

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	クリーク分割問題に対する整数計画アプローチにおける冗長性
Title(English)	Redundancy in Integer Programming Approach for the Clique Partitioning Problem
著者(和文)	鮎川矩義
Author(English)	Noriyoshi Sukegawa
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9892号, 授与年月日:2015年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:水野 真治,宮川 雅巳,鈴木 定省,中田 和秀,松井 知己
Citation(English)	Degree;, Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9892号, Conferred date:2015/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名		鮎川 矩義	
論文審査 審査員		氏 名	職 名		氏 名	職 名
	主査	水野 眞治	教授	審査員	松井 知己	教授
	審査員	宮川 雅巳	教授			
		鈴木 定省	准教授			
		中田 和秀	准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、『Redundancy in Integer Programming Approach for the Clique Partitioning Problem』(クリーク分割問題に対する整数計画法における冗長性)と題するもので、クリーク分割問題に対する整数計画法に着目し、従来の大規模な定式化に含まれる冗長性を効率良く排除する方法について研究を行なっている。冗長性を排除することにより、問題が簡略化・縮小化され、計算時間が大幅に短縮されることが経験的に知られている。クリーク分割問題は、質的データ解析や工場の機械配置問題、航空便の日程表作成を含む実社会のさまざまな場面に応用されているが、一方で、NP-困難性が示された非常に難しい問題でもある。本論文は以下の6つの章から構成されている。

第1章『Introduction』(はじめに)では、クリーク分割問題に関連する既存研究について簡潔にまとめ、本研究の重要性を述べている。本研究の背景として、ここ数年で劇的な進展を遂げた、整数計画問題を解くソフトウェアに言及している。ソフトウェアを有効活用する際、本格的な計算に入る前に冗長性を除去する『前処理』や、ソフトウェアとの相性が良い定式化を考案する『再定式化』が重要な鍵となっており、こういった現状を踏まえ、本研究の動機と位置づけについて説明をしている。

第2章『Problem』(問題)では、クリーク分割問題の定義を与え、従来の整数計画問題による定式化について説明している。クリーク分割問題の性質や既存研究で得られた結果から導かれる観察に基づき、本研究で着目する冗長性についての直感的な解釈を与えている。また、数値実験で扱う実社会から生じた問題例をクリーク分割問題に帰着させる方法について説明している。

第3章『Preprocessing』(前処理)では、決定変数の冗長性に着目した前処理アルゴリズムを構築し、その有効性を数値実験により検証している。既存手法を素朴に適用すると、定式化の特性から、既存手法の中で繰り返し解かれる緩和問題に膨大な量の計算資源が必要になる。そこで、緩和問題をさらに緩和し、必要となる計算資源の増大を抑え、大規模な問題への適用を可能にしている。また、問題固有の構造である『推移性』を利用して既存手法を強化し、より多くの冗長性をより速く検出することに成功している。冗長性を排除することで問題規模が大幅に縮小され、さらに、縮小後の問題がソフトウェアによって数秒の内に解かれることを報告している。

第4章『Reformulation』(再定式化)では、制約式の冗長性に着目した再定式化を提案し、その有効性を数値実験により検証している。ほとんどの既存手法では、逐次計算によって制約式の冗長性に対処することが一般的であったのに対し、本研究では、制約式の冗長性を理論的に特徴付ける方法に取り組んでいる。具体的には、定式化から除去可能な制約式になるための十分条件を導出し、条件を満たす制約式を排除して得られる定式化を再定式化と呼んでいる。面倒な逐次計算を用いずとも簡単に制約式の本数を削減できるという利点があり、ソフトウェアによる求解時間の面でも改善されることを確認している。また、提案した解析や得られた結果の汎用性をみるために、線形順序付け問題に対する定式化に対しても理論的な冗長性を見出している。ここでは、線形順序付け問題とクリーク分割問題に共通する特徴である『推移性』が活用されている。

第5章『Hardness Results』(計算困難度)では、クリーク分割問題の計算困難度に関する既存研究についてまとめ、近年提案されたクリーク分割問題の特殊ケースである最大枝クリーク分割問題が一般にはNP-困難であることを証明している。クリーク分割問題に対しては、解きやすい(多項式時間解法が存在する)特殊ケースがいくつか知られており、解きやすい場合とそうでない場合との理論的な境界線を見極める研究が盛んに行なわれてきた。本研究では、最大枝クリーク分割問題の困難性について、クリーク数という入力パラメータに関して、計算量の解析を行なっている。

第6章『Conclusion』(まとめと今後の課題)では、本論文をまとめ、今後の展望について述べている。

以上、本論文は、クリーク分割問題に対する整数計画法に着目し、従来の大規模な定式化に含まれる冗長性を効率良く排除する方法について、独創的な研究結果をまとめている。実際の諸問題を解決するための実用的研究であり、理論的にも優れた結果が得られており、経営工学上極めて意義の高い論文である。よって、本論文は、博士(工学)の学位論文として十分価値があるものと認める。

注意:「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。