

手書き編集記号を用いたオンライン文字図形編集法†

児島 治彦†† 戸井田 徹†††

本論文では、入力から編集まで一貫した操作で文字図形の入力編集を行う、手書き編集記号を用いたオンライン文字図形編集法について述べる。本方式では、平面ディスプレイと透明タブレットを一体化した入力表示部に筆記された文字、図形、編集記号を即座に認識し、入力編集結果を実時間で表示する。手書き編集記号は編集機能をシンボル化したもので、手書き編集記号の認識結果に従って編集処理を実行する。特徴として、①記憶が容易で、筆記が簡易なように、手書き編集記号の形状を設定したこと、②修正に用いる手書き編集記号のほかに、図形認識を支援する手書き編集記号を加えたこと、③高い認識精度を有する簡易で高速な編集記号認識法、④文字、図形、編集記号を自動識別することにより、入力モードと編集モードを自在に遷移できるモード管理法、がある。本方式の操作性を評価するため、マウスとメニュー選択による文字図形入力方式との入力・編集操作比較実験を行った。その結果、平面ディスプレイと透明タブレットを一体化した入力表示部を用いた本方式は、マウスとメニュー選択による方式に比べて、入力・編集いずれの場合とも、操作時間を最大1/2に短縮できることを確認した。

1. ま え が き

OAの発展に伴い、文書処理の効率化が図られるなかで、簡易で効率の良い図面入力・編集法の開発が重要な課題である。図面には文字と図形が混在し、作成時には入力と編集が繰り返されるため、操作性の良い文字と図形の入力編集法の開発が望まれている。

現在、ワードプロセッサで図面作成をする場合、文字の入力にはキーボード、図形の入力にはマウスと2種の装置を使用するのが一般的である。また、入力と編集は各機能を選択指示する機能キーを操作することで切り替えを行う。したがって、初心者においては操作の習熟に時間を要する問題があり、習熟者においては頻繁な入力装置の取り替え操作が効率向上の点で問題である。

自由手書きによる図形入力は簡易な方式として図面作成への利用が図られており^{1),2)}、また、手書き編集記号を用いた編集はヒューマンフレンドリーな方式として文書の校正などへの適用が検討されている^{3),4)}。手書きの入力と編集を統合し、一貫した操作で文字図形が混在した文書作成を行う方式がある⁵⁾。この方式はタブレットとディスプレイを一体化した入力一体化ディスプレイを用い、オンライン文字図形認識と手書き編集記号により入力と編集を行うものである⁶⁾。手書きで入力から編集まで一貫した操作で文字図形を作

成する方式では、手書きに適合した編集記号の選択、安定した識別法、入力モードと編集モードを自在に遷移できるモード管理法が問題である。

本論文では、入力から編集まで一貫した操作で文字図形の入力編集を行う、手書き編集記号を用いたオンライン文字図形編集法について述べる。本方式は平面ディスプレイと透明タブレットを一体化した入力表示部に、ペンで文字、図形、編集記号を筆記すると、即座に認識され、入力編集結果を実時間で確認できる。編集記号は手書きに適合するよう単純な形状とし、修正に用いる記号のほかに、認識を支援する記号を加えた。編集記号の識別については、ストロークの位置の遷移に着目した手法を提案した。入力と編集のモードの自在な切り替えは、作図動作の手順を用いて実現した。

本論文では、第2章で透明タブレットと平面ディスプレイの組み合わせからなる入力表示部を有するオンライン手書き文字図形入力実験装置の構成を述べる。第3章では手書き編集記号の形状、機能、識別法、入力と編集のモード切り替え法を述べる。また、本方式と他の方式とを比較した評価結果を示す。

2. 実 験 装 置

2.1 構 成

本装置は平面ディスプレイと透明タブレットを一体化した入力表示部の動作確認と、手書き文字図形の入力と編集における操作性評価を目的としたものである。図1に装置の外観を示す。文字認識部はパソコンから1文字ごとに切り出されたストロークデータを処理し、認識結果をパソコンに送る。パソコンでは入力

† Online Text and Line Figure Editing System Using Handwritten Editing Marks by HARUHIKO KOJIMA (NTT Human Interface Laboratories) and TOHRU TOIDA (NTT Integrated Communications Systems Sector).

†† NTT ヒューマンインタフェース研究所

††† NTT 企業通信システム事業本部

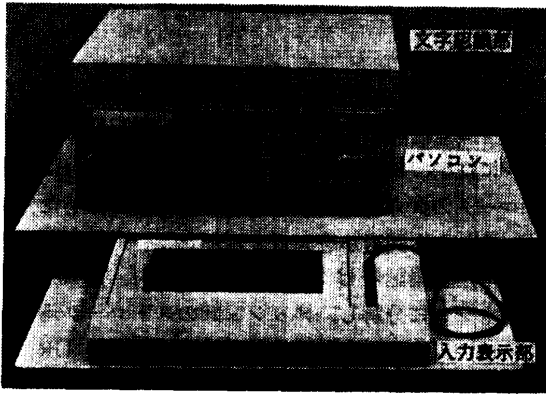


図 1 実験装置の外観

Fig. 1 General view of the prototype.

表 1 入力表示部の仕様

Table 1 Specification of an input integrated flat panel display.

項	目	内	容
入 力 部	方 式	電磁誘導形透明タブレット	
	有効面積	212×140 mm	
	時間分解能	180 ポイント/秒	
	空間分解能	8 本/mm	
表 示 部	駆 動 方 式	アクティブマトリクス	
	表示素子	TN 形反射モード液晶	
	画 素 数	640×400 ドット	
	表示面積	192×120 mm (A5 判)	
	コントラスト	10 以上	
部	視 野 角	前後	-10°~+50°
		左右	-50°~+50°

表示部のタブレットから送られるストロークデータの座標処理、平面ディスプレイの表示制御、図形、編集記号の識別と編集処理を行う。

2.2 入力表示部

入力表示部の入力面は A5 サイズ程度である。液晶ディスプレイの上面に透明タブレットを組み込んだ構造である。入力表示部の主な仕様性能を表 1 に示す。平面ディスプレイは、操作性の点から高いコントラストと広い視野角を有し、応答性に優れたアクティブ駆動液晶ディスプレイを使用した⁷⁾。応答性ではストロークを筆記するとき、直前に筆記したストロークの表示が終了することを条件とした。本ディスプレイの表示時間遅れは文字の筆記特性から実測したストローク間のペン平均移動時間 (70 msec) 以下であり⁸⁾、前記条件を満足する。

透明タブレットは電磁誘導形とした⁹⁾。文字認識からの条件として、時間分解能 100 ポイント/秒以上、文字の表現精度 (文字に外接する正方形の大きさを示

すビット数で表す) は 5~6 ビット必要である¹⁰⁾。本装置の文字枠は 10 mm 以上のため、空間分解能は 8 本/mm で十分である。不透明タイプの電磁誘導形タブレットは本条件を満足する。そこで、タブレットの入力面の透明化は、ガラス基板上に検出線を蒸着し、形成することで実現した。

3. 編 集 法

3.1 文字図形入力

文字や図形を筆記すると、まず筆跡がペン先に追従して表示される。認識が行われると、筆跡が消去され、かわりに認識結果が表示される。文字と図形の認識処理は独立して行われる。

文字の認識には、ストロークの点近似によるパターンマッチング法を用いる¹¹⁾。本手法は筆順に依存しない認識法であり、楷書体であれば、続け書きにも対処可能である。認識対象は JIS 第 1 水準の漢字、ひらがな、カタカナ、英数字、記号などで、これらを混在して認識することができる。本手法は画数変動を含んだ楷書体の文字に対し、98.2% の認識率を得ている。文字は文字枠内に記入する。他の文字枠内にストロークが記入された時、文字を切り出して認識を行う。

図形の認識には、隣接線分構造解析法を適用する¹²⁾。本手法は、画数、筆順、区切りに依存しない認識法である。認識対象は、直線分、円弧、四角形、円などの幾何学図形である。連続して入力されるストローク列から閉ループを抽出した時点で図形を切り出して認識を行う。本手法は、幾何学図形を対象とした認識実験で 98.8% の認識率を得ている。認識結果は、筆記した位置、大きさ、傾きに応じて整形して表示する。

3.2 手書き編集記号の機能と形状

手書き編集記号を入力することにより、文字や図形の削除、移動などの修正を行うことができる。ここではさらに、手書き編集記号の機能を、文字や図形の修正から図形認識支援まで拡張した¹³⁾。図形認識を支援する手書き編集記号は、図形間の関係に関する情報や、位置や大きさに関する正確な情報を指示するものなど、自由な手書き入力では入力が困難な情報を指示する機能を抽出した。例えば、平行線あるいは、二等辺三角形と正三角形の区別などを指示する機能である。また、文字列と図形、もしくはいくつかの図形を 1 つの図形として扱える関連付け機能も抽出した。

手書き編集記号の形状については、記憶が容易で筆記が簡易なよう、以下の条件を設定した。

表 2 手書き編集記号の機能と形状
Table 2 Handwritten editing marks.

文字用編集記号	削除	移動	複写	挿入	挿入終了	
図形用編集記号	修正	削除	移動	複写	拡大縮小	鏡像
認識	関連付け	正規化	同心円	平行化		
支援					: 文字枠	

- ① 形状が簡単であること
 - ② 編集操作をシンボル化したもの
 - ③ 編集操作名の頭文字の形状に合わせること
- さらに、文字、図形それぞれの編集操作に合わせ、編集記号の大きさ、位置の条件について定めた。文字に対する編集操作の多くは文字入力中に行われるのに対し、図形に対する編集操作の多くは図形入力中に行われる。文字は文字枠内に筆記される。そこで、文字用編集記号は文字と明確に分離できるように、文字枠に交差する形状とした。一方、図形用編集記号は文字枠との関係を意識することなく、簡易に入力できる形状とした。
- 以上の検討をもとに、手書き編集記号の機能を抽出し、それぞれの機能に形状を割り当てた。機能および形状の例を表 2 に示す。

3.3 手書き編集記号認識法

手書き編集記号の形状に関する特徴として、①種類が少ない、②互いの形状の違いを明確にすることができる、がある。この特徴をもとに、簡易で高速な形状識別法を適用した。

文字用編集記号は文字枠との交差情報をもとに認識する。文字を入力中に文字枠と交差したストロークについて認識を行う。最左上の文字枠を1行1列とした時、ストロークの始点 S 、終点 E 、および y 方向の最大点 M が何行何列の文字枠内にあるかを算出する。点 A が m 行 n 列にあるとき、以下のように表記す

$$X(A)=n \quad (1)$$

$$Y(A)=m \quad (2)$$

このとき、図 2 (1) に示す文字用編集記号認識テーブルに従い、候補を決定する。候補がない場合は、ストロークの大きさに従って、文字枠をはみだした文字か、それとも図形かを判定する。

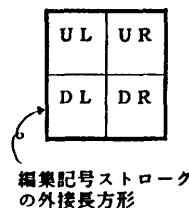
図形用編集記号はストロークの外接長方形を 2×2 のメッシュに分解し、メッシュ間のストローク遷移をもとに認識する。各メッシュを UL (左上), UR (右上), DL (左下), DR (右下) とし、これらを用いてストロークの遷移を表現し、図 2 (2) に示す図形用編集記号認識テーブルに従い、候補を決定する。

手書き編集記号認識法の有効性を評価するため、9 種の図形用編集記号について認識実験を行った。8 人の筆記者に 9 種の手書き編集記号を各 10 回ずつ筆記

記号	パラメータ	$X(E)-X(S)$	$Y(E)-Y(S)$	$Y(M)-Y(S)$
削除		2	0	0
複写		0	2	0
移動		-1	2	0
挿入		1	0	-1

(1) 文字用編集記号認識テーブル

記号	記述
削除	UL → DL → DR → UR
複写	UR → UL → DL → DR
関連付け	UL → UR → DR
拡大縮小	UR → UL → ... → DR → DL



(2) 図形用編集記号認識テーブル

図 2 手書き編集記号認識法
Fig. 2 Handwritten editing marks recognition method.

させ、合計 720 個のデータを対象として実験を行った結果、99.9%の認識率を得て、本認識法の有効性を確認できた。

3.4 手書き編集記号入力法

編集対象や位置を直接指示できる入力表示部の特徴と、入力編集手順のゆるやかな制限を利用し、文字図形混在で入力・編集を自在に行える方式について述べる。

編集では、①対象の指示、②操作の指示、③移動や拡大縮小などの場合は、移動先や大きさの指示が必要である。入力表示部では編集記号を任意の位置に入力することができるので、編集記号入力という一つの操作で、対象と操作をまとめて指示することが可能である。

ただし、図形は重畳することがあるので、編集記号入力という一つの操作で対象の指定まで行うことができない。編集記号を入力する前に対象の指定を行う必要がある（対象指定操作をピックと呼ぶ）。

入力作業と編集作業を思考の中断なしに自在に行えるようにするためには、入力されたストロークが文字、図形、編集記号、編集対象の指定などのいずれであるか識別できる必要がある。ここでは、入力編集作業を行う上で自然な動作順序をもとに設けたゆるやかな制限を利用することで処理の安定化、簡易化を図る。

識別には、次の情報を用いる。

①ストロークの大きさ、位置（文字枠との交差関係）

- 文字は文字枠内に筆記される
- 図形や文字用編集記号は文字枠と交差する
- ピック操作を示すストロークの筆点数は微小

②操作順序

- 文字に対する編集動作は文字入力時に起きる
- 図形に対する編集動作は図形入力時に起きる
- 図形編集では編集記号入力前にピック操作を行う

システムは図 3 に示すような 4 つのモードで状態を管理する。入力されるストロークを識別して自動的にモードを遷移することにより、文字図形の自在な入力編集が可能となる点が本手法の特長である。

編集モードに入った後は、一定の操作手順に従って編集作業を行う。作業が終了すると、編集操作に入る前のモードに復帰する。

文字入力中にストロークが文字枠と交差した時、前節で述べた方法に従って文字用編集記号認識を行う。編集記号であれば、文字編集モードに遷移する。例え

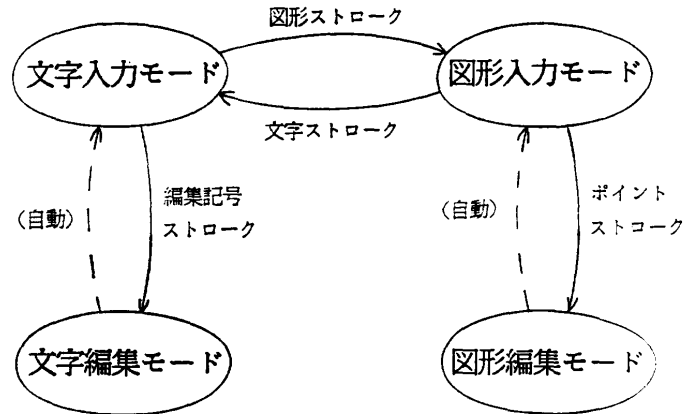


図 3 モード遷移図
Fig. 3 Mode transition diagram.

ば文字列の移動であれば、(1)文字列の一端に移動用編集記号入力、(2)他端の指定、(3)移動先の指定という手順である。図 4 a)に例を示す。編集記号認識で候補がない場合、ストロークの大きさに従って、図形か、文字枠をはみ出した文字かを決定する。

図形入力中に微小筆点数のストロークが入力された時、それをピック操作と識別し、図形編集モードに遷移する。例えば五角形を正五角形とする正規化の場合、(1)対象図形指示（ピック）、(2)正規化用編集記号入力という手順である。図形の移動例を図 4 b)に、正規化例を図 4 c)に示す。筆点数が微小ではないものの、文字枠に交差ししないストロークが入力された時、それを文字ストロークと判断する。

操作順序に関するゆるやかな制限を越える場合、補助操作を必要とする。例えば、文字入力中に図形の編集を行いたい場合は、あらかじめファンクション指定により図形入力モードに強制的に変更させる操作を行う。

3.5 評価

オンライン手書き認識と手書き編集記号による文字図形入力編集法（以下、オンライン方式と呼ぶ）の操作性を評価するため、本方式と従来方式との入力・編集操作比較実験を行った。現在、幾何学図形で構成される図面を効率的に入力する方式として知られているのは、マウスを用いてメニュー選択により入力する方式（以下、メニュー方式と呼ぶ）である。従来方式としてメニュー方式を適用した。あわせて入力部と表示部を一体化した入力表示部の操作性を評価するため、従来からある入力タブレットと表示部が分離した装置（以下、分離形タブレットと呼ぶ）との比較実験も行っ

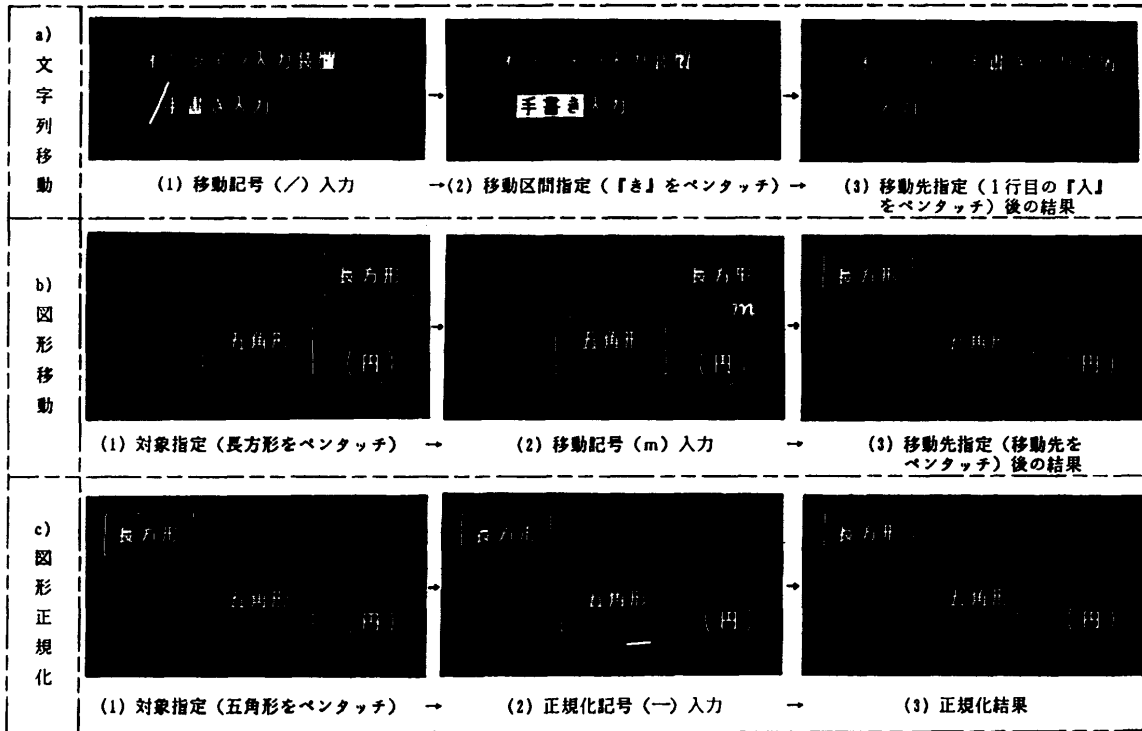


図 4 手書き編集法の実例
Fig. 4 Some examples of editing by handwritten instructions.

た。分離形タブレットについては、視線が入力部にある時と表示部にある時との違いについても調べた。

実験に使用したメニュー方式を説明する。機能選択はプルダウンメニュー、図形選択は固定メニュー方式である。固定メニューに用意されている図形は直線分、円、矩形などで、三角形や菱形などの多角形は各頂点の連続的なポインティングにより入力する。

被験者は各方式の熟練者1名とした。図形入力モデル、文字図形編集モデルを各3種設定し、1つのモデルに対し4回操作を行い、操作時間の平均で評価した。入力モデルのうち、1種は直線分、円、矩形のみからなる図面、残りの2種は他の多角形を含む図面とし、各モデルにおいて入力する図形の数6~10個とした。編集モデルのうち、1種は文字のみからなる文章、2種は文字と図形からなる図面で、1図面あたり6~10個の図形を有し、移動や拡大などの編集操作を1モデルあたり6回行うこととした。

結果を表3に示す。数値は各モデルに対して一体形入力表示部を用いたオンライン方式で操作した時に要した時間を10とした場合の相対時間である。

- (1) オンライン方式とメニュー方式の比較
入力操作時間でオンライン方式がメニュー方式より

表 3 実験結果
Table 3 Experimental result.

入力方法	入力装置		メニュー マウス	
	一体形	分離形		
入	多角形を含む 図面	10	15 (10)	20
	多角形を含ま ない図面	10	13 (10)	13
編	文字と図形から なる図面	10	15 (15)	20
	文字のみから なる文章	10	16 (12)	18

* 分離形の括弧内の数値は視線が入力部にあるときの相対時間、そのほかは視線が表示部にあるときの相対時間

も優れているのは、メニュー方式では、図形の形状、位置、大きさをそれぞれ選択しなければならないのに対し、オンライン方式では、図形の形状、位置、大きさをまとめて指示できるからであると考えられる。

- 例えば、円を入力するのに、メニュー方式の場合、
 - ① メニューエリアの円の位置にカーソルを移動
 - ② 円をピック (マウスボタンを押す)
 - ③ 円を書く位置 (円の中心点) にカーソルを移動
 - ④ マウスボタンを押しながら、半径分カーソルを

移動

⑤ マウスボタンを離す

という5つの操作を要するのに対し、オンライン方式の場合は以下の3つの操作で済む。

① 円を書く位置にペンを移動

② 円を書く

③ ペンを画面から離す

メニュー方式で多角形を入力する場合は、上記操作のほかに各頂点でマウスボタンを押す操作が加わる。

編集操作時間でオンライン方式がメニュー方式よりも優れている理由を考察する。参考実験として一体形入力表示部を用いてメニュー選択により編集を行う操作実験を行った。その結果、文字図形からなる図面の編集モデルにおける操作時間を比較すると、オンライン(一体形):メニュー(一体形):メニュー(マウス)=2:3:4となり、方式、入力装置の2つの要素が影響していることがわかる。方式の点では、手書き編集記号は対象図形的位置に直接入力するのに対し、メニュー選択の場合は対象図形とメニューエリアの間で手の移動を必要とすること、入力装置の点では、ある点に指示するのに、一体形入力表示部では直接その位置にペンを置けばいいのに対し、マウスの場合は、目的の位置に至るまでに、最終的な位置決め時点で微調整を必要とすること、によると考える。

(2) 一体形入力表示部と分離形タブレットの比較

手書き認識では、筆跡の中に重要な情報がある。分離形タブレットでも視線が表示部の場合、画面を通じてペンの動きを間接的に見なければならぬので、操作性が劣化する。

編集操作時間で一体形入力表示部が分離形タブレットよりも優れているのは、分離形タブレットの場合、視線が入力部にある時は、編集結果確認のために視線が入力部から表示部に移動すること、視線が表示部にある時は、操作が間接的になるためと考える。

操作時間の比較から、入力・編集いずれの場合も、一体形入力表示部を用いたオンライン手書き入力編集方式が、マウスを用いたメニュー選択方式や分離形タブレットを用いたオンライン手書き入力編集方式よりも、優れた操作性を有することを確認した。また、モデルとして用意しなかったが、入力と編集を混在して作業を行う場合でも、オンライン方式は入力操作と編集操作の切り替えを指示するための操作が不要なので、操作性が優れていると考える。

評価に用いた実験装置は、手書き文字図形認識機能

を具備している。文字認識率は98.2%¹¹⁾、図形認識率は98.8%¹²⁾と高精度であり、実時間性も満足している。以上のことから、本システムは入力から編集まで一貫した操作で、文字図形の入力編集を効率的に行うことができると考える。

4. むすび

本論文では、入力から編集まで一貫した操作で文字図形の入力編集を行う、手書き編集記号を用いたオンライン文字図形編集法について述べた。本方式では、手書き文字図形と手書き編集記号を実時間認識して文字図形の入力編集を行う。ここでは優れた操作性を実現するため、透明タブレットと液晶を一体化した入力表示部を採用した。手書き編集記号は記憶が容易で筆記が簡易なよう、1ストロークで筆記できる形状とし、文字や図形の修正機能10種のほか、図形認識を支援する機能4種を加えた。ストロークの位置の遷移に着目した簡易で高速な手書き編集記号識別法を提案し、実験により99.9%の認識率を得て、本手法の有効性を確認した。さらにストロークの入力位置・大きさ、および作図動作の手順を利用した手書き文字・図形・編集記号自動識別法を提案し、入力と編集のモードの自在な切り替えを実現した。

本方式の操作性を評価するため、マウスとメニュー選択による入力方式との入力・編集操作比較実験を行った。その結果、透明タブレットと液晶を一体化した入力表示部を用いた本方式は、マウスとメニュー選択による方式に比べ、入力・編集いずれの場合とも操作時間を最大1/2に短縮できることがわかった。

今後の課題には、さらに自在な文字図形の入力編集を可能とするため、より制限の少ない文字・図形・手書き編集記号識別法や入力と編集のモード管理法の開発がある。

謝辞 本研究を進めるにあたり、ご指導いただいた山崎真一前宅内機器研究部長、小森和昭視覚情報研究部長、酒井高志主幹研究員、ならびに有益なご助言・ご協力を頂いた小橋史彦主幹研究員、宮原末治主任研究員に深謝いたします。さらに、装置の試作に関してご協力をいただいた長山忠洋主幹研究員、渋谷淳主任技師に深謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 吉田, 榊井, 長田, 織田: 手書図面の自動入力/処理装置, 情報処理, Vol. 22, No. 4, pp. 300-306 (1981).

- 2) 近藤, 岡崎, 田端, 森, 恒川, 川本: 高速画像処理ハードウェアを備えた論理回路図読取装置の開発, 情報処理学会論文誌, Vol. 28, No. 4, pp. 384-394 (1987).
- 3) 名倉, 末永: FAX と特殊マークを用いた手書き図面の図形データ構造への変換法, 第10回画像工学コンファレンス, Vol. 8, No. 6, pp. 167-170 (1979).
- 4) 名倉, 末永: 文字認識機能を導入したファクシミリベースの手書き図面消書法, 信学技報, IE 81-12 (1981).
- 5) 古賀, 福永, 葛貫, 藤田, 平沢: 入力一体化平面ディスプレイの開発と評価, 情報処理学会論文誌, Vol. 27, No. 6, pp. 648-654 (1986).
- 6) 葛貫, 横山, 正嶋, 福永: JIS 校正記号準拠のオンライン手書編集方式, 情報処理学会論文誌, Vol. 27, No. 10, pp. 1027-1034 (1986).
- 7) 増田, 酒井, 幸田, 皆川: 表示データ入力ルートを2重化したアクティブマトリクス形液晶ディスプレイ, 信学技報, ED 85-84, pp. 55-59 (1985).
- 8) 戸井田: オンライン手書き漢字入力方式における筆記特性, 昭和60年信学会総合全国大会, 2676 (1985).
- 9) Nagayama, T., Shibuya, J. and Kawakita, T.: Pen-Touch-Type Electro-Magnetic Transparent Touch-Panel, 1985 SID International Symposium Digest of Technical Papers, Vol. XVI, pp. 32-35 (1985).
- 10) 小高, 若原, 橋本: オンライン手書き文字認識装置, 信学論, Vol. J65-D, No. 8, pp. 951-958 (1982).
- 11) 戸井田, 木村: オンライン手書き文字図形入力

編集法, 情報処理学会日本語文書処理研資, 6-1 (1986).

- 12) 児島, 戸井田: 隣接線分構造解析法によるオンライン手書き図形認識, 情報処理学会論文誌, Vol. 28, No. 8, pp. 863-869 (1987).

- 13) 児島: 隣接線分構造解析法によるオンライン手書き図形入力方式, 情報処理学会日本語文書処理研資, 6-2 (1986).

(昭和62年8月3日受付)

(昭和63年1月19日採録)



児島 治彦 (正会員)

昭和34年生。昭和57年早稲田大学理学部数学科卒業。同年日本電信電話公社入社。オンライン手書き文字図形認識, 線図形理解の研究に従事。現在, NTT ヒューマンインタフェース研究所言語メディア研究部研究主任。



戸井田 徹 (正会員)

昭和25年生。昭和48年東北大学工学部精密工学科卒業。昭和50年同大学大学院修士課程修了。同年日本電信電話公社入社。電気通信研究所において日本語入力, 手書き文字図形入力に関する研究に従事。現在, NTT 企業通信システム事業本部開発部主任技師。電子情報通信学会会員。