

令和 元年 5 月 31 日現在

機関番号：37112

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K16141

研究課題名(和文) ユーザの視線情報を用いた対話型進化計算システムの開発

研究課題名(英文) Developing of Interactive Evolutionary Computation with User Gaze Information

研究代表者

竹之内 宏 (Takenouchi, Hiroshi)

福岡工業大学・情報工学部・助教

研究者番号：50726734

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、単独及び複数ユーザの視線情報を用いて解候補を評価できる対話型進化計算システムの開発及びその有効性を検証している。3年間の研究成果より、(1)従来のユーザの手動による解候補評価よりも視線情報による解候補評価の方が、ユーザの評価負担が少ないこと、(2)複数ユーザを対象とした場合に、満足のいく解候補生成及びユーザの評価負担軽減に有効な対話型進化計算システムを構築できることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで、対話型進化計算の研究分野では、解候補評価の際にはユーザが手動で評価値を入力する手法が主流であった。このため、いかに簡便な評価方法を用いたとしても、ユーザに評価作業を強いることは妨げられなかった。本研究では、解候補評価にユーザの視線情報を用いることで、ユーザが自然に解候補群を閲覧するだけで評価値を獲得できる対話型進化計算システムを構築した。これらの成果は、今後、ユーザの潜在的嗜好を調査するマーケティング分野での応用や、不特定多数のユーザの感性情報を用いた対話型進化計算システムの実現を加速できる可能性があることが示唆されている。

研究成果の概要(英文)：We developed interactive evolutionary computation with a single user or multiple users gaze information for evaluating candidate solutions and studied its effectiveness. From various achievements, we demonstrated that 1) the proposed system can reduce the evaluation loads of users compared with the conventional method using manually evaluation method and 2) can generate candidate solutions that many users satisfy even if when using multiple persons.

研究分野：感性情報学

キーワード：対話型進化計算 視線情報 ユーザ評価

1. 研究開始当初の背景

人の感性をコンピュータシステムに利用して、よりよいものを作成しようとする試みの1つに対話型進化計算がある。対話型進化計算では、対象とする問題における解候補をユーザが直接評価し、ユーザの評価が高い解候補同士を交配させ、確率的に優秀な解を生成できる。対話型進化計算においては、解候補となるデザインを評価するユーザの負担が大きいことが問題となっており、評価インタフェースの改良やオンライン知識利用など様々な観点から改善方法が提案され、応用システムの開発が行われている。

本研究に関連のある対話型進化計算の応用システムについては、これまでにユーザの脳波や心拍などの生体情報を用いた対話型進化計算システムが提案されている。しかし、本研究で用いるユーザの視線情報を用いた対話型進化計算については、海外の一部の研究者が提案を行ったのみで、明確な有効性などについては検証されていない。

本研究では、単独および複数ユーザの視線情報を用いて解候補を評価できる対話型進化計算システムを開発する。ユーザの解候補評価負担を軽減することを目的とした評価方法は、これまでに提案されている。しかし、ユーザに評価の手間を取らせることは避けられないため、応用システムを考案する上では、使用時間が限られるなどの制約がある。ユーザにとって評価作業が手間になる以上、応用システムは限られたものになる。この問題を解決するためには、ユーザの普段の自然な行動から潜在的な嗜好や興味を抽出し、ユーザが好むものを推薦できるようなシステムが有効である。

そこで、本研究では、対話型進化計算の解候補評価にユーザの視線情報を用いることを提案する。視線にユーザの心理状態が表れることは経験的に知られている。このため、人間の視線情報は、その人の潜在的嗜好や興味を探るのに重要な指標であり、マーケティングや人間工学など様々な分野で計測・利用が進んでいる。また、近年では計測に関しても、ユーザが装置を身につけることなく、動画解析技術によって視線方向を推定できるアイトラッカーが市販されている。本研究では、アイトラッカーを用いて、ユーザの視線情報を検出し、それらの情報から解候補に対する嗜好や興味を獲得し、ユーザの視線情報からユーザの好むものを生成できる対話型進化計算システムを開発する。

2. 研究の目的

本研究では、単独および複数ユーザの視線情報を用いて解候補を評価できる対話型進化計算システムを目指すとともに、対話型進化計算システムの新たな応用分野を見出すことを目的としている。図1に提案システムの概要を示す。提案システムは、視線情報計測部と対話型進化計算部より構成される。本研究では、まずユーザの視線情報に関する基礎検討を行い、それらの情報を用いた解候補評価手法を考案し、視線情報計測部を完成させる。そして、その手法に基づいて、ユーザの視線情報より解候補を評価する実システムを構築し、提案システム全体の有効性を検証する。具体的には以下の項目について明らかにする。

- (1) ユーザの潜在的な嗜好や興味に関する視線情報をアイトラッカーより取得し、対話型進化計算における解候補評価に用いることができる情報抽出方法を検証する。
- (2) (1)を基に、対話型進化計算において解候補評価のための評価値を算出する解候補評価手法を複数考案し、実システムを用いた評価実験により各手法の有効性を検証する。
- (3) (2)で開発した実システムについて細部を改良し、システムを完成させる。
- (4) 複数ユーザの視線情報を用いた対話型進化計算システムを開発し、評価実験により有効性を検証する。

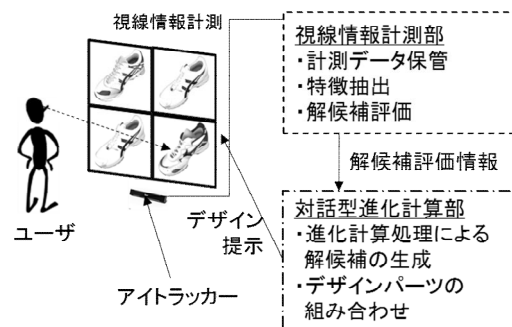


図1 提案システムの概要

3. 研究の方法

本研究では、まずユーザの視線情報による解候補評価手法（視線情報評価部）を開発し、その後、これまでにプロトタイプが完成している対話型進化計算システムとの統合を図った。本研究では、以下に示す手順で、研究を遂行してきた。

- (1) 単独および複数のユーザに対して複数の解候補を提示したときに、ユーザの視線移動について基礎検証を行う。
- (2) ユーザの視線情報による解候補評価手法を開発する。
- (3) ユーザが単独および複数で解候補を評価する対話型進化計算システムについて、ユーザの視線情報を用いた解候補評価の応用について検証する。

平成28年度（単独及び複数ユーザの視線情報計測）

初年度は、視線情報の計測に着手した。まず、視線計測装置にオムロン社のHVC-PC2（複数ユーザ向け）やTobii社のX2-30（単独ユーザ向け）を用いて簡単な視線計測アプリケーションを作成し、ユーザの視線情報取得を行った。この検証では、特にX2-30アイトラッカーを用

いて、ユーザの視線とディスプレイ上で検出される視点座標がおよそ一致していることが確認された。この結果より、複数の嗜好物を提示された際に見ている時間が長いものほどユーザが興味を持っていると仮定し、試験的に対話型進化計算の解候補評価に視線情報を適用したシステムを開発した。本システムでは、解候補評価に一对比較評価を用いている。評価対象としては、デザインの誘目性と被験者の評価に対するモチベーションを維持するため、女性用衣服コーディネート用の静止画を用いた。

平成 29 年度（単独ユーザ向けシステム及び視線情報による解候補評価手法の開発）

2 年目は、視線情報を用いた解候補評価手法の開発に取り組んだ。研究当初は「提示された解候補が閲覧された時間」を用いて、閲覧時間が長いものがユーザにとって評価の高い解候補であるとしていた。しかし、閲覧時間が長い解候補は好みとは限らず、興味があるというだけで長く見ていた可能性が懸念されることが分かってきた。このため、各解候補に対する視線の滞在時間だけでなく、視線移動のパターンなど他の情報も用いた解候補評価手法の考案が必要と考え、ユーザの視線情報からユーザの嗜好を推定するために、ニューラルネットワークなどのパターン認識手法を用いた検証に取り組んできた。

また、対話型進化計算の解候補進化の観点から考察すると、解候補評価に「提示された解候補が閲覧された時間」のみを用いた場合でも、解候補はある程度進化することが基礎実験により確認された。このため、「視線情報を用いた解候補評価手法の開発」とは別に、ユーザのカタログ閲覧時の視線情報を用いたカタログインタフェースの開発や現システムでの更なる評価実験なども並行的に行った。

平成 30 年度（単独及び複数ユーザ向けシステムの開発）

3 年目にあたる最終年度は、初年度より開発してきた対話型進化計算の解候補評価において単独および複数ユーザの視線情報を適用したシステムの最終的な検証を実施した。

具体的には、複数ユーザ向けシステムでは、ユーザの母集団を定義し、それらの中のユーザが対話型進化計算進行中に部分的に解候補評価に参加した場合の検証を実施した。この検証においては、評価対象を従来の静止画の女性用衣服コーディネートを動画による同コーディネートに変更し、ユーザの誘目性や興味が向上するようにした。

単独ユーザ向けシステムでは、研究 2 年目より開発を進めてきたカタログインタフェースの進化計算アルゴリズム開発に着手した。本インタフェースでは、ユーザは製品のカタログを見るような感覚で自由に解候補を閲覧する。その過程で、ユーザの好みのデザインとユーザが好むと推定されるデザインの両方を探索することを目的とし、複数の進化計算手法を用いたハイブリッド手法による解候補探索を提案した。

また、研究 2 年目より視線情報における特徴量を用いたユーザの嗜好推定を試みてきたが、データ数の影響などにより、実用に耐えうる成果は得られなかったため、今後は推定手法などをより検証する必要がある。

4. 研究成果

単独ユーザを対象とした視線情報対話型進化計算システム（提案システム 1）の主な成果

提案システム 1 は、単独ユーザの視線情報を用いて「閲覧時間が長いデザインはユーザの好みのデザイン」という仮定に基づいた、プロトタイプ of 視線情報対話型進化計算システムである。提案システム 1 については、従来の手動でユーザが解候補の評価値を入力するシステムとの比較実験を行った。その結果、提案システム 1 は、より正確にユーザの評価値を取得できる従来システムと遜色のない解候補進化性能を示し、従来手法よりもユーザの解候補評価負担が軽減できることが確認された〔雑誌論文〕〔学会発表〕。

さらに、提案システム 1 について、カタログ閲覧時の視線情報の利用を想定したカタログインタフェースや解候補探索におけるハイブリッド進化計算アルゴリズム（遺伝的アルゴリズムとタブーサーチ）の導入を試みた。これらのシステムは、プロトタイプシステムと比較して、解候補評価のしやすさや解候補の進化性能向上に対して、明確な有効性を検証中である〔学会発表〕。

複数ユーザを対象とした視線情報対話型進化計算システム（提案システム 2）の主な成果

提案システム 2 は、複数ユーザの視線情報を用いた視線情報対話型進化計算システムである。提案システム 2 については、まず、複数ユーザの感性情報をユーザに明示的な評価作業を強いることなく、リアルタイムに取得する必要がある場面を想定している。例えば、アイドルのコンサートやイベント会場において、複数ユーザの感性情報を反映させた衣装などをリアルタイムに作成する場合、会場での衣装に対するアンケートを集計し解析していたのではリアルタイムな対応は困難である。提案システム 2 では、このようなシチュエーションにおいて、ユーザの感性情報を、視線情報を介して効率的に獲得できるシステムを構築した。評価実験の結果より、複数ユーザが満足のいく衣服コーディネートを作成でき、性差によって視線情報やコーディネートの判断基準が異なることが確認された〔雑誌論文〕〔学会発表〕。

また、提案システム 2 では、複数ユーザが部分的に解候補評価に参加した場合でも、多くのユーザが満足のいく衣服コーディネートを生成できることが確認されている〔学会発表〕。

視線情報における特徴量を用いたユーザの嗜好推定

研究開始当初より、「提示された解候補が閲覧された時間」を用いて、閲覧時間が長いものがユーザにとって評価の高い解候補であるとしていた。実システムを構築したところ、このようなコンセプトによる解候補評価であっても、ある程度解候補が進化することが確認されている。しかし、ユーザの嗜好情報を視線情報より抽出するには、単に興味があって閲覧時間が長くなっていった可能性は否定できず、このようなノイズが解候補の進化に悪影響を与える可能性がある。そこで、ユーザの解候補閲覧中の視線移動パターンを、ニューラルネットワークなどを用いて解析し、ユーザの嗜好を推定することを試みた。しかし、取得データ数の影響などにより、嗜好の推定精度は閲覧時間が長い解候補をより好みであるとした場合と変わらなかった。今後は、推定手法などをより検証する必要がある。

得られた成果の国内外における位置づけとインパクト、今後の展望

視線情報対話型進化計算システムの開発は、研究開始当初では、海外の一部の研究者しか取り組んでいなかったが、我々が研究を進めるに連れて単独ユーザを対象とした視線情報対話型進化計算システムについて、類似研究が散見されるようになってきた。この要因としては、アイトラッキングや顔認識などが、従来よりも比較的安価で容易に実現できるようになったことが考えられる。本研究においては、従来の手動による評価作業との比較のみでなく、ユーザが好みの解候補を意識的に閲覧した場合や自由に閲覧した場合の比較を基礎検証の段階から行うなどし、他の類似研究との差別化を図ってきた。

また、複数ユーザを対象とした視線情報対話型進化計算システムについては、これまでに前例が確認されていない。一般に、複数ユーザの感性情報を用いる場合は、投票作業やアンケートを利用するが、これでは投票という明示的な作業が発生したり、リアルタイムな解析結果を反映したりしない。本研究においては、複数ユーザの視線情報を用いることで、ユーザの自然な動作から嗜好情報を取得し、対話型進化計算の解候補探索にリアルタイムに反映させるシステムを構築している。

今後は、解候補を多峰的に探索できるハイブリッド進化計算アルゴリズムの導入や、現在未完成の視線情報特徴量を用いたユーザの嗜好推定などに着手していく予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計2件)

Hiroshi Takenouchi, Masataka Tokumaru, “Interactive Evolutionary Computation System with User Gaze Information,” International Journal of Affective Engineering, 査読有 2018 (accepted).

藤崎 美夏, 竹之内 宏, 徳丸 正孝, “複数ユーザの視線情報を用いた対話型進化計算システム,” 日本知能情報ファジィ学会誌 知能と情報, 査読有, Vol. 30, No. 4, pp. 613-622, 2018.

〔学会発表〕(計10件)

竹之内 宏, 徳丸 正孝, “ユーザの視線情報を用いた対話型進化計算における遺伝的アルゴリズムとタブーサーチによるハイブリッド探索の適用”, 日本知能情報ファジィ学会ソフトサイエンス研究部会 第29回ソフトサイエンス・ワークショップ, A2-3, pp. 20-23, 2019.

藤崎 美夏, 竹之内 宏, 徳丸 正孝, “ユーザの部分評価参加を想定した視線評価式対話型進化計算の検証”, 日本知能情報ファジィ学会ソフトサイエンス研究部会 第29回ソフトサイエンス・ワークショップ, A2-1, pp. 12-15, 2019.

Hiroshi Takenouchi, Masataka Tokumaru, “Development of Interactive Evolutionary Computation Catalog Interface with User Gaze Information”, HCI International 2018 - Posters' Extended Abstracts Volume 850 of the series Communications in Computer and Information Science, pp. 121-128, 2018.

Minatsu Fujisaki, Hiroshi Takenouchi, Masataka Tokumaru, “Developing Female Clothing Coordination Generation System Using Eye Tracking Information”, Human-Computer Interaction. Interaction Technologies Volume 10903 of the series Information Systems and Applications, incl. Internet/Web, and HCI (the proceedings of HCI International 2018), pp. 247-257, 2018.

Hiroshi Takenouchi, Masataka Tokumaru, “Performance Evaluation of Interactive Evolutionary Computation Applying Gaze Information”, The 4th International Symposium on Affective Science and Engineering and the 29th Modern Artificial Intelligence and Cognitive Science (ISASE-MAICS 2018), A2-3, 2018.

竹之内 宏, 徳丸 正孝, “視線情報を用いたカタログインタフェースの開発に関する検討”, 日本知能情報ファジィ学会ソフトサイエンス研究部会 第28回ソフトサイエンス・ワークショップ, 4-3, pp. 57-60, 2018.

藤崎 美夏, 竹之内 宏, 徳丸 正孝, “視線情報を用いた対話型進化計算システムにおける複数ユーザを対象とした一検討”, 日本知能情報ファジィ学会評価問題研究部会 第22回曖昧な気持ちに挑むワークショップ, pp. 35-38, 2017.

竹之内 宏, 徳丸 正孝, “視線情報を用いた対話型進化計算システムの基礎的検証”, 日本知能情報ファジィ学会 第33回ファジィシステムシンポジウム講演論文集, TF1-3, pp.357-360, 2017.

Minatsu Fujisaki, Hiroshi Takenouchi, Masataka Tokumaru, “Interactive Evolutionary Computation Using Multiple Users’ Gaze Information”, HCI International 2017 - Posters' Extended Abstracts Volume 713 of the series Communications in Computer and Information Science, pp.109-116, 2017.

藤崎 美夏, 竹之内 宏, 徳丸 正孝, “複数ユーザの視線情報を用いた対話型進化計算の検討”, 第12回日本感性工学会春季大会, P-45, 2017.

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等

福岡工業大学情報工学部システムマネジメント学科

竹之内研究室 <http://www.fit.ac.jp/~h-takenouchi/index.html>

6. 研究組織

(1)研究分担者

なし

(2)研究協力者

研究協力者氏名：徳丸 正孝

ローマ字氏名：Masataka Tokumaru

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。