

3J-03 実数値遺伝的アルゴリズムの分散効果の検討

廣安 知之[†] 三木 光範[†] 福永 隆宏^{††} 吉田 純一[‡]
[†]同志社大学工学部 ^{††}同志社大学工学部学生 [‡]同志社大学大学院

1 はじめに

遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm:GA) は生物の適応進化を模倣した最適化アルゴリズムである。GA は多点探索であり、各探索点を個体と呼ぶ。この個体の集合を特に母集団と呼ぶ。GA は、この母集団に対して、選択、交叉、突然変異と呼ばれる遺伝的操作を繰り返すことによって、最適解が得られると期待される。

GA の並列化モデルの 1 つに母集団を分割させる島モデルがある。島モデルは単一母集団の GA と比較して良好な解が得られると報告されている [1]。一方で、連続関数最適化問題において、実数値 GA が有効であるという報告がある [2]。しかしながら、実数値 GA における島モデルの有効性については明らかになっていない。本論文では、実数値 GA に島モデルを適用し、その解探索性能への影響について検討する。

2 分散遺伝的アルゴリズム

島モデルは、分散 GA (Distributed GA:DGA) とも呼ばれる。島モデルでは母集団を複数の島と呼ばれるサブ母集団に分割し、各島ごとに遺伝的操作を行う。DGA では一定の世代ごとに各島の間で移住 (Migration) と呼ばれる個体の交換操作を行う。移住を行う世代間隔を移住間隔 (Migration Interval) と呼び、母集団に占める移住個体の割合を移住率 (Migration Rate) と呼ぶ。島モデルを適用することにより各島で独自の探索が進み、母集団全体の多様性を維持することができるため、単一母集団の GA と比較して高品質な解が得られることが、コード化としてバイナリ、またはグレイコードを用いるビットストリングの GA において確認されている [1]。本論文ではこれを島モデルの分散効果と呼ぶ。

3 実数値遺伝的アルゴリズム

実数値 GA (Real-coded GA) は、探索対象の表現型をコード化するのではなく、表現型そのものの数値を用いて交叉、突然変異を行うアルゴリズムである。実数値 GA は親の形質を効率よく引き継ぐことができるため、連続関数最適化問題においてビットストリングを用いる GA よりも有効であると報告されている [2]。

実数値 GA はコード化を行わないため、実数値 GA に特化した交叉オペレータを用いる必要がある。代表的なものにブレンド交叉 (BLX- α) と単峰性正規分布交叉 (Unimodal Normal Distribution Crossover : UNDX) が挙げられる。それぞれのアルゴリズムと特徴を以下に示す [3]。

- BLX- α : 図 1 に示すように、両親の実数ベクトルの各変数の区間 I を両側に αI だけ拡張した区間から一様乱数に従ってランダムに子を生成する。すなわち、両親によって決まる各辺が座標軸に平行な超直方体の領域においてランダムサーチを行う。設計変数間に依存関係がある問題では、極端に性能が低下する。
- UNDX : 図 2 に示すように、両親を結ぶ直線およびその近傍に、両親と第 3 の親によって決まる正規分布に従って子を生成する。両親を結ぶ軸の周辺の正規分布に従って子を生成するため、親から遠く離れた子が生成される確率は低い。したがって、設計変数間に依存関係のある問題でも効率よく探索を進めることが可能である。

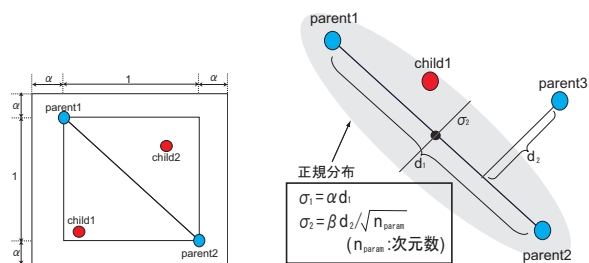


Fig. 1 BLX- α (2次元) Fig. 2 UNDX (2次元)

4 数値実験

本節では、実数値 GA において島モデルが解探索性能におよぼす影響について検討するため数値実験を行

A Discussion on Distribution effect of Real-coded Genetic Algorithm

[†] Tomoyuki HIROYASU(tomo@is.doshisha.ac.jp)
[†] Mitsunori MIKI(mmiki@mail.doshisha.ac.jp)
^{††} Takahiro FUKUNAGA(takapy@mikilab.doshisha.ac.jp)
[‡] Jun-ichi YOSHIDA(junichi@mikilab.doshisha.ac.jp)
 Department of Knowledge Engineering and Computer Science, Doshisha University ([†])
 Department of Knowledge Engineering and Computer Science, Doshisha University, student (^{††})
 Graduate School of Knowledge Engineering and Computer Science, Doshisha University ([‡])
 1-3 Miyakodani, Tataru, Kyotanabe, Kyoto 610-0321, Japan

う。また、UNDX を用いて島モデルの実数値 GA における移住パラメータについても数値実験を行う。

実験では個体数 400, 交叉率 1.0, 突然変異率 0.1 とし, 設計変数の数は 10 とした。実験結果は 20 試行の平均値である。対象問題として, 設計変数間に依存関係がない Rastrigin 関数と, 設計変数間に依存関係がある Rosenbrock 関数を用いる。

4.1 実験 1: 分散の効果の検討

本実験では, 個体数を一定にして島数を変更し, 島数が解探索の性能におよぼす影響について検討した。移住率は 0.5, 移住間隔は 5 とする。図 3 に数値実験を行った結果を示す。

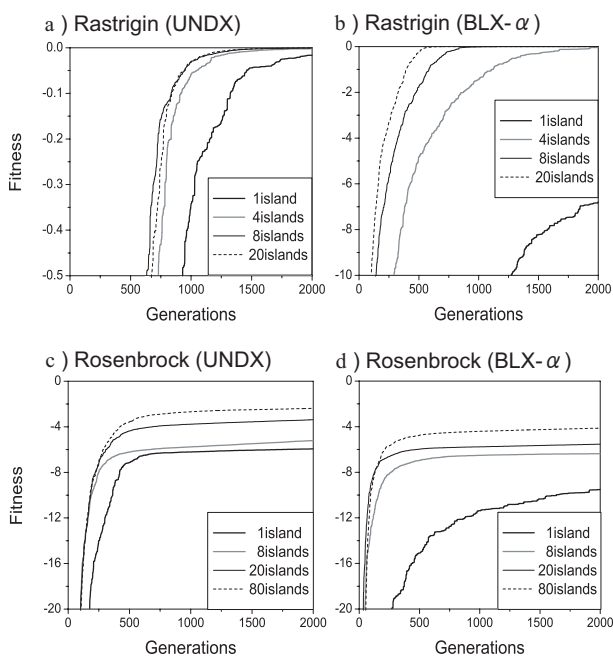


Fig. 3 島数による解探索への影響

図 3 に示すようにどちらの問題においても単一母集団と比較して, 島モデルが良い性能を示しており, 実数値 GA においても分散の効果が確認された。

4.2 実験 2: 移住パラメータの検討

本実験では, UNDX を用いた島モデルの実数値 GA において, 島数を 8 とし, 移住パラメータを変化させ, 各値の解探索に対する影響について検討した。図 4 は移住率, 図 5 は移住間隔について各対象問題における性能を示したものである。

図 4, 5 から Rastrigin では, 頻繁に多くの個体の移住を行った方が良いのに対し, Rosenbrock では, 十分に各島で独自に探索を進めた上で移住を行う方が良いという結果が得られた。

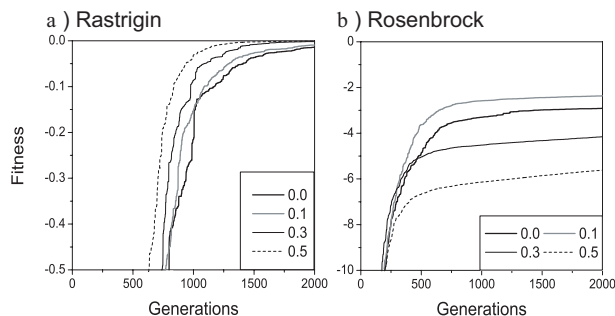


Fig. 4 UNDX 上の移住率の傾向

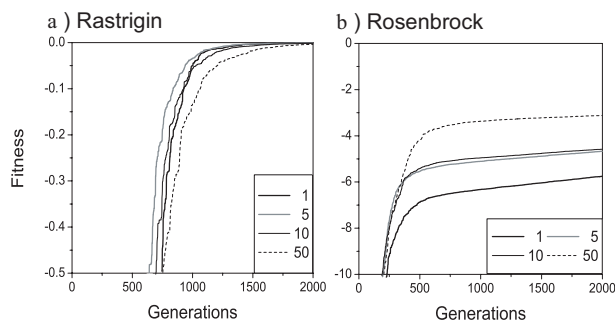


Fig. 5 UNDX 上の移住間隔の傾向

5 考察

実験 1 の結果から, 設計変数間の依存関係の有無に関わらず, 分散の効果が顕著に現れている。設計変数間に依存関係のある問題に適している UNDX が, 島モデルを適用することによりさらに良い性能を示した。これは各島内での親の形質が移住により母集団に反映され, より多様性が生かされた探索が可能になったためと考えられる。BLX- α は, 両親の存在しない頂点付近にも多くの子を生成するため, 探索に無駄が生じる。両親の存在しない頂点は次元とともに増加するので, Rosenbrock のような設計変数間に依存関係があるような問題は解きにくい結果になったと考えられる。

一方, 実験 2 の結果から, 最適な移住パラメータは両問題において異なっている。そのため, 対象問題毎に移住パラメータの設定が必要であると考えられる。

6 おわりに

本論文では, 実数値 GA における島モデルの有効性について検証した。島モデルを適用した実数値 GA は, 母集団を分割しない実数値 GA と比較して解の高品質化が得られた。

参考文献

- 1) 三木光範, 廣安知之, 畠中一幸, 吉田純一: 並列分散遺伝的アルゴリズムの有効性, 日本計算工学会論文集 2000 年号 (2000)
- 2) 小野功, 山村雅幸, 喜多一: 実数値 GA とその応用, 人工知能学会誌 15 巻 2 号 (2000)
- 3) 北野宏明: 遺伝的アルゴリズム 4, 産業図書, (2000)