コンピュータ・サイエンス1

第9回
コンピュータでの情報の扱い方(5)

人間科学科コミュニケーション専攻
白銀 純子

第9回の内容

- コンピュータでの情報の扱い方(5)

前回の出席問題の解答(設問1)

- 設問1: 以下の「(ア)」と「(イ)」に入る数を答えなさい。
  - 1バイト = (ア) ビット
  - 1Kbyte = (イ) バイト

解答

(ア) 8

(イ) 1024

前回の出席問題の解答(設問2)

- 設問3:「やってみよう!」の10進数⇔2の補数の変換問題の1. と3. の計算結果を報告すること
  - 1. の問題: -25を2の補数10桁で表現

1. $(-25)_{10} \rightarrow (25)_{10}$　(マイナス記号を取る)
2. $(25)_{10} = (0000011001)_2$　(10進数を10桁の2進数に直す)
3. $(0000011001)_2 \rightarrow (1111100110)_2$　(1と0を反転する)
4. $(1111100110 + 1)_2 = (1111100111)_2$　(1を足す)

解答: $(1111100111)_2$

前回の出席問題の解答(設問2)

- 設問3:「やってみよう!」の10進数⇔2の補数の変換問題の1. と3. の計算結果を報告すること
  - 3. の問題: 2の補数10000を10進数で表現

1. $(10000 - 1)_2 = (01111)_2$　(2の補数から1を引く)
2. $(01111)_2 \rightarrow (10000)_2$　(1と0を反転する)
3. $(10000)_2 = (16)_{10}$　(2進数を10進数に直す)
4. $(16)_{10} \rightarrow (-16)_{10}$　(マイナス記号をつける)

解答: $(-16)_{10}$

設問2前回の出席問題の解答(設問3)

- 「やってみよう!」の2の補数の足し算の1. の結果を報告すること
  - 1. の問題: (+10)+(+8)を5桁の2の補数として計算し、10進数として表現

$(+10)_{10} = (01010)_2$
$(+8)_{10} = (01000)_2$

```
  01010
+)01000
-------
  10010
```

負の数と判断

2の補数(マイナスの数)として10進数に直す

1. $(10010 - 1)_2 = (10001)_2$　(2の補数から1を引く)
2. $(10001)_2 \rightarrow (01110)_2$　(1と0を反転する)
3. $(01110)_2 = (14)_{10}$　(2進数を10進数に直す)
4. $(14)_{10} \rightarrow (-14)_{10}$　(マイナス記号をつける)

解答: -14

前回の質問の回答

情報処理技術者試験

- 国家資格で情報処理技術全般について問われる試験
  - 一番の入門編: ITパスポート
    - 専門や職業にかかわらず、身に着けておくべき情報処理の知識
  - 中級程度の試験: 基本情報技術者試験
    - 情報科学系を専門とする人にとって、身につけておくべき基本的な知識
    - 情報科学系を専攻する大学生が3･4年生くらいで挑戦する試験
  - 上級程度の試験: 応用情報技術者試験
    - 情報科学系を専門とする人が目指すべき高度な知識
    - 情報科学系を専攻する大学院生が2年生くらいで挑戦する試験
- その他にも、各種分野に特化した試験
  - セキュリティ, データベース, ネットワーク, etc.

WebClassに
自習教材あり

$(-10)_{10}$の2進数表記

- 前回授業資料のp. 15

Ex.

$(-10)_{10}$

$= (-01010)_2$

2進数での負数は、最も大きな桁が1になるので、
そうなるように適当に5桁に桁あわせしただけ

$\rightarrow (\ 10101\ \ +\ \ 1)_2 = (10110)_2$

2の補数に関係したオーバーフロー

- 試験問題の計算では…
  1. 足し算やシフト算などの計算をする
  2. 計算結果が指定の桁数を超えていれば、超えた分の桁を削除する(桁数あわせ)
  3. 計算結果の先頭の桁が0か1かで、正か負を判断する
     - 正の数(先頭の桁が0)であれば、割り算だけで10進数に直す
     - 負の数(先頭の桁が1)であれば、2の補数の方法で10進数に直す

問題文に、「2の補数を考慮する」と
- 書かれていなければ、1. の結果を解答とする(必要に応じて10進数に直す)
- 書かれていれば、3. の結果を解答とする
  →必ずしも、計算結果そのものが解答とは限らない!

やってみよう[6]の2. の問題

- (-10)+(+8)を5桁の2の補数として計算し、10進数として表現
  - $(-10)_{10} + (+8)_{10} = (10110)_2 + (01000)_2 = (11110)_2$
    - 最も大きな桁が「1」なので、2の補数(つまり負数)として10進数に直す
  - $(11110)_2 \rightarrow (11110 - 1)_2 = (11101)_2 \rightarrow (-00010)_2 = (-2)_{10}$

32ビットの2進数

- 最小値: $(10000000000000000000000000000000)_2$
  $= (-2147483648)_{10}$
- 最大値: $(01111111111111111111111111111111)_2$
  $= (2147483647)_{10}$

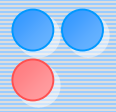
  - 最大値(2147483647)に1を足すと、最小値(-2147483648)になる
    = オーバーフロー
  - 最大値(2147483647)より大きい数は32ビットでは扱えない
    - ✓ 日本の国家予算(約100兆円)
    - ✓ 世界の人口(2017年時点で約76億人), etc.

  普段の生活で使っている数くらいでは、オーバーフローにならないことが多い

ちなみに…64ビット: -9223372036854775808～9223372036854775807

教科書の演習問題

- 教科書の演習問題の解答は、出版社のところで見当たらなかった
  - 授業では、教科書の演習問題はほとんど使わない



Question!

前回の復習

2の補数表現[2](p. 9)

- 2の補数 = 負の数を2進数で表現したもの(コンピュータの世界では)
- 計算方法(例: -20を10桁の2進数に直す)

1. 2の補数に直したい10進数のマイナスを取り除く
   - $(-20)_{10} \rightarrow (20)_{10}$
2. 1. の結果を2進数に直す
   (この時点で桁数あわせ!! 後で桁数あわせをすると、合わせ方を間違えやすい)
   - $(20)_{10} = (0000010100)_2$
3. 2. の結果の0と1を逆にする(0の桁を1、1の桁を0にする)

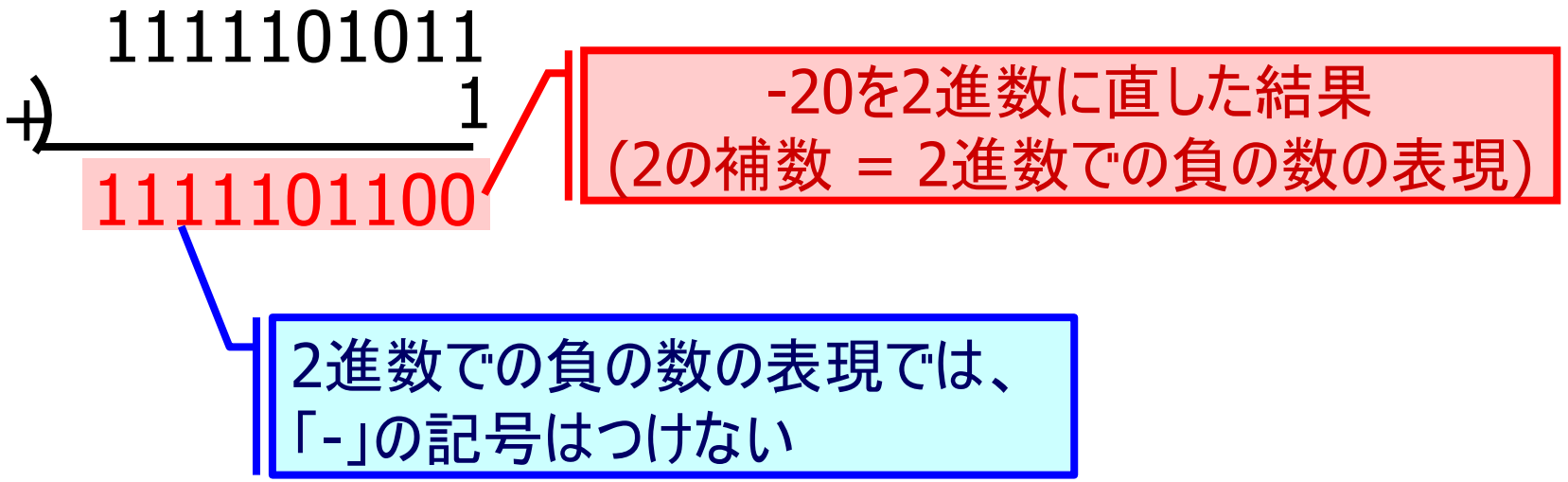
0 0 0 0 0 1 0 1 0 0

1 1 1 1 1 0 1 0 1 1

2の補数表現[2](p. 9)

- 2の補数 ＝ 負の数を2進数で表現したもの(コンピュータの世界では)
- 計算方法(例: -20を10桁の2進数に直す)

4. 3. の結果に1を足し算する



2の補数を10進数に変換[2]

- 計算方法(例: 1111101100を10進数に直す)
  1. 2の補数から1を引き算する

```
   1111101100
-)            1
------------------
   1111101011
```

  2. 1. の結果の0と1を逆にする(0の桁を1、1の桁を0にする)

1111101011

0000010100

※2の補数→10進数の方法は、10進数→2の補数の逆

2の補数を10進数に変換[2]

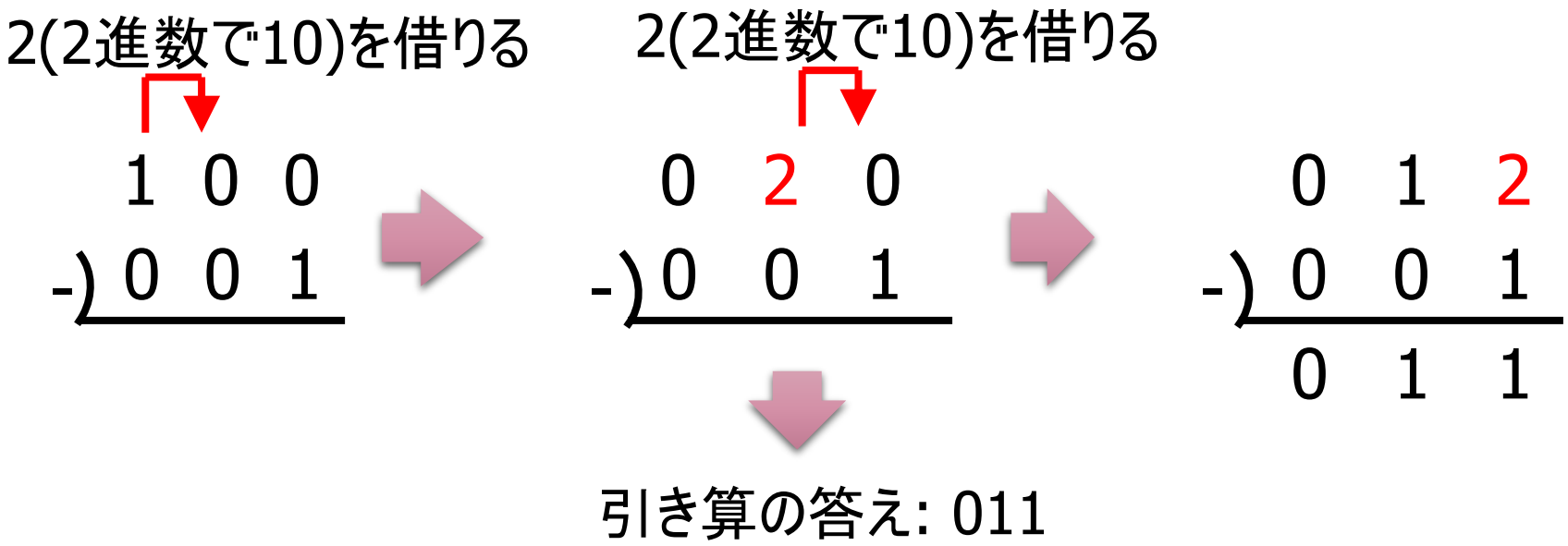
- 計算方法(例: 1111101100を10進数に直す)
  1. 2. の結果を10進数に直す
     - $(0000010100)_2 = (20)_{10}$
  2. 3. の結果に-(マイナス)をつける
     - $(20)_{10} \rightarrow (-20)_{10}$

1111101100を
10進数に直した数

※2の補数→10進数の方法は、10進数→2の補数の逆

2進数の引き算[2]

- 2進数の引き算だと…
  - ある桁の引かれる数が引く数より小さければ、1つ大きな桁から$(10)_2$(10進数で2)を借りる
    - 2を借りる: 貸した桁から1を引き、借りた桁に2を足す

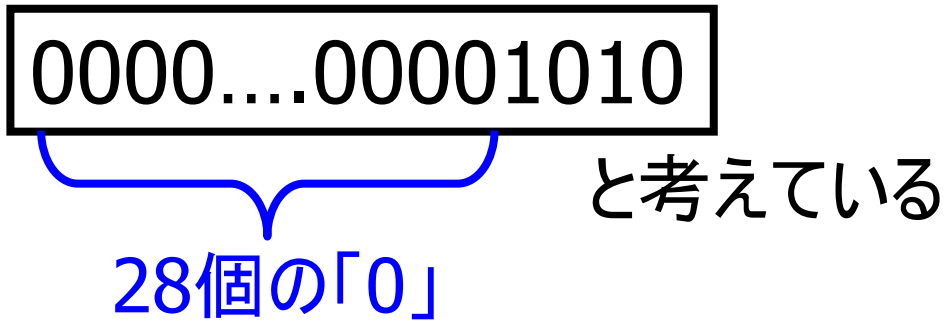


※コンピュータ的には引き算はしないので、人間が2の補数→10進数の計算をするための引き算

正の数と負の数の見分け方[1]

- 大前提: 数を表す2進数の桁数は決まっている
  - 普通のコンピュータで32桁(or 64桁)

ということは…例えば$(10)_{10}$は、コンピュータ的には…



※授業のスライド中では32桁分も書けないので、そのときどきで適当なところで割愛

正の数と負の数の見分け方[2]

- 負の数(2の補数)の計算方法: 負の数Nを、正の数N(2進数)の0と1を反転させて1を加える

コンピュータ的には32桁で数を表すので…

$(-10)_{10} \rightarrow (10)_{10}$

$= (0000\ldots00001010)_2$

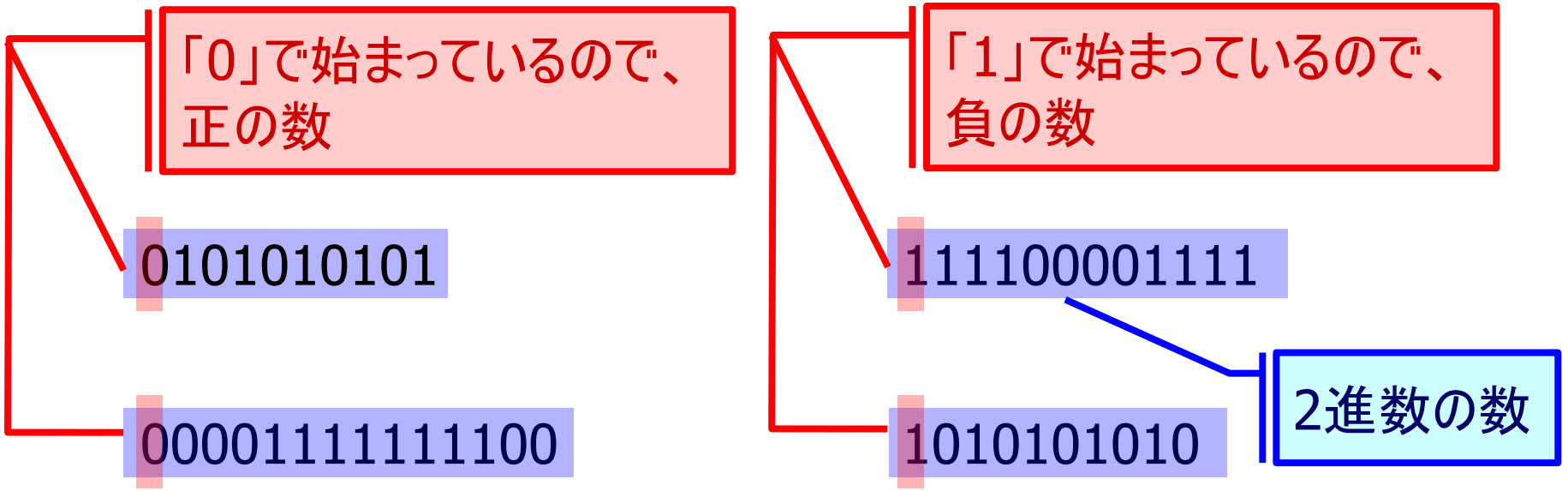
$\rightarrow (1111\ldots11110101 + 1)_2 = (1111\ldots11110110)_2$

28個の「0」も全て「1」に反転される

- 負の数は結果的に一番大きな桁(一番左の桁)が「1」になる
- 一番大きな桁(一番左の桁)が「0」であれば正の数、「1」であれば負の数として扱う

正の数と負の数の見分け方[3]

- 2進数を見たときに…(2の補数を考える場合)
  - 「2の補数を考える」という場合は、先頭の桁を見て、正の数か負の数かを判断
  - 「2の補数を考える」と書かれていない場合は、負の数を考えなくてOK



桁あふれ(オーバーフロー)(p. 11)

- 2の補数に関係した桁あふれ(オーバーフロー)が起こりうる

Ex. 2進数5桁の計算(10進数で14+5の計算)

```
  0 1 1 1 0
+ 0 0 1 0 1
-----------
  1 0 0 1 1
```

1 ← 先頭の桁が1になってしまった

➡ 先頭の桁が1の場合は、2進数で負の数として扱う

```
  1 0 0 1 1
```

1 ← 負の数を表す

➡ 計算結果: $(-13)_{10}$(負の数)

2の補数に関係した
桁あふれ(オーバーフロー)

負数込みの計算の考え方

- 計算結果を見て…(オーバーフローがどーのと考えるのではなく!)
  1. 計算結果が指定の桁数を超えていれば、超えた分の桁を削除(桁数あわせ)

桁数を超えた部分 = 削除

4桁の2進数の計算結果: $(100110)_2$ ⇒ 計算結果: $(0110)_2$

  2. 計算結果の先頭の桁が0か1かで、正か負を判断
     - 正の数(先頭の桁が0)であれば、割り算だけで10進数に直す
     - 負の数(先頭の桁が1)であれば、2の補数の方法で10進数に直す

正の数と判断

4桁の2進数の計算結果: $(0101)_2$ ⇒ 計算結果: $(5)_{10}$

負の数と判断

4桁の2進数の計算結果: $(1010)_2$ ⇒ 計算結果: $(-6)_{10}$

小数の表現方法

整数以外の数を表現するには?

- コンピュータが表現できる数: 整数, 小数
- 整数以外の数
  - 小数
  - 分数
  - n乗根(平方根, 立方根, etc)
  - π(円周率)
  - etc.

全て小数として表現

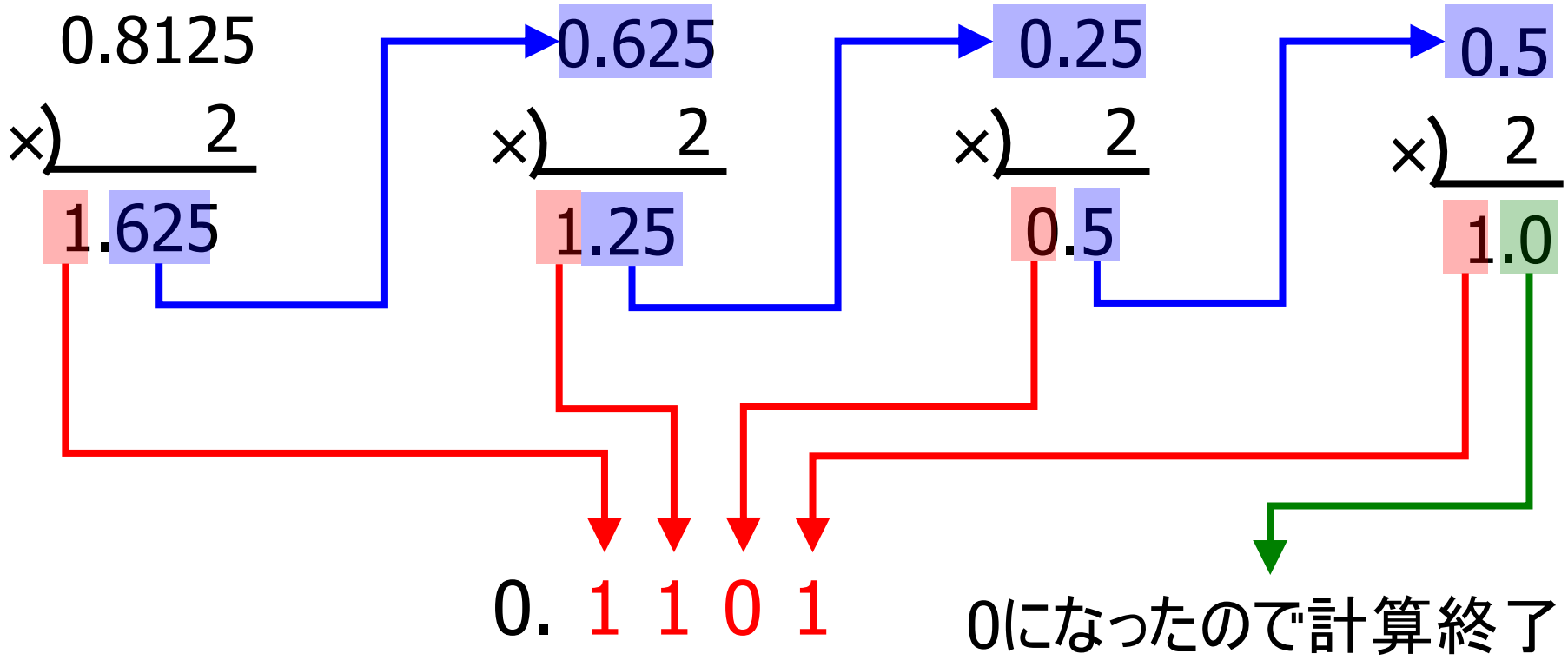
10進数の小数を2進数に直す[1]

1. 10進数の整数部分は、通常の方法で2進数に直す
2. 10進数の小数部分に2をかけ算する
3. 2. の結果、整数部分を小数点第1桁にする
4. 3. の結果、小数部分をまた10進数の数とする

- 小数部分が0になるまで繰り返す
  - ✓ 無限小数になることも(10進数できりのいい数も2進数では無限小数になりえる)
- 2. の整数部分を小数点第2桁、第3桁、...と置いていく
- 1. の整数部分と2. の整数部分を並べたものが2進数での小数になる

10進数の小数を2進数に直す[2]

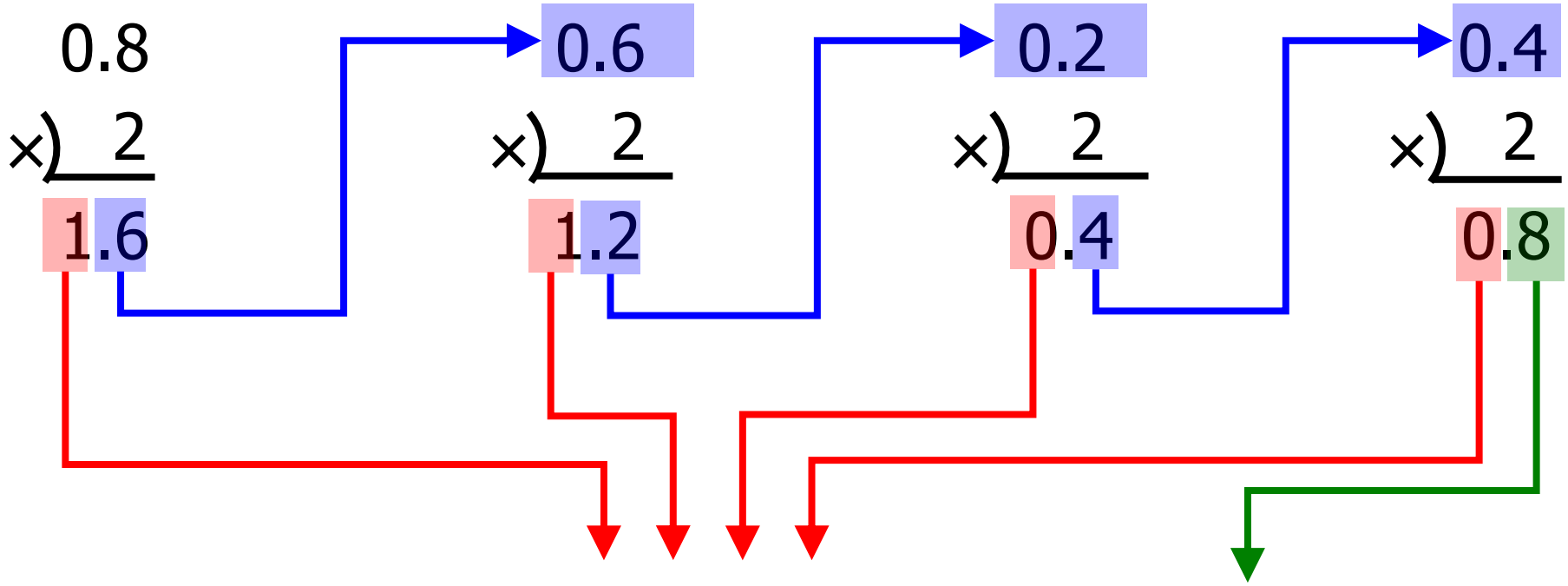
- 10進数の小数を2進数に直すには?(例1)
  - 10進数の0.8125を2進数に直す



$(0.8125)_{10} = (0.1101)_2$

10進数の小数を2進数に直す[3]

- 10進数の小数部分を2進数に直すには?(例2)
  - 10進数の3.8を2進数に直す(整数部分の3は2進数で11)

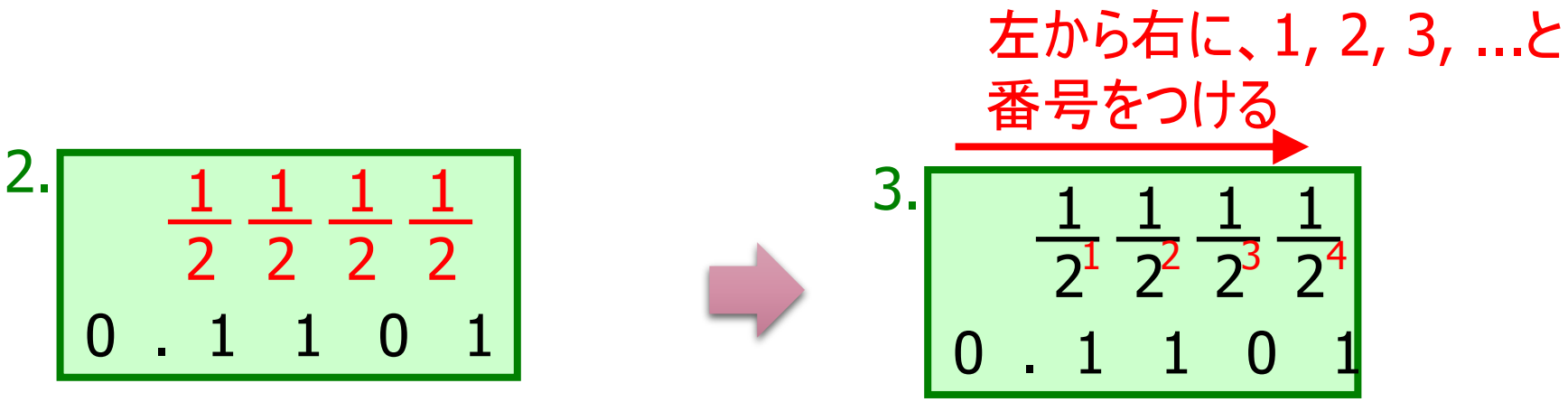


$(3.8)_{10} = (11.110011001100....)_2$

2進数の小数を10進数に直す[1]

- 例: 101.1101 (整数部分101は10進数で5)

1. 2進数の整数部分は、通常の方法で10進数に直す
2. 10進数の小数部分各桁の上に「1/2」を書く
3. 2. で書いた「1/2」の「2」の右肩に左から1, 2, 3, ...と書いていく
   - $1/2^0$, $1/2^1$, $1/2^2$, ...ができていく



2進数の小数を10進数に直す[2]

4. 各桁の上の「$1/2^n$」と、それぞれの桁の数をかけあわせる
5. 4. の結果を足し合わせ、1. の整数部分とあわせる

3.

$\frac{1}{2^1}$	$\frac{1}{2^2}$	$\frac{1}{2^3}$	$\frac{1}{2^4}$
0 . 1	1	0	1

4.

$\frac{1}{2^1}$	$\frac{1}{2^2}$	$\frac{1}{2^3}$	$\frac{1}{2^4}$
	×	×	×	×
0 . 1	1	0	1
=				
$\frac{1}{2^1}$	$\frac{1}{2^2}$	0	$\frac{1}{2^4}$

5.

$\frac{1}{2^1}$	$\frac{1}{2^2}$	0	$\frac{1}{2^4}$

足し合わせる

=

$0.5 + 0.25 + 0.0625 = 0.8125$

1. の整数部分とあわせる

5.8125

小数の表現方式

小数を表現する方法(p. 10)

- 固定小数点方式
- 浮動小数点方式

固定小数点方式[1](p. 10)

- 小数部分の桁数がnの場合：2進数では、小数部分が$1/2^n$刻みで表現

nを大きくすると、それだけ小数部分を細かく表現可能

※ただし、実際コンピュータは小数も2進数で考えているが、
人間が考えるときの便宜上、10進数で考えることが多い

固定小数点方式[2](p. 10)

- 小数を表す桁数が決まっていると…

Ex. 右から2桁を小数部分とすると…

$(2 \div 1000)_{10} = (0.002)_{10} \rightarrow (0.00)_{10}$

小数を正確に表現できない

何桁分の小数部分を持っているかは数値によって異なる
＝固定小数点方式で小数を表せる場合は少ない

浮動小数点方式

浮動小数点方式[1](p. 10)

- 小数: D × 10^nと表現できる
  - Ex. 1: $0.5 = 5 \times 10^{-1}$
  - Ex. 2: $-0.0625 = -6.25 \times 10^{-2}$
  - Ex. 3: $0.0000000084 = 8.4 \times 10^{-9}$

どの数でも「$\times 10^n$」の「10」の部分は同じ(実際のコンピュータでは「$\times 2^n$」

小数を「$D \times 10^n$」の形と考え、「D」と「n」だけ記憶しておく

浮動小数点方式[2](p. 10)

- 浮動小数点方式:
  小数を「$D \times 10^n$」と考え、「D」と「n」を記憶することで小数を表す方式

Ex.
- D = 6.25, n = -3の場合: 0.00625
- D = 6.25, n = -2の場合: 0.0625
- D = 6.25, n = -1の場合: 0.625
- D = 6.25, n = 0の場合: 6.25

nの数値が何かで、小数点が仮数の中を動くように見えるから「浮動小数点」と名づけられた

D: 仮数部
n: 指数部
と呼ぶ

浮動小数点方式[3](p. 10)

- 仮数部
  - 符号は「0」が「+」、「1」が「-」
  - 固定小数点方式
- 指数部
  - 符号は「0」が「+」、「1」が「-」(ただし、2の補数表現とは別の特殊な形で表現される)

大きな数の表現(p. 10)

- 浮動小数点方式を利用して表現

Ex.

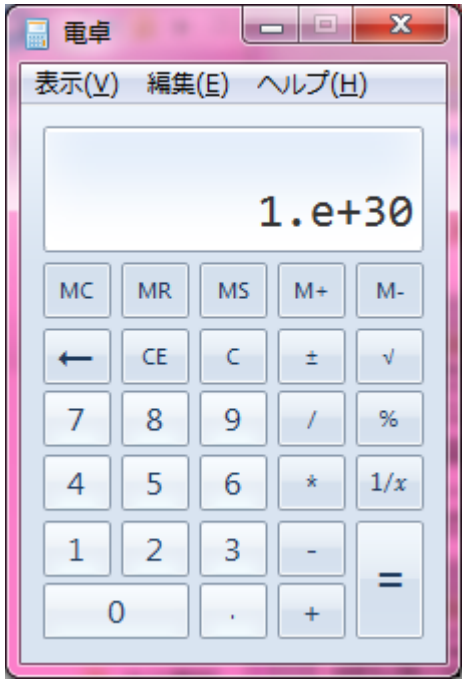
- $2000000000000 = 2 \times 10^{12}$
- $-42500000000000000 = -4.25 \times 10^{17}$

指数部が「＋」の数になる

コンピュータは「2」と「＋12」, 「-4.25」と「＋17」を記憶しておく
(実際には、「$\times 10^n$」ではなく「$\times 2^n$」で表現)

大きな数の表現[例](p. 10)

- Windowsの電卓のあるモード(オーバーフローをなかなかしないモード)で…



Ex. 10000000000000000 × 10000000000000000
= 1.e+30

1.0×10^{30} という意味
(浮動小数点方式での表現)

※オーバーフローしにくいモードは、大きな数を浮動小数点方式で表現する
= それだけたくさんの桁がある数を表現できるので、オーバーフローしにくい

桁落ち(1)

- 小数部分が無限のものを扱えるわけではない
  - 例えば割り算で割り切れない数や円周率

➡ 小数部分を適当なところで切り捨てる(四捨五入ではない)

例えば…1÷7:
コンピュータは「0.142857…142」のように考える

本来はこの後も無限に続く

コンピュータが扱える小数の桁数:
「有効桁数」と呼ぶ

桁落ち(2)

- 小数部分が無限のものは適当なところまでで切り捨てられる

本来の数よりも、小数の桁数が小さくなってしまう現象

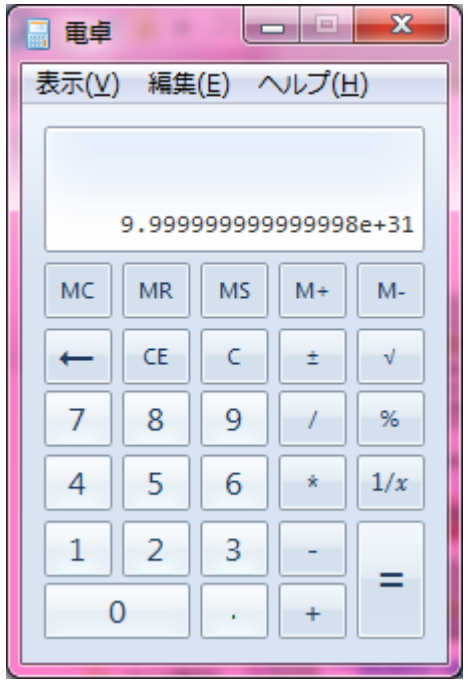
桁落ちの例

- Windowsの電卓のあるモード(オーバーフローをなかなかしないモード)で…

Ex. 電卓での計算: 9999999999999999 × 9999999999999999

→ 9.99999999999998e+31 = $9.99999999999998 \times 10^{31}$

= 99999999999999980000....00000



でも実際に計算すると…

```
  9999999999999999
×)9999999999999999
-------------------
                ...91
+)              ...91
-------------------
                ...01
```

桁落ち

つまり本当の計算では…

9999999999999999 × 9999999999999999

= x.xxxx...01

ミニ実習

- スマートフォンの電卓で、大きな数のかけ算をしてみよう!
  - 結果が浮動小数点表示になるか?
  - 桁落ちしているか?

  を確認しよう!

桁落ちが起こると…

- 数が本来の数よりも小さくなってしまう
  - 微妙な数値が必要な場合には要注意
- 桁落ちをした数に大きな数をかけると、本来の数に大きな数をかけたときとの差が大きくなる

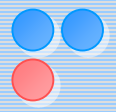
例えば…有効桁数が小数点第3位とすると、1÷7×100000の計算は…

- コンピュータ:「1÷7」をして0.142に桁落ちし、それに100000をかけて、14200
- コンピュータ: 1×100000を7で割ると(計算の順序を変えると)、14285.714
- 人間: 本来の1÷7に100000をかけると、14285.714285…

- コンピュータで計算をするときは、計算の順番に注意
  (割り算はなるべく後にすること)
- 例えば「1÷7×100000」の計算は、「1×100000」をしてから7で割る

やってみよう[8]

1. 0.0000055を浮動小数点方式で表現
2. 0.000000001234を浮動小数点方式で表現
3. 4560000000000000を浮動小数点方式で表現
   ※3つとも仮数部は小数点第2位の小数とすること
4. (10÷7)×10000を計算
   - 小数点第2位までが有効桁数
   - 桁落ちを考えて計算すること
5. 10÷7×10000を計算
   - 小数点第2位までが有効桁数
   - 桁落ちの影響がなるべく少ないように計算すること



Question!

文字の表現

文字の符号化(p. 13)

- 文字: コンピュータは整数に置き換えて扱う(番号をつけて扱う)
  - 文字を2進数で表現する(「符号化」と呼ぶ)
- 2進数で表現される文字集合
  - 半角英数文字
    - 図形文字
    - 制御文字
  - 多バイト文字
    - 図形文字

※文字集合: 文字の集まり

図形文字と制御文字(p. 13)

- 図形文字: 通常、画面に表示される文字
  - 人間が明示的に書いたり読んだりする文字
  - アルファベット, 数字, ひらがな, 漢字, 記号, etc.
- 制御文字: 通常、画面に表示されない文字
  - コンピュータに何らかの制御をするための文字
  - 改行, TAB, ESC, etc.

ASCII文字

ASCII文字(p. 13)

- ASCII: American Standard Code for Information Interchange
- 半角文字を表す文字集合
  - アルファベット大文字(26文字)
  - アルファベット小文字(26文字)
  - 数字(10文字)
  - 記号(スペース, 「,」, 「.」, etc.)

1文字を表すために、最低限7ビット必要
(6ビット: 64種類の情報, 7ビット: 128種類の情報)

※1文字を表す2進数の桁数(ビット数)は、どの文字でも同じ(つまり7ビット)

図形文字(p. 13)

- ASCII: 情報量が7ビットで収まるように、扱う文字を取り決めた文字集合
  - 図形文字: 95文字
    - アルファベット(大文字・小文字): 52文字
    - 数字: 10文字
    - 記号(スペースを含む): 33文字
  - 制御文字: 33文字
    - BackSpace, Delete, Tab, 改行(CRとLF), etc.

番号例(p. 14)

番号	文字	番号	文字	番号	文字
47	0	65	A	97	a
48	1	67	B	98	b
49	2	68	C	99	c
50	3	69	D	100	d
51	4	70	E	101	e
52	5	71	F	102	f
53	6	72	G	103	g
54	7	73	H	104	h
55	8	74	I	105	I
56	9	75	J	106	j

「数」としての0～9ではなく、「文字」としての0～9

ビット数[1](p. 14)

- コンピュータでは8ビットを1つの単位として扱うことが多い
  → ASCII文字も8ビットで表現すると扱いやすい
  - 8ビットのうち、7ビット分(2進数で7桁目まで)で文字を表現する
  - 残りビット(2進数で8桁目)に常に0を入れておく
    - ASCII文字としては無駄なビット
    - 日本語を表現するときに利用

例えば…
A: 65番(10進数)
= 1000001番(2進数)
= 01000001番(2進数, コンピュータ内での表現)
ASCII的には無駄な(何も利用していない・1にはならない)ビット

ビット数[2](p. 14)

- 8ビットで1文字を表現 ＝ 1バイトで1文字を表現

「1バイト文字」と呼ばれる

Ex.「Hello, my name is John.」

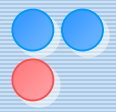
- アルファベット: 17文字
- 記号: 2文字
- スペース: 4文字

} 23文字 ＝ 23バイト

ちなみに…

- アスキーアートも文字コードのASCIIから(ASCII art)
  - アスキーアート: 文字だけで作った絵
    - 感情を表す「(^^);」のような単純なものから、人や動物に見えるものまで様々

- アスキーアートの例
  - http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%A2%E3%82%B9%E3%82%AD%E3%83%BC%E3%82%A2%E3%83%BC%E3%83%88
  - http://bhdaa.sakura.ne.jp/zukan/



Question!

多バイト文字

背景[2](p. 15)

- 様々な言語圏の文字: 英語圏の文字と同様に2進数で表現する必要性
  - 英語圏の文字: 128文字で表現可能
    - 1バイト分(256文字分)のうち、128文字分は英語圏の文字
  - 英語圏以外の文字: 128文字以上必要な場合も
    - 日本語
    - 中国語
    - 韓国語
    - etc.

→128文字では収まらない

1文字を複数のバイト(多バイト)で表現

文字化け(p. 15)

- 多バイト文字の出現により、文字化けが発生
- 文字化けの原因
  - フォントの問題
  - 文字集合の符号化方式の問題

「文字コード」と呼ぶ

詳細な理由は何であれ…
要は文字を表す2進数(0と1の並び)を、コンピュータが理解していないために発生
- その2進数をどのような形でディスプレイに表示して良いかをコンピュータが理解していないため

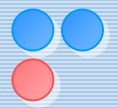
フォントの問題[3](p. 15)

- 機種依存文字: コンピュータによって表現のしかたが違う文字
  - それぞれの文字を表現するビット列が、コンピュータによって異なる
    - 1文字1文字を表現するビット列は、JIS(日本の国家規格)などで決まっている
      → コンピュータの環境に依存しない
    - 規格で決められた文字に含まれていない文字もある

      機種依存文字
    - Ex. 丸付き数字(①, ②, …)、ローマ数字(Ⅰ, Ⅱ, …), etc.
- 外字: 登録されていない文字を、利用者が作ったもの
  - 人名漢字などを作ることが多い
  - 作ったコンピュータでしか使えない

符号化方式の問題[1](p. 15)

- 符号化: 1つの文字を2進数(ビット列)として表現すること
- ある1つの文字を表現するビット列が複数通り存在する場合
  - 半角英数の文字はASCIIの1通りだけ
    - 他にも存在するが、ASCIIが世界標準
    - 大部分のコンピュータはASCIIを利用
  - 日本語は複数通り存在



次回

- 6月19日は出張のため休講