

複合現実空間を利用した彫刻刀デバイスの試作

川越真帆^{†1} 西岡大樹^{†2} 鈴木大智^{†1} 柴田史久^{†2} 木村朝子^{†2}

概要：本稿では、複合現実感 (MR) 空間において電子的に彫像制作を行うシステムを提案する。実世界での彫像制作には、概形の彫り出しから部分の造作、表面の模様の彫り込みなど多くの工程が存在するが、本研究では仮想 3D 物体表面に模様を彫り込む操作を対象とする。3D プリンタの急速な技術発展にともない、ユーザが自ら 3D モデルを作成し、それを実物体として出力することが可能となった。しかし、彫像にみられるような表面の凹凸を 3D モデルに自在に施すことは容易でない。そこで、我々は彫刻刀型の入力デバイスを利用し、テクスチャのない実物体にこのデバイスを押し付け、なぞることで、その実物体に重量描画された仮想 3D モデルに彫り跡を付ける電子彫像制作システムを構築した。

Prototype Development of Carving Tool Device for Surface Carving System in Mixed Reality Space

MAHO KAWAGOE^{†1} HIROKI NISHIOKA^{†2} DAITI SUZUKI^{†1}
FUMIHISA SHIBATA^{†2} ASAKO KIMURA^{†2}

Abstract: In this paper, we propose virtual carving system in a Mixed Reality (MR) space. Although there are some steps in real world carving such as carving a rough outline, shaping sections and engraving marks on the object's surface, we focused on engraving marks on 3D virtual object's surface. Thanks to the rapid progress of 3D printers, we can easily print 3D objects that we made ourselves. However, it's difficult to freely engrave marks on the 3D virtual object's surface as seen on real carvings. Therefore, we developed a virtual carving system using Carving Tool Device. By touching and tracing the input device on the real object, the user can carve on the 3D virtual object's surface which is superimposed on the real object.

1. はじめに

近年の 3D プリンタの急速な技術発展にともない、ユーザが自ら 3D モデルを作成し、それを実物体として出力することが可能となった。既存のモデリングソフトは、2D のディスプレイ上でマウスやキーボードを用いてモデリング作業を行うものがほとんどである。これらは高機能である一方、初心者にとっては操作を覚えるのに時間を要するものが多い。更に、2D ディスプレイ上で 3D モデルを作成するさぎょうは、立体形状の把握が直観的ではない。

一方、我々のグループでは、複合現実感 (MR) 技術と、道具の形状や操作感を活用した道具型デバイスを用いたモデリングシステムや描画システムを提案してきた[1][2]。ユーザは HMD を装着し、眼前に現実世界と仮想世界が融合した空間が立体的に提示されることから、仮想の造形物 (3D モデル) を実世界と同じように閲覧・造形することができる。また、入力デバイスとして操作に日頃慣れ親しんだ既存の道具の形状や操作感をメタファとして利用した道具型デバイスを用いることで、ユーザはその用途や利用方法を直観的に把握することが可能である。

我々はこれまでに木材加工を模したモデリングシステ



図 1 複合現実空間での電子彫像制作 (イメージ)

ム[1]を開発してきたが、本稿ではその拡張として、仮想物体の表面に木彫りのような彫り跡を付与する電子彫像制作システム (図 1) を試作したので報告する。

2. 彫り跡表現モデル

我々は、彫刻刀を用いた木材への彫刻作業に着目し、彫刻刀デバイスの「刃先の位置」「押し付け量」「彫刻面とデバイスのなす角度」から、彫り跡の「位置」「深さ」「幅」を求める彫り跡表現のモデルを作成する (図 2)。

まず、彫り跡の形状や幅は彫刻刀の種類によって変わる。例えば、実際の丸刀と三角刀の彫り跡を比較すると、三角刀の横幅は彫りが深くなっても丸刀ほど大きく変化しない。そこで本研究では、実際の彫刻刀による彫刻結果を基に、彫刻刀ごとに彫り跡の基本形状を定め、これを彫刻刀デバイスの押し付け量や対象とのなす角度に応じて変形させ、

^{†1} 立命館大学 情報理工学部
College of Information Science and Engineering,
Ritsumeikan University

^{†2} 立命館大学大学院 情報理工学研究科
Graduate School of Information Science and Engineering,
Ritsumeikan University

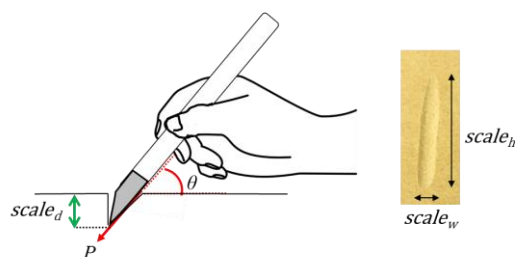


図2 彫刻動作のパラメータ

デバイスの刃先が彫刻対象と接した位置に並べることで彫り跡を実現する。

この彫り跡の変形方法であるが、まず彫刻刀を実物体に押し付ける力を P とすると、 P が大きいと彫りが深くなり、 P が小さいと彫りが浅くなる。また、彫刻刀と実物体がなす角度を θ (彫刻刀が仮想物体の表面と平行な時 $\theta = 0$, 垂直な時 $\theta = \pi/2$) とすると、 θ が小さいと加える力の方向が面に対して水平に近づき、 θ が大きいと面に対して垂直に近づく。この角度が垂直に近づくほど、物体表面に対して垂直に彫刻刀を差し込む力が大きくなるため、彫りの深さが深くなる。このことから、彫刻刀を実物体に押し付ける圧力の最大値を P_{max} 、彫り跡の深さ方向への最大拡大率を d_{max} とすると、彫りの深さ方向への拡大率 $scale_d$ は次式で表される。

$$scale_d = d_{max} \cdot \frac{P}{P_{max}} \sin \theta \quad (0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}) \quad (1)$$

また、彫り跡の幅は彫りの深さに比例して変化することから、彫刻刀ごとでの基本形状に対する幅の拡大率 $scale_w$ は以下のように表される。

$$scale_w = w_{max} \cdot \frac{P}{P_{max}} \sin \theta \quad (2)$$

一方、彫刻面とデバイスのなす角度が浅い(小さい)ほど、彫刻刀にかかる力が前進する方向に分散するため、結果、彫り跡の長さが長くなると考えられる。そこで、彫刻刀ごとでの基本形状に対する長さ方向の拡大率 $scale_h$ を以下のように表す。

$$scale_h = h_{max} \cdot \frac{P}{P_{max}} \cos \theta \quad (3)$$

但し、 w_{max} 、 h_{max} は、彫り跡の基本形状に対する幅と長さの最大拡大率を表す係数である。

3. 彫刻刀デバイス

試作したデバイスを図3に示す。使用する試作デバイスの先端には、圧力センサを取り付け、実物体へ押しつけた際の圧力を検出する。取得した圧力の値を3章で示したモデル式で使用することで、圧力に応じた彫り跡を表現する。また、MR空間の提示には両眼立体視可能なビデオシース

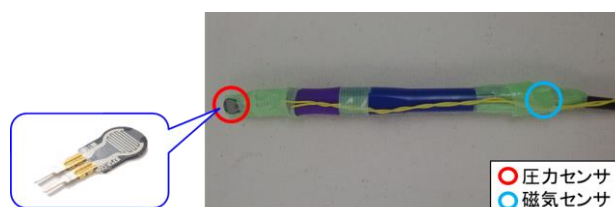


図3 試作デバイス

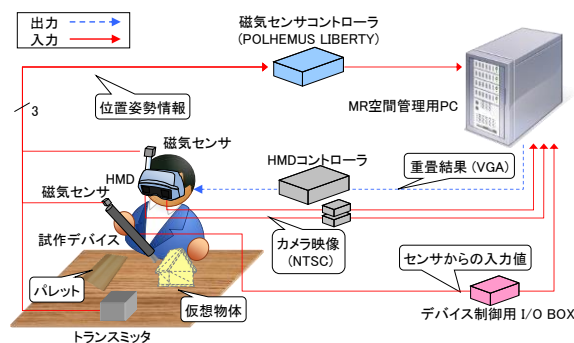


図4 システム構成

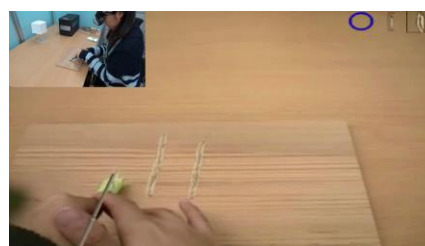


図5 体験時の風景

ルー型のヘッドマウントディスプレイ(Canon VH-2002)、頭部位置やデバイスの位置情報の取得には、磁気センサ(Polhemus社製 LIBERTY)を用いた(図4)。図5は、本システム体験時の風景である。

4. むすび

本稿では、複合現実感(MR)空間において仮想物体表面に電子的に模様や凹凸を付けることが可能なシステムの提案を行った。今後は、複雑な形状への彫刻を可能にするとともに、電子的な彫刻ならではの機能(Redo, Undoや指定領域を一括して彫刻する機能など)やその他必要な機能の拡充を行う。

参考文献

- 1) R. Arisandi, et al.: Virtual Handcrafting: Building virtual wood models using ToolDevice, Proc. IEEE, Vol. 102, No. 2, pp. 185 - 195 (2014)
- 2) 大槻他: 絵筆の描き味を活かした複合現実型描画システムと筆型対話デバイス, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 15, No. 3, pp. 357 - 367 (2010)