

多目的進化的アルゴリズムにおける有効な戦略

02601414 大阪府立大学経済学部

* 森田 裕之

HIROYUKI Morita

01104684 京都大学大学院工学研究科

加藤 直樹

NAOKI Katoh

Universite de Valenciennes

XAVIER Gandibleux

1. はじめに

多目的組合せ最適化問題に対する進化的アルゴリズムの研究は、過去十数年にわたって行われており、その間、様々な手法が提案されてきている [1]。それにともなって、複数の手法の計算実験による比較 ([2] など) が、行われているが、結果は研究者によってばらつきがあり、圧倒的な結論が得られるにはいたっていない。その原因としては、適用する問題の違いや各手法独自のパラメータの設定等にあると予想される。

前者については、テスト問題の必要性を、多くの研究者が認識しており、制約条件の有無やパレート最適解の分布の状態など、様々なバリエーションの問題が提案され、整理されてきている [3]。しかし、比較実験の際のパラメータの設定については、不明な点などがあり言及が難しい。そのため、どの手法が最も優れているのかを、決定付けることができない状況にある。そこで各手法をより詳細にみると、中身については、淘汰方法や個体の評価方法など、特徴的な戦略を組み合わせているといえる。したがって結果の原因を特定する観点から考えると、完成した1手法として性能を評価するよりは、どの戦略（または方法）が結果に影響を与えているかを評価した方がよいように思われる。

著者達の研究では、ベンチマークとして利用可能な2目的ナップザック問題と、2目的1機械スケジューリング問題に対して、パレート最適解の全列挙という観点から、進化的アルゴリズムに基づく手法を提案し、計算結果から手法の有効性を示した [4, 5]。我々の提案手法の特徴は、既存の有効な手法といくつかの新たなアイデアを複合的に用いている点にある。その中で、もっとも有効に働いていると考えられる戦略は、初期解集合に工夫を加えたシーディング戦略、エリート解（パレート近似解）を通常の解集合とは別に保存することで、解の多様性のバランスをとりながら探索を進めている点、そして工夫を加えた局所探索法をアルゴリズム内に、取りいれている点にある。本稿では、特にこのエリート解の保存方法の効果と、提案した局所探索法の効果と、いくつかのテスト問題に対して適用し、計算実験によって、これらテスト問題においても提案手法が有効であることを示す。

2. 提案手法の特徴

[4, 5] での提案手法の簡単な流れは、以下の通りである。

1. シード解を取り入れた初期解集合の生成
2. 解集合をエリート解集合 *ELITE* とそれ以外の一般解集合 *POP* に分割
3. *ELITE* と *POP* を利用して、交叉・突然変異を行う。新たなエリート解が発生すれば、*ELITE* を更新し、そうでなければ *POP* に追加する
4. *ELITE* に対して、まだ局所探索法を適用されていない解に対して適用する。新たなエリート解が発生した場合は *ELITE* を更新する
5. *POP* については、2-トーナメント選択によって、定数個の解を次世代に保存する
6. 最終世代に達していれば、*ELITE* を出力して終了。そうでなければ 3. ~ 5. の操作を繰り返す。

1. のシード解は、各目的関数についての最適解、または近似解、及びサポート解 [4] またはその近似解を意味しており、ごく簡単に言うと良い解のことである。

3. の交叉では、親個体の選択をどう行うかが問題となる。*ELITE* ∪ *POP* からランダムに選んだとすると、エリート解が親になる確率は、 $|ELITE|$ と $|POP|$ の割合によって決まってくる。しかし予備実験などでの結果からは、相対的にエリート解をかなり高い割合で選んだほうが、結果が良い傾向が見られた。そこで本手法の中では、90%の確率でエリート解を親とすることにし、残りの10%の確率で一般解が親個体となるように設定している。*ELITE* および *POP* の中からどれを選ぶかは、それぞれランダムに選択している。

4. の操作は、工夫を加えた局所探索法の部分であり、イメージは図1のようになる。図中の★は、局所探索法が適用されたエリート解を意味し、△*a* ~ *c* は、近傍解の中で、新たにエリート解となる可能性のある個体とする。このとき、一般に局所探索法が利用される場合には、ウェイトを決めてスカラ化を行い評価することが多い。しかしその場合、図のようなウェイトのとき、個体 *a* が最も高い評価を受け（ここでは2目的同時最小化を考えている）、解が保存される。しか

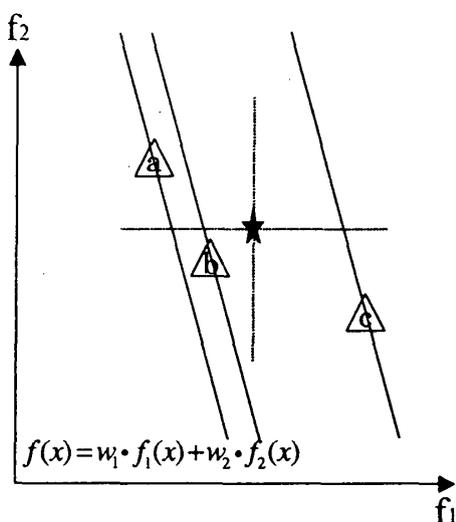


図 1: 局所探索法のイメージ

し実際には、 a, b, c は解の支配関係から考えると、同程度に優れた個体である。それにもかかわらず、個体 a しか利用されないのは残念である。もちろんウェイトの設定によっては、個体 b または c が保存される可能性はあるが、その場合は逆に個体 a が保存される機会を失うので同じである。以上のような理由で、近傍探索を行った際に新たなエリート解を全て、*ELITE*を更新する解として利用する点に工夫を加えている。

5.の淘汰では、*POP*内から2つの個体 a, b をランダムに選択し、個体 a が個体 b を支配する場合は個体 a を保存し、逆の場合は個体 b を保存する。タイの場合は、どちらを保存するかランダムに決定する。

以上のような手法を用いて、いくつかのテスト問題に対して計算実験を行う。

3. 適用するテスト問題

近年様々なテスト問題が、提案されている。中にはパレート最適解がいくつかの領域に離れて存在しているケース(図2)や、特殊な分布をしたケースなどがあり、基本的な性能をみるためには格好の問題となっている。

4. 計算実験

前述のようないくつかのテスト問題を用意し、提案手法による計算実験を行う。全体としては、優れた結果が示されていると考える。紙幅の関係上、詳細につ

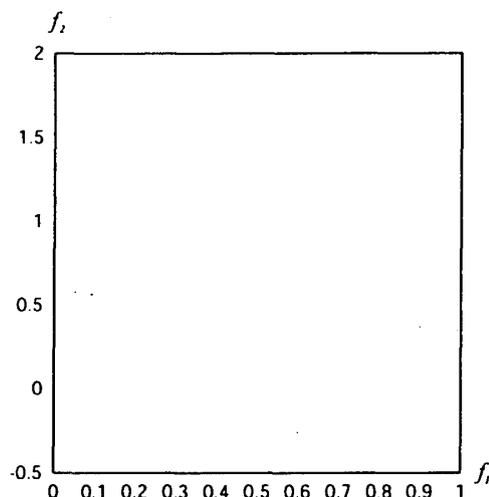


図 2: 目的空間における解の分布イメージ

いて述べることはできないため計算結果などについては、当日発表させていただくことにする。

参考文献

- [1] C. A. Coello Coello, A Comprehensive Survey of Evolutionary-Based Multiobjective Optimization Techniques, Knowledge and Information Systems, Vol.1, No.3, 1999, pp.269-308.
- [2] E. Zitzler, K. Deb and L. Thiele, Comparison of Multiobjective Evolutionary Algorithms: Empirical Results, Technical report, Computer Engineering and Networks Laboratory, Swiss Federal Institute of Technology Zurich, No.70, 1999.
- [3] K. Deb, Multi-Objective Genetic Algorithms: Problem Difficulties and Construction of Test Problems, Evolutionary Computation, vol.7, No.3, MIT Press, 1999, pp.205 - 230.
- [4] H. Morita, X. Gandibleux and N. Katoh, Experimental Feedback on Biobjective Permutation Scheduling Problems Solved with a Population Heuristic, Foundation of Computing and Decision Sciences Journal, Vol.26, 2001, pp. 23 - 50.
- [5] X. Gandibleux, H. Morita and N. Katoh, The Supported Solutions Used as a Genetic Information in a Population Heuristic, First International Conference on Evolutionary Multi-Criterion Optimization, Springer-Verlag. Lecture Notes in Computer Science No. 1993, 2001, pp.429-442.