

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第	号
------	-------	---

氏 名 榊井 晃基

論 文 題 目

大規模電磁場解析のための高精度演算を用いた効率的な
解析システムに関する研究

論文審査担当者

主 査 名古屋大学教授 片桐 孝洋

委 員 名古屋大学教授 枝廣 正人

委 員 名古屋大学教授 石原 亨

委 員 大同大学准教授 荻野 正雄

梶井晃基君提出の論文「大規模電磁場解析のための高精度演算を用いた効率的な解析システムに関する研究」は、大規模電磁場解析で必要となる新しい実装方式と性能評価に関する研究をまとめたものであり、7章で構成される。

第1章は研究背景の説明であり、電気機器・電子デバイスなどの設計で活用される電磁場解析の重要性と解析の困難性を述べ、大規模化、高精度化、および高性能化の必要性を論じている。また、それらを実現する手段として複素対称線形方程式に対する数値計算法の効率化に着目し、主要技術となる反復法や多倍長精度演算について、本論文の構成とともに各章での位置づけを述べている。

第2章は関連研究の紹介であり、主要技術の一つである多倍長演算について倍々精度演算の手法と実装を中心に解説し、複素数演算を行う本論文との関連をまとめている。

第3章は複素対称線形方程式に対する高精度演算を用いた反復法の実装方法を提案し、提案手法の効果を実行性能と真の解からの誤差の観点で性能評価している。高周波電磁界モデルの結果から、電磁場解析に対する倍々精度演算の有効性をはじめて明らかにするとともに、反復法前処理におけるパラメータ影響低減という重要な知見を示した。

第4章は倍々精度数の乗算・除算向けに効率的な計算手法を提案し、数値実験によって提案手法の実用性を示している。特に、クリロフ部分空間法アルゴリズム中の内積演算を倍々精度にし、それ以外を倍精度演算で行う混合精度演算の方式を提案し、実行速度の観点から有効性を示した。

第5章はメモリ量と高速化の観点から大規模化に貢献する対称線形方程式の求解のための新しい前処理方式の提案をしている。不完全コレスキー分解(IC)前処理時の非零要素の値を制御する新方式 IC(0.5)を提案した。IC(0.5)を複素疎行列コレクションにより評価した結果、メモリ量と実行速度の観点から従来手法より優れていることを実証した。

第6章は大規模電磁場解析問題向けの高効率実装方式の提案をしている。さらなる高速化のために倍精度と倍々精度の混合精度演算を、COCG法およびCOCR法といったクリロフ部分空間法に対して実装し、OpenMP 並列化を行った。リエントラント型空洞共振器モデルの電磁場解析に対し、これまで示してきた倍々精度演算や混合精度演算の提案手法とIC前処理を適用し、約164万の大規模行列を用いて提案手法の有効性を示した。

第7章は結論であり、本論文の成果をまとめており、今後の課題について論じている。

以上のように本論文は、大規模な電磁場解析に必要な諸手法開発に取り組み、複素数演算に対する倍々精度演算の高性能実装、複素対称線形方程式向け反復法に対する混合精度演算、低メモリ量と高速演算を同時に達成する新しい前処理手法を提案し、かつ、大規模演算による提案手法の有効性評価を、一連の数値実験を通して実証している。

本論文により提案された手法および知見は、学術上の新規性とともに大規模電磁場解析において実用性が高いものであり、情報学における学術的、技術的な貢献が大きいと認められる。このことから、梶井晃基君は博士(情報学)の学位を受けるにあたり十分な資格があるものと判定した。