

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Modeling techniques and algorithms on conic optimization
著者(和文)	田中未来
Author(English)	Mirai TANAKA
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9561号, 授与年月日:2014年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:中田 和秀,水野 眞治,飯島 淳一,梅室 博行,福田 光浩
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9561号, Conferred date:2014/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

(博士課程)  
Doctoral Program

## 論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	経営工学	専攻	申請学位 (専攻分野)： 博士 (工学) Academic Degree Requested Doctor of
学籍番号： Student ID Number			指導教員 (主)： 中田和秀 Academic Advisor(main)
学生氏名： Student's Name	田中未来		指導教員 (副)： Academic Advisor(sub)

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters )

本論文は、「Modeling techniques and algorithms on conic optimization」(錐最適化におけるモデリングとアルゴリズムの研究)と題するもので、錐最適化に関連するいくつかの最適化問題について解きやすい定式化と実際に問題を解くためのアルゴリズムに関する研究をまとめたものである。錐最適化問題とは線形な錐制約の下で線形の目的関数を最小化する問題であり、そのモデル記述能力の高さから幅広い分野に応用をもつ数理最適化問題である。本論文は以下の 5 章で構成されている。

第 1 章「Introduction」(はじめに)では、錐最適化問題の重要性とこれまでの研究の歴史および近年の発展についてまとめている。実社会において現れる最適化問題は離散性と非線形性を有する事が多い。これらの問題に対して錐最適化を用いたアプローチが有効である場合も多い。錐最適化問題の中で特に対称錐最適化問題は内点法を用いて解くことができるが、大規模な問題を現実的な時間で解くことは依然として難しい。実際、本論文で扱われる 3 つの問題はその問題そのものあるいはその問題の緩和問題が対称錐最適化問題として定式化できるが、実際に大規模な問題を解くことは難しい。このような背景の下、本研究の意義と位置づけについて述べている。

第 2 章「Doubly nonnegative optimization」(非負半正定値最適化問題)では非負半正定値最適化問題を効率よく解く方法を述べている。非負半正定値最適化問題は 0-1 整数変数を含む 2 次最適化問題に対する強力な緩和問題として用いることができるが、多くの場合で問題が退化していることと問題が大規模になることという 2 つの難しさがあり解くことが難しい。ここではまず、問題の退化構造を取り除くために問題を縮小する方法を提案している。さらに、縮小後の大規模な問題を効率よく解くための方法として構造を利用した内点法を提案している。内点法の内部では大規模な線形方程式系を反復法で解くが、その際に効果的な前処理も併せて提案している。

第 3 章「Well-conditioned matrix approximation problem」(良条件行列近似問題)では良条件行列近似問題を効率よく解く方法を述べている。ここ扱う問題はある条件のもとで与えられた行列に最も近い良条件な行列を求める最適化問題であり、統計、信号処理、金融工学などに応用をもつ。ここではまず、制約が条件数の上限制約のみの場合に問題を 1 変数の凸最適化問題に帰着できることを証明し、得られた問題を 2 分探索で簡単に解くことができることを示している。また、制約が追加された問題に対しては条件数制約のみの問題を子問題とした射影アルゴリズムを提案している。

第 4 章「Ship navigation problem」(船舶航行計画問題)では、船舶が出発地から目的地まで一定の時間で航行する際に航路と船速を最適化して燃料の消費量を最小化する問題を混合整数 2 次錐最適化問題として定式化し、それを効率よく解くための方法を 2 つ述べている。1 つ目は perspective 再定式化と呼ばれる手法を適用するもので、この方法を用いることで整数制約を緩和して得られる最適値の下界値がタイトになるため、分枝限定法の反復回数が小さくなることが期待できる。2 つ目の方法として、大規模な問題を高速に解くための方法として航路の最適化と船速の最適化を交互に行う航路生成法というアルゴリズムを提案している。計算実験により、小規模な問題では前者が、大規模な問題では後者が優れていることを示している。

第 5 章「Summary and prospects」(まとめと今後の展望)では、本論文で取り上げた研究成果をまとめることで錐最適化問題を解く際に問題の構造を利用することの重要性を示すとともに、本研究の今後の展望について述べている。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 2 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 2 copies of 800 Words (English).

(博士課程)  
Doctoral Program

## 論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻 : Department of	経営工学	専攻	申請学位 (専攻分野) : Academic Degree Requested	博士 (工学) Doctor of
学籍番号 : Student ID Number			指導教員 (主) : Academic Advisor(main)	中田和秀
学生氏名 : Student's Name	田中未来		指導教員 (副) : Academic Advisor(sub)	

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words )

This thesis reviews some modeling techniques and algorithms on conic optimization. In particular, doubly nonnegative optimization problem, well-conditioned matrix approximation problems, and ship navigation problem are covered. Each of them can be formulated as a (mixed-integer) symmetric cone optimization problem, which is theoretically considered as one of the largest class of optimization problems that can be efficiently solved. In practice, however, it is difficult to solve large instances. To solve such ones, exploitation of its structure and specialized algorithms have been proposed.

One difficulty in solving doubly nonnegative optimization problem is that the problem is often degenerated and the degeneracy causes numerical errors in a solution algorithm. To overcome this difficulty, a reduction method for the problem has been investigated. The method reduces the problem into a smaller one with less degeneracy. Another difficulty is that an equivalent symmetric cone optimization problem becomes large. Hence, an inexact primal-dual path-following method has been proposed.

Symmetric cone optimization problems equivalent to well-conditioned matrix approximation problems also become large. For a basic problem, the reformulation into a univariate optimization problem and a binary search for the resulting problem has been proposed. For extended problems, a projection algorithm that employs the basic problem as a subproblem has also been invented.

Ship navigation problem can be modeled as a mixed-integer second-order cone optimization problem. Even though we can apply a general-purpose solver to this problem, it is still formidable to solve large instances since it is based on the branch-and-bound procedure. A perspective reformulation to accelerate the convergence of the solver and a specialized algorithm named the route generation algorithm has been proposed.

By reviewing these approaches and numerical results, we discuss the importance of exploitation of structures.

備考 : 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 2 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 2 copies of 800 Words (English).