

論文内容の要旨

博士論文題目：化学プロセスの最適化に頻繁に見られる非線形計画問題に対する分解法

氏名：若原達朗

(論文内容の要旨)

経済のグローバル化による競争激化や地球温暖化問題への対応のため、刻々と変化する外部条件に対応してリアルタイムに最大効率の運転条件を求める最適化手法は、省エネルギーを重視したプロセス制御のための要素技術として重要性を増している。一般に、化学プロセスの最適化問題は、大規模な非線形計画問題として定式化されるが、評価関数や制約式に含まれる変数は大部分が線形であり、非線形変数はわずかである場合が少なくない。本論文では、非線形変数に比べて線形変数の数が圧倒的に多いという化学プロセスの最適化問題の特徴に着目し、原問題を線形部分と非線形部分に分解して最適解を求める新しい分解法を提案した。

第2章では、化学プロセスの非線形計画問題に頻繁に見られる非線形変数と線形変数からなる最適化問題（原問題）を定式化した。この問題は従来の分解法が対象とする問題の拡張であるが、従来法では扱えなかった線形変数の係数が非線形関数であるという特徴をもっている。第3章では、原問題を非線形変数のみを含む親問題と線形変数のみを含む子問題に分解し、線形変数のみを含む子問題が常に唯一の最適解を持つよう二次計画問題で近似した。また、非線形変数のみの親問題の評価関数の勾配を少ない計算量で求めるための解析的な方法を示した。第4章では、提案した分解法で得られる解の誤差を評価した。また、適当な仮定の下で、提案手法で得られる解が原問題の十分よい近似解であることを理論的に示した。第5章では、提案手法の計算時間および計算精度を、Rosen-Suzukiのテスト問題を用いた数値実験により評価した。その結果、提案した分解法は分解しない場合に比べ、計算時間の点で線形変数の数が多くなるほどより有利になることを明らかにした。また、分解法により得られた解は、原問題の十分よい近似解であることを確認した。第6章では、本論文を総括し、今後の課題と展望について議論した。

提案した新しい分解法は、最適化問題の評価関数や制約式が線形変数と非線形変数の2種類の変数を含んでいることに着目した手法で、汎用性が高い。また、原問題を非線形変数のみからなる親問題と、線形変数のみからなる子問題に分けて解くため、非線形変数に比べて線形変数の次元が相対的に大きい問題を効率的に解くことができる。さらに、親問題、子問題を解くためには一般に流通しているソルバーが利用できる。このことから、今後、同じ特徴を持つ様々な分野の非線形計画問題への適用が期待できる。

(最終試験結果の要旨)

本研究は、非線形変数に比べて線形変数の数が圧倒的に多いという化学プロセスの最適化問題に頻繁に現れる特徴に着目し、原問題を線形部分と非線形部分に分解して、最適解を効率的に求める新しい分解法を提案したものである。

まず、化学プロセスの非線形計画問題に典型的に現れる問題構造について考察し、非線形変数に比べ線形変数の数が圧倒的に多いこと、従来の分解法では扱えない線形変数の係数が非線形関数という特徴を有することを明らかにした。このような構造的特徴を有する問題を、非線形変数のみを含む親問題と線形変数のみを含む子問題に分解し、線形変数のみを含む子問題が常に唯一の最適解を持つよう二次計画問題で近似することによって最適解を高速に求める新しい分解法を提案した。また、感度解析を使って、非線形変数のみからなる親問題の評価関数の勾配を少ない計算量で求めるための方法を示した。さらに、得られる解が適切な仮定の下で原問題の十分よい近似解となることを理論的に証明するとともに、提案手法中のパラメータの設定指針を与えている。最後には、Rosen-Suzuki のテスト問題を用いた数値実験により提案手法の計算時間および計算精度を評価し、問題を分解せずに解く非分解法に比べ計算時間の点で線形変数の数が多くなるほどより有利になること、この分解法により得られる解が原問題の十分よい近似解であることを確認している。

提案法は、評価関数や制約式が線形変数と非線形変数の二種類の変数を含んでいる最適化問題であれば適用できるため汎用性が高い。原問題を非線形変数のみからなる親問題と線形変数のみからなる子問題に分けて解くため、非線形変数に比べて線形変数の次元が相対的に大きい問題を効率的に解くことができる。さらに、親問題および子問題を解くために一般に流通しているソルバーが利用できる。以上から、同じ特徴を持つ様々な分野の非線形計画問題への適用が期待できる。

以上のように本論文は、化学プロセスの非線形計画問題に頻繁に現れる特徴的な問題構造に着目し、効率的に最適解を得るための新しい分解法を提案し、その有効性および有用性を検証したものととして、プロセス制御、システム制御・管理の分野において、学術上、実用上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。

氏 名	若原 達朗
-----	-------

(最終試験結果の要旨)

平成 23 年 2 月 17 日、全審査委員により、学位申請者に対する論文内容及びそれに関連する事項についての試問を行ない、合格と判定した。