

光造形方式 3D プリンタの造形精度に関する基礎的研究

久次米 利彦*

A Basic Study about the Molding Accuracy of the 3D Printer by Stereolithography

Toshihiko KUJIME*

Synopsis: The molding accuracy of 3D Printers by the Stereolithography (STL) is said to be superior to that of the Fused Deposition Modeling (FDM). In this work, using 3D Printers by STL, the 3D printed objects corresponded tenon and hole were produced, and their sizes were measured. The dimensional differences between the base size and product size were evaluated, and molding accuracy was discussed based on that. Also, the molding accuracy between STL and FDM was compared.

(Received Sep. 20, 2022)

Key words: dimensional accuracy, 3D printer, Stereolithography

1. 緒言

近年 3D プリンタは低価格化が進んだこともあり、様々な造形方式の 3D プリンタがものづくりの現場や個人向けに広く使用されるようになってきている。本学のものづくり創造工学科においても、演習や卒業研修で熱溶解積層方式の 3D プリンタを用いたオブジェクトの製作に取り組んでいる。筆者は過去に熱溶解積層方式 3D プリンタの造形精度に関する研究ノートを発表している¹⁾。

今回 2021 年度の卒業研修向けに新たに光造形方式の 3D プリンタを導入した。光造形方式は熱溶解積層方式よりも優れた造形精度を持つと言われている。

そこで、本研究においては、熱溶解積層方式の造形精度調査で使用したのと同じ 3D モデル（部品の組み立てをイメージした穴とほぞに相当するオブジェクト）にて光造形方式の 3D プリンタでオブジェクトを造形し、作製したオブジェクトの寸法を測定してベースとした寸法との寸法差を比較した。本論文ではその結果と造形精度に関する評価につ

いて報告する。また、光造形方式と熱溶解積層方式の造形精度を比較する。

2. 光造形法について

光造形方式は 3D プリンタの中で最も歴史の古い方式であり、日本人によって開発された技術である。1987 年に 3D Systems により実用化された。光造形法とは、紫外線を照射すると硬化する液体の樹脂（光硬化性樹脂、レジン）を用いた造形方式で、レジンを満たした槽に、紫外線を照射させて層を作り積層していく造形法である²⁾。

紫外線の照射方法はいくつかあるが、今回導入した 3D プリンタは LCD 方式である。これは液晶ディスプレイ（LCD パネル）を使用して面で紫外線を当てる造形方式であり、紫外線（UV）LED ライトをバックライトとし、液晶パネルに表示させて樹脂を硬化する。「面で造形をする」というのが特徴で、造形スピードが速く、出力品のディティールが高いというメリットがある³⁾。

3. 実験方法

本研究では既報¹⁾に示すように 3D プリンタの造形精度を評価するために、断面形状が円、正方形、

*産業技術短期大学教授 博士（工学）ものづくり創造工学科

長方形の柱および穴をもつオブジェクトを作製し、円の場合はその直径を、四角形の場合は辺の長さを測定し、ベースとした寸法との差を取って比較した。

Table 1 に作成した精度評価用 3D モデルの寸法を示す。それぞれベースとなる大きさを 5 mm, 10 mm, 20 mm として円柱, 正四角柱, 四角柱とした。また, これらの柱の断面と同じ大きさの穴をもつモデルを作成した。また, Fig. 1 に使用した 3D モデルの一例を示す。

Table 1 Dimension of the 3D models for evaluation of the dimensional accuracy.

円柱		正四角柱		四角柱		
直径	高さ	辺	高さ	短辺	長辺	高さ
5	10	5	10	5	10	10
10	10	10	10	10	20	10
20	10	20	10			

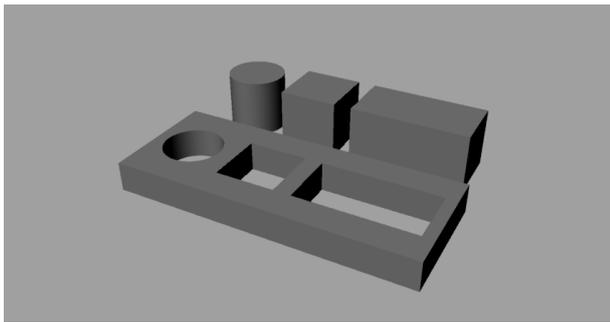


Fig. 1 3D model for evaluation of the dimensional accuracy (10 mm base).

オブジェクト作製には光造形方式 3D プリンタとして FLASHFORGE Japan 製の Foto 6.0 を使用した。Table 2 に Foto 6.0 の製品仕様を示す⁴⁾。

オブジェクト作製の材料にはスタンダードレジンを使用した。またすべてのオブジェクトは積層ピッチ 0.05 mm で出力した。作製したオブジェクトにて寸法測定を行った。柱の測定にはマイクロメータを、穴の測定にはノギスを使用した。

4. 結果および考察

4.1 Foto 6.0 での出力結果に関して

Foto 6.0 で出力したオブジェクトの寸法測定結果を Fig. 2 から Fig. 5 に示す。Fig. 2 は断面形状が円の場合で、円の直径を測定した値の平均値とベースとなるサイズ (5 mm, 10 mm または 20 mm) と

の寸法差を示す。Fig. 3 は断面形状が正方形の場合, Fig. 4 は断面形状が長方形の場合をそれぞれ示す。Fig. 5 は作製した柱の高さを測定した値の平均値とベースとなるサイズ (10 mm) との寸法差を示す。高さについては, 出力したオブジェクトにラフトがついた状態で測定し, その値からラフトの厚さを差し引いた値で評価した。

Table 2 Product specification of Foto 6.0.

プリント速度	10 - 30 mm/h
造形サイズ	幅 130 x 奥行 82 x 高さ 155 mm
積層ピッチ	0.05 - 0.1 mm
	(設定可能最高レイヤー0.025mm~)
X/Y 軸精度	0.05 mm
光源	405 nm
Z 軸リニアガイド	工業用レベル リニアガイド
LCD パネル	2K モノクロパネル
プラットフォーム	サンドブラストプラットフォーム (付着力を高める)
レジントレイ	0.25 L
接続	USB メモリ
消費電力	60 W
本体サイズ	幅 230 x 奥行 200 x 高さ 410 mm
本体操作	3.5 インチ タッチパネル

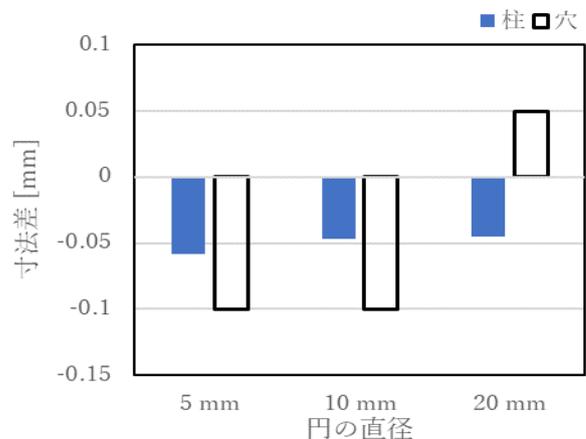


Fig. 2 Dimensions difference in case that the shape of cross section is circle. (Foto 6.0)

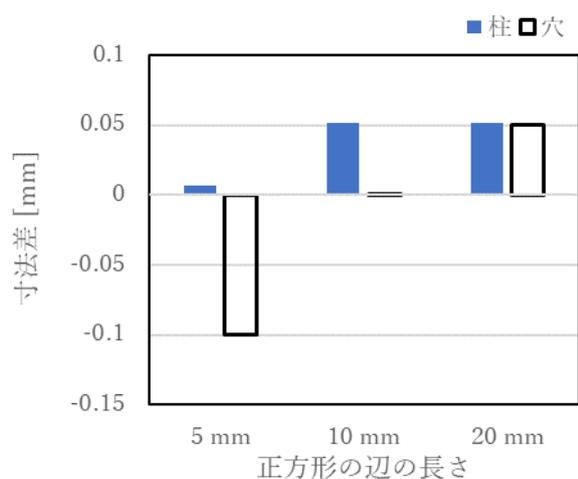


Fig. 3 Dimensions difference in case that the shape of cross section is square. (Foto 6.0)

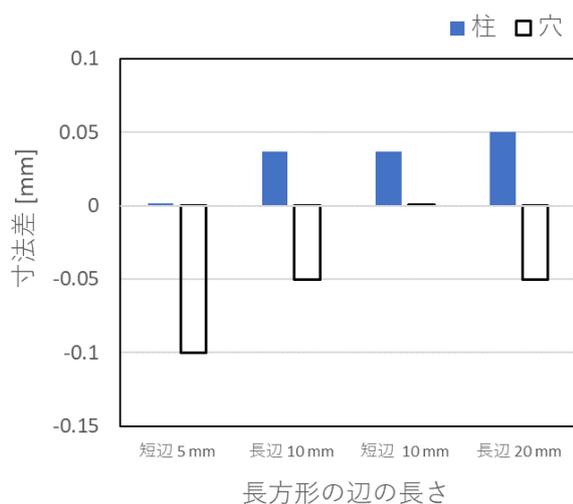


Fig. 4 Dimensions difference in case that the shape of cross section is rectangle. (Foto 6.0)

Fig. 2 から Fig. 4 に示すように、いずれの断面形状においても寸法差は最大で 0.1 mm であり、これは測定器具であるノギス (デジタル式) の最小読み取り値 (分解能) と同じ値となった、また、柱ではプラス側に、穴ではマイナス側になった場合が多くなったが、ほぼ 0.05 mm の範囲の中に入った。一方、ベースの大きさによる差や断面形状による寸法差の違いは見られなかった。今回作製したオブジェクトでは、いずれのサイズにおいてもすべての断面形状で柱が穴の中に挿入できた。

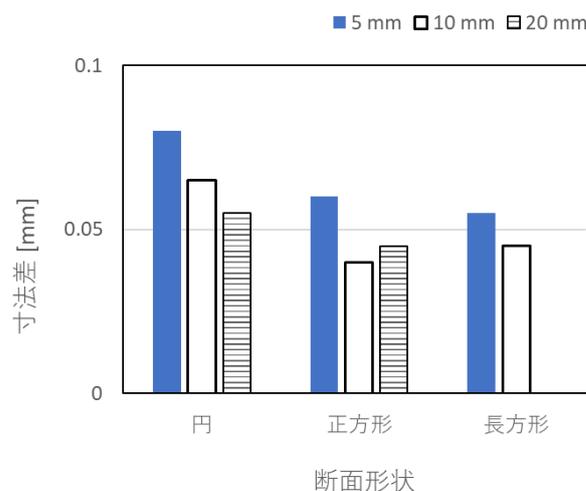


Fig. 5 Dimensions difference of height. (Foto 6.0)

Fig. 5 に示すように、いずれの断面形状においても高さの寸法差はプラス側になったが、0.1 mm の中に入っており断面形状の場合と同様の寸法差となった。

光造形方式の 3D プリンタでは造形を行う際、造形オブジェクトを積層するプラットフォームと樹脂を密着させるために、ラフトと呼ばれる造形オブジェクトの下に板状の仮のテーブルを造形する必要があった。今回はこのラフトと造形オブジェクトを分離できなかったため高さの寸法差がプラス側になっているのではないかと推測される。

4.2 光造形方式と熱溶解積層方式との寸法差の比較

Fig. 6 に円および正方形の断面形状の 5, 10, 20 mm の 3 つのベースサイズでの寸法差の平均値を示す。それぞれの断面形状での光造形と熱溶解のデータを並べて示している。

2 つの造形方法での寸法差を比較すると、柱の場合は、正方形 (熱溶解) の値が他よりも大きかったもののあまり差はなく、寸法差としては小さいと言える。穴の場合は、熱溶解に比べて光造形の値がかなり小さくなり、こちらも寸法差としては小さいと言える。今回使用した光造形は LCD 方式で 2k の解像度の液晶ディスプレイを備えており、寸法差が小さく十分な造形精度を有しているものと考えられる。また、光造形方式は熱溶解積層方式よりも造形精度が優れているものと考えられる。

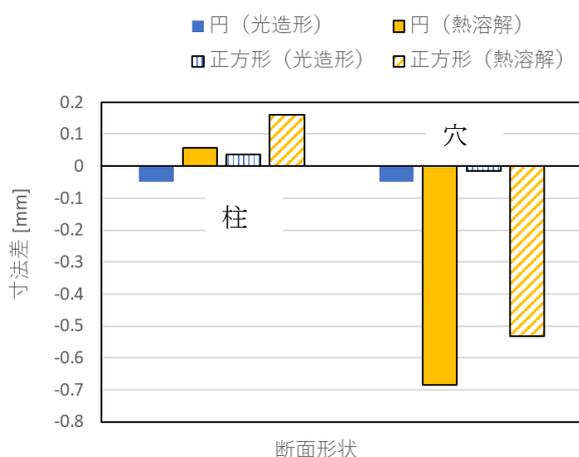


Fig. 6 Mean value of Dimensions difference at each cross-sectional shape.

5. まとめ

本論文では、LCD方式の光造形方式3Dプリンタにて造形したオブジェクトの寸法を測定し、ベースとした大きさとの寸法差を評価して造形精度について考察した。また、光造形方式と熱溶解積層方式での寸法差を比較し、造形精度について考察した。得られた結果は以下の通りである。

1. 光造形方式3Dプリンタにおいては、断面形状に関わらず作製したオブジェクトのベースとしたサイズに対する寸法差はほぼ

0.05mmに収まり、十分な造形精度を有しているものと考えられる。

2. 光造形方式と熱溶解積層方式を比較すると、寸法差は光造形方式の方が小さかった。このことから、光造形方式の方が熱溶解積層方式よりも造形精度は優れているものと考えられる。
3. 光造形方式においては、穴とほぞのように組み合わせる部品を作製する場合でも、はめ合わせをするために寸法の調整をする必要はないと考えられる。

参考文献

- 1) 久次米利彦：産業技術短期大学誌，52(2019)45-50.
- 2) 生座本真；3Dプリンタがわかる本，工学社，2014，p.30.
- 3) 【光造形3Dプリンター】造形方式の種類を比較！特徴やメリット・デメリットとは？。
(<https://nssngt.com/19-merit-stereolithography3dprinter.html>)，(参照 2022-09-08).
- 4) FLASHFORGE. 「Foto」.
(<https://flashforge.jp/product/foto/>)，(参照 2022-09-08).