

# 泡を用いた 3D プリンタのための泡エクストルーダの検討

江川 美帆<sup>1</sup> 伊藤 弘大<sup>1</sup> 藤田 和之<sup>2</sup> 北川 玲音<sup>3</sup>  
前田 竜矢<sup>4</sup> 伊藤 雄一<sup>1</sup>

青山学院大学 理工学部情報テクノロジー学科<sup>1</sup> 東北大学 電気通信研究所<sup>2</sup>  
大阪大学 大学院情報科学研究科<sup>3</sup> 青山学院大学 大学院理工学研究科<sup>4</sup>

## 1. はじめに

近年, 3D プリンタの需要が高まっている一方で, 材料費の高さやフィラメントが高温になることによる火傷の危険性, そして特に生成時間の長さが課題とされている.

そこで本研究では, 人体に害のない安価な水・グリセリン・洗剤で作った泡で 3D オブジェクト作成する, 泡を用いた 3D プリンタの実現を目指す. 泡は, 流路・流動性や剤の性質までを考慮すると, より立体的で細かな造作泡を作成できる[1]. 本稿では, 泡の出力速度を動的に制御することで, オブジェクト作成に最適な泡を形成する泡エクストルーダの実装について検討する. 具体的には, モータによるポンプで構成された泡の生成モジュールを, PWM 制御することで, 泡の出力速度を制御する. 設定した泡を形成するエクストルーダのプロトタイプを実装し, 泡生成機能を評価する.

従来の 3D プリンタとは異なる手法や材料で 3D オブジェクトを作成する研究が発展している. このような研究として, Suzuki らはピンベースの形状ディスプレイを活用し, 動的にブロックを組み立てる 3D プリンタとして”Dynablock“を提案している[2]. ブロックをアレイ状に並べ, ブロックを下から押し出し隣接するブロックと接続することにより 3D オブジェクトを生成する. ブロックの接続には磁石を用いているため, サポート材が不要である. Dynablock では, 層ごとに複数のブロックを同時に積層する. これにより, オブジェクト作成にかかる時間を短縮でき, 危険を伴わず安全にオブジェクトを生成できる. 一方で材料費の高さが問題点としてあげられる. 本研究の泡を用いた 3D プリンタでは水・グリセリン・洗剤で作った泡で安価なオブジェクトを生成することができる.

## 2. 提案システム

提案システムを構成する泡エクストルーダのハードウェアとして, 「あわモコ 3D ペン (シャ

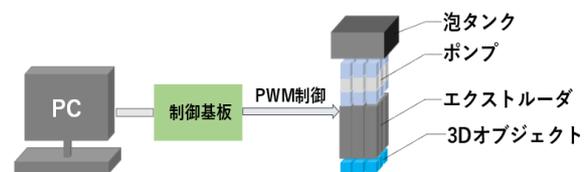


図1: デバイスの全体像

イン製) 」という内部に泡エクストルーダが搭載されている装置を用いる. あわモコ 3D ペンは, スイッチを押している間, モータによりポンプが駆動し, 泡を生成することができ, 泡生成部を取り出して泡エクストルーダとする. 提案システムのプロトタイプは, 図1に示すようにPC・制御基板・あわモコ 3D ペンにより構成される. 泡エクストルーダを制御基板に接続し, PWM制御により, 泡の出力速度を動的に制御する.

## 3. 泡エクストルーダの最適駆動時間と電圧の選定

### 3.1 実験目的・概要

泡を用いて 3D オブジェクトを作成するために, 生成される泡の大きさを定量的にコントロールすることが必要不可欠である. 本研究で目指す泡を用いた 3D プリンタでは, 泡エクストルーダを平面上に複数台アレイ状に配置してオブジェクトを生成することを考えており, オブジェクトの底面の大きさは泡エクストルーダを縦, 横に並べる台数で調整できる. 一方で, 高さは, 泡エクストルーダの特性や電圧, 駆動時間, 泡の素材等によって左右される. また, オブジェクトの生成の安定化や実用性を考えると, 体積の時間変化の小さい泡の生成が重要である. そこで, 泡エクストルーダにかける電圧と, その時に生成される泡の幅と高さを, 時間と共に計測する実験をした.

### 3.2 実験手順

泡エクストルーダにかける電圧(1.0V・1.5V・2.5V)と駆動時間(1秒・3秒・5秒間)を変化させ, 泡を積層させた. この時, 泡エクストルーダを駆動すると同時に泡が吐出するようにした. なお, 泡エクストルーダの駆動電圧は 5.0V を PWM制御によって変化させ供給した. 生成した泡の大きさをそれぞれ定規を使い測定した. また, 1

A Study for Development of a Foam Extruder for 3D printer with Soap Foam  
Miho Egawa, Kodai Ito, Kazuyuki Fujita, Reo Kitagawa, Tatsuya Maeda, Yuichi Itoh  
1,4 Aoyama Gakuin University, 2 Tohoku University, 3 Osaka University

時間後の泡の大きさも同様に測定した。使用した溶液は先行研究で泡の持ちが最も良かった、水・グリセリン・洗剤を 5:5:1 の割合で配合したものを、50 回攪拌した後、温度は 20 度に保った。なお、実験時の室温は 24 度、湿度は 40 ~50%だった。

### 3.3 実験結果・考察

生成直後と 1 時間後の泡の幅の変化を表 1 に、生成直後と 1 時間後の泡の高さの変化を表 2 に示す。また、最も泡の大きさの変化が多い 1.0V を 1 秒間駆動した泡と、最も泡の大きさの変化が少ない 1.5V を 3 秒間駆動した泡の写真を図 2 に示す。また、最も泡の大きさの変化があった 1.0V 最も高さの変化が少ないのは 1.5V を 3 秒間駆動させたときの泡で、1 時間後の泡の高さは、生成直後のものと比較して 100%の大きさを保っていた。この時、幅の大きさの変化は、生成直後のものと比較して 93%の大きさを保っていた。一方で、最も幅の大きさの変化が少ないのは 2.5V を 5 秒間駆動させたときの泡で、1 時間後の泡の幅の大きさは、生成直後のものと比較して、98%の大きさを保っていた。この時、高さの大きさの変化は生成直後のものと比較して、80%の大きさを保っていた。先述したように、本研究では直径の大きさの変化よりも高さの変化がより少ない方を重視する。そのため、本研究で目指す泡を用いた 3D プリンタでは 1.5V を 3 秒間駆動させて積層する泡をメタボールとして、平面上に複数台配置した泡エクストルーダで 3D オブジェクトを生成することが最適だと考えられる。

表 1:生成直後と 1 時間後の泡の幅の変化

電圧(V)	秒数(s)	生成直後の泡の幅(mm)	1時間後の泡の幅(mm)	残りの割合
1	1	12	5	42%
	3	18	17	94%
	5	21	18	86%
1.5	1	19	18	95%
	3	30	28	93%
	5	34	31	91%
2.5	1	30	24	80%
	3	38	25	66%
	5	44	43	98%

表 2:生成直後と 1 時間後の泡の高さの変化

電圧(V)	秒数(s)	生成直後の泡の高さ(mm)	1時間後の泡の高さ(mm)	残りの割合
1	1	9	2	22%
	3	11	7	64%
	5	14	11	79%
1.5	1	10	8	80%
	3	16	16	100%
	5	18	18	100%
2.5	1	11	8	73%
	3	23	16	70%
	5	25	20	80%

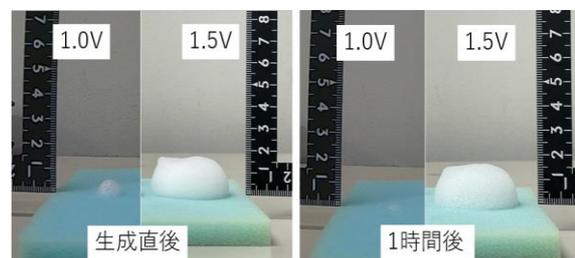


図 2: 最も泡の大きさの変化が多い結果(左写真)と最も泡の大きさの変化が少ない結果(右写真)

### 4. おわりに

本研究では、泡を使った 3D プリンタの実現において最も高さの時間変化が少ない泡が生成できる泡エクストルーダの駆動電圧と駆動時間の調査をした。本研究の泡を用いた 3D プリンタでは泡の高さの変化がより少ない方を重視する。そのため、生成直後と 1 時間後の泡の高さを比較したときに 100%の大きさを保ち、生成直後と 1 時間後の泡の幅を比較したときに 93%の大きさを保っていた、1.5V を 3 秒間駆動させた泡が最適であると考えた。今後は、泡エクストルーダを平面上に複数台配置しこの泡をメタボールとして 3D オブジェクトを生成する、3D プリンタのプロトタイプ実装と評価を行う。

### 謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 20H04228 の助成を受けた。

### 参考文献

- [1] "花王 - 新たな「楽しさ」を生み出す、3D 泡形状付与技術のご紹介 - ", (参照 2021-01-02).
- [2] [https://www.kao.com/jp/corporate/news/rd/2018/20180607-001/Ryo Suzuki, Junichi Yamaoka, Daniel Leithinger, Tom Yeh, Mark D. Gross, Yoshihiro Kawahara, and Yasuaki Kakehi.](https://www.kao.com/jp/corporate/news/rd/2018/20180607-001/Ryo_Suzuki, Junichi_Yamaoka, Daniel_Leithinger, Tom_Yeh, Mark_D._Gross, Yoshihiro_Kawahara, and Yasuaki_Kakehi.) "Dynablock: dynamic 3d printing for instant and reconstructable shape formation", in *Proceedings of the 31st Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, UIST '18, p. 99-111, New York, NY, USA, 2018.