

3D プリンターによる造形支援及び造形上の問題点について

佐々 知栄子, 齊藤 光弘, 阿部 顕一 (情報・生産技術部 デザイン・設計グループ)

1. はじめに

当所では、平成 29 年度より、インクジェット型 3D プリンターによる造形支援を正式に開始し、試作支援や製品開発、技術開発などを実施している。本稿では、3D プリンターの特性や造形上の各種問題点について実例を用いて紹介する。

当所保有の 3D プリンター(3D Systems 社 ProJet 5500X, KEYENCE 社 AGILISTA-3100) は、インクジェット方式で、液体の材料を薄板状に紫外線で凝固させ、積層する装置である。主な仕様や特徴については、文献 1) と 2) で報告した。さらに、文献 2) では、3D プリンターの出力方向による造形精度および強度を調査し報告した。

2. 造形支援の利用と実績

造形支援は、依頼試験や受託研究で実施しており、短納期、データ作成、素材や後加工の相談まで幅広い要求に対応している。企業による主な利用方法として、プレゼンテーション用や最終製品の形状確認、機械部品の組み立ての検討などの製品開発や試作など、様々な形で活用されている。その他、化粧品、電子部品の企業からの依頼では、最終製品に近い素材での造形も行っている。また、当所の試験装置で使用するための治具の造形にも活用した。

平成 29 年度の支援実績は、13 件、本年度(平成 30 年度)前半の支援実績は、15 件となっている。

3. 造形時間

3D プリンターを使用する際に、使用料は利用者にとって関心事である。使用料は造形時間に左右されるが、造形時間は造形ステージへの配置方向や、造形ステージの利用範囲によって異なる。

○造形時間は、造形物の高さだけにほぼ比例する。

同じ形状でも、縦方向に造形するよりも、水平方向に造形すれば、造形時間は短くなる(図 1)。ただし、真円度など形状を高精度に造形したい箇所は水平に配置することが望ましいため、特に円筒物は精度と造形時間を勘案する必要がある。

○造形物の複雑さは、造形時間に影響しない。

同じ外寸であれば、複雑な形状も、単純な形も造形時間に影響しない。

○造形面積の大きさは、造形時間にほぼ影響しない。

造形の高さが同じであれば、造形スキャン範囲内で、少量でも多量でも造形時間にほぼ影響しないので造形できる。造形物 1 つでも、高さに比例した造形時間

がかかる(図 2)。

○造形スキャンの 2 列分で造形時間は、ほぼ 2 倍となる(図 3)。造形スキャン 2 列目の範囲にはみ出すと造形時間は、約 2 倍となる。

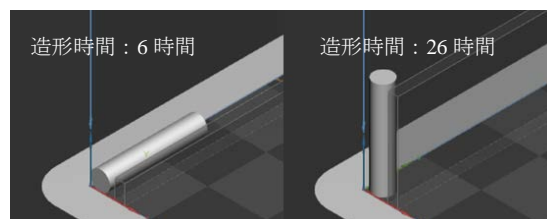


図 1. 造形方向

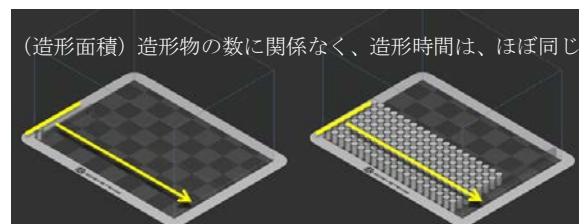


図 2. 造形面積

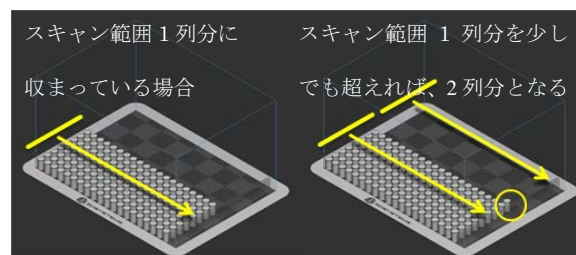


図 3. 造形スキャン

4. 料金の算出

依頼試験の料金は、「①前処理+②材料費+③3D プリンター造形時間+④後処理」の総計となる。造形物の数や素材、大きさにより料金が異なる¹⁾。

図 4 は、3D Systems 社 ProJet 5500X の 3D プリンターで、造形出力費用の例で、高 50×幅 50×厚み 5mm の柵型の造形物を配置した図になる。1 個出力すると約 48,000 円となるが、10 個配置をした場合は、約 74,000 円となり、1 個あたりの単価は、48,000 円から 7,400 円と安くなる。(※費用は、造形材料の価格により変動する場合がある。)

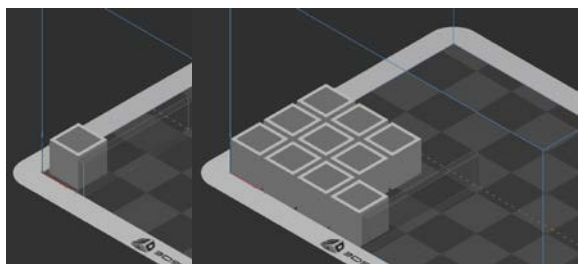


図4. 造形費用の例

5. 造形上の問題点について

インクジェット型 3D プリンターの造形において、素材やサポート材により、以下の固有の問題点がある。

5.1 精度について

(1) 反りや歪み

積層造形のため、造形物は積層方向で強度が低下する。また、造形素材の強度が低い場合、薄い板形状、さらに薄くて角がある形状は、破損することが多い。

インクジェット方式による造形では、高温にした造形材料と造形形状を維持するためのサポート材料が、同時に噴射され、積層造形がなされている。サポート材を同時に積層することで、歪みや反りを最小限に抑えているが、積層造形する過程で、造形物内の温度差が原因となり、歪みや反りの要因の一つとなっている。

図5は、横 100mm×奥 25mm、厚み 5種 (1, 2, 3, 4, 5mm) の造形物を横から撮影した図である。5mm の厚みでも歪みや反りが出ることがわかる。

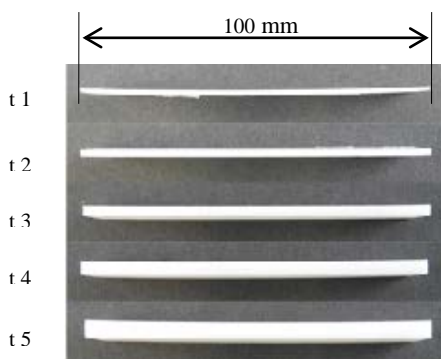


図5. 歪みや反り

(2) 収縮率について

造形方向や造形素材によって寸法誤差が生じる。組立てが必要な部品を出力する際は、水平、垂直方向の収縮率が異なるため、組み立て時と同じ姿勢に揃えて配置して、造形することが望ましい。

3D Systems 社 ProJet 5500X の 3D プリンターでは、硬度が異なる 2 種類の材料を混合して造形できる。その 2 種類の収縮率が異なるため、寸法精度が要求される場合、混合での造形は、想定通りにならない可能性がある。

5.2 薄肉円筒形状の追認調査

造形の中で、薄肉円筒型の形状の造形後の処理で、破損

することが多く、今後の支援の指針とするために、追認調査を実施した。

(1) 追認調査方法

ProJet 5500X で、素材 3 種 (ABS ライク 1 種、エラストマーライク混合 150、300 の 2 種)、厚み 4 種、フィレットの R を変えた計 24 個の造形物 (図 6) を造形し比較検討した。ABS ライクとエラストマーライクの混合は、14 段階あり、エラストマーライク 150 は、3 番目の混合番号となり、エラストマーライク 300 は、6 番目の混合番号となる。番号が高いほどエラストマーが混合率に占める割合が高い。

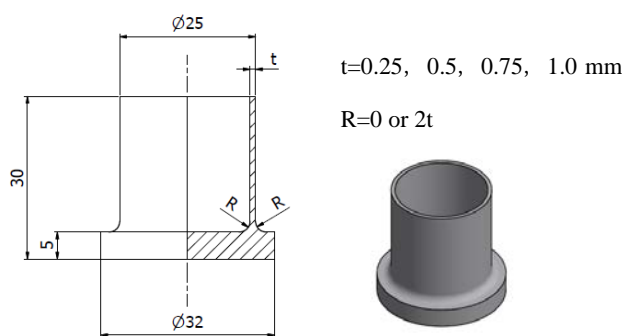


図6. 造形方向

(2) 追認調査結果

今回の調査では、0.25mm 厚の造形物は、全て破損した (図 7)。エラストマーライクを混合した造形物 150、300 は、図 7 のように、土台と筒型を繋ぐ部分が全て破断した。ABS ライクの造形物は、一部、土台と筒型を繋ぐ部分や筒型の部分に亀裂が入った。0.5mm の造形物は、エラストマーライク 300 の造形物のみ破損し、エラストマーライク 150 と ABS ライクは、造形できた。しかし、0.5mm の破損がなかった造形でも歪みがあり、造形における破損のリスクは高い。したがって、強度が低くなるエラストマーライクの混合と厚み 0.5mm 以下の造形は、破損の大きな要因となる。



図7. エラストマーライク 300 0.25mm 厚フィレットなし

その原因は、造形素材の強度が低いこともあるが、極端に薄い 0.25mm や 0.5mm 厚の造形の場合は、造形できたとしてもサポート材除去の過程で、破損することが多い。恒温層による除去では、サポート材が溶けていく際に破損す

るケースや、超音波洗浄機による除去では水圧により破損するケースもあった。壊れ方の特徴として、フィレットがついている造形物は、フィレットが終わるところで裂ける傾向がある（図 8）。また、ABS ライクの 0.25mm 厚での造形物では、上部から亀裂が入っている箇所が多く見られた（図 9）。一般的には、角にフィレットを付けることで強度が上がるのがわかっているが、本調査結果でも確認できた。



図 8. エラストマーライク 150
0.25mm 厚フィレットあり



図 9. ABS ライク 0.25mm 厚
フィレットあり

6. まとめ

平成 29 年度より造形支援を実施し、造形経験としての知見は積み上げてきたものの、利用者の課題に対して、判断が曖昧であった。本報告では、造形物の造形の時間や造形物の精度や強度で問題となっている部分の例を示すことができた。今後も、実績を積み上げ、造形の問題点を少しでも明確に表せるようにし、支援の向上に取り組んでいく。

【参考文献】

- 1) 佐々 知栄子, 阿部 顕一; “産技総研の 3D プリンター設備および支援紹介”, 平成 29 年度 神奈川県ものづくり技術交流会 予稿, 3AM-E04, (2017).
- 2) 阿部 顕一; “インクジェット 3D プリンター造形物の造形精度と強度の報告”, (地独) 神奈川県立産業技術総合研究所 研究報告, 23, pp.13-14, (2017).