

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 5 月 18 日現在

機関番号：14101

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2014

課題番号：24650005

研究課題名(和文) 部材取りアルゴリズムの開発とその高速・高精度化

研究課題名(英文) Development, increase speed and precision of the cutting stock algorithm

## 研究代表者

三橋 一郎 (MITSUHASHI, Ichiro)

三重大学・総合情報処理センター・助教

研究者番号：00501959

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：部材取りアルゴリズムについて厳密解法と近似解法をそれぞれ改良し融合することで、最適部材取り問題に対して高速に高精度な解を得られるアルゴリズムを開発した。また、この厳密解法と近似解法を融合して得られるアルゴリズムについて、その効率と精度を理論的に検証した。さらに、このアルゴリズムをベースに並列化を行った。

研究成果の概要(英文)：I developed an optimal cutting stock algorithm which can output high precision solution in high speed, by improving and merging strict and approximation methods. I also verified the efficiency and precision by the theoretical method. Moreover, I parallelized this algorithm.

研究分野：オペレーションズ・リサーチ

キーワード：組み合わせ最適化 オペレーションズ・リサーチ

### 1. 研究開始当初の背景

建設業界では、木材、棒材、鋼材、管材などの母材から必要となる部材を前もって工場で切り出しておいて現場で組み立てるといった工法が主流になっている。しかし現状では、切り出し方を工夫したアルゴリズムが存在しないために廃棄する切れ端が増大している。これが建築部材の高コスト化と資源の浪費という深刻な問題を引き起こしており、現在この問題の克服が急務になっている。

この種の「ある制約条件のもとで目的関数を最小化する解を探す」問題は情報工学の分野では組合せ最適化問題と呼ばれており、入力規模が大きくなるにつれて可能解の組合せ数が天文学的な数に増大するため、最適解を求めるのが難しくなるという特性がある。この問題を克服するためのアプローチは二つに大別できる、一つは、分枝限定法や整数計画法などの手法を使って厳密な最適解を求めるやり方（厳密解法）であるが、最適部材取り問題では実際に現場で要求される程度の規模の入力でも組合せ数が膨大になるため、このアプローチのみでは現実的に不可能である。もう一つは、出力する解を厳密解ではなく近似解にすることで高速に計算を完了させるやり方（近似解法）である。これに関しては、ビンパッキング問題（箱詰め問題）と呼ばれる問題において「 $P=NP$  が成立しない」という計算複雑性理論における予想を仮定すると、最適解の 1.5 倍未満の精度の近似解をあらゆる入力に対して多項式時間で出力する近似解法は存在しない」という理論的な限界が証明されているが、本研究の対象である最適部材取り問題はビンパッキング問題より難しいサイズ可変ビンパッキング問題と等価な問題であるため、近似解法のみを用いた手法にも限界がある（サイズ可変の問題に関する現在理論的に最も優れた近似アルゴリズムも実用的にはあまり役に立たない）。一方、多くの現場では熟練工の勘に頼るか単純なヒューリスティクス（発見的な手法）に基づくプログラムを用いるケースがほとんどであり、無駄に廃棄される部分が多いため何とか改善できないかという現場からの強い要望が実際に寄せられていた。

### 2. 研究の目的

使用可能な母材（長さや価格）のリストと必要となる部材（長さや数量）のリストから、可能な限りコストを低く抑える切り出し方を計算する新しいアルゴリズムを開発する（以下この問題を最適部材取り問題と呼ぶ）。また、他の分野にも広く適用できる新しい有効な一般的手法を提示することも目的とした。

本研究では、厳密解法と近似解法をそれぞれ改良し融合することで、最適部材取り問題に対して高速に高精度な解を得られるアルゴリズムを開発する。まずは、パターン抽象化に基づく新しい厳密解法を提案し、現実

的な時間内で可能な限り最適解を求めることを考えると同時に、その高速化の限界を明らかにする。次に、入力リスト中の比較的長い部材にこの厳密解法を適用することで得られた部分最適解に対して、最適性を極力保持したまま残りの短い部材を組み込む方法を考案する。最後に、この厳密解法と近似解法を融合して得られるアルゴリズムについて、その効率と精度を理論的に検証する。なお、本研究ではまず 1 台のコンピュータを想定した逐次アルゴリズムを開発し、つぎにそのアルゴリズムをベースに並列化を行う予定である。

### 3. 研究の方法

以下の三段階で構成される。

- A. 高速な厳密解法を提案し、現実的な時間内で可能な限り最適解を求めることを考えると同時に、その高速化の限界を明らかにする
- B. 入力リスト中の比較的長い部材に 1 の手法を適用することで得られた部分最適解に対して、最適性を極力保持したまま残りの短い部材を挿入する方法（組込み法）を考案する
- C. アルゴリズムの効率と精度を実験・理論の両面から検証する

フェーズ A に関しては研究代表者らによるこれまでの研究で、「事前に母材の切り出し方の典型的なパターンを計算し分類しておくことで、分枝限定法による解の探索範囲を狭めることができた」という一定の成果を収めている。その研究で開発されたアルゴリズムを用いれば、製材工場の現場から提供されたサンプルデータ 50 例のうち 21 例について短時間で最適解を出力できることを確認している。本研究では更なる改良を行うことで、より大規模な入力に対してより短時間で最適解を求めることのできるアルゴリズムを開発する。例えば、分枝限定法アルゴリズムに対し動的計画法を用いた手法を組み込むことで、さらなる高速化を図ることを検討している。また、「典型的なパターン」を列挙するのも、入力によっては組み合わせ爆発が発生することがあるので、その対策について考案する。

フェーズ B に関してはこれまでの研究で、いくつかのサンプルデータに対しては最適解からの誤差が 1~2% 程度の近似解を出力できる組込み法をすでに開発している。前述のアルゴリズムでは、サンプルデータ 50 例のうち最適解を求められなかった 29 例に対しても、近似精度 1.001~1.035（平均 1.010）を達成することを確認している。しかしながら、理論的な解析がまだ十分に行われていないことが課題として残っており、また、アルゴリズムもまだ改良の余地があることから、本研究ではその部分の強化を行い、より多くのサンプルに対して実証実験を行う予定である。

#### 4. 研究成果

研究の目的、方法で記述した内容をおおむね達成できた。特に、高速な厳密解法の開発については画期的なアルゴリズムを開発している。さらに、産業界の現場でのヒアリングを基に更なる改良を加えた。具体的には、まず、入力される部材の長さとして、これまで派生数値に限っていたのを小数値も許すようにアルゴリズムを拡張した。特に、母材1本に対する最適な切り出し方を計算するとき、これまでには部材の長さが整数値であることを利用して、ナップサック問題の動的アルゴリズムによる解法を利用していたが、これを、計算時間を増やすことなく小数値にも対応できるような解法を開発した。これに加えて、アルゴリズムの簡素化を行った。これまでのアルゴリズムは、アルゴリズム後半の組み込み法の部分が高精度ではあるが非常に複雑で、プログラムの拡張性が低いという欠点を持っていたがこの部分を精度を極力下げることなく、単純化することに成功した。さらに、アルゴリズムの並列化を行った。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計0件)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

出願年月日：

国内外の別：

取得状況(計0件)

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

出願年月日：

取得年月日：

国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

三橋 一郎 (MITSUHASHI, Ichiro)

三重大学・総合情報処理センター・助教

研究者番号：00501959

##### (2) 研究分担者

( )

研究者番号：

##### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：

