

クラスタリングに基づいた分散遺伝的アルゴリズムによる オーダーバッチング最適化

鈴木 崇弘[†] 杉浦 順香[†] 佐久間 拓人[†] 加藤 昇平[†]

[†]名古屋工業大学 大学院工学研究科

1 はじめに

物流業界ではEC(電子商取引)の成長による需要の増加によって労働力不足が問題となっている。それに伴い長時間労働を防ぐための働き方改革法案が制定されたことによって、労働時間上限が課せられより一層労働時間における業務効率化が重要となっている。倉庫内作業は依然として手作業による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。そこで倉庫業務全体の作業効率化のために労働集約的でコストのかかる作業とされているオーダーピッキングの効率化を目指す。オーダーピッキングとは、作業者がオーダーシートに従って倉庫内の各棚から注文された商品に必要な数量だけ集品する作業である。

1.1 オーダーバッチング最適化

オーダーバッチング最適化は、オーダーをバッチというまとまりに分け商品がバッチ単位で回収されるようにピッカーに割当てて問題である。オーダー数が増えるにつれて、作成できるバッチ数は指数関数的に増加する。オーダーバッチング最適化問題はNP困難であることが知られており、ヒューリスティクスな解法がしばしば用いられる。Tsaiら[1]は、商品ピッキングタイミングと納期との時間差をペナルティ関数として考慮しつつ、ピッカーが移動する総距離を最小化するオーダーバッチング最適化に対する遺伝的アルゴリズムアプローチを提案した。また、Hsuら[2]は、オーダーバッチング最適化問題に対して遺伝的アルゴリズムを用いて目的関数の数学的制約を緩和することで、商品のピッキングに垂直方向の移動が発生するような3Dレイアウト倉庫にも対応可能な手法を提案している。これはオーダー間の近接性の計算なくしてピッカーの総移動距離を最小化可能な手法となっている。

2 本研究の目的

オーダーバッチング最適化問題はオーダーの最適な組合せを求める組合せ最適化問題と考えることができるため、メタヒューリスティクスを用いて解くことは合理的である。しかし、粒子群最適化アルゴリズムや遺伝的アルゴリズムなどのメタヒューリスティクスでは、最適化すべきオーダーの数が増えるにつれて探索領域が指数関数的に増大する。そのため、オーダーバッチング最適化問題を現実的な計算問題として扱うためには、計算コストを削減する必要がある。本研究では上記の問題解決のため、事前解析としてオーダーに対しクラ

スタリングを実施し得られたクラスタに基づき効率的なオーダーバッチング最適化の実現を目指す。我々はアルゴリズムの初期化段階でクラスタリングを用いた改良版島モデル遺伝的アルゴリズム(Clustering-Based Island Model Genetic Algorithm: CIMGA)[3]を提案した。本稿ではCIMGAの有効性を検証するため、実際の物流倉庫のデータを用いた実験により従来の遺伝的アルゴリズム(Simple Genetic Algorithm: SGA)、移住無しCIMGA(CIMGA-WM)とそれぞれ比較する。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、作成されたより小さい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。

3 問題設定

本研究では、1回のピッキングにおいて収集するオーダーの組み合わせを探索するオーダーバッチング最適化問題を解くことで、ピッカーの総移動距離を短縮することを考える。1回のピッキングは、ピッキングステーション(PS)を出発し、複数のオーダーに従って商品を収集し再びPSに戻るピッカーの流れとして定義する。この際、まとめて収集する商品グループをバッチと呼ぶ。本研究ではピッキングコストを全オーダーのピッキングに必要なピッカーの総移動距離で定義し、オーダーバッチング最適化問題をピッキングコスト最小化問題として扱う。

3.1 クラスタリング島モデル遺伝的アルゴリズム(CIMGA)[3]

ここでクラスタリング島モデル遺伝的アルゴリズム(CIMGA)について説明する。この手法はオーダーのクラスタリングによって大きなサイズの初期母集団をいくつかの小さな母集団(島)に分割する。ここで、倉庫レイアウトの平面図を二次元座標空間とみなし、商品が保管されているロケーションを基に各商品の座標を設定する。オーダー内全商品の座標に対する重心の座標を各オーダーの座標として定義し、オーダーの座標をクラスタリングデータとして扱う。分割された各クラスタを島としてみなし、各島においてそれぞれ進化が実行される。解の多様性は、各島において無作為に選ばれた複数のオーダーが任意の隣接する島の間を一定間隔で移動することによって維持される。個体はすべての組み合わせバッチのパターンとしてコード化され、個体の適応度はオーダーごとのピッキングコスト平均値として計算される。CIMGAは、IMGAによって維持される解の多様性と、クラスタリングを用いた初期母集団の分割による探索空間の狭小化をもたらす。

*Order batching optimisation using clustering-based distributed genetic algorithms, Takahiro SUZUKI[†], Ayaka SUGIURA[†], Takuto SAKUMA[†] and Shohei KATO[†]

[†]Nagoya Institute of Technology

Gokiso-cho, Showa-ku, Nagoya 466-8555, Japan

{tsuzuki, sugiura, sakuma, shohey}@katolab.nitech.ac.jp

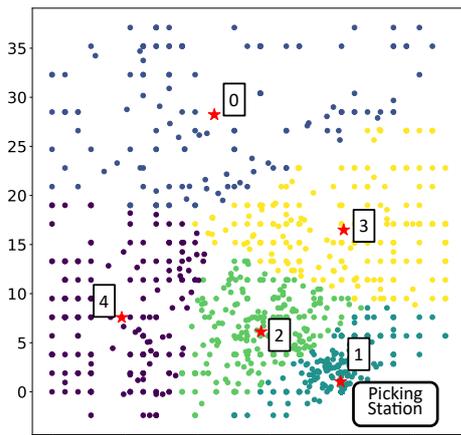


図 1: オーダーのクラスタリング結果

4 実験

オーダー内全商品の重心座標 (x 座標, y 座標) を各オーダーの座標とし, オーダー座標間のユークリッド距離を類似度としてクラスタリングする. クラスタリングには x-means 法を用いる. 得られたクラスターを島とみなし, IMGA を適用する.

次に GA を用いて, 各クラスター内のピッキングコストを最小にするクラスターを探索する. 個体の適応度 f は式 (1) によって定義される.

$$f = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{n_b} \{TSP(b_i) + D_S(b_i) \times 2\} \quad (1)$$

ここで, N は全オーダーの数を表し, $TSP(b_i)$ はバッチ b_i の全商品をピッキングするのに必要な最短経路長を表し, 近似解法で巡回セールスマン問題 (TSP) を解くことにより得られる. $D_S(b_i)$ はバッチ b_i の製品のうち, ピッキングステーションに最も近い商品とピッキングステーションとの距離を表す.

4.1 アルゴリズム設定

IMGA パラメータは, 個体数 10, 交叉率 50%, 変異率 10%, 最大世代数 10000, であり, 交叉方法は一様交叉, 世代更新はトーナメント選択を採用している. 移住操作は隣接するクラスター間で行われ, 500 世代ごとに発生する. 移住する要素は, 移住元のクラスターにおける要素数の 10 分の 1 の数であり, 各クラスター内それぞれで無作為に選ばれる. 使用したオーダー情報は, 国内物流企業から提供を受けた実データのうち 2021 年 9 月の 1ヶ月分の顧客注文データの一部である.

4.2 実験結果

図 1 に, 各オーダーの座標と倉庫内の座標をプロットしクラスタリングした結果を示す. 星印は各クラスターの重心を示す. 表 1 は実験結果をまとめたものであり, 2 種類の GA の性能比較とそのフィットネスカーブを図 2 に示す. この結果から CIMGA のクラスタリング処理により, 最適化時の不要な探索が削減されていることが見られる. 表 1 に示すように CIMGA ではピッキングコストが 4.4%改善されており, これは SGA の改善率の約 2 倍である. 移住操作無しの CIMGA(CIMGA-WM) についても削減割合が 4.7%となっている. これはクラスタリングによる初期集合分割の有効性を示唆している. 一方, CIMGA と CIMGA-WM 間で有意な

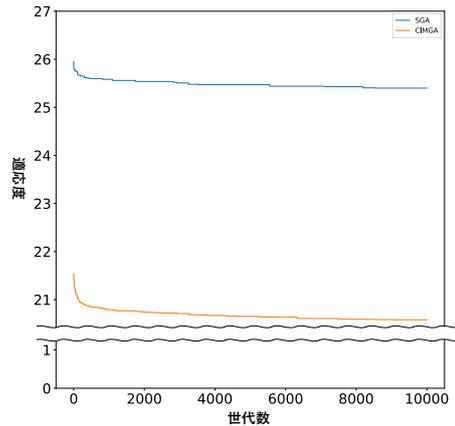


図 2: 世代更新による適応度遷移

表 1: CIMGA と CIMGA-WM と SGA の適応度比較

	CIMGA	CIMGA-WM	SGA
初期段階適応度	21.47	23.17	25.93
最終適応度	20.51	22.08	25.35
削減値	0.96	1.09	0.58
削減割合	4.4%	4.7%	2.2%

差はなく, 移住操作パラメータ設定が本稿で扱った問題に対しては適切でなかった可能性が考えられる.

5 まとめ

本稿ではオーダーピッキング効率化のためのアプローチとしてクラスタリングを基にした島モデル遺伝的アルゴリズム (CIMGA) について性能を実際の顧客注文データを用いて評価した. 実験の結果, CIMGA における移住操作のパラメータ設定はより十分な検討が必要である可能性が示されたが, クラスタリング処理についてはピッキングコストの削減においての有効性が示された.

謝辞

本研究は, 一部, 文科省科研費, ならびに, NICT 委託研究の助成により行われた. また, 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] Tsai, C.-Y., Liou, J. J. and Huang, T.-M.: Using a multiple-GA method to solve the batch picking problem: considering travel distance and order due time, *International Journal of Production Research*, Vol. 46, No. 22, pp. 6533–6555 (2008).
- [2] 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).
- [3] Suzuki, T., Kato, S., Sakuma, T. and Sugiura, A.: GA-Based Order Batching Optimization Using Clustering Orders, in *2023 IEEE 12th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE)*, pp. 314–315.