調査・報告

3次元ものづくり製造技術とその市場に関する調査研究（第2報）

中部　昇*　片山　聡*　馬場　大輔**　天城　裕子***
橋詰　史則****　渋谷　恵太****　阿部　淑人****

A Report of Manufacturing Technology Utilizing Three-dimentional Shape Data

NAKABE Noboru*, KATAYAMA Satoshi*, BABA Daisuke**, AMAKI Yuko***,
HASHIZUME Fuminori****, SHIBUYA Keita**** and ABE Yoshito****

1. 緒　　言

製造現場における 3D プリンタなどを活用した試作の迅速化はある程度普及し，今後は金属付加製造（アディティブマニュファクチャリング，AM）装置の普及と共に製品製造への適用が期待されている。これに伴い，3Dスキャナや3D-CAD，CAE の活用など，入力，編集・設計，出力といった 3D データによるものづくりのワークフロー改善が求められている。そこで，3Dデータの入力や編集・データ交換に関する運用技術の普及と，これらの技術を応用したものづくりの効率化や設計技術に関する研究課題の抽出を目的として，前年度から継続 [1]して調査研究活動を行った。

2. 講習会開催概要

金属 3Dプリンタの現状，および3D設計に関連するコンピュータシミュレーション技術について，（一社）日本塑性加工学会 北関東・信越支部，ならびに（公財）にいがた産業創造機構先進的金型研究会との共催で，以下のとおり講演会を実施した。

2.1 「金属におけるアディティブマニュファクチャリング技術」講演会

金属 AM 装置（3Dプリンタ）を製造，販売する 2 社を招き，各社の装置の特色と適用事例などについて紹介した。内容は以下のとおり。

(1)「3D プリンタによる金属造形技術」
（スリーディー・システムズ・ジャパン　春日　寿利氏）

同社の粉末焼結積層方式（SLS）3D プリンタの特色と適用例を紹介した。

(2)「金属 3D プリンタ技術の現状と金型への適用」　（松浦機械製作所　緑川　哲史氏）

SLS 方式の積層造形と切削加工を同時に行うハイブリッド式金属 3D プリンタの概要と金型製造への適用例について紹介した。

2.2 「プレス加工におけるシミュレーション技術」講演会

3Dデータの活用と密接な関係にあるシミュレーション技術について，特にプレス加工に着目してその現状と活用事例を紹介した。内容は以下のとおり。

(1)「プレス成形シミュレーションの活用方法」
（研究開発センター　片山主任研究員）

本研究所におけるプレス成形シミュレーション事例を紹介するとともに，計算の際に必要となるデータについて説明した。

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

(2)「決め押し加工シミュレーション技術の開発」

（研究開発センター　櫻井主任研究員）

LS-DYNA のシェル要素とリスタート機能を用いた決め押し加工のシミュレーション技術の有効性や課題について報告した。

(3)「プレス成形シミュレーションにおける 1 ステップ解析と板鍛造解析の活用事例」

（JSOL　浜田　知己氏）

プレス成形シミュレーションの初期検討段階などで活用される 1 ステップ解析（逆解析）と，板鍛造の解析事例を紹介した。

3.　調査・研究内容

3.1　AM 技術動向

AM 技術は，従来の切削，研削などの除去加工，プレスなどの塑性加工に対する第 3 の加工法として国際標準化が進められている。造形方式はほぼ確立されており，現状最も問題となっている造形速度の向上と材料の多様化が今後の技術開発のポイントとなる。

樹脂 3D プリンタでは普及に大きく貢献した溶融物堆積方式（FDM）の個人向けデスクトッププリンタが既にほぼ淘汰され，今後は産業用途として，エンプラなど材料の多様化に対応可能な高温度ノズルの装備と造形サイズの大型化が進む。

産業用機で主流の液槽光重合方式（SLA）や粉末焼結積層方式（SLS）に対し，結合剤噴射（BJ）方式，材料噴射（MJ）方式といったインクジェット方式の普及が進んでいる。同方式は HP など 2D プリンタで実績のある複数企業の参入が発表されており，ノズル数を増やすことで簡便に造形速度の向上が可能なことから大きく普及することが予想される。

金属 AM 装置は SLS を中心に製造台数が増加しており，特に欧州では普及期に入ったといえる状態である。そのため，生産現場への導入を想定した，熱処理や後加工を組み合わせた製造ラインとしての技術開発が進んでいる。

一方，造形材料についても樹脂（FDM，SLA）を中心にして多様化が進んでおり，将来的には造形方式に依存せず同様な材料での造形が可能になっていくものと予想される。

3.2　AM 製造を考慮した設計技術動向

AM 装置の普及により従来の製造工程では不可能であった構造の製品を製造できるようになり，例えば内部構造による軽量化設計など，製品の設計技術自体についても従来と異なる発想や方法論が求められている。AM での製造を考慮した設計技術として，近年再評価されている技術に位相（トポロジー）最適化が挙げられる。これは図 1 に示すように，設計者が与えた初期形状と境界条件に対して，CAE ソフトウエアが自動的に応力状態を基に不要部分を肉抜きする手法である。図 2 に 3 次元構造体における解析例を示す。同図(a) の中実構造体に対して境界条件を与え，所定の強度を維持しながら軽量化を図り，同図(b)に示す形状を得たものである。本技術の歴史は古く，理論的には 1980 年代後半から提唱されたものであるが，特にこのような 3 次元構造体においては従来工程では製造することができず，近年の AM の普及に伴って特に自動車業界で注目されるようになり，CAE ソフトウエアへの導入も進んでいる。ただし，位相最適化技術では境界条件の変更はできず，例えば図 1 では固定穴の位置や穴数などの最適値を求めることはできない。そこで将来的には，仕様決定に適する寸法最適化技術と融合させた設計技術が求められるものと思われる。

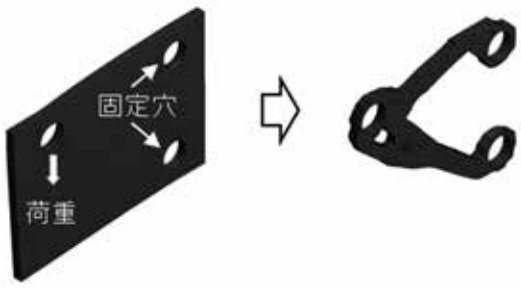

図 1　位相（トポロジー）最適化

(a) 初期形状

(b) 最適化結果

図 2　位相最適化の解析例

3.3　県内企業の動向

3Dプリンタについては多くの企業が試作，開発評価やジグ製造目的で活用しており，また，3Dプリンタを保有しない企業からの試作，少量生産についての相談も引き続き多い。また，平成 27 年度に公益財団法人 JKA の補助による「3次元デジタルものづくり技術高度化のための人材育成事業」で実施した，3D スキャナによる形状入力と 3D データ化についても引き続き多くの企業から関心を集め，機器利用を前提とした人材育成を実施することができた。

3.4　市場参入時の課題とその対応

金属 3D プリンタの普及に伴い，製品製造への適用について期待が高まっているが，製造に長時間を要し，ワイヤカットによる造形物の取出しに始まり熱処理や研磨などの後工程が必須であることに加えて，材料コストがいまだ高額であることから，少なくともここ数年は従来工程では製造が困難な高付加価値，高価格製品，すなわち航空・宇宙分野や医療分野などに限定されると推察される。前者については，内部構造の付加，あるいは中空化や複数部品の一体化による軽量化など，先に示した位相最適化技術をはじめ AM の特性を生かした構造設計技術の開発が研究課題として挙げられるものと思われる。

一方後者は，個別対応（カスタマイズ）品として，AM 装置の利点を得やすい例として以前から注目され，歯科分野では小型 3D スキャナを用いた歯科用光学印象採得や AM 装置による義歯製造など実用化したものもある。他にも，義肢・装具など，人体形状の型取りで形状データを得ていた工程を 3D スキャナで置き換え，CAD で形状設計を実施することが汎用装置で可能となってきている。しかしながら形状計測は簡便でも，設計を汎用 CAD で 1 から手作業で行うことになれば効率化とはいえず，今後それぞれの業種，工程に適合した自動化などの専用設計システムの構築が，医療機器のみならず個別対応品設計におけるワークフロー改善のキーワードになると思われる。

4.　結　　言

(1) 金属 AM 装置による製品製造は，ここ数年間，従来工程では製造が困難な高付加価値，高価格製品に限定される。

(2) 今後の研究課題として，AM 装置による製品製造を考慮した構造設計技術や，個別対応品におけるそれぞれの工程に適合した自動設計技術が求められる。

参考文献

1) 中部　昇他，“3 次元ものづくり製造技術とその市場に関する調査研究”，工業技術研究報告書，45，2016，pp.98-100.