

# 3D プリント造形依頼業務の展開と事例に関する報告

三重大学 工学部工学研究科 技術部

○黒田陽一朗, 高木優斗

[kuroda@elec.mie-u.ac.jp](mailto:kuroda@elec.mie-u.ac.jp)

## 1. はじめに

三重大学工学部「ものづくり工房」では、平成 28 年より導入された 3D プリントを工学部工学研究科の技術職員が管理・運用し、同年 6 月より研究支援業務を行っている。また三重大学工学部工学研究科技術部ホームページ上では、3D プリント専用のページも設けている。

支援業務を開始以降、工学部内での利用が主であったが、本年度は毎年開催している定期説明会で他学部へ広く周知活動を行った。またその際には、単純な造形依頼に限らず可能な限り柔軟に対応する旨を伝えた。その結果、例年と比較して医学部等からの依頼業務が増加した他、設計以前の仕様相談やそこから派生した技術相談等も舞い込むようになった。様々な依頼業務に対応することで気が付いた点や浮き彫りとなった課題点について、事例の内容を含めてその一部を紹介する。

## 2. 3D プリント紹介

ものづくり工房で現在主に業務運用している 2 種類の 3D プリントについて下記に示す。

図 3 の「Objet30Pro(stratasys)」はインクジェット方式のプリンタであり、液体樹脂を造形台に吹き付け、それを紫外線照射によって硬化・積層させる。積層ピッチは  $16\sim 28\mu\text{m}$  と小さく、サポート材も自動で使用されるため、精度の高い造形が可能である。その反面完成品は熱に弱く、薄い箇所であれば  $50^{\circ}\text{C}$  程度でも曲がってしまうという特徴がある。また本体や樹脂は高額であるが、機能のほとんどが簡単に使用できるよう専用ソフトが用意されており、造形失敗や機器トラブルの心配はほとんど無い。



図 3 Objet30Pro

図 4 の機種「SCOOVO X9(abee)」は熱溶解積層方式(FDM)のプリンタで、固形フィラメントを熱で溶解させたものを積層させる。PLA と ABS の 2 種類のフィラメントが使用可能で、それぞれの特性を活かした造形が可能である。インクジェット方式に比べると精度は落ちるものの、強度や耐熱性の面で勝るものを安価に造形することができる。FDM タイプ機種は本体も近年非常に安く手に入るが、造形トラブルの頻度が高く、造形を安定させるためにある程度のノウハウが必要となる。

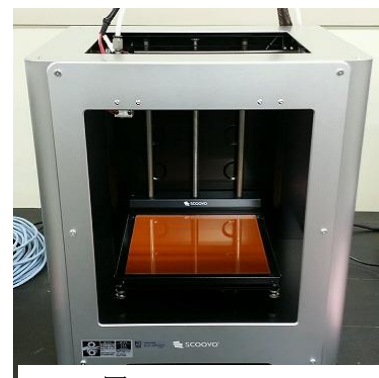


図 4 SCOOVO X9

## 3. 様々な研究支援業務

### 3.1. Tissue Microarray を作製するための型

組織片解析を行うために必要となる組織マイクロアレイについて、学内で簡単に作製するためのツールを作れないかと相談を受けた。図 5 は、試作中の型を使用した際の様子である。このようにパラフィンを流し込んで固めるための型を設計・造形した。

要求される精度やパラフィンを取り外す際の摩擦抵抗を考慮し、インクジェットプリンタで対応することとした。しかし通常インクジェットプリンタで用いる樹脂は熱に弱いため、本件ではまず型にパラフィンを流し込む際の耐熱性を調査する必要があった。パラフィンは接触時  $50^{\circ}\text{C}$  付近で、加熱状態は短

時間ということであったが、試作品で何度か耐熱テストにご協力いただき、少なくとも数回使用するうえでは問題がないことが分かった。

本件で最も困難であったのが、固まったパラフィンを簡単に取り出せるようにすることであった。依頼元の研究室で元々利用されていた型の素材は柔軟で湾曲させることができ、パラフィンを下から押し出すことができた。今回はアクリル系樹脂で容易な取り出しを実現するため、いくつかの工夫を行った。

まずはケースを底部と側面の2部品に分け、パラフィンが固まった後に2部品を再度分離させることで、取り出す際の負荷を軽減した。側面部品の分離による痕跡がパラフィンに残るため、どのような構造にするか仕様を詰めるのに苦労した。さらに、パラフィンに穴を複数開けるための各棒やフレームには僅かな勾配を付与し、パラフィンが抜けやすくなるようにした。穴の構造が変わりすぎると組織片を挿入することが困難になるため、付与できる勾配の角度は限られており、実際に使用してもらいながら調整・試作を複数回行った。

結果として実際に使用できるツールを造形・提供することができ、研究の場での大幅なコストカットや、作業効率向上に貢献することができた。しかし、パラフィンの取り出し簡易化が完璧ではなく、取り出しの際には少々コツが要るとのことで、課題点が残る形となった。

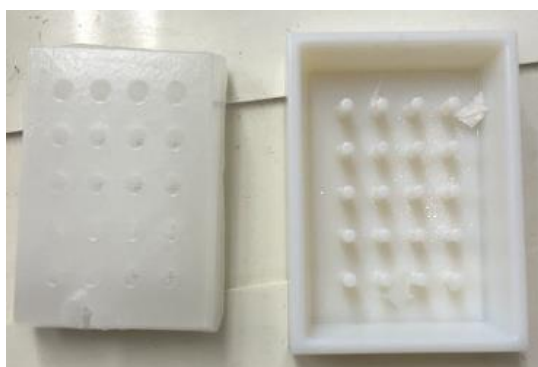


図5 パラフィンブロックと型

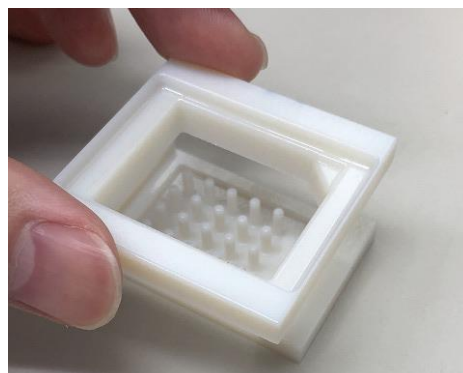


図6 改良した型

### 3.2. 3D スキャンを利用した造形

臨床現場で使用する器具の固定治具を複製したいという相談があり、形状データ化の段階から対応した。設計作業にて仕様を満たす方法もあったが、構造が複雑で曲面が多いことや、短期間で試しに1つ作りたいという要望から、3D スキャナを利用することにした。造形にはFDM タイプの SCOOVO X9 を使用した。慎重なスキャン作業を経て、ある程度正確な 3D モデルを作ることができたため造形を行ったが、スキャン時の座標ズレがサイズにも影響し、部分的に多少のサイズ誤差が生じた。実際の画像を図7に示す。形状を再現することはできており試作としては十分であったが、本件は完成品の重量や予算の問題で実用には至らなかった。

また別件では人体を 3D スキャンしたデータから 3D プリントしたいという要望があり、対応した。図8に完成品の画像を示す。この依頼についてはスキャンデータの形状を非常に良く再現できており、実用に至った。3D スキャナの性質上、機械部品や小さいものは赤外線反射がうまくいかない場合が多いが、人体は特にスキャンしやすいことが分かった。人間の腕を一本ということで、一度に造形できるサイズを超えていたため、3D スキャナでスキャンした 3D データを編集ソフトで部品分割し、空洞化等の最適化処理を行った。本件は依頼主の希望で短期間で安価に仕上げる必要があったため、造形にはFDM タイプの SCOOVO X9 を使用した。



図7 臨床器具の固定治具



図8 人体(腕)

### 3.3. 生物関連の研究支援のための造形

医学系の研究室では多くの実験動物を扱っているが、その中でゼブラフィッシュやその卵を観察・分析するためのケースや治具に関する相談が複数あった。

図9は、孵化後の小さい魚体(全長5mm)を想定して造形したものである。本件の初期相談としては「孵化数日のゼブラフィッシュを3Dスキャンして造形することは可能か」というものであった。各メーカーへ調査も行ったが、現在の技術では高精度のスキャナでも3cm程度の大きさが無いとスキャンは困難であることが分かった。さらに対象が生物であることから、例えば大きさが十分でも外注することは難しい。最終的には実物の2次元画像や各部位の計測サイズを参考にして3Dモデル設計を請け負い、高精度のObjet30Proを使用して魚体を造形することができた。3~5mmの魚体造形を行ったが、3mm程度のものは3Dプリンタの性能が追い付かず、再現性は高くなかった。5mm程度になると図9のように尾やヒレ等の魚の特徴を模すことができた。これら造形したものに関しては実際に分析装置に投入して使用可能であると評価していただいた。

また別の研究室からの依頼では、成体のゼブラフィッシュを拘束するためのケース造形を行った(図10)。1匹をぴったり閉じ込める檻のような形状で、かつ魚体に傷につかない、楽に出し入れできる、等の要望があった。水流をできるだけ妨げないようにする必要もあったため、可能な限り網状になるよう設計を行った。Objet30Proであれば高精度で安定した造形が可能であるが、液体樹脂の使用は水質への悪影響が考えられたため、SCOOVO X9を用いてPLAフィラメントによる造形を行った。本件に関しては派生して定期的に依頼を受けており、最近では魚体の動きを観察するための遊泳用ケースおよび電気刺激を与えるためのキットも作製した(図11)。ゼブラフィッシュが観察途中で泳ぐのを止めてしまった場合、再度泳がせるための刺激を与えるために従来は人の手で水槽を叩いていた。この方法では叩く人によって与える刺激が変わり、解析結果への影響が心配されていたが、作製したキットにより誰でも一定の刺激を与えることができるようになった。



図9 魚体(5mm)

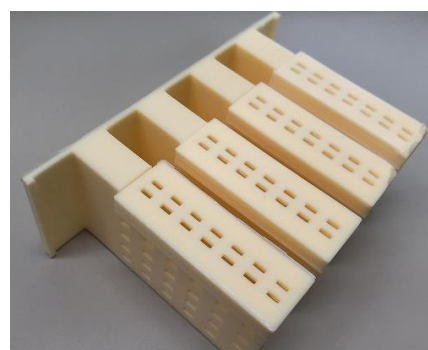


図10 魚拘束ケース



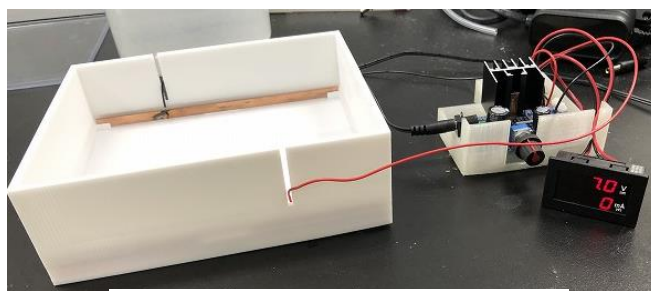


図 11 電気刺激キット

### 3.4. 透明度を重視した造形

研究支援の開始以降、これまで造形物の色に関してはあまり問題となることがなかったが、今年度は光学分野での研究に利用できるレンズやプリズムの造形についての相談があった。このため、透明樹脂による造形および透明化のための後処理について検討している。

Objet30Pro では透明樹脂を利用できるが、これを用いて造形を行っても、完全に透明な状態で仕上がることは無い。紫外線硬化樹脂は造形直後は黄色がかったおり、長い時間を掛けて徐々に透明化していくという特性を持つ。この点は今後の研究支援において、短期間での試作依頼等で問題となる可能性があるため、完成品を手早く透明化するための手法として LED 照明によるフォトブリーチ処理を導入した。メーカーからは色温度 6500K 以上で比較的高出力の照明が推奨されており、造形直後から 24 時間程度 LED 光照射することで脱色が容易となった。

また造形物の側面や底面はプリンタの仕様上、積層痕やサポート材の付着があるため、これらの面を透明にするためには何かしらの後加工が必要となる。これは現在も課題点であるが、サポート材の徹底除去が必要となる他、研磨方法についても依頼元の研究室と並行して調査している。3D プリンタの亚克力系樹脂専用の研磨剤を開発しているメーカーも存在するため、今後有効性を検討したい。

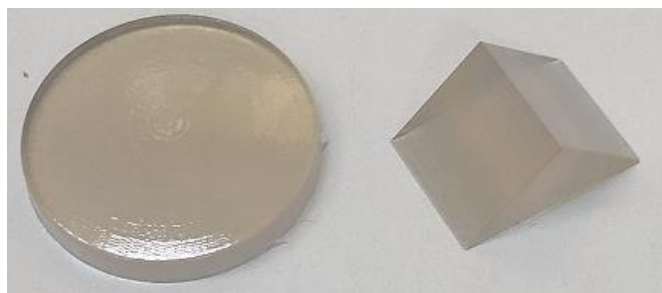


図 12 造形直後のレンズとプリズム



図 13 フォトブリーチ処理

## 4. まとめ

今年度は他学部への業務展開と柔軟な依頼対応を目標としており、挑戦的内容の多い 1 年となった。調査や仕様決めから始まる業務が多数あり、中には造形したものが実用に至らなかった案件や、相談段階で達成不可と結論付けたものもあったが、検討を重ねることで依頼主の要望を達成できたものも多かった。難易度の高い相談や依頼では、現在の担当者のスキルや機器スペック、材料の特性によってどこまでが可能なかを予測する必要がある。多種多様な依頼がある中でこれは難しいことではあるが、依頼内容があまり具体的でない場合にも、ほとんどの案件でこちらから可能性を示し仕様等を提案することができた。

新たな分野での需要も多かった中、業務の都合で説明会に来られなかった人や、相談を聞いてから利用に至っていない人もいたため、周知活動や相談しやすい場を定期的に設ける予定である。時には専門外の知識が必要となる依頼もあるが、各方面の協力も得ながら、今後も幅広く対応できるよう努力していきたい。