



色材協会 2015年度 **第2回** インクジェット部会

- 配布用 -

The Progress of Ink Jet technology & Issues and Countermeasures for Future Ink Jet

## これまでのインクジェット技術の進展と 今後の技術進化の方向性

Evolution of Ink Jet Technology

### 1. インクジェットの技術進化論

3D Printer, Issues and Expectations in the Future

### 2. 3D Printer, 今後の課題と期待

Recommendation to Ink Jet (Monology)

### 3. インクジェットに対する提言(ひとりごと・・・)



October 29, 2015

FUJI XEROX Co., Ltd.

富士ゼロックス株式会社

Marking Technology Laboratory FUJII, Masahiko

マーキング技術研究所 藤井 雅彦

FUJI XEROX 

1

Progress of Ink Jet Technologies

インクジェット技術の進化

---

藤井が用いたインクジェットの過去の進化、および今後の進展を説明するキーワード(切り口)

## • 可能性と限界

日本画像学会 関西シンポジウム (2010)  
日本画像学会誌 Vol.49, No. 5 (2010)

## • 機能集中型と機能分担型

日本印刷学会誌 Vol.48, No. 4 (2011)  
日本画像学会誌 Vol.51, No. 2 (2012)

## • コンポーネントな知とアーキテクチャルな知

月刊研究開発リーダー 2014.1月 (2014)

2005年・・・インクジェット技術にとって大きな節目の年.

Q インクジェット(記録方式)とは?

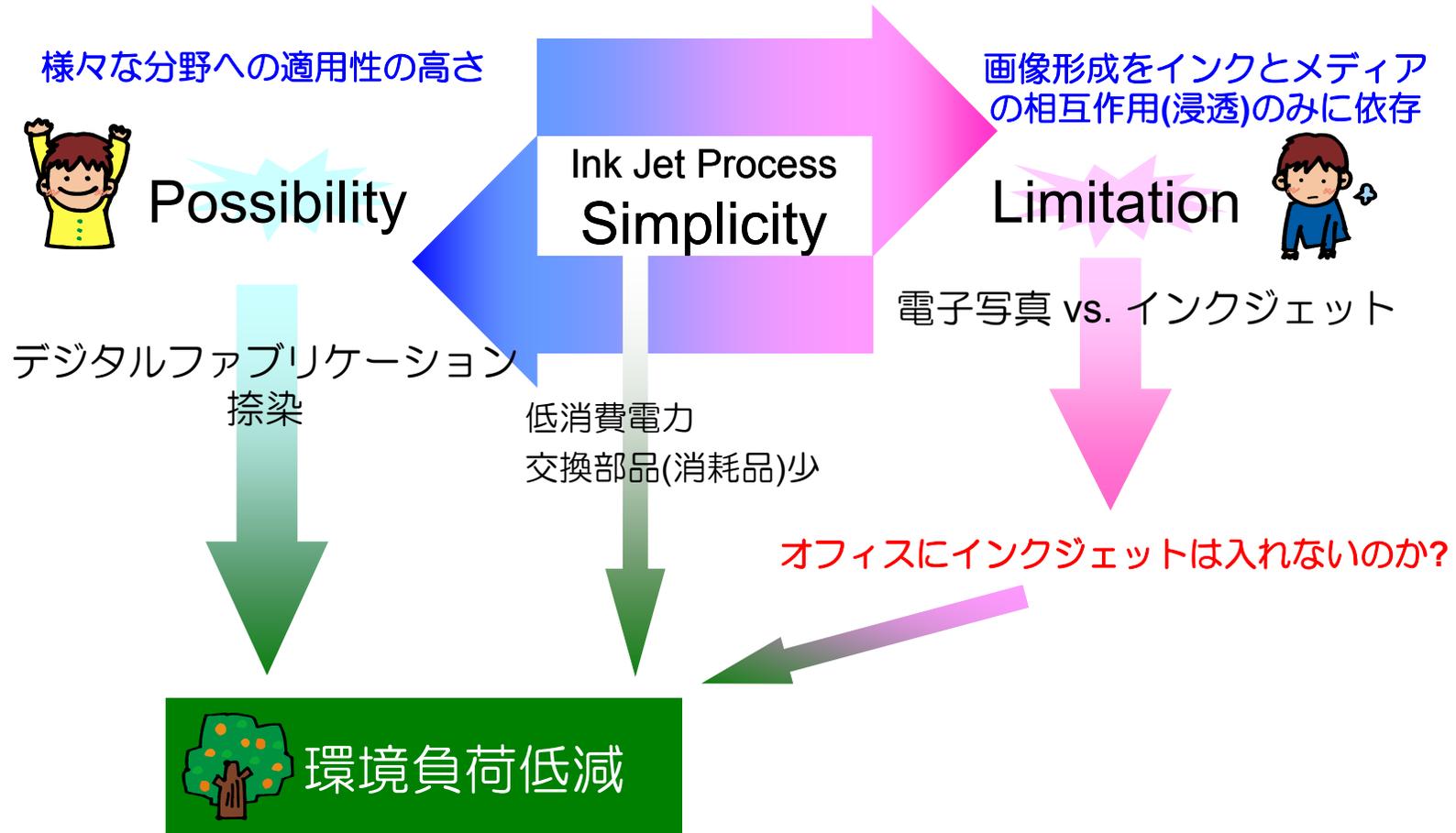
A 色材、機能材料を含む液体(インク)を液滴に分離し、画像信号(プリント信号)に応じ、記録対象(メディア)に向けて吐出し、色材・機能材料を対象物に付着、伝達させるマーキング方式の総称である。

Simple=構成要素が少ない

Q インクジェット方式の特徴は?

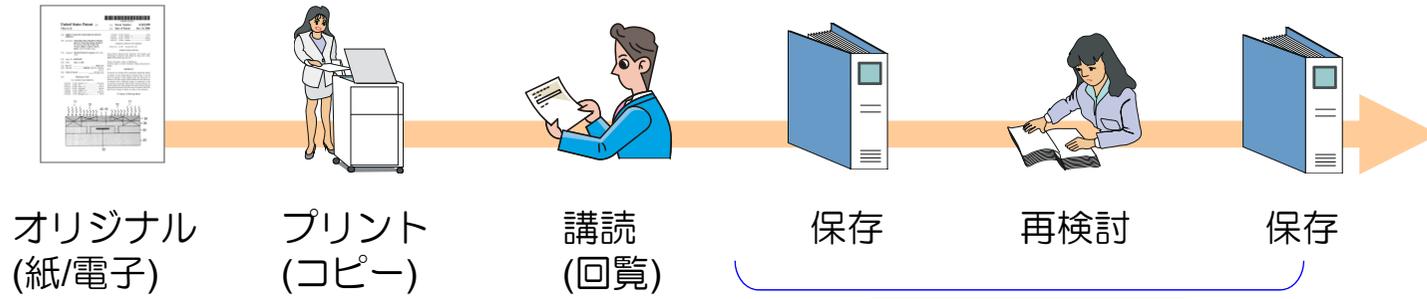
A 記録対象に向けてマーキング剤(インク滴)を直接吐出するので(非接触)、

- 構成が非常に簡単で[小型, 低コスト, 高いプロセス安定性]
- 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)
- 極微量の液体移動を制御できる



オフィスにおける紙プリントの位置付け(価値)の変化(1)

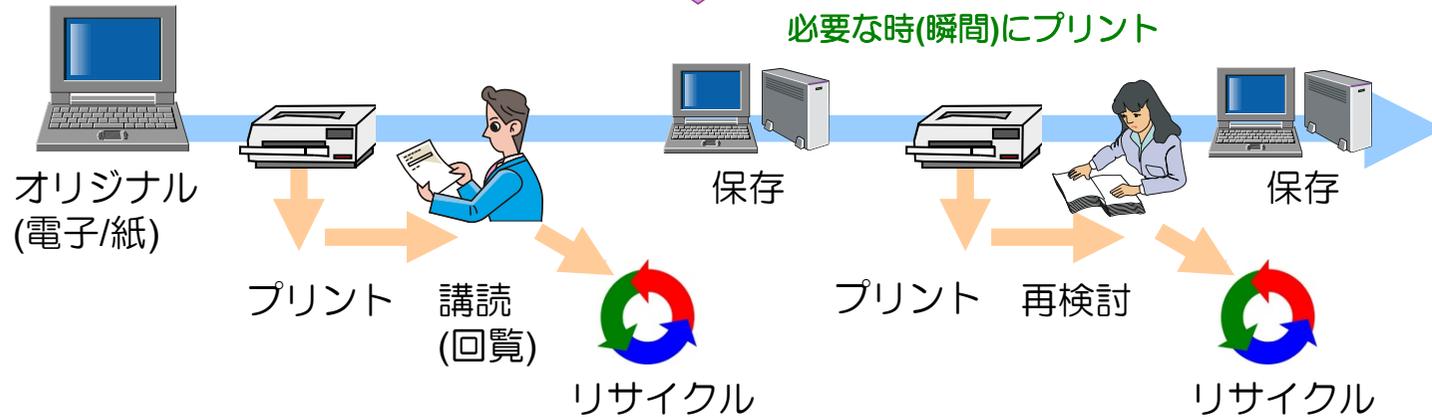
Personal Work



- 画質堅牢性
- 保存性

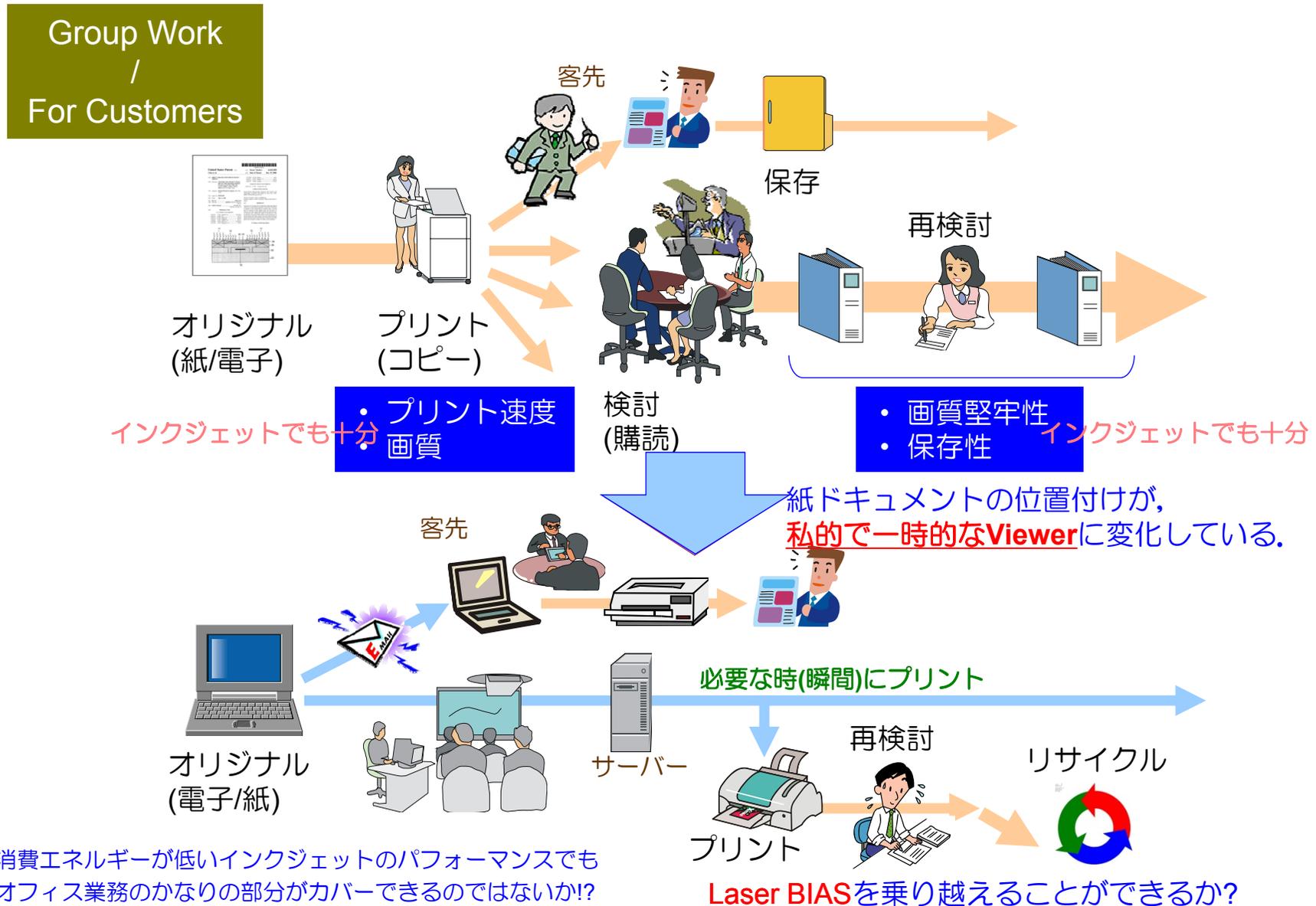
紙(プリント物)の移動とともに、業務が進んでいた。

インクジェットでも十分



1 Evolution of Ink Jet Technology  
**1 インクジェットの技術進化論**

オフィスにおける紙プリントの位置付け(価値)の変化(2)

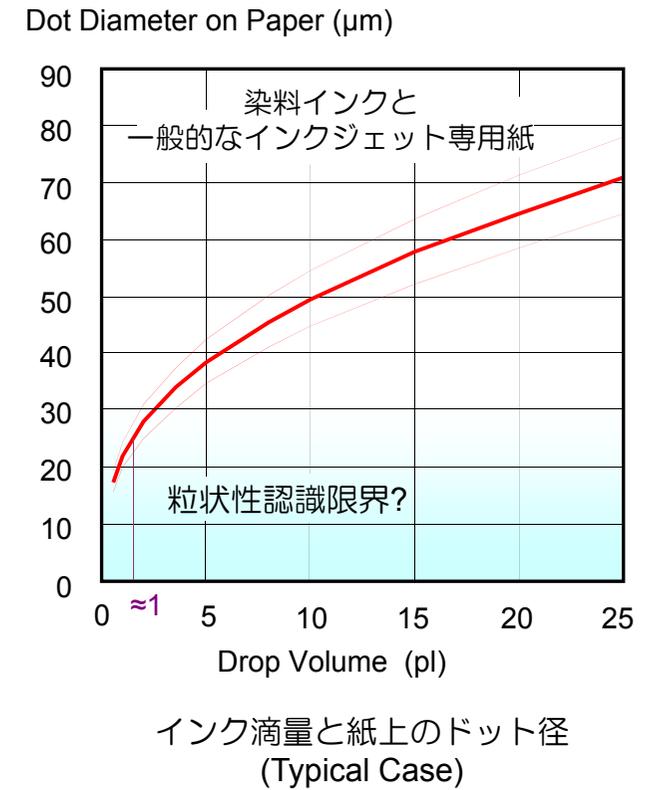
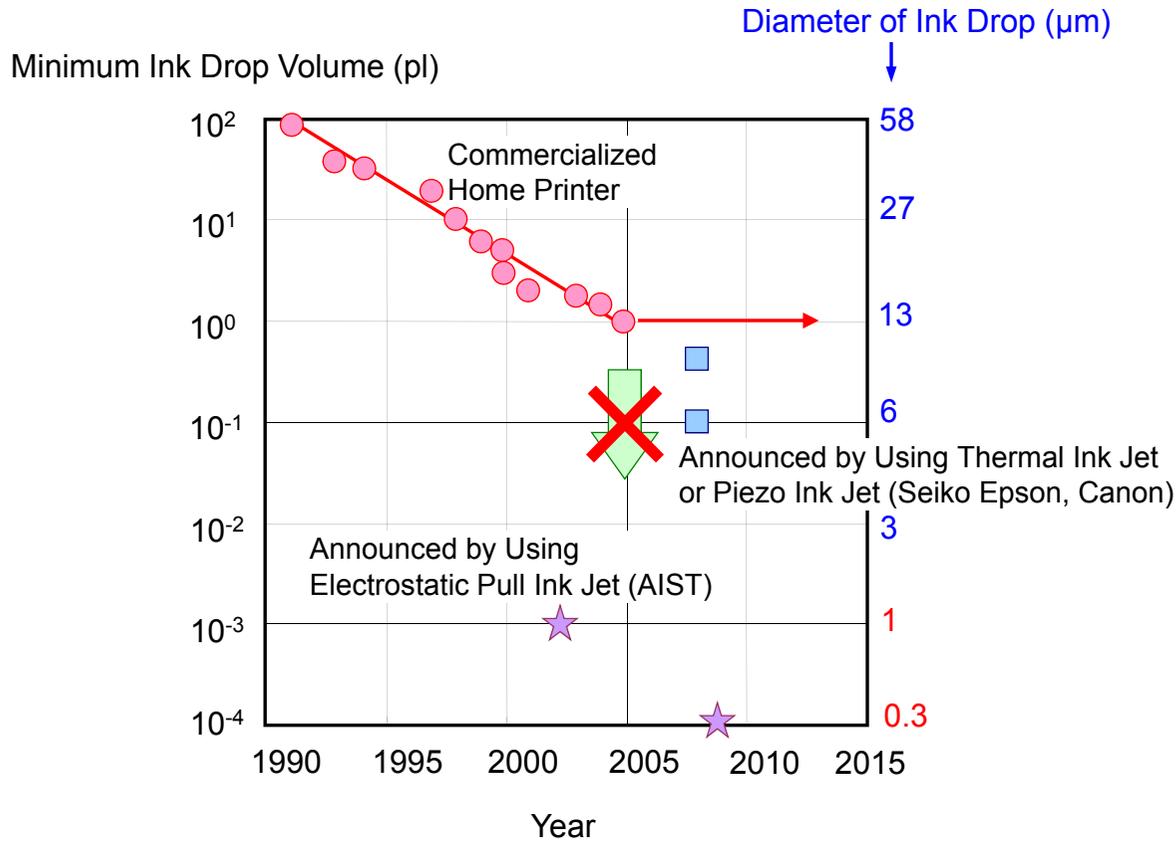


**機能集中型の進化論**

これまでのプリンタの基本性能は **プリント画質とプリント速度**。  
 これら基本性能の向上は、**少ない**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：小滴化



高画質化：多色化

製品名	発売年	基本				粒状性改善				グレー改善			色域拡大				その他	
		C	M	Y	K	Lc	Lm	Ly	Dy	G1	G2	G3	R	G	B	Or		
DW694C PM-700C	1996	○	○	○	○	○	○											
BJC-700J	1997	○	○	○	○	○	○	○										PPOP
PM-900C	2000	○	○	○	○	○	○		○									
PM-4000PX	2002	○	○	○	○	○	○			○								
PhotoSmart7996	2003	○	○	○	○	○	○			○	○							
PIXUS90i	2003	○	○	○	○	○	○								○			
PX-G900	2003	○	○	○	○										○			GO
PIXUS9900i	2004	○	○	○	○	○	○								○	○		
PX-5500	2005	○	○	○	○	○	○			○	○							
PhotoSmart8753	2005	○	○	○	○	○	○			○	○							○
IPF5000	2006	○	○	○	K/Mk	○	○			○	○			○	○	○		
PX-G5300	2008	○	○	○	K/Mk												○	GO
PIXUS PRO-1	2012	○	○	○	K/Mk					○	○	○						CO

Mk: Mat Black Lc: Light Cyan Lm: Light Magenta Ly: Light Yellow Dy: Dark Yellow LK: Gray(Light Black)  
 LLK: Light Gray R: Red G :GreenB: Blue Or: OrangeG GO: Gross Optimizer CO: Chroma Optimizer

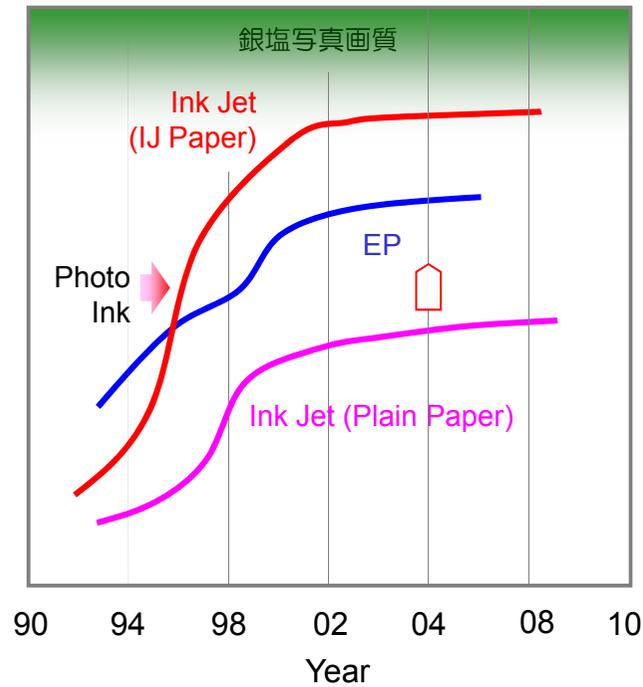
**多色化は今も消費者に価値を与えているか？  
 一般ユーザーには4色で十分である。**

プロシューマーは必要としている。

しかし、MFPが¥10,000以下で買えるのに、インクの交換に¥5,000払う消費者がどれだけいるだろうか？

画質向上トレンド

画質官能評価スコア



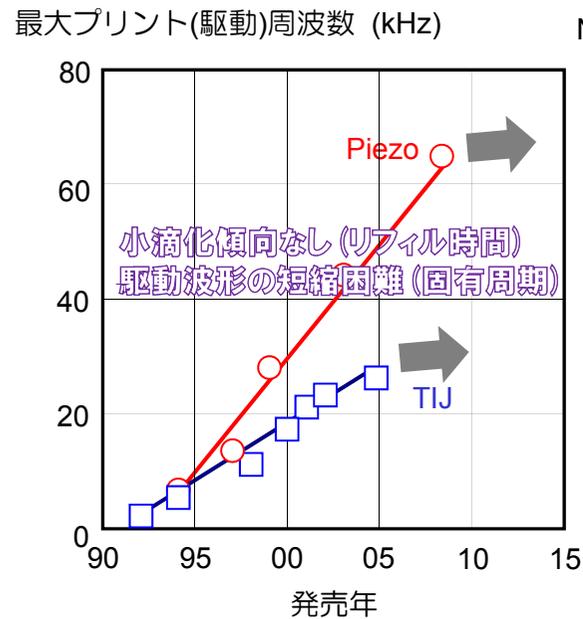
インクジェットプリンタの画質向上トレンド  
(インクジェット専用紙, 普通紙)

(コンシューマ市場で)画質はもう十分. 上がる要素もほとんどない.

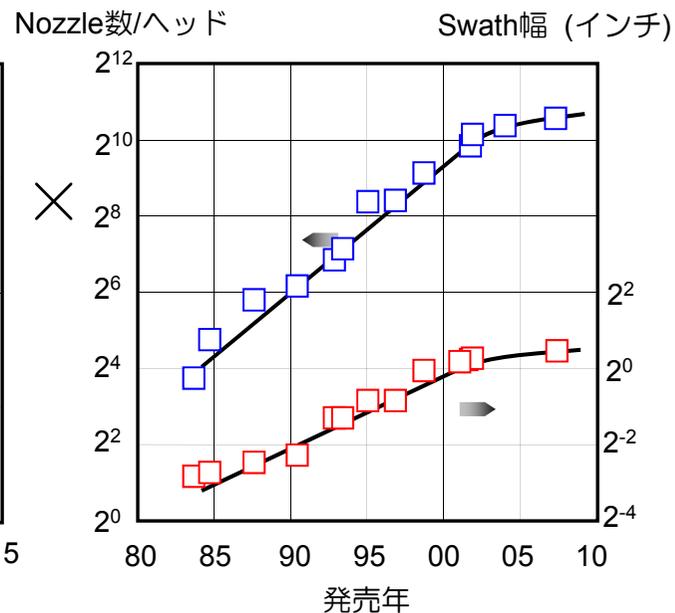
普通紙での画質はもっと上がるが, 上げる必要があるのか?

$$SF = \frac{\text{駆動周波数} * \text{Nozzle数}}{\text{分割数} * \text{解像度} * \text{キャリッジ走査}} - \text{Maintenance} - \text{その他要因}$$

キャリッジ走査： 双方向プリント(1), 片方向プリント(2)  
 その他要因： 蓄熱, 電力, 乾燥待ちなど→Smart処理



インクジェットプリンタの  
 駆動周波数向上傾向



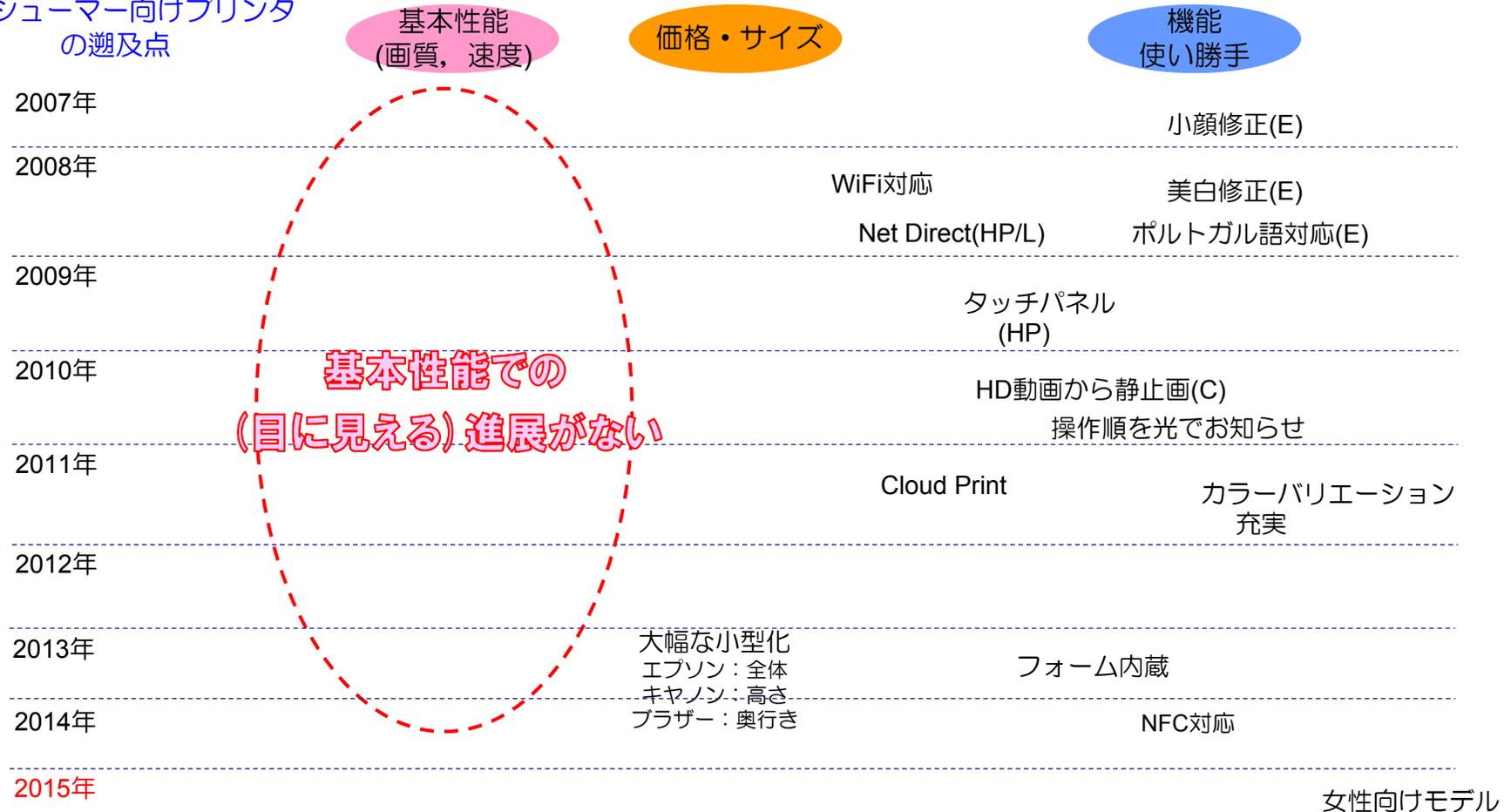
プリントヘッド当たりノズル数と  
 Swath幅の増加傾向  
 (パーソナル市場向け製品)

**コンシューマー向けセールスポイント**

✓ コンシューマー市場のプリンタ(SFP, MFP)は、2005年までは、基本性能の向上もあり、また(便利な)新規機能も追加されてきた。しかし基本性能の向上は今後も見込めない、機能も十分。

購買意欲をそそる、例えば'フチなし(2000年)', 'CD/DVDレーベルプリント(2000年)'に匹敵する機能があるか?

コンシューマー向けプリンタ  
 の遡及点



国内販売台数推移

出荷台数 (万台)

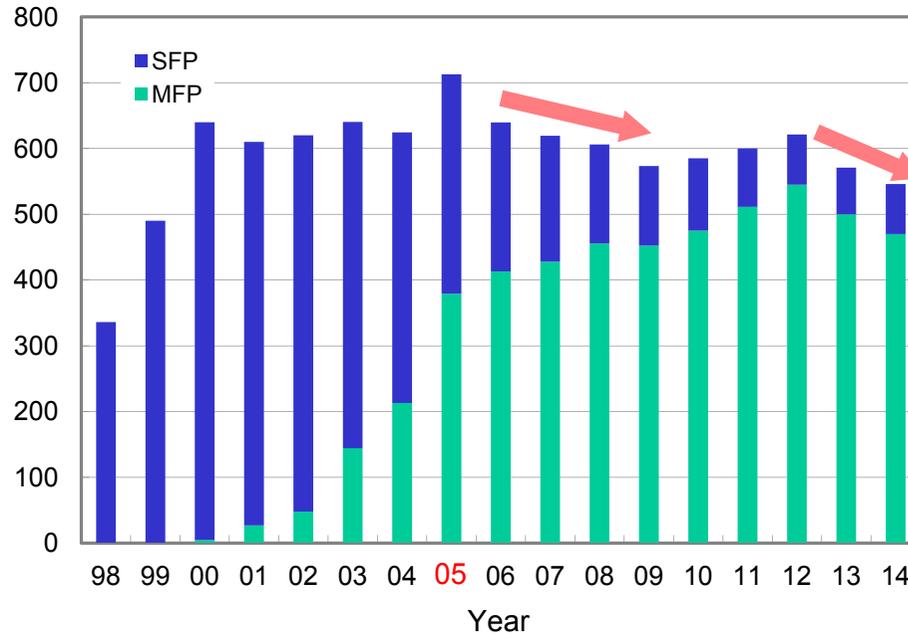


図. インクジェットプリンタ出荷台数(国内)

\* 複数の調査会社のデータが混在しており、台数は参考値

年賀状発行枚 (億枚)

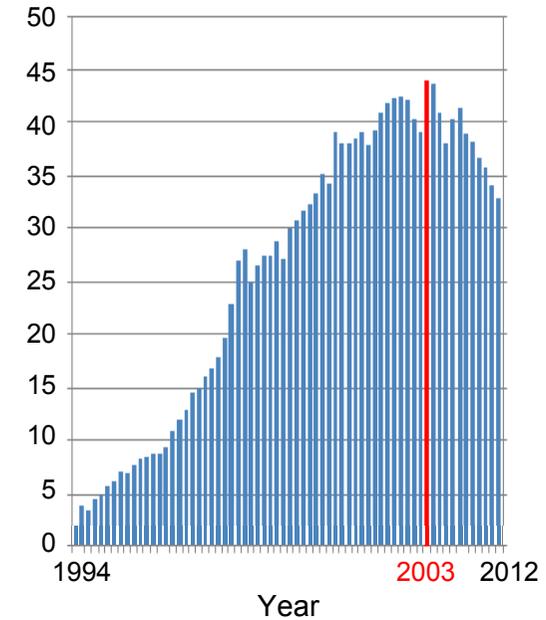


図. 年賀状発行枚数

出典：日本郵便プレスリリース  
[http://www.post.japanpost.jp/notification/pressrelease/2014/00\\_honsha/1225\\_01.html](http://www.post.japanpost.jp/notification/pressrelease/2014/00_honsha/1225_01.html)

- ✓ 引き続き主要な市場であることに変わりがないが、成長の見込みはない(収益性の改善?)
- ✓ 壊れなければ買い換える必要を感じない。

1 Evolution of Ink Jet Technology  
**インクジェットの技術進化論**

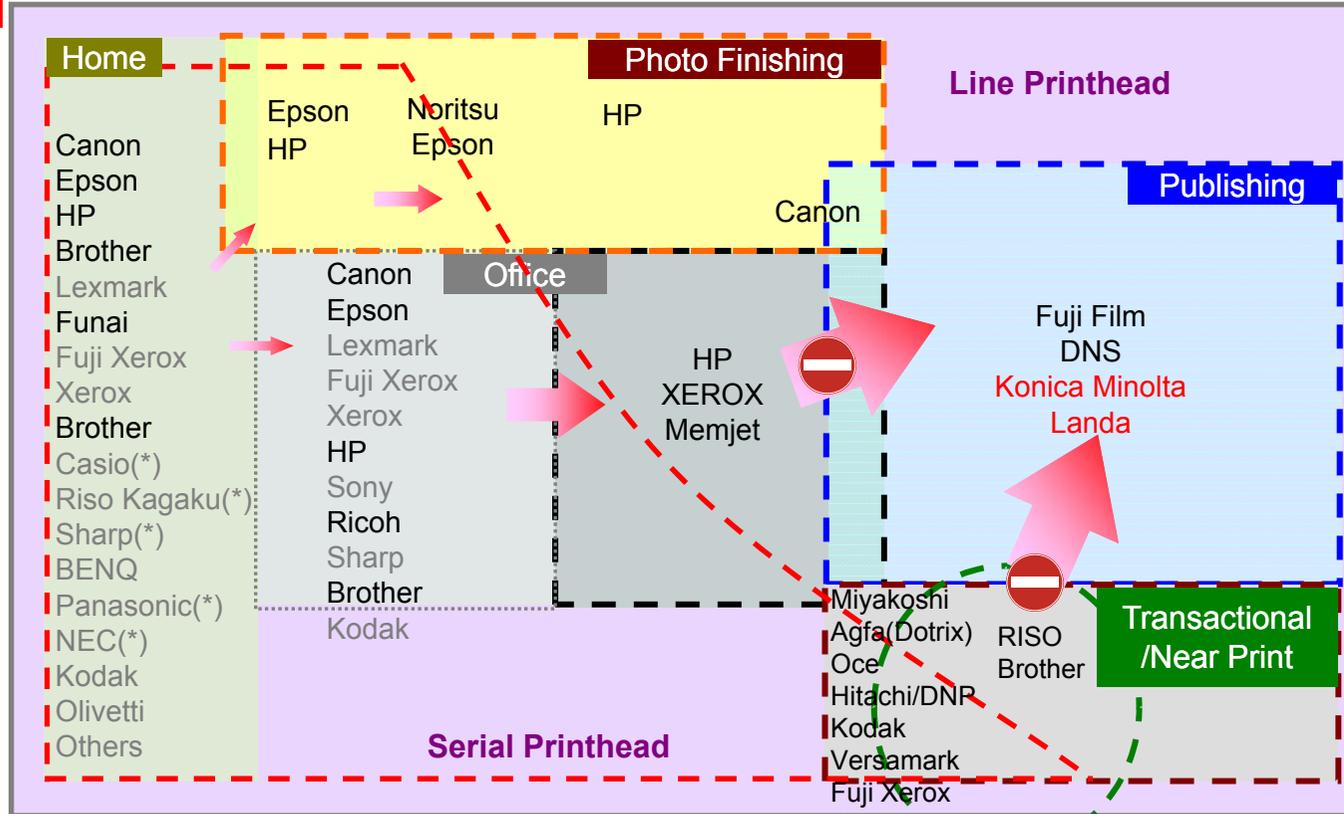
**インクジェット市場俯瞰**

**Image Quality  
画質**

➡ : 技術難易度

技術はその成熟に伴ってより上位のバリューネットワーク(ハイエンド市場)に進んでいく宿命である。

C. M. Christensen著, The Innovator's Dilemma (邦題: イノベーションのジレンマ) (2001)



プリント速度と画質だけで提供価値を表せない市場が増えてきた

- WF**
- Textile**
- Label/Package**
- DF/3D**  
 Stratasys  
 3D Systems  
 Keyence  
 Mimaki  
 HP

- Print Speed  
プリント速度**
- Fuji Film  
iMpika
- Komori
- Hosei
- Landa
- KBA
- Founder Elec.
- Miyakoshi
- Agfa (Dotrix)
- Oce
- Hitachi/DNR
- Kodak
- Versamark
- Fuji Xerox
- Xerox
- Toppan
- DNS (InfoPrint)
- TKS
- HP
- Pitney Bowes
- RISO
- Brother

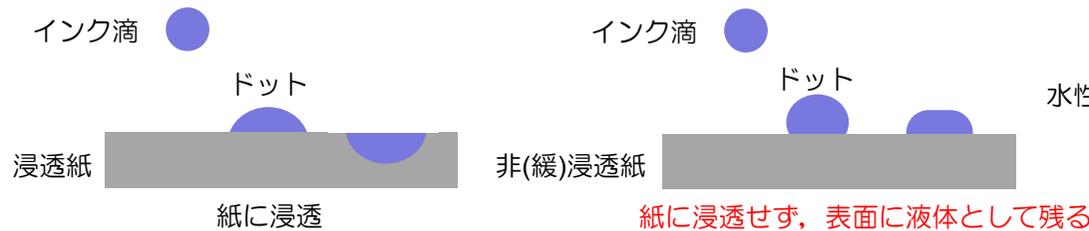
**印刷市場と進化論**

印刷業界は、従来のオフセット印刷で使用されている紙(コート紙)をそのまま使いたい。  
 しかし印刷コート紙は、インク(液体)が浸透しない(しにくい)。



水性インクによる印刷用コート紙へのプリント  
 (工夫なし)

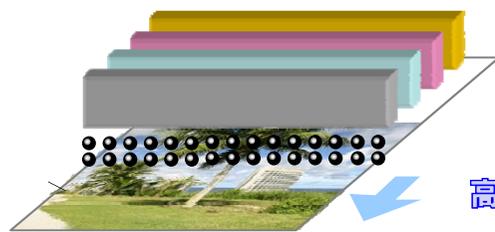
写真出典：藤井監修 インクジェット  
 東京電機大学出版局 (2008)[三菱製紙提供]



従来のインクジェットプリント

印刷用紙  
 (印刷用コート紙)

非浸透紙対応



ラインプリンタ

高速化と  
 高画質の両立

- 浸透しない紙(フィルム)上でのインク定着技術
  - (インクの水を蒸発させる)乾燥技術
- &
- ラインヘッドでノズル欠陥を検出し、補正する技術
  - 高速乾燥技術

様々な機能を盛り込んだ  
 複雑なシステム



Jet Press 720

オフセット兼用インクジェット用紙(例えばSward)  
 画質は劣るがインクのみで対応

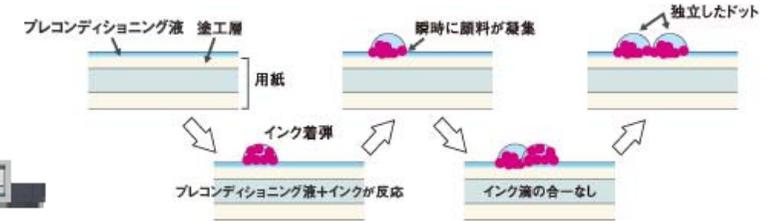
機能分担型での進化

(印刷に値する)ワンパス画質

- 不良検出&
- 隣接ノズルによる補正技術
- 高精度用紙搬送技術(圧胴搬送)

非(緩)浸透メディアへの対応  
 (画像定着, プリーディング)

- プレコート(2液反応)
- 乾燥機構(温風と定着ドラム)
- インクにLatex添加



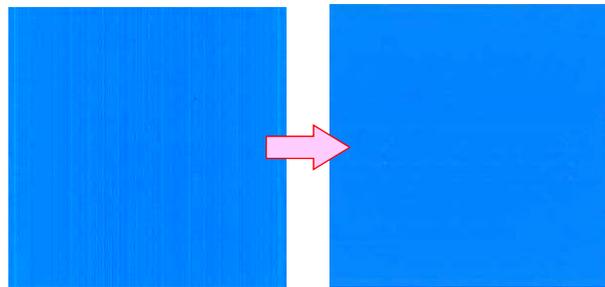
**機能分担型で新しい市場(最後の楽園?)に挑戦しようとしている**

- 乾燥機構(温風と定着ドラム)
- カール防止(低極性溶媒によるカール防止(セルロースの水素結合の再結合防止と顔料の分散安定のバランス))

処理液なし 処理液あり  
 印刷コート紙上でのドット

出典: 小田, JGAS2009セミナー

カット紙高速プリント



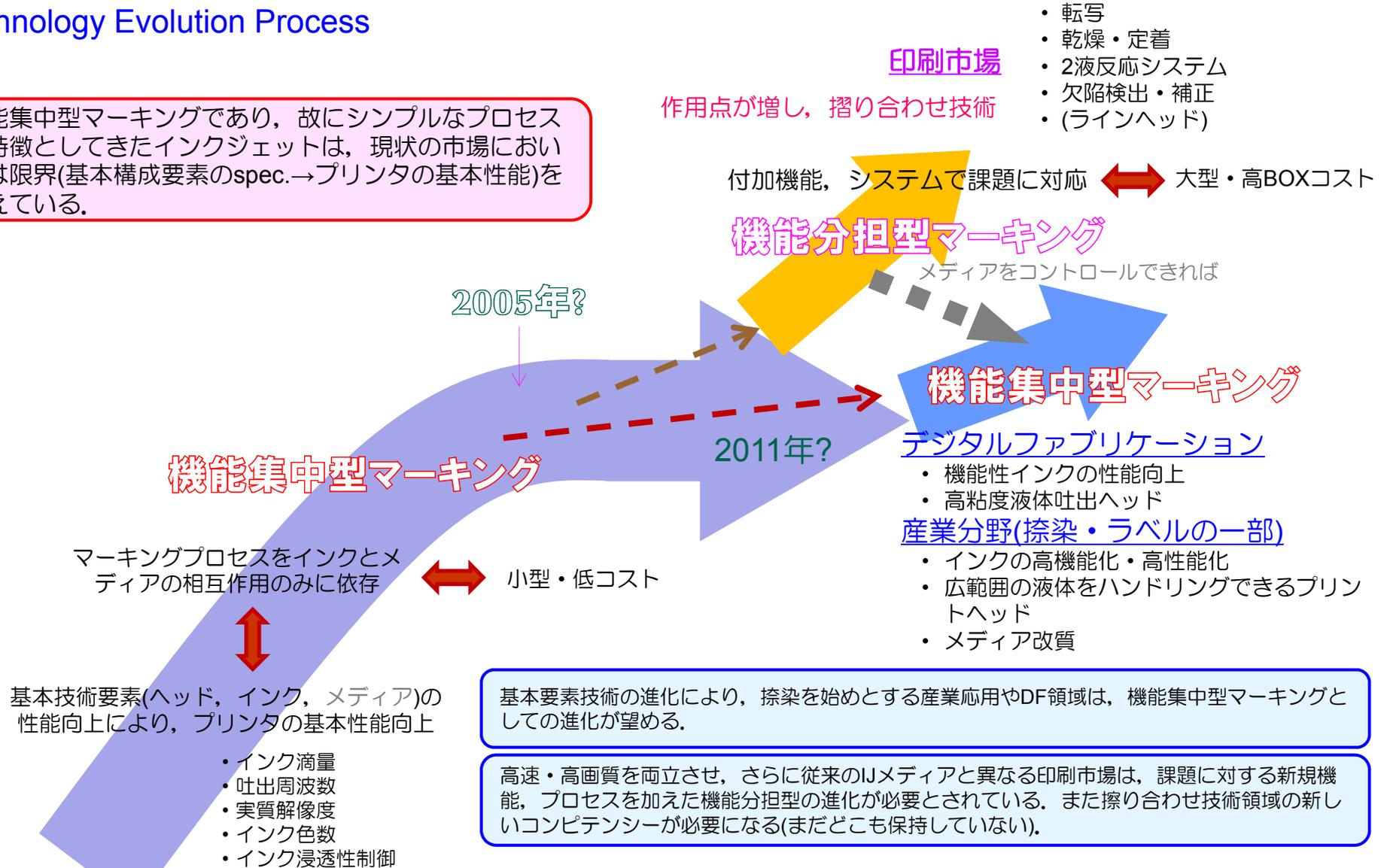
補正なし 補正あり  
 ワンパスにおけるスジ除去

- ✓ 種々の課題に対し, 新規プロセス(機能)の追加で対応, **機能分担型の進化**
- ✓ シンプルなプロセスからの離脱, 擦り合わせ技術のコンピテンシーが必要.
- ✓ もしメディアがインクジェット適性を持ったものになれば... よりシンプルな対応が可能ではないだろうか...

インクジェット技術進化

Technology Evolution Process

機能集中型マーキングであり、故にシンプルなプロセスを特徴としてきたインクジェットは、現状の市場においては限界(基本構成要素のspec.→プリンタの基本性能)を迎えている。



もしメディアをコントロールできれば, シンプルなインクジェットの特徴を活かした進化, 発展ができるはず. . .

ちょっと待った！



KM-1



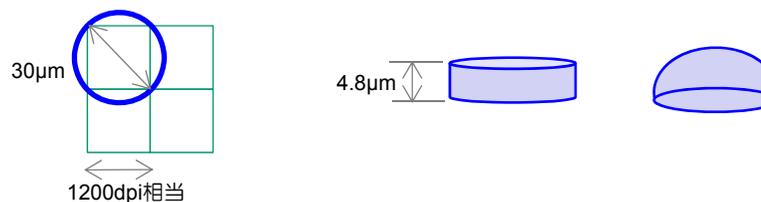
Impremia IS29

## UV硬化型インクジェットによる印刷市場の攻略

(非浸透メディア対応, 乾燥問題クリア)

パイルハイトが高くなり、オフセット印刷の見た目(下地の反映, グロス)と異なるはずであり、半分懐疑的、でも半分期待していたKM-1がいよいよデビュー。  
プリントサンプルも何度も見たが、全く心配を感じさせない。

- ✓ ほぼ全てのインク成分がドットとなるため、パイルハイト(画像高さ)が高くなるはずだが、1200dpiの高解像度用にインク滴量を小さくしたため、問題ないレベルか？



仮定:

1200dpiに必要な最小ドット直径=30µm

3.4pl( $3.4 \times 10^{-15} \text{m}^3$ )が全て固まって円柱になった場合、高さは4.8µm

2plでも2.8µm

- 非(緩)浸透性の印刷コート紙への対応は良いが、浸透性のある上質紙(普通紙)での浸透(未硬化)にはどう対応するのか。
- “印刷画質”=完全オフセット品質を崩すきっかけになるか？

ここまでのまとめ

---

- ✓ インクジェット技術の進化は2005年頃に**変局点**を迎えている。  
(小滴, 画質, 周波数・・・販売台数, 進化の方法)
- ✓ 基本構成要素の性能を高めていく「機能集中型」進化も続くが, 市場は変わる.
- ✓ 機能分担型による印刷市場の侵攻が始まった・・・が・・・
  - 高度な擦り合わせ技術を必要とする「**機能分担型マーキング**」による進化の方向もあるが, インクジェットのシンプルさを活かした「**機能集中型**」で対応できればみんなHappy・・・
  - メディア(インクジェット適性印刷紙)で印刷市場でメジャーになれば, またHappy.

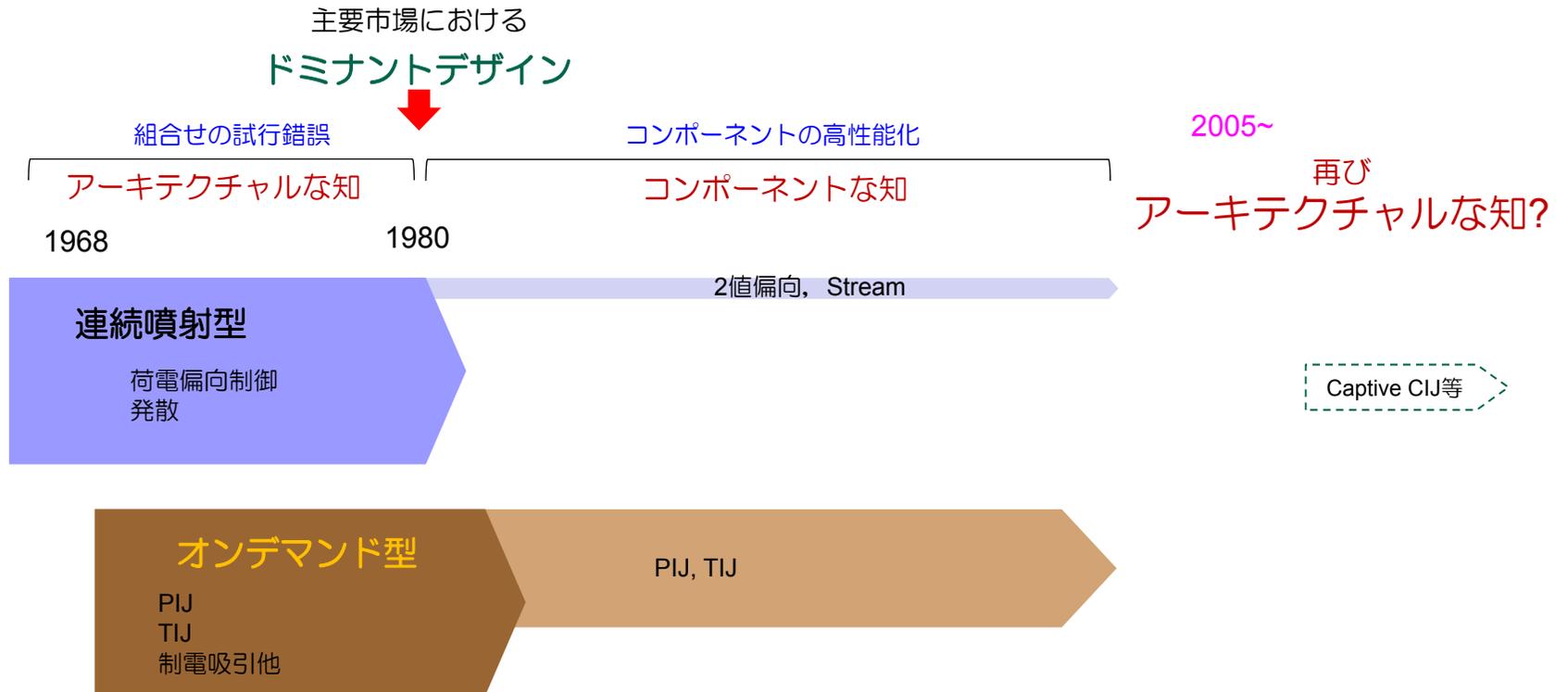
機能集中型(インクジェットの持つシンプルプロセスの特徴)に, 市場が寄ってくれば, まさに**インクジェットが起こすイノベーション**だと思う.

\* 革新技術でなくとも, これまでの仕組みや行動様式を変えること

コンポーネントな知とアーキテクチャーな知

- コンポーネントな知 : システムを構成するコンポーネント(部品)の性能を高めるために必要な知
- アーキテクチャルな知 : コンポーネントを組み合わせ、最も性能の高いシステムにまとめあげる知

ドミナントデザインが固まると企業の組織やルールもこれに従うように変化する。このような状況ではドミナントデザインを崩すような考えは生まれにくく、ドミナントデザインを崩す新興が現れた場合に対応ができない。



2

3D Printer, Issues and Expectations in the Future

3D Printer, 今後の課題と期待

---

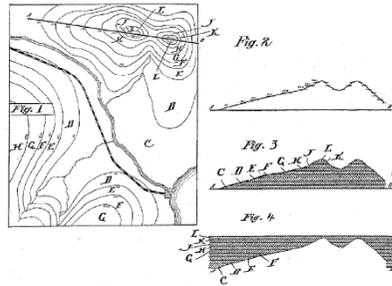
### 3Dプリンタの歴史(1)



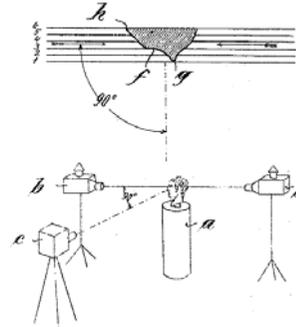
## 3Dプリンタの歴史(2)

### 削り(切削)や型への充填(成形)以外の立体造形物の生成

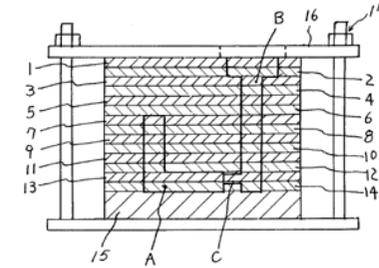
1890年代～



等高線の形状に合わせて板をカット，積層して立体地図 (Blanther,1890)



ゼラチンを光露光，水処理により立体形状 (Baese,1902)



砂に光硬化性樹脂を浸透させ，砂型作成 (松原,1972)

### 「3Dプリンタ」の定義をしなければ，発明を特定できない

1980年代～ **ASTMが分類する7方式の3Dプリンタの基本特許**

- 1980年 特開昭56-144478(小玉)
- 1982年 Herbert論文 **光造形に関する発表**
- 1984年 特開昭60-247515(丸谷)
- 1986年 USP4,575,330(Hull)

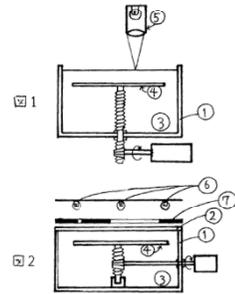
- 1989年 USP5,204,055  
「Three Dimensional Printing」→3Dプリンティング
- 1989年 第2697136号(酒井) **インクジェット法**

2000年代  
初期

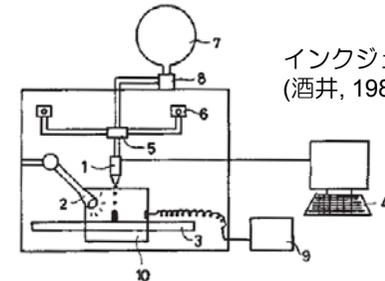
### 「Rapid Prototyping」

2009年

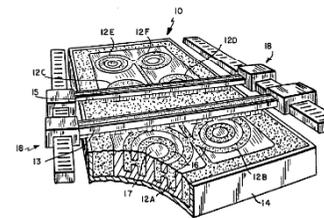
- ASTMの取り決め  
「Additive Manufacturing」(ASTMの取り決め)



光造形法(小玉, 1980)



インクジェット法  
(酒井, 1989)



結合剤噴射法  
「Three Dimensional Printing」  
(Emanuel, 1989)

国際的には**Additive Manufacturing(AM)**と呼ばれるべきだが「**3Dプリンタ**」と呼ぶ

入力出力の関係がプリンタと類似，インクジェット技術，サーマルプリンティング技術の利用

各種方式と特徴(1)

3Dプリンタ方式=Additive Manufacturing方式の分類

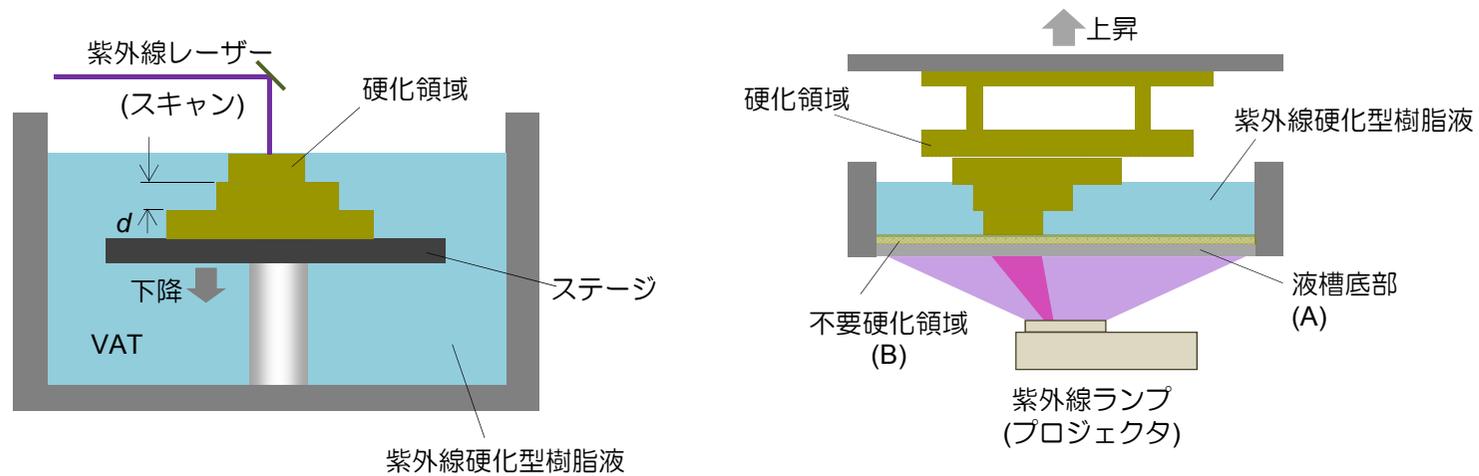
(2009年ASTMの国際会議で採択)

ASTMの分類名称20	Vat Photo-polymerization	Binder Jetting	Material Extrusion	Material Jetting	Sheet Lamination	Powder Bed Fusion	Directed Energy Deposition
日本語名称	液槽光重合	結合剤噴射	材料押し出し	材料噴射	シート積層	粉末床溶融結合	指向性エネルギー堆積
別名 / 通称	光造形 Stereolitho- graphy(SLA)	粉体積層 3DP	FDM	インクジェット法	LOM PLT	SLS SLM	DMP LENS
造形材料	UV硬化性樹脂 (エポキシ /アクリル)	石膏 セラミックス 砂 (金属) カルシウム プラスチック	ABS PLA ナイロン12 PC PPSF PPSU	UV硬化性樹脂 ワックス ハンダ	紙 樹脂シート アルミシート	エンプラ ナイロン 金属	金属
z方向造形速度 (mm/hr)	10	10	20	20~40	2	20	
サポート材の 要否	(不要)	不要	必要	必要	(不要)	不要	不要
カラー化	×	○	△	○	○	×	×
材料費 (¥/kg)	~20k	~10k(Powder) ~30k(Binder)	~25k	~20k~		~10k	

- ✓ 造形速度(z方向)が極めて遅い。
- ✓ 1つの方式で扱える造形材料が限定されている。カラー造形できる方式も一部に限られている。
- ✓ 材料費が高い。

## 各種方式と特徴(2)

## 液槽光重合法



通常型

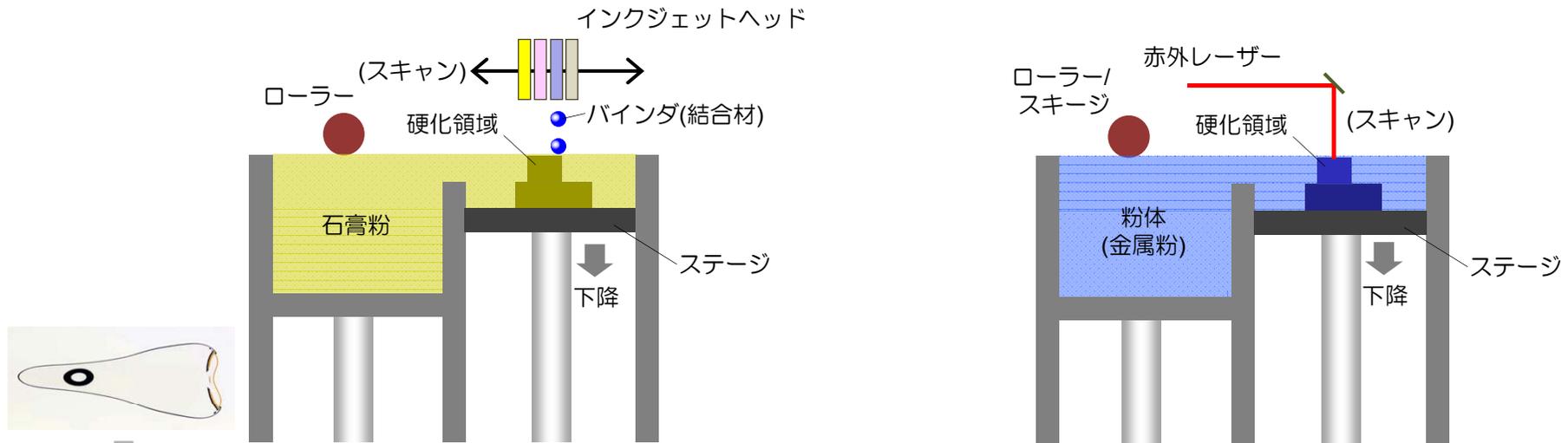
吊り下げ型

Vat Photopolymerization  
液槽光重合  
(光造形)

- ✓ 紫外線硬化樹脂液表面から、硬化したい領域(パターン)に紫外線レーザーを照射して硬化(1層).
- ✓ 小型化(液量低下に適した)吊り下げ型も普及.
- ✓ 液槽型は液面振動静止までの時間、吊り下げ型は底部の不要硬化領域と造形物の引きはがしに時間がかかる。(造形物を少し傾けて、引きはがしやすくしている)
- ✓ 造形物の精細度(分解能)が高いが、紫外線硬化型樹脂であり、強度、長期間での強度維持性は大きくない。

### 各種方式と特徴(3)

#### 結合剤噴射法と粉末床溶融結合法



粉体を扱うので(不要粉体除去において)使用環境が限定される。

表面性が悪く、後処理が必要。

Binder Jetting  
結合剤噴射法  
(粉体積層法)

- ✓ バインダーによる結合のみで強度が弱い(後処理必要)
- ✓ バインダーのカラー化(インクジェット)によりフルカラー化可能だが、発色性は悪い。(端部のみカラーバインダー)
- ✓ 粒子サイズが大きく、表面性は悪い

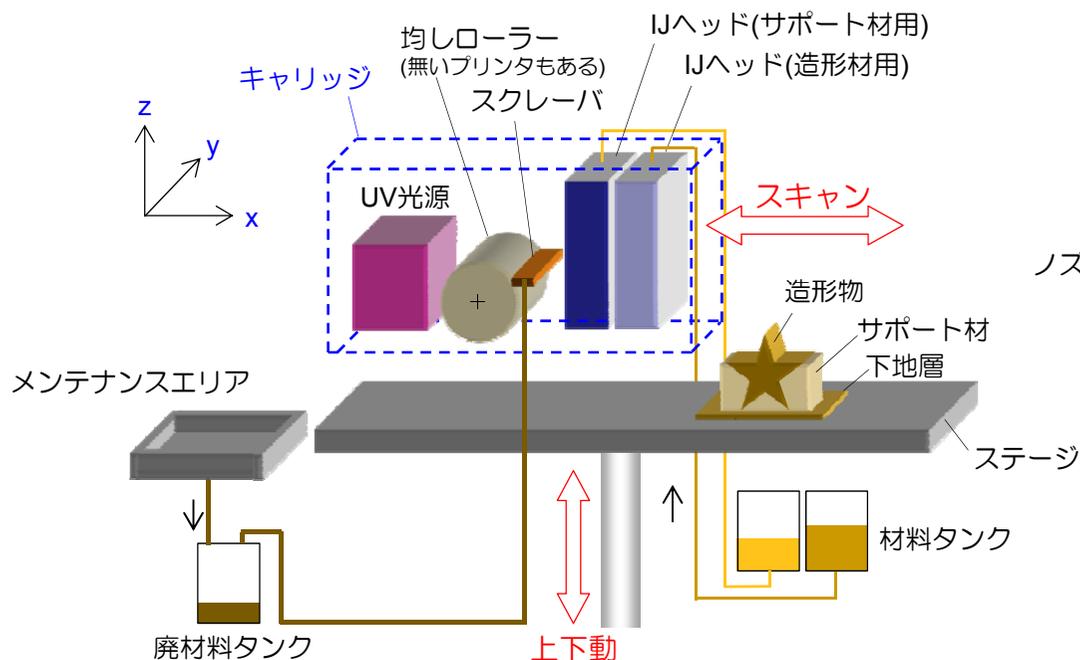
強度確保、発色改善のために後処理をするのが普通

Powder Bed Fusion  
粉末床溶融結合法

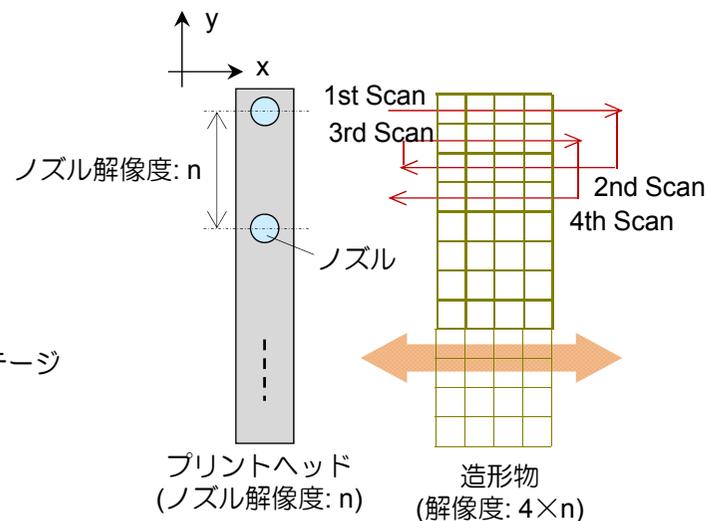
- ✓ レーザーによる高いエネルギー付与により、金属材料(粉末)が扱える(熔融させ結合硬化)。→金型製造の可能性
- ✓ 表面性が悪く、金型への適用には研磨が必要(切削機能がついたHybrid装置あり)。
- ✓ サーマルヘッドにより、ナイロン粉末を熔融結合する装置が発売されている(小型化)

## 各種方式と特徴(4)

## 材料噴射法(インクジェット法)



Material Jetting  
材料噴射法  
(インクジェット法)



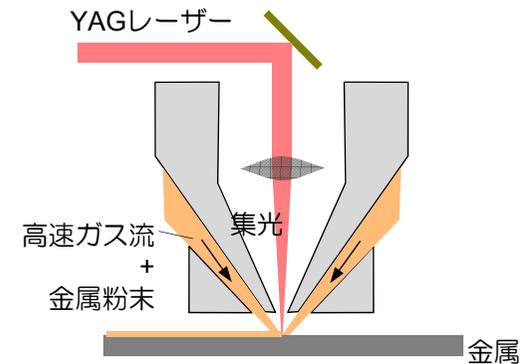
材料噴射法におけるマルチスキャン例

- ✓ スケーラビリティが高い(ヘッドを増やすことでサイズ拡大(y方向), 材料種増に対応できる)
- ✓ z方向の造形速度(層厚)を高めるために, 大きな液滴量が必要。➡ 分解能と造形速度(z方向)がトレードオフになる。
- ✓ ドット(未硬化樹脂液)の干渉防止のため, 低解像度でのマルチスキャン(例えば4回)が必要で, このため速度低下。
- ✓ 造形材料として, 紫外線硬化型樹脂と熱可塑性材料(ワックス)があるが, 紫外線硬化型樹脂が主流。



## 各種方式と特徴(6)

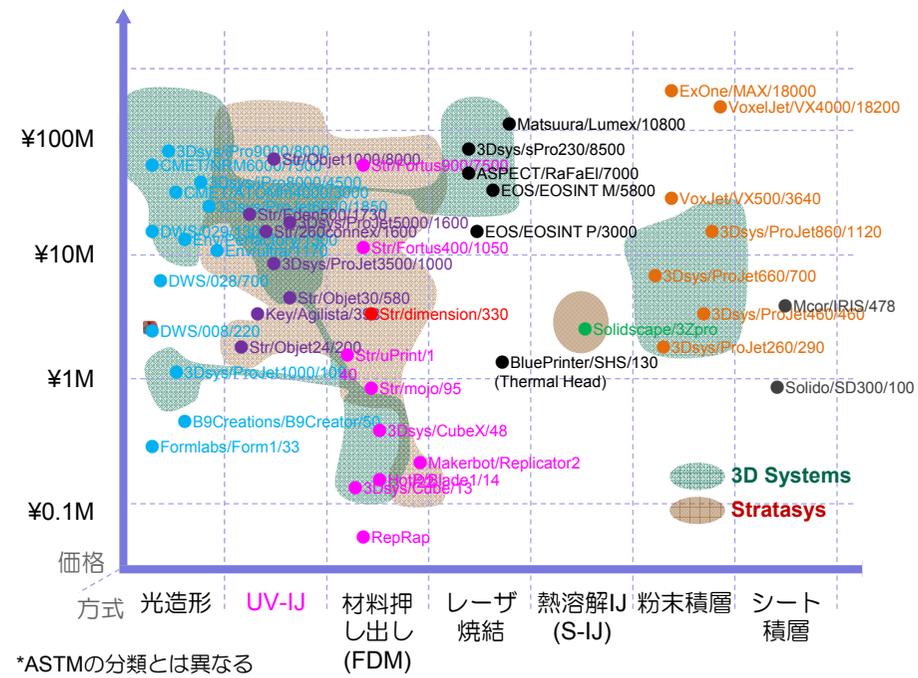
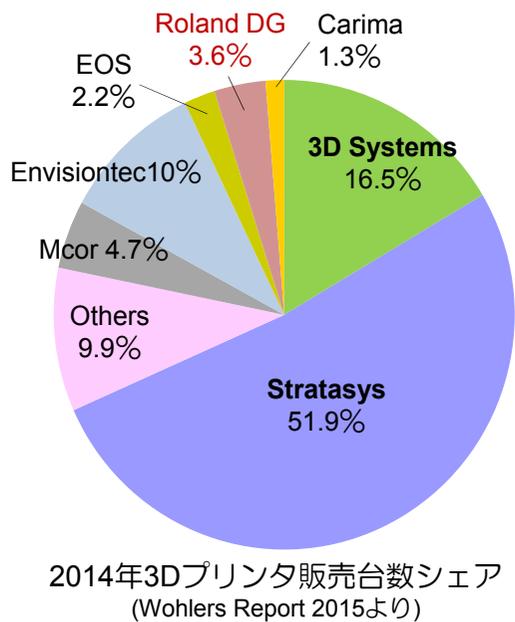
### 材料押し出し法と指向性エネルギー堆積法



Directed Energy Deposition  
指向性エネルギー堆積法

- ✓ 熱可塑性の樹脂(フィラメント, ペレット)を溶解してノズルから押し出し, 一筆書きで立体物を形成. 分解能は粗い.
- ✓ 構成が簡単, 基本特許が切れ, 安価なプリンタが多品種市場導入されている.
- ✓ カラー材料もあり多色化は可能だが, 1つの立体物の中でのフルカラーは不可.
- ✓ 対象金属面をレーザーで熔融し, 金属粉を高速気流に乗せて付着させる.
- ✓ 3D造形だけでなく, 金属物体の修理にも用いられる.

市場状況と主要プレーヤー(1)



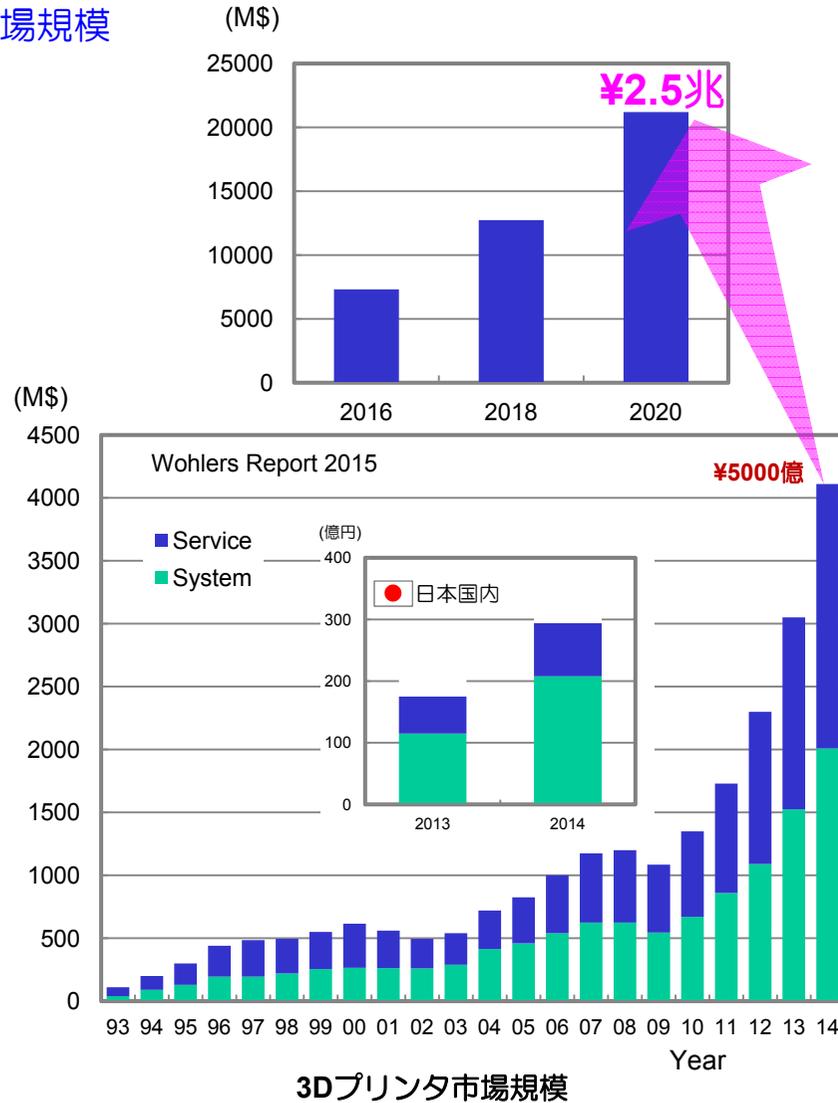
- ✓ 1つの方式で扱える材料範囲は限られている。様々な市場(応用)の要求に応えるためには、異なる材料を扱える異なる方式が必要。
- ✓ Stratasys, 3D Systemsは様々な方式を持つ会社、周辺技術を持つ会社をM&Aすることで成長、市場シェアを獲得してきた。
- ✓ 3Dプリンタの創世記には日本の貢献大。しかし現在、この市場での存在感は薄い。

TRAFAM (経産省のプロジェクト)

- ✓ Technology Research Association for Future Additive Manufacturingが2014年にスタート。
- ✓ 革新的な3Dプリンタの開発を目指し、国際的な地位の巻き返しを図っている。
- ✓ TRAFAMでは主に製造に直結する3Dプリンタを目指している。2015年中に中間報告。  
①次世代型産業用3Dプリンタ技術開発(金属造形)      ②積層造型装置(砂型造形)

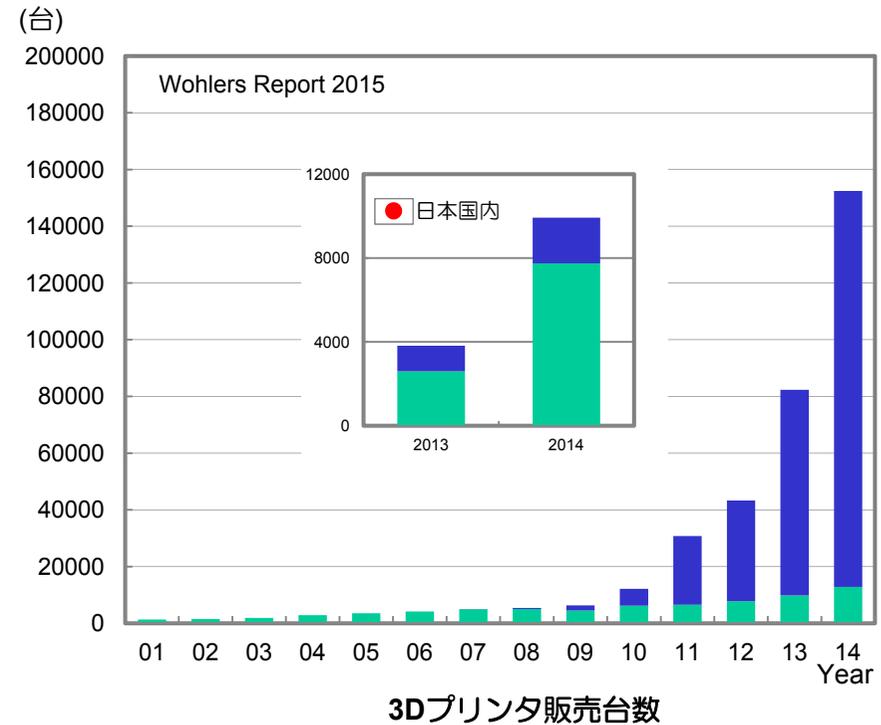
市場状況と主要プレーヤー(2)

市場規模



2014年はWWで約5000億円の市場規模。年率30%で成長し、2020年には2.5兆円にまで伸びると予測。

調査機関により、成長予測は著しく異なる。Wohlers Reportは堅実(控えめ?)な予測。

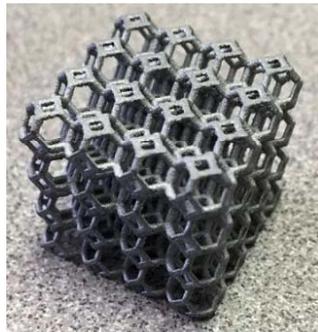


2010年を境に、(安価な)デスクトップシステムが(高価な)産業向けを追い越す。現在、ほとんどがデスクトップタイプ。

## 3Dプリンタの効能

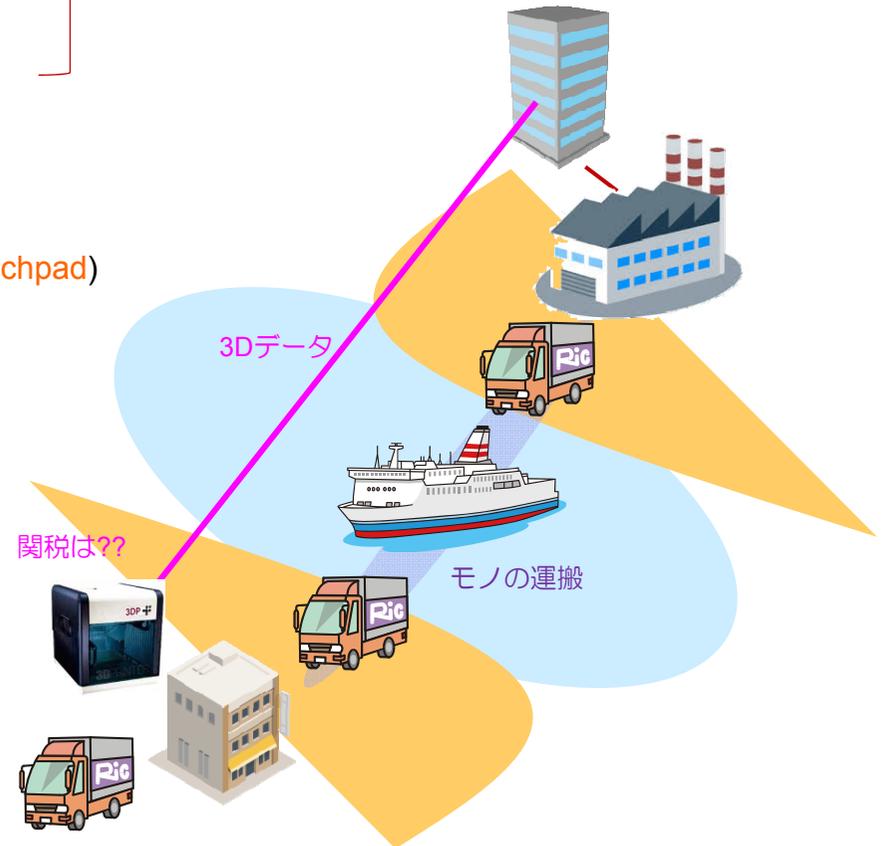
- 型不要でありオンデマンド、カスタマイズ向き(造形速度が遅い)  
→少量多品種向き? ロングテール市場の獲得.
- 複雑な形状・一体造形  
→射出成型では出来ない形状, 機能重視の設計が可能.
- (デジタル親和性が高い)モノを運ばずデータ転送→現地生産  
→デリバリー革命, サプライチェーンの変革
- マルチ材料が扱える. 特にインクジェット法.
- 低価格化, 資金調達のカランド化, ネットワークによる販売  
→誰でもメーカー(Shapeway, DMMの進化版→ Amazon Launchpad)

### DDM (Direct Digital Manufacturing)



強度確保で軽量化  
→従来製造方法では不可能  
トポロジーの最適化  
3Dプリンタでは可能

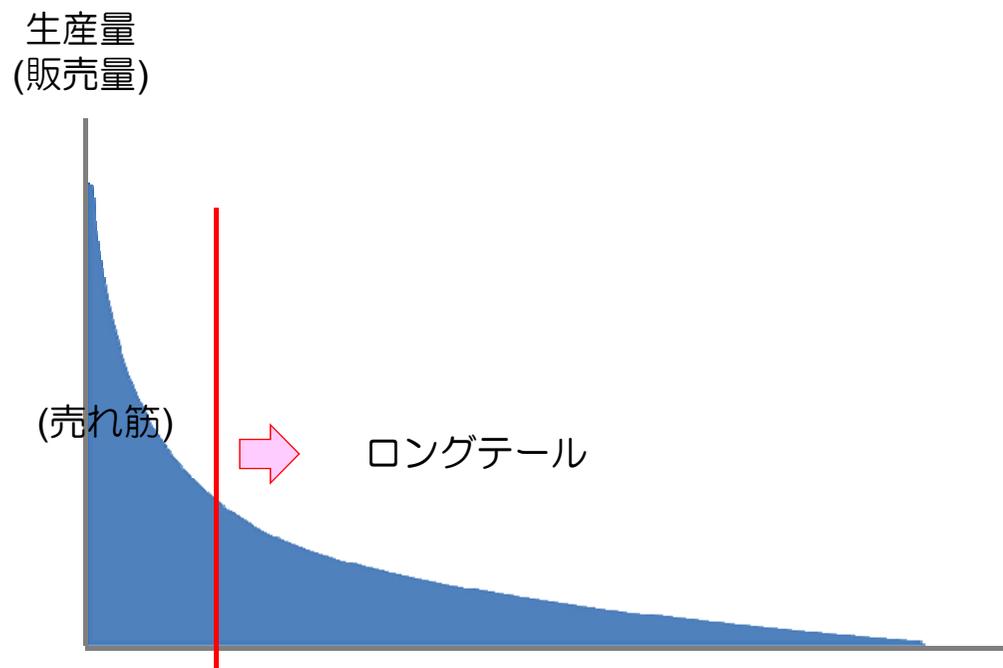
- ジャイロイド
- オクテット・トラス
- トラス
- ラティス
- ハニカム
- 格子



(現在の)3Dプリンタで造形できない形は?

(解像度等, プリンタの仕様に依存するものは除く. 造形を途中で止めるのも不可)

## Long Tail市場



- 販売量が少ないため、切り捨てられていたモデル(商品)→ロングテールが、型不要の3Dプリンタで実現可能になる。
- 障害者のための特殊モデル，個人の特徴に合わせた特注品のビジネスが可能になる。
- Chris Andersonによれば「ロングテール」の売上合計は，売れ筋商品の売り上げを上回る市場が存在する。

## 3Dプリンタの課題(1)

- **高速化(積層方向)**  
→ 構成要素・パラメータの進化(数倍～10倍程度), 積層プロセス(Layer-Wise)の打破(100倍以上)
- **材料範囲の拡大**  
→ 1つの方法で全ての材料を扱うのは不可能(Star TrekのDuplicatorは実現しない), 材料範囲(機械特性, 物性)は広がっているが, 他方式を置きかえることにはならない。
- **精度, 分解能**  
→ 造形速度とのトレードオフ, 高速化のブレークスルーがかぎ。
- **造形サイズ**  
→ スケーラビリティの高いFDM法で建築用巨大3Dプリンタ, インクジェット法も大サイズ向き。
- **カラー化対応**  
→ フルカラーの3Dモデルを造形するにはSTLでは課題あり(フォーマット, ツール等)
  
- **製造物責任**  
→ 普及とのバランス, 法整備の遅れ。
- **著作権, 危険物への対応**  
→ デジタル3Dデータの流通, 使用者のモラル, 法整備。

## 3Dプリンタの課題(2)

## 高速化

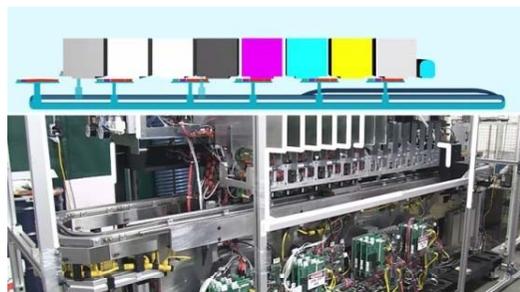
- 1層ごとに形成し、層を重ねて(Layer-wise)立体物を造形する手法はとても合理的である。
- しかし、層を重ねる)故に、高速化(積層方向)に課題がある。

→インクジェット法(未硬化ドットの干渉)

→光重合法(液面振動、不要硬化領域との引きはがし)

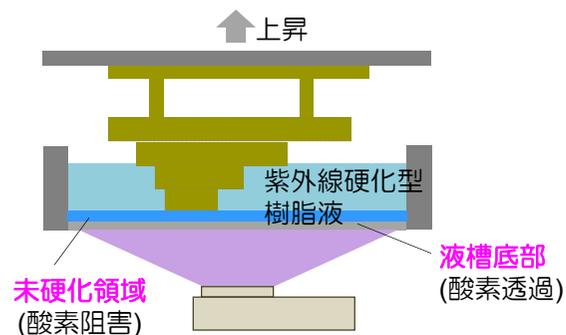
- 層を形成するプロセスの高速化(パラメータの進化)では、数倍～10倍程度にしか高速化できない。

## Project ARA



Googleと3D SystemsのProject ARA  
(回転寿司のようなシステム)

## Carbon 3DのCLIP



CLIP: Continuous Liquid Interface Production Technology  
従来の光造形法の25～100倍

## 折り紙式3Dプリンタ

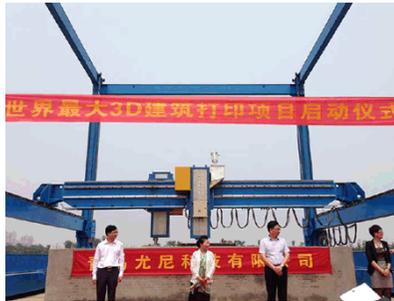


まだ最終的な形まで自動的に造形する装置は開発されていないが、曲げる、接着する機能を追加中。(明治大)

## 3Dプリンタの課題(3)

## サイズと精度(分解能)

- ✓ 一部の光造形を除き、多くの3Dプリンタで造形出来るサイズは、A4程度である。
- ✓ FDMやインクジェット法は、ヘッドの稼働範囲を広げることで大型化できる。建築での使用を目的にした(FDM方式)3Dプリンタも試行されている。



中国の建築用3Dプリンタ(12m)



オランダの建築用3Dプリンタ



アメリカのコンクリートプリンタ



型枠用3Dプリンタ

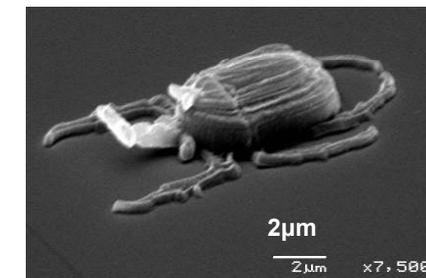
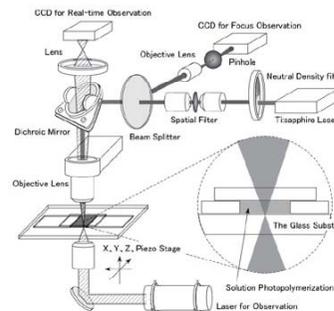
- ✓ 精度は造形速度とのトレードオフになっている。インクジェット法で液滴サイズを小さくすれば\*分解能は高くなるが、(ドットの高さが低くなり)造形速度が低下する。

\* 3Dプリンタの液滴サイズ:100ピコリットル, 家庭用プリンタの液滴サイズ: 1ピコリットル

- ✓ 2光子吸収現象を利用したマイクロ光造形では、1 $\mu\text{m}$ 以下の分解能を実現。造形サイズは小さく、実用化されていない。

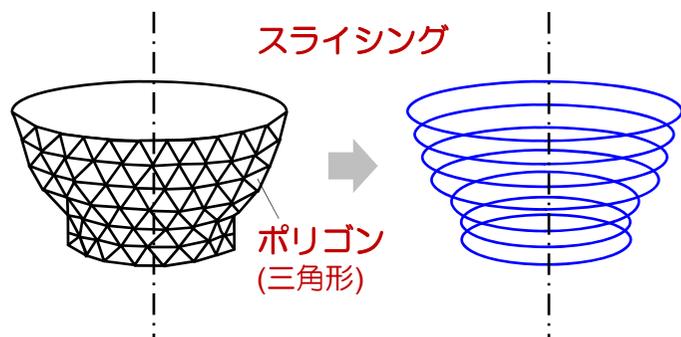
出典：Jun Chen, 東京工芸大学工学部紀要 Vol.31, No.1 (2008)

出典：http://www.micro.rcast.u-tokyo.ac.jp/bio\_micro\_115.html



## 3Dプリンタの課題(4)

## 3Dデータフォーマット

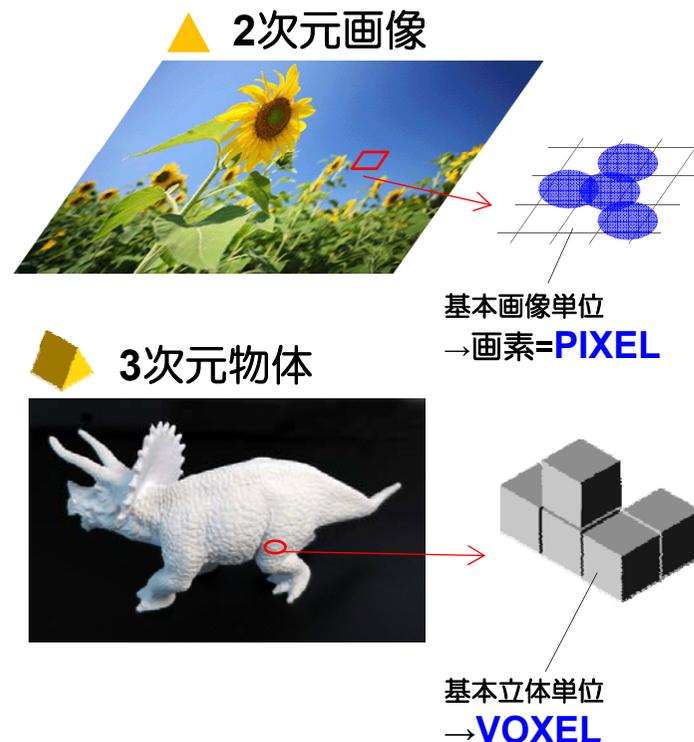
**STL**

(Stereolithography / Standard Triangulated Language) /  
Structural Triangle Language)

- **STLは色データや物質データを持たない。**
- **隙間や重なりが生じる場合がある。**

**VRML**

(Virtual Reality Modeling Language)

**AMF** (Additive Manufacturing File Format)

の標準化がASTM Internationalで検討されている(現在versionは1.1).

XMLで記述されたAMFのタグに、VOXELデータ、色情報、物質情報等を埋め込む試みも検討されている。

**VOXELベースの新しいフォーマットFAVの提案\***

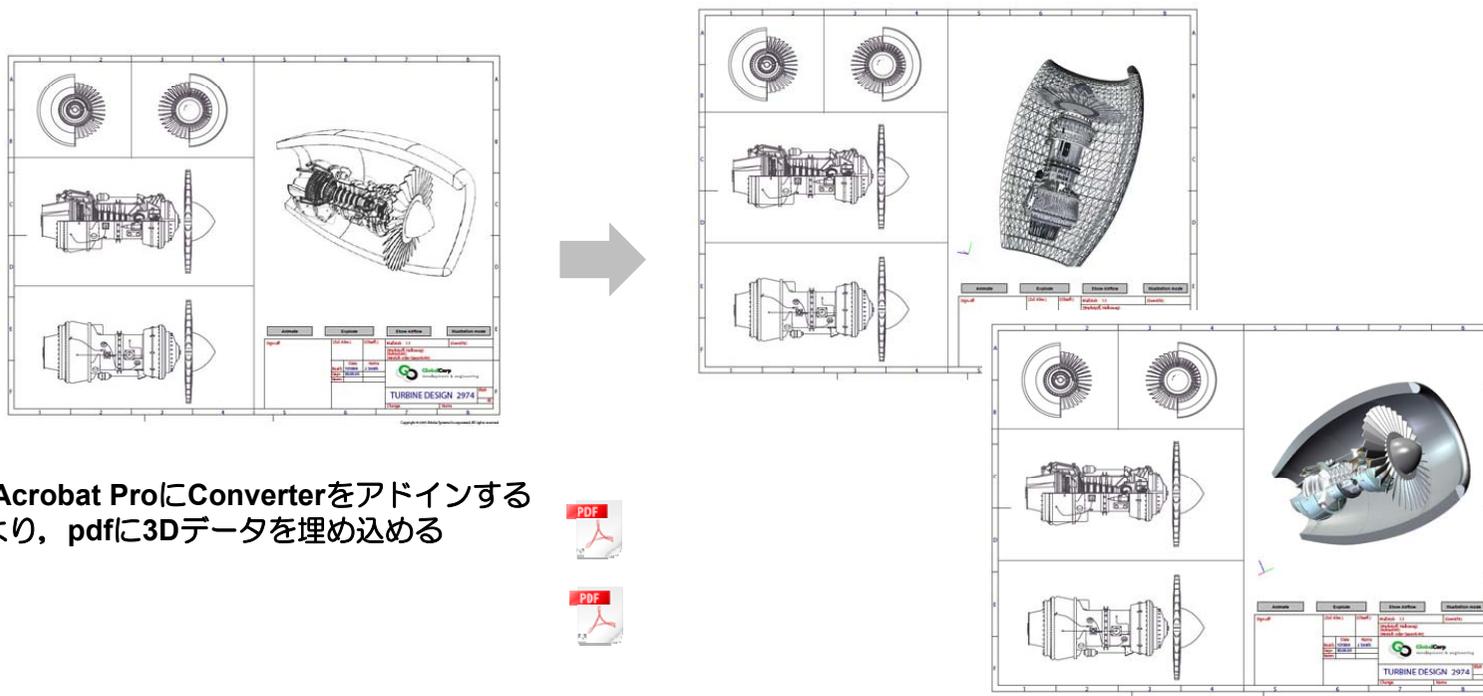
\* A. Masumori, Proceeding of IS&T'Ss NIP31 (2015)

**3MF**

MicrosoftやHPが中心となって策定中。3Dプリンタとの親和性を高める。Windows8.1からドライバが標準装備。

## 3Dプリンタの課題(5)

## 3D PDF



Adobe Acrobat ProにConverterをアドインすることにより、pdfに3Dデータを埋め込める

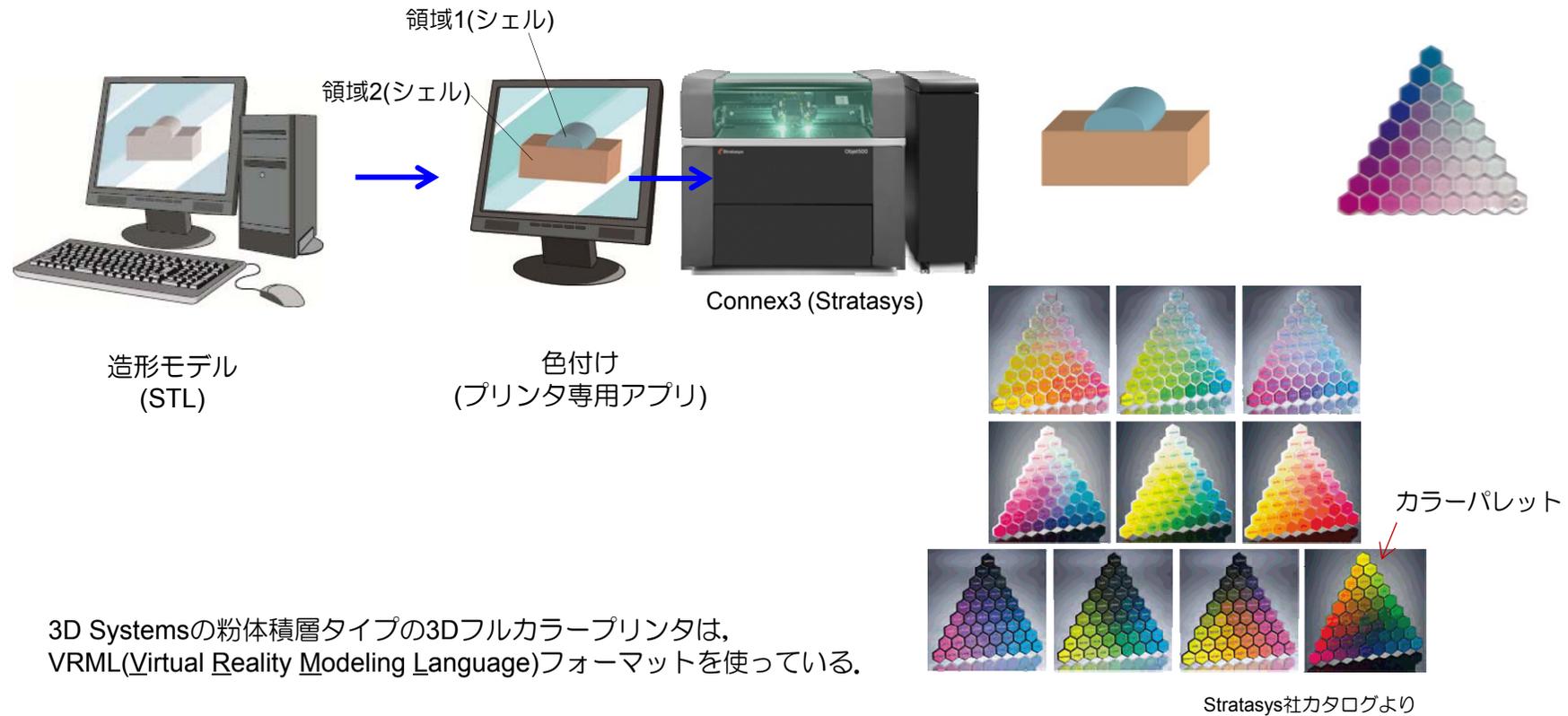
Adobe Acrobat Readerで3D再現できる

- ✓ pdfに(様々なフォーマットの)3Dデータを埋め込むことが可能。表示だけならReaderのみで対応可能。より高度で簡単な情報伝達・共有方法として活用可能。
- ✓ キヤノンが製作サービスを開始。

## 3Dプリンタの課題(6)

### 3Dデータフォーマットとカラー化

- ✓ 色情報を持った3Dデータフォーマットの標準化がされておらず、造形データ作成(スキャン)と色付けが別工程(別アプリ)になっている。
- ✓ マルチカラー化が可能なプリンタ(Connex3)では、色はプリンタ付属のアプリケーション上でシェル単位で指定する。(3Dデータ作成段階で、モデルを複数ボディーによるアセンブリーとし、色を分けるボディー[シェル]ごとにSTLを作成し、プリンタに送る)。



## 3Dプリンタの課題(7)

## 製造物責任

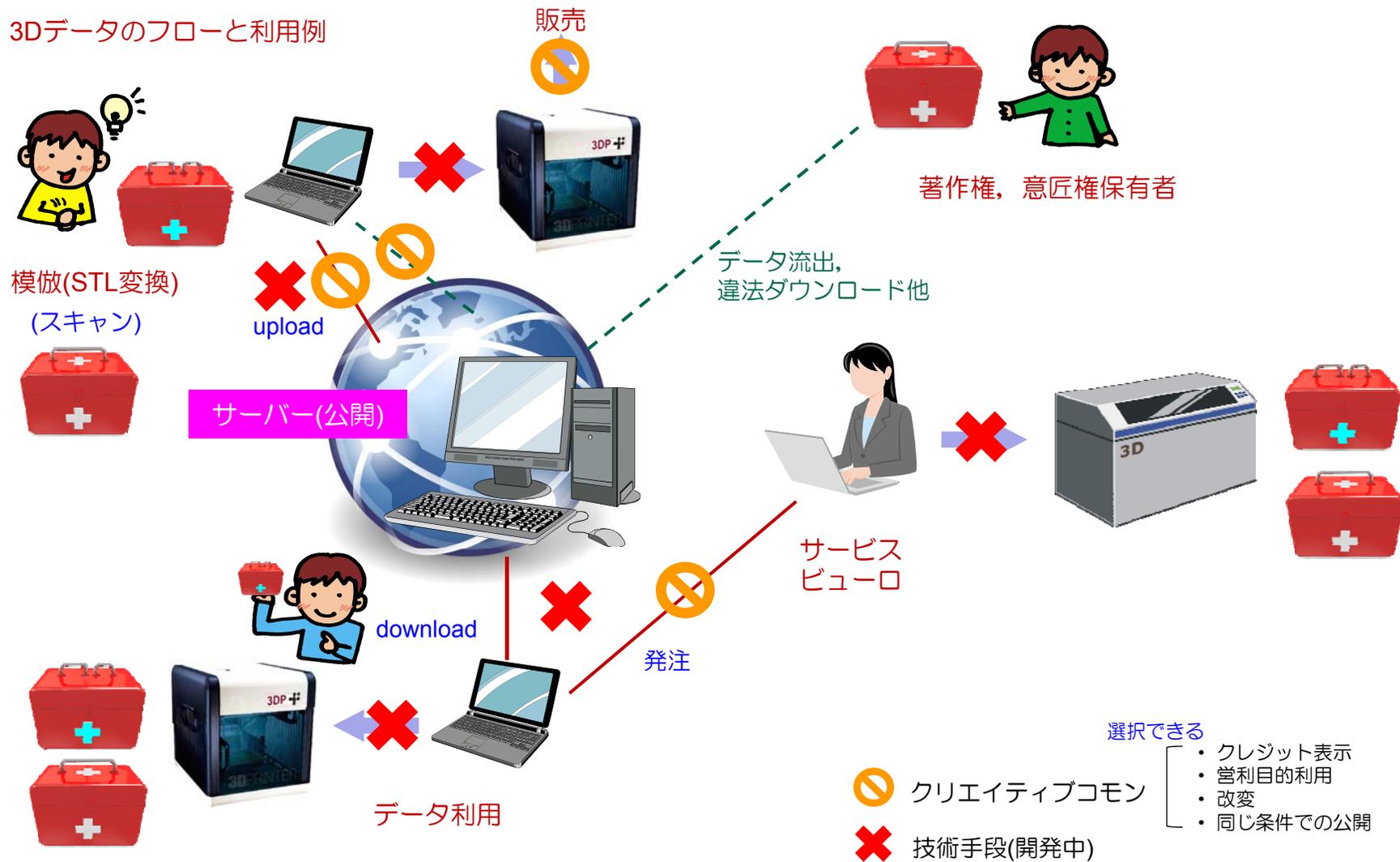


- ✓ 普及期は(普及促進が必要であり), 関係者からの情報公開(安全性データ, 設計ルール等)を前提として, 作成者, 使用者が責任を持って利用することが良いのではないだろうか。
- ✓ その後のステージでは法律等の取り決めが必要であり, 今から準備を進めるべきである。(社会環境, 法整備が追いついてこないと, 適切な対応ができず, 結果, 全てに覆いをかけてしまう)

3Dプリンタの課題(8)

著作権・危険物対応

3Dデータのフローと利用例



例えばDNPのSTL特徴量比較, 慶應大のVOXELベースの類似検索

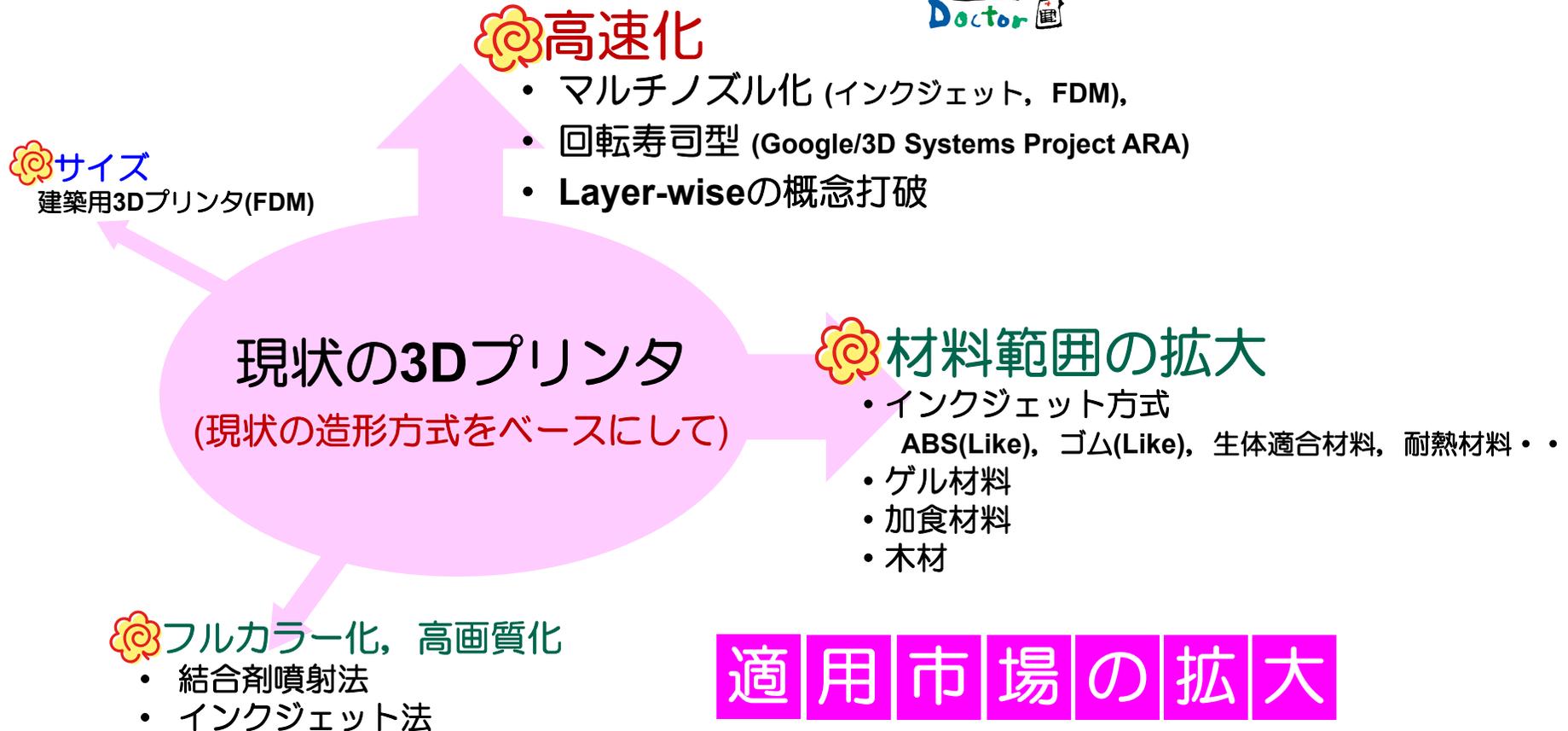
## あらゆる材料が扱える3Dプリンタは登場するのか?

(例えばStartrekのReplicators)



将来の研究者に託そう!

当面の技術開発動向



現在の開発は

(要求される材料で)形を 正確に, 早く, (安く)作る

-トレンド-

その先(次世代), 3D造形技術の向かう方向は



**The Best Way to Predict the Future is to Prevent It**

By Alan Kay

新たな機能(価値)を提供(付加)できる3D造形へ

3D Printer = 形状 + **Printed Electronics**

+ 可食(Cocojet, Shefjet, Gumjet) 食品

例えば + バイオミメテックス 機能部品

+ **Stem Cell (幹細胞)** 臓器

+ 質感 本物

+ **Something with Value**

**トレンドを変える**  
(非連続な進化)

## 付加価値の追加(5)

別な言い方をすれば

**Input** (Sensor, Scanner, CAD····)

- 形状  
(内面構造)
- 色  
(テクスチャー)
- 質感  
(光沢, 触感···)
- 温度
- 味覚
- 嗅覚
- 電磁力
- 動作

出力を意図することが多い

**Output****3D Printer**

- 形状
- フルカラー
- 質感
- 味
- 臭い
- 動作
- センシング
- ····

**Display**

新たな機能(価値)を提供(付加)できる3D造形へ

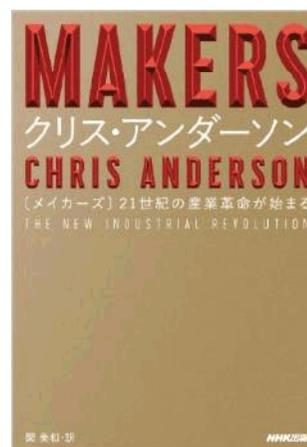
## 3Dプリンタの位置付け(1)

## 3Dプリンタブーム?

3Dプリンタはブームなのか?ブームは去ったのか?



オバマ大統領が2013年の一般教書演説の中で  
3Dプリンタに言及



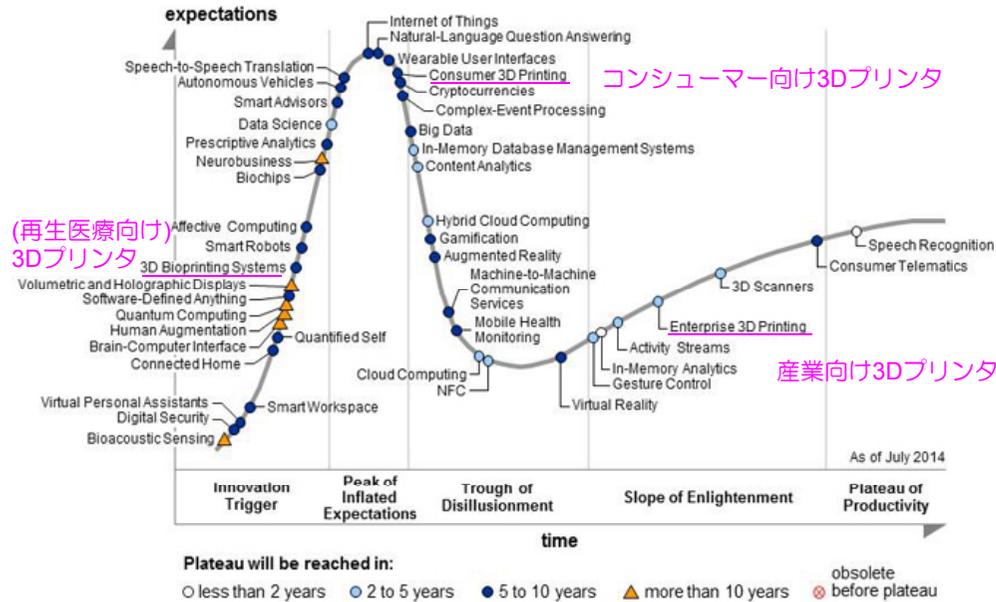
2012年に発刊された  
Chris AndersonのMAKERS



FDM基本特許切れによる  
低価格機の参入  
(粉末焼結基本特許切れによる製  
造分野への参入激化)

3Dプリンタの位置付け(2)

3Dプリンタの位置付け

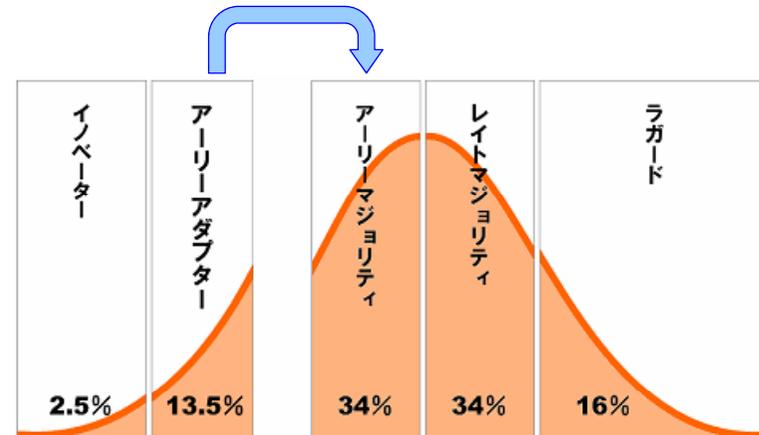


ガートナー Hype Cycle 2014年度版

- ✓ 3Dプリンタは(市場別に)3つの分類があり、それぞれ流行のフェーズは異なる。(一概にブームとは言えない)
- ✓ 産業向けは確実に用途を広げ、活用が進みつつある。インダストリー4.0との結びつけ(活用)も提案されている。
- ✓ 再生医療向けの実現は当分先。
- ✓ コンシューマー向けはブーム。本格的な浸透は起こるか。

2次元プリンタ(インクジェットプリンタ)のアナロジーで考えられるか?

- 低価格化は進んでいる。
- キラーアプリがあるか? キャズムの谷を越えられるか?



深い溝：キャズム

↑  
コンシューマー用3Dプリンタ

## まとめ

- 現在ある造形技術をベースに、確実に性能の改善が進んでいる。夢の3Dプリンタは現れない。
- 3Dプリンタの効能を活かした使い方が、少しずつものづくりを変えている。
- 現在は、「型不要、しかし低速→少量多品種」に焦点が当たっているが、これだけだと収支ライン(採算の合う生産個数)で振り分けられ、発展性がない。
- 3Dプリンタにしか出来ないこと(機能を重視した設計の実現、デイバリー革命等)が、ものづくりにおいて当然になってくれば、3Dプリンタの活路はもっと広がると考える。
- 3Dプリンタの技術開発は性能改善だけではなく、形以外の新たな価値を提供する方向にも向かっている。

3

Recommendation to Ink Jet (Monology)

インクジェットに対する提言(ひとりごと・・・)

---

## 発明の同時性とは

似たような発明が、同じ時期に生まれること

「発明の同期性」という言葉は、技術ジャーナリスト志村幸雄氏の造語、藤井は「同時性」という言葉を用いる。

光造形法，自動車\*，電話\*，映画\*の例 (\*志村幸男著「誰が本当の発明者か」参照)

① 「モノ」の定義をしなければ発明者は特定できない

② 発明の同時性が起こる背景

A. 偶然

B. 発明内容が外部(競合)にもれる

**C. 社会的ニーズがあり(予想でき)、それを実現する技術基盤(シーズ)が揃い(予想でき)、必然的に同じ時期に生まれる**

C'. 異なる領域での発明があり(基礎になる発表があり)、それを発展、あるいは別な領域に適用する

### 3 Recommendation to Ink Jet (Monology) インクジェットに対する提言(ひとりごと・・・)

#### 発明の同時性

##### サーマルインクジェット

出願日 / 公報番号	タイプ	発明者(出願人, 譲渡人)
1977.09.30 / 特公昭56-9429	熱冷却必要	小夫(リコー)
1977.10.03 / 特公昭61-59911	直線流路に発熱体	遠藤他(キヤノン)
1978.06.12 / 特公平-2-43389	液体をガス化して加圧	斎藤(信州精器)
1981.08.14(優先権) / 特開昭58-36465	発熱手段でインクを気化, 吐出	Vaught他(HP(YHP))
<b>(参考)</b>		
1962.06.28 / USP3,179,042	インク加熱, 蒸気発生, 電極でON/OFF制御	Naiman(Sperry Corp.)
1971.01.11(優先権) / 特公昭53-45698	(実施例)吐出のため加熱, 蒸気を発生する加熱コイル	Stemme

9か月

1962 Naiman

1977 Ricoh  
拒絶通知での先行文献

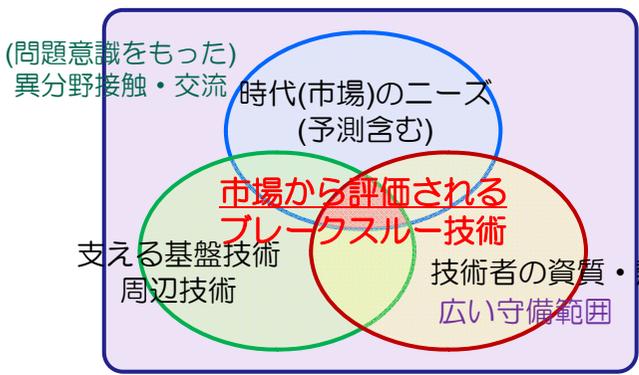
1971 Stemme



1977 Canon

1978 諏訪精工舎

1978 HP



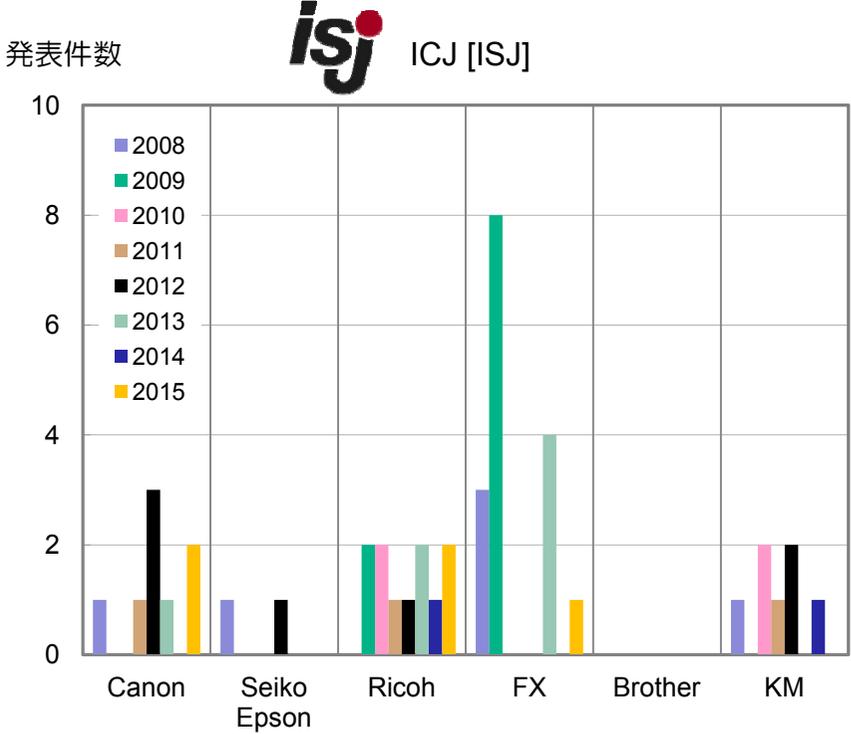
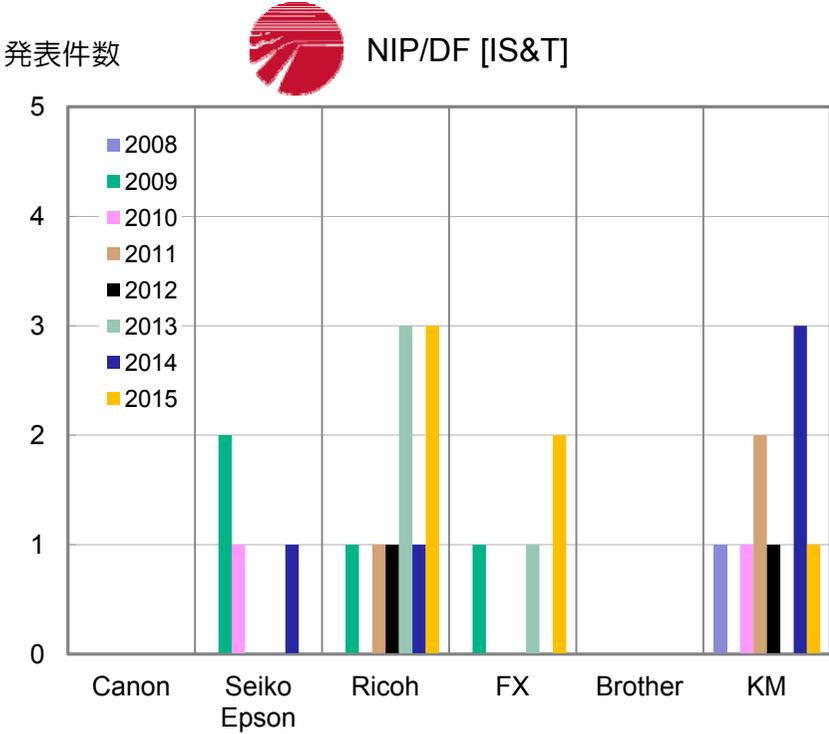
6か月

##### ピエゾインクジェット

出願日 / 公報番号	タイプ	発明者(出願人, 譲渡人)
1970.06.29 / USP3,946,398	シングルキャピティ型	Kyser(Silonics Corp.)
1970.09.09 / USP3,68,212	グールド型(圧搾型)	Zoltan(Clevite Corp.)
1971.01.11(優先権) / USP3,747,120)	ダブルキャピティ型	Stemme
<b>(参考)</b>		
1946.04.01 / USP2,512,743	ピエゾディスクの変形で吐出	Hansell(Radio Corp. of A.)

3 Recommendation to Ink Jet (Monology)  
 インクジェットに対する提言(ひとりごと・・・)

学会発表



インクジェットビジネスの主体の違いにより、学会発表に向く・向かないはあるのでしょうか？  
 日本画像学会の技術研究会では、最も人を集めるのがインクジェット。では、何故発表が少ない？

### 3 Recommendation to Ink Jet (Monology) インクジェットに対する提言(ひとりごと・・・)

学会発表と枯れたKnowledgeの活用



まえがき(藤井)

パーソナルなプリンタの利用から、さらなる高性能が要求される市場や、**新たな用途への展開など、新しいインクジェットの技術ステージが始まっている。**

～中略～

これまでインクジェットに関する研究・開発は、いわゆるプリンタメーカーと呼ばれる企業や、インク、メディア関連企業を中心にして進んできた。従ってインクジェットに関する技術情報は、これら**企業内での蓄積が中心となり、技術論文や特許を除けば、あまり外にでることもなく**、ましてや体系的にまとめられたものはほとんどなかった。しかしインクジェットの可能性がより広がり、プリント以外へのインクジェットの応用、たとえば生産技術への展開も始まり、**これまでインクジェットになじみがなかった企業や技術者が、インクジェットの知識を必要とするようになってきた。**

枯れた技術やK/Hであっても、新規にインクジェットを応用しようとする人たちには、とても有用。それを求めてくるセミナー参加者や、個別に連絡をとってくる人がどれだけ多いことか。

「論文書いてるヒマがあったら仕事しろ」なんていう上司や役員がいまだにいるのが信じられない。  
(藤井もそういう時期を過ごした事がある)

枯れた技術で良いから、新規な応用にスムーズに受け渡しができる仕組みを作りたい(各社には頼れない)

# INKCUBE

## インクジェットに対する提言(ひとりごと・・・)

### コンシューマー向けプリンタ開発

---

毎年発売される新製品

『コンシューマー向け新規開発は、ユーザーに価値を提供しているのだろうか?』

(コンシューマー向け商品を販売していないFXの勝手な独り言?)

プリンタの魅力で新規需要は掘り起こせていない(販売台数の減少)

『壊れてないのに、買い換える必要ない』

最近の新製品はちっとも嬉しくないばかりか、困ったことばかり

後ろトレイなし

メンテ長い。スキャナー利用でもメンテ

新しいプリンタが出るとインクカートリッジも替えてしまう

『コンシューマー向けの新規開発をやめたらどうなるのか?』

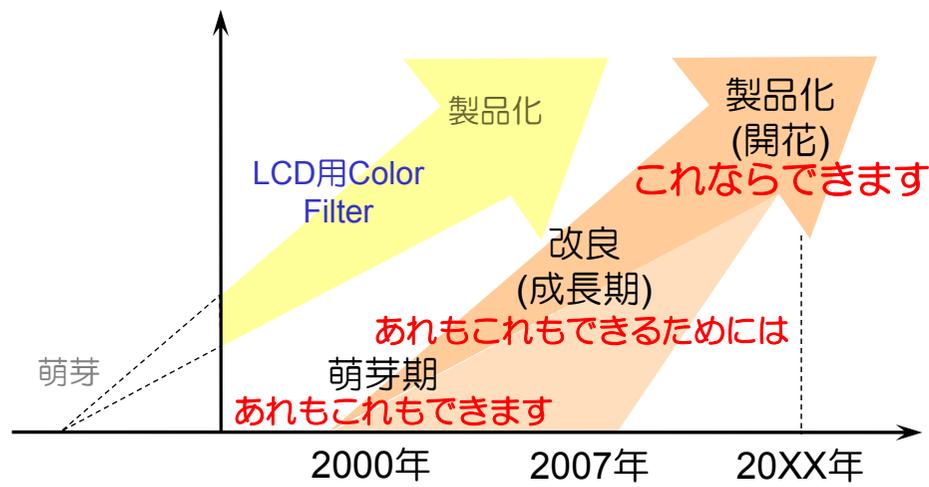
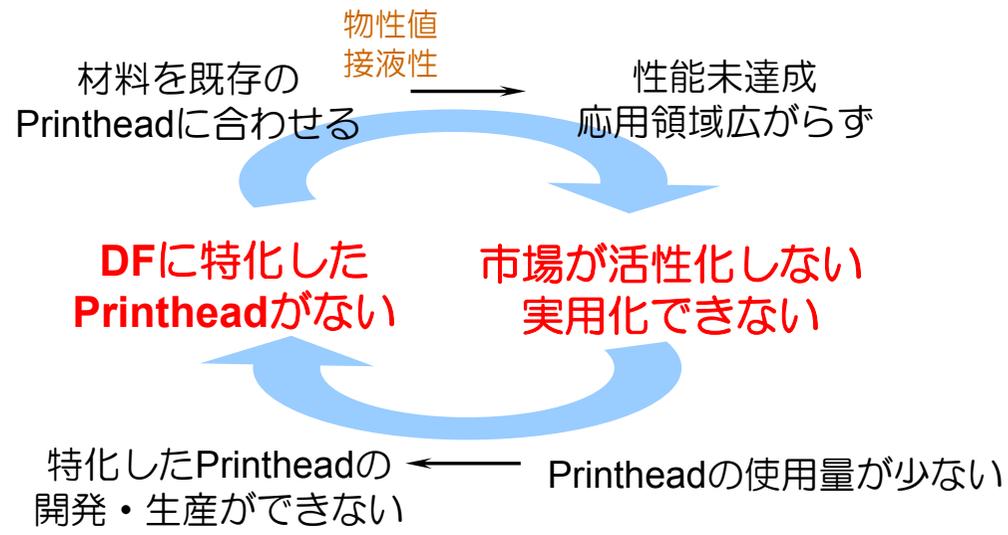
(同じエンジン、同じインクで5年くらい商品を提供したらどうなるのか?)

インクジェットの特徴を活かした、新しい応用分野に振り分けた方が良くはないか?

コンポーネントな知が求められている時代に、対応できてない

3 Recommendation to Ink Jet (Monology)  
 インクジェットに対する提言(ひとりごと・・・)

Digital Fabrication



妥協ではない。  
 インクジェットの特徴を活かして価値を提供  
 できる応用(市場)がある。  
 インクジェット技術者と応用

### 3 Recommendation to Ink Jet (Monology) インクジェットに対する提言(ひとりごと・・・)

さいごに

**Welcome to Portland and NIP31**

I am delighted to welcome you to Portland, Oregon—The City of Roses—and host to the NIP31/Digital Printing and Fabrication 2015 Conference, where the highest level of imaging technologies and applications are featured. Through rigorous—and the incorporation of topics related to digital fabrication and hot printing beginning eleven years ago—the conference has maintained a unique position where engineers and researchers engaging in both of the basic areas of imaging technologies and their applications gather and grow by their interactions through overlapping academic structures and free discussion events.

To help us reflect on our growth during the past eleven years, and to aid us in looking toward the future, we have invited Dr. Neil Greenfield to give our opening keynote address. Dr. Greenfield presented a keynote talk and introduced the general ideas of digital fabrication at the first Digital Fabrication Conference in 2005. During his talk on Monday, he reviews the past 11 years and provides a view of the future.

Additive manufacturing, and specifically—more broadly—3D printing has been featured as one of digital fabrication area mainstays of the conference because of its roots in and strong connections with fundamental 2D printing technologies—including document security, materials and processes used for printing, and data workflow. This recognition of the overlap between the 2D and 3D printing communities has allowed us to create a central event for presenting and discussing research progress on the latter. To further this connection, we have invited Richard Hague to provide the Tuesday keynote: 3D Deposition of Functional Materials for the Additive Manufacturing of Smart Devices.

As his title illustrates, as 3D printing technologies progress, they can make not only the accurate shape of an object, but also some functions creating a completed model. Essential to this process, is the data format and workflow of the 3D system, which allow it to transmit various information from input to output. Tuesday afternoon features a complementary invited talk by Hiroya Tanaka on a New File Format for 3D Printing, its Extensions, and Applications. During this session, we discuss the association between 3D data formats and printing technologies. This topic is further complemented by an offsite tour to 3D Systems on Thursday, a company that has established a strong presence in the 3D printing market.

Rounding out our keynotes and our focus on 3D printing technologies is our Wednesday talk by Michael McAlpine on 3D Printed Biodegradable Materials. Since integrating 3D topics into NIP, 3D printing has been watched with keen interest as it has moved from concepts to functional realizations.

2D printing and associated technologies have been at the heart of NIP since its inception. Over the years, the talks presented have evolved and steadily promoted the digitization of analog commercial printing markets and the delivery of additional value. drupa is one of great exhibitions where you can see the latest technologies that make up the current printing revolution. On Tuesday, we are pleased to offer a preview of drupa 2016 by the conference organizers.

In addition to an outstanding technical paper program, this year's event is rounded out by a technical exhibition, 17 short courses, roundtable discussions on Surface Manufacturing and Security Printing, the annual Late Breaking News/Success Stories final session—completed this year by a Conference Highlights Forum—and a reception at the Portland Art Museum.

Outstanding technical breakthroughs are made not only by the continuous efforts of individuals and companies to master specialized technical areas, but also through contacts with different technical areas and colleagues. It is a pleasure to what we don't know, that allows us to dream about new technologies and applications. The NIP Digital Fabrication and Printing Conference offers a unique venue where basic imaging technologies and their applications converge in an open and supportive environment. I do hope all of you will Meet, React, and Create as a result of your participation in NIP31—and that you will present innovations based on what you've learned here in the coming years.

Finally, I would like to express my gratitude to Executive Program Chair Jim Szustak, who provided his knowledge and experience unstintingly in the preparation of this conference, and to the conference committee members and IS&T staff, who support all our efforts. I also express my appreciation to the sponsors and exhibitors who always support the conference and make it a better event.

—General Chair, Masahiko Fujii, Fuji Xerox Co., Ltd.

Outstanding technical breakthroughs are made not only by the continuous efforts of individuals and companies to master specialized technical areas, but also through contacts with different technical areas and colleagues.

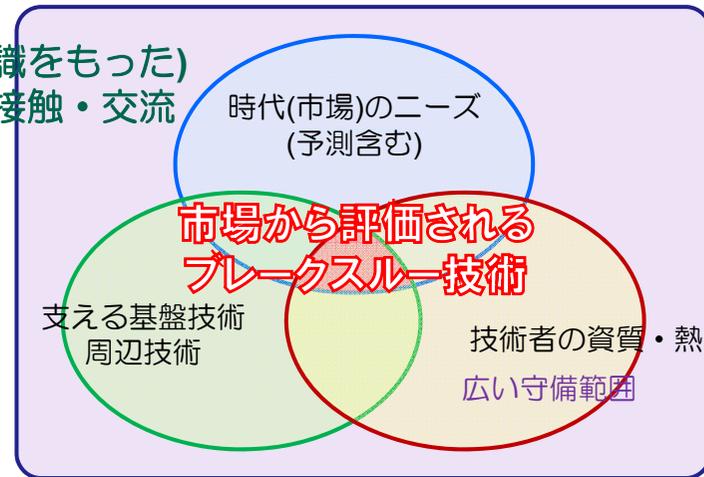
I do hope all of you will **Meet, React, and Create** as a result of your participation in NIP31----and that you will present innovations based on what you've learned here in the coming years.

IS&T's NIP31 General Chair, Masahiko FUJII, Fuji Xerox Co., Ltd.

NIP31(2015)予稿集の巻頭挨拶



(問題意識をもった) 異分野接触・交流



# Appendix

## 発明の同時性：自動車

