

## 2D/3D 空間での描画操作に適した筆型デバイスの開発

塚平 将司<sup>†</sup> 大槻 麻衣<sup>‡</sup> 木村 朝子<sup>\*</sup> 柴田 史久<sup>†</sup> 田村 秀行<sup>†</sup>立命館大学 情報理工学部<sup>†</sup> 同 大学院理工学研究科<sup>‡</sup> 科学技術振興機構 さきがけ<sup>\*</sup>

## 1. はじめに

我々は、誰もが直観的に利用でき、2D/3D 空間での作業に幅広く用いることができる「道具型デバイス」の研究を行っている[1]。道具型デバイスは、(1) 慣れ親しんだ既存の道具の形状とその道具ならではの触感・操作音を活用、(2) 目的に応じて異なった道具に持ち替えて利用できるツールセットという特徴がある。本研究では、この道具型デバイスの 1 つとして、描画操作に適した「筆型デバイス」を開発する。

## 2. 筆型デバイス

## 2.1 描画のための道具

近年、コンピュータを用いた描画支援に関する研究が数多く行われている。Baxter ら[2]は、コンピュータ上でアクリル絵具や油絵具をキャンバス上に厚く塗り重ねる描画技法を実現している。このようなコンピュータを用いた描画支援に関する先行研究では、入力デバイスとしてペンタブレットが広く利用されている。しかし、その先端が硬質なスタイラスの操作感、反力や摩擦力の相違により実世界の描画操作に用いられる道具の操作感とは異なる点が多い。これを解決するため、実際の描画操作に用いられる道具の形状を入力デバイスに利用する研究も行われている[3][4]。本研究でも同様に、実世界の描画操作に用いられる道具として筆の形状を利用した筆型デバイスを提案・実現する。

## 2.2 想定する描画対象

実物の筆の形状を模したデバイスを用いて描画操作を行う先行研究の多くが、その描画対象は実物体の平面である。本研究では従来の描画操作で対象としてきた実物体の広い平面に加え、2D ディスプレイでは困難だった立体物、更に実物体のみでなく仮想物体も対象とする(図 1)。また、従来の描画操作を拡張し、表現の自由度を向上させるため、自由空間も描画対象とする。提案する筆型デバイスはこれらの描画対象について図 2 に示すような段階を踏んで開発を進めていく。

## 2.3 筆型デバイスの実現

実世界の描画操作において、筆を用いて描く線には太さ、色の濃淡、かすれ、凹凸等の特徴がある。これらの中で筆の形状や、ユーザが筆を操作することによって明確に変化するものは線の太さであると考えられる。

実世界の描画操作では、線の太さを変えるためには筆を傾ける、描画対象に筆を押し付けるといった操作を行う。しかし、本研究では実物体のみでなく仮想物体も描画対象としているため、描画対象に筆を押し付けることができない場合もある。従って、本研究では先に述べた描画対象を想定し、以下の 5 つの入力方式を提案する。

- ・デバイスを動かす速度

Development of Brush Device Facilitating Painting Operation in 2D/3D space

<sup>†</sup>College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

<sup>‡</sup>Graduate School of Science and Engineering, Ritsumeikan University

<sup>\*</sup>PRESTO, Japan Science and Technology Agency



(i) 広い平面への描画



(ii) 実物体への描画

図 1 目標とする描画操作例

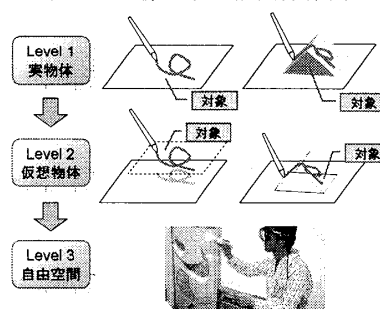


図 2 想定する描画対象

- ・描画対象に対するデバイスの傾き
- ・デバイスから描画対象までの距離
- ・描画対象へのデバイスの押し付け量
- ・デバイスを把持する力

## 3. 試作システム

## 3.1 システム構成

前述の 5 つの入力方式を実現するために、筆型デバイスを 4 種類試作した(図 3)。デバイスの本体には、実世界の描画操作に用いられる市販の絵筆(丸筆)を採用した。それぞれの絵筆の柄尻には位置姿勢を取得するための磁気センサ (Polhemus 社製 FASTRAK) を取り付けた。デバイスを動かす速度、描画対象に対するデバイスの傾き、デバイスから描画対象までの距離はこの磁気センサを利用して取得する(図 3(i))。描画対象へのデバイスの押し付け量は絵筆の穂先に沿うように取り付けられた曲げセンサによって取得する(図 3(ii))。デバイスを把持する力についてはユーザがデバイスを把持する位置に感圧センサを取り付けたもの(図 3(iii))と、市販のコントローラのアナログスティックを取り付けたもの(図 3(iv))の 2 種類を制作した。

各入力方式を細分化し(表 1)、式(1)に基づいて各センサからの入力値を線の太さへマッピングする。

$$Weight = \frac{Input - Input_{MIN}}{Input_{MAX} - Input_{MIN}} * Weight_{MAX} \quad (1)$$

試作したデバイスの運用を行うために複合現実感環境を構築した(図 4)。今回は想定する描画対象のうち、実物体(Level 1)に限定し運用を行った(図 5)。操作内容としては、体験者に実物体の平面・立体物に対して、各入力方式に基づく線を自由に描画させる(図 6)。体験後、操作感について意見を得た。

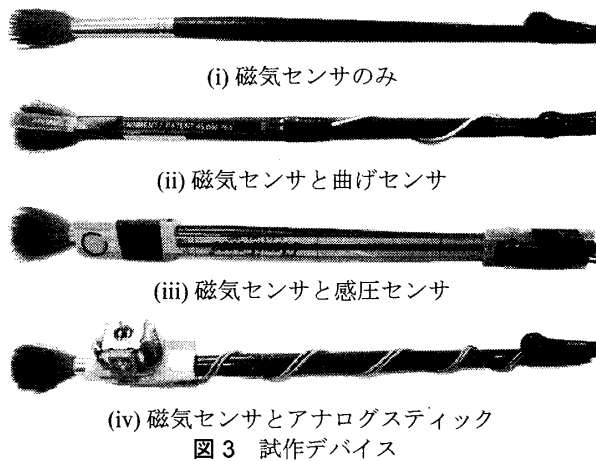


図3 試作デバイス

表1 各入力方式における太い線を描画する操作

|    |                   |
|----|-------------------|
| a1 | デバイスを速く動かす        |
| a2 | デバイスを遅く動かす        |
| b1 | 描画対象に対してデバイスを立てる  |
| b2 | 描画対象に対してデバイスを寝かせる |
| c1 | デバイスを描画対象に近づける    |
| c2 | デバイスを描画対象から遠ざける   |
| d1 | デバイスを描画対象に強く押し付ける |
| d2 | デバイスを描画対象に軽く押し付ける |
| e1 | デバイスを強く握る         |
| e2 | デバイスを軽く握る         |
| f1 | レバーを押し下げる         |
| f2 | レバーを元の位置に戻す       |

### 3.2 運用結果

a1, a2 に対しては、線の太さを変更するためにデバイスの操作速度を変えなければならないので、細かい操作には向かないといった意見が多かった。また、どの程度の速度で、どの程度の太さの線が描けるかが想像できないという意見もあった。b1, b2 に対しては対象が平面の場合は思うように線の太さを調節できるが、立体物の場合は描画位置によって描画面に対する筆の傾きが意図せずに変化してしまうため、使い難いといった意見もあった。また、b1, b2 のどちらの方式が良いかに関しては体験者の嗜好に因る。c1, d1 に対しては筆の形状に合っている、実世界の操作に合っているといった好意的な意見が得られたが、c2, d2 は実世界の操作とは大きく異なるため使いづらいといった意見が多かった。しかし、d1 に対しては、今回使用した曲げセンサが一方向の曲げ量しか取得できないことによる操作感の悪さについての意見も多く得られた。e1, e2 に対しては、感圧センサにある程度力を入れないと反映されない、長時間利用すると疲れるといった意見が多かった。d1, d2, e1, e2 に関しては、今回得られた意見を基に、各入力値から線の太さへの変換式、または他の入力機構を検討する必要がある。f1, f2 に対しては、レバーの操作感に慣れるために時間を必要とする体験者が多かったが、慣れると操作しやすいといった意見も多く得られた。

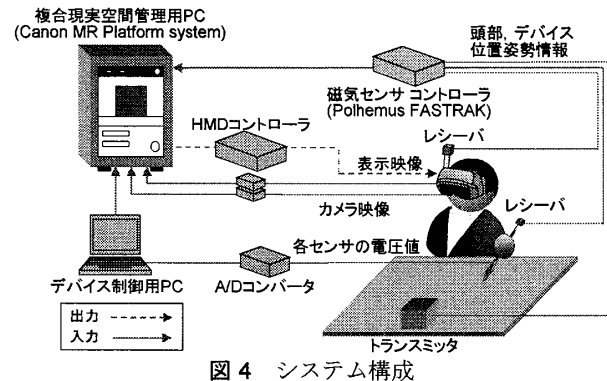
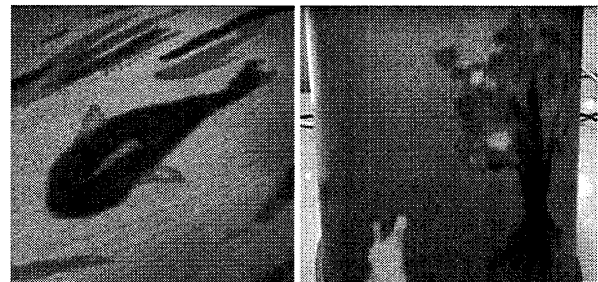


図4 システム構成



(i) 平面 (卓上) (ii) 立体物

図5 運用結果 (方式c1を利用)



(i) 現実の風景 (ii) ユーザが見ている風景

図6 操作風景 (方式c1を利用)

## 4. むすび

本研究では、空間での描画操作に適した筆型デバイスを提案、試作した。今回の運用結果から、実物体への描画を行う際はb1, b2, c1, d1のような実世界と同様の入力方式に対して好意的な意見が多いことがわかった。今後は、今回好意的な意見が得られなかったものに関して、各入力値から線の太さへの変換式やユーザからの入力を取得する機構を見直すことで改善を図る。また、運用結果を基に、デバイスの改良を進めるとともに、仮想物体、自由空間への描画を実現し、平筆、面相筆といった今回とは異なった形状の筆に関しても提案していく予定である。

**謝辞** 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] 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.
- [2] W. Baxter, *et al.*, “IMPASTo: A realistic, interactive model for paint,” Proc. NPAR 2004, pp. 45 - 56, 2004.
- [3] P. Vandoren, *et al.*, “IntuPaint: Bridging the gap between physical and digital painting,” Proc. TABLETOP 2008, pp. 71 - 78, 2008.
- [4] K. Ryokai, *et al.*, “I/O Brush: Drawing with everyday objects as ink,” Proc. CHI 2004, pp. 303 - 310, 2004.