

# 倉庫内ピッキング作業の効率化を目的とした伝票割当における最適化アルゴリズムの検討

触沢 亘<sup>†</sup> 景山 陽一<sup>†</sup> 遠藤 八郎<sup>‡</sup> 佐藤 紀章<sup>‡</sup> 高橋 毅<sup>†</sup>  
 秋田大学<sup>†</sup> ロジザード株式会社<sup>‡</sup>

## 1. 背景・目的

倉庫は物流システムにおける重要な構成要素であるのにも関わらず、多くの面で効率化は進んでいないのが現状である。特に、作業員が倉庫内の棚を巡回し集荷作業を行う「ピッキング」は、物流コスト全体において大きな割合を占めており、その効率化は物流全体の作業コスト低減に寄与する<sup>[1]</sup>。筆者らはこれまでに、ピッキング作業の効率化を目的とし、遺伝的アルゴリズム(以下、GA)を用いた倉庫内巡回経路導出法の提案<sup>[2]</sup>および総歩行距離を削減する受注伝票のグループ化手法<sup>[3]</sup>について検討を行ってきた。文献[3]では、受注伝票をグループ化して1つのリスト(以下、出庫伝票)に集約し、複数人の作業員へ分配する。しかしながら、この分配方法に関しては未検討であり、分配された伝票によって作業員の作業量は変化する。そこで本稿では、出庫伝票における最適な伝票の分配位置を決定し、適切に作業員へ伝票を割り当てる手法について検討を加えた。

## 2. 提案手法

ピッキング作業を効率的に行うためには、作業員の歩行距離が短い、かつ作業員ごと歩行距離の偏りが少ないことが望ましい。そこで本稿では、多目的最適化アルゴリズムである NSGA-II<sup>[4,5]</sup>を用いて、総歩行距離(以下、 $T_d$ )および作業員の歩行距離の標準偏差(以下、 $S_d$ )を短縮する分配位置を探索する処理を開発した。処理手順を下記(1)~(5)に示す。

### (1) 初期探索母集団 $Q_t$ の生成

$Q_t$ ( $t$ :世代数)の生成イメージを図1に示す。はじめに、出庫伝票における顧客ごとの分配位置を格納した配列  $X$  を用意する。次に、任意のピッキング作業員人数分の要素長  $L$  を持つ  $N$  個の配列(以下、個体)に  $0$  以上の整数をランダムに格納する。この時、個体の要素  $r$  に格納する整数  $A_r$  は  $A_r > A_{r-1}$  とし、 $A_L$  は  $X$  の要素数  $X'$  とする。個体の格納値を要素番号として、 $X$  から対応する分配位置を取得し、同顧客の伝票が異なる作業員に割り当てられることを防ぐ。また、次世代に残す個体を保存するための集団  $P_t$  を生成する。

### (2) 個体の評価

$PQ_t$  ( $PQ_t = Q_t \cup P_t$ )を生成し、 $PQ_t$ 内の個体に格納されている値に基づき、 $X$  から分配位置を取得する。また、伝票を作業員へ分配した場合の  $T_d$  および  $S_d$  を算出する。本処理では、処理時間を削減するため、 $T_d$  および  $S_d$  の算出は、近似の歩行距離を用いる。具体的には、分配された伝票を処理する際に、倉庫内における区画および入出庫口に関する移動があっ

た場合のみ、その移動距離をユークリッド距離で算出する。区画および入出庫口の移動例を図2に示す。なお、区画と入出庫口間の移動は、伝票を処理する過程で、任意のカート積載容量を超過した場合に発生する(図2(b)参照)。

### (3) 次世代に残す個体の選択

(2)で算出した  $T_d \cdot S_d$  を用いて、非優越ソート<sup>[4,5]</sup>による個体のランク付けおよび各個体における混雑度<sup>[4,5]</sup>の算出を行う。また、定義した個体のランクおよび混雑度を用いて、エリート選択<sup>[6]</sup>を行い、優れた個体  $N$  個を  $P_{t+1}$  に格納する。さらに、 $P_{t+1}$ の中から任意の2個体( $i \cdot j$ )を選択し、式(i)を用いて個体の優劣を判定する。式(i)における  $1 \cdot 2$  のいずれかを満たす時、個体  $i$  は  $j$  より優れていると仮定して、 $Q_{t+1}$  に格納する。これを  $Q_{t+1}$  に含まれる個体数が  $N'$  になるまで繰り返す。なお、 $N'$  の値について事前検討を行った結果、最も良好な解が得られた  $0.60N$  を採用した。

1.  $rank_i < rank_j$
  2.  $rank_i = rank_j$  and  $d_i > d_j$  (i)
- $rank$ : 個体のランク  $d$ : 混雑度

### (4) 遺伝子操作(平均化交叉<sup>[6]</sup>・局所探索)

平均化交叉は、 $Q_{t+1}$ 内のランダムに選出した2つの個体を親として、要素ごとに格納値の平均を算出し、その算出値を格納した個体を生成する。また、

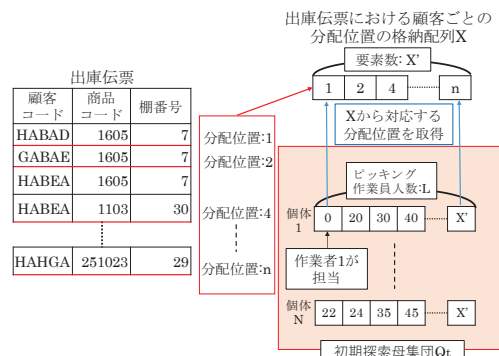
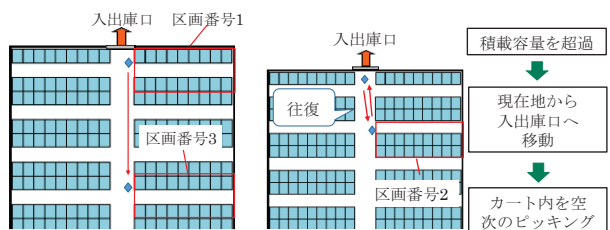


図1 初期探索母集団の生成イメージ



(a) 区画の移動例 (区画番号 1→3) (b) 区画と入出庫口間の移動例

図2 区画および入出庫口間の移動例

Study on optimization algorithm of shipping slip assignment for efficiency improvement of picking work in a warehouse

<sup>†</sup>Akita University  
<sup>‡</sup>Logizard Co., Ltd.

生成した個体を  $Q_{t+1}$  に加え、個体数が  $N$  個になるまで繰り返す。

さらに、本稿では、2種類の局所探索を  $Q_{t+1}$  内の個体に施す。2種類の局所探索のイメージを図3、図4にそれぞれ示す。図3では、任意の個体  $i$  における格納値の差が大きい要素  $r$  を決定し、差が均一化するように遺伝子操作を行う。本処理を用いて、作業員ごとの受注量を均一化した個体を生成し、 $S_d$  を短縮する解の探索精度向上を図る。一方、図4では、格納値の差が小さい要素  $r$  を決定し、受注量の差が大きくなるように遺伝子操作を行う。本処理は、 $T_d$  を短縮する解の探索精度を向上させるために行う。なお、2種類の局所探索は、それぞれ50%の確率で処理を実施する。

(5) (2)~(4)の処理を任意の世代数繰り返し、得られた個体の中から任意の個体を選出し、作業員へ伝票を割り当てる。

### 3. シミュレーション

#### 3.1 シミュレーション概要

提案手法を評価するため、シミュレーションを実施した。具体的には、はじめに、受注商品の異なる受注伝票5件(P1~P5)に対し、文献[3]の手法を用いて出庫伝票を作成した。次に、①提案手法を用いた場合、②現在、主に使用されている伝票分配方法である顧客数が均等になるように分配した場合(以下、比較手法)それぞれにおいて、10人の作業員へ伝票を割り当てた。なお、提案手法における分配位置の決定方法は、提案手法により得られた個体における  $T_d$ ,  $S_d$  を最小値0、最大値1になるようにそれぞれ正規化したものを2次元座標にプロットし、原点からのユークリッド距離が一番近い個体を選出した。最後に、巡回経路導出法を用いて経路を導出し、得られた  $T_d$  および  $S_d$  を比較することで提案手法の有用性を評価した。なお、比較に用いた  $T_d$  および  $S_d$

遺伝子操作対象要素:  $r$  の決定方法

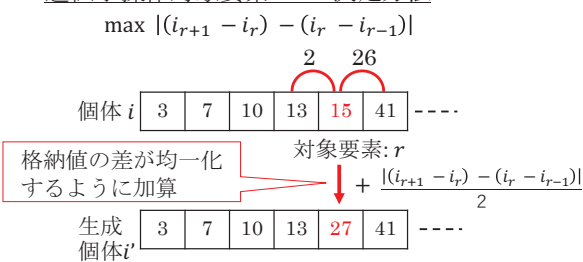


図3 受注量を均一化する局所探索のイメージ

遺伝子操作対象要素:  $r$  の決定方法

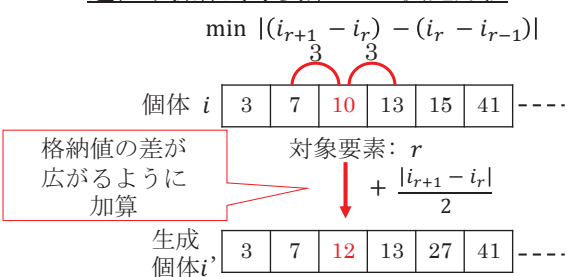


図4 受注量の差を広げる局所探索のイメージ

は、GAにおける計算誤差を考慮し、シミュレーション5回分の平均を用いた。また、シミュレーションでは、顧客からの注文伝票を複数件まとめてピッキングするマルチピッキングという方式を用いた。

#### 3.2 シミュレーション条件

本シミュレーションで用いた倉庫レイアウトを図5に示す。また、カート積載条件およびパラメータ設定値を以下にまとめる。

- カート積載条件

カートには顧客8人分までの商品を積載可能とし、超過時は、入出庫口に移動してカート内を空にする。

- 受注伝票

顧客数:937, 総オーダー数:1000

- 巡回経路導出法におけるGAパラメータ

世代数:1000, 個体数:500, 突然変異率:3.75%

- 提案手法におけるGAパラメータ

世代数:800, 個体数:700

#### 4. シミュレーション結果

受注伝票のP1~P5における提案手法と比較手法の  $T_d$  および  $S_d$  の比較結果を表1に示す。P1~P5のすべての受注伝票において、提案手法は比較手法と比較し、 $T_d$  および  $S_d$  が短くなる結果が得られた。このことは、本稿のシミュレーション条件下において、提案手法は、ピッキング作業における総歩行距離および作業員の歩行距離の標準偏差をともに短くする解を探索可能であることを示唆している。

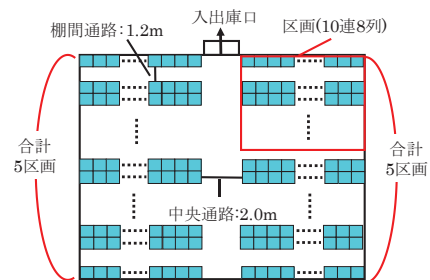


図5 倉庫レイアウトのイメージ

表1  $T_d$  および  $S_d$  の比較結果

受注伝票	提案手法		比較手法	
	$T_d$ [m]	$S_d$ [m]	$T_d$ [m]	$S_d$ [m]
P1	8712.1	274.9	8929.6	428.7
P2	8868.4	245.4	8936.9	405.9
P3	8882.6	280.6	8907.9	368.8
P4	8349.1	255.0	8654.5	367.9
P5	8608.8	184.6	8755.0	348.9

#### 参考文献

- [1] 波形克彦: 物流効率化の新常識, PHP 研究所 (2008)
- [2] 高橋毅, 西田真, 景山陽一, 石沢千佳子, 鈴木賢太, 遠藤八郎: 倉庫作業支援装置および倉庫作業支援プログラム, 特許第6418551号 (2018)
- [3] Furesawa, W. et al.: Study on a Shipping Slip Assignment Method for Efficiency Improvement of Picking in a Warehouse, The 7th International Conference on Intelligent Systems and Image Processing 2019, pp.336-341 (2019)
- [4] Deb, K. et al.: A Fast and Elitist Multi-Objective Genetic Algorithm: NSGA-II, IEEE Trans. on Evolutionary Computation, Vol. 6, No. 2, pp.182-197 (2002)
- [5] (社)電気学会進化技術応用調査専門委員会 編: 進化技術ハンドブック 第I巻基礎編, 近代科学社 (2010)
- [6] Ling, S.H. et al.: An Improved Genetic Algorithm with Average-bound Crossover and Wavelet Mutation Operations, Soft Computing, Vol.11, No.1, pp.7-31 (2007)