



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	A Study on Electromagnetic Field Analysis using Non-conforming Finite Element and Homogenization Methods [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	伊藤, 泰久
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第12407号
Issue Date	2016-09-26
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/63376
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Yasuhisa_Ito_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（情報科学） 氏名 伊藤 泰久

学 位 論 文 題 名

非適合要素および均質化を用いた電磁界解析に関する研究

(A Study on Electromagnetic Field Analysis using Non-conforming Finite Element and Homogenization Methods)

今日、電磁界解析は幅広い分野で使用されている。電磁界解析を使用することで、低コストで効率的な電気機器の開発が可能となっている。近年の技術発展や電力事情により、電気機器のさらなる高性能化が要求されており、その開発において電磁界解析の重要性はより一層高まっている。本論文では、高性能な電気機器を効率的に開発するための新たな手法を2つ提案する。

1つは、非適合要素を用いた電磁界有限要素解析による電気機器の3次元形状最適化である。従来の3次元形状最適化は計算時間が長大になり実用的ではない。その原因は形状最適化手順の内、①機器形状に合わせた有限要素メッシュの作成と、②数値解析における連立方程式の求解である。提案手法では、①を最適化手順から省くことで3次元形状最適化の計算時間を短縮させる。従来の形状最適化では、電気機器1つに対し1つの有限要素メッシュを作成し、機器形状が変更される度に再度メッシュ生成を繰り返す。これに対し、提案手法では有限要素メッシュを作成する機会を最適化前の1度のみとする。提案手法では、電気機器を複数の形状の集合と考え、それぞれの形状に対して独立した有限要素メッシュを作成する。例えば、円柱と直方体から成る電気機器の場合、円柱の有限要素メッシュと直方体の有限要素メッシュの2つを作成する。最適化の際には、機器形状が変更されたとき、それぞれの有限要素メッシュを拡大・縮小させることで形状変化を表現する。これにより、最適化の際に有限要素メッシュを再生成する手順を省くことができ、3次元形状最適化の計算時間を短縮できる。このとき、複数の有限要素メッシュ間の接合面でメッシュ形状が一致しない非適合状態が発生するが、一方の面上の辺に割り振られた未知数を他方の面上の辺の未知数の線形和で表す手法により、メッシュ間の磁束連続性を保証する。この提案手法をインダクタモデルの3次元形状最適化に適用し、その有用性と問題点を検討する。

2つは、電磁界解析を用いた圧粉磁芯の数値モデルの構築・検討である。圧粉磁芯とは、従来の磁性材料である鉄やフェライトなどを粒子状にし、粒子表面に非磁性体膜を施し圧縮もしくは焼結させたものである。従来の電気機器に用いられる電磁鋼板や積層鋼板に比べて渦電流損失が小さく、3次元形状を作成しやすい利点を有しており、高効率化や小型化が期待されている。すでに、モータ・インダクタなどには実用されている。圧粉磁芯材料の設計の際、従来では Ollendorff の式と呼ばれる理論式や磁気回路法を用いた等価式を用いて圧粉磁芯のマクロな磁気特性を推定しているが、これら手法は精度が悪く圧粉磁芯のマクロな特性をうまく推定できない問題がある。圧粉磁芯は、構成される磁性粒子の密度や粒子径、粒子形状などにより、マクロな透磁率や渦電流損失が大きく変化することが報告されており、磁性粒子のミクロな物性値と圧粉磁芯のマクロな特性の関係を体系的に明らかにしなければ、上記問題は解決できない。しかし、これまで圧粉磁芯に関する研究のほとんどは実験的検証であり、その関係性は依然として明らかにされていない。本論文では、電磁エネルギーに着目した均質化法を用いた電磁界有限要素解析による圧粉磁芯のマクロ磁気特性の推定手法を提案

する. 均質化法とは, 複数の材料から成る複合材料の物性値が, あたかも 1 つの材料から成る単一材料の物性値であるように仮定する手法であり, 複合材料の等価材料定数を決定する際によく用いられる. 本論文では, この提案手法と従来手法を比較・検討する. また, 実際の圧粉磁芯の断面図写真から有限要素モデルを作成し, 電磁界有限要素解析を行うことで, 上記推定手法らの有用性と問題点を検討する.