

荷物の払出順序が分からない状況を考慮した箱詰めシステム

(株) 東芝 *斎藤 秀和 SAITO Hidekazu
(株) 東芝 國信 茂太 KUNINOBU Shigeta

1. はじめに

日本における物流事業の市場規模は大きく(約 25 兆円: 2014 年度)、ドライバー等の人手不足が課題となっている。物流倉庫における荷物の払出しや箱詰めについても、自動倉庫や箱詰めロボットを用いた効率化が求められている。荷物を短時間で払出し、高い充填率で箱詰めすることにより、輸送コストの削減も見込むことができる。ただし現状は、自動倉庫や箱詰めロボットの自動化システムは連携が取れているわけではなく、各々限定的な制約の下で作業している。本研究では、限定的な状況が将来部分的に緩和されることを想定した上で、箱詰め充填率を向上させる高速なアルゴリズムの構築について報告する。

2. 箱詰め問題

本研究で扱う箱詰め問題について説明する。箱に詰める対象を **Item** と呼び、**Item** を詰める箱のことを **Tote** と呼ぶ。単純化した全体システムの概要を図 1 に示す。

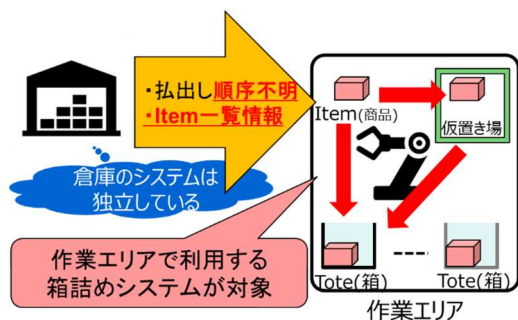


図1. 全体システムの概要

図1に示すように倉庫と作業エリアの2つの部分で構成されており、Itemは倉庫から作業エリアへ運ばれてきて、作業エリア内で箱詰めロボットが仮置き場を利用しながらItemをToteに詰めていく。倉庫システムと箱詰めシステムは分離されていて、一般的には箱詰めシステムが参照できる倉庫の情報は限定的である。特に、倉庫にあるItemの一覧や払出される順序が事前には未知として箱詰めアルゴリズムが実行されることが多い。ただし本研究では、部分的に制約を緩和して、「倉庫から払出されるItemの

一覧は既知であるが、払出順序は分からない」状況を考える。その他、仮置き場の容量、Itemの回転可能軸、Itemの安定性、Itemの挿入方向などの制約を考慮する。

3. 提案手法

Item倉庫から未払出のItem集合を N 、仮置き場のItem集合を B 、ある時点で倉庫から到着したItemを i 、その時点でToteへ配置可能なItem集合を $P=BU\{i\}$ とする。提案手法では、Tote内の任意のItem状態において、集合 P および集合 N の全ItemをToteに配置する配置ルールを複数用意しておく。そして、ある状態において配置するItemとその位置を決定する際には、全ての配置ルールに集合 P および集合 N の全Itemの配置案を計算させてみて、最も良い配置案を算出した配置ルールが最初に配置したItemをその配置位置に配置することにする。

配置ルールは既存のBLD(縦積み)法¹などのシンプルなものでも可能で、複数組み合わせることにより、Itemごとに各局面に適した異なるルールが採用され、充填率の向上が見込める。

また、Itemの配置制約は、配置ルールの中で考慮する構成になっているので、異なる配置制約を持つ業種や製品への展開は配置ルールの差替えだけで実現できる。今回の評価で利用した配置ルールおよび、配置案の良し悪しの判断基準については4節を参照。

4. 評価

4.1. 条件

評価に利用した問題は、Tote、Itemともに直方体であり、理想的には充填率が100%となる問題100問である。Toteのサイズは(幅, 奥行き, 高さ)が(580, 390, 300)となっており、Itemの一辺の長さは60~180になっている。問題のItem数は31~65で平均46.4個のItemで構成されている。その他の前提条件は下記のとおり。

- ・ 倉庫システムから払出されるItem順はランダム
- ・ Itemは90°単位でx軸(奥行き方向), y軸(幅方向), z軸(高さ方向)の任意の軸で回転可能

- ・ Tote への挿入方向は上からのみ可能
- ・ 他の Item に載せる Item は底面積の 50%以上が載っている必要がある

用意した配置ルールは以下の 8 つである (いずれも Item は、体積降順ソートした順で配置する)。ただし、Item は、Z 面→Y 面→X 面の順に面積が小さくなる回転状態を基本とする。

- | | |
|---|---|
| ① | BLD 法 (天井 Z 面回転無→天井 Z 面回転有→天井 X 面回転無→天井 X 面回転有→天井 Y 面回転無→天井 Y 面回転有) |
| ② | BLD 法 (天井 Z 面回転有→天井 Z 面回転無→天井 X 面回転有→天井 X 面回転無→天井 Y 面回転有→天井 Y 面回転無) |
| ③ | BLD 法 (天井 Z 面回転無→天井 Z 面回転有→天井 Y 面回転無→天井 Y 面回転有→天井 X 面回転無→天井 X 面回転有) |
| ④ | BLD 法 (天井 Z 面回転有→天井 Z 面回転無→天井 Y 面回転有→天井 Y 面回転無→天井 X 面回転有→天井 X 面回転無) |
| ⑤ | LBD 法 (天井 Z 面回転無→天井 Z 面回転有→天井 X 面回転無→天井 X 面回転有→天井 Y 面回転無→天井 Y 面回転有) |
| ⑥ | LBD 法 (天井 Z 面回転有→天井 Z 面回転無→天井 X 面回転有→天井 X 面回転無→天井 Y 面回転有→天井 Y 面回転無) |
| ⑦ | LBD 法 (天井 Z 面回転無→天井 Z 面回転有→天井 Y 面回転無→天井 Y 面回転有→天井 X 面回転無→天井 X 面回転有) |
| ⑧ | LBD 法 (天井 Z 面回転有→天井 Z 面回転無→天井 Y 面回転有→天井 Y 面回転無→天井 X 面回転有→天井 X 面回転無) |

図 2. 配置ルール¹

配置ルール同士の良し悪しは、まず集合 P 内の Item を Tote に配置し、配置可能 Item 数が多いものほど良いとし、配置可能 Item 数が同じルールに関しては、さらに集合 N 内の Item を Tote に配置し、配置可能 Item 数が多い方ほど良いと考える。

4.2. 結果

図 2 の配置ルールのうち、①のみを利用した場合、⑤のみを利用した場合、①と⑤の 2 つを利用した場合、①～⑧の全てのルールを利用した場合で、100 問の平均充填率を求めた。結果を図 3 に示す。横軸は仮置き場の容量 (Item 数)、縦軸は充填率、x 軸に平行な破線は仮置き場を ∞ に設定した場合の充填率である。

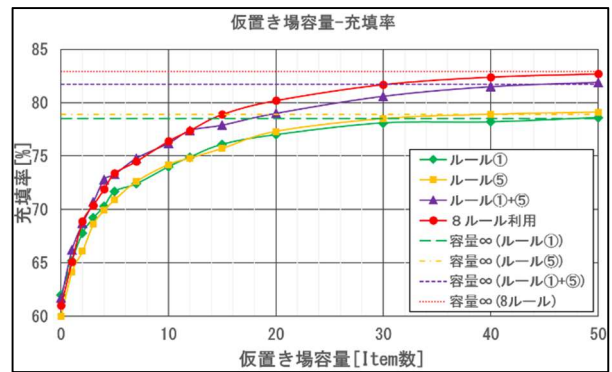


図 3. 適用ルール別の充填率推移

仮置き場の容量が 5 個未満と少ない場合には、適用ルールによる充填率の有意差は見られないが、仮置き場が 5 個を超えたあたりから差が出はじめ、特に単一ルールと複数ルールの違いによる差が顕著に現れている。これは本研究で提案する複数ルールの適用が有効であることを表している。図 4 に 8 ルール、仮置き場容量 ∞ で Item を配置した結果 (Item 数:64, 充填率 84.08%) を示す。

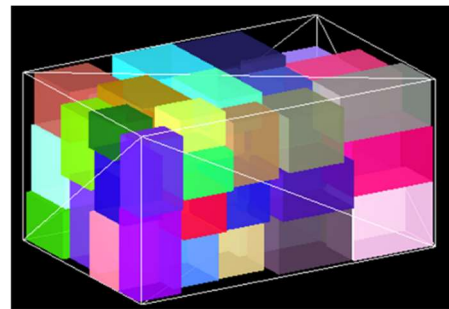


図 4. 箱詰め結果の具体例

5. まとめ

荷物の払出順序が分からない箱詰め問題に対し、複数の配置ルールから最も良いルールを選定し、逐次配置するアルゴリズムを提案し、有効性を確認した。ただし、単純にルールを増やすことが精度向上につながる保証はない。今後は、考え得る多数のルールに対して学習を行い、過不足なく適用ルールを抜き差しするしくみを構築することにより、実用に向けた更なる精度向上を目指す。

¹BLD(Bottom-Left-Depth)法：最も奥、左、下の配置可能位置から順に配置する方法。

LBD(Left-Bottom-Depth)法：最も左、奥、下の配置可能位置から順に配置する方法。

例えばルール①の「BLD 法 (天井 Z 面回転無→天井 Z 面回転有→天井 X 面回転無→天井 X 面回転有→天井 Y 面回転無→天井 Y 面回転有)」は、

最も BLD の配置位置に Item を配置する。但し、最も BLD の配置位置に配置可能な天井面および回転の有無が複数ある場合は、天井 Z 面回転無→天井 Z 面回転有・・・の優先順で決定する。