

Image Information Processing

デジタル画像信号

1

Image Information Processing

アナログ信号とデジタル信号

- ▶ アナログ信号
 - ▶ 連続値を用いて表現された連続時間信号
- ▶ デジタル信号
 - ▶ 離散値を用いて表現された離散時間信号

(a) アナログ信号

(b) デジタル信号

2

Image Information Processing

アナログ画像とデジタル画像

- ▶ アナログ画像
 - ▶ 連続値を用いて表現された連続的な座標を持つ信号
- ▶ デジタル画像
 - ▶ 離散値を用いて表現された離散的な座標を持つ信号

(a) アナログ画像 (b) デジタル画像

3

Image Information Processing

画像のデジタル化

なぜデジタル?

デジタル信号は、

- 温度変化、経年変化に対して安定である
- 伝送などにおいて劣化が少ない
- メモリを用いて、複雑な処理が可能である

Image Information Processing

標本化

- ▶ アナログ画像を、いくつかの点（有限個の点）で代表させる。

標本化された点（標本点）のことを画素という

5

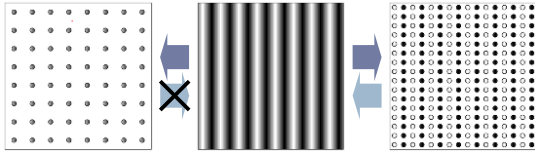
Image Information Processing

標本化の例（1）

1

6

標本化の例 (2)



標本化定理

デジタル信号からアナログ信号を復元するためには、
信号の最大周波数の2倍以上の周波数で標本化する必要がある。

7

標本化の画質への影響

- 画素数と画質
- 画像の面積が同じである場合、画素数が多いほど画像は精細である。



(a) 512×512



(b) 64×64

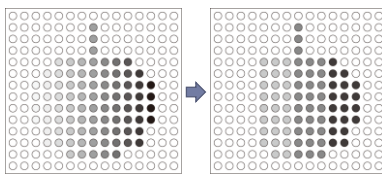


(c) 32×32

8

量子化

- いくつかの明るさ (有限レベルの明るさ) で表わす。



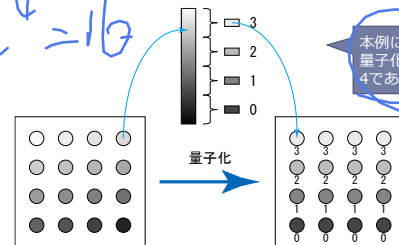
9

量子化の例

- 4つのレベルに量子化

量子化により得られる離散的な値を量子化レベルと呼び、
その数を、量子化レベル数、あるいは階調数という。

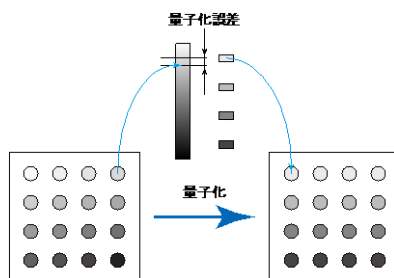
$$2^4 = 16$$



10

量子化誤差

- 量子化誤差
- 量子化により生ずる信号値の誤差を、量子化誤差という。



11

量子化の画質への影響

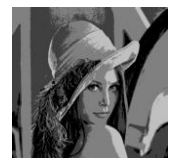
- 量子化レベル数と画質
- 量子化レベル数が多いほど、画質は良好である。



(a) 量子化レベル数 256



(b) 量子化レベル数 16



(c) 量子化レベル数 4

12

Image Information Processing

デジタル画像

デジタル化された画像は、「有限個の画素」に与えられた「有限レベルの明るさ」を表す数値によって、表すことができる。

13

Image Information Processing

濃淡画像 (grayscale image) (1)

濃淡画像信号 画素は表示明暗

- 白〜灰色〜黒で表わされる画像
- 画素の値は、明暗を表す値 (濃度値、または輝度値と呼ぶ)

14

Image Information Processing

濃淡画像 (grayscale image) (2)

濃淡画像信号

標準的な階調数
256階調

輝度信号

0	32	64	96	128	160	192	224
0	32	64	96	128	160	192	224
0	32	64	64	128	160	192	224
0	32	64	64	128	160	192	224
0	32	64	64	128	160	192	224
0	32	64	64	128	160	192	224

15

Image Information Processing

カラー画像 (1)

画素由 R, G, B 構成

- カラー画像
- 色彩情報を持った画像
- 加法混色の原理に基づき、3つの色成分 (R, G, B) の値を用いて、1つの画素を表現する。

16

Image Information Processing

カラー画像 (2)

混色の原理 (加法混色)

液晶ディスプレイの拡大画像

17

Image Information Processing

カラー画像 (3)

カラー画像信号

標準的な色数
 $256 \times 256 \times 256$
 $= 16,777,216$ 色

R 信号

255	255	0	0	255	255	0	0
255	255	0	0	255	255	0	0
255	255	0	0	255	255	0	0
255	255	0	0	255	255	0	0
255	255	0	0	255	255	0	0
255	255	0	0	255	255	0	0
255	255	0	0	255	255	0	0
255	255	0	0	255	255	0	0

G 信号

255	255	255	0	0	0	0	0
255	255	255	0	0	0	0	0
255	255	255	0	0	0	0	0
255	255	255	0	0	0	0	0
255	255	255	0	0	0	0	0
255	255	255	0	0	0	0	0
255	255	255	0	0	0	0	0
255	255	255	0	0	0	0	0

B 信号

255	0	255	0	255	0	255	0
255	0	255	0	255	0	255	0
255	0	255	0	255	0	255	0
255	0	255	0	255	0	255	0
255	0	255	0	255	0	255	0
255	0	255	0	255	0	255	0
255	0	255	0	255	0	255	0
255	0	255	0	255	0	255	0

18

(量子化レベル) $= 2^k$ (ビット数)

動画像

▶ 動画像

▶ 静止画像を連続的に高速に表示したもの

フレームと呼ぶ

時間

19

演習問題

問題1

各画素が8ビットで量子化された濃淡画像がある。この濃淡画像の量子化レベル数はいくつであるか。

28

256?

20

演習問題 解答 (未公開)

1 byte = 8 bit

B

G

21

演習問題

問題2

画像サイズが1024×768画素のカラー画像がある。ここで、このカラー画像は、R、G、Bの各信号が、256階調で量子化されているものとする。この画像データを保存するために必要な容量を求めよ。

$b = M \cdot N \cdot k$ (ビット数)

2.25 MB

$1024 \times 768 \times 8 \times 3$

$= 2^{10} \times 3 \times 2^8 \times 8 \times 3$ (ビット数)

$= 9 \times 2^{18} \times 8$ (bit)

$= 9 \times 2^{18}$ (byte)

$= 2.25 \times 2^{20}$

22

演習問題 解答 (未公開)

黒白 $b = M \cdot N \cdot k$ (ビット数)

彩色: $b = M \cdot N \cdot \text{像素深度}$

$= M \cdot N \cdot k \cdot 3$

几个数表示・3 (R、G、B各1)

23

2.25 MB

画像の入出力

24

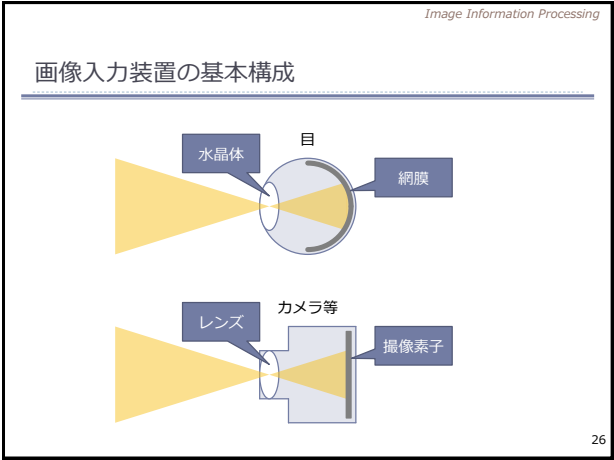
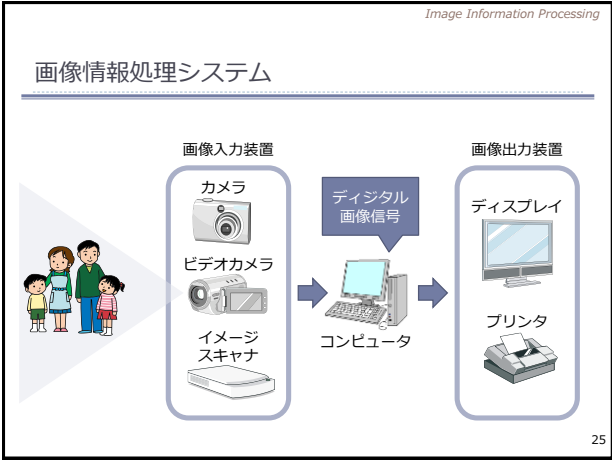


Image Information Processing

撮像素子 图像传感器

- 固体撮像素子
 - 撮像に必要な光電変換、電荷蓄積などの機能を、1枚のシリコン基板上に作ったLSIのこと。
 - エリアセンサとリニアセンサがある。
- エリアセンサ area sensor 区域传感器
 - フォトダイオード（光強度を電圧に変換する受光素子）を2次元的に配置した固体撮像素子。
 - デジタルカメラなどで用いられている。
- リニアセンサ 线性传感器
 - フォトダイオードを1次元的に配置した固体撮像素子。これを機械的に移動させることによって、2次元的な画像を得ることができる。
 - イメージスキャナなどで用いられている。

以下、本講義では、エリアセンサについて説明を行う。

27

Image Information Processing

CCD撮像素子 同时时代

- CCD撮像素子（CCD : charge coupled device）
 - フォトダイオードで光強度を電荷に変換し、その電荷を順送りすることによって、最終的に1次元の時系列信号として出力する固体撮像素子。

出力

バッファ

電荷を電圧に変換して出力

水平転送CCD

垂直転送CCD

フォトダイオード

- ① 図中の \leftarrow に示すように、一定期間に蓄積された電荷を、垂直転送用CCD素子に一斉転送。
- ② 図中の \uparrow に示すように、垂直転送用CCD素子の電荷を、1つ上のCCD素子に一斉転送。
- ③ 図中の \leftarrow に示すように、水平転送用CCD素子の電荷を、1つ左のCCD素子に一斉転送。これを繰り返して、1行分の電荷を順次出力。
- ④ 上記②、③を繰り返すことによって、1画面分の電荷を出力。

28

Image Information Processing

CMOS撮像素子

光電管

- CMOS撮像素子（CMOS : complementary metal oxide semiconductor）
 - フォトダイオードから読み出した電荷に対して、水平位置と垂直位置を指定して順次読み出すことによって、最終的に1次元の時系列信号として出力する固体撮像素子。

バッファ

電荷を電圧に変換して出力

フォトダイオード

- ① 電子スイッチL1をONにする。
- ② 電子スイッチR1, R2, R3を、ひとつずつ順番にONしていく。
- ③ 電子スイッチL2, L3, ...に対して、上記①、②と同様なスイッチングを繰り返すことによって、1画面分の電荷を出力。

29

Image Information Processing

CCD撮像素子とCMOS撮像素子の比較

- CCD撮像素子
 - 感度が高い
 - 電子シャッター機能を持つ
- CMOS撮像素子
 - アクセスの選択や自由度が大きい
 - 低電圧、低消費電力で動作する

30

Image Information Processing

カラー画像の入力

▶ カラー画像の入力

▶ カラー画像を入力するためには、赤（R）、緑（G）、青（B）の光強度を調べる必要がある。

▶ これを実現する方式として、3板方式と単板方式がある。

31

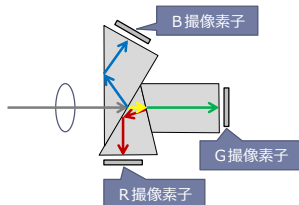
Image Information Processing

3板方式

▶ 3板方式

▶ 分色棱鏡ダイクロイックプリズムを用いて光を3原色に分解し、3枚の固体撮像素子を使う方法。

【補足】ダイクロイックプリズム
特定波長の光のみを反射し、その他の波長の光を透過するプリズム



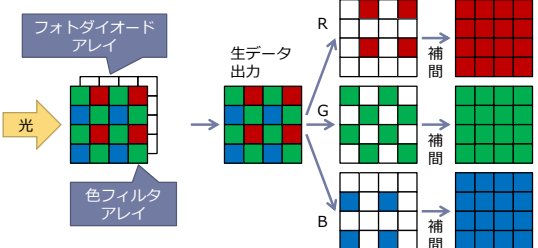
32

Image Information Processing

単板方式

▶ 単板方式

▶ フォトダイオードに色フィルタを配置することによって、1枚の固体撮像素子で、3原色のデータを得る方法。



33

Image Information Processing

3板方式と単板方式の比較

▶ 3板方式

▶ 解像度が高い

▶ 製造コストが高い

▶ 単板方式

▶ 製造コストが安い

▶ 補間部で偽色が発生する

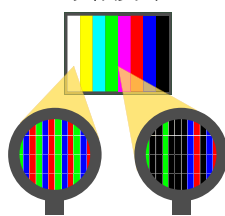
34

Image Information Processing

画像出力装置の基本構成

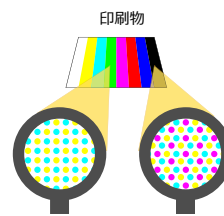
加法混色

ディスプレイ



減法混色

印刷物



35

Image Information Processing

ディスプレイ

▶ ディスプレイ

▶ CRT（ブラウン管、CRT：cathode-ray tube）

▶ 液晶ディスプレイ（LCD：liquid crystal display）

▶ プラズマディスプレイ

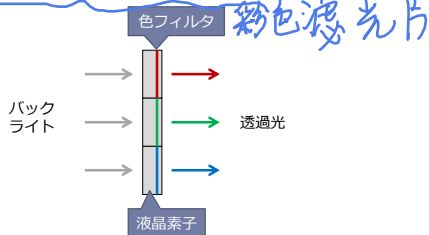
▶ 有機ELディスプレイ（EL：electro-luminescence）など

36

$$2 \quad 2^3 = 8 \quad 2^4 = 16 \quad 2^5 = 32 \quad 2^6 = 64$$

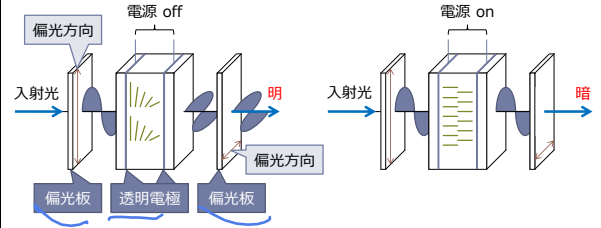
液晶ディスプレイ

- 液晶ディスプレイ (LCD : liquid crystal display)
- 液晶とは、固体と液体の中間状態を有する名称の1つである。
- 液晶自体は発光しないが、液晶の組成物を利用して、液晶素子ごとに光を透過・遮断することによって、表示を行う。



37

液晶素子の透過・遮断動作



38

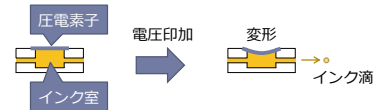
プリンタ

- プリンタ
- レーザープリンタ
- インクジェットプリンタ
- 熱転写プリンタ
- など

39

インクジェットプリンタ

- インクジェットプリンタ
- インクを微滴化し、直接吹き付ける方式を用いたプリンタ。
- シアン (C) ・ マゼンタ (M) ・ イエロー (Y) を混ぜて他の色を表現する減法混色が用いられている。
- 理論的には、上記3原色で黒色を表現することができるが、完全な黒色にすることは困難である
- 3色のインクを同時に使用すると、インクの使用量が増加するため、黒色表現のためのブラックインクを、追加で使用することが多い。



40

演習問題

- 問題3
- 以下に示す①～④の記述は正しいか。
- ① CCD撮像素子では、フォトダイオードで光強度を電荷に変換し、その電荷を順送りすることによって、最終的に1次元の時系列信号として画像信号を出力する。
- ② CMOS撮像素子では、フォトダイオードから読み出した電荷に対して、水平位置と垂直位置を指定して順次読み出すことによって、最終的に1次元の時系列信号として画像信号を出力する。
- ③ 液晶ディスプレイは、減法混色の原理を利用して、カラー画像を表示する。
- ④ カラープリンタは、加法混色の原理を利用して、カラー画像の印刷を行う。

41

演習問題 解答 (未公開)

① ② ③

42