

多軸 3D プリンタ用汎用スライサーの開発

—魔法使い(MAGE)のような多軸 3D プリンタ・スライサーを手元に—

1. 背景

一般的な FFF 方式(フィラメント溶解製法)の 3 軸の 3D プリンタは、水平面内で一筆書きし、それを鉛直方向に積層していく 2.5D の動作をして造形物を印刷する。そのため、ノズル下方に既存の造形物がないと樹脂が垂れてしまうことになり、サポートやインフィルの造形が必要になる。また、斜めの曲面では等高線が出てしまったり、水平面同士の層間で層間剥離が生じてしまうことがある。

これらの課題に対応するためには、多軸の 3D プリンタの活用が有用であると考えられている。多軸の 3D プリンタでは、XYZ の位置に加え、ロール・ピッチ・ヨーの姿勢を制御することで造形自由度が向上し、これらの課題が解決できることが報告されている。

例えば、造形物においては鉛直下方に既存の造形物がないのにも関わらず、姿勢を変更することで、ノズルの先には既存の造形物を配置することができ、サポートレス・インフィルレスで印刷できる。また、斜めの曲面も、鉛直な壁面を印刷するように姿勢を制御することで綺麗な表面性状の曲面を印刷できる。さらに、層間をまたぐような別の層を形成することによって、層間強度を高めることができる。

このように多軸の 3D プリンタには様々な利点があることがわかっているが、その活用は全くもって広まっていない。この理由は、多軸の 3D プリンタを動作させるためには、多軸対応できる汎用的なスライサーが必要になるからである。現在、安価な多軸の 3D プリンタも、多軸対応のスライサーもともに存在しておらず、鶏(多軸の 3D プリンタ)が先か、卵(多軸対応のスライサー)が先か、という問題が発生している。

ここで、私は安価に製作できる多軸の 3D プリンタと、安価に使用できる多軸対応のスライサーをともに開発し、この問題をブレイクスルーした。

2. 目的

本プロジェクトでは、安価に製作できる多軸の 3D プリンタと、安価に使用できる多軸対応汎用スライサーをともに開発し、「鶏が先か、卵が先か」という問題を解決する。

その上で、多軸 3D プリンタと多軸対応スライサーの開発を促進するために、ハードウェア(多軸 3D プリンタ)に関しては、組立・調整方法を書籍という形で販売し、ソフトウェア(多軸対応スライサー)に関しては、OSS で公開し、研究開発を促進することを目的とする。

3. 製品・サービスの内容

本プロジェクトでは、多軸 3D プリンタおよび多軸対応スライサーに関して以下のようなハードウェア・ソフトウェアの開発を行った。共通し、「MAGE」という名称を与えたが、これは「Multi Axis Generative Engine」の略称である。

- 5 軸 3D プリンタ (MAGE Printer)
coreXY-BC 方式という機構を採用した 5 軸の 3D プリンタを開発した。この 3D プリンタの組立・調整方法に関しては、Kindle Direct Publishing を利用して書籍として販売した。

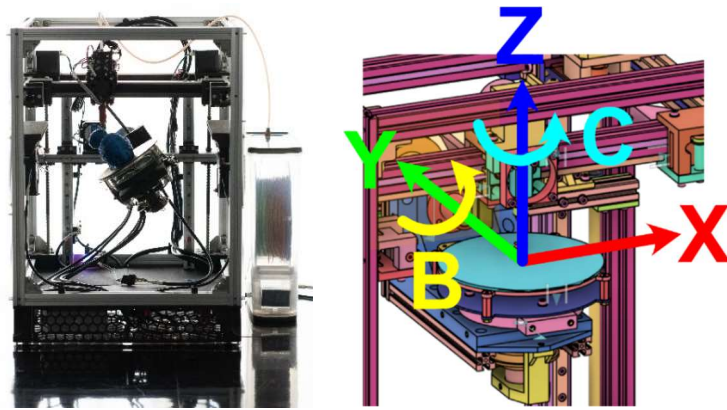


図 1. 5 軸 3D プリンタ

- 多軸対応汎用スライサー (MAGE Slicer)
NURBS 曲面を利用したスライス手法を開発した。各スライス手法でスライスした結果は、中間ファイルとして出力する。なお、この MAGE Slicer は OSS として公開した。
A) 対象物を挟み込む 2 つの異なる NURBS 曲面の間を補間する、多数の NURBS 曲面でもって対象物をスライスする (図 2)。
B) 造形物の定着を良くするためにスライスした底面を塗りつぶす。
C) ポリサーフェスを読み込み、そのサーフェスの NURBS 曲面を UV 方向で塗りつぶすスライス (図 3)。

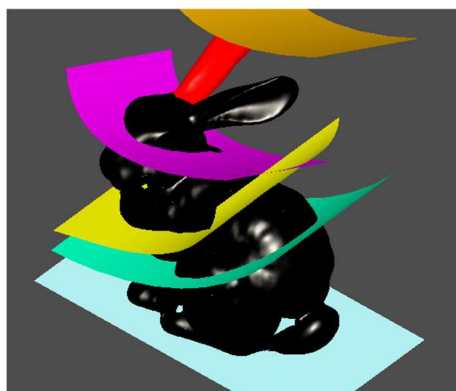


図 2. サンドイッチスライス

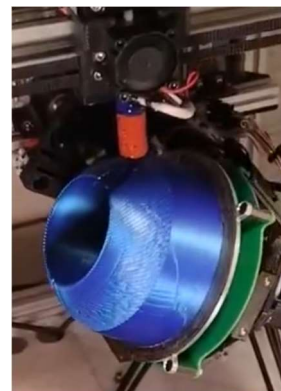


図 3. ピーラスライス

- ポストプロセッサ (MAGE Interface)

MAGE Slicer が出力した中間ファイルは、位置・姿勢・層間厚み・吐出幅が含まれたデータである。これを対象とする 3D プリンタの機構を考慮した G コードに変換する処理を行うものがポストプロセッサである。ポストプロセッサは、coreXY-BC 機構と、一般的な 3 軸の 3D プリンタに対応した。なお、このポストプロセッサは OSS として公開した。

- シミュレータ (MAGE Simulator)

一般的な 3 軸の 3D プリンタでは、2.5D の動作をするため、ヘッドが造形物に衝突するように動作することがない。対して、MAGE Printer は動作が複雑になるため、ヘッド・ノズル・造形ベッド・ベルト・造形物などが互いに衝突する危険性がある。衝突可能性を事前検証するためにシミュレータを開発した。なお、このシミュレータは OSS として公開した。

- 造形確認

開発した多軸対応汎用スライサー・ポストプロセッサの動作確認のために、幾つかのモデルを造形した。図 4 がテストとして造形したモデルである。造形モデルの選定には、曲面が多用されオーバーハングが大きな形状や、3 軸の 3D プリンタではサポート・インフィルを必要とする形状を選択した。



図 4. 造形テスト

4. 新規性・優位性

本プロジェクトにおける新規性及び優位性として、次のような点が挙げられる。

- 研究用ハードウェアとして、安価な多軸 3D プリンタを入手できるようにした。
- 層が変わるごとに、徐々に形状が変化する曲面に対するスライスを行えるため、複雑形状を印刷することができる。
- 多軸 3D プリンタを用いるためには、多軸対応スライサーの開発から必要である点が研究者に対する参入障壁となっていたが、その障壁を小さくすることができる。

これらの点によって、多軸 3D プリンタの研究・開発を促進する。

5. 事業普及（または活用）の見通し

2024 年 7 月から 2025 年 1 月までの期間、6 回の展示会・学会などで MAGE Printer 及び MAGE Slicer の展示・発表を行ってきた。この結果、多数の有識者から意見をいただき、大学・企業などにも興味を持っていただいた。今後、ハードウェアの販売、ソフトウェアの研究者の獲得につなげていく。

2024 年 12 月以降は 2 か所の大学の研究室と交流を開始した。これによって、多軸の 3D プリンタの用途開発と多軸の 3D プリンタに対応したスライサーの開発を促進していく。

6. 期待される波及効果

多軸 3D プリンタの市場は現在、数千万円ほどの高額なロボットアームを用いた市場がほとんどである。このため、研究者が多軸 3D プリンタに対する興味を覚えても参入障壁が非常に高かった。

今回、個人でも所有できる金額でのハードウェアおよびソフトウェアを開発したため、研究者の参入障壁を大幅に軽減することができた。これにより、新たな用途開発、新たな市場が形成されていくことになると思う。

7. イノベータ名（所属）

反保 紀昭（フリーランス）

（参考）関連 URL

（ホームページ：<https://mageprinting.com/>）

（書籍販売サイト：<https://www.amazon.com/dp/B0DTGR7GW4>）

（スライサーOSS：<https://github.com/gear2nd-droid/MageSlicer>）

（付帯ソフト OSS：<https://github.com/gear2nd-droid/MageSimulator>）