

三木 光範[†] 廣安 知之[†] 吉田 純一[†] 金子 美華^{††}[†]同志社大学工学部 ^{††}同志社大学大学院

1 はじめに

分散遺伝的アルゴリズム (Distributed Genetic Algorithms: DGA) では, 母集団を複数のサブ母集団に分割し, そのサブ母集団ごとに遺伝的操作を行い, 一定期間ごとに異なるサブ母集団間で移住を行う. 分散 GA では単一母集団の GA と比較して高品質の解が得られると報告されている. これは, 母集団の分割によって解の多様性が保持され, 良好なスキーマの移住と交叉によって, よりよい解が生成されるためである [1].

一般に GA では, 個体間の情報交換の役割を持つ交叉の働きが重要になる. 単一母集団の GA における交叉法やコーディング法に関する報告は多い [2] が, 分散 GA に関するものは少ない. 本研究では, 3つの代表的なテスト関数を用い, 分散 GA の解探索性能におよぼす交叉法とコーディング法の影響を検討した.

2 交叉法の影響

交叉の概念は, 2つの個体間で染色体を組替えることによって, 両親の持つ優れた部分形質を子に継承しようというものである. しかしながら実装する交叉法の違いによって, その働きは異なる. 以下の議論は, 本研究で用いた連続関数の最大化問題において, 連続変数を符号化した場合のものである.

1点交叉 (1X) や2点交叉 (2X) では交叉点の数が少ないために親個体のスキーマの大半がそのまま子に伝わる. すなわち, 1Xならば10設計変数のうちの少なくとも9個 (2Xならば8個) はそのまま子に引き継がれる. したがって, 1Xや2Xを用いた場合には初期母集団が持つ部分解の個体間での交換が主となる. このため, 母集団サイズが小さく有効な部分解が少ない場合には局所解に陥りやすい.

一方, 一様交叉 (UX) ではランダムに生成したマスクによって交叉点の数が決定され, 平均すると染色体長 L に対し $\frac{L}{2}$ 個の交叉点を持つ. 一般に, 交叉点が多い交叉はスキーマを破壊する性格が強い. 特に,

母集団に多様性のある進化序盤でこの傾向が強い. しかしながら, これによって, 大域的な探索可能になるという利点もある [2].

3 コーディング法の影響

染色体に実数値を符号化する方法としては, 代表的なものとしてバイナリコーディング (以下バイナリと称す) とグレイコーディング (以下グレイと称す) がある. バイナリでは隣り合う値に対応する符号のハミング距離が一定でないのに対し, グレイでは, 隣り合う符号間のハミング距離が常に1となるよう符号化される. このため, 一般にグレイの方が探索の効率が良くなる. 特に破壊的な性質の強いオペレータでその傾向は強まる [3].

4 実験

分散 GA における交叉法とコーディング法の影響を確認するために, 10次元の多峰性関数である3つのテスト関数 [4] を用いて実験を行った.

(1) 式で示した Rastrigin 関数および (2) 式で示した Schwefel 関数は設計変数間に依存関係はない. (3) 式で示した Griewank 関数は大域的には単峰関数のような形状を持ち, 設計変数間に中程度の依存関係を有する. いずれも大域的最適解は0である.

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

定義域: $-5.12 < x_i \leq 5.12, n = 10$

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

定義域: $-512 < x_i \leq 512, n = 10$

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

定義域: $-512 < x_i \leq 512, n = 10$

分散 GA の性能に上で述べた交叉法やコーディング法がどのように影響するかを考える. ここでは1X, 2XおよびUXの3種類の交叉法, およびグレイとバイナリの2種類のコーディング法の組み合わせからなる6通りの設定を考えた. すべての実験において, 最大世代数を1000, 染色体のビット長 L は100bit (1設計変数10bit), 母集団サイズは450または900, 交叉率は0.6, 突然変異率は0または $1/L$ とした. 分散 GA の場合には, サブ母集団数を9, 移住間隔は10世代, 移

The Effect of Crossover and Coding in Distributed Genetic Algorithms

[†] Mitsunori MIKI (mmiki@mail.doshisha.ac.jp)[†] Tomoyuki HIROYASU (tomo@is.doshisha.ac.jp)[†] Jun-ichi YOSHIDA (junichi@mikilab.doshisha.ac.jp)^{††} Mika KANEKO (mika@mikilab.doshisha.ac.jp)Department of Knowledge Engineering and Computer Science, Doshisha University ([†])Graduated School of Engineering, Doshisha University (^{††})

住率は0.3とした。また、選択オペレータはルーレット選択であり、エリート保存戦略を用いた。次節以降に示す実験結果は20試行の平均値である。

5 実験結果と考察

母集団サイズ450の1000世代での適合度を図1に示した。突然変異を行う場合と行わない場合とで結果に大きな差がある。

5.1 突然変異を行う場合

適合度の観点からはバイナリよりもグレイ、単一母集団GAよりも分散GAの方がすべての関数においてもっとも良い成績を示した(図1上段)。このことから分散GAにおいても、グレイの優位性は失われないことが分かる。また、全般的に分散GAの方が成績が良いのは、母集団を複数に分割したことによって大域的な探索が可能になったためであると考えられる。グレイと分散GAの組み合わせの中での交叉法の違いに注目するために、最適解が得られるのに要した世代数を表1に示した。

表1: 最適解に到達した世代数

	1X	2X	UX
Rastrigin	471	520	923
Griewank	(-0.156)	(-0.164)	(-0.252)
Schwefel	510	455	793

表1が示すように、1Xおよび2Xが良い成績を示している。2節で述べたように、1Xおよび2Xがスキーマを保存するのにに対し、UXはスキーマを破壊する。このため1X・2Xと比べてUXでは前の世代の情報が有効に利用できず、探索の効率が悪い。分散GAにおいては、移住してきた部分解を破壊してしまうため移住の効果は得られない。それにも拘わらず、分散GAではUXの性能の劣化はあまり大きくなかった。これは、少ない個体数による多様性の減少がUXの破壊的な性格を弱めたこと、また、移住による部分解の交換ではなく複数の母集団での複数試行による解の高品質化の作用のみが現れたためと考えられる。

5.2 突然変異を行わない場合

突然変異を行わない場合には各関数ごとに特有の傾向を示した(図1下段)。Rastrigin関数では、突然変異を行う場合と似た傾向を示したが、Griewank関数では、UXがよい結果を示した(図1(e))。Schwefel関数では、グレイコーディングよりもバイナリコーディングの方が良い結果を示した(図1(f))。突然変異を行わない場合は最適な交叉法・コーディング法は問題によって異なる。このことから、交叉法やコーディングも突然変異的な役割を持つことが分かる。

* Griewank関数ではいずれも最適解が得られなかったため、1000世代での適合度を示した

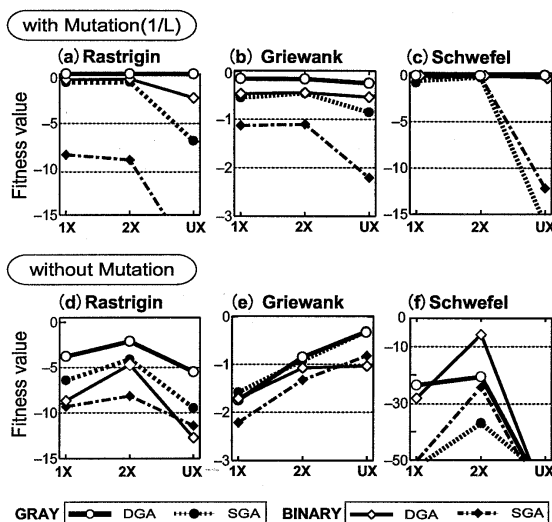


図1: 1000世代での適合度

一方、突然変異を行わない場合の結果で特徴的なのは、バイナリのUXは分散化することで単一母集団GAよりも性能が悪化したことである(図1(d,e))。一般に分散GAは単一母集団GAよりも性能が優れているにも拘わらず、このような結果となった理由は次のように考えられる。バイナリとUXの組み合わせは、大域的探索には優れているが、情報の利用がなされないためにランダムサーチに近くなる。したがって、分散による大域的な探索効果が有効に作用せず、時には性能の悪化につながっていると考えられる。

6 おわりに

代表的なテスト関数を用いて、分散GAの性能におよぼす交叉法とコーディング法の影響について検討した。分散GAにおいて最適な交叉法とコーディング法は、突然変異を行う場合ではグレイコーディングと1X・2Xであることを示した。これは単一母集団GAの場合と同様である。しかしながら、それぞれの交叉法とコーディング法がおよぼす影響は単一母集団の場合と分散の場合では異なることも確認された。設計変数間に限定した交叉については今後の課題である。

参考文献

- [1] 三木, 廣安, 金子 分散母集団GAにおける解探索能力, 人工知能学会全国大会(1999).
- [2] DE JONG, K. A. and SPEARS, W. M. A Formal Analysis of the Role of Multi-Point Crossover in Genetic Algorithms, *Annals of Mathematics and Artificial Intelligence* (1992).
- [3] GIRLEWSKI, H. The Nature of Mutation in Genetic Algorithms, *International Conference on Genetic Algorithms* (1995).
- [4] D. WHITLEY, S. R., K. MATHIAS and DZUBERA, J. Building Better Test Functions, *International Conference on Genetic Algorithms* (1995).