



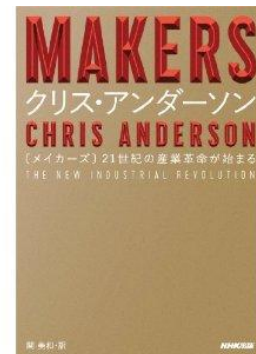
3D プリンタ - 現状と今後の可能性

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 Hiromi Kobayashi

〒154-0005 東京都世田谷区三宿 1-13-1 東映三宿ビル 6 階

1. はじめに

「21 世紀の産業革命」— 2012 年 8 月、米国オバマ大統領が声高々に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、世界中に 3D プリンタの存在を知らしめました。同時期に発行されたクリス・アンダーソン氏の著作「メーカーズ」(Fig.1)では、“今日の起業家は、オープンソースのデザインと 3D プリンタを使って製造業をデスクトップ上で展開している”と紹介し、DTP ならぬ **DTF(Desktop Fabrication)** によって誰でも個人でメーカーになれる可能性を唱え、大きな話題となりました。今、世界中で 3D プリンタがホットです。しかし突然一般に広がった「3D プリンタ」という言葉からは、それがどのようなものなのか、一体何ができるのか、企業にとって個人にとってどういう恩恵があるのか、よくわかりません。また個人向けの低価格品から、企業向けの本格的な製品まで、造形技法も材料も価格帯も多岐にわたっており、その違いもなかなか把握できません。ここでは、3D プリンタの歴史を歩んできた弊社スリーディー・システムズの 3D プリント技術、製品、適用事例をいくつかご紹介し、3D プリンタの現状と今後の可能性について探りたいと思います。



2. 3D プリント=積層造形(成形)法

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す。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した。

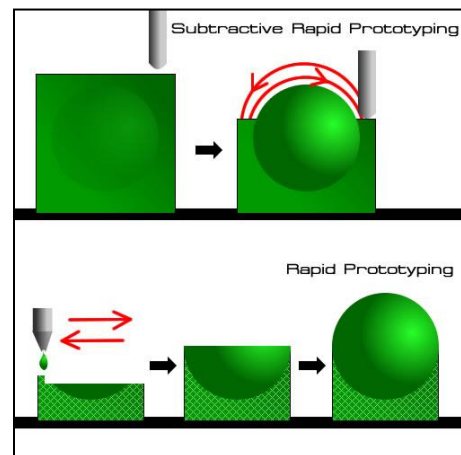
まず、コンピュータ上で造形対象となる 3D データを 3 次元 CAD などで作成します。その 3 次元幾何形状を例えば 0.1mm などの積層ピッチに合わせて薄くスライス化(計算)し、薄板を重ね合わせたような 2 次元スライスデータを複数枚作成します。そのスライスデータと同一の形状になるように、材料を何らかの方法で固めて物理的に 0.1mm 厚などの薄い層(レイヤ





一)を作ります。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ます。

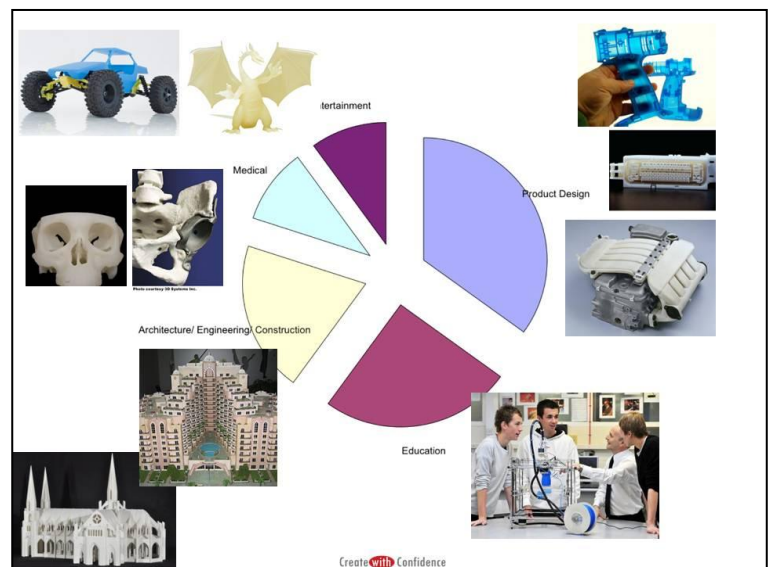
Additive Manufacturing と呼ばれる **3D プリント法**(Fig.2 下)は、従来の切削工具で金属や樹脂を削り取っていく **Subtractive Manufacturing: 切削加工**(Fig.2 上)とは、全く異なる発想の手法です。3D プリント法には、切削加工に比べていくつかの明らかな特徴とメリットがあります： 1. 必要な材料しか使わずエコである 2. 成形できる形状の自由度の高さ: 切削の場合工具が入らないという物理的に制約ができるが、3D プリンタは材料を積み重ねながら作るため、どんな複雑で有機的な形状でも理論上作ることができる 3. 同一時間内で多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、などです。一方デメリットとしては、1. 利用できる材料が切削加工に比べて限定される 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、などがあります。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、さらには少量多品種生産などで主に利用されています。



3. 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ます。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ます。ちなみに、2012 年の弊社の 3D プリンタの売上は前年度比 91%成長しています。

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ます。現在では、自動車、航空宇宙、家電、電子機器などの工業分野(設計製造)はもちろん、建築・土木、教育、医療・歯科、エンターテイメント、宝飾品や、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ます (Fig.3)。さらに昨今登場した 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ます。

4. 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ーで、ニューヨーク証券取引所上場企業 (DDD) です。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 SLA™-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です。今年創設から 27 年を迎え、“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しています。現在の事業の柱は、(1) 3D 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 本です。

5. 様々な積層造形方式

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ります。弊社では 7 つの造形技術—1. PJP-Plastic Jet Printing 熱溶解積層法, 2. FTI-Film Transfer Imaging フィルム透過イメージ, 3. MJM – MultiJet Modeling マルチジェットモデリング, 4. CJP – Color Jet Modeling カラージェットモデリング, 5. SLA – Stereolithography 光造形法, 6. SLS – Selective Laser Sintering 粉末焼結法, 7. SLM – Selective Laser Melting レーザ金属造形法—をベースに、10 万円台～1 億円以上までの価格帯で、Cube®, CubeX®, ProJet®, iPro™, sPro™ という製品ラインアップがあります (Fig.4)。

3D Systems 3Dプリンター ラインアップ

広い選択肢と強力なポートフォリオ

パーソナル 3D プリンター	プロフェッショナル 3D プリンター	プロダクション 3D プリンター
<div style="display: flex; justify-content: space-around; font-size: small;"> Cube® CubeX™ ProJet® 1000/1500 </div>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; font-size: small;"> ProJet® 3500/5000 ProJet® 6000/7000 </div>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; font-size: small;"> iPro™ (SLA) </div>
<div style="display: flex; justify-content: space-around; font-size: small;"> PROJET® 160/260/360 </div> <p style="font-size: x-small;">16万円～300万円</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; font-size: small;"> PROJET® 460/660/860 </div> <p style="font-size: x-small;">300万円～3000万円</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; font-size: small;"> sPro™ (SLS) </div> <p style="font-size: x-small;">3000万円～1億円+</p>
小型・低コスト・使い易さ		高機能・高パフォーマンス

3DSYSTEMS™



5-1. 光造形方式(SLA : Stereolithography)

1987年に世界で初めて実用化されたラピッドプロトタイプングシステムが、弊社の光造形システムです。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ます。半導体による紫外線レーザー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します。

5-2. 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、CO₂ 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きます。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です。

5-3. 石膏粉末フルカラー方式(CJP : Color Jet Printing)

造形材料となる石膏粉末に色のついた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き、最大600万色のフルカラーでのモデルの製作を可能としました。特に様々な分野におけるデザイン検討モデルや、ビルや住宅などの建築モデルの他、医療分野での事例が多いです。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特に注目を浴び、そのためのスタジオも国内各地に開かれはじめています(「9. エンターテインメント、フィギュア、記念品」参考)。

5-4. マルチジェット方式(MJM : Multi Jet Modeling)

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(蠟)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、立体モデルを造ります。最小積層ピッチが 16 μ m であることを活かし、積層段差が目立たない極めてスムーズなモデル表面や、高い寸法精度を実現しました。500mm を超える造形サイズを持った大型機も展開。DP/MP などのデンタル専用機により歯科技工などデンタルでも応用事例が多く、CP/CPX モデルを使えばロストワックス鑄造のためのワックスモデルの製作も可能です。

5-5. フィルム転写方式(FTI : Film Transfer Imaging)

アクリルレジン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です。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きます。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です。

5-6. 熱溶解方式(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きます。弊社では、個人ユーザ様向けのパーソナル 3D プリンタ Cube® で PJP 方式を採用。個人のほか、学校などでの採用が進んでいます。CubeX®モデルでは、ヘッドを3個まで増設でき、同一パーツ内で最大3色まで組み合わせができます。

5-7. 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ーである、PHENIX SYSTEMS 社を買収することで合意。買収の完了後、弊社の 3D プリンタの製品ラインナップに新たに加わる予定です。

6. 「ものづくり」の様々な段階で活用される 3D プリンタ

開発設計部門での 3D プリンタの導入は、試作の内製化を実現し、その結果、外注費の大幅削減、開発期間の短縮、製品品質の向上に大きく貢献しています(試作・プロトタイプ)。例えば高精細マルチジェット方式(MJM)の ProJet® HD ユーザのシチズン時計の例では、3D プリンタ導入後、製品開発試作において半年で約 5000 万円のコスト削減、治具の製作においては3~4週間かかっていたものが2~3日に短縮しました。



Fig.5 写真提供:シチズン時計様(左:3D プリントモデル、中央:製品、右:3D プリントした治具)

同時に、短時間で多品種の立体模型やフルカラーモデルができることで、社内でのプレゼンテーションや会議、顧客との商談、展示会など、販売・マーケティングにも活用され、売上に貢献します(コミュニケーション)。また 3D プリントした正確で丈夫なパーツは、真空注型のマスター型としても利用でき、素早くウレタンや ABS などの他の材料に複製できます(パターン)。そして、生産準備の段階では、直前にならないと決定できない多様な「治具」類を短時間でプリントすることで生産性を大幅に上げ、真空成型やプレスや鋳造の簡易型として利用すれば、実際の材料で試作品が短時間・低コストで作れます(ラピッド・ツーリング)。さらに、ポリアミドなど強度・衝撃性・耐熱性に優れた材料や、医療用特殊マテリアルなどを直接プロダクション 3D プリンタでプリントすれば、最終パーツの少量ロット生産に活用できます。このように 3D プリンタは、単に作用用途だけではなく、ものづくりのあらゆる段階で活用されています(Fig.6)。



設計製造：3D プリンタの主な役割

モデル作成 Model	試作 Prototype	パターン Pattern	ツーリング Tool	パーツ生産 Part
3-D Printing				
Communication コミュニケーション	Validation 確認・テスト	Replication レプリカ・複製	Pre-Production 試作・試作型	Manufacturing 少量ロット生産

Create with Confidence

7. 3D プリンタを活用した新しい生産メソッド

金型を作らずにデータから直接成形できる 3D プリント法は、「少量のカスタムメイド」、「オンデマンド型の製品開発と生産システム」を実現するための基盤技術となる可能性があります。弊社のユーザでもある、アメリカ Shapeways 社 (<http://www.shapeways.com/>) はこの可能性にいち早く着目し、オンラインで一点モノの商品を展開、受注後にデータから 3D プリントして生産し、付加価値の高いビジネスモデルを作り上げました。弊社のグループ企業である Freshfiber 社 (<http://www.freshfiber.com/home/>) や Freedom Of Creation 社 (<http://www.freedomofcreation.com/>) も、3D プリントした家具やグッズ (Fig.7) をオンライン販売し、新しいスタイルの e-Commerce をビジネスにしています



3D プリンタによるエンドユース品の生産には、まだ利用できるマテリアルの種類が少ないなどの制約もありますが、主に以下のような特徴とメリットがあり、将来の新しい製造手法として着目されています。

- ・金型設計・製作、射出成型などの多くの製造メソッドを省略できる(時間・コスト)
- ・デザイナーの意図がほぼそのまま製品に反映でき、今まで作れなかった製品が作れる(自由度)
- ・在庫を持つ必要がない(必要な時にデータから 3D プリントして製造できる)



- 工場は大規模な製造ラインが必要ない(設備投資を最小限に)
- データと成形が直結しているため、ワンオフ生産などカスタマイズが容易

特に医療分野では、インプラント、マウスピース歯科矯正、デジタルカスタム補聴器、装身、再生医療など(Fig.8)、一つ一つ仕様や形状が異なる最終品の製造に、プロダクション 3D プリンタが利用されています。ヘルスケアやデンタルは、3D プリンタでなければ実質対応できないカスタム生産のニーズがあり、今後適用は広まっていくでしょう。



8. オンデマンド 3D プリントビジネス

弊社では、多様な造形技術と材料を、個人や中小企業を含む多くのユーザに享受いただくために、サービスビューロー事業としてオンデマンド 3D パーツ製造サービスを、Quickparts®というブランドで行っていますが、総売上約 32%を占め前年度比約 40%増で成長しています

(<http://www.quickparts.com/home.aspx>)。Quickparts®では、誰でも 3D データさえあればオンラインでパーツの注文ができる仕組みです。Bespoke Innovations™, Inc(<http://www.bespokeinnovations.com/> “Because EVERY Body is Different”)は Quickparts®サービスを利用して、個人向けにカスタマイズした、デザイン性の高い義足などの装身具を 4000~6000ドルで製造・販売しています(Fig.9)。3D プリンタがなければ作れなかった、障害者の価値観やライフスタイルまでを変える影響力のある最先端の製品を、Quickparts®を利用してユーザに提供しています。



Fig.9 写真: Bespoke Innovations™, Inc 社 web page より



日本でも 3D プリント事業を始める会社が多くなっています。元々オンデマンド印刷を手掛けていた東京リスマチック (<http://www.lithmatic.net/>) は、2012 年より新規事業として立体造形出力サービスを開始、オンライン入稿によるハイエンド&フルカラー 3D プリントパーツを短い納期で提供しています。企業のみならず個人ユーザも多く、3D Systems 製プロフェッショナル 3D プリンタのパーツを、通常の印刷注文と変わらない方法でオーダーできます (Fig.10)。他にもコンテンツ配信大手の DMM.COM が参入するなど (<http://make.dmm.com/>)、今後の 3D プリントの需要を見込み、新規の参入企業は増えてきています。



9. エンターテインメント、フィギュア、記念品

現物を 3D データとして数値化してコンピュータに取り込んだり、図面化できない文化遺産などをデジタル化してレプリカを作るには **3D スキャナ**が必要で (リバース・エンジニアリング)。3D スキャナはカメラ式、ハンドヘルド式、アーム式などいくつかの方式がありますが、実際スキャンする対象物には制約がいろいろあります (一般的に、反射する光る素材、細かい柄、フワフワした素材、黒色や影になった場所、などは撮れない)。残念ながら、どんな 3D スキャナでも、現時点で手直しなしで完全な 3D データを自動生成するのは無理で、そのため後処理としての手作業でのデータ修復は必須です。そこで利用されるのが、弊社の Geomagic Solutions (<http://www.geomagic.com/ja/>) のコンピュータ支援ツール (CAT) です。他にも Geomagic FreeForm は 3D CAD では難しい、数値にとらわれない自由形状モデリングが得意なユニークな 3D デザインツールです。デザイナーや原型師、技工士などが手作業で行っていた感覚的な作業をデジタルで再現、アナログとデジタルのギャップを統合します。他のツールでは難しい操作が直感的かつ容易にできるため、3D スキャンデータや CT や MR などの医療画像データの後処理にも利用されています。

じぶんフィギュアを作る、家族の肖像をフィギュアというカタチで残していくという世界初の試み **OMOTE 3D SHASHIN KAN** (<http://www.omote3d.com/index.html>) では、ハンドヘルドタイプの 3D スキャナ & ソフトウェアツール & フルカラー 3D プリンタが利用されました。SCAN-DESIGN-PRINT の各要素技術は以前からあったものなのですが、付加価値のある時代のニーズを捉えた企画により、消費者が対価を払っても欲しいと思えるサービスを提供しています (Fig.11)。3D デジタルコンテンツと 3D プリンタをうまく活用した新しい活用法として注目されています。

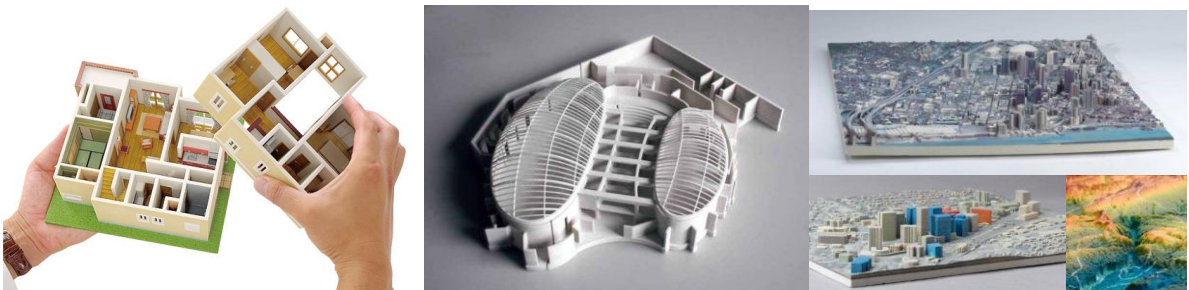


Fig.11 写真:OMOTE 3D SHASHIN KAN より

10. 建築、土木、住宅販売など

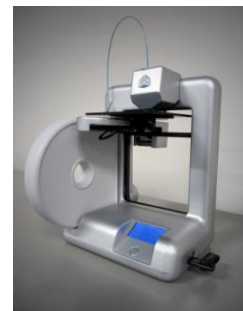
昨今、フルカラー3Dプリンタ(ProJet® x60)は、建築や地図情報(GIS)の模型製作にも利用されています。コストが手作業に比較して1/3以下へ削減され、時間も劇的に短縮、3Dプリンタにより複雑な模型も作成可能になりました。短時間で多くのサンプルを提示できるようになり、結果、新規ビジネスの獲得に繋がっています。このように、3Dプリントはユーザにとって競合力をもたらし、顧客にとってもメリットとなります。

(Fig.12)



11. 個人レベルに広がる3Dプリンタと3Dコンテンツ

弊社では2012年4月に米国にて、個人でも購入可能なCube®パーソナル3Dプリンタ(Fig.13)を発表しました。16万円という低価格ですが、素材はABSやPLA(ポリ乳酸)で、表面は粗さがあるものの、材料には強度や靱性もあり、十分実用に耐えられます。趣味のDIY工作、アクセサリや身の回り品の製作、子供用の玩具やギフトとしても購入されています。さらに重要なのは3Dコンテンツやコンテンツ・クリエーション用の環境(アプリケーションやツール)です。Cube®を販売するオンラインサイトのCubify.com(<http://cubify.com/>)では、特別なソフトを使わなくても3DパーツをデザインできるPrint at home



(http://cubify.com/apps.aspx?tb_create_apps)、複数の写真や動画から自動的に立体モデルを作るCubify Capture(http://cubify.com/products/capture/index.aspx?tb_create_capture)、正面と横の顔写真からオリジナルフィギュアを作ってオンラインで注文できる3DMe™(http://cubify.com/store/3dme.aspx?tb_create_3dme)、自分だけのロボットをデザインするMy



RobotNation (<http://www.myrobotnation.com/instructions>) など様々なアプリを提供しています。

従来ユーザは、3D CAD パッケージで設計図面を描き、その 3D データを活用する手段として 3D プリンタを使ってきました。つまり、3D CAD ソフトを使う事が前提でした。しかし昨今では、Cubify Invent™、SketchUp (<http://www.sketchup.com/>) や Autodesk® 123D® (<http://www.123dapp.com/>) 等の低価格や無償の 3D モデリングソフトにより、3D データの敷居は低くなってきています。また、ネット上にある無償や有償の 3D コンテンツをダウンロードし、そのまま、または自分でカスタマイズした後プリントし、お気に入りの一品を作ることできます。3D コンテンツに着目したシェアサイトは、欧米を中心に益々多くなってきており、日本でも今後多数のサイトが立ち上がる事が予想されます。

12. 最後に

Forbes では次のように予測しています:3D プリントは産業を強化させるでしょう、カスタマイゼーションはより一般的になるでしょう、3D プリンタによりイノベーションはより加速されるでしょう、3D プリンタを利用した革新的な新規事業が生まれるでしょう、3D プrintショップがショッピングモールに出現するでしょう、より多くの 3D プリンタが工場の生産ラインで利用されるでしょう・・・

3D プリンタの低価格化や高機能化、3D デジタルコンテンツの広がり、3D プリントを利用した様々な新事業、個人向けソリューションの誕生、などによって、「3D プリントの民主化」が加速されています。3D プリンタは従来のものづくりの手法を補間し拡張するものとして、今後 5-10 年で製造業を変える影響力を持つだろうと言われています。ものづくり (Fabrication) が個人レベルに広がると、「自分ゴト」として今までにない新しい経験、喜びに夢中になるでしょう。少量生産、多品種生産、オンデマンド、マス・カスタマイゼーションなど、時代の要求に応える成形方法として、3D プリント技術と市場は今後も発展が予想され、アイデアと工夫次第で、新規事業化によるビジネスチャンスも広がっていくことでしょう。