

リレーピッキングにおける作業指示書の作成に関する研究

周 超

指導教員 黒川 久幸 教授

1. はじめに

ネットショッピングの発達により、物流企業の荷受け量が増加している。この一方で、生産年齢人口の減少による労働力不足が顕在化しており、生産性の向上が喫緊の課題となっている。特に、ピッキングは配送センターの中で運用コストの 50% を占めると言われており、生産性の向上が重要となっている。

このネット通販事業の大きな特徴として、多くの商品を取り扱うことから配送センターにおける商品の保管には広いスペースが必要であり、そのためピッキング時の移動距離が長くなる傾向にある。そのためピッキングの生産性を向上させるために移動距離を短縮する対策の一つとして、作業エリアを複数のエリアに分割し、各エリア内でピッキングを行い、次のエリアに作業を引き継ぐ、リレーピッキングの方法が考案されている。

そこで本研究では、このリレーピッキングを対象に配送センターにおける生産性を向上させるために、どのように作業指示を作成すれば良いのか検討するとともに、作業指示書を作成するためのプログラムを作成することを目的とする。

2. リレーピッキングのシミュレーション

2.1 リレーピッキング

図 1 にリレーピッキングにおける作業エリアのイメージ図を示す。ピッキングは、図 2 に示す作業工程にしたがって作業が行われる。しかし、この方法には各エリアの作業時間が異なると、無駄な手待ちなどが生じて十分な生産性の向上を図れない問題がある。

そこで本研究では、この作業工程を模擬したシミュレータを作成し、各作業エリアから商品をピッキングするための作業指示書のもととなる各客先からのオーダーの組み合わせ方法について検討を行う。

具体的には、予めオーダーから作成された作業指示書に基づいて各作業エリアにおいてピッキングを行う際に係る作業時間を求め、全てのピッキ

ングが終わる時間と各作業エリアにおける作業指示書の処理の待ち時間等を求める。そして、望ましい作業指示書の作成方法について検討を行う。

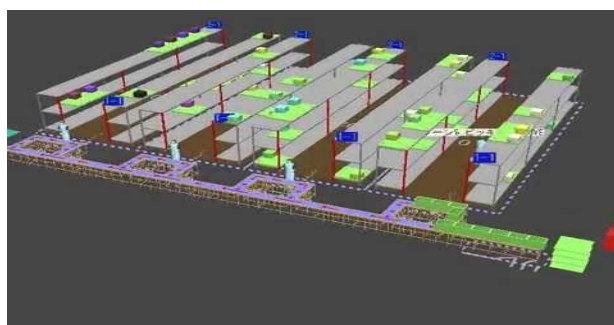


図 1 リレーピッキングの作業エリア

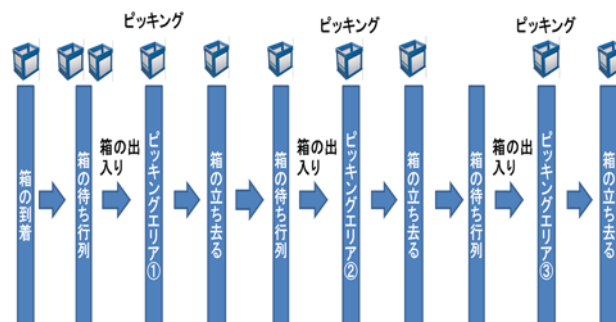


図 2 リレーピッキングにおける作業の流れ

2.2 作業エリアにおける作業時間の感動分析

図 3 に各作業エリアにおけるピッキングに係る作業時間の平均値が異なる場合の例を示す。図は作業エリア 2 が他と異なり作業時間が長い場合である。図より、処理能力が劣るボトルネック工程となっている作業エリア 2 において作業指示書の処理の待ち時間が増大していることがわかる。そして、作業エリア 3 は無駄な手待ちが発生しており、全体の作業効率が低下している。

次に、手待ちが発生しないように事前に各作業エリアの前に処理待ちの作業指示書を用意しておいた場合の稼働率の結果を図 4 に示す。この図は、

作業エリア 2 までの作業がしばらく経過してから作業エリア 3 におけるピッキングを行った場合の作業エリア 3 における稼働率である。予め作業指示書を用意しておくことで、無駄な手待ちが発生していないことがわかる。

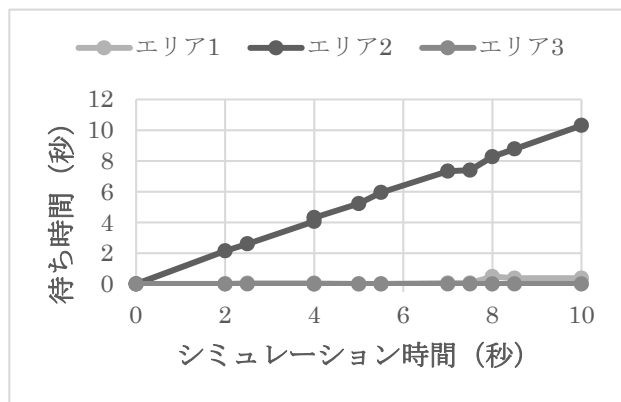


図 3 各作業エリアにおける処理の待ち時間

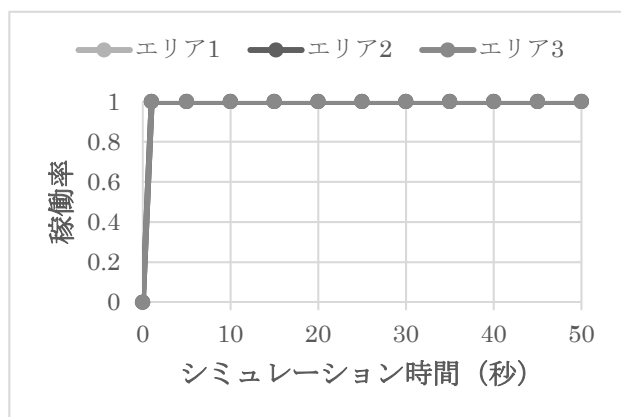


図 4 作業エリア 3 における稼働率

2.3 対策のまとめ

リレーピッキングを模擬したシミュレータを構築し、これを用いた検討から次のことがわかった。

- ・ 各エリアの作業時間が等しくなるように作業指示書の組み合わせを作成すると良いということがわかった。(手待ちの削減)
- ・ 各エリアにおいて無駄な手待ちが起きないように、前工程となるエリアの作業が少し終わってから作業をはじめると良いということがわかった。(各エリアの稼働率の向上)

以上のことを踏まえて、本研究では遺伝的アルゴリズムによって、注文データから望ましい作業指示書を作成するプログラムを作成する。

3. 注文データを用いた作業時間の推計及び作業指示書の作成方法

3.1 作業時間の定式化

ピッキング作業は、大きく移動、探索、取り出しの 3 つの作業に分かれている。そこで、柯ら⁽⁵⁾の研究をもとに、各作業エリアにおけるピッキングの作業時間を次のように求めることとした。

ちなみにリレーピッキングにおける各作業エリアにおけるピッキング方式はオーダー毎にピッキングする摘み取り方式となる。

摘み取り方式の作業時間の定式化

リレーピッキングにおける作業エリア n のオーダー i の作業時間を式(1)に示す。

$$TSN_{ni} = GT_{ni} + TS_{ni} + TT_{ni} \quad \text{----- (1)}$$

TSN_{ni} : エリア n のオーダー i の作業時間 [秒]

GT_{ni} : エリア n のオーダー i の取り出し時間 [秒]

TS_{ni} : エリア n のオーダー i の探索時間 [秒]

TT_{ni} : エリア n のオーダー i の移動時間 [秒]

$$GT_{ni} = C1 \times EQ_{ni} \quad \text{----- (2)}$$

$C1$: 取り出し係数 [秒/個]

EQ_{ni} : エリア n のオーダー i の注文先別の注文数量 [個]

$$TS_{ni} = C2 \times EN_{ni} \quad \text{----- (3)}$$

$C2$: 探索係数 [秒/種 (行)]

EN_{ni} : エリア n のオーダー i の注文先別の商品種類数 [種]

$$TT_{ni} = C3 \times (D1 \times 1 + D2 \times (EN_{ni} - 1)) \quad \text{----- (4)}$$

$C3$: 移動係数 (移動速度の逆数) [秒/m]

$D1$: 全てのピッキングにおける往復の平均移動距離 [m]

$D2$: 全てのピッキングにおける商品間の平均移動距離 [m]

したがって、オーダー i のエリア別のピッキングの作業時間は次のように定式化できる。

$$T_{ni} = C_1 \times EQ_{ni} + C_2 \times EN_{ni} + C_3 \times (D_1 \times 1 + D_2 \times (EN_{ni} - 1)) \quad \text{----- (5)}$$

3.2 作業指示書の作成方法

リレーピッキングのシミュレーションから作業指示書を作成するためのオーダーの組み合わせとして、各作業エリアの作業時間が等しくなるよう

に組み合わせるのが望ましいことがわかった。そこで、各作業エリアの作業時間の標準偏差が小さくなるようにオーダーの組み合わせを最適化することとする。なお、オーダーの一つの組み合わせをバッチと表現することとし、作業指示書は複数のバッチから構成される。

式(6)にバッチ k の場合の作業エリアにおける作業時間の分散を示す。

$$\delta_k^2 = \frac{1}{N} \sum_n (T_{nk} - \bar{X}_k)^2 \quad k = (1, 2, \dots, K) \quad \text{--- (6)}$$

δ_k^2 : バッチ k における作業時間の標準偏差

T_{nk} : バッチ k のエリア n における作業時間

\bar{X}_k : バッチ k の平均作業時間

N : エリアの数

$$T_{nk} = \sum_i T_{ni} \times P_{ik} \quad k = (1, 2, \dots, K), \quad n = (1, 2, \dots, N) \quad \text{--- (7)}$$

T_{ni} : オーダー i のエリア n における作業時間

P_{ik} : バッチ k においてオーダー i のピックアップを行う判別関数 (0 or 1)

$$\bar{X}_k = \frac{1}{N} \sum_n T_{nk} \quad k = (1, 2, \dots, K) \quad \text{--- (8)}$$

以上のことから目的関数は、式(9)となる。

$$\text{MIN} \quad \sum_{k=1}^K \delta_k^2 \quad \text{--- (9)}$$

K : バッチの数

(制約条件)

$$\sum_k P_{ik} = 1 \quad i = (1, 2, \dots, I) \quad \text{--- (10)}$$

$$\sum_i P_{ik} \leq 3 \quad k = (1, 2, \dots, K) \quad \text{--- (11)}$$

※ピックアップの際に使用する台車等のサイズによって 1 バッチのオーダー数が異なる。ここでは、3 として後の検討を進める。

4. 遺伝的アルゴリズムを用いた作業指示書の作成

4.1 遺伝的アルゴリズム

遺伝的アルゴリズムはデータ (解の候補) を遺伝子で表現した「個体」を複数用意し、適応度の高い個体を優先的に選択して交叉 (組み換え)・突然変異などの操作を繰り返しながら解を探索する。本研究は、図 5 のように遺伝的アルゴリズムを用いて最適なオーダーの組み合わせを解く。

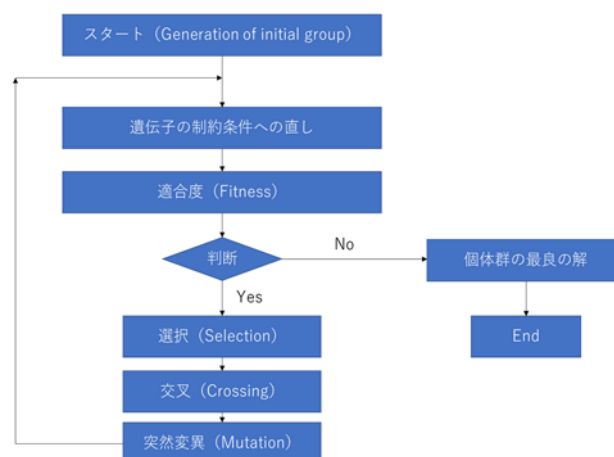


図 5 遺伝的アルゴリズムの流れ

4.2 遺伝子の表現方法と設定値

遺伝子の表現方法によって組合せ最適化問題などのさまざまな問題に適用することができる。本研究では、作業指示書の各バッチにおけるオーダーの組み合わせを次のように表現する。

例えば、11222 という遺伝子コードでは、遺伝子一つ一つがオーダーを表し、1 や 2 といった値がバッチを表す。つまり、オーダー 1 と 2 をバッチ 1 とし、オーダー 3、4、5 をバッチ 2 とすることを表している。また、遺伝的アルゴリズムで用いる設定値を表 2 に示す。

表 2 設定値

| 記号 | 係数の値 |
|------|------|
| 代数 | 1000 |
| 選択確率 | 0.6 |
| 変異確率 | 0.1 |

5. 作業指示書の検証及び考察

5.1 注文データ及び作業時間の係数

まず、遺伝的アルゴリズムを用いた作業指示書の作成についてその妥当性を検証するために、無作為にオーダーの組み合わせを作成し、作業指示書を作成した場合と遺伝的アルゴリズムを用いた場合の比較を行う。なお、検証のために用いる注文データは、電子部品の卸販売を行う配送センターの 1 日分の注文データで、注文先数が 420 件、注文行数が 1085 行のデータである。

また、第 3 章に示した作業エリアにおける作業時間を推計するために用いた係数を表 1 に示す。

5.2 作業指示書の作成に関する検証

遺伝的アルゴリズムを用いて作業指示書を作成した場合と無作為に作成した場合の結果を図 6 と

図 7 に示す。2 つの図より、遺伝的アルゴリズムを用いた場合の方が、処理の待ち時間が短くなっていることがわかる。これにより、遺伝的アルゴリズムを用いた場合の生産性が高くなっており、有効であることがわかった。

5.3 作業指示書の作成に関する特徴

遺伝的アルゴリズムを用いた作業指示書の各バッチの調べた結果、次のことがわかった。

- (1) 各作業エリアの作業時間が同程度のオーダーを組み合わせてバッチを構成する傾向にある。
- (2) また、(1) とは異なり、各作業エリアの作業時間の大小関係が異なるオーダーを組み合わせて、バッチ内の各作業エリアの作業時間が同程度となるようにオーダーを組み合わせてバッチを構成する傾向にある。

6. おわりに

本研究では、リレーピッキングを対象に生産性を向上するための作業指示書の作成方法について検討を行った。その結果、リレーピッキングのシミュレーションから各作業エリアの作業時間が等しくなるように作業指示書を作成することが望ましいことを明らかにするとともに、遺伝的アルゴリズムを用いた作業指示書の作成プログラムを構築した。

参考文献

- (1) 経済産業省「電子商取引に関する市場調査の結果を取りまとめました～国内 BtoC-EC 市場規模が 16.5 兆円に成長。国内 CtoC-EC 市場も拡大～」
- (2) 藤枝浩, 佐藤知一, 石井信明: 効率的なバッチピッキング(リレー方式)を行うための作業指示作成手法の提案, 日本オペレーションズ・リサーチ学会, 2006 年秋季研究発表会, pp. 212-213
- (3) Jason Chao-Hsien Pan, Ming-Hung Wu, A study of storage assignment problem for an order picking line in a pick-and-pass warehousing system, Computer&IndustrialEngineering57(2009), pp. 261-268
- (4) Rene B. M. de Koster, Tho Le-Duc, Nima Zaerpour, Determining the Number of Zones in a pick-and-sort Order Picking

System, International Journal of Production Research, Volume 50, 2012-issue3, pp. 757-771

- (5) 柯 晟劼, 趙 潔, 黒川 久幸, 麻生 敏正: 注文データに基づくピッキング方式の選定に関する研究, 日本物流学会誌, 2013 年第 21 号, pp. 151-158

表 1 作業時間の推計で設定した係数

| 記号 | 係数名 | 係数の値 |
|----|----------------------------|--------|
| C1 | 取り出し係数 [秒/個] | 2.000 |
| C2 | 探索係数 [秒/種 (行)] | 16.231 |
| C3 | 移動係数 (移動速度の逆数) [秒/m] | 0.776 |
| D1 | 全てのピッキングにおける往復の平均移動距離 [m] | 36.026 |
| D2 | 全てのピッキングにおける商品間の平均移動距離 [m] | 6.305 |

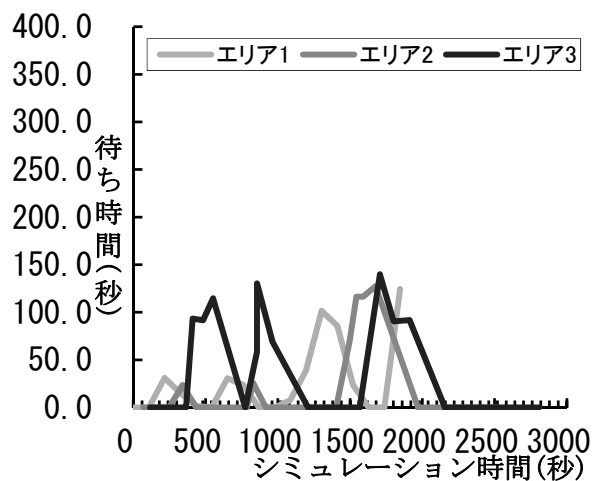


図 6 遺伝的アルゴリズムを用いた場合

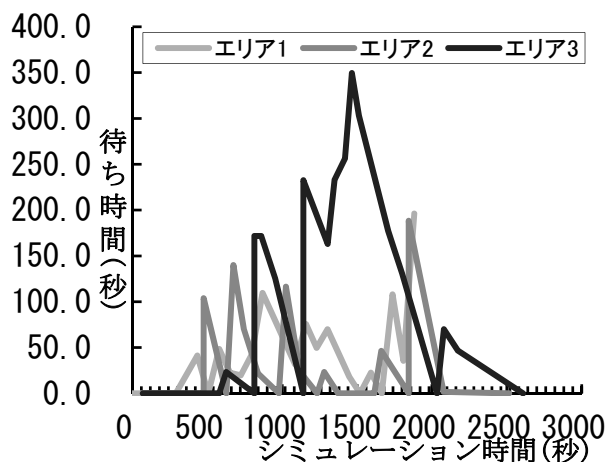


図 7 無作為に作業指示書を作成した場合