



# 超音波走査による匂いディスプレイ

中島允<sup>1)</sup>, 長谷川圭介<sup>2)</sup>, 牧野泰才<sup>1)</sup>, 篠田裕之<sup>1)</sup>

1) 東京大学 新領域創成科学研究科 (〒277-8561 千葉県柏市柏の葉 5-1-5, nakajima@hapis.k.u-tokyo.ac.jp,

Yasutoshi\_Makino@k.u-tokyo.ac.jp, Hiroyuki\_Shinoda@k.u-tokyo.ac.jp)

2) 東京大学 情報理工学系研究科 (〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1, Keisuke\_Hasegawa@k.u-tokyo.ac.jp)

**概要:** これまでに超音波ビームを用いて匂い物質を空中輸送することで, ユーザーに遠隔的に匂いを提示可能であることが示されている. 本研究では, その技術を用いて, 超音波ビームをアロマオイルのような匂い源に照射することで匂い物質を霧化させ, 霧化した匂い物質を別の超音波ビームで遠隔のユーザーに空中輸送する手法を提案する. すなわち, 匂いの生成と輸送とをともに超音波により実現する.

**キーワード:** 匂いディスプレイ, 音響流バesselビーム, 匂いセンサ

## 1. はじめに

VR 技術の発展に伴い, 視聴覚刺激に加えて触覚刺激を対象とした情報提示技術は近年では活発に研究されており, 質の高い情報環境を構築されるようになってきている. しかしながら, 嗅覚および味覚を対象とする研究も, 視聴覚や触覚と比較すると数少ないながら進められている [1][2]. また, 現実空間と VR 空間の間にはシームレスが存在しており, 視聴覚や触覚だけでなく, 味覚や嗅覚といった感覚の理解も重要である.

味覚と嗅覚を比較したとき, 味覚については, 基本的に口腔内の物体や体内の状況に関する情報を伝達するのに対して, 嗅覚は視聴覚や触覚と同様に環境の情報を伝達する. 例えば, 物体に触れること以外にも, 対象の物体特有の匂いを嗅ぐことで触れることなく, ある程度離れた位置から識別できる. 火災現場では, 目や耳が不自由な場合において, 火災の発生を匂いで知ることができる.

嗅覚の提示については, 匂い物質をユーザーの鼻腔付近に運搬するデバイスを用いた手法が多く提案されている. 遠隔で匂いを提示する場合に関しては, 空気砲を用いた手法がある [3]. さらに, 超音波フェーズドアレイを用いて発生させた音響流を用いて匂い物質をユーザーの鼻腔付近に誘導する手法が提案された [4]. 超音波ビームは波長程度まで絞ることができる利点があり, 局在化した匂い物質の空中輸送が可能であることが示された [5]. また, 匂い物質の代わりに冷気を用い, それを超音波で輸送することで, 遠隔的に冷感を提示可能であることも示されている [6].

現在まで提案されている匂い提示システムはほとんどが予め用意された匂い源を直接ユーザーに提示するこ

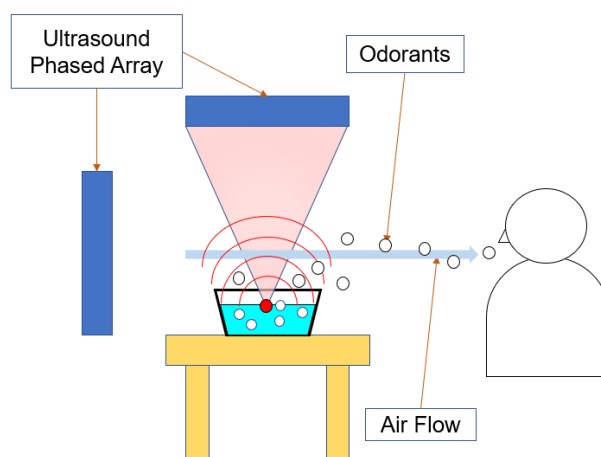


図 1: 提案手法の概略図

とのみにとどまっており, 動的に匂いを生成する機能が備わっていない. 本研究では, その技術を用いて, 超音波ビームをアロマオイルのような匂い源に照射することで匂い物質を霧化させ, 霧化した匂い物質を別の超音波ビームで遠隔のユーザーに空中輸送する手法を提案する. すなわち, 匂いの生成と輸送とをともに超音波により実現する.

本稿では, まず, 超音波フェーズドアレイから生成される超音波ビームを, 匂い源として用いるアロマオイルを含んだ水溶液に照射することで匂い物質を拡散させ, 発生した匂い物質を別の超音波ビームで遠隔のユーザーに空中輸送するという方略について述べ, さらに, その方略の下に空中輸送された匂い物質の濃度を測定した結果について基礎的な実験を行った結果について述べる.

Mitsuru NAKAJIMA, Keisuke HASEGAWA, Yasutoshi MAKINO and Hiroyuki SHINODA

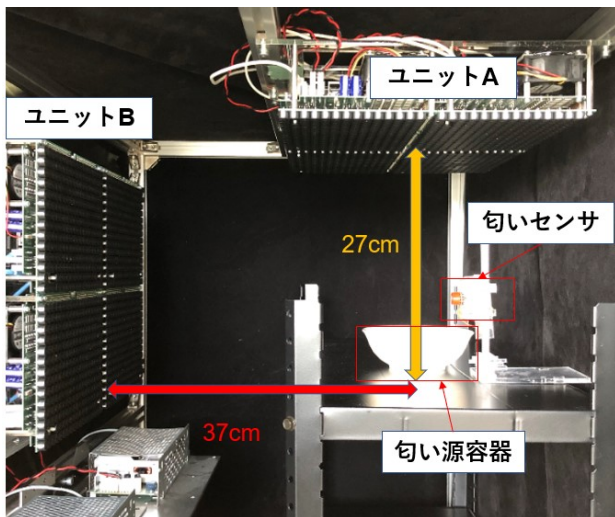


図 2: 提案手法の実物および計測器具

## 2. 提案手法

### 2.1 超音波ビームによる気流の発生

多数の超音波振動子を格子状に配置した超音波フェーズドアレイにより音響ベッセルビームを発生させることで、それに従って位置と伝播方向を制御可能な音響流と呼ばれる直進の流れができることが知られている[7]。これを用いて、環境中の匂い物質の流れを制御する試みがなされており[4][5]、ある程度の距離であれば特定のユーザーの鼻腔まで匂い物質を運ぶことができている。

超音波フェーズドアレイの超音波振動子の出力位相を適切に制御し、ビームの伝播方向と位置を電子的に制御できる。具体的な制御則は[7]に詳述されている。

### 2.2 超音波ビームの照射による匂い物質の発生

液体または溶液に超音波を照射すると、キャビテーション気泡と呼ばれる微小気泡が生成される[8]。また、キャビテーション気泡について、液表面から空中に出た気泡の一部はミストになることがわかっている[9]。

本研究では、その原理を用い、アロマオイルを含んだ水溶液に超音波フェーズドアレイから生成した超音波ビームを照射することで霧状化した匂い物質を生成し空中に拡散させる。

### 2.3 匂いディスプレイ

提案手法を図 1 に、実際の装置を図 2 に示す。装置の上部および左側には超音波フェーズドアレイが搭載されており、真下に照射する方向(ユニット A)と水平方向に照射する方向(ユニット B)になるように設置されている。

ユニット A の真下には匂い源を入れる容器があり、匂い源に超音波ビームを照射し、匂い物質を霧化させる。ここで、霧化した匂い物質をユニット B から生成した超音波ビームで照射する。よって、音響流により匂い物質を遠隔のユーザーの鼻腔付近まで空中輸送する。

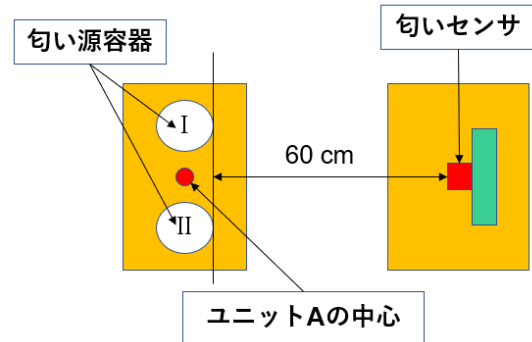


図 3: 匂い源の容器と匂いセンサの位置関係の概要図

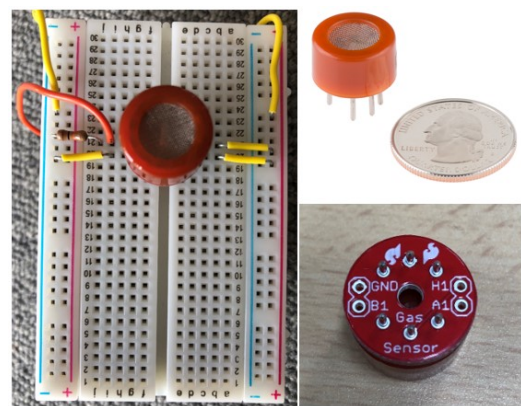


図 4: 匂いセンサのプロトタイプ

## 3. 実験

### 3.1 実験概要

前章の手法から、2種類の匂い源を用い、ユニット A からの超音波ビームの照射方向の切り替えにより、別々の匂い物質を生成し、ユニット B からの超音波ビームで匂い物質を空中輸送する。そこで、空中輸送された匂い物質の濃度を匂いセンサで測定を行い、照射時間に対する匂い濃度の変化を測定する。

### 3.2 測定方法

図 3 のように、匂い源と匂いセンサの位置関係の下に実験のセットアップを行う。ユニット A の中心と匂い源の中心間距離はそれぞれ 10cm である。また、匂い源を区別するため、匂い源 I、II とする。

匂い源は、アロマオイル 15 ml (主成分: 水, エタノール, 界面活性剤, 香料, メチルパラベン) と 水 150 ml の水溶液を用いた。匂い源 I、II は香料が異なり、匂いの区別ができるものである。

匂いセンサは、匂い源がエタノールを含むため、測定に最適なものとして、アルコールセンサ (MQ-3 Spark Fun) を用いた (図 4)。また、アルコールセンサは回路全体に

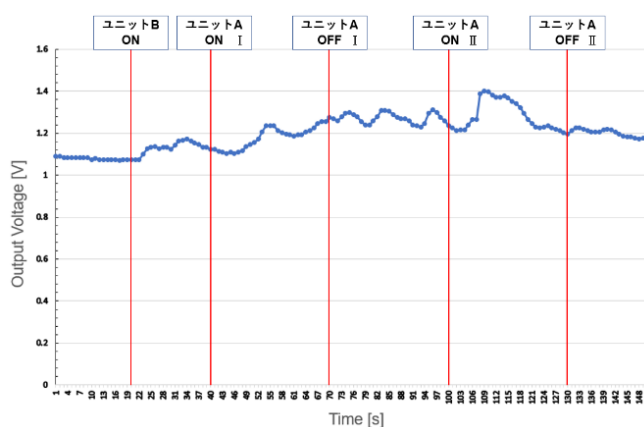


図 5: 匂い源 I, II の切り替えに対するアルコールセンサの出力電圧の時間変化

供給される電圧が 5V であり、マイコンボード Arduino Uno に接続されている。これにより、匂い物質をアルコールセンサに近づけたとき、アナログ入力端子から数値を読み取ることができ、出力電圧が導出される。このとき、匂い濃度が高いほど、出力電圧の数値が上昇する仕組みになっている。

測定手順について、まず、測定開始から 20 秒後にユニット B から超音波ビームを照射する。さらに、20 秒後にユニット A から匂い源 I に 30 秒間照射し、照射を休止する。次に、休止から 30 秒後に匂い源 II に 30 秒間照射する。その後、照射を休止し、20 秒後に測定を終了する。

### 3.3 測定結果

前節の測定方法を行った結果を図 5 に示す。匂い源 I, II に照射したときに、いずれも十数秒後にそれぞれ 0.18V, 0.20V の上昇が見られ、超音波ビームの照射の切り替えによる時間応答が確認された。

一方で、照射の休止による時間応答が見られなかった。考えられる要因として、匂い源周囲に漂っている匂い物質が残留している可能性があるとして唆される。

匂い濃度の測定の評価について、一般に、アルコールセンサは出力電圧からアルコールセンサの内部の抵抗値が導出され、アルコール濃度の特性が示されているが、今回はアルコール濃度が高いと出力電圧が高くなることのみで評価を行った。

## 4. おわりに

本研究では、超音波ビームを匂い源に照射することで匂い物質を霧化させ、霧化した匂い物質を別の超音波ビームで遠隔のユーザーに空中輸送する手法を提案した。本稿では、その提案システムを実装し、2 種類の匂い源を用い、超音波ビームの照射方向の切り替えにより、別々の匂い物質を生成し、別の超音波ビームでそれぞれの匂い物質を空

中輸送した。そこで、空中輸送された匂い物質の濃度を匂いセンサで測定を行い、照射時間と切り替えに対する匂い濃度の変化について測定を行った。結果的に、照射の切り替えによる時間応答が確認されたが、照射の休止による時間応答が見られなかった。

今後は、照射の切り替えと休止による匂い濃度の時間応答変化の改良に向けたシステムの構築が主な課題である。

謝辞 本研究は科研費若手研究 (A) (課題番号 15H05316) の助成を受けたものである。

### 参考文献

- [1] T. Narumi, M. Miyaura, T. Tanikawa and M. Hirose: "Simplification of Olfactory Stimuli in Pseudo-gustatory Displays," IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 20(4), pp.504-512, 2014.
- [2] H. Matsukura, T. Yoneda, and H. Ishida, "Smelling screen: Development and evaluation of an olfactory display system for presenting a virtual odor source," IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 19(4), pp.606-615, 2013.
- [3] K. Murai, T. Serizawa, and Y. Yanagida: "Localized Scent Presentation to a Walking Person by Using Scent Projectors," Proc. the IEEE International Symposium on Virtual Reality Innovation, pp. 67-70, 2011.
- [4] 長谷川, 牧野, 篠田: 音響ベッセルビームによる匂いの空間分布制御の基礎的検討, 日本バーチャルリアリティ学会第 20 回大会論文集, pp. 62- 63, 2015.
- [5] Keisuke Hasegawa, Liwei Qiu, Hiroyuki Shinoda, "Midair Ultrasound Fragrance Rendering," IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, vol.24, no.4, pp.14771485, April 2018.
- [6] Mitsuru Nakajima, Keisuke Hasegawa, Yasutoshi Makino, and Hiroyuki Shinoda: Remotely Displaying Cooling Sensation via Ultrasound-Driven Air Flow, IEEE Haptics Symposium 2018, pp.340-343, Oral Session 7B (Technical Papers), 25-28 March, San Francisco, California, USA, 2018.
- [7] Keisuke Hasegawa, Liwei Qiu, Akihito Noda, Seki Inoue, Hiroyuki Shinoda, "Electronically Steerable Ultrasound-Driven Narrow and Long Air Stream", Applied Physics Letters, 111, 064104 (2017).
- [8] "超音波ハンドブック 改訂版 聞こえない音の世界," 本多電子株式会社 (電子書籍), pp.186.
- [9] 土屋活美, 林秀哉, 藤原和久, 松浦一雄, "超音波霧化現象の可視化解析" Earozoru Kenkyu, 26 (1), 11-17 (2011).