

## 別紙 1 (博士論文の審査結果の要旨)

専攻名 システム創成科学専攻

氏名 CHENG LIN (程 琳)

本論文では、電気機器や電磁装置の開発・設計に用いられる有限要素法を用いた磁界解析において、実機器の解析で問題となる分割図作成の労力、計算機の記憶容量、および解析時間を大幅に低減する均質化手法の適用範囲を拡大するため、渦電流を考慮した各種均質化手法の開発および検証がなされている。すなわち、変圧器やリアクトルなどの静止器用に開発された積層鉄芯の鋼板中の渦電流を考慮した均質化手法を、モータなどの回転機に適用するため、回転磁束が考慮できる手法に拡張している。さらに、建築構造物など構造が複雑な解析対象の均質化手法では、渦電流を考慮した新しい均質化手法を提案している。均質化手法は、複雑な実機器の磁界解析を行うためには必要不可欠な解析技術であり、現在、その確立に向けて、本論文で検討された渦電流の考慮など、盛んに開発および検討が行なわれている分野である。

本論文は全5章で構成されている。

第1章では、序論として、従来の均質化手法の概要と問題点、および本論文の目的を述べている。すなわち、積層鉄芯の均質化手法では、一次元鋼板解析を併用した鋼板中の渦電流を考慮した均質化手法が既に提案されているが、この手法を、モータなどの回転機に適用するためには、回転磁束が考慮できる鋼板解析を開発する必要があり、その開発が本論文の第一の目的である。また、構造が複雑な解析対象の均質化手法では、渦電流を無視した静磁場において磁気エネルギーを等価にする均質化手法が既に提案されているが、渦電流を考慮した均質化手法を開発することが本論文の第二の目的である。

第2章では、本論文で用いた渦電流を考慮した有限要素法による三次元磁界解析法の定式化やソルバーについて述べている。

第3章では、回転磁束と鋼板中の渦電流を考慮した積層鉄芯の均質化手法の開発について述べている。従来法の鋼板解析部において、回転磁束を考慮するため、周期境界と固定境界条件を併用した鋼板の面内方向は分割せず、かつ磁束の方向が考慮できる三次元鋼板モデルが考案され、積層鉄芯に回転磁束を印加した簡易モデルを用いて、提案手法の妥当性と有用性が検討された。その結果、提案法により、回転磁界下における積層鉄芯の渦電流損を実用的な計算時間で直接求めることが可能になることが示された。

第4章では、構造が複雑な解析対象の均質化手法において、渦電流が考慮できる方法の開発について述べている。渦電流を考慮した均質化手法として、実効透磁率を用いた均質磁性体と等価導電率を用いた均質導体を用いる二通りの方法が提案され、導電性角筒を積み上げた磁気遮蔽用壁体を用いて、角筒間の絶縁・導通の違いによる均質化手法の選択方法、また、提案手法の妥当性と有用性が検討された。その結果、渦電流を考慮した均質化手法が確立できた。

第5章では、以上の研究結果をまとめるとともに、提案法の今後の展開として、磁気特性の非線形の考慮した上で、モータなどの実機への適用や圧粉鉄芯など新しい材料の解析への可能性を挙げている。

以上、本論文は、実機器の磁界解析を行う際に有用な均質化手法について、渦電流を考慮した各種均質化手法を提案するとともに、その妥当性や有用性を示している。本論文により実機器の磁界解析を行う際の均質化手法の適用範囲が大幅に広がったことは、モータや磁気シールドルームなどの設計法の進展に大きく貢献している。著者が提出した博士学位論文に関わる公表状況は、米国電気電子学会誌1編、国際会議2編である。

平成26年8月5日に実施した学位論文公聴会においても種々の質問がなされ、いずれも著者の説明により質問者の理解が得られた。以上の審査結果に基づき、本論文は博士(工学)の学位を授与するに値すると判断され、審査委員全員一致で合格と判定した。