

多目的最適化のための新しい分散遺伝的アルゴリズムの提案と評価

同志社大院 上浦 二郎 同志社大工 廣安 知之 同志社大工 三木 光範

Proposal of new Distributed Genetic Algorithm for multi-objective optimization and its evaluation

Jiro KAMIURA, Graduate School of Engineering, Doshisha University
Tomoyuki HIROYASU, Faculty of Engineering, Doshisha University
Mitsunori MIKI, Faculty of Engineering, Doshisha University

Abstract: In this paper, an improved Distributed Genetic Algorithm (DGA) for Multi-objective Optimization Problems (MOPs), named "Adaptive Weighted Genetic Algorithm", is proposed. In AWGA, each sub-population has the different weight vector and searches the different region, so AWGA preserves the diversity of solutions appropriate as a whole. AWGA also provides several mechanisms which are indicated effective for MOPs in leading studies.

1 はじめに

進化的計算法を用いて多目的最適化を行うアプローチは, Shaffer らの Vector Evaluated Genetic Algorithm (VEGA)¹⁾以降, 盛んに研究が行われている^{2, 3)}. 進化的計算法は潜在的に並列処理に適した特徴を持っているため, これまでに進化的計算法の並列化に関する研究が行われてきた⁴⁾. しかしながら, これらの研究はほとんどが単一目的最適化におけるものであり, 多目的最適化において有効な並列進化的計算の研究は少ない. 本研究では, 多目的最適化のための並列遺伝的アルゴリズムとして, 重み適応型遺伝的アルゴリズム (Adaptive Weighted Genetic Algorithm: AWGA) の提案を行う. AWGA は, Tanese の分散遺伝的アルゴリズム (Distributed Genetic Algorithm: DGA)⁵⁾を, Kaneko らの環境分散スキーム (Distriubted Environment Scheme: DES)⁶⁾の考え方を用いて拡張したもので, サブ母集団ごとに異なる重みベクトルを持つ. また, AWGA は近年の研究によって多目的最適化を行う際の有効性が示されている複数の機構を採用している. 本研究では, AWGA を複数のテスト問題に適用し, AWGA の有効性を示す.

2 多目的遺伝的アルゴリズム

2.1 多目的最適化問題

最適化問題において目的関数が複数存在する場合, その問題は特に多目的最適化問題 (Multi-objective Optimization Problems: MOPs) と呼ばれる. 複数の目的関数の間にトレードオフの関係がある場合, すべての目的関数を同時に最大化する解は存在しない. このため, MOPs では「ある目的関数値を改善するためには, 少なくとも他の 1 つの目的関数値を改悪しなければならないような

解」を求める. このような解はパレート最適解 (Pareto-optimal solution) と呼ばれる. パレート最適解には劣るものの, その時点までに探索した他の解には劣らない解は非劣解 (Non-dominated solution) と呼ばれる.

2.2 分散遺伝的アルゴリズム

多目的最適化においてよく用いられる進化的計算法として遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm: GA) がある. GA は母集団を複数のサブ母集団 (島) に分割し, 各島を異なるプロセッサに割り当てることにより並列化を行うことができる. 分散遺伝的アルゴリズム (Distributed Genetic Algorithm: DGA)⁵⁾は, この方法による GA の並列化モデルとして Tanese によって提案されたものであり, 複数のサブ母集団 (島) の集合によって母集団を構成する. DGA では, 各島内は独立して GA を行いながら, 数世代に一度, 移住と呼ばれる操作によって島間の探索情報の交換を行う. それぞれの島を異なるプロセッサに割り当てて並列処理を行う場合, 通信は移住操作に限定されるため, 並列化効率が高い. DGA は, 単一目的最適化においては, 母集団が 1 つである GA と比較して有効な解探索を行うことができる一方で, 多目的最適化においては良質な非劣解集合を探索することができない.

2.3 環境分散遺伝的アルゴリズム

DGA では, 交叉方法や交叉率といったパラメータ設定を全ての島で統一して遺伝的操作を行う. しかしながら, 各島でパラメータ設定を変化させることも可能である. Kaneko らは, これを環境分散スキーム (Distributed Environment Scheme: DES) として提案している⁶⁾. パラメータを適切に環境分散させることにより, 各島の探索に異なった特徴を与えることができる.

2.4 重み適応型遺伝的アルゴリズム

本論文では、多目的最適化のための並列遺伝的アルゴリズムとして重み適応型遺伝的アルゴリズム (Adaptive Weighted Genetic Algorithm: AWGA) を提案する。AWGA は、分散遺伝的アルゴリズム (DGA) を基礎とし、複数のサブ母集団 (島) の集合として母集団を構成する。各島を異なるプロセッサに割り当てることによる並列処理が可能である。AWGA は、重みベクトルによって目的関数をスカラー化した値によって個体を評価する。重みベクトルは環境分散される。数世代に一度、重みベクトルの似た島 (近傍島) との間で移住操作を行い、この際に重みベクトル、トーナメントサイズを適応的に変化させる。AWGA は、パラメータを必要としない非劣解のシェアリングの機構を備え、探索過程において得られた非劣解を島ごとに非劣解アーカイブとして保持する。また、非劣解アーカイブとは別に、スカラー化した目的関数値の高い個体をエリート個体としてエリート個体アーカイブに保持する。AWGA は、Minimal Generation Gap (MGG)⁷⁾ を DGA に拡張した世代交代モデルを行う (Fig. 1)

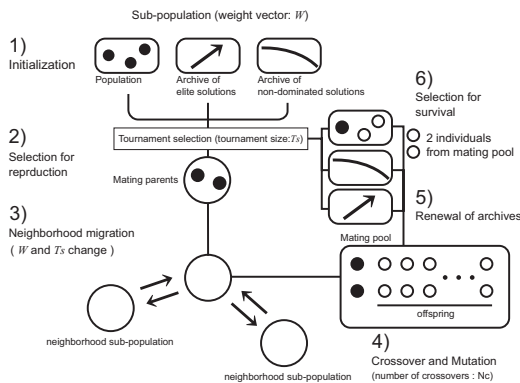


Fig. 1 The main loop of AWGA

3 数値実験

Zitzler ら⁸⁾ によって提案されたパレート最適フロントに異なった特徴を持つテスト問題のセットに対して AWGA を適用した。ZDT5 以外のすべての問題について 1 つの設計変数を 20 ビットの Gray コードを用いて表現し、個体数 50、交叉回数 5、島数 10、初期トーナメントサイズ 5、移住間隔 10、島ごとのエリート保存数 5、島ごとの非劣解保存数 50、世代数 500 として 30 試行の実験を行った。Fig. 2 は、計算終了時に各島が保存していた非劣解アーカイブを 30 試行すべて図示したものである。

4 結論

多目的最適化のための並列遺伝的アルゴリズムとして重み適応型遺伝的アルゴリズム (AWGA) を提案した。AWGA は、重みベクトルを環境分散することにより、各

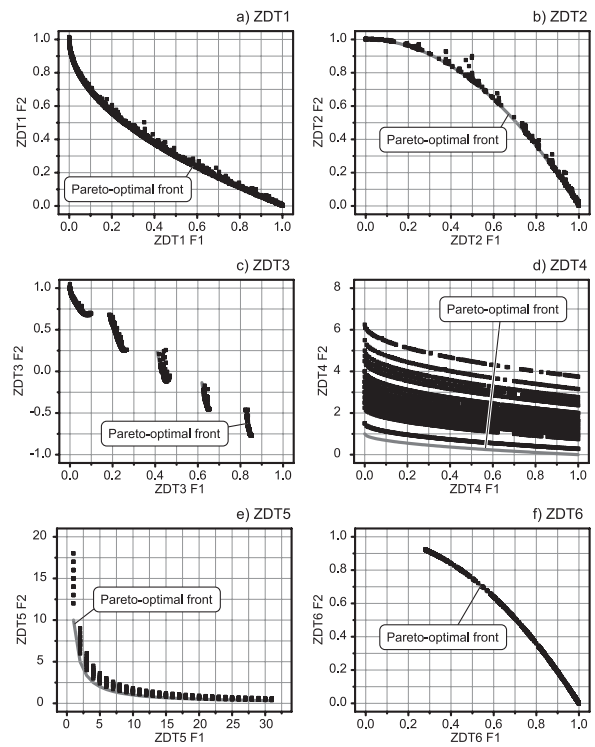


Fig. 2 Non-dominated solutions derived by AWGA

島では単一目的の最適化を行いながら、全体では多目的の最適化を行う。AWGA は、近傍移住、重み変化、エリート個体と非劣解のアーカイブ、などの機構を備えている。AWGA を様々なパレート最適フロントを持つ問題に対して適用した結果、いずれのパレート最適フロントに関しても良好な非劣解集合を得ることができた。

参考文献

- [1] Schaffer, J. D.: Multiple objective optimization with vector evaluated genetic algorithms, *Proceedings of International Conference on Genetic Algorithms (ICGA'85)*, pp. 93-100 (1985).
- [2] Zitzler, E., Laumanns, M. and Thiele, L.: SPEA2: Improving the Strength Pareto Evolutionary Algorithm, *Technical Report 103, Computer Engineering and Communication Networks Lab (TIK), Swiss Federal Institute of Technology (ETH) Zurich, Switzerland* (2001).
- [3] Deb, K., Agrawal, S., Pratap, A. and Meyarivan, T.: A Fast Elitist Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm for Multi-Objective Optimization: NSGA-II, *KanGAL report 200001, Indian Institute of Technology, Kanpur, India* (2000).
- [4] Cantú-Paz, E.: Migration Policies, Selection Pressure, and Parallel Evolutionary Algorithms, *IlluGAL Report*, No. 99015 (1999).
- [5] Tanese, R.: Distributed Genetic Algorithms, *Proceedings of 3rd International Conference on Genetic Algorithms (ICGA'89)*, pp. 434-439 (1989).
- [6] Kaneko, M., Hiroyasu, T. and Miki, M.: A Parallel Genetic Algorithm with Distributed Environment Scheme, *Proceedings of the International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications*, Vol. 2, pp. 619-625 (2000).
- [7] 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 (1997).
- [8] Zitzler, E., Deb, K. and Thiele, L.: Comparison of Multiobjective Evolutionary Algorithms: Empirical Results, *Evolutionary Computation*, Vol. 8(2), pp. 173-195 (2000).

出展

上浦 二郎, 廣安 知之, 三木 光範: 多目的最適化のための新しい分散遺伝的アルゴリズムの提案と評価, 計測自動制御学会 第3回システムインテグレーション部門講演会(SI2002)講演論文集(III), pp. 283-284, December, 2002.