

JIS 校正記号準拠のオンライン手書編集方式†

葛貫 壮四郎** 横山 孝典**
正 嶋 博** 福 永 泰**

人間の考えているイメージを計算機に直接入力するオンライン手書入力方式が最近注目されている。しかし、従来の紙と鉛筆によるオフィス作業の一部（文字入力）のみしかまだ実用化されていない。この手書入力方式をさらに発展させるには、文字・図形の手書入力はもとより、編集作業をも手書きで行えることが重要となる。そこで、本論文では、手書校正記号による新しい編集方式を紹介する。手書校正記号は、JIS 校正記号を基本に、図形にも統一的に扱い得るよう工夫した。この手書校正記号は、基本的には、処理内容を示すプリミティブシンボル、処理の方向を示す接続シンボル、さらに処理対象を示すグループシンボルと称す構成要素で構成される。校正記号の多様な形状変化や入力ストロークの手順変化を吸収するため、(1)ストローク単位の認識で構成要素候補を抽出し、(2)次に必要な構成要素数が満足しているかどうか判定し、(3)最後に構成要素間の構造上の知識を用いて判定する構造総合判定方式により、認識する。本方式を、入力と表示機能を一体化した平面ディスプレイ装備のシステム上に実現し、初心者で94%、熟練者で100%の認識率を得た。

1. ま え が き

ワープロ、パソコン等のOA機器の急速な進展に伴い、ユーザ層が計算機の専門家から非専門家へと拡がりつつある。こうした中で、日本語入力に関して、オンライン手書入力方式が最近注目されつつある^{1),2)}。これは、キーボードを意識せずに、人間の思考形態に近い方法で、文字や図形を直接計算機に入力できるからである。

しかし、この入力方式をさらに発展させるためには、文字等の筆記制限の緩和はもとより、簡便なオンライン手書編集方式の確立が必要である。

従来から、オンライン手書編集方式として、文字認識技術を活用した原稿校正システム^{3),4)}、CAD等の図面を対象とした図面編集システム^{5),6)}が提案または実用化されている。しかし、これらの方式は、(1)編集のためのシンボルが、日常使用しているシンボルと異なり直観的にわかりにくい、(2)シンボル種が少ない、(3)さらに文字・図形を統一的に扱い得るものがない等の点でまだ十分とは言えない。

そこで、本論文ではまずJIS校正記号⁷⁾を基本とし、文字・図形を統一的に編集できるわかりやすい手書校正記号を提案し、次に柔軟に形状が変化する手書校正記号を入力手順フリーや実行指定フリーで認識で

きる手書校正記号の認識方式を述べ、最後に本方式を用いた手書編集システムの実際とその評価結果について述べる。

手書校正記号の認識手法には、校正記号の形状が編集対象の位置関係や、人間の思考形態により柔軟に変化するため、まず、この手書校正記号を構成要素単位の認識し、次にこれらの構成要素間の構造上の知識を用いて認識する、いわゆる構造解析手法^{8),9)}を活用した。筆者らは、これを構造総合判定方式と称している。

2. 手書校正記号の設計

手書校正記号は、人間の頭の中にあるイメージを直接入力するため、直観的にわかりやすく、かつ単純でなければならない。

2.1 手書校正記号の考え方

表1に今回提案する手書校正記号の一覧表を示す。これらの校正記号を設計するに当たり考慮した基本的な事項は次のとおりである。

- (1) 一般的に知られているJIS校正記号を基本とする。(例; $_$, \square , $_$)
- (2) 日常的によく使用する記号を追加定義する。(例; \times , $=$, \wedge)
- (3) オブジェクトの転送記号として、従来のテキストエディタ等で多用されている“移動”、“複写”の両方を定義する。(例; \rightarrow , \rightarrow)
- (4) 文字・図形のオブジェクトに依存しない統一的な校正記号を原則とする。(例; $=$, \rightarrow , \rightarrow)

† Online Editing System Using Handdrawn Proof-reading Marks by SOSHIO KUZUNUKI, TAKANORI YOKOYAMA, HIROSHI SYOJIMA and YASUSHI FUKUNAGA (Hitachi Research Laboratory, Hitachi Ltd.).

** (株)日立製作所日立研究所

表 1 手書校正記号
Table 1 Handdrawn proof-reading marks.

対象	校正記号(破線部分省略可)
文字列・図形	<p>削除(消去)</p>
文字列	<p>訂正</p>
図形	

(5) 複数のオブジェクトを一括指定して編集したい場合は、閉図形を入力する。

(例; ,)

図1は、本手書校正記号を用いた文書編集のイメージを示したもので、直観的にわかりやすい校正記号となっている。

2.2 手書校正記号の構成

表1に提案した手書校正記号を構成要素別に整理すると図2に示すようになる。すなわち、処理内容を示すプリミティブシンボル①、処理の方向を示す接続シンボル②、さらに処理の対象を一括指定するためのグループシンボル③の3要素で構成される。ただし、削除(—)や入れ替え(□)等接続シ

構成要素名
表現内容
形状

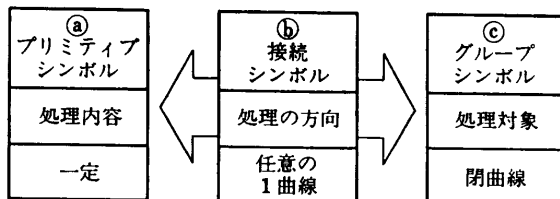


図2 校正記号の構成

Fig. 2 Structure of proof-reading marks.

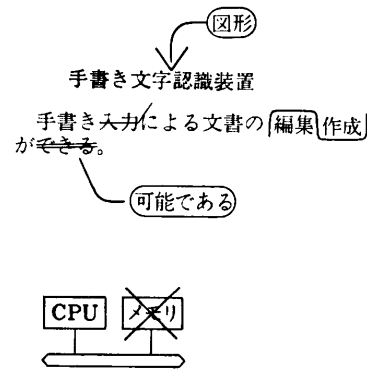


図1 手書校正記号による文書編集の例

Fig. 1 Examples of editing operations with some handdrawn proof-reading marks.

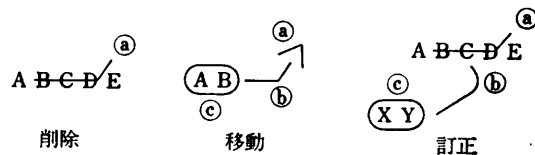
ンボルがないものや、移動(→)、コピー(→)等グループシンボルを省略可能なものがある。

また、これらの構成要素の形状について考察すると、プリミティブシンボルは、サイズは変化するものの形状は一定、接続シンボルはプリミティブシンボルとグループシンボルの間を結ぶ任意の一曲線、グループシンボルは任意の閉曲線という特徴を有している。

入力ストロークと構成要素の対応を図2に“削除”、“移動”、“訂正”の例について示した。

2.3 処理対象領域の定義

提案する手書校正記号では、文字列挿入や図形の拡大・縮小記号のように、処理対象領域をグループシンボルで明確に指定する場合と、削除記号のようにグループシンボルを省略し、プリミティブシンボルや接続シンボルの座標情報より処理対象領域を自動生成する場合の二つがある。したがって、ここで校正記号の処理対象領域の定義を明らかにしておく。図3は各種手書校正記号の処理対象領域の例を示したもので、デ



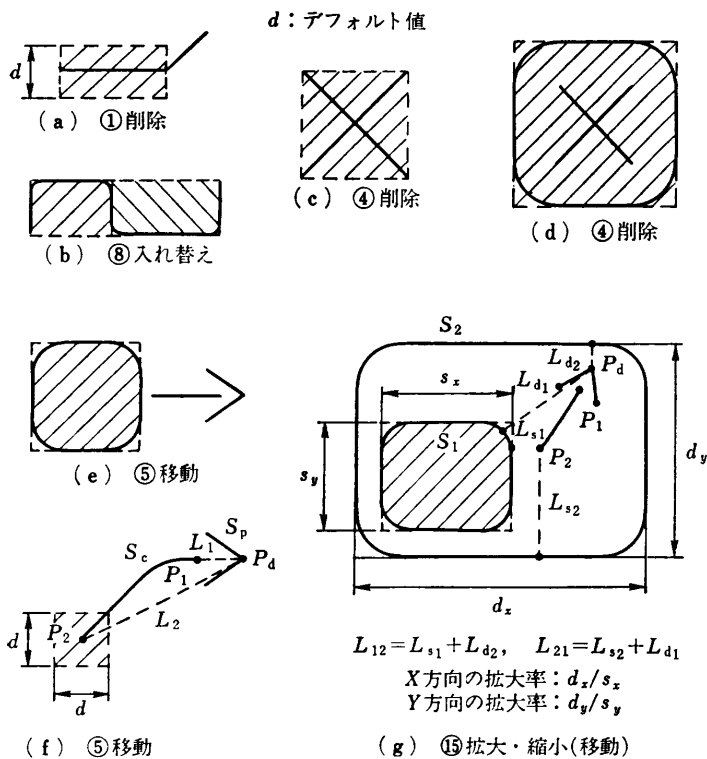


図 3 処理対象領域例

Fig. 3 Example of the relationship between the editing area and the size of proof-reading marks.

フォルト値 d は文字枠の大きさとした。

以上に述べた処理対象領域は下記の定義に従う。

- (1) JIS 校正記号と同一のものは、これに従う。
(図 3 (a), (b) 等)
- (2) 一つのグループシンボルを持つ校正記号は、これに囲まれた矩形領域を処理対象領域とする。
(図 3 (d), (e) 等)
- (3) 二つのグループシンボルを持つ校正記号 (拡大・縮小) はどちらのグループシンボルを処理対象領域とするかを接続シンボルとプリミティブシンボルの位置関係により判定する。すなわち、図 3 (g) に示すように、接続シンボルの特徴点座標 P_2 とプリミティブシンボルの特徴点座標 P_d と二つのグループシンボル S_1, S_2 間の距離 $L_{s1}, L_{s2}, L_{d1}, L_{d2}$ を求める。そして、

$$\left. \begin{aligned} L_{12} &= L_{s1} + L_{d2} \\ L_{21} &= L_{s2} + L_{d1} \\ \text{if } L_{12} &< L_{21} \\ \text{then 処理対象領域} &= S_1 \text{ の矩形領域} \\ \text{else } &= S_2 \text{ } \end{aligned} \right\} (1)$$

とする。

(4) グループシンボルが省略される校正記号には次の 2 通りがある。

- (i) プリミティブシンボルのみの場合、この最小最大座標で得られる矩形領域を処理対象とする。

(図 3 (c))

- (ii) 接続シンボルを持つ校正記号は、図 3 (f) に示すように、プリミティブシンボル S_p の特徴点座標 (P_d) と接続シンボル S_c の両端点 (P_1, P_2) との距離 $L_1 = \overline{P_1 P_d}$, $L_2 = \overline{P_2 P_d}$ を求め、最大距離を与える端点座標 (この例では P_2) を中心として、デフォルト値 $d \times d$ の矩形領域を定義する。

上記処理対象領域から、編集すべき文字・図形のオブジェクトを得るが、実際にはよく知られているピッキング操作⁹⁾により行われる。このピッキング操作は、文字に関しては、人間のあいまいな入力を吸収するため、図 4 (a), (b) に示すように、文字枠の長さ d の半分より処理領域が大きいときその文字枠を含む領域を新しい処理領域として行われる。図形に関しては、処理対象領域に交差するすべての図形を対象として行われる。

3. 手書校正記号の認識方式

3.1 手書校正記号認識の課題とその実現方式

前述のように手書校正記号は人間のイメージを直接

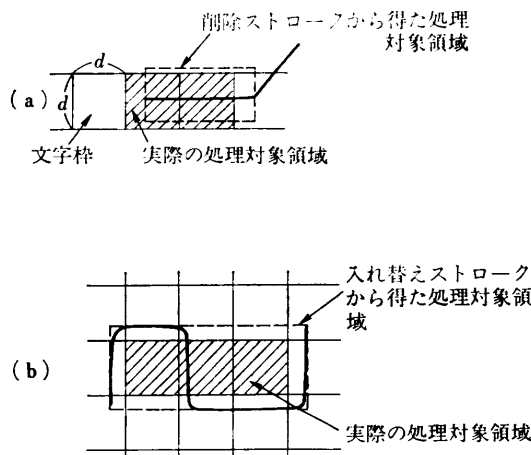


図 4 文字ピッキング処理対象領域

Fig. 4 Relationship between the picking and proof-reading marks area of characters.

入力するため、人間の思考を中断せずに(入力制限がないこと)、かつ多様な入力に対応せねばならない。表2は、認識の課題とその実現方をまとめたものである。

まず形状に関しては、課題(1)、(2)の内容に示すように、校正記号の全体の形状が編集対象の位置関係ともからみ柔軟に変化する。このため、形状変化の吸収(1)と構成要素の傾きフリー(2)に対応可能な認識方式の確立が必要である。入力規則に関しては、入力手順(3)や入力ストローク数のフリー化(4)に対応可能な認識方式の確立が必要である。入力規則に関しては、入力手順(3)や入力ストローク数のフリー化(4)、文字列挿入場合等の手書校正記号入力と文字列入力の認識モード指定のフリー化(5)、さらに編集処理実行指定フリー化(6)が挙げられる。

以上に述べた課題をすべてクリアすることが、本来は望ましいが、認識率、処理時間および入力制限の重要性を考慮して、課題(4)の入力ストローク数のみは遵守として、他はすべて実現を図った。

課題(1)~(3)に対しては、手書校正記号を各々構成要素単位に認識し、その後に構成要素間の構造上の知識を活用して判定する構造総合判定方式により実現する。この方式を採用した理由は、手書校正記号全体を認識の単位とする認識方式では、形状が柔軟に変化する校正記号を高い認識率で認識できないからである。

認識モードの指定フリー化は、文字ストロークは、一般に校正記号(図形)のストロークに比べ、ストローク長が短いという知識を利用して、モードの自動遷移を行っている。すなわち、入力ストロークの x, y 軸への投影長を $\Delta l_x, \Delta l_y$ 、しきい値を l_{TH1} とすると、

$$\left. \begin{aligned} \Delta l &= \max \{ \Delta l_x, \Delta l_y \} \\ \text{if } \Delta l < l_{TH1} &\text{ then 文字ストローク} \\ \text{else } &\text{校正記号ストローク} \end{aligned} \right\} (2)$$

となる。

編集処理実行指定フリー化(6)については、手書校正記号入力後、ストロークが一定時間入力されないとき、実行指定があったものとして実現している。

3.2 構造総合判定方式

この方式は、手法としては文字認識で良く利用されている構造解析法^{2),3)}と同一のものである。図5に“削除”、“移動”、“訂正”の校正記号を認識対象例と

表2 校正記号認識の課題と実現方式

Table 2 Problems in proof-reading mark recognition and their solutions.

No.	項目	内容	実現方式	
1	形状	・形状変化の吸収	構造総合判定方式	
2		・傾きフリー化		
3	入力規則	・入力手順のフリー化	入力ストローク数遵守	
4		・入力ストローク数のフリー化		
5		・認識モード指定フリー化		ストローク長による自動モード遷移
6		・編集処理実行指定フリー化		“実行”コマンドの指定レス

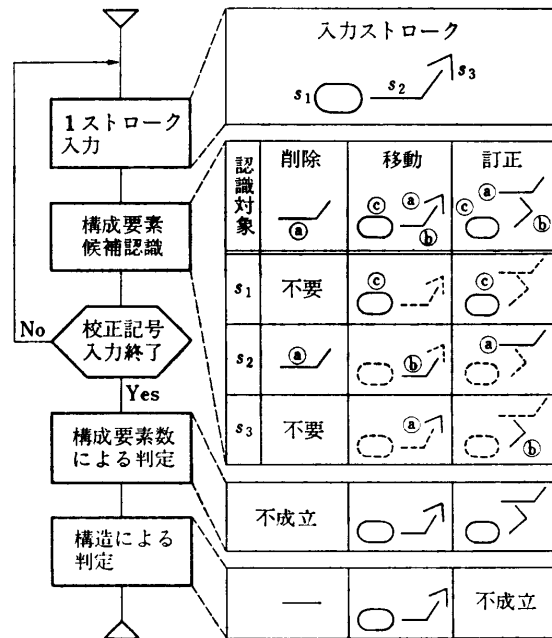


図5 構造総合判定方式

Fig. 5 Algorithm of the structured analysis method.

した場合の処理フローを示した。

認識は、1ストローク入力ごとに行われ、構成要素候補として出力される。次に校正記号入力終了後、必要な構成要素数がすべて条件を満足して入力されているかどうか判定する。最後に、得られた構成要素が位置関係を主とする構造に合致するかどうか判定する。以上のように、3段階を経て総合的に判定するため、この方式を構造総合判定方式と称している。

以下、本方式の詳細を述べる。

3.2.1 構成要素候補の認識

表3に示すように、あらかじめ、ストローク形状と構成要素との対応表を作成しておく。たとえば、ストローク —/ は、削除ではプリミティブシンボル、移動では接続シンボル、訂正ではプリミティブシンボルの候補となり得る。他のストロークについても同様にすべて定義しておく。

図5のようなストローク S_1, S_2, S_3 が入力されると、表3の対応表を利用して、各校正記号にとって、最適な構成要素候補を求める。ここで、構成要素は以下の手法により認識する。

(1) グループシンボルの認識

グループシンボルは閉図形で入力されるため、ストロークの始終点を P_s, P_e 、始終点間距離を $\overline{P_s P_e}$ 、しきい値を l_{TH2} とすると、

$$\left. \begin{array}{l} \text{if } \overline{P_s P_e} < l_{TH2} \\ \text{then グループシンボル } \textcircled{C} \\ \text{else プリミティブ } \textcircled{A} \text{ or 接続シンボル } \textcircled{D} \end{array} \right\} \quad (3)$$

で簡単に認識できる。

(2) プリミティブシンボル、接続シンボルの認識

上記(3)式でプリミティブまたは接続シンボルと判定されると、このシンボルのストロークを“面積法”を用いて複数の直線に近似し、この直線の相対角度を特徴量として辞書と比較し、認識する(傾きフリーを実現)。ここで、面積法とは、2点間の直線とストロークで囲まれた面積がしきい値より小さければこの2点間は直線であるとして、次々に折れ線近似していく手法⁹⁾である。なお、辞書にないストロークが入力されたとき、これを接続シンボルの候補として認識し、認識率の向上を図った。

3.2.2 構成要素数の判定

すべての構成要素の入力が終了した段階で、必要とする構成要素候補がすべて得られたかどうか数による判定を行う。図5の例で、“削除”記号は、ストローク S_1 と S_3 の不要ストロークが入力されているため条件に合致しない。しかし、“移動”、“訂正”記号については、いずれも満足しているため、二つとも成立の可能性があるものとして出力される。なお以上の処理により、入力ストロークの手順フリーを実現できている。

3.2.3 構造による判定

以上の構成要素数のみの判定では、構成

表3 ストローク形状と構成要素候補の対応

Table 3 The correspondence between input stroke forms and components of the proof-reading marks.

校正記号 ストローク	移動 —/	削除 —/	訂正 —/
—/	Ⓐ	Ⓑ	Ⓐ
>	不要	Ⓐ	Ⓑ
~	不要	Ⓑ	Ⓑ
—/	不要	Ⓒ	Ⓒ

要素の全体の形を見ていないため、図5に示すように複数の校正記号が出力されることがある。したがって、最終的に、下記の構造上の知識を用いて判定する。

接続シンボルⒹはプリミティブシンボルⒶとグループシンボルⒸを結ぶ。実際には、以下の処理により判定する。

(1) グループシンボルⒸが存在するとき、図6

(a)に示すように、グループシンボルの中心座標 Q と他のシンボルの端点間距離 ($\overline{QP_{11}}, \overline{QP_{12}}, \overline{QP_{21}}, \overline{QP_{22}}$) を各々求め、最小距離を与えるシンボルを接続シンボルとする。

(2) グループシンボルⒸが省略されているとき、

図6(b)に示すように、シンボルの特徴点間距離 ($\overline{P_{21}P_{1d}}, \overline{P_{22}P_{1d}}, \overline{P_{11}P_{2d}}, \overline{P_{12}P_{2d}}$) を求め、最小距離を与える端点を含むシンボルを接続シンボルとする。

以上の知識を用いて図5の例を判定すると、“移動”は上記(1)の知識と合致するが、“訂正”はプリミティブシンボルⒶが入力ストローク S_2 に対応し、(1)の知識と合致しない。したがって、図5では“移動”の校正記号が出力される。

以上の構造上の解析をもとに認識するため、構成要素の位置関係が柔軟に変化しても、高い認識率で認識することができる。

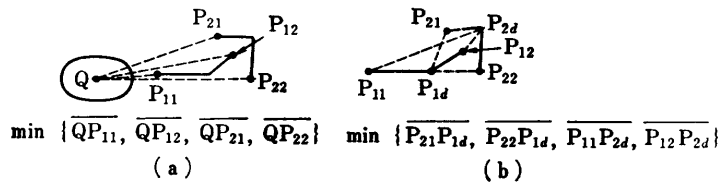


図6 構成要素の位置関係による構造解析
Fig. 6 Structure analysis by the location information between components.

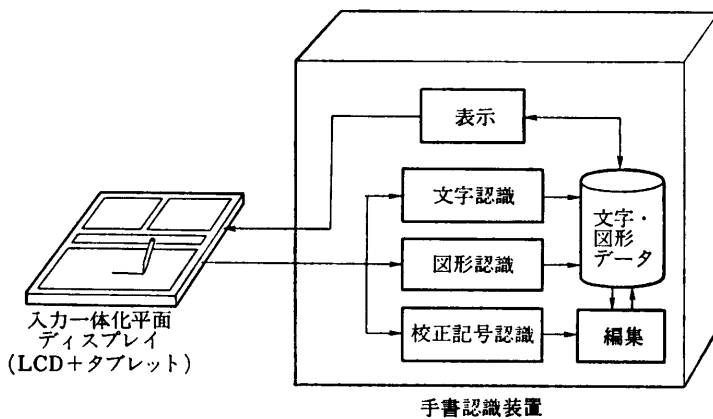


図 7 手書校正記号を用いた編集システム
Fig. 7 Editing system with handdrawn proof-reading marks.

4. 手書校正記号を用いた編集システム

4.1 編集システム概要

図 7 に手書校正記号を用いた編集システム¹⁰⁾のブロック図を示す。入力ストロークは、液晶 (640×200 ドット) とタブレットを一体化した入力一体化平面ディスプレイ¹¹⁾上に入力される。これはちょうど、紙の上

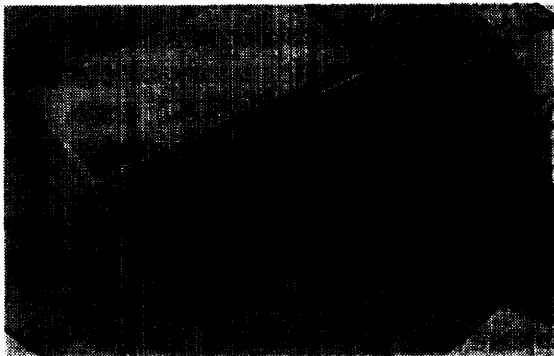


図 8 入力一体化平面ディスプレイ
Fig. 8 Input integrated flat panel display.

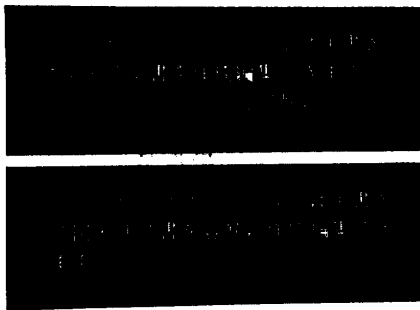


図 9 文字列挿入の編集例
Fig. 9 Example of an editing operation (insertion of character strings).

を鉛筆で書いている状態と同一スタイルのため、マンマシン性を一段と向上させることができる。この外觀図を図 8 に示す。

入力されたストロークは、文字は文字認識で、図形は図形認識で処理され、文字・図形データとしてファイルされる。と同時に、入力された位置に、そのサイズで清書表示される。

一方、編集モードにて、校正記号が入力されると、校正記号として認識し、対応する編集処理が実行される。なお、文字・図形は入力モードで認識される。

4.2 編集例

図 9~図 11 に手書校正記号による編集例を CRT 写真で示す。図 9 は、“容易に”という文字を入力し、さらに続けて“挿入”の校正記号を入力した例であ

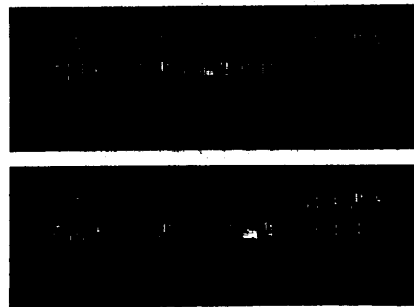


図 10 文字列入れ替えの編集例
Fig. 10 Example of an editing operation (replacement of character strings).

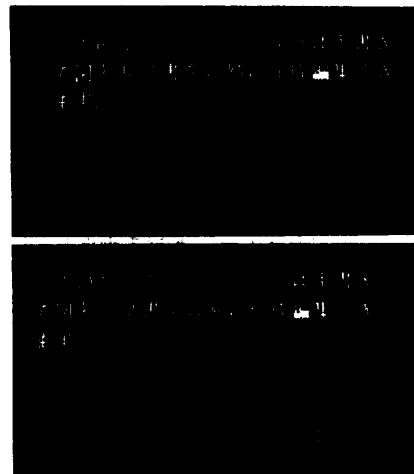


図 11 図形拡大の編集例
Fig. 11 Example of figure editing operation (enlarge copy of figures).

る。図 10 は文字列入れ替えを、図 11 は図形を手書きで入力後、拡大コピーの校正記号を入力した例である。これらの編集処理は校正記号入力後約 1 秒 (16 ビットマイコンで実現) で処理可能である。

5. 手書校正記号の評価

5.1 マンマシン性の評価

編集方式のマンマシン性を定量的に把握することは簡単ではない。マンマシン性評価の項目として、(1)編集に要した時間、(2)編集に要した操作数、(3)目や手の疲労度、(4)人間の思考の乱れが挙げられるが、これらはお互に関連しており、項目(1)、(2)以外は明解に評価する尺度がない。

ここでは、項目(2)の編集に要した操作数を取り上げて、マンマシン性を評価してみる。これは、操作数が少ないということは、編集に要した時間や、人間の思考の乱れも少ないと考えられるためである。

図 12 は文字列ⒶからⒺを削除する場合の、キーボード、アイコンおよび手書校正記号を用いた編集方式の操作数比較である。この図から明らかのように手書校正記号による編集方式は、他の方式に比べ、操作数が 1/3~1/6 と少ない。これは、手書校正記号がオブジェクト指定と命令を一度に入力できるためである。他の校正記号を例にとっても、本方式は操作数が少ない。したがって、人間の思考乱れも小さく、マンマシン性が非常に優れているものと考えられる。

5.2 認識率の評価

表 1 に示した 18 種の校正記号を 17 名の被験者の一つずつ入力してもらい、認識率を評価した。表 4 は評価を初心者 14 名と熟練者 3 名に分けて認識率をまとめたものである。この結果、初心者でも 94% という高い認識率が得られ、本方式の有効性が明らかになった。

初心者の誤認識の原因は、図 13 (1) に示すように、“移動”等のプリミティブシンボルが 3 本の線分に分割され該当しなくなったもの (誤認識の 2/3)、また同図(2)のようにオペレータが“移動”として入力したが、“訂正”として出力される等のように、プリミティブシンボルの形状が不適切なもの (誤認識の 1/3) が挙げられる。誤認識(1)の原因については、短い線分を除いて再度認識するダイナミックプログラミング法⁹⁾を活用したり、面積法で折れ線近似するしきい値

例	(削除)	Ⓐ	Ⓑ	Ⓒ	Ⓓ	Ⓔ	
		先頭			末尾		
方式	具体例					思考の乱れ	操作数
キーボード	カーソル移動 × n ₁ + 削除キー + カーソル移動 × n ₂ + 削除キー + 実行キー					大	6 (n ₁ =1 n ₂ =2)
アイコン	先頭文字指定 + 末尾文字指定 + 削除アイコン					中	3
手書校正記号	A B C D E F					小	1

図 12 各種編集方式の性能比較
Fig. 12 Performance comparison between various editing methods.

表 4 校正記号の認識率
Table 4 Recognition ratios of proof-reading marks.

対象	初心者 (14 名)	熟練者 (3 名)
認識率 (%)	94	100

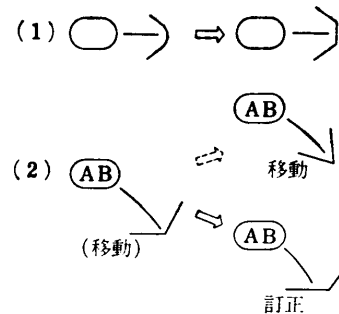


図 13 誤認識の例
Fig. 13 Examples of recognition errors.

の調整で対処可能と考える。一方、誤認識(2)については、プリミティブシンボルの見直しと構造解析の徹底が必要であると考えられる。

6. む す び

以上、手書校正記号を用いた手書編集方式を述べた。手書校正記号は、形状が柔軟に変化するため、構造解析手法を用いて認識した。この結果、初心者でも 94% の認識率を得た。

今後の課題として、認識率の一層の向上と、入力ストローク数の制限緩和がある。

最後に、本研究に当たり、日立製作所日立研究所高砂所長、西原部長ならびに平沢部長より御指導頂き、

ここに厚く御礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 若原ほか：画数・筆順に依存しないオンライン手書き文字認識，研究実用化報告，Vol. 34, No. 1, pp. 85-96 (1985).
- 2) 富本ほか：オンライン手書き文字認識，*National Technical Report*, Vol. 30, No. 3, pp. 118-123 (1984).
- 3) 寺井ほか：オンライン手書き文字認識を用いた原稿校正システム，*情報処理*，Vol. 15, No. 6, pp. 419-427 (1974).
- 4) 電々：通研月報，Vol. 37, No. 5, pp. 1-4 (1984).
- 5) 日立：GRADS-II オペレーション解説マニュアル (1978).
- 6) Menter Graphics: IDEA System User's Manual (1984).
- 7) JIS 校正記号：JIS Z 8208-1965.
- 8) Foley, J.D.: *Fundamentals of Interactive Computer Graphics*, Addison-Wesley, pp. 213-214 (1982).
- 9) 正嶋ほか：高度マンマシンシステム(3)，オンライン手書図形認識方式，第30回情報処理学会全国大会論文集，5F-3, pp. 1833-1834 (1985).
- 10) 葛貫ほか：高度マンマシンシステム(2)，全体構成，第30回情報処理学会全国大会論文集，5F-2, pp. 1831-1832 (1985).
- 11) 古賀ほか：高度マンマシンシステム(5)，入力一体化平面ディスプレイ，第30回情報処理学会全国大会論文集，5F-5, pp. 1837-1838 (1985).

(昭和60年7月24日受付)

(昭和61年7月16日採録)



葛貫 四郎 (正会員)

昭和19年生。昭和53年3月茨城工業短期大学電気工学科卒業。昭和37年3月(株)日立製作所日立研究所入社。以来、電力系統の安定度向上の研究、エレベータ群制御の研究、現在ワークステーションのマンマシンインタフェースの研究に従事。電子通信学会会員。



横山 孝典 (正会員)

昭和34年生。昭和56年東北大学工学部通信工学科卒業。昭和58年同大学大学院工学研究科修士課程修了。同年(株)日立製作所入社。以来日立研究所にてパターン認識、知識工学を応用したユーザインタフェースの研究開発に従事。電子通信学会、日本音響学会各会員。



正嶋 博 (正会員)

昭和32年生。昭和54年九州大学工学部電気工学科卒業。昭和56年同大学院総合理工学研究科修士課程修了。同年(株)日立製作所日立研究所入社。以来、ワークステーションソフトウェアの開発に従事。電子通信学会会員。



福永 泰 (正会員)

昭和25年生。昭和50年京都大学大学院修士課程電気系工学研究科修了。同年(株)日立製作所入社。現在同社日立研究所研究員。計算機アーキテクチャ、グラフィックス、マンマシンインタフェースの研究に従事。電子通信学会、ACM 各会員。