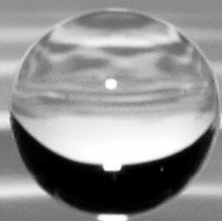


Introduction to Continuous Ink Jet and Future Prospects

連続噴射型インクジェット概論と今後の展開



Masahiko FUJII
藤井 雅彦

inkcube.org

Keio University Institute at SFC
慶應義塾大学SFC研究所


inkcube.org

 **SFC**
KEIO UNIVERSITY

1. Classification of Continuous Ink Jet
連続噴射型インクジェット方式
2. History of Continuous Ink Jet
連続噴射型インクジェットの歴史
3. Control Complexity and Control Factors
制御の複雑さと制御因子
4. Future Prospect
今後の展望

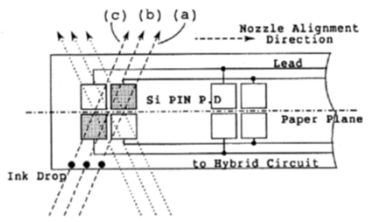


Great achievements and contributions to inkjet technologies and evolution concept to three-dimensional technology

Johann Gutenberg Prize受賞



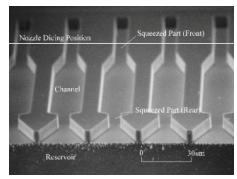
Continuous Ink Jet



Single Drop Detector

M. Fujii, Optical Drop Sensor of Continuous Ink Jet Printer, 19th Imaging Technology Conference, 1988

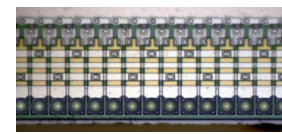
Thermal Ink Jet



800dpi MEMS Printhead

M. Fujii, New Thermal Ink Jet Printhead with Improved Energy Efficiency Using Silicon Reactive Ion Etching, The Journal of Imaging Science and Technology, Vol. 43, No. 4, 1999

Applications of Ink Jet



Micro-Lens Array

M. Fujii, Issues and Approaches Imposed on Ink Jet for The Progress of Printed Electronics, Transactions on The Japan Institute of Electronics Packaging, Vol. 1, No. 1, 2010

3D Printing



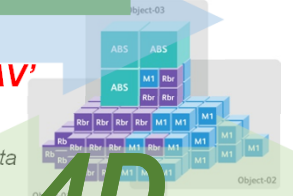
High Quality 3D Printer

3D Data Handling

3D

Voxel-Based 3D Data Format 'FAV'

T. Takahashi & M. Fujii, Unrestricted 3D Structure Modeling and Seamless Data Flow to 3D Printers Using Voxel-based Data Format FAV (Fab-able Voxel), IS&T's NIP32, 2016



4DFF (FF)

2D

2.5D



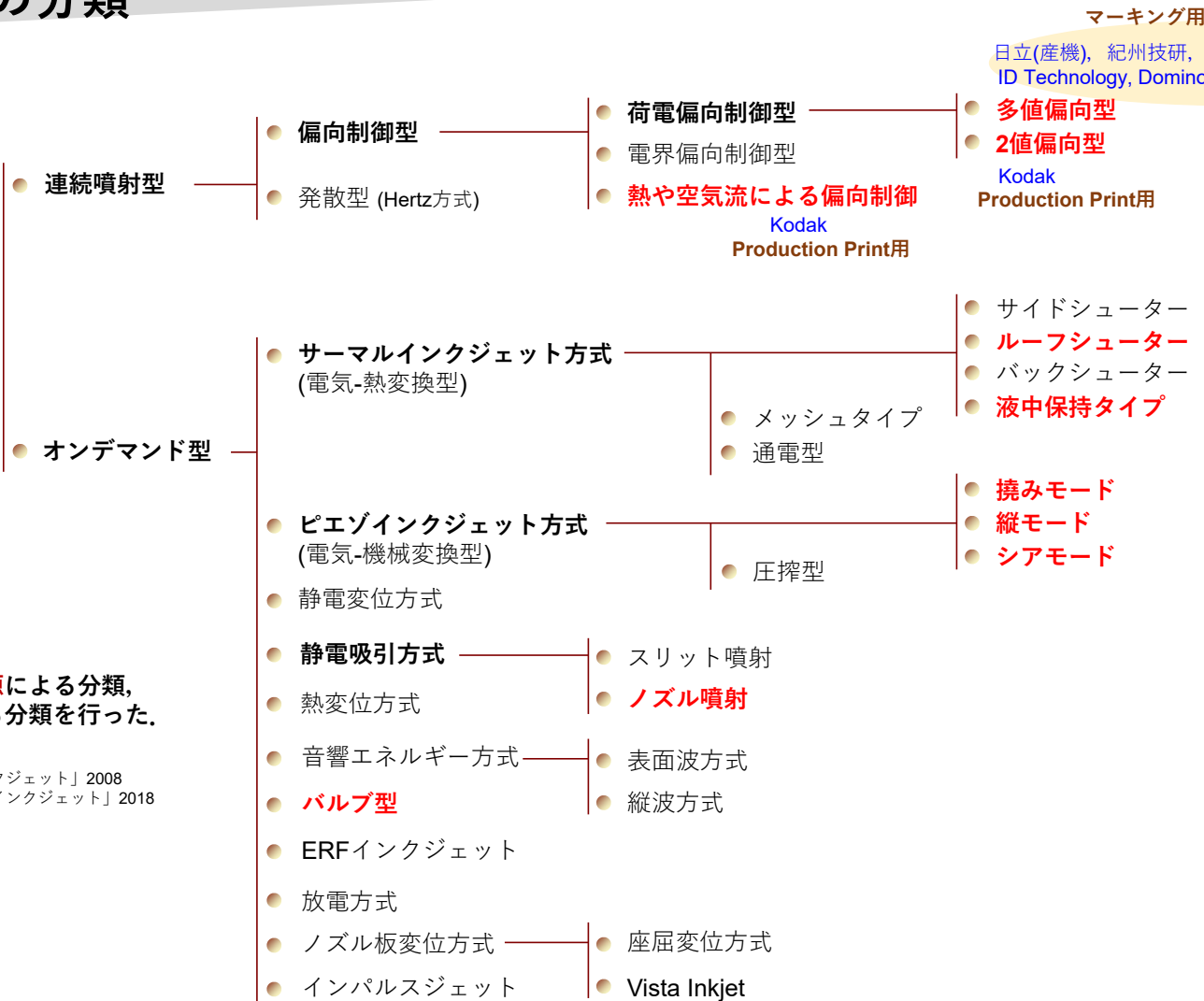


Classification of Continuous Ink Jet

1. 連続噴射型インクジェット方式

インクジェット方式の分類

Type of Ink Jet インクジェット方式



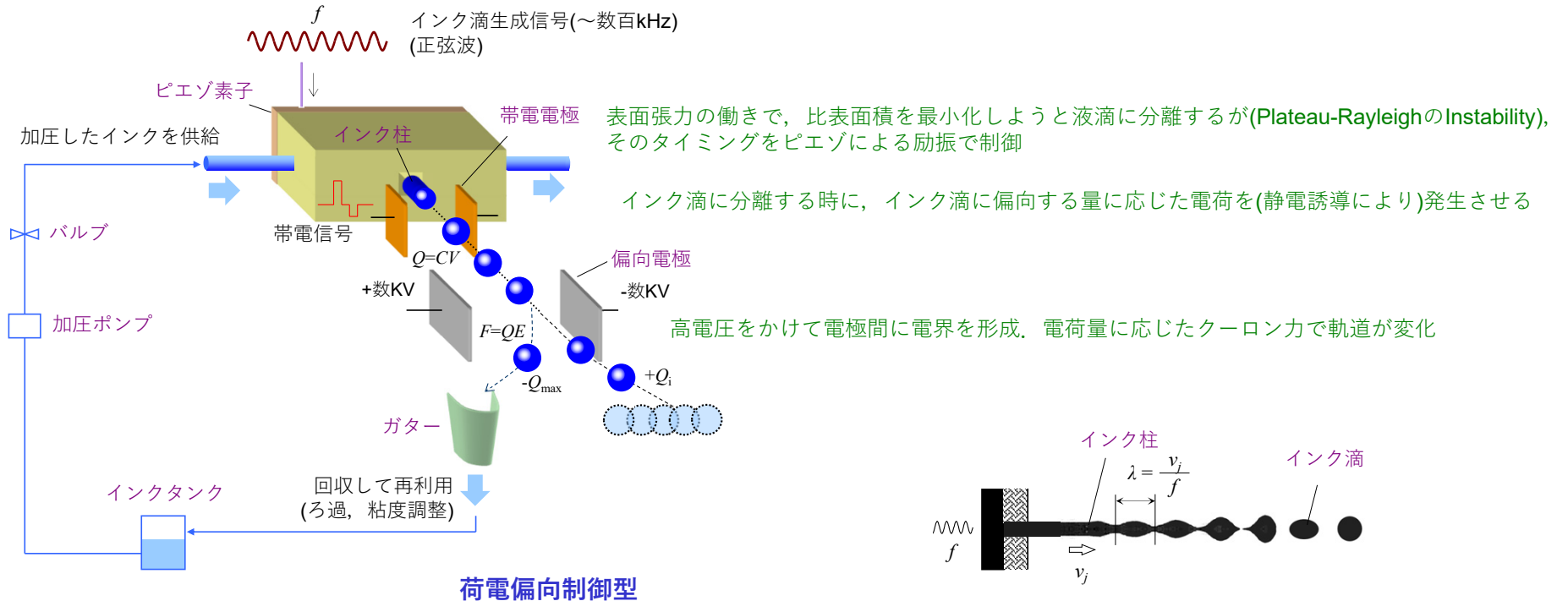
マーキング用

日立(産機), 紀州技研, キーエンス,
ID Technology, Domino, Videojet, LINX, INKJET, INC. . . .

主に
オンデマンド型は吐出圧力源による分類,
連続噴射型は偏向手段による分類を行った。

出典：藤井, 「インクジェット」2008
「改訂インクジェット」2018

荷電偏向制御型(従来型：Sweet方式)



Binary Deflection

2値偏向

帯電あり/なし制御で、プリントに用いられるインク滴は(帯電されず)直進し、紙に到達する。直進する複数のインク滴で1ドット(画素)を形成する方式を、Hertz方式と呼ぶことがある。

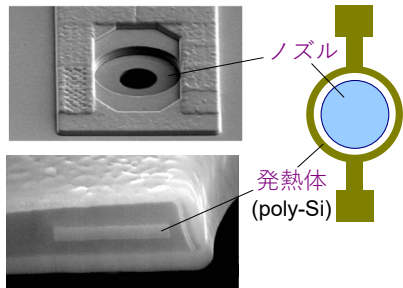
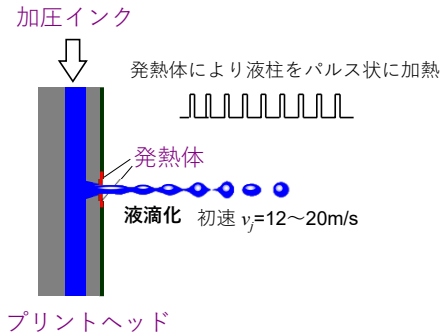
Multiple-Level Deflection

多値偏向

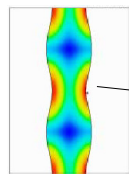
インク帯電量を細かく制御し、紙上の着弾位置を制御する。偏向量はインクへの帯電だけでなく、前後のインク滴の帯電量、順番(空気抵抗)の影響を受け、これを補正するシステムは非常に複雑になる。またマルチノズルではノズル間の継ぎ合わせ(Stitching)の精度が重要になる。

Kodak's Stream and UltraStream

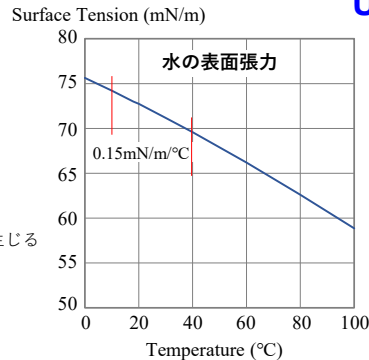
KodakのStreamとUltraStream



温度分布とくびれ形状



約2~5°Cの温度変化



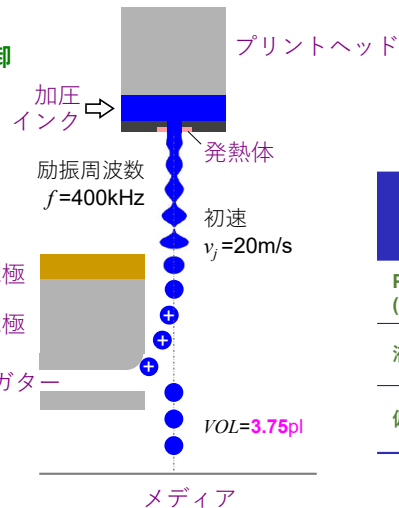
Stream

空気流による抗力で
偏向制御

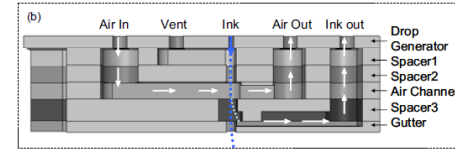
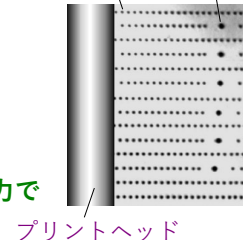
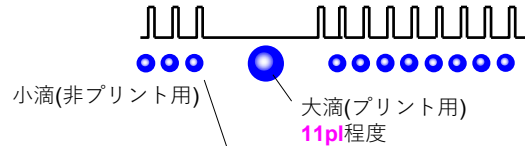
プリントに使用する液滴は空気流によって大きく偏向しないようにするため、あまり小さくできない。

荷電偏向制御

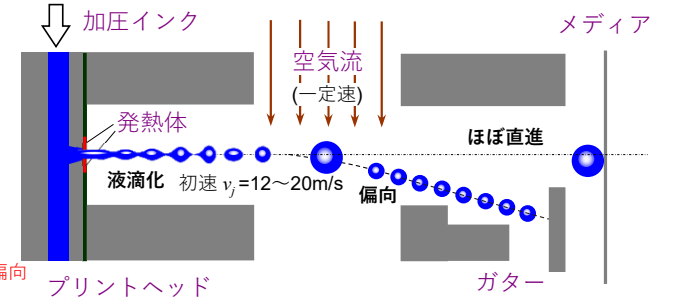
UltraStream



発熱体への加熱パルス



出典：H. V. Panchawagh, Silicon Micromachined Continuous Inkjet (CIJ) Printhead with Integral Deflection and Guttering, IS&T's NIP25 (2009)

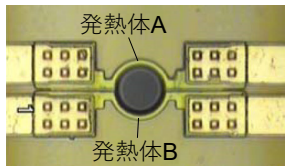
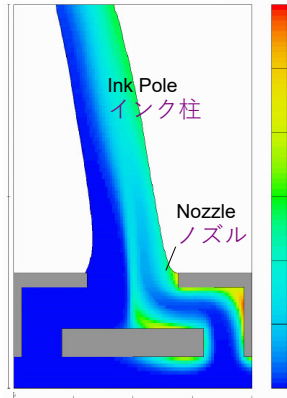


Prosper(Stream)より液滴が微小化できる。

Kodakが保有し市場導入している連続噴射型技術

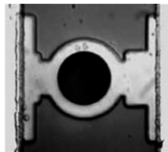
Technology	荷電偏向制御型		
	従来型	UltraStream	
Product (Brand)	Versamark	-	Prosper
液滴化手段	ピエゾ励振	熱 (表面張力分布)	熱 (表面張力分布)
偏向手段	静電気 (クーロン力)	静電気 (クーロン力)	空気流 (抗力)

初期(~2001年)のStream技術



発熱体が両サイドにある

製品化前初期(~2001年)のStream



現在のStreamの発熱体
(発熱体はつながっている)

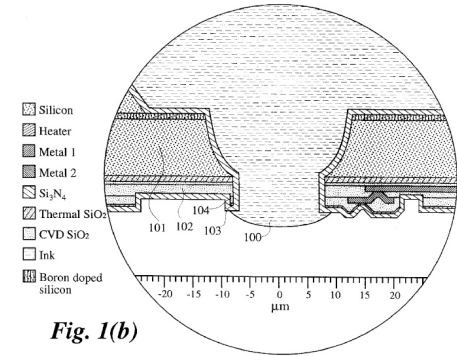
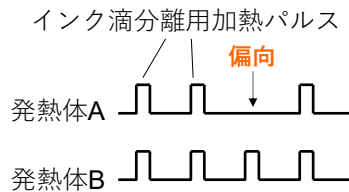
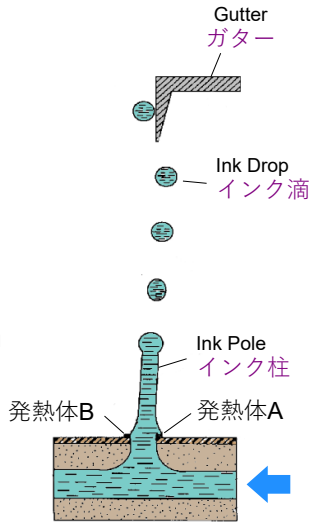


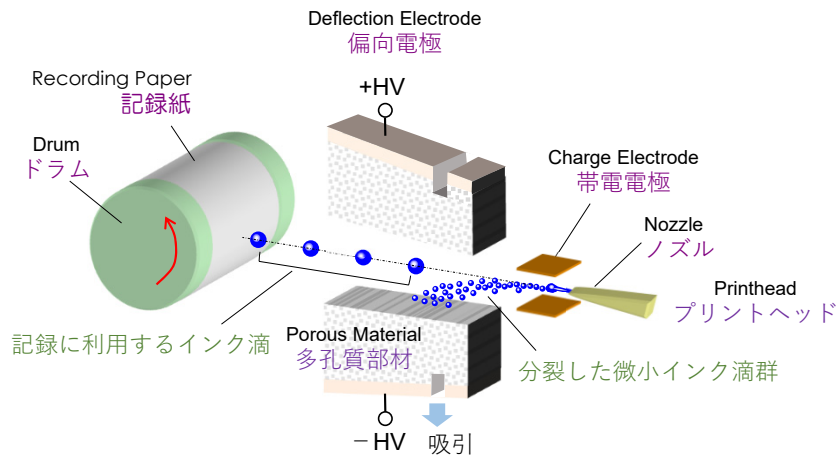
Fig. 1(b)

SilverbrookからKodakに譲渡されたLIFT特許の1つ
(USP5,815,179)

表面張力差によって生じるマランゴニ流で吐出

- 2001年頃までのKodakの"Stream"という技術の発表は熱偏向であり、2006年頃の発表から空気流による偏向になった。
- Silverbrookの発明(Liquid Ink Fault Tolerant (LIFT)がKodakに譲渡された(1993~1996の間)。

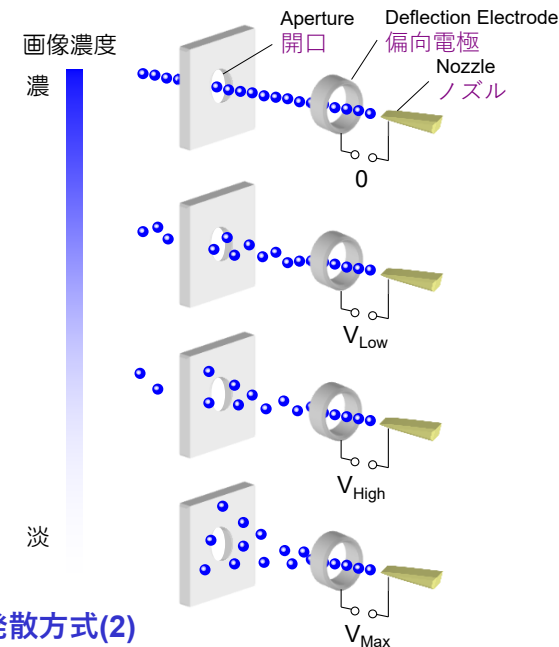
その他連続噴射型(Hertzの発散方式)



発散方式(1)
ON/OFF制御



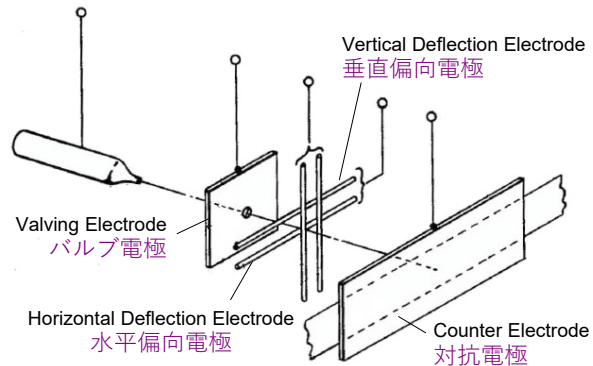
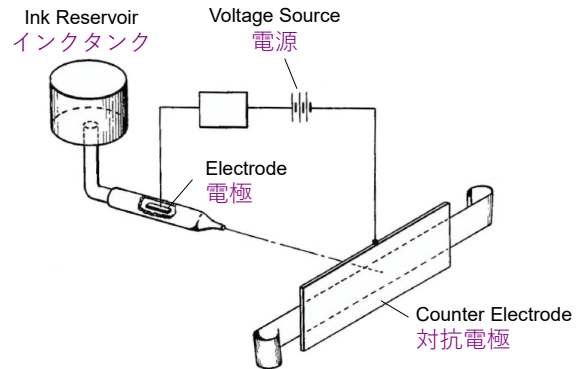
AppliconのCP-5586



発散方式(2)
Intensive Modulation

- Lund UniversityのHertzが1966年に発散型を出願。帯電電極でインク滴に過剰電荷を与えると、クーロン力による反発が液滴形成を維持している表面張力を超え、小さなインク滴への分裂が起こる。この極限の電荷密度をレイリー限界(Rayleigh Limit)と呼ぶ。帯電電極で電荷を与えないインク滴は直進して記録メディアに到達する。
- 別な方法として帯電電極で印加する電圧により電荷による反発力(広がり)を制御し、一定径の開口を通過する微小インク滴量で階調を再現する方法もある。
- 1977年にAppliconより世界初のインクジェットカラープロッタCP5586-M16が発売された。解像度は127dpi, 550mm×860mmを8分30秒でプリント。この商品のカタログ等にHertz提案の方式と記載されているが、おそらく方式(1)に基づいているが、2値偏向の荷電偏向制御型に近い。複数の直進滴で1ドットを形成する荷電偏向制御型をHertz方式と記載する文献等もある。

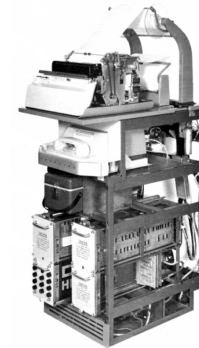
その他連続噴射型(Winstonの静電吸引型)



Winstonの静電吸引型

(USP3,060,429)

- ヘッド内で電荷を注入された導電性インクは、対抗電極(バルブ電極)間との電界で吸引・加速され吐出する。メディアに到達させないインク滴は大きく偏向し、マスク部材に衝突させる。
- 1958年に出願されたWinstonの静電吸引型は、最初は連続噴射型としてTeletype社から商品化(Inktronics)された。その後オンデマンド型として開発が進み、商品化されている。



TeletypeのInktronics



History of Continuous Ink Jet

2. 連続噴射型インクジェット of 歴史

連続噴射型

ピエゾインクジェット

サーマルインクジェット

インクジェット定義 (藤井, 書籍「インクジェット」)

「色材, 機能材料を含む液体(インク)を液滴に分離し, 画像信号(プリント信号)に応じ, 記録対象(メディア)に向けて吐出し, 色材・機能材料を対象物に付着, 伝達させるマーキング方式」

電子写真
リヒテンベルグ図形
(静電潜像)



カールソン発明



XEROX 914



1749 ● Abbé Nollet 液流への静電気の影響検討

1777 ●

1867 ● William Thomson (後にLord Kelvin)液流への静電気の影響検討
Siphon Recorder



1878 ● Lord Rayleigh 液滴形成理論

1880 ●

1881 ●

1938 ●

1946 ●

1952 ● Elmqvist (Simence) 記録計 **Mingograph**



1959 ●

1962 ●

1968 ● A.B. Dick **Videojet** 世界初のインクジェットプリンタ
(多値偏向の荷電偏向制御型)



1969 ●

1970 ●

1971 ●

1976 ●

1977 ●

1978 ●

1980 ●

1984 ●

1988 ●

2009 ●

2016 ●

電子計算機・タイプライター

連続噴射型用途

FAX

マーキング

プリンタ・商用印刷

IBM 6640
Apllicon CP5586-M16 (カラー)



P. Curie & J. Curie

圧電現象, 逆圧電現象発見

C. Hansell, USP 2,512,743

ピエゾディスクによる吐出

Naiman, USP 3,179,042
加熱による蒸気圧で吐出

Kyser シングルキャビティ型

Zoltan 圧搾型

Stemme ダブルキャビティ型

加熱による蒸気圧で吐出

小夫(リコー), 特開昭54-51837
加熱による蒸気圧で吐出, 冷却手段要

遠藤(キヤノン), 特開昭54-59936
加熱による蒸気圧で吐出, ストレート流路

斉藤(諏訪精工舎), 特開昭54-161935
加熱による蒸気圧で吐出, マルチノズル

Siemens
PT-80 (モノクロ)



PrintaColor
ISO8001 (カラー)



HP ThinkJet (モノクロ)



HP PaintJet (カラー)



Kodak Prosper K10 (Stream技術)

Kodak UltraStream技術

初期の製品 (1)

Siphon Recorder

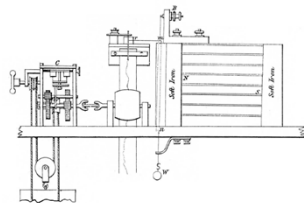
1867



William Thomson
(Lord Kelvin)



Siphon Recorder
(Hunterian Museumに
展示されているもの)



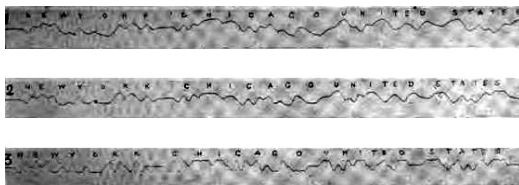
GB Patent 2147



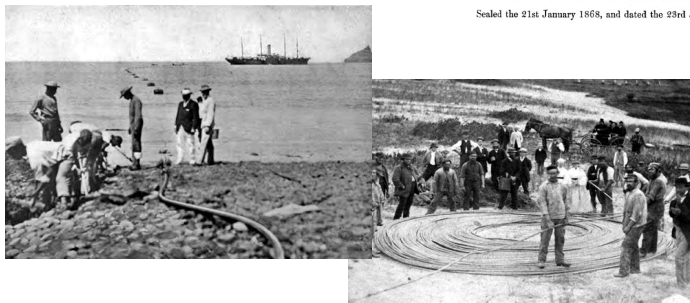
A.D. 1867, 23rd July. N° 2147.

Receiving or Recording Instruments for Electric
Telegraphs.

LETTERS PATENT to Sir William Thomson, Knight, of Glasgow College,
Doctor of Laws and Professor of Natural Philosophy in the University
and College of Glasgow, for the Invention of "IMPROVEMENTS IN RECEIVING
OR RECORDING INSTRUMENTS FOR ELECTRIC TELEGRAPHS."
Sealed the 21st January 1868, and dated the 23rd July 1867.



プリントサンプル



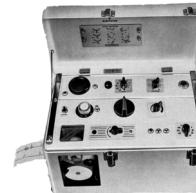
大西洋横断通信網の端末として採用された

Mingograph

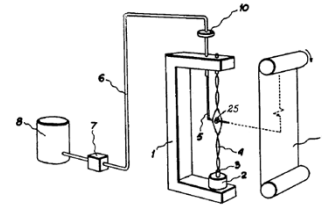
1952



Rune Elmqvist



Mingograph



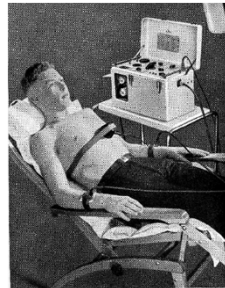
USP2,566,433

UNITED STATES PATENT OFFICE

2,566,433
MEASURING INSTRUMENT OF THE
RECORDING TYPE
Rune Elmqvist, Bromma, Sweden
Application September 21, 1949, Serial No. 117,054
In Sweden, October 1, 1949

4 Claims. (Cl. 346-35)

1 For recording slightly changing phenomena
oculographs are commonly used in which the
pointer usually is a light or electron beam. A
drawback of these instruments is that the re-
cording of the amplitudes must be made photo-
graphically. Recording instruments written di-
rectly in ink are known but due to the great
moment of inertia of the pointer hitherto used
in most of these instruments it was impossible
to construct the same for higher frequencies than
about 100 or, at the most, 200 cycles per second.
In order to avoid the great moment of inertia
measuring instruments of the recording type have
been constructed with a writing element consist-
ing of a glass tube 2 having an external diameter of the order of
0.1 mm. and an orifice of the order of 0.01 mm.
Immediately behind the tip, for instance at a
distance of 1-2 mm. the glass tube is bent at
right angles and has its upper portion extending
parallel and close to the magnifying element 4.
At its upper end the glass tube 2 merges into a
wider tube 3 secured to the frame 1. In the tube
5 a liquid filter 6 is arranged. The tube 6 is
connected to a liquid container 8 by means of
a pump 7. Reference numeral 9 designates a re-
cording tape which may be advanced in the di-
rection of the arrow by a driving mechanism, not
shown.



Siemensが心電計の記録装置として
発売した。

- Siphon RecorderもMingographもガルバノメーター*でインク流(滴)を偏向しているが、1滴ごとに吐出やプリント位置を制御していない。
- このため(藤井の)インクジェットの定義には該当せず、インクジェット方式とはしていない。(文献によってはこれらを最初のインクジェット装置と記載するものもある)

* コイルを貫流する電流に応じて、ポインターが回転して偏向を作り出して円弧を通して測定量を示す電気機械変換器。

初期の製品 (2)

VIDEOJET

1968

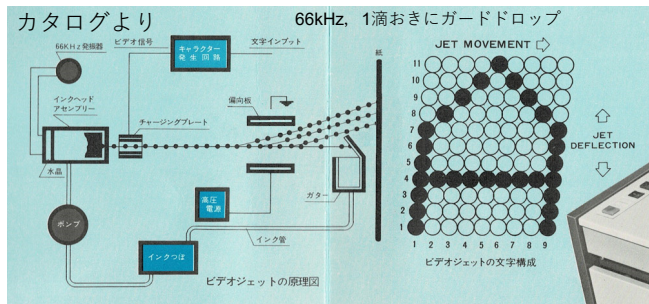


MODEL-9600



Videojet Printer

Videojet



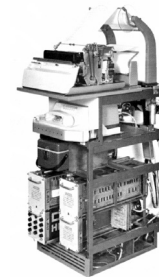
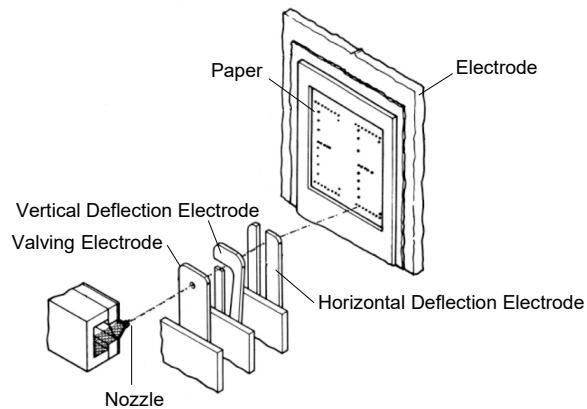
MODEL-9600 VIDEOJET PRINTER

キヤラクター-シンクロナス, ラインシンクロナス	250シ / SEC	132シ / LINE
TYP VARI, 2, 3ミリ 10シ / インチ < 5-15シ >	9x11 6ライン / インチ	H-H-D 112, 5 ト* サトマトリクス 933x623x419 KG
1.00VAC-50/60HZ 64シ / 128シ * カナモシ *	1.0, 0C-35C	10%-80%

プリントサンプル

Inktronic

1969(?)

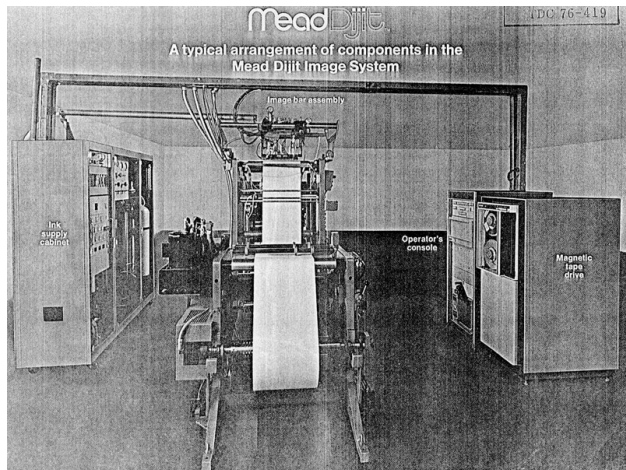


Inktronics

- Winstonが発明した2次元偏向制御の静電吸引型を採用したTeletype社のInktronicがあるが、発売年が確定できていない。
- Digital Computer Newsletterという月刊誌(1968年4月号)に、1967年に発表されたという記載があるが、その後の商品化のニュースや入手できたカタログは1969年であった。2008年の書籍執筆の際、発売年が明確であったVideoJetを最初の商品とした。

初期の製品 (3)

MEAD 1973(1974)



2値偏向の荷電制御型
(512ノズル, 48kHz)

- 1973 MeadがDIJITを発表
- 1983 Kodakの子会社のDiconixがMeadを買収
- 1988 KodakがDiconixを吸収
- 1993 ScitexがKodakのインクジェット部門を買収(Scitex Digital Printing)
- 2003 KodakがScitex Digital Printingを買収

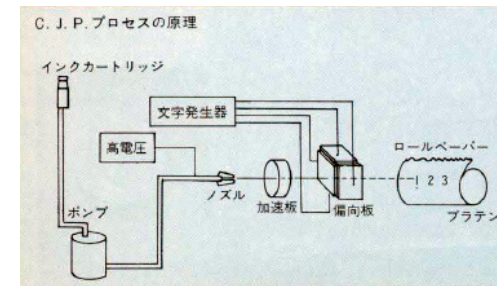
CASIO 1969(1970)



電卓のプリント部
JP-1



電子タイプライタ
Typuter



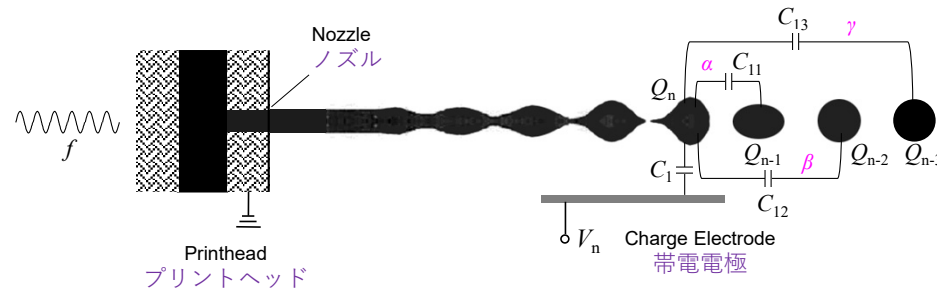
カタログに記載されたC.J.P.(Casio Jetting Process)
静電吸引の多値偏向型



Control Complexity and Control Factors

3. 制御の複雑さと制御因子

多値偏向における前後滴の影響排除(LUT: ヒストリーテーブル)

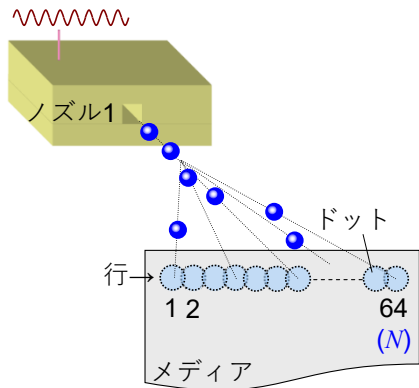


- インク滴に分離した瞬間，帯電電極で静電誘導により偏向量に対応する電荷 $Q_n = -C_1 V_n$ を与えるが，飛行中に前滴，後滴が持つ電荷からの誘導により，最終的な電荷量 Q'_n は変化する。
- 例として前3滴からの影響のみを考慮し，それぞれの滴からの誘導係数をそれぞれ α, β, γ とすると最終的な電荷量 Q'_n は

$$Q'_n = -C_1 V_n - \alpha Q_{n-1} - \beta Q_{n-2} - \gamma Q_{n-3}$$

- インタレース駆動(後述)のため，プリントされる前後滴の電荷量(偏向位置)は決まっているが，プリントに使用されない滴はガターで回収されるための電荷量を持っており，前後滴の電荷量の組み合わせパターンは画像に依存する。
- 前滴の存在(パターン)により後滴の受ける空気抵抗も変わり，偏向量(ずれ)に影響を及ぼす。
- このため，注目滴との距離が近い(静電的，空力的な影響が大きい)前後30滴あまりの有無により，最終的に注目滴が Q_n を得るための印加電圧の補正係数をLUT(Look Up Table)に収め，前後滴のパターンにより印加電圧を補正している。このLUTをHistory Tableと呼ぶ。
- LUTの参照しながら補正電圧を励振周波数で切り替えるのは(当時は)不可能であり，プリント前にプリントパターンから実際に印加する電圧を計算し，メモリー上に保持し順次帯電電極に印加していた。
- 補正係数は，環境条件(湿度，温度，気圧)の影響を受けるため，常時同じLUTを適用することはできない。

多値偏向における前後滴の影響排除(高次のインタレース駆動)



$$I \cdot m - N \cdot k = 1$$

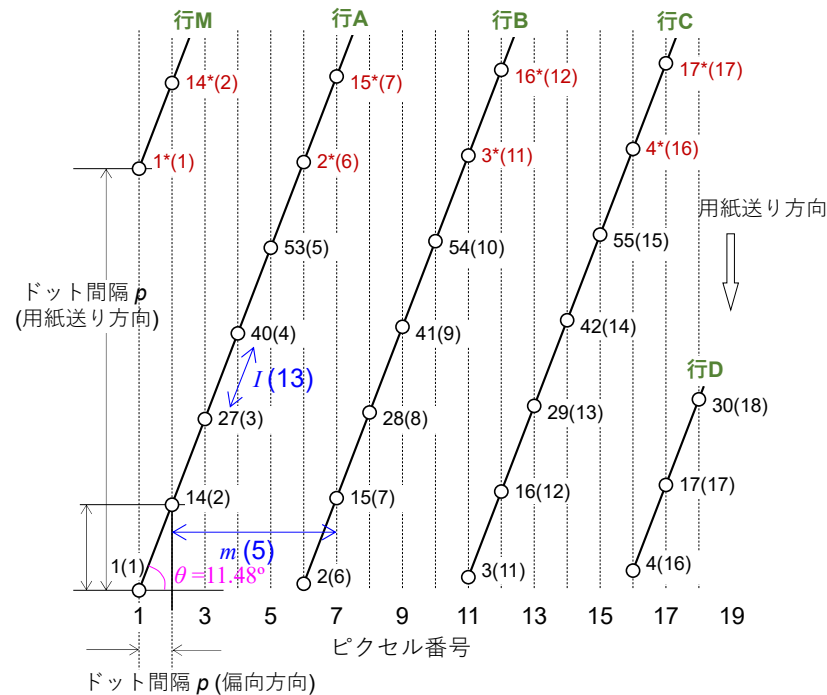
$$\theta = \tan^{-1} \left[\frac{I}{N} \right]$$

N : 偏向レベル(数)
 m : ピクセル空間距離
 I : インタレースレベル (時間的距離)
 k : インタレースオーダー
 θ : 偏向角

ピクセルプリント順 ($N=64, m=5, I=13, k=1$ の場合)

1	6	11	16	21	26	-----	51	56	61
2	7	12	17	22	27	-----	52	57	62
3	8	13	18	23	28	-----	53	58	63
4	9	14	19	24	29	-----	54	59	64
5	10	15	20	25	30	-----	55	60	64

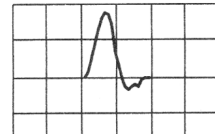
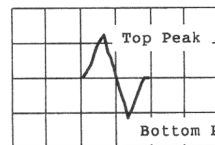
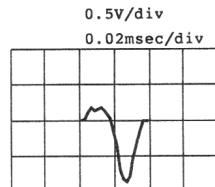
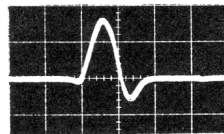
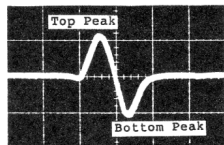
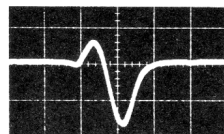
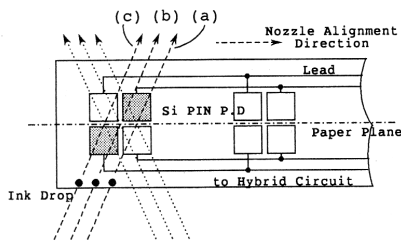
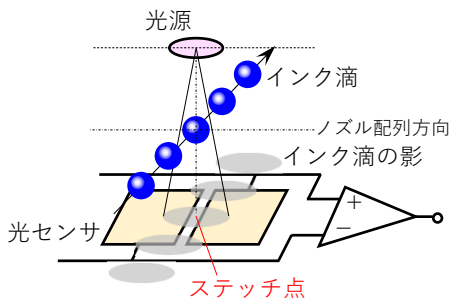
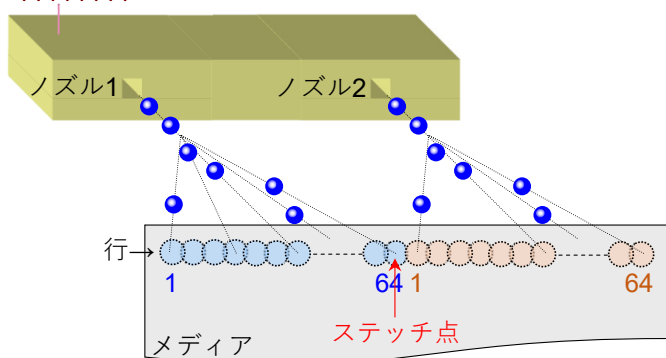
- 前滴からの影響(空力的, 静電的)をなるべく受けないよう, プリントに用いるインク滴の間にプリントしない滴(ガードドロップ)を複数挟むことが行われているが, 実質的プリント周波数が低下する。
- 前滴からの影響(空力的, 静電的), 後滴からの影響(静電的)を排除するために, インタレース駆動により前後滴との空間距離をなるべく広げることができる(多値偏向)。
- 通常のインタレース(駆動)は1行内でドットのプリント順を入れ替えるものであるが, **ハイオーダーのインタレース**は, 複数行に渡りプリント順を入れ替える方法であり(右図の場合は13回のサイクルで1行が埋まる), 前後滴からの空間距離(m)や, 隣接ピクセルとの時間的距離(I)を大きくすることができる。
- ガードドロップが不要になり, これによるプリント速度の低下が起こらない。
- 行の傾きは偏向角 θ だけヘッドを傾けることで(実際には偏向電極での偏向角で)補正する。



出典：藤井, 「改訂インクジェット」2018

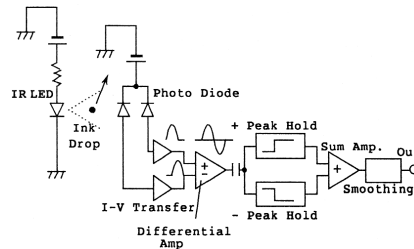
マルチノズルでのつなぎ合わせ(ドロップセンサ)

マルチノズルプリントヘッド

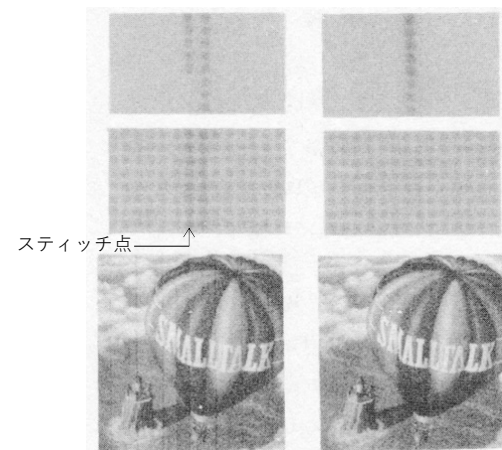
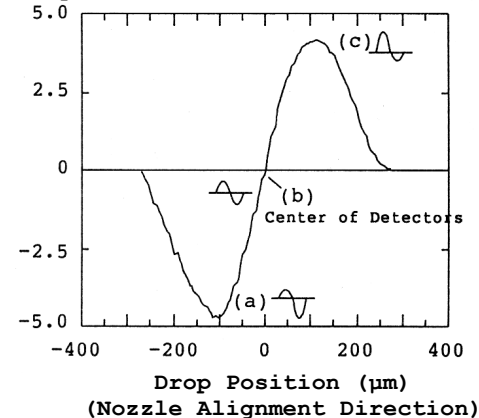


Measured

Calculated



Sensor Output (V)
[(+peak) + (-Peak)]



ステッチミスによるスジ

(a)

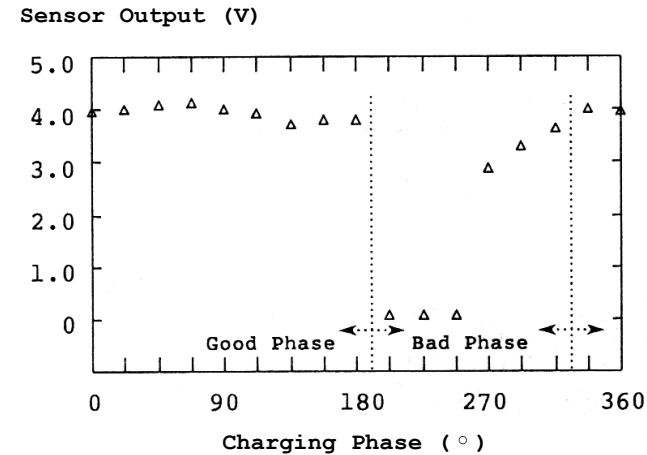
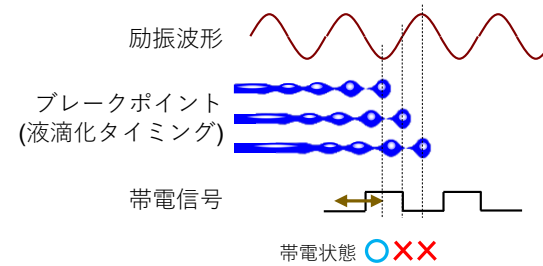
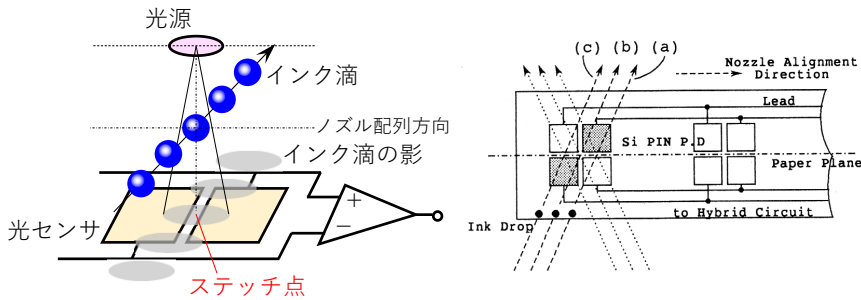
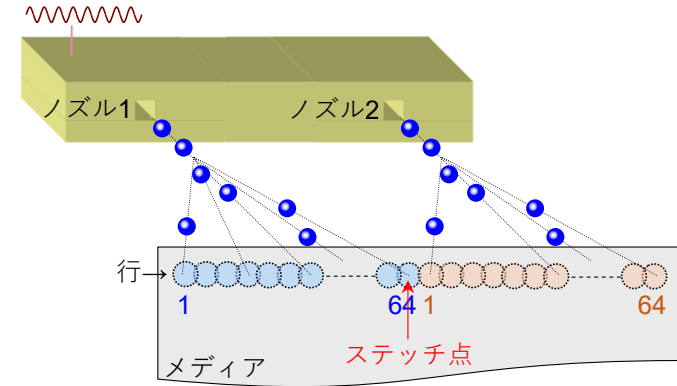
従来の連続滴検出センサ
による位置合わせ

(b)

単独滴検出センサ
による位置合わせ

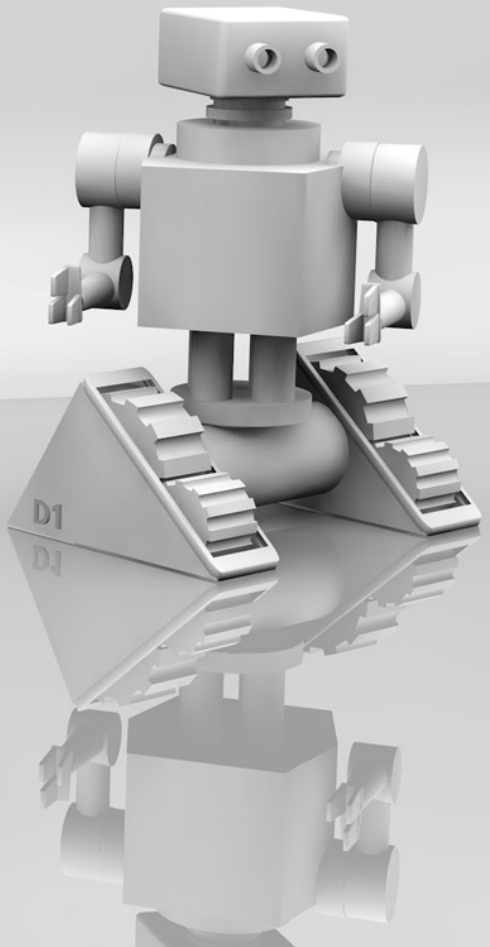
- 高次のインタレース駆動やヒストリーテーブルを導入しても、(時間経過により)飛行位置のずれが生じる。このため各ノズルの担当領域の継ぎ目(ステッチ点)にインク滴検出センサ(ドロップセンサ)を設置してインク滴通過を検出し、その時の帯電電圧を求め補正を加える。
- 従来のセンサは(感度が低く)連続滴で検出しており、(プリント時の)単独滴とは異なる。また光源の波長は可視光($\lambda=632\text{nm}$)のため汚れによる感度低下→単独滴検出、赤外光の採用。

Functions of the Drop Sensor ドロップセンサの機能



出典：藤井, 第19回画像工学コンファレンス (1988)

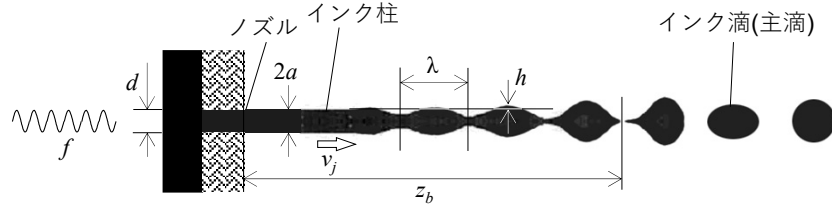
- インク供給圧力, インク物性, 励振強度, 励振周波数によりブレイクポイント(液滴化タイミング)が変化する. このため(周期の1/16刻みで)帯電タイミングを変えたインク滴をドロップセンサ上に飛翔させ, センサ出力からの最適タイミング(位相)を検出する.
- (ポンプ圧のモニタとして)平均飛翔速度の検出もドロップセンサで行い, 制御にFBする.



4. Future Prospect 今後の展望

液滴化周波数(励振周波数)

単位体積当たりの表面積=比表面積が球の方が小さくなる条件



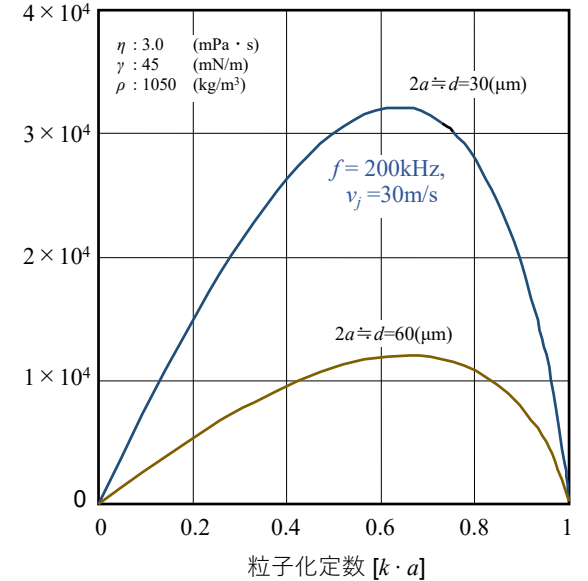
- J. Plateauによれば、 $\lambda > 2\pi \cdot a$ を満たすとき、くびれ振幅 h は成長し、液滴に分離する。この条件を波数 $k = 2\pi / \lambda$ で表すと、粒子化定数 $k \cdot a < 1$ となる。
- L. Rayleighの円筒モデルによる微小変形理論によれば、このときくびれ h の成長は、初期のくびれ振幅を h_0 とすると、 $h = h_0 \cdot e^{\mu t}$ (ただし μ は振幅成長率)。
- C. Weberの粘性を考慮した解析から、

$$\mu^2 + \left(\frac{3 \cdot \eta \cdot k^2 \cdot a^2}{\rho \cdot a^2} \right) \cdot \mu = \frac{\gamma}{2\rho \cdot a^3} (1 - k^2 \cdot a^2) \cdot k^2 \cdot a^2$$

η : 粘度
 γ : 表面張力
 ρ : インク密度

- これより振幅成長率 μ は $k \cdot a \cong 1/\sqrt{2}$ のとき最も大きくなり、効率良くインク滴を生成することができる。従って $k \cdot a$ がこの近傍になるようにプリントヘッドのパラメータを設定する。(励振周波数 $f(v_j/\lambda)$, ノズル径 d , 吐出速度 v_j の組み合わせが決まる)
- インク滴に分離するタイミング t_b はくびれ振幅 h が a に一致する時間であり $t_b = \frac{1}{\mu} \ln \frac{a}{h_0}$
- この時の分離長 z_b は $z_b = \frac{v_j}{\mu} \ln \frac{a}{h_0}$

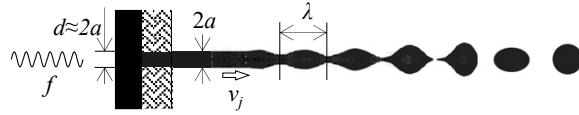
振幅成長率 $[\mu]$ (1/s)



出典：藤井,「改訂インクジェット」2018

Dropletized Frequency and Ink Drop Volume

液滴化周波数とインク滴量



液滴化条件は $\lambda > 2\pi \cdot a$ であり、これにBernoulliの定理を適用すると

$$f < \frac{v_j}{2\pi a} = \frac{7P^{1/2}}{\pi a} \quad P \text{は供給圧力}$$

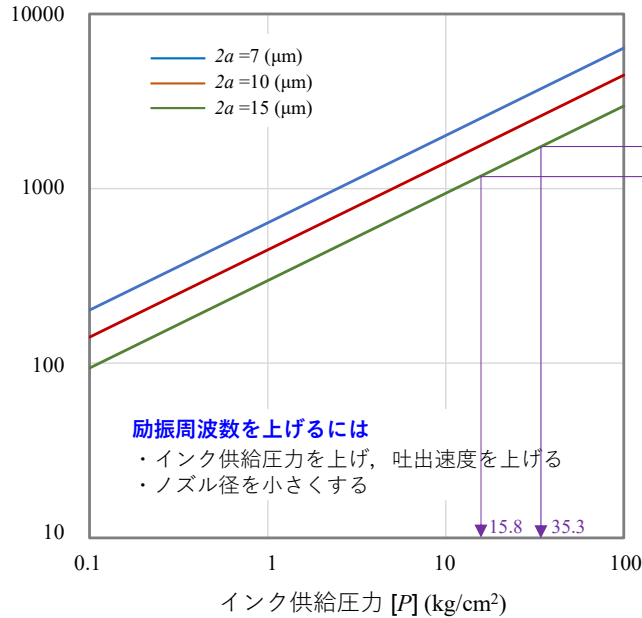
$$VOL = S \cdot \lambda = \frac{\pi a^2 v_j}{f}$$

速度が高すぎると層流から乱流になる。
画質から決まる最適インク滴量がある。
振幅成長率の最適点がある。
サテライトの最適条件がある。



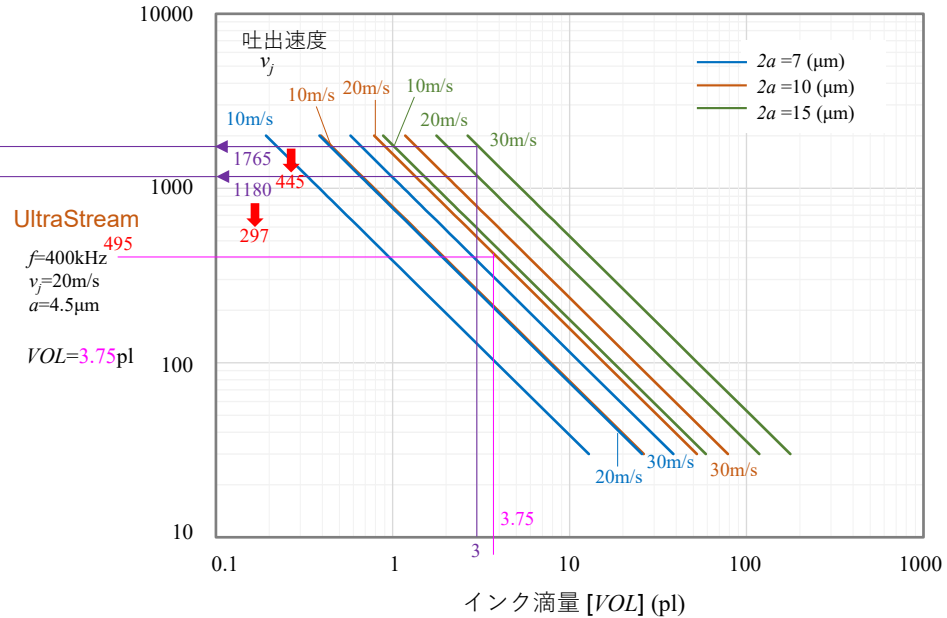
駆動条件の最適組み合わせが存在する。
 (f, v_j, a)

最大励振周波数 $[F_{max}]$ (kHz)



液滴化条件を満たす最大励振周波数 $[F_{max}]$

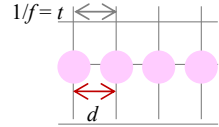
励振周波数 $[f]$ (kHz)



励振周波数 $[f]$ とインク滴量 $[VOL]$

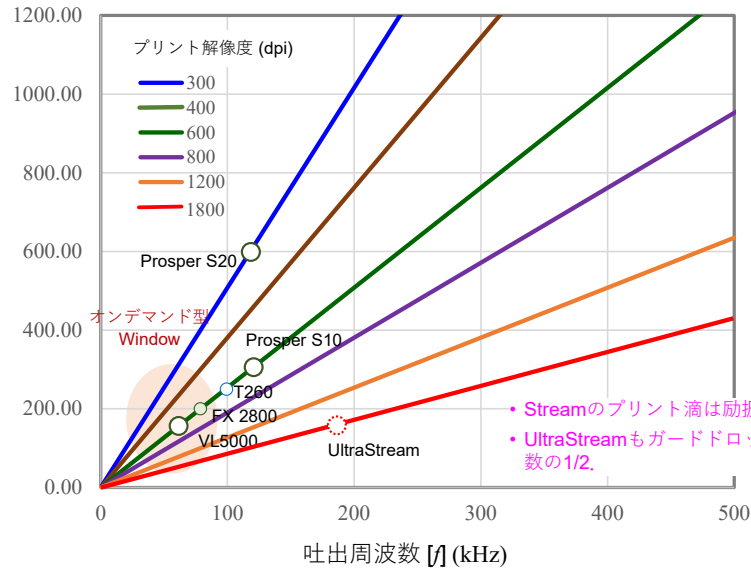
Dropletized Frequency and Print Speed 液滴化周波数とプリント速度

ドット間隔(距離) $d = \frac{1}{\text{解像度} R}$ ただし解像度はMKS系



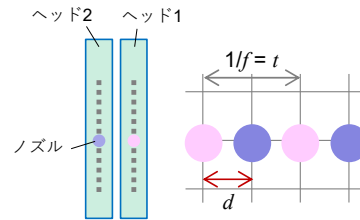
ドット間隔(時間差) $t = \frac{1}{\text{駆動周波数} f}$ プロセス速度 $V = \frac{d}{t} = \frac{f}{R}$

プロセス速度 [V] (m/min.)

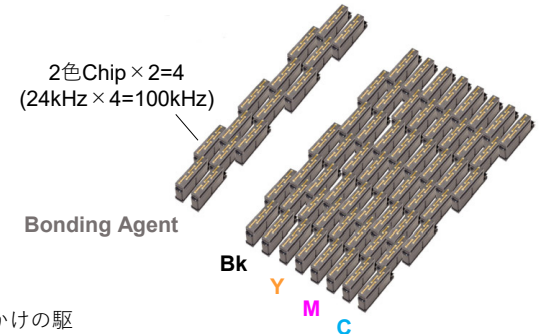


画像解像度とプロセス速度

- Streamのプリント滴は励振周波数の1/3程度.
- UltraStreamもガードドロップにより励振周波数の1/2.

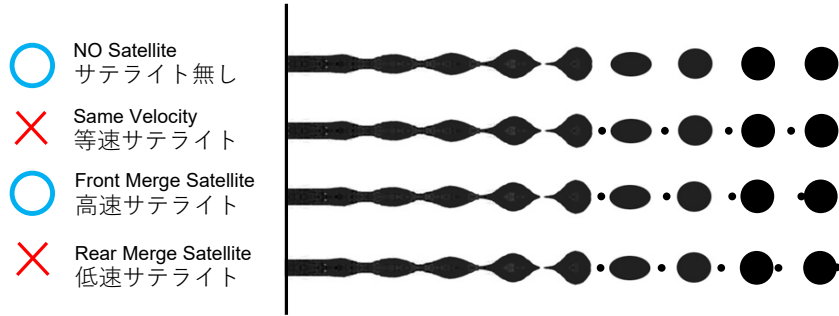


送り方向にヘッドを複数配置すれば、見かけの駆動周波数(=プロセス速度)を上げることができる.



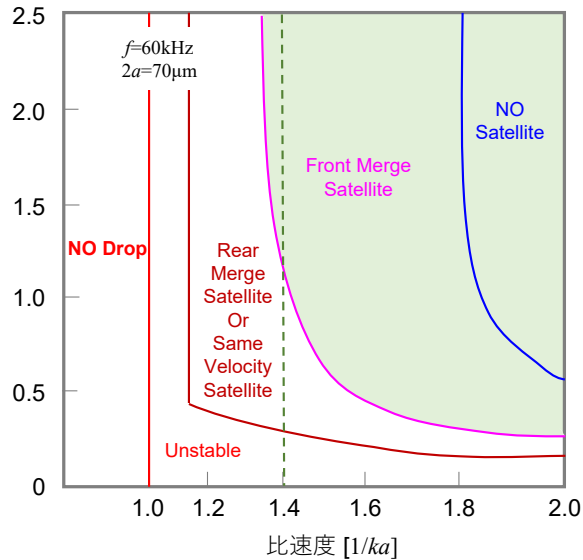
HP WEB PRESSのヘッド配置

サテライトの発生と故障原因



過去にサテライトのみを偏向させてプリントに用いたマイクロドットインクジェット(日立)として開発されたこともある。

ノズル加振振幅 [$h/a \times 10^{-2}$] (→励振電圧)



連続噴射型の故障原因

- 帯電・偏向電極へのインク付着(荷電偏向制御型)→自動洗浄手段を備えた装置がある
- (回収したインクの)異物詰まり→オンデマンド型より手厚いフィルタ対応
- ノズルプレート剥がれ

UltraStreamのヘッド寿命: 3×10^{12}

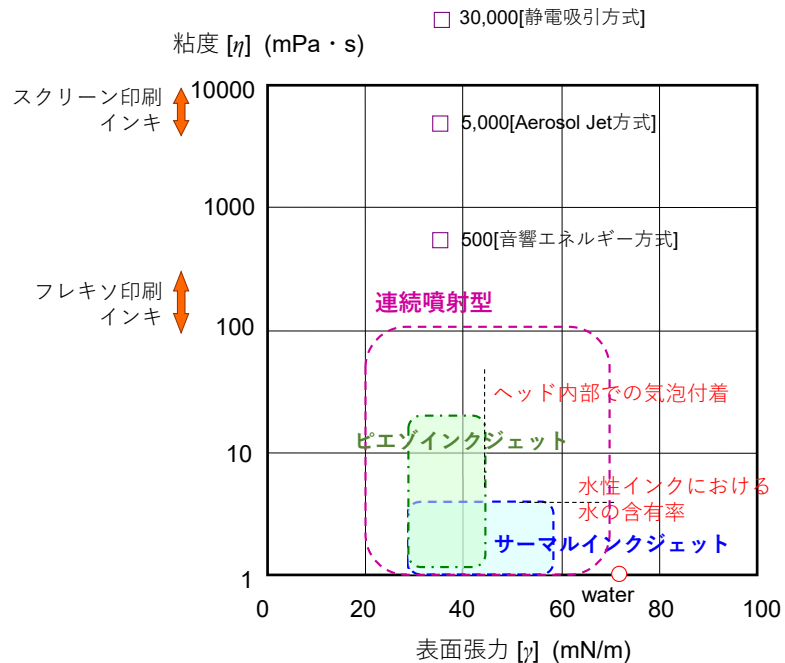
オンデマンド型の1,000倍程度

サテライト発生は理論解析が難しく、実験によるWindowが求められていた。

実験より求められたサテライト発生状態

出典：高野，日本機械学会誌，Vol.84，No. 755

インク物性範囲



オンデマンド型(OIJ/TIJ)はなぜ高粘度液体が噴射できないのか、なぜCIJは有利なのか。

- ・ 圧力損失・・・粘度が高くなると流路、ノズル部での流体抵抗が大きくなり圧力損失が大きくなり、液体移動・噴射に大きな力を必要とする。

CIJ：強制加圧をしており、圧力損失が大きくなっても、噴射できる。

- ・ リフィル低下・・・オンデマンドにおいてリフィル(吐出後のインク再供給)は、毛管力に依存しており、粘度が高くなるとリフィル速度(駆動周波数)が低下する。

CIJ：強制加圧をしており、粘度が高く圧力損失が大きくなっても噴射できる。

高粘度インクが吐出できるメリット

- ・ 色材濃度を高められる
- ・ 組成の自由度が上がる(機能性インク)

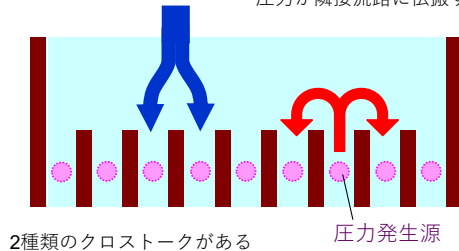
Comparison with On Demand Type and Future Evolution

オンデマンド型との比較と今後の進化

特性	オンデマンド型		連続噴射型
高速化(駆動周波数)	インクのリフィル, クロストークの影響排除, 駆動波形(長)	<	加圧インク供給, 隣接ノズルへのクロストーク影響ほぼなし, 単純波形
ヘッド(装置)サイズ	極めてシンプル	>	複雑(偏向制御, 回収等)
制御	温度, パターンの影響を排除する必要	>	温度, 前後滴の影響を排除する必要
インク範囲	リフィル(粘度), 液滴化, ノズル乾燥防止など, インク組成に対する課題が多い	<	強制加圧であり, インクのラチチュード(組成, 物性値)は広い.

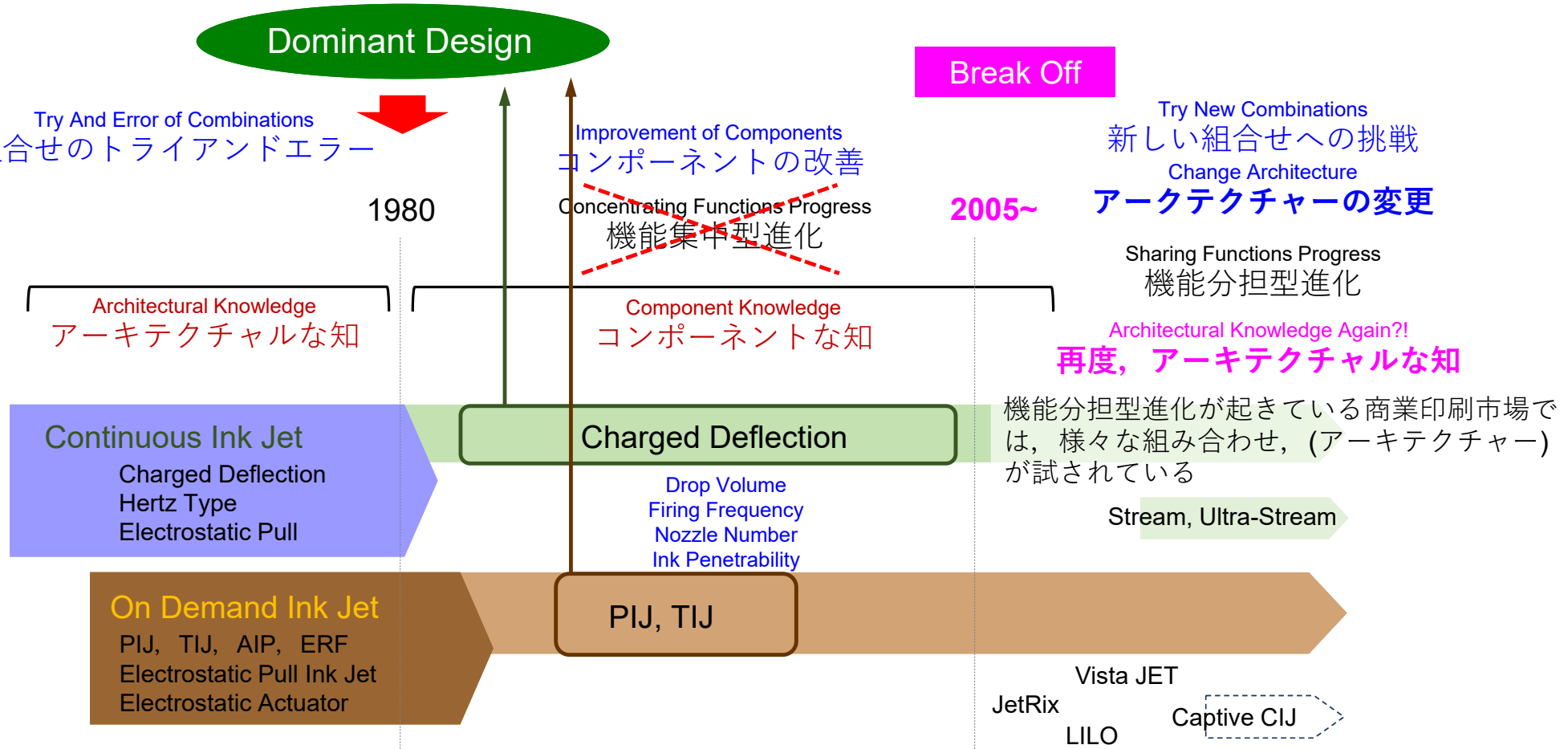
流体クロストーク:
インク流れが(局部的に)集中し
圧力損失が大きくなる

圧力伝搬クロストーク:
圧力が隣接流路に伝搬する



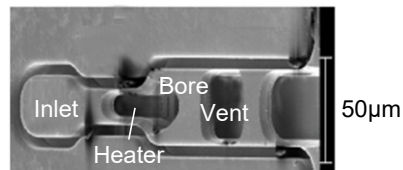
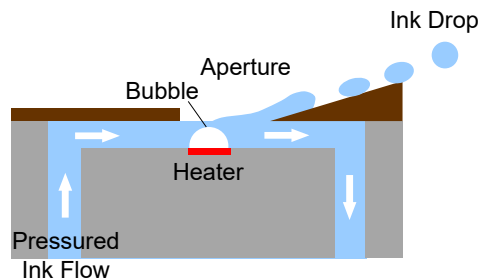
- インク範囲(物性, 組成)の広さはオンデマンドより有利であるが, 生み出す価値は差別化できるほどの圧倒的な差ではないのではないか.
 - 高速化も **Scalability** の高いオンデマンドのノズル数(Swath)増, 並列配置等により, それほどの差は生まれていない.
 - クロストークの影響が少ないという本質的な特徴はあるが, (商品として解決すべきことでありユーザーへの価値提供にはつながらない.
- ↓
- 連続噴射型としての(機能集中型形態での)進化もそれほど望めず, オンデマンドとの差別化も難しくなっている.
 - シングルノズル(ノズル数少)の多値偏向は(それほど厳密な飛翔制御を必要としない)現状の適用市場(マーキング等)での需要は今後も確実にある.
 - 高速に一定サイズの粒子を形成する技術としての, 新規応用はあるかもしれない.
 - **インクジェット技術はアーキテクチャ模索の段階に再び入り、加圧インク供給によるクロストークに強い特徴を活かしながら、オンデマンドとのHybrid化に進んで欲しい。**

The Evolutionary Process of Ink Jet
インクジェットの進化過程



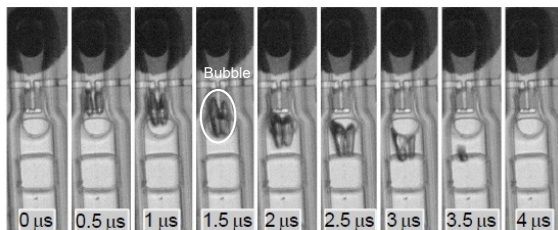
Hybrid of On Demand Type and Continuous Type オンデマンドと連続噴射型のハイブリッド

Captive CIJ (Kodak)

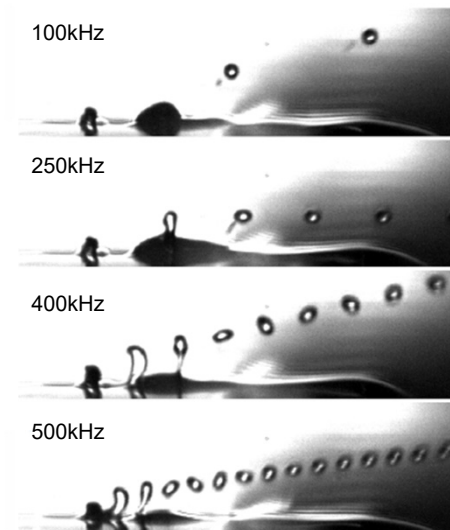
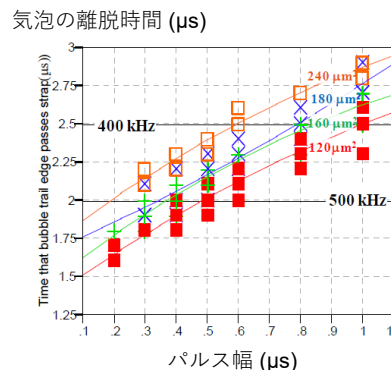


2014年以降, 新規発表はない. 開発断念か?

- 循環流路の途中に発熱体を設置. 加圧連続インク流を発熱体によるバブル形成で偏向し, 開口から吐出する.
- 生成されたバブルはインク流により発熱体を離脱. 発熱体はインク流で冷却されるため高周波数でのバブル形成が可能(Cavitation Damageも起きない).
- インク滴サイズは0.1~10pl, 初速は10~30m/s.



発熱体からの気泡の離脱



高周波数吐出の様子
(写真ではオンデマンドになっていない)

Thank You for Your Kind Attention!



inkcube.org

<https://www.inkcube.org>



<https://sig4dff.org>