

まえがき

本書は、情報工学、計算機科学の最も基本的な問題である計算とは何か、言語とは何かに答えるための道具であるオートマトンおよび形式言語理論を学ぶための入門書である。これらの道具は、計算機のハードウェア、ソフトウェアに関連する多くの分野で用いられており、計算機に関わる人にとっては必須の知識といえる。

オートマトンは、計算機の数学的モデルであり、計算の原理を理解するための数学的な道具である。計算に関わる本質的な部分だけを取り出してモデルを構築しているため、オートマトンの理論は抽象的な話になるが、しかし、豊富な理論展開を含んでおり情報工学・計算機科学の多くの分野に応用されている。一方、言語理論は形式言語とよばれる言語を扱う。形式言語は、プログラミング言語などの数学的なモデルであり、計算機上で言語を扱うための基礎を与えてくれる。オートマトンと形式言語の間には密接な関係があるが、どのような関係があるかは本書を通して明らかになるであろう。

従来、オートマトン・形式言語のテーマは、抽象的なモデルを扱い、数学的な内容になるため、特に理系の情報系学科のカリキュラムにのみ現れる基礎科目であったように思う。しかし、今日、計算機関連の多くの分野に応用されるようになったことにより、理系にとどまらず文系においても情報系の学科で学ぶべき主要なテーマになっているといってもよい。そのため本書は、幅広い読者を想定し、数学的な話題を扱っているが、定理・証明という形式はとらず、図および具体例を多くし、厳密性を保ちつつ、丁寧にわかりやすく書くこととした。さらに、理論についての理解をより深めるため、その応用についての章を最後に1つ設けた。

本書は、特別な予備知識を必要としないよう、必要事項はすべて本の中で説明し、容易に理解できるように配慮した。そのため、工業高等専門学校、大学学部の授業テキストとして利用できるだけでなく、情報系の専門学校、企業における研修においても利用することができる。IT関連の技術は進歩が速い。しかし、その根本にある基本的事項はそう変化するものではない。オートマトン・形式言語の理論はそのような基本的事項の1つであり、技術の進歩によってすたれてしまうものではない。むしろ、このような知識は、新たな技術の創造や理解の助けになるものである。

本書は、授業で使いやすいように、15章から構成される。各章のはじめにはその章のポイントを示し、終わりには演習問題をつけ、章の内容を確認できるようにした。全体の構成は次のようになっている。

第1章は次章以降の準備である。オートマトン・言語理論の概要を述べるとともに、必要となる数学の基本事項、および言語について述べる。

第2章から第6章は、有限オートマトン、正規表現、正規言語について述べている。第2章では、決定性有限オートマトン、第3章では非決定性有限オートマトンについて述べる。オートマトンにおいて非決定性の概念は重要であるので、有限オートマトンを通し、その概念を理解してほしい。第4章では、決定性有限オートマトンの最簡形について述べる。第5章では、正規表現について述べ、有限オートマトンとの等価性について示す。第6章では、正規言語の基本的な性質について述べる。

第7章では、形式文法の階層について概観する。第8章では、正規文法について述べ、有限オートマトンとの等価性を示す。第9章から第13章は、文脈自由文法およびプッシュダウンオートマトンについて述べている。第9章および第10章では、文脈自由文法およびその標準形について説明する。文脈自由文法は非常に重要な文法であり、形式文法の中で最も応用されている文法である。第11章では、プッシュダウンオートマトンとよばれる有限オートマトンを拡張したモデルを導入する。第12章では、文脈自由文法とプッシュダウンオートマトンの関係を示す。第13章では、文脈自由文法で生成できない言語について述べる。

第14章では、一般的なオートマトンモデルであるチューリング機械について述べる。ここでは、チューリング機械について説明し、形式文法との関係として、線形拘束オートマトンと文脈依存文法、およびチューリング機械と句構造文法との関係について述べる。最後の第15章では、オートマトン・言語理論の応用について述べる。この章は、応用例を示すことによって、理論の理解を助けることを目的としている。ここでは、文字列照合、コンパイラ、マークアップ言語に焦点を当て、これらの分野への応用について概観する。

本書は、オートマトン・言語理論の基本的な事柄を一通り学べるようになってきている。今後ますます発展するであろう情報技術において、新たな技術を習得する上でも、オートマトン・言語理論のような情報工学・計算機科学の基礎を理解しておくことは重要である。本書が少しでもその役に立てば幸いである。

最後に、本書の執筆の機会を与えてくださった、本シリーズの編集委員長で東北大学電気通信研究所名誉教授の白鳥則郎先生、編集委員の水野忠則先生、高橋修先生、岡田謙一先生、および出版にあたってご尽力いただきました共立出版の島田誠氏に対し、心より感謝の意を表します。

2011年12月

著者を代表して 山本博章