

## マルチアクチュエータによる 液滴噴射素子の圧力制御の検討

尾崎, 敬 / Ozaki, Kei

---

(出版者 / Publisher)

法政大学大学院理工学・工学研究科

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編 / 法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編

(巻 / Volume)

58

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

3

(発行年 / Year)

2017-03-31

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00014164>

# マルチアクチュエータによる 液滴噴射素子の圧力制御の検討

Study of a liquid droplet ejection device using multi-actuator

尾崎敬

Kei OZAKI

指導教員 安田彰

法政大学大学院理工学研究科電気電子工学専攻修士課程

The technology of an inkjet printer is expected to be used in digital printing and in printing to various kinds of materials. Consequently, fast and stable ink-ejection technology is required to meet the diversified needs. The conventional droplet discharge was performed by applying a momentarily higher pressure using a piezoelectric element. In this study, we focused on the generation process of pressure in the pressure chamber and the possibility of generating an ink droplet by experimentally making a liquid droplet ejection device using multiple actuators

**Key Words** : Multiple actuators, Inkjet, Piezoelectric elements

## 1. はじめに

インクジェットプリンタは、デジタルファブリケーションの有望な手法として注目され、3D プリンター、プリンテッドエレクトロニクス、デジタル捺染など様々な分野で応用が展開されている。これらの応用では、多様なインクが用いられ、表面張力、粘度などの物性が大きく異なる。特にインクの高粘度化は、インクに使用する材料の選択肢を広げることになり、高粘度のインクを安定に吐出するインクジェットヘッドの登場が期待されている。

近年では、高粘度のインクの吐出を達成する方法として、高周波信号をインクに加える時間を制御することで粘度 3000pc のインクを吐出させた前例から、インクに加える圧力を任意に制御することが重要と考えられている。

そこで、複数のアクチュエータの駆動タイミングに時間差を設けることで高粘度インクを吐出する図 2 のような手法を提案した。複数のアクチュエータを使用し時間差を設けることにより、パルス合成時により長く圧力をインクに加えることが出来る。駆動タイミングに時間差を設けることで、圧力室内で合成される圧力波のパルス幅を制御し、連続的に圧力室内に圧力を加えることができる。インクの粘度によって任意の駆動波形を合成することで、様々な粘度のインクに対応することが可能となると考えた。そこで、大野らは等価回路法を用いて複数のアクチュエータを用いた液滴噴射装置の動作特性のシミュレ

ーションを行った。

その結果、メイズンの等価回路で圧電素子の振動速度を再現し、ジャイレータを並列に繋ぐことで各圧電素子モデルに流れる電流  $i$  を圧力室で合成された振動  $I$  として表せる、マルチアクチュエータを用いたインクジェットヘッドの等価回路モデルを作成した。

そこで本研究では、3 つの圧電素子を取り付けられた液滴噴射装置を試作した。振動速度を測定する際、圧力センサでは運動方程式から電気信号に変換する際に様々なノイズが生じることが考えられるため、レーザードップラーを用いてチャンバ表面の振動板の振動速度を測定することで、解消する。そして様々な入力パターンでの振動速度をシミュレーションと比較し、等価回路モデルの見直しを行い、従来研究の等価回路モデルの課題を抽出する。

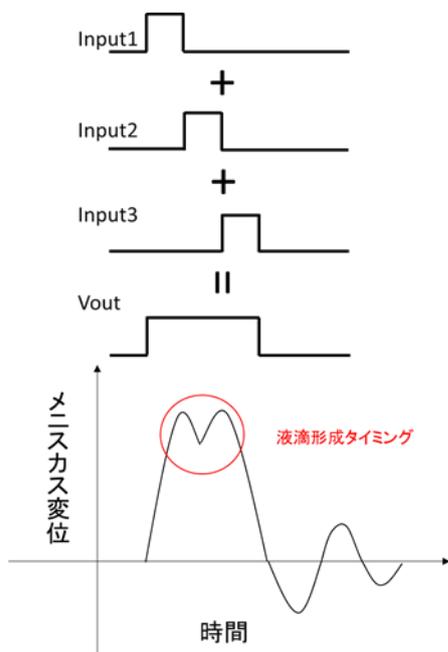


図1 従来研究での吐出方法による駆動波形とメニスカス変位

## 2. 実験方法

### (1) 測定概要

図2に液滴噴射装置の図を示す。図3に、液滴噴射装置のアクチュエータの振動速度測定のための構成ブロック図を示す。Function Generatorで作成した入力信号をパワーアンプで増幅し、圧電素子に入力する。そしてチャンバの振動速度をレーザードップラーで測定し、オシロスコープで読み取る。その後、測定した振動速度を積分し、振動板の変位を求め、チャンバの時間当たりの変位を導出する。

図4, 5に、液滴噴射装置のアクチュエータの変位測定の様子を示す。変位の測定は、3つ並んだ圧電セラミックス素子の真ん中の圧電セラミックス素子の中央部で行った。

本実験では従来研究の提示した、インクに加える圧力波の時間制御の重要性に注目して、3つの圧電素子に加える入力信号のタイミングをズラした時間を  $t$  とし、タイミングをズラすことで変化する振動板の振動速度と同相で入力した場合との差を  $\Delta t$  とした場合の関係性を求める。

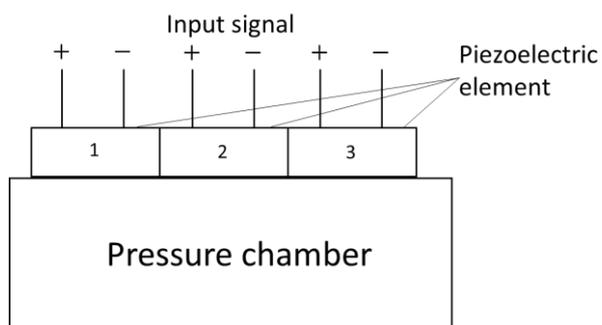


図2. 試作した疑似チャンバのモデルの構成

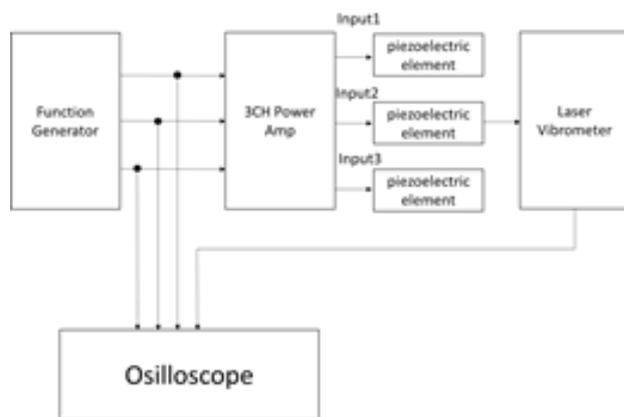


図3 提案するチャンバ変位測定の構成

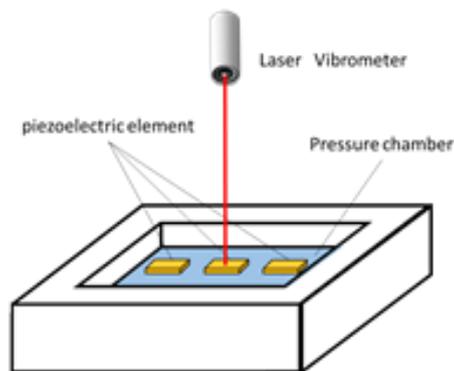


図4. 変位の測定方法

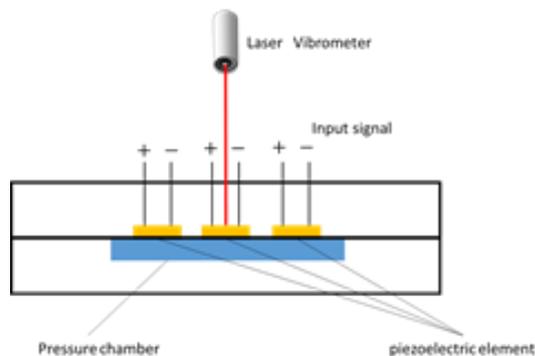


図5. 変位の測定方法（断面図）

### (2) チャンバの構成

液滴噴射装置は、上下2つのパーツで構成し、間に振動板を挟み込んだ構造とした。上下2つのパーツの形状寸法は、幅20mm、長さ40mm、厚みが5mmとし、材料はSUS304を使用した。下側のパーツには、幅10mm、長さ30mm、深さ1.0mmのキャビティを形成し、内部を水で充填した。振動板には、7mm、厚み0.1mmの圧電セラミックス素子を等間隔に分極方向をそろえて3枚接着した。圧電セラミックス素子は、富士セラミックス社製のC-6材を用いた。電極は、スパッタ法によりAg膜を形成した。液滴噴射装置は、パーツの周囲をねじ止めにより組み立てを行った。液滴噴射装置を構成する上下のパー

ツは、組み合わせ面を鏡面加工とすることで、キャビティに充填した水が漏れない工夫をした。アクチュエータの変位測定は、レーザードップラー装置(小野測器:LDV-1720)を用いた。パルス信号は、ファンクションジェネレータを用いた。圧電セラミックス素子の駆動は、広帯域(~1MHz)・高耐圧(±225V)オペアンプを用いた。圧電セラミックス素子は、最大 200Vp-p の電圧で駆動した。

### 3.実験結果

表1,2に300[us]ずつ中心の圧電素子に入力される信号ズラした場合の信号が入力され、振動板が立ち上がってから変異が0になるまでの時間をt、同相で入力した場合とのズラした時間の差をΔtとした測定結果を示す。

表1. 立ち上がり時間と振動速度の比較

Δt[us]	t[us]	振動速度[m/s]
300	533	1260
600	524	1260
900	515	1280
1200	502	1260

表2. 立ち上がり時間と振動速度の比較

Δt[us]	t[us]	振動速度[m/s]
-300	533	1260
-600	524	1260
-900	515	1280
-1200	502	1260

表1,2より、従来のシミュレーションモデルで行った結果から、従来のシミュレーションモデルにおける、中心の圧電素子と左右の圧電素子の影響の差を行うためのデータが得られた。

### 4.まとめ

本稿では、マルチアクチュエータを用いたインクジェットヘッドの疑似チャンバモデルを作成し、インクジェットヘッドの時間制御において、従来研究でのシミュレーションモデルと実測した振動速度についての差異について検討を行った。

シミュレーションモデルの振動速度の合成について左右に配置された圧電素子からの影響を行える可能性をしめした。この結果から、滴吐出装置を用いて駆動する圧電素子の数で出力信号を比例制御することができる。さらに、駆動信号の位相を制御することにより、圧力室に印加される圧力の大きさと圧力室の印加時間および印加時間を制御できることが期待される。

**謝辞**：本研究を進めるにあたり、多くの指導・助言を頂いた法政大学理工学部安田彰教授、田沼千秋教授に深く感謝申し上げます。また、共に所属されている研究室の学生の皆様にも多くの助言があり、本稿が作成できたことにも感謝を申し上げます。

#### 参考文献

- (1)J. Soderkvist: "Electric equivalent circuit for flexural vibrations in piezoelectric materials" Proc. IEEE Trans. Ultrason. Ferroelectr. Freq. Control, 37, [4], p.577
- (2)A. Antoniou, and K S Naidu: "Modeling of a gyrator circuit" IEEE Transactions on Circuit Theory. 20, [5] p.533 1973
- 22) J. Soderkvist: "Electric equivalent circuit for flexural vibrations in piezoelectric
- (3)大野 貴大：マルチアクチュエータを用いた液滴噴射装置とその吐出システムに関する研究