

字形の評価箇所を指示できる手書き漢字学習システム

武居 典子, 持田 桂介, 未代 誠仁, 中川 正樹
東京農工大学工学部

E-Mail : takesue@hands.ei.tuat.ac.jp

本稿では、手書き漢字学習システムにおいて、筆順や字形の評価機能に加えて、字形の評価箇所を指示できるカスタマイズ機能について述べる。現在、筆順や字形を評価する漢字学習システムがいくつか開発されている。しかし、既存の漢字学習システムには柔軟性がなく、人間（教師）がシステムに合わせる形で使用しなければならない。そこで、本稿では教師の様々な教育方針に対応可能なカスタマイズ性の高い漢字学習システムを提案する。今回試作したシステムでは、漢字学習システムに必要な筆順・字形を評価する機能を備えつつも、教師が字形の評価箇所を選択してそれぞれに対して評価項目や評価基準を設定することが可能である。また、手本の文字を自由に変更することも可能である。

A handwriting-based Kanji learning system enabling teachers to designate evaluation points

Noriko Takesue, Keisuke, Mochida, Akihito Kitadai, Masaki Nakagawa
Tokyo Univ. of Agriculture and Technology

E-Mail : takesue@hands.ei.tuat.ac.jp

This paper describes evaluation functions of stroke order and character shape in a handwriting-based Kanji learning system. Moreover, it proposes customizing functions enabling teachers to designate evaluation points. Several Kanji learning systems that evaluate stroke order and character shape have been developed. But the evaluation is not flexible and teachers must follow it rather than customizing it for their educational purposes. Therefore, this paper proposes customization functions that enable teachers to apply their own educational purposes in a Kanji learning system. In the prototyped system that evaluates stroke order and character shape, teachers can select where in a character pattern should be examined carefully, which feature and how strictly it should be evaluated. They can even replace the model of a character pattern easily and freely.

1. はじめに

文部科学省が小学校学習指導要領付録の学年別漢字配当表によって定めた漢字（以下、教育漢字）は1006字と多く、その学習要素も筆順・字形・読み方・用法と多岐に渡る。したがって、漢字に関するすべての学習を授業時間内に行うことは現実的ではなく、児童が教科書、辞書、及びドリルなどの教材を用いて授業時間外にも学習を行う必要がある。しかし、初学者にとっては、上記の教材に用いられる筆順、運筆の表記はわかりにくく、また、注意すべき字形の特徴などを初学者自身で判断することは困難である。したがって、個人的な学習では自分の間違いに気づかない可能性も高い。

このような問題に対して、コンピュータの利用は有効である。コンピュータの持つグラフィックス機能を用いることで、紙媒体を用いた上記の教材では不可能であった筆順、運筆、字形に対する詳細な指示が可能となる。また、書いた文字を即座に評価すること、及び繰り返し学習した結果を蓄積して学習の進捗を容易に確認することができる。近年、新たに提案されたペンデバイスを利用することで、紙と鉛筆を用いた場合と同じ感覚で学習を行うことも可能になりつつある。

これまでもいくつかの漢字学習システムが提案、報告されている^{1)~5)}。文献¹⁾のシステムでは、動的計画法によって、筆順・続け書きを評価する。次に、文献²⁾のシステムでは、ストローク間距離行列によって筆順を評価する。文献³⁾のシステムでは、スプライン近似を用いて筆点に含まれるノイズを除去し、ストロークの形状から字形を評価する。そして、文献⁴⁾のシステムは、Java アプレットによって作成されており、インターネット上で学習できる。

これらの漢字学習システムの多くは、漢字学習に必要な最低限の機能をユーザに提供する。一方で、撥ね、止め、払いなどの個々の箇所を重点的に評価したい、または手本となる文字ボタンを自ら設定したいといった教師の要望には十分に答えられない。

我々は、漢字学習システムに必要な筆順・字

形の両方を評価する機能を持ちつつ、字形の評価箇所を指示できるカスタマイズ機能も有する漢字学習システムの試作を行った。このカスタマイズ機能を用いることで、重点的に評価する箇所の選択、評価項目と評価基準の設定、及び手本となる文字ボタンの変更が可能となる。

2. 提案する漢字学習システムの構成

本報告で提案する漢字学習システム（以下、本システム）はおおまかに、学習者側に対する部分（筆順・字形評価機能）、及び教師側に対する部分（カスタマイズ機能）の二つの側面を持つ（図 2.1）。

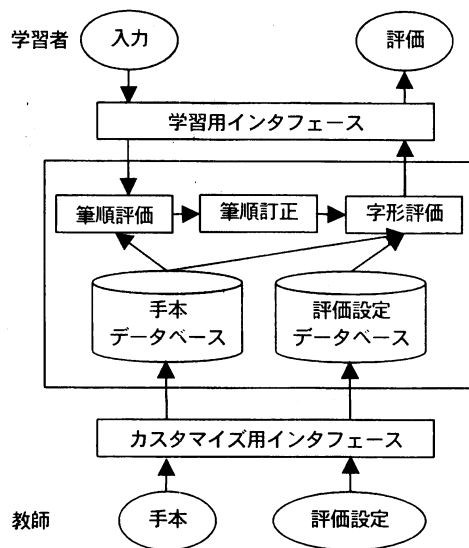


図 2.1 システムの構成

まず、筆順・字形評価機能は、学習者が入力した手書き文字ボタン（以下入力ボタン）と手本データベースに登録された手書き文字ボタン（以下、手本ボタン）を比較して筆順評価を行う。筆順の後には字形が評価されるが、後述する手法の性質上、字形が正しく評価されるためには正しい筆順で筆記されていることが必要条件となる。したがって、筆順が誤っていた場合には、指摘された情報に基づいて筆順訂正を内部的に行い、筆順が訂正されたボタンに対して字

形を評価する。それぞれの評価手法の詳細については3、4章で述べる。

次に、カスタマイズ機能は評価設定と手本設定の二つから成る。評価設定において、教師は漢字ごとに評価する箇所・基準を評価設定データベースに登録することができる。その登録された評価設定は字形評価の際に利用される。また、手本設定において、教師は手本データベースに手本ボタンを自ら登録することができる。ここで登録された手本ボタンは、筆順・字形評価の際に利用される。これらの詳しい手法については5章で述べる。

本システムの学習者側に対するインタフェースとなる部分(学習用インタフェース)、及び教師側に対するインタフェースとなる部分(カスタマイズ用インタフェース)の外観については、6章で述べる。

3. 筆順評価

筆順評価には、筆者の所属する東京農工大学中川研究室(以下、当研究室)の所有する「オンライン手書き文字認識システム」の筆順評価機能を用いる。

オンライン文字認識において、文字ボタンは、一つ以上のストロークによって構成される。ストロークとは、ペンダウンからペンアップまでの運筆を時系列上の座標列としてサンプリングしたものである(図3.1)。

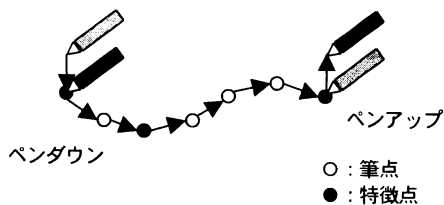


図3.1 ストローク情報

また、一般的なオンライン文字認識システムでは、文字ボタンに対して特徴点抽出処理が行われる。特徴点抽出処理によって文字ボタンを構成する点の数が減少するため、処理時間を削

減できる。また、手ぶれ、ペンデバイスの精度などに起因するノイズも除去できる⁶⁾。当研究室のオンライン手書き文字認識システムにおける特徴点抽出処理は次の通りである(図3.2)。

- (1) ストロークの始点と終点を特徴点とする。
- (2) 隣り合う特徴点間を結んだ直線から距離がしきい値以上で最も遠い筆点を特徴点にする。
- (3) この処理を特徴点が取れなくなるまで繰り返す。

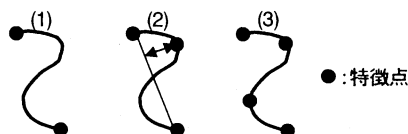


図3.2 特徴点抽出

この筆順評価機能では、手本ボタンのストロークを並び替えて入力ボタンと比較することにより、筆順評価を行う。この際、ストロークの方向を逆にしたり、つなげたりすることで、運筆方向や続け書きの評価も行う。このストロークの並び替えは総当たりで決定するが、ストローク数が増えると計算量も大幅に増加してしまう。そこで、手本ボタンのストロークを並び替えて生成されたボタンと入力ボタンとの差異が大きくなるのが明らかな場合に、それらの比較を行わないことで、筆順評価処理の計算量を削減している。この筆順評価機能を用いることにより、筆順や筆画方向の誤り箇所、及びストロークの続け・途切れの指摘を行うことが可能である。

筆順評価については、動的計画法を用いた処理時間の低減が提案されている⁷⁾。ただし、この方法を用いた場合、筆順に対する複数の候補を出力することができないため、筆順判定の誤りを後で訂正することが困難となる。そのため、本システムでは複数の候補が出せる前述の筆順評価手法を用いた。

4. 字形評価

4.1 筆順誤りを吸収した字形評価

本システムで字形評価に用いるオンライン手法では、文字が書かれた際の筆順、運筆方向が利用される。したがって、筆順、運筆方向が異なる入力パターンに対しては正しい字形評価ができない。そこで、本システムでは先に行う筆順評価の結果を反映し、入力パタンの筆順が誤りである場合には正しく並び替えて筆順、運筆方向を合わせた上でオンライン手法による字形評価を行う。

ただし、ストロークの続け、及び途切れが発生した場合の字形評価については、議論の余地がある。したがって、本システムで行う筆順評価の結果を用いた入力パタンの筆順訂正は、入力パターンと手本パタンの画数が等しい場合に限定して行うものとする。

4.2 大きさと位置の正規化

字形評価を行う際に、文字の大きさや書いた位置に左右されないように大きさと位置の正規化を行う(図4.1)。大きさの正規化は、文字の外接矩形の縦横比を保存したまま 256×256 の正方形にスケール変換を行う。位置の正規化は、文字の外接矩形の中心を 256×256 の正方形の中心に合わせる。

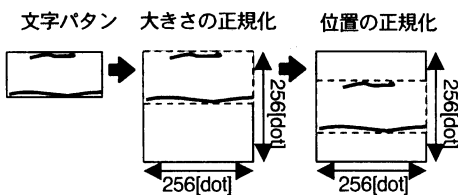


図 4.1 正規化

4.3 特徴点の利用

本システムでは特徴点間の線分を一単位として字形評価を行う。これは3章で述べたように、特徴点を利用することによってノイズの影響を受けにくくするためである。また、当研究室の所有する「オンライン手書き文字認識システム」

では、手本パターンと入力パタンの特徴点を1対1で対応付ける。1対1で対応付けられた特徴点間の線分同士を比較することによって字形評価を行う(図4.2)。

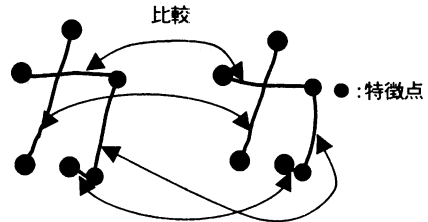


図 4.2 特徴点の利用

4.4 接続・交差

文字における任意の特徴点間の線分は、「接続」「交差」「そのどちらでもない」の三つの関係のうち、どれかが当てはまる。ここで、手本パターンと入力パターンとでそれぞれ対応する箇所はその関係が一致するはずである。したがって、反対にこれらが一致しなかった場合は、その箇所を含むストロークを指摘する。

接続判定は、ある特徴点間の線分に対し、別のある特徴点間が接続しているかを判定する。ある特徴点間の線分と別の特徴点間の距離(以下、接続距離)がしきい値以下であれば、接続しているとみなす。交差判定は、ある特徴点間の線分が別の特徴点間の線分と交差しているかを判定する。

4.5 角度

手本パターンと入力パタンの筆画方向を比較して、異なる箇所を含むストロークを指摘する。評価方法は、特徴点間を結ぶ線分の角度を手本パターンと入力パターンで比較して、その差がしきい値以下なら、角度が正しいとみなす。

4.6 長さの比

入力パターンにおける、ある特徴点間の線分と別の特徴点間の線分の長さの比が、手本パターンと異なる箇所を含むストロークを指摘する

(図 4.3). ここでは、特徴点間の長さの比を手本パターンと入力パターンで比較し、定められた基準を満たしていれば正しいとみなす。

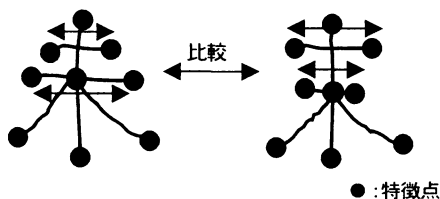


図 4.3 長さの比による字形評価

4.7 線の位置

入力パターンが手本パターンと比べて位置がずれて書かれている箇所を含むストロークを指摘する(図 4.4). 評価方法は、まず、特徴点間の線分の外接矩形を求め、さらにその中心点を求める。次に、この中心点を手本パターンと入力パターンで比較し、その距離がしきい値以下なら正しいとみなす。

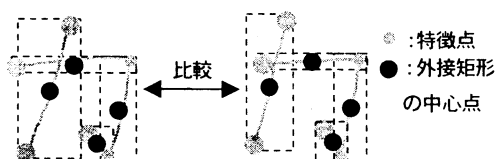


図 4.4 線の位置による字形評価

4.8 はね

手本パターンには「はね」があるが入力パターンに「はね」がない場合、及びその逆の箇所を指摘する。評価の方法は、「はね」の折れ曲がっている箇所の特徴点に対して、その特徴点前後の角度差 θ と次の特徴点までの線分の長さ L を手本パターンと入力パターンで比較する(図 4.5)。

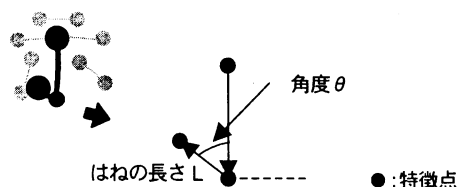


図 4.5 はねによる字形評価

5. 評価のカスタマイズ

5.1 指定箇所の評価設定

指定箇所の評価設定は、文字ごとに評価する箇所を選択し、指定箇所ごとに「接続・交差」といった字形評価の種類、評価基準を設定することができる(図 5.1). これによって、評価したい箇所だけを評価して、その他の箇所は評価を行わないといった自由な評価設定が可能となる。

指定箇所は特徴点間の線分を一単位としている。これは特徴点間の線分を比較して字形評価を行うためである。特徴点間の線分ごとにそれぞれの字形評価項目(4.3~4.7の各項目)、及び評価基準の設定を保存することによって、実現可能である。

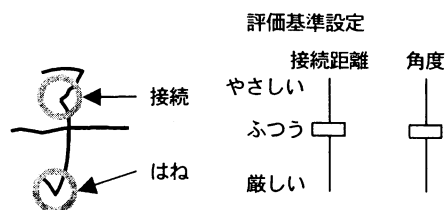


図 5.1 指定箇所の評価設定

評価基準の設定は、字形評価で必要となる各種しきい値を変更することによって行う。ここで、しきい値を用いる字形評価とは、「接続・交差」、「角度」、「長さの比」、「線の位置」である。また、同種の評価設定を複数箇所に渡って行う場合でも、指定箇所によって異なる評価基準を設定することができる。例えば、図 5.2 で b の箇所を、a と c の箇所より厳密に接続を評価し

たい場合は、評価設定をするときに、bの箇所
で評価基準を厳しく設定し、aとcの箇所
でやさしく設定することによって希望通りの評価が
できる。

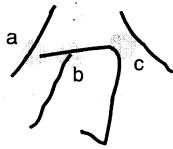


図 5.2 しきい値の設定例

評価基準は、やさしい-普通-厳しいに渡っ
て設定可能であるが、「普通」にあたるしきい値
は、予備実験を通して決定した。そのため、こ
の決定方法にはまだ改良の余地があると考えら
れる。

「接続・交差」の字形評価は、手本ボタンか
ら接続・交差箇所を自動的に抽出して評価設定
を行い、その箇所だけ入力ボタンと比較して評
価する。なお、接続箇所を自動的に抽出する
ときの評価基準の初期値は、上記の「普通」に設
定されている。自動的に抽出された箇所の評価
を行いたくない場合や、逆に自動的に抽出され
なかった箇所を評価したい場合、そして評価基
準を変更したい場合は、このカスタマイズ機能
を用いて評価設定することができる。

「角度」、「長さの比」、「線の位置」、「はね」
の字形評価は、すべての箇所について評価する
ことが不適切な場合がある。例えば、「未」と「末」
のように長さの比が違うだけで文字そのものが
変わってしまう場合があるが、長さの比が重要
でない箇所も存在する。そのため、これらに関
しては自動抽出を行わず、このカスタマイズ機
能によって設定された場合にだけ評価を行う。

5.2 教師ユーザによる手本設定

教師ユーザによる手本設定は、本システムが
標準で用いている手本データベース（以下、標
準手本データベース）の他に新たな手本デー
タベース（以下、追加手本データベース）を作成
する方法で実現できる。新しく登録された手本

ボタンが存在する場合は、その手本ボタンに基
づいた筆順・字形評価が行われる。（図 5.3）。

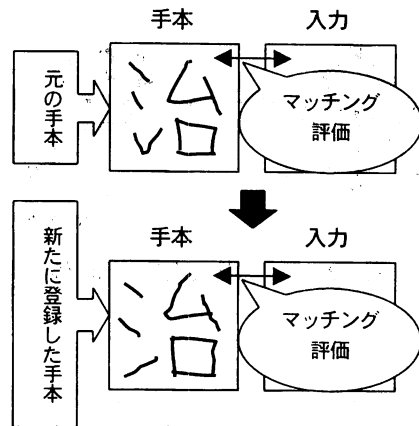


図 5.3 手本設定

すべての文字を含むデータベースを新たに作
成するのは教師ユーザの負担が大きい。そこで、
追加手本データベースには教師が変更したいと
思う文字だけを登録し、登録されていない文字
に対しては標準手本データベースのものを利用
することで、負担を必要最低限に軽減した。

ここで、標準手本データベースについて述べ
る。これは一人の国語科教師が、ペンデバイス
によって正しい筆順・画数で筆記したものであ
り、JIS 第一水準と JIS 第二水準の計 7723 字
種の手書き文字ボタンを含んでいる。

6. インタフェースの外観

6.1 学習用インタフェース

学習用インタフェースを図 6.1 に示す。手本
表示部には、評価する対象の手本ボタンが表示
される。手本ボタンは筆記時の運筆情報を有し
ており、筆順再生ボタンを押すことで筆順、運
筆方向を確認することができる。生徒ユーザは、
表示された手本ボタンに合わせて、手書き入力
部に漢字を書く。この際、手書き入力部に手本
ボタンを表示することで、なぞり書きの練習を
行うことが可能である。入力が完了したら、評
価ボタンを押すことで筆順、及び字形に対する

評価を受けることができる。評価の終了後は、手本パターンを変えて別の字種を練習すること、及び手書き入力部をクリアして同じ字種を反復して練習することが可能である。

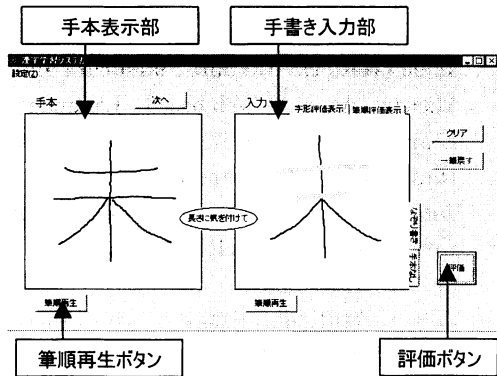


図 6.1 学習用インターフェース

6.2 カスタマイズ用インターフェース

カスタマイズ用インターフェースでは、手本パターンに対して評価する箇所や字形評価の項目、及び評価基準を設定、変更し、評価設定データベースに登録することができる。ここで登録された内容は、本システムを用いた漢字学習に反映される (図 6.2)。

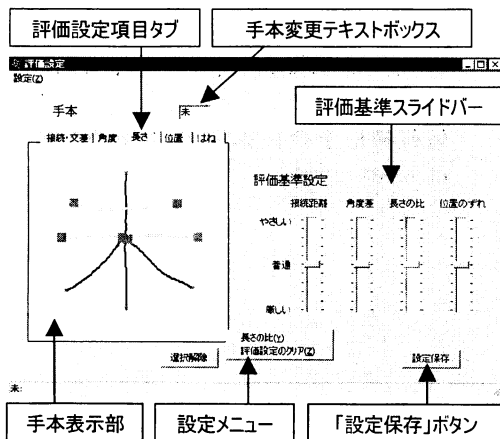


図 6.2 カスタマイズ用インターフェースによる評価設定の例

手本表示部には、設定を行う文字に対する手本パターンが表示される。手本パターンには、複数の特徴点が表示されている。詳細は前述したが、特徴点は筆画の端点や屈曲点である。手本表示部において特徴点を囲んで選択すると、選択された特徴点は大きく表示される (図 6.3)。そして、同時に設定メニューが表示され、その箇所での評価設定や解除ができる (図 6.3)。ここで、設定時に、評価基準スライドバーで選択されている評価基準も同時に設定されるため、箇所ごとに異なる評価基準で設定することが可能である。

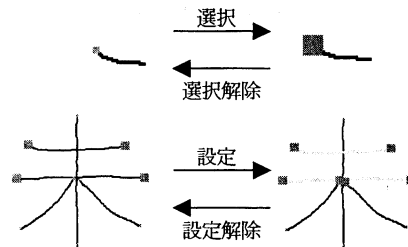


図 6.3 選択と評価設定

「接続・交差」や「角度」といった字形評価の項目は、評価設定項目タブによって選択することができる。また、評価基準スライドバーでは字形評価の基準をそれぞれ設定する。評価基準は「やさしい」から「厳しい」まで、11段階で設定できる。評価設定が完了したら、設定保存ボタンを押すことで、評価設定がデータベースに登録される。

本システムではすべての教育漢字に対して手本パターンを用意しているが、教師が自ら筆記した文字を手本として登録、利用することも可能である (図 6.4)。

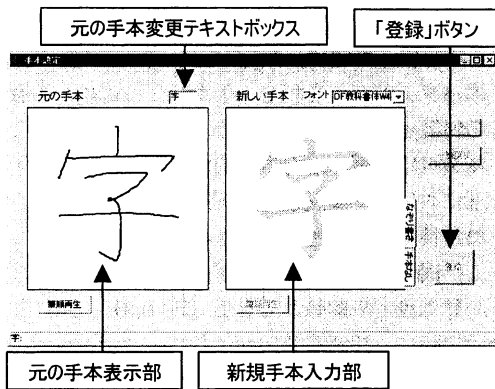


図 6.4 カスタマイズ用インタフェースによる辞書パタンの追加登録例

元の手本表示部には、標準データベースに登録されている手本ボタンが表示される。学習用インタフェースと同様にその手本パタンの筆順や運筆方向を確認することができる。

教師ユーザは、新規手本入力部に手本として登録したい漢字を入力する。その際、新規手本入力部にその漢字のフォントイメージを表示することで、なぞり書きをすることが可能である。書き間違えた場合には文字を消去できる。また、手本ボタンと同様に入力した文字の筆順を確認できる。登録したい文字の入力が完了したら、登録ボタンを押すことで、入力した文字が新規手本ボタンとして追加手本データベースに登録される。

7. まとめ

本稿では、手書き漢字学習システムにおけるカスタマイズ機能の提案と試作を行った。これにより、システムであらかじめ定められた評価基準に依存しない評価が可能となった。また、筆順評価の情報を有効に活用することにより、筆順が誤っていた場合でも字形を正しく評価することを可能とした。今後は、評価実験を行い、その結果をもとに機能面とインタフェース面両方の修正と改良を行う。

参考文献

- 1) 古性淑子, 内田誠一, 迫江博昭: 筆順・続け書き判定機能付き漢字学習システム, *Forum on Information Technology*, pp.397-398 (2003)
- 2) Toshinori Yamasaki, Hirouki Tominaga, Tetsuo Hattori, Yukihiko Matsubara and Misuzu Aono: Web-based Language Learning System for Acquiring Beautiful Handwriting of Japanese Characters, *International Conference on Computers in Education / SchoolNet 2001, Vol.3*, pp.1225-1228 (2001)
- 3) 坂井誠, 岩田匡弘, 佐藤幸男: 漢字初学者のための書字学習 CAI システム, 電子情報通信学会技術報告, PRMU98-16, pp.25-30 (1998)
- 4) 龍岡亮二, 吉村ミツ, 前田和昭: インターネットを利用した外国人・小学生のための漢字学習支援システムの開発, 情報処理学会研究報告, CH-32-3, pp.13-18 (1996)
- 5) <http://www2.odn.ne.jp/~cdz15880/>: わくわく文字ランド
- 6) 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 D-II, Vol.J81-D-II, No.4, pp.651-659 (1998)
- 7) 迫江博昭, 慎重弼: 画順サーチによる筆順フリーなオンライン文字認識の検討, 電子情報通信学会技術報告, PRU95-59, pp.55-60 (1995)