

## オンライン手書き日本語文字パターンの解析

松本 馨<sup>†,††</sup> 中川 正樹<sup>†</sup>

Analyses on On-Line Handwritten Japanese Character Patterns

Kaoru MATSUMOTO<sup>†,††</sup> and Masaki NAKAGAWA<sup>†</sup>

あらまし 本論文では、二つのデータベースに収録された全部で 300 万パターンを超えるオンライン手書き日本語文字パターンについて、その字体変動の解析を提示し、それらに頑健な認識システムの構築に向けた考察を行う。オンライン手書き文字パターンは、筆跡の動的情報を記録しているので、オフライン手書き文字パターンでは記録されない字体変動の解析が可能である。ここでは、画数変動と書き順変動を取りあげる。画数変動については、実際に筆記される文字の画数は正しい画数より減少する傾向が見られ、増加するパターンは全体の 1~2%程度とわずかであることが確認された。これらには書き方を教わっていない漢字や記号が多く含まれる。一方、書き順変動は再現性があり共通した変動、再現性があり個人固有の変動、再現性のない変動などが存在した。書き順変動があると推定されるパターンの多くに記号が見られた。記号は正しい書き順の定義が存在しないため書き順が不安定で、認識をするにあたって大きな問題になりやすいといえる。

キーワード オンライン手書き文字パターン、データベース、オンライン認識、日本語文字、パターン変動

### 1. ま え が き

ペン操作による PDA の普及、タブレット PC や専用紙・専用ペンを用いる手書き入力機器の発表、そして、大型の電子ボードなどの実用化を受けて、オンライン手書き文字認識に対する関心が再び高まりつつある。

オンライン手書き文字認識は、文字筆記する際の時系列筆座標系列（オンライン手書き文字パターン）を用いて文字を認識する。一般的なパターン認識問題と同様に、認識手法の研究と併せて、大規模な標本パターンデータベースが認識方式の学習や評価のために必要である。

オンライン手書き文字パターンデータベースとしては UNIPEN [1]、文字筆記をオンライン情報とオフライン情報の両方で記録した Ironoff [2] などがある。しかし、これらは漢字を含んでい

ない。一方、我々は 4 年の歳月をかけて、TUAT Nakagawa Lab. HANDS-kuchibue\_d-97-06 (以下、Kuchibue\_d) [3],[4] と TUAT Nakagawa Lab. HANDS-nakayosi\_t-98-09 (以下、Nakayosi\_t) [5] の二つのオンライン手書き日本語文字パターンデータベースを作成した。現在では UNIPEN 形式に変換したデータベースも公開している [6]。Kuchibue\_d は、1 セット 11,962 文字パターンを 120 人分、Nakayosi\_t は 1 セット 10,403 文字パターンを 163 人分収録しており、全部で 3,131,129 文字パターンのデータベースである。

日本語文字について、光学的に読み取られたオフライン手書き文字パターンでは、電子技術総合研究所（現・産業技術総合研究所）において一連のデータベースが作成され、文献 [7] に始まり文献 [8] まで 8 報が公表されている。また、今日最も利用されている ETL-9 については、本学会論文誌にも報告がある [9]。

本論文では、上記二つのデータベースに収録されたオンライン手書き日本語文字パターンの解析を提示する。オンライン手書き文字パターンは、筆跡の動的情報を記録しているので、オフライン手書き文字パターンに記録されない画数変動と書き順変動の解析が可能である。以下、2. では文字パターン採集について要約

<sup>†</sup> 東京農工大学大学院工学研究科，小金井市  
Graduate School of Technology, Tokyo University of Agriculture and Technology, 2-24-16 Naka-cho, Koganei-shi, 184-8588 Japan

<sup>††</sup> 学校法人産業能率大学総合研究所，東京都  
Research Institute, The SANNO Institute of Management, 6-39-15 Todoroki, Setagaya-ku, Tokyo, 158-8630 Japan

する．3. では画数変動の解析を，4. では書き順変動の解析を提示する．5. でこれらの変動に頑健な認識システムの構築に向けた考察を行い，6. でまとめる．

## 2. オンライン手書き文字パターンの採集

本章では，オンライン手書き文字パターン（以後，特に断わらなければ，文字パターンをこの意味で用いる）の採集のための基本設計，文字パターン提供者のプロフィールを要約する．

### 2.1 文字パターン採集方針

文字パターンの採集環境としては，表示一体型タブレットを採用した．これは PDA やペン PC あるいはタブレット PC で一般的に採用されている．ここに自由に文字を筆記してもらい，それらに後から正解コードを付与することも考えられるが，必要とする文字カテゴリ全体に対する文字パターンを全員から不揃いなく収集する目的から，一定のテキストに従って文字を書いてもらうようにした．自由に書かせて正解コードを付与するより自然ではないかもしれないが，できる限り文章の流れの中で文字を書いてもらうことで，ある程度自然な筆記が行われると考えた．また，個人ごとにできる限り大量の文字パターンを筆記してもらうことにより，丁寧すぎない筆記を得ることができ，更に，筆記時の状況変化や，個人差（タブレットへの慣れ具合など）が多くの文字を集めることで平均化され，全体として安定することを期待した．文字パターンを採集するための文章には客観性や妥当性が求められるので，新聞一般誌 1 年分から様々な分野にまたがって文を抽出することにした．一定の文章列にそって文字パターンを採集することで，実際の文字出現確率に応じた認識性能，筆者適応の効果，文脈処理の寄与なども定量的に評価できる．

表示一体型タブレットに原稿用紙に倣って文字筆記枠（文字枠）の並びを表示し，文字パターン採集のためのテキストを表示して，文字枠の中に文字を 1 文字ずつ筆記してもらって文字パターンを記録することにした．文字枠の大きさは表示座標系で  $60 \times 60$  ドット（9.5 インチ VGA 画面使用時に  $1.7 \times 1.7$  cm，12 インチ XGA 画面使用時に  $1.4 \times 1.4$  cm）とした．これは，原稿用紙の枠の大きさに近い．また，筆記者にとってすべての文字を一気に書くのは大変なため，筆記を途中で中断しても状態保存し，後に再開できるようにした．

筆記に際しては，各人の自然な字体を採集する目的

を説明し，なるべく普段書くように筆記することを指示する以外は一切の字体制限をつけなかった．また，文字を書き始める前に，筆記者の性別，誕生日，筆記日時，母語，利き手，筆記手などの筆記者プロフィールを記入してもらい，表示一体型タブレットの入力解像度，表示解像度，筆点サンプリングレートなどの筆記環境の様子は自動記録した．筆記後に文字パターンをツールと人間の目視の両方で検査し，脱字，及び，本人も納得する誤字は書き直してもらった．

文字パターンを採集する文字カテゴリーがすべて文章に表れることが理想であるが，JIS 第一水準文字をすべて網羅するためには，簡単な試算で 10 万文字程度になることが分かった．そこで，文章で採集する文字パターンは出現頻度の高い文字を重視し，最初の版である Kuchibue\_d では，1,537 字種が出現する総文字数 10,154 文字の文章列を用意した．JIS 第一水準の残りの 1,808 字種（漢字 1,706 字種，非漢字 102 字種）は，最後にまとめて筆記してもらうことにして，1 文字ずつ並べて文章部の後に繋げた．これにより，合計 3,345 字種，11,962 文字の文字パターン採集用テキストを用意した．筆記に要する時間は約 10 時間である．Nakayosi\_t では，対象字種として JIS 第一水準に加えて人名・地名に使用される第二水準 1,093 字種を追加した．そのため，短文を中心に抽出して，少ない総文字数でできるだけ多くの字種を含むようにした．これにより，合計で 4,438 字種，総文字数は 10,403 文字となった．収集に要する時間は Kuchibue\_d とほとんど同じである．収集対象テキストの構成を表 1 に示す．

この設計に基づき，二つのデータベースそれぞれで同一の文字パターン採集用テキストを使い，筆記者から文字パターンを採集した．その結果，個々人の字体変動の解析を共通の土台で行うことができる．なお，このデータベースから各種の統計量を求める際，特別の加工をしない場合は，テキストの文字出現頻度の重みが加重されていることは注意に値する．

表 1 文字パターン採集のためのテキスト構成  
Table 1 Text structure for char. pattern collection.

|                  | Kuchibue_d                | Nakayosi_t             |
|------------------|---------------------------|------------------------|
| 全文字数             | 11,962                    | 10,403                 |
| 漢字/仮名/<br>記号/英数字 | 5,643/5,068/<br>1,085/166 | 5,799/3,723/<br>816/65 |
| 全文字カテゴリー数        | 3,356                     | 4,438                  |
| 文章部文字数           | 10,154                    | 7,376                  |
| 文章部カテゴリー数        | 1,548                     | 1,411                  |
| 非文章部カテゴリー数       | 1,808                     | 3,027                  |

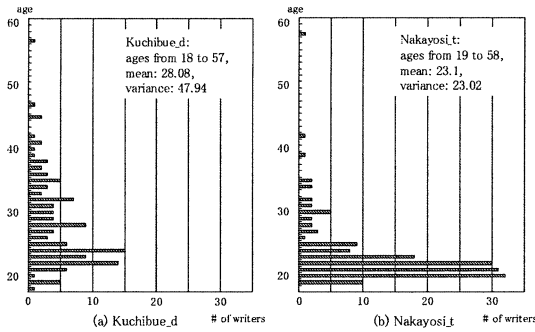


図 1 筆者の年齢  
Fig. 1 Ages of the writers.

紙面の都合から，以上の設計の詳細とその根拠は文献 [3],[4] に譲る．

## 2.2 文字パターン採集

Kuchibue\_d では，我々は研究室内で 30 人分の文字パターンを集め，参加機関（企業または大学）が各 5 人分の文字パターンを提供する代わりにすべての文字パターンを共有するという提案に対して 17 機関が応えた．更に我々も 5 人分を追加し，合計で 120 人分の文字パターンを収録した．

一方，Nakayosi\_t では，我々の大学の学生（ほとんどが男性）と，男女のバランスをとるために別の女子大学の学生を中心に文字パターンを収集した．また，Kuchibue\_d の配布開始後に参加希望を表明した 4 機関に Kuchibue\_d を提供する条件に，Nakayosi\_t への 5 人分のデータ提供を要請した．その結果，合計 163 人分の文字パターンを収録した．

これらとは別に，1 人の国語教師から，JIS 第一水準と第二水準の全字種合わせた 7,723 字種について，正しい画数かつ書き順の文字パターン（以後，手本パターンと呼ぶ）を採集した．このときは，他の文字パターン採集時と異なり，文字コード順に 120 × 120 ドットの文字枠内に 1 字ずつ文字を筆記してもらった．

## 2.3 筆者プロフィールの統計

筆者の年齢分布を図 1 に示す．また，その他の統計を表 2 に示す．Kuchibue\_d では筆者の年齢層が幅広い．また，性別が偏っている．一方，Nakayosi\_t では，学生が大半を占める．これらは，2.2 に述べたとおり，Kuchibue\_d と Nakayosi\_t の収集手段の違いを反映している．

## 3. 画数変動の解析

本章では，オンライン手書き文字パターンデータ

表 2 筆者プロフィールの統計  
Table 2 Statistics on writers' profiles.

|     | Kuchibue_d  | Nakayosi_t  |
|-----|---|---|
| 筆者数 | 120   | 163   |
| 性別  | 男性：85 (70.8%)，<br>女性：35 (29.2%)   | 男性：82 (50.3%)，<br>女性：81 (49.7%)   |
| 母語  | 日本語：118 (98.3%)，<br>中国語：2 (1.7%)  | 日本語：150 (92.0%)，<br>中国語：11 (6.8%)，<br>マレー語：1 (0.6%)，<br>ベンガル語：1 (0.6%)        |
| 筆記手 | 右手：117 (97.5%)，<br>左手：3 (2.5%)  | 右手：161 (99.4%)，<br>左手：2 (0.6%)  |
| 利き手 | 右手：112 (93.3%)，<br>左手：8 (6.7%)  | 右手：155 (95.1%)，<br>左手：8 (4.9%)  |
| 職業  | 会社員：56 (46%)，<br>学生：43 (36%)，<br>教員：2 (2%)，<br>その他：18 (15%)，<br>不明：1 (1%) | 会社員：10 (6.1%)，<br>学生：150 (92%)，<br>教員：0 (0%)，<br>その他：2 (1.2%)，<br>不明：1 (0.1%) |

ベース Kuchibue\_d, Nakayosi\_t に収められた文字パターンの画数変動の解析について述べる．

### 3.1 巨視的な解析

実際に書かれた文字パターンの画数がどれだけ手本パターンからずれているかを図 2 に示す．図 2 では，実際に筆記されたパターンの最大・最小画数と，画数分布の中央部 50% (75% point ~ 25% point と表記) と中央部 80% (90% point ~ 10% point と表記) も示している．ここでは，実際の画数の小さい方から大きい方にわたって，出現数が累積で 1/4 に達する点を 25%点 (point)，3/4 に達する点を 75%点とする．同様に 1/10 と 9/10 に達する点を，それぞれ 10%点，90%点としている．

これらから，文字の大半が正しい画数よりも少ない画数で筆記されていることが分かる．人が文字を筆記するとき，筆記は続け字になる傾向が読みとれる．同時に，正しい画数を頂点として，それよりも大きい画数で書かれたパターンの数が急に減少していることが分かる．

図 2 (a) では 3 画のパターンが極端に大きな画数で書かれていることが分かるが，これは「」という記号を書くために繰り返し重ね書きをしたパターンが存在したためである．図 2 の 75%point ~ 25%point，90%point ~ 10%point からは，手本の画数が大きいパターンになるほど，実際に書かれる文字の画数分布の幅が大きくなっていることが分かる．ただし，25 画付近からそれ以上の画数をもつ文字パターンではこの傾向は見られなかった．

表 3 に，正しい画数のとおりに書かれたパターン，



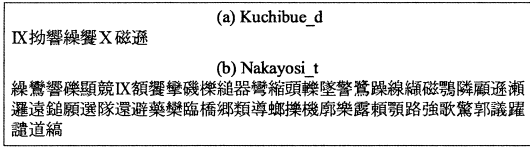


図 6 画数変動の大きい文字カテゴリー  
Fig. 6 Categories whose average stroke number when actually written is largely deviated from the standard.

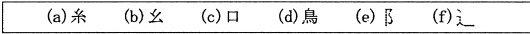


図 7 画数変動の多い部首  
Fig. 7 Radicals written with large stroke number variations.

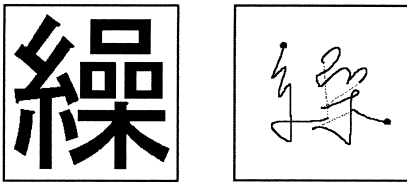


図 8 4 画で書かれたパターン「繰」  
Fig. 8 “繰” pattern written with 4 strokes.

用に正しい画数・書き順で筆記された手本パターンを利用し、手本パターンとの画数の差が大きいものを画数変動の大きい文字カテゴリーとする。ここで“画数変動が大きい”というのは、手本パターンとの画数の差の値が大きいことを示し、“画数変動が多い”の場合には、画数変動の出現頻度が高いことを示す。

(1) 画数減少

実際に筆記された画数が手本パターンより平均で 3 画以上減った文字カテゴリーを図 6 に示す。これらの多くが図 7 にある部首を含んでいる。

平均で最も画数が減った文字カテゴリーは 4.79 画省略されていた。図 8 にその例として実際に 4 画で書かれた文字パターンを示す。正しく書くと 19 画の文字パターンである。図 6 にローマ数字が含まれているのは手本パターンでは「X」や「I」を 2 画、1 画ではなく、6 画、3 画で書いている（上端、下端のセリフまで筆記している）ため、書き方によって大きな差が出ているからである。

(2) 画数増加

実際に筆記された文字パターンが手本パターンよりも平均で 0.2 画以上多い画数で書かれた文字カテゴリーを図 9 に示す。これらは、普段余り書かれない文字、学校で教わらない文字や記号を多く含んでいる。

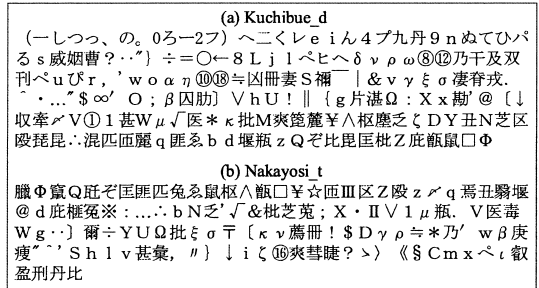


図 9 画数の増加した文字カテゴリー  
Fig. 9 Categories written with more strokes than the standard.

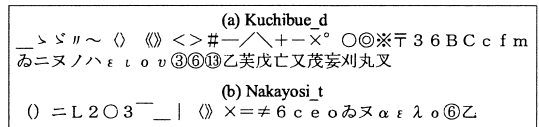


図 10 画数変動の起きなかった文字カテゴリー  
Fig. 10 Character categories written without any wrong stroke number.

記号は書き方を教わることがないため、続けて書くべきストロークを分けて筆記したり、見た目の問題から線の太さや点の大きさなどを調整しようと重ね書きや書き足しをしたりするため、画数が増加する傾向にあると思われる。

(3) 画数変動なし

画数変動が全く起きなかった文字カテゴリーを図 10 に示す。1 画で書かれるパターンが多い。また、一見して書き方が分かるような単純な形状のものがほとんどである。

4. 書き順変動の解析

本章では、Kuchibue\_d と Nakayosi\_t の書き順変動の解析について述べる。

4.1 巨視的な解析

書き順変動の傾向を見るために伸縮マッチング [10] を用いた認識システムを利用して解析を行った。ここでは厳密な書き順だけを登録した辞書と、多くの書き順（正しくない書き順を含む）を登録した汎用辞書の 2 種類を用いた。認識システムでは書き順変動に対応するために、部首パターンを共有する構造化字体表現 [11] を使用している。これを用いると、部首に登録するパターンを正しい書き順パターンだけにすることによって書き順変動に厳しいシステムになり、反対に、部首に複数の書き順パターンを登録することによって

```

if(score_G - score_S >= 30) then
  Detect
endif
if(score_S <= 800)
  Detect
endif
    
```

図 11 パターン検出の論理  
Fig. 11 Logic to detect suspicious patterns.

通常見られる書き順変動にも対処できるようになる。このため、パターン登録を複数行った汎用辞書による評価値 (score\_G) と、正しい書き順・画数で書かれた手本パターンだけを用いた辞書での評価値 (score\_S) の比較を行い、score\_S で評価値が低く、score\_G で評価値の高い文字パターンは書き順変動を含む可能性があると考えられる。加えて、score\_S がしきい値より小さい文字パターンも書き順変動を含む可能性がある。図 11 に、書き順変動がある可能性の高い文字パターンを検出するための論理を示す。

この論理では、最高点 1,024 点の認識システムにおいて、score\_G が score\_S より 30 点以上大きな文字パターンと、score\_S が 800 点以下の文字パターンを検出している。我々の経験上、800 点よりも大きな評価値を得た文字パターンは高い確率で整ったパターンであったため、このような検出方法とした。一部のパターンのみを検出するのは、すべての文字パターンを目視して確認するのは不可能に近く、無理に行ってもそれが不正確となる可能性が高いため、何らかの機械的な処理を必要とするからである。

この論理で検出した文字パターンについて、筆記再生を目視して書き順の確認を行うことにした。書き順の確認はストロークの筆記順、及びストロークの向きが正しい書き方と異なる（逆方向に書かれている）ものを誤りと判断した。したがって、筆画間に続けがあるかどうかには影響されない。

すべてのデータセットを目視検査するのは困難であるため Kuchibue\_d と Nakayosi\_t から、それぞれ 3 人ずつ計 6 人の平均的な認識率をもつデータセットを選択した。先に図 11 で述べた論理によるデータの検出結果を表 5 に示す。検出した文字には記号が多く含まれていたが、平仮名や片仮名、記号、英数字は書き順の定義が明確にされていないため検査の対象外とし、漢字のみを筆記再生して、目視により書き順の確認を行った。結果を表 6 に示す。

表 5 検出したパターン  
Table 5 Detected patterns.

(a) Kuchibue\_d

| データセット  | 検出したパターン数 (#) |           |           |                |
|---------|---------------|-----------|-----------|----------------|
|         | 漢字<br>(#/     | 仮名<br>(#/ | 記号<br>(#/ | 英数字<br>(#/166) |
| MDB0033 | 1,668         | 243       | 432       | 37             |
| MDB0037 | 2,177         | 780       | 291       | 33             |
| MDB0052 | 1,523         | 673       | 365       | 59             |

(b) Nakayosi\_t

| データセット  | 検出したパターン数 (#) |           |           |               |
|---------|---------------|-----------|-----------|---------------|
|         | 漢字<br>(#/     | 仮名<br>(#/ | 記号<br>(#/ | 英数字<br>(#/65) |
| NKY0008 | 1,978         | 289       | 523       | 12            |
| NKY0043 | 1,677         | 299       | 531       | 15            |
| NKY0068 | 2,263         | 184       | 515       | 11            |

表 6 確認したパターン  
Table 6 Verified patterns.

(a) Kuchibue\_d

| データセット  | 検出した          |                     | 間違っ<br>たパ<br>ターン |
|---------|---------------|---------------------|------------------|
|         | パ<br>ターン<br>数 | 正し<br>い<br>パ<br>ターン |                  |
| MDB0033 | 1,668         | 750(45.0%)          | 918(55.0%)       |
| MDB0037 | 2,177         | 1,015(46.6%)        | 1,162(53.4%)     |
| MDB0052 | 1,523         | 683(45.0%)          | 840(55.0%)       |
| 平均      | 1,790         | 817(45.6%)          | 973(54.4%)       |

(b) Nakayosi\_t

| データセット  | 検出した          |                     | 間違っ<br>たパ<br>ターン |
|---------|---------------|---------------------|------------------|
|         | パ<br>ターン<br>数 | 正し<br>い<br>パ<br>ターン |                  |
| NKY0008 | 1,978         | 1,239(62.6%)        | 739(37.4%)       |
| NKY0043 | 1,677         | 927(55.3%)          | 750(44.7%)       |
| NKY0068 | 2,263         | 828(36.6%)          | 1,435(63.4%)     |
| 平均      | 1,972         | 998(50.6%)          | 975(49.4%)       |

検出したパターンを確認した中で書き順が間違っていたものは Kuchibue\_d で 54%、Nakayosi\_t で 49%であった。更に、Kuchibue\_d 120 人分での検出パターンは全体の 32%であった。よって Kuchibue\_d は書き順の違うパターンを 17.3% (0.54 × 0.32 × 100) 以上含むと考える。同じく Nakayosi\_t 163 人分では、検出したパターンは全体の 36%であったため Nakayosi\_t では 17.64% (0.49 × 0.36 × 100) となった。

#### 4.2 微視的な解析

##### 4.2.1 書き順変動の多い文字カテゴリー

書き順変動が起きた文字カテゴリーのうち、検査したデータセット全 6 人中 5 人以上が間違っていた文字カテゴリーを図 12 に示す。これらには図 13 の部首が多く含まれている。

Kuchibue\_d & Nakayosi\_t  
 威遠盈燕感虐虛屏劑齊牒凸薄縛楯敷淵茂箴命幽慮虜熙栗推閨衛越堰  
 砍殿鷗過臥階樞鏗樺憾監鑑鑑犧巨拒渠距動緊区軀軀虞劇堅賢滅虎護  
 昆混浣瑯珊鹿嫉續衝情審臣腎垂枢性牲戚全瘦臟藏唾豉跳登匿博藩薇  
 批昆畢姬膚陸郵要濫濫覽臨臨麟

図 12 書き順変動の多いカテゴリ

Fig. 12 Character categories written with incorrect stroke order.

(a) 口 (b) 匚 (c) 比 (d) 冫 (e) 皿

図 13 書き順変動の多い部首

Fig. 13 Radicals causing stroke order variations.

表 7 書き順変動の分類

Table 7 Classification of stroke order variations.

|      | 再現性あり      | 再現性なし      |
|------|------------|------------|
| 共通的  | 慣習的書き順, 略字 | 書き写し, 書き足し |
| 個人固有 | 記憶違い       |            |

4.2.2 書き順変動の事例

書き順の変動は、主に「再現性があり共通した変動である習慣的書き順や略字」「再現性があり個人固有の変動である書き順の記憶違い」「再現性のない変動である書き写しや書き足し」などが見られた。これらを表 7 にまとめる。

書き順変動の典型的な事例をいくつか挙げる。

図 14 の例ではストロークが省略され、それにより書き順が変動していた。「口」の最後のストロークが省略されて「コ」のように 1 画で書かれた結果、最後のストロークの向きが逆になってしまっていた。このような「口」を「」のように筆記してしまう変動は人によってその占める割合は異なるが検査したデータセット 6 人全員に見られた。これは先に述べた再現性があり共通した変動である略字の一種と考えられる。

図 15 は本来の正しい書き順ではなく、部首パターン「匚」を先に記述してしまう例である。書き順変動の頻度が高く、正しいとされる書き順と実際に使われる書き順が違う例の一つといえる。このような、外側の部品と内側の部品にまたがる筆記での書き順変動は全 6 人中、5 人に見られた。これは先に述べた再現性があり共通した変動である習慣的書き順、若しくはこの例が少数の場合、再現性があり個人固有の変動である書き順の記憶違いの一つであると考えられる。

図 16 は表 7 における、再現性のない変動である書き写しの例である。書き順を教わったことがないと思われる難しい漢字を書かせると、このように漢字を部品ごとに書き写す例が見られた。



図 14 文字「兄」の書き順 (手本, MDB0034)  
 Fig. 14 Incorrect stroke order to write “兄”.

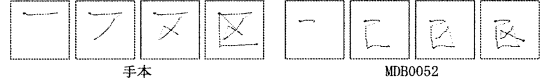


図 15 文字「区」の書き順 (手本, MDB0052)  
 Fig. 15 Incorrect stroke order to write “区”.

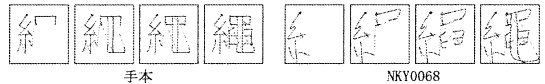


図 16 文字「繩」の書き順 (手本, NKY0068)  
 Fig. 16 Incorrect stroke order to write “繩”.

5. 頑健な認識システムの構築に向けた考察

Kuchibue\_d と Nakayosi\_t は収集時期、収集カテゴリ、使用したハードウェアなどの点で異なる部分があるが、本論文で提示した画数変動と書き順変動の解析においては、共通の示唆を与える。

画数変動では正しい画数より低画数で書かれた文字パターンが多くあったが、正しい画数より増えている文字パターンは全体で 1~2%程度しかなかった。また、画数の違いは筆記の省略が多い部首をたくさん含む文字で顕著となった。これは画数が多くなるにつれてストロークの続けの組合せが増えるからである。よって、認識システムでは画数減少 (続け字) への対応が必須といえる。

書き順の変動は、再現性があり共通した変動、再現性があり個人固有の変動、再現性のない変動などが見られた。再現性があり共通した変動は、認識辞書にその書き順を追加登録すればよいため、大きな問題にはならない。構造化字体表現を採用していればなおさらである。再現性があり個人固有の変動は、個人辞書で対応する必要があると考えられる。再現性のない変動への対応はこれでも難しいが、オフライン認識手法を併用するのが効果的であろう [12]。

記号への対応は難しい問題である。記号には書き順の定義がないため、人によって書き方が異なり、認識をするにあたって大きな問題となりやすい。記号には正規化処理が示差特徴を变形してしまうという低画数文字に顕著な問題も現れる。オフライン認識手法との併用、記号らしき文字に対する独自の処理 (独自の前

処理など)が検討に値する。

3., 4. で取り上げた字体変動が起こりやすい文字パターンは, 認識システムの設計では特に注意を払う必要があるかもしれない。また, 認識システムのフィールドテストなどでは, 検査対象に加えるべき文字パターンであるといえよう。

## 6. む す び

本論文では, 300 万パターンを超えるオンライン手書き日本語文字パターンを対象に, その字体変動の解析を提示し, それらに頑健な認識システムを構築するための考察を述べた。オンライン手書き文字パターンは, 筆跡の動的情報を記録しているので, 画数変動や書き順変動の解析が可能である。画数変動については, 実際に筆記される文字の画数は高画数文字ほど画数が減少する傾向が見られ, 画数の増加するパターンは全体の 1~2%程度とわずかであった。一方, 書き順変動は再現性があり共通した変動, 再現性があり個人固有の変動, 再現性のない変動などが存在した。

今回, 文字の画数変動と書き順変動に関して解析を行ったが, このほかに多くの尺度が考えられる。例えば, 筆記に要した時間や使用したタブレットによる違いなどである。筆記者のグループごとに字体変動を細かく分析することも考えられる。また, 画数・筆順変動については部首内と部首にまたがる変動があるが, 本論文ではそこまでの解析はできていない。これらは今後の課題としたい。

謝辞 オンライン手書き文字パターン収集に協力頂いた企業, 関係者の方々に深謝する。

## 文 献

- [1] I. Guyon, L. Schomaker, R. Plamondon, M. Liberman, and S. Janet, "UNIPEN project of on-line data exchange and recognizer benchmarks," Proc. 12th ICPR, vol.II, pp.29-33, Jerusalem, Oct. 1994.
- [2] C. Viard-Gaudin, P.M. Lallican, S. Knerr, and P. Binter, "The irste on-off (Ironoff) handwritten image database," Proc. 5th ICDAR, pp.455-458, Bangalore, Sept. 1999.
- [3] 中川正樹, 東山孝生, 山中由紀子, 澤田伸一, レーバンツアー, 秋山勝彦, "文章形式字体制限なしオンライン手書き文字パターンの収集と利用," 信学技報, PRU95-278, Sept. 1995.
- [4] M. Nakagawa, T. Higashiyama, Y. Yamanaka, S. Sawada, L. Higashigawa, and K. Akiyama, "On-line handwritten character pattern database sampled in a sequence of sentences without any writing instructions," Proc. 4th ICDAR, pp.376-381, Ulm, Aug. 1997.
- [5] K. Matsumoto, T. Fukushima, and M. Nakagawa, "Collection and analysis of on-line handwritten Japanese character patterns," Proc. 6th ICDAR, pp.496-500, Seattle, Sept. 2001.
- [6] S. Jaeger and M. Nakagawa, "Two on-line Japanese character databases in Unipen format," Proc. 6th ICDAR, pp.566-570, Seattle, Sept. 2001.
- [7] 山田博三, 森 俊二, "手書文字データベースの解析 (I)," 電子技術総合研究所彙報, vol.39, no.8, pp.580-599, Aug. 1975.
- [8] 斉藤泰一, 山田博三, 山本和彦, "手書文字データベースの解析 (VIII) —方向パターン・マッチング法による JIS 第 1 水準手書漢字データベース ETL9 の評価," 電子技術総合研究所彙報, vol.49, no.7, pp.487-525, July 1985.
- [9] 斉藤泰一, 山田博三, 山本和彦, "JIS 第 1 水準手書漢字データベース ETL9 とその解析," 信学論 (D), vol.J68-D, no.4, pp.757-764, April 1985.
- [10] 秋山勝彦, 中川正樹, "オンライン手書き日本語文字認識のための線形処理時間伸縮マッチングアルゴリズム," 信学論 (D-II), vol.J81-D-II, no.4, pp.651-659, April 1998.
- [11] レーバンツアー, 中川正樹, "日本語手書き文字オンライン認識における構造的字体学習方式," 信学技報, PRU95-365, Nov. 1995.
- [12] H. Tanaka, K. Nakajima, K. Ishigaki, K. Akiyama, and M. Nakagawa, "Hybrid pen-input character recognition system based on integration of online-offline recognition," Proc. ICDAR, pp.209-212, Bangalore, Sept. 1999.

(平成 15 年 5 月 30 日受付, 10 月 30 日再受付)

### 松本 馨 (正員)



1997 東京農工大・工・電子情報卒。1999 同大学院博士前期課程了。同年, 同大学院博士後期課程に進学。オンライン手書き文字認識のための大分類処理, オンライン手書き文字パターンデータベースなどの研究に従事。現在, 学校法人産業能率大学総合研究所研究員。情報処理学会, 人工知能学会, 教育システム情報学会各会員。

### 中川 正樹 (正員)



1977 東大・理・物理卒。1979 同大学院修士課程了。同大在学中英国 Essex 大学留学 (M.Sc. in Computer Studies)。1979 東京農工大・工・助手。現在, 教授。オンライン手書き文字認識, 手書きインタフェースなどの研究に従事。理博。