

# 振動ファントムセンセーションを利用した 仮想物体への接触感提示

西岡大樹<sup>†1</sup> 戸田梓<sup>†1</sup> 大槻麻衣<sup>†1</sup> 柴田史久<sup>†1</sup> 木村朝子<sup>†1</sup>

我々は、日頃使い慣れた道具のメタファを導入した道具型デバイスを提案し、複合現実 (Mixed Reality; MR) 空間での立体造形や立体物への描画に利用するシステムを提案してきた。MR 空間中の仮想物体は、直接触れることができないため、道具型デバイスには仮想物体への接触感を提示する機構が必要である。本研究では、既開発の道具型デバイスのうち、筆・ナイフ型デバイスに共通する「仮想物体の表面をなぞる」という操作に着目し、振動ファントムセンセーションを利用した簡便な力覚提示機構を提案・実装したので報告する。

## Displaying Touch Sensation on Virtual Objects by Using Vibrotactile Phantom Sensation

HIROKI NISHIOKA<sup>†1</sup> AZUSA TODA<sup>†1</sup> MAI OTSUKI<sup>†1</sup>  
FUMIHISA SHIBATA<sup>†1</sup> ASAKO KIMURA<sup>†1</sup>

We have proposed novel interaction devices; ToolDevice, which is for 3D modeling and painting in Mixed Reality (MR) space. Because users cannot touch virtual objects in MR space, we need a mechanism that can provide tactile sensation. In this research, we focused on “stroke the surface” which is the operation common to brush and knife device in ToolDevice, we developed the mechanism utilizing two vibration motors and principals of phantom sensation. This paper describes the design and the prototype that we implemented.

### 1. はじめに

我々は、日頃使い慣れた道具のメタファを導入した道具型デバイスを提案し、複合現実 (Mixed Reality; MR) 空間での立体造形や立体物への描画に利用するシステムを提案してきた[1][2]。例えば、ナイフ型デバイスを使って MR 空間内に配置された仮想物体を切断や (図 1)、筆型デバイスによって仮想物体に直接電子的な描画を可能にした。

MR 空間中の仮想物体は、直接触れることができないため、道具型デバイスには仮想物体に触れているという感覚を疑似的に提示する機構を内蔵している。簡単なものではスピーカや振動モータで、操作音や振動を提示しているが、複雑なもの、例えば筆型デバイスでは、三軸ワイヤやシリンダをモータ制御する機構を内蔵し、穂先の跳ねや仮想物体からの反力を提示可能にしている。いずれの機構もユーザが広い空間で自由に腕を動かして作業を行えることを前提に設計しているが、リアリティの高い触感を追及すると機構も制御も複雑になってしまう。一方、複数の感覚を同時に提示することで、それらが上手く補完され、それらしい感覚として知覚されるという研究もあり、簡易な機構で、仮想物体に触れているという感覚が得られる可能性がある。

そこで、本研究では仮想物体に対する接触感を提示するために、振動ファントムセンセーション (以下、振動 PhS) を利用した簡便な力覚提示機構を提案・実装する。具体的には、筆・ナイフ型デバイスに共通する「仮想物体の表面をなぞる」という操作に着目し、振動 PhS を用いた力覚提

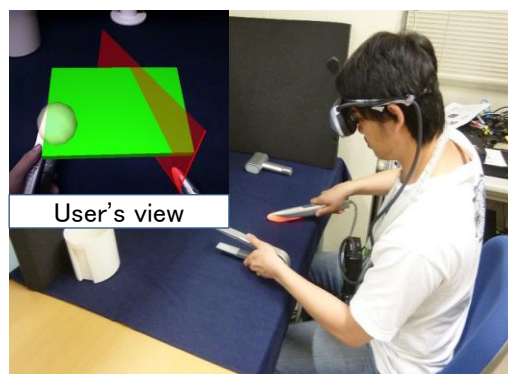


図 1 道具型デバイスの操作風景

示機構によって接触感の提示を試みた。本稿では力覚提示機構の設計と試作デバイスについて報告する。

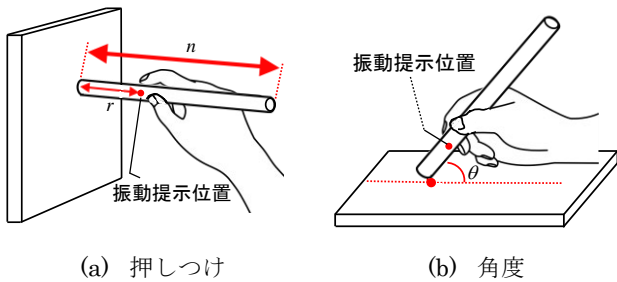
### 2. 力覚提示方法

本稿では、デバイスが操作対象から受ける抵抗力を接触感とする。力覚提示方法を検討するにあたり、我々は、筆やナイフを操作する際に感じる接触感には、(a) デバイスの押しつけ量、(b) デバイスと仮想物体がなす角度 (図 2) が影響すると考えた。そこで、これらのパラメータの変化に応じて、提示する触力覚を変化させる。

本研究では簡便に実現できる触覚提示手法として、振動 PhS を採用した。振動 PhS は、von Békésy [3] により発見された心理物理的現象で、2 点の振動刺激によってその間の任意の場所に振動提示が可能となる。今回提案する力覚提示機構では、振動刺激を振動モータによって提示する。

我々は以下のようなパラメータを用いて提示位置と強度を変更する。

<sup>†1</sup> 立命館大学  
Ritsumeikan University



(a) 押しつけ (b) 角度  
図 2 接触感に影響するパラメータ



(a) 筆の持ち方 (b) ナイフの持ち方  
図 3 デバイスの持ち方の違い



図 4 試作デバイス

#### (a) デバイスの押しつけ量 × 振動提示位置

仮想物体にデバイスを押しつけたとき、最も力のかかる点は、仮想物体とデバイスの接点である。そこで、この接点に振動刺激を提示する。具体的には、デバイス全体の長さを  $n$ 、デバイス先端から仮想物体に押しつけた位置までの距離を  $r$  ( $0 \leq r \leq n$ )、デバイス先端と後端の振動モータの最大強度を  $M_{\text{Max}}$ 、提示する強度をそれぞれ  $M_1$ ,  $M_2$ 、とすると、各振動モータが提示する振動の大きさは、次式で表される。

$$M_1 = \frac{n-r}{n} M_{\text{Max}}, \quad M_2 = \frac{r}{n} M_{\text{Max}} \quad (0 \leq r \leq n) \quad (1)$$

また、筆とナイフでは持ち方も異なるため、触覚提示する位置の範囲も異なると考えた。例えば、普通、筆とナイフは図 3 のように持つ。また、筆を持つ場合には、手とデバイスの接触面積が狭く、ナイフの場合のようにしっかり握る場合はデバイスと手の接触面積は広く、デバイスの後方となる。よってナイフの場合には、筆の場合よりも、後方まで振動を提示することにした。

#### (b) デバイスと仮想物体がなす角度 × 振動強度

デバイスと仮想物体がなす角度を  $\theta$  (デバイスが仮想物体の表面と平行なとき  $\theta=0$ , 垂直なとき  $\theta=\pi/2$ ) とする。 $\theta$  が小さいとき、筆やナイフの穂先や刃先が仮想物体と接触する面積は広くなり、 $\theta$  が大きいとき、接触する面積は狭くなる。単位面積当たりにかかる力を考えたとき、面積

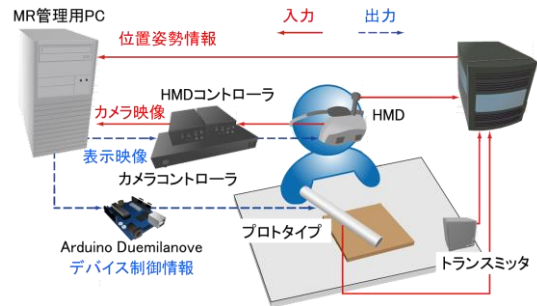


図 5 システム構成



図 6 体験風景

が広いほど力は分散し、面積が狭いほど力は集中する。 $\theta$  が大きいほど接触面積が狭く、単位面積当たりにかかる力は大きくなるので、ここでは振動強度を強くことにした。デバイスと操作対象がなす角度の最大値を  $\theta_{\text{Max}}$  とすると、振動刺激の強度  $F_p$  は次式で表される。

$$F_p = \frac{\theta}{\theta_{\text{Max}}} F_{\text{Max}} \quad (0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}) \quad (2)$$

### 3. 試作デバイス

試作したデバイスを図 4 に示す。振動モータは Arduino Duemilanove で制御し、2 章で述べたパラメータに応じて振動を変化させる。今回使用したモータでは、16 段階よりも細かく制御しても振動の大きさの違いを区別することができなかつたため、振動強度は 16 段階で切り替えた。また、MR 空間の提示には両眼立体視可能なビデオシース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姿勢情報の取得には、磁気センサ (Polhemus 社製 LIBERTY) を用いた (図 5)。図 6 は、本システムの体験風景である。

### 4. むすび

仮想物体に対して、描画や切断を行ったときの疑似接触感を提示するために、振動 PhS を用いた接触感提示手法を提案した。今後は提案手法の評価を行うとともに、同手法をその他の接触感として応用することが可能か検討する。

### 参考文献

- 1) 高見ら: 複数の道具型デバイスを活用する複合現実型木材加工システム, HI 学会論文誌, Vol. 14, No. 2, pp. 141–150, 2012.
- 2) 戸田ら: 複合現実型描画システムにおける筆型対話デバイスの描画感向上, HI シンポジウム 2013 論文集, pp. 875–882, 2013.
- 3) G. von Békésy: Sensory Inhibition, Princeton University Press, 1967.