HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	電磁界解析を用いた電気機器の最適設計に関する研究［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	佐藤, 孝洋
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第11766号
Issue Date	2015-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/58926
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Takahiro_Sato_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称　博士 (情報科学)　氏名　佐藤孝洋

審査担当者　主　査　教　授　五十嵐 一
副　査　教　授　小笠原 悟司
副　査　教　授　北 裕幸
副　査　准教授　野口 聡

学位論文題名

電磁界解析を用いた電気機器の最適設計に関する研究
（A Study on Design Optimization of Electric Devices and Machines Based on Electromagnetic Field Analysis）

近年, 地球温暖化が大きな問題となっており, 電気機器が与える環境負荷を抑えることが強く望まれている. またエネルギー価格の高騰により, より高効率の電気機器の開発が要求されている. このため電気機器の開発においては, 実験的評価のみならず電磁界解析を活用した高効率化が図られてきた. 今後, さらなる高効率化, 高品位化を達成するためには, 電磁界解析をベースとした電気機器の設計最適化が必要になると考えられる. 本学位論文では電磁界解析を用いた電気機器の新しい最適設計法およびその応用について論じている. 特に, 電気機器の 3 次元形状のパラメータ最適化, 電気機器のトポロジー最適化および電磁界解析を用いた電磁誘導型振動発電機の広帯域化について論じている.

第 1 章では本研究の目的を述べている.

第 2 章では電磁界解析を用いた設計最適化の基礎的事項について述べている. まず電磁界の 3 次元有限要素解析の定式化を与えている. つぎに最適化問題の種類, 解法についてまとめている. 特に本研究で用いた実数型遺伝的アルゴリズムについて詳細に述べている. また多目的最適化手法についても述べている.

第 3 章では 3 次元形状のパラメータ最適化について論じている. まず有限要素解析において, 自由に機器形状を変化させるために著者が導入した階層型非適合ボクセル有限要素法について述べている. 本法を用いて 2 層磁気シールド, リアクトルおよび昇圧回路用フェライトインダクタの形状最適化を行ったところ, 良好な結果が得られたとしている. また階層型非適合ボクセル有限要素法により電磁力を計算する際の注意点について論じている.

第 4 章ではトポロジー最適化について論じている. まずトポロジー最適化法であるレベルセット法, フェーズフィールド法について定式化を与え, それらを磁気シールドおよび

IPM モータの形状最適化に適用した結果について論じている. 特に, これらの方法では得られる解が初期値に依存すること, 空気と磁性材料の中間の値をもつ領域が生じてしまうことなどの問題点を指摘している. つぎに著者が導入したガウス基底ネットワークを用いた ON/OFF 法について述べている. 本法ではガウス基底の重みを変化させることで対象となる機器の形状を自由に変形させる. また最適化手法としては遺伝的アルゴリズムを用いることができるため, 得られる解の初期値依存性がなく, また複雑な拘束条件を簡単に課すことができるという利点がある. また最適化の収束性を改善するために, 遺伝的アルゴリズムに加え Greedy 法による局所探索を行うことが有効なことを明らかにしている. 著者は本法を用いて磁気シールドおよび IPM モータの形状最適化を行い, 良好な特性を持つ最適解を得ている. また最適設計した IPM モータを企業と協力して試作し, 実験と解析の比較検討を行い,IPM モータのトルク特性が実際に改善されることを示した.

第 5 章では, 電磁界解析を用いた電磁誘導型振動発電機の開発について述べている. まず種々の環境発電機について述べ, つぎに開発した電磁誘導型振動発電機の支配方程式について述べている. 本研究で開発した振動発電機では, コイルに鎖交する磁束量を増加させるために, コイル中心部に磁性体を導入している. 著者は, 上記の結果コイルと磁石の間には非線形力が生じ, 励振周波数によってはカオス振動が発生することが明らかにした. このカオス振動モードを用いることで, 従来よりも広帯域での振動発電が可能となる. 著者はこの解析結果を基に振動発電機を試作して実験を行い, カオス振動が実際に得られることを確認している. また著者はモデル縮約法による振動発電機の高速解析法を開発した. またさらなる特性改善のため, 著者は閉磁路構造を持つ振動発電機を開発し, その実験的評価を行っている. 第 6 章では本研究を総括している.

これを要するに著者は, 新しく階層型非適合ボクセル有限要素法を導入し, これまで困難であった 3 次元構造最適化を実現可能とした. またガウス基底ネットワークと ON/OFF 法を用いることで, 電気機器のトポロジー最適化を実現できることを示し, 電気機器設計におけるトポロジー最適化の実用化への道を拓いた. さらに電磁誘導型振動発電機に磁性体を導入することによりカオス振動を発生できることを初めて示し, これにより従来よりも広帯域の発電が可能となることを示した. これらから, 著者は情報科学および電気電子工学に重要な寄与をしていると認められる. よって著者は北海道大学博士 (情報科学) の学位を授与される資格あるものと認める.