

## 漢字草書体への擾乱付加による行書体復元

竹内 良亘 吉原 洋 高山 文雄 川合 英俊  
いわき明星大学 理工学部 電子工学科  
970 福島県いわき市中央台飯野 5-5-1

**あらまし** 草書体漢字の認識を支援する観点から、利用者との相互作用を前提とした行書体推定の支援法を述べる。入力文字は、草書体漢字の骨組みを一筆書きで表現した曲線とする。これをP形記述子で表現し、そのフーリエ成分に擾乱を与えると、行書体を推定できる字体を抽出できる。擾乱の与え方は、各フーリエ成分へ大きさ1前後の10段階の実数および複素数をかける。この後、フーリエ成分から逆変換で字体を復元すると、10本の少しずつ変形度が異なる草書体が重なった図、擾乱図ができる。ある特定のフーリエ成分に対して、その擾乱図における10本の曲線の凝集した濃い部分が、行書体を推定できる情報を与える。

### Style Transformation of Cursive Chinese Characters to Semi-Cursive Style by Modulation Perturbation

Yoshinobu Takeuchi, Hiroshi Yoshihara, Fumio Takayama, and Hidetoshi Kawai  
Department of Electronics Engineering, College of Science and Engineering,  
Iwaki Meisei University  
5-5-1 Iino, Chuodai, Iwaki, Fukushima 970, Japan

**Abstract** Possible means for overcoming the difficulties of recognition of cursive Chinese characters are illustrated. The insight into retrieval of semi-cursive style from cursive Chinese characters is investigated with the spectrum perturbation aided by user's interaction. A specialized procedure is described for the perturbation to the spectra of the P-type Fourier description of a cursive Chinese character. The superposed image of deformed cursive characters obtained from the inverse transformation of the perturbed spectra manifests some attractive curves. For some spectra the attractive curves indicate the information of the corresponding semi-cursive style.

## 1. はじめに

漢書の墨跡や和歌集の古筆に現れる草書体漢字は、草書筆法に心得のある研究者か書家でないと解読が難しい。一般の古典ファンは、「日本名筆選」のように写真収録された原作品に付された専門家の解題なしには鑑賞できない。ここに、計算機パターン認識を目指す者にとって、挑戦すべき課題が提示されている[1]。

計算機による手書き文字認識の手法は、大きく分けると、(1) 送筆ストローク、(2) 送筆運動のフーリエ成分、を調べる二つの方法に分類される。いずれにおいても標準辞書の楷書体と入力草書体のこれらの特徴量を求め、その差が統計的に最も小さいものを探索することが基本になっている。楷書体と草書体との違いは大きいので、正解率は低いのが現状である。また、草書体の標準辞書を構成して認識させる試みもあるが、やはり正解率を高めるのは難しいと報告されている[2]。

従って、文字認識技術として一気に正解を目指すのではなく、中間段階として草書体漢字の解釈支援を行う方法が必要と考えられる。そこでは標準辞書が不要であるかわりに、中間段階の表示像を利用者が視覚的に解釈する相互作用に頼ることを前提にしなければならない。

今回、筆者らは、上記(2)の送筆運動のフーリエ成分に擾乱を付加して、入力草書体から行書体の情報を担う像を生成する方法を見いだした[4]。以下では、2において草書体を表現するために採用したモデル[3]とその特徴について述べ、3において行書体の情報を抽出するために擾乱を付加する方法を説明する。次に、4において数例の草書体への適用例を示し、本方法が有用であることを示す。

## 2. 草書体漢字の表現モデル

一般に草書体漢字は毛筆で書かれた太肉文字であるが、ここではそれをイメージスキャナで取り込み、利用者がその骨となる曲線をマウスでなぞって一筆書き曲線にした像から出発する。

一筆書き曲線を表現するモデルにはP形フーリエ記述子があり[3]、ここではこれを用いる。図1にP形フーリエ記述子の説明図を示す。入力文字「上」の一筆書き曲線を256等分する。それぞれの分割線分を長さ1に規格化して単位円上に順番付きで並べたものが、P形記述子である。この表現モデルは、(1) 入力文字の平行移動、伸縮、回転に対して不変、(2) 字体がへしゃげた形になっても筆順情報と筆点の方向の情報を保持、(3) スタート点の座標依存性はあるが、問題が1次元に帰着、という草書体漢字の表現モデルとして大変優れた特性を持っている。

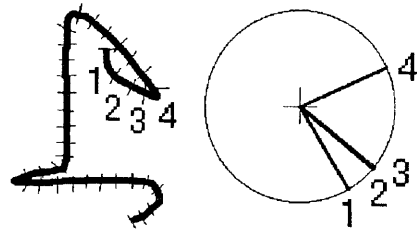


図1 P形記述子[3]

図1の単位円上の線素を筆順にフーリエ解析(複素ベクトルのフーリエ変換)したものがP形フーリエ記述子である。図2にフーリエ成分を0次から255次まで求めた例を示す。(a)は入力文字で、「乗」の草書体である。(b)は横軸にフーリエ成分の次数を、縦軸にP形記述子のフーリエ成分の実数部分を示す。フーリエ解析(高速フーリエ変換FFT)による大局周期性のために、128次から255次までの部分は-127次から-1次に相当する。(c)は複素平面上において各次の複素フーリエ成分を線分で結んだ図である。

楷書体を表現するのに0次から20次までのフーリエ成分で十分である[3]。これより少ない次数、例えば0次から9次のみで表現すると崩し文字となる。この崩し文字は草書体とは異なる丸こい字体となる。草書体は送筆がすべて丸いとは限らず、鋭角の送筆も含まれるが、行書体を生成するために重要な次数は0次から10次位までと推察される。

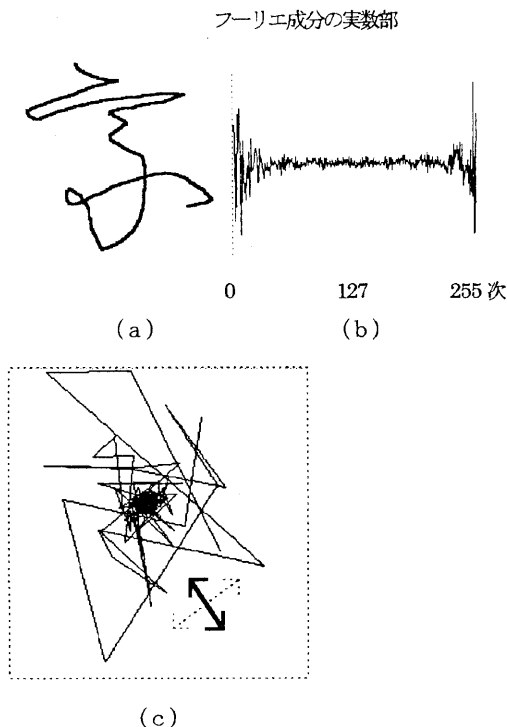


図2 P形フーリエ記述子のフーリエ成分.

- (a) 入力文字「乗」の草書体.
- (b) フーリエ成分の実数部分. 横軸は次数.
- (c) 複素平面上での複素フーリエ成分.  
各次数の表示点を線で結んだ図.  
黒い固まり部分に原点がある.  
太実線: 実数倍の擾乱,  
点線: 複素数倍の擾乱.

### 3. フーリエ成分への擾乱付加

草書体のフーリエ成分に擾乱を与えて行書体の情報が得られるかどうかは、フーリエ成分にそのような情報が隠されているかどうかにかかるといえる。もし、不動点のようなものがあるとすれば、可能性がある。それを見るために、擾乱を与える手順は次のようである。

- (1) (1の1) 1次から20次までのフーリエ成分から一つの次数を選び、それを $(1+e)$ 倍して逆変換を行い、変形した草書体を生成する。 $e$ は擾乱の大きさを示す実数である。ただし、

$k$  次のスペクトルを $(1+e)$ 倍するときは $(255-k)$ 次のスペクトルも $(1+e)$ 倍する。

- (2) (1の2) 同様にその次数のフーリエ成分を $(1-e)$ 倍して変形草書体を生成して上の図に重ねて表示する。このようにそのフーリエ成分を $(1\pm 2e)$ ,  $(1\pm 3e)$ , ...,  $(1\pm 5e)$ 倍してできる合計10個の変形草書体を同じ図に重ねてプロットする。これを擾乱図と呼ぶことにする。実数倍の擾乱は、図2(c)に示した太実線矢印の方向へフーリエ成分を変化させることに対応する。
- (3) 今度は同じフーリエ成分に対して、複素数 $(1\pm ie)$ ,  $(1\pm 2ie)$ , ...倍する10個の擾乱を与えて、別の擾乱図を作成する。複素数倍の擾乱は、図2(c)に示した点線矢印の方向へフーリエ成分を変化させることに対応する。
- (4) このような操作を1次から20次までのフーリエ成分に対して行う。

まず、最も簡単な幾何学図形に上記手順を適用し、行書体情報の抽出の可能性をしてみる。図3は、手書きで描いた円図形に対して行った結果である。円図形を「口、日、国」の草書体と見なしている。(a)が入力図形、(b)、(c)は0次に対する実数倍と複素数倍から作られる擾乱図、以下、(d)、(e)は1次、(f)、(g)は2次、(h)、(i)は3次、(j)、(k)は4次、(l)、(m)は5次、(n)、(o)は6次、(p)、(q)は7次に対する擾乱図である。

これらの擾乱図から行書体に関する情報を得る基本的な考え方は、次のようである。

- (1) 10本の曲線が凝集して濃い部分を形成している個所は、フーリエ成分への擾乱に対して不変的な特性を持っているから、その草書体漢字の何らかの特徴量である。
- (2) それらの特徴量のうち、入力草書体の線図形に重ならず、異なる部分にできるものが、入力草書体では見えなかった情報を与える。これが行書体に関する情報かどうかは実際に個々の例において確かめる必要がある。

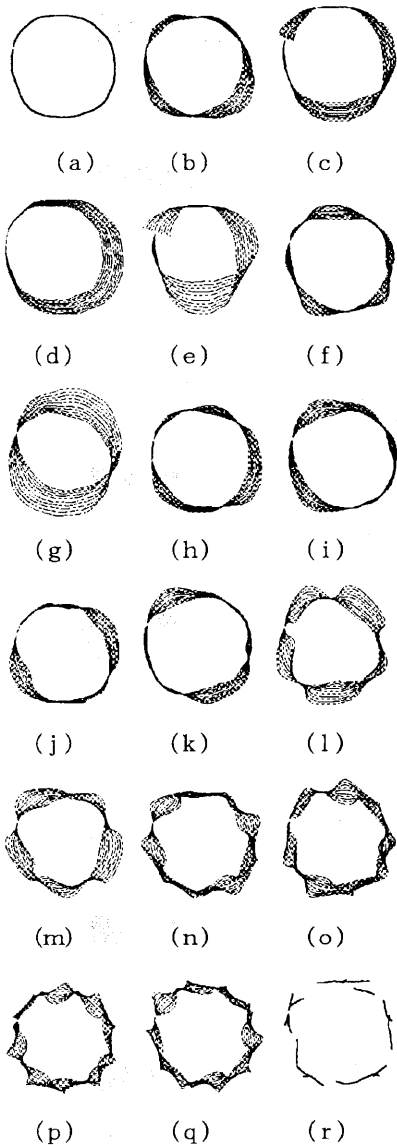


図3. 一筆書き円図形に対する擾乱図と、行書体成分の抽出。(a): 入力図形, (b), (c): 0次に対する実数倍, 複素数倍から作られる擾乱図, (d), (e): 1次, (f), (g): 2次, (h), (i): 3次, (j), (k): 4次, (l), (m): 5次, (n), (o): 6次, (p), (q): 7次に対する擾乱図。(r): 円形からずれた特徴を示す(l), (m)の濃い部分から抽出した行書体成分。

この指針に従って図3の(b)から(q)までの擾乱図を調べてみると, (l)と(m)が候補であり, その

濃い部分を抽出したのが同図(r)である. これから「口」が推定される. 図3(r)からは「日, 国」は推定できないから, 次のことがいえる.

- (3) 草書体の送筆の中に行書体の痕跡を留めない字体からは, 行書体の情報を抽出できない.

なお, 図3ではフーリエ成分の次数は7次までしか表示していないが, 20次まで調べたところ以下のことがわかった.

- (4) 8次ぐらいから20次までのフーリエ成分に対する擾乱図では, 一本の送筆を複数の節と腹に分割する特徴が強く現れる. 節のところが濃くなるが, 入力草書体の曲線上に乗っているものが多いので, 行書体の情報とはならない.

どの擾乱図にも10本の曲線が濃く凝集している部分がある. これは, P形記述子の一つの分割線分の番号  $j$  と (図1参照), ある次数  $k$  および次数  $(255-k)$  のフーリエ成分とが (図2(c)参照), 特定の条件を満たすと生じずる. それは, (a) 次数  $k$  および次数  $(255-k)$  のフーリエ成分の大きさが等しい, (b)  $\cos(2\pi jk / 256) = 0$  または  $\sin(2\pi jk / 256) = 0$ , が成り立つときである. このとき,  $k$  次のフーリエ成分を変化させても分割線  $j$  への影響は現れず, 不動点となる. 実際には, これらの条件が近似的に成り立って, 10本の曲線が部分的に凝集すると考えられる.

#### 4. 本方法の適用例

「五体字鑑」[5] に編集されている草書体約7500文字のうち, 幾つかの例について本方法を適用して見たところ, 前節(1)から(4)までの指針のもとにすべて有効であることが分かった. 従って, 擾乱を与えると, 推定すべき行書体の送筆に関する情報を提示するようになるフーリエ成分は, 入力草書体の特徴量である.

以下に本方法の適用例を示す. 図4, 図5は「以」という文字の異なる二つの草書体についての適用結果である. かなり異なる入力草書体から行書体に関する共通した特徴が抽出されている.

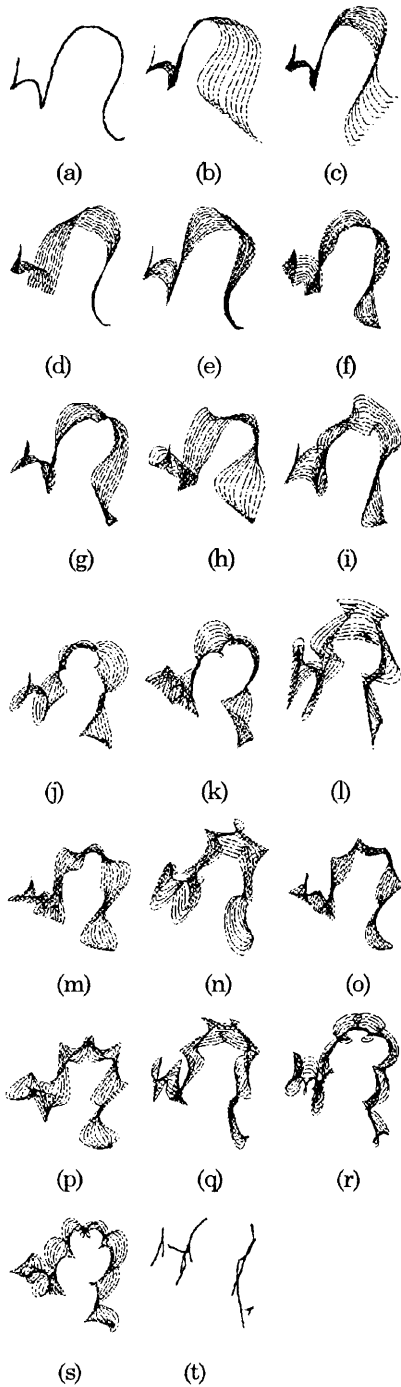


図4. 「以」の草書体の一つへの適用結果.

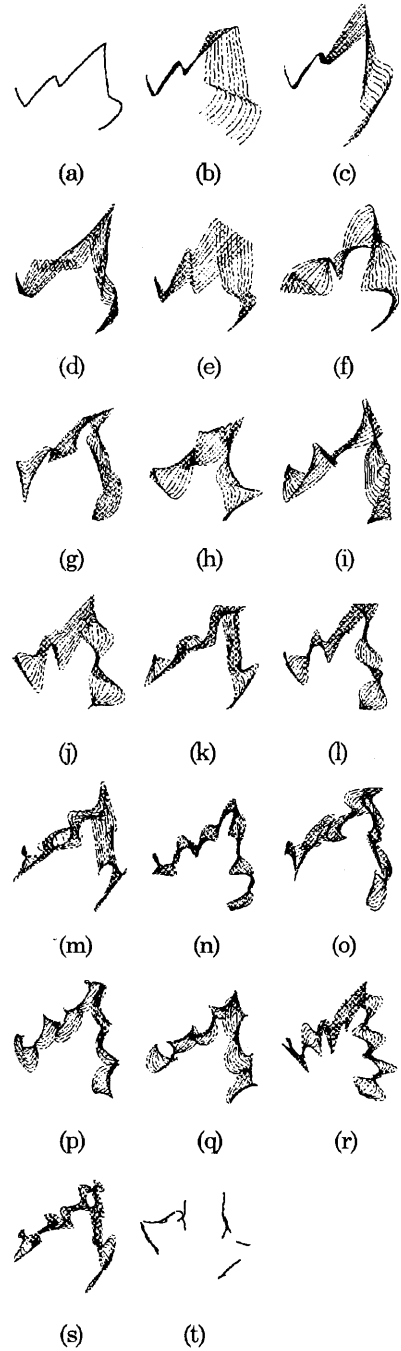


図5. 「以」の別の草書体に対する結果.

図4(t)は(i), (l)から, 図5(t)は(h), (l)から抽出.

図4, 図5共通に, (a): 入力草書体, (b), (c): 0次に対する実数倍, 複素数倍から作られる擾乱図,

(d),(e) : 1次, (f),(g) : 2次, (h), (i) : 3次, (j), (k) : 4次, (l), (m) : 5次, (n), (o) : 6次, (p), (q) : 7次, (r),(s) : 8次に対する擾乱図.

図6は, 図2(a)に示した「乗」の草書体への適用結果を示す. 図6の $3r+3i+4r+6r$ で示す図は, 3, 4, 6次の実数倍, 3次の虚数倍から抽出した結果である. 入力草書体では判読が困難であった行書体の部分的な送筆が現れ, 「乗」であることが推定される.

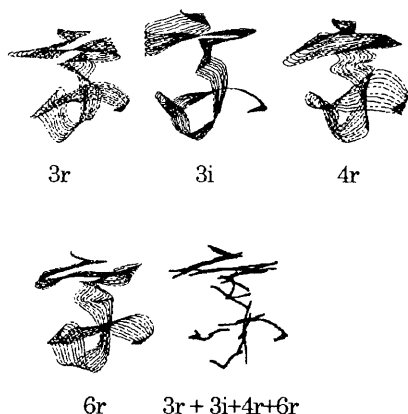


図6 「乗」の草書体(図2(a))の擾乱図と特徴部分の抽出.  $3r, 4r, 6r$  : 3, 4, 6次への実数倍による擾乱図.  $3i$  : 3次への虚数倍による擾乱図.

$3r+3i+4r+6r$  : これらの擾乱図から曲線が集中する濃い部分を抽出.

## 5. むすび

草書体漢字の文字認識技術の一環として, 直接に正解を目指すのではなく, 中間段階として草書体漢字の解釈支援を行う方法について検討した. それは標準辞書が不要であるかわりに, 中間段階の表示像を利用者が視覚的に解釈する相互作用を前提とした方法である. 草書体文字のP形フーリエ記述子のフーリエ成分に擾乱を与えて, 推定すべき行書体の送筆を浮かび上がらせる方法が, 草書体漢字認識に見込みがあることを報告した. 現在, 草書体が類似している異なる文字への適用性など信頼性に関する検討項目について, 「五体字鑑」[5]に編集されている草書体約7500文字を対象に本方法の有効性を調べている.

本研究に卒業研究として寄与された井上 洋志君に感謝する.

## 参考文献

- [1] 小川 英光, パターン認識・理論の新たな展開 --挑戦すべき課題--, 電子情報通信学会 (1994).
- [2] 山田 奨治, "高次局所自己相関特徴による古文書かな文字認識", 情報処理学会研究報告, 人文科学とコンピュータ研究会, CH25-3, pp.21-30 (1995).
- [3] 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).
- [4] 竹内良亘, 高山文雄, "草書体漢字のスペクトル変調による書体変換", 53回情報処理学会全国大会, 1N-1, p.2-237 (1996-9).
- [5] 松田 舒, 「必携 五体字鑑」, 柏美術出版 (1981).