草書体漢字の自己回帰表現と行書体復元[1]

4H－7

竹内 良亘　高山 文雄　川合 英俊
いわき明星大学 理工学部 電子工学科

1. はじめに

草書体漢字の表現モデルは，草書体漢字を計算機に認識させる場合の本質的な役割を果たす．その表現モデルが，筆記における指で字体をなぞる感覚を忠実に表現していれば，その逆変換によって原理的には行書体を生成できるはずである．そのモデルが我々の送筆感覚をうまく代弁していればいるほど，同一文字のいろいろな書体の草書体漢字から対応する一つの行書体漢字を復元できるはずである．ひいては種々の文字に対して同じモデルが用いられるならば，汎用性の高いモデルが見つかったことになる．つまり草書体漢字の優れた表現モデルは逆変換に対して安定である．これをモデルの良さの判断基準として，今回，草書体漢字の自己回帰表現（送筆の先取り）モデルを構成して検討した．

2. 自己回帰（送筆の先取り）に基づく草書体漢字の表現

筆記漢字を表現するには，送筆を表現できる一筆書きモデルが良い．さらに入力文字の回転，平行移動，伸縮に対して不変な特性を持つものが望ましい．このようなモデルにＰ型記述子があり[i]，これを出発点とした．Ｐ型記述子では，入力文字を一筆書きの曲線とし，これを細かく等間隔の線分に細分する．細分された線分の方向を保って，それを長さ１に変換して単位円上にプロットする．結果として一筆書き曲線が自転車のスポークの集まりのごとき順番付きのベクトル集合となる．Ｐ型記述子からもとの字体を再現するには，スポークをもとの短い線分に直して番号順に繋げてプロットする．書き出しの出発位置の情報は失われているので指定し直す必要がある．

草書体漢字は行書体の送筆を簡略化して出来る．つまり筆の動きを省略している．その省略は，筆の存在する位置において，これからなぞるであろう行書体の筆順の一部をすでに取り込んでいる（自己回帰）ために生ずる鈍しといえる．これをモデル化するには，行書体漢字のＰ型記述子において，それぞれのスポークに対して順番が後に来るいくつかのスポークを加え合わせるのが最も素朴なやり方である．これを行列形式で書くと次式となる．

$$\begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdots \\ \cdots \\ w_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathbf{1}\,1\,1\,1\,0 \ldots & & 0 \\ 0\,\mathbf{1}\,1\,1\,1\,0 \ldots & & 0 \\ \cdots & & \\ \cdots & & \\ 0 \ldots & \ldots & 0\,\mathbf{1} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \\ \\ v_n \end{pmatrix}, \qquad \mathbf{w} = \mathbf{A}\mathbf{v} \qquad (1)$$

ここで，左辺の w_i (i=1,…,n)は送筆の先取りにより作られる草書体漢字の各分割線分の成分であり，そのベクトル方向を表現するために複素数で表わす．右辺の v_i (i=1,…,n)は行書体漢字の一筆書きのＰ型記述子の各複素数成分である．n は一筆書きの曲線の分割数である．ここでは n=64 とした．上式では送筆の先取りが引き続く三つの成分の場合を表示している．行列の太字で示す **1** は対角成分で，v_i を w_i にそのまま移す．太字 **1** の右に並ぶ三つの 1 が，行書体のＰ型記述子の三つの成分を先取りして加える働きをする．$w_1 = v_1 + v_2 + v_3 + v_4$ となっている．草書体の書体を変えてみるには，先取りの個数を変えてみる．(1)式で作られる草書体漢字の **w** の各成分の大きさは，**v** の数個の成分が複素数の和として加わっているため，大きさが１に揃っておらず，Ｐ型記述子の条件を満たすよう大きさを１に規格化する作業が(1)式の後に必要である．第 n 成分 w_n は先取りする先がないので v_n に等しい．(1)式の右に書いた **w** = **A v** は，(1)式左側の成分表示を簡略した表示である．**w** は草書体漢字の分割線分ベクトル，**A** は送筆先取りの表現行列，**v** は行書体漢字のＰ型記述子ベクトルである．

---

[1] An Auto Regressive Representation of Cursive Chinese Characters and the Retrieval of Semi-cursive Style
Yoshinobu Takeuchi, Fumio Takayama and Hidetoshi Kawai

Department of Electronics Engineering, College of Science and Engineering, Iwaki Meisei University
5-5-1 Iino, Chuodai, Iwaki, Fukusima 970, Japan

3. 草書体漢字の生成例

入力は行書体漢字のＰ型記述子ベクトル **v** である．送筆先取りの表現行列として適当な **A** を与えて，草書体漢字を作る．図１は入力文字「京」の行書体の一筆書きである．送筆先取りとして３個を加える **A** を構成して，草書体漢字を出力した結果が図２である．我々が荒っぽく「京」という字を書いたのと似たような字体が作られている．

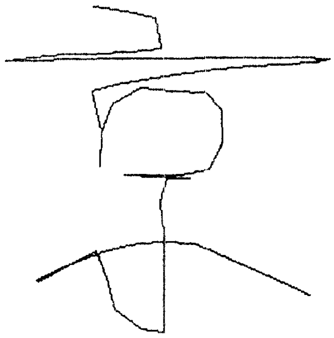

図１

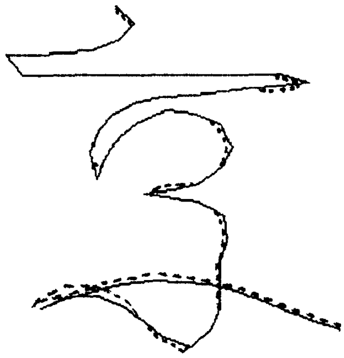

図２

4. 草書体から行書体の復元

入力として草書体漢字の一筆書きのＰ型記述子ベクトル **w** を与える．この場合は行書体情報 **v** が求めたい未知数であるが，**v** から草書体漢字 **w** を作ったであろう送筆先取りの表現行列 **A** も未知数である．計算すべきは逆変換 $\mathbf{A}^{-1}\mathbf{w}=\mathbf{v}$ であるが，**A** が未知のままでは進みようがないので，次のように手順を踏んで検討する．(1) 行書体 **v** および **A** を与えて草書体 **w** を作る．このとき逆変換 $\mathbf{A}^{-1}\mathbf{w}$ が **v** を再現することを確かめる．(2) 入力草書体の字体をわずかに変化させて $\mathbf{w}+\delta\mathbf{w}$ を入力として $\mathbf{A}^{-1}(\mathbf{w}+\delta\mathbf{w})$を計算し，**v** との近さを見る．これによって一つの文字に対する種々の草書体に対する **A** の汎用性がわかる．(3) 種々の文字に対して，同じ **A** が汎用性を持つかどうか検討する．

図３は上記ステップ(1)において，入力草書体 **w** として図２を選び，そのときの **A** を用いて逆変換 $\mathbf{A}^{-1}\mathbf{w}$ を計算した結果得られた字形である．図に現れたぎくしゃくした字体は逆変換 $\mathbf{A}^{-1}\mathbf{w}$ が極めて不安定であることを示している．実際，図４に示すように，上記ステップ(2)における $\delta\mathbf{w}$ として図２に点線で示す変化を与えて逆変換した結果がそれを裏づけている．

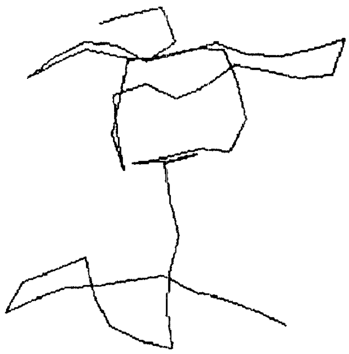

図３

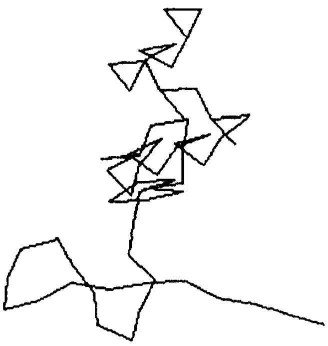

図４

5. 検討課題

本報告のモデルが示す逆変換の不安定性を改善するには，数学的立場からすると正則化 (regularization) を **A** に施すことになるが，指で字体をなぞる感覚に忠実でなくなる恐れがある．あくまでも我々の送筆感覚に基づいて，安定な **A** を再構成あるいは探索すべきである．

卒業研究として寄与された青山 仁君に深謝する．

上坂 吉則，″閉曲線にも適用できる新しいフーリエ記述子″，信学論，**J67-A**，pp. 166-173 (1984-3).