

6E-4 ストロークの相対位置行列による オンライン手書き文字認識

吉川隆敏 澤田 清 岡本正義 堀井 洋 亀田 勇
三洋電機株式会社 情報通信システム研究所

1. はじめに

オンライン文字認識手法は文字を表現する特徴量により、関数解析法と構造解析法に分類できる。楷書体で書かれた文字を認識対象とした場合には、構造解析法である基本ストローク・マッチング法が有効であるが、くずし字などの筆記自由度の高い文字を対象とした場合、画数・筆順・字形の変動に対して文字構造情報の安定的な対応を行うのが困難であり、関数解析法による認識処理が主流になりつつある。

しかし、非漢字などの低画数文字では字形の変動が著しく、文字領域を一樣に捉える関数解析法では、類似文字の判別処理を高精度に行うことはできない。また、ストロークの抽出が容易なオンライン文字認識では、ストロークの概念を積極的に活用すべきである。

本稿は、文字の構造的特徴であるストロークの相対位置情報のオンラインくずし字認識の詳細識別部への適用について報告する。

2. 開発方針

我々は、くずし字を対象としたオンライン文字認識手法として、「多次元特徴融合型認識法¹⁾」を提案した。

多次元特徴融合型認識手法は、くずし字を認識するため、単一次元の特徴量ではなく、できるだけ異なった視点から文字の特徴量を抽出することを目的とし、各特徴量による類似値を階層的に融合し、認識処理を行うものである。

しかし、低画数文字については、文字形状の変動が大きく、類似文字の判別が十分ではない。類似文字間の相違点の判別にはストロークの相互関係を利用するのが最も効率的であり、構造解析的特徴量を類似文字識別部に採用する。

楷書体文字に対しては、類似文字間の構造的差異を辞書作成者の経験に基づいて記述する方法が一般的であるが、くずし字を対象とした場合、大幅な筆記変動により人手による文字構造辞書の作成には限界が予想される。

このため、類似文字間の構造的特徴の差異を、辞書中の標準パターンと入力パターンの整合時に自動的に抽出する手法として、文字を構成するすべてのストロークの任意の2つの相対位置関係を構成要素とするストローク相対位置行列²⁾を定義し、類似文字間の構造的差異を検出する。

3. 認識処理

多次元特徴融合型認識法では、ペリフェラル法³⁾(文字の周辺形状に注目)、ストローク方向分布法⁴⁾、選択的ストローク結合法⁵⁾を階層的に配置する。各処理階層では、認識候補文字数の削減を行うとともに、各手法の認識結果を順次、融合し統合的な類似値(統合類似値)を算出する。

本稿での、類似文字識別処理は多次元特徴融合型認識法の最終段階での処理として、統合類似値が極めて接近した文字群の判別処理である。筆順、画数の変動した文字に対しては、選択的ストローク結合法により、辞書パターンと入力パターンのストロークの対応をとり、画数、筆順の変動を吸収し、このストローク対応情報をもとに、ストロークの相対位置による類似文字識別を行う。

4. ストローク相対位置行列

選択的ストローク結合法により、画数、筆順の変動を吸収した段階での文字パターンのストロークの構造的特徴をストローク相対位置行列により表す。

ストロークの始点、重心、終点の3点をストロークの代表点(図1)とする。すなわち、ストローク数 n の文字パターンの場合、 $n \times 3$ 個の代表点が存在する。

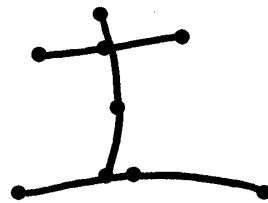


図1 ストローク代表点の例

ストローク相対位置行列は、各代表点それぞれ全ての相対位置関係を要素する。相対位置関係は上下関係、左右関係の2種類とし、それぞれ下三角行列、上三角行列に配置する。

具体的に説明する。文字パターンの第 t 番目のストロークの代表点を $D(t, m)$ 、その座標を $D_x(t, m)$ 、 $D_y(t, m)$ とする(m は始点、重点、終点を表すパラメータ、 $m=1, 2, 3$)。

ストロークの相対関係を表す値として、2種類の関係式を定義する。[関係I]はストロークの相対位置関係に

On-line Handwritten Character Recognition
Using Inter-stroke Relative Point Matrix

Takatoshi YOSHIKAWA, Kiyoshi SAWADA, Masayoshi OKAMOTO, Hiroshi HORII, Isamu KAMEDA
Information & Communication Systems Research Center, SANYO Electric Co., Ltd.

代表点間の水平・垂直それぞれの方向別ベクトル値を用いるのに対し、[関係II]では相対関係を正、負、近傍の3値により表現する。[関係I]のストローク相対位置行列をG, その構成要素を g_{ij} , 同様に[関係II]についてもそれぞれ G', g'_{ij} とした時、以下の式を満たす。

[関係I]

$$g_{ij} = \begin{cases} Dy(t,m) - D'y(t',m') : i > j \\ 0 : i = j \\ Dx(t,m) - D'x(t',m') : i < j \end{cases} \quad (1)$$

但し, $i = (t-1)*3 + m, j = (t'-1)*3 + m'$
 $1 \leq t \leq n, m = 1, 2, 3$

[関係II]

$$g'_{ij} = F(g_{ij}) \quad (2)$$

$$F(x) = \begin{cases} -1 : x < -\alpha \\ 0 : |x| \leq \alpha \\ 1 : x > \alpha \end{cases} \quad (3)$$

$\alpha (\geq 0)$ は近接したストロークの相対関係の曖昧性を吸収するための閾値である。

標準パターン, 入力パターンそれぞれのパターンのストローク相対位置行列を G_p, G_q とした時, 両者の構造的な差を表す行列(構造差行列) G_d を式(4)で定義する。 $g_{pij}, g_{qij}, g_{dij}$ は G_p, G_q, G_d の要素を表す。

$$g_{dij} = |g_{pij} - g_{qij}| \quad (4)$$

また, 入力パターンの各標準パターンに対する類似値Rは構造差行列 G_d の各要素の平均値とする。

$$R = (\sum \sum g_{dij}) / ((n \times 3)^2 - n \times 3) \quad (5)$$

5. 認識実験

認識実験, 及び辞書作成用に使用した文字データは, $10 \times 10 \text{mm}$ の枠内に筆記し, 時間分解能200点/秒, 空間分解能10本/mmのタブレットを用いて, 30人分を収集した。

認識対象字種は, 漢字(JIS第1水準), ひらがな, カタカナの計3234字種である。20人分を辞書作成用とし, 残りの10人分について認識実験を行った。

認識実験は多次元特徴融合型認識法により, 認識処理を行い, 類似値が小さい順に候補文字を並び替え, 第k位の認識候補文字の類似値を F_k とする。その結果, 式(6)を満足する候補文字が存在する場合, 式(6)を満足する候補文字群に対して, ストローク相対位置行列による識別処理を行う。

$$F_k - F_1 < \theta \quad (6)$$

但し, $2 \leq k \leq 10, \theta$ はあらかじめ定めた閾値

多次元特徴融合型認識法とストローク相対位置行列による類似値の統合は, それぞれの類似値の加重平均により算出する。

表1 画数別の認識実験結果

	1~5画	6~10画	11~画
認識率	92.5(%)	96.3(%)	96.8(%)
[関係I]による詳細率	96.1(%)	97.5(%)	97.5(%)
[関係II]による詳細率	95.8(%)	97.2(%)	97.6(%)

筆記画数別の認識結果を表1に示す。表1で示した認識率は"つ", "っ"などの大・小文字, あるいは, "力"(漢字), "カ"(カタカナ)など手書き文字での字形の相違点の検出が不可能な文字組は同一文字として算出した。

ストローク相対位置行列による詳細識別を行わない実験では, 1~5画の低画数文字が, 6画以上と比べて極端に認識率が低い。しかし, ストローク相対位置行列による詳細識別を行うことにより, 低画数文字の認識率が6画以上の入力文字に比べて, 認識率の増加の割合が高く, 本手法が低画数の詳細識別に有効であることが確かめられた。

6. おわりに

くずし字を対象としたオンライン文字認識の類似文字判定処理として, ストロークの相対位置情報を用いた詳細識別法を提案し, 良好な結果を得た。

今後の課題としては, 筆記変動に対して安定的なストローク相対位置情報の自動抽出, あるいは他の構造的特徴の取り込みなどがある。

【参考文献】

- (1)吉川, 澤田: "多次元特徴融合による文字認識手法", 信学会「画像理解の高度化と高速化シンポジウム」稿 1989.
- (2)石井: "ストローク代表点に着目したオンライン手書き漢字認識", 信学論(D), J69-D, No6.
- (3)梅田: "粗いペリフェラルパターンによるマルチフォン印刷漢字認識", 信学技報, PRL78-4, 1978
- (4)萩田他: "大局的・局所的方向分布寄与度関数による手書き漢字認識", 信学論(D), J66-D, No6.
- (5)若原, 梅田: "選択的ストローク結合による画数・筆順に依存しないオンライン文字認識", 信学論(D), J66-D, No5.