

# 書 評

細谷暁夫 (著)

## 量子コンピュータの基礎 Lectures on Quantum Computation

臨時別冊・数理科学 SGCライブラリ-4  
サイエンス社, 1999年, 1,857円 (税別)  
ISSN 0386-8257

本書は、近年、注目を浴びつつある「量子計算」についての解説書である。量子計算とは、通常の計算機（古典コンピュータ）とは異なり、量子力学の原理を使って計算を行うというものである。1994年にP.W.Shorが効率的な因数分解アルゴリズムを発表して以来、物理、情報、その他さまざまな分野の研究者が参入している。

従来の古典計算機では、与えられた巨大な整数を因数分解せよという問題はたいへんな難問で、整数の桁数を $L$ として、 $L$ の指数関数と多項式の間程度のステップ数を必要とするアルゴリズムしか知られていない。一方、Shorの示した量子計算アルゴリズムでは、 $L$ の多項式程度のステップ数で因数分解が可能であることが示される。このように、量子コンピュータは、古典コンピュータと計算量クラスが異なることが期待されている。しかし、量子コンピュータを物理的に実現する方法については、多くの研究者が模索中の段階である。特に、量子コンピュータの本体である量子系の状態が周囲の環境の影響を受けて乱される、デコヒーレンスと呼ばれる現象をどう防ぐかが、最も深刻な問題と考えられている。本書は、これらの話題を偏りなく取り上げている。

本書の構成は、以下のとおりである。

第1, 2, 3章では、古典計算機モデルであるテューリング機械から話を始め、量子力学を導入した量子テューリング機械の説明に移る。量子力学の公理、量子論理ゲートと呼ばれる基本的なユニタリ変換等が説明される。

第4, 5章では、これまでに提案されている、量子コンピュータ実現のためのさまざまな実験方法が紹介されている。この中には超伝導状態でのクーバーペアを用いる方法や、高分子中の核スピンを用いるNMR計算機も含まれる。

この後、量子計算アルゴリズムの説明が続く。第6章で、量子コンピュータが古典コンピュータに比べて高速である理由が考察され、例として量子フーリエ変換が紹介される。第7, 8章では、Shorの因数分解、離散対数問題アルゴリズム、第9章ではL.K.Groverの命題充足可能性問題アルゴリズムが、明快に説明される。特に、Groverのアルゴリズムについては、操作の持つ意味や最適性の説明が非常に親切である。

第10章ではドイッチ・ジョサ (D.Deutsch, R.Jozsa) の問題が取り上げられ、第11章では群論の考え方を使ったD.Simonのアルゴリズム (与えられた関数の周期を調べるアルゴリズム、Shorのアルゴリズムに取り入れられている) の解釈が議論される。第12章では、計算量クラスについての説明がある。

第13章で、デコヒーレンスを取り除く量子エラー訂正法について、7ビットと5ビットの量子エラー訂正符号の実例を示し、その原理について簡潔に説明している。付録では、デコヒーレンス発生のモデル、量子絡み (エンタングルメント) 等について説明されている。

本書の特徴は次の3つと思われる。

(1) 特別な専門知識がなくても、最後まで読み通せるように

書かれている

著者は理論物理 (量子宇宙論) が専門であり、本書も物理学の言葉で書かれている。しかし、量子力学の基礎等は本の初めに手際よくまとめられており、また、計算理論に関する知識も、非専門家向けに説明されている。このように、本書は読者の専門分野を選ばず、学部上級生程度であれば、紙と鉛筆で計算する労を惜しまなければ読み通せるようになっている。

(2) 実験の話題が本の前半に書かれている

理論物理の解説書では、しばしば、実験に関する記述がなおざりにされているのが見受けられる。これに対して、本書は、量子計算の基礎概念の説明後、すぐに実験に関する章が2つ続いており、非常に特徴的である。特に、現在、小規模ながら量子計算が確認されているNMR計算機については、独立した章で取り扱っている。これらの章では、実験上の細かな技術は省略して、背後にある物理的アイデアが丁寧に説明されており、初めて量子計算に触れた読者にも、具体的なイメージが持てるように工夫されている。

(3) 具体例と直観的な説明を重視して書かれている

本書では、複雑な数式を用いなくて説明できない話題については、その理由を書いて省略している。一方、量子計算に特有の考え方を説明するところでは、ページ数を割き、豊富な具体例を示し、直観的な説明を試みている。一般に、量子計算という分野は、量子力学や計算量理論と関係するきわめて基礎的な部分と、実際に計算を行う工夫としての応用的な部分を併せ持っている。著者は読者に、この2つの視点をバランスよく身に付けることを要求しているように感じられる。

以上 (1), (2), (3) について共通していえるのは、著者が、数式の細部等の技術的なところよりも、量子計算を理解するうえでの考え方を大切にしているということであろう。しかし、それでいて、本書は記述に厳密さを欠いておらず、また重要な研究トピックスをほぼ網羅している。したがって、本書は、これから量子計算の勉強を始めようとする学生から一般の研究者まで、多くの人に薦められると思われる。

[吾妻広夫/キヤノン中央研究所]

井上誠喜, 八木伸行, 林 正樹,  
中須英輔, 三谷公二, 奥井誠人 (共著)

## C言語で学ぶ実践画像処理 ~Windows, Macintosh, X-Window対応~

オーム社, 1999年, 3,600円 (税別)  
ISBN 4-274-94619-3

本書は、画像処理の基礎を、“雑音を除く”や“色を変える”など、それぞれの処理の目的別に分類して、実践的に学べるように書かれた入門書である。また、代表的な画像処理手法のサンプルプログラムも多数掲載されており、パソコン上で動作させながら、それぞれの処理の意味を理解できるようになっている。

本書の章立ては、以下の12章から構成されている。

第1章 画像処理の世界への招待

- 第2章 画像処理を体験する
- 第3章 物体を抜き出す
- 第4章 輪郭を抜き出す
- 第5章 雑音を除去
- 第6章 見やすい画像を作る
- 第7章 特徴を調べる
- 第8章 色を変える
- 第9章 色で抜き出す
- 第10章 形を変える
- 第11章 周波数で処理する
- 第12章 データを圧縮する

第1章では、身近にある画像処理の例などを取り上げ、画像処理とはどのようなものであるか、実生活の中でどのように生かされているかが紹介されている。

第2章では、画像処理のためのハードウェア構成や、標準化と量子化といったデジタル画像の基礎概念、および本書で取り扱うプログラムの記述法などが述べられている。

第3章から第7章までは、画像処理の代表的な手法がそれぞれ述べられている。第3章では、与えられた画像のヒストグラムを用いて画像の中から必要なものを取り出す手法、第4章では、微分法やテンプレートマッチングによる輪郭画像の抽出法、第5章では、スキャナなどで取り込んだ画像に混入したノイズを、メディアンフィルタなどにより除去するための手法が述べられている。また、第6章では、見やすい画像を作るためのコントラスト強調や、サーモグラフに代表される画像の濃度差を色の差に置換して表示する擬似カラー表示法、第7章では、2値画像を対象に物体の形状や大きさの特徴を調べ、物体の抽出や雑音を除去する手法などが述べられている。

第8章と第9章では、カラー画像の扱い方について述べられている。第8章では、画像の輝度や色相、および彩度の説明と変換の仕方や、カラーテレビの輝度信号と色差信号などについて、第9章では、テレビ番組の制作でよく使われている、前景画像と背景画像との合成処理に必要なクロマキー処理などについて述べられている。

第10章では、画像の拡大・縮小や、回転、透視変換などの幾何学変換について述べられている。また、画像の幾何学変換の処理に必要な、最近傍法や線形補間法といった画像の補間法についても述べられている。

第11章では、フーリエ変換による画像の周波数領域での処理法について述べられており、FFT (Fast Fourier Transform) のプログラムリストも掲載されている。

第12章では、画像のデータ量を圧縮するための、ランレングス符号化法、予測符号化法、ハフマン符号化法などについて述べられている。

さらに付録として、Windows, Macintosh, Unix (X-Window) のそれぞれの環境下における画像処理のメインプログラムが掲載されている。これには、スクリーンに画像を表示するプログラムや、プリントアウトするためのプログラムなどが含まれている。なお、掲載されているプログラムとサンプル画像、および実行ファイルを収録したフロッピーディスクは、本書とは別売りになっている。

本文以外にも、コラムで専門的な言葉の意味を解説されており、また、ワンポイントアドバイスでWindows, Macintosh, Unixの各環境下でのプログラミングのヒントなどが記載されており、本文や掲載されているサンプルプログラムの理解の助けになっている。さらに、プログラムの関数名とその機能の索引が巻末に掲載されており、プログラムのインプリント時に参考になりたいときなどに非常に便利である。

本書は、各章のはじめのところで、その章が取り扱う画像処理の目的について懇切丁寧に述べられているので、その後の論述がすんなり頭に入ってくる。また、サンプルプログラムが多数掲載されているので、画像処理の意味を紙上だけではなかなか理解できない読者にも、実際にプログラムを動かすことにより、容易に理解ができるように工夫がされている。さらに、各章のタイトルに画像処理の目的が明確に記載されているため、読者が「とりあえずこの部分だけ理解したい」と思ったときに、辞書的に使うこともできる。他の類書のように理論的な分類で章が構成されているのではなく、目的別に分類し、より実践的な構成になっているのが本書の大きな特徴である。

文章の語り口も平易な言葉を多用し、全体を通してポイントを押さえたすっきりした記述になっている。まさに入門書にはぴったりの本である。これから画像処理を学ぶ人に、真っ先に読んで欲しい参考書である。

[宮田一乗/東京工芸大学・芸術学部・映像学科]

北 研二 (著)

## 確率的言語モデル

言語と計算4 (辻井潤一 (編))  
 東京大学出版会, 1999年, 3,800円 (税別)  
 ISBN 4-13-065404-7

本書は、確率・統計を用いた言語処理の手法を網羅的に解説した書である。著者は音声認識・自然言語処理を専門とする研究者であり、本書のテーマである確率的言語モデルに造詣が深い。各章のタイトルを順に示すと、

- 第1章 序章
- 第2章 言語モデルの基礎
- 第3章 Nグラムモデル
- 第4章 隠れマルコフモデル
- 第5章 確率文法
- 第6章 最大エントロピーモデル
- 第7章 言語モデルの応用
- 解 説 言語の確率モデルとその周辺 (辻井潤一)

となっている。

近年、確率的言語モデルを用いた自然言語処理の研究は数多くなされており、確率的言語モデルは完全に自然言語処理の道具としての立場を確保したといえるだろう。本書はこれらの研究の集大成といえ、確率的言語モデルの百科事典としての側面も持っている。ちなみに、本書の内容は、数学的な点において、計算論的学習理論、ニューラル・ネットワークなどの話ともかかわっているが、それらについては触れられていない。

本書は、1996年に森北出版より刊行された、同著者らによる「音声言語処理」の続編ともいえる書である。近年の成果も加えられ、より重厚な内容になっている。特に、第6章で一章を割いて述べられている「最大エントロピーモデル」は、近年業界で最も注目を浴びているモデルであり、日本語で読める「自然言語処理に対する最大エントロピーモデル」の解説としては(評者の知る限り)最初のものである。

本書は、「はじめに」にも述べられているとおり、自然言語処理を専門とする研究者・学部生・大学院生の学習に適している。読書案内と参考文献が充実しているので、さらなる