

書 評

磁気浮上に関する二書 (その二) 電磁力応用機器のダイナミクス 磁気浮上と磁気軸受

押野谷 康雄 (東海大学)

本学会誌 Volume 2 Number 3 (1994) で磁気浮上に関する二書として、

Electromagnetic Levitation and Suspension Techniques, B.V. Jayawant, Edward Arnold, 1981.

Magnetic Levitation for Rail Transport, R.G.Rhodes and B.E.Mulhall, Clarendon Press Oxford, 1981.

が書評されている。これらの書籍は多少古いこともあるが、研究開発の比較的初期の段階で出されたアイデアや、現在利用されている代表的は磁気浮上方式である電磁吸引方式 (EMS) や誘導方式 (EDS) の特徴が簡潔に説明されており、この分野の代表的な技術を整理するには好適な書籍といえる。しかし、初学者が磁気浮上の概要をつかむための入門書としては適切と言えない。そこで、本書評ではこれから磁気浮上を学ぼうとしている人や、磁気浮上を仕事とし整理された本を探している人に適切と思われる以下の二冊の書籍を取り上げたいと思う。

電磁力応用機器のダイナミクス, 日本機械学会編, コロナ社 (1990), 総頁数 182.

磁気浮上と磁気軸受, 電気学会磁気浮上応用技術調査専門委員会編, コロナ社 (1993), 総頁数 312.

まず、電磁力応用機器のダイナミクスは、磁気浮上の入門書として、また電磁力関連のダイナミクスを一通り勉強するのにとても手頃な書籍

といえる。機械工学, 電気工学, 制御工学が融合された学際領域の本であり、磁気浮上を含めた電磁力関連の最先端分野の現状と社会のニーズおよび将来性に関して簡潔にまとめている。数学的な記述が最小限に抑えられており、読みやすさへの配慮が伺える。これからこの分野について学ぼうとしている初学者のテキストとして好適であり、学部学生でも独力で読み通すことができる入門書タイプの書籍である。本書の内容は日本機械学会の電磁場下の機械・構造物のダイナミクスに関する調査研究分科会の活動に負うところが大きく、今年で8回目を迎える電磁力関連のダイナミクスシンポジウムはこの分科会の企画で開催され始めている。本書は日本AEM学会の活動内容そのものを表現している書籍とも言えよう。

一方、磁気浮上と磁気軸受はタイトルからも明らかなように、磁気浮上・磁気軸受に関する事柄を体系的に整理し、基礎技術から実システムへの応用例までを豊富に解説している書籍である。本書は電気学会磁気浮上応用技術調査専門委員会によって、電気系のみならず機械系との双方の立場から調査研究された成果をまとめたものであり、磁気浮上に関する制御系設計に関する事項はほとんど網羅されている。また、各章ごとにその章に関する文献がサーベイされており、大学院生の参考書としても適当であり、磁気浮上関連の技術者にとってもハンドブックとして十分活用できる。

以下では、これらの内容に関して簡単にふれて

みたいと思う。

電磁力応用機器のダイナミックスは全 11 章から構成されている。磁気浮上は第 10 章、磁気軸受は第 11 章に記載されている。

磁気浮上に関しては、常伝導吸引形磁気浮上（基礎的な安定化制御、浮上案内協調制御、軌道との相互干渉による浮上系の安定性）、超伝導反発形磁気浮上、乗り心地に関する制御、走行中の軌道との動的相互関係や開発事例等について 16 頁に渡って解説している。

一方磁気軸受に関しては、動作原理、軸受制御系の設計（剛体ロータに対するアナログ PID 制御、弾性ロータに対する状態フィードバック制御）等について 18 頁に渡って解説している。

その他の章においても電磁力関連のダイナミックスに関してバランスよくまとめてあるのでここで紹介しておく。

第 1 章では、境界領域の重要性を中心に、機械、電気、制御の 3 つの工学の総合の重要性について解説している。第 2 章では、電磁場中の機械・構造物のダイナミックスを理解する上で必要な、基礎的な動力学と電磁気学について触れている。第 3 章では、電磁材料について取り上げ、電磁弾性相互干渉の基礎事項や電磁破壊力学への応用などを解説している。第 4 章では、電磁場と構造物が連成して引き起こす電磁構造問題に対処するときに必要となる電磁構造力学の基礎等について解説している。第 5 章では、磁性流体や電磁流体の磁場下での挙動とその応用について解説している。第 6 章では、電磁アクチュエータのうち産業界で広く使用されているサーボモータに焦点を当て、回転形の各種モータのうちブラシ付きおよびブラシレス直流モータと誘導モータについて述べている。第 7 章では、圧電アクチュエータを取り上げ、アクチュエータ用の材料や構造、駆動方式や応用例について解説している。第 8 章では、マイ

クロメカトロニクスについて応用分野や今後の展望、またマイクロアクチュエータの駆動原理などを述べている。第 9 章では、オイルダンパの欠点を解消する長所を持つ、磁気ダンパの設計方法とその具体的応用例を紹介している。

磁気浮上と磁気軸受は、全 7 章から構成されている。

第 1 章は、磁気浮上技術への招待と題し、磁気浮上技術を用いることの利点などを述べている。

第 2 章は、磁気浮上の歴史と各種方式と題し、浮上原理や運動形態による分類、各種用途などについて解説している。

第 3、4 章（137 頁）は磁気浮上に関する解説である。第 3 章で各種浮上方式（吸引制御方式、永久磁石反発方式、誘導方式、高温超伝導方式）を理論的に解説している。そして第 4 章で応用例（微小重力落下カプセルの磁気ガイド、薄鋼板の磁気浮上システム、ピン止め効果による磁気浮上搬送システム等 18 例）を豊富な参考文献を引用しながら紹介している。

第 5、6 章（146 頁）は磁気軸受に関する解説である。磁気浮上と同様に第 5 章では理論的な面（磁気軸受の構成要素、回転体の力学、制御系の設計）について解説している。そして第 6 章で応用例（ロボットへの応用、人工衛星用アンテナ駆動機構、磁性流体を用いた磁気軸受等 18 例）を豊富な参考文献を引用しながら紹介している。

最後に第 7 章で、将来に向けてと題して、まとめている。

以上のように、電磁力応用機器のダイナミックスはこれから磁気浮上を含めてこの分野を始めようとしている方々への良きガイダンスとして、磁気浮上と磁気軸受はこれらの応用を具体的に検討している技術者、研究者の参考書として好適な書籍と言えよう。