手書き文字の周波数解析と一生成法

非会員 山下 和 樹 (九州工業大学)
正 員 芹 川 聖 一 (九州工業大学)
正 員 下 村 輝 夫 (九州工業大学)

Frequency Analysis of Handwritten Characters and a Method for Generation by Computers
Kazuki Yamashita, Non-member, Seiichi Serikawa, Member, Teruo Shimomura, Member (Kyushu Institute of Technology)

The generation of handwritten character by computers is tried in this study. First, the features of handwritten characters have been analyzed in the frequency region. It has been understood that there are some frequency characteristics, which look like $1/f$ or white spectra, at the positions of the edge and the center of gravity of the character. Next, the character is approximated with B-spline curve, and the control-point of B-spline curve is fluctuated base on the spectrum analysis. The character generated in this study looks like that generated by handwritten.

キーワード：手書き，文字，周波数解析，スプライン関数

key words : handwritten, character, frequency analysis, spline function

1. まえがき

現在，コンピュータの普及により，時節のはがき，手紙，お礼状などは，ワープロで作成することが多い。ワープロで作成された文章は，読みやすく，一括して多くの人に簡単に配布することが出来るため非常に便利ではあるが，手書きにより作成された文章に比べて，事務的に作成された感があり冷たい印象を与えてしまう場合もある。

本論文では，手書き文字のコンピュータによる生成を試みる。最初に，手書き文字の特徴を周波数解析し，その結果を参考に手書きに近い文字の生成を行う。

2. 手書き文字の周波数解析

〈2.1〉解析方法 まず，一文字あたり 20mm×20mm の枠の入った紙を被験者に提供する。被験者は 256 個の枠の中に同一文字を書く。それを一文字ずつスキャナで取りこむ。これにより，1 文字当たり 256 枚の画像データが作成される。次に各画像を細線化する⁽¹⁾。1 枚の画像サイズは 256×256 画素である。その結果，得られた文字の例を図 1 に示す。手書き文字の特徴としていくつかの要因が考えられるが，今回は各曲線の端点座標 p と重心座標 g に注目した。図 1 を i 番目の文字画像とみなすと，この画像の $p_i=(p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{i6})$ と g_i が端点と重心位置に相当する。これを文字の特徴点として計測する。なお，重心座標は文字（黒線）の重心座標である。これを 256 枚の画像に直し行う。こうして得られた 256 個の各端点および重心点に対して，FFT により周波数分析する⁽²⁾。今回は成人男性 3 人を被験者としたが，3 人から得られたデータに有意差が見られなかったため，その中の 1 人についての解析結果を例として

図 1 手書き図形の特徴点の抽出

Fig.1 Extraction of characteristic of handwritten character.

図 2 手書き文字“あ”の端点 $p_1(x,y)$ の振幅スペクトル特性

Fig.2 Amplitude spectra of edge $p_{i1}(x,y)$ of handwritten character “あ”.

示す。

〈2.2〉解析結果 図 2 に手書き文字“あ”の端点 $p_{i1}(x,y)$ 座標の FFT 処理結果を示す。図 2(a)は 256 枚の画像より得られた p_{i1} の x 成分(256 個)を FFT 処理して得られた振幅スペクトル $p_1(u)$ を表す。同様に図 2(b)は y 方向の振幅スペクトル $p_1(v)$ を表す。この図からわかるように，振幅スペクトルは若干右下がりの曲線となっているものの，ホワイトノイズに近い分布となっている。他点に対しても同様の処理を行ったが，ほとんどホワイトノイズになるか，図 2 のよう

図3 手書き文字の作成手順

Fig. 3 Procedure for making handwritten character.

図4 制御点の変更方法

Fig. 4 Method to change the control points.

な若干の $1/f$ の傾向が見られた。位相スペクトルに関しては、どの点に対してもホワイトであった。確認の為、別途256枚の文字を被験者に書かせ、同様の処理によりFFT解析を行ったが、結果は同様であった。また、重心位置に関しても図2と同様に若干右下がりの曲線がホワイトの曲線となった。

今回は“あ”、“い”、“う”、“え”、“お”に対し解析を行ったが文字による相違は見られなかった。

3. 手書き文字の生成

手書き文字作成の手順を図3に示す。まず、図3(a)に示すように、手書き文字をB-spline関数⁽²⁾で近似する。ここでは、一筆で描ける範囲を1曲線とみなす。図3(a)に示す文字“あ”は、3曲線から構成される。各曲線をB-spline曲線で近似する。図中の○が制御点である。なお、制御点の数、制御点の位置は、人の手により手書き曲線と重なるように調整した。今回は、B-spline曲線によって作成された文字と元の手書き文字がほとんど重なるように制御点数と位置を調整したが、ある程度重なっていれば手書き文字の品質は損なわれない。これにより、文字“あ”の基準データが作成される。以下、同様にして他の文字についても基準データを作成する。

次に、基準データの各制御点の位置にゆらぎを与える。その例を図3(b)に示す。図2よりエッジのゆらぎ方に若干の $1/f$ の傾向があるものの、ほとんどホワイトに近いため、ここでは、簡単のために点のゆらぎには乱数を用いた。しかし、点のゆらぎ方によって作成される文字が大きく異なる。

る。例えば、全制御点にゆらぎを与えると、各曲線の滑らかさが大きく損なわれる(図4(a))。そこで、今回は、端点にのみゆらぎを与え、端点以外の点は端点の変化に合わせて線形に変換する。例えば、図4(c)において、端点 y_1, y_4 にゆらぎを与えて y_1', y_4' に変更する。 y_2, y_3 は端点 y_1, y_4 の変化の割合に合わせて線形に点を移動する。このようにして端点にゆらぎを与えることにより、図4(b)のように滑らかさを損なわずに文字にゆらぎを与えることができる。

作成例を図5に示す。図5(a)の画像データを基にB-splineデータを作成し、そのデータにゆらぎを与えることによ

私は九工大生です
(a) 手書き文字

私は九工大生です

(b) (a)より基準データを抽出し、作成した文字

私は九工大生です

(c) 明朝体より基準データを抽出し、作成した文字

図5 基準データを元に作成した手書き文字

Fig. 5 Handwritten characters based on the B-spline data.

て、図5(b)のような文字列を作成した。なお、乱数の最大変位は ± 10 画素とした。この図から、個人の特徴をあまり損なわずに、手書き文字と同様の文字を表現できていることがわかる。なお、文字間隔も乱数でゆらぎを与えている。参考のため、明朝体の文字から基準データを作成し、それから手書き文字を作成した例を図5(c)に示す。作成された文字列は明朝体の特徴を残しつつもゆらいでいることがわかる。

4. まとめ

手書き文字のコンピュータによる生成を試みた。最初に、手書き文字を周波数解析することにより、手書き文字のゆらぎの特徴を解析した。その結果、文字の端点、重心の位置に若干 $1/f$ もしくはホワイトノイズに似た周波数特性があることがわかった。次に、その結果をもとに、文字をB-spline曲線で表現し、制御点にゆらぎ特性を持たせることにより、手書きに近い文字の生成を行うことができた。

今回は手書き文字の特徴の一部を考慮しただけである。今後さらに詳細に解析したい。

(平成13年4月25日受付、平成13年9月21日再受付)

文献

- (1) 酒井 幸市:“デジタル画像処理入門”,コロナ社,p.60,(1997).
- (2) 黒瀬 能幸:“3次元画像処理工学”,共立出版,p.47,(1999).
- (3) 八木 伸行他:“C言語で学ぶデジタル画像処理”,オーム社,p90,(1995).