

A Fast Elitist Non-dominated Sorting Genetic Algorithm (NSGA-II)における劣解を用いた解の多様性向上の検討

横山稀菜[†] , 佐藤裕二[‡]

法政大学情報科学部デジタルメディア学科[‡]

1. はじめに

実世界の最適化問題の多くは複数の目的が内在する。これらはトレードオフの関係になることが多く、すべての目的関数に最適な唯一の最適解は存在しない。よって最終世代の個体の適応度をグラフにプロットすることで形成されるパレート最適フロントを獲得することを目標としている。このような問題を多目的最適化問題という。解法手段として進化計算による多目的最適化はパレートフロントを近似する解集合が1回のアルゴリズムの実行で獲得できることや取り扱える最適化問題の幅広さ、実問題と多目的最適化問題のモデルが近いということから最も盛んに研究されてきたテーマの一つである。本研究ではその中でも最も有名なアルゴリズムとして応用分野で利用されている A Fast Elitist Non-dominated Sorting Genetic Algorithm (NSGA-II) [1] に注目する。NSGA-IIにはパレート最適フロントの収束性の有効性を高める高速非支配ソート、混雑度ソート、混雑度トーナメント選択における2段階ソートが提案されている。一方で解分布の多様性という点ではNSGA-IIと同様に解の支配・非支配解の保存に着目したアルゴリズムである Strength Pareto Evolutionary Algorithm 2 (SPEA2) と比較すると優位性を示せなかったテストケースがあることが報告されている。ここで解に十分な多様性を見つけれない場合、本来の多目的最適化問題の目的である意思決定者における最終的な解の取舍選択が難しくなる問題が生じる場合が考えられる。そこで本研究では、アーカイブ母集団に非支配解を保存する際、欠落してしまっていた個体の中で多様性向上に有効となる可能性を持つ解に着目し、これを遺伝的操作に活用することで解の多様性向上及び収束性維持に考慮した手法を提案する。

2. 従来手法の問題点

従来手法で用いる非支配ソートとは個体間の支配・非支配の関係に着目して全個体をランク毎(Rank1, Rank2, ...)に分類する操作である。この場合 Rank1 が最も優れている解として扱い、順に Rank2, Rank3 と解の優劣は下がっていく。しかし、評価回数が増えるにつれ、この解の支配・非支配の関係は成立しなくなる。これは、アーカイブ母集団である P_{t+1} に選択する個体数 N すべてが Rank1 の解となり、それまでの探索で得られた Rank1 以降の解(Rank2, Rank3, ...)が完全に削除されることを意味する。本研究では、NSGA-IIの解の多様性が劣る原因の一つはこのような場合に生じる解の欠落だと考える。

3. 提案手法

図1に提案手法を適用した場合における遺伝的操作の様子と解分布及びパレートフロントを示す。本研究では従来手法の探索過程において欠落していた解の中で多様性向上に有効となる可能性のある解を保存し遺伝的操作に適用する手法を提案する。今回の評価では Rank2 におけるパレートフロント上の両端に位置する解を保存する。パレートフロントとは与えられた条件の中で目的関数を最大または最小にする可能な限り良い解で構成される曲線である。その中でも Rank 毎においてパレートフロントの両端に位置する解が混雑距離の計算から最も優良な解であるといわれる。よってこの Rank2 における優良な2つの解をアーカイブ母集団に保存し、遺伝的操作に活用させることで解の多様性向上を目指す。また、多様性向上のみならず効率的な探索や収束性の維持を考慮することも重要である。よって提案手法をすべての指定評価回数で実行するのではなく、 P_{t+1} に選択された個体数 N すべてが Rank1 の解となった時に従来手法と切り替える分岐条件を用いる。また、アーカイブ母集団に保存する Rank2 上の優良な2つの解は元々保存されていた Rank1 の解の中でも混雑度

Improving the Diversity of Solutions Using Inferior Solutions in A Fast Elitist Non-dominated Sorting Genetic Algorithm (NSGA-II)

Yokoyama Kina[†], Sato Yuji[‡]

Faculty of Information Science, Hosei University[‡]

距離が最も小さい 2 つの解と置き換えることで個体数 N とする母集団の定義は変えずに導入する。

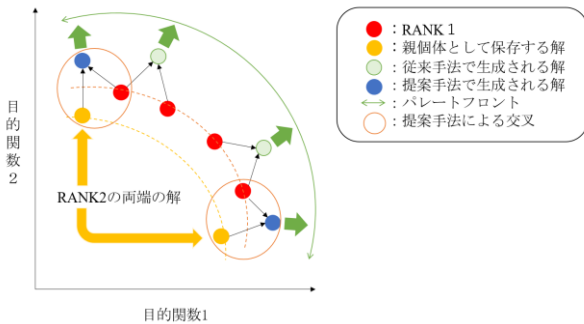


図1 解の多様性向上のための手法

4.1 評価方法

代表的な多目的テスト関数である ZDT1, ZDT2, ZDT3 について従来の NSGA-II との比較実験を行う。ZDT1 は収束性を評価することに適している。世代が早い段階で収束するため Hypervolume 値の変化を比較し、収束性に悪影響を与えないか考察する。ZDT2 は多様性を評価することに適している。世代が進むにつれ解の広がり確認しやすい。ZDT3 はパレートフロントが不連続であり、複雑な問題である。比較項目は以下である。

- 1) パレートフロント図による解分布の比較
- 2) Hypervolume(HV)の変化の比較

表 1 に使用した GA パラメータ及び基準点を示す。

表 1 GA パラメータ及び基準点

| | |
|--------|------------|
| 母集団サイズ | 20 |
| 最大世代数 | 1000 |
| 交叉手法 | 2点交叉 |
| 交叉率 | 0.9 |
| 突然変異手法 | 多項式突然変異 |
| 突然変異率 | 0.033 |
| 基準点 | (1.2, 1.5) |

4.2 実験結果

図 2, 図 3 に従来手法と提案手法に ZDT1, ZDT2 を適応した母集団サイズ 20 におけるパレートフロント図の比較を示す。図 2 の ZDT1 における目的関数 1 の 0~0.2, 0.8~1.0 の間にあたる個体数の合計は 9 から 12 に増えている。

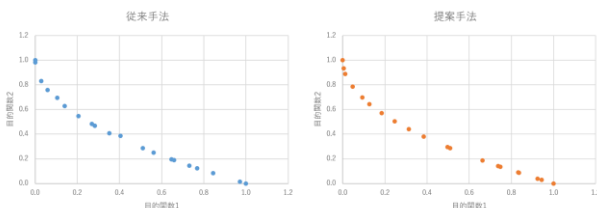


図2 ZDT1 (20 個体) のパレートフロント図比較

また図 3 の ZDT2 も同様、0~0.2, 0.8~1.0 の間にあたる個体数の合計が 6 から 8 まで増え、それ以外の範囲においても従来手法より解が平均的にパレートフロント上で散らばっていることが確認できる。

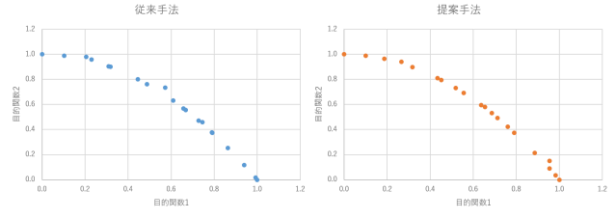


図3 ZDT2 (20 個体) のパレートフロント図比較

このことからパレートフロントの両端では Rank1 の混雑度距離の小さい解より、Rank2 の混雑度距離の大きい解を利用した遺伝的操作が解の散らばりに有効となる場合があると考えられる。ただ ZDT3 においてはパレートフロントが不連続であることから、20 という小さい母集団サイズでは解の広がりを確認できなかった。一方、Hypervolume 値については ZDT2 の場合においてやや良い値が出力され、その他では顕著な差は見られなかった。従って、提案手法の Hypervolume 値の改善に関しては特に効果はないが、問題によってパレートフロント面上の多様性向上や非劣解分布の一様性改善に効果があると考ええる。

5. まとめ

本研究では、遺伝的アルゴリズム NSGA-II において従来研究では欠落していた劣解の中で多様性向上に有効となる可能性のある解を保存し、遺伝的操作に利用する手法を提案した。結果は母集団サイズが小さい場合、利用する Rank2 のパレートフロント上の両端の解が解の生成に影響を及ぼし、従来手法では密集していた解の一部が両端に生成されるようになったことで全体的な解の散らばりにつながった。今後の課題は小さい母集団サイズだけではなく、大きい母集団サイズの場合にも解の多様性向上に有効な非支配解の選定と個体選択を検討する必要がある。

参考文献

- [1] K. Deb, S. Agarwal, A. Pratap, and T. Meyarivan. A Fast Elitist Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm for Multi-Objective Optimization: NSGA-II. In KanGAL report 200001, Indian Institute of Technology, Kanpur, India, 2000.