

幾何図形と複数ストローク文字の混在入力を可能とする 重ね書き文字図形入力インタフェースの試作

三階裕介† 佐賀聡人†

我々は既に、手書き描画ストロークをその描画動作のあいまいさに基づいて、文字を構成する書ストロークと図形を構成する描ストロークに弁別する書描弁別法を提案した。本稿では、書描弁別法を新たに多重融合ストロークに適用することで、幾何図形と複数ストローク文字が混在する図面の入力および修正を、描画ストロークを重ね書きするだけでモードレスに行える手書き入力インタフェースを実現する。

A Freehand Overwriting Interface that Realizes Mixed Input of Geometric Figures and Multi-Stroke Characters

YUSUKE SANGAI† and SATO SAGA†

We have already proposed a stroke discriminator for pen based systems, which categorizes freehand strokes into written strokes (each of which is supposed to be a component of a character) and drawn strokes (each of which is supposed to be a component of a figure) based on drawing manner. This paper proposes to apply the discriminator to categorization of multiblened strokes and realizes a modeless freehand pen interface in which input and modification of drawings composed of both geometric figures and multi-stroke characters can be carried out through just overwriting gestures.

1. はじめに

我々は文献 1) で、あいまいな手書き曲線のモデルとしてファジィスプライン曲線 (FSC) を提案した。また文献 2) では、FSC の形状に基づいて手書き曲線を幾何曲線列として認識する手書き図形認識エンジン FSCI を提案した。さらに、文献 3) では手書き描画ストロークを文字を構成する書ストロークと図形を構成する描ストロークに弁別する書描弁別法を提案し、書描弁別法と文字認識エンジンおよび図形認識エンジン FSCI を組み合わせることで、文字と図形の両方をオンライン手書き入力可能なモードレス手書き入力インタフェースを実現した。

一方、文献 4) では、FSC の形状を重ね書きで修正する手法 C-FSCG を提案し、さらに C-FSCG と FSCI を組み合わせることで、図形の入力と修正を手書き描画動作のみで行える重ね書き図形入力インタフェースを実現した。

本稿では、書描弁別法と C-FSCG の両方を要素技

術として利用することで、文字と図形双方の入力および修正を一貫した手書き描画動作により行える重ね書き文字図形入力インタフェースを実現する。

2. インタフェース作成の方針

文字と図形の両方を一貫した手書き描画動作のみでオンライン入力できるインタフェースを実現するために、以下に示す「文字・図形のモードレス手書き入力」と「文字・図形の重ね書き修正」の 2 つの機能を実現することを基本的な方針とした。

2.1 文字・図形のモードレス手書き入力

文字と図形が混在した作図を行う際、一般に文字と図形は並行して入力されることが多い。そのため、文字入力モードと図形入力モードを手動で切り替えては効率的な入力が行えない。そこで、文字と図形のモードを切り替えることなく、一貫した手書き描画動作のみで双方を自動的に弁別させて入力できるモードレスな手書き入力インタフェースの実現を目指した。

ここで本インタフェースでは、「文字」として、漢字やひらがなのような複数の描画ストロークの集合体として表される複数ストローク文字を扱うものとした。また、「図形」としては、線分、円、円弧、楕円、楕円

† 室蘭工業大学工学部情報工学科

Department of Computer Science and Systems Engineering, Muroran Institute of Technology

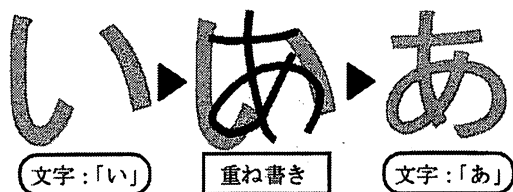


図 1 動作イメージ：文字の重ね書き修正

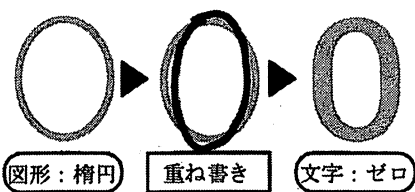


図 3 動作イメージ：誤弁別の重ね書き修正 (図形から文字)

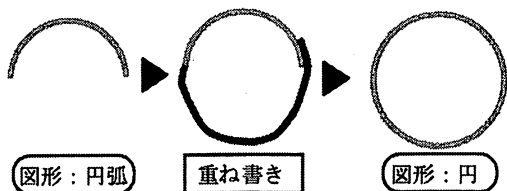


図 2 動作イメージ：図形の重ね書き修正

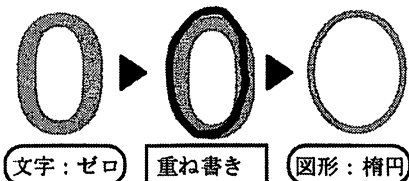


図 4 動作イメージ：誤弁別の重ね書き修正 (文字から図形)

弧，閉自由曲線，開自由曲線の 7 種の基本幾何曲線を要素とする幾何曲線列を扱うものとした。

2.2 文字・図形の重ね書き修正

既に入力された文字と図形を修正する際に，手書き描画動作以外の操作を用いては効率的な入力が行えない。そこで，特別な操作を必要とせず，修正対象に重ね書くだけで文字と図形を修正できるインタフェースの実現を目指した。

ここで重ね書きで行える修正操作としては「文字の重ね書き修正」，「図形の重ね書き修正」および「誤弁別の重ね書き修正」の 3 つを想定した。それぞれの動作イメージを順に示す。

文字の重ね書き修正 図 1 のように，修正対象となる文字の上から再度文字描画動作を行うことで文字認識結果を修正する。

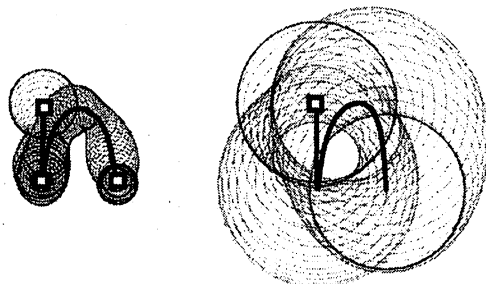
図形の重ね書き修正 図 2 のように，修正対象となる図形の上から再度図形描画動作を行うことで図形認識結果を修正する。

誤弁別の重ね書き修正 図 3 のように，修正対象となる図形の上から文字描画動作を行うことで図形から文字に弁別結果を修正する。逆に，図 4 のように修正対象となる文字の上から図形描画動作を行うことで文字から図形に弁別結果を修正する。

3. 既存要素技術の概要

2 節のインタフェースを実現するにあたり，その基礎として文献 3) の「書描弁別法」と文献 4) の「C-FSCG」の 2 つの既存技術を利用した。本節ではそれぞれの概要を示す。

■：停止点



(a) 丁寧な描画動作から生成 (b) 雑な描画動作から生成
図 5 ファジィスプライン曲線 (FSC)

3.1 モードレス手書き入力を可能にする書描弁別法

2.1 節で述べた「文字・図形のモードレス手書き入力」を実現するための基本技術として書描弁別法が文献 3) で提案されている。この書描弁別法は，手書き描画ストロークを 1 ストロークごとに文字を構成する「書ストローク」と図形を構成する「描ストローク」に弁別することができる。ただし，この書描弁別法を用いて実現されていたモードレス手書き入力インタフェースでは，複数のストロークから構成される文字の入力はできなかった。また，文字・図形の修正に際しては手書き描画動作以外の操作を必要とした。

書描弁別法は「文字は図形に比べて雑に素早く描画される」という仮定に基づいて弁別する。具体的には，文献 1) の FSC を利用することで弁別を行う。FSC は，手書き描画ストロークをその描画動作の雑さの程度に応じたあいまいさ (ファジネス) を有する曲線としてモデル化したものである。例えば，図形の入力を意図したときの丁寧でゆっくりとした描画からは図 5(a)

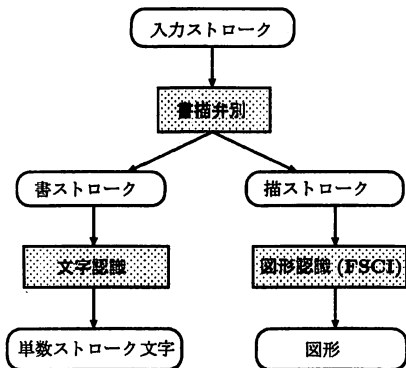


図 6 書描弁別法に基づくモードレス手書き入力インタフェースの構成

のようなファジネスの小さな FSC が得られ、一方、文字の入力を意図したときの素早い描画からは同図 (b) のようなファジネスの大きな FSC が得られる。同図 (a) は FSC の段階でもなお形状的な特徴を保っている。一方、同図 (b) では形状的な特徴がファジネスに埋もれてしまい、全体として塊状のあいまいな「点」となっている。書描弁別法は、このような特徴の違いを FSC の分割処理を用いて検出する。分割処理ではまず、FSC の各部の停止性をファジィ理論によって評価し、停止点を検出する。次に、検出された停止点をもとに、FSC を 2 つの停止点で挟まれた部分区間に分割する。ここで、素早い描画から生成された FSC では停止点が 1 つしか検出されず、FSC 全体が 1 つのあいまいな停止した「点」となる。書描弁別法は、このような部分区間を持たない FSC を書ストロークに弁別し、1 つ以上の部分区間を持つ FSC を描ストロークに弁別する。

文献 3) ではさらに、この書描弁別法に基づくストロークの弁別処理と、文字認識エンジン、および図形認識エンジン FSCI を図 6 のように組み合わせることで、文字・図形のモードレス手書き入力インタフェースが実現されている。これはまず、ストロークが描画されるたびにそのストロークに対して書描弁別法を適用し、次に弁別に即応して書ストロークには文字認識を、描ストロークには図形認識を行うことで文字と図形のモードレス入力を可能とした。ここで図形認識エンジン FSCI は、FSC の部分区間をファジィ推論に基づいて 2.1 節で述べた 7 種の基本幾何曲線のいずれかに認識する。そのため描ストロークは一般に 1 つ以上の基本幾何曲線を要素として持つ 1 本の幾何曲線列として認識される。一方、書ストロークについては単数ストローク文字のみが認識されることとなり、複数

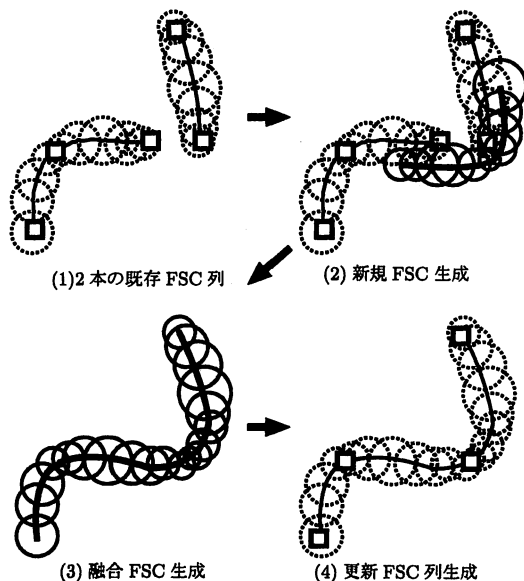


図 7 C-FSCG による FSC 列の変化例

ストローク文字の入力は不可能であった。

3.2 重ね書き修正を可能にする C-FSCG

2.2 節で述べた「重ね書き修正」のうち「図形の重ね書き修正」を可能とする手書き図形入力インタフェースを実現する要素技術として文献 4) で C-FSCG が提案されている。C-FSCG は手書き描画動作に応じて FSC 列を生成、変化させる。FSC 列とは、3.1 節で述べた FSC が、ループや分岐を含まずに論理的に接続されたものである。この C-FSCG は図形入力インタフェース用に開発されたため、「文字の重ね書き修正」と「誤弁別の重ね書き修正」にはそのままでは適用できない。

C-FSCG は以下のようにして FSC 列の形状・位置・姿勢・接続関係を変化させる。

- (1) 新規手書き描画ストロークを入力として受け取ると、これから新規 FSC を生成する (図 7(2) 参照)。
- (2) 新規 FSC と既存 FSC 列群の重なった区間を融合させ、融合 FSC を生成する (図 7(3) 参照)。
- (3) 融合 FSC を 3.1 節で述べた FSC の分割処理を用いて各部分区間に分割し、FSC 列とする (図 7(4) 参照)。
- (4) 融合に関わらなかった FSC 列との接続性を評価し、可能ならば FSC 列間の接続を行い、FSC 列群の再構成を行う。

なお、新規 FSC と重なった既存 FSC 列が存在しなかった場合、新規 FSC が直接分割され、新たな FSC

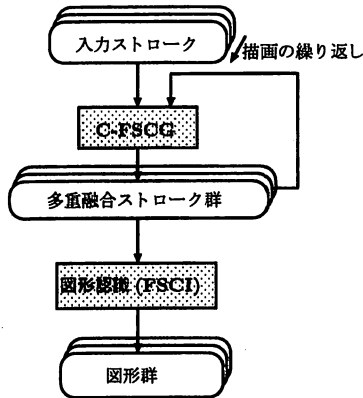


図 8 C-FSCG に基づく重ね書き図形入力インタフェースの構成

列として登録される。C-FSCG はストロークが描画されるたびに、このようにして既存の FSC 列群を逐次更新していく。C-FSCG を通して生成される FSC 列を本稿では多重融合ストロークと呼ぶこととする。

文献 4) ではさらに C-FSCG と FSCI を図 8 のように組み合わせることで、図形の手書き入力とその重ね書き修正が可能な重ね書き図形入力インタフェースが実現されている。ここでは、ストロークの描画が行われるたびに C-FSCG により多重融合ストローク群が更新される。そして多重融合ストローク群の更新に伴い FSCI による図形認識が行われることで、認識結果である図形群 (幾何曲線列群) が逐次更新されることになる。

4. 重ね書き文字図形入力インタフェースの提案

本節では、3 節で述べた書描弁別法と C-FSCG を組み合わせることで、2 節で述べた「文字・図形のモードレス手書き入力」と「文字・図形の重ね書き修正」を可能とする重ね書き文字図形入力インタフェースを実現する。

4.1 重ね書き文字図形入力インタフェースの基本構成

「C-FSCG」、「書描弁別」、「図形認識」および「文字認識」の 4 つの処理を図 9 に示すように組み合わせることで重ね書き文字図形入力インタフェースを構成した。

これはストロークが描画されるたびに、まず C-FSCG により多重融合ストローク群を更新する。次に多重融合ストロークに対して書描弁別法を適用し、文字を構成する「書多重融合ストローク」と図形を構成する「描多重融合ストローク」に弁別する。ここで、書多

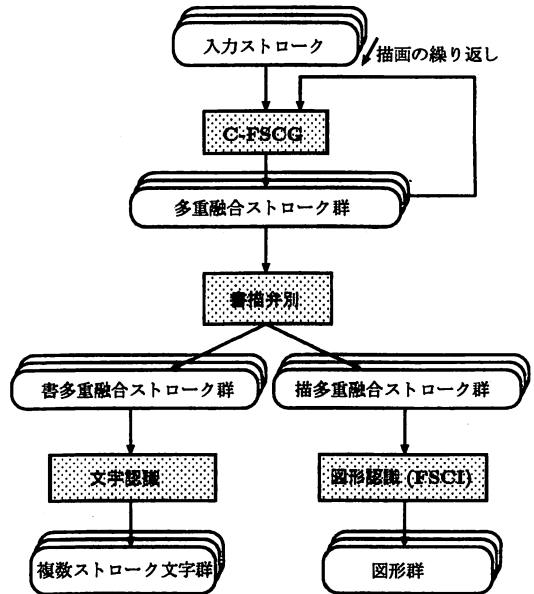
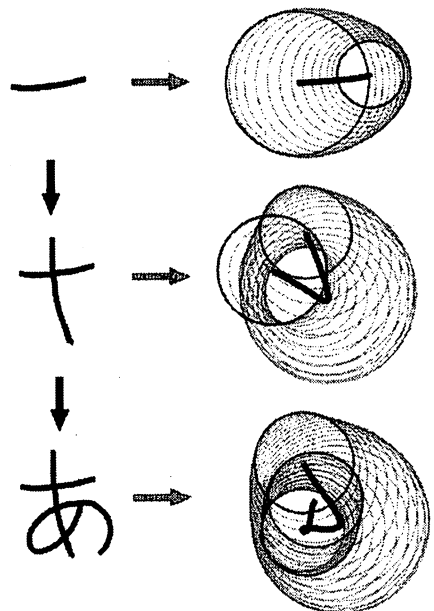


図 9 重ね書き文字図形入力インタフェースの構成



(a) 描画ストローク群 (b) 書多重融合ストローク

図 10 描画ストローク群から生成される書多重融合ストロークの例

重融合ストロークは、1 つの複数ストローク文字を構成する描画ストローク群が多重融合した結果として得られる (図 10 参照)。そのため、書多重融合ストロークに対して複数ストローク文字認識を行うことで複数ストローク文字の入力が実現できることになる。描多重融合ストロークに対しては 3.2 節で述べた重ね書き

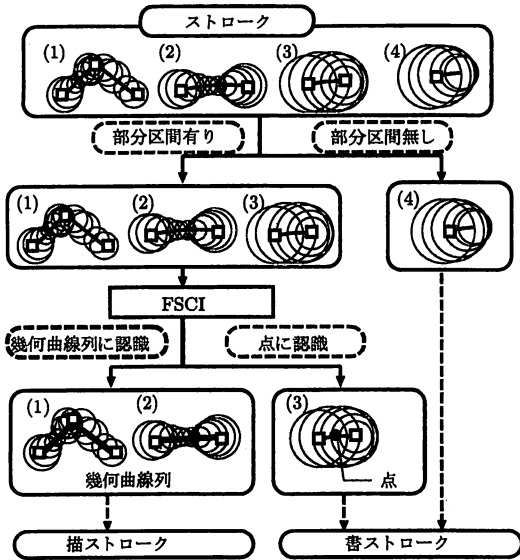


図 11 2 段階の弁別を行う書描弁別法

図形入力インタフェース同様、FSCI による図形認識が行われることで認識結果である幾何曲線列群が逐次更新されることになる。

4.2 各構成要素

4.1 節で述べた重ね書き文字図形入力インタフェースの構成要素となる「C-FSCG」、「書描弁別」、「文字認識」および「図形認識」の各処理について説明する。

4.2.1 C-FSCG

本インタフェースの C-FSCG は、基本的には 3.2 節で述べた重ね書き図形入力インタフェースにおける C-FSCG と同様の処理を行う。ただし、この重ね書き図形入力インタフェースでは「点」を認識する必要がないため、C-FSCG は停止点 1 つからなる FSC は破棄していた。本インタフェースではあいまいな「点」とみなせる FSC を文字として取り扱うため、C-FSCG は停止点 1 つからなる FSC を破棄しないこととした。

4.2.2 書描弁別

本インタフェースの書描弁別処理は、基本的に 3.1 節で述べた従来の書描弁別法を C-FSCG により生成された多重融合ストロークに適用することで、多重融合ストロークを単位とした弁別を行う。ただし、本稿では従来の書描弁別法を改良した図 11 に示すような 2 段階方式の書描弁別法を用いることにより弁別性能の向上を図った。

1 段階目の弁別では、従来の書描弁別法と同様に FSC の分割処理に基づく弁別を行う。しかし、停止性の観点からは「点」とみなされない FSC の中でも、形

状的な規範に基づけば「点」とみなせる FSC が存在することが最近の研究でわかってきた。そこで、FSCI に基づく 2 段階目の弁別を新たに加えることで、このような FSC を書ストロークに弁別することを可能とした。2 段階目の弁別では、1 段階目で書ストロークに弁別されなかった FSC に、FSCI による図形認識を適用し、認識結果が「点」となった FSC を書ストロークに、それ以外を描ストロークに弁別することとした。ここで、FSCI は従来「点」を認識することができなかったが、「線形性が高くかつ閉曲線性が高い FSC を閉じた線分（すなわち点）として認識する」というルールを新たに加えることで「点」の認識を実現した。

4.2.3 文字認識

本インタフェースの文字認識は、書多重融合ストロークを文字認識エンジン^{*}に引き渡すことで文字認識結果を得る。

しかし、書多重融合ストローク自体は図 10(b) に示すような 1 本のストロークとなっているため、これを直接認識しても複数ストローク文字認識は行えない。そこで書多重融合ストロークにはその生成の元となった図 10(a) のような描画ストロークの履歴を保持させることとし、その履歴に保持された描画ストローク群に対して認識を行うこととした。

ただし、生成の元となった描画ストロークのすべてを履歴に残しているのは、重ね書きによってある文字を異なる文字に変更するといった 2.2 節の「文字の重ね書き修正」が実現できない。そこで、1 文字を構成するストローク群は短い時間間隔で連続的に描画されるものと仮定し、2 本のストロークが同じ文字を構成しているとみなしてもよい最大の時間間隔、すなわち文字内最長許容時間間隔 T を設定することとした。そして、時間間隔が T を超えてから新規描画ストロークが重ね書かれた場合、別の文字の第一ストロークが描画されたものとみなし、履歴から過去の描画ストローク群を消去することとした^{**}。

上に述べた描画ストロークの保持と破棄を行うアルゴリズムによって、図 12 のように複数ストローク文字の入力と文字の重ね書き修正の両方が実現される。図 12 では、まず直前の描画ストローク追加時刻から新規描画ストロークが入力されるまでに経過した時間 τ を求めている。 τ が文字内最長許容時間間隔 T より

* 本稿では、株式会社 AXE の開発による複数ストローク文字認識エンジン「布目」⁵⁾を採用した。

** T の最適値は書き手により個人差があると思われるが、本稿では 1.0 秒に設定した。

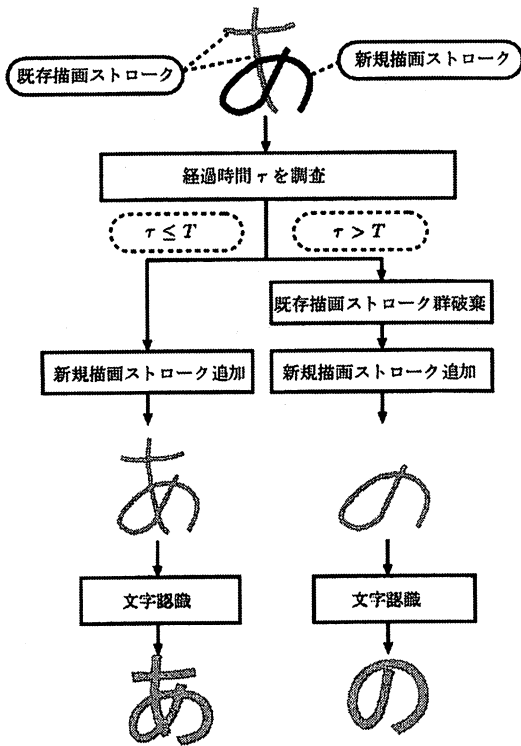


図 12 重ね書き文字図形入力インタフェースにおける文字認識の流れ

も小さかった場合、同図左の流れに示すように、新規描画ストロークが過去の描画ストローク群に追加されてから文字認識が行われ、複数ストローク文字の認識が実現できている。 τ が T よりも大きかった場合、同図右の流れに示すように、過去の描画ストローク群が破棄され、新規描画ストロークを1ストローク目とする文字認識が行われることで文字の重ね書き修正が実現できている。

4.2.4 FSCIによる図形認識

本インタフェースの図形認識は、3.2節で述べた重ね書き図形入力インタフェースと同様に、描多重融合ストロークをFSCIに引き渡すことで図形認識結果である幾何曲線列を得る。

5. 動作実験

試作した重ね書き文字図形入力インタフェースによる動作実験を行った。

図 13 では、試作したインタフェースにより1つの図面を完成させるまでの一連の流れを示している。まず同図(1)~(3)では図形の認識結果の修正を行っている。2本の線分が重ね書きにより1本の円弧に修正

されていることがわかる。次に同図(4)~(7)では文字の認識結果の修正を行っている。誤認識された文字の「E」が文字の「モ」に修正されていることがわかる。次に同図(8)~(11)では図形を文字に修正している。図形の線分がカタカナの「ノ」に修正されていることがわかる。次に同図(12)~(15)では文字を図形に修正している。文字の「1」が図形の線分に修正されていることがわかる。以上より、「文字・図形のモードレス手書き入力」と「文字・図形の重ね書き修正」の2つの機能が実現されていることを確認した。

さらに、これらの機能を用いて文字と図形が混在した図面の入力を行った。その作図結果を図 14 に示す。これより、一貫した手書き描画動作による文字と図形の入力および修正が可能であることを確認した。

6. まとめ

本稿では、書描弁別法とC-FSCGの2つの既存技術を基礎とする重ね書き文字図形入力インタフェースを提案した。また試作したインタフェースによる動作実験を行い、「文字・図形のモードレス手書き入力」と「文字・図形の重ね書き修正」の機能が実現されていることと、一貫した手書き描画動作による文字と図形の入力および修正が可能であることを確認した。今後は、本インタフェースの弁別性能や、文字認識率及び図形認識率に与える影響の定量的な評価を行うとともに、操作性の向上を図り、その実用性を検証する予定である。

参考文献

- 1) 佐賀聡人, 牧野宏美, 佐々木淳一: 手書き曲線モデルの一構成法—ファジースプライン補間法—, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J77-D-II, No.8, pp.1610-1619 (1994).
- 2) 佐賀聡人, 牧野宏美, 佐々木淳一: ファジースプライン曲線同定法, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J77-D-II, No.8, pp.1620-1629 (1994).
- 3) 豊原純平, 佐賀聡人: ファジースプライン曲線の分割処理に基づく書描弁別法の提案, 日本ソフトウェア科学会 WISS 2000, pp.13-18 (2000).
- 4) 田中良樹, 西川 玲, 川添昌俊, 櫻井将樹, 佐賀聡人: 位相操作可能なスケッチ入力インタフェースの試作, 情報処理学会シンポジウムシリーズ(インタラクション 2006 論文集), pp.233-234 (2006).
- 5) 大谷浩司, 福井宏和, 橋本圭介, 渦原 茂, 竹岡尚三: 携帯機向けのオープンな GUI 環境「式神」, *Proceedings of Linux Conference 2000 Fall*, pp.403-410.

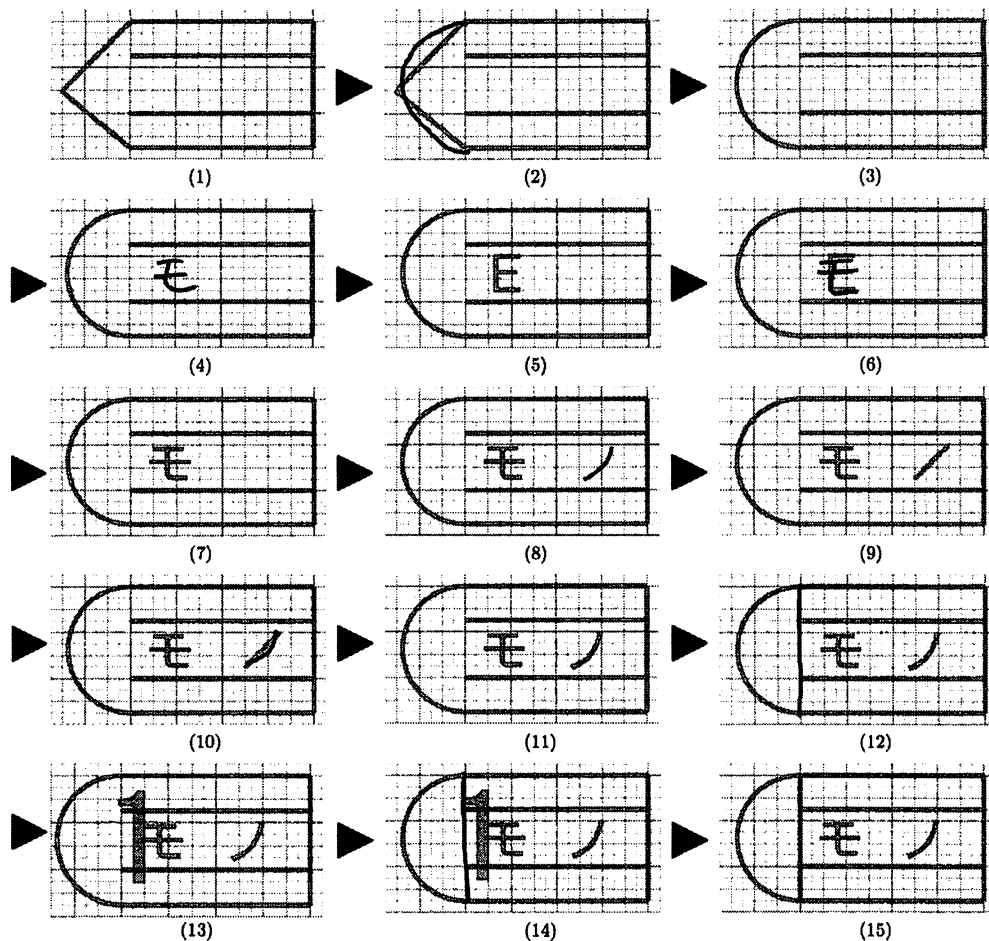


図 13 重ね書き文字図形入力インタフェースの動作例

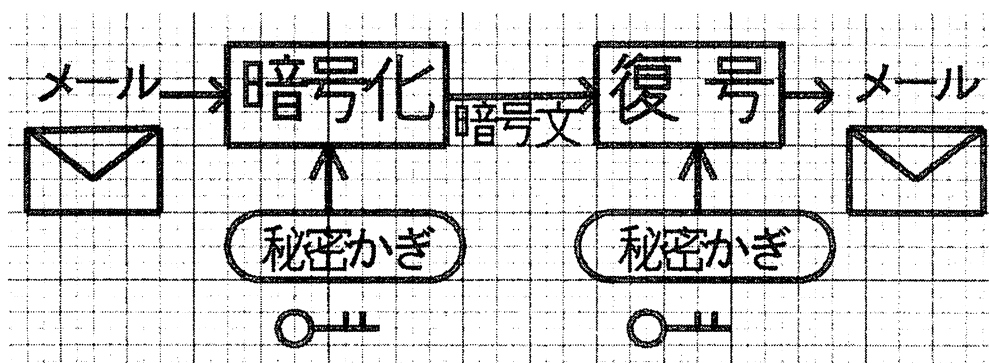


図 14 重ね書き文字図形入力インタフェースによる作図例