

3D プリンタを用いた封蝋表現手法の提案

菊地 勇斗* 塚田 浩二*

概要. 本研究では、熱溶解積層方式 3D プリンタを G-code で直接制御することで、封蝋表現を実現する手法を提案する。具体的には、ノズルの温度をフィラメントの適正温度よりも高温に設定し、一箇所に多量のフィラメントを押し出す。次に、手動または自動で型をフィラメントへ押し込むことで、樹脂を封蝋のように固定する。

1 はじめに

近年、安価な熱溶解積層方式 3D プリンタの普及に伴い、3D プリンタを G-code を介して直接制御することで、新たな表現を模索する研究が盛んである[1][2][3]。我々は、こうした 3D プリンタの造形手順が、熱で素材を溶解させる点で封蝋と類似する点に着目した。封蝋とは、溶かした蝋に対して型を押すことで、封筒や文書に封印を施したり、瓶などの容器を密閉する伝統的な手法である。本研究では、熱溶解積層方式 3D プリンタを G-code で直接制御することでフィラメントの射出温度/量を増加させ、そこに手動/自動で型を押す封蝋表現手法を提案する。

2 関連研究

高橋ら[1]は、熱溶解積層方式 3D プリンタが一時停止した際に発生する樹脂のこぼれを利用して外壁に模様や文字を造形する手法を提案した。

片倉ら[2]は、3D プリンタをアクチュエータとしても利用し、造形物を物理的に動かすインタラクション手法を提案した。

Takahashi ら[3]は、3D プリンタと 3D ペンの両方を使い、3D プリンタを用いた造形物を 3D ペンで加工するプロセスを通して創造的な探求を支援する手法を開発した。

3 提案

本研究では、熱溶解積層方式 3D プリンタを G-code で直接制御することで、封蝋表現を実現する手法を提案する。高温で蝋を溶かす封蝋に習って、ノズルをフィラメントの適正温度より高温に設定し、

任意の位置に多量のフィラメントを押し出す。そして、手動または自動で型を樹脂に押し込むことで封蝋のような形状表現と固定を実現する(図 1)。システムの構成を図 2 に示す。



図 1. 3D プリンタを用いた封蝋表現の例

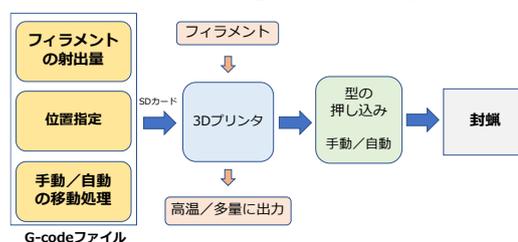


図 2. システム構成図

4 実装

ここでは、フィラメントの出力、型の作成、手動/自動での型の押し込み手法について述べる。なお、3D プリンタとしては、Kingroon 製の KP3S 3.0 を利用した。

4.1 フィラメントの出力

本研究ではノズル温度が 190℃~220℃で適正とされる直径 1.75mm の PLA フィラメントを利用する。しかし、適正温度で造形した場合、出力直後に温度が下がり硬化するため、変形が難しい。そこで、ノズルの温度を 260℃と設定し、温度を下げる役割を持つファンも停止させる G-code を記述した(図 3)。このようにして、射出した樹脂の温度低下を遅らせ、変形可能時間を延ばすことにした。さらに、

一箇所に多量のフィラメント（長さ 500mm）を押し出すことで、型取りに十分な体積を確保した。20 秒前後でフィラメントの外側は完全に固定されるため、出力されてから 10 秒前後までに型を押し込むのがよいと考える。

また、3D プリンタのベッドへ位置合わせ用のマーカーを出力する機能を G-code を用いて実装した。マーカーを目安に封筒を設置することで、封蝋の位置合わせを手軽に行うことが出来る。

```
M106 S0 ;ファンの停止
M109 S260 ;ノズル温度を260°Cに設定
G1 F1000 E70 ;50mm押し出し (φ.274mm)
```

図 3. フィラメント温度と量を設定する G-code

4.2 型の作成

次に、溶かした樹脂に押し込む型の作成について説明する。本研究では、ヘッドの温度を 260°Cまで高めて出力しているため、同じ PLA 樹脂で造形した型を使用した場合、型本体まで溶解してしまう。そのため、270°Cが適正なヘッド温度とされる ABS 樹脂を使用して型を造形することにした。

型も 3D プリンタで造形することで、多くの種類を用意できる。一例として文字や模様、並び替えることで日付を表す型を作成した（図 4）。



図 4. ABS で作成した型の例

4.3 封蝋の手動作成

3D プリンタで押し出されたフィラメントに手で型を押し込み作成した封蝋について説明する。手順としては、3D プリンタで 1 点に多量のフィラメントを押し出した後、ヘッドがその場から離れて停止する。そのタイミングで、溶解した樹脂の塊へ上から型を押し込むことで形を固定する(図 5)。現在は Polymaker 製の 6 種類の PLA 樹脂（白/黒 PLA, 白/黒 TPU, Support, Wood）で検証しており、Wood 素材が仕上がりの綺麗さや型の剥がしやすさの観点から適していると考えられる。課題としては、型を引きはがすタイミングが難しく、長く押し込みすぎた場合、型と樹脂の隙間にカッター等を入れて慎重に剥がす必要がある。また、印刷が終了したタイミングを見逃すと、溶解したフィラメントがそのまま固定

化してしまう。



図 5. 封蝋の手動作成

4.4 封蝋の自動化

次に、3D プリンタに型を取り付けることで、封蝋の型押しを自動化する手法を説明する。図 6 はファンから空気を送り造形物を冷却するための部品に、様々な型を装着できるように加工したものである。型をネジで固定することで、交換が容易なように工夫した。

型の押し込み方法としては、ノズルと型位置を事前に計算して、G-code でヘッドの位置制御を行うことで、型を溶解した樹脂に押し込むよう制御している。また、押し込んだ状態でヘッド位置を 20 秒程度停止させてから移動させることで、フィラメントが十分に変形できることを確認している（図 7）。

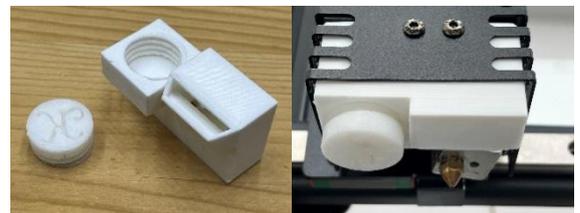


図 6. 型取り付け部品(左)とヘッドに固定した様子(右)

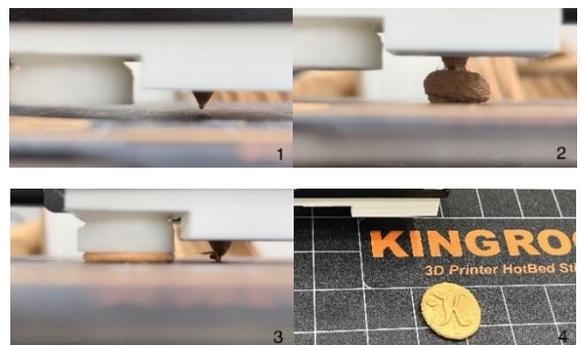


図 7. 封蝋の自動作成

謝辞

本研究の一部は、科研費 20H04231 の支援を受けた。

参考文献

- [1] 高橋治輝, 宮下芳明, オーバーエクストルージョンを用いた 熱溶解積層方式 3D プリンタのための造形手法, 芸術科学会論文誌 Vol. 15, No. 5, pp. 194 - 207 (2016)
- [2] 片倉翔平, 渡邊恵太, PrintMotion: 3D プリンタに搭載されたアクチュエータを使用してプリントしたオブジェクトを動かす手法の提案, WISS2018 論文集 (2018)
- [3] Haruki Takahashi, Jeeun Kim. 3D Pen + 3D Printer: Exploring the Role of Humans and Fabrication Machines in Creative Making. In Proceedings of CHI 2019, No.295, 2019.