

オンライン走り書き文字認識における汎用辞書の作成

趙 鵬† 佐藤幸男† 吉村ミツ††

オンライン走り書き文字認識システムを構築するための汎用辞書の作成方法について述べている。汎用辞書はオンライン入力された筆記パターンを各字種ごとに代表パターンを求めることによって作成される。代表パターンの生成は筆記者の集合の全体を対象になされるものであり、その方法として本論文では4種類の方法を考案し検討した。その方法とは(1)全筆者の中で最も平均的と見なされる筆記者の全パターンを利用する代表筆者選択法、(2)各字種ごとに平均的と見なされる筆記パターンを利用する代表パターン選択法、(3)各字種ごとにパターンの空間平均をとる単純平均法、(4)字種ごとに代表パターンを選択し、それに同一字種の他のパターンをDPマッチングした後空間平均をとる整合化平均法である。実験では54名の被験者から81字種、100文字よりなる文章を採取し、認識を行った。その結果整合化平均法で最も高い認識率91.8%を得た。

Generating Generic Reference Patterns for Cursive Writings

PENG ZHAO,† YUKIO SATO† and MITSU YOSHIMURA††

This paper deals with a method for generating generic templates applicable to the online recognition of cursive handwritings. Four methods are presented in this paper: 1) representative writer method, 2) representative pattern method, 3) simple averaging method and 4) matching and averaging method. Each method was evaluated through a recognition experiment with cursive handwritings that consist of 100 characters collected from 54 subjects. The experimental results show the mean recognition rate 91.8% for the matching and averaging method.

1. はじめに

オンライン手書き文字認識による文字入力方式は現実的なマン・マシンインタフェースの一手法として位置づけられ、近年は簡便で安価なデータタブレットの普及を背景に大衆向けの入力装置も市販され始めている。しかしこのような一般製品はもちろんのことながら、研究段階においても書体を楷書に限定し、画数や筆順順守という制限を課してはじめて実用的な認識率が得られるのが現状である。オンライン文字認識方式が利用される現実的な場面を想定したとき、このような制限は筆記者にとって大変厳しいものであり、この制限の緩和なくしてはオンライン文字認識の真の普及は期待できない。理想的には筆記者の自由な書体と速度で筆記される文字(走り書き文字)を読み取れることが望まれ、これが研究の基本的な目標でもある。

走り書き文字は同一筆記者であっても筆記ごとに画

数や字形がかなり変動するため、ストロークを安定に分解することは難しい。さらに筆記者ごとに固有な筆記特徴があり、筆順や字のくずし方も様々である。認識にとって好ましくない筆記のこのような不安定要素に対処するため、若原らは楷書文字の平均パターンを辞書として、ストローク結合情報などをあらかじめ格納することにより、入力文字とのストローク対応を決め、入力文字に合わせて標準パターンからつづけ字を生成して認識を行った¹⁾。しかしながら走り書き文字ではストローク間の安定な対応付けは難しく、楷書体の標準パターンからのつづけ字生成規則も個人差を考慮すると統一的には実現できそうにない。また大森はフェジー論理を用いて楷書体の参照パターンに対して隣り合うストロークを続けることによってつづけ文字認識を試みる研究を行った²⁾。一方、著者らの一部は字形の変動やストロークの分離といった問題を基本的に解決する手段として字形と筆圧に基づくDPマッチング法を提案し^{3),4)}、559文字を対象とした認識実験の結果、漢字仮名混合データに対して総合で97.1%、原理的に認識不可能な文字パターンを除外した漢字データで99.1%の良好な認識結果を得た³⁾。筆圧情報を付加したDPマッチング手法の有効性はこのように確かめ

† 名古屋工業大学工学部電気情報工学科
Department of Electrical and Computer Engineering, Nagoya Institute of Technology

†† 中部大学経営情報学部
College of Business Administration and Information Science, Chubu University

られたが、字形や筆順の個人性を回避するために特定筆記者を対象としていた点に問題が残されていた。すなわち筆記者にあらかじめ文字パターンを字種ごとに登録してもらう作業が必要であり、登録されたパターンを本人の専用辞書とみなして入力文字を認識していた。この専用辞書の登録は実際には大変な作業であり、実用的な3,000字種程度の文字の登録であっても6時間以上の時間を要することが分かっている。したがってこの作業を解消することは、不特定筆記者向けの文字認識システムを構築する上で極めて重要な課題となる。その解決策の1つは万人向けの辞書、すなわち汎用辞書を作成することであろう。その場合前述したように走り書き文字では字形や筆順は各人各様であり、そのような汎用辞書が存在しうるかどうかも疑問である。しかしながら、全筆記者がまったく異なる書きかたをするのではなく、文字の基本的な特徴は同一字種内ではある程度共通していることから、あらかじめ文字認識システムに万人向けの初期辞書を1つ用意し、各筆記者がその辞書をベースにして認識を行いながら筆記者ごとに各人の筆記特徴にしたがって辞書を更新していくことによって各筆記者の専用辞書を形成していくことが考えられる。この方法が実現されれば、各筆記者があらかじめ自分の専用辞書を登録する必要がなくなり、しかも自分の専用辞書が学習によって自然に形成されていく利点がある。そこで、本論文では個人に共通となる辞書パターンすなわち汎用辞書の作成手法について述べ、その利用可能性について認識実験を通して検討する。

オフライン方式では統計的手法による辞書作成の試みはいくつかあるが^{6),9)}、オンライン方式はこれに関するものはない。本論文では多数の筆記者から採取したオンライン走り書き文字データを用いて文字認識のための汎用辞書の作成手法を提案する。

2. 代表パターンの生成法

本研究では汎用辞書が備えるべき要件を以下のように考える。それは第一に筆記者の個人的な特徴に関する先見的知識を用いない認識を可能にすることである。筆記者固有の筆順、字形、書字運動などに関する個人的特徴をあらかじめ抽出し、それを認識アルゴリズムに埋め込むことは概念としては有用であるが、書字運動に対する個人性の解明がなされていない現段階では実用的に応用することは難しい。汎用辞書の要件の第二は多数の筆記者が利用できることである。走り書

き文字の特質から、すべての筆記者で共用可能な単一の辞書を生成することは事実上不可能であるが、できるだけ多数の筆記者が利用できることは重要である。本論文では筆記者の集合に対してより高い認識率を達成する代表文字パターンを1つ生成することを具体的な目標としており、その良否は認識率によって判定する。

本研究では多様な文字パターンを利用するため、様々な職業、年齢の被験者から文字を採取した。その内訳は大学生(14名)、主婦(13名)、新聞記者(11名)、その他(17名)で、年齢は19歳から79歳(平均35.7歳)までの男女それぞれ27名ずつである。採取した文字列は小学校3年生までの教育漢字を参考に作成された文章であり、81字種100文字からなる。被験者には「ノートに書くようにあなたの自由な書体と速度で書いてください」と指示し、データタブレット上の紙面に設定された10mm×10mmのます目内に文字を筆記させた。文字入力は同一文章に対して2回行われた。意味のない文字列を1文字ずつ入力するのではなく文章を対象としたのは、文字筆記の流れをなるべくスムーズにするためである。不特定の被験者から文字を採取するため、文章の量をあまり多くすることはできなかったが、その反面走り書き文字として自然なデータを得ることができた。図1に採取された文字データの例を示す。

筆記は荷重変換器を内蔵したペン・スタイラスとタブレット・ディジタイザを用いて行われ、文字データはタブレット上のペンの座標値 (x, y) および筆圧 p を等時間間隔でサンプルした時系列として測定される。しかし文字の筆記は等速の運動によってなされるものではなく、ストロークの切れ目ではペンの停留もしばしば起こるため、測定した座標値と筆圧をそのまま文字パターンの表現に使用するの是不安定要素を含み、あまり好ましくない。したがって、測定した座標値および筆圧の時系列データに対して以下のように正規化を施す。

まず文字パターンを一筆書きとして、筆圧が0の部分線を線形的に補間する。始点から終点までの全弧長を計算し、両端点を固定したまま弧長に対して等間隔、等サンプル数となるよう再サンプリングして、新たなデータ系列 $\{x(l), y(l), p(l); l=1, 2, \dots, L\}$ を得る。ただし本研究ではサンプル数 L を128とした。

座標を表現する複素数を $z(l)=x(l)+iy(l)$ と定義する。そしてこの複素座標系列 $\{z(l); l=1, 2, \dots, L\}$ に

村田永行は昭和九年愛知県
名古屋市の生まれ鳥馬風岩

(a) 女性, 53歳
(a) Female, 53 yrs.

村田永行は昭和九年愛知県
名古屋市の生まれ鳥馬風岩

(b) 女性, 49歳
(b) Female, 49 yrs.

村田永行は昭和九年愛知県
名古屋市の生まれ鳥馬風岩

(c) 女性, 20歳
(c) Female, 20 yrs.

村田永行は昭和九年愛知県
名古屋市の生まれ鳥馬風岩

(d) 男性, 47歳
(d) Male, 47 yrs.

村田永行は昭和九年愛知県
名古屋市の生まれ鳥馬風岩

(e) 男性, 33歳
(e) Male, 33 yrs.

図 1 採集された走り書き文字の例

Fig. 1 Examples of cursive handwritings collected.

対し, 以下の式によって位置と大きさの正規化を施す³⁾.

$$z^*(l) = \frac{z(l) - z_0}{\|z(l) - z_0\|} \quad (l=1, 2, \dots, L) \quad (1)$$

$z^*(l)$ ($l=1, 2, \dots, L$) を正規化座標系列とよぶ。ただし, z_0 は文字パターンの重心であり,

$$z_0 = \frac{1}{L} \sum_{l=1}^L z(l) \quad (2)$$

である。また, 記号 $\|\cdot\|$ は複素系列のノルムを表し,

$$\|z(l)\|^2 = \frac{1}{L} \sum_{l=1}^L |z(l)|^2 \quad (3)$$

である。筆圧についても大きさの正規化を施す³⁾。

$$p^*(l) = \frac{p(l)}{\|p(l)\|} \quad (l=1, 2, \dots, L) \quad (4)$$

$p^*(l)$ ($l=1, 2, \dots, L$) を正規化筆圧系列とよぶ。

以下, 本研究で考案した4種類の代表パターン作成法について詳説する。

2.1 代表筆者選択法

個人間で字形が異なり, また個人内においても筆記は変動するが, 文字の基本的な特徴は同一字種内ではある程度共通していると考えられる。したがって文字の筆記は文字の基本的パターンに対し個人性と筆記変動を加えた結果であり, 筆記者間の筆記個人性の差異が筆記の多様性を起こすと解釈でき, 汎用辞書の作成とは個人性と筆記変動をできるだけ除去した代表パターンを生成することとみなすことができる。ところで, 筆記者間の個人性の差異は一樣ではなく, 他の筆記者との個人性の差異が比較的に小さい筆記者がいれば, かなり大きい筆記者もいる。他の筆記者との差異が最も小さい筆記者の文字パターンは最も代表的で, 基本パターンに近いパターンと考えられる。その考えに基づくならば筆記者集合のなかで他の筆記者の全体に対して筆記差異が最も小さい文字筆記をなす筆記者を1名選択し, その筆記者の全字種文字パターンを汎用辞書として利用することが考えられる。この方法では代表筆記者が選択されれば, その筆記者の辞書をそのまま他の全筆記者が利用できることになり, 新たに文字パターンを生成しなくても汎用辞書が容易に得られる利点がある。以下, 代表となる筆記者を選択する手法について述べる。

字種 c に対し筆記者 m および n が筆記した文字パターン間で文献3)の方法にしたがって DP マッチングを行い, パターン間整合距離を求め, $D_c^2(m, n)$ と表記する。字種 c において筆記者 m の文字パターンに対し他のすべての筆記者の文字パターンとの整合距離を求め, その総和すなわち

$$\tilde{D}_c^2 = \sum_{\substack{n=1 \\ n \neq m}}^M D_c^2(m, n) \quad (5)$$

を求める。ただし M は筆記者の総数である。 \tilde{D}_c^2 は1つの字種 c における筆記者 m と他の全筆記者との差異を示し, これを筆記者 m の字種 c における特異量とよぶ。全字種における各筆記者と他の全筆記者間の差異を評価するために, 次にこれをすべての字種について総和をとる。すなわち

$$A_m = \sum_c \tilde{D}_c^2 \quad (6)$$

を求める。 A_m を筆記者 m の筆者総特異量とよぶ。この筆者総特異量は筆者集合の中におけるその筆記者の特異性を示す測度とみなせるので, したがってその値が最小である者が最も代表的な文字を書いている筆記者と判断され, その筆記者の全文字パターンを辞書と

村田永行は昭和九年愛
知県名古屋市の生まれ
鳥馬風岩など自然を主
に絵画き頭角を現わす
大広間の使役の図は前

図 2 代表筆者選択法で作成した辞書パターン
($A_m=6.8 \times 10^5$)

Fig. 2 Generated patterns by representative writer method ($A_m=6.8 \times 10^5$).

村田永行は昭和九年愛
知県名古屋市の生まれ
鳥馬風岩など自然を主
に絵画き頭角を現わす
大広間の使役の図は前

図 3 筆者総特異量最大の文字パターン例
($A_m=2.8 \times 10^6$)

Fig. 3 Handwritings written by the most peculiar writer ($A_m=2.8 \times 10^6$).

してそのまま用いることにする。本手法は筆者総特異量が最も小さい1人の筆記者を選び、その文字パターンを汎用辞書とすることから代表筆者選択法と呼ぶ。

本手法で作成された汎用辞書 ($A_m=6.8 \times 10^5$) の一部を図2に示す。ちなみに筆者総特異量の最も大きい筆記者 ($A_m=2.8 \times 10^6$) の文字パターンを図3に示す。

2.2 代表パターン選択法

代表筆者選択法では選択された筆記者の文字パターンが字種の全体に対する評価として妥当であるとしても、各字種ごとに妥当であるとはいえない。したがって各字種ごとに筆記者を選択するほうが文字の基本特徴をより生かせる可能性がある。そこで、各字種ごとに代表筆記者を選択し、その文字パターンによって汎用辞書を作成することを考える。

これは前述の特異量を吟味することによって実行される。すなわち字種 c ごとに特異量 \tilde{D}_{cm}^2 を各筆記者ごとに求め、その最小値を与える筆者 m の文字パターンを字種 c の代表パターンとする。つまり

$$\tilde{D}_{cm}^2 = \min_{\forall m} \{ \tilde{D}_{cm}^2 \} \quad (7)$$

村田永行は昭和九年愛
知県名古屋市の生まれ
鳥馬風岩など自然を主
に絵画き頭角を現わす
大広間の使役の図は前

図 4 代表パターン選択法で作成した辞書パターン

Fig. 4 Generated patterns by representative pattern method.

である。

本手法を代表パターン選択法と呼ぶ。本手法で作成された汎用辞書の一部を図4に示す。

2.3 単純平均法

前述の2つの手法はいずれも既存のパターンを汎用辞書として代用するものである。ところで得られた辞書には、選択された筆記の個人的特徴がそのまま残っている。筆記個人性を排除する方法として平均値を使用する手法が考えられる。数値集合の代表値に平均値を用いることは、統計上最も単純で一般的な手法である。これを本研究に適用する際に参考となるのは信号処理における同期加算法であろう。すなわち多数の筆記者より採取された座標系列あるいは筆圧系列の集合に対し、始点を合わせて空間平均を求めることである。そのアルゴリズムは以下のように表現される。

ある字種 c について筆記者 m の座標系列、筆圧系列をそれぞれ $\{z_{cm}^*(l); l=1, 2, \dots, L\}$, $\{p_{cm}^*(l); l=1, 2, \dots, L\}$ とするとき、加算平均したパターンをそれぞれ $\{z_c^*(l); l=1, 2, \dots, L\}$, $\{p_c^*(l); l=1, 2, \dots, L\}$ と表し、次式で定義する。

$$z_c^*(l) = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M z_{cm}^*(l) \quad (8)$$

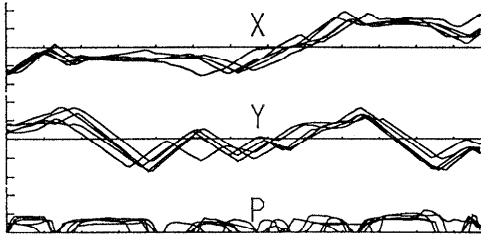
$$p_c^*(l) = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M p_{cm}^*(l) \quad (9)$$

なお、得られた平均パターンはその位置、大きさおよび弧長に対するサンプル間隔の均一性の正規化が失われるので、座標系列、筆圧系列に対して再び正規化を行う。正規化後のパターンをここでは単純平均パターンと呼び、この辞書作成法を単純平均法と呼ぶ。

図5は例として5個の筆記パターンから単純平均パターンを生成する様子を示している。図5(a)は生成に用いられる文字パターン、図5(b)はそれらの座標

村村村村村

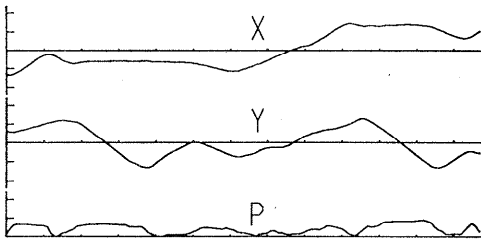
(a) 入力文字パターン
(a) Input patterns.



(b) 座標系列および筆圧系列
(b) Waveforms of input patterns.

村

(c) 生成されたパターン
(c) Generated pattern.



(d) 座標系列および筆圧系列
(d) Waveforms of generated pattern.

図 5 単純平均法の例

Fig. 5 Illustrations for simple averaging method.

系列および筆圧系列の様子、図 5 (c) は生成された辞書パターン、図 5 (d) はその座標系列および筆圧系列をそれぞれ示している。54名の筆記者を対象に本手法で作成された汎用辞書の一部を図 6 に示す。

2.4 整合化平均法

代表筆者選択法と代表パターン選択法ではいずれも実際に筆記されたパターンをそのまま辞書パターンとして利用できるため、単純平均法のように字形がなまったり特徴があいまいになることがない。しかし選択されたパターンが多数の筆記者の文字パターンの統計的な情報を用いて生成されていないことから、個人性を排除した有効な基本特徴を備えているとは必ずしもいえない。特に走り書き文字は筆記の個人性や変動が大きいので、ある特定の筆記者のパターンをそのまま利用するのではなく、そこに多数の筆記者に共通な特

村田永行は昭和九年
知事古尾希の生きた
鳥居風岩など自然を
に絵画で鑑賞を促す
大空の汽球の図は前

図 6 単純平均法で作成した辞書パターン
Fig. 6 Generated patterns by simple averaging method.

徴を統計的な処理によって埋め込むことが有用であると思われる。単純平均法はその意味では意味ある代表パターン生成法であるが、図 6 から明らかなように全般的に字形がなまり、辞書の質を高めるためには字形のなまりを解消する必要がある。

単純平均法は信号処理における同期加算法に相当するものである。同期加算法は雑音を加わった多数の信号の集合に対し、原信号の同期をとった後に空間平均法によって雑音を圧縮して原信号を再現する方法であるが、信号の位相がずれていけば再生される信号は不正確でなまった波形になってしまう。これと同様に書字運動を筆記者間で共通したある基本運動に対し、筆記者の個人性などによって空間的、時間的に非線形な変動を加わったものであるとみなすならば、空間平均をとる以前に何らかの方法で時間的位相をできるだけ整合させる必要があると思われる。ところで DP マッチングはそもそも非線形な時間的変動を吸収するために有効な方法であった。したがってある基準パターンに同一字種の多数の筆記者が描いた文字パターンの弧長軸を非線形に伸縮させて位相的整合を図れば、その結果特徴点も重なり合うことが予想される。以下、そのような DP マッチングによる弧長軸の整合に基づく平均化の方法について述べる。

前述の代表パターン選択法に基づき、各字種ごとに最小の特異量をもつ筆者 m のパターンを選択する。これを DP マッチングにおいて基準となるパターンとし、それをシードとして他の筆者 m ($m \neq \bar{m}$) の同字種の文字パターンを順次整合させていく。言い換えれば、基本パターンに対する他のパターンの点間で最適な対応づけを求めるのである。ここで、基本パターン A の i 番目の点と他のパターン B の j 番目の点の間の距離 $d^2(i, j)$ を文献 3) 中の式 (4) に準じて次のように

定義する。

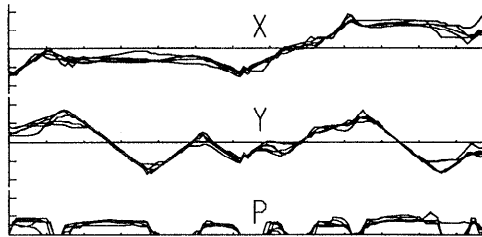
$$d^2(i, j) = (1 - w_p) |z^*(i) - z^*(j)|^2 + w_p |p^*(i) - p^*(j)|^2 \quad (10)$$

$i, j = 1, 2, \dots, L$

ここで w_p は距離関数における筆圧に関する重みで、認識実験において最高の認識率を与えた値 0.3 とした³⁾。また、基本パターンが代表パターン選択法によって選ばれた筆記代表パターンであり、その字種を代表するパターンとして比較的信頼性が高いことから、DP マッチングを行うとき、基本パターンの弧長軸を固定し、入力パターンの弧長軸をそれに合わせて非線形に伸縮する非対称なマッチングを行う。すなわち、パターン A, B 間の始点 (1, 1) から (i, j) までの距離和 $g(i, j)$ を次のような漸化式で定義する。

村村村村村

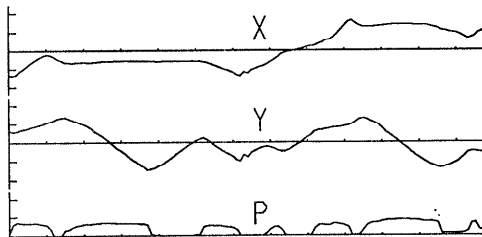
(a) 入力文字パターン
(a) Input patterns.



(b) 座標系列および筆圧系列
(b) Waveforms of input patterns wrapped by DP-matching.

村

(c) 生成されたパターン
(c) Generated pattern.



(d) 座標系列および筆圧系列
(d) Waveforms of generated pattern.

図 7 整合化平均法の図例

Fig. 7 Illustrations for matching and averaging method.

村田永行は昭和元年愛知県名古屋市の生まれ鳥島風岩など自然を主に絵画き頭角を現わす大広間の便役の図は前

図 8 整合化平均法で作成した辞書パターン
Fig. 8 Generated patterns by matching and averaging method.

$$g(i, j) = d^2(i, j) + \min \begin{bmatrix} g(i-1, j) \\ g(i-1, j-1) \\ g(i-1, j-2) \end{bmatrix} \quad (11)$$

ただし、 $g(1, 1) = d^2(1, 1)$ である。上に定義した関数によって基本パターンに対する入力パターンのマッチングは最終的には $i-j$ 平面において (L, L) より $(1, 1)$ に至る最適経路を探索することによって実行される。

このパターンマッチングを同一字種内のすべてのパターンに対して実行した後、弧長軸に対して整合化されたパターン集合の空間平均を求め、これを辞書パターンとする。得られた平均パターンは弧長に関するサンプル間隔の均一性は保証されないため、再度サンプリングを行い、大きさや位置に関する正規化を施す。

図 7 は辞書パターン生成の様子を示している。図 7 (a) は図 5 と同様、生成に用いられた文字パターン (下線で示したものが特異量の最小のパターンであり、DP マッチングにおいて基準となる)、図 7 (b) はこれらの座標系列および筆圧系列がマッチングしている様子を表している。図 7 (c) は生成された辞書パターンであり、図 7 (d) はその座標系列および筆圧系列をそれぞれ示している。本手法を整合化平均法と呼ぶ。整合化平均法によって作成された汎用辞書の一部を図 8 に示す。

3. 認識実験と考察

前節までに提案された 4 種の辞書作成手法を評価するために、採取されたオンライン文字データを用いて認識実験を行った。文字データの採取は 1 人について 2 回行われたので、1 回目のデータで辞書を作成し、2 回目のデータを未知パターンとして認識を行った。辞書のカテゴリ数は字種数と同じ 81 であり、認識対象文字数は 100 字である。認識結果を表 1 に示す。

表 1 各種辞書による認識結果
Table 1 Recognition rates achieved with different templates.

汎用辞書作成手法	認 識 率		
	最 低	最 高	平 均
代表筆者選択法	62.0	99.0	85.6
代表パターン選択法	66.0	98.0	89.5
単純平均法	72.0	93.0	83.5
整合化平均法	76.0	99.0	91.8
専用辞書	83.6	100.0	97.8

なお、代表筆者選択法では辞書として選択された筆者自身に対する認識結果を除外している。また比較のため欄外に専用辞書（筆者本人の辞書）を用いた場合の認識結果を示す。認識実験の結果から各手法に対し、以下の性質が分かった。

- (1) 代表筆者選択法は最高認識率は最も良いが、最低認識率は最も悪い。

代表筆者選択法はある特定筆者の全文字を汎用辞書とするものであり、得られた汎用辞書は個人の筆記特徴を持っているが、多様な文字変形を吸収することはできない。辞書として選択された筆者に非常に近い筆記をなす筆者（最高認識率 99%）がある反面、それとかなり異なる筆者（最低認識率 62%）がある。図 2 より選択された筆者は比較的丁寧な筆記をしていることがうかがえるが、他方最も特異量の大きい筆者の文字パターン（図 3）は乱雑な筆記をしている。このようにならかなり異なる筆記をなす筆者が多数存在する場合、汎用辞書に対して高い初期認識率を求めるならば、本手法を適用した辞書はあまり好ましくはないといえる。

- (2) 代表パターン選択法は最低認識率および平均認識率とも代表筆者選択法よりも高い認識結果を得ている。

このことは代表パターン選択法が代表筆者選択法を字種ごとに適用したことによる改善結果であると解釈できる。字種ごとの代表パターンの選択により、得られた辞書がある程度個人性を除去したのとなり、多様な個人筆記特性を比較的吸収できるものが作成されることが考えられる。

- (3) 単純平均法は平均認識率および最高認識率は最も悪いが、最低認識率は代表筆者選択法、代表パターン選択法のいずれより高い。

これは辞書パターンが文字の大局的で基本的な特徴は備えているが、細部の特徴は失われるという本手法

の特質を表していると思われる。図 6 より“九”のように異なる筆順で書かれた文字パターンや“風”、“間”のように異なる字形で書かれた文字パターンでは字形の基本特徴は失われ、判読できないほど字形が崩れてしまう。また曲線部分は平滑化されて滑らかになる反面、曲率の高い角の部分などでは形状がなまってしまふ。しかし、本手法で作成される辞書は既成パターンでなく、個人性を持たないことから、筆者による認識率のばらつきが小さい利点がある。

- (4) 以上の 3 種の方法に比べ、整合化平均法はあらゆる点で最も高い認識結果を与えている。

これは本手法で作成された辞書が筆者の集合の平均から生成されたことから、文字パターンの基本特徴を備えながら、DP マッチングの利用によって細部の特徴も良く表せるようになったことによると理解される。作成された辞書パターンは単純平均法のものに比べ文字の形状の基本的な特徴が細部にわたりかなりよく保存されていることが図 8 より分かる。これは画数の多い文字においても同様であり、汎用辞書としての品質が高いことを示している。しかしながら“九”のように筆順の異なる筆記が混在する場合は単純平均法と同様に字形の変形は大きく、同一字種であっても筆順ごとに複数の辞書パターンを用意する必要性が示唆される。

4. む す び

本論文では、オンライン走り書き文字認識における汎用辞書の作成について 4 種類の作成手法を提案し、その実験結果を示した。実験では、81 字種 100 文字の文章を 54 名の被験者から採取し、本論文で提案した 4 種類の手法を応用して辞書を作成して認識を行った。現段階では走り書きで筆記されたオンライン文字データが少量であるため、本論文では辞書作成アルゴリズムの基本的な構想について述べたにすぎない。実用上必要となる多量の字種に対応して辞書を作成するためには、かなり大規模なデータ収集が必要である。しかしながら、このような単純な辞書作成法であっても、良好な結果が得られることは示唆され、特に整合化平均法では平均 91.8% の認識率を獲得し、手法の有効性を確認できた。この認識率は実用上有効な値とは言いがたいが、何らかの学習機能の付与によって筆者は当初の汎用辞書を次第に本人専用の辞書に更新していくことによってより高い認識率の達成が可能となるだろう。

本研究では各字種ごとに一つの辞書を作成したが、走り書き文字の多様性を考慮すると明らかに異なる字形、筆順のものについては一字種で複数のカテゴリを用意することも必要である。走り書き文字の筆記は筆者によって異なるが、微小な差異を無視すれば、かなり類似する筆記者が存在すると予想できる。このことを踏まえて筆記が類似している筆記者をグループ化できれば、各グループごとに汎用辞書を作成することによってさらに質の高い辞書が得られると期待できる。また、今回の実験では辞書は多数の筆記者の平均筆記パターンとして作成されたが、筆記の変動範囲などの要素も考慮し、その要素を認識アルゴリズムに組み込むことによって認識率の向上が期待できると思われる。

謝辞 本研究を進める上で多大の協力、有意義な助言をしてくださった小笠原真氏、水草豊氏に深謝する。また日頃本研究を支えてくれた研究室の諸氏にも感謝の意を表す。なお、本研究の一部は中口新聞社の援助を受けた。

参 考 文 献

- 1) 若原 徹, 梅田三千雄: ストローク結合規則を用いたオンラインくずし字分類, 信学論 (D), Vol. J 67-D, No. 11, pp. 1285-1292 (1984).
- 2) 大森健児: 続け字と崩し字に対応したヒューリスティックなストローク合わせ法によるオンライン手書き漢字認識, 情報処理, Vol. 31, No. 5, pp. 710-720 (1990).
- 3) 佐藤幸男, 足立秀綱: 走り書き文字のオンライン認識, 信学論 (D), Vol. J 68-D, No. 12, pp. 2116-2122 (1985).
- 4) 佐藤幸男, 市原孝男: 走り書き文字を対象としたオンライン文字認識, 信学技報, PRL 83-23 (1983).
- 5) 村瀬 洋, 木村文隆, 吉村ミツ, 三宅康二: パターン整合化における特性核の改良とその手書き平仮名文字認識への応用, 信学論 (D), Vol. J

64-D, No. 3, pp. 276-283 (1981).

- 6) 石井健太郎: 変形文字を用いた識別辞書の設計, 信学論 (D-II), Vol. J 72-D-II, No. 5, pp. 669-677 (1989).

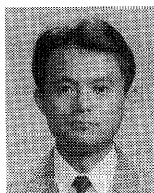
(平成4年5月28日受付)

(平成4年12月10日採録)



趙 鵬

昭和63年名古屋工業大学工学部電気卒業。平成2年同大学院修士課程修了。現在同大学院博士課程在学中。オンライン文字認識とパターン情報処理の研究に従事。電子情報通信学会会員。



佐藤 幸男 (正会員)

1975年慶應義塾大学工学部電気卒業。1980年同大学院博士課程修了。同年東京農工大学工学部電子助手。1983年名古屋工業大学工学部電気講師。1985年より同大電気助教授。1986~87年カリフォルニア大学サンタバーバラ校客員助教授。1987~88年南カリフォルニア大学客員研究員。現在名古屋工業大学工学部電気情報助教授。3次元物体の計測と認識、オンライン文字認識、画像解析とパターン情報処理の研究に従事。工学博士。電子情報通信学会、IEEE 各会員。



吉村 ミツ (正会員)

昭和37年東京理科大学理学部数学卒業。昭和37年電気試験所(現電総研)入所。昭和44年名古屋大学へ出向。昭和59年聖徳短期大学へ転出。現在、中部大学経営情報学部教授。昭和37年以来パターン認識の研究(主として文字認識、筆者認識)に従事。工学博士。