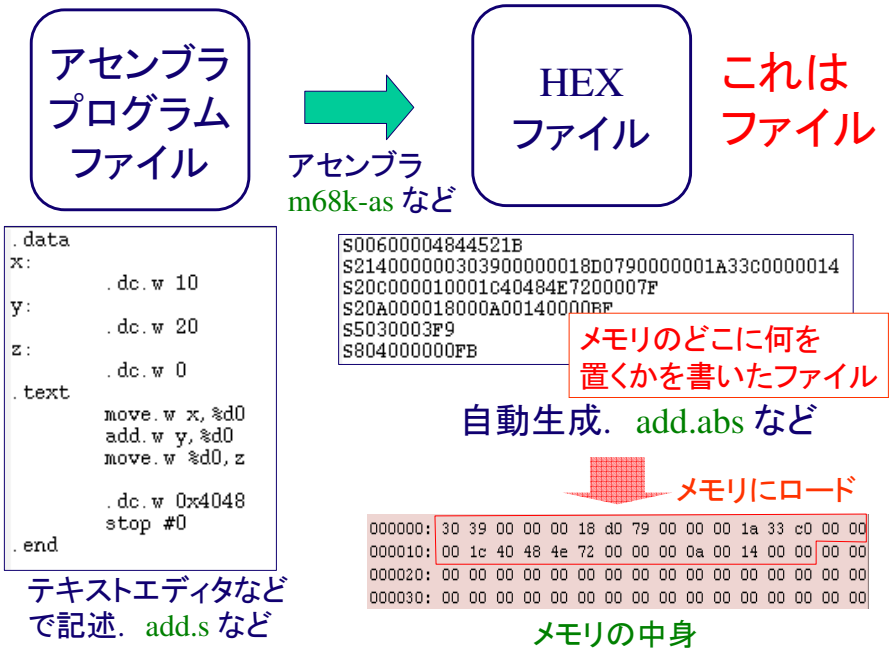
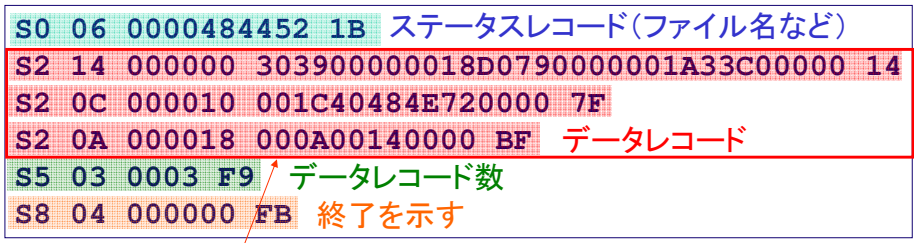
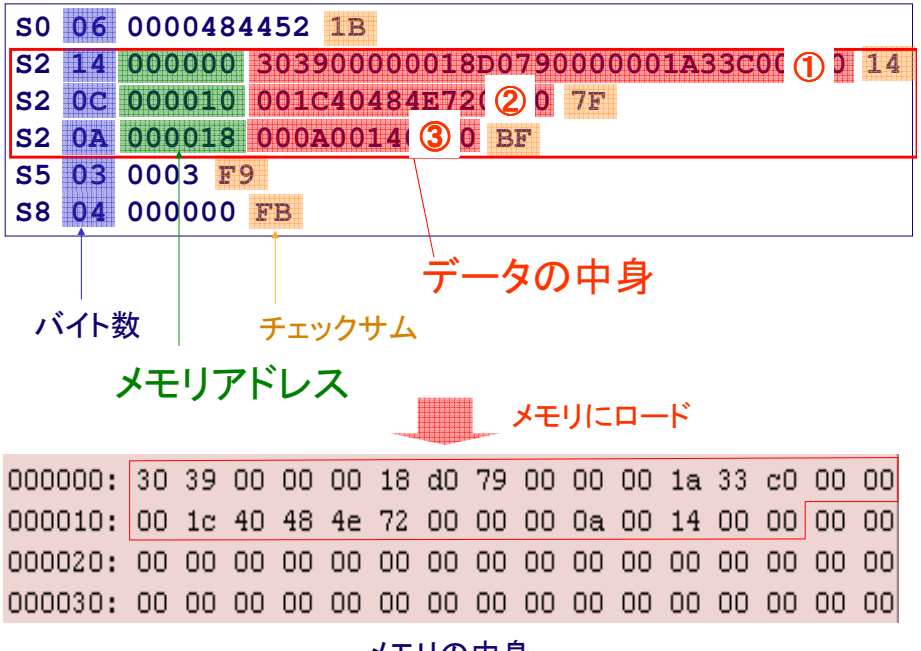
プログラムカウンタと命令実行サイクル





データレコード：　メモリにロードされるべき中身
その他のレコード：　管理情報



```
.data
x:
        .dc.w 10
y:
        .dc.w 20
z:
        .dc.w 0
.text
        move.w x, %d0
        add.w y, %d0
        move.w %d0, z
```

x → 0x000018
y → 0x00001a
z → 0x00001c

メモリ読み出し (x から)
→ データレジスタ d0 に格納

アセンブラプログラムファイル中ではラベル名

```
000000: 30 39 00 00 00 18 d0 79 00 00 00 1a 33 c0 00 00
000010: 00 1c 40 48 4e 72 00 00 00 0a 00 14 00 00 00 00
000020: 00 00 00 00 0
000030: 00 00 00 00 0                          00 00 00 00
```

メモリアドレス


```
.data
x:
        .dc.w 10
y:
        .dc.w 20
z:
        .dc.w 0
.text
        move.w x, %d0
        add.w y, %d0
        move.w %d0, z
```

x → 0x000018
y → 0x00001a
z → 0x00001c

メモリ読み出し (x から)
→ データレジスタ d0 に格納

アセンブラプログラムファイル中ではラベル名


```
000000: 30 39 00 00 00 18 d0 79 00 00 00 1a 33 c0 00 00
000010: 00 1c 40 48 4e 72 00 00 00 0a 00 14 00 00 00 00
000020: 00 00 00 00 0                          00 00 00 00
000030: 00 00 00 00 0                          00 00 00 00
```

1. データ転送を行え
2. 転送先は D0
3. 処理はワード単位

メモリアドレス 0x00000018 を扱う


```
.data
x:
        .dc.w 10
y:
        .dc.w 20
z:
        .dc.w 0
.text
        move.w x, %d0
        add.w y, %d0
        move.w %d0, z
```

x → 0x000018
y → 0x00001a
z → 0x00001c

メモリ読み出し (yから) と加算
→ データレジスタ d0 との加算
→ 加算の結果はd0に格納

```
S0 06 0000484452 1B
S2 14 000000 303900000018D079 0000001A33C00000 14
S2 0C 000010 001C40484E720000 7F
S2 0A 000
S5 03 000
S8 04 000
```

1. 加算を行え
2. 使用するレジスタは D0
3. 処理はワード単位

メモリアドレス 0x0000001A を扱う


```
.data
x:
        .dc.w 10
y:
        .dc.w 20
z:
        .dc.w 0
.text
        move.w x, %d0
        add.w y, %d0
        move.w %d0, z
```

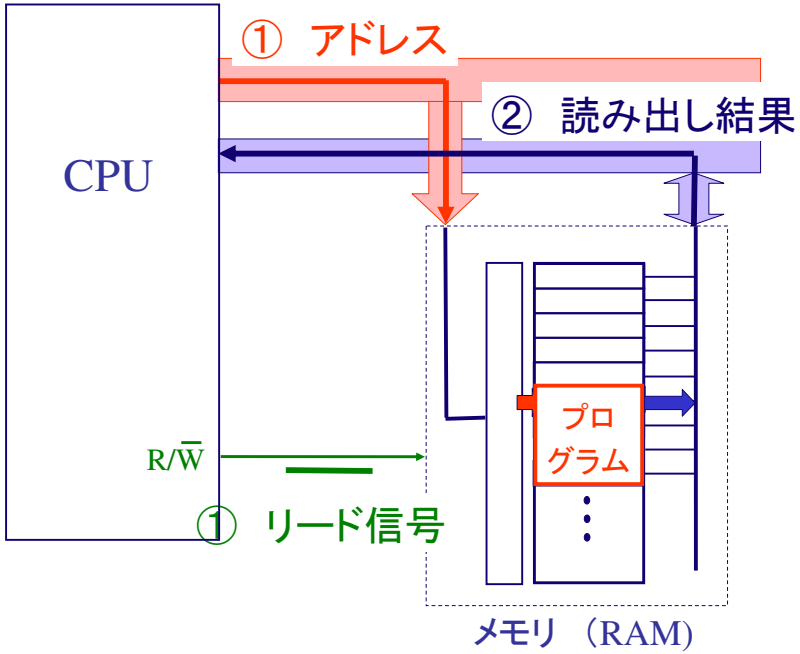
x → 0x000018
y → 0x00001a
z → 0x00001c

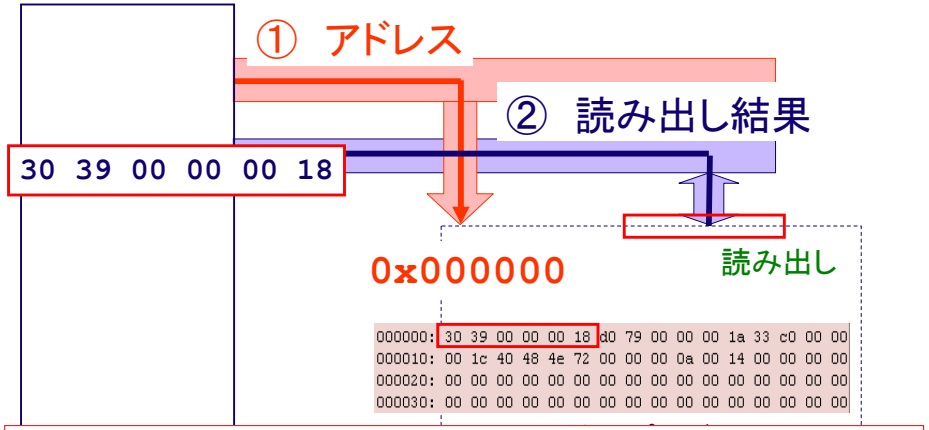
メモリ書き込み (z へ)
→ データレジスタ d0 の中身を書き込む

```
S0 06 0000484452 1B
S2 14 000000 303900000018D0790000001A33C00000 14
S2 0C 000010 001C40484E720000 7F
S2 0A 000018 000A00140000 BF
S5 03
S8 04
```

メモリアドレス 0x0000001C を扱う

1. データ転送を行え
2. 転送元は D0
3. 処理はワード単位

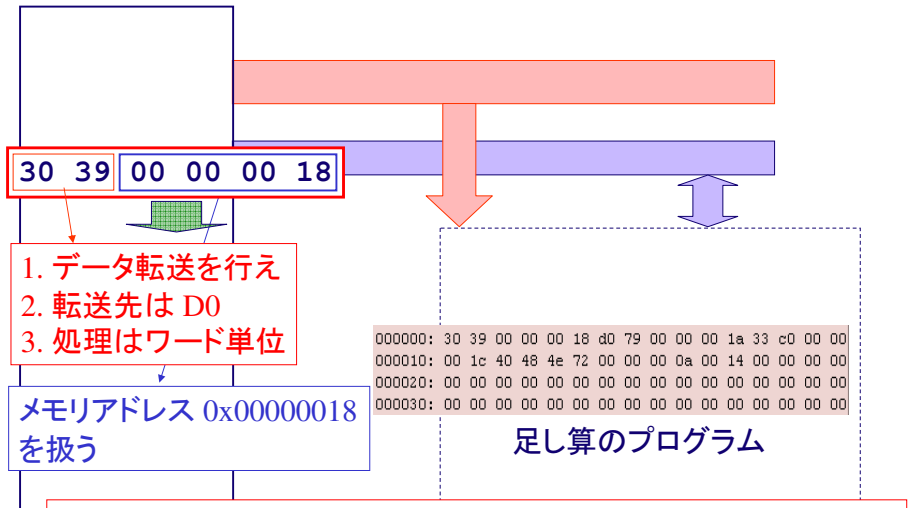




命令フェッチ

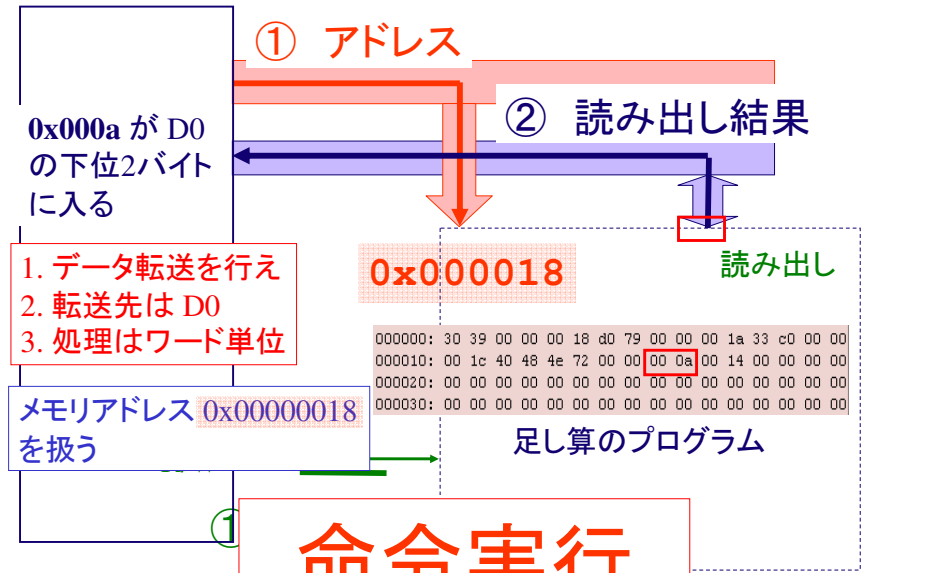
メモリ中の「プログラム命令」を，CPUへ読み込むこと

この授業では，説明を簡単にするために，1命令分が1度に読み出される説明としている



命令デコード

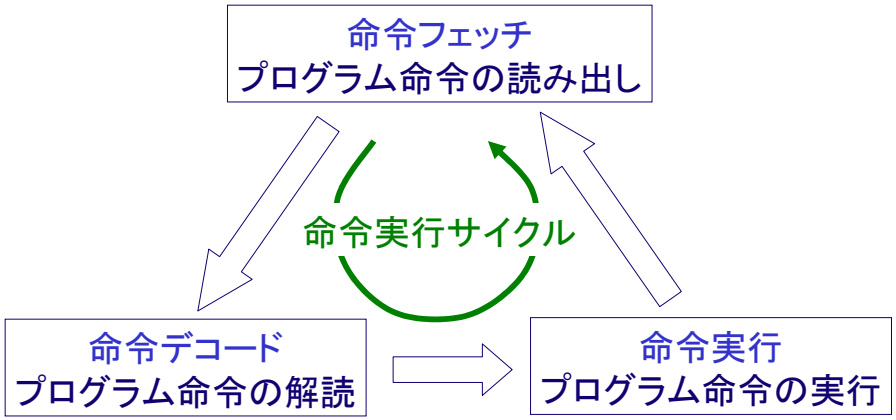
CPU内で，プログラム命令の解読が行われること



命令実行

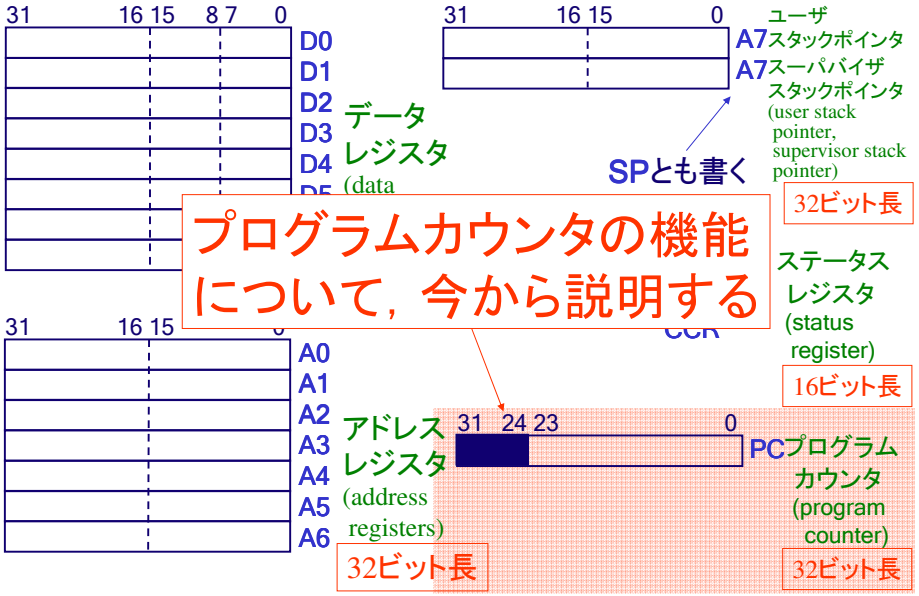
「プログラム命令」の実行

命令実行サイクル



各命令ごとに「命令実行サイクル」を繰り返す

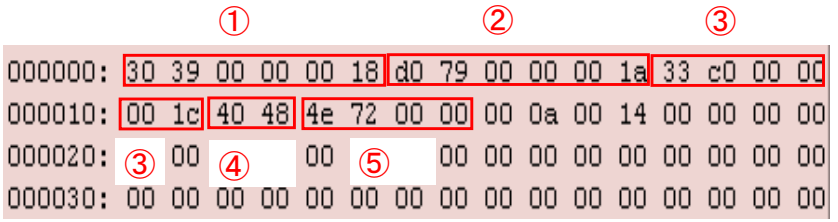
CPU 68000 では



68000アセンブラ プログラムファイル

```
.data
x:
        .dc.w 10
y:
        .dc.w 20
z:
        .dc.w 0
.text
        ① move.w x,%d0
        ② add.w y,%d0
        ③ move.w %d0,z

        ④ .dc.w 0x4048
        ⑤ stop #0
.end
```

プログラムは順次実行される ①→②→③→・・・



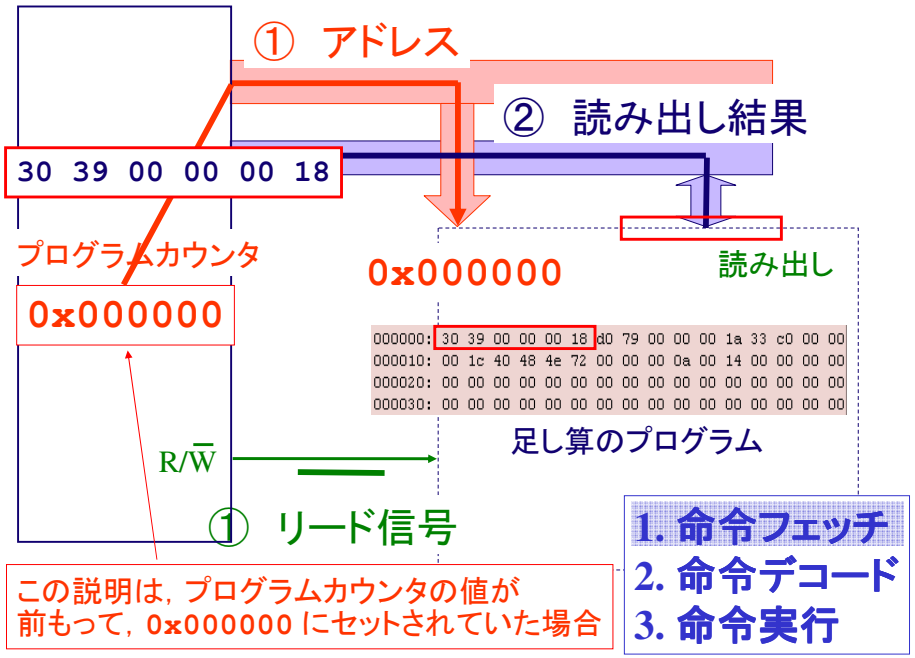
メモリの中身

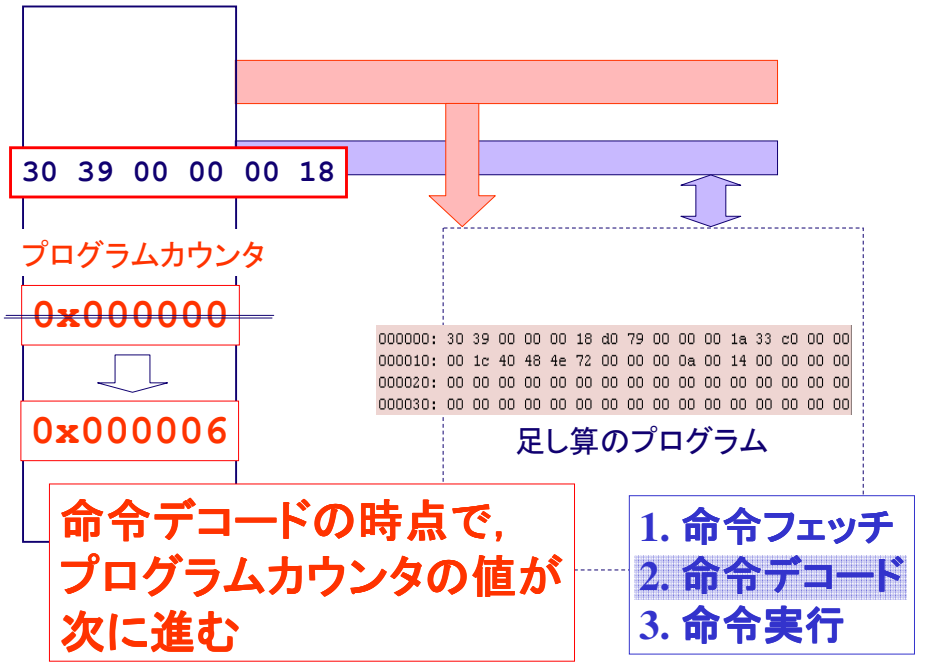
命令フェッチは，順次行われる ①→②→③→・・・

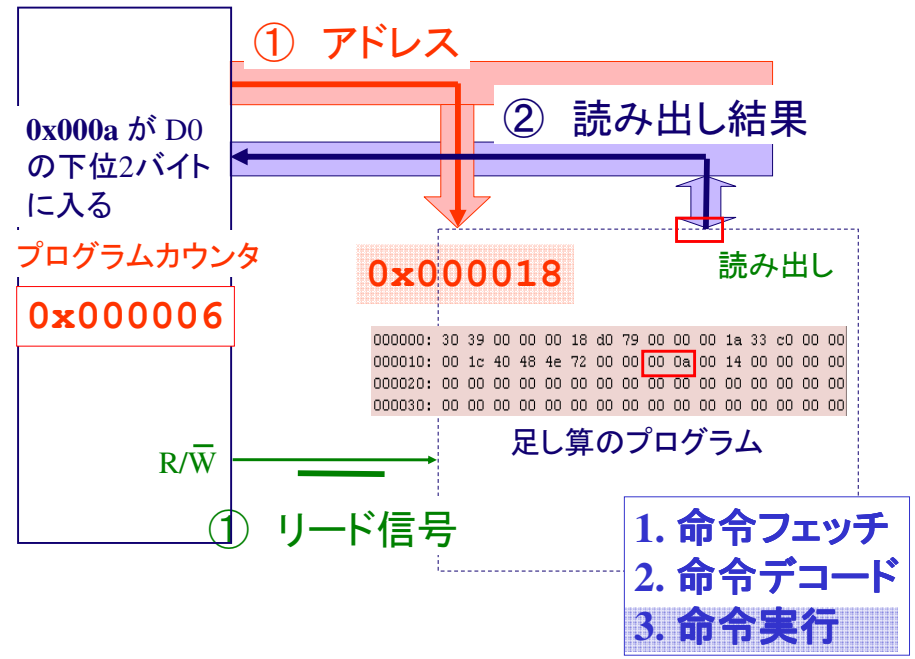
開始は 0x000000

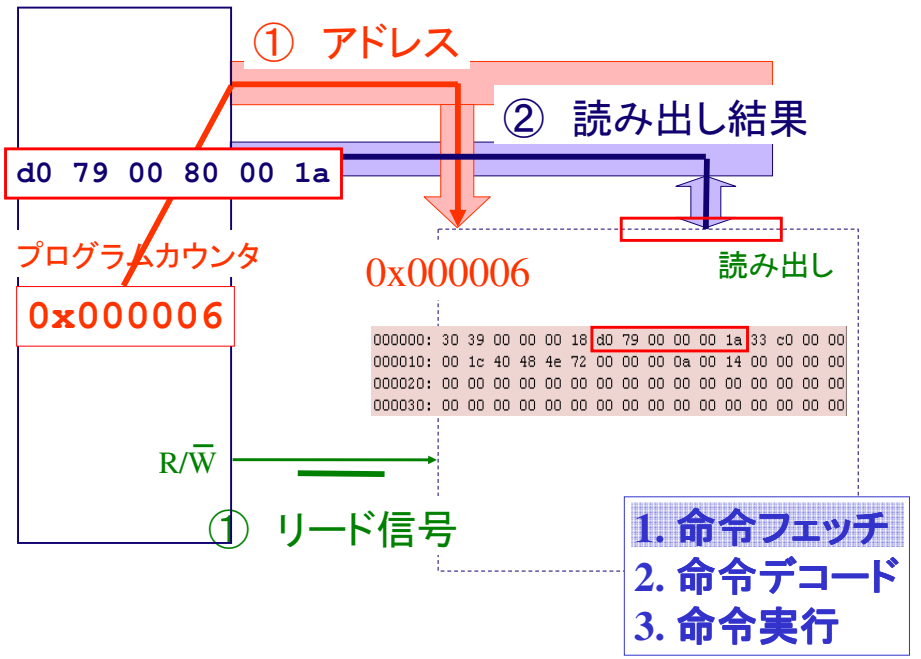
① 0x000000 から命令フェッチ
② 0x000006 から命令フェッチ
③ 0x00000c から命令フェッチ

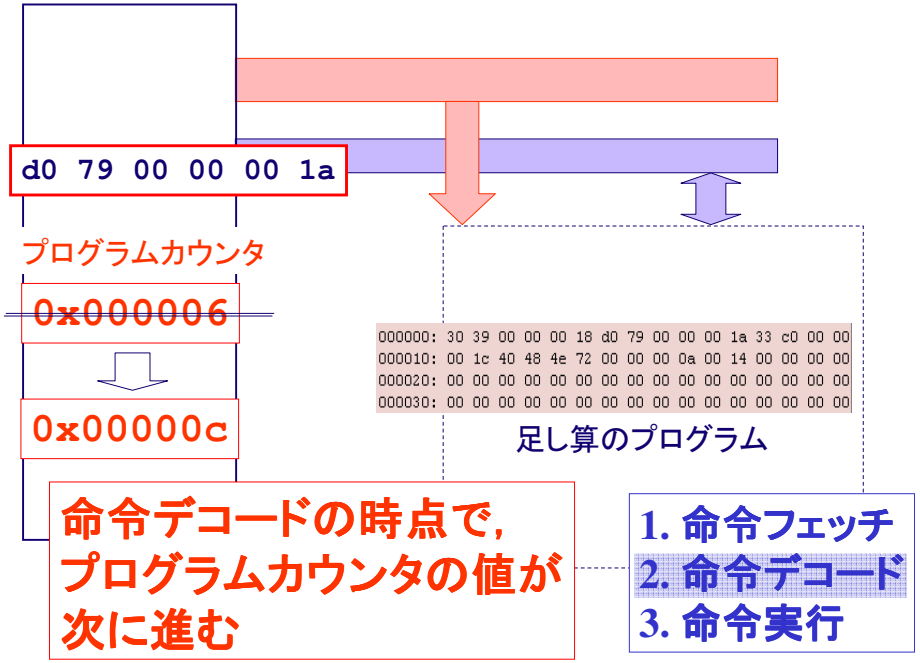
…

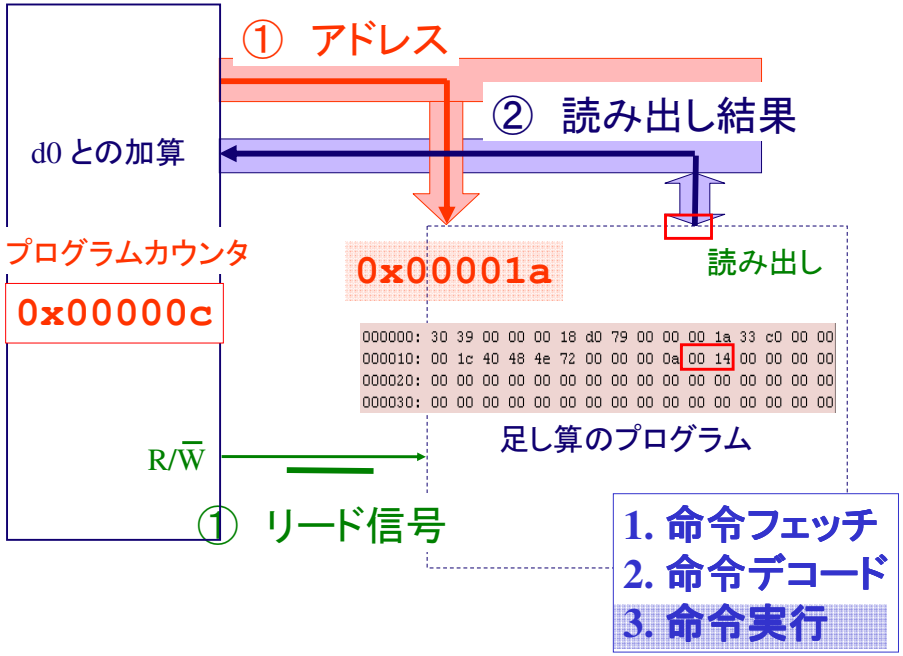

① アドレス
② 読み出し結果
30 39 00 00 00 18
プログラムカウンタ
0x000000
0x000000
読み出し
000000: 30 39 00 00 00 18 d0 79 00 00 00 1a 33 c0 00 00
000010: 00 1c 40 48 4e 72 00 00 00 0a 00 14 00 00 00 00
000020: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
000030: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
足し算のプログラム
R/W
① リード信号
この説明は，プログラムカウンタの値が
前もって，0x000000 にセットされていた場合
1. 命令フェッチ
2. 命令デコード
3. 命令実行

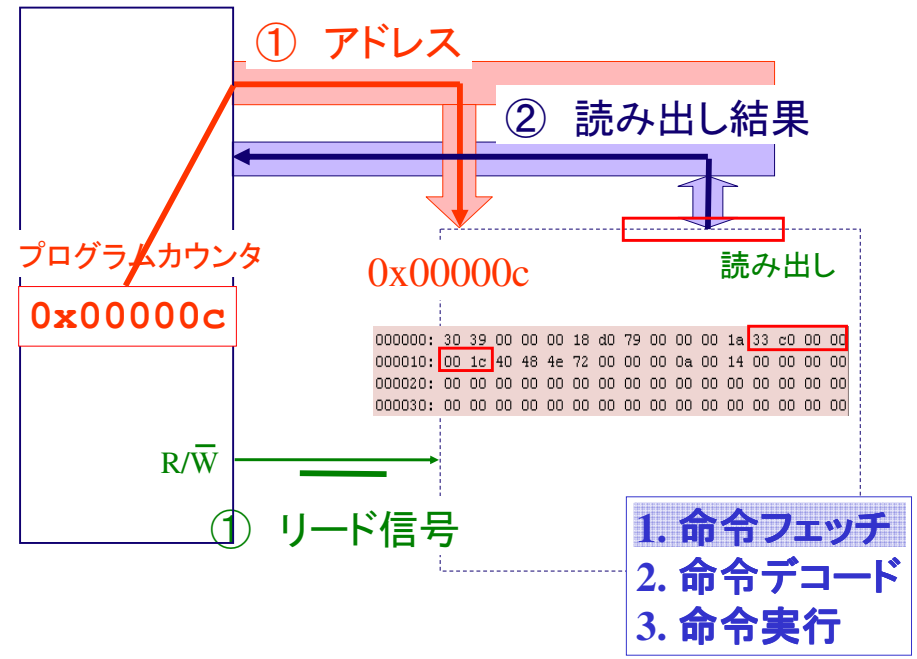

30 39 00 00 00 18
プログラムカウンタ
0x000000
0x000006
000000: 30 39 00 00 00 18 d0 79 00 00 00 1a 33 c0 00 00
000010: 00 1c 40 48 4e 72 00 00 00 0a 00 14 00 00 00 00
000020: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
000030: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
足し算のプログラム
命令デコードの時点で，
プログラムカウンタの値が
次に進む
1. 命令フェッチ
2. 命令デコード
3. 命令実行


① アドレス
② 読み出し結果
0x000a が D0
の下位2バイト
に入る
プログラムカウンタ
0x000006
0x000018
読み出し
000000: 30 39 00 00 00 18 d0 79 00 00 00 1a 33 c0 00 00
000010: 00 1c 40 48 4e 72 00 00 00 0a 00 14 00 00 00 00
000020: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
000030: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
足し算のプログラム
R/W
① リード信号
1. 命令フェッチ
2. 命令デコード
3. 命令実行


① アドレス
② 読み出し結果
d0 79 00 80 00 1a
プログラムカウンタ
0x000006
0x000006
読み出し
000000: 30 39 00 00 00 18 d0 79 00 00 00 1a 33 c0 00 00
000010: 00 1c 40 48 4e 72 00 00 00 0a 00 14 00 00 00 00
000020: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
000030: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
R/W
① リード信号
1. 命令フェッチ
2. 命令デコード
3. 命令実行

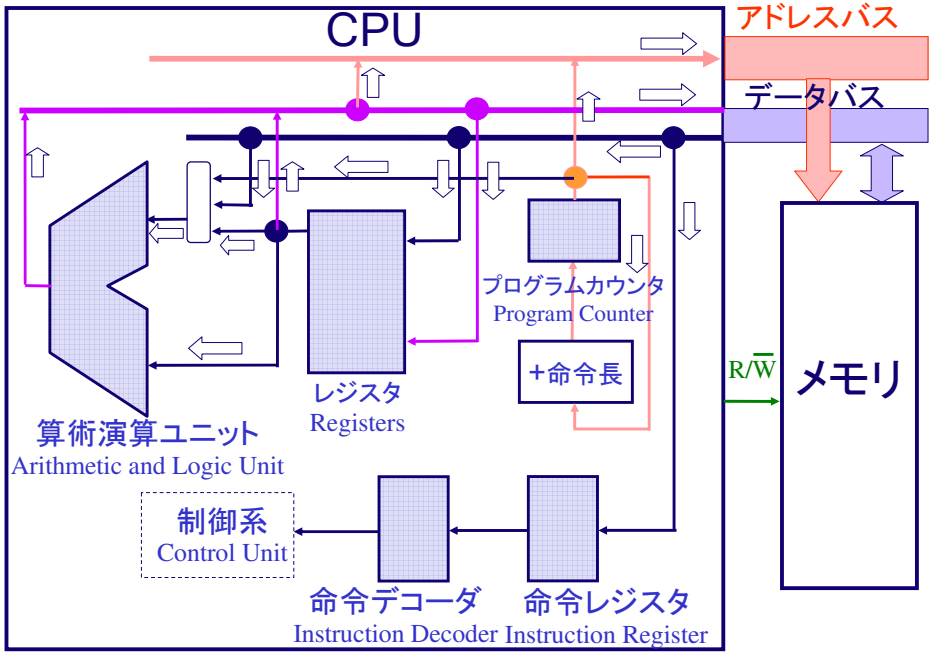


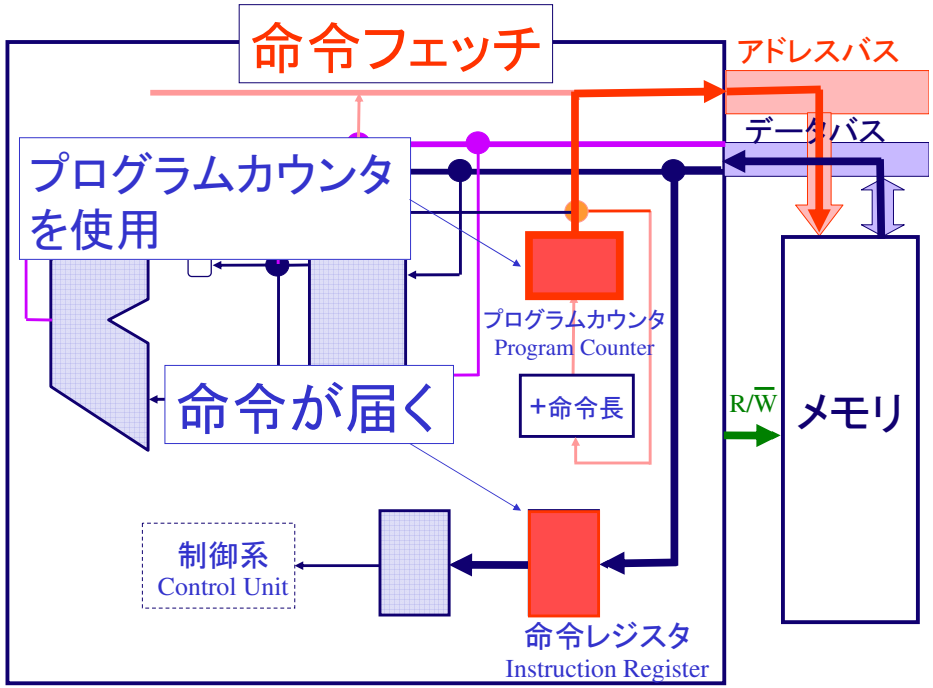


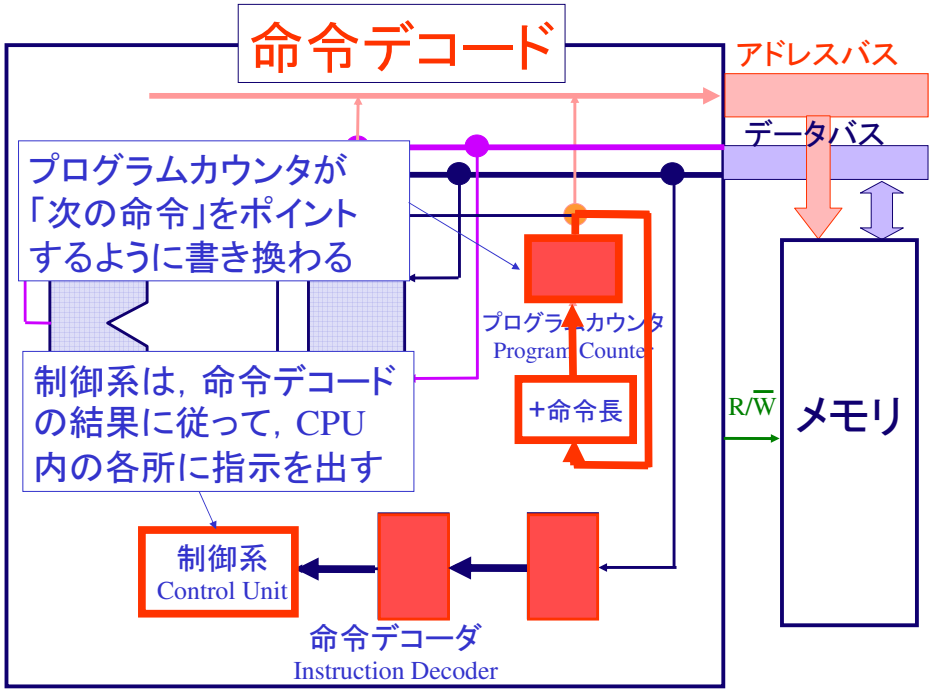


命令実行サイクル

1. 命令フェッチ
   - 次に実行すべきプログラム命令を，プログラムカウンタを使って，メモリから読み出す
2. 命令デコード
   - 読み出した命令を解読し，命令の種類，オペランドの種類，演算結果の格納場所の情報を得る
   - 命令デコードの時点で，プログラムカウンタの値が次に進む
3. 命令実行
   - 命令デコードの結果に従って，必要となるデータにアクセス
   - 演算装置に供給し，結果を適当な場所に格納する







例題．繰り返し

- 次の例を使って，今までの内容を説明する

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

繰り返し

```
.data
s:
      .dc.l 0
.text
      /* %d0 = 1, 2, 3 */
      moveq.l #1,%d0
start1:
      cmp.l #3,%d0
      bhi break1
      add.l %d0,s
      addq.l #1,%d0
      bra start1
break1:

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

繰り返し

```
.data
s:
      .dc.l 0
.text
      /* %d0 = 1, 2, 3 */
      moveq.l #1,%d0
start1:
      cmp.l #3,%d0
      bhi break1
      add.l %d0,s
      addq.l #1,%d0
      bra start1
break1:

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

データレジスタ D0
と「3」との比較

ジャンプ

「3以下」のとき
のみ実行される
部分

繰り返し

```
.data
s:
      .dc.l 0
.text
      /* %d0 = 1, 2, 3 */
      moveq.l #1,%d0
start1:
      cmp.l #3,%d0
      bhi break1
      add.l %d0,s
      addq.l #1,%d0
      bra start1
break1:

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

データレジスタ D0
と「3」との比較

3を超えたときは

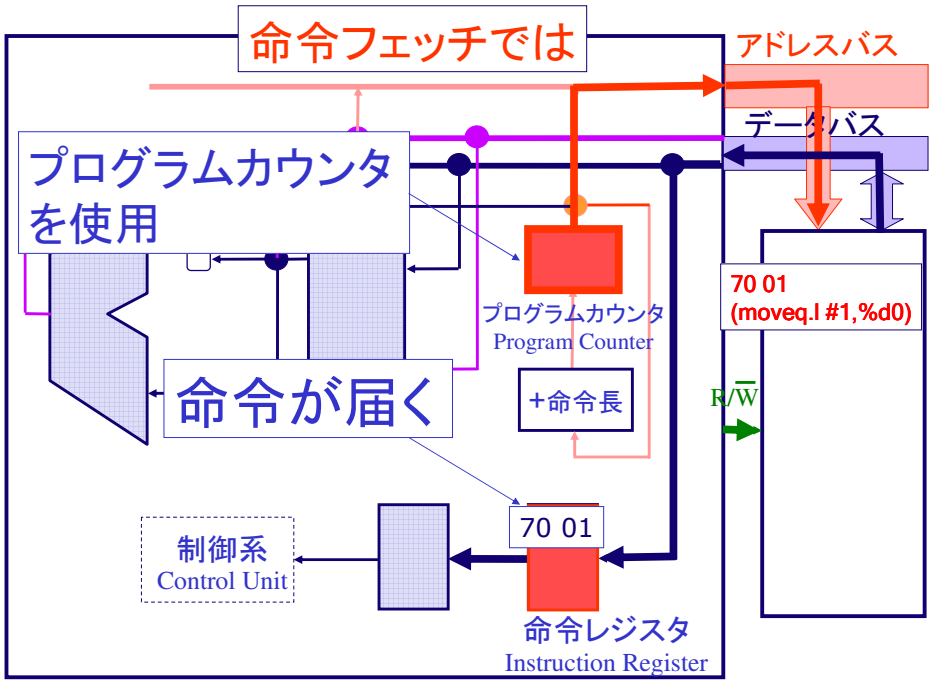
「3以下」のとき
のみ実行される
部分

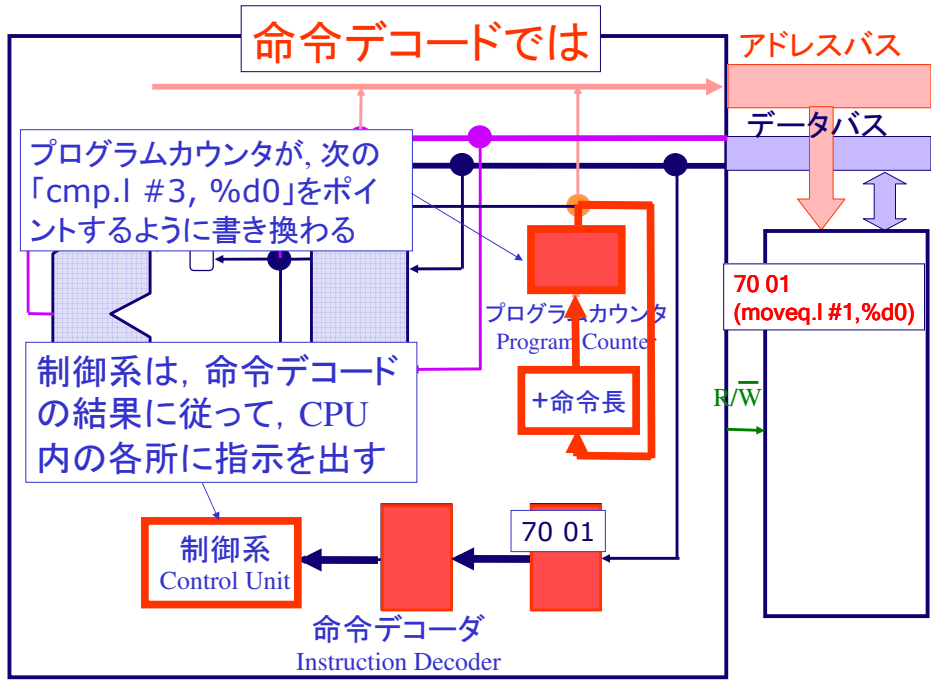
ジャンプ

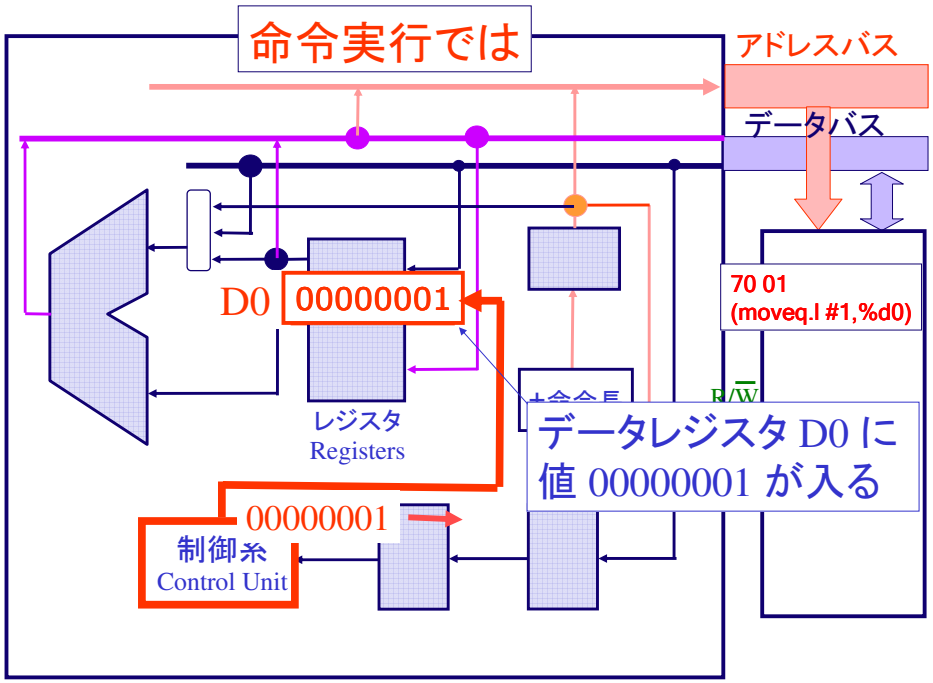
繰り返し

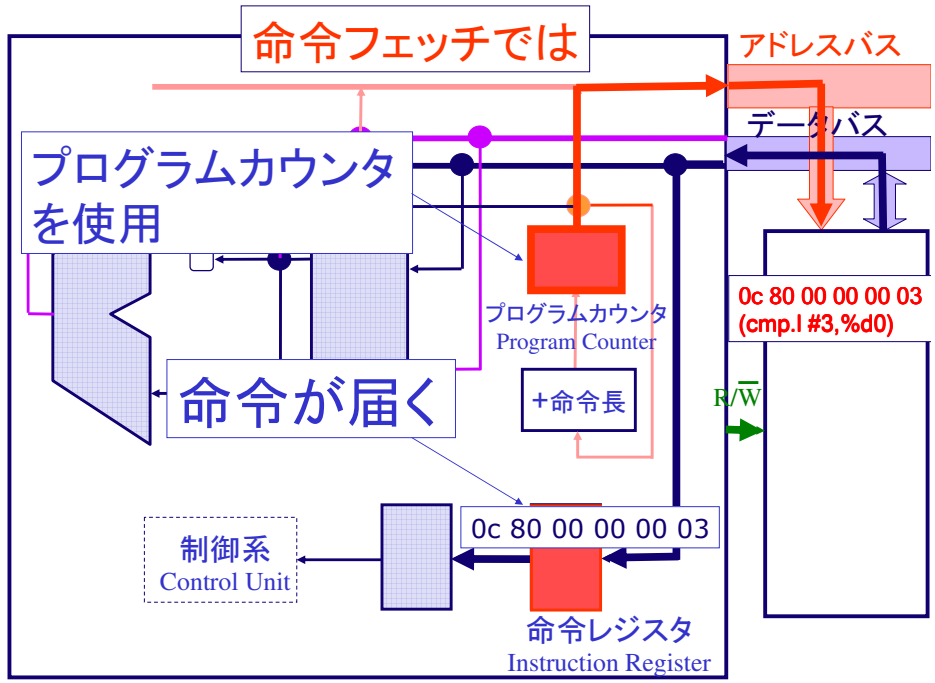
```
.data
s:
      .dc.l 0
.text
      /* %d0 = 1, 2, 3 */
①     moveq.l #1,%d0
start1:
②⑦⑫⑰ cmp.l #3,%d0
③⑧⑬⑱ bhi break1
④⑨⑭   add.l %d0,s
⑤⑩⑮   addq.l #1,%d0
⑥⑪⑯   bra start1
break1:

⑲     .dc.w 0x4848
      stop #0
```

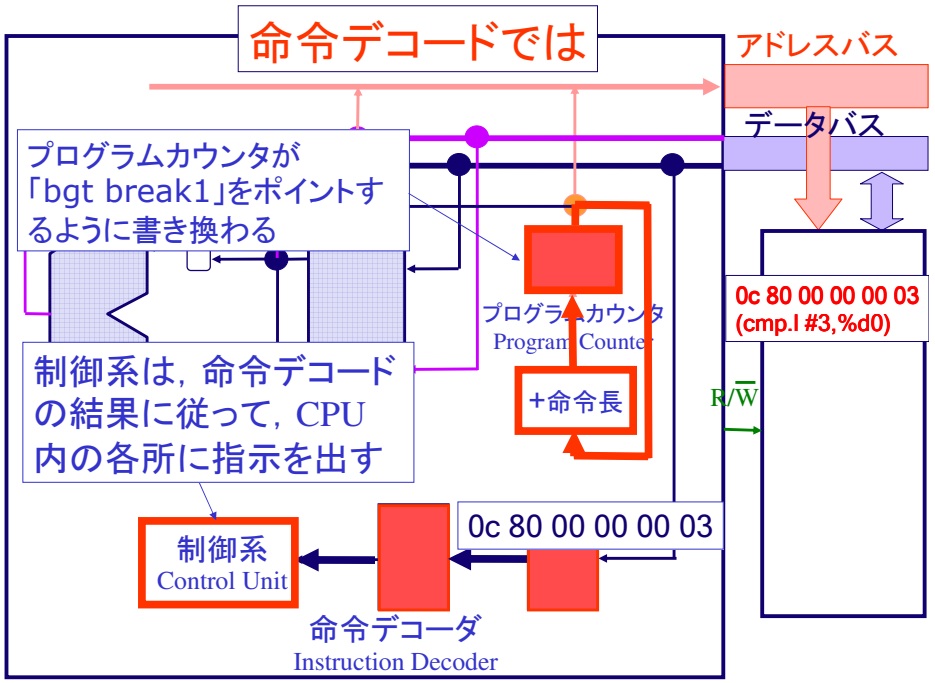
最初はここ

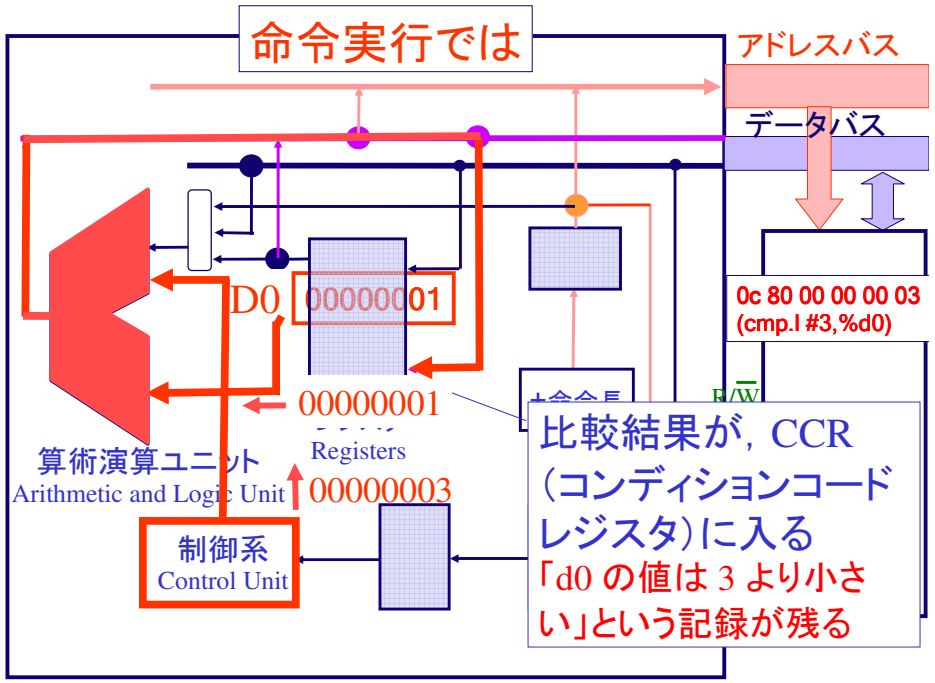

命令フェッチでは
アドレスバス
データバス
プログラムカウンタを使用
70 01
(moveq.l #1,%d0)
プログラムカウンタ
Program Counter
+命令長
R/W
命令が届く
70 01
制御系
Control Unit
命令レジスタ
Instruction Register

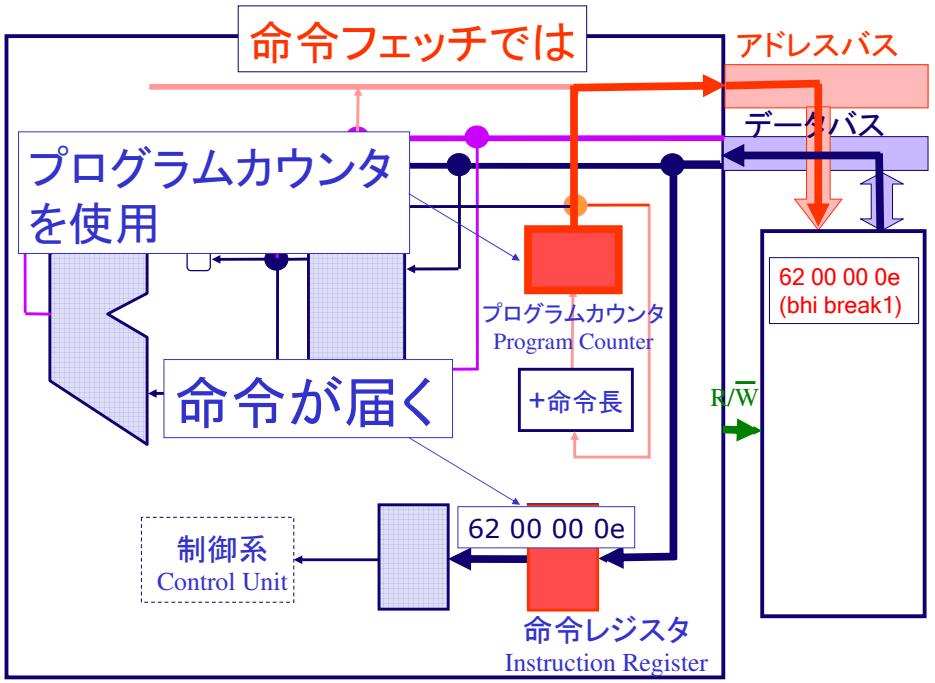

命令デコードでは
アドレスバス
データバス
プログラムカウンタが，次の「cmp.l #3, %d0」をポイントするように書き換わる
70 01
(moveq.l #1,%d0)
プログラムカウンタ
Program Counter
+命令長
R/W
制御系は，命令デコードの結果に従って，CPU内の各所に指示を出す
70 01
制御系
Control Unit
命令デコーダ
Instruction Decoder

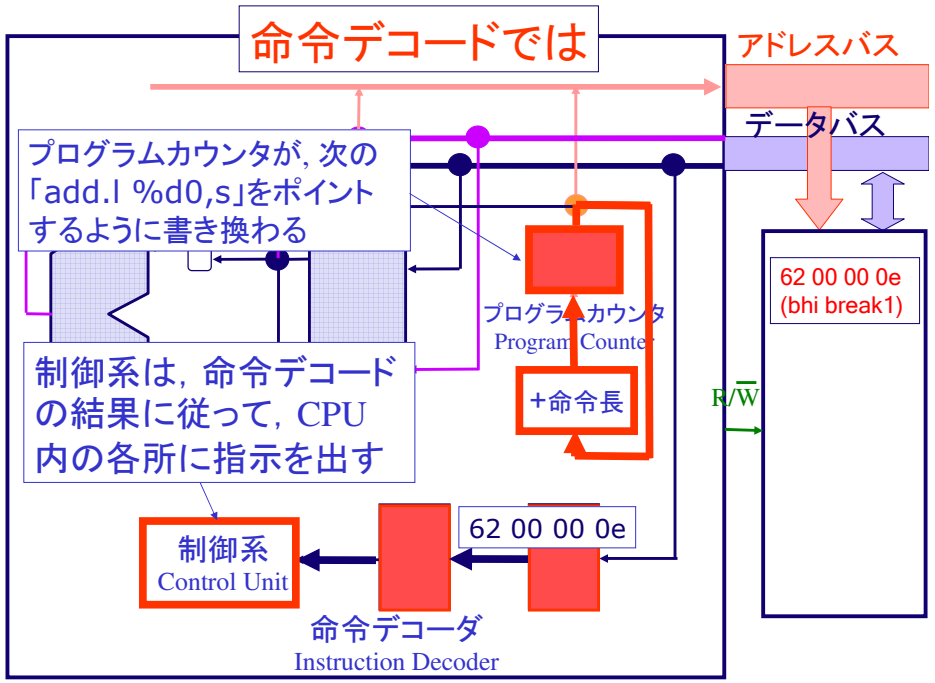

命令実行では
アドレスバス
データバス
D0
00000001
70 01
(moveq.l #1,%d0)
レジスタ
Registers
R/W
データレジスタ D0 に値 00000001 が入る
00000001
制御系
Control Unit

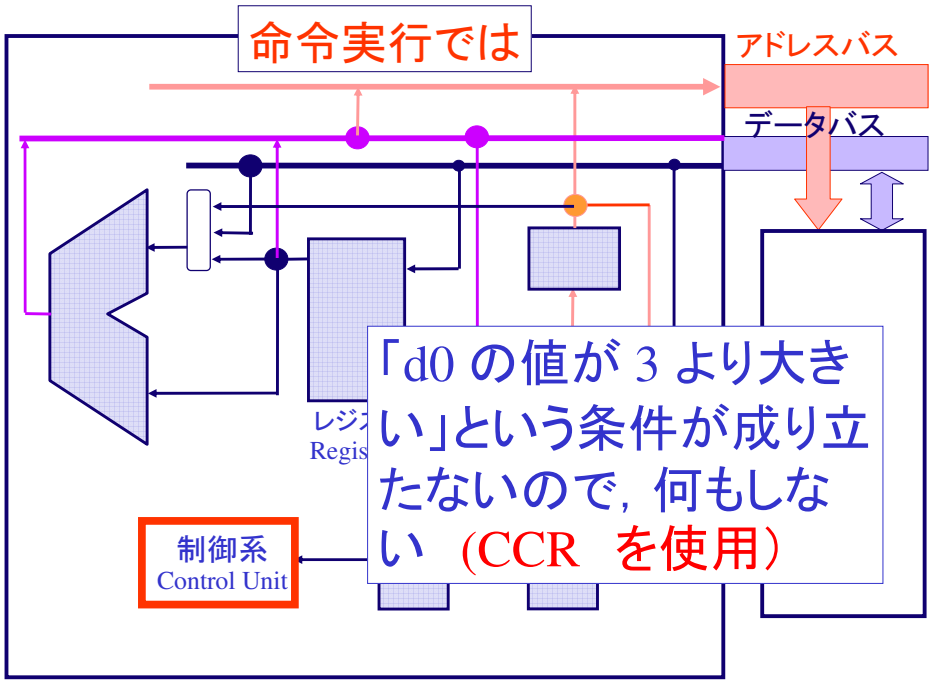

命令フェッチでは
アドレスバス
データバス
プログラムカウンタを使用
0c 80 00 00 00 03
(cmp.l #3,%d0)
プログラムカウンタ
Program Counter
命令が届く
+命令長
R/W
0c 80 00 00 00 03
制御系
Control Unit
命令レジスタ
Instruction Register


命令デコードでは
アドレスバス
データバス
プログラムカウンタが「bgt break1」をポイントするように書き換わる
プログラムカウンタ
Program Counter
+命令長
0c 80 00 00 00 03
(cmp.l #3,%d0)
R/W
制御系は，命令デコードの結果に従って，CPU内の各所に指示を出す
制御系
Control Unit
0c 80 00 00 00 03
命令デコーダ
Instruction Decoder


命令実行では
アドレスバス
データバス
D0
00000001
0c 80 00 00 00 03
(cmp.l #3,%d0)
00000001
Registers
算術演算ユニット
Arithmetic and Logic Unit
00000003
R/W
比較結果が，CCR（コンディションコードレジスタ）に入る
「d0 の値は 3 より小さい」という記録が残る
制御系
Control Unit


命令フェッチでは
アドレスバス
データバス
プログラムカウンタを使用
プログラムカウンタ
Program Counter
62 00 00 0e
(bhi break1)
+命令長
R/W
命令が届く
制御系
Control Unit
62 00 00 0e
命令レジスタ
Instruction Register


命令デコードでは
アドレスバス
データバス
プログラムカウンタが，次の「add.l %d0,s」をポイントするように書き換わる
プログラムカウンタ
Program Counter
62 00 00 0e
(bhi break1)
+命令長
R/W
制御系は，命令デコードの結果に従って，CPU内の各所に指示を出す
制御系
Control Unit
62 00 00 0e
命令デコーダ
Instruction Decoder



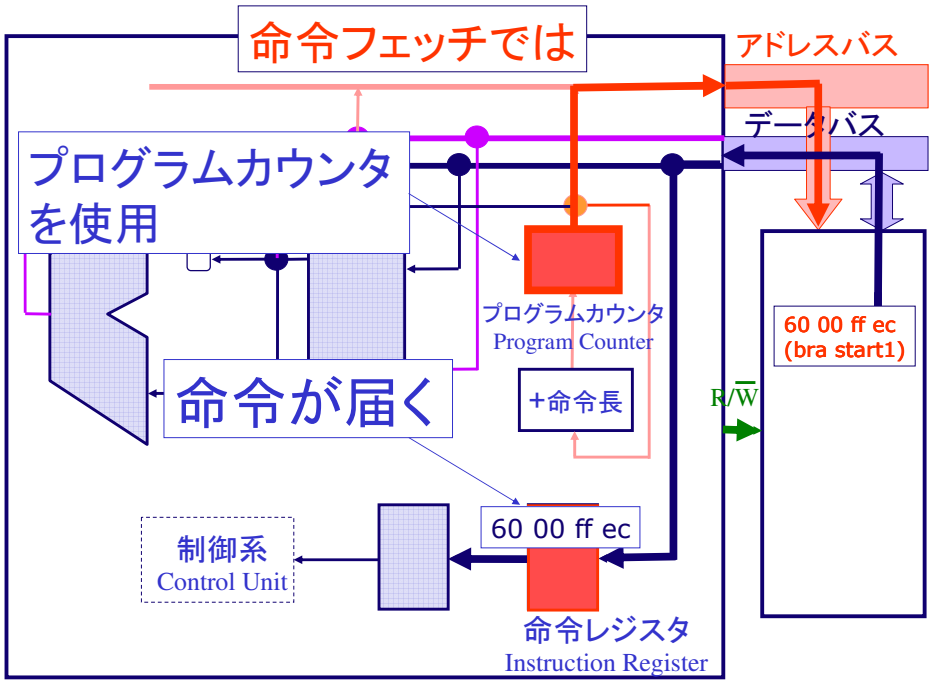
無条件分岐命令 bra

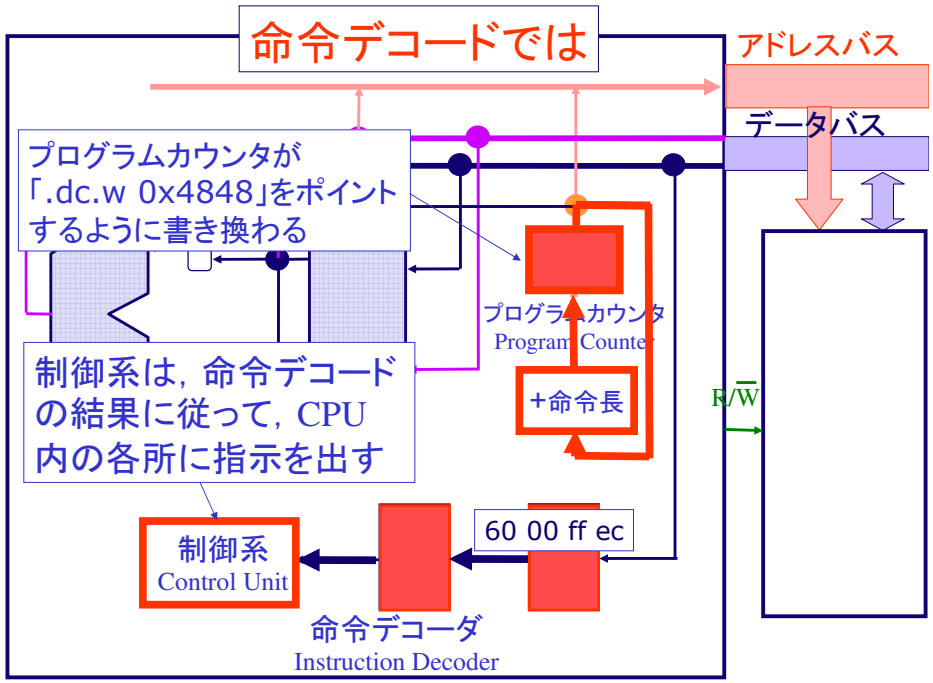
例） bra C

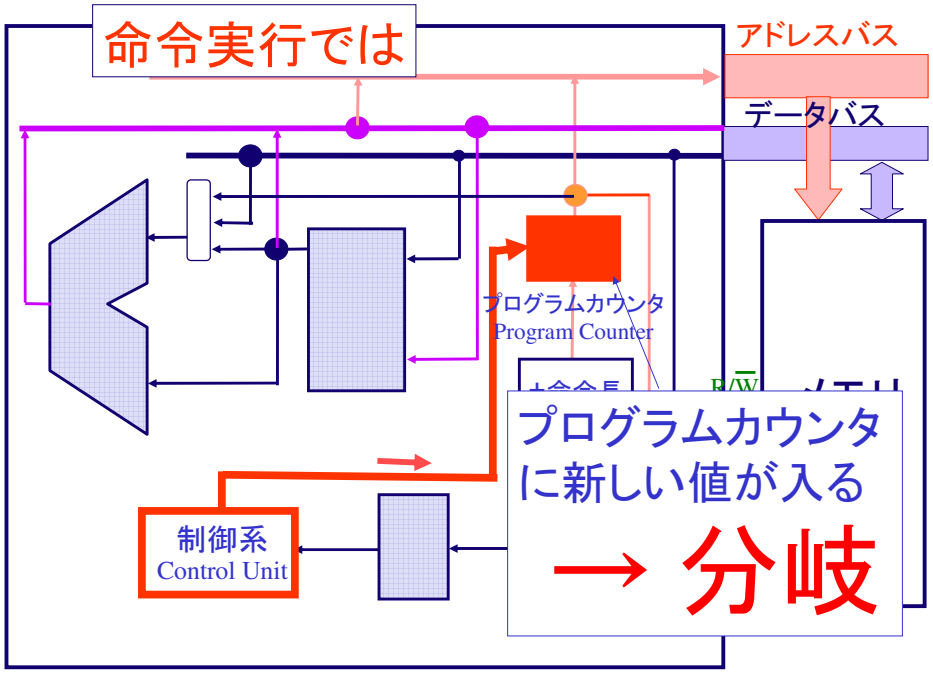
無条件分岐命令

分岐先

- 分岐先：
  - 分岐先のラベルを書く
  - ラベルが，分岐先のメモリアドレスであると解釈される







まとめ

- 分岐命令では、プログラムカウンタの書き換えが起こる
- 命令は、メモリに格納され、プログラムカウンタを使い読みだされる