

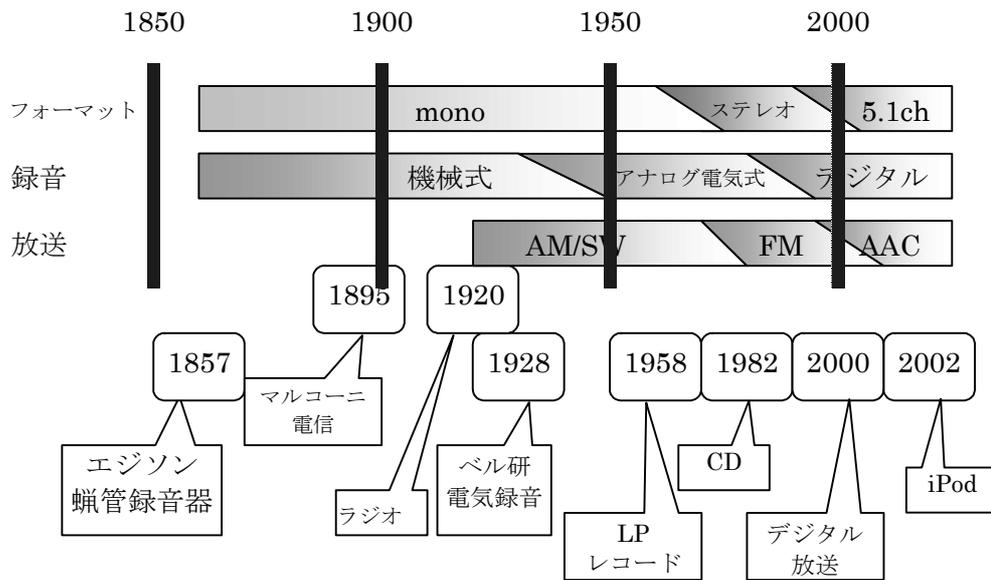
1 今日の授業の範囲

音のデジタル化 教科書 1.2, 1.3, 3.1

キーワード

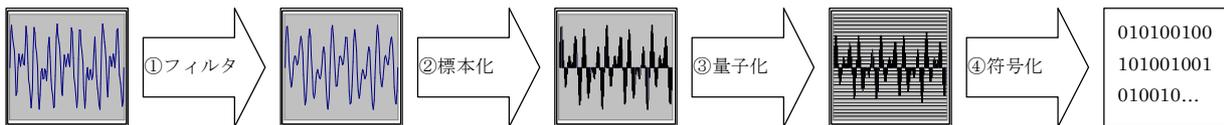
デジタル(digital)、コーディング(coding)、デコーディング(decoding)、標本化(サンプリング;sampling)、標本値(サンプル;sample)、標本化周期(sampling period)、標本化周波数(sampling frequency)、シャノン(Shannon)、染谷、標本化定理(Sampling theorem)、折り返し歪(aliasing distortion)、フィルタリング(filtering)、フィルタ(filter)、デジタルフィルタ、CD(Compact Disc)、DVD(Digital Versatile Disc)、量子化幅(quantizing step)、量子化(quantizing), bit(binary digit)

2 オーディオ技術の変遷



- (1) ドーバー海峡をまたぎフランスとイギリスをつなぐ電話線を敷設
音質がとてつもなく悪い---なぜだろう??? ---回路理論の確立
- (2) 電話が一大産業になった
一本の電線にできるだけ多くの回線を通したい。
オリバー、ピアース、シャノン「PCMの理論(The philosophy of PCM)」(1948)
シャノン「通信の数学理論(A Mathematical Theory of Communication)」(1948)
- (3) コンピュータの発達と合体し、情報技術が発達し様々な分野で応用されるようになった。

2.1 PCMの仕組み



サンプリング周波数が f の場合、 $0 \sim f/2$ までの周波数が伝送できる。 $f/2$ をナイキスト周波数と言う。
CDのサンプリング周波数は 44.1kHzだ。

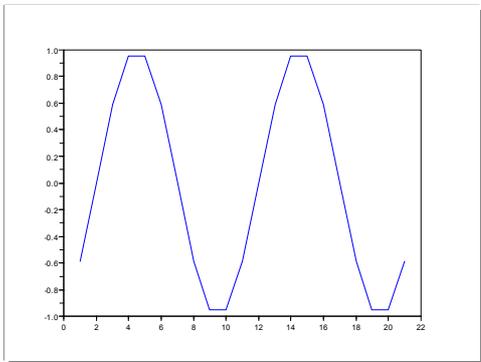
2.2 「bit」とPCMとサンプリング定理

「bit」という言葉を始めて使ったのは Turkey(FFTの発明者の一人)。その後シャノンが有名な論文で情報量の単位として用いたことから定着した。

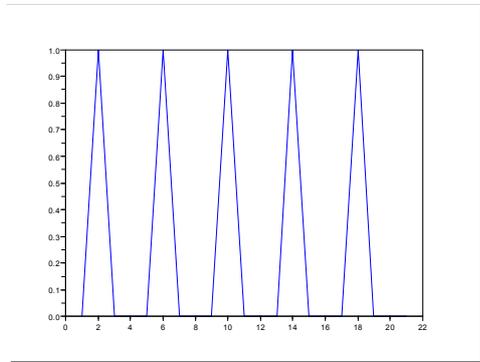
3 サンプルとサンプルの間の波形はどうなるか？

Scilab で実際に計算してみた。(scilab は <http://www.scilab.org/>から入手できる)

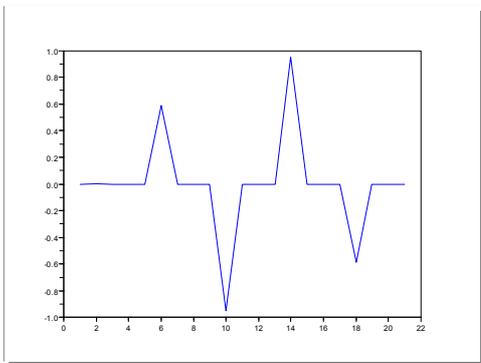
波形の計算方法	Scilab で計算する場合のコマンド
x1: 毎秒 1000 サンプルであらわした、100Hz の sin 波の波形	t=0:1999; f=100; x1=sin(2*%pi*f*t/1000);
x2: 毎秒 250 サンプルの櫛型波形	X2=int(modulo(t+3,4)/3);
x3: x1 と x2 の積(毎秒 250 サンプル)	X3=x1 .* x2;
x5: 110Hz 以上をカットした波形	f1=ffilt("lp",399,0.11,0.11); x4=convol(f1,x3) * 4; x5=x4(1,200:2199);



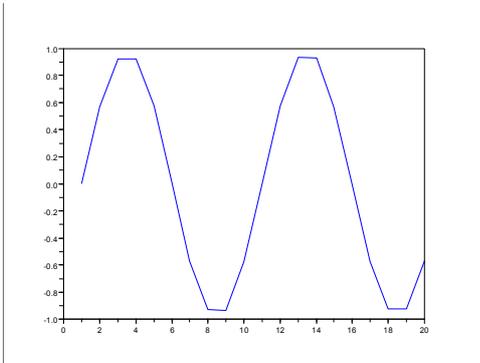
(x1)



(x2)



(x3)



(x5)

飛び飛びのサンプル値から、間引いたサンプル値が復元される。これを数学的に厳密に証明したのが染谷シャノンの「サンプリング定理(sampling theorem)」だ。なぜそうなるか、関心があれば図書館で信号処理の教科書を探してみよう。厳密な証明ができなくても、以下のフーリエ変換の式をじっと眺めると、なんとなく理由がわかる...かもしれない。

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-j\omega t} dt$$

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(\omega)e^{j\omega t} d\omega$$

4 量子化

量子化という言葉は、情報技術と物理学の両方で出てくる。意味は一見ちょっと違う。
 情報技術における量子化は、単純に一定間隔の目盛で無限精度の値を整数値に置き換えること。
 量子化では情報の損失がおこる。

5 情報量

PCM の研究から派生して、通信の数学的理論が生まれた。

A~Z の文字 100 文字を数であらわすには何桁必要か?

$$N_1 \log(C_1) = N_2 \log(C_2)$$

A が 1/2, B が 1/4, C と D が 1/8 の確率で出現する場合、どのようにすると平均的に桁数を最小にできるか? またその場合の桁数は?

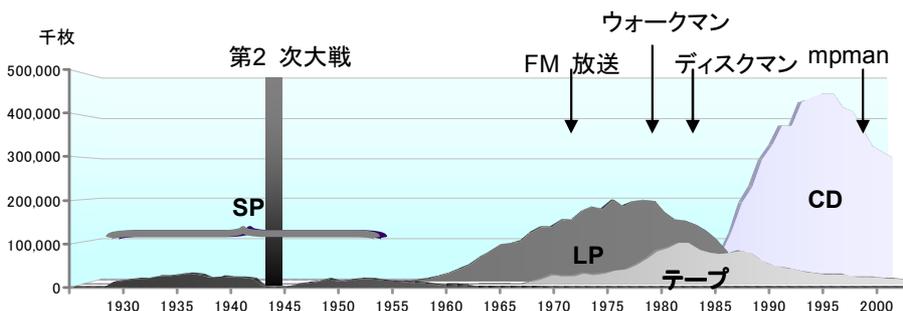
A	B	C	D
1	01	000	001

情報量の式

$$I(E) = \log\left(\frac{1}{P(E)}\right) = -\log P(E)$$

6 練習問題

- (1) 100Hz サンプリングのサンプリング周期は?
- (2) CD のサンプリング周波数は何 Hz か?
- (3) CD で再生可能な周波数範囲は何 Hz か?
- (4) CD のサンプリング周期は何秒か?
- (5) CD の 1 時間のサンプル数は何サンプルか?
- (6) 1 サンプルが 2 バイトとすると、1 時間の CD のデータ量は何バイトか?
- (7) iPod では CD 一枚をだいたい 40~60M バイトで記録できる。iPod の記録の効率は何倍か?
- (8) TV の映像信号の波形を記録するには 8bit 精度で約 6MHz の帯域の信号を記録する必要がある。これを PCM 伝送するにはサンプリング周波数は何 Hz とすればよいか?
- (9) 同じ場合に 2 時間分のデータ量は何バイトか?
- (10) DVD1 枚のデータ量は何バイトか?
- (11) DVD は映像信号を単純に PCM 符号化するのに比べ、何倍効率がよいか?
- (12) DVD の方が iPod よりも圧縮率がよいのはなぜか?



おまけ
 オーディオ
 メディアの
 変遷

ここで切り取って
提出して下さい

音声メディア処理 第3回 「音声のデジタル化」 2006/5/8

予習 小テスト(前回までの授業内容からの出題です)

第1問 以下は1000Hzの純音を再生し、その振幅を元の振幅の10倍とした場合の変化について述べている。このうち誤ったものを選び。

- (a) dB値は20dB増える
- (b) 周波数は変化しない
- (c) 電力は100倍になる
- (d) 波形の山と谷の気圧差は10hPa増加する。

第2問 以下のうち1000Hzのcos波形をあらわす式はどれか?

- (a) $je^{2000\pi} + je^{-2000\pi}$
- (b) $e^{2000\pi t} + e^{-2000\pi t}$
- (c) $e^{2000\pi t} + e^{-2000\pi}$
- (d) $je^{2000\pi t} + je^{-2000\pi t}$

7 予習 (第4回 発声と聴覚, 線形予測)

以下の章は読んでおいてください

P12	1.2.1 音声の基本特性
P34	2.1 符号化の基礎
P59	2.2 音声符号化の基本
P95	2.4 楽音符号化の基本

以下は軽く目を通しておいてください。

P74	2.3 音声符号化の標準方式
P110	2.5 楽音符号化の標準方式

答2

答1

氏名

学籍番号

学年

学科

遅刻した人はこの角が切り取られます