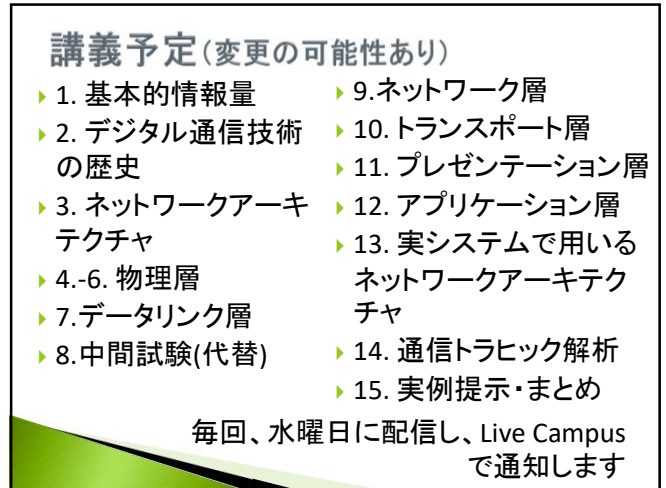




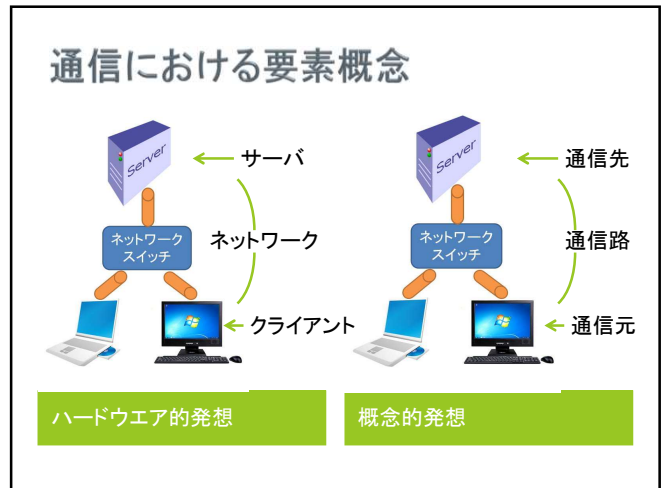
1



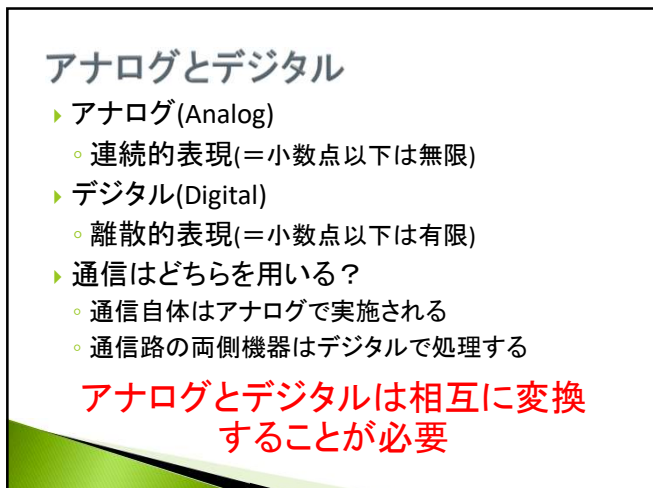
2



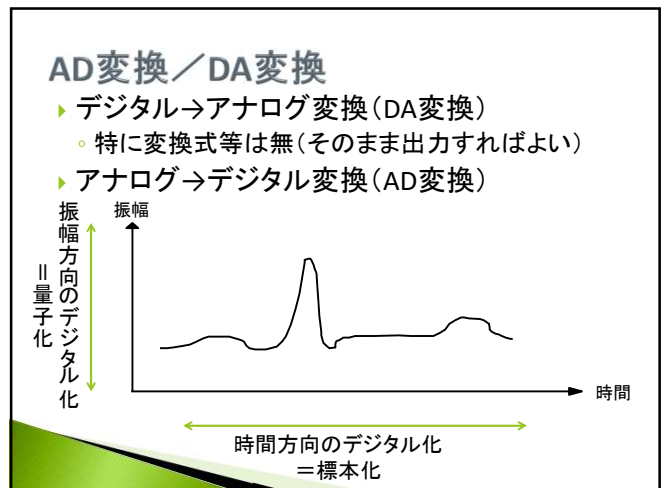
3



4



5



6

### AD変換(標本化)

- ▶ 標本化 = **サンプリング**
  - 時間方向に等間隔で振幅を計測

間隔が短い = 再現性が高い

サンプリング周波数  
= 1秒間に何回計測するか

7

### サンプリング定理

- ▶ サンプリング定理
  - フーリエ解析の仮定: (周期性を持った) 波形情報は周波数成分の合算で構成できる
  - 周波数成分を再現するためにはその上限の2倍以上の周波数で標本化しなければならない
- ▶ サンプリング周波数の決定法
  1. 必要な周波数成分の上限( $f_{max}$ )を決める
  2.  $f_{max}$ の2倍以上の値がサンプリング周波数( $f_s$ )

$$f_s > 2 \cdot f_{max}$$

8

### サンプリング周波数の例

- ▶ 人間の耳が聴き取る上限周波数: 20kHz
  - ∴ サンプリング周波数 > 40kHz
  - 音楽CDのサンプリング周波数は44.1kHz
- ▶ 「言っていることがわかる」ための上限周波数: 4kHz
  - ∴ 電話のサンプリング周波数は8kHz
  - 「音楽の細かい内容を掴む」ための周波数はもっと高い

9

## 基本的情報量(2)

花田 英輔

10

### AD変換(量子化)

- ▶ 量子化 = 各点の振幅を離散化

この点はb?c?

- ▶ 量子化によって生じる差 = 量子化誤差
  - 小さいほどよいが、ビット数が増 → 情報量も増

11

### 量子化の単位と誤差

- ▶ デジタル処理は2進数 → 量子化の単位はビット
  - 10ビットで量子化 =  $2^{10} = 1024$ 段階に分ける
- ▶ 誤差は0にはならない → 誤差を目立たせない工夫
  - 例) 聴覚特性を利用した量子化法
    - ADPCM、 $\mu$ -law PCM

線形: 入力と出力の関係が一定

非線形: 入力の範囲により出力との関係が異なる

線形量子化      非線形量子化

12

### 量子化の誤差縮小の工夫

- ▶ サンプル周波数の半分より高い周波数成分は再現できない  
→ 変換対象にしなければよい
- ▶ 高周波成分の除去 = ローパスフィルタの利用

ノイズ除去

フーリエ分析

255 Hz

13

### AD変換(まとめ)

- ▶ 離散化 = 時間軸離散化

数値を取り出す

有限長の数字の羅列 = デジタルデータ

14

## 基本的情報量(3)

花田 英輔

15

### 画像のAD変換

- ▶ カラー画像のデジタル化手順
  1. 画像を縦横に分割
  2. 分割された単位(画素)で色分解
  3. それぞれの色の濃さを分析
  4. 画素の順、色の順に数値を取りだし
- ▶ 画質を決める条件は?
  - 画素の小ささ = 単位面積当たりの画素数
  - 1画素あたりの色の濃さの段階数 = 階調(ビット数)

16

### 画像のAD変換の基礎

- ▶ 「画素」(Pixel)
  - 画像を縦横に分割した1つ1つの要素

- マスの1つ1つが「画素」
- 画素の小ささが再現画像の緻密さに直結する
- 画素の数は情報量に直結する

17

### カラー画像のAD変換

- ▶ カラー画像のデジタル化手法
  1. 色分解を実施
  2. 各画像を画素に分解
  3. 各画素を量子化

REDチャンネル GREENチャンネル BLUEチャンネル

18

## デジタル化信号の情報量

- ▶ 音楽CD
  - 条件) サンプリング周波数44.1kHz、量子化ビット数16、ステレオ
    - $44.1\text{kHz} \times 16\text{bit} \times 2 \times \text{収録時間}$
    - 1秒で  $44,100 \times 65,536 \times 2 = 1,411,200$  (bits)
    - 45分では？
 
$$176,400\text{bytes} \times 60 \times 45 = 4.7628\text{Gbytes}$$
- ▶ 放射線画像(胸部X線単純写真)
  - 条件) 1画像= 4000 × 4000画素、階調 10bit
    - $4000 \times 4000 \times 10 = 160,000,000$  (bits)
    - = 20Mbytes

19

## 単位表記

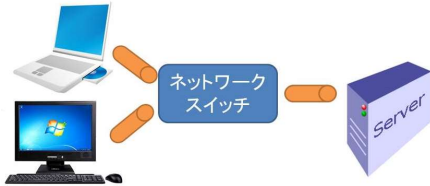
K(Kilo)	$=10^3=1,000$
M(Mega)	$=10^6=1,000,000$
G(Giga)	$=10^9=1,000,000,000$
T(Tera)	$=10^{12}=1,000,000,000,000$
P(Peta)	$=10^{15}=1,000,000,000,000,000$
E(Exa)	$=10^{18}=1,000,000,000,000,000,000$
Z(Zetta)	$=10^{21}=1,000,000,000,000,000,000,000$
Y(Yotta)	$=10^{24}=1,000,000,000,000,000,000,000,000$
m(mili)	$=10^{-3}=1/1,000$
μ(micro)	$=10^{-6}=1/1,000,000$
n(nano)	$=10^{-9}=1/1,000,000,000$
p(pico)	$=10^{-12}=1/1,000,000,000,000$
f(femto)	$=10^{-15}=1/1,000,000,000,000,000$
a(atto)	$=10^{-18}=1/1,000,000,000,000,000,000$
z(zepto)	$=10^{-21}=1/1,000,000,000,000,000,000,000,000$
y(yocto)	$=10^{-24}=1/1,000,000,000,000,000,000,000,000,000$

ビット・バイト表現では $2^{10}=1,024$ をK,  $2^{20}=1,048,576$ をM等の表記も使用混乱を避けるため、MiB(mebibyte, mega binary byte) 等と表記することも

20

## 情報量と通信速度

- ▶ 通信速度の単位 = 単位時間で送り得る情報量
  - 主な単位: bps (bits per second)
- ▶ ネットワーク全体での通信速度は「スループット (Throughput)」とも言う



21

## 情報量と通信速度

- ▶ 問題)
  - 1枚の放射線画像(胸部X線単純写真)の送信に10秒かかる通信路の通信速度はいくらか
- ▶ 解法)
  - 1枚の放射線画像は20MB(=16,000,000 bits)
  - $16,000,000 / 10 = 1,600,000$  (bits / second)
- ▶ 解答)
  - 1.6Mbps
  - 実際は、もう少し早くないと送れない

22

## 今回の課題

1. AD変換は、元のアナログ情報を完全に変換することはできない。この時発生する誤差をなんとするか
  2. 人間が聴き取れる周波数範囲(可聴周波数)を調べ、CDのサンプリング周波数が適当かどうか述べてよ
- ▶ 締切: 10月9日(月) 18:00
  - ▶ 本講義に関する情報は(この講義資料も) Webpageに掲載するので、時々参照すること  
<http://www.ai.is.saga-u.ac.jp/~hanada/DCT/>

23

## 講義に関する注意事項

- ▶ 講義関係の連絡はLive Campusメールで行います
- ▶ 毎回の課題は全学eラーニング経由で課題を提出してもらいますので、登録してください
  - コース名: デジタル通信技術/後/花田英輔
  - 登録キー: DCT2023
  - 課題は全てこのシステムで提出すること

24