

大規模物流センターの割り込みスケジューリングの研究

－割り込み時刻とオーダー数に応じたリアクティブスケジューリング－

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 interrupt scheduling of a logistic center - Re-active scheduling comply with the interrupt time and the number of the urgent interrupt order -

Hokkaido University Makiko TAKAHASHI, Kitami Institute of Technology Michiko WATANABE

Hokkaido University Ikuo SUZUKI, Masahito YAMAMOTO, Masashi FURUKAWA

In order to ship ordered products based on ordered papers within due days, it is requested to control the logistic center effectively. We have proposed a new scheduling method on the order-picking problem in a large-scale logistic center based on 'Local Clustering Organization (LCO)'. This paper propose a re-active scheduling method possible to treat pre-schedule interruption by urgent orders. Moreover, we prove the effectiveness of the proposed method through numerical experiments.

1. はじめに

近年, カタログ販売やインターネットショッピングの増加により, 多種多様な商品が取り扱われるようになり, 物流コストの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, 商品を集めて廻るのが一般的であり, これをオーダーピッキングと呼ぶ. 作業者は複数の伝票を一度にピッキングする. 一度に集める伝票の集合をバッチと呼ぶ. 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の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, 作業者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⁾. また, 既に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の割り込みオーダーが起こったときの割り込み方法と, その結果に基づく再スケジューリング方法を提案した²⁾³⁾.

本研究では, 緊急割り込みオーダーの割り込む時間と枚数から, 再バッチする方法を予め求めておき, リアクティブなスケジューリング方法に適用する手法を提案する.

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などがあげられる. 本研究では, 構内物流の問題である, 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. これまでの研究

大規模な物流センターの設置の歴史は浅く, 現状では発見的ルールベースによる問題解決が行われている. 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, 棚間の移動距離と, その時点でのカートにピッキングされているアイテムの重量の積でエネルギーを求め, ピッキングでの総エネルギーを最小化したバッチを作成する方法を提案してきた. バッチの作成や, 作業者の集配経

路の決定には, 局所クラスタリング組織化法 (Local Clustering Organization, LCO)⁴⁾ を適用している. ここで, バッチ処理は, 伝票割り当て問題に該当し, オーダーピッキングの最短経路を求める問題は, 配送経路決定問題に該当する. 提案した手法により, 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.

更に, 既に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場合の, 投入時間から指定時間内に緊急割り込みオーダーがピッキングされるように割り込む方法について研究を行っている. 緊急割り込みオーダーのみでバッチングし, 割り込ませると残業時間は最大となってしまう. そこで, 割り込み時間以降にまだピッキングされていないオーダーと混ぜてクラスタリングし, 再バッチングする手法を提案した. 提案手法により, 操業時間以内に作業を終了させ, かつ, 緊急オーダーが指定時間内にピッキングされることが確認された.

今回は, 提案手法を用いて割り込む時間や割り込むオーダーの枚数を基にリアクティブなスケジューリングをする方法を提案する.

4. 緊急割り込み発生時の再スケジューリング方法

本研究で取り扱う物流センターの条件を以下に示す.

- (1) 1日の始めに, 当日の操業時間で行われるオーダーピッキングのスケジュールが組まれている.
- (2) 緊急割り込みオーダーは, 不定時に投入され, 投入後, 指定された時間内にオーダーピッキングを終了させなければならない.

上記の前提で, 緊急割り込みオーダーが投入された時刻と緊急割り込みオーダーの数から, 緊急割り込みオーダーをどれだけの既存オーダーと混在させクラスタリングすれば良いかを求める. 当日の操業時間を T 時間とし, T_x ごとの x 個に分割し, 一定時間 $i \times T_x$ ごとに調査する. また, 緊急割り込みオーダーの数についても, 上限を N 枚とし, N_x ごとの x 個に分割し, $i \times N_x$ ごとに特徴を調べる.

4.1 提案手法

以下に, 提案方法のアルゴリズムの概要を示す. なお, $T_i = iT_x (i = 0, 1, \dots, x-1)$ とし, $N_i = iN_x (i = 0, 1, \dots, x-1)$ とする.

- (1) 1日に扱うオーダーについて、エネルギー基準に基づくバッチの作成を行う。 $i = 0, \alpha = 0.1$ とする。
- (2) 緊急割り込みオーダーの発生時刻を、 T_i から T_{i+1} の間でランダムに決定する。
- (3) 緊急割り込みオーダーの投入数を N_i から N_{i+1} の間でランダムに決定する。
- (4) 緊急割り込みオーダーのみでバッチングし、投入時間以降に割り込ませ、滞留時間を調べる。このときの滞留時間が最大滞留時間となる。緊急割り込みオーダーを含むバッチのみの滞留時間を T_{amax} とする。
- (5) 緊急割り込みオーダーの α 倍のオーダーを含む含まれるバッチを選択し、再バッチングする。このとき作られたバッチの滞留時間を T_a とする。
- (6) $T_{amax} > T_a$ ならばバッチを採用し、 $T_{amax} = T_a$ とする。そうでない場合、 α を $\alpha + 0.1$ と更新する。
- (7) T_{amax} が指定時間以下になるまで(4)へ戻り、繰り返す。
- (8) $i + 1$ し、(2)へ戻り、繰り返す。

5. リアクティブなスケジューリング方法

前項のアルゴリズムを用い、 T_0 から T_{x-1} の各々に対して、 N_0 から N_{x-1} の状態について α の平均値を求め、リアクティブなスケジューリングに用いる。

リアクティブなスケジューリング方法について、以下に示す。

- (1) ランダムに、緊急割り込みオーダーの割り込み時刻と枚数を決定する。
- (2) (1)の時刻と枚数の該当する T_i と N_i の状態の α を用いて、再バッチングする。
- (3) 指定時間内に緊急割り込みオーダーを含むバッチのオーダーピッキングが終了するか調べる。終了しない場合、 α を大きくし、再バッチングする。
- (4) 指定時間内に緊急割り込みオーダーを含むバッチのオーダーピッキングが終了する場合、終了する。

5.1 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指定時間以内に、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。緊急割り込みオーダーのピッキング作業を指定時間内に終了し、かつ、オーダーピッキングの総エネルギーを最小化する。

6. 数値計算実験

Table 1 Experimental condition

Parameter	Value
Hour of operation of logistic center T [hour]	15
Number of orders n	7000
Maximum number of an urgent interrupt order n_a	500
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 [sec]	3
Division number X	5
The maximum time to pick the urgent order [sec]	3

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。実験条件は表1の通りである。

T_0 から T_{x-1} の各々に対して、 N_0 から N_{x-1} の状態について α の平均値を求めた。数値を表2に、グラフを図1に示す。割り込む時間が遅くなる、もしくは枚数が増えるほど、 α の値が大きくなるのがわかる。今回の条件の場合だと、多

Table 2 A value of α

Elapsed time Number of the order	0-3	3-6	6-9	9-12	12-15
0-100	1.29	1.45	1.82	2.11	2.23
101-200	1.82	2.43	2.53	2.81	3.11
201-300	2.4	2.44	2.62	3.6	3.96
301-400	3.08	3.47	3.21	3.41	2.11
401-500	3.66	4.13	3.89	4.02	2.24

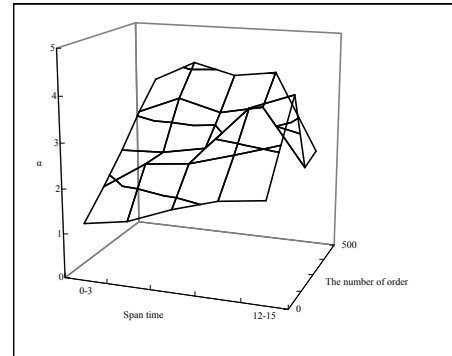


Fig. 1 A value of α

くても4倍ほどのオーダーとクラスタリングすることで、指定時間内にオーダーピッキングが終了するバッチが作成できる。割り込む時間が12時間目以降で割り込む枚数が301枚から500枚までの場合、 α の値が少なくなっているが、これは、再クラスタリングする際に必要なオーダーが残っていないために少なくなると考えられる。6次に表2で求められた α の値を用いて、リアクティブスケジューリングの実験を行った。多くの場合、 α の値を変更する必要があったが、あらかじめ求めた α の値に近い値で条件が満たされる為、計算時間の短縮が認められた。

7. おわりに

本研究では、大規模な物流センターにおいて、既にスケジューリングされたオーダーピッキングにおいて、緊急割り込みオーダーが生じた場合の再スケジューリング方法とリアクティブスケジューリングについての方法を提案し、検証を行った。数値計算実験の結果、提案手法により、リアクティブスケジューリングが行われた。今後、緊急割り込みオーダーの割り込む時間と枚数の分割数 x を多くし、 α の値をより細かく定めることで、リアクティブスケジューリングの際の変更がないようにし、 α を予め求めたことによる計算時間の短縮について、詳細な検証と考察を行う予定である。

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講演論文集, pp.33-34 (2008).
- 2) 高橋麻希子, 鈴木育男, 山本雅人, 渡辺美知子, 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リングについて", 2009年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, H05, pp. 541-542 (2009).
- 3) 高橋麻希子, 鈴木育男, 山本雅人, 渡辺美知子, 古川正志: "大規模物流センターの割り込みスケジューリングの研究 - 強化学習によるリアクティブスケジューリング -", 2009年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集, pp. 997-998 (2009).
- 4) 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", 日本機化学会論文集C編, 71巻, 711号, pp. 3189-3195 (2005).
- 5) 古川他: "システム工学", コロナ社