

対話型タブー探索による製品に合う香り生成 Creation of Fragrance Suited to a Product based on Interactive Tabu Search

福本 誠 脇山 諒也 野村 康太[†]
Makoto Fukumoto Ryoya Wakiyama Kota Nomura

1. はじめに

メディアコンテンツは、ユーザを楽しませる、安らがせるなどの目的で、生活の様々な場面で用いられる。その中で、様々な感覚に対応するメディアの形式や、ユーザの感性に合うコンテンツの生成技術が求められてきた。メディアコンテンツに対する感性や好みはユーザによって大きく異なる場合が多いため、ユーザごとに合うメディアコンテンツを手軽に作る有効な手段は多くはない。これは、ユーザ自身の感性を理解することの困難さ、解探索の困難さ、などに起因している。

このような問題に関し、ユーザに合うコンテンツの生成手法の一つに、対話型進化計算 (Interactive Evolutionary Computation; IEC) がある[1,2]。IEC は、進化計算における評価値を、ユーザの主観により決定することで、ユーザごとの感性に合うパターンの探索を行う。具体的には、IEC のシステムから解候補のパターンがユーザに提示され、それに対しユーザが主観的な評価を行う。この簡便な手続きを繰り返すことで、ユーザごとの感性や好みに合うコンテンツを入手できるならば、多くの用途での利用が期待できる。

これまでの IEC は、わずかな例外を除き、視覚、聴覚に関するコンテンツを扱う研究例がほとんどであった[2]。我々は、IEC を用い、香りコンテンツの最適化に取り組んできた[3,4]。図 1 に、その概念図を示す。一般的な香りは複数の原香料から構成され、それらの比は一定ではない。ここでいう最適化とは、ユーザごとの感性や好みに合う原香料の強さを探すことを指す。香りは、癒しなどの目的で用いられ、生理的、心理的影響を持つ因子であるとされる[5]。多様であろうユーザごとの感性や好みに適した香りを得られれば、癒しのような目的以外にも、製品へつける香りなどの応用も考えられ、その利用においてより高い効果が期待できる。

本研究では、対話型タブー探索をもとに、製品に合う香りを探索する手法を提案する。これは、もともと無臭である製品に、個々のユーザの感性や好みに合う香りを付けることを目的とした手法である。対話型タブー探索は Hirokata らによって提案され、CG を対象にした実験が行われた[6,7]。我々は、これを香りに応用する提案を行うとともに、最初はイメージ語を提示する形で、何らかのイメージに合う香りを探索する実験を行った[8]。その際、香りの個体を順に提示する手法を用いたが、良い結果は得られなかった。そのため、対比較の利用をはじめ、ユーザの操作による介入などの改良を試みてきた[9-11]。今回示す対話型タブー探索においては、香りの解候補は順に提示されるが、嗅ぎ直しを許すことでより正確に世代ごとの最良解を選択する手法としている。

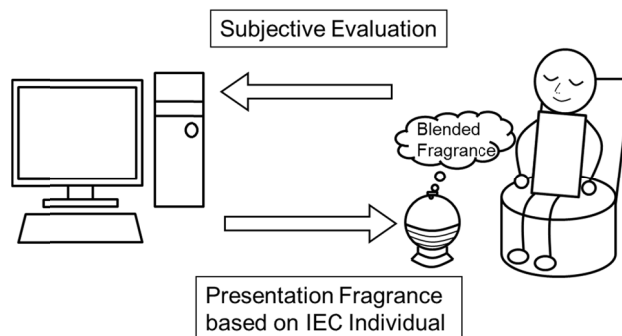


図 1 対話型進化計算による香りコンテンツの最適解探索の概念図

2. 対話型タブー探索による香りの探索

本章では、進化アルゴリズムの一つであるタブー探索の概略と、その対話型、そして香り探索への応用について説明する。その上で、提案手法について説明する。

2.1 タブー探索

タブー探索は、1986 年に提案された進化アルゴリズムである[12]。このアルゴリズムは、ある世代の解候補を、前の世代の最良解の近傍に作り出すことで、最適解探索を行う。すなわち、局所的な探索を繰り返すことで、最適解探索を実現するアルゴリズムといえる。このアルゴリズムの特徴としては、タブーリストの利用が挙げられる。これは、最良解を蓄えておくキューであり、探索におけるサイクリング、すなわち局所解を行ったり来たりすることを防ぐために用いられる。

2.2 対話型タブー探索

対話型進化計算は、進化計算における解探索に人間要素すなわちユーザごとに多様であろう感性を取り入れる方法である。通常のタブー探索では関数によって個体ごとの評価値が決まり、そのうちの最良のものが世代中の最良解となるのに対し、対話型タブー探索では、世代ごとの最良解の決定がユーザによってなされる。

対話型タブー探索を提案した Hirokata らは、これを CG で作られたシューズを題材に、視覚的にデザインの探索に利用した[6,7]。対話型タブー探索では、最終的に得られる最良個体は、最終世代終了時のタブーリストから最良のものを選ぶことで決定する。

2.3 対話型タブー探索による香りの探索

我々は、タブー探索による香りの生成手法を提案し、効率化を試みてきた[8-11]。ここでいう香りの探索とは、表 1 に示すように、複数の原香料の強さの値を調整し、ユーザ

[†] 福岡工業大学 情報工学部

の感性や好み、利用目的に合うような値の組み合わせを探すことである。

従来は困難であったコンピュータやネットワークを介した香りの利用は、情報技術の進展により容易になりつつある。Zhang らは、大学のイメージに合う香り作りに取り組んでおり[13]、香り生成のためのデバイスとしてはアロマジュールが用いられた。これは、6 種類の原香料を混合する機器であり、各原香料の強さは専用のソフトウェアを通じて調整できる。上記の研究では、ユーザ自身がこのインタフェースを通じて手作業で各原香料の強さを調節することで、課題のイメージに合う香り作りを行った。我々がこれまで行ってきた IEC、そして対話型タブー探索による香りの最適解探索の研究においてもアロマジュールを用いた。6 種類の原香料を用いた解の探索は、解探索問題という観点からは、6 変数の最適化問題といえる。

対話型タブー探索による香り最適化の基本的な流れは、図 1 に示したように、システムからユーザに個体である香りが提示され、その中から世代中の最良のものを選択することで進められる。ユーザの手作業で原香料の強さを調整することでも、ある程度の狙いや好みに合う香りを得られると思われるが、初心者にとっては、操作により思い通りに香りに近づけることは困難と思われる。IEC では、システムからユーザに候補として混合された香りが提示され、ユーザはそれに対して評価を付すことで解探索を行う。ユーザ自身の操作を必要としないため、ユーザにとっての負荷は小さくなることが期待される。

表 1 混合の元となる原香料の強さの例

| | 原香料 A | 原香料 B | ... | 原香料 F |
|-------|-------|-------|-----|-------|
| 香りの強さ | 30 | 80 | ... | 5 |

2.4 対話型タブー探索による製品に合う香りの生成

これまでの我々の香り探索の研究では、被験者に印象語を与え、それをもとに香りの個体を評価、選択することを行ってきた。しかしながら、実用という見地から言えば、洗剤を始めとする家庭用製品に香りを付けるという場面での利用も考えなければならないであろう。

このような視点から、本研究では、IEC をもとに製品に合う香りを作り出す手法を提案する。具体的には、ユーザに対し、印象語ではなく、実際の製品を見せながら香りの個体を評価してもらおう。こうすることにより、その製品に合う香りを作り出すことを目指す。

3. 実験手法

提案手法の基礎的な有効性を示すために、実験を行う。11 名の学生に被験者として参加してもらった。実験は、探索実験と評価実験の 2 段階から構成される。対象とする製品として消臭ビーズ[14]を用意し、探索目的の香りは「消臭ビーズに合う香り」とした。この消臭ビーズは、無香、無色透明である。

香り提示装置には、アロマジュールを用いた。混合の元となる 6 種類の原香料は、ユズ、ローズウッド、ラベンダー、ユーカリ、パイン、ベルガモットとした。実験中は常に換気を行うとともに、被験者の後ろ側で脱臭器を稼働す

ることで、室内に評価対象外の香りが残ることを防いだ。また、嗅覚疲労をできるだけ防ぐために、被験者は、自由に休憩を取ること、コーヒーの香りを嗅ぐことが許された。

3.1 探索実験

この段階では、提案手法による香り探索を行う。個体の数値をもとに混合された香りは、送風機からの弱風により被験者に届けられた。被験者は、消臭ビーズを見ながら香りを嗅ぎ、評価を行った(図 2)。各原香料の強さの範囲は、0~100 とした。被験者ごとに、10 世代分の探索と、その後の最終世代のタブーリストの個体の評価をしてもらった。タブー探索の個体を被験者に提示し、評価を 9 段階(1:全く合わない~5:どちらでもない~9:非常に合う)で行ってもらった。世代中の全個体を評価してもらった後に、個体ごとの得点を提示し、再度の嗅ぎ直しを行うことを認めた。

タブー探索のアルゴリズムの設定としては、1 世代の個体数を 6、タブーリストのサイズを 6、近傍の距離を±10 とした。初期世代の各個体が持つ 6 変数の値は、乱数で設定された。

3.2 評価実験

探索実験で得られた評価値は、世代中、あるいは近い世代における相対的な評価であり、その値だけでは、手法の有効性を示せるとは言い難い。評価実験では、探索を通じて得られた香りが、被験者ごとの感性を反映していることを調べるために、初期世代の最良個体と最終最良個体との比較評価を行う。

探索実験後に休憩をとった後に、被験者ごとに探索実験で得られたこれらの 2 個体を 9 段階で評価してもらった。2 個体の提示順はランダムであり、被験者間でカウンターバランスを取った。香りの提示には、探索実験と同様の装置(図 2)を用いた。

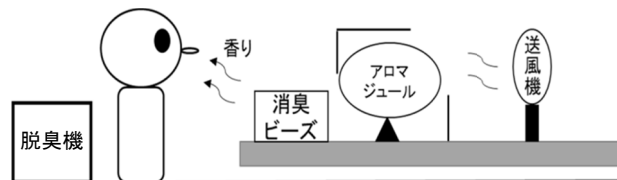


図 2 香りを提示する実験装置の概念図

4. 実験結果

4.1 探索実験の結果

探索実験における探索の推移について、一被験者の例を示す。図 3 は、一被験者における世代ごとの最良解の推移であり、6 種類の原香料ごとの強さの変化が示されている。この被験者の例では、ユーカリの香りにおいて、高い値から徐々に下がっていく一方向的な変化が観察された。ベルガモットでは、3 世代目から継続的な上昇傾向が見られ、また、パインの香りは 6 世代目から継続的にその強さが下降している様子が見られた。このような一方向的な原香料の強さの推移は、他の被験者でも観察された。

4.2 評価実験

評価実験の結果として、図 4 に、初期世代の最良個体と最終最良個体の 2 つの香りに対する全被験者の平均評価値と標準偏差を示す。最終最良個体は、探索実験中の最終世代終了時のタブーリストに収められた 6 個体のうちの最良のものを指すことに注意されたい。

初期世代の最良個体に比べ、最終最良個体は高い平均評価値となった。標準偏差は、ほぼ同じであった。Wilcoxon の符号順位検定を用い、これらの値の統計的な検定を行ったところ、最終最良個体の方が値が高い傾向 ($P < 0.1$) が示された。

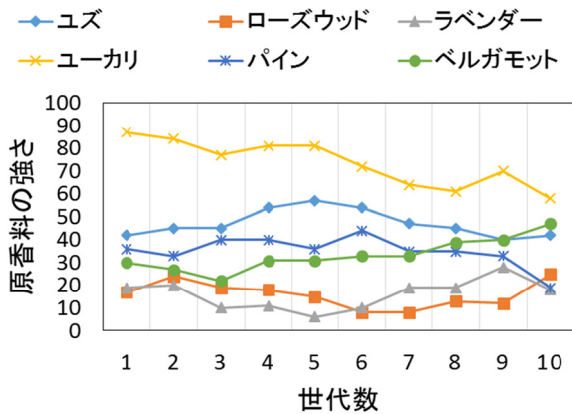


図 3 世代ごとの最良個体の推移の一例

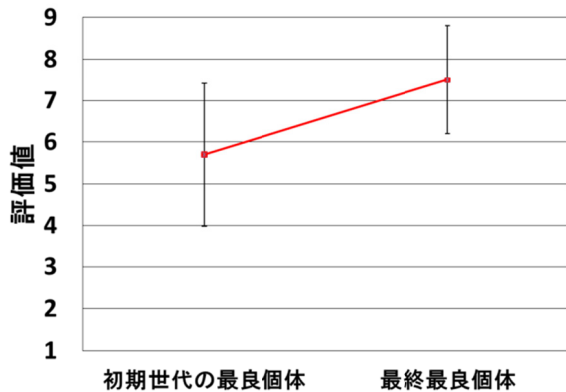


図 4 評価実験の結果

5. 考察

探索実験における原香料の一方向的な変化は、これまでの香り探索の実験結果でも観察されている。評価実験の結果と合わせると、このような変化は、タブー探索によって良個体へと探索の範囲が向かっていることを示しているものと考えられる。しかしながら、本研究におけるこの変化はやや小さく、これは新たな個体を作り出す際の近傍の範囲をやや狭めに設定してしまったことに起因していると思われる。対話型進化計算におけるパラメータチューニングは、通常の進化計算におけるチューニングとは異なり、試行を繰り返すことが困難であるが、今回の結果をもとに、より広い幅の近傍に次世代の個体を作り出す設定を今後は採用したい。

探索実験では、2013 年に初めてタブー探索による香り生成を提案した際と同様に、順に香り個体を提示する手法を用いた。その際は、単に世代中の最良個体を選択してもらうタスクを用いたが、ここでは、各個体に評価値を付してもらった。先行研究では、評価値の上昇はわずかであったが、ここでは評価実験における統計的な上昇傾向が観察された。多くの香り個体について比較、選択するのはやはり被験者にとっては負担のかかる困難なタスクと考えられ、正確な評価を実現するための得点付けや嗅ぎ直しの仕組みが功を奏したと思われる。

本研究では、対話型進化計算における香り探索の新たな試みとして、具体的な製品を見ながら評価を行うことで、その製品に合う香りを作り出す手法を提案した。これまでの香り探索の研究では、ユーザに対し、明るい、集中できる、などの印象語のみを提示し、そのイメージに合う香りを探索するのみであった。今回のような具体的な製品を提示した場合であっても、評価値の上昇、すなわち被験者ごとのイメージに合う香りに近づく傾向が観察されたことは、モノづくりの分野に貢献する結果ではないであろうか。最終最良個体として得られた香りの個人差や、他の製品に合う香りを探索できるか否かについても、検証を進める予定である。

6. おわりに

本研究では、対話型タブー探索による香りの最適解探索について、ある製品に合う香りを作り出すという応用を試みた。また、実験を通じ、提案手法の基礎的な有効性を調査した。その結果、探索過程における一方向的な原香料の強さの変化とともに、評価実験において、初期個体より最終最良個体が高く評価される傾向が観察された。これらの結果より、提案手法は、製品に合う香りを作り出せる可能性があるといえる。

今後は、タブー探索のパラメータチューニングを行うとともに、最終最良個体の個人差の調査や、様々な製品を用いた実験を行う予定である。また、上記の調査の結果次第ではあるが、被験者間で協調して解探索を行う IEC[15-17]を用いることで、多くのユーザに共通して好まれる製品の香り付けを実現する技術の確立につなげていきたいと考えている。

参考文献

- [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 (2001).
- [3] M. Fukumoto and J. Imai, "Design of Scents Suited with User's Kansei using Interactive Evolutionary Computation", *Proc. KEER2010* (2010).
- [4] M. Fukumoto, M. Inoue, and J. Imai, "User's Favorite Scent Design Using Paired Comparison-based Interactive Differential Evolution", *Proc. IEEE CEC2010* (2010).
- [5] 中本高道 (編著) : 嗅覚ディスプレイ におい・香りのマルチメディアツール, フレグランスジャーナル社 (2008)
- [6] T. Hirokata, M. Tokumaru, and N. Muranaka, "Interactive Tabu Search vs. Interactive Genetic Algorithm", *Proc. ICCE2010* (2010).
- [7] H. Takenouchi, T. Hirokata, M. Tokumaru, and N. Muranaka, "Running Shoe Design System with Interactive Evolutionary Computation", *Proc. KEER2012* (2012).

- [8] 河合啓二, 黒田裕己, 福本誠, “対話型タブーサーチによる香り生成手法の提案”, 電気関係学会九州支部大会連合大会 (2012).
- [9] M. Fukumoto, K. Kawai, M. Inoue, and J. Imai, “Interactive Tabu Search with Paired Comparison for Optimizing Fragrance”, Proc. IEEE SMC2013 (2013).
- [10] 河合啓二, 福本誠, “探索範囲を漸減させる対話型タブーサーチによる集中できる香りの生成”, 生命ソフトウェアシンポジウム 2013 講演論文集 (2013).
- [11] M. Fukumoto and S. Koga, “Investigation of Efficiency of Manipulation in Interactive Tabu Search for Optimizing Fragrance Composition”, Proc. IEEE CEC2015 (2015).
- [12] F. Glover and C. McMillan, “The general employee scheduling problem: an integration of MS and AI,” Computers & Operations Research, Vol.13, No.5 (1986).
- [13] P. Zhang, A. Mitani, and M. Miyazaki, “Development of Control System for Blending and Generating of Scent”, Proc. KEER2007 (2007).
- [14] 小林製薬: <https://www.kobayashi.co.jp/seihin/mk/>
- [15] Y. Ogawa, M. Miki, T. Hiroyasu, and Y. Nagaya, “A New Collaborative Design Method Based on Interactive Genetic Algorithms”, eurogen (2001).
- [16] H. Takenouchi, H. Inoue, and M. Tokumarum, “Signboard design system through social voting technique” Proc. ISIC2014 (2014).
- [17] M. Fukumoto and T. Hatanaka, “A Proposal for Distributed Interactive Genetic Algorithm for Composition of Musical Melody”, IEE, Vol.3, No.2 (2017)