as-1. アセンブラ入門

（68000 アセンブラプログラミング）

URL: https://www.kkaneko.jp/cc/as/index.html

金子邦彦

Outline

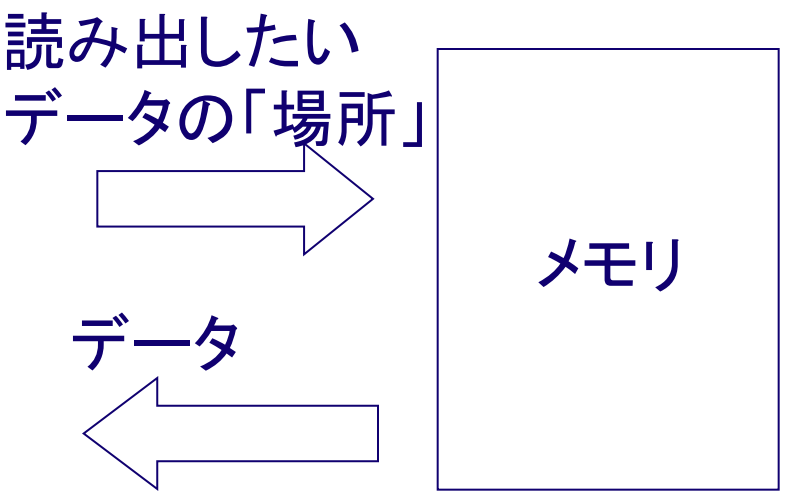
1. メモリとは
2. 条件分岐のプログラム
3. 繰り返し処理のプログラム

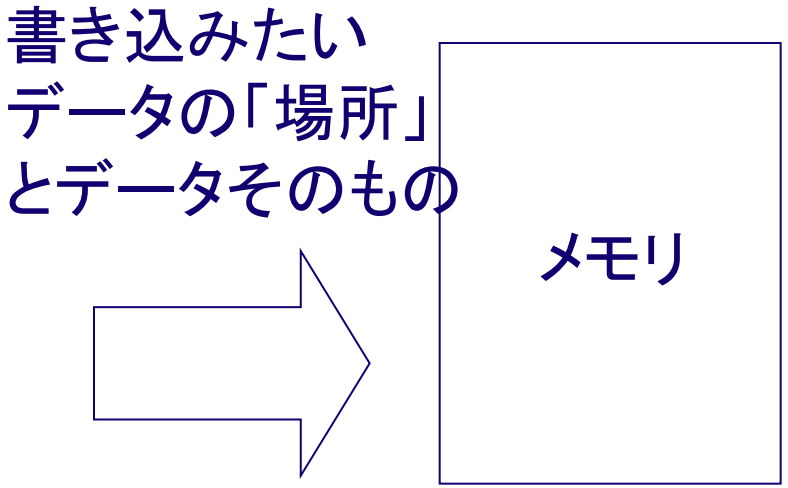
メモリとは

- デジタルデータの記憶を行うLSIチップ
- デジタルデータを覚えさせたり，取り出したりの機能がある

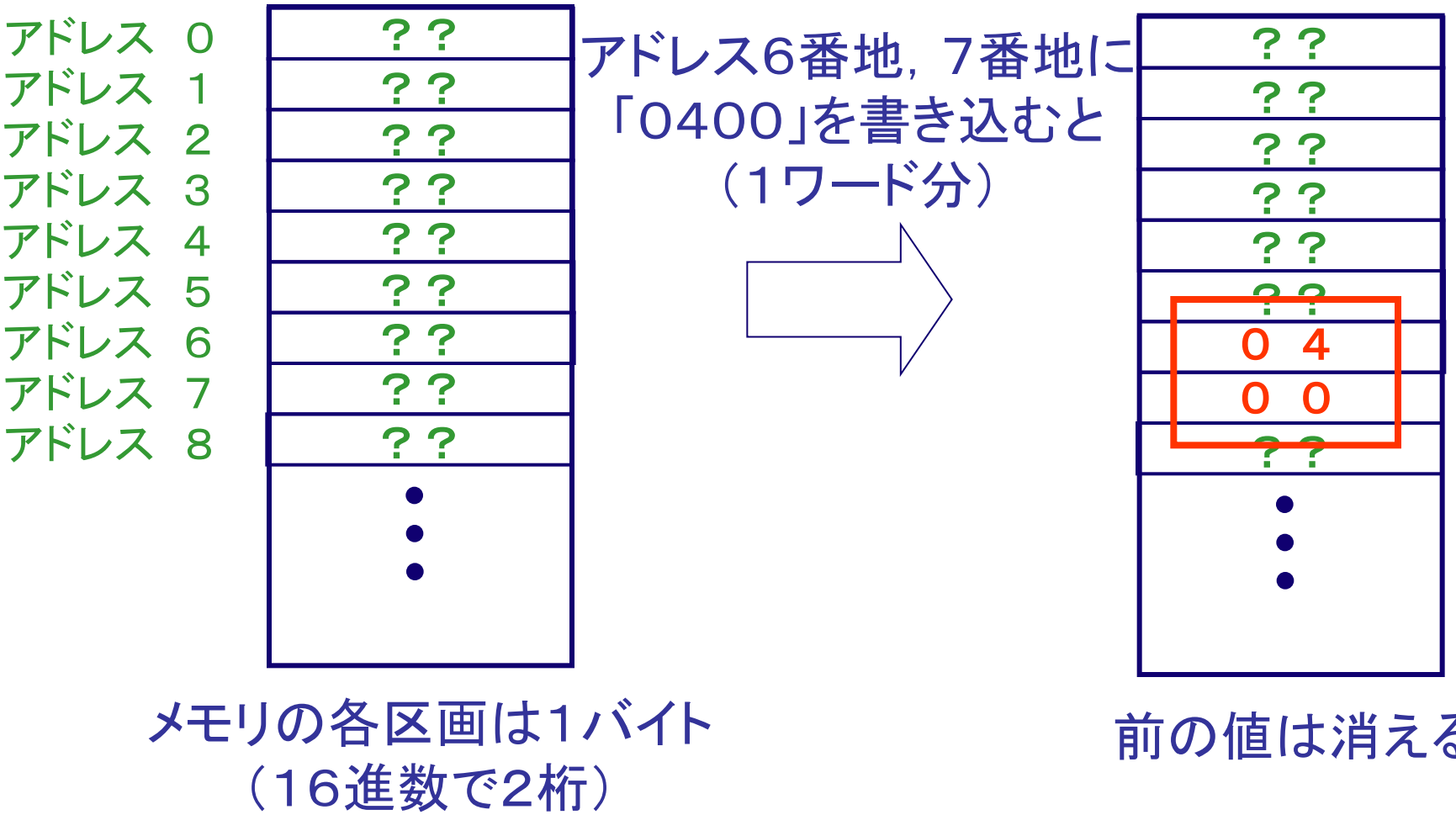
メモリ

- 読み出し
- 書き込み

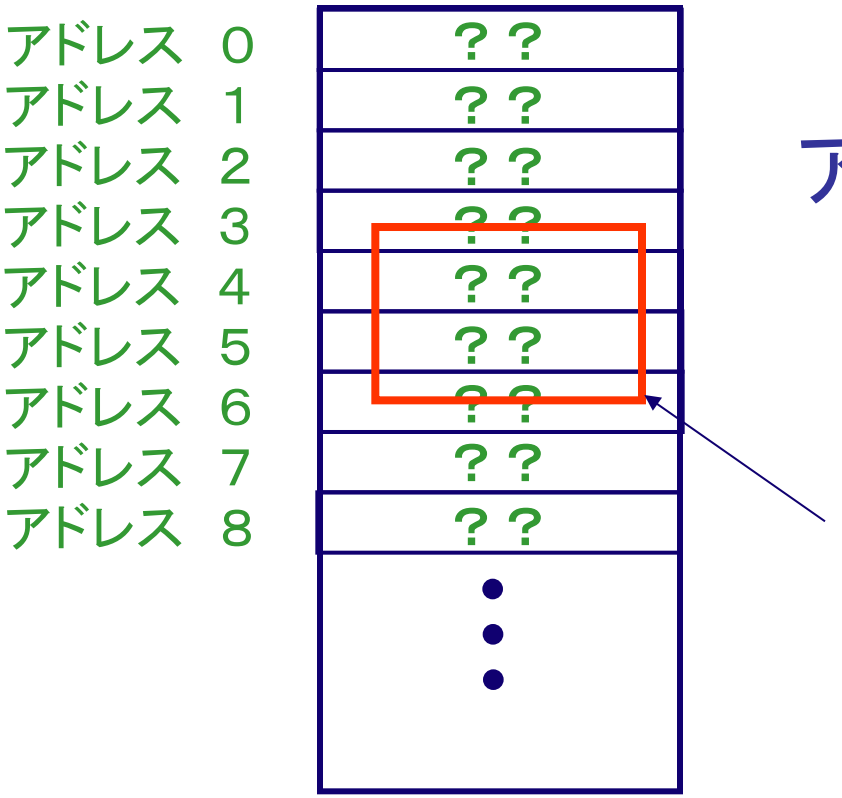




メモリへの書き込み


アドレス 0
アドレス 1
アドレス 2
アドレス 3
アドレス 4
アドレス 5
アドレス 6
アドレス 7
アドレス 8
？？
メモリの各区画は1バイト
（16進数で2桁）
アドレス6番地，7番地に
「0400」を書き込むと
（1ワード分）
0 4
0 0
前の値は消える

メモリからの読み出し



メモリの各区画は1バイト
（16進数で2桁）

アドレス4番地，5番地
から1ワード分
読み出すとき

メモリの値は変化
しない

バイト，ワード，ロングワード

- バイト:　16進数で2桁

  0x00 ～ 0xff

- ワード:　16進数で4桁（＝2バイト）

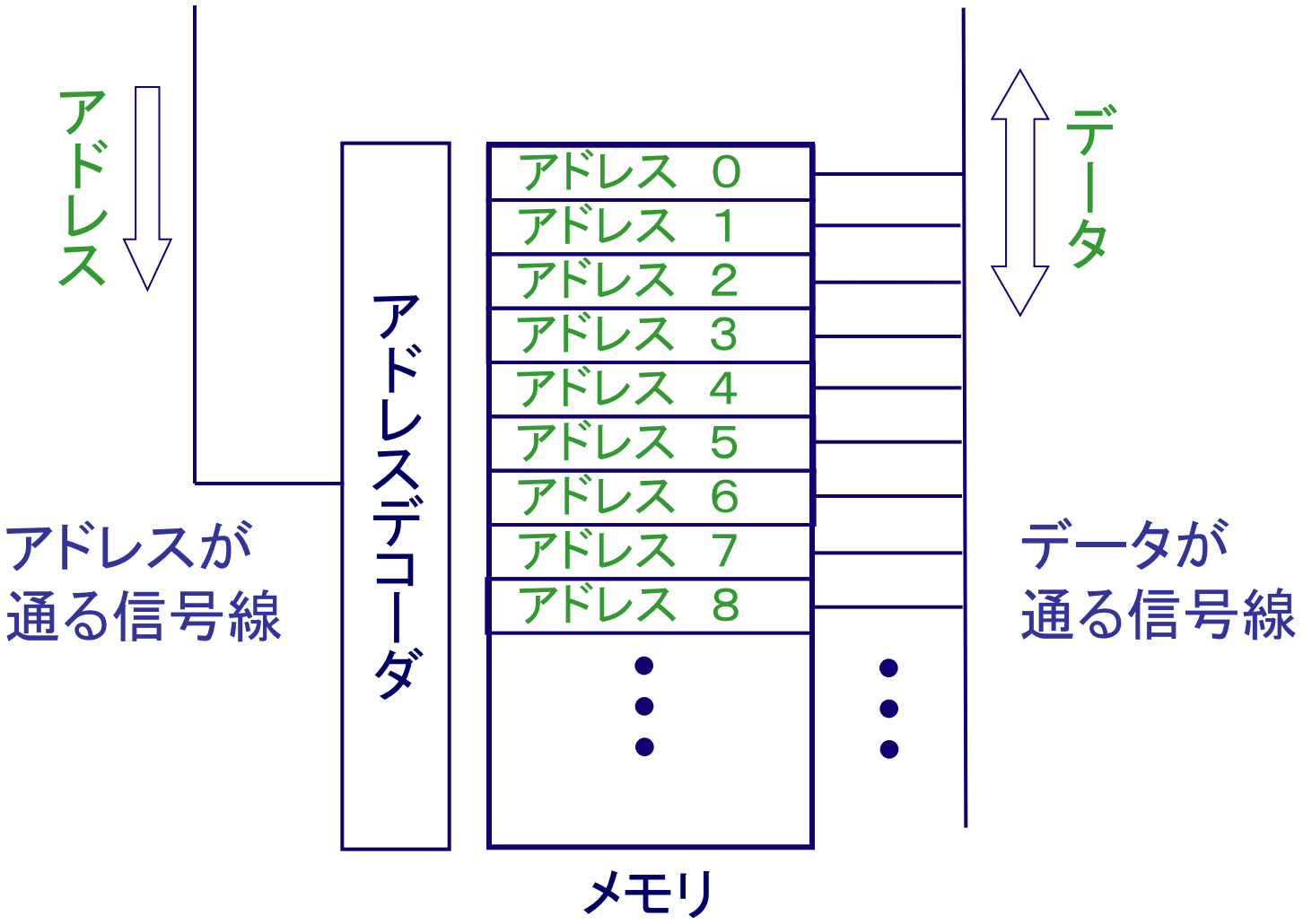
  0x0000 ～ 0xffff

- ロングワード:　16進数で8桁（＝4バイト）

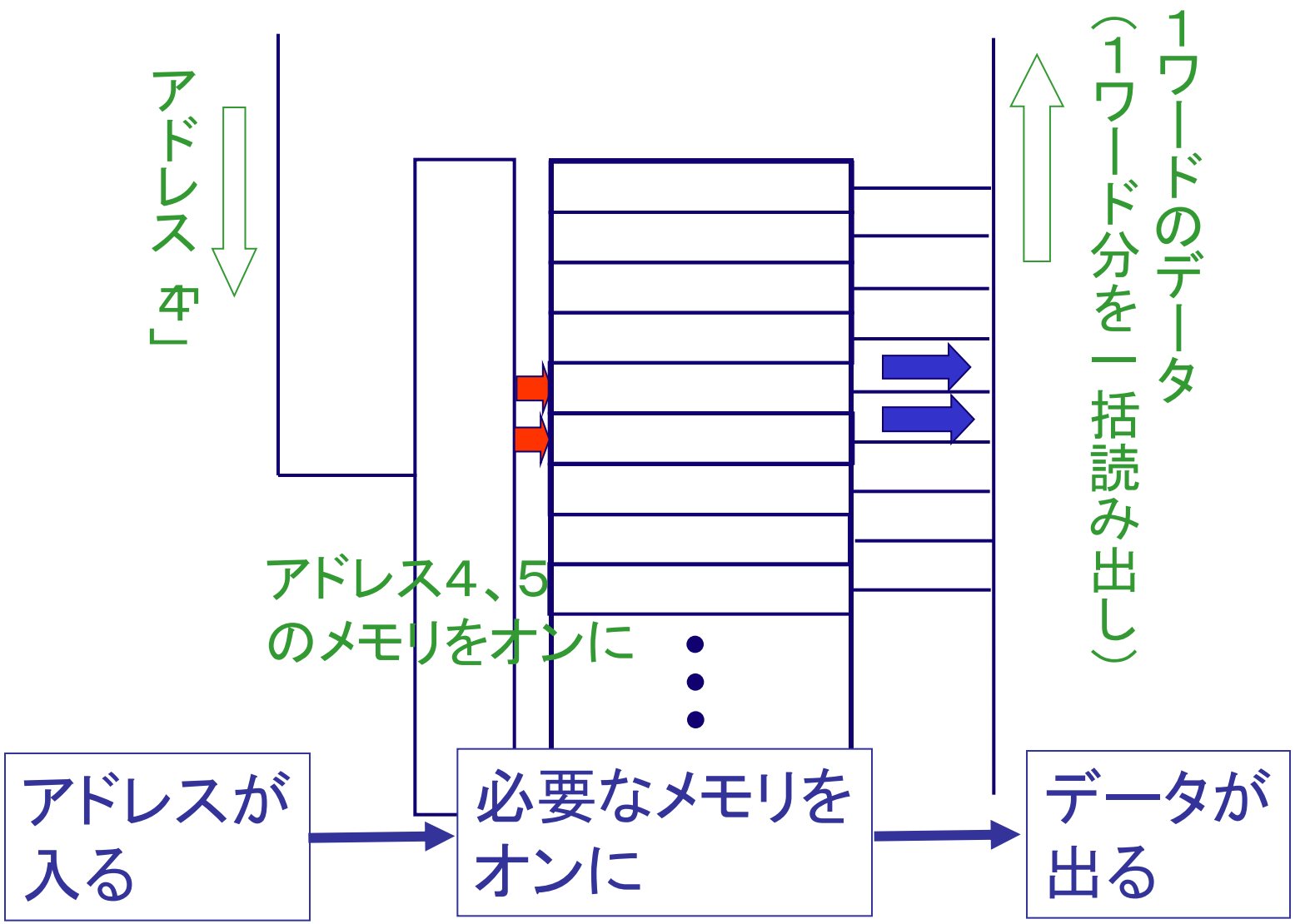
  0x00000000 ～ 0xffffffff

この授業では、16進数を多用する.
16進数には、適宜頭に「0x」を付ける

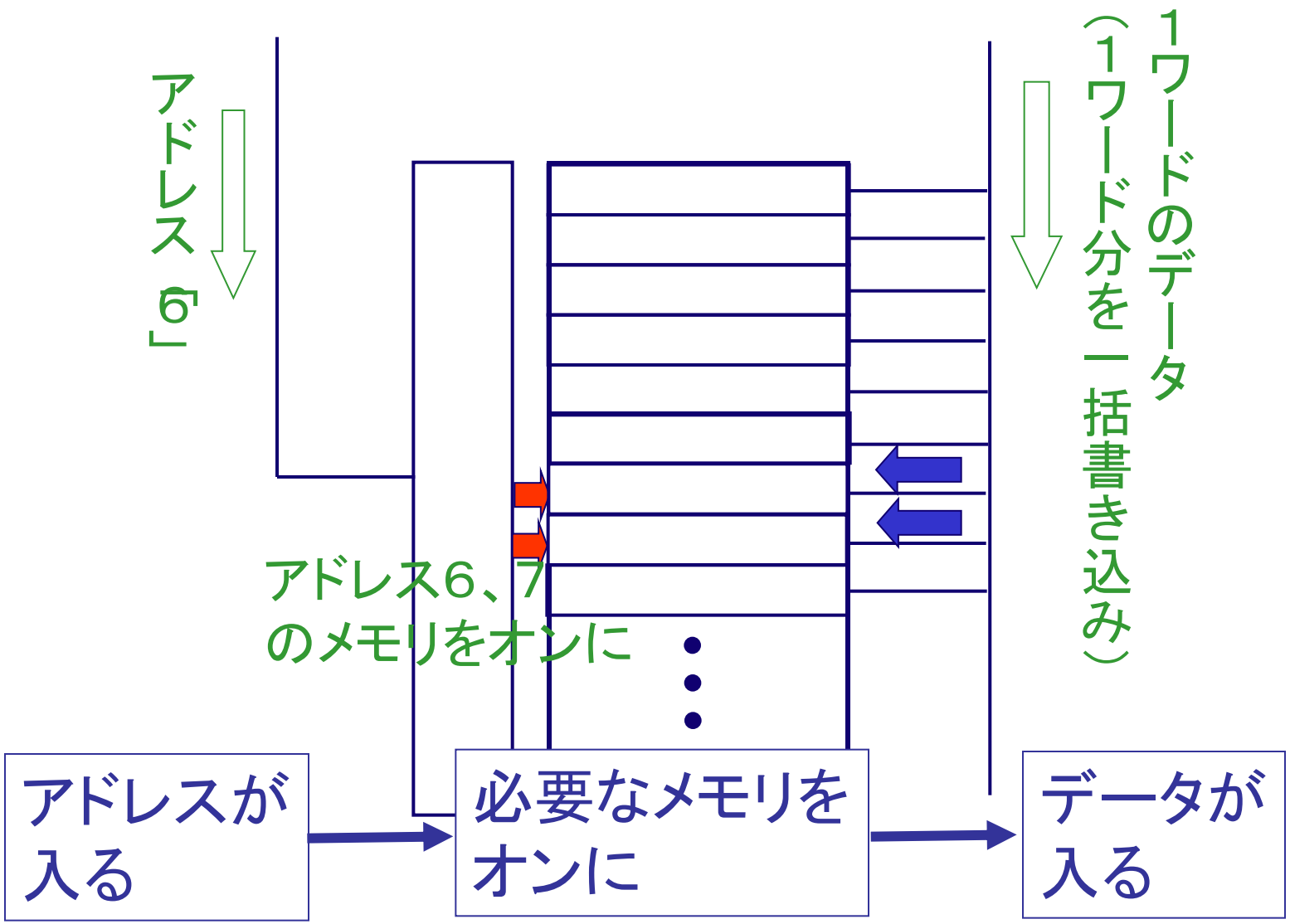
メモリの仕組み


アドレス
アドレスデコーダ
アドレス 0
アドレス 1
アドレス 2
アドレス 3
アドレス 4
アドレス 5
アドレス 6
アドレス 7
アドレス 8
データ
アドレスが
通る信号線
データが
通る信号線
メモリ

アドレス4番地から，1ワード分読み出す



アドレス6番地に，1ワード分書き込む

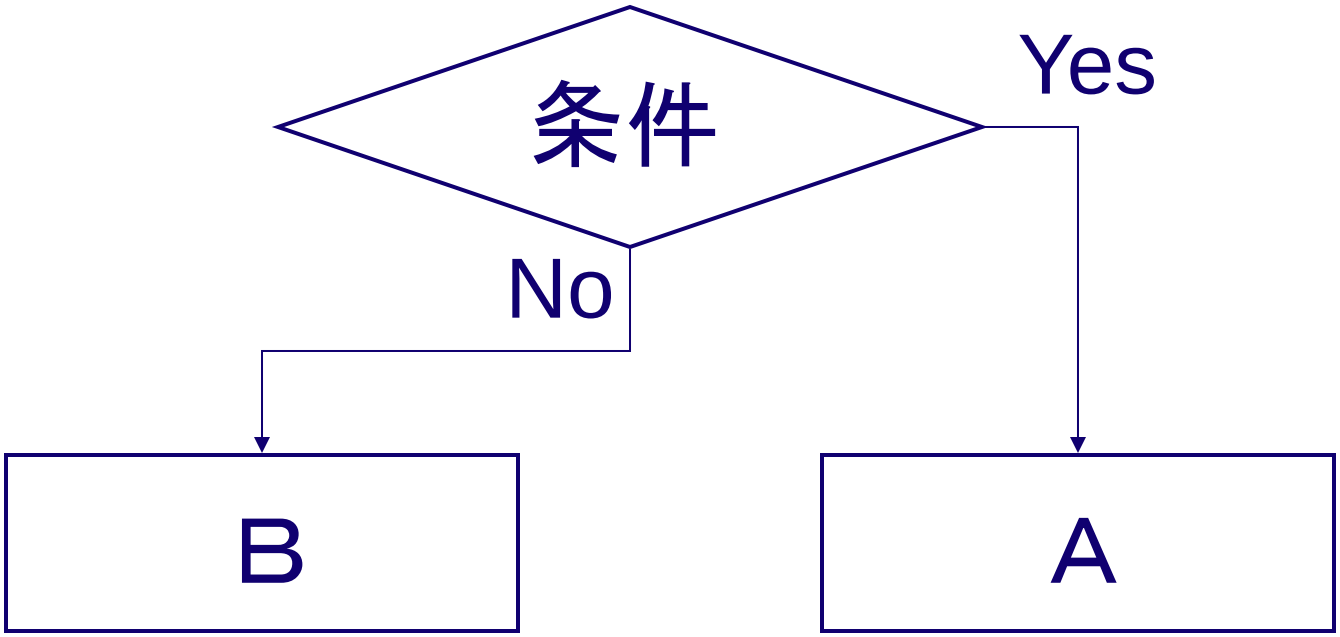


例題1．x≦5での分岐

- 条件分岐の例として，次の例を考える

$$y = 8 \times x \quad (x > 5 \text{のとき})$$
$$y = 0 \quad (x \leq 5 \text{のとき})$$

条件分岐とは



- 「ある条件」が成り立てばAを、成り立たなければBを実行

x ≦ 5 での分岐

実行結果の例

ここでは，x, y はともに4バイトのデータ

x

```
000000: 70 05 b0 b9 00 00 00 2c 64 00 00 14 20 39 00 00
000010: 00 2c e7 88 23 c0 00 00 00 30 60 00 00 08 42 b9
000020: 00 00 00 30 48 48 4e 72 00 00 00 00 00 00 00 07
000030: 00 00 00 38 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
000040: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
```

y

$$y = 8 \times x \quad (x > 5 \text{のとき})$$

$$y = 0 \quad (x \leq 5 \text{のとき})$$

見方

メモリの中身を表示： 16進表記，1バイト単位

アドレス0x000000 から
0x00000f までの中身は・・・　　この通り

```
000000: 70 05 b0 b9 00 00 00 2c 64 00 00 14 20 39 00 00
000010: 00 2c e7 88 23 c0 00 00 00 30 60 00 00 08 42 b9
000020: 00 00 00 30 48 48 4e 72 00 00 00 00 00 00 00 07
000030: 00 00 00 38 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
000040: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
```

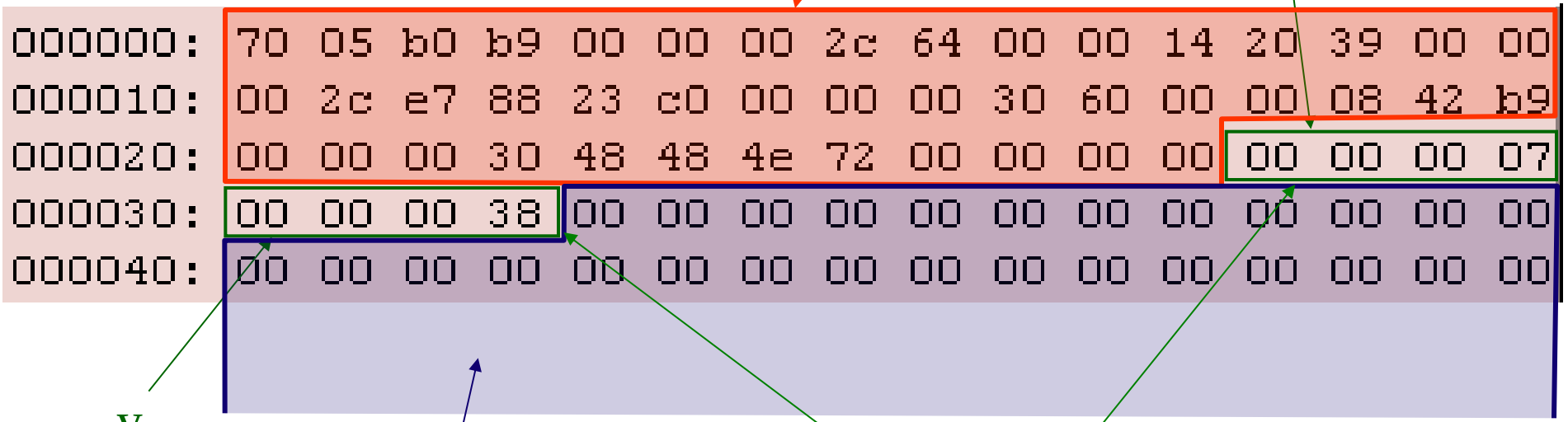
メモリ
アドレス

メモリ
の中身

プログラム本体そのものが
入っているエリア

ここでは，x, y はともに4バイトのデータ

x



y

未使用

データが入っているエリア

x > 5 での分岐

C言語

```
static long int x = 7;
static long int y = 0;

int main()
{
  if ( x > 5 ) {
    y = 8 * x;
  }
  else {
    y = 0;
  }

  return 0;
}
```

等価

等価

68000アセンブラ言語

```
.data
x:
        .dc.l 7
y:
        .dc.l 0
.text
        moveq.l #5,%d0
        cmp.l x,%d0
        bcc else1
        move.l x,%d0
        lsl.l #3,%d0
        move.l %d0,y
        bra endif1
else1:
        clr.l y
endif1:

        .dc.w 0x4848
        stop #0
.end
```

関数の定義は，
今後の授業で触れる（今回は触れない）

68000アセンブラ言語

```
.data
x:
        .dc.l 7
y:
        .dc.l 0
.text
        moveq.l #5,%d0
        cmp.l x,%d0
        bcc else1
        move.l x,%d0
        lsl.l #3,%d0
        move.l %d0,y
        bra endif1
else1:
        clr.l y
endif1:

        .dc.w 0x4848
        stop #0
.end
```

データエリアの確保

x,y（ともに4バイトデータ）
のためのデータエリアを確保せよ

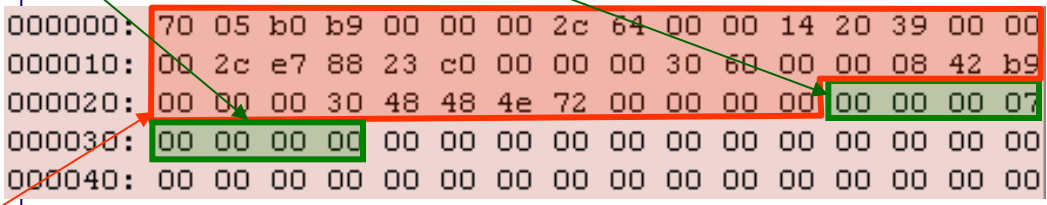
プログラム本体

68000アセンブラ言語

```
.data
x:
        .dc.l 7
y:
        .dc.l 0
.text
        moveq.l #5,%d0
        cmp.l x,%d0
        bcc else1
        move.l x,%d0
        lsl.l #3,%d0
        move.l %d0,y
        bra endif1
else1:
        clr.l y
endif1:

        .dc.w 0x4848
        stop #0
.end
```

最初の時点

（プログラム全体をメモリ上にロードした時点であり，
プログラムを実際に実行する前）



メモリの中身

```
.data
x:
        .dc.l 7
y:
        .dc.l 0
.text
        moveq.l #5,%d0
        cmp.l x,%d0
        bcc else1
        move.l x,%d0
        lsl.l #3,%d0
        move.l %d0,y
        bra endif1
else1:
        clr.l y
endif1:

        .dc.w 0x4848
        stop #0
.end
```

「4バイトをデータエリア内に確保.
最初は「0x0000 0007」にしておく.
x というラベルを付ける」という指示

「4バイトをデータエリア内に確保.
最初は「0x0000 0000」にしておく.
y というラベルを付ける」という指示

```
00000: 70 05 b0 b9 00 00 00 2c 64 00 00 14 20 39 00 00
00010: 00 2c e7 88 23 c0 00 00 00 30 60 00 00 08 42 b9
00020: 00 00 00 30 48 48 4e 72 00 00 00 00 00 00 00 07
00030: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
00040: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
```

y

x

プログラム全体をメモリ上に
ロードした時点で，x, y の値がセットされる

```
.data
x:
        .dc.l 7
y:
        .dc.l 0
.text
        moveq.l #5,%d0
        cmp.l x,%d0
        bcc else1
        move.l x,%d0
        lsl.l #3,%d0
        move.l %d0,y
        bra endif1
else1:
        clr.l y
endif1:

        .dc.w 0x4848
        stop #0
.end
```

「4バイトをデータエリア内に確保.
最初は「0x0000 0007」にしておく.
x というラベルを付ける」という指示

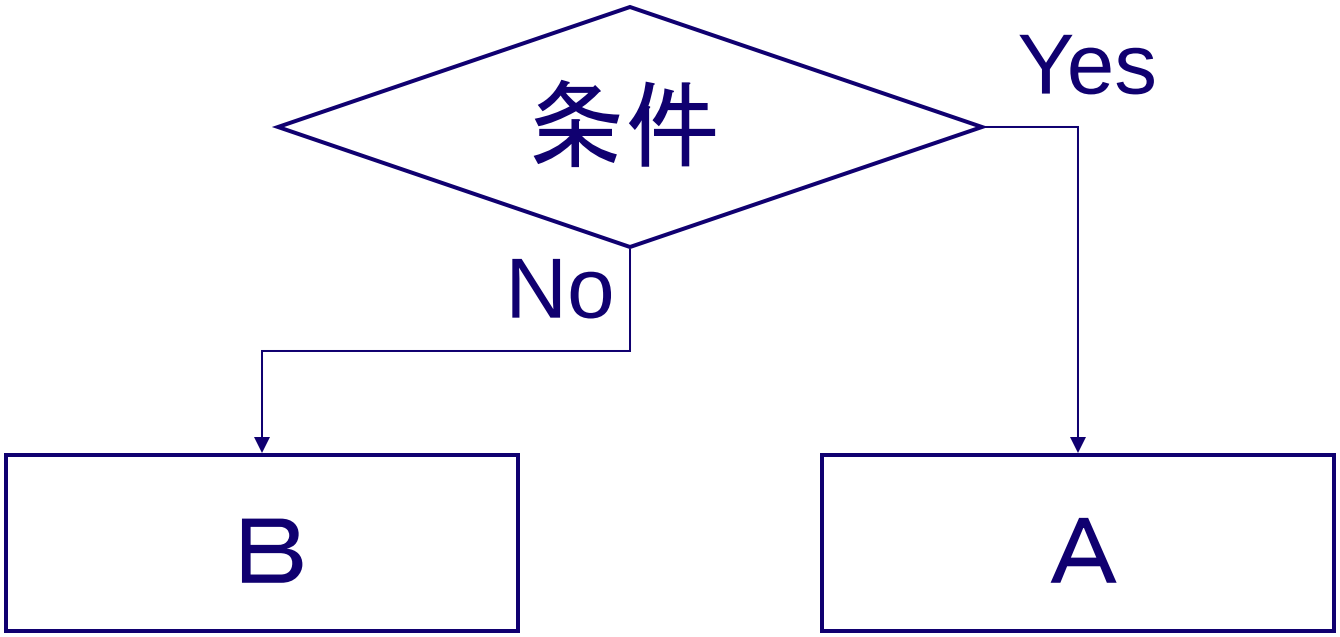
「4バイトをデータエリア内に確保.
最初は「0x0000 0000」にしておく.
y というラベルを付ける」という指示

```
00000: 70 05 b0 b9 00 00 00 2c 64 00 00 14 20 39 00 00
00010: 00 2c e7 88 23 c0 00 00 00 30 60 00 00 08 42 b9
00020: 00 00 00 30 48 48 4e 72 00 00 00 00 00 00 00 07
00030: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
00040: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
```

y　　x

プログラム全体をメモリ上に
ロードした時点で，x, y の値がセットされる

条件分岐とは



- 「ある条件」が成り立てばAを、成り立たなければBを実行

```
.data
x:
        .dc.l 7
y:
        .dc.l 0
.text
        moveq.l #5,%d0
        cmp.l x,%d0
        bcc else1
        move.l x,%d0
        lsl.l #3,%d0
        move.l %d0,y
        bra endif1
else1:
        clr.l y
endif1:

        .dc.w 0x4848
        stop #0
.end
```

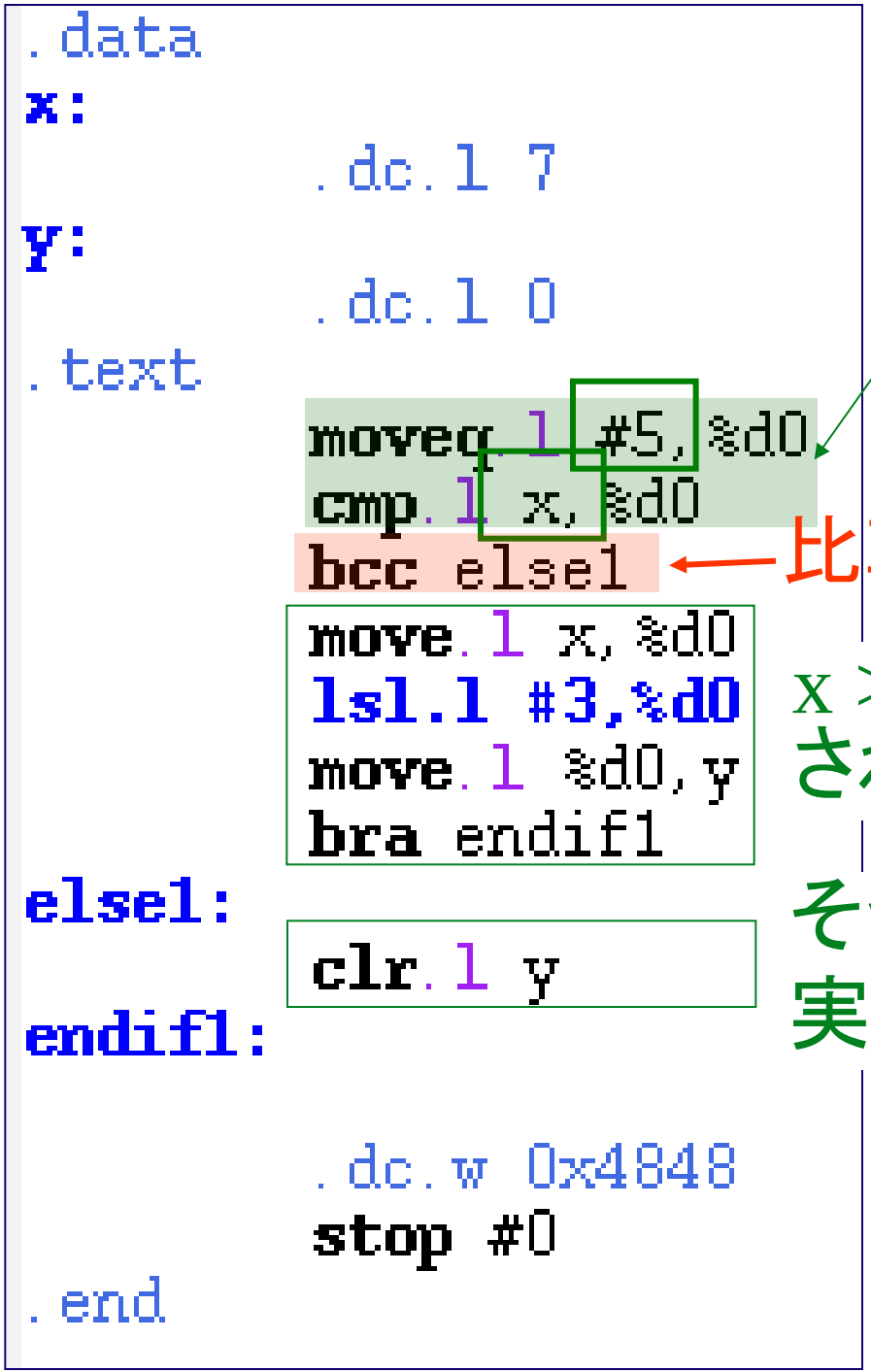
x, y,
をメモリエリア中
に確保

ロングワード

1ロングワードは4バイト

プログラム中で使用

.l ロングワード(4バイト)
.w ワード(2バイト)
.b バイト(1バイト)

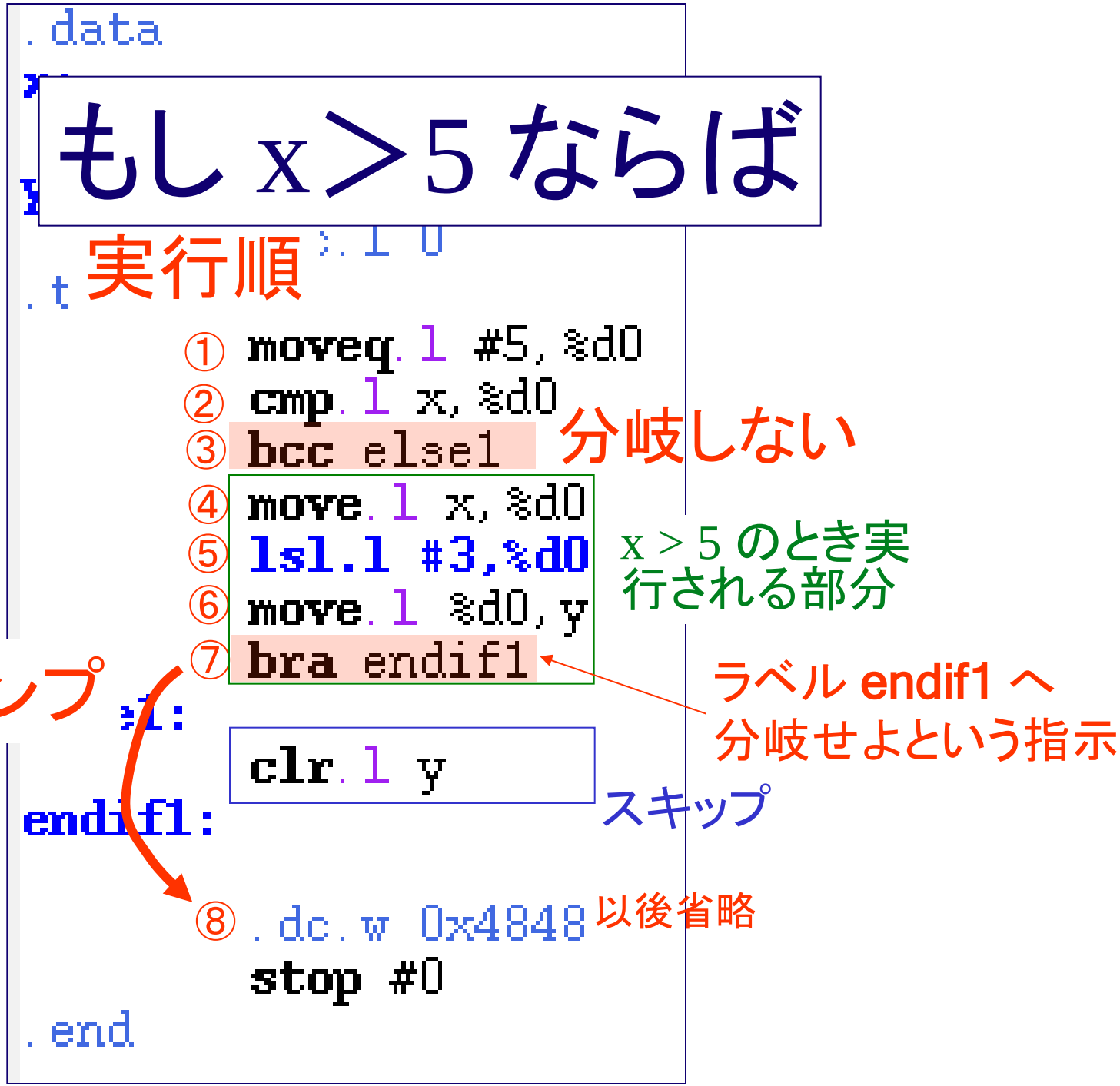


x と 5 の比較
（D0 を使用）

比較結果による分岐

x > 5 のとき実行
される部分

そうでないときに
実行される部分


もし x＞5 ならば
実行順
.data
.t
① moveq.l #5,%d0
② cmp.l x,%d0
③ bcc else1
④ move.l x,%d0
⑤ lsl.l #3,%d0
⑥ move.l %d0,y
⑦ bra endif1
else1:
clr.l y
endif1:
⑧ .dc.w 0x4848
stop #0
.end
分岐しない
x＞5 のとき実行される部分
ラベル endif1 へ分岐せよという指示
スキップ
ジャンプ
以後省略


.data
もし x≦5 ならば
実行順
.t
① moveq.l #5,%d0
② cmp.l x,%d0
③ bcc else1
move.l x,%d0
lsl.l #3,%d0
move.l %d0,y
bra endif1
else1:
④ clr.l y
endif1:
⑤ .dc.w 0x4848
stop #0
.end
分岐する
ラベル else1へ分岐
せよという指示
ジャンプ
スキップ
そうでないときに
実行される部分
以後省略

x > 5 での分岐

```
static long int x = 7;
static long int y = 0;

int main()
{
   if ( x > 5 ) {
      y = 8 * x;
   }
   else {
      y = 0;
   }

   return 0;
}
```

条件式

条件が成り立つ場合に実行される部分

条件が成り立たない場合に実行される部分

```
.data
x:
        .dc.l 7
y:
        .dc.l
.text
        ① moveq.l #5,%d0
        ② cmp.l x,%d0
        ③ bcc else1
        ④ move.l x,%d0
        ⑤ lsl.l #3,%d0
        ⑥ move.l %d0,y
        ⑦ bra endif1
else1:
        ④ clr.l y
endif1:

        .dc.w 0x4848
        stop #0
.end
```

プログラムの実行順

①「5」をデータレジスタ D0 に格納

②x の値とデータレジスタ D0 を比較

③比較結果により else1 に分岐（条件分岐）

④x の値をデータレジスタ D0 に格納

⑤データレジスタ D0 の値を8倍にする

⑥データレジスタ D0 の値を y に格納

⑦endif1 に分岐

x > 5 のとき

④y の値を0にする

そうでないとき

例題2. 繰り返し

- 繰り返しの例として，次の例を考える

$$s = \sum_{\mathrm{i}=1}^{3} i$$

繰り返し

```
static long int i = 1;
static long int s = 0;

int main()
{
  for ( i = 1; i <= 3; i++ ) {
    s = s + i;
  }

  return 0;
}
```

等価

等価

```
.data
i:
        .dc.l 1
s:
        .dc.l 0
.text
start1:
        /* i = 1, 2, 3 */
        cmp.l #3,i
        bhi break1

        move.l i,%d0
        add.l %d0,s
        addq.l #1,i
        bra start1
break1:

        .dc.w 0x4848
        stop #0
.end
```

関数の定義は，
今後の授業で触れる（今回は触れない）

繰り返し

```
static long int i = 1;
static long int s = 0;

int main()
{
  for ( i = 1; i <= 3; i++ ) {
    s = s + i;
  }

  return 0;
}
```

この部分は繰り返し処理
（for 文による繰り返し）

- i = 1 から開始
- i を 1 ずつ足しながら，「i <= 3」が成り立たなくなったら終了

繰り返し

- ある条件が満たされるまで，同じ処理を繰り返す
- ループ変数 （ループカウンタ）を使うことが多い

ループ変数： 繰り返しの回数を数える変数

  - インクリメント　値を1増やす
  - デクリメント　　値を1減らす

繰り返し

実行結果の例

ここでは，i, s はともに4バイトのデータ

```
000000: 0c b9 00 00 00 03 00 00 00 2c 62 00 00 18 20 39
000010: 00 00 00 2c d1 b9 00 00 00 30 52 b9 00 00 00 2c
000020: 60 00 ff de 48 48 4e 72 00 00 00 00 00 00 00 04
000030: 00 00 00 06 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
000040: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
```

i

s

$$s = \sum_{i=1}^{3} i$$

繰り返し

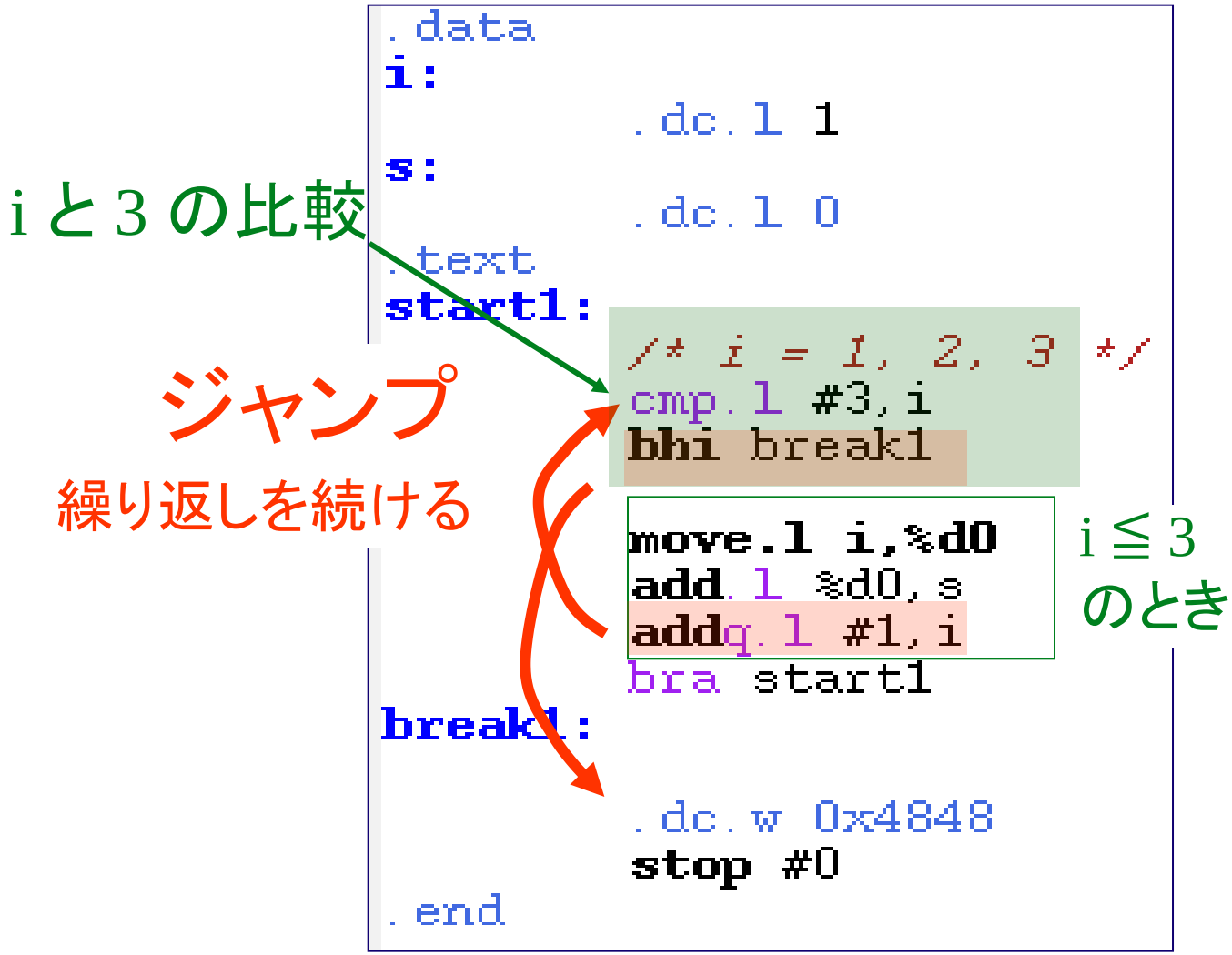
繰り返しの終了条件
「i <= 3」が成り立たない

```
.data
i:
        .dc.l 1
s:
        .dc.l 0
.text
start1:
        /* i = 1, 2, 3 */
        cmp.l #3,i
        bhi break1

        move.l i,%d0
        add.l %d0,s
        addq.l #1,i
        bra start1

break1:
        .dc.w 0x4848
        stop #0
.end
```

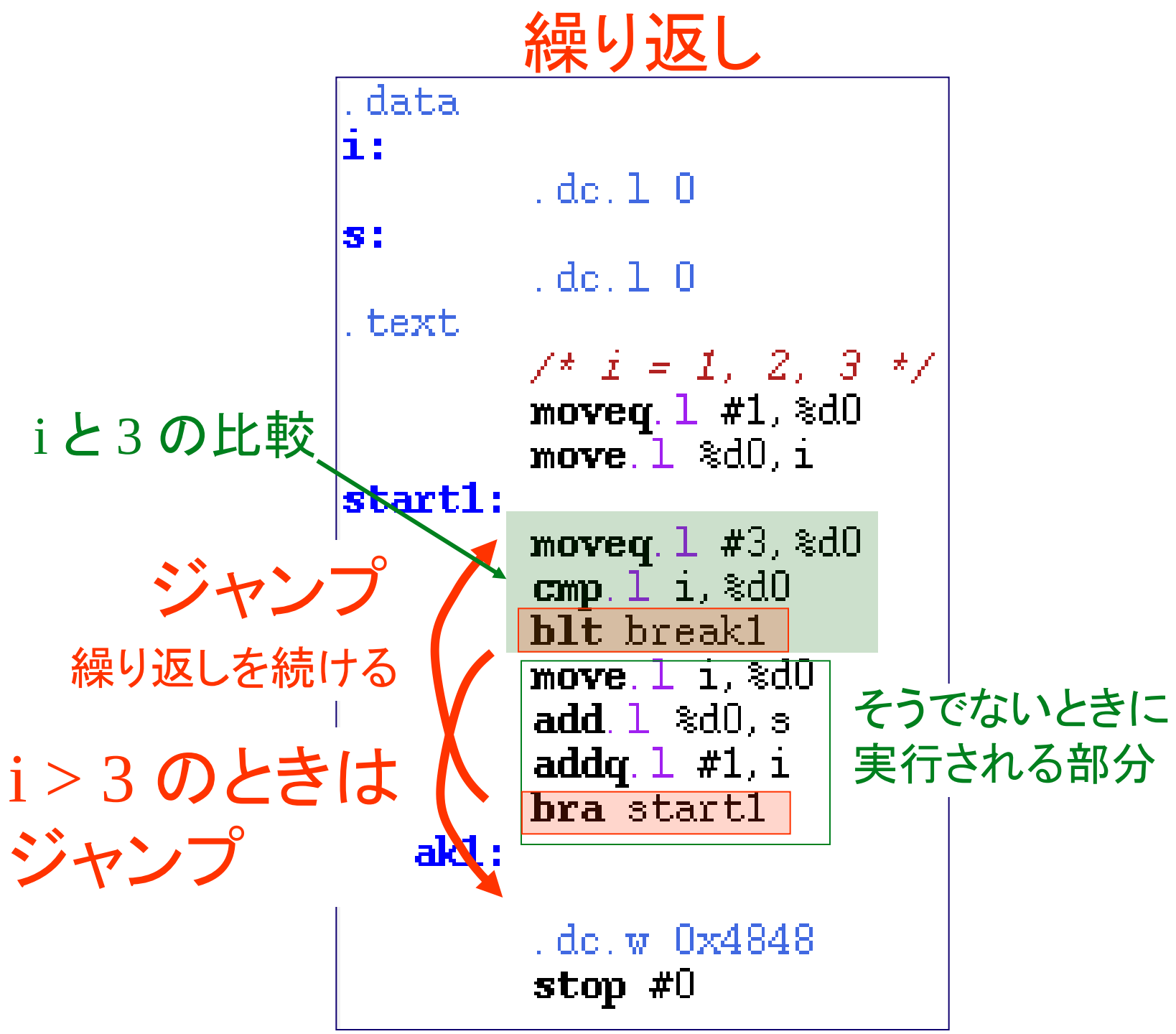
iと3の比較

i > 3
のときはジャンプ

繰り返し


iと3の比較
ジャンプ
繰り返しを続ける
i≦3
のとき
.data
i:
.dc.l 1
s:
.dc.l 0
.text
start1:
/* i = 1, 2, 3 */
cmp.l #3,i
bhi break1
move.l i,%d0
add.l %d0,s
addq.l #1,i
bra start1
break1:
.dc.w 0x4848
stop #0
.end

繰り返し


.data
i:
.dc.l 0
s:
.dc.l 0
.text
/* i = 1, 2, 3 */
moveq.l #1,%d0
move.l %d0,i
start1:
moveq.l #3,%d0
cmp.l i,%d0
blt break1
move.l i,%d0
add.l %d0,s
addq.l #1,i
bra start1
ak1:
.dc.w 0x4848
stop #0
iと3の比較
ジャンプ
繰り返しを続ける
i > 3 のときは
ジャンプ
そうでないときに
実行される部分