

情報デザイン専攻

画像情報処理論及び演習I

-デジタル画像の表現と応用-
画像処理の基礎

第1回講義
水曜日1限
教室6215情報処理実習室

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

自己紹介

✓ 講師: 吉澤 信 (よしざわ しん)
- 本務: 理化学研究所 上級研究員
- 専門: デジタル幾何学・CG/CAD・画像処理
- E-Mail: shin@riken.jp
- URL: www.riken.jp/briect/Yoshizawa/

✓ TA: 瀬能 高志 (せのう たかし)
- 所属: 東京大学 大学院 修士課程2年

よろしくお願ひします!

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

専門: デジタル幾何学・CG/CAD・画像処理

形状変形法
幾何特徴抽出 & 特徴解析

ノイズ除去 & 意匠形状生成
$$\Delta_x u = -(k_{max}^2 + k_{min}^2)u - \nabla_x (k_{max} + k_{min})$$

新しい幾何公式

領域分割 & 簡略化

多重解像度解析 生物幾何学 画像合成 媒介変数化 & 再メッシュ化

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

画像処理、楽しい?役に立つ?

✓ 楽しいか?: 学問として面白いです!
- コンピュータ科学・情報学ではCG (Computer Graphics)と並んで花形の分野.
- 目に見える結果、綺麗、技術的面白さ.

✓ 役に立つか?: 色々な分野で役に立ちます!
- デジタルカメラの爆発的普及.
- エンターテイメント産業: 映画・ゲーム等.
- 自然科学: 天文学・生物学・化学・物理学等の観察・観測データ解析等.
- 工業・工学: 現実世界の製品データ解析等.
- 医療: CT、MRI等の画像診断等.

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

本講義について

✓ 目的: デジタル画像処理の基礎知識と技術の習得
- 画像処理の楽しさを知る.
- 役に立つ事を知る.
- 画像処理の基礎的なプログラミングを習得.

✓ 教科書: なし、講義資料・演習課題は授業のHP:
<http://www.riken.jp/briect/Yoshizawa/Lectures>

✓ 参考書:
- 「デジタル画像処理」、CG-ARTS協会、2006.
- 「Digital Image Processing」, R. Gonzalez & R. Woods著, Pearson Edu. Inc., 2008.

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

重要

講義HP: www.riken.jp/briect/Yoshizawa/Lectures

今日必ず憶える事: **ls, cd, pwd**:
端末(コンソール)にて打ち込みエンターキーで実行.

- cd: ディレクトリー(フォルダー)の移動.
「cd ディレクトリー名」
- ls: ディレクトリー内のファイル名・フォルダー名を表示. 「ls ディレクトリー名」、「ls ./」、「ls ../」、「ls -lh」、「ls -alh」
- pwd: 現在のディレクトリーを表示. 「pwd」

✓ ファイル名・ディレクトリー名に日本語はダメ!
✓ プログラムのソースコードにコメント以外では、日本語は使わない事!

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

本講義について:授業の進め方

- ✓ **講義**: 画像処理の背景・理論・アルゴリズム・プログラミング・応用に関する講義.
- ✓ **演習**: 講義の内容をプログラミング (基本的にLinux環境でC言語+Java言語).
- ✓ **課題**: 講義と演習の内容をより理解するための課題を解き、レポートとして提出.
- ✓ **評価方法**:
 - 出席40%:遅刻は少し減点, **出席管理システム**.
 - レポート60%: 2~3回次週までに提出.
 - テスト:なし.

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

なんでLinuxなんかでやるの?

- ✓ **Windowsでいいじゃん、Visual Studio (VC++)とかのビルダーでいいじゃん!**
 - 端末&エディターを使っでのプログラミングはどんなコンピュータの環境でも使える基本!
- **例えば、...**
 - 1私企業のマイクロソフト依存は危険! マイクロソフトが潰れたら? 主流じゃなくなったら?
 - Visual Studioって結構高いよ(10万~200万).
 - スマートフォン等の次世代携帯機器はAndroid OSやMac OS (共にUNIX/Linuxベース)が主流.
 - 画像処理アルゴリズムやC/C++言語とは関係が無いビルダー固有の開発方法を覚えなければいけない.
 - 就活等で「Linuxでのプログラミングも出来ます!」.

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

本講義について:その他コメント

- ✓ 1限ですが、頑張って授業に来て下さい.
- ✓ 分からないところは遠慮なく質問してください.
 - 講義で話している途中でも可.
 - 授業後でも可、メールでの質問も可: shin@riken.jp
 - 授業に関しての意見も可.
- ✓ 課題や演習は他の学生さんと相談してもOK、でも**コピーはダメです**:
 - レポートやプログラムのコピーは(少し変えても)すぐに分かります.

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

講義・演習内容の予定

1回	基礎・色相・画像化
2回	基礎・色相・画像化
3回	基礎・色相・画像化
4回	アフィン変換と補間
5回	アフィン変換と補間
6回	アフィン変換と補間
7回	領域抽出・ラベリング・細線化
8回	領域抽出・ラベリング・細線化
9回	領域抽出・ラベリング・細線化
10回	領域抽出・ラベリング・細線化
11回	領域抽出・ラベリング・細線化
12回	領域抽出・ラベリング・細線化
13回	領域抽出・ラベリング・細線化
14回	領域抽出・ラベリング・細線化
15回	領域抽出・ラベリング・細線化

後期は: 周波数分解・フィルタ・スタイル化・動画など

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

講義・演習内容の予定

内容(1-3): 基礎

- 1: 画像処理の様々な応用
- 2: Linuxの基礎、画像クラス
- 3: 画像化・色相・装置・表示

1回 **基礎**

2回 **基礎**

3回 **基礎**

4回 **アフィン変換・補間**

5回 **アフィン変換・補間**

6回 **アフィン変換・補間**

7回 **領域抽出**

8回 **領域抽出**

9回 **領域抽出**

10回 **領域抽出**

11回 **領域抽出**

12回 **領域抽出**

13回 **領域抽出**

14回 **領域抽出**

15回 **領域抽出**

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

講義・演習内容の予定

内容(4-5): アフィン変換・画素値の補間

1回 **基礎**

2回 **基礎**

3回 **基礎**

4回 **アフィン変換・補間**

5回 **アフィン変換・補間**

6回 **アフィン変換・補間**

7回 **アフィン変換・補間**

8回 **アフィン変換・補間**

9回 **アフィン変換・補間**

10回 **アフィン変換・補間**

11回 **アフィン変換・補間**

12回 **アフィン変換・補間**

13回 **アフィン変換・補間**

14回 **アフィン変換・補間**

15回 **アフィン変換・補間**

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

講義・演習内容の予定

内容(6-9): 領域抽出
特に大津法・ラベリング

1回 基礎

2回

3回

4回 アフィン変換・補間

5回

6回

7回

8回 **領域抽出**

9回

10回

11回

12回

13回 画像合成

14回

15回

©S. Yoshizawa, RIKEN

©www.eecs.berkeley.edu

入力

二値化 多値化 ラベリング

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

講義・演習内容の予定

内容(10-15): 画像合成・類推

1回 基礎

2回

3回

4回 アフィン変換・補間

5回

6回

7回

8回 領域抽出

9回

10回

11回

12回

13回

14回 **画像合成**

15回

©A. Yokoyama et al. SIGGRAPH 2001

A A'

B B'

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

講義・演習内容の予定

内容(10-15): 画像合成・類推

1回 基礎

2回

3回

4回 アフィン変換・補間

5回

6回

7回

8回 領域抽出

9回

10回

11回

12回

13回

14回 **画像合成**

15回

©Perez et al. SIGGRAPH 2003.

©Sapiro and Ballester, SIGGRAPH 2000.

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

後期の予定

- ✓ 周波数分解・ファイルI/O
- ✓ フィルタ処理・エッジ強調
- ✓ 計算Photography
- ✓ Artistic Stylization
- ✓ 動画像処理
- ✓ 幾何・形状・パターン認識

©S. Yoshizawa, RIKEN

© New Line Productions, Inc.

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

デジタル画像とは？(まずは簡単に)

- ✓ **デジタル画像(Raster)**: コンピュータ内で表現されたデータ付正規直交格子(画素の集まり).
- ✓ **画素**: 格子の最小構成要素: 格子1個.
 - 2次元: ピクセル(Pixel).
 - 3次元: ボクセル (Voxel).
- ✓ **画素値**: 明度や色の数値.
 - グレースケール画像: 明るさ(明度).
 - カラー(色)画像: RGB, CMY等.
- ✓ **画素値のビット数**: 色数.
 - 8bit画像: 2の8乗で256色、グレースケールの場合は0から255までの256段階の明度. 16bit画像なら2の16乗で65536段階. RGB毎に8bitなら256の3乗で16777216色.

画像取得技術と画素、カラーの表現は「画像化・色彩・表示」の講義でもう少し詳しく説明します。

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

重要: デジタル画像の座標と配列

普通の座標系

(0,0)

(sx-1, 0)

(0, sy-1)

(sx-1, sy-1)

輝度値の配列表現:

```
int I[sy][sx]; for(i = 0; i < sy; i++){
double I[sy][sx]; for(j = 0; j < sx; j++){
    I[i][j] = ...
}
```

画像処理でよく使う座標系

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

デジタル画像の数式表現

輝度値の配列表現：
 $\text{int } I[sy][sx];$
 $\text{double } I[sy][sx];$

輝度値の数式表現：高さ関数
 $z = I(x, y)$ 又は $z = I(\mathbf{x}), \mathbf{x} = (x, y)$

カラー画像： $\mathbf{z} = \mathbf{I}(x, y) = (R(x, y), G(x, y), B(x, y))$
 又は $\mathbf{z} = \mathbf{I}(\mathbf{x}) = (R(\mathbf{x}), G(\mathbf{x}), B(\mathbf{x})), \mathbf{x} = (x, y)$

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

一休み：テストモデル

世界で最も有名な標準テスト画像：Lena (Lenna)

1972年のPlayboyに掲載。7000万部以上！

1973年：南カルフォルニア大学、信号・画像処理研究所の研究者がスキャンし画像データベースにて公開。

世界中で使われる。

1988年：コンピュータ雑誌のインタビューにて本人が知る。

1992年～96年：SPIEやIEEE等の信号・画像処理の権威学会にて著作権違反の議論。

1997年著作権者PlayboyがこのLenaの元画像 画像に権利を行使しない事を明言。

1997年Image Science & Technology学会50周年記念会議に本人が参加。

もっと世界中に普及し教科書等でも使われる。

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

一休み：テストモデル

画像処理ではLena以外にも沢山のテスト画像がある：

etc ...

分野毎に有名な標準テストモデルがある：例CGでは...

Utah大学: Teapot Caltech: Armadillo Stanford大学: Bunny, Dragon, Buddha

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

関連する学問分野

1次元: 信号処理・音声処理

コンピュータ・ビジョン(CV)

コンピュータ・グラフィクス(CG)

多視点カメラ・3次元再構成・ロボット

形状・アニメーション・シーン・曲がった空間

識別・認知・分類

パターン認識

画像処理

その他多数の応用分野

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

Raster画像 vs Vector画像

Raster: Vector

Vector画像：
 線(line)、折れ線(polyline)、多角形、円、楕円、曲線や曲線によって囲まれた図形、テキストなどで保存された図形を組み合わせて表現する画像。

Raster画像: 画素の集合

✓ Vector画像: アフィン変換で画像が劣化しない。複雑な画像をベクトル表現するのは難しい。

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

Raster画像 vs Vector画像

✓ CGでのRenderingとは最初からVector化された3次元形状(曲面やポリゴン)の色や材質等の属性を透視図にてRaster画像化する事。

3次元形状

Rendering

Raster画像

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

Raster画像 vs Vector画像

✓ 最先端のCGでは複雑な画像をVector化する方法も研究されている:

©J. Sun et al., SIGGRAPH 2007.

©vectormagic.com

✓ 本講義では主にRaster画像を扱い、以後「画像」はデジタルのRaster画像を指す。

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

応用: 何が出来るの?

1次元: 信号処理・音声処理

コンピュータ・ビジョン(CV)

コンピュータ・グラフィクス(CG)

いろいろ出来ちゃいます!

パターン認識

画像処理

その他多数の応用分野

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

応用例: コンピュータ・グラフィクス

Example-based Painting:

データ入力
画像とその領域の分類

Userの入力
Painting

出力: 合成画像

©A. Hertzmann et al., SIGGRAPH 2001.

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

応用例: コンピュータ・グラフィクス

HDR画像の合成

8bit: 低階調

入力: 複数露光設定による高階調HDR (High Dynamic Range)画像データ

8bit: 低階調

8bit: 低階調

出力: 合成画像

©S. Yoshizawa et al., CGF 2010.

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

応用例: コンピュータ・グラフィクス

細部強調 & Deblurring(ぼけの除去)

©R. Fattal et al., SIGGRAPH 2007.

©Q. Shan et al., SIGGRAPH 2008.

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

応用例: コンピュータ・グラフィクス

直交格子(3D画像)を用いた物理シミュレーション:

Eulrian: 直交座標系

©N. Thurey et al., SIGGRAPH 2010.

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

応用例: コンピュータ・グラフィクス

2D画像のインタラクティブな変形:

©T. Igarashi et al., SIGGRAPH 2005.

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

応用例: コンピュータ・グラフィクス

2D人顔画像の3D形状モデルを用いたアニメーション・モーフィング:

Application: input output

3D reconstruction rendering

©V. Blanz et al., EG 2004. ©V. Blanz et al., EG 2003.

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

応用例: コンピュータ・ビジョン

2D人体画像の3D形状モデルを用いたアニメーション・モーフィング:

©S. Zhou et al., SIGGRAPH 2010.

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

応用例: コンピュータ・ビジョン

複数画像からの3D形状の構成:

©T. Thrmahlen and H.-P. Seidel, SIGGRAPH 2008. ©D. Aiger et al., SIGGRAPH 2008.

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

応用例: コンピュータ・ビジョン

注目領域の自動提示: 脳科学に基づいた顕著度(Saliency)

©USC, ILab, C++ Neuromorphic Vision Toolkit Overview

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

応用例: パターン認識

教師を用いた識別(類似度): 注目: 赤 非注目: 青

©吉澤、横田, Biomedical Interface, 2011.

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

応用例: パターン認識

Google等の画像検索: リトリバル

©OpenCV

入力画像 (Input1, Input2) のヒストグラム間の距離

物体追跡、顔認識: Object Tracking, Face Recognition

©K. Hotta, ICPR 2006.

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

応用例: パターン認識

機械学習(Machine Learning)による異常検出:

異常

正常

異常動作 (乗越、侵入)

正常動作 (歩行者)

©産総研.

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

応用例: パターン認識

文字認識: OCR (Optical Character Recognition)

©www.plate-recognition.info

©日本郵便

©neuronotnet.freehostia.com

©www.lissoft.com

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

応用例: デジタルアート

HDR画像を用いたデジタルアート

©中東正之

<http://www.flickr.com/groups/hdr/>

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

応用例: ゲーム・映画

ゲーム・映画等のデジタルエンターテインメント産業

© New Line Productions, Inc.

© Square-Enix

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

応用例: リモートセンシング

遠隔探知: 航空・衛星のセンサーにて計測:

©www.mapshop.co.jp

©www.ajiko.co.jp

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

応用例: 医用画像

癌や病変の自動検出:

MRI - CT

©RIKEN

©Z. Xue et al., SPIE Newsroom 2009.

©産総研.

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

応用例: 医用・生体画像

画像に基づく形状抽出:
手術・生体シミュレーション
や術前検討.

©T. Ijiri et al., EUROGRAPHICS'13.

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

応用例: 形状モデリング

画像に基づく形状抽出:
複雑な自然界の形状作成

©T. Ijiri et al., SIGGRAPH'14.

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

応用例: 細胞・分子生物学

共焦点レーザー顕微鏡の発達により, 細胞内部の構造を大規模・高次元・高階調な画像として取得可能.

2D画像

3D画像 / Volume
20MB~200MB

複数3D画像

複数2D画像

時系列2D画像

4D画像 200MB~2GB

複数4D画像
2~200GB

©RIKEN.

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

応用例: 天文学

天体の検出・疑似
カラー表現等:

©heritage stsci.edu

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

応用例: 地図・マップ・ナビ

Goole Mapや地形学:

©F. Leasso and H. Hoppe, SIGGRAPH 2004.

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

応用例: 拡張現実 (Augmented Reality)

AR: 現実世界へコンピュータにより情報を付加.

©T. Tawara, IEEE S3DUI 2010 ©mobilepc.aol.jp
©journal.mycom.co.jp
©itpro.nikkeibp.co.jp

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

応用例: 物理シミュレーション (CAE)

計算工学・CAE: Computer Aided Engineering: 工学・工業では現実世界の測定画像データからのシミュレーション技術が注目されている.

©RIKEN.

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

第一回講義まとめ

- ✓ 画像処理は信号(音声)処理・CG (Computer Graphics) / CV (Computer Vision) / パターン認識の分野と密接な関連がある.
 - 情報学ではCG と並んで花形の分野.
 - 目に見える結果、綺麗、技術的面白さ.
- ✓ 様々な応用分野がある: データが画像.
 - デジタルカメラの爆発的普及により...
 - エンターテインメント産業: 映画・ゲーム等.
 - 自然科学: 天文学・生物学・化学・物理学等の観察・観測データ解析等.
 - 工業・工学: 現実世界の製品データ解析等.
 - 医療: CT、MRI等の画像診断等.

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

講義・演習内容の予定

内容(1-3): 基礎

- 1: 画像処理の様々な応用
- 2: Linuxの基礎、画像クラス
- 3: 画像化・色相・装置・表示

1回	基礎
2回	
3回	
4回	アフィン変換・補間
5回	
6回	
7回	
8回	領域抽出
9回	
10回	
11回	
12回	
13回	画像合成
14回	
15回	