

# A\*アルゴリズムと遺伝的アルゴリズムを用いた EC 倉庫における巡回経路導出法

杉原 海斗<sup>†1</sup> 伊藤 悠大<sup>†1</sup> 景山 陽一<sup>†1</sup> 横山 洋之<sup>†2</sup>  
橋本 修司<sup>†3</sup> 佐藤 紀章<sup>†3</sup>

秋田大学大学院理工学研究科<sup>†1</sup> 秋田大学情報統括センター<sup>†2</sup> ロジザード株式会社<sup>†3</sup>

## 1. 背景・目的

近年、物流業界では物流システムの効率化が重視されている<sup>[1]</sup>。すなわち、流通コストを削減することで製品の低価格化が図られている。しかしながら、倉庫は物流における中心的な要素であるにもかかわらず、未だ多くの面で効率化が進んでいない。特に、作業者が倉庫内の棚を巡回し集荷作業を行う「ピッキング」は、作業者の経験則による運用が中心となっている。このため、ピッキング作業コストは、物流コスト全体において大きな割合を占めている。したがって、ピッキングの作業効率を向上させるためには、作業者の経験則に頼ることなく、最適な巡回経路を選択することが効果的である。

筆者らはこれまでに、遺伝的アルゴリズム<sup>[2]</sup>(以下、GA と表記する)を用いた巡回経路導出法および複数のピッキング作業員に対する伝票割当法を組み込んだ、ピッキング作業支援システムの開発を行ってきた<sup>[3]</sup>。しかしながら、開発した巡回経路導出法は適用可能な倉庫レイアウトに制限があったため、様々なレイアウトにおけるシミュレーションを行うまでには至らなかった。そこで本稿では、倉庫レイアウトを任意に設定可能な巡回経路導出法の検討を行った。

## 2. 提案手法

提案手法の流れを以下に示す。

- ① 商品を格納する棚を障害物として、左クリックしたマスに障害物を設置する。
- ② 右クリックしたマスに巡回点を設置する。
- ③ A\*アルゴリズムを用いて、すべての巡回点における2点間距離を、各2点間の始点および終点の双方向から探索する。
- ④ 巡回点を設置したマスの座標、および巡回点番号(巡回点を設置した順番)を遺伝子情報としてリストへ格納する。
- ⑤ GA を用いて、格納されたリストに対し遺伝子操作を行う。また、③で算出した2点間距離を GA における適応度の評価に使用し、巡回経路を導出する。なお、GA のパラメータ

は、個体数 300、世代数 500、選択率 70%、交叉率 30%、突然変異適用率 10%、突然変異率 1%と設定した。

- ⑥ 上記⑤で算出した解を基に、A\*アルゴリズムを用いて巡回経路を描画する。

## 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、巡回経路導出シミュレーションを実施した。具体的には、はじめに、倉庫レイアウトを 2 種類(倉庫レイアウト A、および B)作成した。次に、巡回点数および巡回場所の異なる巡回パターンを各倉庫レイアウトに対して 5 パターンずつ、計 10 パターン(P1~P10)作成した。さらに、各パターンに対して提案手法、比較手法 1、および比較手法 2 を用いてシミュレーションを施行した。比較手法 1 は、提案手法の手順⑤(GA による巡回経路導出)を全数探索で行う手法であり、最短経路が導出される。比較手法 2 は、提案手法の手順③(すべての巡回点の 2 点間距離算出)にユークリッド距離を用いる手法である。最後に、シミュレーションにより得られた巡回距離から、比較手法 1 との誤差を算出し、評価を行った。なお、誤差は(1)式を用いて算出した。また、GA による計算誤差を考慮し、提案手法および比較手法 2 のシミュレーションは 5 回行った。

$$\text{誤差}[\%] = \left( 1 - \left( \frac{\text{各手法における巡回距離}}{\text{比較手法1における巡回距離}} \right) \right) \times 100 \quad (1)$$

### 3.2 シミュレーション条件

#### i. 倉庫レイアウト

シミュレーションに用いた倉庫レイアウトを図 1 に示す。なお、倉庫レイアウトには全巡回パターン共通のスタート地点兼ゴール地点を設けた(図 1 赤点に示す)。

#### ii. ピッキングカート積載条件

倉庫内におけるピッキング作業では、ピッキングカートに商品を積載しながら作業を行う。そこで、実作業を想定したピッキングカート積載条件を設定した。具体的には、カートには巡回点 7 か所分までの商品を積載可能にした。超過した場合は、カート内を空にする作業を想定し、スタート地点まで移動してからピッキング作業を再開する条件を設定した。

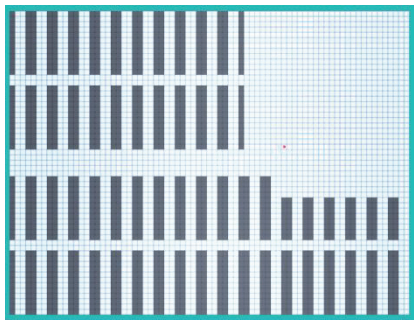
#### iii. 実験環境

実験環境を表 1 に示す。

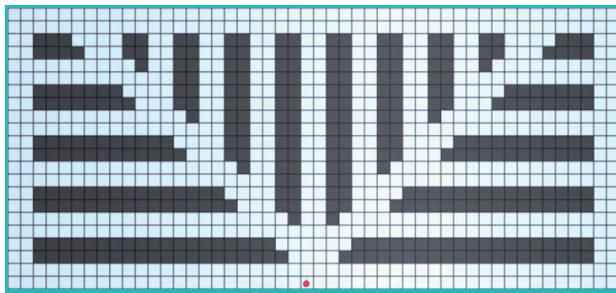
## 4. シミュレーション結果および考察

提案手法および比較手法 2 における巡回距離導

Development of traveling route derivation method for EC warehouse using A\* and genetic algorithms  
Kaito Sugihara<sup>†1</sup>, Yudai Ito<sup>†1</sup>, Yoichi Kageyama<sup>†1</sup>, Hiroshi Yokoyama<sup>†2</sup>, Shuji Hashimoto<sup>†3</sup>, Noriaki Sato<sup>†3</sup>  
<sup>†1</sup> Graduate School of Engineering Science, Akita University  
<sup>†2</sup> Center for Information Technology and Management, Akita University  
<sup>†3</sup> Logizard Co., Ltd.



(a) 倉庫レイアウト A (総棚数 1368)



(b) 倉庫レイアウト B (総棚数 366)  
図 1. 倉庫レイアウト A および B

表 1. 実験環境

OS	Windows 10 Pro 64bit
CPU	Intel® Core(TM) i7-8700 @3.20GHz
RAM	32.0GB
開発環境	Unity®

出結果を表 2~5 にそれぞれ示す。なお、表 2~5 中の色付きで示した結果は、比較手法 1 から導出された最短経路と巡回距離が一致した結果を示している。P1~P10 のすべての巡回パターンにおいて、提案手法は最短経路を導出可能である結果を得た。比較手法 1 との巡回距離が一致しなかった場合においては、P3 の誤差が 1.69%、P5 の誤差が 8.19%、P10 の誤差が 2.47%という結果を得た。また、比較手法 2 では、P1 および P7~P10 における最短経路の導出に失敗している。これは、比較手法 2 は巡回点における 2 点間距離の算出にユークリッド距離を用いているためであり、障害物を考慮することが不可能であることを示唆している。さらに、各手法の処理時間を表 6 に示す。P5 および P10 の処理時間に着目すると、全数探索を巡回経路の探索に用いた比較手法 1 では、顕著な処理時間の増加が認められる。一方、提案手法および比較手法 2 の処理時間は、巡回経路の探索に GA を用いているため、比較的小さい増加量に抑えられている。

以上の結果は、提案手法は比較手法とは異なり、障害物を考慮した効率的な巡回経路を実用時間内に導出可能であることを示唆している。

## 5. 今後の予定

今後は、実際の倉庫で提案手法の実証実験を行い、システムの有用性について評価を行う。

表 2. 巡回距離導出結果[m]  
(提案手法, 倉庫レイアウト A, P1-P5)

	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目
P1(8 点)	135.24	135.24	135.24	135.24	135.24
P2(9 点)	171.98	171.98	171.98	171.98	171.98
P3(10 点)	194.01	194.01	194.01	197.30	194.01
P4(11 点)	170.47	170.47	170.47	170.47	170.47
P5(12 点)	218.67	236.57	236.57	218.67	218.67

表 3. 巡回距離導出結果[m]  
(提案手法, 倉庫レイアウト B, P6-P10)

	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目
P6(8 点)	94.43	94.43	94.43	94.43	94.43
P7(9 点)	101.60	101.60	101.60	101.60	101.60
P8(10 点)	123.74	123.74	123.74	123.74	123.74
P9(11 点)	148.23	148.23	148.23	148.23	148.23
P10(12 点)	151.64	147.98	147.98	147.98	151.64

表 4. 巡回距離導出結果[m]  
(比較手法 2, 倉庫レイアウト A, P1-P5)

	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目
P1(8 点)	141.08	141.08	141.08	141.08	141.08
P2(9 点)	171.98	171.98	171.98	171.98	171.98
P3(10 点)	194.01	194.01	194.01	194.01	194.01
P4(11 点)	170.47	170.47	170.47	170.47	170.47
P5(12 点)	218.67	218.67	218.67	218.67	236.57

表 5. 巡回距離導出結果[m]  
(比較手法 2, 倉庫レイアウト B, P6-P10)

	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目
P6(8 点)	94.43	94.43	94.43	94.43	94.43
P7(9 点)	106.33	106.33	106.33	106.33	106.33
P8(10 点)	128.91	128.91	128.91	128.91	128.91
P9(11 点)	154.23	154.23	154.23	154.23	154.23
P10(12 点)	150.57	150.57	155.40	155.40	155.40

表 6. 各手法の処理時間[s]

	提案手法	比較手法 1	比較手法 2
P1(8 点)	53.67	73.64	18.69
P2(9 点)	79.94	144.53	23.75
P3(10 点)	126.11	250.87	26.10
P4(11 点)	116.29	550.09	24.36
P5(12 点)	193.90	4194.74	25.64
P6(8 点)	23.45	23.45	13.25
P7(9 点)	23.59	29.02	18.03
P8(10 点)	33.18	74.28	19.04
P9(11 点)	42.96	373.1	29.00
P10(12 点)	46.44	3621.61	30.12

## 参考文献

- [1] 波形: 物流効率化の新常識, PHP 研究所 (2008)
- [2] 白石 訳: 組合せ最適化の最新手法-基礎から工学応用まで, 丸善株式会社 (2002)
- [3] 触沢, 景山, 遠藤, 佐藤, 高橋: 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, 第 82 回情報処理学会全国大会, pp.243-244 (2020)