

# 『信号処理の基礎』

(広辞苑)

しん-ごう【信号】

- ①隔たった二者以上の間で、一定の符号を用いて意思を通ずる方法。また、その符号。符号には、色・音・形・光などを用いる。「手旗—」
- ②特に、道路・鉄道などの交通信号。また、交通信号機。

じょう-ほう【情報】(information)

- ①あることがらについてのしらせ。「極秘—」
- ②判断を下したり行動を起こしたりするために必要な、種々の媒体を介しての知識。「—が不足している」

Information is Physical  
Rolf Landauer

## 改めて、情報とは？

高度情報化社会、情報通信技術(ICT)、入試情報、就職情報、。。。

情報 (information)

- あることがらについてのしらせ。
- 判断を下したり行動を起こしたりするために必要な、種々の媒体を介しての知識。(広辞苑)

情報とは、ニュース、記録、通知、データなど、およそ記録・通信のすべての内容を含む、幅広い言葉

「情報」という具体的なモノがあるわけではない

This is a pen. / This is information. (?)

## 情報の実態は何か？

## 情報のやりとり：言語

人類は言語を持ち、言語によって他者と情報を交換する。

ん	わ	ら	や	ま	は	な	た	さ	か	あ
		り		み	ひ	に	ち	し	き	い
		る	ゆ	む	ふ	ぬ	つ	す	く	う
		れ		め	へ	ね	て	せ	け	え
		を	ろ	よ	も	ほ	の	と	そ	こ
										お

- 単語
- 文法

言葉による意思疎通(情報伝送)

情報の本質は？

Q. 言葉を用いずに情報伝送するには？

## 言葉によらない情報伝達

考えてみましょう。

# 言葉によらない情報伝達の例

狼煙(のろし)



光(可視光)

モールス信号



文字	符号
イ	・-
ロ	・-・-
ハ	-・-・
ニ	-・-・-
ホ	-・-・
ヘ	・
ト	-・-・-・

電波(中波・短波)

情報は、どこにあるのか？

# 「あ」で情報を伝えるには？

本質は、単純化を進めることであぶり出される。

→ 「あ」だけでコミュニケーションすることを考える。

ん	わ	ら	や	ま	は	な	た	さ	か	あ
			り			み	ひ	に	ち	し
			る	ゆ	む	ふ	ぬ	つ	す	く
			れ		め	へ	ね	て	せ	け
			を	ろ	よ	も	ほ	の	と	そ

さあ、どうしますか？

# 「あ」で情報を伝えるには？

あ～



あ、あ、ああ、あ



情報は、どこにあるのか？

# 「あ」で情報を伝えるには？

あ～



あ、あ、ああ、あ



情報は、どこにあるのか？

情報は、「変化」の中に埋め込まれる

# 「あ」で情報を伝えるには？

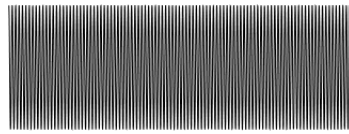
情報は、「変化」の中に埋め込まれる

ON/OFFとして、信号の強度を変えて(変調して)情報を伝送する方式

## AM 変調

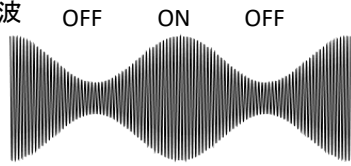
(Amplitude Modulation)

音声信号(20Hz~20,000Hz)の周波数を持つ波



あ~

ずっと「あ~」言っているだけ。  
ここに情報はない。



あ、あ、あ

日本のAMラジオ放送: 530kHz~1,620kHz程度で、  
音声信号の1,000倍くらい高い周波数の波(電波)

# 「あ」で情報を伝えるには？

情報は、「変化」の中に埋め込まれる

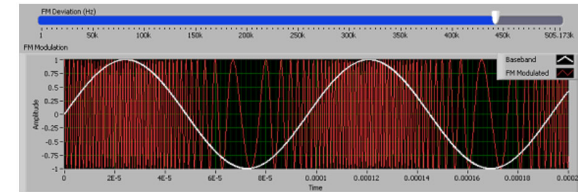
音階の高/低を切り替えて(変調して)情報を伝送する方式

周波数

## FM 変調

(Frequency Modulation)

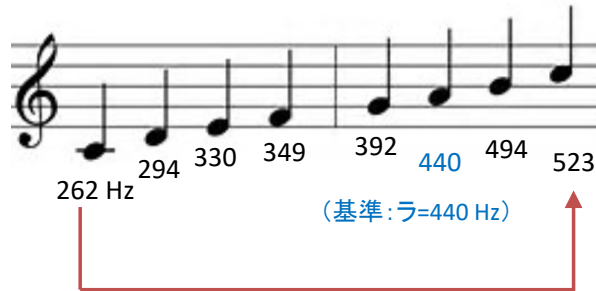
振幅(波の高さ)は一定



周波数は、外乱の影響を受けにくくノイズに強い

日本のFMラジオ放送: 76MHz~90MHz程度で、  
音声信号の100,000倍くらい高い周波数の電波

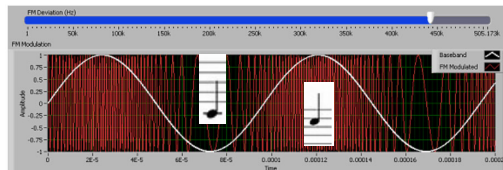
## FM変調と音階



1オクターブ

で周波数は2倍になる

あ~



## 情報伝達のための変調方式

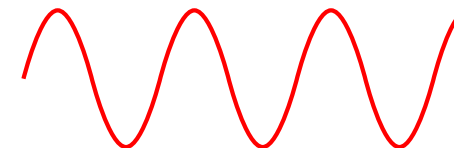
情報は、「状態の変化」に埋め込まれる

強度(振幅)変調: AM変調

周波数変調: FM変調

位相変調: PSK(携帯電話に利用)

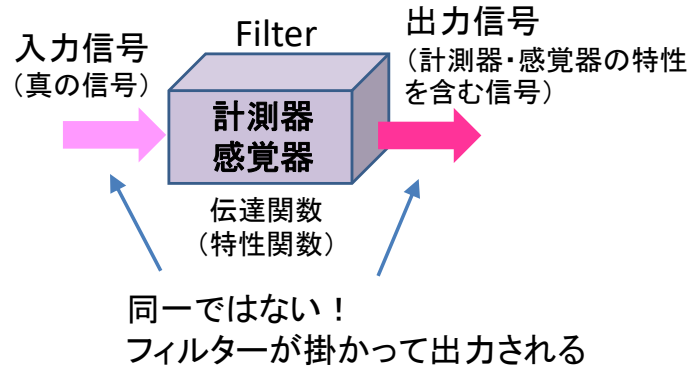
通信媒体である音、電磁波の「波の性質」を利用



振幅、周波数、位相

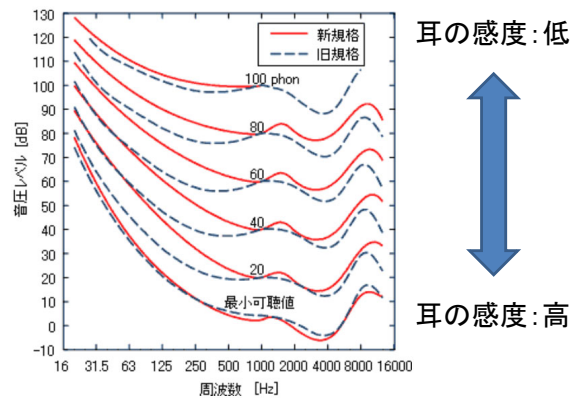
# 計測と情報 (filter効果)

各種計測器、感覚器(耳、目など)は、ありのままを捉えているか？



出力信号から入力信号(真の信号)を得るには、伝達関数(既知)で補正する必要がある。

# 耳の感度 (等ラウドネス曲線)

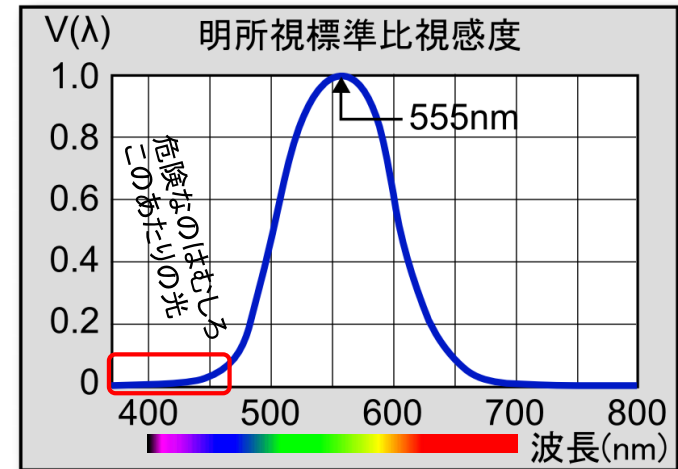


耳で聴いて同じ大きさに聞こえる時の、音源レベル(縦軸)

耳は全ての高さ(=周波数)の音を同じ感度で受けているのではない(フィルターとして機能)

生の信号 x 耳の特性 = 聞こえている信号 全ての計測器も同じ!

# 目の感度特性 (視感度)



→ 緑～黄緑色が最も見えやすい (暗所視はやや青側にずれる。～510 nmピーク)

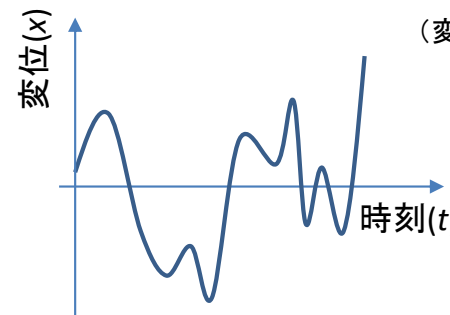
# アナログとデジタル

ここでも、「音」について考えてみる。

空気の振動

時間(t)とともに、空気分子(等)の変位(x)が変わる

(変位: つりあいの位置からの移動量)



時間(t)も変位(x)も、(その気になれば)いくらでも細かく知ることができる  
= 最小単位がない

最小単位がない(連続値をとる)物理量  
= アナログ

# アナログとデジタル

逆に、  
最小単位があり、1, 2, 3, ...等の、離散的数値で表された物理量 = デジタル



身の回りの多くの自然にある量はアナログ  
(すぐ思いつく例外は個数)

温度、時間、長さ、角度、速度、圧力、  
電圧、輝度、エネルギー……

デジタルはなぜ必要か？

計測、伝送、増幅、演算処理、記録、保存……

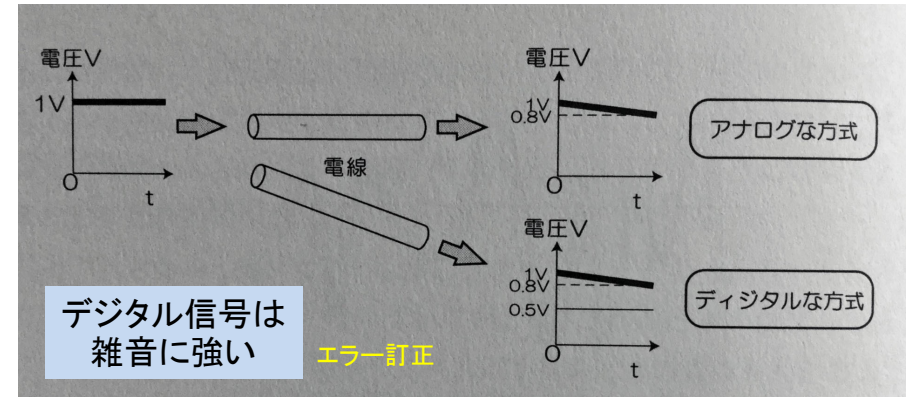
といった操作を計算機が行う。

→ 雑音に強く、計算機が得意な量(デジタル量)  
に変換する必要

# アナログとデジタル

アナログ = 連続量

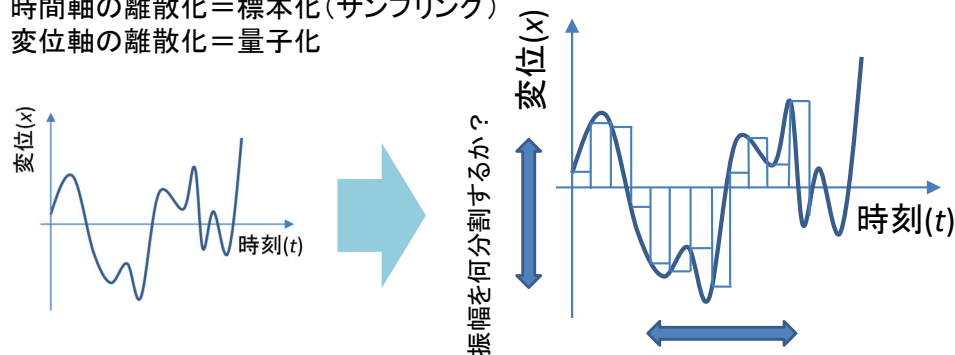
デジタル = 離散量



# 信号のデジタル化 (標本化と量子化)

先ほど示した音の信号を用いてデジタル化(離散化)を行う。

時間軸の離散化 = 標本化(サンプリング)  
変位軸の離散化 = 量子化

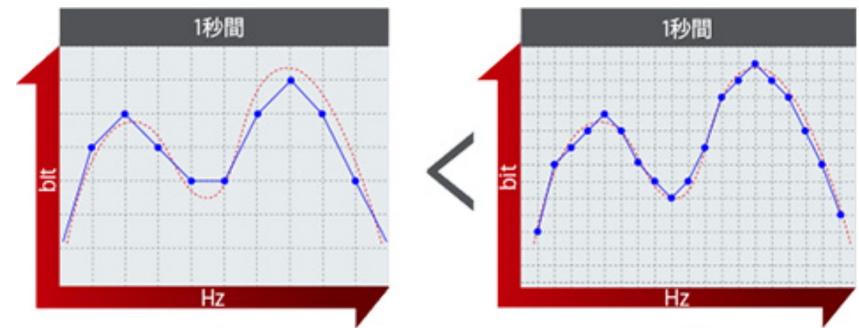


例: CD (16 bit / 44.1kHz)

$2^{16} = 65,536$  分割

A-D変換  
(analog-to-digital conversion)

# 信号のデジタル化 (音声信号)



CD (16 bit / 44.1 kHz)

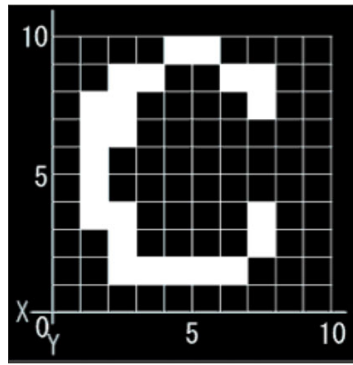
$2^{16} = 65,536$  分割

ハイレゾ (24 bit / 96 kHz)

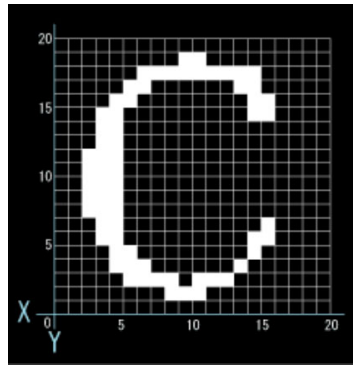
$2^{24} = 16,777,216$  分割

## 画像信号のデジタル化（標本化）

画像データを格子状に分割する＝標本化(サンプリング)



10 x 10



20 x 20

[http://illustrator-ok.com/illustrator\\_koza/digital\\_picture/contents/digital\\_picture1.html](http://illustrator-ok.com/illustrator_koza/digital_picture/contents/digital_picture1.html)

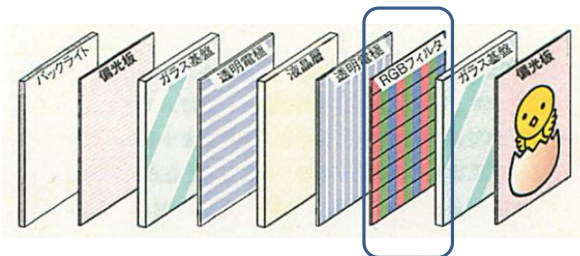
## 画像信号のデジタル化（量子化）



画像の最小単位(画素) 1点1点が、RGB情報を保持  
 RGB(Red/Green/Blue)  
 R: 0-255 / G: 0-255 / B: 0-255  
 各色256通り(=  $2^8$ ) → 8 bit

(R, G, B)の値を1組決めると色が決まる  
 $256 \times 256 \times 256 = 16,777,216$  色 (8x3=24 bit)

## 画像信号の量子化（液晶display）



640x480 256色  
 800x600 256色  
 1024x768 256色  
 1152x864 256色  
 1280x1024 256色  
 1600x1200 256色

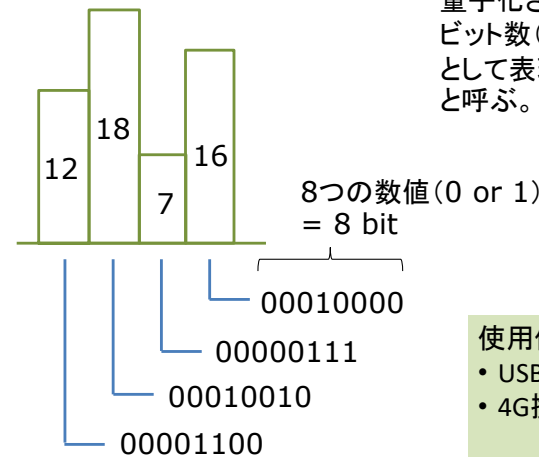
640x480 High Color (16 ビット)  
 800x600 High Color (16 ビット)  
 1024x768 High Color (16 ビット)

640x480 True Color (24 ビット)  
 ✓ 800x600 True Color (24 ビット)

ディスプレイ フロパティの変更(A)

## 符号化

量子化された離散値を、計算機で扱えるよう0, 1のビットの並びで書き出す。



量子化された値は、決められたビット数(図では8ビット)で2進数として表現される。これを符号化と呼ぶ。

8 bit では、  
 $0 \sim 2^8 - 1 = 0 \sim 255$  迄表現できる

(8 bit = 1 byte)

使用例:

- USBメモリー 16GB (ギガバイト)
- 4G携帯通信速度 100 Mbps (メガ bits per second)

## なぜ2進数？



PC, スマホ

PCやスマホは、論理回路の塊。もっと言うと、「スイッチ」の塊。  
スイッチには、ON (=1)とOFF (=0)しかなく、これしか扱えない。



## あらゆる処理は、2進数での計算

計算機が扱える形に変換して入力

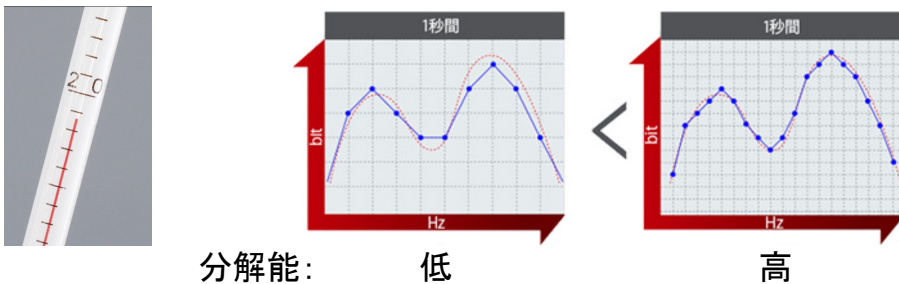
→ 計算機が数値を計算により処理して何らかの「機能」を担う

- Excelで表計算やグラフ描画
- Wordで文書作成、PowerPointでプレゼン作成
- スマホで買い物
- アプリで写真加工
- 楽曲をDLして聴く
- SNSで友人と連絡
- ゲーム
- 地図アプリでナビ

などなどなどなど。

## 信号のbit数と分解能

ビット数は、信号の分解能に対応  
ビット数大 → より細かな値を表現できる。



例: 1ビットの場合: 0, 1  
2ビットの場合: 00, 01, 10, 11 (=0, 1, 2, 3)  
3ビットの場合: 000, 001, 010, 011, 100, 110, 111  
(=0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7)

## 情報から情報量へ・・・

情報 (information) とは、ニュース、記録、通知、データなど、およそ記録・通信のすべての内容を含む、幅広い言葉

情報量を、どう定義？

1. 定義された情報量は、計算機にとって”扱いやすい”形式になっていなくてはならない。
2. 情報と聞いて想起するイメージと大きな相違がない定義である必要がある。

## 情報量の性質

### 情報量の性質: 珍しいことは情報量が多い

あなたは今、ラスベガスでちょっと変わったルーレットを楽しんでいます。このルーレットには1~40までの番号が振られており、「ルーレットが出た目」を当てればあなたはお金がもらえます。が、あなたは目隠しをしています。出た目は確定しましたが、あなたはまだ知りません。これから出た目を予想し賭けをします。さあ、以下の2つの一方だけの情報が(タダで)得られるとしたら、どちらの情報が欲しいですか？

＝どちらの方が、得られる「情報量が多い」と考えられますか？

A: 1~20のうちのどれかの目が出た

B: 1~10のうちのどれかの目が出た

Bの情報を手に入れた後に賭けをしたほうが、断然(倍?)お得です。  
分かりにくければ、テストに置き換えてみてください。

<http://logics-of-blue.com/information-theory-basic/>

## 情報量の性質

情報理論では確率を使って考えます。

実現確率が低い  
＝珍しい

Aが発生する確率は2分の1

Bが発生する確率は4分の1

そして、Bの方が情報量が多い。

「発生する確率が低いこと(珍しいこと)が分かった時の方が、情報量が多い」

＝情報量の直感的な定義

## 人間の情報処理能力

感覚	受容細胞数	処理能力(bps)
視覚	$10^8$	$3 \times 10^6$
聴覚	$3 \times 10^4$	$2 - 5 \times 10^4$
臭覚	$10^7$	10-100
味覚	$10^7$	10
触覚	$5 \times 10^5$	$2 \times 10^5$

bps: bits per second

(参考比較)

音声情報の出力速度 50 kbps

動画配信サービス 0.5 Mbps

## まとめ

- 情報は、変化の中に埋め込まれる
- 自然界の生信号はほとんどアナログ。操作にはデジタル信号への変換が重要
- コンピュータは、0と1のみを扱う2進数の世界の数学で信号(情報)を処理している。
- 論理回路の組み合わせで、計算を含む多彩な機能が実現できる。