

まえがき

コンピュータは、誕生後わずか70余年の間に、ものづくりのやり方を根底から変えようとしている。前世紀末に出現したCAE (Computer Aided Engineering: 計算機援用工学) は産業界全体に急速に普及・発展し、近年の製造企業では、企画・設計・検証を通じた製品開発全体をCAE主体で行うモデルベース開発の採用が焦眉の急になっている。機械は、力学・電気・熱・流体・化学などの異なる専門分野間を縦横自在に横断するエネルギー変換により使命を果たす道具であり、したがってモデルベース開発には、個別の物理領域を超えて統一された製品モデルと、それを用いた複合領域シミュレーションが不可欠である。

昨今の製品開発にたずさわる技術者は、自身の専門分野を超えた工学全般に関する広い素養を必要とする。その中で特に重要なのは力学と電磁気学である。ハイブリッド自動車や電気製品の例に見られるように、また「メカとエレキで物ができる」の格言通り、昨今のものでづくりは機械と電気の技術融合で成り立っていると言っても過言ではない。そこで、両分野の素養を同時に有する技術者に対する各種企業の期待と人材要求は大変大きい。

本書はこのようなニーズに応じて執筆されたものであり、その目的は次の4項である。

- 1) 機械と電気をまたぐ複合物理領域の一体モデル化を可能にするために、力学を再構成する。
- 2) これまで敷居が高かった電磁気学の初歩を、初心者が気軽に学

べるように、0から始めてやさしく講説する。

- 3) 力学と電磁気学の間、理論と法則の全体にわたる相似則が成立し、両物理学分野が共にエネルギー現象を記述する共通の学問であることを提示し立証する。
- 4) モデルベース開発のために筆者らが開発した新しいモデル化手法を紹介する。

また、本書は次の点に留意して執筆されている。

- 1) 全くの初心者が抵抗なく入門できるように、わかりやすさを最優先する。難解な数式は一切用いず、高等学校の数学がわかれば気軽に読める。
- 2) 物理現象の本質を理解できる基礎力と、時代の変化に強い自在・柔軟な適応力を養う。
- 3) 機械工学と電気工学の間の壁を取り去り、両者が融合した一体の学問として身につく。

本書の内容は以下のとおりである。

1章「力学の再構成」では、電気・機械系の一体モデル化を可能にするために、在来の古典力学を再構成する。まず、エネルギーを直接扱う電磁気学との理論上の共通性を確保できるように、力学の根幹を力と運動からエネルギーに移し、エネルギーを表に出す形に改める。次に、電磁気学に存在し在来力学に欠けている法則の対称性と物理事象の閉じた因果関係を、力学に導入する^{1), 2)}。

2章「電磁気学への入口」では、電荷・電流・電圧・導体・磁気・電磁誘導・電気エネルギーなどの基本概念の意味を明らかにし、また電磁気学の基本を支える物理法則の内容を平易に説明することによって、電気工学を気軽に学べる素養を身に付ける²⁾。

3章「電気と機械の相似関係」では、従来別の学問であるとされていた力学と電磁気学が、理論と法則の全体にわたり完全な相似

関係を有することを新しく提示する。まず、力・速度と電流・電圧間の正しい相似則を示し、その物理学的根拠を説明する。次に、質量・弾性と静電容量・インダクタンスが相似関係にあること、および粘性とコンダクタンスが相似関係にあることを述べる。続いて、運動の法則と静電容量の動的機能が相似関係にあること、運動量保存の法則と電気量保存の法則が相似関係にあることなど、両物理学領域を支配する法則間に成立する相似則を明らかにする。そして、運動エネルギー・弾性エネルギーと静電エネルギー・電磁エネルギーが相似関係にあることを説明する。さらに、簡単なモデルを用いてこれらの相似関係を例証する^{3), 4)}。

4章「物理機能線図」では、モデルベース開発のために筆者らが開発した新しいモデル化手法を紹介する。次に、本手法を用いて1自由度の電気系と機械系をモデル化し、両者が同一のモデルで表現されることを示し、これによって、本手法を用いれば電気・機械系の一体モデル化が可能であることを立証する^{6)~11)}。

本書は、一人の筆者が力学と電磁気学を対比し関連付けながら一体として執筆しているため、両分野間に学問の壁が存在しないという、従来の単分野毎の専門書にはない特徴を有している。したがって、電気と機械を融合した授業や、一方の専攻の学・院生に他方の分野を教える授業・ゼミ教育などの教科書・参考書としても最適である。また、各種製造企業における新入社員や若手技術者の教育テキストとしても大変有用である。

本書の内容は、筆者の父である長松昭男の力学の研究¹⁾に端を発する。1章の内容は長松昭男単独の研究結果である。筆者は、長松昭男の引退に際してその研究を引き継ぎ、新しいモデル化手法の開発とそれによる電気・機械系の一体モデルの構築への発展を試みてきた。幸いこの度、本研究がこの分野の世界的権威者であられる

日本シミュレーション学会会長の萩原一郎明治大学教授の目に留まり、本書のコーディネーターになっていただけることになった。これは若輩の筆者にとってこの上ない光栄であり、ご多忙にもかかわらず本書の立案から校閲に至るまで終始全面的にご指導いただいた萩原教授に対し、心中から御礼申し上げる次第である。

2015年12月

長松昌男