

1H-8

# 高速候補文字選択法を用いた オンライン手書き文字認識

戸田 匡紀 高野 邦彦 土居 広志 馬籠 良英

東京電機大学工学部電子工学科

## 1. はじめに

オンライン手書き文字認識システムにおける認識対象文字数は数千個にも達するため、入力文字に対する候補文字の選択法は効率および認識率に大きな影響を与える。本論文では、主に候補文字の高速選択法<sup>(1)</sup>について述べ、選択された類似文字の詳細識別法、辞書学習法についても述べる。

## 2. 認識システム

認識システムの処理手順を図1に示す。本論文の手法の新しい点を図1に従って述べる。

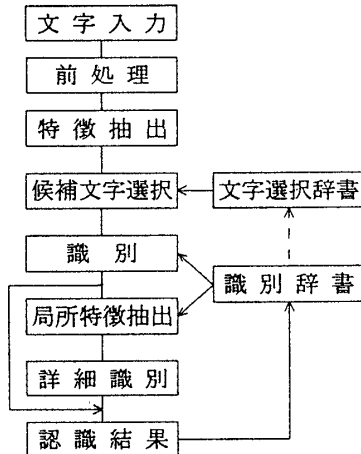


図1. 認識システムの処理手順

### 2.1 前処理

仮名の濁点・半濁点は変動が大きく誤認識の原因となるため、通常の前処理<sup>(2)</sup>に、これの検出・除去・再正規化処理を追加している。

### 2.2 特徴抽出

本論文では、筆画数、前処理後の入力文字を一筆書き化した曲線から、①P形高速フーリエ変換<sup>(3)</sup>を行い、その低域成分の複素フーリエ係数より得られる絶対値と位相、②ストローク長、③X-Y座標変位を求めて特徴として用いる。

### 2.3 候補文字選択用辞書の作成

$i$  番目の特徴軸で考察する。文字  $k$  の特徴の平

均值、標準偏差をそれぞれ  $\bar{x}_i^k$ ,  $\sigma_i^k$  とする。文字  $k$  の特徴の下限  $jmin_i^k$  および上限  $jmax_i^k$  を次の手順で求める。

まず、最小値  $low_i$  および最大値  $upp_i$  を次式で定義する。

$$low_i = \min_k (\bar{x}_i^k - \alpha \sigma_i^k)$$

$$upp_i = \max_k (\bar{x}_i^k + \alpha \sigma_i^k)$$

但し、 $\alpha$  は定数。

次に、 $l$  個のクラスに分割する。クラス幅  $h_i$  を次式で求める。

$$h_i = (upp_i - low_i) / l$$

$jmin_i^k$  および  $jmax_i^k$  を次式で求める。

$$jmin_i^k = \text{trunc} \left( \frac{\bar{x}_i^k - \alpha \sigma_i^k - low_i}{h_i} \right)$$

但し、 $jmin_i^k < 0 \rightarrow jmin_i^k = 0$

$$jmax_i^k = \text{trunc} \left( \frac{\bar{x}_i^k + \alpha \sigma_i^k - low_i}{h_i} \right)$$

但し、 $jmax_i^k > l-1 \rightarrow jmax_i^k = l-1$

文字  $k$  はクラス  $jmin_i^k$  からクラス  $jmax_i^k$  の範囲にある。

クラスが  $l$  個の場合、各文字は  $l(l+1)/2$  種類の相違なる分布形のいずれかに属するので、同一分布の文字をまとめて候補文字選択用辞書とする。

[例]  $l=5$ 、クラス  $\alpha$  から  $\beta$  まで分布する文字を  $C_\alpha^\beta$  とするとき、クラス  $j$  の候補文字  $c(j)$  を表1に示す。

### 2.4 候補文字選択

入力文字の特徴要素  $x_i$  が得られたとき、候補文字のクラス  $j$  は次式で求まる。

$$j = \text{trunc} \left( \frac{x_i - low_i}{h_i} \right)$$

但し、 $j < 0 \rightarrow j = 0$ ,  $j > l-1 \rightarrow j = l-1$   
これから候補文字  $c(j)$  は次式で求まる。

$$c(j) = \bigcup_{\alpha=0}^j \left( \bigcup_{\beta=j}^{l-1} C_\alpha^\beta \right)$$

すべての特徴要素に対して候補文字の出現度数を求め、これの大きい順に候補文字とする。

Online Handwritten Character Recognition  
Using Fast Character Selection Algorithm  
Masanori Toda, Kunihiro Takano,  
Hiroshi Doi, Yoshihide Magome  
Tokyo Denki University  
2-2, Kanda-Nishiki-Cho, Chiyoda-Ku, Tokyo 101, Japan

表1. 文字の分布形 (l=5 の場合)

クラス	c(0)	c(1)	c(2)	c(3)	c(4)
文 字 の 分 布 形	$C_0^4$	$C_0^4$	$C_0^4$	$C_0^4$	$C_0^4$
	$C_0^3$	$C_0^3$	$C_0^3$	$C_0^3$	
		$C_1^4$	$C_1^4$	$C_1^4$	$C_1^4$
	$C_0^2$	$C_0^2$	$C_0^2$		
		$C_1^3$	$C_1^3$	$C_1^3$	
		$C_2^4$	$C_2^4$	$C_2^4$	
	$C_0^1$	$C_0^1$			
		$C_1^2$	$C_1^2$		
			$C_2^3$	$C_2^3$	
			$C_3^4$		$C_3^4$
	$C_0^0$				
		$C_1^1$			
			$C_2^2$		
				$C_3^3$	
					$C_4^4$

2.5 識別辞書とマッチング

文字 k の識別辞書は次の形式で記憶されている。

$$(s, n, \bar{x}_1^k, (\sigma_1^k)^2, \bar{x}_2^k, (\sigma_2^k)^2, \dots, \bar{x}_i^k, (\sigma_i^k)^2, \dots, local)$$

s: 画数, n: 標本数, i: 特徴要素の添字

local: チェックすべきストロークの接続関係または形状の種類と位置

入力文字の特徴要素  $x_i$  と辞書との類似度  $S_i$  を次のメンバシップ関数 ( $\pi$  関数) で計算する。

$$S_i = 1 / \left( 1 + \left( x_i - \bar{x}_i^k \right)^2 / \left( \sigma_i^k \right)^2 \right)$$

総合類似度 S を類似度  $S_i$  の積で求める。

$$S = \prod_i S_i$$

すべての候補文字に対して総合類似度 S を求め、S の最大値と2位との相対類似度が閾値以上なら最大値の候補文字を認識文字とする。

2.6 局所特徴抽出と詳細識別

2.5 で認識できなかった文字のほとんどは低画数の類似文字である。本論文では、チェックすべき局所部分のストロークの接続関係 (4 種類) またはストロークの形状 (8 種類) を辞書に記憶しておき、その特徴の有無で最終識別を行っている。

る。

3. 認識実験

3.1 辞書作成

教育漢字 (1006 字種)、片仮名 (74 字種) および平仮名 (73 字種) に対して、異なる筆記者 21 人分のデータを用いて P 形フーリエ記述子 16 個 (5 次までの絶対値、2 次までの位相)、ストローク長 1 個、XY 座標変位 2 個の合計 19 個の特徴抽出を行い、同一筆順ごとにまとめ平均値と分散を計算し識別辞書とした。また、局所の特徴は、これまでの認識実験結果に基づいて 1 個選択し識別辞書に追加した。候補文字選択辞書は識別辞書を用いて所望の特徴の個数で自動生成できる。

3.2 実験および結果

辞書作成に用いていない筆記者 8 名分 9224 字種について実験した結果  $l=5, \alpha=3$  のとき、平均候補文字数 19.8 字、認識率 98.5% が得られた。

誤認識の原因は大部分が筆順誤りによるものである。

4. まとめ

まず、入力文字に対して候補文字選択法で候補文字を絞り込み、次に入力文字と絞り込まれた少数個の文字との類似度を求め識別を行い、更に、それでも認識できない酷似文字に対しては局所の特徴を使って認識する手法を提案し、有効な結果を得た。字種の増大にも適用できると思われる。筆順誤り (専用辞書生成移行で対処)、字種を増大した大規模実験、ヒューマン・インタフェースとの関連などが残された課題である。

参考文献

- (1) 松尾, 津田, 萩田: “特徴要素別にカテゴリー選択を行う高速パターン照合法” 信学論 J70-D, 12.
- (2) 櫻庭, 山口, 馬籠: “ファジィ集合論を応用したオンライン手書き文字認識” 信学論 J72-D-II, 12.
- (3) 上坂: “開曲線にも適応できる新しいフーリエ記述子” 信学論 J67-A, 3.