

# ものづくりを変える 3Dプリンター

## デジタル・ファブ리케이션時代の到来

3Dプリンターが今、世界中から注目されている。米国では、「メイカー・ムーブメント」が民間レベルで起こる一方、オバマ大統領が自国の製造業回帰を目指して3Dプリンターの研究所を設立するなど、政府主導のプロジェクトも立ち上がっている。こうした3Dプリンターを自国の製造業に活用しようとする動きは、世界各国でも始まっており、2020年には3Dプリンターの経済波及効果は約21.8兆円と予想されている。本記事では、3Dプリンターブームの背景、3Dプリンターの技術や先進適用事例などを見ていながら、3Dプリンターが変えるものづくりについて考察する。



### 3Dプリンター技術の歴史

3Dプリンターは、立体物を薄くスライスした3Dデータを元に、樹脂や砂、金属などの素材を光や熱などで固めた層を、連続的に積み重ねて立体物を造形する三次元積層造形機である。X軸とY軸の2つのモーターでプリンターヘッドを水平方向に動かすのは従来の2Dプリンターと同じ。違うのは、ローラーで給紙する代わりにZ軸のモーターで台座を垂直方向に動かす点と、インクの代わりに様々な素材が使える点である。

実は3Dプリンターは、すでに1980年代に登場し、製造業ではよく知られていた。当時は光硬化性樹脂を紫外線レーザーで硬化させる造形法（光造形法）が主流であったことから、国内では「光造形」と呼ばれた。その後、「積層造形」に名称統一されたものの、2009年には国際的に「Additive Manufacturing（付加製造：AM）」で統一されている。

3Dプリンターは当初、形状を確認するための形状試作に使用され、ラピッドプロトタイピング（俊敏に試作するの意）の技術として活用された。しかしながら、当時の装置は数千万円以上と高額であったため、航空宇宙産業や自動車産業など、特定分野での利用に限られていた。その後、デジタル技術の普及と、素材の多様化や精度の向上があいまって、3Dプリンターの用途が拡大。2000年代には、機能を確認するための試作品や、治工具、あるいは一部の最終製品も出力できるようになっていった。

### 誰もが作り手になる — メイカー・ムーブメント

開発製造の現場で活躍してきた3Dプリンターが、2010年代に入って一般消費者にも認知されるようになった背景には、造形法の1つである「熱溶解積層法（FDM）」（後述）の特許切れがある。FDMの特許切れによって、低価格の卓上型3Dプリンターが米国を中心に開発されるようになったのだ。これを機に、米国の一

般消費者の間では、3Dプリンターをはじめとしたデジタル・ファブ리케이션（パソコン制御のデジタル工作機械）を使ったものづくりの機運が高まり、ソーシャルメディアやeコマースの本格普及とあいまって、「メイカー・ムーブメント」が起こった。

2012年に米国で出版されベストセラーとなった『MAKERS（メイカーズ）—21世紀の産業革命が始まる』（著 クリス・アンダーソン）<sup>※1</sup>では、デジタル・ファブ리케이션とインターネットによって、①誰もが「メイカー（欲しいものを自らつくる人）」になれる、②世界中の仲間とアイデアを共創できる、そして、③低価格かつ少量の生産を世界中に発注できる、と提言。メイカー・ムーブメントが第三次産業革命を起こすとする同書の内容は、日本の各種メディアでも取り上げられて話題となった。

以前であれば、いいデザインやアイデアがあっても、それを製品化するためには、製造業者の生産ラインにのせてもらう必要があった。しかし、デジタル・ファブ리케이션を手に入れた一般消費者は、製造業者に頼らなくても自分たちでもものづくりができるようになった。しかも、「Kickstarter（キックstarter）」<sup>※2</sup>を始めとするクラウドファンディングの普及によって、アイデアと実行力があれば、個人や小規模な団体でも資金調達できる環境が整っている。

メイカー・ムーブメントの中、米国では自分でデザインしたガジェットやアクセサリ、玩具といったオリジナル製品を自宅の3Dプリンターで小ロット生産し、3Dプリンティングサービス「Shapeways（シェイプウェイズ）」などで販売する個人事業主が、無数に存在している（図1）。また彼らの中には、ネット上で製品を販売するだけでなく、製品の3Dデータをオープンソース化し、Web上で無償公開している者もある。その3Dデータは、誰もがダウンロードして手持ちの3Dプリンターで出力できるだけでなく、メイカー同士の「共創」を通じてより良い製品に仕上げていくなど、オープンイノベーションによるものづくりが盛んに行われている。

※1 クリス・アンダーソン：米誌『WIRED（ワイアード）』元編集長で現在は3D Robotics社CEO。『MAKERS』は、同氏の『ロングテール：「売れない商品」を宝の山に変える新戦略』（早川書房）および『フリー：〈無料〉からお金を生みだす新戦略』（NHK出版）に次ぐ第3作で、いずれも世界的ロングセラーとなった。

※2 クラウドファンディング：群衆（crowd）と資金調達（funding）の造語。インターネット経由で多くの人から資金を調達すること。

## 海外では国家レベルの3Dプリンター施策も進展

オバマ大統領は、2013年2月の一般教書演説において、製造業の復興施策として3Dプリンターの活用に着目。このことは、前述のメーカー・ムーブメントと並び、日本にも大きなインパクトを与えた。米国では、次世代ものづくりの担い手を育成すべく、2010年10月より、約10億円をかけて3Dプリンターを含むデジタル・ファブリケーションを全米約1,000の高校に順次導入。また2012年8月には、官民から合わせて約70億円を投入し、3Dプリンターの研究所「NAMII (National Additive Manufacturing Innovation Institute: 全米付加製造革新機構)」をオハイオ州に設置した。NAMIIには、ボーイング社やIBM社などの米大手民間企業や大学、NPOの他、国防省やNASAなどの政府機関が参加している。

イギリスやドイツもまた、米国同様、3Dプリンターの技術開発や人材育成を積極的に進めており、アジアにおいても台湾や中国らが研究開発を加速させている。

こうした海外の動きに対して立ち遅れが指摘されていた日本も、安倍政権で3Dプリンターの普及・拡大が成長戦略の柱の1つと位置付けられた。そして、3Dプリンターの生産シェアが欧米に席卷されている(1988年から2012年までの累計で日本は3.3%)ことから、次世代高性能3Dプリンターの研究開発を国家プロジェクトとして推進することが、日本再興戦略として2013年の6月に閣議決定された。また、2013年10月から4回にわたり、3Dプリンターが生み出す付加価値と今後のものづくりの方向性を考察する「新ものづくり研究会」が開催され、2014年2月には報告書を発表。その中では、今後、装置/材料/ソフト一体の技術開発や、オープンなネットワークでのものづくりを促進するための環境整備、人材育成など、日本において求められる取り組みがまとめられている。

## 最終製品における3Dプリンター適用が進む

日本の製造業では、3Dプリンター活用が試作品にとどまっているが、海外では最終製品をつくる「ダイレクト・デジタル・マニュファクチャリング(DDM)」へシフトしつつある。以下に、代表的な取り組みを示す。

### ● スウェーデンのTeenage Engineering社

自社のシンセサイザー「OP-1」のつまみやダイヤル、アクセサリといったプラスチック部品の3Dデータを、「Shapeways」のサイト上で無料公開。3Dプリンターを持っているユーザーはこのデータをダウンロードして部品を出力でき、3Dプリンターを持っていないユーザーは部品を同サイトで購入できる。同製品は、アクセサリの豊富さが人気の一因となっており、同時に、製品の能力拡張にもつながっている。3Dデータを公開することで、ユーザーがアクセサリに改造を加えるきっかけとなり、創造性の向上につながると同社ではみている。

### ● フィンランドのノキア社

同社製スマートフォン「Lumia 820」のケースの3Dプリント用開発キットを、同社Webサイトで公開した。これにより、小規模な周辺機器メーカーによるオリジナルケースの開発を可能にし、同製品のハードウェアにおけるエコシステムを活性化するのが狙い。同社では、モジュラー型でカスタマイズ可能なスマートフォン構想を持っており、ローカルニーズに合ったスマートフォンビジネスを世界中の起業家たちが展開していくことを期待している。

### ● 米GE(ゼネラル・エレクトリック)社

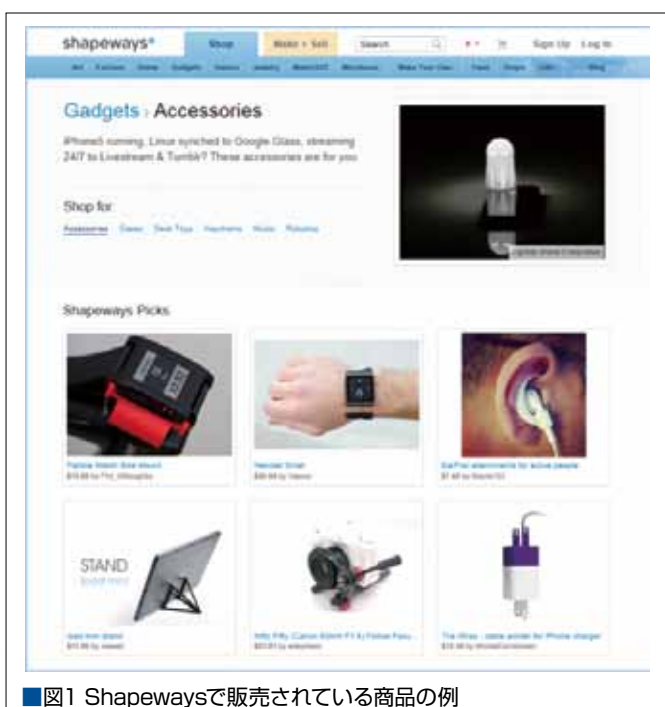
開発中の航空機に搭載予定のジェットエンジン燃焼システム内の部品を、3Dプリンターで出力している。部品によってはセラミック成型を使う場合よりも正確に作れる場合があり、また、鋳造が不要になることで鋳造過程における複雑な冷却がなくなり、製造方法の効率化につながるという。

### ● 米ナイキ社

2013年の6月に発表したアメリカン・フットボール用スパイクの滑り止め部分の試作に、3Dプリンターを活用。さらに2014年2月には、後継モデルの最終製品を3Dプリンターで出力し、「スーパーボウル2014」で使用された。3Dプリンターの活用により、2～3年かかる企画開発を6カ月程度に短縮できる他、選手の行動やその際の物性といったあらゆるデータを3Dモデルに落とし込むことで、製品の性能向上も図っているとしている。

## 3Dプリンターがものづくりで変えるものとは

メディアの中で、「3Dプリンターさえあれば誰でも作り手になれる」「3Dプリンターは魔法の箱だ」「3Dプリンターがあれば製造業の金型は不要だ」といった印象で報じられることがあるが、本当にそうだろうか。



■ 図1 Shapewaysで販売されている商品の例

まず3Dプリンターには、フィギュアやアクセサリなど趣味のものを自作して楽しむパーソナル用から、1億円もするような金属素材対応の産業用高性能3Dプリンターまである。パーソナル用と産業用では、要求される技術が全く異なるため、一括りに捉えることはできない。パーソナル用の3Dプリンターは、精度の課題があり、また、そもそも3Dプリンターによって使える素材も異なるため、1台で何でも作れるわけではない。メディアによっては、あたかも高度な製品を個人でも作れると思わせるような演出をすることがあるが、複雑な3Dデータ作成には、スキルも高性能3Dプリンターも必要となる。また、たとえ産業用の3Dプリンターであっても、トータルの製造コストや品質、時間などの観点から、最終製品を大量生産するにはまだまだ課題が多く、3Dプリンターが万能というわけではない。

3Dプリンターから生まれる今後のものづくりについては、経済産業省の「新ものづくり研究会」の報告書で、「精密な工作機械(付加製造)」と「個人も含めた幅広い主体のものづくりツール(いわゆる3Dプリンター)」という2つの発展方向性が示されている。

付加製造は、装置そのものの性能向上によって、1つは、研究開発や生産プロセスを効率化するというプロセスにおける革新が期待できる。2つめとして、従来の製造方法では難しかった航空機部品や臓器モデルを造形するというプロダクトにおける革新が期待できる。

もう一方の方向性であるものづくりツールとしては、3Dプリンターそのものの性能よりも、アイデアを簡単に形にできる手軽さや、ネットワークを介した共創における革新が期待できる。

例えば、米フォード社は、エンジニアに卓上型3Dプリンターの配布を決定したというニュースが2012年12月に報じられた。PC上で設計している部品を実際に手に取って確認できるようにし、品質向上につなげることが目的だ。配布された3Dプリンターは10万円程度のものであり、製造工程では使えないが、頭に浮かんだアイデアをその場で確認したり、同僚にアドバイスを求めるには十分である。日本における中小企業の3Dプリンター導入率は低いと言われるが、少量多品種の製品を手掛けている企業では特に、企業競争力の高い製品を生み出すための一手段となっていくだろう。

また、3Dプリンターをはじめとするデジタル・ファブリケーションによって、外部の技術や情報、アイデアを自社のものづくりに活用できるようになる。前述のノキア社の携帯ケースもその一例であり、開発環境の一部をオープンにすることで新しい価値をつくりだしている。これまで社内や工場内にクローズしてきた日本の製造業は、いよいよオープン化への取り組みが求められる。

## 3Dプリンターの造形法と3Dデータ作成法

一口に3Dプリンターといっても、出力方法や使用する素材などによって強度や精度が異なり、用途も違ってくる。主な造形法は以下の通り。

### ● 光造形法

液体の光硬化性樹脂に紫外線レーザーを照射し、硬化した層を重ね合わせていく方法。素材の性質上、樹脂単価が高く衝撃や光に弱いのが、精度が高く複雑な形状でも一体造形できることから、日本の製造業においてはシェアNo.1。ラピッドプロトotypingの初期から採用されてきた。(主な用途: 航空宇宙、自動車、建築、家電、玩具など幅広い分野の試作)

### ● 粉末積層法

光造形法の液体素材を粉末にした方法で、粉末状の素材に接着剤を噴射し、固着した層を重ね合わせていく方法(粉末固着積層法)と、粉末状の素材に紫外線レーザーを照射し、焼結した層を重ね合わせていく方法(粉末焼結積層法)がある。素材には樹脂の他、石膏やセラミック、銅、チタンなどが利用でき、サポート材は不要。粉末焼結積層法は、表面はザラザラとした仕上がりになるが、複雑な形状に対応でき、また耐久性も高いため最終製品にも利用される。(主な用途: 航空宇宙、自動車、建築、家電、玩具などの幅広い分野の形状試作、機能試作。石膏の場合は鋳造型の製作も可能)

### ● インクジェット法

ノズルから液状の光硬化性樹脂を噴射し、紫外線ランプを照射して硬化した層を重ね合わせていく方法。光には弱いのがキメの細かい造形が可能で、ノズルを複数にすることで素材や色を組み合わせた造形も可能。(主な用途: デザイン確認、試作、治工具や嵌合<sup>かんごう</sup>確認、部品の最終製品、人工血管などの医療分野)

### ● 熱溶解積層法(FDM: Fused Deposition Modeling)

繊維状の樹脂を溶かして押し出し、冷やし固めた層を重ね合わせていく方法。積層ピッチが他の出力法より厚いため、表面の断層が目立つ。部品を複雑に組み合わせることは向いていないが、強度のある樹脂が使い、色の選択肢も多い。特許切れによって低価格装置が登場しており、家電量販店などで販売しているパーソナル3Dプリンターはほとんどがこの方式である。(主な用途: 試作、治工具や部品の最終製品)



■ 図2 インクジェット法による出力(造形)

造形物を3Dプリンターで出力するには、事前に3Dのデザインデータを用意する必要がある。その方法には、大きく分けて、①3D CADソフトや3D CGソフトなどを使って自分で3Dデータを作成する(3Dモデリング)、②対象物を3Dスキャナでスキャンしたデータを3Dデータに変換する、③3Dデータ配布サイトからダウンロードする、といった方法がある。

3D CADソフトは、寸法の入った図面を3Dにしたもので、ジュエリーや建築物など正確さが求められる造形物に適している。3D CGは、イラストなどのデザイン要素を立体化したもので、フィギュアやオリジナルキャラクターに適している。いずれも、数百万円する業務用から無料のものまで、多くのソフトがある。3Dスキャナは、実際の対象物にレーザーを照射し、その測定値から3Dデータを作成。ハンディタイプからCTスキャンのような据え置きタイプまである。スキャンで取り込んだデータは、3D CADソフトに取り込んで加工することもできる。

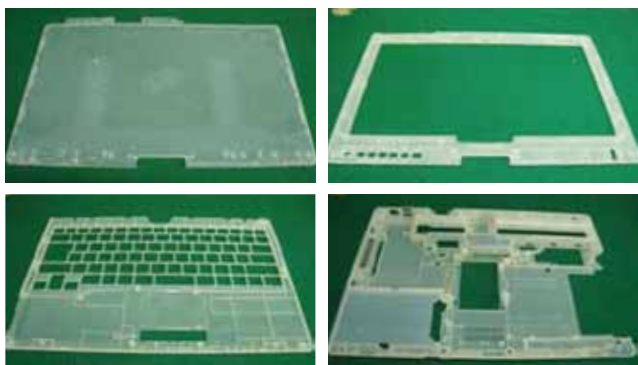
3Dデータのファイル形式は現在のところ統一化されておらず、ソフトによって異なるが、3Dデータ配布サイトや一般的な3Dプリンターでは「STL(STereoLithography)」と呼ばれる形式が利用されている。3Dデータと3Dプリンター双方でサポートする形式が異なる場合は、変換ソフトを使うなどして、形式を合わせる必要がある。

## 富士通の取り組み

富士通グループ24部門、数千件(自社製品の試作部品や製造設備、治工具)で3Dプリンターの活用実績があり、部品試作コスト50～96%、試作リードタイム50～92%、金型改造コスト30～94%の削減効果を実現している(図3、図4)。

富士通では、ものづくりを総合的に支援する「ものづくり革新隊」サービスを展開しており、自社のノウハウ・リソースによる製造支援サービスとして3Dプリンターを活用した試作サービスを提供している。製造支援サービスとしては、精密部品加工サービスやプリント基板製造から最終製品の組み立てを当社工場で行う製造受託サービスも提供している。

また、製造支援サービスの他、工場(生産設備など)から収集するビッグデータを分析し、生産ラインが停止する時間の最小化に取り組む「ものづくりビッグデータ分析」サービスや、「モノを作らないもの



■図3 3Dプリンターを活用したノートPCの試作検証部品



■図4 富士通社内における3Dプリンターの活用・展開

	PLM 軸			SCM 軸		
	企画	設計	試作検証 生産準備	調達	生産	販売/物流 保守
コンサルティングサービス	ビジネスプロセス・リエンジニアリング (BPR) 商品企画コンサルティング サプライチェーン・マネジメント改革					
エキスパートサービス	アーキテクチャ分析 (計画中)	ものづくり革新隊 設計領域 設計/生産連携領域 生産領域			エキスパートサービス (物流領域)	エキスパートサービス (保守領域)
受託サービス	デザイン支援	設計支援 (解析受託など)	生産準備支援 品質管理	調達代行 (計画中)	製造支援 (製造受託など)	物流業務支援 保守業務支援
	ビッグデータ分析			ものづくりビッグデータ分析		
システム	知的財産ソリューション メカCAD 仮想検証 エレキCAD ソフトウェア開発ソリューション 技術情報管理ソリューション			SCMソリューション 調達/製造/販売ソリューション 生産設備 物流設備ソリューション 保守現場支援		

■図5 ものづくりソリューション・マップ

づくり」を基本コンセプトとし、3D設計データを活用した設計・生産の品質検証を行う「仮想検証ソリューション」を展開している。

このように社内のもので革新活動に基づくノウハウをベースにしたサービスを含め、ものづくり全領域に対する様々なソリューションを提供し、富士通は日本の製造業を強力に支援していく(図5)。

### ● 富士通関連サイト

- ものづくり革新隊  
<http://jp.fujitsu.com/solutions/plm/kakushin/>
- PRESS RELEASE (2013年10月23日) より  
<http://pr.fujitsu.com/jp/news/2013/10/23.html>

### <参考資料>

- 『MAKERS—21世紀の産業革命が始まる』  
著：クリス・アンダーソン、訳：関美和、NHK出版、2012年
- 『3Dプリンターがわかる本』 洋泉社、2014年
- 富士テクノロジーソリューションズ | WAZA Vol.30  
[http://www.fjtsc.co.jp/press/waza\\_no30.pdf](http://www.fjtsc.co.jp/press/waza_no30.pdf)
- 3DPrintNavi  
<http://3dprintnavi.jp/intro/kind.html>
- エンジニアtype: 『MAKERS』のクリス・アンダーソンらが来日講演で語った「未来の製造業」  
<http://engineer.typemag.jp/article/wiredconference2012>
- 経産省 | 「新ものづくり研究会」報告書  
<http://www.meti.go.jp/press/2013/02/20140221001/20140221001.html>

<監修>: 編集委員 井上 香菜子 古河インフォメーション・テクノロジー(株)