

共同研究

墨字と併記可能な点字・触図作成技術を用いた
視覚障害児・者用アクセシブルデザイン教材の
作成

(平成23年度～24年度)

研究成果報告書

平成25年3月



独立行政法人
国立特別支援教育総合研究所

はじめに

本研究報告書は、当研究所と早稲田大学が平成 23 年度及び平成 24 年度に共同研究として「墨字と併記可能な点字・触図作成技術を用いた視覚障害児・者用アクセシブルデザイン教材の作成」を実施し、平成 25 年 3 月に作成したものである。

視覚障害児・者が触って読む文字である点字は、盲学校や通常学級に在籍する視覚障害児の教科学習や日常生活の中で情報伝達ツールとして活用されている。一方、点字習得に多くの時間を要することや点字学習者にとってより学習し易い点字学習教材が不足している現状がある。点字の早期習得は視覚障害児・者に必須であることから、点字学習教材の改善が盲学校等で点字指導をする教員や社会福祉法人で点字学習支援を運営するスタッフ、視覚障害児・者から求められている。

点字を取り巻く現状としては、近年の印刷技術の進歩により、スクリーン印刷方式を用いた無色透明な紫外線硬化樹脂から成る点字や触図を墨字（晴眼者が読む文字）の上に併記可能になり、晴眼者と視覚障害者がひとつの印刷物の情報を共有できるようになった。この点字の特長として次の点を挙げることができる。無色透明な点字・触図であるため印刷物上の墨字を晴眼者が読む際にも邪魔にはならない点、点字プリンタによる紙製点字に比べて耐久性が高く指先への点字の刺激も強い点、紙やプラスチック等様々な素材に印刷可能である点である。そのため、公共施設の案内図や冊子類、食品・日用品のパッケージ等にも点字が併記され、点字触読の熟達者に有用であるだけでなく、点字初心者が点字を習得して利用する機会が今後増加していくことが特に期待されている。

上述の状況を踏まえると、点字学習環境を充実させることは必須である。触読性の高い点字を付した教材を提供する観点からすれば、耐久性が高く指への刺激がはっきりした紫外線硬化樹脂点字は、点字初学者の点字パターンの学習に適しているといえる。しかし、スクリーン印刷方式は版面の孔からインクを通すという印刷方式の特性上、細かい図の表現ができず、また、インクの盛り上がりが必ずしも十分ではないため、触読性の点で改善が必要であり、新たな製法が求められている。さらに、学び易さに配慮した教材の提供という観点からすると、教材に書かれた文字の点字パターンを音声でも確認できることが点字学習者の理解を深める上で有効な支援となる。実際に、中学生以降で英語点字の略語・略字を学習する段階で多くの視覚障害生徒が習得に時間を要する現状があり、音声で確認できる英語の点字学習教材が盲学校等で点字指導をする教員や社会福祉法人で点字学習支援を運営するスタッフ、視覚障害児・者から求められている。

そこで本研究では、教育現場等のニーズに基づくとともにアクセシブルデザインの理念を取り入れた点字学習教材の在り方を検討し、独自に点字学習教材を作成することにした。具体的には、墨字と併記可能で点字の刺激が強く触読し易い紫外線硬化樹脂インクによる点字・触図の新規作成装置を開発し、その装置を用いて点字学習教材（試作版）を作成した。点字学習教材には、内容を音声で読み上げる機能も備えた。こうして作成した点字学習教材について視覚障害者を対象とした使用感の評価を実施した結果、高い評価を得ることができた。本研究により、点字の触読性の配慮や音声の効果的な活用が、点字学習者が学び易いアクセシブルな教材作成に必要な要素であるという知見を得ることができた。

研究代表者 教育情報部主任研究員 土井 幸輝

目次

はじめに

I. 序論	1
1. 背景	1
2. 目的	2
3. 研究方法	2
4. 本報告書の構成	3
II. 墨字と併記可能な点字・触図の作成技術	4
1. 従来の作成法と課題	4
2. 点字・触図の新規作成装置の開発	6
3. 点字の仕上がりの評価	7
4. 考察および小括	8
III. 点字学習教材の作成と評価	9
1. 点字学習教材のコンセプト	9
2. 点字学習教材の構成	14
3. 点字学習教材の作成	19
4. 点字学習教材の評価	19
5. 考察および小括	20
IV. 総合考察および結論	22
引用文献	24
研究体制	25

I. 序論

1. 背景

視覚障害児・者が触って読み書きする文字として点字が広く一般に知られている。点字は、フランス人のルイ・ブライユが 1824 年に考案し、我が国では 1890 年に石川倉次がその点字を日本語に翻案し、今日のように普及している。一方、点字の識字率は低いといわれ、2006 年厚生労働省が実施した身体障害児・者実態調査結果によれば、点字が触読できる割合は 12.7%である⁽¹⁾。その理由として、点字パターンの習得に多くの時間を要すること、点字学習者にとって学習し易い点字学習教材が不足していること等が挙げられる。点字の早期習得は視覚障害児に必須であり、また急増している中高年の中途視覚障害者も点字習得を希望する者は少なくなく、点字学習環境の改善が盲学校等で点字指導をする教員や社会福祉法人で点字学習支援を運営するスタッフ（以下、点字指導者と記す）や点字学習者から求められている。

一方で、国際的な高齢者・障害者配慮設計（ISO/IEC ガイド 71）⁽²⁾が推進される中、墨字の上に無色透明な紫外線硬化樹脂インクを用いた点字や触図を付すことで、晴眼者と視覚障害者がひとつの印刷物の情報を共有できる印刷技術が、近年急速に普及しつつある。紫外線硬化樹脂インクから成る点字・触図（以下、紫外線樹脂点字・触図と記す）は印刷物上の墨字を晴眼者が読む際にも邪魔にはならないという利点に加え、点字プリンタによる紙製点字に比べて耐久性が高く指先への点字の刺激も強い点、紙やプラスチック、金属等の様々な素材に印刷可能である点が優れている。そのため、公共施設の案内図や冊子類、食品・日用品等のパッケージなどの一般生活用品にも点字併記が推進されており、点字触読の熟達者に有用であるだけでなく、点字初心者が点字を習得して日常において点字を利用する機会が今後増えていくことが特に期待されている。

触読し易い点字教材の提供という観点から、上述のような紫外線硬化樹脂点字は、耐久性が高く指への刺激も強い点、点字初学者の点字パターンの学習に適している。しかし、現状では紫外線硬化樹脂点字はスクリーン印刷方式による作成が行われており、この方式は版面に穴をあけた孔からインクを通すため、細かい図の表現ができないことや、インクの盛り上がりは必ずしも十分ではないという問題点がある。このため、触読性の面で改善が必要で、新たな製法が求められている。また、学習し易い点字学習教材提供の観点からも、教材に書かれた文字の点字パターンを音声でも確認できると、視覚障害児童・生徒が学習し易くなる。実際に、かな文字の点字を習得した学習者でも、中学生以降で英語点字の略語・略字を学習する段階で非常に時間を要する現状が点字指導者から挙がっており、音声でもパターンを確認できる英語の点字学習教材の充実が要望されている。

ここで、英語点字の略語・略字について簡単に記しておく。フルスペルに対応した英語点字を表記するものを 1 級点字、略した表記を 2 級点字とよぶ。2 級点字は、いくつかの文字を集めて何らかの意味を表すひとつの単語を 1 字または数個の文字に縮めて表記した「略語」と、意味のない文字の集合を縮めて短くした「略字」「縮語」から成る⁽³⁾。例えば、「afternoon」は、1 級点字で表すと 9 マスの点字を必要とするが、2 級点字では「a」「f」「n」のそれぞれを表す点字 3 マスで簡略して表すことができる。視覚障害生徒は中学 2 年以降の英語学習で 2 級点字を学習するが、このパターンを理解し覚えるのに時間を要し英語の

学習を進める上で影響を及ぼすため、英語の略語・略字を学習し易い教材が求められている。

したがって、点字習得を目指す上で、点字の触読性の配慮や音声の活用により点字学習者にとってより学び易くアクセシブルな教材作成が必須であり、教材を試作し、その教材が目的に適う教材であるか検証をする必要がある。なお、本報告書におけるキーワード「アクセシブル」は、点字の学習の際により読み易い点字を備え、点字パターンの音声説明も活用して、教材へのアクセシビリティを向上させるという考えから使用する。また、本教材では、墨字を見ながら点字パターンを学習する利用者（弱視児等）とそうでない利用者（全盲者・全盲児）を対象とし、それぞれに適した音声を用意することで学習を補助できるようにし、さらにアクセシブルな教材を目指すことにした。

2. 目的

本研究では、上述の背景を踏まえ、点字指導者や点字学習者のニーズに基づくとともにアクセシブルデザインの理念を取り入れた点字学習教材の在り方を検討するために、独自に点字学習教材を作成した。具体的には、まず、紫外線硬化樹脂点字・触図の既存の製法であるスクリーン印刷方式の問題点を改善するべく、新方式の作成装置を開発した。そして、その装置を用いて点字学習教材を作成し、点字に触れると音声でも文字情報を確認できるように音声読み上げ機能も備えたものにした。さらに、作成した点字学習教材について、視覚障害者を対象とした使用感の評価を実施し、点字学習教材として有用であるか確認をした。

3. 研究方法

本研究では、点字学習者にとって学習し易い点字学習教材の在り方を検討するために、点字の仕上がりが良く触読し易い紫外線硬化樹脂点字・触図の作成装置を開発する。そして、作成した装置を用いて作成した点字学習教材について、視覚障害のある生徒（全盲）と教員（全盲・弱視）を対象とした教材の使用感の評価を行う。下記に研究の概要について記す。

（1）点字・触図の作成装置

- ・従来の紫外線硬化樹脂点字・触図の作成法の課題の整理
- ・点字・触図の新規作成装置の開発
- ・点字の仕上がりの評価（視覚特別支援学校教員等の協力による評価）
- ・研究分担者との定例会議での進捗確認
- ・所内研究協力者および所外研究機関への進捗報告のためのミーティング
- ・関連する学会、展示会等への参加と情報収集（ATAC カンファレンス、日本特殊教育学会等）

（2）点字学習教材の作成と評価

- ・点字学習教材のコンセプトの確立
- ・点字学習教材の構成の精査
- ・点字学習教材の作成

- ・点字学習教材の評価（視覚特別支援学校教員等の協力による評価）
- ・研究分担者との定例会議での進捗確認
- ・所内研究協力者および所外研究機関への進捗報告のためのミーティング
- ・関連する学会、展示会等への参加と情報収集（日本特殊教育学会、日本教育工学会等）

4. 本報告書の構成

本報告書の構成は次の通りである。第Ⅰ章の序論では、本研究の背景、目的、方法及び本報告書の構成について述べた。第Ⅱ章では、本研究で作成する点字学習教材で採用した点字・触図作成技術及び評価について、第Ⅲ章では、点字学習教材の構成、その作成法及び評価について記述する。最後に第Ⅳ章では、総合考察及び結論を記す。

Ⅱ. 墨字と併記可能な点字・触図の作成技術

本章では、既存の方法として現在普及しているスクリーン印刷方式について述べると共に、その問題点を整理する。つぎに、その問題点を改善するべく、仕上がりが良く触読し易い点字を作成するために新たに開発した点字・触図作成装置について記述する。そして、開発した点字・触図作成装置を用いて作成した点字の仕上がり具合を確認するために行った点字触読者を対象とした評価結果について報告する。

1. 従来の作成法と課題

1. 1 従来法のスクリーン印刷方式の原理と特長

無色透明な紫外線硬化樹脂インクで点字を作成する際には、スクリーン印刷方式を用いる印刷技術が普及している。スクリーン印刷方式とは、ポリエステルやナイロンの繊維で出来ている版面にあけられた微少な孔（あな）からインクを通す印刷方式である。スクリーン印刷方式の印刷プロセス⁽⁴⁾は、図1に示す通りである。

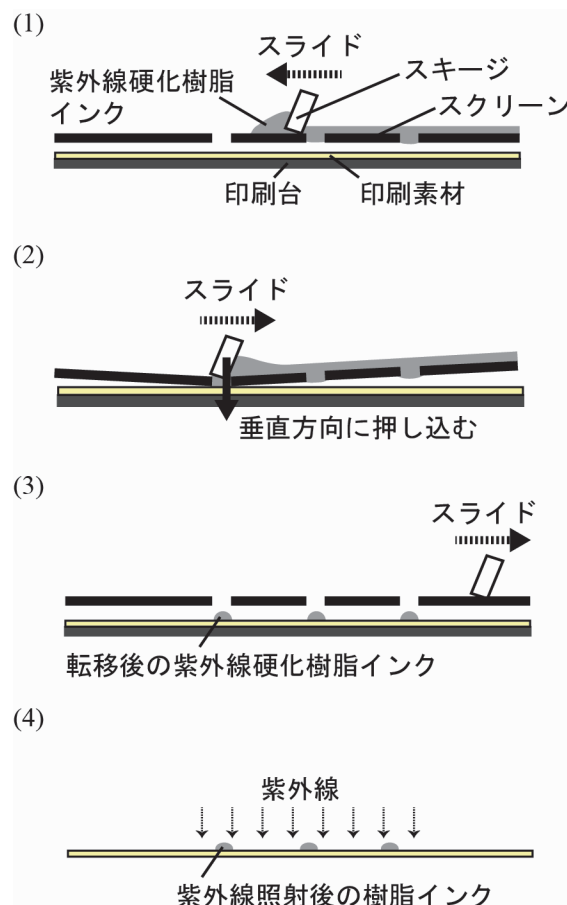


図1 スクリーン印刷方式の印刷プロセス

無色透明な紫外線硬化樹脂点字・触図は印刷物上の墨字を晴眼者が読む際にも邪魔にならず、点字プリンタによる紙製の点字と比較して耐久性が高く、指先に加わる点字の刺激が強いという利点を備えている。さらに、図2に示すように紙やプラスチック、金属等の様々な素材に印刷可能である。そのため、バリアフリー新法の施行などによって、公共施設の案内図や、冊子類、食品・日用品等のパッケージなどの一般生活用品にも点字併記が推進されており、点字触読の熟達者に有用であるだけでなく、点字初心者が点字を習得して利用する機会が今後増加していくことが特に期待されている。

1. 2 従来法のスクリーン印刷方式の課題

紫外線硬化樹脂点字は、公共施設等の案内図やパンフレットに普及しつつある。無色透明な点字であるため、晴眼者と視覚障害者がひとつの印刷物の情報を共有できるという特長を備えている。しかし、版面の孔からインクを通すというスクリーン印刷方式の問題点により細かい図の表現ができず、インクの盛り上がりが必ずしも十分ではないために、触読し難い点字・触図であることがある。図3に示すように、インクの滲みが発生することもあり、点や線の乱れ等のない触読しやすい点字が必要とされている。さらに、スクリーン印刷方式は製版の工程を必要とするため少量の教材を作成するには不向きであり、これらの問題点を改善する新たな点字・触図作成装置が求められている。製版工程を含まず、点字のインクの滲みが無く高精度で点や線を付すことが可能な装置が必要とされている。

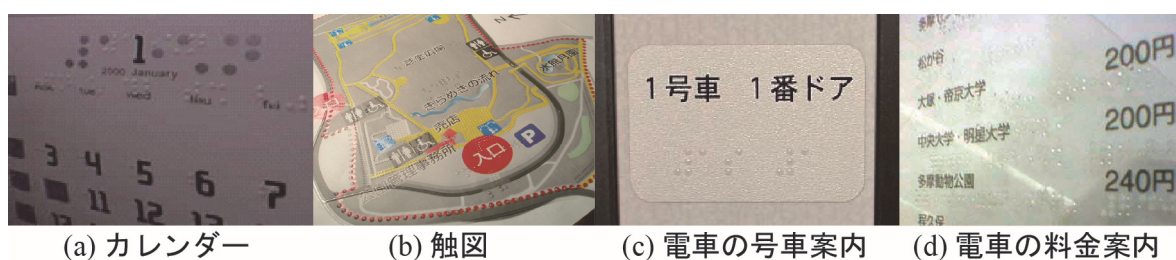


図2 様々な素材に付された紫外線樹脂点字・触図

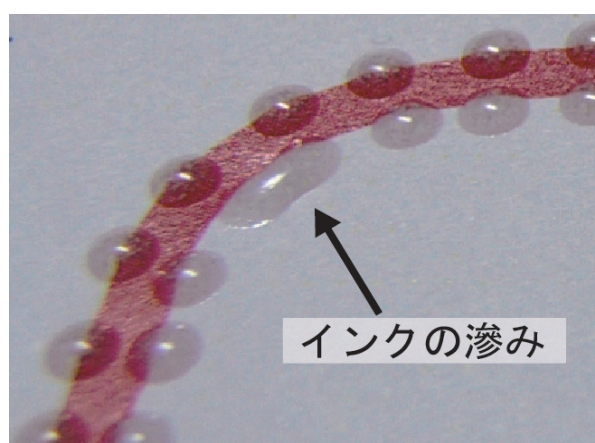


図3 スクリーン印刷方式による紫外線硬化樹脂インクの滲み

2. 点字・触図の新規作成装置の開発

本研究では、スクリーン印刷方式の問題点を改善する点字・触図作成装置を新規開発した。紫外線硬化樹脂インクを被印刷物に非接触で噴射する方法で、墨字の上に点字を付すことができるようにした。この方式は、高精度に紫外線硬化樹脂インクを塗布できることに加え製版を必要としないため、スクリーン印刷方式よりも教材を作成するのに向いている。以下に本装置による点字の作成法について、具体的に述べる。

図4に新装置の概略図を示す。本装置では、空気圧によって紫外線硬化樹脂インクを詰めたノズルからインク塗布量の統制を取りながら、非接触でインクを噴き付けて点字を作成する方式を考案した。X-Y平面上をノズルが自由に移動できるようにリニアガイドを設置し、サーボモータで任意のX-Y座標位置にインクを塗布できるようにした。ノズルのX、Y方向のそれぞれの移動はパソコンにより位置制御を行い、ノズルの垂直方向の位置を固定してインクを噴き付け、高速で点や線を付すことができるようにした。更に、温度調節が可能なペルチェ素子を備えた温度調節装置をノズルに取り付けて周囲の温度変化によって紫外線硬化樹脂インクの粘度が変化しないようにし、紫外線照射ランプもノズルの側面に設置して塗布したインクを瞬時に硬化させるようにした。点の大きさと高さは、インクの吐出量を制御することにより調節ができるようにした。また、パソコンでタイプした文字を点字パターンに変換し点字が塗布できるソフトも独自に作成した。点字教科書や点字教材のデータ形式の既存の点字データファイルもパソコンで読み込み、本装置により点字プリンタで出力できるようにして、既存の点字データも活かせるように配慮した。

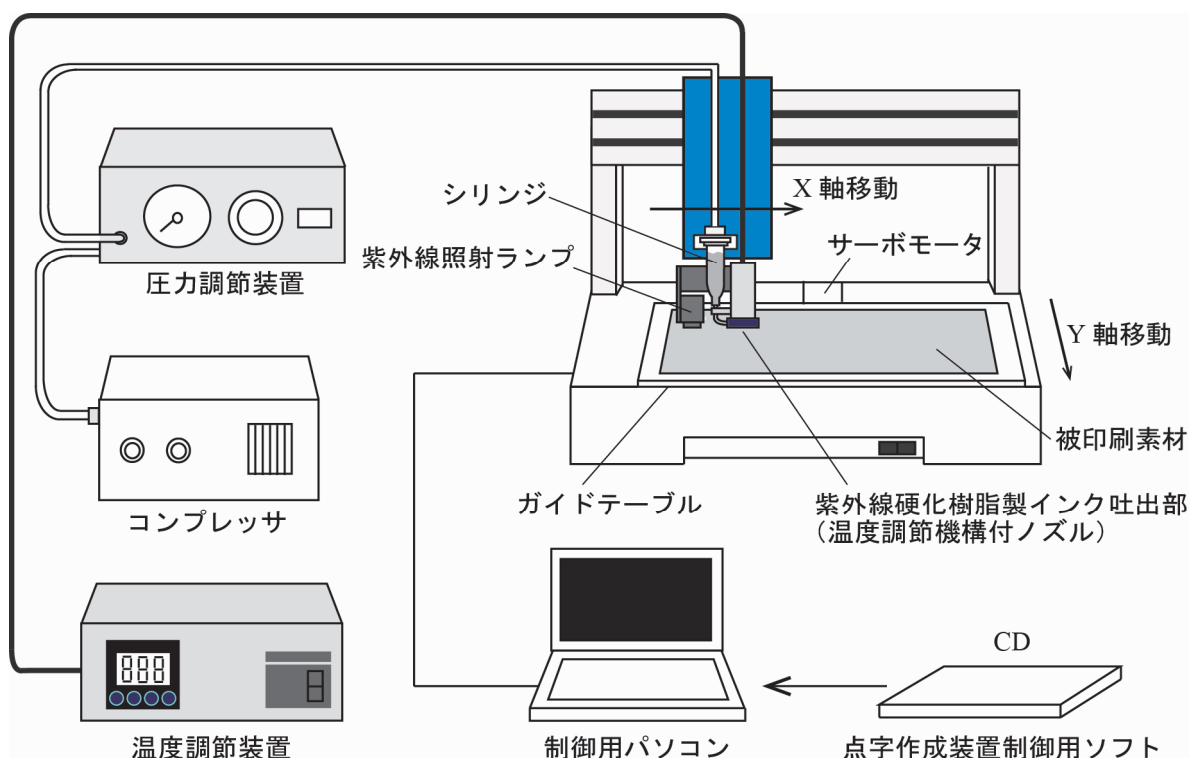


図4 開発した点字・触図新規作成装置の概略図

3. 点字の仕上がりの評価

点字・触図の新規作成装置を用いて、点字及び線の評価用サンプル（図5参照）を作成し、点字と線の仕上がりの評価を行った。評価用サンプルは、共同研究の機関である早稲田大学の藤本浩志教授ならびに社会福祉法人日本点字図書館点字製作課課長和田勉氏の助言を受け。点字を構成する点の直径や高さ等のサイズおよび触図のサイズを日本工業規格⁽⁵⁾⁽⁶⁾に準拠するとともに、筆者らが実施した紫外線硬化樹脂点字の触読性に関する研究成果⁽⁴⁾⁽⁷⁾を踏まえて作成した。

評価に際しては評価参加者への負担に配慮し、評価開始から5分程度で終わるように2文字分の点字と線を各3種類作成し、それらを任意に触読してもらい、触読性に関する感想を自由に述べてもらった（図6）。評価参加者として、日常点字を利用している視覚障害のある生徒（全盲）3名、視覚障害者（全盲）3名の協力を得た。その結果、新規装置を用いて作成した紫外線硬化樹脂点字や線は点や線が明瞭で仕上がりが良くインクの滲みもないため、極めて触読がし易いとの評価を全員から得ることができた。また、晴眼者5名に目視で点字及び線の仕上がりについて確認してもらったところ、インクの滲みもなく、仕上がりが良いと高い評価が得られた。

なお、この一連の調査は、国立特別支援教育総合研究所の倫理審査委員会の承認を得て実施したものである。

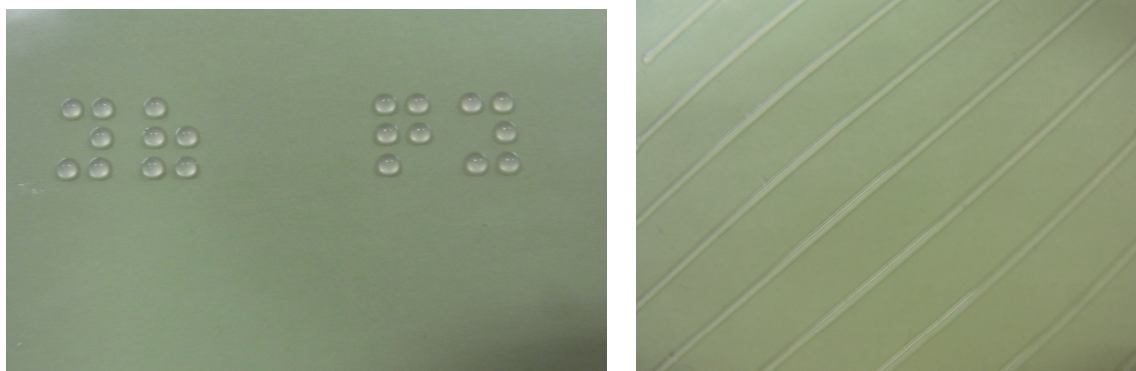


図5 開発した点字・触図の新規作成装置を用いて作成した点字及び線の評価用サンプル



図6 作成した点字及び線の評価の様子

4. 考察および小括

本章では、スクリーン印刷方式の問題点を挙げ、その改善のために新たに開発した点字・触図の作成装置について述べた。新装置は、紫外線硬化樹脂インクを詰めたノズルから空気圧によってインクの塗布量を制御しながら高速で塗布する方式を採用した。この装置を用いて、点字や線を作成し使用感の評価を実施したところ、触読性がよく指への刺激も適切な点字や線を作成できることが確認できた。インクの塗布量を高精度に制御することが可能になり、点字や線の仕上がりの触読性が高いという評価を得たといえる。この方式は、製版を必要としないため、スクリーン印刷方式よりも教材を作成するのに向いている。

また、点字の高さや点間隔は点字の触読性に影響を及ぼし⁽⁴⁾、読みやすい点字は触読者により異なっていることが知られているが、本装置を用いて任意のサイズの点字を作成できるため、利用者の好みに合わせた点字を提供することも可能となる。

Ⅲ. 点字学習教材の作成と評価

前章では、独自に開発した仕上がりの良く触読し易い点字・触図を作成可能な装置ならびにその装置で作製した点字・触図の評価について述べた。本章では、点字教育現場等のニーズに応える点字学習教材の在り方を検討するために、独自に作成した点字学習教材について述べる。具体的には、点字学習教材の墨字上に新規作成装置による点字・触図を付すとともに、点字のパターンの説明等を音声で確認できる機能を備えた教材を作成した。また、視覚障害者を対象として実施した教材の使用感評価の結果について述べる。

1. 点字学習教材のコンセプト

点字の習得には多くの時間を要するため、点字学習者が学び易いアクセシブルな教材が必要である。そこで筆者らは、盲学校や社会福祉法人で開かれている点字学習教室の点字指導者や点字学習者に、要望する点字学習教材について意見を求めた。その結果、触読し易い点字が付され、また、点字パターンの文字と点の位置を音声で簡便に確認しながら学習できる点字教材が、かな文字を学ぶ点字初学者から強く求められていることがわかった。

既存の点字学習教材の多くは、紙の印刷物に紙の点字が施されている。それ故、点字の耐久性が低く、点字初学者にとって点の刺激の弱さが原因で触読しにくい教材となっていることも多く、改善の余地がある。本研究では、点字初学者への触読し易い点字学習教材の提供という観点において、新装置による紫外線硬化樹脂点字は耐久性が高く指への刺激も強いことから、点字学習教材作成に使用することにした。

市販されている点字学習教材の中には、カセットテープや CD による解説を付けて、点字学習者がその音声を聞きながら点字パターンを学習できるものがある⁽⁸⁾。点字の学習では、付された点字パターンが何の文字であるか音声で実際に確認できることが、理解に大いに役立つ。しかし、学習を進める際にカセットテープや CD の再生操作を伴うため、より簡便に使用できる新たな方法が求められている。そこで、音声読み上げ機能付ペン型インタフェースを用い、ペンで点字に触れると点字パターンの文字と点の位置を音声で確認できる方式を採用することにした。

本研究では、触読し易い点字を付し、音声読み上げ機能付ペン型インタフェースを用いて簡便に点字パターンの文字と点の位置を音声で確認できる点字学習教材作成を目的とした。学習教材の墨字印刷の上に、印刷物の見た目を損なわない細かなドットコードをレーザープリンタで印刷し、そのドットコードにペン型インタフェースで触れることで、音声も活用できるものにする（図 7）というこれまでにないコンセプトで、新たな点字学習教材を作成することにした。

教材の種類としては、「かな文字学習編」と「英語略語・略字学習編」の 2 種類を作成した。「かな文字学習編」は、点字初学者が点字の基本中の基本である「点字のかな文字」（図 8）を習得することを目指す。また、点字の基本を習得した点字読者でも、中学生以降に習う英語点字の略語・略字（「点字の英語略語・略字」 図 9、図 10）の学習段階でつまづくことが多いため、「英語略語・略字学習編」も作成することにした。なお、本教材では、同一の教材に墨字による点字学習者モードと触読による点字学習者モード 2 種類の音声読み

上げ機能を搭載した。墨字を見ながら点字パターンを学習する利用者（弱視児等）とそうでない利用者（全盲児等）を対象とし、それぞれに適した音声を用意することで学習を補助できるようにし、さらにアクセシブルな教材を目指すことにした。

本研究では、点字学習教材（かな文字学習編、英語略語・略字学習編）作成において、触読し易い点字を付し、音声読み上げ機能付ペン型インタフェースを用いて点の構成を音声で確認できるよう、独自性を追求した。点字と音声データが連動するシステムは既存の教材に無く、学習している箇所(point)の点字を音声で即座に確認できるため、スムーズな学習の一助となることが期待できる。本教材作成を通じてこの点字学習教材の使用が点字習得において有用であると確認できれば、点字学習教材としてのアクセシビリティ向上が見込まれ、点字学習者が学び易いアクセシブルな教材の在り方を検討する有用な知見を得ることになる。



図7 ペン型音声読み上げインタフェースを活用した学習のイメージ図

日本語 50 音（あ行～わ行・撥音・促音・長音符）				
あ	い	う	え	お
か	き	く	け	こ
さ	し	す	せ	そ
た	ち	つ	て	と
な	に	ぬ	ね	の
は	ひ	ふ	へ	ほ
ま	み	む	め	も
や	ゆ	よ		
ら	り	る	れ	ろ
わ	ゐ	ゑ	を	
ん	っ	ー		

日本語拗音		
きゃ	きゅ	きょ
しゃ	しゅ	しよ
ちゃ	ちゅ	ちよ
にゃ	にゅ	にょ
ひゃ	ひゅ	ひよ
みゃ	みゅ	みよ
りゃ	りゅ	りよ

日本語拗濁音		
ぎゃ	ぎゅ	ぎょ
じゃ	じゅ	じよ
ぢゃ	ぢゅ	ぢよ

日本語濁音				
が	ぎ	ぐ	げ	ご
ざ	じ	ず	ぜ	ぞ
だ	ぢ	づ	で	ど
ば	び	ぶ	べ	ぼ

日本語半濁音				
は	ひ	ふ	へ	ほ

日本語拗半濁音		
ひゃ	ひゅ	ひよ

図 8 点字のかな文字

英語 1 マス略語

but	more	very	the
can	not	will	with
do	people	it	child
every	quite	you	shall
from	rather	as	this
go	so	and	which
have	that	for	out
just	us	of	still
knowledge			
like			

英語低下略語

be	his	to
enough	in	into
were	was	by

英語 2 マス略語

day	part	there	those
ever	question	character	whose
father	right	through	cannot
here	some	where	had
know	time	ought	many
lord	under	upon	spirit
mother	work	word	world
name	young	these	their
one			

英語 1 マス略字

and	gh	ou	ing
for	sh	ow	ble
of	th	st	ar
the	wh		
with	ed		
ch	er		

英語 2 マス略字

ound	ence	tion	ation
ance	ong	ness	ally
sion	ful	ment	ity
less			
ount			

図 9 点字の英語略語・略字

英語低下略字

en	con	ea	dd
in	dis	bb	ff
be	com	cc	gg

英語縮語

about	paid	neither
according	quick	o' clock
after	said	perhaps
again	should	myself
also	such	yourself
because	today	himself
before	tomorrow	itself
behind	tonight	herself
below	would	oneself
beneath	your	thymself
beside	above	ourselves
between	afternoon	yourselves
beyond	afterward	themselves
blind	against	conceive
either	braille	conceiving
friend	great	deceive
children	together	deceiving
could	across	declare
first	almost	declaring
good	already	perceive
him	although	perceiving
its	altogether	receive
letter	always	receiving
little	immediate	rejoice
much	necessary	rejoicing
must		

図 10 点字の英語略字

2. 点字学習教材の構成

本研究では、点字初学者向けの「かな文字学習編」と英語の点字学習者向けの「英語略語・略字学習編」の2種類の点字学習教材を作成し、それぞれに全盲者用の音声ナレーション（以下、点字読者モード）と弱視者用の音声ナレーション（以下、墨字読者モード）を搭載し、利用者がモードを選択できるようにすることにした。

かな文字編の点字読者モードでは、点字の構成を十分に理解し易いよう丁寧な説明を用意した。点字学習教材の表紙には音声読み上げコードとイラストを付し、点字と同時に音声読み上げ用のコードも付加し（図 11）、表紙の右下に「点字読者モードを示すイラストと凸点のドットパターン」を、左下に「墨字読者モードを示すイラスト」を付し、利用者が何れかの音声モードを選べるようにした。点字読者モードの凸点のドットパターンにペン型インタフェースで触れると音声も「点字読者用の教材使用法の説明文」が流れるようにし（図 12）、各ページの表題を示す点字文やページ数に触れると音声でも表題やページ数を確認できるようにした（図 13、14）。目次では、点字学習教材の全体の構成を理解することができるようにし、以降は、表 1 にも示す通り、「点字とは?」「点字の構成（6点から構成されること）」と説明の項を設け、「50音」「発音・促音・長音符」「濁音」「半濁音」「拗音」「拗濁音」「拗半濁音」「記号（句点、疑問符等）」「アラビア数字」と、順を追って学習できる構成とした。重要な点字パターンの音声説明では、点字にペンで触れると

表 1 点字学習教材（かな文字学習編）の構成

表紙	タイトルの表示
目次	各ページの題名とページ数の提示
点字とは	点字の使われ方の説明
点字の構成	1マス6点から成る点字の構成の説明
本文	50音・発音・促音・長音符・濁音・半濁音・拗音・拗濁音・拗半濁音・記号（句点、疑問符等）・アラビア数字

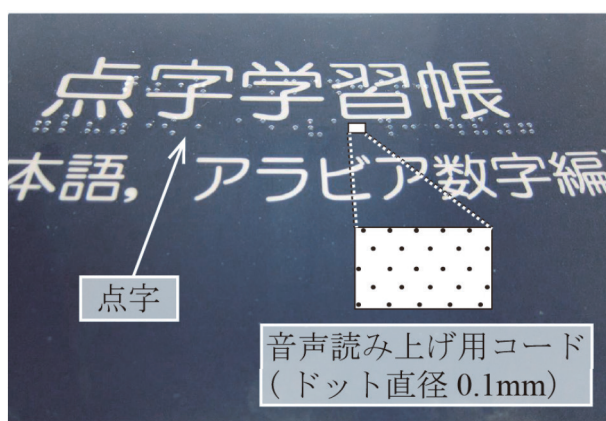


図 11 かな文字学習編の表紙に付した点字と音声読み上げ用コード



図 12 点字読者モード（かな文字学習編）

点字のマス数と点の位置を説明するようにした。例えば、かな文字「が」は、2 マスで構成されており、1 マス目で濁音 (5 の点) を示し、2 マス目で、「か」(1、6 の点) を示すが、そのナレーションは、次のような詳しい説明を音声データで用意した。「「が」を示す点は2 マス分を使う。「濁音」を示す「5」の点と「か」を示す「1」、「6」の点」とした (図 15)。同様の方法で、その他の点字パターンについても音声による説明が流れるようにした。

墨字読者モードは、弱視者を含め晴眼の教員も利用できるものにし、墨字読者モードのイラスト (図 16) にペンで触れると音声でも「墨字読者用の教材使用法の説明」が流れるようにした。かな文字編の墨字読者モードでは、点字パターンの墨字表記に加え、点字パターンの説明を音声でも聞くことができるようにした (図 17)。さらに、点字に対応する墨字の「ひらがな」に加え「カタカナ」「ローマ字」も表記し (図 18)、各文字表記に触れた際の音声説明も付加した。同様の方法で、その他の点字についても音声による説明を用意した。

英語の略語・略字編の点字学習教材では、かな文字編と同様に点字読者モードでは点字の略語・略字を十分に理解し易いよう丁寧な説明を用意した。表紙には、点字を付すと同時に音声読み上げ用のコードも付加した (図 19)。点字学習教材の表紙の右下には、全盲用の音声読み上げモードを示す凸点のドットパターンを付し、その凸点のドットパターン



図 13 音声による表題の読み上げ
(点字読者モード)



図 14 音声によるページ数の読み上げ
(点字読者モード)



図 15 「が」の点字パターンの読み上げ
(点字読者モード)

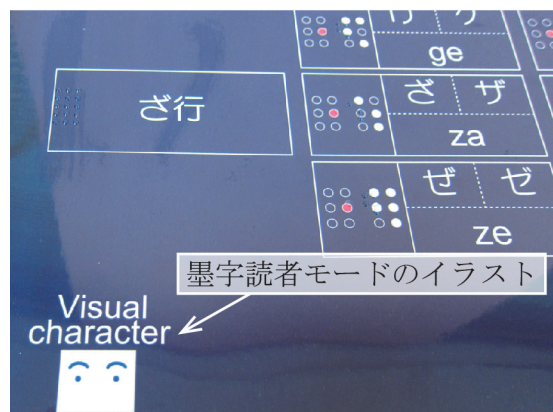


図 16 墨字読者モード
(かな文字学習編)

にペンで触れると音声でも「点字読者用の教材使用法の説明」が流れるようにした(図 20)。また、各ページの表題を示す点字文に触れると音声でも表題を確認できるようにした。点字学習教材のページ数も各ページに点字で示し、音声でも確認できるようにした(図 21)。「目次」では、点字学習教材の全体の構成を理解することができるようにした(図 22)。「目次」の次に「アルファベット」「英文記号(ハイフン、コロン、セミコロン等)」の説明を配し、略語・略字の解説「略語・略字とは?」「略語・略字の例」に続けて「1マス略語」「2マス略語」「低下略語」「1マス略字」「2マス略字」「低下略字」「縮語」とし、略語・略字のパターン毎に分けた構成にした(表 2)。重要な英語点字の略語・略字の点字パターンの説明では、単語の発音、フルスペルのアルファベットの文字、点字のマス数と点の位置がわかるようにした。また、視覚障害児・者が英語を学ぶ上で略語・略字の点字パターンの学習を優先するあまり、フルスペルが習得できないケースが多くみられるため、本研究ではフルスペルをアルファベット一文字ずつ確認できるように配慮した。具体的には、音声による説明で略語・略字にペンで触れるとその単語の発音が流れ、続いてアルファベット一文字ずつの発音が読み上げられ、最後に点字パターンが流れるようにした。「aboutの縮語(略字の一種)」の音声説明を例に挙げると、「「about」、「a」「b」「o」「u」「t」の点字は2マス分を使う。アルファベットの「a」と「b」とした(図 23)。また、「day」の場



図 17 音声による点字パターンの読み上げ(墨字読者モード)

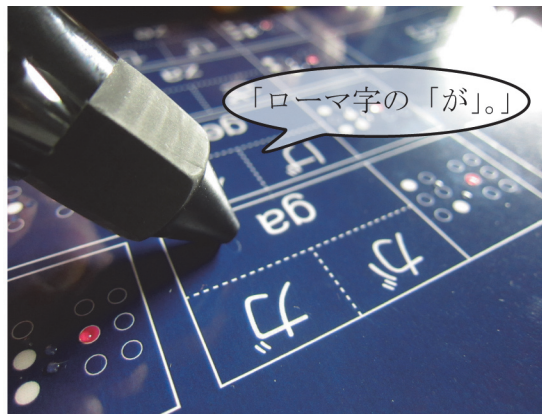


図 18 「ローマ字」表記の読み上げ(墨字読者モード)

表 2 点字学習教材（英語略語・略字学習編）の構成

表紙	タイトルの表示
目次	各ページの題名とページ数の提示
本文 1	アルファベット・英文記号
略語・略字とは？	略語（縮語を含む）・略字の説明
略語・略字の例	略語（縮語を含む）・略字のパターンを例を挙げて説明
本文 2	1マス略語・2マス略語・低下略語・1マス略字 2マス略字・低下略字・縮語

合には「day」、「d」「a」「y」の点字は2マス分を使う。「5」の点とアルファベットの「d」とし（図 24）、同様な方法で、その他の英語の略語・略字の点字パターンについても音声による説明を用意した。墨字読者モードでは、かな文字編と同様に、弱視者を含め晴眼の教員が利用できるようにするため、点字学習教材の各ページの左下に墨字読者モードのイラストと音声読み上げ用のコードも付し、イラストに触れると音声でも「墨字用の教材使用法の説明文」が流れるようにした（図 25）。また、英語の略語・略字編の墨字では、点字パターンを墨字表記するとともに、音声で墨字の発音と点字パターンの説明を聞けるようにした（図 26）。同様な方法で、その他の点字パターンについても音声による説明を用意した。

以上の構成で、点字学習教材を作成することにした。

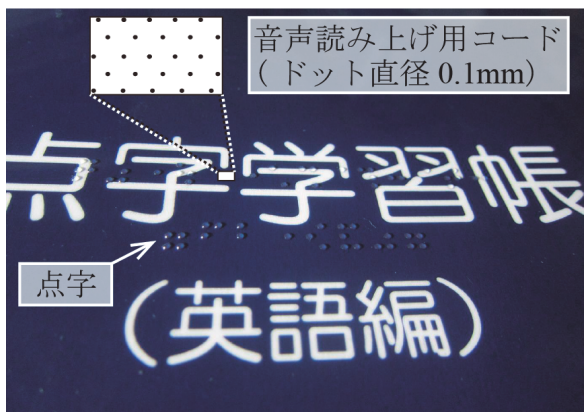


図 19 英語略語・略字学習編の表紙に付した点字と音声読み上げコード



図 20 点字読者モード（英語略語・略字学習編）

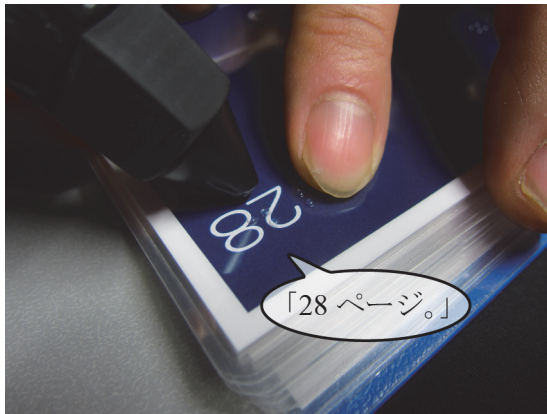


図 21 音声によるページ数の読み上げ
(英語略語・略字学習編)



図 22 英語略語・略字学習編の目次



図 23 「about」の点字パターンの読み上げ
(点字読者モード)



図 24 「day」の点字パターンの読み上げ
(点字読者モード)



図 25 墨字読者モード
(英語略語・略字学習編)

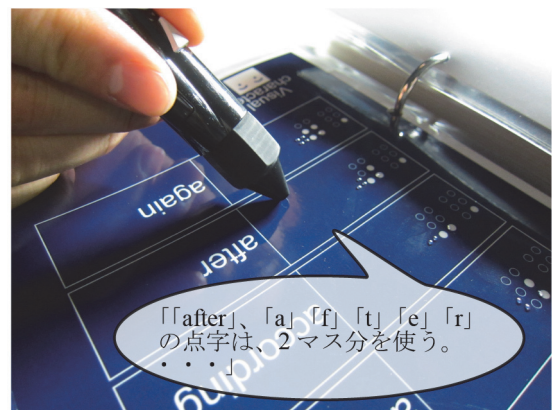


図 26 「after」の発音と点字パターンの読み上げ
(墨字読者モード)

3. 点字学習教材の作成

本研究で行った点字学習教材の作成手順を述べる。まず、点字学習教材の墨字印刷用データに音声読み上げ機能を搭載する際に用いるドットコードも付加したデータをパソコンで作成し、そのデータを市販のレーザープリンタ（富士ゼロックス社製）で印刷する。用紙は厚手の A4 サイズ（半光沢紙、厚み $0.175 \pm 0.015\text{mm}$ ）を横向きに使い、点字学習教材の表面の防水対策と衛生対策のためにラミネート加工を施し、ファイルに綴じられるように穴あけ加工を行う。続いて、ドットコードに対応する位置に紫外線硬化樹脂点字をラミネート加工の上から付した。一方、音声データは合成音声ソフトを用いて作成し、音声読み上げ機能付ペン型インタフェースのメモリにその音声データを保存して、点字（点字の直下に付されたドットコード）に対応するデータが音声読み上げされるようにした。

4. 点字学習教材の評価

作成した点字学習教材について、その使用感と問題点を明らかにするため、点字学習に長年関わっている点字読者を対象とした教材の評価を実施した。評価法として、製品開発においてプロトタイプなどのユーザビリティを評価する手法として一般的なインタビュー法⁽¹⁰⁾を用いた。インタビュー法は、ユーザに実際に製品を試用してもらい、その感想をユーザにインタビューする方法であり、質問の構造や順序をユーザの反応に柔軟に対応させることで、製品を試用した際の自由な意見を得ることができる。評価は、盲学校中学部の生徒 5 名（全盲）および教員 10 名（全盲 5 名・弱視 5 名）の計 15 名に協力を得て実施した（図 27、図 28）。評価参加者には、かな文字と英語の略字・略語の点字学習教材の両方を試用してもらい、それぞれの点字学習教材の使用感に関して自由にコメントしてもらった。

以下に、得られた主なコメントを示す。なお、各コメント後の括弧内は、そのコメントをした人数を記している。

- ・いずれの点字学習教材も点字を触りながら音声を活用して学習できるので良い（15 名中 15 名）

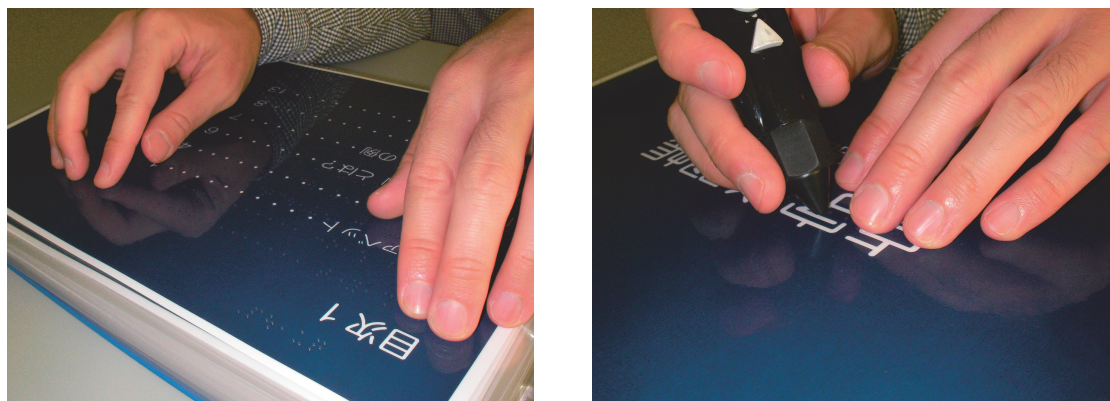


図 27 点字学習教材かな文字編を試用している様子
(左：点字を触読する様子、右：ペン型インタフェースを併用する様子)

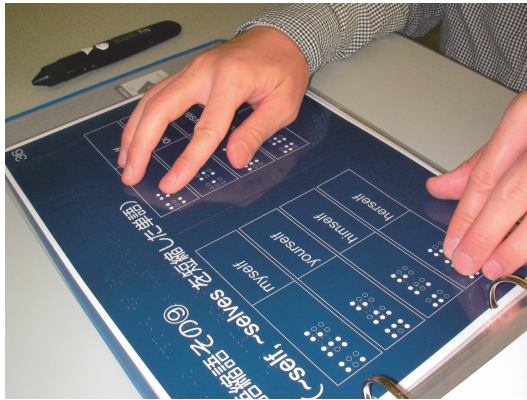


図 28 英語の点字学習教材略語・略字編を試用している様子
(左：点字を触読する様子、右：ペン型インターフェースを併用する様子)

- ・かな文字の点字学習教材は、点字初学者の点字パターン学習に有効である（15名中15名）
- ・かな文字の点字学習教材では、点字のパターンの説明がわかりやすい（15名中14名）
- ・英語の略語・略字の教材として有用であり、単語のスプリングとその発音が音声で確認できる点が良い（15名中15名）
- ・触れた点字のみが音声で確認でき局所的に音声情報が提供される点が、既存の教材に比べて優れている（15名中15名）
- ・いずれの点字学習教材も点字の高さや形状が均一で読みやすい（15名中14名）
- ・音声読み上げの反応が良くて使いやすい（15名中15名）

以上のように、作成した点字学習教材の使用感に関して良好なコメントを得ることができた。また、弱視の視覚障害児・者の点字学習の観点から弱視の教員5名より「点字学習教材として、音声を活用して点字を学ぶことができる（5名中5名）」とのコメントも得られた。

なお、この一連の調査は、国立特別支援教育総合研究所の倫理審査委員会の承認を得て実施したものである。

5. 考察および小括

本章では、第Ⅱ章で開発した点字・触図の新規作成装置を用いて、教育現場のニーズに応える点字学習教材を作成した。その点字学習教材には、点字に触れると音声でも文字情報を確認することができるように音声読み上げ機能を備え、学習者がより学習し易く、全盲者も弱視者も同じ教材で学べる仕様にした。そして、作成した点字学習教材について、視覚障害のある生徒（全盲）と教員（全盲・弱視）を対象とした使用感の評価を実施した。その結果、作成した点字学習教材の使用感について高い評価を得ることができた。視覚障害児を指導する教員からも「読み易い点字で構成され、点字パターンを音声でも即座に確認できる学習教材はこれまでになく、点字を学ぶ全盲や弱視の視覚障害児が利用できるアクセシブルな点字学習教材として高く評価できる」とコメントを得ることができた。また、音声ペンを活用した点字学習教材は既存の教材にはなく、今回評価に協力いただいた方々

から、音声ペン活用の有用性について「触れた点字のみが音声で確認でき、局所的に音声情報が提供される点が優れている」と高く評価された。一方、課題として「点字学習教材の表面にラミネート加工が施されているため、指先が少し滑りにくく感じることもある。また、本点字学習教材には、英語の略字・略語の点字学習の練習問題を含んでいると良い」と指摘をいただいた。

本研究で作成した「英語略語・略字教材編」を市販されている英語教材と比較すると、音声での学習補助以外にも、略字を理解し易いよう工夫した点がある。専門的であるが、例えば「push」を略字で示す場合、アルファベット「p」「u」を表す点字と「-sh」を示す略字「く」の3マスで示される。この場合、「-sh」を示す略字は、かな文字の「く」と同じ点配列（1、4、6の点）であるが、「く」はアルファベットの点字では相当するものが存在しない。アルファベット順に並べられた市販の英語略語・略字一覧表から「く（かな文字では「く」）」が「-sh」を示す略字であることを同定するのに多くの時間を要する。本研究で作成した点字学習教材（英語略語・略字学習編）では、略語・略字を分け、ブライユ点字一覧表の配列規則に基づいて順序付けて学習できるように構成した。それ故、上記の「く」が何を表すのかを調べる際には、1マス略字の中からアルファベット1文字で示される1マス略字の後で登場する略字の中から「く」が「-sh」を示す略字であることを特定することができる。また、音声の説明によりフルスペリングも確認でき、「く」が「-sh」を示す略字であることもすぐに確認できる。本教材では上述のように、構成と音声の説明により、略字のパターンを理解し易く、覚え易いように工夫した。

一般に点字の習得には時間を要するといわれており、Knowlton と Wetzel も点字初学者はとりわけ点字パターンの解釈に多くの時間を要すると述べている⁽¹¹⁾。本研究で作成した点字学習教材（かな文字学習編）は、音声情報でパターンを理解しながら学習することができ、点字初学者に適した教材の一つといえる。Herzberg からも、英語略字・略語を使用せずフルスペルで記述した点字を読み易いとする点字習得者が一定の割合にいるという事例報告をしている⁽¹²⁾、英語略語・略語の学習教材を国内外で充実させていく重要性は高く、本研究で試験的に点字学習教材（英語略語・略字学習編）作成した過程は、今後点字の教材開発を推進していく上で大いに参考になると期待できる。

以上のように、点字学習教材の作成を通じて、点字学習者にとって読み易く学習し易い点字学習教材の在り方を検討する有用な知見を得ることができた。

IV. 総合考察および結論

本研究は、点字学習者が学びやすいアクセシブルな教材の在り方を検討するために、当研究所と早稲田大学が平成 23 年度及び平成 24 年度に共同研究として「墨字と併記可能な点字・触図作成技術を用いた視覚障害児・者用アクセシブルデザイン教材の作成」を実施した。

第 I 章の序論では、本研究の背景、目的、方法及び本報告書の構成について述べた。

第 II 章では、無色透明な紫外線硬化樹脂インクから成る点字の従来法であるスクリーン印刷方式の問題点を挙げ、その改善のために新たに開発した点字・触図の作成技術について述べた。具体的には、紫外線硬化樹脂インクを詰めたノズルから空気圧によってインクの塗布量を制御しながら、高速で点字や線を塗布することが可能な新装置を開発した。そして、この装置で点字や線を作成し使用感の評価を実施したところ、触読し易く触り心地の良い点字や線を作成できることを報告した。この結果については、紫外線硬化樹脂インクの塗布量を高精度に制御させて仕上がりの良い点字を付すことが可能になり、触読性が良いと評価されたと考えられる。

点字の高さや点間隔は点字の触読性に影響を及ぼすことが知られており⁽⁴⁾、読みやすい点字は触読者により異なっている。本装置の原理を基に任意のサイズの点字の作成が可能であり、利用者の好みに合わせた点字を各々に提供することもできるようになることは大きな知見である。また、上述の一連の作成工程の中で、点字の校正を適宜行う必要があったが、開発した点字・触図の新規作成装置により、点字の修正にも即座に対応することができるようになったことも、この研究における大きな成果といえる。

第 III 章では、開発した点字・触図の新規作成装置を利用して、アクセシブルな点字学習教材の在り方を検討するために作成した点字学習教材（試作版）について述べた。まず、点字学習教材の作成に先立ち、点字指導に関わる教育関係者の要望を直接聞き、導き出した点字学習教材のコンセプトについて述べた。点字学習教材への要望は、触読し易い点字が付され、点字学習者が点字に触れることで点字パターンと文字の点の位置を音声でも確認できるものであった。これらの要望を踏まえ、点字学習教材は、点字に触れると音声でも文字情報を確認することができるように音声読み上げ機能を備え、学習者がより学習し易く、全盲者も弱視者も学べるアクセシブルな教材を作成することを目指した。そこで、作成した点字教材は、触読し易い点字を付し、音声読み上げ機能付ペン型インタフェースを用いて点字パターンの文字と点の位置を、簡便に確認できるものとした。今回作成する点字学習教材は、「かな文字学習編」と「英語略語・略字学習編」の 2 種類とした。点字初学者のために、基本中の基本である点字のかな文字の学習教材を作成し、また、かな文字の点字を習得した点字既習者でも中学生以降に習う英語点字の略語・略字の学習段階でつまづくことが多いため、英語点字学習者向けの英語略語・略字学習教材も作成した。なお、本教材では、点字利用者と墨字利用者の双方に対応する 2 種類の音声読み上げ機能を用意し、視覚を活用する利用者としらない利用者が一つの教材で点字学習者の特性に合わせて利用できるアクセシブルな教材を目指した。ここでは、点字学習教材の作成手順も記した。そして、作成した点字学習教材について視覚障害のある生徒（全盲）と教員（全盲・弱視）を対象とした使用感の評価を実施した結果、高い評価を得ることができた。点字指導者か

らは、「読み易い点字で構成され、略語・略字パターンを音声でも簡便に確認しながら学習できる教材はこれまでになく、点字学習者のニーズに基づくとともにアクセシブルな点字学習教材である」と高い評価を得ることができた。

本研究を推進したことで、紫外線硬化樹脂インクから成る点字の従来法であるスクリーン印刷方式の問題点を改善する高精細に点字を作成することのできる点字・触図の新規作成装置を開発することができた。また、点字学習教材の作成を通じて、点字学習者にとって読み易く学習し易い点字学習教材の在り方を検討する有用な知見を得ることができた。今後は、使用感の評価を更に行うことで改善点を集約し、可能な限り改良を加えていく予定である。また、英語点字の点字学習教材については、日本以外の視覚障害児・者にとっても有用であるため、英語点字の略語・略字の英文版も試験的に作成し、将来的に海外の児童生徒にも評価してもらうことも検討する予定である。

謝辞

最後に、本研究において点字の触読性の観点から様々な知見を提供頂いた早稲田大学教授藤本浩志先生ならびに日本点字図書館点字製作課課長和田勉様に感謝申し上げます。また、研究を推進する上で協力いただいた研究協力者の皆様、訪問させていただいた際貴重な情報を提供して下さった盲学校の先生方に感謝申し上げます。

引用文献

- (1) 厚生労働省：平成 18 年身体障害児・者実態調査結果、
<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/shintai/06/index.html>
(参照日：2013 年 1 月 1 日)
- (2) ISO：ISO/IEC Guide 71 (Guidelines for standards developers to address the needs of older persons and persons with disabilities), 2001
- (3) 福井哲也：やさしい英語点字入門改訂版、(社福) 日本ライトハウス、2011
- (4) 土井幸輝、小田原利江、林美恵子、藤本浩志：UV 点字パターンの識別容易性評価に関する研究、日本機械学会論文集 C 編、70(699), 300-305, 2004
- (5) 日本規格協会：JIS T9253 (紫外線硬化樹脂インキ点字—品質及び試験方法)、2004
- (6) 日本規格協会：JIS T0921 (点字の表示原則及び点字表示方法—公共施設・設備)、2006
- (7) 土井幸輝、岩崎亜紀、藤本浩志：印刷素材が UV 点字の触読性に及ぼす影響に関する研究、日本機械学会論文集 C 編、72(716), 216-222, 2006
- (8) 立花明彦、松谷詩子：中途視覚障害者のための点字入門、日本点字図書館図書製作部点字製作課、2010
- (9) 土井幸輝、小玉千明、藤本浩志、和田勉：触知記号のサイズが識別容易性に及ぼす影響に関する研究、日本生活支援工学会誌、9(1), 22-28, 2009
- (10) 黒須正明、伊東昌子、時津倫子：ユーザ工学入門—使い勝手を考える・ISO13407 への具体的アプローチ—、共立出版株式会社、123-204, 2000
- (11) Knowlton M. & Wetzel, R.: Braille reading rates as a function of reading rates. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 90, 227–236, 1996
- (12) Herzberg, T.S., Stough, L.M., Clark, C.M.: Teaching and Assessing the Appropriateness of Uncontracted Braille. *Journal of Visual Impairment & Blindness*. 98(12), 2004

研究体制

本研究は、以下の研究体制で実施した。

研究代表者

土井 幸輝（教育情報部 主任研究員）

研究分担者

金森 克浩（教育情報部 総括研究員）

田中 良広（教育支援部 総括研究員）

所内研究協力者

大内 進（教育支援部 上席総括研究員）

澤田 真弓（教育研修・事業部 総括研究員）

金子 健（企画部 総括研究員）

共同研究機関

藤本 浩志（早稲田大学人間科学学術院）

西村 崇宏（早稲田大学大学院人間科学研究科）

和田 勉（早稲田大学人間総合研究センター／日本点字図書館点字製作課）

共同研究

墨字と併記可能な点字・触図作成技術を用いた
視覚障害児・者用アクセシブルデザイン教材の作成
平成23年度～平成24年度

研究成果報告書

研究代表者 土井 幸輝

平成25年3月

著作 独立行政法人国立特別支援教育総合研究所

発行 独立行政法人国立特別支援教育総合研究所

〒239-8585

神奈川県横須賀市野比5丁目1番1号

TEL : 046-839-6803

FAX : 046-839-6918

URL : <http://www.nise.go.jp>

