

実際の毛筆を筆記入力デバイスとする仮想書道システム Virtual Calligraphy System Using Real Brush as a Handwriting Input Device

金山 知俊¹⁾
Chishun Kanayama

1 はじめに

本研究は実際の毛筆を筆記入力のデバイスとする仮想書道システムの構築を目的としている。システムの構築にあたっては毛筆の筆記動作の取得、穂先の変形の再現、筆跡の生成の3項目を実現する必要がある。今回はこのうち筆記動作の取得について検討を行なった。手書きの文字やイラストレーションをデジタルデータとして入力するにはペンタブレットや液晶タブレットなどのペン入力デバイスが広く用いられているが、それらの機器は硬いペン先を使用しており、穂先が変形する毛筆の書き味を再現することはできない。実際の毛筆を入力デバイスとすることができれば現実の書道と同様の書き味で書道体験を体感することが可能となり、筆記中の毛筆の動きをコンピュータで取得することで書道の過程をデジタルデータとして記録・再現することも可能となる。この取り組みに関して、これまでに毛筆にIMUを取り付ける手法 [3] や手検出と RANSAC による直線検出を用いた手法 [4] を試みているが、前者は取り付けしたIMUが筆記動作を妨げる、キャリブレーションに手間がかかる等の問題があり、後者は処理の遅延やブレが発生する問題があった。本報告では二箇所にマークを取り付けた毛筆をRGB-Dカメラで撮影することで筆の位置姿勢を計測する手法を用いる。穂先の変形、筆跡生成については簡易的な仮の手法を用いて仮システムを構築し、RGB-Dカメラのみで毛筆の位置姿勢が取得可能であることを示す。

2 システム概要

本研究の仮想書道システムでは一般的な書道や習字と同様に、机上に置いた用紙に対して毛筆で筆記を行うことを想定している。書道の筆跡は墨液を含んだ筆の穂先が紙面と接触し、穂先から紙面に墨が移ることで生成されるので、穂先と筆記面（紙面に相当）の接触位置をデータとして取得する必要がある。本研究では筆および筆記面の位置計測に画像と深度データを同時に取得可能なRGB-Dカメラを用いる。

2.1 筆の位置姿勢取得

毛筆の位置姿勢は次の手順で計測する。

- RGB-Dカメラによる撮影
- 平面検出による筆記面座標系の決定
- 色マーク検出による毛筆の位置姿勢計測

RGB-Dカメラは筆記中の毛筆と筆記面が撮影範囲に含まれるように机の奥から利用者の方向を向くように配置する。筆記動作前に撮影した画像を点群に変換し、平面検出によってカメラに対する筆記面の位置と法線方向を求める。カメラ正面から50cmの位置を筆記面座標系の原点とし、法線方向をZ、原点からカメラ正面の方向をX、カメラを正面に見て右手方向をYとする筆記面座標系を決定する(図1)。

1) 南山大学理工学部ソフトウェア工学科

毛筆の位置は軸の二箇所に巻いた色テープをマークとして検出することで求める。撮影画像中の色マークの重心となる画素位置と深度情報からカメラ座標系での軸の3次元座標を二箇所求め、それを筆記面座標系に変換する。また二箇所の軸位置を結ぶ直線を求め、そこから毛筆の姿勢を求める(図2)。

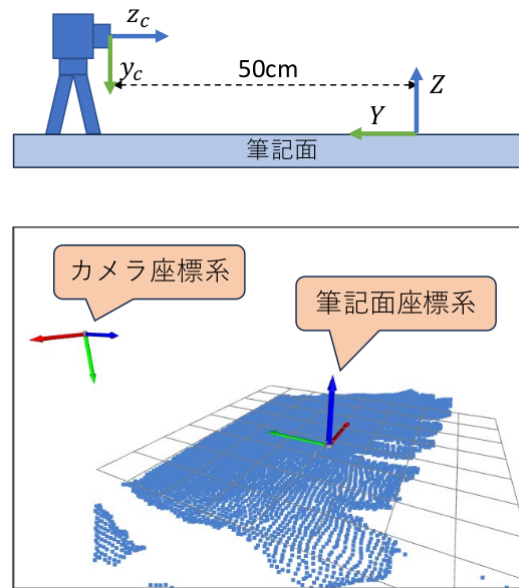


図1 筆記面座標系の決定



図2 色マークの検出

2.2 穂先と筆記面の接触

色マークの位置から穂先までの長さや筆の位置姿勢から、筆記面からの穂先の高さを求めることができる。この高さが0以下になったときに穂先は筆記面に接触することになる。実際の毛筆の穂先は筆記面との接触によって変形するので、本研究でも穂先を弾性をもつ棒として



図3 RANSACの直線推定による手法

シミュレートすることを以前より検討している [1]. ただし, 本稿では筆の位置姿勢取得を優先し, 穂先の変形は取り扱わない.

2.3 筆跡生成

本稿では毛筆の穂先を軸につながる円錐と考える. 穂先が筆記面に接触し, 筆記面座標系での穂先位置 Z が負となるとき, 筆記面と穂先の交差位置 (X, Y) に円を描くことで筆跡を生成する. この円の半径 D は以下の式で決定する.

$$D = \min(1.0 - \frac{Z}{l})D_0$$

ここで l は穂先を示す円錐の長さ, D_0 は円錐底面の直径 (軸の太さ) である.

3 実験結果と考察

本手法の効果を確認するため, 仮システムを構築して実験を行なった. RGB-D カメラは Intel RealSense D415 を用いた. 使用した PC は Sony VAIO S, OS は Ubuntu 20.04 LTS である. 実装には python 言語を用い, 画像処理ライブラリに OpenCV, 点群処理に Open3D[5] を用いた. 撮影画像を 640×360 画素, 30FPS として本手法を実行したところ約 20FPS で動作した. 本手法の前に取り組んだ, 手に持った毛筆の位置姿勢を手領域検出と RANSAC の直線検出で推定する手法 [4] では約 5~7FPS であったので, 処理速度は大幅に向上している. これは点群変換や RANSAC のように時間のかかる処理が不要になったことが大きい. また, 筆の姿勢検出についても RANSAC の手法では細かい筆のブレが発生し, 筆跡にも影響を与えていたが (図 3), 二箇所の色マーカを用いた本手法では, マーカの検出に失敗しないかぎり筆のブレは発生せず, 実際の習字や書道とほぼ同様の書き味で筆記を行うことができた (図 4).

4 おわりに

本研究は実際の毛筆を筆記入力デバイスに用いた仮想書道システムの構築を目指している. 色マーカを取り付



図4 二箇所の色マーカを用いた手法

けた筆の動きを RGB-D カメラを用いて撮影し, マーカ検出から得られた筆の穂先と筆記面との交差から筆跡を生成する仮システムを作成して実験を行い, 毛筆による書き味を伴った仮想書道が実現可能であることを確認した. 以前の取り組みでは筆の姿勢取得に 9 軸 IMU を用いていたが [3], 毛筆に取り付けた IMU が邪魔になり筆記動作に影響を与えたり, 事前のキャリブレーションに手間がかかる等の問題があった. また, 手検出と RANSAC による直線検出を用いた手法 [4] では処理速度やブレの問題があった. 本稿の色マーカを用いる手法はシンプルではあるが処理速度や精度に大きな問題はなく仮想書道システムの筆記入力デバイスとして適切であると考え. 今後は穂先の変形 [1] や墨量の減少による筆跡のかすれ表現 [2] 等と組み合わせて仮想書道システムの完成を目指す予定である.

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JS19K12290 の助成を受けたものです.

参考文献

- [1] 金山知俊: 仮想書道のための柔軟な穂先をもつ毛筆モデルの提案, FIT 2018, (2018/9/20).
- [2] 金山知俊: 墨量の減少によるかすれ表現を可能とする仮想書道のための筆跡生成手法, FIT 2020, (2020/9/1).
- [3] 金山知俊: 仮想書道のための 9 軸 IMU と深度センサを用いた手書き入力デバイスの開発, NICOGRAPH 2021, (2021/11/7).
- [4] 金山知俊: RGB-D カメラを用いた手持ち物体の検出と位置姿勢推定による手書き入力デバイスの開発, 映像情報・芸術科学フォーラム 2024, (2024/3/5).
- [5] Open3D A Modern Library for 3D Data Processing, <http://www.open3d.org/> (2024/6/12 参照).