

令和 6 年 6 月 25 日現在

機関番号：37112

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K11912

研究課題名（和文）静電誘引形インクジェットによる嗅覚ディスプレイ

研究課題名（英文）Olfactory Display Using Electrostatically Extracted Ink Jet

研究代表者

家永 貴史（IENAGA, Takafumi）

福岡工業大学・情報工学部・准教授

研究者番号：00393439

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、静電誘引形インクジェット技術を応用した新しい嗅覚提示装置が実現できるかどうかを調べるものでした。静電誘引形インクジェットでは、ノズルに高電圧をかけることで、インクを糸状や霧状の微粒子としてインクを飛翔させられます。一方、精油やその希釈液など、匂いのもととなる物質を、インクの代わりに利用できるかどうかはわかっていませんでした。そこで、装置の試作を行い、実験を通じてこのことを確かめました。その結果、ノズルにかける電圧で、匂いのもととなる物質の飛翔を制御できることがわかりました。これにより、新しい嗅覚提示装置を実現できる可能性を示しました。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、静電誘引形インクジェットの技術を応用した嗅覚提示装置の試作を行いました。また、その試作機を用いて、匂いのもととなる精油を希釈した液体を飛翔させられること、ノズルにかける電圧で、飛翔の有無を制御できることを確認しました。静電誘引形インクジェットは、油性インクを用いた紙への印刷の他に、可食インクを用いた食品への印刷、鉄板への離型油の塗布など様々な用途での応用が試みられてきましたが、新たな応用先の可能性が示されたこととなります。また、描画における階調表現のように濃度調節まで可能であることを、今後確認できれば、より一層表現力の高い嗅覚提示装置の開発につながると考えられます。

研究成果の概要（英文）：This study investigated the feasibility of a new olfactory display device using electrostatically extracted inkjet technology. In electrostatically extracted inkjet technology, the ink is sprayed as tiny particles by applying a high voltage to the nozzle. On the other hand, it was not known whether materials such as essential oils and their diluted solutions, which are odor components, could be used instead of ink. Therefore, we built a prototype of the device and verified this through experiments. As a result, it was revealed that the flight of odor components can be controlled by the voltage applied to the nozzle. This shows that the possibility of realizing a new olfactory display device.

研究分野：ヒューマンインタフェース

キーワード：静電誘引形インクジェット 嗅覚ディスプレイ

様式 C-19、F-19-1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

研究開始当初の時点において、いくつかの種類の嗅覚提示装置が開発されていた。例えば、コンプレッサと電磁弁で吐出量を制御するもの、ピエゾやサーマル型のインクジェットで液滴を落としてヒータで昇華させるものなどがある。また、提示する匂いのもととなる要素臭の濃度を変化させる方法としては、パルス幅変調 (PWM: Pulse Width Modulation) 方式のように、ON と OFF の時間を変化させることで、濃度を調整する方法が提案されていた。このような状況の中、研究代表者は、より直接的かつきめ細やかな濃度調節ができる方法がないかと考え、静電誘引形インクジェットに着目した。

静電誘引形インクジェットは、ノズルに高電圧をかけるとともに、対向する電極の配置や電圧などを適切に制御することで、インクを糸状に引き出し、描画を行う。この時、ノズルや対向電極、インクの物性などの条件によっては、糸状ではなく、霧状の微粒子としてインクを飛翔させられることが知られている。また、ノズル内径よりも細くインクを引き出すことができるため、径の大きなノズルを用いることで、粘度の高いインクも利用できる。さらに、可食インクやレジスト、離型油など油性インクとは物性の異なるものでも利用できることが報告されている。

一方、研究開始当初において、静電誘引形インクジェットを嗅覚ディスプレイに応用した例は見当たらなかった。もし、嗅覚ディスプレイで対象とする精油やその希釈液などの物質を、油性インクを用いた描画における階調表現のように、濃度を調節して出力できるのであれば、嗅覚ディスプレイの表現力をより一層豊かにできると期待された。

2. 研究の目的

静電誘引形インクジェットの技術を嗅覚提示装置に応用した例はない。そのため、精油など嗅覚提示装置に関わる物質を、静電誘引形インクジェットで飛翔させることができるのか明らかではなかった。また、静電誘引形インクジェットを構成するどのパラメータが飛翔結果に影響を与えるかも明らかではなかった。

そこで、本研究は、静電誘引形インクジェット技術を用いた嗅覚提示装置の実現に向けた基礎データの獲得と装置の制御技術に関する知見を獲得することを目的とした。特に、嗅覚情報の元となる精油などの物質を、静電誘引形インクジェットを用いて飛翔させるための条件について明らかにすることを目指していた。

3. 研究の方法

静電誘引形インクジェットは、機械的な構造はシンプルであるものの、ノズルに印加する電圧の大きさや対向電極の空間的な配置や形状、シリンジ内の圧力、ノズル径や形状、飛翔させる物体の誘電率や粘性など、飛翔に影響を与える可能性のあるパラメータが多く、その組み合わせは膨大なものになる。また、過去に精油やその希釈液などの物質を飛翔させた報告がないため、どのような組み合わせであれば、飛翔させられる可能性があるかわからなかった。

そこで、実機を試作した上で実験を行い、試行錯誤により飛翔させられる条件があるかを探ることとした。

4. 研究成果

本研究では、実機での試行錯誤を行うという方針から、まず静電誘引形インクジェットを応用した嗅覚提示装置の試作・改良を行った。半導体部品の手入性に問題があったこと、装置開発段階での試行錯誤や仕様変更等により、当初計画よりも遅れが生じた。しかしながら、機能を最低限に絞ったものの、静電誘引形インクジェットで精油を希釈した液体を飛翔させるための嗅覚提示装置を完成させた。図 1 はその構成図である。高電圧電源制御回路部分はアナログのボリュームと電圧計を備えており、手動で出力電圧を制御できるようにした。またシリンジ内の圧力は大気圧として、液高を調節することとした。これにより、基礎データを取得できる環境を整えた。一方、コンピュータからのきめ細かな電圧の制御や火花放電の前駆現象の検出・防止回路など、今回実現できなかった部分については、今後の課題といえる。

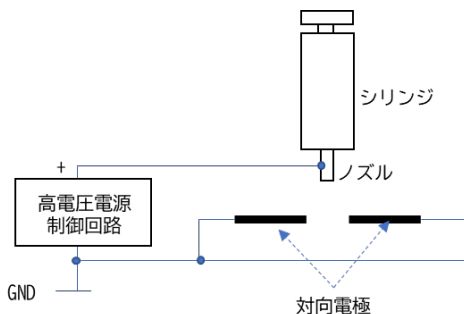


図 1 静電誘引形インクジェット構成図

次に、試作した装置を用いて、精油を希釈した液体を飛翔できるか確認を行った。図2が実験環境の概略図である。

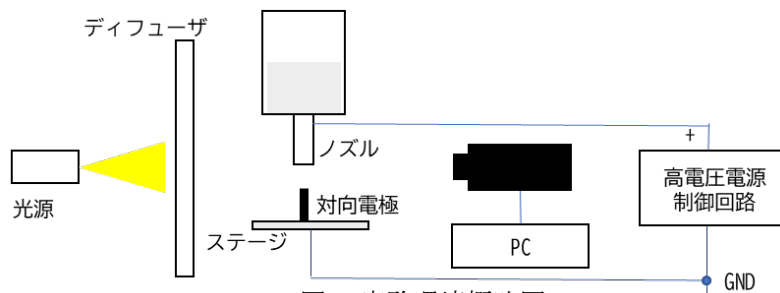


図2 実験環境概略図

飛翔状況を確認するため、100fpsのUSBカメラ(OMRON:STC-MBS43U3V)で撮影を行った。照明は、ディフューザを越しにノズルの背面に設置した。この環境において、ノズルの内径や形状(先端の長さや角度)、ノズルへの印加電圧、対向電極の距離といったパラメータを変更させ実験を行い、試行錯誤により飛翔を確認できる条件を探した。なお、飛翔させる液体については、ラベンダーの精油をホホバオイルで5%に希釈したものを用いた。

撮影された画像の例を図3に示す。上段左から右、下段左から右の順に100fpsで連続して撮影したものとなっている。2枚目あたりから、液体がノズル先端から引き出されているのが確認でき、その後9枚目から10枚目において、ノズルからステージ側に液体が飛翔、着弾していることが確認できる。

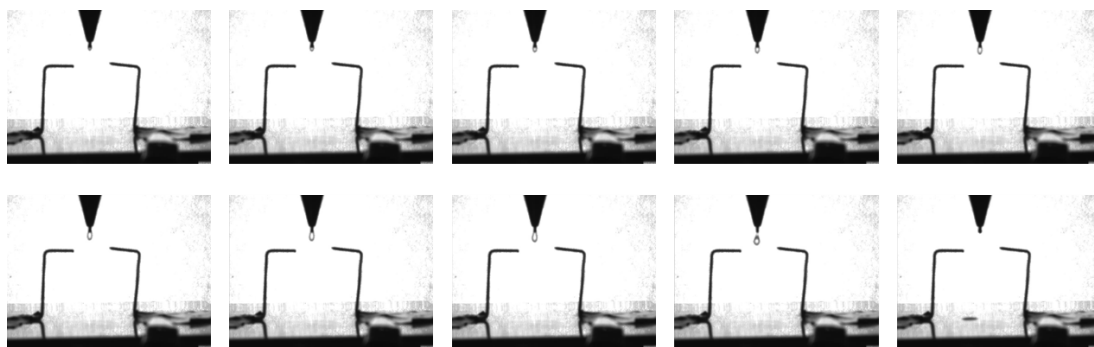


図3 撮影された画像の例

同様に図4も条件を変えた場合の撮影画像である。図3とは異なり、大きな塊として飛翔することはなく、一見するとノズル先端の形状が繰り返し変形しているようにも見える。一方、図5は、このうち下段の左端2枚(6枚目と7枚目)のノズル付近を拡大したものである。左側の写真では液体が引っ張られた先端付近から微粒子として飛翔していることが確認できる。

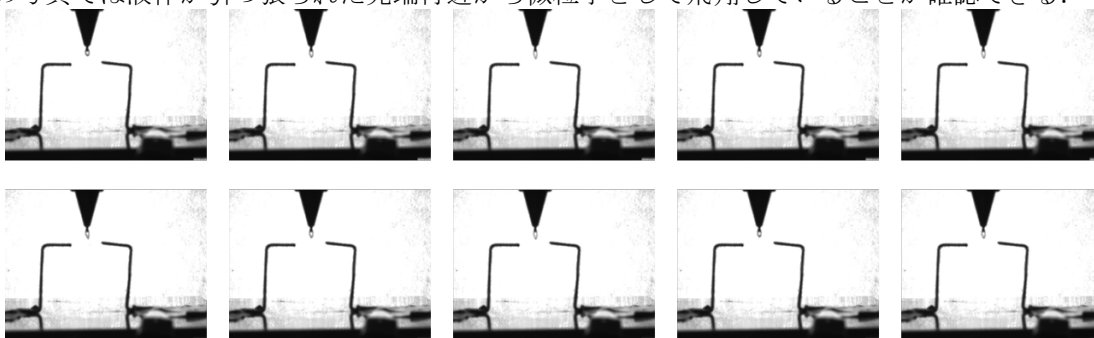


図4 撮影された画像の例2

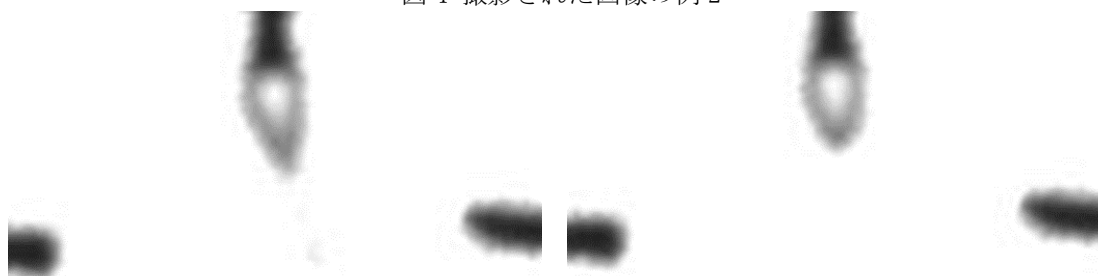


図5 撮影された画像を拡大したもの(図4下段左から2枚分)

これらの結果は、電圧の印加により精油を引き出せること及び装置のパラメータ次第で異なる飛翔のさせ方が可能であることを示しており、静電誘引形インクジェットを嗅覚提示装置に応用できる可能性を示すことができたと考えている。すなわち、静電誘引形インクジェットの新たな応用先の実証と新しい嗅覚提示装置の提案という点において、学術的に意義のある成果が得られたと考えている。

一方で、実験結果は定性的な確認にとどまっており、例えば精油や希釈液の違いやノズル内径による最適な印加電圧の違い、印加電圧と吐出された液体の濃度の関係など、定量的な評価には至っていない。装置を設計・作成する上で重要となる最適なパラメータを明らかにしていくためには、今回試作した装置を必要に応じて改良し、データを取得していくことが必要であり、今後の課題と考えている。

また、図3から図5からもわかるように、今回の撮影機器や環境では微粒子の飛翔途中の状況をうまく捕捉しきれない可能性が示唆された。そのため、今後より詳細なデータを取得していくためには、撮影環境の改善についてもあわせて改善していく必要があると考えている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 家永貴史
2. 発表標題 静電誘引形インクジェットによる嗅覚ディスプレイに関する基礎的研究
3. 学会等名 2023年度(第76回)電気・情報関係学会九州支部連合大会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------