

## I — 1 講演会

### 3D プリンタ/フォーマットの現状、 FAV (FAbricatable Voxel) の紹介と標準化の状況

講師：富士ゼロックス株式会社 研究技術開発本部 マーキング技術研究所 研究主席 藤井雅彦

開催日 : 2016 年 12 月 12 日  
参加者 : 17 名  
記 : 杉本 勉\*

#### 1. はじめに

近年、リコー、キヤノン、セイコーエプソン、米 HP 等のプリンターメーカーが、相次いで 3D プリンタ事業への参入を表明してきており、本事業領域は技術調査専門委員会としても注目している分野である。3D プリンタは、将来の製造技術として注目されており、高速化や材料範囲の拡大等の製造技術が進化する一方、従来の 3D プリント用データフォーマットでは、内部構造の記述ができない、カラー情報や造形に用いる材料情報を保持できない等、高度な造形に対応した共通のデータフォーマットがないという課題があった。

本講演では、3D プリンタの新しいデータフォーマットである FAV (FAbricatable Voxel) の研究を慶応義塾大学と進めてこられた富士ゼロックス株式会社の藤井様に、FAV の概要や期待効果、標準化の現状や取り組みに加え、3D プリンタ関連の全体動向として、現状や課題への取り組み状況についてもご講演いただいた。

#### 2. 講演内容

講演は、3D プリンタの歴史とこれまで標準データフォーマットであった STL (Standard Triangulated

Language/Structural Triangle Language) の課題、FAV の効果と期待、FAV 等の新しいフォーマットの標準化の現状、最後に 3D プリンタ技術の現状と課題という流れでご講演いただいた。

##### 2.1. FAV の概要と期待

3D プリンタの着想は、古くは WAX を積層して作る立体地図や、ゼラチンに光照射で立体形状を作る写真彫像が源流だとされる。このような積み重ねの製作方法をもとに、CAD データから座標軸を合わせて造形する機器が三次元積層造形機である。その基本的な技術を考案し、1980 年に紫外線で硬化する樹脂での光造形法の特許出願をしたのが小玉秀男氏であった。1987 年には、3D Systems 社により世界初の 3D プリンタ実用機 SLA 1 が製品化され、その後今日まで、内部のフルカラー化、材料混合、内部構造の複雑化が可能となる等、技術が進化してきている。

これまで標準的なデータフォーマットであった STL は、切削や射出成型に適用するため 30 年以上前に提案されたフォーマットであり、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等、

\* 技術調査専門委員会委員

3D プリンタの特長が活かせていなかった。そこで、AMF (Additive Manufacturing File Format) や 3MF (3D Manufacturing Format) 等のフォーマットが考案されたが、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。

そこで、2次元画像（ドキュメント）におけるピクセル（基本画像単位=画素）に相当する概念として、3次元物体ではボクセル（Voxel=Volume Pixel：基本立体単位）を提案している。

ボクセルベースのフォーマットである FAV は、慶應義塾大学 田中浩也教授と共同研究しているものであり、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できる。FAV の特長として、各ボクセルへの色情報や材料情報の保持、近傍のボクセルとの相互関係（接合強度等）のリンク情報の保持（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）、ボクセル形状やサイズの自由な定義（基本的な形も用意されている）等があり、世界最高水準の 3D モデルの表現が可能である。

FAV のファイルは、ID、名前、作者情報、ライセンス情報等を記載した“metadata”、ボクセルの形状、サイズ、材料等の基本情報を記載した“palette”、ボクセルの定義として形状や倍率を palette の ID で指定した“voxel”、3D 空間へのボクセル配置を記載した“object”で構成されている。Object では、grid で 3D 空間を設定し、Structure でボクセルの配置、色情報の配置、ボクセル同士の相互作用を定義している。

従来のカラー化手順は、情報伝達を担うフォーマットの多くが色情報を保持できないため、3D プリンタ側のアプリケーション側で色付けを行うものであり、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。

ポリゴンベース（例えば STL）の場合、3D CAD の習得が必要、ポリゴンの重なり、抜けの修復が必要、メッシュデータの編集が困難で不具合があった場合は CAD からのやり直し等の課題があった。ボクセルベースの FAV では、直感的なモデリング（積み木）が可能、

エラー修復の必要がなくロバストである、データ編集・加工が簡単等の特長を有している。

FAV 等のボクセルベースのデータフォーマットが普及して 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）できるようになり、メーカー主導のものづくりからユーザー参加型のものづくりへの変革が可能となってくる。

FAV の活用のためのサイトとして、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>

慶應義塾大学が中核拠点になっている COI「感性とデジタル製造を直結し、生活者の創造性を拡張するファブ地球社会創造拠点」の WEB サイト

<http://www.fabtechs.co/>

FAV ハンドリングツール[VoxAFAB]

<http://www.fabtechs.co/>

3D データサーチエンジン（FAV 形式のデータベース）

<http://www.fab3d.cc/>

が紹介された。

### 2.2. データフォーマット標準化の現状

30年以上使われてきた 3D プリンタ用ファイルフォーマット STL は、形状の情報のみしか保持しておらず、素材や構造の情報を記述できないなど、3D プリンタの進歩に対して追従できないなどの問題が多くなってきたため、ISO と ASTM は共同で、Additive Manufacturing の標準化に取り組んでいる（連名での規格発行に合意）。一方、マイクロソフト、HP、3D Systems、AUTODESK、Stratasys、Siemens 等の企業が主体となって、3D モデルデザインと 3D プリンタの親和性を高める新しいフォーマットである 3MF も検討されている。FAV としても、2016年7月の ISO/TC261-ASTM F42 国際会議での FAV の提案や HP と情報交換等、ボクセルの概念を導入していただく活動を行っている。

FAV は 3D プリンタの能力を引き出し、市場を活性化し、成長させるために慶應義塾大学と開発したものであり、誰もが無償で使用することができる。FAV を広

く安心して使っていただくため、デジュールスタンダード、デファクトスタンダードの両方を目指した活動を進めていく。デファクトスタンダードとしては、富士ゼロックスや慶應大が関わっているプロジェクト (COI, ISO/TC261=TRAFAM) や活動、パートナー、あるいは様々な機会を利用して FAV を紹介し、商品やサービスに採用していただく。また、デジュールスタンダードの活動としては、ISO/TC261 の国内審議委員会を通じて、AMF の次のバージョンへの包含、あるいは FAV 単独の標準化を提案する。上記活動の中から FAV に対する要望や使い勝手を吸い上げながら、次に version に反映させていく。

### 2.3. 3D プリンタの現状と課題

現状の 3D プリンタ方式と特徴を、2009 年 ASTM の国際会議で採択された 3D プリンタ方式 (Additive Manufacturing 方式) の分類に従って解説する。

#### ・液槽光重合法 (Vat photopolymerization)

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させる。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、長期間での強度異時性はない。

#### ・結合剤噴射法

石膏や樹脂、砂、セラミックスなどの粉末に対してバインダー (接着剤) を選択的にインクジェットノズルから吐出して固める。着色したバインダーを使うことでカラー化が可能。造形後に、粉末間の隙間に材料を含浸 (がんしん) させる処理が必要な場合がある。バインダーによる結合のみで強度が弱い (後処理必要)

#### ・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 (溶融させ結合硬化)。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。サーマルヘッドにより、ナイロン粉末を溶融結合する装置が発売されている。

#### ・材料噴射法 (インクジェット法)

光硬化性樹脂やワックスなどをインクジェットノズルから吐出することで積層造形する。サポート材を立体

モデルとは別の材料とする機種が多い。着色した材料を同じ位置に吐出し、混ぜ合わせることでフルカラー化が可能。同じように、異なる物性の材料を混ぜ合わせて新たな物性とすることもできる。スケーラビリティが高いが、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、このために速度低下する。

#### ・シート積層法

シート材を断面形状で切断し、隣接する層を接合 (接着や溶接) しながら積層する。普通紙や金属箔などを使う装置が実用されている。切断や接合には、様々な方法が考えられる。普通紙を使う装置では、フルカラーの立体モデルを造形できる。テープ状の材料を使うことで、断面形状内で異なる材料とすることも可能。普通紙が使えるのでランニングコストが低い、吸湿による変形がある。

#### ・材料押し出し法

造形材料をノズルから押し出すことで立体モデルを造形する。造形物を固定するテーブルのノズルの相対位置を変化させることで、断面形状を作製し、積層していく。ノズルを複数搭載する装置もある。一般的には熱可塑性樹脂をノズル手前に設置したヒータで溶かす機種が多い

#### ・指向性エネルギー堆積法

対象金属種をレーザーで培融し、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。

このような 3D プリンタ共通の機能をまとめると以下となる。

- ・型不要でありオンデマンド、カスタマイズ向き
- ・複雑な形状・一体造形が可能
- ・モノを運ばずデータを転送し、現地生産可能
- ・マルチ材料が扱える (特にインクジェット法)
- ・低価格化、資金調達クラウド化、ネットワークによる販売が可能

また、現状の 3D プリンタの課題と技術開発の内容をまとめると以下となる。

- ・高速化 (積層方向)

構成要素とパラメータの進化、積層プロセスの打破

- ・材料範囲の拡大

各方式で材料範囲（機械特性、物性）を拡大

- ・精度と分解能

造形速度とトレードオフの関係にあり、高速化におけるブレークスルーが鍵になる。

- ・造形サイズ

スケラビリティの高いFDM法で建築用巨大3Dプリンタが提案されている。インクジェット法も大サイズ化に向いている。

- ・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を提案

3D プリンタへ更なる付加価値を追加するためにはどのような事が必要なのか。例えば、Startrek に登場する Replicators のような、あらゆる材料が扱える 3D プリンタは登場するのであろうか。それは、将来の研究者に託すとして、当面の技術開発動向として、以下のポイントが上げられる。

- ・高速化

TRAFAM(技術研究組合次世代 3D 積層造形技術総合開発機構)において、金属材料、砂型造形による高速造形が検討されている他、インクジェットやFDMのマルチノズル化が進められている。

- ・材料範囲の拡大

インクジェット方式により、各種プラスチックに加え、生体適合材料、ゲル材料、加食材料、木材等の造形も可能である。

- ・フルカラー化、高画質化

結合剤噴射法やインクジェット法により、より高画質なカラーが進められている。

- ・サイズ

前述のように、建築用 3D プリンタ (FDM) が提案されている。

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事が主であるが、トレンドを変える技術進化として、次世代の 3D 造形技術の向かう方向は、新たな機能や価値を提供できる 3D 造形に向かうと考えられる。

例えば、Printed Electronics、食品への適用（可食）、バイオメテックス、幹細胞、本物に近い質感の再現等が検討されている。

また、3D プリンタの課題として、製造物責任の問題がある。同様な事は 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状況である。例えば、ある製造業者が 3D データを購入し、3D プリンタで作成した商品を販売し、その商品を購入した消費者の使用中に商品が壊れた場合、だれが責任を取るのであろうか。現時点では、3D データのデザイナー、3D プリンタ製造者、商品生産販売者、いずれの責任なのか、購入者自身の自己責任なのか明確ではない。しかし、普及期は普及促進が必要であり、情報公開を前提として、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かと考える。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適切な対応ができず、結果、全てに覆いをかけてしまうであろう。

3D データの著作権保護の仕組みとして、クリエイティブコモンズが利用され始めている。クリエイティブコモンズとは、インターネット時代の新しい著作権ルールを定めるプロジェクトであり、クリエイティブコモンズを利用することで、3D データの作者は著作権を保持したまま作品を流通させることができ、受け手はライセンス条件の範囲内で再配布や変更をすることができる。クリエイティブコモンズを利用して、データ流出、違法ダウンロードを防止しながら、データを有効に利用するための技術手段が開発されている。

#### 2.4. まとめ

3D プリンタの活用が進みモデリング環境が大きく変わる一方で、デザイナー（設計者）の考え方、教育を変えていく必要がある。3D プリンタの活用が進むと、マスカustomイズ市場（ロングテール市場）が立ち上がり、ものつくりの変革が起きるのであろう。従来のポリゴンベースのデータフォーマットからボクセルベースのデータフォーマットへのパワーシフトが起こるべ

きであるが、標準化活動は始まったばかりであり、3Dプリンタ用のデータフォーマットは今後も複数混在するであろう。

また、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り、新しい価値を提供する3Dプリンタ（データ）の取り扱いについて考える必要がある。そのような観点で、機能情報の伝達にも使える可能性がある FAV は有望なフォーマットである。

### 3. おわりに

講演会には会員各社の方が参加されており、また、講演終了後の質疑応答や名刺交換も活況で、講演内容への参加者の関心の高さが伺えました。

最後になりますが、藤井様にはお忙しい中、時間を割いていただき、また非常にわかりやすい講演を行っていただきました。この場を借りて御礼申し上げます。

禁 無 断 転 載

2016 年度「ビジネス機器関連技術調査報告書」 “I—1” 部

発行 2017 年 6 月

一般社団法人 ビジネス機械・情報システム産業協会 (JBMIA)

技術委員会 技術調査専門委員会

〒108-0073 東京都港区三田三丁目 4 番 10 号 リーラヒジリザカ 7 階

電話 03-6809-5010 (代表) / FAX 03-3451-1770