

初期母集団にパレート解集合の両端を含んだ場合の探索履歴についての考察

西岡 雅史

1 はじめに

多目的最適化問題とは、複数の目的関数のもとで最適解を求める問題のことである。しかし、これらの複数の評価基準は互いに競合することが多いため、ただ 1 つの最適解は存在しない。したがって、多目的最適化問題ではパレート解集合と呼ばれる、互いに劣らない解を数多く求めることが 1 つの目標となる。多目的最適化では、多点探索によりパレート解集合を一度に求めることが可能な、遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm: GA) を用いることが多い。GA を多目的最適化に適用したものが多目的 GA である。本研究では、単目的で探索する個体を含む多目的 GA の検討を考えているが、本報告ではその前段階として、多目的 GA の初期母集団にパレート最適解の両端を含めることによる探索への影響について考察を行った。

2 パレート解集合の評価方法

多目的 GA の探索によって得られたパレート解集合の評価には、Fig. 1 に示すような、精度および幅広さなどが用いられる。

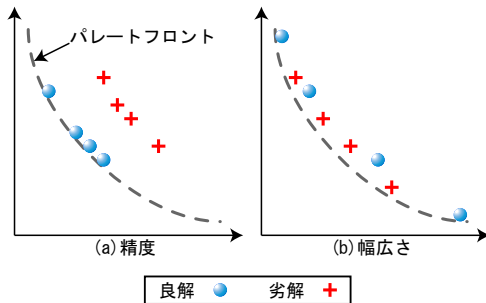


Fig.1 パレート解集合の評価方法 (出典：自作)

精度とは、得られたパレート解集合が真のパレート最適解集合にどれだけ近いかであり、幅広さとはパレートフロントをどれだけ幅広く覆っているかということである。多目的最適化においては、精度と幅広さを備えた解が良解とされる。

3 研究目的

本研究では、Fig. 2 に示したような、探索母集団に単目的で探索する個体を含む多目的 GA の検討を考えている。その背景として、通常多目的 GA における探索を調査した結果、探索が目的関数領域の端から進む傾向が見られたことが挙げられる。そこで、単目的で探索する個体を利用することによって、探索の効率化が図れるのではないかと考えた。多目的 GA の探索では、一部の探索個体の探索が進行すると、その他の探索個体もそれに

牽引されて探索が進行する。つまり、単目的の探索個体によって 1 つの目的関数において優れた解を求めることによって、全体の探索がより速く進行するのではないかと考えられる。また、探索の効率化だけでなく、前節で述べた精度と幅広さといったパレート解集合の評価においては、各目的関数における最適解を求めることが重要である。各目的関数における最適解とはつまり、パレート最適解集合の端に位置する解であるため、これらを求めることはパレート解集合の精度と幅広さの改善につながる。

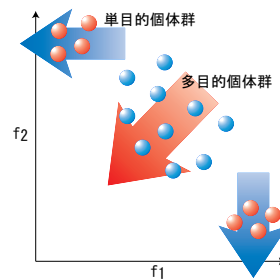


Fig.2 提案手法の概念図 (出典：自作)

そこで、本報告では提案手法について検討する前段階として、多目的 GA の初期母集団にパレート最適解集合の両端を含んだ場合に、より精度が高く、幅広い解を得られるか検証した。パレート最適解集合の両端とは、各目的関数における最適解であるため、これらによって探索結果がどう影響されるかは、提案手法の方向性を確認する上で重要である。

4 実験

実験では、パレート最適解集合の両端、つまり各目的関数における最適解を初期母集団に含んだ多目的 GA と、通常多目的 GA によって探索を行い、その探索を比較した。多目的 GA の手法によって異なる結果が現れる可能性もあるため、本実験では NSGA-II, SPEA2, NCGA の 3 つの手法を用いた。また、対象問題として 10 次元の ZDT4 および ZDT6, 100 次元の KUR を用い、個体数を 100, 終了世代数を 250 に設定した。

4.1 実験結果

実験では ZDT4 と ZDT6 を 100 試行, KUR を 30 試行ずつ、初期母集団にパレート最適解集合の両端を含む場合と、通常の場合の 2 つの場合について探索を行った。ZDT4 における、NSGA-II による探索結果を Fig. 3 に示す。なお、ZDT4 における両端のパレート最適解は $(f_1, f_2) = (1, 0), (0, 1)$ である。

Fig. 3 からわかるように、初期母集団にパレート最適解集合の両端を含むことで、探索結果の精度が向上して

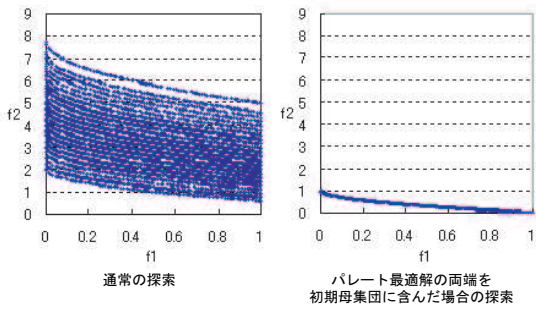


Fig.3 NSGA-II による ZDT4 の探索結果 (出典：自作)

いることがわかる。図には NSGA-II による結果を示したが、全ての多目的 GA 手法において、初期母集団にパレート最適解集合の両端を含んだ場合には、探索により得られた解はパレート最適解集合に達した。一方で、通常の探索においては、パレート最適解集合に達することがない。したがって、探索によって得られるパレート解集合の精度において、パレート最適解集合の両端を探索の初期母集団に含めることによる影響は大きいと考えられる。

次に、ZDT6 における NSGA-II による探索結果を Fig. 4 に示す。なお、ZDT6 における両端のパレート最適解は $(f_1, f_2) = (1, 0), (1 - \exp(-\frac{1}{3}), 1 - (f_1)^2)$ である。

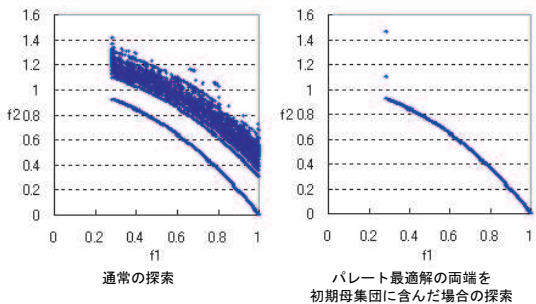


Fig.4 NSGA-II による ZDT6 の探索結果 (出典：自作)

ZDT4 と同様に、ZDT6 においても初期母集団にパレート最適解集合の両端を含むことで、探索結果の精度が向上していることがわかる。また、全ての多目的 GA 手法において、初期母集団にパレート最適解集合の両端を含んだ場合には、探索により得られた解集合がパレート最適解集合に達した。通常の探索においてもパレート最適解集合に達することはあるものの、その確率は高くない。したがって、初期母集団に含んだパレート最適解集合の両端による影響は大きいと考えられる。

最後に、KUR における NSGA-II による探索結果を Fig. 5 に示す。なお、KUR についてはパレート最適解集合が未知であるため、他の 2 手法に比べて探索性能の高い、NCGA を用いた通常の探索において得られたパレート解集合の両端を与えた。以下の探索結果において、三角形で示したのはパレート解集合の両端である。

KUR における探索でも、探索性能は向上しているた

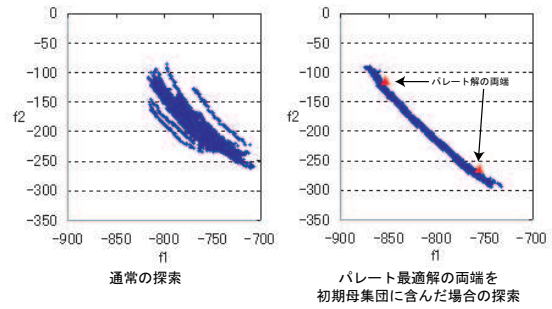


Fig.5 NSGA-II による KUR の探索結果 (出典：自作)

め、パレート解集合の両端による影響はあると考えられる。特に、NCGA よりも探索性能の劣る、NSGA-II および SPEA2 の探索結果には大きな違いが見られた。初期母集団にパレート解集合の両端を含んだ場合には、探索が大幅に進行しており、同時に得られた解集合の幅広さについても改善が見られた。NCGA については通常の探索においても幅広い解が得られているため、幅広さという点ではさほど大きな違いは見られなかったものの、初期母集団に含めたパレート解の両端よりも探索は進行しており、精度に関しては向上している。

5 考察

実験の結果、パレート最適解集合の両端を初期母集団に含んだ場合には、探索性能が向上することがわかった。ZDT4 や ZDT6 のような、パレート最適解集合が既知な対象問題では、探索によって得られたパレート解集合はパレート最適解集合となった。KUR のような、パレート最適解集合が未知な対象問題においても、通常の探索によって得られたパレート解集合の両端を利用することで、精度と幅広さとの両面で探索性能は向上した。また、探索の効率化という点でも、初期母集団にパレート最適解集合の両端を含んだ場合、全ての対象問題において探索速度は速くなった。これらのことから、パレート最適解集合の両端による影響は大きいということがわかった。したがって、各目的関数における最適解を求めることは、多目的 GA の性能を向上させるにあたって有効だと考えられる。

6 まとめ

本報告では、多目的 GA による通常の探索と、初期母集団にパレート最適解集合の両端を含んだ場合の探索を比較することで、探索にどのような影響が出るかを検証した。その結果、得られる解の精度や幅広さといった点で、各目的関数における最適解を探索することが重要となることが確認できた。この結果を基に、今後は探索母集団の中に単目的で探索する個体を含む多目的 GA について検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 奥田環, 多目的最適化のための分散協力型スキーム, 同志社大学大学院工学研究科知識工学専攻 修士論文, 2003