

## 要 旨

物流センターにおけるオーダーピッキングの、エネルギー基準による最適バッチの作成方法を提案する。短い走行距離、かつバッチ内のオーダーアイテムの重量が均一になるバッチを作成するために、局所クラスタリング組織化法(Local Clustering Organization, LCO)を適用し、そのシミュレーション結果を報告する。

## 1. はじめに

近年、インターネットやカタログ販売の増加により多種多様な商品を取り扱うようになり、納期も厳密になったため、物流コスト削減のために物流センターを設置する企業が増加している。大規模な物流センターでは作業者がオーダーに従い、商品を集めて廻るのが一般的である。しかし、作業者によるオーダーピッキング作業は、どのような順番で商品を集めて廻るかといった経験による作業効率の差が生じ、総作業時間が増加してしまう点や、作業者による作業量の差が出てしまう点で問題がある<sup>1)</sup>。

そこで、本研究では、短時間で作業を終わらせるために、エネルギー基準のバッチを作成する方法を提案する。ここで、バッチとは、1カートで集めるオーダーの集合である。物流センターでは、作業者は1度に1バッチに含まれる伝票に書かれてある商品を集めて廻る。今回は、バッチをオーダー内の走行距離をできるだけ短く、かつバッチの重量が均一になるように作成し、問題の解決にはLCO<sup>2)</sup>を適用する。

## 2. 物流センター配送問題

物流センターは、多品種・大量の商品の在庫保管、仕分け、配送、流通加工などの機能を持ち、顧客への納期の厳守と物流コストを下げる二つの役割がある。

物流センターにおける物流コストの削減を行うために考慮する問題には、集配経路決定問題、伝票割り当て問題、商品保管問題、トラック集荷レイアウト問題、配送経路最小化問題等があげられる。ここでは、集配経路決定問題と伝票割り当て問題をとりあげる。

## 2.1 集配経路決定問題

商品名、注文数量、納期等が記載されたオーダーにより注文された商品を、倉庫内に格納してあるそれぞれの棚から作業者が必要数量分集めて廻ることをピッキング(集配作業)と呼ぶ。近年の大規模な物流センターではコンピュータに支援されたナビゲーション・カートを使用

して、作業者がカートに割り当てられた伝票に従い、注文された商品を集めて廻るのが一般的である。

本問題は、以下の様に定式化される。

今、オーダーの集合を  $D = \{d_i, i=1,2,\dots,n\}$ 、 $d_i = [d_{ij}]$  とする。ここで、

$$d_{ij} = \begin{cases} 1: \text{注文 } i \text{ に製品 } j \text{ が含まれている} \\ 0: \text{その他} \end{cases}$$

とする。  $K$  個のバッチが作られるとすると、

$$\sum_k x_{ik} = 1, \quad (i=1,2,\dots,n) \quad (1)$$

$$x_{ik} = \begin{cases} 1: \text{注文 } i \text{ が } k \text{ 番目のバッチに割り当てられる} \\ 0: \text{その他} \end{cases}$$

$$\sum_i x_{ik} = n_k, \quad (k=1,2,\dots,K) \quad (2)$$

となる。ここで、 $n_k$  は  $k$  番目のバッチに割り当てられたオーダー  $d_i$  の総数とする。カートの重量を  $w_0$ 、オーダー  $d_i$  に含まれる製品から計算される  $d_i$  の重量を  $w_i$  とすると、各カートの重量  $C_k$  は、

$$C_k = w_0 + \sum_i w_i x_{ik} \quad (3)$$

となる。また、バッチ  $k$  の注文によって作成されるピッキング経路長を  $s_k$  とすると、各カートの走行に要するエネルギーは  $C_k s_k$  となるから、全ピッキングにおける必要エネルギーは、

$$E = \sum_k C_k s_k \quad (4)$$

となる。従って、本問題は、

$$\underset{k, x_{ik}, s_k}{\text{minimize}} \quad E = \sum_k C_k s_k$$

subject to (1), (2), and (3)

となる。すなわち、エネルギーを最小とするような、バッチ数  $K$ 、そのときのバッチに割り当てられた注文、および、そのときのピッキング経路を定める問題となる。

## 2.2 伝票割り当て問題

複数の集配カートに伝票を割り当てることは前述のバッチの作成となる。現状では、注文をある一定時間ごとに区切り、その時間までに発生した注文を最初に各作

業者に割り当てる First-In-First-Service(FIFS)が採用されている。

### 3. 問題設定

本研究では、2 節であげた問題を解決するために、以下のようなアルゴリズムを提案する。棚間を移動する際の最短経路  $s_k$  を求めるために LCO を採用する。そのときの LCO で使用する棚間コスト(距離)の計算にはダイクストラ(Dijkstra)法<sup>3)</sup>を採用する。バッチの作成は、以下のように実施する。

- (1) オーダーを読み込む。
- (2) オーダーを一定重量  $W$  以下になるようにバッティングする。
- (3)  $N_0$  回、バッチ数が少なくなるように LCO でクラスタリングする。
- (4) バッチ内のオーダーで、走行距離が最短になるように LCO でクラスタリングする。
- (5) バッチごとのエネルギーを式(4)で計算し、総エネルギーを計算する。
- (6) 現在のオーダーの並びを変更し、再度バッティングし、(a)式でバッチの総エネルギーを算出する。  
 $E_{old} > E_{new}$  ならば新しいバッティングを採用する。
- (7) 終了条件が満たされれば終了する。さもなければ、(3)へ戻る。

### 4. エージェントの LCO による経路決定

エージェントが指定された棚間(2 ノード間)を移動する時には、多くの経路とノードが存在するため、経路決定を直接 TSP として解くことは不可能である。このため、指定されたノード間の最短経路とそのコストを求めるためにダイクストラ法を導入した。ダイクストラ法のアルゴリズムは以下で示される。

- (1)  $l_s = 0$ ,  $l_j = \infty (j \neq i)$ ,  $i = s$ ,  $M = \{1, 2, \dots, n\} - \{s\}$  とする。
- (2)  $j \in M$  に対して  $l_j > l_i + a_{ij}$  ならば,  $l_j = l_i + a_{ij}$ ,  $p_j = i$  とする。ノード  $v_j$  にラベル  $(l_j, p_j)$  を付ける。ただし,  $a_{ij} < \infty$  とする。
- (3)  $\min_{j \in M} l_{j=j_0}$  を求め、ノード  $v_{j_0}$  にラベル  $(l_{j_0}, p_{j_0})$  を付ける。
- (4)  $M$  から  $j_0$  を取り除く。  $M = \emptyset$  ならば終了。そうでなければ  $j = j_0$  として(2)に戻る。

ここで、 $M$  は棚のノード番号である。 $v_j$  は棚の  $j$  ノードを示す。

ダイクストラ法で求めた 2 ノード間の経路コストをもとに、伝票で決定された棚の周回経路を LCO で決定する。LCO のアルゴリズムは以下に示される。

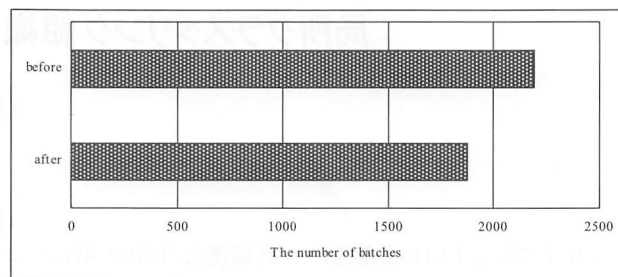


Fig. 1 Comparison of the number of the batches

- (1)  $n$  ノード間のそれぞれの経路コストを与える。
- (2)  $n$  ノードの都市間の一週経路をランダムに生成する。
- (3) ランダムに 1 ノード  $c$  を選ぶ。
- (4)  $c$  の近傍をクラスタリング方法で最適化する。
- (5) 打ち切り条件を満たした場合終了し、そうでなければ(3)に戻る。

クラスタリングの方法については、単純交換法(Simple Exchange Method, SEM), 逆位交換法(Inverse Exchange Method, IEM), 平滑法(Smoothing Method, SM)を採用する。

### 5. 数値計算実験

今回提案した手法の有効性を検証するために、オーダー数  $n = 7000$ , カートの重量  $w_0 = 20$ , 一定重量  $W = 50$  で、今回提案した手法の計算結果と、FIFS での計算結果を比較した。図 1 に、バッチ数の比較を示す。数値には、10 回実験を行った平均を用いている。なお、今回は、作業員 1 人につき 1 バッチを割り当てており、作業員の作業時間の均一化は考慮されていない。エネルギー基準のバッチを作成した結果、FIFS での結果より、約 14 パーセントのバッチ数の改善がみられた。

### 6. おわりに

本研究では、物流センターにおけるオーダーピッキングについて、エネルギー基準のバッチを作成する方法を提案した。5 節に示した通り、今回提案した手法の有効性が確認された。今後は、各バッチ内の経路決定時に、アイテム重量を考慮してピッキングする方法や、作業人数を考慮したバッティング方法、各バッチの仕事量の均一化をする手法を検証する予定である。

### 参考文献

- 1) 大規模物流センターにおけるピッキングナビゲーションシステムの開発, 宮脇 恵里, 三添 朗宏, 渡辺 美知子, 古川 正志 精密工学会学術講演会講演論文集, Vol. 2007A, (2007), 611-612
- 2) 古川正志, 渡辺美知子, 松村有祐, 局所クラスタリング組織化法による TSP の解法, 日本機械学会論文集 C 編, 71 巻, 711 号, 3189-3195 (2005)
- 3) 古川他; システム工学, コロナ社