

# 3D Printer-assisted 3D Drawing: 3D ペンと 3D プリンタを組み合わせた創作環境の提案

高橋 治輝\*

**概要.** 本稿では、3D ペンと 3D プリンタを組み合わせたものづくり環境を提案する。提案システムは、3D プリンタを制御するためのエディタであり、入力されたパスをもとに 3 種類の方法でガイドを出力する。3D ペンで作ることが困難な部分、手間がかかる部分を 3D プリンタに任せることができる。これを実現する 3D プリンタ制御システムの実装について述べ、本環境で可能となる作例について紹介する。

## 1 はじめに

コンピュータによる創作活動支援は HCI 分野の重要なテーマの一つである。初心者のモチベーションを高める目的からプロの作業をより効率的にする研究、あるいは、人間が不得手な作業を代替することで新しい創作活動を可能とする研究が盛んに行われている。本稿では、3D ペンを用いた創作活動を題材とし、3D プリンタを用いた支援によってどのようなものづくり環境が実現可能かを検討する。

3Doodler<sup>1</sup>に代表される「3D ペン」は、熱溶解積層方式 3D プリンタの機構を手持ち式のペンとして実装したものであり、デバイスに配置されたボタン操作でプラスチック樹脂を押し出して立体作品を制作する。動画サイトでは、3D ペンで作られたさまざまな作品がアップロードされており、建築や設計、化学などの教育現場でも活用されている<sup>2</sup>。

3D ペンの課題に作業中の構造を制御する難しさがある。空中に作られた構造が不安定になるだけでなく、大きさや対称性を意識しながら描くことも難しい。この課題に対して、平面で作成したものを組み上げるステンシルの利用 [1] や、適切な書き順を HMD を用いて指示する手法 [2] が実現されている。

本稿では、3D ペンを用いた創作活動を 3D プリンタで支援するものづくり環境を提案する。提案システムは、3D プリンタの造形パスを入力できるエディタとなっており、3D プリンタはこの入力に応じて感熱紙を用いたステンシルの印刷、輪郭の造形、塗りつぶした形状という「ガイド」の造形を行う。このガイドは 3D ペンでの作成が困難な箇所の作業のために利用できる。また、精確に作る必要があるものや似たパーツを大量に作る場合など、人間が手作業で行うことが現実的ではない部分を 3D プリンタに任せるという役割分担も可能となる。



図 1. 提案する作業環境とガイド出力の様子。

## 2 システム

提案する環境は、3D ペンと作業スペース、3D プリンタとそれらを制御する PC から構成される (図 1)。提案システムは、制御用 PC で動作する Repetier-host<sup>3</sup> (3D プリンタを制御するホストアプリケーション) のプラグインとして C# で実装した。

システムは Repetier-host の画面内にパスを入力するキャンバスを表示する。キャンバスの空白部分、あるいは辺上でダブルクリックすると新しい頂点が追加される。頂点はドラッグで移動、ダブルクリックで削除することができる。入力された頂点を端点とする線分が作られ、これらはベジェ曲線に切り替えられるように実装した (端点と制御点のハンドルを操作する)。入力した内容は、リアルタイムで 3D プリンタの造形命令 (Gcode) へと変換され、通常の 3D プリントと同じ方法で造形ができる。

Copyright is held by the author(s).

\* 明治大学, Meiji University

<sup>1</sup> <http://the3doodler.com/>

<sup>2</sup> <http://edu.the3doodler.com/casestudies/>

<sup>3</sup> <https://www.repetier.com/>



図 2. 提案システムを利用した作業。上部に 3D ペンを持った人間の作業，下部に 3D プリンタのガイドの造形を示す。

出力するガイドは以下の 3 種類からラジオボタンで選択する。ガイドの種類に応じて出力にかかる造形時間と使用される樹脂量が異なり、これらの情報は常に提案システム上に表示される。

**Stencil (ステンシル)** は熱されたノズルでプラットフォーム上の感熱紙を撫でることで印刷する。樹脂の押し出しがないため高速に作り出すことができる。一般的な FAX 用感熱紙でも、3D プリンタが対象とする温度 (200 度) で燃焼せずに変色する。

**Contour (輪郭)** は記述したパスをそのまま造形する。輪郭のみが造形されるため比較的速く造形が完了する。造形の安定化のために、一般的な設定よりも太い形状 (0.8mm ノズルの設定) に調整した。

**Fill (塗りつぶし)** は輪郭の内部を塗りつぶして造形する。現在は、Y 軸方向に往復するパスで塗りつぶしており、造形時間と樹脂量を要する。

### 3 提案システムの利用例

3D ペン (7TECH 3D Pen), 3D プリンタ (HIC-TOP Portable 3D Printer), PLA 樹脂, FAX 用感熱ロール紙を使用した。造形温度は 190 度とし、速度と安定性改善のために 3D プリンタのノズルを 0.8 mm 口径のものに変更した。

図 1 下部は、葉の造形パスを 3 種類の方法で出力した例である。感熱紙に印刷されたステンシルをなぞるように描く、輪郭を造形して全体を塗りつぶす、塗りつぶして造形を行ったものをそのまま 1 枚の葉として用いることで複数の葉を作成した。最終的に、3D ペンをグルーガンのように使用して葉を接着し、すべての葉を枝に接着して完成とした。作業全体は 20 分程度で完了した。この作例では、「同じ大きさ」の葉を「複数枚」作成しており、3D ペン制御の慣れが必要な作業、人間が不得手とする単調な作業で 3D プリンタが活躍している。また、3D プリンタの造形中に 3D ペンの樹脂の色を変更したりと、作業全体の効率化も実現できている。

図 2 は、3D ペンと 3D プリンタを活用して「うさぎ」を制作した作業の様子である。まず、3D プリンタで円の輪郭を造形して接着することで胴体の概

形を作成する (図 2a)。この方法でワイヤフレームの球体が作成できれば、3D ペンで網を張るように球体を作ることができる (作業時間: 5 分程度)。球体として安定した形状になったのち、表面の質感を作るために 3D ペンで表面を突くように樹脂を付着させる (図 2b)。熱で縮れた樹脂が不均一なテクスチャを作り出し、動物の毛並みのような質感が生まれる。胴体に頭を作成する際はガイドに頼らず、手作業で作ることを試みた (作業時間: 15 分程度)。耳や足は可能な限り左右対称に作成し、足は全体を支えられる程度の大きさで裏を水平に作りたい。そこで、これらを 3D プリンタに作らせてそのまま利用した (図 2c)。塗りつぶしで行い、造形時間は両耳・両足で 5 分程度を要した。これと並行して、胴体に小ぶりの膨らみを作るように尻尾部分を作成した。造形が完了した足と耳を取り付け、微調整を行って作業を完了とした。この作業は 10 分程度で完了しており、作業時間を合計すると 30 分程度であった。

### 4 今後の課題および展望

3D プリンタを用いることで、コンピュータショナルにデザインされたガイドが出力できる。作例で紹介したように、造形物が直立できるような形状や指定した大きさのガイドを提供できれば、その特徴を用いた創作が可能となる。樹脂の色や柔らかさの選択、導電樹脂の応用、あるいは水溶性樹脂を用いた作業後に処理できるガイドの出力も検討したい。

展望として、提案システムを用いて、3D ペンを用いた創作活動を質的に評価する被験者実験の実施を予定している。提案システムと環境が与えた影響や作業内容の過不足を観察し、3D ペンを用いた創作活動を支援する環境として確立させる。

### 参考文献

- [1] 3Doodler. What will you create? WobbleWorks, Inc. 2015.
- [2] Yue, Y.-T. et al. WireDraw: 3D Wire Sculpturing Guided with Mixed Reality. In Proc. of CHI '17, pp. 3693–3704, 2017.