

優性の概念を用いた遺伝アルゴリズムに関する一考察*

6N-6

吉田由起子, 安達統衛

富士通研究所 情報社会科学研究所

1 はじめに

遺伝アルゴリズム (GA) の問題点のひとつは、premature convergence すなわち染色体集団が早い世代で収束してしまい局所解から抜け出せなくなる可能性があるのである。

本研究では、この premature convergence を避ける方法として、十分長い世代にわたって遺伝子集団の多様性のあるレベルで保ち続けることのできる二倍体および優性遺伝の概念を取り入れたGAモデルを提案する。そして環境変動を伴う巡回セールスマン問題 (TSP) を用いて、このモデルと単純GAとの比較を行う。

2 TSPと優性遺伝型GA

TSPを解くGAにおけるコーディングは一般に、都市名を表わすアルファベットを対立遺伝子と見なし、都市を巡る順にアルファベットを1列に並べたものを各個体の染色体としている (これに TSP-code と名付けておく)。たとえば、4つの都市 {A, B, C, D} を $B \rightarrow D \rightarrow C \rightarrow A \rightarrow B$ の順に巡るセールスマンの染色体は BDCA となる。TSPでは全ての都市を重複することなく巡ることになっているため、染色体には同じ対立遺伝子が2つ以上あってはならない。したがってGAの各遺伝操作 (交叉、突然変異など) はこのような致死の染色体を生じないものを選ばなければならない。

GAが解空間を探索しつづけるためには、集団全体では遺伝子の多様性を保ち続けることが望ましい。優性遺伝は、表現型に現れず選択を陽に受けない対立遺伝子を劣性遺伝子として持つので、遺伝子の多様性を保つのに役立つとされており、種々の優性遺伝GAモデルが提案されている [1]。

しかし従来の優性遺伝法に多く見られるような、遺伝子座毎に別々に優性・劣性をコントロールする方法ではTSP-codeのように遺伝子座間に依存関係のあるコーディングにおいて致死の表現型を生じる可能性がある。またGAの世界は自然界に比べて集団のサイズや選択ルールなどによる遺伝的浮動の影響が強いため、ただ優性遺伝を導入して遺伝子型から表現型への対応を工夫するだけでは、長い世代を経るうちに結局集団全体の多様性が失われやすい。

3 優性遺伝の概念を用いた疑似減数分裂遺伝アルゴリズム —pseudo-Meiosis GA

ここで提案する優性遺伝法は次の特徴を持つ：

- 各個体は、単純GAの染色体を2本一組にして持っており、これら2本の染色体 (相同染色体) はそれぞれ優性染色体、劣性染色体として特徴づけられている。

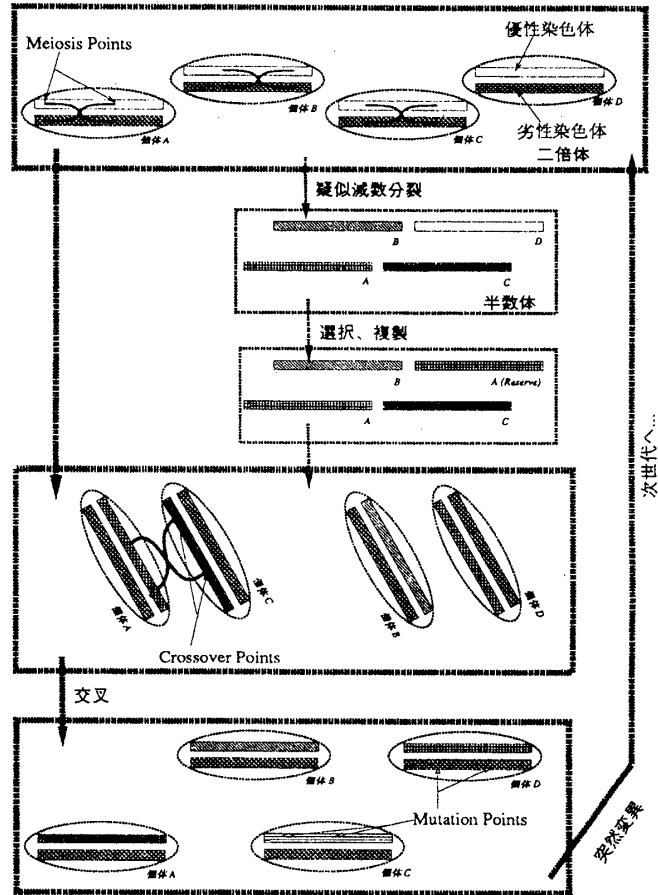


図 1: pseudo-Meiosis GA の遺伝操作

- 単純GAの交叉を用いて、2本の染色体から1本の染色体 (半数体) が作られ、その半数体から表現型が作られる。
- 選択は優性染色体に対して行われる。劣性染色体への作用は突然変異のみであり、各世代を通じてランダムな分布が保たれる。

遺伝操作の各段階は次の通り (図1参照) :

1. 初期集団は、単純GAと同様に各染色体はそれぞれランダムに作られる。
2. 各世代の初めに、確率 $p_{meiosis}$ で相同染色体間で疑似減数分裂 pseudo-Meiosis を行い、得られた半数体からこの個体の表現型を作る。遺伝学では、減数分裂とは染色体数が半減するような相同染色体間の対合・分離のことをいうが、ここでは単純GAの交叉を用いて半数体を作ることをいう。また“疑似”という意味は、この減数分裂は表

*A Dominance-wise Genetic Algorithm
YOSHIDA Yukiko, ADACHI Nobue (Institute for Social Information Science, Fujitsu Laboratories Ltd.)

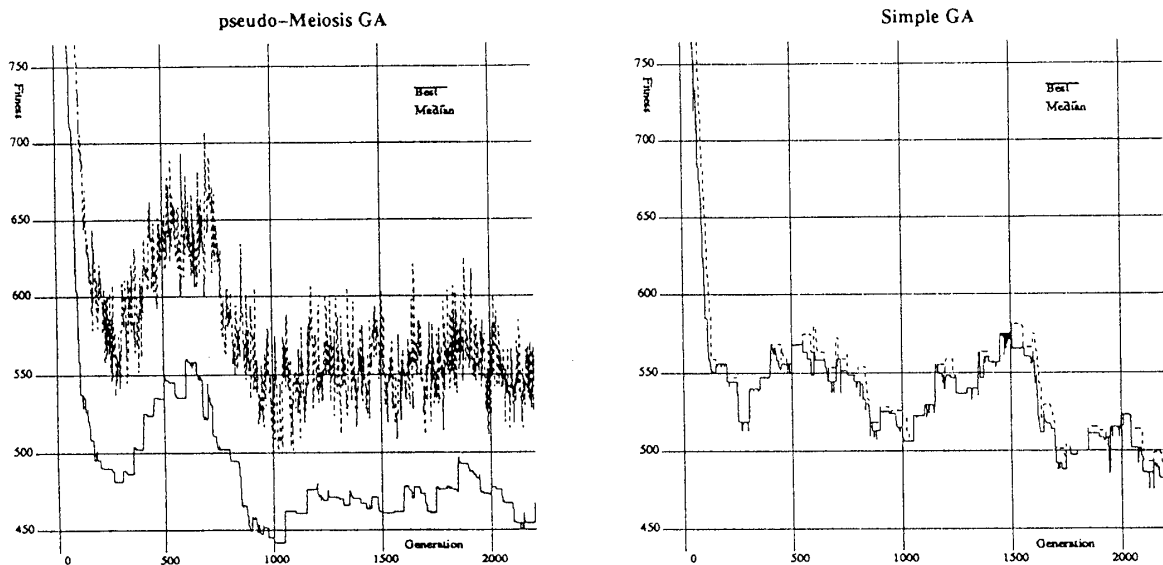


図 2: 集団内の最良値とメディアン値の世代変化—pseudo-Meiosis GA, Simple GA

現型を作るのみであり、相同染色体自体は変化を受けないことを示したものである。

疑似減数分裂を行わない個体は、優性染色体をそのまま半数体とする。

3. 表現型が持つ適応度にしたがって半数体の選択/増殖を行う。その際あらかじめ、集団内でもっとも優秀な半数体から若干数 N_r の複製を無条件で作っておく（この半数体を Reserve とよぶことにする）。残りの選択は通常の GA に準じ、たとえばルーレット選択で行なう。選択の結果得られた半数体集団を各個体の新しい優性染色体として振り分ける。ただし、
 選択を受けて生き残った半数体は元の個体の優性染色体にする。
 選択を受けて消滅した半数体の代わりには、増殖した（優秀な）半数体を割り当てる。
4. 個体集団内でランダムにペアを作り、確率 p_c で優性染色体間の交叉を行う。
 その後、各染色体について確率 p_m で突然変異を行う。
5. 段階 2-4 を一世代とし、これを打ち切り条件を満たすまで繰り返す。

この方法の利点は、第一に、単純 GA から容易に構成できることである。したがって種々の問題へのこの優性遺伝法を導入することが可能である。

第二に、遺伝子の多様性を劣性染色体の形で確実に次世代へ受け継がせることができる。また、この遺伝子の多様性は効果的に表現型へ反映される。というのは、選択の段階で生き残った半数体は元の個体の優性染色体として引き戻され、常に同じ劣性染色体と疑似減数分裂を行うことで優れた表現型における近傍探索を行う一方、選択で消滅した半数体の代わりになったものは、ランダムな分布を持つ劣性染色体と疑似減数分裂を行うことで多様な表現型を作ることができるからである。

4 実験

都市の配置と環境変動について

縦 100 横 100 の正方格子上に 30 都市を初期状態としてランダムに配置する。

その後 50 世代ごとに環境変動を起こさせる。すなわち、各都市をある確率で縦横に位置をずらす。縦横の最大のずれ幅は 5 とした。

遺伝操作について

集団サイズは疑似減数分裂 GA では 400、単純 GA では 800 とした（染色体の総数を一致させて比較するため）。Reserve 数は $N_r = 2$ 、減数分裂率、交叉率、突然変異率はそれぞれ $p_{meiosis} = 0.3$ 、 $p_c = 0.6$ 、 $p_m = 0.01$ とした。ただし、疑似減数分裂 GA の劣性染色体の突然変異率は 0.1 にしておいた。

結果

集団内の最良値の世代変化を図 2 に示す。また集団の多様性の目安として、集団内のメディアン値の世代変化も一緒に示す。

単純 GA では 200 世代までに遺伝子集団がほぼ収束してしまい、その後の環境変動に応じてより良い個体を集団に定着させることを困難にしている。

それに比べて疑似減数分裂 GA では初期の最良個体の収束性がやや遅いものの、200 世代以降はほぼ単純 GA を上回り、環境変動に応じて表現型を変化させながらより良い個体を形成している。また最良値とメディアン値との差がある程度保たれていることから、集団の多様性が保たれているといえる。

5 おわりに

本研究では、GA における premature convergence を避けるための優性遺伝的コーディングと遺伝操作を提案し、環境変動を伴う TSP に対してその有効性を確認した。今後の課題として、TSP 以外の問題への適用、減数分裂率、Reserve 数といったパラメータの選び方などを検討中である。

参考文献

- [1] D.E. Goldberg. *Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning*. Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1989.