

異なる拡張率をもつ島モデルと 実数値 GA の SPX による解法の提案

1G06H019-0 大串康輝
指導教員 後藤正幸

1 研究目的

組み合わせ最適化問題の解法には様々な手法が提案されているが、その中でも遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm: 以下 GA) は解探索において性能の良い手法として知られている [1]。しかし、従来の GA では、離散的な解探索を行っているため、施設配置問題のように、連続値の解を持つ問題に適用する際には、厳密な最適解が得られていない可能性がある。

そこで、近年では実数値ベクトルで個体を表現する、実数値 GA に関する研究が盛んに行われるようになった [2]。実数値 GA には、様々な交叉方法が提案されているが、その中でもシンプレクス交叉 (SPX) とよばれる交叉方法は性能が高く、注目を集めている [3]。しかし、SPX では交叉を行う際のパラメータとなる拡張率の設定により、大きく性能が低下してしまうという問題点がある。従って、推奨値の利用や予備実験を行い、適切なを設定する必要がある。

一方、従来の GA に対して、大域的探索と局所的探索の両側面を併せ持たせるための方法として、島モデルとよばれる手法がある。島モデルでは、島ごとに並列的に行う遺伝的操作と移住によって、計算効率の向上、高品質の解を導き出すことができる [4]。しかし従来の島モデルは、並列化による計算効率の向上を目的に提案された手法のため、各島の探索パラメータは固定されている。

そこで、本研究では、異なる拡張率を持つ島からなる島モデルにより、SPX による実数値 GA の解を改善する手法を提案する。島モデルを実数値 GA に適用し、拡張率の異なる複数の島を用意することで、より大域的な探索と局所的な探索の相乗効果が期待できると共に、の設定という問題を回避できる。さらに、実際の老人ホーム配置問題に適用し、シミュレーション実験を行い、提案手法の有効性を示す。

2 従来研究

2.1 実数値 GA と SPX

実数値 GA は、探索に用いる個体を n 次元の実数値ベクトルによって表現する。交叉によって実数値ベクトルを直接操作するため、子個体を親個体群の近傍に生成できるという特徴がある。

SPX は実数値 GA における交叉方法の一つで、 $n+1$ 個の親個体を頂点とする n 次元単体を相似的に倍拡張した領域内部に子個体を一様に生成する手法である。以下に SPX のアルゴリズムを示す。

[SPX のアルゴリズム]

step1) 母集団から $(n+1)$ 個の親個体

P_0, \dots, P_n をランダムに選ぶ。

step2) 親個体の重心 G を求める。

$$G = \frac{1}{n+1} \sum_{i=0}^n P_i \quad (1)$$

step3) (3), (4) 式から、 $n+1$ 個の親個体それぞれに対して $x_k, C_k (k=0, \dots, n)$ を計算する。ここで、 x_k, C_k は子個体を生成するために用いるベクトルである。は拡張率とよぶ。

r_k は、区間 $[0, 1]$ 上の一様分布乱数 $u(0, 1)$ を (2) 式で変換して得られる乱数である。

$$r_k = (u(0, 1))^{1/k+1} \quad (2)$$

$$x_k = G + (P_k - G) \quad (k=0, \dots, n) \quad (3)$$

$$C_k = \begin{cases} \mathbf{0} & (k=0) \\ r_{k-1}(x_{k-1} - x_k + C_{k-1}) & (k=1, \dots, n) \end{cases} \quad (4)$$

step4) 子個体 C を (5) 式によって得る。

$$C = x_n + C_n \quad (5)$$

□

個体の次元 n に対する、SPX の拡張率の値の推奨値は、

$$= \begin{cases} \sqrt{n+2} & (n=1, 2, \dots) \\ \text{任意} & (n=0) \end{cases} \quad (6)$$

従来の SPX では、拡張率を適切に設定する必要がある。拡張率の値が大きければ無駄な探索が増え、計算効率が悪化し、有限回で優良解を導出するのは困難である。逆に拡張率の値が小さければ、局所解に陥る危険性が高い。

2.2 島モデル

島モデルは、母集団を複数のグループに分割し、そのグループごとに並列的に遺伝的操作を行い、一定期間毎に異なる島の間で移住とよばれる個体の交換を行う。各々のグループは、島と呼ばれる。移住を行う世代間隔を移住間隔という。[従来の島モデル]

- ・各島で並列的に GA を行う。
- ・一定の周期毎に、全島間で移住が行われる (移住する個体はランダム選択とする)。
- ・各島の拡張率は同値。

従来の島モデルは、各島の拡張率を同値で探索を行うため、拡張率の設定によっては大きく性能が変わってしまう。また、移住する個体をランダムに選択するため、効率よく他の島に個体を送っていない可能性がある。

3 提案手法

3.1 概要

本研究では、異なる拡張率を持つ島からなる島モデルにより、SPX による実数値 GA の解を改善する手法を提案する。この方法により、拡張率の大きな島では大域的な探索を行い、拡張率の小さな島では局所的な探索を行うことができる。の大きな島である程度良い解が求まったら、それをの最小の島に移住させて、局所的に改善することで、の大きな島で解の多様性を維持しつつ、の小さな島では局

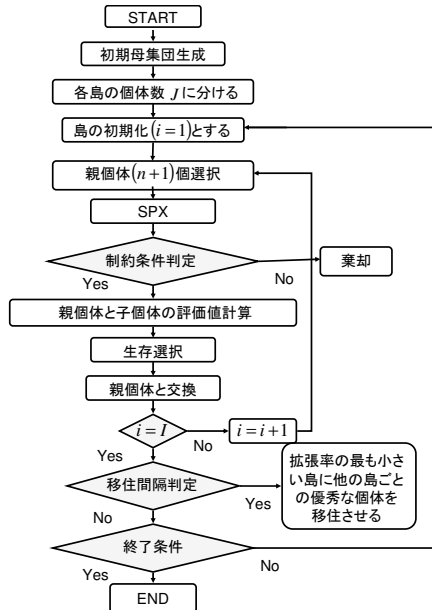
所探索を施すことができる．そのため，より優秀な解の抽出が可能になると考えられる．以下に提案する島モデルについて記述する．

[提案の島モデル]

- ・各島で並列的に GA を行う．
- ・一定の周期毎に，拡張率の最小の島に他の島からの移住を行う（移住する個体は島ごとの優秀個体とする）．
- ・各島の拡張率を異なった値にする．

3.2 提案手法のフローチャート

図 1 に提案手法のフローチャートを示す．島の数を I ，各島の個体数を J とする．



生存選択は多親世代交代モデル (JGG) を用いる [2] ．

図 1．提案手法のフローチャート

4 シミュレーション実験

提案手法の有効性を検討するため，シミュレーションによる評価を行った．実験データとして，統計局平成 12 年，平成 17 年の東京都世田谷区赤堤一丁目～五丁目の 65 歳以上の高齢者人口データを用い，老人ホームの最適施設設置問題を解く．老人ホーム数を m とすると，1 つの老人ホームは 2 次元座標で表現できるので，全 m 施設の位置関係を示す解（個体）は $2m$ 次元実数ベクトルで表現できる．

4.1 シミュレーション条件

シミュレーション条件として，老人ホーム数 $m=5$ ，各島の個体数 $J=200$ ，島の数 $I=5$ ，繰り返し回数 10000，移住間隔 10，評価関数 F は以下の式を用いる．評価関数は高齢者一人当たりの移動距離（単位：メートル）の平均を示す．また，移動距離 $d(i), f(j)$ は高齢者の居住地から最も近い老人ホームとの距離で定義される．

$$F = \frac{\sum_{i=1}^M d(i)}{M} + \frac{\sum_{j=1}^N f(j)}{N} \quad (7)$$

M は平成 17 年度における全高齢者人口， $d(i)$ は平成 17 年度の高齢者 i の移動距離を示す．

N は平成 12 年度における全高齢者人口， $f(j)$ は平成 12 年度の高齢者 j の移動距離を示す．

島ごとの拡張率の値は，推奨値である $=\sqrt{12}$ ($n = 2m$ として (6) 式から算出) に加え，従来の SPX による

予備実験において，評価値の良かった拡張率を 4 つ ($=\sqrt{6}, \sqrt{10}, \sqrt{14}, \sqrt{18}$) 採用し，表 1 のように設定した．比較手法として，全ての島で同じ拡張率をもつ島モデルを用い，表 2 のように値を設定した．これらの手法と比較することにより，各島の拡張率を変化させることの有効性を示す．

表 1．提案手法の島ごとの拡張率

	島1	島2	島3	島4	島5
ϵ	$\sqrt{6}$	$\sqrt{10}$	$\sqrt{12}$	$\sqrt{14}$	$\sqrt{18}$

表 2．比較手法の拡張率

	従来1	従来2	従来3	従来4	従来5
ϵ	$\sqrt{6}$	$\sqrt{10}$	$\sqrt{12}$	$\sqrt{14}$	$\sqrt{18}$

4.2 実験結果

図 2 に評価関数値の実験結果を示す．縦軸の数値は異なる初期値に対する実験を 10 回繰り返したときの平均値を示している．評価関数値は，高齢者一人当たりの移動距離を示すため，より少ない値を示す手法が有効であるといえる．

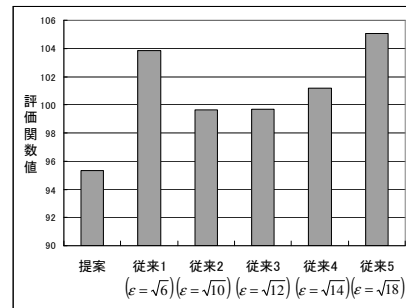


図 2．実験結果

4.3 考察

従来の ϵ を固定する手法では，推奨値である $=\sqrt{12}$ 程度で良い値をとり， ϵ がこれよりも小さくなったり ($=\sqrt{6}$)，大きくなったりすると ($=\sqrt{18}$)，解が悪化している．また，提案手法は推奨値である $\sqrt{12}$ の結果と比較しても，優良な解を導き出していることがわかる．これらから拡張率 ϵ を固定したまま，優れた ϵ を設定して探索を行うより，異なった拡張率 ϵ をもつ島モデルによって探索を行う方法が有効であることがわかる．提案手法は，拡張率 ϵ が大きい場合の大域的な探索と，拡張率 ϵ が小さい場合の局所的な探索の良い面が組み合わさった手法になっているといえる．

5 まとめと今後の課題

本研究より，施設配置問題において，異なった拡張率 ϵ を設定した島モデルによる探索を行う提案手法の有効性を示すことができた．

今後の課題として，他の実数値を用いた問題に対しても本手法の有効性を示すことがあげられる．

参考文献

[1] 堀彰男，吉川徹，“共進化の概念を導入した遺伝的アルゴリズムによる地域施設配置手法，” 日本建築学会計画系論文集，第 540 号，pp.221-227，2001．
 [2] 小林重信，“実数値 GA のフロンティア，” 人工知能学会論文誌，24 巻，1 号，pp.147-162，2009．
 [3] 樋口隆英，筒井茂義，山村雅幸，“実数値 GA におけるシンプレクス交叉の提案，” 人工知能学会論文誌，16 巻，1 号，pp.147-155，2001．
 [4] 金子美華，三木光範，廣安和之，“分散 GA における解探索メカニズム，” 数理モデル化と問題解決 29-6，pp.21-24，2000．