

実数値遺伝的アルゴリズムの分散モデルに関する研究
福永隆宏

1 はじめに

遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithms: GA) は生物の進化を模倣した最適化アルゴリズムである。しかしながら, GA には (1) 状態空間上の連続性が探索に反映されない, (2) 反復計算による高い計算負荷, (3) 早熟収束による局所解への収束などの問題点が挙げられる。

本研究では, これらの問題を解決する手法として, 近年注目されている実数値遺伝的アルゴリズム (実数値 GA), 分散遺伝的アルゴリズム (分散 GA), 世代交代モデルに焦点をあて, それらを組み合わせることによる有効性について検討する。

2 実数値遺伝的アルゴリズム

実数値 GA は, Fig. 1 のように, 個体の染色体に実数ベクトルを用いて表現し, 連続関数の最適化に適した交叉オペレータを有する GA である。実数値 GA は, 目的関数の形状を考慮した探索を行うため, ビットストリングを用いてコード化を行う GA と比較して, 良好な解を得ることができる¹⁾。

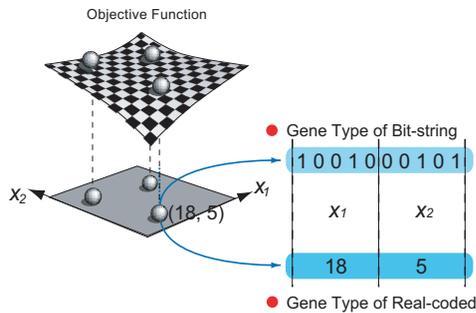


Fig. 1 Real value coding

連続関数の最適化には, 目的関数のランドスケープを考慮した探索が必要である。そのような探索を実現するためには, 親個体の分布とそれらから生成される子個体の分布が類似することである。そのような子個体生成を実現するために様々な交叉法が提案されている。

単峰性正規分布交叉 (UNDX)

小野らによって考案された交叉法¹⁾であり, Fig. 2 に示すように, 3 つの親個体によって決定される正規乱数を用いて 2 つの子個体を生成する。基本的には子個体は 2 つの親個体を結ぶ軸の周辺に正規分布により生成され, 第 3 番目の親個体は正規分布の標準偏差を決定するために補助的に用いられる。

シンプレックス交叉 (SPX)

佐藤らによって考案された交叉法²⁾である。SPX によって生成される子個体は Fig. 3 に示すように, $n + 1$ 個の親個体が張る n 次元シンプレックスを重心に ϵ 倍に掃除変換した図形の内部に一様に分布する。

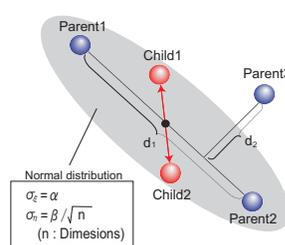


Fig. 2 UNDX

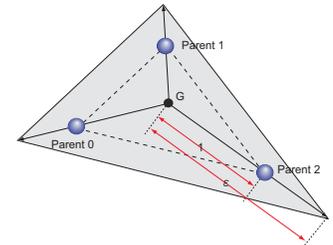


Fig. 3 SPX

3 分散遺伝的アルゴリズム

分散 GA は, 個体の母集団を複数のサブ母集団 (島) に分割し, 各島内で独立した遺伝的操作を行う。また, 一定世代ごとに島間で移住と呼ばれる個体の交換操作を行う。分散 GA は単一母集団で行う GA と比較して, より適合度の高い解を発見することができると報告されている³⁾。以降, 母集団を分割することによる解探索性能の向上を母集団分割による分散効果と呼ぶ。

4 世代交代モデル

本研究で用いる世代交代モデルは, 佐藤らによって提案された Minimal Generation Gap (MGG)⁴⁾ である。MGG は母集団からランダムに親個体となる 2 個体を非復元抽出し, 子個体を生成する。そして生成された家族から, 最良個体とルーレット選択により選ばれた 1 個体を選択し, 母集団に戻す。MGG は初期収束を回避し, 探索終盤においても母集団内に多種多様な個体を存在しやすくし, 進化的停滞を抑制することを目的としている。Fig. 4 に MGG の模式図を示す。

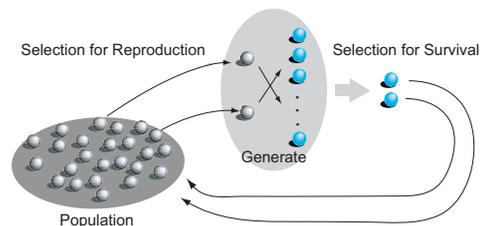


Fig. 4 Minimal Generation Gap

Table 1 Summary of results

Functions (dimensions)	Crossover	Number of Islands							
		1		2		5		10	
		#OPT	AVG	#OPT	AVG	#OPT	AVG	#OPT	AVG
Rastrigin (20dim)	SPX	19	2,743,100	19	1,462,700	20	731,500	18	387,100
	UNDX	17	2,822,700	18	1,478,100	17	666,900	19	472,100
Rotated Rastrigin (20dim)	SPX	20	2,744,300	19	1,449,700	20	655,700	20	403,100
	UNDX	19	2,761,500	20	1,423,300	20	708,900	19	524,300
Griewank (20dim)	SPX	20	2,105,100	20	1,109,300	20	489,100	20	283,100
	UNDX	20	1,857,700	20	1,102,100	20	585,300	20	397,300

5 実数値 GA の分散効果の検討

5.1 実験概要

実数値 GA の母集団分割による分散効果を検証するために、数値実験を行った。本研究では、交叉法に SPX と UNDX を用いる。SPX を適用する場合、MGG は多数の親を用いるよう変更した²⁾。

しかし、各島で交叉を k 回行うことで、各世代 k 個の子個体が生成され、島数に比例して膨大な評価計算回数を要する。よって、本研究では島数に応じて交叉回数を調節する。具体的には、単一母集団での世代あたりの生成個体数 ($\#Child$) を 200 個体とし、以下の式で各世代の生成個体数を決定する。

$$\#Child = 200 / \#Island$$

なお、突然変異は用いない。Fig. 5 に本研究で適用した計算モデルの概念図を示す。

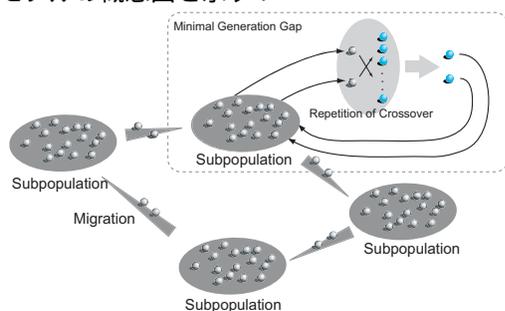


Fig. 5 Distributed Real-coded GA

5.2 数値実験

対象問題は、20 次元の設計変数間に依存関係のない Rastrigin 関数と、その設計変数に回転変換を施し、設計変数間に依存関係をもたせた Rotated Rastrigin 関数、同様に依存関係が強い Griewank 関数である。SPX は個体数 500、UNDX は個体数 300 であり、サブ母集団数 1, 2, 5, 10 と変化させた。終了条件は世代数が 30000 世代を超えたときであり、試行回数を 20 とした。

Table 1 に、全試行回数に対して最適解を発見した試行の数 ($\#OPT^1$)、および最適解に到達した試行における評価計算回数の平均 (AVG) を用いる。また、本研究における最適解は、各々の関数評価値が $1.0E-10$ に達したものを指している。

Table 1 から、すべての関数において母集団分割による分散効果が確認できた。交叉回数を減少することで、母集団の多様性が失われる可能性があるが、分散 GA の移住操作によって多様性が維持されると考える。

6 まとめ

本研究では、実数値 GA に分散 GA を適用した計算モデルについて、母集団分割による分散効果について検討を行った。MGG を母集団分割に適用するモデルとして、島数の増加に応じて各島の生成個体数を減少させるモデルを提案した。提案モデルをいくつかの連続関数最適化問題に適用したところ、島数による分散効果も確認できた。しかしながら、島数の増加の際に MGG の生成個体を減少させなければならない事実は、分散 GA と MGG の効果が同様であり、これら 2 つのスキームは共存できないことを示唆する。これについては今後さらなる検討が必要である。

参考文献

- 1) Isao Ono and Shigenobu Kobayashi. A real coded genetic algorithm for function optimization using unimodal normal distributed crossover, 1997.
- 2) 樋口隆英, 筒井茂義, 山村雅幸. 実数値 GA におけるシンプレックス交叉の提案. 人工知能学会誌, Vol. 16, No. 1, pp. 146-155, 2001.
- 3) Reiko Tanese. Distributed genetic algorithms. *Proc. 3rd International Conference on Genetic Algorithms*, pp. 434-440, 1989.
- 4) 佐藤浩, 小野功, 小林重信. 遺伝的アルゴリズムにおける世代交代モデルの提案と評価. 人工知能学会誌, Vol. 12, No. 5, pp. 734-744, 9 1997.

¹number of runs in which the algorithm succeeded in finding the global optimum