

FDM 方式 3D プリンタにおける造形物配置角度が造形時間に与える影響

中西真弓
明治大学 総合数理学部 先端メディアサイエンス学科
1105mn9910@gmail.com

宮下芳明
明治大学 総合数理学部 先端メディアサイエンス学科
homei@homei.com

キーワード: FDM 方式 3D プリンタ, 造形時間

1 はじめに

図1は、FDM方式の3Dプリンタ(bonsai lab社BS CUBE ABS樹脂)において立方体を出力する際に、Z角度 0° (左)および 45° (右)で配置して造形したものである。質感(積層方向)に若干の違いはあるが、品質としての差はほとんどない。しかし、造形時間は(積層ピッチ 0.2mm 、印刷速度 35mm/s において)29分47秒(スライスソフトウェアCuraEngineの予測時間29分48秒)と27分43秒(同予測時間27分41秒)と差が出る。造形物の配置角度を変えると、内部の充填の仕方、サポートの有無や量にも変化が現れ、最終的にエクストルダの移動経路全体が変わるため造形時間にも違いが表れると考えられる。

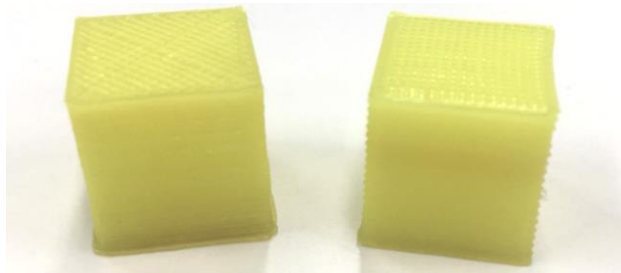


図1 Z角度 0° (左)、 45° (右)で造形した立方体

本研究は、低コストな処理で出来る限り早く造形できるようにするため、配置角度が造形時間に与える影響について、X・Y・Z軸探索の角度をそれぞれ組み合わせて検証したものである。

2 関連研究

Wangらは、造形物の3Dモデルを分割・回転・整列し、その法線ベクトルがプラットフォームに対して垂直になるよう並べることで、各パーツを高品質に出力しサポート材を不要にするアルゴリズムを提案している[1]。また、Vanekらは、3Dモデルをクラスタリング・分割し詰めることで3Dプリンタの造形時間や樹脂を削減するアルゴリズムを提案している[2]。これらはともに3Dモデルを分割・再配置するものであり、造形後の組み立てや接着を要する。Gajdosらは、FDM方式の3Dプリンタにおいて、温度やベースプレート上のレイアウトが造形へ与える影響を調査した[3]。本研究もこの研究と同様に、細かなパラメータ

設定が実際の造形やそのプロセスに与える影響を調査するものである。

3 Stanford Bunny モデルにおける探索

表1はStanford Bunnyモデルにおいて、X角度9通り、Y角度18通り、Z角度18通りの合計2916通りについて、上述のスライスソフトウェアが表示した造形予測時間を示したものである。時間が長いほど赤色に、短いほど緑色に着色してある。最長なのは57分30秒、最短なのは31分29秒と、1.8倍の差となっている。

なお、1章の通りスライスソフトウェアの造形予測時間は、モデルの複雑さによらずかなり正確であり、実際の造形時間と数%程度しかずれない。検証のため、実際に最長設定および最短設定で造形を行ったところ、造形時間は59分51秒と33分1秒であり、ほぼ予測時間と同一であった。造形結果は図2に示す通りである。このように、サポートの有無や程度による造形時間への影響も大きいことがわかる。なお、サポート部を除けば造形品質に大きな差はない。

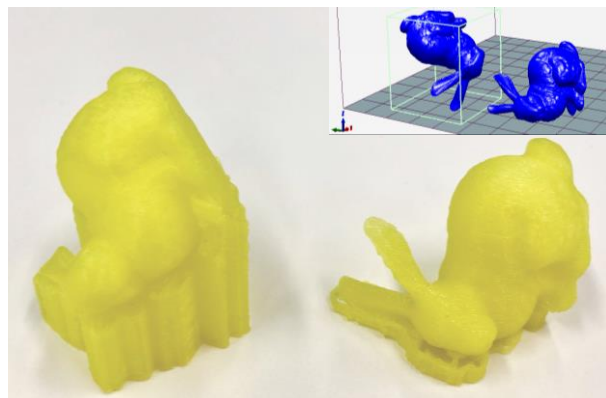


図2 Stanford Bunny の造形時間最長設定(左)と造形時間最短設定(右)

なお、Stanford Bunnyの全軸が 0° の際、出力時間は35分53秒であり角度を最適化すれば1割程度の造形時間短縮が行える。本調査の最短造形時間はX軸角度が 300° 、Y軸角度が 300° 、Z軸角度が 19° の時、この近辺のZ角度を 1° 刻みで調査したのが図3で、造形時間の変化は連続的でない。

表 1 Stanford Bunny モデルにおける各配置角度における造形時間（分）
 X 角度 9 通り, Y 角度 18 通り, Z 角度 18 通り 計 2916 通り
 赤色ほど造形時間が長く、緑色ほど造形時間が短いことを示す

	Z0	Z10	Z20	Z30	Z40	Z50	Z60	Z70	Z80	Z90	Z0	Z10	Z20	Z30	Z40	Z50	Z60	Z70	Z80	Z90	Z0	Z10	Z20	Z30	Z40	Z50	Z60	Z70	Z80	Z90																													
X20 Y0	96.2	95.7	96.1	95.6	95.9	96.2	96.3	95.6	96.2	96.5	96.4	96.3	96.1	95.4	94.8	95.1	95.4	95.0	95.4	96.2	X40 Y0	40.7	40.4	40.6	40.2	41.3	41.4	41.7	41.5	41.8	42.4	41.6	42.0	41.4	42.4	41.7	41.1	42.0	41.4	X60 Y0	44.4	44.3	44.0	44.0	43.4	44.1	44.4	43.7	44.1	44.0	43.5	42.6	43.4	44.2	44.0	44.8	44.6	44.2	44.3

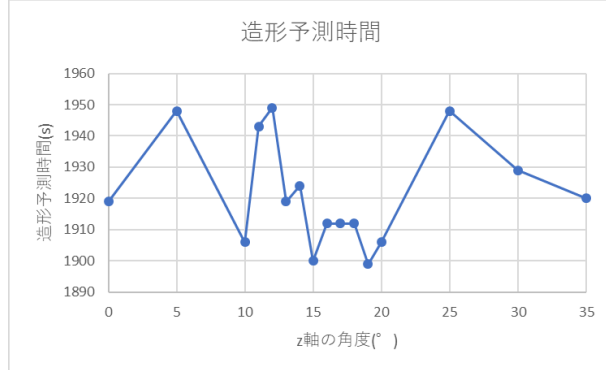


図 3 X 角度 300° Y 角度 300° Z 角度 19° 近辺の、1° 刻みでの Z 角度調査

4 他モデルによる探索から見いだされた知見
 様々なモデルを回転させて造形予測時間を調査したところ、以下のことがわかった。

- 左右対称のモデルの造形予測時間は、Z 軸の角度 180° を中心に対称的なグラフになるわけではない。
- 同じ 3D モデルでも大きさが違うと最速造形予測時間を取る角度は異なる。

5 まとめ

本研究では、FDM 方式の 3D プリンタにおいて、造形物の配置角度を変えるとどのように造形時間が変化するかについて、X・Y・Z 軸の角度をそれぞれ組み合わせて探索を行い検証した。その結果、造形品質を著しく下げずに造形時間を短縮できる角度が存在し、予測が可能であることがわかった。スライスソフトウェアにおける時間予測計算式での全探索を用いれば、予測前に最適な角度を導いて造形時間を短縮できることが示唆されたといえる。

スライスソフトウェアはオープンソースのものがいくつかあるため、造形時間予測のアルゴリズムを取り出せば、造形前にすべての造形角度での造形時間を予測し、最適な角度で出力することも可能だと考えている。

参考文献

- [1] Wang W., Zanni C., Kobbelt L., Improved Surface Quality in 3D Printing by Optimizing the Printing Direction. Proceedings of the 37th Annual Conference of the European Association for Computer Graphics, 2016.
- [2] Vanek J., Galicia J. A. G., Benes B., Mech R., Carr N. A., Stava O., Miller G.S.P., PackMerger: A 3D Print Volume Optimizer, Computer Graphics Forum, 2014.
- [3] Gajdos I, Slota, J. Influence of Printing Conditions on Structures in FDM Prototypes. Tech. Gaz. 20, 231–236, 2013.