

デジタルファブリケーションの進展 —ファブ拠点の地域展開と 国際標準化の動向—

蒲生 秀典

概要

デジタルデータを基に3Dプリンタで立体物を造形するデジタルファブリケーションは、3Dデータとオープンソースを利用したオンサイト・オンデマンドサービスを提供できることから、従来のものづくりとサービスを大きく変革する可能性がある。日本では技術開発プロジェクト等が開始され、民間レベルでも国内各地にファブ拠点が急増している。ソフトウェア面では、3D構造データに材料物性に関する情報が記述される3Dデータフォーマットの国際標準化が進められ、革新的な進化を遂げている。製造装置の技術開発や教育機関等への装置の普及も進んでおり、今後デジタルファブリケーションの進展により将来の到来が予見される新しいものづくりを担う初中等教育も含めた人材の育成や、各地域特性に対応したファブ拠点のための支援も、科学技術イノベーション政策の一環として取り組むべき時期にきている。

キーワード：3Dプリンタ、デジタルファブリケーション、オープンソース、3Dデータ、国際標準化、ファブラボ

1 はじめに

デジタルデータを基に3Dプリンタで立体物を造形するデジタルファブリケーションは、近年、先進国を中心に産業振興としての政策が展開されている¹⁾。さらに、米国、英国、韓国では、初中等教育を含む教育機関や図書館等へ3Dプリンタ等デジタル機器を配布し、次世代のものづくり人材の育成のための施策を開始している²⁾。

本稿では、デジタルファブリケーションの基幹技術と用途、各国の政策動向を中心にまとめた既報¹⁾以降の展開として注目される、デジタルファブリケーションに関する国レベルの取組と、民間レベルで国内各地に急増するファブ拠点の現状、そして特に3Dデータフォーマットの国際標準化にみる革新的進展とオープンソースの進化について俯瞰する。

2 付加製造技術の最近の進展

2-1 付加製造技術の適用領域の拡大

付加製造¹⁾の装置(3Dプリンタ)や材料の研究開発は1990年前半から欧米を中心に活発化し、試作用途では利用されてきたが、1980年代後半に出願された主要な装置・製法の特許がその期限を迎えたのを契機に、近年急速に普及が拡大した。最近では図表1に示すような様々な製造物への適用のための研究開発が進み、モデリングツールや試作品としてだけでなく、実際の航空機や医療用途など多品種少量生産品への適用も急速に進んでいる³⁾。量産品においても、流体力学計算で最適化された複雑な内部構造を持つ自動車エンジンは、従来の金型では製造できなかったが、付加製造技術を用いること

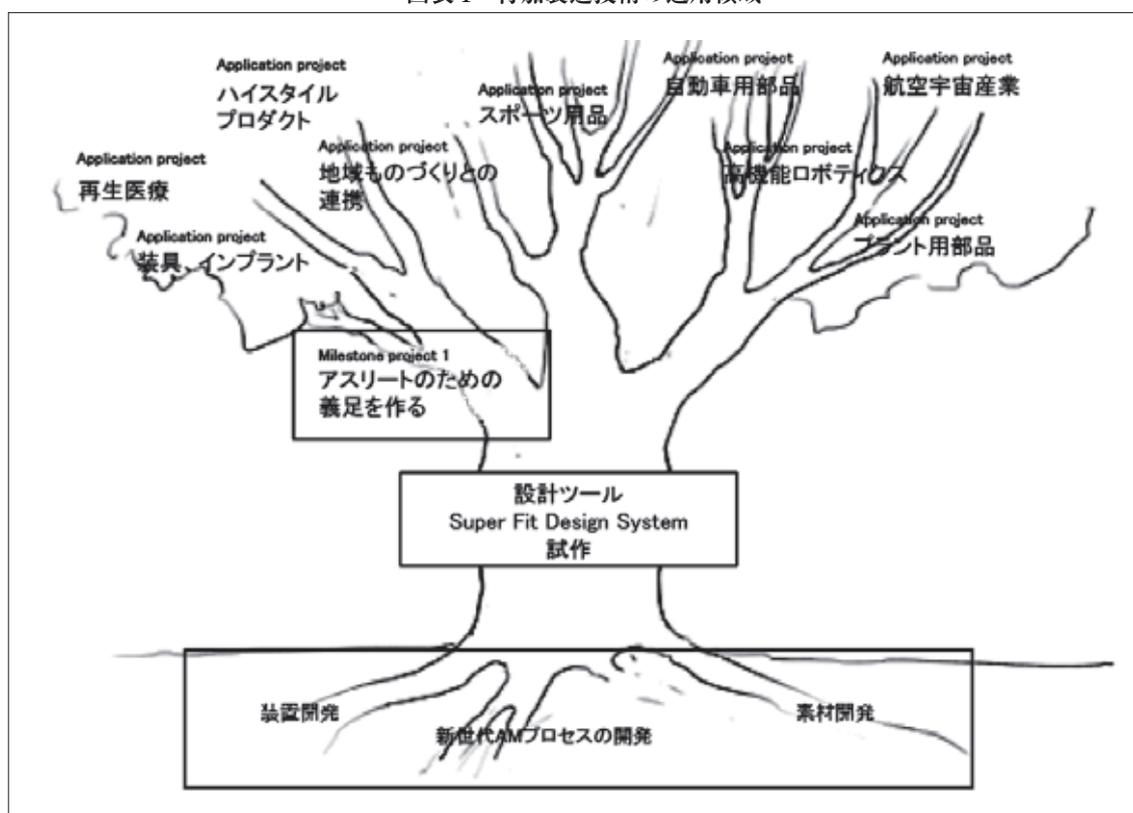
で、日本車よりも高燃費のエンジンを欧州の企業が開発し、実用化した事例も出てきている。あるいは、内部構造が複雑な臓器模型や加工が困難な炭素繊維の成形用型など現状のプロセスの置き換えでない付加製造技術の利用が広がっている。

施した各分野の専門家を対象とした第10回科学技術予測調査⁴⁾によると、今後重要とされる科学技術課題として付加製造関連が5課題あげられた。そのうち工業生産に関わる4課題は2026年までの比較的早い時期に社会実装され、バイオプリンティングに係る課題は2035年に社会実装されるとの結果が示されている。またこれらの課題群の重要度は比較的高いとされる一方、国際競争力は比較的低いとの評価が得られている。

2-2 予測調査結果に見る付加製造技術の未来

図表2に示すように、当研究所が2014年度に実

図表1 付加製造技術の適用領域



出典：参考文献3

図表2 第10回科学技術予測調査（2014年度実施）における付加製造関連課題の評価

| 科学技術課題 | 重要度 | 国際競争力 | 技術的実現年 | 社会実装年 |
|--|-----|-------|--------|-------|
| コンシューマープロダクトにおける保守部品のオンデマンド生産 | 3.1 | 2.8 | 2020 | 2025 |
| 大量生産品と同等の精度・品質を持った部品・製品のパーソナル生産 | 3.1 | 2.9 | 2020 | 2025 |
| 形の異なる部品のマスカスタマイゼーション生産（変種大量生産/10万個規模） | 3.2 | 3.0 | 2021 | 2025 |
| 付加製造（アディティブ・マニファクチャリング）によるメタマテリアルのコンシューマープロダクトへの適用 | 3.1 | 2.8 | 2021 | 2026 |
| バイオプリンティングによる再生臓器の製造 | 3.4 | 2.9 | 2025 | 2035 |

（産学独の専門家約4,300人に対するWebアンケート結果、重要度・国際競争力は最低1～最高4の平均値）

2-3 国内の政策動向

現状で具体化している我が国の主な政策として、図表3に示す4プロジェクトが進行している。

2-4 付加製造技術の適用事例

東京大学生産技術研究所では、企業・大学及び東

京都と連携し2020年パラリンピックに向けた、アスリート用スポーツ義足の開発に取り組んでいる(図表4)³⁾。現在、プロトタイプが完成し良好な評価を受けている。今後はより耐久性の高い材料開発を行うとともに、最終的にはデザイナーや職人の設計・製造技術をデータ化することにより、汎用の義足用CADシステムの構築を目指している。

柔らかいが非常に高強度で身体の性能に匹敵するダブルネットワークゲルは、人体と同レベルの水分を含むゲル材料であるが、柔らかいため通常の加工法では利用形態の構造を作製することが困難であった。山形大学理工学研究科では、このゲル

図表3 国内の付加製造関連の主な政策 (2015年1月現在)

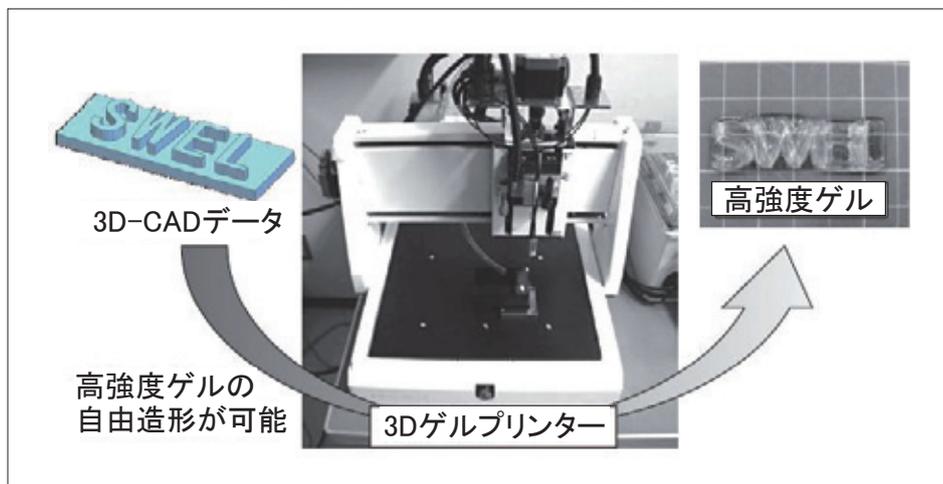
| プロジェクト・プログラム名 | 期間(研究費) | 省庁 | 主な内容 |
|---|-----------------------------------|-----------|--|
| 超精密三次元造形システム 技術開発プロジェクト | 平成25年度から 5年間(1.5億円) | 経済 産業省 | ・技術研究組合次世代3D積層造形 技術総合研究開発機構(TRA-FAM; (独)産業技術総合研究所、2大学、 企業27社) ⁵⁾ に委託 |
| 次世代型産業用3Dプリンタ 技術開発プロジェクト | 平成26年度から 5年間(40億円) | 経済 産業省 | ・プロジェクト終了時の目標値: 従来の5倍の精度($\pm 20\mu\text{m}$)、 10倍の造形速度(500cc/f)等 |
| 3Dプリンタ拠点整備によるオープン プラットフォーム構築支援事業 ⁶⁾ | 平成26年度 | 経済 産業省 | 地方の高等教育機関 (3大学、3高専)を採択 |
| 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP)革新的設計生産技術(新しいもの づくり2020計画) ⁷⁾ | 平成26年度から 最長5年(5テーマ 総額5.7億円) | 内閣府 | 全24の採択テーマ中、 付加製造関連5テーマ |

図表4 スポーツ義足の研究開発事例



出典: 参考文献3を基に科学技術動向研究センターにて作成

図表5 3Dゲルプリンターの研究開発事例



出典：参考文献8を基に科学技術動向研究センターにて作成

材料に付加製造技術を適用することで立体物を造形できる3Dゲルプリンターを開発した(図表5)。材料の配合と物性データはGitHubに公開、オープンソースとして利用できるように進めている。現在、脳動脈瘤コイル塞栓術への適用や、見た目の良い介護食への応用等を検討している。またゲル材料は、臓器モデルとしての利用も期待されているが、CTやMRIは形状像ではないため、3Dデータとしてはそのまま利用できない。医療機器で得られるデータを3Dプリンタ用のデータにするためには、モデリングやCADの技術経験、さらには医学の知識も必要であり、その人材育成が課題となっている⁷⁾。

協会(ASTM)で、そこで積層造形あるいはラピッドプロトタイプング等と呼ばれていた3Dプリント技術を、「Additive Manufacturing(付加製造)」と呼ぶことが定義された⁹⁾。もう一方の国際標準化機構(ISO)は、2011年から専門委員会(TC261)で標準化の議論が進められている。2014年12月現在19か国、オブザーバ4か国が参加している^{注1)}。

付加製造技術に関しては、それぞれの組織同士がジョイントグループを構成し、お互いに協調して標準化作業が進められている。日本では、TRAFAMが事務局となり、国内審議委員会が組織され、ISO/TC261と同様の4つのワーキンググループ(①用語定義、②プロセスと材料、③サンプル評価、④データ処理と設計)が構成され、ISO及びASTMの審議に加わっている。

3 国際標準化の動向

3-1 付加製造技術の標準化の現状

デジタルファブリケーションは、グローバルにオープンソースが利用できることも大きな特徴であり、国際的な規格の統一は非常に重要な課題となる。図表6に示すように、付加製造技術の国際標準化組織は現在2つある。最も早く2009年に専門委員会(F42)が立ち上げられたのが、米国材料試験

3-2 3Dデータフォーマットの進化

データ処理・設計などのソフトウェアの標準化では、新しい3DデータフォーマットAdditive manufacturing file format(AMF)がISO/ASTM共通の文書として発行され、2015年には現行の装置で使用できるようになる見込みである。これまで3Dデータフォーマットは、3D Systems社が開発しデファクト標準となっているSTL(Stereolithography)が広く使用されてきたが、3次

注1 ISO/TC261

○Pメンバー国：ドイツ(幹事国)、ベルギー、カナダ、中国、デンマーク、フィンランド、フランス、アイルランド、イタリア、日本、韓国、オランダ、ノルウェー、ポーランド、スペイン、スウェーデン、スイス、英国、米国

○オブザーバ国：ニュージーランド、チェコ、イスラエル、南アフリカ

図表6 付加製造技術の国際標準化組織と文書



出典：ISO/TC261 国内審議委員会資料を基に科学技術動向研究センターにて作成

元構造をファセットで表現した表面形状でしか記述できなかった。新しい AMF では造形物内部の構造を数式で記述し、色や材質、部位による複数材質の使い分けの指定もできるようになる。このように、3次元構造を表すソフトウェアが、その中にハードウェアの情報である材料や硬さなどの物性データも組み込まれるという画期的な進化を遂げ、3次元構造物情報を一つのデータフォーマットで記述できるようになった。

現在、総務省情報通信政策研究所では、3D データフォーマットだけにとどまらないより広い視点で、デジタルファブリケーションのデータ標準化の検討を進めている¹⁰⁾。国際標準化に向け日本から提案予定の新しいフォーマットは「ファブカプセル」と呼ばれ、3D データのみならず、マテリアルの情報や流通のトレース情報、著作権や品質認可の情報などを含む。また、3D プリントされた「実際の物体」と、インターネット上にあるデータとをひもづけるために、RFID (radio frequency idenification) をはじめとする個体識別技術の有効性も指摘している。

4 デジタルファブリケーション拠点の地域展開

4-1 日本各地に拡大するデジタルファブリケーション拠点

デジタルファブリケーション拠点を先駆的に世界に展開してきたファブラボ¹¹⁾は、2015年1月現在、日本国内に12か所ある。最近では、仙台、鳥取、大分など地域の自治体の支援があるもの、あるいはホームセンターを展開する地元企業 (GoodDay) が立ち上げたファブラボ大宰府などもある。さらに、国内にはファブラボ以外にも、図表7に示すように全国各地域にデジタルファブ工房が50か所以上あることが確認されている¹²⁾。その中には、北九州市の文化創造拠点 Fabbit などデジタルファブリケーションを積極的に取り入れる自治体もでてきている。最近では、このような工房から商品としてビジネスまで成功した事例も出ている。オープンソース汎用リモコン IRKit (ファブラボ鎌倉) や、3D プリンタ製の楽器消音装置「ミューティト」(ファブラボ仙台) などがその代表例である。

特にファブラボでは将来的に、自治体・企業・大学を橋渡しする「ハブ」となり、異なる立場をつなぐ地域固有の存在となっていくことを目指してい

図表8 国内のファブ拠点等における教育・人材育成の取組の例

| 場所 | 名称・運営等 | 内容・特徴等 |
|--|----------------------------------|--|
| ファブラボ鎌倉 ¹⁷⁾ | ファブラボ鎌倉 | <ul style="list-style-type: none"> ・初中等教育:男女を問わず幼少期から技術に触れる体験を実施 ・次世代エンジニア育成:プログラミング・ICT、材料・プロセスの知識、言語・プレゼンテーション能力等、総合育成プログラムを実施 ・新領域の教育者の育成:地域の学校等と協力し実施 |
| 慶應義塾大学 SFC  (開発中の教育用3Dプリンタ) | ものづくり工房 | <ul style="list-style-type: none"> ・金属加工や溶接・大型の木工等「ハードな」試作に特化した施設 ・旋盤やボール盤をはじめ、大型のロボットアームや家具製作用のデジタル工作機を備える(管理は技官が行っている) ・建築系やデザイン系の学生の利用が多い |
| | FabSpace (メディアセンター (図書館)内) | <ul style="list-style-type: none"> ・図書館に3Dプリンタにおいて学生・教員・職員に対して無料で開放する日本初の施設 ・3Dプリンタ、3Dスキャナ、デジタル刺繍マシン等の騒音と粉塵の出ない機材だけで構成 ・人文系の学生の利用が多い |
| | 学部全体の取組 | <ul style="list-style-type: none"> ・2015年度には約200人、将来的には全学部生に1人1台「マイ3Dプリンタ」をつくらせる授業を開講する計画あり |
| JR米沢駅 駅ファブ:グローバル・メーカーズ・プラットフォーム ¹⁸⁾ | 山形大学工学部 ライブ・3Dプリンタ 創成センター | <ul style="list-style-type: none"> ・人の集まる公共機関(駅)にファブを設置することで、幅広い年齢層の市民の積極的な参加を実現 |

5 まとめと提言

付加製造技術の更なる高精度化・高速化が進み産業利用分野が広がるとともに、ファブ拠点や教育機関で利用できる3Dデジタル工作機器の高性能化・低価格化が今後進むと予想される。またファブ拠点では従来の企業のマーケティングでは捕らえられない、消費者目線あるいは地域視点のニーズやアイデアが創出される可能性がある。現状では一見別々の取組に見られる付加製造技術の開発と、ファブ拠点におけるアイデア創出の両者の研究・開発がベースとなり、何らかのキラーアプリを起点に大きなイノベーションにつながる可能性を秘めている。このようなデジタルファブリケーションの今後の進展を見据えた、中長期的視点に立った国レベルの取組が望まれる。

産業振興など投資効果が比較的明確な、高性能な付加製造装置の開発や高等教育機関・公設試験研

究機関等への設備や拠点などハードウェアの整備が国内でも開始された。今後は、欧米のような持続的な支援や標準化への積極的参画による、新規市場の創出と技術の高度化・競争力強化が期待される。

ファブラボなど民間レベルで急速に日本各地に拡大するファブ拠点、あるいは各地の学校や自治体等へ3Dデジタル機器の設置が進んでいる。デジタルファブリケーションの本質であり将来の到来が予見される、3Dデータとオープンソースを利用したオンサイト・オンデマンドサービスに適応した、新しいものづくりを担う人材の育成やアイデア創出のための支援も、科学技術イノベーション政策の一環として取り組むべき時期にきている。

デジタルファブリケーション進展のためには、ソフトウェア(データ・デザイン)とハードウェア(材料・デバイス)の研究者・技術者・デザイナー・ユーザーなどの各地域特性に対応したオープンイノベーション拠点への持続的支援が不可欠である。さらにファブ拠点の高度化(ハイテクメーカーの参入やあるいはミニマルファブ^{注2)}との連携など)や

注2 ミニマルファブ:クリーンルームを使用せず、ハーフィンチサイズのウエハーから半導体デバイスや極微小機械部品を試作・製造できる、環境負荷の少ない簡便な生産システム

オープンソース（ネット上の拠点）を世界に先駆けて充実する施策も望まれる。

謝辞

本稿の執筆に当たり、慶應義塾大学環境情報学部 田中浩也准教授、山形大学大学院理工学研究科

古川英光教授、(独)産業技術総合研究所先進製造プロセス研究部門マイクロ加工システム研究グループ 芦田極グループ長、東京大学生産技術研究所付加製造科学研究室 新野俊樹教授に貴重な御意見を頂きました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 蒲生秀典、「デジタルファブリケーションの最近の動向—3Dプリンタを利用した新しいものづくりの可能性—」、科学技術動向 No.137, P.19-26、2013年8月：<http://hdl.handle.net/11035/2416>
- 2) 経済産業省 新ものづくり研究会報告書、2014年2月：
http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/seisan/new_mono/pdf/report01_02.pdf
- 3) 新野俊樹、「Additive Manufacturingを核とした新しいものづくり創出の研究開発製造力の向上」、(第5回AMシンポジウム、2015.1.22 東京)
- 4) 第10回科学技術予測調査結果速報、科学技術・学術政策研究所 2014年11月：
<http://www.nistep.go.jp/archives/18742>
- 5) 技術研究組合次世代3D積層造形技術総合開発機構 (TRAFAM) HP：<http://www.trafam.or.jp/>
- 6) 平成25年度「3Dプリンタ拠点整備によるオープンプラットフォーム構築支援事業」
経済産業省 HP：<http://www.meti.go.jp/information/publicoffer/saitaku/s140527002.html>
- 7) SIP (戦略的イノベーション創造プログラム) 革新的設計生産技術 (新しいものづくり 2020 計画) 研究開発計画
内閣府 HP：http://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/keikaku/10_sekkei.pdf
- 8) 古川英光、「3Dプリンターによる化学材料のデジタルメディア化」、化学経済 p.2-7、2015年1月
- 9) 米国材料試験協会 HP：<http://www.astm.org/Standards/F2792.htm>
- 10) 総務省情報通信政策研究所、ファブ社会の基盤設計に関する検討会：
http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01iicp01_02000023.html
- 11) FabLab Japan HP：<http://fablabjapan.org/>
- 12) FabMap：ファブラボと各種ものづくりスペースの日本地図：<http://fablabjapan.org/2014/12/07/post-5356/>
- 13) ファブシティコンソーシアム HP：<http://fabcity.sfc.keio.ac.jp/>
- 14) Fab Academy：<http://www.fabacademy.org/>
- 15) NTT-Mooc オンライン授業：https://lms.gacco.org/courses/gacco/ga025/2015_02/about
- 16) Fab-Ed：<http://www.fabfoundation.org/fab-education/>
- 17) 渡辺ゆうか、「ほぼなんでもつくるファブラボ ファブラボ鎌倉における実践とその可能性」、情報管理 Vol.57 no.9, P.641-650、2014年12月
- 18) 駅ファブ Facebook ページ「駅ファブ⇔EkiFab」：<https://www.facebook.com/ekifab>

執筆者プロフィール



蒲生 秀典

科学技術動向研究センター 特別研究員

企業の研究所にてカーボンナノチューブや半導体薄膜を微細加工した微小電子源と表示・照明デバイス応用の研究に従事。その間、(独)産業技術総合研究所、(独)物質・材料研究機構、大学にて外来・客員研究員として共同研究に携わる。2010年4月より現職。(独)日本学術振興会真空ナノエレクトロニクス第158委員会委員、(社)表面技術協会学術委員。京都大学博士(工学)。