

ビジュアルデザイン

画像データの取り扱い方
コンテンツ作成を目的とした画像処理

画像処理の歴史 - 1960年代後半

宇宙探査用の人工衛星画像

- ◆画質改善, 画像復元, 補正

医用画像

- ◆顕微鏡画像の解析

積み木の世界

- ◆ロボットビジョン, コンピュータビジョン

文字認識

- ◆郵便番号読み取り機

画像処理の歴史 - 1970年代

CT の登場

- ◆コンピュータ処理によって断面像を再構成

ランドサットの打ち上げ

- ◆リモートセンシング

目視検査の自動化

- ◆画像処理の産業応用

コンピュータビジョン

- ◆コンピュータにシーンを理解させる

DSP や CCD などの新しい半導体デバイス

局所並列処理や二値画像処理の確立

画像処理の歴史 - 1980年代以降

デジタル幾何学

画像理解

動画画像処理

新しい理論

- ◆フラクタル, カオス, ファジィ, ニューラルネットワーク

新しい応用

- ◆バーチャルリアリティ
- ◆マルチメディア

画像のデジタル化

アナログ画像とデジタル画像

標本化と量子化

走査

モノクロ画像とカラー画像

アナログ画像とデジタル画像

画像データ

- ◆ $f(x,y)$: 位置 (x,y) における濃度 (明度) や色を表す

アナログ画像

- ◆ $f(x,y)$ が定義域・値域ともに連続

デジタル画像

- ◆ $f(x,y)$ が定義域・値域ともに離散的

A/D変換

- ◆ 映像信号を画像データにする (キャプチャーカード等)

D/A変換

- ◆ 画像データから画面表示を行う (ビデオカードのRAMDAC等)

画像の標本化と量子化

標本化 (サンプルング)

- ◆ 空間的に離散化

量子化

- ◆ 信号強度 (濃淡) の離散化

離散化

- ◆ とびとびの値にすること
 - ▶ 実数値 : 連続的
 - ▶ 整数値 : 離散的
- ◆ 整数で表せるようにすること

標本化

標本化格子

- ◆ 画像を格子状の小区画に分割し, 各小区画の代表値を決定
 - ▶ 代表値 : 区画の中の 1 点 (標本点), 区画の平均値, 最大値, ...

画素 (ピクセル, ペル)

- ◆ 標本点や小区画
 - ▶ $N \times M$ の標本化格子で得た画像 : $N \times M$ 画素の画像, 横 N 画素・縦 M ラインの画像

標本化定理

- ◆ 標本化格子の間隔 (標本間隔) が小さい 高解像度, サイズ大
 - ▶ 最適な標本間隔 : 元の画像のもっとも細かい濃淡変化の $1/2$

エイリアシング

- ◆ 標本間隔が画像の最適値より大きい
 - ▶ 元の画像に含まれない濃淡変化が現れる

量子化

量子化レベル

- ◆離散化する際の段数，濃淡レベル，画素値
 - ▶ビット数で表す：8ビットで量子化 0～255の256段（レベル）= 8ビット画像

量子化誤差

- ◆量子化による真値との差
 - ▶その部分が雑音になる：量子化雑音

輝度範囲（ダイナミックレンジ）

- ◆量子化後の最大値と最小値との差（比）
 - ▶文字などは1ビット（2レベル），白黒写真なら8ビット（256レベル）
 - ▶レントゲン写真なら10～12ビット（1024～4092レベル）

疑似輪郭

- ◆量子化誤差が原因で，なめらかな濃淡変化の部分に現れる輪郭

走査

画像の入力

- ◆画素ごとにA/D変換
- ◆光電変換：CCD（電荷結合素子）

プログレッシブスキャン（順次走査）

- ◆左上（左下）から右 一つ下（上）のライン

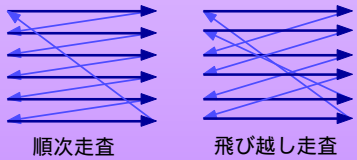
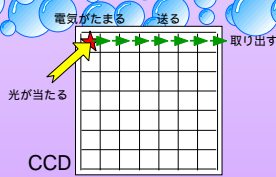
インターレーススキャン（飛び越し走査）

- ◆1ライン～数ライン飛び越しながら

スキャナ

- ◆CCDラインセンサ：1次元を一気に読みとり可能
- ◆信号の流れはプログレッシブスキャンと同じ
 - ▶カラーの場合：面順次と線順次

撮像素子



モノクロ画像とカラー画像

モノクローム画像

- ◆濃淡を表現する：グレースケール
 - ▶白黒画像の明るさ，カラー画像の各色，奥行き（距離画像）

カラー画像

- ◆RGB：光の三原色（デバイス依存，sRGB, Apple RGB等）
- ◆CMYK：色の三原色（インクの色に依存）
- ◆YUV：NTSC方式のテレビ画像，明度と色差，JPEG
- ◆L*a*b*：CIE（国際照明委員会）1976, CIELAB表色系
- ◆その他

マルチチャンネル画像

- ◆赤外線，紫外線，エックス線，電波等々可視光以外でも
- ◆マスク画像など

画像の統計量

ヒストグラム

- ◆ 画像の濃淡値の頻度分布
 - ▶ 8ビット画像が持つ0～255の値の出現頻度のグラフ

最小値・最大値

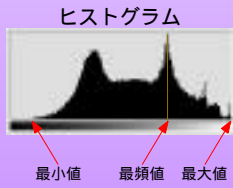
- ◆ ヒストグラムの下端と上端
 - ▶ この差がコントラスト

最頻値（モード）

- ◆ ヒストグラムのでっぺん

平均値

$$m = \frac{\sum_{i=0}^{255} iC[i] \text{ (濃淡値の合計)}}{\sum_{i=0}^{255} C[i] \text{ (画素数)}}$$



画像の統計量

中央値（中間値）

- ◆ ヒストグラムの面積の中央
 - ▶ ヒストグラムの左右の「面積」が等しくなる明るさ
 - ▶ 全画素数をNとしたとき、暗い方（明るいほう）から数えてN/2番目の明るさ

分散

- ◆ コントラストを表す

$$s^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{255} (i - m)^2 C[i]$$

色彩

加法混色

- ◆ RGB（赤・緑・青）
- ◆ 光の3原色

減法混色

- ◆ CMY（シアン・マゼンタ・黄）
- ◆ 絵の具の3原色
- ◆ 印刷の場合はK（黒）を加えた4色を使う



コンボジットブラック
(真っ黒にはならない)

限定色表示

利用可能な色数が制限されている場合

- ◆ 8色とか256色とか
- ◆ 画像に含まれるすべての色を再現できない
 - ▶ 利用可能な色の中から画像を再現するのに最も適した色を選択する
 - ▶ インデックスカラー画像

代表色の選択

- ◆ 均等量子化法
 - ▶ 入力画像の色空間を利用可能な色数で均等に分割
 - ▶ 色の出現頻度分布を考慮しないので頻度分布に偏りがあると再現性が悪化する
- ◆ 頻度法
 - ▶ 出現頻度順に代表色を選定するのでたいいてい再現性は良好
 - ▶ 色の出現頻度分布が均等だと代表色が一意に決定できないことがある

均等量子化法と頻度法の比較

入力画像



均等量子化法

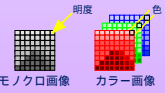


頻度法



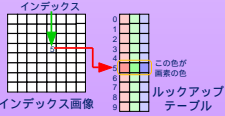
インデックスカラー画像

モノクロ画像とカラー画像



◆モノクロ画像 カラー画像

インデックスカラー画像



◆インデックス画像

面積階調法

画像出力機器の出力階調数が不足する場合

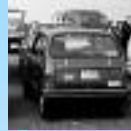
- ◆印刷用インクは階調を表現できない
- ◆限定色表示

点の空間的な密度によって階調を表現する

- ◆網点
- ◆ディザリング (FM スクリーニング)
 - ▶パターンディザ法
 - ▶ランダムディザ法
 - ▶組織的ディザ法
 - ▶濃度拡散法

網点とディザ法

原画像



2値化



(均等量子化)



パターンディザ法



濃度拡散法



網点

画質

画質に影響を与える濃淡情報

- ◆階調性
- ◆コントラスト
- ◆雑音

画質に影響を与える空間的情報

- ◆鮮鋭度
- ◆解像度

空間周波数成分

階調性

階調（トーン）

- ◆画像の明暗の調子

階調性

- ◆階調がどのように現れているか

階調再現性

- ◆スキャナやプリンタなどの入出力装置における階調表現能力

階調性の良し悪し

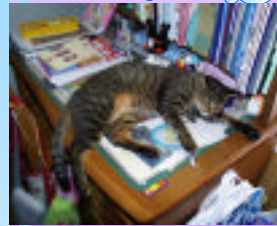
中間調の数（濃淡レベル数）

- ◆対象画像を表現するのに十分な濃淡レベル数を持つ

中間調の分布

- ◆中間調の分布に極端な偏りがない

階調レベル数が適当な画像



階調が不足している画像



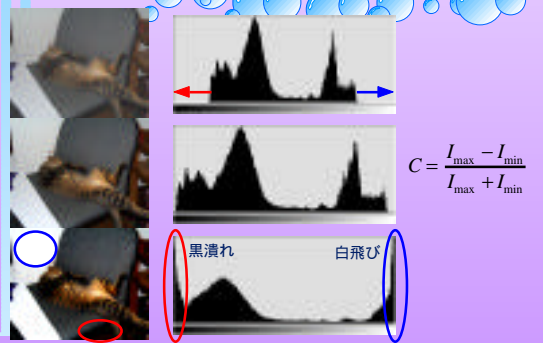
階調分布に偏りがある画像



なめらかな階調分布をもつ画像



コントラスト



雑音

ランダム雑音

- ◆ フィルムの粒子
- ◆ 発生が確率的にランダム

周期性雑音

- ◆ CCDの感度むら
- ◆ 印刷物のスキャン時のエリアシング



SN比

信号対雑音比

$$S/N = \frac{\text{信号強度}}{\text{雑音強度}}$$

対数：人間の感覚は与えられた刺激量の対数にだいたい比例する（ウェーバー・フェヒナーの法則）

$$S/N = 10 \log \frac{\text{信号強度}}{\text{雑音強度}} \quad (\text{単位dB})$$

$$S/N = 10 \log \frac{(\text{信号電圧})^2}{(\text{雑音電圧})^2} = 20 \log \frac{\text{信号電圧}}{\text{雑音電圧}} \quad (\text{単位dB})$$

$$S/N = 20 \log \frac{\text{信号の最大濃淡レベル}}{\text{雑音の濃淡レベルの標準偏差}} \quad (\text{単位dB})$$

鮮鋭度（シャープネス）

画像がはっきり見えるかぼけて見えるか

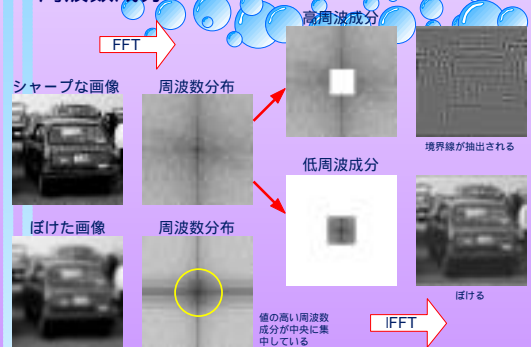
- ◆ ぼけた画像 鮮鋭度が低い

画像の周波数特性として現れる

- ◆ 高い周波数成分が少ない 鮮鋭度が低い



周波数成分



解像度（解像力）

画像どこまで細かく見えるか

- ◆ 拡大したときにぼけたりブロック化しない 解像度が高い



解像度（解像力）

標本間隔で表す

- ◆ dpi
 - ▶ dot per inch (1 インチ幅あたりの画素数)
- ◆ dpc
 - ▶ dot per centimeter (1 センチあたりの画素数)

線数で表す

- ◆ lpi, ~線, ~線 / インチ (スクリーン線数)
 - ▶ 1 インチ幅に何本線が引けるか
 - ▶ 商業印刷では150線 ~ 175線くらい
 - ▶ 600dpiのモノクロプリンタでは85lpiくらいが標準
- ◆ ~本, ~本 / mm
 - ▶ 1 ミリ幅に何本線が引けるか
 - ▶ 1 本の線を白黒 2 本の線として数える場合もある

線数と階調数の関係

カラー印刷のインクは階調が表現できない

- ◆ 網点やFMスクリーニング (デザリング) などの面積階調法を使う
- ◆ 網点は解像度を上げて印刷すると階調数が減る

- ◆ 濃度に比例した面積を持つ点を打つ



- ◆ 600dpi の白黒プリンタ

- ▶ 階調数 = 2 (1 点 1 x 1 画素) 300 線 / 600dpi の 2 値画像
- ▶ 階調数 = 5 (1 点 2 x 2 画素) 150 線 / 300dpi の 5 値画像
- ▶ 階調数 = 10 (1 点 3 x 3 画素) 100 線 / 200dpi の 10 値画像
- ▶ 解像度Rのプリンタにおける階調数nと線数Lの関係

$$n = (R/2L)^2 + 1 \quad [n = (R/L)^2 + 1]$$