as-5. サブルーチン呼び出しのメカニズム

（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

種々のオペランド

```
  move.w   #200,%d2
      /* #200 は10進数. d2 の上位バイトは変化しない */
  move.l   #0x01,%d1
      /* #0x01 は16進数. d0 に 0x00000000 がセットされる */
.equ BUFFER_SIZE 100
  move.w   #BUFFER_SIZE,%d2
  move.w   #0x2700,%sr
      /* 割り込み禁止 */
  move.l   %d0,%d1
  move.l   %d0,(%a0)
      /* アドレスレジスタ a0 がポイントするメモリに転送(a0は変化しない) */
  move.b   #0x00,(%a0)
      /* アドレスレジスタ a0 がポイントするメモリに 0 をセット(.b なので1バイト) */
```

割り込み禁止の
決まり文句

オペランド
「操作」すべきデータの
対象がかかれている部分

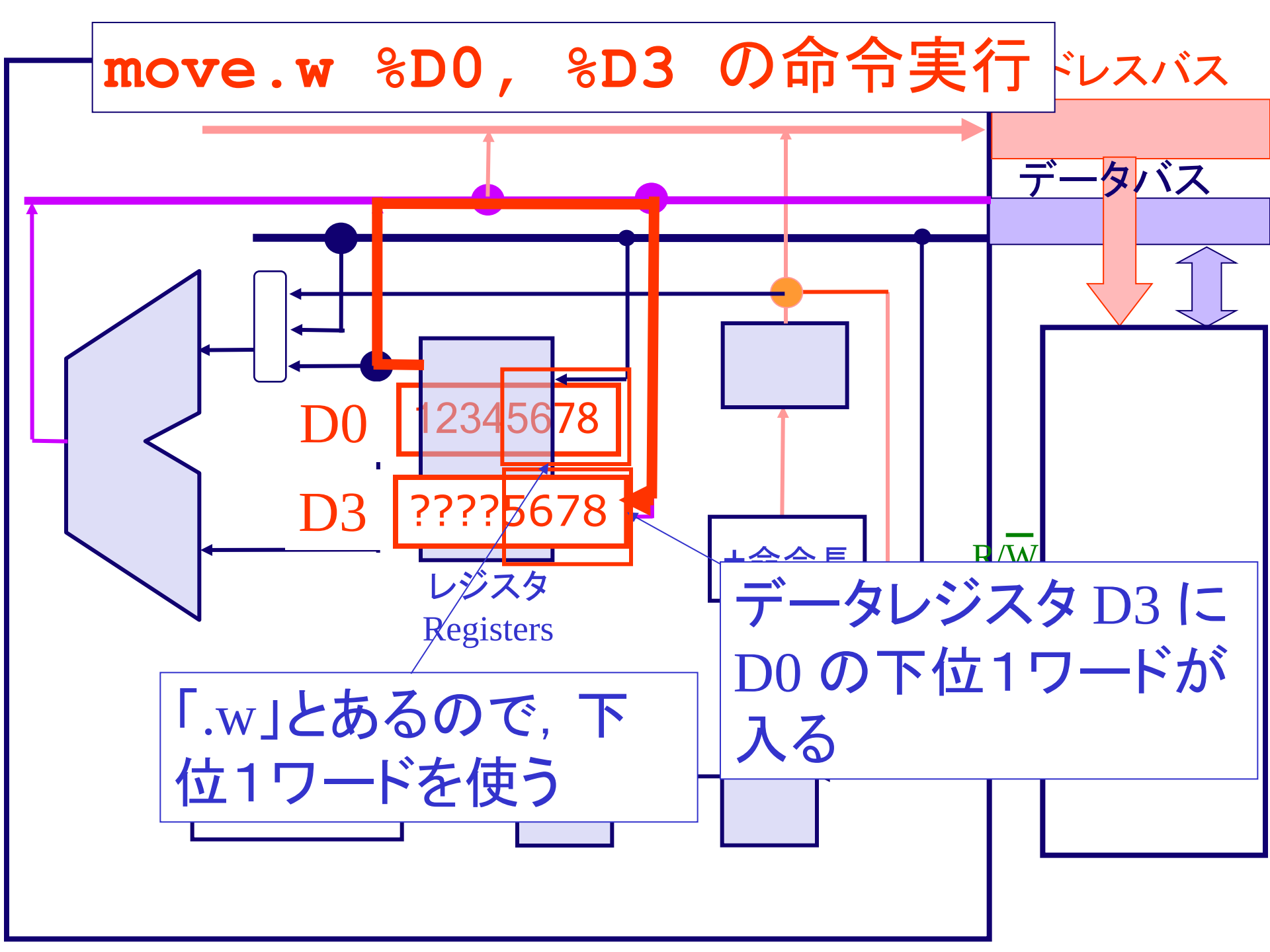
データレジスタ直接
(data register direct)

例:

```
move.w %D0, %D3
```

- 記法 `%Dn`

move.w %D0, %D3 の命令実行

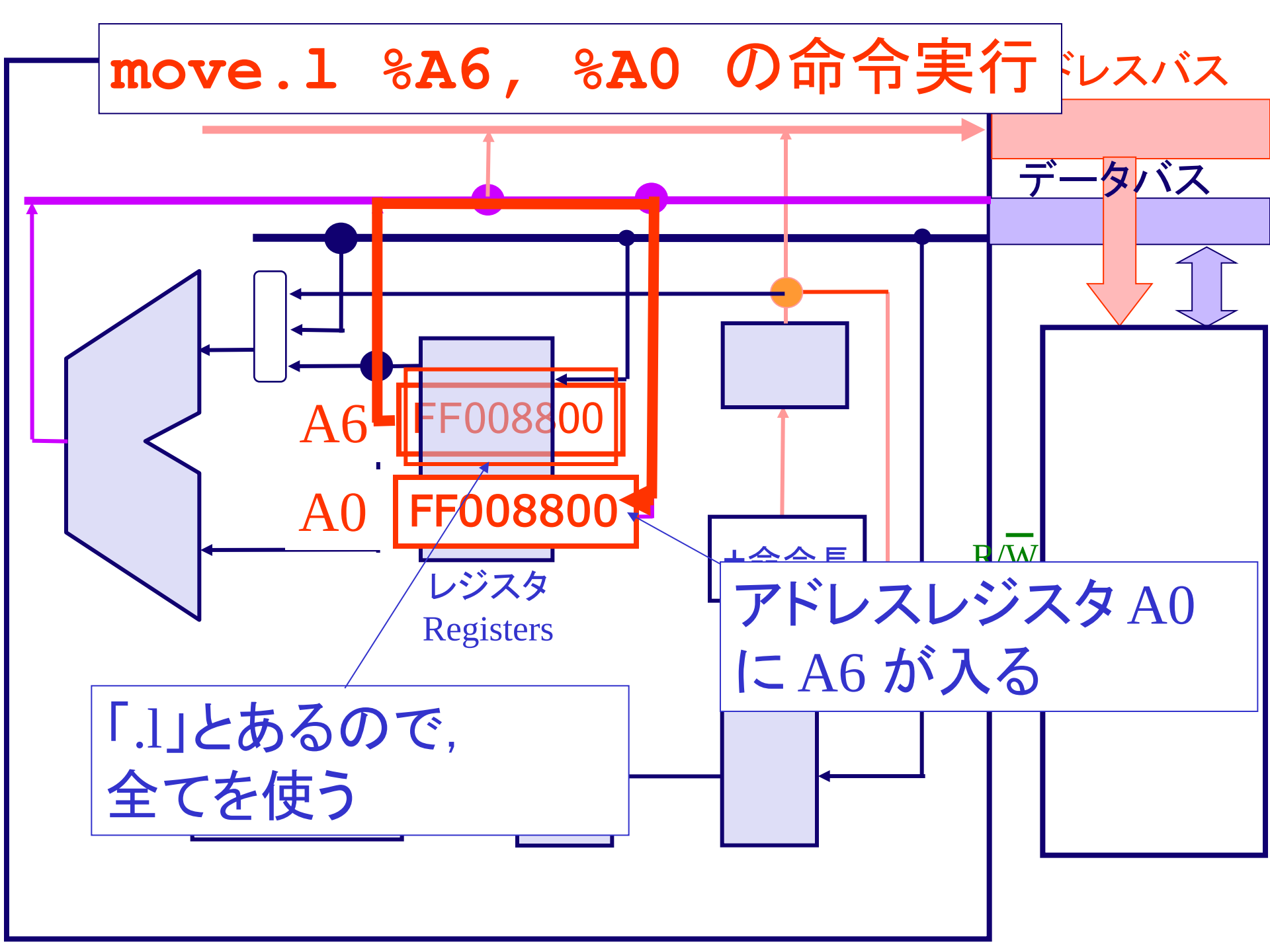


アドレスレジスタ直接
(address register direct)

例 :

```
move.l %A6, %A0
```

- 記法　`%An`

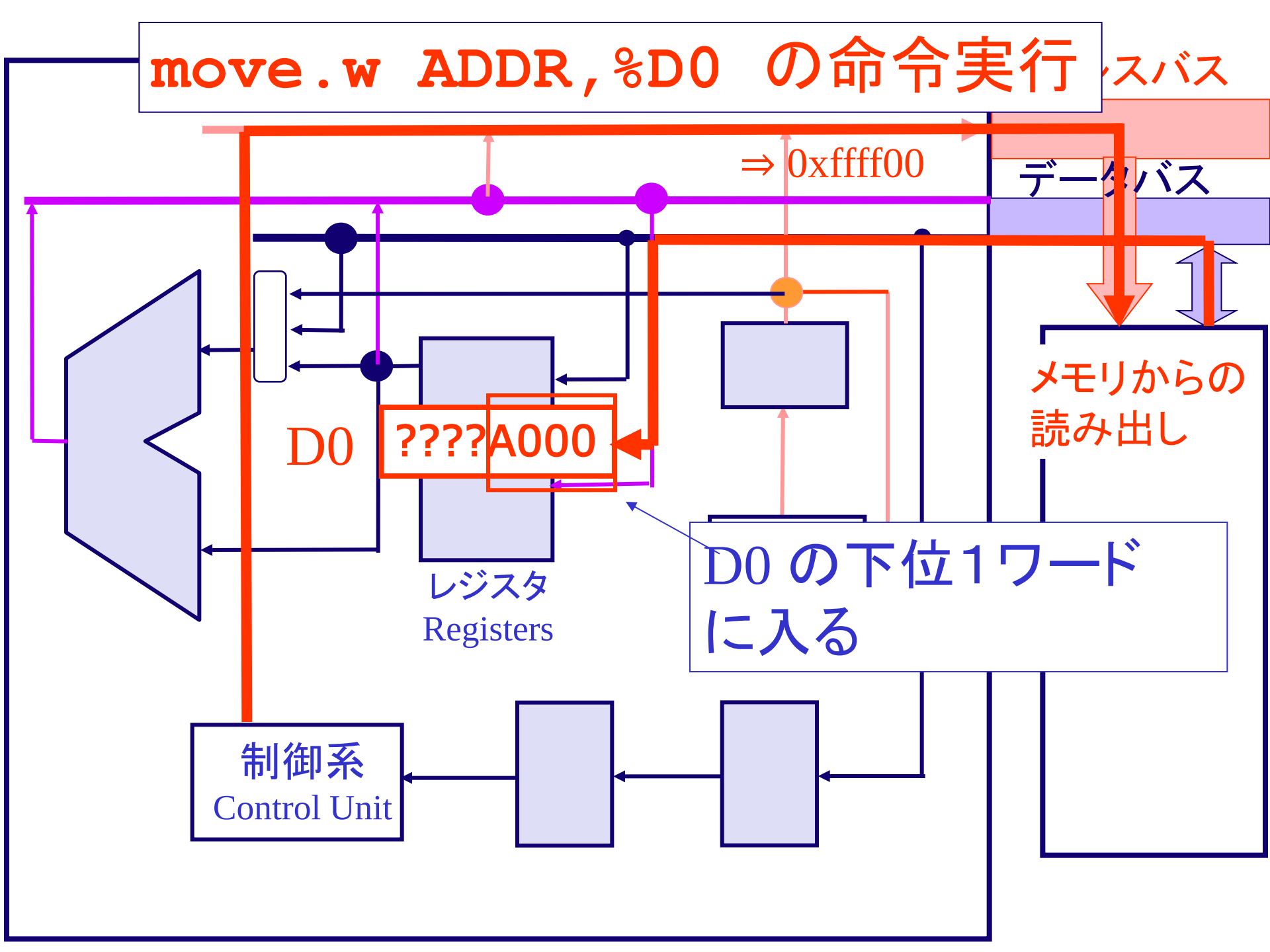

move.l %A6, %A0 の命令実行
アドレスバス
データバス
A6
FF008800
A0
FF008800
レジスタ
Registers
R/W
アドレスレジスタ A0
に A6 が入る
「.l」とあるので,
全てを使う

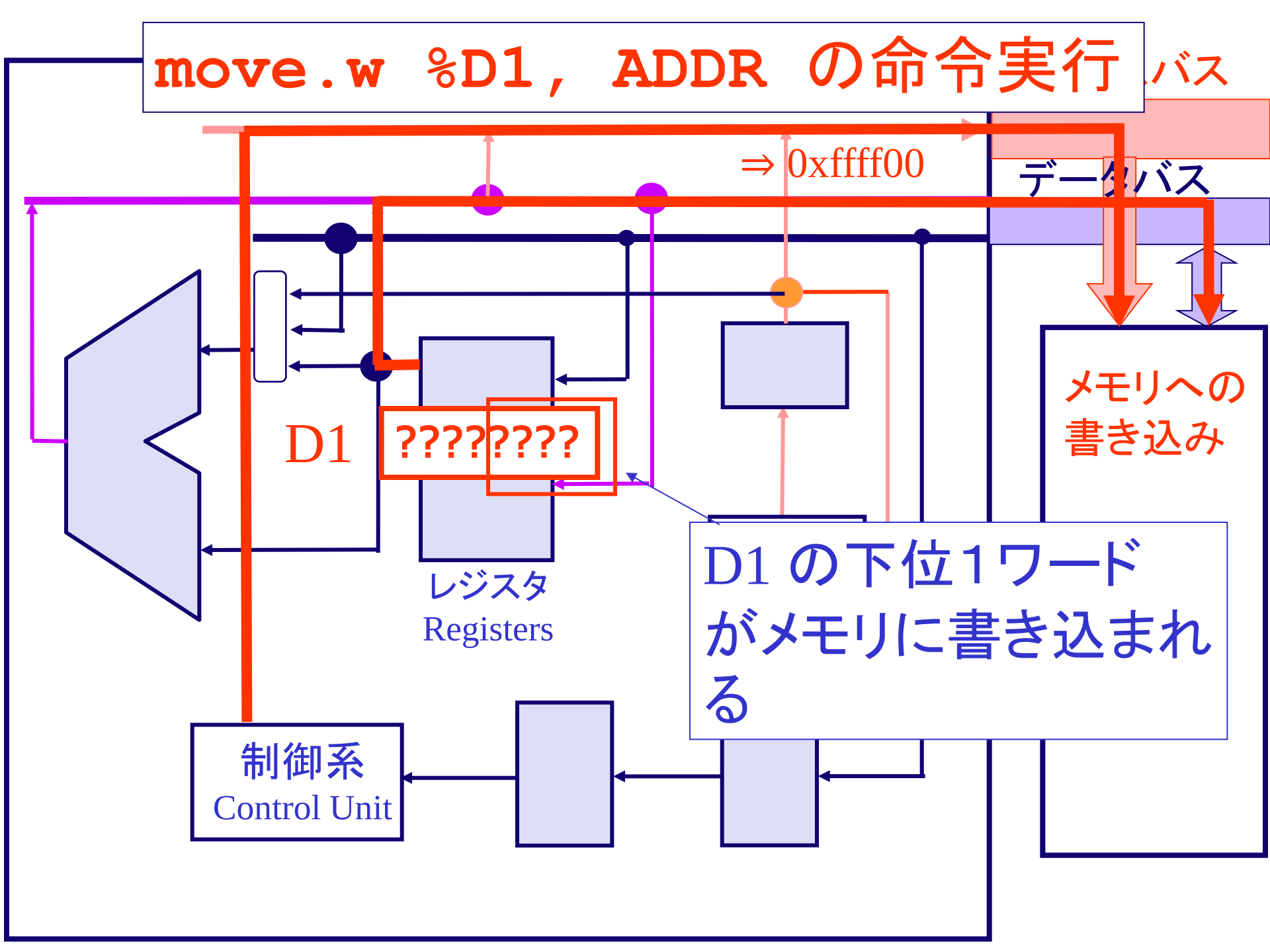
アブソリュート
(absolute)

例 :

```
.equ ADDR 0xffff00
    move.w  ADDR,%D0
    move.w  %D1,ADDR
```

※　メモリアドレスの値を指定


move.w ADDR,%D0 の命令実行
⇒ 0xffff00
データバス
メモリからの
読み出し
D0
????A000
レジスタ
Registers
D0 の下位1ワード
に入る
制御系
Control Unit


move.w %D1, ADDR の命令実行
⇒ 0xffff00
データバス
メモリへの
書き込み
D1
????????
レジスタ
Registers
D1 の下位1ワード
がメモリに書き込まれ
る
制御系
Control Unit

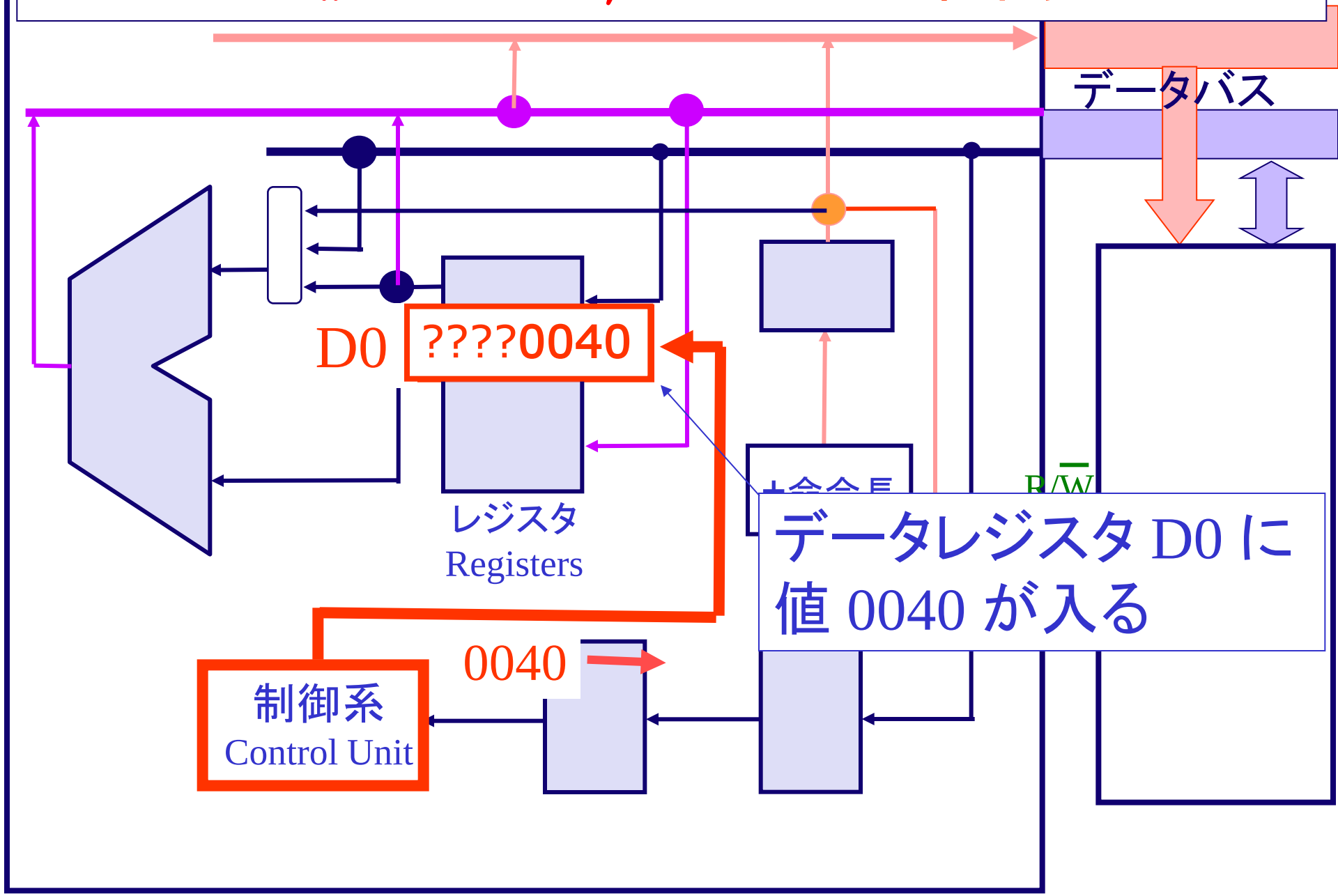
イミディエート (immediate)

例 :

```
move.w #0x0040, %D0
```

- 記法　#data

move.w #0x0040, %D0 の命令実行では



- イミディエート

```
.equ ADDR      0x00ffff00
       move.w   #0x1000,%d0
       move.l   #ADDR,%a0
```

※　値を扱う

- アブソリュート

```
.equ ADDR      0xffff00
       move.w   ADDR,%d0
```

※　メモリの読み出し，書き込み

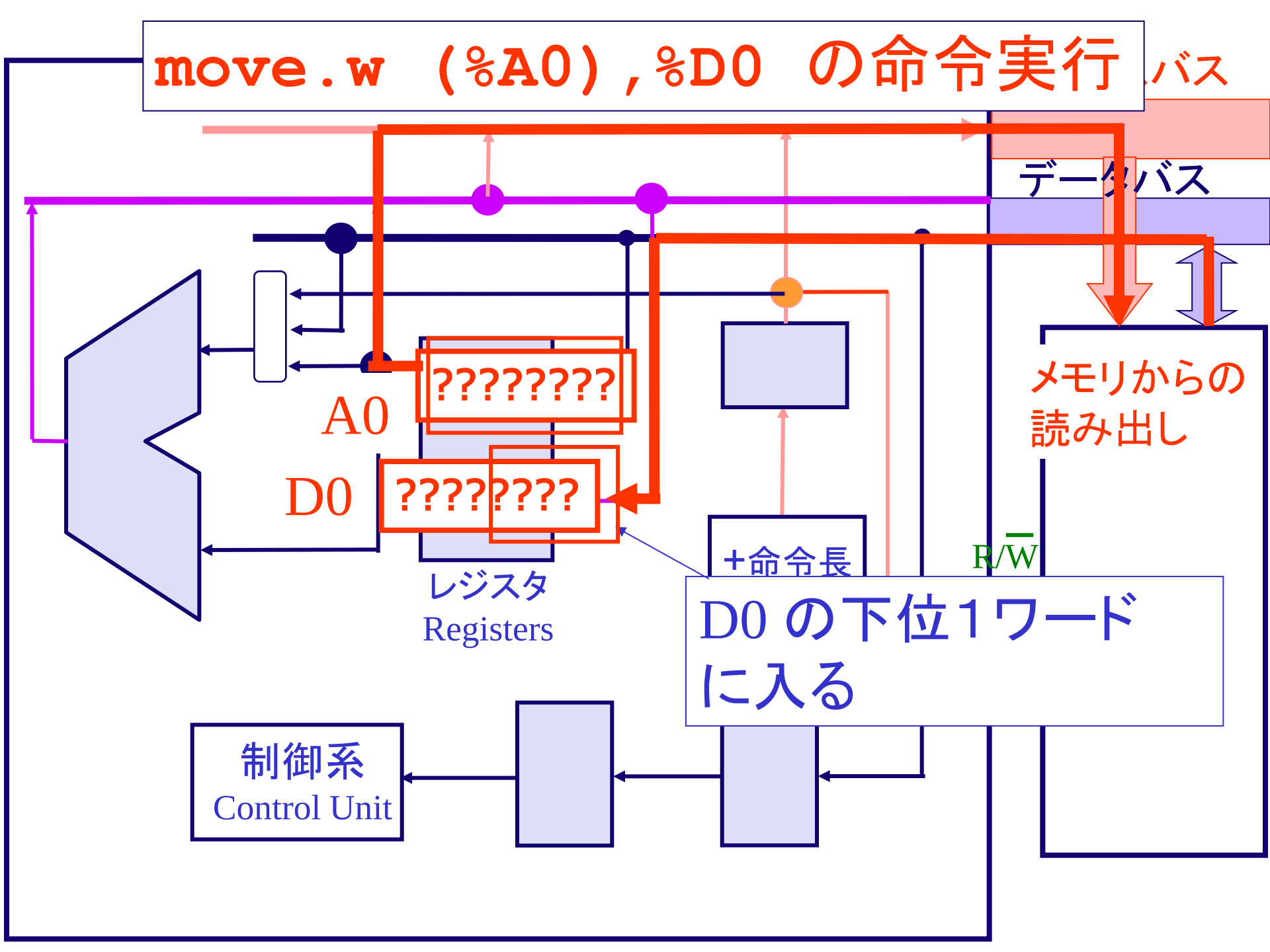
レジスタ間接
(register indirect)

例:

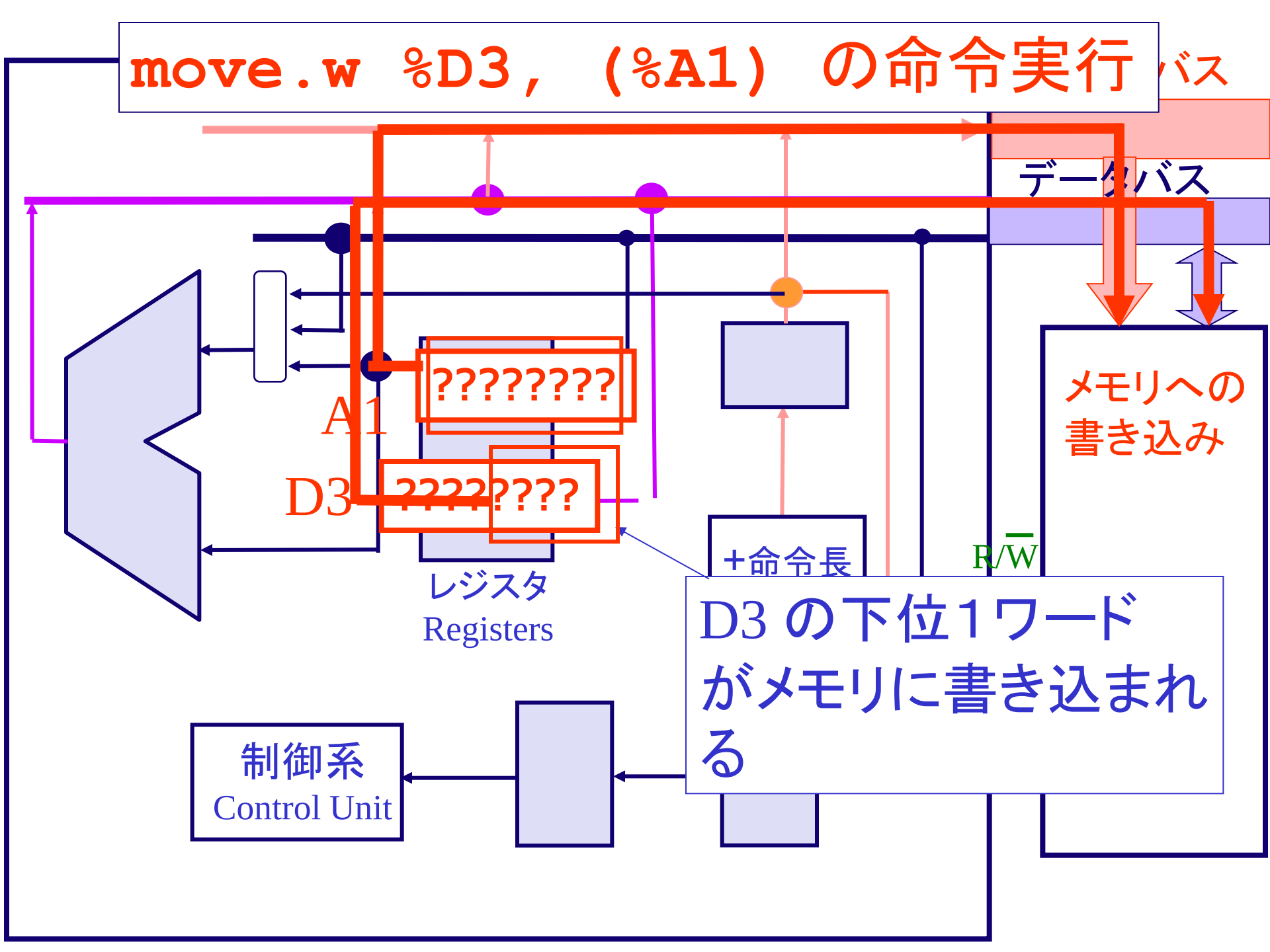
```
move.w (%A0), %D0
move.w %D3, (%A1)
```

- 記法 `(%An)`

※ `(%A0)` や `(%A7)` は可. `(%D0)` などは許されない


move.w (%A0),%D0 の命令実行
データバス
メモリからの
読み出し
A0
????????
D0
????????
レジスタ
Registers
+命令長
R/W
D0 の下位1ワード
に入る
制御系
Control Unit

move.w %D3, (%A1) の命令実行



レジスタ直接とレジスタ間接の違い

- レジスタ直接

```
move.l    #0,%D0
move.l    %D2,%D0
```

→ d0 が書き換わる

- レジスタ間接

```
.equ      ADDR        0xffff00
          move.l      #ADDR,%A0
          move.w      %D0,(%A0)
```

→ **A0 に入っているメモリアドレス**を
使って，データの書き込みが行われる

種々のオペランド(その2)

```
move.w   %sr,-(%sp)
    /* システムスタックエリアに sr の中身をプッシュ */
move.w   (%sp)+,%sr
    /* システムスタックエリアから sr の中身をポップ */
move.w   #0x0010, 20(%A0)
    /* A0 に 20 足したメモリアドレスに, 0x0010 を書き込む */
```

```
move.w ※※,-(%sp)
move.w (%sp)+,※※
```

システムスタックエリアへの
プッシュとポップの決まり文句

ポストインクリメント・レジスタ間接

例: **move.w (%a0)+, %d0**

a0 に　0x00002000 が入っているとしよう

「move.w (%a0), %d0 」と同様の処理が行われた後に，自動的に a0 に2が足される．　a0 の値は，0x00002002 になる

- 「.b」 なら1足される
- 「.w」なら2足される
- 「.l」なら4足される

プリデクリメント・レジスタ間接

例: **`move.w -(%a0), %d0`**

a0 に 0x00002000 が入っているとしよう

最初に，自動的に a0 から2が引かれる． a0 の値は，0x00001ffe になる．その後で，「move.w (%a0), %d0」と同様の処理が行われる

- 「.b」なら1引かれる
- 「.w」なら2引かれる
- 「.l」なら4引かれる

ディスプレースメント付きレジスタ間接

例: **`move.l  0x20(%a0), %d0`**

a0 に 0x00002000 が入っているとしよう

0x00002000 に 0x20 が足されて，メモリアドレス 0x00002020 から，4バイト読み込まれて，d0 に入る

- 数値（%レジスタ名）

  例：lea 0x2000, %a0 /* a0 に 0x2000 をセット*/

  move.b 4(%a0), %d0 /* 0x2004 から1バイト読みこみ */

  move.w 4(%a0), %d0 /* 0x2004 から2バイト読みこみ */

  move.l 4(%a0), %d0 /* 0x2004 から4バイト読みこみ */

- 構造体

  例： 住所録

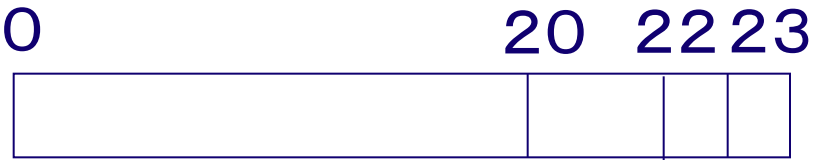
  名前 20バイト

  身長 2バイト　　move.w 20(%a0), %d0

  年齢 1バイト　　move.b 22(%a0), %d0

  性別 1バイト　　move.b 23(%a0), %d0

  → 全体で 24バイトのデータ



68000 のアドレッシングモード

モード		記法	例
データレジスタ直接	データレジスタ	%Dn	%D0, %D1, %D7
アドレスレジスタ直接	アドレスレジスタ	%An	%A0, %A1, %A7
アブソリュート	メモリアドレス	xx	0x00ffffff00, ADDR
レジスタ間接	括弧付き	(%An)	(%A0), (%A1), (%A7)
ポストインクリメント・レジスタ間接	後ろに＋付き	(%An)+	(%A0)+, (%A1)+, (%A7)+
プリデクリメント・レジスタ間接	前に– 付き	-(%An)	-(%A0), -(%A1), -(%A7)
ディスプレースメント付きレジスタ間接	前に数値付き	d16(%An)	20(%A0), BOTTOM(%A0)
イミディエート	数値	#data	#3, #0x2000, #ADDR

アドレッシングモード

- 命令の種類によって，書くことができるアドレッシングモードに**制限**がある

  例： cmp 命令では

  cmp.w (%a2)+, %d2 は動く

  cmp.w %d2, (%a2)+ は動かない

配布資料「37　CMP」のページを見よ

CMP.{.B/.W/.L} <ea>, **Dn**

とあるのは，2番目のオペランドにデータレジスタしか書けないという意味

C 言語での関数呼び出し

例題1

- 文字列の長さを数える関数

#inc 関数名 .h> 関数の入力（パラメータ）

```
int stringlength( char* const str )
{
  short int len;
  char *s;

  len = 0;
  s = str;
  while ( (*s) != '\0' ) {
    s++;
    len++;
  }
  return len;
}

int main()
{
  short int n;
  n = stringlength( "My Name is David\n" );
  fprintf( stderr, "n = %d\n", n );
  return 0;
}
```

関数の本体

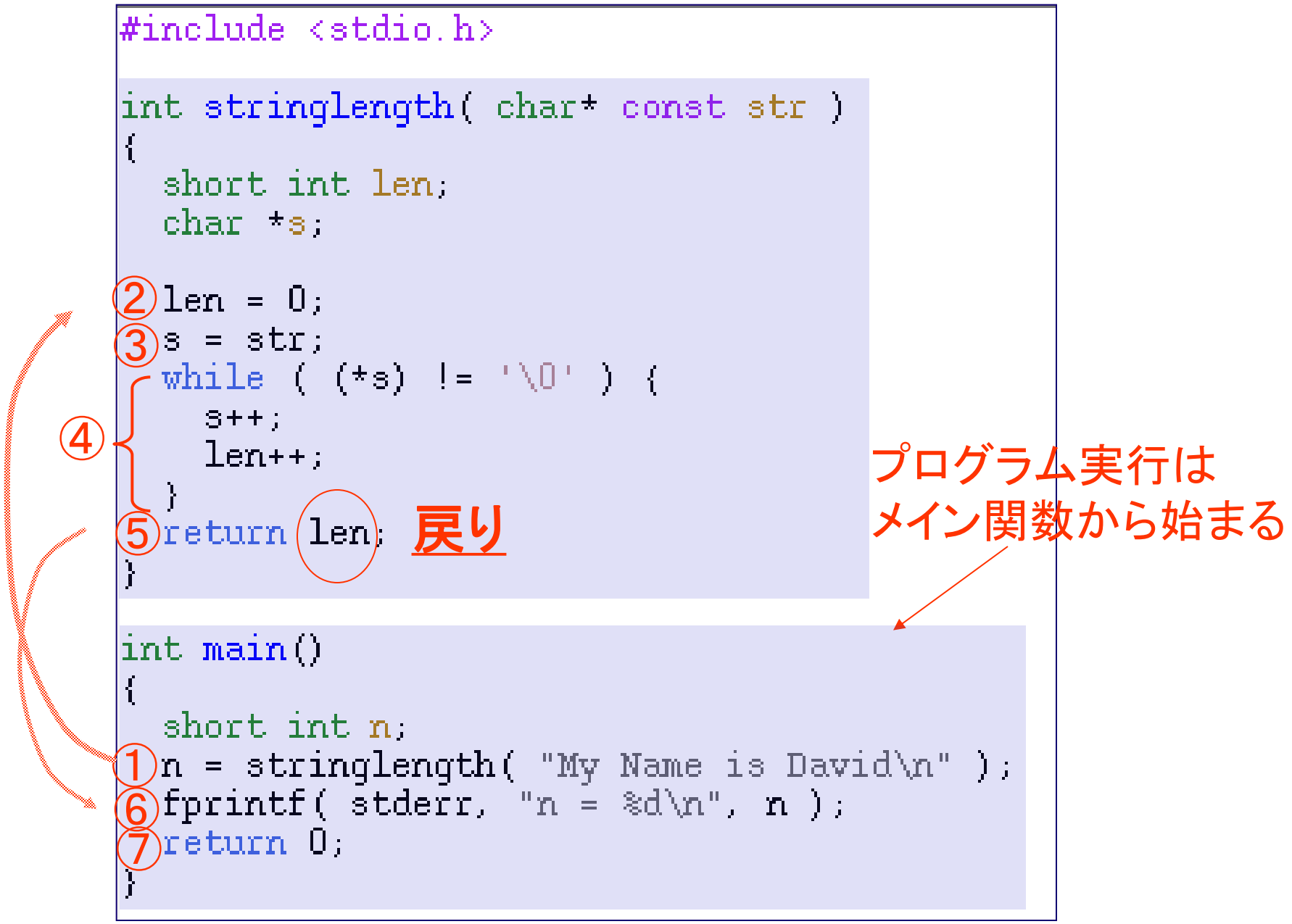
例題1．関数呼び出し(1)

```c
#include <stdio.h>

int stringlength( char* const str )
{
   short int len;
   char *s;

   len = 0;
   s = str;
   while ( (*s) != '\0' ) {
      s++;
      len++;
   }
   return len;
}

int main()
{
   short int n;
   n = stringlength( "My Name is David\n" );
   fprintf( stderr, "n = %d\n", n );
   return 0;
}
```

1つの関数

関数呼び出し

1つの関数

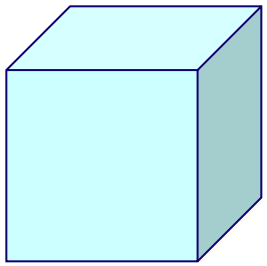

#include <stdio.h>
int stringlength(char* const str)
{
short int len;
char *s;
②len = 0;
③s = str;
while ((*s) != '\0') {
④
s++;
len++;
}
⑤return len;
}
戻り
int main()
{
short int n;
①n = stringlength("My Name is David\n");
⑥fprintf(stderr, "n = %d\n", n);
⑦return 0;
}
プログラム実行は
メイン関数から始まる

変数

- 変数　　データ(数値や文字)を入れるもの

- 変数名　英数字かアンダーバー(_)で作られる
  最初の文字には数字は使えない
  大文字と小文字を区別する

変数 i



```c
#include <stdio.h>

int stringlength( char* const str )
{
   short int len;
   char *s;

   len = 0;
   s = str;
   while ( (*s) != '\0' ) {
      s++;
      len++;
   }
   return len;
}

int main()
{
   short int n;
   n = stringlength( "My Name is David\n" );
   fprintf( stderr, "n = %d\n", n );
   return 0;
}
```

変数len をメモリエリア中に確保

変数 i をメモリエリア中に確保

ここで使用

```c
#include <stdio.h>

int stringlength( char* const str )
{
   short int len;
   char *s;

   len = 0;
   s = str;
   while ( (*s) != '\0' ) {
      s++;
      len++;
   }
   return len;
}

int main()
{
   short int n;
   n = stringlength( "My Name is D
   fprintf( stderr, "n = %d\n", n
   return 0;
}
```

変数は2種類使っている

2バイトデータ(整数)を扱う short int 型

メモリアドレスを扱う char * 型

short int が2バイトになるという決まりは無いが，2バイトになっていることが多い

関数の入力(パラメータ)

```c
#include <stdio.h>

int stringlength( char* const str )
{
   short int len;
   char *s;

   len = 0;
   s = str;
   while ( (*s) != '\0' ) {
      s++;
      len++;
   }
   return len;
}

int main()
{
   short int n;
   n = stringlength( "My Name is D
   fprintf( stderr, "n = %d\n", n
   return 0;
}
```

変数は2種類使っている

2バイトデータ(整数)を扱う short int 型

メモリアドレスを扱う char * 型

short int が2バイトになるという決まりは無いが,
2バイトになっていることが多い

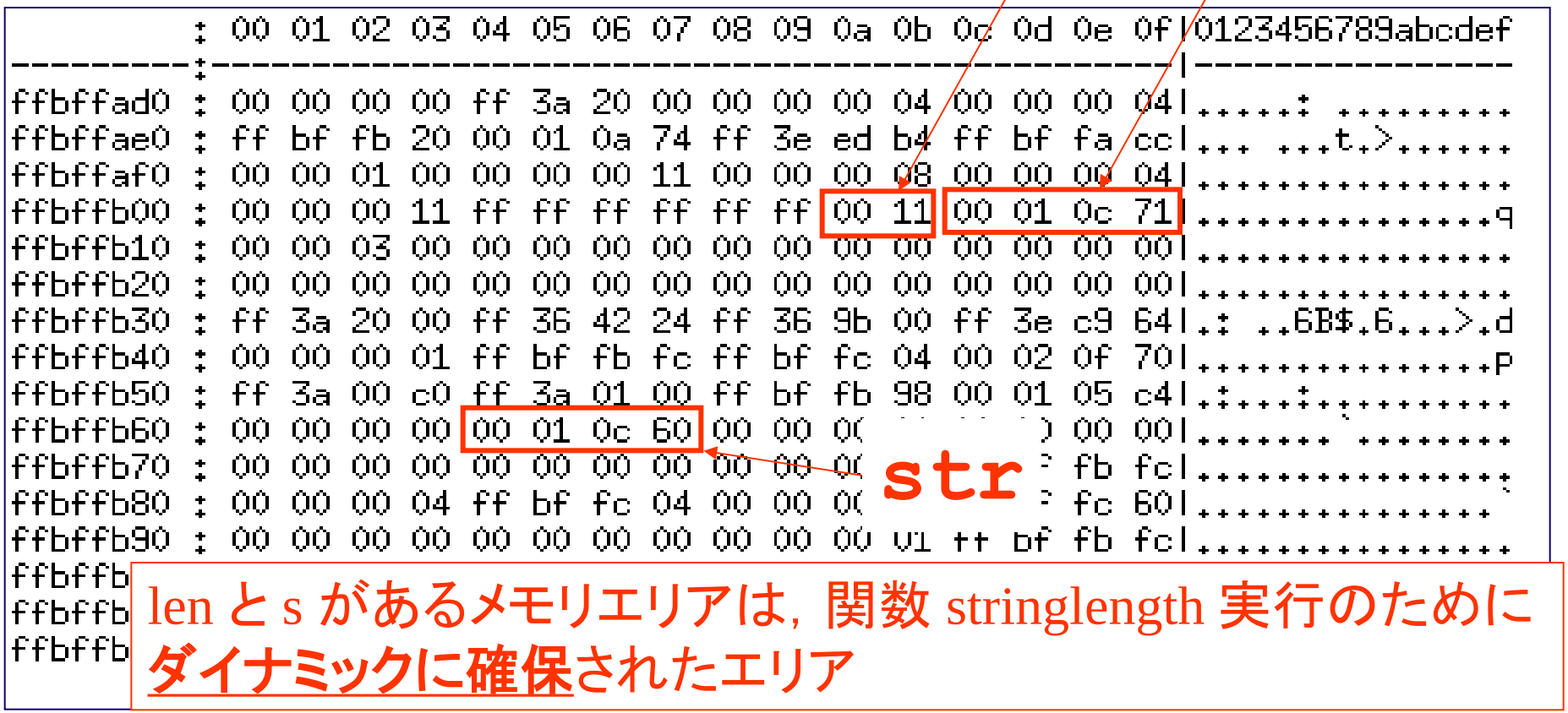
```c
#include <stdio.h>

int stringlength( char* const str )
{
   short int len;
   char *s;

   len = 0;
   s = str;
   while ( (*s) != '\0' ) {
      s++;
      len++;
   }
   return len;
}

int main()
{
   short int n;
   n = stringleng
   fprintf( stder
   return 0;
}
```

この時点では

str	文字列の先頭アドレス	char *
s	文字列の先頭アドレス + 17	char *
len	17	int

実際のメモリの中身

str	文字列の先頭アドレス	char *
s	文字列の先頭アドレス + 17	char *
len	17	int



len と s があるメモリエリアは，関数 stringlength 実行のために**ダイナミックに確保**されたエリア

(参考)実際のメモリの中身

```
#include <stdio.h>

int stringlength
{
  short int len;
  char *s;

  len = 0;
  s = str;
  while ( (*s) !
    s++;
    len++;
  }
  return len;
}

int main()
{
  short int n;
  n = stringlength( "My Name is David\n" );
  fprintf( stderr, "n = %d\n", n );
  return 0;
}
```

```
10c50 : 6c 65 6e 20 3d 20 25 64 0a 00 00 00 00 00 00 00|len = %d........
10c60 : 4d 79 20 4e 61 6d 65 20 69 73 20 44 61 76 69 64|My Name is David
10c70 : 0a 00 00 00 00 02 0d 30 00 02 0e 04 00 02 0e 14|.......0........
10c80 : 00 02 0e 10 00 02 0e 0c 00 02 0e 08 00 02 0d f8|................
10c90 : 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00|................
10ca0 : 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00|................
10cb0 : 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00|................
10cc0 : 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 03 00 00 30|...............0
10cd0 : 30 bf ff f3 01 00 00 00 03 00 00 3c 30 bf ff f0|0..........<0...
10ce0 : 01 00 00 00 03 00 00 48 30 bf ff ed 01 00 00 00|.......H0.......
10cf0 : 03 00 00 54 30 bf ff ea 01 00 00 00 03 00 00 60|...T0..........
10d00 : 30 bf ff e7 01 00 00 00 03 00 00 6c 30 bf ff e4|0..........l0...
10d10 : 01 00 00 00 03 00 00 78 30 bf ff e1 01 00 00 00|.......x0.......
10d20 : 03 00 00 84 30 bf ff de 01 00 00 00 01 00 00 00|....0...........
10d30 : 00 00 00 01 00 00 01 01 00 00 00 0c 00 01 0a f4|................
10d40 : 00 00 00 0d 00 01 0b 10 00 00 00 04 00 01 00 e8|................
```

文字列データは，len, s などとは別のメモリエリアに入っている

関数呼び出し

1. 制御の流れ
2. 関数のパラメータ
3. 関数内のローカル変数
4. 関数からの返り値

68000 アセンブラ言語での関数呼び出し

C言語

```c
#include <stdio.h>

int stringlength( char* const str )
{
  short int len;
  char *s;

  len = 0;
  s = str;
  while ( (*s) != '\0' ) {
    s++;
    len++;
  }
  return len;
}

int main()
{
  short int n;
  n = stringlength( "My Name is David\n" );
  fprintf( stderr, "n = %d\n", n );
  return 0;
}
```

等価

68000アセンブラ言語

```
.data
str1:
        .ascii "My Name is David!¥0"
SYS_STK:
        .ds.b 0x4000
SYS_STK_TOP:

.text
stringlength:
        link.w %a6,#-8
        clr.w -2(%a6)
        move.l 8(%a6),-6(%a6)
start1:
        move.l -6(%a6),%a0
        cmp.b #0,(%a0)
        beq break1
        addq.l #1,-6(%a6)
        addq.w #1,-2(%a6)
        bra start1
break1:
        move.w -2(%a6),%a0
        move.l %a0,%d0
        unlk %a6
        rts

main:
        lea.l SYS_STK_TOP,%a7

        lea.l str1,%a0
        move.l %a0,-(%a7)
        jsr stringlength
        addq.l #4,%a7

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

C言語

```c
#include <stdio.h>

int stringlength( char* const str )
{
  short int len;
  char *s;

  len = 0;
  s = str;
  while ( (*s) != '\0' ) {
    s++;
    len++;
  }
  return len;
}

int main()
{
  short int n;
  n = stringlength( "My Name is David\n" );
  fprintf( stderr, "n = %d\n", n );
  return 0;
}
```

68000アセンブラ言語

```
.data
str1:
        .ascii "My Name is David!¥0"
SYS_STK:
        .ds.b 0x4000
SYS_STK_TOP:

.text
stringlength:
        link.w %a6,#-8
        clr.w -2(%a6)
        move.l 8(%a6),-6(%a6)
start1:
        move.l -6(%a6),%a0
        cmp.b #0,(%a0)
        beq break1

        unlk %a6
        rts

main:
        lea.l SYS_STK_TOP,%a7

        lea.l str1,%a0
        move.l %a0,-(%a7)
        jsr stringlength
        addq.l #4,%a7

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

関数呼び出し
（文字列の先頭アドレスを関数に渡す）

C言語

```c
#include <stdio.h>

int stringlength( char* const str )
{
  short int len;
  char *s;

  len = 0;
  s = str;
  while ( (*s) != '\0' ) {
    s++;
    len++;
  }
  return len;
}

int main()
{
  short int n;
  n = stringlength( "My Name is David\n" );
  fprintf( stderr, "n = %d\n", n );
  return 0;
}
```

リターン

68000アセンブラ言語

```
.data
str1:
        .ascii "My Name is David!¥0"
SYS_STK:
        .ds.b 0x4000
SYS_STK_TOP:

.text
stringlength:
        link.w %a6,#-8
        clr.w -2(%a6)
        move.l 8(%a6),-6(%a6)
start1:
        move.l -6(%a6),%a0
        cmp.b #0,(%a0)
        beq break1
        addq.l #1,-6(%a6)
        addq.w #1,-2(%a6)
        bra start1
break1:
        move.w -2(%a6),%a0
        move.l %a0,%d0
        unlk %a6
        rts

main:
        lea.l SYS_STK_TOP,%a7

        lea.l str1,%a0
        move.l %a0,-(%a7)
        jsr stringlength
        addq.l #4,%a7

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

C言語

```c
#include <stdio.h>

int stringlength( char* const str )
{
  short int len;
  char *s;

  len = 0;
  s = str;
  while ( (*s) != '\0'
    s++;
    len++;
  }
  return len;
}

int main()
{
  short int n;
  n = stringlength( "My Name is David\n" );
  fprintf( stderr, "n = %d\n", n );
  return 0;
}
```

68000アセンブラ言語

```
.data
str1:
        .ascii "My Name is David!¥0"
SYS_STK:
        .ds.b 0x4000
SYS_STK_TOP:

.text
stringlength:
        bra start1
break1:
        move.w -2(%a6),%a0
        move.l %a0,%d0
        unlk %a6
        rts

main:
        lea.l SYS_STK_TOP,%a7

        lea.l str1,%a0
        move.l %a0,-(%a7)
        jsr stringlength
        addq.l #4,%a7

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

関数での処理結果を，呼び出し側に引き渡す

C言語

```c
#include <stdio.h>

int stringlength( char* const str )
{
  short int len;
  char *s;

  len = 0;
  s = str;
  while ( (*s) != '\0' ) {
    s++;
    len++;
  }
  return len;
}

int main()
{
  short int n;
  n = stringlength( "My Name is David!¥0" );
  fprintf
  return
}
```

68000アセンブラ言語

```
.data
str1:
        .ascii "My Name is David!¥0"
SYS_STK:
        .ds.b 0x4000
SYS_STK_TOP:

.text
stringlength:
        link.w %a6,#-8
        clr.w -2(%a6)
        move.l 8(%a6),-6(%a6)
start1:
        move.l -6(%a6),%a0
        cmp.b #0,(%a0)
        beq break1
        addq.l #1,-6(%a6)
        addq.w #1,-2(%a6)
        bra start1
break1:
        move.w -2(%a6),%a0
        move.l %a0,%d0
        unlk %a6
        rts
```

関数実行のために，メモリエリアをダイナミックに確保（関数実行の終わりで解放）

C言語

```c
#include <stdio.h>

int stringlength( char* const str )
{
  short int len;
  char *s;

  len = 0;
  s = str;
  while ( (*s) != '\0' ) {
    s++;
    len++;
  }
  return len;
}

int main()
{
  short int n;
  n = stringlength( "My Name is David\n" );
  fprintf( stderr, "n = %d\n", n );
  return 0;
}
```

68000アセンブラ言語

```
.data
str1:
        .ascii "My Name is David!¥0"
SYS_STK:
        .ds.b 0x4000
SYS_STK_TOP:

.text
stringlength:
        link.w %a6,#-8
        clr.w -2(%a6)
        move.l 8(%a6),-6(%a6)
start1:
        move.l -6(%a6),%a0
        cmp.b #0,(%a0)
        beq break1
        addq.l #1,-6(%a6)
        addq.w #1,-2(%a6)
        bra start1
break1:
        move.w -2(%a6),%a0
        move.l %a0,%d0
        unlk %a6
        rts

main:
        lea.l SYS_STK_TOP,%a7
```

「スタックエリア」の確保と,
そのメモリアドレスを A7 にセット

```
.end
```

C言語

```c
#include <stdio.h>

int stringlength( char* const str )
{
  short int len;
  char *s;

  len = 0;
  s = str;
  while ( (*s) != '\0' ) {
    s++;
    len++;
  }
  return len;
}

int main()
{
  short int n;
  n = stringlength( "My Name is David\n" );
  fprintf( stderr, "n = %d\n", n );
  return 0;
}
```

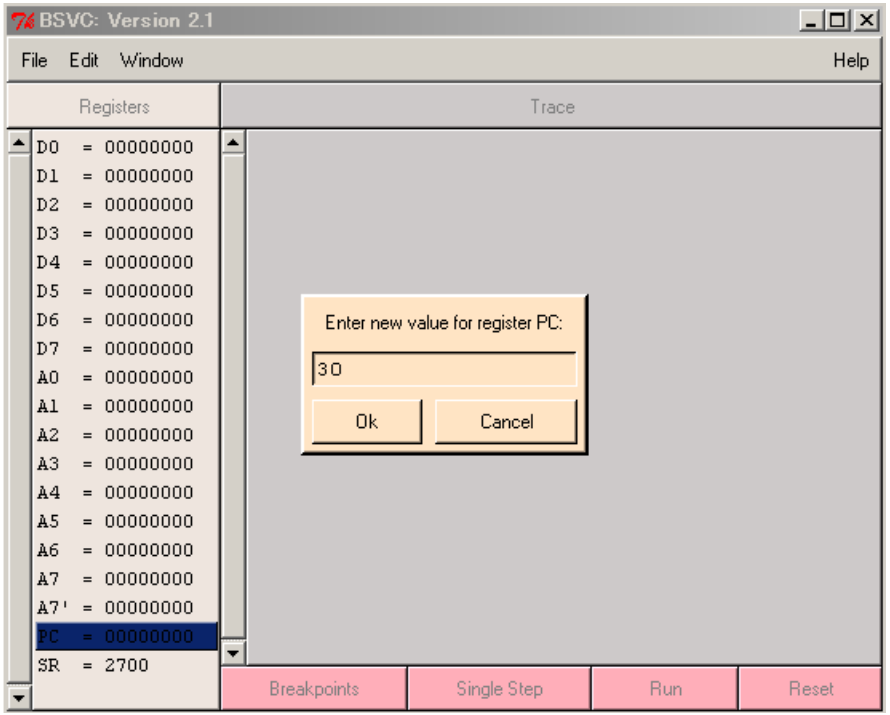
68000アセンブラ言語

```
.data
str1:
        .ascii "My Name is David!¥0"
SYS_STK:
        .ds.b 0x4000
SYS_STK_TOP:

.text
stringlength:
        link.w %a6,#-8
        clr.w -2(%a6)
        move.l 8(%a6),-6(%a6)
start1:
        move.l -6(%a6),%a0
        cmp.b #0,(%a0)
        beq break1
        addq.l #1,-6(%a6)
        addq.w #1,-2(%a6)
        bra start1
break1:
        move.w -2(%a6),%a0
        move.l %a0,%d0
        unlk %a6
        rts

main:
        lea.l SYS_STK_TOP,%a7

        lea.l str1,%a0
        move.l %a0,-(%a7)
        jsr stringlength
        addq.l #4,%a7

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

（参考）BSVC での実行

最初に PC の値を手動でセット

（**メイン関数から開始**するように）




```
                          9
                         10 .text
                         11 stringlength:
000000 4E56 FFF8         12      link.w %a6,#-8
                         13      /* -2(%a6) = 'len' (lo
                         14      /* -6(%a6) = 's' (loca
                         15      /* 8(%a6)  = 'str' (pa
000004 426E FFFE         16      clr.w -2(%a6)
000008 2D6E 0008         17      move.l 8(%a6),-6(%a6)
       FFFA              17
                         18 startl:
00000e 206E FFFA         19      move.l -6(%a6),%a0
000012 0C10 0000         20      cmp.b #0,(%a0)
000016 6700 000E         21      beq breakl
00001a 52AE FFFA         22      addq.l #1,-6(%a6)
00001e 526E FFFE         23      addq.w #1,-2(%a6)
000022 6000 FFEA         24      bra startl
                         25 breakl:
000026 306E FFFE         26      move.w -2(%a6),%a0
00002a 2008              27      move.l %a0,%d0
00002c 4E5E              28      unlk %a6
00002e 4E75              29      rts
                         30
                         31 main:
000030 4FF9 0000         32      lea.l SYS_STK_TOP,%a7
       40A8              32
                         33
000036 41F9 0000         34      lea.l strl,%a0
       0096              34
00003c 2F08              35      move.l %a0,-(%a7)
00003e 4EBA FFC0         36      jsr stringlength
000042 588F              37      addq.l #4,%a7
                         38
000044 4848              39      .dc.w 0x4848
000046 4E72 0000         40      stop #0
                         41 .end
```

（1） システムスタックエリアの確保と，A7 へのセット

```
.data
str1:
        .ascii "My Name is David!¥0"
SYS_STK:
        .ds.b 0x4000
SYS_STK_TOP:

.text
stringlength:
        link.w %a6,#-8
        clr.w -2(%a6)
        move.l 8(%a6),-6(%a6)
start1:
        move.l -6(%a6),%a0
        cmp.b #0,(%a0)
        beq break1
        addq.l #1,-6(%a6)
        addq.w #1,-2(%a6)
        bra start1
break1:
        move.w -2(%a6),%a0
        move.l %a0,%d0
        unlk %a6
        rts

main:
        lea.l SYS_STK_TOP,%a7

        lea.l str1,%a0
        move.l %a0,-(%a7)
        jsr stringlength
        addq.l #4,%a7

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

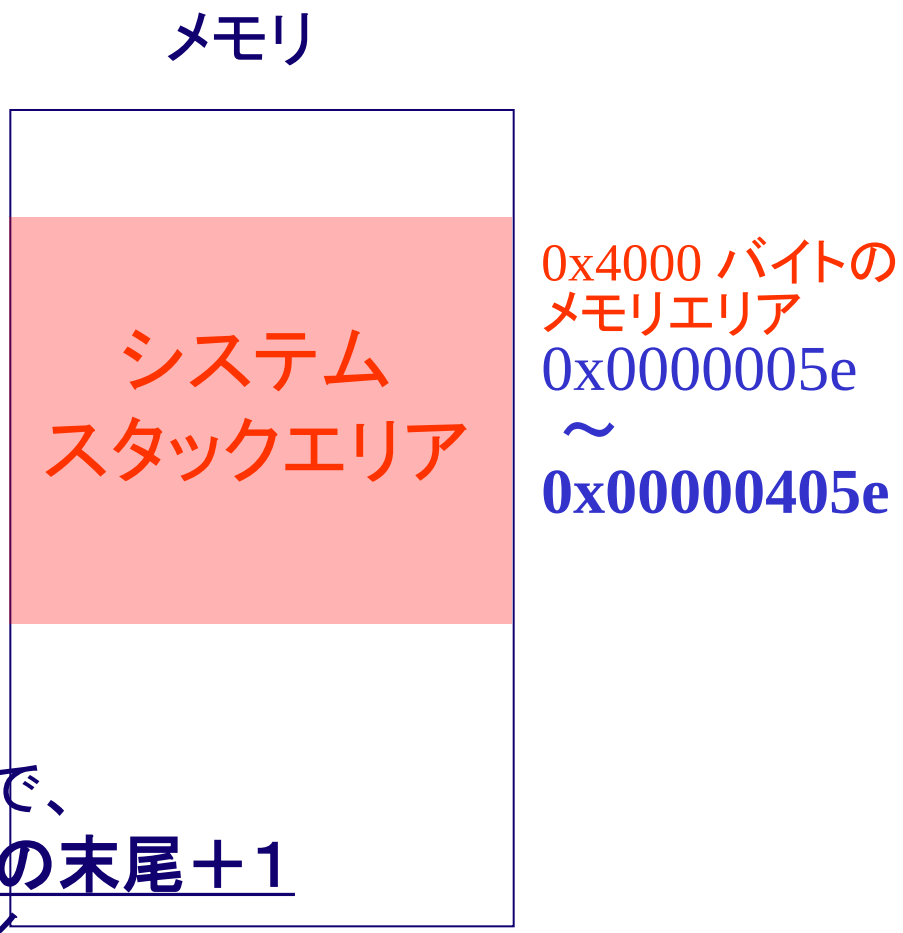
0x4000 バイト (16進数)
のメモリエリア確保
例えば、0x0000005e ～ **0x00000405e**

この場合ラベル
SYS_STK_TOP
は **0x0000405e** を指す

A7 に **0x0000405e**
をセット

★ A7 は「スタックポインタ」のこと
(CPU内のレジスタ)である.

A7 に 0x0000405e
をセット



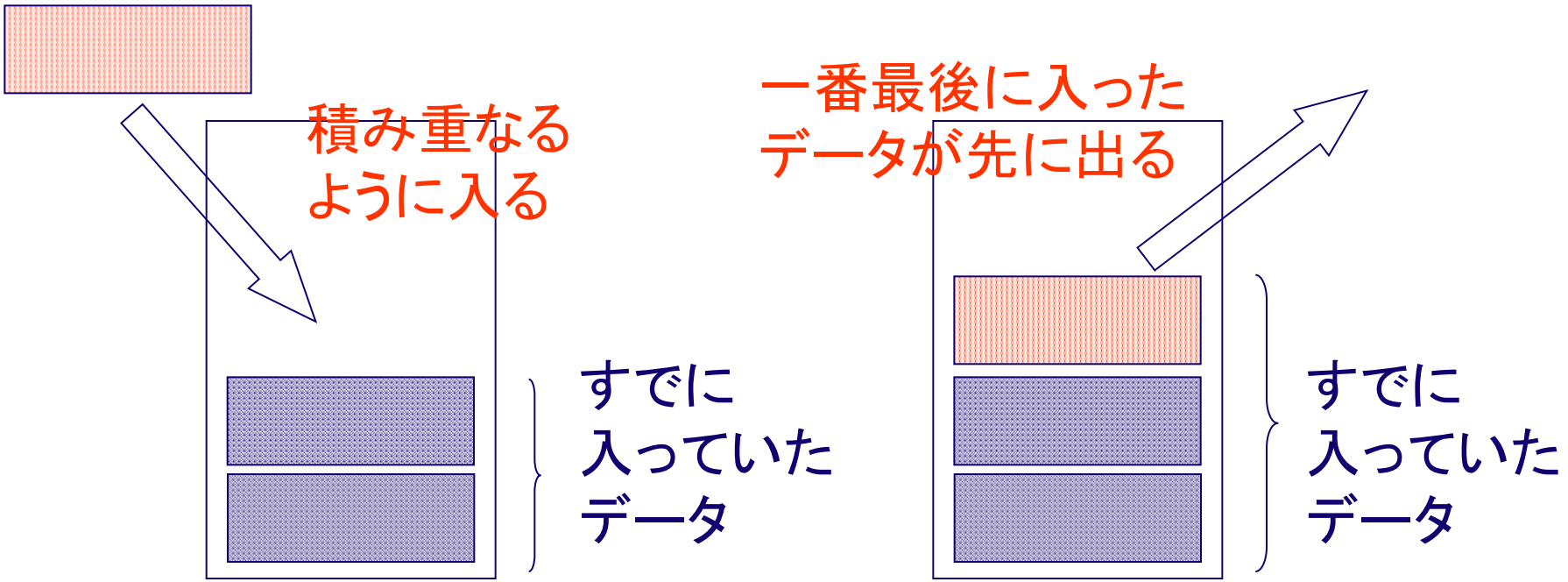
A7のポイント先 ⟶

プログラム実行の最初の時点で、
A7に「システムスタックエリア」の末尾＋１
のメモリアドレスをセットしておく

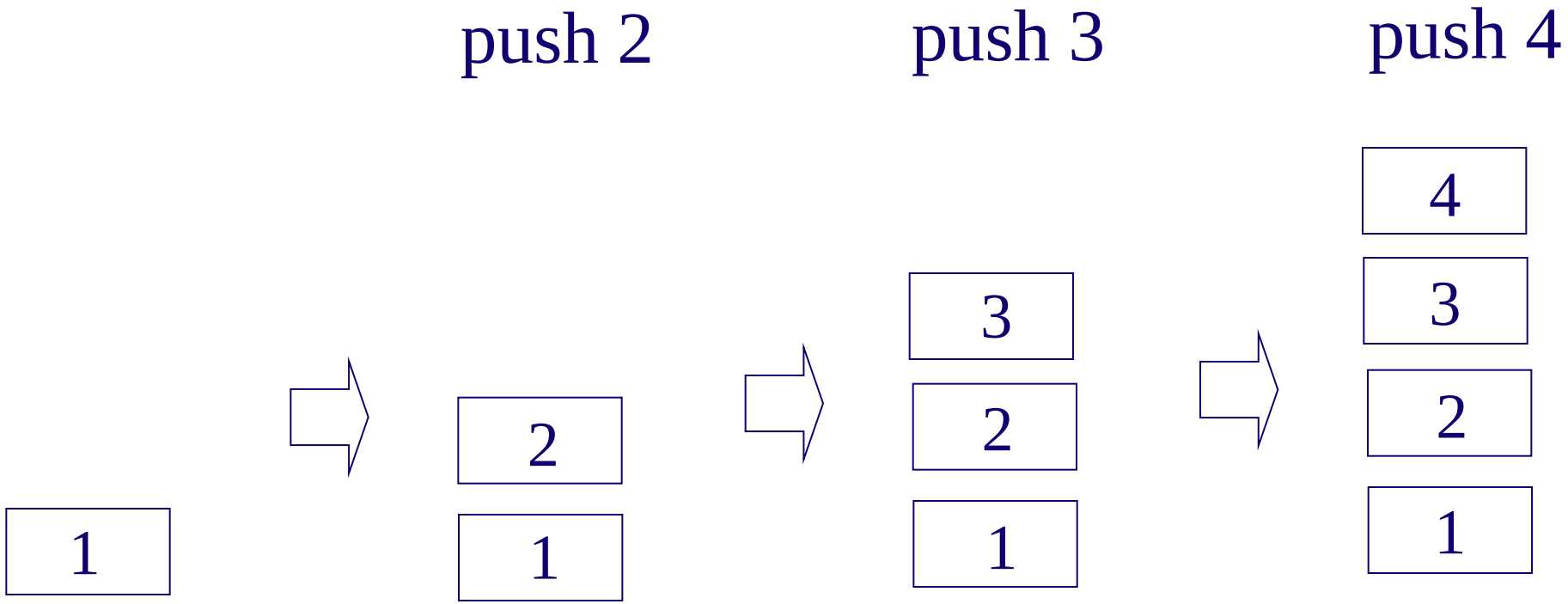
（２） 関数のパラメータを，システムスタックエリアにプッシュ(push)

スタック

- プッシュ (push)
- ポップ (pop)



スタック

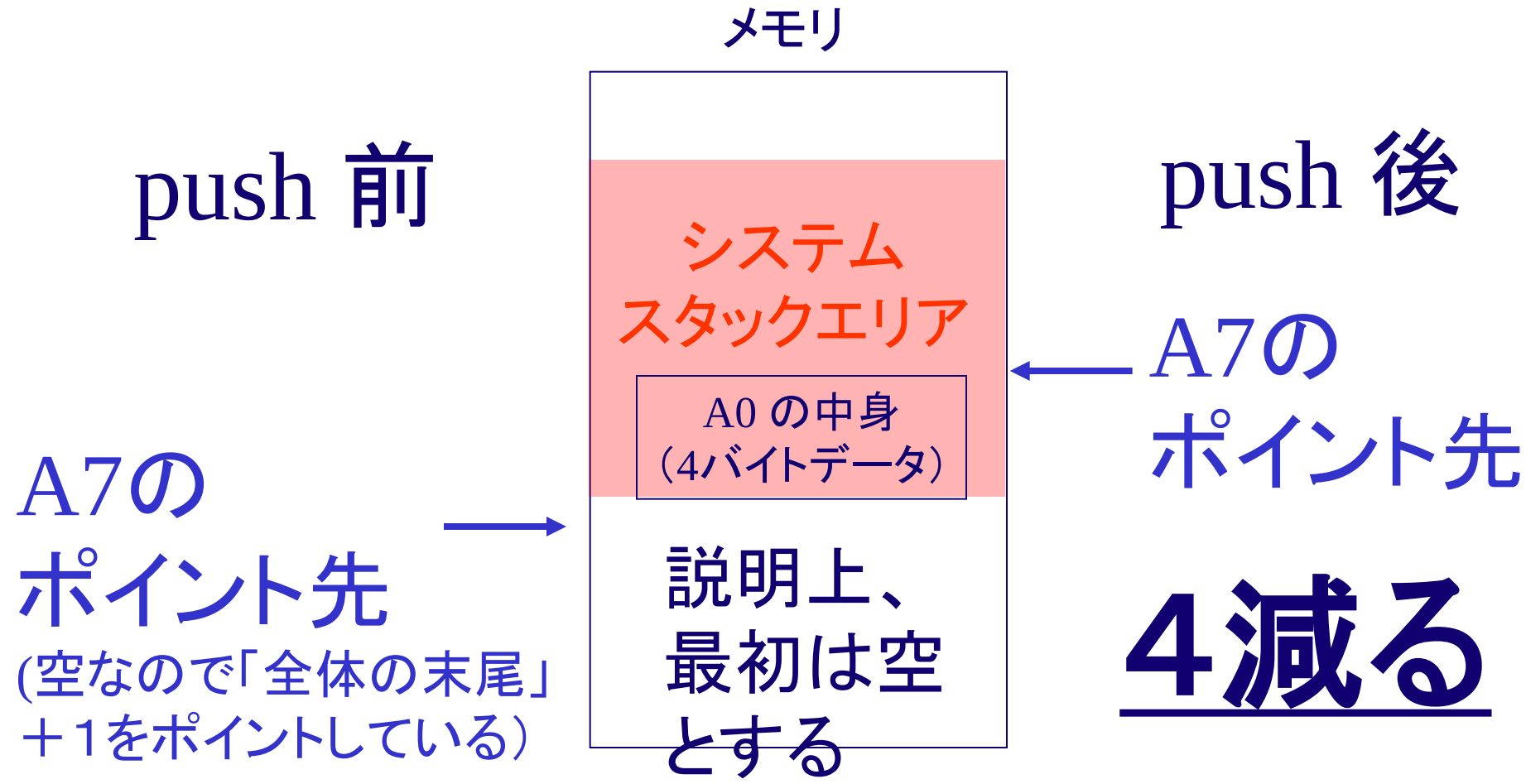


スタックとキュー

- スタックは，データの後入れ・先出し(last in first out)を行う
  - スタックの　push 1, push 2, push 3, pop, pop では，1番目のpopで3が，2番目のpopで2が出て，1は残っている.
- キューは，データの先入れ・先出しを行う.

システムスタックエリアに「4バイト」のデータを push

例） `move.l %a0,-(%a7)`



（３） 関数呼び出しとリターン

```
.data
str1:
        .ascii "My Name is David!¥0"
SYS_STK:
        .ds.b 0x4000
SYS_STK_TOP:

.text
stringlength:
        link.w %a6,#-8
        clr.w -2(%a6)
        move.l 8(%a6),-6(%a6)
start1:
        move.l -6(%a6),%a0
        cmp.b #0,(%a0)
        beq break1
        addq.l #1,-6(%a6)
        addq.w #1,-2(%a6)
        bra start1
break1:
        move.w -2(%a6),%a0
        move.l %a0,%d0
        unlk %a6
        rts

main:
        lea.l SYS_STK_TOP,%a7

        lea.l str1,%a0
        move.l %a0,-(%a7)
        jsr stringlength
        addq.l #4,%a7

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

jsr stringlength

サブルーチン呼び出し

（jsr = jump subroutine）

分岐が行われるとともに，
「戻り番地」が保存される

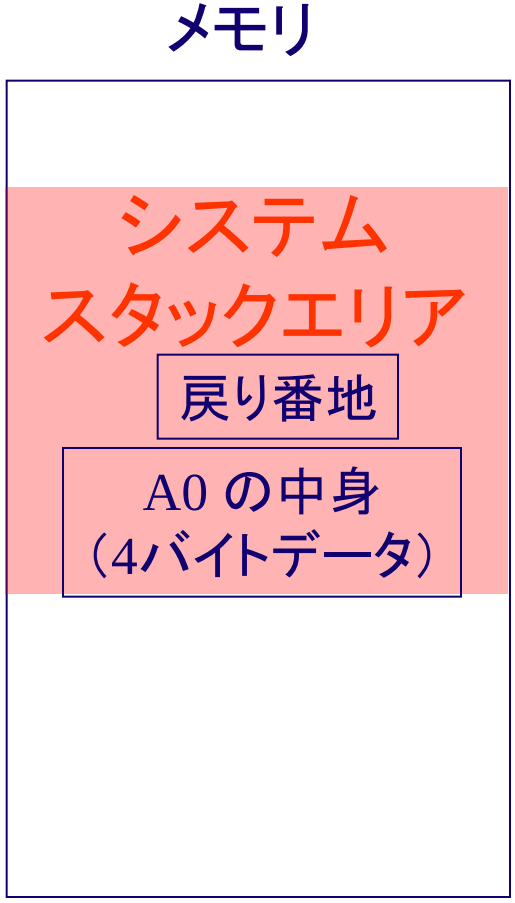
保存先
⇒システムスタックエリア

システムスタックエリアに
戻り番地を push

例） `jsr stringlength`

push 前

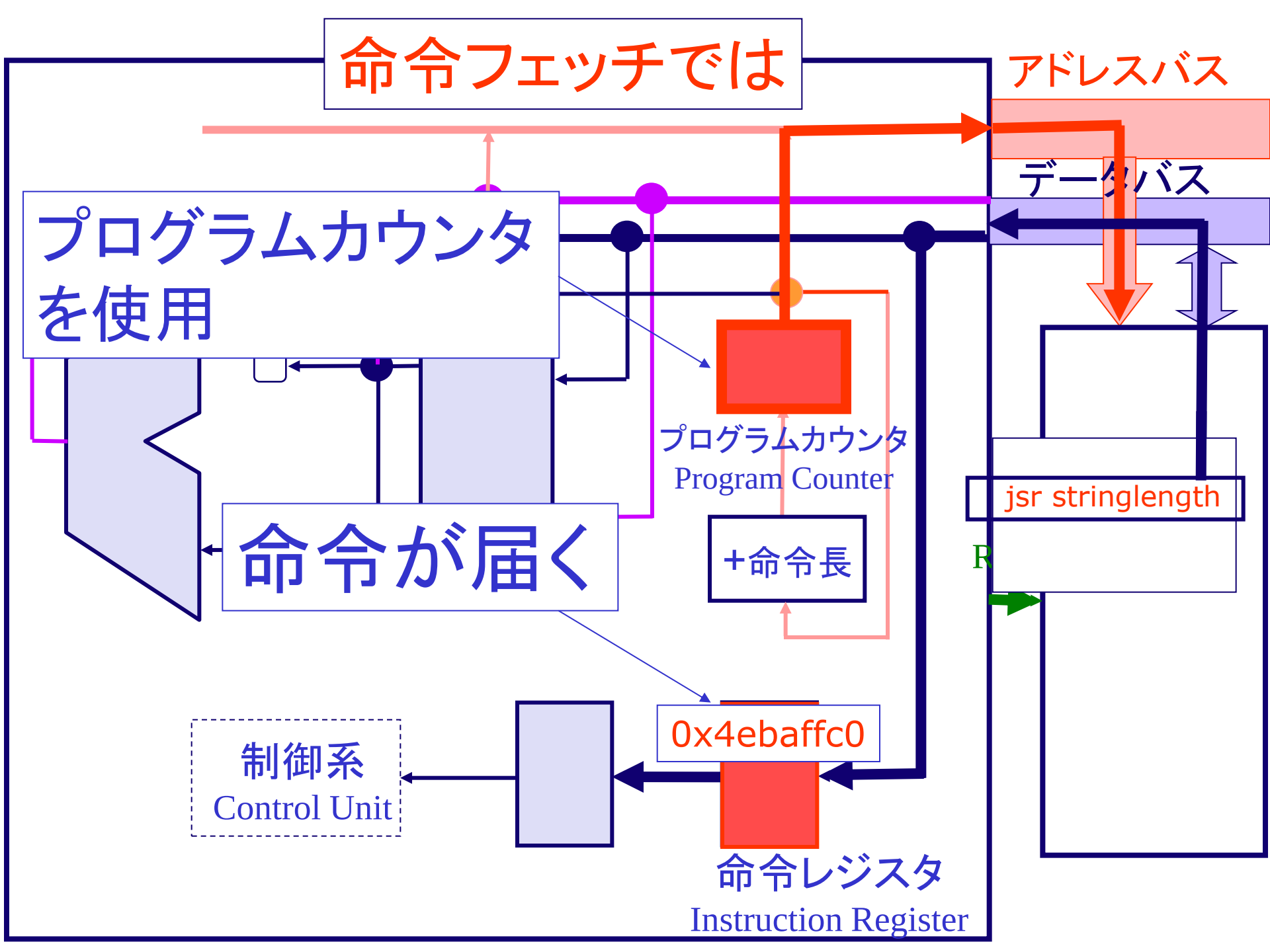
push 後

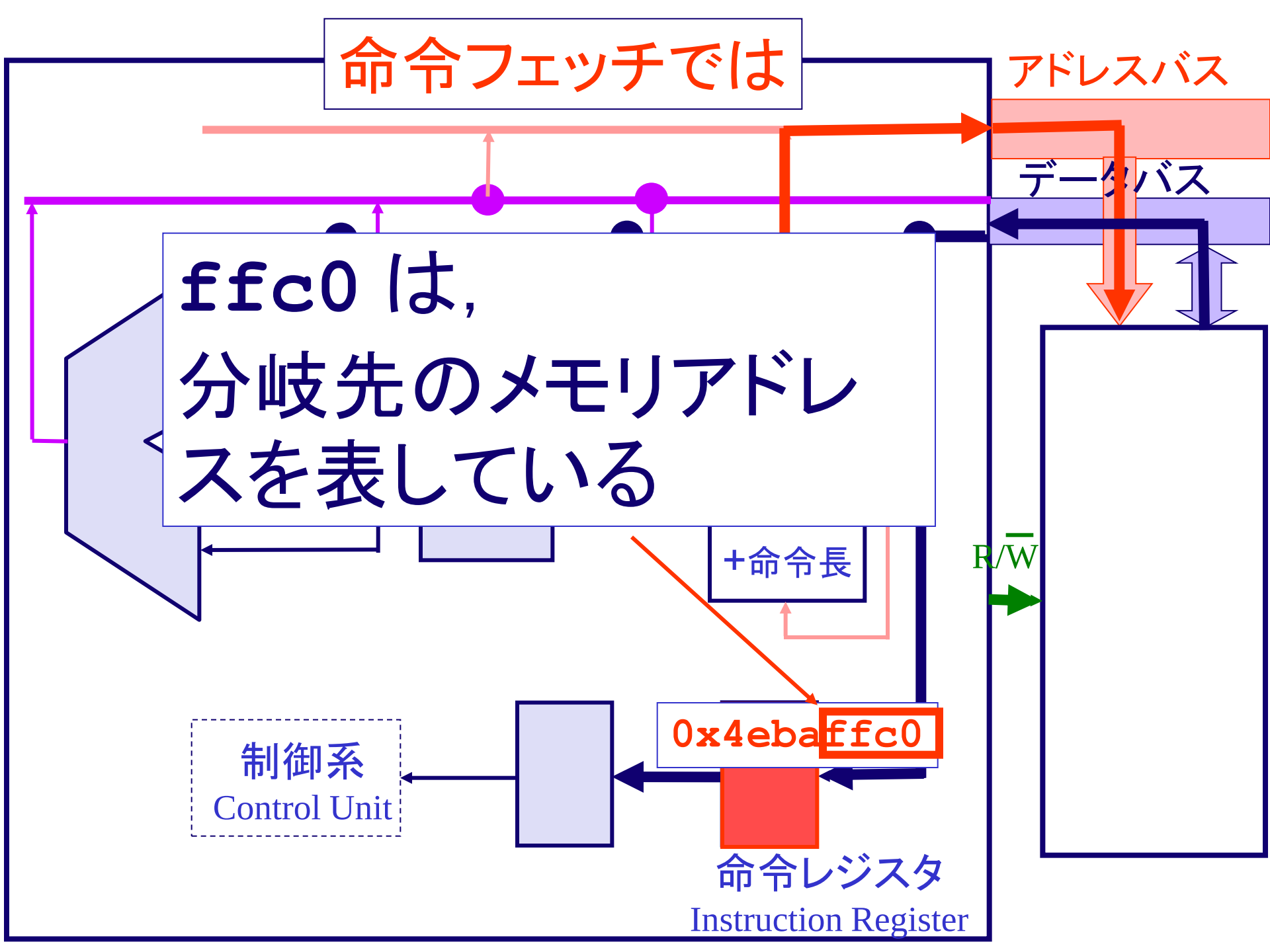


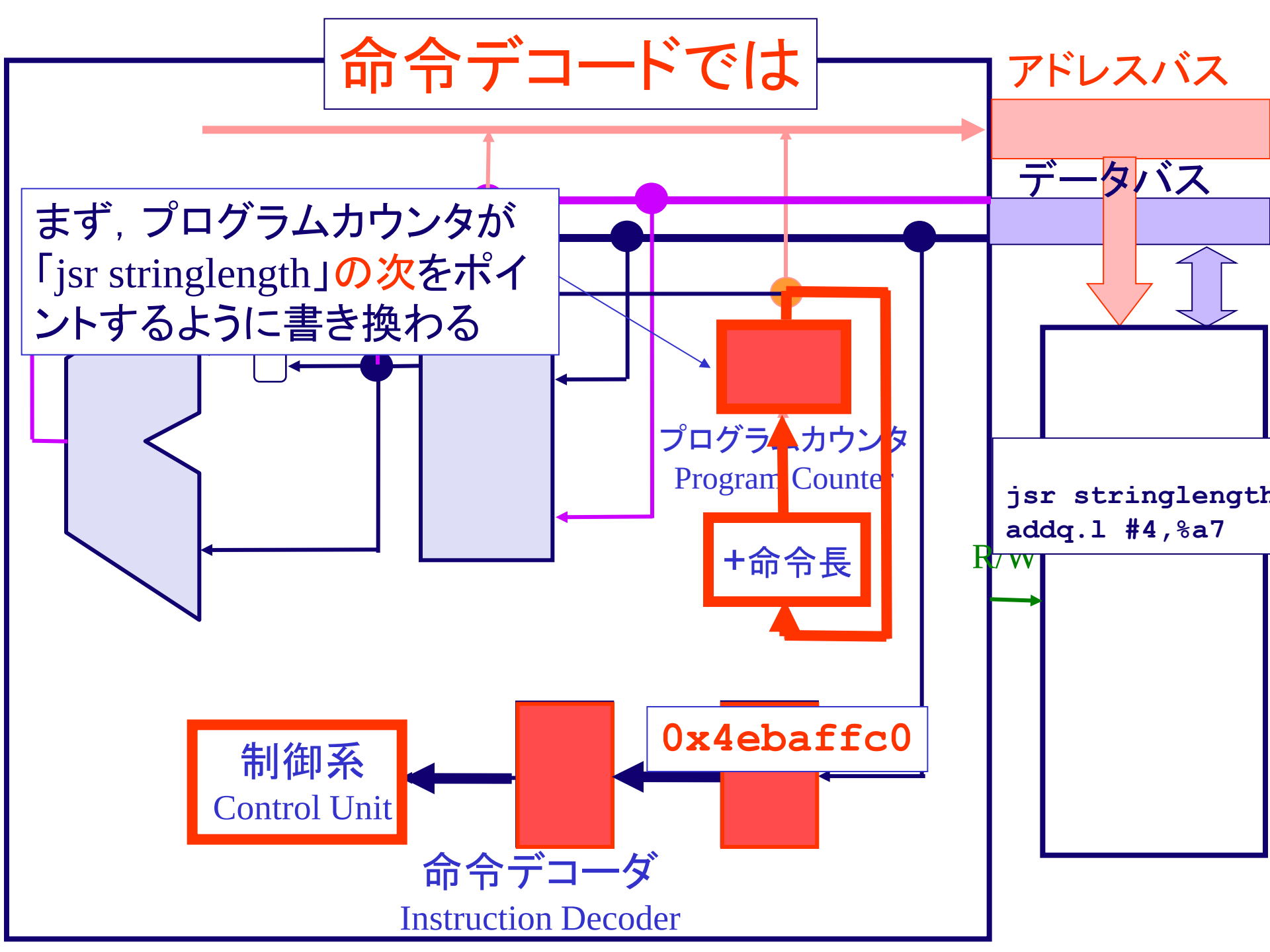
A7の
ポイント先
(空なので「全体の末尾」
＋1をポイントしている)

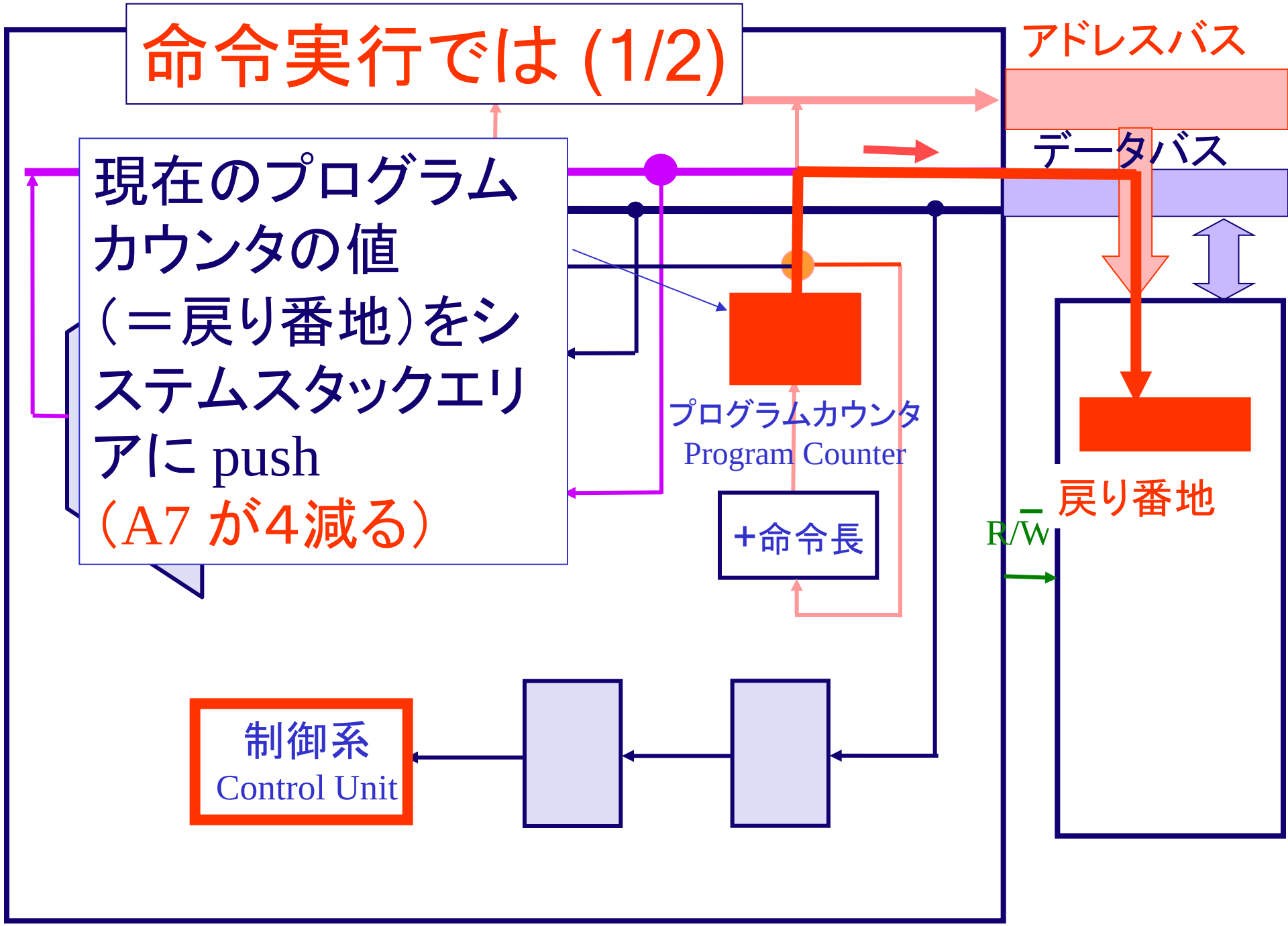
A7の
ポイント先

4減る

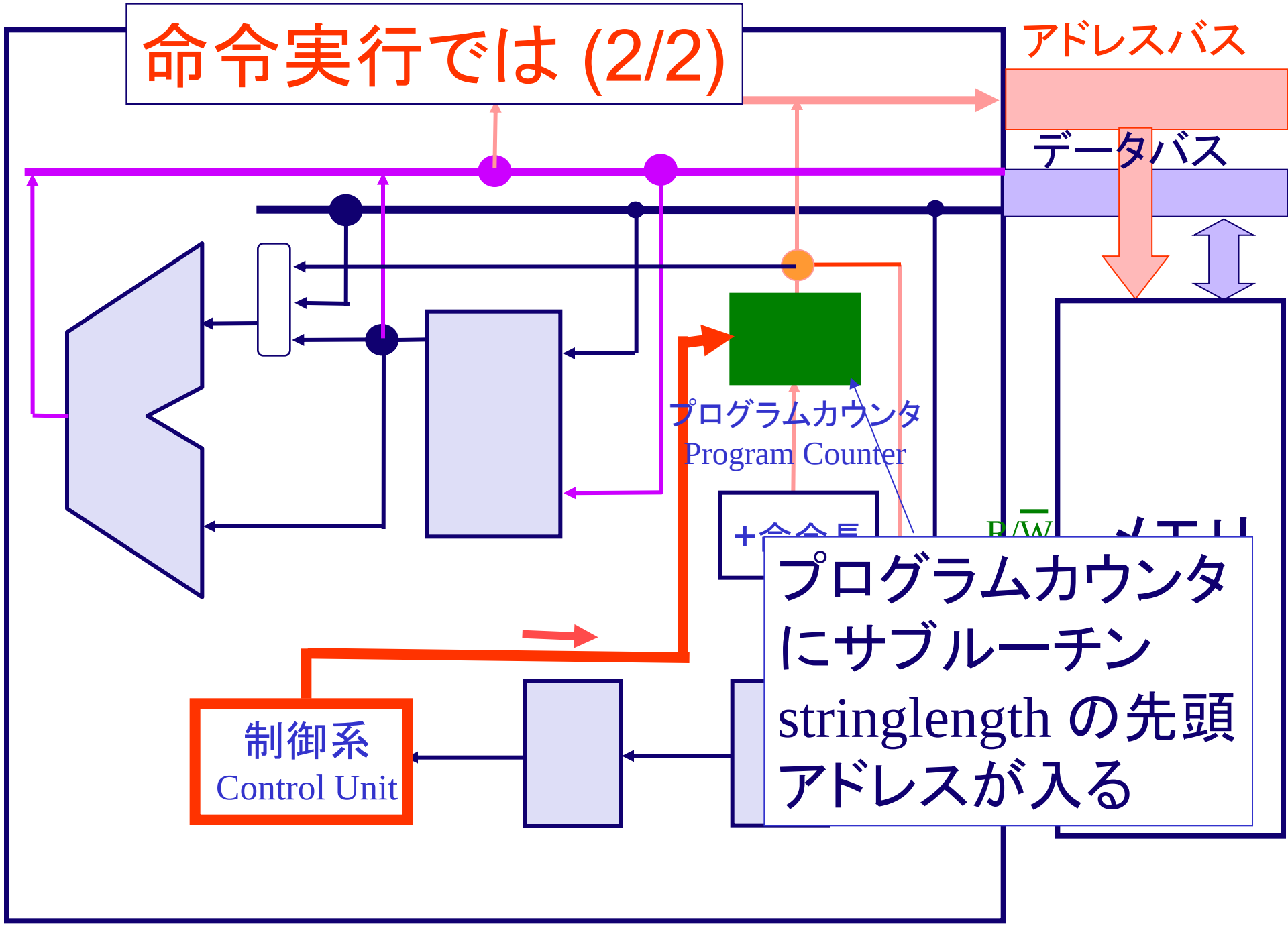

命令フェッチでは
アドレスバス
データバス
プログラムカウンタ
を使用
プログラムカウンタ
Program Counter
jsr stringlength
R
命令が届く
+命令長
0x4ebaffc0
制御系
Control Unit
命令レジスタ
Instruction Register


命令フェッチでは
アドレスバス
データバス
ffc0 は,
分岐先のメモリアドレスを表している
+命令長
R/W
0x4ebaffc0
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
まず，プログラムカウンタが「jsr stringlength」の次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
jsr stringlength
addq.l #4,%a7
R/W
0x4ebaffc0
制御系
Control Unit
命令デコーダ
Instruction Decoder


命令実行では (1/2)
現在のプログラムカウンタの値（＝戻り番地）をシステムスタックエリアに push
（A7 が4減る）
アドレスバス
データバス
プログラムカウンタ
Program Counter
+命令長
戻り番地
R/W
制御系
Control Unit

命令実行では (2/2)


アドレスバス
データバス
プログラムカウンタ
Program Counter
制御系
Control Unit
プログラムカウンタにサブルーチンstringlength の先頭アドレスが入る

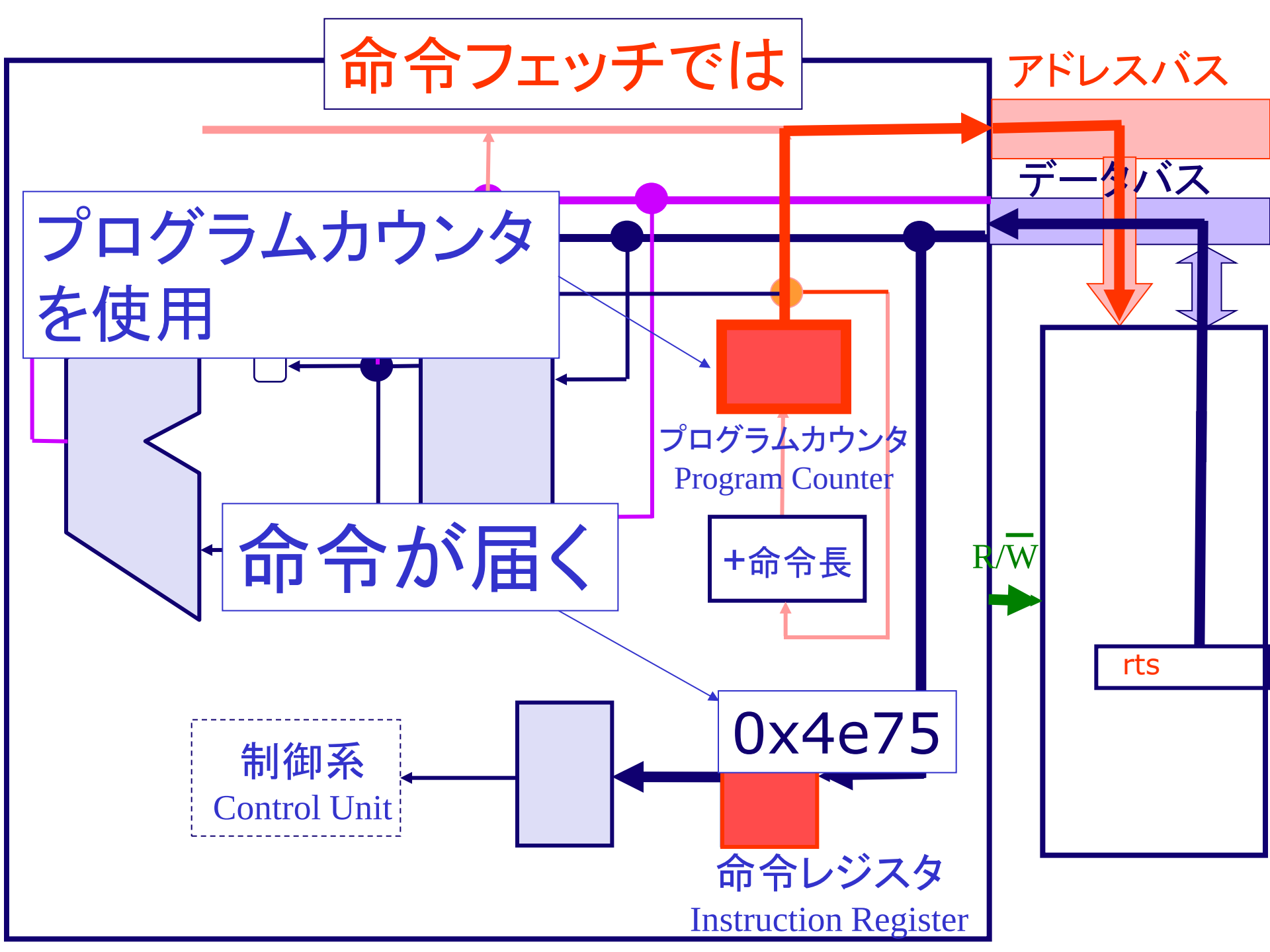
```
.data
str1:
        .ascii "My Name is David!¥0"
SYS_STK:
        .ds.b 0x4000
SYS_STK_TOP:

.text
stringlength:
        link.w %a6,#-8
        clr.w -2(%a6)
        move.l 8(%a6),-6(%a6)
start1:
        move.l -6(%a6),%a0
        cmp.b #0,(%a0)
        beq break1
        addq.l #1,-6(%a6)
        addq.w #1,-2(%a6)
        bra start1
break1:
        move.w -2(%a6),%a0
        move.l %a0,%d0
        unlk %a6
        rts

main:
        lea.l SYS_STK_TOP,

        lea.l str1,%a0
        move.l %a0,-(%a7)
        jsr stringlength
        addq.l #4,%a7

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

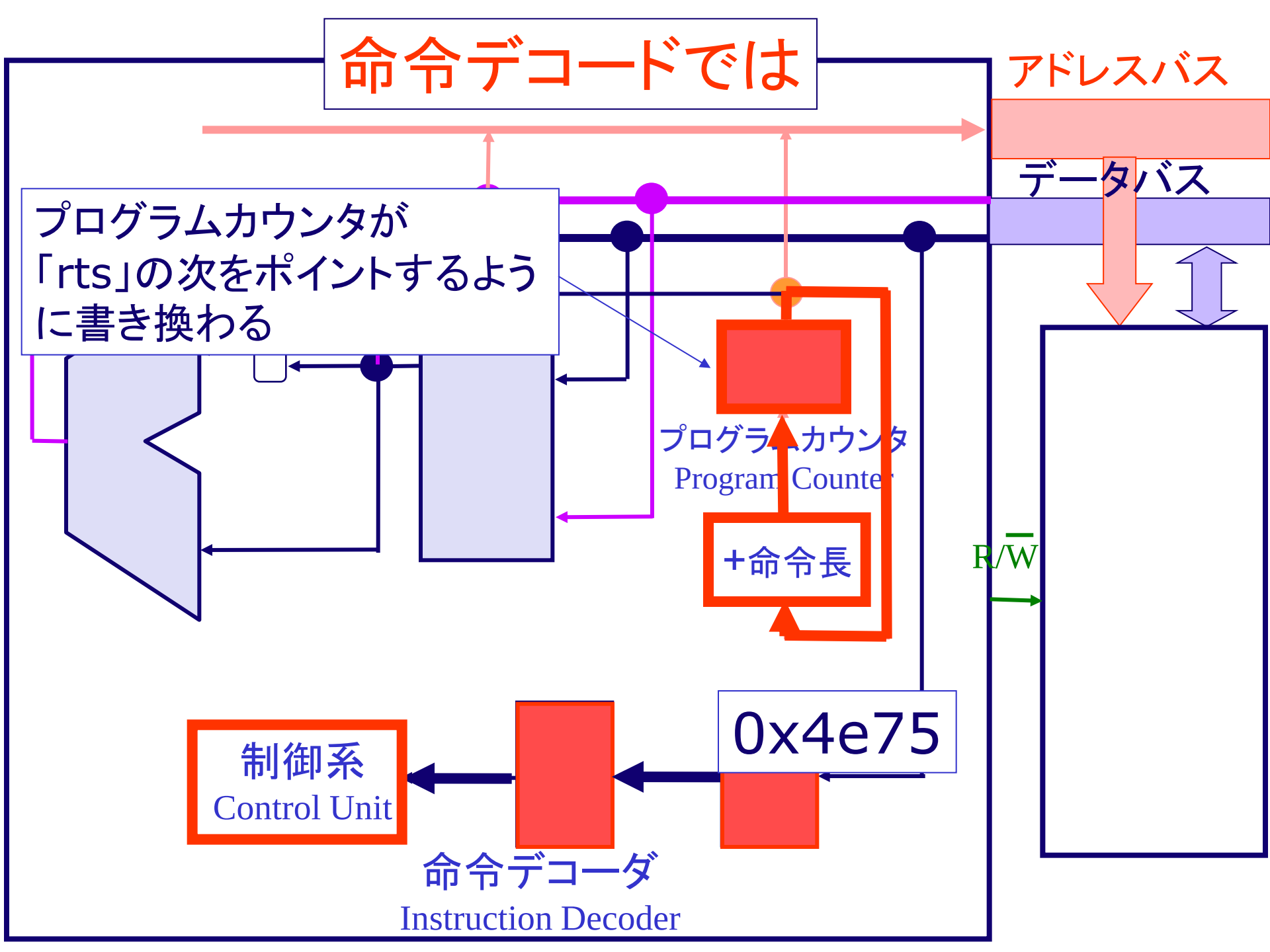
rts

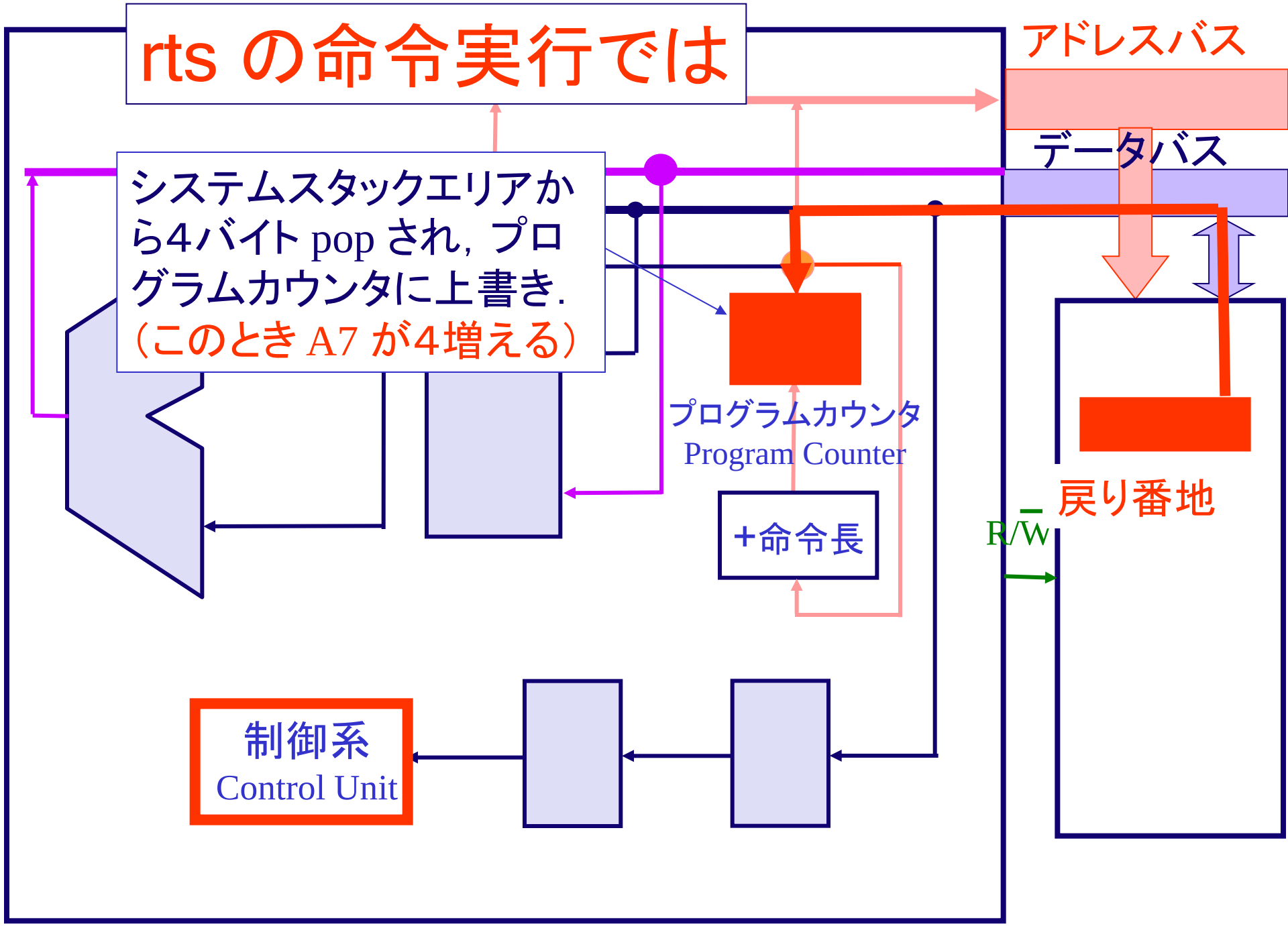
(rts = return subroutine)

システムスタックエリアから4バイト pop し，プログラムカウンタに上書き

rts では，戻り先がプログラム中のどこにも書かれていない．戻り先は，ダイナミックに保存されるから．


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
+命令長
命令が届く
R/W
rts
0x4e75
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
「rts」の次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
R/W
0x4e75
制御系
Control Unit
命令デコーダ
Instruction Decoder


rts の命令実行では
システムスタックエリアから4バイト pop され，プログラムカウンタに上書き．
（このとき A7 が4増える）
アドレスバス
データバス
プログラムカウンタ
Program Counter
+命令長
戻り番地
R/W
制御系
Control Unit

（4） 関数実行の始めに，メモリエリアをダイナミックに確保
（終わりで解放）

```
.data
str1:
        .ascii "My Name is David!¥0"
SYS_STK:
        .ds.b 0x4000
SYS_STK_TOP:

.text
stringlength:
        link.w %a6,#-8
        clr.w -2(%a6)
        move.l 8(%a6),-6(%a6)
start1:
        move.l -6(%a6),%a0
        cmp.b #0,(%a0)
        beq break1
        addq.l #1,-6(%a6)
        addq.w #1,-2(%a6)
        bra start1
break1:
        move.w -2(%a6),%a0
        move.l %a0,%d0
        unlk %a6
        rts

main:
        lea.l SYS_STK_TOP,%a7

        lea.l str1,%a0
        move.l %a0,-(%a7)
        jsr stringlength
        addq.l #4,%a7

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

確保

システムスタックエリア内に
8バイトを確保せよ

解放

```
.data
str1:
        .ascii "My Name is David!¥0"
SYS_STK:
        .ds.b 0x4000
SYS_STK_TOP:

.text
stringlength:
        link.w %a6,#-8
        clr.w -2(%a6)
        move.l 8(%a6),-6(%a6)
start1:
        move.l -6(%a6),%a0
        cmp.b #0,(%a0)
        beq break1
        addq.l #1,-6(%a6)
        addq.w #1,-2(%a6)
        bra start1
break1:
        move.w -2(%a6),%a0
        move.l %a0,%d0
        unlk %a6
        rts

main:
        lea.l SYS_STK_TOP,%a7

        lea.l str1,%a0
        move.l %a0,-(%a7)
        jsr stringlength
        addq.l #4,%a7

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

確保

① A6 をシステムスタックエリアに push（A6 の保存）

② A6 ← A7
(A7 の現時点の値の記録)

③ A7 ← A7 − 8
(メモリエリアの確保)

解放

① A7 ← A6

② システムスタックエリアから pop して，A6 に入れる

(A6, A7 が元に戻る)

```
.text
stringlength:
        link.w %a6,#-8
        clr.w -2(%a6)
        move.l 8(%a6),-6(%a6)
start1:
        move.l -6(%a6),%a0
        cmp.b #0,(%a0)
        beq break1
        addq.l #1,-6(%a6)
        addq.w #1,-2(%a6)
        bra start1
break1:
        move.w -2(%a6),%a0
        move.l %a0,%d0
        unlk %a6
        rts
```

確保

① A6 をシステムスタックエリアに push (A6 の保存)

② A6 ← A7
(A7 の現時点の値の記録)

③ A7 ← A7 − 8
(メモリエリアの確保)

link 前

A6: 0x00000000

A7: 0x00004056

link 後

A6: 0x00004052

A7: 0x0000404a

−4

−4−8

システムスタックエリアの中身(一部)

```
004000: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
004010: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
004020: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
004030: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
004040: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
004050: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 42 00 00 00 4c
```

```
004000: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
004010: 00 00 00 00 00 00 00 00
004020: 00 00 00 00 00 00 00 00
004030: 00 00 00 00 00 00 00 00
004040: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
004050: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 42 00 00 00 4c
```

メモリエリア

戻り番地 パラメータ

旧A6値

```
.text
stringlength:
        link.w  %a6,#-8
        clr.w  -2(%a6)
        move.l  8(%a6),-6(%a6)
start1:
        move.l  -6(%a6),%a0
        cmp.b  #0,(%a0)
        beq  break1
        addq.l  #1,-6(%a6)
        addq.w  #1,-2(%a6)
        bra  start1
break1:
        move.w  -2(%a6),%a0
        move.l  %a0,%d0
        unlk  %a6
        rts
```

確保

link 後

A6： 0x00004052

メモリエリア内の2つのデータ

1．2バイトデータ

（長さを数える）

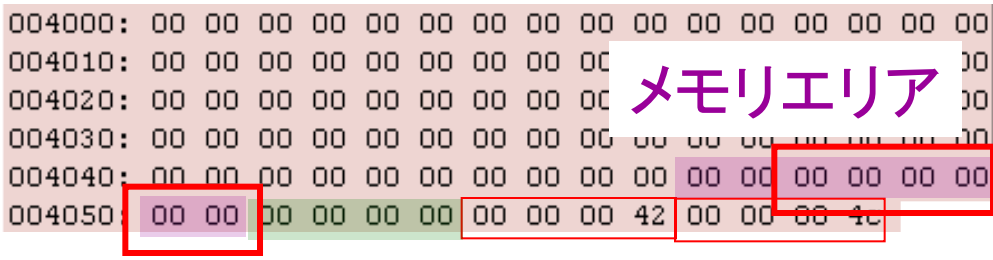
-2(%a6)

2．メモリアドレス

（文字列データの各文字を

ポイントする）

-6(%a6)



（５） 関数内での
パラメータの使用

関数のパラメータの渡し方

1. レジスタを使用

2. システムスタックエリアを使用

こちらを説明

```
.data
str1:
        .ascii "My Name is David!¥0"
SYS_STK:
        .ds.b 0x4000
SYS_STK_TOP:

.text
stringlength:
        link.w %a6,#-8
        clr.w -2(%a6)
        move.l 8(%a6),-6(%a6)
start1:
        move.l -6(%a6),%a0
        cmp.b #0,(%a0)
        beq break1
        addq.l #1,-6(%a6)
        addq.w #1,-2(%a6)
        bra start1
break1:
        move.w -2(%a6),%a0
        move.l %a0,%d0
        unlk %a6
        rts

main:
        lea.l SYS_STK_TOP,%a7

        lea.l str1,%a0
        move.l %a0,-(%a7)
        jsr stringlength
        addq.l #4,%a7

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

プッシュした値を，
ここで読み出し

A0 の値をプッシュ
（文字列の先頭アドレス
0x0000004c を push）

link 後

A6: 0x00004052

```
004000: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
004010: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
004020: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
004030: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
004040: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
004050: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 42 00 00 00 4c
```

```
.data
str1:
        .ascii "My Name is David!¥0"
SYS_STK:
        .ds.b 0x4000
SYS_STK_TOP:

.text
stringlength:
        link.w %a6,#-8
        clr.w -2(%a6)
        move.l 8(%a6),-6(%a6)
start1:
        move.l -6(%a6),%a0
        cmp.b #0,(%a0)
        beq break1
        addq.l #1,-6(%a6)
        addq.w #1,-2(%a6)
        bra start1
break1:
        move.w -2(%a6),%a0
        move.l %a0,%d0
        unlk %a6
        rts

main:
        lea.l SYS_STK_TOP,%a7

        lea.l str1,%a0
        move.l %a0,-(%a7)
        jsr stringlength
        addq.l #4,%a7

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

プッシュした値を，
ここで読み出し

A0 の値をプッシュ
（文字列の先頭アドレス
0x0000004c をプッシュ）

pop しても仕方が無いので，
A7 に 4 足すだけ

（６） 関数での処理結果の，呼び出し側への引渡し

C言語

```c
#include <stdio.h>

int stringlengt
{
  short int len
  char *s;

  len = 0;
  s = str;
  while ( (*s)
    s++;
    len++;
  }
  return len;
}

int main()
{
  short int n;
  n = stringlength( "My Name is David\n" );
  fprintf( stderr, "n = %d\n", n );
  return 0;
}
```

68000アセンブラ言語

```
.data
str1:
        .ascii "My Name is David!¥0"
SYS_STK:
        .ds.b 0x4000
        addq.w #1,-2(%a6)
        bra start1
break1:
        move.w -2(%a6),%a0
        move.l %a0,%d0
        unlk %a6
        rts

main:
        lea.l SYS_STK_TOP,%a7

        lea.l str1,%a0
        move.l %a0,-(%a7)
        jsr stringlength
        addq.l #4,%a7

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

関数での処理結果を，呼び出し側に引き渡す（データレジスタ D0 を使用）

関数での処理結果の，呼び出し側への引渡し

1. レジスタ

2. 所定のメモリアドレスに書き込み

3. 関数へのパラメータ（システムスタックエリア内）を書き換える