調査・報告

3 次元データの工業利用に関する調査研究

阿部 淑人* 天城 和哉** 中部 昇* 土田 知宏*** 馬場 大輔**** 渋谷 恵太***** 片山 聡*

A Report of Industrial Application of 3-dimensional Data and Its Market

ABE Yoshito*, AMAKI Kazuya**, NAKABE Noboru *, TSUCHIDA Tomohiro***,
BABA Daisuke ****, SHIBUYA Keita***** and KATAYAMA Satoshi *

1. 緒　　言

製品の設計試作における 3D プリンタの活用や，3 次元データの入力・加工・編集・出力に関する課題および市場性・今後の可能性などについて調査・啓蒙・技術蓄積を行うことを目的として調査研究を行った。

3D プリンティング技術が話題になっているが，出口としてのプリンタだけでなく入り口としての 3D デジタイザ（3D スキャナ），3D-CAD やデータ編集ソフトウェアなど 3 次元データ応用技術全般を見渡すことが必要と考えられる。今年度は，初年度ということで，3D プリンティング技術とその周辺技術の動向を関連企業に周知するために 2 回のセミナーを実施し，県内企業の 3 次元ものづくり体制を調査するとともに，産業技術連携推進会議 （以下，産技連）[1] の製造プロセス部会に設置された 3D ものづくり特別分科会と関東甲信越静地域部会に設置された 3D プリンタ研究会に参画して他県の支援動向と（独）産業技術総合研究所（以下，産総研）の技術開発動向を探った。

県内のものづくり企業において，3D-CAD や 3D プリンタはある程度普及しているが，3 次元データで一貫した 3 次元ものづくり体制の構築は必ずしも十分といえず，普及に向けた啓蒙活動と人材育成活動が必要と思われる。

第 2 章には，講演会活動の概要と技術分類，市場・ユーザー動向・県内企業動向・各県の公設試験研究機関（以下，公設試）の動向，調査活動から得られた課題とそれへの対応策を記し第 3 章でまとめた。

*　研究開発センター
**　中越技術支援センター
***　県央技術支援センター
****　上越技術支援センター
*****　素材応用技術支援センター

2.　調査・研究内容

2.1　講習会開催概要

今年度は 1 年目であるため，3D プリンタにまつわる誤解（3D プリンタは万能でありこれがあればなんでも作れる。3D プリンタは製造業にとって脅威である。規制が必要だ。など）を解くところから始めることとした。県内企業を対象にセミナー形式で 2 回の講演会を開催し合わせてアンケート調査を行った。2 回の講演会には延べ 56 人の外部参加があった。

第 1 回講演会（平成 26 年 8 月 28 日）
《講演 1》
「3D アプリケーション研究会の活動概要」
　研究開発センター　阿部淑人
《講演 2》
「3 次元プリンティング技術，その基本を知る」
　（一社）3D-GAN[2] 理事長　相馬達也氏

阿部より，本研究会の設立趣旨及び活動概要を説明した後に，相馬氏より 3D プリンティング技術の全体について特に 3D-CAD による造形との関わりについてなど広い知見をお話いただ

いた。

第 2 回講演会（平成 26 年 10 月 23 日）
《講演 1》
「3D プリンタの工業応用への期待と国際標準化の動向」
　産総研　芦田極氏
《講演 2》
「3D プリンタを用いた砂型造形による超複雑形状の鋳造」
　産総研　岡根利光氏

芦田氏より, 3D プリンティング技術の様々な方式の説明や今後の展望と合わせて，ASTM Int'l で国際標準化作業が行われていること，標準化用語としては Additive Manufacturing(AM) があてられることなどをお話いただいた。続いて岡根氏より，鋳造に使用される砂型を生成する砂型 3D プリンティング技術の開発動向や今後の展望についてお話いただいた。

2.2　3D プリンティング技術の分類

3D プリンティング技術は，従来からの(A)切削・研削・研磨などの引き算式の加工方法，(B)塑性加工など変形式加工法, に対する(C)第 3 の加算式方法であり，Additive Manufacturing(AM) 技術という名称で国際標準化が進められている。3D プリンティング技術の分類（ISO/ASTM の分類による）を以下に示す。

(1) 光造形法(Vat Photo-polymerization):バットに光硬化樹脂を満たし界面に紫外線などで描画することで 1 層を硬化する。順次硬化物を沈降させるか引揚げ逐次積層造形する方式。
(2) 材料噴射法(Material Jetting):光硬化樹脂をインクジェット式に噴射し紫外線硬化して順次積層造形する方式。
(3) バインダ噴射法(Binder Jetting):構造材の粉体（セラミックや樹脂や金属など）を敷き詰めて, 光硬化樹脂をインクジェット式に噴射して紫外線硬化することで順次積層造形する方式。
(4) 粉末床焼結法(Powder Bed Fusion):粉末を敷き詰めてレーザや電子ビームにより選択的に溶融することで 1 層を造形し, 順次積層する方式。
(5) 溶融物堆積法(Material Extrusion):樹脂・金属などを加熱溶融して液化した状態にして描画することで 1 層を形成する。冷却硬化するたびに積層を繰り返し造形する方式。
(6) エネルギービーム堆積法(Direct Energy Deposition):粉末や糸状材料を供給しながら電子ビームやレーザにより溶融し, 肉盛溶接のようにして積層造形する方法。
(7) シート積層法(Sheet Lamination):薄いフィルム上のシートをカッティングして 1 層分の断層を用意し順次フィーディングしながら積層造形する方法。ラミネーションにはシート自体を溶融する方法と接着剤などを塗布する方法がある。
(8) その他 : 上記の混成方式や, 切削加工あるいは塑性加工との混合方式もあり材料の多様化と合わせて今後さらに新しい方式が発明される可能性も大きい。

2.3　3D プリンタの市場とユーザーの動向

装置の国際市場では数多くのベンチャー企業が勃興したのち，かなりの部分が米国 3D Systems 社と Stratasys 社の 2 つに集約された。米国のベンダーは主に民生用の樹脂プリンタに強くパーソナリゼーションへの対応が進んでいる。また欧州では対照的に，金属プリンタに強いドイツ EOS 社やスウェーデン Arcam 社がビジネス用をメインに事業を推進している [3),4)]。

一方，日本を始めとするアジア勢は一歩出遅れていたが，現在日本では経済産業省と産総研及び関連企業が国家プロジェクトで産業用の金属プリンタと鋳造用の砂型プリンタを急ピッチで開発している [5),6)]。

ユーザーの動向としては，樹脂プリンタのプロトタイプ用途は概ね浸透し社内保有する企業も増えつつありサービスビューローも増えてい

るが，最近は極小ロット超多品種生産や B2I と呼ばれる個人対応生産への対応に意識が向いてきている。そのため重要と考えられていることはプリンタや出力をどうするかよりも 3 次元データをどのように取得しハンドリングするかということおよび,用途に応じた材料開発である。なお，実際に販売されている装置の特徴を簡単に列記する。

(1) 数万円から数 10 万円未満程度の安価なものは溶融物堆積法方式が主力である。
(2) 50 万円程度から 2000 万円程度の範囲で材料噴射式や光造形式の紫外線硬化樹脂プリンタが入手できる。価格の差は速度や精度と造形サイズあるいは素材の多様性によって生じている。
(3) 粉末床焼結方式では熱可塑性樹脂および金属やセラミクスのプリンタがあり価格的には数千万円レベルのものが多い。多種類の粉末を選択焼結することはできないため,材料噴射法などのようなフルカラーやマルチマテリアルの造形は不可能である。
(4) エネルギービーム堆積や粉末床焼結と切削加工を組み合わせた金属プリンタは,造形精度が高く金型製作などにも適用可能な反面,価格も高く数千万円から 2 億円程度の高額製品となっている。

現在は，材料も主に樹脂及び金属などに限られ，用途も試作が主で，多様な実製品を造形できるには至っていないが，今後は材料開発と用途開発が進み，より多様な用途へ展開されると思われる。

2.4　3 次元データ入出力技術の概要

3D プリンタに世間は注目しているが,大事なことはプリンタよりむしろ 3 次元データである。3 次元データの入力方法としては，大きく分けて(1)3D-CAD で幾何学形状を入力する方法。(2)レーザや触針式で実体をデジタイズ（スキャニング）する方法。(3)コンピュータトモグラフィ(CT)で断層撮影する方法。の 3 つがある。

(1) 3D-CAD 法は，物体の塊形状のソリッド式あるいは表面形状のサーフェス式の 2 種類があるが,いずれも関数曲面の組み合わせで基本形状を定義し，その集合演算（和・差・積)によってより複雑な形状を定義する方法で工業製品の形状設計には欠くことのできない技術基盤となっている。従来の 2 次元 CAD は手書き図面の電子化にすぎなかったが，3 次元 CAD は物体の形状をコンピュータが直接に理解できるものであるため，CAM ソフトウェアを介して CNC 加工機を制御するコードが生成できる。
(2) デジタイザ法は,実体を接触式あるいは非接触光学式で表面形状走査する方法であり対応する精度や物体寸法によってさまざまなグレードがある。3D-CAD データが存在しない物体の 3 次元化にはデジタイザあるいは次項のトモグラフィの利用が必須である。ただし,デジタイザで取得した 3 次元データはそのままでは CAD データと互換性がないため変換ソフトウェアによって編集可能な CAD データに統合する必要がある。
(3) トモグラフィ法は,医療分野では人体などの形状取得に適用され,工業製品でも金属物体などの内部の検査などに利用されている。造形用のデータとして扱うためには断面データをコンピュータ処理によって編集可能な CAD データに統合する必要がある。

この他にも用途を限定することでより有効なデータ入力手段を開発することが可能であると考えられ，プリント用途の開発と合わせたデータ入力手段の開発が今後必要と考える。

2.5　県内企業の動向

かなり多くの企業が試作・開発評価などの目的あるいは治具製作などの目的で 3D プリンタを利用していることがわかった。今後は，金属

プリンタの低廉化や材料の多様化などが契機となり極少量生産への適用が始まると思われる。

3D プリンタ以上に 3D-CAD の普及率は高いが，3D デジタイザ（3D スキャナ）や X 線 CT などのデータ入力手段はあまり普及しておらずリテラシーも不十分であることがわかった。今後は形状検査などにも適用可能な 3D デジタイズ技術の普及啓蒙も必要と考えられる。

2.6　他都道府県の公設試の動向

産技連の製造プロセス部会に組織された 3D ものづくり特別分科会および関東甲信越静地域部会に組織された 3D プリンタ研究会に参画し下記のことがわかった。

(1) いくつかの公設試で樹脂プリンタを試作の支援（全利用数の 75%程度）などに供用しているが, サービスビューローの増加もあり, それらとの役割分担が検討されている。
(2) 3D プリンティングサービスを行っている公設試への技術相談の多くは，3D プリンタで出力した物の「形状・強度・精度・造形時間・コストなど」である。
(3) 3D プリンティングサービスを利用した企業の出力物は多い方から「電子機械部品，製品筐体，日用品，生体医療関係品，デザイン見本, 治具, アクセサリ・工芸品」などである。
(4) 今後は金属プリンタにより試作から実製品などの個人向けにニーズが移ると考えられ, 装置開発の進展はもとより運用技術としても製品化の際の障害解消のための実用化研究やケーススタディが必要と考えられる。
(5) 産総研も加盟する TRAFAM（次世代 3D 積創造系技術総合開発機構）で開発中の国産金属プリンタおよび砂型プリンタによって鋳造業界が変革する可能性があり, 引き続き情報収集が必要である。

2.7　市場参入時の課題とその対応

3D プリンタ市場への新規参入については一般用途ではすでに特段の競争力を発揮できるという要素が見当たらないため，米国の 3D Systems 社や米国の Stratasys 社あるいは日本の Keyence 社などと競合するような汎用プリント装置でなく，特定用途に特化した入出力統合造形装置の研究開発が好ましいと考えている。

その用途としてはこれまでどおりの大量生産型の工業製品ではなく，個人対応の必要な医療福祉歯科分野向けの義肢義足・義歯などの造形や治療用治具の造形，あるいは米菓や洋菓子あるいは練物食品などのカスタムオーダ向け造形などが有望と考えている。

3.　結　　言

(1) 本研究会では 3D プリンタや 3D-CAD，3D デジタイザなどをものづくりの現場でどう活かせばよいか, 何がネックかを探るとともに, 県内の生産事業者への情報提供を行った。
(2) 現時点の 3D プリンティング技術は，生産性や精度や品質の面で, 従来の生産システムに匹敵するレベルに達していないが, 試作以外の活かしどころとそれにあった材料を模索して新しい生産システムを生み出すことが有用であると思われる。そのため 3 次元データ運用技術の高度化が必要である。

参考文献

1) 産業技術連携推進会議(産技連) https://unit.aist.go.jp/col/sgr/index.html
2) （一社）　3D データを活用する会(3D-GAN), http://www.3d-gan.jp
3) 日本政策投資銀行編，“ものづくりにおける 3D プリンタ”，No202, 1，2013 年 12 月
4) 西川珠子，“米国産業構造の変化”，みずほ総研論集，2013, II 号，2013 年，pp23-46.
5) 日経 BP 社編著, 3D プリンタ総覧 2015, 2015 年 1 月
6) 藤田公子，“3D プリンタがものづくりの仕組みに変化をもたらす可能性～未来のものづくりの姿と日本の素形材産業～”，Mizuho Industry Focus，Vol.151，2014 年 3 月