

氏 名	いま ほり しん じ 今 堀 慎 治
学位の種類	博 士 (情報学)
学位記番号	情 博 第 102 号
学位授与の日付	平成 16 年 3 月 23 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	情報学研究科数理工学専攻
学位論文題目	Studies on Local Search Algorithms for Cutting and Packing Problems (カッティング・パッキング問題に対する局所探索法に関する研究)

論文調査委員 (主 査) 教授 茨木俊秀 教授 福嶋雅夫 教授 高橋 豊

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、代表的な組合せ最適化問題の一つであり、工学的応用の見地からも重要な問題であるカッティング・パッキング問題に対して、局所探索やメタ戦略などの手法に基づく近似アルゴリズムに関する研究成果を取りまとめたものであり、6章からなっている。

第1章は序論であり、まず、様々な組合せ最適化問題とその特徴を概観し、続いてカッティング・パッキング問題とその背景研究について概説している。カッティング・パッキング問題は、次元、形状、配置方法などによる多くのバリエーションを持つが、それらの特徴に応じた定式化と代表的な解法を述べている。次に、複雑な組合せ最適化問題に対する近似解法として、欲張り法と局所探索法の説明を行った後、近年、有効な手法として注目されているメタ戦略について、その概念といくつかの具体的なアルゴリズムについて説明を行っている。最後に、本研究の目的、および成果の概要について述べている。

第2章では、カッティング・パッキング問題の中から、長方形配置問題に話題を絞り、定式化と従来研究について詳細に述べている。長方形配置問題は、工学的応用における目的や制約に応じて様々な形をとり、それらに対応する解法も異なってくる。次に、これらの問題の多くを含む汎用的な枠組みとして、各長方形に対し配置コストとモードを導入した、配置コストを持つ長方形配置問題を提案し、様々な配置問題やスケジューリング問題がこの問題に自然に帰着できることを示している。

第3章では、第2章で提案した配置コストを持つ長方形配置問題に対して、局所探索法とそれを利用したメタ戦略による近似解法を提案している。解表現方法として、長方形の相対的位置に関する順列対表現を採用し、順列対から配置を求める動的計画法に基づく多項式時間アルゴリズム、および与えられた配置から対応する順列対を求める効率的なアルゴリズムを提案している。良い順列対の発見には局所探索法を用い、局所探索を効率的に実現するためのいくつかの手法を提案している。その一つとして、配置に対するクリティカルパスを活用した近傍を利用することで探索を効果的に行う工夫がある。提案手法の有用性を示すため、長方形詰込み問題やスケジューリング問題に対する計算実験を行っている。

第4章では、同じ問題に対して、より効率的・効果的な近似解法を提案している。提案アルゴリズムは、近傍内の解は互いに似通った構造を持つ、という局所探索の性質を活用して共通になされる計算部分を省略するという手法であり、解一つあたりの計算時間を理論的にも実際的にも高速化することに成功した。また、提案解法を組み込んだメタ戦略に基づくアルゴリズムの提案、実装も行っている。提案アルゴリズムの有効性を示すため、面積最小化問題、ストリップパッキング問題、スケジューリング問題の様々な問題例に対する計算実験を行っている。ついで、これらを個々の問題に対する専用アルゴリズムによる結果と比較し、その結果、提案手法が、専用アルゴリズムと比較して同等もしくはより良い性能を有することを示し、高速化の効果を検証している。

第5章では、長方形配置問題を部分問題として含み、工学的に重要でもある2次元カッティングストック問題に対して、

近年重視されているパターン数に関する制約を加えた新しい定式化を行い、この問題に対する局所探索に基づく近似解法を提案している。提案解法では、子問題に対する線形計画問題における双対定理を利用して改善に寄与する製品を選択し、これに基づいて製品の組合せを入れ替えることでカットパターン候補を生成している。また、近傍内の解の違いが微小であることに着目した感度分析の手法を導入することで、パターン生成や適用回数の計算の効率化に成功している。最後に、この解法の性能を評価するため、様々な問題例に対する計算機実験を行っている。

第6章は結論であり、本論文で得られた結果を総括的にまとめ、今後の課題について述べている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、理論および応用上重要であるカットニング・パッキング問題に対して、汎用的かつ実用的な近似解法の提案を目的として行った研究をまとめたものであって、得られた主な結果は次のとおりである。

1. 様々な変形を持つ長方形配置問題を包含するため、各長方形に配置コストとモードを導入して、配置コストを持つ長方形配置問題を提案し、従来考えられてきた多くの配置問題が、この問題に自然に帰着可能であることを示し、問題の汎用性を示した。
2. 配置コストを持つ長方形配置問題に対して、局所探索およびそれに基づくメタ戦略による近似解法を提案した。提案解法では、順列対表現を用いて解を表現し、順列対から配置を求める効率的なアルゴリズムを提案、利用している。また、最適な順序対を探索する局所探索においても、与えられた配置のクリティカルパスを利用してその効率化に成功した。
3. 同じ問題に対して、近傍内の解の類似性を利用することでアルゴリズムの高速化を実現した。提案手法は、汎用的な問題に適用可能である上に、従来手法と比較して大幅な高速化がなされている。計算実験によって、現実問題を含め、様々な問題に対し良質の近似解を実用的な時間で求解可能であることを示した。
4. 2次元カットニングストック問題に対して、パターン数制約を持つ新しい問題を提案し、局所探索に基づく近似解法を提案した。提案解法では、子問題として現れる複雑な組合せ問題に対して、上述のアルゴリズムに基づく効率的解法を提案することによって、効果的な局所探索法を実現している。また、様々な問題に対する実験的解析により、提案手法の有効性を示した。

以上、本論文は、代表的な組合せ最適化問題の一つであり、工学的応用の見地からも重要な問題であるカットニング・パッキング問題に対して、局所探索やメタ戦略などの手法に基づく近似アルゴリズムに関する研究結果をまとめたもので、学術上および実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（情報学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成16年1月29日実施した論文内容とそれに関連した試問の結果、合格と認めた。