

コンピュータリテラシー

第 5回 コンピュータの構成と機能

(クラスB02 水曜7限)

平成23年5月11日

栗原正純

第5回 コンピュータの構成と機能

- 5-2 基本構成

 - 計算機の構造

 - 計算機の動作

- 5-3 計算機におけるデータ表現

 - 文字の表現

 - 数値の表現

 - 2進数の演算

 - 負の数, 2の補数, 減算

計算機の構成要素 その1

- 計算機の基本的な構成要素は,
「**中央処理装置 (CPU)**」 と 「**メモリ**」 で,
その他に,
「**外部記憶装置**」、「**入出力装置**」 などがある。
- 「CPU (Central Processing Unit)」は、
 1. 算術演算(加減乗除), 論理演算を行う「**演算回路**」、
 2. メモリに比べて高速な記憶装置である「**レジスタ**」、
ただし、**数が少ない**。
 3. 命令を解読して実行する回路やメモリとの情報のやりとりを制御する回路などの「**制御回路**」
などから構成されている。

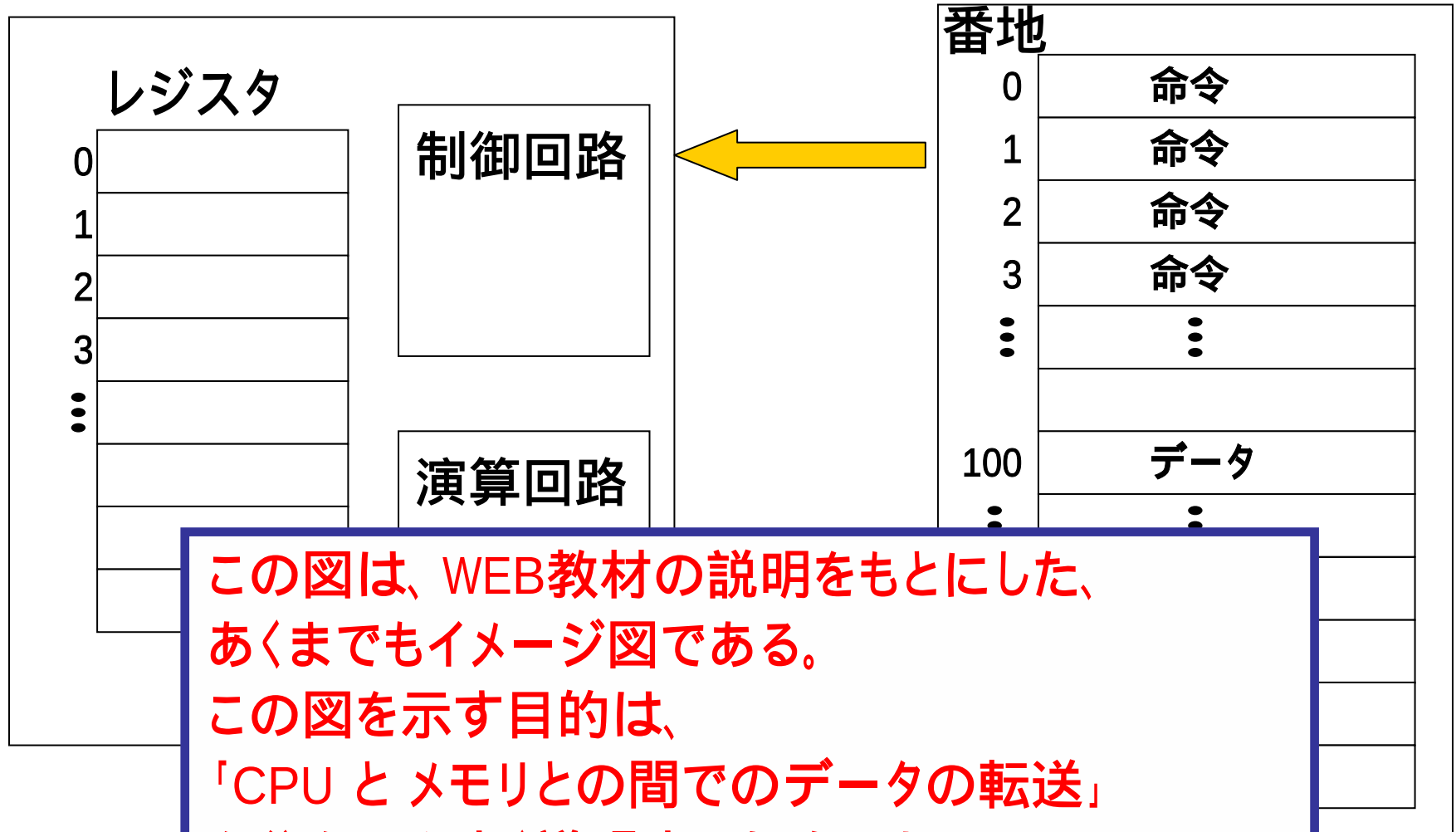
計算機の構成要素 その2

- 「メモリ」は「記憶装置」である。
 - CPUとは**高速**の通信線でつながっていて、CPU からの指令によって、値を記憶したり読みだしたりできる。
 - メモリに記憶した**内容は電源を切ると失われる**。
- 「外部記憶装置」はハードディスクなどがその例。
 - 外部記憶装置は**電源が切れても記憶内容を保持する**。
 - 処理速度の点ではメモリには及ばないが、容量はずっと多い。
- 「入出力装置」は計算機と外界をつなぐ装置である。
たとえばキーボード、マウス、ディスプレイなどがある。

計算機の基本的な構成要素：CPUとメモリ

CPU

メモリ

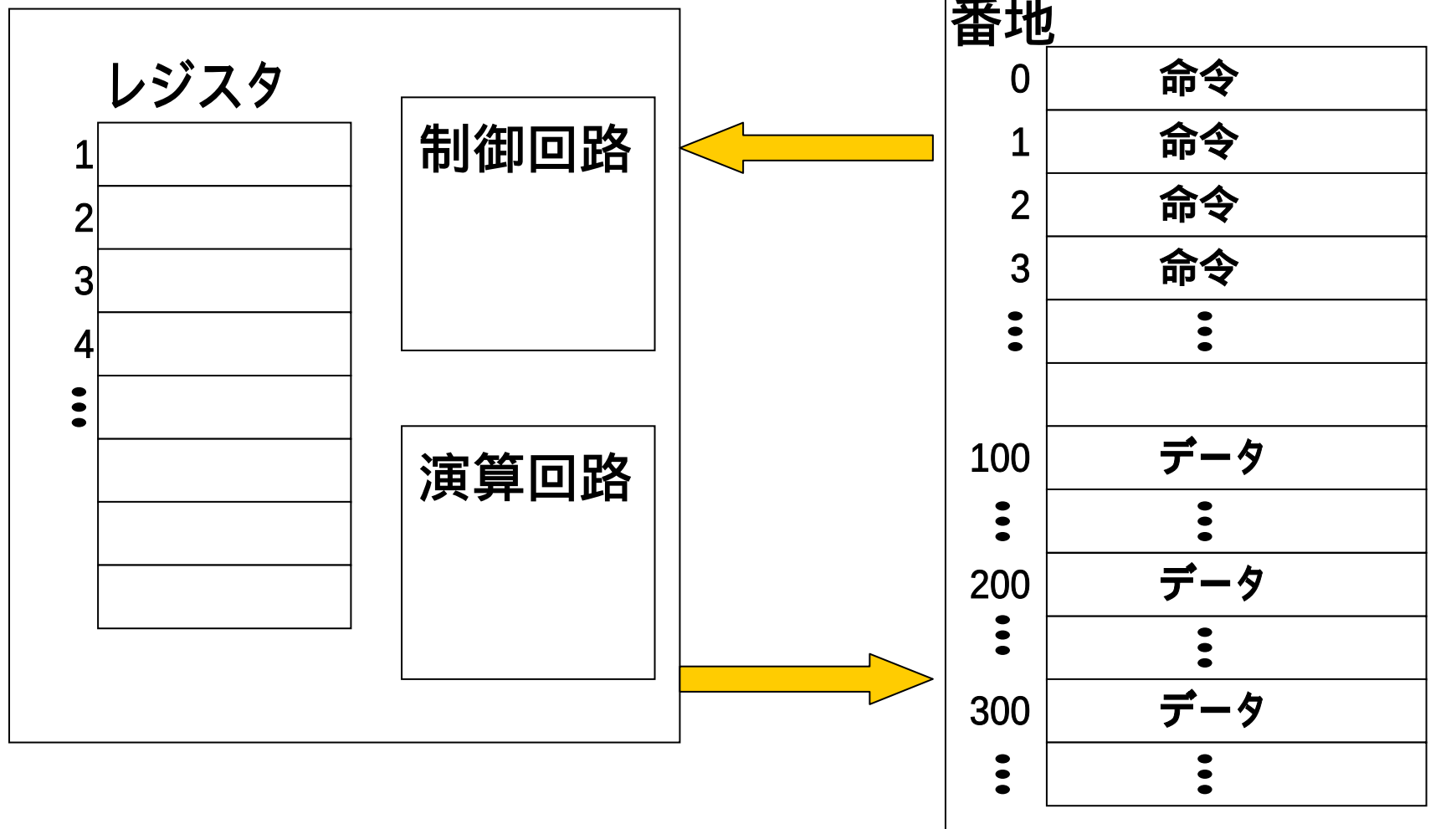


この図は、WEB教材の説明をもとにした、
あくまでもイメージ図である。
この図を示す目的は、
「CPU とメモリとの間でのデータの転送」
を分かりやすく説明するためである。

計算機の動作

CPU

メモリ



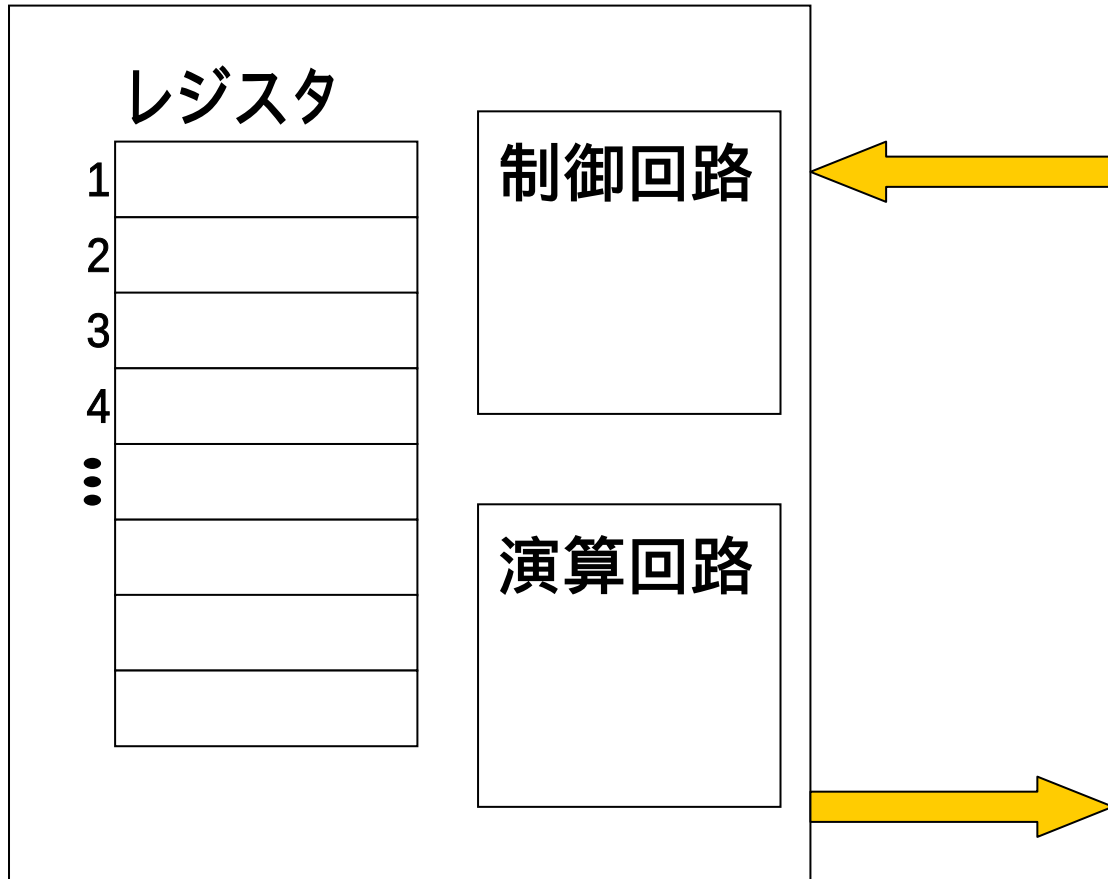
WEB教材の例についての解説図(イメージ)

「**計算機**の動作」→「**命令**」

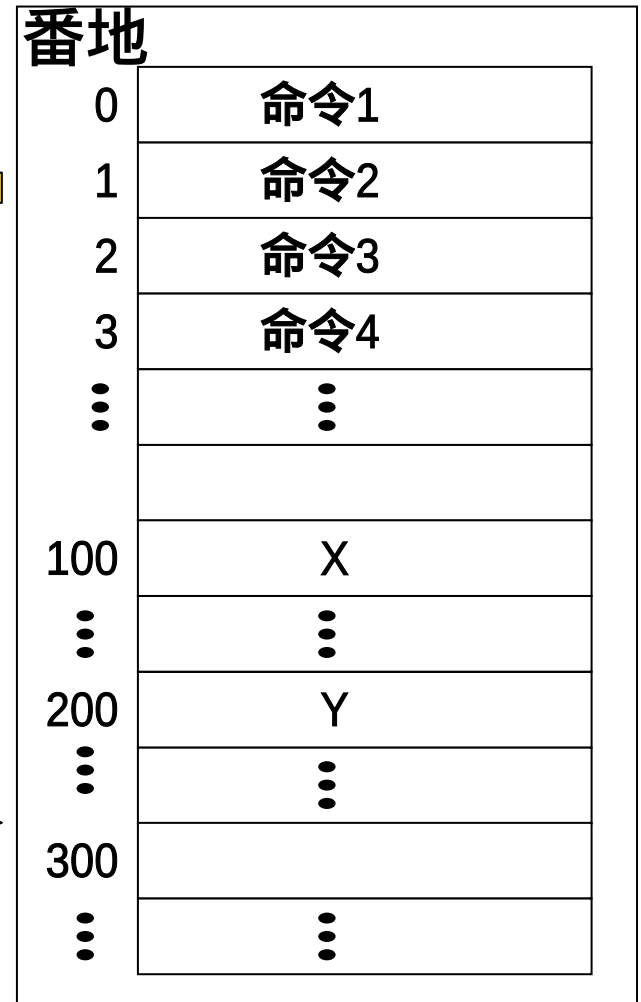
- プログラム
『メモリの100番地のデータと200番地のデータの和を計算して, 300番地に格納する』
- 4つの命令
 1. 命令1「100番地からレジスタ1にデータを読み出す」
 2. 命令2「200番地からレジスタ2にデータを読み出す」
 3. 命令3「レジスタ1 と レジスタ2 の和を計算して, レジスタ3 に格納する」
 4. 命令4「レジスタ3 から300番地へデータを書き込む」

「CPU とメモリとの間でのデータの転送」のイメージ図

CPU



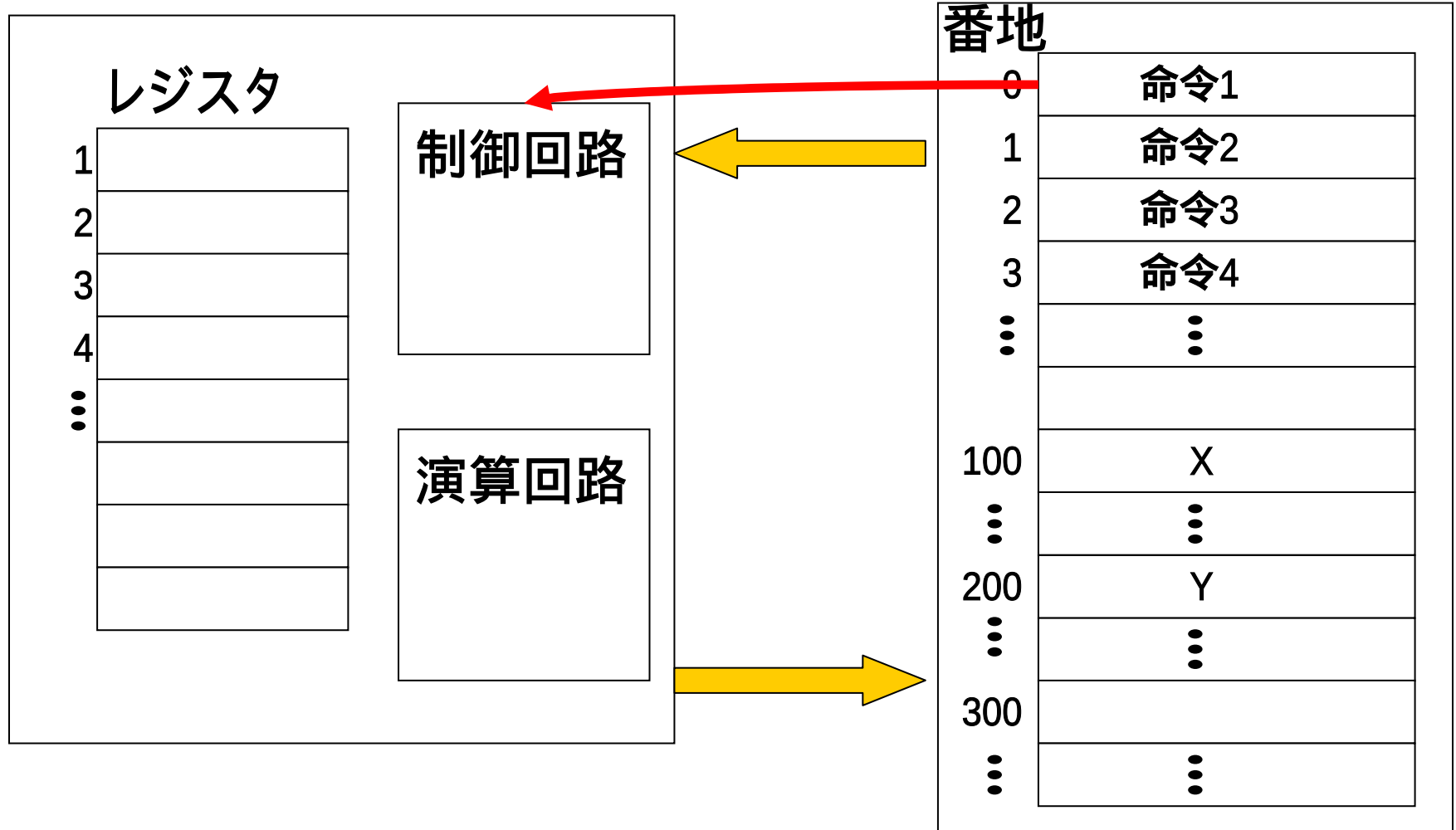
メモリ



0番地の命令1を読み出す

CPU

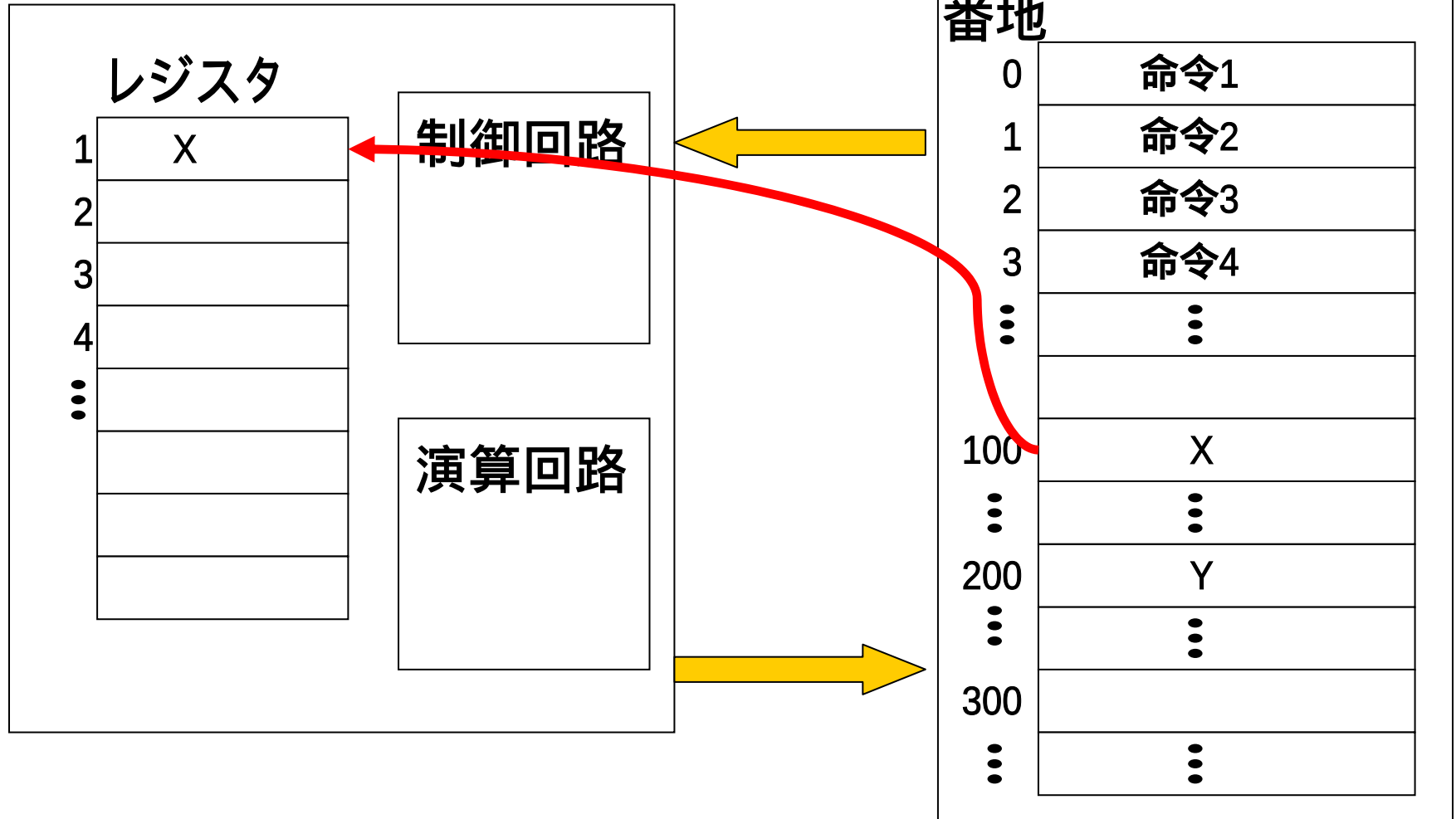
メモリ



命令1を実行する

CPU

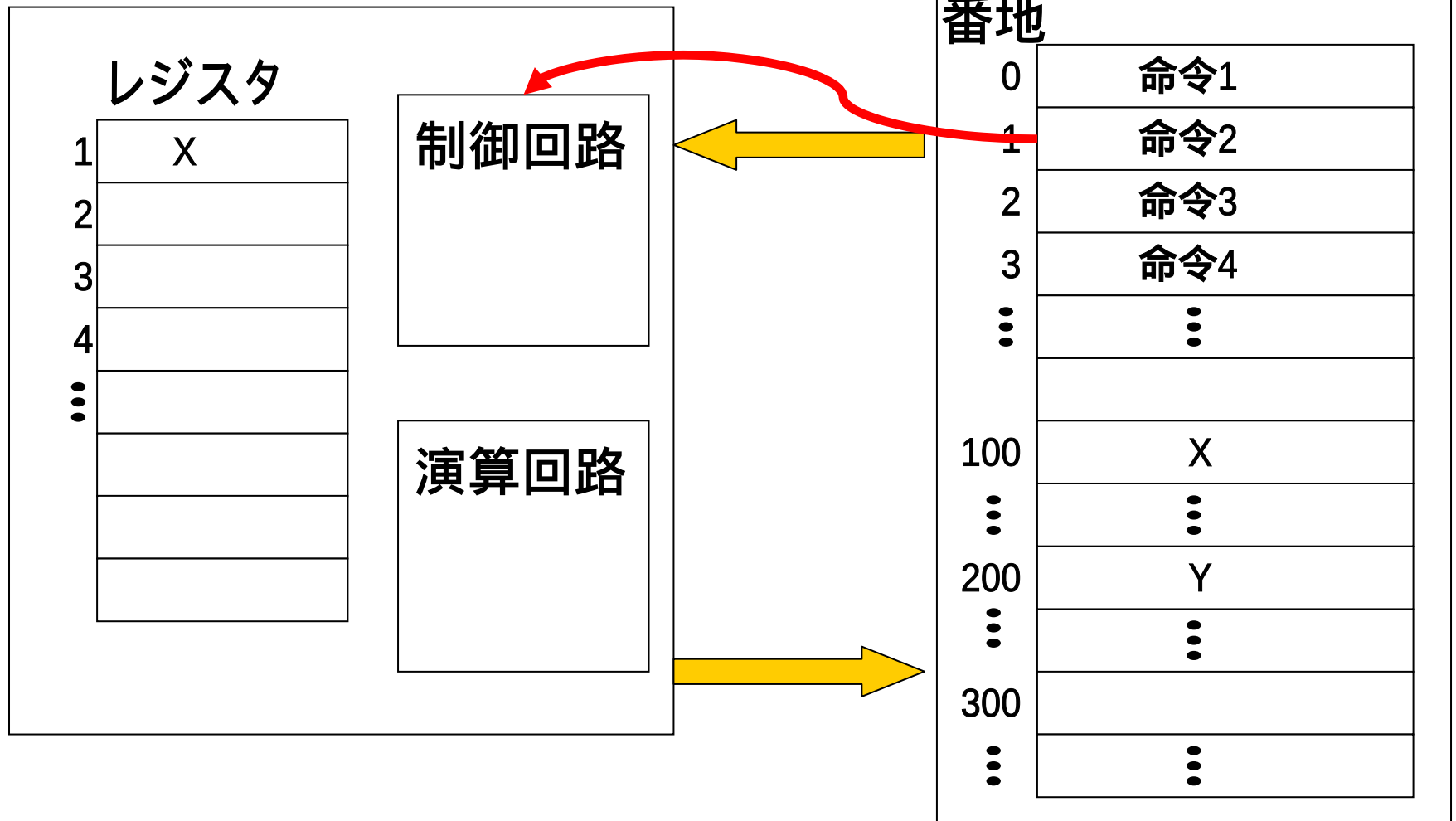
メモリ



1番地の命令2を読み出す

CPU

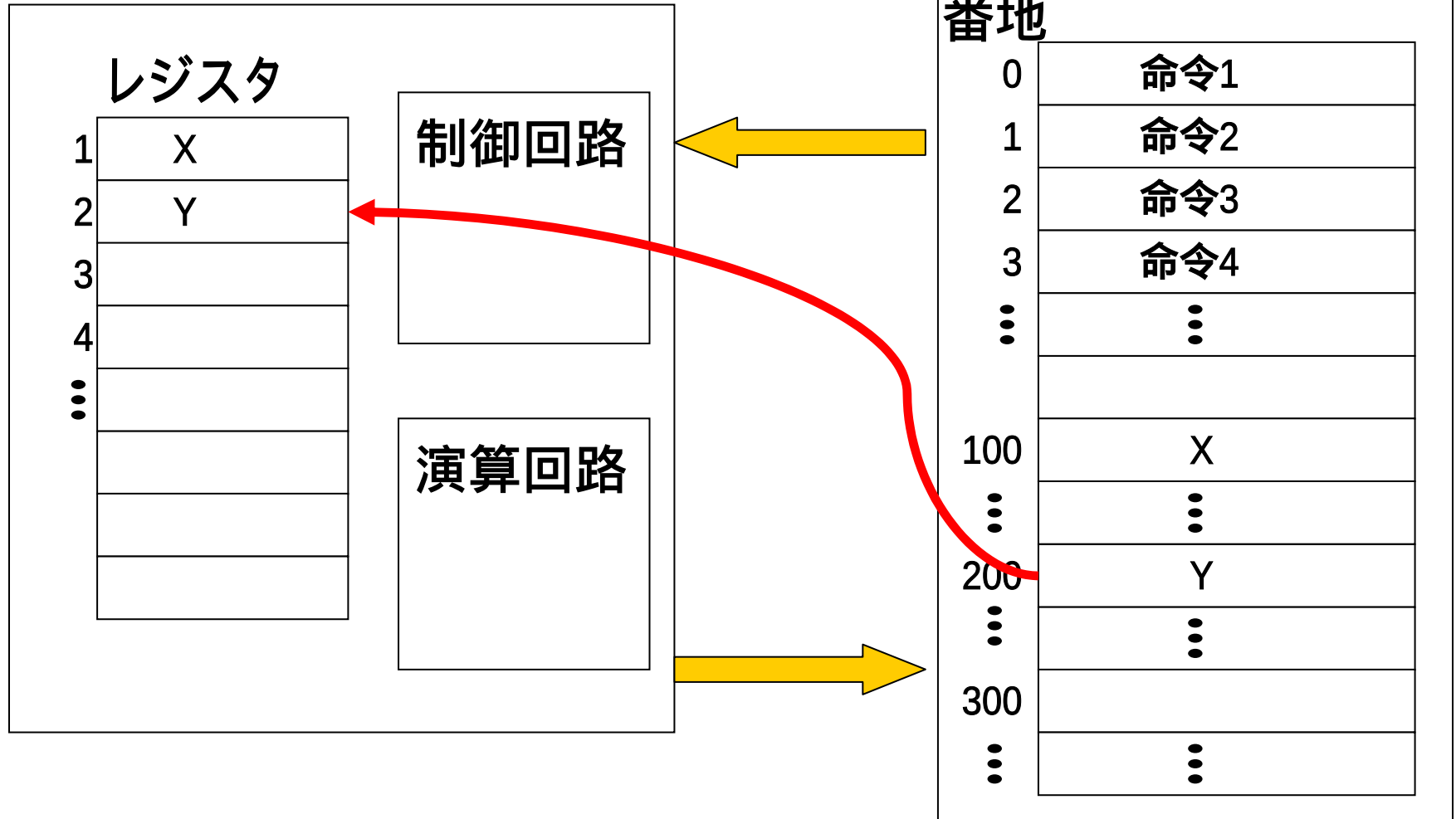
メモリ



命令2を実行する

CPU

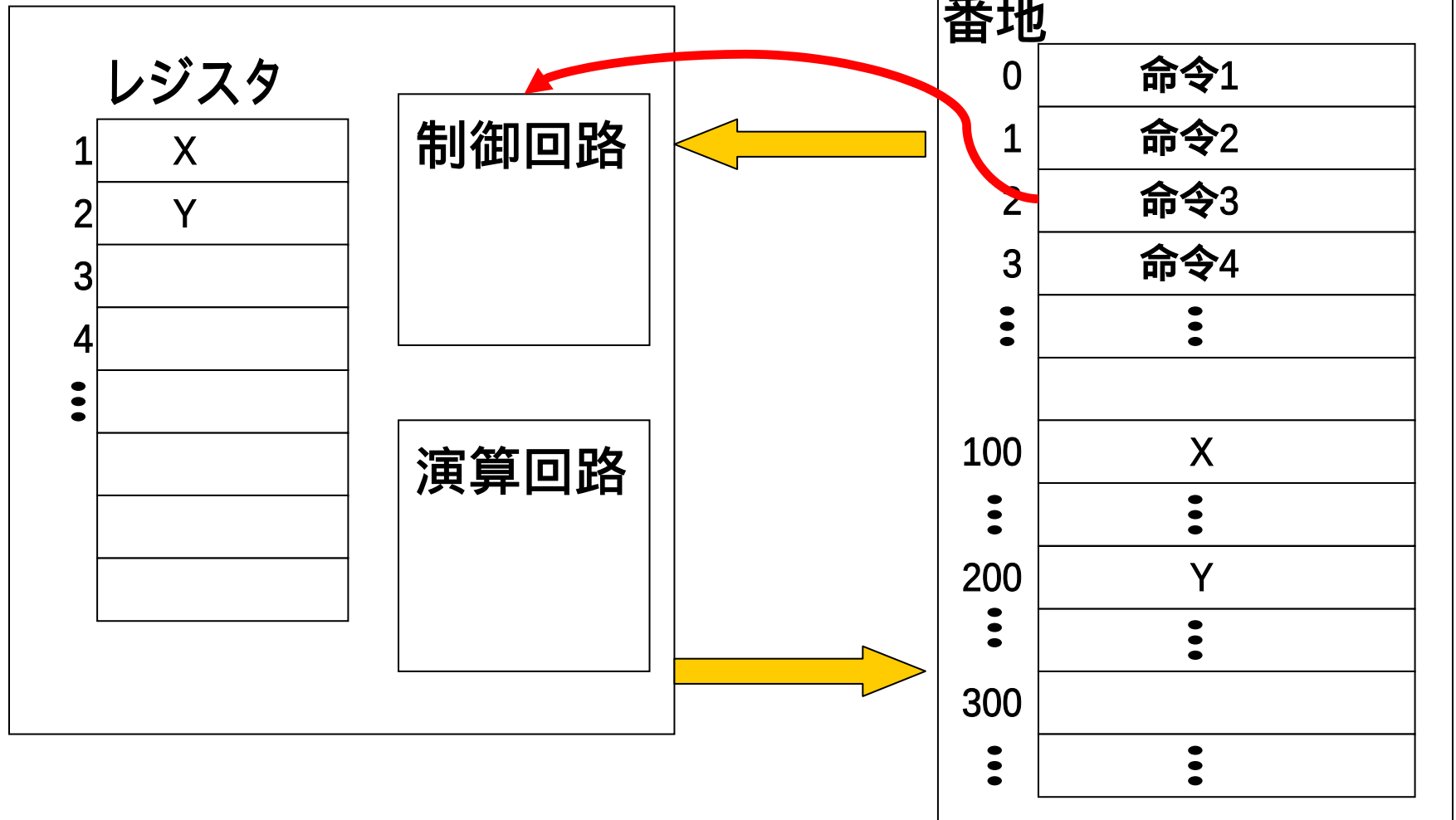
メモリ



2番地の命令3を読み出す

CPU

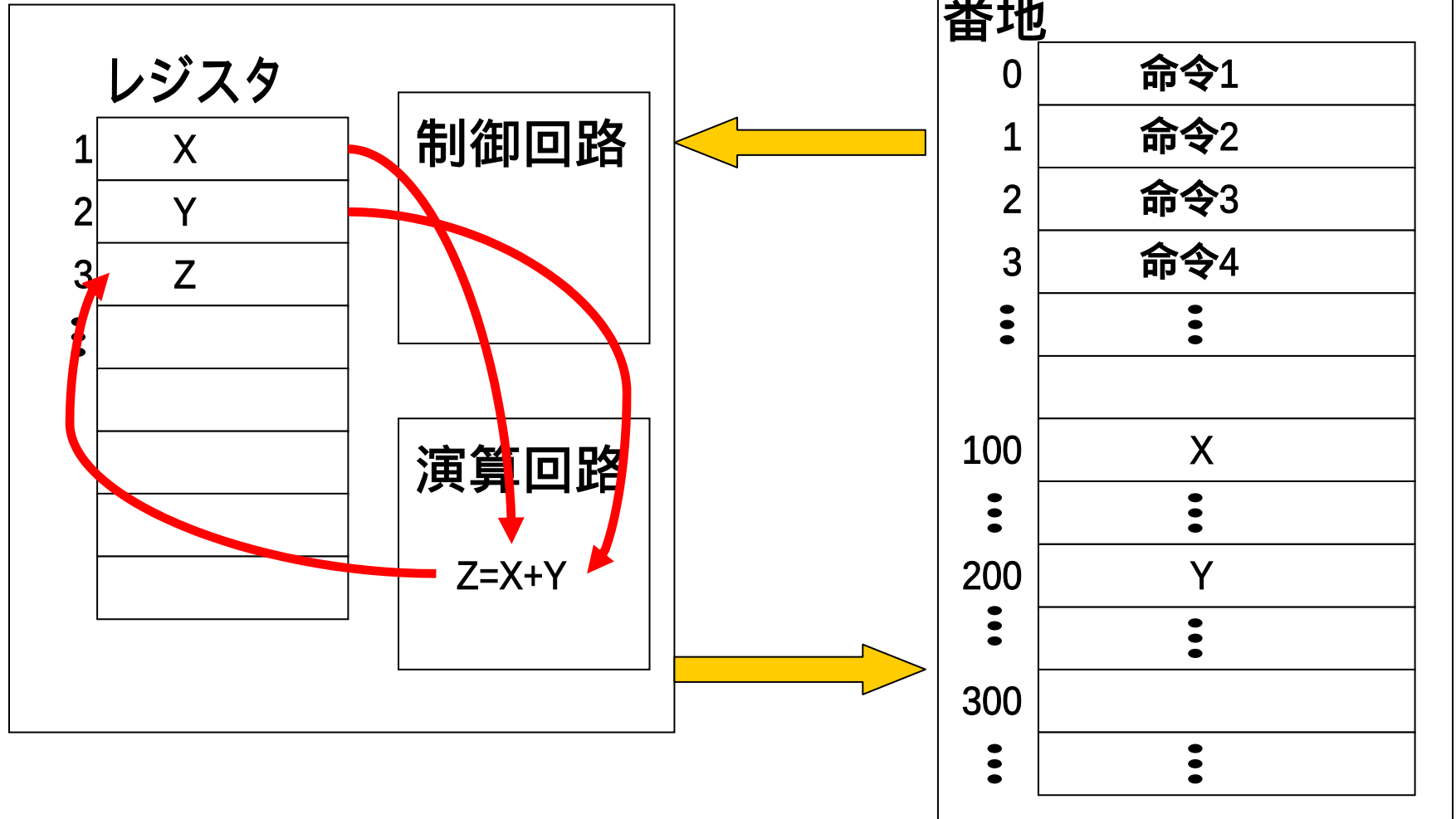
メモリ



命令3を実行する

CPU

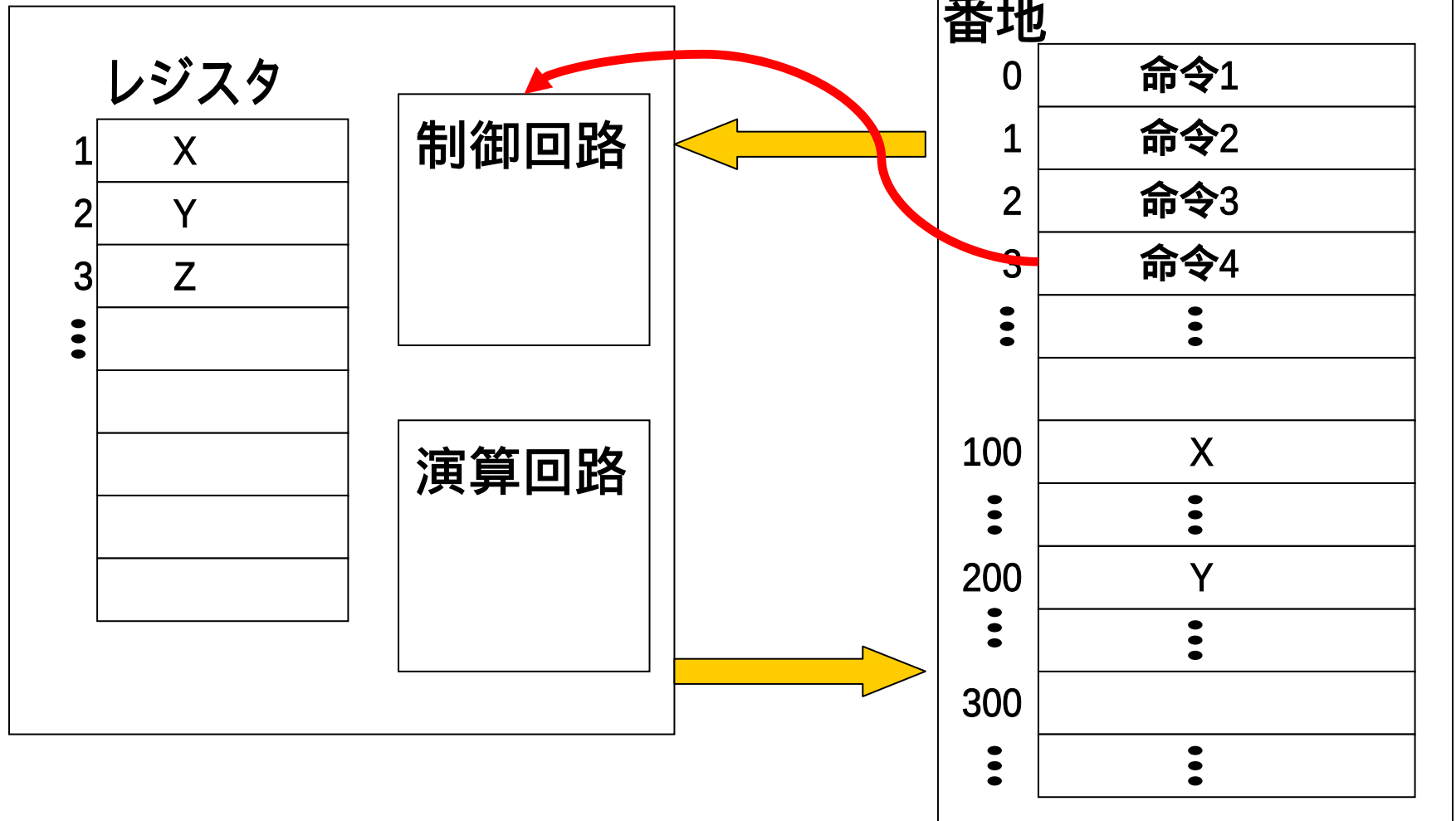
メモリ



3番地の命令4を読み出す

CPU

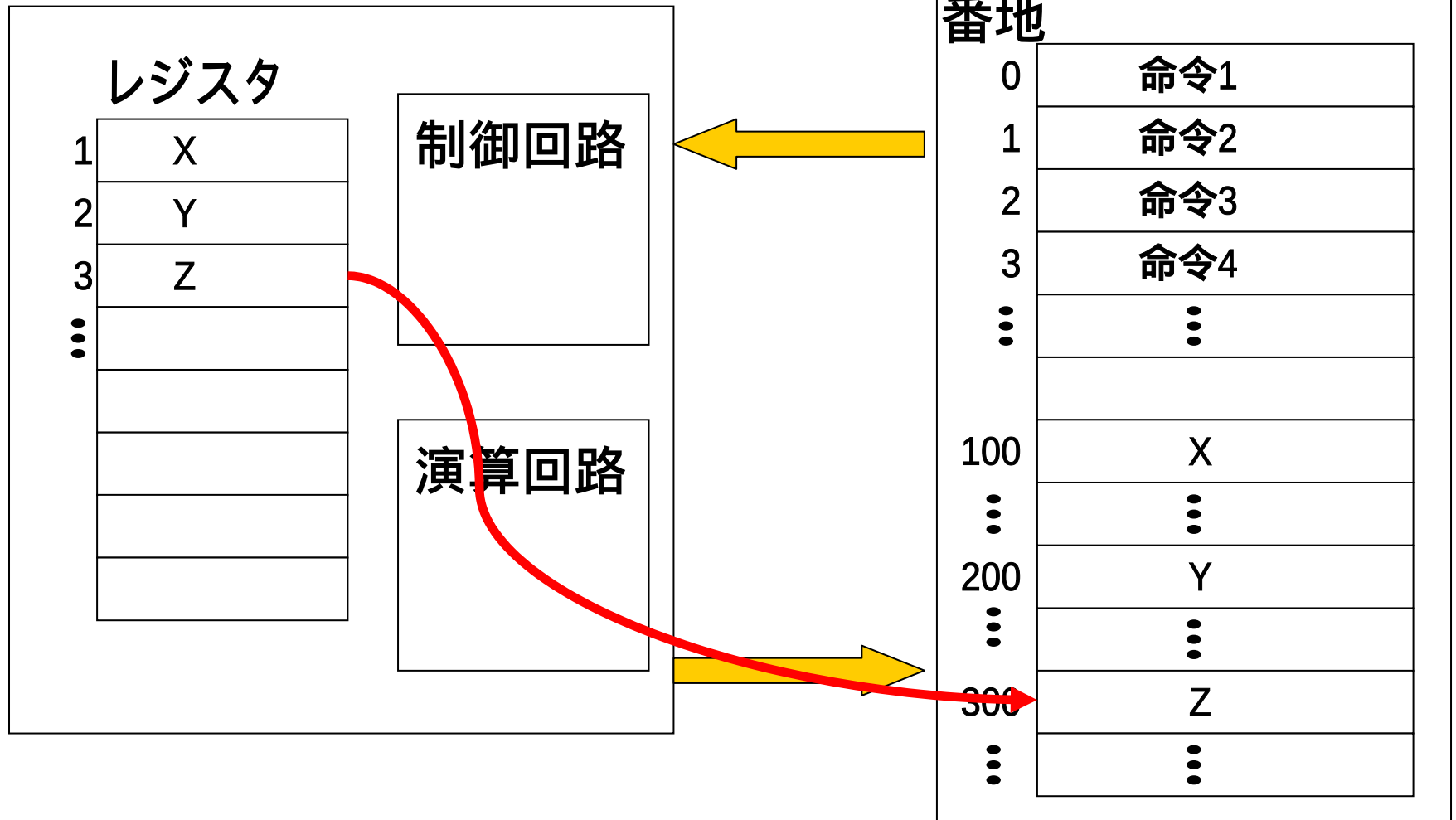
メモリ



命令4を実行する。そして、停止。

CPU

メモリ



第5回 コンピュータの構成と機能

- 5-2 基本構成

 - 計算機の構造

 - 計算機の動作

- 5-3 計算機におけるデータ表現

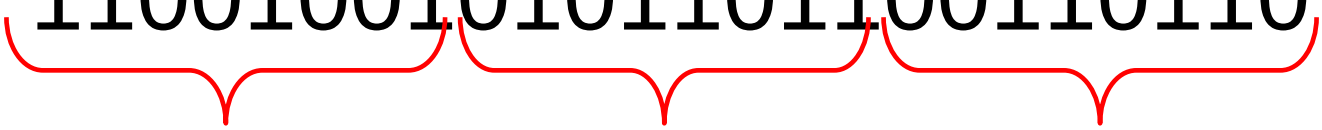
 - 文字の表現

 - 数値の表現

 - 2進数の演算

 - 負の数, 2の補数, 減算

ビット(bit)とバイト(byte)

- 「ビット」
0と1のどちらかを区別する情報の最小単位.
- たとえば、長さ24のビット列
110010010101101100110110

- 「バイト」とは、8ビットを単位として扱うこと。
- つまり、「1バイト」=「8ビット」
- 上記のビット列は3バイトと考える。

文字の表現 その1

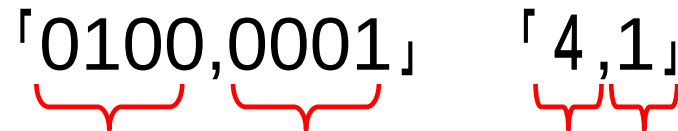
- 我々が計算機で扱う文字は、
「英数字と記号」と「日本語の文字」
の二種類に分けることができる。
- 「英数字と記号」は、
 - 「8ビット(つまり、1バイト)」で表される。
 - 文字コード系は、一種類だけしかなく、
そのコードを「ASCII」(アスキー)という。
- ASCIIは American Standard Code for Information Interchangeの略である。

英数字と記号(1バイトの文字コード)

- たとえば、アルファベットの大文字「A」:

- 「A」 「01000001」(2進数)

- 「A」 「4 1」(16進数)

「0100,0001」 「4,1」


- 「A」 「6 5」(10進数)

確認方法

- 「A」 「01000001」(2進数)
 - 「A」 「41」(16進数) 「65」(10進数)
 - 「a」 「01100001」(2進数)
 - 「a」 「61」(16進数) 「97」(10進数)
- 確認方法: od コマンド (Octal Dump) を利用する:
ファイル名 abcdef.txt の中身を確認する。

% od -t x1 abcdef.txt (16進数)

% od -t d1 abcdef.txt (10進数)

文字の表現 その2

- 「日本語の文字」は、
 - 2バイト(つまり16ビット)
もしくは3バイト(24ビット)使って表現される。
 - 日本語の文字コード体系はひとつではなく、
「JIS」、「SJIS」、「EUC」、「UTF-8」
などがある。

日本語の文字コード

- ・ JIS
メールの配送などに使われている.
- ・ MS漢字
マイクロソフト社が定めたコード体系.
「Shift JIS」 とか 「SJIS」 ともいう.
Windows が標準で使っている.
- ・ EUC
おもに Unix 系で使われている.
- ・ UTF-8
ユニコードともいう. もっとも新しく制定された
コード体系. 現在の Mac が標準で使っている

第5回 コンピュータの構成と機能

- 5-2 基本構成
 - 計算機の構造
 - 計算機の動作
- 5-3 計算機におけるデータ表現
 - 文字の表現
 - 数値の表現
 - 2進数の演算
 - 負の数, 2の補数, 減算

数値の表現

- 我々が通常扱う数字(数値)の表現は10進数が多いであろう。
- 計算機関連では、2進数、8進数、16進数で数値を表現することが多い。
- 「10進数」と「2進数」の関係を確認しよう。
- さらに、8進数や16進数についても確認しよう。

「基数」について

- たとえば、3桁の10進数「182」という数は、

$$182 = 100 + 80 + 2$$

$$= (1 \times 100) + (8 \times 10) + (2 \times 1)$$

$$= (1 \times 10^2) + (8 \times 10^1) + (2 \times 10^0)$$

と表現できる。

- 10進法における「10」を「基数」という
- 「0,1,2,...,9」の10個の数字で数を表現する

2進数(binary number)

- 基数は「2」
- 「0と1」の2個の数字で数を表現する。
- 3桁の2進数「110」を10進数に変換するには、

$$\begin{aligned} & (1 \times 2^2) + (1 \times 2^1) + (0 \times 2^0) \\ &= (1 \times 4) + (1 \times 2) + (0 \times 1) \\ &= 4 + 2 + 0 \\ &= 6 \end{aligned}$$

3桁の10進数「182」を2進数に変換すると
8桁の 2進数「10110110」となる：

$$182 \div 2 = 91 \dots 0$$

$$91 \div 2 = 45 \dots 1$$

$$45 \div 2 = 22 \dots 1$$

$$22 \div 2 = 11 \dots 0$$

$$11 \div 2 = 5 \dots 1$$

$$5 \div 2 = 2 \dots 1$$

$$2 \div 2 = 1 \dots 0$$

8進数(octal number) : 基数は「8」

- 「0 ~ 7」の8個の数字で数表現
- 8個の数字を表現するのに必要なビット数は3ビット.

000 $\Leftrightarrow$ 0

001 $\Leftrightarrow$ 1

010 $\Leftrightarrow$ 2

$\vdots \Leftrightarrow \vdots$

111 $\Leftrightarrow$ 7

16進数(hexadecimal number): 基数は「16」

- 10個の数字「0～9」と6個の文字「a,b,c,d,e,f」を合わせた16個の記号で数表現.
- a=10, b=11, c=12, d=13, e=14, f=15
- 16個の数字を表現するのに必要なビット数は4ビット.

0000 $\Leftrightarrow$ 0

0001 $\Leftrightarrow$ 1

0010 $\Leftrightarrow$ 2

$\vdots \Leftrightarrow \vdots$

1110 $\Leftrightarrow$ 14 = e

1111 $\Leftrightarrow$ 15 = f

2進数、8進数、10進数、16進数の関係

- 「10110110」: 2進数(8桁)
- 「266」: 8進数(3桁)
- 「182」: 10進数(3桁)
- 「b6」: 16進数(2桁)

- 2進数 8進数:

「10110110」 「010,110,110」 「2,6,6」

- 2進数 16進数:

「10110110」 「1011,0110」 「11,6」 「b,6」

整数の表現 (4ビットの場合)

- 4桁の2進数 $b_3b_2b_1b_0$ を考える
- 最上位ビット (MSB) : b_3 最下位ビット (LSB) : b_0
- 4ビット $b_3b_2b_1b_0$ を10進数に変換するには、
$$(b_3 \times 2^3) + (b_2 \times 2^2) + (b_1 \times 2^1) + (b_0 \times 2^0)$$
- これにより、4ビットの場合、0 ~ 15までの16通りの
非負の整数 (0と正整数) を表現できる。
- つまり、...

符号なし整数表現 (4ビット)

桁数をそろえ表示すると
分かりやすい。

10進	2進	8進	16進
0	0000	00	0
1	0001	01	1
2	0010	02	2
3	0011	03	3
4	0100	04	4
5	0101	05	5
6	0110	06	6
7	0111	07	7
8	1000	10	8
9	1001	11	9
10	1010	12	a
11	1011	13	b
12	1100	14	c
13	1101	15	d
14	1110	16	e
15	1111	17	f

数値の表現範囲 (符号なし)

- 4ビットで表現できる値の範囲は、
「 0 から 15 ($2^{\{4\}} - 1$)まで」
- 8ビットで表現できる値の範囲は、
「 0 から 255 ($2^{\{8\}} - 1$)まで」
- 16ビットで表現できる値の範囲は、
「 0 から 65535($2^{\{16\}} - 1$) まで」

加法と減算について(符号なし整数表現)

- $4 + 2 = 6$

$$\begin{array}{rcccccl} & 0 & 1 & 0 & 0 & \Leftrightarrow & 4 \\ + & 0 & 0 & 1 & 0 & \Leftrightarrow & 2 \\ \hline & 0 & 1 & 1 & 0 & \Leftrightarrow & 6 \end{array}$$

- $6 - 2 = 4$

$$\begin{array}{rcccccl} & 0 & 1 & 1 & 0 & \Leftrightarrow & 6 \\ - & 0 & 0 & 1 & 0 & \Leftrightarrow & 2 \\ \hline & 0 & 1 & 0 & 0 & \Leftrightarrow & 4 \end{array}$$

第5回 コンピュータの構成と機能

- 5-2 基本構成

 - 計算機の構造

 - 計算機の動作

- 5-3 計算機におけるデータ表現

 - 文字の表現

 - 数値の表現

 - 2進数の演算

 - 負の数, 2の補数, 減算

2の補数表現(4ビットの場合)

- 4桁の2進数 $b_3b_2b_1b_0$ を考える
- 「2の補数表現」では、**最上位ビット** b_3 の項を**マイナス項**として、10進数に変換する。すなわち、
$$-(b_3 \times 2^3) + (b_2 \times 2^2) + (b_1 \times 2^1) + (b_0 \times 2^0)$$
- これにより、4ビットの場合、**- 8 ~ 7** までの16通りの整数を表現できる。
- つまり、...

「2の補数」による符号あり整数表現(2進数 10進数)

0000 $\Leftrightarrow$ 0

1000 $\Leftrightarrow$ -8

0001 $\Leftrightarrow$ 1

1001 $\Leftrightarrow$ -7

0010 $\Leftrightarrow$ 2

1010 $\Leftrightarrow$ -6

0011 $\Leftrightarrow$ 3

1011 $\Leftrightarrow$ -5

0100 $\Leftrightarrow$ 4

1100 $\Leftrightarrow$ -4

0101 $\Leftrightarrow$ 5

1101 $\Leftrightarrow$ -3

0110 $\Leftrightarrow$ 6

1110 $\Leftrightarrow$ -2

0111 $\Leftrightarrow$ 7

1111 $\Leftrightarrow$ -1

数値の表現範囲 (2の補数表現)

- 2の補数表現において、4ビットで表現できる値の範囲は、「 $-8(-2^{\{3\}})$ から $7(2^{\{3\}} - 1)$ まで」
- 2の補数表現において、8ビットで表現できる値の範囲は、「 $-128(-2^{\{7\}})$ から $127(2^{\{7\}} - 1)$ まで」
- 2の補数表現において、16ビットで表現できる値の範囲は、
「 $-32768(-2^{\{16\}})$ から $32767(2^{\{15\}} - 1)$ まで」

加法と減算について(2の補数表現)

- $4 + 2 = 6$

$$\begin{array}{rcccccl} & 0 & 1 & 0 & 0 & \Leftrightarrow & 4 \\ + & 0 & 0 & 1 & 0 & \Leftrightarrow & 2 \\ \hline & 0 & 1 & 1 & 0 & \Leftrightarrow & 6 \end{array}$$

- $6 - 2 = 6 + (-2) = 4$

$$\begin{array}{rcccccl} & 0 & 1 & 1 & 0 & \Leftrightarrow & 6 \\ + & 1 & 1 & 1 & 0 & \Leftrightarrow & -2 \\ \hline & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & \Leftrightarrow & 4 \end{array}$$

- 下位の4ビットのみに着目する。(5ビット目を無視)

2の補数表現による「X」と「-X」について

- たとえば、2の補数表現において「3」と「-3」の関係をみよう。

- 「3」 「0011」

- 「-3」 「1101」

- $3 + (-3) = 0$ を2進数の演算あらわすと、

$$\begin{array}{r} 0011 \Leftrightarrow 3 \\ + 1101 \Leftrightarrow -3 \\ \hline 1000 \Leftrightarrow 0 \end{array}$$

- 5ビット目のみが「1」で、それ以外はすべて「0」となる

「2の補数の求め方」について

- 「3」 「0011」から、2の補数表現による「-3」を求める方法
- 「3」 「0011」
 1. **ビット反転**: 「1100」
 2. **1を加える**:
$$\text{「1100」} + \text{「0001」} = \text{「1101」}$$
- この計算により求められた「1101」が「-3」を表現する。

以上