

視覚障害者のための墨字学習支援システムの開発と評価

松本多恵[†] 伊奈諭^{††} 高田雅美[†] 城和貴[†]

情報通信機器を活用したコミュニケーションは視覚障害者と晴眼者との有効な情報伝達手段であるが、視覚障害者には大きな壁が存在する。それは『漢字仮名交じり文』を作成することである。視覚障害者が使用する点字には、ひらがな、カタカナ、漢字の区別がなく、表音文字だけをどんどん読み進んで文字の意味を理解するため、『墨字』という大きな壁にぶち当たってしまう。これまでも視覚障害者向けに点字ワープロ等が開発されてきたが、これらの機器を有効に活用するためには、視覚障害者の墨字リテラシー強化が必要不可欠である。そこで我々は、筆順に着目し、触覚と音声ガイドによる自学自習および対面指導を支援するシステムを開発し、視覚障害者を被験者とした評価実験を行った。

Development and Evaluation of a Sumiji Learning Support System for Visually Impaired People

Tae Matsumoto[†] Satoshi Ina^{††} Masami Takata[†] kazuki Joe[†]

We develop a Sumiji learning support system for visually impaired people. The system is based on hand writing using tactile stroke order to be displayed. In order to validate the system, we perform experimental evaluation of the system with visually impaired people. As a result, it is clarified that our system is very effective for the blind to learn Sumiji. Its hand writing is accompanied by shortening of acquisition time and the improvement in the rate of learning is compared with the conventional face to face instruction.

1. はじめに

視覚障害者と晴眼者の相互コミュニケーションを図るために情報通信機器を介した情報伝達は有効な手段であり、積極活用すべきものである。しかしながら、実際の視覚障害者との情報伝達には大きな壁が存在する。それは視覚障害者の『漢字仮名交じり文』学習の困難さである。

視覚障害者が指先の触覚によって読む文字『点字』の学習は、晴眼者の漢字学習（以下、墨字学習と表記）とは異なり、ひらがな、カタカナ、漢字の区別がなく、表音文字だけをどんどん読み進んで文字の意味を理解するもので、表語文字である『漢字』の学習とは全く異なるものである。近年、視覚障害者支援用の点字ワープロ[1]や、インターネット閲覧等に利用可能な画面音声化ソフト[2]が開発されてきたため、視覚障害者も晴眼者と同じように多くの情報を得ることが可能となりつつあり、例えばパソコンとスキャナを活用して墨字の本を読んだり、特殊なデバイスを利用して墨字を書いたりすることが可能になってきた。

これらの機器を有効かつ正確に活用するためには、視覚障害者の墨字リテラシー強化が必要不可欠である。一例として音声による補助があっても、漢字には同音異義語が多数存在する。例えば『合う／会う』の違いは音声だけで理解し、正しい文字選択をすることは晴眼者でも難しい。さ

らに視覚障害者が役所や銀行で口座開設申請やパスポート申請等で署名の必要がある際は、代筆業者等が代理署名しているのが現状である。自分の名前、住所を自筆で書きたいという欲求は誰しもが持っているものであるにもかかわらず、多くの視覚障害者が通う盲学校では、墨字学習が積極的に実践されていないため、自分の名前すら墨字で書くことができないのが現状である。

このような背景のもと、視覚障害者の点字以外の墨字学習の必要性が急務の課題として知られているが、現状では墨字学習の効果的な指導法が確立されていない。

そこで我々は、視覚障害者への墨字学習を普及させるために、触覚による運筆の獲得とペン筆記を可能にする墨字リテラシー強化学習支援システムを構築し、有効性を確認するために墨字学習経験がない、もしくは経験が少ない視覚障害者（全盲者）10人を被験者に実践実験を行い、評価について報告する。

本稿の構成は以下の通りである。2章では視覚障害者の墨字学習の現状と触覚を活用した墨字学習の先行研究について述べる。3章では、我々が開発した墨字リテラシー強化学習支援システムの構成と機能について説明する。4章では、本システムを使った評価実験の方法と結果について報告する。

[†]奈良女子大学大学院人間文化研究科
Graduate School of Humanities and Sciences, Nara Women's University
^{††}奈良女子大学総合情報処理センター（平成24年3月定年退職）
Computing and Networking Center, Nara Women's University

2. 筆順を活用した墨字学習システム

2.1 現状の墨字学習支援

一口に視覚障害者といっても、弱視、途中失明、先天的全盲など人によって症状が異なる。多くの盲学校では、弱視者と全盲者が混在して学習を行っており、弱視者の中には点字を読めない人、苦手な人、漢字は見えるが墨字学習を行っていないため漢字仮名交じり文を理解できない人、途中失明で漢字は知っているが失明した時点以後の墨字学習を行っていない人などが混在するため、受講者の障害度合いに応じた個別墨字学習方法が望ましい。しかしながら、現状の盲学校における墨字学習の内容は、担当教諭、学校、都道府県によって全く異なっている [3]。

墨字学習の例としては、立体コピーシステム[4]や点字プリンタ[5]を使って墨字を凸点で印刷し、手で触りながら墨字の字形を学習させる方法がある[6]。これらの学習環境では、次のような問題点が知られている[7]。

- (1) 点が出ている分だけ紙に厚みができる。
- (2) 1 ページごとの文字数が少ない。
- (3) 普通の本のようにコピーすることができない。
- (4) 点字は文字の大きさや書体などのレイアウトを変えることが困難である。
- (5) 訂正、修正が容易にできない。
- (6) 点字が苦手な中途失明者には難しい。

さらにこれらの学習方法では、漢字特有の筆順規則（左から右、上から下へ）、線の幅の変化や撥ねを効率良く学習できないことも知られている[8]。

そこで、我々は字形から読み方や意味を推測することができる点に着目し、音声や言葉以外に、筆順（ストローク情報）を提示することで、さらなる墨字習得の効果を向上させることができると考え、音声、言葉、筆順を提示するシステムを提案する。本システムは、ストロークを重視した墨字学習の有効性を示すため、触覚による墨字ストローク情報の獲得に基盤を置いて記憶定着を促進する墨字リテラシー強化学習支援を目指すものである。

2.2 触覚を活用した墨字学習の関連研究

視覚障害者のため触覚ディスプレイに関する研究は従来から数多く行われている。その一方で、視覚障害者自身が作図可能な道具としてレーザーライタが実用化されている。触覚ディスプレイを活用した墨字学習支援として、小林らの視覚障害者が何度でも描いたり消したりできる電子レーザーライタシステムを活用した墨字学習システムがある[9]。このシステムは触覚ディスプレイに位置情報をタブレットペン入力で与えるものである。また、湯瀬らによる筆順表示機能をつけた試作システムも知られている[10]。小林らの開発した電子レーザーライタシステムは自由に描いたり消

したりできるが、対象を墨字学習に特化した場合、自分の学習した経過を認識させることで徐々に字形が美しくなることを学習者が実感できる従来のレーザーライタが効果的であると考える。しかし、文字学習の初期から中期へ移行する段階に限れば、小林らの電子レーザーライタシステムは視覚障害者にも有効なシステムである。

湯瀬らによる試作システムでは、対面指導での教師による筆順ストローク作成提示機能がなく、筆順データベースを他機関の晴眼者手書き文字認識向けのものを流用したものである。また、湯瀬らが試作システムに用いた DV-1[11]では小学校漢字の画数の多い漢字を表示させるには解像度が不足しているため、我々は DV-2[12]で墨字リテラシー強化学習支援システムを開発している。図 1 に DV-1, DV-2 の外観と表示部の仕様を示す。



図 1 点図ディスプレイ

3. 墨字リテラシー強化学習支援システム

3.1 システムの構成

我々は、視覚障害者のための運筆を重視した墨字学習方法を提案するために、触覚による墨字ストローク情報獲得に基盤を置いて記憶定着を促進する墨字リテラシー強化学習システムを構築している。

本システムは、Windows XP/Vista/7上でC#を使って開発している。C#を使用した理由は、オブジェクト指向言語であること(拡張性、柔軟性)、NET Frameworkの機能を有効活用できることに加えて、様々なデバイスドライバを使用しやすいからであるが、この条件に当てはまればJavaやC等の他言語でも容易に構築可能である。本システムでは、触覚で運筆を提示するために、パソコンから触覚ピンの時系列的なアップダウン制御が可能な触覚ディスプレイ(点図ディスプレイDV2)を利用する。機器およびソフトウェア構成を図2に示す。

墨字の発音、音読み訓読み、画数と偏や旁、単語・熟語例などの学習は文字辞書データ入出力モジュールを介しておこなう。ストロークの学習はストローク出力モジュールを介して触覚ディスプレイのピンの時系列的アップダウン

動作によって行う。操作手順やシステムからのメッセージはすべて合成音声出力(ドキュメントトーカ日本語音声合成エンジン[13])を用いて行う。また学習した漢字の筆記練習を行うためにレーズライタ用紙を載せて使える手書きタブレット, および自ら筆記した漢字を印刷保存し学習漢字一覧を印刷できるように点図プリンタ (TZ-100[14]) を装備する。

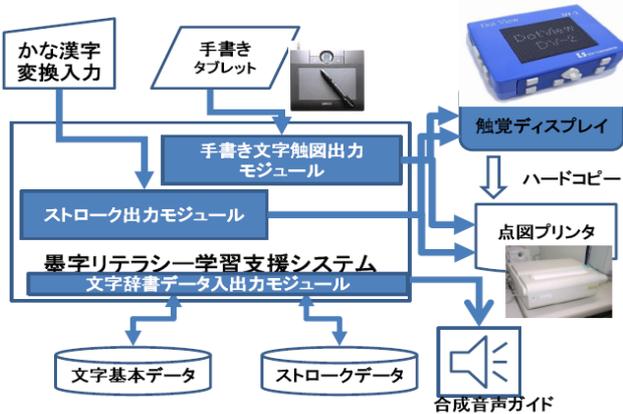


図2 システムの構成図

3.2 墨字データのデータベース化

湯瀬らが用いた墨字データは、文献[15]で示される手書き文字データ(ひらがな, カタカナ, 教育漢字)であった。本システムで用いられる墨字データは、湯瀬らと同じ文献の文字データに加え、追加漢字, 数字, アルファベット, 特殊記号も含んだものである。また、晴眼者が墨字学習に活用するためのストローク情報データだけではなく、当該漢字の部首の説明, 良く使用する場面の説明などを視覚障害者にもわかりやすい音声説明で行い、その音声データも含めてデータベース化した。

データベース化する際、触覚でストローク情報を得やすい全盲者特有のストローク情報を用いることも検討したが、我々はあえて全盲者特有の筆順は用いらなかった。一般にコンピュータの手書き文字認識はストローク情報を使って認識することが多いため、全盲者特有のストローク情報では場合によっては不便を生じるためである。また本システムに新しい文字を登録する晴眼者が、共有知識であるストローク情報で当該文字を登録することを想定しているという理由もある。

ストローク情報は図3に示すように、当該文字コードに引き続き、各ストロークの座標列で与えられ、ストローク終了には(-1, -1)を置き、次の文字データと続く。また、小学校・中学校で習う主要な文字のストローク情報は学年別にあらかじめデータベース化しており、視覚障害者は音声ガイドに従って自学自習できることを基本におく。さらに本システムでは、対面の教育現場で教師が画面表示した活字文字に対して、そのストローク情報を、その場で作成・提示を臨機応変におこなうことも可能である。図4

にストローク情報の編集/保存手順を、図5にストローク情報の編集/保存画面操作を示す。

文字コード	X ₁	Y ₁	...	X _n	Y _n	-1	-1	文字コード
-------	----------------	----------------	-----	----------------	----------------	----	----	-------

図3 ストローク情報のフォーマット

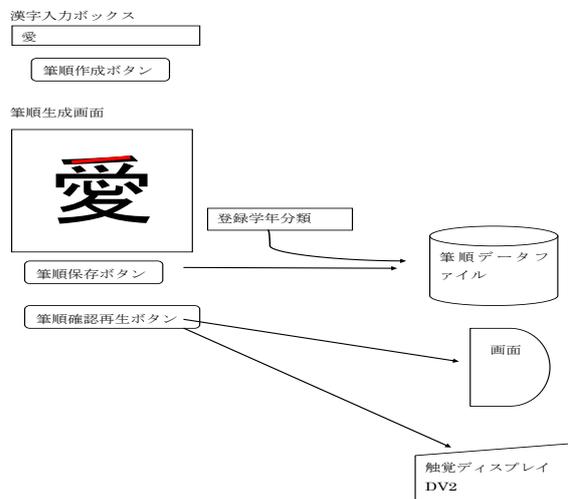


図4 ストローク情報の編集/保存手順



図5 ストローク情報の編集/保存画面操作

3.3 システムの機能

本システムは、下記に示す6つの機能を有している。(指導者向け)

- ① 学年別配当文字(漢字・カナ・かな・数字・アルファベットなど)の登録機能
- ② ストローク情報の生成・提示・保存機能

(学習者向け)

- ③ 漢字の音読み/訓読み/画数, 熟語, 例文の提示機能
- ④ ストローク情報の触覚提示機能
- ⑤ 手書き練習とフィードバック(ペンタブレット+レーズライタ+点図ディスプレイ)機能

⑥ 音声ガイド機能

3.4 ユーザインタフェース

本システムの GUI を図 4 に示す。学習操作を点図ディスプレイ Dv2 で完結できるような画面設計とした。



図 6 GUI

また、視覚障害者が単独学習できることを想定した学習システムとして、点字ディスプレイのみで学習を開始し、終了させることのできるユーザインタフェースを設計した。その点図ディスプレイボタン構成を図 5、図 6 に示す。

点図ディスプレイ本体では、サイドキーのセンターキーを押せば点図ディスプレイへの触覚提示が開始される。全盲児が自学自習できるように、ストローク情報は一定の時間間隔を空けて順次提示される。ストローク情報を再確認したい場合は、点図ディスプレイ本体の左サイドキーまたは右のサイドキーの右矢印、左矢印キーを押すことで、現在位置を基準にストローク位置を前方後方に移動できる。また、先頭から再描画させる場合は墨字再描画ボタン、点図ディスプレイ本体ではサイドキーのセンターキーを押す。点図ディスプレイの表示（凸図）を消去（リセット）するには点図リセットボタンを押すか、点図ディスプレイのサイドキーでホームキーを押す。

ストローク表示画面を閉じてトップ画面に戻る場合は閉ボタン、点図ディスプレイ本体ではサイドキーのエンドキーを押すことでトップ画面に戻る。このように自学自習することを想定したユーザインタフェースとなっている。

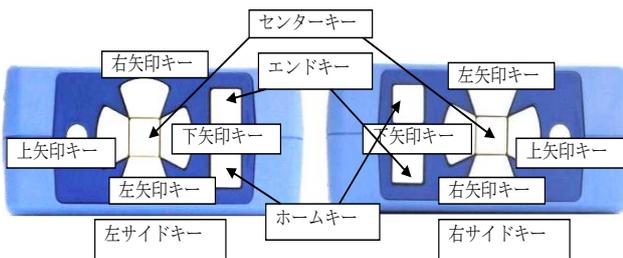


図 7 ディスプレイサイドキーの構成

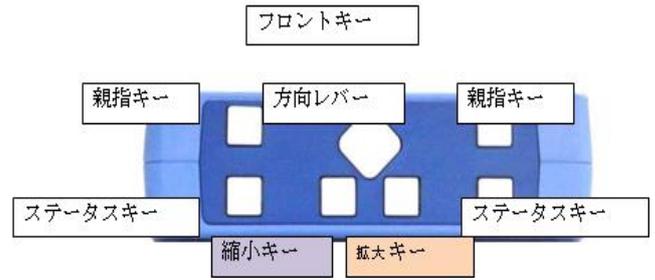


図 8 点図ディスプレイフロントキー構成

4. システムの評価

4.1 実験の目的

実験の目的は本システムの有用性評価を行うことである。本システムを使うことで、視覚障害者が単独かつマイペースに触覚を通して新出漢字や既習漢字のストローク学習および書き取り（筆記）練習ができるため、従来の対面指導に比べて修得時間の短縮及び定着率の向上が期待される。また実験と併行してシステムの改良や中学常用漢字データの追加、および新規の学習サポート機能の作成など、利用者にとって使いやすく有用性のあるシステムに改良も同時に行った。人間の指先の感覚は千差万別であるため、より多くの被験者で調査・改良することで、より利用者にとって使いやすく、実用性の高いシステム構築を目指すものである。

4.2 被験者と実験期間、実験場所

インターネット、メーリングリスト、個人的な紹介をとおして被験者を募集した。最低 3 回以上実験に参加できる。全盲かつ墨字学習経験のない、もしくは少ない 10 名の比肩車(男性 5 名、女性 5 名)を得ることができた。被験者の情報を表 1 に示す。また、実験期間は平成 24 年 5 月 1 日から 8 月 20 日までである。実施場所は被験者の自宅で、本システム一式を持参して実験を行った。

表 1 被験者の属性

年齢層	性別	失明した年齢	墨字学習経験	墨字学習場所
20代	男性	2歳の時失明	有	盲学校
40代	男性	6歳の時失明	有	失明するまで
50代	男性	先天的全盲	無	
60代	男性	先天的全盲	有	ライトハウス
60代	男性	先天的全盲	有	盲学校
10代	女性	先天的全盲	有	盲学校
30代	女性	先天的全盲	有	盲学校
50代	女性	先天的全盲	無	
50代	女性	7歳の時失明	有	失明するまで
60代	女性	先天的全盲	有	盲学校の部活

4.3 墨字学習方法と学習内容

本システムでは、ペンタブレット上にゴムマットを敷き、さらにその上にレーズライタ用紙を重ねて、その上からペンタブレットのペンで字を書く入力方式を採用しているが、被験者の多くがペンを持ったことが無く、文字を書くことに不安を持っていることが判明した。また被験者の多くが仕事を持っており、毎日本システムを使った学習をすることができない状況にあることも判明した。そこで、レーズライタで墨字を学習してもらい、事前に学習した墨字を点図プリンタで印刷し、次の実験までレーズライタ、レンズプリンタを使って学習してもらう方法とした。その理由は、多くの被験者がレーズライタを学生時代に使用した経験があり、自宅にレーズライタを所有していたため、本システムが無い時でも自宅で墨字学習できるからである。各回の実験内容を表 2 に示す。

学習順序は次のような順序で学習してもらった。

Step (1). カタカナ学習

Step (2). 基本漢字（部首などの元）の学習

Step (3). 構成要素（上下、左右、内外、上下左右）の漢字学習

各学習では、正解までの所要時間を計測する。被験者の墨字学習定着率を図るために、小学校で学ぶ漢字をランダムに選んで、読み取り・聞き取りのテストをおこなった。その際、最終字形のみの提示による学習方法と当該システムによるストローク情報提示を含む自学自習方法とで学習速度や定着率を比較した。

具体的な学習手順は次の通りである。まず新出漢字を DV-2 のキーで移動選択させ、音読み・訓読み・画数・使用文例を音声ガイドで聞かせ、ストローク順で字形表示させる。被験者が理解できたと判断したところで、レーズライタで書き取りを行う。正しく書けるようになったところで次の新しい文字の学習に進む。

実際に学習した漢字は、基本漢字のテスト用 10 文字（木・田・力・立・日・十・月・見・生・糸）と、それらに引き続き構成文字のテスト用 10 文字（早・男・林・明・音・星・細・森・親・朝）である。

表 2 実験内容

学習内容	
1 回目	操作確認「走/足」音読み、訓読み、画数、使用文例
2 回目	復習(レーズライタ)書き取り 新しい漢字(基本漢字 10 文字)
3 回目	復習(レーズライタ)書き取り 新しい漢字 (構成文字 10 文字)
4 回目	復習(レーズライタ)書き取り ひらがら
5 回目	復習(レーズライタ)書き取り かたかな
6 回目	復習(レーズライタ)書き取り 数字、漢字
7 回目	ペンタブレットを使った書き取り
8 回目	ペンタブレットを使った書き取り(2)

4.4 実験結果

学習時間の平均は、1 回目は平均 4 時間(操作方法指導を含む)で、2 回目以降は平均 2 時間半であった。第 1 回目で被験者に『木・森・口・田・日・十・金・走・足』の墨字認識(読み取り、書き取り)による確認テストを実施した。その結果を表 3 に示す。第 2 回目は、第 1 回目の確認テストを学習開始前に実施した。第 3 回目以降は、被験者の意見や問題点を修正したシステムを活用した。その結果を表 4 に示す。

表 3 最終字形による墨字知識確認テスト (n=10)

	読み取り	筆順通り書ける
木	60%	40%
森	30%	10%
口	80%	40%
田	80%	30%
日	70%	60%
十	80%	80%
金	50%	0%
西	20%	0%
走	10%	0%
足	10%	0%

表 4 墨字筆順正答者数 (n=10)

	第 2 回(学習前)	第 3 回(学習後)
木	60%	100%
森	40%	80%
口	90%	100%
田	80%	100%
日	80%	100%
十	100%	100%
金	40%	80%
西	40%	70%
走	40%	70%
足	40%	70%

4.5 被験者からの評価

被験者の本システムを使った際のアンケートを個別に取り評価を得た。現状の本システムの問題点として下記の指摘を得た。

- (a) 書きはじめが分かりにくい
- (b) 画数が多い墨字を理解するのが難しい
- (c) 聞き取りにくい
- (d) 連続して墨字が提示される

これらの問題点指摘に対して、(a)については、いきなり線で提示するのではなく、点(ドット)で提示するように本

システムを修正した。修正前は『金』の点を逆に書く被験者多かったが、ドット提示により点 逆に書く被験者はなくなった。(b)については、漢字構成部品の音声表示機能を充実させた。例えば、『趣』に対して『取ると書いてそうによう』等を加えた。(c)については、音声再生速度を遅くし、女性の声から男性の声へ変更した。(d)については、新たに開始回数の制限を設定した。

また、問題点というより要望として下記の指摘を受けた。

(e) 同音異義語(例 宵, 良い, 酔いなど)の検索機能を付けて欲しい

(f) DV2 が非常に高額

(e)については、学年年代別ではなく画数別、アイウエオ順の検索機能を追加した。(f)については我々で対処できる問題ではないため、本論文を通して視覚障害者の墨字学習を支援するためにDV2等の特殊デバイスの量産化が必要であると主張するに留める。

5. まとめ

我々は視覚障害者への墨字学習を普及させるために、触覚によるストローク情報の獲得とペン筆記を可能にする墨字リテラシー強化学習支援システムを構築し、その有効性を確認するために墨字学習経験がない、もしくは経験が少ない全盲視覚障害者を被験者として学習ならびに学習結果確認の実験を行った。

今後はさらに多くの被験者に協力してもらい、より多くの個々のニーズに対応したシステムに改良していく予定である。

謝辞 本研究の一部は文部省科学研究費基盤研究(C)課題番号 22500885 による。

参考文献

- 1 平山智恵子：かな及び2級英語点字自動翻訳システム，情報処理学会全国大会講演論文集，32-2，p.1683-1684 (1986).
- 2 渡辺哲也，岡田伸一：視覚障害者用 Windows 画面読み上げソフトウェアの開発とその評価，情報処理学会ヒューマンインタフェース研究会報告，HI96(85)，p.47-54 (1996).
- 3 平田勝政，久松寅幸：全国盲学校における職業教育と進路指導のあり方に関する調査研究 教育課程の編成と就業支援の実態を中心に，長崎大学教育学部紀要．教育科学，vol.66，p.57-72 (2004).
- 4 www.konicaminolta.jp/business/products/copiers/partner/index.html
- 5 www.assist-system.jp/printer.html
- 6 道村静江：点字使用の児童生徒のための漢字指導資料作成とその活用，文部科学省「授業にコンピュータを活用しよう」盲・

ろう・養護学校・特殊学級編 CD-ROM，
www.yokomou.ed.jp/joho/tj0012.html.

- 7 正井隆晶，澤田真弓，吉田道広：中途失明者の点字指導に関する研究(Ⅲ)一点字サイズの違いによる触読の比較一，第41回日本特殊教育学会発表論文集，P335 (2003).
- 8 澤田真弓，香川邦生，千田耕基：全盲児童の漢字構成要素学習の有効性についての検討，国立特殊教育総合研究所研究紀要第30巻，pp51-56 (2003).
- 9 渡辺哲也，小林真：視覚障害者用電子レーズライタの試作，日本バーチャルリアリティ学会論文誌，Vol.7，No.1，pp.87-94 (2002).
- 10 湯瀬裕昭，姚肇清，石川准：点図ディスプレイと音声ガイドを用いた墨字の筆順学習システムの試作，電子情報通信学会技術研究報告，教育工学，ET-102(697)，pp.73-78 (2003).
- 11 www.kgs-jpn.co.jp/b_dv.html
- 12 www.kgs-jpn.co.jp/b_dv2.html
- 13 www.createsystem.co.jp/
- 14 www.ricoh.co.jp/tenzu/index.html
- 15 中井満，嵯峨山茂樹，秋良直人，小場久雄，下平博：ストローク HMM によるオンライン手書き文字認識の性能評価，電子情報通信学会技術研究報告，PRMU2000-36，pp.9-16 (2000).