

福岡工業大学 機関リポジトリ

FITREPO

Title	進化計算を用いた複数ユーザに好まれる香りの探索－LANを介したシステムの構築－
Author(s)	福本 誠, 原 大海
Citation	福岡工業大学総合研究機構研究所所報 第2巻 P73-P77
Issue Date	2020-2
URI	http://hdl.handle.net/11478/1485
Right	
Type	Departmental Bulletin Paper
Textversion	Publisher

Fukuoka Institute of Technology

進化計算を用いた複数ユーザに好まれる香りの探索 —LAN を介したシステムの構築—

福本 誠 (情報工学部情報工学科)

原 大海 (大学院工学研究科情報工学専攻)

The Search of the Fragrance Preferred by Multiple Users based on Evolutionary Computation — Construction of the Concrete System via LAN —

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

Hiroimi HARA (Computer Science and Engineering, Graduate School of Engineering)

Abstract

Interactive Evolutionary Computation (IEC) is well known approach searching good solutions for each user in terms of finding good graphics, sounds, and music pieces. This study aims to propose IEC with multiple users for creating fragrance. The fragrances are composed of several aroma sources; therefore, target of the proposed method is to optimize intensity of each source aroma. While the general IEC searches good solutions for each of the users, the proposed method can search good or optimal solution between the users by changing good solutions between the users during the search. In this study, a concrete system was constructed to show a fundamental efficiency of the proposed method.

Keywords : Interactive Evolutionary Computation, Multiple Users, Fragrance

1. はじめに

近年、香りは香水やアロマセラピーを始め、日常で利用される製品への香りづけなど、様々な用途で使用されている。そのため、以前よりも身近なものとなっているのではなかろうか。幾つかのデバイスは、コンピュータに接続することで手軽に香りをユーザに提供することを可能にし、さらには複数の香料を混合して提示することもできる。こういったデバイスは、従来になかった香りの利用や楽しみ方につながると考えられる。

しかしながら、初心者ユーザが手作業で香料を混ぜ、好みに合う香りを生成することは困難であるため、企業などの製造者側から提供されるものを利用するのが一般的である。また、アロマレシピ¹⁾のような形で香りの調合比の例が提供されているものの、個人差があり多様であろう個人の感性について考えると、提供されるものが本当の意味で個々のユーザの好みに合うものとは言い難い。他のメディアについても言えることであるが、こういった問題は、ユーザの感性がブラックボックス的な特性を持つことと、メディアの調整が困難であることの 2 つの要因によるものと言える。

個々のユーザに合うメディアコンテンツを探し出す手法の一つとして、対話型進化計算 (Interactive Evolutionary

Computation)^{2,3)}が知られている。これは、遺伝的アルゴリズムをはじめとする進化計算に、評価関数としてユーザの感性を導入した手法である。すなわち、最短経路探索の問題における距離を計算する評価関数の役割を、ユーザ自身が担うというものである。無論、この場合は、ユーザに与えられるのは経路ではなく、メディアコンテンツのような刺激であり、従来は視覚や聴覚に関するものがほとんどであった³⁾。

ここでは、香りの混合を対象とする対話型進化計算について、複数ユーザが参加する手法を提案する。つまり、個々のユーザに合う香りの探索から、複数のユーザが好む香りの探索へと展開する。対話型進化計算による香りの探索手法は、著者らによって提案された。最初の手法⁴⁾は遺伝的アルゴリズムを用いたものであったが、より探索性能が高いとされる差分進化などの他のアルゴリズムの導入が提案されてきた^{5,6)}。これらは、Takagi らによって提案された対比較の評価方法⁷⁾を採用したものである。

さらに、比較に要した時間の情報を探索性能の向上に用いる手法も提案されている⁸⁾。また、複数ユーザが参加する対話型進化計算として、いくつかの手法が提案されている⁹⁻¹²⁾。多くのユーザの感性に合う解は、個々のユーザに合う解よりも満足度は低くなる可能性があるが、共同で用いるメディアとして考えると、より広い用途が期待できる。香

り探索の分野では、香りに関する製品への応用が考えられる。

本研究の目的は、対話型進化計算によるメディアコンテンツの最適解探索の技術をもとに、これまで提案されていない複数のユーザが参加して共通して好む香りの探索を行う手法を提案することにある。本論では、主にシステム構築に主眼を置くが、システムの動作チェックを目的に行った基礎的な実験の結果も示す。

2. 提案手法：複数ユーザが参加して香りメディアを探索する対話型進化計算に

本章では、提案手法について説明するとともに、遺伝的アルゴリズムや香りの最適化手法について説明する。

〈2・1〉 対話型進化計算と遺伝的アルゴリズム 対話型進化計算は、最適解探索手法である進化計算の評価関数を、ユーザに置き換えた手法である。ユーザの感性は、ユーザ自身でも把握できないため、様々なメディアコンテンツを刺激として受け取り得点付け・選択などの方法で評価し、その評価をもとに探索を進める点に対話型進化計算の特徴がある。

対話型進化計算で頻繁に用いられる進化計算のアルゴリズムは、遺伝的アルゴリズムである。その処理の流れを図1に示す。一般的には、個体集団の生成、個体の評価、選択、交叉と突然変異、という処理からなる。ここで、個体というのは解候補を指し、通常は D 次元の変数からなる。また、評価は問題によって異なる。特に、対話型の遺伝的アルゴリズムの場合は、人間のユーザが主観的な評価を行うことになる。これらの処理の繰り返しにより、少しずつ集団全体の評価値が上昇し、最終的には最良解を得られることが期待される。

複数ユーザが参加して探索することで、多くのユーザに好まれる解を見つけ出す手法も提案されている⁹⁻¹²⁾。一案として図1のフローを用いれば、Aの箇所において個体の評価値が定まった後で、個々のユーザの良解を他のユーザに送り出す一方で、Bの箇所のように新たな世代の個体集団を作り出す際に他のユーザの良解を受け取り集団の一員とするような手法が考えられ、このような手法は島モデルを用いた手法として実現されている。他の方法としては、複数のユーザと一緒に評価するような手法もある。

〈2・2〉 香りの最適解探索 対話型進化計算による香りの最適化とは、予め定められた幾つかの原香料をもとに混合を行う際に、それらの強さを最適化するかわちユーザの感性や好みに合った数値として得ることを指す。多様であるユーザの好みや感性、さらには利用目的に応じた香りを得ることができれば、様々な場面でより効果の高い香りを得られるであろう。

これらの手法で行った具体的な設計では、図2に概説するように、各個体の持つ D 次元の変数のそれぞれが香料の強さに対応する。これまで、好みに合う香り^{4,5,13)}だけでなく、集中できる香り¹⁴⁾、さらにはリラックスできる香り¹⁵⁾

などを生成するという目的でも研究を行ってきた。

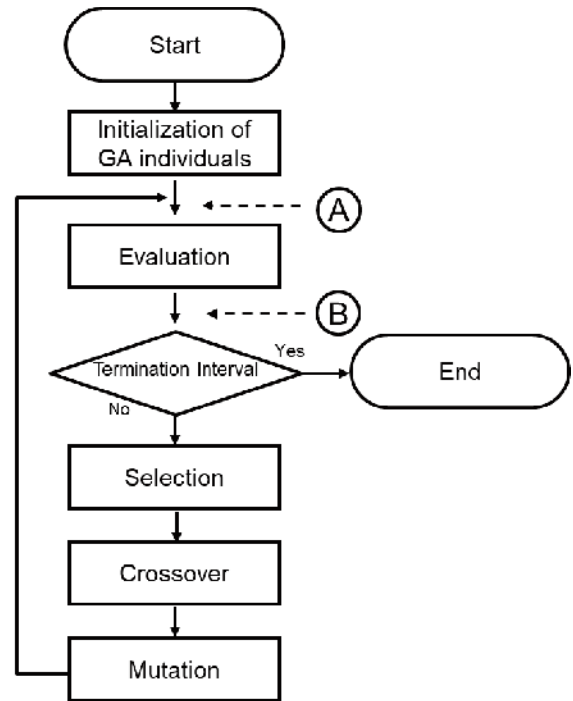


図1 対話型遺伝的アルゴリズムの処理フロー
fig. 1. The flow chart of Interactive Genetic Algorithm.

一般的な対話多型遺伝的アルゴリズムの処理は、個体集団の設定、評価、選択、交叉と突然変異から構成される。図中の○は、複数ユーザが参加する際に、(A)他のユーザの良個体を受け取る箇所、(B)自身の探索で作られた良個体を送り出す箇所を示す。

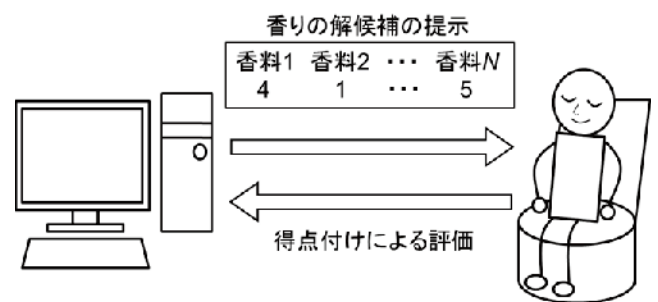


図2 対話型進化計算によるユーザに合う香り探索手法の概念図

fig. 2. A Schema of Interactive Evolutionary Computation searching a fragrance suited to user's preference.

対話型進化計算による香り探索では、システムから香りが提示され、それをユーザが評価する形で処理が進む。図上部の数値は、ユーザに与えられる香りを構成する原香料の強さであり、これらの数値の組み合わせの最良解が探索の対象である。

〈2・3〉 複数ユーザが参加する対話型進化計算による香りの最適解探索とシステム構築 提案手法は、複数ユーザに共通して好まれる香りを探索することを目的としており、図1と図2を組み合わせた内容となる。これまで、画像や音を対象とした複数ユーザが参加する対話型進化計算は提案されてきたが、香りについてはなされていない。共通して好まれる香りを見つけ出すことは、香りを製品そのもの、あるいは製品に添加する形での利用に向いていると考えられる。

本研究では、提案手法に基づき、実際にシステムを構築した。探索アルゴリズムには、遺伝的アルゴリズムを用いた。2名が参加する基礎的なシステムとしたため、図1にあるようなフローと香り提示装置を2セット設けることとなる。香り提示装置には、6種の原香料を混合可能なアロマジュールを用いた。混合においては、0~100の任意の値で各原香料の強さを設定できる。この特性を利用し、対話型遺伝的アルゴリズムの個体の変数は6とした。また、101段階の強さの設定のままだと、小さな数値の変化についてはほとんど香りの強さの違いの判別がつかないため、変数の範囲を0~20の21段階とした。実際の香りの提示においては、値を5倍してユーザに提示することとした。次章で行う基礎的な実験のための設定を表1に示す。なお、解交換については、複数ユーザによるメロディ生成の先行研究¹²⁾を参考に、毎世代の個体集団の評価が終わった時点で世代中の最良解を外部記憶装置に送り出し、奇数世代の最後の処理として外部記憶装置から相手の最良解を受け取ることとした。

表1 試作したシステムの設定

Table 1. The parameters of Interactive Genetic Algorithm used in the constructed system.

参加ユーザ数	2名
世代数	10世代
個体数	8個体
選択	エリート保存およびトーナメント選択
交叉	1点交叉 (100%)
突然変異	±4 (5%)

提案手法の基礎的な動作検証のために構築したシステムにおける対話型遺伝的アルゴリズムのパラメータを示す。

3. 実験

福岡工業大学 C21 室にて、2名の被験者による動作検証のための実験を行った。2名の被験者は、実験者から操作および評価方法の説明を受け、練習を行った上で、同時に第0世代の評価を開始した。

6種類の原香料は、対話型進化計算により好みの香りを探索する先行研究¹³⁾で用いたオレンジ、ベルガモット、レモ

ン、シトロネラ、ライム、グレープフルーツとした。これらの香りは、アロマレシピ¹⁴⁾で頻繁に用いられる香りである。なお、これらの香りに対して予め被験者が持っている印象による評価を防ぐため、どういった原香料を用いているかについては被験者に教示しなかった。また、もう一方の被験者から受け取った個体がどれであるかについても、被験者には教示しなかった。

被験者は、アロマジュールを通じてシステムから提示される香りを嗅ぎ、7段階で好みの程度を評価した(1:非常に嫌い, 4:どちらでもない, 7:非常に好き)。表1に示したように、世代数10、個体数8であるため、各被験者は80回の評価を行った。嗅覚疲労を防ぐため、被験者は自由に休憩をとることが許可された。また、同様の目的で、被験者に対し、香りの評価の間にコーヒーの香りを嗅ぐこと¹⁵⁾を勧めた。

4. 実験結果

図3, 4に、2名の被験者A, Bのそれぞれの評価値の推移を示す。グラフは、世代ごとの評価値の平均値と最大値である。両被験者とも、世代が進むにつれて評価値が上昇する傾向にあることがわかる。ただし、被験者Bでは上昇傾向が強く平均値を見ると線形に近いのに対し、被験者Aではその傾向は弱く、第3, 第7世代などで若干の評価値の低下が観察された。

また、システムの基本動作として、毎世代の終わりに世代の最良個体が外部記憶装置に書き込まれたこと、および、奇数世代の最後に相手の最良個体を受け取ったことを確認した。表2に、各被験者の評価として、相手から受け取った個体に付けた評価値を示す。図3, 4と表2を比較すると、もう一方の被験者から受け取った個体の評価値は、高くとも世代中の平均値程度であり、抜きでた評価値では無かった。

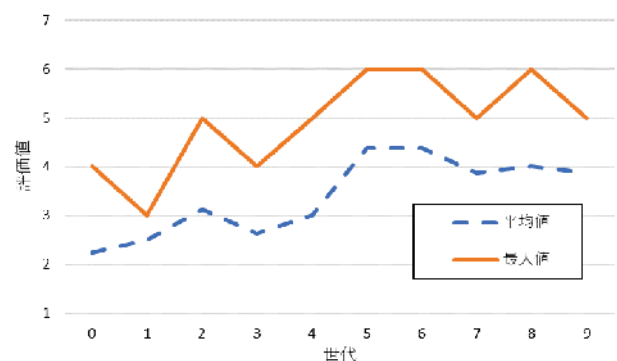


図3 被験者Aの評価値の推移

fig. 3. The progress of subjective fitness value in the subject A.

被験者Aの評価値の推移を示す。破線は世代ごとの平均値、実線は最大値である。全体的には上昇傾向であるが、幾つかの世代で評価値が下がっていることがわかる。

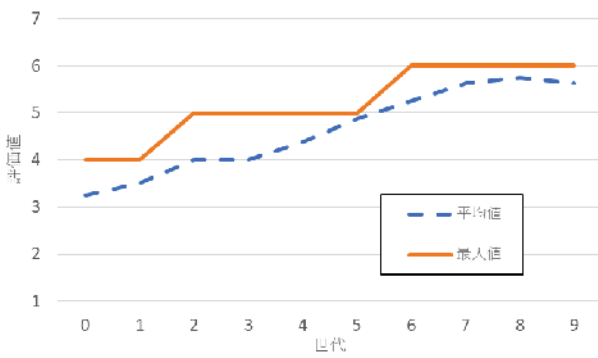


図 4 被験者 B の評価値の推移

fig. 4. The progress of subjective fitness value in the subject B.

被験者 B の評価値の推移を示す。破線は世代ごとの平均値、実線は最大値である。平均値、最大値がともに上昇傾向にあることがわかる。

表 2 相手から受け取った個体の評価値

Table 2. The fitness values on the individuals which was transmitted by another subject.

世代	2	4	6	8
被験者 A	2	2	4	3
被験者 B	4	2	4	3

外部記憶装置を通じてもう一方の被験者から受け取った個体に対して、それぞれの被験者が付けた評価値をまとめた結果を示す。奇数世代の最後に受け取り次世代の集団に含めるため、偶数世代に評価することになる。

5. 考察

提案手法を具体的なシステムとして構築し、2名の被験者のみではあるが実験を行い、基本的な動作の検証を行った。実験結果として、各被験者の実験の過程で得られた個体とそれに対する評価値を観察することにより、外部記憶装置を通じた基本的な良解の交換が、計画通りに動作していることを確認した。このシステムでは、各ユーザの良解を外部記憶装置に送り、また受け取るという単純な処理で解交換を行っている。そのため、参加者数を増やしても、各ユーザからの外部記憶装置へのアクセスさえできれば、協調作業のような形で解の探索が可能である。また、解交換のタイミングとしては非同期、すなわちユーザ間で世代更新のタイミングなどを揃える必要のないシステムとなっている。この特性から、多くのユーザが自由に参加可能なシステムと言える。

また、評価値の推移を世代ごとの平均値と最大値から観察した。2名の被験者のみのため、統計的な解析などではできない段階であるが、概ね良好な結果と言える。ただし、被験者 A の結果を見ると、単調な上昇が見られるというわけ

ではないようである。エリート保存を用いていてもこういった推移が起きることは対話型進化計算の特性ではあるものの、原因の調査が必要と思われる。複数のユーザによりメロディを生成した先行研究¹²⁾では、他のユーザから受け取った個体の評価値を検証することで、手法の有効性を調査した。本研究で提案した手法についても、多くの被験者による実験を行った後、同様の解析を行い、有効性の検証を行う必要がある。

解交換の効果を調査するために、これらの個体の評価や解交換の効果を調査することは重要な課題である。表 2 に示したように、相手から送られてきた個体への評価値は、高くとも世代中の平均値程度であり、解交換の強い効果があるとは言い難い。被験者間で似たような感性を持っていても、探索初期に個体集団の回空間中の位置が大きく異なることもあり、データを集め、より長い世代数の実験を行った後に、このような議論を行う予定である。なお、今回の実験では、もう一方の被験者から受け取った個体がどれであるかについては教示を行わなかったが、解交換を行った先行研究¹⁶⁾では、当該個体がどれであるかを知ることが協調作業の効率を上げるのではないかと述べている。このような観点から、敢えてこの教示を行うことについても検討を進めたい。今回は 2 名のみでの被験者であったため、この解析についても、より多くのペアによる実験が必要である。

6. 結言

本研究では、複数ユーザが参加する香り最適解探索のための対話型進化計算を提案した。2名が参加するシステムを構築し、解交換の機能が正常に動作すること、簡単な実験を通じて評価値の推移などを調査した。

通常の対話型進化計算では、個々のユーザの好み・感性に合う解を探すのに対し、複数ユーザの共通した好み・感性に合う解を探し出す点に特徴があるため、香水などの香りそのものの製品だけでなく、香りを添加した様々な製品の開発やその補助になりうると考えている。今後は、手法の有効性の検証だけでなく、嗅覚疲労の低減やインタフェースの改良を経て、実用化を目指したい。

謝辞

本研究は、福岡工業大学総合研究機構平成 30 年度若手教員研究高度化支援制度による補助を受けて行われた。ここに謝意を記す。

(2019年10月18日受付)

文 献

- (1) 青木恵：アロマ香水の手作りバイブル，角川マガジンス (2008)。
- (2) R. Dawkins：“The Blind Watchmaker”，Longman Scientific & Technical (1986)。
- (3) 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).
- (4) M. Fukumoto and J. Imai : "Design of Scents Suited with User's Kansei using Interactive Evolutionary Computation", Proc. KEER2010, pp.1016-1022 (2010).
- (5) 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).
- (6) M. Fukumoto, K. Kawai, M. Inoue, and J. Imai : "Interactive Tabu Search with Paired Comparison for Optimizing Fragrance", Proc. IEEE SMC2013, pp.1690-1695 (2013).
- (7) H. Takagi and D. Pallez : "Paired Comparison-based Interactive Differential Evolution", Proc. World Congress on Nature and Biologically Inspired Computing, pp.375-380 (2009).
- (8) 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. 2015 IEEE CEC, pp.2192-2198 (2015).
- (9) Y. Ogawa, M. Miki, T. Hiroyasu, and Y. Nagaya : "A New Collaborative Design Method Based on Interactive Genetic Algorithms", Proc. the EUROGEN2001, pp.109-114 (2001).
- (10) H. Takenouchi, H. Inoue, and M. Tokumaru : "Signboard design system through social voting technique", Proc. ISIC2014, pp.14-19 (2014).
- (11) M. Fukumoto and T. Hatanaka : "A Proposal for Distributed Interactive Genetic Algorithm for Composition of Musical Melody", IEE, Vol.3, No.2, pp.56-68 (2017).
- (12) K. Nomura and M. Fukumoto : "Music Melodies Suited to Multiple Users' Feelings Composed by Asynchronous Distributed Interactive Genetic Algorithm", International Journal of Software Innovation, Vol.6, No.2, pp.26-36 (2018).
- (13) 河合啓二, 今井順一, 井上誠, 福本誠 : 近傍探索範囲を漸減させる対話型タブーサーチによる香り生成手法, 生命ソフトウェアシンポジウム 2012 講演論文集, G4-3 (2012).
- (14) 藤野将伍, 古賀慎平, 福本誠 : 対話型タブーサーチによる集中できる香りの探索 : 初期個体にアロマレシピを用いた場合, 生命ソフトウェアシンポジウム 2014 講演論文集, G1-2 (2014).
- (15) 今村佑介, 福本誠 : コーヒーの香りを用いた効率の良い嗅覚順応緩和方法の検討, 生命ソフトウェアシンポジウム 2011 講演論文集, pp.119-121 (2011).
- (16) 松本涼平, 上村桃子, 大西圭, 渡邊真也 : 二人ゲーム形式の進化的協調最適化, 第 12 回進化計算研究会, P1-12 (2017).