

オンライン手書き文字図形 入力編集法

戸井田 徹 木村 義政
N T T 電気通信研究所

本報告では、オンライン手書き文字認識を基礎とし入力から編集まで一貫した操作で文書作成を行う方式における、試作実験システムの概要、入力制限を緩和する文字認識法、手書き編集記号（図形コマンド）を用いる文字編集法、について述べる。文字認識では、辞書パターンของ strokes を結合し、函数変動パターンを生成する方式を提案し、函数変動を含む文字について98.2%の認識率を得、本方式の有効性を確認した。また、類似文字の特徴に着目した識別法により、文字種が混在した場合も安定した識別が行えることを明らかにした。文字編集では図形コマンドによる編集法、および、他方式との操作時間の比較から本方式が効率的で入力と編集を一貫した操作で行えることを示した。

"Hand Written Document Input Method Using
Online Handwritten Character Recognition"(in Japanese)

by Tooru TOIDA, Yoshimasa KIMURA
(NTT Electrical Communications Laboratories, Yokosuka-shi, 238-03, Japan)

Typewriting is not as common in Japan as in Western countries. Online handwritten character recognition is suitable for Japanese. This method can be possible to input Chinese characters, hiragana, katakana, etc. into a computer without much training. This paper describes character recognition algorithm that is high recognition accuracy and relaxation in writing restriction, and script editing method which makes us possible to edit text as the same editing manner as an ordinary text editing.

化アルゴリズム、および片仮名や平仮名などの混在認識を可能にする、類似文字の詳細識別についての検討結果を、編集では入力と編集の統合を図るため、従来の紙とペンによる文書作成をモデルとした手書きの図形コマンドによる編集法を述べる。

2. システム概要

実験システムは、ミニコン（約4.5MIPS）を中心とし、表示装置に高解像度カラーグラフィックターミナル、入力装置に分解能0.1mm、サンプリング100点/秒のタブレットを接続した構成である（図2）。認識ユニットは、リアルタイムシミュレーションのとき文字認識を高速で行う。タブレットからの座標値はグラフィックターミナルとミニコンに同時出力され、リアルタイムでタブレットの筆記に追従したストローク表示を行う。

本システムの処理は5つのモジュールから構成される（図3）。前処理部では、1）タブレットからの座標点列をもとに、ストローク単位のデータへの変換、2）文字入力モードと図形入力モードの切替え制御、3）図形コマンドの認識と結果の編集部への出力、4）文字の切出し、5）筆跡を表示するため座標データの表示制御部へ出力、を行う。

文字認識部では、1文字単位でパターンマッチング法による認識を行い、結果を編集部へ出力する。リジェクト候補文字がある場合はそれら候補文字も出力する。図形認識部では隣接線分構造解析法³⁾により幾何学図形の認識を行う。文字と図形の認識処理は独立して行われる。

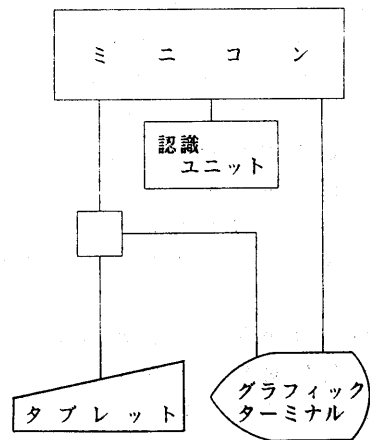


図2 システム構成

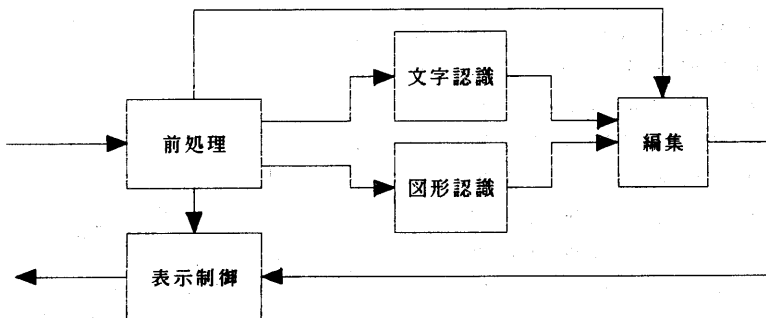


図3 処理概要

編集部では前処理部からの図形コマンドにより文字、図形の編集処理を行う。表示制御部では筆跡データのインキング、インキングと認識結果の切替え、図形表示位置の制御を行う。

3. 文字認識

3.1 処理の流れ

文字認識は大分類処理、詳細識別処理、後処理の3つのモジュールと、標準辞書、詳細識別判定テーブルの2つのファイルから構成される(図4)。大分類処理では、入力パターンと辞書の標準パターンとのマッチングを行い候補文字を順位を付けて出力する。詳細識別では、あらかじめリストされている類似文字につき、他の特徴を付加し、識別を行う。詳細識別の対象外の文字は大分類の結果が後処理へ出力される。後処理では、認識された文字のうち距離の小さい順に出力順序を決定する。

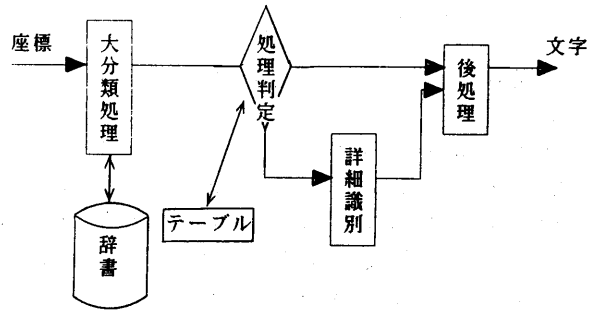


図4 文字認識処理の流れ

表1 入力条件

資料	条件(ガイド)	サンプル数
A	楷書体, 常用漢字(丁寧)	40人
B	自由, 常用漢字(通常)	12人

筆順の自由化および画数変動の救済は大分類処理で、類似文字の識別は詳細識別処理で行う。

3.2 文字品質

入力制限緩和の目標設定と認識アルゴリズムの開発のため、異なる入力条件における文字品質の評価を行い、その結果を図5に示す。本実験は、表1に示す条件で収集したデータの画数変動の分布を求めた。資料Aの楷書体の入力条件において、正しい画数で筆記される文字は83%であり、入力制限の緩和には、画数変動の救済が重要である。画数変動を生じた文字において、楷書の制限を付けた場合、文字パターンの変形は少なくストロークの対応付けを可能にすることでパターンマッチン

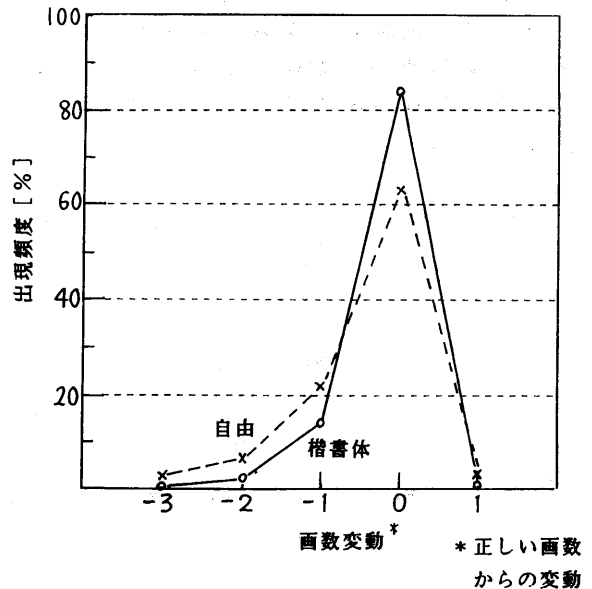


図5 手書き文字品質

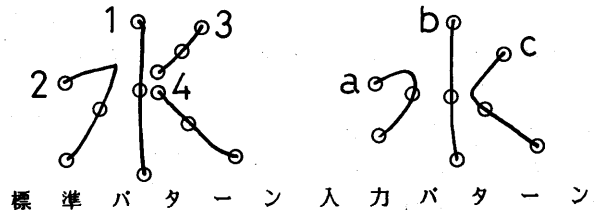
グにより認識が行える見通しを得た。一方、資料Bの入力制限のない場合は、画数変動にともなう文字パターンの変形が大きく、その変形も個人ごとに異なり傾向が安定しないことから、個人用に最適化した認識法が必要と考えられる。したがって、対象を不特定者に拡大する場合にも、楷書体入力条件は必要と考え、本報告では、画数制限の緩和は、楷書体の条件の下でのデータを対象とする。

3.3 大分類処理

大分類処理の基本はストロークを多点近似したものを特徴として用いるパターンマッチング法による認識である⁴⁾。標準パターンの各ストロークと入力パターン全体の全ストロークとの特徴点間の距離を計算し、距離が小さい順に候補文字とする。筆順の自由化は、標準パターンの1つのストロークに対して、全ての入力ストロークとの距離を計算し、その値が最小のものを対応付ける処理により、任意の筆順で書かれてもストロークの対応付けが行える。

画数変動の救済は、標準パターンからストローク結合したパターンを生成する方法(ストローク結合法)とした。図6にストローク結合法の原理を示す。実際に筆記された文字の分析から、ストローク結合を生じやすい部分を抽出し、その結果を辞書の各標準パターンのストローク結合フラグに格納する。認識では、辞書に登録されている標準パターンに続き、ストローク結合フラグにもとづき生成したパターンについてもマッチング処理を行うことで、画数の変動を吸収する。

本方法による認識結果を図7に示す。評価実験は、筆順と画数を固定して収集したデータと



標準	入力				
	フ	丨	く		
0	丨	丨	d 11	d 12	d 13
0	フ	フ	d 21	d 22	d 23
0	丨	く	d 31	d 32	d 33
1	く	く			

d_{ij} : 特徴点間の距離

↑ ストローク結合フラグ

図6 ストローク結合法

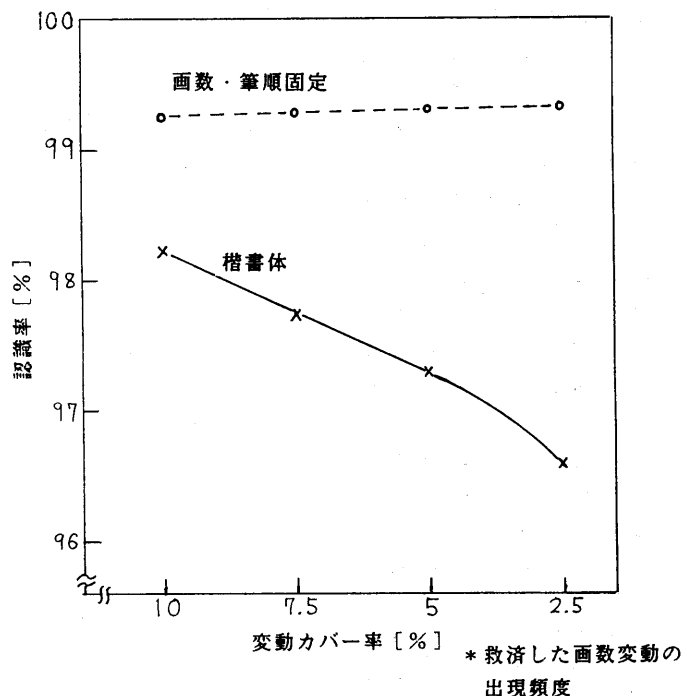


図7 ストローク結合法による認識率

楷書体の制限だけの条件で収集したデータについて行った。画数変動の救済対象は、3.2項で述べた文字品質のデータを分析し、出現確率が2.5%、5%、7.5%、10%のレベルに分け、各レベルの認識率を求めた。画数筆順固定したデータの認識率の低下は少なく、画数変動の対象を拡大すると楷書体のデータの認識率は98.3%まで向上する。すなわち、きれいに筆記されたパターンとの認識率に悪影響を与えず、画数変動を含む文字に対して認識率の向上に効果がある。本方式は、パターンを追加する方式に比べ辞書の容量を増加せず、画数変動に対処できるため、実用的な入力制限の緩和の方法として有効である。

表2 類似文字の分類

タイプ	着目点・特徴点		主な類似文字
1	特徴点数を増す		お む
2	ストロークの 相対位置	ストロークの 始点の比較	己 巳
		ストロークの 交点と始点の比較	オ オ
3	ストローク内 筆点の相対位置	ストローク内 の特定方向の有無	つ フ
		XまたはY 座標の比較	千 チ

3.4 類似文字識別

詳細識別は、類似文字の特徴に着目して、3つのタイプに分類し各タイプごとに識別アルゴリズムを開発した⁵⁾。識別に用いた特徴と、主な類似文字の例を示す(表2,

図8)。タイプ1は、平仮名などで多く生じるものでストロークの近似点数、すなわち特徴点が少ないため識別ができない例である。これは、特徴点を増加することで対処する。

タイプ2は同じ形状のストロークがわずかに異なる相対位置関係にあるものである。これらについては、ストロークの始点の比較やストロークの交点と始点に着目して識別を行う。

3のタイプは極めて良く似た形状のストロークが同じ相対位置にあるもので、これらについては、ストローク内の特定方向の有無、例えば8方向での

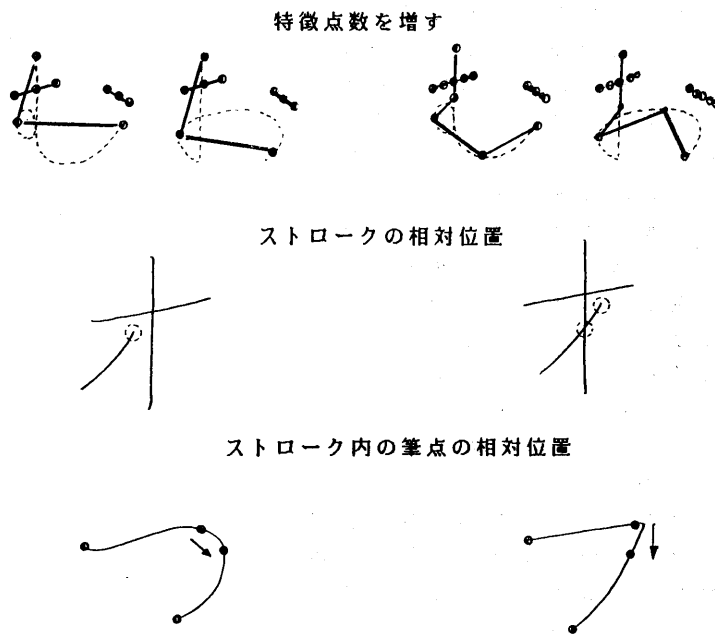


図8 詳細識別の例

7の出現の有無により識別する。これらの詳細識別により画数の少ない、平仮名、片仮名、英字が安定して識別できるため、文字種の指定の制限を緩和し混在入力が可能となる。

認識アルゴリズムの評価結果を表3に示す。評価には、2種のデータを使用した。Aは画数を指示して1文字ずつ収拾したデータによるもので、Bは新聞社説を対象にしたフィールドデータである。本方式とは、入力制限を緩和した方式で、従来例とは、画数を固定とし、詳細識別を行わない方式である。Aでは99.8%の認識率が得られた。方式による差が少ない原因は、詳細識別の対象カテゴリが全体の2.1%であるためである。詳細識別の対象カテゴリのみに着目すると、5%の向上が図れ、本方法は文字種が混在したときの認識に有効である。Bにおいて、本方式の効果が大きい理由として、平仮名、片仮名など使用頻度の高い文字に対して詳細識別の効果があるためと考えられる。また、実験AとBとの認識率の差は、Aはテキストを見ながら画数を指示しているため、字形変形が少ないことが推定される。

表3 詳細識別による認識率

実験	正 認 識 [%]		記 事
	本方式	従来方式	
A 1文字 画数指示	99.8 (91.2)	99.7 (85.9)	()は類似文字のみを対象
B 新聞社説 楷書体	98.3	94.1	

4. 図形コマンドによる文字編集

本方式は、素人でも簡易で、かつ、習熟しやすいことを目標に、従来行われている紙とペンによる文書編集をモデルとした。編集は手書きの図形コマンドを用いて行う。編集機能としては、基本的な削除、挿入、移動、複写の4つとし、各記号は、文字認識に影響を与えない、筆記が容易であり、高速で安定した認識が行えることを基準として選択した。図形コマンドと基本的操作の例を図9に示す。

図形コマンドは、全て1ストロークとし、必ず文字枠と2箇所以上の交点を持つ形状とした。削除は該当文字の上に、左右の文字枠を横断する図形コマンドの筆記で行う。挿入は、まず挿入位置を指示し、挿入文字を筆記後、挿入終了を示す記号を筆記する。

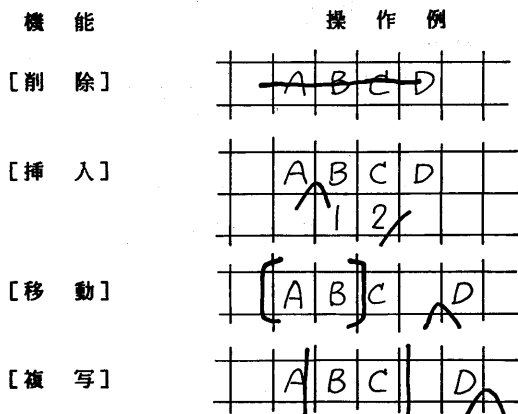


図9 図形コマンド(文字用)

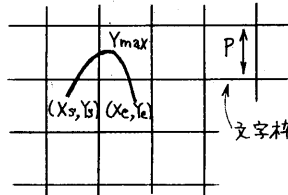
移動と複写は同じ操作で、移動する文字列を手書き記号で囲み、続いて移動位置を筆記する。

識別は、各記号の始点、終点、および、極大点の座標から文字枠を基本としたストロークの相対位置を示す検索用キーを作成し、あらかじめ作成した図形コマンド識別テーブルを検索する方法で行う（図10）。

本方式は、各編集記号を筆記後、正しく認識されたときは、プザーを短鳴動し、使用者に通知することと合わせて、確実な編集が可能である。

これら図形コマンドを用いた編集時間を他の方式と比較した例を図11に示す。実験では、あらかじめ入力した新聞社説の特定の単語、今回は片仮名の単語について図形コマンドを使用した方式、キーボードを使用した方式、ペンタッチタブレットを使用した方式の3種の方式で編集操作を行い、操作時間をタブレットによる操作を基準として示した。被験者は、各方式について操作に習熟した者3人で、それらを平均した結果を示す。

本方式は他の2方式に比べ約1/3の時間で編集が行える。図形コマンドによる方式が短時間な理由は、他の2方式がカーソルを移動して対象文字列を指示するに比べ紙面上で直接記号を筆記する方が簡単のためと考えられる。本方式は、筆記している紙面上で全ての操作が行え、従来の紙とペンによる文書作成に近い操作で行えることなどから、入力と編集モードの区別なく入力と編集を統合して行える。



$$X_r = (X_s/Pの商) - (X_e/Pの商)$$

$$Y_r = (Y_s/Pの商) - (Y_e/Pの商)$$

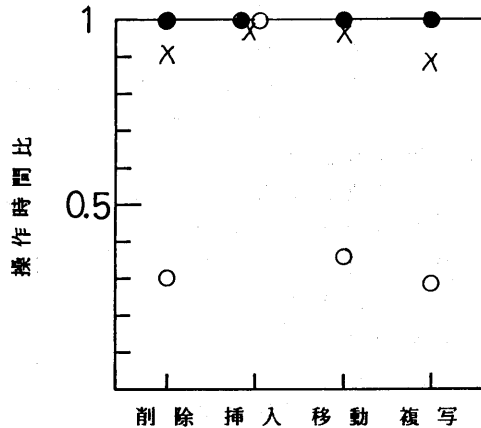
$$\bar{Y}_{max} = (Y_s/Pの商) - (Y_{max}/Pの商)$$

$$\bar{Y}_{min} = (Y_s/Pの商) - (Y_{min}/Pの商)$$

識別テーブル

記号	キー			
	X_r	Y_r	\bar{Y}_{max}	\bar{Y}_{min}
挿入	-1	0	-1	0
文字列終了	1	1	0	-1
削除	-1以下	0	0	0
複写	0	2	0	2

図10 図形コマンド識別法



- : タブレット
- × : キーボード
- : 手書き記号

図11 編集時間

5. むすび

入力から編集まで一貫した操作で文書作成を可能とするシステムとして、オンラインの文字図形認識と、図形コマンドを用いる編集法を組合せた実験システムを構築し、以下の点を明らかにした。

- 1) 文字の入力制限の緩和に自動ストローク結合法による画数変動の救済は有効であり、変動を含む楷書体文字に対し98.2%の認識率を得た。
- 2) 入力時のモード指示の軽減には類似文字の分類パターンごとに、他の特徴を加えた詳細識別法が有効で、漢字、平仮名、片仮名、英数字などの混在認識を可能とした。
- 3) 図形コマンドの簡易な識別法と図形コマンドを用いた紙面上での編集法を開発し、本方式により編集時間の短縮が図れ、入力と編集の統合化により一貫した文書作成システムが構築できることが確認できた。

今後の課題としては、1) ストロークの結合で生ずる字形変形を吸収するアルゴリズムの高度化、2) 平仮名などにも出現する個人のくせに対処するため、簡易な個人パターン登録法の開発、3) 認識と編集結果の確認をより容易にするためオンライン手書き入力に適した入力表示装置の開発、が必要と考えられる。

謝辞

本研究を進めるに当たり御指導頂きましたNTT複合通信研究所入力装置研究室酒井高志室長に感謝致します。また、文字認識アルゴリズムの開発において貴重な助言を頂きましたNTT基礎研究所小高和巳氏に感謝致します。

参考文献

- 1) 葛貫、平沢、福永、正嶋、浅田、安江、村田：高度マンマシンシステム(2) 情報処理学会第30回全国大会 pp1831-1832, 1985
- 2) 戸井田, 児島：オンライン手書き入力における文字編集法, 昭和58年度信学全大, 2291, 1983
- 3) 児島：隣接線分構造解析法によるオンライン手書き図形認識, 情報処理学会第31回全国大会, 6G-7, 1985
- 4) 小高, 若原, 増田：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, 信学論(D), J65-D, No6, PP679-686, 1982
- 5) 大空, 小高：オンライン文字認識における詳細識別の検討, 昭和58年度信学全大, 1401, 1983