静電誘引インクジェット飛翔のジグザグ走査による 階調画像記録への基礎的検討

正員 松尾 一 壽 (福岡工大)

正員 富川 武彦 (神奈川工科大)

A Basic Study of the Zigzag Scanning Using Electrostatically Extracted Ink Jet of Flying Ink and Its Application to Tone Reproduction

Kazuhiisa Matsuo, Member (Fukuoka Institute of Technology), Takehiko Tomikawa, Member (Kanagawa Institute of Technology)

This paper describes the basic characteristics of a new method for recording tone images by applying zigzag scanning to ink flight in the electrostatically extracted ink jet method using dielectric ink.

Zigzag scanning is a method for recording tone images by deflecting flying ink jet right and left with the nozzle tip as the starting point. Behavior of zigzag scanning was examined by varying applied voltage, ink pressure, frequency, and positional relationship between the opposing electrodes. The results obtained revealed the following basic characteristics. The flying ink in the zigzag scanning showed dependency on the applied voltage and ink pressure, and the higher the voltage and the lower the ink pressure within a given range, stability was obtained. Also the response to the frequency was about 3 kHz. An examination was further made on application of zigzag scanning to recording of tone images on the basis of these characteristics. As a result, the zigzag scanning, in addition to the liquid thread in the ink flight and minute corpuscle diameters which are the features of this ink jet method, was found to be an effective method for achieving high-quality in tone image recording.

キーワード：静電誘引形インクジェット、誘電性インク、ジグザグ走査、階調画像記録

1. はじめに

近年、パーソナルコンピュータの記録装置として低騒音、低価格および低ランニングコストなどの特徴を有するインクジェット方式の進展が著しい。更に今後、この方式は情報メディア記録は勿論、記録以外の多種多様な分野での応用が期待され、高品質化・高精密度化が望まれるものと推測される^{(1)~(7)}。現在、インクジェット記録による文字の解像度は、高品質な装置が開発され実用上十分である⁽⁸⁾。しかし、自然画像の有する階調記録のハイライト部分に難点が感じられるように思われる。インクジェット方式の高画質化は、インク粒子のドットサイズが重要な要素と考えられており、その微小化について研究がなされている⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾。

誘電性インクを用いた静電誘引インクジェット飛翔は、インクがノズル先端から連続流の微細な曳糸となり、やがて極めて微小なインク粒子群となって霧状（曳糸の状態遷移：仮称）に飛散する特有な状態を示す⁽¹¹⁾。この方式は、微小なインク粒子径の生成に有利である。階調画像の記録

は、インク飛翔が状態遷移する過程を階調差によって使い分けられよい。これはノズル先端から一定距離にある記録紙における微粒子の付着状態を、電圧または静圧の制御による曳糸長の変化に置き換えて扱うことと等価となる。この記録方法は、濃度の異なる複数個のインクを必要とせず階調の表現が可能である。曳糸の状態遷移する過程で霧状による記録は、顕微鏡では見えないぐらい細かな粒子が広域に分布しているの、そこにインクがあることはわかるが粒状には見えない。

一般に走査記録方式による画像は、主走査方向に対してノズル移動（副走査方向）に伴う走査線の目立ちで画質を劣化させる⁽¹²⁾。この一解決法として、インクジェット飛翔を主走査方向に対してノズル先端を原点とし、左右に振れ角（偏向）を与えながら階調画像の記録を試みるジグザグ走査について基礎的な検討を行った⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾。これらの結果、ジグザグ走査記録は、走査線の目立ちを抑制する効果やハイライト部分の表現に最適であると思われる、高品質な画像の記録を期待できるものと思われる。なお、インクジェット飛翔自身に着目した記録方法に関する報告ははまだ

見当たらない。

本論文では、静電的に誘引された誘電性インクに特有な飛翔状態にジグザグ走査を施し、印加される電圧やインク静圧および周波数更に、ノズルと対向電極間の位置関係などを変化させた場合の限られた実験環境ではあるが基礎特性と階調画像記録の可能性について述べている。

2. 実験装置の概要

インクジェット飛翔にジグザグ走査を施すための基本的な実験装置の概要を図1に示す。図1(a)に装置全体を、(b)には上視図を示す。ノズル(内径:400 μ m, 外径:700 μ m, 長さ:15 mm)は、インクつぼ(深さ:20 mm, 直径:10 mm)に直接取り付けられている。また、ノズル先端は、30°に切断されている。これは、ノズル先端に強い電界を作用させてジグザグ走査の効果の向上とインクメニスカスを形成してインク飛翔の応答性を高めるためである。メニスカスの形成は、インク液面からノズル中心までの高さによる静圧力を利用した。メニスカスとは、ノズル先端に半月状の形状をしたインクである。なお、インク静圧 H は液面からノズル中心までの高さをmmで表した。インクは誘電性インクである。ノズル先端から l_{ne} (mm) 隔ててインク飛翔を主走査方向に対して左右ヘジグ

(a) 実験装置の概要

(b) 図(a)の上視図

図1 実験装置

Fig. 1. System setup of the experiment.

ザグ状に偏向するための対向電極 E_{z1} , E_{z2} が設けられている。また、電極 E_{z1} , E_{z2} の間隙を l_g (mm), 更に l_{ep} (mm) 隔てて記録紙を取り付けるための背面電極を設けて、これを接地した。なお、主走査とは走査線を形成して行く方向であり、図1(a)では電極 E_{z1} , E_{z2} に対して上下の方向である。ノズルには、インクの直流バイアス電圧 V_b が印加されている。電極 E_{z1} , E_{z2} には、パーソナルコンピュータからジグザグ走査用の信号電圧 V_{f1} あるいは V_{f2} がフリップフロップを介して印加される。飛翔するインクは正電荷に帯電しており、電極 $E_{z1} \rightarrow \text{ON}$, $E_{z2} \rightarrow \text{OFF}$ あるいは $E_{z1} \rightarrow \text{OFF}$, $E_{z2} \rightarrow \text{ON}$ とした場合、OFFとなった電極の方向へ偏向される。従ってインクは、電極 E_{z1} , E_{z2} の ON-OFF の繰り返しによる電位差 ($V_b - V_{f1}$ または $V_b - V_{f2}$) で近似されるクーロン力に基づきジグザグに飛翔する。実験では、 $V_f = V_{f1} = V_{f2}$ とした。これは、同一の画像データで左右方向(記録紙上)への偏向量を一定とするためである。

実際にジグザグ走査が、記録に有効であるかを知るために記録紙を手操作により一方向に走査してそれを確認した。また、インク飛翔のジグザグ走査状態を観測するためにストロボスコープを光源に用いて顕微鏡で写真撮影した。なお、ジグザグ走査時のインク飛翔状態で曳糸先端以降を撮影することは困難であるために模式図で示した。偏向角度 θ は、図1(b)に示すインクジェット(曳糸)間を測定したものである。ジグザグ走査は、主走査方向に対してある程度の記録幅(記録紙上の偏向量 Y)を有する。記録紙上の偏向量 Y は、インク飛翔の空気抵抗によるわずかな速度減少および重力加速度を無視すると、次式から偏向量 Y が求まる。 $x = v \cdot t$, $Y = 1/2 \cdot (a \cdot t^2)$ (a : 加速度)より、 $Y = 1/2 \cdot (a) \cdot (x/v)^2$, $F = Q \cdot E = m \cdot a$ より、 $a = Q \cdot E / m$, $Y = 1/2 \cdot \{ (Q \cdot E / m) \cdot (x/v)^2 \}$ 従って、偏向量 Y は本式で近似される。ただし、 E : 電界、 F : 電界中に働く力、 Q : インクの電荷量、 m : インクの質量、 v : インク飛翔速度、 t : 時間、 x : ノズルと記録紙間の距離である。ここで、 v , Q および m は測定が非常に困難である。

3. 結果と考察

〈3・1〉 曳糸飛翔の観察 ジグザグ走査を施さないインクジェット飛翔状態を顕微鏡で観察した例を図2に示す。(a), (b)図から、電圧 V_b を高くするとインクジェット(曳糸)が太く、長くなる様子がわかる。これは、 V_b が高くなるとインク流量を増加させるためと考えられる。更に、 V_b を高くすると(c), (d)図に示すように2本から複数本の曳糸の飛翔が観察される。従ってジグザグ走査を利用した階調画像の記録には、安定したインク飛翔開始から2本のインク飛翔にいたらない電圧の範囲内で施す必要がある。なお、 $V_f = 0$ および $H = 10$ mm 一定である。

図3は、ジグザグ走査を施したときのインク飛翔の観察例である。(a-1)~(a-3)図は $f = 10$ Hz, $H = 10$ mm およ

図 2 インクジェット飛翔 ($V_f=0$)
Fig. 2. Observation of flying ink jet without zigzag scanning.

図 3 インクジェット飛翔 ($V_f=V_{f1}=V_{f2}=500$ V)
Fig. 3. Observation of flying ink jet with zigzag scanning.

び $V_f=V_{f1}=V_{f2}=500$ V 一定として V_b を変化させた場合で、ノズルと電極間には (V_b-V_f) の電圧が印加されている。

(a-1)に低い電圧のためメニスカス全体がジグザグ信号電圧 V_f によって左右に大きく変動している状態を示す。この変動は、ジグザグ走査における脈動現象であると考えられる⁽¹⁵⁾。次に電圧を高くすると(a-2)に示すように、メニスカスの変動は見られず曳糸のみが小さく左右に変化する様子が観察される。更に電圧を高くすると θ が小さく

図 4 対向電極・背面電極間距離-偏向角度特性
($l_{ne}=2$ mm, $H=10$ mm, $f=10$ Hz, $V_b=2.4$ kV, $V_f=V_{f1}=V_{f2}=500$ V)
Fig. 4. Characteristics of deflection angle v. s. distance between electrode and back electrode.

なることが(a-3)よりわかる。得られた観測結果から、ジグザグ走査の偏向角度は誘引力が増加するに従って小さくなることやジグザグ走査を画像記録へ応用する際には、(a-2, a-3)に示されているインクの飛翔状態が必要であることがわかった。次に、ジグザグ走査の周波数を変化させた場合の観察例を図3(b-1)～(b-3)に示す。実験条件は、 $H=10$ mm, $V_b=2.4$ kV および $V_f=500$ V 一定である。周波数が 10 Hz のとき、ジグザグの明りょうなインク飛翔が見られる図3(b-1)。しかし周波数を 500 Hz と高くした場合、偏向角度は、小さくなることが図3(b-2)から推測される。更に周波数を約 3 kHz と高くすると図3(b-3)に示すように偏向角度は、小さくなることがわかった。得られた結果から、ジグザグ走査による主走査方向の記録は、二つの線にならず走査線間が密になり線間が塗りつぶされたようになるものと推測される。また、偏向角度は、周波数の上昇に伴って小さくなることがわかった。

〈3・2〉 背面電極電圧依存性 背面電極と対向電極間の距離 l_{ep} と偏向角度 θ の関係を図4に示す。ノズル先端と対向電極間の距離： $l_{ne}=2$ mm, 電圧 ($V_b=2.4$ kV, $V_f=500$ V), インク静圧 $H=10$ mm, 周波数 $f=10$ Hz を、それぞれ一定として対向電極から背面電極の距離 l_{ep} を 1 mm から 10 mm まで 1 mm 間隔で後方へ変化させた。この結果、 θ は約 8° から約 9.5° と約 16% の変化を示した。これらから飛翔するインクは、背面電極が対向電極から離れるほど対向電極それ自身の影響を受けやすくなり θ はわずかではあるが大きくなるものと考えられる。なお、背面電極を接地することにより、 V_b が $l_{ep}=1$ mm で約 10 V, $l_{ep}=10$ mm で約 100 V 低い電圧で安定したインク飛翔開始が得られることを実験で確認した。これは、飛翔するインクが正電荷に帯電しており対向電極を通過後、接地された背面電極の方向へ加速されるためと考えられる。

〈3・3〉 ノズル-対向電極間距離依存性 ノズル-対向電極間距離 l_{ne} の変化と偏向角度 θ の関係を図5に示す。2本の対向電極間の間隔 l_g をパラメータとしてノズル先端を対向電極から 4 mm まで 1 mm 間隔で変化させた。 θ

図5 ノズル・対向電極間距離-偏向角度特性 ($H=10$ mm, $f=10$ Hz, $V_b=2.4$ kV, $V_f=V_{f1}=V_{f2}=500$ V)

Fig. 5. Characteristics of deflection angle v. s. distance between nozzle and electrodes.

図6 対向電極間隙-偏向角度特性 ($H=10$ mm, $f=10$ Hz, $V_b=2.4$ kV, $V_f=V_{f1}=V_{f2}=500$ V)

Fig. 6. Characteristic of electrodes gap v. s. deflection angle.

は l_{ne} が大きくなるに従って減少することがわかった。また、 l_g は小さいほど飛翔するインクジェットに強い電界を与え、その結果として θ を大きくするものと考えられる。ここで、 $l_{ne}=4$ mm, $l_g=1$ mm の場合、2本の対向電極の間隙を飛翔するインクジェットの霧化によるインク付着のため θ の測定ができなかった。

〈3・4〉 対向電極間隙依存性 2本の対向電極間の間隙 l_g とジグザグ走査の関係を図6に示す。ノズルと対向電極間の距離 l_{ne} をパラメータとして l_g を1 mm から5 mm までを1 mm 間隔で変化させた。 θ は l_g の大きさに比例して減少することがわかる。これは、 l_g が大きくなるほど電極 E_{z1} , E_{z2} との距離よりも接地されている背面電極の方が小さくなるため強くインクを誘引し、本来の E_{z1} , E_{z2} に印加される V_f の影響を受けにくくなり θ が小さくなるものと思われる。また、インクジェットは $(V_b - V_f)$ の電位差で飛翔するが、例えば、 $l_{ne}=2$ mm, $l_g=5$ mm のとき、インクジェットの飛翔は V_f に依存すること

図7 印加電圧-偏向角度特性 (I) ($f=10$ Hz, $l_{ne}=l_g=2$ mm, $l_{cp}=1$ mm, $V_f=V_{f1}=V_{f2}=500$ V)

Fig. 7. Characteristics of applied voltage v. s. deflection angle.

なく V_b によるものと推測される。これは、インクジェットの飛翔量が増加して θ を減少させる要因と考えられる。これらの結果から、 $(V_b - V_f)$ の電位差によりインクジェット飛翔を得る必要がある。従ってノズル先端からの距離の影響が、背面電極ではなく対向電極とするには $l_{ne}=2$ mm であれば $l_g=4$ mm 以下となる。

〈3・5〉 印加電圧-偏向角度特性 (I) インク静圧 H をパラメータとして電圧 V_b に対する偏向角度 θ の特性を図7に示す。インク飛翔開始電圧は、インク静圧 H で異なり5 mm のとき約2.4 kV, 10 mm で約2.2 kV, 15 mm では約2.3 kVであった。インク静圧を $H=10$ mm とするとき、最も低い電圧でインク飛翔開始となった。これらの結果から、インク飛翔開始がインク静圧の影響を受けて変動する際、ある時点において飛翔しやすくなることわかる。従って飛翔開始の電圧が低くなるほど V_b の許容範囲が広がって、インク飛翔を制御しやすくなる。偏向角度 θ は、 H が高いほど大きくなることわかる。また、 H を一定として電圧を高くすると θ が減少することがわかった。例えば、 $H=5$ mm, $V_b=2.4$ kV のとき θ は約4°, $V_b=3.0$ kV では約3°となり θ の変化率は約0.16%である。ここで、 θ が大きく減少するのは、ジグザグ走査開始時の電圧付近で、電圧が高くなるほど変化は小さくなりやがて一定となることがわかった。なお、 θ が大きく減少するのは、ジグザグ走査時の脈動現象と推測される。

得られた結果から θ は、静圧が低いほど小さくなり電圧依存性を示さないことがわかった。ジグザグ走査記録は、副走査方向に対して階調差による記録幅の変化を生じることなく一定となる必要がある。従って、低い H のとき記録幅は電圧に依存することなく一定となり有利である。

〈3・6〉 印加電圧-偏向角度特性 (II) ノズルと対向

図 8 印加電圧-偏向角度特性(II) ($f=10$ Hz, $H=10$ mm, $l_{ep}=1$ mm, $V_f=V_{f1}=V_{f2}=500$ V)
Fig. 8. Characteristics of applied voltage v.s. deflection angle.

図 9 インク静圧-偏向角度特性 ($f=10$ Hz, $l_{ne}=l_g=2$ mm, $l_{ep}=1$ mm, $V_f=V_{f1}=V_{f2}=500$ V)
Fig. 9. Characteristics of ink static pressure v.s. deflection angle.

電極間の距離 l_{ne} をパラメータとして電圧 V_b に対する偏向角度 θ の特性を図 8 に示す。インク飛翔開始電圧は、 l_{ne} を 1, 3, 5 mm とするとき、それぞれ電圧 V_b が約 2.05, 2.4, 2.5 kV である。インク飛翔は、 l_{ne} の距離が小さくなるほど低い電圧で得られることがわかる。また θ は、 l_{ne} が小さいほど大きく、電圧を高くすると小さくなる。 θ の減少が著しいのは、 l_{ne} を 1 mm とする場合で約 40° であった。また、 l_{ne} を大きくすると θ は小さくなり電圧に対する変化も小さくなるがわかる。

〈3・7〉 インク静圧-偏向角度特性 電圧 V_b をパラメータとしてインク静圧 H の変化に対する偏向角度 θ の特性を図 9 に示す。 θ は、 V_b が 2.4, 2.6, 3.0 kV のとき H の増加に比例することがわかった。なお、 H に対する θ の変化率は、それぞれ約 50%, 16%, 10% (FS) であ

図 10 印加周波数 偏向角度特性
($V_f=V_{f1}=V_{f2}=500$ V)
Fig. 10. Characteristic of frequency v.s. deflection angle.

った。これらの結果から偏向角度 θ は、電圧よりも静圧を変化させたほうが大きく、 H の制御によっても θ を可変させ得ることがわかった。

〈3・8〉 周波数-偏向角度特性 対向電極 E_{z1} , E_{z2} に印加される電圧 V_f の周波数 f に対するインク飛翔の偏向特性を図 10 に示す。静圧 $H=10$ mm 一定とした場合、周波数 f に対する偏向角度 θ は、 V_b を高くすると小さい。 θ は、 $f=100$ Hz から 300 Hz 付近にかけて減少し始め約 3 kHz になると電圧や静圧に依存することなく約 3° で飽和することや、また H を低くすると小さくなることがわかった。これらの結果から θ は、電圧 V_b を低くして H を高くするほど大きくなるがわかる。これは、 H の変化がインク粒径とその帯電量に影響を与えるためであると推測される。

4. 記録結果

インクジェットのジグザグ走査による記録が、実際に可能であるか否かについて調べた。対向電極 E_{z1} , E_{z2} に 2 値パルス電圧および階段波形 (5 段階) 電圧 V_{f1} , V_{f2} を印加した。参考として、電極 E_{z1} , E_{z2} に印加される 2 値パルス電圧および階段波形 (5 段階) 電圧を図 11 (a), (b) に示す。この 2 種類の電圧を印加した場合の記録結果を顕微鏡で観察した例が図 12 である。なお、記録結果は手操作のためわずかな濃度むらを生じているが、走査方向に対してジグザグ状であることがわかる。図 12 (a) は、 E_{z1} , E_{z2} に 2 値パルス電圧 $V_f=V_{f1}=V_{f2}=500$ V, 周波数 70 Hz 一定として電圧 $V_b=2.36$ kV および 2.33 kV を印加した場合の記録例である。

ここで、曳糸の長さは電圧を変化させることで可変長となる。これはノズルと記録紙間の距離が一定であれば電圧を高くするほど曳糸が伸びて濃い記録となる。また、電圧を下げて、曳糸を短くすることによって霧状による淡い記録が可能となる。従って $V_b=2.36$ kV が印加されたとき、曳糸の先端付近で、また $V_b=2.33$ kV では霧化された状態で、それぞれ記録がなされる。これから、曳糸の先

端付近ではジグザグ状にドットが、また微粒子による霧化された記録結果が得られている。これは、 V_b と V_{f1} あるいは V_{f2} の電位差によって偏向されるためである。図 (b) には、 E_{z1}, E_{z2} に階段波形 (5 段階) 電圧 $V_f = V_{f3} = V_{f4} = 500 \text{ V}$ 、周波数 90 Hz 一定として、電圧 $V_b = 2.45, 2.43 \text{ kV}$ を印加して得られた記録結果を示す。主走査方向に対して偏向を受けて斜めに 5 個のドットあるいは霧状のインクが並んでいる様子がわかる。また、インク飛翔が霧状となる電圧の記録からも同様の結果が得られている。これらの結果より、本研究で行った手法を用いてジグザグ走査による階調記録が可能であると考えられる。ここで記録されたジグザグのピッチは、2 値パルス電圧のほうが周波数が低いのに細くなっているように感じる。これは、記録の手操作による誤差である。

電極 E_{z1}, E_{z2} の間隙の中心の上下に画像信号を出力する電極をドラムの回転方向 (主走査方向) すなわち上下の間隙 4 mm をおいて設け、測定を行った。画像信号を出力する電極は階調記録を行うためである。これらの 4 個の

図 11 電圧波形
Fig. 11. Waveform of applied voltage.

図 12 曳糸の先端付近および先端以降による記録
Fig.12. Recording examples by the of liquid thread region and spray region.

電極はドラムに沿って (副走査方向) 一体となって移動する。ジグザグ走査による記録幅 Y を知るためにジグザグ信号電圧 V_f を変化させた結果を図 13 に示す。この実験条件において $V_f < \text{約 } 200 \text{ V}$ ではジグザグ走査の効果は小さいが、 $V_f > \text{約 } 800 \text{ V}$ では副走査方向に走査線の重なり合った記録がなされることを確認した。従って、この場合ジグザグ走査の最適な電圧 V_f は、約 200 V から 800 V の範囲内であることがわかった。なお、偏向角度 θ は、ノズルと記録紙間の距離および Y より求められる。この結果から、 θ は縦軸 ($Y \times 20$) となり、約 800 V まで、ほぼ Y に比例していることがわかった。

ジグザグ走査による階調記録の例を図 14 に示す。ジグザグ走査なしの記録例を図 (a) に、ありの場合を (b) に示

図 13 ジグザグ信号電圧-記録幅特性 ($H=10 \text{ mm}$, $f=10 \text{ Hz}$, $l_{ep}=1 \text{ mm}$, $V_b=2.4 \text{ kV}$, $V_f = V_{f1} = V_{f2}=500 \text{ V}$)
Fig. 13. Characteristics of zigzag signal voltage v. s. recording width.

図 14 階調記録特性
Fig. 14. Tone reproduction examples.

す。また図14(c)に、図(a)、(b)の主走査方向に対する反射濃度の計算値を示す。ここで濃度とは、写真や印刷物の濃さを客観的に表す尺度であり、測定物が光を透過あるいは反射するかによって透過濃度と反射濃度に区別されるが、図には反射濃度が示されている。ここでは入射光を測定面と45°方向から与えて垂直反射光を測定した。標準白色面に I_0 の光を入射させたときの反射光を I_0' とし、測定対象物に同様に I_0 の光を与えた場合の反射光を I とすると、反射濃度 D_r は、 $D_r = \log_{10}(I_0'/I)$ で表される。ここでは記録に用いた白色部分を標準白色とした。図(c)の記録結果より主走査方向の濃度の最大値と最小値から求めた反射濃度の変化は、ジグザグ走査なしで約24%、走査ありでは約18%であった。これから、ジグザグ走査を施すことによって走査線間の間隔が密になり走査線の目立ちを軽減し全体的に濃度むらを抑制されることもわかった。主走査方向に対する副走査方向の反射濃度を図14(d)に示す。得られた結果から、ジグザグ走査を施すことによって68%(FS)から84%(FS)へと大きな濃度変化が得られていることがわかる。従って、曳糸の状態遷移を階調記録に応用した場合、ジグザグ走査を施したほうが低濃度から高濃度にいたるまで特性の改善が見られることがわかる。

5. ま と め

誘電性インクを用いた静電誘引形インクジェット方式に特有なインクの飛翔に新たにジグザグ走査を施して階調記録の精細化を念頭に置いた基礎的な検討を行った。実験では背面電極の有無、印加電圧やインク静圧の制御、ノズルと対向電極間の距離、対向電極の間隙、周波数の変化などがジグザグ走査記録に及ぼす影響について考察した。得られた結果からインクジェットは、背面電極を接地してそれに記録紙を取り付けたほうが低い電圧で安定に飛翔することがわかった。インク飛翔の偏向角度は、電圧 V_0 および静圧 H が高いほど大きくなった。また、ノズルと対向電極間の距離が小さいほど偏向角度は大きく、低い電圧でインク飛翔を得ることができた。更に2本の対向電極間の間隙が小さいほど、角度は大きくなることがわかった。周波数に対するインク飛翔の偏向角度は、静圧が低く電圧を高くすると小さくなった。また、周波数に対するジグザグ走査の応答は上限が約3kHz、偏向角度は約2.2°となり電圧や静圧に依存することなく一定となった。得られた記録結果からジグザグ走査は、走査線の目立ちを軽減させると同時に高精細な階調画像記録への応用に有効であることがわかった。

(平成12年8月24日受付、同13年7月4日再受付)

文 献

- (1) 太田徳也：「インクジェット技術における高画質化技術の動向」, Japan Hardcopy '97 論文集, 9~12 (平9)
- (2) 大東千秋：「画像記録」, 画像電学誌, 27, No. 6, 628~630 (平10)
- (3) 福島清司：「カラーハードコピー装置と繊維加工への応用」, 染色工業, 34, No. 4, 192~197 (昭61)
- (4) 角南正樹・油田浩司：「インクジェットシステムの現状と後の問題点」, 染色工業, 44, No. 12, 578~584 (平8)
- (5) 吉森幸一・中 茂樹・柴田 幹・岡田裕之・女川博義：「直接インクジェットプリント法による有機EL素子の作製」, 第59回応物予稿集, 16p-YH-15, 1092 (平10)
- (6) 石井雄三・小池真司・新井芳光・安東泰博：「インクジェット方式によるマイクロレンズ作製技術」, 信学総大, C-3-19, 173 (平11-3)
- (7) 松尾一壽・片山年美・富川武彦：「プリント配線板パターン of インクジェットによる直接描画」, 電学論C, 113, No. 6, 442~453 (平5)
- (8) ハードコピーデバイス調査専門委員会：「ハードコピー技術の現状と将来」, 電学技報, 第365号 (平3)
- (9) 角谷繁明：「高画質カラープリンタの最新技術動向」, 情報処理, 38, No. 8, 698~704 (平9)
- (10) 中島一浩：「インクジェットにおける高画質化技術」, 信学技報, EDI97-159, 29~33 (平10)
- (11) 甘利武司 (監修)：「インクジェットプリンタ技術と材料」, シーエムシー, 41~52 (平10)
- (12) K. Matsuo: "A Basic Study of the Effect of Flying Ink on Tone Reproduction Using Electrostatically Attracted Ink Jet", *Electr. Eng. Jpn.*, SCRIPTA TECHNICA INC., A Subsidiary of John Wiley & Sons, Inc. 120, No. 1, 55~61, July (1997)
- (13) 松尾一壽・長谷川 治・片山年美：「インクジェットによるジグザグ走査記録に関する基礎検討」, 平10電学全大, No. 534, 3~12 (平10)
- (14) K. Matsuo・T. Tomikawa: "A Basic Study of Zigzag Scanning Recording Using Electrostatically Extracted Ink Jet", *Proc. of 4th KSEE '98 International Conference*, 85~92 (1998-8)
- (15) 水口 衛・山口泰博・大野忠義・中村則男：「2色インクジェットファクシミリ」, 画像電学誌, 5, No. 2, 43~51 (昭54)

松 尾 一 壽 (正員) 1971年3月福岡工業大学工学部電子工学科卒業。現在、同大情報工学部教授。工学博士。インクジェットの応用に関する研究に従事。IEEE 会員。

富 川 武 彦 (正員) 1982年3月静岡大学大学院博士課程修了。工学博士。現在、神奈川工科大学工学部教授。画像処理の研究に従事。IEEE 会員。