

第6回 今日の目標

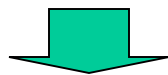
§ 2. 2 数の表現と文字コード

- 10進数と r 進数を相互に変換できる
- コンピュータのための数を表現できる
- 2進数の補数を扱える
- コンピュータにおける負の数の表現を説明できる
- コンピュータでの演算方法を説明できる
- 文字や記号の表現方法を示せる

数の表現

r進数

$$a_n r^n + a_{n-1} r^{n-1} + \dots + a_1 r^1 + a_0 + a_{-1} r^{-1} + a_{-2} r^{-2} + \dots + a_{-m} r^{-m}$$



$$a_n a_{n-1} \dots a_1 a_0 . a_{-1} a_{-2} \dots a_{-m}$$



小数点

r: 基数 (base、radix)

a_i : r個の記号

10進数 (decimal) ; 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9

2進数 (binary) ; 0,1

16進数 (hexadecimal) ; 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,A,B,C,D,E,F

10進数→r進数

整数部

余り

	$a_n r^n + a_{n-1} r^{n-1} + \dots + a_2 r^2 + a_1 r^1 + a_0$	\div	r	a_0
商	$a_n r^{n-1} + a_{n-1} r^{n-2} + \dots + a_2 r^1 + a_1$	\div	r	a_1
⋮				⋮
商	$a_n r^1 + a_{n-1}$	\div	r	a_{n-1}
商	a_n			

小数部

$a_{-1} r^{-1} + a_{-2} r^{-2} + a_{-2} r^{-2} + \dots + a_{-m} r^{-m}$	\times	r	\rightarrow	整数部 a_{-1}
$a_{-2} r^{-1} + a_{-3} r^{-2} + \dots + a_{-m} r^{-m}$	\times	r	\rightarrow	整数部 a_{-2}
⋮				⋮
$a_{-m} r^{-1}$	\times	r	\rightarrow	整数部 a_{-m}

10進数	2進数	8進数	16進数
Decimal	Binary	Octal	Hexadecimal
0	0	0	0
1	1	1	1
2	10	2	2
3	11	3	3
4	100	4	4
5	101	5	5
6	110	6	6
7	111	7	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
16	1 0000	20	10
17	1 0001	21	11
18	1 0010	22	12
19	1 0011	23	14
255	1111 1111	377	FF

固定小数点表示

小数点の位置

2進数	右端	左端
0000 0000	0	0
0000 0001	1	2^{-8}
⋮	⋮	⋮
1000 0000	128	2^{-1}
⋮	⋮	⋮
1111 1111	255	$1 - 2^{-8}$

↑ 左端 ↑ 右端

負の数

8bitの2進数	10進数
0000 0000	0
0000 0001	1
0000 0010	2
⋮	⋮
0111 1111	127
1000 0000	-0
1000 0001	-1
1000 0010	-2
⋮	⋮
1111 1111	-127

↑
符号bit

$2^{-1} = 1 / 2 = 0.5$
$2^{-2} = 1 / 4 = 0.25$
$2^{-3} = 1 / 8 = 0.125$
$2^{-4} = 1 / 16 = 0.0625$
$2^{-5} = 1 / 32 = 0.03125$
$2^{-6} = 1 / 64 = 0.015625$
$2^{-7} = 1 / 128 = 0.0078125$
$2^{-8} = 1 / 256 = 0.00390625$

補数

r 進数 n 桁の数 N に対する補数には2種類ある。

(a) N に対する $(r-1)$ の補数 r^n-1-N

(b) N に対する (r) の補数 r^n-N

例： 10進数3桁 ($r=10$ 、 $n=3$) の場合

N	(a) 9 の補数	(b) 10 の補数
999	$10^3-1-999= 0$	$10^3-999= 1$
998	$10^3-1-998= 1$	$10^3-998= 2$
997	$10^3-1-997= 2$	$10^3-997= 3$
⋮	⋮	⋮
500	$10^3-1-500=499$	$10^3-500=500$
⋮	⋮	⋮
2	$10^3-1- 2=997$	$10^3-2 =998$
1	$10^3-1- 1=998$	$10^3-1 =999$
0	$10^3-1- 0=999$	$10^3-0 = 0$

2進数8桁(8ビット) : r = 2、n=8

N	値	(a) 1の補数	値	(b) 2の補数	値
0111 1111	127	$2^8-1-127 = 1000\ 0000$	-127	$2^8-127 = 1000\ 0001$	-127
0111 1110	126	$2^8-1-126 = 1000\ 0001$	-126	$2^8-126 = 1000\ 0010$	-126
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
0000 0010	2	$2^8-1 - 2 = 1111\ 1101$	-2	$2^8 - 2 = 1111\ 1110$	-2
0000 0001	1	$2^8-1 - 1 = 1111\ 1110$	-1	$2^8 - 1 = 1111\ 1111$	-1
0000 0000	0	$2^8-1 - 0 = 1111\ 1111$	-0	$2^8 - 0 = 0000\ 0000$	0
1111 1111	-1	$2^8-1-255 = 0000\ 0000$	0	$2^8-255 = 0000\ 0001$	1
1111 1110	-2	$2^8-1-254 = 0000\ 0001$	1	$2^8-254 = 0000\ 0010$	2
1111 1101	-3	$2^8-1-253 = 0000\ 0010$	2	$2^8-253 = 0000\ 0011$	3
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
1000 0001	-127	$2^8-1-129 = 0111\ 1110$	126	$2^8-129 = 0111\ 1111$	127
1000 0000	-128	$2^8-1-128 = 0111\ 1111$	127	$2^8-128 = 1000\ 0000$	-128

ビットの反転

1を加える

計算

10進数 2進数

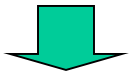
1	1
2	10
3	11
4	100
5	101
6	110
7	111
8	1000
9	1001
10	1010
11	1011
12	1100
13	1101
14	1110
15	1111
16	10000
.	.

加算

$$\begin{array}{r} 13 \\ + 7 \\ \hline 20 \end{array}$$

減算

$$\begin{array}{r} 13 \\ - 7 \\ \hline 6 \end{array}$$



$$\begin{array}{r} 13 \\ + 93 \\ \hline \cancel{1}06 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1101 \\ + 111 \\ \hline 10100 \rightarrow 20 \end{array}$$

2進数5桁

$$\begin{array}{r} 00111 \xrightarrow{\text{ビット反転}} 11000 \\ + 1 \\ \hline 11001 = -7 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1101 \\ + 11001 \\ \hline \cancel{1}00110 \rightarrow 6 \end{array}$$



Over Flow
(桁あふれ)

浮動小数点表示(IEEE754方式)

60221417900000000000000000000000 → $6.02214179 \times 10^{23}$

整数部分が1桁(ただし非ゼロ)になるように小数点を移動した表現

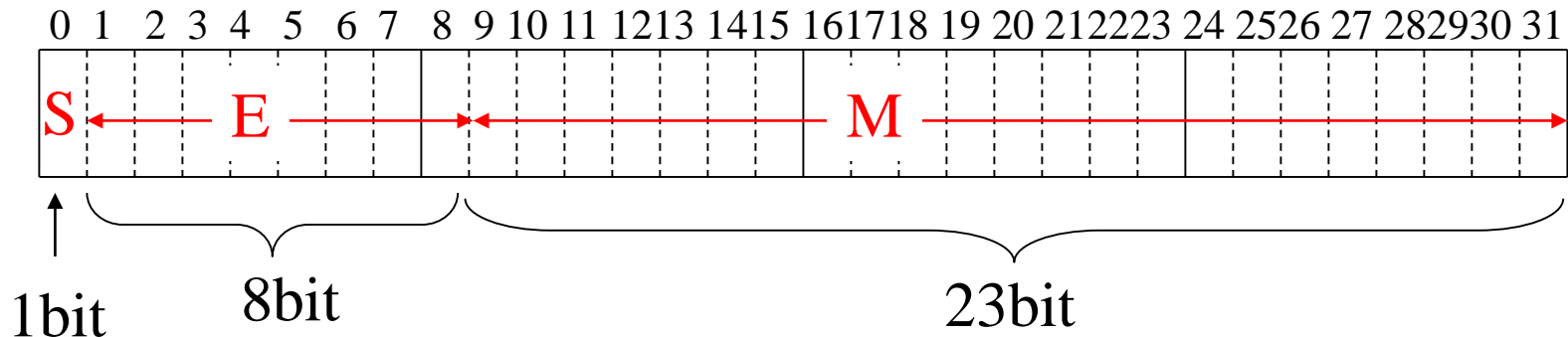
→ 11111111000011000011000100101110100110100001000101010001010001110000000000000000
(2進数79桁)

$$R = (-1)^S \times 2^{E-B} \times (1 + M)$$



- S**: 符号部 (sign: 負の数: 1、正の数: 0)
- E**: 指数部 (exponent)
- B**: バイアス (bias: 単精度: 127、倍精度: 1023)
- M**: 仮数部 (mantissa) → 「ケチ表現」

S=0
E=78+B=78+127=205=1100 1011
M=1111 1110 0001 1000 0110 001



文字の表現

資料

	モールス符号	記号	EBCDIC	16進数
a	- —	41	1100 0001	C1
b	— - - -	42	1100 0010	C2
c	— - — -	43	1100 0011	C3
d	— - -	44	1100 0100	C4
e	-	45	1100 0101	C5
f	- - — -	46	1100 0110	C6
g	— — -	47	1100 0111	C7
h	- - - -	48	1100 1000	C8
i	- -	49	1100 1001	C9
j	- — — —	51	1101 0001	D1
k	— - —	52	1101 0010	D2
l	- — -	53	1101 0011	D3
.
.

2進数8桁

16進数2桁

8bit=1byte

色々なコード

	ASCII	JIS	シフトJIS
A	41	2341	8260
B	42	2342	8261
C	43	2343	8262
D	44	2344	8263
E	45	2345	8264
F	46	2346	8265
G	47	2347	8266
H	48	2348	8267
I	49	2349	8268
J	4A	2350	8269
K	4B	2351	826A
・	・	・	・
ア	B1	2522	8341
イ	B2	2524	8342

EUC

(Extended Unix Code)

注

ASCII (アスキー)

(American Standard Code for Information Interchange)

EBCDIC (エビシディック)

(Extended Binary Coded Decimal Interchange Code)

(a) 8ビット JIS コード表

下位ビット				上位ビット	b8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
b4	b3	b2	b1		b7	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
行				列	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F		
0	0	0	0	0	NUL	TC ₇ (DLE)	SP	0	@	P	`	p	未 定 義	未 定 義	未定義	一	タ	ミ	未 定 義	未 定 義		
0	0	0	1	1	TC ₁ (SOH)	DC ₁	!	1	A	Q	a	q			。	ア	チ	ム				
0	0	1	0	2	TC ₂ (STX)	DC ₂	"	2	B	R	b	r			「	イ	ツ	メ				
0	0	1	1	3	TC ₃ (EXT)	DC ₃	#	3	C	S	c	s			」	ウ	テ	モ				
0	1	0	0	4	TC ₄ (EOT)	DC ₄	\$	4	D	T	d	t			、	エ	ト	ヤ				
0	1	0	1	5	TC ₅ (ENQ)	TC ₈ (NAK)	%	5	E	U	e	u			・	オ	ナ	ユ				
0	1	1	0	6	TC ₆ (ACK)	TC ₉ (SYN)	&	6	F	V	f	v			ヲ	カ	ニ	ヨ				
0	1	1	1	7	BEL	TC ₁₀ (ETB)	'	7	G	W	g	w			ア	キ	ヌ	ラ				
1	0	0	0	8	FE ₀ (BS)	CAN	(	8	H	X	h	x			イ	ク	ネ	リ			
1	0	0	1	9	FE ₁ (HT)	EM	)	9	I	Y	i	y			ウ	ケ	ノ	ル			
1	0	1	0	A	FE ₂ (LF)	SUB	*	:	J	Z	j	z			エ	コ	ハ	レ				
1	0	1	1	B	FE ₃ (VT)	ESC	+	;	K	[	k	{			オ	サ	ヒ	ロ			
1	1	0	0	C	FE ₄ (FF)	IS ₄ (FS)	,	<	L	¥	l	|			ヤ	シ	フ	ワ				
1	1	0	1	D	FE ₅ (CR)	IS ₃ (GS)	-	=	M	]	m	}			ユ	ス	ヘ	ン			
1	1	1	0	E	SO	IS ₂ (RS)	.	>	N	^	n	_			ヨ	セ	ホ	〃				
1	1	1	1	F	SI	IS ₁ (US)	/	?	O	_	o	DEL			ツ	ソ	マ	。				

(b) 7ビット ASCII 表

下位ビット				上位ビット	b7	0	0	0	0	1	1	1	1
					b6	0	0	1	1	0	0	1	1
b4				b3	b2	b1	列						
							行	0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	0	0	0	NUL	DLE	SP	0	@	P	`	p	
0	0	0	1	1	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q	
0	0	1	0	2	STX	DC2	"	2	B	R	b	r	
0	0	1	1	3	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s	
0	1	0	0	4	EOT	DC4	\$	4	D	T	d	t	
0	1	0	1	5	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u	
0	1	1	0	6	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v	
0	1	1	1	7	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w	
1	0	0	0	8	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1	0	0	1	9	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
1	0	1	0	A	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z	
1	0	1	1	B	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
1	1	0	0	C	FF	FS	,	<	L	\	l	|	
1	1	0	1	D	CR	GS	-	=	M	]	m	}
1	1	1	0	E	SO	RS	.	>	N	^	n	~	
1	1	1	1	F	SI	US	/	?	O	_	o	DEL	

16進ダンプ結果

元の文字

情報科学概論

Shift-JIS

8F EE 95 F1 89 C8 8A 77 8A 54 98 5F

EUC-JP

BE F0 CA F3 B2 CA B3 D8 B3 B5 CF C0

ISO-2022-JP

1B 24 42 3E 70 4A 73 32 4A 33 58 33 35 4F 40

UTF-8

E6 83 85 E5 A0 B1 E7 A7 91 E5 AD A6 E6 A6 82 E8 AB 96

UTF-16LE

FF FE C5 60 31 58 D1 79 66 5B 82 69 D6 8A

UTF-16BE

FE FF 60 C5 58 31 79 D1 5B 66 69 82 8A D6

文字コード

演習

1. 次の10進数を2進数(Binary)、16進数(Hexadecimal)、8進数(Octal)に変換しなさい。
① 4095 ② 2001 ③ 522 ④ 365
2. 符号付き8ビットで2進数で表すとき、最上位桁が1ならば負の数となる。10進数に変換する場合、その2に対する補数に“-”を付けた値となる。次の16進数を10進数で表しなさい。
① 8F ② 7F ③ AD ④ 34
3. 負の10進数 -123.45 を単精度IEEE754浮動小数点表示にすると、どのようなビット列(2進数)になるか。またこれを16進数(Hexadecimal)で表現しなさい。