

## 第1章 Pythonの基礎 3

- 1.1 プログラミング環境の準備・3
  - 1.1.1 Anaconda のインストール・3
  - 1.1.2 仮想環境の作成・6
  - 1.1.3 Jupyter Notebook の起動とプログラムの実行・6
- 1.2 文字列の表示・8
- 1.3 データ型・8
- 1.4 数値と二項演算・9
- 1.5 文字列と二項演算・10
- 1.6 変数・10
- 1.7 その他の型と演算・13
  - 1.7.1 ブール型・13
  - 1.7.2 リスト型・13
  - 1.7.3 辞書型・14
- 1.8 制御・15
  - 1.8.1 選択・15
  - 1.8.2 繰り返し・17
    - (1) while 文・18
    - (2) for 文・19
    - (3) break 文・20
    - (4) continue 文・21
- 1.9 関数・22
- 1.10 モジュール・24
  - 1.10.1 numpy モジュール・24
    - (1) 整数型・25
    - (2) 浮動小数点型・25
    - (3) 複素数型・25
    - (4) 文字列型・25
    - (5) NumPy 配列・26
    - (6) 数学関数・28
    - (7) 擬似乱数・29
  - 1.10.2 matplotlib.pyplot モジュール・30
- 1.11 クラス・34

## 第2章 デジタル画像の作成 37

- 2.1 数学座標系と画像座標系・37
- 2.2 ゼロ画像の作成と表示・37

- 2.3 矩形画像・39
- 2.4 画像の入出力（保存と読み出し）・42
  - 2.4.1 Rawdata 形式の入出力・42
  - 2.4.2 PNG 形式の入出力・44
  - 2.4.3 DICOM 形式の入力・45
- 2.5 円画像・46
- 2.6 楕円画像・51
- 2.7 Shepp-Logan ファントム・54
- 2.8 ガウス画像・56
- 2.9 雑音画像・58
  - 2.9.1 一様乱数画像・58
  - 2.9.2 ガウス乱数画像・58
  - 2.9.3 ガウス雑音の印加・60
  - 2.9.4 ポアソン雑音の印加・61

## 第3章 デジタル画像処理の基礎 65

- 3.1 基本統計量と画像評価・5
  - 3.1.1 基本統計量・65
    - (1) 合計 (sum, total)・65
    - (2) 平均 (算術平均: mean, average)・65
    - (3) 偏差平方和 (sum of squared deviations)・65
    - (4) 分散 (variance)・66
    - (5) 標準偏差 (standard deviation)・66
    - (6) 平均絶対偏差 (MAD: mean absolute deviation)・66
    - (7) 変動係数 (CV: coefficient of variation)・66
    - (8) Z 値 (Z-score)・66
  - 3.1.2 平均絶対誤差 (MAE: mean absolute error)・67
  - 3.1.3 平均二乗誤差 (MSE: mean square error)・68
  - 3.1.4 平均二乗平方根誤差 (RMSE: root mean square error)・68
  - 3.1.5 ピーク信号対雑音比 (PSNR: peak signal-to-noise ratio)・69
  - 3.1.6 コントラスト対雑音比 (CNR: contrast-to-noise ratio)・70
  - 3.1.7 構造的類似性 (SSIM: structural similarity index measure)・71
  - 3.1.8 Jaccard 係数 (JAC: Jaccard index)・74
  - 3.1.9 ダイス係数 (DC: Dice coefficient)・76
- 3.2 補間・76
  - 3.2.1 最近傍補間・76
  - 3.2.2 線形補間・79
  - 3.2.3 Cubic 補間・83
  - 3.2.4 Sinc 補間・87
- 3.3 アフィン変換・90
  - 3.3.1 平行移動・90

- 3.3.2 拡大・縮小・92
- 3.3.3 回転・93
- 3.3.4 アフィン変換関数・94
- 3.4 プーリング・96
  - 3.4.1 Max プーリング・97
  - 3.4.2 Average プーリング・99
  - 3.4.3 アンプーリング・100
- 3.5 活性化関数・102
  - 3.5.1 単位ステップ関数 (unit step function)・103
  - 3.5.2 シグモイド関数 (sigmoid function)・104
  - 3.5.3 tanh 関数 (hyperbolic tangent function)・104
  - 3.5.4 ReLU 関数 (rectified linear unit function)・105
- 3.6 空間フィルタ処理・106
  - 3.6.1 コンボリューション (convolution)・106
  - 3.6.2 移動平均フィルタ・108
  - 3.6.3  $3 \times 3$  画素空間フィルタ・110
    - (1) 加重平均フィルタ・110
    - (2) ガウシアン (Gaussian) フィルタ・110
    - (3) プレウィット (Prewitt) フィルタ・111
    - (4) ソーベル (Sobel) フィルタ・111
    - (5) ラプラシアン (Laplacian) フィルタ・111
    - (6) 鮮鋭化フィルタ・112

## 第4章 デジタル画像処理の応用 119

- 4.1 フーリエ変換・119
  - 4.1.1 1次元フーリエ変換・119
- 4.2 周波数空間フィルタ処理・141
  - 4.2.1 周波数空間の性質・141
- 4.3 非線形フィルタ・154
  - 4.3.1 評価用数値ファントム・154
  - 4.3.2 メディアンフィルタ・155
- 4.4 ウェーブレット変換・175
  - 4.4.1 連続ウェーブレット変換・176
  - 4.4.2 離散ウェーブレット変換・176
    - (1) ハールのウェーブレット変換・177
    - (2) ドベシのウェーブレット変換・177
  - 4.4.3 多重解像度解析・178

## 第 5 章 画像再構成への適用 191

- 5.1 投影データ・191
  - (1) 線形性・191
  - (2) 対称性・192
  - (3) 周期性・192
  - (4) 移動則・192
  - (5) 回転則・192
  - (6) 相似則・192
  - (7) エネルギー保存則・193
  - 5.1.1 円の投影データの作成・193
  - 5.1.2 楕円の投影データの作成・196
  - 5.1.3 画像からの投影データの作成・200
    - (1) 画像の回転を利用した投影データの作成・200
    - (2) 画素の面積投影を利用した投影データの作成・203
- 5.2 解析的画像再構成法・206
  - 5.2.1 フーリエ変換法・206
  - 5.2.2 単純逆投影法 (SBP 法)・213
  - 5.2.3 フィルタ補正逆投影法 (FBP 法)・216
  - 5.2.4 重畳積分法・220
- 5.3 逐次近似画像再構成法・222
  - 5.3.1 ベクトルと行列の表現・223
  - 5.3.2 ART 法・226
  - 5.3.3 SIRT 法・233
  - 5.3.4 ML-EM 法・236
  - 5.3.5 OSEM 法・238
  - 5.3.6 最小二乗法・242
  - 5.3.7 勾配法・243
  - 5.3.8 最急降下法・246
  - 5.3.9 共役勾配法 (CG 法)・248
- 5.4 圧縮センシング画像再構成法・250
  - 5.4.1 ソフト閾値処理・250
  - 5.4.2 周波数空間での疎な一様サンプリング・253
  - 5.4.3 周波数空間での疎なランダムサンプリング・254
  - 5.4.4 POCS 法による信号の復元・256
  - 5.4.5 POCS 法による画像再構成・257
- 5.5 正則化画像再構成法・261
  - 5.5.1 TV ノルムとその勾配・261
  - 5.5.2 TV 正則化を含めた POCS 法・264
  - 5.5.3 少数投影再構成への正則化の応用・266

## 第 6 章 Deep image prior (DIP) による画像処理 — 275

- 6.1 環境構築・275
- 6.2 DIP・280
- 6.3 ノイズ除去・281
- 6.4 超解像・291
- 6.5 メモ・296

## 第 7 章 Deep image prior (DIP) の 画像再構成法への応用 ————— 299

- 7.1 学習ペアを用いた深層学習・299
- 7.2 Deep image prior (DIP)・299
- 7.3 DIP を用いた画像再構成・300
  - 7.3.1 最適化・300
  - 7.3.2 部分問題 (7-12) 式の解法・301
  - 7.3.3 部分問題 (7-13) 式の解法・302
- 7.4 拡張ラグランジュ関数と ADMM・303
- 7.5 代理関数・304
- 7.6 DIP と順投影モデルを用いた画像再構成・306
- 7.7 凸関数と目的関数の最小化・307
- 7.8 近接作用素・308
- 7.9 L1 正則化画像再構成と深層学習を用いた画像再構成・311

INDEX・316

著者略歴・318