

高臨場感嗅覚ディスプレイの研究 (061303005)

High Presence Olfactory Display

研究代表者

中本 高道 東京工業大学

Takamichi NAKAMOTO Tokyo Institute of Technology

研究分担者

石田 寛[†] 齋藤 敦史^{††}

Hiroshi ISHIDA[†] Atsushi SAITO^{††}

[†]東京農工大学 ^{††}芝浦工業大学

[†]Tokyo University of Agriculture and Technology ^{††}Shibaura Institute of Technology

研究期間 平成 18 年度～平成 20 年度

概要

本研究では、高臨場感を有する嗅覚ディスプレイの研究を行った。電磁弁制御により多成分の香りを瞬時に任意の比率で発生させる装置を実現し、SAW 素子を利用した微小液滴吐出デバイスにより低揮発性の香りを素早く発生させる手法の検討を行った。さらに広範囲の匂いを少ない要素臭を調合して発生させるために、要素臭の探索を質量分析器により行った。シミュレーションでは 32-50 程度の要素臭を、実験では 80 種類の精油から 12 種類の要素臭の抽出を行い良好な結果を得た。また、流体シミュレータにより仮想空間上の点の匂い濃度推定を行い、その濃度の匂いを発生させた。そして、動画と組み合わせたコンテンツを制作し国際会議でデモを行い、体験者の良好な反応を得た。

Abstract

An olfactory display with much reality was studied. The system for blending multiple odor components at any ratio using solenoid valves was realized. In addition, a liquid ejector using a SAW device was investigated to generate a scent with low volatility. Then, odor components to cover the wide range of odor were explored using mass spectrometry. The good approximation result was obtained using 12 odor components extracted from 80 essential oils in the experiment, whereas 32-50 odor components were extracted in the simulation. Moreover, the odor concentration in the virtual space was estimated using CFD (Computational Fluid Dynamics) simulator. Then, the contents, where scents with their dynamical changes of concentrations estimated by CFD simulation were generated together with a movie, were demonstrated at the international conference.

1. まえがき

本研究は、嗅覚情報を五感コンテンツに取り込む際に重要なデバイスとなる嗅覚ディスプレイに関して研究を行う。多成分の香りを発生させる小型システムを実現し低揮発性香気成分を簡単に用いることができるようにして、嗅覚ディスプレイの基盤技術を確立する。さらに、質量分析器のデータを用いて調合のもととなる要素臭を選定し匂いレシピデータベースを作成して、映画やアニメーション等のコンテンツにあった香りを即座に調合して提供するツールを確立する。香りの質だけでなく、流体シミュレータを利用して匂いが流れる様子や匂い源の遠近感に関する臨場感を出すことができる嗅覚ディスプレイを実現することを旨とする。このような装置は従来には存在せず、嗅覚情報の伝送に関しても大きな貢献をするものである。

2. 研究内容及び成果

2.1 匂い調合装置にもとづく嗅覚ディスプレイの開発

まず、小型電磁弁を用いた多成分匂い調合装置を開発する。要素臭の数を増やすと複雑な流体回路が必要になり、実現するのが困難になる。ここでは、流体回路を単純化するために同時に提示する匂いを 1 種類にして高速に時分割で要素臭を提示する手法を用いた。この時分割香り提示法により流体回路の単純化ができるために小型化も達成

できる。提案手法に基づきメーカーに試作してもらった匂い調合装置を図 1 に示す。小型で使いやすいものになっており、東工大、東京農工大の実験及び実演に使用した。



図 1. 電磁弁高速開閉方式による最新版匂い調合装置

2.2 SAW 素子を用いた香り発生デバイス

SAW (Surface Acoustic Wave) デバイスを用いた SAW ポンプを用いた香り発生デバイスを開発した。SAW は acoustic streaming という非線形現象を利用することにより液滴を駆動することができる。その駆動力は強く微小な液滴を容易に飛ばすことができるので、プライミングの問題を解決できる。その液滴を別の SAW 素子に向かって押し出し、要素臭の液体試料を混合した後、別の SAW 素子で気化させる。ヒータを使用するよりも効率よく低揮発

性香気成分を気化することが可能である。図2に液体気化デバイスの電極構造を示す。さらに液体駆動用 SAW ポンプを4チャンネル集積化したデバイスを作製し、エタノールに関して実験を行い、流動及び霧化を確認した。

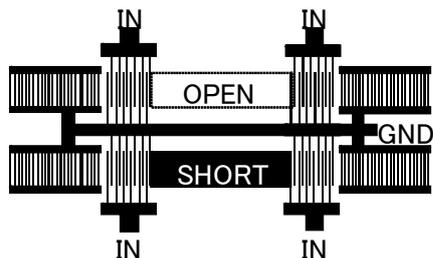


図2. 液体気化デバイスの電極構造

2.3 質量分析器データの解析による汎用的な要素臭の検討

上述の匂い調合装置に対してどのような要素臭を準備するかが重要な問題である。ここでは、質量分析器のマスペクトラムに注目し、そのデータベースより要素臭の抽出を行った。マスペクトラム及び匂い構成比は非負であるという制約があるので、NMF (Nonnegative Matrix Factorization)法を用い、1万の単一成分のデータに適用し、基底ベクトル数と残差の関係を調べた。さらに、104個のレシピが既知の香りのマスペクトルに対してNMF法を適用し、32-50程度の要素臭を用いると十分小さな残差となることがわかった。

次に精油をベースにして要素臭を構成した。そこで80種類の精油を集めてそれらのマスペクトルを質量分析器により実際に測定した。そして、基底ベクトル数とNMF法による残差の関係を調べたところ、基底ベクトル数を12程度で十分に残差が小さくなっているために、これらの基底ベクトルに相当する要素臭を用いて対象臭の近似を行った。対象臭をブレンド精油 (Romance) として、測定したマスペクトルと要素臭を調合して作成したマスペクトルを図3に示す。両者は大変よく一致しており作成した要素臭をもとにブレンド精油の香りを作ることがわかった。ブレンド精油とその近似臭を国際会議で多くの人に嗅いでもらい、類似しているという評価を多く得た。

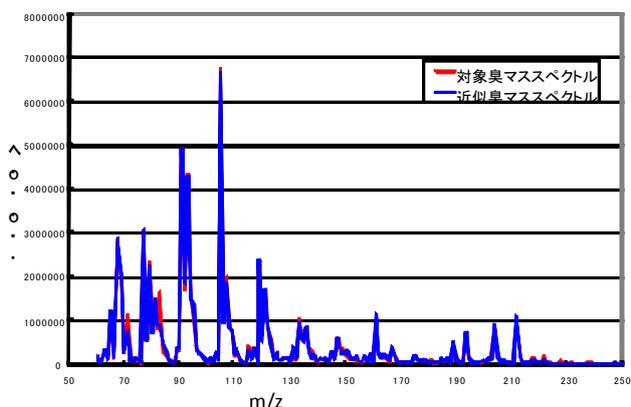


図3. Romanceの場合の対象臭と近似臭

2.4 流体シミュレータを用いた匂い濃度変化の再現

匂いは発生源から等方拡散的に広がると誤解されることが多いが、実際の環境では匂い分子は気流によって運ばれる。そこで、数値流体解析ソフトウェア(CFD2000、Adaptive Research)を用いたシミュレーションを行い、仮

想空間で匂いが広がる様子を再現することを試みた。与えられた空間の中の気流場を計算し、匂い濃度の分布を求める。ユーザの視点に応じて、発生する匂いの濃度を調節すれば、匂いの空間分布を嗅覚ディスプレイで再現できる。

結果の一例を図4に示す。部屋の中に匂い源と衝立が置かれており、自然対流に運ばれて広がる匂いの分布を表している。図中のAからDまでの経路に沿って移動する動画を見せながら、場所による匂い濃度の変化を被験者に提示したところ、仮想空間における匂い濃度分布を被験者に知覚させることに成功した。他にも数種類のコンテンツを作製し、国際会議でデモを行い、好評を得た。

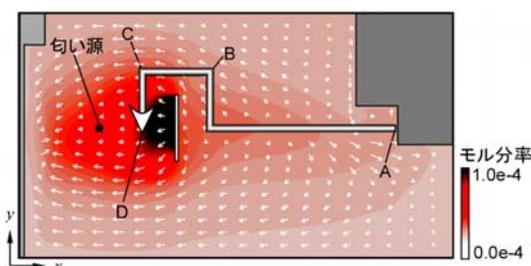


図4. 数値流体解析により得られた水平断面における匂い濃度の分布。図中の細線の矢印は風速ベクトル (0-3 cm/s) を表す。

3. むすび

嗅覚ディスプレイの研究を行い、国際会議(ICAT、IEEE VR)等で実演した。統合型嗅覚ディスプレイまでには至らなかったが実際に使えるような形の嗅覚ディスプレイを試作したこと及び要素臭選択方法、流体シミュレータでは成果が得られたものと考えている。世の中にもある程度知られるようになり芸術家がメディアアートの手法として使ったり、香料会社で調香支援ツールとして使われ始めている。香りのラインアップを揃えれば、さらに普及していくと考えられる。

【誌上発表リスト】

- [1] T.Nakamoto, Pham Hai Dinh Minh, "Improvement of olfactory display using solenoid valves", IEEE Virtual Reality 2007, pp.179-186 (2007年3月23日発表)
- [2] 石田寛、吉田仁、中本高道、"数値流体シミュレーションを導入した嗅覚ディスプレイ"、電気学会論文誌 E, Vol. 128, No. 12, pp. 472-477 (2008年12月1日発行)
- [3] 中本高道編著、嗅覚ディスプレイ、フレグランスジャーナル社 (2008年10月8日発行)

【申請特許リスト】

- [1] PCT/JP2007/54293、中本、ファン、匂い調合装置、匂い記録装置、匂い再生装置及び匂い記録再生システム、日本・米国、2007.3.6.
- [2] 特願 2008-153458、中本、村上、嗅覚ディスプレイ用要素臭の決定方法及び要素臭決定装置、日本、2008.6.11.

【本研究開発課題を掲載したホームページ】

- http://www.ceatec.com/2006/ja/visitor/ex_detail.html?id=6533
http://www.titech.ac.jp/tokyo-tech-in-the-news/j/archive_s/2006/11/1163376000.html
<http://robot.watch.impress.co.jp/cda/news/2007/05/15/477.html>