

氏 名	かん の よし ひろ 寒 野 善 博
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	工 博 第 2192 号
学位授与の日付	平 成 14 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	工 学 研 究 科 建 築 学 専 攻
学位論文題目	対称錐上の数理計画法に基づく力学系のエネルギー原理

論文調査委員 (主 査)
教 授 加 藤 直 樹 教 授 上 谷 宏 二 助 教 授 大 崎 純

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、構造物の力学的挙動を解明する上で基本的な役割を果たすエネルギー原理を対称錐上の数理計画問題として捉える新しい概念を提案する研究であり、序論、7つの章からなる本論、および結論で構成されている。

序論では、研究の背景と目的、研究の概要を述べ、本研究の位置づけを明確にしている。

第1章は、本論文を通じての数学的な基礎を与える。即ち、対称錐上の線形計画問題と呼ばれる数理計画問題を拡張し、対称錐上の凸計画問題という問題を提案して、最適性条件や、強双対性などの性質を明らかにしている。

第2章から第4章では、力学系のエネルギー最小化原理に対する理論的な考察が展開されている。まず、第2章では、力学系のエネルギー最小化原理を、対称錐上の凸計画問題として捉える新しい視点を導入している。即ち、ケーブルネットや膜、組石造構造物などの不連続な材料特性を有する構造物のエネルギー最小化問題を数理計画問題として定式化し、その問題が対称錐上の凸計画問題に帰着できることを明らかにしている。

第3章では、対称錐上の凸計画問題に対する最適性条件を用いることで、第2章で示した種々のエネルギー最小化問題の最適性条件を導いている。ここで得られた条件は、力学的な意味が明確であり、数学的には2次錐相補性問題と呼ばれる問題に属する、という特徴を持つ。本章の後半では、これらの特徴を有効に用いることで、ケーブルネットの接触問題の解を最適解に持つような対称錐上の凸計画問題を定式化できることを明らかにしている。

第4章では、第2章で示したエネルギー最小化問題の双対問題を導き、その性質を詳細に検討している。特に、ケーブルネットに対して、有限変形の仮定の下で、応力成分のみを用いてコンプリメンタリエネルギーを明確な形で導き、最小化原理の成立を示した点は独創的である。

第5章から第7章では、第1章から第4章の成果を利用した数値解析手法を示し、その手法の特徴について述べている。第5章では、群対称な半正定値計画問題という概念を新たに導入し、主双対内点法により得られる解の群対称性を理論的に示している。また、対称解が得られることが望まれるような構造最適化問題を取り上げ、主双対内点法の実用面での有用性について、数値実験を通じて明らかにしている。

第6章と第7章では、第2章の定式化に基づき、ケーブルネットや膜などの釣合形状を求める効率の良い手法を提案している。この手法は、対称錐上の凸計画問題に主双対内点法を適用して解を求めるという独創的な手法であり、既往の手法では解が得られない場合にも問題なく解が得られることを数値実験をによって示している。

以上のように、本論文では、既往の手法では理論的な考察や数値解法が困難であった不連続な材料特性を有する構造物に対し、そのエネルギー原理が対称錐上の凸計画問題として記述できることを明らかにし、実用的な解析手法を開発するとともに、解の収束性や唯一性について理論的に多くの新しい知見を得ている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、構造物の力学的挙動を解明する上で基本的な役割を果たすエネルギー原理を対称錐上の数理計画問題として捉える新しい概念を提案するものである。本論文を通じて得られた理論と解析手法の主な成果は、次のとおりである。

1. ケーブルネット、膜、組石造構造物、鎖などの不連続な材料特性を有する力学系に対し、そのエネルギー最小化原理が、対称錐上の凸計画問題として定式化できることを明らかにした。
2. 得られた問題の最適性条件や双対問題を、物理的な意味が明確な形で導いた。特に、ケーブルネットに対して、有限変形を考慮し、応力のみを未知数としたコンプリメンタリエネルギー最小化原理を定式化した。
3. 対称錐上の凸計画問題に対して主双対内点法を適用することで、構成則のひずみに関する場合わけを一切用いることなく、構造物の釣合形状を得る手法を提案し、既往の手法と比較することで手法の有効性を検証した。

以上要するに、本論文は、従来解析することが困難とされてきた構造物に対し、対称錐上の数理計画法という新しい観点を導入し、理論的にも実用的にも合理的な力学原理を導いており、学術上、実用上に寄与するところが大きい。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。また、平成14年8月9日、論文内容とそれに関連した事項について諮問を行った結果、合格と認めた。