

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

北海道大学大学院情報科学研究科 高橋 麻希子, 北見工業大学 渡辺 美知子
北海道大学大学院情報科学研究科 鈴木 育男, 山本 雅人, 古川 正志

A study on re-scheduling of order-picking turned by urgent interrupt orders

Hokkaido University Makiko TAKAHASHI, Kitami Institute of Technology Michiko WATANABE
Hokkaido University Ikuo SUZUKI, Masahito YAMAMOTO, Masashi FURUKAWA

We have proposed a new scheduling method on the order-picking problem in a logistic center based on local clustering organization (LCO). The purpose of the scheduling is to determine an efficient delivery plan for ordered products. This study focuses on the re-scheduling when urgent interrupt orders are requested. We propose a re-scheduling method how the urgent interrupt orders are assigned based on LCO as well. Moreover, the influence by urgent interrupt is examined by simulation experiments, and we prove the effectiveness of the proposed method.

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に, 物流コスト削減を目的とした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伝票の注文に従い, 商品を集めて回るのが一般的である. しかし, 作業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回るかを経験による作業効率の差が生じる. 従って, 総作業時間が増加してしまう点や, 作業による作業量の差が出てしまう点で問題がある.

これまで, 短時間に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し, エネルギー基準のスケジューリング方法を提案してきた¹⁾. これより, バッチ数の減少と, エネルギーの減少がみられ, 総作業時間の短縮が確認された.

本研究では, スケジューリングがなされたオーダーピッキング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方法を提案する. また, シミュレーション実験によって緊急割り込みによる影響を調べ, 提案手法の有効性を報告する.

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に焦点をあてる.

3. 従来の研究

これまで, 物流センター配送問題における集配経路決定問題と伝票割り当て問題を解決するために, エネルギー基準のバッチを作成する方法を提案してきた. 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回る. バッチは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され, 問題の解決には局所クラスタリング組織化法 (Local Clustering Organization, LCO)²⁾ を適用している.

しかしながら, これまでの研究では, バッチ数や作業人数の制限をつけず, 問題を簡略化している.

そこで, 今回は, 物流センターの作業時間を設定し, 必要な作業人数を求める. また, 緊急割り込みオーダーが発生した場合の, 伝票割り当て方法についてとりあげる.

4. 緊急割り込みオーダーのスケジューリング問題

物流センターの作業時間を T 時間とし, 作業開始より T_0 時間後に緊急オーダーが発生したとする. 緊急割り込みオーダーのスケジューリング問題には, 以下のようなものがある.

- (1) 緊急割り込みオーダーのみでバッチングし, T_0 以降に割り込ませる.
- (2) 緊急割り込みオーダーと, T_0 以降に残っているオーダーでバッチングする.
- (3) 緊急割り込みオーダーと, T_0 以降に残っているオーダーのうち, N_a 個のアイテムを含むオーダーでバッチングする.
- (4) T_0 より T_a 時間以内に緊急割り込みオーダーが終わるようにバッチングする.

(1) は, 最も簡単な問題であるが, 作業時間は最大となる. 本研究では, (1) の最大滞留時間を下限とし, (4) の問題について, その解法を提案する.

5. 提案方法

5.1 概要

以下に, 提案方法のアルゴリズムの概要を示す.

- (1) エネルギー基準に基づくバッチの作成を行う.
- (2) 滞留時間が T 時間以内になる作業者の人数を計算する.
- (3) 緊急割り込みオーダーのみでバッチングし, T_0 以降に割り込ませ, 滞留時間を調べる.
- (4) T_0 以降に残っているオーダーから, 緊急割り込みオーダーの α 倍を LCO でクラスタリングする.
- (5) T_0 から T_a 時間以内に緊急割り込みオーダーが含まれ, かつ, 全ての作業が T 時間以内に終了していれば, 終了する.

5.2 作業者の LCO による経路コストの設定

作業者が指定された棚間 (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³⁾ 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。

5.3 LCO による最短経路決定

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巡回経路を LCO で決定する。LCO のアルゴリズムは以下に示される。

- (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周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。

5.4 割り込み部分のスケジューリング

5.1 節のアルゴリズムのうち、緊急割り込みオーダーのクラスタリング方法を示す。

- (1) バッチの総数を K 個、 T_0 以降の先頭バッチ番号を k_{T_0} とする。緊急割り込みオーダーの数を n_a とする。
- (2) 緊急割り込みオーダーのみで、エネルギー基準でバッチングする。 U 個のバッチが作られたとすると、バッチの総数は $K + U$ 個になる。このときの全体の滞留時間を T_{max} とする。緊急割り込みオーダーが含まれるバッチのみの滞留時間を T_{amax} とする。
- (3) k_{T_0} 以降のバッチから、 $n_a \times \alpha$ オーダーが含まれるバッチを選択し、オーダーの並びを LCO でクラスタリングし、再バッチングする。このときの全体の滞留時間を T_u とする。緊急割り込みオーダーが含まれるバッチのみの滞留時間を T_{au} とする。
- (4) $T_{max} > T_u$ ならば、このバッチを採用し、 $T_{max} = T_u$ とする。 $T_{amax} = T_{au}$ とする。 α を更新する。
- (5) T_{max} に変化がみられなくなった場合、次へ進む。そうでなければ (3) へ戻る。
- (6) k_{T_0} 以降のバッチから、 $n_a \times \alpha$ オーダーが含まれるバッチを選択し、オーダーの並びを LCO でクラスタリングし、再バッチングする。このときの全体の滞留時間を T_u とする。緊急割り込みオーダーが含まれるバッチのみの滞留時間を T_{au} とする。
- (7) $T_{amax} > T_{au}$ ならば、このバッチを採用し、 $T_{amax} = T_{au}$ とする。 $T_{max} = T_u$ とする。 α を更新し、(6) へ戻る。
- (8) $T_{amax} \leq T_a$ かつ $T_{max} \leq T$ ならば終了する。

5.5 評価方法

この問題は、緊急割り込みオーダーが投入されてから特定時間以内に、緊急割り込みオーダーのピッキング作業が終われば良い。本問題を解決するために、 α を調節し、緊急割り込みオーダーのピッキング作業を特定時間内に終了し、かつ、物流センターの操業時間を超えないようにする。

6. 数値計算実験

提案方法の有効性を検証するため、実データを用い、実験を行った。実験条件を表 1 に示す。

図 1 は作業者数と倉庫内の滞留時間の変化のグラフである。エネルギー基準によるバッチングの結果、バッチは 1586 個で

Table 1 Experimental condition

Parameter	Value
Hour of operation of logistic center T [hour]	15
Number of orders n	7000
Number of urgent interrupt orders n_a	300
Weight of the cart w_0	20
Maximum of weight of a batch W	50
The speed of the cart [m/sec]	1
Picking time [m/sec]	3

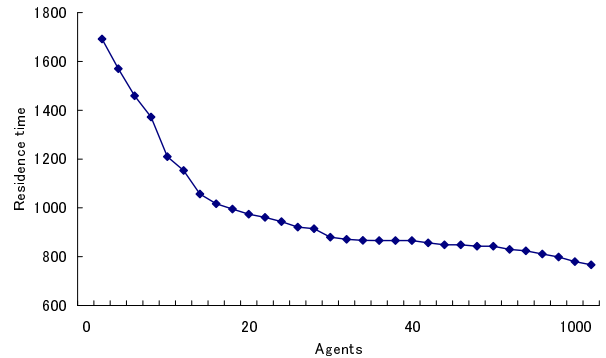


Fig. 1 Number of the agents and residence time

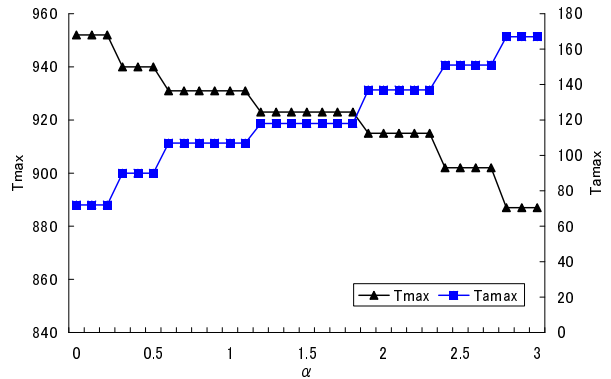


Fig. 2 α and residence time

きたため、最大作業者数は 1586 人となる。約 30 人までは作業者の増加に伴い、滞留時間が減少し、操業時間として設定した 15 時間以内に作業が終了する。今回の実験では、作業者数を 30 人とした。

図 2 は α と滞留時間の変化のグラフである。緊急オーダーのみでバッチングしたとき、 T_{max} は 952、 T_{amax} は 72 となった。 α が約 2.8 で、条件を満たすことが確認された。

7. おわりに

本研究では、大規模な物流センターにおけるオーダーピッキングについて、緊急割り込みオーダーが投入されたときの投入法と、その結果に基づく再スケジューリング方法を提案し、検証した。シミュレーション実験の結果、指定時間内に緊急割り込みオーダーのピッキングが終わるようにバッチングされ、かつ、操業時間内にオーダーピッキングを終えることができた。

しかしながら、緊急オーダーが膨大になった場合や、操業終了間際の緊急オーダーの投入があった場合では、条件を満たさなくなることが考えられるため、手法の更なる改良が必要である。

参考文献

- 1) 高橋麻希子, 鈴木育男, 山本雅人, 渡辺美知子, 古川正志: "エネルギー基準によるオーダーピッキングの最適バッチングの作成", 2008 年度精密工学会北海道支部学術講演会, pp.33-34, 2008.
- 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, pp3189-3195, 2005.
- 3) 古川他: "システム工学", コロナ社