

1. 担当 PM

稲見 昌彦（東京大学 先端科学技術研究センター 教授）

2. クリエータ氏名

片倉 翔平（明治大学 大学院）

3. 委託金支払額

2,304,000 円

4. テーマ名

3D プリントするオブジェクトの動きを 3D プリンタ上で表現するためのソフトウェアプラグイン

5. 関連 Web サイト

なし

6. テーマ概要

本プロジェクトでは、3D プリントするオブジェクトの動きを 3D プリンタ上で表現するためのソフトウェアプラグイン『Functgraph』を開発した。

現在、3D プリンタは主に CAD 上で製作したオブジェクトやインターネット上でダウンロードしたオブジェクトを出力することに使われている。本プロジェクトでは、FDM（熱溶解積層法）方式の 3D プリンタを使い、プリンタに内蔵されたアクチュエータでプリントしたオブジェクトを動かすことや、プリントするタイミングを分割することによってオブジェクトの時間変化を表現する。これらを実現するため、プリントするオブジェクトの動きをデザインする機能と、そのオブジェクトとインタラクション可能にするための機能を 3 次元 CAD ソフトウェアのプラグインとして実装した。

本プロジェクトによって、3D プリンタが 3 次元のオブジェクトを印刷する機械としてだけでなく、インタラクション可能なメディアとして拡張されることを期待した。

7. 採択理由

3D プリンタはプロトタイプ思考のためのハードルを飛躍的に下げたシステムであり、現在各所で活用されている。本提案は 3D プリンタのアクチュエータを用いることで、形状のプロトタイピングだけでなく、動作のプロトタイピングにまでチャレンジしている点に新規性はある。動きのプロトタイピングとして素材そのものの伸縮を用いた、いわゆる 4D プリンタに関する研究も見られる。本提案は機器や動作の汎用性が挑戦的であるものの、より多様な動きをインタラクティブに設計しようとしている点に新規性が認められるため採択した。

8. 開発目標

本プロジェクトの目的は、動きや機能を含むオブジェクトのファブリケーションを一台の 3D プリンタで行えるようにすることである。静的なオブジェクトだけでなく動きや機能も共有可能にする。そのために、3 軸の直交ロボットという特徴を持つ 3D プリンタを、動きと機能の再生装置として再設計することにある。

9. 進捗概要

開発は、3D プリンタを動きと機能の再生装置として再設計するというコンセプトの元行なった。このコンセプトを満たす要件を以下の様に定義する。

- 物質の生成（印刷）に人の介入がない。印刷後にサポート材を取り外すといったことを行う必要がない。
- 印刷物が印刷後すぐに動くことができる。

これら要件を満たすために以下の 3 つの内容に関して研究と開発を行なった。

- エンドエフェクタが着脱可能な 3D プリンタの設計
- 動くものを一度で出力するための新しい造形手法の開発
- 動きを設計するソフトウェアの実装

エンドエフェクタが着脱可能な 3D プリンタの設計

本プロジェクトでは、3D プリンタであるという特徴を生かし、エンドエフェクタを印刷しそれをプリンタ自体が取得するという方法で 3D プリンタの機能を変える。これによって人間の介入なしに 3D プリンタの機能を変えることができる。本プロジェクト期間内では、エンドエフェクタのデザインとそれを着脱可能な 3D プリンタのアタッチメントを設計した（図 1）。

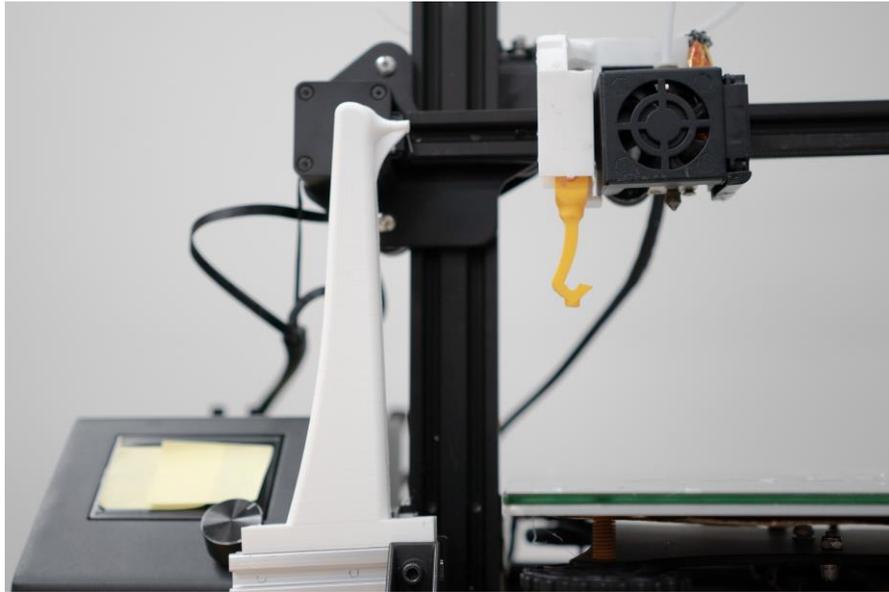


図 1. エンドエフェクタを取り外しできるアタッチメントを装着

動くものを一度で出力するための新しい造形手法の開発

印刷後すぐに動かすためには、印刷するオブジェクトが動くことが可能でなくてはならない。しかしながら、FDM 3D プリンタを用いた一般的な造形方法では、中空を含むオブジェクトの場合サポート材を用いなければうまく印刷することが難しい。そこで、動くものを一度で出力するための新しい造形手法を探索、開発した。

開発した造形手法は以下の 5 つである。

1. フィラメントの垂れを利用した中空印刷
2. 剥がす剥がさないの設計
3. 橋渡し
4. 破壊可能なサポート材 (図 2)
5. 組み立て : Hinge, Slide (図 3)

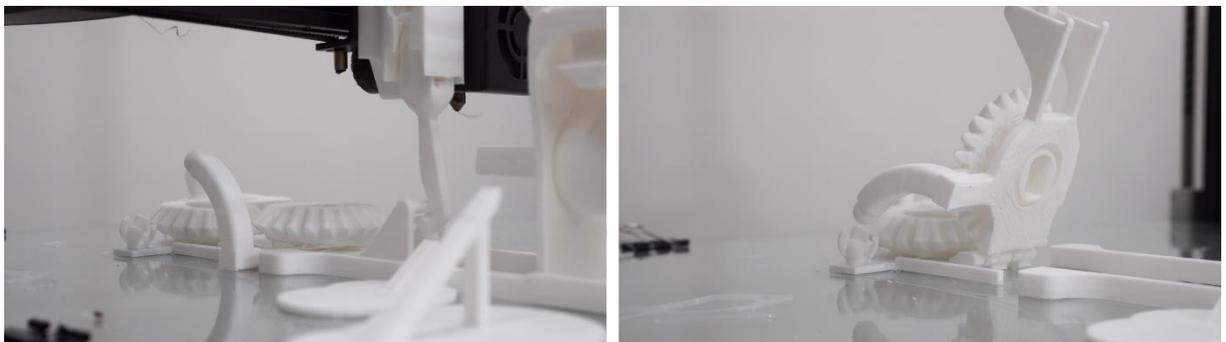


図 2. 印刷したサポート材を破壊する様子

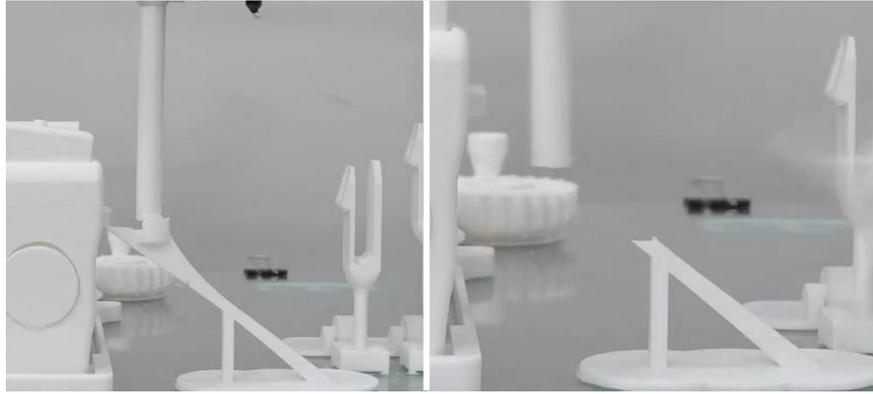


図 3. 3D プリンタによるベベルギアの組み立て

動きを設計するソフトウェアの実装

設計者が稼働可能なオブジェクトをデザインした後印刷→組み立て→稼働を 3D プリンタでシームレスに行うための G-code を生成することである。デザインソフトウェアは、Rhinceros の Grasshopper のコンポーネント群として製作した (図 4)。

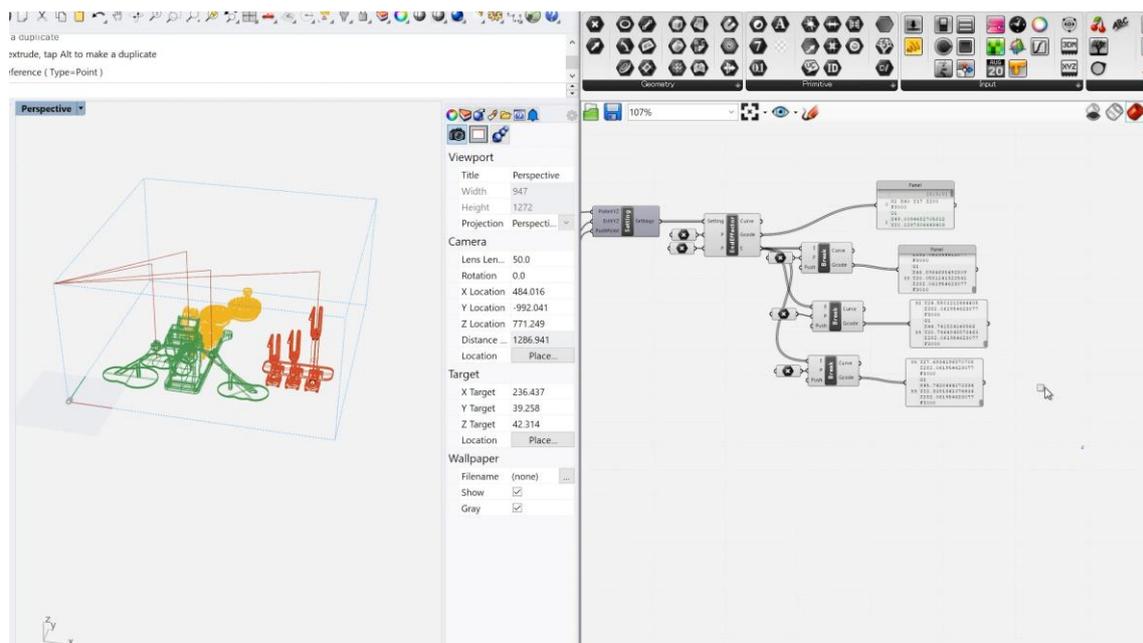


図 4. デザインソフトウェア

製作例

これら開発によって図 5、図 6、図 7 のような動きのあるオブジェクトを製作した。



図 5. オートマタ



図 6. マジックハンド

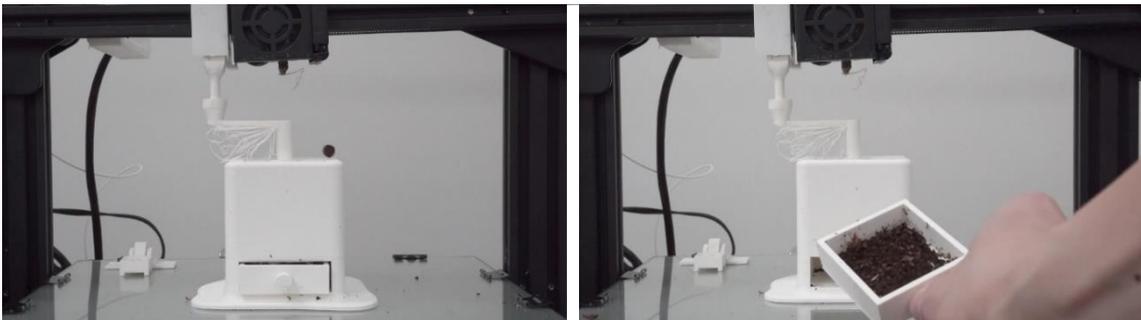


図 7. コーヒーミル

10. プロジェクト評価

当該クリエイターは 3D プリンタ周りのハード周りの設計から、制作者向けのソフトウェアまで一気通貫して行っている。また、様々な試行錯誤を通じて 3D プリンタの新たな潜在能力を光学的実装により示している。これらの能力は同世代の研究者・技術者と比較しても極めて高く、プロジェクトも当初の期待以上に成果が出たと判断する。

11. 今後の課題

本プロジェクトの成果は、制作物ではなく、「機能」まで印刷可能な 3D プリンタという新たな見立てである。そしてそのコンセプトは、十分な完成度のプロトタイプにより示されたと考える。今後はこのコンセプトを広めフォロワーを

増やすこと、そして開発者やユーザのコミュニティを構築することが課題となると考える。