

---

# OAKS16-SENSOR LABO ユーザーズマニュアル

## 安全設計に関するお願い

・弊社は品質、信頼性の向上に努めておりますが、半導体製品は故障が発生したり、誤動作する場合があります。弊社の半導体製品の故障又は誤動作によって結果として、人身事故、火災事故、社会的損害などを生じさせないような安全性を考慮した冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計などの安全設計に十分ご注意ください。

## 本資料ご利用に際しての留意事項

・本資料は、お客様が用途に応じた適切な製品をご購入いただくための参考資料であり、本資料中に記載の技術情報についてオクス電子および情報を提供いただいた各社が所有する知的財産権その他の権利の実施、使用を許諾するものではありません。

・本資料に記載の製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズムその他応用回路例の使用に起因する損害、第三者所有の権利に対する侵害に関し、オクス電子は責任を負いません。

・本資料に記載の製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズムその他全ての情報は本資料発行時点のものであり、オクス電子は特性改良などにより予告なしに変更することがあります。

・本資料に記載の図、表に示す技術的な内容、及びプログラム、アルゴリズムを流用する場合、お客様の責任において実施してください。また、組み込んだプログラム、アルゴリズム単体で評価するだけでなく、システム全体で十分に評価してください。オクス電子は、一切責任を負いません。

・本資料に記載された製品は、人命にかかわるような状況の下で使用される機器あるいはシステムに用いられることを目的として設計、製造されたものではありません。本資料に記載の製品を運輸、移動体用、医療用、航空宇宙用、原子力制御用、海底中継用機器あるいはシステムなど、特殊用途へのご利用をご検討の際には、オクス電子へご照会ください。

・本資料の転載、複製については、文書によるオクス電子の事前の承諾が必要です。

・本資料に関し詳細についてのお問い合わせ、その他お気づきの点がございましたらオクス電子までご照会ください。

Microsoft,MS 及び MS-DOS は、米国 Microsoft Corporation の登録商標です。  
Windows95,Windows98 は、米国 Microsoft Corporation の商標です。  
IBM 及び PC/AT は、米国 International Business Machines Corporation の登録商標です。  
Pentium は、米国 Intel Corporation の商標です。  
Adobe, Acrobat は、Adobe Systems Incorporated の商標です。

## はじめに

このたびは、OAKS16 SENSOR LABO をお買い上げいただきまして誠にありがとうございます。  
このマニュアルは、OAKS16 SENSOR LABO の使用方法及び sample プログラムについて述べたものです。OAKS16 SENSOR LABO は OAKS16BoardKit と組み合わせて使用しますので、ソフトウェアのセットアップ等は oaks16 のマニュアルを参考に行ってください。

## 目次

目次	4
1. OAKS16-SENSOR LABO の概要	5
1.1.仕様	5
1.2.外観	5
2. LABOを走らせる	6
2.1.DCモータの制御	7
2.2.モータドライバ真理値表	8
2.3.LABOを前進・停止させる	9
2.4.LABOを前進・停止・右折・停止させる	10
2.5.モータを動かす際の注意事項	11
2.6.LABOの走行速度を変える	12
2.6.1.PWMとは？	12
2.6.2.M16C/62AのPWM	14
3. 障害を検知する	19
3.1. 光センサの原理	20
3.2. 光センサの使い方	21
3.3.距離測定の精度	22
4. プログラム構成を考える	23
4.1. 800Hzのパルスの発生方法	23
4.1.1.タイマの設定(タイマモード)	24
4.2. AD変換の方法	28
4.2.1. A-D制御レジスタ0の設定	28
4.2.2. A-D制御レジスタ1の設定	29
4.2.3. A-D制御レジスタ2の設定	30
4.2.4.AD割り込み制御レジスタ	30
4.2.5.A-D変換の注意事項	31
5.Sampleプログラム	32
5.1.仕様	32
5.2.アルゴリズム	33
6.付録	34
6.1.M30620FCAFP概要	34
6.1.1.中央演算処理装置(CPU)	35
6.1.2.周辺機能	37
6.1.3.メモリマップ	38
6.1.4.リセット	42
6.1.5.M16Cの基本動作	42
6.2.OAKS16 で開発するということ	43
6.2.1.OAKS16 の開発手順	43
6.2.2.メモリマップ	44
6.3.M16Cのタイマ	47
6.4.M16CのAD	48
6.5.OAKS16-sensorLABOのポート割り当て	49
6.6.M16C/62Aデータシート抜粋	50
7.改定履歴	70

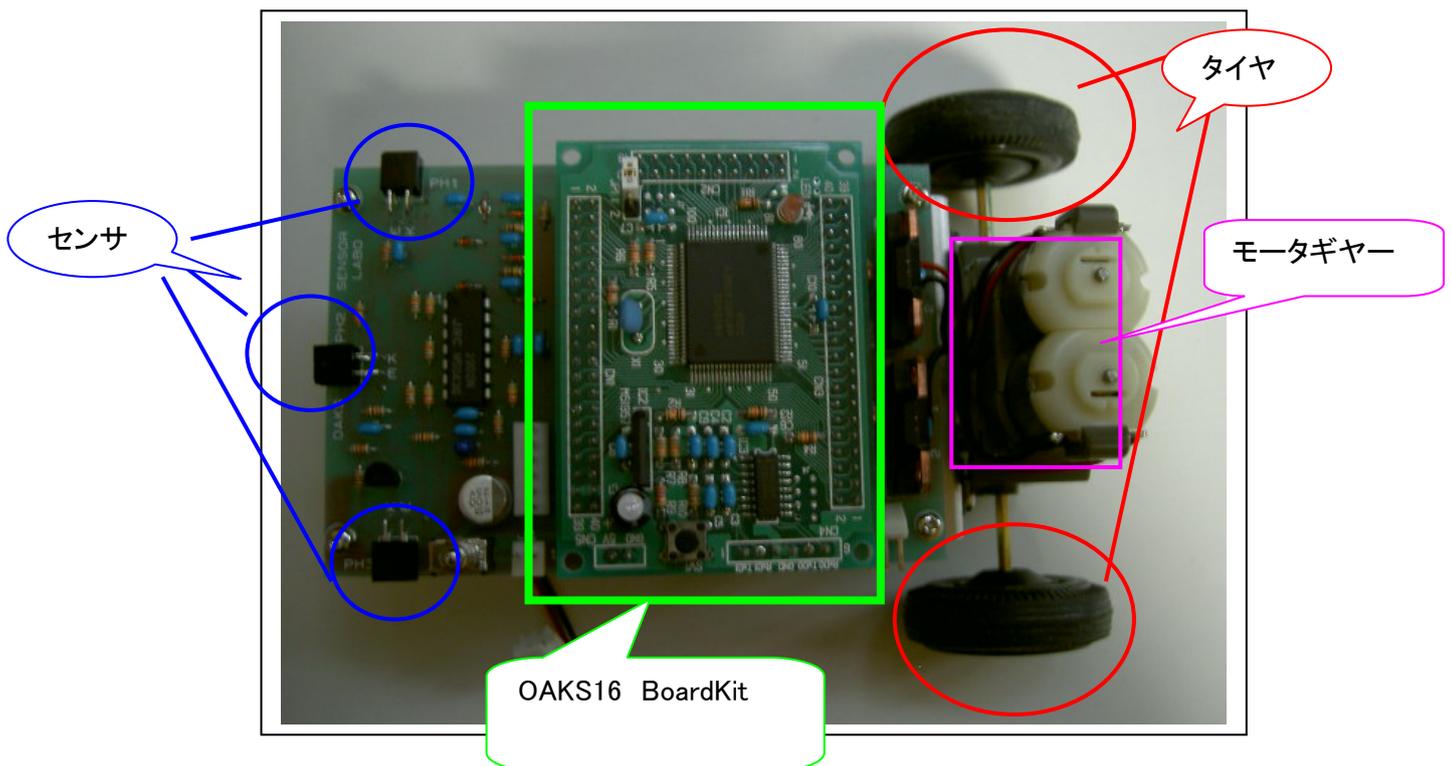
## 1. OAKS16-SENSOR LABO の概要

本製品は「OAKS16 BoardKit」と組み合わせて使用するロボット教材です。駆動部分はキット後方両サイドについたタイヤをDCモータで駆動させます。センサはキット前方3方向に光センサをつけていますので、障害物の検出を行うことができます。これらの機能により、ロボットの走行とセンサによる障害検出のプログラミング学習をすることができます。

### 1.1.仕様

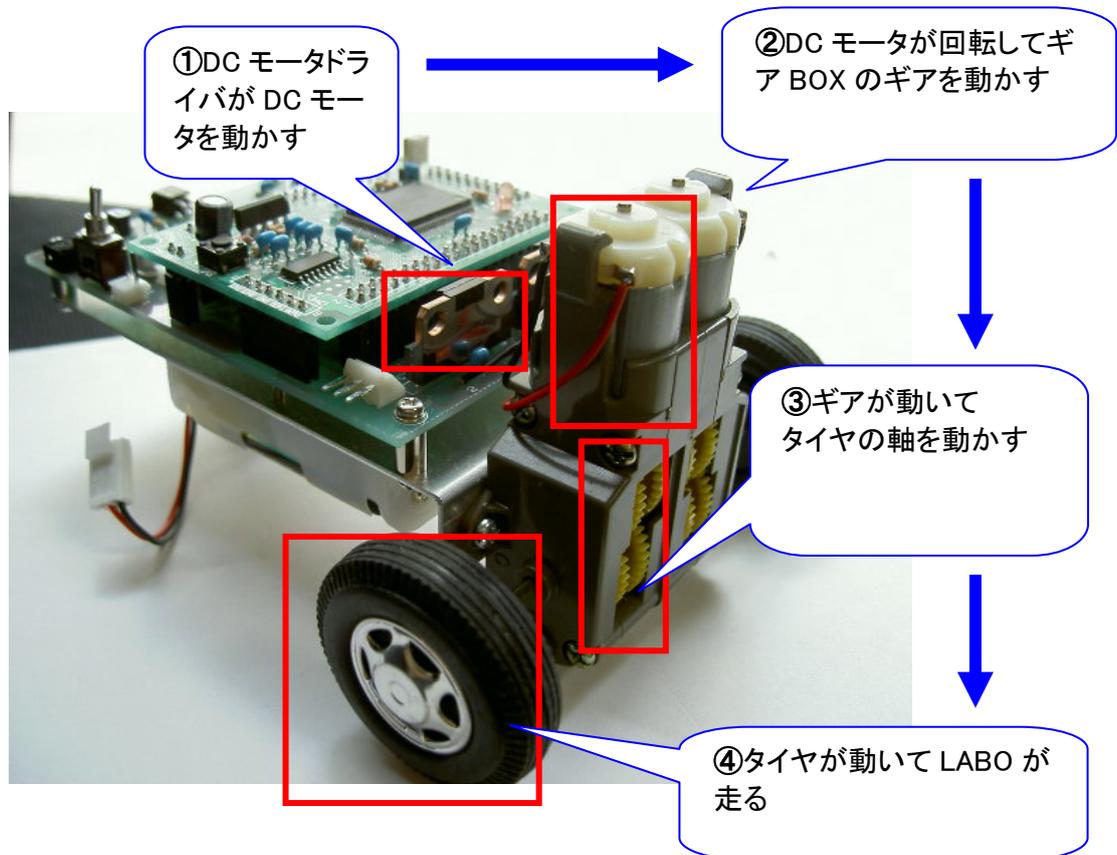
機構	内容
モータ/ギヤー	田宮模型 No97 ツインモータギヤーボックス
タイヤ	田宮模型 No101 トラックタイヤセット(2個使用)
モータドライブ	東芝 TA8440H 2個
距離センサ	ローム RPR-220 3個
シャーシ	アルミニウム板一体型、キャスター1個付き
電源	6V/300[mA]
重量サイズ	250g(電池なし) 横 110mm 長さ 145mm 高さ 80mm

### 1.2.外観



## 2. LABO を走らせる

OAKS16-SENSOR LABO を走らせるためには、後方左右のタイヤを動かします。



## 2.1.DC モータの制御

このキットは DC モータとギヤで構成されているギヤ BOX でタイアを回転させるようになっています。

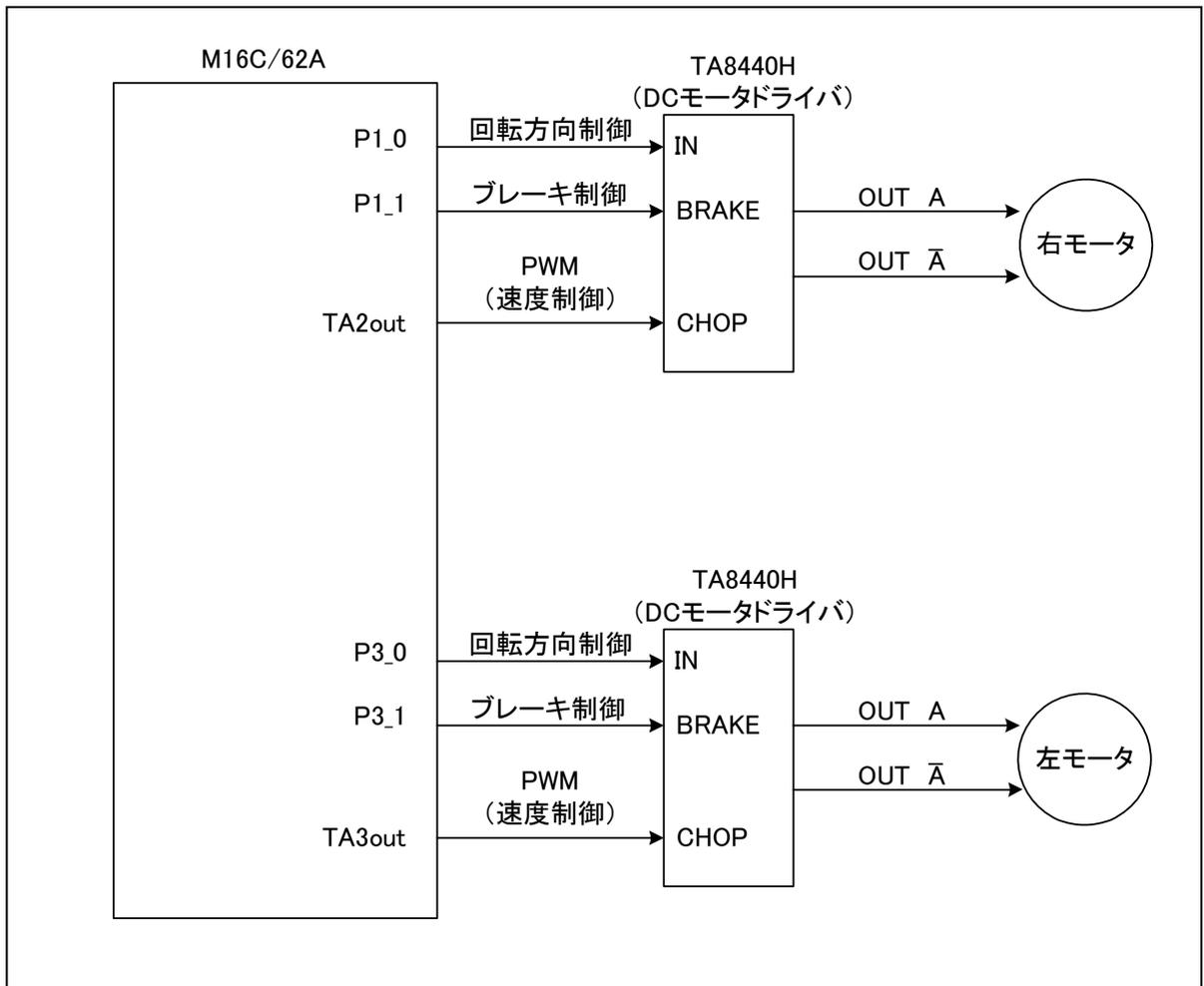
DC モータは内部にコイルが入っていてそのコイルに電流を流すと回ります。回転方向を変えるには、モータ端子の＋極性を逆に接続すると逆転します。またモータの端子をショートさせると、ブレーキ力が発生し、回転を止めることができます。実際には回転方向を変えるたびに配線を変えることはできませんので、DC モータドライバを使って回転方向や、ブレーキを制御します。また、DC モータドライバは、大電流を流せないマイコンに代わってモータに必要な電流を流します。

＜DC モータドライバの役目＞

- ① 電流の流れる向きを制御する(極性を反転させる)
- ② 多くの電流を流す。



DC モータドライバはマイコンのポートで制御します。OAKS16-SENSOR LABO の配線は次のようになっています。



## 2.2.モータドライバ真理値表

次に DC モータドライバ TA8440H の真理値表を示します。

### 真理値表

入 力				出 力		出力 モード
IN	$\overline{\text{BRAKE}}$	ENABLE	CHOP	OUTA	$\text{OUT}\bar{\text{A}}$	
H	H	H	L	H	L	CW/CCW
L	H	H	L	L	H	CCW/CW
(注)	(注)	L	(注)	$\infty$	$\infty$	STOP
(注)	L	H	(注)	L	L	BRAKE
H	H	H	H	$\infty$	L	CHOP
L	H	H	H	L	$\infty$	CHOP

注: Don't Care

$\infty$ : ハイインピーダンス

これにより走行のためのポートに出力する値がきまります。

### <タイヤ走行のためのポート制御(右モータ)>

	回転方向制御(P1_0)	ブレーキ制御(P1_1)	DC モータ
タイヤ前進	1	1	逆転
タイヤ後退	0	1	正転
ブレーキ	1でも0でもよい	0	停止

### <タイヤ走行のためのポート制御(左モータ)>

	回転方向制御(P3_0)	ブレーキ制御(P3_1)	DC モータ
タイヤ前進	0	1	正転
タイヤ後退	1	1	逆転
ブレーキ	1でも0でもよい	0	停止

## 2.3.LABO を前進・停止させる

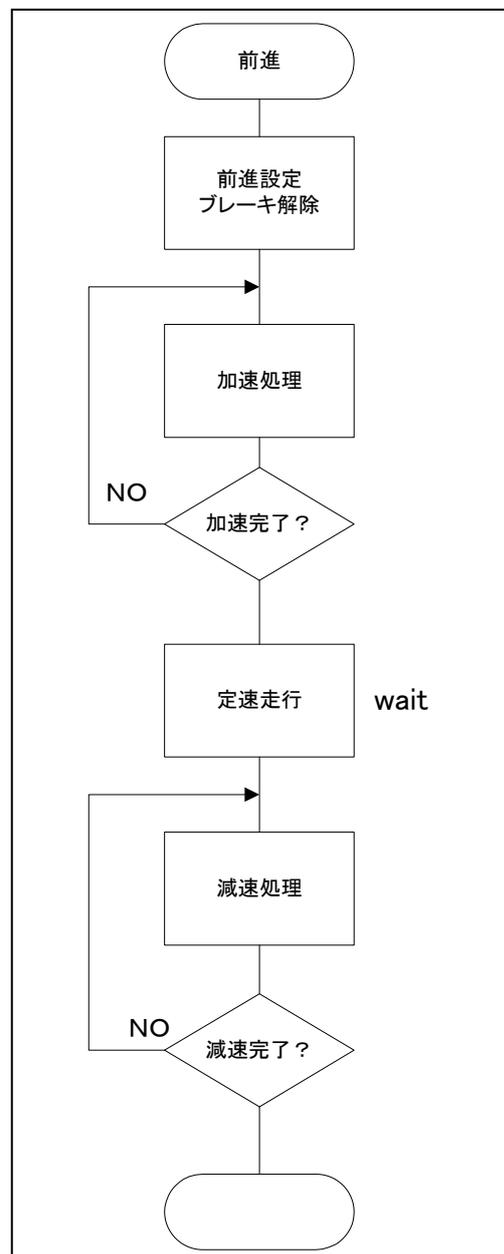
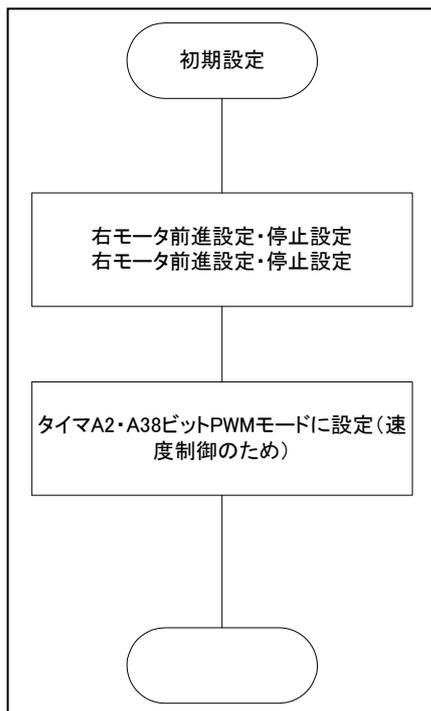
OAKS16-SENSOR LABO を**前進**させるためには  
右モータ回転方向制御(P1\_0)を“1”に、左モータ回転方向制御(P3\_0)を“0”にします。そして右  
モータブレーキ制御(P1\_1)、左モータブレーキ制御(P3\_1)を“1”にします。

### <プログラム記述>

```
/* 制御ポートを前進設定にする */  
p1 = 0x03; /* 右モータ前進設定・ブレーキ解除 P1_1=1、P1_0=1 */  
p3 = 0x02; /* 左モータ前進設定・ブレーキ解除 P3_1=1、P3_0=0 */
```

OAKS16-SENSOR LABO を**停止**させる方法は  
「ブレーキで止める」方法と「減速して停止させる」方法がありますが、  
今回用意した sample では「減速して停止させる」方法を使用します。

次に、「前進・停止」のプログラムのフローチャートを記述します。  
設定等参考にしてください。  
(詳細な記述はリストを参照してください)



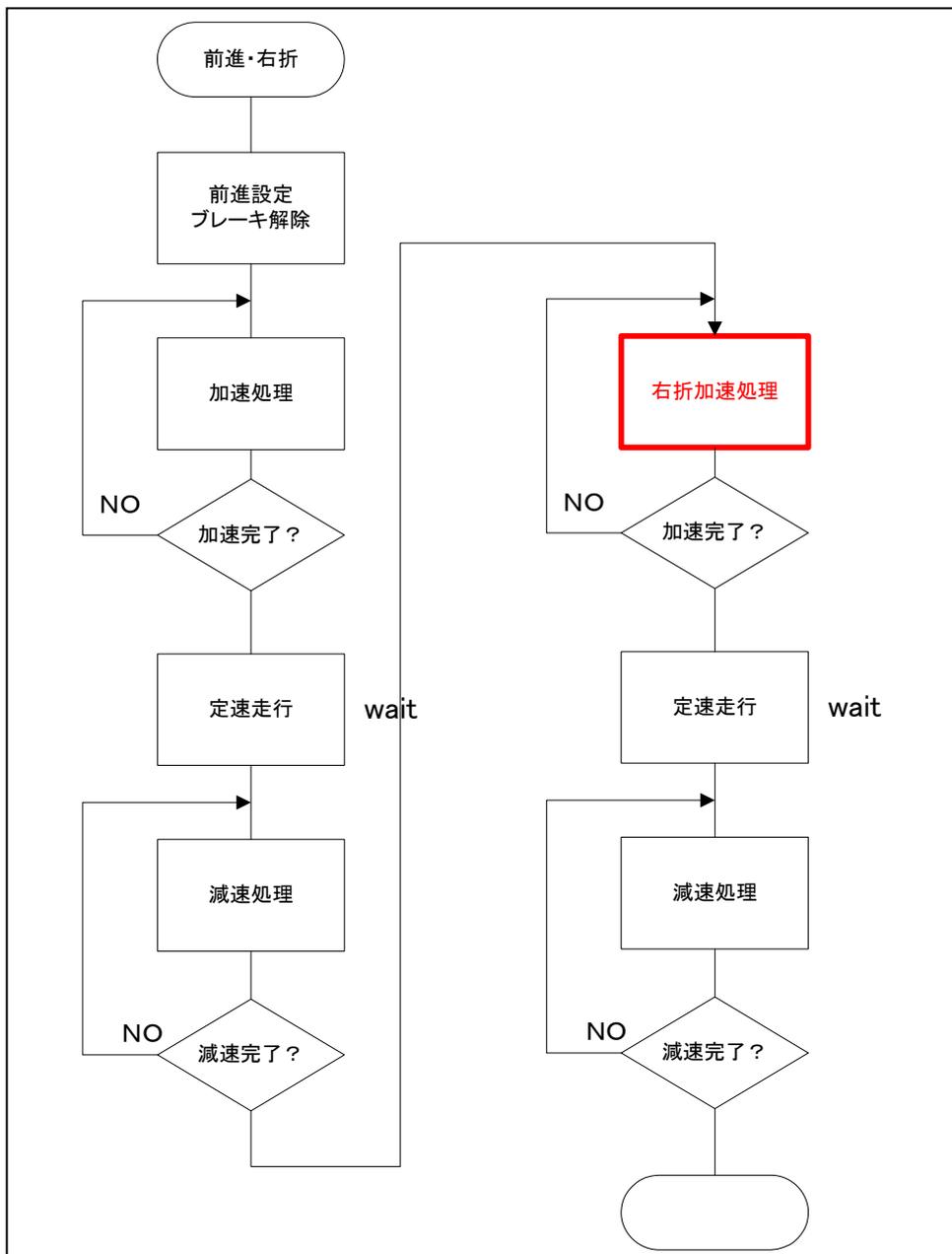
## 2.4.LABO を前進・停止・右折・停止させる

OAKS16-SENSOR LABO を前進・右折させるためには  
右モータ回転方向制御(P1\_0)を“1”に、左モータ回転方向制御(P3\_0)を“0”にします。  
(どちらも前進設定)  
そして右モータブレーキ制御(P1\_1)を“0”、左モータブレーキ制御(P3\_1)を“1”にします。  
(右のモータだけブレーキをかけておく)

<プログラム記述>

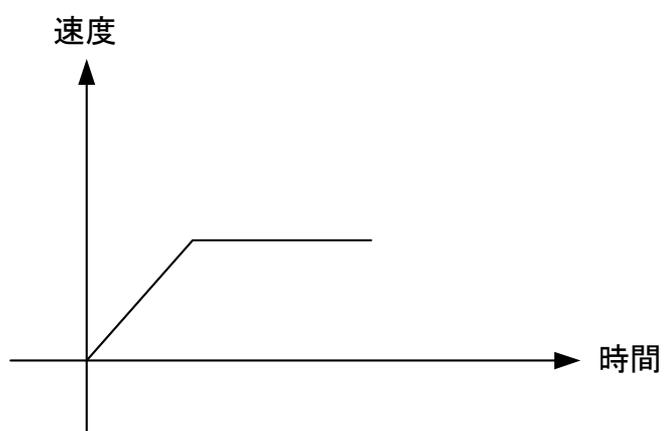
```
/* 制御ポートを前進設定にする */  
p1 = 0x01; /* 右モータ前進設定・ブレーキ設定 P1_1=0、P1_0=1 */  
p3 = 0x02; /* 左モータ前進設定・ブレーキ解除 P3_1=1、P3_0=0 */
```

次に、「前進・停止・右折・停止」のプログラムのフローチャートを記述します。  
設定等参考にしてください。(詳細な記述はリストを参照してください)



## 2.5.モータを動かす際の注意事項

モータをいきなり最高速度で動かすと、ピニオンギアが壊れることがあります。走りはじめは低速で、だんだん速度を上げていくような制御をしてください。



制御の方法は次の項目で説明します。

## 2.6.LABO の走行速度を変える

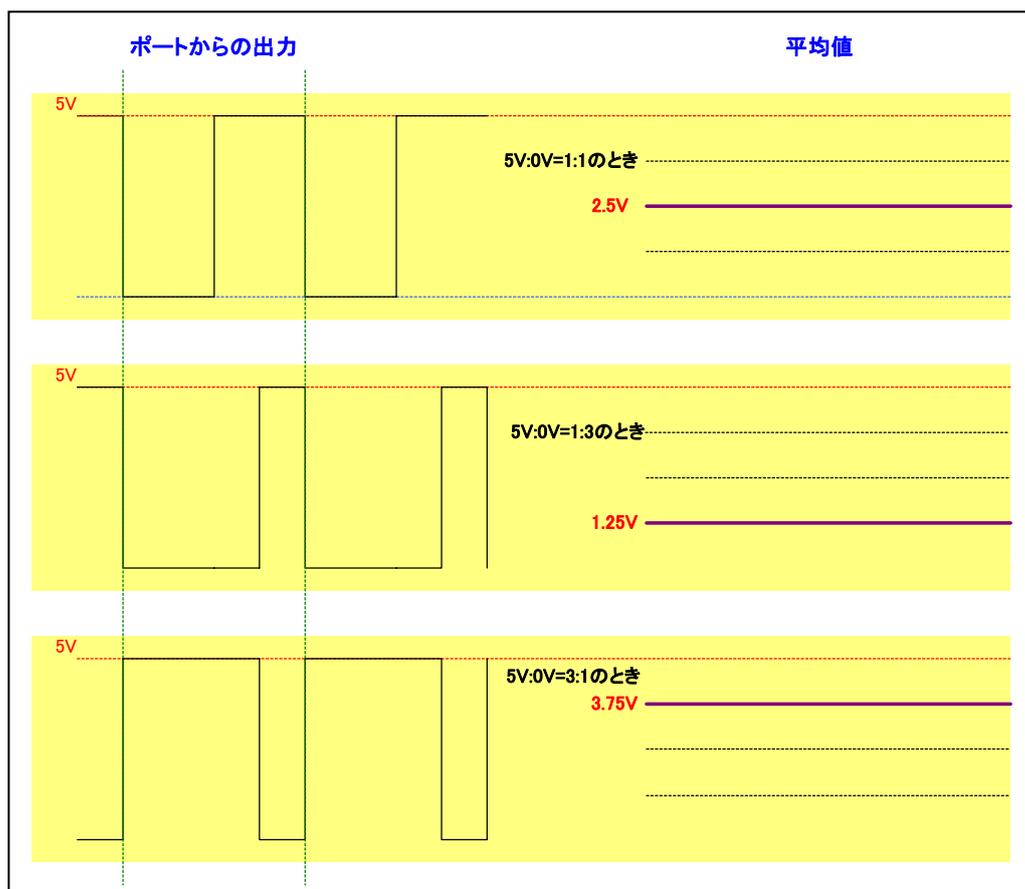
DC モータ回転速度は、モータに印加する電圧を高くすると速く、低くすると遅く回ります。OAKS16-SENSOR LABO ではモータ電圧を、ON-OFFを繰り返すスイッチングによってモータに加わる平均電圧を調整し、速度制御をしています。

モータ回転速度は、ON 時間の割合が大きいと、モータの平均印加電圧が高くなるので、速くなります。逆に、ON 時間の割合が小さいときは、平均電圧が低くなるので、モータ回転速度が遅くなります。

ON-OFFのスイッチングは数百Hz～数十kHzで行います。極めて短い時間のON-OFFですから、OFFの間もモータは惰性で廻り続けます。ですから、モータ回転がガタつくようなことはなく、滑らかに回転します。

### 2.6.1.PWM とは？

PWM (Pulse Wide Modulation) とはパルス幅変調というパルス信号の ON/OFF の比率を変化させる変調方式の一つです。例えば ON と OFF が 1:1 と等しい場合、平均値は振幅の 50% になります。また、ON と OFF が 1:3 の場合、平均値は振幅の 25% の値になります。このように、ON:OFF の比率を変えることにより平均値が変わりますから、回転数をモニタして ON:OFF の比率 (パルス幅) を変えれば一定回転数が得られる、というのが PWM 変調による回転制御の原理です。



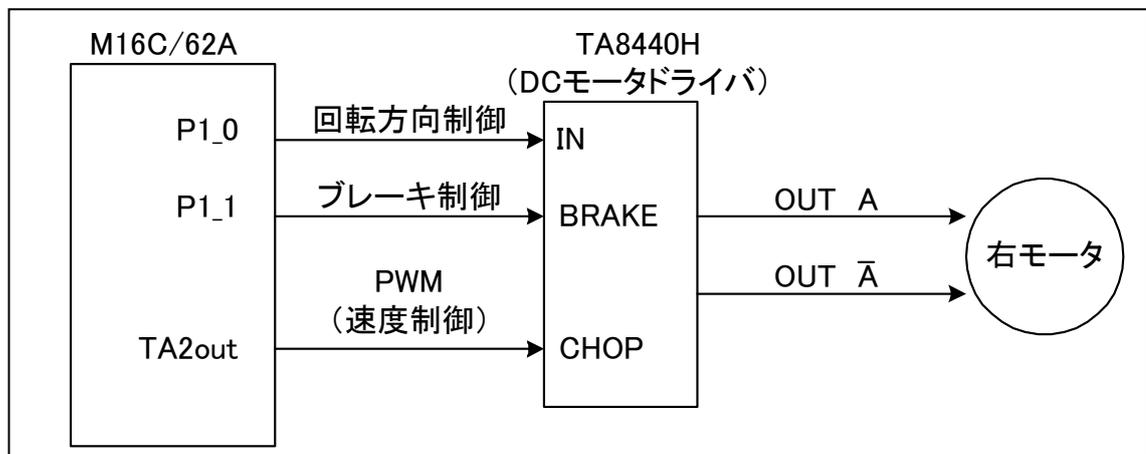
このとき注意が必要なのが、パルスを与える周期です。つまり、何秒おきにON/OFFを繰り返すか、を最適に設定する必要があります。モータにはそれぞれ固有の慣性力があり、回転中に電源をOFFにした場合、慣性力によってどれくらいの期間回転を続けるかという特性があります。PWM 制御を行なう場合、この慣性力が働く期間で周期を設定すればスムーズな速度制御を行うことができます。大体、数百Hz～数 KHzくらいの周期が最適のようです。

下記に DC モータドライバ TA8440H の真理値表とボード上の配線図を示します。

真理値表

入 力				出 力		出力 モード
IN	$\overline{\text{BRAKE}}$	ENABLE	CHOP	OUTA	$\text{OUT } \bar{A}$	
H	H	H	L	H	L	CW/CCW
L	H	H	L	L	H	CCW/CW
(注)	(注)	L	(注)	$\infty$	$\infty$	STOP
(注)	L	H	(注)	L	L	BRAKE
H	H	H	H	$\infty$	L	CHOP
L	H	H	H	L	$\infty$	CHOP

注: Don't Care       $\infty$ : ハイインピーダンス



M16C の TA2out (PWM) は DC モータドライバ (TA8440H) の CHOP に接続されています。真理値表より CHOP に“L”が入力されると、モータに電圧がかかるのでモータが回ります。CHOP に入力されるパルスの“L”が長ほど、モータにかかる平均電圧が高くなり(回そうとする力がかかっている時間が長い)、速度は速くなります。

PWM の“L”が長い	速度が速い
PWM の“L”が短い	速度が遅い

## 2.6.2.M16C/62A の PWM

OAKS16-SENSOR LABO では M16C/62A のタイマの PWM 機能を使用して速度の制御を行います。M16C/62A のタイマ A はパルス幅変調モードを持っていて、それを使用すると“H”、“L”の出力時間が違うパルスを出すことができます。

ここから、M16C/62A のタイマ A パルス幅変調モードの設定について説明していきます。

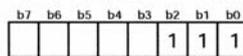
### <設定が必要なレジスタ>

- ①タイマモードレジスタ(ta2mr,ta3mr) ②タイマレジスタ(ta2,ta3)
- ③カウント開始フラグ(tabsr) ④アップダウンフラグ(udf)
- ⑤タイマ割り込み制御レジスタ(ta2ic、ta3ic)

#### 2.6.2.1.タイマモードレジスタの設定

PWM モードで使用するための設定をします。M16C/62A ではカウンタは 16 ビットパルス幅変調器、と 8 ビットパルス幅変調器のいずれかのパルス幅変調器として動作します。DC モータの制御ではそれほどの精度は必要としないので、ここでは 8 ビットパルス幅変調器として使用します。

タイマAiモードレジスタ



シンボル                      アドレス                      リセット時  
TAiMR(i=0~4) 039616~039A16番地 0016

ビットシンボル	ビット名	機能	R/W
TMOD0	動作モード選択ビット	b1 b0 0 : PWMモード	○ ○
TMOD1			○ ○
MR0	1 : PWMモードでは“1”を設定してください。		○ ○
MR1	外部トリガ選択ビット(注1)	0 : TAiin端子の入力信号の立ち下がり(注2) 1 : TAiin端子の入力信号の立ち上がり(注2)	○ ○
MR2	トリガ選択ビット	0 : カウント開始フラグが有効 1 : イベント/トリガ選択ビットにより選択	○ ○
MR3	16/8ビットPWMモード選択ビット	0 : 16ビットパルス幅変調器として動作 1 : 8ビットパルス幅変調器として動作	○ ○
TCK0	カウントソース選択ビット	b7 b6 0 0 : f1 0 1 : f8 1 0 : f32 1 1 : f<sub>c32</sub>	○ ○
TCK1			○ ○

注1. イベント/トリガ選択ビット(038216,038316番地)でTAiin端子を選択したときだけ有効。タイマのオーバーフロー選択時は、“1”でも“0”でも可。

注2. 対応するポート方向レジスタは“0”にしてください。

### <プログラム記述>

#### ①タイマ A2(右モータ)設定

```

ta2mr = 0x27;          /* タイマA2パルス幅変調モード設定*/
/* bit1,0: 11:   パルス幅変調モード(PWMモード) */
/* bit2:   1:   パルス出力有り(PWMモードでは必ず“1”)*/
/* bit3:   0:   外部トリガ選択 TAiin の立下り(どちらでも良い)*/
/* bit4:   0:   カウント開始フラグが有効 */
/* bit5:   1:   8ビットパルス幅変調器として動作 */
/* bit7,6: 00:  カウントソース=f1
    
```

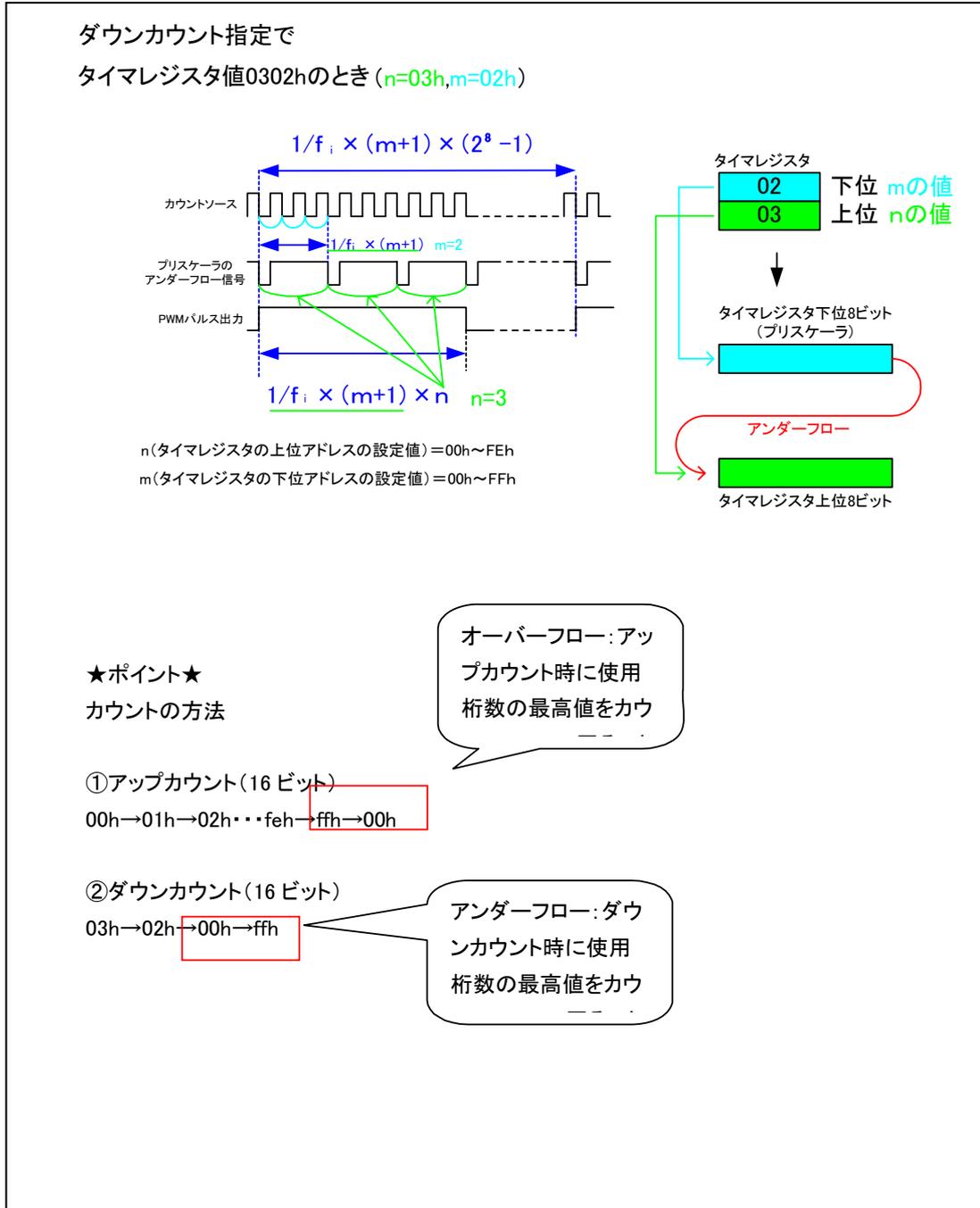
#### ②タイマ A3(左モータ)設定

```

ta3mr = 0x27;          /* TA3 パルス幅変調モード設定 */
/* bit1,0: 11:   ルス幅変調モード(PWMモード)*/
/* bit2:   1:   パルス出力有り(PWMモードでは必ず“1”)*/
/* bit3:   0:   外部トリガ選択 TAiin の立下り(どちらでも良い)*/
/* bit4:   0:   カウント開始フラグが有効 */
/* bit5:   1:   8ビットパルス幅変調器として動作/
/* bit7,6: 00:  カウントソース=f1
    
```

### 2.6.2.2.タイマレジスタの設定

M16C/62A の PWM を 8 ビットパルス幅変調器として使用する場合、PWM パルスの 1 周期の長さは、タイマレジスタの下位 8 ビットの値で決まります。PWM パルスの“H”の長さは、タイマレジスタの上位 8 ビットの値で決まります。



基本のクロックは OAKS16 では 16MHz です。

カウントソースは選択できますが、ここではf1(分周なし)で考えます。

プリスケアラは(タイマレジスタの上位 8 ビットの値+1)回カウントして、アンダーフロー信号をだします。PWMパルス出力は(タイマレジスタの上位アドレスの値)回プリスケアラのアンダーフロー信号をカウントする間、“H”になります。

このようにして、タイマレジスタの値で、PWM のパルスが決まります。

ここでは、1 サイクルの時間を 1ms と固定して、パルスのデューティ比を考えましょう。

★1 サイクルの時間

$1/f1 \times (m+1) \times (2^8-1) = 1\text{ms}$ とすると  $m=62$  となります。

$(62.5e^{-9} * 63 * 255 = 1.004e^{-3})$

タイマレジスタ値 上位:n	1 サイクルの時間	“H”の時間 $1/f1 \times (m+1) \times n$	“L”の デューティ比	速度
fe(h) : 254	1 (ms)	1 (ms)	0 (%)	停止
d0(h) : 208	1 (ms)	0.819 (ms)	18 (%)	LOW
90(h) : 144	1 (ms)	0.567 (ms)	43 (%)	MID
60(h) : 96	1 (ms)	0.138 (ms)	86 (%)	HIGH

表からもわかるように、M16C/62A の PWM では上位アドレスの設定値が大きくなるほど“H”の時間が長くなります。OAKS16-SENSOR LABO のモータは“L”が出力されると動きます。つまり、“L”の時間が長いほど(“H”の時間が短いほど)速くなります。

よって、

★タイマレジスタの上位アドレスの設定値(nの値)が小さくなるほど、速度は速くなります。

### 2.6.2.3. カウント開始フラグ (tabsr) の設定



カウント開始フラグ (tabsr) は各タイマのカウントの開始、停止の設定を行うためのものです。  
 <プログラム記述>

```

/* タイマの起動 */
tabsr = 0x0d;      /* カウント開始:タイマA0                    */
                  /* bit0: 1: タイマ A0 カウント開始            */
                  /* bit2: 1: タイマ A2 カウント開始            */
                  /* bit3: 1: タイマ A3 カウント開始            */
  
```

### 2.6.2.4. アップダウンフラグ (udf) の設定



注1. このレジスタへの書き込みにはMOV命令を使用してください。  
 注2. TAiIn、TAiOutに対応するポート方向レジスタは“0”にしてください。

このフラグでは各タイマのアップカウント/ダウンカウントの設定を行います。M16C/62A のカウンタはアップカウント(00h→01h→02h...)かダウンカウント(02h→01h→00h...)の選択ができます。どちらを選択するかを設定します。

## <プログラム記述>

```
/* タイマ関連共通レジスタ設定 */
udf = 0x00;          /* アップダウンフラグ設定 */
/* bit0: 0: タイマ A0 ダウンカウント(10ms 計測に使用)*/
/* bit1: 0: タイマ A1 ダウンカウント(625 μs 割込に使用)*/
/* bit2: 0: タイマ A2 ダウンカウント(未使用) */
/* bit3: 0: タイマ A3 ダウンカウント(未使用) */
/* bit4: 0: タイマ A4 ダウンカウント(未使用) */
/* bit5: 0: タイマ A2 2相パルス信号処理機能禁止(未使用)*/
/* bit6: 0: タイマ A3 2相パルス信号処理機能禁止(未使用)*/
/* bit7: 0: タイマ A4 2相パルス信号処理機能禁止(未使用)*/
```

### 2.6.2.5 タイマ割り込み制御レジスタ(ta2ic、ta3ic)の設定

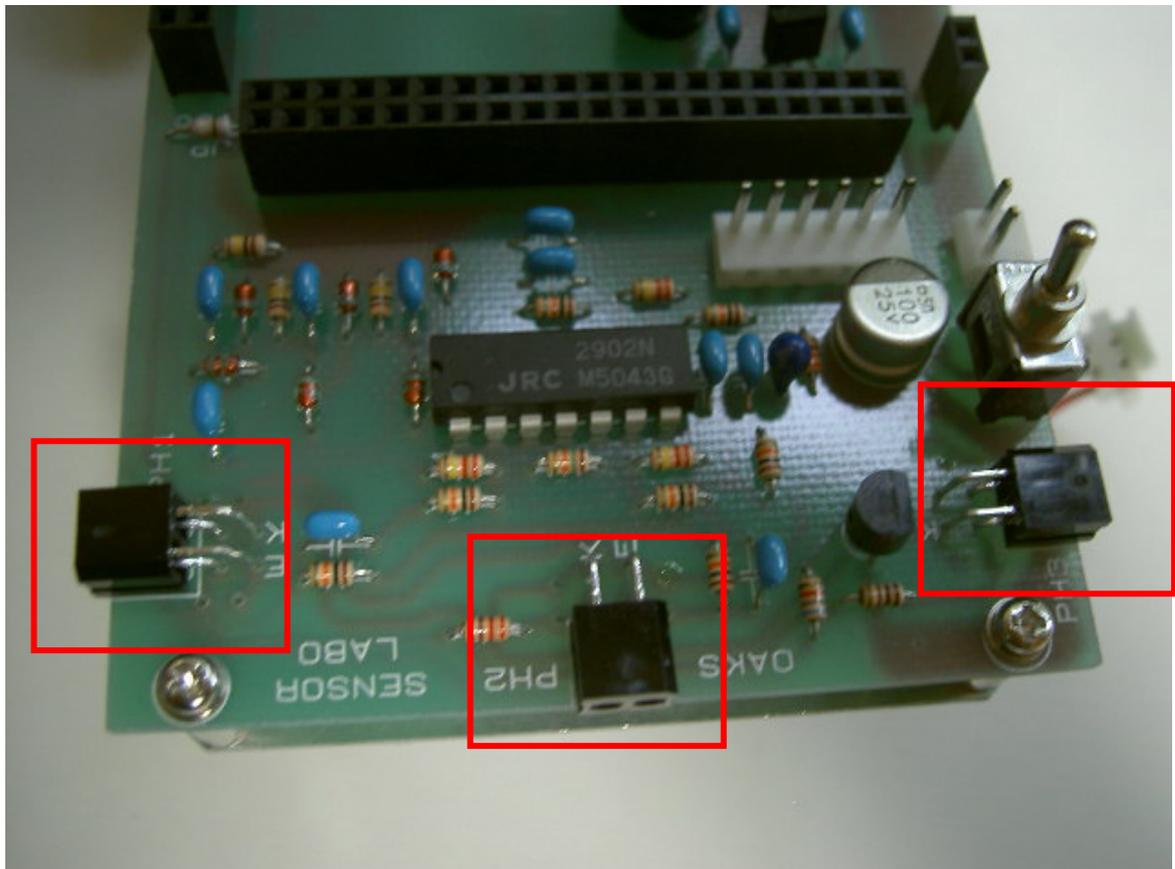
タイマ割り込み制御レジスタ(ta2ic、ta3ic)は各タイマの割り込みレベルの設定を行います。サンプルでは、タイマ割り込みを使用しませんので、“レベル 0(割り込み禁止)”を設定します。

## <プログラム記述>

```
ta2ic = 0x00;      /* タイマA2割り込みレベルの設定*/
                  /* bit2,1,0: 000: 割り込みレベル0(最低:割り込み禁止)*/
                  /* bit3: 0: 割り込み要求ビットークリア */
.
.
.
ta3ic = 0x00;      /* TA3 割り込みレベルの設定 */
                  /* bit2,1,0: 000: 割り込みレベル 0(最低:割り込み禁止)*/
                  /* bit3: 0: 割り込み要求ビットークリア */
```

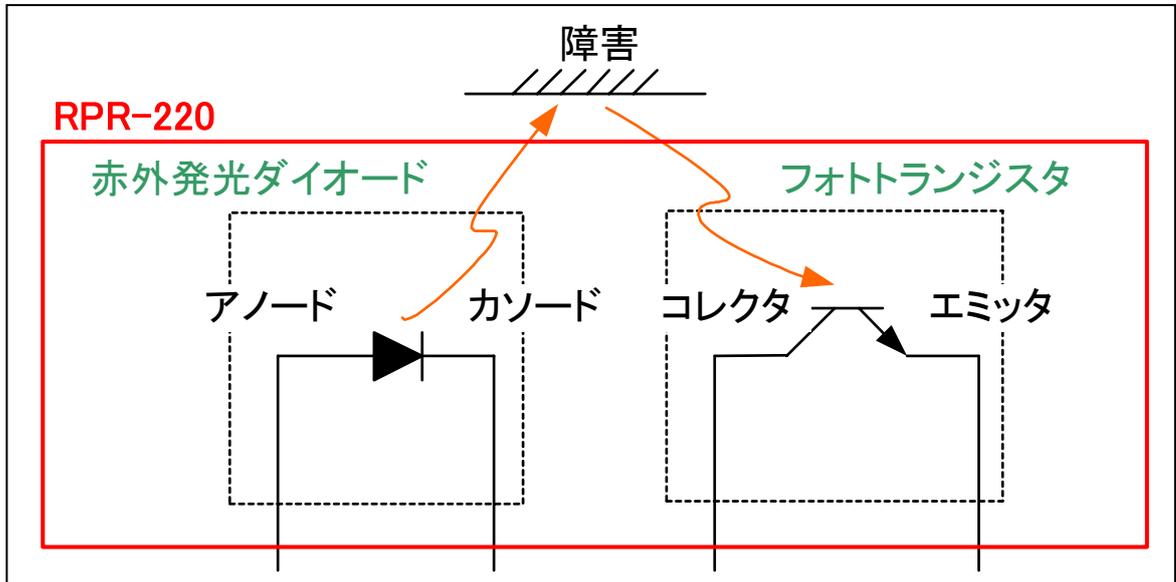
### 3. 障害を検知する

OAKS16-SENSOR LABO は前部に前、右、左方向に3つの反射型フォトセンサを搭載しています。これにより障害物を検知することができます。



### 3.1. 光センサの原理

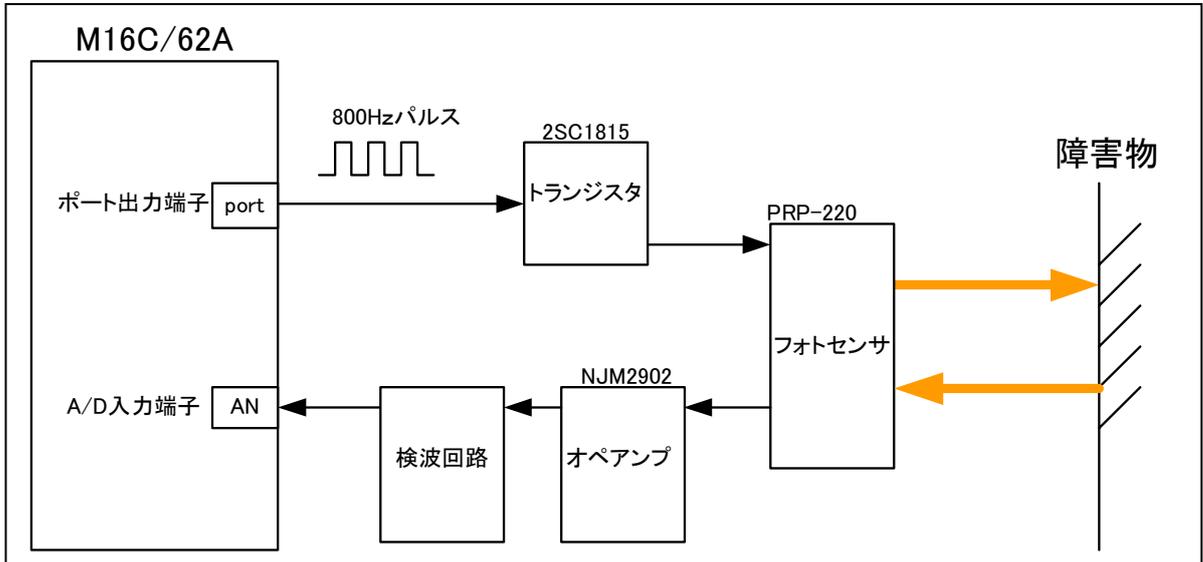
使用しているのは RPR-220 で、発光素子に GaAs 赤外発光ダイオードを、受光素子にシリコンプレーナ形フォトランジスタを使用した、反射型フォトセンサです



赤外発光ダイオードから放たれた光が障害で反射しフォトランジスタにあたることでその光の強さに応じた電圧が生じます。

### 3.2. 光センサの使い方

OAKS16-SENSOR LABO の、障害物検知用の回路は下記のようにになっています。

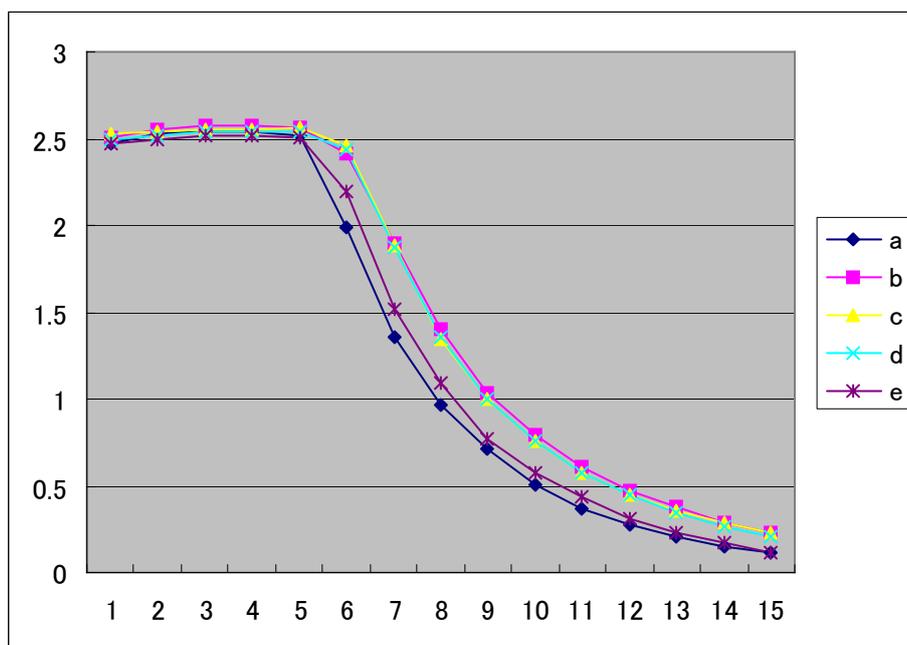


実際には外乱光が存在するので、距離計測用の光を差別化するために、周波数を決めて光を出力します。(OAKS16-SENSOR LABO では 800Hz を使用しています。)受け側では、オペアンプによる増幅と、検波(整流)回路により交流電流を直流電流にしてから A/D 入力端子に入力し、電圧レベルで距離を判定しています。

### 3.3.距離測定の精度

下記のグラフは、OAKS16-SENSOR LABO を何台か使用して、入力電圧と距離との関係をグラフにしたものです。障害物は白色の亚克力板を使用しました。グラフからもわかるように、センサーの個体差もありますし、精度も高くはありません。“近づいた”かどうかをどの電圧で判断するかは、プログラムを作成しながら調整してみてください。

注)障害と正対しているときと、障害に対して斜めに向いているときでは電圧が変わります。(斜めときは電圧が下がる→遠いと判断する)



## 4. プログラム構成を考える

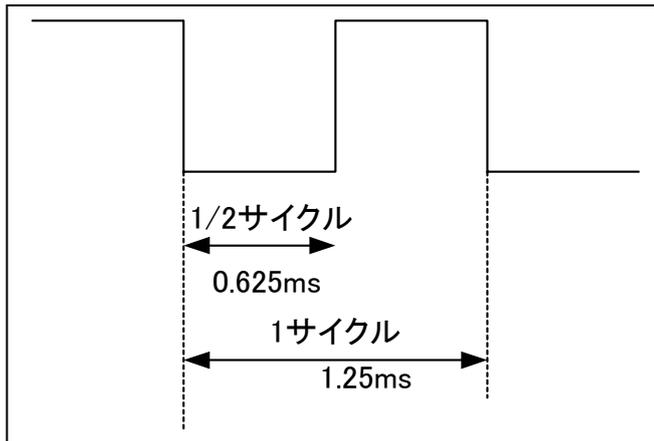
### 4.1. 800Hz のパルスの発生方法

前章で説明しましたように、OAKS16-SENSOR LABO では、光センサで障害までの距離を測るために、P0\_4 から 800Hz の波形を出力します。

1 サイクルの時間は、

$$T = 1/f = 1/800 = 1.25 \times 10^{-3} (\text{s})$$

となります。



つまり、ポートの“H”、“L”出力を 1 サイクルの半分の時間(625  $\mu$ s)ごとに反転させればよいこととなります。

付属の sample プログラムでは、タイマ(TA0)を使用して 625  $\mu$ s を計測しています。

#### 4.1.1.タイマの設定（タイマモード）

内部で生成されたカウントソースをカウントするモードです。

OAKS16 の基本クロックは 16MHzですが、M16C/62A のタイマはカウントソースを選択できますので、それぞれのカウントソースを使った場合の 625 μs を数えるためのカウンタ値を示します。

カウントソース	1 サイクル時間	625 μs のためのカウンタ値
f1 (16MHz)	62.5ns	10000
f8 (2MHz)	500ns	1250
f32 (500KHz)	2 μs	-

付属の sample では f8 を使用しています。

#### <設定が必要なレジスタ>

- ①タイマモードレジスタ(ta0mr)
- ②タイマレジスタ(ta0)
- ③カウント開始フラグ (tabsr)
- ④アップダウンフラグ (udf)
- ⑤タイマ割り込み制御レジスタ (ta0ic)

##### 4.1.1.1.タイマモードレジスタの設定

タイマAiモードレジスタ



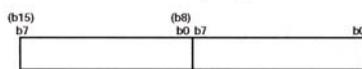
#### <プログラム記述>

```

ta0mr = 0x40;          /* タイマモード    クロック: 1/8    */
                       /* bit1,0:        00: タイマモード    */
                       /* bit2:           0: パルス出力無し    */
                       /* bit4,3:        0X: ゲート機能無し(TAIIN 端子は通常のポート端子)* /
                       /* bit5:           0: タイマモードでは必ず"0"    */
                       /* bit7,6:        01: カウントソース=f8    */
    
```

#### 4.1.1.2.タイマレジスタの設定

タイマAiレジスタ(注1)



シンボル	アドレス	リセット時
TA0	038716,038616番地	不定
TA1	038916,038816番地	不定
TA2	038B16,038A16番地	不定
TA3	038D16,038C16番地	不定
TA4	038F16,038E16番地	不定

機能	設定可能値	R/W
●タイマモード 内部カウントソースをカウント	000016~FFFF16	○ ○
●イベントカウンタモード 外部からの入力パルスまたはタイマのオーバフローをカウント	000016~FFFF16	○ ○
●ワンショットタイマモード ワンショット幅をカウント	000016~FFFF16 (注2、注4)	× ○
●パルス幅変調モード(16ビットPWM) 16ビットパルス幅変調器として動作	000016~FFE16 (注3、注4)	× ○
●パルス幅変調モード(8ビットPWM) タイマの下部アドレスは、8ビットプリスケアラ、 上部アドレスは8ビットパルス幅変調器として動作	0016~FE16(上位アドレス) 0016~FF16(下部アドレス) (注3、注4)	× ○

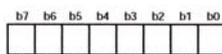
- 注1. 読み出し、および書き込みは16ビット単位で行ってください。  
 注2. タイマAiレジスタに“000016”を設定した場合、カウンタは動作せず、タイマAi割り込み要求は発生しません。また、パルス出力ありを選択した場合、TAiOut端子からパルスは出力されません。  
 注3. タイマAiレジスタに“000016”を設定した場合、パルス幅変調器は動作せず、TAiOut端子の出力レベルは“L”のまま、タイマAi割り込み要求も発生しません。また、8ビットパルス幅変調器として動作しているとき、タイマAiレジスタの上位8ビットに“0016”を設定した場合も同様です。  
 注4. このレジスタへの書き込みにはMOV命令を使用してください。

#### <プログラム記述>

```
#define CNT_TA0          (1250-1) /* タイマ A0 カウンタ値 fck=f1/8 */
.
.
.
ta0 = CNT_TA0;          /* タイマ値の初期化 */
```

#### 4.1.1.3.カウント開始フラグの設定

カウント開始フラグ



シンボル	アドレス	リセット時
TABSR	038016番地	0016

ビットシンボル	ビット名	機能	R/W
TA0S	タイマA0カウント開始フラグ	0: カウント停止 1: カウント開始	○ ○
TA1S	タイマA1カウント開始フラグ		○ ○
TA2S	タイマA2カウント開始フラグ		○ ○
TA3S	タイマA3カウント開始フラグ		○ ○
TA4S	タイマA4カウント開始フラグ		○ ○
TB0S	タイマB0カウント開始フラグ		○ ○
TB1S	タイマB1カウント開始フラグ		○ ○
TB2S	タイマB2カウント開始フラグ		○ ○

カウント開始フラグは、ビットごとにタイマを割り当てていますので、タイマを動かすための PWM と一緒に開始設定をします。(プログラム内で一緒に設定できます。)

#### <プログラム記述>

```
/* タイマの起動 */
tabsr = 0x0d;          /* カウント開始:タイマA0 */
/* bit0: 1: タイマ A0 カウント開始 */
/* bit1: 0: タイマ A1 未使用 */
/* bit2: 1: タイマ A2 カウント開始 */
/* bit3: 1: タイマ A3 カウント開始 */
```

#### 4.1.1.4. アップダウンフラグ (udf) の設定

アップダウンフラグ(注1)

ビットシンボル	ビット名	機 能	R/W
b7	TA0UD	タイマA0アップダウンフラグ	○
b6	TA1UD	タイマA1アップダウンフラグ	○
b5	TA2UD	タイマA2アップダウンフラグ	○
b4	TA3UD	タイマA3アップダウンフラグ	○
b3	TA4UD	タイマA4アップダウンフラグ	○
b2	TA2P	タイマA2二相パルス信号処理機能選択ビット	×
b1	TA3P	タイマA3二相パルス信号処理機能選択ビット	×
b0	TA4P	タイマA4二相パルス信号処理機能選択ビット	×

注1. このレジスタへの書き込みにはMOV命令を使用してください。

注2. TAin、TAioutに対応するポート方向レジスタは“0”にしてください。

カウント開始フラグと同様に、ビットごとにタイマが割り当てられています。  
このサンプルではダウンカウントを使用します。  
<プログラム記述>

```

/* 共通レジスタ設定 */
udf = 0x00; /* アップダウンカウンタ設定 */
/* bit0: 0: タイマ A0 ダウンカウント*/
/* bit1: 0: タイマ A1 ダウンカウント(未使用) */
/* bit2: 0: タイマ A2 ダウンカウント(右モータPWM制御)*/
/* bit3: 0: タイマ A3 ダウンカウント(左モータPWM制御)*/
/* bit4: 0: タイマ A4 ダウンカウント(未使用) */
/* bit5: 0: タイマ A2 2相パルス信号処理機能禁止(未使用) */
/* bit6: 0: タイマ A3 2相パルス信号処理機能禁止(未使用) */
/* bit7: 0: タイマ A4 2相パルス信号処理機能禁止(未使用) */

```

#### 4.1.1.5. タイマ割り込み制御レジスタ (ta0ic)

割り込み制御レジスタ(注2)

シンボル	アドレス	リセット時
TBiIC(i=3~5)	0045 <sub>16</sub> ~0047 <sub>16</sub> 番地	XXXXX0002
BCNIC	004A <sub>16</sub> 番地	XXXXX0002
DMiIC(i=0,1)	004B <sub>16</sub> , 004C <sub>16</sub> 番地	XXXXX0002
KUPIC	004D <sub>16</sub> 番地	XXXXX0002
ADIC	004E <sub>16</sub> 番地	XXXXX0002
SiTiC(i=0~2)	0051 <sub>16</sub> , 0053 <sub>16</sub> , 004F <sub>16</sub> 番地	XXXXX0002
SiRiC(i=0~2)	0052 <sub>16</sub> , 0054 <sub>16</sub> , 0050 <sub>16</sub> 番地	XXXXX0002
TAiIC(i=0~4)	0055 <sub>16</sub> ~0059 <sub>16</sub> 番地	XXXXX0002
TBiIC(i=0~2)	005A <sub>16</sub> ~005C <sub>16</sub> 番地	XXXXX0002

ビットシンボル	ビット名	機能	R	W
ILVL0 ILVL1 ILVL2	割り込み優先レベル 選択ビット	b2 b1 b0 0 0 0 : レベル0 (割り込み禁止)	○	○
		0 0 1 : レベル1		
		0 1 0 : レベル2		
		0 1 1 : レベル3	○	○
		1 0 0 : レベル4		
		1 0 1 : レベル5		
		1 1 0 : レベル6	○	○
		1 1 1 : レベル7		
IR	割り込み要求ビット	0 : 割り込み要求なし 1 : 割り込み要求あり	○	○ (注1)
何も配置されていない。 書き込む場合、“0”を書き込んでください。 読み出した場合、その値は不定。			-	-

注1. “0”だけ書き込み可(“1”を書き込まないでください)。

注2. 割り込み制御レジスタの変更は、そのレジスタに対応する割り込み要求が発生しない箇所で行ってください。詳細は、割り込みの注意事項を参照してください。

このサンプルプログラムでは、タイマ割り込みは使いませんので、“レベル0(割り込み禁止)”を設定します。

<プログラム記述>

```

/* timerA0 設定 割り込みは使用せず要求ビットのみを監視する          */
ta0ic = 0x00;          /* TA0 割り込みレベルの設定          */
                      /* bit2,1,0: 000: 割り込みレベル0(最低:割り込み禁止)          */
                      /* bit3:          0: 割り込み要求ビットークリア          */

```

## 4.2. AD 変換の方法

M16C/62AはAD変換器を1回路内蔵しています。AD入力端子はAN0～AN7の8本+ANEX0、ANEX1の計10本ありますので、どの入力端子のアナログ入力を変換するのか、指定する必要があります。(同時にいくつもの入力を処理することができません。)

### <設定が必要なレジスタ>

- ①A-D制御レジスタ0 ②A-D制御レジスタ1  
③A-D制御レジスタ2 ④A-D割り込み制御レジスタ

### <結果が出るレジスタ>

ADレジスタ

#### 4.2.1. A-D制御レジスタ0の設定

A-D制御レジスタ0(注1)

シンボル	アドレス	リセット時
ADCON0	03D616番地	00000XXX <sub>2</sub>

ビットシンボル	ビット名	機能	R/W
CH0	アナログ入力端子選択ビット	<sup>b2 b1 b0</sup> 000: AN <sub>0</sub> を選択 001: AN <sub>1</sub> を選択 010: AN <sub>2</sub> を選択 011: AN <sub>3</sub> を選択 100: AN <sub>4</sub> を選択 101: AN <sub>5</sub> を選択 110: AN <sub>6</sub> を選択 111: AN <sub>7</sub> を選択 (注2)	○ ○
CH1			○ ○
CH2			○ ○
MD0	A-D動作モード選択ビット0	<sup>b4 b3</sup> 00: 単発モード 01: 繰り返しモード 10: 単掃引モード 11: 繰り返し掃引モード0 (注2) 繰り返し掃引モード1	○ ○
MD1			○ ○
TRG	トリガ選択ビット	0: ソフトウェアトリガ 1: ADTRGによるトリガ	○ ○
ADST	A-D変換開始フラグ	0: A-D変換停止 1: A-D変換開始	○ ○
CKS0	周波数選択ビット0	0: f <sub>AD</sub> /4を選択 1: f <sub>AD</sub> /2を選択	○ ○

注1. A-D変換中にA-D制御レジスタの内容を書き替えた場合、変換結果は不定となります。

注2. A-D動作モードを変更した場合には、あらためてアナログ入力端子の設定を行う必要があります。

どの入力を変換するかを選択や、開始・停止等の制御を行います。

### <プログラム記述> (AN1の場合)

```

adcon0 = 0x81;          /* AD制御レジスタ0の設定 */
                        /* bit2,1,0:001: アナログ入力端子 AN1 を選択 */
                        /* bit4,3:      00: アナログ入力モード=単発モード */
                        /* bit5:        0: ソフトウェアトリガ選択 */
                        /* bit6:        0: AD変換停止 */
                        /* bit7:        1: AD変換動作周波数 fAD/2 を選択 */
                        /* AD入力設定 */
    
```

## 4.2.2. A-D 制御レジスタ 1 の設定

A-D制御レジスタ1(注1)

シンボル	アドレス	リセット時
ADCON1	03D716番地	0016

ビットシンボル	ビット名	機能	R/W
SCAN0	A-D掃引端子選択ビット	単掃引、繰り返し掃引モード0選択時 b1 b0 00: AN0, AN1(2端子) 01: AN0~ AN3(4端子) 10: AN0~ AN5(6端子) 11: AN0~ AN7(8端子)	○○
SCAN1		繰り返し掃引モード1選択時 b1 b0 00: AN0(1端子) 01: AN0, AN1(2端子) 10: AN0~ AN2(3端子) 11: AN0~ AN3(4端子)	○○
MD2	A-D動作モード選択ビット1	0: 繰り返し掃引モード1以外 1: 繰り返し掃引モード1	○○
BITS	8/10ビットモード選択ビット	0: 8ビットモード 1: 10ビットモード	○○
CKS1	周波数選択ビット1	0: fAD/2または fAD/4を選択 1: fADを選択	○○
VCUT	Vref接続ビット	0: Vref未接続 1: Vref接続	○○
OPA0	外部オペアンプ接続 モードビット	b7 b6 00: ANEX0,ANEX1は使用しない 01: ANEX0入力をAD変換 10: ANEX1入力をAD変換 11: 外部オペアンプ接続モード	○○
OPA1		○○	

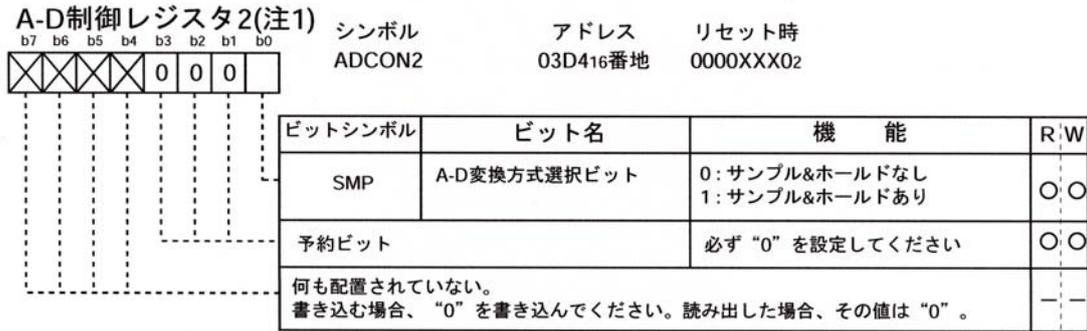
注1. A-D変換中にA-D制御レジスタの内容を書き替えた場合、変換結果は不定となります。

AD を 8 ビットモードで使用するのか、10 ビットモードで使用するのかなどの設定を行います。

### <プログラム記述>

```
adcon1 = 0x28;    /* AD 制御レジスタ1の設定 */
/* bit1,0: 00: A-D 掃引端子 AN0,AN1 を選択(単発モード:無効) */
/* bit2: 0: A-D 動作モード選択繰り返し掃引モード1以外 */
/* bit3: 1: 分解能選択10ビット選択 */
/* bit4: 0: AD変換動作周波数 fAD/2 または fAD/4 を選択 */
/* bit5: 1: Vref 接続:接続 */
/* bit7,6: 00: ANEX0,ANEX1 は使用しない */
```

### 4.2.3. A-D 制御レジスタ 2 の設定



注1. A-D変換中にA-D制御レジスタの内容を書き替えた場合、変換結果は不定となります。

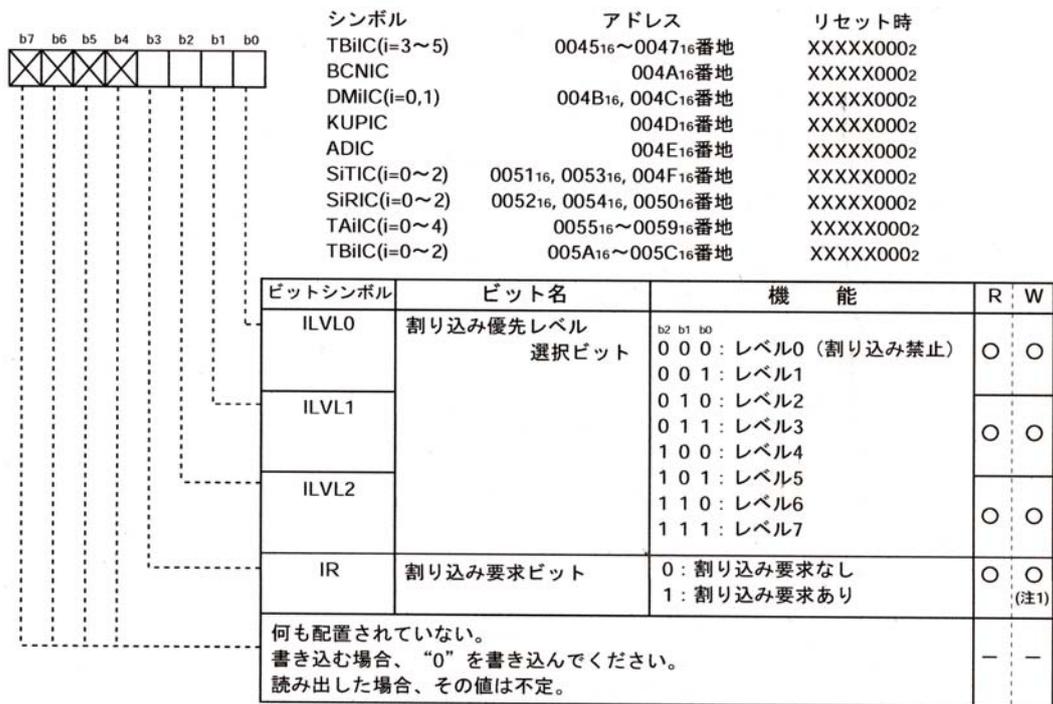
サンプル&ホールドのあるなしを設定します。

<プログラム記述>

```
adcon2 = 0x01;          /* AD 制御レジスタ2の設定          */
                        /* bit0:          1: サンプル&ホールド有り */
```

### 4.2.4. AD 割り込み制御レジスタ

割り込み制御レジスタ(注2)



注1. “0”だけ書き込み可(“1”を書き込まないでください)。

注2. 割り込み制御レジスタの変更は、そのレジスタに対応する割り込み要求が発生しない箇所で行ってください。詳細は、割り込みの注意事項を参照してください。

今回のプログラムでは、AD 割り込みは使いませんので、“レベル0(割り込み禁止)”を設定します。

<プログラム記述>

```
adic = 0x00;          /* AD 割り込みレベルの設定          */
                        /* bit2,1,0: 000: 割り込みレベル0(最低:割り込み禁止)*/
                        /* bit3:          0: 割り込み要求ビットークリア */
```

#### 4.2.5.A-D 変換の注意事項

AD 変換のための各レジスタの設定は、初期設定として行います。  
実際に変換を行う場合には、入力端子の選択と、変換開始フラグのセットをします。

##### <プログラム記述>

```
adst = 0;          /* AD 変換停止 */
adcon0 = 0x81;     /* AD 制御レジスタ0の設定
                    /* bit2,1,0: AN1 選択(中央) */
                    /* bit4,3: 001: アナログ入力端子 AN1 を選択 */
                    /* bit5: 00: アナログ入力モード=単発モード*/
                    /* bit6: 0: ソフトウェアトリガ選択 */
                    /* bit7: 0: AD変換停止 */
                    /* bit7: 1: AD変換動作周波数 fAD/2 を選択 */
adst = 1;          /* AD 変換開始 */
```

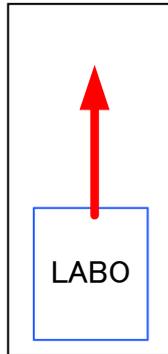
1 端子あたりの AD 変換の変換速度は  
サンプル&ホールドあり、分解能 10ビットで 33ΦAD サイクルです。  
データシートで、  
「f(Xin)が 10MHzを超える場合は分周してΦAD の周波数を 10MHz 以下にする」  
との指定がありますので、ここではfAD/2 を使用しています。

よって、変換時間は  
 $33 \times 125(\text{ns}) = 4125(\text{ns})$ で約  $4 \mu\text{s}$ です。

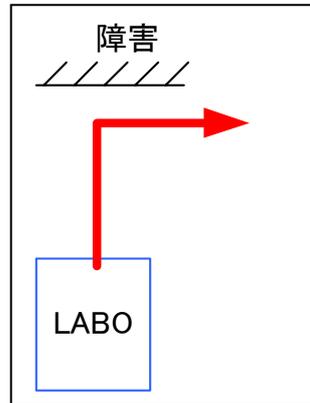
## 5. Sample プログラム

### 5.1.仕様

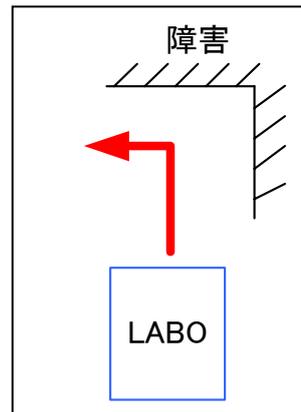
★初期状態停止。その後、前進。



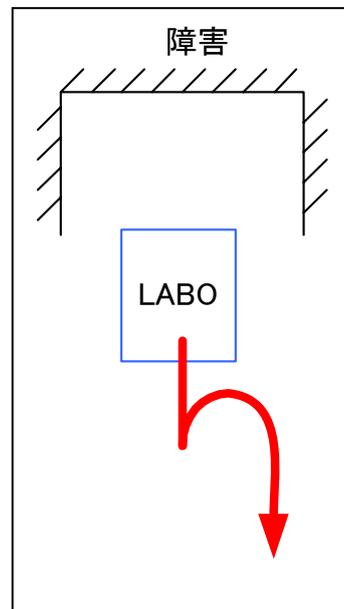
★前側センサのおよそ 10cm 以内に障害物を検知したら、約 90 度右回転した後、前進。



★前側センサ、右側センサのおよそ 10cm 以内に障害物を検知したら、約 90 度左回転した後、前進。



★前側センサ、右センサ、左センサのおよそ 10cm 以内に障害物を検知したら、後退。その後約 180 度その場で旋回して前進。



## 5.2.アルゴリズム

### <初期設定>

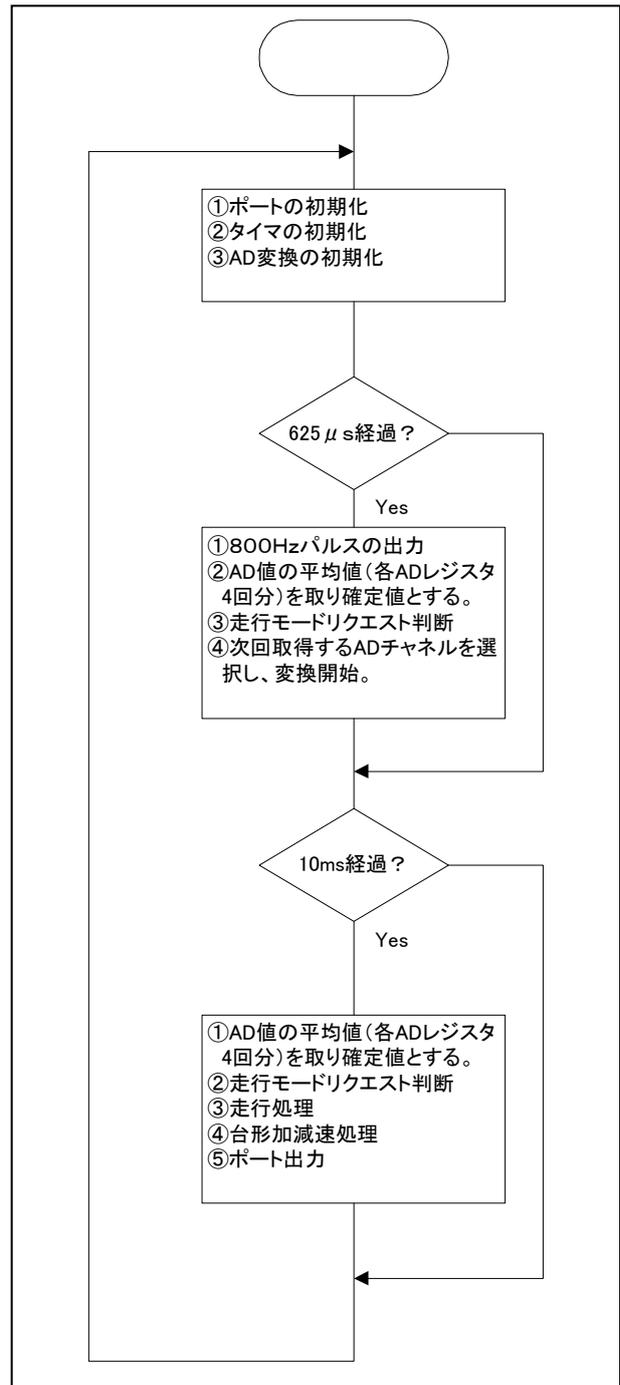
- ① ポートの初期化
- ② タイマの初期化
- ③ AD変換のための初期化

### <メイン処理(625 $\mu$ sec 周期)>

- ① 800Hzパルスの出力
- ② AD 値の平均値(各 AD レジスタ 4 回分)を取り確定値とする。
- ③ 走行モードリクエスト判断
- ④ 次回取得する AD チャンネルを選択し、変換開始。

### <メイン処理(10ms 周期)>

- ① AD 値の平均値(各 AD レジスタ 4 回分)を取り確定値とする。
- ② 走行モードリクエスト判断
- ③ 走行処理
- ④ 台形加減速処理
- ⑤ ポート出力



注 1)

AD 変換時間は、約  $4 \mu s$  なので、 $625 \mu s$  ごとの処理とすれば、変換を開始して次のサイクルで結果を読み込めば変換時間は十分取れる。 $(625 \mu s$  の理由は  $800 \text{ Hz}$  の処理とあわせた。)  
AD 値の精度を上げるために、4 回読み込んで、平均をとっている。 $(\text{LABO}$  の反応時間としては十分である)

注 2)

プログラムの詳細はリストとタイミングチャートを参照してください。

## 6. 付録

### 6.1.M30620FCAFP 概要

OAKS16には三菱の16ビットワンチップマイコンM16C/62AグループのM30620FCAFPが使われています。OAKS16を使っていく上で、このマイコンがどのような機能をもっているかをある程度知っておかなければなりません。付属のCDROMには、このマイコンのデータシートとユーザーマニュアルが入れてあります。これを全て読破して覚えればそれにこしたことはないのですが、それにはかなりの労力を伴います。ですから、ここでは最低限知って欲しいことだけを説明し、その他の部分については、必要になった段階で追加説明をしていきます。

M30620FCAFPはM16C/62Aグループの1つで、内部RAM(10KB)、フラッシュROM(128KB)のものです。それ以外の点ではすべてグループ共通の機能を持ちますので、ここからは、M16C/62Aとして説明していきます。M16C/62Aは、チップの内部にマイコンの基本構成要素であるCPU、メモリ、I/Oポートとタイマ等周辺機器を内蔵しています。

## 6.1.1.中央演算処理装置（CPU）

以下に CPU のレジスタ構成を示します。(図 2-1)

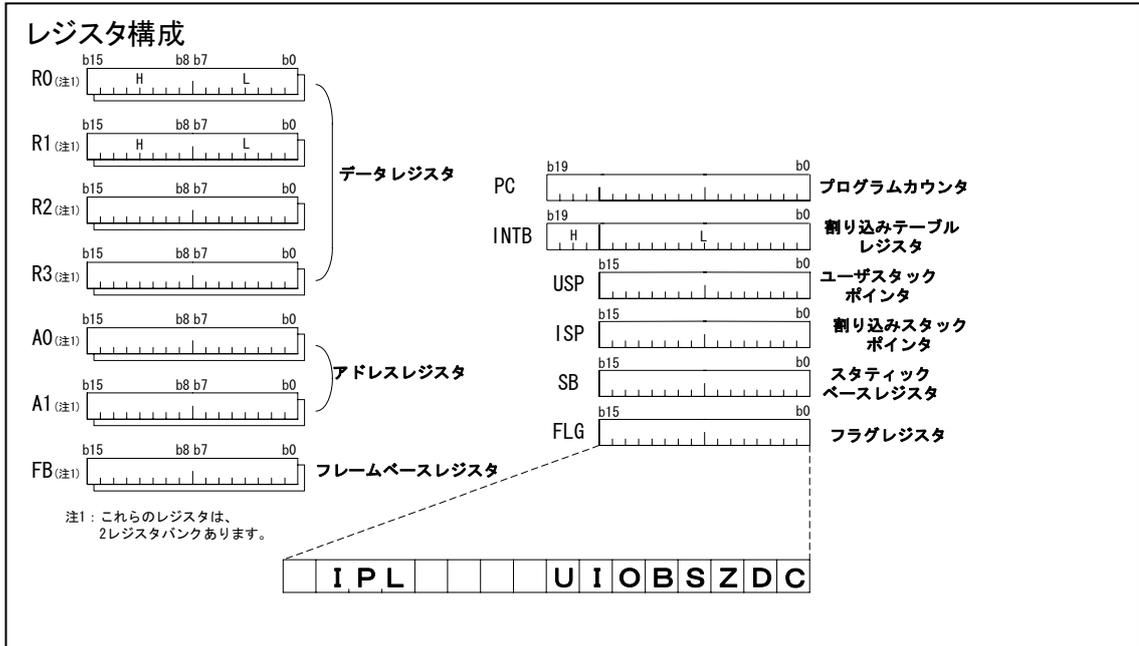


図 6-1

**データレジスタ (R0/R1/R2/R3) :** 16ビット構成ですが、命令語によっては、8ビットまたは32ビットのレジスタとしても使用できます。

**アドレスレジスタ (A0/A1) :** データレジスタと同等の機能を持つ16ビットのレジスタです。アドレスレジスタ相対/間接アドレッシングで使用します。

**フレームベースレジスタ (FB) :** 16ビットのレジスタで、FB相対アドレッシングに使用します。

**プログラムカウンタ (PC) :** 20ビット構成で次に実行する命令の番地を示します。

**割り込みテーブルレジスタ (INTB) :** 20ビット構成で割り込みベクタテーブルの先頭番地を示します。

**スタックポインタ (USP/ISP) :** 16ビット構成でユーザスタックポインタ(USP)と割り込みスタックポインタ(ISP)の2種類があります。どちらを使用するかはスタックポインタ指定フラグ(フラグレジスタのビット7(Uフラグ))で設定します。

**スタティックベースレジスタ (SP) :** 16ビットのレジスタで、SP相対アドレッシングに使用します。

**フラグレジスタ (FLG)** : 11ビットで構成されており、1ビット単位で使われます。アセンブリ言語でプログラムを記述するときの分岐の判断条件に使われたり、CPU の動作を設定する為に使われたりします。(図 2-2)

このレジスタと、フラグについては、アセンブリ言語でプログラムを書く場合には絶対に必要な知識となります。ですが、今回はC言語でプログラム開発を行なっていくので(一部、どうしてもアセンブリ言語で書かなければならない部分はありますが)それほどレジスタやフラグを意識したプログラミングはありません。

フラグレジスタのそれぞれの役割と使い方については、プログラム説明の中で必要に応じて説明していきます。詳細をお知りになりたい方は、ユーザーズマニュアル P1-13 をご参照ください。

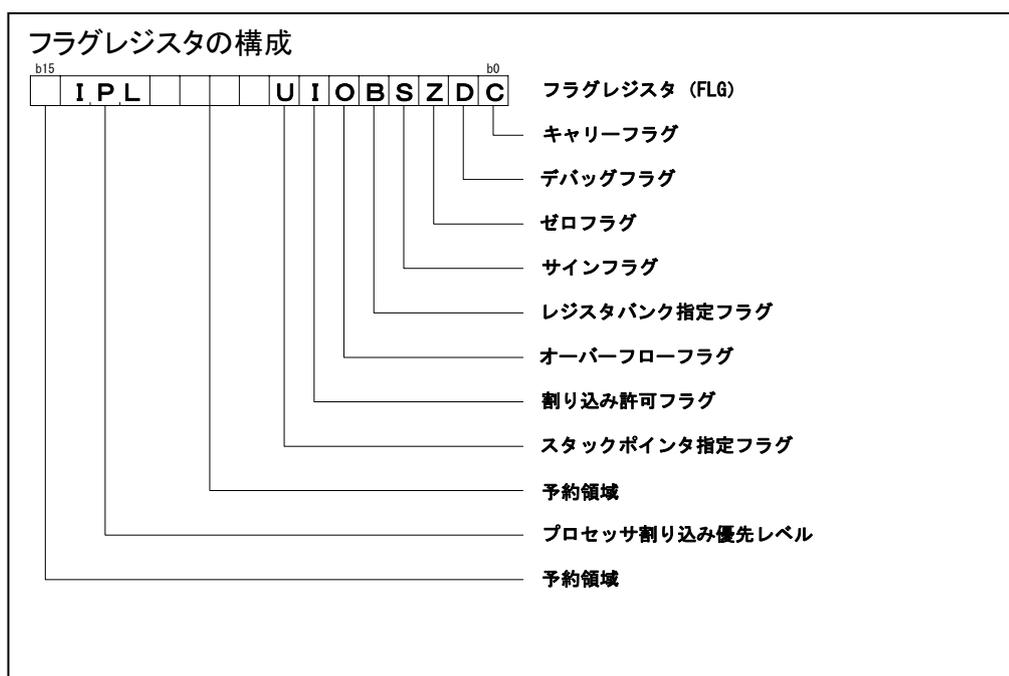


図 6-2

## 6.1.2.周辺機能

M16C/62A の周辺機能を以下の図にまとめました。(図 2-3)

このテキストでは、入出力ポートについてだけ説明しますが、その他にタイマなど多くの機能を持っています。使用する場合は、ユーザーズマニュアルの各項目をお読みください。

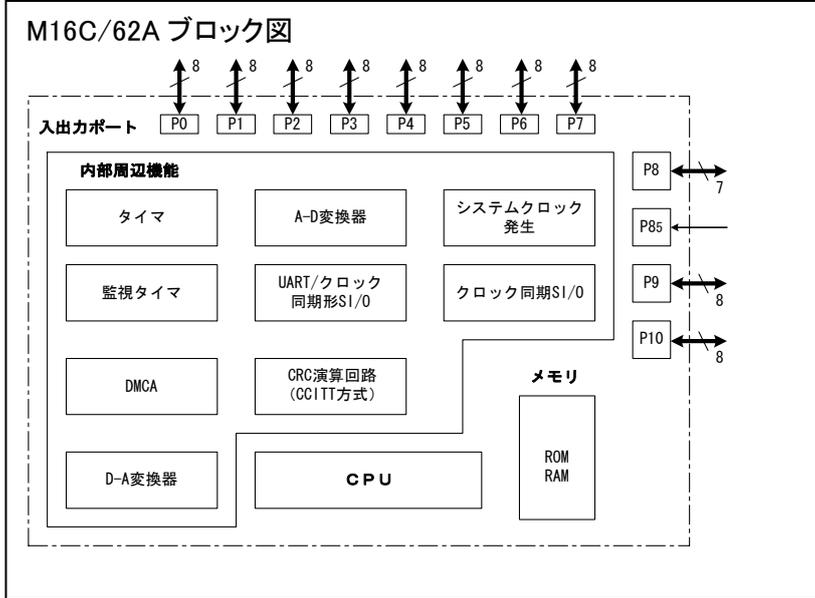


図 6-3

### 6.1.3.メモリマップ

メモリ配置図を示します。(図 2-4)アドレス空間は 00000h から FFFFFh までの1Mバイトあります。

M30620FCAFP は、シングルチップモード、メモリ拡張ノード、マイクロプロセッサモードの 3 つのモードを持ち、メモリ拡張も可能です。

しかし OAKS16 ではシングルチップモードのみサポートしておりますので、ここではシングルチップモードのメモリマップについてだけ説明します。

**SFR(スペシャルファンクションレジスタ)領域:**ここには、CPU のモードや周辺機能の制御の為のレジスタが集められています。

**内部 RAM:**M30620FCAFP では 10K バイトの SRAM が使われています。

**内部 ROM:**M30620FCAFP では 125K バイトのフラッシュメモリが使われています。内部 ROM の一部(FFFDCh~FFFFFh)は、固定ベクタアドレスとなっており、割り込み発生時に実行するプログラムの先頭アドレスを格納するようになっています。(図 2-5)

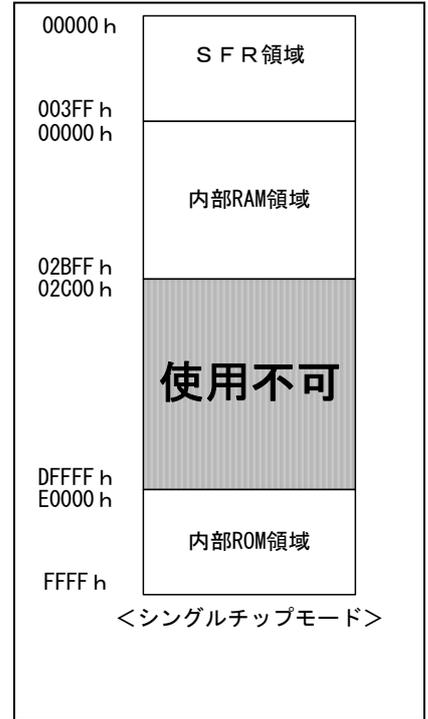


図 6-4

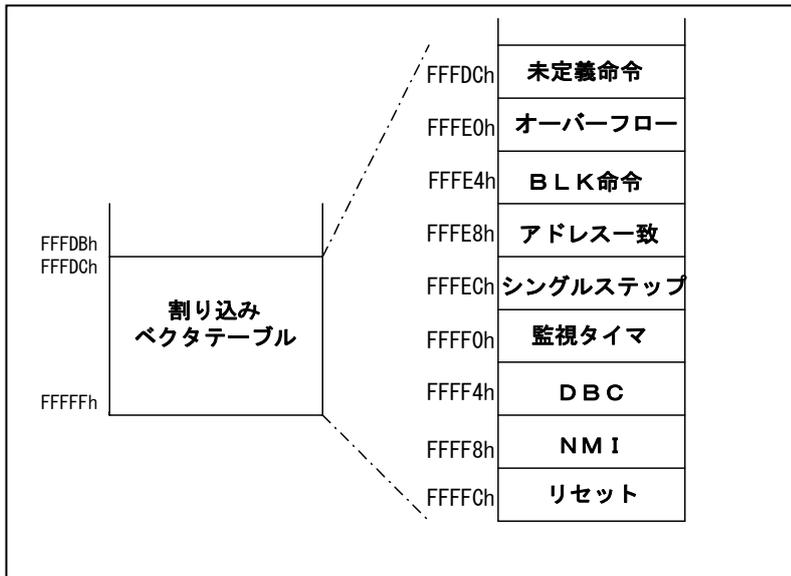


図 6-5



0340 <sub>16</sub>	タイマB3,4,5カウント開始フラグ(TBSR)
0341 <sub>16</sub>	
0342 <sub>16</sub>	タイマA1-1レジスタ(TA11)
0343 <sub>16</sub>	
0344 <sub>16</sub>	タイマA2-1レジスタ(TA21)
0345 <sub>16</sub>	
0346 <sub>16</sub>	タイマA4-1レジスタ(TA41)
0347 <sub>16</sub>	
0348 <sub>16</sub>	三相PWM制御レジスタ0(INVC0)
0349 <sub>16</sub>	三相PWM制御レジスタ1(INVC1)
034A <sub>16</sub>	三相出力バッファレジスタ0(IDB0)
034B <sub>16</sub>	三相出力バッファレジスタ1(IDB1)
034C <sub>16</sub>	短絡防止タイマ(DTT)
034D <sub>16</sub>	タイマB2割り込み発生頻度設定カウンタ(ICTB2)
034E <sub>16</sub>	
034F <sub>16</sub>	
0350 <sub>16</sub>	
0351 <sub>16</sub>	タイマB3レジスタ(TB3)
0352 <sub>16</sub>	
0353 <sub>16</sub>	タイマB4レジスタ(TB4)
0354 <sub>16</sub>	
0355 <sub>16</sub>	タイマB5レジスタ(TB5)
0356 <sub>16</sub>	
0357 <sub>16</sub>	
0358 <sub>16</sub>	
0359 <sub>16</sub>	
035A <sub>16</sub>	
035B <sub>16</sub>	タイマB3モードレジスタ(TB3MR)
035C <sub>16</sub>	タイマB4モードレジスタ(TB4MR)
035D <sub>16</sub>	タイマB5モードレジスタ(TB5MR)
035E <sub>16</sub>	
035F <sub>16</sub>	割り込み要因選択レジスタ(IFSR)
0360 <sub>16</sub>	SI/O3送受信レジスタ(S3TRR)
0361 <sub>16</sub>	
0362 <sub>16</sub>	SI/O3制御レジスタ(S3C)
0363 <sub>16</sub>	SI/O3転送速度レジスタ(S3BRG)
0364 <sub>16</sub>	SI/O4送受信レジスタ(S4TRR)
0365 <sub>16</sub>	
0366 <sub>16</sub>	SI/O4制御レジスタ(S4C)
0367 <sub>16</sub>	SI/O4転送速度レジスタ(S4BRG)
0368 <sub>16</sub>	
0369 <sub>16</sub>	
036A <sub>16</sub>	
036B <sub>16</sub>	
036C <sub>16</sub>	
036D <sub>16</sub>	
036E <sub>16</sub>	
036F <sub>16</sub>	
0370 <sub>16</sub>	
0371 <sub>16</sub>	
0372 <sub>16</sub>	
0373 <sub>16</sub>	
0374 <sub>16</sub>	
0375 <sub>16</sub>	UART2特殊モードレジスタ3(U2SMR3)
0376 <sub>16</sub>	UART2特殊モードレジスタ2(U2SMR2)
0377 <sub>16</sub>	UART2特殊モードレジスタ(U2SMR)
0378 <sub>16</sub>	UART2送受信モードレジスタ(U2MR)
0379 <sub>16</sub>	UART2転送速度レジスタ(U2BRG)
037A <sub>16</sub>	UART2送信バッファレジスタ(U2TB)
037B <sub>16</sub>	
037C <sub>16</sub>	UART2送受信制御レジスタ0(U2C0)
037D <sub>16</sub>	UART2送受信制御レジスタ1(U2C1)
037E <sub>16</sub>	UART2受信バッファレジスタ(U2RB)
037F <sub>16</sub>	

0380 <sub>16</sub>	カウント開始フラグ(TABSR)
0381 <sub>16</sub>	時計用プリスケアラリセットフラグ(CPSRF)
0382 <sub>16</sub>	ワンショット開始フラグ(ONSF)
0383 <sub>16</sub>	トリガ選択レジスタ(TRGSR)
0384 <sub>16</sub>	アップダウンフラグ(UDF)
0385 <sub>16</sub>	
0386 <sub>16</sub>	タイマA0レジスタ(TA0)
0387 <sub>16</sub>	
0388 <sub>16</sub>	タイマA1レジスタ(TA1)
0389 <sub>16</sub>	
038A <sub>16</sub>	タイマA2レジスタ(TA2)
038B <sub>16</sub>	
038C <sub>16</sub>	タイマA3レジスタ(TA3)
038D <sub>16</sub>	
038E <sub>16</sub>	タイマA4レジスタ(TA4)
038F <sub>16</sub>	
0390 <sub>16</sub>	タイマB0レジスタ(TB0)
0391 <sub>16</sub>	
0392 <sub>16</sub>	タイマB1レジスタ(TB1)
0393 <sub>16</sub>	
0394 <sub>16</sub>	タイマB2レジスタ(TB2)
0395 <sub>16</sub>	
0396 <sub>16</sub>	タイマA0モードレジスタ(TA0MR)
0397 <sub>16</sub>	タイマA1モードレジスタ(TA1MR)
0398 <sub>16</sub>	タイマA2モードレジスタ(TA2MR)
0399 <sub>16</sub>	タイマA3モードレジスタ(TA3MR)
039A <sub>16</sub>	タイマA4モードレジスタ(TA4MR)
039B <sub>16</sub>	タイマB0モードレジスタ(TB0MR)
039C <sub>16</sub>	タイマB1モードレジスタ(TB1MR)
039D <sub>16</sub>	タイマB2モードレジスタ(TB2MR)
039E <sub>16</sub>	
039F <sub>16</sub>	
03A0 <sub>16</sub>	UART0送受信モードレジスタ(U0MR)
03A1 <sub>16</sub>	UART0転送速度レジスタ(U0BRG)
03A2 <sub>16</sub>	UART0送信バッファレジスタ(U0TB)
03A3 <sub>16</sub>	
03A4 <sub>16</sub>	UART0送受信制御レジスタ0(U0C0)
03A5 <sub>16</sub>	UART0送受信制御レジスタ1(U0C1)
03A6 <sub>16</sub>	UART0受信バッファレジスタ(U0RB)
03A7 <sub>16</sub>	
03A8 <sub>16</sub>	UART1送受信モードレジスタ(U1MR)
03A9 <sub>16</sub>	UART1転送速度レジスタ(U1BRG)
03AA <sub>16</sub>	UART1送信バッファレジスタ(U1TB)
03AB <sub>16</sub>	
03AC <sub>16</sub>	UART1送受信制御レジスタ0(U1C0)
03AD <sub>16</sub>	UART1送受信制御レジスタ1(U1C1)
03AE <sub>16</sub>	UART1受信バッファレジスタ(U1RB)
03AF <sub>16</sub>	
03B0 <sub>16</sub>	UART送受信制御レジスタ2(UCON)
03B1 <sub>16</sub>	
03B2 <sub>16</sub>	
03B3 <sub>16</sub>	
03B4 <sub>16</sub>	
03B5 <sub>16</sub>	
03B6 <sub>16</sub>	フラッシュメモリ制御レジスタ1(FMR1)(注1)
03B7 <sub>16</sub>	フラッシュメモリ制御レジスタ0(FMR0)(注1)
03B8 <sub>16</sub>	DMA0要因選択レジスタ(DM0SL)
03B9 <sub>16</sub>	
03BA <sub>16</sub>	DMA1要因選択レジスタ(DM1SL)
03BB <sub>16</sub>	
03BC <sub>16</sub>	
03BD <sub>16</sub>	CRCデータレジスタ(CRCD)
03BE <sub>16</sub>	CRCインプットレジスタ(CRCIN)
03BF <sub>16</sub>	

注1. このレジスタはフラッシュメモリ版にのみ存在します。

注2. SFR領域のうち、何も配置されていない領域は予約領域です。読み出しおよび書き込みを行わないでください。

03C0 <sub>16</sub>	A-Dレジスタ0(AD0)
03C1 <sub>16</sub>	
03C2 <sub>16</sub>	A-Dレジスタ1(AD1)
03C3 <sub>16</sub>	
03C4 <sub>16</sub>	A-Dレジスタ2(AD2)
03C5 <sub>16</sub>	
03C6 <sub>16</sub>	A-Dレジスタ3(AD3)
03C7 <sub>16</sub>	
03C8 <sub>16</sub>	A-Dレジスタ4(AD4)
03C9 <sub>16</sub>	
03CA <sub>16</sub>	A-Dレジスタ5(AD5)
03CB <sub>16</sub>	
03CC <sub>16</sub>	A-Dレジスタ6(AD6)
03CD <sub>16</sub>	
03CE <sub>16</sub>	A-Dレジスタ7(AD7)
03CF <sub>16</sub>	
03D0 <sub>16</sub>	
03D1 <sub>16</sub>	
03D2 <sub>16</sub>	
03D3 <sub>16</sub>	
03D4 <sub>16</sub>	A-D制御レジスタ2(ADCON2)
03D5 <sub>16</sub>	
03D6 <sub>16</sub>	A-D制御レジスタ0(ADCON0)
03D7 <sub>16</sub>	A-D制御レジスタ1(ADCON1)
03D8 <sub>16</sub>	D-Aレジスタ0(DA0)
03D9 <sub>16</sub>	
03DA <sub>16</sub>	D-Aレジスタ1(DA1)
03DB <sub>16</sub>	
03DC <sub>16</sub>	D-A制御レジスタ(DACON)
03DD <sub>16</sub>	
03DE <sub>16</sub>	
03DF <sub>16</sub>	
03E0 <sub>16</sub>	ポートP0レジスタ(P0)
03E1 <sub>16</sub>	ポートP1レジスタ(P1)
03E2 <sub>16</sub>	ポートP0方向レジスタ(PD0)
03E3 <sub>16</sub>	ポートP1方向レジスタ(PD1)
03E4 <sub>16</sub>	ポートP2レジスタ(P2)
03E5 <sub>16</sub>	ポートP3レジスタ(P3)
03E6 <sub>16</sub>	ポートP2方向レジスタ(PD2)
03E7 <sub>16</sub>	ポートP3方向レジスタ(PD3)
03E8 <sub>16</sub>	ポートP4レジスタ(P4)
03E9 <sub>16</sub>	ポートP5レジスタ(P5)
03EA <sub>16</sub>	ポートP4方向レジスタ(PD4)
03EB <sub>16</sub>	ポートP5方向レジスタ(PD5)
03EC <sub>16</sub>	ポートP6レジスタ(P6)
03ED <sub>16</sub>	ポートP7レジスタ(P7)
03EE <sub>16</sub>	ポートP6方向レジスタ(PD6)
03EF <sub>16</sub>	ポートP7方向レジスタ(PD7)
03F0 <sub>16</sub>	ポートP8レジスタ(P8)
03F1 <sub>16</sub>	ポートP9レジスタ(P9)
03F2 <sub>16</sub>	ポートP8方向レジスタ(PD8)
03F3 <sub>16</sub>	ポートP9方向レジスタ(PD9)
03F4 <sub>16</sub>	ポートP10レジスタ(P10)
03F5 <sub>16</sub>	
03F6 <sub>16</sub>	ポートP10方向レジスタ(PD10)
03F7 <sub>16</sub>	
03F8 <sub>16</sub>	
03F9 <sub>16</sub>	
03FA <sub>16</sub>	
03FB <sub>16</sub>	
03FC <sub>16</sub>	ブルアップ制御レジスタ0(PUR0)
03FD <sub>16</sub>	ブルアップ制御レジスタ1(PUR1)
03FE <sub>16</sub>	ブルアップ制御レジスタ2(PUR2)
03FF <sub>16</sub>	ポート制御レジスタ(PCR)

注1. SFR領域のうち、何も配置されていない領域は予約領域です。読み出しおよび書き込みを行わないでください。

### 6.1.4.リセット

M16C/62A をリセット状態にする為には、ハード的にリセット信号を入力する方法と、ソフトウェアによりリセットする方法があります。通常のマイコンのシステムでは、『パワーONリセット』といいい電源投入時にマイコンの動作が安定するまでリセット状態を保ち、その後リセットを解除しマイコンの動作を開始するというような回路を組みます。OAKS16 では、電源投入時と SW1 を押したときにリセットがかかるように設計されています。

#### M16C/62A のリセット解除後の状態

- ① SFR の一部は、決まった値にセットされます。その設定を変更したい場合には、プログラムの中で設定していかなければなりません。方法については『4.OAKS16 のプログラミング』の中で説明していきます。
- ② リセットが解除された後、リセットベクタテーブルに示されている番地からプログラムを実行します。

リセット時の詳細は、ユーザーズマニュアルp1-15 リセットについての記述を参照して下さい。

### 6.1.5.M16C の基本動作

以下に M16C の簡単な動作を示します。

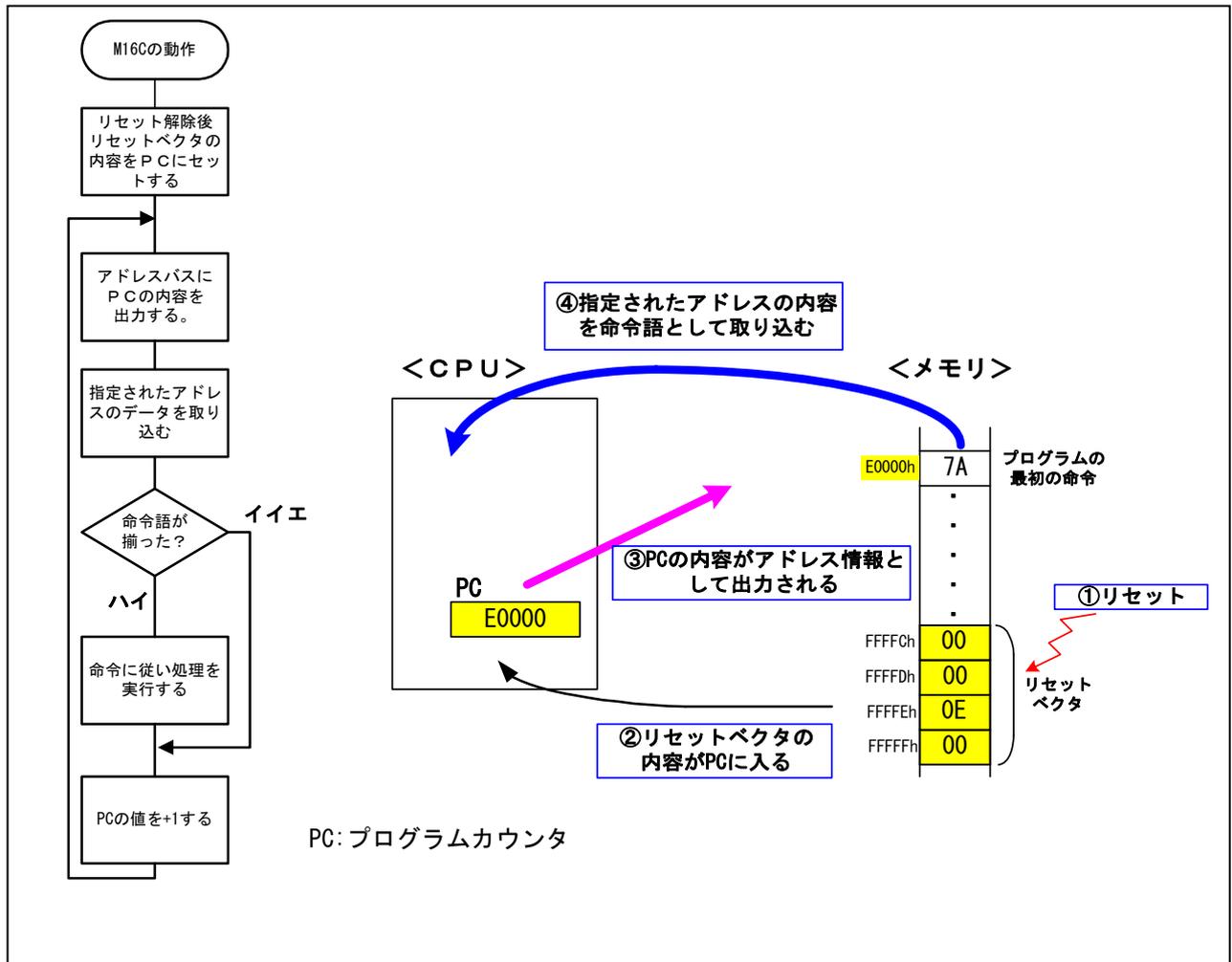


図 6-6

## 6.2.OAKS16 で開発するということ

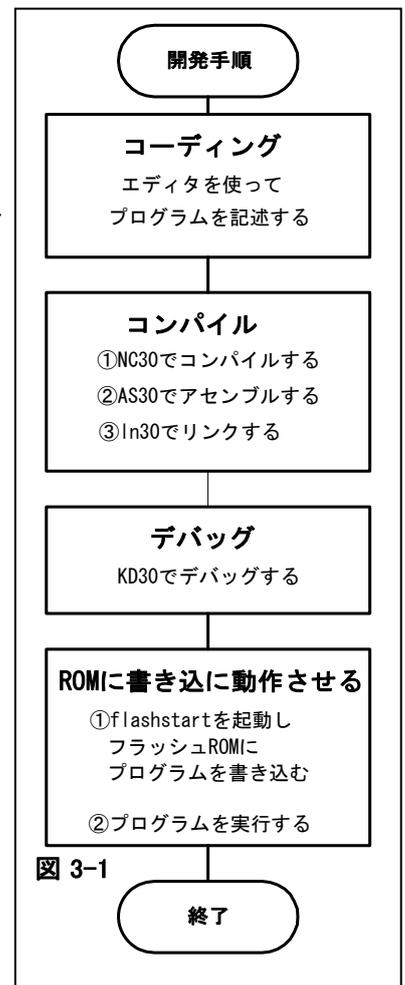
プログラム開発は、プログラムを書いて実行するだけではありません。プログラムが、一度で仕様通りに動くことはまれで、ほとんどの場合、思うように動作してくれないものです。そこで、その原因を調べる作業を行なう必要が出てきます。この作業を**デバッグ**といいます。(バグとは虫を意味し、プログラムの中のバグを探すことです。)

デバッグは全てのマイコン開発に必要な作業ですが、この作業を行なう為のツールをデバuggと呼びます。デバuggの代表は、ICE(インサーキットエミュレータ)ですが、メーカーで出しているこのツールはとても高価なので、OAKS16 で使用しているような簡易デバugg(モニタデバugg)が多く使われるようになりました。このモニタデバuggは、パソコン側とターゲット側の両方にデバugg用のプログラムが存在し、その間で通信を行ないながら、プログラムを実行したり、メモリの内容を参照したりするものです。このデバuggは、開発者が作成するプログラムと、デバugg用のモニタプログラムが同じシステムのメモリに存在しますので、最初は少し戸惑われるかと思いますが、慣れてしまえば結構役に立つツールです。

### 6.2.1.OAKS16 の開発手順

まず、OAKS16 を使ったプログラムの開発手順を示します。この一連の作業は、TMで操作できます。TMを使用すると開発に必要な各ツール(ソフトウェア)を共通のツールバーから起動でき、開発作業がスムーズに行なえます。操作の詳細は『OAKS16 でTMをお使いになる方のために』を参照して下さい。

- ①**コーディング** : エディタ(テキストエディタ)を起動し、プログラムを記述します。このテキストでは、基本的にはC言語で記述します。しかし、後で詳しく説明しますが、M16Cの開発をする場合、全てのプログラムをC言語で記述することができません。M16Cの初期設定の部分だけ、アセンブリ言語で記述します。
- ②**コンパイル** : 詳しくは、**コンパイル**、**アセンブル**、**リンク**の作業を含みます。C言語で記述したプログラムは、コンパイラ(NC30)でアセンブリ言語のプログラムに変換(コンパイル)します。その後、アセンブラ(AS30)でリロケータブルオブジェクトファイル(再配置可能な機械語ファイル)に変換(**アセンブル**)します。アセンブリ言語で書いたプログラムは、アセンブラ(AS30)でリロケータブルファイルに変換します。そしてリンク(LN30)を起動して、すべてのリロケータブルオブジェクトファイルをまとめてアドレスを決定し、一つの絶対オブジェクトファイル(実行ファイル)にします。(リンク)
- ③**デバッグ** : デバugg(KD30)を使ってプログラムの動作を確認します。仕様通りの動作をしない場合、GO-BREAK、メモリ参照などの機能を使って原因を突き止めます。そして再びエディタを起動してプログラムを修正し、コンパイルし、デバッグの作業を行ないます。
- ④**ROMに書き込み** : デバugg上で仕様通りプログラムが動いたら、フラッシュROMライター(flashstart)でフラッシュROMにプログラムを書き込み、動作させます。ここで、仕様通りに動けば開発終了です。OAKS16ではデバuggで動かすファイルと、フラッシュROMライターで書き込むためのファイルが異なるので、ここでファイルの変換作業を行います。詳しい手順は、『OAKS16でTMをお使いになる方のために』を参照して下さい。



## 6.2.2.メモリマップ

これは、OAKS16のメモリマップです。前の章で説明したM3062FPAFPのメモリマップを思い出してください。その中の、RAM領域の一部と、ROM領域の一部をモニタが使用します。いままで、主流だったオンボード用のデバッガでは、ROMにモニタプログラムが入れてあり、ユーザプログラムは、RAM上に展開されていました。OAKS16では、フラッシュメモリを使っている為、ROM領域にプログラムを書き込んでデバッグができます。

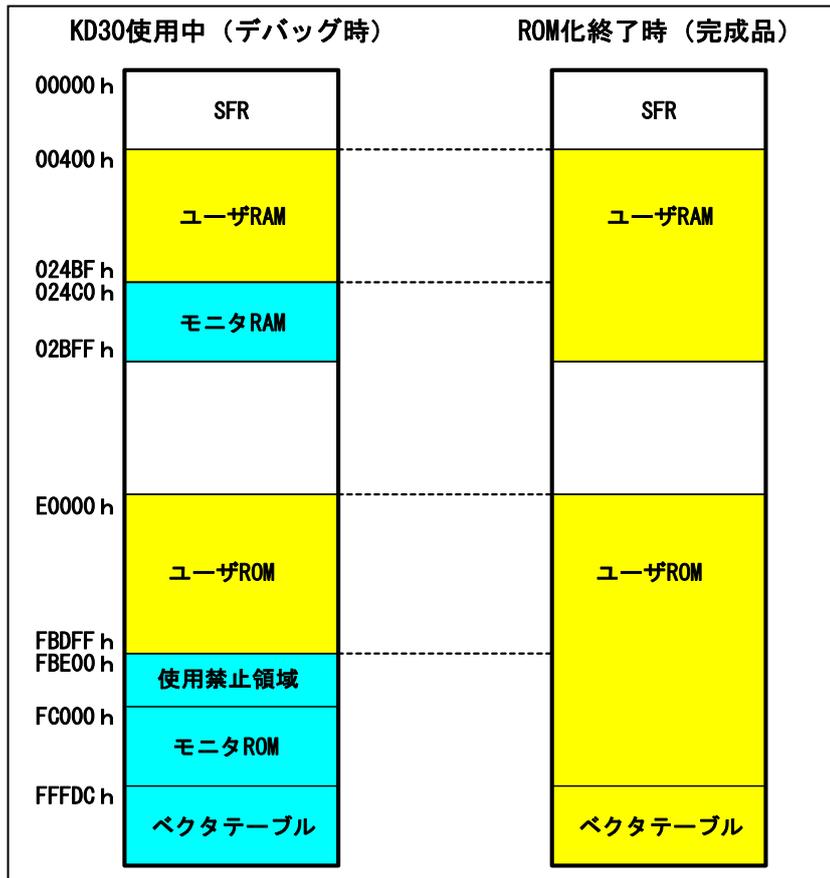


図 3-2

### 6.2.2.1.デバッグ時

まず、デバッグ時のメモリマップを見てください。モニタプログラムが、RAM、ROMの一部を使用しています。そのため、ユーザ使用領域は、RAMの0400H～024BH番地まで、ROMのE0000H番地からFBDFFH番地までになります。

M16C/62Aでは、リセット解除後(マイコンの動作スタート時)リセットベクタ(FFFFCH～FFFFF)で示されるアドレスからプログラムを実行します。しかし、デバッグ中は、KD30を操作することによりプログラムを実行します。方法としては、まず、パソコンのKD30画面上でプログラムカウンタの値(実行スタートアドレス)を設定します。そして『GO』コマンドを実行することでプログラムを動かします。プログラムの書き込みは、KD30のプログラムダウンロード機能により行ないます。

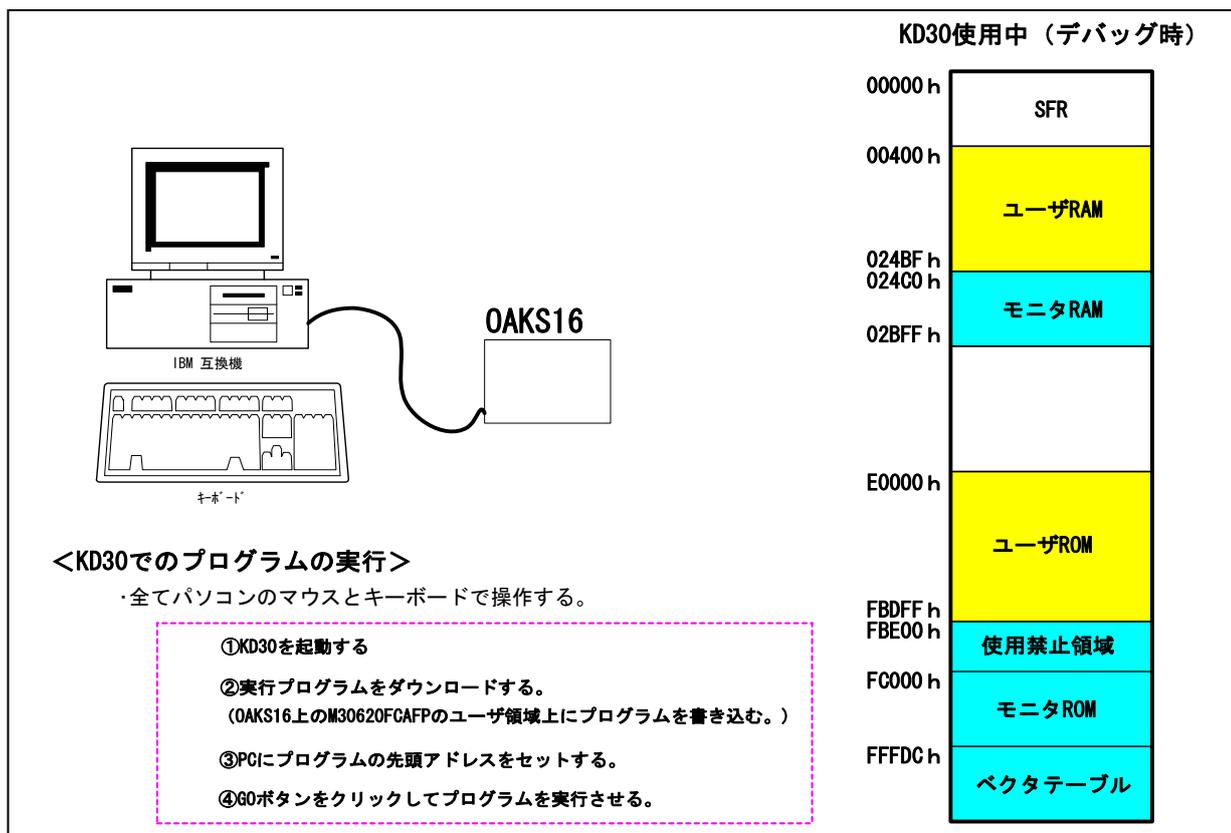


図 3-3

### 6.2.2.2.ROM 書き込み時

デバッグが終了したら、今度は、フラッシュメモリにプログラムを直接書き込み、パソコンとのケーブルをはずし、OAKS16 単体で動作させます。

この場合のプログラムの書き込みは、KD30 ではできません。フラッシュメモリ書き込み用のソフト『flashstart』を起動します。『flashstart』は、M16C/62AのブートROMに書かれているプログラムを使用します。(ブートROMに通信用のプログラムが入っています)ブートROMは、通常使用しているユーザROMの他に、8Kバイトのメモリで、出荷時に標準入出力モードでの書き換えプログラムが格納されています。ブートROMはある条件を満たしたときだけ使用できます。(条件:P5<sub>5</sub>端子“L”、CNV<sub>SS</sub>端子“H”、P5<sub>0</sub>端子“H”としてリセットを解除)

そのため、フラッシュメモリに書き込む前(『フラッシュスタート』を起動する前)には、CPUボードのJ1 コネクタをショートします。これによりCNV<sub>SS</sub>端子が“H”になります。P5<sub>5</sub>端子“L”、P5<sub>0</sub>端子“H”はOAKS16 のCPUボードですでに結線されています。(回路図参照のこと)

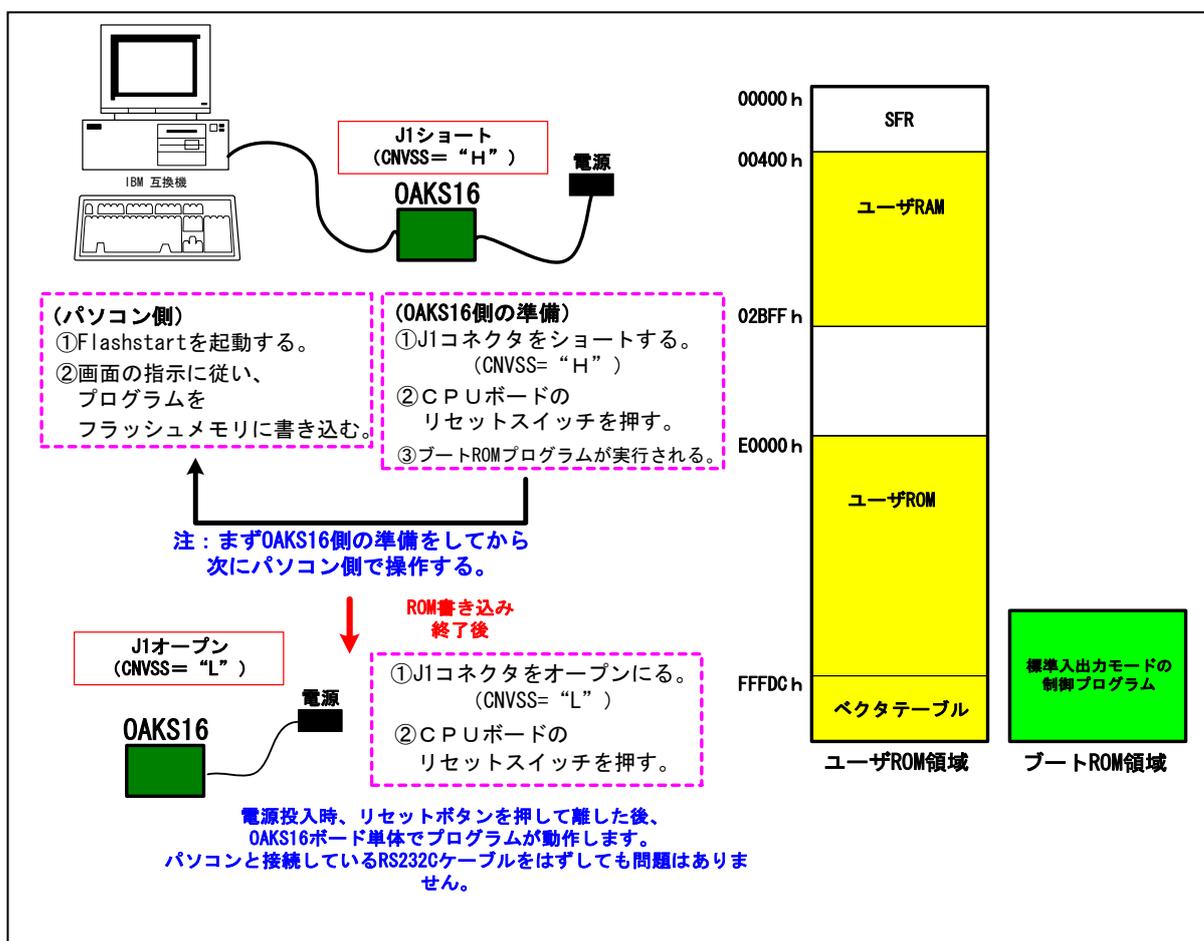


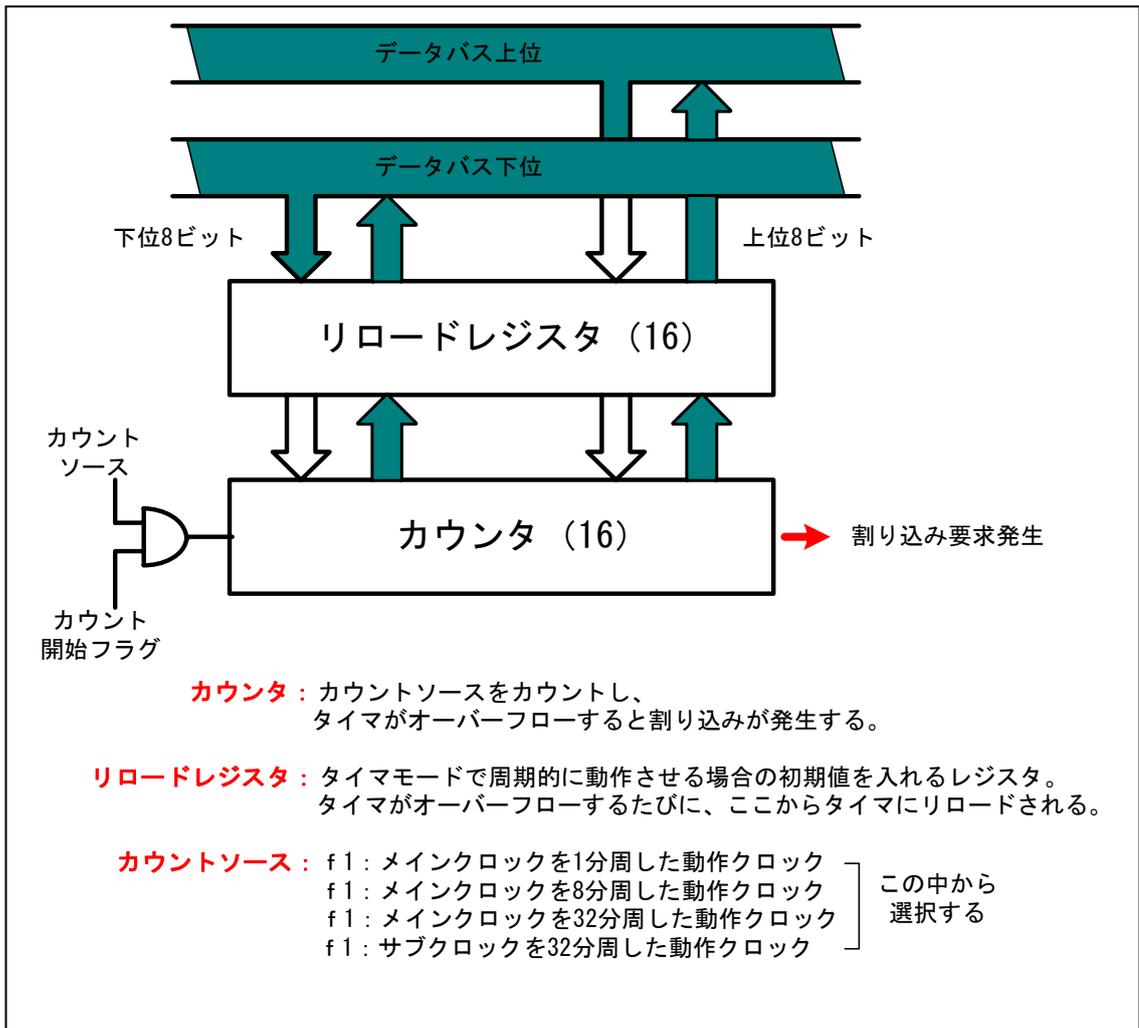
図 3-4

Flashstartでプログラムを書き込んだ後は、再び、CPUボードのJ1コネクタをオープンにして、CPUボードのリセットスイッチを押します。スイッチを離すと、作成したプログラムが単体で動作して、OAKS16を制御します。

### 6.3.M16Cのタイマ

マイコン制御で時間を計測する為にはタイマを使用します。タイマの基本機能は基準になるクロックやパルスをカウントすることです。OAKS16 に搭載されている M30620FCAFP は、16 ビットタイマを 11 本内蔵しています。11 本のタイマは、持っている機能によってタイマ A(5 本)とタイマ B(6 本)の 2 種類に分類できます。

#### タイマA0の構成



## 6.4.M16CのA/D

アナログトゥーデジタルコンバータ(AD)はアナログ量をデジタル量に変換します。M16CのA/Dは10ビット分解能と8ビット分解能が選択できます。10ビットでは最大1111111111Bまで表現でき、10進数に直すと1023です。0から1023まで表現できるわけです。電圧が5Vの場合、1ビットの重みは $5/1023=4.88758\cdots\text{mV}$ となります。

### < A-D変換方法 >

M16CのA-D変換器は、逐次比較レジスタの内容に従って内部で生成される比較電圧(Vref)と、アナログ入力端子から入力されるアナログ入力電圧(VIN)を比較し、その結果を逐次比較レジスタに反映することによって、VINをデジタル値に変換します(逐次比較変換方式)。トリガが発生すると、A-D変換器は以下の処理を行います。

#### 1. 逐次比較レジスタのビット9の確定

VrefとVINを比較します。このときの逐次比較レジスタの内容は、“1000000002”(初期値)です。

比較結果によって逐次比較レジスタのビット9は以下のように変化します。

Vref<VINならば、ビット9は“1”

Vref>VINならば、ビット9は“0”

#### 2. 逐次比較レジスタのビット8の確定

逐次比較レジスタのビット8を“1”にした後、VrefとVINを比較します。

比較結果によって逐次比較レジスタのビット8は以下のように変化します。

Vref<VINならば、ビット8は“1”

Vref>VINならば、ビット8は“0”

#### 3. 逐次比較レジスタのビット7~0の確定

上記2の動作をビット7~0に対して行います。

ビット0が確定すると、逐次比較レジスタの内容(変換結果)はA-Dレジスタiに転送されます。Vrefは最新の逐次比較レジスタの内容に従って生成されます。表1に逐次比較レジスタの内容とVrefの関係を示します。また、表2にA-D変換中の逐次比較レジスタとVrefの変化を、図1に理論的A-D変換特性を示します。

このように10ビット分、10回比較して10ビットの値を決定します。

表2. A-D変換中の逐次比較レジスタとVrefの変化(10ビットモード時)

	逐次比較レジスタの変化	Vrefの変化
A-D変換器停止状態	b9 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">1 0 0 0 0 0 0 0 0 0</span> b0	$\frac{V_{REF}}{2}$ [V]
1回目比較	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">1 0 0 0 0 0 0 0 0 0</span>	$\frac{V_{REF}}{2} - \frac{V_{REF}}{2048}$ [V]
↓		
2回目比較	n9 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">1 0 0 0 0 0 0 0 0 0</span>	$\frac{V_{REF}}{2} \pm \frac{V_{REF}}{4} - \frac{V_{REF}}{2048}$ [V] $\left( \begin{array}{l} n_9 = 1 \text{ の場合 } + \frac{V_{REF}}{4} \\ n_9 = 0 \text{ の場合 } - \frac{V_{REF}}{4} \end{array} \right)$
↓	↑ 1回目の比較結果	
3回目比較	n9 n8 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">1 0 0 0 0 0 0 0 0 0</span>	$\frac{V_{REF}}{2} \pm \frac{V_{REF}}{4} \pm \frac{V_{REF}}{8} - \frac{V_{REF}}{2048}$ [V] $\left( \begin{array}{l} n_8 = 1 \text{ の場合 } + \frac{V_{REF}}{8} \\ n_8 = 0 \text{ の場合 } - \frac{V_{REF}}{8} \end{array} \right)$
↓	↑ 2回目の比較結果	
⋮	⋮	⋮
↓		
10回目比較	n9 n8 n7 n6 n5 n4 n3 n2 n1 0	$\frac{V_{REF}}{2} \pm \frac{V_{REF}}{4} \pm \frac{V_{REF}}{8} \pm \dots \pm \frac{V_{REF}}{1024} - \frac{V_{REF}}{2048}$ [V]
↓		
変換終了	n9 n8 n7 n6 n5 n4 n3 n2 n1 n0 このデータがA-Dレジスタのビット0～ビット9に入ります	

### 6.5.OAKS16-sensorLABO のポート割り当て

ポート	機能
P10_0(AN0)	右フォトセンサ
P10_1(AN1)	前フォトセンサ
P10_2(AN2)	左フォトセンサ
P7_4(TA2OUT)	右モータ速度制御用 PWM 出力
P7_6(TA3OUT)	左モータ速度制御用 PWM 出力
P1_0	右モータ回転方向制御
P1_1	右モータブレーキ制御
P3_0	左モータ回転方向制御
P3_1	左モータブレーキ制御

機能ブロック動作説明

M16C/62Aグループは、次のような装置をシングルチップ内に収めています。命令またはデータを記憶するためのメモリであるROMとRAM、演算を実行するための中央演算処理装置、そして、タイマ、シリアルI/O、D-A変換器、DMAC、CRC演算回路、A-D変換器、入出力ポートなどの周辺装置です。

次に各装置について説明します。

メモリ

メモリ配置図を図1.3.1に示します。アドレス空間は00000<sub>16</sub>番地からFFFFFF<sub>16</sub>番地までの1Mバイトあります。

FFFFFF<sub>16</sub>番地から番地の小さい方向にROMが配置されています。例えばM30622MCA-XXXFPでは、E0000<sub>16</sub>番地からFFFFFF<sub>16</sub>番地まで128Kバイトの内部ROMが配置されています。

FFFDC<sub>16</sub>番地からFFFFFF<sub>16</sub>番地はリセットおよびNMIなどの固定割り込みベクタテーブルの番地で、ここに割り込みルーチンの先頭アドレスを格納します。また、タイマ割り込みなどのベクタテーブルの番地は、内部レジスタ(INTB)により任意に設定することができます。詳細は割り込みの項を参照してください。

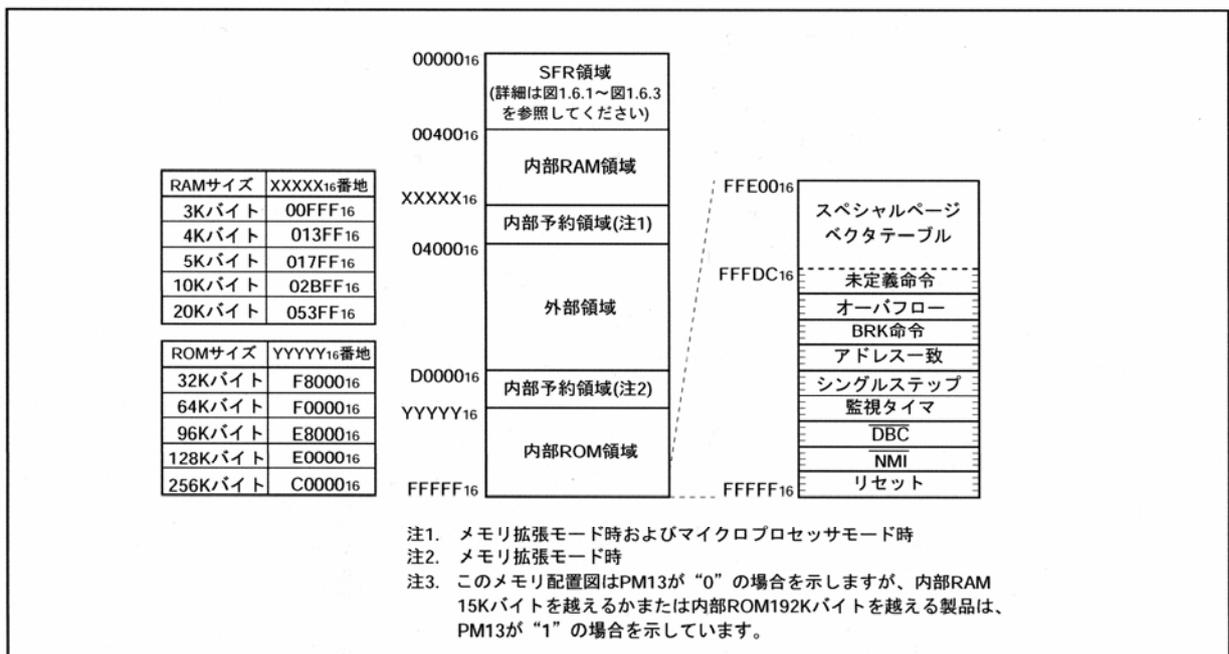
00400<sub>16</sub>番地から番地の大きい方向にRAMが配置されています。例えばM30622MCA-XXXFPでは、00400<sub>16</sub>番地から017FF<sub>16</sub>番地まで5Kバイトの内部RAMが配置されています。RAMはデータ格納以外にサブルーチン呼び出しや、割り込み時のスタックとしても使用します。

00000<sub>16</sub>番地から003FF<sub>16</sub>番地は入出力ポート、A-D変換器、シリアルI/O、タイマなどの周辺装置の制御レジスタが割り付けられているSFR領域です。図1.6.1～図1.6.3に周辺装置制御レジスタの配置を示します。SFR領域のうち何も配置されていない領域はすべて予約領域となっており、使用することができません。

FFE00<sub>16</sub>番地からFFFDB<sub>16</sub>番地はスペシャルページベクタテーブルで、ここにサブルーチンの先頭番地またはジャンプ先の番地を格納すれば、サブルーチンコール命令やジャンプ命令を2バイトで使用でき、プログラムステップ数の節減に役立ちます。

メモリ拡張モード時またはマイクロプロセッサモード時、一部の領域は内部予約領域となっており使用できません。例えばM30622MCA-XXXFPでは、次の領域は使用できません。

- ・01800<sub>16</sub>番地から03FFF<sub>16</sub>番地(メモリ拡張モード時およびマイクロプロセッサモード時)
- ・D0000<sub>16</sub>番地からDFFFF<sub>16</sub>番地(メモリ拡張モード時)



注1. メモリ拡張モード時およびマイクロプロセッサモード時  
 注2. メモリ拡張モード時  
 注3. このメモリ配置図はPM13が“0”の場合を示しますが、内部RAM 15Kバイトを越えるかまたは内部ROM192Kバイトを越える製品は、PM13が“1”の場合を示しています。

図1.3.1. メモリ配置図

## 中央演算処理装置

中央演算処理装置には図1.4.1に示す13個のレジスタがあります。これらのうち、R0,R1,R2,R3,A0,A1,FBの7個は2セットあり、2つのレジスタバンクを構成しています。

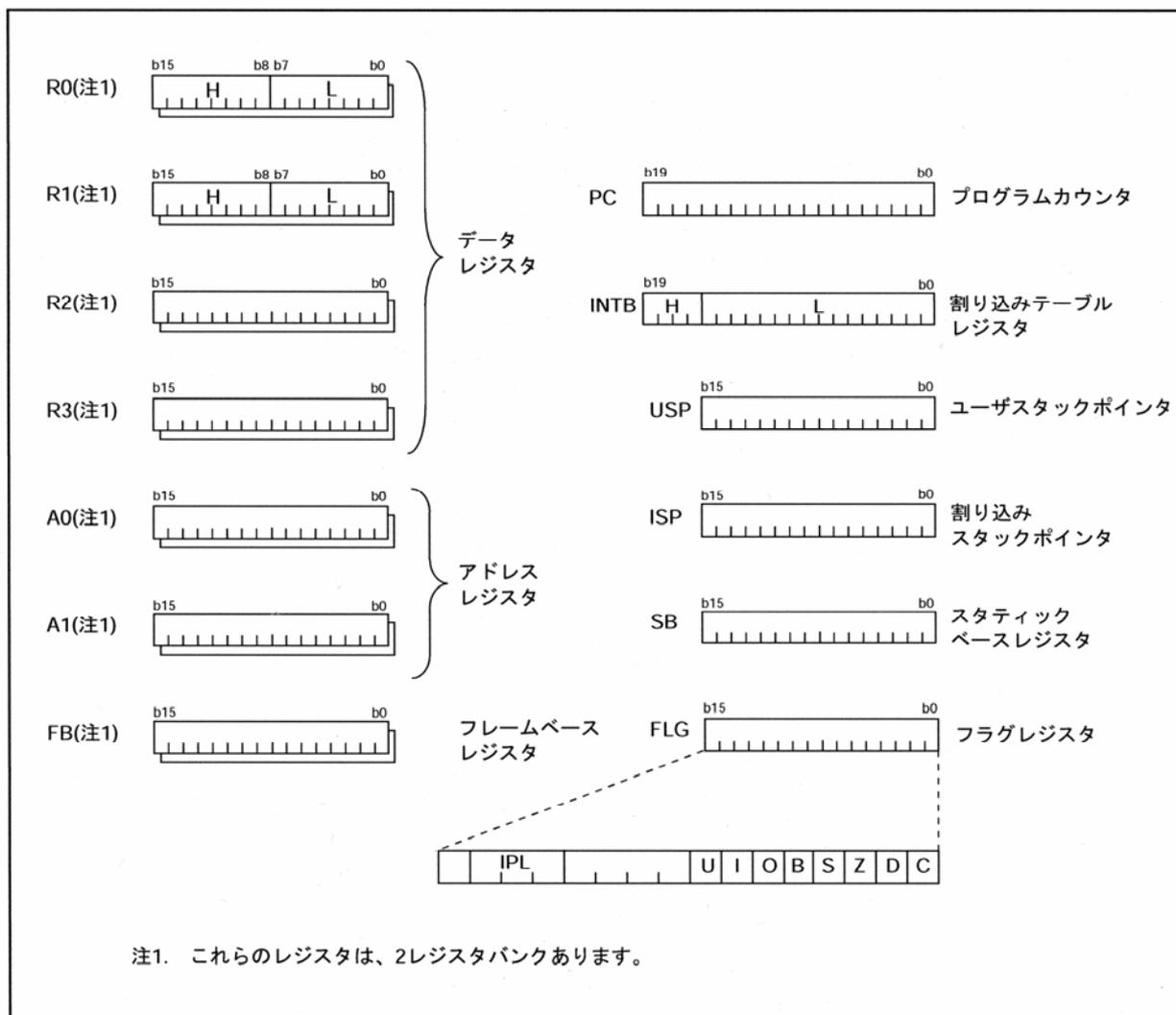


図1.4.1. 中央演算処理装置のレジスタ構成

### (1) データレジスタ (R0/R0H/R0L/R1/R1H/R1L/R2/R3)

データレジスタ(R0/R1/R2/R3)は16ビットで構成されており、主に転送や算術、論理演算に使用します。R0/1は、上位(R0H/R1H)と下位(R0L/R1L)を別々に8ビットのデータレジスタとして使用することもできます。また、一部の命令ではR2とR0、R3とR1を組合せて32ビットのデータレジスタ(R2R0/R3R1)としても使用できます。

### (2) アドレスレジスタ (A0/A1)

アドレスレジスタ(A0/A1)は16ビットで構成されており、データレジスタと同等の機能を持ちます。また、アドレスレジスタ間接アドレッシングおよびアドレスレジスタ相対アドレッシングに使用します。一部の命令ではA1とA0とを組合せて32ビットのアドレスレジスタ(A1A0)としても使用できます。

## リセット

(1) プロセッサモードレジスタ0(注1)	(000416)...	0016	(28) UART1送信割り込み制御レジスタ	(005316)...	XXXXXXXX?000
(2) プロセッサモードレジスタ1	(000516)...	000000XX0	(29) UART1受信割り込み制御レジスタ	(005416)...	XXXXXXXX?000
(3) システムクロック制御レジスタ0	(000616)...	01001000	(30) タイマA0割り込み制御レジスタ	(005516)...	XXXXXXXX?000
(4) システムクロック制御レジスタ1	(000716)...	00100000	(31) タイマA1割り込み制御レジスタ	(005616)...	XXXXXXXX?000
(5) チップセレクト制御レジスタ	(000816)...	000000001	(32) タイマA2割り込み制御レジスタ	(005716)...	XXXXXXXX?000
(6) アドレス一致割り込み許可レジスタ	(000916)...	XXXXXXXX00	(33) タイマA3割り込み制御レジスタ	(005816)...	XXXXXXXX?000
(7) プロテクトレジスタ	(000A16)...	XXXXXXXX00	(34) タイマA4割り込み制御レジスタ	(005916)...	XXXXXXXX?000
(8) 監視タイマ制御レジスタ	(000F16)...	0000????	(35) タイマB0割り込み制御レジスタ	(005A16)...	XXXXXXXX?000
(9) アドレス一致割り込みレジスタ0	(001016)...	0016	(36) タイマB1割り込み制御レジスタ	(005B16)...	XXXXXXXX?000
	(001116)...	0016	(37) タイマB2割り込み制御レジスタ	(005C16)...	XXXXXXXX?000
	(001216)...	XXXXXXXX0000	(38) INT0割り込み制御レジスタ	(005D16)...	XXXX00?000
(10) アドレス一致割り込みレジスタ1	(001416)...	0016	(39) INT1割り込み制御レジスタ	(005E16)...	XXXX00?000
	(001516)...	0016	(40) INT2割り込み制御レジスタ	(005F16)...	XXXX00?000
	(001616)...	XXXXXXXX0000	(41) タイマB3,4,5カウント開始フラグ	(034016)...	0000XXXX
(11) DMA0制御レジスタ	(002C16)...	000000?00	(42) 三相PWM制御レジスタ0	(034816)...	0016
(12) DMA1制御レジスタ	(003C16)...	000000?00	(43) 三相PWM制御レジスタ1	(034916)...	0016
(13) INT3割り込み制御レジスタ	(004416)...	XXXX00?000	(44) 三相出力バッファレジスタ0	(034A16)...	0016
(14) タイマB5割り込み制御レジスタ	(004516)...	XXXXXXXX?000	(45) 三相出力バッファレジスタ1	(034B16)...	0016
(15) タイマB4割り込み制御レジスタ	(004616)...	XXXXXXXX?000	(46) タイマB3モードレジスタ	(035B16)...	00?X0000
(16) タイマB3割り込み制御レジスタ	(004716)...	XXXXXXXX?000	(47) タイマB4モードレジスタ	(035C16)...	00?X0000
(17) SI/O4割り込み制御レジスタ	(004816)...	XXXX00?000	(48) タイマB5モードレジスタ	(035D16)...	00?X0000
(18) SI/O3割り込み制御レジスタ	(004916)...	XXXX00?000	(49) 割り込み要因選択レジスタ	(035F16)...	0016
(19) バス衝突検出割り込み制御レジスタ	(004A16)...	XXXXXXXX?000	(50) SI/O3制御レジスタ	(036216)...	4016
(20) DMA0割り込み制御レジスタ	(004B16)...	XXXXXXXX?000	(51) SI/O4制御レジスタ	(036616)...	4016
(21) DMA1割り込み制御レジスタ	(004C16)...	XXXXXXXX?000	(52) UART2特殊モードレジスタ3(注2)	(037516)...	?
(22) キー入力割り込み制御レジスタ	(004D16)...	XXXXXXXX?000	(53) UART2特殊モードレジスタ2	(037616)...	0016
(23) A-D変換割り込み制御レジスタ	(004E16)...	XXXXXXXX?000	(54) UART2特殊モードレジスタ	(037716)...	0016
(24) UART2送信割り込み制御レジスタ	(004F16)...	XXXXXXXX?000	(55) UART2送受信モードレジスタ	(037816)...	0016
(25) UART2受信割り込み制御レジスタ	(005016)...	XXXXXXXX?000	(56) UART2送受信制御レジスタ0	(037C16)...	00001000
(26) UART0送信割り込み制御レジスタ	(005116)...	XXXXXXXX?000	(57) UART2送受信制御レジスタ1	(037D16)...	00000001
(27) UART0受信割り込み制御レジスタ	(005216)...	XXXXXXXX?000			

× : このビットは何も配置されていません。  
? : 不定です。

これ以外のレジスタおよびRAMの内容はリセット時には不定ですので、初期値をセットしてください。

注1. CNV<sub>SS</sub>端子にV<sub>CC</sub>レベルを印加しているときは、リセット時0316になります。  
注2. UART2特殊モードレジスタ(037716番地)のビット7(SDDS)を“1”とした場合、0016が読み出されます。

図1.5.3. リセット解除後のマイクロコンピュータの内部状態(1)

## リセット

(58) カウント開始フラグ	(0380 <sub>16</sub> )...	00 <sub>16</sub>	(84) A-D制御レジスタ1	(03D7 <sub>16</sub> )...	00 <sub>16</sub>
(59) 時計用プリスケアラリセットフラグ	(0381 <sub>16</sub> )...	0XXXXXXXX	(85) D-A制御レジスタ	(03DC <sub>16</sub> )...	00 <sub>16</sub>
(60) ワンショット開始フラグ	(0382 <sub>16</sub> )...	00XXXX0000	(86) ポートP0方向レジスタ	(03E2 <sub>16</sub> )...	00 <sub>16</sub>
(61) トリガ選択レジスタ	(0383 <sub>16</sub> )...	00 <sub>16</sub>	(87) ポートP1方向レジスタ	(03E3 <sub>16</sub> )...	00 <sub>16</sub>
(62) アップダウンフラグ	(0384 <sub>16</sub> )...	00 <sub>16</sub>	(88) ポートP2方向レジスタ	(03E6 <sub>16</sub> )...	00 <sub>16</sub>
(63) タイマA0モードレジスタ	(0396 <sub>16</sub> )...	00 <sub>16</sub>	(89) ポートP3方向レジスタ	(03E7 <sub>16</sub> )...	00 <sub>16</sub>
(64) タイマA1モードレジスタ	(0397 <sub>16</sub> )...	00 <sub>16</sub>	(90) ポートP4方向レジスタ	(03EA <sub>16</sub> )...	00 <sub>16</sub>
(65) タイマA2モードレジスタ	(0398 <sub>16</sub> )...	00 <sub>16</sub>	(91) ポートP5方向レジスタ	(03EB <sub>16</sub> )...	00 <sub>16</sub>
(66) タイマA3モードレジスタ	(0399 <sub>16</sub> )...	00 <sub>16</sub>	(92) ポートP6方向レジスタ	(03EE <sub>16</sub> )...	00 <sub>16</sub>
(67) タイマA4モードレジスタ	(039A <sub>16</sub> )...	00 <sub>16</sub>	(93) ポートP7方向レジスタ	(03EF <sub>16</sub> )...	00 <sub>16</sub>
(68) タイマB0モードレジスタ	(039B <sub>16</sub> )...	00?XXXX000	(94) ポートP8方向レジスタ	(03F2 <sub>16</sub> )...	00XXXX0000
(69) タイマB1モードレジスタ	(039C <sub>16</sub> )...	00?XXXX000	(95) ポートP9方向レジスタ	(03F3 <sub>16</sub> )...	00 <sub>16</sub>
(70) タイマB2モードレジスタ	(039D <sub>16</sub> )...	00?XXXX000	(96) ポートP10方向レジスタ	(03F6 <sub>16</sub> )...	00 <sub>16</sub>
(71) UART0送受信モードレジスタ	(03A0 <sub>16</sub> )...	00 <sub>16</sub>	(97) ブルアップ制御レジスタ0	(03FC <sub>16</sub> )...	00 <sub>16</sub>
(72) UART0送受信制御レジスタ0	(03A4 <sub>16</sub> )...	0000010000	(98) ブルアップ制御レジスタ1(注1)	(03FD <sub>16</sub> )...	00 <sub>16</sub>
(73) UART0送受信制御レジスタ1	(03A5 <sub>16</sub> )...	0000000010	(99) ブルアップ制御レジスタ2	(03FE <sub>16</sub> )...	00 <sub>16</sub>
(74) UART1送受信モードレジスタ	(03A8 <sub>16</sub> )...	00 <sub>16</sub>	(100) ポート制御レジスタ	(03FF <sub>16</sub> )...	00 <sub>16</sub>
(75) UART1送受信制御レジスタ0	(03AC <sub>16</sub> )...	0000010000	(101) データレジスタ(R0/R1/R2/R3)		0000 <sub>16</sub>
(76) UART1送受信制御レジスタ1	(03AD <sub>16</sub> )...	0000000010	(102) アドレスレジスタ(A0/A1)		0000 <sub>16</sub>
(77) UART送受信制御レジスタ2	(03B0 <sub>16</sub> )...	XXXX000000	(103) フレームベースレジスタ(FB)		0000 <sub>16</sub>
(78) フラッシュメモリ制御レジスタ1(注2)	(03B6 <sub>16</sub> )...	?????0???	(104) 割り込みテーブルレジスタ(INTB)		00000 <sub>16</sub>
(79) フラッシュメモリ制御レジスタ0(注2)	(03B7 <sub>16</sub> )...	XXXX0000001	(105) ユーザスタックポインタ(USP)		0000 <sub>16</sub>
(80) DMA0要因選択レジスタ	(03B8 <sub>16</sub> )...	00 <sub>16</sub>	(106) 割り込みスタックポインタ(ISP)		0000 <sub>16</sub>
(81) DMA1要因選択レジスタ	(03BA <sub>16</sub> )...	00 <sub>16</sub>	(107) スタティックベースレジスタ(SB)		0000 <sub>16</sub>
(82) A-D制御レジスタ2	(03D4 <sub>16</sub> )...	00000XXXX0	(108) フラグレジスタ(FLG)		0000 <sub>16</sub>
(83) A-D制御レジスタ0	(03D6 <sub>16</sub> )...	000000???			

× : このビットは何も配置されていません。  
 ? : 不定です。  
 これ以外のレジスタおよびRAMの内容はリセット時には不定ですので、初期値をセットしてください。  
 注1. CNV<sub>SS</sub>端子にV<sub>CC</sub>レベルを印加しているときは、リセット時0<sub>216</sub>になります。  
 注2. このレジスタは、フラッシュメモリ版にのみ存在します。

図1.5.4. リセット解除後のマイクロコンピュータの内部状態(2)

0000 <sub>16</sub>		0040 <sub>16</sub>	
0001 <sub>16</sub>		0041 <sub>16</sub>	
0002 <sub>16</sub>		0042 <sub>16</sub>	
0003 <sub>16</sub>		0043 <sub>16</sub>	
0004 <sub>16</sub>	プロセッサモードレジスタ0(PM0)	0044 <sub>16</sub>	INT3割り込み制御レジスタ(INT3IC)
0005 <sub>16</sub>	プロセッサモードレジスタ1(PM1)	0045 <sub>16</sub>	タイマB5割り込み制御レジスタ(TB5IC)
0006 <sub>16</sub>	システムクロック制御レジスタ0(CM0)	0046 <sub>16</sub>	タイマB4割り込み制御レジスタ(TB4IC)
0007 <sub>16</sub>	システムクロック制御レジスタ1(CM1)	0047 <sub>16</sub>	タイマB3割り込み制御レジスタ(TB3IC)
0008 <sub>16</sub>	チップセレクト制御レジスタ(CSR)	0048 <sub>16</sub>	SI/O4割り込み制御レジスタ(S4IC)
0009 <sub>16</sub>	アドレス一致割り込み許可レジスタ(AIER)		INT5割り込み制御レジスタ(INT5IC)
000A <sub>16</sub>	プロテクトレジスタ(PRCR)	0049 <sub>16</sub>	SI/O3割り込み制御レジスタ(S3IC)
000B <sub>16</sub>			INT4割り込み制御レジスタ(INT4IC)
000C <sub>16</sub>		004A <sub>16</sub>	バス衝突検出割り込み制御レジスタ(BCNIC)
000D <sub>16</sub>		004B <sub>16</sub>	DMA0割り込み制御レジスタ(DM0IC)
000E <sub>16</sub>	監視タイマスタートレジスタ(WDTS)	004C <sub>16</sub>	DMA1割り込み制御レジスタ(DM1IC)
000F <sub>16</sub>	監視タイマ制御レジスタ(WDC)	004D <sub>16</sub>	キー入力割り込み制御レジスタ(KUPIC)
0010 <sub>16</sub>		004E <sub>16</sub>	A-D変換割り込み制御レジスタ(ADIC)
0011 <sub>16</sub>	アドレス一致割り込みレジスタ0(RMAD0)	004F <sub>16</sub>	UART2送信割り込み制御レジスタ(S2TIC)
0012 <sub>16</sub>		0050 <sub>16</sub>	UART2受信割り込み制御レジスタ(S2RIC)
0013 <sub>16</sub>		0051 <sub>16</sub>	UART0送信割り込み制御レジスタ(S0TIC)
0014 <sub>16</sub>		0052 <sub>16</sub>	UART0受信割り込み制御レジスタ(S0RIC)
0015 <sub>16</sub>	アドレス一致割り込みレジスタ1(RMAD1)	0053 <sub>16</sub>	UART1送信割り込み制御レジスタ(S1TIC)
0016 <sub>16</sub>		0054 <sub>16</sub>	UART1受信割り込み制御レジスタ(S1RIC)
0017 <sub>16</sub>		0055 <sub>16</sub>	タイマA0割り込み制御レジスタ(TA0IC)
0018 <sub>16</sub>		0056 <sub>16</sub>	タイマA1割り込み制御レジスタ(TA1IC)
0019 <sub>16</sub>		0057 <sub>16</sub>	タイマA2割り込み制御レジスタ(TA2IC)
001A <sub>16</sub>		0058 <sub>16</sub>	タイマA3割り込み制御レジスタ(TA3IC)
001B <sub>16</sub>		0059 <sub>16</sub>	タイマA4割り込み制御レジスタ(TA4IC)
001C <sub>16</sub>		005A <sub>16</sub>	タイマB0割り込み制御レジスタ(TB0IC)
001D <sub>16</sub>		005B <sub>16</sub>	タイマB1割り込み制御レジスタ(TB1IC)
001E <sub>16</sub>		005C <sub>16</sub>	タイマB2割り込み制御レジスタ(TB2IC)
001F <sub>16</sub>		005D <sub>16</sub>	INT0割り込み制御レジスタ(INT0IC)
0020 <sub>16</sub>		005E <sub>16</sub>	INT1割り込み制御レジスタ(INT1IC)
0021 <sub>16</sub>	DMA0ソースポインタ(SAR0)	005F <sub>16</sub>	INT2割り込み制御レジスタ(INT2IC)
0022 <sub>16</sub>		0060 <sub>16</sub>	
0023 <sub>16</sub>		0061 <sub>16</sub>	
0024 <sub>16</sub>		0062 <sub>16</sub>	
0025 <sub>16</sub>	DMA0ディスティネーションポインタ(DAR0)	0063 <sub>16</sub>	
0026 <sub>16</sub>		0064 <sub>16</sub>	
0027 <sub>16</sub>		0065 <sub>16</sub>	
0028 <sub>16</sub>			
0029 <sub>16</sub>	DMA0転送カウンタ(TCR0)		
002A <sub>16</sub>		≈	≈
002B <sub>16</sub>			
002C <sub>16</sub>	DMA0制御レジスタ(DM0CON)	032A <sub>16</sub>	
002D <sub>16</sub>		032B <sub>16</sub>	
002E <sub>16</sub>		032C <sub>16</sub>	
002F <sub>16</sub>		032D <sub>16</sub>	
0030 <sub>16</sub>		032E <sub>16</sub>	
0031 <sub>16</sub>	DMA1ソースポインタ(SAR1)	032F <sub>16</sub>	
0032 <sub>16</sub>		0330 <sub>16</sub>	
0033 <sub>16</sub>		0331 <sub>16</sub>	
0034 <sub>16</sub>		0332 <sub>16</sub>	
0035 <sub>16</sub>	DMA1ディスティネーションポインタ(DAR1)	0333 <sub>16</sub>	
0036 <sub>16</sub>		0334 <sub>16</sub>	
0037 <sub>16</sub>		0335 <sub>16</sub>	
0038 <sub>16</sub>		0336 <sub>16</sub>	
0039 <sub>16</sub>	DMA1転送カウンタ(TCR1)	0337 <sub>16</sub>	
003A <sub>16</sub>		0338 <sub>16</sub>	
003B <sub>16</sub>		0339 <sub>16</sub>	
003C <sub>16</sub>	DMA1制御レジスタ(DM1CON)	033A <sub>16</sub>	
003D <sub>16</sub>		033B <sub>16</sub>	
003E <sub>16</sub>		033C <sub>16</sub>	
003F <sub>16</sub>		033D <sub>16</sub>	
		033E <sub>16</sub>	
		033F <sub>16</sub>	

注1. SFR領域のうち、何も配置されていない領域は予約領域です。読み出しおよび書き込みを行わないでください。

図1.6.1. 周辺装置制御レジスタの配置(1)

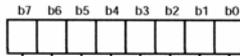
03C0 <sub>16</sub>	A-Dレジスタ0(AD0)
03C1 <sub>16</sub>	
03C2 <sub>16</sub>	A-Dレジスタ1(AD1)
03C3 <sub>16</sub>	
03C4 <sub>16</sub>	A-Dレジスタ2(AD2)
03C5 <sub>16</sub>	
03C6 <sub>16</sub>	A-Dレジスタ3(AD3)
03C7 <sub>16</sub>	
03C8 <sub>16</sub>	A-Dレジスタ4(AD4)
03C9 <sub>16</sub>	
03CA <sub>16</sub>	A-Dレジスタ5(AD5)
03CB <sub>16</sub>	
03CC <sub>16</sub>	A-Dレジスタ6(AD6)
03CD <sub>16</sub>	
03CE <sub>16</sub>	A-Dレジスタ7(AD7)
03CF <sub>16</sub>	
03D0 <sub>16</sub>	
03D1 <sub>16</sub>	
03D2 <sub>16</sub>	
03D3 <sub>16</sub>	
03D4 <sub>16</sub>	A-D制御レジスタ2(ADCON2)
03D5 <sub>16</sub>	
03D6 <sub>16</sub>	A-D制御レジスタ0(ADCON0)
03D7 <sub>16</sub>	A-D制御レジスタ1(ADCON1)
03D8 <sub>16</sub>	D-Aレジスタ0(DA0)
03D9 <sub>16</sub>	
03DA <sub>16</sub>	D-Aレジスタ1(DA1)
03DB <sub>16</sub>	
03DC <sub>16</sub>	D-A制御レジスタ(DACON)
03DD <sub>16</sub>	
03DE <sub>16</sub>	
03DF <sub>16</sub>	
03E0 <sub>16</sub>	ポートP0レジスタ(P0)
03E1 <sub>16</sub>	ポートP1レジスタ(P1)
03E2 <sub>16</sub>	ポートP0方向レジスタ(PD0)
03E3 <sub>16</sub>	ポートP1方向レジスタ(PD1)
03E4 <sub>16</sub>	ポートP2レジスタ(P2)
03E5 <sub>16</sub>	ポートP3レジスタ(P3)
03E6 <sub>16</sub>	ポートP2方向レジスタ(PD2)
03E7 <sub>16</sub>	ポートP3方向レジスタ(PD3)
03E8 <sub>16</sub>	ポートP4レジスタ(P4)
03E9 <sub>16</sub>	ポートP5レジスタ(P5)
03EA <sub>16</sub>	ポートP4方向レジスタ(PD4)
03EB <sub>16</sub>	ポートP5方向レジスタ(PD5)
03EC <sub>16</sub>	ポートP6レジスタ(P6)
03ED <sub>16</sub>	ポートP7レジスタ(P7)
03EE <sub>16</sub>	ポートP6方向レジスタ(PD6)
03EF <sub>16</sub>	ポートP7方向レジスタ(PD7)
03F0 <sub>16</sub>	ポートP8レジスタ(P8)
03F1 <sub>16</sub>	ポートP9レジスタ(P9)
03F2 <sub>16</sub>	ポートP8方向レジスタ(PD8)
03F3 <sub>16</sub>	ポートP9方向レジスタ(PD9)
03F4 <sub>16</sub>	ポートP10レジスタ(P10)
03F5 <sub>16</sub>	
03F6 <sub>16</sub>	ポートP10方向レジスタ(PD10)
03F7 <sub>16</sub>	
03F8 <sub>16</sub>	
03F9 <sub>16</sub>	
03FA <sub>16</sub>	
03FB <sub>16</sub>	
03FC <sub>16</sub>	プルアップ制御レジスタ0(PUR0)
03FD <sub>16</sub>	プルアップ制御レジスタ1(PUR1)
03FE <sub>16</sub>	プルアップ制御レジスタ2(PUR2)
03FF <sub>16</sub>	ポート制御レジスタ(PCR)

注1. SFR領域のうち、何も配置されていない領域は予約領域です。読み出しおよび書き込みを行わないでください。

図1.6.3. 周辺装置制御レジスタの配置(3)

プロセッサモード

プロセッサモードレジスタ0(注1)

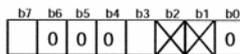


シンボル                      アドレス                      リセット時  
 PM0                              000416番地                      0016(注2)

ビットシンボル	ビット名	機 能	R/W
PM00	プロセッサモードビット	b1b0 00: シングルチップモード 01: メモリ拡張モード 10: 設定しないでください 11: マイクロプロセッサモード	○/○
PM01		○/○	
PM02	R/Wモード選択ビット	0: RD, BHE, WR 1: RD, WRH, WRL	○/○
PM03	ソフトウェアリセットビット	このビットに“1”を書き込むとマイクロコンピュータはリセットされる。読み出し時の値は“0”。	○/○
PM04	マルチプレクスバス空間 選択ビット	b5b4 00: マルチプレクスバスを使用しない 01: CS2の空間に割り当てる 10: CS1の空間に割り当てる 11: 全空間に割り当てる(注4)	○/○
PM05		○/○	
PM06	ポートP40~P43機能 選択ビット(注3)	0: アドレス出力 1: ポート機能 (アドレスは出力されません)	○/○
PM07	BCLK出力禁止ビット	0: 出力する 1: 出力しない (端子はフローティングになります)	○/○

- 注1. このレジスタを書き替える場合、プロテクトレジスタ(000A16番地)のビット1を“1”にしてください。
- 注2. CNVss端子にVccレベルを印加しているときは、リセット時0316になります(PM00およびPM01が“1”になります)。
- 注3. マイクロプロセッサモード、メモリ拡張モード時有効。
- 注4. メモリ拡張モード時、全空間マルチプレクスバスの場合は、8ビット幅を選択してください。  
 リセット解除後、セパレートバスで動作しますので、マイクロプロセッサモード時、全空間マルチプレクスバスは選択できません。  
 全空間マルチプレクスバスを選択した場合、P31~P37はポートとなりますので、各チップセレクトごとに256バイトしか使えません。

プロセッサモードレジスタ1(注1)



シンボル                      アドレス                      リセット時  
 PM1                              000516番地                      00000XX02

ビットシンボル	ビット名	機 能	R/W
	予約ビット	必ず“0”を設定してください	○/○
	何も配置されていない。 書き込む場合、“0”を書き込んでください。読み出した場合、その値は不定。		—
PM13	内部予約領域拡張ビット(注2)	0: 内部RAM領域15Kバイト以下、 内部ROM領域192Kバイト以下 1: 内部RAM領域を15Kバイト越え、 内部ROM領域を192Kバイト越えに拡張	○/○
	予約ビット	必ず“0”を設定してください	○/○
	予約ビット	必ず“0”を設定してください	○/○
	予約ビット	必ず“0”を設定してください	○/○
PM17	ウェイトビット	0: ウェイトなし 1: ウェイトあり	○/○

- 注1. このレジスタを書き替える場合、プロテクトレジスタ(000A16番地)のビット1を“1”にしてください。
- 注2. リセット解除時、このビットは“0”です。内部領域を拡張する場合は、ユーザプログラムで、このビットを“1”にしてください。また、ユーザプログラムの先頭は、D000016番地以降に配置する必要があります。

図1.7.1. プロセッサモードレジスタ0、プロセッサモードレジスタ1の構成

## プロセッサモード

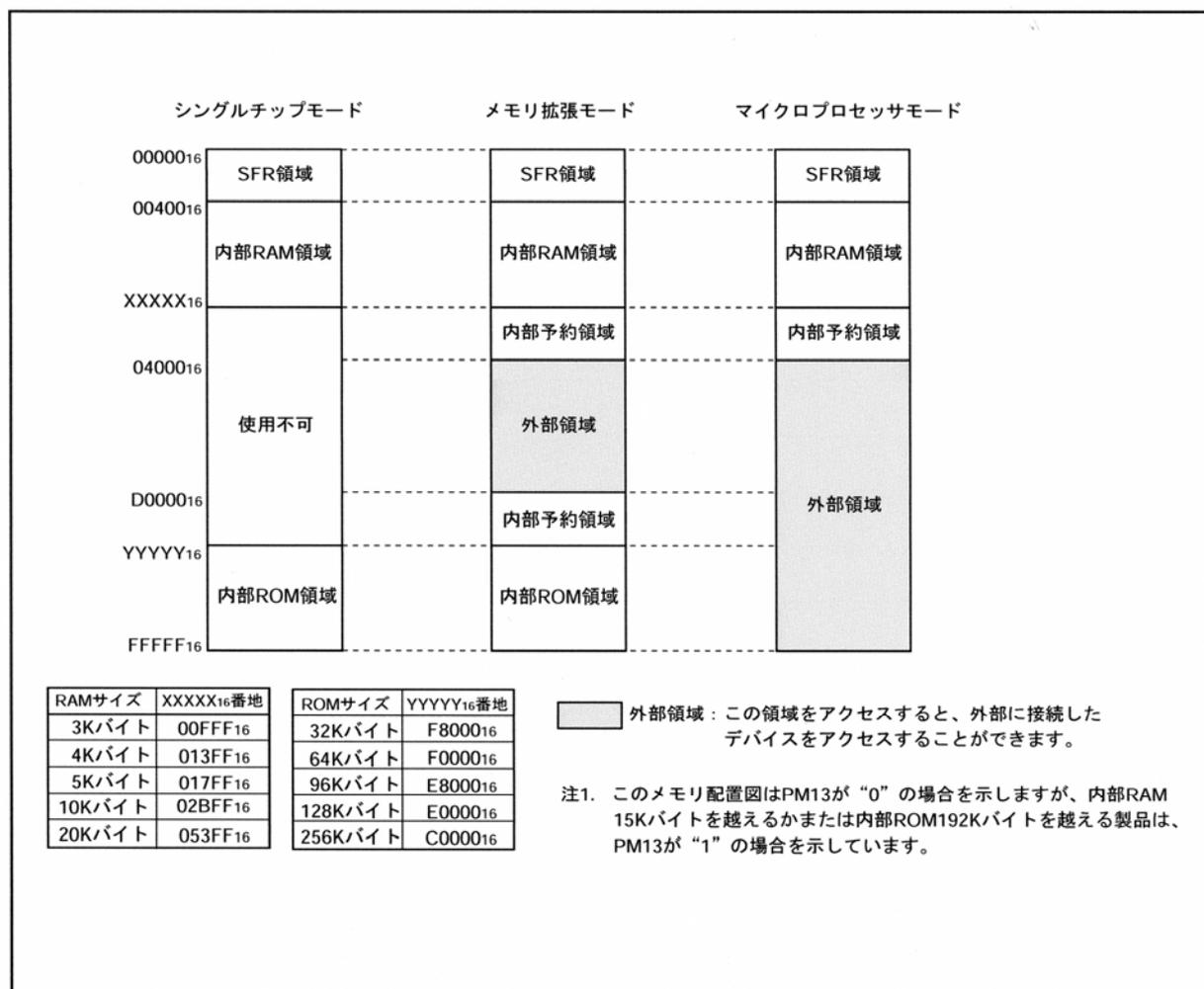


図1.7.2. 各プロセッサモード時のメモリ配置

## 内部予約領域拡張ビット(PM13)

内部RAM領域、内部ROM領域を拡張し、チップセレクトの領域を変更するビットです。例えば、M30624MGA/FGAで、このビットを“1”にすると、内部RAM領域20K/バイト、内部ROM領域256K/バイトに拡張されます。チップセレクトの領域に関しては、図1.7.3を参照してください。リセット解除時、このビットは“0”です。内部領域を拡張する場合は、ユーザプログラムで、このビットを“1”にしてください。また、ユーザプログラムの先頭は、D0000<sub>16</sub>番地以降に配置する必要があります。

内部ROM192K/バイト以下、内部RAM15K/バイト以下の製品で、メモリ拡張モードまたはマイクロプロセッサモードで使用する場合は、このビットを“0”にしてください。シングルチップモードで使用する場合は“1”にしても内部領域は拡張されず、動作にも影響を与えません。



## ポートPi方向レジスタ(注1、注2)

b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0	シンボル	アドレス	リセット時
								PD <sub>i</sub> (i=0~10 ただし8は除く)	03E216,03E316,03E616,03E716,03EA16番地 03EB16,03EE16,03EF16,03F316,03F616番地	0016

ビットシンボル	ビット名	機能	R:W
PD <sub>i</sub> _0	ポートPi0方向レジスタ	0: 入力モード (入力ポートとして機能) 1: 出力モード (出力ポートとして機能)  (i=0~10 ただし8は除く)	○:○
PD <sub>i</sub> _1	ポートPi1方向レジスタ		○:○
PD <sub>i</sub> _2	ポートPi2方向レジスタ		○:○
PD <sub>i</sub> _3	ポートPi3方向レジスタ		○:○
PD <sub>i</sub> _4	ポートPi4方向レジスタ		○:○
PD <sub>i</sub> _5	ポートPi5方向レジスタ		○:○
PD <sub>i</sub> _6	ポートPi6方向レジスタ		○:○
PD <sub>i</sub> _7	ポートPi7方向レジスタ		○:○

注1. ポートP9方向レジスタを書き替える場合、プロテクトレジスタ(000A16番地)のビット2に“1”を設定してください。

注2. メモリ拡張モード時またはマイクロプロセッサモード時、A0~A19、D0~D15、CS0~CS3、RD、WRL/WR、WRH/BHE、ALE、RDY、HOLD、HLDA、BCLKに設定している端子のポートPi方向レジスタの内容は変更できません。

## ポートP8方向レジスタ

b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0	シンボル	アドレス	リセット時
								PD8	03F216番地	00X000002

ビットシンボル	ビット名	機能	R:W
PD8_0	ポートP80方向レジスタ	0: 入力モード (入力ポートとして機能) 1: 出力モード (出力ポートとして機能)	○:○
PD8_1	ポートP81方向レジスタ		○:○
PD8_2	ポートP82方向レジスタ		○:○
PD8_3	ポートP83方向レジスタ		○:○
PD8_4	ポートP84方向レジスタ	○:○	○:○
何も配置されていない。 書き込む場合、“0”を書き込んでください。読み出した場合、その値は不定。			---
PD8_6	ポートP86方向レジスタ	0: 入力モード (入力ポートとして機能)	○:○
PD8_7	ポートP87方向レジスタ	1: 出力モード (出力ポートとして機能)	○:○

図1.20.6. 方向レジスタの構成

ポート

ポートPiレジスタ(注2)

シンボル: Pi(i=0~10 ただし8は除く)

アドレス: 03E016, 03E116, 03E416, 03E516, 03E816番地 (ただし8は除く) 03E916, 03EC16, 03ED16, 03F116, 03F416番地

リセット時: 不定

ビットシンボル	ビット名	機能	R	W
Pi_0	ポートPi0レジスタ	対応するビットの読み出し、および書き込みで対応する端子のデータ入出力を行う 0: "L" レベル 1: "H" レベル(注1) (i=0~10 ただし8は除く)	○	○
Pi_1	ポートPi1レジスタ		○	○
Pi_2	ポートPi2レジスタ		○	○
Pi_3	ポートPi3レジスタ		○	○
Pi_4	ポートPi4レジスタ		○	○
Pi_5	ポートPi5レジスタ		○	○
Pi_6	ポートPi6レジスタ		○	○
Pi_7	ポートPi7レジスタ		○	○

注1. P70、P71はNチャネルオープンドレインポートのため、ハイインピーダンスとなります。  
 注2. メモリ拡張モード時またはマイクロプロセッサモード時、A0~A19、D0~D15、CS0~CS3、RD、WRL / WR、WRH / BHE、ALE、RDY、HOLD、HLDA、BCLKに設定している端子のポートPiレジスタの内容は変更できません。

ポートP8レジスタ

シンボル: P8

アドレス: 03F016番地

リセット時: 不定

ビットシンボル	ビット名	機能	R	W
P8_0	ポートP80レジスタ	対応するビットの読み出し、および書き込み(ただしP85は除く)で対応する端子のデータ入出力を行う 0: "L" レベル 1: "H" レベル	○	○
P8_1	ポートP81レジスタ		○	○
P8_2	ポートP82レジスタ		○	○
P8_3	ポートP83レジスタ		○	○
P8_4	ポートP84レジスタ		○	○
P8_5	ポートP85レジスタ		○	×
P8_6	ポートP86レジスタ		○	○
P8_7	ポートP87レジスタ		○	○

図1.20.7. ポートレジスタの構成

## プルアップ制御レジスタ0(注1)

b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0	シンボル PUR0	アドレス 03FC <sub>16</sub> 番地	リセット時 00 <sub>16</sub>																																				
								<table border="1"> <thead> <tr> <th>ビットシンボル</th> <th>ビット名</th> <th>機能</th> <th>R</th> <th>W</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PU00</td> <td>P00~P03のプルアップ</td> <td rowspan="8">対応するポートのプルアップの設定を行う 0: プルアップなし 1: プルアップあり</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>PU01</td> <td>P04~P07のプルアップ</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>PU02</td> <td>P10~P13のプルアップ</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>PU03</td> <td>P14~P17のプルアップ</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>PU04</td> <td>P20~P23のプルアップ</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>PU05</td> <td>P24~P27のプルアップ</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>PU06</td> <td>P30~P33のプルアップ</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>PU07</td> <td>P34~P37のプルアップ</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> </tbody> </table>	ビットシンボル	ビット名	機能	R	W	PU00	P00~P03のプルアップ	対応するポートのプルアップの設定を行う 0: プルアップなし 1: プルアップあり	○	○	PU01	P04~P07のプルアップ	○	○	PU02	P10~P13のプルアップ	○	○	PU03	P14~P17のプルアップ	○	○	PU04	P20~P23のプルアップ	○	○	PU05	P24~P27のプルアップ	○	○	PU06	P30~P33のプルアップ	○	○	PU07	P34~P37のプルアップ	○	○
ビットシンボル	ビット名	機能	R	W																																										
PU00	P00~P03のプルアップ	対応するポートのプルアップの設定を行う 0: プルアップなし 1: プルアップあり	○	○																																										
PU01	P04~P07のプルアップ		○	○																																										
PU02	P10~P13のプルアップ		○	○																																										
PU03	P14~P17のプルアップ		○	○																																										
PU04	P20~P23のプルアップ		○	○																																										
PU05	P24~P27のプルアップ		○	○																																										
PU06	P30~P33のプルアップ		○	○																																										
PU07	P34~P37のプルアップ		○	○																																										

注1. メモリ拡張モード時またはマイクロプロセッサモード時、このレジスタの内容は変更できませんが、プルアップ抵抗は接続されません。

## プルアップ制御レジスタ1

b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0	シンボル PUR1	アドレス 03FD <sub>16</sub> 番地	リセット時 00 <sub>16</sub> (注2)																																				
								<table border="1"> <thead> <tr> <th>ビットシンボル</th> <th>ビット名</th> <th>機能</th> <th>R</th> <th>W</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PU10</td> <td>P40~P43のプルアップ(注3)</td> <td rowspan="8">対応するポートのプルアップの設定を行う 0: プルアップなし 1: プルアップあり</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>PU11</td> <td>P44~P47のプルアップ</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>PU12</td> <td>P50~P53のプルアップ(注3)</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>PU13</td> <td>P54~P57のプルアップ</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>PU14</td> <td>P60~P63のプルアップ</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>PU15</td> <td>P64~P67のプルアップ</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>PU16</td> <td>P72~P73のプルアップ (注1)</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>PU17</td> <td>P74~P77のプルアップ</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> </tbody> </table>	ビットシンボル	ビット名	機能	R	W	PU10	P40~P43のプルアップ(注3)	対応するポートのプルアップの設定を行う 0: プルアップなし 1: プルアップあり	○	○	PU11	P44~P47のプルアップ	○	○	PU12	P50~P53のプルアップ(注3)	○	○	PU13	P54~P57のプルアップ	○	○	PU14	P60~P63のプルアップ	○	○	PU15	P64~P67のプルアップ	○	○	PU16	P72~P73のプルアップ (注1)	○	○	PU17	P74~P77のプルアップ	○	○
ビットシンボル	ビット名	機能	R	W																																										
PU10	P40~P43のプルアップ(注3)	対応するポートのプルアップの設定を行う 0: プルアップなし 1: プルアップあり	○	○																																										
PU11	P44~P47のプルアップ		○	○																																										
PU12	P50~P53のプルアップ(注3)		○	○																																										
PU13	P54~P57のプルアップ		○	○																																										
PU14	P60~P63のプルアップ		○	○																																										
PU15	P64~P67のプルアップ		○	○																																										
PU16	P72~P73のプルアップ (注1)		○	○																																										
PU17	P74~P77のプルアップ		○	○																																										

注1. P70、P71はNチャネルオープンドレインポートのため、プルアップはありません。

注2. CNVss端子にVccレベルを印加しているときは、リセット時0216になります(PU11が“1”になります)。

注3. メモリ拡張モード時またはマイクロプロセッサモード時、このビットの内容は変更できませんが、プルアップ抵抗は接続されません。

## プルアップ制御レジスタ2

b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0	シンボル PUR2	アドレス 03FE <sub>16</sub> 番地	リセット時 00 <sub>16</sub>																																						
								<table border="1"> <thead> <tr> <th>ビットシンボル</th> <th>ビット名</th> <th>機能</th> <th>R</th> <th>W</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PU20</td> <td>P80~P83のプルアップ</td> <td rowspan="6">対応するポートのプルアップの設定を行う 0: プルアップなし 1: プルアップあり</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>PU21</td> <td>P84~P87のプルアップ (ただしP85は除く)</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>PU22</td> <td>P90~P93のプルアップ</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>PU23</td> <td>P94~P97のプルアップ</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>PU24</td> <td>P100~P103のプルアップ</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>PU25</td> <td>P104~P107のプルアップ</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td colspan="3">何も配置されていない。</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td colspan="3">書き込む場合、“0”を書き込んでください。読み出した場合、その値は“0”。</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> </tbody> </table>	ビットシンボル	ビット名	機能	R	W	PU20	P80~P83のプルアップ	対応するポートのプルアップの設定を行う 0: プルアップなし 1: プルアップあり	○	○	PU21	P84~P87のプルアップ (ただしP85は除く)	○	○	PU22	P90~P93のプルアップ	○	○	PU23	P94~P97のプルアップ	○	○	PU24	P100~P103のプルアップ	○	○	PU25	P104~P107のプルアップ	○	○	何も配置されていない。			—	—	書き込む場合、“0”を書き込んでください。読み出した場合、その値は“0”。			—	—
ビットシンボル	ビット名	機能	R	W																																												
PU20	P80~P83のプルアップ	対応するポートのプルアップの設定を行う 0: プルアップなし 1: プルアップあり	○	○																																												
PU21	P84~P87のプルアップ (ただしP85は除く)		○	○																																												
PU22	P90~P93のプルアップ		○	○																																												
PU23	P94~P97のプルアップ		○	○																																												
PU24	P100~P103のプルアップ		○	○																																												
PU25	P104~P107のプルアップ		○	○																																												
何も配置されていない。			—	—																																												
書き込む場合、“0”を書き込んでください。読み出した場合、その値は“0”。			—	—																																												

図1.20.8. プルアップ制御レジスタの構成

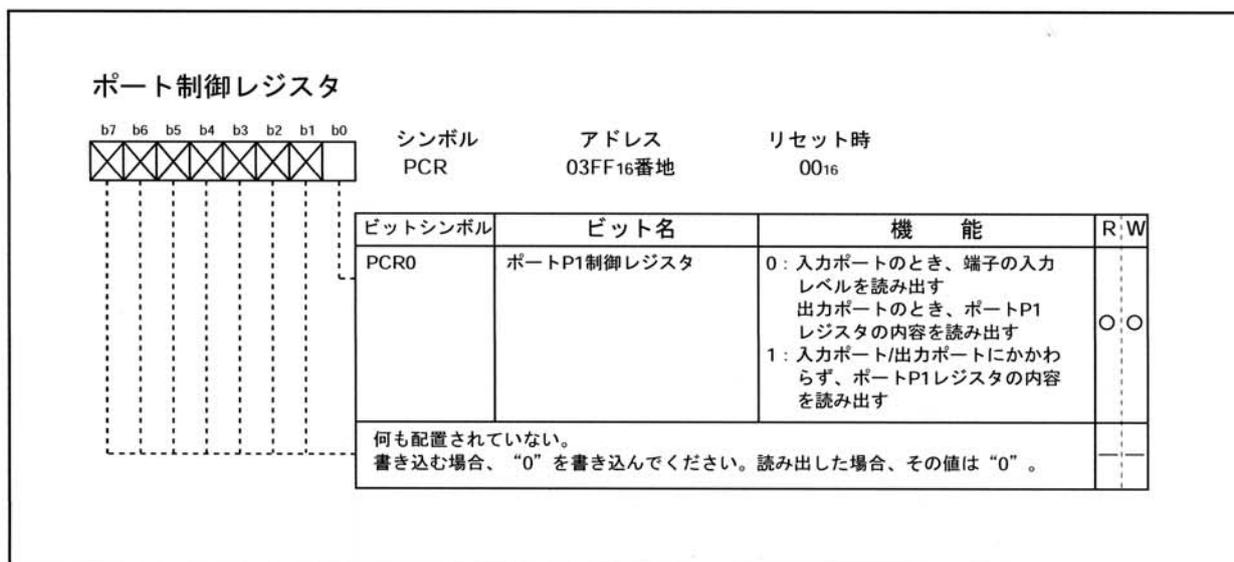


図1.20.9. ポート制御レジスタの構成

●タイマA関連レジスタ

図2.2.1にタイマA関連レジスタのメモリ配置図を、図2.2.2～図2.2.5にタイマA関連レジスタの構成を示します。

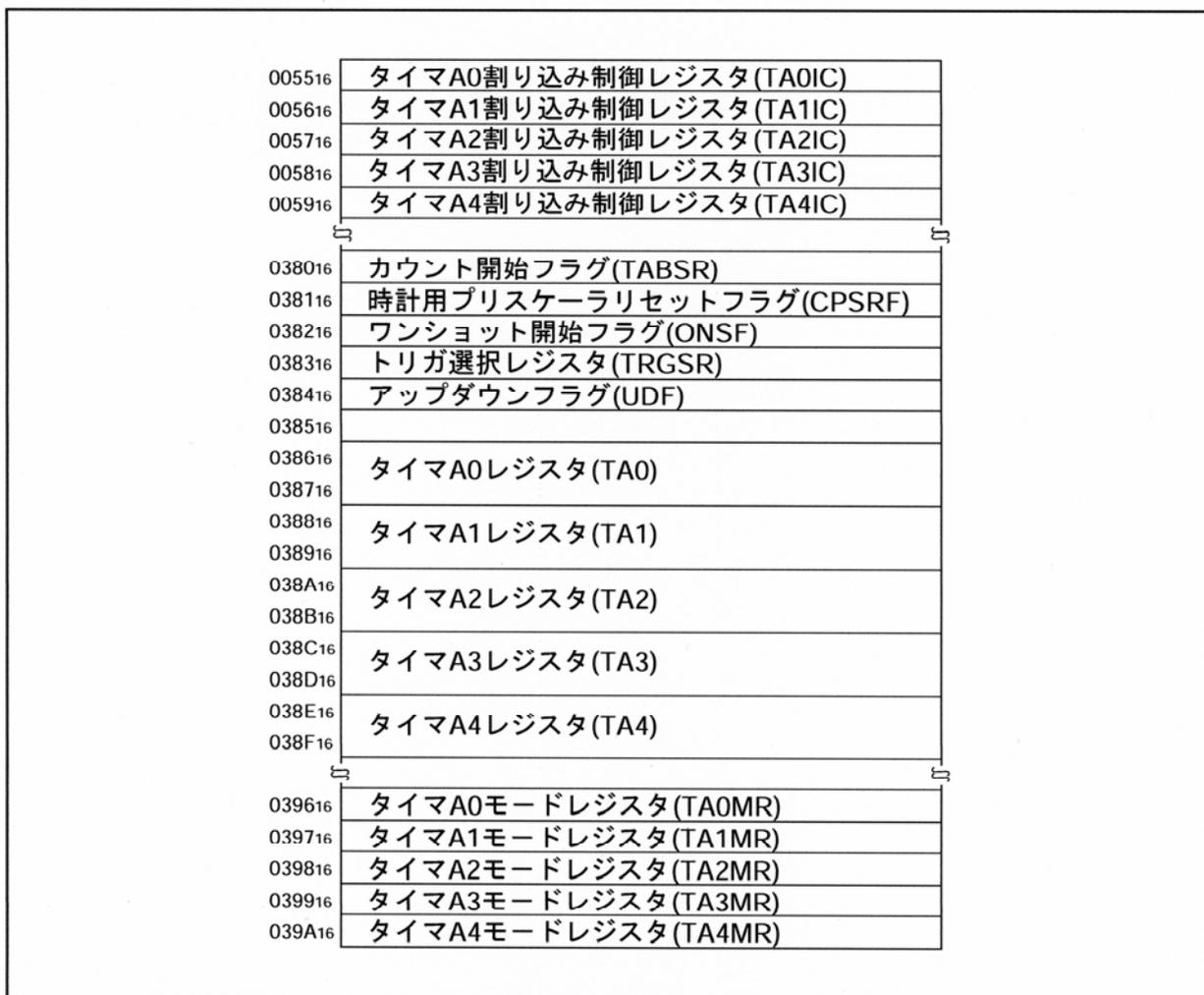


図2.2.1. タイマA関連レジスタのメモリ配置図

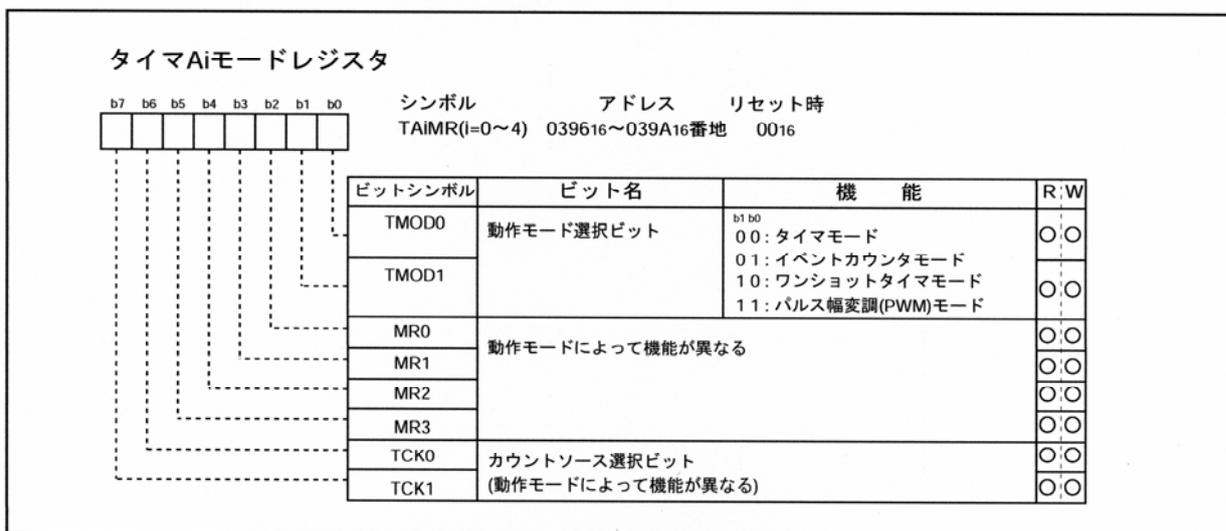


図2.2.2. タイマA関連レジスタの構成(1)

## タイマA

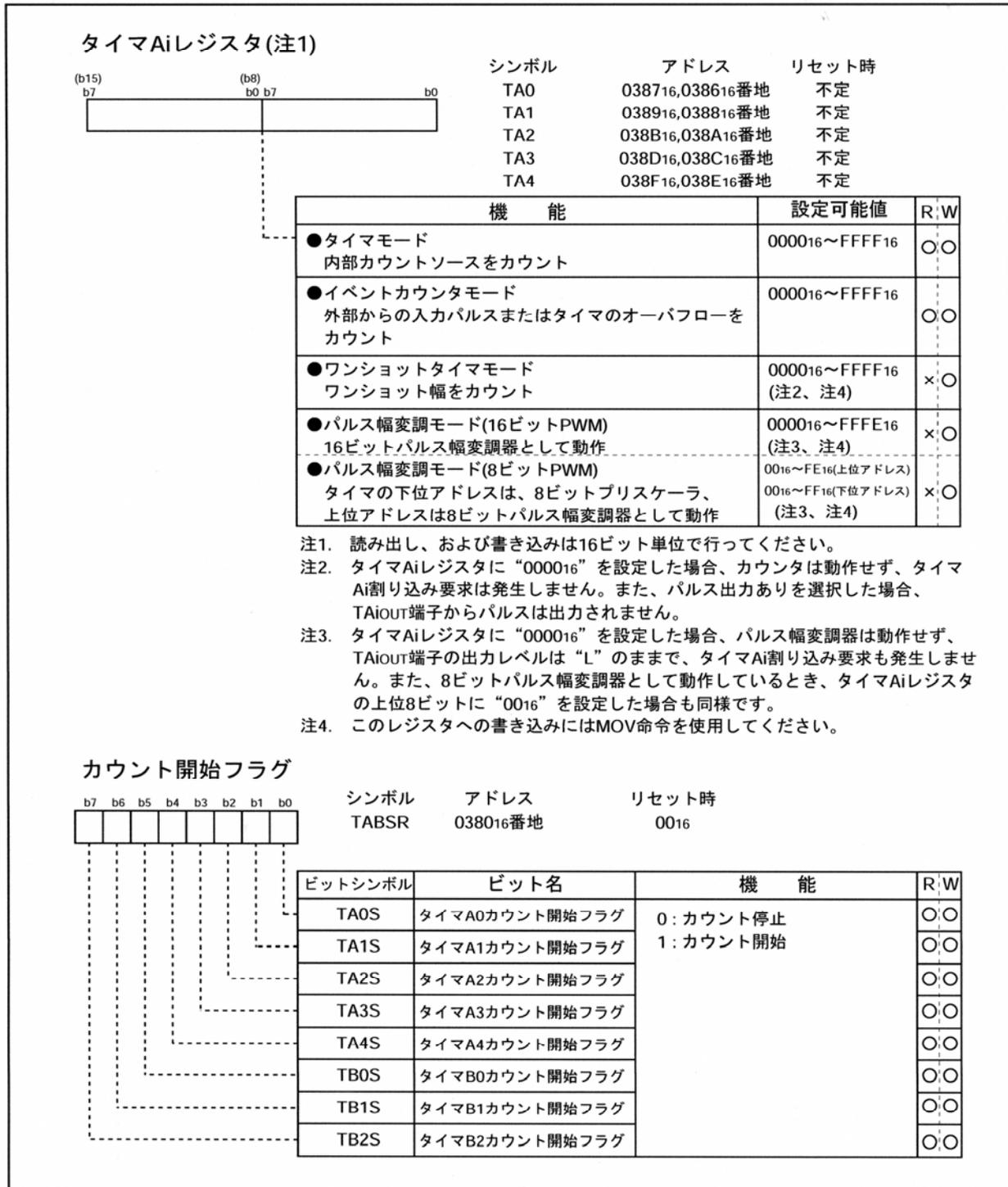


図2.2.3. タイマA関連レジスタの構成(2)

## タイマA

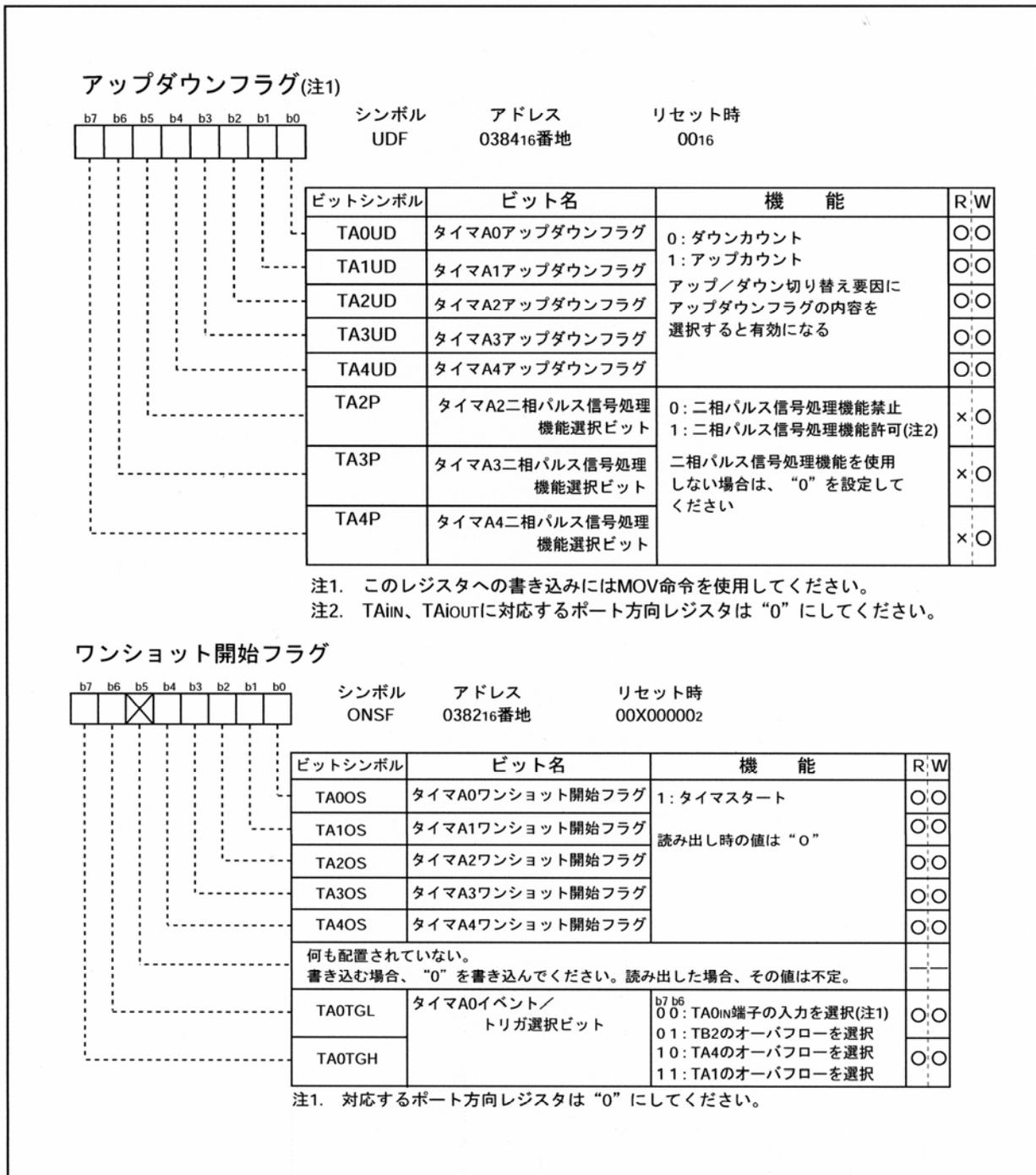


図2.2.4. タイマA関連レジスタの構成(3)

タイマA

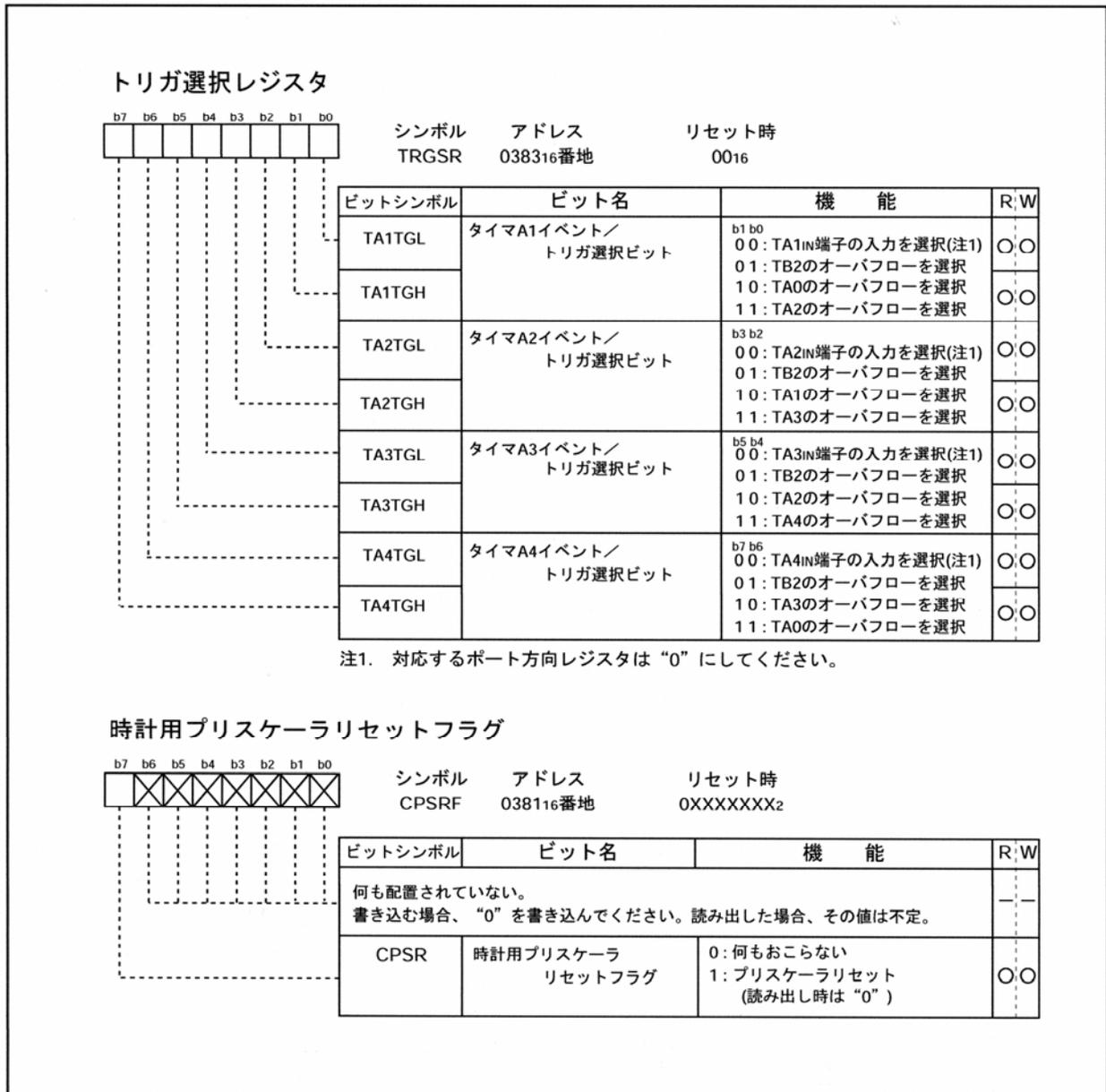


図2.2.5. タイマA関連レジスタの構成(4)

## タイマA

## (4) パルス幅変調モード

任意の幅のパルスを連続して出力するモードです(表1.14.5)。このモードでは、カウンタは、16ビットパルス幅変調器、8ビットパルス幅変調器のいずれかのパルス幅変調器として動作します。図1.14.11にパルス幅変調モード時のタイマAiモードレジスタの構成、図1.14.12に16ビットパルス幅変調器の動作例、および図1.14.13に8ビットパルス幅変調器の動作例を示します。

表1.14.5. パルス幅変調モードの仕様

項目	仕様
カウントソース	f1, f8, f32, fc32
カウント動作	<ul style="list-style-type: none"> <li>●ダウンカウント(8ビット、または16ビットパルス幅変調器として動作)</li> <li>●PWMパルスの立ち上がりでリロードしてカウントを継続</li> <li>●カウント中にトリガが発生した場合、カウントに影響しない</li> </ul>
16ビットPWM	<ul style="list-style-type: none"> <li>●“H”レベル幅 <math>n / f_i</math> <math>n</math>:設定値</li> <li>●周期 <math>(2^{16}-1) / f_i</math>固定</li> </ul>
8ビットPWM	<ul style="list-style-type: none"> <li>●“H”レベル幅 <math>n \times (m+1) / f_i</math> <math>n</math>:タイマAiレジスタの上位アドレスの設定値</li> <li>●周期 <math>(2^8-1) \times (m+1) / f_i</math> <math>m</math>:タイマAiレジスタの低位アドレスの設定値</li> </ul>
カウント開始条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>●外部トリガ入力</li> <li>●タイマのオーバフロー</li> <li>●カウント開始フラグへの“1”書き込み</li> </ul>
カウント停止条件	●カウント開始フラグへの“0”書き込み
割り込み要求発生タイミング	PWMパルスの立ち下がり時
TAiIN端子機能	プログラマブル入出力ポート、またはトリガ入力
TAiOUT端子機能	パルス出力
タイマの読み出し	タイマAiレジスタを読み出すと、不定値が読み出される
タイマの書き込み	<ul style="list-style-type: none"> <li>●カウント停止中 タイマAiレジスタに書き込むと、リロードレジスタおよびカウンタの両方に書き込まれる</li> <li>●カウント中 タイマAiレジスタに書き込むとリロードレジスタにだけ書き込まれる(次のリロード時に転送)</li> </ul>

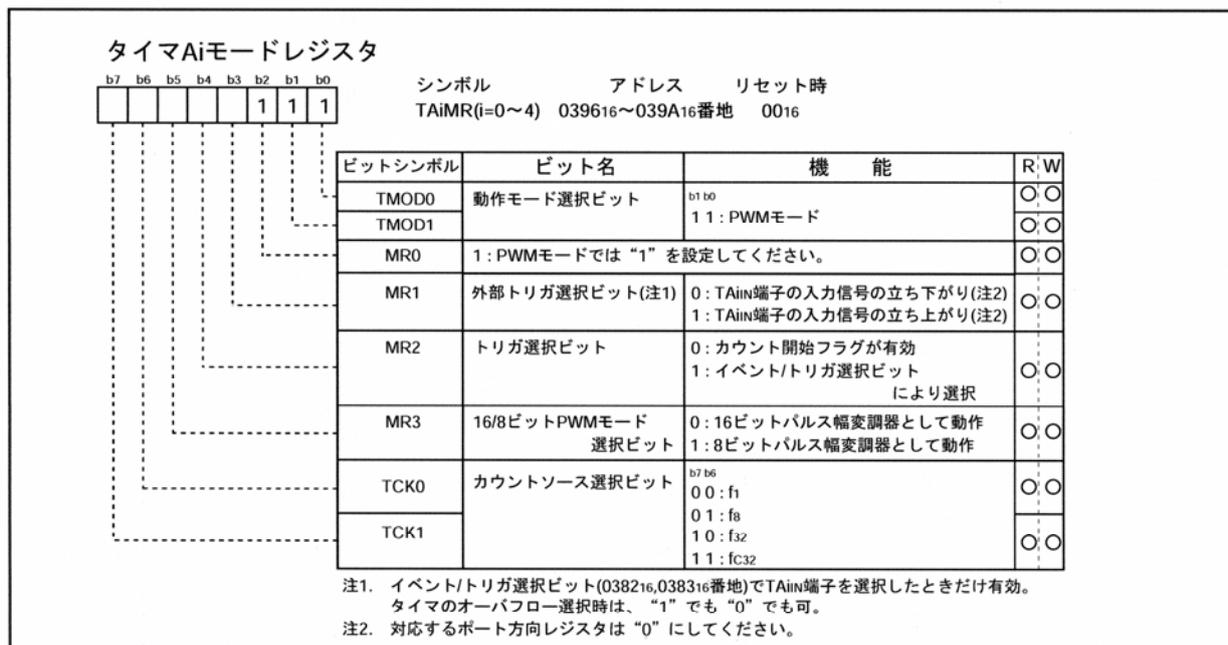
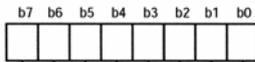


図1.14.11. パルス幅変調モード時のタイマAiモードレジスタの構成

## A-D変換器

## A-D制御レジスタ0(注1)

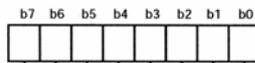
シンボル  
ADCON0アドレス  
03D6<sub>16</sub>番地リセット時  
00000XXX<sub>2</sub>

ビットシンボル	ビット名	機能	R/W
CH0	アナログ入力端子選択ビット	$b_2 b_1 b_0$ 000: AN <sub>0</sub> を選択 001: AN <sub>1</sub> を選択 010: AN <sub>2</sub> を選択 011: AN <sub>3</sub> を選択 100: AN <sub>4</sub> を選択 101: AN <sub>5</sub> を選択 110: AN <sub>6</sub> を選択 111: AN <sub>7</sub> を選択 (注2)	○ ○
CH1			○ ○
CH2			○ ○
MD0	A-D動作モード選択ビット0	$b_4 b_3$ 00: 単発モード 01: 繰り返しモード 10: 単掃引モード 11: 繰り返し掃引モード0 (注2) 繰り返し掃引モード1	○ ○
MD1			○ ○
TRG	トリガ選択ビット	0: ソフトウェアトリガ 1: ADTRGによるトリガ	○ ○
ADST	A-D変換開始フラグ	0: A-D変換停止 1: A-D変換開始	○ ○
CKS0	周波数選択ビット0	0: f <sub>AD</sub> /4を選択 1: f <sub>AD</sub> /2を選択	○ ○

注1. A-D変換中にA-D制御レジスタの内容を書き替えた場合、変換結果は不定となります。

注2. A-D動作モードを変更した場合には、あらためてアナログ入力端子の設定を行う必要があります。

## A-D制御レジスタ1(注1)

シンボル  
ADCON1アドレス  
03D7<sub>16</sub>番地リセット時  
00<sub>16</sub>

ビットシンボル	ビット名	機能	R/W
SCAN0	A-D掃引端子選択ビット	単掃引、繰り返し掃引モード0選択時 $b_1 b_0$ 00: AN <sub>0</sub> , AN <sub>1</sub> (2端子) 01: AN <sub>0</sub> ~ AN <sub>3</sub> (4端子) 10: AN <sub>0</sub> ~ AN <sub>5</sub> (6端子) 11: AN <sub>0</sub> ~ AN <sub>7</sub> (8端子)	○ ○
SCAN1			繰り返し掃引モード1選択時 $b_1 b_0$ 00: AN <sub>0</sub> (1端子) 01: AN <sub>0</sub> , AN <sub>1</sub> (2端子) 10: AN <sub>0</sub> ~ AN <sub>2</sub> (3端子) 11: AN <sub>0</sub> ~ AN <sub>3</sub> (4端子)
MD2	A-D動作モード選択ビット1	0: 繰り返し掃引モード1以外 1: 繰り返し掃引モード1	○ ○
BITS	8/10ビットモード選択ビット	0: 8ビットモード 1: 10ビットモード	○ ○
CKS1	周波数選択ビット1	0: f <sub>AD</sub> /2または f <sub>AD</sub> /4を選択 1: f <sub>AD</sub> を選択	○ ○
VCUT	Vref接続ビット	0: Vref未接続 1: Vref接続	○ ○
OPA0	外部オペアンプ接続 モードビット	$b_7 b_6$ 00: ANEX0, ANEX1は使用しない 01: ANEX0入力をAD変換 10: ANEX1入力をAD変換 11: 外部オペアンプ接続モード	○ ○
OPA1			○ ○

注1. A-D変換中にA-D制御レジスタの内容を書き替えた場合、変換結果は不定となります。

図1.17.2. A-D変換器関連レジスタ(1)

## A-D変換器

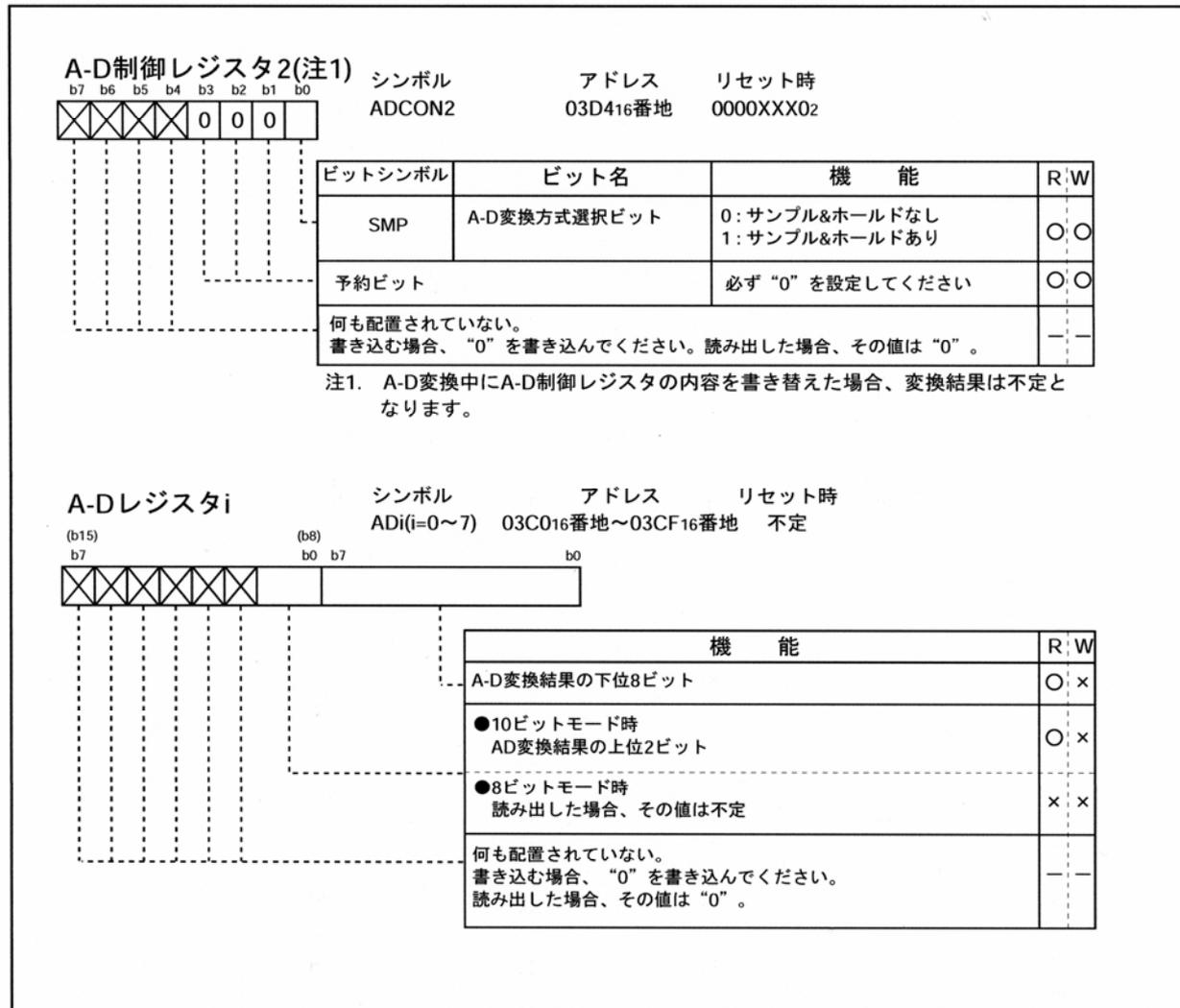


図1.17.3. A-D変換器関連レジスタ(2)

## 7. 改定履歴

日付	ページ	改定内容	旧	新
11/19		表の不鮮明な部分を修正。		

OAKS16 SENSOR LABO ユーザーズマニュアル Rev 2.02

2006 年 8 月初版発行

2006 年 11 月第 2 版発行

編集 オークス電子株式会社

発行 オークス電子株式会社

禁無断転載

本説明書の一部又は全部を、当社に断りなく、いかなる形でも転載又は複製することを堅くお断りします。