Ⅷ. 点字使用者用デジタル教科書の在り方

1. 点字使用者用デジタル教科書の在り方の視点

(1) 研究の経緯

平成 25 年 9 月に学校教育法施行令の一部を改正する政令が施行された。文部科学省ではその趣旨を以下の通り述べている。

今回の学校教育法施行令の改正は、平成 24 年 7 月に公表された中央教育審議会初等中等教育分科会報告「共生社会の形成に向けたインクルーシブ教育システム構築のための特別支援教育の推進」（以下「報告」という。）において、「就学基準に該当する障害のある子どもは特別支援学校に原則就学するという従来の就学先決定の仕組みを改め、障害の状態、本人の教育的ニーズ、本人・保護者の意見、教育学、医学、心理学等専門的見地からの意見、学校や地域の状況等を踏まえた総合的な観点から就学先を決定する仕組みとすることが適当である。」との提言がなされたこと等を踏まえ、所要の改正を行うものである。

これを踏まえると、点字使用の児童生徒を含め、これまで以上に視覚障害のある児童生徒が小中学校等に就学する割合が増加していくことが予想される。

このため、50 ページのⅥ-3-(4)-④で述べたように今後は点字使用の児童生徒に対する情報保障を一層担保していくことが求められる。

本研究ではこのことに関して、弱視児童生徒による活用を含め学習者用デジタル教科書の普及の促進が図られていくことを想定して、その際に点字使用の児童生徒のためのデジタル教科書（以下、「点字使用者用デジタル教科書」という。）がどのような概念で、どのような機能を備えていることが望ましいかについて取りまとめる事とした。

(2) 検討の手続きと在り方の視点

点字使用者用デジタル教科書の在り方については、所内研究分担者により在り方の視点を整理するとともに、それらに基づいて所外研究協力者の 6 人の特別支援学校（視覚障害）の教員にそれぞれの校内における意見集約等を行ってもらった。

この間、前述したメーリングリストにより関連する情報の発信と情報共有、意見交換等も並行して行った。それらに基づいて第 2 回研究協議会において議論を深めた。

点字使用者用デジタル教科書の在り方については、所内研究分担者によるブレイン・ストーミングにより、まず、現状において実現可能な事柄と、将来的に科学技術の進歩等によって実現可能な事柄に分けて整理する必要があること、また、ハードウェアとしての点字使用者用デジタル教科書の在り方に加え、体制整備を含めた関連事項についても検討する必要があることを確認した。

そして、本研究では現状において実現可能な事項について取りまとめる事、その際、点字使用者用デジタル教科書のハードウェアは、点字ピンディスプレイ端末を用いることを前提として検討することとした。

これらを含め、以下の諸点を在り方の視点として取りまとめる事とし、所外研究協力者の 6 名の特別支援学校（視覚障害）教員に校内での意見集約等を依頼した。

- ① 点字ピンディスプレイ端末に教科書デジタルデータ（点字データ）をインストールして点字使用者用デジタル教科書として活用する場合に備えるべき機能
- ② テキスト（文字情報）以外の図表等を提供する方法
- ③ 通常のデジタル教科書との互換性とデータの共有
- ④ テキストデータ以外に付加すべき情報
- ⑤ データ提供と貯蔵の仕組み

2. 点字ピンディスプレイを用いた場合に具備すべき機能

上記の5つの視点について研究協議会において意見集約と協議を行った。以下に研究協議での議論を踏まえ、整理した内容を示す。

（1）具備すべき機能の視点の整理

点字ピンディスプレイ端末に教科書のテキストデータ（点字データ）を取り込み、点字使用者用デジタル教科書として活用する際の視点としては、検定教科書、つまり普通文字の教科書と点字教科書の違い、あるいは点字教科書と点字ピンディスプレイ端末との違いを明確にして、それぞれのデメリットを補完するための機能、あるいは点字ピンディスプレイ端末だからこそ実現可能となるという視点で、具備すべき機能を整理してみた。

ア ジャンプ（移動）機能

教科書の中で、目的の箇所を探す場合、点字教科書であればページをめくりながら探すことができるが、点字ピンディスプレイ端末では、多くの機種は1行表示であるために、素早く探すことは難しい。

そのため、例えば、本文を読んでいる途中で注釈や解説を読まなければならない場合にキー操作一つで目的の箇所にジャンプ（移動）したり、元の箇所に戻ったりできる機能が必要となる。また、教科書の構成に応じて、大単元・小単元・段落・先頭行・最終行・しおりをつけた箇所・句点ごと等、様々な単位で任意の箇所にジャンプできる機能も使い勝手が良いかもしれない。

イ メモ（付箋）・しおり機能

普通の教科書であれば、あまり薦められることではないが、教科書に線を引いたりメモを書いたりすることができる。あるいは特定のページに付箋を貼ったり、しおりを挟んだりすることもできる。

点字ピンディスプレイにもこのような機能を付加することにより、教科書との親和性は非常に高くなり、学習の習得度も高まることが期待できる。

実際には任意の場所にメモを書き残しておき、それをいつでも呼び出せるようにしておくことである。

点字ピンディスプレイの触知盤には、文字として用いる6点に加えて2点多い8点のセルが並んでいるが、メモを貼り付けた場所を特定するためには点字文字の表示に割り当てられている6点以外の2点を割り当てることで対応は可能なる。しおり機能についても同様に対応させることは可能となろう。

ウ 選択・集約機能

普通の教科書には、重要事項や語句が太字で書かれていたり、書体を変えて強調してある用語

が掲載されている。それらは、言わば試験で出題される頻度の高い事項と言える。

このことに関して、点字ペンディスプレイ端末に、それらの強調文字となっている語句だけを瞬時にまとめて表示させる機能が備わっていると、ノートの整理や定期考査対策にも活用できよう。

また、キーワードを入力して、それに類する文章や単元を直ぐに見つけ出す機能も有用性が高いかもしれない。

エ 辞書検索機能

1冊の小さな英和辞典を点訳した場合、点字本で100巻にもなるというのは良く知られた逸話である。これは辞書のように多くの情報にアクセスする際に、如何に点字情報が不利であるかを如実に物語っている。

ところが、点字ペンディスプレイ端末に収められている記憶媒体には、英和辞書に限らず国語辞書等が何冊も保存しておくことが可能である。

また、インターネットに接続されていれば、Web上の任意の辞書を活用することも可能となる。

このような辞書の活用は、物理的なスペースをほとんど必要としない点字ペンディスプレイ端末には、まさに最も適した機能と言えるかもしれない。

オ 音声読み上げ機能

点字ペンディスプレイは基本的には触知盤に出力される点字を触読するデバイスであるが、これに加えて音声読み上げ機能を付加することによって、さらに有効活用が図られると考えられる。例えば、教科書本文は点字で読み、ページ数や行番号、単元名等の附属情報や背景情報は音声で確認するという使い方である。

また、点字は仮名文字体系であるが、普通文字で使われている漢字や漢語の理解のために、当該の文章中に用いられている漢字について、音訓や意味を音声で補って理解を深めるという活用方法も想定される。

カ モード切替機能（教科書とノート）

点字ペンディスプレイ端末は、その触知盤により点字を読むデバイスであるのと同時に、附属の点字キーボードによりノートテイクを行うこともできる。

したがって当然のことであるが、教科書の内容を読む場合とノートテイクした内容を読み返す場合とでモードを自由に切り替えて使い分ける機能が必要である。

また、上記のメモ機能にも関わる内容であるが、ノートテイクした内容と教科書の該当箇所とをリンクさせる機能があると、一層、そのノートテイクの内容の活用度が高くなるのではないだろうか。

(2) テキスト（文字情報）以外の図表等を提供する方法

点字ペンディスプレイ端末は、文字情報以外の情報を出力することはできない。

したがって、点字使用者用デジタル教科書として活用したとしても、教科書に掲載されている図や写真、地図やグラフといった画像の提供は別の方法で担保しなければならない。

このことは抜本的で不可欠な内容ではあるが、その方法となるとこれと言った解決策は見当たらない。研究協議会においても、特段の意見は出されなかった。

したがって、現在、点字教科書等で用いられている凸図データだけを教科毎に1冊にまとめた触図集のようなものを活用するのが現実的であろう。

この画像データについては、むしろ点字ペンディスプレイ端末に触図についての情報を収めておき、実際に図を触る際に、その情報（当該の触図の概要や細部の説明）を音声で提供する仕組みを作っておくことが有効であるとの指摘があった。

(3) 通常のデジタル教科書との互換性とデータの共有

デジタル教科書を使って学習している通常の学級に点字使用の児童生徒が在籍している場合、使用している一般のデジタル教科書と点字使用者用デジタル教科書とに互換性が担保されている必要がある。

その際、本文や注釈、解説等のテキストの一致は当然のこととして、図や写真、グラフ等の画像データについては、VI-3-(3)で示したように画像の解説文を点字データとして付加しておくことで、点字使用の児童生徒のための情報保障に資することに繋がるものとする。

また、教科書を用いて授業を進める場合は、本文に関連して注釈や解説等の箇所を参照する場合が少なくない。上述したように基本的には1行しか表示できない点字ペンディスプレイ端末を使用している場合は、該当箇所を直ぐに見つけ出して読むことは非常に困難である。

このことを踏まえると、担当教師が遠隔操作により当該児童生徒の点字ペンディスプレイ端末のカーソルを該当箇所へ移動させる機能が備わっていることが求められる。

さらに、互換性という視点からは普通のデジタル教科書のページや行が点字使用者用デジタル教科書のそれらとリンクしていることも必要である。授業中に担当教師が何ページ何行目という指示を出す場合があるが、この時、点字使用者用デジタル教科書を使用している児童生徒が、例えば、そのページ数と行番号を入力すると、普通のデジタル教科書の該当箇所へジャンプする機能である。

(4) テキストデータ以外に付加すべきデータや情報

前項の「通常のデジタル教科書との互換性と共有」にも関連が深いですが、本格的に点字使用者用デジタル教科書を作成することになれば、上述した画像データの解説文の他に、通常のデジタル教科書に掲載されている地図やグラフ等の点図データや立体コピーのデータを予め、点字デジタル教科書の該当箇所に挿入しておき、必要に応じてそれらを点字プリンターや立体コピーにして活用することができる仕組みを構築することが必要かもしれない。

また、算数や数学のデジタル教科書には立体図形のアニメーションや、社会の教科書には歴史的な遺物の写真が掲載されているが、これらを3Dプリンターで出力するためのデータを予め該当箇所に埋め込んでおき、必要に応じてそれらを取り出せる仕組みも有効であるとする。

これらのことについては、多分に教科書発行者の理解と協力が必要となるが、研究協力者（教科書発行者）からは、デジタル教科書のガイドラインのようなものが作成され法的に規定されれば、実現可能ではないかとの意見をいただいた。

(5) データ貯蔵と共有の仕組み

V-3-(1)で述べたように、現状においても少しずつ点字データ変換された教科書デジタルデータの活用が図られている。

データ提供の方法は異なっているかもしれないが、インクルーシブ教育システムの構築が進むにつれて、今後はこのような点字データの活用はもっと進んでいくことが予想される。しかしながら、拡大教科書とは異なり、出版されている点字教科書の種類が非常に限られているのが現状である。

これを解決するための抜本的な解決方法を見いださなければ、学習成果を伴ったインクルーシブ教育システムの構築はおぼつかないと考える。

したがって、全国のどの地域で学習していたとしても、その地域で使用されている教科書の点字データを入手して活用することができるようにするためには、教科書の点字データを一括管理して、それを全国で共有するシステムを構築することが不可欠であると考ええる。

現在でも、各地の点訳ボランティアサークルが一般書籍を含めて、教科書の点訳に携わっているが、それらを集約することよりは現状で扱われている拡大教科書や DAISY 教科書を作成するために提供されている教科書デジタルデータ（PDF ファイル）を活用することが最も効率的であると考ええる。なぜならば、平成 27 年度現在、小中学校で用いられている教科書の全てが拡大教科書としても発行されており、それらのデジタルデータが拡大教科書を発行したり、拡大写本を作成したりするために提供されているからである。

このことを踏まえると、今後はしかるべき機関が教科書デジタルデータを点字データに変換する作業を担い、それらを速やかに利用者に提供する仕組みを構築することが望まれる。

3. 点字ピンディスプレイの技術的な課題と今後の展望

(1) 様々な機能を可能にする点字ピンディスプレイの技術と汎用性

現在、数多くの点字ピンディスプレイが国内外で製品化されている。点字表示については 1 行のものが大半である。点字マス数については 16～80 マス／行と様々であるが、16 マスと 40 マスの点字ピンディスプレイが比較的多く利用されている。16 マスタイプの点字ピンディスプレイは携帯性に優れており、40 マスタイプは学習時や就労時に利用されることが多い。点字ピンディスプレイは、日常生活用具給付候補品となっている自治体も増えてきているため、多くの点字使用者に利用されている。これらの点字ピンディスプレイは、様々な機能を有している。具体的には、点字のデータ作成及び編集に加えて、点字だけではなくテキストのデータ作成や編集ができる。音声読み上げ機能を搭載しており、操作状態や操作内容を音声で確認できる機種もある。また、DAISY 再生機能を搭載している機種では、DAISY 図書を聞きながら、メモを取ることができる。その他にも数多くの機能を有している機種がある。

国内外における点字ピンディスプレイの普及を下支えしている技術としては、電圧を力に変換する圧電効果を利用した圧電素子（ピエゾ素子）による駆動技術である。この駆動技術を用いて上下させることのできるピンを複数集積化することで、点字を表示することが可能となり、装置の小型化やバッテリー駆動が可能となった。また、点字ピンディスプレイ、パソコン、ワープロソフト、音声リーダー、キーボードを組み合わせたシステム（文章作成システム）を使用することで普通文字（墨字）も書くことができる。特別支援学校（視覚障害）では、この文章作成システムを用いて墨字の文章を書けるようにする指導が行われている。さらに、日常生活や仕事等でも利用される等、視覚障害者の情報保障ツールとして有効に活用されている。

(2) 今後解決されるべき課題と展望

上述のような点字ピンディスプレイをデジタル教科書のための点字出力ディスプレイとして利用されることが期待されている。しかし、技術的な課題も指摘されている。これらの課題のうち、本研究所の研究職員や研究分担者、研究協力者から重要であると言及された 3 点の課題について簡潔に述べる。

1点目は、普通文字を点字変換するソフトウェアの精度向上である。点字変換の精度は最重要であるため、精度の高いソフトウェア開発の推進が必要であり、当該領域の関係者や製造企業からも指摘されている課題の一つである。この課題改善に向けては、企業や関係機関（社会福祉法人日本点字図書館等）が連携し、国の助成（文部科学省委託事業である学習上の支援機器等教材研究開発支援事業等）を適宜受けながら、当該領域の関係機関が協力して取り組んでいく必要があると考えられる。

2点目は、点字ディスプレイ使用時の指先の疲労軽減の必要性である。具体的には、点字ディスプレイに用いられるピンの素材や盤面がプラスチック製であり、上質紙に付される点字と触感が大きく異なるために、長時間使用すると指先の疲労感等を生じたりする点字使用者（とりわけ就労者）もいることについて研究協力者からも指摘があった。今後、デジタル教科書のための点字出力デバイスとして点字ディスプレイを利用して長時間学習する場合には、指先の疲労感等を軽減するような製品の改良が求められるであろう。

3点目は、点字出力のニーズへの対応である。国内では1社のみが点字ディスプレイを製品化しているが、圧電素子によりピンを駆動させる現状の方式では、上質紙を用いた点字プリンタのように、高密度にドットを配列することが難しいと言われている。また、この駆動方式では、点字ディスプレイや点字ディスプレイをさらに薄くして軽量化することが難しいという課題も指摘されている。それ故、高密度化、薄く軽量化への開発研究の推進が点字利用者から求められるであろう。

なお、上述の課題のうち、3点目の課題で述べた軽量化への対応として、アルプス電気株式会社、産業技術総合研究所、東京大学、慶應義塾大学により新たな点字ピンディスプレイの開発研究が推進されている。この新規点字ディスプレイにはカーボンナノチューブ高分子型駆動装置が用いられ、小型で軽量かつ低消費電力で駆動することが可能である。この駆動装置は、カーボンナノチューブとイオン液体およびポリマーバインダーからなる電極2枚の間に、イオン液体とポリマーからなるゲル電解質をサンドイッチした構造をしており、3V以下の低い電圧で大きく変形する素子が用いられている。そのため、点字ピンディスプレイの点字のドットの凹凸は低電圧で制御でき、低消費電力で駆動できる。また、駆動装置が薄くて軽いため、点字ディスプレイの小型化と軽量化を実現できる可能性がある。駆動装置の機構の詳細については、公開されている報告書⁽¹⁾を参照されたい。なお、この新規点字ディスプレイにもいくつかの課題も報告書⁽¹⁾の中で述べられている。「高分子型駆動装置の動作耐久性」「高分子型駆動装置の動作安定性」「点字デバイス（ラッチ機構）の動作安定性」「点字ピン突出量の向上」等である。とりわけ、上述の3つの課題の一つである疲労感に関連しては、駆動装置の発生力の少なさを補うためにラッチ機構を設けていることから、指先で触れても点字ピンが沈み込まない。それ故、長時間触読をするような用途では疲れを感じ易い可能性がある。こうした課題への対応も十分に熟慮した開発研究を期待したい。

以上のような課題と状況を踏まえると、タブレットPCの盤面上で凸表示するようなディスプレイの実用化は近いとは言えず、現状の点字ピンディスプレイの課題を踏まえた新たな開発研究もスタートした状況と言える。

今後は、児童生徒用のデジタル教科書が普及していく可能性が考えられるが、デジタル教科書に対応した点字ディスプレイが近い将来製品化されることを期待したい。