

物流センター内の商品配置最適化方法の提案

北海道大学 大学院情報科学研究科 ○坂本 延寛, 鈴木 育男, 山本 雅人, 古川 正志

A new method for storage location assignment optimization in the distribution center

Graduate School of Information Science and Technology, Hokkaido University
○Nobuhiro Sakamoto, Ikuo Suzuki, Masahito Yamamoto, Masashi Furukawa

Order picking in the distribution center is an important process. Optimizing the order picking can reduce the cost in distribution center. Since the order picking depends on the order batching, storing item and picking routes, there are many researches for the optimization of these three factors. However, there are only few researches considering the relation between these factors, though these factors depend on each other. This study proposes a new method for optimizing the order batching and item storing mutually by using the same evaluated function. And, we verify the proposed method to be valid and effective of the method by numerical experiment using the data of the actual distribution center data.

1. 緒言

現代において物流センターや倉庫は、企業からその顧客への商品の配送等において重要な役割を果たしている。さらに、現代ではコンピュータやIT技術の発達により、以前に比べ高速化が図られている。物流センター内の業務の中では、オーダーピッキング(オーダーに基づく商品集配)が全体の維持、運営費用の内65%を占め[1]、オーダーピッキングにかかる時間のうち50%が移動にかかる時間である[2]。そのため、従来研究の多くは、物流センター内でのオーダーピッキングの移動時間の削減を目的としてきた。その際、オーダーピッキングの移動時間は商品配置、伝票割当(バッチング)、集配経路等に依存するため、これらの最適化に関する研究が行われてきた。このうち商品配置に関する従来研究では、商品の需要量と距離に基づく最適化手法が提案されている。しかし、本来最小化すべき値である集配時間を評価値とした研究は行われていない。

そこで、本研究では、集配時間を評価値として用いて商品配置を最適化する手法を提案する。さらに、その有効性を実際の物流センターのデータを用いた数値計算実験により示す。

また、集配時間を計算するには商品配置と伝票割り当てによって得られたバッチが必要となる。そのため、商品配置の最適化の結果はバッチにも影響されると考えられる。そこで、あるバッチを用いて商品配置を最適化した際に、その商品配置がほかのバッチにたいしても有効であるかを検証するための数値計算実験を行う。

2. オーダーピッキング

オーダーピッキングとは、オーダー(伝票)に基づく商品収集のことである。ここで、オーダーとはある顧客のために収集する商品をまとめたもので、1オーダーには複数商品が含まれる。オーダーピッキングにかかる時間に影響を与える要素として、商品配置、伝票割当、集配経路設定がある。商品配置では、どの棚にどの商品を配置するかが決定される。伝票割当はオーダーバッチングとも呼ばれ、一度に複数伝票をまとめて収集するように、伝票を各収集者に割り当てることを意味している。収集経路の設定は、収集者に割り当てられたバッチに対し、滞留時間を最小とするような収集経路を探索するために行われる。

3. 対象とする物流センター

本研究では、次のような物流センターを対象とする。倉庫内には棚が配置され、棚には商品を置く箇所が複数あり、各商品が配置されている。棚間と棚と収集の開始、終了地点間

には最短経路の距離が設定されている。この商品配置は収集中に変化しないとする。収集者の人数は固定であり、各収集者には移動速度と商品を棚から取り出す時間が設定されている。また、収集者が一度の収集で処理できる伝票数は固定され、1バッチのオーダー数も同じ値となる。また、最適化を行う際に、バッチングすべきオーダーと商品配置の情報はあらかじめ与えられているとする。

4. 提案手法

本研究では、集配時間を評価値とする商品配置の最適化手法を提案する。さらに、最適化によって得られた商品配置上でバッチの最適化を行い、全体としてどれだけ最適化されるのかを検証する。以下に各手法の概要を示す。

4.1. 商品配置最適化手法

本研究では、商品配置に対して局所探索を行うことで最適化を行う。局所探索において近傍解を作成する際には、2種類の商品をランダムに選択し、その位置を交換することを行う。その後、交換によって得られた商品配置上で集配時間を計算し、その結果が交換前より短くなっていればその商品配置を採用し、そうでなければ交換を取り消すという操作を繰り返し行う。この際、集配時間は、オーダーに含まれる商品種類と商品配置を基にTSPへ変換し、そのTSPに局所クラスタリング組織化法(Local Clustering Organization, LCO)[3]を適用することで求める。

4.2. 商品配置の初期解

商品配置にはオーダーでの出現頻度が高い商品を集配のスタート、ゴール地点に近い地点に配置するという経験則が存在する。そのため、本研究でも出現頻度が高い順に、スタート、ゴール地点から配置する商品配置を初期解とする。そして、この初期解に対し最適化を適用することで、最適化にかかる時間の削減を図る。

4.3. バッチ最適化手法

バッチの最適化では、商品配置の最適化と同様にすべてのオーダーから構成されるバッチの集合に対して局所探索を行う手法を用いる。局所探索の際、2つのバッチをランダムに選択し、そのバッチの中からそれぞれオーダーをランダムに選択し交換したものを近傍解とする。そして、現在の解より解が改善される場合に近傍解に遷移することを繰り返す。また、集配時間の計算も、商品配置の最適化と同様に、オーダーに含まれる商品種類と商品配置を基にTSPへ変換し、そのTSPにLCOを適用することで求める。

5. 有効性の検証実験

上記手法の有効性を検証するために数値計算実験を行う。今回、実験で使用する倉庫のパラメータを表1に示す。

Table1 experimental data

The number of rack	4310
The number of item kinds	38151
The number of order	9481
The number of order in each batch	4
The time required picking item	3.0[s]
The speed of picker	1.0[m/s]

5.1. 実験条件

各最適化の終了条件は、商品配置の最適化で 100 万回、バッチの最適化で 1000 万回解が評価されたときとする。また、バッチの評価値を求める際の LCO の終了条件は、解が 200 回改善されないこととし、各クラスタリング手法の選択条件は、SEM:IEM:SM=2:2:1 とした。

5.2. 実験結果

実験結果を表.2 に示す。実験の結果から、(a)で示す従来の商品配置から(b)で示す出現頻度を元にした商品配置に変更する事で集配時間が 53.3%削減できる。さらに、(c)はその商品配置から商品配置最適化方法によって最適化を行い、37.5%削減することを示す。最後に、(d)はバッチの最適化を行うと 20.0%改善できたことを示す。

また、初期配置と最適化後の商品配置を比べるために平均距離と平均共起距離[4]という指標を導入した。平均距離はΣ商品（出現頻度×スタート点からの距離）で求められ、出現頻度の高い商品がどれだけ集配のスタート地点に近いを示している。平均共起距離はΣ商品ペア（共起率×商品間の距離）で与えられ、同時に伝票に出現する頻度が高い商品がどれだけ近くに配置されているかを示している。図 2 に初期配置と最適化後の配置の平均距離と平均共起距離の関係を示す。最適化後の配置は初期配置に比べ、平均距離は増加しているが、平均共起距離は減少している結果が得られた。この結果から、単純に出現頻度の高い商品をスタート、ゴール地点に配置するだけでなく、商品間の共起を考慮することが必要であると考えられる。

Table 2 experimental result

	travel time	improvement rate[%]
(a)	1200000	
(b)	560000	53.3
(c)	350000	37.5
(d)	280000	20.0

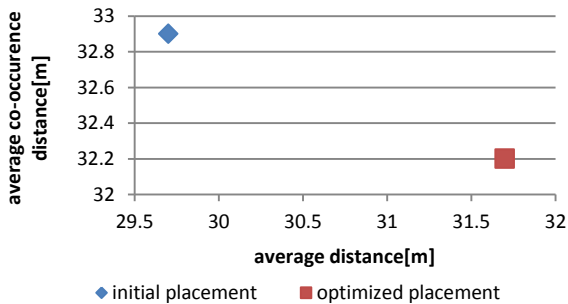


Figure.2 relation of average distance and average co-occurrence distance

6. 異なるバッチを用いた比較実験

次に、あるバッチを用いて最適化された商品配置の、他のバッチに対する有効性を検証する。今回、一日の伝票集合を元に3種類のバッチ A, B, C を以下のように作成する。A は一日の全伝票を FCFS で割り当てたもの。B, C は、一日の全伝票からランダムに 70%の数の伝票を選ぶことで作成する。このため、B と C に含まれる伝票は、A に含まれる。また、B と C において伝票の重複率の期待値は 70%である。この3種類のバッチを用いて最適化した商品配置を D, E, F とし、この3種類の商品配置毎に対して3種類のバッチを最適化する。その結果得られた集配時間の比較を行う。また、実験条件は前節の実験と同じとする。

6.1. 実験結果

3種類のバッチを3種類の商品配置上で最適化した結果を図 3 に示す。この結果から、すべてのバッチにおいて、自分自身を元に最適化された商品配置上で最適化された場合、ほかのバッチを元に最適化された商品配置上で最適化されるより集配時間を短縮できることが分かる。また、ほかのバッチで最適化された商品配置上で最適化された場合でも、重複している伝票が多い場合に集配時間が削減されやすいと言える。

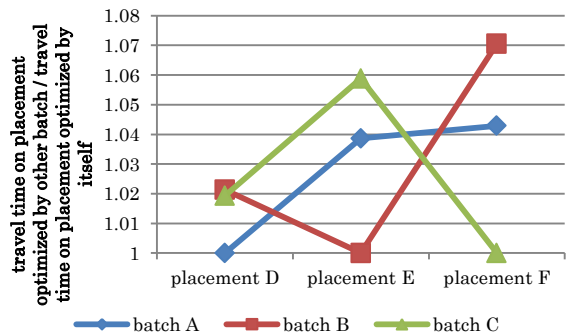


Figure.3 relation of batch and placement

7. 結論

本研究では、オーダーバッチングと商品配置の最適化を、集配時間を評価値として行う方法を提案した。さらに、その有効性の検証を、実データを用いた数値計算実験により行った。さらに、バッチを用いた最適化によって得られた商品配置の他のバッチに対する有効性を検証した。今後の課題として、より詳細な実験データの解析や、同じ商品が複数棚に配置されるような問題への対応などがある。

参考文献

[1] Coyle, J.J., Bardi, E.J. and Langley, C.J., The Management of Business Logistics, 1996
 [2] Tompkins, J.A., White, J.A., Bozer, Y.A., Frazelle, E.H., Tanchoco, J.M.A. and Trevino, J., Facilities Planning, 1996
 [3] Furukawa, M., M. Watanabe, and Y. Matsumura, Local Clustering Organization (LCO) Solving a Large-Scale TSP," Journal of Robotics and Mechatronics, Vol. 17, No. 5, p. 560.
 [4] 梶浦 善信, 鈴木 育男, 山本 雅人, 古川 正志, “大規模物流センターの商品解析とその棚配置に関する研究”, 第 7 回複雑系マイクロシンポジウム, pp.31-32, 2008