

Feature Extraction for Hand-Written Character Evaluation

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-03 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/2297/6284

手書き文字評価のための特徴抽出

三 好 義 昭

Feature Extraction for Hand-Written Character Evaluation

Yoshiaki MIYOSHI

1. まえがき

人類文化の長い歴史の中に、書写教育は絶え間なく行われてきた[1]。言うまでもなく書写教育の中でも手書き文字を如何に評価し、美しい文字が書けるようにするかは最も重要な課題である。美しい文字を国民の一人一人がどの程度書けるかと言うことは、その国の文化水準を計る尺度となろう。日本語を表記する文字は、種類も多く字形も複雑である。それらを日常生活において適正に使用する能力を全ての国民が有するようになるために、小・中学校の書写教育における手書き文字評価は大きな役割を果たしてきた[2]。しかし、字形は字体と異なり、個人によって微かな表現上の差異が生じ、そこに客観的な基準を示しにくいので、従来、手書き文字の評価は個々の主観によってなされてきた[3]。1970年代以降、文字認識の研究が発展してくるにつれ、コンピュータを用い手書き文字の客観的評価の研究がなされ始めた[4]。近年、書写CIAの研究や書写CIAソフトウェアの開発も行われているが[5]、それらは筆順、大きさ、重心、縦横比など文字の大局的な特徴を取り扱ったものが主であり、毎「画」までを含めた手書き文字評価システムに関する研究は、まだ行われていないと言える。

本論文では、書写書道教育を支援する毎「画」までを含めた手書き文字評価システム構築に向けての第1段階として、手書き文字評価のための特徴抽出手法について具体的に検討した。以下、2.において、漢字の「画」抽出手法を示

し、3.において、「画」の特徴量抽出について述べ、4.では、本手法を実際に手書き漢字の「画」抽出に適用して、その有効性を示す。

2. “画”の抽出手法

本手法では、スキャナーで読み込んだ256階調の濃淡画像（以下、原画像と称する）を2値化した細線画像に変換する前処理を行った後、「画」抽出を行う方式を用いた。以下、前処理及び「画」抽出処理の詳細を述べる。

2.1 前処理

前処理とは目的とする画像情報を抽出しやすいように、画像を変換する処理のことをいう。

画像を変換するため、前処理の精度によって、後述の「画」データ抽出に影響を及ぼす。

ここでは図1に示すように、画像データ処理を容易にするために先ず「2値化」を行った後、画像読み込み時のズレ補正の「角度調整」を行い、ノイズ除去と細線化の精度向上のため「平滑化」を行い、最後に「細

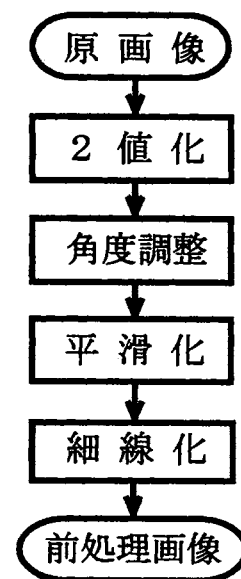


図1 前処理の手順

線化」を行った。

2.1.1 2値化

濃淡画像, カラー画像などから2値画像 (白黒画像) を得るための処理を2値化という。2値化は画像内の注目する対象物を背景から分離するための代表的な処理であり, 具体的にはしきい値処理が用いられる。しきい値処理は濃淡画像 $y = f(x, y)$, しきい値 θ_v に関して,

$$f_{\theta_v}(x, y) = \begin{cases} 1 & f(x, y) \geq \theta_v \\ 0 & f(x, y) < \theta_v \end{cases} \quad (1)$$

とする操作である。最適なしきい値の選択手法には多くの試みがあるが, ここでは固定しきい値を用いた。図2に処理例を示す。

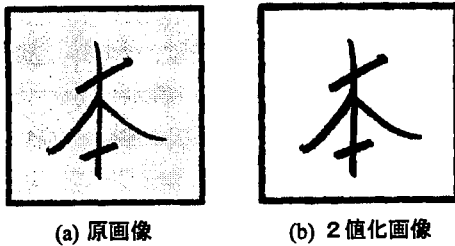


図2 2値化の例

2.1.2 角度調整

スキャナー等を用いて画像を取り込むとき, 必ずしも水平に取りこむことができるとは限らない。これは後述の“画”特徴量の一つである「角度」と関連するが, 手書き文字を収集する際に適当な正方形の枠を設けて, これを基準に記入しているので, “画”の角度は外郭の横線を0度として計測する。すなわち, 手書き文字と一緒に取りこんだ外枠の横線を水平にする必要がある。まず, 図3(a)に示すように水平軸 (x 軸) と外枠の横線のなす角 θ ($-\pi/2 \leq \theta < \pi/2$) を調整角度として計測する。調整角度は画像上で x 座標が左右20%の位置にあり下端から一番近い位置にある値“1”の2点を計測し, その2点間を結ぶ直線と x 軸とのなす角度を調整角度 θ とした。そし

て画像データである全ての点を反時計回りに θ 度回転させる。回転させる点の座標を (x, y) とすると原点周りに θ 度回転した位置 (x_1, y_1) は式(2)で得ることができる。

$$\begin{aligned} x_1 &= x \cos \theta + y \sin \theta \\ y_1 &= y \cos \theta - x \sin \theta \end{aligned} \quad (2)$$

角度調整処理の一例を図3に示す。

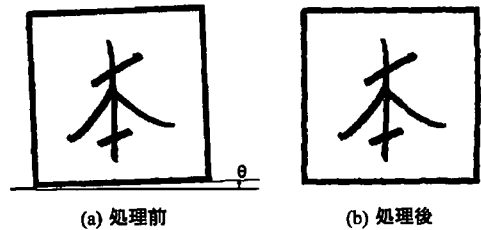


図3 角度調整の例

2.1.3 平滑化

画像データには様々なノイズが含まれていることが多い。ここでいうノイズとは, 処理の目的から見て有意な情報を持たないランダムで細かい変動成分のことであり, これらを取り除く必要がある。

このノイズは大きく2つに分けることができる。一つは, 本来有意な情報を持つべき点が, 先に行われた画像処理によって有意な情報を失った点である。もう一つは, その逆で無意味な情報を持つ点が, 先に行われた画像処理によって, 有意な情報を持つ点となった場合である。これは2値画像データの場合, 有意な“0”と無意味な“1”である。

また, 後述の細線化処理の精度を向上させるため文字画像と背景の境界の変動成分を減少させることが有用である。そのため, 2値画像データにおいてそれぞれの変動成分を取り除くために平滑化処理を行った。

2値画像データの全ての点において, その点及びその周囲8ピクセルのうち (但し, 画像外周及び隅においては画像外を考慮しない), “1”が4ピクセル以上あれば“1”, 3ピクセル以下であ

ば“0”に置き換えるフィルタ処理を行った

このことでノイズに対しては、本来有意なのに“0”となっている点は隣接する点が多いため“1”に置き換えられる。そして、無意味な“1”は隣接する点が少ないため“0”に置き換えられ消滅する。平滑化処理の一例を図4に示す。

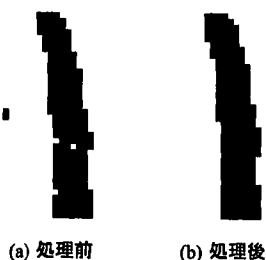


図4 平滑化処理の例

2.1.4 細線化

幅のある線図形から線の特徴を取り出すのは非常に難しい。したがって幅のある線から幅のほぼ中心の部分に幅1ドットの中心線を取り出すことが必要となる。その一つの方法に細線化がある。その基本的な考え方は、2値図形の境界に接している点を1点ずつ消してゆくことである。このとき近傍の状況を見て図形の持つ位相を変えない、すなわち図形の連結性を保ったままという条件が必要である。細線化手法として、ここでは基本的なマスク処理を行う方法を用いた。細線化処理の一例を図5に示す。

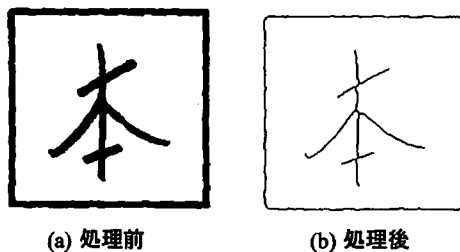


図5 細線化処理の例

2.2 “画”の抽出

“画”の特徴量を抽出するには、以上の前処理を行った画像から各“画”を構成する点データの集合（以下、“画”データと称する）を抽出する必要がある。“画”データ抽出の基本処理を図6に示す。“画”データ抽出は2つの段階に分

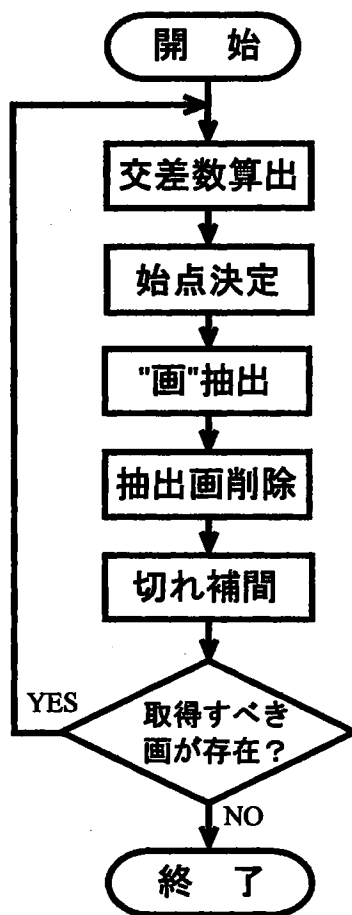


図6 “画”抽出の手順

けられる。まず、交差数算出、始点決定、画抽出、画削除そして切れ補完の順に取得すべき“画”データがなくなるまで繰り返し行う。次に、取得された“画”の個数が与えられた画数に満たない場合、“画”が癒着していると判断し、適切な場所を探して切断する、そして再び第一

段階の基本処理を行う。こうして文字を構成する“画”データを全て取りだし、“画”データを構成する点データ列の座標情報を得る。後述の“画”の特徴量は、この“画”データ抽出によって得られた座標情報を基に算出するため、“画”の特徴量の抽出精度は“画”データの精度に大きく依存するので、“画”データは十分な精度で抽出しておく必要がある。

2.2.1 交差数算出

“画”とは連結した点データの集合である。画像上に点在する点データから画を構成する連結した点データ集合を取り出す際には、それぞれの点が隣接点とどのように連結しているか知る必要がある。しかし、点データ自身には隣接点との連結の度合いを示す情報を持っていない。よって、点データに連結性の度合いを示す情報を付加する必要がある。ここでは、各点データがそれぞれ隣接する点データとどのような連結性を持っているかを数値化した交差数を用いた。交差数 M はそれを求めたい点データを基準点 x_0 として、 x_0 に接続する 8 点を図 7 のように定義した場合、式 (3) により算出される。

$$M = \sum_{k=0}^7 (x_k - x_k x_{k+1}) \quad (3)$$

但し、 $x_8 = x_0$

交差数 M が 0 であれば内部点、1 であれば端点、2 であれば連続点、3 であれば分岐点、4 であれば交差点となる。

x_4	x_3	x_2
x_5	x_0	x_1
x_6	x_7	x_8

図 7 隣点の定義

2.2.2 “画”抽出

“画”抽出とは実際に“画”データとなる連続した点データ列を取得する処理のことである。ここでは、種々の漢字の“画”抽出に適用できるよう“画”データ抽出の際に与える情報は漢字の画数のみとし、交差数に基づく任意の端点を始点として“画”を順次取得していく方法を用いた。本方式による“画”抽出の構成を図 8

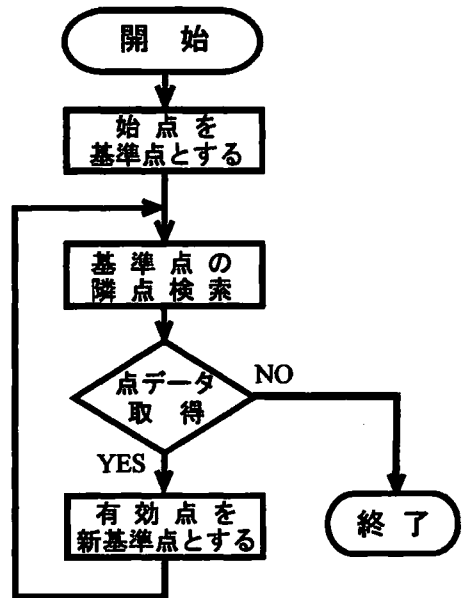


図 8 “画”の点データ列取得手順

に示す。具体的には画像上に存在する交差数が“1”である端点の中で、左上端に一番近い端点を始点とする。そして、この始点を基準点として隣接点を調べ、有効な点データを取得し、得られた点データを新たな基準点として同様の処理を繰り返すことによって、連結する点列を探索する手法をとった。

本方式では、抽出が済んだ各点において、隣点抽出を行った方向を記録し、過去 20 ポイントの平均方向(但し、取得済みの点が 20 ポイント以下の場合は取得済み点の平均方向)を次の隣点抽出における基準方向とする。この基準方向から図 9 に示す優先順に存在する点を有効データとして取得する。基準方向を挟んで対象な位

置（同一順位の位置）にそれぞれ点データが存在する場合は 20 ポイント前からの距離が遠い方を有効データとして取得する。この方式の特長は、どのように曲がった形の“画”に対しても適応でき、また交差点において誤った方向に進む可能性を減少させることができることである。

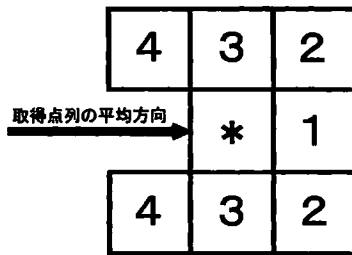


図9 隣点探索の優先順位

“画”データ抽出は、隣点抽出処理において点データが取得できなくなった場合に終了となる。さらに、本方式ではT字形に突き当たった場合も抽出を終了するようにした。そして、点データが取得できずに終了した時点での最後に取得した点を“画”の終点とした。

なお、本方式の入力情報は漢字の画数のみで、“画”の抽出順序に関しては大まかにしか考慮していないため、抽出した後、各抽出“画”を筆順に並べ替える必要がある。

2.2.3 “画”削除

本方式では任意の端点を始点として“画”を取得するため、一度取得した“画”の再抽出を防ぐために、一つの“画”が抽出されるごとに、抽出された“画”を処理画像から削除する。この処理により、画像から分岐点、交差点が減ることになる。そのため、その後の“画”の抽出精度が向上する。“画”削除の例を図10に示す。

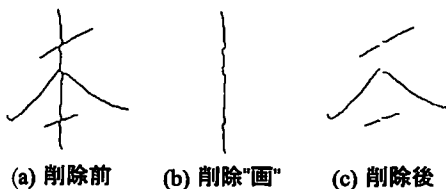


図10 “画”削除の例

2.2.4 切れ補完

“画”削除により、削除した“画”と交差していた“画”があった場合、その“画”が分断されてしまう。そのままでは切れた部分が別々の“画”として抽出されてしまうため、これらを接続する必要がある。その方法として、“画”削除をおこなった後に交差数を算出し、削除前と比較して、新たに増えた交差数“1”の点（端点）のうち距離が一定以下であり、それぞれの近似直線同士のなす角度が $2/3\pi$ 以上である組を再接続する手法を用いた。切れ補間の例を図11に示す。

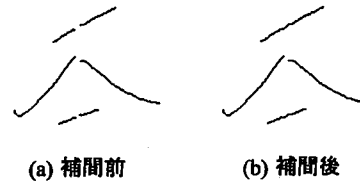


図11 切れ補間の例

図11より、「本」の2画目を削除したことにより、生じた端点のうち(図11(a))本来繋がっているべき、1画目、5画目の切れが正しく再接続され、一方、3画目、4画目の始点は互いに近接するも接続されず(図11(b))、本切れ補間処理が有効に機能していると言える。

2.2.5 繋がり解決

漢字「口」の2、3画目や漢字「全」の1、2画目など、交差数が“2”である連続点が“画”の始点または終点となる場合がある。このような“画”は、一連の始点取得と隣点抽出による取得では癒着した状態で取得されてしまう。そこで、個々の“画”抽出の段階では癒着の有無を判定せず、“画”データ抽出が一旦終了した時点で取得できた“画”の個数が与えられた画数未満であった場合、癒着した“画”が存在すると判定し、繋がった点を切断する。具体的には、抽出が済んだ各点において、隣点抽出を行った方向を記録しておき、その平均方向との差が2以上の点を切断点とした。図12に

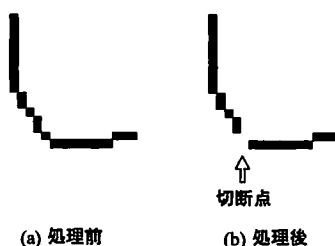


図12 繋がり処理の例

繋がり処理の例を示す。

以上に述べた一連の処理を手書き漢字「本」に適用して得られた“画”データ抽出結果を図13に示す。図13より、本手法により漢字「本」の1画目～5画目までいずれも正しく抽出できていると言える。

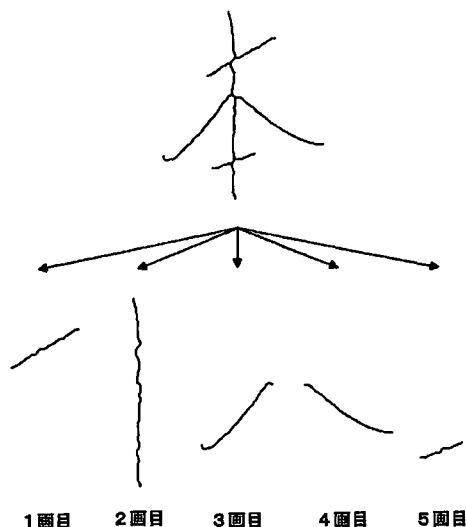


図13 “画”抽出例（手書き漢字「本」）

3. “画”の特徴量抽出

“画”データ抽出により得られた“画”を構成する点データ列の座標値から，“画”の「長さ」，「中心位置」，「方向」，「曲直」の4つの特徴量を求める。

3.1 長さ

“画”の長さは“画”の特徴量の中でも最も基本的な要素である。“画”の長さは“画”を構

成する点データ列の個数が基本となるが，単に点データの個数では水平（または垂直）“画”と斜め“画”とでは同じ個数でも最大 $\sqrt{2}$ 倍の誤差が生じる。したがって，ここでは“画”を構成する点データ列を5点毎に折れ線で近似した式(4)により，“画”の長さ l を算出した。

$$l = \sum_{k=1}^{N/5} \sqrt{(x_{5k} - x_{5k-5})^2 + (y_{5k} - y_{5k-5})^2} \quad (4)$$

但し， N ：画の点数

この方法では“画”を構成する点の点数が5の倍数でない場合，終点側で最大4点が破棄され誤差が生じるが，ここでは，15mm～27mm 郭の実画像を256×256ドットで画像処理しているので，処理画像の分解能は約0.06mm～0.11mm/ドットであるため許容の誤差範囲であると言える。

3.2 中心位置

“画”の中心位置は他の“画”とのバランスなどを考えるときに必要な要素である。ここでは，“画”を構成している点データ列を $a_1, a_2, \dots, a_N$ とすると $N/2$ 番目（但し， N が奇数の場合 $(N-1)/2$ 番目）に位置する点の座標を，その“画”の中心位置とした。中心位置の一例を図14に示す。

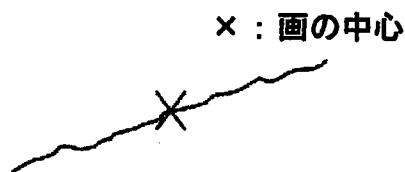


図14 “画”の中心

3.3 方向

“画”の始筆から終筆への向きを方向という。水平と垂直の方向を基本的な軸として傾きの度合いをもって示すことができるので，角度という場合もある。方向は長さとは並んで，字形を整える上で果たす役割が大きく，方向も“画”の特徴量の中では基本的な要素である[6]。ここでは，“画”方向を求める方法として，それぞ

れの“画”を構成する点データ列を最小2乗法に基づき直線近似し、その傾きを“画”の方向とした。その例を図15に示す。

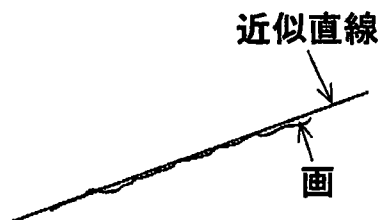


図15 “画”の方向（直線近似）

3.4 曲直

曲直とは“画”の反り具合のことである。ここでは、曲線の性質を表現する特徴の一つである曲率をもって“画”の曲直とした。曲率 ρ は曲線を $y=f(x)$ としたとき、

$$\rho = \frac{d^2y/dx^2}{\{1+(dy/dx)^2\}^{3/2}} \quad (5)$$

で与えられる。具体的には，“画”を構成する点データ列を最小2乗法に基づき2次曲線近似し，“画”の中心点における曲率をその“画”の曲直とした。図16に“画”の2次曲線近似の例を示す。



図16 “画”の曲直（2次曲線近似）

4. “画”抽出結果

4.1 実験資料

本論文では、成人による「本」100個（資料①）、小学1年児童による「山」、「月」、「田」、

「竹」及び「雨」各192個、計960個（資料②）を用いた結果を示す。

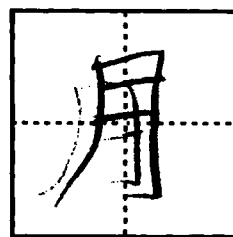
4.1.1 資料①

漢字「本」を成人20名（男9名、女11名）が15mm×15mmの枠目に各5回記入した計100個の資料。

4.1.2 資料②

漢字「山」、「月」、「田」、「竹」、「雨」の5漢字を金沢大学教育学部附属小学校1年児童96名（男50名、女46名）が普段使用している漢字練習帳に即して27mm×27mmの枠目（水平・垂直中央に補助点線）に各2回記入した総計960個の資料。データ収集に使用した記入用紙（原寸：A4横）を付録の付図1に示す。なお、データ収集は平成16(2004)年12月9日の朝自習時に3クラス一斉に行った（金沢大学教育学部附属小学校1年は3クラス制）。

記入に当たっては、時間制限等は設けず十分余裕を持たせたこともあり、一通り記入後、書き直した児童も可成りおり、その際、書き直す前の字を十分に消せていない児童が数名いたことから、前処理後の細線画像の段階で明らかに不適切となった資料は漢字単位で“画”抽出処理の資料から除外した。“画”抽出処理の対象外とした資料の一例(典型例)を図17に示す。



(a) 原画像



(b) 細線画像

図17 “画”抽出処理から除外した資料の例

これ以外にも、いわゆる書き損じ（枠から「はみ出す」を含む）、書き間違い等も若干あり、これらの資料も除外した結果，“画”抽出処理の対象となった資料数は、「山」：168個、「月」：

150個,「田」:156個,「竹」:167個,「雨」:141個の総計782個であった。

なお,データ収集用紙に「なまえ」欄があるが(付図1参照),これは普通の漢字練習プリントに合わせることで,出来るだけ普段書いている字体の漢字データを収集するために設けたのであって,児童のプライバシー保護の観点から,筆者は記入用紙回収には一切関与せず,用紙回収は各クラス担任が行い,男女別に整理した後,「なまえ」欄を裁断し,さらに念のため3クラス分をシャッフルしたのを筆者が受領した。したがって,筆者は男女の区別は分かるが,どの児童が記入した用紙かはもとより,どのクラスの児童かも推測すらできないよう留意した。

4.2 実験結果

資料①中の漢字「本」に適用して得られた“画”抽出結果の一例を表1に示す。表1より,「本」の1画目～5画目まで,全“画”正しく抽出できていると言える。

本論文では前処理として,2値化,角度調整,平滑化,細線化の順で行って得られた細線画像に対して“画”データを抽出し,得られた“画”の特徴量を算出しているが,各“画”の特徴量(「長さ」,「中止位置」,「方向」等)の精度は評価できない。これは,資料①の場合,15mm×15mmの柵目を256×256ドットで読み込んだ画

像を原画像としているので,約0.06mm/ドットの高精度で処理していることによる。したがって,“画”データ抽出が正しく行えていれば,各“画”の特徴量も妥当な精度で抽出できているといえるので,抽出“画”の正誤を前処理後の画像と比較して目視により判定した。

図18に,資料①の「本」(総計100個)の“画”抽出に適用して得られた各“画”の抽出

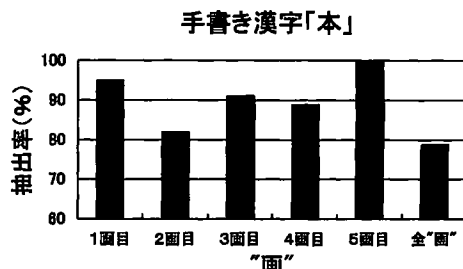


図18 「本」の“画”抽出率

率ならびに全“画”の抽出率を示す。図18より,5画目の抽出率は100%と全て正しく抽出できているが,「本」は1画目と2画目の交点付近に3画目と4画目の始点が近接するため“画”の誤抽出が生じ,いずれも100%にはならず1画目～5画目まで全“画”正しく抽出できたのは78%(100個中,78個)であった。

次に,資料②への適用結果であるが,紙面の都合上,収集した漢字の内,画数は比較的少な

表1 「本」の“画”抽出結果

抽出画	1画目	2画目	3画目	4画目	5画目
長さ	3.7mm	9.9mm	5.1mm	5.1mm	2.2mm
中心位置	(7.6, 9.7)	(7.3, 7.1)	(5.5, 5.7)	(9.7, 5.9)	(7.2, 4.2)
方向	29.6度	-89.4度	-134.3度	-31.4度	20.4度
曲直	-0.82	-0.59	4.97	6.20	0.56

いものの、各“画”が互いに接触し、かつ曲がり“画”のある漢字「月」について詳細に記し、他の漢字については結果のみを付録に掲載する。

資料②中の漢字「月」に適用して得られた“画”抽出結果の一例を表2に示す。表2より、「月」の1画目～4画目まで、全“画”正しく抽出できていると言える。

図19に、資料②の「月」(150個)の“画”抽出に適用して得られた各“画”の抽出率ならびに全“画”の抽出率を示す。図19より、3画目、4画目の抽出率はそれぞれ96.7%、97.3%と高い抽出率となっているのに対して、1画目、2画目の抽出率が91.3%、90.7%と3・4画目より、5～6%悪くなり、1画目～4画目までの全“画”正しく抽出できたのは88.0%(150個中、132個)であった。

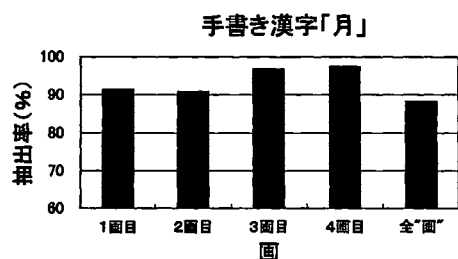


図19 「月」の“画”抽出率

2画目と4画目のみを正しく抽出するも全“画”正しく抽出できなかった例を図20に示す。図20(a)に示すように、本資料の細線画像

には画像上の異常はなく、“画”抽出の第1ス

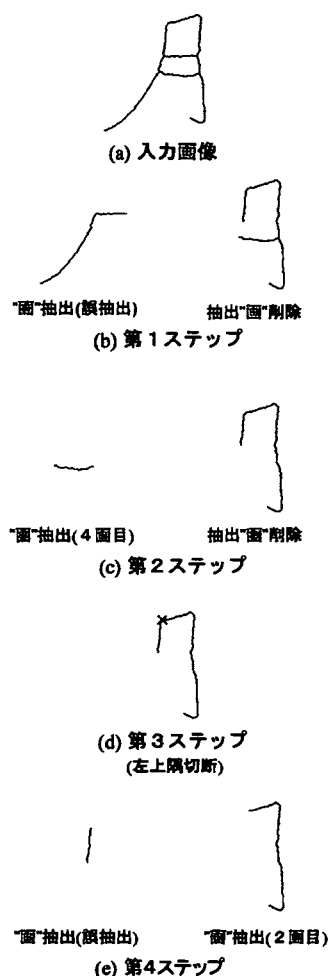


図20 「月」の“画”誤抽出例

表2 「月」の“画”抽出結果

原画像 細線画像	抽出画	1画目	2画目	3画目	4画目
	長さ	16.7mm	25.5mm	6.9mm	6.9mm
	中心位置	(9.1, 11.9)	(16.7, 15.2)	(13.1, 15.6)	(12.9, 11.3)
	方向	-101.9度	-81.8度	4.1度	5.7度
	曲直	-4.72	-5.52	-2.91	0.29

テップで（図20(b)），1画目と3画目の交点の所で3画目方向に隣点抽出を行ってしまい誤抽出が生じている。第2ステップでは（図20(c)），4画目が正しく抽出され，この段階で抽出“画”の個数が3個と事前情報として与えられた画数以下となっていることから，“画”繋がり処理に入り第3ステップで（図20(d)），左上隅が正しく切断され，第4ステップで（図20(e)），2画目が正しく抽出できたことになる。したがって，本資料は，2画目と4画目は正しく抽出，他の“画”は誤抽出となった結果，全“画”抽出できずと分類した。もちろん，文字評価の観点からは一部の“画”のみ正しく抽出できていても意味はなく，全“画”正しく抽出できることが必須であるが，どの“画”が誤抽出となったかのデータを蓄積し，“画”抽出部の精度向上策の検討資料とすべく各“画”ごとの抽出率にも注目した。

5. むすび

本論文では，硬筆による手書き漢字の各“画”ごとの特徴量に基づく手書き漢字評価システムの構築に向けての“画”の抽出ならびに“画”の特徴量抽出手法を示した。そして，本手法を成人20名（男9名，女11名）による漢字「本」，ならびに小学1年児童96名（男50名，女46名）による漢字「山」，「月」，「田」，「竹」，「雨」それぞれの“画”情報抽出に適用した結果（資料の詳細は本論4.1節参照），全“画”正しく抽出できたのは，「本」：78%（100個中，78個），「山」96.4%（168個中，162個），「月」88.0%（150個中，132個），「田」76.3%（156個中，119個），「竹」91.0%（167個中，152個），「雨」93.6%（141個中，132個）であった。そして，各“画”が正しく抽出できれば，“画”の特徴量（「長さ」，「中心位置」，「方向」，「曲直」）は文字を評価するうえで問題とはならない精度で抽出できることが明らかとなった。

以上の結果より，漢字中に曲がり“画”が存在しても，画数が少ない「山」はもとより，画

数の多い「雨」も全“画”抽出率がそれぞれ96.4%と93.6%の高抽出率で“画”抽出が可能であり，漢字の画数のみの情報から“画”情報を抽出する本手法の有効性が明らかとなった。しかしながら，画数が5画と比較的少ない漢字「田」の全“画”抽出率は76%程度と文字評価システムの特徴抽出部の性能としては実用レベルに達していないと言える。この「田」の“画”抽出率の内訳は，ほぼ垂直，水平に近い3画目，4画目の抽出率は，それぞれ98.1%，99.4%と十分な精度で抽出できているが，相互に接触し，ループ状となる可能性の高い1画目，2画目ならびに5画目の抽出率がそれより15%～20%悪くなり，特に5画目の抽出率が大きく落ち込んだ。このことから，“画”抽出手法中の「繋がり処理」のさらなる改善が必要であり，この点については現在検討中である。

謝 辞

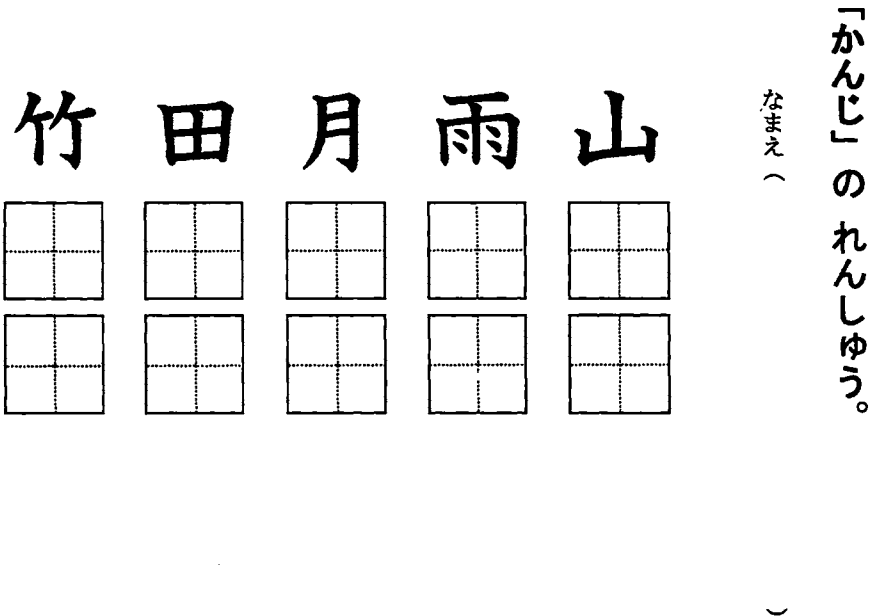
附属小学校1年児童による手書き漢字収集の時期が2学期末をまぢかに控えた12月9日となり，何かと校務に忙しいなか収集時はもとより収集に向けての準備，収集後の整理等に快く御協力いただいた1年クラス担任（当時）の直寄宏美教諭，押野正憲教諭ならびに山岸朋子教諭に厚く御礼申し上げる。

文 献

- [1] 杉岡華邨著：“書教育の理想”，二玄社(1998)。
- [2] 藤原宏他編：“書写・書道教育原理”，講談社(1980)。
- [3] 加藤達成監修：“書写・書道教育史資料”，第1巻，東京法令(1984)。
- [4] 押木秀樹：“計算機による字形評価に関する研究（1）一大局的な特徴について”，書写書道教育研究，第5号（1990）。
- [5] 龍岡亮二他：“外国人・小学生を対象にした漢字教育支援システムの開発”，信学技報(1996)。
- [6] 全国大学書写書道教育学会編：“書写指導（小学校編）”，萱原書房(1993)。

付 録

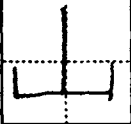
A 手書き漢字収集用紙（小学1年児童用）



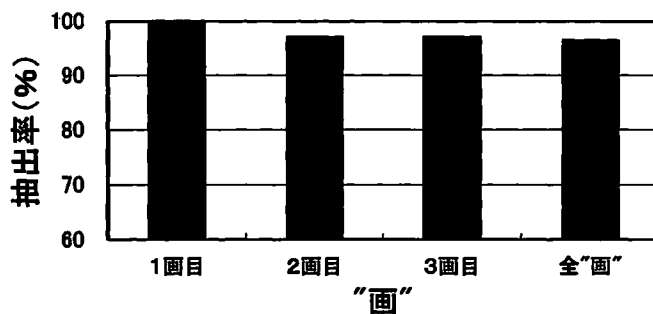
付図1 漢字データ収集用紙（小学1年児童用）

B 「山」の“画”抽出結果

付表1 「山」の“画”抽出結果

 原画像		1画目	2画目	3画目
	抽出画			
	長さ	15.9mm	23.6mm	6.9mm
	中心位置	(13.3, 15.5)	(10.3, 7.2)	(22.4, 9.6)
	方向	-90.4度	-5.2度	-92.8度
	曲直	-0.80	3.57	-2.28

手書き漢字「山」



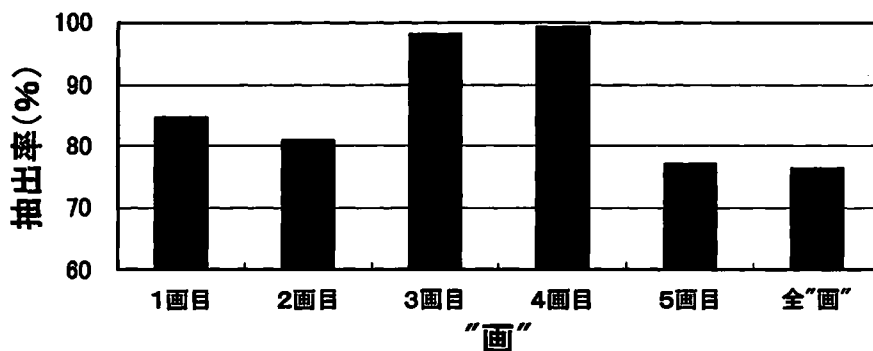
付図2 「山」の“画”抽出率

C 「田」の“画”抽出結果

付表2 「田」の“画”抽出結果

	1画目	2画目	3画目	4画目	5画目
抽出画					
長さ	11.2mm	27.6mm	11.7mm	14.9mm	13.3mm
中心位置	(6.5, 13.1)	(20.4, 19.6)	(13.5, 13.0)	(14.0, 13.3)	(13.9, 6.6)
方向	-86.3度	-22.0度	-90.6度	-1.6度	-0.5度
曲直	-0.67	-5.89	-0.09	0.63	0.59

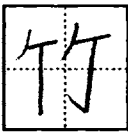
手書き漢字「田」



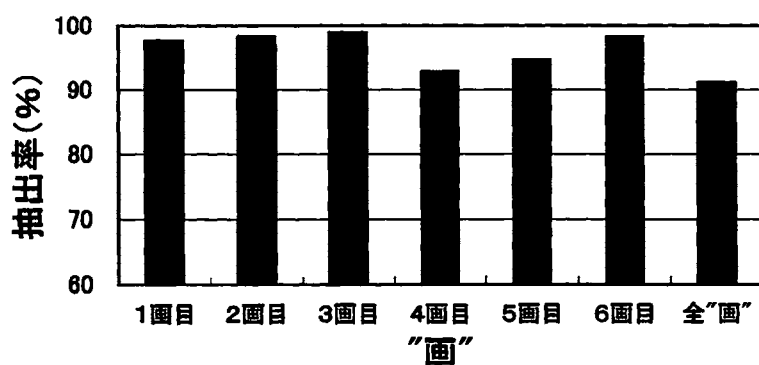
付図3 「田」の“画”抽出率

D 「竹」の“画”抽出結果

付表3 「竹」の“画”抽出結果

 原画像 細線画像		1画目	2画目	3画目
	抽出画			
	長さ	6.6mm	6.0mm	13.8mm
	中心位置	(5.7, 18.5)	(8.9, 18.5)	(8.6, 11.3)
	方向	-110.7度	12.4度	-90.5度
	曲直	-14.72	0.50	0.24
		4画目	5画目	6画目
	抽出画			
	長さ	7.5mm	7.0mm	19.2mm
	中心位置	(15.2, 18.9)	(19.2, 19.6)	(18.6, 10.3)
	方向	-112.7度	11.4度	-102.1度
	曲直	-9.09	1.58	-0.86

手書き漢字「竹」



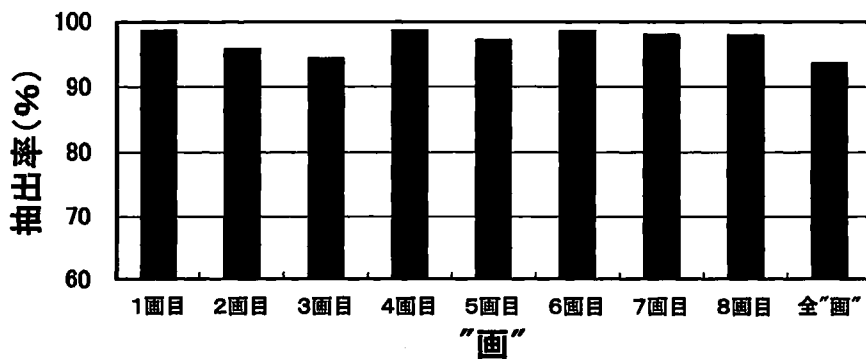
付図4 「竹」の“画”抽出率

E 「雨」の“画”抽出結果

付表4 「雨」の“画”抽出結果

 原画像  細線画像		1画目	2画目	3画目	4画目
	抽出画				
	長さ	11.2mm	8.5mm	27.5mm	11.2mm
	中心位置	(13.8, 21.4)	(6.9, 12.4)	(20.6, 18.0)	(13.7, 15.1)
	方向	5.0度	-89.7度	-21.0度	-90.3度
	曲直	1.25	-3.70	-5.31	-0.35
		5画目	6画目	7画目	8画目
	抽出画				
	長さ	2.5mm	2.6mm	2.2mm	2.4mm
	中心位置	(10.2, 13.7)	(10.0, 9.0)	(18.2, 14.3)	(17.4, 9.9)
	方向	-45.4度	-35.3度	-45.1度	-29.1度
	曲直	-22.28	11.61	9.28	-1.14

手書き漢字「雨」



付図5 「雨」の“画”抽出率