



インクジェット素子と SAW 霧化器を用いた 嗅覚ディスプレイ

八山広野¹⁾, 中本高道¹⁾

Hiroya HACHIYAMA 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, hachiyama@nt.pi.titech.ac.jp)

概要: 嗅覚情報の提示技術は VR コンテンツへの応用が期待できる。SAW(Surface Acoustic Wave)デバイスを用いることで低揮発性の液体香料も瞬時に霧化できるため、様々な香料を調合する場合に SAW デバイスは有効であるが、調合比率のダイナミックレンジを拡大したい。そこで電気浸透流ポンプとインクジェット素子を用いて微小な液滴を吐出し SAW デバイスで霧化する嗅覚ディスプレイのプロトタイプを開発した。

キーワード: 嗅覚・味覚、クロス・マルチモーダル、嗅覚ディスプレイ

1. はじめに

近年の VR 技術の発達・普及により、多くの人々にとって VR 体験が身近なものになった。家庭でも簡単に体験ができるようになったものの、その多くは視覚・聴覚体験のみである。VR 体験のリアリティをより高めるために、嗅覚ディスプレイによる匂い提示の追加は有効である。

嗅覚ディスプレイの匂い提示方法の 1 つに、液体香料を SAW デバイスで霧化(微粒子化)するという方法がある。我々は SAW デバイスを用いたいくつかの嗅覚ディスプレイを開発してきた[1, 2]。しかし、VR コンテンツに広く適用するためには、多様な匂いを提示する嗅覚ディスプレイが望ましい。そこで、我々は最大 20 成分の要素臭を調合できる嗅覚ディスプレイを開発した[3]。この嗅覚ディスプレイでは液滴吐出電磁弁から吐出された香料を SAW デバイスで霧化して匂いを提示する。しかし、SAW デバイスで一度に霧化可能な液量に限界があるため、調合比率のダイナミックレンジが小さいという問題がある。

本研究では、より小さな液滴を吐出できるインクジェット素子を利用して調合比率のダイナミックレンジの拡大を図る。インクジェット素子を利用した嗅覚ディスプレイは以前にも報告したが[4]、素子に香料を供給する方法が不十分であったため動作が不安定であるという問題があった。そこで、本研究では小型で駆動力の大きい電気浸透流ポンプを用いて安定に香料をインクジェット素子に供給できるようにした。

2. システムの概要

設計した嗅覚ディスプレイの概要を図 1 に示す。電気浸

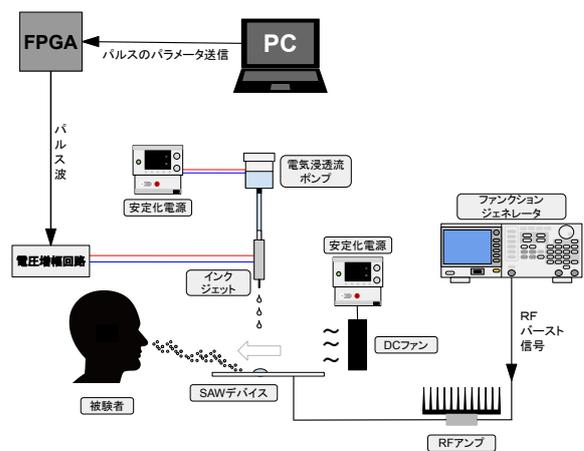


図 1: 嗅覚ディスプレイプロトタイプ概要図

透流ポンプから液体香料がインクジェット素子へと供給され、SAW デバイスに向かって吐出する。SAW デバイス上に滴下された液滴は、SAW デバイスが作り出す弾性表面波によって霧化され、ファンによってユーザの鼻へと届けられる。インクジェット素子の駆動には 60Vpp 程度のパルス電圧を使用しており、パルス 1 つで液滴が 1 滴吐出される仕組みになっている。すなわち、インクジェット素子に入力する連続パルス信号の周波数や総パルス数を調整することで匂いの濃度や提示時間を制御できる。パルス信号のパラメータは PC 上の GUI で簡単に設定することができ、そのデータをもとに FPGA で連続パルス波を生成する。

電気浸透流ポンプやファンは安定化電源から直流電圧を印加することで駆動しており、SAW デバイスの駆動には Function Generator で生成した RF バースト信号を使用している。

3. プロトタイプの作成

3.1 システム設計

PC で設定した連続パルス信号のパラメータをシリアル変換し FPGA モジュールに送信するシリアル変換用基板を作成した。また、FPGA からの出力を 60V 程度まで増幅するために電圧増幅回路を作成した。

3.2 治具設計

インクジェット素子や SAW デバイスを固定するための治具を 3DCAD ソフトを用いて設計・試作した。本研究で試作した治具は最大 2 つのインクジェット素子を配置できるが、今後成分数を増やす際は治具を新たに設計する必要がある。

4. 液滴吐出量による評価

4.1 実験方法

インクジェット素子および液滴吐出電磁弁からバイアルにそれぞれ 30 秒間吐出を行った。吐出前後のバイアルの質量変化から 1 滴あたりの吐出量(体積)を計算した。

4.2 実験結果と考察

各駆動周波数に対して 3 回ずつ吐出を行なったときの吐出量の平均値を表 1、表 2 に示す。それぞれのディスペンサーでは測定に適した条件で実験を行ったため、周波数が異なっているが、以前の研究で使用されていた液滴吐出電磁弁の吐出量と比較して、インクジェット素子の吐出量は数十倍～百倍程度小さくなっていることがわかった。これにより嗅覚ディスプレイの成分数が増えた場合でも SAW デバイス上に液滴が溜まってしまう問題の解決が期待できる。

また、液滴吐出電磁弁では駆動周波数が小さいほど吐出量が大きくなっていることがわかった。これは、駆動周波数が小さいほど吐出の間隔が大きく、電磁弁が閉じている間にも電気浸透流ポンプから液体が供給され続けるためであると考えられる。インクジェット素子についても同様の現象が考えられるが、こちらは各駆動周波数ご

表 1: 液滴吐出電磁弁の吐出量

駆動周波数	1 滴の吐出量
50 Hz	23.8 nL
100 Hz	5.7 nL
300 Hz	4.0 nL

表 2: インクジェット素子の吐出量

駆動周波数	1 滴の吐出量
200 Hz	147.9 pL
500 Hz	188.7 pL
1000 Hz	252.1 pL

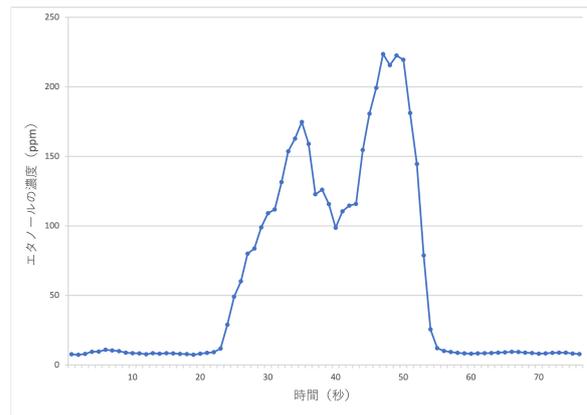


図 2: 30 秒の吐出に対する PID 応答

とに適切な圧力で供給しているため、周波数による吐出量の差が小さくなっている。

さらに、液滴吐出電磁弁とインクジェット素子を組み合わせた嗅覚ディスプレイを作成すれば、調合比率のダイナミックレンジを拡大することも期待できる。

5. PID による霧化の確認

5.1 実験方法

インクジェット素子から駆動周波数 1000Hz でエタノールの吐出を行い、SAW デバイスで霧化した。霧化したエタノールの濃度を光イオン検出器(PID)で測定した。

5.2 実験結果と考察

測定したエタノールの濃度変化を図 2 に示す。まず、吐出中の濃度が安定していないこともグラフから読み取れる。SAW デバイスによって霧化した微粒子がファンによって PID のセンサ部分に運ばれるが、その全てがセンサ部分に入るとは限らず気流の変動によりセンサの場所の濃度が増えるためである。一方で、吐出を開始してから 30 秒後に濃度がほぼベースラインに戻っていることから、香り提示の時間的制御が精度良くできていることがわかった。インクジェット素子から吐出された微小な液滴に対しても SAW デバイスで霧化ができていたことが確認できた。

6. まとめ

本研究では、インクジェット素子と SAW デバイスを用いてよりダイナミックレンジの大きな調合が可能な嗅覚ディスプレイのプロトタイプを作成した。

今後はこのプロトタイプを複数成分に拡張していく。駆動周波数、電気浸透流ポンプの印加電圧と吐出量の関係をもっと詳しく調べ、再現する匂いの調合比率に応じて適切な周波数の決定や液滴吐出電磁弁の使用を検討する必要がある。

謝辞 本研究の一部は科学研究費 (JP21H04889)の支援を受けた。

参考文献

- [1] アーリヤクンヨッシリ, 中本高道, 超小型液体ポンプとSAW霧化器を用いた嗅覚ディスプレイの基礎的研究, 日本VR学会論文誌, Vol.15, No.4, 2010, pp589-594.
- [2] T.Nakamoto, S.Ito, S.Kato, G.Qi, Multicomponent Olfactory Display Using Solenoid valves and SAW Atomizer and its Blending-capability Evaluation, IEEE Sensors Journal, Vol.18, No.13, 2018, 5213-5218.
- [3] 安田雄大, 中本高道, 液滴霧化装置を用いた 20 成分調合型嗅覚ディスプレイの開発, 日本バーチャルリアリティ学会第 24 回大会論文集, 2D-05, 2019.
- [4] T.Nakamoto, H.Takigawa, T.Yamanaka, Fundamental study of odor recorder using inkjet devices for low-volatile scents, Trans. on IEICE, 2004, E87-C, 2091-2086.