分散遺伝的アルゴリズムにおける最適な交叉率および突然変異率

Appropriate Settings of Crossover Rate and Mutation Rate for Distributed Genetic Algorithms

大向 一輝（知的システムデザイン研究室）
Ikki OHMUKAI (Intelligent Systems Design Laboratory)

Abstract Generally, the distributed GA (DGA) provides better performance than the Simple GA (SGA). But, the performance depends on the appropriate crossover and mutation rates. In this paper we investigate the effects of crossover and mutation rates in the performance of the DGA. The role of crossover in the DGA is the recombination of the partial solutions of the migrants and the natives. The crossover rate of 1.0 provides the maximum role to realize the mechanism. As the population size is large, high mutation rate may destroy the individuals with better fitness. As a result, the optimal crossover rate is found to be 1.0, and the optimal mutation rate is reduced as the population size increases.

1　はじめに

一般的に，遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithms:GA) の性能は，主要なパラメータである交叉率および突然変異率の設定に依存する．その最適な設定は，交叉率および突然変異率ともに対象問題によって異なることが明らかにされている [1] [2].

近年，並列処理の観点から注目されている分散遺伝的アルゴリズム (Distributed GA:DGA) は，母集団を複数のサブ母集団に分割し，それぞれのサブ母集団に対して遺伝的操作を行い，一定期間ごとに個体の移住を行うものである．分散 GA では単一母集団 GA(Simple GA:SGA) と比較して良好な解を速く求めることが可能であると報告されている [3].

しかし，分散 GA においても交叉率および突然変異率をいかに設定するかという問題は依然として残っており，その最適な設定に関する研究は少ない．本研究では，分散 GA の性能における交叉率と突然変異率の影響を明らかにし，最適なパラメータ設定に関する提案を行う．

2　交叉および突然変異の性質

交叉は，染色体の組み換えにより新しい個体を生み出す遺伝オペレータである．交叉により，個体間で情報交換が行われ，初期個体内に含まれるビットが適切に組み合わせられる．逆に，初期個体に存在しないビットを作り出すことは不可能である．よって，個体数が少ない場合には，交叉のみを用いて最適解を求めることは困難である．

[0]本発表は，情報処理学会第 59 回全国大会の講演論文に加筆したものである．

突然変異は，染色体上のあるビットを一定の確率で反転させて新しい個体を生み出す遺伝オペレータである．交叉のみでは生成できない個体を生み出し，多様性を高める効果がある．しかし，過度の突然変異は交叉によって生成された優れた解を破壊する可能性がある．

3　実験

単一母集団 GA と分散 GA における交叉率と突然変異率の影響を調べるため，以下の標準的なテスト関数を用いて実験を行った．(1) 式で表される Rastrigin 関数および (2) 式で表される Schwefel 関数は設計変数間に依存関係がない多峰性関数である．(3) 式で表される Griewank 関数は，10 次元の多峰性関数だが，全体的には単峰的なランドスケープをもち，設計変数間に中程度の依存関係を有する．大域的最適解はいずれも 0 である．最適化問題は，これらの関数の値の最大化である．

$$f_{Rastrigin} = 10N + \sum_{i=1}^{N} \left(x_i^2 - 10\cos(2\pi x_i)\right) \quad (1)$$

$$f_{Schwefel} = \sum_{i=1}^{N} -x_i^2 \sin\left(\sqrt{|x_i|}\right) \quad (2)$$

$$f_{Griewank} = 1 + \sum_{i=1}^{N} \frac{x_i^2}{4000} - \prod_{i=1}^{N}\left(\cos\left(\frac{x_i}{\sqrt{i}}\right)\right) \quad (3)$$

1 つの設計変数は 10 ビットで表現され，10 次元で染色体のビット長 L は 100 である．各染色体はグレイコードで表現され，1 点交叉による GA を用い，1000 世代まで計算を行う．交叉率は 0.0，0.1，0.3，0.6，および 1.0 とし，突然変異率は 0/L，0.01/L，0.1/L，1/L，および 10/L とする．また，分散 GA においては，サブ母集団

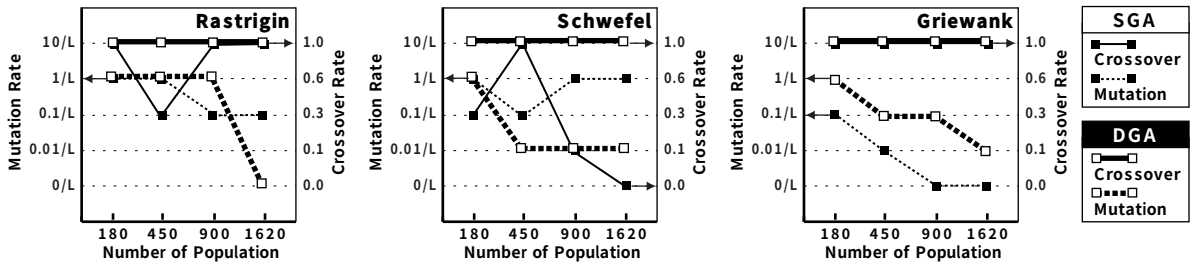

図 1: 最良の解を得ることができる交叉率および突然変異率（1000 世代）

数を 9，移住間隔を 5 世代，移住率を 0.3 とする．結果は 10 試行の最良個体の適合度関数の値の平均で考える．

4　実験結果と考察

実験結果を図 1 で示す．これは各関数において，1000 世代の時点で最良の解を得られた交叉率および突然変異率を，個体数との関係で示したものである．

4.1　交叉率

単一母集団 GA において，最良の解を得ることのできる交叉率は，Rastrigin 関数，Griewank 関数ではほぼ 1.0 だが，Schwefel 関数では個体数が多い場合には下がる傾向にあった．これは対象問題および個体数ごとに交叉率の設定を正しく行わなければ良い結果が得られないことを示している．これは，過去の研究と同様の傾向である．一方，分散 GA では，対象問題，個体数にかかわらず全ての場合について交叉率 1.0 が有効である．この結果は別の条件（サブ母集団数 3，移住間隔 20，移住率 0.5）についても同じであった．

分散 GA では，サブ母集団内の個体数が小さく，その中での多様性は総個体数が等しい単一母集団 GA と比較して少ない．しかし，複数のサブ母集団がある程度独自に進化しているため，全体としての多様性は保持されている．この場合，交叉の役割は移住する個体と移住先の個体から新しい個体を生み出すことである．この新しい個体の数は，交叉率によって異なる．図 2 は移住間隔（ここでは 5 世代）の間に，あるサブ母集団でどれだけ新しい個体が生まれるかを示すグラフである．交叉率が 1.0 の時には，5 世代でサブ母集団中の個体の傾向は大きく変化することになる．交叉率が小さくなるに従い，新たな個体の割合は減少する．

分散 GA では，移住による部分最適解の結合が探索の役割を担っている [4]．サブ母集団ごとに別の部分最適解を持つ個体が主流となり，移住によってそれらの個体が一つのサブ母集団で交じり合い，交叉によって両方の部分最適解を併せ持つ個体が生まれる．交叉率を 1.0 とすることで，その可能性が高くなり，高い適合度を得ることができるのだと考えられる．

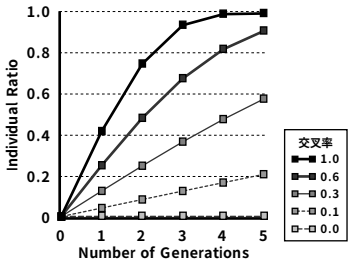

図 2: 交叉率と新たな個体の関係

このことを明らかにするため，図 3 は Schwefel 関数を，総個体数を 1620 とした場合の単一母集団 GA（突然変異率 1/L）と分散 GA（突然変異率 0.01/L）での実行結果を示す[1]．左の単一母集団 GA では，世代によって最適な交叉率は異なるが，いずれに設定した場合でも適合度はある程度上昇する．一方，右の分散 GA では交叉率が低い場合には探索能力が極めて弱い．また，交叉率が高い順に良い結果を出しており，図 2 と対応している．この結果からも，移住とその後の交叉が分散 GA における解探索の役割を担い，交叉率を 1.0 とするのがその機能を生かせる設定であることがわかる．

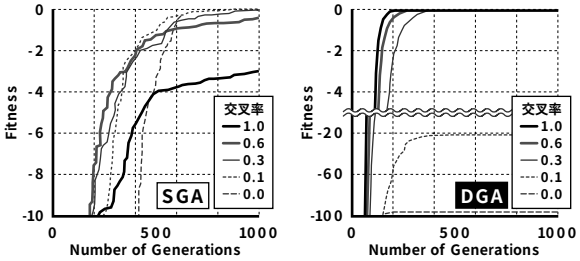

図 3: 適合度の遷移（Schwefel 関数・総個体数 1620）

4.2　突然変異率

最適な突然変異率に関しては，単一母集団 GA，分散 GA ともに個体数が多くなるに従って突然変異率が小さ

[1]突然変異率は図 1 で示された最良の値を設定した

くなる傾向を示した．単一母集団 GA における Schwefel 関数の結果では，一定の突然変異率が最良となる．これは，大域的最適解が交叉によって得られる性質のものではなく，大域的探索の目的である程度の突然変異が必要であるためである．一方，分散 GA では母集団を分割することで大域的探索を行っているため，突然変異率が減少する．

突然変異は，母集団内での個体の収束を防ぎ，多様性を保持するための役割が強い．しかし，個体数が多い場合には，多様性はその個体数自体によって維持される．そのため，交叉によって生み出された良好な解を破壊しないよう，突然変異を受ける個体は最小限にする必要がある．

これらの結果より，分散 GA において最適なパラメータ設定は，交叉率を 1.0 とし，個体数に応じて突然変異率を小さくすることがわかった．

5 結論

本研究では，分散 GA における最適な交叉率および突然変異率の設定について実験および考察を行った．分散 GA は，単一母集団 GA と比較して良好な解が得られるだけでなく，交叉率については 1.0 とするのが最も有効である．一方，突然変異率は個体数が少ない場合には $1/L$ とし，個体数に応じて減少させるのが最適な設定である．

参考文献

[1] Tuson, A. and Ross, P. Cost Based Operator Rate Adaption, *Conference of Parallel Problem Solving from Nature* (1996).

[2] R. Hinterding, H. G. and Peachey, T. C. The Nature of Mutation in Genetic Algorithms, *International Conference on Genetic Algorithms* (1995).

[3] 畠中一幸, 三木光範 並列分散 GA による計算時間の短縮と解の高品質化, JSME 最適化シンポジウム (1998).

[4] 三木光範, 廣安知之, 金子美華 分散 GA における解探索能力, 人工知能学会全国大会 (1999).