

毛筆文字の特徴量算出ツールの試作

松尾 賢一・土本 良樹*

The Trial Production of the Feature Calculation Tool to a Brush Character

Ken'ichi MATSUO, Yoshiki TSUCHIMOTO *

本論文では、毛筆習字の自動添削システム実現に向けた毛筆文字に対する特徴抽出量の調査に必要な毛筆文字特徴算出ツール試作について述べる。毛筆で書かれた文字の添削とその結果を自動で提示するシステムが実現できれば、毛筆習字初心者にとって、毛筆習字の書き方の自学自習による習得が可能になると考えられる。この自動添削システムの実現には、熟練者による毛筆文字の評価基準を定量化する必要がある。このツールでは、押木が提案する手書きペン文字の評価基準を毛筆文字に適用させる。さらに、押木の特徴とは別に、毛筆特有の特徴を得るために2つの特徴基準をツールに追加し、毛筆文字に対する特徴量の分析項目の拡張を目指す。

1. はじめに

毛筆習字は、日本の代表的な習い事の1つであるが、熟練者の指導や添削を受けながらの学習形態であるため、書道教室以外での自習や、独学による上達が困難といえる。これに対して、毛筆で書かれた文字の添削とその結果を自動で提示するシステムが実現できれば、毛筆習字初心者にとって、毛筆習字の書き方の自学自習による習得が可能になる。

この自動添削システムを実現するには、毛筆文字を熟練者がどのように評価し、添削しているかを定量的に分析する必要がある。この毛筆文字に対する熟練者の評価は、「力強さ」、「上品さ」、「筆使い」等といった主観的な感覚量である。この感覚量の定量化に関して、押木は書写書道教育の基礎学の観点から様々な特徴量[1]を定義している。

本論文では、毛筆習字の自動添削システム実現に向け、毛筆文字に対する特徴抽出量の調査に必要である毛筆文字特徴量算出ツールを試作する。このツールに押木が定義した手書きペン文字の評価基準を組み込み、毛筆文字に対しても容易に分析することを可能にする。さらに、このツールで押木のペン文字特徴とは別に、毛筆特有の特徴を得るために2つの特徴基準を追加することで、毛筆文字に対する特徴量の分析項目の拡張を目指す。

2. 手書き文字の特徴量

2.1. 字形分析に用いる特徴量

押木は、手書き文字の字形分析の特徴量として、面積、芯線面積、ストローク平均線幅、重心、芯線重心、重心差、を用いた。この字形分析に用いた各特徴量を説明する。

特徴量算出の対象となる毛筆文字パターン画像 f は、縦 h 、横 w 画素サイズをもつ2値画像である。このとき、毛筆文字パターン画像 f 内の座標 (x, y) の画素を $f(x, y)$ ($x=0, \dots, w-1, y=0, \dots, h-1$) とすると、文字領域は、 $f(x, y)=1$ 、背景領域は $f(x, y)=0$ の画素値で構成されているものとする。

2.1.1. 面積

面積 S は、毛筆文字パターン画像 f 内の文字領域の画素数の総和であり、

$$S = \sum_{y=0}^{h-1} \sum_{x=0}^{w-1} f(x, y) \quad (2.1)$$

によって求められる。

2.1.2. 芯線面積

毛筆文字パターン画像 f を元に得られる芯線パターン

画像 f' 上の画素を $f'(x, y)$ とするとき、芯線面積 S' は、

$$S' = \sum_{y=0}^{h-1} \sum_{x=0}^{w-1} f'(x, y) \quad (2.2)$$

によって求められる。

2.1.3. ストローク平均線幅

ストローク平均線幅 th は、毛筆文字パターンのストローク線幅平均であり、面積 S と芯線面積 S' から

$$th = \frac{S}{S'} \quad (2.3)$$

によって求められる。

2.1.4. 重心

重心 G は、毛筆文字パターン画像 f の x 方向、 y 方向の座標軸上において、文字領域を 2 分する位置のことであり、この重心位置の座標値 G_x , G_y は

$$G_x = \frac{1}{S} \sum_{y=0}^{h-1} \sum_{x=0}^{w-1} f(x, y) \cdot x \quad (2.4)$$

$$G_y = \frac{1}{S} \sum_{y=0}^{h-1} \sum_{x=0}^{w-1} f(x, y) \cdot y \quad (2.5)$$

によって求められる。

2.1.5. 芯線重心

芯線重心 G' は、重心 G 同様芯線パターン画像 f' の重心であり

$$G'_x = \frac{1}{S'} \sum_{y=0}^{h-1} \sum_{x=0}^{w-1} f'(x, y) \cdot x \quad (2.6)$$

$$G'_y = \frac{1}{S'} \sum_{y=0}^{h-1} \sum_{x=0}^{w-1} f'(x, y) \cdot y \quad (2.7)$$

によって芯線重心座標値が求められる。なお、芯線パターン画像 f' は、毛筆文字パターン画像 f を細線化したものである。

2.1.6. 重心差

重心差 ΔG は、毛筆文字パターンと毛筆文字芯線パターンとの重心のずれであり、 x 、 y 方向のずれ ΔG_x , ΔG_y は

$$\Delta G_x = G'_x - G_x \quad (2.8)$$

$$\Delta G_y = G'_y - G_y \quad (2.9)$$

によって求められる。

ΔG_x が大きいほど、画像の右側のストロークの幅が左側に比べて太いことを示し、 ΔG_y が大きいほど、画像の下側のストロークの幅が上側に比べて太いことを示している。

2.2. 追加する特徴量

本ツールでは、ペン文字を対象とした押木の特徴量以外に、毛筆文字特有の特徴を得るために、重心からの距離、重心周りの 2 次モーメント、単純類似度を提案[2]する。以下に、提案する各特徴量について説明する。

2.2.1. 文字の縦横幅

文字の縦横幅は、図 1 に示すように毛筆文字パターンを包含したときに得られる外接矩形の縦横の長さである。外接矩形は、面積とは違いストローク線幅には依存しない、単に文字パターン外形枠の大きさを表す特徴量である。

また、ここでは、重心からの上下左右方向の外接矩形までの距離を算出する。

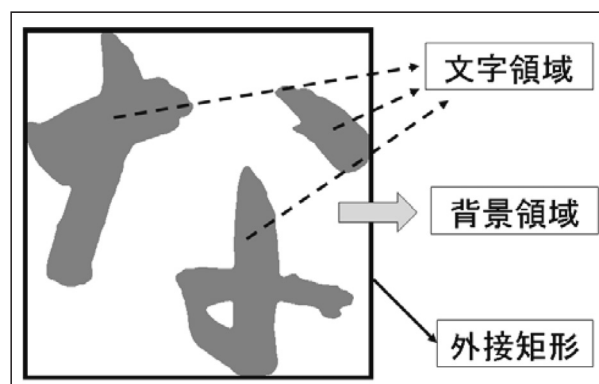


図 1 毛筆文字パターンの外接矩形

2.2.2. 重心周りの 2 次モーメント

重心周りの 2 次モーメントは画素数の分散のことであり、 x 方向の重心周りの 2 次モーメント μ_{20}^G 、 y 方向の重心周りの 2 次モーメント μ_{02}^G 、 xy 方向の重心周りの 2 次モーメント μ_{11}^G は、

$$\mu_{20}^G = \frac{1}{S} \sum_{y=0}^{h-1} \sum_{x=0}^{w-1} f(x, y) (x - G_x)^2 \quad (2.10)$$

$$\mu_{02}^G = \frac{1}{S} \sum_{y=0}^{h-1} \sum_{x=0}^{w-1} f(x, y) (y - G_y)^2 \quad (2.11)$$

$$\mu_{11}^G = \frac{1}{S} \sum_{y=0}^{h-1} \sum_{x=0}^{w-1} f(x, y) (x - G_x) (y - G_y) \quad (2.12)$$

によって得られる。

μ_{20}^G や μ_{02}^G の値が大きいほど、 x 、 y のそれぞれの座標系において重心から離れた場所に文字領域が分布していることを示し、 μ_{11}^G の値が大きいほど、文字領域が重心の左上および右下に多く分布していることを示している。すなわち、2次モーメントは、文字パターンのバランスを表す特徴量である。

2.2.3. 類似度

類似度は、学習者が書いた毛筆文字パターンがどれだけ手本毛筆文字パターンと類似しているかを表す尺度である。ここで、入力パターンと標準パターンとが一对一の関係での類似度を単純類似度、一对多のときを複合類似度と呼ぶ[3]。ここでは、両パターンの重心で位置合わせしたときの単純類似度、および、ずらし類似度[4]について述べる。

熟練者によって書かれた手本を基に作成された手本毛筆文字パターン画像の縦幅を h 、横幅を w 、とするとき、手本毛筆文字パターン画像 g の画素値を $g(x, y)$ とする。このとき、手本毛筆文字パターン画像 g と同画像サイズの毛筆文字パターン画像 f によって、両画像内の毛筆文字パターンと手本毛筆文字パターン間の単純類似

度 R は、

$$R = \frac{\sum_{y=0}^{\max(h-1, h'-1)} \sum_{x=0}^{\max(w-1, w'-1)} f(x, y)g(x, y)}{\sum_{y=0}^{h-1} \sum_{x=0}^{w-1} f(x, y) + \sum_{y=0}^{h'-1} \sum_{x=0}^{w'-1} g(x, y) - \sum_{y=0}^{\max(h-1, h'-1)} \sum_{x=0}^{\max(w-1, w'-1)} f(x, y)g(x, y)} \quad (2.13)$$

によって求められる。

この単純類似度 R は、両パターンの重心による位置合わせによって、式(2.13)で得られる単純類似度 R である。また、ずらし類似度は、毛筆文字パターンを上下左右に動かしながら式(2.13)を算出した時の最大値となる単純類似度 R である。

3. 毛筆文字特徴量算出ツール

入力画像に対して2章で述べた特徴量を自動的に算出・表示するツールの概要[2]について述べる。

3.1. 処理手順の概要

本ツールの処理手順を図2に示す。本ツールは、大きく分けて3つの処理に大別される。

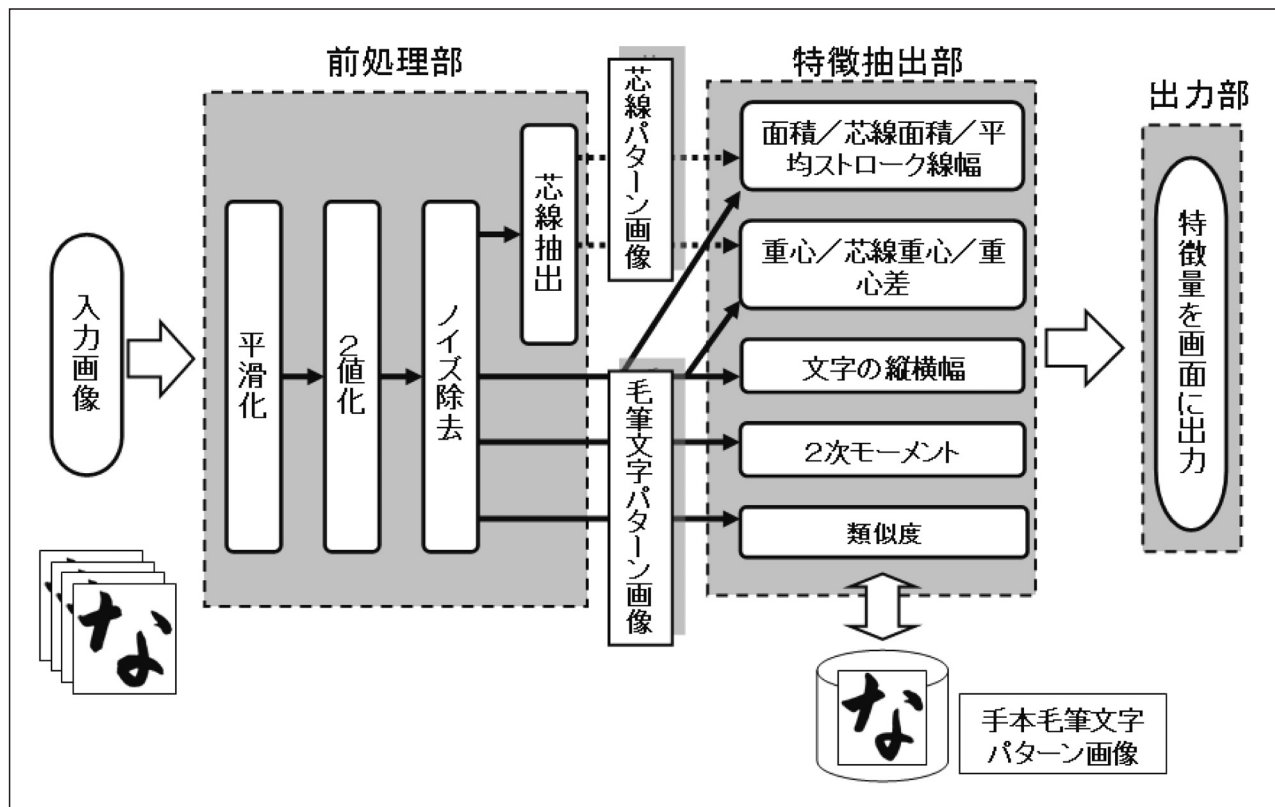


図2 ツールの処理手順

1つ目は前処理部であり、墨汁で半紙に書かれた毛筆をスキャナで取り込んだ入力画像 I に平滑化、2値化、ノイズ除去を施す。また、ノイズ除去後の毛筆文字パターン画像 f から、芯線だけを抽出した芯線文字パターン画像 f' を生成する。

2つ目は特徴抽出部であり、毛筆文字パターン画像 f から2章で述べた特徴量を算出する。算出する特徴量は、面積、芯線面積、ストローク平均線幅、重心、芯線重心、重心と芯線重心との差、文字の縦横幅、重心周りの2次モーメント、類似度である。

3つ目は出力部であり、算出した各特徴量を画面に表示する処理を行う。

3.2. 前処理部

前処理部では、墨汁により毛筆で書かれた半紙をスキャナで縦幅 h 、横幅 w 、量子化レベル8bit で取り込んだ入力画像 I に対して、平滑化、2値化、ノイズ除去、芯線抽出の各処理を施し、毛筆文字パターン画像 f 、および、芯線パターン画像 f' を生成する。

3.2.1. 平滑化

毛筆文字パターン画像 f 内の文字パターンの輪郭には、「凸凹」が存在する。これとは別に、墨の付け具合による「かすれ」も見られる。これらの「凹凸」や「かすれ」を雑音とすると、以後の特徴量算出において影響を及ぼす。そこで、入力画像 I に対して平滑化を施し、雑音の低減を図る。入力画像 I の画素が $I(x, y)$ のとき、平滑化画像 I' の画素 $I'(x, y)$ を、

$$I'(x, y) = \frac{1}{9} \sum_{y=-1}^{h+1} \sum_{x=-1}^{w+1} I(x, y) \quad (3.1)$$

により、 $I(x, y)$ とその8近傍の値によって、ラスタスキャンしながら移動平均をとることで平滑化画像 I' を作成する。

ここで、1回の平均値フィルタでは平滑化の効果が小さいため、「かすれ」が消失する程度に再処理を行う。再処理の回数は、予備実験より10回とした。

3.2.2. 2値化

平滑化画像 I' では、文字領域と背景領域の境界を明確に区別できない。よって、文字と背景を明確に分離するために平滑化画像を2値化する。2値化の手法[5]には、モード法や判別分析法などがあるが、平滑化画像 I' は、白色の半紙に黒色の墨汁で書かれているため、文字と背景のコントラストが高く、画像上でもこの両者間の濃度差は大きい。

よって、最も簡単な2値化方法でも十分に文字と背景部を分離できると考えられる。そこで、式(3.2)に示すように、平滑化画像 I' の各画素値 $I'(x, y)$ が、閾値 T 以上で画素値を「1」に、 T 未満であれば画素値を「0」に置換する固定しきい値法を用いる。ここで、閾値は、 $T=130$ に設定した。

$$f(x, y) = \begin{cases} 1 & I'(x, y) \geq T \\ 0 & I'(x, y) < T \end{cases} \quad (3.2)$$

この2値化によって、文字領域に「1」、背景領域に「0」を割り当てる。

3.2.3. 孤立点除去

2値化された毛筆文字画像上では、「ハライ」や「ハネ」を書く際に散乱した墨汁が孤立点として存在することになる。この孤立点の除去は、各文字領域の面積がパラメータ S 以下のとき、文字領域を背景領域に置換することで孤立点が除去される。このパラメータ S は、予備実験より45画素に設定した。

3.2.4. 芯線抽出

芯線は、文字ストロークの中心を抽出した太さ1の線である。芯線抽出では、毛筆文字パターン画像 f 内の文字領域の輪郭線を縮退してから、Hilditchのアルゴリズム[6]によって細線化することで、文字領域を芯線化する。輪郭縮退を、毛筆文字パターンに前処理することで、端点の影響によるヒゲの発生を抑制した芯線を得ることができる。ここでは、輪郭縮退と細線化について説明する。

●輪郭縮退

以後の処理で、文字パターンの芯線を得るために、毛筆文字パターンを細線化する。このとき、パターンの端点にヒゲと呼ばれる細線が発生することが多い。しかしながら、この輪郭縮退は、ある程度のヒゲの発生を抑止できる効果をもつ。ここで、毛筆文字パターン画像 f において、文字領域の輪郭である画素の条件は、 $f(x, y)=1$ で8連結のとき、

$$\sum_{j=-1}^1 \sum_{i=-1}^1 f(x+i, y+j) < 9 \quad (1 \leq x < w-1, 1 \leq y < h-1) \quad (3.3)$$

となる。毛筆文字パターン画像の全画素において、式(3.3)によって輪郭を検出し、輪郭を背景領域に置換することで輪郭を縮退させる。縮退の回数は、予備実験で決定した8回とした。

●細線化

文字パターンの芯線を得るために、毛筆文字パターン画像に対して、Hilditch のアルゴリズムによる細線化を施す。ここで細線化された画像を芯線パターン画像 g と定義する。

3.3. 特徴抽出部

特徴抽出部では、前処理部で得られた毛筆文字パターン画像 f および芯線パターン画像 g の両方を用いて、2.1 で述べた各特徴量を算出する。

3.4. ツールの GUI

特徴抽出部で算出された各特徴量は、GUI (Graphical User Interface : グラフィカルユーザーインターフェイス) 画面上で特徴量の数値が出力される。ここでは、試作したツールの GUI の各項目について説明する。試作したツールの GUI 画面を図 3 に示す。

3.4.1. ファイル

ここでは、[ファイル]のサブウィンドウの各項目とその機能について述べる。使用する画像ファイルは、すべて Bitmap 形式である。

[手本毛筆文字画像を開く]

手本となる毛筆文字画像をツール内に読み込む。類似度算出では、あらかじめ手本を読み込んでおかない



図 3 試作ツールの GUI 画面

と処理ができない。

[サンプル毛筆文字画像を開く]

特徴量を抽出する毛筆文字画像をツール内に読み込む。この処理をおこなわなければ、前処理および特徴抽出のすべての処理ができない。

[芯線画像を保存]

前処理で芯線抽出を行った場合のみ、芯線画像を保存する。

[サンプル毛筆文字画像を保存]

前処理で 2 値化を行った場合のみ、サンプル毛筆文字画像を保存する。

[終了]

アプリケーションを終了する。

3.4.2. 前処理

ここでは、[前処理]のサブウィンドウの各項目について述べる。

[前処理一括]

サンプル毛筆文字画像に対して、平滑化・2 値化・ノイズ除去・芯線抽出をすべて実行する。

[平滑化]

サンプル毛筆文字画像に対して、移動平均法による平滑化処理を行う。

[2 値化]

サンプル毛筆文字画像に対して、固定閾値法による 2 値化を行う。

[ノイズ除去]

サンプル毛筆文字画像に対して、孤立点除去手法によるノイズ除去を行う。

[芯線抽出]

2 値化されたサンプル毛筆文字画から芯線を抽出する。

3.4.3. 特徴抽出

ここでは、[特徴抽出]のサブウィンドウの各項目について述べる。

[特徴抽出一括]

本ツールで用いるすべての特徴を抽出し、画面に表示する。

[重心]

毛筆文字の重心、芯線の重心、芯線との重心差を画面に表示する。

[面積]

毛筆文字の面積、芯線の面積、ストローク平均線幅

を画面に表示する.

[文字の大きさ]

重心から文字の左端・右端・上端・下端までの距離および毛筆文字の縦横幅を画面に表示する.

[2次モーメント]

x 方向, xy 方向, y 方向のそれぞれの重心周りの2次モーメントをそれぞれ画面に表示する.

[手本との類似度]

重心を合わせたときの類似度とずらし類似度法による最大類似度をそれぞれ画面に表示する.

3.4.4. グラフィック

ここでは, [グラフィック]のサブウィンドウの各項目について述べる.

[重心表示]

毛筆文字の重心を表示する.

[外接矩形の表示]

毛筆文字の外接矩形を表示する.

3.5. 今後の課題

本ツールの問題点および今後の課題について述べる.

3.5.1. ツールについて

本ツールでは, 画像を1枚ずつ読み込んで特徴抽出を行うため, 数多くの毛筆文字パターン画像から特徴量を算出するために手間と時間がかかる. したがって, ファイルを自動で読み込んで順次前処理および特徴抽出を行い, 特徴量をファイルで出力するバッチ処理にも対応できれば, ユーザの手間を省くことができ, 多くの毛筆文字画像からの特徴抽出が容易になると考えられる.

3.5.2. 特徴量分析について

特徴量分析の今後の課題として, 2つの項目を挙げる. 1つ目は, 文字種によって相関の高い特徴量が違うことから, より多くの文字種に本ツールを適用する必要があるということである. また, 2つめとしては, 文字全体から特徴量を抽出し, その特徴量を使って文字を定量化したが, ストローク単位に分割していないため, 文字の詳細な構造特徴を定量化することが出来なかった.

4. おわりに

本論文では, 押木が提案した手書き文字の特徴の他に, 「文字の縦幅および横幅」, 「重心周りの2次モーメント」を特徴量として加え, 毛筆文字の特徴量算出ツールを試作した. ツールは前処理部, 特徴抽出部および出力部とグラフィック機能に分けられている. 前処理部では, 平滑化・2値化・ノイズ除去・芯線抽出を順に行い, スキャンされた画像から, 特徴抽出に用いる2値毛筆文字画像を作成する.

特徴抽出部では, 「重心・芯線との重心差」, 「面積・ストローク平均線幅」, 「文字の縦横幅」, 「重心周りの2次モーメント」, 「類似度」を算出する.

出力部では, 特徴抽出部で算出した特徴量を GUI 画面に表示する. グラフィック機能では, 重心や外接矩形の位置をグラフィカルに画面に表示する. このツールは, 毛筆文字画像を1つずつしか読み込めないため, 大量の毛筆文字の特徴量を求めることには適していない.

今後の課題として, ファイル入出力処理を用いて複数の毛筆文字画像からバッチ処理によって特徴量を算出する機能の追加があげられる. また, 文字全体から特徴量を抽出しているため, 文字の細かい特徴や構造を定量化することが困難であった. よって, 文字パターンをストローク単位に分解して特徴量を算出する処理の追加が必要である.

参考資料

- [1] 押木: “楷書の字形分析研究の方法について—書写書道教育の基礎学として—”, 「書写書道教育研究」創刊号, 1987
- [2] 土本ら: “毛筆文字の特徴量算出ツールの試作”, 電子情報通信学会関西支部学生会 第12回学生会研究発表講演会 講演論文集, D3-5, 2007
- [3] 舟久保: “パターン認識”, 共立出版, p.22-25, (1991)
- [4] 山田ら: “類似度法の一改良—ずらし類似度—”, 信学論, Vol.J64-D, No.10, pp.970-976, 1981
- [5] 白井ら: “パターン情報処理”, オーム社, pp.33-38, 1998
- [6] C. J. Hilditch, “Linear Skeleton from Square Cupboards,” In: Machine Intelligence 6, B. Meltzer and D. Michie eds., Edinburgh Univ. Press, pp.403-420, 1969