

連続世代モデルにおける年齢構造を持つ 遺伝的アルゴリズム

4H-5

久保田直行* 福田敏男* 伊達惇**

*名古屋大学工学部 **北海道大学工学部

1. はじめに

組み合わせ最適化問題等において準最適解を効率よく求めることができる遺伝的アルゴリズム (GA)^{1, 2)} は、生物の進化の過程を模倣したもので、選択、交叉、突然変異等の遺伝的操作により構成される最適化法の一つである。GAは、構成が簡単な反面、初期収束等の問題点があり、個体群に多様性が失われたときに起こりうる。これは、GAが適応度の高さに比例した割合で選択が行われるルーレット方式をベースにしているため、選択のとき、複数の同一個体が選択されるためである。しかし、適応度の高い個体の維持は最適化問題を解くうえで重要である。初期収束の対策として、従来は、近傍モデル²⁾等が提案されてきた。

多くのGAは、離散世代モデルであるが、実際の生物界は、親子が共存する世代が重なる個体群（連続世代モデル）が多い^{3, 4)}。そこで本稿では、多様性を維持し、初期収束を緩和するために、各個体の生存率による選択を行う連続世代モデルに拡張した年齢構造を持つGA⁵⁾を提案し、その例として、巡回セールスマン問題 (TSP)²⁾に適用し、数値実験を通して、その有効性について考察する。

2. 年齢構造を持つ遺伝的アルゴリズム

ここでは、年齢構造を持つ個体群 (Fig.1) に適応した遺伝的アルゴリズムの連続世代モデルへの拡張について示す。年齢構造を持つ遺伝的アルゴリズム (ASGA) は、GAに新たに年齢というパラメータを導入し、GAに年齢の更新と個体の死滅を加えたものである。ここでは、離散時間の1単位 (1年) を1世代として、扱うものとする。これ

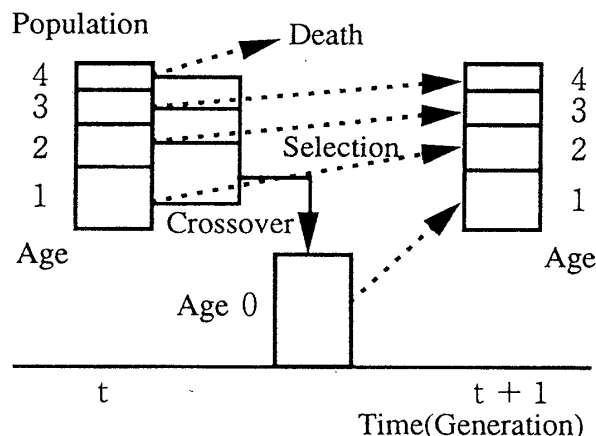


Fig.1 Population model with age structure

は、GAをより実際の連続世代モデルに近づけたものである。次に、ASGAで用いられる遺伝的操作について簡単に示す。まず、交叉は、年齢等には関係なく行なわれ、生成された子個体は年齢0となり、その親個体は生存するものとする。突然変異は、この交叉の時行なわれるものとする。また、選択は、ルーレット方式等は用いず、親個体と生成された子個体間で、各個体の適応度に見合った生存率に従って、次世代に生存するものとする。このとき、致死年齢に達した個体は死滅するものとする。従って、各世代の個体群の個体数は、その個体の生存率によって、変動する。交叉が行われた後の個体群の各個体の生存率 R_s は、 f を適応度、 $\bar{f}$ を平均適応度、 N を個体群の理想数 (目標値)、 n を交叉の後の個体数とすると、

$$R_s = \min \left(1, \frac{f}{\bar{f}} \times \frac{N}{n} \right) \quad (1)$$

で表す。これは、適応度が比較的高い個体は生存率が1となるので、確実に生存するが、ルーレット方式とは違い同一個体が2個体以上、選択されない。従って、突出した適応度を持つ個体による初期収束はあまり起こらず、比較的、多様性を維持できることが期待できる。また、適応度の高い個体は、生存確率が1となるので、エリート保存方式の性質を合

Genetic Algorithm with Age Structure Based on Continuous Population Model

Naoyuki Kubota*, Toshio Fukuda* and Tsutomu Date**

*Faculty of Engineering, Nagoya University

**Faculty of Engineering, Hokkaido University

わせ持つ。以下、簡単にASGAの手順を示す。

- step1 初期個体群の生成と各個体の
年齢の初期化
- step2 適応度の計算と選択
- step3 交叉と突然変異
- step4 年齢の更新
- step5 致死年齢に達した個体の死滅
- step6 step2へ

3. 数値実験

3. 1 TSPへの適用

本稿では、数値実験例として、TSPに適用した。ここでは、25都市の位置をランダムに生成し、最短経路を求めるものとする。

ASGAの適用は、遺伝的操作として、交叉は、サイクル交叉を用い、突然変異は、他の遺伝子座の遺伝子と入れ替えるものとする。さらに、逆位を用いる。遺伝子型は、1から25までの数値を用い、これが、各都市に対応するものとする。適応度は、巡回する経路長とし、これを最小化することを目的とする。

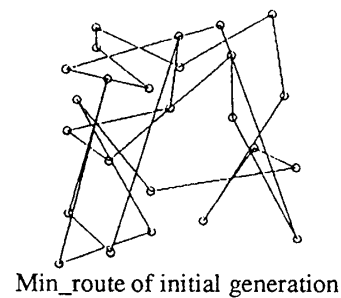
数値実験比較として、GA_R、定常状態GA (SSGA)⁶⁾と比較を行なう。GA_Rは、サイクル交叉、突然変異、逆位、ルーレット方式により、構成する。また、SSGAは、は、GAにおいて、部分的に個体を入れ替える手法で、世代ギャップと呼ばれるパラメータを持ち、この値により、個体群の何割かを入れ替える。通常、1世代で2個体、すなわち交叉が一回だけ行われる場合が多い。このとき、個体の入れ替え方式はDLF（最小適応度除去）法を用い、個体群の中で最小の適応度を持つ個体を入れ替える。

3. 2 数値実験結果

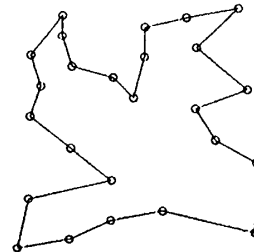
まず、ASGAにより、求められたTSPの経路の一例をFig.2に示す。また、3手法の30回の数値実験結果をTable1に示す。以上の数値実験結果から、最も良好な解が得られたのがASGAで、ASGAと比較するとSSGAは、得られる解にばらつきが多い。

個体群の多様性を調べるために、各個体の適応度に対する変動係数の平均の比較を行なった (Table2)。実験結果より、SSGAよりもASGAの方が個体の適応度のばらつきが多く、比較的、多様性を維持しているなので、初期収束に陥りにくくなっている。

以上の結果から、ASGAの方が得られる解のばらつきが少なく、比較的良好的な解が得られていることがわかる。



Min_route of initial generation



Min_route after 3000 generations

Fig.2 An numerical experiment result of the ASGA

Table 1 Numerical experiment results

	SGA	SSGA	ASGA
Min_route	718	638	610
Ave_route	845	785	749
Max_route	972	893	840

Table 2 Coefficient of variation of ASGA and SSGA

	SSGA	ASGA
C.V. (%)	11.8	43.4

4. おわりに

本稿では、年齢構造を持つGAを連続世代モデルに拡張し、定常状態GAと比較を行ない、ASGAは、比較的、良好な解を得ることができた。今後の課題として、このモデルは、動的に個体数が変化するので、最適な個体数へと変化するようなモデルに拡張して行くつもりである。

参考文献

- 1) D.E.Goldberg: Genetic Algorithm in Search, Optimization, and Machine Learning, Addison Wesley (1989)
- 2) 北野編: 遺伝的アルゴリズム, 産業図書(1993)
- 3) 石川: 遺伝子科学, 東京大学出版社(1988)
- 4) J.F.Crow, 安田訳: 基礎集団遺伝学, 培風館(1989)
- 5) 久保田, 伊達: 年齢構造を持つ遺伝的アルゴリズムの初期収束性, 第5回自律分散システムシンポジウム予稿集, 113/116 (1994)
- 6) G.Syswerda: A Study Reproduction in Generational and Steady-State Genetic Algorithms, Foundations of Genetic Algorithms, Morgan Kaufmann (1991)