

まえがき

画像のデジタル処理は、画像データをコンピュータに取り込むことができるようになってから始まり、当初は、高価なインタフェース装置と大形コンピュータを使用して実験が行われていた。半導体技術の急速な進歩により、1990年代にはコンピュータがパーソナルコンピュータ（パソコン、PC）になり画像入力装置とともに安価となり、多くの人がデジタル画像などのメディア処理を行えるようになった。2000年代になると、コンピュータ上の処理とインターネットのコンテンツに画像の占める割合が増加した。画像は情報量が多いため、処理が多くなり複雑化する。また、インターネットのトラフィックも動画の割合が増加し続けており、画像の基礎知識と処理技術の習得が重要となっている。本書は、そのような画像メディアのデジタル処理を行うために必要な基礎知識を得る入門書となることを目的としている。多くの項目から汎用的で利用度の高いものを最大公約数的に選択し、必要事項を漏れなく取り上げるように努力した。また、PC画像処理、インターネット、デジタル放送、DVDなどで使用される最新の技術を追加することにより、実際の研究開発に役立てるようにした。また、項目だけでなく、増加しつつある規格などの数値的なデータをなるべく多く記載し、資料として参照する際にも役立つようにした。

構成は、画像の入力、処理、出力の順に並べるのを基本とした。すべての説明がこの順番で都合よく進むわけではないが、全体構成をわかりやすく分類することに主眼を置き、画像処理の流れに対応する順序を採用した。

学ぶための書籍としては、基本定理や公式などの基礎事項は永続的に役立つものである。フーリエ変換による信号処理論、フィルタリング、エントロピー計測・符号化などに必要な情報理論などがこれに相当する。これらは応用分野が変化しても普遍的な価値をもち続けるものである。一方、応用分野で進展する技術開発に関する知識は、その時代において重要なもので、具体的な画像入力装置や圧縮・蓄積・伝送装置、表示・印刷装置などの画像機器全般に関するもので、膨大な分野にわたるものである。逆に変化の激しいコンピュータオペレーティングシステムに依存した画像処理プログラミングなどは、短期的なものもあり、必要度に応じて別途補充していく必要がある。

本書の項目は、コンピュータグラフィックス（CG）クリエイター検定、エンジニア検定、Webデザイナー検定、画像処理エンジニア検定、マルチメディア検定などに必要な事項も多く取り上げてある。本書を学ぶことにより、画像系の検定試験の基礎力を養い、エキス

パート（2級）またはベーシック（3級）の資格を取得することを勧める。

本書は、おもに筆者の大学における画像処理の基本事項の講義「デジタルメディア処理」の教科書として使用するために書いたものである。情報工学科においては29のコア科目からなる「J97」というガイドラインがあるが、本書はこの学科教育を完遂するために開発され、J97準拠の一翼を担うものである。また、その後の発展的に拡大したJ07においては、コンピュータ科学領域、コンピュータエンジニアリング領域、インフォメーションテクノロジー領域などにおけるデジタル信号処理、マルチメディア、可視化などのより広い分野に拡張している。これは昨今、大学の授業においては、JABEEなどに代表されるようにカリキュラムを標準化し整備する要請が増えているが、そのために基礎事項を広く網羅したテキストを用意し、的確に技術分野を履修していけるようになることを目指している。

IT社会の原動力となったムーアの法則が飽和しはじめ、半導体が無限に資源を供給するという社会全体が膨らむような産業の発展は期待できなくなっている。今後は、地道な努力を積み上げながら巧妙な工夫を見いだしていくことが重要となってくると考えられる。マルチタスク処理や並列化による高速化や画像を多面的に分類し、構造を解析していくことで高能率化を図るなど、学問の本来の役割が高まると考えられる。

本書を学ぶことにより、画像のデジタル処理の基礎事項を理解し、上記画像系の各種資格を取得するとともに、さらに、画像認識技術や3次元解析・CG技術、立体映像、超高解像・高画質映像処理、画像圧縮、ディスプレイ、印刷技術、映像流通と著作権などの専門性の高い技術に関心を持ち、それらを学び、研究する段階へ至ってほしい。

なお、本書の内容を補足するため、Webでの情報提供を行っている。カラーの図表やアニメーションによる説明資料、画像処理の手順を考え、自分で画像を入力して処理を試すための実行プログラムを用意し、理解を深められるようになっている。Webからの情報を加え、また高度な演習課題にも取り組むことにより、ぜひ十分に理解を深めていただきたい。

Webでの情報提供のURL

<http://www.sic.shibaura-it.ac.jp/~ohzeki/oz4c/c1/index4c.html>

最後に、本書を出版するにあたり、コロナ社の関係各位に厚くお礼申し上げます。

2010年9月

大関和夫

目 次

序 章

演習問題	2
------	---

1. アナログ画像の世界

1.1 光のダイナミックレンジと視覚	3
1.1.1 光 と は	3
1.1.2 カ メ ラ	6
1.1.3 視 覚	6
1.1.4 明るさの弁別閾	8
1.1.5 視野と視力	9
1.1.6 周波数特性	10
1.1.7 動体視力	10
1.1.8 錯 視	11
1.2 光 源	11
1.3 色 彩 科 学	13
1.3.1 色の心理的表示と心理物理的表示	13
1.3.2 色 と 色 覚	14
1.3.3 色 変 換	16
演習問題	17

2. デジタル画像の入力

2.1 光 電 変 換	18
2.1.1 撮 像 管	18
2.1.2 全固体撮像素子	19
2.2 NTSC テレビ信号と入力インタフェース	22
2.2.1 NTSC テレビ信号形式	22
2.2.2 インターレース、ノンインターレース表示	23
2.2.3 Y, C の 分 離	24
2.2.4 デジタル化のサンプル周波数	26

2.2.5 入力インタフェース	26
2.3 情報理論・信号処理の基礎	30
2.3.1 情報量とエントロピー	31
2.3.2 フーリエ変換とスペクトル	34
2.3.3 畳み込み	38
2.3.4 自己相関関数	40
2.3.5 標準化定理, 解像度, 階調	41
2.4 静止画像のフォーマット	45
2.4.1 ポータブルピクセルマップ形式	45
2.4.2 ビットマップ形式	46
2.4.3 ピンク形式	47
演習問題	50

3. 画像の解析・認識技術

3.1 画像認識技術について	52
3.2 画像解析の前処理	53
3.2.1 雑音の除去	53
3.2.2 デジタルフィルタ	56
3.2.3 2値化処理	57
3.3 画像の解析	61
3.3.1 エッジ抽出	61
3.3.2 差分形オペレータ	61
3.3.3 離散フーリエ変換によるエッジ抽出	63
3.3.4 連結性, オイラー数	64
3.3.5 領域分割とクラスタリング	67
3.3.6 主成分分析法	69
3.3.7 ハフ変換	70
3.3.8 テクスチャ解析	73
3.3.9 ベイズの公式	75
3.4 変換と投影	77
3.4.1 アフィン変換と同次変換	77
3.4.2 平行投影と透視投影	80
演習問題	81

4. 画像の情報処理

4.1 通信・蓄積・放送の処理	82
-----------------	----

4.2 画像の圧縮方式	82
4.2.1 ファクシミリ信号の圧縮	84
4.2.2 MH および MR 符号化方式	85
4.2.3 MMR 符号化方式	89
4.2.4 JBIG 方式	89
4.2.5 デルタ変調, DPCM 符号化方式	93
4.2.6 アダマール変換符号化方式	95
4.2.7 コサイン変換符号化方式	98
4.2.8 KL 変換符号化方式	102
4.2.9 レート歪み理論	104
4.2.10 JPEG 方式	105
4.2.11 JPEG2000 方式	108
4.2.12 H.261 方式	110
4.2.13 MPEG 方式	115
4.2.14 H.264 方式 (MPEG-4 Part10 AVC)	120
4.3 テレビ放送	123
4.4 テレビ会議システム	125
4.5 ファイル転送プロトコル	127
4.6 ストリーミング	127
4.7 画像データベース	129
4.8 映像のテープ記録	129
4.9 CD, DVD	132
演習問題	136

5. 表示・印刷技術

5.1 ディスプレイ技術	137
5.1.1 CRT ディスプレイ	137
5.1.2 液晶ディスプレイ	138
5.1.3 プラズマディスプレイパネル	138
5.1.4 EL ディスプレイ	139
5.2 インターレース, ノンインターレース表示	139
5.3 印刷技術 YMC, 網点, デイザ	140
5.3.1 面積階調表現	141
5.3.2 網点	141
5.3.3 デイザ処理	142
5.4 画像品質評価	144
5.4.1 画質の評価	144

5.4.2 客観評価	144
5.4.3 主観評価	146
演習問題	148

6. メディアの著作権とセキュリティ

6.1 デジタルメディアの著作権	149
6.1.1 著作物保護期間	150
6.1.2 プライバシーの権利と個人情報の保護	150
6.1.3 有害情報と流通	150
6.1.4 著作物を自由に使える場合	151
6.2 電子透かし方式	152
画像の電子透かし技術の例	154
6.3 画像情報倫理	157
演習問題	157
あ と が き	158
引用・参考文献	160
索 引	163



序 章



画像情報のデジタル処理は、コンピュータで画像処理を行うことによって急速に発達してきた。アナログ状態の画像情報をコンピュータ内に取り込む入力処理は、カメラ、スキャナなどによってなされる。デジタル信号となった画像情報に対して、解析や特徴抽出、認識、圧縮、伝送、蓄積などの処理を行うことができる。画像情報は、モニタや印刷装置を介してアナログ信号として表示し、画像として視覚により認識される。

表に画像処理に関する技術の発明や商品として実用化した時期が明確なものを取り上げ、その歴史を示す。

技術のアイデアが考え出された後、実用化し、さらに普及するまでには長い年月を要していることが多い。例えば、テレビ電話は1956年米国ATTのBell研究所で試作され、1970年には商用サービスが行われている。その後、1988年にはISDN (integrated services digital network) 基本インタフェースのサービスが世界的に開始され、ISDN テレビ会議システム実用化が進んだ。さらに、2000年にはカメラ付き携帯テレビ電話が発売され普及が進んだ。2003年には、1社で1000万台にもなっているといわれる。

表を概観すると、テレビ電話の基本構想から、試作品の開発、製品の発売、小形化、高性能化の改良がなされ、量産されて普及するまでには50年もの年月が経過していることがわかる。この間、膨大な研究開発がなされ、また、製品化は時期により異なる会社が行っていることも知られている。さらに、製品が普及した後においても、携帯テレビ電話は主として音声会話中心に使用されており、テレビ電話として顔の映像を送るような使用方法がまだ定着しているわけではない。このような経緯を考えると、テレビ電話という製品はまだ完成された段階に至っていないとはいえない状態にあり、技術だけではなく別の課題が混在し、未解決のまま残されているといえる。

また、別の例として、画像圧縮方式JPEG, H. 261, MPEGで使用されている**離散コサイン変換** (discrete cosine transform : **DCT**) は1974年に論文発表された後、1977年にW. H. Chenらによって、画像の高効率圧縮の一方式として発表された。この時点では、分散による分類を行う適応符号化方式が取り入れられたが、その後、分散によらず、固定的な線形量

表 画像処理技術の歴史

西暦[年]	事 項
1925	ファクシミリ実用化
1936	テレビ放送開始
1948	ホログラフィの基本原理発明 (ガボール)
1966	IBM が OCR (光学文字読取り装置) 開発
1956	米国アンペックス社, 4 ヘッド式 VTR を発売
1968	郵便番号読取りシステム実用化 (日本)
1970	米国 ATT 商用テレビ電話サービス開始
1972	X 線 CT の発表 (英 EMI 社)
1973	電卓用液晶表示装置実用化 (シャープ)
1974	離散コサイン変換 (DCT) の発明 (N.Ahmed)
1976	テレテキスト (文字多重放送) 英国で開始
1979	松下電器産業 (現パナソニック), 白黒 CCD カメラ商品化
1982	CD プレーヤー発売 (SONY CDP-101)
1986	アナログ電子カメラ発売 (キヤノン RC-701)
	インターネット (NSFnet) 普及開始 (民間研究機関や大学)
1988	ISDN 基本インタフェース, テレビ会議システムのサービス開始
1989	デジタルスチルカメラ発売 (フジフィルム DS-X)
	ハイビジョン実験放送開始 (MUSE 方式, BS-2, 1 時間/日)
	クリアビジョン放送開始 (3 次元 YC 分離, ゴースト除去基準信号の挿入)
1990	ハッブル宇宙望遠鏡打上げ
	CCITT (現 ITU-T) 国際標準動画像符号化方式 H.261 勧告
1992	MPEG-1 勧告, JPEG 勧告, プラズマテレビ発売
1993	MPEG-2 Video 勧告
1994	DirecTV (米国) デジタル衛星放送開始
1995	DVD 規格統一
1998	デジタル地上波放送開始 (米国, 英国)
2000	J-Phone 携帯テレビ電話 (写メール) 発売
2003	H.264 方式 (MPEG-4 Part10 AVC) 勧告
2005	YouTube 開設
2008	光ディスクの新規格がブルーレイ (Blu-ray) に統一化

子化を行った後, 可変長符号化を行う適応符号化方式の効率がよくなることがわかり, それをベースに 1990 年代に静止画像用の国際標準化符号化方式 JPEG, 動画像符号化の国際標準化符号化方式 H. 261, MPEG-2 などの規格の主要部に採用されるようになった。さらにその後, 規格を実用化する LSI の開発がなされ, 現在に至っている。性能評価とコスト計算が容易で, 技術課題が明確で, 開発可能なものは, 急速に実用化が進み普及する。

演 習 問 題

- (1) 表のような製品で, 本文の説明と異なる例を取り上げ, その技術研究の開始時期, 学会発表時期, 製品化時期, 普及時期, 小形改良化時期などの変遷を調べ, その全時間長と研究・開発の様子を調べよ。



1. アナログ画像の世界



画像は実世界を2次元のフレーム（窓枠）に切り出し、色や明るさなどで表現したものであり、その窓枠の中身は本来連続的に広がったアナログの実世界である。アナログ画像とは、画像信号を感光物や磁性体などの媒体（メディア）に光や磁気・電圧の強さの大小などで連続的に記録したもので、フィルム式の写真、アナログテレビ信号、フィルム映画などがある。現在、アナログ画像の多くはデジタル画像に移行している。時間的にも振幅的にも離散値にすることがデジタル化であり、**アナログ-デジタル変換**（analog to digital conversion：ADC、**A-D変換**）と呼ぶ。アナログである実世界の光の性質を知り、色彩の科学的解明をすることが画像処理全体の基礎事項となる。また、アナログは、デジタルに比べ、解像度が悪くぼやけたもので、雑音も多いと見なされているが、最も高性能なものは、解像度が高く、信号の大小の幅であるダイナミックレンジが大きいものもある。本章では光の性質とそれをとらえる目の機能、色彩の性質について述べる。

1.1 光のダイナミックレンジと視覚

1.1.1 光 と は

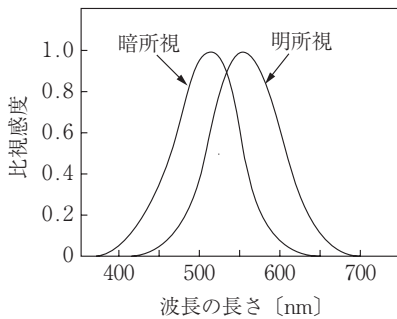
光とは、電磁波の一部で肉眼に感じられる波長が約380～780 **ナノメートル**（nano-meter：**nm**、 $1\text{ nm} = 10^{-9}\text{ m}$ ）のものであり、これを可視光と呼ぶ。電磁波の種類を表1.1に示す。可視光線の周波数の範囲において、肉眼の感度は、中間の緑色の付近が最も高く、両端の赤と紫の感度は低い。人間の目は図1.1のように光の波長によって異なる感度が、さらに明るさによっても異なっている。図1.1を比視感度曲線という。明所視とは明るいところで働く目の特性のことであり、暗所視とは逆に暗いところで働く目の特性のことである。明所視の場合、555 nmが最大の感度を示す。暗所視の場合505 nmが最大の感度を示す。比視感度とは、感度を最大値で正規化したものである。

光は、電磁波の一部であるため、放射エネルギー（単位：ジュール）を有する。**光度**は1点からある方向への光を出す能力で定義されている。1カンデラ（candela）は昔、白金の融点1769℃にある黒体 1 cm^2 がその面に垂直な方向に放つ光の $1/60$ として定義された。1979年、第16回国際度量衡総会で、周波数 $540 \times 10^{12}\text{ Hz}$ （550 nm）の出力電力1ワット

表 1.1 電磁波の種類

名称	周波数	波長	
長波	10 kHz~100 kHz	3 km~30 km	VLF, LF
中波	100 kHz~1.5 MHz	200 m~3 km	HF
中短波	1.5 MHz~6 MHz	50 m~200 m	
短波	6 MHz~30 MHz	10 m~50 m	
超短波	30 MHz~300 MHz	1 m~10 m	VHF
マイクロ波など	300 MHz~300 GHz	1 mm~1 m	UHF, SHF, EHF
極超短波	0.3 GHz~3 GHz		
マイクロ波	3 GHz~30 GHz		
ミリ波	30 GHz~300 GHz		
赤外線	300 GHz~384 THz	780 nm~1 mm	
可視光	370 THz~790 THz	380 nm~780 nm	
紫外光	90 THz~30 petaHz	10 nm~380 nm	
X線		1 pico m~10 nm	

赤 : 660 nm
 橙 : 592 nm
 黄 : 575 nm
 緑 : 515 nm
 青 : 475 nm
 藍 : 440 nm
 紫 : 400 nm (すみれ)



比視感度は、国際照明委員会 (Commission Internationale de l'Éclairage : CIE) で定められた。

図 1.1 比視感度曲線

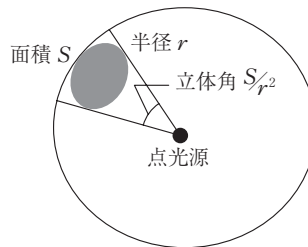


図 1.2 点光源と立体角 S/r^2 の関係

(W) の単色光を放射し、与えられた方向 1 立体角当りにある光を 683 で割ったものを 1 **カンデラ** (candela : **cd**) と定義した。ここで、**立体角**とは半径 r の球面上に図 1.2 のような三角錐状の部分^{すい}を考えると、中心にある点光源から、近似面積 S の球面に向かう空間内の角度で、 S/r^2 (**ステラジアン** : steradian, **sr**) で定義される。立体角の値は中心から半径 1 の球面上の面積 S へ向かう錐^{すい}における S に一致し、球面全体は 4π ステラジアンになる。光源の**輝度**は光源の単位面積当りの光度のことをいう。**光束**は、光源から単位立体角に放射される光の量で、単位は**ルーメン** (**lm**) で、 $1 \text{ lm} = 1 \text{ cdsr}$ となる。1 カンデラの光源の全光束は、 4π [lm] となる。

照度は、光が物体を照らした面の明るさで、単位は**ルクス** (**lx**) で単位面積当りの光束で、 $1 \text{ lx} = 1 \text{ lm}/\text{m}^2$ と表される。

日常世界の光の明るさは、深夜 (星と月が出ていないとき) から真夏の晴天の日中まで大

天文・気象の状態	照度 [lx]	EV	シャッタ速度* [s]
晴れた日	10^5	15.3	1/1 250
曇りの日	10^4	12	1/125
雨の日	10^3	8.7	1/12.5
日没	10^2	5.3	1/1.25
	10^1	2	8
満月	1	-1.3	80
三日月	10^{-1}	-4.7	800
星夜	10^{-2}	-8	8 000
	10^{-3}	-11.3	80 000

* : ISO100 のフィルムで F5.6 に固定した場合

図 1.3 天文・気象の状態と照度

大きく変動する^{1)†}。図 1.3 に天文・気象の状態と照度を示す。

月の出ていない星空は 10^{-3} lx という照度で、真夏の太陽は、そこから比べ $10^8 \sim 10^9$ にもなる。高さ 40 cm の 15 W の蛍光灯電気スタンドの直下から 40 cm 離れた机上の明るさは 300 lx で適切な照度といわれていた。光の強さは、光をエネルギーとして単位面積当り、角度当り、単位時間当りについて測定する場合、光量 [lm·s] といい、光束の時間積分である。測定した照度の変動する幅の全体をダイナミックレンジという。人間の目には瞳孔があり、その収縮により明るさに対する調節を行うが、後述するように、その調節幅は狭い。

画像として目が見るものの多くは、物体に光が反射した光を見ることになる。通常の物体の反射率は限界があり、黒のピロードで 3 %、白の雪で 93 % 程度であり¹⁾、金属の銀は波長により 87~95 % で平均 93 % 程度になる。実世界をカメラで撮像するときの明暗のコントラストは、ある時点で照明を一定と仮定することにより数十~数百程度に限定していることが多い。一方、屋外の逆光撮影では太陽光の直射や日陰があるので、コントラストは 1000 倍 (10 bit) 程度あるといわれている。物体の反射特性には、どの方向にも均一に反射する拡散反射係数と、磨いた金属などのように表面の法線方向に強く反射する鏡面反射係数とがある。EV 値は照度と露光時間から求まり、実際には式 (1.1) で与えられ、絞り (F 値) が 1.0、シャッタスピード = 1 s、ISO = 100 のときに EV = 0 と定義する。露出量が 2 倍になると 1 増加、ISO が 2 倍になると 1 減少する。フィルム感度は ISO 規格で表示される。

$$EV = \log_2 F^2 - \log_2 T - \log_2 \left(\frac{ISO}{100} \right) \quad (1.1)$$

† 肩付きの数字は巻末の引用・参考文献番号を示す。

1.1.2 カメラ

図1.4に一眼レフカメラの内部構造を示す。一眼レフカメラは、撮影する画面と同じ光路を屈折させ、ファインダから確認したうえで撮影するためのものである。撮影前は、可動ミラーと5角形プリズムにより、ファインダからレンズを通して見た画像を見る。撮影時は、可動ミラーを45°ほど上にあげてシャッターが開き、受光面に光が届く。一眼レフカメラは、ズームレンズにより画角が変化したときや、レンズを交換して特性が大きく変化した場合に、ファインダで見た画像と実際に撮影される画像が一致する効果がある。

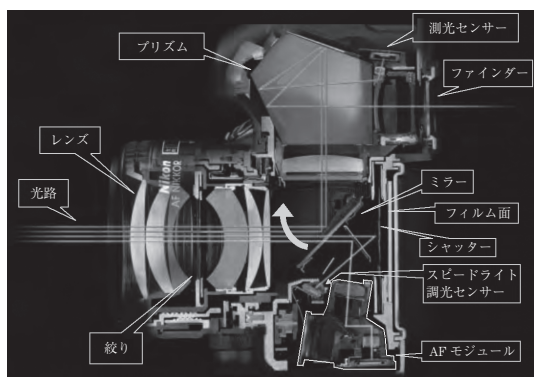


図1.4 一眼レフカメラの内部構造
(ニコン F6)

1.1.3 視覚

人間の目は図1.5のような構造をしている。(光軸と視軸は5°ずれている。) 最外部の角膜は0.5~0.7 mmの厚みがある無血管透明組織で、凹メニスカスレンズに近く、ピント調節機能はないが、固定のレンズ機能がある。水晶体 (crystalline lens) は両凸レンズで、前面のほうが曲率半径が大きい。空気と角膜の屈折率の差が大きく、焦点距離は、顔の外側の方向には約-15 mm、内側が約+20 mmである。焦点距離を短くするためには、前面の曲率半径を短くして行う²⁾。

網膜 (retina) 上には、左右にそれぞれ約650万個の^ま錐体 (cone) と約1億3000万個の^{かん}杆体 (rod) という視細胞があるが、それにつながっている視神経繊維は100~120万本しかない。図1.6に網膜の構造と視細胞を示す。光は網膜にある視細胞に到達した後、網膜の裏側ではなく、網膜の前面を光路を妨害しながら通って束となり、盲点を通って脳側へ入って行く。この盲点部分には視神経がないので、像は写らない。

錐体は中心部 (center) に高密度に2~2.5 μm 間隔で密集し、高精細で、色 (color) を検出し、指向性を有し、30~100 Hz のフリッカに融合できる。杆体は、周辺部特に15~20°の部分に多く、色は検出できないが、0.1 lx 以下を感じる暗所視が可能で、明るさの識別力は、錐体より400~500倍も大きい。指向性はなく、フリッカは20 Hz 以下で融合できる。

索引

【あ】		画質の評価	144	光導電効果	18
アダマール変換	95	カットオフ領域	63	高能率符号化	82
アナログ-デジタル変換	3	加法混色	14	交流 (AC)	100
アナログデジタル変換器	41	カメラ	6	国際照明委員会	13
アフィン変換	77	カラーバースト	22	国際電信電話諮問委員会	85
網点	141	カラー副搬送波	22	黒体	11
暗順応	8	杆体	6	コサイン変換	98
暗所視	3	カンデラ	3	誤差拡散法	143
【い】		【き】		個人情報保護法	150
一眼レフ	6	危険率	76	ゴースト障害	123
一様分布	145	木探索	113	5段階評価	147
一様量子化器	94	輝度	4	固定しきい値処理	57
移動体	124	客観評価	144	コピー制御信号	125
色温度	11	共分散	40	コピーワンス	125
インターネット	82	局所復号器	94, 112	固有値	103
インターレース	23, 24, 124, 139	鋸歯状波関数	35	固有ベクトル	102
イントラモード	114	【く】		孤立点	53
イントラ予測	121	矩形波関数	35	コルラウシュの屈曲点	8
インパルス応答	56	楕形フィルタ	25	混色	14
【う】		クラス間分散	59	コンボジット信号	26, 129
ウェーブレット変換	108	クラスタリング	68	コンポーネント記録	129
動きベクトル	112	クラス内分散	59	コンポーネント信号	26
動き補償予測	111, 112	グループオブブロック	111	【さ】	
埋込み	152	【け】		細線化	66
【え】		蛍光灯	12	最大事後確率法	77
衛星放送	123	結合エントロピー	32	彩度	13
液晶	137	決定論的予測	91	最尤識別法	77
液晶ディスプレイ	138	検出	152	錯視	11
エッジ抽出	61	減法混色	14	雑音の除去	53
エッジ保存平滑化フィルタ	54	【こ】		撮像管	18
エレメンタリストリーム	119	高圧ナトリウムランプ	12	サーバ形放送	124
演色性	11	高域通過フィルタ	63	差分形オペレータ	61
エントロピー	31, 32	光学的文字認識装置	52	差分パルス符号化変調	93
【お】		光起電効果	18	差分フィルタ	56
オイラー数	64	攻撃	152	算術符号化	93
音声副搬送波	22	光源	12	散瞳	8
【か】		虹彩	8	サンプリング定理	42
開散	8	高精細テレビ	124	残留側波帯振幅変調方式	24
改ざん	152	合成積	38	【し】	
回転変換	78	構造的統計量	73	シアン (C)	14
外部光電効果	18	光束	4	紫外光	4
可視光	4	光電効果	18	しきい値処理	57
		光電変換	18	色相	13
		光度	3	磁気テープ	129
				ジグザグスキャン	106
				シーケンシ	96

事後確率	76	損失	76	【に】	
自己共分散関数	40				2次元VLC 107
自己情報量	31	【た】			2重刺激法 147
自己相関関数	40	帯域圧縮	82		2値化処理 57
視差	8	帯域制限	44	【の】	
下色除去	141	耐性	152		ノイズ 145
視野	9	タイル	108		ノンインターレース 23, 139
周波数特性	10, 56	畳み込み積分	38	【は】	
主観評価	146	多地点接続装置	127		白熱電球 12
縮瞳	8	ダビングテン	125		バーコード 28
主成分分析法	69				パスモード 87
巡回形コンポリューション	39	【ち】			パターン認識 52
順次走査	124	知覚色	13		ハフ変換 70
条件付きエントロピー	33	蓄積	82		ハロゲンランプ 12
照度	4	地上波デジタル放送	123		判別分析法 59
情報隠蔽	153	中央値	54	【ひ】	
情報の認証	153	直交周波数分割多重	124		比視感度 4
情報量	31	直流(DC)	100		ビットマップ形式 46
視力	9	著作権法	149		秘匿通信 153
信号対雑音比	144	著作物	151		標準サイズテレビ 124
心理的表示	13	著作物保護期間	150		評定尺度法 147
心理物理的表示	13				標本化 41
【す】		【つ】			標本化定理 42
水銀灯	12	通信	82		ピング形式 47
水晶体	6, 7			【ふ】	
錐体	6	【て】			ファイル転送プロトコル 127
垂直帰線期間	22, 139	低域通過フィルタ	63		ファクシミリ 84
垂直同期信号	22	ディザ処理	142		フィールド 24
垂直モード	87	デジタル信号処理	34		フィンガープリンティング 156
水平同期信号	22	デジタルビデオテープレコーダ	129		複合信号 97
水平モード	88				輻輳 8
ステラジアン	4	デジタルフィルタ	56		複素フーリエ変換 36, 102
ストリーミング	127	適応可変調符号化	121		プライバシー 150
スーパーブロック	131	適応的DPCM方式	95		ブラウン管 137
スマア	21	適応テンプレート	92		プラズマ 137
【せ】		テクスチャ	73		プラズマディスプレイパネル 138
静止画像	45	デルタ変調	93		フーリエ級数展開 34
正射影	80	テレビ会議	125		フーリエ変換 34
整数演算	121	電荷結合素子	19		ブルーレイディスク 133
整数精度DCT	122	典型的予測	90		プレヴィットフィルタ 62
赤外線	4	電子透かし	152		フレーム 23
全固体撮像素子	19	電磁波	3		フレーム間差分 112
尖度	73				プログレッシブ 124, 139
【そ】		【と】			ブロックノイズ 114
相関係数	40	瞳孔	8	【へ】	
相互情報量	33	同次座標	79		平滑化 53
双方向性予測	115	同時生起行列	74		平均情報量 32
双方向の操作	124	透視投影	80		
相補形金属酸化膜半導体	20	同次変換	77		
ゾーナルサンプリング	97	等色	14		
ソーベルフィルタ	62	動体視力	10		
		特異値展開	69		
		飛び越し走査	24, 124, 139		
		トランスポートストリーム	119		

平均 2 乗誤差 103, 144
 平行投影 80
 ベイズ決定法 76
 ベイズの公式 75
 偏向板 138

【ほ】

放送 82
 ポータブルピクセルマップ形式 45
 ボルノイ領域 69

【ま】

マクロブロック 111, 131
 マゼンタ (M) 14
 マルチキャスト 128
 マンセル表色系 13

【み】

ミッドトレッド 94
 ミッドライザ 94

【め】

明順応 8
 明所視 3
 明度 13
 メジアンフィルタ 54

メタデータ 124
 メタルハライドランプ 12
 面積階調表現 141

【も】

盲点 6
 網膜 6
 モデルテンプレート 92
 モード法 58
 モワレ 142

【ゆ】

有害情報 150
 融像 8
 尤度比 77

【よ】

抑制 8

【ら】

ラプラシアンフィルタ 57, 62
 ランドルド環 9
 ランレングス符号化 85

【り】

離散コサイン変換 98
 離散複素フーリエ変換 38

立体角 4
 立体視 8
 領域分割 67
 両眼視機能 8
 量子化 41
 量子化器 94
 量子化誤差 145

【る】

ルクス 4
 ループフィルタ 111, 114, 122
 ルーメン 4

【れ】

レート歪み理論 104
 連結数 65
 連結性 64

【ろ】

ロバーツフィルタ 62

【わ】

歪度 73

【A】
 A-D 変換器 41

【B】

bmp 45
 B ピクチャ 115

【C】

CABAC 121
 CAVLC 121
 CCD 19
 CCITT 85
 CD 132
 CIF 110
 CMOS 20
 CRT 137
 CRT ディスプレイ 137

【D】

D 1 フォーマット 26
 D 2 フォーマット 26
 dB (デシベル) 144
 DCT 98
 DVD 133

DV 圧縮方式 131
 DV 端子 27

【E】

EBU 法 147
 EL ディスプレイ 139
 EOB 符号 107
 EOL 符号 85

【G】

gif 45
 GOB 111
 GOP 118

【H】

H. 261 110
 H. 264 方式 120
 HDTV 124
 Hilditch の細線化アルゴリズム 66

【I】

IDCT ミスマッチ 114
 IEEE 1394 27
 iLINK 端子 27

I ピクチャ 116

【J】

JAN コード 29
 JBIG 方式 89
 JPEG2000 108
 JPEG 方式 105
 jpg 45

【K】

KL 展開 69
 KL 変換 102
 K-平均法クラスタリング 68

【L】

Lab 色空間 13
 LBG アルゴリズム 69

【M】

MH 符号化方式 85
 MMR 符号化方式 89
 MPEG-1 115
 MPEG-2 116
 MPEG-4 Part10 AVC 120
 MR 符号化方式 87

mse	103
【N】	
NTSC	16, 22, 139
Nyquist の定理	42
【O】	
OCR	52
OFDM	124
【P】	
PAL	23, 139
png	45
ppm	45
PRES 方式	89
P-タイル法	58
P ピクチャ	116

【Q】	
QCIF	110
QR コード	30
【R】	
Rec. 601	26
【S】	
SDTV	124
SECAM	23, 139
sinc 関数	44
SNR	144
SN 比	144
SVD	69
S 映像端子	27

【U】	
UPC コード	29
USB インタフェース	28
【X】	
XYZ 表色系	14
X 線	4
【Y】	
YC 分離	25
YIQ	17
YMC	140
YUV	16
【数字】	
1080i	139
720p	140

— 著者略歴 —

1974年 早稲田大学工学部数学科卒業
1974年 東京芝浦電気株式会社（現 株式会社東芝）勤務
1999年 博士（工学）（東京工業大学）
1999年 芝浦工業大学教授
現在に至る

入門 画像工学

An Introduction to Image Engineering

© Kazuo Ozeki 2010

2010年11月18日 初版第1刷発行



検印省略

著者 大 関 和 夫

発行者 株式会社 コロナ社

代表者 牛来真也

印刷所 萩原印刷株式会社

112-0011 東京都文京区千石 4-46-10

発行所 株式会社 コロナ社

CORONA PUBLISHING CO., LTD.

Tokyo Japan

振替 00140-8-14844・電話 (03) 3941-3131 (代)

ホームページ <http://www.coronasha.co.jp>

ISBN 978-4-339-00816-6 (新宅) (製本：牧製本印刷)

Printed in Japan



無断複写・転載を禁ずる

落丁・乱丁本はお取替えいたします