

# DIRECT 法の多目的最適化問題への適用

王 路易<sup>1)</sup>, 石田 裕幸<sup>1)</sup>, 廣安 知之<sup>2)</sup>, 三木 光範<sup>3)</sup>, 横内 久猛<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> 同志社大学大学院 <sup>2)</sup> 同志社大学生命医科学部 <sup>3)</sup> 同志社大学理工学部

**Key word:** Multi-objective Optimization, Global Optimization, DIRECT, Genetic Algorithm

複数の評価基準を同時に考慮しながら最適化を行う問題を多目的最適化問題という。多目的最適化問題では、複数の評価基準が互いに競合する場合が多く、一般的に全ての評価基準が同時に最適となる解は存在しない。そのため、他の解に劣らない解であるパレート最適解の集合を求めることが目標の 1 つとなる。

本研究では、真のパレート解集合にできるだけ近い解集合を得ることだけでなく、探索終了後に設計変数空間の情報をできるだけ均等に把握できるような探索を検討した。これは、実問題に扱う設計者が解を検討する際には、計算シミュレーションにおける最適値のみを考慮するのではなく、設計変数の値や定式化を行う際に定式化しなかったロバスト性を考慮することが多いからである。このような場合には、パレート最適解集合付近の探索だけでなく、設計変数空間をできるだけ均等に探索することが必要となる。

設計変数空間を均等に探索する単一目的最適化手法として Diving RECTangle<sup>1)</sup> (DIRECT) が知られている。DIRECT は設計変数空間を超直方体群と見なし、超直方体群の分割を繰り返すことにより探索を進める。DIRECT による探索の概念図を図 1 に示す。この手法により、最終的に最適解が得られるだけでなく、設計変数空間をできるだけ均等に探索することが可能である。

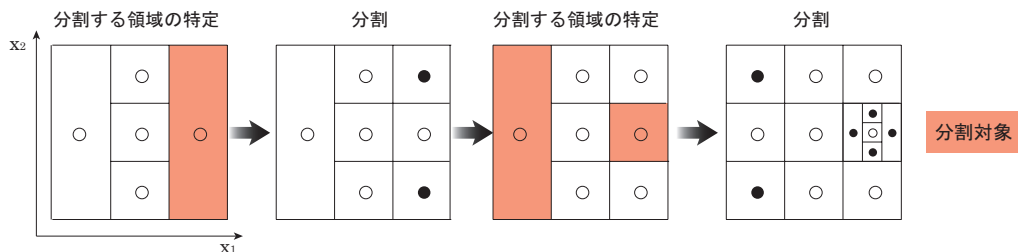


図 1. DIRECT による探索の概念図

本稿ではまず、DIRECT を多目的最適化問題に適用した多目的 DIRECT として、パレート解を陽に扱う NSDIRECT (Non-dominated Sorting DIRECT) を提案した。NSDIRECT は、代表的な多目的 GA の NSGA-II<sup>2)</sup> で用いられている非優越ソート (Non-Dominated Sort) によるランキングと混雑距離 (Crowding Distance) によって解の優劣を考え、パレートのアプローチを用いた多目的 DIRECT 手法である。

NSDIRECT の有効性を検証するため、数値実験を行った。その結果、NSDIRECT は多峰性の関数に対して探索の収束性が低下する問題を確認できた。そこで本稿では、NSDIRECT の多峰性関数における収束性の向上を目的とし、NSDIRECT と多峰性関数に対しても高い収束性を持つ多目的 GA を併用する NSDIRECT-GA を提案した。NSDIRECT-GA では、NSDIRECT を用いて設計変数空間の分割を行った後に、多目的 GA を用いて探索を行う。また、多目的 GA で導出した解を用いて、NSDIRECT で超立方体/超直方体を生成する。NSDIRECT-GA の全体の流れの概念図を図 2 に示す。

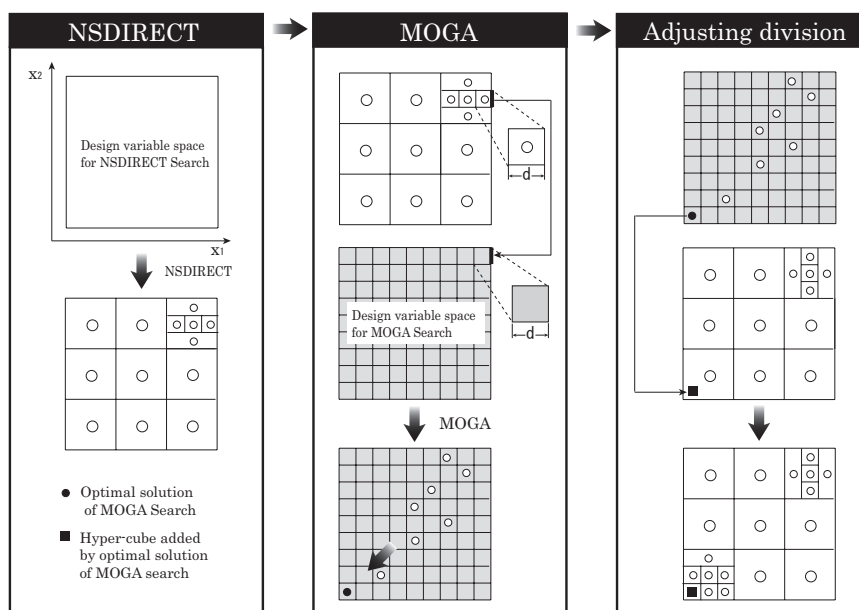


図 2. NSDIRECT-GA の操作の概念図

NSDIRECT の有効性を検証する数値実験を行い、一般的な多目的 GA 手法の NSGA-II と比較した。探索結果および設計変数空間における探索履歴は図 3 に示す。図 3 (a)により、提案手法の NSDIRECT-GA は NSGA-II と同等の精度および多様性をもった解集合を導出可能であることが確認できた。また、図 3 (b)により探索履歴から提案手法の NSDIRECT-GA は NSGA-II より探索空間全体を均等に探索しているため、パレート最適解だけでなく、局所パレート解の位置を大まかに把握することができた。

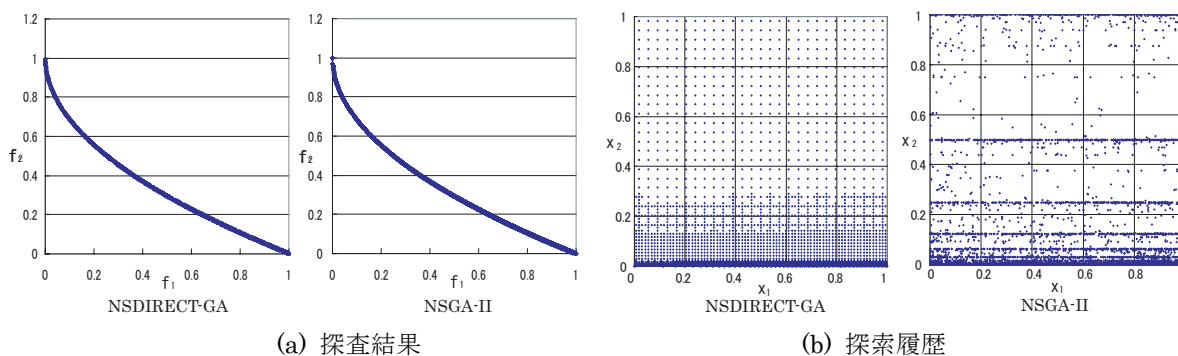


図 3. 実験結果

従って、提案手法の NSDIRECT-GA は真のパレート解付近の解を得ることができ、かつ、設計変数空間を均等に探索し、探索空間の情報を得ることができることを確認できた。

参考文献

- 1) C.D. Perttunen Jones, D.R. and B.R. Stuckman. *Lipschitzian optimization without the Lipschitz constant*. Journal of Optimization Theory and Applications, Vol.79, No.1, pp.157-181. 1993.
- 2) K. Deb and S. Agrawal and A. Pratab 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.