as-2. メモリと CPU

（68000 アセンブラ）

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

金子邦彦

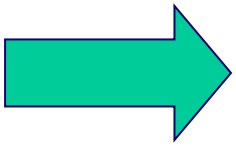
x と y の加算

- 簡単な例として，次の例を考える

$$z \leftarrow x + y$$

但し，この例題では，
x, y, z はワードサイズ（2バイト）の整数データ

アセンブラ
プログラム
ファイル



アセンブラ
m68k-as など

HEX
ファイル

これは
ファイル

```
.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

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

テキストエディタなど
で記述． add.s など

```
S00600004844521B
S2140000003039000000018D0790000001A33C0000014
S20C000010001C40484E7200007F
S20A000018000A00140000BF
S5030003F9
S804000000FB
```

HEX ファイルは，メモリのどこ
に何を置くかを書いたファイル

add.abs など

メモリにロード

```
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
```

メモリの中身

```
S0 06 0000484452 1B
S2 14 000000 303900000018D0790000001A33C00000 14
S2 0C 000010 001C40484E720000 7F
S2 0A 000018 000A00140000 BF
S5 03 0003 F9
S8 04 000000 FB
```

ステータスレコード（ファイル名など）

データレコード

データレコード数

終了を示す

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

```
S0 06 0000484452 1B
S2 14 000000 303900000018D079000000 1A33C0 ① 0 14
S2 0C 000010 001C40484E72 ② 0 7F
S2 0A 000018 000A0014 ③ 0 BF
S5 03 0003 F9
S8 04 000000 FB
```

バイト数

メモリアドレス

チェックサム

データの中身

メモリにロード

```
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
```

メモリの中身

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
        move.w x,%d0
        add.w y,%d0
        move.w %d0,z

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

データ部(.data)について，HEX ファイル生成時に行われること

1. メモリエリアの割り当て
   - **x → 0x000018**
   - **y → 0x00001a**
   - **z → 0x00001c**
2. HEX ファイル中に初期値を入れる

```
S0 06 0000484452 1B
S2 14 000000 303900000018D0790000001A33C00000 14
S2 0C 000010 001C40484E720000 7F
S2 0A 000018 000A00140000 BF
S5 03 0003 F9
S8 04 000000 FB
```

HEX ファイル

```
.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

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

プログラム本体(.text)について，HEX ファイル生成時に行われること

各命令が数値化されてHEX ファイルに入る

```
S0 06 0000484452 1B
S2 14 000000 303900000018D0790000001A33C00000 14
S2 0C 000010 001C40484E720000 7F
S2 0A 000018 000A00140000 BF
S5 03 0003 F9
S8 04 000000 FB
```

ここまでのまとめ

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
```

①　②　③

```
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:    ③    ④  00    ⑤  00 00 00 00 00 00 00 00 00
000030:         00           00 00 00 00 00 00 00 00 00
```

メモリの中身

プログラム本体も
メモリ中にある

68000アセンブラ言語

C言語

```
static short int x = 10;
static short int y = 20;
static short int z = 0;

int main()
{
  z = x + y;
  return 0;
}
```

等価

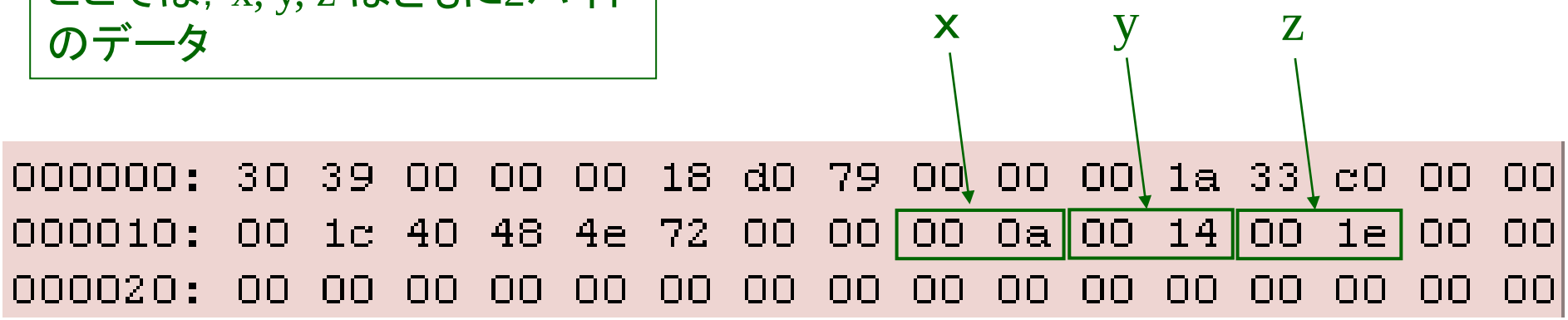
等価

```
.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

        .dc.w 0x4048
        stop #0
```

関数の定義は，
今後の授業で触れる（第5回の講義）

実行結果の例

ここでは，x, y, z はともに2バイトのデータ

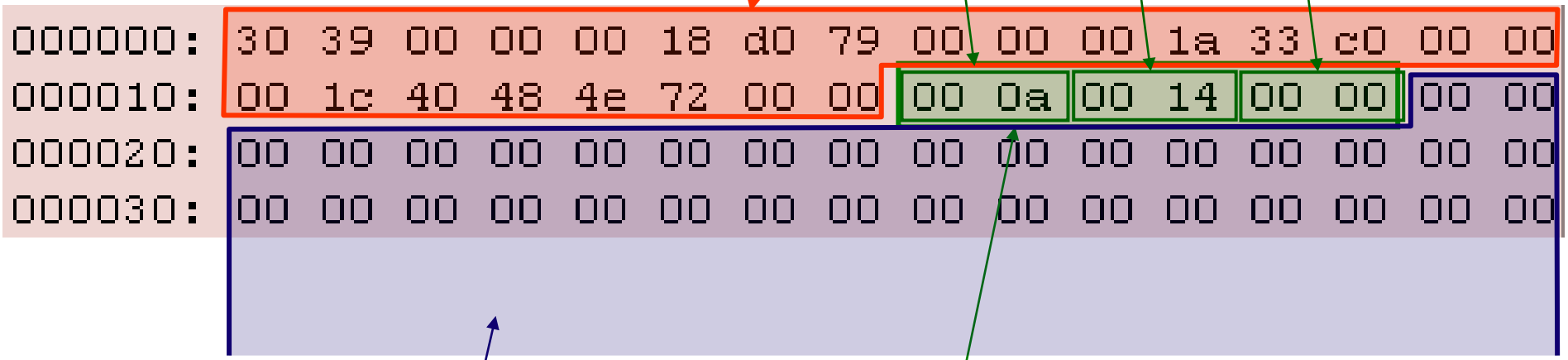


$$z \leftarrow x + y$$

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, z はともに2バイトのデータ

x　y　z



未使用

データが入っているエリア

68000アセンブラ言語

```
.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

        .dc.w 0x4048
        stop #0
```

データエリアの確保

x,y,z(ともに2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.w 10
y:
        .dc.w 20
z:
        .dc.w 0

.text
        move.w x,%d0
        add.w y,%d0
        move.w %d0,z

        .dc.w 0x4048
        stop #0
```

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）

```
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
```

メモリの中身

68000アセンブラ言語

```
.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

        .dc.w 0x4048
        stop #0
```

「2バイトをデータエリア内に確保.
最初から「10（10進数）」にしておく.
x というラベルを付ける」という指示

「2バイトをデータエリア内に確保.
最初は「20（10進数）」にしておく.
y というラベルを付ける」という指示

「2バイトをデータエリア内に確保.
最初は「0（10進数）」にしておく.
z というラベルを付ける」という指示

```
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
```

プログラム全体をメモリ上に
ロードした時点で，x, y, z の値がセットされる

68000アセンブラ言語

```
.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

        .dc.w 0x4048
        stop #0
```

「2バイトをデータエリア内に確保.
最初から「10（10進数）」にしておく.
x というラベルを付ける」という指示

「2バイトをデータエリア内に確保.
最初は「20（10進数）」にしておく.
y というラベルを付ける」という指示

「2バイトをデータエリア内に確保.
最初は「0（10進数）」にしておく.
z というラベルを付ける」という指示

```
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
```

プログラム全体をメモリ上に
ロードした時点で，x, y, z の値がセットされる

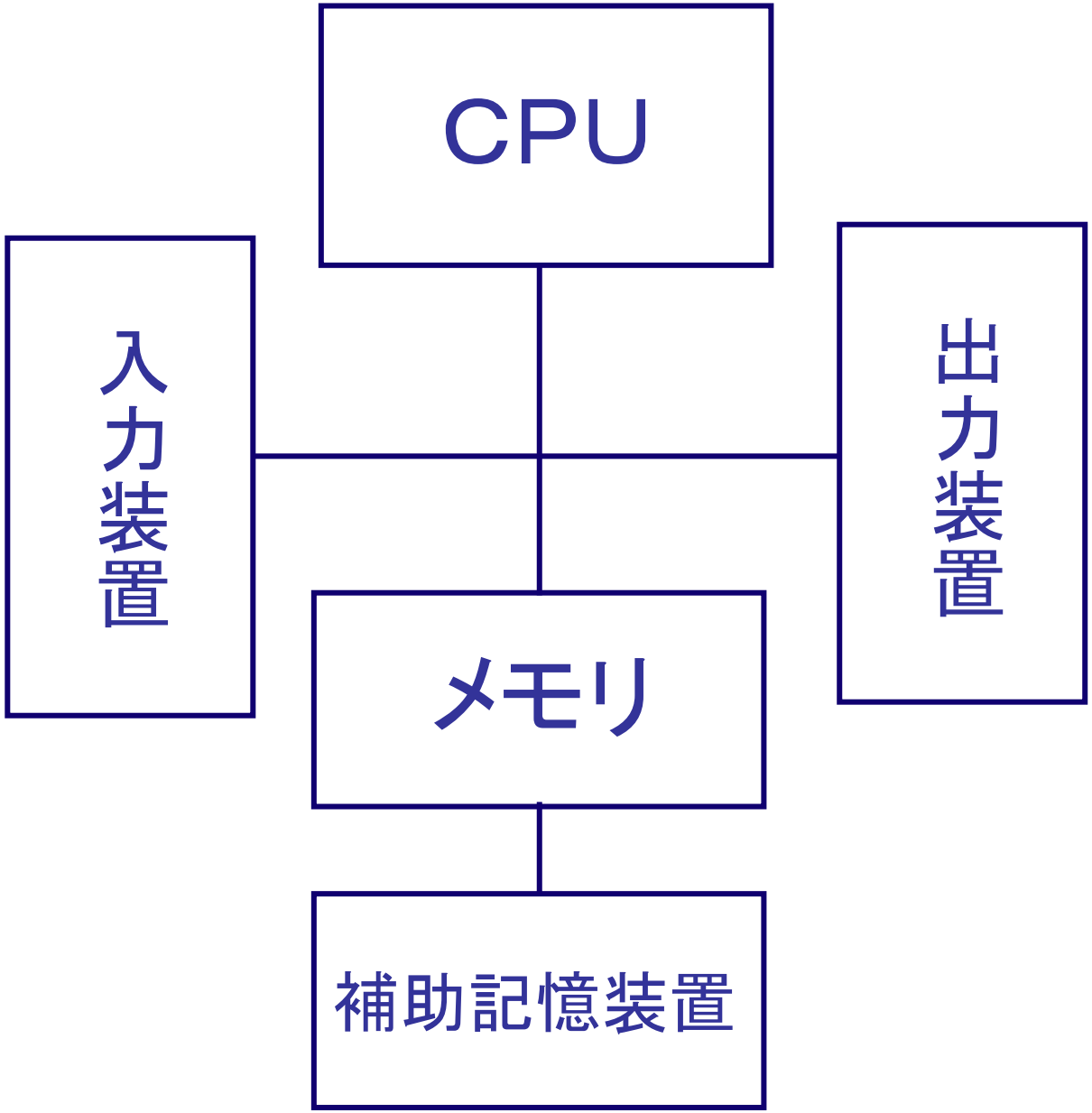
```
.data
x:
        .dc.w 10
y:
        .dc.w 20
z:
        .dc.w 0
.text
        move.w x,%d0
        add.w y,%d0
        move.w %d0,z

        .dc.w 0x4048
        stop #0
```

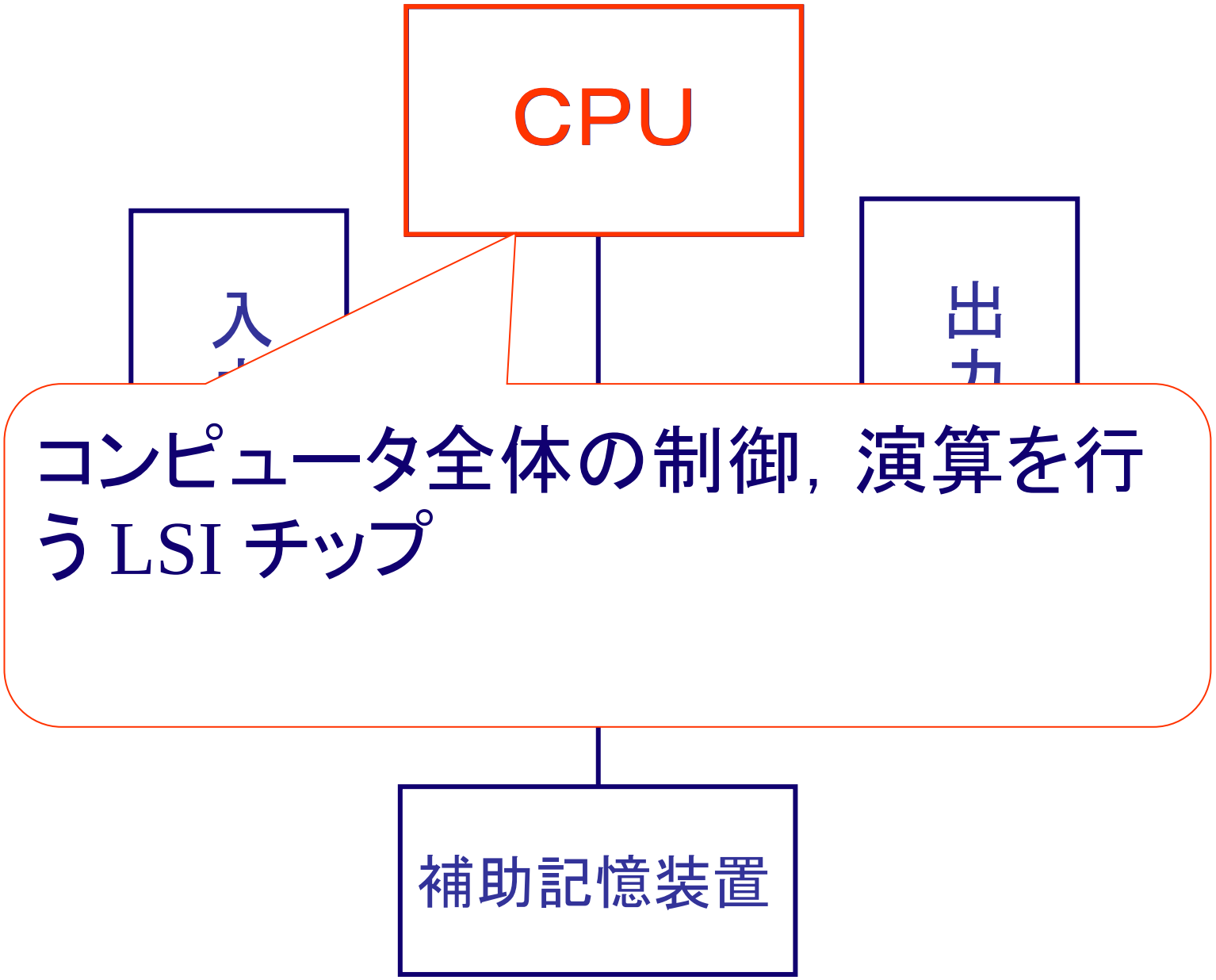
この授業では，
10進数は
　10, 20 のように
16進数は
　0x0a, 0x14 のように書く

プログラム本体

この理解には，CPU とメモリの振る舞いを「頭の中にイメージできる」練習を必要とする

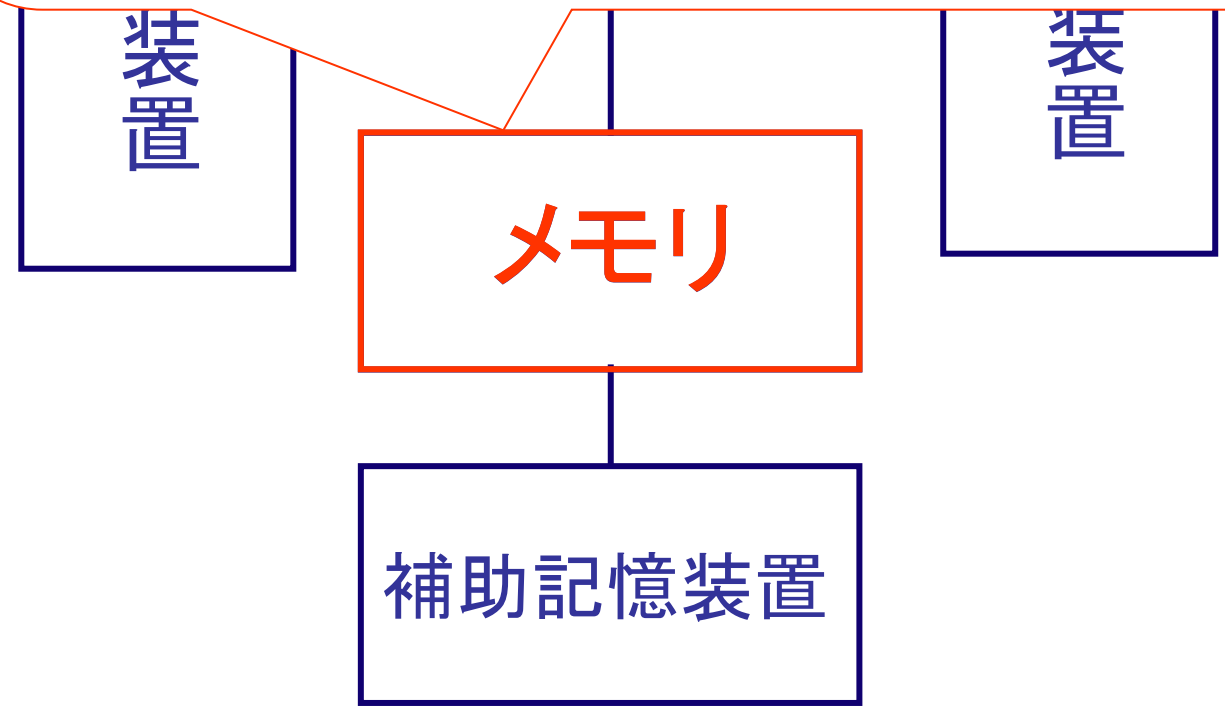
コンピュータのハードウエア構成

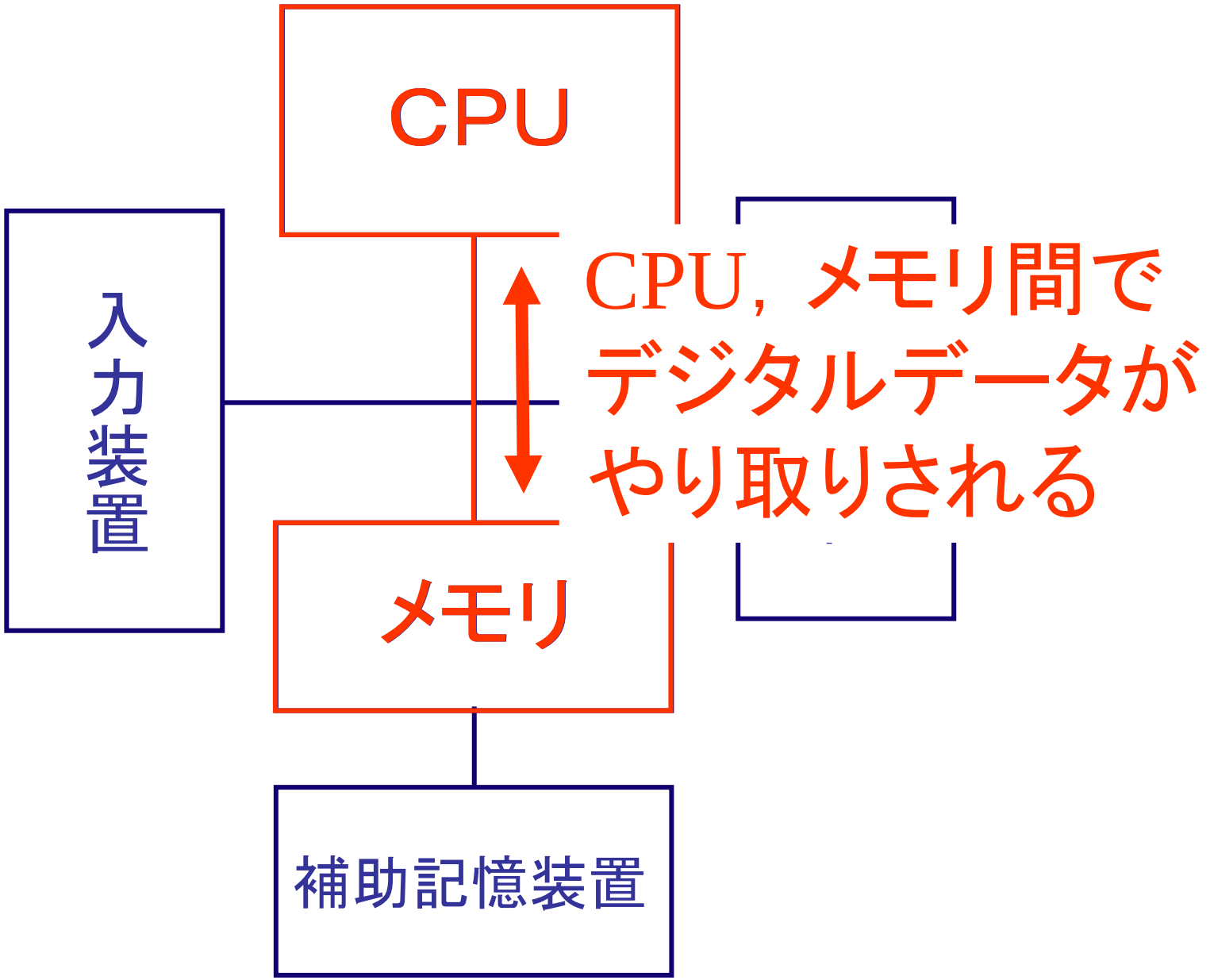


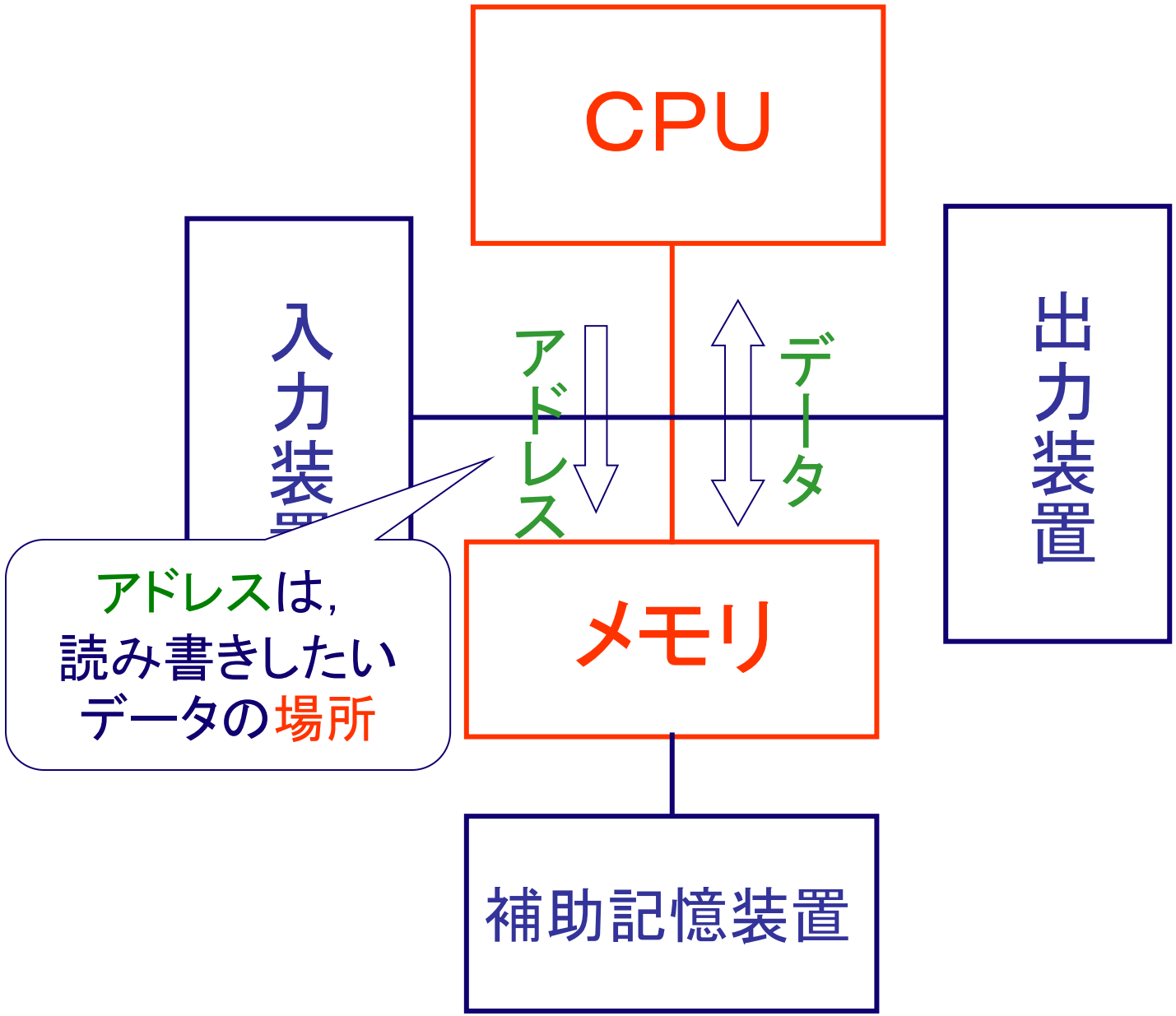

CPU
入
出力
コンピュータ全体の制御，演算を行うLSIチップ
補助記憶装置

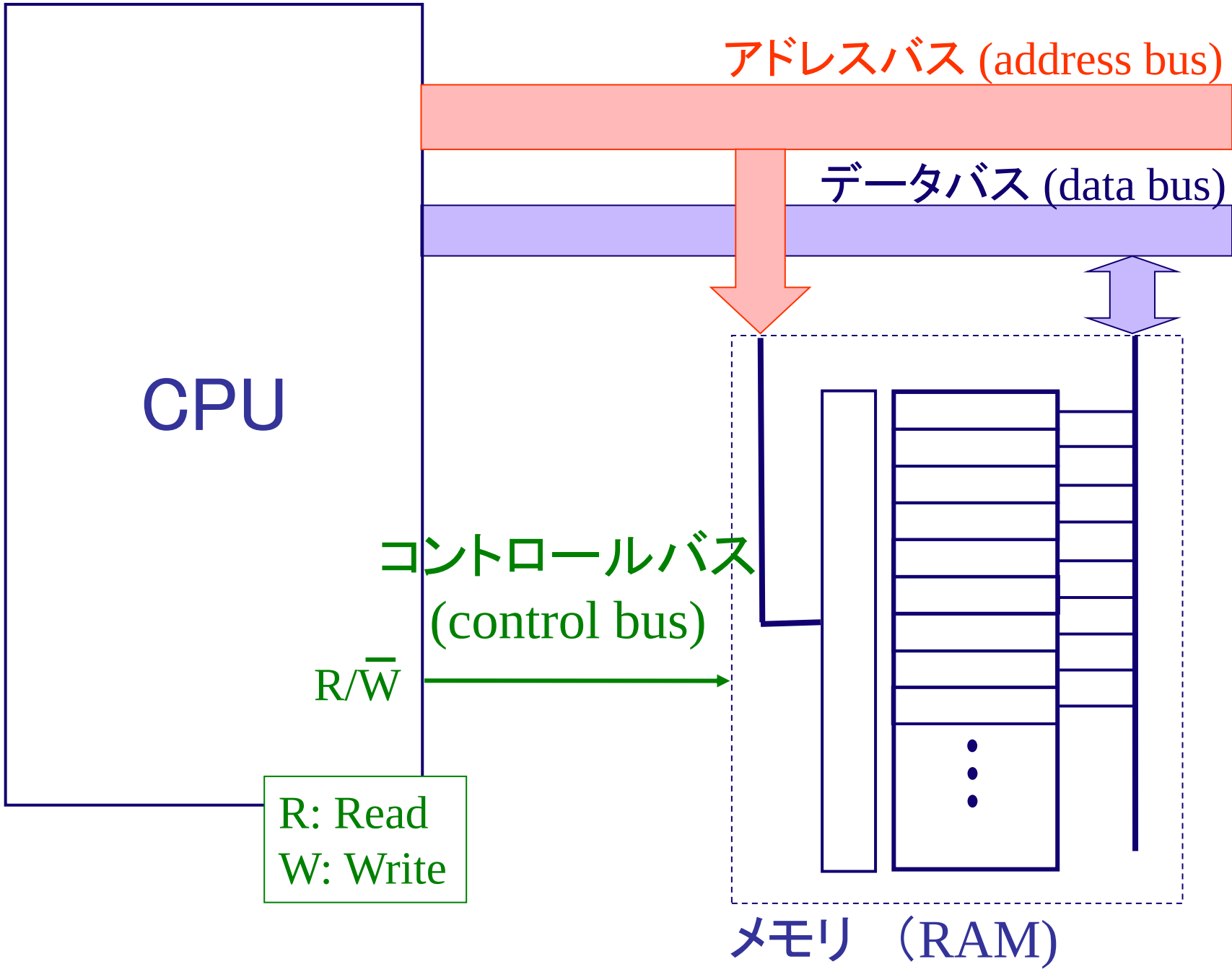
デジタルデータの記憶を行うLSIチップ

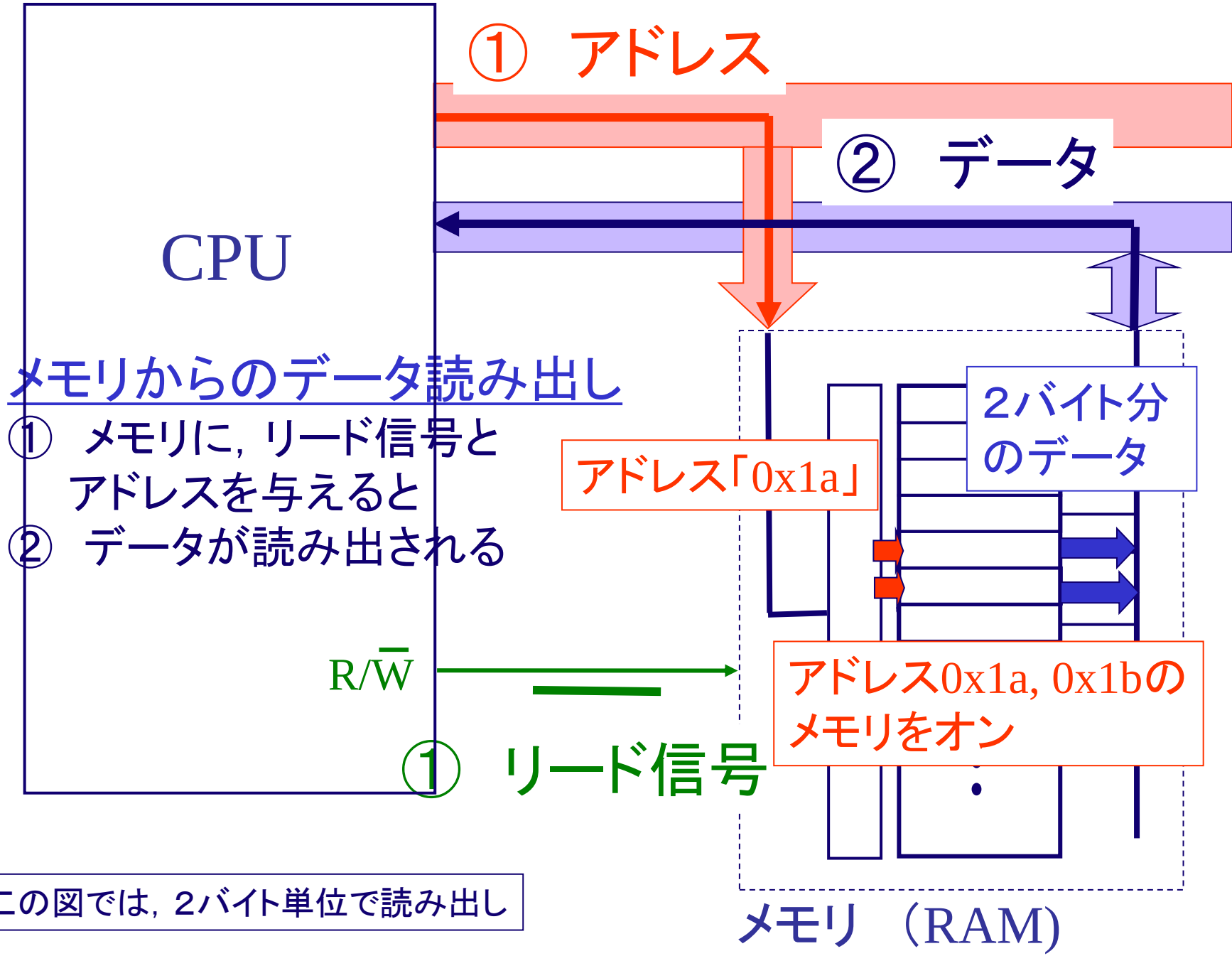
デジタルデータを覚えさせたり，取り出したりの機能がある

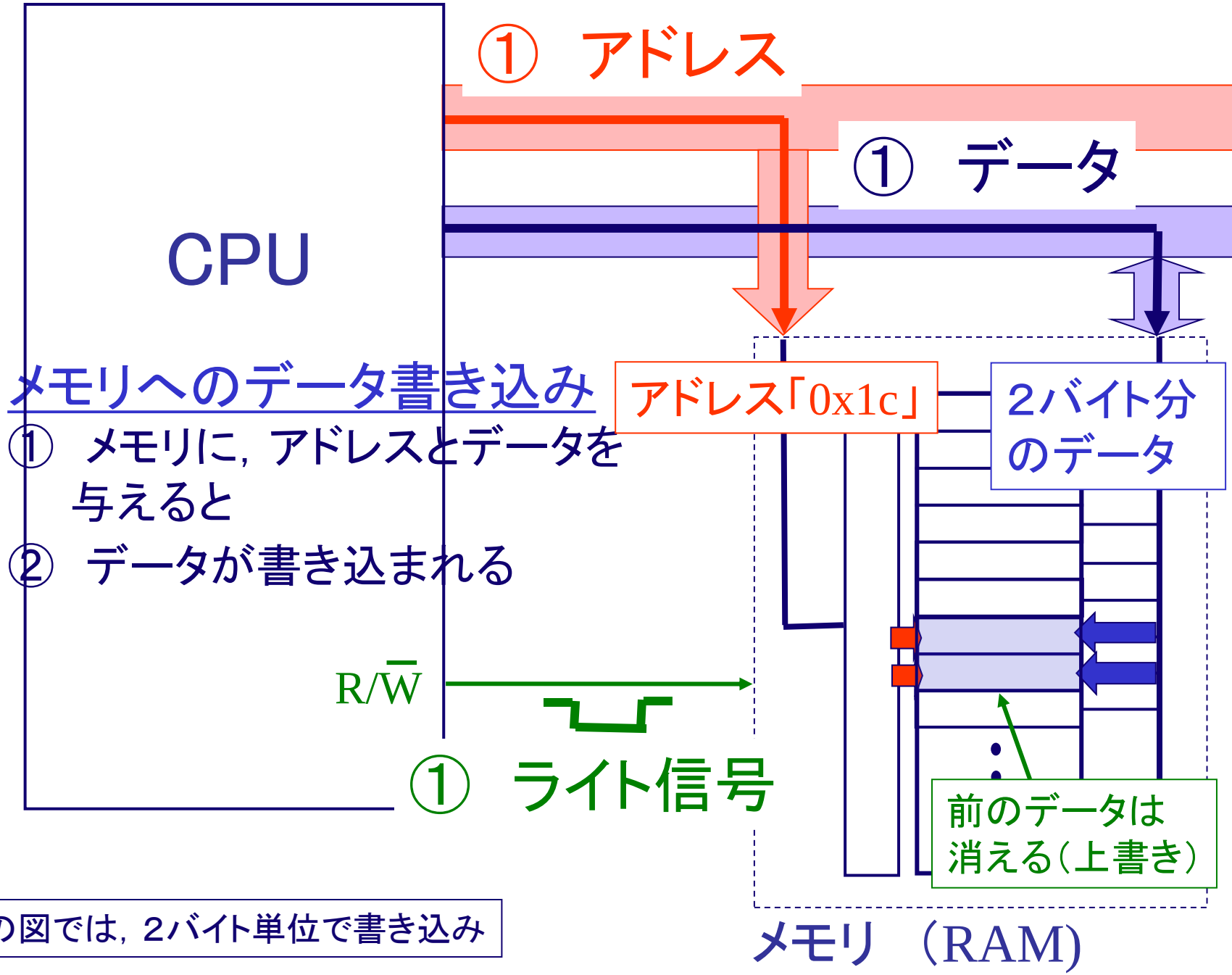


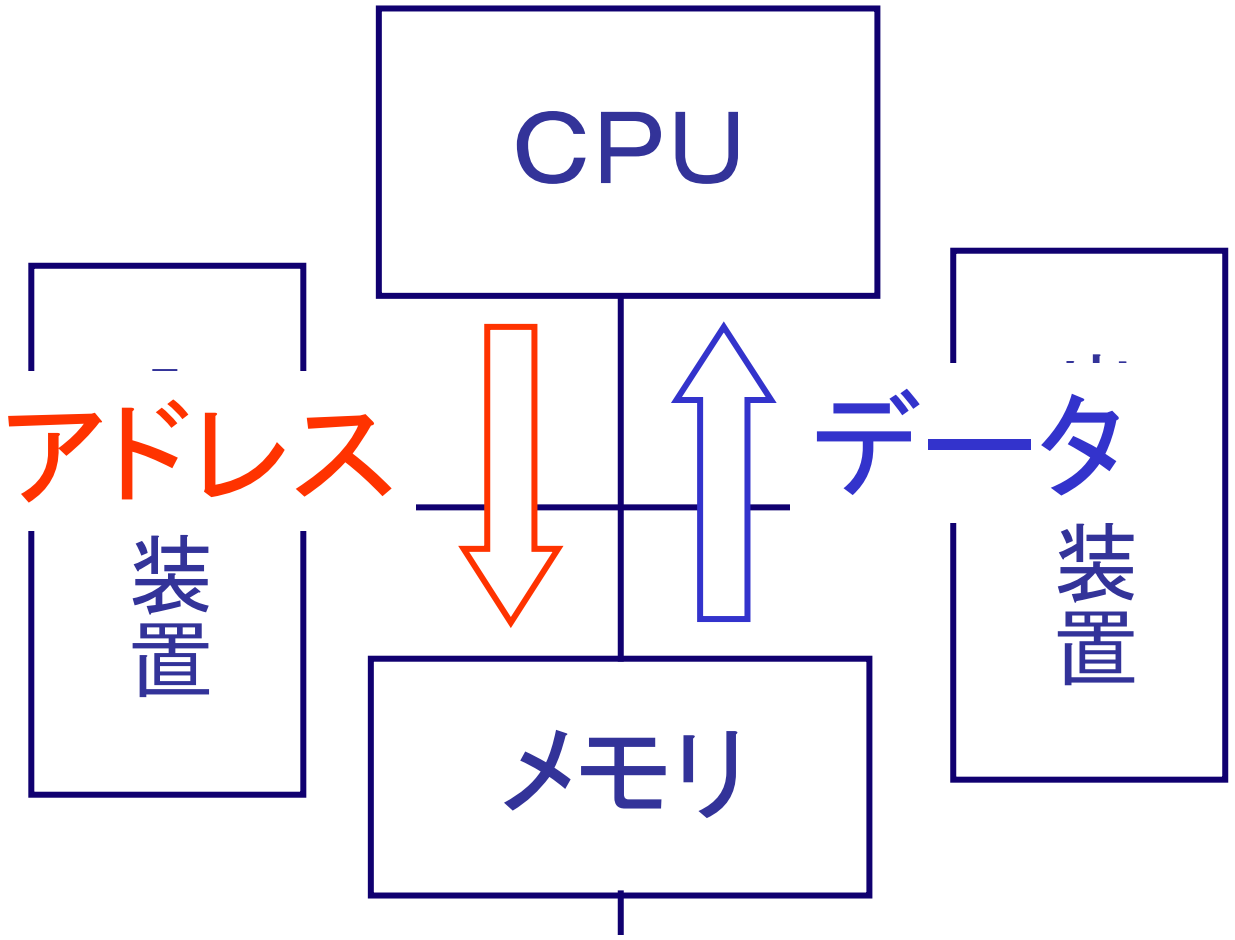

CPU
入力装置
メモリ
補助記憶装置
CPU，メモリ間で
デジタルデータが
やり取りされる


CPU
入力装置
アドレス
データ
出力装置
メモリ
補助記憶装置
アドレスは，
読み書きしたい
データの場所

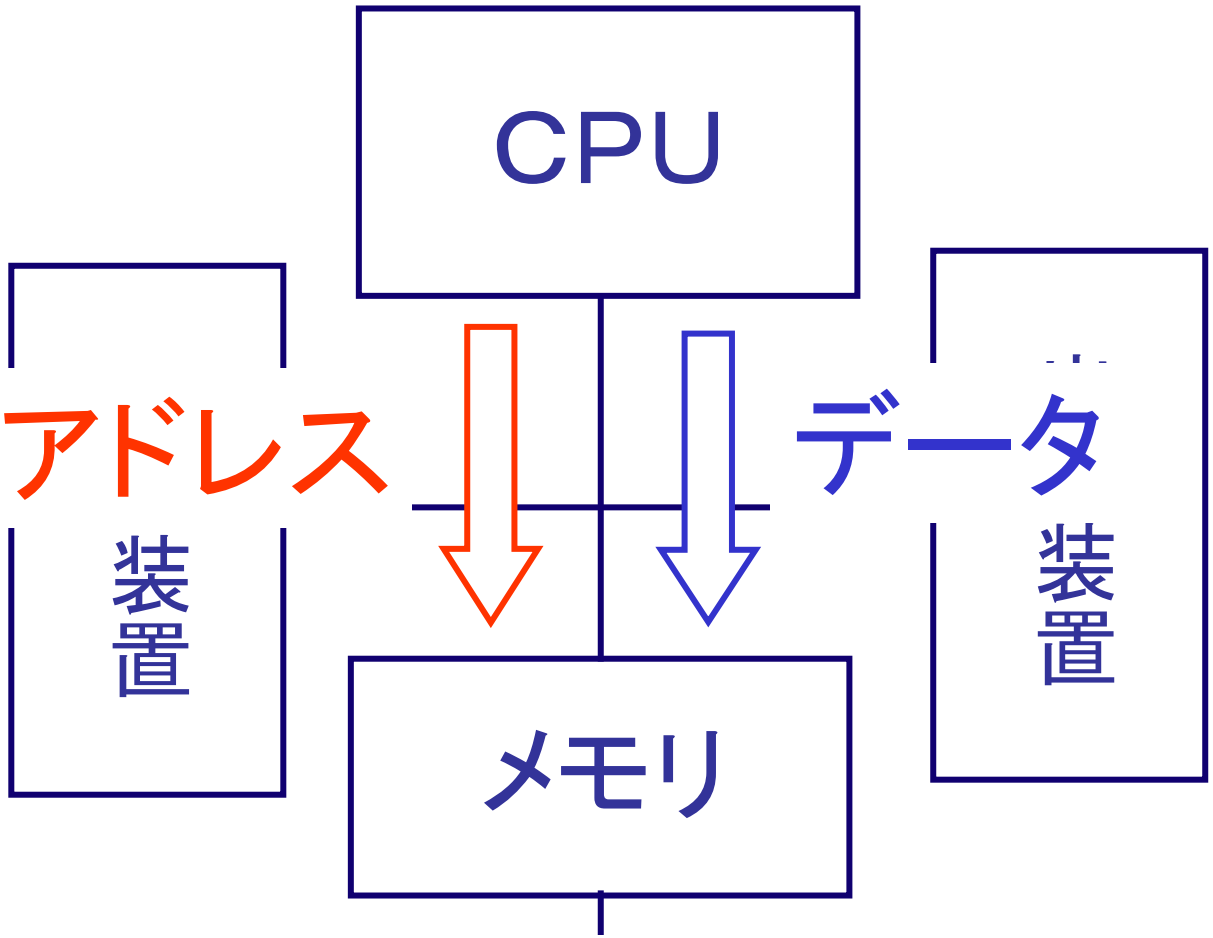

アドレスバス (address bus)
データバス (data bus)
CPU
コントロールバス
(control bus)
R/W
R: Read
W: Write
メモリ （RAM)


① アドレス
② データ
CPU
メモリからのデータ読み出し
① メモリに，リード信号と
アドレスを与えると
② データが読み出される
アドレス「0x1a」
2バイト分
のデータ
R/W
アドレス0x1a, 0x1bの
メモリをオン
① リード信号
この図では，2バイト単位で読み出し
メモリ （RAM）

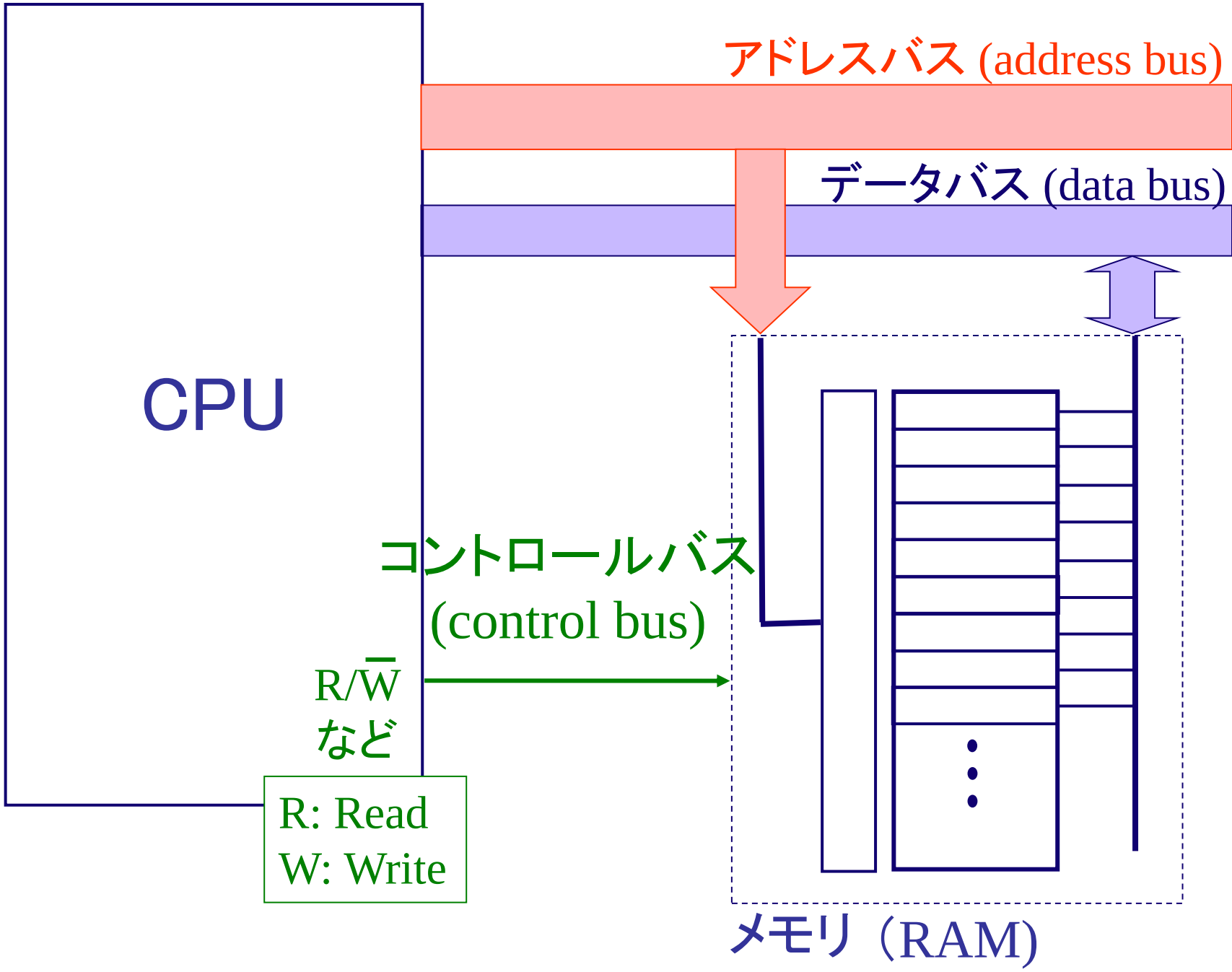

CPU
① アドレス
① データ
メモリへのデータ書き込み
① メモリに，アドレスとデータを与えると
② データが書き込まれる
アドレス「0x1c」
2バイト分のデータ
R/W
① ライト信号
前のデータは消える（上書き）
メモリ （RAM）
この図では，2バイト単位で書き込み

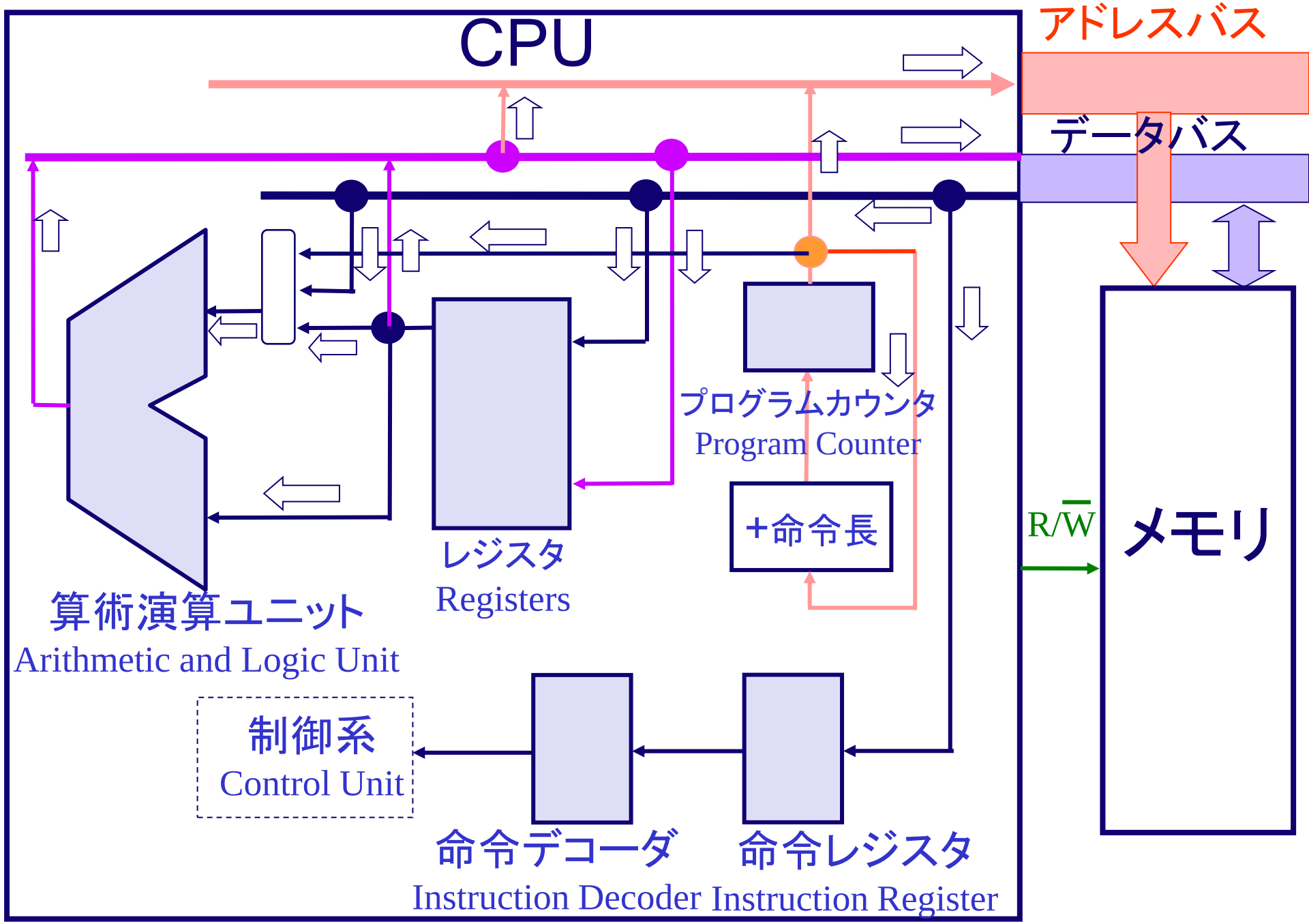


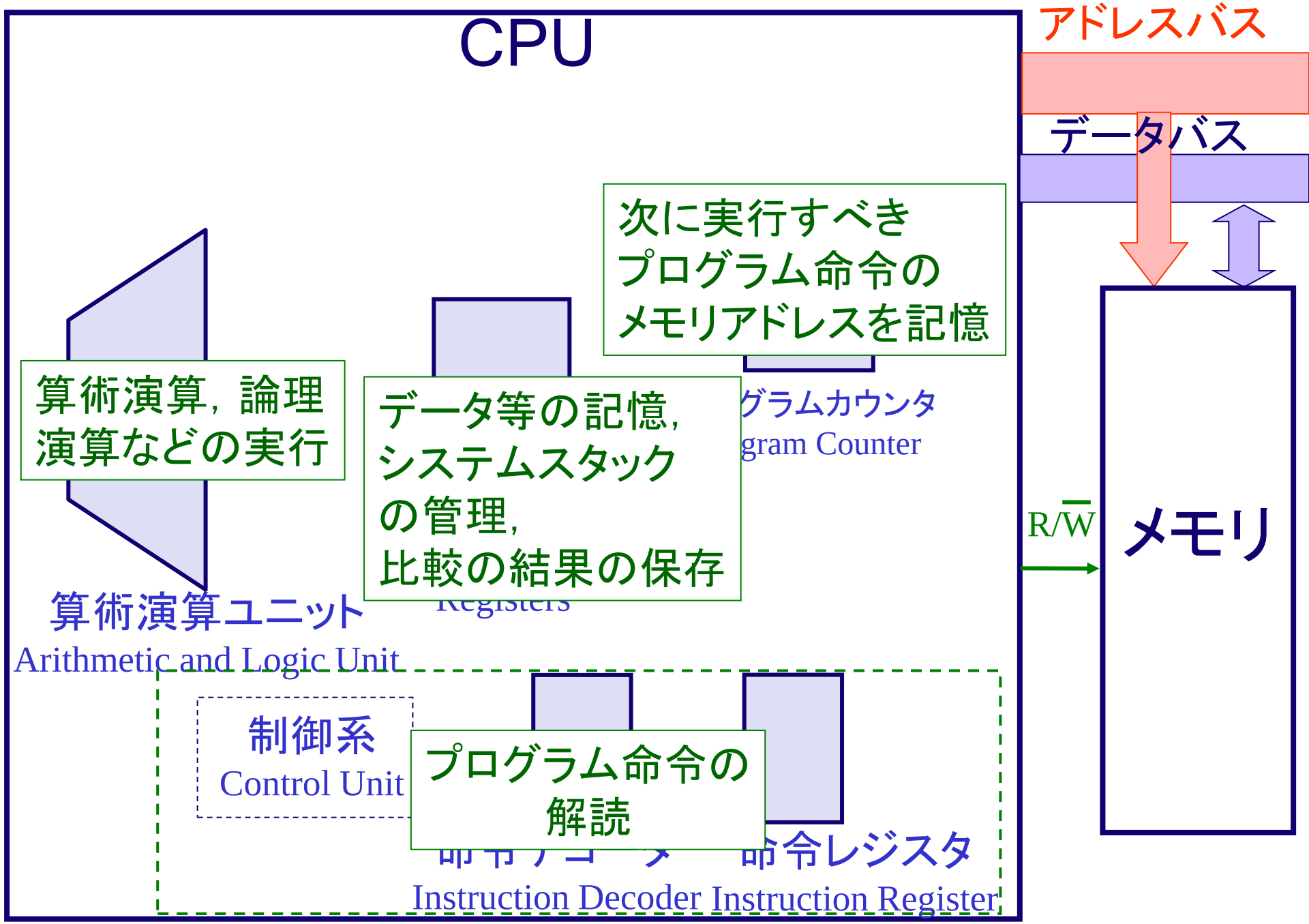
メモリからCPUへの読み出し



CPUからメモリへの書き込み

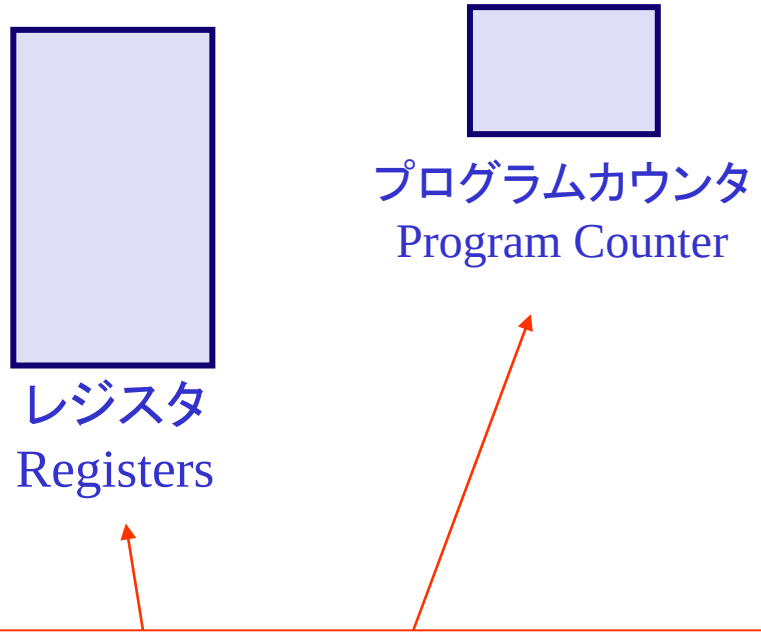

アドレスバス (address bus)
データバス (data bus)
CPU
コントロールバス
(control bus)
R/$\overline{W}$
など
R: Read
W: Write
メモリ（RAM)


CPU
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
R/W
メモリ
レジスタ
Registers
算術演算ユニット
Arithmetic and Logic Unit
制御系
Control Unit
命令デコーダ
Instruction Decoder
命令レジスタ
Instruction Register


CPU
アドレスバス
データバス
次に実行すべき
プログラム命令の
メモリアドレスを記憶
算術演算，論理
演算などの実行
データ等の記憶，
システムスタック
の管理，
比較の結果の保存
グラムカウンタ
gram Counter
Registers
R/W
メモリ
算術演算ユニット
Arithmetic and Logic Unit
制御系
Control Unit
プログラム命令の
解読
命令レジスタ
Instruction Decoder
Instruction Register

CPU

この中身はCPUの種類によって異なる

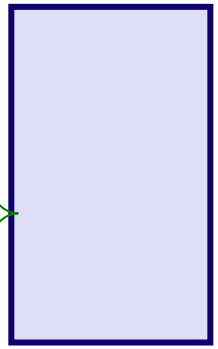


アセンブラプログラムでは，レジスタ，
プログラムカウンタの「名称」が現れる

CPU 68000 では

レジスタは4種類

1. データレジスタ
2. アドレスレジスタ
3. ユーザスタックポインタ, スーパバイザスタックポインタ
4. ステータスレジスタ

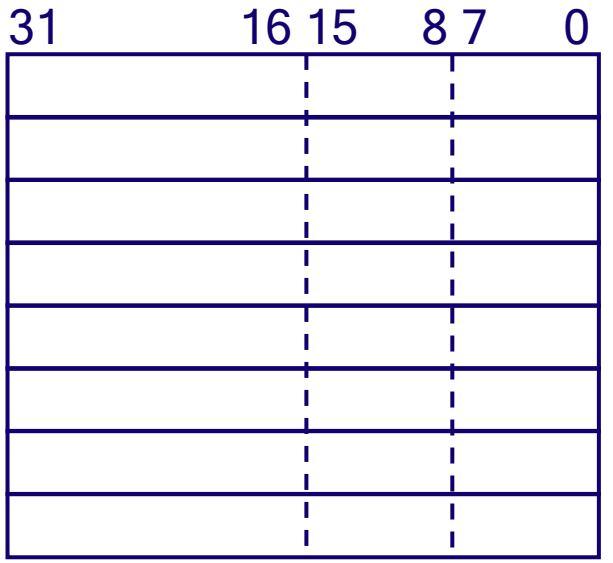


レジスタ
Registers

プログラムカウンタ
Program Counter

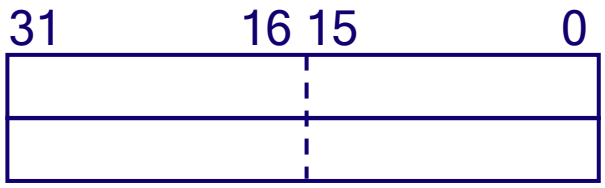
レジスタは，CPUの中にあって，データや制御情報等の一時格納を行う（一種のメモリ）

CPU 68000 では



データレジスタ (data registers)

32ビット長

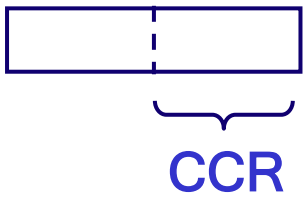


ユーザスタックポインタ

スーパバイザスタックポインタ (user stack pointer, supervisor stack pointer)

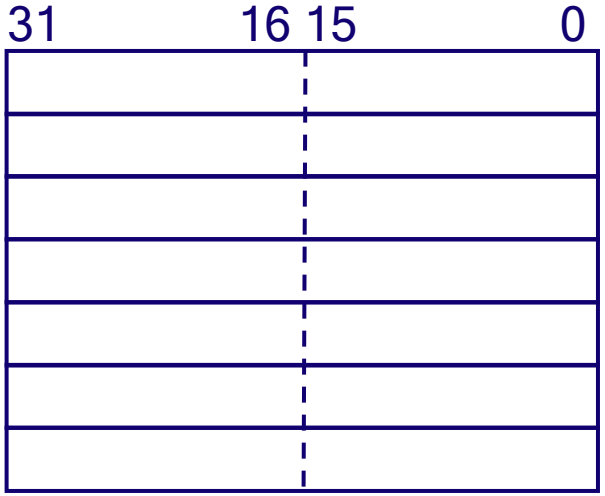
同じ名前（間違いではない）SPとも書く

32ビット長



ステータスレジスタ (status register)

16ビット長

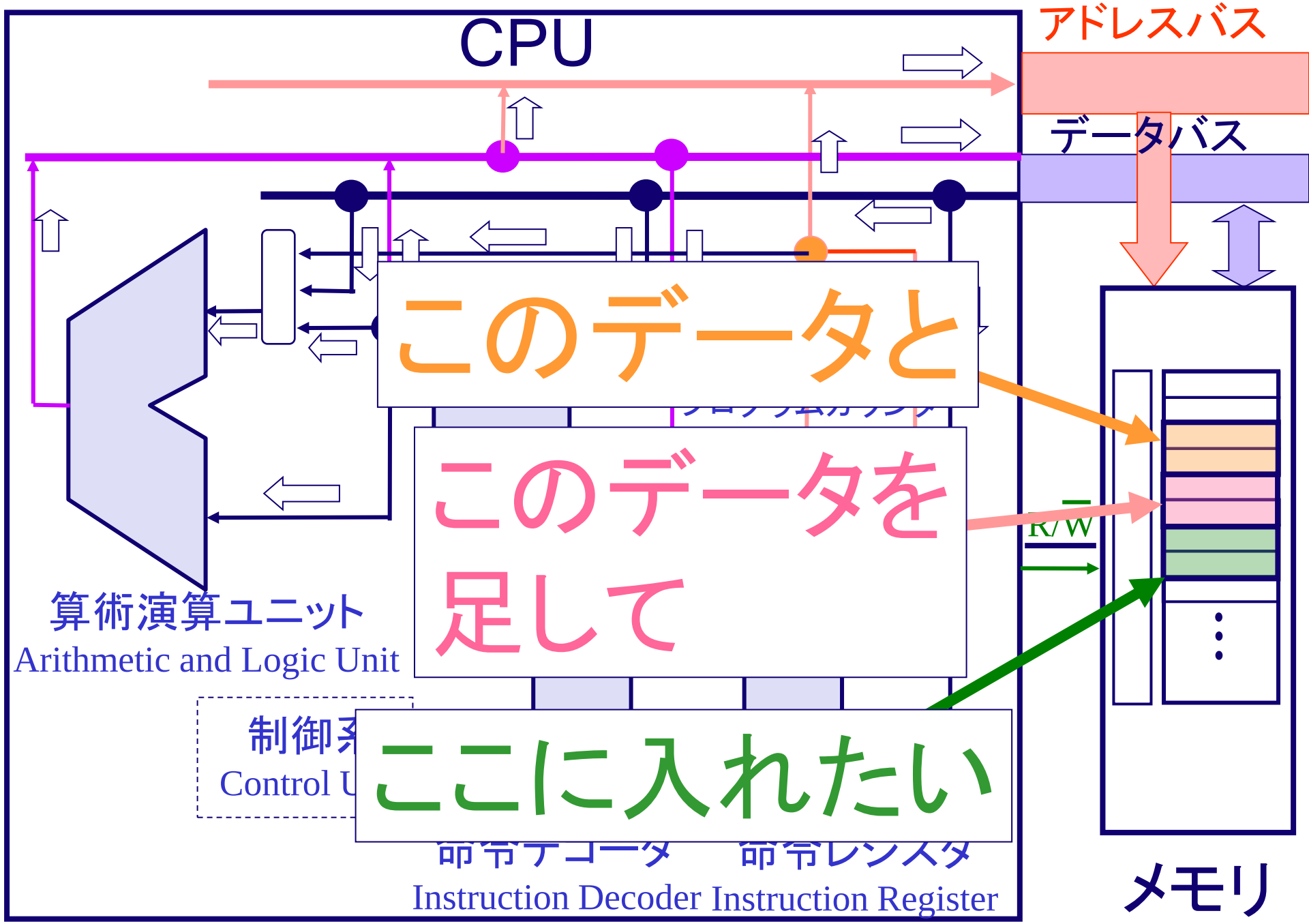


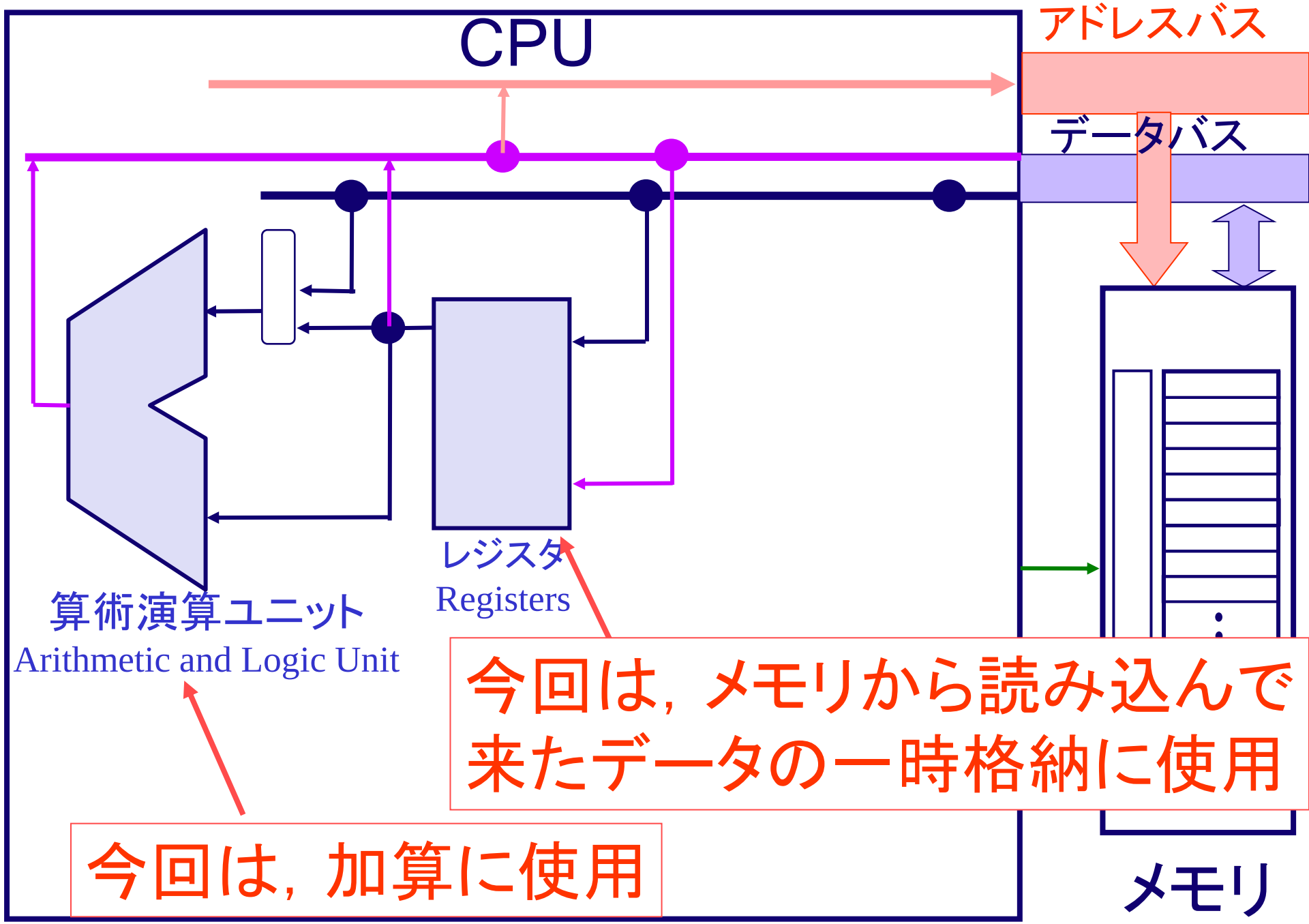
アドレスレジスタ (address registers)

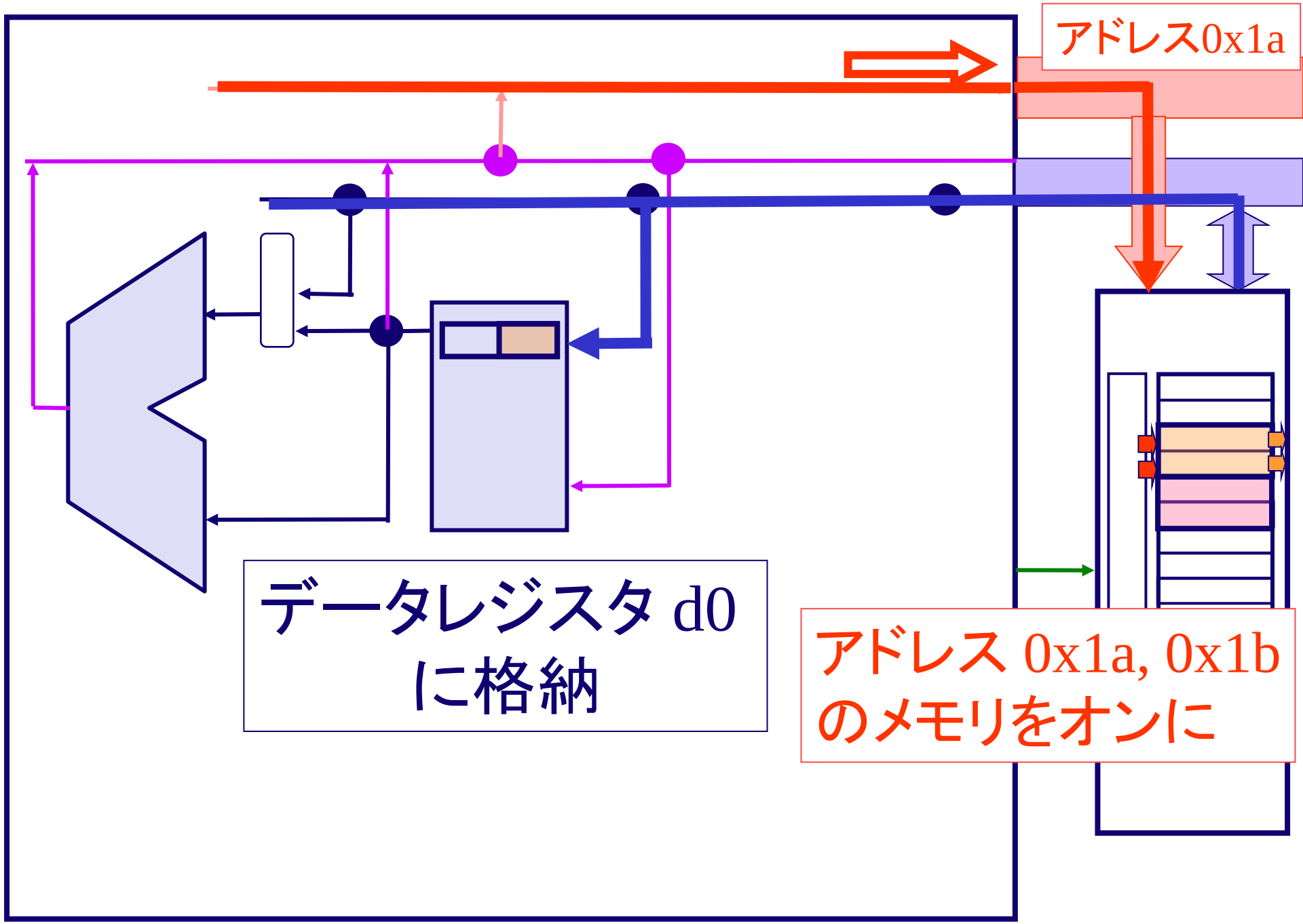
32ビット長

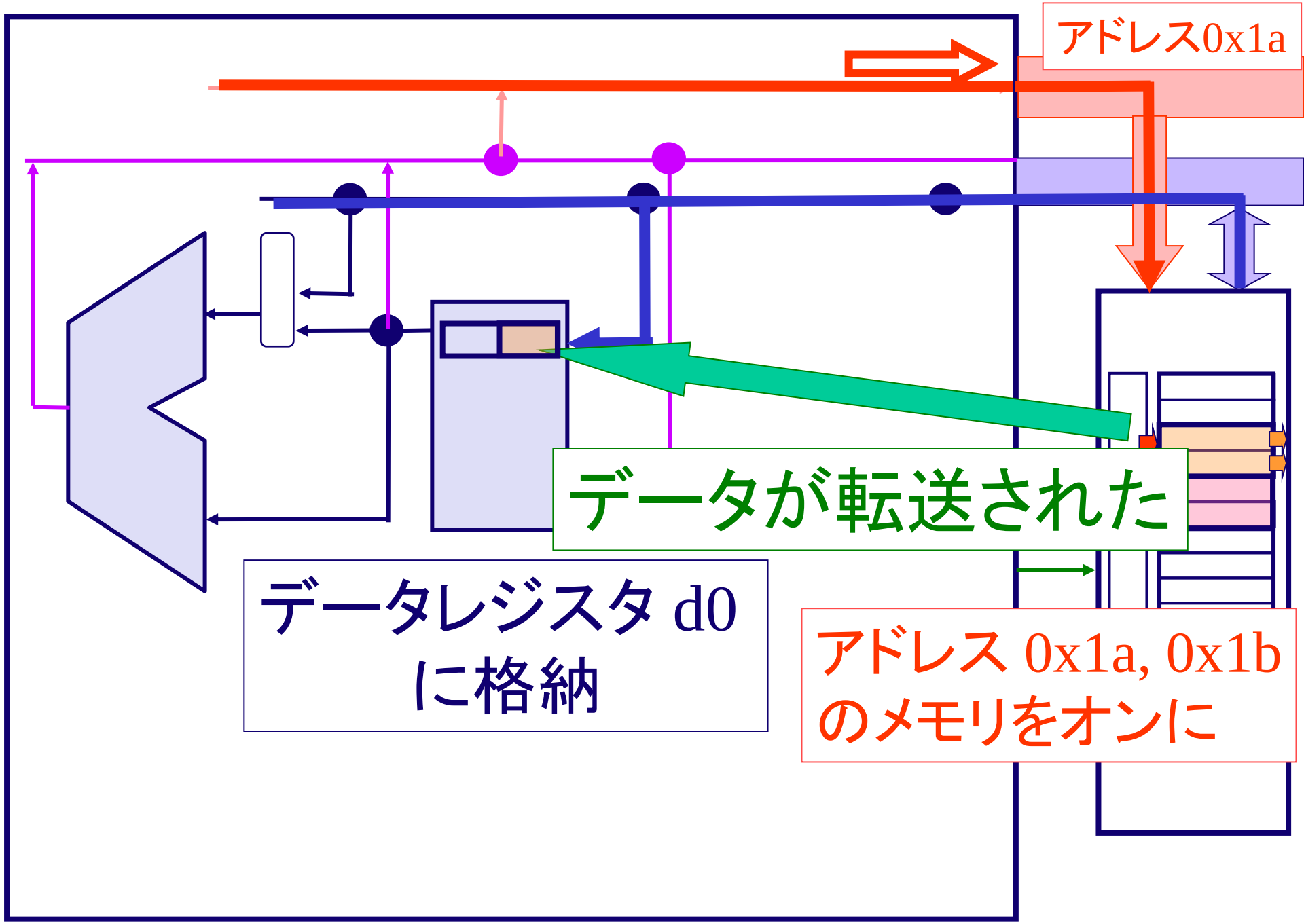
PCプログラムカウンタ (program counter)

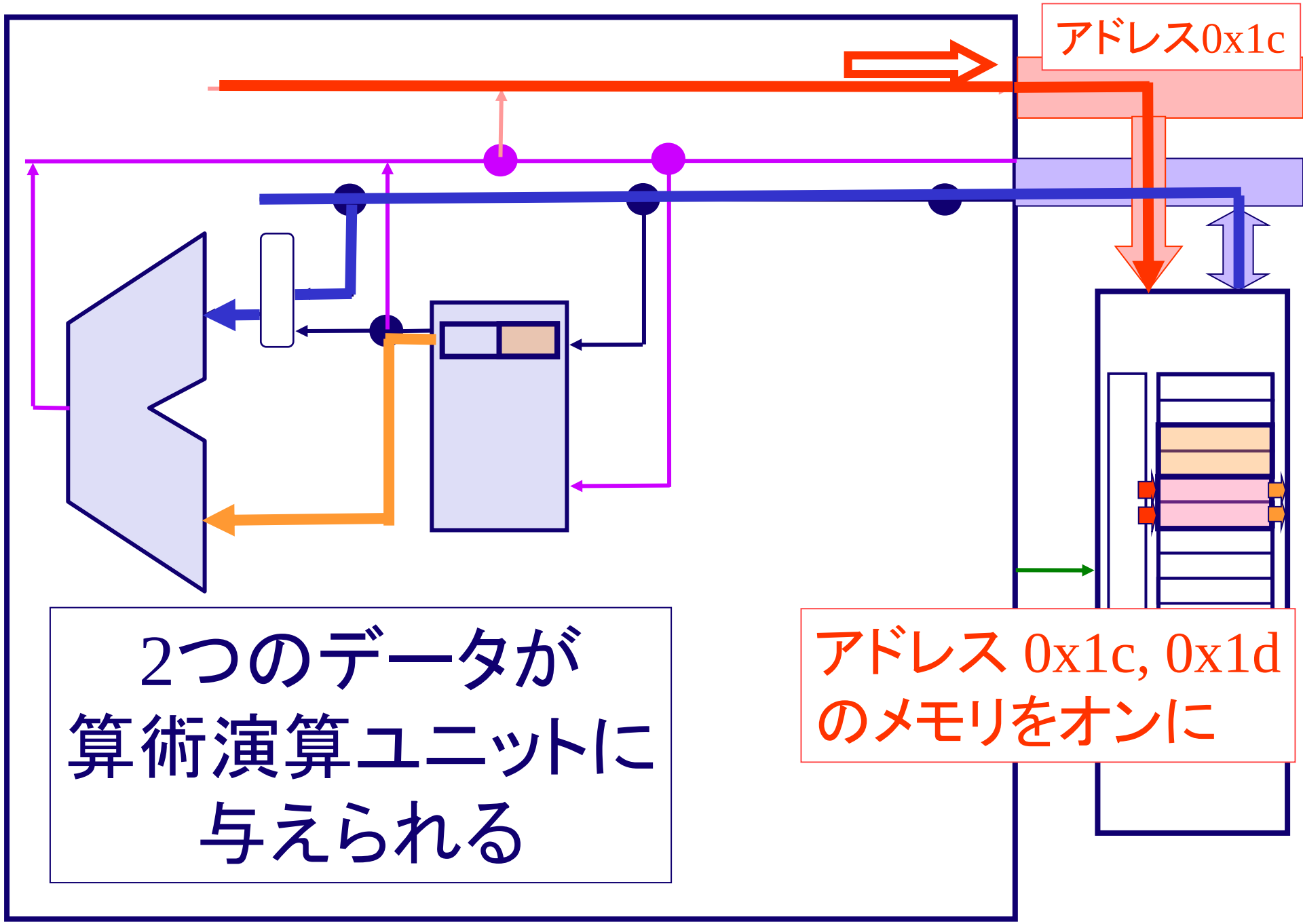
32ビット長

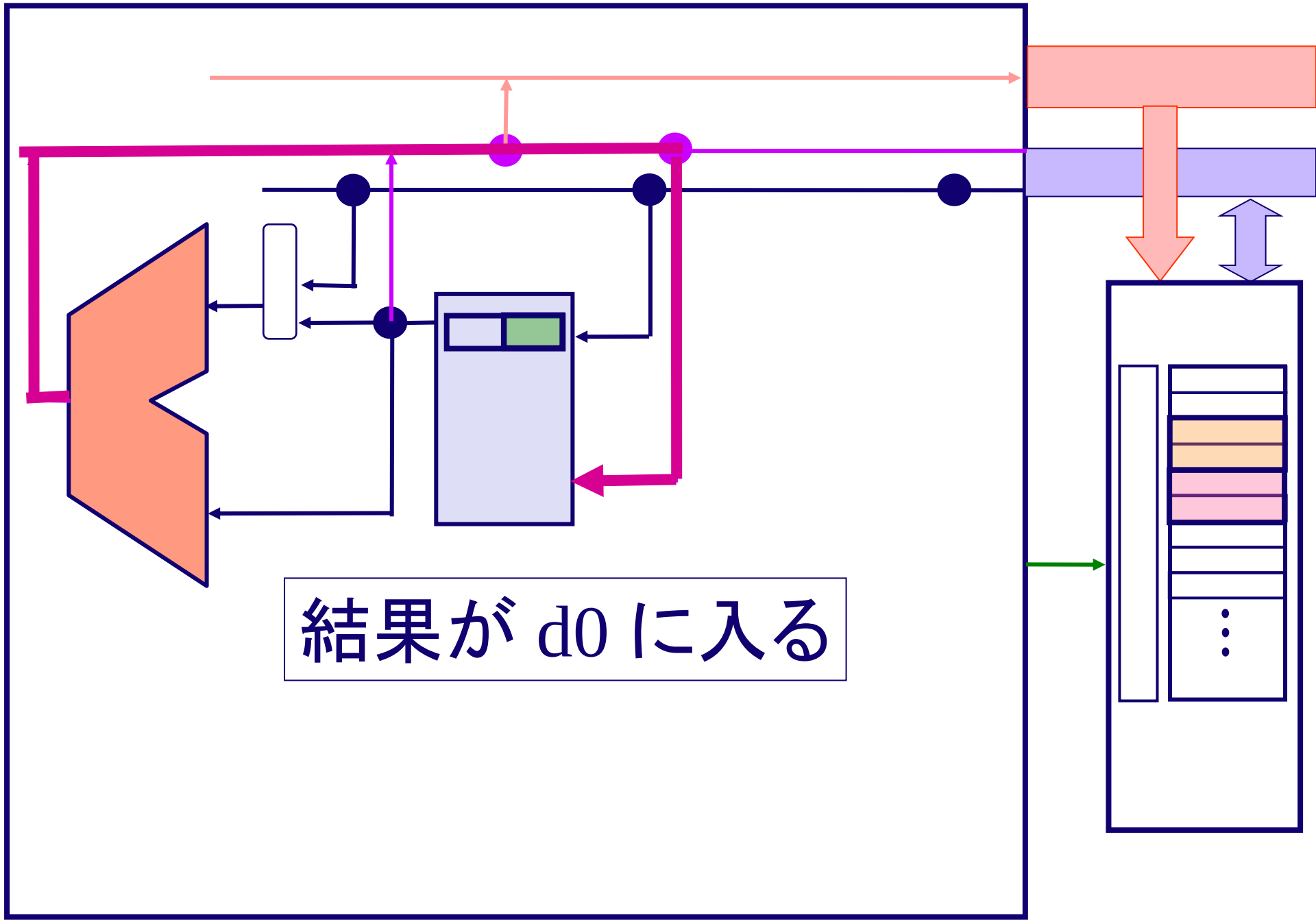

CPU
アドレスバス
データバス
このデータと
このデータを
足して
ここに入れたい
R/W
算術演算ユニット
Arithmetic and Logic Unit
制御
Control U
命令デコーダ
Instruction Decoder
命令レジスタ
Instruction Register
メモリ

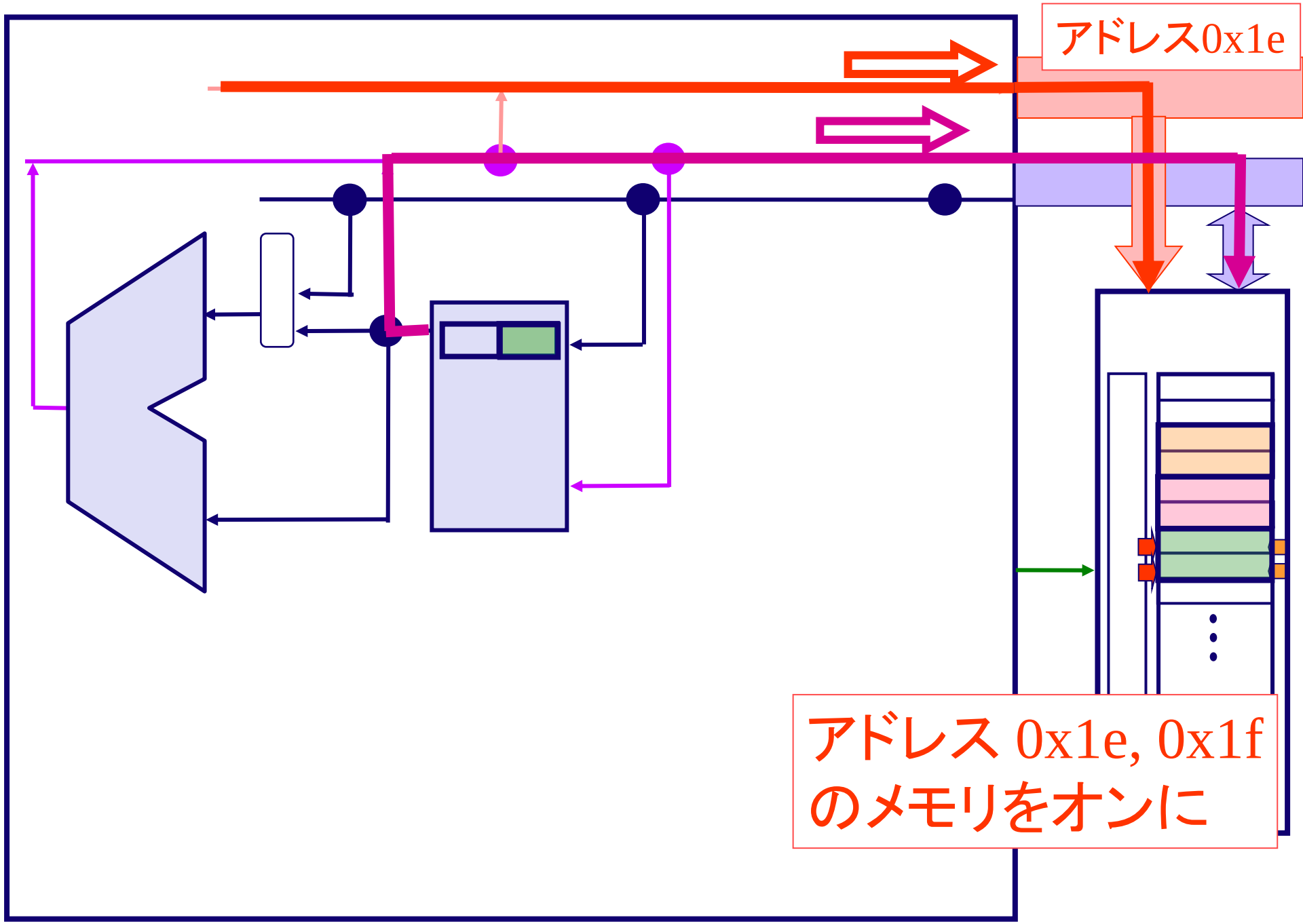

CPU
アドレスバス
データバス
レジスタ
Registers
算術演算ユニット
Arithmetic and Logic Unit
今回は，メモリから読み込んで来たデータの一時格納に使用
今回は，加算に使用
メモリ


アドレス0x1a
データレジスタ d0
に格納
アドレス 0x1a, 0x1b
のメモリをオンに


アドレス0x1a
データが転送された
データレジスタ d0
に格納
アドレス 0x1a, 0x1b
のメモリをオンに


アドレス0x1c
2つのデータが
算術演算ユニットに
与えられる
アドレス 0x1c, 0x1d
のメモリをオンに


結果が d0 に入る


アドレス0x1e
アドレス 0x1e, 0x1f
のメモリをオンに

```
.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

        .dc.w 0x4048
        stop #0
```

メモリ読み出し
→ データレジスタ d0 に格納

1ワードの読み出し
データレジスタ長は4バイト
なので，d0 の下位2バイトに
入る

```
.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

        .dc.w 0x4048
        stop #0
```

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

```
.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

        .dc.w 0x4048
        stop #0
```

メモリ書き込み
→ データレジスタ d0 の中身を書き込む

1ワードの書き込み
データレジスタ長は4バイトなので，d0 の下位2バイトが書き込まれる

68000 アセンブラ言語

- CPU（Central Processing Unit; コンピュータの中央にあるチップのこと）の挙動を1ステップずつ指定する言語