

目 次

1 章 序 論

1.1 デジタル画像処理	1
1.2 画像の表現 (画像の数理モデル)	2
1.3 画像処理の過程 (プロセス)	4
1.4 画像の観測, 処理システムの構成例	7
1.5 記号並びに二, 三の基本用語の定義	8
1.5.1 記号の定義	8
1.5.2 アナログとデジタル	10
1.5.3 情報, 言語, 信号 (文章, 式), 記憶 (メモリ)	11
1.5.4 標本化, 量子化, デジタル化	12
1.5.5 数理モデル, モデル化, 定式化	13
参考文献	13

2 章 撮 像 概 説

2.1 照明用光源と光学系	15
2.1.1 光学に関する用語	15
2.1.2 照明用光源	19
2.1.3 光学レンズ像の明るさ	21
2.1.4 顕微鏡概説	24
2.1.5 焦点調節の自動化	27
2.2 対象物の色	28
2.2.1 三色表色系による色の表示	29
2.2.2 色 度	31
2.2.3 スペクトル3刺激値	31
2.2.4 表色系の変換	33

2.2.5 CIE-XYZ 表色系	34
2.2.6 均質色（均等色）空間による表色系	36
2.3 撮像部	39
2.3.1 走査	41
2.3.2 走査ビームの広がりの影響	42
2.3.3 機械的走査による撮像装置	44
2.3.4 撮像管を用いたイメージセンサ	46
2.3.5 固体イメージセンサ	50
2.3.6 不可視線用イメージセンサ	54
2.3.7 イメージセンサの性能の表示方法	55
参考文献	57

3 章 画像信号処理用ハードウェア

3.1 画像信号の増幅とクランプ	61
3.1.1 画像信号のクランプ	61
3.1.2 画像信号の増幅	63
3.2 画像信号に含まれる雑音の除去	64
3.2.1 フィルタ（ろ（濾）波器）	64
3.2.2 2次の低域フィルタの設計	72
3.3 画像のデジタル化	77
3.3.1 標本化（サンプリング）	77
3.3.2 単位インパルス（単位衝撃関数）と単位サンプル系列	78
3.3.3 標本化定理	81
3.3.4 画像の量子化	88
3.3.5 A-D 変換とサンプルホールド回路	92
3.3.6 A-D 変換器	93
3.3.7 非線形量子化の例	95
3.3.8 シェーディング補正回路を付加した A-D 変換器	96
3.4 画像メモリ（フレームメモリ）	97
3.4.1 画像メモリのハードウェアの構成	97

3.4.2 A-D 変換器と画像メモリ間並びに画像メモリと主メモリ間の情報の転送	97
3.5 画像処理用計算機	101
3.5.1 画像処理に適した計算機の構成	101
3.5.2 アレープロセッサ	101
3.5.3 画像処理用 LSI プロセッサの例	102
3.5.4 ルックアップテーブルを使用した画像処理方式	103
3.6 図形の変換とグラフィックディスプレイ	103
3.6.1 図形変換	104
3.6.2 グラフィックディスプレイ装置の構成	108
参考文献	111

4 章 デジタルフィルタ

4.1 信号処理概説	113
4.1.1 デジタルフィルタの定義	113
4.1.2 デジタルフィルタの入出力特性	114
4.1.3 デジタルフィルタに用いられる演算素子	115
4.1.4 差分方程式によるデジタルフィルタの特性の表現	116
4.1.5 z -変換と z -逆変換	118
4.1.6 z -変換による線形差分方程式の解法	121
4.1.7 デジタルフィルタの例	122
4.1.8 インパルス応答と周波数応答の関係	123
4.1.9 離散フーリエ変換	124
4.1.10 DFT の高速計算法	125
4.1.11 窓関数	127
4.2 2次元デジタルフィルタの伝達特性	128
4.2.1 巡回形フィルタ	128
4.2.2 非巡回形フィルタ	129
4.2.3 2次元デジタルフィルタの性質	130
4.2.4 窓関数	130
4.3 2次元デジタルフィルタの周波数域での表現	131

4.3.1	2次元デジタルフィルタの周波数応答	131
4.3.2	2次元離散フーリエ変換	132
4.4	2次元デジタルフィルタの例	133
4.4.1	ぼけ画像の復元問題	133
4.4.2	白血球画像の強調	133
4.5	複合カラー画像信号	136
4.5.1	複合信号のスペクトル	136
4.5.2	NTSC 信号のデコーダ	137
	参考文献	140

5 章 画像の符号化と伝送

5.1	画像信号の伝送レートの削減方法	141
5.1.1	同期信号の除去	141
5.1.2	サブナイキスト標本化	141
5.2	統計的冗長性を利用した符号化	142
5.2.1	予測信号化(差分符号化)方式	142
5.2.2	変換符号化方式	145
5.3	ブロック近似符号化	148
5.3.1	符号化の手順	148
5.3.2	符号化の例	149
	参考文献	151

6 章 濃淡画像の処理

6.1	雑音の低減処理	153
6.1.1	近傍画素の平均化による方法	153
6.1.2	繰り返し観測された同一画像の平均化による方法	154
6.1.3	メディアンフィルタによる方法	154
6.1.4	雑音処理の例	155
6.1.5	エッジを保存したフィルタ	156
6.2	画像の強調と復元	158
6.2.1	微分演算による強調	159

6.2.2	ラプラシアン演算による強調	160
6.2.3	局所平均の差分による強調	161
6.2.4	ヒストグラムとその一様化処理	162
6.2.5	高域強調のフィルタリング	163
6.2.6	疑似カラーによる画像の強調表示	165
6.2.7	準同形処理による強調	166
6.2.8	画像劣化のモデル	167
6.3	テクスチャーの解析	167
6.3.1	同時濃度生起行列による解析	168
6.3.2	濃度-ランレングス行列による解析	169
6.3.3	テクスチャー解析の例	171
6.4	画像のエッジの抽出	172
6.4.1	エッジの抽出方法	172
6.4.2	白血球の核小体のエッジの抽出の例	174
	参考文献	176

7 章 画像の領域分割

7.1	濃度ヒストグラムによる領域分割	179
7.1.1	画像の2値化	179
7.1.2	領域分割のしきい値	180
7.1.3	2値化のしきい値の設定方法	180
7.1.4	分散比を最大にするしきい値の設定法	181
7.1.5	クラス間分散の差分に基づくしきい値設定法	181
7.2	クラスタリングによる領域分割	185
7.2.1	階層的クラスタリング	186
7.2.2	K平均クラスタリング	188
7.2.3	クラスタリングの評価	190
7.3	勾配弛緩法による領域分割	190
7.4	領域分割の例	193
7.4.1	尿沈渣画像の領域分割	193
7.4.2	白血球自動分類における好中球の核の接触部分の分割	197

7.4.3	肝臓画像における小型細胞侵入領域の分割	199
7.4.4	血管壁の脂肪領域の分割	202
	参考文献	204

8 章 画像の解析

8.1	画像の形状に関する幾何学的な概念	207
8.1.1	近傍と画素の連結	207
8.1.2	画素の連結数	208
8.1.3	画素の名称	209
8.1.4	距離	209
8.2	領域の区分	210
8.2.1	境界追跡の方法	211
8.2.2	領域のラベル付け	212
8.3	領域の記述方法	214
8.3.1	位相幾何学的方法	214
8.3.2	モーメントによる方法	215
8.3.3	領域をそのままの形で記述する方法	218
8.3.4	領域を線形図として記述する方法	221
8.3.5	線形図への変換	223
8.3.6	領域間の接続関係の表現方法	227
	参考文献	231

9 章 画像の認識

9.1	パターン認識における特徴の抽出と選択	233
9.1.1	特徴の抽出	233
9.1.2	白血球画像のしきい値処理に基づく特徴抽出の例	235
9.1.3	特徴の選択	236
9.2	画像の識別	240
9.2.1	テンプレートマッチングによる識別	241
9.2.2	テンプレートマッチングの応用例	242
9.3	統計的決定理論による識別	243

9.3.1	特徴ベクトルの分布形に制限がない場合の識別	243
9.3.2	特徴ベクトルの分布形が既存の場合の識別	246
9.3.3	パラメータの推定	251
9.4	言語理論による識別	253
9.4.1	形式言語	253
9.4.2	プリミティブによるパターンの表示	255
9.4.3	画像記述言語の例	256
9.4.4	シーンの記述言語	257
9.4.5	構文解析による識別システム	258
	参考文献	260

10 章 画像処理の応用例

10.1	計算機断層撮影	263
10.1.1	概要	263
10.1.2	放射線強度	263
10.1.3	CT 画像の再構成法	264
10.1.4	線源と $\alpha(x, y)$ の関係	266
10.2	両眼立体視法による距離(寸法)測定	267
10.2.1	概要	267
10.2.2	カメラ座標系と空間座標系の関係	268
10.2.3	カメラキャリブレーション	270
10.2.4	両眼立体視法による空間座標の決定	271
10.2.5	高速寸法計測システムの例	271
10.3	胃組織画像からの腺腔抽出	272
10.3.1	概要	272
10.3.2	腺腔抽出のアルゴリズム	272
10.3.3	管腔並びに核の抽出	273
10.3.4	腺腔の抽出	274
10.3.5	実験結果と考察	277
10.3.6	腺腔抽出方法の改良	277
10.4	フロー方式による細胞の計測方法	278

xii 目 次

10.4.1 概 要	278
10.4.2 システムの構成	278
10.4.3 測定結果	279
10.5 動画像の処理	281
10.5.1 動画像の処理方法	281
10.5.2 スキーヤーの動きの解析	281
参考文献	282
索 引	285