



Title	イジングマシンを用いた最適設計およびロバスト最適化に関する研究 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	丸尾, 昭人
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第15555号
Issue Date	2023-03-23
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/89858
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Akito_Maruo_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 丸尾 昭人

学位論文題名

イジングマシンを用いた最適設計およびロバスト最適化に関する研究

(Study on Design Optimization Using Ising Machines and Robust Optimization)

社会のニーズの多様化・高度化に伴い、磁気デバイスの設計最適化問題はより高次元な問題として扱われるようになってきている。特に、設計変数が多くなり、膨大な組合せ問題が発生している。そのため、膨大な組合せ問題を効率的に解くことが求められている。そこで、組合せ最適化問題を解くことに特化した計算機であるイジングマシンに着目した。イジングマシンでは二次制約なし二値最適化 (Quadratic Unconstrained Binary Optimization, 以下 QUBO) に定式化させた組合せ最適化問題を高速に解くことができる。したがって、デバイスの設計最適化問題を QUBO 形式に定式化をして、イジングマシンを用いて解くことが有効だと考えた。しかし、先行研究ではイジングマシンを用いて、磁気デバイスの設計最適化問題を解く手法は十分に議論されてきていなかった。

また、実問題では、材料ばらつきや、組み立ての公差による寸法ばらつき、経時変化による物性変化などを起因とする不確定性により、システム・デバイスの特性が大きく損なわれることがある。そして、このような不確定性を考慮せずに最適化を行うと、変動に弱い解に収束することが考えられる。不確定性による変動に頑健な最適解を求めるためには、ロバスト最適化が必要となる。実問題では材料特性がばらつくことが多くあるため、材料ばらつきを考慮して形状を最適化することは重要となる。先行研究では、モンテカルロ法や遺伝的アルゴリズムを用いて、ロバスト最適化を行う手法が提案されているが、前者は計算時間の問題、後者は高次元の場合にロバスト最適化の効果を十分に発揮できない問題が残されていた。

上記の課題を踏まえ、本研究では、イジングマシンを用いた磁気デバイスの最適化法の開発および、材料ばらつき考慮のための材料特性の同定手法、材料ばらつきを考慮した設計最適化手法の開発を新たに検討した。

まず、第2章では、イジングマシンを用いて磁気デバイスの設計最適化を扱うために、基本となる磁石配列の最適化問題を扱う。2次元の磁石配列最適化問題を QUBO 形式に定式化し、イジングマシンを用いて磁石配列を最適化する。従来の磁石配列との比較や、最適化配列を振動発電デバイスに適用することで、提案手法の有効性を議論する。

第3章では、第2章で提案したイジングマシンを用いた磁石配列最適化手法をコイルと磁石配列の同時配置最適化手法に拡張する。提案手法を振動発電デバイスの最適化に適用することで、手法の有効性を議論する。

第4章では、第2章で提案したイジングマシンを用いた磁石配列最適化手法を拡張し、磁石形状と磁性体形状のトポロジー最適化問題をイジングマシンで最適化する手法を提案する。提案手法で得られた形状と参照形状との比較や、提案手法と従来の最適化手法の結果を比較することで、手法の有効性を議論する。

第5章では、インダクタのインダクタンス特性からインダクタのコアの磁気特性を同定する新しい手法を提案する。提案手法を用いることで、特別な測定機器無しで、材料の BH 特性のための磁

気ヒステリシス特性を得ることができる。提案手法では、測定された L-I 特性から分布関数に含まれるパラメータを同定する。提案手法の同定結果と実測結果を比較することで手法の有効性を議論する。

最後に、第 6 章では、共分散行列適応進化戦略を用いた磁気デバイスの新しいロバスト設計最適化手法を提案する。本手法では、計算量を増やすことなく、近傍個体の局所平均を用いて目的関数の期待値を評価する。第 5 章で求めた材料モデルを利用して、BH 特性のばらつきを考慮した磁気デバイスのトポロジー最適化に提案手法を適用し、従来手法と比較することで、手法の有効性を議論する。