

福岡工業大学 機関リポジトリ

FITREPO

Title	継続評価ベース対話型進化計算による声質の最適解探索
Author(s)	福本 誠, 井上 亜彩美, 花田 良子
Citation	福岡工業大学総合研究機構研究所所報 第1巻 P33-P37
Issue Date	2018-12
URI	http://hdl.handle.net/11478/1148
Right	
Type	Departmental Bulletin Paper
Textversion	publisher

Fukuoka Institute of Technology

継続評価ベース対話型進化計算による声質の最適解探索

福本 誠 (情報工学部情報工学科)

井上 亜彩美 (大学院工学研究科情報工学専攻)

花田 良子 (関西大学システム理工学部)

A Search for Optimal Parameters of User's Voice Using Continuous Evaluation-based Interactive Evolutionary Computation

Makoto FUKUMOTO (Department of Computer Science and Engineering, Faculty of Information Engineering)

Asami INOUE (Computer Science and Engineering, Graduate School of Engineering)

Yoshiko HANADA (Faculty of Engineering Science, Kansai University)

Abstract

Interactive Evolutionary Computation (IEC) is an attractive method that searches media contents suited to each user's preference and feelings. However, shortage of evaluation time caused of human user's fatigue remains as a severe problem. A previous study proposed Continuous Evaluation-based IEC which makes the continuous evaluation task over several days. This study conducted an experiment for searching parameters of good voice for each user based on the idea of Continuous Evaluation-based IEC. Creation of voice was performed by using a free software UTAU. Experimental results showed successful increase in fitness values.

Keywords : Interactive Evolutionary Computation, Differential Evolution, Continuous Evaluation, Voice, UTAU

1. はじめに

近年の情報技術の発達は、あらゆる分野に貢献してきた。特に、情報処理技術とのつながりが密接なメディアコンテンツの生成や探索は、情報技術の発展の恩恵を大きく受けており、従来は困難であったメディアの調整や生成、さらには個人適応などが実現しつつある。

対話型進化計算 (Interactive Evolutionary Computation; IEC) は、個人に合うメディアコンテンツを探索する技術である^(1,2)。その基礎は、遺伝的アルゴリズム^(3,4)に代表される進化計算であり、交叉、突然変異といった遺伝的オペレータを適用して得られた解候補に対して、その評価を人間のユーザが担うことで、そのユーザの感性に合うメディアコンテンツの探索が可能となる。Takagi のサーベイ論文によれば、2000 年頃までは IEC の適用分野は視覚、聴覚が主な適用対象であった⁽²⁾。近年では、嗅覚⁽⁵⁻⁷⁾や触覚⁽⁸⁻¹⁰⁾のコンテンツに関しても適用されるようになっていく。

一方で、IEC には重大な欠点がある。それは、進化計算で行われる多くの評価回数を、人間のユーザでは実現しがたいことである。Takagi によれば、それはユーザの疲労に根本的な問題があるとされ⁽²⁾、比較的負担の少ない方法であっても、何千、何万という評価回数をユーザに求めるのは現実

的ではないといえる。

この問題の解決のために、新たなアルゴリズムの導入や、インタフェースの改良、さらには生体情報の利用などが試みられてきたが、本質的な解決に至ってはいない。その中で、継続的な評価を行うというアイデアに基づく手法が提案されている⁽¹¹⁾。これは、通常はある 1 日の制限された時間の中で行われる IEC の作業を、複数日にわたって行うというものである。この研究の中では、音楽のメロディによるサイン音の生成を目標に実験が行われ、日を分けた場合でも探索が継続的に行われることが実証されている。

しかしながら、上記の実験の中では評価値の継続的な変化を観察できなかったという問題がある。その理由は、対比較ベース Interactive Differential Evolution (IDE)⁽¹²⁾という IEC の手法が用いられており、対比較を連続で行うため、探索中の評価値を得られない手法を用いていたためである。上記の研究では、あくまで、探索範囲の収束や解更新の回数をもとに継続的な探索を検証するとともに、1 日目の初期世代と最終世代、2 日目の最終世代の代表解候補を取り出し、別の日に評価したという段階にとどまっている。

本研究の目的は、継続ベース IEC により声質パラメータの最適解探索を行う手法を提案することにある。これを用い、2 日間に分けた評価の作業を行った際に、評価値が継続

的に上昇することを調査する。具体的には、対比較ベース IDE の対比較作業の後に、選んだ解候補に評価値を付ける手法⁽¹³⁾を用いる。探索対象は、自分自身の理想声であり、これにはフリーソフトウェアである UTAU^(14,15)を用いた IEC^(16,17)のうち、IDE の手法⁽¹⁷⁾を適用する。

本論の全体的な構成は、以下のとおりである。次章にて、継続評価 IEC と UTAU を用いた声質探索手法について概説した後、第 3 章で構築したシステムについて説明する。第 4 章で聴取実験の手法を、第 5 章で実験結果を示す。実験結果をもとに考察を行った後、最後に結論を述べる。

2. 継続評価ベース IEC と UTAU による声探索

本章では、通常の IEC について概説した後、継続評価ベース IEC および IEC による声質パラメータの最適解探索手法について説明する。

〈2・1〉 対話型進化計算 (IEC) IEC は、通常の進化計算における評価関数部をユーザにおきかえることで、そのユーザの感性に合う解を探索する手法である。情報技術の進歩に伴い、視覚、聴覚だけでなく、味覚、嗅覚、触覚といった、様々な形式のメディアへの適用が試みられている。

IEC の標準的なフローを図 1 に示す。これは、対話型遺伝的アルゴリズムに基づくフローであり、用いられるアルゴリズムによって手続きがやや異なる場合があるが、評価部にユーザが関わることは、どの IEC であっても同じである。解候補の初期集団は、通常は乱数で生成され、それらが主観的に評価されることから処理が始まる。次に、評価値が高い個体を確率的に親に選ぶ処理を行い、親をもとに子を作る。その際、交叉や突然変異をもとに、両方の親の特性を受け継ぎつつ、やや異なる特徴を持つ子を作るようにする。全ての子個体が作られたら、それらを次世代の集団とする。これらの手続きを繰り返す。

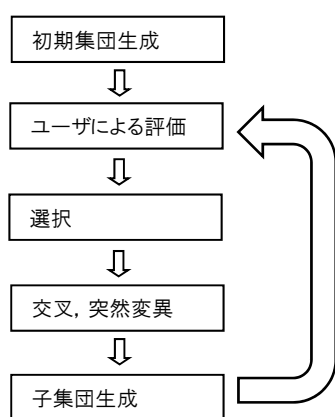


図 1 一般的な IEC の処理フロー

fig. 1. Flowchart of General Interactive Evolutionary Computation.

一般的な IEC では、初期集団が乱数で作られ、それらをユーザが評価することから処理が始まる。評価値に基づいて親が選択され、交叉と突然変異を経て子が生成される。

〈2・2〉 継続評価ベース IEC 継続評価ベース IEC⁽¹¹⁾ は、従来の IEC における探索性能の限界を解決するために、より多くの世代を通じた探索を実現する。考え方はシンプルであり、通常は 1 日で行われる探索を、複数日に分けて実施することで、結果的に長期の探索を実行できるようにする。

継続評価ベース IEC を提案した研究⁽¹¹⁾においては、2 日間のサイン音生成を通じた有効性の評価が行われた。システムは、対比較ベース IDE に基づいたものであり、被験者は与えられた 2 つの音を聴き比べ、より警告音らしいものを選択する。この繰り返しにより、探索が進められる。具体的には、従来の解候補 (Target Vector) に対して新しい解候補 (Trial Vector) が作られ、より良い方が次世代の解候補として生き残ることとなる。実験結果として、解候補の入れ替わりが徐々に少なくなる傾向が観察され、日をまたいでもこの傾向は続いた。また、1 日目の最初と最後、2 日目の最後の世代から解候補を抽出し、これらの比較評価を行ったところ、最終世代において最も高い評価値が得られた。なお、このシステムを用いた 1 日のみ実験では、個人向けの警告音の生成について有効性が示されるとともに、他者が生成した音よりも自身が生成した音の方が高く評価される結果が得られた⁽¹⁸⁾。1 日分でもこのような結果が得られるため、現在、日をまたがない従来の IEC と継続ベース IEC の性能比較を行っているところである。

〈2・3〉 UTAU を用いた IEC による声生成 IEC によるメディアコンテンツ探索には、音声もその対象に含まれる。先行研究の例としては、対話型遺伝的アルゴリズム (Interactive Genetic Algorithm: IGA) による声質パラメータの最適解探索の例がある。ただし、これらは、ユーザから見て他人の声をあつかうものであった⁽¹⁹⁾。

福本研究室の近年の研究例として、井上らは、IGA を用い、ユーザ自身の声をもとに、理想声を探る手法を提案した⁽¹⁶⁾。これは、音声の声質パラメータを調整できるフリーソフトである UTAU^(14,15)を利用した手法であった。この手法の概念図を図 2 に示す。UTAU では、ライブラリから音声データを選択し、その声質パラメータの調整を行うことが可能である。さらに、ユーザ自身が録音した音声をライブラリの一部とし、それを調整可能である。この点が、UTAU を利用した大きな理由といえる。

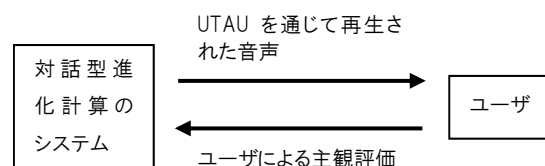


図 2 IEC と UTAU を用いた手法の概念図

fig. 2. A Scheme of IEC using UTAU.

この手法では、UTAU の声質パラメータについて、IEC によりユーザの感性に合うように解探索を行う。

先行研究⁽¹⁶⁾では、ユーザ自身に日本語の母音「あ」を発声してもらい、それを録音し、調整対象の音声データとした。環境ノイズを取り除いた後に、UTAU のデータに変換し、そのパラメータを最適解探索の対象とした。なお、UTAU では、15 の声質パラメータを調整可能であるが、これらの研究では単母音の声質の変化に関する 5 つのパラメータに絞った探索を行った。IGA を用いたシステムを作成し、10 世代の聴取実験を行ったところ、評価値が上昇する結果となった。また、最近の成果として、IDE を用いた場合でも、評価値が上昇する傾向が見られた⁽¹⁷⁾。

3. 提案手法とシステム構築

本論では、継続評価ベース IEC と UTAU により、2 日間かけてユーザ自身の理想声の探索を行う手法を提案する。観点によっては、継続評価ベース IEC の新たな適用例でもある。また、先行研究で提案した手法を 2 日間にまたがって行った研究ともいえる。

実際に構築したシステムについて説明する。進化計算アルゴリズムには、差分進化を用いた。また、ユーザによる評価を容易にするために、対比較ベース対話型差分進化を適用した。対比較では、古い解候補と新しい解候補が比較され、勝者が次世代の解候補となる。差分進化には様々なアルゴリズムが提案されているが、もっとも基礎的な DE/rand/1/bin のアルゴリズムを用いた。継続的な評価値の変化を観察するために、対比較後に、選ばれた解候補に対して 7 段階で評価値を付してもらった。この方法は、IDE によって複数ユーザに合う警告音を作る手法⁽¹³⁾において用いられた手法である。

ユーザの声の録音方法や扱う声質パラメータは、先行研究⁽¹⁷⁾と同様である。扱う音声は、日本語の母音「あ」を対象とした。また、UTAU で扱えるパラメータのうち、5 つのパラメータを調整対象とした。すなわち、5 変数の最適解探索となる。各パラメータは独立して調整することが可能であり、それぞれの定義域は、2 種類が 0~100, 2 種類が -100~100, 1 種類は 0~99 であった。

IDE の個体数は 8, 1 日に探索を行う世代数は 10 世代とした。2 日間の探索を行うため、計 20 世代の探索となる。多くの IEC の研究では 10~20 世代程度の実験が多い⁽²⁾とされるため、この世代数は IEC としては多い部類である。初期世代のみ最初の個体は必ずパラメータの基本値の個体、すなわちユーザ自身の UTAU 音声を提示するようにし、その他の個体は乱数で生成する。操作は、交叉確率 CR を 0.95, スケーリングファクタ F を 1.0 とした。

4. 実験方法

被験者として、6 名（男性 4 名、女性 2 名）が参加した。被験者は、一人ずつが実験に参加し、声の録音を行ってから探索実験に参加した。なお、10 世代分の評価を行った先行研究では、声質改善に関するアンケート調査や、探索とは別の評価実験も行っている。これらの結果については、文献⁽¹⁷⁾

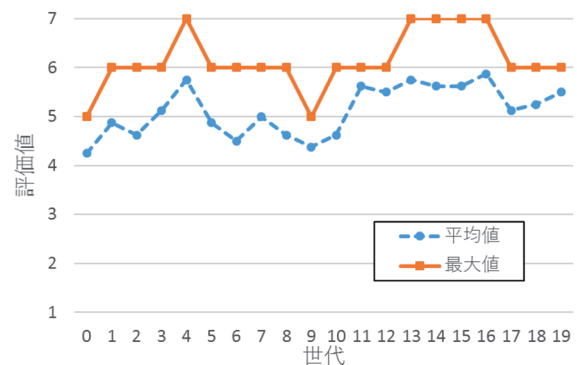
を参照されたい。

実験では、前章で説明した IDE のシステムを用いた。システムから提示される UTAU 音声について、2 つの音声順に提示された後に、いずれが理想の声に近いかを選択してもらった。なお、これらの音声については、評価が決まるまで聴き直すことが可能であった。選択後に、選択した音声について 7 段階の評価値（1：非常に理想的な声から遠い、4：どちらでもない、7：非常に理想的な声に近い）を付してもらった。

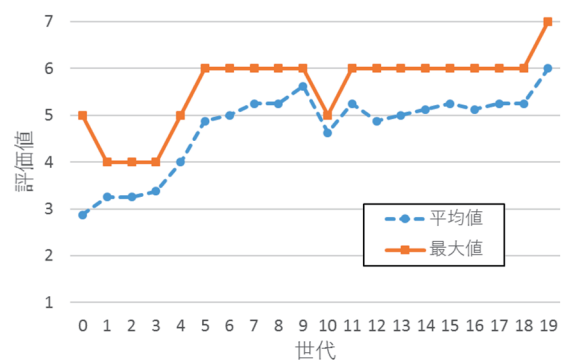
5. 実験結果

実験結果として、対比較において選択された解候補に付された得点の推移を観察する。図 3(a)~(c)は、3 名の被験者の得点の推移であり、世代ごとの平均値と最大値が示されている。横軸は世代である。半分の第 9 世代と第 10 世代の間で、1 日目、2 日目が分かれることに注意されたい。

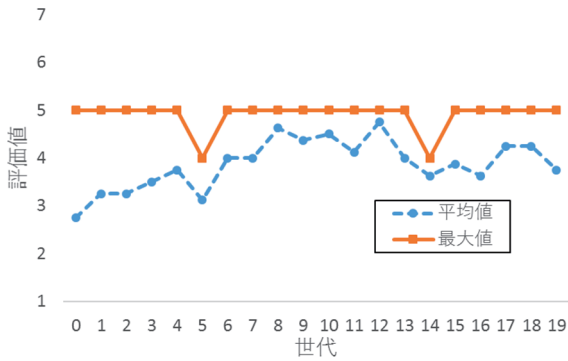
被験者 A の評価値の推移を見ると、1 日目の終了から 2 日目の始まりにかけて、平均値、最大値とも、やや上昇しており、日をまたいでも探索が継続的に行われているようである。被験者 B の結果では、20 世代を通して見ると評価値は上昇しているものの、第 9 世代と第 10 世代の間では、平均値、最大値ともに 1 ポイントほど評価値が低下している。ほとんどの結果では、このような全体的な評価値の上昇傾向が見られた。一方で、被験者 C の結果では、日をまたいだ際的评价値にはほとんど差異が無いが、その後やや評価値が減少する傾向となった。



(a) 被験者 A の評価値の推移



(b) 被験者 B の評価値の推移



(c) 被験者 C の評価値の推移

図 3 被験者 3 名の評価値の推移

fig. 3. Progress of Fitness Value in Individual Three Subjects.

6 名中 3 名の被験者について、個別のデータを示す。データは、2 日間 20 世代分の平均評価値および最大評価値である。

図 4 は、全 6 名の被験者の平均値のグラフである。図 3 のように、一旦被験者ごとの平均値と最大値のデータを得た後に、それらの平均値を世代ごとに算出することで、被験者間の平均を得た。なお、評価値の平均値に関しては、全被験者で第 0 世代よりも第 19 世代において高い評価値が得られた。

評価値を観察すると、初期世代で最低値が得られた後、徐々に上昇する傾向となった。また、1 日目と 2 日目の間で、大きな評価値の差異は見られず、スムーズに移行する様子が見られた。ただし、探索序盤の評価値の上がり方と比較すると、1 日目と 2 日目の切り替わりを含む中盤の世代では評価値の上昇はやや停滞しているようにも見える結果となった。

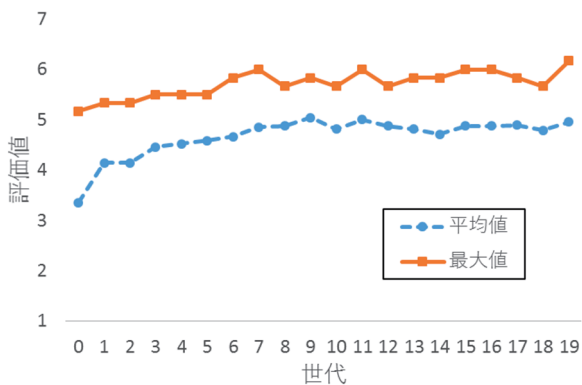


図 4 全被験者の評価値の推移

fig. 4. Progress of Mean Fitness of All Six Subjects.

全被験者の評価値を示す。これらの平均評価値および最大評価値は、図 3 のように個々の評価値を計算した後に、平均をとったものである。

6. 考察

全被験者の平均評価値を観察すると、2 日間を経て評価値の上昇傾向が見られるが、1 日目と 2 日目の境では、やや評価値の変化に停滞が見られるようである。このことの原因は、被験者ごとの評価値の推移を観察することで、理解できる。図 3(a),(b)では、全体的な評価値の上昇が見られるが、被験者によっては、日をまたぐ際に連続的な推移とはなっていない場合もあるようである。また、図 4(c)のように、2 日目に評価値が減少する被験者も見られた。このような主観評価値は、絶対的な値とは言えず、近い時間帯に聴取した解候補の相対的な評価となっていると考えられるため、これらのデータを観察しただけでは手法の有効性の検証は困難である。すなわち、これまでの IEC の研究で用いてきたような、初期世代と最終世代の解候補を比較するような実験も必要と考えている。

また、手法の検証という点では、進化計算の解探索範囲の変化や解更新回数からの検証も必要であろう。継続評価ベース IEC を提案した研究では、こういった観点の評価も取り入れてきた。また、福本研究室で行っている IEC による香り生成手法の研究では、混合される原香料の強さの推移の観察を行った。このように、本研究で用いた 5 種の UTAU パラメータの推移についても、今後は検証材料とする予定である。

7. まとめ

本研究では、IEC と UTAU による声質パラメータ最適解探索をテーマに、継続評価ベース IEC を用いる手法を提案した。また、音声聴取実験を通じて、提案手法の有効性の調査を行った。実験結果として、これまで観察できていなかった連続的な評価値の推移を観察した。

全被験者の結果をまとめたグラフを観察すると、平均評価値と最大評価値の両方について、世代の更新に伴う上昇が観察された。しかしながら、日をまたぐ世代の間では、やや評価値の上昇に停滞が見られる。その理由を個々の被験者のデータを観察して調べると、全体的な評価値の上昇が見られる被験者であっても、日が変わった際に評価値が減少する場合のあることが観察された。全体的な評価値の上昇がなされれば、継続評価ベース IEC は有効といえるが、このような評価値の減少は無いほうが望ましい。今後は、どのように評価値の減少を防ぐかを検討する。

(平成 30 年 8 月 3 1 日受付)

文 献

- (1) R. Dawkins : "The Blind Watchmaker", Penguin Books, USA, (1986)
- (2) H. Takagi : "Interactive Evolutionary Computation: Fusion of the Capabilities of EC Optimization and Human Evaluation", Proc. the IEEE, Vol.89, No.9, pp.1275-1296 (2001)
- (3) J. H. Holland : "Adaptation in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis with Applications to Biology, Control and

- Artificial Intelligence”. The University of Michigan Press, USA (1975)
- (4) D. Goldberg : “Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning”, Addison-Wesley Professional, USA (1989)
- (5) M. Fukumoto and J. Imai : “Design of Scents Suited with User’s Kansei using Interactive Evolutionary Computation”, Proc. KEER2010, pp.1016-1022 (2010)
- (6) M. Fukumoto, M. Inoue, and J. Imai : “User’s Favorite Scent Design Using Paired Comparison-based Interactive Differential Evolution”, Proc. IEEE CEC2010, pp.4519-4524 (2010)
- (7) M. Fukumoto, S. Koga, M. Inoue, and J. Imai : “Interactive Differential Evolution Using Time Information Required for User’s Selection: In A Case of Optimizing Fragrance Composition”, Proc. IEEE CEC2015, pp.2192-2198 (2015)
- (8) H. Nishino, K. Takekata, M. Sakamoto, B. A. Salzman, T. Kagawa, and K. Utsumiya : “An IEC-Based Haptic Rendering Optimizer”, Proc. IEEE WSTST’05, Springer, pp.653-662 (2005)
- (9) A. A. G. Dharma, 高木英行, 富松潔 : “対比較ベース対話型差分進化を用いた振動触覚メッセージの感性表現デザイン”, 進化計算シンポジウム 2011 講演論文集, pp.247-252 (2011)
- (10) M. Fukumoto and T. Ienaga : “A Proposal for Optimization Method of Vibration Pattern of Mobile Device with Interactive Genetic Algorithm”, Proc. HCII, Vol.11, pp.264-269 (2013)
- (11) M. Fukumoto and Y. Hanada : “A Proposal for Continuous Evaluation-based Interactive Evolutionary Computation”, Proc. SSS2016, pp.211-215 (2016)
- (12) H. Takagi and D. Pallez : “Paired comparison-based Interactive Differential Evolution”, Proc. NaBIC2009, pp.375-380 (2009)
- (13) M. Fukumoto and K. Nomura : “A Proposal for Distributed Interactive Differential Evolution -In A Case of Creating Sign Sounds for Multiple Users”, Proc. Gecco2018 Companion, pp.125-126 (2018)
- (14) 歌声合成ツール UTAU, UTAU ダウンロードサイト, <http://utau2008.web.fc2.com/>.
- (15) 吉川隆人 (編) : “UTAU スターターバック”, 晋遊舎 (2012)
- (16) 井上亜彩美, 野村康太, 福本誠 : “UTAU と対話型遺伝的アルゴリズムを用いたユーザ自身の理想の声の作成”, 第 48 回あいまいと感性研究会ワークショップ講演論文集 (2 pages, 2017)
- (17) 井上亜彩美, 野村康太, 福本誠 : “UTAU と対話型差分進化アルゴリズムによるユーザ自身の理想の声の作成”, FIT2018 講演論文集, E-031 (2018)
- (18) M. Fukumoto : “An Efficiency of Interactive Differential Evolution for Optimization of Warning Sound with Reflecting Individual Preference”, IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering, Vol.10, Issue S1, pp.S77-S82 (2015)
- (19) 福本誠, 大久保遼哉, 古賀慎平 : “対話型遺伝的アルゴリズムによる感性に合う声質パラメータの探索手法”, 日本感性工学会論文誌 Vol.13, No.4, pp.485-491 (2014)