

環境分散遺伝的アルゴリズムの多目的最適化問題への適用

Multi-objective Genetic Algorithm
with Distributed Environment Scheme廣安 知之[†], 三木 光範[†], 上浦 二郎^{††}Tomoyuki HIROYASU[†], Mitsunori MIKI[†], Jiro KAMIURA^{††}[†] 同志社大学工学部

Faculty of Engineering, Doshisha University

^{††} 同志社大学大学院

Graduate School of Engineering, Doshisha University

キーワード：遺伝的アルゴリズム，最適化，進化型計算

Keywords: Genetic Algorithm, Optimization, Evolutionary Computation

1 はじめに

遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithms : GA) は生物の進化を工学的に模倣した最適化アルゴリズムである。しかし、GA の性能は各種パラメータの影響を強く受けるため、最適なパラメータを得るために膨大な予備実験を行う必要がある。分散遺伝的アルゴリズム (Distributed Genetic Algorithms : DGA) の各分割母集団ごとにパラメータを分散させた環境分散遺伝的アルゴリズム (Distributed Environment Genetic Algorithms : DEGA) は、このパラメータ設定の煩雑性を軽減させるために提案された手法である¹⁾。本研究では、従来、目的関数が単一であるような問題に適用されてきた DEGA について、重みパラメータを分散させることで多目的最適化問題に適用する。

2 多目的最適化問題

多目的最適化とは「複数の互いに競合する目的関数を、与えられた制約条件の中で最大化 (あるいは最小化) する問題」と定義される。目的関数が互いに競合しあっているため、与えられた複数の目的関数に対して完全最適解を求めることはできない。そのため、多目的最適化では「ある目的関数の値を改善するためには、少なくとも他の目的関数の値を改悪せざるを得ないような解」を求めていく。多目的最適化問題では、このような解の集合をパレート最適解 (Pareto optimal solution) と呼ぶ²⁾。図 1 にパレート最適解の概念図を示す。

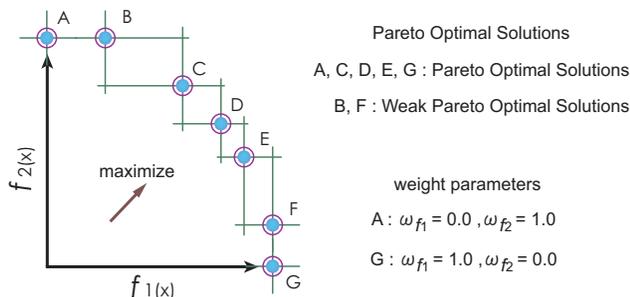


図 1: パレート最適解

3 環境分散遺伝的アルゴリズム

DGA は、GA の並列化モデルの 1 つであり、母集団を複数の分割母集団 (島) に分割し、各島ごとに GA を行う。また、島間で探索情報を交換するために一定期間ごとに移住という操作を行う。DEGA は、DGA において複数の島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ため、最適なパラメータ設定にともなう煩雑性を軽減させることが可能となる。現在までに、交叉率、突然変異率、制約条件を満たさない解に課するペナルティパラメータを分散させる手法が提案され、いずれも単一目的の最適化問題について有効であるとされている。

4 環境分散 GA の多目的最適化への適用

多目的最適化問題において、目的関数 f_k ($k = 1, \dots, p$) のそれぞれに重み (重要度) w_k を設定することにより、荷重和 $\sum_k w_k f_k$ を単一の目的関数とする求解のアプローチがある。このような多目的最適化問題を単一目的の最適化問題に帰結させて最適化を行う手法を重みパラメータ法と呼ぶ³⁾。重みパラメータ法は、可能領域が目的関数空間の中で凸である場合に有効であることが知られている。

本研究では、この重みパラメータ法に着目し、各島ごとに重みを分散させることで DEGA を多目的最適化問題に適用した。この手法では、各島における最良個体が多目的最適化におけるパレート最適解に相当すると考えられる。このため、多数の島で行うことにより、広範囲で一様なパレート最適解を得ることができると期待できる。

また、本研究では目的関数間のスケールが異なる際に一方の目的関数に個体が集中することを防ぐため、各目的関数に対する重みが 1.0 となる島のエリート個体 (図 1 における個体 A と個体 G) からスケールの違いを予測し、各島に分散させた重みを変化させる。

5 数値実験

5.1 多目的 0/1 ナップサック問題

本研究では、多目的最適化における多くの研究に用いられている代表的なテスト関数の 1 つである多目的 0/1 ナップサック問題を対象問題として用いた。

多目的 0/1 ナップサック問題は，単一目的の 0/1 ナップサック問題を多目的化したものであり，重さと利益を持つ荷物 (item) のセットから成り立っている．目的は，規定されたそれぞれのナップサックの容量内で利益の総和が最大になるような荷物の組み合わせを求めるというものであり，組み合わせ最適化問題である．この問題の可能領域は目的関数空間の中で凸であることから，重みパラメータ法が有効に働くことが期待できる．

5.2 対象問題

提案手法が異なる規模の多目的最適化問題に対して有効であることを検証するため，250item と 750item の 2 種類の多目的 0/1 ナップサック問題を用いた．

また，目的関数間のスケールが異なる場合にも有効であることを検証するため，250item, 750item の多目的 0/1 ナップサック問題の f_1 の価値を 100 倍に評価する問題においても実験を行った．

5.3 重みの分配方法

本研究において母集団全体を n 個の島に分割したときの島 k ($k = 1, \dots, n$) が持つ重み w_1, w_2 を， $(w_1 = \frac{k-1}{n-1})$ を用いて $w_1 = \dots, w_2 = 1 - \dots$ のように表す．

また，個体が f_1 に引き寄せられることを防ぐために， w_1 が 1.0 の島と w_2 が 1.0 の島の 2 島のエリート個体 (図 1 における個体 A と個体 G) から f_1 と f_2 のスケールの違いを予測し，各島に分散させた重みを変化させることにした．

5.4 移住トポロジー

島 ID の近い島同士は互いに類似した重み付けを持っている．このため本研究では，図 2 のような移住トポロジーを採用した．これは島 ID の最も小さい島と最も大きい島以外は ID の隣接する 2 つの島に移住を行うというものである．

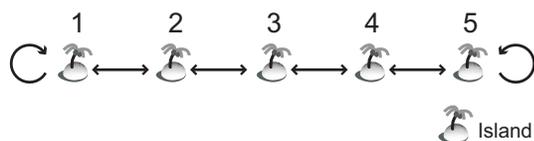


図 2: 移住トポロジー

5.5 実験結果

個体数を 1000，島数を 250 とし，終了条件は評価計算回数合計が 10,000,000 回を越えたときとして実験を行った．

図 3(a), 図 3(b) に通常の 0/1 ナップサック問題の結果を示し，図 3(c), 図 3(d) に 0/1 ナップサック問題の f_1 を 100 倍に評価する問題の結果を示す．

これらの結果より，本手法によって目的関数間のスケールの違いに関わらず，広範囲に均一なパレート解を得ることができたといえる．しかし，パレート解の数は島数の 1/10 程度であり，用いた個体数に対して少ない．

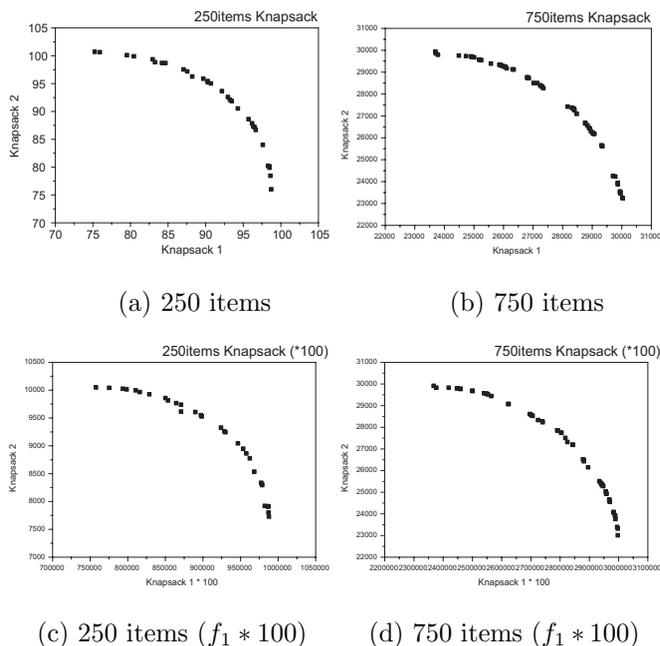


図 3: 実験結果

6 結論

本研究では，目的関数に対して各島に異なる重みパラメータを設定する環境分散遺伝的アルゴリズムを提案した．

数値実験の結果，いずれの対象問題についても広範囲で一様なパレート最適解を得ることができた．このことにより，提案手法が，可能領域が目的関数空間の中で凸である多目的最適化問題を解く上で有効な手法であることが分かった．

参考文献

- [1] 三木光範, 廣安知之, 金子美華, 島中一幸. 環境分散型並列遺伝的アルゴリズム. 電子情報通信学会, 1999.
- [2] 三宮信夫, 喜多一, 玉置久, 岩本貴司. 遺伝的アルゴリズムと最適化. 朝倉書店, 1998.
- [3] 村田忠彦, 石淵久生, 田中英生. 遺伝的アルゴリズムによるフローショップ・スケジューリングと多目的最適化問題への応用. 計測自動制御学会論文集, Vol. 31, No. 5, 1995.

論文受付番号 k17(i022)

問い合わせ先 〒 610-0321
 京都府京田辺市多々羅都谷 1-3
 同志社大学工学部知識工学科 廣安知之
 TEL: 0774-65-6932 FAX: 0774-65-6780
 E-mail: tomo@is.doshisha.ac.jp