

## 1. 本日の授業のテーマ

本日の授業のテーマは、以下のとおりです。

### ビットと情報

- ・情報の単位であるビットとは何かを説明
- ・いろいろな情報がビットであらわせることを説明

本日の授業のゴールは、以下のとおり。

- ・ビットという単位で情報の量を表すことが理解できる。
- ・情報の量の計算ができる。

## 2. ビットと情報

### 2.1 情報とは、何だろう

国語辞典(大辞林)によると

- (1) 事物・出来事などの内容・様子。また、その知らせ。
- (2) ある特定の目的について、適切な判断を下したり、行動の意志決定をするために役立つ資料や知識。
- (3) 機械系や生体系に与えられる指令や信号。例えば、遺伝情報など。
- (4) 物質・エネルギーとともに、現代社会を構成する要素の一。

英語では information

IT: information technology

抽象的で良くわからない。そこで、実際に計算してみよう。

### 2.2 ビットと情報

ここにコインが1枚あります。これは、裏か表かのどちらかの状態を取ります。この裏か表か、どちらかを表した場合、情報となります。この2つの状態の1つを表すことができる情報量1ビットと言います。したがって、1bitは2つの状態のどちらかを表すことが出来ます。

bitは情報の単位です。これ以上分割は出来ません。原子みたいなものです。0.5 bitは、ありません。ただし、0bitはあります。これは、情報がない状態です。

教科書に書いてある、2つのうち1つの状態を取るもの、すなわち、1bitを表すことが出来るものは、

- (1) 電流が流れているか、いないか  
→ コンピューターの中では、電圧が0か5V
- (2) 磁化の方向がNかSか(磁化されているか、いないか)  
→ フロッピーディスクやハードディスク
- (3) 電化がたまっているか、いないか  
→ コンピューターのメモリー
- (4) 受光できたか否か  
→ 光通信、CD

です。これら、すべて情報を表すために、使われています。まだまだ、いろいろ情報を表すものはありますが、ここまでにしておきます。

では、次にここに2つのコイン(異なるコインを使うこと)があります。このコイン2つで何個の状態を表すことが出来るのでしょうか？。

わかる人、手を上げてください。

手を上げる人が、いなかった場合、

- ・1通りだと思う人
- ・2通りだと思う人
- ・
- ・
- ・
- ・9通りだと思う人
- ・10通りだと思う人

理由を開きたいですが、時間もないので、実際に試して見ましょう。

	10円玉	500円玉
1通り目	裏	裏
2通り目	裏	表
3通り目	表	裏
4通り目	表	表

そうです。ちょうど4通りの場合があります。ここでは、コインが2つ有ったので、2bitsです。2bitsでは4通りの状態を表すことが出来るのです。各々、10円玉と500円玉は2通りの状態があります。そして、それが2個あるためです。

$$2\text{bitsの状態の数} = 2 \times 2$$

簡単でしょう。それでは、

3bits ではどうでしょう。	8通りです。
4bits ではどうでしょう。	16通りです。
5bits ではどうでしょう。	32通りです。

これまでの経験から、ビットとそれが表す状態の数の関係がわかったと思います。それを式で書くと、どうなるのでしょうか？。

$$\begin{aligned} N \text{ bitで表せる状態の数} &= 2 \times 2 \times 2 \times \dots \times 2 \\ &= 2^N \end{aligned}$$

そうです。簡単でしょう。

## 2.3 情報を表すのにビットを用いる例

### 2.3.1 これまでの復習

1つコインの裏か表のように、2つの状態の可能性があつて、そのうち1つの状態を表すのに1bit必要であることが理解できたと思います。コイン2枚の場合、4つの可能性があつ

て、そのうちの1つの状態を表すためには、2bits 必要です。

- ・コイン3枚 8通りの可能性の場合 3bits
- ・コイン4枚 16通りの可能性の場合 4bits
- ・コイン5枚 32通りの可能性の場合 5bits

コイン1枚の裏表を表すのに1bit 必要です。各々区別がつく、N枚のコインの場合、その裏/表を表すするには、N bit 必要です。その、状態の数は、 $2^N$ 通りあります。

### 2.3.2 正8面体サイコロの例

通常の正6面体のサイコロでは、都合が悪いので、正8面体のサイコロを考えます。1~8の数字が書いてあるサイコロです(下の図)。

[Q] この8面体のサイコロの状態を示すのに、何ビット必要でしょうか?

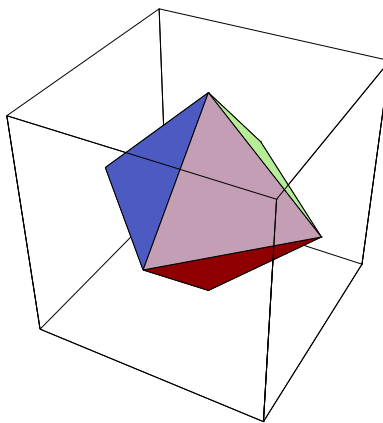
[A] そうです。3bit 必要です。

一つの8面体サイコロは、8通りの状態があります。したがって、 $2^3=8$ で、3ビット必要になります。

[Q] このサイコロを100回振ります。それを記録するのに、何ビット必要ですか?

[A] そうです。300bit 必要です。

3bit が100個必要なので、300bit 必要です。



[余談]

正多面体は、プラトン(BC 427~347)が研究したことから、プラトンの立体と呼ばれることがあります。正多面体は5種類(4, 6, 8, 12, 20)しかなく、そのことはピタゴラス(BC 580頃~BC 500頃)らによって証明されたらしい。

その頃、日本は縄文時代で、漁や狩の暮らしです。これほど昔に、ギリシャでは高度な数学が発展していたことには驚きです。

### 2.3.3 皆さんの体重を記録するためには

次にこのクラス全員の体重を記録するために、必要なビット数を考えましょう。一人の人が取りうる体重の状態の数は、無限にあります。なぜならば、体重は連続量だからです。

そこで、1kg 単位で体重を考えることにしましょう。小数点の一桁目を四捨五入しましょう。

(例)            63.141592654・・・            → 63 kg

ビット数と場合わけの数は、

ビット数	場合数
5	32
6	64
7	128
8	256

となります。

7ビット有れば、一人の体重を 1kg 単位で表すことが出来ることがわかるでしょう。

[Q] クラス 40 人とする、全員を記録するためには、何ビット必要でしょうか?

[A] そうです。280bit 必要です。

7bit が 40 人分必要なので、280bit 必要です。

この記録表には、最大 0.5kg の誤差があります。これを量子化誤差といいます。体重のような連続量であるアナログデータをビットで表すデジタルデータに変換した場合、少なからず誤差があります。量子化誤差とはこの誤差のことです。

#### 2.3.4 音楽用 CD

次に例は、音楽用 CD です。みなさんも知っての通り、音楽用 CD はデジタルデータが記録されています。

音楽用 CD の記録方法は、

- 44.1kHz サンプリング
- 16 bits 分解能
- 左右スピーカー独立のステレオ録音

1 時間の音楽の情報量は、

$$16 \times 44.1 \times 10^3 \times 2 \times 3600 = 5.08 \times 10^9$$

である。約 50 億ビットである。

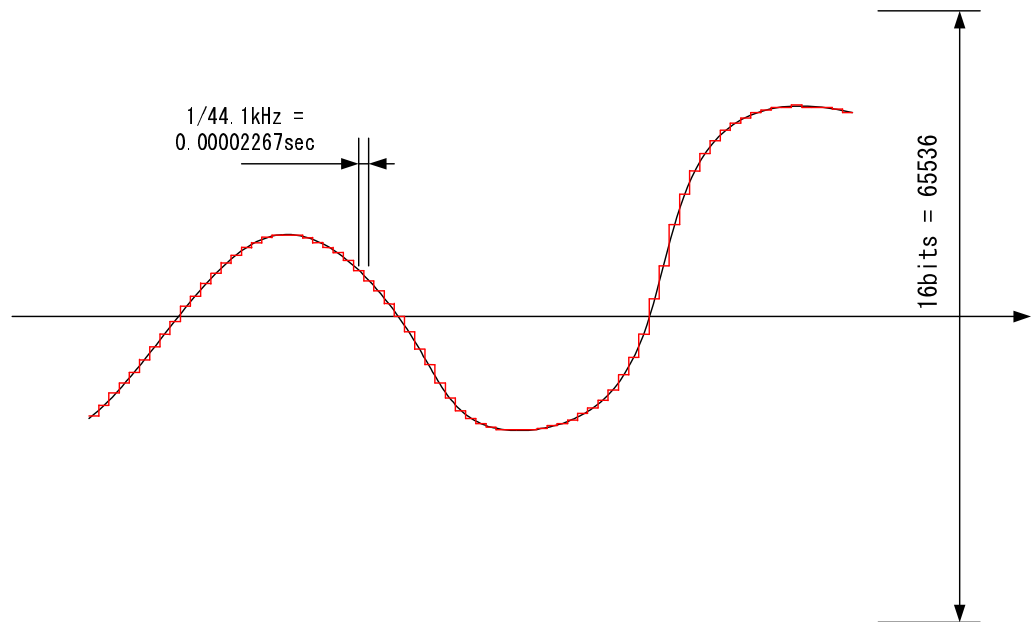
ここで、補助単位として、以下を使う。

$$\begin{aligned} 8 \text{ bits} &= 1 \text{ byte (バイト)} = 1 \text{ B} \\ 1 \text{ kB (キロバイト)} &= 2^{10} \text{ byte} = 1024 \text{ byte} \\ 1 \text{ MB (メガバイト)} &= 2^{10} \text{ kB} = 2^{20} \text{ byte} = 1048576 \text{ byte} \\ 1 \text{ GB (ギガバイト)} &= 2^{10} \text{ MB} = 2^{30} \text{ byte} = 107374182 \text{ byte} \end{aligned}$$

すると、音楽用 CD 1 枚の情報量は、

$$\frac{5.09 \times 10^9}{8} = 6.35 \times 10^8 \text{ byte} = 605 \text{ MB}$$

となる。



CD-R、1枚が700MB程度である理由がわかる。音楽用CDがまるまるコピーできる容量がある。605MBより、多く必要なのは、誤り補正の情報に加わっているからである。