

多様な商品を想定した買い物かごへのパッキング問題

2020SS057 大野 誠司

指導教員：小市 俊悟

1 はじめに

本研究では、日常生活におけるパッキング問題、特に買い物かごへの商品配置を考える。解法は、物流や製造業界でも用いられる Bottom-Left 法を基にし、買い物かごの状況に適応させ、通常の Bottom-Left 法とは異なり、商品の形状やサイズだけでなく重さも考慮し、安定かつ効率的な配置を目指す。これにより、Bottom-Left 法の汎用性と実用性を示すとともに、買い物かごで問題になる重い商品の不適切な配置によるかごの不安定化や他の商品への損傷を防ぐことを目指す。

2 Bottom-Left 法

本研究が扱うパッキング問題は、長方形や直方体状のオブジェクトを二次元または三次元空間に効率的かつ密集して配置することを目的とした問題である [1]。その解法の一つの Bottom-Left 法は、物流や製造業界でも使用される配置アルゴリズムである。アルゴリズムの基本は、オブジェクトをできるだけ空間の底辺に近づけ、左側に寄せる。このときオブジェクトの左下点が重なる点を BL 点といい、あらかじめ決めた順番でオブジェクトを BL 点に配置していくことで、空間を最大限活用し、無駄な空間を最小化する。買い物かごを想定した場合でも、無駄なスペースが少なく、多くの商品を詰めることができると考えられる。また、このアルゴリズムはシンプルで計算コストが低いため、リアルタイム処理にも適している。

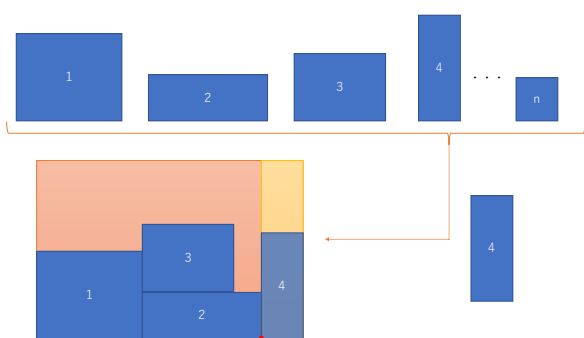


図 1: Bottom-Left 法による配置

3 二次元における Bottom-Left 法

本研究では、最終的には三次元空間における Bottom-Left 法の適用を目指しているが、その複雑さに鑑み、まずは二次元空間での実装から始める。特に「重さ」とそれを踏まえた重心を考慮した配置の効果を探求する。この初期段階で得られる結果は、三次元空間を対象としたアルゴリ

ズムの設計に向けた重要な基盤となる。

長方形を配置していく上で、かごの高さと重心の安定性を考慮する。買い物かごへの詰め込みを想定すると、次に挙げる 2 つの条件を満たす必要があると考える。

第一に商品の重心の安定性を保つことである。これは、かごの持ち運び時や移動中の物品の安全性を確保するために不可欠だと考える。第二に、積載の高さに制限を設けることが重要である。これにより、物理的な安定性を保ちながら、使用者が容易に持ち運びや商品を取り出せるようする。これらの基準を満たすことで、実際の買い物状況での利便性と安全性を確保することを目標とする。Bottom-Left 法に従って長方形を配置したとき、長方形の重心が他の長方形や箱の底辺に触れていない不完全な配置となった場合を考える。図 2a にこのような配置の例を示す。本研究でいう重心は、長方形や直方体を対象にしているので、長方形の底面の中心としている。

いくつかの問題例で試したところ、Bottom-Left 法では最後に配置される長方形やそのひとつ前の長方形に置いて重心が触れていない配置となることが多いことがわかった。

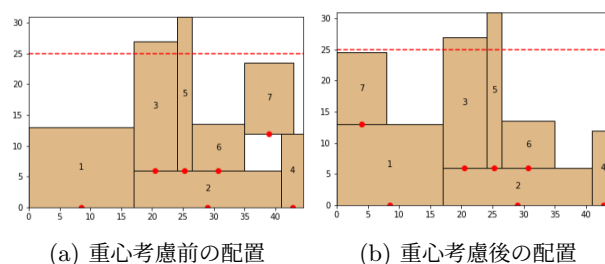


図 2: Bottom-Left 法の適用

そこで、一度配置後に重心が他のオブジェクトや箱の底辺に触れるように修正を行う。その修正では、各長方形を移動させ、その重心が箱の底辺の中心または他の長方形に接するように調整する。この処理により、配置の安定性を高め、空間の利用効率を向上させることができる。図 2b に、修正後の配置を示す。なお、研究に用いた長方形のデータは買い物かごの大きさの比率に基づいて、10 種類のデータを使用している。後の三次元でも同じデータを用いて研究を行う。色々試したところ、うまく修正できたものもあるが、配置後に修正するには限界もあったので、配置プロセスの中でも重心を考慮して配置していくことを考えた。しかし重心を適切に考慮しつつ配置しようとするとき、図 3a のように箱からはみ出している長方形の上に、さらに配置してしまうという結果が頻発した。

以上の結果を踏まえて、BL 点では重心が乗せられない

長方形に対し、BR 点で配置する Bottom-Right 法を適宜使用して配置することができないかということを検討した。BR 点とは、BL 点における [左] を [右] に置き換えたものである。BR 点にも配置することで、かごからあふれてしまうパターンを減少させることが期待できる (図 3b)。

しかし、この方法を採用しても、重心が触れない長方形が生じる場合があることは確認している (図 4)。これらの長方形の扱いについては、長方形を回転させるなどといった、さらなる対策法が必要である。

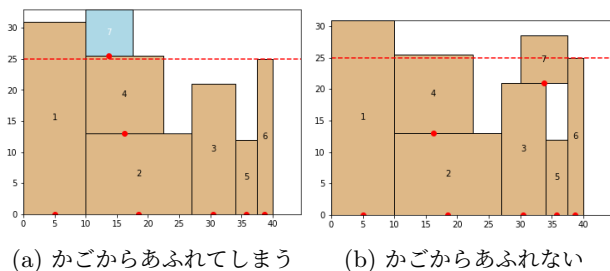


図 3: Bottom-Right 法の適用

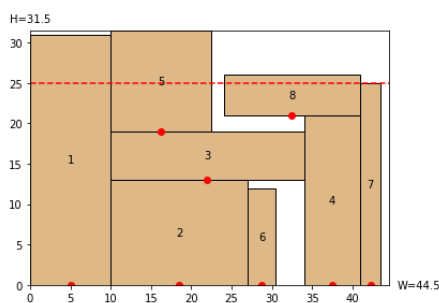


図 4: 重心を考慮することができない

4 三次元における Bottom-Left 法

二次元環境で、ある程度の有効性が確認できた Bottom-Left 法が三次元空間においても同様に適用可能かを検証する。三次元でも同様に高さの上限の設定と、重心の考慮を行い、最終的には実生活における買い物かごに商品を入れていくことへの有用性を考える。

三次元空間における Bottom-Left 法では、その底面左下点を重ねて配置するとしたときに、配置できる点の中でも最も低く、さらに手前で左にある点に順番に沿って配置する。これにより、空間を効率的に利用する配置を目指す。実験は、異なるサイズと形状の直方体の集まりを使用して行う。各直方体は、空間内で最適な位置に配置されるまで、反復的に動かされる。

実験の結果、Bottom-Left 法が三次元空間においても有効であることが確認された。多くの場合で、図 5 に示すように直方体は効率的に配置されていることが確認できた。ただし、同じく図 5a に示すように、単純な Bottom-Left 法では重心が乗っていない直方体が生じる。

二次元の場合と同様に、三次元の場合にも、配置場所を選ぶ際に重心を考慮するようにした。その結果が例えば図 5b である。図 5b に示すように重心を考慮することで、安定性が増した配置を得ることができる例が多かった。三次元になると二次元より自由度が増しているところがあるのでそれが良い結果につながったと考える。

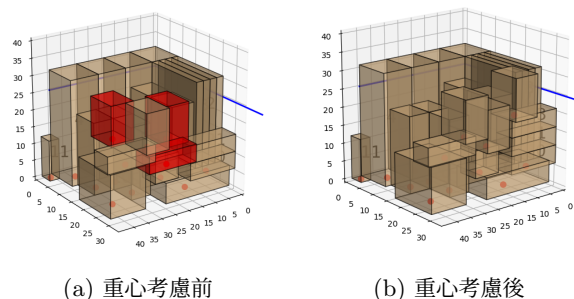


図 5: 三次元による Bottom-Left 法の適用

一方で、直方体の底面中心に設定した重心では実用性に欠けることが分かった。重心の位置をもっと複雑な条件で決める必要がある。例えば、安定性を確保するためには、接触部分を複数の箇所に分散させ、一定数触れていれば安定と判断する条件が効果的である。さらに、商品の回転も考慮に入れることで、より多様な配置を可能にする。例として、2l のペットボトルを立てるよりも横に寝かせた方が安定性が高い。これらの観点から、実際の買い物状況を想定した条件設定の重要性が明らかになり、多くの課題が残っていることが分かった。

5 おわりに

本研究では、物流や製造業界で広く用いられている Bottom-Left 法を、日常生活の中での買い物かごへの商品配置という具体的な状況に適用し、その効率性と実用性を探求した。この研究を通じて、Bottom-Left 法が日常生活で生じる問題について有効であることを示すことができた。また、二次元から三次元への拡張を試みることにより、このアルゴリズムの普遍性とその応用可能性の広がりを探ることができた。しかし、今回は重心のみを考慮したが実生活では暖かいものと冷たいものを分けて置いたりするなど他にも配置方法に様々な条件がある。こういった条件を可能な限り考慮していくことで実生活でも役立つような物になるのではないかと考えている。

参考文献

- [1] 藤澤克樹, 梅谷俊治: 『応用に役立つ 50 の最適化問題』。朝倉書店, 東京, 2009。