



20 成分調合嗅覚ディスプレイの特性最適化

Characteristic optimization of 20 components olfactory display

林寛人¹⁾, 中本高道¹⁾

Hiroto HAYASHI, 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, hayashi.h.as@m.titech.ac.jp)

概要: 嗅覚ディスプレイとは人に匂いを提示する装置である。本研究では、香料として任意の比率で調合することで匂いを再現することができる要素臭を使用した匂い提示を行うことで、従来の製品と比較して様々な匂い提示が可能な機器を開発した。香料は電気浸透流ポンプから液滴射出電磁弁に供給され、電磁弁より吐出した多成分の要素臭を SAW デバイスにより霧化することで匂い提示を行う。電気浸透流ポンプと液滴射出電磁弁のパラメータを最適化して安定性を向上させ、調合比のダイナミックレンジの向上を図った。

キーワード: 嗅覚・味覚, 感覚・知覚, 提示, クロス・マルチモーダル

1. はじめに

人に匂いを提示する装置を嗅覚ディスプレイと呼ぶ。嗅覚ディスプレイは、医療や広告の分野で注目を集めており、特に近年 VR の没入感を高める機器として研究されてきた。しかし、従来の嗅覚ディスプレイは搭載した香料の数しか匂い提示できず、提示できる匂いの種類に限りがあるため、用途が限られてしまうという問題点があった[1]。

そこで筆者らは、要素臭を調合し、匂い提示を行う 20 成分調合嗅覚ディスプレイの開発に取り組んだ。要素臭は任意の比率で調合することで匂いを再現することができ、本研究室では 185 の精油の香りを 20 個の要素臭で再現できることを報告した[2]。従来の 20 成分調合型嗅覚ディスプレイ[3]では、あらかじめ決められた量しか射出できず、任意の量の匂いを提示するのが困難であった。そこで電気浸透流ポンプと液滴射出電磁弁のパラメータを最適化して安定性を向上させ、調合比のダイナミックレンジの向上を図った。

2. 嗅覚ディスプレイ

嗅覚ディスプレイシステムの全体図を図 1 に示す。嗅覚ディスプレイは、主に SAW デバイス駆動部と液体射出制御部の 2 つで構成されている。

SAW デバイス上に滴下された液滴は、表面弾性波のアカウスティックストリーミング現象により、香料を霧化することができる。香りづけられた空気はファンにより、ユーザーに届けられ、匂い提示が行われる。本システムでは、9.79 MHz の正弦波を RF アンプで増幅し、SAW デバイス

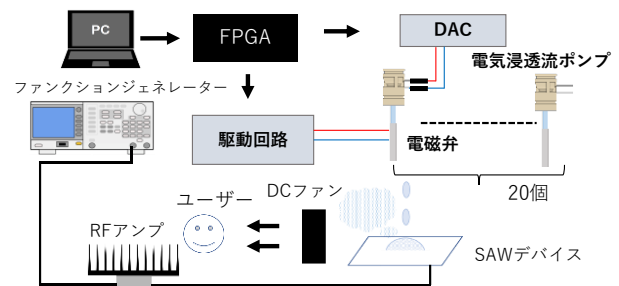


図 1: 嗅覚ディスプレイシステムの全体図

に印加した。

液体射出制御部では、液滴射出電磁弁から滴下される量を制御することで任意の比率で香料の調合を行う。電気浸透流ポンプは、電圧により吐出量を制御できる装置であり、電磁弁の開閉周波数に応じて最適な圧力で電磁弁に液体を供給することができる。また電気浸透流ポンプと電磁弁は PC による制御が可能である。PC から FPGA にコマンドを送ると駆動回路を通じて電磁弁、DA コンバータを通じて電気浸透流ポンプを駆動させることができる。電気浸透流ポンプはドライバー回路なしで直接 DA コンバータ (EVALAD5535BSDZ, Analog Devices) から駆動可能である。

3. 吐出量の計測方法

今回嗅覚ディスプレイには電気浸透流ポンプ (EBP-RF1R, 高砂電気工業) と液体射出電磁弁 (VHS シリーズ INKA2438510H Direct dispense Outlet 型, LEE Company) を採用した。電磁弁が 1 回開くごとに滴下される吐出量は、通

常 2.5~3.0nl 程度となるが、電磁弁に基準を超える液体が供給された場合、3.0nl 大きく超えてしまい、電磁弁の開閉周波数による吐出量の制御ができなくなるという問題があった。各電磁弁に搭載された電気浸透流ポンプは、電磁弁への液体供給の安定化と電磁弁の周波数に最適な液体量を供給することができる。本実験では、電磁弁が 1 回開くごとの吐出量が 3.0 nl になるような電気浸透流ポンプの印加電圧と電磁弁の周波数の最適な組み合わせを調査する。

3.1 電子天秤による吐出量の測定

0.1mg の分解能をもつ電子天秤(島津製作所, AUX320)を使用して、エタノールを 30 秒間吐出し、測定前後の質量差から 1 開閉あたりの吐出量を算出し、3.0nl となるパラメータの組み合わせを調査する。電気浸透流ポンプに印加する電圧は、使用する DA コンバータの出力電圧である 0~200V とした。測定中にエタノールが揮発する影響で低周波数の場合測定できなかったため、測定する電磁弁の周波数を 20Hz から 20Hz ごとに測定を行い、印加電圧が 200V となる最大駆動周波数まで測定を行った。

3.2 QCM 法による吐出量の測定

QCM(Quartz Crystal Microbalance)法[4]は、物質が電極表面に付着した場合、付着前後の共振周波数の変化から付着した物質の質量を測定する手法である。特徴として ng 程度の微量な質量を測定できることが挙げられ、電極に付着する物質をエタノールに混ぜて吐出することで、付着物質の質量からエタノールの吐出量を算出できる。今回 20Hz より下の周波数に対して QCM 法を適用した。付着物質の質量と周波数変化の関係式は Sauerbrey 式と呼ばれる次式で表される

$$\Delta f = - \frac{2\Delta m n F^2}{A\sqrt{\mu_q \rho_q}} \quad (1)$$

$\Delta f, F, \Delta m, A, n, \mu_q, \rho_q$ は、周波数変化、共振周波数、質量変化、電極面積、倍音数(=1)、水晶の弾性率(=2.947×10¹¹g cm⁻¹s⁻²)、水晶の密度(=2.648g cm⁻³)となる。測定に使用した機器を図 2 に示す。図 2(a)に示したように電極材料は金で、電極面積 0.2 cm² の QCM を使用した。電極に付着する物質として PEG1000 を使用し、1%の質量パーセント濃度でエタノール蒸発後に残された PEG1000 の質量からエタノールの吐出量が算出できる。

実験は電気浸透流ポンプに印加する電圧を 10V で固定し、1, 3, 6, 9, 12, 15Hz の 6 点で測定を行った。電極から液体が溢れないように吐出時間を調整し、20s(1~6Hz)、10s(9Hz)、5s(12, 15Hz)の 3 つの吐出時間で測定を行った。

4. 吐出量の測定結果

吐出量の測定結果及び測定時に使用した各パラメータをそれぞれ図 3、表 1 に示す。

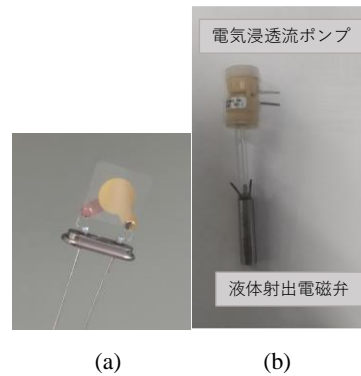


図 2：測定に使用したデバイス (a)水晶振動子 (b)電気浸透流ポンプと液体射出電磁弁

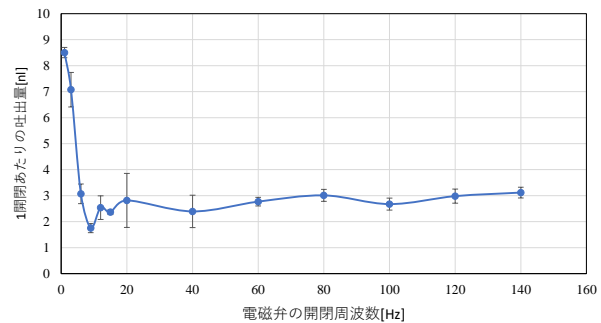


図 3：1 開閉あたりの吐出量

表 1：電子天秤で質量変化を計測した際の 1 開閉あたり 3nl を満たすパラメータ

電磁弁の開閉周波数[Hz]	印加電圧[V]
20	70
40	80
60	100
80	150
100	150
120	200
140	200

20Hz 以降の吐出量の安定化は表 1 の各パラメータによって行えることが分かった。20Hz より下の低周波帯では、1 開閉あたりの吐出量が 1Hz の時、8.5nl となり、その後周波数が増加すると 2~3nl に収束した。6Hz 以上の場合、1 度に吐出される量が多く、電極上以外の部分にも PEG1000 が付着し、正しく質量を測定できなかった。1, 3Hz で駆動する場合、電気浸透流ポンプの印加電圧もしくは吐出間隔を変化させ、1 開閉あたり 3nl に近づけることで、最大 1:140 で調合が行える。

5. むすび

本研究では、1 開閉あたり 3nl を満たす電気浸透流ポンプと液滴射出電磁弁の各パラメータを調査し、安定性と調合比のダイナミックレンジの向上を図った。今後は実験で得られたパラメータを使用し、官能試験やデモを実施することで、匂い再現精度の検証をしたい。

謝辞 本研究の一部は日本学術振興科学研究費 (No.21H04889)の支援を受けた。

参考文献

- [1] Qi Liu, Dehan Luo, Tengeng Wen, Zhuofeng Mo, Jingshan Li, Qingrong Li : The Odor Characterizations and Interactive Olfactory Display: A Survey, 2021 IEEE International Conference on Smart Internet of Things (SmartIoT), pp. 337-341, 1996.
- [2] Dani Prasetyawan, Takamichi Nakamoto: COMPARISON OF NMF WITH KULLBACK KULLBACK-LEIBLER DIVERGENCE AND ITAKURA ITAKURA-SAITO DIVERGENCE FOR ODOR APPROXIMATION, Proc Proc.
- [3] 伊関 方晶, Dani Prasetyawan, 横式 康史, 中本 高道: 多成分調合型嗅覚ディスプレイを用いた匂いの再現の研究, 電気学会論文誌E (センサ・マイクロマシン部門誌), 2022 年 142 巻 4 号 p. 63-70.
- [4] 岡畑 恵雄, 古澤 宏幸: 水晶発振子マイクロバランス法を用いるバイオセンサ, 電気学会論文誌E (センサ・マイクロマシン部門誌) 23 巻(2003)11 号/書誌