

デジタルとアナログって、何が違うの？

デジタルの代表は CDやDVD。

データは、数値の連続で表している！

デジタル信号は、外部の雑音に左右されない！

アナログの代表は レコードやビデオテープ。

データは、信号の強弱で表している。

信号の強弱は、外部の雑音を拾ってしまう。

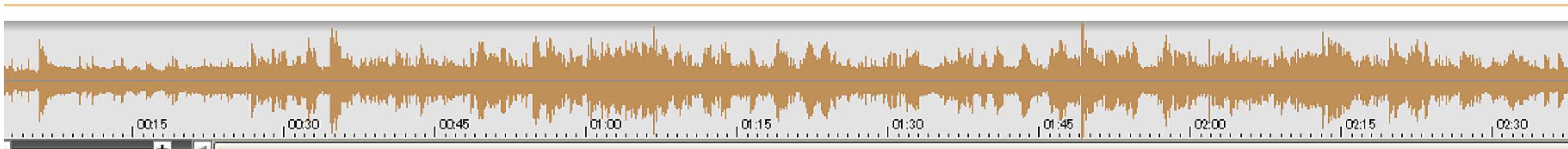
。

2021/3/24 (水)
易しい科学の話

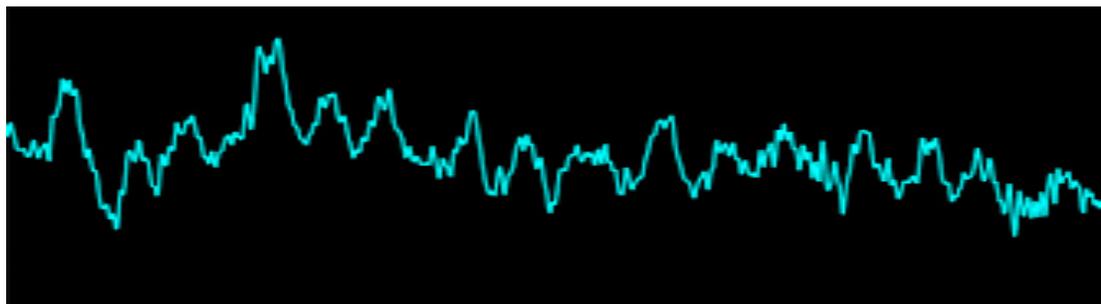
CDよりレコードの方が
音がいいというのは本当？

吉岡 芳夫

カラオケの歌の波形 音波をマイクロホンで、電気的な信号（波形）に変換したもの



一部を拡大するとこんな波形 レコードは、このまま溝に刻む



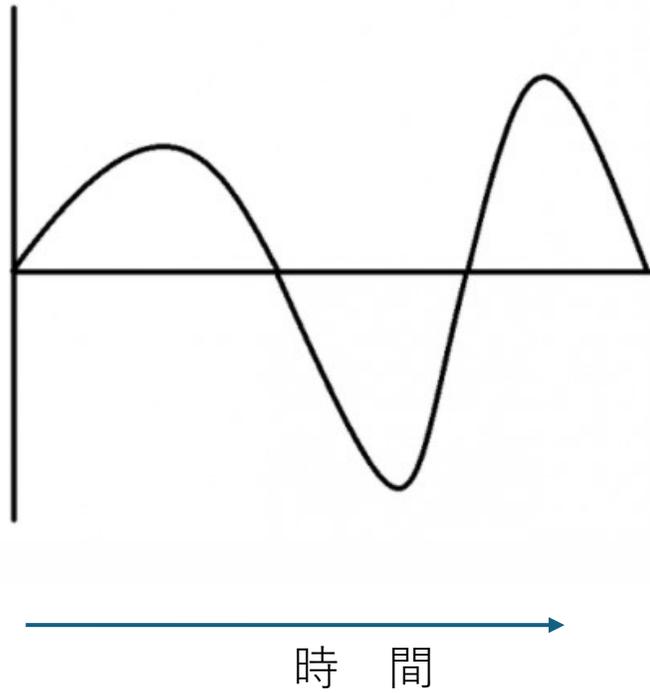
CDは、これを数値の羅列にして記録する
(数値化する)

レコードの溝の例



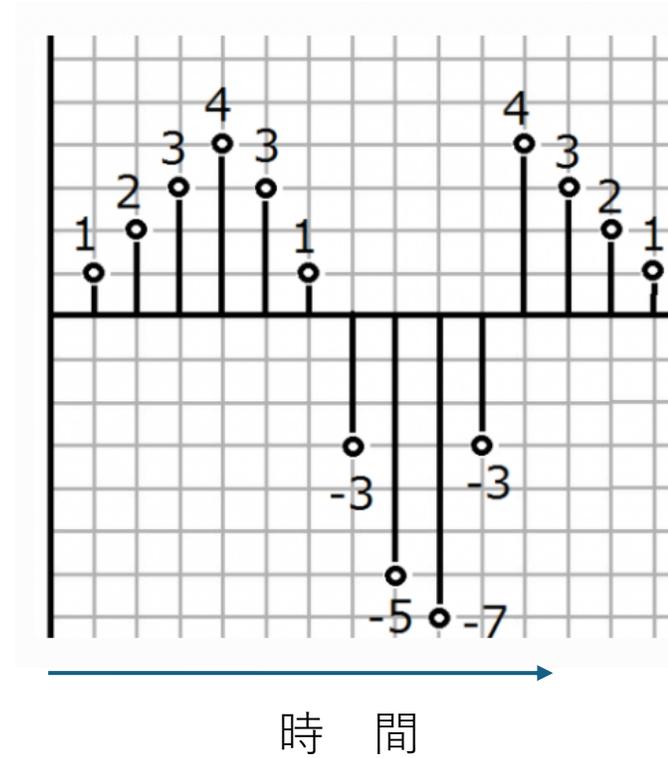
音をどのようにして、数値化するのかな？

アナログ波形



レコードの記録法

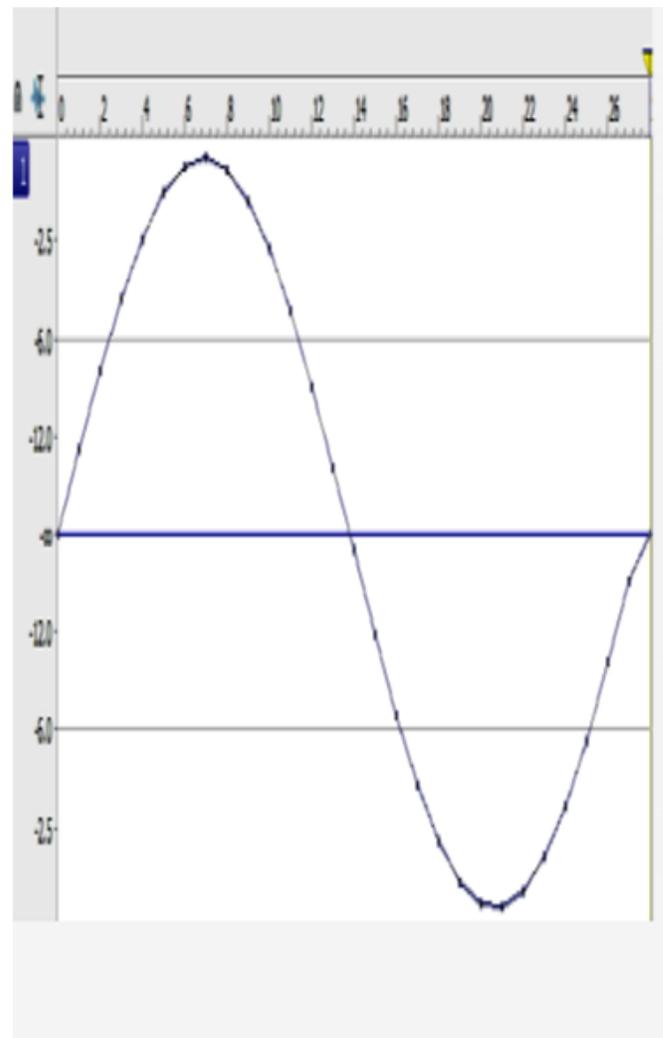
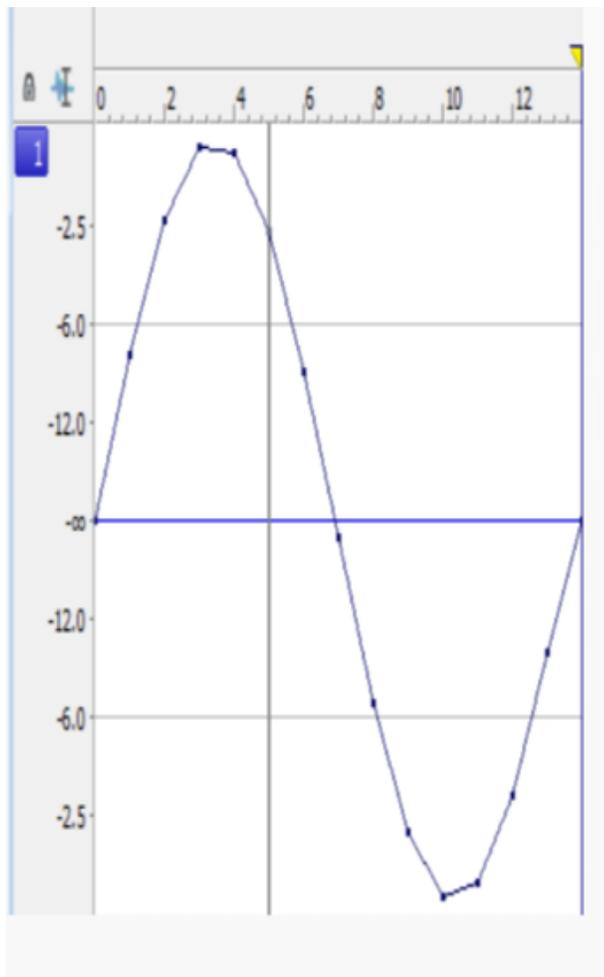
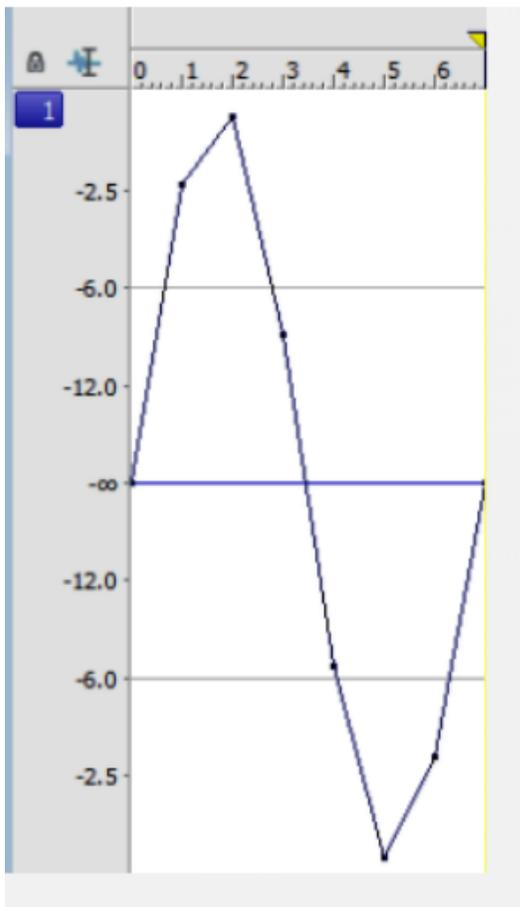
デジタル化



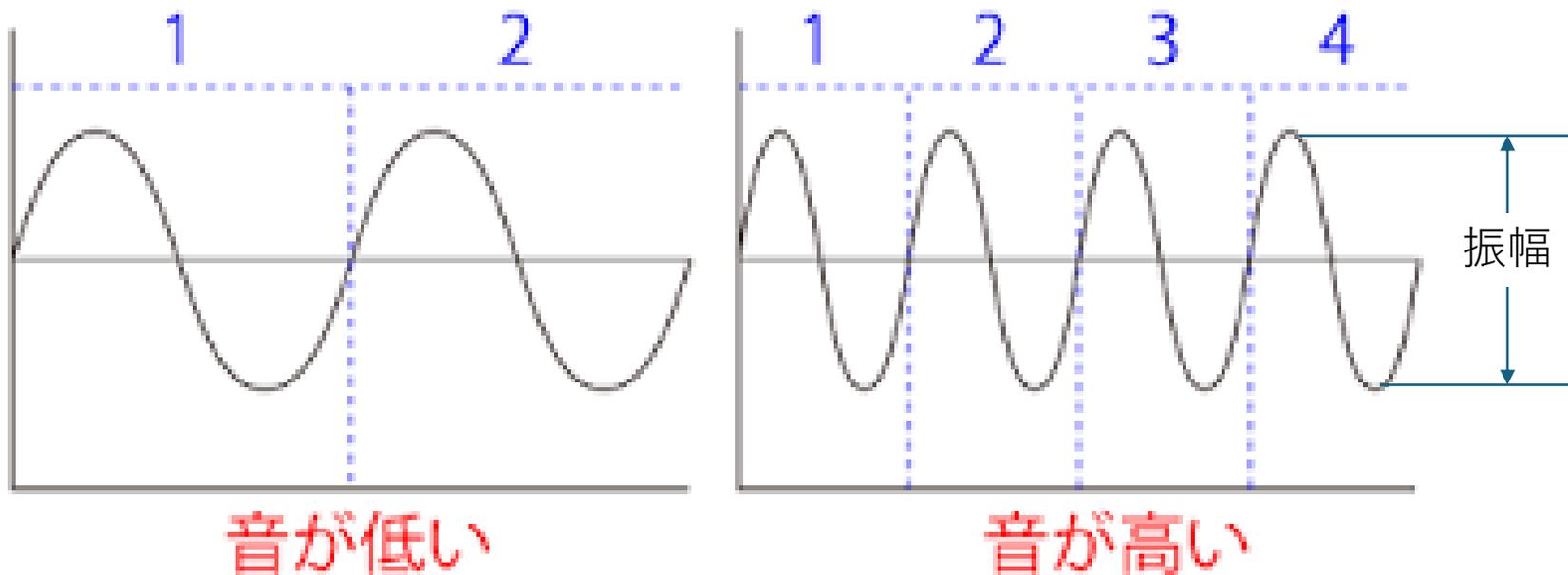
CDの記録法

上図では「1、2、3、4、3、1、-3、-5、-7、-3、4、3、2、1」と数値化されています。

数値を読み取る間隔を短くするほど、波形を正確に表現できる (サンプリングレートという)



波の高さを、細かく読み取るほど、波形を正確に表現できる。
16ビットでは、65536分割迄。 8ビットだと、256分割まで。



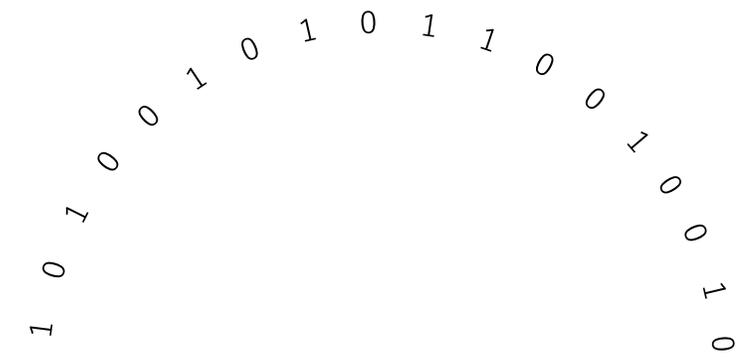
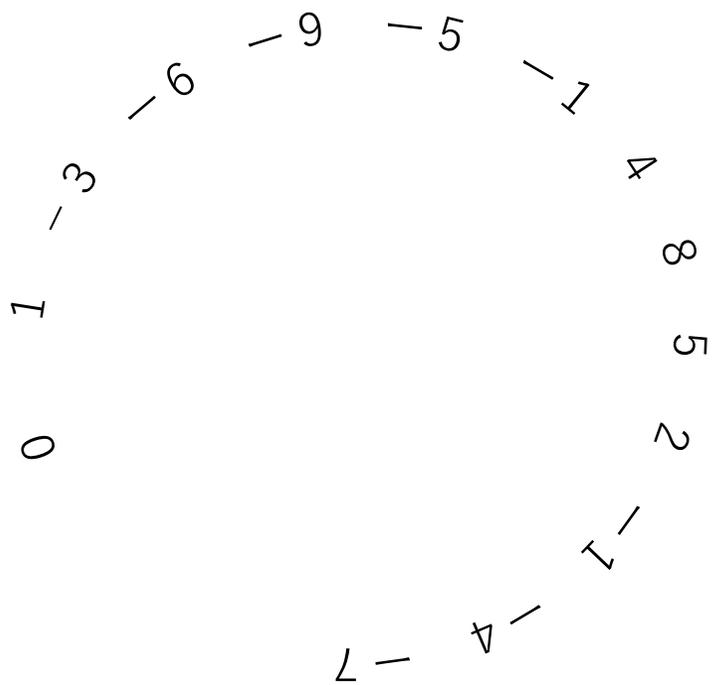
音の大きさは、
振れ幅が大きい。
(振幅が大きい)

高い音は、
周波数が大きい

高い音ほど、サンプリングレートを早くしなければならない。
CDでは、20 kHzまでサンプリングできるようにしている。

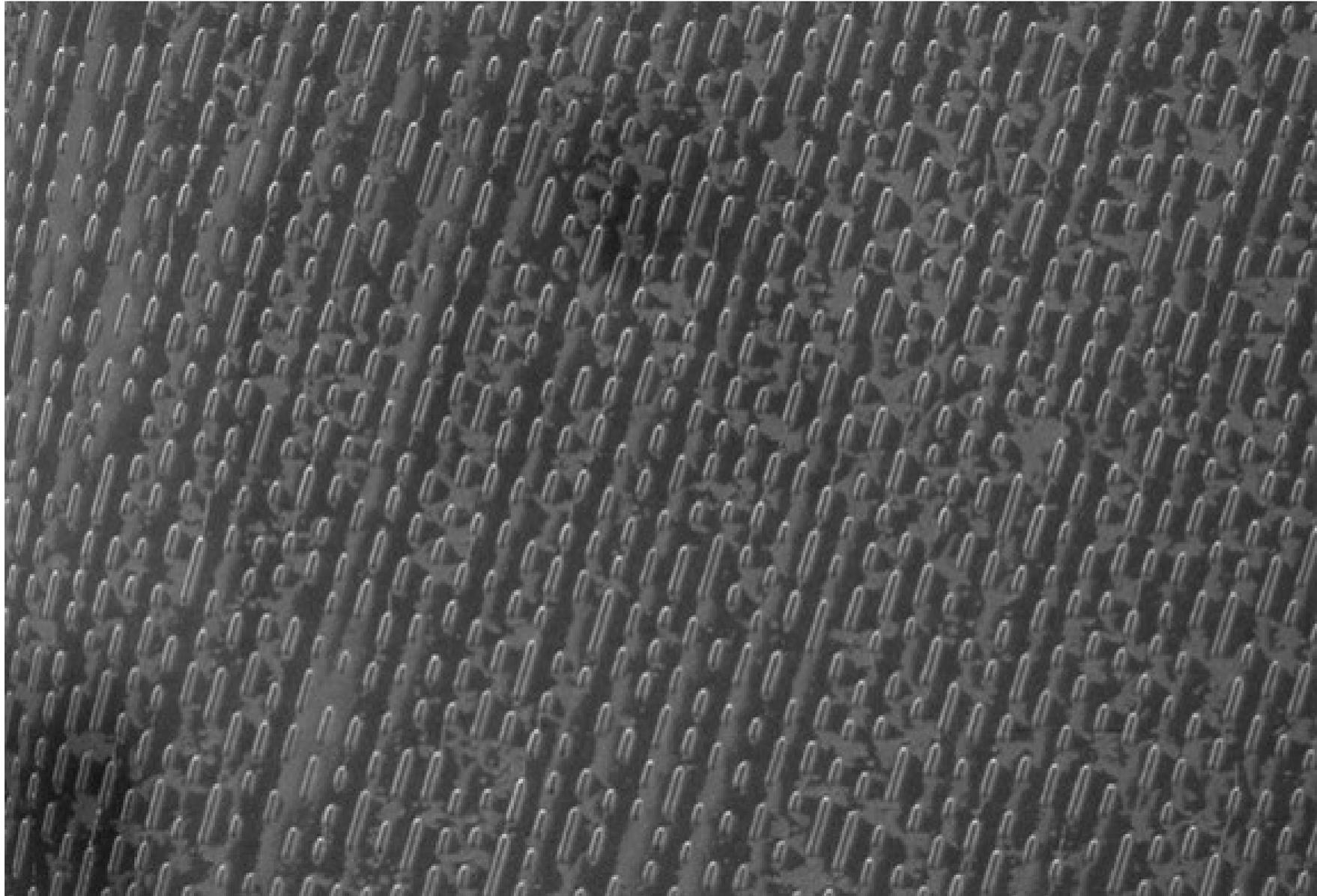
CDとレコードの最大の違いは？

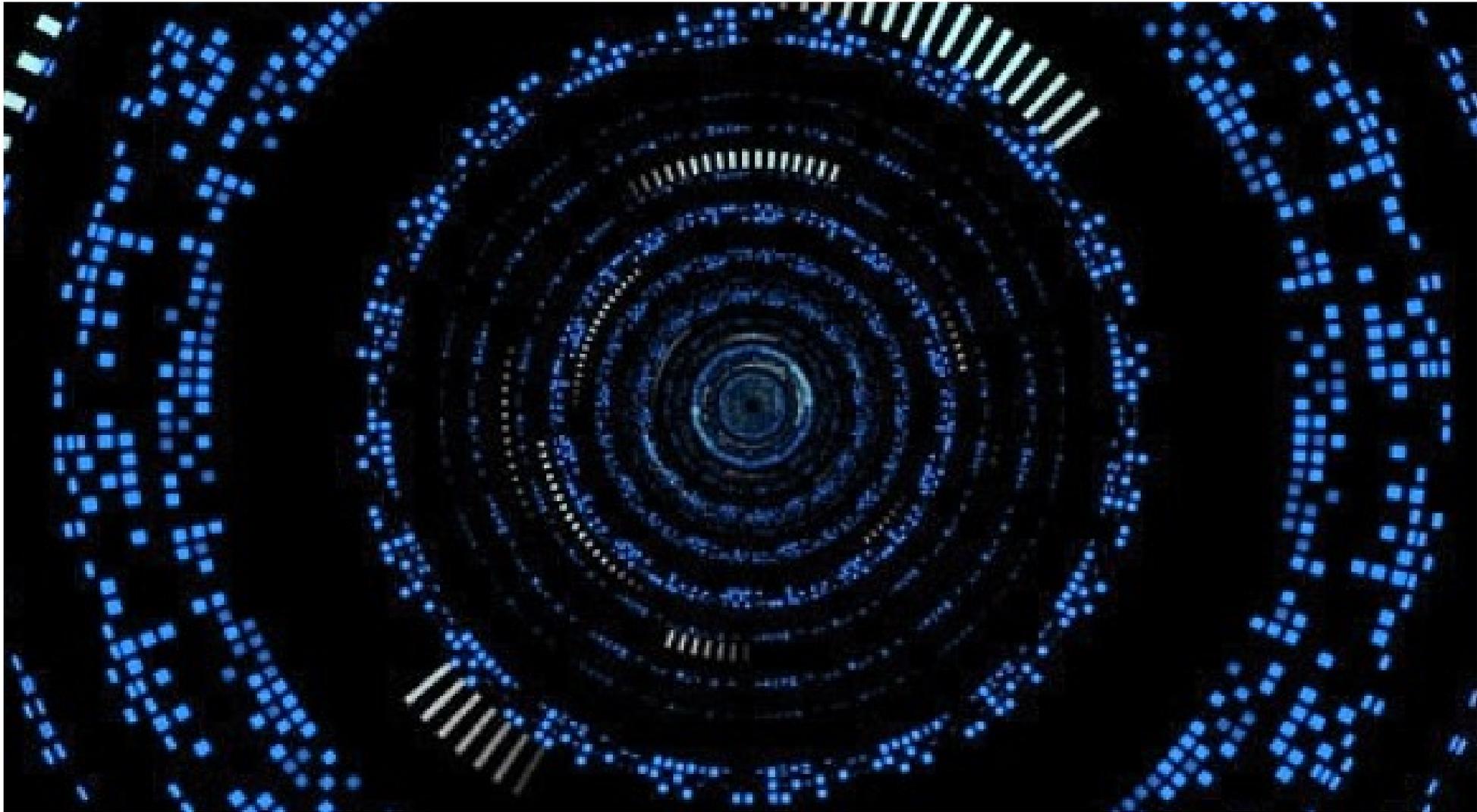
- それは、データの記録方法が、CDはデジタル（数値を記録）、レコードはアナログ（波形を記録）という点です。
- CDでは、音の大きさを瞬間瞬間に取り取って、それを数値としてディスクに記録します。
- 再生は、ディスクを回転させ、並べてある数値を読み込んで波形を再現します。
- すなわち、CDでは、音をとびとびに拾って記録するので、すごく早く変化する音を正確に記録することができません。
- 記録できる音の周波数は、一秒間に20万個の間隔で記録すると、2万ヘルツ程度です。それ以上の周波数の音は人間に耳には聞こえません。
- レコードは、音をそのまま波形として記録し、それをそのまま音として再生するため、デジタル変換をしたら失われてしまう細かい質感も再現できます。
- 温かみのある空気感まで録音・再生できるのが、レコードならではの魅力です。



音をサンプリングして数値化しても、上の図のようにディスク上に、数値を並べて記録したり、読んだりすることは困難。
CDでは、1と0しか使わない2進法の数列に変換して記録する。
では、二進法とは？

CD上に焼き付けられる小さなドットの様子





では、CDのディスクに音の波形を読み取った数値を
どのようにして書くのでしょうか？

- CDの上に、1, 2, 3といった数字を書き込む方法では、限られたディスクの面上に、多数の数字をならべて書き込むことはできません。また、もし書き込めたとしても、再生するときに瞬時に正しく数字を読みだすことはできません。。
- しかし、2進法といって、数字を1と0の数字だけを並べてあらわす方法を使えば、ディスク上に1と0を並べて記録するだけ音の大きさを表す数値を記録することができます。
- 実際には、1と0は、CDの上に 1の場合のみ、小さなドット（点）を焼き付け、0の場合はドットを焼き付けないという方法で、レコードの溝のように記録していきます。
- 再生は、ディスクを回転させ、並べてあるドットに光を当てて、小さなドットがあるか、ないかで異なる反射の量を検出していきます。
- 一つの数字は、16個のドットの並べ方で表すことができます。

二進法とは？

16 4 3 2 1 0

0は、00000000000000000000 = 2^0

1は、00000000000000000001

2は、00000000000000000010 = 2^1

3は、00000000000000000011

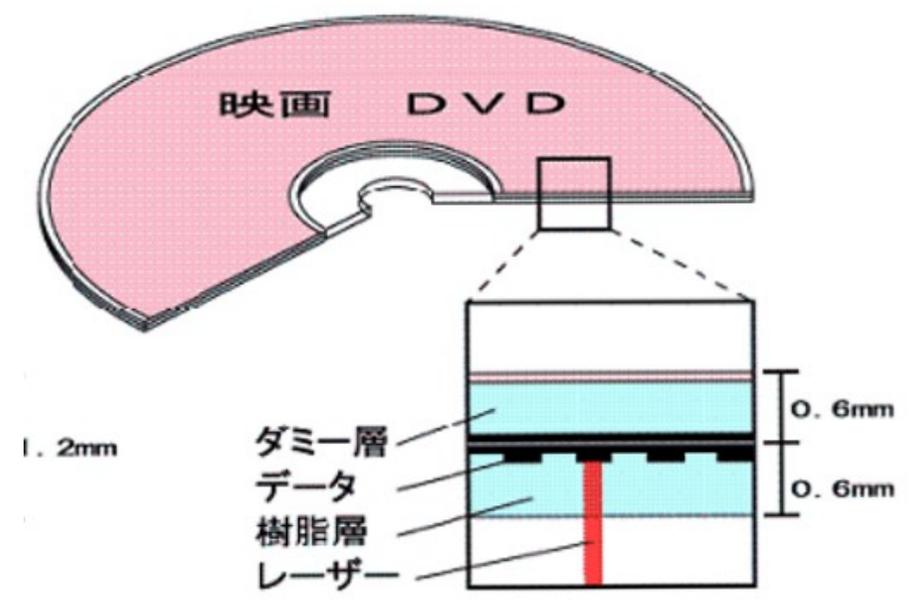
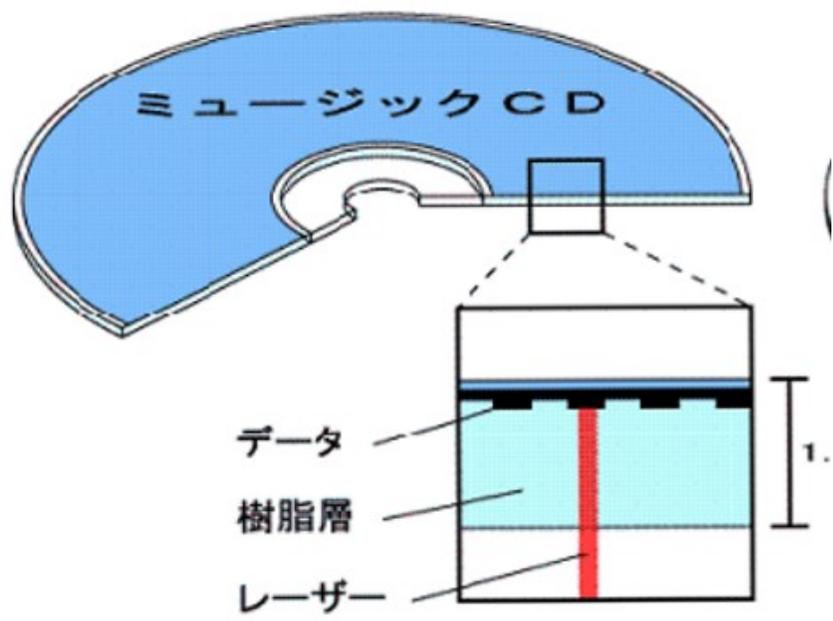
4は、00000000000000000100 = 2^2

5は、00000000000000000101

6は、00000000000000000110

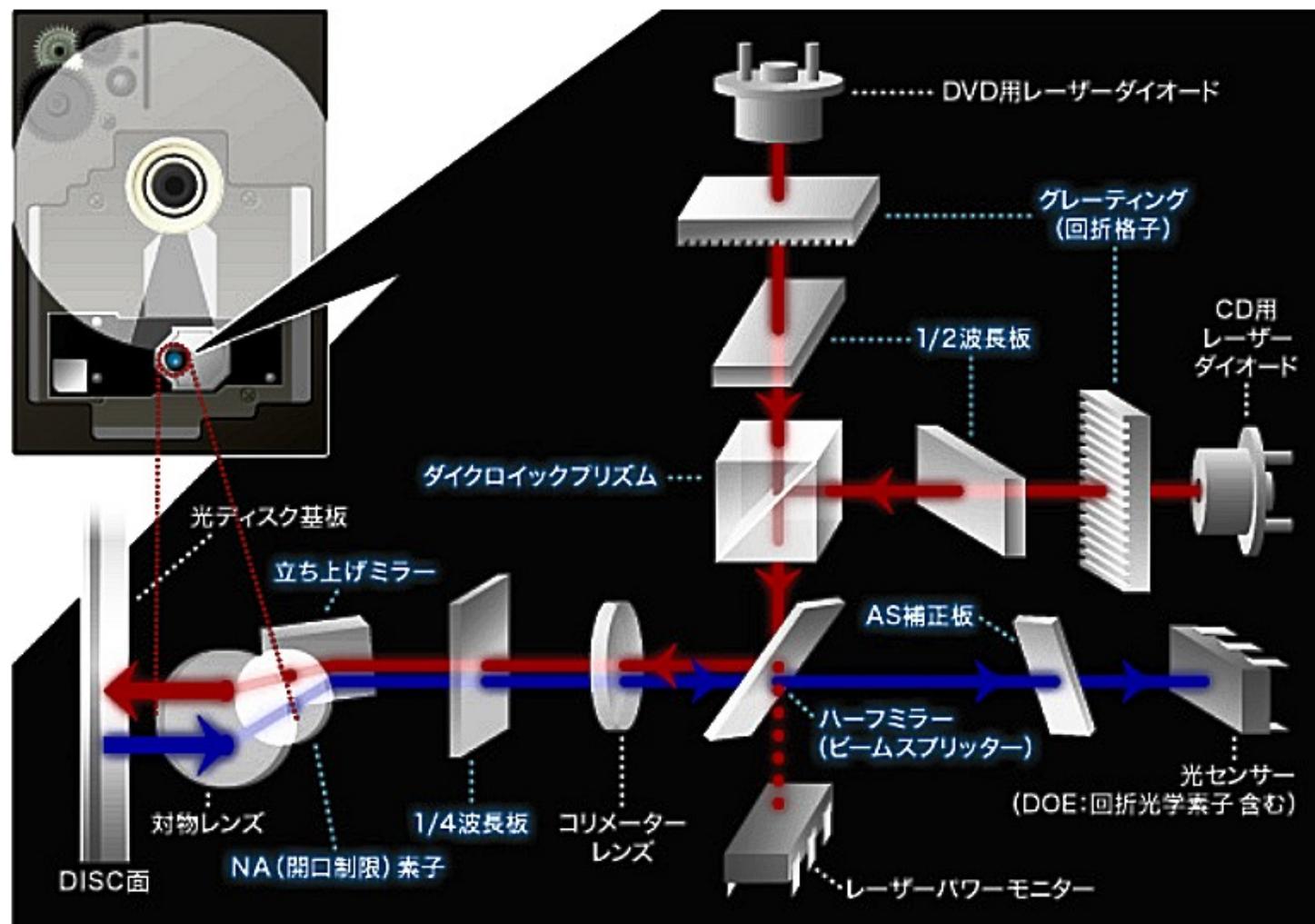
8は、00000000000000001000 = 2^3

4096は、00000001000000000000 = 2^{12}



光ピックアップの基本原理

レコード針の針先はサブミリ（約0.5mm）のサイズでしたが、光ディスクピックアップではレーザー光を顕微鏡のレンズのような非常に優れた対物レンズを用いてわずか1ミクロン（1 μm ）という細いビームに絞っています。このように、レーザー波長サイズ程度に細いビームを作るには、最先端光学技術を支える超精密光学部品が必要なのです。



デジタルの強み

- 1と0だけで、数字や、アリファベットを表すことができる。
- 数値を、1と0だけで表すことを、二進法という。

| 10進法の数値 | 2進法の数値 |
|---------|-------------|
| 1 | 0 0 0 0 0 0 |
| 2 | 0 0 0 0 0 1 |
| 3 | 0 0 0 0 1 0 |
| 4 | 0 0 0 0 1 1 |
| 5 | 0 0 0 1 0 0 |
| 6 | 0 0 0 1 0 1 |
| 7 | 0 0 0 1 1 0 |

数字や文字をデジタルデータに置き換える

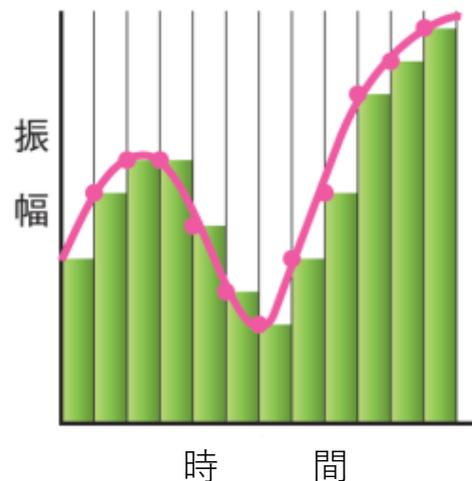
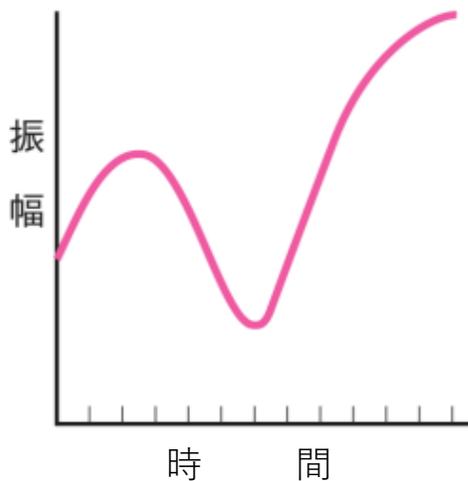
ビットの状態と数字の対応

| 10進数 | ビット | | | | 2進数 |
|------|-----|---|---|---|------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 10 |
| 3 | 0 | 0 | 1 | 1 | 11 |
| 4 | 0 | 1 | 0 | 0 | 100 |
| 5 | 0 | 1 | 0 | 1 | 101 |
| 6 | 0 | 1 | 1 | 0 | 110 |
| 7 | 0 | 1 | 1 | 1 | 111 |
| 8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1000 |
| 9 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1001 |
| 10 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1010 |
| 11 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1011 |
| 12 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1100 |
| 13 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1101 |
| 14 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1110 |
| 15 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1111 |

ビットが1つしかなければ、あつかえるデータは1と0の2つだけになります。けれども複数のビットを用意することで、あつかえるデータを増やすことができます。例えばビットを4つ使えば、16種類の状態が表せるので、それぞれに数字を割り当てれば、0から15までの数があつかえるようになります。同じようにビットを8個使えば0から255までの数を、16個使えば6万5,535までの数を表すことができます。そ

8ビットあればアルファベット（大文字と小文字）とカタカナ、数字、記号を、16ビットあれば日本でよく使われる漢字まで一通り割り当てることができます。

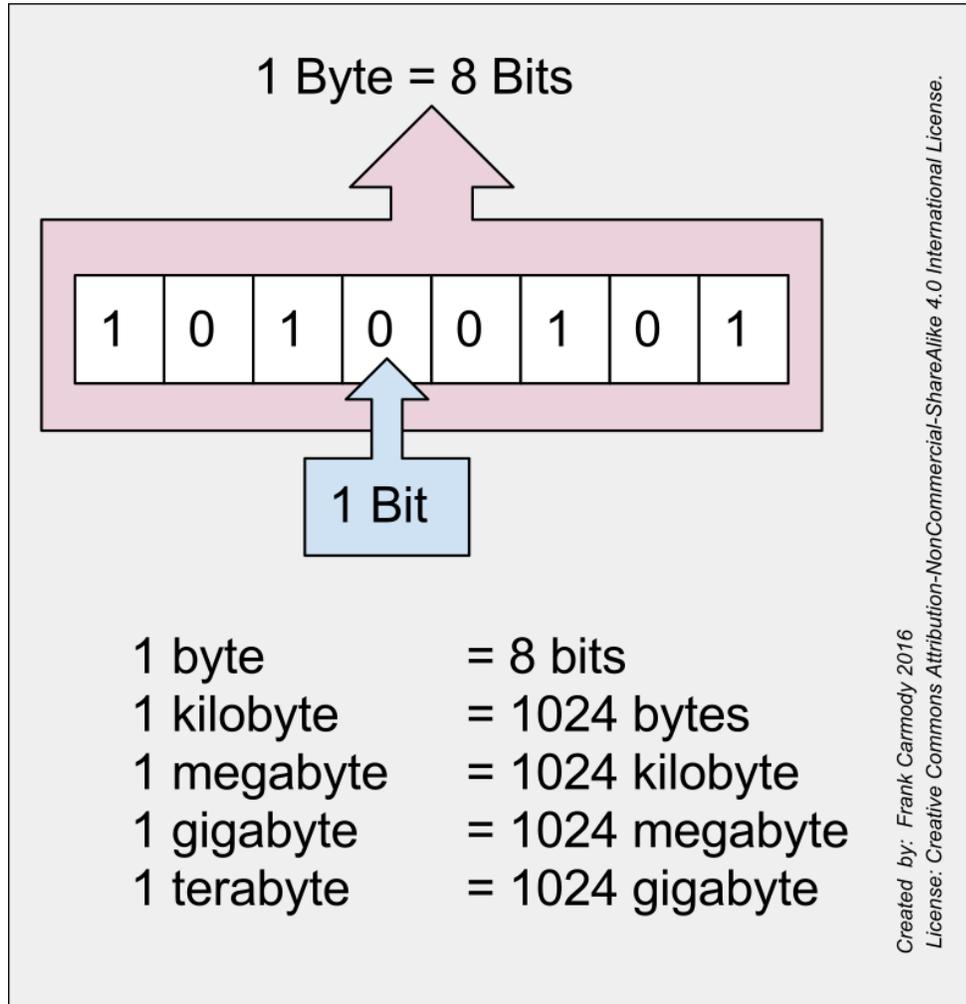
音声をデジタルデータにする



5 : 0101
7 : 0111
8 : 1000
8 : 1000
6 : 0110
4 : 0100
⋮
⋮
⋮

音楽を、
1と0の数値であらわす

1バイトとは、8つの1と0の数字の羅列のこと



1や0の入る枠のことを
1ビットという。

それを、8つ並べたものが
1バイト

たとえば、

8人乗りの車が、1バイト（1 B）で、
乗っている人、一人が1ビット

1 GBは、10億台の車に相当

文字は、デジタルではどう表すのか？

- 巨大な数字も、1と0の羅列で表すことができた。
- では、デジタルで文字はどう表すのだろうか？

ASCIIコード

1001011は、ローマ字のKを表す

約束ごとにあたる

上位ビット

下位ビット

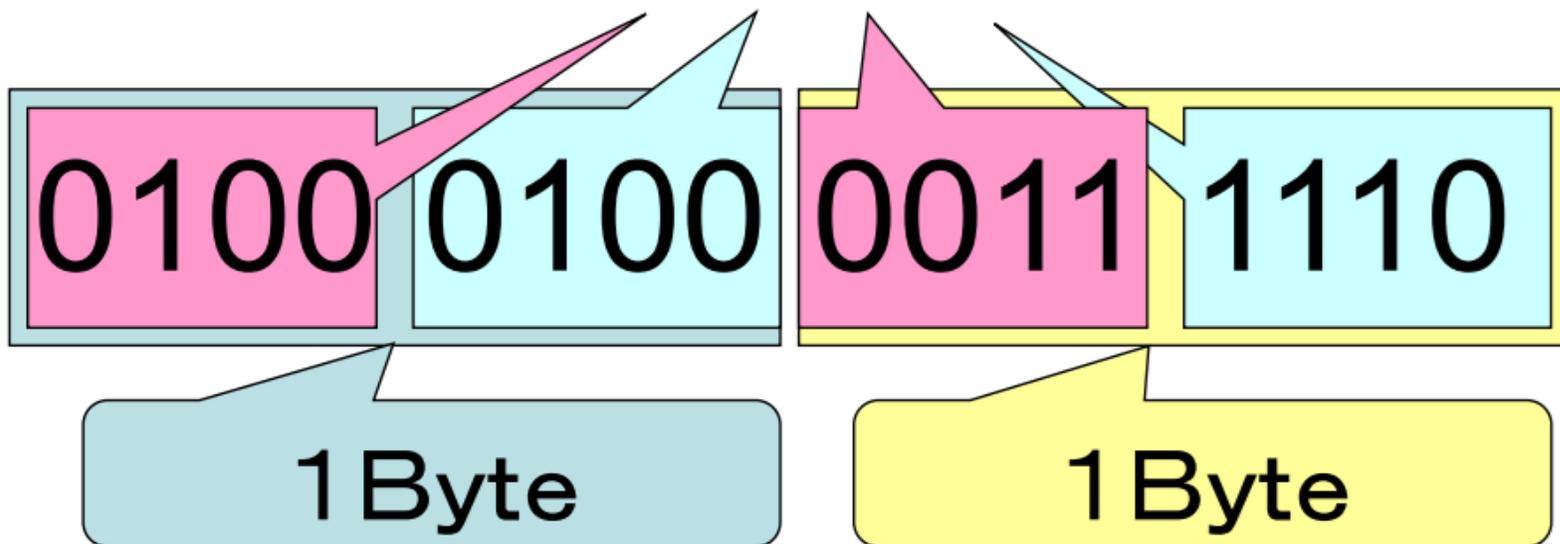
下位ビット

上位ビット

| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | A | B | C | D | E | F |
|----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 0000 | 0001 | 0010 | 0011 | 0100 | 0101 | 0110 | 0111 | 1000 | 1001 | 1010 | 1011 | 1100 | 1101 | 1110 | 1111 |
| 0 | 000 | | SH | SX | EX | ET | EQ | AK | BL | BS | HT | LF | HM | CL | CR | SO | SI |
| 10 | 001 | DE | D1 | D2 | D3 | D4 | NK | SN | EB | CN | EM | SB | EC | → | ← | ↑ | ↓ |
| 20 | 010 | | ! | " | # | \$ | % | & | ' | (|) | * | + | , | . | / | |
| 30 | 011 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | : | < | = | > | ? | |
| 40 | 100 | @ | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O |
| 50 | 101 | P | Q | R | S | T | U | V | W | X | Y | Z | [| ¥ |] | ^ | _ |
| 60 | 110 | | a | b | c | d | e | f | g | h | i | j | k | l | m | n | o |
| 70 | 111 | p | q | r | s | t | u | v | w | x | y | z | { | | } | ~ | |

直

443E



漢字1文字について、2Byteの情報量で
区別している

デジタルの世界で使われているのは、たった2つの数字

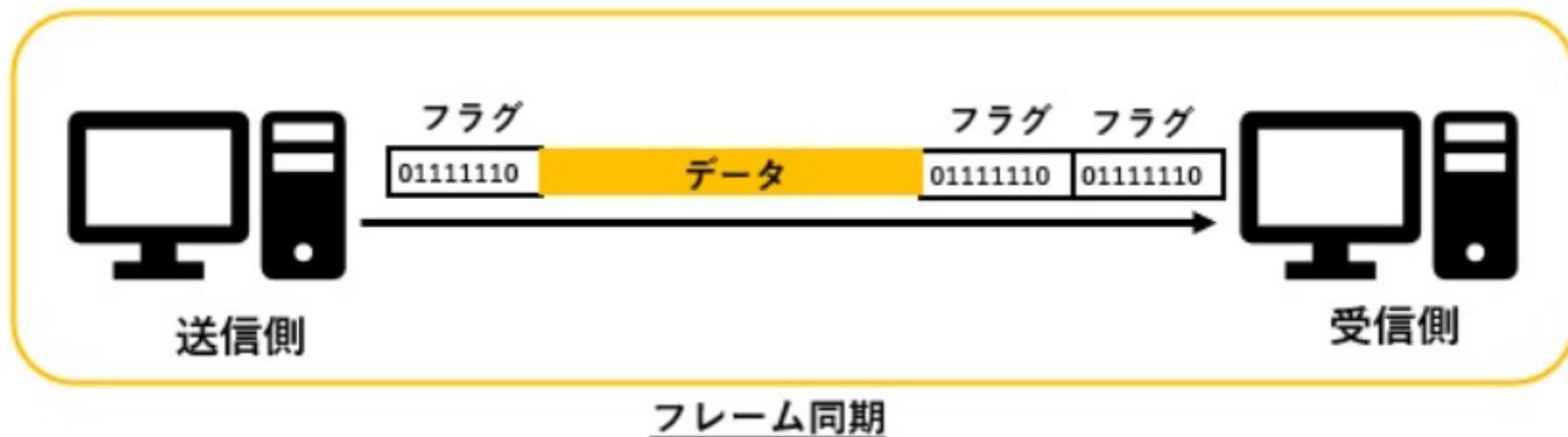


デジタル通信とは？

① フレーム同期

フレーム同期は、**フラグ同期**とも言われ特定の並びであるフラグを有します。

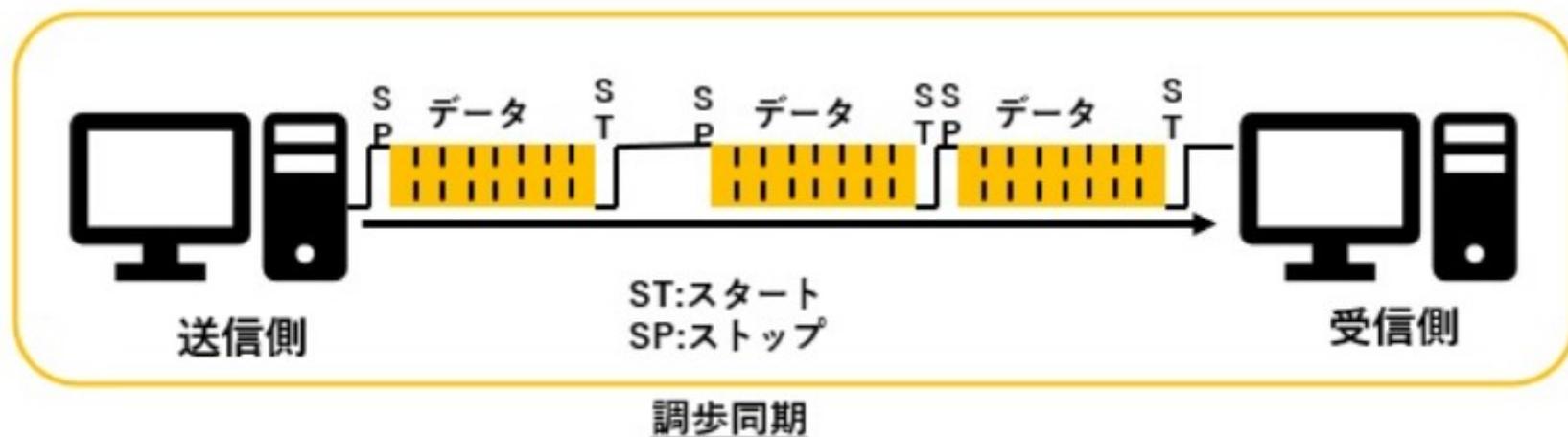
例として、HDLC伝送制御手順では「01111110」の2進数の列が利用されます。データの有無にかかわらず常にフラグが送り続けられて、データが発生したら、データをフラグ間に挿入します。データ長は任意であり、オーディオデータやイメージデータなど多種のデータを扱えます。



② 調歩同期

1つの文字符号の前後に開始と終了を示すビット付加する方式です。

通常、スタートビット（“0”）によりデータが開始され、終了はストップビット（“1”）を取ります。またデータがない状態では、“1”の状態が維持されます。



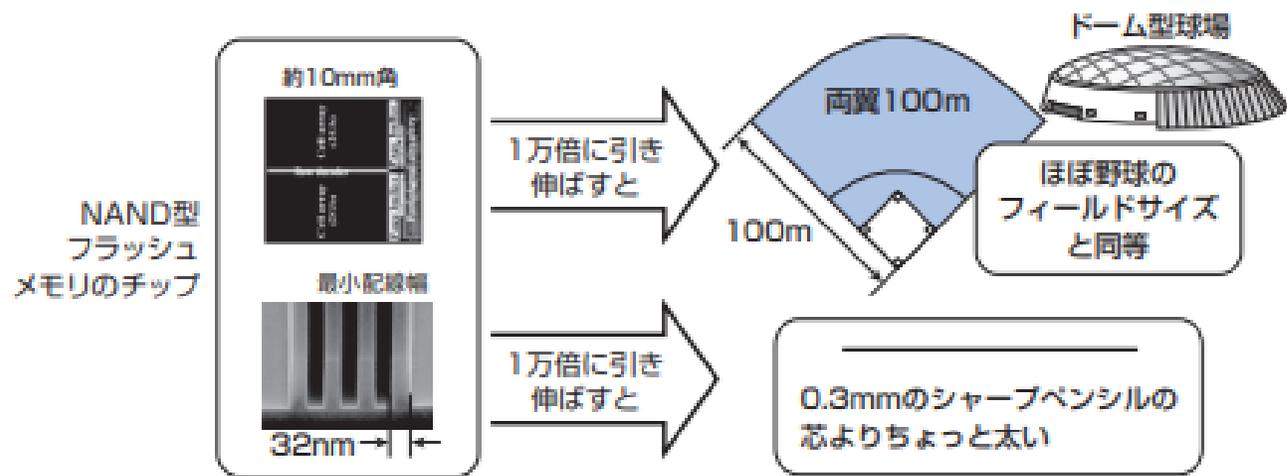
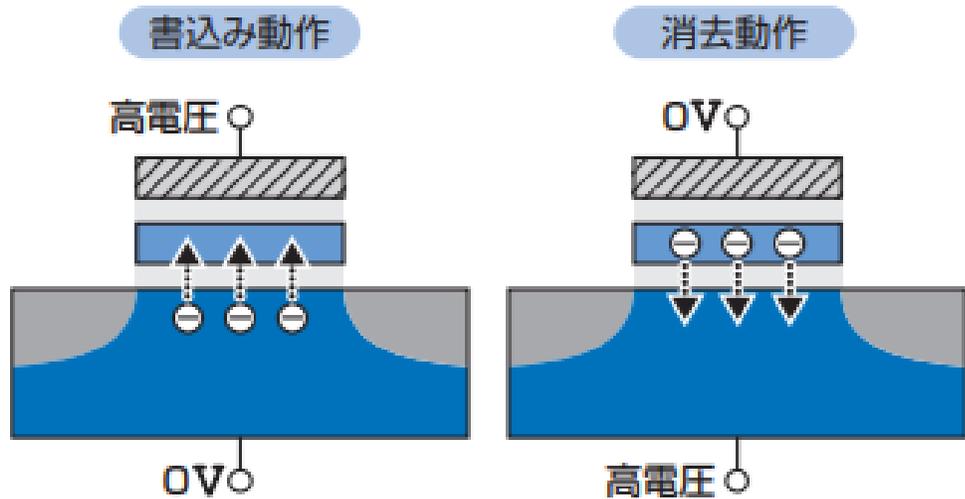
**USB3.0
32GB**



コントローラー



記録用のチップ



ノーベル賞級の発明

東芝が発明した半導体記憶装置

フラッシュメモリー

1と0を 記憶する

| 省略形 | 単位 | 読み方 |
|-----|-----------|--------|
| b | Bit | ビット |
| B | Byte | バイト |
| KB | Kilobyte | キロバイト |
| MB | Megabyte | メガバイト |
| GB | Gigabyte | ギガバイト |
| TB | Terabyte | テラバイト |
| PB | Petabyte | ペタバイト |
| EB | Exabyte | エクサバイト |
| ZB | Zettabyte | ゼタバイト |



← 1 B の千倍

← 1 K B の千倍

← 1 M B の千倍

← 1 G B の千倍



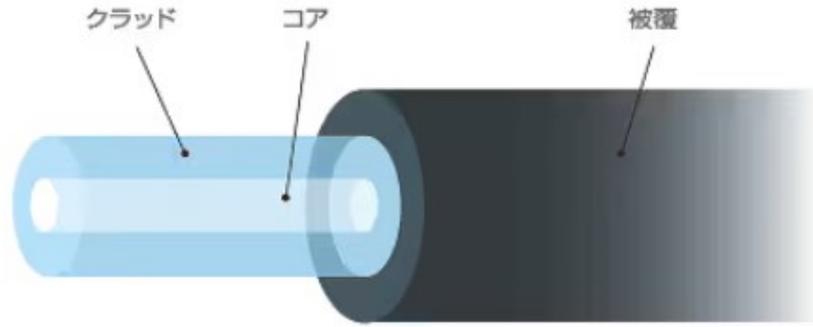
64GBのメモリーとは？



信号を持った光は、細いシリコンのガラス棒（光ファイバー）の中を、光の速度で伝わっていく。アメリカとの通信のために、太平洋の底に光ファイバー沈め、その中を光が通って伝わっていく。光は超高速で点滅させる。光っているときは1、

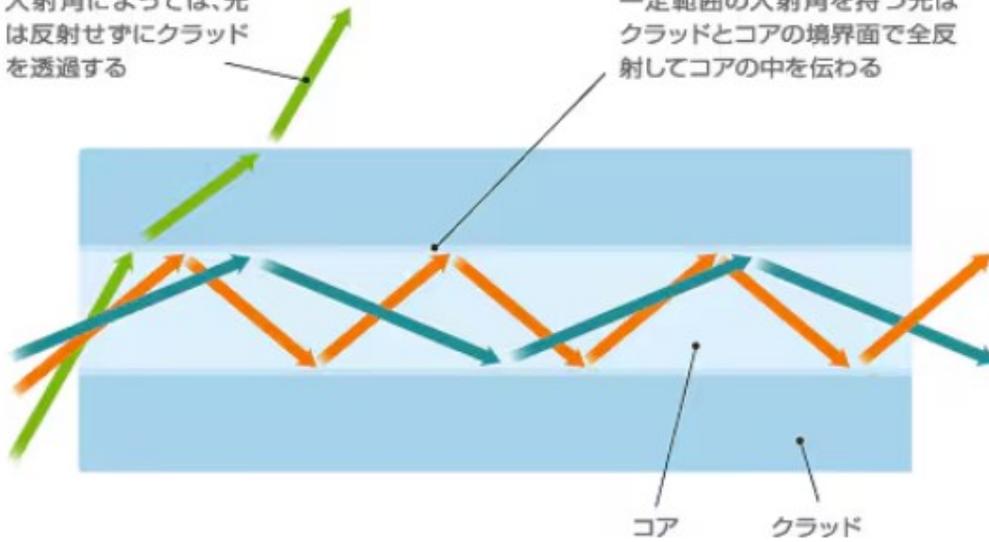
消えているときは0を意味する。

光ファイバーの仕組み



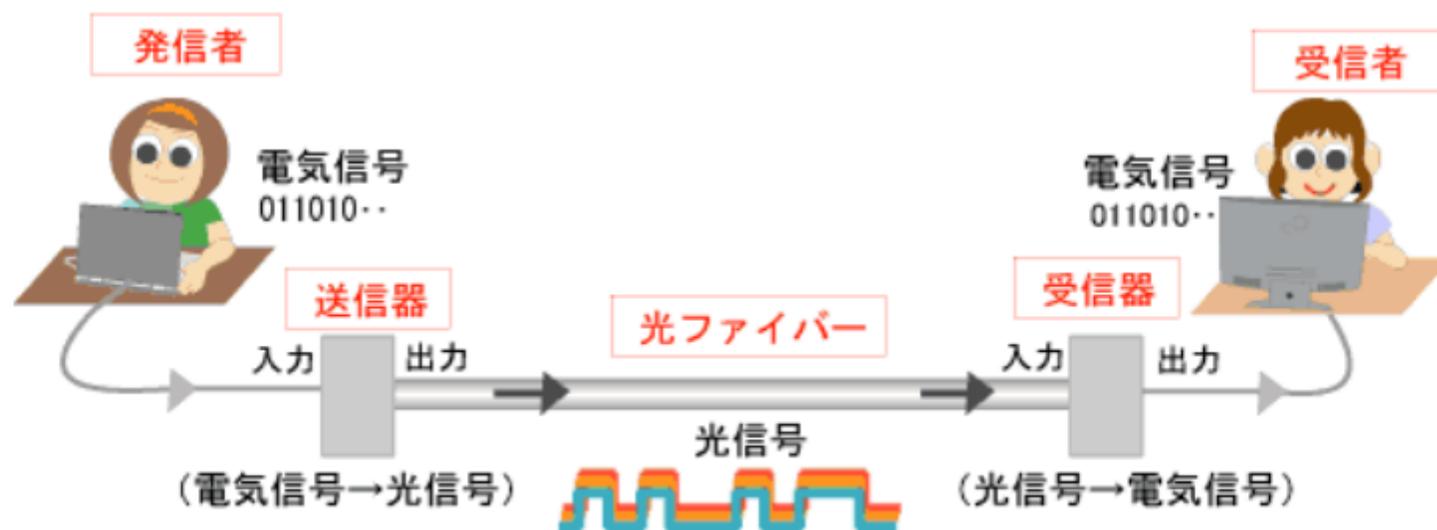
入射角によっては、光は反射せずにクラッドを透過する

一定範囲の入射角を持つ光はクラッドとコアの境界面で全反射してコアの中を伝わる



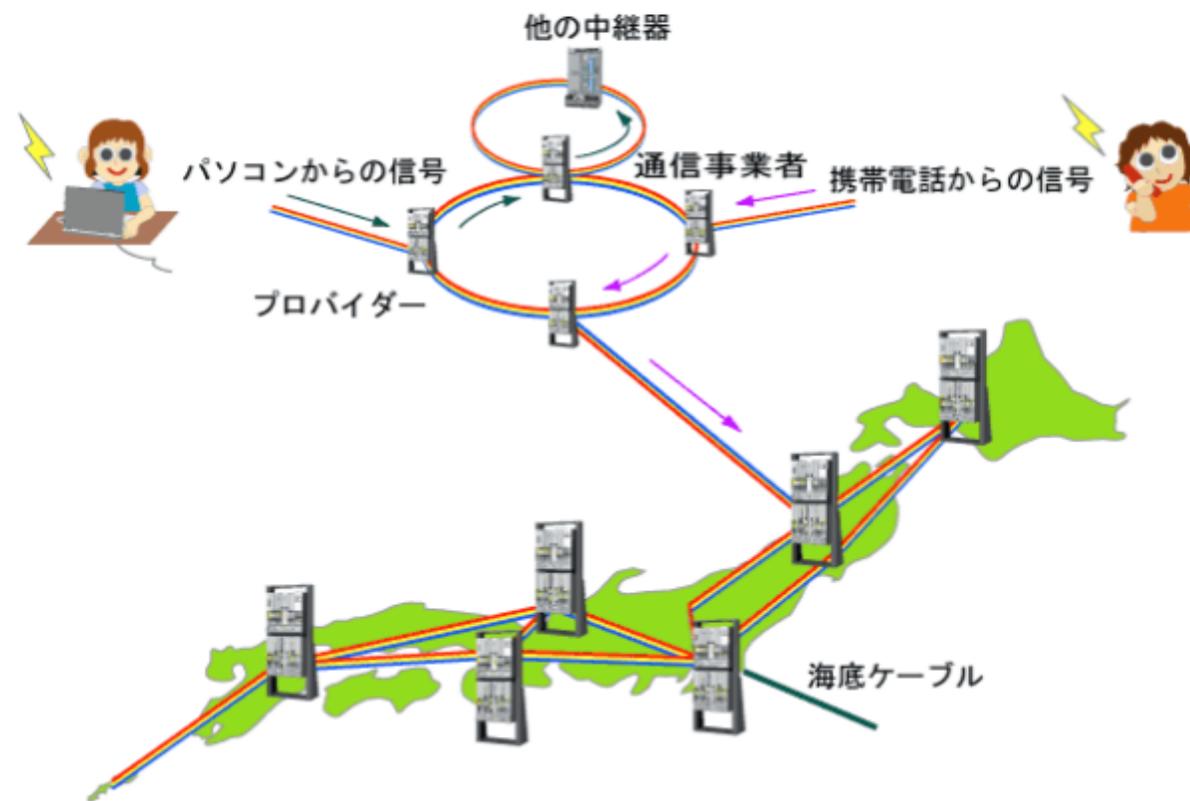
光通信の基本構成

私達の身近なコンピュータや携帯電話は、情報を「0と1」の電気信号で発信しています。光通信は、電気信号を光信号に変換する「送信器」と逆に光信号を電気信号に変換する「受信器」、そして光を運ぶ路「光ファイバー」で成り立っています。



光通信は身近なところから世界へ

インターネットや携帯電話、IP電話などのネットワークを利用する仕組みは、各個人からそれぞれの地域へそして日本中へと拡がり、さらに世界中の通信網に繋がっています。例えば、パソコンや携帯電話から発信された信号は、地域の通信業者の基地局やプロバイダー（インターネット接続会社）で集約され、そして海底ケーブルの中の光ファイバーを通して、世界へ届けられます。



アナログデータを、 光ファイバーでは送ることは可能か？

- アナログデータは、信号の強弱として送信することができる。
- アナログ信号を光信号に変換するためには、通常、光変調器が使われ、アナログ信号を光の強度や位相に反映させて、光ファイバーを介して伝送することができる。
- ただし、アナログ信号の送信には、信号の劣化やノイズの影響を受けやすいため、特に長距離伝送では注意が必要。
- デジタル信号の方が一般的にノイズ耐性が高く、再生・復元が容易なため、デジタル通信が広く普及している。

2024/10/23 (水)
易しい科学の話

デジタルとアナログって、何が違うの？

終わり

吉岡 芳夫