

輸送制約付き施設配置問題に対する遺伝的アルゴリズムの適用 —問題特性を考慮したコーディング方法, 及び分割統治法の適用—

02301960 東京理科大学

*塚崎勇人 TSUKASAKI Hayato

01505820 サリオン システムズリサーチ

檜垣正浩 HIGAKI Masahiro

01401450 東京理科大学

沼田一道 NUMATA Kazumiti

1.はじめに

本発表では, 輸送制約付き施設配置問題(Facility Location Problem with Transportation Constraints; FLPTC) [3]を考える. そして本問題に対し, 生物進化の原理に着想を得たヒューリスティックアルゴリズムとして知られる遺伝的アルゴリズム(Genetic Algorithm; GA)[2]を適用する. ここでは, 問題特性を考慮した GA(FLPTC-GA)のコーディング方法, 交叉法を提案すると共に, その効果を数値実験により考察する.

2.輸送制約付き施設配置問題 (FLPTC)

2.1.問題の概略

輸送制約付き施設配置問題(Facility Location Problem with Transportation Constraints; FLPTC)では, 工場など複数の需要地が存在し, これらの需要地へ製品等を供給するための供給施設の建設候補地もまた複数存在する状況を想定する. このとき, 供給施設の建設費用, 並びに操業費用, 製品の輸送費用の総和を最小にするような供給施設の建設計画と製品の輸送計画とを求める.

FLPTCでは, 各需要地の需要量は1カ所の供給施設によって満たさなければならないという輸送制約と, 供給施設の建設に際し, 複数の建設規模から選択する多重選択制約とを考慮する.

2.2.問題の定式化

輸送制約付き施設配置問題(FLPTC)は, 以下のように定式化される.

FLPTC

$$\min \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m c_{ij} b_j x_{ij} + \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^{m_i} \left(f_i^k + g_i^k \sum_{j=1}^n b_j x_{ij} \right) y_i^k \quad (1)$$

$$\text{subject to } \sum_{j=1}^n b_j x_{ij} \leq \sum_{k=1}^{m_i} a_i^k y_i^k \quad (i=1,2,\dots,m) \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad (j=1,2,\dots,n) \quad (3)$$

$$\sum_{k=1}^{m_i} y_i^k \leq 1 \quad (i=1,2,\dots,m) \quad (4)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad (i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n) \quad (5)$$

$$y_i^k \in \{0,1\} \quad (k=1,2,\dots,m_i; i=1,2,\dots,m) \quad (6)$$

m : 建設候補地数 n : 需要地数

k_i : 建設規模 ($i=1,2,\dots,m, k_i=1,2,\dots,m_i$)

$a_i^{k_i}$: 処理可能重量 b_j : 需要量 ($j=1,2,\dots,n$)

$f_i^{k_i}$: 建設費用 $g_i^{k_i}$: 単位重量当たりの操業費用

c_{ij} : 単位重量当たりの輸送費用

x_{ij} : 輸送に関する 0-1 決定変数

$y_i^{k_i}$: 供給施設の建設に関する 0-1 決定変数

3.FLPTC-GA の概要

3.1.FLPTC-GA の処理プロセス

本問題に対する GA は次の6ステップからなる.

step1. 初期集団の生成(個体数: N , 世代 $t \leftarrow 1$)

step2. 個体の評価

step3. 選択処理

step4. 交叉処理(交叉率: P_c)

step5. 突然変異処理(突然変異率: P_m)

step6. 終了判定($t = t^*$ ならば終了. 否ならば, $t \leftarrow t+1$ とし *step2*へ)

3.2.問題特性を考慮した FLPTC-GA

本研究では FLPTC に対し, 問題特性を考慮した GA(3種類)を提案する. 染色体はいずれも1次元文字列形式とする. 各 GA の特徴を以下に示す.

Type1. 需要量の大小関係を考慮した染色体コーディングを行う

Type2. 建設候補地への平均距離ソート順位を考慮した染色体コーディングを行う

Type3. 建設候補地, 需要地間の位置的関係を考慮した交叉を行う

4.分割統治法(DAC)の FLPTC への適用

さらに, 3.2.で考慮した問題特性のそれぞれを考慮し, 分割統治法(Divide and Conquer: DAC)を用いたヒューリスティックアルゴリズム(FLPTC-DAC)を構成する. DAC は Christine L. Valenzuela[1]らが, 代表的な組合せ最適化問題である巡回セールスマン問題(Traveling Salesman Problem: TSP)に対して提案したものである.

本研究では, FLPTC-DAC による準最適解を FLPTC-GA の初期解候補の一部として用いる.

4.1.FLPTC-DACによる施設配置・輸送計画の生成

FLPTC-DACでは、(1)問題領域の分割(divide)、(2)(末端)部分問題に対する最適施設配置・輸送計画の導出(conquer)、及び領域結合(patch)によって準最適施設配置・輸送計画を導出する。

4.1.1.領域分割

領域分割開始時には問題領域(図1)を分割対象とし、2つの分割領域を生成する。以後、各分割領域が領域分割終了条件を満たすまでこの操作を繰り返す。領域分割は需要地数の多い領域から行われ、領域分割が完了した領域(末端領域)から順に P_1, P_2, \dots, P_K と呼ぶ。

領域分割パターンは正方行列($q \times q$)形式で表される(図2)。パターン値は0-1ビット値で与えられ、分割対象領域の4隅を(L,R,B,T)とした場合、中心座標に対応するパターン値 $bit(L, R, B, T)$ が領域分割方向を決定する。

パターン値と分割方向との関係

$$bit(L, R, B, T) = \begin{cases} 0 \dots \text{垂直方向に分割} \\ 1 \dots \text{水平方向に分割} \end{cases}$$

領域分割は各領域が予め定められた建設候補地数の上限(r_{max})、もしくは需要地数の上限(s_{max})を下回るまで繰り返される。建設候補地数(m) = 15, 需要地数(n) = 35のもとで、領域分割パターンから得られる領域分割(図3)を以下に示す。

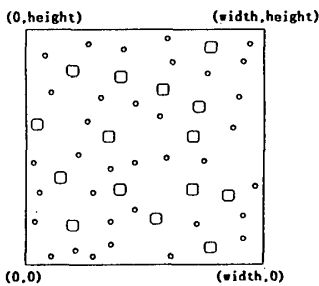


図1.問題領域(領域分割前) $((L, R, B, T) = (0, width, 0, height))$

1	0	1	0	1	0	1	1
0	1	1	1	0	1	0	1
1	0	0	1	1	0	1	0
0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	1	0	0	1
1	1	1	1	0	1	1	0
0	1	0	1	1	0	0	1
0	0	1	0	1	0	1	0

図2.領域分割パターン($q = 8$)

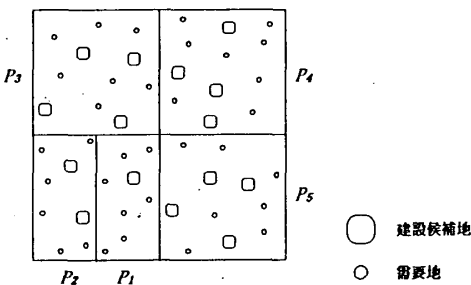


図3.領域分割終了後($r_{max} = 3, s_{max} = 9, K = 5$)

4.1.2.領域結合による施設配置・輸送計画の生成

ここでは、末端領域の生成順序(P_1, P_2, \dots, P_K の順)に基づく領域内最適施設配置・輸送計画の生成(conquer)と領域結合(patch)に伴う施設配置計画・輸送計画の修正(repair)を繰り返すことによって問題領域の準最適施設配置・輸送計画を生成する。

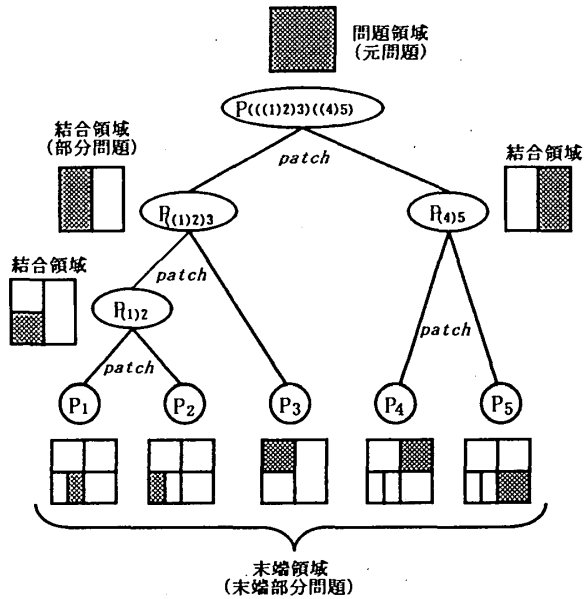


図4.分割統治, 領域結合による準最適計画の生成

5.おわりに

本研究では、輸送制約付き施設配置問題に対する遺伝的アルゴリズムの適用において、問題特性を考慮したコーディング方法を提案した。さらに、分割統治法を用いる際に、同様の問題特性を考慮することによってさらなる探索精度の向上を試みた。

参考文献

- [1]Christine L. Valenzuela, Antonia J.Jones(1994): Evolutionary Divide and Conquer(I):A Novel Genetic Approach to the TSP. Evolutionary Computation 1(4), 313-333.
- [2]Goldberg(1989):Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning. Addition Wesley, Reading, Mass.
- [3]檜垣正浩, 西田直矩(1991):「輸送制約が付加された施設配置問題」システム制御情報学会論文誌, Vol4, No.4., 152-162.