

FDM 方式 3D プリンタにおける重力を利用した表現力拡張手法の提案

迎 崇久* 宮下 芳明*

概要. 現在, 最も普及している FDM 方式の 3D プリンタには造形困難な形状が多く存在する. この原因の 1 つとして, FDM 方式の 3D プリンタはオーバーエクストルージョンや, 糸引き現象をはじめとした様々な現象により, 正確な点を造形できないという問題を抱えていることが挙げられる. 本稿では, 空中に造形した線を垂らすことで通常では造形困難な形状を造形可能にする新たな造形手法を提案する. また, 予備実験を行い, 提案手法で造形される樹脂の形状をとパラメータの関係について調査する. 本手法により, 通常では造形困難な形状が造形でき, FDM 方式 3D プリンタでの表現力の拡張が可能となる.

1 はじめに

近年, 3D プリンタの普及と 3D プリント技術の急速な発展により, ユーザは自由な 3D 形状を簡単に作り出すことが可能になった. FDM (熱溶解積層) 方式と呼ばれる, 樹脂を溶かしながら何層にも積み上げていくことによって造形を行う 3D プリンタは, その扱いやすさとリーズナブルな価格により 3D プリンタの中でも知名度, 人気ともに高く, 現在最も普及するに至っている. しかし, その一方で FDM 方式 3D プリンタには多くの欠点がある. 欠点の例として挙げられるのがオーバーエクストルージョンと樹脂の糸引き現象, 押し出し遅延現象である. これらの現象により, FDM 方式 3D プリンタには正確に点を造形できないという問題があり, スライス時の断面が点であるような形状が造形困難である. このような形状の例と造形結果を図 1 に示す. 本稿では空中に造形した線を重力により垂らすことで, このような断面が点であるような形状を造形可能にする新たな造形手法を提案する. また, 樹脂の振る舞いについての予備実験を行い, 最適なパラメータについて調査をするとともに, 提案手法によって得られる表現を, 造形例を提示しながら紹介する.



図 1. FDM 方式 3D プリンタで出力困難な例(左)と造形結果(右). 造形結果は各部に断線や線の乱れが見られる.

Copyright is held by the author(s).

* 明治大学

2 関連研究

Mueller らの研究[1]では, 3D モデルをワイヤー化して造形する手法を提案している. この手法により, 従来に比べて最大 10 倍の造形時間短縮を実現している. またこの研究では FDM 方式 3D プリンタを用いながらも, 積層ではなく 3 次元空間上に直接線を描画する手法をとっており, 一般的な FDM 方式 3D プリンタで同様の動作を行えるようにするためのソフトを作成している. また, 高橋らの研究[2]では造形中の樹脂の押し出し量と造形高さの変化による樹脂の振る舞いについて調査し, 得られた結果をもとに様々な質感の造形物の作成を可能にしている. また, Laput ら[3]は, 糸引き現象に着目し, この現象を造形中に複数回発生させることで造形物に尻尾や髪といった毛を持たせる手法を提案している.

3 提案手法

本稿では図 2 のように柱を用いて空中に線を造形するブリッジ構造を造形し, その線を重力により垂らす手法を提案する. 本手法では樹脂を積層せずに造形するため, 図 1 の例と比べて綺麗な放物線に近い曲線を造形することが可能となる. また, 本手法では造形速度と樹脂の押し出し量の調節により様々な形状の曲線を造形することが可能である.

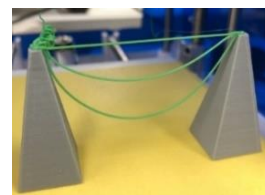


図 2. 提案手法により造形される曲線

4 予備実験

提案手法では造形時のノズルの速度と押し出す樹脂の量、造形する直線の長さによって押し出された後の樹脂が描く曲線の形状が変わる。本稿ではこれらのパラメータが、押し出された樹脂の形状に与える影響について調査した。

本実験では FDM 方式の 3D プリンタであるボンサイラボ社の BS01+と BSCube を使用し、造形には Polymaker 社の Polymax を使用した。3D プリンタの制御には Repetier-Host を使用した。実験では図 2 のようにプラットフォームに高さ 5cm の柱を 2 か所設置し、この間に 3D プリンタで直線を引く作業を様々なパラメータのもと行った。また、本実験ではノズルの速度、樹脂の押し出し比率、造形する直線の長さをパラメータとした。ここでの押し出し比率とは、造形する直線の長さに対する押し出す樹脂の長さである。本実験では、ノズルの速度を分速 200mm から 1200mm まで値を 200 ずつ増やしていった計 6 通り、樹脂の押し出し比率を 0.01 から 0.16 まで値を 0.01 ずつ増やしていった計 16 通り、線の長さを 2cm, 4cm, 8cm の計 3 通りに設定し、合計 288 通りの直線を造形した。直線を造形した後、柱の頂上の高さから押し出された樹脂が最も垂れ下がった点までの高さをそれぞれ測った。

結果は図 3 のようになった。実験結果からノズルの速度が速いほど樹脂は垂れ下がりにくくなり、押し出し比率が高いほど樹脂は垂れ下がりやすくなっていることがわかる。これらの実験結果より、提案手法によって垂れ下げられる高さの限界値とパラメータの範囲が分かった。

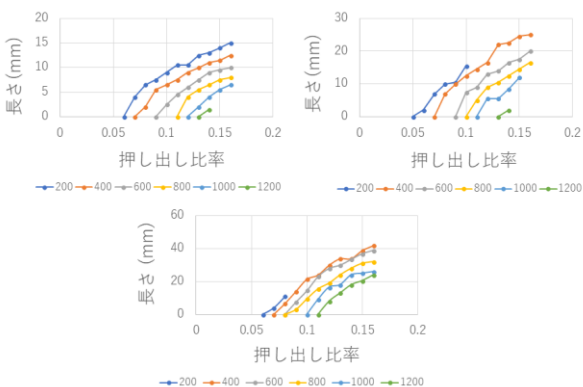


図 3. 長さ 2cm(左上), 4cm(右上), 8cm(下)の線での実験結果

5 造形例

予備実験で得られたデータをもとに作成した造形物を図 4, 5 に示す。図 4 (左上) は、図 1 のようなアーチを持った形状を提案手法で造形したものであ

り、図 4 (右上) は出力に使用した柱である。提案手法により通常手法よりも見栄えが良く、且つサポートを生成せずに造形物を出力することができた。また、図 4 (左下) は柱を奥行き方向に長くして造形した例である。これは一見するとトンネルのような外見であるが、各層の間に隙間があるため、パネのような動きをする造形物となっている。このような造形物が出力可能であることも提案手法ならではの。また、図 5 は造形に柱を使用せず、あらかじめ出力しておいた造形物に、後から提案手法で装飾を行った例である。予備実験で得られたデータをもとにすることで、造形物の幅や高さに合った線を造形することができた。

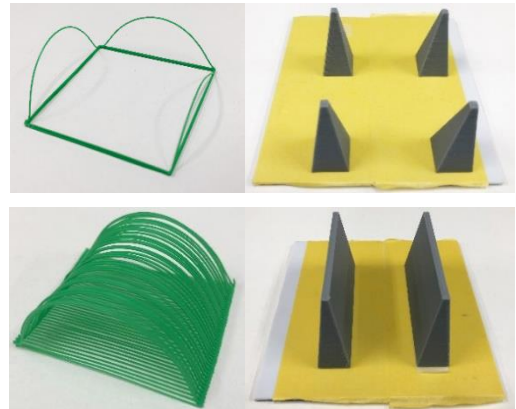


図 4. 図 1 のような形状を提案手法で造形した例とそのバリエーション(左)と造形に使用した柱(右)

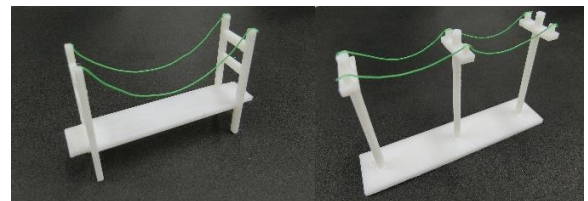


図 5. 提案手法を用いた作例

参考文献

- [1] Stefanie Mueller, Sangha Im, Serafima Gurevich, Alexander Teibrich, Lisa Pfisterer, François Guimbretière, Patrick Baudisch. WirePrint: 3D Printed Previews for Fast Prototyping. UIST2014, pp. 273-280, 2014.
- [2] Haruki Takahashi, Homei Miyashita. Expressive Fused Deposition Modeling by Controlling Extruder Height and Extrusion Amount. CHI 2017, pp. 5065-5074, 2017.
- [3] Gierad Laput, Xiang 'Anthony' Chen, Chris Harrison. 3D Printed Hair: Fused Deposition Modeling of Soft Strands, Fibers and Bristles. UIST2015, pp. 593-597, 2015.