

ピッキング作業効率を考えたストアリングルールの提案

The proposal of the storing rule raising the efficiency of picking

小中 裕次郎*1 沼尾 正行*2 栗原 聡*2
Yujiro Konaka Masayuki Numao Satoshi Kurihara

*1大阪大学大学院情報科学研究科情報数理学専攻

Department of Information and Physical Sciences, Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University

*2大阪大学産業科学研究所

The Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University

With increase of an Internet usage rate, more people use online shops. All goods are managed in a distribution center, and many of work are the picking work that workers collect goods according to a check. This work is still performed by people's hand in many distribution centers, so it is needed that the worker picks goods efficiency by a brief model. In this research, we improve the algorithm that hot goods are collected naturally in storing in the time of delivery of goods.

1. はじめに

インターネットを通じてネット販売を行う企業の多くは、店舗を持たずオンライン上で取引を行う形式を採用している。商品は物流センターにて集中的に管理され、消費者からの注文はすべて物流拠点(倉庫)に集約される。商品を集める作業は「ピッキング」と呼ばれ、その作業員を「ピッカー」と呼ぶ。そして棚に商品を陳列する作業は「ストアリング」と呼ばれ、その作業員は「ストア」と呼ばれる。規模の大きな一部業者では、そのほとんどの作業がロボット等により自動化されているのであるが、中小規模の業者においては、人手にて作業が行われているのが現状である。物流拠点には一日に膨大な注文が押し寄せることから、いかに効率的にピッキング作業を行う事が出来るかが、物流センターの効率化にとっての最重要課題である。

近年における、多品種少量の商品を扱う物流拠点における商品の管理方法としては、ランダムに商品を配置するフリーロケーションが主流となっている。フリーロケーション方式では空いているロケーションに自由に商品を配置することから、どこに置くかといった、ロケーションの割り当てを考慮する必要がなく、必要在庫量に変化して容易に適應することができる。とはいえ、フリーロケーション方式においても、売れ筋商品をピッカーの入り口の近くに集約できればさらに効果的である。商品にある程度精通しているストアならば、ストアリングの際に商品を区別して陳列することも可能であるが、現実の物流センターでは商品に詳しくない非正規のストアも多く雇用されており、熟練ストアのように効率的に配慮を行うことは難しい。そもそも、商品の売れ方自体動的に変化するものであり、常に様々な新商品が登場する状況において、複雑なストアリングルールは現場を混乱させるだけであり、よる簡潔なルールが求められている。

そこで本論では簡潔なストアリングルールによって、回転の速い商品が自然とお互いに近くにまとまるアルゴリズムの提案を目指す。棚に商品を補充するストアの動きに着目し、ストア

の動きのモデル化を通じた効率的なピッキングを可能にするアルゴリズムの創出を行う。その際、厳密な最適解ではなく、簡潔で現場の作業員が容易に実施できるルールの提案を目的とする。今回は遺伝的アルゴリズム(GA)を用い、簡潔なルールを導き出すためのコーディングを模索するとともに、GAにて得られた解から目的とする簡潔なルールの抽出を行った。

2. 関連研究

坂本らは作業員が商品を集めるために用いる伝票の最適化を行うことで作業の効率化を目指している[4]。また、高橋らはエネルギー基準のバッチを作成し、エネルギー基準のスケジューリング方法を提案し、スケジューリングがなされた伝票に緊急割り込みオーダーが投入された時の投入法とその結果に基づく再スケジューリング法を提案している[5]。

またピッキング機器の違いによる作業効率やストアリング方法の違いによる工場の効率性をシミュレーションする研究[2]では、設備の配置などを変化させることで、その工場の効率化を図っている。

その他、ピッカーの移動距離を少なくすることで作業の効率を上げる研究も行われている。その一つに遺伝的アルゴリズムを用いた効率的な巡回ルート探索手法の開発に関する研究[6]がある。また Jacques らは、あるスナック会社の倉庫を参考に、ストアリングの方法の違いによる作業効率の度合いや、ピッキング経路の最適化を図っている[1]。その他、ピッカーが頭にピッキングを補助する機械を装着する事でピッキング作業を円滑に進める研究[3]も行われている。

上記、これらの研究では、作業員がそれぞれ携帯端末を携帯して操作する必要や、移動経路の最適化により効率化を目指している。これに対し、本研究では、携帯端末を必要とせず、回転の速い商品をピッカーの出発地点近傍にまとめてピッキングに要する移動距離を減少させることでの、ピッキングの効率化を目指す。

3. 倉庫シミュレーション環境

3.1 シミュレーションの流れ

図1は本研究における、物流センター内で商品を保管する商品棚をモデル化した概略図である。本研究では一つの棚に着

連絡先: 栗原 聡, 大阪大学産業科学研究所, 〒567-0047 大阪府茨木市美穂ヶ丘 8-1, Tel(Fax):06-6879-8427(8428), E-mail:kurihara@sanken.osaka-u.ac.jp

目してコストの削減を図る。棚は一次元のセルで表され、それ

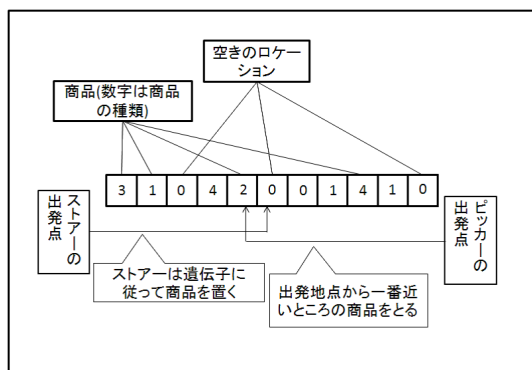


図 1: ピッキングとストアリングの概略図

ぞれマスが一つのロケーションを表す。一つのロケーションは1つの商品のみを置くことができ、ピッキングされるとそのロケーションは空きとなる。商品は1以上の整数で表現され、0は空きのロケーションを表す。棚番号はピッカーの出発点から1,2,3,...,sとする。

シミュレータの初期化に際してはまず、GAにおける、商品をストアリングする際のルールがコーディングされた遺伝子の生成と商品の棚への設定を行う。遺伝子と商品棚が生成されると。ピッキングとストアリングを交互に規定回数繰り返す。ピッカーの出発点を右側、ストアの出発点を左側とし、ピッキングとストアリングは交互に行われる。そのため空きロケーション数は常に一定である。ピッキングアイテムは指定された確率に従って選ばれ、ピッカーはそのピッキングアイテムを棚からピッキングする。複数の棚にその商品が存在する場合は、ピッカー出発点により近い商品を選択する。

ピッキングと交互に実行されるストアリングにおいては、ストアは直前のピッキングにおいてピッキングされた商品を補充することから、その商品のストアリングを行う。その際、ストアは遺伝子に従って棚に商品を補充する。

本研究で用いる遺伝的アルゴリズムではピッキングに要する移動距離を評価値とする。ピッキングの移動距離は、出発点からその商品までのロケーション数とし、1つの遺伝子にて、一連のピッキングとストアリングを繰り返した時点でのピッカーの総移動距離がその遺伝子の評価値となる。総移動距離が低いほど評価値の高い遺伝子を意味する。

4. 遺伝子の設計

以下、4種類の遺伝子に基づくストアリングルールを検討し、それぞれの遺伝子における最適解を求め、それらから簡潔なストアリングルールの抽出を試みる。

模倣ルール 模倣ルールは実際に現場の動きを模倣したアルゴリズムである。染色体の長さはストアリングを行う回数に相当し、1番目の遺伝子は最初のストアリングにて利用され、2番目の遺伝子は2回目のストアリングに利用されるという要領にてストアリングとピッキングが交互に実行される。染色体における個々の遺伝子は、商品をストアリングする際の空きロケーションの位置を示している。具体的には左側からの空きロケーション数に対応しており、遺伝子が表す数字に従って、数字が表す空きロケーションにストアリングを行う。収束した際の、遺

伝子系列のパタンから目的とするストアリングルールの抽出を試みる。

提案ルール 1 このアルゴリズムでは、複数回ピッキングを行った後、一度に同回数商品をストアリングする。遺伝子は模倣ルールと同様の構成であり、ストアリングを行う空きロケーションの位置を表しているが、模倣ルールと異なり右側から数えたロケーション数とする。複数回ピッキングされた商品を、遺伝子が表す空きロケーションから順番にまとめて置いていく。この時、それぞれのロケーションに置かれる商品は、ピッキングで選ばれた商品をストアリングするが、ストアリングする際には、ピッキングされた順番ではなくランダムに置いていく。

提案ルール 2 このアルゴリズムも上記と同じく、遺伝子はストアリングを行う空きロケーションの位置を表すが、模倣ルールとストアリングルールが異なる。このアルゴリズムでは商品がピッキングされたロケーションを始点として、そこから遺伝子の数、左側にある空きロケーションにストアリングを行う。なお、棚の左端を超えた場合は、商品は先頭の空きロケーションにストアリングされる。

提案ルール 3 このルールにおける染色体は上記3種類と異なり、各遺伝子はそれぞれ対応する棚ごとのストアリングルールを示す。ピッキングされたロケーションの遺伝子を n とすれば、そのロケーションを始点として左に n 番目の空きロケーションに商品をストアリングする。境界を超えた場合、商品は先頭の空きロケーションにストアリングされる。遺伝子は棚と同数生成され、ピッキングとストアリングは指定された回数行う。よって染色体の長さは棚の長さとなる。

5. 実験結果

5.1 実験 1

実験では模倣ルールから提案ルール 3 までの 4 種類のアルゴリズムに加え、最も簡単な「常にピッカー出発地点に最も近い空きロケーションにストアリングを行う方法(直近法とする)の、5種類のストアリング法のコスト平均値と最小値を求めた。実験パラメータは表 1 のとおりである。染色体の長さは

遺伝子個体数	3000
ピッキング, スタリング回数	3000
試行世代数	2000
突然変異率	1/300.0
棚の長さ(ロケーションの数)	100

表 1: 実験での共通パラメータ

模倣ルールと提案ルール 2 では 3000、提案ルール 1 では 1000、提案ルール 3 では 100(棚の長さに等しい)となっている。提案ルール 1 では 3 回連続してピッキングを行った後、3つの商品を同時にストアリングする。それ以外のルールは交互にピッキングとストアリングを行う。今回の実験では 3 種類の設定に対してそれぞれシミュレーションを実行した。

条件 1 空きロケーション数 8, アイテム 80 種類

条件 2 空きロケーション数 17, アイテム 60 種類

条件 3 空きロケーション数 26, アイテム 60 種類

空きロケーション数が n の場合、実験ではまずピッキングから開始されることから、実験中の最大空きロケーションは $n + 1$ となる。したがって各遺伝子の値は $1 \sim n + 1$ となる。ピッキングアイテムは式 1 のパレート分布に準じ、 $X_i = 0.1, X_i = 0.5, X_i = 0.9$ の 3 つのケースにてそれぞれ実験した。

$$Item = ((M^{-X_i} - m^{-X_i}) * rnd + m^{-X_i})^{1/X_i} \quad (1)$$

実験結果から模倣ルール、提案ルール 1、提案ルール 2 のアルゴリズムのコストはその他の手法に比べてかなり高い数値となってしまう。これは染色体が長く、収束せずに解が発散してしまったものと考えられるが、2 種類のルールが多く存在することが分かった。

5.2 実験 2

5.2.1 実験内容

そこで、以降の実験からは遺伝子を実験 1 にて得られた 2 種類に限定して実験を行うこととした。最小遺伝子である 1 と、最大遺伝子である。最大遺伝子は条件 1 の時は 9、条件 2 の時は 18、条件 3 の時は 27 となっている。

最大遺伝子の場合、模倣ルールと提案ルール 1 では、ピッカー入り口に最も近いロケーションに商品がストアリングされる。最も大きい遺伝子を仮に A とすると、提案ルール 2 と提案ルール 3 ではピッキングされたロケーションから後ろに A 番目のロケーションにストアリングされることになる。しかし最も大きい遺伝子の場合、後ろ側に置きことができず必ずあふれてしまうので、どのロケーションでピッキングされても、移動ルールに従って必ず先頭にストアリングされることになる。従って、最大遺伝子の場合、いずれにルールにおいても「先頭にストアリングされること」を意味する。

遺伝子が 1 の場合、模倣ルールでは最後尾に商品がストアリングされる。提案ルール 1 では同時に複数の商品をストアリングするので、最後にストアリングする商品が一番後ろにストアリングされるようになる。提案ルール 2 と提案ルール 3 では、ピッキングされたロケーションから一つ後ろの空きロケーションにストアリングする。

実験では、この二つの遺伝子を用いて実験 1 と同様の実験を行い、遺伝子以外では実験 1 と同じパラメータで実験を行った。

5.2.2 実験結果

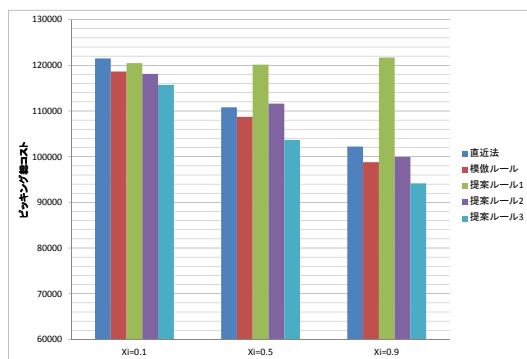


図 2: 条件 1, 各のルールでの分布別コスト平均値

図 2 から図 7 に結果を示す。条件 2 や条件 3 のように空きロケーションの数が多い場合、直近法と提案ルール 3 がほぼ同じ効率であることが分かった。他のストアリングルールでも遺伝子のすべてが先頭に置くのものもあり、ストアリング方法

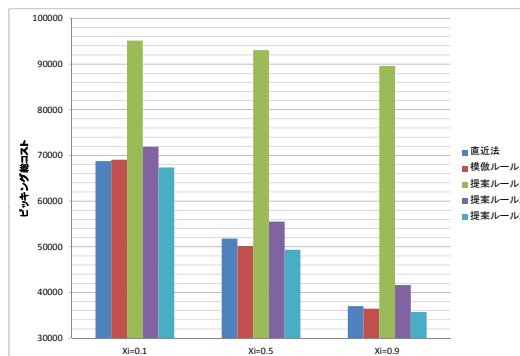


図 3: 条件 2, 各のルールでの分布別コスト平均値

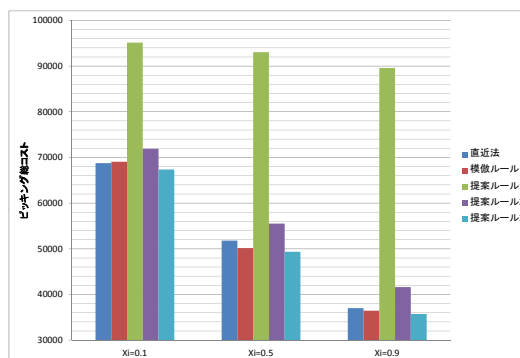


図 4: 条件 3, 各のルールでの分布別コスト平均値

が非常に単純であることから、空きロケーションが多い場合はピッカーの出発点の先頭にストアリングすることが最も効果的だと考えられる。提案ルール 2 の結果が模倣ルールに近いのも、遺伝子のほとんどが先頭に置く遺伝子であり、模倣ルールの場合とほとんど同じストアリングを行っているのが理由であると考えられる。

しかし空きロケーションが少ない場合に注目すると、興味深いことに提案ルール 3 の結果が良いことが分かる。

ここで、得られた遺伝子に注目する。ピッカー側の遺伝子は、図 8 のように遺伝子 9 が多く見られた。スーアー側のロケーションの多くでは、図 9 のように遺伝子 1 が移動ルールとして多く適応されるという特徴がみられた。少量存在する遺伝子 1 により際物商品が先頭に滞留せず、後ろに徐々に移動していることが考えられる。

スーアー側のロケーションでは遺伝子 1 が多く存在するため、ピッキング後に後ろ側に商品が移動することになる。そのため、売れ筋商品では、ピッキング頻度が高いため移動が速く、一番端まで移動し先頭に置かれやすく、結果、ピッカー側にストアリングされることが予想される。また、際物商品では、ピッキングの頻度が少ないため移動する機会が少なく、先頭にストアリングされにくい事が考えられる。提案ルール 3 を用いた最適解が直近法に比べ高い効率性が得られたのも、上記のような特徴が理由であることが考えられる。そして、現実においては、空きロケーション数が少ない方がより空間を有効利用できることからルール 3 は極めて興味深いものである。

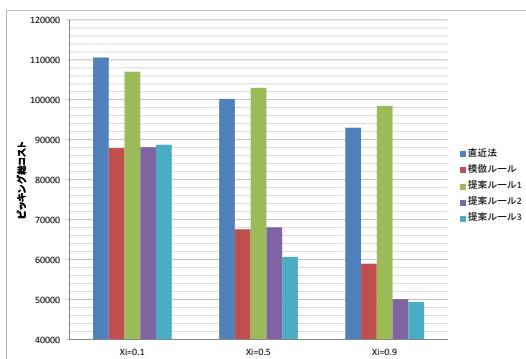


図 5: 条件 1, 各のルールでの分布別コスト最小値

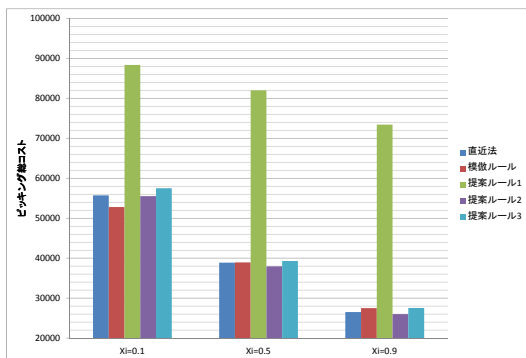


図 6: 条件 2, 各のルールでの分布別コスト最小値

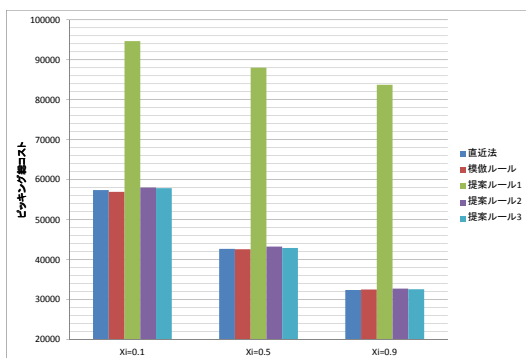


図 7: 条件 3, 各のルールでの分布別コスト最小値

ピッカーに近い棚
-9-9-1-9-1-9-9-1-9-1-9-9-9-1
特徴: 遺伝子1が少ない

図 8: 条件 1, $X_i = 0.5$ でのピッカー側の遺伝子の様子

ストア側に近い(ピッカーから遠い)棚
1-9-1-9-1-1-1-9-1-9-1-1-1-9-9-1-
特徴: 遺伝子1が多い

図 9: 条件 1, $X_i = 0.5$ でのストア側の遺伝子の様子

6. まとめ

本論では物流センターのピッキング作業の効率を上げるために、ストアリング時のストアの行動をコントロールすることで、自然とピッカーの入り口に売れ筋商品が集まり、ピッカーの移動距離の短縮させるようなストアリングルールの提案を行った。4つのストアリングルールの内、ピッカーに近い棚ではピッキングされた商品をなるべく先頭にストアリングさせながらも、いくつかのロケーションでは一つ後ろの空きロケーションにストアリングさせ、ピッカー側に遠い棚では、なるべく一つ後ろにストアリングさせるルールが効果的であることが分かった。これにより、売れ筋商品を先頭に、実際商品を後方に移動できることが期待される。

現場での適用を考えるならば、例えば、棚の一部に札を置き、そこで取られた商品は後ろに置くように指示させるルールや、ピッカー側の棚で作業するストアとピッカーに遠いところで作業するストアに分け、入り口に近いピッカーは一定時間だけ一つ後ろにストアリングさせるルールなどが考えられる。

参考文献

- [1] Jacques Renaud, Angel Ruiz: Improving Product Location and Order Picking Activities in a Distribution Centre, *Journal of the Operational Research Society*, pp. 1603-1613, (2008)
- [2] Jean Philippe Gagliardi: A Simulation Model to Improve Warehouse Operation, *Proceedings of 2007 Winter Simulation Conference*, pp. 2012-2018, (2007)
- [3] Kimberly A. Weaver, Hannes Baumann, Thad Starner, Hendrick IbenMichael Lawo: An Empirical Task Analysis of Warehouse Order Picking Using Head-Mounted Displays, *ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1695-1704, (2010)
- [4] 坂本 延寛, 鈴木 育男, 山本 雅人, 古川 正志, 渡辺 美知子: 物流センターにおける商品配置を考慮した伝票割当手法の提案, *精密工学会春季大会学術講演会講演論文集*, pp. 319-320, (2010)
- [5] 高橋麻希子, 渡辺 美知子, 鈴木 育男, 山本 雅人, 古川 正志: オーダーピッキングの割り込みによる再スケジュールについて, *精密工学会春季大会学術講演会講演論文集*, pp. 542-543, (2009)
- [6] 高橋 毅, 安東 由紀, 西田 眞, 遠藤 八郎: GAを用いた多品少量物流倉庫におけるピッキング経路の自動検出に関する検討, *26th Fuzzy System Symposium*, pp. 473-478, (2010)