

## 実書道筆入力装置：ふでいち

伊藤 菜穂子† 青柳 龍也†

†津田塾大学大学院理学研究科

### 1 はじめに

筆文字など筆テクスチャを利用した描画入力には、タッチパネルやペンタブレットにスタイラスや指を使って入力する方法があるが、それらの方法では実書道筆を用いた際の筆記面との摩擦、穂首\*の弾力性などの書き味が失われ、筆による筆記のリアリティを損なう原因となっている。実書道筆による筆記との感覚の差を埋めるためには、スタイラスや指ではなく、実書道筆を使って入力できる事が望ましい。本論文では、筆を使った新しい入力装置ふでいちを提案する。ふでいちの第一の特徴は、実書道筆を使う点である。第二の特徴は、多くのユーザが気軽に使えるように、特殊な装置を使用しないことである。すなわち、特殊なセンサー等を内蔵しない市販の筆を使用し、広く普及しているスマートフォンのカメラ1台を利用して筆の位置を計測する。ふでいちの第三の特徴は、とめ・はね・はらいの再現のため、接地面を雫型と捉えた筆モデルを適用する点である。

### 2 関連研究

これまでも書道筆を想定した入力手法は多数提案されている。書道筆にセンサーを取り付けた研究 [1] が多く、実書道筆を使用した研究では、端山ら [2] が2台の左右カメラを用いた接地認識を行い、筆の位置と接地面の形を検出している。この手法では2台のカメラに同性能、同時刻撮影開始が求められるため、ユーザが新たなツールを用意する必要がある。

齋藤ら [3] の三次元筆モデルの接地面は、ベジェ曲線を軸とし大小の円を連ねた穂首と筆記面が交差した時に発生する線分の端点を結んで定義される。その接地面は雫型となり、とめ・はね・はらいがよく再現されるが、力学的に定義されているために特殊センサー等を内蔵しない実書道筆では利用できない。

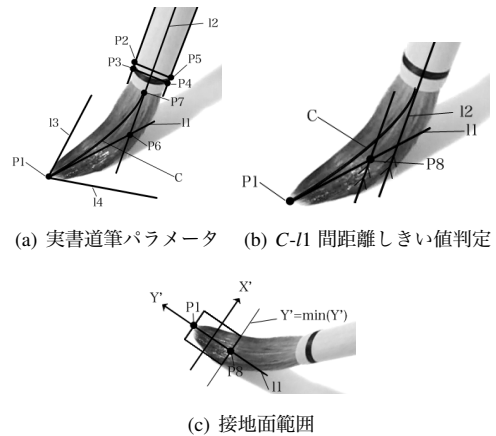


図1: 接地面の位置検出

### 3 提案手法

#### 3.1 前提条件

幾何形状が既知の筆記領域ペーパーを設置する。ペーパーが画面に収まるように、筆記者視点において左上方にカメラを設置し、水を含ませた筆で筆記領域ペーパー上に筆記する。なお本手法では右手での筆記を想定する。また筆軸に黒い糸が巻き付けてある種類の筆を使用することを前提とする。

#### 3.2 接地面の位置検出・形状生成

実書道筆の各パラメータを図1(a)に示す。以下の手順で雫型接地面を求める。

##### (1) 分類機による範囲検出

あらかじめ筆の形状を学習させた分類機を用い、画像上の筆範囲を検出する。検出された範囲内に対して以下の作業を実行する。

##### (2) 中心線検出

穂首と筆軸の特徴点から穂先中心線  $I1$ 、筆軸中心線  $I2$ 、穂首中心曲線  $C$  を以下のように検出する。

##### - 穂先中心線 $I1$

穂先点  $P1$  から延びる穂首の輪郭接線  $I3, I4$  を想定し、 $I3, I4$  の穂首側の角の二等分線を  $I1$  とする。

##### - 筆軸中心線 $I2$

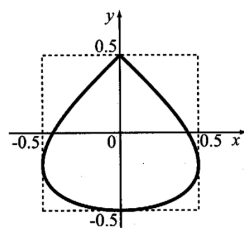
筆軸の両側のエッジ上にある黒い糸領域の端点  $P2, P3, P4, P5$  を検出し、直線  $P2P5, P3P4$  の2中点を通る直線を  $I2$  とする。

Fudeichi: an input device for East Asian calligraphy using a real writing brush

†Naoko Ito †Tatsuya Aoyagi

†Graduate Program in Mathematics and Computer Science, Tsuda College

\*筆の穂の部分の事を穂首と呼ぶ。



出典：島田他 [1]

図 2: 雫型接地面の基本形状

- 穂首中心曲線  $C$

$P1$ 、 $I1$  と  $I2$  の交点  $P6$ 、 $I2$  と筆軸—穂首間境界線の交点  $P7$  の 3 点を制御点とした 2 次ベジェ曲線を  $C$  とする。

(3) 穂首接地判定

穂首中心曲線  $C$  が一定の曲率以上であった場合、穂首が筆記面に接地しているとする。

(4) 接地面範囲決定

筆記領域ペーパーの実サイズを元にした射影変換後、接地面範囲を算出する。 $I1$  を  $Y'$  軸としその垂直方向を  $X'$  軸とする座標軸  $X'$ 、 $Y'$  を考える。 $I2$  に平行な  $C-I1$  間距離が、しきい値以下になる  $I1$  上の点を接地面範囲の  $Y'$  軸の下限点  $P8$  とする。 $Y'$  軸上限は  $P1$  である。 $Y'$  軸範囲は最大でも穂首の長さ以下であるため、限界値を設け、それを超過した場合は前フレームの領域の大きさから  $P8$  を推定する (図 1(b))。  $P8$  を通り  $I1$  に直交する直線  $Y' = \min(Y')$  を想定し、その直線と穂首輪郭の左右交点間を接地面範囲  $X'$  軸の範囲とする。 $Y'$  軸範囲と同じく、 $X'$  軸範囲は穂首がある程度押し付けられた幅より大きくなる事はないため、限界値を設け、超過した場合は  $I1$  から見て左右短い方の長さの 2 倍を  $X'$  軸範囲長とする (図 1(c))。

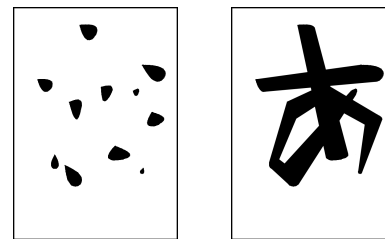
(5) 雫型接地面計算

塩野ら [4] の研究を元に島田ら [1] は次の関数で雫型接地面の基本形状が表されると仮定しており、図 2 はその基本形状を示している。 $Y'$  軸長を  $\max(Y') - \min(Y')$  とし、 $\min(X')$ 、 $\max(X')$  の値に応じて左右スケールした雫を接地面形状とする。

$$\begin{cases} x = \frac{\sin 2\psi}{2} \\ y = \frac{1}{2} - \cos\psi \end{cases} \quad \left( -\frac{\pi}{2} \leq \psi \leq \frac{\pi}{2} \right)$$

4 評価と考察

本手法の接地面の位置検出手動で検証した。使用した実書道筆は、あかしや太筆 学校書写用 3 号「遠山」である。水を含ませた実書道筆で「あ」という文字を筆記した様子を撮影した動画から、各ストロークの最



(a) 描画接地面 (b) 接地面間補完後

図 3: 手動検証結果

初と最後のフレームと曲線部の補完フレーム計 11 枚を検出対象画像とする。各検出対象画像に対して、接地面の位置検出、接地面形状の生成、描画を手動で行った。描画した接地面を図 3(a) に示す。また各描画接地面間を単純に直線で繋げる補完結果を図 3(b) に示す。各検出対象画像間に有るべきフレームは考慮に入れず、単純に直線補完したため結果画像の「あ」が歪ではあるが、各検出対象画像における接地面の位置検出、形状生成ができた。

5 まとめ

本論文では実書道筆を使った入力装置ふでいちを提案し、接地面の位置検出手法に関して検討を行った。今回の検証では特定の 11 フレームを検出対象としたため、 $C$  の曲率による筆記面への穂首接地判定の精度は得られていない。

今後の課題は、本手法の実装と高精度化、そして筆記跡を掠れさせる等の視覚リアリティの検討である。リアリティの追求には表示方法を検討する必要がある。その際には表示画面上で筆記を行うなどが考えられるためタブレット端末の利用も検討する。

参考文献

[1] 島田英之, 島田恭宏, 大倉 充: 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) .  
 [2] 端山竜也, 渡辺賢悟, 宮岡伸一郎: Web カメラを使用した書道パフォーマンスツールの開発, 第 73 回全国大会講演論文集, Vol.2011, No.1, pp.129-131 (2011) .  
 [3] 齋藤 豪, 中嶋正之: 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, Vol.41, No.3, pp.608-615 (2000) .  
 [4] 塩野 充, 吉村 治, 真田英彦, 手塚慶一: 筆軸の 3 次元運動に制御された筆触関数を用いた毛筆漢字パターン生成, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J72-D-II, No.1, pp.76-84 (1989) .