

# オンライン手書き文字認識システム JOLIS-2Eの開発

4E-3

本間正之、曾谷俊男、中川勇、福島英洋、中川正樹、高橋延匡

(東京農工大学 工学部 電子情報工学科)

## 1. はじめに

我々は、日本人、特に素人にとって最も親和性の高い計算機の入力方式は、手書きによる入力であると考え、オンライン手書き文字認識の研究を行っている。現在我々は、研究室内での実用化を前提としたオンライン手書き文字認識システム JOLIS-2 [1] の開発にあたっている。JOLIS-2 は、構造解析的手法を基本とし、構文中のエラーに対しては統計的手法を用いて対処している。

認識対象文字としては、常用漢字、平仮名、片仮名、英数字、記号、ギリシア文字を含む 2265 文字とし、実用化において必要であろうセットを用意している。さらに、記入者の入力制限はなるべく緩和しなければならないという考えから、入力は字種によらず、モードレスで行えるような設計としている。

今回我々が開発した JOLIS-2E は、「人間に近いと思われる認識手法」を統一的に取り入れた。これは、誤認識の原因の解析と対処の方法としては有力な手段であると考えたためである。また、システム内の各モジュールは完全に独立とし、各認識処理の順番を変えたり、一部を新しく交換するなどの操作を容易にし、拡張性を高めている。

## 2. JOLIS-2Eの開発方針

(1) 人間が一文字単独で見ても容易に認識できる文字は、必ず認識できるレベルまで開発を進める。また本システムでは、楷書体の認識を基本とし、頻繁に起こる続け字に対しては部分パタンの登録で、不安定な続け字に対してはアルゴリズムで統一的な対処を行う。

(2) 人間に近いと思われる認識手法を多く取り入れる。人間が実際に単独文字を認識するとき、文字を構成する筆道の幾何学的な位置よりも、各ストロークの曲がり具合やそれらの関係などを見ている傾向があると思われる。たとえば、文字が多少傾いていたり、ゆがんだとしても、文字の各要素の構成が保たれていれば認識できることからそれが言える。本システムの場合、低画数における情報量を補うためにこれを用いる。

(3) 個人差の字体吸収は、辞書などのパーソナル化により、対処する。これは、万人に共通なパタンプリミティブを設定することは現実には不可能であるという考えによる。JOLIS-1 [2] の知見からも、パタン間の相違度をパーソナル化することは有効であり、部首などの字体表現は、各個人において安定であるという結果を得ている。そこで、基礎的な部分の作成においては、起動のための必要最小限のパタンを用意する。そして、実際に各個人がシステムを使用する際に、簡単な操作により個人向き学習できるような環境を提供できるようにする。

(4) 現在我々の研究室で稼働中の OS/2 [3] 上で構築を行う。OS/2 は、ワークステーションレベルのマシンを対象とし、全 2 バイトコードを採用した「自前」の OS である。これは、並列指向性を持ち、さらに日本語情報処理を前提としている。このため、OS に対しての機能の追加要求が容易にできるなど、自由な形で利用が可能である。

(5) 使用言語は、移植性、汎用性を考慮して言語 C とし、その処理系は我々の研究室で開発した C 言語処理系 CAT [3] を用いる。CAT は全 2 バイトコード化されているため、日本語識別子を利用することが可能であり、そのためソースプログラムの可読性や保守性が向上している。

## 3. 処理内容

JOLIS では文字の構成要素(パタンプリミティブ)をまず認識し、それらの構造体として文字を認識している。JOLIS-2E では、構成要素は基本ストロークであり、その結合関係は筆順である。これは、文字の構造を認識に反映し、略字や癖字を統一的に処理したいと考えたためである。基本的な流れを以下に挙げる。

### 3.1 前処理

#### (1) 適応サンプリング処理

一様にゆっくりとしたペンの動きによって入力された冗長な座標点は十分に間引き、尖点付近のペン速度の低下により入力された座標点列は残す。

#### (2) 補間処理

筆速が速すぎるために、タブレットのサンプリングが追従できない場合、座標点を補間する。

#### (3) 平滑化処理

入力のぶれを除くため、移動平均型フィルタを用いている。これは、座標点列を入力信号と考え、高周波ノイズを除去することになる。

#### (4) 間引き処理

円形マスクにより、冗長なデータや、1点だけ突出しているデータを間引く。

### 3.2 セグメント化・圧縮表現化

#### (1) セグメント化

前処理後座標点列を 8 方向のセグメントに分割する。このとき、各座標点間の接線ベクトルを厳密に求める。

#### (2) 圧縮表現化

圧縮表現化はセグメント列を、その転回方向に着目し、同一転回を一まとめにする。このとき、セグメントの方向が右または左に転回し続けている場合は転回部としてまとめ、その転回種(右転回か左転回)と累積方向差(転回開始から終了まで何方向転回したか)で表す。

### 3.3 候補圧縮表現の生成

ストロークのおさえ、はね、ループ修飾があるかを検出する。ループの検出は、座標間を結んだ直線の交差判定により行った。修飾があると疑いがある場合、対応する座標点列を取り除き、セグメント列の訂正、圧縮表現化を施して最大 8 つの表現を生成する。なお、ストローク長が一定値以下の場合、方向が不安定であるという考えから、それを P (Point) ストロークとして識別する。

### 3.4 ストローク識別処理

#### (1) ストローク構造的候補選択

入力パタンと転回数が一致し、すべての直線部分において、方向差が  $\pm 1$  以内、すべての転回部分において累積方向差が  $\pm 1$  以内の標準パタンを候補とする。

Development of JOLIS (Japanese On-Line Input System)-2E

Masayuki HONMA, Toshio SOUYA, Isamu NAKAGAWA, Hidehiro FUKUSHIMA,

Masaki NAKAGAWA, Nobumasa TAKAHASHI

Tokyo University of Agriculture and Technology

(2) ストローク位相属性情報による候補選択

入力と標準のそれぞれに対応するセグメントと転回部分について、それぞれがストローク全体に対して占める長さの比について距離をとる。そして距離の小さい標準パターンをさらに候補として絞る。たとえば、「つ」と「フ」では、転回部分長さの全体の占める長さ比は、「つ」の方が大きい。これにより、構造的には同じでも、位相的には離れているパターンを識別することができる。(図1)

(3) ストローク幾何学的候補選択

入力ストロークに対して、正規化を施し、「(転回数+1)×5」点で点近似を行う。候補ストロークに対して、対応する筆点間の距離の平均を求め、その値の一番小さい候補基本ストロークを処理結果とする。

3.5 文字認識処理

(1) ストローク間相違度を用いたマッチング

入力を構成するストローク列が決定されると、同じストローク数になる標準字体のストローク列とマッチングされる。その際、統計的に求めたストローク間相違度を用いる。また連筆に対しては特徴を切り分ける要素があると考え、その方向差に対しても距離をとる。

入力文字と標準文字との相違度は対応するストローク間相違度の和として求める。ただしその場合、高画数ほど標準パターン間の距離が大きくなるので、候補に残す標準文字の入力文字との距離の許容範囲は、画数に比例することにした。また、文字辞書は、漢字のへん、つくりなどの構造に着目した構造化字体表現辞書 [4] になっている。そのため、検索中に、距離が大きくなった部分パターンを含むすべての文字については、検索する手間が省けるなどの効率のよい検索方式が実現されている。

(2) ストローク位置関係によるマッチング

2つのストロークの位置関係は、それぞれのストロークのそれぞれの始点、中点、終点を結んだベクトルと定義する。そして、入力と標準文字について、それぞれの隣りあった画のストローク間について、これらのベクトルを作る。始点、中点、終点それぞれについて、入力と標準のベクトル間の距離を求め、文字間の距離は、これらすべての距離の総和とする。このとき、2つのベクトルの距離は、方向差、長さの差を反映するため、ベクトルの始点を合わせたときの終点間の幾何学的距離とした。(図2)

(3) 座標点近似列を用いた幾何学的マッチング

最後にここで、認識結果を一意に決定する。基本的には、入力と標準文字の座標点列に対し、「(転回数+1)×n」点(nは画数に反比例)の点近似を行い、幾何学的な距離をとる。これは、低画数ほど詳細なマッチングが必要であるという考えによる。

一方、構造化字体表現辞書は、文字の構造を2分木構造で表現している。最小単位の部分パターン(基本サブパターン)に対しては、正規化を施した座標点列を用意している。そして、それらを組み合わせた部分パターン(中間サブパターン)に対しては、それらの位置をはめ込むべき枠を用意している。このため、ある部分パターンが単独文字で使われたり、ある文字の一部として使われていても、座標点列を正しく再構成することができる。

4. パターンプリミティブの設定法

パターンプリミティブ(基本ストローク)の設定方法は、構造解析的手法を基本とした認識系にとっては重要な問題である。これに対し我々は、ストローク識別のモデルを情報路に求め、情報理論を基本ストローク設定に応用した。また、基本ストロークの情報は、特に低画数にとって重要な意味を持つと言える。そこで、低画数を基本とした設定方式を開発した。基本的には、次のような設定の流れとなる。

まず1画の文字から、修飾を考慮した候補圧縮表現を生

成し、適当な表現を選ぶ。そして、その表現に対し、構造的にマッチングする候補ストロークを基本ストローク辞書(最初は空)から拾い、入力ストロークと近いストロークを選ぶ。なければ入力ストロークを基本ストロークに加える。これを2画、3画、と低画数から順に設定する。設定後は、構造的に似通った文字集合を検索し、それぞれの文字の中で一番特徴的なストロークに別コードを割り当て、特徴を切り分ける。最後に、ストロークの相互情報量が下がらない程度にストローク同士の統合を行い、ストローク識別の安定化を図る。

5. おわりに

現在のシステムは、一文字単独での認識にとどまっている。候補文字として正認識文字をある程度正確に残せるようになれば、日本語文脈解析処理を併用し、現在設計中である表示一体型タブレットを用いたエディタに組み入れたいと考えている。

参考文献

- [1] 平松徹他, “オンライン手書き文字認識システム JOLIS-2 に向けて”, 本学会ヒューマンフレンドリなシステムシンポジウム報告集 pp.161-170 (1986)
- [2] 中川正樹他, “構造的オンライン手書き文字認識における字体表現辞書の拡張と統計的相違度の評価”, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J71-D, No.5, pp.800-811 (1988)
- [3] 高橋延匡, “研究プロジェクト総説: OS/omicon の開発”, 本学会オペレーティング・システム研究会 39-5 (1988)
- [4] 志村和英他, “オンライン手書き文字認識システム JOLIS-2 の字体表現”, 本学会第35回全国大会講演論文集 3H-6 (1987)

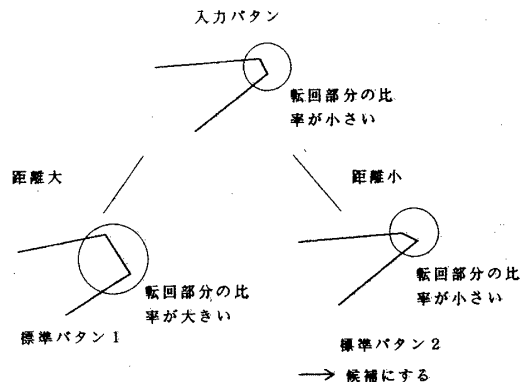


図1 ストローク位相属性情報によるマッチング

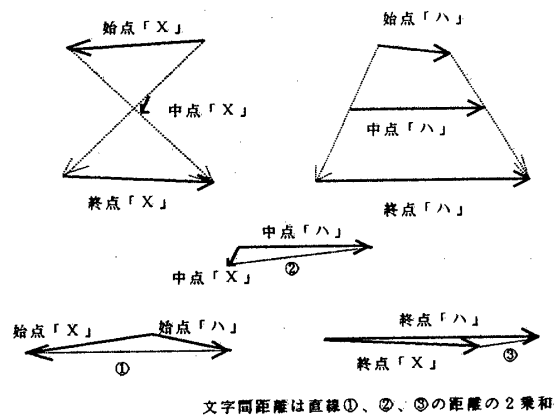


図2 ストローク位置関係の距離(「X」と「ハ」の距離の算出)