

機関番号：34310

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2010

課題番号：20500145

研究課題名（和文）多目的モデルに基づくインタラクティブ遺伝的アルゴリズムに関する研究

研究課題名（英文）Study on Interactive Genetic Algorithm based on Multi-objective Model

研究代表者

廣安 知之（HIROYASU TOMOYUKI）

同志社大学・生命医科学部・教授

研究者番号：20298144

研究成果の概要（和文）：

インタラクティブ GA (interactive Genetic Algorithm: iGA) は、GA の評価部分を人間が評価することにより、人間の感性や嗜好といった数量化できない問題に対応することが可能である。本研究では、これまで単一目的のモデルとして定式化されてきた iGA に対して多目的モデルを提案し、多目的モデルに拡張する際の問題点の整理、検討、システム構築を行うことを目的とした。これにより、よりユーザーの嗜好に沿った解選択が可能となる。

研究成果の概要（英文）：

Interactive Genetic Algorithm (iGA) is one of evaluation computations in which the design candidates are evaluated by human. Because of this mechanism, iGA can treat Kansei information and subjective feelings of humans. In the conventional iGAs, there is only one objective function. However, in several real world problems, there are a lot of problems which have many objects. In this study, multi-objective model for iGA was proposed and discussed. In the discussions, we classified the problems and challenges first. Then, we conquered these defects and constructed the multi-objective iGA system. From the results of this study, we can construct the system in which user can choose much more preferable solutions.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
2009年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2010年度	1,500,000	450,000	1,950,000
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知能情報学

キーワード：対話型遺伝的アルゴリズム、進化計算、多目的最適化

1. 研究開始当初の背景

GA は定式化の際の柔軟性が非常に高く、多くのタイプへの問題の適応が可能である。さらに、近年の計算機能力の爆発的な向上を背景に多くの問題に適用され数多くの成果をあげている。GA では複数の探索点を生成し、それらの適合度値、および設計変数の情報を基に、交叉、突然変異、選択といった遺

伝的操作を行うことで、次の探索点群を生成する。これらの操作を繰り返すことで最終的に良い解を得ることが可能となる。iGA はこれらの適合度値の計算を行う際に、人間（ユーザー）が点数付けを行うことにより、システムやシミュレーションが行うことのできない、完成や嗜好情報を取り扱うことを可能とするシステムである。iGA は多くの分野で

利用されており、多くの成果が上がっている。

本研究では、Web 上でのネットショッピングシステムなどでユーザーがショッピングを行う際に、ユーザーの嗜好情報を基に膨大な商品候補の中から購入する候補を絞り込むようなシステムの構築を念頭に置いている。例えば、ユーザーが T シャツを購入することを想定した場合、非常に多くの色や形、柄などを組み合わせ、ユーザーの好みの T シャツを提示することは、非常に有効である。また、このようなシステムは T シャツだけでなく多くのショッピングサイトで利用でき他の分野にも応用可能である。このようなシステムを構築する際には、iGA は非常に強力なアルゴリズムの一つであると考えられる。研究代表者のグループでは、iGA のシステムを構築し、ウェブ上でのショッピングサイトへの応用を検討している。

さて、従来の iGA では単一目的を取り扱っている場合がほとんどである。上記の T シャツの例で言えば、「ユーザーの好みにあう T シャツ」であるとか「夏らしい T シャツのデザイン」などといった目的がそれである。このモデルでは基本的には、一つの解をユーザーが決定することを想定している。この場合、システムが提示する解候補は、探索前半では多様性のある解が提示され、探索後半では次第に解が収束し、ユーザーが解を決定することとなる。しかしながら、研究代表者の行った予備実験では、商品選択などを行う際には、ユーザーは常に多くの多様な解候補の中から解を選択することを希望していることが明らかとなった。しかしながら、一方で、ランダムな解候補をユーザーに提示することで解候補の多様性の維持を図るだけでは不十分であった。さらに、得られているベスト解の近傍のいわゆる準最適解もしくは、局所解を提示しても、ユーザーは解候補に多様性を十分に認識しなかった。また、探索過程においては、ある解の近傍をベストな解として選択していたユーザーがあるステップで突然、別の解をベストとして選択することも多々見られた。これらのことから、従来の iGA で用いられている単一目的のモデルでは不十分であると考えられる。そこで、本研究では、これらの問題に対応するために、多目的モデルによる iGA を検討した。

2. 研究の目的

従来の iGA では、問題の決定変数 x を定式化し、人間（ユーザー）の中に求めたい解の適合度関数 Φ が一つ存在するものと仮定した。このように、 $\Phi(x)$ が決定変数 x から構成されるのが単一目的モデルである。一方で、人間（ユーザー）の中に適合度関数 Φ が一つ存在するところは同様であるが、 $\Phi(f_1, f_2)$ といったように複数の目的関数から適合度関

数 Φ が構成され、それぞれの目的関数 $f_1(x)$ 、および $f_2(x)$ がそれぞれ決定変数 x で構成されるのが多目的モデルである。単一目的では、適合度関数 Φ の値が類似した解を表示することが、多様性のある解の提示になるのに対して、多目的モデルでは、複数の目的が相反する場合、そのパレート解集合を提示することで、ユーザーに多様性のある解集合の提示が可能である。さらに、複数の目的から構成されているため、着目していたベストな解とはかけ離れた解候補へユーザーの嗜好が変化することも、このモデルであれば説明がつけやすい。すなわち、単一目的モデルよりも多目的モデルのほうが、商品選択などで見られる行動にあったモデルであるといえる。

本研究では、iGA におけるこの多目的モデルの検討を行い、システムの構築を行った。

3. 研究の方法

本研究では、多目的モデルに基づく iGA のアルゴリズムおよび実装の決定を行い、それらの妥当性、効果などの検討を行うことが必要である。そのために、本研究では、次の 5 つのステップに分けて研究を遂行する。なお、多目的モデルでは、人間（ユーザー）の中に適合度関数 Φ が一つ存在することを仮定し、 Φ は複数のサブ目的関数 f_1, f_2 から構成されることを想定しているが、説明を明確に行うために、ここでは、 Φ を目的関数、 f を選択基準関数と呼び説明することとする。

ステップ 1 多目的モデルの詳細な検討：
iGA における多目的モデルの概要については、すでに述べた通りであるが、より詳細な多目的モデルの検討と提案が必要である。

ステップ 2 選択基準関数構築のための統計的処理： 選択基準関数は、ユーザーの解の選択情報を統計的に処理することにより、数学的モデルとして構築する。その準備として、決定変数空間内で、ユーザーの解の選択情報をクラスタリングすることにより、選択基準関数構築のデータ群を分類する手法を開発する。

ステップ 3 選択基準関数構築： 上記のステップで得られた分類された選択基準関数構築のデータ群から各データ群に対応する数学的モデルを構築するアルゴリズムの開発を行う。

ステップ 4 パレート解集合の取得： 上記で決定された複数の選択基準関数を基に、それらの関数が相反関係にある場合には、解のパレート解集合を求めるアルゴリズムを決定する。

ステップ 5 プロトタイプシステムの構築： 上記のアルゴリズムの検討と考察を行うためにプロトタイプシステムの構築を行う。できるだけ大容量なデータを取り扱い、高速に

データを処理できるように、PC クラスタを利用することを想定する。

4. 研究成果

(1) 多目的遺伝的アルゴリズムのインタフェースおよび適合度の検討

これまで複数の目的関数を陽に取り扱った対話型遺伝的アルゴリズムの研究はほとんど行われていない。まず、解候補の表示方法について検討し、得られているパレート解集合を陽に取り扱う手法を検討した。また、探索のステップ間で適合度値の絶対的評価が異なるため、スケーリングを行うことにより絶対的評価を近づける方法を提案した。

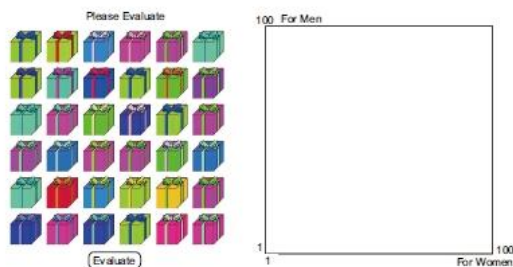


図1 多目的モデルに則したインタフェース

(2) 対話型遺伝的アルゴリズムにおける多峰性関数に適した交叉手法の開発

ユーザーの多峰性の嗜好に対応する交叉手法として、クラスタリングと主成分分析を用いた交叉手法を提案した。クラスタリングによって多峰性のユーザーの嗜好に応じて、確率モデルを構築する領域を定義し、主成分分析によってユーザーの嗜好における設計変数間の依存関係を反映した確率モデルを構築した。被験者実験も行い、提案手法と従来手法として BLX⁺ を実装した 2 システムを作成し、いくつかの対象問題により実験を行いその有効性の検討を行った。

(3) 対話型遺伝的アルゴリズムにおける汎用的な問題に対する設計変数の自動生成手法の開発

これまでインタラクティブ遺伝的アルゴリズムにおいては、設計変数空間を定義しそこに解候補を生成、ユーザの評価を行ってきた。一方、ウェブ上の商品の推薦システムなどにおいてインタラクティブ遺伝的アルゴリズムを利用する場合、解候補がすでに存在し、それに対応する解探索空間を生成する必要がある。その自動生成アルゴリズムの開発と検討を行った。商品の関連性から自動的に解探索空間を生成する方法を提案した。

ここでは、ウェブショッピングサービス上

に存在する商品間の推薦関係をネットワークで表し、主成分分析を行い低次元空間にマッピングを行う。そこで得られた低次元空間において、iGA の探索を行うというものである。



図2 設計変数空間生成の流れ

(4) 複数の判断要素を自動的に抽出するアルゴリズムの検討

ウェブなどにおいてユーザがショッピングを行う際には、好きなものを購入するという行動の中にも複数の判断基準を用いて好きという判断を行っている場合があると考えられる。

iGA の多目的モデルへの適用において、iGA を利用してトレードオフ関係にある複数の判断要素を自動的に抽出するアルゴリズムについて検討を行った。これを行うことにより、単一目的の最適化問題として対象となる問題を設定し、その単一目的が複数のトレードオフ関係を有するサブ目的から構成される場合においても iGA を対応させることが可能となる。

提案アルゴリズムでは、一対比較を行い、それらの結果を AHP で分析し、矛盾点を探る。この矛盾点を解消する判断要素を見つけることで、その解候補が各判断要素に沿っている度合いを抽出した。また、それらの判断基準を基に最適化を行う場合、評価部において世代間の評価値の問題が存在する。その問題

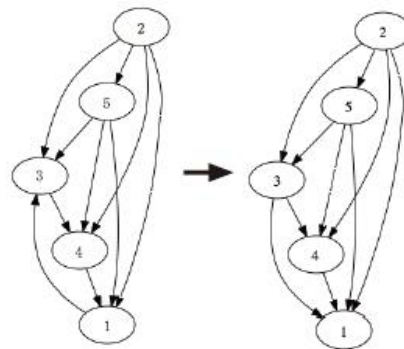


図3 一対比較結果例

を解決するため、世代間の評価値スケールを調整する改良アルゴリズムも提案を行っている。

以上の提案アルゴリズムの有効性を検討するため、前者では評価エージェントを用いてシミュレーション実験を行い、後者は被験者実験により提案手法の有効性の検討を行った。これらの実験の結果から、複数の判断要素が抽出できる可能性とその結果を基に最適化が可能であることが明らかとなった。

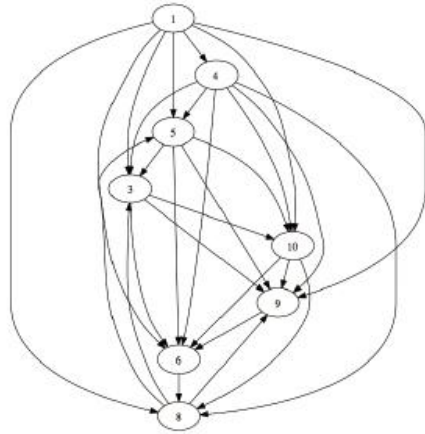


図4 矛盾点の解消例

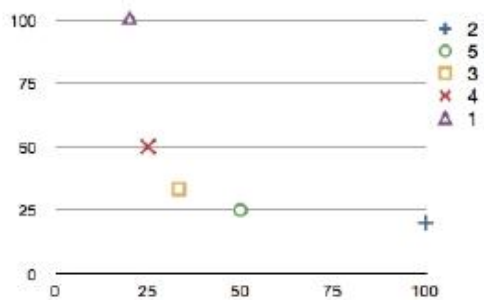


図5 得られた結果のパレート解表示

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 15 件)

- ① 対話型遺伝的アルゴリズムにおける表現型空間の自動生成手法の提案, 田中 美里, 廣安 知之, 三木 光範, 佐々木 康成, 吉見 真聡, 横内 久猛, 日本知能情報ファジィ学会 論文誌, Vol. 22, NO. 6, 2010, 720-732, 査読有
- ② Tomoyuki HIROYASU, Misato TANAKA, Mitsunori MIKI and Hisatake YOKOUCHI, Extraction of Design Variables using Collaborative Filtering for interactive Genetic Algorithms, IEEE

Proceedings of International Conference on Fuzzy Systems, 2009, 1579-1584, 査読有

- ③ 伊藤 冬子, 廣安 知之, 三木 光範, 横内 久猛, 対話型遺伝的アルゴリズムにおける嗜好の多峰性に対応可能な個体生成方法の検討, 人工知能学会 論文誌, Vol. 24, No. 1, 2009, 127-135, 査読有

[学会発表] (計 17 件)

- ① 多目的対話型遺伝的アルゴリズムを利用した人の嗜好軸の抽出, 小林 祐介, 廣安 知之, 田中 美里, 佐々木 康成, 三木 光範, 進化計算学会 進化計算シンポジウム 2010, 2010年12月18日, レイクサイドホテル久山
- ② 多目的最適化問題における対話型遺伝的アルゴリズムの検討, 小林 祐介, 廣安 知之, 三木 光範, 横内 久猛, 人工知能学会 第23回全国大会, 2009年6月17日, サンポートホール高松
- ③ 対話型遺伝的アルゴリズムにおける確率モデル構築による子個体生成の検討, 田中美里, 伊藤冬子, 廣安知之, 三木光範, 人工知能学会 第22回全国大会, 2008年6月13日, ときわ市民ホール

[その他]

研究成果を表すホームページ

<http://www.is.doshisha.ac.jp/~tomo/projects/imoga.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

廣安 知之 (HIROYASU TOMOYUKI)

同志社大学・生命医科学部・教授

研究者番号：20298144

(2) 研究分担者

三木 光範 (MIKI MITSUNORI)

同志社大学・理工学部・教授

研究者番号：90150755

(3) 連携研究者

特になし