

第6部 情報の仕組み

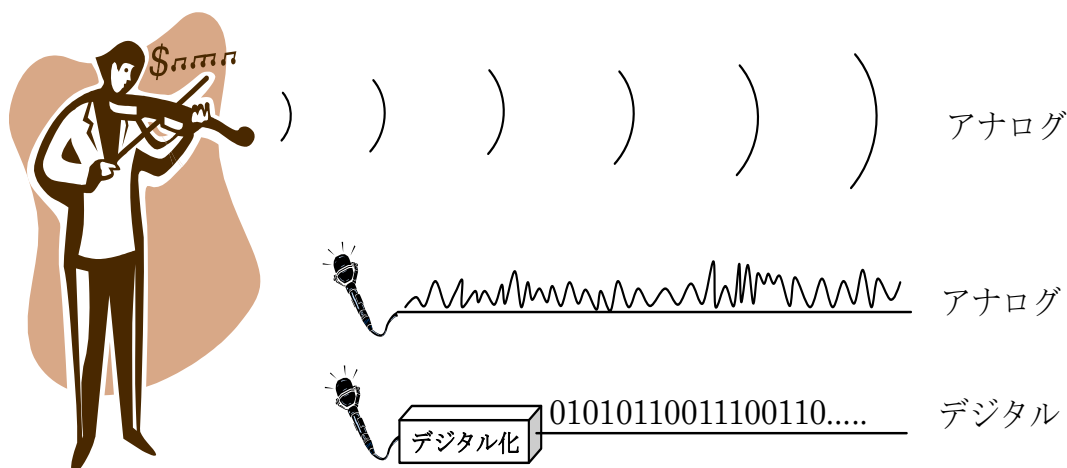
第23章 デジタル

- ✓ アナログとデジタル
- ✓ デジタル情報の保存方法
- ✓ 数のデジタル化 -2進法-
- ✓ 16進法

1. アナログとデジタル

かつて人の目から入る情報は、顔料、絵の具、インクによってパピルス、羊皮紙、紙といった**メディア**¹に描かれていたものであった。耳に入る情報といえば、風、雷、声帯やバイオリンなどから発せられた空気振動であった。自然界は原子という微小な粒子から成り立っているため、人にとってはその上で表現されるすべての情報が連続的に表現されているように感じる。このような自然にもともと存在する長さ、重さ、音波といった連続した存在を私達は**アナログ**と呼んでいる。

マイクなどで電気的に変換された情報であっても、電圧の高低のような連続変化を元に信号が構成されている場合はアナログである。私たちが昔から利用しているAM/FMラジオは、音の強弱の情報を電波の強さの連続変化として送受信しているためアナログである。



一方、コンピューターの世界に見られるように、0や1といった2種類の状態の情報からなる集合として変換された不連続な情報を**デジタル**と呼んでいる。

¹ メディア…情報を媒介するもの。紙、インク、本、CD、パソコンこれらはすべてメディアである。

アナログの情報をデジタル情報に変換することを**デジタル化**と呼ぶ。デジタル化された情報は、コンピューターで容易に加工や複製ができるし、ハードディスク、CD-ROMといったメディアに長期保存することができる。さらに、インターネットに代表される様々な通信技術を使って、全世界へ伝達することができる。そのため、現在ではあらゆる情報をデジタル化する試みがなされている。

2. デジタルについて学ぶこと

デジタルを理解するために本章以後4章かけて以下のことを学ぼう。

デジタル化とは（本第23章）

なぜ、現在、多くの情報機器や記録メディアが、アナログからデジタルに変換されているのか、その理由を学ぼう。さらに、デジタル化コンピューターの内部で扱われている数は、私たちのよく知っている10進法ではなく、0と1だけを使った2進法という方法で数を表現している。このデジタルの基礎としての2進法および16進法を学んでいこう。

文字をデジタル化すること（第24章）

この章では、情報の数え方、新しい単位として bit (ビット)を学ぶ。そして情報量の基本的な考え方や計算について学び、感覚を身に付けよう。

また、電子メールを遠くの人に送信するには、メールの文字をデジタル化しなければならない。文字がどうやって0と1だけの信号に変わるのだろうか。

メモ帳で書いたレポートがどのようにハードディスクや CD に保存されるのだろうか。文字と文章のデジタル化に関する仕組みを勉強しよう。

日本語文字をデジタル化すること（第25章）

この章では、7000種類もある日本語で使われるひらがな、漢字などがどのようにデジタル化されるかそのルールを学ぶ。そして、ファイルとして保存された文章のサイズに関する各種計算方法について学ぼう。

写真や音楽をデジタル化すること（第26章）

デジカメで写されるデジタル写真は、普通のカメラの写真と何が違うのだろうか。写真や画像をデジタル化する仕組みを理解しよう。

デジタル化された音楽は20年以上も昔から CD で行われており、馴染みが深いだろう。しかし、音楽がどうやって0と1で表現されてしまうのだろうか。

3. 広がるデジタル化

1953 年 2 月 1 日、日本放送協会 (NHK) の地上波アナログテレビ放送が開始されたが、2003 年 12 月 1 日、地上波デジタルテレビ放送が始まり、それに伴い、2011 年 7 月 24 日には地上波アナログテレビ放送が終わった。それに先駆け、1996 年 10 月 1 日には CS デジタル放送 (PerfecTV²)、2000 年 12 月 1 日からは BS デジタル放送が始まっている。

ほかにも、表 1 に掲げるように、今まで使用していた各種メディアが、急速にアナログからデジタルに移行している。なぜこんな急ピッチでデジタル化が行われているのだろうか。それは、デジタルにはアナログに比べてメリットがたくさんあるからだ。

表 1 情報機器やメディアのアナログからデジタルへの移行の例

目的	アナログ	デジタル
音楽を聴く	レコードプレーヤーとレコード	CD プレーヤーと CD、パソコンと CD、パソコンとウェブ
音楽を録音する	カセットデッキとカセットテープ	携帯音楽プレーヤーとハードディスクやフラッシュメモリー
写真を撮る	カメラとフィルム	デジカメとフラッシュメモリー
テレビ放送を見る	テレビ	地上波デジタル対応テレビ
家で映画を見る	ビデオデッキと VHS テープ	DVD プレーヤーと DVD、Blu-ray Disc、HD DVD。あるいは、パソコンと DVD
テレビ番組を録画する	ビデオデッキと VHS テープ	ハードディスクレコーダとハードディスク、DVD レコーダと DVD±R/±RW/-RAM
文字情報を読む	書籍、新聞	パソコンとウェブ、電子書籍
電話をする	アナログ回線による一般加入電話	IP 電話、携帯電話 ³ 、スマートフォン

² 現在は SkyPerfecTV と呼ばれている。

³ 第 1 世代にはアナログの携帯電話サービスがあったが、日本では終了している。

4. デジタル化のメリット

デジタル化することのメリットは以下のように多岐にわたる。

- ・ 変換・複製が容易。

デジタル情報はコンピューターで扱うことができるため、各種変換や複製を取ることが容易にできる。

- ・ CD/DVD といったメディアに長期保管できる。

光ディスクは、磁気テープやフロッピーよりも経年劣化が起きにくく、CD は 20 年程度、DVD は 30 年程度保管することが可能。

- ・ 通信や再生時に妨害電波や雑音に強い。

通信中の信号が少々乱れても容易に修正ができる。

デジタル放送では画像の乱れが少なく、鮮明な映像を見ることができる。

ボイジャーが木星や土星から鮮明な画像を送ることさえできた。

- ・ より多くの情報の通信ができる。

1本の電話線で何十人もの人が同時に会話できる。

多チャンネル化やハイビジョン放送が実現されるほど一度に多くの情報を送ることができる。

CD並みの高音質の音声を放送することができる。

もちろん、アナログにはアナログの良さがある。音なら緻密な再生音、強大な迫力、スケール感、さらにハーモニー感、音楽性、その繊細感はアナログが勝る。もっとも、再生する機器もアナログである必要がある。また、画像も微妙な表現はアナログでなければ表せない。

保管を考えると、写真なら色あせてしまうかもしれないが見ることはできる。しかし、デジタル化された情報を格納するメディアは規格の変更が頻繁に起こるため、ある特定のメディアに格納されたデジタル情報が将来閲覧できるかはわからない。デジカメで撮影した写真は50年後見ることができるだろうか。DVD の規格は多種混在で、どれが生き残るか見当がつかない。購入したDVD の映画は、50年後にそれを再生できる機械があるのだろうか。また、保管に対する安心感も異なる。デジタル情報は、パソコン操作一発で消えてなくなる可能性があるが、アナログは、そう簡単に消せるものではない。

5. 数のデジタル化

まず私達になじみのある 10 進数について考え方を整理しておこう。人間の手の指は左右あわせて 10 本あるため、物の数を数えるのにこの 10 という量を基準にしたと考えられている。10 種類のアラビア数字 0 ~ 9 を使って数を数え、10 個になったら一つ桁を上げて表記していく。このような 10 を基準とした数の表記方法を **10 進法** といひ、10 進法で表記された数を **10 進数** といふ。この基準となる数が 2 の場合が **2 進法**、16 の場合が **16 進法** となる。

2 進法による数の数え方の基本は、使用する記号が **0** と **1** で、数えて 2 になったら桁を一つ繰り上げることである。

- 最初は **0**
- 一つ増えて **1**
- もう一つ増えると 2 になるが、記号がないので、桁上がりをして **10**(イチゼロ)
- もう一つ増えて **11**(イチイチ)
- もう一つ増えると、2 回目の桁上りが起きて **100**(イチゼロゼロ)

CPU は、10 進数計算ができない。計算のために与えられる数は 2 進数でなくてはならないし、また、命令も 2 進数で与える。例えば二つの数の足し算を行うとき、**足せ** という命令も 2 進数で与え、二つの数も 2 進数で与える。計算結果も 2 進数で返って

表2 2進法による数の表記

空欄は自分で埋めよう

10進数		2進数
0		0
1		1
2	桁上がり	10
3		11
4	桁上がり	100
5		101
6		
7		111
8	桁上がり	1000
9		
10		1010
11		1011
12		
13		1101
14		
15		1111
16	桁上がり	10000
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		
31		
32	桁上がり	
33		
34		

くる。このように2進数はコンピューターの根幹をなす重要な表現方法である。

人間がコンピューターに命令を発するとき、人間にとってわかりやすい10進法を使えばよい。ソフトウェアやOSが自動的に2進数に変換してCPUへ伝達してくれるからである。しかし、コンピューターのことをよりよく知り、使っていくためにも2進数の理解をしておく方がよい。

6. 2のn乗(2ⁿ)

先ほど自分で完成させた2進数の表をよく観察してみよう。いろいろな規則性に気が付くと思う。例えば、10進法で8は2進法では1000₂、その2倍の16は2進法では10000₂と、0が一つ増えていることがわかる⁴。ほかにも、5は101₂、10は1010₂という具合に、2倍となる数は0が右に一つ増えている。

10進数では、10倍になると0が一つ増えるのだから、2進法では、2倍になると0が一つ増えるのは考え方として自然である。

右表のように順に見ていくと、1の2倍の2は10₂、さらに2倍の4は100₂、さらに2倍の8は1000₂、さらに2倍の16は10000₂、さらに2倍の32は100000₂、さらに2倍の64は1000000₂である。このように、2進数では、ちょうど2×2×・・・となる値のときに、100・・・0というきれいな並びになる。この性質はとても重要である。

n乗とは、同じ数をn回かけることを意味する。2×2×2を2³と表記して、2の3乗と読む。このn乗表記を使うと、2進数の性質を以下のように書ける。

表3 2ⁿ

n	2 ⁿ の10進表記	2 ⁿ の2進表記
0	1	1
1	2	10
2	4	100
3	8	1000
4	16	10000
5	32	100000
6	64	1000000
7	128	10000000
8	256	100000000
9	512	1000000000
10	1024	10000000000
11	2048	100000000000
12	4096	1000000000000
13	8192	10000000000000
14	16384	100000000000000
15	32768	1000000000000000
16	65536	10000000000000000

2ⁿを2進数で表記すると $10 \cdot \cdot \cdot 0$ となる
} n個の0

⁴ 今後2進数と10進数が混乱しないように、教科書では、2進数で表記するときは右下に小さく2と表記することにする。

7. 10進数から2進数への変換

10 進数を2進数に変換するには、10 進数の0から16までの数程度であれば規則性から簡単に変換できるし、覚えることもできる。しかし、大きい数になると、この方法では難しい。もっと効率の良い計算方法がある。

[機械的に変換する方法(割り算法)]

ここでは規則的なルールを繰り返して2進数を導き出す方法を説明する。10 進数の数をひたすら2で割ってその商と余りを順に書いていく方法である。

例えば、241 という 10 進数を2進数に直す場合、以下のように記載する。

$$\begin{array}{r}
 2 \) \ 241 \\
 \underline{2 \) \ 120} \ \dots \ 1 \\
 \underline{2 \) \ 60} \ \dots \ 0 \\
 \underline{2 \) \ 30} \ \dots \ 0 \\
 \underline{2 \) \ 15} \ \dots \ 0 \\
 \underline{2 \) \ 7} \ \dots \ 1 \\
 \underline{2 \) \ 3} \ \dots \ 1 \\
 \underline{2 \) \ 1} \ \dots \ 1 \\
 0 \ \dots \ 1
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{c}
 \uparrow \\
 241 \Rightarrow 11110001_2 \\
 \rightarrow
 \end{array}$$

241 を 2 で割った余り1が 2 進数の 1 桁目になり、その商 120 をさらに 2 で割った余り0が2進数の 2 桁目となる。これを繰り返して、商が0になったら、その余りが2進数の最上位桁となる。

[発展] 上記計算の理由

上記の計算のように、数を 2 で割るということは、2 進数で考えると一番右から 1 桁ずらして、右へ追いやることを意味している。数を2で割ることによって、2進数の下の桁から順に判明していくわけである。

2 進数	÷2=	商	余り
11110001	÷2=	1111000	1
1111000	÷2=	111100	0
111100	÷2=	11110	0
11110	÷2=	1111	0
1111	÷2=	111	1
111	÷2=	11	1
11	÷2=	1	1
1	→	→	1

[考えながら変換する方法(引き算法)]

表3の、2の n 乗(2^n)がすぐに答えられる人には以下の計算方法が速い。

(例)241を2進数表記することを考える。

$$\begin{array}{r}
 241 \\
 \underline{2^7 \quad 128} \\
 113 \\
 \underline{2^6 \quad 64} \\
 49 \\
 \underline{2^5 \quad 32} \\
 17 \\
 \underline{2^4 \quad 16} \\
 1 \\
 \underline{2^0 \quad 1} \\
 0
 \end{array}$$

したがって

$$241 = 2^7 + 2^6 + 2^5 + 2^4 + 2^0 \\
 \Rightarrow 11110001_2$$

手順1:241以下の最小の 2^n は $2^7=128$ 。だから、これを引いた残りは、113。

手順2:113以下の最小の 2^n は $2^6=64$ 。だから、これを引いた残りは、49。

手順3:49以下の最小の 2^n は $2^5=32$ 。だから、これを引いた残りは、17。

手順4:17以下の最小の 2^n は $2^4=16$ 。だから、これを引いた残りは、1。

手順5:1以下の最小の 2^n は $2^0=1$ 。だから、これを引いた残りは、0。

以上で、241が 2^7 、 2^6 、 2^5 、 2^4 、 2^0 から構成されていることがわかる。つまり、 $241=2^7+2^6+2^5+2^4+2^0$ である。 2^0 は1であり、1桁目が1になる。 2^4 は16であり、10000₂と表記されるため、5桁目が1になる。同様に、8、7、6、5、1桁目が1になるので11110001₂となる。

8. 2進数から10進数への変換

2進数で1000ぐらいまでなら、覚えたほうが早い。それ以上桁数が多い場合は、以下のような計算で簡単に変換可能だ。 2^n が10進数でいくつになるかは表3を見るとよい。

$$\begin{aligned}
 11011_2 &= 10000_2 + 1000_2 && + 10_2 + 1_2 \\
 &= 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 \\
 &= 16 + 8 + 0 + 2 + 1 \\
 &= 27
 \end{aligned}$$

9. 16進法

数字 10 種類に、アルファベット6文字(A~F)を加え全 16 文字を使った 16 進法がある。右に 1~32 までの数の対応表を載せる。2進数あるいは01列はコンピュータが情報を扱う基本であるが、人間にはとてもわかりにくい。そこで、容易に相互変換ができる 16 進数が、01列を紙面や画面に記載する代わりによく使われている。

2 進法~16 進法間の変換は大変簡単である。2 進数を下の桁から 4 桁ずつとると、それが一つの 16 進数に対応付けができる。逆も同じで、16 進数1文字は、必ず 4 桁の 2 進数に置き換えられる。

(例 16 進→2 進)

16 進数の 85F3 という数を、2 進数に直すには、表を使って上から1文字ずつ 4 桁の 2 進数に置き換えていけばよい。8→1000, 5→0101、F→1111、3→0011 となるので、85F3 を 2 進数で表すと、1000010111110011 となる。

(例 2 進→16 進)

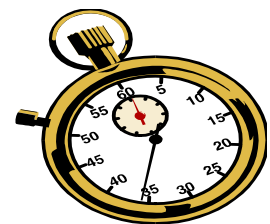
2 進数 1100101011011 を 16 進数に直す。まず下から 4 桁ずつ区切る。1|1001|0101|1011。それぞれを 16 進数に置き換えると、1|9|5|B。したがって、16 進数では 195B となる。

10. [発展] 60進法

時間や角度は 60 進法によって計算されることがある。時間の 60 秒で1分、60 分は 1 時間である。角度の 1° は 60' で表し、1' は 60" で表す('を分、"を秒と読む)。古い天文学の本では、時間や角度だけでなく、長さもすべて 60 進法で計算されている。

2 進 - 10 進 - 16 進
対応表

2進数	10 進数	16 進数
0	0	0
1	1	1
10	2	2
11	3	3
100	4	4
101	5	5
110	6	6
111	7	7
1000	8	8
1001	9	9
1010	10	A
1011	11	B
1100	12	C
1101	13	D
1110	14	E
1111	15	F
10000	16	10
10001	17	11
10010	18	12
10011	19	13
10100	20	14
10101	21	15
10110	22	16
10111	23	17
11000	24	18
11001	25	19
11010	26	1A
11011	27	1B
11100	28	1C
11101	29	1D
11110	30	1E
11111	31	1F
100000	32	20



演習

1 アナログのメリット、デジタル化のデメリットをあげよ。

2 私たちの身近にあるデジタル情報をあげよ。

3 空欄をそれぞれ10進数、2進数、16進数に変換し、埋めなさい。

10進数	2進数	16進数
195		
538		
	10110101	
	10101101010	
		A7
		4E2

4 (発展)関数電卓を使って2進数の計算をする

Windows の電卓を利用すると、2進数や16進数を使った計算や、10進数と2進数間の変換などが容易にできる。

1. スタート/すべてのプログラム/アクセサリ/電卓を起動する。
2. 表示メニューから、「プログラマ」を選ぶ。
3. 左側を選ぶと、表示が変わる。
4. 例えば、10進にしておいて100と入力後、2進を選ぶと「1100100」と表示が2進数になる。

