

3Dプリンタを用いた織物拡大モデルの生成

Generation of the Fabric Magnification Object using 3D Printer

太田 幸一

Kouichi OHTA

Abstract

The system which generated a three-dimensional molding thing using 3D printer by the fabric three dimensions model data which I made by fabric three dimensions modeling system was built. The fabric expansion model printed out can be used for education and research and development. The fabric structure is not confirmed without a loupe or a microscope spreading with the normal fabric, and using means to observe. However, the fabric expansion model printed out does not use special means, and structure is confirmed in vision by the naked eye.

Keywords: 織物構造、シミュレーション、CAD、ラピッドプロトタイピング

1. 緒言

織物は複数の糸を交錯して構成されている。この交錯のパターンにより複雑な立体形状を発現する。また、織物の構造は使用される糸の素材、糸密度、織物組織など様々な要因で大きく変化する。従って、織物の理解のためには組織による織物構造の変化について理解が必要となる。しかし、組織図や織物規格から織物の立体構造を把握することは難しく、必要とされる立体構造をもつ織物を設計するには、相当の経験と知識を要する。現状においては繊維産業やアパレル産業の従事者向けの教育用書籍では Peirce のクリンプ理論 (Crimp Theory)¹⁾を織物構造の基本的な理論として紹介するにとどまっており、組織図や織物規格から織物の立体構造を把握することについては多くの経験に基づく知識が必要となるのが現状である。他方で近年の織物設計では、アパレル製品の快適性や機能性に高度な設計技術が必要とされており、繊維産業向けの CAE の実現が古くから求められてきた。これらの繊維産業向けの CAE の要求に対応するため、以前の研究^{2~10)}において、織物組織図の情報から織物三次元モデルを作成する手法について検討を行い、当手法を用いて織物三次元モデリングシステムを開発。糸の物性と織物の設計条件から織物の基本構造単位についての 3 次元モデルの生成を可能とした。また、織物三次元モデル生成手法をプリプロセッサとして用いることで、汎用解析ツールを用いた織物の各種特性の解析が可能となることから、CAE 汎用解析ツールのプリプロセッサとして応用する手法¹¹⁾についても検討を行った。

一方、1980 年に小玉が光造型法¹²⁾を開発して以来、三次元 CAD データを元に立体を造形する 3D プリンタの研

究開発が進んでおり、現在では低価格化により個人レベルにおいても手軽に三次元造形物が作成できるようになっている。中空形状や複雑な内部形状を持つ造形物が制作可能なため、製品試作などの場面で多用されている。3D プリンタでの造形物生成は一般的な三次元 CAD データが準備されれば可能であることから、CAE 汎用解析ツールのプリプロセッサへの応用で開発した変換プログラムを用いれば、織物三次元モデルデータを 3D プリンタで出力することが可能となる。また、拡大出力も可能であるため、通常はルーペ、顕微鏡などを用いなければ確認することができない織物構造についても、拡大した状態で構造を確認することが容易となる。

本研究では、3D プリンタを用い、織物三次元モデリングシステムで作成した織物三次元モデルデータを三次元造形物として生成するシステムを構築し、織物の微小構造を把握するための織物拡大モデルを教育・開発用に提供する手法について検討を行った。

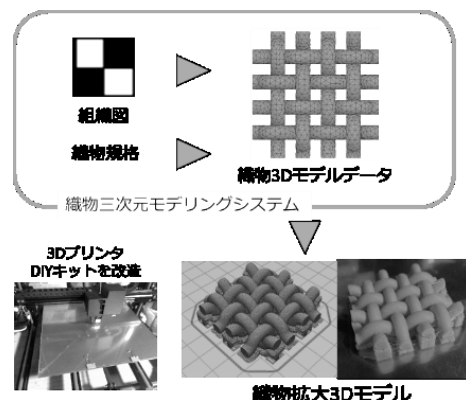


図1 開発システム概要

2. 3Dプリンタの導入と改造

前段階として、3Dプリンタを導入し動作確認を行うとともに、織物三次元モデル出力用に改良を行った。3Dプリンタは低価格で導入できることから部品組み立て式の製品（J&T 製 JT-28-004）を選択した。3Dプリンタの仕様を表1に示した。また、3Dプリンタ制御データへの変換は Repetier-Host ver.2.13 を、制御データ作成時におけるスライサーには Slic3r ver.1.3.1 を用いることとした。

なお、本3DプリンタはPLA（ポリ乳酸）やABSの他、ポリカーボネート、炭素繊維含有PLAなど様々な3Dプリンタ用樹脂を用いて立体物を成型することが可能であるが、本研究では比較的安価で低温で成型することができるPLAフィラメントを用いることとした。

表1 3Dプリンタ仕様

プリント方式	FDM
最大造形サイズ	310×310×410mm
プリント積層間隔	0.05 ～ 0.3mm
最大プリント速度	120mm/s
フィラメント直径	1.75mm
ノズル直径	0.4mm
押出最高温度	260℃
プラットフォーム最高温度	100℃

調整後、テスト出力を行ったところ、造形物のプラットフォームベッド面からの剥離が頻出した。原因としてノズルとプラットフォームベッド面とのクリアランス調整不足が考えられることから、図2に示すようにノズル部にタッチセンサーモジュール(Osoyoo 製)を設置、ワンボードマイコン（Arduino SRL 製 Arduino Uno R3）を経由して本体と接続し、ノズル先端とプラットフォームと間隔が0.1mmとなるように自動調節する機能を追加した。

3. 3Dプリンタによる糸立体モデルの出力

予備実験として、織物中の糸の形状が三次元立体物として出力可能かを確認するため、糸単体でのデータについて三次元拡大モデルの生成を実施した。織物規格として糸番手メートル番手45番（直径約0.14mm相当）糸密度タテヨコとも100本/inch(カバーファクター $K_f=22$ 相当)の平織組織について、織物三次元モデリングシステムで糸単体のモデルデータを作成し、STLファイル変換ソフトでファイル変換を行い、拡大倍率80倍の3Dデータを作成し、3Dプリンタによる出力を行った。3Dプリンタの出力条件は積層数78層、層厚さ0.2mmで実施した。出力結果を図3に示した。出力された造形物について、糸モデルの下部か

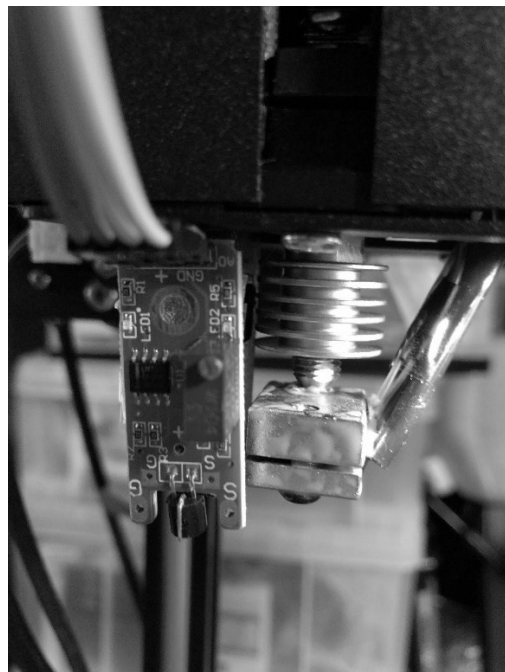
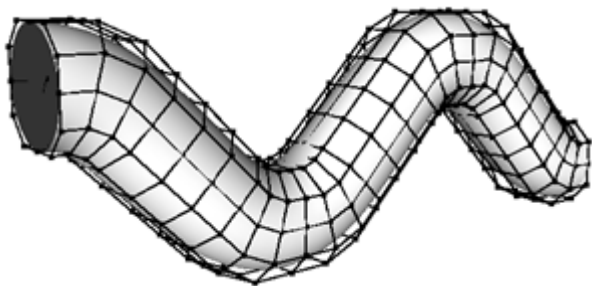


図2 ノズルヘッド部に増設したセンサ

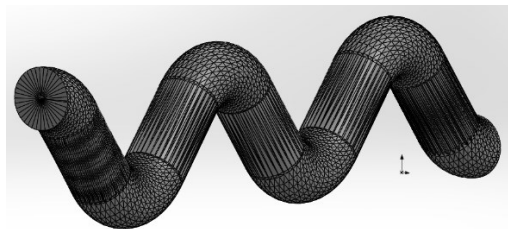
らわずかにはみ出している部分は樹脂出力時においてプラットフォームと造形物間の剥離を防ぐために出力されるサポート材で、除去して使用する。出力された造形物は元の三次元データを反映しており、Peirceのクリンプ構造を正確に造形化していることが確認できた。

4. 3Dプリンタによる織物立体モデルの出力

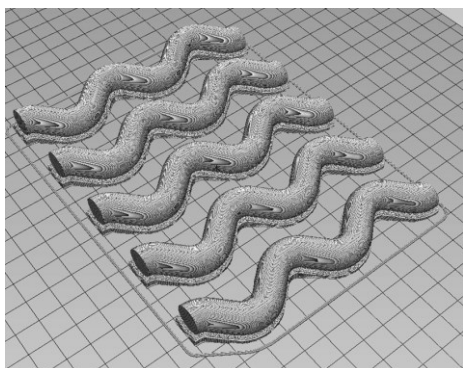
実際の織物データについて三次元拡大モデルの生成を実施した。織物規格として糸番手メートル番手45番（直径約0.14mm相当）糸密度タテヨコとも100本/inch(カバーファクター $K_f=22$ 相当)の平織組織について織物三次元モデリングシステムでモデルデータを作成し、STLファイル変換ソフトでファイル変換を行い、拡大倍率60倍の3Dデータを作成し、3Dプリンタによる出力を行った。3Dプリンタの出力条件は積層数62層、層厚さ0.2mmで実施した。織物の三次元データはそのまま出力した場合プラットフォームとの接触面積が小さいため造形物の剥離が発生しやすいと考えられるため、ブリムとラフトと呼ばれるサポート材の出力条件値をやや大きめ（Brim width=3, Raft layers=5, Overhang threshold 50）に変更することで安定した出力が可能となった。出力結果を図4に示した。出力された造形物について、モデルの下部のサポート材が多く付着しているが、大部分が手で容易に取り除くことができ、出力された造形物は元の三次元データを正確に造形化していることが確認できた。これにより、織物三次元モデリングシステムで作成した織物三次元モデルデータを三次元造形物として生成することが可能となった。



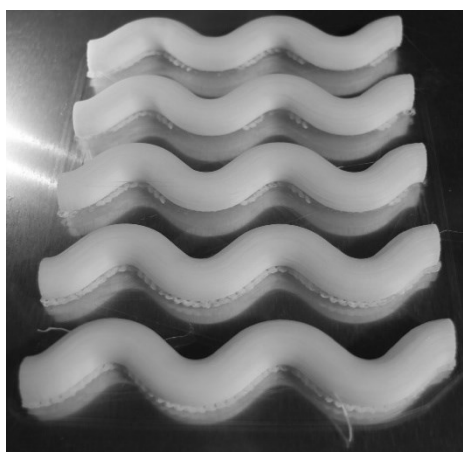
(a) 織物三次元モデリングシステム生成データ



(b) STL形式に変換した3Dデータ

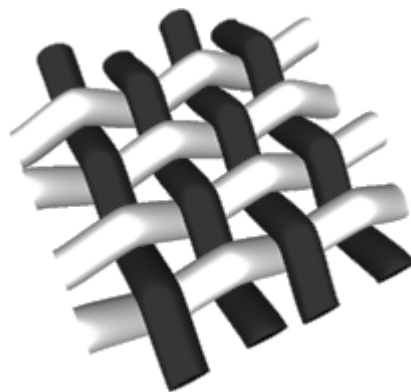


(c) 3Dプリンタ制御用データ

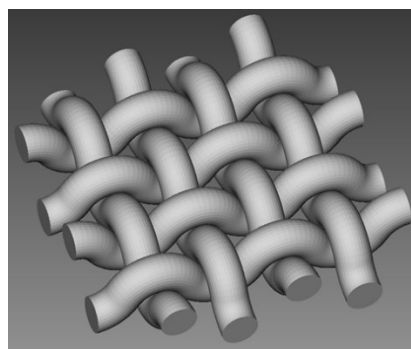


(d) 3Dプリンタ出力結果

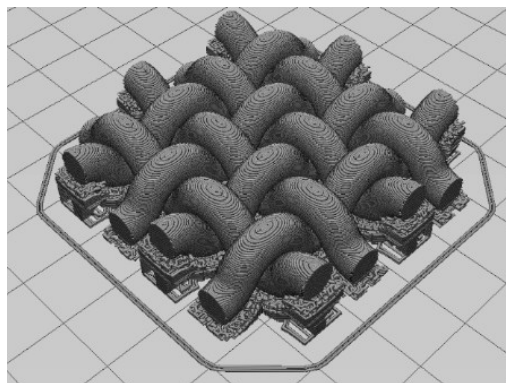
図3 糸モデルの3Dプリンタ出力結果



(a) 織物三次元モデリングシステム生成データ



(b) STL形式に変換した3Dデータ



(c) 3Dプリンタ制御用データ



(d) 3Dプリンタ出力結果

図4 織物モデルの3Dプリンタ出力結果

5. 評価と改良

作成した平織組織の織物拡大モデルはぎふメディアコスモス・みんなのギャラリー2で開催された「村上真知子教授退任記念展・ファッション専修教員合同作品展」(平成30年12月27日(木)～12月30日(日))において展示し、一部の来場者に対してヒアリングを行った。

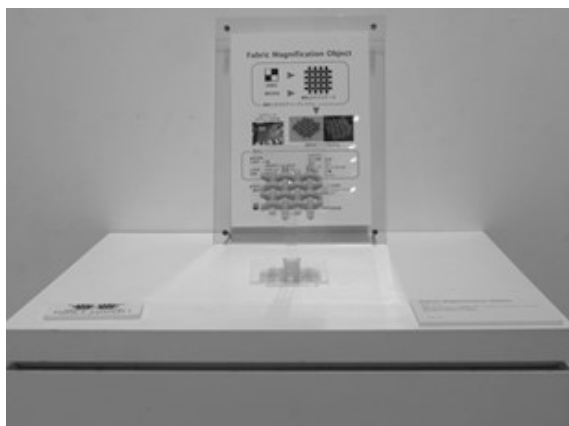


図5 作品展による展示

ヒアリングの結果、織物構造が判りやすいとの意見が多く得られたが、織物の三原組織だけでなく、多重織物などの構造が非常に複雑な織組織や、ニットの構造についても出力できるようになるとよいとの意見を受けた。また、実際の織物と比較して空隙や厚みが誇張されているとの指摘を受けた。これについては Peirce のクリンプモデルは糸断面を真円として扱っているため、Kemp モデル¹³⁾など糸断面を扁平断面として取り扱うモデル適用することで対応可能である。Kemp モデルでの出力結果を図6に示した。

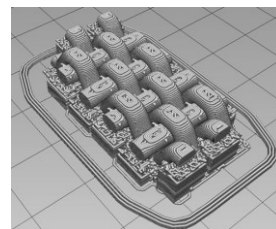
6. 結言

本研究では、織物三次元モデリングシステムで作成した織物三次元モデルデータを、3Dプリンタを用いて三次元造形物を生成するシステムを構築した。これにより織物の微小構造を把握するための織物拡大モデルを作成することが可能となった。

本システムで生成した織物拡大モデルについては、教育用ツールとしての活用することが考えられる。今後は生活材料学などの講義において、活用するとともに、出力モデルは糸間の空隙などを拡大して構築されているので、粉体などとの組み合わせで通気性や防塵性の評価などの研究用ツールとしての活用が考えられ、今後各ツールとしての評価を行っていく計画である。



(a) 織物三次元モデリングシステム生成データ



(b) 3D プリンタ制御用データ



(c) 3Dプリンタ出力結果

図6 Kemp モデルの3Dプリンタ出力結果

文献

- 1) F. T. Peirce, J. Text. Inst., **28**, T45 (1937)
- 2) 太田幸一：繊維機械学会誌, **57**, T81 (2004)
- 3) 池口達治, 太田幸一：愛知県産技研研究報告, **4**, 188 (2005)
- 4) 特許第 479394 号
- 5) 太田幸一：学位論文, 金沢大学, (2005)
- 6) 太田幸一, 池口達治：愛知県産技研研究報告, **4**, 192 (2005)
- 7) 特開 2006-100230
- 8) 太田幸一, 池口達治：愛知県産技研研究報告, **5**, 178 (2006)
- 9) 特開 2008-242516
- 10) 特許第 5050145 号
- 11) 太田幸一：岐阜市立女子短期大学研究紀要 **68**, 79 (2015)
- 12) 小玉秀男：電子情報通信学会論文誌, C 64 (4), 237 (1981)
- 13) A. Kemp, J. Text. Inst., **49**, T44 (1958)

(提出日 平成31年1月8日)