2004－HI－108　(1)
2004／5／21

文字方向と行方向が自由な枠無し手書き文字入力インタフェース

依藤充範，小沼元輝，中川正樹
東京農工大学工学部

本稿では，文字方向と行方向が自由な枠無し手書き文字認識システムで発生する誤認識を訂正するためのインタフェースの試作について述べる．枠無し手書き文字認識システムは，筆記者に自然で円滑な手書き入力を提供する反面，文字間の区切り判定や文字方向と行方向の判定などの誤りが発生する危険がある．各文字の認識結果や区切り位置の誤認識に対していくつかの訂正方法が提案されているが，文字方向や行方向の誤認識に対しては提案されていない．本稿では，文字方向を訂正する方法として，文字の外接矩形内から矩形外へ線を走らせ文字方向を入力するジェスチャと，外接矩形を自由に回転させることで文字方向を変更するジェスチャを提案する．また，行方向を訂正する方法として，文字の外接矩形外から矩形内へ行方向に線を走らせるジェスチャを提案する．予備評価の結果，文字方向の情報が確認しづらい，一回で正しく文字方向を入力できないことがある，といった問題点が明らかになった．

User Interface for Inputting Handwritten Text free from Constrains on Character Orientation and LineDirection.

Mitsunori Yorifuji, Motoki Onuma and Masaki Nakagawa
Department of Computer, Information and Communication Sciences,
Tokyo University of Agriculture & Technology.

In this paper, we describes user interface for writing-box-free on-line handwriting recognition system. Although writing-box-free recognition is natural and smooth to input text, recognition errors may occur in character segmentation, character recognition, character line direction and character orientation. There have been proposed several methods for correcting character recognition and character segmentation errors, but user interfaces for correcting character orientation and line direction are not proposed. We propose two user interfaces for correcting character orientation: a gesture to draw a pen from inside of the bounding box to the right direction and the other to rotate the bounding box. Moreover, we also propose a gesture to correct line direction by drawing a pen from outside of the bouding box to inside according to the line direction. A preliminary evaluation reveals several problems such that character orientation is hard to confirm, ,more than a single gusture is needed to correct the character orientation and so on.

１．はじめに

近年，PDA の普及や対話型電子白板の登場，そして，Microsoft 社の Windows XP Tablet PC Edition の発売，また，Anoto ペン[1]や e-pen などの紙に書く手書きの電子化技術の普及により，オンライン手書き文字認識に対する関心，需要が増えつつある．Tablet PC や対話型電子白板のように，大型な入力領域を備えた機器の普及によって，筆記枠の中に文字を一字ずつ筆記していく単一文字認識[2]だけではなく，筆記枠のない入力

面への手書き文字列認識（以後，枠無し文字列認識）にも関心が寄せられている．しかし，一般的な枠無し文字列認識[3]では横書きや縦書きの文字列を認識対象としたものがほとんどであるため，筆記枠の制限がなくなったとしても，文字方向や行方向の制限を受けることが多く，自由に筆記した文字を認識することは難しかった．これに対して，我々は文字方向や行方向制限を緩和した枠無し文字列認識[4]を提案し，縦書きや横書き，斜め書きが混在した文字列，傾いた文字などを認識することが可能になり，より自然な手書き文字列の認識を実現した．

しかしながら，現状では枠無しで筆記された手書き文字列を認識する際，しばしば誤認識が発生する．枠無し文字列認識の結果，各文字の認識結果が異なっていたり，各文字の区切り位置が間違ってしまう（例えば，１文字を２文字として認識したり，逆に２文字を１文字として認識する等）ことがある．手書き文字認識を用いた文章入力の研究として荒井らの行った研究[5]があるが，これは，枠有り認識を対象としたインタフェースの研究であり，枠無し認識特有の区切り位置の誤認識などに対する問題点に対しては述べていない．

枠無し文字列認識における誤認識を訂正するインタフェースの研究として，我々は，すでに区切り位置の訂正に対して，囲み，区切りジェスチャなどを提案し，誤認識に対する訂正を容易に行うことを提案している[6]．しかし，筆記制限を緩和した文字列認識では，文字方向や行方向の推定に誤りが生じることがある．具体的には，認識結果において，ユーザが文字方向と行方向を瞬時に把握できる表示方法とそれを容易に訂正できる方法を考察する必要がある．

そこで本稿では，枠無し文字列認識における，縦書きや横書き，斜め書きが混在した文字列や斜めに傾いた文字などを認識する際に発生する文字方向と行方向の誤認識を訂正するインタフェースの設計および，認識結果表示インタフェースについて評価を行う．

２．文字方向と行方向の定義

ここではまず用語の確認を行う．ストロークとは，ペンダウンからペンアップまでに採集されるペン先座標（筆点座標）の系列を意味し，文字方向とは文字の上辺から底辺への方向を指し，行方向とは文字列における書き始めから文字が連なる方向を指す（図 1）．行方向は我々の一般的理解と同じであるが，文字方向は通常の筆記では下向きとすることに注意されたい．

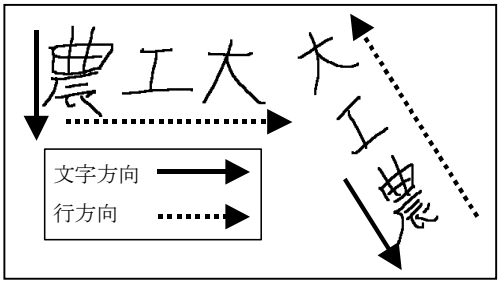


図 1　文字方向と行方向の定義

文字方向を数値的に表すために，一文字を成すストロークの組が含まれる外接矩形領域を求め，外接矩形が反時計回りに回転している角度 θ を文字傾斜角度とする（図 2）．文字方向の訂正とは，文字認識システムが判断した各文字の文字傾斜角度の訂正のことを示し，行方向の訂正とは文字の連なる方向を訂正することを示す．

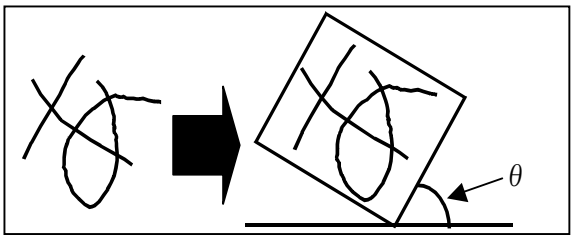


図 2　外接矩形と文字傾斜角度

３．文字認識システムにおけるユーザインタフェース

本章では，枠無し文字列認識システムにおける認識結果表示インタフェースおよび誤認識訂正インタフェースについて述べる．

３．１　認識結果表示インタフェース

枠無し文字列認識システムの認識結果から得られる認識結果情報には，各文字の認識結果，各文字のストロークの組情報，各文字の傾斜角度，文

字列の行方向などが含まれている. これらの情報の中から, アプリケーション等の用途に応じて必要となる情報をユーザにわかりやすく提示する必要がある. 本研究室で提案している基本的な認識結果表示インタフェースを図 3に示す.

各文字の認識結果は手書き文字の上に表示する. 筆記した文字の上に認識結果の情報を表示することはユーザの書いた手書き文字が見えなくなる危険性があるが, 認識結果を表示する領域を新たに必要としないことや, ユーザの視線の移動を最小限に抑えることが可能であるという利点がある.

各文字の区切り位置は, 各文字のストロークの組情報からストロークの組を含んだ外接矩形として表現する. 各文字の外接矩形はボタンインタフェースの役割を果たし, 後述する各種訂正インタフェースの操作の対象とすることが可能である.

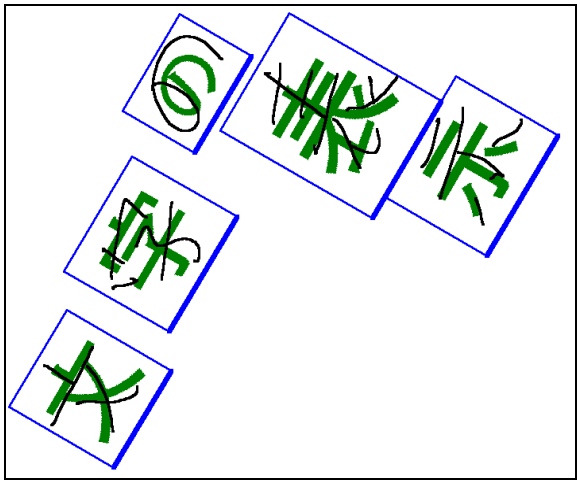


図 3　認識結果表示インタフェースの例

各文字の文字方向をユーザに示す方法として, 先に述べた各文字の認識結果と外接矩形を文字傾斜角度だけ回転させて表示することが考えられる. しかし, 枠を回転しただけでは「一」や「１」, 「＋」のように上下左右の区別がつきづらい字種が存在する. そこで, 外接矩形の辺のうち, 文字の底辺にあたる部分の太さや配色を変えて文字方向を提示する.

各文字および文字列の行方向をユーザに示す方法としては, 文字枠の外側に隣接して行方向を表示する枠をもうけることなどが考えられる.

これらの表現を用いた認識結果表示インタフェースを用いることで, ユーザは認識結果の各情報を瞬時に把握することができる.

３．２　誤認識訂正インタフェース

枠無し文字列認識では文字列を一括して認識するため, 発生する誤認識の種類は以下の可能性が考えられる.

a) 各文字の認識結果が間違っている
b) 各文字の区切り位置が間違っている
c) 各文字の文字方向が間違っている
d) 各文字の行方向が間違っている

したがって, 誤認識の訂正インタフェースとしては, 各文字の認識結果を訂正するインタフェース, 文字の区切り位置を変更するインタフェース, 各文字の文字方向を訂正するインタフェース, 行方向を訂正するインタフェースが必要となる.

各文字の認識結果を訂正する方法として, 坂東らは各文字の外接矩形内に特別な領域を表示し, そこをタップすると訂正候補の文字の一覧がメニュー形式で表示され, その一覧から選択する方法を用いている（図 4）. また, 候補一覧に正しい文字が含まれない場合は枠内で文字を書き直す方法を用いる.

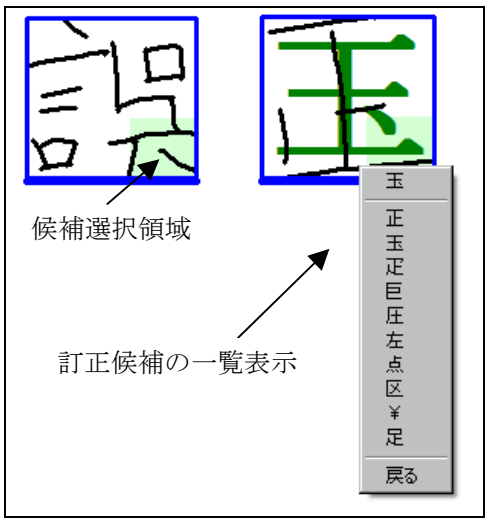
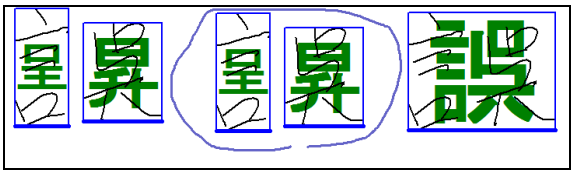
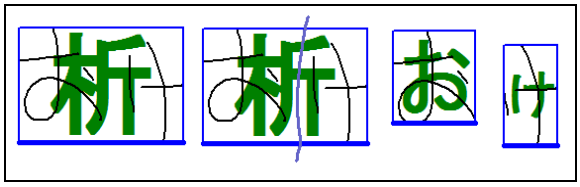


図 4　候補選択領域と一覧表示

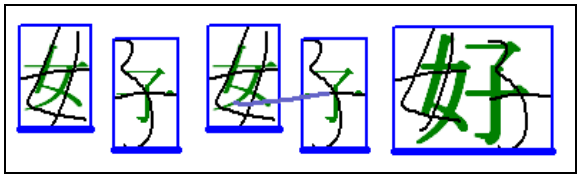
各文字の区切りが誤っている場合は，区切り位置の訂正インタフェースとして，囲み，区切り，接続ジェスチャを用いる（図 5）．



（ａ）囲みジェスチャによる文字の結合



（ｂ）区切りジェスチャによる文字の分割



（ｃ）接続ジェスチャによる文字の結合

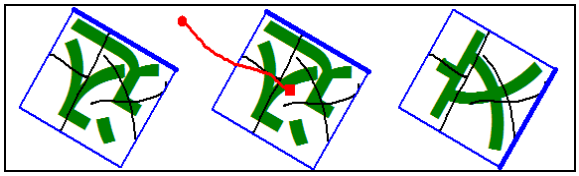
図 5　区切り誤りの訂正インタフェース

４．文字方向，行方向の訂正インタフェースの提案

前節までに述べた誤認識訂正インタフェースは各文字の誤認識と区切り位置の誤認識に対して訂正を施すことが可能である．しかし，行方向や文字方向の誤った推定によって認識した場合に発生する誤認識を訂正する手段については言及していない．そのため，正しい認識結果を得るためには行方向および文字方向を訂正することが可能なインタフェースが必要である．新たな訂正インタフェースは，前述した認識結果と区切り位置の訂正インタフェースと同時に使うことが求められるため，それらのインタフェースへ新たに追加しても，ユーザが混乱無く使用できるものが望ましい．

４．１　文字方向訂正インタフェースの提案

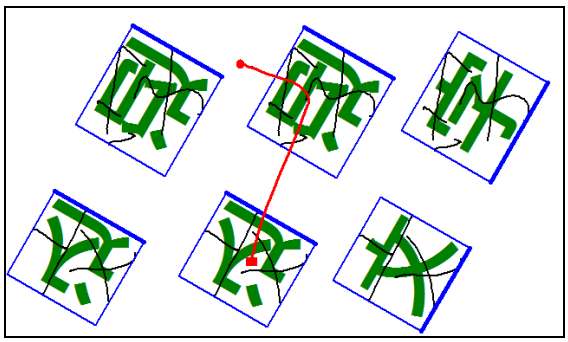
文字方向の訂正ジェスチャとして，図 6のはみ出しジェスチャが考えられる．はみ出しジェスチャは外接矩形内でペンダウンし外接矩形外でペンアップすることで文字方向を入力するジェスチャである．



■　始点　●　終点

図 6　はみ出しジェスチャによる文字方向の訂正

複数の文字を一度に訂正するには，図 7に示すように，訂正の対象となる文字の外接矩形内でペンダウンし，訂正の対象に追加したい文字の外接矩形内を通過した後に外接矩形外でペンアップすることで，文字列の文字方向を一度に訂正することが可能である．また，文字列に対する訂正操作が，単文字に対する訂正操作に似ているため，複数のジェスチャを覚える負担を減らすことができる．



■　始点　●　終点

図 7　文字列の文字方向の訂正

はみ出しジェスチャでは入力したジェスチャの方向を底辺にするのか，ジェスチャとは逆方向を底辺とするのかを選択することができる．

単文字に対する文字方向の訂正に対しては回転ジェスチャが考えられる（図 8）．回転ジェスチャは外接矩形の特定の領域でペンダウンすると文字の回転が始まり，ペンの移動に応じて文字が回転し，ペンを上げると回転を停止して，文字方向が変更される．回転を始めるための特定の領域は，先に述べた候補選択領域と重ならない場所を用い，区別できるように色分けすることが望ましいと考えられる．

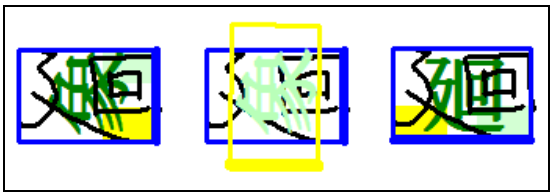
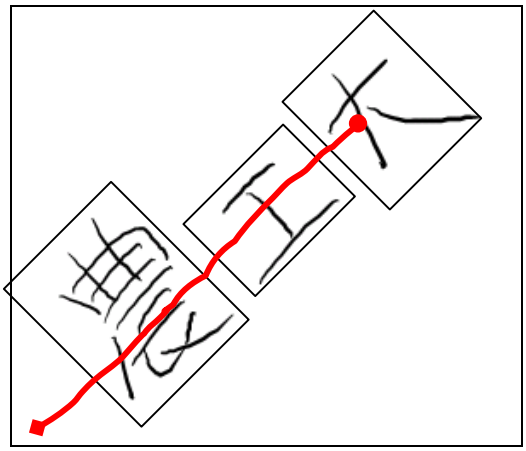


図 8　回転ジェスチャによる文字方向の訂正

4．2　行方向訂正インタフェースの提案

行方向訂正ジェスチャとしては，文字枠の外から文字枠内へ行方向にペンを走らせ，ジェスチャが枠内をまたいだ文字列の行方向を訂正する方法が考えられる（図 9）．



■　始点　●　終点

図 9　行方向訂正ジェスチャによる行方向の訂正

5．アルゴリズム

5．1　ジェスチャの判別

ユーザの入力したジェスチャが，前章までの誤認識訂正インタフェースのどれに含まれるかを判別するフローチャートを図 10に示す．

認識結果表示インタフェースによって認識結果が表示されている状態において，ユーザが入力したジェスチャの開始（始点，ペンダウン）とジェスチャの終了（終点，ペンアップ）の座標が各文字の外接矩形の領域に含まれているか，もしくは含まれていないかによりジェスチャを判別することができる．

囲みと区切りの判別は坂東らが提案した判別方法を用いる．　各文字の認識結果を訂正するメニューを表示するための候補選択領域と，回転ジェスチャを始めるための領域は，外接矩形内に適切な大きさの領域を設定する．

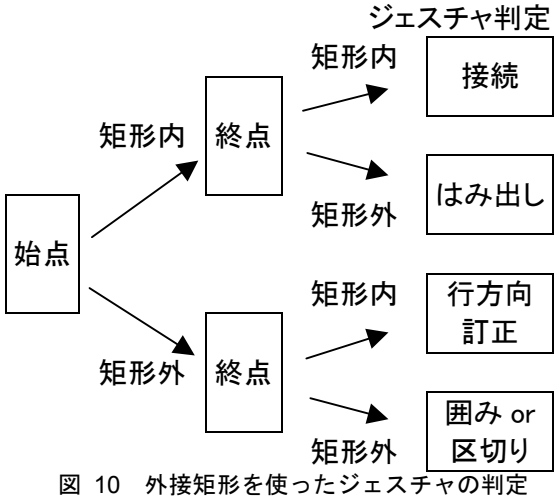


図 10　外接矩形を使ったジェスチャの判定

5．2　はみ出しジェスチャのアルゴリズム

はみ出しジェスチャが入力された場合は，訂正の対象となる文字の判別と文字方向の計算を行う．訂正の対象となる文字の判別は，入力したジェスチャのペンダウンからペンアップまでに描線が外接矩形の上を通過した文字を対象とする．図 7のように，複数の文字の外接矩形の上を通過した場合は，それらの文字全てを訂正の対象とする．外接矩形内をジェスチャが通過したかどうかの判別は，それぞれの外接矩形内にジェスチャ中の筆点が一つ以上含まれている場合，通過したと見なす．ジェスチャで入力した文字方向は，ジェスチャが最後に通過した文字の外接矩形の中心の座標とジェスチャのペンアップの座標を用いて計算する．まず，外接矩形の中心の座標を（X1, Y1）とし，ジェスチャのペンアップの座標を（X2, Y2）とすると，ジェスチャによって入力された角度 θ は次の式で表される．

$$\theta = \tan^{-1}(Y2-Y1/X2-X1)$$

ジェスチャを用いて入力した方向を訂正後の文字方向とするのか，もしくはジェスチャが入力した方向と逆方向を訂正後の文字方向とするのかの 2 通りが考えられるため，ユーザが使いやすいと判断した方式で実装することが望ましい．

５．３　行方向訂正ジェスチャのアルゴリズム

行方向訂正ジェスチャは，文字方向訂正ジェスチャと同様の方法で訂正の対象となる文字を訂正の対象とする．ジェスチャの始点と終点のベクトル方向を用いて訂正後の行方向とする．

６．予備評価

既存の誤認識訂正インタフェースと 4 章で提案した文字方向訂正インタフェースを 5 章で設計したアルゴリズムで実装した評価ツールを作成し，被験者に訂正インタフェースの基本的な使い方を説明した後，自由に試用してもらった．被験者は筆者の所属する研究室の学生で，全員コンピュータの操作および坂東らが提案した訂正インタフェースの操作に習熟していた．

評価ツールを試用する際に認識結果表示インタフェースは各文字の認識結果，外接矩形の表示を有効にした状態で実験を行った．実験環境を表1に示し評価ツールの画面を図 11に示す．

表 1　実験環境

機種名	東芝 DynaBook SS3500
OS	Microsoft Windows XP Tablet PC Edition
CPU	Intel Pentium Ⅲ 1.3GHz
メインメモリ	1024Mbyte
解像度	1024×768

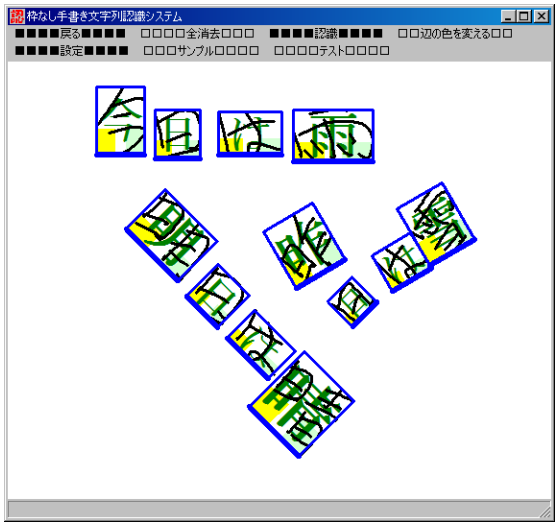


図 11　評価ツールの画面写真

６．１　アンケート結果

評価ツールの使用後，被験者に対して次のことを踏まえた上で，自由な意見を記述してもらった．

- 一度に複数の文字の文字方向を訂正できるのは便利だ
- 文字方向がわかりづらい
- はみ出しジェスチャで方向を訂正するのが一度ではうまくいかないことがあり手間取ることがある
- 文字が小さいと外接矩形が小さくなり，ジェスチャの入力が難しい

６．２　考察

認識結果の表示に関しては，文字方向がわかりづらいという意見があった．改善方法としては，外接矩形の文字の底辺の部分の色を変える方法や，外接矩形以外に文字方向を提示することも考えられるが，画面上の情報が増えすぎると，情報の把握が難しくなる危険性があるため，表示する情報は必要最小限に抑えることが必要である．

文字方向の訂正に関する意見としては，はみ出しジェスチャによる複数の文字の文字方向の訂正は使いやすいという意見が得られた．逆に，回転ジェスチャでは訂正に時間がかかり面倒であるという意見が得られた．はみ出しジェスチャ，回転ジェスチャの共に一度では正確に訂正できないことがある，といった意見も得られた．

また，文字が小さくかかれた場合，外接矩形が小さくなりジェスチャの入力が難しい，認識結果を確認しづらいことがわかった．

７．終わりに

本稿では，文字方向と行方向が自由な枠無し手書き文字認識システムで必要とされる文字方向訂正インタフェース，行方向訂正インタフェースを提案し，インタフェースの一例を実装し評価を行った．本研究では文字方向を訂正するインタフェースとして外接矩形の内側から外側へ線を引っ張ることにより文字方向を入力するはみ出しジェスチャと，外接矩形を回転させることで文字方向を入力する回転ジェスチャを提案した．また，行方向を訂正するインタフェースとして外接矩

形の外側から内側へ行方向に線を引っ張ることにより行方向を入力するジェスチャを提案した．評価ツールの試用後のアンケートにより，文字方向がわかりづらい，方向を正確に入力することができなくて文字方向の訂正操作に手間取ることがある，文字が小さくなると使いづらい，といった問題が明らかになった．

今後の課題として，認識結果表示インタフェースや文字方向訂正インタフェースの改良，行方向訂正インタフェースの実装，はみ出しジェスチャや回転ジェスチャの定量的な評価，文字が小さい場合の問題への対応などを行いたい．

参考文献

[1] http://www.anoto.com/

[2] 秋山勝彦，中川正樹，オンライン手書き日本語文字認識のための線形処理時間伸縮マッチングアルゴリズム，電子情報通信学会論文誌，vol.J81-D-Ⅱ，no.4，pp.651-659，1998.

[3] 福島貴弘，中川正樹，確率モデルに基づくオンライン枠なし手書き文字列認識，信学技報，PRMU，vol.98-139，no.489，pp.25-30，1997.

[4] Masaki Nakagawa and Motoki Onuma, On-line Handwritten Japanese Text Recognition Free from Constrains on Line Direction and Character Orientation, Proc. 7th International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR), Edinburgh (Scotland), pp.519-523 (2003.8).

[5] 荒井俊史，正嶋博，福永泰．手書きユーザインタフェースにおける文字入力方法．情報処理学会論文誌 Vol.35．No.3，pp.478-487．1994.

[6] 坂東宏和，福島貴弘，加藤直樹，中川正樹．枠なし手書き文字列認識における誤認識訂正インタフェース，情報処理学会論文誌 Vol.43．No.6，pp.1996-2005．2002.