

オンライン手書き文字認識システム JOLIS-1

の設計と試作

中川正樹, 木村慎一, 真鍋俊彦, 青木克郎, 高橋延匡

東京農工大学工学部数理情報工学科

1. はじめに

計算機による日本語情報処理はつい近年まで、特定のユーザに対してのみ研究開発がなされていたが、産業界のOAに対する期待やパソコン、及び低価格の漢字プリンタの出現によって、この方面の製品開発は爆発的な勢いで進められている。次々と新しいワードプロセッサが発表され、今日では低価格のマイコン、パソコンでさえ、簡易な日本語処理機能が付けられるまでに至った。しかしながら、日本語の入力方式においては人間工学的に見て決定的方式がないのが現状であり、優れた入力方式に対する社会的要請は非常に大きい。我々は、素人にと、て自然な日本語入力方式は手書き文字入力であるという認識に立ち、⁽¹⁾比較的实现性の高いオンライン手書き文字認識と入力形態とする日本語文書作成システムの研究開発を目指してきた。そして、それを使用することによって、研究報告書、学生用手引書、教科書等の作成を容易にすることを目標としている。

日本語入力の手段としてのオンライン手書き文字認識の特徴としては、以下のものが挙げられる。

- (1) 手書き入力であるため、ユーザには特別な訓練は不要である。
- (2) ユーザとシステムの対話的通信ができる。
- (3) 入力速度は手書きの速度によって制限される。また、大量の入力には適さない。
- (4) 入力タブレットのある所でなければ、原稿入力ができない。

特徴(3),(4)はオンライン手書き入力の短所となり得るが、(1),(2)は素人が何回かの入力、校正をとうして日本語文書を作成するための重要な要件である。

本研究では、オンライン手書き文字認識の成否が日本語文書作成システムの鍵を握るという立場から、文字認識の研究を中心に行ってきた。そして、今回発表するJOLIS-1の試作により、我々の目標が実現可能なものであるとの予測を得ることができた。ここでは、オンライン手書き文字認識の現状を俯瞰した後、JOLIS-1に至る研究経過を述べ、JOLIS-1の構成とその成果、問題点を提示する。そして、その中で、日本語文字の計算機内での表現はいかにあるべきかを考える。そして最後に、JOLIS-1の後継システムを研究開発していく場として、現在開発を進めている新しいハードウェア環境を紹介する。

2. オンライン手書き文字認識の現状

オンライン手書き文字認識は、OCR方式の文字認識に対して、(1)文字を構成するストローク(画)の分離、抽出が容易である；(2)筆跡情報が得られる；という2つの利点からその実現性は比較的高い。すでに10年以上前から研究が始められており、いくつかの方式が発表され、限定的に実用化されているものもある。

手書きは、⁽²⁾対象文字を①楷書体の教育漢字、カタカナ②活字体の英大文字と数字③ひらがな、の3つに分け、それぞれ独立した認識系を作成した。①,②に対してはそれぞれ11種、24種の基本ストロークを設定し、入力文字のストローク列を、文字識別の決定木で順次振り分けてゆくことにより文字の決定を行っている。ただし、ストローク列だけで識別できない時は、長さ、位置の関係を用いている。

③に対しては、入力文字のX,Y波形を標準パターンとマッチングしてみ、文字を

本研究は、昭和56年度科学研究補助金試験研究(2)課題番号56450097の補助による

決定している。彼はまた、漢字、カタカナによる日本語入力、校正システムを試作した。

柏岡岩岡¹⁰⁾は教育漢字を対象文字に選び、ストロークを構成する、長さをその方向でセグメントの列と、ストローク間の運筆の方向(8方向分類)の系列として入力文字で表現した。標準パターンは、50種のストローク(終端記号)と220の部分パターン(非終端記号)として記述されている。それぞれのストロークは、長さ情報を含む8方向のセグメント列であり、それを受理するオートマトンが用意されている。入力文字のセグメント系列は上記の標準パターンの文法により Top-down 解析され、どの文字であるかの決定がなされる。なお、この方式でも必要に応じて位置関係情報が調べられる。この方式の興味ある点は、①ストローク間の運筆の方向を規定し、それによってストロークの位置関係をある程度記述できるようにしたこと、②部分パターンを導入し、漢字の階層的構造とその表現に反映したこと、が挙げられる。

北原、磯道¹²⁾は常用漢字に対し10種の基本ストロークを設定し、入力ストロークとそれらとのダイナミックフロッグミングによるマッチングをとって、ストロークを決定している。そして、入力文字のストローク列を、決定木に似た順向グラフによって解析して認識を行っている。彼らはこの順向グラフを標本文字から自動生成した。

ここで、上記3方式に共通する問題点として、決定木やオートマトンによる識別処理は入力パターン中のエラーに対して不安定な面がある点が挙げられる。漢字のように、パターンが冗長な情報を含んでいると、その特徴の一つぐらい誤ったものがあっても全体として十分認識できる場合が多い。しかしながら、決定木やオートマトンを用いると、そのた、一つの誤情報のために入力パターンをリジェクトしてしまうことが多くなる。

池田らの方法は、以下の3種類のテストを組合せて、英数字、カタカナ、ひらがな、当用漢字の混在した対象文字セットを認識する。

- (1) 画数と、ストロークの中点を結んで得る24方向の方向ベクトル列による分類
- (2) ストロークの24方向接線ベクトル列による形状決定(標準パターンとダイナミックフロッグミングでマッチングをとる)
- (3) ストロークの長さ、始点終点の座標等の、個々の特徴による判定

この方法の特徴は、ストロークの形状にパターンとしての情報をもつ英数字、ひらがな、カタカナと、構造に特徴を有する漢字と同一の認識方式で識別しようとしたために、方向分類が緻密になっていることである。

加藤¹³⁾は、それぞれのストロークの中点 $P_i(x_i, y_i)$ を代表点として選び、任意の2つの代表点 P_i, P_j によってその位置関係 $(x_i \leq x_j, y_i \leq y_j)$ を示す行列を文字の表現とした。この表現は、10画以下の文字では、文字を一意に決定することができず、種々の判定条件を付加している。また、画数の多い文字では、この表現は非常に大きいメモリを占めることになる。

荒川、増田¹⁵⁾は当初、ストロークの位置座標の変化波形をフーリエ級数展開し、その係数を特徴とするマッチング処理により認識する方式を提案した。しかし、その後、この方式は直線成分の多い漢字、カタカナには問題があるとし、ストロークを3点(漢字)あるいは6点(ひらがな)で近似して標準パターンとマッチングする統計的手法を小高とともに提案している¹⁶⁾。この後の方式は統計的手法であることから、幾何学的変形に対して安定していると考えられるが、位相的変形、フダけ字等には問題が予想される。また、漢字の階層的構造を反映することも難しい。

この他にもいくつかの発表がなされている。それらすべてを報告することはできないが、オンライン手書き文字認識の分野の特徴は、他のパターン認識の分野に比べて構造解析的手法が多く見られることである。その第一の理由は、パタンプリミティブ(ストロークまたはセグメント)の抽出が容易なことであり、パターン認識一般で最も困難な課題の一つであるセグメンテーションの問題を回避できるからである。そして第二に、漢字の階層構造を反映できるからである。本論文で述べるJOLIS-1はその段階まで至っていないが、構造解析的手法の利点は、認識対象がもつ階層構造を利用して、それをコンパクトに、かつ統一的に記述できる所にある。

3. オンライン手書き文字認識システム(JOLIS)の基本方針

本システムを研究開発する目的は、パターン認識の一分野としてオンライン手書き文字認識を研究することのみならず、我々のような素人が、研究報告書、学生用手引き書、教科書等を作成するのに適した、日本語入力の方式を研究することである。^{(1),(17)}したがって、JOLISに対して以下の項目を要求事項として挙げている。

- (1) 素人が、少ない訓練で自然な形で日本語が入力できること
- (2) 校正機能、消字機能等と有機的な結合がとれていること
- (3) ミニコンまたは16ビットマイコンの処理能力で実現できるシステムであること
- (4) 対象文字として、最終的には当用漢字、ひらがな、カタカナ、記号を含むこと
- (5) 新字、略字、および個人的なくせ字の登録が可能なこと
- (6) 入力文字の幾何学的、位相的変形に対して、安定な認識ができること
- (7) 対話的処理の性質から、リジェクト以上に誤認識を減らすこと
- (8) 実験システムとすること、誤認識、リジェクトの理由が突きとめられること
- (9) 日本語文字の適切な表現を研究すること

以上の要求から、認識方式としては、略字やなくせ字に対して統一対応がとれる可能性のある、構造解析的手法を用い、文字表現としては、ユーザが新字、略字の定義を追加できるようにデータの形でもち、拡張性のある文字辞書を採用することとした。

4. JOLIS-1に至る研究経過

JOLIS-1は、予備実験システム、JOLIS-0の開発研究をもとに、設計、試作されたシステムである。ここに、JOLIS-1に至る過程を、そこで得られた知見を中心述べる。

4.1 ハードウェア環境

処理装置として、H-10II/Aミニコンピュータを用い、主メモリ32KB、約2.5x2MBのディスクを装備している。文字の入力用には、分解能0.1mm、サンプリング率100点/秒のタブレット、出力用にはCRTディスプレイ、及びハードコピーを用いている(その構成を付録図1に示す)。入力ペンには、タブレットとの圧着情報を出力するために、マイクロスイッチが組み込まれている。しかし、その遊びが大きく、普通の大サイズの文字が書きにくいため、文字記入の枠は2cm x 2cmである。

4.2 予備実験システムの成果と問題点

予備実験システムは、1979年度の卒業研究で作成されたシステムである。^{(7),(12)}その認識方式の概略は、図1に示すように、入力筆点座標系列からストロークの種類を識別し、入力文字のストローク列から文字辞書を引く。それで文字が一意に決まらない場合は、ストロークの位置関係(付加条件)を調べ文字を決定する。また、以下の問題に対し、それぞれ対処した。

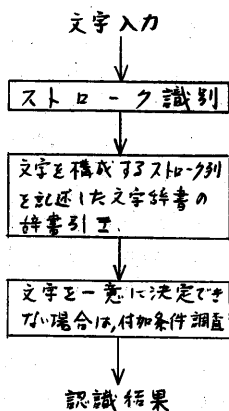


図1. 予備実験システムの処理の流れ

問題を回避するために、隣り合う2方向どちらのストロークともマッチするストローク(オーバーラッピング・ストローク)を導入して、文字表現の個数の爆発を防いだ。

このシステムは教育漢字、カタカナを対象文字とし、その調査から、8個の単純ストローク、9個の角を含む複合ストローク、そしてオーバーラッピング・ストローク8個の基本ストロークを設定した。そして、カタカナと小学校1,2年で習う漢字に対して認識実験を行った。予備実験システムで得られた知見を以下に列記する。

- (1) オーバーラッピング・ストロークのために文字辞書を教育漢字で $1/30$ 程度にすることができた。
- (2) 角の検出に筆速情報を用いたが、これは安定な情報でないことが解った。角の付近で筆速が低下するという実験データに基づいて試みたが、結局ストロークの太さの深さを測る等、様々のテストで補わざるを得なかった。ストロークの形状に基づいたストローク識別が必要である。

4.3 JOLIS-0 の成果と問題点

JOLIS-0 は予備実験システムと基本的には同じ処理の流れに従う。しかし、以下のような点で異なる。

- (1) 認識対象文字を教育漢字とカタカナとする。
- (2) ストローク識別のために前処理とセグメント化処理を行う。
- (3) 認識のモニタリング機能として、入力文字のストローク列情報を表示する。

4.3.1 前処理

セグメント化処理において、入力ストロークの形状を安定に抽出できるように、まず次の順で前処理を行う。

- (1) 平滑化 $X_i = \frac{3}{4}X_{i-1} + \frac{1}{4}X_i$ (X_i, Y_i) : i 番目の入力筆点の原座標
 $Y_i = \frac{3}{4}Y_{i-1} + \frac{1}{4}Y_i$ (X_i, Y_i) : 平滑化後の座標

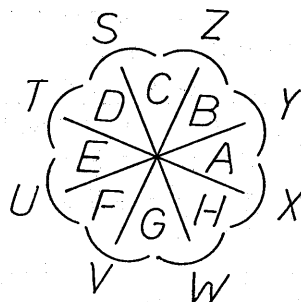
- (2) 間引き処理(thinning)

$(X_i, Y_i) = (X_j, Y_j)$ if $|X_j - X_{j-1}| \geq \Delta$ and $|Y_j - Y_{j-1}| \geq \Delta$, $\Delta = 0.4_{mm}$
 (X_j, Y_j) : 平滑化後の座標, (X_i, Y_i) : 間引き処理後の座標

- (1) 筆順はあまり安定な情報ではない。
これに対処するために誤った筆順の文字も登録した。

「」が正しいが、人はよく「」と書く

- (2) 角のないストローク(単純ストローク)は8方向に分類したが、その境界付近に書かれるストロークを含む文字は1本のそうしたストロークにつき、表現が2倍必要になる。たとえば、「木」について、木(AGGG), 木(AGFH), 木(AGGH), 木(AGFG)が必要になる。この



A ~ H : 8方向分割
S ~ Z : オーバーラッピング・ストローク

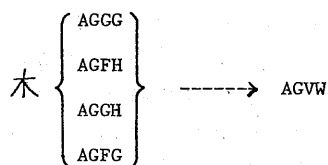


図2. オーバーラッピング・ストロークとその効果

平滑化の重み, 間引き処理の窓枠 Δ , 及びこの二つの処理の順序について, 様々な実験をした結果, 入力パタンの変形が少なく, 次に述べるセグメント化処理でセグメント数の圧縮度が高いものを選んだ。²⁾

4.3.2 セグメント化処理

前処理された座標系列を θ 方向ベクトルの列に分解する。JOLIS-0では次のような方法を考案した。³⁾ まず, 座標系列の進行方向が, 図2の θ 方向分割とは22.5度ずれた θ 方向分割の境界を横切る点で分割する(セグメント化処理フェイズ1)。分割されたセグメントの方向は, 図2の θ 方向分割で分類する。そして, 連続した二つのセグメントが同一方向になるならば一つにまとめる(セグメント化処理フェイズ2)。この処理によって, わずかに揺らいでいるストロークが不必要に多くのセグメントに分割されるのを防ぐことができた。

以上までの処理の例を付録図2に示す。

4.3.3 ストロークの識別

セグメント化処理の後, ストロークを転回が始まるセグメント, 転回方向, 転回の終わりのセグメントの系列で表現する。そして転回を含まないものは, その方向の単純ストロークとし, 転回を含むものは, こうしたストロークの同型式とした標準パターンマッチングをとることによって, ストロークを識別する。

ここで, ストロークの表現型式として, セグメント列ではなく, その転回情報を用いたのは, その方が安定な情報だからである。同一のストロークでもセグメント列の変化はかなりのある。しかし, その方向変化(微分的記述)はより安定した情報である。また, ストロークをセグメント列とその転回情報を用いてデータで表現したのは, ストローク記述の柔軟性を得るためである。

4.3.4 認識実験

認識実験が3人の被験者に対して行われた。その結果を表1に示す。認識時間は平均2~3秒である。認識実験, 及びJOLIS-0の評価を行うためには, 多人数から収集した文字データをベンチマークとして登録しておいて, それに対する認識率を調べることに望ましい。しかしながら, この実験を行なった際には, ベンチマークを作成できなかったため, 不十分な実験となった。誤認識, リジェクトの理由を以下に示す。

- (1) 辞書にない筆順や字体で書かれた。これがリジェクトの $\frac{2}{3}$ を占めた。(図4.a)
- (2) 第1セグメントがペンのスイッチの遊びのために入力されなかったり, 前

(a) 馬

?

(b) 退

?

(c) 退

?

(d) 暑

?

I=4 J=3 KAKU=10
CODE => GAAGIGGG

I=6 J=2 KAKU=9
CODE => IAAKFHMA

K(6)→G(4)

I=5 J=2 KAKU=8
CODE => IAAKFHMQ

P(2)→Q(4)

I=1 J=1 KAKU=7
CODE => LAAAFH

M(3)→L(2)

(e) 序

?

(f) 温

?

(g) 線

?

(h) 路

?

I=7 J=2 KAKU=7
CODE => GAGIKAG

I(2)→A(→)

I=3 J=2 KAKU=12
CODE => HKKGGHGAAGIGA

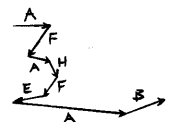
B(7)→K(↘)

I=8 J=1 KAKU=15
CODE => HKKGGHGAAGIGA

H(↘)→K(↘)

I=7 J=4 KAKU=13
CODE => GAGIKAG

A(→)→H(↘)



↓

A(R)F(L)A(R)E(Rev)A(L)B

(R): 右転回

(L): 左転回

(Rev): 反転

図3. 「3」の表現

表1. JOLIS-0の認識実験結果

書かれた文字	2517字	
正しく認識された字	1816字	72.1%
リジェクトされた文字	641字	25.5%
誤認識された文字	60字	2.4%

図4. JOLIS-0におけるリジェクト例

処理、セグメント化処理が効き過ぎたため角情報が欠落して、複合ストロークが単純ストロークで別の複合ストロークに誤認識された。(図4. b, c, d, e)

- (3) おさえでは相等のストロークの修飾が検出されて、ストロークが誤認識された。それらの中には目に見えないほど小さいものもあった。(図4. f, g)
- (4) 単純ストロークの方向が辞書に登録されているものと異なっていた。(図4. h)

4.3.5 JOLIS-0で得られた知見

- (1) 短い直線ストロークの書かれた方向は不安定である。
- (2) 角を持つストロークの中には、前処理、セグメント化処理で角情報が欠落してしまう場合がある。一般に、前処理の効果はストロークの後になり程大きい。一方、ストロークの始まりではおさを検出してしまふ。
- (3) 他のストロークが正しく認識されているにもかかわらず、1本のストロークの認識が正しく行えなかったために、入力文字の認識に失敗する例が多かった。認識に距離を導入する必要性が痛感された。
- (4) 入力文字のストローク列表示だけでは不十分である。セグメント列の情報も必要である。
- (5) 付加条件の判定を手続きで行ってしまった。これはJOLIS計画の基本方針にも合わず、実際、付加条件の追加、変更は容易ではなかった。
- (6) ペンチマーク用データベースを用いた評価を行わなければ、JOLIS計画の着実な進歩は望めない

5. JOLIS-1の構成

JOLIS-1は、2つの実験システムで得られた知見に基づいて設計された。その処理の流れはJOLIS-0と同じ(図5)であったが、JOLIS-0で明らかにされた問題点の解決を試みることと念頭に置いた。また、対象文字に、ひらがな、句読点、かぎか、こを加え、本方式が適用できる字種の範囲を知ることと目的とした。さらに、英数字、記号入力のために、ペンチマーク入力機能を付けた。JOLIS-1開発の基本方式をまとめると、

- (1) 日本式入力方式として、オンライン手書き文字認識を採用するフィジビリティ・テストとする。
- (2) 漢字、カタカナ、ひらがな、記号の混在した対象文字を認識する。よく見られる略字も加える。
- (3) 筆順の誤った文字、個性的な文字も、ユーザが認識対象文字に加えられるようにする。文字辞書の拡張に際して、内部構造を知らなくても可能なように、新字登録部を作成する。
- (4) 必要に応じて、入力文字のストローク列、セグメント列も見られるようにする。

認識処理としてJOLIS-0と異なった点は、

- (1) ストロークのおさえ、付けをストローク識別の前に除くするために、前処理後のストロークの始点と終点に正方形のマク(間引き処理における $\Delta=0.8\text{mm}$)をかける。これにより、本来あるべき短いセグメントを除去してしまう恐れはあるが、その場合は、それが除去されたストロークによる文字の表現を加えるか、あるいは、後述する距離の採用で救済する⁴⁾。
- (2) ひらがな用のストロークを加える。

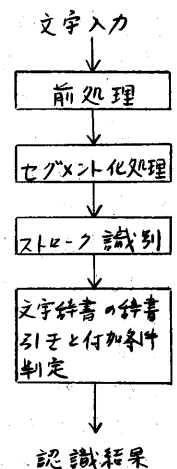


図5. JOLIS-1の処理の流れ

(2) ストローク間の距離を設定する。文字と文字の距離は単純に、構成ストローク間の距離の総和とする。

(4) 付加条件をデータで表現する。

(5) 同一字体(カタカナの「ア」と漢字の「ア」等)の区別のために、文字が書かれた位置を判定する。JOLIS-1では同一字体文字を判別するために、それらに対しては文字枠内の書く位置(たとえば、小文字は枠の下半分に書く)を指定している。

ただし、前処理、セグメント化処理は継続検討事項として、そのまま用いた。項目、(2)、(3)、(4)について以下で詳しく述べる。

5.1 ストローク識別処理

JOLIS-1では対象文字にひらがなを加えたので、JOLIS-0のストローク認識の手法がどの程度ひらがなに適用できるかを見る実験を行った。その結果、前処理、セグメント化処理は、ひらがなのストロークの形状抽出にも使えることを確認した。その一例を付録図3に示す。JOLIS-0では、セグメント列の転回情報を抽出して、もし転回を含めば、ストローク辞書の標準パターンとマッチングをとってストロークを決定する。したがって、ひらがなを加えるに際して、ひらがな特有のストロークをこの辞書に登録するだけで済んだ。JOLIS-1のすべての基本スト

表2. JOLIS-1の基本ストローク

Stroke Category	code	Shape	Stroke Category	code	Shape
STRAIGHT STROKE	A	→	CURSIVE OR COMPOUND STROKE FOR HIRA-GANAS	HA	㇏
	B	↗		HB	㇏
	C	↑		HC	㇏
	D	↘		HD	㇏
	E	←		HE	㇏
	F	↙		HF	㇏
	G	↓		HG	㇏
	H	↖		HH	㇏
CURSIVE OR COMPOUND STROKE	I	㇏		HI	㇏
	J	㇏		HJ	㇏
	K	㇏		HK	㇏
	L	㇏		HL	㇏
	M	㇏		HM	㇏
	O	㇏			
	P	㇏			
	Q	㇏			

表3. ストローク辞書

Number of Segments	Stroke Code	Representation of Stroke
1	A	A
	B	B
	C	C
	D	D
	E	E
	F	F
	G	G
	H	H
	I	I
	J	J
	K	K
2	HA	H-A
	HB	B-A
	HC	C-A
	HD	D-A
	HE	E-A
	HF	F-A
	HG	G-A
	HH	H-H
	HI	I-H
	HJ	J-H
	HK	K-H
3	L	L
	O	O
	P	P
	Q	Q
	R	R
	S	S
	T	T
	U	U
	V	V
	W	W
	X	X
4	HA	H-A
	HB	B-A
	HC	C-A
	HD	D-A
	HE	E-A
	HF	F-A
	HG	G-A
	HH	H-H
	HI	I-H
	HJ	J-H
	HK	K-H
5	P	P

ロークを表2に、そして、ストローク辞書を表3に示す。転回を含む入力ストロークは、この表を転回の個数別に上から検索して、最初にマッチしたストロークと識別される。じれともマッチしないストロークはJR(ジョーカー)ストロークとされる。表中新しく現れた、(RL)、(LL)はそれぞれ、左まわりのループ、右まわりのループを示す。ループは、転回の始めと終りのセグメントの方向差が6以上(隣り合うセグメントの方向差は1)のとき検出される。

なお、本方式において、入力文字の幾何学的変形を吸収するのは、このストローク識別までの段階で

S₁~S₂: 図2に示した方向

で、S₁から左まわりにS₂までのどのセグメントともマッチングがとれることを示す。

? : すべてのセグメントともマッチングがとれることを示す。

* : このあと、どのようなセグメント、転回があってもよいことを示す。

ある。したがって、幾何学的変形に対する許容度はこの段階までで決まる。

5.2 距離の設定

JOLIS-0で得られた知見(3)に基づいて、ストローク間に距離を設定した。²⁶⁾ その一部を表4に示す。入力ストロークがJRの場合、どの辞書内ストロークとも距離1を設定している。

ただし、この距離の設定値は現在調整中なので、その最終的な値は別の機会に述べる。

5.3 付加条件

ストローク列が一致する文字(同ストローク列文字)を判別するために用いる付加条件は座標の大小判定と、セグメントと点の位置関係である。たとえば、「士」と「土」と「エ」を区別する付加条件は、図6のようになる。入力文字は、まず関係部の各関係について調べられる。その結果と文字を決める付加条件がマッチすれば、その文字に決定する方式である。

6. JOLIS-1の成果と問題点

JOLIS-1は現在調整を始めたばかりのシステムである。したがって、ここで評価を下すのは適当ではないが、作成者で認識実験を試みて感じたことを列挙する。

6.1 現在の性能

対象文字1162字に対して、表現数2702個、表現数/文字=2.5、文字辞書のサイズ30KB、認識時間0.7秒。認識例を図7に示す。

また、認識実験の結果を表5に示す。誤認識のほとんどは筆順の未登録による。しかし、一部付加条件の変更を要するものもあった。今後、表現数を増やしていった際の、表現数/文字と認識率の関係を見る必要がある。

6.2 ストローク列表現の特徴

画数の多い文字では、筆順に少しぐらい誤りがあっても距離を使って正しく認識される。しかし、画数の少ない文字では、小さい距離の間に文字がひしめいており、同ストローク列文字も多い。その結果、付加条件が文字を判定する主条件になっている。²⁶⁾

(図8参照)。画数の多い文字は、ストローク列だけでも十分判別がつく。しかし、低画数の文字では、ストロークの位置関係を使わざるを得ない。また、低画数の文字では、おとえ、はねに

表4. ストローク間の距離

辞書内ストローク	距離が1の入力ストローク	距離が2...
I(フ)	F, G, H, A	
J(ハ)	なし	
K(セ)	G, H	
L(子)	I, K	
M(ミ)	なし	
O(ウ)	I	
P(エ)	なし	
Q(ス)	なし	
...	...	...

関係	文字	士	土	エ
B(1) < B(2)	Y	Y	N	
B(1) < B(3)	Y	N	N	

Y: 満足する N: 満足しない
B(N): 第Nストロークの座標
< x1y1 x2y2座標の大小判定

図6. テクによる付加条件判定

日本文入力システムの
一方式として、「漢字
仮名まじり文」を対象
とした手書き文字認識
実験に関し報告する。

図7. JOLIS-1の認識例
2行目で「し」の認識に失敗している。「レ」と区別がつかなかったため。

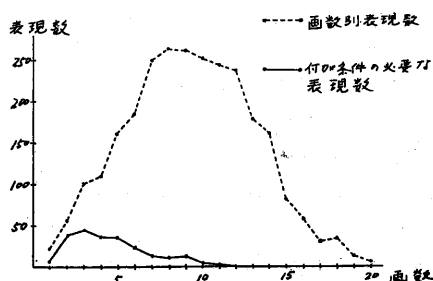


図8. 画数別の表現数

表5. JOLIS-1の第1次認識実験

被験者	A	B	C
ひらがなの認識率	90%	83%	97%
カタカナの認識率	92%	85.8%	93%
漢字の認識率	85%	90%	91%

注) 被験者Cはひらがなストロークの定義を担当した。

6.3 ストリック修飾の除去方法

休 休 際 際
 2 ? 1 際
 I(z) → F(z)
 (a) (b)

図中 数字は、認識に使われた
距離値を表わしている

6.4 ひらがな追加の問題

表6. 同一セグメント列文字の組

う	こ	し	っ	ち	ク	ナ
ラ	ニ	レ	フ	チ	ワ	十

6.5 距離の効果

制 制 張 張 農 農
1 制 2 張 3 農

図 10. 距離を使った認識例

追 追

8STROKE Q F G F E A (F 1 G 2 E 0 A)
P(Z) → Q(Z)

進 進
2 進

10STROKE L A H F A (A 2 F 1 A)
P(Z) → L(Z)

図11. 距離の設定値を再考させる例

適切な距離を設定するためには、データベースを基に、あるストロークがどのストロークにどのくらいの割合で誤認識されるかを求めなければならない。

6.6 短いストロークの問題

短いストロークの不安定さを距離で扱うのは一つの対策である。しかし距離を導入することは、リジェクトを減らし認識率を上げる一方で、誤認識を増す悪影響をもつ。我々は予備実験システム以来、方向が不安定なストロークに対処するためにオーバーラッピングストロークを採用しているが、それを一層拡張して、上向き、左向き、右向きのストローク等を設定する手法も考えられる。距離は、文字の表現とどの特徴の次元にも一様に広げる効果をもつ。一方、オーバーラッピングストロークは、特定の特徴について表現を広げる効果をもつ。この両者うまくかみ合わせることが必要だろう。

6.7 筆順の問題、た、あるいは、略された部分ボタン

ある部分ボタン(偏旁等)を誤った筆順で(あるいは、略して)書く習慣を称しているとき、その部分ボタンを含むすべての文字で認識してもらえない結果となる(図12)。

JOLIS-1でこれらの文字を登録するためには、それらの文字一つ一つについて、自分の筆順(略字型)を辞書に加えなければならない。しかし、もしこれらの文字が以下のように記述されていたならば、「ヨ」だけに自分の

$P_{ヨ} = \text{非}$, $\text{俳} = \text{イP}$, $\text{悲} = \text{悲}$, $\text{罪} = \text{罪}$

非	非	非	俳	俳
	1音		3音	
悲	悲		罪	罪
3音			4音	

ボタンを加えれば済む。これは文字の階層的記述がもたらす利点である。

図12. 「ヨ」が含まれる
文字の認識

7. ハードウェア環境の改善

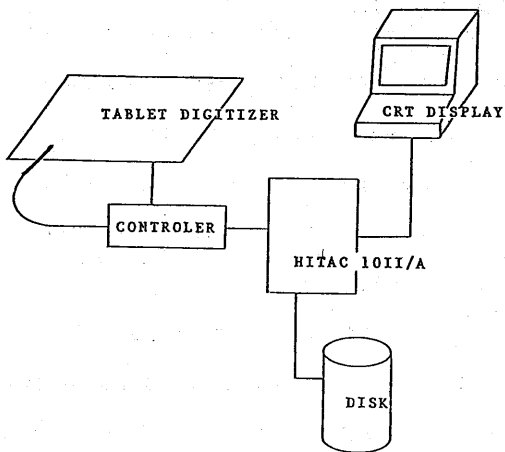
現在我々が用いているハードウェア環境は、以上に述べてきた我々の方針を実現するには不十分である。主メモリの制限により文字辞書を常駐させることができず、二次メモリの容量不足により、実用的データベースの開発が困難になっている。そこで、現在開発中の新しいハードウェア環境⁽¹⁾を利用することにした。プロセッサはMC68000を採用し、主メモリ2MB、ディスク50MB、及びフロッピーディスクを装備する。また、入出力機器としては、手書き入力タブレットの接属、及び清書装置としてのレーザビームプリンタLBP-10のインタフェース開発、及び接属を完了した。本研究の最終目標の一つは、日本入カシステムの研究開発である。したがって、これらの特殊入出力機器をどう生かすかの研究も必要である。LBP-10のインタフェースには、別に1個のMC68000とフレームメモリ1MBが装備しており、将来は清書ソフトウェアをROM化して、インテリジェント清書装置とする予定である。しかし、そのことについての記述は別の機会に譲ることとする。ハードウェア構成を付録図1に示す。

謝辞

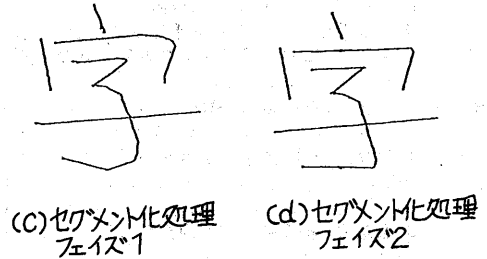
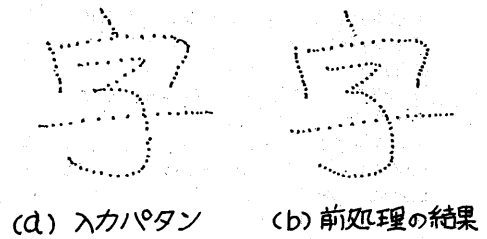
本研究を進めるにあたって、様々な助言を頂いた当学科の教職員に感謝する。特に、第7節で述べた開発は、阿刀田助教、鶴沢助手の指導、協力が得られなければ不可能であった。また、その下で研究開発を担当した学部4年生の池田、伊藤両君、手伝ってくれた大学院生の五十嵐 智君、予備実験システムの研究を行った五十嵐 道弘君にも感謝したい。

参考文献

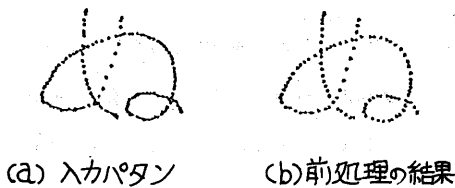
- [1] 青木克朗：“オンライン手書き文字認識に関する研究”，東京農工大学卒業論文(1981)
- [2] 青木克朗他：“オンライン手書きストロークの前処理(雑音除去)について”，情報処理学会第22回全国大会予稿集，pp. 687-688
- [3] 青木克朗他：“手書き入力線分の安定なセグメンテーションについて”，昭和56年度電子通信学会総会全国大会，5-354(1981)
- [4] 青木克朗他：“オンライン手書き文字認識システムJOLIS-1の前処理とストローク抽出について”，情報処理学会第23回全国大会予稿集，pp. 681-682(1981)
- [5] 荒川弘熙，増田 弘：“手書き文字のオンライン認識”，電子通信学会論文誌，vol. J59-D，no. 11，pp. 809-816(1976)
- [6] Ikeda, K., T. Yamamura, Y. Mitamura, S. Fujiwara, Y. Tominaga and T. Kiyono: "On-line Recognition of Hand-Written Characters Utilizing Positional and Stroke Vector Sequences", Pattern Recognition, vol. 13, no. 3, pp. 191-206(1981)
- [7] 五十嵐道弘：“オンライン手書き文字認識”，東京農工大学卒業論文(1980)
- [8] 小高和己，増田 弘：“文字の筆順に依存しないオンライン文字認識法の検討”，電子通信学会研究会資料PRL 79-28(1979)
- [9] 小高和己，荒川弘熙，増田 弘：“ストロークの点近似による手書き文字のオンライン認識”，電子通信学会論文誌，vol. J63-D，no. 2，pp. 153-160(1980)
- [10] 柏岡誠治，岩岡裕志：“手書き漢字のオンライン識別”，電子通信学会研究会資料AI71-103(1973)
- [11] Kato, O., T. Fujita, M. Niwa, T. Morishita, N. Fujii and J. Tanahashi: "A Handwriting Input System for Japanese", Proc. of IFIP 80, Tokyo(1980)
- [12] 北原義典，磯道義典：“方向余弦DPマッチングによる手書き「常用漢字」オンライン認識システム”，電子通信学会論文誌，vol. J64-D，no. 11，pp. 1013-1020(1981)
- [13] 木村慎一：“オンライン手書き文字認識”，東京農工大学卒業論文(1980)
- [14] 木村慎一他：“オンライン手書き文字認識システムJOLIS-0について”，情報処理学会第22回全国大会予稿集，pp. 861-862(1981)
- [15] 木村慎一他：“オンライン手書き文字認識システムJOLIS-1の構成と評価”，情報処理学会第23回全国大会予稿集，pp. 677-678(1981)
- [16] 高橋延匡：“オンライン手書き文字認識システムを用いた日本語文書作成システムについて”，情報処理学会第22回全国大会予稿集，pp. 859-860(1981)
- [17] 高橋延匡：“日本文入力の現状と展望”，情報処理学会「日本文の入力方式」シンポジウム，pp. 5-17(1981)
- [18] 武部桂史他：“MC68000アドレス空間の問題点と構成方式”，情報処理学会マイクロコンピュータ研究会資料19-1(1981)
- [19] 寺井秀一：“日本語文字パターン情報のオンライン認識に関する研究”，京都大学博士論文(1973)
- [20] Nakagawa, M., S. Kimura, N. Takahashi: "A Japanese On-Line Input System(JOLIS-0) and Its Successors", Proc. of ICC, Hong Kong(1980)
- [21] 中川正樹他：“オンライン手書きストロークの8方向ベクトルへの分解について”，情報処理学会第22回全国大会予稿集，pp. 689-690(1981)
- [22] Hanaki, S., and T. Yamazaki: "On-line Recognition of Handprinted Kanji Characters", Pattern Recognition, vol. 12, pp. 421-429(1980)
- [23] 藤原塩和，池田克夫，富永善治，清野 武：“接線ベクトル列を用いたオンライン手書き文字の認識”，情報処理，vol. 17, no. 3(1976)
- [24] 真鍋俊彦：“オンライン手書き文字認識に関する研究”，東京農工大学卒業論文(1981)
- [25] 真鍋俊彦他：“JOLIS-0におけるストローク辞書の構成と辞書引きについて”，情報処理学会第22回全国大会予稿集，pp. 863-864(1981)
- [26] 真鍋俊彦他：“オンライン手書き文字認識システムJOLIS-1の文字表現について”，情報処理学会第23回全国大会予稿集，pp. 679-680(1981)



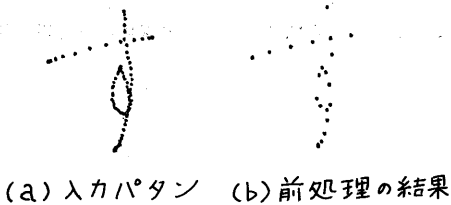
付録図1 現在のハードウェアシステム構成



付録図2 漢字に対する前処理,セグメント化処理の効果



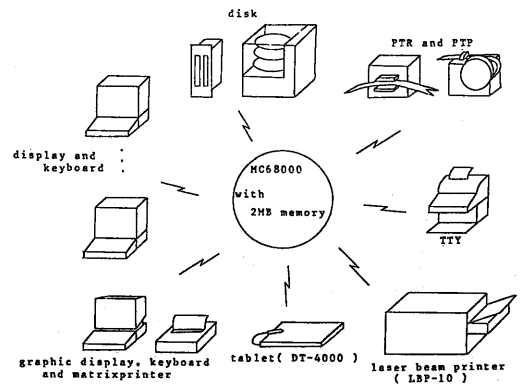
付録図3 平仮名に対する前処理,セグメント化処理の効果



付録図5. ループのつづきの例

入力パターン	セグメント化処理フェイズ1	セグメント化処理フェイズ2

付録図4 同一セグメント列文字の一例「フ」と「フ」



付録図6. JOLIS後継システムのハードウェア環境