

多目的最適化手法を用いた対話型遺伝的アルゴリズム

小林 祐介

1 はじめに

世の中に存在する最適化問題には、複数の評価基準を有する問題が多く存在する。このような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。また、最適化問題には、個人の嗜好が作用する問題が存在する。例えば、服飾デザイン^{?)}や、車のデザイン応用などでは、人の嗜好が大きく作用する。このような問題を解く手法として、人間の感性を評価に取り入れた対話型遺伝的アルゴリズム (Interactive Genetic Algorithm:iGA) が存在する。

iGA では、コンセプトに沿った一つの評価によって、探索を行っている。しかし、実際に人間が評価を付ける際には、様々な要素について考慮していると考えられる。これらの個々の要素をそれぞれ最適化の目的として捉えた場合、単一目的最適化問題を多目的最適化問題へと拡張する事ができる。そこで、本研究では iGA に多目的最適化手法を適用させた多目的 iGA について述べる。

2 多目的最適化

2.1 多目的最適化問題

多目的最適化問題とは、一つの目的関数値を改善しようとすると、他の目的関数値が悪化するという関係 (トレードオフ関係) にある複数の評価基準のもとで最適解を求める問題である。しかし、そのような場合には唯一つの最適解は存在しない。そのため、多目的最適化では、「パレート最適解」という概念を用いて探索を行う。パレート最適解とは、「ある目的関数値を改善するためには、少なくとも他の 1 つの目的関数の値を改善せざるを得ないような解」と定義されている。一般にパレート最適解は複数存在することが多く、目的関数間に存在するトレードオフの関係を知る上でも、パレート最適解を多く求める事が重要となる^{?)}。Fig.1 は 2 目的最小化問題におけるパレート最適解の例である。

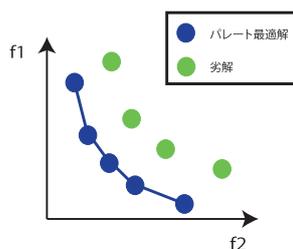


Fig.1 パレート最適解 (出典：自作)

近年、遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm: GA) を多目的最適化問題に適用した、多目的 GA に関する研究が数多く行われている。その理由として、GA が多点探索であり、一度の探索でパレート解集合を求められる

ことがあげられる^{?)}。本研究では、多目的 GA の一般的な手法である NSGA-II を用いる。

2.2 NSGA-II

NSGA-II^{?)} とは、Deb らが提案した NSGA を改良した手法で、次のような特徴を持つ。

- 非優越ソート (Non-Dominated Sort) によるランキング。
- 混雑距離 (Crowding Distance) の導入。
- 混雑度トーナメント選択 (Crowded Tournament Selection Operator) の導入。

NSGA-II では、アーカイブ母集団 (P_t) と探索母集団 (Q_t) の 2 つの独立した母集団を用いて解探索を進めて行く。具体的には、まず世代 t における親母集団 P_t から探索を行うための子母集団 Q_t を選択する。そして、 Q_t に対して各遺伝的操作を行い Q_t を更新する。次に Q_t と P_t を組み合わせた $R_t = P_t \cup Q_t$ を生成し、選択操作によって、個体数 $2N$ の R_t から個体数 N の P_{t+1} を新たに選択し探索を進める^{?)}。

3 多目的 iGA

3.1 iGA

対話型進化計算法 (Interactive Evolutionary Computation:IEC) の一つである iGA は、人間の評価を織り交ぜる事によって解の探索を行う。つまり、GA の遺伝操作のうち「評価」の部分人間が行う。そのため、従来の GA に比べ、人の感性という複雑な構造の解析により適しているといわれており、「浴衣のデザイン^{?)}」や「作曲システム^{?)}」などが iGA を用いて行われている。

3.2 多目的 iGA

多目的 iGA は、iGA に多目的 GA 手法を適用したアルゴリズムである。一般に iGA では単一目的最適化問題を扱うが、その際ユーザがシステムによって提示された個体に与える評価はユーザの嗜好を反映したものである。このとき、個体がどれだけユーザの嗜好に合っているかを判断する際には、何らかの判断要素が存在すると考えられる。例えば、何らかのデザイン最適化問題について考えると、デザインの評価とは「色合い」や「形状」などの要素についてユーザが総合的に判断したものである。これらの各要素を最適化の目的として捉えることで、単一目的最適化問題を多目的最適化問題へと拡張することが可能である。これにより、多目的 GA 手法を適用することで、ユーザの嗜好を各要素毎に反映し、なおかつ多様性を維持した提示を行うことが可能となる。近年、多目的 iGA の対象問題として扱われているものには、「ア

ニメーションデザイン^{?)}」や「椅子のデザイン^{?)}」などがある。

多目的 iGA と単一目的な通常の iGA の違いとして、目的数の増加による個体の適合度値の扱いがある。iGA の場合にはユーザが与える評価値をそのまま適合度値として扱うことができるが、多目的 iGA においては複数の目的に対する評価値が存在する。そこで、本研究では多目的 GA 手法の NSGA-II を用い、非優越ソートによって各個体をランク付けし、そのランクを適合度値として扱う。

また、iGA におけるエリート戦略と同等な仕組みとして、多目的 iGA ではアーカイブを用いて探索途中における非劣解を保存している。保存される解はランクと混雑距離を考慮して選択されるため、精度と多様性に優れた解を次世代に残すことが可能となる。探索に用いる解集合の選択について、ランクと混雑距離を用いて選択することで、精度と多様性を考慮した探索をすることができる。多目的 iGA のアルゴリズムの流れを Fig.2 に示す。

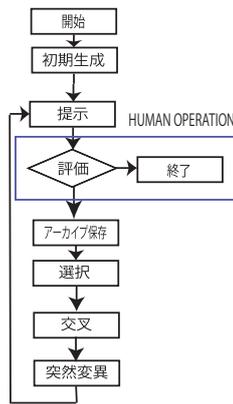


Fig.2 多目的 iGA フローチャート (出典：自作)

3.3 対象問題

本研究で用いる多目的 iGA に関しては、現在、実装中である。始めは、動作確認等のため、「柔らかくて硬い図形」という対象問題を用いて実装を行っている。ここでは「柔らかさ」と「硬さ」の、2 目的について評価を行う。多目的 iGA のインターフェイスを Fig.3 のように設定した。

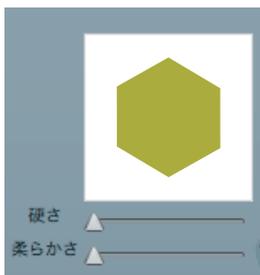


Fig.3 多目的 iGA インターフェイスの一部 (出典：自作)

Fig.3 における上部に形状と色が変化する対象図形を配置し、その対象図形を評価するためのスライダを、「柔らかさ」と「硬さ」についてそれぞれ図形の下に用意し

た。スライダーでは、1 から 100 までの評価値を付ける事が可能である。次に、本対象問題の設計変数は色と形状である。色は RGB 表色系を用い、形状ではあらかじめ用意された形状の ID を扱う。従って、設計変数の数は 4 となり、Fig.4 のような遺伝子型を用いた。

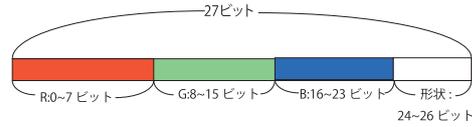


Fig.4 設計変数概要 (出典：自作)

Fig.4 に示したように、色を表す設計変数には赤 (R)、緑 (G)、青 (B) の各色を表す設計変数として 8bit ずつ割り当てられている。これにより、0 から 255 までの値で色彩を表している。形状の設計変数には 3bit 割り当てられており、これにより 8 種類の用意された形状を扱うことができる。形状とその ID 番号は、ID 番号が 0 から 7 にかけて増加することに形状の角が多く、鋭くなるように設定されている。用意した形状とその ID 番号の対応を Fig.5 に示す。

0	1	2	3	4	5	6	7

Fig.5 形状 (出典：自作)

以上のような、インターフェイスと設計変数を用いて、「柔らかくて硬い図形」という対象問題を扱う。

4 今後の予定

現在、多目的 iGA が実装途中であるため、まずは実装を行う。それに伴い、最終的な意思決定者へのパレート解の提示方法や遺伝子型における設計変数の定義方法などについて検討する。また、今回は「柔らかくて硬い図形」という対象問題であったが、今後はより具体的な対象問題について検討する予定である。

参考文献

- 菅原 麻衣子, "浴衣デザインシステム", ISDL レポート No.20061016002
- K. Deb, A. Pratap, S. Agarwal, and T. Meyarivan, "A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II," IEEE Trans. on Evolutionary Computation, 6 (2), pp. 182-197, 2002.
- 渡邊真也, "遺伝的アルゴリズムによる多目的最適化に関する研究", 同志社大学大学院工学研究科知識工学専攻博士論文, 2003
- 畦原 宗之, "個人の主観を反映した作曲システムの構築", 筑波大学システム情報工学研究科卒業論文
- Mitsuhiro Shibuya et al, "Integration of Multi-objective and Interactive Genetic Algorithms and its Application to Animation Design", Department of Computational Intelligence and Systems Science, Interdisciplinary Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology
- Alexandra Melike Brintrup et al, "Ergonomic Chair Design by Fusing Qualitative and Quantitative Criteria Using Interactive Genetic Algorithms", IEEE TRANSACTIONS ON EVOLUTIONARY COMPUTATION, VOL.12, NO.3, JUNE 2008 size