

線の毛筆調レンダリングに関する研究

前田 大介[†] 齋藤 豪[‡] 高橋 裕樹^{††} 中嶋 正之^{††}

[†]東京工業大学 工学部 [‡]東京工業大学 精密工学研究所

^{††}東京工業大学 大学院 情報理工学研究科

1 はじめに

コンピュータによって描かれる曲線は基本的に太さが一定であり、表現力に乏しい。それに対して、毛筆は線の太さの変化やかすれ等により、表現力豊かなストロークを生成できる。

毛筆ストロークの太さの変化は、線の曲率、筆の高さ、運筆のスピードなどさまざまな要因が影響し、容易には求められない。毛筆を再現する従来の手法として、張らの手法 [1] や Der-Lor ら [2] の手法では 3D オブジェクトを水墨画風にレンダリングする。これらの手法では、塗りつぶし面に対する墨のにじみの表現やテクスチャの適用により毛筆らしさを再現しており、ストロークの再現にはあまり重点はおかれていない。

本稿では、入力となる曲線を自動的に毛筆ストロークとしてレンダリングするために、音声認識などで用いられる HMM (Hidden Markov Model) を用いて筆モデルを作成する。音声は、話者の声帯の振動や口腔内の形状などの状態により、発せられる音声波形に変化が生じる。音声認識において、この状態と音声波形の関係をモデル化するのに HMM が用いられる。同様に毛筆も穂先の状態によって描かれるストロークに特徴が出てくると考えられる。作成したモデルに対し、実際のストロークを測定したデータから筆の状態を推定し、得られたモデルを用いて入力線に太さの変化を付与して毛筆のストロークを再現することを目指す。

2 毛筆ストロークモデルの構築

筆のストロークは、筆のフットプリントを重ね合わせたものとみることができる。ここでフットプリントとは筆の穂先が紙面に接している部分の形状とする。本稿では、曲線を直線/左曲がり曲線/右曲がり曲線/波線の 4 つにクラス分けするために、HMM を学習させ

る状態はフットプリントに、出力シンボルは軌跡の各点での角度変化に対応させる。次にモデルの構築手順を述べる。

[処理 1] 筆を用いてあるクラスに属する曲線を描き、軌跡とフットプリントを測定する。軌跡上の点を一定間隔 D でとったものを p_0, p_1, \dots, p_n とし、線分 $p_{i-1}p_i$ と $p_i p_{i+1}$ のなす角 θ_i を図 1(a) に示す事前実験における頻度分布に応じたクラス分けを行い、各クラスを表す数値としてシンボル化し、角度変化の系列 Θ として記録する。また、図 1(b) に示すように点 p_i におけるフットプリントの長さ $size_i$ と軌跡に対する角度 ψ_i を組として fp_i とし、フットプリントの系列 FP として記録する。

[処理 2] HMM の状態数を定め、測定した系列 Θ を用いて、Baum-Welch アルゴリズムで状態の遷移確率、出力確率を推定する。

[処理 3] 測定した各系列 Θ について、Viterbi アルゴリズムを用いて最も尤もな状態遷移系列 S を求め、パスの各状態 S_i に測定したフットプリント fp_i を当てはめる。

[処理 4] 測定された全ての Θ に対して前項の対応付けを行う。複数のフットプリントが当てはめられた状態ではそれらのフットプリントの長さ $size$ と角度 ψ それぞれについて平均を取る。

[処理 5] 4 つのクラスの曲線について 1~4 の処理を行い、各曲線の HMM を構築する。

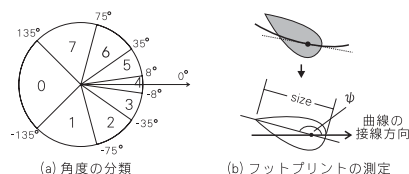


図 1: データの測定

3 毛筆ストロークのレンダリング

3.1 フットプリント系列の推定とデータの取得

曲線上のサンプリング点におけるパラメータを求め

[処理 1] 入力曲線上の点を一定間隔 D でとったものを p_0, p_1, \dots, p_n とし、モデルの構築時と同様に角度を表

Oriental Brush like Rendering for Lines

Daisuke MAEDA[†], Suguru SAITO[‡],
Hiroki TAKAHASHI^{††} and Masayuki NAKAJIMA^{††}

[†]Faculty of Engineering

[‡]Precision and Intelligence Laboratory

^{††}Graduate School of Information Science & Engineering,

すシンボルの系列 Θ とを求める。

[処理 2] 曲線からサンプリング点 U 個分の区間を切りだした系列から、Viterbi アルゴリズムで最尤状態遷移系列 S を求める。求められた系列の各状態 S_u からフットプリント fp_{S_u} を求め、対応するサンプリング点に割り当てる。

[処理 3] 切り出す区間を曲線の先頭からひとつずつずらしながら、全てのサンプリング点にフットプリントが割り当てられるまで [処理 2] を繰り返す。

[処理 4] 各サンプリング点毎に割り当てられたフットプリントの長さや角度をそれぞれ平均化する。

3.2 レンダリングアルゴリズム

前項で得たデータを基にして、レンダリングを行う。

[処理 1] かすれ方の異なる T 枚のフットプリント画像を用意する。これらは同じ大きさのグレースケール画像であり、添え字の大きいほどかすれ方も大きいものとする。図 2 中に示すように基準点を設定する。

[処理 2] すべてのフットプリント画像をラスタ走査し、各画素のグレースケール値を格納した配列 C_0, C_1, \dots, C_{T-1} を求める。配列 C_t の j 番目の要素を $c_{t,j}$ と表す。

[処理 3] 画像の第 j 画素の基準点からの位置ベクトル R_j を求め、各サンプリング点 p_i について図 3 に示すように、 p_i の位置、前項で割り当てた $size_i, \psi_i$ および R_j から注目画素の位置 $bp_{i,j}$ を求める。求めた点 $bp_{0,j}, bp_{1,j}, \dots, bp_{n-1,j}$ を通るスプラインを B_j とする。

[処理 4] レンダリングに用いる画像を示す値を $t = 0, n = 0$ とし、かすれる早さを示す値 A を定める。

[処理 5] 全ての点 p_i について、ランダムで $255 - c_{t,j}$ 、 $255 - c_{n,j}$ のいずれかを値に設定し、全ての B_j の点 $bp_{i,j}, bp_{i+1,j}$ 間の曲線を黒で描画する。全ての B_j について描画が終わる毎に $t \neq n$ ならば $t = n$ とし、さらに以下の処理を行う。

(a) $i \bmod A = 0$ かつ $n < T - 2$ ならば、 n を 1 増加させる。

(b) $n = T - 2$ ならば、80%の確率で n を 1 増加させる。

(c) $n = T - 1$ ならば、10%の確率で n を 1 減少させる。

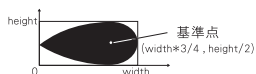


図 2: フットプリント画像

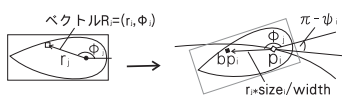


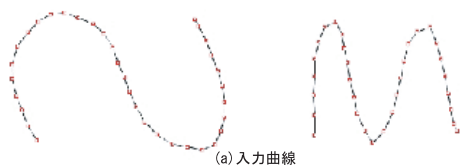
図 3: 注目画素の位置

4 結果

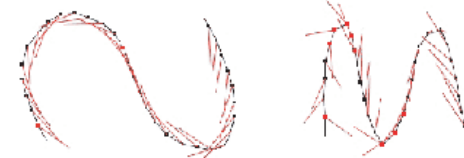
今回は実際の筆ではなく 3D 筆モデル [3] からサンプリング間隔 $D = 20$ で測定したデータを用い、状態数 8 で各モデルを構築した。フットプリント画像は図 4 の 6 枚、 $U = 10$ 、 $A = 12$ として図 5(a) に示す入力曲線をレンダリングした。フットプリントの長さ、角度を推定した結果が図 5(b) であり、曲線から伸びる短い直線が長さ、角度を表す。レンダリングした結果が図 5(c) である。



図 4: 使用したフットプリント画像



(a) 入力曲線



(b) フットプリントの推定結果



(c) レンダリング結果

図 5: 実行結果

5 まとめ

本稿では、HMM を用いて筆の状態モデルを作成し、入力線に対して毛筆調のストロークをレンダリングする手法について述べた。結果として、HMM により状態を推定し、毛筆調の変化あるストロークを生成することが出来た。今後の課題としては、測定データ数を増やしてのモデル構築や、レンダリングの質を向上させる為のアルゴリズムの改良が挙げられる。

参考文献

- [1] 張青, 高橋淳也, 村岡一信, 千葉則茂: “樹木の水墨画調レンダリング”, グラフィクスと CAD 76-7, 1995
- [2] Der-Lor Way, Yu-Ru Lin, Zen-Chung Shih: “Chinese ink rendering for trees using outline drawing and texture stroke”, IWAIT 2002 1-1, 2002
- [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, Mar (2000)