



THE VIRTUAL REALITY SOCIETY OF JAPAN

ウェアラブル嗅覚ディスプレイを用いた災害シミュレータの実演

Demo of Disaster Simulation using Wearable Olfactory Display

平澤達也¹⁾, 羽生雪子¹⁾, 赤羽克仁¹⁾, 中本高道¹⁾

Tatsuya HIRASAWA, Yukiko HANYU, Katsuhito AKAHANE, and Takamichi NAKAMOTO

1) 東京工業大学 (〒 226-8503 神奈川県横浜市緑区長津田町 4259, hirasawa.t.ae@m.titech.ac.jp)

概要: 匂いの種類・濃度を指定可能で、残臭低減を実現したウェアラブル型の嗅覚ディスプレイを用いて、仮想空間に広がる煙の匂いを考慮した火災シミュレーションシステムの実演を行う。本システムでは、HMD・コントローラを通して仮想空間内を移動してもらい、ユーザ位置に対応した濃度の匂い提示を行い、これらの情報を元に煙の匂い源を探知してもらう。なお、煙の匂い濃度分布は数値流体シミュレーション (CFD) を用いてあらかじめ計算している。

キーワード: 嗅覚 VR, 災害シミュレーション, ウェアラブル嗅覚ディスプレイ

1. はじめに

近年では、バーチャルリアリティ (VR) 体験において、没入感などの面から影響力が大きいとされる視覚・聴覚などの五感提示の他に、嗅覚提示にも焦点が当てられてきている。この嗅覚提示を実現するインターフェースとして、嗅覚ディスプレイと呼ばれるものが数多く研究・開発されており、匂いの強度制御や切替の早さなどの向上を図る種々の検討が行われてきた [1],[2]。こういった検討の一つとして、本研究室では意図した瞬間・場所のみ匂いを提示するための時間的・空間的制御性の向上に焦点を当て、ユーザの周辺空間における匂い残りの低減を実現した嗅覚ディスプレイの開発を行った [3]。この嗅覚ディスプレイは匂いを自ら回収する機構を備えており、これにより周辺への匂い拡散を防止し、空間中の残臭を低減することを実現している。また、ユーザに直接装着するウェアラブル型の嗅覚ディスプレイであるため、VR コンテンツへの親和性も高いといえる。

VR における嗅覚提示では、提示用インターフェースの開発の他、どの匂いをどれほどの強度で提示するかという匂いの制御も必要となる。その一例として、現実の環境を想定した匂い濃度分布を計算し、匂いの種類や強度の制御に用いる手法がある [4]。本研究室で提案した嗅覚提示手法では、匂い濃度分布を計算する手法として、複雑なオブジェクトが置かれた VR 空間においてもシミュレーションが可能な数値流体シミュレーション (CFD) を用いている [5]。CFD は計算に多大な時間を要するが、空間の形状や温度、風などを考慮した複雑な条件下で計算可能であり、濃度の時間的な変化の様子も得ることができる。

本展示では、CFD によって計算した煙の匂い濃度分布を元に、火災現場を想定した仮想空間に広がる煙の臭いを考慮した災害シミュレータの実演を行う。本システムでは、提示された匂いを元に仮想空間内の匂い源を探査することがユー

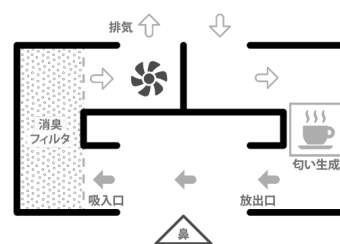


図 1: 嗅覚ディスプレイの概略図 [3]

ザの目的として設定されている。使用する嗅覚ディスプレイは、本研究室で開発した、残臭低減を実現したウェアラブル型嗅覚ディスプレイである。時間的・空間的制御性に優れるため、ある瞬間・場所の匂い濃度を正確に提示することが可能である。

2. 使用する嗅覚ディスプレイ

本展示で使用する嗅覚ディスプレイの概要を示す。概略図を図 1 に示す。

2.1 匂い生成

香料カートリッジから液体を放出する電磁弁、およびその液滴を瞬時に霧化する弾性表面波デバイスによって匂いを生成する。電磁弁は微小液滴を一滴ずつ射出制御する方式を採用し、その回数によって香料の供給量を制御する。匂いの調合は複数香料の同時供給によって実現する。

2.2 匂い回収機構

匂いの放出口と消臭フィルタの吸入口を向かい合わせに配置し、ファンによって鼻腔前を横切るような気流を発生させることで実現する。消臭フィルタに吸入された匂いは内部の活性炭フィルタによって消臭され、外部に放出される。

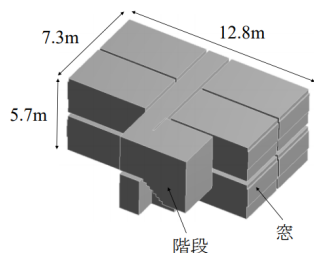


図 2: 部屋のモデルデータ [5]

表 1: シミュレーション条件

匂い源	エタノール蒸気
流量	8.325×10^{-7}
乱流モデル	$k-\epsilon$ モデル
温度	窓 5℃, その他 15℃
時間	匂い放出なし (600s) → あり (600s)

2.3 制御システム

PC 上で動作するアプリケーションとの連携を行うため、制御基板には FPGA を利用して USB-シリアル通信を行う機能を実装している。これにより、PC から送られたコマンドに応じた信号を生成することで、弾性表面波デバイスや電磁弁、ファン等を駆動する。

3. 匂い濃度分布の計算

火災現場を想定した仮想空間における匂い濃度分布を、CFD を用いて計算した。仮想空間は 8 部屋から構成される 2 階建ての建物を想定し、2 階のある 1 部屋だけに匂い源が存在するよう設定した。使用した部屋のモデルデータを図 2 に示す。

3.1 シミュレーション

表 1 に示した条件下で、CFD ソフトウェア ANSYS18.1 を用いてシミュレーションを行った。計算にはスーパーコンピュータ TSUBAME3.0 を用い、時間は 7 時間 35 分を要した。図 3 に 2 階と階段部分のシミュレーション結果を示す。なお、1 階の濃度分布はほぼ一定であったため、ここでは 1 階部分の結果は省略する。

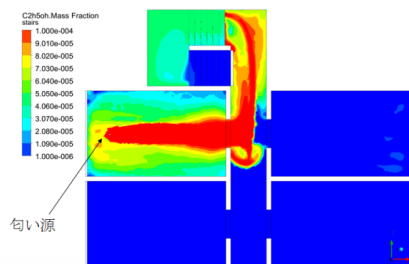


図 3: 2 階・階段部分のシミュレーション結果 [5]

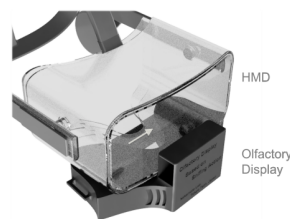


図 4: HMD に取り付けられた嗅覚ディスプレイ [3]

4. 匂い濃度分布を用いた火災シミュレータ

3 節のシミュレーションにより求めた匂い濃度分布を用いて、仮想空間に広がる煙の臭いを考慮した火災シミュレータを作成した。

4.1 感覚提示用ディスプレイ

ユーザは図 4 に示すようなヘッドマウントディスプレイ (HMD) と 2 節で述べたウェアラブル嗅覚ディスプレイを装着する。

4.2 デモ内容

仮想空間の 2 階の各部屋には箱が 1 つずつ設置してあり、このうちのいずれかが匂い源である。ユーザにはあらかじめ 2 階に配置された箱のいずれかが匂い源であることを伝えておき、仮想空間を動き回ることにより、このうちの 1 つを推測匂い源として選択してもらう。ここで、あらかじめ 4 つの部屋それぞれに匂い源がある場合のシミュレーションを行っておき、どの部屋の箱が匂い源であるかはランダムに設定する。

5. まとめ

本展示では、残臭低減を実現したウェアラブル嗅覚ディスプレイと、CFD で得られた匂い濃度分布を用いて災害シミュレータの実演を行う。仮想空間は火災現場を想定したもので、ユーザには煙がどの位置から発生しているかを匂いによって探索してもらう。

謝辞 本研究の一部は日本学術振興会科学研究員 (JP18H03773) の支援を受けた。

参考文献

- [1] T.Nakamoto: Essentials of Machine Olfaction and Taste, WILEY, 2016.
- [2] Matsukura, H., Yoneda, T., Ishida, H.: Smelling screen: Technique to present a virtual odor source at an arbitrary position on a screen, Proceedings - IEEE Virtual Reality 2012, pp. 127-128, 2012.
- [3] 加藤真悟, 中本高道: 嗅覚ディスプレイにおける残臭低減手法, 第 23 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, 34B-5, 2018.
- [4] 長坂 亮, 中本 高道: 弾性表面波霧化器を用いた嗅覚ディスプレイによる仮想匂い源の探知, 電気学会全国大会, No.3-187, 2018.
- [5] 橋本佳樹, 中本高道: 数値流体シミュレーションを用いた嗅覚人工現実感, 第 23 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, 34B-1, 2018.