

対話型遺伝的アルゴリズムにおける多様性維持の検討

山川 望[†], 廣安 知之^{††}, 三木 光範^{††}

[†] 同志社大学大学院工学研究科 ^{††} 同志社大学工学部

人間がもつ印象や好みといった数式化できないものを人間の感性を用いて評価することにより最適化を行う手法として対話型遺伝的アルゴリズム (iGA) が知られている。iGA は定量的な評価が困難な楽曲やデザインなどの生成に多く利用されているが、実用化するにはユーザ負担と多様性の維持について検討する必要がある。最も多様性を維持した個体生成は設計変数空間全体からランダムに個体を生成する場合であるが、その方法ではユーザの嗜好を反映した提示が困難であると考えられる。そのため、本研究では iGA を用いてユーザの嗜好に合った範囲で多様性を維持した提示を行うことを目的とする。本稿では多様性を維持する方法としてクラスタリングを用いる方法を提案する。クラスタリングを用いる方法が多様性の維持に有効であるかを検証するために iGA のみを用いたシステムとの比較実験を行った。その結果、クラスタリングを用いる方法は多様性の維持に有効であることを確認した。

Discussion of the Diversity for interactive Genetic Algorithm

Nozomi YAMAKAWA[†], Tomoyuki HIROYASU^{††}, Mitsunori MIKI^{††}

[†] Graduate School of Engineering, Doshisha University

^{††} Knowledge Engineering Dept., Doshisha University

interactive Genetic Algorithm is known as a technique to optimize impression according to user's taste, which cannot be formulated by mathematical expression. When iGA is in the practical use, the fatigue of the users and preservation of diversity must be discussed. The easiest method for maintaining diversity is to generate individuals randomly from the entire design space, but it is difficult to present individuals reflecting the user's taste with this method. Therefore, we aim to present individuals with diversity within the range of the user's taste. In this paper, we propose a method using clustering to maintain the diversity of the presented individuals. We conducted an experiment comparing the systems with and without clustering to verify the effectiveness of the proposal method. From the result, it was found out that the method using clustering is effective in maintaining diversity.

1 はじめに

本研究では対話型遺伝的アルゴリズム (interactive Genetic Algorithm: iGA)¹⁾ を用いてデザイン支援システムを構築しており、iGA のユーザ負担と多様性の維持についての検討を行っている。簡単に多様性を維持した個体を生成する方法は設計変数空間全体からランダムに個体を生成する方法であるが、その方法ではユーザの嗜好を反映した提示を行うことは困難であると考えられる。例えば好きな色を考えた場合、ユーザの好きな色は青と緑といったように1つとは限らず、複数ある場合がある。iGA は1つの解を求めることが目的であるため、そのように嗜好が複数ある場合にはいずれか1つの解を提示する。それに対して、本研究ではユーザの複数の嗜好を扱い、多様性を維持した提示を行うことを目的とする。本稿では iGA におけるユーザの評価履歴から個体生成範囲を決

定し、その範囲から個体生成することにより多様性を維持した提示を行うことを検討する。個体を生成する範囲を決定する方法としてクラスタリングを用いる方法を提案し、その有効性を検証する。

2 対話型遺伝的アルゴリズム

2.1 対話型遺伝的アルゴリズム

iGA は遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm: GA)²⁾ における評価操作を人間が行うことにより最適化を行うアルゴリズムであり、人間がもつ印象や好みといった数式化できないものを人間の感性を用いて評価することにより最適化を行う手法である。iGA は GA における遺伝的操作と人間の評価という人為的な判断によって解探索を行うため、従来の GA と比較して人間の感性という複雑な構造の解析に適しているといわれている¹⁾。また、定量的な評価が困難な楽曲やデザインなどの生成に多く適用されている。

2.2 対話型遺伝的アルゴリズムの課題

iGA では提示されているすべての個体に対して 100 点満点や 5 点満点で点数をつける方法、良い、悪いといった 2 段階によって評価を行う方法が、一般的に用いられているが提示個体数や世代数が多くなるにつれてユーザの負担が大きくなってしまふ。この課題に対して、ユーザが与えた評価値をもとにすべての評価値を予測する評価値推論やトーナメント木を用いた一対比較評価手法、近似を用いた GA の収束の高速化手法などが提案されている^{3, 4, 5)}。本研究でもユーザ負担を軽減するための評価方法についての検討を行っている⁶⁾。

また、本研究ではショッピングサイトなどの商品選択のインタフェースへの iGA の適用を目的としているため、ユーザ負担に加えて多様性の維持についても検討する必要がある⁷⁾。商品選択などにおいて提示商品の多様性が維持されず、収束してしまうと同じものばかりが提示されてしまうため、効果的な商品提示を行えないためである。また、文献⁶⁾の実験結果より、提示個体の早期収束がユーザの負担につながるということがわかったため、ユーザ負担を軽減するためにも多様性を維持した提示が重要であると考えられる。

3 対話型遺伝的アルゴリズムを用いたデザイン支援システム

本研究では T シャツのデザインを対象としてデザイン支援システムを提案し、構築している。本章では文献⁶⁾で提案し、構築したシステムの概要について述べる。

3.1 設計変数の表現

設計変数は T シャツの色、形としており、色の表現には 1 つの色を色相、彩度、明度の 3 つの要素によって表現する HSB 表色系⁸⁾を用いている。形は T シャツの袖の長さ、襟の形から成る。

3.2 構築したシステムのアルゴリズム

2.2 節で述べたように iGA では一般的に提示個体 1 つ 1 つに点数を与えることにより評価を行うが、本研究ではユーザの負担を軽減するために提示個体群からユーザの嗜好に合った個体を選ぶ操作を評価操作としている⁶⁾。以下に構築したシステムのアルゴリズムを示す。

1. 初期個体生成・提示

図 1 に構築したシステムのインタフェースを示す。ランダムに初期個体 20 個体を生成し、図 1 に示したインタフェースによりユーザに提示する。



図 1: 構築したシステムのインタフェース

2. 評価・選択

ユーザは提示されている個体群から嗜好に合った個体を選ぶ。選ぶ個体数は 10 以下の任意の数とし、ユーザの選んだ個体数が 10 個体に満たない場合は提示個体の中からユーザが選んだ個体と類似した個体を選択する。

3. 交叉

親個体 2 個体から親個体と類似した個体を 2 個体生成する。なお、構築したシステムにおいて交叉率は 1.0 としている。

4. 突然変異

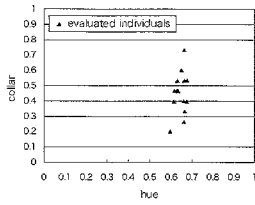
突然変異率に基づき、設計変数値をランダムに変化させる。なお、突然変異率は 0.2 としている。

4 対話型遺伝的アルゴリズムにおける多様性の維持

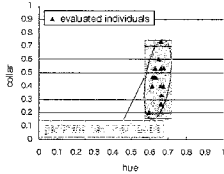
4.1 多様性の維持

子個体を生成する際に、多様性を維持した個体を生成する簡単な方法として設計変数空間全体からランダムに個体を生成する方法が考えられる。しかし、その方法ではユーザの嗜好に合った個体が提示されない場合があると考えられる。従って、本研究ではユーザの評価履歴から個体生成の範囲を特定し、その範囲から個体生成を行うことを検討する。図 2 にユーザが評価した個体の分布の例を示す。図 2 において横軸は色の要素である色相、縦軸は形の要素である襟の形となっている。それぞれの軸の値は色相、襟の形の設計変数値を正規化した値である。

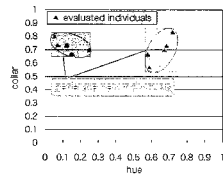
図 2(a) のようにユーザの評価した個体が分布する場合、iGA のみを用いた場合では図 2(a) のいずれかの解に収束してしまうと考えられる。その収束を緩和するために個体生成範囲を世代ごとに狭めるのではなく、ユーザの評価履歴から個体生成範囲を決定し、個体を生成することを検討する。ここでは、図 2(b)、図 2(c) に示すようにユーザが評価した個体の分布範囲から個体を生成する。このように個体生成範囲を広げることにより、多様性の維持を図るとともにユーザの嗜好に合った設計



(a) 評価個体の分布例 (1)



(b) 評価個体の分布例 (2)



(c) 評価個体の分布例 (3)

図 2: ユーザが評価した個体の分布の例

変数の範囲から個体を生成することができると考えられる。

4.2 クラスタリングを用いた個体生成

図 2(b) に示したようにユーザの評価した個体の分布が 1 つに固まっている場合はその分布範囲を求め、個体生成範囲を決定する。しかし、図 2(c) のようにユーザの評価した個体の分布が複数に分かれてしまう場合がある。分布が複数に分かれている場合にその分布のグループ化を行わず、個体を生成するとユーザが評価した個体とは全く異なる個体が生成されてしまう可能性がある。そのため、ユーザの評価した個体が複数に分かれて分布している場合は適切にグループ化し、個体生成範囲を決定する必要がある。本研究ではユーザの評価した個体をグループ化する方法としてクラスタリングを用いることを検討する。クラスタリングはデータマイニングの手法の 1 つであり、類似したデータを分類し、データ中の価値ある情報を抽出する方法である。クラスタリングの対象とするデータはユーザが評価した個体の色相と襟の形とする。ユーザが評価した個体が分布する範囲でランダムに個体を生成することによりユーザの嗜好に合った範囲内で多様性を維持した提示を行うことができると考えられる。クラスタリングには K-means 法を用い、クラスタ数の決定には多目的クラスタリングの手法の 1 つである MOCK (Multi Objective Clustering with automatic K-determination)⁹⁾ のクラスタ数自動決定アルゴリズムを用いた。

図 3 にユーザが評価した個体の分布の例とそのクラスタリング結果を示す。図 4 は新たに個体を

生成する範囲を示した図である。図 3、図 4 において横軸は色の要素である色相、縦軸は形の要素である襟の形である。それぞれの軸の値は色相、襟の形の設計変数値を正規化した値である。図 3 に示すようにユーザの評価した個体に対してクラスタリングを行うことによりユーザの嗜好に合っていると考えられる範囲を特定することができる。図 3 のクラスタリング結果をもとに図 4 に示す新たに個体を生成する範囲を決定する。

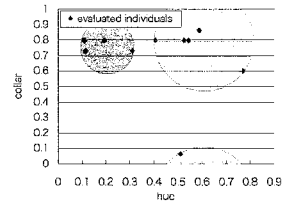


図 3: ユーザが評価した個体の分布の例とクラスタリング結果

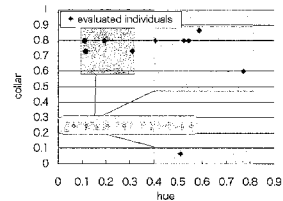


図 4: 個体を生成する範囲

5 評価実験

クラスタリングを行う方法が iGA における多様性の維持に有効であるかを検証するため、評価実験を行った。

5.1 検討項目

評価実験における検討項目は以下の 2 項目である。

- 多様性
クラスタリングを行う方法が多様性の維持に有効であるかを確認するため、クラスタリングを用いた場合とクラスタリングを用いずに iGA のみを用いた場合にユーザはどちらの方が多様性のある個体が提示されたと感じるかについてアンケートを行う。
- 嗜好性
クラスタリングを行う方法は多様性の維持を目的としているが、ユーザの嗜好に合った範囲の中で多様性を維持した提示を行うことができているかを確認するため、アンケートによりユーザの嗜好に合った個体が提示できているかを検証する。

5.2 実験概要

実験の被験者は20名で以下に示すシステムそれぞれにおいて20世代の評価を行い、アンケートを実施する。アンケートの項目は5.1節で述べた多様性と嗜好性、疲労度の3項目である。実験に用いたシステムにおける提示個体は20個体であり、ユーザは提示個体の中から嗜好に合った個体を10個以下の任意の数選ぶことにより評価を行う。なお、実験順序は被験者間でカウンタバランスをとった。

- クラスタリングを用いず、iGAのみを用いたシステム
クラスタリングを用いず、iGAのみを用いたシステム(従来システム)では図1に示したインタフェースにより、提示された個体の中からユーザは嗜好に合った個体を10個以下の任意の数選ぶ。ユーザが評価を行うとシステムは3.2節で述べた評価、選択、交叉、突然変異を行い次世代を提示する。
- クラスタリングを用いるシステム
クラスタリングを用いるシステム(提案システム)のインタフェースも図1に示したインタフェースと同様である。提案システムではユーザが10世代目の評価を行うとユーザが10世代目までに選んだ個体群に対してクラスタリングを行い、新たに個体を生成し提示する。本実験では10世代目のみクラスタリングを行い、ユーザが行う操作やシステムが行うその他の遺伝的操作は従来システムと同様である。

5.3 実験結果

アンケート項目と実験結果を図5、図6に示す。

- どちらのシステムを利用したときの方がいろいろな種類のTシャツが提示されたと感じたか

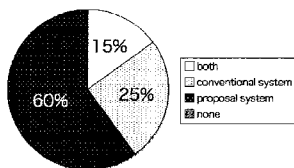


図5: 多様性についてのアンケート結果

- どちらのシステムを利用したときの方が好きなTシャツが提示されたか

5.4 考察

図5より提案システムを利用したときの方がいろいろな種類のTシャツが提示されたと回答した被験者が最も多かったことがわかる。この結果から

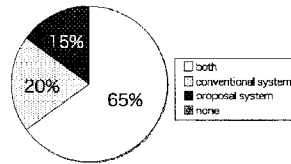


図6: 嗜好性についてのアンケート結果

クラスタリングを行うことによりiGAのみを用いた場合よりも多様性を維持した個体生成を行うことができたと考えられる。また、図6より従来システム、および提案システムの両方において、ユーザの嗜好に合ったTシャツの提示を行うことができたということがわかる。従って、クラスタリングを行うことはユーザの嗜好を反映するメカニズムに影響を及ぼさず、ユーザの嗜好に合った個体の提示ができていると考えられる。以上の結果から、クラスタリングを用いる方法は多様性の維持と嗜好性について有効であることがわかった。

6 まとめ

本稿ではiGAにおいて提示個体の多様性を維持するための方法としてクラスタリングを用いる方法を提案した。クラスタリングを用いる方法が多様性の維持に有効であるかの評価実験を行い、多様性の維持と嗜好性において有効であることが確認できた。今後はクラスタリングを行う回数やクラスタリングの対象とする設計変数についての検討、および多様性を維持した提示を行うことによるユーザ負担の軽減について検討を行う。

参考文献

- 1) 高木 英行, 畷見 達夫, 寺野 隆雄, インタラクティブ進化計算, 遺伝的アルゴリズム 4, pp.325-361, 産業図書, 2000.
- 2) Goldberg, D, Genetic Algorithms in Search Optimization and Machine Learning, Addison Wesley, Reading, Mass, 1989.
- 3) 大崎 美穂, 高木 英行, 対話型 EC 操作者の負担軽減—評価値予測による提示インタフェースの改善—人工知能学会誌, Vol.13, No.15, pp.712-719, 1998.
- 4) 渡辺 芳信, 吉川 大弘, 古橋 武, 一対比較評価による対話型遺伝的アルゴリズムに関する一提案, 日本機械学会, No.06-30, 第16回インテリジェント・システム・シンポジウム講演論文集, 2006.
- 5) 印具 毅雄, 高木 英行, 大崎 美穂, 対話型遺伝的アルゴリズムの入力インタフェースの改善—GAの高速化手法の提案—, 第13回フuzzyシステムシンポジウム, pp.859-862, 1997.
- 6) 山川 望, 廣安 知之, 三木 光範, 対話型遺伝的アルゴリズムの評価操作におけるユーザの負担軽減の検討, 日本機械学会第20回計算力学講演会, 2007.
- 7) 山川 望, 廣安 知之, 三木 光範, 対話型遺伝的アルゴリズムを用いたデザイン支援システムにおけるユーザの嗜好情報の抽出と利用, 人工知能学会, 第21回全国大会, 2007.
- 8) 財団法人日本色彩研究所, カラーマッチングの基礎と応用, 日刊工業新聞, 1991.
- 9) Julia Handl, Joshua Knowles, Multiobjective clustering with automatic determination of the number of clusters, Technical Report No. TR-COMPSYSBIO-2004-02, UMIST, Department of Chemistry (2004).