

オーダーピッキングにおける運搬時の制約を考慮した動的な商品配置

伊藤佑介[†] 加藤昇平^{†‡}

[†]名古屋工業大学 大学院工学研究科情報工学専攻

[‡]名古屋工業大学 情報科学フロンティア研究院

1 はじめに

近年、インターネット通販の普及などにより物流センターの大規模化が顕著となっている。物流センターの経営コストで、顧客からの注文に従って商品を集めるオーダーピッキングにかかるコストが大部分を占めており [1]、物流センターの大規模化に伴いオーダーピッキングに従事する労働者の確保が難しくなっているという現状がある。オーダーピッキングにかかる時間の半分以上が移動時間であり、オーダーピッキングの移動時間を削減することによって人件費の削減などが期待できるため、多くの研究が行われている [2]。オーダーピッキングを効率化する方法の一つに商品の配置を変更する方法がある。しかし、これまではオーダーピッキング開始後に商品配置を変更することや運搬時の制約については考慮されていなかった。そこで本研究では、オーダーピッキングにおける運搬時の制約を考慮した動的な商品配置変更手法を提案し、その有効性を検証する。

2 提案システム

従来広く用いられている配置法の一つに Complementarity - based method [3] がある。Complementarity - based method は二段階で行われ、第一段階では、商品を注文頻度によってクラス分けを行い、注文頻度が高いクラスに含まれる商品から順に入庫口に近い棚へ配置する。第二段階では、共起頻度が高い商品が互いに近くなるように、第一段階で得られた商品配置を変更する。これにより、単独の商品の注文頻度を考慮しながら共起頻度も同時に反映することができる。しかし従来では、配置変更とピッキング作業は独立しており、この2つを並行して行うことは考慮されていなかった。また、配置変更を行う際、商品の注文頻度のみに基づき配置変更をしており、商品運搬時の制約についても考慮されていなかった。そこで本研究では、運搬時の制約を考慮し、ピッキング作業と並行して商品配置を変更するシステムを提案する。

提案システムにおいて、作業者は送られてくる伝票を基に商品のピッキングを行う。これに並行して伝票から注文頻度・商品間の相関の分析を行い、商品配置の変更が有効であると判断された場合に商品配置を変更する。本稿では、運搬時の制約として以下の点を考慮する。

- 作業者が運搬する商品の重量により移動速度が変化する。

- 商品の重量により配置変更にかかるコストが変化する。

2.1 商品単体の運搬期待値に基づく商品配置変更

本稿では、運搬時の制約を考慮した指標として運搬期待値を導入し、第一段階で商品単体の運搬期待値、第二段階で2商品間の運搬期待値を用いて商品配置を変更する。商品 x の運搬期待値 E_x は、重量 W_x 、注文頻度 F_x を用いて式 (1) により算出される。

$$E_x = W_x \times F_x \quad (1)$$

従来手法では、第一段階で全ての商品の配置を変更していたが、本研究ではオーダーピッキングの最中に商品配置を変更するため、配置変更のコストを考慮し一部の商品のみ配置の変更を行う。 a 個の伝票を処理する度に、運搬期待値によって商品を3クラスに分類する。このうち、最も運搬期待値が高いクラス (高運搬期待値群: 上位 10%) に含まれる商品が $b\%$ 以上変更したときに商品配置を変更する。商品配置を変更する際は、新しく高運搬期待値群に入った商品と外れた商品の中から、運搬期待値が高い商品から順の一つずつ選択し、互いの配置を変更する。

2.2 商品間の相関を考慮した商品配置変更

第一段階では、商品の重量と頻度を考慮した配置変更がなされているが、商品間の相関関係については考慮されていない。そこで第二段階では、商品間の相関が高い商品同士が互いに近くなるように配置の変更を行う。初めに、高運搬期待値群の中から2商品間の運搬期待値が高い商品の組み合わせを抽出する。2商品間の運搬期待値 E_{xy} は、式 (2) により算出される。

$$E_{xy} = (W_x + W_y) \times Conf(x, y) \quad (2)$$

$Conf(x, y)$ は2商品 x, y の間の重要度を表し式 (3) により算出される。この指標が大きいほど、「商品 x を注文する時に、商品 y も一緒に注文する」割合が高いため、2商品は関連が強いと言える。

$$Conf(x, y) = \frac{F_{x \wedge y}}{F_x} \quad (3)$$

抽出した商品の組み合わせのうち、入庫口から遠い方の商品を近いほうの商品へと近づける。近づける際には、近づける対象の商品の近傍の商品の中から、2商品間の運搬期待値が最も高い商品と配置を交換する。ただし、同一商品の配置変更は1回までとする。

3 シミュレーション実験

提案手法の有効性を検証するため、シミュレーション実験を行う。

3.1 実験設定

次のような問題を作成し実験を行う。今回対象とする倉庫のレイアウト図の1/3を切り取ったものを図1に示す。物流センターの形状は 30×30 の格子状で、エージェントが隣接した棚に移動する際の移動距離を1とする。赤いノードは入庫口を表し、エージェン

Dynamic Product Placement in Order Picking Considering Constraint on Transportation, Yusuke ITO[†], Shohei KATO^{†‡}
[†]Dept. of Computer Science and Engineering, Graduate School of Engineering, Nagoya Institute of Technology
[‡]Frontier Research Institute for Information Science, Nagoya Institute of Technology
^{†‡}Gokiso-cho, Showa-ku, Nagoya 466-8555, Japan
 {yuito@katolab., shohey@katolab.}@nitech.ac.jp

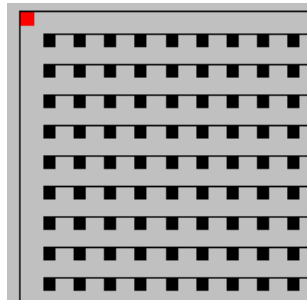


図 1: 倉庫のレイアウト

表 1: 実験パラメータ

商品数	500
伝票数	2000
1 伝票あたりの平均商品数	5.3
エージェント数	10
移動速度	$\frac{4}{1+0.1w} [s/m]$ w : 運搬時における荷物の重量
1-ピッキング時間	3[s]
1-商品交換時間	50[s]

トはここで伝票を受け取り、伝票内の全ての商品を集集し、入出庫口へと戻る。黒いノードは棚を表し、一つの棚には一つの種類の商品が入っている。横の移動はどこからでも可能だが、縦の移動は左右の通路のみとなっている。通路を通れる人数の制限はないが、棚から商品を取り出す際は同時に2人以上が取り出すことはできず、First-In First-Out で順番を決める。商品の初期配置はテストデータを基に、注文頻度の高い商品から順に入出庫口に近い棚に配置したものを用いる。全ての伝票の処理を終え、全エージェントが入出庫口へ戻った時点で実験を終了する。

伝票は一樣乱数を用いてロングテールの法則に従うように仮想的に作成したものを用いる。ロングテールの法則は商品の売り上げに関する概念で、商品はヘッドと呼ばれる販売数が大きな少品種の商品と、テールと呼ばれる販売数が小さい多品種の少品種から構成されることが分かっている。伝票内には注文頻度が変わるタイミングを設定し、その前後で注文頻度が変わるものとした。また、注文頻度が変化の際は、高運搬期待値群(上位 10%)内の商品が $x\%$ 入れ替わるものとした。このパラメータは実験ごとに設定する。実験には、1 セット 2000 伝票が含まれている伝票の束を 5 セットを用意し、その平均によって評価を行う。

3.2 実験パラメータ

実験に用いたパラメータを表 1 に示す。評価指標には全エージェントの作業時間の合計を用いる。エージェントの作業時間は移動時間、ピッキング時間、商品の入れ替えにかかる時間の合計である。配置変更を行う場合は、1 ペアの商品を交換する作業につき 1 エージェントを割り当て、交換作業を割り当てられないエージェントはピッキング作業を続ける。エージェントの移動速度は、基本速度を $4[m/s]$ として、運搬する商品の重量が増加するにつれ速度が低下する。商品を交換する際にかかる時間は、対象の商品間の往復にかかる時間と交換する際のコスト(1-商品交換時間)の合計とする。提案システムにおけるパラメータは、それぞれ $a = 200$, $b = 50$ と設定する。

表 2: 注文頻度と運搬期待値の比較 ($x = 80$)

	配置変更無し [s]	注文頻度 [s]	提案手法 [s]
Order1	28801	23763(-17.5 %)	21676 (-24.8 %)
Order2	27066	23613(-12.8 %)	21543 (-20.5 %)
Order3	28818	24386(-15.6 %)	21880 (-24.1 %)
Order4	27379	23410(-14.5 %)	20213 (-26.2 %)
Order5	24976	22158(-11.3 %)	20242 (-19.0 %)
平均	27408	23466(-14.4 %)	21310 (-22.3 %)

表 3: 注文頻度の変化の度合いによる比較

$x[\%]$	配置変更無し [s]	提案手法 [s] (第一段階のみ)	提案手法 [s]
60	32221	28804 (-10.7 %)	28386 (-11.9 %)
70	32737	26859 (-18.0 %)	26025 (-20.6 %)
80	34508	27295 (-21.0 %)	26893 (-22.1 %)
90	37949	29464 (-22.4 %)	28561 (-24.8 %)
100	41509	30557 (-26.4 %)	29844 (-28.1 %)

3.3 実験 1: 運搬期待値の効果の検証

実験 1 では本研究において導入した運搬期待値の有効性の検証をする。提案手法において、注文頻度を用いて配置を変更した場合と、運搬期待値を用いて配置を変更した場合を比較する。伝票作成の際のパラメータ $x = 80$ として設定する。実験結果を表 2 に示す。どのオーダーに対しても、運搬期待値を用いた商品配置が従来手法である注文頻度を用いた商品配置に比べて作業時間を削減できていることが確認できる。これにより、商品の注文頻度だけでなく、重量も考慮した商品配置を行うことは作業時間の削減に有効であると言える。

3.4 実験 2: 注文頻度の変化の度合いによる比較

実験 2 では伝票作成の際のパラメータ x を変化させ、どの程度の効果が得られるかを確認する。この実験では $x = 60, 70, 80, 90, 100[\%]$ において、ピッキング作業中に商品配置を変更しなかった場合、提案手法における第一段階のみを行った場合を比較する。実験結果を表 3 に示す。 x を増加させるにつれ、作業時間の削減率が増加していることが確認できる。これにより、注文頻度の変化の度合いが大きいほど、提案システムは高い効果を得ることができると言える。

4 おわりに

本研究では、オーダーピッキングにおけるオーダーの相関と運搬時の制約を考慮した動的な商品配置変更手法を提案した。シミュレーション実験により、提案システムにおける配置変更を行うことによって、従来システムと比べて作業時間を削減できることが確認できた。今後の課題として、他の運搬時の制約の追加、最適なパラメータの設定が挙げられる。

参考文献

- [1] Coyle, J.J., Bardi, E.J. and Langley, C.J., “The Management of Business Logistics”, 1996
- [2] Yusuke Ito, Shohei Kato, “Dynamic Product Placement Method in Order Picking Using Correlation between Products”, IEEE 5th GCCE 2016
- [3] Wascher, G. “Order picking: a survey of planning problems and methods”, Supply chain management and reverse logistics, Vol. 1, pp. 323-347, 2004
- [4] Anderson, C., “ロングテール”, 早川書房, 2006