

# 効率的なオーダーバッチングを実現するクラスタリング付き最適化手法

鈴木 崇弘<sup>†</sup> 渡邊 南美<sup>‡</sup> 佐久間 拓人<sup>‡</sup> 加藤 昇平<sup>‡</sup>  
 名古屋工業大学 工学部情報工学科<sup>†</sup> 名古屋工業大学 大学院工学研究科 工学専攻<sup>‡</sup>

## 1 はじめに

物流センターでは日々膨大な量の顧客オーダーの処理に追われている。しかし、倉庫内業務は未だに人手のピッキングが主流であり多くの面で効率化が進んでいない。倉庫内業務の効率化を目的とした機械の導入は多大な費用が掛かるため、資金力が十分でない中小企業にとって簡単ではないという問題がある。ここで倉庫現場にて広く普及している業務形態であるオーダーピッキングについて説明する。注文された商品を倉庫内に格納してあるそれぞれの棚から作業員が必要数量分集めて回ることをピッキングと呼び、顧客から受注した伝票（オーダー）を単位としてピッキングする作業形態をオーダーピッキングという。また、カートを用いて商品をピックする作業員をピッカーと呼ぶ。オーダーピッキングは倉庫業務全体の作業コストにおいて大きな割合を占めており、これを最適化することは物流全体の効率化にとって重要な要素である。本研究では商品のピッキング順をオーダーバッチング最適化により決定することでピッキング効率化を目指す。

### 1.1 関連研究

これまでピッキング作業における移動距離を削減することを目的として、倉庫内の保管場所への商品配置割当、ピッカーの移動経路決定、ピッカーへの伝票割当（オーダーバッチング）などの最適化による研究が主に行われてきた。渡邊ら [1] は粒子群最適化手法の一つである BLPSO を用いた商品配置最適化システムを提案している。渡邊らは実験により実倉庫の現配置や、Class-based storage, その他の粒子群最適化手法が算出した商品配置よりも、BLPSO は優れた商品配置を算出できることを示している。移動経路決定に関する研究は巡回セールスマン問題（TSP）に帰着される。TSP は NP 困難のため Ariyasingha ら [2] によるアントコロニーアルゴリズムを利用した研究や、Yuan ら [3] による遺伝的アルゴリズム（GA）を利用した研究のようにヒューリスティクスを用いて研究されている。オーダーバッチングとは一度に複数のオーダーをまとめて収集するようにオーダーをグルーピングしてピッカーに割り当てることを意味している。オーダーバッチング問題は NP 困難でありメタヒューリスティクスな近似的解法が用いられることが多い。Hsu ら [4] は、オーダーバッチング問題に対して GA を用い、ピッカーの総移動距離を最小化する手法を提案した。しかし、上記のような手法は最適化するオーダーが逐次的に変化する

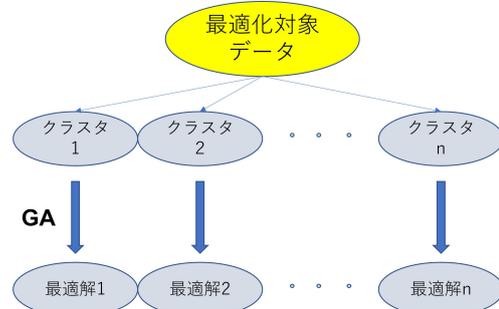


図 1: クラスタリング付き最適化手法の概要

状況において、処理時間が膨大にかかってしまう問題がある。

そこで本稿では上記で述べた問題点を解決すべく、事前解析としてオーダーに対するクラスタ分析を実施し、クラスタに基づき効率的にオーダーバッチング最適化を行う手法を提案する。顧客オーダーに対してクラスタ分析を実施することで類似度の高いオーダー同士のグループを作成し、作成されたグループに対してバッチングを実施することで、より深い探索が可能となる。オーダーバッチングが改善されることでオーダーの処理効率上がり、その結果ピッキング時間も短縮されるため生産性の向上が見込まれる。

## 2 提案手法

本研究にて提案するクラスタリング付き最適化手法は、最適化対象データに対してクラスタリングを  $j$  実施したのち得られたクラスタそれぞれに対して GA を適用する。図 1 に提案手法の流れを示す。提案手法におけるクラスタ分析ではオーダーの重心座標を類似度として用いているため、同じクラスタに分類されるオーダーは商品の配置位置が近いものとなっている。この分析により得られたクラスタ内において GA を用いてオーダーバッチング最適化をすることで、商品位置の近いオーダーの組合せについて集中的な探索が可能のため、より効率的な解の探索が期待できる。

### 2.1 問題設定

オーダーバッチング最適化は、一度のピッキングで収集するオーダーの組合せ問題を解くことで求める。この問題は一度にピッキング可能なオーダー数の上限を制約とした組合せ最適化問題である。全バッチの集合を  $b = [b_1, b_2, \dots, b_{n_b}]$ , 全オーダーの集合を  $p = [p_1, p_2, \dots, p_{n_p}]$  とする。変数  $x = [x_1, x_2, \dots, x_{n_p}]$  は割当バッチを表し、 $x_i = b_k$  のときオーダー  $i$  はバッチ  $k$  に割当てられているとする。各ピッカーはバッチに割当てられているオーダーに基づいて商品を収集しピッキングステ

An Optimization Method with Clustering for Efficient Order Batching  
 Takahiro Suzuki<sup>†</sup>, Minami Watanabe<sup>‡</sup>, Takuto Sakuma<sup>‡</sup>, and Syohei Kato<sup>‡</sup>

<sup>†</sup>Dept. of Computer Science, Nagoya Institute of Technology, Japan  
<sup>‡</sup>Dept. of Computer Science and Engineering, Graduate School of Engineering, Nagoya Institute of Technology, Japan  
 Tel: 81-97-594-0181

Email: {tsuzuki, nabe, sakuma, shohey}@katolab.nitech.ac.jp

表 1: 各クラスタの要素数

|        |      |      |      |      |      |     |
|--------|------|------|------|------|------|-----|
| クラスタ番号 | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5   |
| 要素数    | 1772 | 1140 | 736  | 920  | 1203 | 874 |
| クラスタ番号 | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11  |
| 要素数    | 1479 | 1257 | 347  | 1057 | 557  | 281 |
| クラスタ番号 | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17  |
| 要素数    | 1645 | 1342 | 2799 | 1552 | 2028 | 831 |
| クラスタ番号 | 18   | 19   |      |      |      |     |
| 要素数    | 1517 | 1899 |      |      |      |     |

ション (PS) へ届ける。本研究では目的関数に全商品のピッキングに要するピッカーの総移動距離を採用する。

### 3 実験計画

本稿では国内物流企業から提供を受けた実データを基に実験し、2021年9月の1か月分の顧客オーダーデータに対してクラスタリング付き最適化を適用する。クラスタリングにおいて同一クラスタ内に大きく距離の離れた座標が含まれにくいようにするため x-means 法 [5] を用いる。これによりクラスタ内の要素のばらつきを抑えつつ最適なクラスタ数でデータを分割することを実現する。次に、各クラスタにおいて目的関数が最小となるように GA にて探索する。各探索において求められた解の評価値それぞれの和を全体の評価値とし、単純な GA による探索によって得られた最適解の評価値と比較し性能評価する。各個体の適応度  $f$  は以下の式で定義する。

$$f = \sum_i^{n_b} \{TSP(b_i) + D_S(b_i) \times 2\} \quad (1)$$

ここで、 $TSP(b_i)$  はバッチ  $i$  内の全商品をピッキングするために必要な最短経路長を表し、TSP を近似解法を用いて解くことで求める。 $D_S(b_i)$  はバッチ  $i$  に存在する商品の中で最も PS に近い位置にある商品と PS 間の距離を表している。GA における 1 世代あたりの個体数は 10、最大世代数は 50000 として実験する。一様交叉、トーナメント選択を採用し突然変異率は 0.01 とする。

### 4 クラスタリング結果

提案手法の前半部分であるクラスタリングの実装が完了している。最適化対象データである 25236 個のオーダー (2021 年 9 月分) に対して x-means 法によりクラスタリングを実行した。図 2 にクラスタリング結果を図示し、表 1 に各クラスタの持つ要素数を示す。クラスタ数は 20 であり、赤い星印は各クラスタの重心を表している。縦軸、横軸はそれぞれ倉庫内の座標を表しており、各クラスタは重心座標の近いオーダー同士によって構成されていることが確認できる。また、同図に PS の位置を示す。

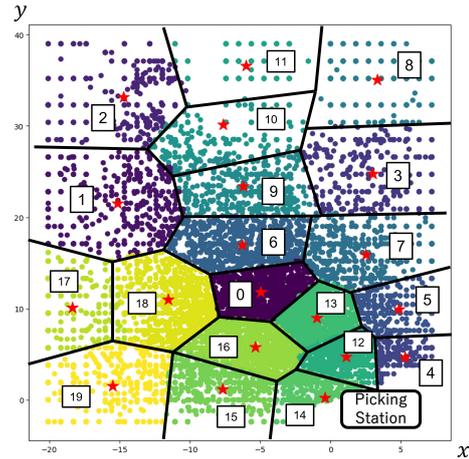


図 2: オーダーおよび PS の位置とクラスタリング結果

### 5 今後の展望

本研究では最適化対象についてクラスタリングを実施したのち GA を適用することで効率的なオーダーバッチング最適化手法を提案した。クラスタ数に合わせたカート数を同時に稼働することで各クラスタに対応したピッキングが可能となり、渋滞やカートのすれ違いを少なくすることができると考える。本研究でのバッチ評価値はオーダーの組合せにのみ着目し計算されたため、今後バッチ内オーダーの処理順番を考慮できるように改良することを目指し、より現実問題に近い環境での実験を検証する。

### 謝辞

本研究は、一部、文部科学省科学研究費補助金 (課題番号 JP19H01137, JP19H04025, JP20H04018, および, JP20J14182) の助成により行われた。物流業務の実データを提供いただいた株式会社八幡ねじに謝意を表します。

### 参考文献

- [1] 渡邊南美, 伊原滉也, 佐久間拓人, 加藤昇平: Lévy Flight を導入した Binary PSO による物流倉庫の商品配置最適化, 人工知能学会全国大会論文集 第 35 回 (2021), pp. 2F4GS10h01-2F4GS10h01 一般社団法人 人工知能学会 (2021).
- [2] Ariyasingha, I. and Fernando, T.: Performance analysis of the multi-objective ant colony optimization algorithms for the traveling salesman problem, *Swarm and Evolutionary Computation*, Vol. 23, pp. 11–26 (2015).
- [3] Yuan, S., Skinner, B., Huang, S. and Liu, D.: A new crossover approach for solving the multiple travelling salesman problem using genetic algorithms, *European journal of operational research*, Vol. 228, No. 1, pp. 72–82 (2013).
- [4] Hsu, C.-M., Chen, K.-Y. and Chen, M.-C.: Batching orders in warehouses by minimizing travel distance with genetic algorithms, *Computers in industry*, Vol. 56, No. 2, pp. 169–178 (2005).
- [5] Pelleg, D., Moore, A. W., et al.: X-means: Extending k-means with efficient estimation of the number of clusters., in *Icml*, Vol. 1, pp. 727–734 (2000).