

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>

## 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のですが、誤りが無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、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。



浮動小数点演算サンプルソフト

# 使用法説明書（78K0S シリーズ）

## ご注意

本ソフトウェアはあくまで参考用のソフトであり、当社がこの動作を保証するものではありません。本ソフトウェアを使用する場合、お客様のセット上で十分な評価の上ご使用いただきますようお願いいたします。

改版履歷

| 版数  | 作成年月日              | 記事    |
|-----|--------------------|-------|
| 第一版 | 平成 1 4 年 7 月 2 5 日 | 第一版作成 |
|     |                    |       |
|     |                    |       |

## 目次

|       |                                    |       |
|-------|------------------------------------|-------|
| 1 .   | 概要 .....                           | P 4   |
| 2 .   | 浮動小数点形式 ( R A M上のデータの格納形式) .....   | P 5   |
| 2 . 1 | 数値の管理構成 .....                      | P 5   |
| 2 . 2 | 浮動小数点レジスタ.....                     | P 7   |
| 2 . 3 | 浮動小数点形式の各部の詳細.....                 | P 8   |
| 2 . 4 | 浮動小数点レジスタへの格納例.....                | P 1 0 |
| 3 .   | 四則演算.....                          | P 1 1 |
| 3 . 1 | 浮動小数点加算 ( S F P A D D ) .....      | P 1 2 |
| 3 . 2 | 浮動小数点減算 ( S F P S U B ) .....      | P 1 5 |
| 3 . 3 | 浮動小数点乗算 ( S F P M U L T ) .....    | P 1 7 |
| 3 . 4 | 浮動小数点除算 ( S F P D I V ) .....      | P 2 6 |
| 4 .   | その他のルーチン.....                      | P 3 4 |
| 4 . 1 | 正規化 ( S N M L ) .....              | P 3 4 |
| 4 . 2 | 仮数部加算 ( S A D D B C D ) .....      | P 3 4 |
| 4 . 3 | 仮数部減算 ( S S U B B C D ) .....      | P 3 4 |
| 4 . 4 | レジスタ交換 ( S E X C H X W ) .....     | P 3 5 |
| 4 . 5 | レジスタ・アップ・シフト ( S S H U P X ) ..... | P 3 5 |
| 4 . 6 | レジスタ・ゼロ・クリア .....                  | P 3 5 |
| 5 .   | R A M説明.....                       | P 3 6 |
| 5 . 1 | R A Mおよびフラグ説明 .....                | P 3 6 |
| 6 .   | フローチャート.....                       | P 3 7 |
| 6 . 1 | 浮動小数点加算 / 減算 .....                 | P 3 7 |
| 6 . 2 | 浮動小数点乗算 .....                      | P 3 9 |
| 6 . 3 | 浮動小数点除算 .....                      | P 4 1 |

## 1 . 概要

本説明書では、78K0Sシリーズ共通で利用できる浮動小数点演算プログラムを説明します。

以下の順序で説明します。

- 浮動小数点形式
- 四則演算
- その他のルーチン
- RAM説明
- フローチャート

## 2．浮動小数点形式（RAM上のデータの格納形式）

### 2．1 数値の管理構成

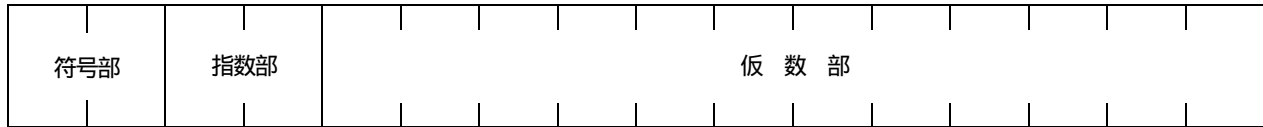
この演算パッケージでは、被演算データ、演算データ、および演算結果を、図1に示すような浮動小数点付き10進数で扱います。

各演算データは、正負の符号を表す符号部（1ビット）、小数点位置（ $10^n$ の $n$ ）を格納する指数部（8ビット）、および、符号も小数点も付いていない10進数を扱う仮数部（12バイト）に分けて管理します。

仮数部は命令効率を優先し、1桁に1バイト（上位4ビットは0固定）を割当てています。

以下の説明では上位4ビットの0は、特に必要のない限り明記しないものとします。

図1 数値の管理構成



- 符号部 : 1ビット (8ビットの最下位ビット)
- 指数部 (16進 2桁): 2 × 4ビット
- 仮数部 (10進 12桁): 12 × 8ビット (下位4ビット使用, 上位4ビットは0固定) 整数部 1桁  
小数部 11桁

この数値の管理構成を式で表すと、次のようになります。

$$(-1)^{(\text{符号部値})} \times 10^{(\text{指数部値})} \times (\text{仮数部値})$$

## 2.2 浮動小数点レジスタ

この演算パッケージでは、浮動小数点付き10進数を扱うレジスタとして、3つの浮動小数点レジスタを用意しています。  
図2に、浮動小数点レジスタのRAM配置イメージを示します。

図2 浮動小数点レジスタのRAM配置イメージ



この演算パッケージを使用するときは、REGXに被演算数を、REGYに演算数をセットした後に、各演算処理を呼び出します。各演算処理は、REGXに演算結果を格納して終了します。

各レジスタ間のデータの流れの詳細については、2. 四則演算 を参照してください。

## 2.3 浮動小数点形式の各部の詳細

この項では、浮動小数点付き 10 進数の各部の詳細について説明します。

### (1) 仮数部

仮数部は有効数字の部分を、整数部 1 桁と小数部 11 桁の合計 12 桁で表現します。仮数部には、正規化された 10 進数の絶対値が格納されます。

正規化とは、仮数部をあらかじめ定められた範囲内に収めるために、指数部と仮数部を調整することです。この演算パッケージでは、数値が 0 の場合を除いて、仮数部の範囲を  $1 \leq \text{仮数部} < 10$  としていますので、正規化を行うと整数部に “0” 以外の数が格納されるように指数部が調整されます。

表 1 に、正規化の例を示します。

表 1 正規化

| 正規化される前の値     | 正規化された値                     |
|---------------|-----------------------------|
| 3 7 2 9 . 4 5 | $3 . 7 2 9 4 5 \times 10^3$ |
| 0 . 8 7 6 5   | $8 . 7 6 5 \times 10^{-1}$  |
| 0 . 0 0 0 5 4 | $5 . 4 \times 10^{-4}$      |

## (2) 指数部

指数部は、表現する数値の底 10 の指数を、2 桁の 16 進数で構成しています。  
負の場合は 2 の補数表現になります。

指数部と指数値の対応は、図 3 の通りです。

図 3 指数部と指数値の対応

|         |        |            |        |        |        |           |               |           |           |
|---------|--------|------------|--------|--------|--------|-----------|---------------|-----------|-----------|
| 指数値 ... | $10^7$ | $10^6$ ... | $10^2$ | $10^1$ | $10^0$ | $10^{-1}$ | $10^{-2}$ ... | $10^{-5}$ | $10^{-6}$ |
| 指数部 ... | 07     | 06 ...     | 02     | 01     | 00     | FF        | FE ...        | FB        | FA        |

備考 2 の補数とは、n 桁の 2 進数に対し、 $2^n$  からその数を引いた数をいいます。

## (3) 符号部

数値の符号は 1 ビットで表現します。

正数の場合は、符号に対応するビットをリセット (0)、負数の場合はセット (1) します。

## 2.4 浮動小数点レジスタへの格納例

この項では、浮動小数点付き10進数の浮動小数点レジスタへの格納例を示します。

$$(1) \quad 2864439 \quad \rightarrow \quad 2.86443900000 \times 10^6$$

|     |     |                           |
|-----|-----|---------------------------|
| 0   | 6・0 | 0・0・0・0・0・0・9・3・4・4・6・8・2 |
|     |     | LSD                       |
| 符号部 | 指数部 | 仮数部                       |
|     |     | MSD                       |

$$(2) \quad -0.000924 \quad \rightarrow \quad -9.24000000000 \times 10^{-4}$$

|     |     |                           |
|-----|-----|---------------------------|
| 1   | C・F | 0・0・0・0・0・0・0・0・0・0・4・2・9 |
|     |     | LSD                       |
| 符号部 | 指数部 | 仮数部                       |
|     |     | MSD                       |

$$(3) \quad 0 \quad \rightarrow \quad 0.00000000000 \times 10^0$$

|     |     |                           |
|-----|-----|---------------------------|
| 0   | 0・0 | 0・0・0・0・0・0・0・0・0・0・0・0・0 |
|     |     | LSD                       |
| 符号部 | 指数部 | 仮数部                       |
|     |     | MSD                       |

### 3 . 四則演算

この演算パッケージでは、四則演算関数として、次の4つを用意しました。

#### ( 1 ) 浮動小数点加算 ( S F P A D D )

R E G Xの値を被加数, R E G Yの値を加数として加算を行います。

#### ( 2 ) 浮動小数点減算 ( S F P S U B )

R E G Xの値を被減数, R E G Yの値を減数として減算を行います。

#### ( 3 ) 浮動小数点乗算 ( S F P M U L T )

R E G Xの値を乗数, R E G Yの値を被乗数として乗算を行います。

#### ( 4 ) 浮動小数点除算 ( S F P D I V )

R E G Xの値を被除数, R E G Yの値を除数として除算を行います。

演算結果は、各演算処理の終了時にR E G Xに格納されます。

### 3.1 浮動小数点加算 (SFPADD)

#### (1) 処理内容

REGXとREGYの浮動小数点数を10進加算し、結果を正規化してREGXに格納します。

#### (2) 入力条件

REGX, REGYにそれぞれ正規化された被加数, 加数を格納します。

#### (3) 出力結果

- ・REGXには正規化された演算結果を格納しています。

#### (4) 使用ワーク・エリア

REGX

REGY

REGW (符号の退避, 指数差, 演算結果がマイナスになったときの結果補正)

#### (5) ネスティング・レベル

2レベル

## (6) 処理手順

加算の処理は、(a) → (b) → (c) → (d) → (e) の順で行います。

## (a) 被仮数と仮数の桁合わせ

REGXとREGYの桁を合わせます。固定小数点形式では桁を揃えて演算を行いますが、この演算パッケージで使用している浮動小数点形式では、指数を調整することで、仮数部が固定小数点の加算を行えるようにします。

(i) REGXとREGYの指数値の差を求めます。

(ii) REGXとREGYの指数差を求めた結果、REGXよりREGYの方が指数値が大きい場合、フラグ(FEXCHG)をセット(1)します。

これは、のちに加算の処理を行う際、指数部の小さいレジスタの仮数部を指数部の大きいレジスタの指数部に合わせてダウンシフトさせるため、どちらのレジスタをシフトさせるか記憶しておく必要があるためです。

なお、指数差がない場合、およびREGXの指数部の方がREGYの指数部より大きい場合は、フラグ(FEXCHG)はリセット(0)されます。

(iii) 指数差が12未満のときは演算処理を継続します。

指数差が12以上のときは、指数部の大きい方のレジスタの内容をREGXにコピーしてREGXを演算結果として演算を終了します。これは、この演算パッケージで用意した仮数部が12桁なので、小さい数値が格納できないためです。

(iv) 加算の演算処理は、REGXの仮数部にREGYの仮数部を足し込めるように指数部の大きい方のレジスタの指数部の値に揃えるため、指数部の小さいほうのレジスタの仮数部のダウン・シフト(桁合わせ)を行います。

桁合わせの例を次に示します。

$$68.372(\text{REGX}) + 245.91(\text{REGY})$$

$$= (6.8372 \times \underline{10^1}) + (2.4591 \times \underline{10^2})$$

;指数値を  $10^2$  に揃えるため、REGXの仮数部をダウン・シフトします。

$$= (0.68372 \times 10^2)(\text{REGX})$$

$$+ (2.45910 \times 10^2)(\text{REGY})$$

#### (b) 被演算データと演算データが同符号の場合の加算処理

REGXとREGYが同符号の場合は、符号を変えずに仮数部の絶対値の加算で演算結果が求められます。そこで、仮数部を10進加算するルーチン(SADDBCD)を呼び出します。

#### (c) 被演算データと演算データが異符号の場合の加算処理

REGXとREGYが異符号の場合は、加数、被加数をそれぞれ減数、被減数と考えることにより、減算の形で演算結果が求められます。そこで、仮数部を10進減算するルーチン(SSUBBCD)を呼び出します。演算結果はREGXの仮数部に格納されます。

#### (d) 演算結果の補正

(c)の演算結果がマイナスになった(演算前のREGXの仮数部よりREGYの仮数部が大きい)場合は、仮数部の補数を取り、符号を反転し、演算結果とします。

#### (e) 正規化

演算結果が格納されたREGXを正規化するルーチン(SNML)を呼び出し、処理を終了します。

### 3.2 浮動小数点減算 (SFPSUB)

#### (1) 処理内容

REGXとREGYの浮動小数点数を10進減算し、結果を正規化してREGXに格納します。

#### (2) 入力条件

REGX, REGYにそれぞれ正規化された被減数, 減数を格納します。

#### (3) 出力結果

- ・REGXには正規化された演算結果を格納しています。

#### (4) 使用ワーク・エリア

REGX

REGY

REGW (符号の退避, 指数差, 演算結果がマイナスになったときの結果補正)

#### (5) ネスティング・レベル

2レベル

( 6 ) 処理手順

減算は、減数の符号を反転することにより、加算として考えることができます。

このため、( a ) → ( b ) の順で処理を行います。

( a ) 減数の符号反転

R E G Y の符号部を反転します。

( b ) 浮動小数点加算処理

この後の処理は加算と同様なので、浮動小数点加算 ( S F P A D D ) に処理を移行します。

詳細は、浮動小数点加算 ( S F P A D D ) の処理手順を参照してください。

### 3.3 浮動小数点乗算 (SFPMULT)

#### (1) 処理内容

REGXとREGYの浮動小数点数を10進乗算し、結果を正規化してREGXに格納します。

#### (2) 入力条件

REGX, REGYにそれぞれ正規化された乗数, 被乗数を格納します。

注 乗算処理に限り, REGXを演算データ, REGYを被演算データとして扱います。

#### (3) 出力結果

- ・ REGXには正規化された演算結果を格納しています。
- ・ REGYには乗数を保持しています。

#### (4) 使用ワーク・エリア

REGX

REGY

REGW (指数値の退避, 乗数の格納, カウンタ)

#### (5) ネスティング・レベル

2レベル

(6) 処理手順

この演算パッケージの乗算は、筆算の要領で行っています。

具体例として、 $25.7 \times (-0.32)$  を挙げて、筆算による乗算の手順を考えます。

図5 - 4 筆算による乗算例

$$\begin{array}{r}
 + \quad 25.7 \\
 \times (-0.32) \\
 \hline
 \quad \quad 514 \quad \dots (1) \\
 \quad \quad 771 \quad \dots (2) \\
 \hline
 - \quad 8.224
 \end{array}$$

演算結果の符号を求めます。被乗数と乗数が同符号なら結果の符号は正で、異符号なら負となります。この例は正数と負数の乗算なので、結果は負となります。

被乗数と、乗数のそれぞれの桁の乗算を、乗数の下位桁から行います。このとき、小数点は無視して演算を行います。

(1)  $257 \times 2$  を行います。

(2)  $257 \times 3$  を行います。乗数の3は10の位にあたるので、結果は1桁左にずらして書きます。

桁ごとの乗算の結果を加算します。

演算結果の小数点の位置を求めます。この例の場合、被乗数が  $257 \times 10^{-1}$ 、乗数が  $32 \times 10^{-2}$  なので、の加算結果を  $10^{-3}$  倍します。つまり、下から3桁目と4桁目の間に小数点を置きます。

以上より、 $25.7 \times (-0.32)$  の結果は  $-8.224$  となります。

この演算パッケージでは、筆算による乗算を、次のように実現しています。

ここでは具体例として、 $351.82(\text{REGX}) \times (-0.0947)(\text{REGY})$  を挙げて説明します。

$$351.82 = 3.5182 \times 10^2$$

$$-0.0947 = -9.47 \times 10^{-2}$$

|      |     |     |                           |
|------|-----|-----|---------------------------|
| REGX | 0   | 2・0 | 0・0・0・0・0・0・0・0・2・8・1・5・3 |
| REGY | 1   | E・F | 0・0・0・0・0・0・0・0・0・0・7・4・9 |
|      | 符号部 | 指数部 | LSD 仮数部 MSD               |

(a) 符号部の乗算

演算結果の符号を求めます (REGXの符号部 REGYの符号部)。乗数 (REGX) と被乗数 (REGY) が同符号なら結果の符号は正 (0) で、異符号なら負 (1) となります。結果はREGXの符号部に退避します。

|      |     |     |                           |
|------|-----|-----|---------------------------|
| REGX | 0   | 2・0 | 0・0・0・0・0・0・0・0・2・8・1・5・3 |
| REGY | 1   | E・F | 0・0・0・0・0・0・0・0・0・0・7・4・9 |
|      | 符号部 | 指数部 | LSD 仮数部 MSD               |

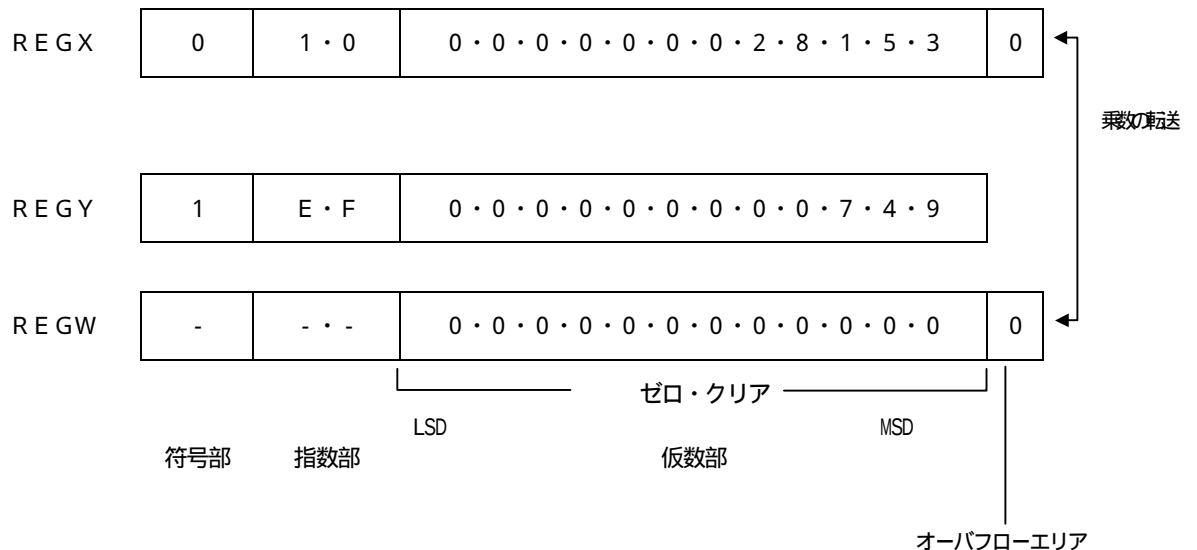
(b) 指数部の加算

演算結果の指数を求めます。乗数 (REGX) と被乗数 (REGY) の指数部を加算し、結果を REGX の指数部に格納します。

|      |     |     |                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|------|-----|-----|---------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| REGX | 0   | 2・0 | 0・0・0・0・0・0・0・0・2・8・1・5・3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|      |     |     | +                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| REGY | 1   | E・F | 0・0・0・0・0・0・0・0・0・0・7・4・9 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|      | ↓   | ↓   |                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| REGX | 1   | 0・0 | 0・0・0・0・0・0・0・0・2・8・1・5・3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|      |     |     | LSD                       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|      | 符号部 | 指数部 | 仮数部                       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|      |     |     | MSD                       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

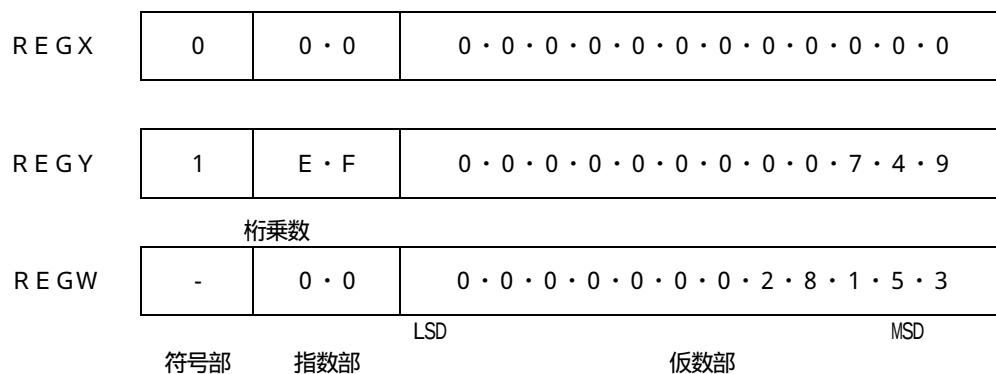
(c) 乗数の転送と演算結果エリアのクリア

REGWをゼロ・クリア (SRWCLR) し、REGXとREGWの仮数部を交換 (SEXCHW) します。これは、REGXに演算結果を格納するためです。



(d) 仮数部12桁ダウン・シフト・カウンタの設定

桁カウンタ (RDIGCN) 仮数部12桁ダウン・シフト・カウンタとします。



仮数部12桁ダウン・シフト・カウンタは、仮数部の桁数を初期値として設定します。

これは、乗数の下位桁から順に乗算 (桁乗数 × REGY) を行うため、仮数部のダウン・シフトの回数を記憶しておく必要があるためです。

( e ) 乗数の 1 桁ごとの乗算

( i ) 仮数部 1 2 桁ダウン・シフト・カウンタをダウン・カウントします。カウンタの値が F F H になったところで , ( f ) の処理を終了します。

|        |     |     |                               |
|--------|-----|-----|-------------------------------|
| REGX   | 1   | 1・0 | 0・0・0・0・0・0・0・0・0・0・0・0・0・0・0 |
| REGY   | 1   | E・F | 0・0・0・0・0・0・0・0・0・0・0・7・4・9   |
| REGW   | -   | 0・0 | 0・0・0・0・0・0・0・0・2・8・1・5・3     |
|        | 符号部 | 指数部 | LSD 仮数部 MSD                   |
| RDIGCN | C・0 |     |                               |
|        |     |     | 仮数部 1 2 桁ダウン・シフト・カウンタ - 1     |

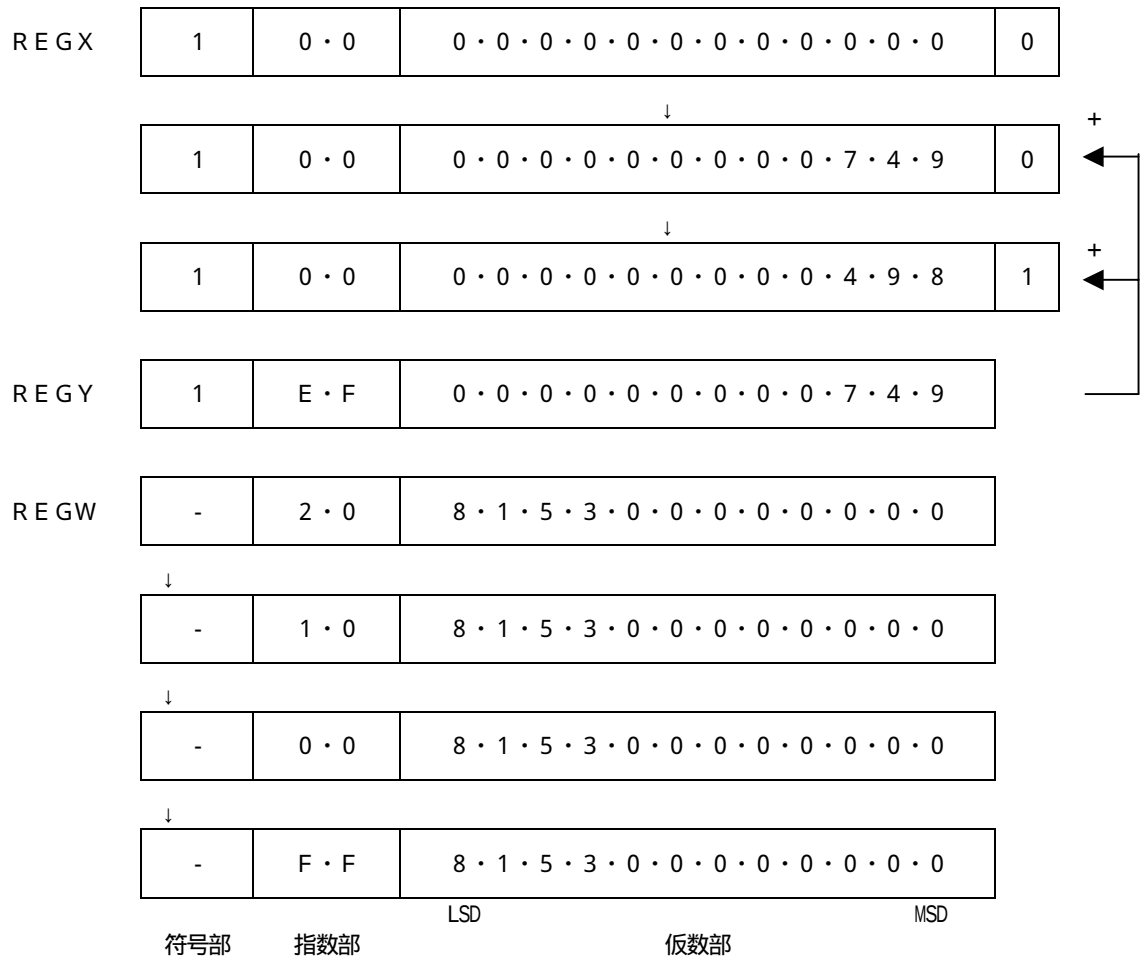
( ii ) 乗数を格納している REGW の仮数部を 1 桁ダウン・シフトします。ダウン・シフトの結果 , あふれた最下位桁は , 指数部の下位桁に格納します。

このあふれた最下位桁が 1 桁ごとの乗算の乗数 ( 以後桁乗数 ) になります。

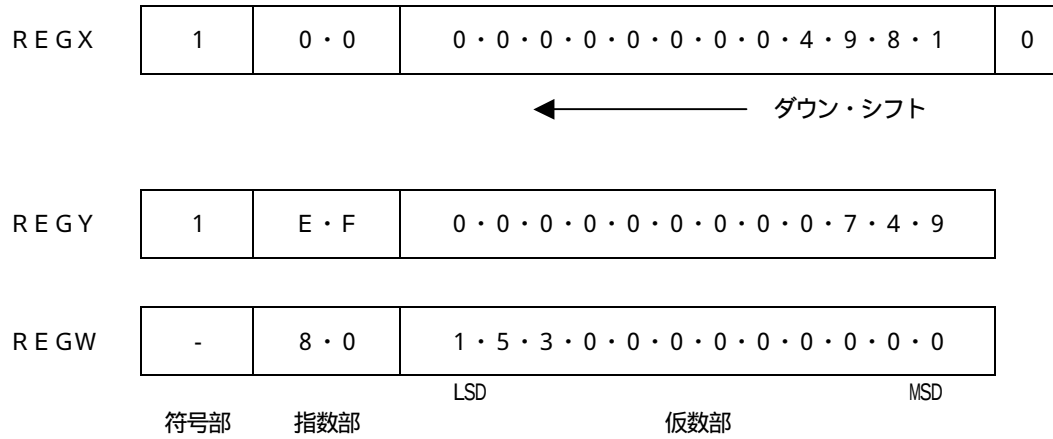
|        |     |     |                               |
|--------|-----|-----|-------------------------------|
| REGX   | 1   | 1・0 | 0・0・0・0・0・0・0・0・0・0・0・0・0・0・0 |
| REGY   | 1   | E・F | 0・0・0・0・0・0・0・0・0・0・0・7・4・9   |
| REGW   | -   | 2・0 | 8・1・5・3・0・0・0・0・0・0・0・0・0・0   |
|        | 符号部 | 指数部 | 桁乗数 LSD 仮数部 MSD               |
|        |     |     | 注                             |
| RDIGCN | 5・0 |     |                               |

注 8 桁目の処理です。

(iii) 乗数の1桁ごとの乗算を行います。具体的には、演算結果を格納しているREGXに、REGYの被乗数を桁乗数の回数だけ加算します。



- (iv) REGXの仮数部を1桁ダウン・シフトします。筆算による乗算では、乗数の桁ごとに乗算結果を上位桁にずらして書きますが、この演算パッケージでは、逆に、それまでの桁の乗算結果の合計を下位桁にずらすことにより、同じ処理を実現しています。



- (v)(i) - (iv)の動作を仮数部12桁分(仮数部12桁ダウン・シフト・カウンタがFFHになるまで)行います。

(g) 正規化

正規化 (SNML) を行い、処理を終了します。

|      |     |     |                           |
|------|-----|-----|---------------------------|
| REGX | 1   | 1・0 | 0・0・0・0・0・4・5・3・7・1・3・3・3 |
| REGY | 1   | E・F | 0・0・0・0・0・0・0・0・0・0・7・4・9 |
| REGW | -   | F・F | 0・0・0・0・0・0・0・0・0・0・0・0・0 |
|      | 符号部 | 指数部 | LSD<br>仮数部<br>MSD         |

### 3.4 浮動小数点除算 (SF DIV)

#### (1) 処理内容

REGXとREGYの浮動小数点数を10進除算し、結果を正規化してREGXに格納します。

#### (2) 入力条件

REGX, REGYにそれぞれ正規化された被除数, 除数を格納します。

#### (3) 出力結果

- ・REGXには正規化された演算結果を格納しています。

除数がゼロの場合, エラー (FDVERRフラグ セット) となり, REGXに格納されている被除数を保持したまま処理を終了します。

- ・REGYには除数を保持しています。

#### (4) 使用ワーク・エリア

REGX

REGY

REGW (演算結果, カウンタ)

#### (5) ネスティング・レベル

2レベル

( 6 ) 処理手順

具体例として、 $94.68 (REGX) \div 7.2531 (REGY)$  を挙げて説明します。

$$94.68 = 9.468 \times 10^1$$

$$7.2531 = 7.2531 \times 10^0$$

|      |     |     |                           |
|------|-----|-----|---------------------------|
| REGX | 0   | 1・0 | 0・0・0・0・0・0・0・0・0・8・6・4・9 |
| REGY | 0   | 0・0 | 0・0・0・0・0・0・0・0・1・3・5・2・7 |
|      | 符号部 | 指数部 | LSD 仮数部 MSD               |

( a ) 符号部の除算

演算結果の符号を求め ( REGXの符号部 REGYの符号部 ), REGXの符号部に格納します。被除数 ( REGX ) と除数 ( REGY ) が同符号なら結果の符号は正 ( 0 ) で、異符号なら負 ( 1 ) となります。

|      |     |     |                           |
|------|-----|-----|---------------------------|
| REGX | 0   | 1・0 | 0・0・0・0・0・0・0・0・0・8・6・4・9 |
| REGY | 0   | 0・0 | 0・0・0・0・0・0・0・0・1・3・5・2・7 |
|      |     |     | ↓                         |
| REGX | 0   | 1・0 | 0・0・0・0・0・0・0・0・0・8・6・4・9 |
|      | 符号部 | 指数部 | LSD 仮数部 MSD               |

( b ) 除数のゼロ・チェック

REGYの仮数部がゼロならエラー ( FDVERRフラグ セット ) となり、処理を終了します。

(c) 指数部の減算

演算結果の指数を求めます。被除数 (REGX) と除数 (REGY) の指数部を減算 (SSUBEX) し、結果を REGX の指数部に格納します。

|      |     |     |                             |
|------|-----|-----|-----------------------------|
| REGX | 0   | 2・0 | 0・0・0・0・0・0・0・0・0・0・8・6・4・9 |
|      |     |     |                             |
| REGY | 0   | 1・0 | 0・0・0・0・0・0・0・0・1・3・5・2・7   |
|      |     |     |                             |
| REGX | 0   | 1・0 | 0・0・0・0・0・0・0・0・0・0・8・6・4・9 |
|      |     |     |                             |
|      | 符号部 | 指数部 | 仮数部                         |
|      |     |     | LSD MSD                     |

(d) 演算結果エリアのゼロ・クリア

演算結果が格納される REGW の仮数部をゼロ・クリア (SRWCLR) し、符号部を仮数部 12 桁アップ・シフト・カウンタとします。

|      |                      |     |                             |
|------|----------------------|-----|-----------------------------|
| REGX | 0・0                  | 1・0 | 0・0・0・0・0・0・0・0・0・0・8・6・4・9 |
| REGY | 0・0                  | 1・0 | 0・0・0・0・0・0・0・0・1・3・5・2・7   |
| REGW | C・0                  | -・- | 0・0・0・0・0・0・0・0・0・0・0・0・0   |
|      | 仮数部 12 桁アップ・シフト・カウンタ |     | ゼロ・クリア                      |
|      | 符号部                  | 指数部 | 仮数部                         |
|      |                      |     | LSD MSD                     |

注

注 - の部分には不定の値が入っています。

( e ) 復帰法による除算

この演算パッケージの除算は、復帰法を使っています。これは被除数を被減数、除数を減数として減算を行い、2 回目以降は減算結果から除数を減算していき、減算結果が負になるまでの減算回数をその桁の商とします。

また、減算結果が負になった場合は、除数を減算結果に加算することで正数に戻し、その結果を1 桁アップ・シフトして減算を進めます。シフトすることにより、次の減算過程における商が、前に算出された商の10 分の1 になることを意味します。

このような過程を減算結果がゼロになるまで行います。

図5 に、復帰法による除算例を示します。

図5 復帰法による除算例

|                                                                                                                                                             |                                                                                     | 商                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| $  \begin{array}{r}  1.2 \\  5 \overline{) 6} \\  \underline{5} \quad \dots \\  10 \quad \dots \\  \underline{10} \quad \dots \\  \hline  0  \end{array}  $ | $  \begin{array}{r}  6 \\  - 5 \\  \hline  1  \end{array}  $                        | 被除数から除数が減算できたので、商として1 をたてます。                                      |
|                                                                                                                                                             | $  \begin{array}{r}  1 \\  - 5 \\  \hline  -4  \end{array}  $                       | 減算結果が負になったので、商は数えません。                                             |
|                                                                                                                                                             | $  \begin{array}{r}  -4 \\  + 5 \\  \hline  1 \\  \downarrow \\  10  \end{array}  $ | 減算結果を正数に戻すため、除数を加算します。さらに正数になった減算結果をアップ・シフトします。それにより商の桁が1 つ下がります。 |
|                                                                                                                                                             | $  \begin{array}{r}  10 \\  - 5 \\  \hline  5  \end{array}  $                       | 減算できたので、商として0.1 をたて、現在の商の1 と加算します。                                |
|                                                                                                                                                             | $  \begin{array}{r}  5 \\  - 5 \\  \hline  0  \end{array}  $                        | 減算できたので、商に0.1 を加算します。減算結果が0 になったので終了します。                          |
|                                                                                                                                                             |                                                                                     | 1.2                                                               |

( i ) 仮数部12桁アップ・シフト・カウンタをダウン・カウントします。

|      |     |     |                           |   |
|------|-----|-----|---------------------------|---|
| REGX | 0・0 | 1・0 | 0・0・0・0・0・0・0・0・0・8・6・4・9 | 0 |
|------|-----|-----|---------------------------|---|

|      |     |     |                           |   |
|------|-----|-----|---------------------------|---|
| REGY | 0・0 | 1・0 | 0・0・0・0・0・0・0・0・1・3・5・2・7 | 0 |
|------|-----|-----|---------------------------|---|

|      |     |     |                         |
|------|-----|-----|-------------------------|
| REGW | B・0 | -・- | 0・0・0・0・0・0・0・0・0・0・0・0 |
|------|-----|-----|-------------------------|

仮数部12桁アップ  
・シフト・カウンタ - 1

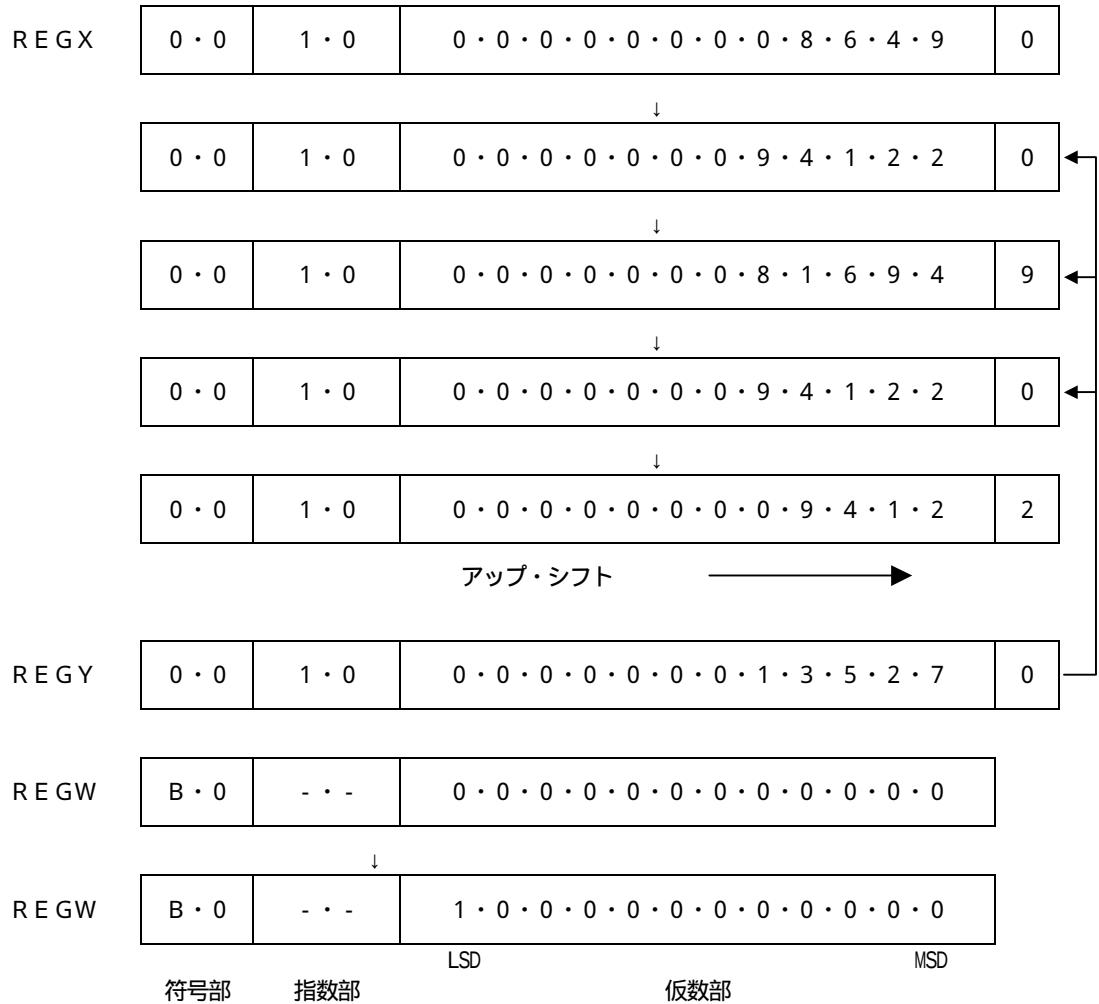
LSD

MSD

符号部      指数部                      仮数部

(ii) REGXからREGYを減算します。アンダフローしなければ、REGWの最下位桁に商として1を加えます。

アンダフローした場合は、REGXとREGYを加算し、REGXを1桁アップ・シフトします。これは、減算結果をアップ・シフトすることにより次の減算に備えるためです。



(iii) REGWの仮数部を1桁アップ・シフトします。これは、演算結果をアップ・シフトすることにより、商の桁を更新するためです。

|      |     |     |                           |   |
|------|-----|-----|---------------------------|---|
| REGX | 0・0 | 1・0 | 0・0・0・0・0・0・0・0・0・9・4・1・2 | 2 |
|------|-----|-----|---------------------------|---|

|      |     |     |                           |   |
|------|-----|-----|---------------------------|---|
| REGY | 0・0 | 1・0 | 0・0・0・0・0・0・0・0・1・3・5・2・7 | 0 |
|------|-----|-----|---------------------------|---|

|      |     |     |                             |  |
|------|-----|-----|-----------------------------|--|
| REGW | A・0 | -・- | 0・1・0・0・0・0・0・0・0・0・0・0・0・0 |  |
|------|-----|-----|-----------------------------|--|

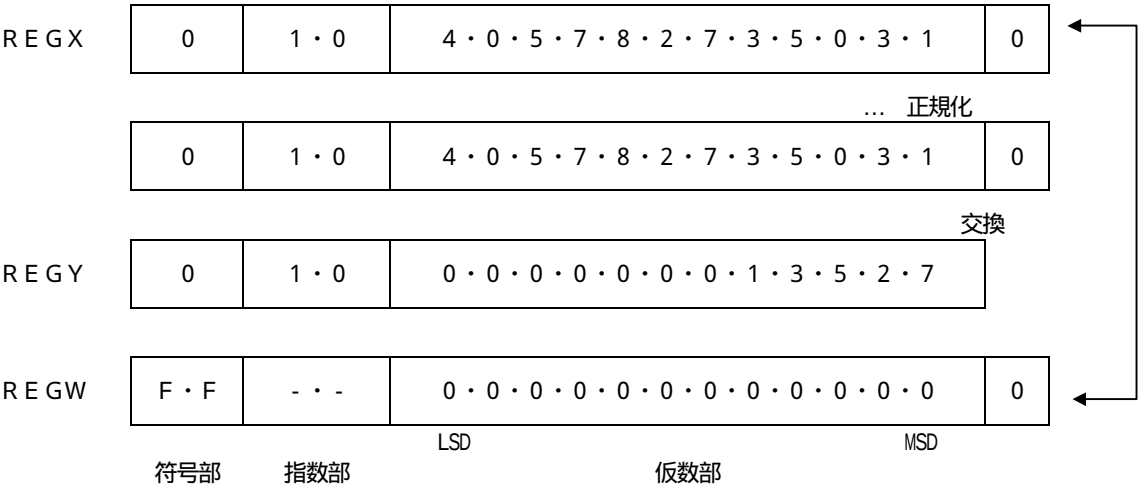
LSD
アップ・シフト →
MSD

符号部
指数部
仮数部

(iv) (i) - (iii)の動作を仮数部12桁分(仮数部12桁アップ・シフト・カウンタがFFHになるまで)行います。

( f ) 正規化

REGXとREGWの仮数部を交換 (SCHGXW) し、演算結果をREGXに格納し、正規化 (SNML) を行い、処理を終了します。



## 4 . その他のルーチン（ユーザから呼ばれることのない内部ルーチンです）

### 4 . 1 正規化 （ S N M L ）

- 処理内容

REGXに格納された演算結果を正規化します。

演算結果がゼロの場合、演算結果ゼロ・フラグ（FZERO）がセット（1）されます。

演算結果がオーバーフロー、またはアンダフローした場合、オーバーフロー・フラグ（FOVER）がセット（1）されます。

オーバーフロー、アンダフローの検出は、REGXの指数値により行います。指数値は、16進数2桁で、2の補数表現を用いて表していますので、表せる指数値の範囲は - 128 指数値 127となりますが、この演算パッケージでは、指数値が - 12 指数値 12の範囲を超えた場合をオーバーフロー、アンダフローとし、オーバーフロー・フラグをセットしています。オーバーフロー・フラグをシステム制御部でチェックすることにより、オーバーフロー、アンダフローの発生による演算結果の破壊を防ぐことができます。

### 4 . 2 仮数部加算 （ S A D D B C D ）

- 処理内容

REGXとREGYの仮数部を10進加算し、演算結果をREGXに格納します。

### 4 . 3 仮数部減算 （ S S U B B C D ）

- 処理内容

REGXとREGY、またはREGWの仮数部を10進減算し、演算結果をREGXに格納します。

#### 4.4 レジスタ交換 (SEXCHW)

- 処理内容

REGXとREGWの仮数部を交換します。

#### 4.5 レジスタ・アップ・シフト (SSHUPX)

- 処理内容

REGXの仮数部を1桁アップ・シフトします。

#### 4.6 レジスタ・ゼロ・クリア

##### (1) レジスタ・ゼロ・クリア1 (SRXCLR)

- 処理内容

REGXの符号部, 指数部, 仮数部をゼロ・クリアします。

##### (2) レジスタ・ゼロ・クリア2 (SRWCLR)

- 処理内容

REGWの仮数部をゼロ・クリアします。

## 5 . R A M説明

ここでは、浮動小数点演算で使用している R A Mについて説明します。

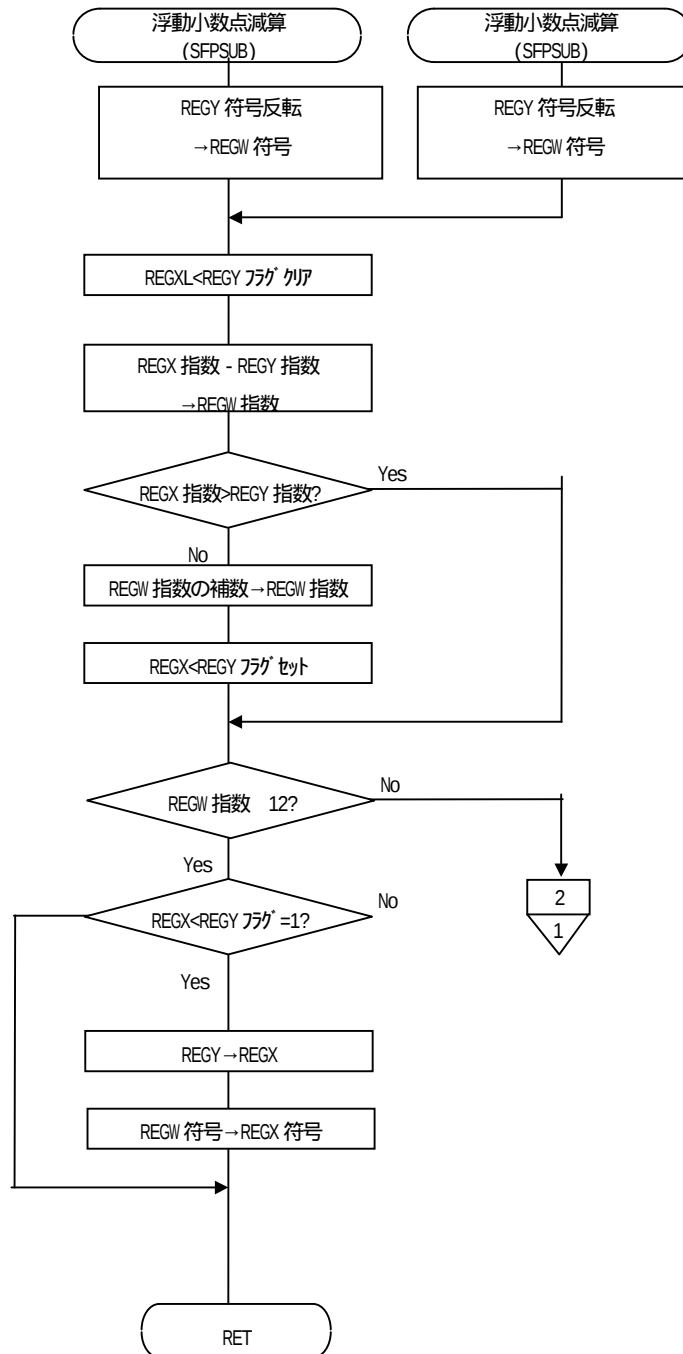
### 5 . 1 R A Mおよびフラグ説明

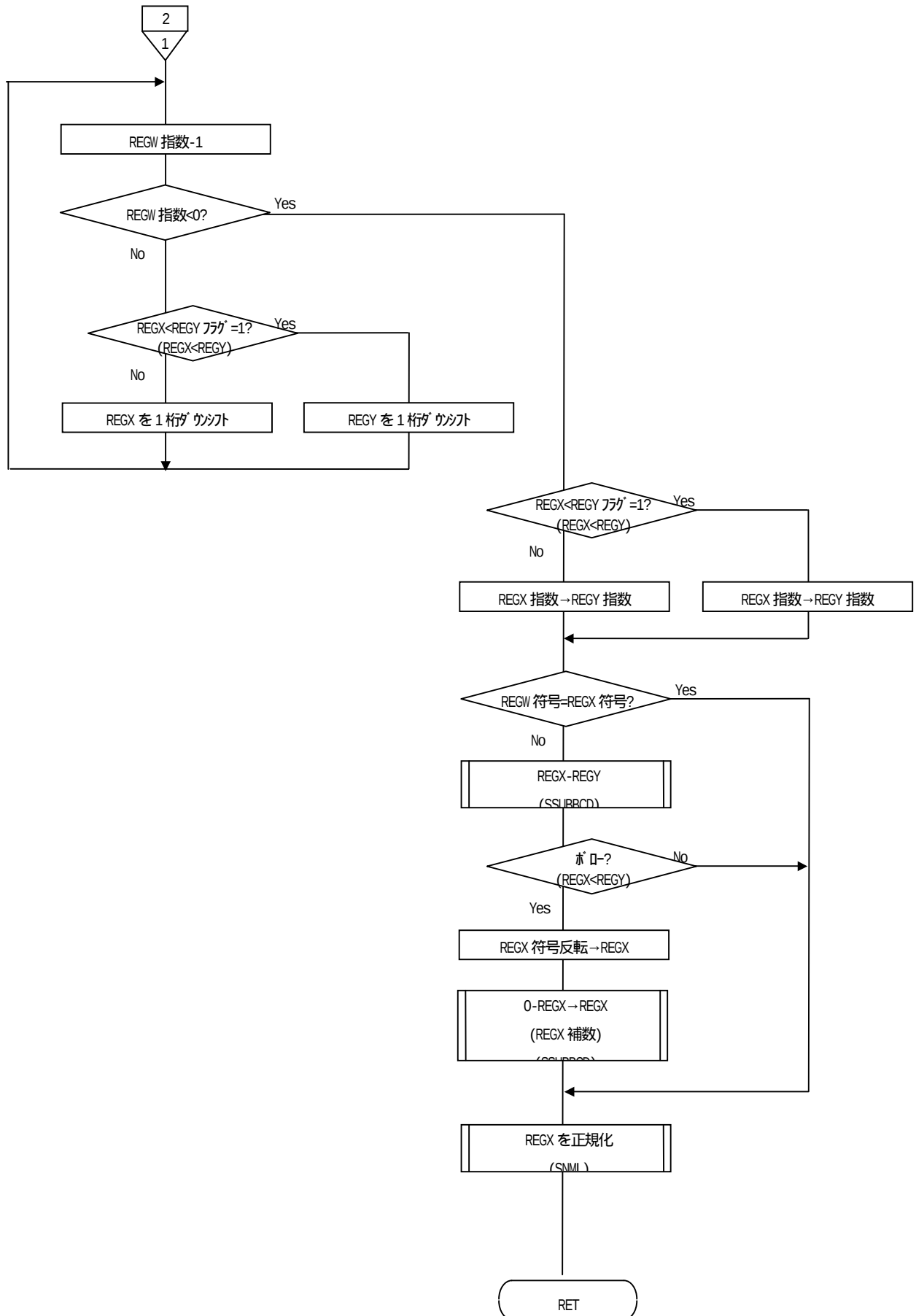
| 名称      | サイズ(Byte) | 呼称           | 説明                                                | 属性 |
|---------|-----------|--------------|---------------------------------------------------|----|
| RREGX   | 14        | 浮動小数点レジスタ 1  | 演算用レジスタです。演算データ、および演算結果を格納します。                    | L  |
| RXSIGN  | (1)       |              | RREGX の符号部                                        | P  |
| RXEXP   | (1)       |              | RREGX の指数部                                        | P  |
| RXLSD   | (1)       |              | RREGX の仮数部（最下位桁）                                  | P  |
| RXMSD   | (1)       |              | RREGX の仮数部（最上位桁）                                  | P  |
| RXOVF   | (1)       |              | 乗除算オーバーフローエリア                                     | L  |
| RREGY   | 14        | 浮動小数点レジスタ 2  | 演算用レジスタです。演算データを格納します。                            | L  |
| RYSIGN  | (1)       |              | RREGY の符号部                                        | P  |
| RYEXP   | (1)       |              | RREGY の指数部                                        | P  |
| RYLSD   | (1)       |              | RREGY の仮数部（最下位桁）                                  | P  |
| RYMSD   | (1)       |              | RREGY の仮数部（最上位桁）                                  | P  |
| RYOVF   | (1)       |              | 乗除算オーバーフローエリア                                     | L  |
| RREGW   | 14        | 浮動小数点レジスタ 3  | 演算用のワーク・レジスタです。                                   | L  |
| RWSIGN  | (1)       |              | RREGW の符号部                                        | L  |
| RWEXP   | (1)       |              | RREGW の指数部                                        | L  |
| RWLSD   | (1)       |              | RREGW の仮数部（最下位桁）                                  | L  |
| RWMSD   | (1)       |              | RREGW の仮数部（最上位桁）                                  | L  |
| RWOVF   | (1)       |              | 乗除算オーバーフローエリア（予備）                                 | L  |
| RDIGCN  | 1         | 桁カウンタ        | 乗算時桁処理カウンタ                                        |    |
| FEXCHG  | 1bit      | レジスタ交換フラグ    | 加減算時に、浮動小数点レジスタ 1 と浮動小数点レジスタ 2 の内容を交換したときにセットします。 | P  |
| FZERO   | 1bit      | 演算結果ゼロフラグ    | 演算結果が 0 のときにセットします。                               | P  |
| FDIVERR | 1bit      | 除数ゼロ・エラー・フラグ | 除算で、除数が 0 のときにセットします。                             | P  |
| FOVER   | 1bit      | オーバーフロー・フラグ  | 演算によりオーバーフローが発生したときにセットします。                       | P  |

\*属性は P : PUBLIC , L : LOCAL

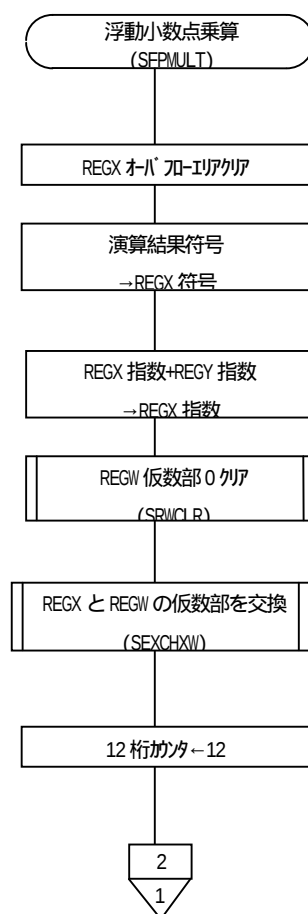
## 6 フローチャート

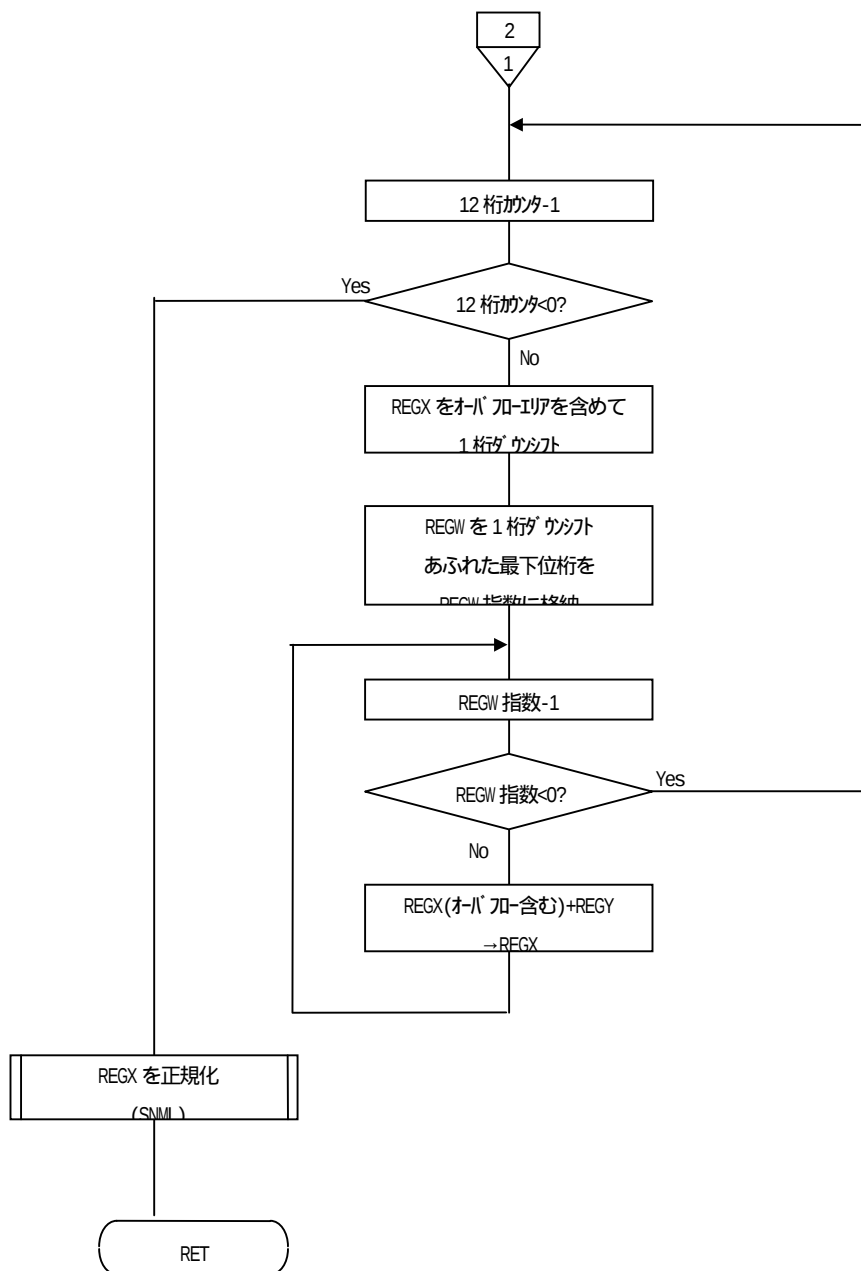
### 6.1 浮動小数点加算 / 減算





## 6.2 浮動小数点乗算





・ 6 . 3 浮動小数点除算

