

# 1

## イントロダクション

画像処理の位置付けと分類	010
本書の構成	011
座標系について	013

# 2

## デジタル画像の撮影

2-1	デジタルカメラの構成	016
2-2	画像生成の幾何学的モデル	017
2-2-1	ピンホールカメラ	017
2-2-2	透視投影モデル	018
2-2-3	レンズモデル	019
2-3	撮影パラメータ	023
2-3-1	撮影画角	023
2-3-2	画像の明るさ	027
2-3-3	被写界深度	031
2-3-4	フレームレート	035
2-4	画像のデジタル化	037
2-4-1	グレースケール画像	037
2-4-2	標本化と量子化	038
2-4-3	カメラ応答関数	044
2-4-4	撮像素子のノイズ	047
2-4-5	時系列画像	049
2-5	カラー画像	050
2-5-1	加法混色と減法混色	050
2-5-2	グレースケール画像とカラー画像	052
2-5-3	カラー画像の撮影	052

# 3

## 画像の性質と色空間

3-1	画像の性質を表す諸量	058
3-1-1	画像の統計量	058
3-1-2	コントラストとシャープネス	063
3-2	人間の視覚	066
3-3	表色系と色空間	068
3-3-1	マンセル表色系	068
3-3-2	CIE-RGB表色系	069
3-3-3	CIE-XYZ表色系	070
3-3-4	CIE-L*a*b*色空間	073
3-3-5	sRGB色空間	073
3-3-6	輝度信号と色差信号	075
3-3-7	HSI変換と逆変換	077

# 4

## 画素ごとの濃淡変換

4-1	明るさ・コントラストの変換	082
4-1-1	トーンカーブ	082
4-1-2	折れ線型トーンカーブによる変換	083
4-1-3	累乗型トーンカーブ	084
4-1-4	S字トーンカーブによる変換	086
4-1-5	ヒストグラム平坦化	086
4-2	特殊な効果	088
4-2-1	濃淡の反転	088
4-2-2	ポストリゼーションと2値化	088
4-2-3	ソラリゼーション	089
4-3	カラー画像の変換	090
4-3-1	R,G,Bトーンカーブによる変換	090
4-3-2	擬似カラー	091
4-3-3	色相・彩度・明度の変化	093
4-4	複数の画像の利用	094

4-4-1	画像間演算	094
4-4-2	マスク処理	097

## 5

### 領域に基づく濃淡変換 (空間フィルタリング)

5-1	空間フィルタリング	100
5-2	平滑化	102
5-2-1	平均化	102
5-2-2	重み付き平均化	102
5-2-3	特定方向の平滑化	104
5-3	エッジ抽出	105
5-3-1	微分フィルタ	105
5-3-2	プリューウィットフィルタ, ソーベルフィルタ	107
5-3-3	2次微分とラプラシアン	109
5-4	鮮鋭化	113
5-5	エッジを保存した平滑化	117
5-5-1	局所領域の選択と平均化を行うフィルタ	117
5-5-2	k最近隣平均化フィルタ	118
5-5-3	バイラテラルフィルタ	118
5-5-4	ノンローカルミーニングフィルタ	120
5-5-5	メディアンフィルタ	122
5-6	画像構成要素の置き換え	123

## 6

### 周波数領域における フィルタリング

6-1	画像のフーリエ変換	126
6-1-1	2次元フーリエ変換	126
6-1-2	画像のフーリエ変換	127
6-2	周波数フィルタリング	129
6-2-1	周波数フィルタリング	129
6-2-2	空間フィルタリングと 周波数フィルタリングの関係	130

6-3	ローパスフィルタ, ハイパスフィルタ, バンドパスフィルタ	132
6-3-1	ローパスフィルタ	132
6-3-2	空間フィルタリングによる平滑化との関係	135
6-3-3	ハイパスフィルタ	136
6-3-4	バンドパスフィルタ	138
6-4	高域強調フィルタ	139
6-4-1	高域強調フィルタ	139
6-4-2	空間フィルタリングによる鮮鋭化との関係	140

## 7

### 画像の復元と生成

7-1	ぼけ・ぶれ画像の復元	142
7-1-1	画像の劣化モデル	142
7-1-2	点拡がり関数のモデル化とパラメータ	143
7-1-3	逆フィルタ・ウィーナフィルタによる 画像復元	146
7-2	さまざまな画像復元・生成	148
7-2-1	ノイズ除去	148
7-2-2	画像超解像	151
7-2-3	ハイダイナミックレンジ画像	152
7-2-4	ガイド画像を利用した画像処理	153
7-2-5	ライトフィールド撮影	154
7-2-6	コンピュータシヨナルフォトグラフィ	155

## 8

### 幾何学的変換

8-1	線形変換	158
8-1-1	線形変換の一般形	158
8-1-2	拡大・縮小	158
8-1-3	回転	159
8-1-4	鏡映	160

8-1-5	スキュー	160
8-1-6	合成変換	161
8-2	同次座標とアフィン変換・射影変換	163
8-2-1	平行移動	163
8-2-2	同次座標	164
8-2-3	アフィン変換	164
8-2-4	射影変換	166
8-2-5	合成変換	167
8-3	画像の再標本化と補間	168
8-3-1	画像の再標本化	168
8-3-2	ニアレストネイバー	169
8-3-3	バイリニア補間	169
8-3-4	バイキュービック補間	170
8-4	イメージモザイクング	172
8-4-1	イメージモザイクングと その概略処理手順	172
8-4-2	特徴点の検出とマッチング	173
8-4-3	幾何学的変換の推定	174
8-4-4	画像の幾何学的変換と合成	176
8-4-5	平面パノラマ, 円筒面パノラマ, 球面パノラマ	177

## 9

### 2値画像処理

9-1	2値化	180
9-1-1	2値化	180
9-1-2	p-タイル法	181
9-1-3	モード法	181
9-1-4	判別分析法	181
9-2	2値画像の基本処理と計測	183
9-2-1	連結性	183
9-2-2	輪郭追跡	184
9-2-3	輪郭追跡の応用例	185

9-2-4	収縮・膨張処理	186
9-2-5	収縮・膨張処理の応用例	187
9-2-6	ラベリング	188
9-2-7	形状特徴パラメータ	190
9-2-8	距離	191
9-3	線画像のベクトル化	192
9-3-1	ベクトル化処理の流れ	192
9-3-2	細線化手法	192
9-3-3	細線の特徴点抽出	194
9-3-4	ベクトル化	194
9-3-5	ベクトル化の応用例	196

## 10 領域処理

10-1	領域処理のための特徴量	198
10-1-1	領域のテクスチャ	198
10-1-2	2次元フーリエ変換による周波数特徴量	198
10-1-3	ガボールフィルタによる局所周波数特徴量	200
10-1-4	同時生起行列を用いた統計的特徴量	202
10-2	領域分割処理	204
10-2-1	隣接画素の統合による領域分割処理	204
10-2-2	画素特徴量のクラス分けによる 領域分割処理	205
10-2-3	ミーンシフトを用いた領域分割処理	205
10-2-4	対象物と背景の間のエッジを利用した 領域分割処理	210
10-2-5	グラフカットを用いた領域分割処理	212
10-2-6	領域分割処理の利用例	215

# 11 パターン・図形・特徴の検出とマッチング

11-1	テンプレートマッチングによる	
	パターンの検出	218
11-1-1	テンプレートマッチング	218
11-1-2	類似度	219
11-1-3	サブピクセル位置推定	220
11-1-4	高速探索法	221
11-1-5	参照画素の選択による高速化	222
11-2	エッジ情報とヒストグラムによる	
	パターン検出	223
11-2-1	エッジ情報を用いた	
	チャンファーマッチング	223
11-2-2	ヒストグラム情報を用いた	
	アクティブ探索	224
11-3	特徴点検出	227
11-3-1	コーナー検出	227
11-3-2	DoG画像を用いた特徴点と	
	スケールの検出	230
11-3-3	輪郭線検出	232
11-4	特徴点の記述とマッチング	234
11-4-1	スケールと回転に不変な	
	特徴記述 (SIFT)	234
11-4-2	2値特徴量	236
11-4-3	対応点マッチング	237
11-5	図形要素検出	238
11-5-1	ハフ変換	238
11-5-2	一般化ハフ変換	242
11-5-3	ランダム化ハフ変換	243
11-6	顕著性マップ	244
11-6-1	特徴統合理論	244
11-6-2	顕著性マップ	244

# 12 パターン認識

12-1	パターン認識の基本的なアプローチ	248
12-1-1	パターン認識の流れ	248
12-1-2	画像からの特徴抽出	249
12-1-3	プロトタイプ法による識別	249
12-1-4	クラスの分布を考慮した識別	250
12-1-5	NN法とkNN法	252
12-1-6	kd-tree法	252
12-1-7	ハッシングによる近似最近傍探索	254
12-2	教師あり学習による2クラス識別	256
12-2-1	教師あり学習	256
12-2-2	アダブースト	256
12-2-3	サポートベクタマシン	259
12-3	教師あり学習による多クラス識別	263
12-3-1	1対他分類器による多クラス識別	263
12-3-2	ニューラルネットワーク	264
12-3-3	ランダムフォレスト	268
12-4	教師なし学習とクラスタリング	271
12-4-1	クラスタリング	271
12-4-2	階層的クラスタリング	271
12-4-3	k-means法	272
12-5	特徴空間の変換と部分空間法	273
12-5-1	主成分分析	273
12-5-2	線形判別分析	275
12-5-3	部分空間法	276
12-6	画像認識の応用	278
12-6-1	物体検出	278
12-6-2	画像検索	282
12-6-3	人体姿勢推定	282

# 13 動画画像処理

13-1	差分画像を用いた移動物体検出	286
13-1-1	差分画像	286
13-1-2	背景差分法	286
13-1-3	フレーム間差分法	287
13-1-4	統計的背景差分法	288
13-2	オプティカルフロー	290
13-2-1	ブロックマッチング法	290
13-2-2	勾配法	290
13-3	移動体追跡	293
13-3-1	テンプレートマッチングによる 移動体追跡	293
13-3-2	KLTトラッカー	293
13-3-3	ミーンシフトトラッキング	297
13-3-4	ベイジアンフィルタ	299
13-4	その他の動画画像処理	303
13-4-1	カット検出	303
13-4-2	カメラモーション推定	304
13-4-3	時空間画像処理	305
13-4-4	動画画像からの自動ストロボ画像生成	306

# 14 画像からの3次元復元

14-1	画像と空間の幾何学的関係	308
14-1-1	透視投影モデルに基づく 幾何学的関係の記述	308
14-1-2	同次座標を用いた記述	310
14-1-3	エピポーラ幾何	312
14-2	カメラキャリブレーション	315
14-3	ステレオビジョン	318
14-3-1	空間位置の計算	318

14-3-2	平行ステレオ	319
14-3-3	ステレオマッチング	321
14-4	アクティブステレオ	326
14-5	モーション推定と3次元復元	328
14-5-1	既知の空間点からの カメラ位置・姿勢の推定	328
14-5-2	画像対応点からのカメラモーションと 3次元位置の推定	329
14-5-3	大量の画像を用いた復元	331

# 15 光学的解析とシーンの復元

15-1	光学的解析	334
15-2	放射量	335
15-2-1	放射量の定義	335
15-2-2	放射量の基本法則	336
15-3	反射	339
15-3-1	反射の種類	339
15-3-2	BRDFの定義と性質	340
15-3-3	反射モデル	341
15-4	反射成分の分離	344
15-4-1	色に基づく分離	344
15-4-2	偏光に基づく分離	346
15-5	形状の復元	348
15-5-1	位置の推定と法線の推定	348
15-5-2	照度差ステレオ	349
15-5-3	参照物体を用いた照度差ステレオ	351
15-6	反射特性の復元	353
15-6-1	BRDFの計測	353
15-6-2	反射モデルパラメータの推定	354
15-7	照明環境の復元	356
15-7-1	光源の種類と表現	356
15-7-2	光源分布の計測	357

15-7-3	インバースライティング	358
--------	-------------	-----

# 16 画像符号化

16-1	画像の転送	362
16-1-1	画像情報の転送	362
16-1-2	画像の符号量	363
16-1-3	画像の性質と画像フォーマット	364
16-2	画像と符号	365
16-2-1	画像圧縮の原理	365
16-2-2	画像符号化の分類	367
16-3	エントロピー符号化	368
16-3-1	ハフマン符号化	368
16-3-2	算術符号化	369
16-4	多値画像の符号化	371
16-4-1	予測符号化	371
16-4-2	変換符号化	373
16-5	2値画像の符号化	378
16-5-1	ランレングス符号化	378
16-5-2	チェイン符号化	380
16-5-3	差分チェインコード	380
16-6	カラー画像と動画の符号化方式	381
16-6-1	カラー画像の符号化	381
16-6-2	静止画像の符号化方式	382
16-6-3	動画の符号化方式	383

a-1-4	画像処理の社会応用	389
a-1-5	最近の動向	391
a-2	数学的基礎	394
a-2-1	フーリエ変換	394
a-2-2	確率	396
a-2-3	擬似逆行列	399
a-2-4	固有値と固有ベクトル	399
a-2-5	KL展開と主成分分析	400
a-3	画像入力	402
a-3-1	撮像素子の種類と特徴	402
a-3-2	高速度カメラ	404
a-3-3	リニアイメージセンサ	404
a-3-4	距離画像の取得	405
a-4	画像出力	407
a-4-1	ディスプレイ	407
a-4-2	3Dディスプレイ	409
a-4-3	プリンタ	410
a-4-4	画像出力における画像処理	411
a-5	画像処理の特性測定	415
a-5-1	ゾーンプレート	415
a-6	規格	417
a-6-1	テレビジョンの走査方式	417
a-6-2	映像信号接続端子	418
a-6-3	動画の符号化方式	420
a-6-4	画像ファイルフォーマット	422
a-7	知的財産権	425
a-7-1	知的財産権の概要	425
a-7-2	著作権	425
a-7-3	産業財産権と不正競争防止法	432

## appendix

a-1	画像処理の歴史	386
a-1-1	画像処理の幕開け	386
a-1-2	画像処理の工業応用	386
a-1-3	画像処理のオフィス応用	388

参考文献	433
------	-----

index	436
-------	-----