

## Felting Deposition Modeling:

# フェルティングニードルを用いた羊毛フェルト 3D プリンタ

野崎 玲那\* 高橋 治輝† 宮下 芳明†

**概要.** 羊毛フェルトとは、羊毛やアクリルなどの繊維をフェルティングニードルと呼ばれる特殊な針で繰り返し刺し、任意形状を作成する手芸である。しかし、この手芸は初心者では想定通りの 3D 形状の造形が難しいこと、単調な作業が長く続くことなどの問題点がある。そこで、本研究では布状の綿を、針をすばやく抜き刺しする機械を用いて刺し固めながら積層する 3D プリンタ Felting Deposition Modeling を提案する。本稿では、本手法を用いて実際に簡単な形状の造形物を造形し、必要な条件及び適切な造形パスの条件を考察した。

## 1 はじめに

羊毛フェルトとは、羊毛やアクリルなどの繊維を、フェルティングニードル（以下、針）と呼ばれる特殊な針で繰り返し刺し、任意の形状を作成する手芸である。この手芸はいくつか問題点がある。まず、初心者では大きさや左右を揃えるなどの想定通りの 3D 形状を造形することが難しい。また、針を抜き刺しする単調な作業が長く続く。羊毛フェルトの中には、おおよその形を型抜きしたスポンジを芯に、そこにフェルトを刺して造形するまきまきフェルト<sup>1</sup>という手法も存在する。しかし、芯材が羊毛フェルトの素材とは遠い上、任意形状での造形はできない。

そこで、本研究では、布状の綿のある面に対して必要な位置を針で刺し固めながら積層する 3D プリンタ Felting Deposition Modeling を提案する。本稿では、本手法を用いて実際に単純な造形物を造形し、本手法で造形する際に必要な条件及び適切な造形パスの条件について考察した。

## 2 Felting Deposition Modeling

### 2.1 システム構成

本稿では、既存の 3D プリンタ (Reprap i3 P802M) のヘッドに、針をすばやく抜き刺しする機械であるニードルプランギングマシン (図 1 左) を接続することで本手法を実現した (図 1 右)。これは、モータで歯車を回転させ、そこにつながったパーツを上下させて針を動かす構造をしている。

針は一定の速度で単振動し、その往復周期は電源 4.5 V の時 0.13 秒、振幅は 15 mm である。モータにはスイッチと DC ジャックが接続されており、ス

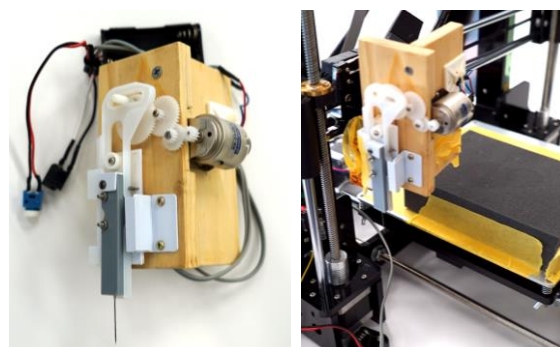


図 1 ニードルプランギングマシン (左) 3D プリンタに接続した様子 (右)

イッチを押している間のみ針が上下する。また、針先に負荷を加えると折れる可能性があるため、3D プリンタのベッドには羊毛フェルトの作業台 (Clover パンチャー用スポンジマット 58-594) を固定する。素材の綿は、キルト綿のバイリーン KNF-950 を縦に裂き、厚さを 7 mm 程度にして使用した。

### 2.2 モデルデータ

本稿では、Processing を用いて 3D プリンタの制御言語である G-code を作成した。本手法では、針を刺した点からその密度を上げるように綿を固める方法でないと造形できない。よって、熱溶解積層方式で一般的な外枠の後に中を埋めるパスではなく、面の中心から外枠に向かって埋めた後、外枠を固めるパスを作成した。今回は中を埋める方法として、アルキメデスの螺旋を用いた (図 2①右)。加えて、作業台の分の Z 座標の底上げを行い、ヘッドの移動速度は一律に分速 760 mm にした。また、綿の装填、除去の作業を行うため、1 層造形するたびにプリンタのヘッドを持ち上げてから再び下ろす動作を加え

Copyright is held by the author(s).

\* 明治大学総合数理学部先端メディアサイエンス学科

† 明治大学総合数理学部

<sup>1</sup><http://makimakifelt.petit.cc/muscat2b/> (2018年7月23日確認)

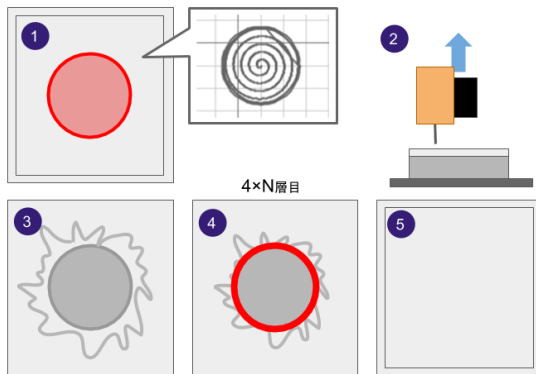


図 2 造形の流れ

た(図 2②). 周囲の綿を剥がすと固めた部分の端に繊維が残ってしまう. それを抑えるために, 4 層造形して綿を除去するたびに 4 層目の枠のパスを加えている(図 2④). こうすることで, 輪郭がはっきりと残る.

### 2.3 造形手順

本稿では, 事前に適切な大きさに切り分けた綿を用意して造形を行う. 綿を用意した後, STL データから上記の条件を付加した G-code を作成し, 綿を作業台の上に乗せ造形を開始する. ユーザは手作業で綿を作業台の上に乗せ, 一層造形した後(図 2①), ヘッドが上昇する間(図 2②)に上層の余分な綿を剥がし(図 2③), 新しい綿を積層する(図 2⑤)手順を繰り返す. 綿の除去を行う理由は, 針で刺し固めた綿の厚さとそうでない綿の厚さが異なり, 残すと針が引っかかってしまうためである. また, 最下層を 0 として 10 層に一度綿を残す. この残した綿は造形後に手作業で剥がし, 取り除く.

## 3 造形例

底面の直径 31mm, 高さ 8mm の円柱のデータを入力して造形を行った結果を図 3 左に示す. 造形にあたり, ヘッドの移動速度調節を行っている. これは, 針を折らないため, また本手法では造形スピードが速すぎると造形することができないために行った. 造形結果の底面の直径は約 40mm, 高さは約 11mm であった. 造形物にはある程度の柔らかさがあり, 曲げる, 押し込むなどの変形を行うことができる(図 3 右). 造形物の周りには, 綿を除去した際に取り切れなかった繊維が 5~10mm ほど残っているが, 造形物の形状の視認を大きく阻害するほどではない.

## 4 関連研究

Hudson は毛糸状の繊維をストローク状に引きながらフェルティングニードルを用いて刺し固め, 3D



図 3 造形例(左) 造形物を曲げた様子(右)

造形物を作成する手法を提案した[2]. この手法はサポートが使用できないため造形可能な形状に制限がある. Peng らは, 片面にアイロン糊を貼ったフェルトを用いる造形手法を提案した[1]. レーザカッターを用いてフェルトから面を切断した後に, フェルトを積み重ねてアイロンを用いて貼り合わせ, 3D 造形物を作成する. しかし, アイロン糊のような素材には針が刺さりにくいいため, この手法は羊毛フェルトへの使用には向かないと考えられる.

## 5 議論と展望

本手法では, 造形途中及び造形後に造形物周囲の余分な綿の排除が求められる. これに関しては, 未だに先行研究でも指摘されているコストである. また, FDM 方式 3D プリンタと同様に造形後に細部の手直しが必要である. そのため, 今後も解決法を検討する. また, 入力データに対する出力データの形状の差が存在するが, これは G-code を作成する段階で調節できるだろう.

本手法は, 将来的にサポートが必要になるような複雑な造形物の作成が可能と考えられる. これにより, ふわものにゆインタフェース[3]のような柔らかいインタフェースの造形, 機能拡張なども期待できるだろう. 現在, 綿の装填や除去の自動化を検討している. また, 必要なパラメータについてより詳細な調査を行い, 造形精度の向上を目指す. 本研究では, 最終的に手作業による羊毛フェルトの品質を目指している.

### 参考文献

- [1] Peng, H., Mankoff, J., Hudson, S. and McCann, J. A Layered Fabric 3D Printer for Soft Interactive Objects. In *Proc. of CHI'15*, pp.1789-1798, 2015.
- [2] Hudson, S. Printing Teddy Bears: A Technique for 3D Printing Soft Interactive Objects. In *Proc. of CHI'14*, pp.459-468, 2014.
- [3] 富永祐衣, 塚田浩二, 椎尾一郎. フェルト羊毛を用いた電子手芸手法の提案. 研究報告ユビキタスコンピューティングシステム, Vol.2012-UBI-33, No.16, 2012.