

氏 名	檀 寛 成
学位(専攻分野)	博 士 (情 報 学)
学 位 記 番 号	情 博 第 129 号
学位授与の日付	平 成 16 年 9 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	情 報 学 研 究 科 数 理 工 学 専 攻
学位論文題目	Studies on Algorithms for Large-Scale Nonlinear Optimization and Related Problems (大規模非線形最適化問題ならびに関連問題に対するアルゴリズムに関する研究)
論文調査委員	(主 査) 教 授 福 嶋 雅 夫 教 授 片 山 徹 教 授 中 村 佳 正

論 文 内 容 の 要 旨

非線形最適化問題と非線形方程式系は工学や社会科学の諸分野に現れる様々な問題の数学モデルとしてしばしば用いられる基本的な問題である。また、非線形相補性問題は上記の問題を一般化したものであり、様々な応用をもつことから、近年活発な研究が行われている問題である。本論文はこれらの諸問題に対するいくつかの解法を提案し、理論的な性質を明らかにするとともに、数値実験によってそれらの有効性を示したものであり、本文7章と付録3章から成っている。

第1章は序論であり、本論文で取り扱う非線形最適化問題、非線形方程式系、非線形相補性問題の定義を与え、それらの問題に対する基本的な手法を概説するとともに、論文全体の構成を説明している。

第2章では以下の章において共通して用いられる基本的な概念を説明するとともに、それらに関連する基礎的な結果を整理して簡潔に提示している。

第3章では、一般的な制約付き非線形計画問題を取り扱っている。非線形計画問題に対する代表的な手法のひとつに逐次2次計画法(SQP法)と呼ばれる方法があるが、その方法では各反復において通常の凸2次計画問題を解く必要がある。それに対して、この章では、各反復において特殊な目的関数をもつ凸2次計画問題と線形方程式系を一つずつ解く方法を提案している。この方法では各反復で解く問題が比較的容易であることから、計算量が従来のSQP法に比べて軽減されることが期待できる。さらに、提案手法の理論的な大域的収束性の証明を行うとともに、数多くのテスト問題を用いた計算実験により、その実用性を確認している。

第4章では、変数の数と式の数が必ずしも等しいとは限らない一般的な非線形方程式系を取り扱っている。そのような方程式系に対してはLevenberg-Marquardt法(LM法)と呼ばれる方法が良く知られている。本章では、LM法の各反復において部分問題として現れる線形方程式系を厳密に解かなくても解に大域的収束することを示すとともに、従来のLM法の理論で仮定されていた解における正則性条件をエラーバウンドと呼ばれる緩い条件で置き換えても解への超1次収束性が保証されることを証明している。さらに、得られた理論的な結果を検証するための詳細な計算実験を行っている。

第5章と第6章では、単調写像を含む非線形相補性問題を取り扱っている。第5章では、解の唯一性と正則性を仮定することなく、解における有効添え字集合を同定する手法を提案している。また、第6章では第5章の結果を第4章で提案したLM法に組み込むことにより、非線形相補性問題に対する新しい解法を提案している。さらに、提案手法が従来手法に比べて緩い仮定のもとで超一次収束性をもつことを証明している。

第7章は結論であり、本論文のまとめと今後の展望を述べている。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は非線形最適化問題、非線形方程式系、および非線形相補性問題に対する新しい手法を提案し、理論的な性質を明らかにするとともに、計算実験によりそれらの実用性を確かめたものであり、得られた主な結果は以下のとおりである。

1. 逐次2次計画法 (SQP 法) は非線形計画問題の代表的な手法であるが、従来の方法では各反復において通常の凸2次計画問題を解く必要があった。本論文では、各反復において、より取り扱いやすい特殊な目的関数をもつ2次計画問題と線形方程式系を解く方法を提案した。さらに、数多くの標準テスト問題を用いた計算実験を行い、特に大規模問題に対しては、提案手法を用いることにより、従来の SQP 法より少ない計算量で最適解が得られることを示した。

2. Levenberg-Marquart 法 (LM 法) は一般的な非線形方程式系に対する代表的な方法であるが、従来の理論では、その超一次収束性は解における正則性の仮定に依存していた。本論文では、各反復において線形方程式を正確に解かなくても、ある適当な近似条件が満たされれば、生成される点列は解に大域的収束することを示すと同時に、解における正則性条件のかわりに、より緩いエラーバウンド条件のもとで解への超一次収束性が保証できることを証明した。さらに、これらの理論的性質を計算実験によって確認した。

3. 単調写像を含む非線形相補性問題は近接点法と呼ばれる反復法を用いて解くことができる。しかし、通常の近接点法は、いくつかの好ましい性質を有するものの、収束の速さなどの実用的な観点からは必ずしも優れているとはいえない。本論文では、相補性問題の解における有効添え字集合を同定する手法を提案し、それを近接点法に組み込むことにより、極めて優れた収束性をもつアルゴリズムを開発した。この方法は、解の唯一性や正則性の仮定なしで、解に超一次収束することが示されており、その成果はこれまでに知られている結果には見られない革新的なものである。

以上のように、本論文では、非線形最適化問題などのいくつかの基本的な問題に対して、従来の手法にはない優れた性質をもつ手法を新たに提案し、理論と実用の両面からその有効性を確認しており、得られた成果は学術上および応用上極めて優れている。よって、本論文は博士 (情報学) の学位論文として価値あるものと認める。また、平成16年8月10日実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。