

視覚障害者によるオンライン手書き漢字の 文字変形分析と画数情報を用いた分類

清田 公保[†] 櫻井 敏彦^{††} 山本 眞司^{††}

視覚障害者の使用を目的としたオンライン手書き漢字入力システムの実現のため、視覚障害者から収集したオンライン手書き漢字のサンプルデータを晴眼者のものと比較することにより視覚障害による手書き変動の性質を調査した。分析の結果、視覚欠如によって書かれた文字は全体のバランスが悪く、部分パターン間で重なりや分離が生じやすい。特に筆運びが大きくなる部分では、ストロークの相対位置構造は不安定になりやすいことが分かった。このような視覚障害者のオンライン入力を許容するような手書き変動に強いシステムの構築には多方面からの解析が必要であり、処理時間の大幅な増加が予測される。このため、認識の初期段階で漢字候補を十分に絞っておくことが重要である。本論文では、変形分析項目のうち視覚障害者でも安定であった画数とセグメント情報を用いた漢字大分類法を提案した。教育漢字による大分類の結果、画数のみによる大分類に比べて、実用的な正分類率レベルで約4倍以上も分類効率が向上し、本方式の有効性を示した。

Deformation Analysis and Classification of On-line Handwritten Chinese Character for the Visually Disabled Persons

KIMIYASU KIYOTA,[†] TOSHIHIKO SAKURAI^{††} and SHINJI YAMAMOTO^{††}

In recent years, Japanese word processors for the visually disabled persons have been developed. But in these systems, input devices are a keyboard or a braille writer. Keyboard input of Chinese characters is cumbersome even for professional users. Thus, we propose a new system which adopts handwriting input method using an on-line recognition technique for the visually disabled persons. However, handwriting Chinese characters with visually disabilities can be written with significant shape distortions. In the first place, this paper analyzes the grade of deformation of on-line handwritten Chinese characters by the visually disabled persons. Next, one of the stable classification methods, using stroke and line segment numbers, was applied for educational Chinese characters (1006 characters), resulting in satisfactory classification accuracy and good efficiency.

1. はじめに

近年における情報機器の発達に伴い、視覚障害者の感覚代行としてコンピュータを利用する試みが各研究機関で進められている^{1)~4)}。このような、コンピュータメディアの普及により、これまで点字によるコミュニケーションが主流であった視覚障害者の間でも、漢字処理が可能な書き言葉の感覚代行を行う情報機器への期待が高まっている。こうしたなかで、パーソナルコンピュータに音声合成装置を付加し、点字キーや汎用キーボードを使って入力を行う、点字ワープロがこれ

までに実用化されている。この点字ワープロを利用して漢字を入力するには、仮名漢字変換技術を用いて仮名で入力した文字を漢字に変換する方法や、漢字の音読みと訓読みを組み合わせた表記法により入力する方法等が考案されている^{5)~7)}。しかし、これらの入力方式では特殊な表現を新たに覚えたり仮名キーボードの操作法を修練する必要があるために、初心者が容易に漢字を入力できるまでには至っていない。また、仮名漢字変換における同音異義語の漢字候補からの音声補助による漢字抽出作業に文書作成作業の大半を費やしており、視覚障害者の書き言葉によるコミュニケーションの感覚代行を目的としたシステムとしては必ずしも整理されているとは言い難い。

一方、オンライン手書き文字認識技術を用いた漢字入力法は特別な入力操作を必要としないため、自然で操作性の良い入力方式として期待されている⁸⁾。この

[†] 熊本電波工業高等専門学校情報通信工学科
Department of Telecommunication, Kumamoto
National College of Technology

^{††} 豊橋技術科学大学知識情報工学系
Knowledge-based Information Engineering Department,
Toyohashi University of Technology

方式を用いるとペンで紙に書くのと同様な手法で漢字をコンピュータに入力できるため、漢字の字形を知っている視覚障害者（後天性失明者）に対しては、有力な入力インタフェースと考えられる。しかも、これまで膨大な同音異義語からの漢字選択を逐次音声出力により識別していた作業が、高々、数文字の文字候補選択（文字認識結果の確信度の高いものだけを出力）のみで良くなるため、キーボードを用いて漢字入力する際の煩わしい仮名漢字変換作業から大幅に作業効率が向上し、本来の文章作業に集中しやすいという優位性をあわせ持っている。視覚障害者のペン入力文字が高精度に認識可能であれば、さらに操作性および入力効率の面での向上が期待でき、初心者や高齢者の視覚障害者にも容易に利用できる情報機器の提供が可能になるものと考えられる。ただし、漢字の字形を知らない視覚障害者（近年、先天性全盲者でも漢字の字形を学習している例もある）に対しては、本方式は適用できないために別途検討を要する。

筆者らは、近年における後天性失明者（疾病および交通障害による中途失明者や重度弱視者）の増加に注目し、これまでの日本語処理の経験を損なうことなく文書作成が可能な視覚障害者向けのオンライン手書きを用いた漢字入力システムを新たに提案する。このシステムの実現には、不安定になりがちな視覚障害者によるオンライン手書き漢字を効率よく認識するための処理系が必要である。これまでもオンライン手書き認識に関して様々な手法が提案されているが^{9)~11)}、視覚障害者を考慮したものは報告されていない。

漢字認識の基本的な問題点は対象カテゴリの数の多いこと、類似文字の多いこと、構造が複雑であることなどであるといわれている。さらに、視覚障害者によって書かれた漢字は筆跡を確認しながら書かれていないために、晴眼者の筆記文字と比べて文字の変形度は大きくなることが予想される。

本論文では、はじめに視覚障害者によって書かれた手書き漢字を、新たに定義する尺度を用いて晴眼者のものと比較し、視覚障害者による文字変形の性質を明らかにする。ついで、分析の結果、視覚障害者から安定して得られる画数情報の特徴量として用いる漢字大分類法を提案し、これを教育漢字の大分類に適用した結果について考察する。

2. データ収集

2.1 視覚障害者によるサンプル収集

視覚障害者を考慮したオンライン手書き漢字認識問題を取り扱う前に、中途失明した視覚障害者にオンラ



図1 視覚障害者によるオンライン手書き漢字の一例
Fig.1 Examples of on-line handwritten characters written by the visually disabled persons.

イン手書き入力実際に可能であるのか、また、視覚情報欠如によって書かれた文字はどのような変形を受けているのかという基本的な問題を明らかにしておく必要がある。そこで、中途失明により全盲となった30代から50代までの3名の視覚障害者（2名は失明後5,6年経過、残り1名は20年以上経過）に、教育漢字の中から画数頻度を考慮して選んだ60字種の漢字を時間を異にして2回ずつタブレットを用いて記入してもらった（以下、この手書きデータを**Data-1**と呼ぶ）。さらに個人内の同一文字における変動を調べるため、上記60字種の中から無作為に選んだ

《辺、守、技、投、海、点、門、温、遊、顔》

の10文字を各人、日時を変えて7回ずつ入力して貰った（以下、この手書きデータを**Data-2**と呼ぶ）。また、比較の対象として、同様な手法で晴眼の場合と視覚障害者を想定した目隠し状態による入力の2通りについて晴眼者3名から手書きサンプルを収集した。視覚障害者による手書き漢字の一例を図1に示す。図より、偏や旁などの部分パターン間で重なりや離れなどの変形を生じたり、部分的にストロークの左右（上下）関係の相対位置が反転しているものも見受けられる。これらは視覚による筆跡確認が得られていないために生じた文字変形と考えられる。しかし視覚障害者の3名とも漢字の字形は完全に覚えており、スタイラスペンの取り扱い方の簡単な説明のみで漢字の記入はスムーズに行えた。ただし、記入してもらった漢字は逐次、音声合成装置による読み上げを行い、タブレット上には段差を利用した記入枠を設置した。

2.2 データ入力条件と前処理

本実験でサンプル収集に用いたタブレットの性能は、分解能0.1 mm、サンプリングレート147 points/秒で、記入枠は入力可能領域である230 mm×140 mmの全範囲にとった。これは従来のオンラインシステム

に見られる記入枠による制限をできる限り少なくし、視覚障害者にストレスなしに自由に文字を書いてもらえるように配慮したためである。ペンダウンとともに一定のサンプリングレートで入力されてくるデータはとびとびの座標点列であるため、ペンのぶれなどによる冗長なサンプル点をスムージング処理により除去したあと線形補間を施し、128 dots×128 dotsの枠内に納まるように縦横とも同比率で正規化したものをサンプルデータとして登録した。

3. 視覚障害者の文字変形分析

この章では収集した視覚障害者による手書きサンプルデータを晴眼者のものと比較しながら、視覚障害による文字変形の性質を調べる。

3.1 手書き漢字の大域的変動

3.1.1 筆順と画数・セグメント情報

オンライン手書き漢字入力では、スタイラスペンのアップ・ダウンやサンプル点列の時系列情報により筆順や画数は容易に抽出可能な特徴量である。ただし、筆順や画数は個人別では筆記癖等により変動を生じやすい傾向がある¹²⁾。そこで今回は、視覚障害者と晴眼者による Data-1 の1回目と2回目のサンプルデータを用いて個人内の画数と筆順の変動を調べた。

画数分析の結果、表1の上段に示すように視覚障害者と晴眼者の晴眼、目隠し入力の間にはほとんど差は見られなかった。各被験者とも60字種中1文字程度の割合で画数変動を生じているものの、個人内では視覚障害者でも比較的安定な特徴量と考えられる。また、筆順に関してはすべての被験者において1回目と2回目に差異は見られず個人内では、かなり安定していると思われる。

漢字は基本的にセグメント（直線線分）で近似することができるといわれている。そこでつぎに、収集した Data-1 に直線近似化処理を施し、視覚障害者と晴眼者の文字からセグメントの抽出を行った。こうして得られたセグメント総数は、ストローク形状が安定に書かれているかどうかのおおまかな指標になるものと

考えられる。直線近似にはベクトル・トレース法¹³⁾を用いた。また、ストロークの開始点と終了点に属するセグメントのうち、ある設定した閾値より長さが短いものは跳ねとしてカットした。セグメント総数の1回目と2回目の変動を視覚障害者と晴眼者の晴眼入力、目隠し入力別に比較したものを表1の後段に示す。表より晴眼者の目隠し入力の場合が±1個の変動内に含まれる割合が他と比べてやや下がっているものの、視覚障害者も晴眼者の晴眼、目隠し入力の場合もセグメント総数に変動が見られなかった漢字は7割程度で、ほぼ±1個の変動内に納まっていることが分かる。このことから、個人内においては、視覚障害者の手書き漢字のストローク形状も、晴眼者のものとあまり変わらないことが分かった。

3.1.2 文字の縦横比

手書き漢字の縦横比を文字の横幅 (dots)/縦幅 (dots) で定義する(図2の最外枠)。これは文字全体のバランスが一定に保たれているかどうかを示す大まかな指標になると考えられる。Data-2 に対し、文字ごとに7回分の縦横比の平均値と分散値を求め、視覚障害者と晴眼者の晴眼入力、目隠し入力における個人内変動を比較した。調査の結果を表2の最上段に示す。晴眼者に比べて視覚障害者の縦横比の変動は約2倍程度ばらつきが大きく、視覚情報の欠如のため縦横のバランスをとることが難しいことが分かる。また、晴眼者でも、目隠しすることで晴眼入力時に比べて1.6倍程度変動が大きくなっている。

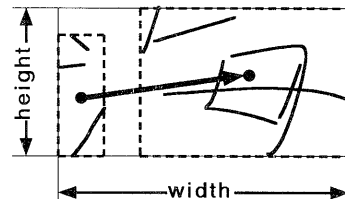


図2 文字の縦横比と部分パターン間の重心ベクトル
Fig. 2 The ratio of height to width and a vector between the center of gravity of two sub-patterns.

表1 画数とセグメント総数の変動
Table 1 Variance of stroke and line segment number.

対象者 変動範囲	視覚障害者 (平均：%)	晴眼者の目隠し入力 (平均：%)	晴眼者の晴眼入力 (平均：%)
画数変動なし	97.7	99.4	97.9
±1画以内	100.0	100.0	100.0
セグメント変動なし	69.8	70.6	70.6
±1個以内	98.9	92.9	97.7
±2個以内	100.0	99.5	100.0

表 2 視覚障害者と晴眼者の文字変形度比較
Table 2 The comparison of a character deformation between visually disabled persons and normal ones.

分析項目	平均分散値			晴眼者の平均分散値を1としたときの他の比率	
	視覚障害者	晴眼者の目隠し入力	晴眼者の晴眼入力	視覚障害者	晴眼者の目隠し入力
文字の縦横比	0.024	0.018	0.011	2.18	1.64
部分パタンの重心間ベクトル (距離)	35.6	29.7	16.7	2.13	1.78
部分パタンの重心間ベクトル (方向)	52.7	55.2	31.2	1.69	1.77
ストローク中点間の移動ベクトル(距離)	270.2	225.0	272.0	1.61	1.44
ストローク中点間の移動ベクトル(方向)	18.8	16.9	11.4	0.99	0.83

3.1.3 部分パタンの重心間ベクトル

漢字は、偏、冠、旁などの部分パターンで構成されている。ここでは部分パタンの重心を求め、重心間のベクトル(距離、方向)の変動を Data-2 のサンプルデータを用いて比較する(図2の矢印)。これにより部分パターン間の相対位置関係の安定度を調べる。表2の中段に部分パタンの重心間ベクトルの距離と方向の変動の結果を示す。視覚障害者による手書き漢字の重心間の距離変動は晴眼者に比べて約2.1倍、方向の変動は約1.7倍程度大きいことが分かる。このことは視覚障害者による手書き漢字に、部分パターン間で重なりや離れが顕著に生じていることから類推される。また、晴眼者の目隠し入力の場合も晴眼入力時に比べて約1.8倍程度変動が大きくなっており視覚障害者と同様な変形を受けていることが分かる。

3.2 ストローク相対位置変動

3.2.1 代表点によるストローク相対位置

オンライン手書き漢字の有効な認識手法に構造解析的手法がある。これは漢字の各ストロークの代表点を1個(場合によっては複数)選び、その代表点によりストロークの相互位置関係を構造行列で表現するというもので、石井の論文¹⁴⁾によれば最適な代表点を選択することにより非常に安定な特徴量であるという報告がある。ここでは視覚障害者による手書き漢字について、代表点に中点を選び、ストローク相対位置関係の変動について調べる。

図3は、視覚障害者と晴眼者による手書き漢字のサンプルを比較したものである。b.の晴眼者によって普通に書かれた「進」と比較すると、a.の視覚障害者が入力した文字は、[シンニョウ]が[フルトリ]の中に入り込み、1,2画目と9,10画目の位置関係が入れ替わっている。これは8画から9画に移動する際の筆運び量が

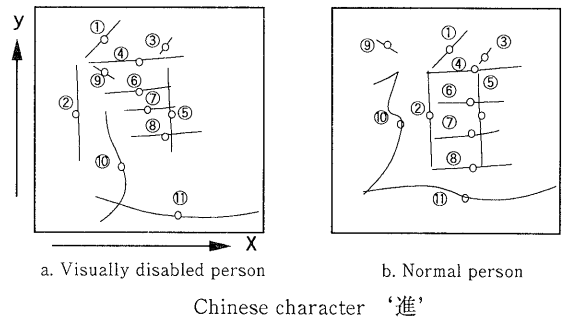


図3 視覚障害によるストローク相対位置の不安定性
Fig.3 Unstability of relative locations on the strokes by the visually disability.

少なかったために生じたものと考えられる。これらの変動は、筆跡を確認しながら書くことができない視覚障害者にしてみれば当然の変動といえる。したがって、これまで構造解析手法に用いられてきたストローク相互間の相対位置行列を、そのまま視覚障害者の文字に適用するのは難しいと思われる。

3.2.2 代表点間移動方向の安定性

視覚障害者と晴眼者の筆記時の基本的な違いは、書かれた筆跡を確認しながら書いているかどうかである。3.2.1で調べたようにストローク相互の位置関係の変動も、筆運び時の移動量の絶対値の不安定性によって生じたものと考えられる。したがって、絶対量ではなく相対量のみを問題とすることにより、視覚障害者による手書き漢字からでも安定した構造情報が得られるものと考えられる。表2の下段は、Data-2のサンプルを用いて、部分パタンの構造を近似的に表現していると思われる書き始めから3ストロークと書き終わりから3ストロークの中点を筆順に沿って結んだベクトル(以後、移動ベクトルと呼ぶ)について、距離と

方向の平均分散値を求めたものである。晴眼者の晴眼入力に対する視覚障害者および晴眼者の目隠し入力のストローク中点間移動ベクトルの変動をみると、方向成分の変動が距離方向成分の変動に比べて小さい（安定である）ことが分かる。このことから、視覚欠如による筆記時においては距離感覚よりも方向感覚の方が比較的安定していることが分かる。

そこで、筆運びに沿ったストローク代表点の相対的な移動方向に着目した特徴抽出法を検討してみる。図4に示す「山」という文字を例として考えてみる。1画から3画までの各ストロークの中点を筆順に沿ってベクトル表現形式でつないでいき、前の中点からつぎの中点へのベクトル方向を8方向コードで表すことにする。すると1画と2画のベクトル V_1 からは‘6’, 2画と3画のベクトル V_2 からは‘0’の方向コードが得られる。したがって「山」の場合、[6→0]と表される。これを移動ベクトル8方向コード列と呼ぶことにする。この特徴量は筆運び情報を伴った、一種のストローク位置構造を表現しているものと考えられる。この8方向コード列特徴が正しく機能した典型的な例を表3に示す。これは図3に示した“進”という手書きサンプルデータより求めたもので、視覚障害者による変形した漢字からも晴眼者と同じ方向コード列が得られていることが分かる。以上、表2,表3の結果から、筆順に沿った移動ベクトルの8方向コード列特徴は、視覚障害者の手書き変動にも有効なストローク位置構造情報と判断した。

以上をまとめると、視覚障害者がオンライン手書き

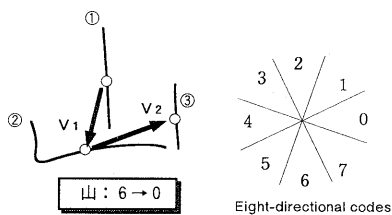


図4 ストローク代表点間の移動ベクトル表現とその8方向コード化
Fig.4 The eight-directional codes of a vector between stroke representative points along the stroke order.

入力する際、視覚情報の欠如により部分パタン間で重なりや分離を生じやすく、その結果部分的にストローク相互の位置関係が変動しやすくなっていることが分かった。しかし変動分析の結果、①個人内では、筆順や画数、ストローク形状は視覚障害者の場合も安定、②ストローク代表点の筆順に沿った移動方向は、視覚障害者による変動文字についても安定、という2つの結論を得た。以下、①の結論に基づく大分類法を検討していくことにする。なお、②の結論に基づく大分類法の検討は別途報告の予定である。

4. 漢字大分類の検討

視覚障害者のオンライン入力に対応できる認識処理では、個人の文字変形のほかに前章で分析した視覚障害による固有の文字変形も考慮する必要があるため、認識処理量の増大が予想される。一方、オンライン入力の場合、筆記速度に十分追従できる範囲の処理時間で認識処理を行う必要がある。このため膨大なカテゴリ数を持つ漢字の認識精度を保ち処理時間を向上するには、早い段階で漢字候補を十分絞り込んでおき、残った少数の候補に対して複数の認識処理を併用して行うのが効果的である。ここでは第3章で得られた安定特徴量のうち画数とセグメント情報を基に、視覚障害者によって書かれた変動手書き漢字にも有効な漢字大分類法を提案する。

4.1 画数とセグメント情報による大分類

4.1.1 SCの算出

前章の文字変形分析によれば、視覚障害者の筆記による漢字であっても画数やストローク形状は晴眼者と同様に比較的安定であった。そこで、この画数とセグメント情報を用いた大分類を考える。

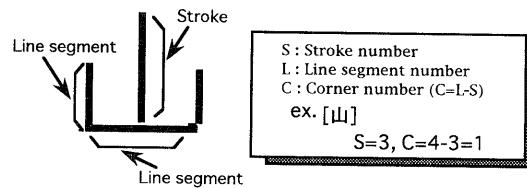


図5 SCの算出法
Fig.5 Calculation of stroke and corner number (SC).

表3 視覚障害による変形文字からの8方向コード例
Table 3 The eight-directional codes from deformed character by the visually disability.

	手書き入力者	移動ベクトルの8方向コード例
漢字[進]	視覚障害者 a.	5→1→5→6→2→6→6→3→6→7
図3	晴眼者 b.	5→1→5→6→2→6→6→3→6→7

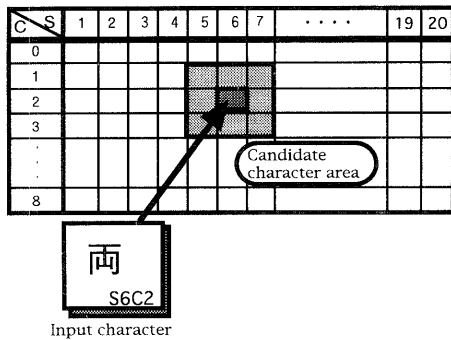


図 6 SC 方式漢字大分類法

Fig. 6 The classification of on-line handwritten Chinese character using stroke and line segment number.

特徴量には、文字入力時の画数(Stroke number)とセグメント総数から画数を引いた値、すなわち漢字1文字の転回総数(Corner number)を用いることにする。この特徴量を以後、SCと呼ぶことにする。図5に具体的なSCの算出例を示す。画数3画の「山」が入力されたとき、オンライン情報から画数 $S=3$ 、セグメント処理よりセグメントの総数 $L=4$ が求まる(「山」の第2画目が2つのセグメントに分解)。転回総数 C は $L-S$ より1であり、結果として「山」のSCは[3,1]となる。

4.1.2 SC 方式漢字大分類法

つぎにSCを用いて漢字を大分類する方法について述べる。図6に示すように、すべての漢字に対してSCを求めたあと、画数 S と転回総数 C の2次元マップ上に対象漢字のすべてを辞書登録しておく。そしてオンライン手書き入力によって、例えば図中のように「両」という文字が入力されたとする。「両」のSCは[6,2]であるのでマップ上の(S6C2)というカテゴリ内に含まれる漢字が文字候補として抽出される。ただし、実際には手書き変動によりSCの値が変化することも考えられるので、文字候補範囲枠を拡大する必要がある。このように画数 S と転回総数 C を用いて漢字を大分類する方法を、SC方式漢字大分類法と呼ぶことにする。

4.2 視覚障害者への適用

SC方式漢字大分類法が視覚障害者による手書きにも適用可能であるか確認するために、Data-1の60字種のサンプルデータを用いて検証実験を行った。3.1.1での分析結果より、視覚障害者、晴眼者の晴眼入力、目隠し入力に関係無く、同一筆記者内では画数やストローク形状は安定していることが分かったので、分類用辞書は個人ごとに別々に用意した。すなわち、被験

表 4 Data-1 (60字種) におけるSC方式漢字大分類の結果
Table 4 Results of the classification using stroke and line segment number for the 60 sample characters.

視覚障害者	被験者 A	被験者 B	被験者 C	平均
正分類率* (%)	95.0	96.7	96.7	96.1
晴眼者の目隠し入力	被験者 D	被験者 E	被験者 F	平均
正分類率* (%)	92.9	96.7	95.0	94.9
晴眼者の晴眼入力	被験者 D	被験者 E	被験者 F	平均
正分類率* (%)	91.7	96.7	95.0	95.0

*候補範囲枠 ($\Delta S=0, \Delta C=\pm 1$) の範囲内に正読文字が含まれる割合

者別に1回目のサンプルデータのSCを各個人辞書に登録し、2回目を分類用に用いた。また、文字候補範囲枠は、画数とセグメントの変動結果と分類効率を考慮して、画数 S の変動 ΔS を0、転回総数 C の変動 ΔC を ± 1 の範囲とした。したがって、2回目のサンプルデータを入力したとき、そのSCが辞書に登録したものと $\Delta S=0, \Delta C=\pm 1$ の変動内に納まっていれば正分類されたことになる。実験結果を表4に示す。画数変動を許容しなかったため、正分類率は100%には満たないものの、視覚障害者と晴眼者の晴眼入力時の平均はそれぞれ96.1%、95.0%と両者間では際立った差異は認められず、SC方式漢字大分類法が視覚障害者にも有効であることが分かった。また、視覚障害者を想定した晴眼者の目隠し入力の場合も視覚障害者のものと同様な結果が得られることが分かった。

4.3 教育漢字の大分類

視覚障害者の手書き文字にもSC方式漢字大分類法が適用できることが分かったので、つぎに教育漢字1006文字を対象に分類性能および分類効率の評価を行う。

4.3.1 大分類実験

4.2の実験で視覚障害者と晴眼者の目隠し入力との差はほとんど見られなかったため、今回は視覚障害者を想定した目隠しの晴眼者3名に、教育漢字1006文字を日時を変えて4回ずつ入力してもらったデータを大

表 5 教育漢字のSC方式漢字大分類の結果
Table 5 Results of the classification for the educational Chinese characters.

候補範囲	SC方式大分類法(同一辞書)	
	$\Delta S=0, \Delta C=0$	$\Delta S=0, \Delta C=\pm 1$
被験者D	85.2	98.8
被験者E	100.0	100.0
被験者F	93.3	98.2
平均 (%)	92.8	99.0

表 6 画数大分類と SC 方式漢字大分類法との分類効率比較
Table 6 The comparison of efficiency between the classification using a stroke number and new method.

文字候補	画数大分類法 ($\Delta S = \pm 1$, ΔC なし)	SC 方式漢字大分類法 (同一辞書)	
		$\Delta S = 0$, $\Delta C = 0$	$\Delta S = 0$, $\Delta C = \pm 1$
最小個数	8 個	1 個	1 個
最大個数	305 個	75 個	113 個
平均個数	232 個	32 個	64 個

分類実験用として用いた。個人別に 3 回のサンプルデータから文字ごとの標準的な SC を求め、分類用辞書を個人別に用意し、残りの 1 回分のサンプルデータを分類用未知サンプルとした。

大分類の結果、文字候補の範囲枠 $\Delta S = 0$, $\Delta C = \pm 1$ のときでも正分類率は平均 95% 台であった。さらに、この正分類率を向上させるために ΔC を ± 2 まで範囲を拡大させて実験を行ったが改善度は軽微であった。これは、分類用辞書を個人別に用意したことにより、個人間でかなり差が見られるストローク形状が個人内では比較的安定しているためと考えられる。したがって ΔS の増加、すなわち画数変動の許容幅の拡大が必要であるが(例えば $\Delta S = \pm 1$)、 ΔS の一律増加は分類効率の大幅な低下につながる。そこで、個人辞書において同一漢字で SC の値が異なるサンプルのみを 2 重登録することにより、画数変動に対処することにした(このときの辞書増加率は平均 1.6 倍)。

辞書重複登録を行い、分類用未知サンプルに対して再び大分類実験した結果、表 5 に示すように文字候補枠が $\Delta S = 0$, $\Delta C = \pm 1$ の範囲の正分類率は平均 99.0% (被験者 E は $\Delta S = 0$, $\Delta C = 0$ の範囲でも 100%) まで向上した。

4.3.2 分類効率

次に各種分類法の分類効率、すなわち分類後の分布を調べた。用いたサンプルは、4.3.1 で $\Delta S = 0$, $\Delta C = \pm 1$ の範囲で平均 99.0% に達した被験者 D, E, F のサンプルを用いた。3 名の平均結果を表 6 に示す。表の第 1 列は、変動許容範囲を ± 1 画まで考慮した画数のみによる大分類法 (SC 方式漢字大分類法の $\Delta S = \pm 1$, ΔC の制限なしに相当) であり、第 2, 第 3 列は 2 重登録後の SC 方式漢字大分類法 ($\Delta C = 0$ および $\Delta C = \pm 1$ のケース) である。この結果から明らかのように画数情報のみを用いた大分類に対して $\Delta S = 0$, $\Delta C = \pm 1$ の SC 方式では、候補文字平均個数が約 $1/4$ 、さらに ΔS , $\Delta C = 0$ の場合には約 $1/7$ も候補文字の個数が絞られていることが分かる。すなわち、画数情報のみを用いる場合に比して、SC 方式は約 4 倍以上効率が向上し

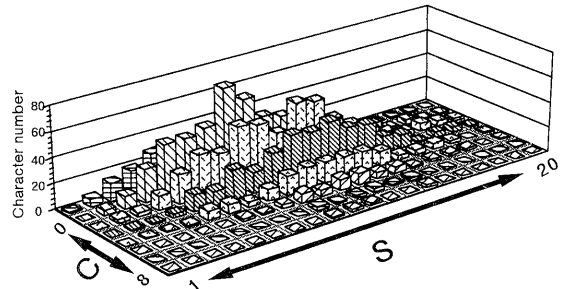


図 7 SC 漢字大分類法による教育漢字の頻度分布
Fig. 7 Distribution of educational Chinese characters by the classification using stroke and line segment number.

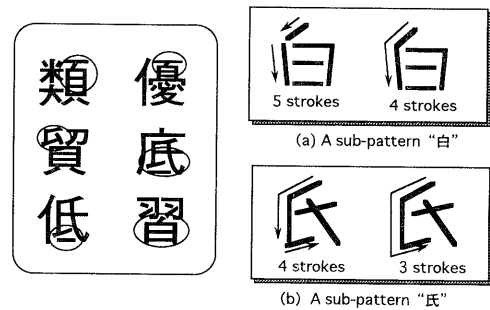


図 8 部分パターンにおける画数変動の一例
Fig. 8 Variance of stroke number for a sub-pattern.

たことになる。また図 7 に被験者 E の場合の教育漢字のカテゴリ別頻度分布を示す。文字数の少ない画数ではかなり文字候補が絞られていることが分かる。ただし文字数の多い画数の 8 画~10 画付近では、まだ候補数が多く中分類などでさらに候補数を削減する必要がある。

4.3.3 SC の変動分析

辞書作成において、3 名の被験者が共通に個人内で画数変動を生じていた漢字の一例を図 8 に示す。図中の○印で囲まれた部分が変動の原因である。これらを観察すると、いくつかの共通した部分パターンで画数変動が生じていることが分かる。図 8 の (a), (b) に部分パターンを抜き出した一部を示す。いずれも書く度に、

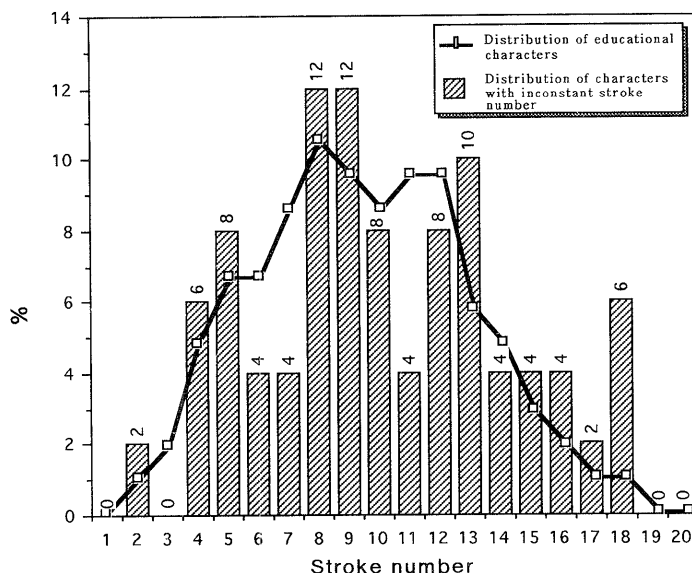


図9 画数変動を生じた漢字の画数別頻度分布

Fig. 9 Distribution of the characters with inconstant stroke number.

続けて書いたり、分けて書いたりしそうなストロークを有していることが分かり、これは視覚障害者、晴眼者共通に発生する現象と考えられる。またその他の例として、[シンニョウ]や[オオザト]のように細かい曲線が含まれる文字では、セグメント総数の変動が生じやすい傾向が見られた。これは、セグメントの誤抽出が原因と考えられる。

図9に画数変動を生じた漢字の画数別頻度分布（ヒストグラム）を示す。また、参考のために教育漢字1006文字の画数別頻度分布（折れ線グラフ）も同時に示した。図より画数変動は画数分布全域で発生していることが分かる。また、図の凸凹は、画数変動の生じやすい部分パターンの分布に影響されているものと考えられる。さらに、画数が多くなるにつれて、漢字を構成する部分パターンも増加するため、文字の頻度が少ない割には画数変動を生じる漢字も増加する傾向にあるといえる。

4.4 視覚障害者と個人辞書

SC方式漢字大分類法の大分類実験結果からも推察されるように、個人差による変形量の大きい漢字から安定した認識率を得るには、個人別に分類用辞書を登録する方式はかなり有効であると考えられる。しかし、事前に視覚障害者からすべての教育漢字を入力してもらい、個人別に辞書を作成するという作業は利用者の負担が大きく現実的ではない。そこで、これまで収集した複数の被験者によるサンプルデータを基に汎用辞

書をあらかじめ用意しておき、実際の視覚障害者利用時のオンライン学習により個人辞書へカスタマイズする方法で対処できると考える。

5. まとめ

視覚障害者の使用を目的としたオンライン手書き漢字入力システムの実現のため、視覚障害者から収集したオンライン手書き漢字のサンプルデータを晴眼者のものと比較することにより視覚障害による手書き変動の性質を明らかにした。分析の結果、視覚障害によって書かれた文字は全体のバランスが悪く、特に部分パターン間で重なりや分離が生じやすい。特に筆運びが大きくなる部分では、ストロークの相対位置構造は不安定になる傾向が見られた。一方、視覚障害者でも①個人内では筆順や画数、ストローク形状は安定、②筆順に沿ったストローク代表点の移動方向は、視覚障害者による変動文字についても安定、という2つの結論を得た。そこで、今回は①の結論に基づく大分類法を提案した。本提案のSC方式大分類法を教育漢字1006字種を対象として大分類実験を行った結果、個人別辞書登録方式の採用により最高100%、3名の被験者の平均で99.0%の正分類率が得られた。また画数のみによる大分類に比べて、3名の平均で4倍以上も分類効率向上し、本方式が有効であることが確認できた。さらに本格的な認識率および評価を得るためには多数の被験者について測定してみる必要があるため、この点に

についても今後継続して実験を行っていききたい。

なお、②の特徴量を用いた分類法については、別途報告する予定である。

謝 辞 本研究を進めるにあたり、音声出力の技術協力をはじめ有益な御助言を頂いた(株)高知システム開発の大田博志社長に謝意を表します。また、資料提供やご意見ならびに視覚障害者からのデータ収集の便宜をお計りいただいた愛知県立名古屋盲学校の堀正和校長をはじめ鹿田 徹教頭、丸山精一先生、森 明彦先生、細川忠元先生ならびに愛知県立岡崎盲学校の中込 健校長、中山 清教頭、愛知県盲人福祉連合会の竹田俊弘氏、御協力を得た視覚障害者の方々に謝意を表します。

なお、本研究の一部は文部省科学研究費の補助による。

参 考 文 献

- 1) 篠原正美, 森川 治: 障害者のためのインタフェース, 情報処理, Vol. 34, No. 9, pp. 1187-1194 (1993).
- 2) 米沢義道: 視覚障害者の文書作業のためのエレクトロニクス, *BME*, Vol. 7, No. 7, pp. 2-7 (1993).
- 3) 浅川智恵子: 点字英和辞書検索システム, 情報処理学会論文誌, Vol. 34, No. 8, pp. 1844-1853 (1993).
- 4) 小山智史, 野島秀夫, 太田 茂: 視覚障害者に対応する計算機インタフェース, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J 72-D-II, No. 1, pp. 185-192 (1989).
- 5) 栗原 亨: 視覚障害者のための計算機教育, *bit*, Vol. 25, No. 9, pp. 22-34 (1993).
- 6) 身障者のためのワン・ステップ通信, *ASCII*, Vol. 13, No. 2, pp. 344-345 (1989).
- 7) 身障者のためのワン・ステップ通信, *ASCII*, Vol. 13, No. 3, pp. 368-369 (1989).
- 8) 福永 泰: ペン入力技術, 情報処理, Vol. 33, No. 7, pp. 820-827 (1992).
- 9) 小高和己, 若原 徹, 増田 功: 筆順に依存しないオンライン手書き文字認識アルゴリズム, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J 65-D, No. 6, pp. 679-686 (1982).
- 10) 大森健児: ファジー推論による実時間手書き漢字認識, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J 72-D-II, No. 3, pp. 369-379 (1989).
- 11) 萬木正義, 永田静男, 小沼賢二, 久保田恵子: 階層分析法によるオンライン文字認識, 電子情報通

信学会論文誌, Vol. J68-D, No. 6, pp. 1320-1327 (1985).

- 12) 森下哲次, 加藤 修, 藤田孝弥, 棚橋純一: 実時間文字認識における個人内変動の分析, 電子情報通信学会技術報告, PRL80-90, pp. 57-62 (1980).
- 13) 安居院猛, 中嶋正之, 長尾智春: TURBO Pascal 画像処理の実際, pp. 222-232, 工学社 (1988).
- 14) 石井康雄: オンライン手書き漢字におけるストローク代表点の相対位置関係の安定性, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J68-D, No. 12, pp. 2107-2115 (1985).

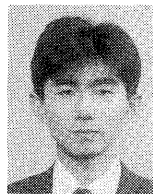
(平成6年4月21日受付)

(平成7年1月12日採録)



清田 公保 (正会員)

1963年生. 1986年豊橋技術科学大学電気電子工学課程卒業. 同年熊本電波高専助手. 1993年5月~1994年2月まで豊橋技術科学大学・文部省内地研究員. 現在, 熊本電波高専講師. パターン認識, 感性情報工学, 福祉工学の研究に従事. 電子情報通信学会会員.



櫻井 敏彦

1972年生. 1994年豊橋技術科学大学知識情報工学課程卒業. 現在, 同大学大学院修士課程在学中. 視覚障害者を考慮したオンライン手書き文字認識に関する研究に従事.



山本 眞司 (正会員)

1946年生. 1962年名古屋大学工学部電子卒業. 同年日立製作所入所. 1974年同所主任研究員. 1980年同所研究部長, 1987年日立製作所那珂工場開発部長. 1990年豊橋技術科学大学教授, 現在に至る. 文字認識の研究, 医用画像処理の研究などに従事. 工学博士. 著書(共著)「パタン認識とその応用」, 「医用画像処理」ほか. 電子情報通信学会, ME学会等各会員.