

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	LP-based Approximation Algorithms for General Covering Problems
著者(和文)	高澤陽太郎
Author(English)	Yotaro Takazawa
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11277号, 授与年月日:2019年9月20日, 学位の種別:課程博士, 審査員:水野 眞治,松井 知己,宮川 雅巳,中田 和秀,塩浦 昭義
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11277号, Conferred date:2019/9/20, 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

系・コース： Department of, Graduate major in	経営工学 経営工学	系 コース	申請学位 (専攻分野)： Academic Degree Requested	博士 (工学) Doctor of
学生氏名： Student's Name	高澤 陽太郎		指導教員 (主)： Academic Supervisor(main)	水野眞治
			指導教員 (副)： Academic Supervisor(sub)	

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は、「LP-based approximation algorithms for general covering problems (一般的なカバリング問題に対する LP ベースの近似アルゴリズム)」と題し、一般的なカバリング問題を解く近似解法について研究を行う。カバリング問題とは、カバー制約とよばれる何かを何かをカバーするような制約をもつ最適化問題であり、経営工学における様々な問題を数理モデル化したものである。近年、実務的な観点から、より一般的な状況をモデル化できるカバリング問題 (一般化カバリング問題) が活発に研究されている。本論文では、このような一般化カバリング問題に対して、線形計画問題を利用した LP ベースの近似アルゴリズムを研究し、先行研究より良い近似アルゴリズムを開発が目的である。本論文は、次の 6 章から構成されている。

第 1 章「Introduction (序論)」では、カバリング問題の実務的な重要性と近似アルゴリズムの概略について説明したのち、カバリング問題に対する近似アルゴリズムの既存研究の結果についてまとめる。その後、本論の目的、得られた結果のサマリー、論文の構成を述べる。

第 2 章「A 2-approximation algorithm for the minimum knapsack problem with forcing constraints (フォーシング制約付き最小化ナップサック問題に対する 2-近似アルゴリズム)」では、応用範囲が広いカバリング 0-1 整数計画 (Covering 0-1 Integer Program, CIP) とよばれる問題を扱っている。特に、CIP の特殊ケースであるフォーシング制約付き最小化ナップサック問題 (Minimum Knapsack Problem with Forcing Constraints, MKPFC) の近似アルゴリズムの研究を行っている。その結果、Carnes and Shmoys (2015) のアルゴリズムを拡張し、MKPFC に対して 2-近似アルゴリズムを提案する。ここで、 α -近似アルゴリズムとは、任意の問題例に対して、最適値の α 倍以下の解を多項式時間で求めることのできるアルゴリズムのことを言う。また、この提案したアルゴリズムを拡張して、CIP に対しても近似精度の良いアルゴリズムを開発する。

第 3 章「An improved approximation algorithm for the covering 0-1 integer program (カバリング 0-1 整数計画問題に対する改良された近似アルゴリズム)」では、2 章で扱った CIP に対して、別の良い近似アルゴリズムを開発する。CIP において、各制約式における非ゼロ係数の数の最大値を f とするとき、 f -近似アルゴリズムはすでに提案されているが、それより近似精度の良いアルゴリズムはない。本章では、制約の本数 m が 2 以上のときに、CIP に対して、 $(f-(f-1)/m)$ -近似アルゴリズムを提案する。つまり、近似比が f より小さいアルゴリズムの開発に初めて成功している。

第 4 章「An approximation algorithm for the partial covering 0-1 integer program (部分カバリング 0-1 整数計画問題に対する近似アルゴリズム)」では、CIP の一般化である部分カバリング 0-1 整数計画問題 (Partial Covering 0-1 Integer Program, PCIP) を扱う。この問題は、CIP において最大 p 個の制約を満たさなくてよい問題である。この問題の特殊ケースに関しては近似アルゴリズムが提案されているものの、近似比が入力された問題の係数の値に依存しているという問題点があった。本章では、2 章で提案した CIP に対するアルゴリズムと 3 章で使った手法を利用して、PCIP に対する $\max\{f, p+1\}$ -近似アルゴリズムを開発する。

第 5 章「Approximation algorithms for the partial covering linear program (部分カバリング先計画問題に対する近似アルゴリズム)」では、PCIP の 0-1 変数部分を連続値に緩和した問題である部分カバリング LP (Partial Covering Linear Program, PCLP) を扱っている。本章では、PCLP に対して $(p+1)$ -近似アルゴリズムを提案する。このアルゴリズムはシンプルな LP ベースのラウンディングアルゴリズムである。また、LP 緩和の最適値をアルゴリズムの精度保証に使う限り、これより良い近似比を得られないことも示している。

第 6 章「Conclusion (結論)」では、本研究の成果をまとめる。

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 1 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 1 copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、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。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： 経営工学 系
Department of, Graduate major in 経営工学 コース
学生氏名： 高澤 陽太朗
Student's Name

申請学位 (専攻分野)： 博士 (工学)
Academic Degree Requested Doctor of

指導教員 (主)： 水野真治
Academic Supervisor(main)

指導教員 (副)：
Academic Supervisor(sub)

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

In covering problems, we find the best solution under certain covering constraints. Covering problems have many applications in operations research and other areas. Since a lot of interesting and important covering problems are NP-hard, approximation algorithms are well studied. For a minimization problem, an algorithm is said to be α -approximation if it efficiently returns a solution whose objective value is at most α times the optimal value.

Recently, more general covering problems are studied from practical requirements. Even though LP-based approximation algorithms are known to be particularly effective for simple covering problems, it is not easy to apply such algorithms to more general covering problems. In this thesis, we overcome this difficulty and develop better LP-based approximation algorithms than the existing ones for general covering problems. Our algorithms are mainly based on strong LP relaxations and an enumeration technique.

First, we develop a 2-approximation algorithm for a generalization of the vertex cover problem, where there is a minimum knapsack constraint. This problem is called the minimum knapsack problem with forcing constraints (MKPFC). Even though exact and heuristic algorithms are proposed for MKPFC, there is no constant approximation algorithm. Second, we give an improved approximation algorithm for the covering 0-1 integer program (CIP), which is a natural generalization of the set cover problem. For CIP, there are some f -approximation algorithm where f is the maximum of numbers of non-zero coefficients of constraints. Our algorithm is the first algorithm with approximation ratio strictly less than f . Third, we present a $\max\{f, p+1\}$ -approximation algorithm for the partial covering 0-1 integer program (PCIP), where at most p constraints in CIP can be violated. Finally, we give a simple $(p+1)$ -approximation algorithm for the partial covering LP, which can be considered as an LP version of PCIP.

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 1 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 1 copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、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。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).