

TTTVape：気体混合方式のシーシャ型嗅覚メディア

大岩千夏^{†1} 宮下芳明^{†1}

概要：本研究では、複数のリキッドを個別に加熱・制御し、生成したエアロゾルを混合し、吸引するシーシャ型嗅覚メディア TTTVape を提案する。円形に配置したリキッドモジュールの出力を独立に操作することで、各香気の出力時間比を調整し、個人の好みに応じた香味を設計できる。また、吸引および呼気に伴う香味知覚に着目し、複数リキッドの制御による新たな香味提示方式の可能性を検討する。

1. はじめに

食品や飲料の風味は味覚だけではなく嗅覚や触覚などの複数の感覚が統合されることで形成される。特に、嗅覚は香味知覚において重要な役割を持つ。嗅覚には外界から鼻腔へ入るオルソネーザル経路と口腔から鼻腔へ抜けるレトロネーザル経路がある。飲食時には食品から発生した香りが二種類の経路によって香味として知覚される。HCI では、嗅覚ディスプレイや味覚提示デバイスを用いて、食体験や没入感を拡張する研究が行われてきた。しかし、多くの嗅覚提示システムは、オルソネーザルを対象としておりレトロネーザルの香味体験を設計対象とした研究はまだ少ない。

一方、電子シーシャや VAPE では、リキッドを加熱して発生したエアロゾルを口腔に吸引し吐き出す過程で香りを感じる。吸引後の呼気時に口腔内から鼻腔へ香気が到達するため、電子シーシャ型の装置はレトロネーザル嗅覚の香味体験を提示する媒体として利用できる可能性がある。本研究では、VAPE の装置を用いて、複数のリキッドを個別に加熱し吸引前にエアロゾルを混合する装置「TTTVape」を試作する。TTTVape は、複数の VAPE モジュールを円形に配置し、各モジュールの出力を制御することで、出力時間比を設計することを提案する。

2. 関連研究

2.1 レトロネーザル嗅覚

レトロネーザル嗅覚とは、飲食時に口腔内から鼻腔へ抜ける空気によって香りが知覚される経路である。Rozin は、嗅覚にはオルソネーザル嗅覚とレトロネーザル嗅覚の二重性があることを示した[1]。また、Small らは、同じ香りであっても、オルソネーザル経路とレトロネーザル経路では脳内の処理が異なることを示している[2]。さらに、味嗅覚統合は提示経路だけでなく、味刺激と匂い刺激の時間的関係にも影響される。Kakutani らは、呼吸に同期した味と匂いの提示順序が味嗅覚統合に関係することを示した[3]。Isogai and Wise は、レトロネーザル香気による味強度の変調が、味刺激との時間的近接に依存することを示した[4]。

2.2 レトロネーザルアロマ提示システム

レトロネーザル嗅覚を対象とした提示手法として、口腔内や飲料摂取時に香りを提示する研究がある。Heilmann らは、オルソネーザル嗅覚とレトロネーザル嗅覚を比較するための手法を提案している[5]。また、Narumi らの Meta Cookie+は、視覚情報と嗅覚情報を変化させることで、実際とは異なる風味を知覚させる味覚ディスプレイである[6]。Kaolid は飲料に対してレトロネーザルな香りを提示する蓋型嗅覚インタフェースである[7]。また、Manabe らは、ストローを通して鰹節だしの香りを提示することで、塩味やうま味の知覚を変化させる手法を検討している[8]。これらの研究は、飲料や摂食場面において、レトロネーザル経路に香りを提示する有効性を示している。深池らは、口内に設置した超音波噴霧器によって香り溶液を微細な霧状に噴霧し、レトロネーザルアロマを提示するシステムを試作している[9]。また、Ohno らは、呼吸とタイミングを合わせることで、構造的にはオルソネーザルな吸入デバイスであってもレトロネーザルのような感覚をもたらすデバイスを試作・検証している[10]。これらの研究は、レトロネーザル経路への香り提示を扱う点で本研究と関連する。一方で、既存研究では香気提示源を単一の香料や空間放散方式として扱うものが多く、複数の香気源を独立制御し、吸引直前にエアロゾル状態で混合する方式は十分検討されていない。本研究では、複数 VAPE モジュールによる気体混合方式を導入し、吸引体験における香味設計の可能性を検討する。

2.3 味覚メディアと混合方式

本稿の第二著者らは、食の再構築[11]を目指し味覚メディア[12]を推進してきた。味溶液の添加によって飲食物の味覚印象を変化させる試みを行う TTTV1[13]、TTTV2[14][15][16][17]ではエアブラシなどで噴霧混合方式をとっていた。その後、TTTV3[18]・TTTVin[19]、TTTV4[20][21]ではポンプを用いた滴下混合となった。

一方、粉末混合を行う PTTV[22]、粉末と液体を混合する Virtual Cream Generator[23]や PTTVX[24]ではゾル状の食品を表現できるようになっている。このもとで食感を粉末・液体混合でデザインすることも可能になっている[25]。

^{†1} 明治大学
Meiji University.



図 1 提案システム

これに対し、本研究では、リキッドを液体の段階で混合するのではなく、各リキッドを個別にエアロゾル化し、吸引直前に混合する。そのため、本研究は液体混合による味覚提示とは異なり、吸引と吐き出しを伴うレトロネーザルな香味体験を設計対象とする点に特徴がある。

3. 提案手法

3.1 ハードウェア構造

提案システムの外観を図1に示す。提案システムの Vape モジュールには GeekVape Aegis Legend 2 Mod、アトマイザーに Hellvape Dead Rabbit Solo RTA を使用した。各モジュールは各 RTA の抵抗値によって出力が自動調節される。また、Tower Pro SG90-HV によって加熱ボタンを物理的に押し制御している。

吸い口は混合部の半球状のドームの頂点に設置した。5 台の Vape は円形に並べられているため吸い口までの距離がほぼ等しくなる。

ユーザーは吸い口に口を近づけて吸引し、口腔内で香味を感じながら吐き出す。本システムでは吸引および吐き出しのタイミングはユーザーに委ねるものとした。

3.2 ソフトウェア構造

各 Vape の制御は PC 画面の操作によって行う。操作画面には各リキッドモジュールに対応したスライダを配置し、ユーザーはスライダを操作することで、各モジュールのエアロゾル生成時間を調整できる。

本試作では、スライダの値を各モジュールの加熱ボタン押下時間に変換し Arduino を介してサーボモータを制御する。これにより、ユーザーは PC 画面上で出力時間比を操作し、複数の VAPE モジュールを個別に制御できる。

3.3 リキッドの選定

リキッドにはリキッド工場の DIY VAPE LIQUID を使用した。混合にあたっては互いに相性の良いリキッドを事前に選定した。たとえば、フルーツ系リキッドと紅茶系リキッドを混合すると、ブレンドティーのような香味が得られる。また、酒類を想起させるリキッドに紅茶系リキッドを加えると爽やかさが増し、さらにフルーティーなリキッドを加えることで、フルーツカクテルのような香味に近づく。本研究で使用したリキッドは、VG(植物性グリセリン)、PG(プロピレングリコール)、食品添加物香料を主成分としており、ニコチンおよびタールは含まれていない。

3.4 安全性の確保

本システムのエアロゾル混合部には一酸化炭素センサーを設置しており、装置稼働中の安全性を確認している。

4. 予備評価

4.1 評価手法

提案システムである TTTVape の動作確認と予備評価を行った。評価項目は以下の通りである。

1. 各 Vape モジュールを個別に制御できるか
2. 発生したエアロゾルが混合部へ集まるか
3. 出力時間比によってフレーバーの調節ができるか
4. レトロネーザルとして知覚できるか

本評価では、まず 3 台の VAPE モジュールを用いた混合について確認を行った。フレーバー間の親和性を保つためにリキッドは紅茶、ジャスミンティー、レモンティーを選定した。

4.2 予備評価

(1) 各 Vape モジュールを個別に制御できるか

TTTVape には 5 台の Vape モジュールが搭載されている。PC の操作画面から実行し、各モジュールがスライダー通りに制御できるかを検証した。その結果、各モジュールを個別に動作させることができた。

(2) 発生したエアロゾルが混合部に集まるか

各モジュールから発生したエアロゾルは、システム上部の半球状の混合部へ移動し、吸い口付近に集まる。検証の結果、発生したエアロゾルは吸い口直前で混ざり合うことが確認された。

ただ、エアロゾルが完全に均一に混合されているかを定量的に確認するには至っていない。特に出力が低い場合には、エアロゾルが混合部全体に十分に充満しにくい傾向が見られた。そのため、混合部の形状や吸引流路の改善によって、より均一な混合を実現することが今後の課題である。

(3) 出力時間比によってフレーバーの調節ができるか

紅茶、ジャスミンティー、レモンティーのリキッドを各 VAPE モジュールにセットし、PC 画面上のスライダーを操作することで香味に変化が生じるかを確認した。

検証の結果、出力時間比の違いによって香味の印象が変化することが確認された。紅茶フレーバーの出力が最も高い場合には、茶葉由来の香味が強く感じられ、ジャスミンの爽やかさとレモンの様な甘い香りは補助的に感じられた。ジャスミンティーフレーバーの出力が最も高い場合には、爽やかな香りが際立った。また、レモンティーフレーバーの出力が最も高い場合には、レモンの甘さとフルーツティーのような香味が強く感じられた。

このことから、スライダー操作による出力時間比の変更によって、吸引時の香味印象を調整できる可能性が示された。

(4) レトロネーザルとして知覚できるか

吸い口から吸引したエアロゾルを、吐き出す過程でレトロネーザルな香味として知覚できるかを確認した。吸引後、口腔内で香味を感じながら、鼻と口からゆっくりと吐き出すことで、鼻腔奥へ抜ける香りとして知覚できた。

このことから、TTTVapeによって提示されたエアロゾルは、単に吸気中の香りとしてだけでなく、吐き出し時にレトロネーザル経路を介した香味として体験できる可能性があることが確認された。

5. 制約

本研究で開発した TTTVape はまだ試作段階であり、実用化には多く課題が残されている。

第一に、使用したリキッドが複合的な香味を持つものであったため、個々の香味要素を明確に分離して設計することには限界があった。今後は、より単純な香味特性を持つリキッドを用いることで、出力時間比と知覚される香味の関係を検証する必要がある。

第二に、発生したエアロゾルを完全に均一に混合する制御や、逆に意図的に混合させずに提示する制御は実現できていない。現状では、半球状の混合部にエアロゾルを集めることで自然な混合を試みているが、混合状態を精密に制御するには、流路設計や吸引圧、エアロゾル発生量を考慮した設計が必要である。

第三に、本試作では、スライダーの値が高いほど長時間エアロゾルを発生させる方式を採用した。しかし、すべてのエアロゾルが同時に発生するだけでは、一回の吸引内で明確な時間変化を作ることは難しい。今後は、チャンネルごとに発生タイミングをずらすことで、吸い始めと吸い終わりで異なる香味を感じられるような時間変化型の提示方法を検討する。

6. 議論

性能評価の結果、TTTVape は複数の VAPE モジュールを個別に制御し、発生したエアロゾルを吸引直前に混合することが確認された。また、紅茶、ジャスミンティー、レ

モンティーの混合では、出力時間比を変えることで香味印象に変化が生じることが確認された。このことから、TTTVape は、既存の単一リキッドを選択するだけの電子シーシャ体験とは異なり、複数リキッドの出力時間比を操作することで、ユーザーが香味を調整するための基盤となる可能性がある。

また、吸引後にゆっくりと吐き出すことで、鼻腔奥へ抜ける香りとして知覚できたことから、本システムはレトロネーザルな香味体験を扱う嗅覚メディアとして位置づけられる。従来の嗅覚提示システムの多くは、香りを空間中に放出し、ユーザーが鼻から嗅ぐ体験を主な対象としてきた。これに対し、TTTVape は、吸引と吐き出しを伴う身体的な本研究では、複数のリキッドを個別に加熱・制御し、生成したエアロゾルを混合し、吸引するシーシャ型嗅覚メディア TTTVape を提案する。円形に配置したリキッドモジュールの出力を独立に操作することで、各香気の出力時間比を調整し、個人の好みに応じた香味を設計できる。また、吸引および呼気に伴う香味知覚に着目し、複数リキッドの制御による新たな香味提示方式の可能性を検討する。行為を含む点で異なる。

一方で、本評価は予備的な確認に留まっており、香味変化の知覚強度や出力時間比と知覚の対応関係を定量的に示すには至っていない。今後は、複数の参加者を対象とした官能評価を実施し、出力時間比の変化が香味の知覚にどのような影響を与えるかを検証する必要がある。また、エアロゾルの混合状態についても、エアロゾルや流体解析を用いて、より詳細に評価する必要がある。

7. おわりに

本稿では、複数 VAPE モジュールを個別制御し、エアロゾルを吸引直前に混合するシーシャ型香味提示システム TTTVape を試作した。予備的な動作確認により、出力時間比の変更による香味印象の変化が確認され、吸引・呼気を伴う香味提示方式としての可能性を示した。現段階ではまだ試作であるため課題や可能性を踏まえ、さらなる改良と応用に取り組む。

参考文献

- [1] P. Rozin: "Taste-smell confusions" and the duality of the olfactory sense; *Perception & psychophysics*, Vol.31, No.4, pp.397-401, 1982.
- [2] D. M. Small, J. C. Gerber, Y. E. Mak, and T. Hummel: Differential neural responses evoked by orthonasal versus retronasal odorant perception in humans; *Neuron*, Vol.47, No.4, pp.593-605, 2005.
- [3] Y. Kakutani, T. Narumi, T. Kobayakawa, et al.: Taste of breath: the temporal order of taste and smell synchronized with breathing as a determinant for taste and olfactory integration; *Scientific reports*, Vol.7,1, 8922, pp.1-10, 2017.

- [4] T. Isogai, and P. M. Wise: The Effects of Odor Quality and Temporal Asynchrony on Modulation of Taste Intensity by Retronasal Odor; *Chemical senses*, Vol. 41,7, pp.557-566 ,2016.
- [5] S. Heilmann, and T. Hummel: A new method for comparing orthonasal and retronasal olfaction; *Behavioral neuroscience*, Vol. 118, No. 2, pp. 412-419 ,2004.
- [6] T. Narumi, S. Nishizaka, T. Kajinami, T. Tanikawa, and M. Hirose, : Meta Cookie+ An Illusion-Based Gustatory Display, Virtual and Mixed Reality- New Trends- International Conference, Virtual and Mixed Reality 2011, Vol. 6773, pp.260–269,2011.
- [7] D. Mayumi, Y. Nakamura, Y. Matsuda, S. Misaki, and K. Yasumoto, : Kaolid: a Lid-type Olfactory Interface to Present Retronasal Smell towards Beverage Flavor Augmentation, Proceedings of the 13th International Conference on the Internet of Things, pp.1–8 ,2024.
- [8] M. Manabe, S. Ishizaki, U. Yamagishi, T. Yoshioka, and N. Oginome, : Retronasal odor of dried bonito stock induces umami taste and improves the palatability of saltiness, *Journal of Food Science*, Vol,79, No. 9 ,2014.
- [9] 深池美玖, 宮下芳明. レトロネーザルアロマ提示システムの試作. VR 学研報 日本バーチャルリアリティ学会研究報告 香り・味と生体情報研究会, Vol. 29, No. CS-2, pp. 7-12, 2024.
- [10] Masaki Ohno, Miho Kawamura, Yuki Nishida, Miku Fukaike, Homei Miyashita, Takuji Narumi, Tatsu Kobayakawa, and Yuji Wada. Breathing-Synchronized Olfactory Display for Modulating Flavor Perception. In Proceedings of the Augmented Humans International Conference 2026 (AHs '26). Association for Computing Machinery, pp.990–992, 2026.
<https://doi.org/10.1145/3795011.3797381>
- [11] 宮下芳明. 味覚・嗅覚・栄養のメディア化による食の再構築. エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2025 論文集, Vol.2025, pp.143-148, 2025.
- [12] Homei Miyashita. Taste Media: Innovative Technology Transforms the Eating Experience. Modeling Decisions for Artificial Intelligence. MDAI 2024. Lecture Notes in Computer Science, Vol 14986, pp.8-16,2024.
https://doi.org/10.1007/978-3-031-68208-7_2
- [13] 宮下芳明. 液体噴霧混合式の味ディスプレイの試作.第 29 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS2021) 論文集, pp.121-127, 2021.
- [14] 宮下芳明. TTTV2 (Transform The Taste and Visual appearance) : 飲食物の味と見た目を変える調味家電によるテレイト. エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2022 論文集, Vol.2022, pp.143 - 150, 2022.
- [15] Homei Miyashita. TTTV2 (Transform the Taste and Visual Appearance):Tele-eat virtually with a seasoning home appliance that changes the taste and appearance of food or beverages. In Proceedings of the 28th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (VRST '22). Association for Computing Machinery,pp.1–2, 2022.
<https://doi.org/10.1145/3562939.3565663>
- [16] Homei Miyashita. TTTV2 makes it possible for people with shellfish allergies to still enjoy the taste of crab virtually. In Proceedings of the 28th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (VRST '22). Association for Computing Machinery, Article 79, pp.1–2, 2022.
<https://doi.org/10.1145/3562939.3565669>
- [17] Homei Miyashita. Virtual eating experience of poisonous mushrooms using TTTV2. In Proceedings of the 28th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (VRST '22). Association for Computing Machinery, Article 81, pp.1–2. 2022.
<https://doi.org/10.1145/3562939.3565668>
- [18] 宮下芳明, 村上崇斗, 大友千宙, 深池美玖. TTTV3 (Transform The Taste and reproduce Varieties): 産地や品種の違いも再現する調味機構と LLM による味覚表現. エンタテインメントコンピューティングシンポジウム論文集, Vol.2023, pp.236-243, 2023.
- [19] 金珉志, 村上崇斗, 宮下芳明. ボトル装着型調味家電 TTTVin を用いたワインの味再現. 第 31 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS2023)予稿集, pp.1-3, 2023.
- [20] 笠原暢仁, 深池美玖, 宮下芳明. TTTV4 : 一口ごとに味を提示する味覚のパーソナルメディア . 第 32 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS2024)予稿集 , pp.1-6, 2024.
- [21] Nobuhito Kasahara, Miku Fukaike, and Homei Miyashita. TTTV4: Cutlery-Type Taste Display Toward Personal Taste Media. In Adjunct Proceedings of the 38th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST Adjunct '25). Association for Computing Machinery,pp.1–3, 2025.
<https://doi.org/10.1145/3746058.3758452>
- [22] 千田知佳, 宮下芳明. PTTV : 粉末混合式の味ディスプレイ. 第 32 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ(WISS2024)予稿集, pp.1-3, 2024.
- [23] 宮下芳明, 千田知佳, 奥野達也. Virtual Cream Generator :多様なクリームを脂質・糖類ゼロで生成する装置に向けて. エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2024 論文集, Vol.2024, pp.229-232, 2024.
- [24] 千田知佳, 小平乙寧, 長谷川紗智, 飯塚奈夏, 齋藤詞音, 遠藤雅大, 堤賢太, 田崎秀征, 宮本靖久, 細田奈央子, 宮下芳明. PTTVX : 風味と食感制御を可能にするゾルフードプリンタ. エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2025 論文集, Vol.2025, pp.458-463, 2025.
- [25] 小平乙寧, 千田知佳, 宮下芳明. 食感デザインのための物性・感性を目的とした物質配合の設計支援. 第 33 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ(WISS2025)予稿集, pp.1-3, 2025.