

# ものづくりの満足感を向上させるための身体動作を入力とした 3D モデリングインタフェースの開発

## Proposal for Advanced 3D Modeling Environment

高木祐輝, 伊藤慎一郎

Yuki TAKAGI, Shinichiro ITO,

京都産業大学

Kyoto Sangyo University

### 【要約】

本研究では 3D プリンティングのプロセスに着目し、ものづくりの満足感を向上させるための身体動作を入力とした 3D モデリング手法を提案する。手仕事を伴うものづくりは、製作者に特有の満足感を与える。しかし、デジタル工作機器のデータ作成と出力というプロセスでは、製作者に満足感を与えるかは明らかになっていない。そこで、工芸の手仕事のように身体を動かす行為がものづくりの満足感を与えるという仮説のもと、身体動作を入力とした 3D モデリングのためのインタフェース開発を試みた。具体的には、身体の一部に取り付けた 6 軸センサと 3DCAD ソフトウェア Rhinoceros とそのプラグインである Grasshopper を用いて、6 軸センサより取得した身体動作のデータを 3D モデルのパラメータに反映するシステムを実装した。3D モデリングの経験のない初学者を対象に、本システムを使用してもらい、様子の観察とヒアリングを行い使用感を検証した。この調査から、「立体的な動きをするのが難しい」「新鮮だった」などの意見が得られた。マウスやキーボードなどの従来の入力では難しい身体障害を持つユーザー等にとっても本提案は有用であると考えられる。

キーワード: 3D モデリング, インターフェース, デジタルファブリケーション, 3D プリンティング

### 【Abstract】

Focusing on the process of 3D printing, this study proposes a 3D modeling method that uses physical actions as inputs to improve the satisfaction of making. Making that involves manual handwork gives a particular sense of satisfaction to the maker. However, it is unclear whether the data creation and output process of digital fabrication machine tools gives satisfaction to the maker. Therefore, we attempted to develop a 3D modeling interface that uses body movements as input based on the hypothesis that the act of moving the body, like handwork in crafting, gives satisfaction to the creator. Specifically, using a 6-axis sensor attached to a part of the body, the 3D CAD software Rhinoceros, and its plug-in Grasshopper, we implemented a system that reflects body movement data acquired from the 6-axis sensor in the parameters of a 3D model. Observations and interviews were conducted to verify the usability of the system by having inexperienced and novice users with no experience in 3D modeling use this system. We believe this proposal will be useful for users with physical disabilities who have difficulty using conventional input methods such as mouse and keyboard.

Keywords: 3D modeling, interfaces, digital fabrication, 3D printing

## 1. 序論

工芸や DIY のような手作業を伴うものづくりは、作りに特有の満足感をもたらす。この満足感は身体を動かす行為に起因すると仮定する。通常、工芸や DIY では造形の際に身体や道具が直接的なインタフェースとして機能する。一方で、3D プリンティングのための 3D モデリングではマウスやキーボードが主なインタフェースとなる。

現状、身体動作を基に 3D プリントデータを作成する事例は存在する[1]が、これらは主に身体を 3D モデルを生成するものであり、身体動作を基に異なるプロダクトの形状を生み出す例は少ない。そこで、本研究では 3D モデリングに身体をインタフェースとし、身体動作を入力としてプロダクト設計の 3D モデリングに取り入れることで、直感的な操作でもものづくりの満足度を向上

させることを目的としてインタフェースの開発を行なった。

## 2. コンセプト

身体動作を取り入れて、デジタル上でしか実現できないような体験にするため、基本となる形状の内側から外側に表面を押し出すことでモデリングを行うシステムを構築した。基本形状は、球と円柱の二種類を用意した。内側にはユーザーが操作部位をイメージしやすいよう、先端に球がついた棒状のモデルを表示、それが腕の動きと連動し、基本形状は球がある場所から外側に向かって押し出されるものとした。(図 1)

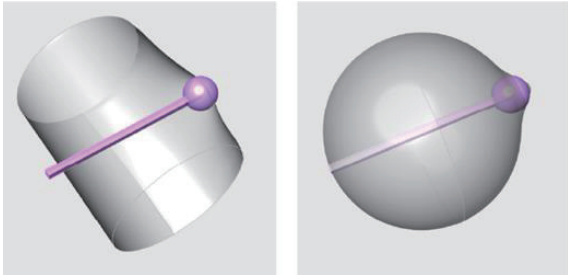


図 1. 操作モデル(ピンク)で押し出されてる基本形状

### 3. 実装

提案するインターフェース及びソフトウェアは、小型マイクロコントローラ ESP32 を搭載した IoT デバイス開発ツールキットの M5stickC Plus と 3D モデリングソフトウェアの Rhinoceros とプラグインである Grasshopper を用いて実装した。さらに、Grasshopper と M5stickC Plus の通信には、Grasshopper の通信用プラグインである gHowl を使用した。(図 2)

M5stickC Plus は内蔵されている 6 軸センサ (MPU6886) で本体の傾きを取得し、UDP 通信でデータを Grasshopper に送信する。PC 側では、Grasshopper でプログラムを作成し、受信したデータを操作する 3D モデルのパラメータの入力として反映させた。

3D モデルの変形は次の手順で行う。基本形状のサーフェス上に、「Divide Surface」コンポーネントで、サーフェスを分割し、グリッド状に並んだ点群を作成する。点群から、操作している 3D モデルの先端と最も近い点を抽出し、その点とその他の点群それぞれの距離に応じて点群を外側へ移動させる。これにより、外側に押し出されたような点群が生成される。最後に、これらの点群から「Surface From Points」コンポーネントを使用してサーフェスを生成することで、擬似的に外側へ押し出されるようなモデルが完成する。

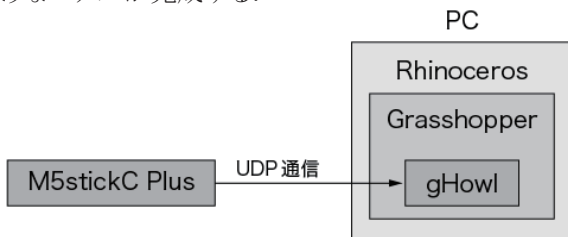


図 2. システムの概要

### 4. 検証

京都産業大学にて、2023 年 8 月 5 日と 6 日に 3D モデリングの経験のない高校生 10 名、9 月 20 日に 3D モデリング経験のある大学生 4 名に対して、本システムを使用してもらい、使用している様子の観察とヒアリングを行なった。

高校生には、基本形状を球体とし、操作を教えて慣れて貰った後に、自由にシステムを使用してもらった。視点は適宜マウスを使用して操作してもらった。

大学生に対しては、基本形状を円柱として、ランプシェードを 3D プリントすることを前提に 3D モデリングを

行なうよう指示をし、使用してもらった。モニターには図 3 の 3 つの視点に分割したビューを表示し、さらに必要に応じて実験者が視点の操作を行なった。はじめに操作の説明を行ない、慣れるために数回練習した後に、最終の形状を作成した。

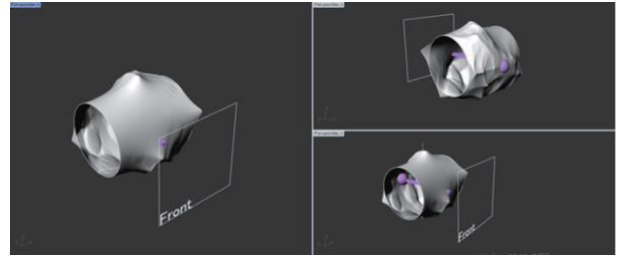


図 3. 視点のビュー画面

### 5. 結果と考察



図 4. 大学生が制作した 3D モデル

検証から三つの課題が明らかになった。

一つは、インターフェースの操作性と精度についての課題である。M5StickC Plus の 6 軸センサを使用しているため、姿勢計測の精度が低い点があげられる。地磁気センサが無いため、特に水平方向への姿勢変化の計測精度が低い。そのため、被験者は思い通りに動かすことができずに、腕を振り回すなど投げやりな行動が見られた。これは、上述したように地磁気センサを搭載することで解決できる。しかし、M5StickC Plus では 3 次元空間の動きのセンシングには限界があるため、深度センサ付きカメラを使用した画像処理などの方が、より精度高くセンシングできるのではないかと考える。

二つ目は視点の操作性である。3D モデリングでは、さまざまな角度からモデルを確認する必要がある。しかし、現在のシステムではマウスによる視点移動しかできないため、一人では非常に操作しにくく、二人組で片方が視点のみを操作する場合は、そこで意思疎通が発生してしまうため、モデリングの妨げになる。

三つ目は、常に外側に押し出しのオンオフ機能がないため常に押し出しが行われてしまい、任意の形状を作りづらくなっている点である。つまり、陶芸の成形時にろくろにずっと手を当てているような状態になっているということである。

今後の展望として、本システムは、身体動作を入力としているので、GUI ベースの 3D モデリングよりもより直感的なモデリングが可能にしたい。3D プリントに代表されるデジタルファブリケーションは、機器が市民に開かれ、オープンソースソフトウェアの文化であるが、GUI ベ

ースの CAD ソフトウェアの習得においては学習を要する。本システムにより、3D モデリングの敷居を下げ、より多くの人々がデジタルファブリケーションの文化に触れる機会を増やすことが期待できる。さらに、マウスやキーボードなどの従来の入力では難しい身体障害を持つユーザ等にとっても本提案は有用であると考えられる。

最後に、本稿ではプロトタイプに留まり、ものづくりの満足度に関する定性的な検証を行うまでに至らなかったため、今後このシステムの改善と併せて行う。

#### 参考文献

1. SakashitaMose, SuzukiKenta, KawaharaKeisuke, KazukiTakazawa, YoichiOchiai., “Materialization of motions: tangible representation of dance movements for learning and archiving”, ACM SIGGRAPH 2017 Studio (SIGGRAPH ’17), pp.1-2.