

氏名	前田 恭行		
学位の種類	博士(工学)		
学位記番号	博甲第7708号		
学位授与年月日	平成28年3月25日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	システム情報工学研究科		
学位論文題目	確率的固有値分布推定法におけるフィルタ特性および並列実装に関する研究		
主査	筑波大学 教授	博士(工学)	櫻井 鉄也
副査	筑波大学 教授	博士(理学)	高橋 大介
副査	筑波大学 教授	博士(工学)	河辺 徹
副査	筑波大学 准教授	博士(理学)	佐野 良夫
副査	筑波大学 教授(数理解析学系)	博士(理学)	重田 育照

論文の要旨

本研究では、固有値の分布を推定する手法の一つである確率的固有値分布推定法に関する拡張手法の提案とその性能評価を行っている。まず、第一章において、全体の背景および本研究の目的について説明した後、第二章において確率的固有値分布推定法についての説明を行っている。その上で、第三章において同推定法の多項式表現および比較実験を行っている。第四章および第五章では確率的固有値分布推定法に対して、非線形固有値問題への拡張手法および円弧形状領域への拡張手法の提案をそれぞれ行っている。第六章では、以上の確率的固有値分布推定法の並列実装アルゴリズムの提案を行っている。

確率的固有値分布推定法には、有理式型推定法と多項式型推定法の2つが提案されており、この2つの手法はどちらも固有値に対してフィルタリングを行うことで固有値数の抽出をしている。本論文では、とくに有理式型推定法において拡張手法の提案および有効性の検証を行っている。

本研究では、この2つのフィルタ特性を解析することによって性能比較を行った。また、これまで提案されていなかった非線形固有値問題に対する固有値の分布を推定する方法を、有理式型推定法から拡張することによって実現している。さらに、有理式型推定法のフィルタ特性を変更することで、複素平面上における円弧形状領域内部の固有値の数を推定する拡張方法を提案した。並列計算機を用いて有理式型推定法を効率的に計算させるために、マスター・ワーカ方式並列処理を応用した実装手法を提案し、その性能評価についても行っている。

審査の要旨

【批評】

本研究では、非線形固有値問題に対する有理式型推定法の拡張手法を提案している。固有値分布の推定は、固有値解法のパラメータの設定において活用でき、得られる固有対の精度の改善につながる。とくに行列が大規模で疎な場合には逆行列のトレースの計算が困難であり、それに対して確率的推定法を利用することで少ない計算量で広い範囲の固有値分布の情報を得ることができるようになった。

先行研究では、確率的推定法を用いて一般化固有値問題に対する固有値分布推定法が提案されていた。これに対して、本研究では非線形固有値問題への拡張が可能であることを理論的に示し、その計算法を提案している。この拡張は同分野での初めての成果であり、この結果を発表した論文に対して海外の研究者などからの参照がすでに20件近くあるなど、たいへん高く評価できる。

従来、チェビシェフ多項式を用いた多項式型推定法がおもに用いられていたが、提案手法は、有理式型推定法と Krylov 部分空間反復法を組み合わせることで有限回の反復での多項式表現を求めている。その上で、同じ次数の多項式を用いた場合の多項式型と有理型の比較を行い、固有値が存在しない区間に対しては有理式型推定法の方が効率的に固有値数を推定できることを示している。これによって有理式型推定法がどのような場合に有効であることを示しており、この点が高く評価できる。さらに、本研究では有理式型推定法に対する領域の拡張手法および効率的な並列実装手法を提案することにより、有理式型推定法の高性能化を実現していることも評価できる。

本研究では、理論的な解析やテスト問題での性能評価を行っており、実問題への提案手法の適用に関しては示されていない。そのため、実問題に適用する上での問題点の解析と評価が今後の課題となる。また、本研究における並列実装に関しては、固有値の分布を推定する他手法との性能比較を行っておらず、提案実装の他手法との性能比較が望まれる。

【最終試験の結果】

平成28年2月4日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。