

```
#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，ディフォールト@@ DATA に戻る
#pragma         section  @@INIT       ??INIT
#pragma         section  @@R_INIT     ??R_INIT
        // @@ 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     a4 ;                                    // @@ DATA
        sreg int  b4 ;                                  // ??DATS
        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，ディフォールトに戻る。
#pragma         section  @@BITS       ??BITS
        __boolean e4 ;                                  // ??BITS
#pragma         section  @@CNST       ??CNST
        char    *const p = " Hello " ;                  // p も " Hello " も ??CNST
```

【使用例 3】

```
#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。**

【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 "                                 // ←エラーとなる。
                                                          // 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 "
```

【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 "                    // ←エラーとなる。
                                             // 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。
```

【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    // ←エラーとなる。
                                                     // 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    // ←エラーとなる。
                                                     // 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    // ←エラーとなる。
                                                     // 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】

〈他の C **コンパイラからこの** 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。**

〈この 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。**

【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 **等）を変更できません。**
- 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 **を変更する場合は，指定アドレス範囲を** 0FE20H-0FEB7H **にしてください。**

【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。**
- #pragma section **の使用により** ROM **化関連のセクション名（＊）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。**
- -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。**

  （＊）ROM **化関連セクション名**

  ```
  @@R_INIT , @@R_INIS , @@INIT , @@INIS
  ```

  ROM **化関連セクション変更にともなうスタートアップ・ルーチン，終端モジュールの変更例について次に示します。**

【ROM 化関連セクション名変更に伴うスタートアップ・ルーチン等の変更例】

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），終端モジュール（rom.asm）の変更例を示します。

＜C ソース＞

```
#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レーベルの宣言と，初期値のコピーを行う部分を追加し，終端モジュールには終端レー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 の先頭と終端のレーベルの名前であり，TT1_S，TT1_E は，セクション TT1 の先頭と終端のレーベルの名前です。

(a) スタートアップ・ルーチン cstartx.asm の変更点

(i) 名前を変更したセクションの終端レーベルの宣言を追加します。

```
  :
EXTRN       _main , _exi t , _@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
  :
```

(ii) **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 , #_?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**

(iii) **名前を変更したセクションの先頭のレーベルを設定します。**

```
   :
@@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 :                                  ; レーベルの設定を追加
TT1           DSEG          UNITP       ; セクション TT1 の先頭を示す
TT1_S :                                   ; レーベルの設定を追加

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

(b) **終端モジュール** rom.asm **の変更点**

(i) **名前を変更したセクションの終端を示すレーベルの宣言**

```
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
   :
```

(ii) **終端を示すレーベルの設定**

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

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

;
        END
```

(18) 2 進定数（ 2 進定数 0bxxx ）

【機能】

- 整数定数が記述可能な位置に 2 進定数が記述できます。

【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できる最初のものです。

(i) 添字なし 2 進数　：int，
unsigned int，
long int，
unsigned long int

(ii) u または U の添字付き　：unsigned int，
unsigned long int

(iii) l または L の添字付き　：long int ，
unsigned long int

(iv) 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＞

```
        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】

〈他の C コンパイラからこの C コンパイラ〉

- 修正の必要はありません。

〈この 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。

(19) モジュール名変更機能（ #pragma name ）

【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 8 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 8 文字を出力します。
- 9 文字以上のモジュール名が指定された場合は，ワーニング・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，ワーニング・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】

〈他の C コンパイラからこの 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の必要はありません。
- 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を行います。

〈この 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。

(20) ローテート関数（ #pragma rot ）

【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

［ローテート用の関数一覧］

(a) unsigned char rorb (x , y) ;
unsigned char x ;
unsigned char y ;

x を y 回右ローテートします。

(b) unsigned char rolb (x , y) ;
unsigned char x ;
unsigned char y ;

x を y 回左ローテートします。

(c) unsigned int rorw (x , y) ;
unsigned int x ;
unsigned char y ;

x を y 回右ローテートします。

(d) 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 の前に記述できます。

(i) コメント

(ii) 他の #pragma 指令

(iii) **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。**

【使用例】

＜C **ソース＞**

```
#pragma          rot
unsigned char    a = 0x11 ;
unsigned char    b = 2 ;
unsigned char    c ;
void     main ( ) {
         c = rorb ( a , b ) ;
}
```

＜出力アセンブラ・ソース＞

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

【制限】

- **関数名としてローテート用の関数名が使用できません。**
- **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。**

【互換性】

〈他の C **コンパイラからこの** 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を行います。**

〈この 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）。**

(21) 乗算関数（ #pragma mul ）

【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が生成できます。

【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。

mulu

［乗算関数一覧］

```
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 の前に記述できます。
  (i) コメント
  (ii) 他の #pragma 指令
  (iii) 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が使用できません（#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＞

```
#pragma          mul
unsigned char    a = 0x11 ;
unsigned char    b = 2 ;
unsigned int     i ;
void     main ( )
{
         i = mulu ( a , b ) ;
}
```

＜コンパイラの出力オブジェクト＞

```
mov      a , !_b
mov      x , a
mov      a , !_a
mulu     x
movw     !_i , ax
```

【互換性】

〈他の C **コンパイラからこの** 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を行います。**

〈この 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 ( ) ; **等**)。**

(22) 除算関数（ #pragma div ）

【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が生成できます。

【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

［除算関数一覧］

(a) 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。

(b) 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 の前に記述できます。

(i) コメント

(ii) 他の #pragma 指令

(iii) 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が使用できません。
- 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＞

```
#pragma          div
unsigned int     a = 0x1234 ;
unsigned char    b = 0x12 ;
unsigned char    c ;
unsigned int     i ;
void     main ( ) {
         i = divuw ( a , b ) ;
         c = moduw ( a , b ) ;
}
```

＜コンパイラの出力オブジェクト＞

```
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】

〈他の C **コンパイラからこの** C **コンパイラ〉**

- **除算用の関数を使用していなければ修正は必要はありません。**
- **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を行います。**

〈この 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）。**

(23) BCD 演算関数（#pragma bcd）

【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。詳細は，後述の［BCD 演算用の関数一覧］を参照してください。

adbcdb , sbbcdb , adbcdbe , sbbcdbe , adbcdw , sbbcdw , adbcdwe , sbbcdwe , bcdtob , btobcde , bcdtow , wtobcd , btobcd

- 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 の前に記述できます。
  (i) コメント
  (ii) 他の #pragma 指令
  (iii) 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＞

```
#pragm  abcd
unsigned char     a = 0x12 ;
unsigned char     b = 0x34 ;
unsigned char     c ;
void      main ( )
{
          c = adbcdb ( a , b ) ;
          c = sbbcdb ( b , a ) ;
}
```

＜出力アセンブラソース＞

```
mov     a , !_a
add     a , !_b
adjba
mov     !_c , a
mov     a , !_b
sub     a , !_a
adjbs
mov     !_c , a
```

［BCD 演算用の関数一覧］

(a) 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。

(b) 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。

(c) 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）。

(d) 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。

(e) 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。

(f) 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。

(g) 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）。

(h) 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。

(i) 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。

(j) 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。

(k) 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。

(l) 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。

(m) 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，桁あふれは切り捨てます。

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。

【互換性】

〈他の C コンパイラからこの 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を行います。

〈この 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）。

(24) バンク関数

【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。

  「(25) 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】

- 64 K 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，「CC78K0 C コンパイラ 操作編」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＞

```
/ #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
```

【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。

＜関数情報ファイル＞

```
/ #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＞

```
/ #0xxxx
// 78K/0 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。
出力コードは以下の通りです。

＜コンパイラの出力オブジェクト＞

```
@@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
@@bcsub :   DW     ?@bcsub

@@LCODE     CSEG
?@bcall :
        xch     a , e
        xch     a , BANK
        push    ax
        mov     a , e
        callt   [ @@bcsub ]
        pop     ax
        mov     BANK , a
        ret

?@bcals :
        push    de
        callt   [ @@bcsub ]
        pop     ax
        ret

?@bcsub :
        push    hl
        ret
```

【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 / __rtos_interrupt / __pascal / __flash / __flashf を指定できません。
- -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・モデルは使用できません。
- -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は使用できません。
- 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。
- 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，リアルタイム OS 用割り込みハンドラ，リアルタイム OS 用タスク関数
  - callt 関数，callf 関数
  - noauto 関数，norec 関数，パスカル関数

【互換性】

〈他の C コンパイラからこの C コンパイラ〉

- 修正する必要はありません。

〈この 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。

(25) 定数番地のバンク関数

【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。

［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＞

```
#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＞

```
 _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
         callt   [ @@bcall ]
         pop     hl
; line    9 :     }
         ret
```

【互換性】

〈他の C コンパイラからこの 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。**

〈この 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。**

(26) データ挿入関数（ #pragma opc ）

【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。

  [データ挿入関数一覧]

  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 の前に記述できます。

  (i) コメント

  (ii) 他の #pragma 指令

  (iii) 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＞

```
#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＞

```
_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】

〈他の C **コンパイラからこの** 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を行います。**

〈この 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）。**

(27) リアルタイム OS（RTOS）用割り込みハンドラ（ #pragma rtos_interrupt … ）

【機能】

- #pragma rtos_interrupt 指令で指定された関数名を，78K0 シリーズ RTOS（リアルタイム OS）RX78K0 用割り込みハンドラと解釈します。
- 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する割り込みベクタ・テーブルに登録します。
- 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 指令では行わないので，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。
- ret_int / ret_wup の 2 つのシステム・コールを呼び出す関数を，RTOS 用割り込みハンドラ内で呼び出せます（RTOS システム・コール呼び出し関数の詳細については，後述の【RTOS システム・コール呼び出し関数一覧】を参照してください）。
- ret_int / ret_wup のプロトタイプ宣言や実体定義，および RTOS 用割り込みハンドラ外での ret_int / ret_wup の呼び出しはエラーとします。
- ret_int / ret_wup の 2 つの RTOS システム・コール呼び出し関数は無条件分岐命令で呼びます。
- ret_int あるいは ret_wup が RTOS 用割り込みハンドラ中に一つも存在しなければエラーとします。
- 割り込み要求名以降を省略した場合は，ret_int / ret_wup の 2 つの関数のみを有効とします。
- RTOS 用割り込みハンドラは，次の順番でコード生成を行います。

(1) 全レジスタの退避
(2) コンパイラが使用する saddr 領域の退避
(3) スタック・ポインタの切り替え（スタック切り替え指定時のみ）
(4) ローカル変数領域の確保（ローカル変数があるときのみ）
(5) 関数本体
(6) ローカル変数領域の解放（ローカル変数があるときのみ）
(7) スタック・ポインタを元に戻す（スタック切り替え指定時のみ）
(8) コンパイラが使用する saddr 領域の復帰
(9) 全レジスタの復帰
(10) RETI

関数途中に記述されている ret_int / ret_wup に関しても，6，7 のコードを無条件分岐命令の直前にそのつど生成します。

また，関数の最後が ret_int / ret_wup の場合は，8 ～ 10 のコードは生成しません。

【効果】

- C ソース・レベルで RTOS 用割り込みハンドラの記述が可能となります。
- 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】

- 次の #pragma 指令により割り込み要求名と関数名，およびスタック切り替えを指定します。
- 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 指令の前に記述できます。

  (i) コメント

  (ii) 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 △ rtos_interrupt [△割り込み要求名△関数名△ [スタック切り替え指定]]

  備考　スタック切り替え指定 ：　sp = 配列名［+ オフセット位置］

- #pragma 以降に記述するキーワードのうち，割り込み要求名は必ず大文字で記述してください。その他のキーワードは大文字でも小文字でも可能です。

【RTOS システム・コール呼び出し関数一覧】

(1) void ret_int ( ) ;

RTOS のシステム・コール ret_int を呼ぶ。

(2) void ret_wup (x) ;
unsigned char *x ;

x を引数として，RTOS のシステム・コール ret_wup を呼ぶ。

【制限】

- 割り込み要求名は大文字で記述します。
- 割り込み要求名にソフトウエア割り込み，ノンマスカブル割り込みを指定できません。指定した場合はエラーとします。
- 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。
- 優先順位指定フラグ・レジスタ，割り込みマスク・フラグ・レジスタ等の内容によりベクタ割り込み処理中に重複して割り込み（同じ，または他の割り込み）が発生した場合，スタック切り替え指定の場合，スタックの内容を書き換えてしまい，不具合となる可能性がありますが，コンパイラはこれをチェックできませんので注意してください。
- RTOS 用割り込みハンドラは callt / callf / noauto / norec / __callt / __callf / __leaf / __interrupt / __interrupt_brk / __pascal / __flash / __flashf を指定できません。

  関数名として RTOS システム・コール呼び出し関数名 ret_int / ret_wup が使用できません。

  #pragma rtos_interrupt 指定でスタック切り替えを指定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，スタック切り替え指定を無視します。
- スタティック・モデル指定時はサポートしません。

【使用例】

(a) **スタック切り替え指定がない場合**

＜C ソース＞

```
#pragma         rtos_interrupt      INTP0   intp
int         i ;
void        intp ( ) {
            int         a ;
            a = 1 ;
            if ( i == 1 ) {
                        ret_int ( ) ;
            }
}
```

＜コンパイラの出力オブジェクト＞

```
@@CODE          CSEG
_intp :
                    push    ax                      ; レジスタの退避
                    push    bc                      ;
                    push    de                      ;
                    push    hl                      ;
                    movw    ax , _@RTARG0           ; コンパイラが使用する saddr 領域の退避
                    push    ax                      ;
                    movw    ax , _@RTARG2           ;
                    push    ax                      ;
                    movw    ax , _@RTARG4           ;
                    push    ax                      ;
                    movw    ax , _@RTARG6           ;
                    push    ax                      ;
                    movw    hl , #01H           ; 1
                    movw    ax , !_i
                    cmpw    ax , #01H           ; 1
                    bnz     $?L0003
                    br      !_ret_int
?L0003:
                    pop     ax                      ; コンパイラが使用する saddr 領域の復帰
                    movw    _@RTARG6 , ax           ;
                    pop     ax                      ;
                    movw    _@RTARG4, ax            ;
                    pop     ax                      ;
                    movw    _@RTARG2 , ax           ;
                    pop     ax                      ;
                    movw    _@RTARG0 , ax           ;
                    pop     hl                      ; レジスタの復帰
                    pop     de                      ;
                    pop     bc                      ;
```

```
                pop     ax                      ;
                reti
@@VECT06        CSEG    AT      0006H
_@vect06 :
                DW      _intp
```

(b) **スタック切り替え指定がある場合**

＜C ソース＞

```
#pragma         rtos_interrupt      INTP0   intp    sp = buff + 10
int     i ;
unsigned char   buff [ 10 ] ;
extern unsigned char    TaskID1 ;
void    intp ( ) {
        int     a ;
        a = 1 ;
        if ( i == 1 ) {
                ret_wup ( &TaskID1 ) ;
        }
}
```

＜コンパイラの出力オブジェクト＞

```
_intp :
                push    ax                      ; レジスタの退避
                push    bc                      ;
                push    de                      ;
                push    hl                      ;
                movw    ax , _@RTARG0           ; コンパイラが使用する saddr 領域の退避
                push    ax                      ;
                movw    ax , _@RTARG2           ;
                push    ax                      ;
                movw    ax , _@RTARG4           ;
                push    ax                      ;
                movw    ax , _@RTARG6           ;
                push    ax                      ;
                movw    ax , sp                 ; スタック・ポインタの切り替え
                movw    sp , #_buff + 10        ;
                push    ax                      ;
                movw    hl , #01H       ; 1
                movw    ax , !_i
                cmpw    ax , #01H       ; 1
                bnz     $?L0003
                movw    hl , #_TaskID1
                pop     ax                      ; スタック・ポインタを元に戻す
                movw    sp , ax                 ;
```

```
                br      !_ret_wup
?L0003 :
                pop     ax                  ; スタック・ポインタを元に戻す
                movw    sp , ax             ;
                pop     ax                  ; コンパイラが使用する saddr の領域の復帰
                mov     w_@RTARG6 , ax      ;
                pop     ax                  ;
                mov     w_@RTARG4 , ax      ;
                pop     ax                  ;
                movw    _@RTARG2 , ax       ;
                pop     ax                  ;
                movw    _@RTARG0 , ax       ;
                pop     hl                  ; レジスタの復帰
                pop     de                  ;
                pop     bc                  ;
                pop     ax                  ;
                reti
@@VECT06        CSEG    AT      0006H
_@vect06 :
                DW      _intp
```

【互換性】

〈他の C コンパイラからこの C コンパイラ〉

- RTOS 用割り込みハンドラをサポートしていなければ，修正は必要ありません。
- RTOS 用割り込みハンドラに変更したい場合は，上記の方法に従い変更を行います。

〈この C コンパイラから他の C コンパイラ〉

- #pragma rtos_interrupt 指定を削除すれば通常の関数として扱われます。
- RTOS 用割り込みハンドラ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。

(28) リアルタイム OS（RTOS）用割り込みハンドラ修飾子（ __rtos_interrupt ）

【機能】

- __rtos_interrupt 修飾子で宣言された関数は，RTOS 用割り込みハンドラと解釈します。
- ret_int / ret_wup の 2 つの RTOS システム・コール呼び出し関数を，__rtos_interrupt 宣言された関数内で呼び出すことができます（RTOS システム・コール呼び出し関数の詳細については，前述の［RTOS システム・コール呼び出し関数一覧］を参照してください）。
  ret_int / ret_wup のプロトタイプ宣言や実体定義，および RTOS 用割り込みハンドラ外での ret_int / ret_wup の呼び出しはエラーとなります。
- ret_int / ret_wup の 2 つの RTOS システム・コール呼び出し関数は無条件分岐命令で呼びます。
- ret_int あるいは ret_wup が RTOS 用割り込みハンドラ中に一つも存在しなければエラーとなります。

【効果】

- ベクタ・テーブルの設定と RTOS 用割り込みハンドラ関数定義を別ファイルに記述できます。

【方法】

- RTOS 用割り込みハンドラの修飾子に __rtos_interrupt を付加します。

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

［RTOS システム・コール呼び出し関数一覧］

(a) void ret_int ( ) ;

RTOS のシステム・コール ret_int を呼びます。

(b) void ret_wup (x) ;
unsigned char *x ;

x を引数として，RTOS のシステム・コール ret_wup を呼びます。

【制限】

- RTOS 用割り込みハンドラは，callt / callf / noauto / norec / __callt / __callf / __leaf / __interrupt / __interrupt_brk / __pascal / __flash / __flashf を指定できません。
- 関数名として RTOS システム・コール呼び出し関数名 ret_int / ret_wup が使用できません。
- スタティック・モデル指定時は，__rtos_interrupt 修飾子はサポートしません。
  __rtos_interrupt が最初に出現した箇所に対し，ワーニング・メッセージを出力して __rtos_interrupt を無視し，通常の関数として処理します。

【注意】

- この修飾子の宣言だけでは，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 指令あるいはアセンブラ記述等により，別途行う必要があります。

- #pragma rtos_interrupt …の指定と同一ファイルに RTOS 用割り込みハンドラを定義する場合は，この修飾子を記述しなくても，#pragma rtos_interrupt で指定された関数名を RTOS 用割り込みハンドラと判断します。

【互換性】

〈他の C コンパイラからこの C コンパイラ〉

- RTOS 用割り込みハンドラをサポートしていなければ，修正は必要ありません。
- RTOS 用割り込みハンドラに変更したい場合は，上記の方法に従って変更を行います。

〈この C コンパイラから他の C コンパイラ〉

- #define により可能です（「11.6 C ソースの修正」を参照してください）。
  この変更により通常の関数として扱われます。
- RTOS 用割り込みハンドラ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となります。

(29) リアルタイム OS（RTOS）用タスク関数（ #pragma rtos_task ）

【機能】

- #pragma rtos_task で指定された関数名を RTOS 用のタスクと解釈します。
- 関数名指定がある場合，その実体定義が同一ファイル中にない場合はエラーとなります。
- RTOS 用タスク関数の前処理では，フレーム・ポインタ／レジスタ変数用レジスタの退避は行いません。また，後処理を出力しません。
- 次の RTOS システム・コール呼び出し関数を使用可能とします。

  [RTOS システム・コール呼び出し関数]

  (a) void ext_tsk (void) ;

  RTOS のシステム・コール ext_tsk を呼ぶ。

ただし,ext_tsk のプロトタイプ宣言や実体定義,および割り込み関数,RTOS 用割り込みハンドラ内での ext_tsk の呼び出しはエラーとします。

- ext_tsk の RTOS システム・コール呼び出し関数は無条件分岐命令で呼びます。ext_tsk が関数の最後に発行されている場合は，後処理を出力しません。
- ext_tsk が RTOS 用タスク関数中に 1 つも存在しない場合で，-W2 オプションが指定されている場合は，注意をうながすワーニング・メッセージを出力します。

【効果】

- C ソース・レベルで RTOS 用タスク関数が記述できます。
- フレーム・ポインタ／レジスタ変数用レジスタの退避，および後処理が出力されなくなるため，コード効率が良くなります。

【方法】

- 次の #pragma 指令に関数名を指定します。

#pragma △ rtos_task [△タスク関数名]

- なお，この #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 指令の前に記述できます。

  (i) コメント

  (ii) 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記述できます。

【制限】

- RTOS 用タスク関数は，callt / callf / noauto / norec / __callt / __callf / __leaf / __interrupt / __interrupt_brk / __rtos_interrupt / __pascal / __flash / __flashf を指定できません。

- RTOS 用タスク関数を通常の関数のように呼び出すことはできません。
  RTOS システム・コール呼び出し関数名 ext_tsk を関数名として使用することはできません。
- スタティック・モデル指定時は，サポートしません。

【使用例】

＜C ソース＞

```
#pragma         rtos_task       func
int     i ;
void    main ( )
{
        int     a ;
        a = 1 ;
        ext_tsk ( ) ;
}
void    func ( )
{
        register int    r ;
        int     x ;

        x = 1 ;
        r = 2 ;
        ext_tsk ( ) ;
}
```

＜コンパイラの出力オブジェクト＞

```
@@CODE      CSEG
_main :
                push    hl
                movw    hl , #01H ; 1
                br      !_ext_tsk           ; エピローグは出力されない
_func :
                push    ax
                push    ax                  ; フレーム・ポインタは退避されない
                movw    ax , sp
                movw    hl , ax
                movw    ax , #01H ; 1
                mov     [ hl + 1 ] , a      ; x
                xch     a , x
                mov     [ hl ] , a          ; x
                movw    ax , #02H ; 2
                mov     [ hl + 3 ] , a      ; r
                xch     a , x
                mov     [ hl + 2 ] , a      ; r
                br      !_ext_tsk           ; エピローグは出力されない
```

【互換性】

〈他の C **コンパイラからこの** C **コンパイラ〉**

- RTOS **用タスク関数をサポートしていなければ修正は必要ありません。**
- RTOS **用タスク関数に変更したい場合は，上記の方法に従い変更を行います。**

〈この C **コンパイラから他の** C **コンパイラ〉**

- #pragma rtos_task **指定を削除すれば通常の関数として扱われます。**
- RTOS **用タスク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。**

(30) スタティック・モデル

【機能】

- 引数はすべてレジスタ渡しとします（「11.7.5 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（「(3) 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，実行速度の向上が図れます。
- 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が図れます。
- 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。

【使用例】

- -SM4 **指定時**

＜C ソース＞

```
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＞

```
@@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 ( )
; line    3 : {

@@CODE          CSEG
_main :
                push    de
; line    4 :  char      i = 1 ;
                mov     e , #01H ; 1            ; 自動変数 i
; line    5 :  char      j , k ;
; line    6 :  j = 2 ;
                mov     d , #02H ; 2            ; 自動変数 j
; line    7 :  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
; line1    2 :  char          a1, a2 ;
; line1    3 :  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
; line14 :  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
```

【制限】

- **ノーマル・モデルのモジュールとはリンクできません。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，フェータル・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，可変長引数は使用できません。可変長引数はエラーとなります。**
- **構造体／共用体の引数，および返り値を使用できません。これらの記述はエラーとなります。**
- noauto / norec / __leaf **関数は使用できません。これらの記述に対しワーニング・メッセージを出力し無視します**
  (「(5) noauto **関数（**noauto**）」，「**(6) norec **関数（**norec**）」を参照してください)。**
- **再帰関数は使用できません。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，再帰関数は使用できません。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，および返り値の制限，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（「(31) 型変更（ -ZI ）」を参照してください）。

【互換性】

〈他の C のコンパイラからこの C のコンパイラ〉

- 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。

〈この 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。

(31) 型変更（ -ZI ）

(a) int , short 型の char 型への変更

【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）。

表 11-14 型変更の詳細（int , short 型の char 型への変更）

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，ワーニング・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ワーニング・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，ワーニング・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。

  (i) 関数の引数，および返却値

  (ii) 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が使用できなくなります。

【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。

(b) long 型の int 型への変更

【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。

表 11-15 型変更の詳細（long 型の int 型への変更）

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，ワーニング・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，ワーニング・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が使用できなくなります。

【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，リンクできません。

(32) パスカル関数（ __pascal ）

【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・コードの短縮が図れます。

【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 / __rtos_interrupt / __flash / __flashf キーワードを指定できません。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 / __rtos_interrupt / __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ワーニング・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，ワーニング・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。

【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。

【使用例】

＜C ソース＞

```
__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＞

```
_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
```

【互換性】

〈他の C コンパイラからこの 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。

〈この 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。**

(33) 関数呼び出しインタフェースの自動パスカル関数化（ -ZR ）

【機能】

- norec / __interrupt / __interrupt_brk / __rtos_interrupt / __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）は，同時に指定できません。
  指定した場合，ワーニング・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，「11.7.6 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。

(34) フラッシュ領域配置方法（ -ZF ）

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，動作を保証できません。
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できません。

【効果】

- プログラムをフラッシュ領域に配置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。

(35) フラッシュ領域分岐テーブル（ #pragma ext_table ）

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，動作を保証できません。
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。
- 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，「(36) 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できます。
- ブート領域からフラッシュ領域への呼び出しができます。

【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。

(i)　コメント

(ii)　#pragma ext_func，-ZF 指定時の #pragma vect，#pragma interrupt，または #pragma rtos_interrupt 以外の #pragma 指令

(iii)　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，#pragma interrupt，または #pragma rtos_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ィフォールトは 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。

(i) \NECTools32\src\cc78k0\src ディレクトリ中の vect.inc の
ITBLTOP EQU 2000H
の H の箇所を指定したアドレスに変更する。

(ii) \NECTools32\src\cc78k0\bat\repvect.bat
を DOS 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，
\NECTools32\src\cc78k0\lib の更新されたライブラリを \NECTools32\kib78k0 にコピーしてリンク用に使用します。

注意　上記ディレクトリは，インストール方法により異なります。

【互換性】

〈他の C コンパイラからこの 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。

〈この 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，次のように変更が必要です。

【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する場合

＜C ソース＞

```
#pragma         ext_table       0x2000
#pragma         interrupt       INTP0   intp

void    intp ( )
{
}
```

(a) **割り込み関数をブート領域に配置する場合（**-ZF **指定なし）**

＜出力コード＞

```
                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。**

(b) **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）**

＜出力コード＞

```
                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＞**

```
                PUBLIC _@vect06

@@VECT06                CSEG    AT      0006H
_@vect06 :
                DW      2009H
```

(36) 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 ）

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，動作を保証できません。
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せるようになります。

【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。

(i)　コメント

(ii)　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（a），(b）は，エラーとなります。

(a)　#pragma ext_func f1 3
　　#pragma ext_func f1 4

(b)　#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，リンカはチェックできません。ユーザ責任となります。
- 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。

【互換性】

〈他の C コンパイラからこの 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。

〈この 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，次のような変更が必要です。

【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す場合

＜ C ソース：バンク機能を持たないデバイスの場合＞

(1) 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 ( ) ;
}
```

(2) 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    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 + 3 * 3 番地に配置することを意味します。

備考 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。

備考 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。

＜C ソース：バンク機能を持つデバイスの場合＞

(1) 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 ( ) ;
}
```

(2) フラッシュ領域側（バンク配置）

```
#pragma          ext_table        0x2000
#pragma          ext_func         f1       3

void     f1 ( )
{
}
```

(3) 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 4　#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。**

備考 5　#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。**

備考 6　**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：バンク機能を持たないデバイスの場合＞

(1) **ブート領域側（**-ZF **指定なし）**

```
@@CODE      CSEG
_func :
            call    !02069H
            call    !0206CH
            ret
```

(2) **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
```

＜コンパイラの出力オブジェクト：バンク機能を持つデバイスの場合＞

(1) **ブート領域側（**-ZF **指定なし）**

```
@@CODE      CSEG
_func :
            push    hl
            call    !02078H
            pop     hl
            call    !02080H
            ret
```

(2) **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
```

(3) **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 )
```

(37) ファーム ROM 関数（__flash）

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，動作を保証できません。
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）

- 返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返り値を設定する必要があります。

  1，2 バイト・データ BC
  ポインタ 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】

〈他の C コンパイラからこの 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。

〈この C コンパイラから他の C コンパイラ〉

- #define により可能（「11.6 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。

(38) 引数／返り値の int 拡張抑制方法（ -ZB ）

【機能】

- 関数返り値の型定義が char/unsigned char 型の場合に，返り値の 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，実行速度の向上が図れます。

【方法】

- コンパイル時に -ZB オプションを指定します。

【使用例】

＜C ソース＞

```
unsigned char     func1 ( unsigned char x , unsigned char y ) ;
unsigned char     c , d , e ;
void      main ( )
{
          c = func1 ( d , e ) ;
          c = func2 ( d , e ) ;
}
unsigned char     func1 ( unsigned char x , unsigned char y )
{
          return x + y ;
}
```

- -ZB 指定あり

＜コンパイラの出力オブジェクト＞

```
_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
```

【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。**

【互換性】

〈他の C コンパイラからこの 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。**

〈この 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。**

(39) 配列オフセット計算簡略化方法（ -QW2 / -QW3 ）

【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。**
- -QW3 **オプション指定時は，配置領域にかかわらず配列を** unsigned char **変数で参照する場合に，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，実行速度の向上が図れます。**

【方法】

- **コンパイル時に** -QW2 , -QW3 **オプションを指定します。**

【使用例】

＜C **ソース**＞

```
unsigned char     c ;
unsigned char     ary [ 10 ] ;
sreg unsigned char          sary [ 10 ] ;
void      main ( )
{
          unsigned char     a ;

          a = ary [ c ] ;
          a = sary [ c ] ;
}
```

-QW3 **指定あり**

＜コンパイラの出力オブジェクト＞

```
_main :
          push      hl
          push      ax
          movw      ax , sp
          movw      hl , ax
; line    6 :       unsigned char     a ;
; line    7 :
; line    8 :       a = ary [ c ] ;
          mova      , !_c
          add       a , #low ( _ary )
          mov       e , a                ; 下位バイトのみ計算
          mov       d , #high ( _ary )
```

```
        mov     a , [ de ]
        mov     [ hl + 1 ] , a          ; 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     [ hl + 1 ] , a          ; a
; line  10 : }
        pop     ax
        pop     hl
        ret
```

【制限】

- **オフセット計算簡略化対象となった配列の配置アドレスが** 256 **バイト境界をまたがる場合は，不正動作となる場合があります。**
- -QW4 , -QW5 **はサポートしません。**

【互換性】

〈他の C **コンパイラからこの** C **コンパイラ〉**

- **配列を** 256 **バイト境界にまたがらないように配置します。あるいは，**-QW2, -QW3 **オプションを指定しません。**

〈この 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。**

(40) レジスタ直接参照関数（ #pragma realregister ）

【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えます。

【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（後述の［レジスタ直接参照用の関数一覧］を参照してください）。
  レジスタ直接参照関数名は，次の 21 個です。

__geta，__seta，__getax，__setax，__getcy，__setcy，__set1cy，__clr1cy，__not1cy，__inca，__deca，__rora，__rorca，__rola，__rolca，__shla，__shra，__ashra，__nega，__coma，__absa

- 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 の前に記述できます。

  (i) コメント

  (ii) 他の #pragma 指令

  (iii) 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＞

```
#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（桁あふれを見る）*/
                    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＞

```
_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（桁あふれを見る）*/
          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
```

［レジスタ直接参照用の関数一覧］

(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。

【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。

【互換性】

〈他の C コンパイラからこの 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。

〈この 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 が意図通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。

(41) [HL + B] ベースト・インデクスト・アドレシング活用方法（ -QE ）

【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，実行速度の向上が図れます。**

【方法】

- **コンパイル時に** -QE **オプションを指定します。**

【使用例】

＜ C **ソース**＞

```
unsigned char     c , d ;
unsigned char     ary [ 10 ] ;
char      *p ;
void      main ( )
{
          ary [ c ] *= d + 1 ;

          * ( p + c ) * = 4 ;
}
```

- -SM , -QCE **指定あり**

＜コンパイラの出力オブジェクト＞

```
_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・アドレシング使用
          mulux
          mov       a , x
          mov       [ hl + b ] , a        ; [ HL + B ] ベースト・インデクスト・アドレシング使用
; 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・アドレシング使用
; line  9 :     }
        ret
```

【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。**

【互換性】

〈他の C コンパイラからこの C コンパイラ〉

- **修正は必要ありません。**

〈この 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。**

(42) 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）

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，動作を保証できません。
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 レジスタの値を返り値とします。
- __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 レジスタの値を返り値とします。

【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が簡単に行えます。

【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（後述の［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］を参照してください）。

__hromcall , __hromcalla , __setsp

- 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 の前に記述できます。

  (i)　コメント

  (ii)　他の #pragma 指令

  (iii)　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＞

```
#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＞

```
_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
```

［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］

(1) 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 **レジスタの値を返り値とします。**

(2) 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 **レジスタの値を返り値とします。**

(3) void　__setsp (unsigned int spaddr) ;

spaddr **の値を** SP**（スタック・ポインタ）に設定します。**

【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ファームウエアが内蔵されていないデバイスの場合は，この関数は使用できません。
- 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，

  (i) レジスタ・バンク 3 使用

  (ii) C レジスタに機能番号を設定

  (iii) 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，この関数は使用できません。
- __hromcall , __hromcalla 関数の第 1，2 引数は，定数のみ指定できます。定数以外を指定した場合はエラーとします。

【互換性】

〈他の C コンパイラからこの 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。

〈この 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，ご使用のターゲット用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 , __hromcall 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，ご使用のターゲット用デバイスのユーザーズ・マニュアルを参照してください。

(43) __flashf 関数（__flashf）

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，動作を保証できません。
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。
- 「(42) 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［FEBAH-FEBFH］）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［FEBAH-FEBFH］）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，「(42) 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。

【使用例】

＜C ソース＞

```
#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＞

```
_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
        di                      ; 割り込み禁止                          ; 自動生成
        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
                ret                                                             ; 自動生成
```

【制限】

- __flashf **関数の中からは，「**(42) **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 **）」以外の関数は呼び出せません。**
- **関数引数は，**char / unsigned char / int / unsigned int / short / unsigned short / **ポインタ型の** 1 **引数しか定義できません。**
- **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できません。**
- **引数，およびオートマティック変数を合わせて最大** 6 **バイトしか定義できません。**
- long **型演算ができません。**

【互換性】

〈他の C **コンパイラからこの** 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。**

〈この 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（「**11.6 C **ソースの修正」を参照してください）。**

(44) メモリ操作関数（ #pragma inline ）

【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，実行速度の向上が図れます。
- 指定文字数に定数を指定した場合は，オブジェクト・コードの短縮も図れます。

【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 の前に記述できます。

  (i) コメント

  (ii) 他の #pragma 指令

  (iii) 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＞

```
#pragma          inline
char     ary1 [ 100 ] , ary2 [ 100 ] ;
void     main ( )
{
         memset ( ary1 , ‘ A ’ , 50 ) ;
         memcpy ( ary1 , ary2 , 50 ) ;
}
```

- -SM 指定なし

（コンパイラの出力オブジェクト）

```
_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
```

- -SM **指定あり**

```
_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】

〈他の C **コンパイラからこの** 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。**

〈この 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。**

(45) 絶対番地配置指定（ __directmap ）

【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。
- 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。

アドレス指定範囲	領域確保範囲	重複チェック範囲
0x80-0xffff	0xfd00-0xfeff	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 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，W0762 ワーニング・メッセージを出力して，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でき，同じアドレスに複数の変数を重ねて配置できます。

【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。

【使用例】

＜C ソース＞

```
__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 ;
}
```

＜出力オブジェクト＞

```
        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
```

【制限】

- 関数引数，返り値，およびオートマティック変数には指定できません。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。

【互換性】

〈他の C コンパイラからこの C コンパイラ〉

- キーワード __directmap を使用していなければ，修正の必要はありません。
- __directmap 変数に変更したい場合は，前記の方法に従い変更を行います。

〈この C コンパイラから他の C コンパイラ〉

- #define により可能です（「11.6 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。

(46) スタティック・モデル拡張仕様（ -ZM ）

【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（「(47) 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。
- 関数返り値に，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返り値を格納し，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，表 11-16 のとおりです。

表 11-16 割り込み関数の退避対象

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，W0055 ワーニング・メッセージを出力し，-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】

＜C ソース＞

```
char    funcl ( 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 ;
}
```

- -SM8 -ZM1 -QC 指定あり

＜出力オブジェクト＞

```
_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 )
; line      10 : {
_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      11 : char     r ;
; line      12 :
; line      13 : 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          14 : return     e + r ;
          add       a , !L0015          ; e
L0010 :
; line          15 : }
          ret
; line          16 : char       func2 ( char a , char b , char c , char d )
; line          17 : {
_func2 :
          mov       _@NRAT01 , a
          mov       a , b
          mov       _@NRAT02 , a
          mov       a , h
          mov       _@NRAT03 , a
; line          18 : 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          19 : }
          ret
```

- -SM8 -ZM2 -QC **指定あり**

```
@@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 )
; line      10:  {
_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      11 :   char r ;
; line      12 :
; line      13 : 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        14  : return e + r ;
        add     a , _@KREG11            ; e
L0004 :
; line        15 : }
        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        16 : char func2 ( char a , char b , char c , char d )
; line        17 : {
_func2 :
        mov     _@NRAT01 , a
        mov     a , b
        mov     _@NRAT02 , a
        mov     a , h
        mov     _@NRAT03 , a
; line        18 : 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        19 : }
        ret
```

【使用例 2】

＜C ソース＞

```
__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 ( ) ;
```

＜C ソース＞

```
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 ;
}
```

- -SM -ZM **指定あり**

＜出力オブジェクト＞

```
@@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 )
; line          18 : {
_func1 :
        movw    _@NRAT00 , ax
; line          19 : aa.a = 0x12 ;
        mov     _@NRAT00 , #012H                ; aa ,18
```

```
; line        20 : aa.b = 0 ;
            clr1    _@NRAT01.0
; line        21 : aa.c = 1 ;
            set1    _@NRAT01.1
; line        22 : return     aa ;
            movw    ax , _@NRAT00                   ; aa   2 バイト以下なので値返し
;line        23 : }
            ret
; line        24 : struct     y           func2 ( )
; line        25 : {
; line        26 : return     tt ;
            movw    hl , #_tt                       ; 3 バイト以上なので，静的領域を確保し，
            push    de                              ; 静的領域に返り値をコピー
            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      27 :      }
            ret
```

【互換性】

〈他の C コンパイラからこの C コンパイラ〉

- **ソース修正は必要ありません。**

〈この C コンパイラから他の C コンパイラ〉

- **ソース修正は必要ありません。**

(47) テンポラリ変数（ __temp ）

【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 は宣言できません。
- __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，W0339 ワーニング・メッセージを出力して，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，メモリの節約になります。

【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。

【使用例】

＜ C ソース＞

```
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++ ;
}
```

- -SM -ZM -QC **指定あり**

＜出力オブジェクト＞

```
@@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 )
; line        8 :  {
_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        9 :  __temp  char     r ;
; line        10 :
; line        11 : d.1 = 0 ;
        clr1    _@NRAT00.1                      ; ビット操作可能
; line12 : 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        13 : func2 ( r ) ;
        call    !_func2
; line        14 : }
                                                ; リターン後は _ @ NRAT00 ～ _ @ NRAT02
                                                ; の値は変化している
        ret
; line        15 : void     func2 ( char r )
; line        16 : {
_func2 :
        mov     _@NRAT00 , a
; line        17 : int      a = 1 , b = 2 ;
        movw    _@NRAT02 , #01H                 ; a , 1
        movw    _@NRAT04 , #02H                 ; b , 2
```

```
; line          18 : r++ ;
          inc       _@NRAT00
; line          19 : }
          ret
```

【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しません。**

【互換性】

〈他の C **コンパイラからこの** 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を行います。**

〈この C **コンパイラから他の** C **コンパイラ〉**

- #define **により可能です（「**11.6 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。**

(48) プロローグ／エピローグ対応ライブラリ（ -ZD ）

【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。

＜ 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
```

＜ 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
```

＜ 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
```

＜ 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
```

＜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。**

【使用例 1】

＜C ソース＞

```
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 ;
}
```

- -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 )
; line      10 : {
_func1 :
        call    !@@krs06
        callt   [ @@krip3 ]
; line      11 : 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      12 : }
            call    !@@krl06
            ret
; line      13 : int      func2 ( int a , int b , int c )
; line      14 : {
_func2 :
            callt   [ @@nrip3 ]
; line      15 : 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      16 :    }
            ret
```

【使用例 2】

＜C ソース＞

```
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 ;
}
```

- -QR -ZD **指定時**

＜出力オブジェクト＞

```
@@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
; line7 : }
        movw    ax , #0300H
        callt   [ @@cdisp2 ]
        ret
; line  8 :     int       func ( register int a , register int b )
; line  9 :     {
_func :
        movw    de , #0C940H
        callt   [ @@cprep2 ]
; line  10 :    register  int       r ;
; line  11 :
; line  12 :    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  13 :    return    r ;
        movw    bc , ax
L0004 :
; line  14 :    }
        movw    ax , #0C940H
        callt   [ @@cdisp2 ]
        ret
```

【制限】

- **最適化指定オプション** -QL4 **は同時に指定できません。指定した場合は** W0052 **ワーニング・メッセージを出力して，**-QL4 **オプションを** -QL3 **オプション指定に置き換えて処理します。**
- **フラッシュ領域配置指定オプション** -ZF **は同時に指定できません。指定した場合は** W0054 **ワーニング・メッセージを出力して，**-ZD **オプションを無視します。**

【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られなくなります。**

【互換性】

〈他の C **コンパイラからこの** 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を行います。**

〈この 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。**

11.6　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できます。しかし，拡張機能は 78K0 シリーズに即したもので，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 コンパイラからこの C コンパイラへの移植と，この 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。

＜他の C コンパイラからこの 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。

＜この C コンパイラから他の C コンパイラ＞

- この 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】

(1) 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
```

(2) 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
```

11.7 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。

11.7.1 返り値

呼び出された関数は返り値を，表 11-17 のように，レジスタ，キャリー・フラグに格納します。

表 11-17 返り値の格納場所

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）

表 11-17 返り値の格納場所

型	格納場所	
	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
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

11.7.2 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，「付録 A saddr 領域のレーベル一覧」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，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 引数の渡し場所については，表 11-18 に示します。

表 11-18 第 1 引数の渡し場所（関数呼び出し側）

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]	AX , BC
4 バイト・データ[注]	AX , BC
浮動小数点数（float 型）	AX , BC

型	格納場所
浮動小数点数（double 型）	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。

(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 11-18 を参照してください。

（使用するレジスタ）

HL

ただし，スタック・フレームがある場合は HL には割り当てません。

（使用する saddr 領域）

_@KREG12 ～ 15

（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，「付録 A saddr 領域のレーベル一覧」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。

(a) **自動変数の割り当て順序**

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。**

（使用するレジスタ）

HL

ただし，スタック・フレームがある場合は HL **には割り当てません。**

（使用する saddr **領域）**

_@KREG00 **～** 11

（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。**

【例】

＜C **ソース** 1＞

```
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 ;
}
```

＜出力コード＞

```
_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 ）
; line        7 :  {
_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        8 :  register  int          r ;
; line        9 :  int          a ;
; line        10 : 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    11 :    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    12 :    }
        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
```

＜C ソース 2＞

```
void    func1 ( int , register int ) ;
void    main ( )
{
        func1 ( 0x1234 , 0x5678 ) ;
}
void    func1 ( int p1 , register int p2 )
{
        register  int       r ;
        int       a ;
        r = p2 ;
        a = p1 ;
}
```

＜出力コード＞

```
_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 )
; line        7 : {
_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        8 : register  int       r ;
; line        9 : int a ;
; line        10 : r = p2 ;
        movw    ax , _@KREG12           ; p2
        movw    _@KREG00 , ax           ; r     ; レジスタ変数 _@KREG00
; line        11 : 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        12 : }
        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
```

11.7.3 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（「11.7.2 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（「11.7.2 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。

（割り当て順序）

- 通常関数と同様です（「11.7.2 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，「付録 A saddr 領域のレーベル一覧」を参照してください。
- 自動変数は，引数を割り当てた後，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。

（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。

【例】

＜C ソース＞

```
noauto   void     func2 ( int , int ) ;
void     main ( )
{
         func2 ( 0x1234 , 0x5678 ) ;
}
noauto   void     func2 ( int p1 , int p2 )
{
   :
}
```

＜出力コード＞

```
_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 )
; line          7:   {
_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
```

11.7.4 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（「付録 A saddr 領域のレーベル一覧」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（「付録 A saddr 領域のレーベル一覧」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。

（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。

（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

（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，「付録 A saddr 領域のレーベル一覧」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。

（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。
- _@NRARGx , _@NRATxx に割り当たる自動変数は，宣言順に割り当てます。

【例】

- ノーマル・モデルの場合

＜ C ソース＞

```
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 ;
}
```

- -QR 指定

＜出力コード＞

```
_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 )
; line         7 :   {
_func3 :
        mov     _@RTARG6 , a                      ; 引数 p1 を _@RTARG6 に割り当てる
; line         8 :   int       a ;
; line         9 :   a = p2 ;
        movw    ax , de                           ; 引数 p2
        movw    _@NRARG2 , ax           ; a       ; 自動変数 a
        ret
```

11.7.5 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は，表 11-19 に示します。

表 11-19 スタティック・モデルの引数の渡し場所

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	：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。

【例 1】

＜ C ソース＞

```
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＞

```
@@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 ( )
; line      3 :  {

@@CODE          CSEG
_main :
; line      4 :  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      5 :  }
        ret
; line      6 :  void    func4 ( register int p1 , char p2 )
; line      7 :  {
_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      8 :  register  char     r ;
; line      9 :  int       a ;
; line      10 : r = p2 ;
        mov     !L0006 , a                      ; r     ; 自動変数 r
; line      11 : 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      12 : }
        pop     de                                      ; レジスタ引数用レジスタ復帰
        ret
```

【例 2】

＜C ソース＞

```
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＞

```
@@DATA          DSEG    UNITP
L0005           : DS    ( 2 )
L0006           : DS    ( 2 )

; line          1 :   void      func5 ( int , register char ) ; void      func ( void ) ;
; line          2 :   void      main ( )
; line          3 :   {

@@CODE          CSEG
_main :
; line          4 :   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          5:    }
          ret
; line          6 :   void      func5 ( int p1 , register char p2 )
; line          7 :   {
_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          8 :   register  char      r ;
; line          9 :   int                 a ;
; line          10 :  r = p2 ;
          mov     a , d                                 ; レジスタ引数 p2
          mov     e , a                                 ; レジスタ変数 r
; line          11 :  a = p1 ; func ( ) ;
          movw    ax , !L0005               ; p1        ; 引数 p1
          movw    !L0006 , ax               ; a         ; 自動変数 a
          call    !_func
; line          12 :  }
          pop     de                                    ; レジスタ引数用レジスタ復帰
          ret
```

11.7.6 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（「11.7.3 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（「11.7.2 通常関数呼び出しインタフェース」を参照してください）。

【例 1】

＜C ソース＞

```
__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 指定あり

＜出力コード＞

```
_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 )
; line       7 : {
_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       8 : register        int     r ;
; line       9 : int                     a ;
; line       10 : 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       11 : 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       12 : }
        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
```

【例 2】

＜C ソース＞

```
__pascal            noauto   void      func2 ( int , int ) ;
void       main ( )
{
           func2 ( 0x1234 , 0x5678 ) ;
}
__pascal            noauto   void      func2 ( int p1 , int p2 )
{
   :
}
```

- -QR 指定あり

＜出力コード＞

```
_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 )
; line          7 :   {
_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
```

第 12 章　アセンブラとの相互参照

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，この C コンパイラと RA78K0　アセンブラ・パッケージを使い次の順序で説明します。

12.1 引数／オートマティック変数のアクセス方法

この 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通りです。

12.1.1 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。

表 12-1 引数の引き渡し方法（関数呼び出し側）

型	渡し場所（第 1 引数）	渡し場所（第 2 引数～）
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。
  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 12-2 引数／オートマティック変数の格納一覧（呼ばれる関数内）

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。
ディフォールト	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

次に関数呼び出し例を示します。

- C ソース：ノーマル・モデル，-QRV 指定時

```
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＞

```
        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
```

12.1.2 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。

表 12-3 引数の引き渡し方法（関数呼び出し側）

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 12-4 引数／オートマティック変数の格納一覧（呼ばれる関数内）

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
ディフォールト	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，自動変数は出現順に割り当てる
ディフォールト	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。

次に関数呼び出し例を示します。

＜C ソース：スタティック・モデル -SM，-QV 指定時＞

```
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＞

```
        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
        mov   wax , #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
```

12.2 返り値の格納方法

関数呼び出し時の返り値は，レジスタ，キャリー・フラグに格納します。

次に返り値の格納方法を示します。

表 12-5 返り値の格納場所

型	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）	サポートしません
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構造体，共用体の先頭アドレス）	サポートしません
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	BC（下位）DE（上位）	サポートしません

12.3　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（ディフォールト）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 12-2 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

12.3.1　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。

＜関数 FUNC がある sample.asm を BANK2 に配置する場合の記述例＞

```
sample.asm := 2 (0)
{
        FUNC ;
}
```

12.3.2 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 ( )
{
         int      i , j ;
         long     l ;

         i = 1 ;
         l = 0x54321 ;
         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。

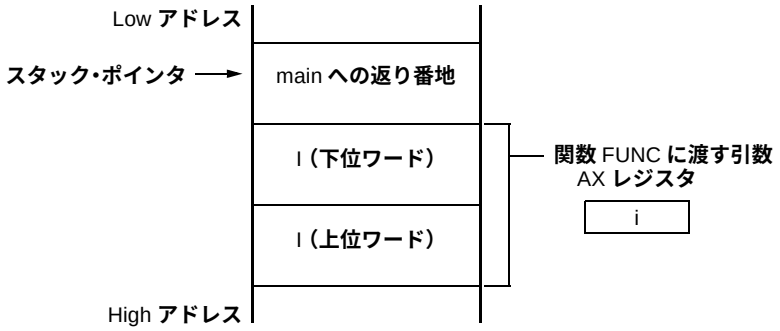
[通常のアセンブリ言語ルーチン呼び出し]

(i) 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

(ii) 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 12-1 コール後のスタック領域



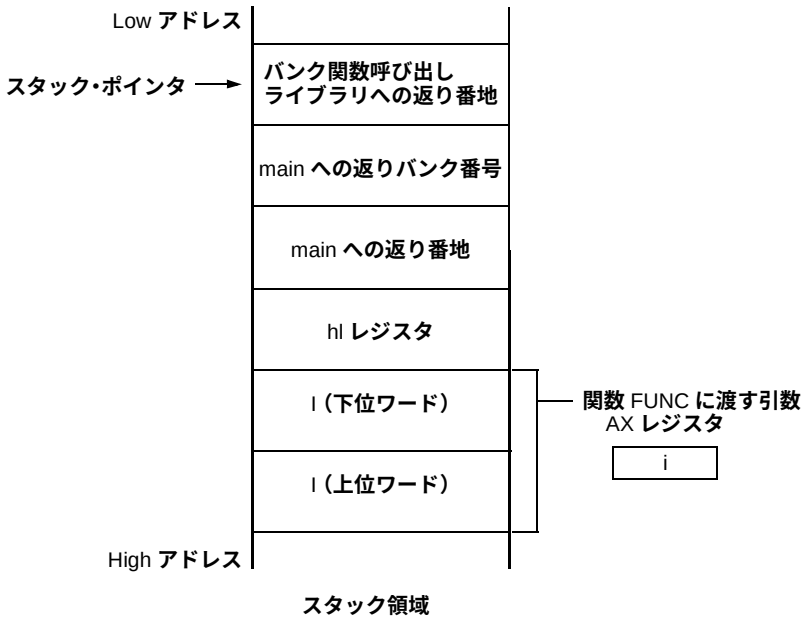
[バンク領域にあるアセンブリ言語ルーチン呼び出し]

(i) 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

(ii) 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。

図 12-2 コール後のスタック領域



12.3.3 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) 返り値をセットする

(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 ( 054 )

        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，“ _ ” を付加したレーベルを記述します。**C **ソース中で記述した関数名と同じ名前になります。**

レー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**

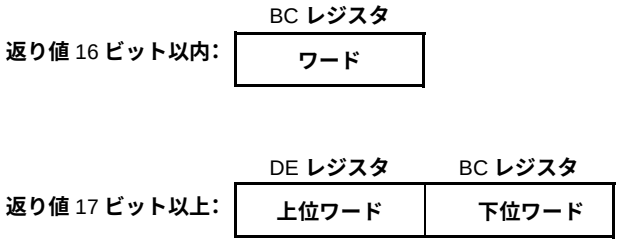
関数内の “ PUSH**，**POP **” によりスタック・ポインタ（**SP**）は変わります。このため，スタック・ポインタを “** HL **” レジスタにコピーして，引数のベース・ポインタとして使用します。**

(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) **返り値のセット**

返り値がある場合，返り値を “ BC **”, “** DE **” レジスタへセットします。返り値がない場合，セットする必要はありません。**

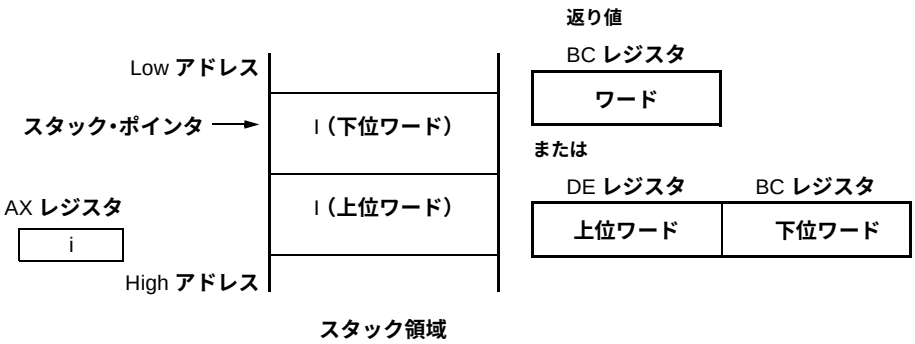


(5) **レジスタの復帰**

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 12-3 **リターン後のスタック領域**



12.4 アセンブリ言語から C 言語ルーチンの呼び出し

12.4.1 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。

[通常の C 言語ルーチン呼び出し]

(1) C のワーク・レジスタ（AX , BC , DE）を退避する

(2) 引数をスタックに積む

(3) C 言語関数をコールする

(4) 引数のバイト数分スタック・ポインタ（SP）の値を修正する

(5) C 言語関数の返り値（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を次に示します。

```
$PROCESSOR ( 054 )

        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
```

(1) ワーク・レジスタ（AX , BC , DE）の退避

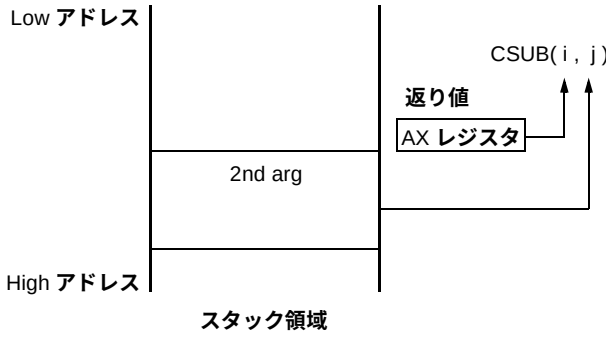
C 言語では，‘ AX , BC , DE ’ の 3 つのレジスタ・ペアを作業用として使用し，戻り時に値の復帰を行いません。

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。

(2) 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，次の図 12-4 のようになります。

図 12-4 スタックへの引数の積み込み



(3) C 言語関数のコール

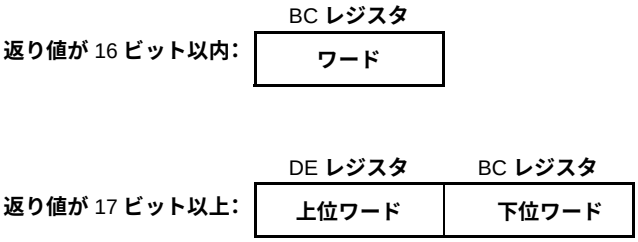
C 言語関数の呼び出しは，CALL 命令で行います。C 言語関数が callt 関数の場合は “ callt ” 命令で，callf 関数の場合，“ callf ” 命令で呼び出します。

(4) 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。

(5) 返り値（ BC , DE ）の参照

C 言語からの返り値は次のように返されます。



[バンク領域にある C 言語ルーチン呼び出し]

(1) C のワーク・レジスタ（AX , BC , DE）を退避する

(2) 引数をスタックに積む

(3) 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

(4) 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

(5) バンク関数呼び出しライブラリ callt 命令でコールする

(6) HL レジスタを復帰する

(7) 引数のバイト数分スタック・ポインタ（SP）の値を修正する

(8) C 言語関数の返り値（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を次に示します。

```
$PROCESSOR ( 054 )

        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
```

(1) ワーク・レジスタ（AX , BC , DE）の退避

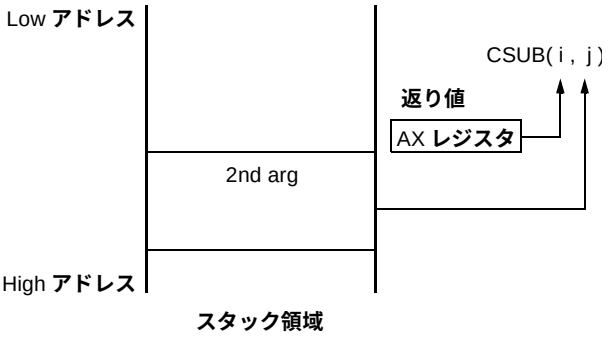
C 言語では，‘ AX , BC , DE ’ の 3 つのレジスタ・ペアを作業用として使用し，戻り時に値の復帰を行いません。また，バンク関数呼び出しライブラリをコール際，E レジスタを使用します。

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。

(2) 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，次の図 12-5 のようになります。

図 12-5 スタックへの引数の積み込み



(3) 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。

(4) 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。

(5) 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。

(6) HL レジスタの復帰

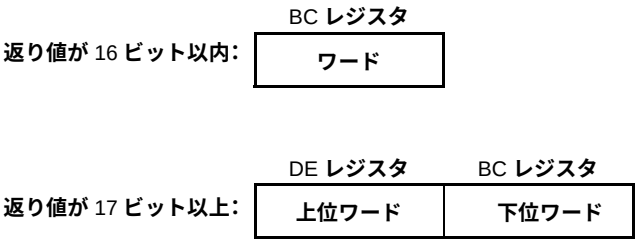
(3) で退避した HL レジスタを復帰します。

(7) 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。

(8) 返り値（ BC , DE ）の参照

C 言語からの返り値は次のように返されます。



12.5 他言語で定義された変数の参照

12.5.1 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，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“ _ ”（アンダスコア）を付けます。

＜C 言語のプログラム例＞

```
extern   void     subf ( ) ;

char     c = 0 ;
int      i = 0 ;
void     main ( )
{
         subf ( ) ;
}
```

RA78K0 アセンブラでは次のように行います。

```
$PROCESSOR ( 054 )

         PUBLIC          _subf
         EXTRN           _c
         EXTRN           _i

@@CODE       CSEG
_subf :
         MOV     a , #04H
         MOV     !_c , a
         MOVW    ax , #07H          ; 7
         MOVW    !_i , ax
         RET
         END
```

12.5.2 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＞

```
extern   char     c ;
extern   int      i ;

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

RA78K0 アセンブラでは次のように行います。

```
        NAME    ASMSUB

        PUBLIC          _c
        PUBLIC          _i

ABC     DSEG
_c :    DB      0
_i :    DW      0

        END
```

12.6 その他注意事項

(1) “ _ ”（アンダスコア）

この 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 ” と訳されます。

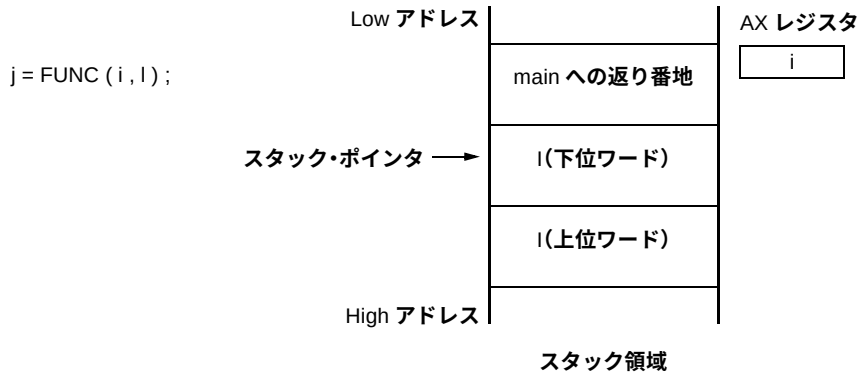
```
extern   int      FUNC ( int , long ) ;        /* 関数プロトタイプ */

void     main ( )
{
         int      i , j ;
         long     l ;

         i = 1 ;
         l = 0x54321;
         j = FUNC ( i , l ) ;                  /* 関数コール */
}
```

RA78K0 では，ルーチン名を “ _FUNC ” と記述します。

(2) 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 high アドレスから low アドレス方向に積まれます。

図 12-6 引数のスタック配置



第 13 章　効率の良いコンパイラの活用法

この章では，この C コンパイラを有効に利用する方法を紹介します。

13.1　効率の良いコーディング

78K0 シリーズ応用製品の開発を行う場合，この 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・サイズ削減に有効）
    - if（callt 領域が使用可能）
      - __callf / callf 関数とする（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）

(1) 外部変数の使用

外部変数を定義する時に 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・コードを縮小でき，実行速度も向上します（sreg 変数にするかわりにオプション -RD によっても同様のことができます）。

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

備考 「11.5 (3) 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，コードが縮小でき，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 「11.5 (7) bit 型変数，boolean 型変数（bit / 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，高速に呼び出せ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速く，かつ短いコードで呼び出せます。

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

備考 「11.5 (1) callt 関数（callt / __callt）」，「11.5 (6) norec 関数（norec）」，および「11.5 (14) callf 関数（callf / __callf）」を参照してください。

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。なお，各 -Q サブオプションの効果については，「CC78K0 C コンパイラ 操作編」のユーザーズ・マニュアル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。

＜オブジェクト・コード優先＞

```
-QX3
```

__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 領域が使用できる場合に限ります。領域が不足し使用できなくなった場合は，コンパイル・エラーとなります。

実行スピードも重視する場合は -QX2 ディフォールトを指定してください。

さらに，オブジェクト効率を向上させたい場合は，C ソースにこの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。

(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

- **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・コードが短縮でき，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，「11.5　(6) norec 関数（norec)」，「11.7.4 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。

- **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・コードの短縮ができ，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，「11.5　(5) noauto 関数（noauto)」，「11.7.3 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。

- **オートマティック変数を使用する関数**

  オートマティ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，「11.5　(2) レジスタ変数（ register)」を参照してください。

- **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・コードを縮小でき，実行速度も向上します。

  備考　「11.5　(3) saddr 領域利用（ sreg / __sreg)」を参照してください。

その他，次のような方法で，コード効率，または実行スピードを向上できます。

- SFR **名（または** SFR **ビット名称）の使用**

  #pragma sfr

- 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 ;
```

- **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

- **乗算，除算組み込み関数の使用**

  #pragma mul
  #pragma div

- **高速化したいモジュールのみ，アセンブリ言語で記述**

付録 A　saddr 領域のレーベル一覧

CC78K0 では，次に示すレーベル名によって 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レーベルと同じ名前を使用できません。

A.1　ノーマル・モデル

(a) レジスタ変数

表 A-1 レジスタ変数（ノーマル・モデル）

レーベル名	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。

(b) norec 関数の引数

表 A-2 norec 関数の引数（ノーマル・モデル）

レーベル名	アドレス
_@NRARG0	0FEC0H
_@NRARG1	0FEC2H
_@NRARG2	0FEC4H
_@NRARG3	0FEC6H

(c) norec 関数のオートマティック変数

表 A-3 norec 関数のオートマティック変数

レーベル名	アドレス
_@NRAT00	0FEC8H
_@NRAT01	0FEC9H
_@NRAT02	0FECAH
_@NRAT03	0FECBH
_@NRAT04	0FECCH
_@NRAT05	0FECDH
_@NRAT06	0FECEH
_@NRAT07	0FECFH

(d) ランタイム・ライブラリの引数

表 A-4 ランタイム・ライブラリの引数

レーベル名	アドレス
_@RTARG0	0FEB8H
_@RTARG1	0FEB9H
_@RTARG2	0FEBAH
_@RTARG3	0FEBBH
_@RTARG4	0FEBCH
_@RTARG5	0FEBDH
_@RTARG6	0FEBEH
_@RTARG7	0FEBFH

A.2 スタティック・モデル

(a) 共有領域

表 A-5 共有領域（スタティック・モデル）

レーベル名	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
_@KREG13	0FEDDH
_@KREG14	0FEDEH
_@KREG15	0FEDFH

(b) 引数，オートマティック変数，ワーク用

表 A-6 引数，オートマティック変数，ワーク用

レーベル名	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

付録 B　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をします。
なお，表に使用されているオプション，再配置属性は次の (1)，(2) のとおりです。
コンパイラが出力する全セグメントの説明をします。

(1) 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-FEFFH 内）。
FIXED　：指定セグメントを 0800H-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）。

(2) DSEG の再配置属性

SADDRP　：指定セグメントを saddr 領域内の FE20H-FEFFH 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（ディフォールトは RAM 領域内）。

B.1　セグメント名一覧

B.1.1　プログラム領域，データ領域

表 B-1 セグメント名（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	const 変数用セグメント
@@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
@@VECTnn	CSEG	AT 00nnH	ベクタ・テーブル用セグメント[注]
@@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）

表 B-1 セグメント名（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
@@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　割り込みの種類により，nn の値が変わります。

B.1.2　フラッシュ・メモリ領域

表 B-2 セグメント名（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	const 変数用セグメント
@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）
@ECALF	CSEG	FIXED	callf 関数用セグメント
@ECALT	CSEG	CALLT0	callt 関数のテーブル用セグメント
@EVECTnn	CSEG	AT 20mmH	ベクタ・テーブル用セグメント[注1]
@EXTxx	CSEG	AT 2yyyH	フラッシュ領域分岐テーブル用セグメント（-ZF 指定時のみ）[注2]
@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）
@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

注 1　割り込みの種類により，nn，mm の値が変わります。

注 2　フラッシュ領域関数の ID により，xx，yyy の値が変わります。

B.2 セグメントの配置

表 B-3 セグメントの配置

セグメント・タイプ	配置先（ディフォールト）
CSEG	ROM
BSEG	RAM の saddr 領域
DSEG	RAM

B.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 */
{
}
```

B.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。
詳細は，「RA78K0 **アセンブラ・パッケージ」のユーザーズ・マニュアルを参照してください。**

```
; 78K/0 Series C Compiler V3.30 Assembler Source
;                                   Date : xx xxx xxxx Time : xx : xx : xx

; Command       : -c014 sample.c -sa -ng
; In-file       : sample.c
; Asm-file      : sample.asm
; Para-file     :

$PROCESSOR ( 014 )
$NODEBUG
$NODEBUGA
$KANJICODE    SJIS
$TOL_INF      03FH , 0330H , 00H , 020H , 00H

              PUBLIC          _inter
              PUBLIC          _i_cnst
              PUBLIC          ?f_clt
              PUBLIC          _f_clf
              PUBLIC          _b_bit
              PUBLIC          _I_init
              PUBLIC          _i_data
              PUBLIC          _sr_inis
              PUBLIC          _sr_dats
              PUBLIC          _main
              PUBLIC          _f_clt
              PUBLIC          _@vect06

@@BITS        BSEG                            ; boolean 型変数用セグメント
_b_bit        BIT

@@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）
_I_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 関数用セグメント
?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 */
; line    14 :      {

@@CODE              CSEG                                    ; コード部用セグメント
_main :
            push    hl                                      ; [ INF ]1 , 4
; line    15 :      int     i ;
; line    16 :      i = 100 ;
            movw    hl , #064H                              ; 100 ; [ INF ] 3 , 6
; line    17 :      }
            pop     hl                                      ; [ INF ] 1 , 4
            ret                                             ; [ INF ] 1 , 6
; line    18 :
; line    19 :      void    inter ( )                       /* 割り込み関数定義 */
; line    20 :       {
_inter :
            sel     RB1                                     ; [ INF ] 2 , 4 レジスタバンク 1 を選択
            push    hl                                      ; [ INF ] 1 , 4
; line    21 :      unsigned        char    uc = 0 ;
            mov     l , #00H                ; 0             ; [ INF ] 2 , 4
; line    22        : uc++ ;
            inc     l                                       ; [ INF ] 1 , 2
; line    23 :      if ( b_bit )
            bf      _b_bit , $L0005                         ; [ INF ] 4 , 10
; line    24 :      b_bit = 0 ;
            clr1    _b_bit                                  ; [ INF ] 2 , 4
L0005 :
; line    25 :      }
            pop     hl                                      ; [ INF ] 1 , 4
            reti                                            ; [ INF ] 1 , 6
```

```
; line     26 :
; line     27 :      callt     void f_clt ( )                    /* callt 関数定義 */
; line     28 :      {
_f_clt:
; line     29 :      }
          ret                                                    ; [ INF ] 1 , 6
; line     30 :
; line     31 :      callf     void f_clf ( )                    /* callf 関数定義 */
; line     32 :      {

@@CALF          CSEG    FIXED                                   ; callf 関数用セグメント
_f_clf :
; line     33 :      }
          ret                                                    ; [ INF ] 1 , 6
@@VECT06        CSEG    AT        0006H                         ; 割り込みベクタ
_@vect06 :
          DW      _inter
          END

; *** Code Information ***
;
; $FILE C:\NECTools32\work\sample.c
;
; $FUNC main ( 14 )
;          void = ( void )
;          CODE SIZE = 6 bytes , CLOCK_SIZE = 20 clocks , STACK_SIZE = 2 bytes
;
; $FUNC inter ( 20 )
;          void =  ( void )
;          CODE SIZE = 14 bytes , CLOCK_SIZE = 38 clocks , STACK_SIZE = 2 bytes
;
; $FUNC f_clt ( 28 )
;          void = ( void )
;          CODE SIZE = 1 bytes , CLOCK_SIZE = 6 clocks , STACK_SIZE = 0 bytes
;
; $FUNC f_clf ( 32 )
;          void = ( void )
;          CODE SIZE = 1 bytes , CLOCK_SIZE = 6 clocks , STACK_SIZE = 0 bytes

; Target chip : uPD78014
; Device file : Vx . xx
```

付録 C　ランタイム・ライブラリ一覧

表 C-1 にランタイム・ライブラリの一覧を示します。

これらの演算の命令は，@@ などを関数名の頭につ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，表 C-1 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。

表 C-1 ランタイム・ライブラリ

分類	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	
インクリメント	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
デクリメント	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
符号反転	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
1 の補数	lscom	○	−	signed long の 1 の補数を求める
	lucom	○	−	unsigned long の 1 の補数を求める
論理否定	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
乗算	csmul	○	○	signed char 同士の乗算
	cumul	○	○	unsigned char 同士の乗算
	ismul	○	○	signed int 同士の乗算
	iumul	○	○	unsigned int 同士の乗算
	lsmul	○	−	signed long 同士の乗算
	lumul	○	−	unsigned long 同士の乗算
	fmul	○	−	float 同士の乗算

表 C-1 ランタイム・ライブラリ

分類	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	
除算	csdiv	○	○	signed char 同士の除算
	cudiv	○	○	unsigned char 同士の除算
	isdiv	○	○	signed int 同士の除算
	iudiv	○	○	unsigned int 同士の除算
	lsdiv	○	−	signed long 同士の除算
	ludiv	○	−	unsigned long 同士の除算
	fdiv	○	−	float 同士の除算
剰余算	csrem	○	○	signed char 同士の剰余算
	curem	○	○	unsigned char 同士の剰余算
	isrem	○	○	signed int 同士の剰余算
	iurem	○	○	unsigned int 同士の剰余算
	lsrem	○	−	signed long 同士の剰余算
	lurem	○	−	unigned long 同士の剰余算
加算	lsadd	○	−	signed long 同士の加算
	luadd	○	−	unsigned long 同士の加算
	fadd	○	−	float 同士の加算
減算	lssub	○	−	signed long 同士の減算
	lusub	○	−	unsigned long 同士の減算
	fsub	○	−	float 同士の減算
左シフト	lslsh	○	−	signed long の左シフト
	lulsh	○	−	unsigned long の左シフト
右シフト	lsrsh	○	−	signed long の右シフト
	lursh	○	−	unsigned long の右シフト
比較	cscmp	○	○	signed char 同士の比較
	iscmp	○	○	signed int 同士の比較
	lscmp	○	−	signed long 同士の比較
	lucmp	○	−	unsigned long 同士の比較
	fcmp	○	−	float 同士の比較
ビット AND	lsband	○	−	signed long 同士の AND
	luband	○	−	unsigned long 同士の AND

表 C-1 ランタイム・ライブラリ

分類	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	
ビット OR	lsbor	○	−	signed long 同士の OR
	lubor	○	−	unsigned long 同士の OR
ビット XOR	lsbxor	○	−	signed long 同士の XOR
	lubxor	○	−	unsigned long 同士の XOR
論理 AND	fand	○	−	float 同士の論理 AND
論理 OR	for	○	−	float 同士の論理 OR
浮動小数点数からの変換	ftols	○	−	float から signed long に変換する
	ftolu	○	−	float から unsigned long に変換する
浮動小数点への変換	lstof	○	−	signed long から float に変換する
	lutof	○	−	unsigned long から float に変換する
bit からの変換	btol	○	−	bit を long に変換する
スタートアップ・ルーチン	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，先頭のレーベル名を _@FNCTBL とする。 - ブレーク領域（32 バイト）を確保し，先頭のレーベル名を _@MEMTOP とし，領域の次のアドレスのレーベル名を _@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。 - @@VECT00CSEGAT0000H - 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

表 C-1 ランタイム・ライブラリ

分類	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	
関数前後処理	cprep	○	−	関数の前処理
	cdisp	○	−	関数の後処理
	cprep2	○	−	関数の前処理（レジスタ変数用 saddr 領域を含む）
	cdisp2	○	−	関数の後処理（レジスタ変数用 saddr 領域を含む）
	nrcp2	−	○	引数コピー用
	nrcp3	−	○	
	krcp2	−	○	
	krcp3	−	○	
	nkrc3	−	○	
	nrip2	−	○	
	nrip3	−	○	
	krip2	−	○	
	krip3	−	○	
	nkri31	−	○	
	nkri32	−	○	
	nrsave	−	○	_@NRATxx 退避用
	nrload	−	○	_@NRATxx 復帰用

表 C-1 ランタイム・ライブラリ

分類	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	
関数前後処理	krs02	−	○	_@KREGxx 退避用
	krs04	−	○	
	krs04i	−	○	
	krs06	−	○	
	krs06i	−	○	
	krs08	−	○	
	krs08i	−	○	
	krs10	−	○	
	krs10i	−	○	
	krs12	−	○	
	krs12i	−	○	
	krs14	−	○	
	krs14i	−	○	
	krs16	−	○	
	krs16i	−	○	
	krl02	−	○	_@KREGxx 復帰用
	krl04	−	○	
	krl04i	−	○	
	krl06	−	○	
	krl06i	−	○	
	krl08	−	○	
	krl08i	−	○	
	krl10	−	○	
	krl10i	−	○	
	krl12	−	○	
	krl12i	−	○	
	krl14	−	○	
	krl14i	−	○	
	krl16	−	○	
	krl16i	−	○	
	hdwinit	○	○	CPU リセット直後に周辺装置（sfr）の初期化処理を行う

表 C-1 ランタイム・ライブラリ

分類	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	
バンク関数	bcall	○	−	バンク関数を呼び出す
	bcals	○	−	
BCD 型変換	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

表 C-1 ランタイム・ライブラリ

分類	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	
補助	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	○	○	
	clra1	○	○	
	clrx0	○	○	
	clrax0	○	○	
	clrax1	−	○	
	clrbc0	○	−	
	clrbc1	○	−	
	cmpa0	○	○	
	cmpa1	○	○	
	cmpc0	○	−	
	cmpax1	○	○	
	ctoi	○	○	
	maxde	○	○	
	mdeax	○	○	
	incde	○	○	
	decde	○	○	
	maxhl	○	○	
	mhlax	○	○	
	inchl	○	○	
	dechl	○	○	
	dellab	○	−	
	dell03	○	−	
	della4	○	−	

表 C-1 ランタイム・ライブラリ

分類	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	
補助	delsab	○	−	定型命令パターン置換用
	dels03	○	−	
	hlllab	○	−	
	hlll03	○	−	
	hllla4	○	−	
	hllsab	○	−	
	hlls03	○	−	
	apinch	○	○	
	apdech	○	○	
	incwhl	○	○	
	decwhl	○	○	
	shl4	○	○	
	shr4	○	○	
	swap4	○	○	
	tableh	○	○	
	uctoi	○	○	

付録 D　ライブラリ消費スタック一覧

表 D-1 に標準ライブラリのスタック消費量一覧を示します。

表 D-1 標準ライブラリのスタック消費量一覧

分類	関数名	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
ctype.h	isalnum	0	0
	isalpha	0	0
	iscntrl	0	0
	isdigit	0	0
	isgraph	0	0
	islower	0	0
	isprint	0	0
	ispunct	0	0
	isspace	0	0
	isupper	0	0
	isxdigit	0	0
	tolower	0	0
	toupper	0	0
	isascii	0	0
	toascii	0	0
	_tolower	0	0
	_toupper	0	0
	tolow	0	0
	toup	0	0
setjmp.h	setjmp	4	4
	longjmp	2	2
stdarg.h	va_arg	0	–
	va_start	0	–
	va_starttop	0	–
	va_start_banked	0	–
	va_starttop_banked	0	–
	va_end	0	–

表 D-1 標準ライブラリのスタック消費量一覧

分類	関数名	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
stdio.h	sprintf	52（72）注1	－
	sscanf	290（304）注1	－
	printf	54（72）注1	－
	scanf	294（304）注1	－
	vprintf	52（72）注1	－
	vsprintf	52（72）注1	－
	getchar	0	0
	gets	6	6
	putchar	0	0
	puts	4	4

表 D-1 標準ライブラリのスタック消費量一覧

分類	関数名	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
stdlib.h	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2	2 + n 注2
	abs	0	0
	div	6（3）注3	—
	rand	14（15）注3	—
	labs	2	—
	ldiv	14	—
	brk	0	0
	sbrk	4	4
	atof	35	—
	strtod	35	—
	itoa	10	10
	ltoa	16	—
	ultoa	16	—
	srand	0	—
	bsearch	32 + n 注4	—
	qsort	16 + n 注5	—
	strbrk	0	0
	strsbrk	4	4
	stritoa	10	10
	strltoa	16	—
	strultoa	16	—

表 D-1 標準ライブラリのスタック消費量一覧

分類	関数名	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
string.h	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
	strcspn	6	6
	strpbrk	4	4
	strrchr	4	4
	strspn	6	6
	strstr	4	4
	strtok	4	4
	memset	4	4
	strerror	0	0
	strlen	0	0
	strcoll	2	2
	strxfrm	4	4

表 D-1 標準ライブラリのスタック消費量一覧

分類	関数名	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
math.h	acos	22	—
	asin	22	—
	atan	22	—
	atan2	23	—
	cos	24（34）注6	—
	sin	24（34）注6	—
	tan	28（34）注6	—
	cosh	24	—
	sinh	27	—
	tanh	32	—
	exp	24	—
	frexp	2（10）注6	—
	ldexp	2（10）注6	—
	log	24（34）注6	—
	log10	22（32）注6	—
	modf	2（10）注6	—
	pow	26（36）注6	—
	sqrt	16	—
	ceil	2（10）注6	—
	fabs	0	—
	floor	2（10）注6	—
	fmod	2（10）注6	—
	matherr	0	—
	acosf	22	—
	asinf	22	—
	atanf	22	—
	atan2f	23	—
	cosf	24（34）注6	—
	sinf	24（34）注6	—
	tanf	28（34）注6	—
	coshf	24	—
	sinhf	27	—

表 D-1 標準ライブラリのスタック消費量一覧

分類	関数名	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
math.h	tanhf	32	−
	expf	24	−
	frexpf	2（10）注 6	−
	ldexpf	2（10）注 6	−
	logf	24（34）注 6	−
	log10f	22（32）注 6	−
	modff	2（10）注 6	−
	powf	26（36）注 6	−
	sqrtf	16	−
	ceilf	2（10）注 6	−
	fabsf	0	−
	floorf	2（10）注 6	−
	fmodf	2（10）注 6	−
assert.h	__assertfail	64（82）注 7	−

注 1　（）内は浮動小数点対応版使用時の値

注 2　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

注 3　乗除算器を使用した場合

注 4　n は bsearch から呼び出される外部関数のスタック消費量

注 5　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）

注 6　（）内は演算例外発生時

注 7　（）内は浮動小数点数対応版 printf 使用時

表 D-2 にランタイム・ライブラリのスタック消費量一覧を示します。

表 D-2 ランタイム・ライブラリのスタック消費量一覧

分類	関数名	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
インクリメント	lsinc	0	−
	luinc	0	−
	finc	16（26）注 1	−

表 D-2 ランタイム・ライブラリのスタック消費量一覧

分類	関数名	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
デクリメント	lsdec	0	−
	ludec	0	−
	fdec	16（26）注1	−
符号反転	lsrev	0	−
	lurev	0	−
	frev	0	−
1 の補数	lscom	0	−
	lucom	0	−
論理否定	lsnot	0	−
	lunot	0	−
	fnot	0	−
乗算	csmul	2	2
	cumul	2	2
	ismul	6（1）注2	6（1）注2
	iumul	6（1）注2	6（1）注2
	lsmul	6（7）注2	−
	lumul	6（7）注2	−
	fmul	10（20）注1	−
除算	csdiv	8	8
	cudiv	2	2
	isdiv	10（3）注2	12（3）注2
	iudiv	6（1）注2	6（1）注2
	lsdiv	10	−
	ludiv	6	−
	fdiv	10（20）注1	−
剰余算	csrem	8	10
	curem	2	4
	isrem	10（3）注2	12（3）注2
	iurem	6（1）注2	6（1）注2
	lsrem	10	−
	lurem	6	−

表 D-2 ランタイム・ライブラリのスタック消費量一覧

分類	関数名	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
加算	lsadd	0	−
	luadd	0	−
	fadd	10（20）注1	−
減算	lssub	0	−
	lusub	0	−
	fsub	10（20）注1	−
左シフト	lslsh	2	−
	lulsh	2	−
右シフト	lsrsh	2	−
	lursh	2	−
比較	cscmp	0	2
	iscmp	2	2
	lscmp	2	−
	lucmp	2	−
	fcmp	4（16）注1	−
ビット AND	lsband	0	−
	luband	0	−
ビット OR	lsbor	0	−
	lubor	0	−
ビット XOR	lsbxor	0	−
	lubxor	0	−
論理 AND	fand	0	−
論理 OR	for	0	−
浮動小数点数からの変換	ftols	8	−
	ftolu	8	−
浮動小数点数への変換	lstof	12（22）注1	−
	lutof	12（22）注1	−
bit からの変換	btol	0	−
スタートアップ・ルーチン	cstart	2	2

表 D-2 ランタイム・ライブラリのスタック消費量一覧

分類	関数名	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
関数前後処理	cprep	2 + n 注3	−
	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

表 D-2 ランタイム・ライブラリのスタック消費量一覧

分類	関数名	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
関数前後処理	krs06	—	6
	krs06i	—	6
	krs08	—	8
	krs08i	—	8
	krs10	—	10
	krs10i	—	10
	krs12	—	12
	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
バンク関数	bcall	6	—
	bcals	6	—

表 D-2 ランタイム・ライブラリのスタック消費量一覧

分類	関数名	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
BCD 型変換	bcdtob	4	4
	btobcd	4	4
	bcdtow	4	4
	wtobcd	6	6
	bbcd	4	4
補助	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
	maxde	0	0
	mdeax	0	0
	incde	0	0
	decde	0	0
	maxhl	0	0
	mhlax	0	0
	inchl	0	0
	dechl	0	0
	dellab	0	−
	dell03	0	−
	della4	0	−
	delsab	0	−

表 D-2 ランタイム・ライブラリのスタック消費量一覧

分類	関数名	ノーマル・モデル	スタティック・モデル
補助	dels03	0	−
	hlllab	0	−
	hlll03	0	−
	hllla4	0	−
	hllsab	0	−
	hlls03	0	−
	apinch	0	0
	apdech	0	0
	incwhl	0	0
	decwhl	0	0
	shl4	0	0
	shr4	0	0
	swap4	0	0
	tableh	0	0
	uctoi	0	0

注 1　（ ）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）

注 2　乗除算器を使用した場合

注 3　n は確保するオートマティック変数のサイズ

付録 E　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。

表 E-1 に，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 E-1 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

付録 F　総合索引

【発　行】
NEC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
電話（代表）：044(435)5111

お問い合わせ先

【ホームページ】

NECエレクトロニクスの情報がインターネットでご覧になれます。
URL(アドレス)　http://www.necel.co.jp/

【営業関係，技術関係お問い合わせ先】

半導体ホットライン
（電話：午前 9:00～12:00，午後 1:00～5:00）
電　話　：044−435−9494
E-mail　：info@necel.com

【資料請求先】

NECエレクトロニクスのホームページよりダウンロードいただくか，NECエレクトロニクスの販売特約店へお申し付けください。