

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^{1,a)} 伊奈 諭² 高田 雅美¹ 城 和貴¹

受付日 2012年8月22日, 再受付日 2012年10月13日,
採録日 2013年2月25日

概要: 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あたってしまう. これまでも視覚障害者向けに点字ワープロなど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.

キーワード: 視覚障害者, 墨字, 筆順, 触覚ディスプレイ

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

TAE MATSUMOTO^{1,a)} SATOSHI INA² MASAMI TAKATA¹ KAZUKI JOE¹

Received: August 22, 2012, Revised: October 13, 2012,
Accepted: February 25, 2013

Abstract: 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.

Keywords: visually impaired people, sumiji, stroke order, tactile display

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』の学習とはまった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など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, たと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強化が必要不可欠である. 一例とし

¹ 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, Nara 630-8506, Japan

² 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, Nara 630-8506, Japan

^{a)} hat_matsumoto@cc.nara-wu.ac.jp

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。たとえば『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などで署名の必要がある際は、代筆業者など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。

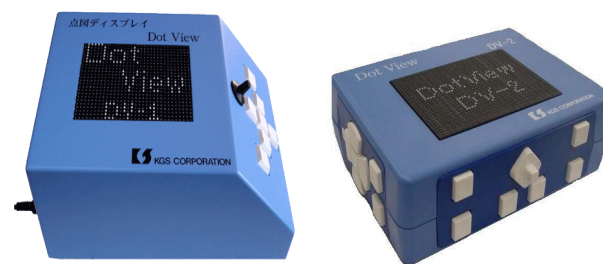
本論文の構成は以下のとおりである。2章では視覚障害者の墨字学習の現状と触覚を活用した墨字学習の先行研究について述べる。3章では、我々が開発した墨字リテラシ強化学習支援システムの構成と機能について説明する。4章では、本システムを使った評価実験の方法と結果について報告する。

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、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、漢字を習得する以前に失明した人などが混在するため、受講者の障害程度合いに応じた個別墨字学習方法が望ましい。佐々木らは[3]、基本字形素とその組合せ漢字を書字する指導で、先天盲者への墨字形指導の可能性を述べている。また、墨字の存在感を比較した調査によれば[4]、墨字を習得する以前に失明した点字使用者と晴眼者を比較した場合、ほとんど墨字学習をしてこなかった点字使用者でも、晴眼者よりは墨字の存在感が低いものの、かなりの墨字を想起することができることを指摘している。

次に墨字指導法についてみると、各盲学校などで点字使用の児童生徒への墨字指導の試みはあるがわずかであり、十分に検討された系統だった指導は見当たらない。墨字学習の例としては、立体コピーシステム[5]や点字プリンタ[6]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[7]。これらの学習環境



DV1 点図表示部		DV2 点図表示部	
ドット数	24×32=768 ドット	ドット数	32×48=1,536 ドット
点間ピッチ	3[mm]	点間ピッチ	2.4[mm]

図 1 点図ディスプレイ

Fig. 1 Point chart display.

では、次のような問題点が知られている[8]。

- (1) 点が出ている分だけ紙に厚みがでる。
- (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[9]。

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ズ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、渡辺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ズライタシステムを活用した墨字学習システムがある[10]。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[11]。渡辺らの開発した電子レーズ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ズ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、渡辺らの電子レーズ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 [12]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 [13]で墨字リテラシ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。

3. 墨字リテラシ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、この条件にあてはまればJavaやCなど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DV-2）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行う。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 [14])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 [15])を装備する。

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 [16]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。

本システムで用いる墨字データベースは、文字ストロークデータ（リスト）、学習指導要領における配当学年（正整数値）、盲学校における配当学年（正整数値）、訓読み（テキスト）、音読み（テキスト）、その文字を使用する代表的な熟語などの読み（テキスト）、画数（正整数値）である。文字ストロークデータは、各点画の座標を筆順に並べたリストで表現され、本システムのGUI画面に筆跡を入力することで作成するものである。我々はこの墨字データベースを新規に作成した。登録した墨字データの文字種には、湯瀬らが使用したひらがな、カタカナ、教育漢字に加えて、追加漢字、数字、アルファベットおよび特殊記号を含めた。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、よく使用する場面の説明などを視覚障害者にも分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れなかった。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、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)をおき、次の文字データと続く、墨字の音声、音読み訓読み、画数と偏や単語、熟語例などの学習は「文字辞書データ入出力モジュール」を介して行う。運筆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ダイナミックな時系列的アップダウン動作から獲得する。操作手順やシステムからのメッセージなどはすべて音声合成出力でガイドをつける。手書きタブレットで獲得ストロークを自己確認させる。ま

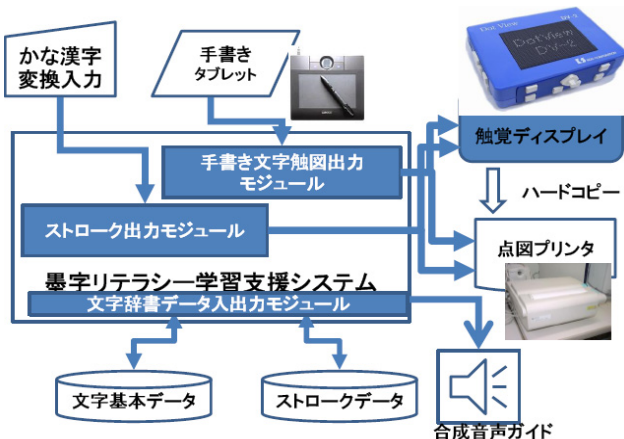


図2 システムの構成図

Fig. 2 System configuration.

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

Fig. 3 Stroke data format.

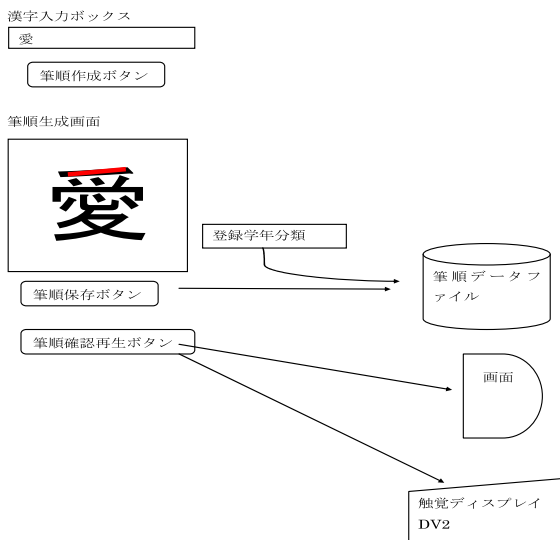


図 4 ストローク情報の編集/保存手順

Fig. 4 Edit/save procedures of stroke data.



図 5 ストローク情報の編集/保存画面操作

Fig. 5 Edit/save operations for stroke data.

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の作成・提示をその場で臨機応変に行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。

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

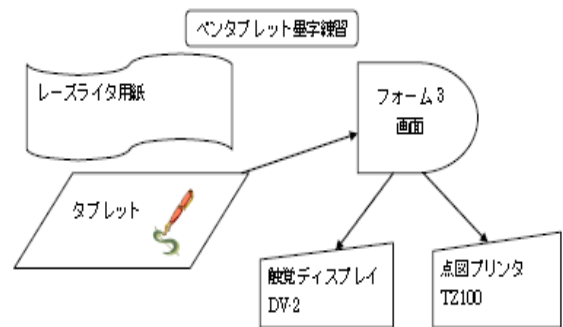


図 6 ペンタブレット墨字学習の流れ図

Fig. 6 Flowchart of pen tablet sumiji study.

- 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+レースライタ+点図ディスプレイ）機能
- ⑥ 音声ガイド機能

指導者には、学習者への本システムの使用法説明/補助と運筆ストロークの編集登録の作業がある。運筆ストロークの編集登録の作業は、図 4 に示すとおりである。たとえば学習文字テキストボックスに、「愛」という文字を入力する。マウスクリックで新たな運筆をストローク生成用ピクチャボックス上でトレースして作成する。ストローク生成用ピクチャボックス上で、黒い墨字の字体を参考にマウスでストロークの始点終点を運筆ストロークに沿ってトレースして指定する。ストローク線は赤色で表示される。最後に、「運筆保存」ボタンを押下すると、新しい運筆がシステムに保存登録され、同時に右サイドの登録済みストローク文字一覧にストローク文字として反映され、運筆データ保持ファイルに保存される。ここで「運筆 toDV2 再生出力フォーム 2へ」ボタンを押下すると、フォーム 2 が起動され今生成したストローク文字が時系列で表示される。さらに、フォーム 2 で「DV-2 出力」ボタンを押下すれば、DV-2 上に凸図で運筆ストロークが時系列表示される。

学習者は配当学年選択コンボボックスのプルダウンメニューから学習したい分類を選択する。選択学年別配当文字分類以外にも、文字グループ別分類を設けてあり「その他漢字、カタカナ、数字、アルファベット（大小文字）、ひらがな」の 6 分類がある。次に、マウスまたは DV-2 で学習文字を選択する。選択された文字は白いセルで表示され、同時に墨字表示領域に墨字が表示される。運筆データが登録済みの場合は、ストローク文字表示領域に赤で表示され、訓読み、音読み、画数が音声で説明される。これらの音声を聞き、学習したいと思った墨字を選択した状態で、DV-2 のサイドキーにあるセンターキーを押すと FORM2（墨字ストローク描画画面）が開き、運筆が DV-2 に表示される。DV-2 で学習した墨字をペンタブレットで再現させる。

⑤の機能について説明する。手書き練習とフィードバックの一連の流れを図 6 に示す。学習者はペンタブレット上



図 7 GUI

Fig. 7 GUI.

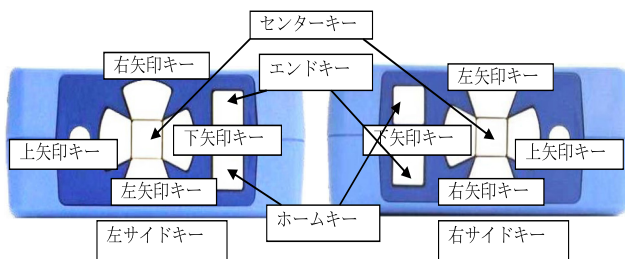


図 8 ディスプレイサイドキーの構成

Fig. 8 Structure of point chart display of side key.

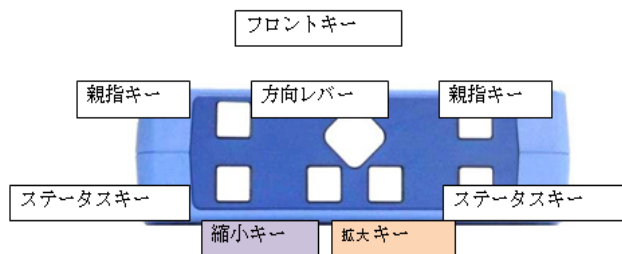


図 9 点図ディスプレイフロントキー構成

Fig. 9 Structure of point chart display of front key.

にゴムマットを敷き、さらにその上にレーザライタ用紙を重ねて、その上からペンで字を筆記する。筆記された字形が GUI 画面上に赤の線で描画され、DV-2 (点図ディスプレイ) にも表示される。

3.4 ユーザインタフェース

本システムの GUI を図 7 に示す。学習操作を点図ディスプレイで完結できるような画面設計とした。

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、点図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 8, 図 9 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。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。

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の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 (印刷凸字など) に比べて修得時間の短縮および定着率の向上が期待される。

さらに我々は、文字の触覚理解において次のような仮説を立てた。本実験においてこの仮説を検証するものである。

- (1) 知っている文字 (墨字) なら認識できる。
- (2) 知っている文字 (墨字) は、正しい筆順運筆 (ストローク) で書ける。
- (3) 知らない文字 (墨字) は触覚で認識できない。

また、実験と並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随時行った。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、もしくは少ない先天、墨字を習得する以前に失明した 10 人 (男性 5 人、女性 5 人) の被験者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、本システム一式を持参して実験を行った。

表 1 被験者の情報

Table 1 Examinee information.

年齢層	性別	失明の年齢	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

墨字学習は次のような順序で学習してもらった。この学習順序は、澤田らの研究を参考にした [17]。

Step (1). 事前テスト

Step (2). カタカナ学習（被験者の名前を中心に）

Step (3). 基本漢字（部首などの元）の学習

Step (4). 構成要素（左右、上下、内外、上下左右という組合せ）からなる漢字の学習

Step (5). 事後テスト（事前テスト同じ内容）

まず、基本漢字・構成要素漢字の印刷凸文字を準備し、次の手順で理解度をテストする。

- ① 印刷凸文字の墨字を触察させ、その墨字を知っているかどうかを尋ねる（仮説 (1) の検証）。
- ② 知っていると言った墨字を筆順どおりに書くことができるかを確認する（仮説 (2) の検証）。
- ③ 印刷凸文字の知らない墨字は触察で認識できるかを確認する（仮説 (3) の検証）。

事前テスト用の墨字の選定は、国立国語研究所「現代新聞の漢字」使用順位調査により [18]、その中から使用順位が比較的高く、かつ学年別漢字配当墨字から基礎漢字と構成要素漢字 10 個「木・森・口・田・日・十・金・西・走・足」を選び、本システムの点図プリンタ（TZ-100）を使用して印刷凸文字を作成する。

「事前認識テスト」は印刷凸文字「10 個」の墨字を触察させて、その墨字を知っているかを尋ねた。「事前筆記テスト」とは知っていると言った墨字を筆順どおりに書くことができるかを確認するテストである。「事後筆記テスト」とは印刷凸文字 10 個をランダムに被験者に提示し、触察で墨字を認識できるのか、認識できた墨字を筆順どおりに書けるのかを確認するテストである。学習目標は事前テストで間違った/知らないと言った墨字を中心に正しい筆記ができるまで学習させる。筆記はペンタブレットを使った筆記ではなく、レーズライタに何度も筆記させる手法である。

学習方法は次のとおりである。

- (1) 被験者は事前テストで実施した墨字を、音声ガイドを頼りに DV-2 で探す。
- (2) 該当する墨字の運筆ストロークを画面に表示させる。
- (3) 字形をレーズライタに筆記させる。
※レーズライタには 5 cm×5 cm のマスを引きその中に墨字を筆記させる。
- (4) 筆記した字形が筆順どおり書けているのかを確認する。
- (5) 筆順どおり筆記していたら、次の墨字へ。
- (6) 筆順どおり筆記できない場合は、正しく筆記できるまで繰り返す。

被験者には、事前テストした墨字すべてが（レーズライタに）書けるようになるまで学習してもらう。1 回の学習終了時ごとに、その時間に学習した墨字を（レーズライタに）書かせて確認し、その墨字の書き取りを次回までの課題として出す。レーズライタを用いて書くという学習は、点字使用者にとって大きな負担になる可能性がある。しかし、何かを記憶するとき「繰り返し書いて覚える」という動作は記憶に有効であるとの報告もある [19]。

テスト時に用いた墨字 10 個を書くことができたなら、次の墨字へ進む（基本漢字、構成要素漢字）。書けなかった場合は再度学習させる。最終日に事前テストと同じ内容の事後テストと本システムに関する聞き取り調査を実施する。

学習は実験時のみで行う。学習間隔は 2 週間以上実験間隔が空かないように実験を行った。被験者には最低でも 3 回以上実験に参加してもらった。

学習時間は、1 回目は平均 4 時間（操作方法・墨字筆記指導を含む）で、2 回目以降はおおむね 2 時間 30 分であった。1 回の指導をおおむね 2 時間 30 分に設定した理由は、被験者の多くが仕事を持っているなどの時間的制約、東京や名古屋など遠方に住んでいるなどの場所的制約があったからである。

4.4 実験結果

被験者の事前テスト、事後テストの結果を表 2 に示す。

本システムの特徴は、筆記機能、音声説明の工夫、筆順ストローク提示の 3 点である。本システムの特徴が視覚障害者の墨字学習における記憶定着に有効であることを実験によって検証した。実験結果から、全被験者に事前テストで用いた印刷凸字 10 個を触察させると、口頭で「部品の組合せ」や「音/訓読み」を完全にいえるようになることを示した。この結果から音読セットの工夫された音読説明は有効な手法であるといえる。

次に、筆記機能と筆順ストロークの有効性を述べる。先天的全盲の被験者は空間理解能力が乏しい。空間理解能力とは、幼児期の日常生活や遊びの中で視覚と触覚を通して自然に獲得する能力である。視力が失われた状態でこの能力を獲得するのは晴眼者の何倍もの時間と繰り返しの訓練が

表 2 テストの結果 (%は正答率)

Table 2 Result of test (% is a correct answer rate).

被験者の属性			事	事	学	事後
			前認	前筆	習	筆記
			識テ	記テ	回	テス
			スト	スト	数	ト
20代	男性	2歳	60%	20%	3	70%
40代	男性	6歳	70%	30%	5	100%
50代	男性	先天的	30%	10%	10	100%
60代	男性	先天的	50%	10%	5	60%
60代	男性	先天的	20%	10%	3	50%
10代	女性	先天的	20%	20%	3	80%
30代	女性	先天的	50%	10%	3	70%
50代	女性	先天的	20%	10%	6	100%
50代	女性	7歳	70%	30%	3	60%
60代	女性	先天的	80%	50%	3	80%

(1回の学習時間概ね2時間30分)

必要である。空間理解能力がない被験者は、スクランブル交差点を渡る歩行訓練を行っても、V交差点やX交差点の歩行訓練は何度練習しても理解/認識できなかった。被験者のこのような空間認識能力欠如状態では、従来の静止画による墨字学習は、触覚では凸文字印刷された墨字の全体と部分との関係をとらえにくく、継時的で部分的な知覚能力だけでは非常に困難である。従来の静止画で「田」を提示すると、被験者にとっては四角の固まりの集合図でしかないため、被験者全員が事前テストで、「口」を書いてから「十」と書いていた。同様に、「西」も「口」を書いてから「ル」を書いていた。そこで、正しい「田」の筆順を点図ディスプレイで提示したところ、「口」の下の線を描かず「十」を描いて最後に「一」を描く時系列ストロークの流れは被験者に驚きと関心を与えた。

次に、間違いが多かった墨字「森」「金」について説明する。「森」という墨字を聞いたことがあると答えた被験者は「森」は「木」が3つ、「林」は「木」が2つと学んでいた。印刷凸文字を見るまでは、「森」という墨字を聞いたことがあると答えた被験者は3つの「木」が横一列に並んでいる、もしくは、縦一列に並んでいると思っていた。これは、『上下』『左右』の空間認識がないためである。また、先天盲の被験者は「金」を最後まで点図ディスプレイどおりに筆記することができなかった。「木」は「十」の交差から左右斜め45度の線を描くという作業はイメージ化しやすい。一方で、「金」の第6画・第7画はつながりのない箇所から点が出現するため、この点の書き忘れや逆に点を「ハ」と書く記入ミスが起こる。

本システムの筆順ストロークを重視する学習方法は、被験者にとって遊び感覚/ゲーム感覚で行うことができる。DV-2の運筆の動きに合わせて学習するという体験は、空

表 3 声ガイドによる正答率の向上 (%は正答率)

Table 3 The auditory guide improves the correct answer rates (% is the correct answer rate).

墨字	旧音声ガイドシステム	新音声ガイドシステム
宵	10%	70%
趣	10%	50%
惑	0%	40%
菌	10%	40%

間理解能力を育成するのに有効な手法である。本システムではDV-2に表示された墨字を5cm×5cmのレーザライタのマスに縮小して書き写す作業がある。最初は5cm×5cmのマスに入りきらない被験者がほとんどであったが、何度も同じ墨字を筆記することで縮小してマスの中に筆記することを理解した。一筆の長さをマスの中に入るように縮小する作業を繰り返すことでこの空間理解能力が育成・形成されたことを、実験を通して示すことができた。

被験者に本システムを使った際のアンケートを個別にとり評価を得た。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) 音声ガイドが聞き取りにくい。
- (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が多かったが、ドット提示により点を逆向きに、あるいは点を忘れて書く被験者はなくなった。

海保ら[20]は、点字使用者が墨字を学習する際、まとまりをもった構造単位を理解を促す手だてとして、言語補助の有効性を示唆している。そこで(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。たとえば『趣』に対して『取ると書いてそうによう』、『宵』に対して『うかんむりにカタカナのツを書いて月』の説明を加えた。その結果を表3に示す。

(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。開発当初は、女性の声で音声ガイドを設定して、全被験者に男性と女性の声を比較させた。被験者の中には重度障害者（耳が聞こえにくい）がいて、男性の声が良いという回答を得た。また、他の被験者も普段パソコンや携帯電話の音声ガイドは男性の声で設定しているから男性の声が良いという意見や回答を得たため、男性の声に変更した。

(d)については、新たに開始回数の制限を設定した。何度も繰り返し開始ボタンを押す被験者が多く、システムダウンを起こしていたが、この開始制限を設けることでシス

テムダウンを回避することができた。

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) DV-2 点図ディスプレイのピン配列を正方配列から千鳥配列に変えてほしい。

(f) 検索機能を付けてほしい。

(g) DV-2 が非常に高額。

(e) 千鳥配列にできれば、斜め線はよくなるが、真横や真縦の線は点間が広く表示されるようになる。また、DV2 などのマイクロセルモータの配置技術に依存することになるので早急に解決できる問題ではない。

(f) については、学年年代別ではなく、画数別の検索機能を追加した。

(g) 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 DV-2 などの特殊デバイスの量産化が必要であると主張するとともに、

4.5 考察

本実験を通して印刷凸字提示物による墨字学習と本システムによる学習の比較を行った。学習前後の結果比較と、生徒の感想や質問、学習の様子観察から、この指導実践によって得られた成果と課題を考察し、以下にまとめた。

仮説 1 → 事前に知っている文字（墨字）は認識できている。
仮説 2 → 知っていても筆順運筆どおり書けるとは限らない。

仮説 3 → 知らない文字（墨字）は触察による認識は難しい。

点字使用者が墨字を学習するとき、いくつかの基本的（部首）なまとまりをとらえ、それらを構造化していくことが有効であることが判明した。さらに各要素を言語補助により想起しやすいことも明らかとなった。

本システムによる学習では、音声や言葉以外に、ストローク情報を提示することで、筆順に従って書くことが学習を促進しうるものである、ということを示したものである。

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。

被験者によっては 1 回目から 2 回目もしくは 2 回目から 3 回目の期間が 1 週間、2 週間と開いていたにもかかわらず、前回学習した墨字をよく覚えていた。期間が空いても記憶に定着するのは、本システムによる学習がストローク情報を利用しているからと考えられる。

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

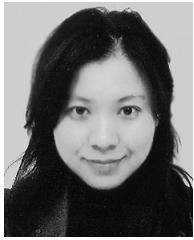
である。

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，pp.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)，pp.47-54 (1996)。
- [3] 佐々木正人，梅原無石：先天盲児への漢字「形」指導の試み，筑波大学学校教育部紀要，8，pp.101-109 (1986)。
- [4] 瀬尾政雄：点字使用者の同音異義の“漢字”想起について，特殊教育学研究，Vol.20，No.1，p.1 (1982)。
- [5] コニカミノルタビジネスソリューションズ株式会社：立体コピーシステム，入手先 (<http://www.konicaminolta.jp/business/products/copiers/partner/index.html>)（参照 2012-08-10）。
- [6] 有限会社アシストシステム：有限会社アシストシステムの点字プリンタ，入手先 (<http://www.assist-system.jp/printer.htm>)（参照 2012-08-10）。
- [7] 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。
- [8] 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)—点字サイズの違いによる触読の比較，第 41 回日本特殊教育学会発表論文集，p.335 (2003)。
- [9] 小川靖彦，菊地義信，大武信之，高野雄二，中山一彦：視覚障害者のためのコミュニケーション支援環境の開発，電子情報通信学会報 1，pp.89-96 (1993)。
- [10] 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)。
- [11] 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)。
- [12] ケーゲーエス株式会社：ドットビュー Dot View DV-1，入手先 (http://www.kgs-jpn.co.jp/b_dv.html)（参照 2012-08-10）。
- [13] ケーゲーエス株式会社：点図ディスプレイドットビュー DV-2，入手先 (http://www.kgs-jpn.co.jp/b_dv2.html)（参照 2012-08-10）。
- [14] クリエイトシステム開発株式会社：Welcome to Create System Development Co, LTD (ドキュメントトーカ「話す・聞く・歌う」プログラム)，入手先 (<http://www.createsystem.co.jp/>)（参照 2012-08-10）。
- [15] 株式会社リコー：点図くん点訳/点図アプリケーション，入手先 (<http://www.ricoh.co.jp/tenzu/index.html>)（参照 2012-08-10）。
- [16] 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)。
- [17] 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，pp.51-56 (2003)。
- [18] 国立国語研究所：国立国語研究所報告 56 現代新聞の漢字，秀英出版 (1976)。
- [19] 仲真紀子：書記行為が記憶に及ぼす影響—書き順の効果，日本心理学会第 57 回大会発表論文集，p.765 (1993)。
- [20] 海保博之，佐々木正人：先天盲の漢字存在感覚と漢字検

索過程, 特殊教育学研究, Vol.21, No.4, pp.7-15 (1984).



松本 多恵

2005 年兵庫県立大学大学院応用情報科学研究科入学, 2007 年同大学院応用情報科学研究科修了. 2007 年奈良女子大学大学院人間文化研究科複合現象科学専攻入学. 2013 年同大学院人間文化研究科複合現象科学専攻修了.



伊奈 諭

1971 年名古屋大学理学部卒業. 1973 年名古屋大学大学院工学研究科応用物理学専攻修了. 2003 年図書館情報大学大学院情報メディア研究科修了. 博士 (情報学). 1979 年分子科学研究所文部技官, 1991 年筑波技術短期大学教授. 2004 年兵庫教育大学大学院学校教育研究科教授. 2006 年奈良女子大学大学院人間文化研究科博士後期課程複合現象科学専攻教授. 奈良女子大学総合情報処理センター長. 2012 年同大学退官.



高田 雅美 (正会員)

2004 年奈良女子大学大学院人間文化研究科複合領域科学専攻修了. 博士 (理学) を同大学より取得. 2004 年独立行政法人 JST 戦略的創造研究推進事業において, 京都大学大学院情報学研究科にて委嘱研究員. 2006 年奈良女子大学大学院人間文化研究科助手. 2007 年奈良女子大学大学院人間文化研究科助教. 2013 年奈良女子大学理学部講師.



城 和貴 (正会員)

1993 年奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科博士前期課程入学. 1996 年奈良先端科学技術大学院研究科後期課程修了. 1996 年奈良先端科学技術大学大学院研究科助手. 1997 年和歌山大学システム工学部講師. 1998 年和歌山大学システム工学部助教授. 1999 年奈良女子大学理学部情報科学科教授.