3D ものづくりに関する調査研究

須貝　裕之* 岡田　英樹* 馬場　大輔** 片山　聡*** 大川原　真****

A Report of Manufacturing Technology Using Three-dimentional Apparatuses

SUGAI Hiroyuki*, OKADA Hideki*, BABA Daisuke**, KATAYAMA Satoshi*** and OKAWARA Makoto****

1. 緒　　言

3D スキャナやプリンタを活用したものづくりは製品開発や製造プロセスに大きな革新をもたらすと期待されている。特に医療福祉，自動車，航空機などの分野の最先端領域における適用は日々多くの報道がなされている。

一方，国内の中小の製造業では活用が進んでいるとは言い難い。これは日本独自の高度に完成されたすり合わせによる生産システムが足かせになっていることに加えて，射出成形や切削・研削加工，塑性加工といった従来の生産技術と比較した際の 3D プリンタの弱点（造形品質・寸法精度の低さや造形速度の遅さなど）が既存の生産システムへの参入を難しくしていることがその一因として考えられる。従って，3D プリンタによるものづくりを普及させるためには，従来技術との使い分けによって，その優位性を活かした利用分野を検討もしくは作り出す必要がある。

そこで本研究会では「3D プリンタに適した対象の調査・検討」，「3D プリンタ造形物の材料特性やコスト評価」，「コンピューターによる設計支援技術の研究」などの調査や実験・研究を通じて，3D ものづくりを活用した県内企業における既存製品の高付加価値化や新たな製品の開発を支援することを目的として活動を行った。ここでは代表的な結果について報告する。

* 研究開発センター
** 上越技術支援センター
*** 中越技術支援センター
**** 下越技術支援センター

2. 活動概要

2.1 3D プリンタに適した対象の調査・検討

3D 機器を活用したものづくりを行っている先進企業の調査を行った。（株）田村義肢製作所（新潟市）は，義足やコルセットなどの医療器具を製造している。当企業ではコルセットなどの体幹装具を製作する際に基準となる患部の身体形状（陽性モデル）を造形するシステムを導入した。このシステムは身体形状を測定する 3D スキャナと測定した形状の可視化・修正ソフトウエア，そして硬質ポリウレタン素材の切削によって陽性モデルを成形する加工機によって構成されている（図 1）。

本システムの導入によって，従来の石膏ギプスによる採型から石膏製陽性モデルの製作までに要する時間 90 分を 15～20 分に短縮できた。加えて採型時における患者の負担低減や測定した身体形状の数値化・可視化によるエビデンス構築，陽性モデルの軽量化による作業者の負担低減など多くの効果が得られている。このように生体におけるオーダーメード的な製品は精度や生産時間に対する要求も低く，3D スキャナやプリンタの利点を活かした方法と言える。

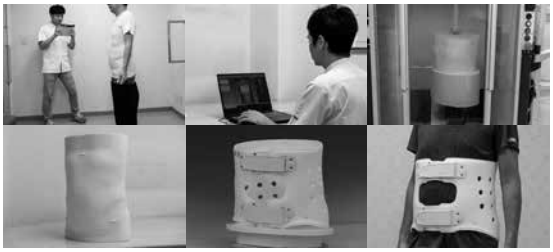

図 1　デジタル造形システムによる体幹装具の製作過程

2. 3D プリンタ造形物の材料特性

3D プリンタによる造形物を，模型など形状を表現する目的ではなく構造部材として使用する場合には，ヤング率や引張強さなど強度計算の根拠となる機械的特性が必要となる。加えて，射出成形などの一般的な方法とは異なる成形方法であるため，同じ材質でもこれらの特性が異なる可能性がある。これを調べるため，FDM 型 3D プリンタで ABS 樹脂の試験片を作成して引張試験を行った。

なお，積層方向によっても特性が異なる可能性があるため，図 2 に示すように積層方向を 3 種類に変えた試験片を用意して試験を行った。ここでは試験片の板厚，幅，長さ方向に積層したものをそれぞれ「厚さ方向」，「幅方向」，「長さ方向」と呼ぶ。

図 3 にヤング率の結果を示す。図中には ABS 樹脂の一般的な値の範囲をあわせて示す。

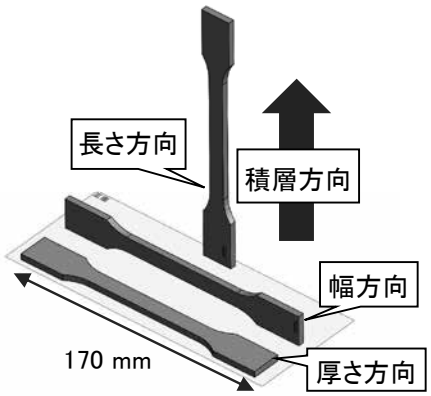

図 2　引張試験片の造形方向

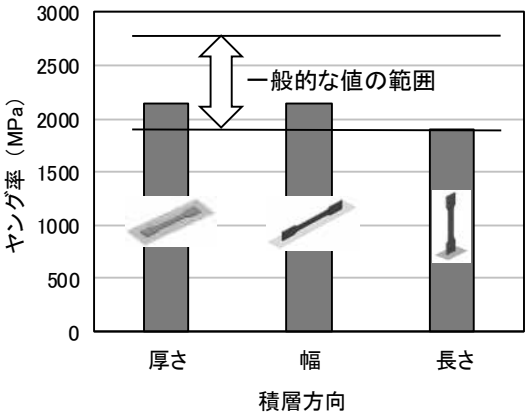

図 3　積層方向とヤング率

長さ方向がその他の方向に比べて約 11 %低かった。

また，3D プリンタによる造形物のヤング率は，一般的な製法による ABS の値の範囲から見ると下限であり，中央値から見て約 10～20 %低い。このことは一般的な剛性を前提に部品を設計すると，変形が約 11～25 %大きくなる可能性を示唆している。

図 4 に応力-ひずみ曲線の結果を示す。引張強さについては，厚さと幅方向が同程度なのに対して長さ方向は約 22 %低い。長さ方向が低い理由は，積層方向と引張方向が同じため，フィラメント界面の接合強度が影響したものと考えられる。

また，これらの値は一般的な ABS 樹脂と同程度か下限程度であった。次に破断伸びについてであるが，厚さ方向が最も大きく，長さ方向が最も小さい。加えて，長さ方向の伸びは厚さ方向の約 34 %しかない。長さ方向が小さい理由は先の引張強さ同様，界面の接合強度によるものと思われる。さらに積層方向ごとの曲線の傾向を見てみると，厚さと幅方向は最大応力を越えた後も破断せず，応力が緩やかに低下してから破断する。これに対して，長さ方向は応力が増加している途上で破断する。この様な破断特性は構造材料としては危険であり，設計時において注意する必要がある。

以上の結果から，3D プリンタによる造形物は，設計時において剛性の低さや積層方向への引張に注意する必要がある。

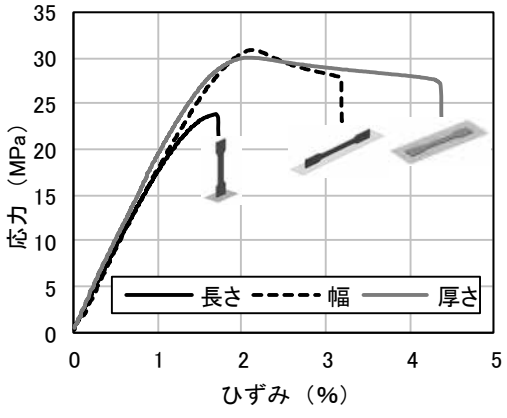

図 4　積層方向と応力-ひずみ曲線

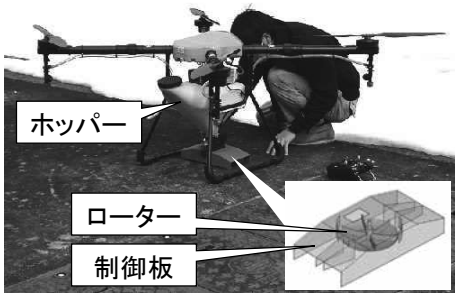

図 5　農業用ドローンと散布装置

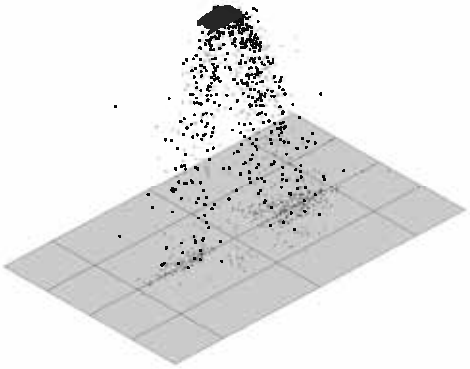

図 7　散布状態の計算結果

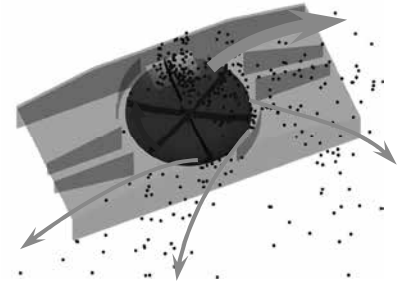

図 6　粒状物質の拡散シミュレーション

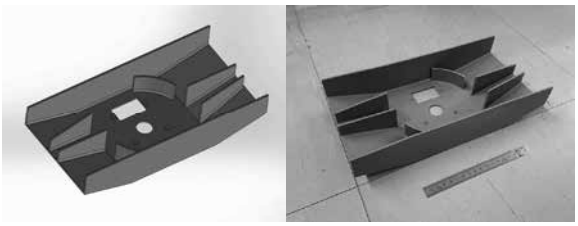

図 8　制御板の CAD 形状と 3D プリンタ造形物

3.　コンピューターによる設計支援技術の研究

ここでは形状の検討から造形までのサイクルを極めて短時間・低コストで行える 3D プリンタの特徴を活かすため，コンピューターシミュレーションと組み合わせて開発を行った事例について紹介する。

農薬・肥料などを散布する農業用ドローンと散布装置を図 5 に示す。このドローンはホッパーに収納した粒状の農薬などを高速回転するローターに供給し，拡散させながら散布を行う。制御板は拡散に指向性を持たせる装置である。従来，制御板の開発は板材の接着による試作と実験の繰り返しであった。このため制御板の形状検討には「勘」に頼る部分が多く，板材による試作には形状的な制約が多かった。

そこで本研究では制御板形状の検討を三次元 CAD とコンピューターシミュレーションで行った。解析結果の一例を図 6 および図 7 に示す。散布装置内における粒状物質の軌跡を計算し，その結果，地上に散布される分布の状態を確認しながら開発を行った。

シミュレーションの際に作成した CAD データを利用して 3D プリンタで制御板を試作した（図 8）。この方法によって部材の形状や板厚などの制約がない制御板を開発することができた。

このように，当所においてシミュレーションと 3D プリンタの組合せは，研究開発における効率の向上と高度な開発につながるものとして様々な用途での適用が進んでいる。

4.　研究テーマの提案

本研究会の活動の成果として，次年度実施する共同研究 1 件が採択された。

また，シミュレーションと 3D プリンタを組み合わせた研究支援についても，次年度実施する複数の研究テーマで活用される予定である。

5.　結　　言

(1) 人体を対象としたオーダーメード的な製品は精度や生産時間に対する要求も低く，3D

スキャナやプリンタの利点を活かした利用法であると言える。

(2) FDM 方式の 3D プリンタによる造形物を構造部材に用いる際は，剛性の低さや積層方向の強度などに注意する必要がある。

(3) コンピューターシミュレーションと 3D プリンタの組合せは，有効に利用できれば，製品・研究開発における効率の向上と高度な開発につながり得る。