

6自由度ペンタブレットを用いた仮想書道システムの試作 Prototyping of Virtual Calligraphy System Using 6-DOF Pen Tablet

金山知俊[†]

Chishun Kanayama

1. はじめに

ペンタブレットはコンピュータ環境におけるイラストレーションの作成や手書き文字認識などの入力デバイスとして広く用いられている。書道や習字についてもペンタブレットを入力デバイスとしてコンピュータ上で再現するシステムを実現することができれば、完成された手本を真似るだけでなく筆の動作も確認しながら学習する仮想書道を実現することが可能となる。ただし、タブレット用のペンは先端が固く変形しないので、そのままでは実際の毛筆のように変形する穂先を再現することができない。そこで本研究ではペンタブレットで取得できる筆圧やペンの傾き、回転の情報をもとに穂先の変形や動きを再現することで実際の毛筆に近い筆記動作による仮想書道システムを試作した。

2. 毛筆の特徴

書道や習字で用いられる毛筆は、竹などを素材とした軸と動物の体毛を束ねた穂先で構成される。穂先の大きさは様々だが、一般的な書道や習字でもちいられる筆は小筆で2~4cm、大筆で5~10cm程度であり、穂先を紙面に押し付けて変形させながら筆記を行う。このときの筆の圧力や動きの違いによって様々な筆跡が生成される(図1)。



図 1: 毛筆の変形と筆跡

3. ペンタブレットによる筆書き入力

一般的なペンタブレットは入力位置の xy 座標に加えて、筆圧を取得できる。またペン軸の傾きや軸回りの回転を加えた6自由度の入力が可能な機種も存在し、今回はこれを使用する。毛筆との最も大きな違いは先端が変形しないことであり、入力位置は原則としてペンの中心軸の先端にあるペン先である。

毛筆の場合、紙の上で変形した穂先が筆跡を生成する。初めに先端が紙に接触し、そこから穂先が変形しながら紙に押し付けられる。その結果、穂先と毛筆の軸の位置にはずれが生じる。

3.1. 筆圧による穂先の変形

本研究では穂先を毛筆の軸から伸びる線分で表現する。ペンタブレットの入力面にペンを接触させると、その筆圧に比例して穂先が先端から紙面に沿って折れ曲がる。ペンの入力位置は紙面に沿った穂先の先端から2/3割の長さの位置とし、毛筆の軸位置はその傾き方向にずらす(図2左)。

3.2. ペン入力による穂先の方向変化

ペンを移動させずに軸を回転させた場合、ペン入力位置を中心に毛筆の軸の位置と方向を回転させる(図2中)。入力状態でペンを移動させるとそれに合わせて穂先も移動する。このとき毛筆の軸位置を筆圧に反比例した大きさで移動させることで穂先の方向を変化させる(図2右)。また、穂先の先端が向く方向にペンを移動させるとより素早く穂先方向が変化し、紙面上で穂先方向が反転するような効果が得られる。

以上をまとめた穂先の位置・方向計算方法を図3に示す。

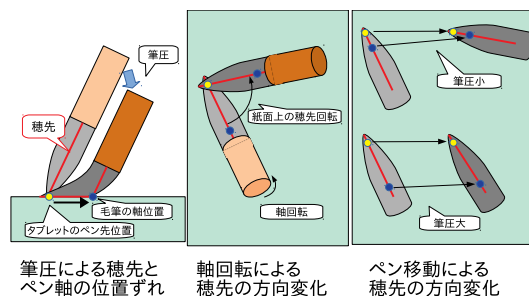


図 2: ペン入力と穂先の位置、方向変化

4. 筆跡の生成

3節で求めた紙面上の穂先の情報はペンがタブレットに接触してから離れるまで記録を続ける。この筆跡情報は紙面上の穂先を示す線分の集合として表現される。これらの線分に穂先を示す筆跡形状を貼り付けることで連続的な筆跡を生成する。本報告では筆跡として多角形ポリゴンを使用している(図4)。

5. システムの試作と結果

前章の手法による筆書き入力の効果を確認するために仮想書道システムの試作を行った。実装には libigl[2] と Eigen[3] を使用した。使用したペンタブレットは

[†]南山大学理工学部ソフトウェア工学科

WACOM 社の Intuos Pro, 入力用のペンには傾きに加え軸回りの回転を取得できるアートペンを用いた. 本システムによる筆記の例を図 5, 6 に示す. 図の左が筆跡情報の線分のみを表示した状態, 右がポリゴンによる筆跡を表示した状態である. 筆圧変化やペンの移動により紙面上の穂先の大きさや方向が変化していることや書道らしい筆跡を実現していることが確認できる.

書道の書き方の要素のうち「はね・とめ」についてはおおむね表現可能である. 一方で「払い」については先端が十分に尖らないことが多い. これは「払い」動作の段階でペンがタブレットから離れる際に筆圧が減少し, 穂先位置から軸方向にずれていた筆跡によって「払い」直前の筆跡が覆われることで先端が丸まってしまうという現象が発生したと思われる. これを改善するには「払い」動作時に筆跡情報の位置や大きさを補正する等の処理を追加する必要がある.

6. おわりに

ペンタブレットを仮想書道システムの入力デバイスに使用する際の毛筆の穂先の変形を想定した筆書き入力手法を考案し試作を行った. ペンの圧力に応じた穂先の変形や, 筆記中の穂先の方向変化の表現が可能であることを確認した. 書道の要素である「はね・とめ」については表現が可能であるが, 「払い」については不十分な点が確認された. これを改善するには「払い」動作に合わせて穂先情報を補正する等の処理を加える必要がある. また, 現状では穂先を一本の線分で表現しているが, これを複数に分割して筆記中の穂先の広がりや濃淡を表現可能なテクスチャとして生成し, 墨の量による筆跡のにじみやかすれの表現を加えることを検討している.

加えて, よりリアルな穂先を再現するには力学的な穂先の変形を考慮するべきである. 筆者は本研究と並行して Discrete Elastic Rods モデル [1] による穂先の再現を検討しており [4], 今後本研究の手法と組み合わせた仮想書道システムの実現を目指す.

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] Bergou M., Wardetzky M., Robinson S., Audoly B., Grinspun E.: Discrete Elastic Rods, *ACM Trans. Graph.*, 27, 3 (2008).
 [2] Jacobson A., Panozzo D., others: libigl - A simple C++ geometry processing library, <http://libigl.github.io/libigl/>, (2017).
 [3] Guennebaud G., Jacob B., others: Eigen v3, <http://eigen.tuxfamily.org>, (2010).
 [4] 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).

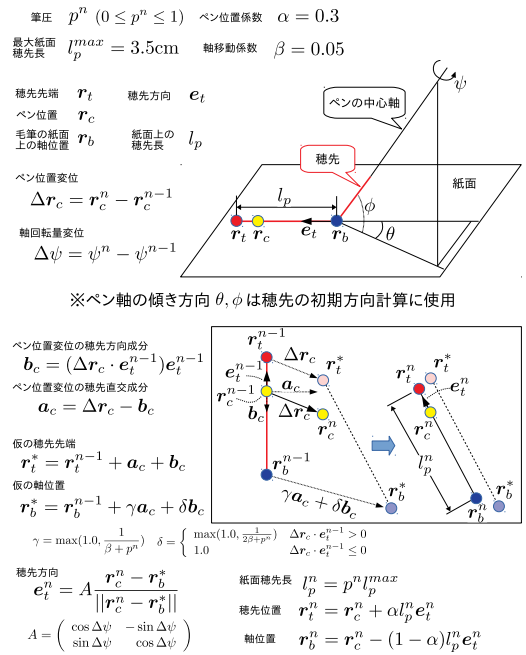


図 3: 穂先の位置・方向計算

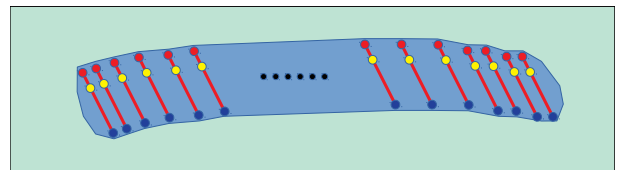


図 4: ポリゴンによる筆跡生成

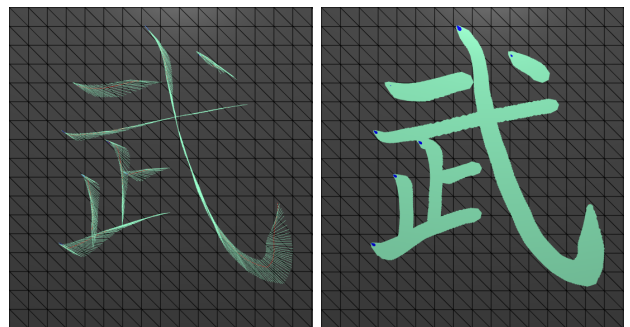


図 5: 筆記例「武」

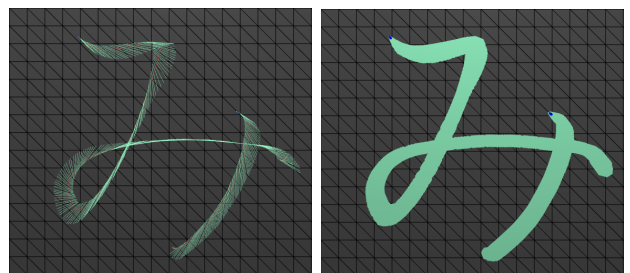


図 6: 筆記例「み」