

情報デザイン専攻

画像情報処理論及び演習I

-領域抽出-

大津の二値化法、ラベリング

第7回講義
水曜日1限
教室

吉澤 信
shin@riken.jp, 非常勤講師
大妻女子大学 社会情報学部

独立行政法人
理化学研究所

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

今日の授業内容

www.riken.jp/briect/Yoshizawa/Lectures/index.html
www.riken.jp/briect/Yoshizawa/Lectures/Lec04.pdf

- ① 第二回レポート
- ② 領域抽出法と大津の二値化
- ③ 演習: 二値化のプログラム作成
- ④ 時間があれば... 第一回レポート質問

第一回のレポートは今日締切なのでみなさん出してねー^^)

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

第二回レポートの説明

www.riken.jp/briect/Yoshizawa/Lectures/index.html

✓ 第二回レポートの〆切は**6月22日**です。

レポート作成の注意点・作成提出方法の説明資料

レポートの雛形 (これをWindowsのワードで編集してレポートを作成)

レポートの提出先

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

前回の復習

✓ 標準化(定理)・量子化、ヒストグラム、幾何光学モデル、レンズ・カメラの特性、距離画像、ステレオビジョン・エピポララ幾何、CT、顕微鏡、色彩、色の三属性、表色系・色空間、コントラスト、トーンカーブ、ディスプレイ、**ディザ処理**。

✓ **画像データ処理**: デジタル画像処理のメイン。

- フィルタリング・ノイズ除去・画像復元、**領域抽出**、**アフィン変換**・位置合わせ・3D再構成、画像合成・Inpainting、圧縮、エッジ抽出、細線化、物体検出・追跡、文字・顔・人・車両認識・追跡、周波数解析、類似検索、異常検出、モーフィング・変形、etc.

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

よくある画像処理の流れ

入力: 画像データ

前処理: e.g. フィルタリング、ノイズ除去、超解像度、多重解像度解析、空間変換等。

特徴抽出

認識・識別 e.g. 領域抽出

後処理: e.g. 統計・幾何処理

出力: 解析結果

パターン認識では特徴量は形状記述子・画像記述子とも呼ばれる。

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

領域抽出とは?

✓ **領域抽出**: 画像の領域を分割する処理・対象の領域を切り出して他の領域と区別する事。

✓ 画像処理で最も重要な技術。

✓ 毎年何百! という新しい方法が提案されている。

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

領域抽出の例

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

二値化

✓ **二値化**: 画像の画素値を二つに分ける事 = 画像を二つの領域に分ける事.

- 単純閾値、P-タイル法、**大津の二値化法** (判別分析法)等.

P-タイル法: 対象の占める画素数が既知のとき、低いところから頻度値を積算. 予測される画素数付近を閾値とする方法.

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

多値化と二値化

✓ **ポスタリゼーションは多値化.**

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

一番簡単な領域抽出: 閾値による二値化

✓ その画素値が閾値(threshold)より大 小で領域を二つに分ける.

閾値: 64 閾値: 96 閾値: 128 閾値: 160

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

ラベリングとは?

✓ **ラベリング**: 連結領域を抽出する事.
 ✓ 通常は領域抽出後に適用する.
 ✓ **連結領域**: 同じ画素値の繋がった領域.

- 4連結: 左右上下.
- 8連結: 3x3の領域.

次回の授業で詳しくやります.

4連結 8連結

二値化 多値化 ラベリング

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

何の役に立つのか?

医療応用

エンターテインメント応用

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

何の役に立つのか? 2

自然科学応用

イメージング技術の発達
 画像 → 高精度画像
 → 高分解能画像
 → 高次元情報

画像の定量的解析は、生命現象解明の新たな方向性
 定量的解析 → 定量的解析 → 定量的解析
 定量的解析 → 定量的解析 → 定量的解析

細胞内の3D領域分割
 ミトコンドリア
 核

工業応用

CRKEN

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

領域抽出処理の流れ

✓ 領域抽出は、特徴量の分類・識別。

入力画像 → 特徴抽出 / 特徴空間生成 → 識別関数 (分割規則) → 画像空間への反映 → 出力画像

特徴抽出 / 特徴空間生成: $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_N$
 識別関数 (分割規則): ϕ_N
 N次元特徴空間

処理例:
 入力画像 → 特徴抽出 → 識別関数 → 閾値 → 出力画像
 「閾値」は識別関数表現のひとつ

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

重要: 領域抽出法の分類

✓ 教師なし(Unsupervised Segmentation):

入力画像 (領域抽出したい画像) → 特徴抽出 分類・識別 → 領域抽出画像

✓ 教師あり(Supervised Segmentation):
 - パターン認識・機械学習(後期にやるかも)。

特徴空間
 みかん りんご
 レモン
 背景
 入力画像
 RGB色空間
 キワイ
 赤み
 円形度

正解・不正解 (教師) 画像

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

重要: 領域抽出法の分類

✓ 教師なし(Unsupervised Segmentation):

- 領域の輝度値や抽出したい形状に関するエネルギー(目的関数)を最小化・最大化する事で特徴量の分布や滑らかさを基準。
- 領域抽出でよく用いられる方法は **大津の二値化法**, **Snake (Active Contour)**, **Graph Cuts**, **Mean Shift**, **Water Shed (Region Growing)**等の方法が有名(目的関数の違いなど沢山の亜種)。
- モデルを用いた検出: エッジ抽出、コーナー検出、テンプレートマッチング、線・円・形状抽出: 特徴抽出・パターン認識と合わせ後期にやります。

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

Snake / Active Contour法

✓ 曲線と画像のエッジに基づくエネルギー関数の和を最小化する事で曲線を対象に収束させていく方法。

✓ エネルギーの種類:
 - 閉曲線の連続性及び滑らかさ。
 - 画像のエッジ強度。
 - 閉曲線を縮ませる(曲率)。

$v(x) = f(x), y(x)$

continuously energy 連続性を保つこととするエネルギー
 Elastic energy (弾性エネルギー) $\int_0^L |v'(x)|^2 dx$

CGG-ARTS協会

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

Snake / Active Contour法2

✓ Level Set法と呼ばれる方法と組み合わせる事で位相変化に対応し複数オブジェクトの領域抽出が可能。

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

Snake / Active Contour法3

✓ 3次元曲面への拡張もある.

©A. Sharf et al. EG06.

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

Snake / Active Contour法4

✓ 物理方程式の境界面を計算する事でのシミュレーション.

©Physbam.stanford.edu-Hebira

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

Mean Shift法

✓ 画素の座標値+色やその他の特徴を組み合わせた特徴空間で(ガウス関数等の)重み付平均を繰り返し適用し、(特徴空間の)同じ場所に集まってきた(収束した)画素を同じ領域とする方法.

©D. Comanici and P. Meer, IEEE

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

Graph Cuts法

✓ 画素の格子や近傍の画素への辺をグラフの辺として画素中心をグラフの頂点とし、エッジ強度等の重みを持ったグラフ構造を分離(カット)する方法.

- 最小カット(Minimum Cut): 重みの和が最小.
- 最大カット(Maximum Cut): 重みの和が最大.

©T. Sjö, RIKEN

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

Region Growing法

✓ 複数のSeed画素からスタートし領域を拡張していく、拡張のルールはエッジ強度や形状モデルからの距離(例えば領域が平面に近いかどうか)等から構成されるエネルギー関数を最小化する様な近傍画素を随時Seed画素に加えて領域を大きくしていく:

- Watershed法, K-means Clustering, Lloyd Partitioning, 重心ボロノイ図, etc.

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

重要:大津の二値化法(判別分析法)

✓ 白の分布と黒の分布の「分離度」が大きくなるように閾値を自動的に決める.

✓ 分離度: $\frac{\text{クラス間分散}}{\text{クラス内分散}}$

©CG-ARTS 2004

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

閾値によるクラス

✓ 閾値によるクラス分け=閾値による二値化:
 ✓ 全体とそれぞれのクラスの平均と偏差:

平均

$$m = \frac{1}{\omega} \sum_{i=1}^{\omega} x_i$$

分散

$$\sigma^2 = \frac{1}{\omega} \sum_{i=1}^{\omega} (x_i - m)^2$$

m_1, σ_1^2 全体の平均と分散
 $m_1, \sigma_1^2, \omega_1$ 黒画素クラスの平均と分散, 画素数
 $m_2, \sigma_2^2, \omega_2$ 白画素クラスの平均と分散, 画素数

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

重要:クラス内分散とクラス間分散

✓ クラス内分散:クラスの散らばりの大きさ.

$$\sigma_w^2 = \frac{\omega_1 \sigma_1^2 + \omega_2 \sigma_2^2}{\omega_1 + \omega_2}$$

✓ クラス間分散:
二クラス間の散らばり度合.

$$\sigma_b^2 = \frac{\omega_1 (m_1 - m_t)^2 + \omega_2 (m_2 - m_t)^2}{\omega_1 + \omega_2}$$

$$= \frac{\omega_1 \omega_2 (m_1 - m_2)^2}{(\omega_1 + \omega_2)^2}$$

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

重要:分離度

✓ 分離度: **クラス間分散** ÷ **クラス内分散**.

$$\text{分離度} = \frac{\sigma_b^2}{\sigma_w^2}$$

クラス間分散
 クラス内分散

- 二つのクラスができるだけ分離しているためには、
- クラス内分散=クラスの分布の広がり
→なるべく小さいほうがよい
- クラス間分散=クラスの隔たり
→なるべく大きいほうがよい
- 分離度=クラス間分散÷クラス内分散を最大にする。

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

分離度2

✓ 分離度: **クラス間分散** ÷ **クラス内分散**.

$$\text{分離度} = \frac{\sigma_b^2}{\sigma_w^2}$$

クラス間分散
 クラス内分散

クラスの平均はなるべく離れているほうが分離度が高い。
 クラスの分散はなるべく小さいほうが分離度が高い。

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

分離度3

✓ 分離度の最大化.

$$\text{分離度} = \frac{\sigma_b^2}{\sigma_w^2}$$

クラス間分散
 クラス内分散

$$= \frac{\sigma_b^2}{\sigma_t^2 - \sigma_b^2} \quad (\because \sigma_t^2 = \sigma_w^2 + \sigma_b^2 \leftarrow \text{証明してみよう})$$

$x = \frac{\sigma_b^2}{\sigma_t^2}$ とおくと

$$= \frac{x}{1-x} \quad (0 < x < 1) \quad x = \frac{\sigma_b^2}{\sigma_t^2} < \frac{\sigma_b^2 + \sigma_b^2}{\sigma_t^2} = \frac{\sigma_t^2}{\sigma_t^2} = 1$$

グラフから、この値は、 $0 < x < 1$ で単調増加。
 σ_t^2 は、閾値の選び方によらないので、
 σ_b^2 が最大になるように閾値を選べばよい。

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

重要:大津の方法アルゴリズム

1. 画像からヒストグラムを作成. ビンの数をNとする.
2. 閾値が0のときのクラス間分散を計算しその値を Smax, そのときの閾値を Tmax とする.
3. for(i=1; i<N; i++){
 1. 閾値がiのときのクラス間分散を計算しSとする.
$$\sigma_b^2 = \frac{\omega_1 (m_1 - m_t)^2 + \omega_2 (m_2 - m_t)^2}{\omega_1 + \omega_2}$$

$$= \frac{\omega_1 \omega_2 (m_1 - m_2)^2}{(\omega_1 + \omega_2)^2}$$

平均 $m = \frac{1}{\omega} \sum_{i=1}^{\omega} x_i$
 分散 $\sigma^2 = \frac{1}{\omega} \sum_{i=1}^{\omega} (x_i - m)^2$
2. もしも $S > Smax$ ならば $Smax = S, Tmax = T$ とする.
4. }
5. Tmaxが大津の閾値となる.

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

大津の方法の問題点

✓ ヒストグラムが双峰性を持つ場合に非常に良い結果が得られる。つまり双峰性がない画像には向いていない。

単純閾値 大津法

✓ 画像全体のヒストグラムを使っているため背景の明るさ変化に弱い。

画像全体のヒストグラムを用いた大津法 局所的ヒストグラムを用いた大津法

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

演習: 二値化のプログラムを作ってみよう!

www.riken.jp/briect/Yoshizawa/Lectures/index.html
www.riken.jp/briect/Yoshizawa/Lectures/Ex03.zip

- ① 閾値を与えてpgmを二値化するプログラムを作る。
- ② ヒストグラムを作成して大津の方法を使ってみる。

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

演習: 二値化のプログラムを作ってみよう!

閾値を与えてpgmを二値化するプログラムを作る:

1. Ex03.zipをダウンロード→解凍。
2. ex03_0.cxx: pgmファイルを与えられた引数を閾値として二値化するプログラムの雛形。
3. 「./Run_ex03_0.sh 閾値」でコンパイル+実行。
4. ex03_0.cxxの中を書き換えてプログラムを完成させよう!
5. 出来たら閾値を32,64,96,128,192と変えて実行してみてください。
6. ヒント: Ex01/ex01.cxxの中を見よう!

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

演習: 二値化のプログラムを作ってみよう!

ヒストグラムを作成して大津の方法を使ってみる:

1. ex03_1.cxx: pgmファイルを大津の方法で二値化するプログラム。
2. 「./Run_ex03_1.sh」でコンパイル+実行。
3. Run_ex03_1.shの中身を変えて Cameraman.pgm、Kanji_Iri.pgmを大津の方法で二値化してみよう!
4. 出来たら今日の講義スライドのアルゴリズムの方法で自分で大津の方法をプログラムしてみてください。

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

演習: 二値化のプログラムを作ってみよう!

4のヒント: otsu_Chi.hを書き換えてex03_1.cxxでincludeする。Otsu_Chi.h中の

1. double getSmax(int thr,int hsize,int *hist){}内でクラス間分散の分子を計算。
2. thr閾値、hsizeヒストグラムのサイズ、*hist、ヒストグラム配列(hist[0]...hist[hsize-1])。
3. 戻り値でクラス間分散の分子を返す。
4. 注意点: 画素数の掛け算は大きな値なので、閾値thrで分けられた二つのクラスの画素数はlongを使う事。
5. また、途中計算の変数はdoubleを使う事。

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

来週の予定

www.riken.jp/briect/Yoshizawa/Lectures/index.html

① ラベリング・細線化。

② 演習。

③ 第三回レポート。