

## 遺伝的アルゴリズムにおけるシステムパラメータの考察 A Consideration of System Parameters in Genetic Algorithm

吉田 将司<sup>†</sup> 富川 武彦<sup>†</sup>  
Masashi Yoshida Takehiko Tomikawa

### 1. はじめに

周知の如く、遺伝的アルゴリズム (以下 GA と略記) と呼ばれる戦略手法の一種がある。これは生物が生きる上での進化を模倣し、最適化の学習プロセスとして使われている[1]。すなわち、生物が世代を経て、環境により適した個体を残すという過程をシミュレーションするものである。コンピュータ上で GA を実行する際、システムパラメータ (個体数, 世代数, 淘汰率, 交叉率, 突然変異率) を、対象となる問題ごとに設定する必要がある。一般に、GA のシステムパラメータを設定するにあたって、経験に頼らざるをえないのが現状である。過去に「メタ GA」と呼ばれる報告があり、これは子 GA のシステムパラメータを親 GA で最適化する手法である[2]。しかしながら、この手法では親 GA はそれ自身を最適化できないため、根本的な問題を解決していない。本研究では、システムパラメータを遺伝子の一部として組み込むことを試みた。すなわち、GA のパラメータの一部を遺伝子自身で選択・設定し、自動化できるかどうか手がかりを得ようとするものである。

### 2. GA の概略

GA の処理は、個体群の「適応度」を計算し、「淘汰・選択」の後、「交叉」、「突然変異」という遺伝子操作となる。これを一代とし、解候補の内から最適値を見出す操作を繰り返す。ここで、「適応度」は目標にどの程度近いかを示し、GA が与えられた問題を解決するための指標となる。「淘汰・選択」は低い評価の遺伝子を高いそれに置換するための操作であり、「交叉」は任意の遺伝子ペアの一部を交換する操作である。「突然変異」は遺伝子の一部を変化させ、新たな個体に作り変える操作である。設定すべき GA のシステムパラメータは上述のように 5 種類あり、これらの組み合わせの数は無限にある。

私達がシステムパラメータを遺伝子に組み込む際に直面する様々な問題がある。「世代数」では、この値を調整する要因を見つけ難い。「個体数」では、世代ごとに個体数を変える意義を見いだせない。「交叉率」は遺伝子操作をペアで行う必要があり、ペアの其々が有するいずれの値を採用するか決め難い。一方、「淘汰率」は各遺伝子の適応度の相対評価により変化させられる。「突然変異」は、むしろ遺伝子の一部として扱う方が容易であると思われる。これらの理由から、本実験では「突然変異率」をシステム自身に選ばせ、それ以外のパラメータを一定とすることにした。

GA はシステムの構成要素の一つとして「適応度」と呼ばれる定量的な尺度を持っており、世代ごとのシステムの成績を表している。以下、2 種類の適応度を探索問題に適用し、評価を行った。一つは静止画で与えられた関数の計算である。もう一つは動画における類似度の計算である。適応度に影響する遺伝子の内容は、探索空間のある一点を指し示す縦・横座標とシステムパラメータの突然変異を繋

げたものである。具体的には、 $256 \times 256$  空間を探索するため、それぞれ 8bit の縦・横座標と 4 つの異なる状態を指定する 2bit の突然変異が並ぶ。前述の構成を図 1 に遺伝子の構成として示す。

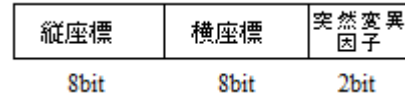


図 1. 遺伝子の構成

### 3. 実験準備

本研究では突然変異を組み込んだ遺伝子が機能しているかどうか確かめるために、静止画と動画の両方でいくつかの実験を行った。起動させた GA から、世代の経過による適応度の変化を観る。始めに、三次元空間に描かれた静止画上の探索問題として、DeJong の関数を利用した。次に、テンプレートマッチングで動画の顔探索を試みた。前者で使われた関数は“quadratic with noise”と呼ばれる関数(f4)である。f4 は曲面上に、平均 0 標準偏差 1 のガウス雑音による多数の山が分布する[3]。すなわち、

$$f_4(x_i | i=1,30) = \sum_{i=1}^{30} ix_i^4 + \text{Gauss}(0,1)$$

$$x_i \leq |1.28|, \Delta x_i = 0.01 \quad (1)$$

GA を用いて上式の最小値を探すことになるが、上式を直接使う場合、240bit 長の遺伝子で 30 次元を扱う必要があるため、本実験ではこのまま用いることを避けた。すなわち、f4 を多数の峰を持った山を形成する 3 次元空間の曲面として考えて、次式のように変えて最大値を探す問題に変更した。

$$f(x_1, x_2) = -(x_1^4 + 2x_2^4) + \text{Gauss}(0,1) \quad (2)$$

なお、この実験では、「エリート保存戦略」と「ルーレット選択」、および、一点交差を  $x_1, x_2$  其々に用いた[1]。これに、世代数 80, 個体数 70, 「グレイコード」の 2 進数を組み合わせた設定とした。

### 4. 実験と考察

突然変異の因子を遺伝子に組み込む方法の性能を確認するために、コンピュータによるシミュレーション実験を行った。実際の環境として、3 次元空間の最適点探索を静止画と動画の両方で行い、世代交代による適応値の遷移を観察した。

#### 4.1 静止画のアプリケーション

まず、式(2)から写像される多峰分布関数の最大点を探す。この場合の GA の適応度は写像された関数の高さを意味する。図 2 に示す通り、基本的には空間の中央に向かって値が大きくなる。しかしながら、ガウス雑音により最大点が

無作為に複数分布することになるため、最大点を任意の1ヶ所に指定しておく。図3は式(2)で記述された探索問題にGAを適用した実験結果である。二種類の実験において、一つは突然変異率を0%, 50%で一定、もう一つは突然変異の因子を遺伝子に組み込んだ場合である。この図において、突然変異率0%の場合、初期収束が起きて局所解から抜け出せていないが、突然変異率50%の場合、23世代頃に急激に上昇し、徐々に正解に近付いている。一方、突然変異を遺伝子に組み込む場合、突然変異率50%の場合と似た成績が見られた。結果として、適応値はおおよそ50%一定の突然変異と似た曲線で正解に向かって収束している様子が見られた。

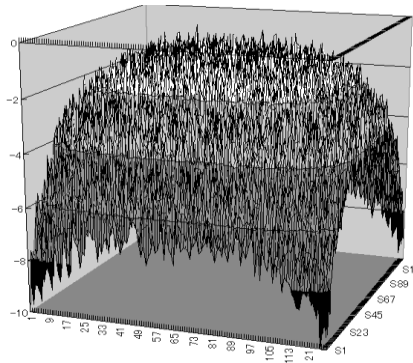


図2. 関数 quadratic with noise の分布

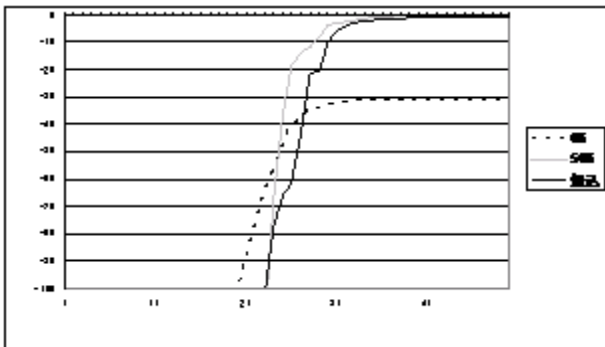


図3. 静止画での成績

#### 4.2 動画のアプリケーション

過去にテンプレートマッチングにおけるGAアプリケーションの実験が多く報告されている[4]。今回のGAの適応値は下記の方程式で表される。これはテンプレート画像とカメラ画像間の類似性を基準としたユークリッド距離である。

$$Error = \sqrt{\sum_{l=0}^{N-1} \sum_{k=0}^{M-1} [g_{i+k,j+l} - t_{k,l}]^2} \quad (3)$$

上式で、 $g_{i+k,j+l}$  は  $i+k,j+l$  におけるカメラ画像の画素値を意味し、 $t_{k,l}$  は  $N \times M = 50 \times 50$  ピクセルサイズのテンプレート画像の  $k,l$  における画素値を意味する。このErrorマップは節4.1で説明した一種の多峰分布となる。しかし、フレーム毎に変化する探索目標を相手にしているため、静止画と動画という観点から異なった動作となる。図4は動的に変化する探索対象へのテンプレートマッチングの適応度の推移を表している。このように、突然変異率を遺伝子に組み

込む場合、50%一定の突然変異率のそれと比較して、より適合するという結果が得られた。ここで、テンプレートマッチングによる解候補の探索フレームを図5に示す。図(a)は各遺伝子の一部分に突然変異の因子を組み込む場合であり、図(b)は値を一定とした突然変異の場合である。したがって、一定の突然変異より突然変異を遺伝子に組み込む方が探索フレームの偏差が少ないといえる。限定された実験例であるが、世代を繰り返す中で突然変異をある程度変えるべきといえよう。

総じて、突然変異を遺伝子に組み込む方法は、突然変異が一定の場合と同程度の成績であることを確認できた。

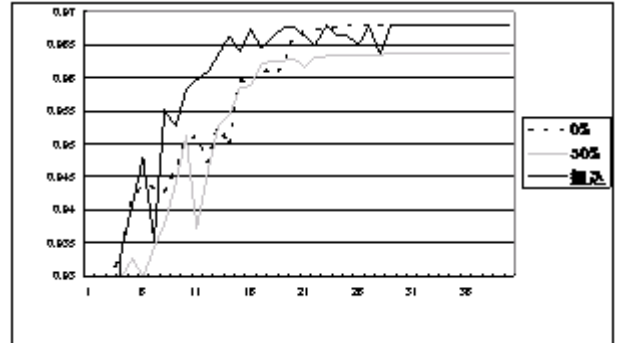


図4. 動画での成績

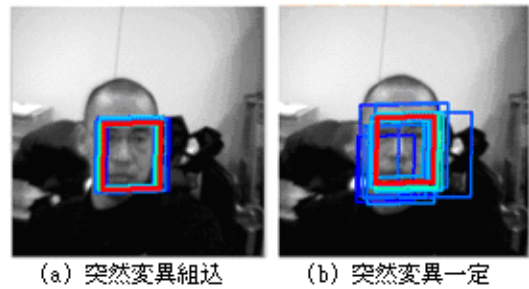


図5. 解決位置の候補

#### 5. 要約

GAのシステムパラメータの設定は、探索対象に依存し、使用者の経験に頼っているのが現状である。筆者らはGAの遺伝子に突然変異率を組み込むことによってパラメータ設定を簡略化し、それが適切に機能するかどうか、静止画と動画の両方で実験した。前者の性能は突然変異率50%一定とほぼ同等であり、後者の性能はより良い結果であった。本実験は限定された例であり考察が不十分であるが、システムパラメータをGA自身が調整することの可能性を示す試みであると考えられる。残りのシステムパラメータ(個体数、世代数、淘汰率、交叉率)の操作などが今後の課題である。最後に、初期実験を行った、研究室の長嶋氏に感謝します。

#### 参考文献

- [1] Goldberg, D.E., Genetic Algorithms in Search Opt. and Machine learning, Addison Wesley, 1989
- [2] Tomikawa T., A Study of Parameter Settings in GA to GA Connected System, Trans. IEE Japan, 119-C, 11, Nov. 1999
- [3] 伊庭齊志, 遺伝的アルゴリズムの基礎, オーム社, 1994
- [4] 安居院猛/長尾智晴, C言語による画像処理入門, 昭晃堂, 2000

† 神奈川工科大学 Kanagawa Institute of Technology