

ラドテック研究会 第183回 講演会

Technical Trends and Evolutionary Morphologies of Ink Jet インクジェットの技術動向と進化形態

Where Is the Ink Jet Headed?

～インクジェットは何処に向かおうとしているのか～

2024年1月26日



慶應義塾大学SFC研究所
inkcube.org

Fujii Masahiko
藤井 雅彦

この20年、インクジェット技術進化が市場拡大(変化)を牽引した側面と、市場変化に技術が対応した両側面がある。これにより技術進化形態にも異なる2つの状況が並立するようになった。最新の技術トピック紹介も交え、今後インクジェットが向かう方向を考えたい。





2007



ISJインクジェット技術部会主査



Johann Gutenberg Prize



1985

1990

2004

2008

2016

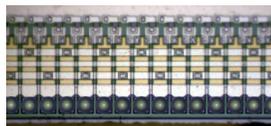
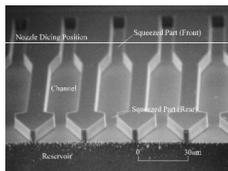
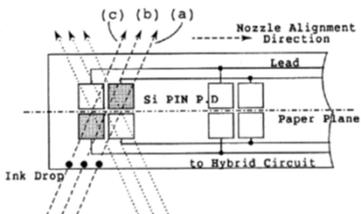
2019

2024

Continuous Ink Jet

Thermal Ink Jet

Applications of Ink Jet



3D Printing



High Quality, High Speed
Full Color 3D Printer

3D Data Handling

3D

Voxel-Based 3D Data Format 'FAV'

M. Fujii, New Voxel-Based Data Format FAV for Seamless 3D Data Flow to 3D Printers, IEEE CPMT Society Japan Chapter Workshop on Functional 3D Additive Manufacturing (2016)



4DFF

4D (FF)

4D & Functional Printing

M. Fujii, 4D and Functional Printing - The Creation of New Values beyond Dimensions - , Journal of the Imaging Society of Japan Vol. 58 No. 4, 2019

Single Drop Detector

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

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

Micro-Lens Array

M. Fujii, Issues and Approaches Imposed on Ink Jet for The Progress of Printed Electronics, Transactions on Japanese Society of Electronics Packaging, Vol. 33, No. 1, 2010

2.5D



IS&T AWARD

JOHAN GUTENBERG PRIZE 2019

MASAHIKO FUJII
Fuji Xerox

for great achievements and contributions to inkjet technologies and the evolution of these concepts to 3D technologies.

For great achievements and contributions to inkjet technologies and the evolution of these concepts to 3D technologies.

Johann Gutenberg Prize (2019)





インクジェット技術とは?

何を思い浮かべますか?



速度

画質(品質)



2D/3D・サイズの違いはあっても
所詮**プリンタ!**



出典: <https://www.kyoceradocumentsolutions.co.jp/products/production/>



出典: https://japan.mimaki.com/special/3d_print/product.html

インクジェット技術が**創出(提供)**できる価値はそれだけでしょうか?



1P目の1行目に定義を記載



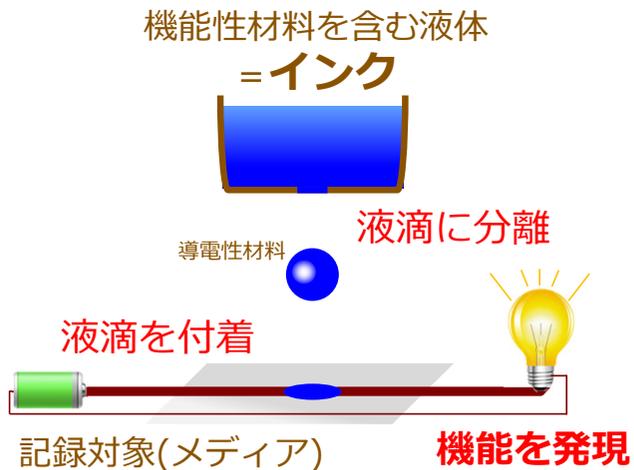
2008年



2018年

Q インクジェット技術(記録方式)とは?

A **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**対象物に付着させ**, **機能を発現させるマーキング(パターンニング)方式の総称**である.



技術の定義(本質)を捕らえることは,
技術の応用展開を考える上で極めて**重要**.



Ink Jet Marking Process is Simple.

インクジェットによるマーキングプロセスは

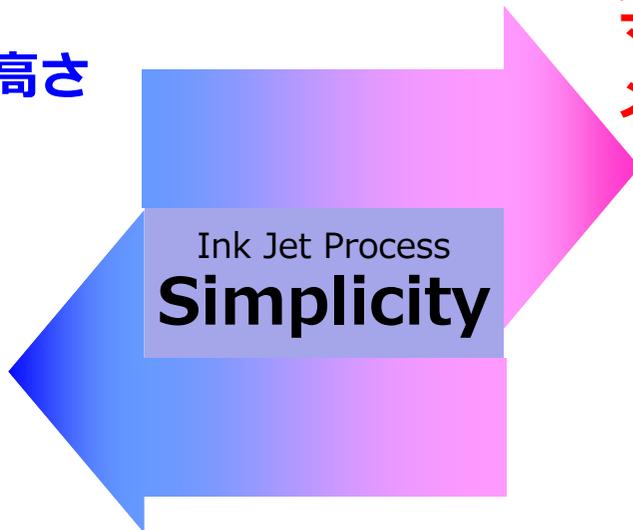
“Simple”

High Applicability to Various Applications

様々な応用展開可能性の高さ



Possibility
可能性



Ink Jet Process
Simplicity

Marking Process is Achieved Only by Interactions between Ink And Media.

マーキングプロセスがインクと
メディアの相互作用のみで実現される



Limitation
限界

Challenge
挑戦

インクジェットの応用展開 および技術開発は

① シンプルなプロセス(本質)を活かす方向

② 限界を打破して課題に挑戦する方向

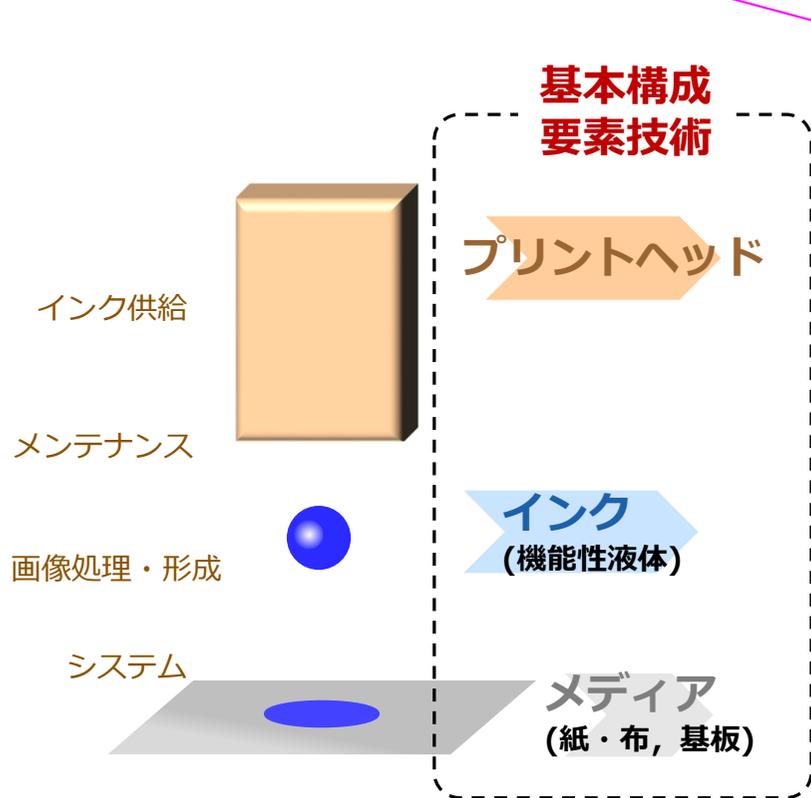


機能集中型進化

一般プリンタ市場での技術・商品開発

プリンタの基本性能は**プリント画質**と**プリント速度**

プリンタの基本性能の向上は、
各基本構成要素(技術)の性能向上に支えられてきた。



高画質化

- ・ 微小滴化
- ・ 高解像度化
- ・ インク範囲拡大
- ・ サテライト抑制
- ・ 吐出方向安定化
- ・ 浸透性制御
- ・ 発色性向上
- ・ 多色化
- ・ 反応性付与
- ・ 均一広がり
- ・ 光沢性
- ・ インク吸収量向上
- ・ 広がり制御(反応)

高速化

- ・ 駆動周波数向上
- ・ 多ノズル化
- ・ ロバスト化
(メンテナンス低減)
- ・ 浸透性制御
- ・ 反応性付与
- ・ 吸収速度向上

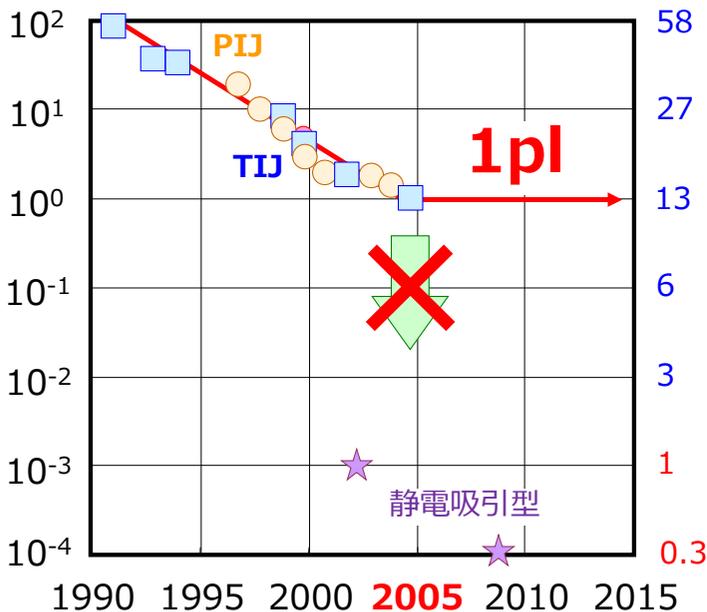
機能集中型の進化

Concentrating Functions Progress (CFP)

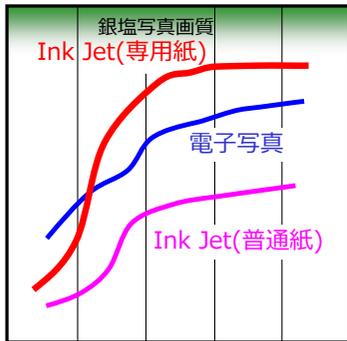


一般プリンタ市場における性能向上

最小インク滴体積 (pl) インク滴直径 (μm)



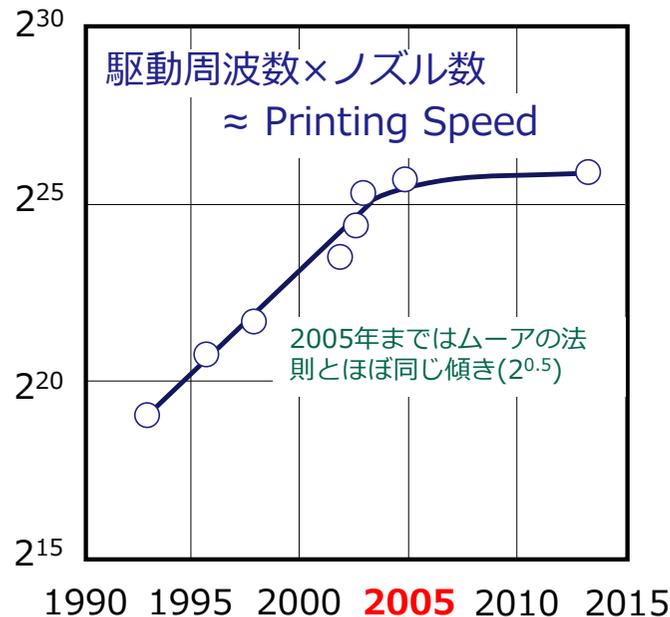
一般ユーザーが感じるきれいさ
[画質官能評価値]



1990 1995 2000 2005 2010 2015
発売年

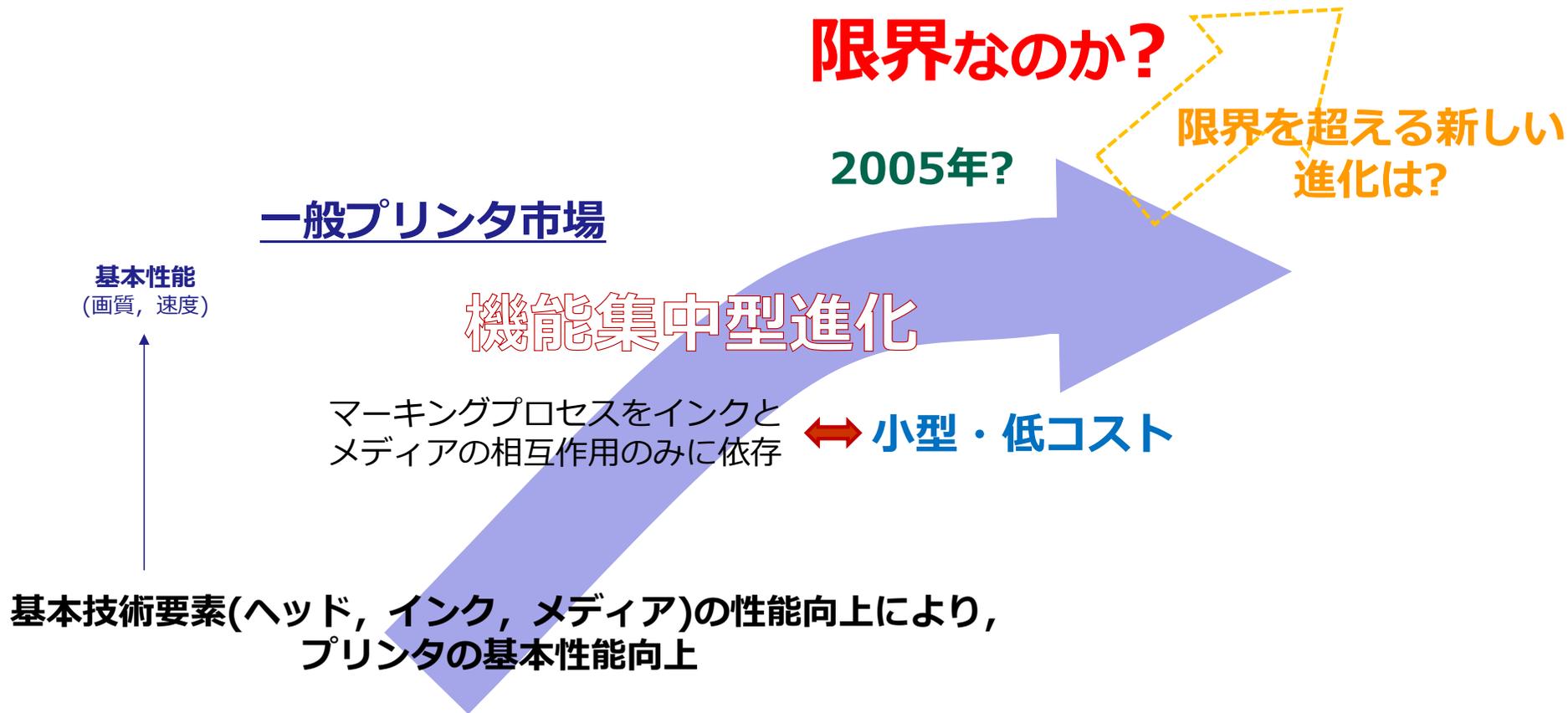
インクジェットプリンタの小滴化傾向

1秒間に吐出できるインク滴数(1色当り)



1秒間に吐出可能なインク滴数

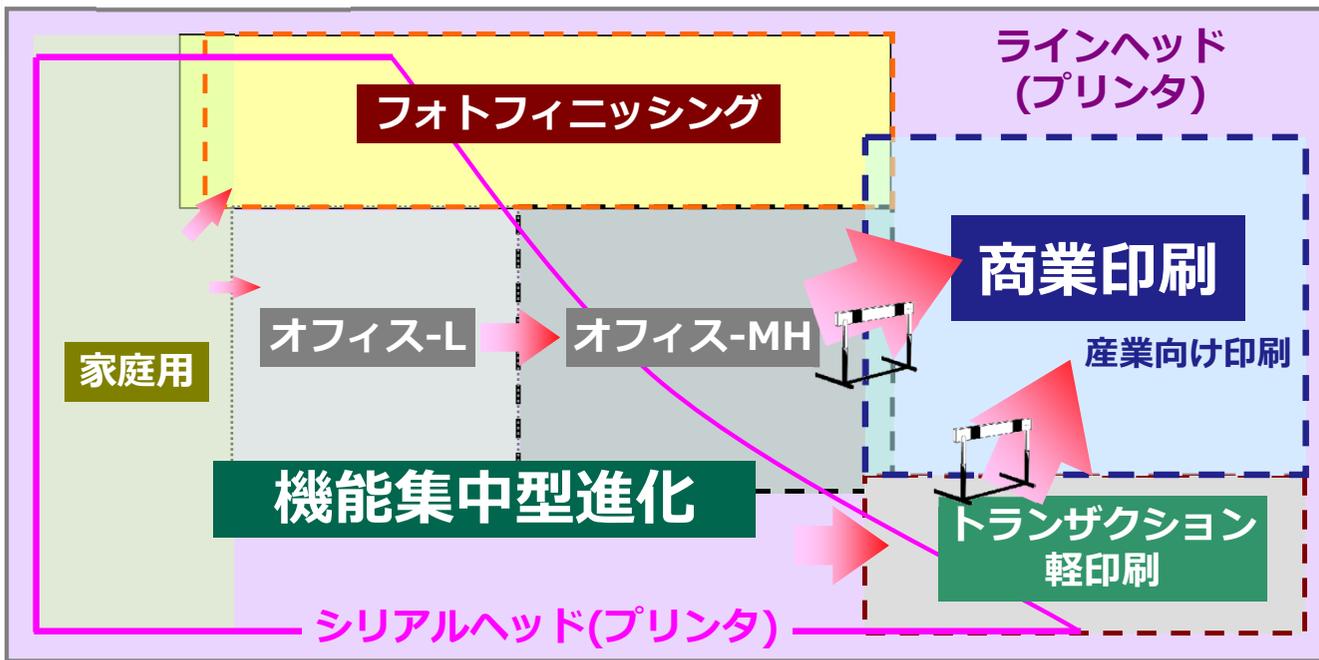
出典： M. FUJII, Journal of Imaging Science and Technology Vol. 62, No. 4 (2018)





どの市場も厳しい戦になっている

Image Quality
画質



Print Speed
プリント速度

➡ (参入)技術難易度(障壁)



既存の一般プリンタ市場

コンシューマー市場, オフィス市場

機能集中型進化

紙メディア, 主に自分用(仲間用)にプリント

既存市場の縮小,
成長速度低下

市場要因

- 1** メディアの多様性, 非浸透メディアへの対応
→画像形成, 定着メカニズムの変更(工夫)
- 2** (圧倒的に)高い生産性
→高速プリント速度, 用紙搬送
- 3** プリント物は(対価を得る)商材
→高い信頼性要求

少量多品種
短納期
デジタル化への対応

システムとして対応

2液反応システム(プレコートニング),
ポストコートニング, 乾燥機構,
ラテックスインク, UV硬化型インク

ラインヘッド, 乾燥機構,
用紙搬送(ぶれ)制御

インク循環システム,
欠陥検知・補正システム

新しい進化形態

商業印刷市場, 産業向けプリント市場

(印刷, ラベル, 軟包, テキスタイル, 建材等)

機能分担型進化

周辺の新規システム,
新しいプロセスで課題を分担



商業印刷市場

付加機能, システムで課題に対応 ↔ **大型・高BOXコスト**

機能分担型進化

2005年?

一般プリンタ市場

機能集中型進化

マーキングプロセスをインクとメディアの相互作用のみに依存 ↔ **小型・低コスト**

基本技術要素(ヘッド, インク, メディア)の性能向上により, プリンタの基本性能向上

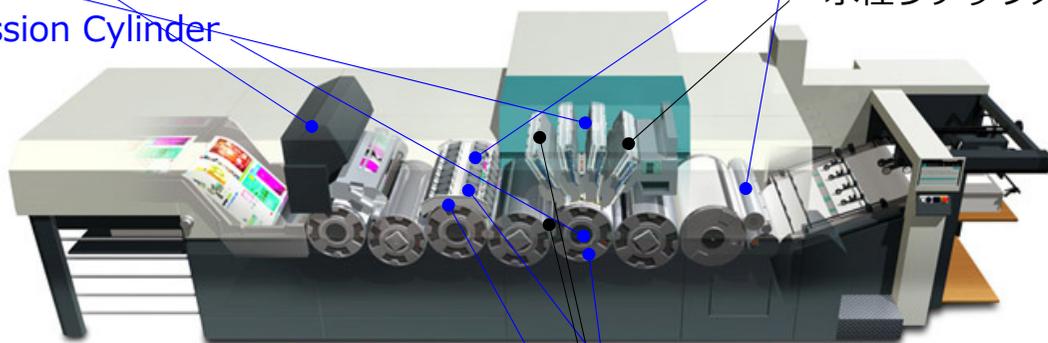


One-Pass Image Quality for Commercial Printing 商業印刷に対するワンパスでの画質

- 欠陥検知
- 欠陥補正
- Impression Cylinder

Image Forming On Non-Permeable Media 非浸透メディア上での画像形成

- Under-Coating
- 乾燥システム
- 水性ラテックスインク



多くのインクジェットの特長
(小サイズ, 低コスト, 省電力)は失われる

- 乾燥システム
- Anti-Curl Agent
- Impression Cylinder
- Air Conditioner
- ラインヘッド

High Speed Printing with Cut Paper カット紙の高速プリント

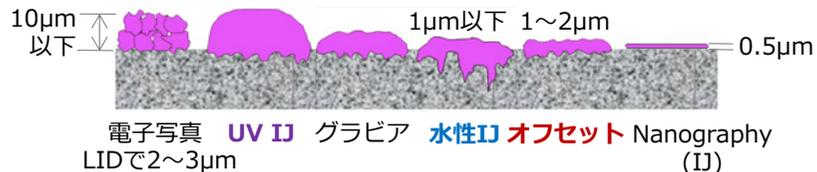
機能分担型の進化

Sharing Functions Progress (SFP)



異なるアーキテクチャ

UV硬化型インクによる印刷市場の攻略



出典： <https://landanano.com/technology/landa-nanoink/>

水性インクに比べ

- 印刷コート紙(非浸透メディア)上の画像形成(定着・乾燥)の課題低減
- パイルハイトが高く、画像構造がオフセット印刷と大きく異なる

特性	インク	アーキテクチャ要素(アプローチ)	
		水性インク	紫外線硬化型インク
吐出		PIJ/TIJ	PIJ
非浸透紙での定着(一次固定)		2液反応(プレコーティング)	UV光照射による重合反応
乾燥(硬化)		Latexインク+加熱乾燥	
欠陥検出・補正		検査パターン検知・ピエゾ駆動補正	
高速プリント		ラインヘッド, 圧胴, 蛇行補正	
画質(パイルハイト)		薄い(オフセットに近い)	厚い

- 欠陥検出や高速用紙搬送では、同じアプローチを採用している。



Dominant Design



機能分担型進化において

商業印刷市場 攻略の

Dominant Design(支配的デザイン)は

まだ定まっていない。

異なるアーキテクチャの模索

混在

乾式電子写真

液体现像電子写真

Under-Coating

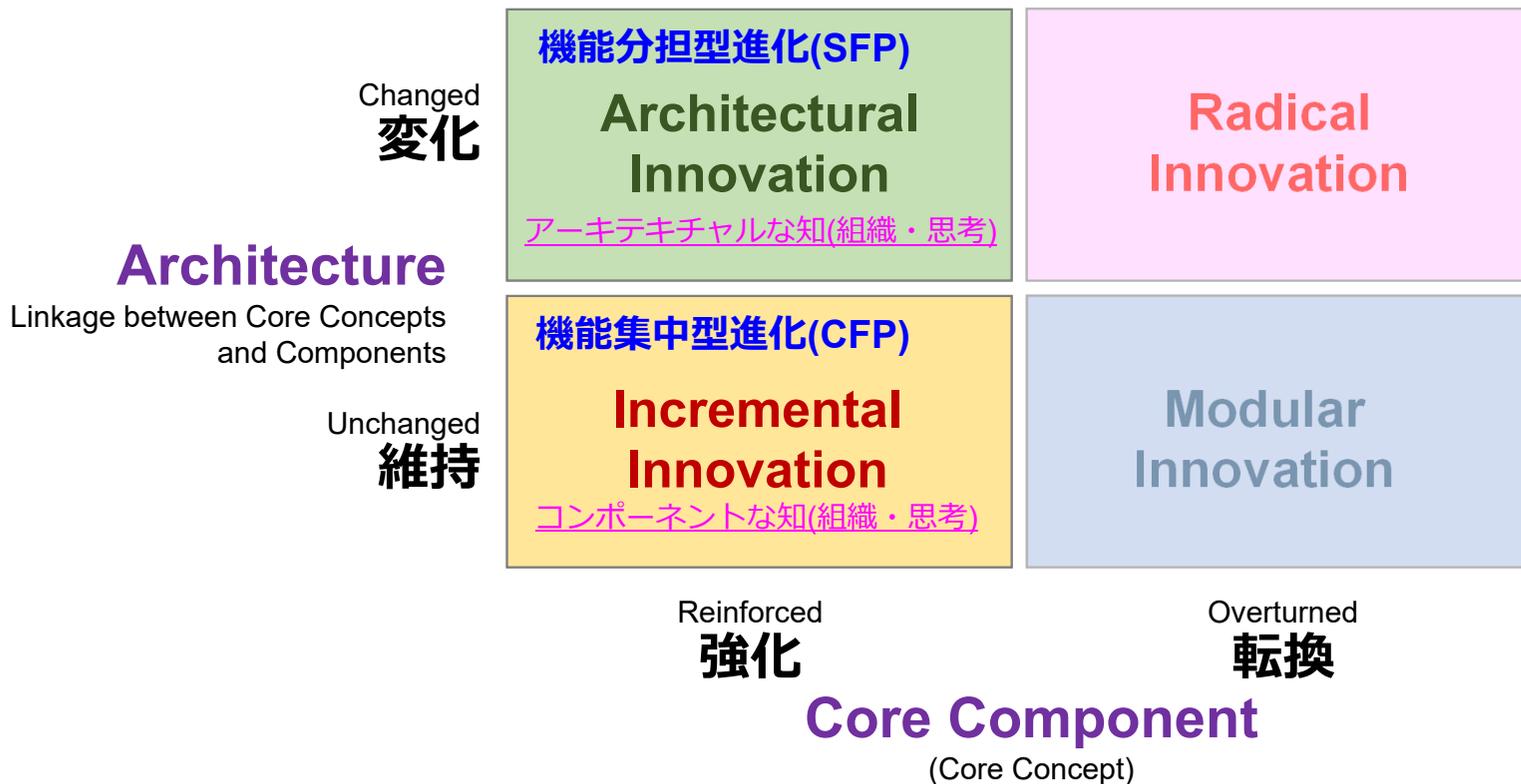
No Under-Coating

転写型

直接プリント

水性インク

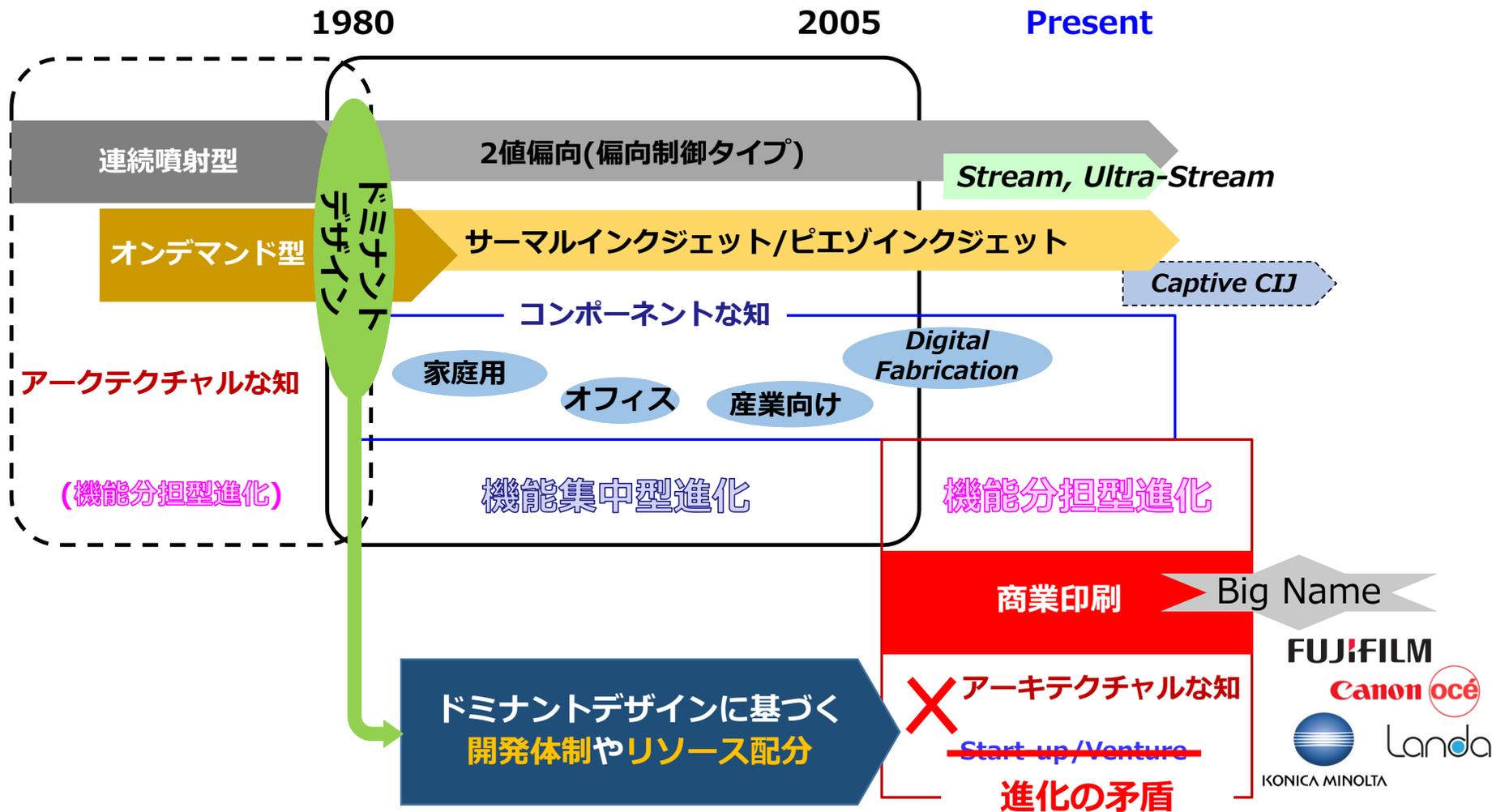
紫外線硬化型インク

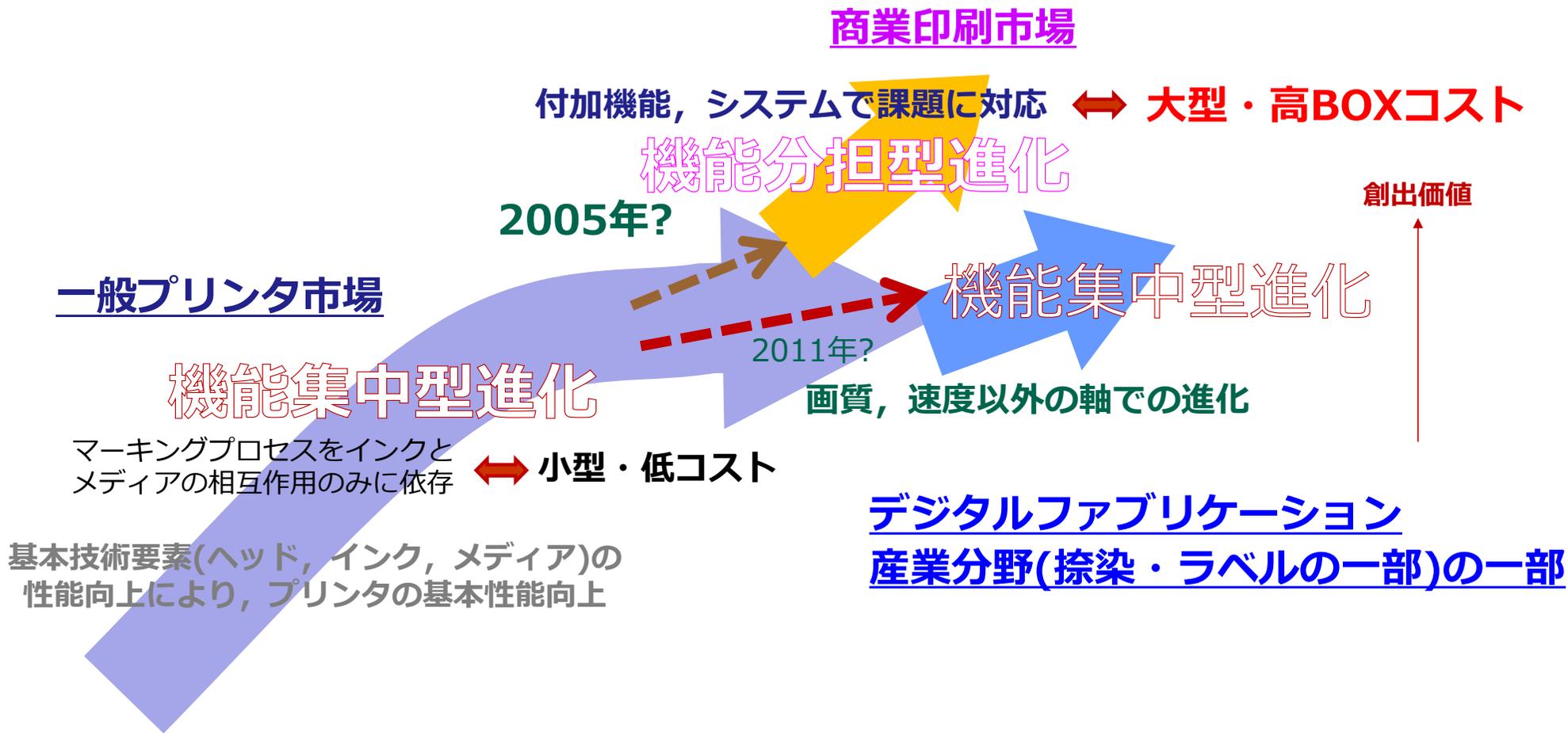


Clayton M. Christensen



R. Henderson & K. Clark, *Architectural Innovation: The Reconfiguration Existing Product Technologies and the Failure of Established Firm* (1990)







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させ，機能を発現させるマーキング(パターンニング)方式の総称である。



記録対象に向けてマーキング剤(インク滴)を直接吐出するので(非接触)，

A. 構成が非常に簡単で[小型，低コスト，高いプロセス安定性]

B. プリント対象が広範囲に選べる，大面積に対応可能(シリアルプリンタ)

&

C. 極微量の液体移動(ON/OFF)を高速に，正確に制御できる

D. (インクが)液体であり，課題の解決に様々な反応を使ったアプローチが取りやすい



A. Simple Configuration, Small Size · High Image Quality

A. 構成が簡単，小型化・高画質



ハンディプリンタ 出典：https://jp.ricoh.com/release/2019/0404_1



美術品・文化財のアーカイブ



フォトラボ用プリンタ

出典：<https://www.epson.jp/products/ppps/sld1050/>



捺染用プリンタ

出典：https://www.konicaminolta.com/jp-ja/textile-printers/products/nassenger_sp1/



Proofer

出典：<https://www.screen.co.jp/ga/product/category/color-management-proofing/proofing/proof-jet-f1100aq>

小型化を活かした例

高画質 & プリント対象が広範囲



B. Wide range of print targets, Large Area Print B. プリント対象が広範囲，幅広プリント



航空機(曲面)プリント

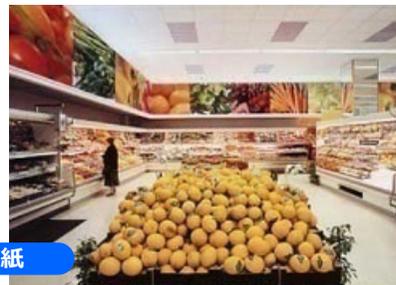
出典：<http://www.ricoh-digitalpainting.com/products/airplane/>



壁に直接プリント



壁紙



化粧プリンタ

出典：<https://www.itmedia.co.jp/news/articles/1901/11/news089.html>

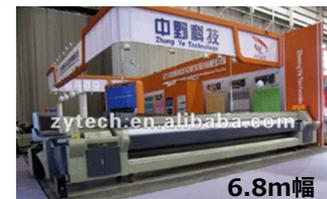


ネイル(爪)プリンタ

出典：<https://www.watch.impress.co.jp/docs/news/1215994.html>



サイン・ディスプレイ



6.8m幅



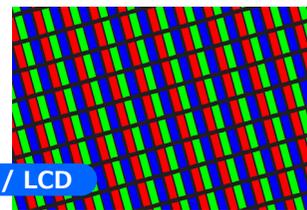
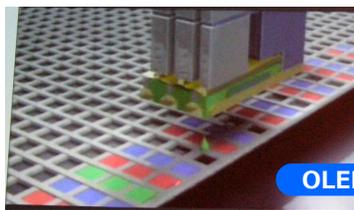
13m幅

出典：<http://www.ricoh-digitalpainting.com/products/var/>



賞味期限，商品名

出典：今井聖，インクジェット式錠剤印刷技術の進化，PDA Journal of GMP and Validation in Japan Vol. 19, No. 1 (2017)



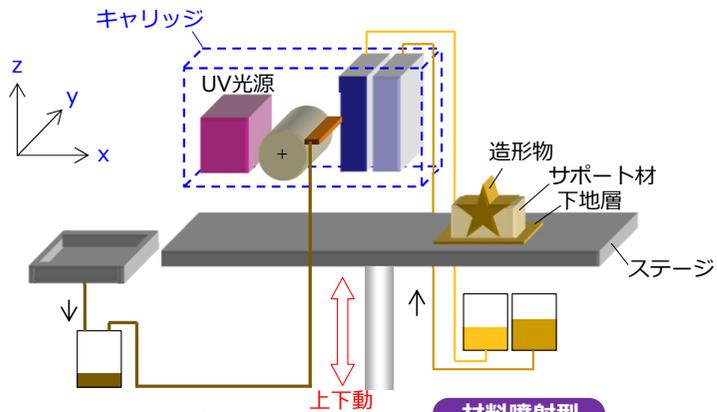
OLED / LCD

出典：<https://pc.watch.impress.co.jp/docs/2004/0518/epson.htm>

プリント対象が広範囲，幅広プリント容易



D. 反応利用(UV硬化型インクジェット応用)



材料噴射型



3Dプリンタ
(材料噴射法)



油絵複製



文化財補修

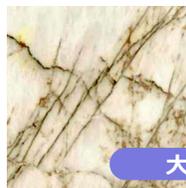
出典: <https://www.jagat.or.jp/archives/16907>



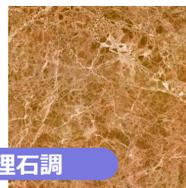
ガラス窓装飾

出典: <https://www.hok.com/projects/view/harlem-hospital-center-modernization/>

装飾



大理石調



出典: <https://www.eidai.com/product/colorial/>



木材調



壁材

出典: https://jp.ricoh.com/release/2017/1010_1

ハイテクスタイル(建材など)



350%伸張



900%伸張

伸びるUV硬化型インク

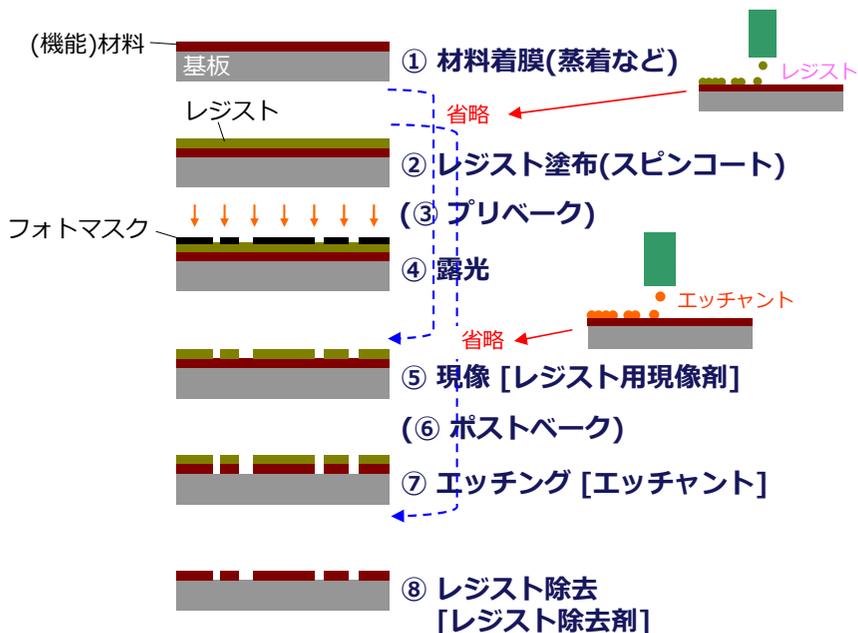


出典: https://www.epson.jp/products/surepress/16534/feature_3.htm

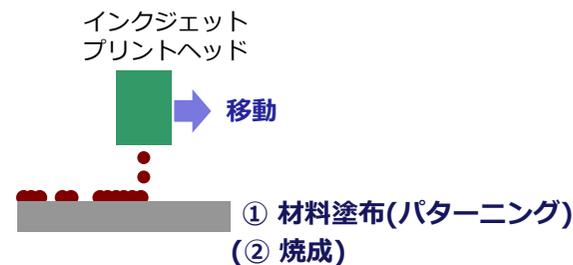
パッケージ



フォトリソグラフィー



インクジェット



Digital Photolithography (Hybrid Process)

● インクジェット法のメリット

- ・材料のムダが少ない(フォトリソは材料の96%がムダになる)
- ・マスクレス, オンデマンド性(多品種対応)
- ・プロセスが少ない(使用装置, 場所)
- ・基板自由度が高い(Flexible, 低温)

■ インクジェット法のデメリット, 課題

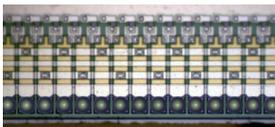
- ・微細化(ミクロン以下のパターン)
 - ・プロセススピード
 - ・平坦化(高粘度液体使用の場合)
 - ・材料制限(粘度, 組成)
- (・材料特性 : mobility, conductivity・・・)



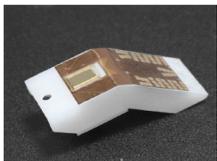
インクジェットでメリットが出る領域, インクジェットでなければできない領域, 活かせるプロセスでの適用が始まっている。



デジタルファブ리케이션におけるインクジェット応用ポートフォリオ



Micro Lens Array



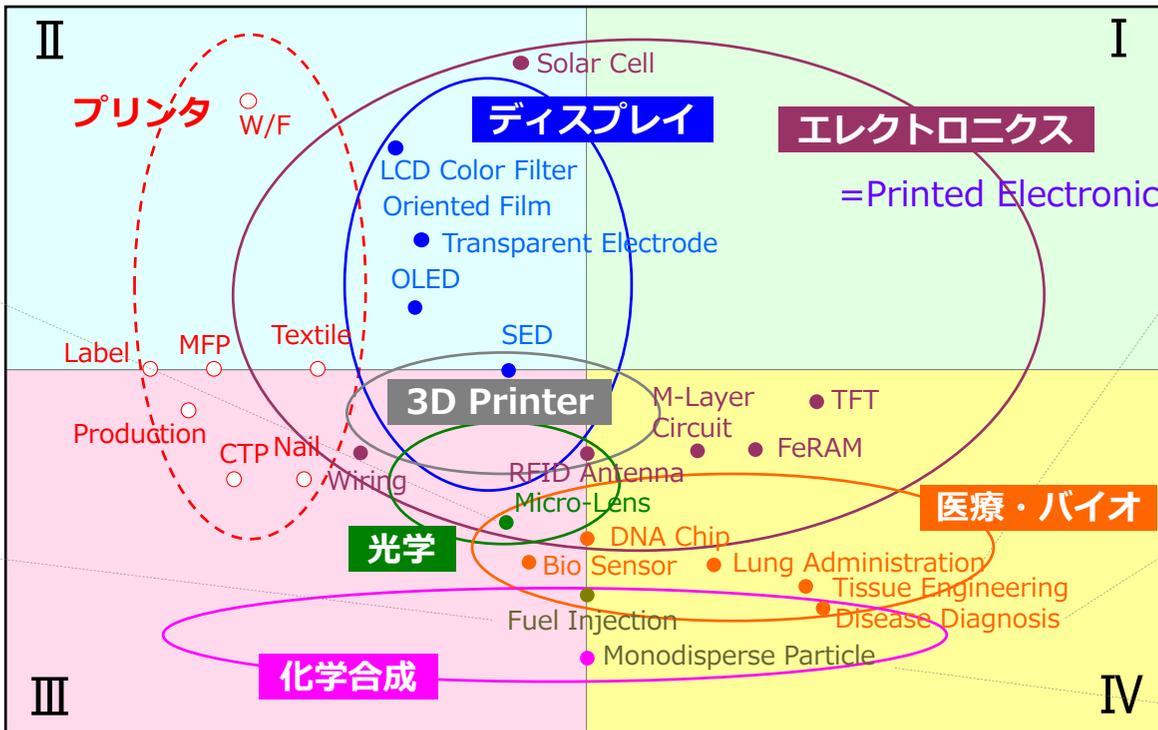
Fuel Injection

出典：C. Y. Mao, Design and Fabrication of Thermal Bubble Fuel Injector, IS&T's NIP19, p. 294 (2003)

大面積対応

インクジェット技術の特徴

オンデマンド性
微量液体制御
(デジタル)

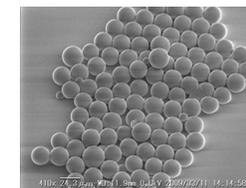


Insulin Inhaler
(Lung Administration)



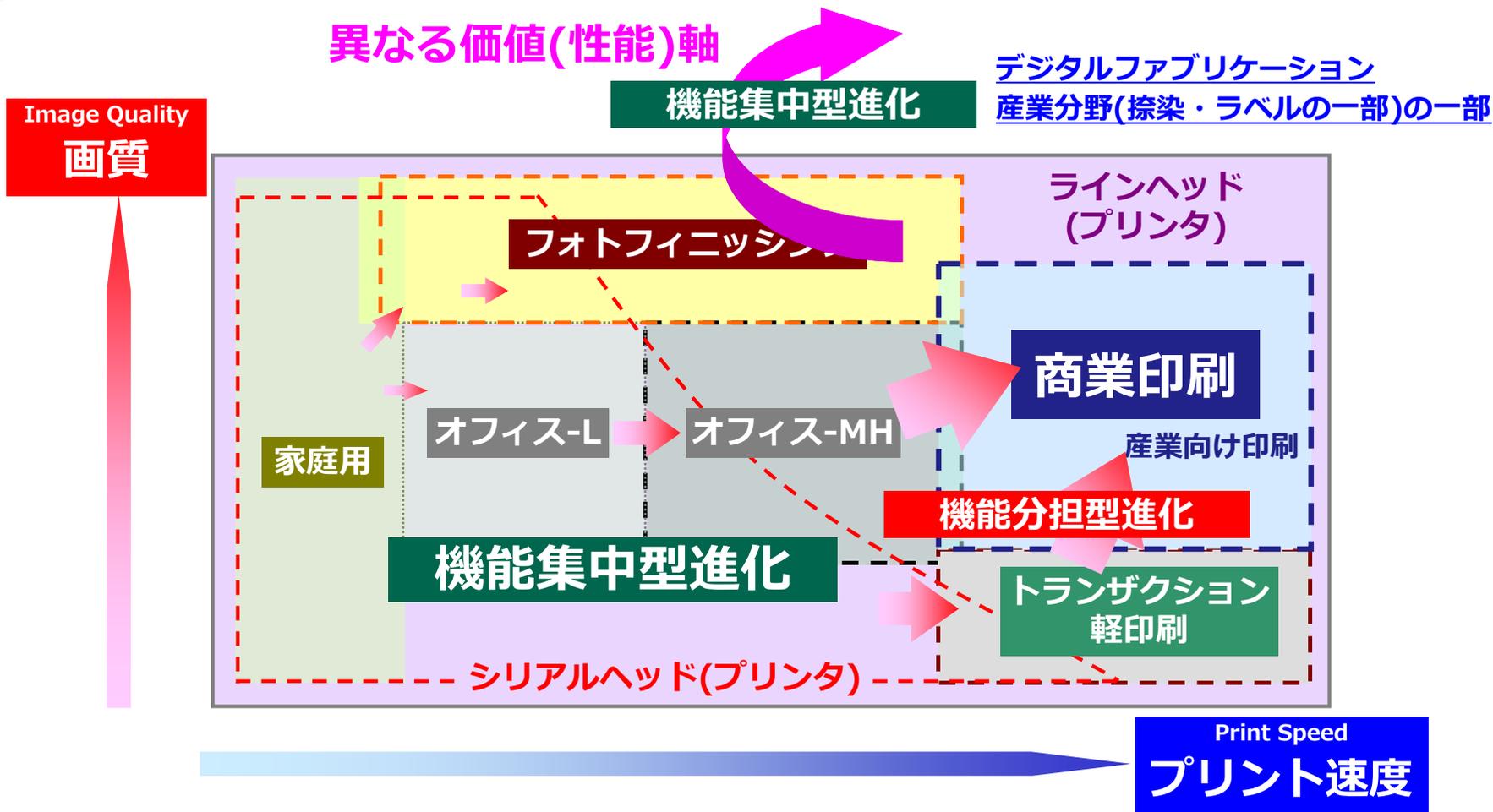
Disease Diagnosis

出典：David B. Wallace, Solder Jet - Optics Jet - AromaJet - Reagent Jet - Tooth Jet and Other Applications of Ink-Jet Printing Technology, IS&T's NIP18, p. 228 (2002)



Monodisperse Particle

出典：藤井, インクジェット技術の進展と今後の展望, 日本画像学会誌 Vol. 47, No. 3 (2008)



ご清聴ありがとうございました



inkcube.org

<https://www.inkcube.org>



<https://sig4dff.org>

isj 日本画像学会へもご参加ください
<https://www.imaging-society-japan.org/www/jp/>