

並列分散遺伝的アルゴリズムの性能向上のためのアプローチ

- 最良組合せ交叉, ベイジアン最適化アルゴリズム, 環境分散スキーム -

Approaches to Improve the Performance of Parallel Distributed Genetic Algorithms

- Best Combinatorial Crossover, Bayesian Optimization Algorithms, Distributed Environment Scheme -

吉田 純一

Jun-ichi Yoshida

Abstract: This paper introduces two approaches to improve the performance of parallel distributed genetic algorithms (PDGAs). One is an improvement for the "search ability" of PDGAs, and the other is for the "convenience" to use. So I introduce three schemes, Best Combinatorial Crossover, Bayesian Optimization Algorithms, Distributed Environment Scheme, studied in the PDGA group in intelligent systems design laboratory.

1 はじめに

遺伝的アルゴリズム (GA) は生物の進化のメカニズムを工学的に模倣した最適化手法であり, 多くの最適化問題に対して有効である。しかしながら, 実問題に対しても有効なシステムを構築するためには高速性・高信頼性などが要求される。そこで, 本発表では, 並列分散 GA の性能を向上させるために並列分散 GA グループが取り組んでいる (あるいはこれから取り組もうとしている), いくつかのアプローチを紹介する。

2 性能向上のための指針

GA の性能向上には 2 つの方向性がある。一つは探索性能の向上であり, もう一つは利便性の向上である。

探索性能の向上

探索性能の向上とは, より複雑な問題に対して良好な解を得ることができること, そしてより短い時間 (少ない計算回数) で最適解を発見できることを意味する。交叉・突然変異・選択・移住といった GA のオペレータに注目し, それぞれを改良することで GA 全体の性能向上を期待することができる。また, 計算時間の短縮に関して並列モデルの検討も有効である。次節では, GA の探索において中心的な役割を果たす組み替え (交叉) オペレータに注目する。

利便性の向上

GA は最適化手法である以上, 実用性を視野に入れた研究を進める必要がある。GA の性能はパラメータ設定に大きく依存するにも関わらず, 最適なパラメータ設定を発見するのは困難である。このため, パラメータ設定を軽減化することによりその利便性は大きく向上する。4 節では, ロバストな解探索能力を持ち, パラメータ設定も簡単な環境分散スキームを紹介する。

3 探索性能向上のためのアプローチ

GA では, ランダムに生成される初期母集団から新しい個体を生成し, そこに含まれるビルディングブロック (= 部分解) を組み合わせることでより高品質な解が得られる。したがって, 効率のよい解探索を行うためには, (1) 部分解の成長と (2) その適切な組み替えが重要である。このため, GA のオペレータの中では交叉のような組み替え (recombination) オペレータが GA の探索の中心的オペレータと考えられてきた。しかしながら, これまでに用いられてきた組み替えオペレータは確率的な要素に依存する部分が多く, このメカニズムがうまく機能しているとはいえない。そこで, 確率的な要素に依存せずに, 良好な子個体を生成する方法について検討を行っている。

3.1 最良組合せ交叉 (BCX) ¹⁾

最良組み合わせ交叉 (Best Combinatorial Crossover: BCX) は効率よく良好な部分解を生成するための交叉法である。従来の 1 点交叉では, 交叉点はランダムに決定されるため, 良好な部分解が組み合わせられるか否かは確率的な要素に依存していた。

これに対し BCX では, 親個体から 1X によって生成される全ての子個体を評価し, 親個体とそれらの子個体の中から, もっとも適合度の高い 2 個体を子として採用する (Fig. 1)。従って, 確率的な要因に左右されることなく適合度の高い個体を生成することが可能であり, 両親の持つ部分解のうち最も有効なものを選択することができる。

BCX では 1 回の交叉で多くの子個体を評価する必要があるが, その計算コストを考慮しても 1 点交叉より高速に高品質な解を得ることができる。

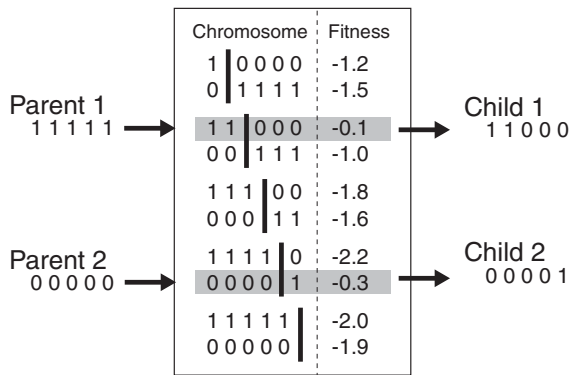


Fig. 1 最良組合せ交叉 (BCX)

3.2 ベイジアン最適化アルゴリズム (BOA)²⁾

BCXでは、生成されるすべての個体を評価し、その中から最も適合度の高い個体を採用することで良好な解を得ることができた。しかしながら、すべての個体を評価するには膨大な計算コストが必要である。これに対してベイジアン最適化アルゴリズム (Bayesian Optimization Algorithm: BOA) は、良好な個体をより効率的に生成することを目指している。BOAでは交叉によって新しい個体を生み出すのではなく、母集団内の良好な個体を分析し、そこから得られた情報を元に新しい個体を生成する。良好な個体の分析にはベイジアンネットワークが用いられる。ベイジアンネットワークとは、複数事象の関係についての確率的知識を有効グラフであらわし、ベイズの定理¹⁾をベースとした計算による推論を行う理論的枠組みである。BOAのように、従来のGAの枠組みにとらわれない新しいアプローチについても検討している。

4 利便性向上のためのアプローチ

GAの解探索性能は、交叉率や突然変異率をはじめとする様々なパラメータに依存するためパラメータのチューニングは非常に重要である。しかしながら、最適なパラメータ設定は対象問題やそのほかのパラメータにも依存するため、一般に最適なパラメータ設定を発見するためには膨大な予備実験が必要となる。

実問題を対象とした汎用的なアルゴリズムの構築を考えた場合には、パラメータ設定は極力簡略化することが望ましい。これまでにも、パラメータチューニングや、パラメータ設定の必要がないGAについて多くの研究がなされてきたが、知的システムデザイン研究室においても並列分散GAに特化した手法を検討している。

¹⁾ある事象の事後確率を、当該事象及び他の事象の事前確率と、当該事象を条件としたときの他の事象の確率(条件付き確率)によって求めることができることを示した定理。

4.1 環境分散スキーム³⁾

分散GAでは母集団を複数のサブ母集団に分割し、サブ母集団毎に遺伝的操作を行うが、パラメータ設定はすべてのサブ母集団で共通である。一方、環境分散スキームは、分散GAにおいて複数のサブ母集団にパラメータをそれぞれ異なる値で設定する。パラメータの値を複数用いることが可能であり、パラメータ設定の手間を軽減することができる。Fig. 2は交叉率と突然変異率を分散させた場合の概念図である。

これまでの研究で交叉率と突然変異率、および制約条件を分散させたものについて検討した結果、環境分散スキームはパラメータチューニングを行ったGAと同等あるいはそれ以上の性能をもつことが明らかになっている。

今後は、より複雑な問題に対して適用すると同時に他のパラメータの分散についても検討を行いより実用的なアルゴリズムの開発を目指す。

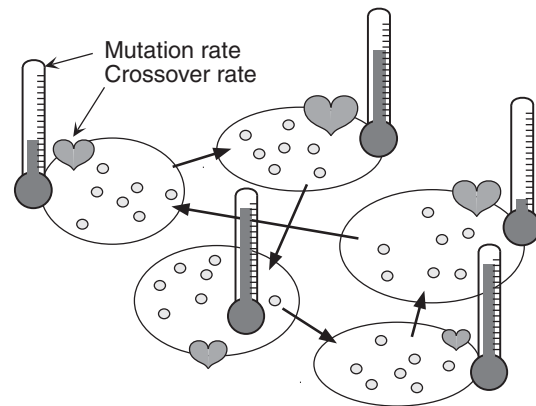


Fig. 2 環境分散スキーム

5 おわりに

並列分散GAの性能を高めるためには、探索性能の向上と利便性の向上という2つのアプローチがある。本発表では、並列分散GAグループが取り組んでいる、いくつかのアプローチを紹介した。本発表が研究テーマ選定の参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 吉田純一, 三木光範, 廣安知之, 坂田善宣. 遺伝的アルゴリズムにおける最良組み合わせ交叉. 第31回数理モデルと問題解決研究会論文集, pp. 41-44, 2000.
- 2) M. Pelikan, David E. Goldberg, and Erick Cantú-Paz. Boa: The bayesian optimization algorithm. IlliGAL Report 99003, University of illinois at Urbana-Champaign, Illinois Genetic Algorithms Laboratory, 1999.
- 3) M.Miki, T.Hiroyasu, M.Kaneko, and K.Hatanaka. A parallel genetic algorithm with distributed environment scheme. *IEEE Proceedings of Systems, Man and Cybernetics Conference SMC'99*, 1999.