

工作依頼への3Dプリンタの活用

研究基盤総合センター 工作部門 江並 和宏

1. はじめに

令和2年4月から工作部門に着任いたしました江並 和宏です。よろしくお願いいたします。着任初年度の試みの一つとして、依頼工作への3Dプリンタの活用を試みています。その現状と展望についてご報告します。

2. 3Dプリンタ導入の目的

3Dプリンタ導入の目的は、大きく2点あります。一つは、多くの依頼工作に対応できるようにすることです。もう一つは、効率的に試作—評価—改良を繰り返すことで、より優れた製品で依頼者が研究できるようにすることです。

3. 3Dプリンタの概要

3.1 3Dプリンタの造形方法

3Dプリンタは、付加製造技術 (additive manufacturing) による製造手法です。従来のフライス盤、旋盤加工では、材料を刃物等で除去する事で加工しますが、付加製造技術では材料を付け加えて行くことで成形していきます。

3Dプリンタの造形方式にも多くの種類がありますが、安価な一般向け用途では、FDM (Fused Deposition Modeling / 熱溶解積層方式) が一般的です。工作部門で採用した製品もこのタイプです。他にもよく採用される形式に光造形方式があります。こちらは、紫外線硬化樹脂を積層して造形するタイプです。

3.2 3Dプリンタによる造形手順

3Dプリンタによる造形手順は以下のようになります。まず、3D-CADソフトを使用して設計・モデリングを行います(図1)。作成した3Dファイルは、

3Dプリンタ用のファイルにスライスソフトを使用して加工用のデータに変換します(図2)。スライスソフトでは、材料と装置固有のパラメータを設定し、経路、速度、温度、吐出量等のデータを出力します。材料は、糸状の樹脂をポビンに巻きつけた、フィラメントを使用します。フィラメントから樹脂を引き出し、熱で溶解させてノズルから射出し、積層することで成形されます(図3、図4)

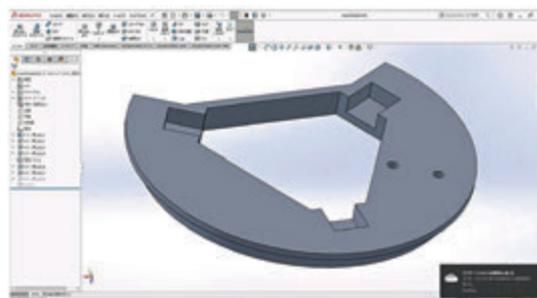


図1 3Dデータの作成

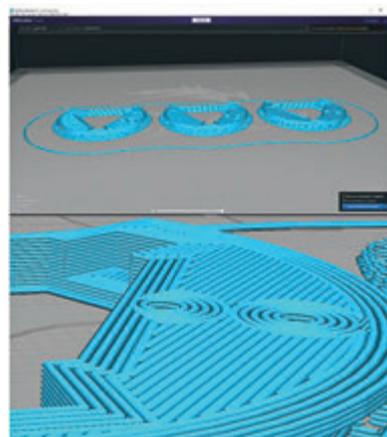


図2 スライスソフトによる加工データ作成 (上:加工データ、下:フィラメントの積層の様子がわかるよう拡大したもの)



図3 3Dプリンタと積層造形の様子

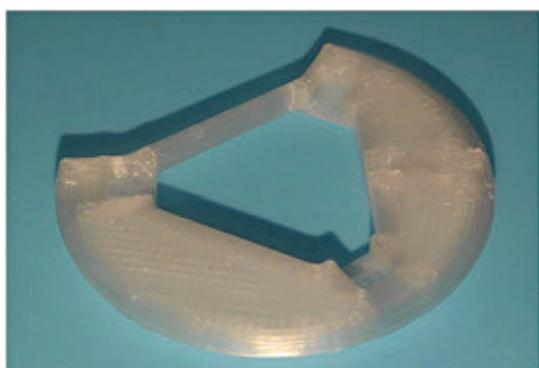


図4 完成品

4. 工作部門で使用している3D プリンタ

4.1 機種

工作部門では、試用機として超低価格のFDMプリンタ Ender-3を導入しました。造形最大サイズは220 mm×220 mm×250 mm です。

4.2 材料

3D プリンタでは多種多様な樹脂がフィラメントとして供給されています。民生用の安価な3D プリンタでは、ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene/ABS) と PLA (PolyLactic Acid) がよく利用されています。工作部門では PLA や PETG (Glycol-modified PolyEthylene Terephthalate)、ポリカーボネートといった材料を試用検討した結果、成形性、耐熱性と追加工性が比較的優れたポリカーボネートを常用しています。まだ依頼工作の実績はないのですが、弾性のあるゴム状の材料として TPU (Thermoplastic PolyUrethane) もご用意しています。

5. 3D プリンタのメリット・デメリット

3D プリンタには、従来の加工法と比較して多く

のメリットがあります。そのうち、依頼工作にとって有用と思われる点を記します。

1) 成形が容易

造形手順で述べたように、モデリングから造形までの手間が少ないです。切削加工のような、工具交換等の作業も必要ありません。

2) フィラメント 1 個で多様な形状が造形可能

3D プリンタは、1 種類のフィラメントさえ用意すれば、多様な形状に対応できます。これは材料の準備の上で大きな利点となります。例えば、従来の切削加工で製品を制作する場合、加工物より大きい材料から切り出し・削り出しで製作することになります。そのため、丁度よい材料のストックがない場合には購入する必要があり、納入まで時間がかかります。また、板材等では、丁度よい厚さの板材が規格にない場合があります。その場合、設計を変更するか、厚めの板を購入して厚さを削る必要があります。3D プリンタであれば、どのような厚さでも対応可能です。

3) 比較的自由的な形状が造形可能

従来の除去加工では不可能な形状も製作可能です。現在のところは従来の除去加工では不可能な形状の依頼はまだありませんが、今後、機能上必要であるが除去加工では加工困難な形状の加工依頼がきても対応可能です。

4) ラピッドプロトタイプング

迅速に試作品を製作する事で、試作—評価—改良のサイクルを早く回す事が可能になります。依頼工作においても、要求仕様をもとに設計・試作し、依頼者からのフィードバックを受けて改良する事で、より使い勝手の良い部品を短期間で製作可能です。

3D プリンタには上述の多くのメリットがありますが、樹脂製品を除去加工から置き換えるには至っていません。これは、主に以下の問題点が理由となっ

ています。

1) 耐熱性の問題

FDM形式の樹脂は、一般的に高熱には弱いです。熱可塑性樹脂を高温で溶かして成形する必要があるからです。現行の3Dプリンタはノズル温度が最大250℃です。つまり、最大でも250℃では溶解してしまいます。実際には、もっと低い温度で軟化してしまいます。

工作依頼者に、120℃での殺菌を試してもらいました。材料によって程度の差はありますが、ゆがみが生じてしまいました。そのため、紫外線で殺菌するようにしています。

2) 形状精度の問題

熱変形による変形や、射出料の違いによる外形の変化、3Dプリンタ自体に機械的精度がないことにより、造形物の形状精度は期待できません。形状精度が必要なものに関しては、従来の除去加工で対応するようにしています。

3) 強度の問題

積層型3Dプリンタ固有の問題点として、強度の問題があります。一般の樹脂材料は等方性があり、どの方向にも同等の強度を持ちます。しかし、3Dプリンタの造形品は繊維方向には強いが、積層方向は比較してかなり弱い性質があります。図5は「ハエを集める器具」の試作品です。厚さ1mmのパイプに、Φ1mmの空気穴が多数空いている構造ですが、作業中に折れてしまいました。もともと積層方向に強度が弱い上に、穴のために断面積が小さくなっていることが原因です。そこで、厚さを増して、図6のように穴の配置を変更して、面積の小さい断面が生じないように設計を改良しています。

6. 今年度の活用事例

主に試作品の製作と最終製品の製作に利用しています。事例を各1例ずつご紹介します。

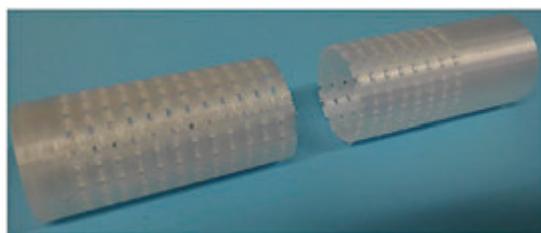


図5 破損した「ハエをあつめる器具」の試作品

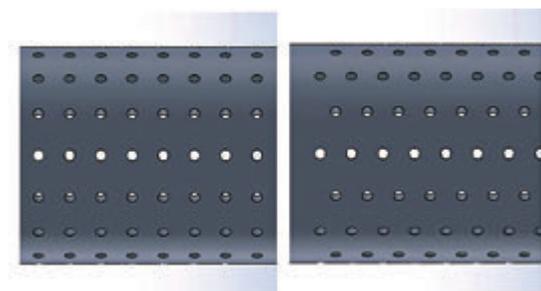


図6 穴配置の改良（左：改良前、右；改良後）

6.1 試作品の製作例

図7は、蒸着用のマスクを保持する機構です。蒸着炉の中でマスクを挿入・保持する装置で、ベースはモリブデン製です。この装置の設計にあたり、問題が2点ありました。

- 1) 製造方法；モリブデンは難削材のため、費用と納期の観点から、ワイヤカット加工した板材を積層し、ねじ留めする手法を採用しました。板材積層構造でうまく機能するかを確認する必要がありました。
- 2) マスク挿入方法確認：蒸着炉の中のベースの規定の位置に、ねじを切ったロッドで保持したマスクを挿入後、マスクからロッドを取り外しロッドのみ回収するという操作が必要です。限られた空間内でこの操作が可能かどうかを確認する必要がありました。

そこで、3Dプリンタで試作品を作製し、マスク設置の取り回しが可能かどうかの確認・改良作業を行いました。結果、良好な操作性をもつ部品を作製することができました。

6.2 最終製品の製作例

3Dプリンタ成形品を最終製品として納品する事



図7 マスク保持機構

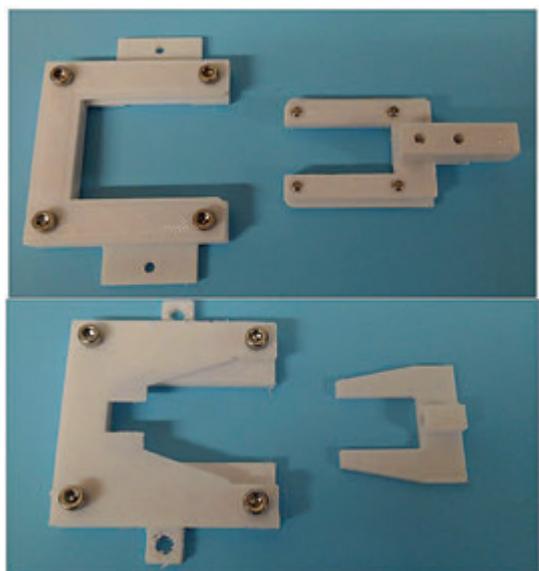


図8 試作品（上：最終版、下：初期版）

も可能です。材料特性が問題にならない用途であれば最終製品を3Dプリンタで製作できます。

図9は炭素電極ホルダです。この部品には耐薬品性・耐熱性が要求されません。

最終製品は3連の構成となっていますが、開発段階では、まず右のような1個の部品で試作と改良を繰り返し、最終段階で3個が一体化された構成になっています。このような開発が比較的短期間で可能です。

7. 考察と展望

現状の3Dプリンタの使用が向いている部品は以



図9 炭素電極ホルダの最終製品と試作品

下のようになります。

- ・電極・プローブ等のホルダ等、特殊環境にさらされず、形状精度も必要ない部品
- ・従来の加工法では加工困難な形状をもつ部品
- ・新規の部品のため未知の要素が大きく、試作と改良を繰り返したい部品

下記の部品は現状では3Dプリンタに向いていません。従来の加工方法で対応いたします。

- ・耐熱性を要求される部品。
- ・形状精度を要求される部品。
- ・強度を要求される部品
- ・耐薬品性を要求される部品。

今年度は、各依頼に対して個別に有効性を確認するにとどまり、形状精度、耐熱製、強度等の定量的な評価にはいたりませんでした。来年度以降は材料の定量的なデータの評価をおこない、工作依頼に活用できるよう考えております。

また、上位の3Dプリンタ獲得の予算獲得を目指しております。上位の3Dプリンタを導入できれば、より高品質のエンジニアリングプラスチックを使用することができます。そうなれば、現状では向いていないとして高強度、高耐熱性、耐薬品性をもつ製品を使用することが可能になります。

8. まとめ

3Dプリンタを依頼工作に活用する試みを行いました。工作部門における適用試験の結果、3Dプリンタの特性を理解して活用すれば非常に有効であるとの感触を得ることができました。依頼者からも、「こんなにもピッタリなものができるんですか」と驚か

れる事も多かったです。

今年度は、材料の評価をご依頼者様にお願いすることも多く、大変助かりました。ここに感謝を申し

上げます、今後は評価データを活用して依頼工作に対応する事を目指して行きます。今後とも、ぜひお気軽に依頼工作についてご相談ください。