

分散GAにおける解探索能力

Search Performance of Distributed Genetic Algorithms

三木光範^{*1}

廣安知之^{*1}

金子美華^{*2}

Mitsunori MIKI

Tomoyuki HIROYASU

Mika KANEKO

同志社大学工

同志社大学大学院

Doshisha University

In distributed genetic algorithms (DGAs) with multiple populations, every subpopulation searches for good solutions independently and exchanges some individuals with other subpopulation. This exchange is called migration. It is well known that DGAs with multiple populations outperform canonical GAs. However, its reason has not been clarified so far. This paper shows that the migration of a building block of an optimum solution among subpopulations is the main reason. That is, the optimum solutions are formed by the crossover of individuals of different subpopulations. The effects of the number of individuals on the search ability for canonical and distributed GAs are examined, and the remarkable effect of the crossover in DGAs is clearly shown in the numerical examples.

1. 緒言

分散GA (Distributed Genetic Algorithms) は、母集団を複数のサブ母集団に分け、そのサブ母集団毎に遺伝的操作を行い、一定期間毎に異なるサブ母集団間で移住を行う。分散GAでは単一母集団でのGAと比較して高品質の解が得られると報告されている[三木 99]が、その理由についてはあまり解明されていない。そこで、分散GAにおいて高品質な解が得られる一要因として、サブ母集団毎に生成されたビルディングブロックが移住によって他のサブ母集団のビルディングブロックと結合し、成長することが考えられる。本論文では、このことを明らかにするために、設計変数間に依存関係のない最適化問題を対象として考察を行う。

2. 分散GA

分散GAでは、母集団を複数のサブ母集団 (Subpopulation) に分割し、それぞれの母集団毎で遺伝的操作を行う。また、一定世代毎に異なるサブ母集団間で移住 (migration) と呼ばれる個体の交換を行う。移住を行う間隔を移住間隔、移住で交換する個体数の割合を移住率と呼ぶ。

3. 分散GAの有効性

分散GAでは単一母集団GAと比較して高品質な解が得られ

ると報告されている。これを確認するための実験を行った。対象問題として、設計変数間に依存関係のない、Rastrigin関数[Whitley et al.,95]を4次元で用いた。

$$f(x_i |_{i=1..N}) = (10 \cdot N) + \left[\sum_{i=1}^N (x_i^2 - 10 \cos(2 \cdot x_i)) \right] \quad (1)$$

この関数は座標 (0,...,0) で最小値0をとり、その周辺に格子状に複数の準最適解を持つ。適合度はRastrigin関数に負符号をつけた値を用いた。したがって最適値は0である。選択はルーレット選択とし、選択にはその世代での最低適合度を基準としてスケールした値を用いた。エリート保存戦略を行い、交叉は一点交叉、交叉率は0.6とした。移住の効果をより見やすくするために、突然変異はなしとした。したがって、島内の全ての個体が1種類の染色体になったときに島としての進化は収束し、全ての島が収束したときを終了条件とした。実験では母集団の個体数を変えて、単一母集団GA

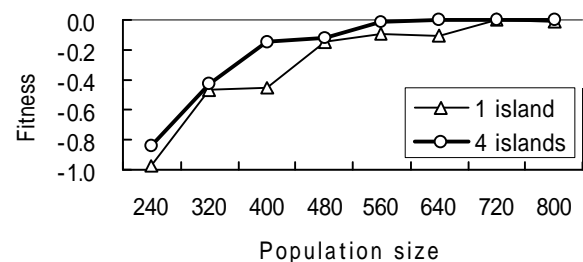


図1 単一母集団GAと分散GA (4島) の適合度の比較

*1 同志社大学工学部知識工学科
Dept. of Knowledge Engineering, Doshisha Univ., Kyoto, 610-0321, Japan.

*2 同志社大学大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, Doshisha Univ., Kyoto, 610-0321, Japan

と島数4での分散GAの解との比較を行った。なお、結果は全て12試行での最高値と最低値を除いた10試行の平均で考える。

まず、単一母集団GAと4島での分散GAで得られた解の適合度の比較を行った。結果を図1に示す。図1より個体数が800個体以下では、分散GAの解は単一母集団GAに比較して高品質であるということが分かる。800個体以上ではどちらも最適解が得られたので、最適解が得られた世代の比較を行ったところ、分散GAの方が早い世代で最適解が得られていた。以上より、分散GAは単一母集団GAに比較して高品質な解が得られるだけでなく、早い世代で最適解が得られるといえる。

4. 分散と移住の効果

分散GAにおいて高品質な解が得られる一要因として、サブ母集団ごとに生成されたビルディングブロックが移住によって他のサブ母集団のビルディングブロックと結合し、成長していくことが考えられる。このことを、設計変数間に依存関係のない問題を用いて検証した。ここでは、設計変数レベルでのビルディングブロックを考え、最適解を構成する設計変数の値を部分最適解と呼ぶことにし、この部分最適解の遷移を調べた。

母集団の分散と移住の効果を見るために、母集団を560個体、島数を4(1島あたり140個体)とし、単一母集団GA、分散GAでの移住を行わない場合および行う場合の3通りの比較を行った。なお、移住率は0.3、移住間隔は5世代とした。図2~4はそれぞれ、単一母集団GA、分散GA・移住なしおよび移住ありにおいて部分解を持つ個体が母集団(分散GAでは

サブ母集団)の中で占める割合の世代毎の遷移を示す。

まず、母集団の分散の効果について考えるために、図2と図3を比較する。図2の単一母集団GAではx2とx3の2つの部分解しか探索されていなかった。それに対して、図3の分散GA・移住なしでは発見された部分解は島ごとに0~2個とばらつきはあったが、4島全体で見ると3つの部分解x0, x1およびx2が探索されていた。したがって、1つの大きなサイズの母集団よりも、複数のサブ母集団で探索を行う方が多くの部分解を得ることができることが分かる。これが分散の効果である。

次に、移住の効果について考える。図3と図4の比較より、図3の分散GA・移住なしでは部分解の探索は島毎に行われていたが、図4の分散GA・移住ありでは部分解がすべての島に広まったことが分かる。これが移住の効果である。また、図3の移住なしではx0~x2の3つの部分解しか得られていなかったのに対して、図4の移住ありでは4つ全ての部分解が得られていた。これは、設計変数より小さな単位のビルディングブロックが移住することによって、1つの島だけでは求められない部分解を見つけることができたためであると考えられる。

以上より分散GAでは、サブ母集団毎に局所的に部分解が探索され、それらが移住によって他のサブ母集団の部分解と結合することによって大域的な最適解が形成されて行くことが確認できた。

5. 結論

本論文では、分散GAにおいて単一母集団GAに比較して高品質な解が得られる原因についての考察を行った。分散GAにおいては、サブ母集団毎に生成されたビルディングブロックが移住によって他のサブ母集団のビルディングブロックと結合し、成長することを考え、設計変数間に依存関係のない最適化問題を対象問題としてこれを明らかにした。

参考文献

- [三木 99] 三木, 畠中: 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講演論文集, (1998).
- [Whitley et al., 95] Whitley, D., Mathias, K., Rana, S. and Dzubera, J.: Building Better Test Functions, Proc. 6th International Conference on Genetic Algorithms, Morgan Kaufmann, pp.239-246 (1995).

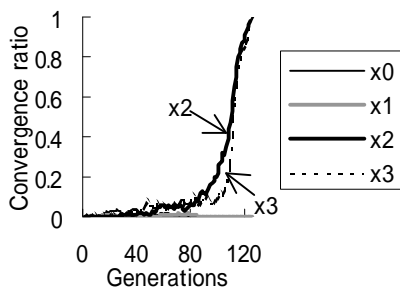


図2 単一母集団GAでの解探索過程

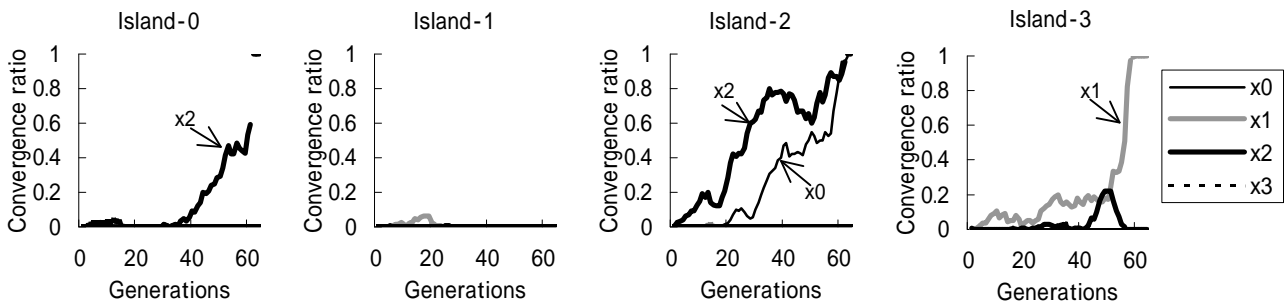


図3 分散GA・移住なしでの解探索過程

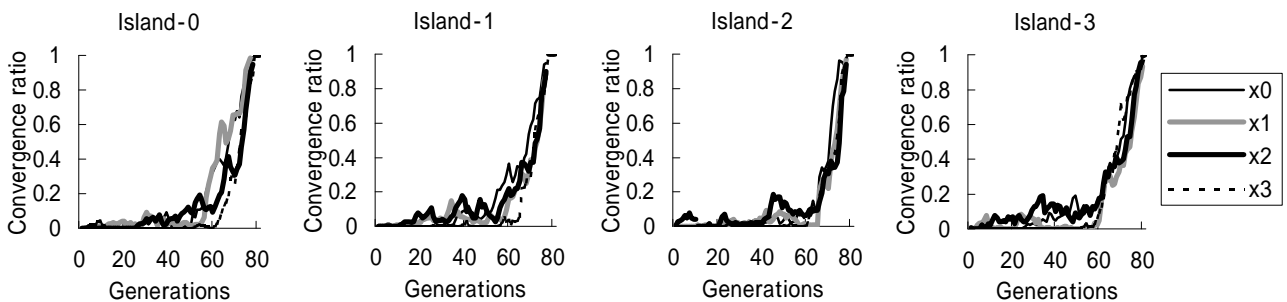


図4 分散GA・移住ありでの解探索過程