

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¹

要旨

視覚障害者と晴眼者^{せいがんしゃ}（視覚に障害がない者）の相互コミュニケーションを図る上で、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。日本語には多くの同音異義語が存在している。中には意味も類似しているものもあり、それらを正しく使い分けるためには日本語の文字の成り立ちと意義を深く理解できるだけでなく、基本的な文字（カタカナ、代表的な当用漢字、ひらがな、数字、アルファベット）の字形を覚える必要がある。視覚障害者が指先の触覚によって読む点字は表音文字であるため、その学習は、晴眼者の漢字学習（以下、墨字^{すみじ}学習と記す）とは異なり、ひらがな、カタカナ、漢字の区別なく、点字の表す音を読み進んで文字の意味を理解するもので、表意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。一方、漢字の読み書きは視覚活用ができるものでも容易に習得できるものではなく、視覚障害者にとって新たな課題が生まれた。

¹奈良女子大学大学院人間文化研究科 複合現象科学専攻 博士論文 2013年1月10日

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。一例を挙げると、視覚を活用できる晴眼者であっても、合う／会うの違いを音声だけで理解し、正しい文字を選択することは難しい。このように、表音文字である点字の配列から、表意文字である墨字の配列に変換することは非常に難しい。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。そこで著者は、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人を被験者に実験を行い、評価について報告する。

本論文は、全6章で構成され、視覚障害者の墨字学習の現状分析と触覚ディスプレイを活用した墨字学習支援システムの開発、本システムの特徴でもある運筆の獲得とペン筆記を活用した墨字学習が、視覚障害者が抱える問題(空間認識能力欠如)を改善するのに効果があるのかを検証している。著者が提案する墨字学習は香川が提唱する核になる体験を効果的に反映したものである。学習者にまず文字の全体形状と筆順を把握させ、その後で指先によって部分形状を把握させる学習法である。学習者に筆順を理解させるために、文字を一筆ごとに触覚ディスプレイ上に描画する。学習者は掌全体を使って一筆ごとに描画される文字の時系列形状と全体形状を触知把握する。その後で指先による部分形状の把握をおこなう学習アプローチである。

第1章にて、研究の背景について説明する。第2章にて、眼の構造や機能等の視覚の基礎と、視覚障害が発達に及ぼす影響について説明する。次に第3章にて、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。第4章では、著者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。第5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。最後に第6章にて本論文についてまとめを述べる。

キーワード: 墨字, 視覚障害者, 空間認識能力, 筆順, 核になる体験

The Development and Evaluation of a Sumiji Learning Support System for Visually Impaired People ²

Abstract

Communications through telecommunication tools are widely accepted as valid with visually impaired people and sighted people and the promotion of mutual understanding. The visually impaired people can get all kinds of information all by themselves through communicating by electric mails or using the Internet. However, there is a big problem in communications through the telecommunication equipment. It is braille. Braille is writing system which enables blind and partially visually impaired people to read and write through touch. Japanese braille is a braille code for writing the Japanese language. Japanese Braille has 6 dots in a cell. In Japanese it is generally known as "tenji". Japanese braille has a number of shortcomings. First, braille is difficult to read by sighted people. Second, Japanese braille does not deal with Chinese characters. The word of Japanese related to the meaning of a word of the Chinese characters is abundant. For instance, a lot of homonyms exist in the Chinese characters. The visually impaired children are facing a lot of difficulty in learning Chinese characters than sighted children. Nevertheless, there is no program that is the system examined slightly and enough though the guidance method of the Chinese characters study of the school for the blind. The Chinese characters teaching program should be reconsidered. So, we develop a Chinese characters learning support system for visually impaired people. In this thesis, characters other than braille are defined as the "Sumiji"

²Doctorial Thesis, School of Interdisciplinary Research of Scientific Phenomena and Information, Graduate School of Humanities and Sciences, Nara Women's University, January 10, 2013

This system is based on hand writing using tactile stroke order to be displayed. This system method is hand writing using tactile stroke order display, synthesized voice guide and stroke order. Tactile stroke are taught one by one. This method is effectively a reflection of the experience becoming a nucleus. This system is aimed at repeated self-learning of writing a balanced the Sumiji without help of other people. Moreover, this system values the stroke order. In order to validate the system, we perform experimental evaluation of the system with visually impaired ten people. This thesis is organized as follows:

In Chapter 1, our research background and motivation are described as an introduction of this thesis.

In Chapter 2, explanation of the eyes the structures and functions. Concerning growth process influenced by impairment of vision.

In Chapter 3, explanation of two methods are study the Sumiji. Braille embossing printer and though tactile display are used.

In Chapter 4, related works for our system are introduced.

In Chapter 5, presents our experiment approach to learning this system and gives the experimental results and discussions for the results.

This thesis is concluded in chapter 6.

Keywords: Sumiji, Visually impaired people, Spatial reasoning capacity, Stroke order ,Experience of becoming nucleus

目次

第1章 序論.....	1
1.1 研究の背景と目的	1
1.2 論文構成	3
第2章 視覚障害について.....	5
2.1 視覚障害とは	5
2.1.1 視覚障害の分類.....	5
2.1.2 視覚器の構造.....	6
2.1.3 視機能とは	8
2.2 視覚障害者の分類	10
2.3 視覚障害児教育の現状と問題点.....	13
2.3.1 視覚障害児の教育の場	13
2.3.2 ノーマライゼーション	15
2.3.3 重複障害教育.....	17
2.4 視覚障害が発達に及ぼす影響	19
2.5 盲児の触覚的認知	20
2.6 触覚を活用した空間認識	22
2.7 盲児の知能分析.....	23
第3章 視覚障害者の墨字学習の現状	25
3.1 点字について	25
3.1.1 点字の歴史	25
3.1.2 点字の概要	26
3.1.3 先天盲児の点字指導.....	27

3.1.4 点字の制約	28
3.2 墨字学習の必要性について.....	29
3.3 墨字初期学習における字形学習の必要性について.....	30
3.4 点字を活用した墨字学習の問題点.....	32
3.5 触覚ディスプレイとは.....	33
3.6 触覚ディスプレイを活用した墨字学習の関連研究.....	35
第4章 墨字学習支援システム	37
4.1 システムの構成.....	37
4.2 墨字データのデータベース化.....	40
4.3 ユーザインタフェース.....	43
4.4 システムの機能.....	47
第5章 システムの評価.....	51
5.1 実験の目的.....	51
5.2 被験者と実験期間, 実験場所.....	52
5.3 墨字学習方法と学習内容.....	53
5.4 実験結果と考察.....	57
5.4.1 実験結果.....	57
5.4.2 考察.....	58
5.5 システムの改良.....	60
5.5.1 アンケート結果から見た本システムの問題点.....	60
5.5.2 要望.....	62
第6章 結論.....	63
謝辞.....	65
参考文献.....	67
研究業績.....	73

図目次

図 1	眼球の水平断面図 (左眼).....	7
図 2	視覚中枢への信号の伝達経路	7
図 3	ランドルト環	8
図 4	ランドルト環と視角.....	9
図 5	視覚障害児・者の推移.....	12
図 6	マス (6つの点).....	26
図 7	母音 (あいうえお).....	27
図 8	点字器 4行×26マス小型点字器.....	27
図 9	触覚ディスプレイの外観	34
図 10	額に装着する電気触覚ディスプレイ.....	34
図 11	システムの構成図	39
図 12	ストローク情報の編集/保存手順.....	41
図 13	登録済ストローク文字の検索	42
図 14	GUI.....	44
図 15	墨字&触覚ディスプレイストローク提示フォーム (FORM2)	45
図 16	ペンタブレット墨字練習フォーム (FORM3)	45
図 17	触覚ディスプレイサイドキーの構成.....	46
図 18	触覚ディスプレイフロントキー構成.....	46
図 19	ペンタブレット墨字練習の流れ.....	49
図 20	学習風景.....	55
図 21	音声ガイドによる筆記の一例	61

表目次

表 1	身体障害者福祉法による視覚障害等級表.....	11
表 2	学級数の推移.....	15
表 3	ノーマライゼーション (8つの原理).....	17
表 4	特別支援学校数, 学校設置基準学級数, 在籍幼児児童生徒数 (人数).....	18
表 5	触覚ディスプレイ比較表.....	33
表 6	被験者の情報.....	53
表 7	テストの結果 (%は正答率).....	57
表 8	音声ガイドによる正答率の向上 (%は正答率).....	61

第1章 序論

1.1 研究の背景と目的

視覚障害者と晴眼者^{せいがんしゃ}（視覚に障害がない者）の相互コミュニケーションを図る上で、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。日本語には多くの同音異義語が存在している。中には意味も類似しているものもあり、それらを正しく使い分けるためには日本語の文字の成り立ちと意義を深く理解できるだけでなく、基本的な文字（カタカナ、代表的な当用漢字、ひらがな、数字、アルファベット）の字形を覚える必要がある。視覚障害者が指先の触覚によって読む点字は表音文字であるため、その学習は、晴眼者の漢字学習（以下、墨字^{すみじ}学習と記す）とは異なり、ひらがな、カタカナ、漢字の区別なく、点字の表す音を読み進んで文字の意味を理解するもので、表意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。一方、漢字の読み書きは視覚活用ができる者でも容易に習得できるものではなく、視覚障害者にとって新たな課題が生まれた。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。一例を挙げると、視覚を活用できる晴眼者であっても、例えば 合う／会う の違いを音声だけで理解し、正しい文字を選択することは難しい。このように、表音文字である点字の配列から、表意文字である墨字の配列に変換することは非常に難しい。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。そこで著者は、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人を被験者に実験を行い、評価について報告する。さらに、本論文では、本システムの特徴でもある運筆の獲得とペン筆記を活用した墨字学習が、視覚障害者が抱える問題(空間認識能力欠如)を改善するのに効果があるのかを検証している。著者が提案する墨字学習は香川が提唱する核になる体験 [1] を効果的に反映したものである。学習者に文字の全体形状と筆順を把握させ、その後で指先によって部分形状を把握させる学習法である。学習者に筆順を理解させるために、文字を一筆ごとに触覚ディスプレイ上に描画する。学習者は掌全体を使って一筆ごとに描画される文字の時系列形状と全体形状を触知把握する。その後で指先による部分形状を把握する学習アプローチである。

1.2 論文構成

本論文の構成は以下のとおりである。

まず第2章にて、眼の構造や機能等の視覚の基礎と、視覚障害が発達に及ぼす影響について説明する。次に第3章にて、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。第4章では、著者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。第5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。最後に、第6章では本論文のまとめについて述べる。

第2章 視覚障害について

人間は眼から多くの情報を得ている。視覚的な情報は眼から神経を通して脳に伝わり、認識される。視覚障害とは、眼から脳までで何らかの障害が生じて、永続的に見えない、または見えにくくなった状態を意味する。それゆえに眼と視覚についての理解は、視覚障害の理解の基礎となる。本章では眼の構造や機能等の視覚の基礎と、視覚障害が発達に及ぼす影響について説明する。まず2.1節では、眼の構造や機能等の視覚の基礎について説明する。2.2節では、我が国における視覚障害者の判断基準について説明する。2.3節では、盲学校教育の現状と問題点について述べる。2.4節では、視覚障害が盲児の発達に影響する要因について説明する。2.5節では、盲児の触覚能力について説明する。2.6節では、触覚を活用した空間認識能力の育成について説明する。2.7節では、盲児の言語能力に関する先行研究を説明する。

2.1 視覚障害とは

2.1.1 視覚障害の分類

視覚障害とは、残存する視機能の程度によって弱視 (partial sight) と、視覚をもたない盲 (blindness) とに分けられる。前者は準盲 (視力矯正指数 \sim 0.04未満)、弱視 (視力矯正指数0.05 \sim 0.3) に分類される。準盲、弱視は全盲者と晴眼者の中間的傾向を示している。後者は先天盲性視覚障害 (先天性および早期失明 以下：先天盲と記す)、後天盲性視覚障害 (中途失明：adventitious blindness 以下：後天盲と記す) に分類される。後天盲とは医学的な意味と心

理学的/教育学的な意味の二様に使われる。医学的には生後失明したものを後天盲というが、心理学的/教育学的には視覚表象（視覚的なイメージ）を有している盲人をいう。したがって、3～5歳以後に失明したもので視覚表象をもっているものが対象になる。視覚表象を持っていると物の認識の仕方や教育の方法が大きく異なるからである。後天盲の捉え方は学識者によって異なり、必ずしも明確で統一的な捉え方があるとはいえない現状にある。そこで、本論文では3歳までに視力を失った者を先天盲と定義し、3歳以降に視力を失った者を後天盲と定義する。

2.1.2 視覚器の構造

眼（視覚器）は、眼球、視路、視覚中枢、及び眼窩や眼筋、眼瞼、涙器、結膜などの附属器からできている。眼球は、表層から外膜（角膜、強膜）、中膜（脈絡膜、虹彩、毛様体、ぶどう膜）、内膜（網膜）の3層構造より形成されている。その中に房水、水晶体、硝子体が透光体として存在している（図1）。

視覚は、水晶体に入射した光が、眼底の網膜（カメラのフィルムに相当）にある視細胞や神経節細胞を刺激することにより得られる。網膜に写された像は、視細胞により信号に変えられて、視神経を通り大脳に送られる。眼球から視神経、視覚中枢への信号の伝達経路を図2に示す。網膜と視覚中枢をむすぶ神経線維束を視路という。視路は視神経、視交叉、視索、外側膝状体、視放線から構成される。視交叉を経て、左右の眼の情報が左右の視界の情報に整理され、外側膝状体、視放線を経て脳の視覚の中枢である後頭葉へ到達する[2]。

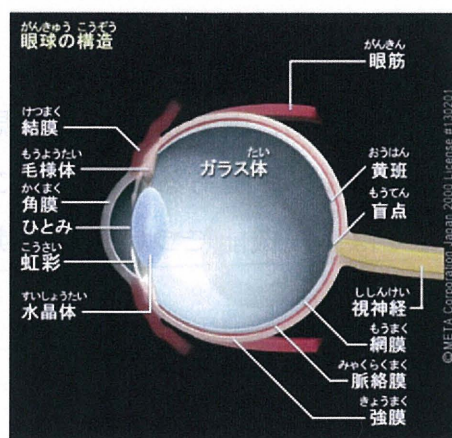


図 1 眼球の水平断面図 (左眼)

資料出所：独立行政法人 情報処理推進機構 教育用画像素材集

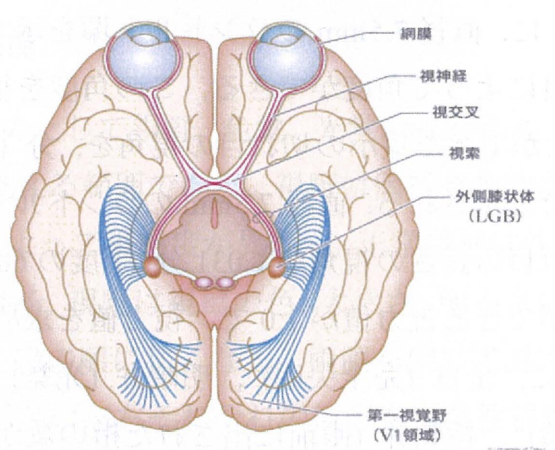


図 2 視覚中枢への信号の伝達経路

資料出所：東京大学 生命科学構造化センター／生命科学ネットワーク

2.1.3 視機能とは

盲と呼ばれる視覚障害であっても、両眼とも完全に視力がない者は稀である。両眼全盲の者はそれほど多くなく、片眼あるいは両眼に明暗弁以上の視力が残っていることが多い。ここでは、視機能について説明する。

(1) 視力

視力とは物体を認識する能力であり、形態覚の鋭敏さを意味する。視力はランドルト環を視標とした万国式視力表を用いて測定される。視標となるランドルト環は、線の幅と切れ目の長さが円環全体の直径の5分の1になるように作られている。図3に、直径7.5mmのランドルト環を示す。ランドルト環を見るとき、眼と切れ目によって角度ができる、この角度を視角と呼ぶ(図4)。視力は、見分けることができた最小の切れ目の視角を、分(1度の60分の1)単位で表した値の逆数で表示される。直径7.5mmのランドルト環を5m離れた距離から見た場合、切れ目の長さの視角が1.031分(1度の60分の1)になる。これを見分けることができる視力値が1.0で、視力値を求める基準となる。視力が0.01未満の場合に、全盲(完全失明)、明暗弁(光覚)、手動弁(眼前で手を動かすのがわかる)、指数弁(眼前に出された指の数がわかる)などに分類される。

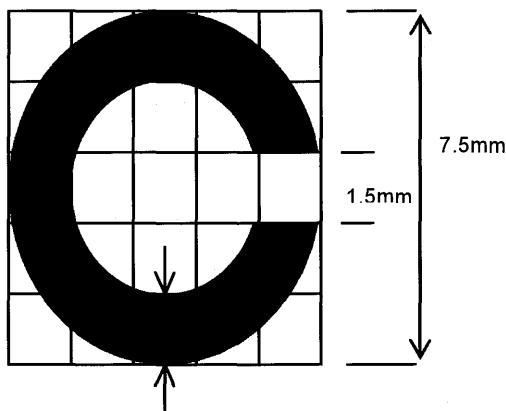


図3 ランドルト環

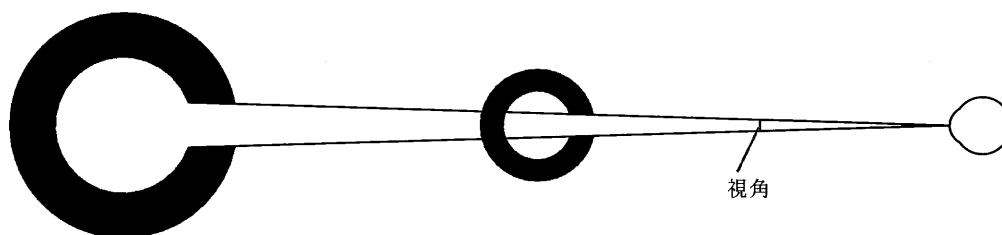


図 4 ランドルト環と視角

(2) 視力以外の視機能

視力以外の視機能のとして視野、色覚、光覚などがある。視野というのは、眼球を動かさないうで見える範囲である。視野は固視点を中心とする角度であらわし、視野の各部位によって視感度が異なる。正常視野は外方 100° 、下方 70° 、内方 60° 、上方 60° である。視野は視標の色、大きさ、明るさによって変化する。色では、白、青、赤、緑の順に狭くなる。両眼を開いて見える範囲を両眼性視野、片眼をつぶった場合の左右それぞれの視野を単眼性視野という。

視野の異常としては、次のような各種類がある。

1. 求心性視野狭窄：周囲が見えず、中心部が見えるもの
2. 中心暗点：周囲はよく見えるが、中心部の一定範囲だけが見えないもの
3. 半盲：中心を縦に線を通して縦に線を書いて視野を左右に2分割した場合、左右のいずれか半分が見えないもの

色覚は、可視光線の中で色を感じる機能である。色の認識は視細胞の錐体が担っている。錐体には3種類あり、反応する色によって、赤錐体、緑錐体、青錐体の3つに分けられる。色の感覚は、色相、明度、飽和度の3要素で規定される。全色盲は、色が全然わからないという先天的異常で、カラーテレビを見ても白黒に見える。

光覚は、光を感じその強さを判別する機能である。暗所から明所へ出たときの眼の明るさへの順応を明順応という。明所から暗所へ出たときの眼の明るさへの順応を暗順応という。明所視では網膜の錐体細胞が、暗所視では杆体細胞が働く。暗順応の障害では、日中の社会的活動には困難を感じていないとしても、雨の日の夕方の暗い室内では不自由を感じるというように、夜でなくても社会的活動が不自由になることが多い。

2.2 視覚障害者の分類

日本では、福祉や学校教育などに関連した法令のなかで視覚障害者の判定基準が定められており、その基準は法令の目的に応じて多様である。

福祉における視覚障害の基準は、身体障害者福祉法別表に定められている。さらに、同法施行規則別表第5号に1級から6級までの等級が区分されている。表1に身体障害者福祉法で規定された視覚障害者の範囲基準と等級区分を示した。この法律では、視覚障害者とは視力または視野の障害が著しい人と定義され、掲げる身体上の障害がある18歳以上の者で、都道府県知事から身体障害者手帳の交付を受けたものを指す。障害が重複している場合には合算指数で認定されることもある

表 1 身体障害者福祉法による視覚障害等級表

級別	視力	視野	人数(人)
1級	両眼の視力の和が 0.01 以下のもの		110,000
2級	両眼の視力の和が 0.02 以上 0.04 以下のもの	両眼の視野がそれぞれ 10°以内でかつ両眼による視野について視能率による損失率が 95% 以	82,000
3級	両眼の視力の和が 0.5 以上 0.08 以下のもの	両眼の視野がそれぞれ 10°以内でかつ両眼による視野について視能率による損失率が 90% 以上	19,000
4級	両眼の視力の和が 0.09 以上 0.12 以下のもの	両眼の視野がそれぞれ 10 度以内のもの	29,000
5級	両眼の視力の和が 0.13 以上 0.2 以下のもの	両眼による視野の 2 分の 1 以上が欠けているもの	32,000
6級	一眼の視力が 0.02 以下、他眼の視力が 0.6 以下のもので、両眼の視力の和が 0.2 を超えるもの		26,000

資料出所：身体障害者福祉法（平成 24 年 3 月 28 日現在）

厚生労働省身体障害児・者実態調査結果（平成 18 年度）より著者が作成

※両眼の視力の和とは、それぞれ片眼で測定した視力の和（数字の和）をである。

※両眼の視野が 10 度以内とは、求心性視野狭窄の意味であり、輪状暗点があるものについて中心の残存視野がそれぞれ 10 度以内のものを含む。

※視野の正常域の測定値は、内・上・下内・内上 60 度，下 70 度，上外 75 度，外下 80 度，外 95 度であり，合計 560 度になる。

※両眼の視能率による損失率は、各眼に 8 方向の視野の角度を測定し、その合算した数値を 560 で割ることで各眼の損失率を求める。

学校教育における視覚障害の基準は、学校教育法施行令第 22 条の 2 に定められている。さらに、その規定の解説と運用について、文部省初等中等教育局長通達「教育上特別な取扱いを要する児童生徒の教育措置」について（昭和 53 年 10 月 6 日，文教特号 309 号）で具体的に指示されている。しかし、こ

の通達は平成12年4月の地方分権一括法によって通達の意味を失い、就学を進める際の参考として用いられるようになった。福祉における視覚障害児（者）の実態については、厚生労働省（旧厚生省）社会・援護局障害保健福祉部が昭和26年からほぼ5年ごとに実施している「身体障害児（者）実態調査」[3]がある。平成18年度に実施された実態調査によると、平成18年7月1日現在18歳以上の視覚障害者が310,000人、18歳未満の視覚障害児が4,900人となっている。前回の調査（平成13年）と比較すると、18歳以上の視覚障害者は9,000人、18歳未満の視覚障害児が100人増加していると報告されている（図5）。この調査における回答で全視覚障害者の内点字ができると答えたのは、わずか12.7%（48,000人）でしかない。これは、近年、40歳を過ぎてから視覚障害者になる者が増加しているからである。日本における失明原因の特徴は、糖尿病網膜症と白内障による失明である。学校教育における視覚障害児（者）の実態については、文部科学省（旧文部省）初等中等教育局特別支援教育課が昭和23年度から毎年実施している統計「特別支援教育資料」[4]がある。盲学校に在籍する幼児・児童・生徒数は昭和23年の4,457人から徐々に増加し、昭和34年には10,264人に達した。その後は年々減少する傾向が認められる。

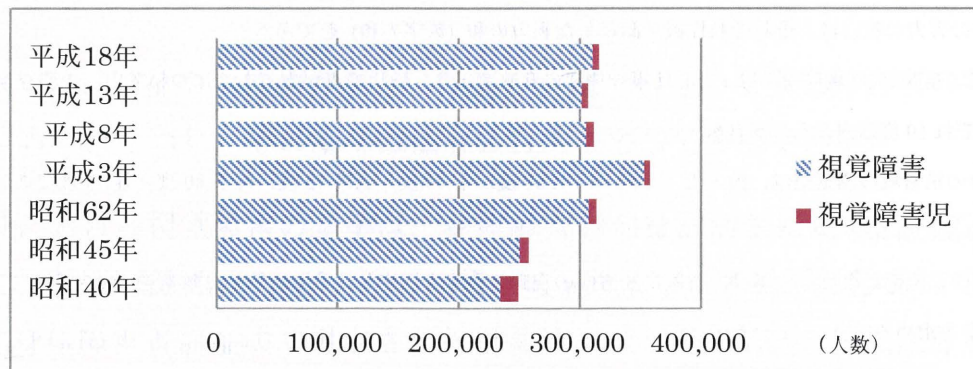


図5 視覚障害児・者の推移

資料出所：厚生労働省身体障害児・者実態調査結果（平成18年度）より抜粋し著者が作成

2.3 視覚障害児教育の現状と問題点

2.3.1 視覚障害児の教育の場

代表的な視覚に障害のある児童生徒の教育の場としては、盲学校がある。平成18年6月に学校教育法等の改正が行われ、特別支援教育が学校教育法に位置づけられた。これにより、従来の障害種別ごとに設置されていた盲・聾・養護学校の制度が、平成19年4月1日より、複数の障害種別を教育の対象とすることができる特別支援学校に改編された。ただし、学校名については専門領域を示す名称を用いることができるため、従来の盲学校は、特別支援学校、視覚特別支援学校、視覚支援学校、盲学校等の名称を使用している。本論文では盲学校と表記する。

盲学校は、明治10年代の初期に初めて設立され、今日まで130余年を経過している。大正12年に公布された盲学校及聾啞学校令によって、普通教育と職業教育とをはっきり分離し、同令で、府県の設置義務を盲学校と聾学校とに分離して規定した。盲学校教育は昭和23年度より学年進行で義務制に移行した。障害のある児童生徒の教育的措置の基準は、平成14年9月に施行された。障害のある児童・生徒の学校教育の場は、原則として、障害の程度が重い順に、特別支援学校、特別支援学級、通常の学級（通級による指導を受ける場合を含む）となっている。盲学校の就学対象基準となる児童・生徒は平成14年4月に改正された学校教育法施行令第22条の3に定められている。視覚障害特別支援学校では、視覚障害の程度によって点字を常用して学習する又は通常の文字を常用して学習するに分かれる。その使用文字によって学習方法が大きく変わる。

盲人の心身の故障の程度は両眼の視力がおおむね0.3未満のもの又視力以外の視機能障害が高度なもののうち、拡大鏡等の使用によって通常の文字、図形等の視覚による認識が不可能又は著しく困難な程度のもの

特別支援学校は、視覚障害者、聴覚障害者、知的障害者、肢体不自由者又は病弱者（身体虚弱者を含む）を教育の対象とし、その設置義務は各都道府県にある（小学校/中学校の設置義務は市町村にある）。特別支援学校には幼稚部、小学部、中学部、高等部の別がある。盲学校の特色の一つは高等部にある。多くの盲学校高等部は一般の高等学校に相当する本科と本科卒業を入学資格とする専攻科（職業教育：はり・灸・マッサージ師・ピアノ調律師など）が設置されている（学校教育法第48条準用）。東京や北海道、福岡などのように義務教育段階と高等部が分離している学校もある。視覚障害児のみを対象とした盲学校は全国に65校ある。特別支援学級は小中学校に設置された障害のある子どもが在籍する学級である。特別支援学級の中でも、視覚障害児を対象とした学級は弱視学級と呼ばれている。全国の小・中学校あわせて309学級（平成22年度）ある。比較的軽度の障害のある子どもが通常の学級に在籍し、障害の状況に応じて週に数回特別な指導を受ける通級による指導という形態がある。全国の小・中学校あわせて184人（平成22年度）いる。

文部科学省初等中等教育局特別支援教育課の「特別支援教育資料」[4]から盲学校教育の現状をみると、次の通りである。盲学校数は、平成15年5月1日現在で、国立1、公立68、私立2、計71である。学級数は、幼稚部110、小学部332、中学部227、高等部680、計1,349学級である。昭和62年の数と比較すると、幼稚部+38、小学部-95、中学部-70、高等部-34、計-161学級となっており、学級数の減少が進んでいるが、特に義務教育段階の減少が大きいことがわかる（表2）。盲学校在籍児童生徒は、昭和34年度をピーク（10,264人）として今日まで一貫して減少している。これは、盲児が著しく減少しただけでなく、盲児が通常の学校や学級で教育を受けいられるケースが多くなってきていることがその一因である。また、盲・聾・養護学校に在籍する児童・生徒の障害の重度・重複化が進んでいる。

表 2 学級数の推移

	幼稚部	小学部	中学部	高等部
昭和 62 年	82	427	297	714
平成 15 年	110	332	227	680
平成 16 年	100	319	227	671
平成 19 年	106	332	214	665

資料出所：

文部科学省 初等中等教育局 特別支援教育課：特別支援教育資料 (昭和 62 年度)

文部科学省 初等中等教育局 特別支援教育課：特別支援教育資料 (平成 15 年度)

文部科学省 初等中等教育局 特別支援教育課：特別支援教育資料 (平成 19 年度)

※平成 20 年度以降は、これまでの盲・聾・養護学校という枠組みではなく、特別支援学校という学校種に一本化されたため、統計の取り方が大きく変化している。

2.3.2 ノーマライゼーション

盲学校に在籍する児童・生徒数は、1995 年から 2000 年の 5 年間に 575 人（約 12.7%）減少している [5]。特に、義務教育段階において顕在化している。これは、近年、ノーマライゼーションや人権尊重の考えが広く浸透するようになり、盲児が特別な配慮は一切しないという条件で通常の学校や学級で受け入れられるケースが多くなってきているからである。

ノーマライゼーション (normalization) とは、障害者を特別視するのではなく、一般社会の中で普通の生活が送れるような条件を整えるべきであり、共に生きることこそノーマルであるという考え・理念である。ノーマライゼーションを世界で初めて提唱したのは 1950 年代にデンマークのニルス・エリック・バンク・ミケルセン (N. E. Bank- Mikkelsen) である。さらに、ベクト・ニリエ

(Bengt, Nirje) が 1969 年に、ノーマライゼーションの原理を社会の主流となっている規範や形態にできるだけ近い、日常生活の条件を知的障害者が得られるようにすることと定義し、ノーマライゼーションの 8 つの原理という構成要素を提起した (表 3) [6][7][8][9]。ノーマライゼーションの理念とその具現化の動向は、国連の知的障害者の権利宣言 (1971 年)、障害者の権利宣言 (1975 年) の採択にも大きな影響を及ぼした。

日本の教育においても、2003 年に 21 世紀の特殊教育の在り方について (最終報告) [10] が発表され、今後の特殊教育の在り方についての基本的な考え方としてノーマライゼーションが提起された。平成 14 年に学校教育法施行令の改正により、障害があっても、小・中学校において適切な教育を受けることができる特別な事情があると認められた認定就学者については、就学させることができるようになった。明確な統計は示されていないが、通常の小学校へ就学する盲児童が毎年数例見られる。盲児にとっては墨字のみの学習は大変負担が大きく、無理な点も多いが、中にはこうした困難を乗り越えて、墨字の読み書きする力をつけた盲児もいる [11]。しかし、現実には、視覚障害児童・生徒が普通学校に入学はしたものの、その後盲学校へ転入している。盲学校教育の特徴として、普通学校への転出に比べ、盲学校への転入が非常に高い割合を示している。特に、盲学校中学部においては、普通学校への転出に比べ、盲学校への転入の割合が最も高くなっている [12]。転入者の使用文字の内訳を見ると、墨字使用者が 69.1%、点字使用者が 15.2% と、圧倒的に墨字使用者が多いと鈴木らが指摘している [13]。

表 3 ノーマライゼーション (8つの原理)

①	1日のノーマルなリズムによる生活 Normal rhythm of the day
②	1週間のノーマルなリズムによる生活 Normal rhythm of the week
③	1年間のノーマルなリズムによる生活 Normal rhythm of the year
④	ライフサイクルにおけるノーマルな経験 Normal life cycle developmental experiences
⑤	自己決定に対するノーマルな理解と尊重 Normal right to choices and self-determination
⑥	その文化におけるノーマルな異性との生活 Normal sexual patterns of their culture
⑦	その社会におけるノーマルな経済水準とそれを得る権利 Normal economical patterns of their society
⑧	地域におけるノーマルな住環境による生活 Normal environmental patterns of their

2.3.3 重複障害教育

盲学校に在籍する児童生徒の障害の状態や能力・適性は、極めて多様である。盲学校に在籍する重複障害児（複数の種類の障害を併せ有する児童）の占める割合が年々増加するとともに、障害の状態も非常に重度化している。盲学校に在籍する重複障害児の割合を部別にみると、幼児部 272 人中 79 人で 29%、小学部 639 人中 298 人で 46.6%、中学部 508 人中 187 人で 36.8%、高等部 2,463 人中 198 人で 8%となっている。小学部児童の 46.6%、中学部生徒の 35.4%が

重複障害児となっている(表4)[6]。筑波大学が昭和55年から5年ごとに実施している「視覚障害者原因調査」[14]によれば、小学部でのその比率が最も高く、高等部でその比率が一番低いと指摘している。また、国立特殊教育総合研究所が平成5年度に行った調査「全国小・中学校弱視特別支援学級および弱視通級指導教室実態調査」[15]によると、重複障害児童生徒が小学校の弱視教育で34.4%、中学校の弱視教育で34.7%を占めるに至っている。近年では、重度な発達遅滞や肢体不自由を伴う児童生徒が増加傾向にあるため、個別指導体制が不可欠になっている。複数の障害を教育の対象とすることができる特別支援学校の制度を生かし、一人一人に応じたきめ細かな指導が一層求められる。

表4 特別支援学校数，学校設置基準学級数，在籍幼児児童生徒数(人数)

	幼稚部	小学部	中学部	高等部
視覚障害	218	622	497	1,999
視覚障害・知的障害	7	88	88	—
視覚障害・病弱	1	7	4	21
視覚障害・肢体不自由・病弱	2	24	20	20
視覚障害・知的障害・聴覚障害・肢体不自由	2	79	50	47
視覚障害・知的障害・聴覚障害・肢体不自由・病弱	13	454	395	812

資料出所：文部科学省 特別支援教育資料(平成23年度版)より抜粋し著者が作成

2.4 視覚障害が発達に及ぼす影響

人間は、感覚器官を通して、周囲の環境に係わる情報を獲得している。人間の感覚には視覚・聴覚・触覚・味覚・嗅覚・運動感覚・平衡感覚(重力や回転および直線移動における加速度感)および内臓感覚がある。人間の成長・発達に視覚の果たしている役割は大きい。視覚と聴覚は光や音の物理的刺激により形成される感覚である。視覚は、他の感覚に比べて、空間特性が極めてすぐれている。そのために、視覚に障害をもつ子どもは、その発達過程において行動制限、視覚的情報入手の制限、模倣の困難などのハンディキャップを負うことになる。年齢が低ければ低いほど視覚からの情報によって事物の具体的な概念を形成することが多いため、視覚障害の影響が大きくなる。小泉 [16] は盲乳児には泣きの行動が多く、定位行動、接近、接触行動、後追い行動が少ないことを報告している。また、鈴木らは盲幼児の未知環境における行動の消極性を指摘している [17]。視覚に障害のない乳児は、自発的に外界の魅力的な刺激(色鮮やかなおもちゃなど)に向かって歩こうとする。視覚障害児の場合、そのような機会が乏しい。また、子どもは多くのことを視覚的な模倣によって学ぶ。しかし、盲児は視覚的な模倣が困難である。晴眼者ならば模倣によって自発的に学習・習得することができるが、盲児は大人から一つ一つ教えられなければならない。盲乳児には視覚的な刺激を受けることがないため、視覚に障害のない乳児よりも運動能力や日常生活の動作などの発達が遅れる。視覚の欠如を補うために体験させることは非常に重要であるが、視覚に障害のない乳児が見ているすべてのものを体験させることは現実的に難しい。そこで、著者は、香川 [1] が提唱する「核になる観察や体験」に着目した。核になる観察や体験とは、盲乳児が体験したことを基にして、その観察や体験の枠組みから新たな情報を理解することができるような基本となる観察や体験のことである。

2.5 盲児の触覚的認知

視覚障害児にとって、手は重要な役割を担っている。視覚による情報を欠く盲児にとって物の形や位置関係を含む空間の構造などを知るには触覚系を活用した探索的な働きかけが重要である。手の機能を大別すると、**掌握機能**(つかむ, つまむ, にぎる)と**操作機能**(たたく, 押す, 引く), **認知機能**(さわる, なぞる)に分類できる。これらの機能は、ほぼ1歳ころまでにその基本的な機能が備わってくる。

(1) 触覚

触覚は、人間の体が物に触れた時に生じる感覚である。生理学では、触覚や力覚のように体で感じる感覚を体性感覚と呼ぶ。触覚は、その感覚受容器の存在する部位の違いにより、**皮膚感覚** (Cutaneous Sensation) と**深部感覚**に分けられる [18]。皮膚感覚とは皮膚下に存在する受容器によって生じる感覚である。深部感覚とは筋や腱の受容器によって生じる感覚である。皮膚感覚としての**触知覚** (tactile perception), **運動感覚による運動知覚** (kinesthetic perception), これら両者を含む**触運動知覚** (haptic perception) がある。深部感覚は筋, 筋膜, 腱, 関節など深部組織に受容器がある。深部感覚により、視覚によらずとも、身体の向き, 手指の位置などを知ることができる。盲乳児, 盲児が触って理解するときに使う触覚は、**アクティブ・タッチ**(能動的触知覚)などとよばれるように、認知対象に主体的に働きかけ、それら进行操作するものであり、触覚は立体や図形の形態認知に大きな役割を果たしている [19]。

(2) 触察

触って観察することを触察という。形の弁別、大小、長短、高低の比較といった基本的な概念は、実際にある2つのものを比べてみる体験と、その結果の確かめを基に段階的に獲得される。晴眼児は、視覚的に直感的かつ同時的に確認することができるが、盲児の場合には、触覚による触り比べにより確認を行わなければならない。触覚は、接触した部分の情報しか得られないので、極度の制限視野と類似した状態になる。幼稚園などで、「○(まる)、△(さんかく)、□(しかく)」などという言葉がよく使われるが、盲児にとってこれらは極めて難しい抽象度の高い言葉である。

(3) 触察の問題点

①全体像の把握の難しさ

視覚は一目で空間の全体を見渡して把握することができるが、触覚では両手を広げた範囲までしか把握することができない。触った指先から継時的に入ってくる断片的な情報を頭の中でつなぎ合わせ、イメージを作る必要がある。

②手指を能動的に動かす技術の習得が必要不可欠

手指の操作の基礎的なレディネスや認識能力取得には個人差が大きい。

(4) 晴眼児と盲児の感覚訓練に相違

晴眼児と盲児の感覚訓練は、目的は同じであっても、きめ細かな内容や方法面で異なった要素を含んでいる。例えば、盲児の感覚訓練、弁別学習では、熱いと冷たい、ざらざらとすべすべ、長いと短い、重いと軽いなどの差の明確な一対と対比させてその違いを明らかにし、それに対応した言語を与えることから始める必要がある。晴眼児の場合は、視覚的に直感的

かつ同時的に確認することができるため一対を対比させてその違いを明らかにする必要がある。盲児の感覚訓練を能率的に進めるために、教材、教具は重要な役割をもっている。そこで、著者は、香川が提唱する核になる体験を効果的に反映した墨字学習を提案する。これは、学習者に文字の全体形状と筆順を把握させ、その後で指先によって部分形状を把握させる学習法である。

2.6 触覚を活用した空間認識

視覚障害とは空間認識の障害と言われている。近年、視覚障害者のための2次元情報の活用に関する研究や、実践的な指導法の開発が積極的に行われるようになった。

Kennedy [20] は、全盲者の触図の理解と触図による2次元イメージの表現の可能性について言及している。Heller [21]も、盲人の触図活用の潜在的可能性を指摘している。視覚障害者において指先の触覚による空間解像度 (spatial acuity: 視覚での視力に相当する) が晴眼者よりも高いかどうかについては、見解の相違がある。例えば、Hollins [22] は、晴眼者と盲児において空間解像度の差がないと主張している。その一方で、Axelrod [23]は、8歳~20歳で年齢を対応させた各75名の盲児と晴眼児に、硬さを系列化したナイロン系を用いて、触れていることをようやく感じる閾値を調べ、全体平均で盲児は48mg、晴眼児は34mgという結果を得たと述べている。さらに、Warren [24]は、弁別に関する従来の研究をまとめ触覚的弁別に関する研究を見ると盲児と晴眼児の間に著しい差がなく、違いが生じる場合も顕著ではなく典型的に盲児が晴眼児よりもすぐれていることを示すものであると言及している。しかし、彼らが用いた測定法は2点弁別閾 (two point threshold) である。空間解像度以外の刺激の大きさ (表面積) や強度等の要因が関与すると言われ、妥当性についての問題点が指摘されている。そこで、より妥当と考えられる、隙間の検出 (gap detection) 課題や格子方向弁別 (grating orientation discrimination: 格子縞が縦か横かを弁別する課題) を用い、かつ刺激パターンを機械的に指に押し当てる等による測定方法によって、視覚障害者の方が、空間解像度が高いとする

結果が示されている [25][26]. 視覚障害者において, その指を刺激した場合の体性感覚野からの事象関連電位 (ERP: event related potentials) により, その体性感覚野での指の領域が晴眼者よりも広く, また, 点字触読に使用される右手の人差し指の領域の方が左手の人差し指よりも広がったという報告がある [27].

2 点弁別閾の問題点

① 場所により異なる.

舌尖 1.1mm, 指先 2.2mm, 背中 6.0mm で, 四肢は先端に近づくほど, より動く部位ほど閾値は小さく敏感になる.

② 2点を同時に刺激するより時間をずらして経時的に刺激したほうが閾値は小さくなる [28].

③ 2点弁別閾は盲児に練習効果があるとする報告もあるが, この場合皮膚面の無意識的で細かな動きが関与するとの見解もある [29].

2.7 盲児の知能分析

盲児生徒の言語理解は視力によってかなりの違いがあることが指摘されている. 視力別, 失明時期別による理解の状況は明らかにされているが, 発達過程からの研究がなく, 小学, 中学, 高校という年齢別の角度からの考察が少ない. 以下, 盲児の言語の理解に関する研究のおもなものをあげる.

Smits and Mommers [29] は, 1970年と1972年の2回にわたって視覚障害児と晴眼児の知能を Wechsler Intelligence Scale for Children (以下 WISC と記す) 言語性検査によって測定し, 両者ともに IQ の平均は 110 前後であり, 明確な差がなかった. WISC 言語性の下位検査においても, 6つの下位検査 (知識, 類

似、算数、単語、理解、数唱)のうち「知識、類似、算数、単語」の4つについては晴眼児と視覚障害児の間に差はないが、「理解」は晴眼児の方が、評価が高い。しかし、「数唱」は視覚障害児のほうが成績がよいと指摘している。この研究以外にも盲児の下位検査の成績分析をしている研究がある。Witkinら [30] は、視覚障害児が数唱の問題で晴眼児よりも高い評価点であると述べている。榊原 [31] は、視覚障害児は WISC の下位検査のうち「理解、類似、単語」のように、一般的に得点が2点、1点、0点となる場合、半正答(1点)が著しく多いことを報告している。視覚障害児は言葉の概念がかなりあいまいで表現がまずく、視覚を通して経験を必要とする項目には、他の感覚(聴覚・触覚)によって学習したものに基づいて解答するため、不正解になる場合が多い。さらに、Cutsforth [32] は、6歳～21歳で、39人中26人は先天盲に語の属性をいわせる連想検査を行っている。刺激語は50で、回答連想語1,560を分析したところ、個人差はあるが、聴覚、触覚語などに比べて視覚語を48.2%連想している。彼は、盲人は経験的な裏付けから述べているのではなく、疑わしい視覚的な応答をあえてする傾向にあると指摘している。これは、盲人の言語の非現実性(unreality of the word)、バーバリズム(verbalism:唯言語主義)と呼ばれている。この傾向は成長するとともに顕在化していく。佐藤 [33] は、10歳ごろから色に対して反応が増加すると指摘している。体験に裏付けられた確かな言語を習得するためには、直接経験の機会(手で触り、身体全体で体験する)を増やすことが重要である。

次に盲児の言語の獲得時期に属する研究について概観を行う。言語の獲得時期を晴眼児と盲児で比較した研究では、盲児の初期の発現に関しては、晴眼児と比べて1年余り遅れるという見解がある。初期の発現が遅れる要因として、盲児が養育者の口唇の運動を含めた言語器官の発声のプロセスを模倣できないからであると埴が指摘している [34]。初期の言語獲得は晴眼児に比べて遅れるが、初語獲得以降は語彙量も増加し自由に発言できるようになる。

第3章 視覚障害者の墨字学習の現状

本章では、視覚障害者と晴眼者のコミュニケーションを円滑に行うための墨字に着目し、視覚障害者の墨字学習の現状と先行研究について説明する。まず3.1節では、視覚障害者用の文字である点字について説明する。3.2節では、墨字学習の必要性について説明する。3.3節では、墨字初期学習における字形学習の必要性について説明する。3.4節では、触覚を活用した墨字学習について述べる。3.5節では、触覚ディスプレイについて説明する。3.6節では、触覚ディスプレイを活用した墨字学習支援の先行研究について説明する。

3.1 点字について

点字とは、凸点を組み合わせて、指先の触覚によって読むことが可能な視覚障害者用の文字で、2点弁別閾を活かした文字である。盲教育の主体は点字である。

3.1.1 点字の歴史

点字は1825年、フランスのルイ・ブライユ (Louis Braille) [35] によって考案された。句読点、略字、数字や音符の書き方を合わせた6点点字を完成させた。今では、世界各国が、この六点式点字を用いている。一方日本では、1890

年 (明治 23 年) 11 月 1 日に 東京盲啞学校教師 石川倉次が提案した 50 音点字が点字選定会で採用された. さらに研究が進められ, 明治 34 年 4 月 22 日の官報に掲載された日本訓盲点字によって日本点字はほぼ完成された [36].

3.1.2 点字の概要

点字とは, 点字セル (マス)と呼ばれる単位からなるものである. 1つの点字セルは, 縦 3 点, 横 2 点の 6 の点を組み合わせて作る表音文字で, 左上から下へ ①の点, ②の点, ③の点, 右上から下へ ④の点, ⑤の点, ⑥の点である (図 6). 母音は①②④の 3 点を組み合わせて作り, 残りの③⑤⑥の 3 点を組み合わせて作る子音で五十音を構成している. 1 点以上を用いることにより, 63 通りの組み合わせが可能となる. 1 個のセルにより, アルファベット, 数字, 句読符や単語を表記することができる (図 7). 点字を読むときは, 基本的には左人差し指か両手の人差し指で左端から右端に向かって, 一文字ずつ指を動かして読む. 書くときは, 点字器など (図 10)を使って書く. 近年, 色々な製品に点字が併記されている. 代表的なものとしては, 缶入りビールなどのアルコール飲料におさけといった表記がされている. 点字に対して, 印刷された文字, ペンで書かれた文字などを総称して墨字と呼ぶ.

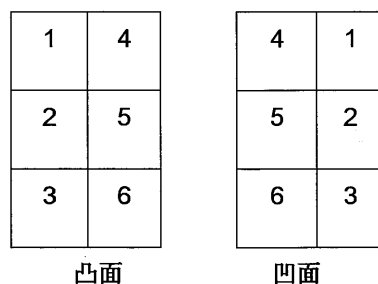


図 6 マス (6つの点)

あ	い	う	え	お
●	● ●	● ●	● ● ●	● ● ●

図 7 母音 (あいうえお)

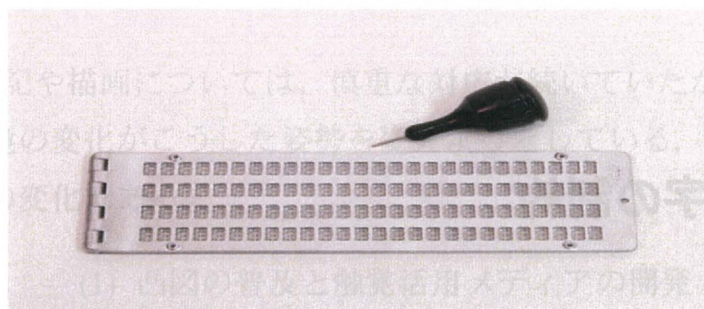


図 8 点字器 4行×26マス小型点字器

資料出所: 社会福祉法人 日本点字図書館

3.1.3 先天盲児の点字指導

点字は、手指の触運動を通して読み取る。先天盲児の点字触読の指導について、点字を学ぶだけではなく、点字で日本語を学ぶ必要がある。点字の学習の基礎として、話しことばを意識させることも必要である。話し言葉が、文章、文、文節、単語などの要素からなりたっていることを気づかせていく。日本の点字は日本語の音に一対一対応しているので、音節を認識させることも必要で

ある。文部科学省点字学習指導の手引（平成15年改訂版）では、次に示す指導留意点が明記されている [37]。

点字学習指導の留意点

- ① 両手の触運動の統制と行たどりへの導入
- ② 両手読みの動作の制御と行・行間のイメージの形成
- ③ 行中の1マスあけると2マスあけのイメージの形成
- ④ 行の途中の変化の弁別
- ⑤ 点の位置の弁別
- ⑥ 縦半マスのイメージの形成とその合成

3.1.4 点字の制約

点字は触覚を介した情報伝達がもっとも明示的に行われる。点字の読み書きは、極めて効率性が高い。点字の読み書きの速さは、熟達すれば1分間に600マス以上の速さで音読でき、1分間に340マス以上の速さでタイプ打ちができる。しかし、様々な制約もある。1つ目は表現の制約、2つ目は量の制約である。点字を大きく表現しても扱いにくい。辞書などは点訳すると膨大な量になる。また、点字は指で触った情報しかえられないため、短時間に全体の様子を理解することが難しい。さらに、点字は2点を感じ分けられる2点弁別閾を活かした文字であるが、低い空間解像度である。盲児の空間認知形成を育成するには適していない。さらに、点字と墨字の共通性に欠けているため、点字を知らない人との文字によるコミュニケーションが成立しなかったが、コンピュータを活用して、点字と墨字との相互変換が可能になり、双方向のコミュニケーションが可能になった。数万語程度の辞書を用いた文章解析で、普通の文字を点字に変換する精度は高くなった。一方、点字で入力したデータを漢字仮名交じり文に変換するには、音声などによる確認などの作業が必要である。このよう

にコンピュータを用いることによって、点字の編集・校正・辞書などの検索、大量な情報の蓄積、データの通信、交換が飛躍的に改善された。しかし、音声による文字選択・変換を行うには墨字の知識、理解が必要不可欠である。表意文字である漢字の特性を活かした点字体系も考案されたが、普及するには至らなかった。

3.2 墨字学習の必要性について

墨字文字の表記や描画については、慎重な対応が続いていたが、視覚障害者を取りまく環境の変化がこうした姿勢を変えようとしている。環境の変化とは、次に示す3つの変化である。

- (1) 凸図の普及と触覚活用メディアの開発
- (2) ノーマライゼーションの進展
- (3) 情報機器の発達

近年、立体コピーシステムが開発され、特殊な用紙に図をコピーし、現像機にかけて表面を熟するだけで凸図が簡便に作成できるようになった。さらに、ノーマライゼーションや人権尊重の考えが広く浸透するようになり、盲児が特別な配慮は一切しないという条件で通常の学校や学級で受け入れられるケースが多くなってきている。視覚障害者が社会の一員として認められるためには、情報発信と情報入手がスムーズであることが前提条件とされている。社会福祉法人日本盲人社会福祉施設協議会の在宅視覚障害者のIT化に伴う情報アクセシビリティに関する調査研究事業委員会(2004)の報告書によれば、仕事上のコミュニケーション手段として、電子メール・FAXが利用されていることが示

されている。また、視覚障害者が会議資料を作成する方法として、墨字の印刷文書や電子メールが多く用いられていることが示されている [38]。

こうした現状から、視覚障害者が社会参加する上で、墨字文書作成力が重要なスキルの一つとなっている。しかし、視覚障害者にとって墨字の読み書きは容易に習得できるものではなく、新たな課題が生まれたということにもなる。点字は表音文字であるため、漢字の字形や字義を表記することはできない。音訓のみで表記せざるを得ない。点字を常用する視覚障害者が墨字を想起することは非常に困難である。

3.3 墨字初期学習における字形学習の必要性 について

盲児に対する国語教育は、晴眼児に比べてより多くの時間を必要とする。しかしながら、指導に当てられる時間数は盲学校、普通学校とも同じである。従って、現実には点字指導に当てる分だけ墨字に関する内容が希薄になっている。しかも墨字は毎日使用している文字ではないので、定着率が非常に低い。しかし、墨字の習得は国語教育だけでなく、他の教科（算数、理科）の学習を進めるうえでも重要である。

漢字には、形・音・義という3つの側面がある。盲児の場合、重要なのは音と義であり、形にあたる字形、正確な書きは、墨字学習の補助的な役割とされていった。特殊教育諸学校学習指導要領解説－盲学校編－（平成11年版）[39]では、初等教育段階の盲学校での書字・描画指導は、点字を用いて学習する児童に対して、漢字・漢語の理解を促すため、適切な指導が行われるようにすると明記されているが、漢字や漢語についての興味や関心を促し、理解を深めさせるよう配慮することが大切であるとしながらも字形についての指導は、慎重に行わなければならないと述べており、字形指導については児童の意欲や能力などに応じて計画され、負担過重にならないように計画することが大切であると強調されている。

佐々木・梅原 [41] は、基本字形素とその組み合わ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。澤田ら [40] の研究では、盲児 (小学部1年1名・小学部4年1名) に対して、墨字の構成要素学習を行うことにより、その後の墨字学習の発展性が示されている。ここでは、墨字学習の基礎として、漢字の部首になるものや、構成要素となるものについて、その字形を習得することにより、その後、それらを構成要素とする漢字について、どういった組み合わせになるのかなどを説明することで、未学習の漢字でも、イメージ化することができるようになった事例が挙げられている。これは「核になる観察や体験」を基とし、新たな情報を理解することができるような基本となる観察や体験とし有効であるといえる。また、瀬尾 [42] の墨字の存在感を比較した調査によれば、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。盲児に関して説明してきた。

さらに、弱視児の墨字学習について説明する。弱視児は次のような誤読・書き間違いをする傾向がある。

- ① 点画の過不足.
- ② 線の方向の誤り.
- ③ 点画のつながりの誤り.
- ④ 似た部分との見誤り.
- ⑤ 位置や大きさなどのバランスの悪さ.

これらの誤読・書き間違いをするのは、弱視児が墨字の一点一画が見えにくいのと墨字の字形や書き順を正確に習得していないことから起因すると香川らは指摘している[43].

以上、これらの先行研究から、墨字学習の初期における字形学習の有効性が認められる。このような背景のもと、本システムは字形に重点を置いた墨字学習システムを提案する。

3.4 点字を活用した墨字学習の問題点

墨字学習の例としては、立体コピーシステムや点字プリンタ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。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。

- ① 点が出ている分だけ紙に厚みがあるので点字で書かれているものを、普通の文字に容易に変換することができない。
- ② 1 ページごとの文字数が少ない。
- ③ 点字は文字の大きさ (サイズ) や書体などのレイアウトを変えることが困難である。
- ④ 訂正、修正が容易にできない。
- ⑤ 点字が苦手な中途失明者には難しい。
- ⑥ 立体文字は細かい部分が読み取りづらいことから読み間違いが多い。
- ⑦ 全体を把握するのが難しい。

また、点字は、読む方向が左から右へ、上から下へ、前から後ろへと決まっているので、読む時の手の動きがあまり複雑にならない。しかし、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。

そこで、著者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。

3.5 触覚ディスプレイとは

全盲者が、提示された画像の特徴を把握するとき、触覚や聴覚を用いる。触図（触って分かる図や絵）を用いたとき、全盲者は手指を使い、浮き上がった線や点をなぞっていくことで提示された事物の情報を把握する。これを電子化したものがピンディスプレイである [44]。

ピンディスプレイは、画面上に表示された画像や文字などをピンの上下を使って表現するものである。2次元的なパターン情報を視覚障害者に触覚で伝えるディスプレイ装置である。これを活用すれば、リアルタイムに様々な形に触れることができる。点字のピンディスプレイの開発と商品化、普及に大きな影響を与えたKGS社から、その技術を応用して、2002年に世界で初めて触覚ディスプレイ ドット・ビュー (Dot View DV-1 以下、DV-1と記す) が開発、商品化され、その後に画面サイズの大きい触覚ディスプレイ ドット・ビュー (Dot View DV-2 以下、DV-2 と記す) が開発、商品化された。さらに、2006年には、ユニプラン社から、より画面が広く安価なタイプの触覚ディスプレイ -OUV3000が開発、商品化された。それぞれの特性を (表5) 外観を (図11) に示す。

表 5 触覚ディスプレイ比較表

	Dot View DV-1	Dot View DV-2	OUV3000
ピンの数	24×32D ドット	32×48 ドット	48×64 ドット
画像を出す スピード	リアルタイム	リアルタイム 動画にも対応する	約 20 秒 静止画のみ
画像表示	パソコンに表示 されている画面 をディスプレイ に表示	パソコンに表示され ている画面をディス プレイに表示	あらかじめ用意された画像 ファイルを開く
点図表示	固定表示と点滅 表示の 2 種類	固定表示と点滅表示 の 2 種類	付属ソフトを用いて画像フ ァイルを 2 値化し、約 3000 本のピンの突起で表示する
ピッチ	3[mm]	2.4[mm]	2.5[mm]
重量	2.1kg	1.5kg	2.2kg
価格	68 万円	120 万円	42 万円



Dot View DV-1

Dot View DV-2

OUV3000

図 9 触覚ディスプレイの外観

資料出所：ケージーエス株式会社

株式会社 ユニプラン

最近では、額に装着する電気触覚ディスプレイ オーデコ (AuxDeco) が開発・実用化されている [45] [46].

オーデコとはモノの形や動きをリアルタイムに触覚刺激として額に表示する感覚代行技術である。装着者の目の代わりにビデオカメラで視界を画像として取り込み、電気刺激による触覚情報に変換するものである (図12) .



図 10 額に装着する電気触覚ディスプレイ

資料出所：株式会社アイプラス

3.6 触覚ディスプレイを活用した墨字学習 の関連研究

触覚ディスプレイを活用した墨字学習支援として、小林・渡部 [47] [48]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。

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。レーズライタ (表面作図器) では一度描いた線を消すことができない。そこで再描画が可能な触覚グラフィックディスプレイを使い、さらにこのディスプレイの上で直接入力できるペン装置を工夫することで、視覚障害者自身がレーズライタと同じ手順で使え、しかも図形をリアルタイムに触りながら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である。小林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、小林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 [49] 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。このシステムでは、触覚ディスプレイに墨字を一文字丸ごと描画させ、墨字を一筆ずつ描画させ、それを学習者が手でなぞることにより、触覚で墨字の筆順、偏や旁などを学ぶことができる。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 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、著者は DV-2 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。

第4章 墨字学習支援システム

この章では、著者が開発した墨字学習支援システムの開発について説明する。まず、4.1節では、本システムの構成について説明する。次に4.2節では、開発したデータベースに関して説明する。4.3節では視覚障害者使用しやすさを追求した本システムのユーザインタフェースに関して説明する。4.4節では、システム機能について説明する。

4.1 システムの構成

本論文では、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。

本システムにおける記憶定着を促進するための工夫は次の3点である。

- ① 筆記機能
- ② 音声説明の工夫
- ③ 筆順ストロークを重視する学習手法の提案

① 筆記機能

湯瀬らのシステムには筆記機能はないが本システムでは筆記機能がある。筆記機能を付加した理由は、繰り返し筆記することが記憶定着につながると考えたからである。

② 音声説明の工夫

音声説明の工夫とは、既存の音声データ（視覚障害者が画面上にある文字を認識するために音声で読み上げる認識させるソフト、音声読み上げソフト）のデータを活用するのではなく、著者は音声読み上げソフトの問題点（音読み・訓読みの区別が正確ではない・読み間違い）を考慮して、新たに墨字音声データを作成したことである。

③ 筆順ストロークを重視する学習手法の提案

既存の墨字学習は静止表示された凸文字を指先で辿って調べる学習法が主体である。この方法では局所形状の集合から全体形状を予測／把握しなければならないという困難が常に伴った。しかし本研究のアプローチでは逆に、まず学習者に文字の全体形状と筆順を把握させ、その後で指先によって部分形状を把握させる学習法である。学習者に筆順を理解させるために、文字を一筆ごとに触覚ディスプレイ上に描画させる。学習者は掌全体を使って一筆ごとに描画される文字の時系列形状と全体形状を触知把握する。その後で指先による部分形状の把握をおこなう。従来の凸印刷文字による墨字学習では墨字を単に触知画像として捉えるため知識として定着しにくい。自らの手の動きと連動した筆順を体で覚えることが記憶定着を促進するという仮説のもと、著者は筆順ストロークを重視する学習手法を提案している。

開発環境

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。

システム構成図

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アップダウン制御が可能な触覚ディスプレイ(触覚ディスプレイ DV-2)を利用する。機器およびソフトウェア構成を(図11)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)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)を装備する。

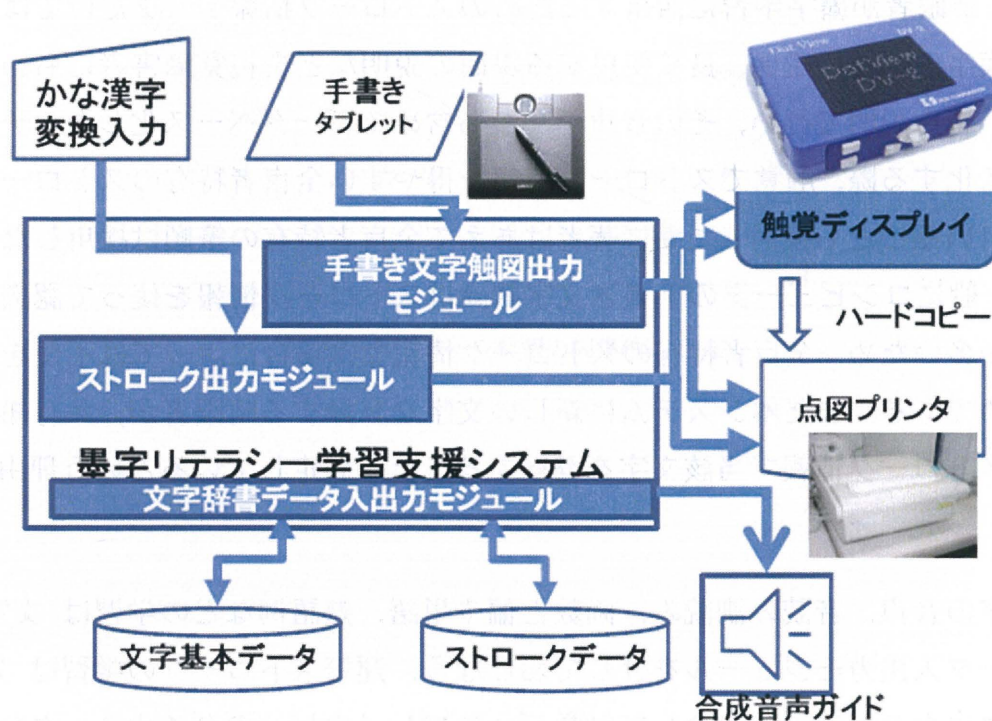


図 11 システムの構成図

4.2 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、既存の手書き文字データ(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、文字基本データと、文字ストロークデータ(リスト)で構成されている。文字基本データは、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。著者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, 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、著者はあえて全盲者特有の筆順は採用しなかった。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。

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おこなう。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等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。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 12 にストローク情報の編集/保存手順、ストローク情報の編集/保存画面操作、登録済ストローク文字の検索を図 13 に示す。

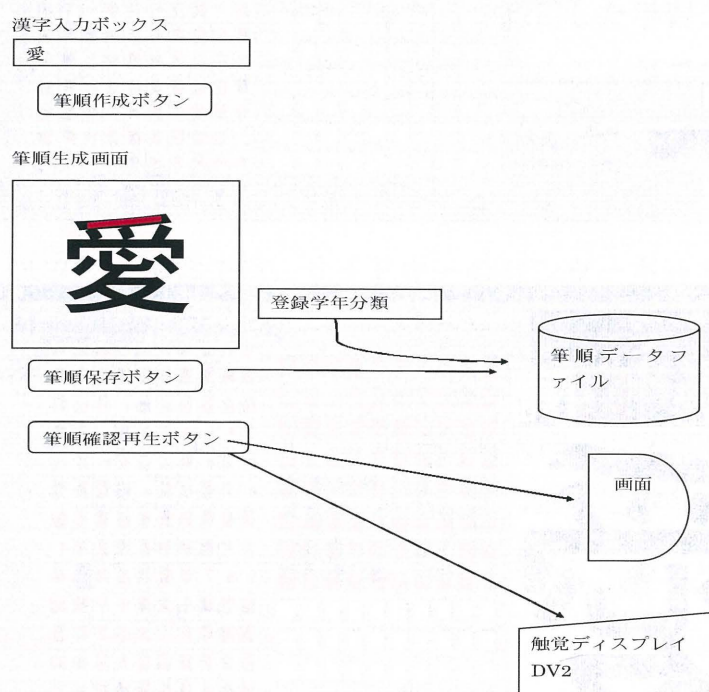


図 12 ストローク情報の編集/保存手順



ラバーバンド



図 13 登録済ストローク文字の検索

4.3 ユーザインタフェイス

本システムの初期画面とその構成要素は下記に示す (図 14) . 学習操作を触覚ディスプレイで完結できるような画面設計とした. 墨字&触覚ディスプレイストローク提示フォーム (FORM2) (図 15) , ペンタブレット墨字練習フォーム (FORM3) (図 16) を示す.

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, 触覚ディスプレイのみで学習を開始し, 終了させることができるユーザインタフェイスを設計した. その触覚ディスプレイのボタン構成と, 本システムにおける機能の割り当てを図 17, 図 18 に示す.

触覚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触覚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, 触覚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, 現在位置を基準にそれぞれ1つ前の筆順, 次の筆順に移動できる. また, 先頭から再描画させる場合は墨字再描画ボタン, 触覚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.

触覚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, 触覚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, 触覚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イスとなっている.

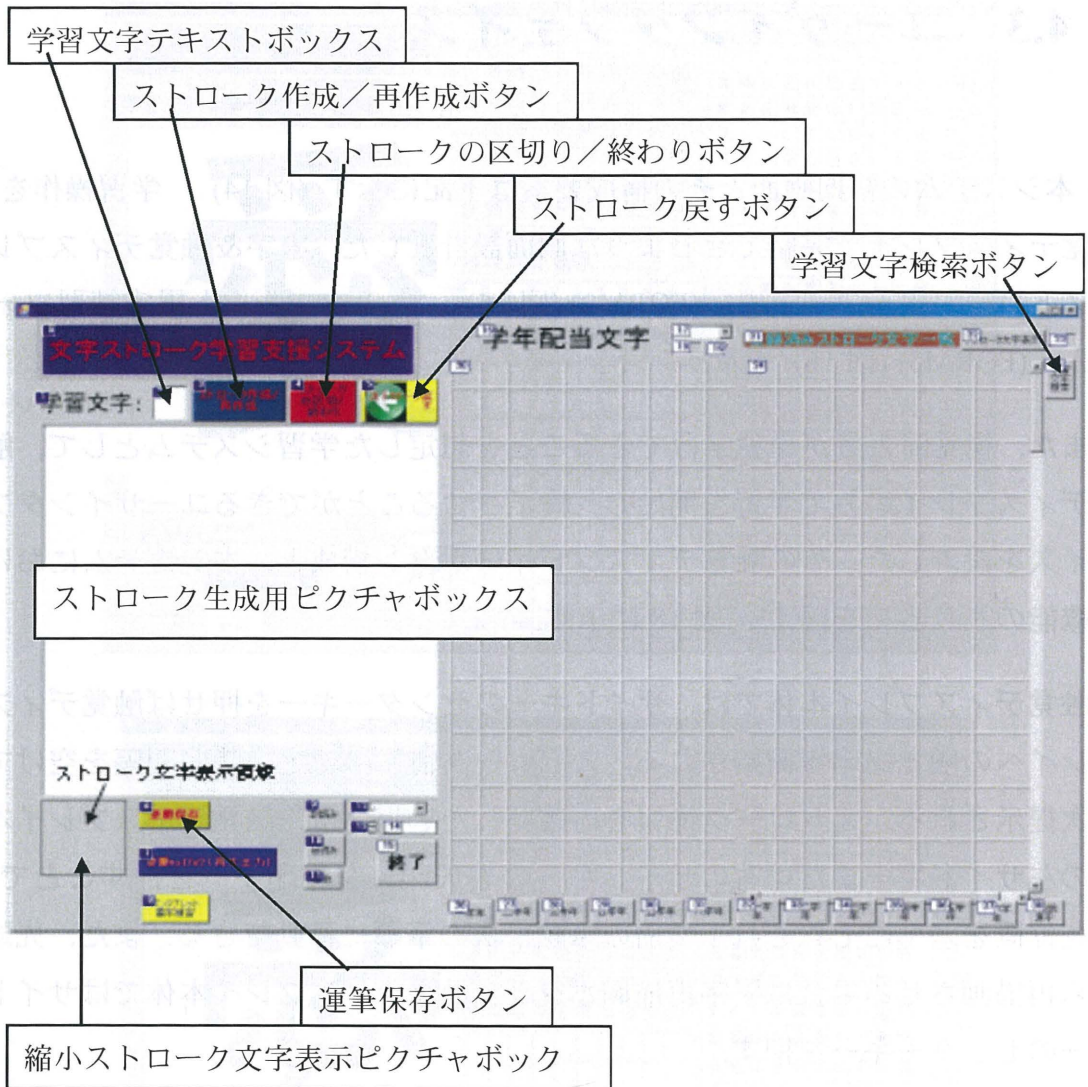


図 14 GUI

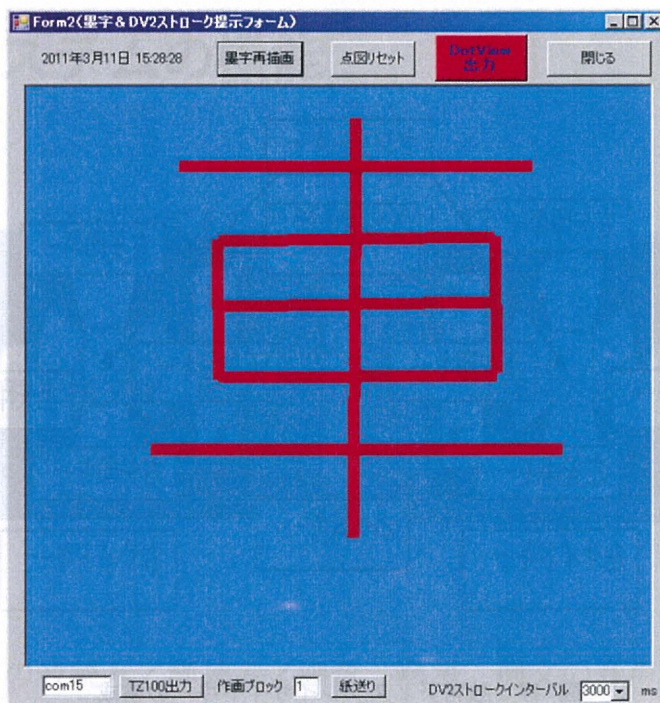


図 15 墨字&触覚ディスプレイストローク提示フォーム (FORM2)

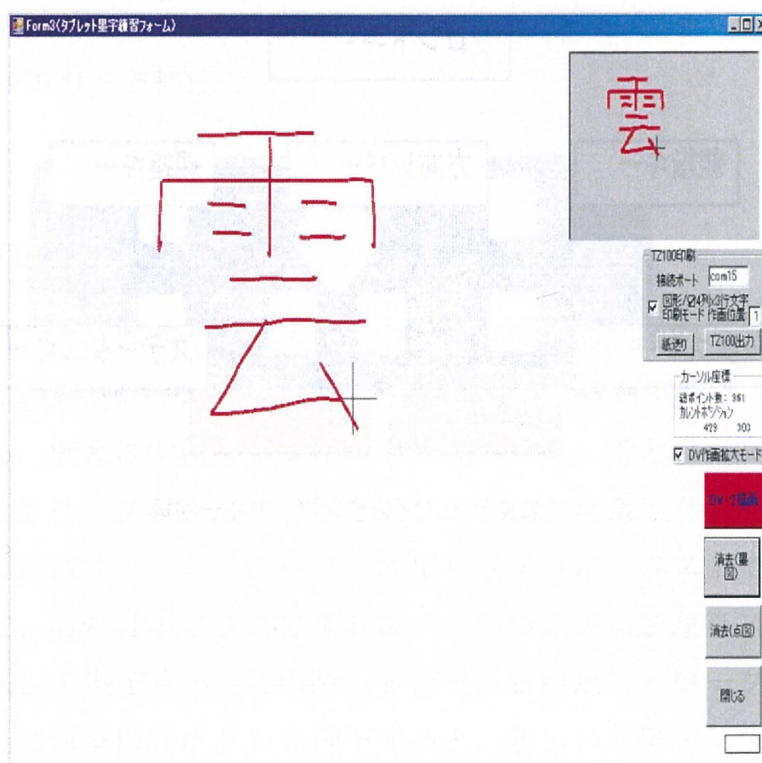


図 16 ペンタブレット墨字練習フォーム (FORM3)

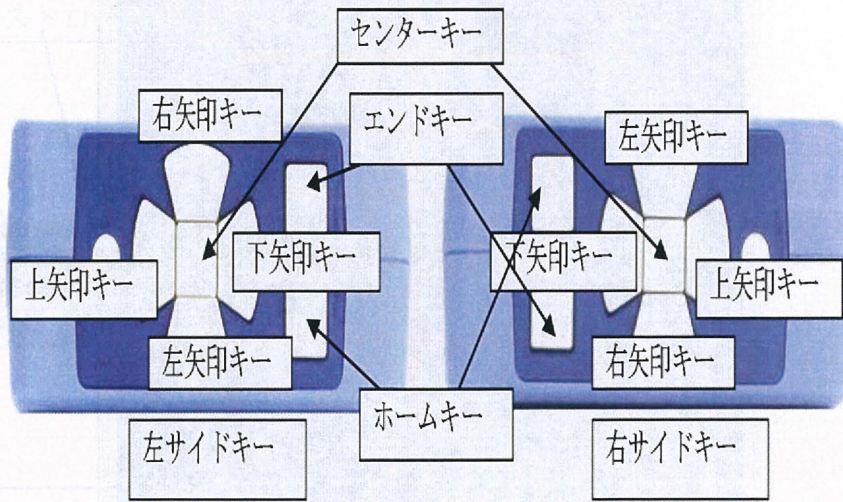


図 17 触覚ディスプレイサイドキーの構成

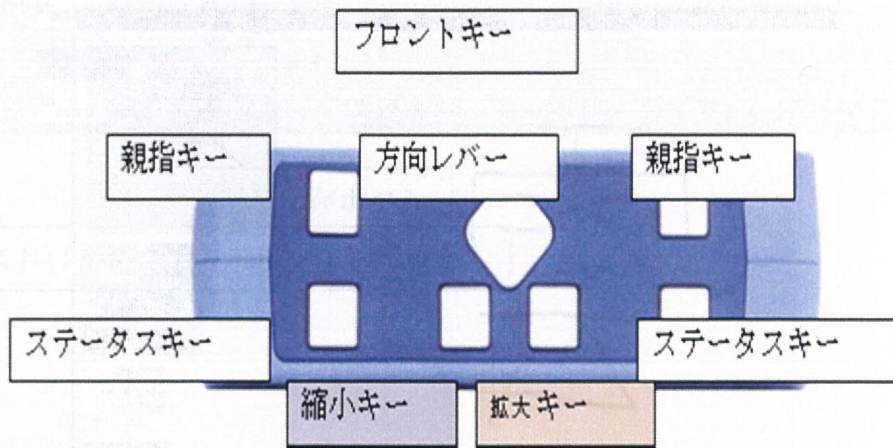


図 18 触覚ディスプレイフロントキー構成

4.4 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，例文の音声読み上げ機能
- 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+触覚ディスプレイ) 機能
- ⑥ 音声ガイド機能

(指導者向け)

指導者には、学習者への本システムの使用方法説明／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 23 に示すとおりである。例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場合、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、指導者が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。この時、トレースされたストローク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 to DV-2 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される。

(学習者向け)

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学年を選択する。学習指導要領における配当学年、盲学校における配当学年、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。

③の機能について説明する。学習者には、DV-2 で選択した墨字の読み情報 (音訓セット)、使用例、画数が読み上げられる。例えば、「青ならばあおい、あおいそら、せいしょうねんのせい、8かく」と読み上げられる。音読みだけの墨字には、熟語だけでなく成り立ちや部品など漢字そのものが持つ意味も音声で説明される。

⑤の機能について説明する。ペンタブレットを使った手書き練習の方法は下記 図19 に示すとおりである。学習者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、その上からペンで字を筆記する。フィードバックの方法は、学習者がペンタブレットを使って筆記した字形が

GUI画面上に赤の線で描画され、DV-2(触覚ディスプレイ)にも表示される。
 また、自ら筆記した墨字を点図プリンタに印刷保存し、学習済み墨字一覧表を作成することができる。

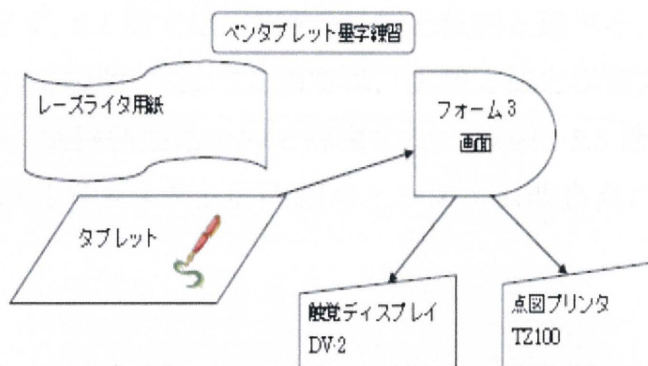
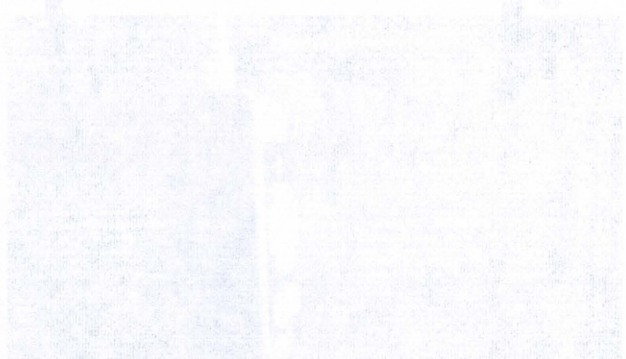
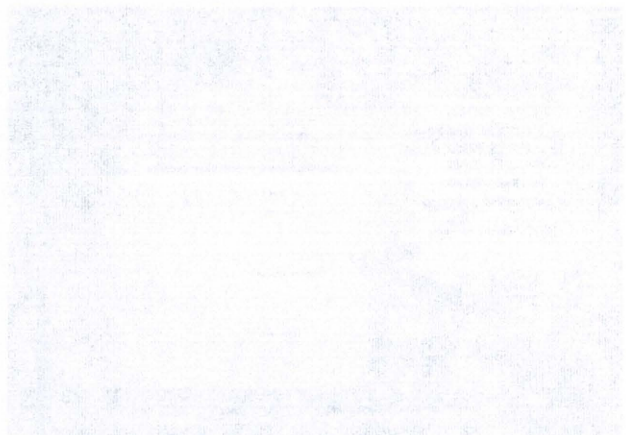


図 19 ペンタブレット墨字練習の流れ

この論文は、日本の経済成長と労働市場の関係を分析するものである。特に、労働市場の柔軟性と経済成長の関係について、理論的および実証的に検討している。また、労働市場の改革と経済成長の関係についても、政策的提言を行っている。

図表 1 (仮称)

この図表は、労働市場の柔軟性と経済成長の関係を示している。図表の縦軸は「労働市場の柔軟性」を示し、横軸は「経済成長率」を示している。図表には、労働市場の柔軟性が経済成長に与える影響を示すグラフが描かれている。また、労働市場の柔軟性が経済成長に与える影響を示すグラフが描かれている。



この図表は、労働市場の柔軟性と経済成長の関係を示している。図表の縦軸は「労働市場の柔軟性」を示し、横軸は「経済成長率」を示している。図表には、労働市場の柔軟性が経済成長に与える影響を示すグラフが描かれている。また、労働市場の柔軟性が経済成長に与える影響を示すグラフが描かれている。

第5章 システムの評価

この章では、著者が開発したシステムを先天盲10名の被験者を通して、検証していく。まず、5.1節では、実験の目的と仮説と述べる。次の5.2節では、被験者特性について説明する。5.3節では、実験方法と学習方法について説明する。5.4節では、実験結果について解説する。最後に5.5節では、実験を通して得られた結果から本システムの問題点とシステム改良点について説明する。

5.1 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及び定着率の向上が期待される。さらに、本システムの特徴でもある運筆の獲得とペン筆記を活用した墨字学習が、視覚障害者が抱える問題(空間認識能力欠如)を改善するのに効果があるのかを検証している。

具体的には、学習者にまず文字の全体形状と筆順を把握させ、その後で指先によって部分形状を把握させる。学習者に筆順を理解させるために、文字を一筆ごとに触覚ディスプレイ上に描画する。学習者は掌全体を使って一筆ごとに描画される文字の時系列形状と全体形状を触知把握する。その後で指先による部分形状の把握をおこなう学習アプローチである。

著者は、文字の触察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。

仮説：

凸文字の触察理解において

- (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) は触察で認識できない

そして、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。

5.2 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者で，墨字学習経験がないかまたは少なく，かつ先天盲であるかまたは墨字を習得する以前に失明した後天盲である10名（男性5名，女性5名）の被験者を得ることができた。被験者の情報を表6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 6 被験者の情報

年齢層	性別	失明の年齢	墨字学習経験	墨字学習場所/環境
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	先天的全盲者	無	
60代	男性	先天的全盲者	有	ライトハウス
60代	男性	先天的全盲者	有	盲学校
10代	女性	先天的全盲者	有	盲学校
30代	女性	先天的全盲者	有	盲学校
50代	女性	先天的全盲者	無	
50代	女性	7歳の時失明	有	失明するまで
60代	女性	先天的全盲者	有	盲学校の部活

5.3 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 [40]，香川 [1] の研究を参考にした。

- 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, 上下左右という組み合わせ) 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通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[50]により、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通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通りに書けるのかを確認するテストである。

学習方法は次の通りである(図20)。

- 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。
- ④ 筆記した字形が筆順通りか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。

※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。

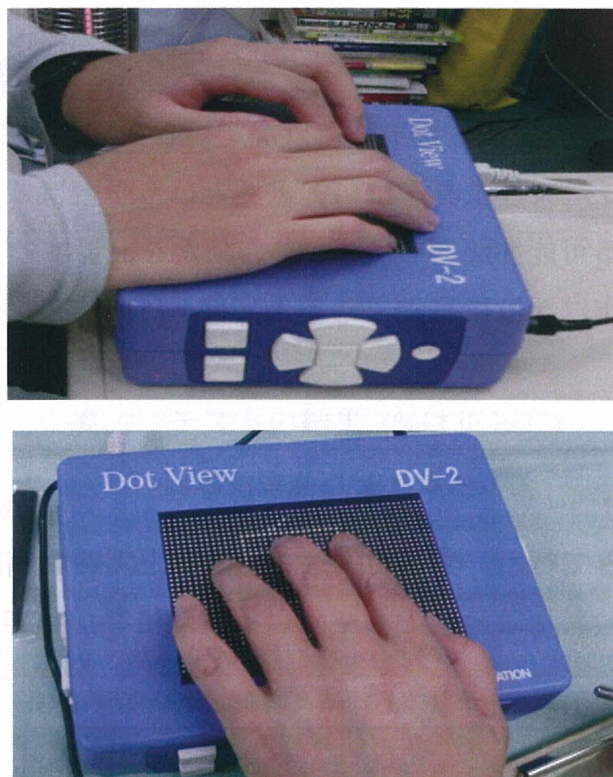


図 20 学習風景

学習目標

事前テストで間違った／知らないと答えた墨字を正しい筆記ができるまで学習させる。

被験者には、事前テストした墨字すべてがレーザーライタに書けるようになるまで学習してもらい、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ザー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。テスト時用了墨字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。

筆記方法

筆記はペンタブレットを使った筆記ではなく、レーザーライタに何度も筆記させる手法である。レーザー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、仲 [51] [52]が示唆している。

学習間隔

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

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回目以降は概ね2時間30分であった。1回の指導を概ね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、東京や名古屋等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。

アンケート

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。

5.4 実験結果と考察

5.4.1 実験結果

被験者の事前テスト，事後テストの結果を表7に示す。

表7 テストの結果 (%は正答率)

被験者の属性			事前認識 テスト	事前筆記 テスト	学習回数	事後筆記 テスト
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 2時間30分以上)

5.4.2 考察

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、口頭で部品の組み合わせや音／訓読みを完全に言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。先天的全盲者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 の筆順を触覚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 を最後まで触覚ディスプレイ通りに筆記することができなかった。木 については 十 の交差から左右斜め45度の線を描くという作業が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 5 cm×5 cm のレーズライタのマスに縮小して書き写す作業がある。最初は 5 cm×5 cm 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。

5.5 システムの改良

被験者に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。

5.5.1 アンケート結果から見た本システムの問題点

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いなくなった。

海保 [53]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の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。例えば 趣 に対して「取ると書いてそうによ、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 8, 図 21 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。

表 8 音声ガイドによる正答率の向上 (%は正答率)

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%

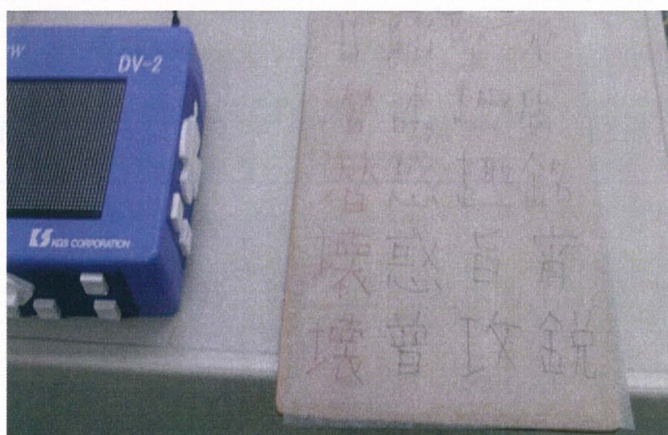


図 21 音声ガイドによる筆記の一例

5.5.2 要望

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 触覚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欲しい
- (f) 検索機能を付けて欲しい
- (g) DV-2 が非常に高額

これについては、次のように対応した。

- (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 等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 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。

第6章 結論

本論文では、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者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良く覚えていた。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。

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の検証 → 事前に知っている文字 (墨字) は認識できている。

仮説2の検証 → 文字 (墨字) を知っていても筆順運筆通り書けるとは限らない。

仮説3の検証 → 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時、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。

本研究により、視覚障害者が墨字を習得し、視覚障害者が抱える問題(空間認識能力欠如)を改善できると期待できる。

謝辞

本研究を進めていくにあたり，指導教官として多大なるご指導を賜りました奈良女子大学大学院人間文化研究科城和貴教授に，深く感謝の意を表すとともに，厚く御礼申し上げます。また，日頃より，貴重な御助言・ご指導を賜りました高田雅美助教に深く感謝致します。論文について御査読頂き，適切な御教示を賜りました本学加古富志雄教授，山下靖教授ならびに高橋智准教授に深く感謝いたします。伊奈諭先生には，本研究全般に渡って御支援ならびに御指導を賜りましたことをここに述べ，感謝の意を表します。

奈良市視覚障害者協会 内藤恒史会長には，多くの被験者をご紹介および助言をいただきました。快く実験にご協力頂いた皆様に深くお礼申し上げます。

最後に，城研究室の各位，家族に心から感謝します。

参考文献

- (1) 香川邦生編著『四訂版 視覚障害者教育に携わる方のために』
慶應義塾大学出版会 (2010).
- (2) 仁田正雄『眼科学改訂第2版』 文光堂 (1977).
- (3) 厚生労働省社会・援護局障害保健福祉部『身体障害児・者実態調査結果』 (各年度).
- (4) 文部科学省 初等中等教育局特別支援教育課 『平成15年度 特別支援教育資料』 (2003).
- (5) 柿澤敏文・香川邦生・鳥山由子・中田英雄・池谷尚剛・佐島毅『全国盲学校児童生徒の視覚障害原因等の実態とその推移 2000年度全国調査結果を中心に』心身障害学研究第26巻 pp163-175. (2002).
- (6) 花村春樹 (訳/著)『ノーマリゼーションの父N・E・バンク・ミケルセン その生涯と思想』ミネルヴァ書房(1998).
- (7) 中園 康夫 『ノーマリゼーションの原理について (1) ——特に一九七〇年代における若干の文献を中心にして』四国学院大学論集 48 (1981).
- (8) ヴォルフエンスベルガー著 中園康夫・清水貞夫編訳『ノーマリゼーション』学苑社 (1982).
- (9) 茂木俊彦 『ノーマライゼーションと障害児教育』全国障害者問題研

- 究会出版 (1994).
- (10) 文部科学省 初等中等教育局特別支援教育課 『21世紀の特殊教育の在り方について～一人一人のニーズに応じた特別な支援の在り方について (最終報告)』(2003).
- (11) 平林浩 『しのぶちゃん日記～目が見えなくても、みんなといっしょ～』太郎次郎社 (1981).
- (12) 瀬尾政雄『転入児の実態とその指導』特殊教育14, pp46-48, (1976).
- (13) 鈴木浩司・瀬尾政雄『盲学校における転入転出児童生徒に関する一考察』心身障害学研究 pp11-12 (1983).
- (14) 筑波大学『全国盲学校及び小・中学校弱視学級児童生徒の視覚障害原因等に関する調査研究』(2006).
- (15) 独立行政法人国立特別支援教育総合研究所『全国小・中学校弱視特別支援学級および弱視通級指導教室実態調査 (平成19年)』独立行政法人国立特別支援教育総合研究所 (2008).
- (16) 小泉和子『盲乳幼児のAttachment Behaviorについての研究』盲心理研究17 pp15-31 (1971).
- (17) 鈴木和明, 五十嵐信敬『盲幼児の行動発達について』盲心理研究17 pp33-42 (1971).
- (18) 岩村吉晃タッチ 『神経心理学コレクション』(2001).
- (19) Gibson, J. J. “Observations on active touch”. *Psychological Review*, 69, pp477-49 (1962).
- (20) Kennedy, J. M “Drawing & the Blind: Pictures to touch” New Haven: Yale University Press. (1993).
- (21) Heller, M. A. “Touch, Representation, and Blindness”. Oxford: Oxford University Press. (2000).

- (22) Hollins, M. "Understanding blindness: an integrative approach" (1989).
- (23) Axelrod, S. "Effects of early blindness." Research Series, No7, American Foundation for the Blind. (1959).
- (24) Warren, D. H. "Blindness and early childhood development." American Foundation for Blind. (1984).
- (25) Goldreich, D. & Kanics, I.M. "Tactile acuity is enhanced blindness" Journal of Neuroscience, 23 (8), 3439-3445(2003).
- (26) Goldreich, D. & Kanics I. M. "Performance of blind and sighted humans on a tactile grating detection task". Perception & Psychophysics, 68 (8), 1363-1371(2006).
- (27) Smits, B. W. & Mommers, M. J. "Differences between blind and sighted children on WISC verbal subtests" New Outlook for the Blind, 70, pp240-246 (1976).
- (28) Pascual-Leone, A. Theoret, H, Merabet, L. et al. "The role of visual cortex in tactile processing" Ametamodal brain. In Heller, M.A. Ballesteros, S. (Eds), Touch and Blindness: Psychology and Neuroscience pp171-195 (2006).
- (29) 佐藤泰正『視覚障害心理学』学芸図書 (1988).
- (30) Witkin, H. A, Birnbaum, J, Lomonaco, S, Lehr, S. & Herman, J. L. "Cognitive patterning in congenitally totally blind children" Child development 39 PP767-786 (1971).
- (31) 榎原清『盲児の知能検査に関する若干の考察』東京教育大学研究紀要 第1巻, pp164-190 (1955)
- (32) Cutsforth, T. D. "Blind in School and Society" (1951).
- (33) 佐藤泰正 『S. D. 法による視覚障害児の言語に関する一研究』東

- 京教育大学教育学部紀要 (20), pp97-110 (1974).
- (34) 埴和明『ことばの読みの発達』視覚障害者心理 学芸図書
pp118-131 (1988).
- (35) ピエール・アンリ著 奥寺百合子訳『点字発明者の生涯』朝日新聞
社 (1984).
- (36) 黒崎恵津子『点字のれきし』 汐文社 (1998).
- (37) 文部科学省 学習指導要領『盲学校、聾学校及び養護学校教育要領』
(2004).
- (38) 社会福祉法人日本盲人社会福祉施設協議会『在宅視覚障害者の IT 化
に伴う情報アクセシビリティに関する調査』(2004).
- (39) 文部科学省『点字学習指導の手引』日本文教出版 (2003).
- (40) 澤田真弓, 香川邦生, 千田耕基. 『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).
- (41) 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, pp101-109 (1986).
- (42) 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, 20 (1), pp1-1. (1982).
- (43) 香川邦生, 千田耕基 『小・中学校における視力の弱い子どもの学
習支援 ー通常の学級を担当される先生方のためにー』教育出版, 東
京 (2009).
- (44) 坂井忠裕, 石原達哉, 牧野英二, 近藤悟, 関口卓司『受動的触知に
よる新しい点字伝達方式ー文字放送点字伝達装置の試作ー』, 映像情
報メディア学会誌, 52, 512-518. (1998).

- (45) 梶本裕之, 菅野米藏, 舘暲 『額に装着する電気触覚ディスプレイ』
日本バーチャルリアリティ学会第11回大会論文集 pp185-188 (2006).
- (46) 梶本裕之『触覚とエンタテインメント ～触覚ディスプレイの実世界
応用～』 機械学会主催触覚講習 (2009).
- (47) 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).
- (48) 小林真, 『触覚ディスプレイによる視覚障害者用エンタテインメン
トシステム』, 知能と情報: 日本知能情報ファジィ学会誌: Journal of
Japan Society for Fuzzy Theory and Intelligent Informatics 16 (6) ,
pp492-497 (2004).
- (49) 湯瀬裕昭, 姚肇清, 石川准. 『触覚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) ,pp73-78 (2003).
- (50) 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).
- (51) 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, pp765 (1993 a).
- (52) 仲真紀子『書記行為が記憶に及ぼす影響—発達的变化—』, 日本教
育心理学会第35回総会発表論文集, 404, (1993 b).
- (53) 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, 21 (4) , pp7-15 (1984).

研究業績

学位に関わる論文

学術論文

1. 松本多恵, 伊奈諭, 高田雅美, 城和貴『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』, 情報処理学会論文誌数理モデル化と応用, (採択決定)

その他の業績

国際会議

1. Tae Matsumoto “Motivation Strategy by using Word of Mouth”, Proceeding E-Learning, E-Business, Enterprise Information Systems, & E-Government (EEE'2011) pp266-272, (2011)

紀要

1. 松本多恵 『ADDIE モデルに基づくWeb マンガ教材の開発とその評価』, 奈良女子大学 人間文化研究科年報 26, pp251-259, (2011)

口頭発表

1. 松本多恵 『ストーリー型 Web マンガ教材の開発とその評価』, 教育システム情報学会研究報告 25 (5) pp51-56, (2011)

2. 松本多恵, 高田雅美, 城和貴 『e-口コミを活用した e-learning 教材の開発とその評価』, 情報処理学会研究報告. MPS, 数理モデル化と問題解決研究報告 2011-MPS-85(27) pp1-6, (2011)
3. 松本多恵, 伊奈諭, 高田雅美, 城和貴 『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』, 情報処理学会研究報告. MPS, 数理モデル化と問題解決研究報告 Vol.2012-MPS-90 pp1-6, (2012)