

# 3D プリンタの造形中もモデリング可能な インタラクティブ・ファブリケーション

高橋治輝\* 宮下芳明\*

**概要.** 本稿では、3D プリンタをデザイン創出に活用するインタラクティブ・ファブリケーション環境を提案する。提案手法は、3D プリンタの制御コードに割り込むことで未造形部分を造形中でも編集可能なため、造形と並行してモデリングを行うことができる。3D モデルに未確定の部分がある場合でも後から編集する前提で造形を開始できるため、試行錯誤のサイクルを高速化することにつながる。本手法は、これまで分離していた「モデリング」と「造形」を統合した新しいものづくり環境である。

## 1 はじめに

現在の3D プリンタは、完成されたデータを出力する装置として位置しており、3D モデルのデザインはモデリングソフトウェアあるいはそれ以前のスケッチの段階で行われる。つまり、頭の中に明確なゴールがない初期段階では3D プリンタの活躍の場が少ない。

情報創出の初期段階におけるユーザの行動に関して、中小路らは「何を創出するか、という仕様は明確ではなく、もやもやとしたゴールがあるのみ」であり「情報創出の行為と内省とを試行錯誤的に行いながら作業を進めていく」と述べている [1]。また、山本らは初期段階のユーザを支援するための枠組みとして「Representational Talkback」を提案しており「アーティファクトとして表出したものから人間へのフィードバック」が重要と述べている [2]。

3D プリンタにおいては造形が「表出」であり、造形からフィードバックを受けて試行錯誤を繰り返していく。しかし、従来の作業工程では造形完了後にモデリングやスケッチに戻る必要がある (図1)。さらに、造形時間は待機時間となっており、ユーザの創造活動を一時中断する要因になると考えられる。

本稿では、試行錯誤のサイクルを高速化する手法として、造形中に3D モデルを編集可能なインタラクティブ・ファブリケーション環境を提案する。提案手法は、3D プリンタの制御コードに割り込むことで未造形部分を造形中でも編集可能にする。これは「モデリング」と「造形」を統合した新しいものづくり環境である。

## 2 インタラクティブ・ファブリケーション

本手法は、造形中に3D モデルを編集でき、リアルタイムに造形に反映させるという仕組みを搭載し

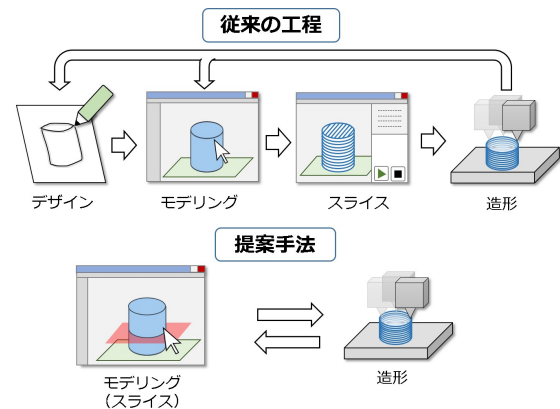


図 1. 従来工程と提案手法の工程との比較

ており、このような環境を「インタラクティブ・ファブリケーション」と呼ぶ。

インタラクティブ・ファブリケーションは、Willisらによって提案されたものづくり環境である [3][4]。特徴として、リアルタイムな入出力が可能であること、デジタル工作機器を介して彫刻や陶芸のような感覚で材料を扱えることがあげられる。これにより、材料の特性をより良く理解でき、造形物に対して創造性をリアルタイムに反映することができることとされている。同様な試みの研究として、レーザカッターをインタラクティブに制御する Interactive Construction [5] があげられる。このシステムでは、材料にレーザポインタで直接加工指示を行うという方法で制御を実現している。

従来の3D プリンタにはこのようなインタラクティブな仕組みがなく、フィードバックの反映は造形完了後に行う必要がある。したがって、情報創出のための試行錯誤の段階では3D プリンタの活躍の場が少なかった。本手法は、モデリングという試行錯誤の機会を造形中にも作り出し、3D プリンタを情報創出のためシステムの一部として扱う。

### 3 システム

提案システムの実装には、ビジュアルプログラミング言語 vvvv<sup>1</sup> を使用し、3D プリンタは熱溶解積層方式である Atom<sup>2</sup> を使用した。

#### 3.1 3D プリンタの仕組みとシステムの実現方法

3D プリンタのホストアプリケーションは、入力された 3D モデルを造形する層ごとにスライスして G-code 形式に変換する。そして、この G-code を 3D プリンタへと順次送信していくことで造形が達成される。提案システムの実装に用いた 3D プリンタ Atom は、シリアルポート通信を介して G-code を送信する仕組みになっており、任意の G-code を送信したり、未送信部分を書き換えることが可能である。この仕組みを活用して造形中の編集を実現する。なお、RepRap プロジェクト<sup>3</sup> の 3D プリンタの多くはこの仕様であるため、提案システムをこれらの 3D プリンタに適用することが可能である。

#### 3.2 システムの処理の流れ

図 2 に、提案システムの処理の流れを示す。まず、システムは造形位置の平面と積層ピッチを加えた平面を生成し、これらと入力された 3D モデルの面との交点を計算する。そして、交点から部分モデルを生成し、STL 形式で書き出す。

次に、この部分モデルをスライスして G-code へと変換する。これにはスライスソフトウェア CuraEngine<sup>4</sup> を利用し、コマンドラインから呼び出す方法でシステムと連携させた。CuraEngine は、実行時の引数として設定ファイルを読み込むことができるため、ここに積層ピッチを記述する。得られた G-code には、通常の造形時に利用される初期設定と終了設定が含まれているため、これらは事前に取り除いた。また、G-code の文末にはプリンタヘッドを 3D モデルに接触しない位置に移動する命令を書き加える。これは処理を待つ間に、プリンタヘッド付近にある造形物が溶解することを防ぐための処理である。

最後に、G-code を 3D プリンタへと順次送信していくことで造形を行う。送信が完了したら平面を積層ピッチ分だけ上昇させて次の部分モデルを生成する。部分モデルの上部には処理が及ばないため、ユーザは未造形部分に編集を加えることができる。

### 4 議論と展望

本手法によって、編集を前提として造形を開始するという 3D プリンタの活用方法が実現する。その利点として、造形途中の修正や造形とモデリングの

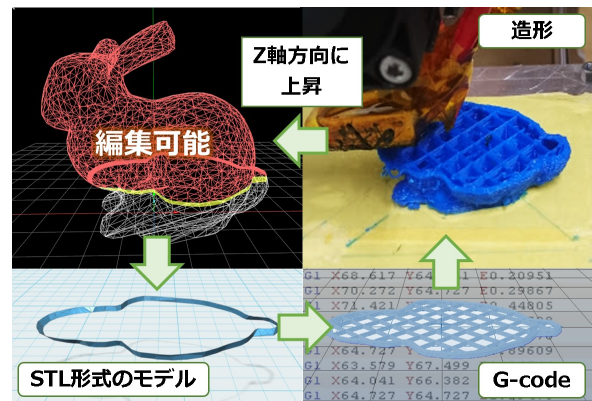


図 2. システムの処理の流れ

並行作業などの効率化が期待できる。さらに「3D モデルが未完成でも造形を開始して良い」ため、情報創出の初期段階におけるユーザに対して、造形という創出行為および内省の機会を提供できる。

また、これまでのモデリングは何度でも修正できる可逆的な創作行為であった。一方、本手法のモデリングでは、造形完了部分が不可逆的な性質を持ち、未造形部分はこれを考慮して編集する必要がある。つまり、本手法ですべての作業を行うことで、即興モデリングとも言える創作活動を行うことができる。

本稿では、3D プリンタを単なる出力装置ではなく、デザインを行う際のひとつのインタフェースと捉えており、人と 3D プリンタとの関係が重要であると考えている。今後の展望として、モデリング部分とユーザインタフェースの洗練、システム利用者の分析および評価を予定している。

### 謝辞

本研究は、JST, COI の支援を受けたものである。

### 参考文献

- [1] 中小路久美代, 山本恭裕. 創造的情報創出のためのナレッジインタラクショナルデザイン. 人工知能学会論文誌, Vol. 19, No. 2, pp. 154-165, 2004.
- [2] 山本恭裕, 高田真吾, 中小路久美代. “Representational Talkback”の増幅による「書いてまとめる」プロセスの支援へ向けて. 人工知能学会論文誌, Vol. 14, No. 1, pp. 82-92, 1999.
- [3] Willis, K.D.D., Xu, C., Wu, J.K., Levin, G. and Gross, M.D. Interactive Fabrication: New Interfaces for Digital Fabrication. In *Proc. of TEI'11*, pp. 69-72, 2011.
- [4] Interactive Fabrication - New Interfaces for Digital Fabrication. <http://www.interactivefabrication.com>
- [5] Mueller, S., Lopes, P. and Baudisch, P. Interactive Construction: Interactive Fabrication of Functional Mechanical Devices. In *Proc. of UIST'12*, pp. 599-606, 2012.

<sup>1</sup> <http://vvvv.org/>

<sup>2</sup> <http://genkei.jp/3d-printer/>

<sup>3</sup> <http://reprap.org/>

<sup>4</sup> <http://reprap.org/wiki/Cura>