

氏 名	林 貴 華
学位の種類	博士 (情報学)
学位記番号	情 博 第 101 号
学位授与の日付	平成 16 年 3 月 23 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 Methods for Mathematical Programs with Equilibrium Constraints (均衡制約条件付き数理計画問題の解法に関する研究)
論文調査委員	(主 査) 教授 福 嶋 雅 夫 教授 茨 木 俊 秀 教授 酒 井 英 昭

論 文 内 容 の 要 旨

制約条件のなかにパラメトリック相補性問題やパラメトリック変分不等式を含む数理計画問題は均衡制約条件付き数理計画問題 (Mathematical Program with Equilibrium Constraints: 以下 MPEC という) と呼ばれる。MPEC 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。しかしながら, MPEC においては通常の数理計画問題に対して仮定される制約想定と呼ばれる正則条件が成立しないことが知られており, その理論的な取り扱いはずしも容易ではない。本論文は MPEC 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, 全 8 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 MPEC およびその拡張である確率的 MPEC (以下, SMPEC という) の定義を与えている。また, 論文全体の構成を簡単に説明するとともに, 全体を通して頻繁に用いられる最適化理論の基礎的事項をまとめ, 以下の各章への導入としている。

第 2 章では, MPEC に対するペナルティ関数を定義し, その関数の最小点が元の MPEC の最適解に一致するための十分条件を与えている。

第 3 章と第 4 章では, 相補性制約条件を含む MPEC に対して, その制約条件をいくつかの不等式制約条件で置き換えた近似問題を提案している。これらの近似問題は通常の数理計画問題であるため, 一般に制約想定を満足し, MPEC に比べて取り扱いが容易である。適当な仮定のもとで, 近似問題に含まれるパラメータを変化させたとき, その解の極限が元の MPEC の解になることを示している。

第 5 章では, 相補性制約条件を含む MPEC に対して, 最適解において等号が成立する不等式制約条件, すなわち有効制約条件を適応的に同定しながら解の探索を行う反復法を提案している。通常反復法が無限解の反復の極限として解を得るのに対して, ここで提案した方法は有限解の反復により元の MPEC の解を見出すことができることを明らかにしている。

第 6 章では, 2 種類の SMPEC, すなわち wait-and-see 型モデルと here-and-now 型モデルを考察し, 両モデルに対して平滑化陰的計画法に基づく反復法を提案している。特に, here-and-now 型モデルに対しては, ペナルティ法の考え方を導入することにより, 計算の簡便化を図っている。さらに, 適当な仮定のもとで, 提案した方法によって生成される点列が元の SMPEC の解に収束することを示している。

第 7 章と第 8 章では, here-and-now 型の SMPEC に的を絞り, 問題を縮約して得られる等価な問題に対してペナルティ法および正則化法の考え方に適用した方法を提案するとともに, それらの方法が適当な仮定のもとで, 元の SMPEC の解に収束するような点列を生成することを示している。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は, 工学や社会科学の諸分野に現れる様々な問題の定式化において重要な役割を演じる均衡制約条件付き数理計画

問題 (Mathematical Program with Equilibrium Constraints: 以下 MPEC という) に関する研究をまとめたものであり、得られた主な結果は以下の通りである。

1. MPEC は通常の数理計画問題と異なり、制約想定を満たさないことが知られているため、標準的なペナルティ関数の理論は適用できない。本論文では、関数のある種の凸性と連続性に関する性質を用いて、MPEC に対するペナルティ関数の最小点が元の問題の最適解と一致するための十分条件を見出した。これは先行研究において得られていた成果を拡張したものである。
2. 上述のように、MPEC は制約想定を満たさないため、通常の変形計画の手法を直接適用しても最適解が得られる保証はない。本論文では、MPEC の相補性制約条件に対して緩和法や正則化法などの考え方に基づく修正を加えることにより近似問題を構築するとともに、適当な条件のもとで、それらの近似問題の解の極限として元の MPEC の解が得られることを示した。これらの近似問題は通常の変形計画問題であり、MPEC に比べて取り扱いが容易であることから、提案手法は実用的な手法であるといえる。
3. 上記 2 の手法では、元の問題の解は原理的には無限個の近似問題の解の極限として得られる。本論文では、これらの方法に加えて、有効制約条件を適応的に同定することにより、有限個の部分問題を解くことで元の MPEC の解を得ることができる方法を提案した。
4. ランダムデータを含む数理計画問題は確率計画問題と呼ばれ、従来から活発に研究されているが、確率的 MPEC (以下、SMPEC という) に関する研究はあまり見当たらない。本論文では、まず SMPEC に対して wait-and-see 型と here-and-now 型という 2 つのモデルを提案し、それらを解くための反復法を開発した。さらに、here-and-now 型モデルに対して、ペナルティ法や正則化法の考え方に基づく手法も提案した。
5. 本論文で提案した各手法に対して理論的な収束解析を行うとともに、計算実験によってそれらの有効性を具体的に検証した。

以上のように、本論文は応用上重要な均衡制約条件付き数理計画問題に対して、いくつかの解法を提案し、その理論的性質を明らかにしたものであり、学術上、実際上寄与するところが少なくない。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 1 月 28 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。