

道具型デバイスを活用した新しい幾何形状モデリングの実現

高見 雄介 木村 朝子 柴田 史久 田村 秀行

A Realization of Novel Geometric Modeling Using ToolDevice

Yusuke Takami, Asako Kimura, Fumihisa Shibata, and Hideyuki Tamura

Abstract - In this paper, we introduce a novel geometric modeling system imitating “woodworking” in the real world. In conventional systems with a mouse and a 2D display, 3D digital modeling is not so easy for novices. We solve this problem by using a metaphor of woodworking and providing ToolDevice in the mixed reality space. ToolDevice is a set of interaction devices using a metaphor of existing tools familiar in everyday life and providing users intuitive operations. In our geometric modeling system, the user can make a model by selecting, moving, cutting, and joining virtual objects repeatedly with TweezersDevice, KnifeDevice, and HammerDevice.

Keywords: Geometric Modeling, ToolDevice, Mixed Reality, Metaphor, Woodwork

1. はじめに

従来のモデリングソフトの多くは、高機能である半面、画面上に多くのメニューやボタンが並び、操作が複雑かつ非直観的である。加えて、モデリングの際に複雑な位相操作や幾何操作を用いるため、事前学習せずに扱うことは難しい。また、これらのソフトで標準的に用いられるマウスやキーボードは、平面的な作業を想定した入力デバイスであり、3次元操作では直観性が損なわれる。そのため、こうした問題に対して、人工現実感 (Virtual Reality; VR) や複合現実感 (Mixed Reality; MR) の技術に応用し、新たな入力インタフェースを用いることで直観的なモデリングの実現を試みる研究が行われている。

Anderson ら^[1]はモデリングの素材として実物体の組み立てブロックを用いる手法を提案している。各種センサが埋め込まれたブロックを用いることで、組み立てられた形状からブロック同士の接続関係を取得し、その形状をコンピュータ上で再現することができる。Sheng ら^[2]は 3D モデルの生成や操作に、変形可能な実物体を介した指の入力を用いる手法を提案している。指先に取り付けられた再帰性反射マーカを用いて指の位置を検出することで、「曲げる」「捻る」といった指の動作を 2D ディスプレイ上のデジタルモデルに反映することができる。また、スポンジを介すことで、フィードバックを伴った直観的な操作を実現している。これらの研究では、積み木や粘土のメタファを利用し、組み立て、変形可能な実物体を導入することで、あたかも仮想物体に直接接触しているかのようにモデリングすることができる。

一方、実世界と同様に手元を見ながら造型作業を行うことができる研究も報告されている。Schkolne ら^[3]は手のジェスチャやハンドツールを用いて 3 次元形状を作成



図1 道具型デバイスを用いたモデリングシステム (イメージ図)

できる Surface Drawing を提案している。このシステムでは、立体表示が可能なワークベンチを利用し、その上で手を動かすことで手の形状に応じた有機的な形状を生成することができる。また、生成した形状に対して消しゴムや磁石といったツールを用いて変形操作が行える。

これらの先行研究を踏まえ、本研究ではモデリング方法を、木工やクレイモデルといった実世界の造型作業により近づけることで、機能は制限されるものの初心者でも使える、直観的なシステムを実現する。この際、作業空間を MR 空間とすることで、操作対象への直接操作を実現する。対話デバイスには、我々が既に開発した道具型デバイス^{[4][5]}を用いる。道具型デバイスは、日頃慣れ親しんだ既存の道具形状と、操作時の触感や操作音などを活かした対話デバイスであり、ユーザがその用途や利用方法を直観的に把握することができるという特徴を持つ。このように、実世界の造型作業で用いられる道具を模したデバイスを用い、実世界の造型作業と同様の操作体系を取り入れることで直観的な造型を目指す。本稿では、試作した実世界の木工を模した幾何形状モデリングシステム (図1) について報告する。

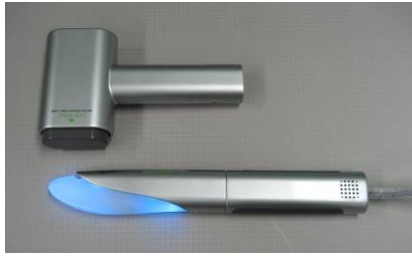


図3 ナイフ・ハンマ型デバイス

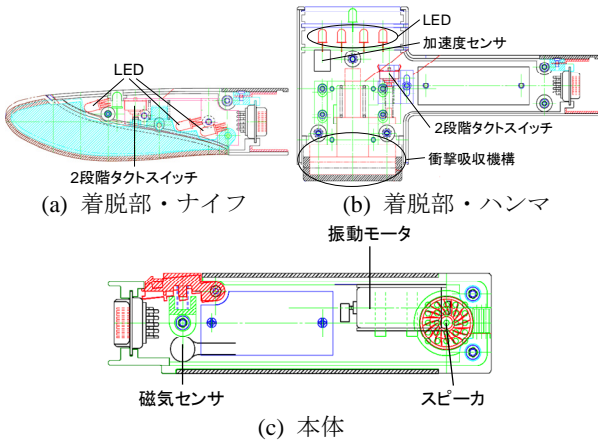


図4 ナイフ・ハンマ型デバイスの内部機構

具固有の機構は着脱部に内蔵する。具体的には、本体に触覚提示のための振動モータ、聴覚提示のためのスピーカといった各種提示機構や位置姿勢検出のための磁気センサのレシーバを内蔵し、着脱部には、視覚提示のためのカラーLED、実物体との接触検出のためのタクトスイッチを内蔵する。他にも、各着脱部には識別IDが割り当てられており、本体に接続することでIDを取得し、着脱部の識別を行う事が可能である。

3.2 インタラクション

本システムは木工を指向したモデリングシステムである。空間内には木材を模した仮想物体が予め存在しており、各種デバイスを用いてこれを加工し、モデリングを行う。操作方法は非常にシンプルで、ナイフ型デバイスを用いた仮想物体の切断、ピンセット型デバイスを用いた仮想物体の配置、ハンマ型デバイスを用いた仮想物体同士の結合から構成される。ユーザはこれら切断・配置・結合の操作を繰り返し任意の形状をモデリングする。次に、各操作に関して詳細を述べる。

【選択・移動】

ピンセット型デバイスで仮想物体を挟むことで、その物体の選択を行う。デバイスの先端にはガイドとなる仮想の球が表示されており、仮想物体に近づけることで、その色が変わり、その際にデバイスを挟み込むことで物体を選択できる。選択時には、実際に物体を掴んだかのような反力が提示され、視覚フィードバックとしてデバイス先端のLEDが点灯する。仮想物体の選択後はデバイス位置に追従して物体が移動するため、物体を挟んだま

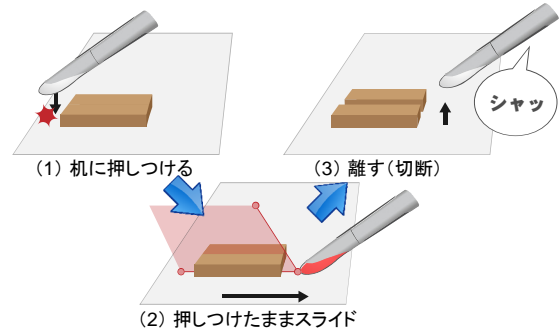


図5 切断手順

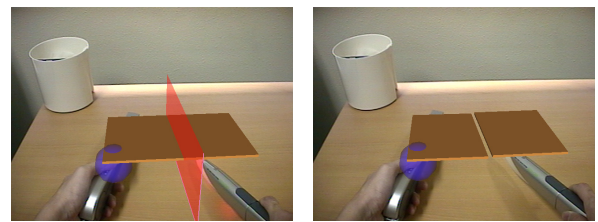


図6 操作風景・切断

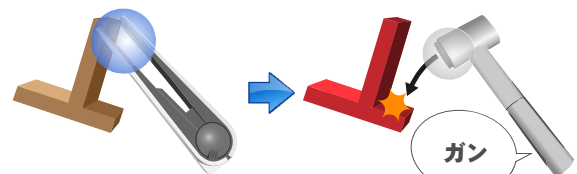


図7 結合手順

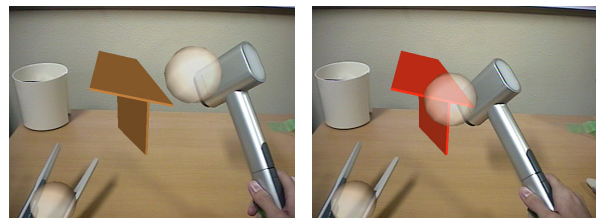


図8 操作風景・結合

ま移動することで物体を3次元空間の任意の場所へ移動することができる。また、デバイスを把持する力を緩め先端を開くことで、仮想物体を任意の位置で放して配置することができる。

【切断】

ナイフ型デバイスを卓上でスライドさせることで仮想物体の切断を行う。切断手順を図5に示す。まず、(1) デバイス先端部を卓上に押しつけ、(2) スライドさせることで、スライド開始位置と現在位置を結ぶ切断平面が表示され、視覚フィードバックとしてデバイス先端のLEDが点灯する。そして、(3) デバイスを卓上から離すことで、切断平面に沿って仮想物体を切断することができ、効果音が再生される。なお、押しつけの検出にはデバイスに内蔵したタクトスイッチを用いている。

処理としては、デバイスをスライドする際に、デバイスと接触した仮想物体を切断対象としてスタックし、デバイスを卓上から離れた際に、実際に切断操作を行っている。切断操作では、切断平面と衝突する稜線上の交点を算出し、交点をつなぎ合わせて切断面を作成し、最終的にシーングラフ上で仮想物体の分離を行っている。

実際に切断を行っている操作風景を図6に示す。

【結合】

ハンマ型デバイスを振り下ろすことで仮想物体同士の結合を行う。結合手順は図7のようになっており、まず、(1) ピンセット型デバイスを用いて仮想物体同士が重なるように配置する。そして、(2) 配置された仮想物体に対してハンマを振り下ろすことでそれらを結合することができる。結合の際には効果音が再生され、結合後の仮想物体は一時的に赤く強調される。なお、振り下ろしの検出には加速度センサを用いている。

処理としては、デバイスを振り下ろした際に、接触した仮想物体に関してバウンディングスフィアを作成し、それと接触している仮想物体を検出している。接触する仮想物体が検出されたとき、それをシーングラフ上でデバイスと接触した仮想物体の子ノードとして設定することで、仮想物体同士の結合を実現している。

実際に結合を行っている操作風景を図8に示す。

【削除】

削除にはテーブルの隅に設置された実物体のごみ箱を用いる。ピンセット型デバイスを用いて削除対象の仮想物体を掴んでごみ箱まで移動させ、その上で仮想物体を放すことで削除することができる。また、削除の際には効果音が再生される。

4. 運用

本研究で提案する幾何形状モデリングシステムについて、以下の2つの項目を確認するため、数名の学生を対象にシステムの運用を行った。

(a) 操作と道具のマッピングは正しいか

(b) 各道具による造型操作は直観的で分かり易いものか

運用では、被験者に実際に造型作業を体験させた。まず被験者は、実験者から簡単なデモンストレーションを通して操作を学び、続いて、実際にシステムを使いながらモデリングの練習を行った。そして操作に慣れた後、自由にモデリングを行わせ、その後コメントを得た。

運用中に作成された作品を図9に示す。体験の様子を観察したところ、被験者はデモンストレーション時の実験者の操作を見て、すぐに操作方法を理解した様子で、デバイスを手にすると迷うことなくそれぞれの操作を行い、デバイス用途に応じて使い分けていた。このことから、操作と道具のマッピングの妥当性、道具を用いた操作の直観性が示されたと考える。

体験終了後に得られたコメントでは、実世界の造型操

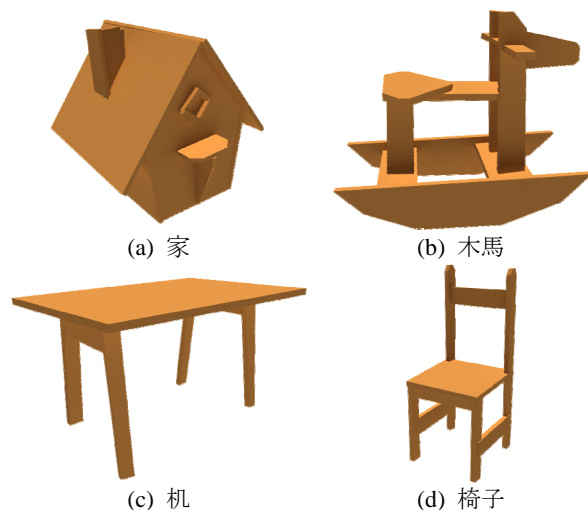


図9 作品例

作を取り入れた点に関して、「操作が直観的で、新たなモデリングのアプローチとしておもしろい」などの好意的な意見が得られた。その一方で「ピンセット型デバイスを用いた配置作業が疲れる」「同時に多視点から眺められないため物体の位置関係を把握しづらい」といった、既存のモデリングソフトと比べ機能の劣る点に関するコメントも得られた。

5. むすび

直観的なモデリングを実現する手段として、実世界の造型で用いられる道具形状により近い道具型デバイスを用いて、実世界の造型作業と同様の操作体系を取り入れることを提案し、その第1弾として木工を模したモデリングシステムを実現、運用した。今後は、今回の運用で指摘された問題点を解決するとともに、木工以外の造型作業についても検討し、必要となるデバイスの提案・開発、様々な造形作業の実現を行っていく予定である。本研究は、JST 戦略的創造研究推進事業（さきがけタイプ）「空間型メディア作品を強化する7つ道具型対話デバイス」による。

参考文献

- [1] D. Anderson et al.: "Tangible interaction + graphical interpretation: A new approach to 3D modeling," Proc. SIGGRAPH 2000, pp. 393 - 402, 2000.
- [2] J. Sheng et al.: "An interface for virtual 3D sculpting via physical proxy," Proc. GRAPHITE 2006, pp. 213 - 220, 2006.
- [3] S. Schkolne et al.: "Surface drawing: Creating organic 3D shapes with the hand and tangible tools," Proc. CHI 2001, pp. 261 - 268, 2001.
- [4] 上坂 他: "複合現実空間との対話操作のための道具型デバイス", 信学技報, Vol. 107, No. 427, PRMU2007-170, pp. 81 - 86, 2008.
- [5] 福田 他: "Top-AttachableToolDevice: 先端部が着脱可能な新しい道具型デバイス", 情処全大, 2Y-2, pp. 163 - 164, 2009.