

# 絵筆の触感と描き味を実現する複合現実型描画システム

杉原賢次<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>

## 1. はじめに

本研究では、実世界における絵筆を使った描画操作に近い、コンピュータを用いた描画支援システムを実現する。そのため、絵筆の触感、描き味を実現する筆型デバイスを設計・開発し、複合現実 (Mixed Reality; MR) 空間中の実物体 (立体も含む) に直接描画可能な複合現実型描画システムを試作したので報告する。

## 2. 複合現実型描画システム

### 2.1. 本研究の位置づけ

コンピュータを用いた描画支援の研究はこれまでも多数行われている [1-3]。しかし従来研究では、マウスやペンタブレットなど、既存のデバイスを用いた 2D ディスプレイ上での水彩・油彩風描画がほとんどであった。

一方、実世界で絵筆を使って描画する場合を考えると、描画者は絵筆の穂先のしなり具合を見たり、描画対象と絵筆間の摩擦力や反力などを感じながら描画を行う。しかし、既存の対話デバイスでは、こうした絵筆の描き味を再現することは難しい。

さらに、実世界では平面だけでなく立体物にも描画可能であるが、立体物を描画対象とした研究は少ない。また、既存の対話デバイスによる操作は間接的であるため立体物への描画は困難であるが、実物体への描画であれば直接行いたいと考えるのが自然である。

そこで本研究では、絵筆の触感を有する筆型デバイスを開発するとともに、平面・立体を問わず様々な実物体に直接描画可能な描画システムを目指す。

### 2.2. 筆型デバイス

現実世界における絵筆を用いた描画では、絵筆の穂先と描画対象への接触方法を変えることで、多様で表現力豊かな線を描画可能である。以後、絵筆と描画対象の接触により描画対象に残る絵の具の跡のことを「フットプリント」、フットプリントを連続的に並べることにより現れる線を「ストローク」と呼ぶ。

フットプリントは絵筆の位置姿勢や穂先のしなりの状態に応じて様々な形状に変化する。このことから、絵筆による描画操作において、絵筆の位置姿勢とともに、穂先のしなり量とその方向が重要になると考えられる。

そこで、これらの情報を取得する機構を有した筆型デバイスを作成した (図 1)。筆型デバイスには、位置姿勢を取得するための磁気センサ、穂先のしなり量・方向を取得するためにアナログスティックコントローラが内蔵されている。

また、絵筆と一口に言っても丸筆や平筆など、その穂先の形状は様々である。筆型デバイスでは先端部を付け替えることで、これらの筆の種類を切り替える。具体的には、丸筆と平筆、および丸筆よりも細い線を描画するための面相筆を用意した。

### 2.3. 試作システム

試作システムのハードウェア構成を図 2 に示す。MR

A Mixed Reality Painting System That Realizes the Taste and Feeling of Real Painting

<sup>†</sup> College of Information Sci. and Eng., Ritsumeikan University

<sup>‡</sup> Graduate School of Sci. and Eng., Ritsumeikan University

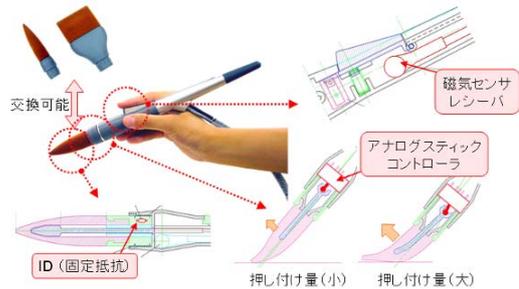


図1 筆型デバイス

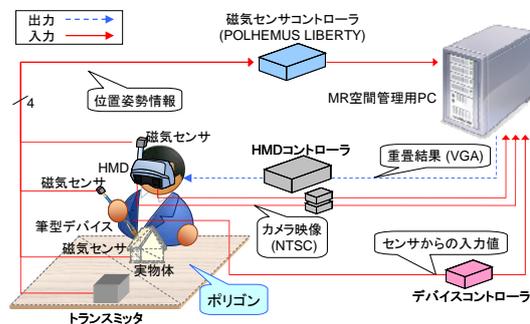


図2 システム構成

空間の管理・構築には Windows XP OS, Intel Core2 Duo E4300 CPU, および 2048 MB RAM を搭載する PC を用いた。MR 空間の映像提示には両眼立体視が可能なビデオシースルー型 HMD (Head Mounted Display) である Canon VH-2002 を用いている。HMD, 筆型デバイス, および移動可能な描画対象の位置姿勢情報の検出には磁気ベースの 3 次元位置姿勢測定装置である Polhemus 社製 LIBERTY を用いた。

本システムでは、描画対象となる実物体と同形状のポリゴンを実物体と重なるよう MR 空間中に配置し、筆型デバイスによる入力をもとに計算された描画結果をそのポリゴン上に重畳描画することで、実物体への仮想的な描画を実現している。次章で描画処理の詳細を説明する。

## 3. 描画処理

### 3.1. 処理の流れ

まず筆型デバイスの位置姿勢、および穂先のしなり量・方向を考慮して描画点を算出する。ここで描画点は穂先に対応する線分と、描画対象のポリゴンとの衝突点とする。次に、この描画点を中心に、筆型デバイスの状態に応じてフットプリントの大きさ・形状・向きを加工し、描画する。これを毎フレーム繰り返すことにより、絵筆らしいストロークを生成する。

### 3.2. 描画点の算出

まず、磁気センサから得られた値を用いて穂先の先端位置  $P_{tip}$  を求める。図 3 に示すとおり、実測から得られる  $handleLength$  (筆型デバイスの位置  $P_{sensor}$  から穂先の根元  $O$  までの長さ),  $tipLength$  ( $O$  から穂先の先端  $P_{tip}$  までの長さ), 磁気センサから得られる  $a_{sensor}$  (筆型デバイスの姿勢をあらわす単位ベクトル) を用いてベクトル

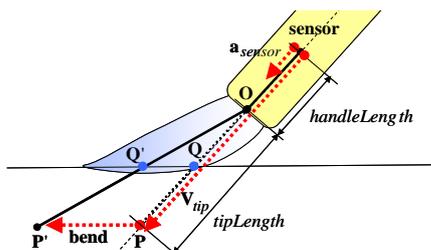


図3 筆型デバイスのパラメータ



図4 穂先のしなり量・方向に応じた描画点の移動

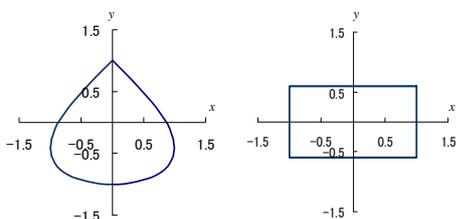


図5 フットプリントの基本形状  
(左:丸筆・面相筆 右:平筆)

$V_{tip}$  (式 (1)) を算出し,  $P_{sensor}$  に加算することで穂先の先端位置  $P_{tip}$  が求められる (式 (2)). これより,  $OP_{tip}$  とポリゴンの衝突点  $Q$  が描画点となる.

$$V_{tip} = (handleLength + tipLength) a_{sensor} \quad (1)$$

$$P_{tip} = P_{sensor} + V_{tip} \quad (2)$$

しかし穂先がしなっている場合には, 描画点の位置は穂先方向が図4のように  $Q$  から  $Q'$  にずれる. そこで, アナログスティックコントローラより得られるしなり量・方向をあらわすベクトル  $V_{bend}$  を用いて, 式 (3) からしなりを考慮した穂先の先端位置  $P'_{tip}$  を算出し,  $OP'_{tip}$  とポリゴンの衝突点  $Q'$  を描画点とする.

$$P'_{tip} = P_{sensor} + V_{tip} + V_{bend} \quad (3)$$

図4に, 穂先のしなり量・方向に応じて描画点を示す仮想の球 (実線丸部) が移動する様子を示す.

### 3.3. フットプリントの生成

【フットプリントの基本形状】本研究では実際の絵筆による描画結果をもとに, 丸筆と面相筆には滴型, 平筆には長方形を基本形状として割り当てた (図5). なお滴型の形状は文献[4]を参考にした.

【フットプリントの大きさ・形状】筆による描画では, 穂先を描画面に押し付け, そのしなり量が大きくなるほど接地面積が大きくなり, そのフットプリントも大きくなる. よってしなり量に応じてフットプリントの基本形状を拡大・縮小する. また, しなり量が大きく変化しなくても, 接地面積が大きくなるケースとして, 絵筆を寝かせた状態での描画が考えられる. この場合, 基本形状の横方向の大きさはあまり変わらず, 縦方向に大きく伸びたような形状になる. よって筆型デバイス自身の姿勢が描画対象に対して平行に近いほど, フットプリントの基本形状を縦方向に引き伸ばす.

【フットプリントの向き】3.2節で求めたしなりを考慮し



図6 しなり方向に応じたフットプリントの回転としなり量・筆型デバイスの傾きに応じた変形



図7 平筆による描画



図8 作品例

た穂先の先端位置  $P'_{tip}$  と穂先の根元  $O$  の位置関係は, それぞれ基本形状の上部と下部に対応する. よってこの2点に対応するよう基本形状を回転する.

実際に上記アルゴリズムを適用し, 筆型デバイスの穂先を丸筆として, フットプリントを描画した結果を図6に示す. しなり量・方向に応じてフットプリントが回転・変形している様子が分かる. ここで筆に重畳されている直線は筆の軸の位置姿勢を表している.

## 4. 運用

筆型デバイスの穂先を平筆にして実物体の巣箱へ描画している様子を図7に, 皿に対して丸筆で描画した結果を図8に示す. 運用の結果, 穂先のしなりを感じながら実世界に近い感覚で描画作業を行える, 立体物に対して, 手で持ちながら描画できるという利点がある一方で, 穂先が描画対象に触れても, 穂先がある程度しななければ描画できないという, アナログスティックの感度の悪さが問題となった.

## 5. むすび

本研究では, 実世界の絵筆の触感と描き味を実現するために穂先のしなり量・方向を取得可能な筆型デバイスを設計・開発した. 次にそれを用いてMR空間中の実物体 (平面・立体) へ直接描画可能なシステムを実現した. そこで得られた結果をもとに, 今後はしなり量・方向取得機構の改良を行う予定である.

また, 本システムはMR空間で実装しているため, 仮想物体も描画対象として扱える. 今後は描画対象を仮想物体へ拡張し, ユーザが絵筆の触感を感じる事が可能な触覚・視覚フィードバック機構を有した更なるデバイスを開発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] C. J. Curtis *et al.*, "Computer-generated watercolor," *Proc. SIGGRAPH 97*, pp. 421 - 430, 1997.
- [2] B. Baxter *et al.*, "DAB: Interactive haptic painting with 3D virtual brushes," *Proc. SIGGRAPH 01*, pp. 461 - 468, 2001.
- [3] 齋藤 他, "インタラクティブペインティングのための力学的三次元筆モデル", 情報処理学会論文誌, No. 41, Vol. 3, pp. 608 - 615, 2005.
- [4] 島田 他, "毛筆で筆記可能な仮想書道システムの開発", 情報処理学会論文誌, Vol. 47, No. 12, pp. 3392 - 3401, 2006.