

ダイナミックフォント法を用いた中国語フォントの再設計法

朱 文莉* 藤岡寛之**

(*福岡工業大学院工学研究科 **福岡工業大学情報工学部システムマネジメント学科)

mdm15003@bene.fit.ac.jp, fujioka@fit.ac.jp

1 はじめに

ヒトの書字運動をヒントに開発された“ダイナミックフォント”生成法は従来のフォント生成法と較べて文字の設計や再設計を行いやすいという利点をもつ。特に、平滑化スプラインの理論を用いて標準文字を草書体へと再設計する方法が提案されているが‘かな文字’に限定されている [1]。

本研究は上記の研究を発展させ、中国語文字フォントを再設計する問題を考える。まず、再設計時に連綿を実現する筆画間の接続の有無をサポートベクターマシン [2] を使って判別する。その判別情報から筆画間の接続に関する制約条件を導き、平滑化演算により文字を再設計するための枠組みを開発する。結果、書道でみられるような自然な草書体中国語文字を設計できることを設計例により示す。

2 中国語文字フォントの生成方法

筆画数が n 画の中国語標準文字の各筆画をダイナミックフォントに基づきモデル化することを考える。ただし、単純化のために 3 次元軌道の各要素に対して独立に設計する。各筆画は、書字運動 $x_{[k]}(t)$, $k = 1, 2, \dots, n$:

$$x_{[k]}(t) = \sum_{i=-5}^{m_k-1} p_i^{[k]} B_5(\alpha(t-t_i)), t \in [t_0, t_{m_k}] \quad (1)$$

として生成する。 $B_5(\cdot)$ は正規化された一様な節点をもつ 5 次 B スプライン関数である。 $\alpha(>0)$ は節点 t_i の間隔を調節する定数、 m_k は運動時間を調節する整数、 $p_i^{[k]}$, $i = -5, -4, \dots, m_k - 1$ は‘制御点’と呼ばれる重みである。各筆画で自然な運筆を表現するため $x_{[k]}^{(l)}(t_0) = x_{[k]}^{(l)}(t_{m_l}) = 0$, $l = 1, 2, 3, 4$ となるような次の条件を満たす。

$$A_{[k]} p^{[k]} = \begin{bmatrix} c \cdot \mathbf{1}_5 \\ \mathbf{0}_{M_k-5} \end{bmatrix}, \bar{A}_{[k]} p^{[k]} = \begin{bmatrix} \mathbf{0}_{M_k-5} \\ \bar{c} \cdot \mathbf{1}_5 \end{bmatrix}. \quad (2)$$

ただし、行列 $A_{[k]} \in \mathbf{R}^{5 \times M_k}$ と $\bar{A}_{[k]} \in \mathbf{R}^{M_k-5 \times M_k}$ ($M_k = m_k + 5$) は

$$A_{[l]} = \begin{bmatrix} I_5 & \mathbf{0}_{5, M_k-5} \end{bmatrix}, \bar{A}_{[l]} = \begin{bmatrix} \mathbf{0}_{M_k-5, M_k-5} & \mathbf{0}_{M_k-5, 5} \\ \mathbf{0}_{5, M_k-5} & I_5 \end{bmatrix}$$

であり、 $c, \bar{c} \in \mathbf{R}$ は定数である。 $p^{[k]} \in \mathbf{R}^{M_k}$ は $p^{[k]} = \left[\left(p_{-5}^{[k]} \right)^T \left(p_{-4}^{[k]} \right)^T \cdots \left(p_{m_k-1}^{[k]} \right)^T \right]^T$ を表し、この系列を“制御多角形”と呼ぶ。幾何学的には運動軌道 $x_{[k]}(t)$ の輪郭を表し、書字運動に対する形式的な表現と見なせる。つまり、 n 画の筆画をもつ中国語文字は制御多角形 $p^{[k]}$, $k = 1, 2, \dots, n$ を順に接続して得られる $p \in \mathbf{R}^M$ ($M = \sum_{i=1}^n M_i$)

$$p^T = \left[\left(p^{[1]} \right)^T \left(p^{[2]} \right)^T \cdots \left(p^{[n]} \right)^T \right] \quad (3)$$

から得られる書字運動 $x_d(t)$ の結果として生成される。

3 筆画の接続判定と再設計

2 節のモデル化によって与えられる標準の書字運動 $x_d(t)$ に対して、次式のような書字運動のファミリーを考える。

$$\chi = \left\{ x(t) : x(t) = \sum_{i=-5}^M \tau_i B_5(\alpha(t-t_i)) \right\} \quad (4)$$

ここで、 $\tau_i \in \mathbf{R}$ は下記で述べる平滑化演算により生成される書字運動に相当する制御点である。

しかしながら、(3) 式の制御多角形 p に平滑化演算を適用しただけでは、すべての筆画間で書字運動が接続され自然な連綿が実現できないことがある。そこで、再設計された文字の筆画間の接続有無をサポートベクターマシンを用いて判別を行う。具体的には、大量の書字データからモデル化し、各筆画間の 2 点の制御点の距離とそれらの筆画がなす角度を特徴量として学習し、その判別情報に基づき再設計後の各筆画の接続の有無を決定する。そのとき、再設計時の文字の筆画間の接続に関して以下の制約を得る。

$$A\tau = p \quad (5)$$

ただし、 $A \in \mathbf{R}^{M \times M}$ は

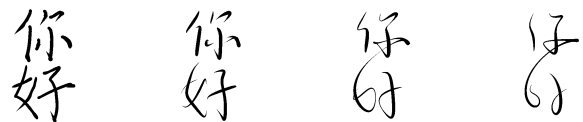
$$A = \text{Blockdiag} \left\{ \begin{bmatrix} A_{[1]} \\ L_{[1,2]} A_{[1]} \end{bmatrix}, \dots, \begin{bmatrix} L_{[n-1,n]} A_{[n]} \\ A_{[n]} \end{bmatrix} \right\}$$

であり、 $L_{[k,k+1]}$ は k 番と $k+1$ 番目の筆画の接続の有無 (有:0, 無:1) を表す、サポートベクターマシンにより得られる判別情報である。このとき平滑化演算は、(3) 式の制約条件を課した以下のような最適問題として定式化される。

$$\min_{x \in \chi} \left(\lambda \int_{t_0}^{t_m} \left(x^{(3)}(t) \right)^2 + \sum_{i=1}^M w_i (p_i - \tau_i)^2 \right) \quad (6)$$

ただし、 $\lambda(>0)$ は平滑化パラメータ、 $w_i \in [0, 1]$ は各 i 番目の制御点の信頼度を表すパラメータである。このとき (3) 式の制約条件の下での (6) 式に対する最適解 τ^* はラグランジュ未定乗数法を用いて求めることができる。

上述した枠組みによる再設計例を以下に示す。図 1(a) は標準文字であり、図 1(b)-(d) は再設計の結果である。重み w_i は $w_i = 1$ とした。全体的な結果として書道で見られるような滑らかでかつ自然な連綿をもつ草書体中国語文字フォントへと再設計できていることがわかる。



(a) 標準文字列 (b) $\lambda = 10^{-3}$ (c) $\lambda = 10^{-2}$ (d) $\lambda = 10^{-1}$

図 1: 文字列の再設計例

参考文献

- [1] H. Fujioka, et. al, Constructing and Reconstructing Characters, Words and Sentences by Synthesizing Writing Motions, *IEEE Trans. Systems, Man and Cybernetics, Part A*, Vol.36, No.4, pp.661-670, 2006.
- [2] C. M. Bishop, *Pattern Recognition and Machine Learning*, 2nd Edition, Springer, 2011.