

序

1940 年代にコンピュータが誕生して以来、コンピュータの設計方法、利用方法に関する技法の開発をはじめ、プログラムとは何かとか、計算 (アルゴリズム) とは何かといった根源的な問題の理論的研究や、これこれの問題を解くためにはこれこれの方法でやればこれこれの資源 (時間やメモリ) があればできるとか、最低限これこれ以上の資源がどうしても必要であるとかいった可能性や限界・不可能性の研究に至るまで、様々な数学的手法が用いられ、それぞれの分野の発展に貢献してきた。そのようなコンピュータサイエンスやその周辺の領域において重要と思われる数学的概念や手法についての入門書たらんとして前著『コンピュータサイエンスのための離散数学』(初版 1992 年) を著わした。

それから 10 年以上経ち、インターネットや携帯電話の普及に代表されるように、コンピュータとそれを取り巻く諸技術の発達は目覚ましいものがある。本書で取りあげるような基礎的な数学概念や考え方は時代やニーズが変わっても大きく変わるものではないが、それでもどこに重きを置くかには時代の要請とでも言うべきものがある。そのことも念頭に置き、この 10 年のコンピュータサイエンスの発達も考慮して前著を大幅に書き替えたのが本書である。前著ではページ数の制約もあって取りあげなかった関係データベースの基礎理論や代数系への入門も取りあげ、さらに、ますます発展したネットワーク社会において重要度が増した情報と符号に関する理論も取りあげることにした。

前著を書いた 14 年前には易しすぎるとさえ思った内容も最近の大学生にはムズイらしくて「授業に使いなくなった」というご意見を多数の教員の方々からいただいたのも、前著の改訂版たる本書の出版を急ぐキッカケとなった。学生の基礎学力が落ちてきたことに鑑み、説明をやさしく丁寧に書き改め、例題や演習問題を大幅に増やした。以下に記すように、演習問題に懇切丁寧な解答を付けた演習問題集も用意することにした。

このような方針で前著を書き直したところ、ページ数が 3 倍以上に増えてしまったので、3 分冊とせざるを得なくなった。

- (1) 情報系のための数学-1『離散数学入門』
- (2) 情報系のための数学-2『情報と符号の理論入門』
- (3) 情報系のための数学-3『例解演習 離散数学』

本書『離散数学入門』は第1分冊であり、前著『コンピュータサイエンスのための離散数学』をほぼ引き継ぐ内容となっている。それでも、ページ数が350ページを超えてしまったので、重要度の低い100ページ程度は(概要だけを残して)本書から外してウェブ上に置くことにして、本書自体のページ数を277ページに抑えた。例、定理、問はウェブ上に置いたものも含めて通し番号を振ったが、ウェブ上に置いた例、定理、問の番号は本文中にも明記し、ウェブ上に置いた部分に含まれる項目も索引に載せた。本書から外した全文は以下に記したURLからダウンロードして、自由に使っていただきたい。

<http://www.edu.waseda.ac.jp/~moriya/education/books/DM/>

本書の原書となった『コンピュータサイエンスのための離散数学』は東京女子大学、早稲田大学などで行なった著者の講義に基づいて小改訂を重ねてきた。したがって、著者の講義を受講した学生との遣り取りを経て本書の内容もブラッシュアップされてきたものである。学生の皆さんに感謝したい。

前著の改訂を始めてから2年、と予想以上に時間がかかってしまった。それにもかかわらず、辛抱強く叱咤激励していただいたサイエンス社編集部長の田島伸彦氏に深く感謝の意を表したい。

最後に一言だけ書いておきたいのは、本書は数学書であって工学書ではないということである。数学をツールとして使いこなすことができるように論理的思考力を身に付けることを目的としており、何故そういうことが成り立つのかといった証明を抜きにして数学的結果だけを技術のごとく使う術を教えることは意図していない。基礎理論は直ぐに結果を出すものではないが、基礎理論なくして地に足のついた研究と成果はあがらないと著者は思う。本書は入門書であるから、本書で学んだことを基礎としてさらに進んだ参考書で勉強されたい。

2005年12月25日

守 屋 悦 朗

目 次

* 印の付いた節は抄訳のみを含む．全文は次のウェブサイトからダウンロードされたい．
<http://www.edu.waseda.ac.jp/~moriya/education/books/DM/>

序	i
目次	iii
第1章 基本的な数学概念	
1.1 集合	1
1.1.1 集合を表わすための記法	
1.1.2 集合の間の関係，集合に関する演算	
1.2 関数	13
1.2.1 関数とは 1.2.2 単射，全射，全単射 1.2.3 逆関数	
1.3 無限集合と濃度 *	23
1.3.1 有限集合と無限集合 * 1.3.2 濃度 *	
1.4 行列 *	25
1.4.1 行列 * 1.4.2 連立1次方程式と行列 *	
1.5 命題と述語	27
1.5.1 命題 1.5.2 述語	
1.6 言語 = 文字列の集合	38
1.6.1 言語とは何だろう	
1.6.2 符号化...何でもかんでも文字列で表わす *	
第2章 数学的帰納法と再帰的定義	
2.1 数学的帰納法	46
2.1.1 自然数と数学的帰納法 2.1.2 いろいろな数学的帰納法	
2.1.3 自然数に関するいろいろな性質はどうやってわかる？ *	
2.2 再帰的定義	55
2.3 バッカス記法 *	61

第3章 関係

3.1 2項関係	62
3.2 同値関係	71
3.3 順序	80
3.4 有向グラフ	88
3.4.1 2項関係の図示	3.4.2 半順序集合とハッセ図 *
3.5 関係の閉包 *	98
3.6 チャーチ・ロッサー関係 *	99
3.7 関係データベース *	100
3.7.1 データベースとは *	3.7.2 関係代数 *

第4章 グラフ

4.1 グラフについての基本的概念	101
4.2 連結性	108
4.2.1 道と閉路	4.2.2 連結グラフ
	4.2.3 連結度
4.3 いろいろなグラフ	123
4.3.1 グラフ上の演算 *	4.3.2 オイラーグラフ
4.3.3 ハミルトングラフ	4.3.4 2部グラフ
4.3.5 区間グラフ・弦グラフ	4.3.6 木
4.3.7 平面グラフ	
4.4 ラベルつきグラフ	145
4.4.1 情報・データをラベルとして付ける	4.4.2 構文図 *
4.4.3 有限オートマトン *	4.4.4 グラフの彩色 *
4.5 グラフアルゴリズム	150
4.5.1 グラフ上の巡回	4.5.2 2分木の巡回
4.5.3 貪欲法と最大ノ最小全域木	4.5.4 最短経路
4.5.5 優先順位キュー *	4.5.6 2部グラフとマッチング *
4.5.7 NP 完全問題 *	

第5章 論理とその応用

5.1 命題論理	168
5.1.1. 論理式	5.1.2 標準形
5.2 述語論理	183
5.3 論理回路	194
5.3.1 命題論理を別の観点から見ると	(リード・マラー標準形)*
5.3.2 論理回路設計への応用	5.3.3 ブール関数の簡単化 *
5.4 束とブール代数 *	207

第6章 アルゴリズムの解析

6.1 関数の漸近的性質	208
6.2 分割統治法	218
6.3 再帰方程式の解法 *	222
6.3.1 展開法 *	6.3.2 漸近解の公式 *
6.3.3 母関数と線形差分方程式 *	
6.4 数え上げ	223
6.4.1 和と積の法則	6.4.2 鳩の巣原理
6.4.3 順列	6.4.4 組合せ
6.5 確率	236
6.5.1 確率とは何か	6.5.2 期待値
6.5.3 アルゴリズムの確率的解析	

理解度確認問題解答	250
参考書案内	267
索引	271