

Future 3D Printer & Surrounding Issues

これからの3Dプリンタと取り巻く課題

トレンドを変える技術開発とFAVを基点としたものづくりの変革を目指して

Introduction

はじめに

Innovative Change of Manufacturing by Adopting FAV

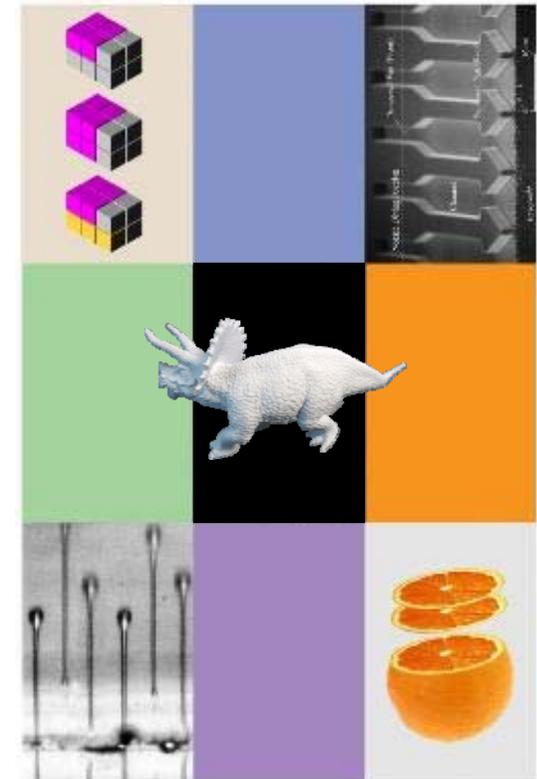
FAVを機軸としたものづくり変革

Technology Evolution Changing Trend

トレンドを変える技術進化

Conclusion

まとめ



December 9, 2016

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



Introduction

はじめに



はじめに

本日の講演要旨

3Dプリンタ(ハードウェア)の技術進展は著しい。しかし、

- 30年以上前に提案されたデータフォーマットを使い続ける問題は?
 - 3Dプリンタの能力を十分引き出せているか?
 - ワークフロー(データフロー)は煩雑ではないか?
 - 3Dデータが万人のものになっているか?



ボクセルベースの新しいデータフォーマットでものつくりを変革できないか。

- 現在の技術開発の方向性だけで、今後の3Dプリンタの成長を支え続けられるか?



技術開発のトレンドを変える取り組みも必要ではないか。

3Dプリンタの活用が当たり前になった時、社会(法律)、ユーザーも変わるべきではないか。

Innovative Change of Manufacturing by Adopting FAV

FAVを機軸としたものづくり変革

FAV=Fabricatable Voxel



FAVを機軸としたものづくり変革

3Dプリンタの歴史

25,000年前



削る
(切削)

4,500年前



型取る
(成形)

Additive



造形装置として特許出願されたのは
1800年代

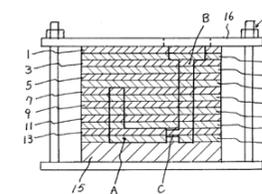
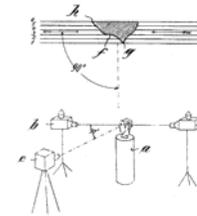
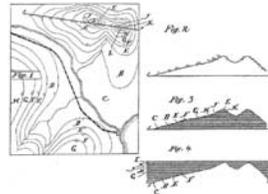
現在の3Dプリンタにつながる特許出願は1980年代

FAVを機軸としたものづくり変革

3Dプリンタの歴史とSTL

着想

- 1890 WAXを積層して立体地図(Blanther)
- 1902 ゼラチンに光照射で立体形状(Baese)
- 1937 ポール紙の積層で立体地図(Prerera)
- 1972 UV硬化型樹脂+砂で砂型(松原)



基本特許出願

- 1980 光造形法特許出願(小玉)
- 1986 粉末床熔融結合法特許出願(Deckard)
- 1987 シート積層法特許出願(Feygin)
- 1989 材料押し出し法特許出願(Housholder)
- 1989 結合材噴射法特許出願(Sachs)
- 1989 材料噴射法特許出願(酒井)
- 1995 指向性エネルギー堆積法特許出願(Lewis)

1988 STL仕様公開 by 3D Systems

製品発売

- 1987 SLA 1(光造形法)発売[3D Systems]
- 1989 LOM(シート積層法)発売[Helisys]
- 1991 3D-Modeler(材料押し出し法)発売[Stratasys]
- 1995 EOSINT(粉末床熔融結合法)発売[EOS]
- 1996 Z402(結合材噴射法)発売[Z Corp.]
- 1998 LENS(指向性エネルギー堆積法)発売[Optomec]
- 2001 EDEN(材料噴射法)発売[Objet]



フルカラー(内部)



材料混合

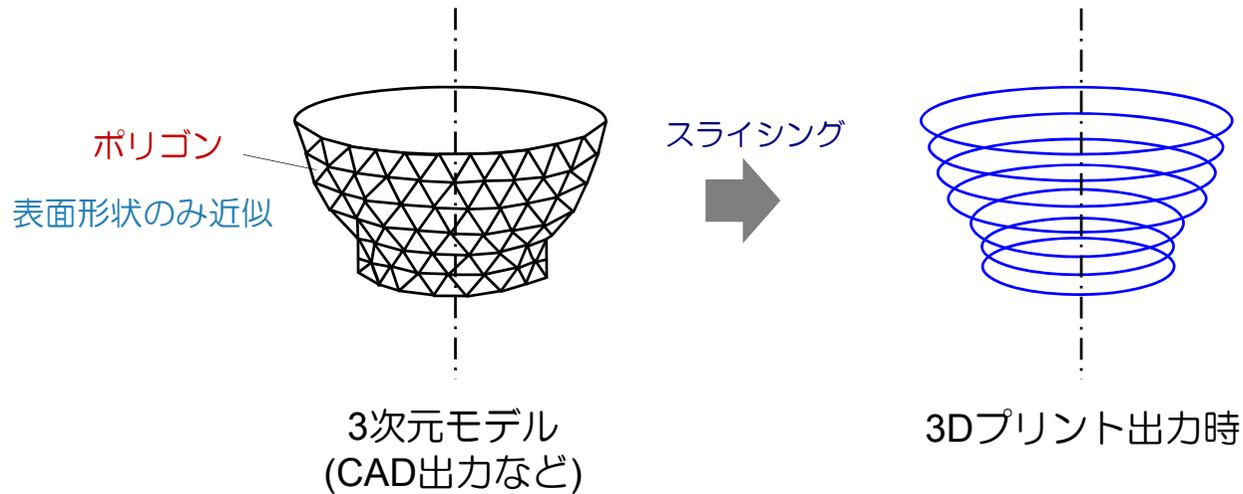


内部構造

進化

FAVを機軸としたものづくり変革

STLと新しいメッシュベースフォーマット



STL

(Stereolithography / Standard Triangulated Language / Structural Triangle Language)

30年以上前に提案されたフォーマット
(切削や射出成型に適用)

- 色情報を持たない
- 材料情報を持たない
- 複雑な内部構造を記述できない



AMF

(Additive Manufacturing File Format)



3MF

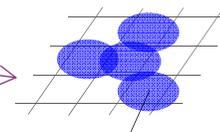
(3D Manufacturing Format)

STLと同じポリゴンベースであり、色情報、材料情報は限定的。内部構造は表面からの補完や予測に留まっている。

FAVを機軸としたものづくり変革

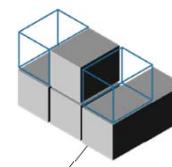
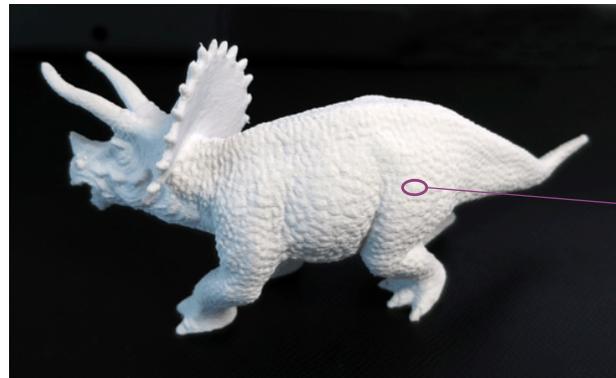
ピクセルとボクセル

2次元画像
(ドキュメント)



基本画像単位(画素)
→PIXEL (ピクセル)

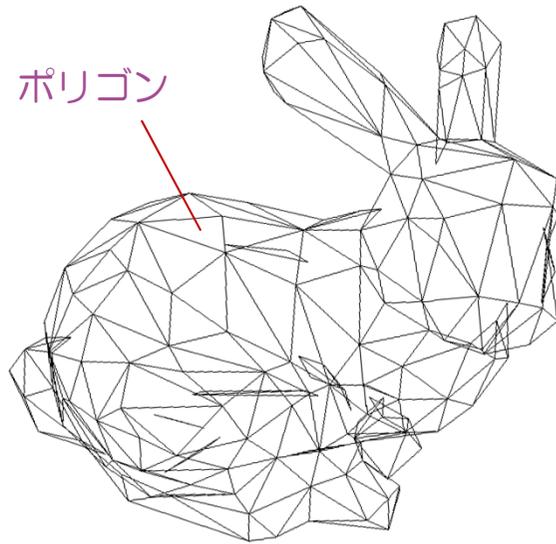
3次元物体



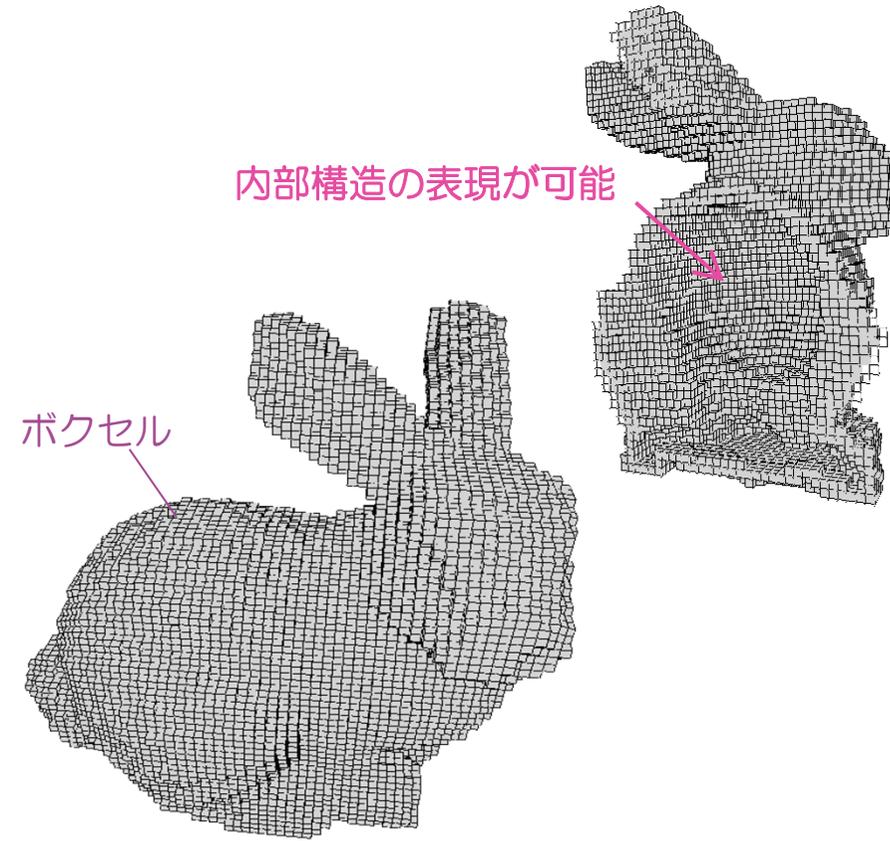
(基本)立体単位
→VOXEL (ボクセル)
PixelとVolumeを合わせた造語

FAVを機軸としたものづくり変革

ボクセルベースフォーマット



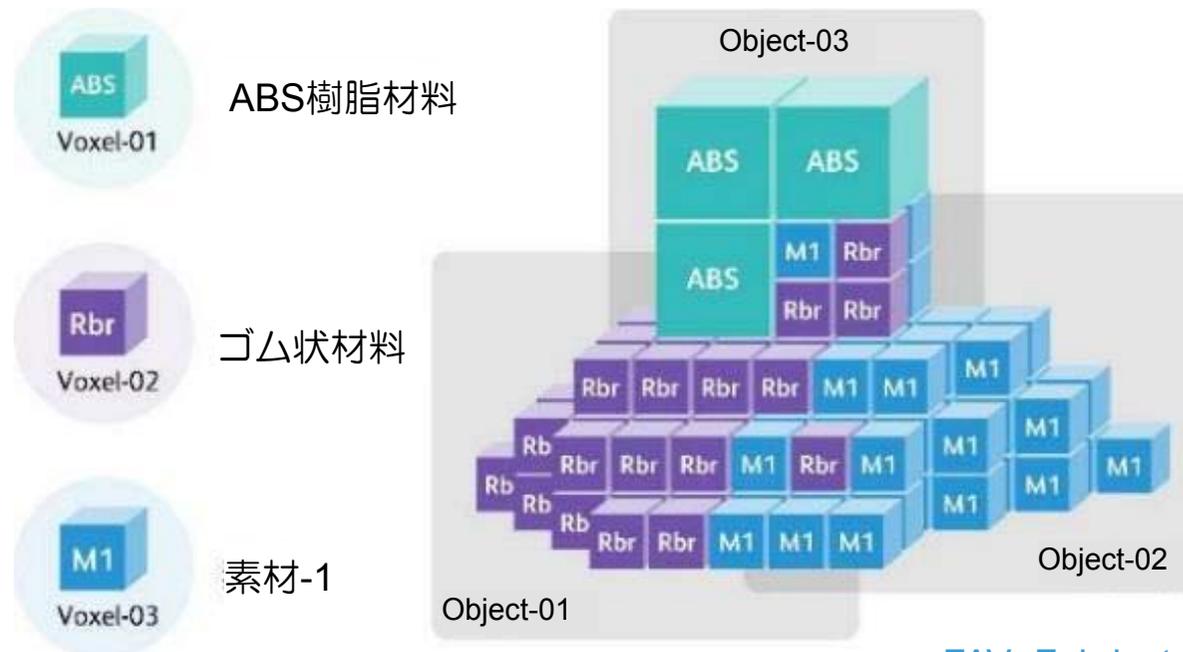
ポリゴンで(表面)形状を近似



ボクセル(の集合体)で立体を表現

FAVを機軸としたものづくり変革

ボクセルベースフォーマットFAV



FAV=Fabricatable Voxel

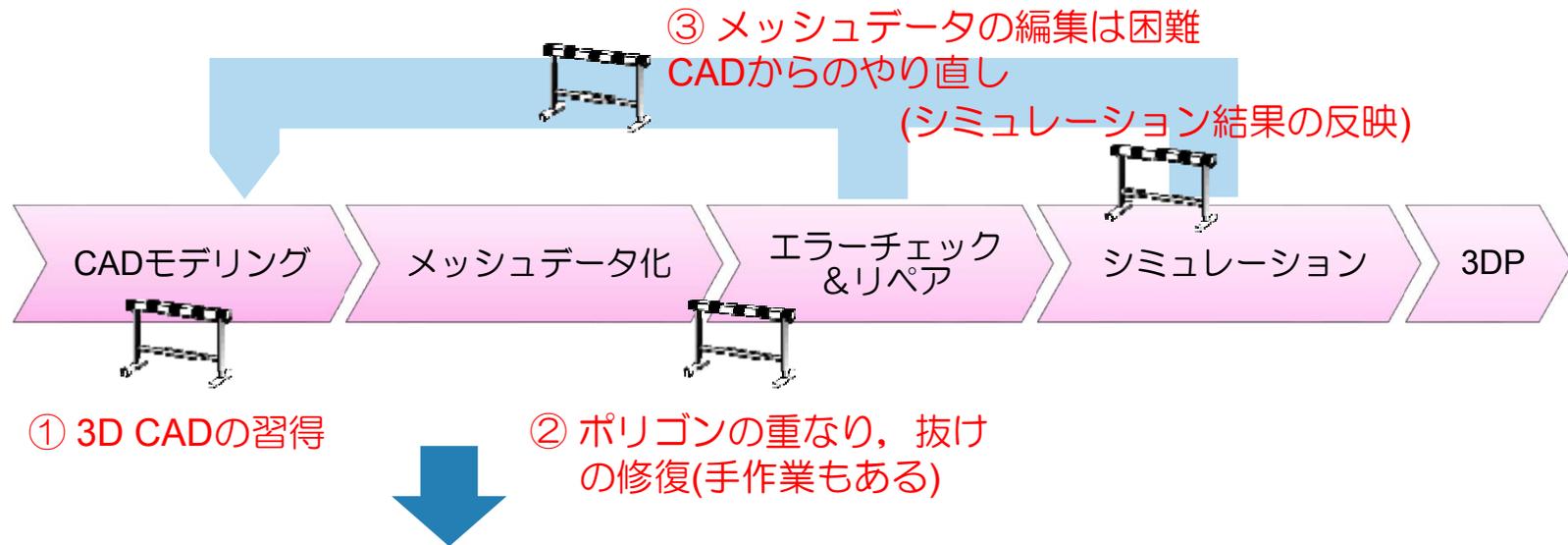
- 各ボクセルに、色情報、材料情報を保持できる。
- 近傍のボクセルとの相互関係(接合強度など)のリンク情報も保持できる。
(3Dプリンタによる造形物の異方性反映, 将来の実現可能性)

世界最高水準の3Dモデルの表現が可能

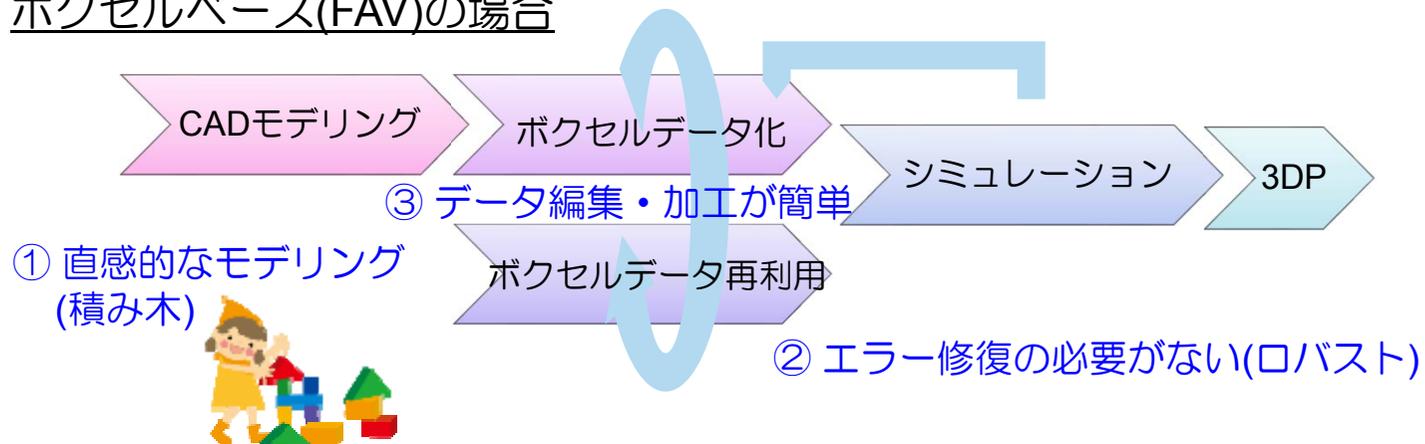
FAVを機軸としたものづくり変革

Data Flowの変化

ポリゴンベース(例えばSTL)の場合



ボクセルベース(FAV)の場合



FAVを機軸としたものづくり変革

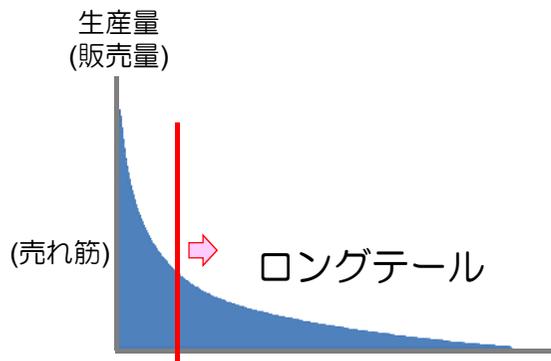
ユーザー参加型のものづくり

- ✓ 3Dモデリングの敷居が下がれば、自分で欲しいものを自分でモデリング(編集)できる
→自分の3Dプリンタ, サービスビューロで出力, 入手.

メーカー主導のものづくり



ユーザー参加型ものづくり



How users create 3D data as they want?

3D CAD????
3D Scanner???

If they create 3D data as they want easily,

Case: Home-Visiting Nursing in Japan



Care nurses want to make customized equipment for a patient by 3D printers, but they can't use 3D-CAD, so they go to home center and buy commodity type things out of need.



VOXEL, it almost looks like as BLOCK



Printing for Fabrication 2016

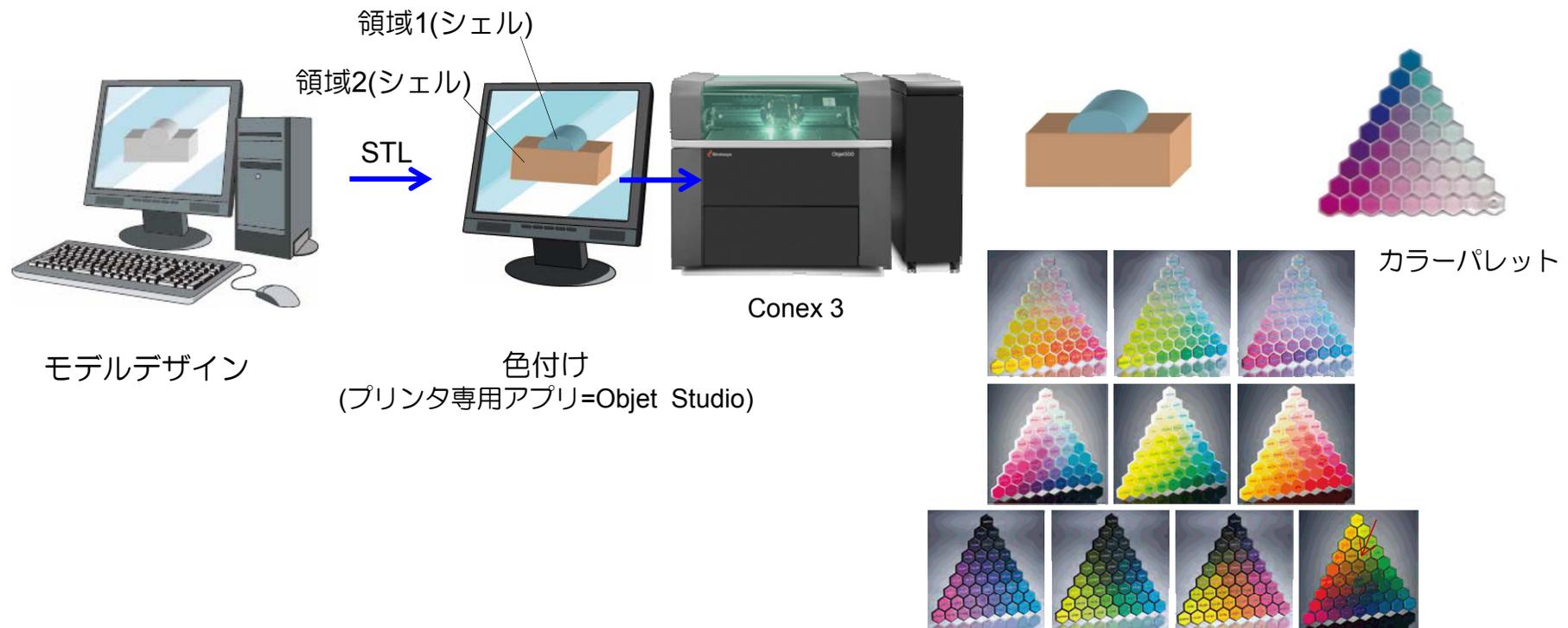
Sep. 15/2016 Masahiko FUJII

出典：M. Fujii, IS&T Printing for Fabrication 2016

FAVを機軸としたものづくり変革

従来のカラー化手順

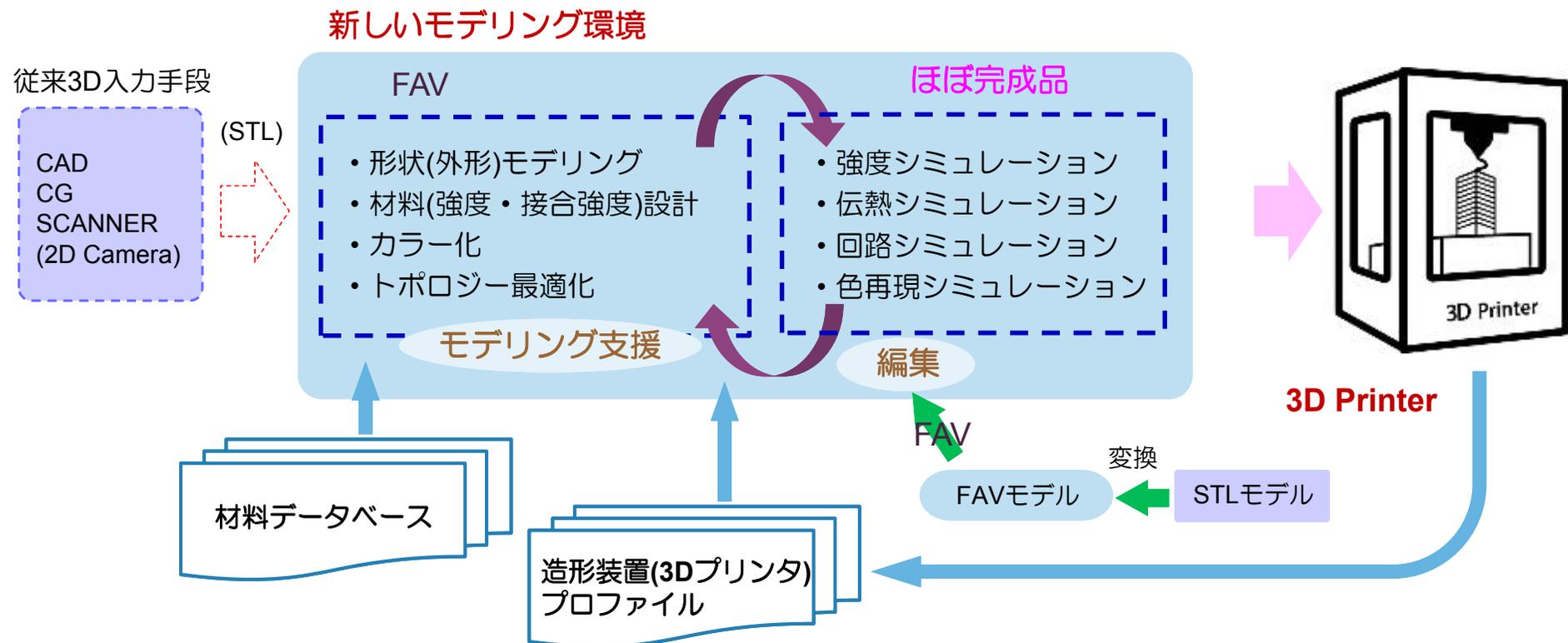
- 情報伝達を担うフォーマットの多くは色情報を保持していないため、3Dプリンタ側のアプリケーション側で色付けを行っている。
- また、色をつけるパーツ(シェル)ごとに(位置、サイズが合致するように)設計をする必要がある。



(2016年2月、AdobeとStratasysは、入力側で色やテキストを指定できるツールを発表した)

FAVを機軸としたものづくり変革

FAV機軸のモデリング環境



- シミュレーションとモデリングがシームレスにつながり、色、材料も同時に割付が可能。
- 造形する3Dプリンタのプロファイル(設計ルール等)や実際に使用する材料の特性もモデリングに反映。
- 3Dプリンタで造形されるほぼ完成品が、モデリング環境で把握できる。

設計者の位置づけとスキルをシフトする必要がある。

FAVを機軸としたものづくり変革

FAVの効果と期待

3Dプリンタの活用

- 材料や色の混ぜ合わせが出来るようになった3Dプリンタの能力や、3Dプリンタの特徴であった複雑な内部構造を実現できる能力を最大限に引き出すことができる。

～これまで形を提供してきた3Dプリンタから、より簡単に新しい価値を提供できる3Dプリンタへ。

モデリングの変革

- 外形だけの設計だけではなく、材料、内部構造、色、3Dプリンタの特徴まで含め、シミュレーションと設計がシームレスにつながる。

～完成品に限りなく近いものを設計できるこれまでにない総合的なモデリング環境が実現する。

3Dデータの流通・活用

- 誰もが3Dデザイナーになれる(自分の欲しいものを設計することが出来る)。これにより3Dデータ、3Dデータ流通が増え、様々なサプライチェーンでビジネスチャンスも生まれる(3Dプリンタの活用も進む)。
- マスカustomマイズ(ロングテール)市場が本格的に立ち上がり、豊かな生活空間を実現できる。

～メーカー主体のものづくりからユーザー参加型のものづくりへ

Technology Evolution Changing Trend

トレンドを変える技術進化



トレンドを変える技術進化

現状の3Dプリンタ方式と特徴

3Dプリンタ方式=Additive Manufacturing方式の分類

(2009年ASTM (American Society for Testing and Materials)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 Stereolithography(SLA)	粉体積層 3DP	FDM PJP	インクジェット法 MJP/CJP	SDL 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(アクリル) ワックス ハンダ	紙 樹脂シート アルミシート	エンブラ ナイロン 金属	金属
z方向造形速度 (mm/hr)	10	10	20	20	30	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	

- 1つの方式で扱える造形材料が限定されている。
- 造形速度(z方向)が極めて遅い。
- 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。

トレンドを変える技術進化

現状の3Dプリンタの課題と技術開発

- 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

- ▶ 各方式で材料範囲(機械特性, 物性)は広がっている.

- 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

- 現行データフォーマットの限界

- ▶ 3Dプリンタ能力を引き出すボクセルベースの新しいフォーマット提案

- 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.

- 製造物責任

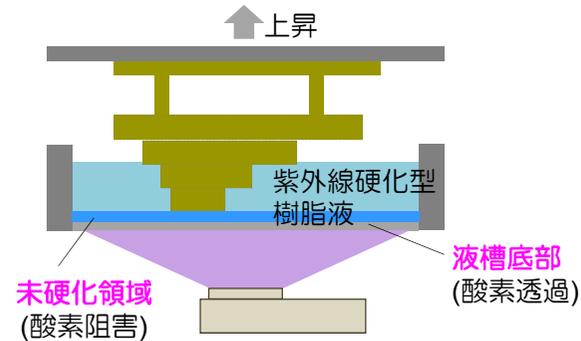
- 普及とのバランス, 法整備の遅れ.

トレンドを変える技術進化

現状の3Dプリンタの課題と技術開発

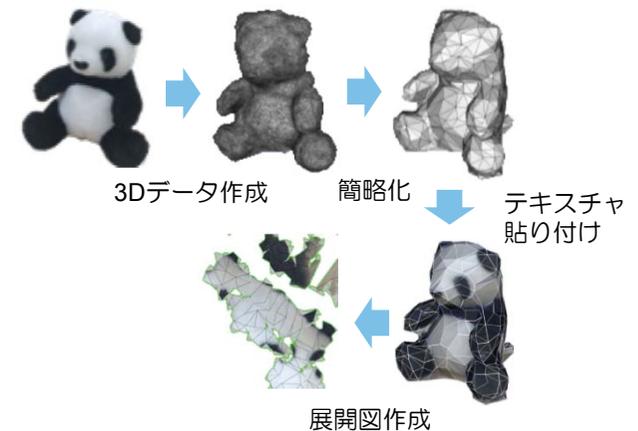
高速化

- 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。
- 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。



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

Carbon 3DのCLIP



折り紙式3Dプリンタ

トレンドを変える技術進化

現状の3Dプリンタの課題と技術開発

造形サイズ



出典： <http://idarts.co.jp/3dp/chinese-create-40x40-foot/>

中国の建築用3Dプリンタ(12m)



出典： <http://bylines.news.yahoo.co.jp/ieiriyota/20141002-00039611/>

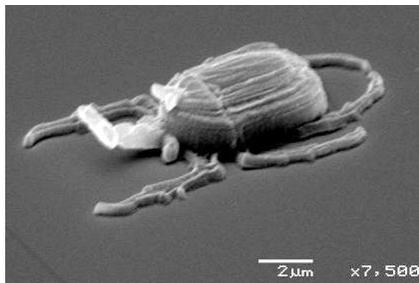
アメリカのコンクリートプリンタ



出典： <http://i-maker.jp/3d-print-development-4064.html>

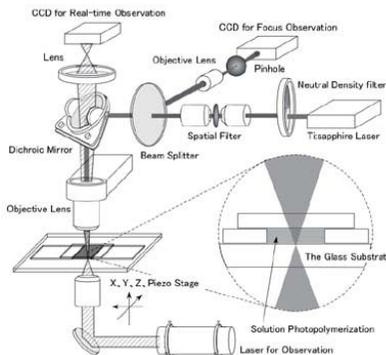
自動車パーツも製造可能な
3Dプリンタ

精度・分解能



2光子吸収を利用したマイクロ3Dプリンタ

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



金属3Dプリンタと切削加工のHybrid

出典： <http://www.lumex-matsuura.com/japan/>



トレンドを変える技術進化

付加価値の追加

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Star TrekのReplicators)



将来の研究者に託そう!

当面の技術開発動向



トレンドを変える技術進化

トレンドを変える技術進化

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.

(将来を予測する最も最適な方法は、自ら発明することである)

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

デバイス

+ 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)



トレンドを変える技術進化

付加価値の追加

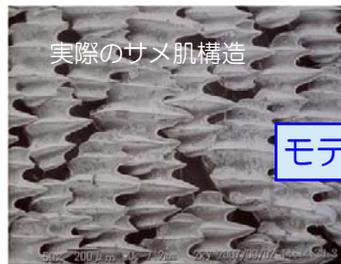
質感



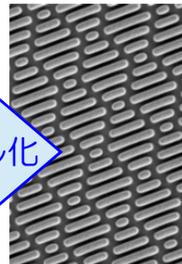
表面テクスチャ(機能性)



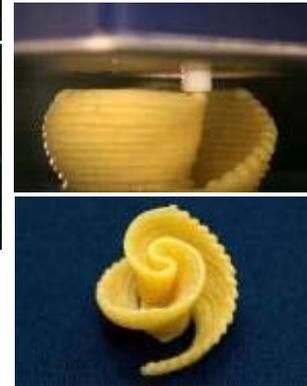
機能： 低流体抵抗, 抗菌性



モデル化

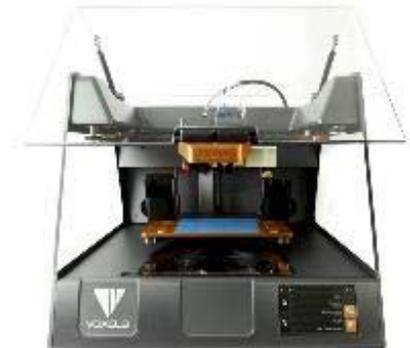


可食



適度な湯で具合で花が開く機能も持っている

Printed Electronics + 3D



トレンドを変える技術進化

付加価値の追加

別な言い方をすれば

Input (Sensor, Scanner, CAD・・・)

出力に反映する意図

Output

- 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

実空間

(3D Printer)

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

価値

価値

仮想空間

(Display/AR/MR/VR)

新たな機能(価値)を提供(付加)できる3D造形へ

トレンドを変える技術進化

製造物責任

2次元のプリンタでも起こる問題だが、危険性は生じない

社会環境(法整備)が追いついていない

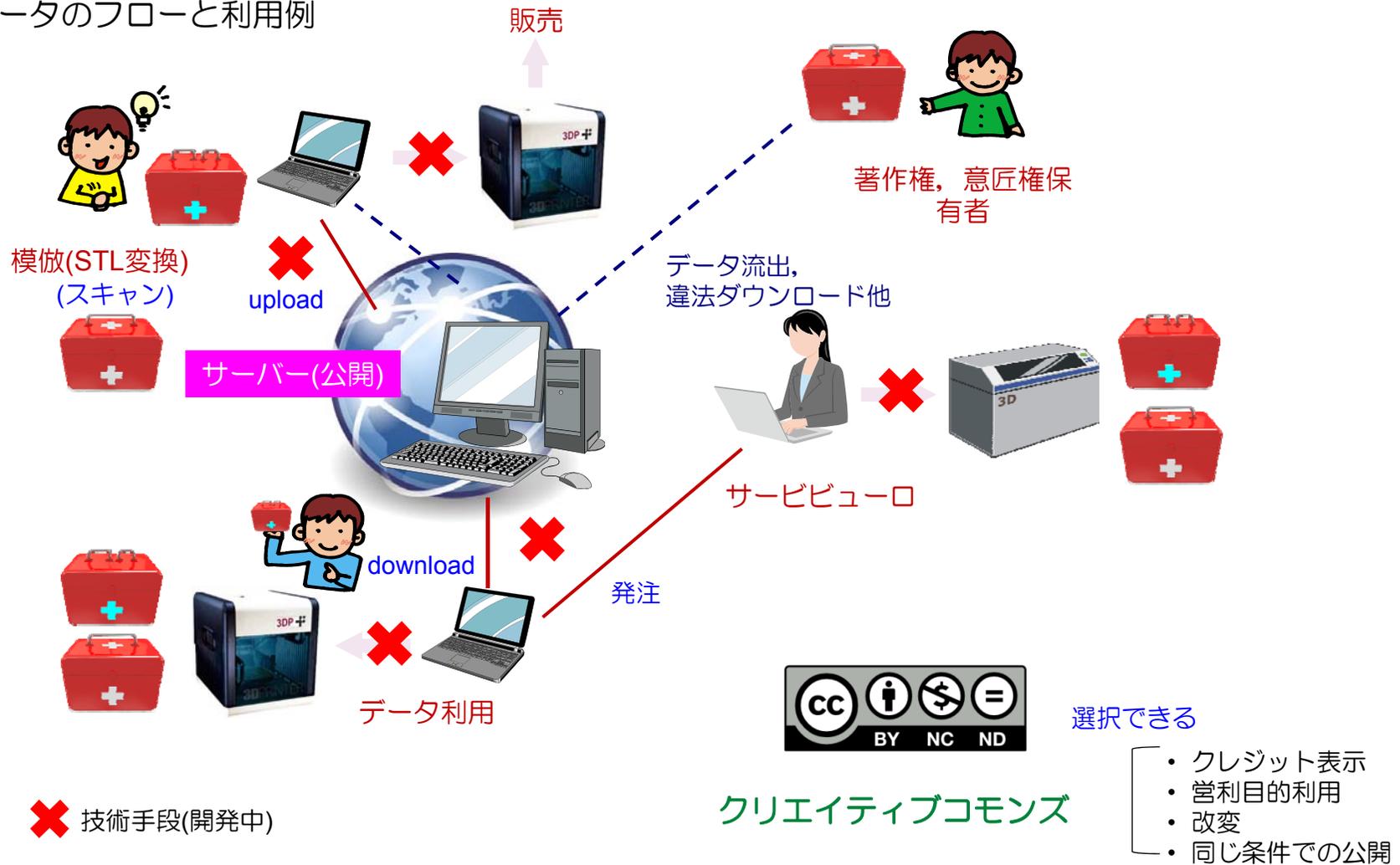


- ✓ 普及期は普及促進が必要であり、関係者からの情報公開(安全性データ, 設計ルール等)を前提として、作成者, 使用者が責任を持って(取って)利用することが良いのではないか。
- ✓ その後のステージ(普及期)では法律等の取り決めが必要であり、今から準備を進めるべきである。(社会環境, 法整備が追いついてこないと適切な対応ができず, 結果, 全てに覆いをかけてしまう)

トレンドを変える技術進化

著作権保護とクリエイティブコモンズ

3Dデータのフローと利用例



Conclusion
まとめ



まとめ



ボクセルベースの3Dデータフォーマットにより、3Dプリンタの能力を(簡単に)引き出すことが出来るようになり、また、3Dデータフローが清流化される。

→3Dプリンタの活用が進む



シミュレーション/3Dモデリングがシームレスにつながり、装置、材料特性を考慮した設計ができる環境を提供できる。

→限りなく完成品に近いものをモデリングできる



自分で欲しいものは自分でモデリングできるようになる。

→ユーザ参加型のものづくりへ



ものづくりの変革



形以外の価値(機能)を提供する3Dプリンタも重要な進化の方向性である。(価値情報の伝達にFAVが適用できないか、ということも考えている)



3Dプリンタ(データ)との付き合い方を考える時期に来ている。今、考えないと手遅れになる。

FUJI xerox

