技術情報

世界の教育分野で活用される3Dプリンタ

株式会社スリーディー・システムズ・ジャパン
パーソナル＆プロフェッショナル3Dプリンタ事業部　小林　広美

1．はじめに：　3Dプリンタとは？

一般に“3Dプリント”と呼ばれる「積層造形法」は，1980年代に発明された比較的新しい成形技術である。これは，光硬化樹脂や熱可塑性樹脂などの材料を薄い層として「必要な分だけ，固めて積み重ねる」ことで，立体模型を自動造形するという画期的な方法である。まず，コンピュータ上で3Dデータを３次元CADなどで作成する。その幾何形状を積層ピッチに合わせて薄くスライス化し，薄板を重ね合わせたような２次元スライスデータを複数枚作成する。そのスライスデータと同一の形状になるように，材料を何らかの方法で固めて物理的に薄いレイヤーを作る。それを一層ずつ接着しながら高さ方向に積み重ねていき，最終的には，設計データと同一の立体模型ができる(写真1)。

Additive Manufacturingと呼ばれる3Dプリント法（写真２下）は, 従来の切削工具で金属や樹脂を削り取っていくSubtractive Manufacturing：切削加工（写真２上）とは, 全く異なる発想の手法である。3Dプリント法のメリットは：①必要な材料しか使わずエコである　②成形できる形状の自由度の高さ：3Dプリンタは材料を積み重ねながら作るため, どんな複雑で有機的な形状でも理論上作ることができる　③同一時間内で多数の同じまたは異なる形状のパーツを製造できる　④データからほぼ全自動で同じ品質のパーツを繰り返し作れ, 職人的なスキルや経験はほとんど必要としない, などで，一方デメリットは, ①材料が限定される　②積層という性質上，どうしても階段状の積層跡が残る　③射出成型に比べて材料費が高い，などがある。そのため, 現在はスピードが求められる試作分野，販促・マーケティング分野，少量多品種生産などで主に利用されている。

写真１

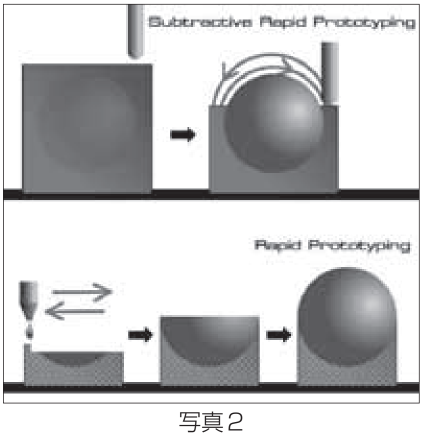

写真２

2．3Dプリンタ市場について

3Dプリンタはこの30年で高機能化や低価格化が進み，3D CADの普及と共に3Dデータ活用法の1つとしてその重要性も広く認識され，世界中で積極的に導入されている。関連市場は平均年率26%以上で成長しており，最新のWohler's Reportの統計では，2021年までに1兆円産業になると予測されている。

製品が多様化し開発サイクルが短くなっていることから，3Dプリンタは大企業のみならず中堅，中小企業にも広がっている。現在では，自動車，航空宇宙，家電，電子機器などの工業分野はもちろん，教育，建築，医療，エンターテイメントや，ファッション，アートまで，広く応用されつつあり，少量ロットのカスタム生産，オンデマンド製品の生産方法としても注目されている（写真3）。昨今登場した10万円台の家庭用3Dプリンタは，市場のすそ野を更に広げている。

3．3D Systems社について

弊社スリーディー・システムズ（3D Systems, Inc）は米国サウス・カロライナに本社のある，3Dプリンタ（“積層造形技術”）の業界最大手の総合メーカで，ニューヨーク証券取引所上場企業（DDD）である。1984年に創始者のチャック・ハルが世界初の積層造形となる「光造形技術（Stereolithography)」の特許を取得，1987年に世界初の光造形装置SLATM-1を商用化。3Dプリンタ業界でデファクトとなっている“STL”というファイル形式も弊社が定義しオープンソース化したもの。“3D Content-To-Print”というスローガンで3Dデータやコンテンツも重要に考え，誰もが恩恵を受けられる3Dプリント環境と3Dコンテンツ基盤を展開。現在の事業の柱は，①3Dプリンタ製造販売事業　②コンシューマ事業　③サービスビューロー事業：Quickparts　④医療ソリューションの4本である。

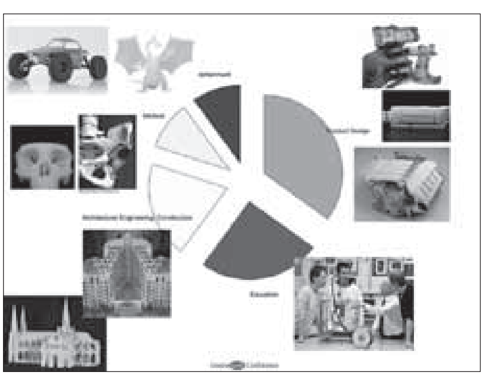

写真３

4．様々な3Dプリント方式

3Dプリンタにはオールマイティな方式はなく，積層する技術と利用する材料によって適用分野が異なる。弊社では7つの造形技術—①PJP-Plastic Jet Printing　熱溶解積層法，②FTI-Film Transfer Imaging　フィルム転写法，③MJM-MultiJet Modeling　マルチジェットモデリング，④CJP-Color Jet Modeling　カラージェットモデリング，⑤SLA-Stereolithography　光造形法，⑥SLS-Selective Laser Sintering　粉末焼結法，⑦SLM-Selective Laser Melting　金属粉末造形方式－をベースに，10万円台～1億円超の価格帯で，Cube（R)，CubeX（R)，ProJet（R)，iProTM，sProTM という製品ラインアップがある。

⑴　光造形方式（SLA：Stereolithography）

光造形システムでは，紫外線が照射されたところだけが硬化するという特性を持つ，液状のエポキシなどの“光硬化性樹脂（photopolymer)”を，VATと呼ばれる槽に溜め，紫外線レーザなどを光源としたスポット光を，ガルバノミラーやXYプロッタなどを使って樹脂表面に当てて断面形状を硬化させ，一層ずつ固めながら立体的な樹脂モデルを造形する方法。

⑵　粉末焼結方式（SLS：Selective Laser Sintering）

粉末造形（SLS）では，主にナイロン12（ポリアミド12）を主とした樹脂粉末材料を，ス

ライスデータに従って一層ずつ，CO_2レーザの熱で焼結させることを繰り返してモデルを造形していく。極めて丈夫で耐久性の高いモデルを造形出来ることが大きな特徴で，オーダーメイド性の高いものや，小ロットものの，最終製品の生産に用いられている事例が最も多いのがこの方式。

⑶　カラージェット方式（CJP：Color Jet Printing）

造形材料となる石膏粉末に，カラーインクとバインダーをノズルヘッドから噴射することで一層ずつ固めていく。最大600万色のフルカラーのモデル製作が可能。特にデザイン検討モデルや，ビルや住宅などの建築モデル，医療分野での事例が多い。最近では3Dスキャナとの連携を用いて，個人のミニチュアフィギュアモデルの製作が注目を浴び，そのためのスタジオも各地で開設されている。

⑷　マルチジェット方式（MJM：Multi Jet Printing）

紫外線硬化性樹脂とサポートの役目を担うためのワックス（蝋）を，インクジェットのノズルヘッドから噴射し，紫外線露光によって硬化させる手順を繰り返し，立体モデルを作る。最小積層ピッチは16 μm，積層段差の目立たない極めてスムースなモデル表面や，高い寸法精度を実現。500mmを超える造形サイズを持った大型機も展開。CP/CPXモデルを使えばロストワックス鋳造のためのワックスモデルの製作も可能。

⑸　フィルム転写方式（FTI：Film Transfer Imaging）

アクリルレジンを透明フィルムの上に薄く敷き，その下からスライスデータの形状に従った紫外線を一括露光させて一層分を固める方式。固まった部分は造形プレートに固定され，他の方式とは異なり，上から下に向かって積層されていく。0.1mm程度の薄いプラスチックのシートを光で切り取りながら，積み重ねて接着しているイメージ。

⑹　熱溶融方式（PJP：Plastic Jet Printing）

ABSやPLA（ポリ乳酸）などの熱可塑性樹脂を，Extruder（ヘッド）内で190～280度の熱で溶かし糸状にして，プラットフォーム上に一筆書きのように積層していく方法。弊社の個人ユーザ様向けのパーソナル3DプリンタCube®や，教育分野での実績が多いCubeX®でPJP方式を採用，低価格のため購入しやすく簡単操作で誰でも使いやすい。CubeX®では，ヘッドを3個まで増設でき，同一パーツ内で最大3色まで組合せができる。

⑺　金属粉末造形方式（SLM）

2013年6月に，フランスの金属粉末造形システムのメーカPHENIX SYSTEMS社を買収，今後3Dプリンタの製品ラインナップに新たに加わる。ステンレススチール，工具鋼，非磁性合金，超合金などの金属から，アルミナ，サーメットなどのセラミックスまで対応可能。

5．3Dプリンタを教育分野で活用する意義

「将来の，まだ予知できない職業や環境や問題への，対応力や想像力の育成」

米国の元教育省長官であったリチャード・ウィルソン・ライリー氏によれば，2010年にグローバルで一番需要のあった職業のトップ10は，2004年には存在しなかったという。同様に，現在の小学1年生が大学を出る頃，今存在する職業の7割は，無くなるか，形態が変化すると言われている。現在，未知である将来の環境や問題や職業に対して，子供達をどう指導するかを，教育者は考えなければならない難しさに直面している。それには想像力そして「自ら考える力」を養うことが重要であり，3Dプリンタはこの点でとても効果的である。

数百万円レベルの3Dプリンタは，今までも大学や専門学校などで3D CADと共にデータを実体化するために導入されてきた。この2～3

年に価格が大幅に下がり，Cube®やCubeXTMなどの数十万円のエントリーモデルが登場したため，最近では初等教育～中等教育まで広がりを見せている。特に欧米では小学校にも導入され，3D CAD以外のコンテンツ製作ツール（フリーの3Dモデラーやwebからのデータのダウンロードサービスなど）を使って，工作～デザイン，建築，都市計画，数学，物理，化学，地質学など，広く教育プログラムやカリキュラムが組まれている。そしてその中で「自ら考える力」を導く効果が出ている。そのうち，いくつかの例を以下に紹介する。

⑴　理論などを具体的な立体モデルとして自分で作ることで，理解やコミュニケーション能力を高め，次世代のエンジニアを育成する。デザインやアイデアを「自ら考える力」を育成する（数学，化学，地理，物理，建築などへ応用）：

イギリスのClevedon SchoolのAdvanced Skills Teacher/Head of D&Tであるデーブ・ホワイト氏は，デザインと技術分野で27年間教鞭を取っており，いつも学生達が最新の技術に接することに熱意を持っている。しかし何百万円もする3Dプリンタは予算が取れずにいたが，ある時，10万円台の3Dプリンタ（当時Bits From ByteのRapman, 3D Touch）を見つけ導入した。

「このマシンは今や教室ではなくてはならない重要なツールである。私は3Dプリントの原理をデモしたが，さらに重要なのは学生達が彼らのデザインやアイデアをこのマシンで体験できたことである。」「今まで3Dプリンタはとても高価で学校では購入できなかった。でも現代のもの作りのプロセスを学ぶには不可欠な道具である。我々はいつも学生達に，最新のものづくりの技術について学んでほしいと思っていたが，以前は理論的なアプローチのみであった。それが，10万円台の3Dプリンタの登場によって，ついにここでもCADだけではなく加工マシンを使う事ができるようになった。」（写真4）

デーブは彼のクラスの11歳から18歳の学生に対して，MP3プレイヤーや，障害者用電気プラグや，フラットパックのキッチンユニットまで，あらゆるものをデザインさせている。

「低価格のパーソナル3Dプリンタは，本体だけでなく材料の価格もとても手ごろなので，学校でも継続的に使える。設計からプリントまで何度も繰り返し，アイデアを練り上げていける。」「学生が3Dプリンタにアクセスしたいという欲求は素晴らしい。このプリンタはオープンなデザインなので，マシンがどう動いているのかが手に取るようにわかる。最新の技術が“マジック”ではないということは，次世代のエンジニアを育てることにもつながる。」http://youtu.be/W4xzx-8Tw-A

⑵　YouthQuest's 3D Printing Class Has At-Risk Youth Thinking Big

3Dプリンタでのモノづくり経験が，子供達の人生を変える足掛かりに：

米国では「リスクのある10代の学生」の救済をする“YouthQuest Foundation”が，3Dプリンタを取り入れたカリキュラムを導入した。「リスクのある学生」とは，例えば，社会経済的に恵まれない児童，家庭環境より問題行動を起こす児童，成績が極端に劣る生徒，いじめなどに会い登校拒否になる児童などが含まれ，なんらかの原因で学習ができない危機的状況にある子供のことである。

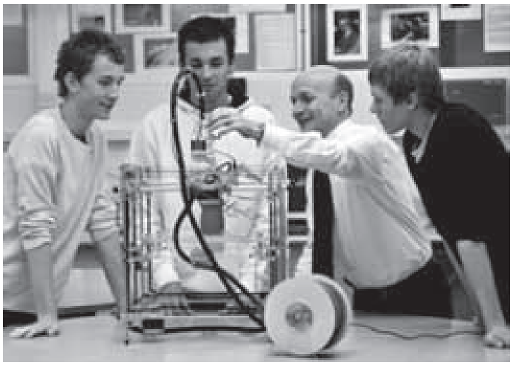

写真４

このクラスでは，3D SystemsのCUBE 3Dプリンタを使って，学生達のデザインしたモデルをプリントしている。これはただ3Dでモデル化するという以上の効果があった。つまり，チームワークやクリエイティブ性や忍耐力を養い，挑戦させる気持ちを子供達の中に生み出したのである。YouthQuest STEM インストラクター Tom Meeks氏によると「3Dプリンタは学生に，より創造的に自分で考える事を学ばせる。物をどう作るかを創造的に考える時，我々は普段使わない方法で脳を使うからだ。その結果，このプログラムに参加した学生はみな何らかの意味で「人生が変わる」体験をした。」
http://www.youtube.com/watch?v=7qLiIukEaG8
www.youthquestfoundation.org

⑶　次世代の「デジタル3Dものづくり」に対する理解を深める：

日本でも，誰でもモノづくりに参加できる環境作りのため，学内FabLabの設置が進んでいる。例えば2013年6月に日本工学院テクノロジーカレッジ（八王子校）にて「メーカーズラボ」が設立，最新のプロ用途の3Dプリンタの他，最先端の3Dスキャナ，3D CAD，3Dモデリングソフトウェアなどが導入された。http://www.neec.ac.jp/makerslabo/

その結果，教育関係者間で同校の注目度は高まり見学が絶えず，入学希望者が増えた。またフォーミュラーカー設計など企業との官学共同プロジェクトが促進され，3D経験者の就職につながっている。

⑷　将来の3D関連の職業に備える：

米国では最近，3Dプリンタや3Dオーサリング技術に関連する求職率が伸びている。Freelance.comの調査によると，2013年Q2には最も高い伸び率を示し，特に製造業では3Dプリント技術をワークフローに役立てるため技術者のニーズが高くなった（写真5）。

NC州のRichmond Country Schoolで行われているSTEM教育プログラムのように，3Dへの取組は幼稚園から高校まで広がっている。将来，多くのエンジニアや技術開発では3Dスキルが必須になると言われており，今の子供達に将来の就職の準備をさせるのは我々世代の責任である。http://www.3dsystems.com/blog/2013/08/3d-jobs-rise#.UiS4etyCiAW

6．まとめ

2012年8月，米国オバマ大統領が発表した国家プロジェクトでは，今後4年間で1000カ所の高校に3Dプリンタを完備した「工作室」を開くプログラムと，3Dプリンタ技術研究機関を設立する計画が盛り込まれ，これを機に世界中で3Dプリンタのブームが巻き起こった。今や10万円台の3Dプリンタは誰でも簡単に入手でき，簡単操作の3Dモデリングツールやコンテンツと共に，授業でも利用できる時代になった。学生の創造性を高めるため，そして，将来の1つの製造方法として有望な3Dプリントを初めとした3D活用の道を探るため，日本の教育政策としても柔軟で先進的な取組が求められるのかもしれない。

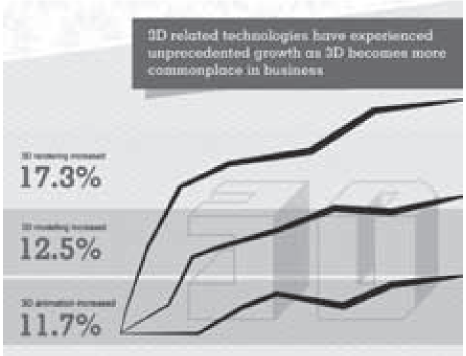

写真5