

物流配送計画への LCO の適応

旭川高専 ○中村 太輔 渡辺 美知子 古川 正志

要旨

通信販売物流センターでは 1 日に 3~8 万件の注文を納期に合わせて商品を梱包し、配送する大規模スケジューリングが必要とされている。商品には注文が集中するものとそうでないものがあり、従来の FIFO 型のスケジュールではセンター内において集荷が集中しボトルネックとなっている。本研究では、物流センター配送問題に対して LCO 法を用いて集荷が分散し、かつ納期を最小にするスケジューリング法を提案し、その有効性を数値計算で検証する。

1. はじめに

交通網・情報網の発達により、通信販売が普及している。また、その利便性から多くの人々が通信販売を利用し、様々な商品を容易に入手可能となっている。しかしながら、それにとれない物流センターでは多種類の商品や大量注文に対しての納期に合わせた計画が求められている。本研究では物流センターにおける配送スケジューリング問題に対して LCO 法の有用性を検証する。

2. 物流センター配送問題

通信販売物流センターでは 1 日に 3~8 万件の注文があり納期に合わせて商品を梱包し、配送する大規模スケジューリングが必要とされている。しかしながら商品には地域や季節により注文が集中するものとそうでないものがあり、従来の FIFO 型のスケジュールではセンター内において、一部が集荷に集中してしまうボトルネックが生じることがある。本研究の対象は、このような物流センターにおいて納期遅れを最小とする集荷配送計画を決定する問題である。

3. フローショップ問題による定式化

物流センター内の集荷カートが一定方向にしか進めず、入口・出口が一つと仮定すれば、一方向経路をもつ倉庫と考えることができる。今、注文書に書かれている商品一つを集荷するのに $u(\text{sec})$ かかるとする。また、隣の棚までの移動時間として $ku(\text{sec})$ かかるとする。この場合、集荷は倉庫の棚の並び順に実施されるので、フローショップ型スケジューリング問題と見なすことが可能である。注文書の数を N 、棚の数を T とすると、フローショップの滞留時間は以下の手順で求められる。

- 1) $N=2, T=3$ とする。 i 番目の棚での滞留時間を F_i 、1 つ目の注文書で i 番目の棚での作業時間を A_i 、2 つ目の注文書で i 番目の棚での作業時間を B_i とする。
- 2) 1 つ目の棚においてまず、 A_1 の作業時間の集荷が割り当てられる。
- 3) A_1 が経過すると 1 つ目の棚には B_1 の作業時間が割り当てられ、2 つ目の棚には A_2 の作業時間が割り当てられる。
- 4) A_2 が経過すると 3 つ目の棚に A_3 の作業時間が割り当てられる。今、2 つ目の棚に何も割り当てられず、仮に B_1 が経過していれば、すぐに B_2 の作業時間が割り当て可能である。しかし、 B_1 が経過していなければ経過した後、 B_2 の作業時間が割り当てられる。すなわち、2 番目の棚の滞留時間は、 $F_2 = \max(F_2, F_1) + B_2$ となる。
- 5) 同様に 3 つ目の棚では $F_3 = \max(F_3, F_2) + B_3$ となる。よって、 n 番目の棚の滞留時間は下記となる。

$$F_n = \max(F_n, F_{n-1}) + B_n$$

4. LCO による解法

4. 1. LCO(Local Clustering Organization)の原理

LCO は、トポロジーで結合された要素間を局所的に最適化することをランダムに行い、大域的最適化を実現する方法である。この局所的最適化はクラスタリングの結果を導くので、クラスタリングの方法を局所的に導入する。クラスタリングの方法としては枝変換や要素変換が採用され、トポロジー結合の要素表現には遺伝的アルゴリズムの遺伝子表現を採用する。本研究では 1 次元スケジューリングなのでトポロジーとして、円環トポロジーを採用する。

4. 2. LCO のアルゴリズム

LCO のクラスタリングの方法として三種類の方法を適用する。

a) 交換法(Simple Exchange Method, SEM)

- 1, n 個の注文列 $G = \{G_1, G_2, \dots, G_n\}$ から、ランダムに G_r を選択する。
- 2, $i=1$ とする。 G_r と G_{r+i} の要素を交換し滞留時間について判定を行う。この時、評価が良くなればそのまま次へ進み、良くならなければ要素を元に戻す。
- 3, 同様に G_r と G_{r+i} を行う。
- 4, $i+1$ する。 i が予め与えた局所近傍に達するまで 3 へ戻り繰り返す。
- 5, 評価の改善が行われなくなるまで 1 へ戻り繰り返す。



図 1 LCO/SEM

b) 逆位交換法(Inverse Exchange Method, IEM)

- 1, n 個の注文列 $G = \{G_1, G_2, \dots, G_n\}$ から、ランダムに G_r を選択する。
- 2, $i=1$ とする。
- 3, G_{r-i} から G_{r+i} の間で要素を反転させ滞留時間について判定を行う。この時、評価が良くなればそのまま次へ進み、良くならなければ要素を元に戻す。
- 4, $i+1$ する。 i が予め与えた局所近傍に達するまで 3 へ戻り繰り返す。
- 5, 評価の改善が行われなくなるまで 1 へ戻り繰り返す。

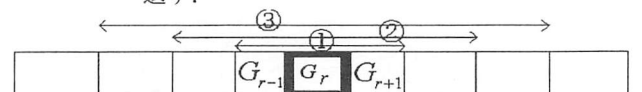


図 2 LCO/IEM

c) 平滑法(Smoothing Method, SM)

- 1, n 個の注文列 $G = \{G_1, G_2, \dots, G_n\}$ から、ランダムに G_r を選択する。
- 2, $i=0$ とする。 $m=0$ とする。
- 3, G_{r+m} と G_{r+m+i} の要素を交換し判定を行う。この時、評価が良くなればそのまま次へ進み、良くなければ要素を元に戻す。
- 4, $i+1$ する。 i が予め与えた局所近傍に達するまで 3 へ戻り繰り返す。
- 5, $m+1$ する。 m が予め与えた局所近傍に達するまで 3 へ戻り繰り返す。
- 6, 評価の改善が行われなくなるまで 1 へ戻り繰り返す。

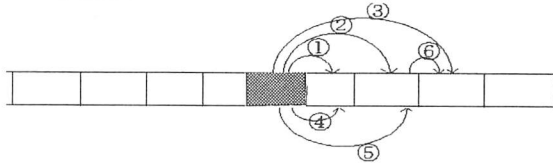


図3 LCO/SM

4. 3. スケジュール解の表現

注文票にそれぞれ番号を付け、注文票の番号をGAの遺伝子表現である順序表現として遺伝子配列に適用し、それをスケジュール解とする。

5. 数値計算実験

5. 1. 問題の設定

伝票数を100、棚の数を20とする。

5. 2. 実験条件

近傍数を20とする。比較するために同一のデータをGAでも計算を行う。計算終了条件はLCO・GA共に同一の解が1000回出現したときとする。又、 $u=1$ 及び $k=1$ とし、集荷数は乱数で与える。

5. 3. 結果と考察

3種類のLCOのアルゴリズムとGAをそれぞれ10回計算した結果の平均値を表1に、計算中の滞留時間の変化を表2に、それぞれの結果として得られたガントチャートを図4~7に示す

	SEM	IEM	SM	GA
計算時間(msec)	351.4	340.7	504.2	5903.7
滞留時間	1461.1	1563.1	1469.4	1417.2

表1 滞留時間と計算時間

評価の面で考えると、GAがもっとも良い。計算時間で見るとLCOの3種類がどれもGAより圧倒的に早くなっている。これはGAの場合、複数のスケジュール解を抜って計算を行うのに対し、LCOのスケジュール解が一つですむためである。

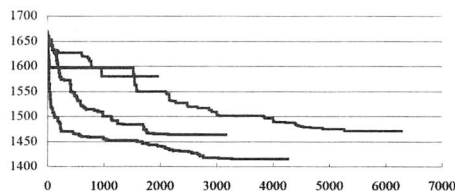


表2 滞留時間の変化

表2に示した収束グラフは、縦軸を最大滞留時間、横軸は計算回数を表す。計算に要する回数はSM, GA, SEM, IEMの順となっている。このグラフから、GA, SEMの場合は常に滞留時間が変化をしているのに対して、SMの場合は、改善が得られない状況が多くある。改善が行われない理由は、計算方法の違いでSMでは一つの起点を選択してから終了するまでに多くの注文順序を交換していくのに対して、GAの場合には複数個の注文を一度に交換していき、SEMの場合には起点の変更がSMに比べ早期に行われるので減少が起きてやすいと考えられる。IEMの変化は早期に減少しそのまま終了する。これは、要素の交換量は多いが、同じ部分を何度も交換するため、あまり減少が行われないためと考えられる。また、このグラフではGAの計算回数がSMより少ない。これは、GAは一度の計算に多くの時間を必要とするためである。

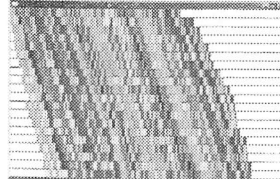


図4 SEM

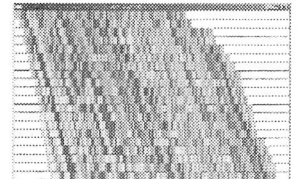


図5 IEM

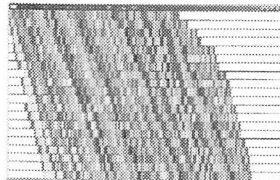


図6 SM

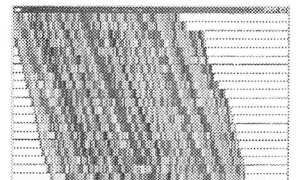


図7 GA

図4~7のガントチャート図における横長は初期解の最大滞留時間に一致させてある。これからもGAの最大滞留時間が最も大きく縮まっているのがわかる。また、GA, SEM, SMでは右側の部分がなめらかになっているのに対して、IEMでは段差が有る。これは最大滞留時間の減少にともない、全体として、集荷時間の面積が小さくなっているため、内部に空白も少なく突出している部分がなくなるためである。左側の部分が密であるのも、同様の理由である。

6. おわりに

今回の実験で、LCOの適用は、SEM, SMに関しては十分に可能だということがわかった。しかし、評価の面ではGAに多少劣るので、まだ改善の余地がある。IEMも試したが、評価があまり良くないため、適用が難しい。LCOの評価を上げるためには、表2でわかるように、一定となっている部分を改善すれば良い。本来、LCOは異なるクラスタリングアルゴリズムを組み合わせることを提案している。従って、これによって解の改善が期待される。またIEMを組み合わせさせた場合、クラスタリングが今回扱った三つの中で異なっているので、計算速度の上昇にもつながる。

参考文献

- 1) 松村 有祐, 渡辺 美知子, 古川 正志:自己組織化マップ原理によるTSP/JSPの最適化, 第3回複雑系マイクロシンポジウム(2004)
- 2) 関根智明:スケジューリングの理論, 日刊工業新聞社(1971)
- 3) 花田良子, 三木 光範, 廣安 知之:ジョブショップスケジューリング問題, ISDL Report No. 20020504018(2003)