

137 回CIS研究所パートナー会議事録(一般様用)

開催日時 2023 年 11 月 26 日(日) 13 時~16 時

講師 山本 洋一

テーマ 動圧型インクジェットプリンター開発の思い出



会議風景



テーマ 動圧型インクジェットプリンター開発の思い出 担当 山本 洋一

# 動圧型インクジェットプリンター 開発の思い出

2023年11月26日

*CIS Laboratories*

1) 各種のプリンターの紹介

## 各種のプリンターの紹介

- 1. インパクトプリンター
  - 1.1 母型活字インパクト 1.2ドットインパクト
- 2. 熱転写方式
  - 2.1 熱溶融形 2.2 昇華型
- 3. 感熱式(ダイレクトサーマル)方式
- 4. 放電破壊式
- 5. 光露光加圧定着式  
(Cycolor Mead Co.,TA 富士写真)
- 6. **インクジェット方式**
  - 6.1 **連続方式** 6.2 オンデマンド方式
- 7. 電子写真方式
  - 7.1 レーザー方式 7.2 LED 7.3 LCD  
フルカラー印刷
- 8. その他
  - 静電方式 磁気方式 トナージェット

NIP\*

註 NIP : Non Impact Printing

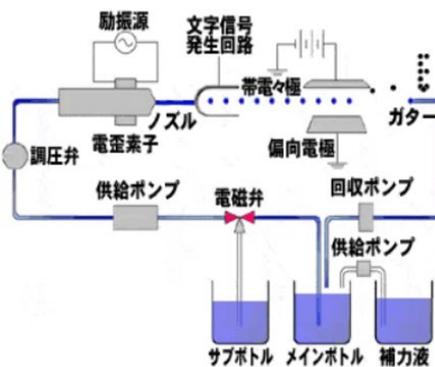
2) インクジェットの種類とメーカー

**Table 1: Ink jet systems and their manufacturers**

Ink Jet Printer	Ink Mist . . . . .	Electroprint <sup>(1)</sup> , (Oki Electric)
	Ink on Demand . . . . .	{ (a) Stemme <sup>(2)</sup> (Matsushita) (b) Kyser <sup>(3)</sup> (Silonics, Konishiroku) (c) J. Heintzl <sup>(4)</sup> , (Siemens) (d) Zoltan <sup>(5)</sup> , (Gould)
	Electrical-field Control type. . . . .	{ (a) C.R.Winston <sup>(6)</sup> , (Teletype) (b) Enzo Ascoli <sup>(7)</sup> (Paillard, Casio) (c) (Toshiba)
	Controlled-charge type . . . . .	{ (a) R.G.Sweet <sup>(8)</sup> (A.B,Dick, Sharp, IBM) (Hitachi, Mead, REI) (b) Hertz <sup>(9)</sup> , (Applicon)

\* 本日のテーマは、帯電量制御型インクジェットプリンター(別称: 動圧型インクジェットプリンター)  
 - 1975年頃のシャープで開発が進められていた、帯電量制御型インクジェットプリンターの思い出 -

記録に微小な点描で文字を書く、マトリクス表示と呼ばれる技術を利用したプリンターで、開発当時はテレタイプ端末や、電子計算機の入出力機器(マンマシンインタフェース)として多くの方式が世の中に出された時代でした。



3) 動作原理 の前に 表面張力のおさらいです。



## 表面張力

表面張力(ひょうめんちょうりよく、英語: surface tension)は、表面をできるだけ小さくしようとする傾向を持つ液体の性質、またその力のことで、界面張力の一種である。(ウィキペディア)



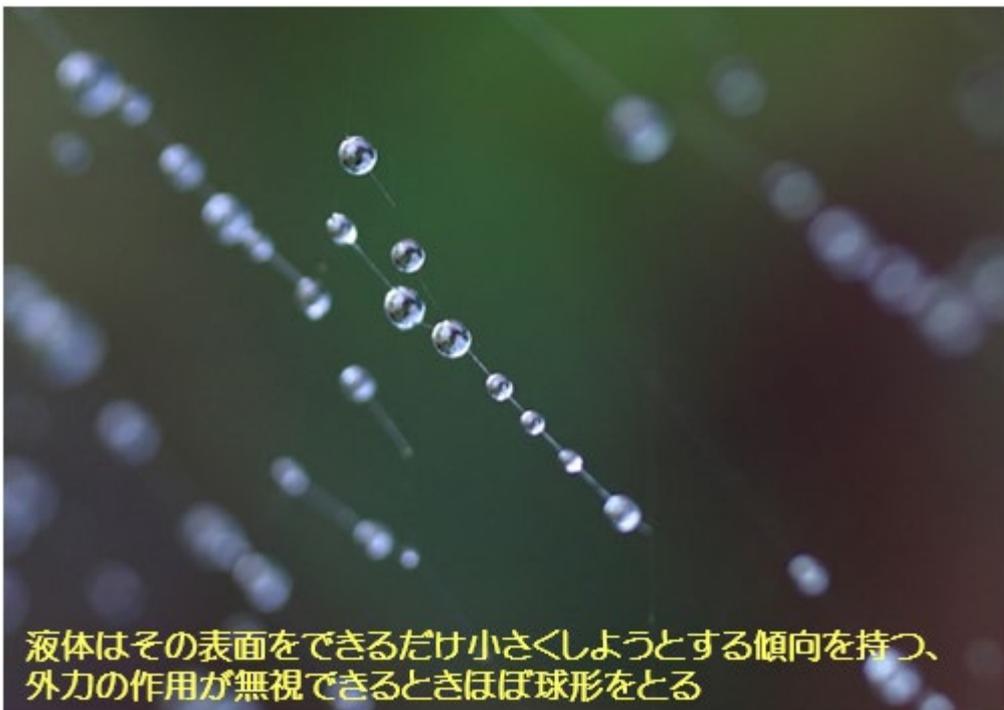
自然界でよく見る表面張力の例

4

水に浮く一円玉

水面を走る昆虫

4) 水滴は外力のない状況で宙にある場合、表面張力で球形になる。



5) ホースで水播きするとコートにまるい円ができる



テニスコートにホースで水をまくと丸い円ができる現象は、水の表面張力とその散布の仕方に関連しています。表面張力とは、液体ができるだけ小さい表面積を持つとしようとする性質で、これが水滴が球形になる主な理由です。

ホースから散布される水は、表面張力によってできるだけ完璧な球形を保とうとします。この状態でテニスコートのような平らな表面に落ちると、球形の水滴はまるい円を示します。

以上の現象から、液体は空中にある時、その表面張力で休憩になろうとしようと思いつくでしょう。工業的には、この予測に近い状況を作り出すために、液体をノズルから噴射させるとともに、表面張力の効果をうまく利用できるように工夫しましょう。これを実現するために簡単な実験をしてみました。

6) 水道から流れ出る水

表面張力応用実験



水道実験風景



静かな流れ



騒がしい流れ

6-1) 静かな流れ:

水道の蛇口を止めた状態から徐々に開いてゆくと初めは細くて静かな流れから始まります。これは、ラミナーフローまたは層流と呼ばれる液体の流れの形態の一つです。

6-2) 騒がしい流れ:

さらに開栓してゆくと、流れが速くなるとともに水を受けている洗面器の水面に落ちる水の音がするようになり、その時水面には波が見られる。このとき、洗面器の水面を見ると、水の流れは、水玉となっており、ちよろちよろという音は、水玉が水面をたたくときに発生する音であることを観測します。

この現象は、ちよろちよろ音がする直前で開栓をとめて水流が観察できる状態にして、蛇口を軽くたたくとちよろちよろ音が連続するようになる。ちよろちよろ音の聞こえる理由はこの観察から、水の出口で何らかの擾乱を与えるとそれが原因で音がすることを知ります。水の流れの状態を開栓を調整したうえで、ちよろちよろ音でフィードバックする条件に調整することができる。オフリオで暖まりながら、挑戦してみてください。

蛇口を少し開いて音がしない程度流す



次に、蛇口を軽くたたいてみる



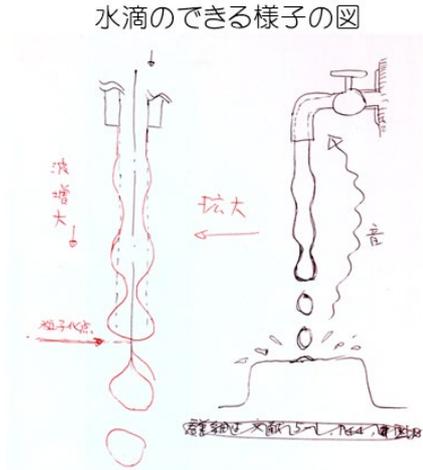
音がしているとき、水は粒子かしている



この時、水面には波が見られる。

6-3) 水滴のできる様子:

蛇口を出た直後は棒状の水流で  
下流に行くにしたがって、波が  
大きくなり、 $r=a$  となった所で  
水滴になる。



7) 理論解析: Weber, C.: 流体ジェットで、初めて 粘性を考慮した解析に成功した。 (1931)

Weber, C.: 流体ジェットで、初めて 粘性を考慮した解析に成功した。 (1931)

$$\delta = \delta^* e^{\mu(t + z/U_S)} \cdot \cos \zeta \frac{x}{a} \dots \dots \dots (30).$$

Für die Düse, also  $x = -U_S t$ , wird  $\delta_{Düse} = \delta^* \cdot \cos \frac{U_S t}{a}$ .



Abb. 10. Strahl aus der Düse mit rotationsymmetrischer Störung.

5. Zertropfen einer zähen Flüssigkeit. Die Untersuchung wird für die Näherungsgleichung (21) durchgeführt, da der Unterschied der  $\mu$ -Werte noch geringer als bei der nicht-zähen Flüssigkeit wird.

Für den unendlichen Strahl gilt für eine Teillösung

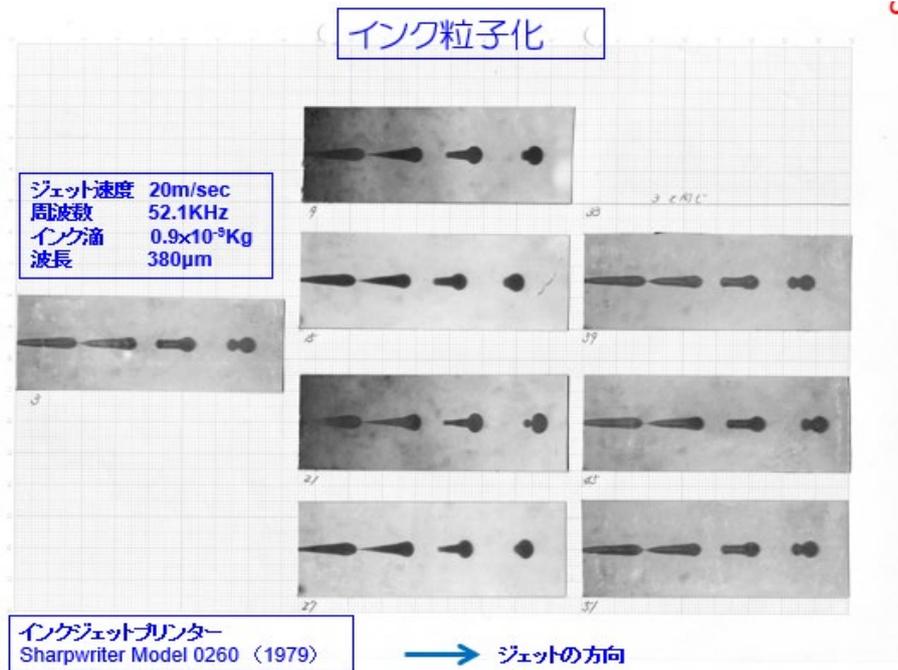
**振幅**  $\rightarrow \delta = e \delta^* \mu^t \cos \zeta \frac{x}{a}$

mit

**増幅係数**  $\rightarrow \mu = -\frac{3}{2} \frac{\eta}{\rho a^3} S^2 \pm \sqrt{\frac{\alpha}{2 \rho a^3} (1 - S^2) S^2 + \left(\frac{3}{2} \frac{\eta}{\rho a^3} S^2\right)^2} \dots \dots \dots (35).$

Weber, C. [1931] "Zum Zerfall eines Flüssigkeitsstrahles. Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Mechanik 11, 136-154.

8) インク粒子化の具体例



9) ノズルに刺激あたる刺激と粒子化タイミングについて:

帯電制御型インクジェットでは、このインクが粒子化するタイミングを散ることが重要です。

このタイミングにな直前までに帯電電極に電圧を加えて、誘導電荷をもったままインクを粒子化させる。電荷をもったインク粒子は、飛翔している場所に電解を加えておくことにより、粒子の飛ぶ方向を変更させることができる。

粒子化タイミングの検出 (Phasing)

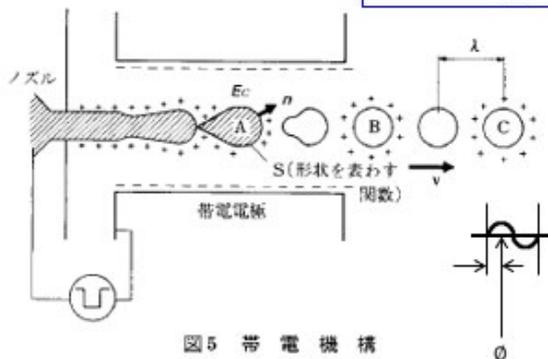


図5 帯電機構

$$q = \epsilon_0 \int E_c \cdot n ds = -\epsilon_0 \int \text{grad} \phi \cdot ds \quad (3-3)$$

ここで

$\epsilon_0$ : 真空中の誘電率

$E_c$ : 分裂中のインク粒子表面での電界ベクトル。

$n$ : 分裂中のインク粒子表面の外向き方向ユニットベクトル。

$\phi$ : 電位分布関数

インク粒子化モデルにて、分裂中のインク粒子形状  $s$  を球、 $E_c \cdot n = E_n = \text{一定}$  と仮定して、次式を得る。

$$q = k' E_n Q_0 r^2 \quad (3-4)$$

4.1 電位分布関数の数値計算

インク粒子の速度はほぼ 21m/sec であり、インク粒子化にともなうインク流の形状変化速度は、電荷の移動速度、電界の伝搬速度(光速)に比べて充分小さい。このような場合、電磁界は準定常状態であり、任意の時間で固定した系 ( $t = \text{一定}$ )、即ち、静電界として取扱うことができる<sup>3)</sup>。

上記の条件の場合、電位分布関数  $\phi$  は次のポアソン式を満足する。

$$\nabla^2 \phi = -\frac{\rho_c}{\epsilon_0} \quad (4-1)$$

ここで  $\rho_c$ : 電荷密度分布関数,  $\epsilon_0$ : 真空中の誘電率

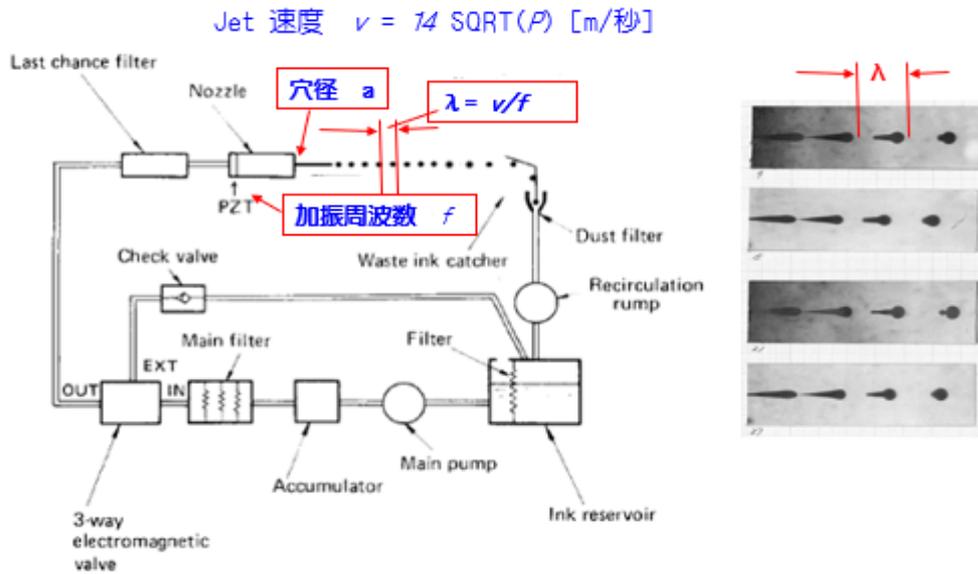
インク流及び帯電電極は回転対称で、その対称軸を中心としてインク流が存在するとして、円筒座標系を用いることにより、(4-1) 式は次のようになる。

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \phi}{\partial r} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial z^2} = -\frac{\rho_c}{\epsilon_0} \quad (4-2)$$

(4-2) 式を解析的に解くことは、インク流の形状が複雑で、解析的な境界条件を設定できないため不可能である。このような場合、数値計算による近似解法が幾つか存在する。ここでは、この要求に対する手法として、格

10) インクジェットプリンターの原理図

粘弾性液体の流体ジェット(1979)



11) インクジェットプリンターの構成図

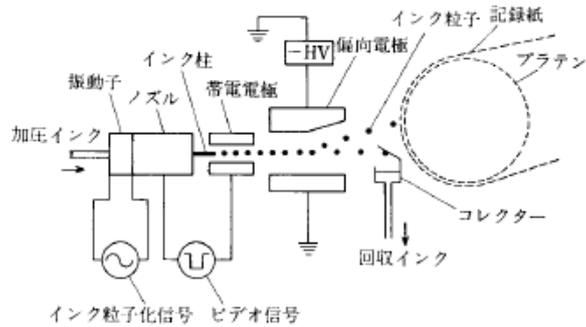


図1 印字ヘッド部

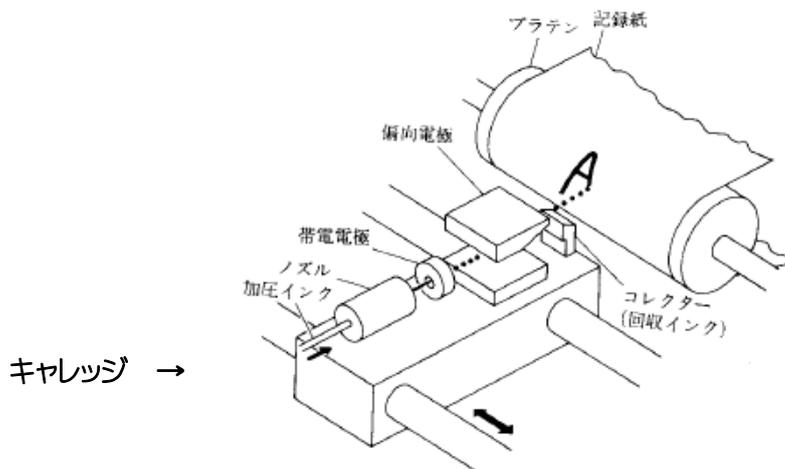


図2 印字原理図

\* 粒子化されたインク粒子に帯電するメカニズムは電荷誘導・

\* 帯電量に比例した高さにインク粒子は変更され、横方向にはキャレッジの動きを利用している。

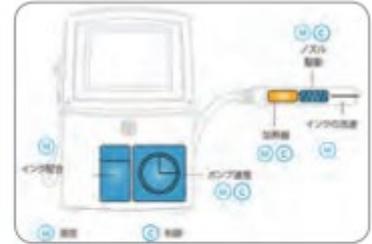
A,B,Dick 社、 VideoJet の例



**印字スピードと情報量の両立**  
1 行最高印字速度= 508m/分  
2 行最高印字速度= 212m/分  
3 行最高印字速度= 179m/分



**特許技術クリーンフロー™ 印字ヘッド**  
ヘッドの汚れを少なくするカバー構造で  
洗浄回数を削減。連続稼働や24 時間ラ  
インに最適。



**Videojet Precision Ink Drop™ システム**  
独自インク配合技術、先進の高周波プリン  
トヘッドの設計、液滴ごとの飛翔経路  
の調整で、最適なマーキングを実現。

## 12) 今後の日程

第 138 回 12 月 24 日 (日)13 時 ~西村 靖紀 様 (代講 調整中)

HP <http://www.cis-laboratories.co.jp/index.html>

以上

2023-11-29 文責 山本洋一