

# 流通センターにおけるトラック配送 スケジューリングの最適化

旭川高専 ○渡辺美知子 古川正志

## 要 旨

近年、様々な分野において組み合わせ問題の解法として進化計算である遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm)、進化プログラム (Evolution Program)、遺伝プログラミング (Genetic Programming) が利用されつつある。本報告では、流通センターにおけるトラック配送スケジューリング問題に進化計算の一手法である進化プログラム (EP) を適用する方法を示し、数値実験結果を報告する。

### 1. はじめに

自動倉庫を中心とした流通CIMには、製品の在庫割り当て問題、店舗割り当て問題、地域別製品の割り当て問題、配送トラックの割り当て問題等のスケジューリング問題がある。これらの問題は、数理計画的に解を得ることが困難な組み合わせ問題であるが、AI的技法やディスパッチング法ではなく、何らかの数理的な最適化を行う必要があると思われる。

本報告では、複数地区の複数店舗から製品の要求があり、その各要求に基づいて流通センターの配送トラックの各ゾーンに製品を割り当てるスケジューリング問題を取り扱う。このトラック配送スケジューリング問題の解法には、進化計算の一手法でありMichalewiczにより提案されたGAとデータベースを併せ持つEPを適用する方法を示し、数値実験を行いEPの有効性を確認する。

### 2. トラック配送スケジューリング問題

トラック配送スケジューリング問題とは、各地区  $r$  ( $r=1, 2, \dots, m$ ) の各店舗  $i$  ( $i=1, 2, \dots, i_r$ ) から種々の製品  $j$  ( $j=1, 2, \dots, n$ ) と製品数  $K_{i,j}^r$  の受注を受け、自動倉庫から各ゾーン  $z$  ( $z=1, 2, \dots, z_0$ ) へ出庫される製品を流通センターのトラック配送ゾーンに効率的に割り当てる問題である。この時、流通センターの時刻  $t$  におけるゾーンの総処理能力  $Cap_{z,t}$  ( $z=1, 2, \dots, z_0$ ) を考慮し、ゾーンでのトラックへの荷積み作業を連続に行えるようなスケジュールを考える。

トラック配送スケジュール情報は、以下のよう  
に定式化される。

[製品の出荷情報]

- ・  $r$  地区の  $i$  店舗の総商品数:  $K_i^r$

$$K_i^r = \sum_{j=1}^n K_{i,j}^r \quad (1)$$

- ・  $r$  地区の総製品数:  $K^r$

$$K^r = \sum_{i=1}^{i_r} K_i^r = \sum_{i=1}^{i_r} \sum_{j=1}^n K_{i,j}^r \quad (2)$$

- ・ 自動倉庫から出庫される総製品数:  $K$

$$K = \sum_{r=1}^m K^r = \sum_{r=1}^m \sum_{i=1}^{i_r} \sum_{j=1}^n K_{i,j}^r \quad (3)$$

[センターの処理能力情報]

- ・ 時間単位の総処理能力:  $Cap_t$

$$Cap_t = \sum_{z=1}^{z_0} Cap_{z,t} \quad (4)$$

- ・ センターの総処理能力  $Cap_{all}$

$$Cap_{all} = \sum_{z=1}^{z_0} Cap_z = \sum_{t=1}^T Cap_t \quad (5)$$

### 3. 進化計算の適用

最適化問題で二進値表現のGAは、ビルディングブロックを仮定し解が収束に向かうが、多数の致死解を生成する問題が生じる。本問題では、解の表現に各店舗からの実製品要求数を直接用いるEPを採用し、流通センターの時間  $t$  における処理能力を考慮しながらスケジュールを行う。

#### 3.1 製品の地区毎のソーティング (初期解の生成)

$r$  地区の  $i$  店舗からの製品の総要求数  $K_{i,p}^r$  とセンターの時間  $t$  における処理能力  $Cap_{p,q}$  が与えられたとき、以下のように定式化される。

$$\sum_{q=1}^Q a_{p,q} X_{p,q} = K_{i,p}^r \quad (p=1, 2, \dots, P) \quad (6)$$

$$\sum_{p=1}^P a_{p,q} X_{p,q} = Cap_q \quad (q=1, 2, \dots, Q) \quad (7)$$

[アルゴリズム]

- 1)  $a_{p,q}$  をオーダー表現として乱数を発生し、ある場所を決定する。
- 2)  $K_{i,p}^r \leq Cap_q$  の場合は  $a_{p,q}$  に  $K_{i,p}^r$  を代入し、 $K_{i,p}^r = 0$ 、 $Cap_q = Cap_q - K_{i,p}^r$  とする。
- 3)  $K_{i,p}^r > Cap_q$  の場合は  $a_{p,q}$  に  $Cap_q$  を代入し、 $Cap_q = 0$ 、 $K_{i,p}^r = K_{i,p}^r - Cap_q$  とする。
- 4) 1で選ばれた場所を削除する。
- 5) 全店舗からの要求数を満たすまで、1~4の手順を繰り返す。
- 6) 時間  $t$  における  $r$  地区の総製品数  $K^r$  を求めて終了する。

### 3.2 スケジューリング

3.1で求められた解を用いて、 $r$  地区の製品の総要求数  $K_{ru}$  とセンターの時間  $t$  における処理能力  $Cap_v$  が与えられたとき、以下のように定式化される。但し、 $X_{u,v}$  は 0 または 1 である。

$$\sum_{v=1}^V b_{u,v} X_{u,v} = k_u^r \quad (u=1,2,\dots,U) \quad (8)$$

$$\sum_{u=1}^U b_{u,v} X_{u,v} = Cap_v \quad (v=1,2,\dots,V) \quad (9)$$

評価は、 $X_{u,v}$  と  $X_{u,v+1}$  の距離を用い、値は  $2 < 1 < 0$  の順に任意な数値を与えてその総和とした。  
[アルゴリズム]

- 1) 前述のソーティングアルゴリズムの 1~5 の手順を繰り返し、複数個体の解を発生する。
- 2) 各個体の評価を計算し、ソーティングを行う。
- 3) ある個体を選択し、初期解と同様のアルゴリズムで突然変異の遺伝オペレータを適用する。但し、エリート保存を行う。
- 4) 2へ戻り同じ手順を繰り返し、終了条件を満たすと終了する。

### 4. 数値計算

EPによるトラック配送スケジューリングの有効性を確認するために数値計算実験を行う。

[実験の条件]

- ・地区を 5 地区とし、配送トラックを 5 台と作業ゾーンを 5 カ所とする。
- ・各地区の店舗数を 5 店とし、各店舗からの製品要求数を 1~100 の乱数で発生する。
- ・センターの時間当たりの総稼働能力は、予め与えられている。
- ・個体数は、15 個体と 30 個体とする。
- ・突然変異率は 0.1 とし、淘汰は個体が少ないため個体の 2 割を強制的に淘汰する。
- ・世代回数は、500 世代とする。

図 1 は、個体数を 15 で EP によるコストの変化状況を示す。実数型表現を用いた EP は、初期解から実行可能解を生成しているため解の致死解は存在しない。

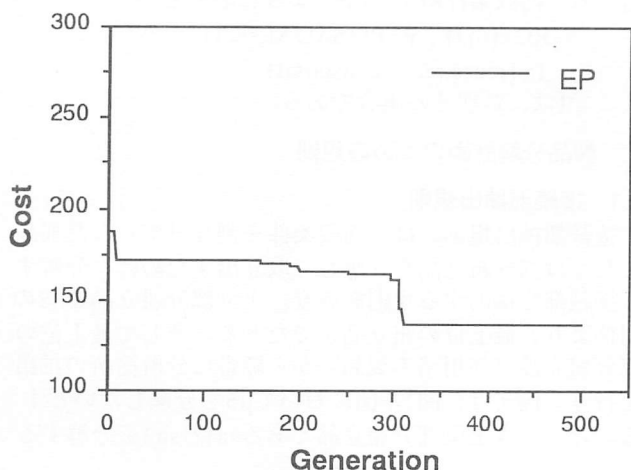


図 1. EP によるコスト状況 (15 個体)

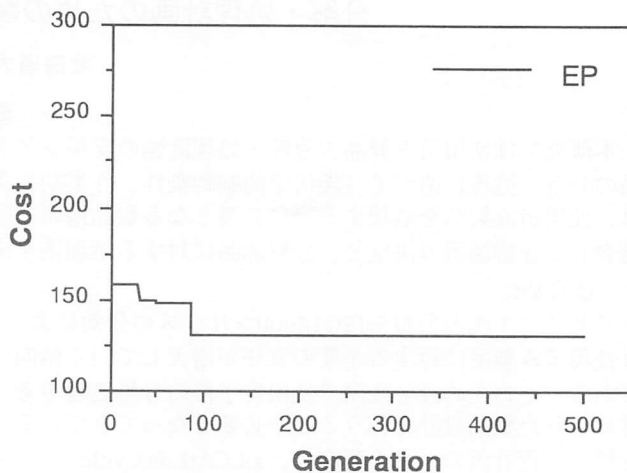
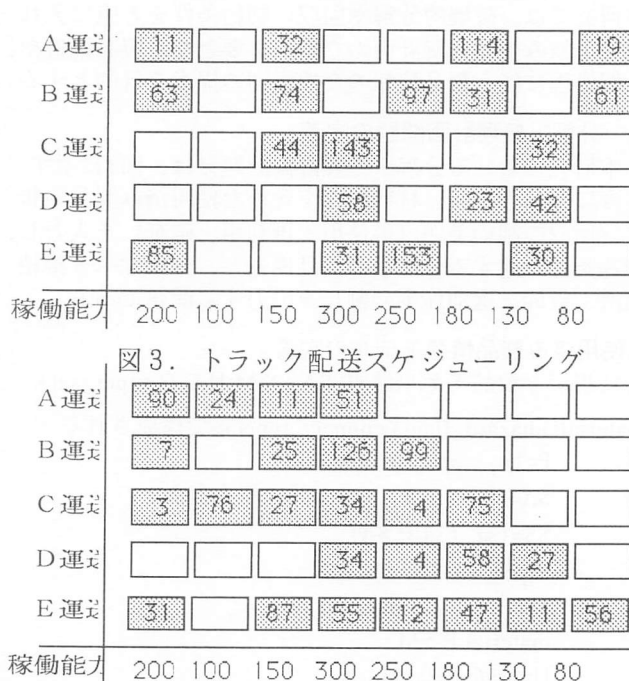


図 2. EP によるコスト状況 (30 個体)

図 2 は、個体数 30 で EP によるコストの変化状況を示す。個体数を多くすると割と早い世代で良い解が得られていることが分かる。

図 3 と図 4 は、図 2 で得られた悪い解と良い解を各トラックの作業ゾーンに割り当てた例を示す。



### 5. おわりに

流通センターの配送トラックの各ゾーンに要求製品数を割り当てるスケジュール問題に EP の進化計算を適用した。その結果、各ゾーンにおいて連続した作業時間を確保できる良好な結果が得られた。

参考文献

- 1) Zbigniew Michalewicz; Genetic Algorithm+Data Structures+Evolution Programs, Springer-Verlag Nerlin Heidelberg(1992)