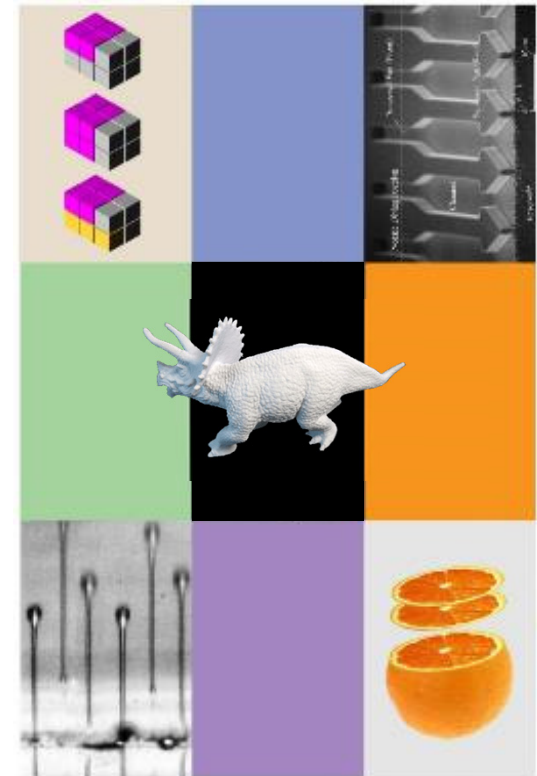


10年先の3Dプリンタとモノづくり

Voxel Based New 3D Data Format FAV

# ボクセルベースの新しい3DデータフォーマットFAV



March 28, 2018

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



# FAVの概要と期待

## ものづくりの歴史

25,000年前

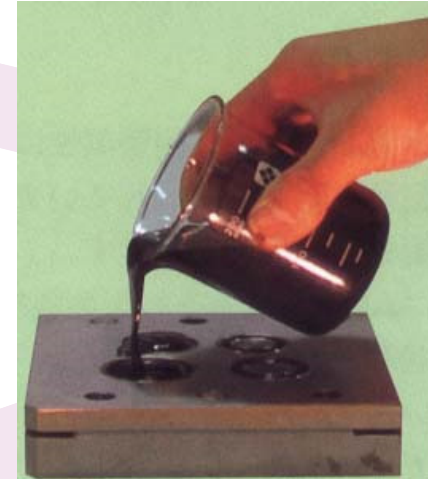


削る  
(切削)

Additive



4,500年前



型取る  
(成型)

造形装置として特許出願  
されたのは

1800年代

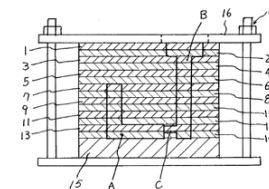
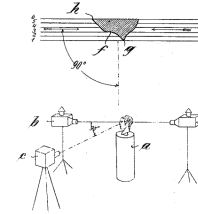
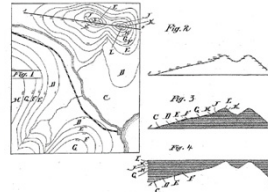
現在の3Dプリンタにつながる特  
許出願は1980年代

# FAVの概要と期待

## 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 ボ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(Scott)
- 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)

ASTM/ISO分類による7方式

メッシュベース

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]

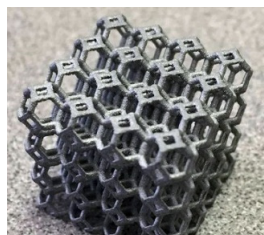
進化



フルカラー(内部)



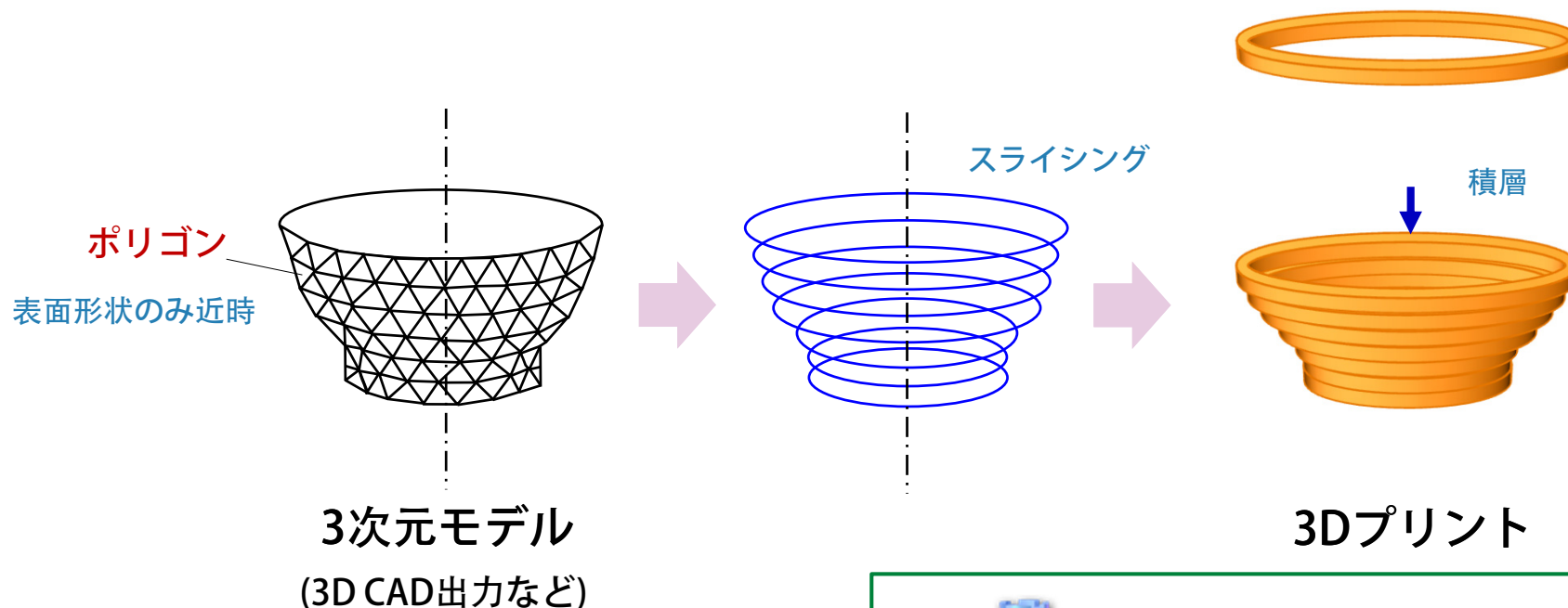
材料混合



内部構造

# FAVの概要と期待

## 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  
STL (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

3Dプリンタの特徴が活かせない

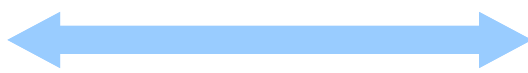


**AMF**  
( Additive Manufacturing File Format )



**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。



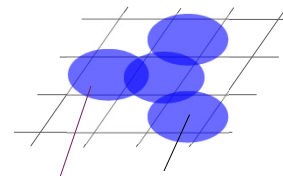
3Dプリンタの特徴(進化)を活かそうとすると**煩雑な中間処理が必要**。

- 少量対品種対応(カスタマイズ)
- 短納期(コスト低減)
- 複雑内部構造
- マルチ材料
- サプライチェーンの変革

# FAVの概要と期待

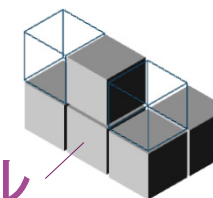
ピクセル(2D)とボクセル(3D): ボクセルベースの3Dデータフォーマット

2次元画像  
(ドキュメント)



ピクセル  
(基本画像単位=画素)

3次元物体



ボクセル  
(基本立体単位)

Voxel = Volume + Pixel

# FAVの概要と期待

## ボクセルベースフォーマットFAV



2016年7月に仕様を公開(ver.1.0)  
誰でも自由に使用することが出来る。

4月初旬にver1.1を公開予定。

FAV=Fabricatable Voxel

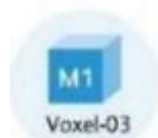
ボクセル例



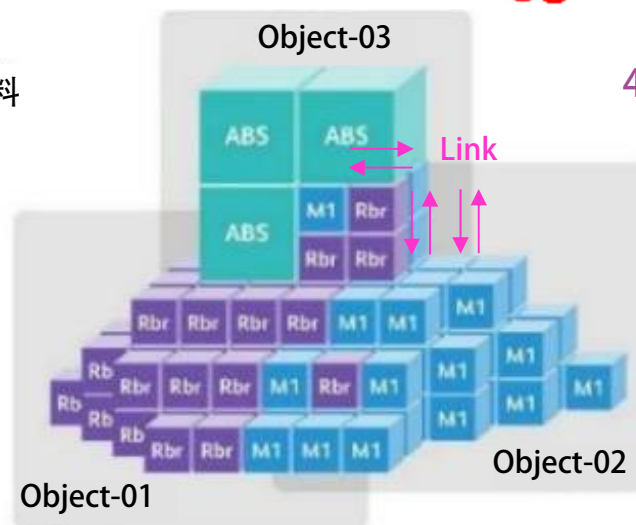
ABS樹脂材料



ゴム状材料



素材-1



- 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)
- ボクセル形状, サイズは自由に定義できる。(基本的な形も用意されている)

	メッシュ				ボクセル				
	STL	3MF	AMF	BINVOX	DICOM	SVX	VXC	VOL	FAV
材料	×	△	△	×	×	○	○	×	○
フルカラー	×	△	△	×	×	○	×	○	○
内部構造	×	△	△	○	○	○	○	○	○
ボクセル形状の自由度	-	-	-	×	×	×	○	×	○
隣接関係(強度等)	-	-	-	×	×	×	×	×	○

# FAVの概要と期待

## FAV仕様1.0







### metadata

ID, 名前, 作者情報, ライセンス(クリエイティブコモンズ等)情報など

### palette

ボクセルの形状, サイズ, 材料などの基本情報

Table 8: Example voxel shapes that can be defined in <geometry>

Image						
(id)	01	02	03	04	05	06
(name)	Cube01	Cube02	Plate	BigSphere	SmallSphere	Cylinder
<shape>	cube	cube	cube	sphere	sphere	user_defined
<scale>	2×2×2	1×1×1	1×1×0.3	1.5×1.5×1.5	0.25×0.25×0.25	3×1×1

geometryには基本的な形状が準備されているが, ユーザー定義も可  
Materialには製品名やISOに登録されたIDや名前

### voxel

ボクセルの定義. 形状や倍率をPaletteのIDで指定.

### object

3D空間へのボクセル配置

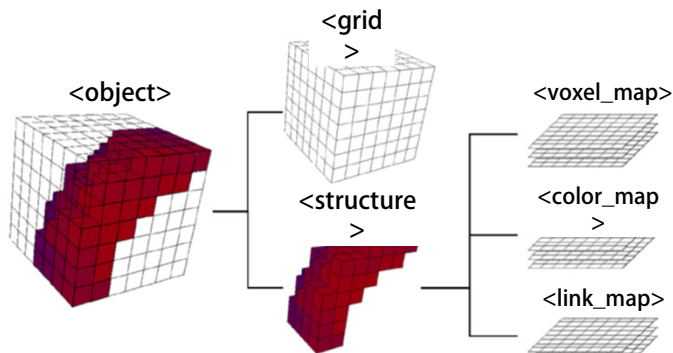


Fig. 14: The relation between grid and structure

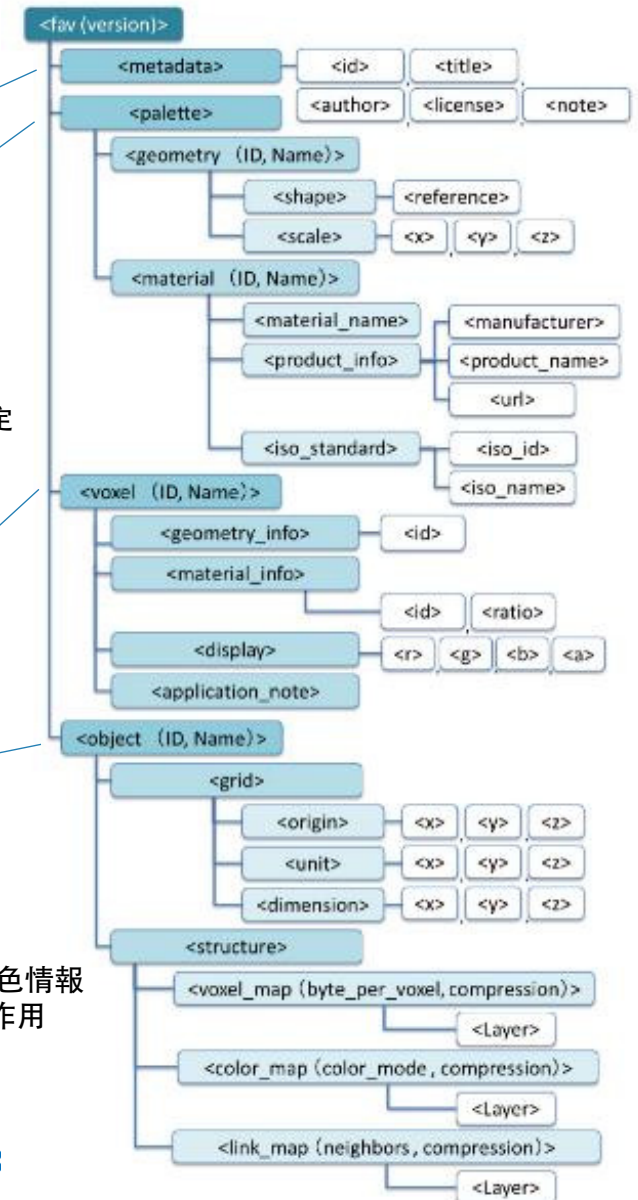
gridで3D空間を設定  
structureでボクセルの配置(voxel\_map), 色情報の配置(color\_map), ボクセル同士の相互作用(link\_map)

仕様書ダウンロード

<http://news.fujixerox.com/news/2016/0012/>

ウィキペディア

<https://ja.wikipedia.org/wiki/FAV>

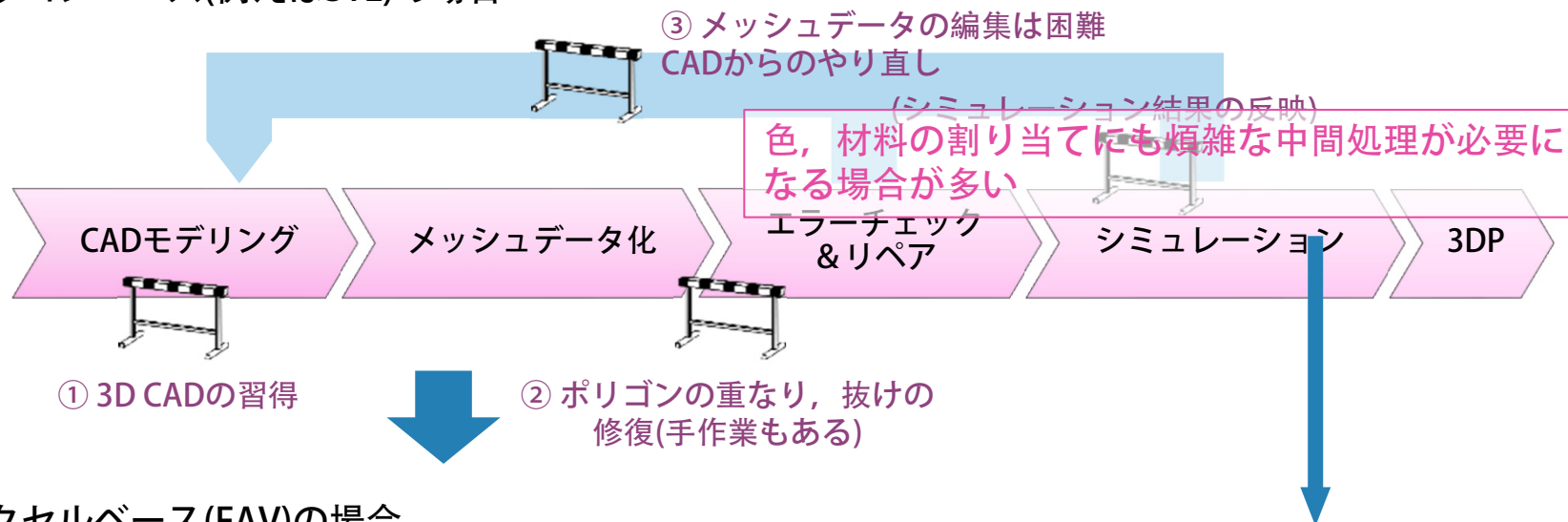


The tree structure of elements that constitute a FAV file [XML]

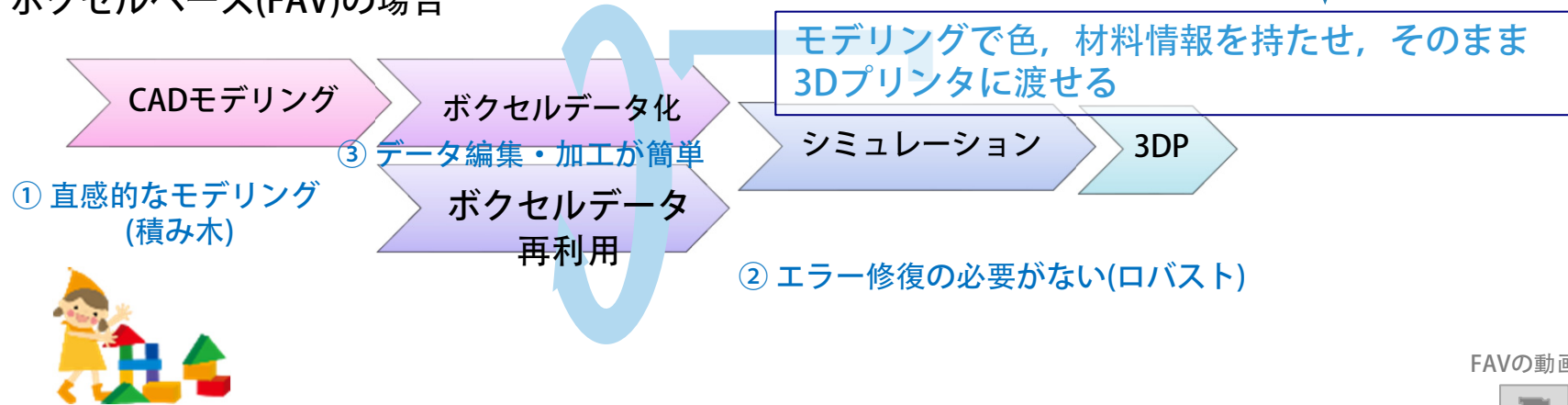
# FAVの概要と期待

## ボクセルベースフォーマットの効能：Data Flowの清流化

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の動画



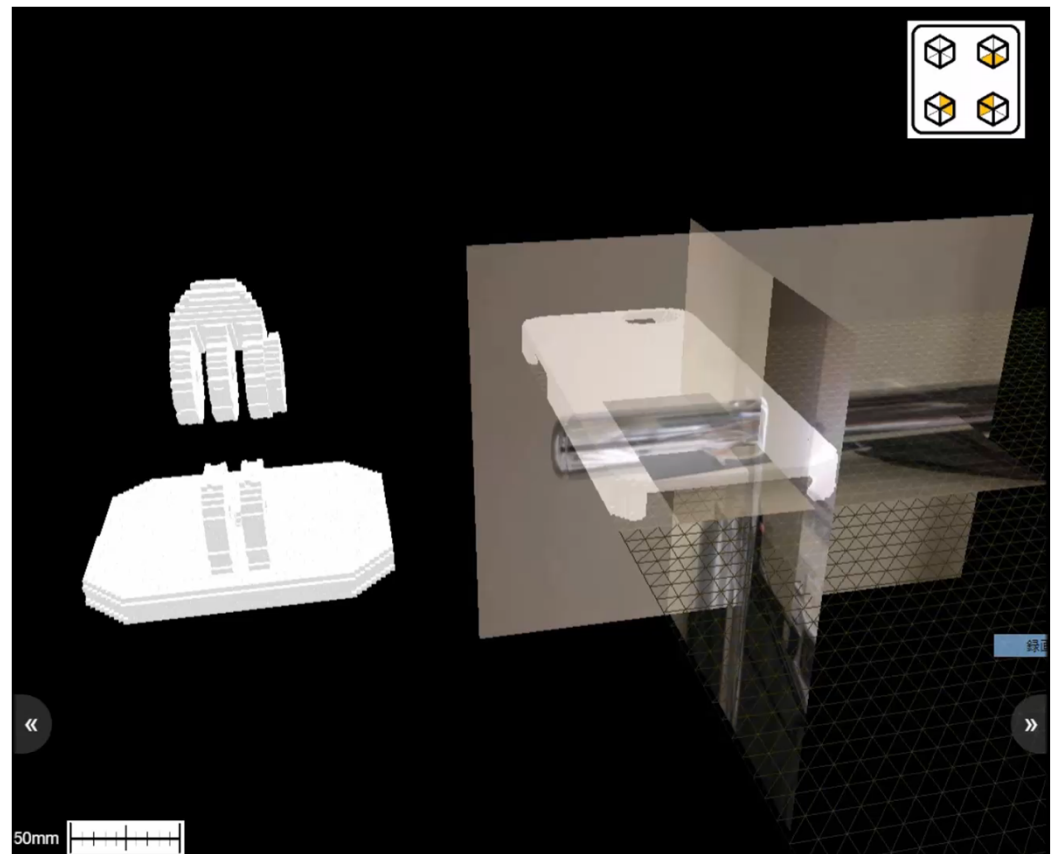
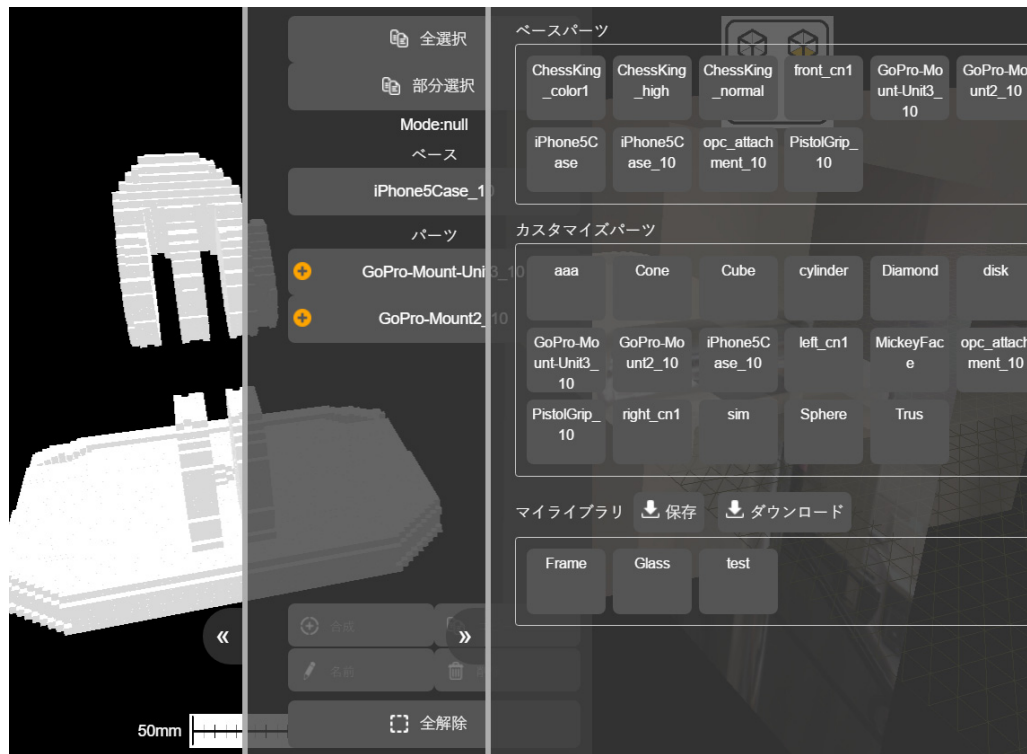


# FAVの概要と期待

ボクセルベースフォーマットの効能：ユーザー参加型のものづくり

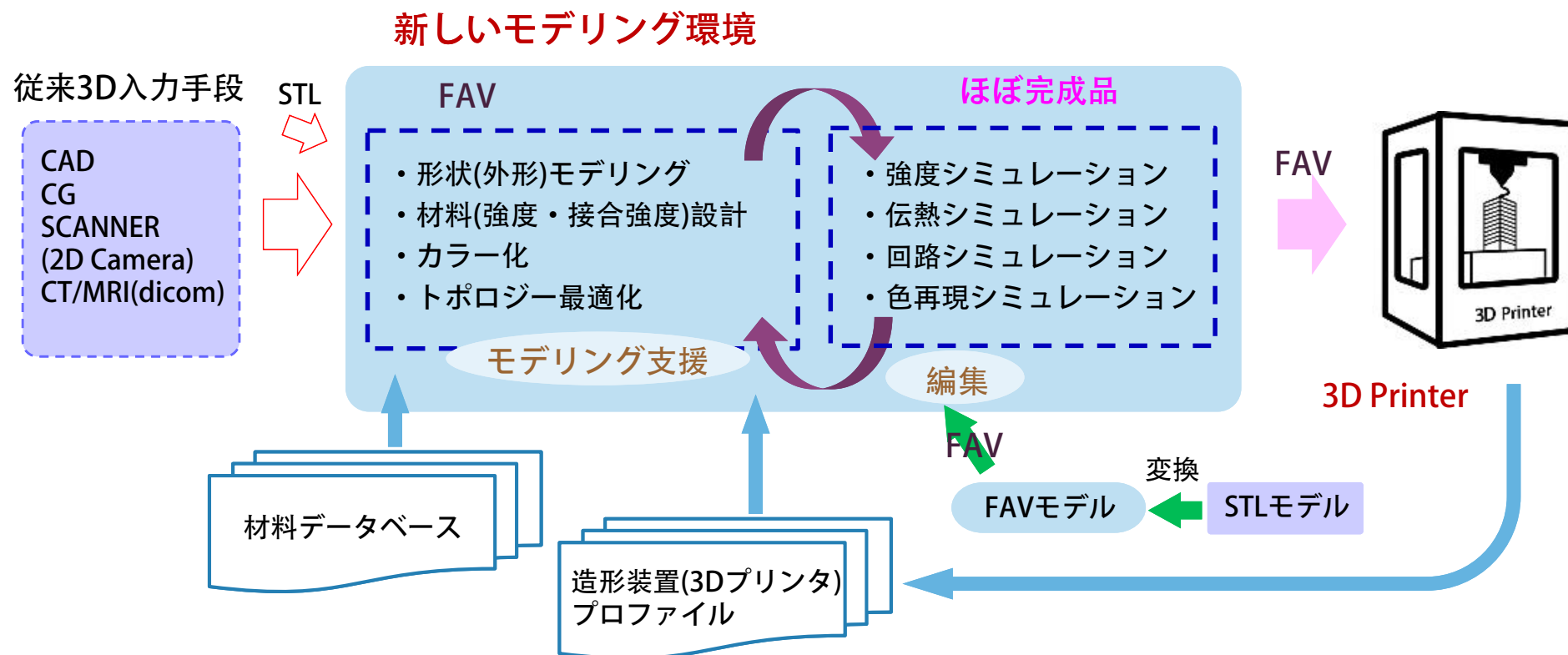
パーツ形状だけでなく、内部構造 / 意匠デザイン / 材料分布 / 等を組み合わせながらデータをデザイン

既存パーツを個人・用途に合わせて容易にカスタマイズ可能



# FAVの概要と期待

## FAVベースの新しい3D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の概要と期待

## FAVの期待効果

### 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る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。

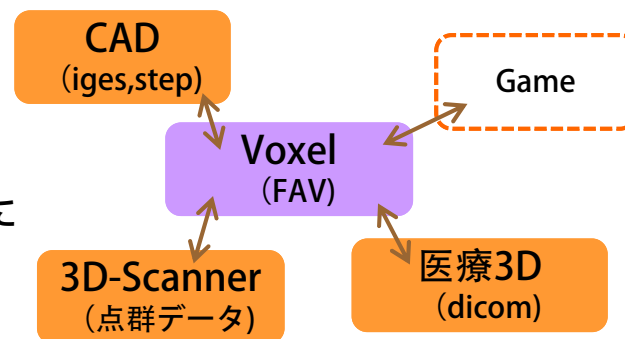
### 3Dデータの流通・活用

- 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)。
- マスカストマイズ(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

### 3Dデータを統一的に管理(編集)

- 3D CAD, CTやMRIなどの医療用画像データのdicom, 3Dスキャナの点群3Dデータ, ゲーム用3Dデータを, FAVに変換することで統一的に編集・加工が可能になる。



# FAVの概要と期待

FAVの活用のために

## 標準化

国際標準(ISO/ASTM)に日本としての戦略に基づいてアピール継続中。国内ではJIS化策定中。

## FAV関連サイト

- FAV仕様書1.0

富士ゼロックス「FAV紹介技術ページ」のWEBサイト

<http://www.fujixerox.co.jp/company/technical/communication/3d/fav.html>

- FAVポータルサイト

<https://www.fav3d.co/>

- 慶應義塾大学3Dデータサーチエンジン(FAV形式のデータベース)

<http://fab3d.cc/>



60万点以上の3Dデータ

世界中の60万点以上の(利用可能)3Dデータを、  
(任意のボクセルサイズで)FAV形式でダウンロード可

# FAVの概要と期待

## 10年先の3Dプリンタ

将来AM技術に関するコンファレンスを日本で始めて開催。将来は学会に発展させたい。

# Conference on **4D** and **Functional Printing** 2018

(**4DFP 2018**)

形状(をより早く、精度よく、安く造形する)という生産に向けたAM技術の流れとは別に、AM技術ならではの実現可能な構造や材料の混ぜ合わせにより、機能や新しい物理特性を提供するAM技術、時間や物理刺激により機能や物性が変化するAM技術、他領域の3Dと融合させる技術(材料、プロセス、データ処理、モデリング、応用など)を対象とした国内コンファレンス。将来的には学会に発展させる予定。

開催日 : 2018年10月11日(木) 10:00 - 17:00

場所 : 慶應義塾大学三田キャンパス北館ホール

基調講演 : 落合陽一(筑波大学准教授)

近日中にWEBサイトオープン予定

興味ある方は、藤井までコンタクト願います。

Masahiko.Fujii@fujixerox.co.jp

**FUJI xerox**

