

専門研究 A

デジタル教科書・教材の試作を通じた ガイドラインの検証

—アクセシブルなデジタル教科書の作成を目指して—

(平成24年度～25年度)

研究成果報告書

平成26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

本研究は、中期特定研究「特別支援教育における ICT の活用に関する研究」に位置づけられ、平成 23 年度に実施した「デジタル教科書・教材及び ICT の活用に関する基礎調査・研究」で作成したデジタル教科書のガイドライン（試案）に基づいてさまざまな障害のある子どもたちにとって使いやすく、教育効果のあるデジタル教科書のモデルの試作及び評価を行うことでガイドラインの有効性の検証と内容の改善を行うことを目的に実施した。

本研究では小学校の 4 つの教科を対象にデジタル教科書のモデルを試作し、検証を行う中で、ガイドラインの見直しを行うことができた。

また、今後作成されるであろう学習者用のデジタル教科書については、紙の教科書や指導者用のデジタル教科書とは違い、テキストと図だけのシンプルなデザインである方が、よりアクセスしやすくかつ学びやすい形態であるという知見が得られた。また、そのためには紙の教科書の制作についてもデジタル教科書の制作を意識して作ることで、作成のコストを含め、アクセシブルなものとなるのではないかと考えられた。

また、デジタル教科書作成においてはそのデータの取り扱いを含めて著作権に関する整備が課題となる。

今後は、本報告書を参考にアクセシブルなデジタル教科書が作成され、障害のある児童生徒を含め、多くの児童生徒にとって学習しやすい環境が整えられることを願っている。

（※ 本研究では、デジタル教科書に教材の内容も含まれることから課題名を「デジタル教科書・教材」としたが、本文中では「デジタル教科書」と表記している。また「デジタル教科書のモデル」とは、教科書のデジタルデータを元にテキストや画像などの素材を活用した教材であり、デジタル教科書ガイドラインの検証を行うためのモデルである。）

研究代表者 教育情報部総括研究員 金森 克浩

研究成果報告書目次

はじめに

I	背景と目的	1
1.	背景	1
2.	研究目的	1
II	研究の方法と本報告書の構成	2
1.	研究方法	2
2.	本報告書の構成	3
III	デジタル教科書のモデル設計とその試作	3
1.	デジタル教科書のモデル化	3
	(1) 設計指針	3
	(2) モデルの設計	4
2.	デジタル教科書の作成フローと実装	6
	(1) デジタル教科書の作成フローについて	6
	(2) デジタル教科書の実装について	8
3.	試作した教科書モデルについて	9
	(1) 国語科のデジタル教科書モデルについて	9
	(2) 理科のデジタル教科書モデルについて	12
	(3) 算数のデジタル教科書モデルについて	15
	(4) 社会科のデジタル教科書モデルについて	19
4.	デジタル教科書ガイドラインにおける各教科の検討事項	21
IV	デジタル教科書ガイドラインの検証と評価	23
1.	研究協力校へのヒアリング調査及び研究協議会で出された意見から	23
	(1) 研究協力校へのヒアリング調査	23
	(2) 研究協議会で出された意見から	25
	(3) 意見のまとめ	26
2.	研究協議会及び研究推進会議における研究協力者から	27
	(1) ガイドラインに含めてほしい機能	27
	(2) ガイドラインの全般的な内容について	27

(3) ガイドラインの位置づけと標準化について	27
(4) ガイドラインの有効な活用方法について	27
(5) デジタル教科書の概念について	28
(6) デジタル教科書を開発する環境整備について	28
(7) 教員研修について	28
 V 考察	29
1. 学習者用デジタル教科書の定義	29
2. ガイドラインの見直し	30
3. さまざまなコンテナで検討することの必要性	31
4. 制作コストの課題	33
5. 著作権の問題	33
6. 研修システム	34
 参考資料	35
 VI 研究体制	39

おわりに

I 背景と目的

1. 背景

平成 24 年 7 月文部科学省が出した「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」において、障害のある児童生徒が十分に教育を受けられるための合理的配慮の基礎となる環境整備の一つとして、「教材の確保」が挙げられた。その中で、視覚障害のある児童生徒のための音声教材の整備充実、高等学校段階の拡大教科書の発行、発達障害のある児童生徒の使用教材等の整備充実、様々な障害の状態や特性に応じた支援機器の充実、障害の状態や特性に応じた様々なアプリケーションの開発、情報端末についての基本的なアクセシビリティの保証が課題として挙げられている。また、平成 23 年 4 月に文部科学省から出された「教育の情報化ビジョン」においては、デジタル教科書・教材について述べられている。このほか、障害のある児童生徒への活用を進めるため、支援機器等の活用や個々の児童生徒の認知の特性を踏まえた ICT の活用、デジタル教科書・教材等に必要な機能の例についても述べられている。同資料には本研究所の ICT 研究の役割が明記されており、本研究は今後の国の政策に寄与するものである。

平成 25 年 8 月に文部科学省から出された「障害のある児童生徒の教材の充実に関する検討会 報告」において

「国の特別支援教育のナショナルセンターである国立特別支援教育総合研究所においては、障害のある児童生徒のための教材や支援機器の研究・普及に関するセンターの役割を果たすものとして、以下の取組を行うことが必要である。(中略)

- * 教材等のアクセシビリティに関する調査研究を一層推進すること。

- * 米国等を参考とした障害のある児童生徒のための教材の標準規格の制定に向けた研究等を実施すること。

- * 障害の状態や特性を踏まえた効果的な支援機器の選定・調整方法、活用について調査研究を実施すること。」

と述べられており、本研究において今後、障害のある児童生徒の学習の中心として期待されるデジタル教科書の研究を行う意義は大きい。

2. 研究目的

平成 23 年度に作成したデジタル教科書作成ガイドライン（試案）に基づいてさまざまな障害のある子どもたちにとって使いやすく、教育効果のあるデジタル教科書のモデルを試作する。この試作の過程で、協力者や協力校での機能の評価を実施し、研究協力者との協議を通じて検証を実施する。学校での機能評価では、実際に障害のある児童生

徒を指導する教員にデジタル教科書のモデルを試用してもらうことで有効性を評価する。これらの検証の結果をガイドラインの改善に反映する。

Ⅱ 研究の方法と本報告書の構成

1. 研究方法

本研究では研究の中心メンバーとして技術的な知識を持った協力者と研究所の中心メンバーによる「研究推進チーム」を構成し、開発に関する検討を行い、所内の研究分担者、研究協力者との検討や所外の研究協力者、協力校とモデルの作成までの検討会議及び作成したモデルについての検証を行った。

また、デジタル教科書のデータについては関係する教科書会社からデータの提供及び検討会議等での参考意見を受けた。

以下が、そのイメージ図である。

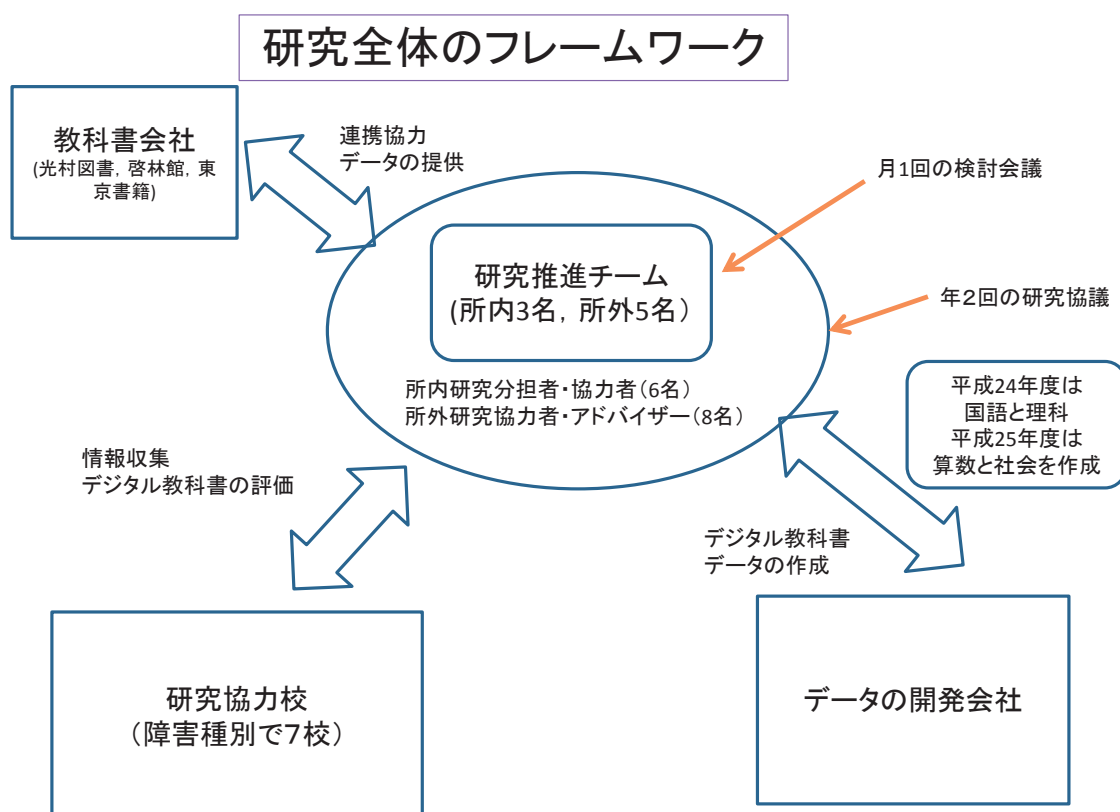


図1 研究全体のフレームワーク

また、研究の過程において以下のことを行った。

- ・ 関係する文献や Web 等の調査
- ・ 市販されているデジタル教科書や海外のソフトの調査
- ・ 海外の先進的な事例に関する調査
- ・ 国内の特別支援学校や小学校等に訪問しての聞き取り調査と研究協議会(平成 24 年度は調査校として、平成 25 年度は研究協力校として参画してもらった 7 校)
- ・ 研究協力者との研究協議会（平成 24 年度 2 回、平成 25 年度 2 回）
- ・ 関係する学会，セミナー等への参加と情報収集（ATAC カンファレンス，日本 LD 学会，日本特殊教育学会等）
- ・ 所内研究分担者での定例会議での検討
- ・ 技術的な知見を有する所外の研究推進チームの関係者との検討会議
- ・ デジタル教科書モデルの試作（国語，理科，社会，算数）

2. 本報告書の構成

本報告書の構成は，本研究の背景と目的について第Ⅰ章で示し，本研究の研究方法について第Ⅱ章で示し，試作したデジタル教科書のモデルについてその作成指針や具体的な内容については第Ⅲ章で記述し，研究協力者や研究協力校から受けた評価を第Ⅳ章に記述した。そして研究全体のまとめとして第Ⅴ章で考察を行った。

Ⅲ デジタル教科書のモデル設計とその試作

アクセシビリティを考慮したデジタル教科書の作成ガイドラインの改善と，より教育効果のあるデジタル教科書とは何かを模索するために，デジタル教科書のモデルの設計と試作を行う。モデルの設計では，教科書を主たる教材として意味づけているものは何か，教科書を形づくる基礎的な要素は何かを検討することによりデジタル教科書のモデル化を試みる。

本章では，デジタル教科書のモデル化における設計指針とモデル設計，さらに実装方式と制作フロー及び各教科のモデルの検討について述べる。

1. デジタル教科書のモデル化

（1）設計指針

デジタル教科書のモデル（以降，単にデジタル教科書という）の作成にあたっては，平成 23 年度に作成した「デジタル教科書ガイドライン」に則った，学習者用デジタル教科書の作成を目指すこととした。ただし学習者用デジタル教科書は，現段階では，国においてもまだ試作段階である。従って本研究で作成したデジタル教科書に関しては，

どのような課題があるかを明らかにし、さらに改良を加えられる「試作版」ととらえた。

また、作成するデジタル教科書の教科の選定にあたっては、すべての教科を網羅することよりも、各教科の課題となる事項を見つけることを主としたため限定された教科とした。

（２）モデルの設計

１）デジタル教科書を形作る要素とは何か

教科書を主たる教材として形作るためにはどのような要素が必要かを検討する。

現段階では、確定したデジタル教科書が無いため、既に発行されている「紙の教科書」を基に検討を進める。

教科書において、教科書を形づくる基礎的な要素は何かを考えると、それらの要素は、それぞれ論理的な関係によって構成され、脈絡として存在している。この脈絡によって構成された一つの意味を持つ実体を文脈（コンテキスト）という。本研究では、このコンテキストを、教科書を形づくる基礎的な要素と定義する。また、このコンテキストを利用者に提示するために、表示、再生及び実行するための手段についても考える必要がある。この手段を一つの入れ物として捉え、本研究では、この入れ物のことをコンテナと定義する。

次にどの教科書にも共通して含まれるコンテキストにはどのようなものがあり、そのコンテキストをどう編集(制御)し、何を考慮してコンテナに格納するのかを検討する。

教科書において、コンテキストと言えるのは、相手に意味を届ける役目をする「文章」、「図表」、「補助的な情報」である。ここでいう「文章」は、学習指導要領で定められている各教科の目標や大まかな内容に即した指導で使われる文章であり、説明文や公式、定義などとなる。キャラクターによる解説や学習ガイドは、「補助的な情報」に該当する。算数における数式や社会におけるグラフなど図画や写真、表やグラフで表されたものは「図表」に該当する。

一方、コンテナとは、データ形式（フォーマット）とデータ形式を表示するブラウザ（ビューア）、基本ソフトウェア（OS）と、ハードウェアからなる。コンテキストとコンテナの詳細を図２と図３に示す。

文章	目次, 単元名, 本文(問題文, 説明文, 解説文), 補助文(脚注, 吹き出し), 公式・定義・定理, 数式
図表	写真, 絵(イラスト, 挿絵), 表, 図, 図形, グラフ
補助的情報	強調(傍点, アンダーライン, 太字, 色), ルビ, マーク(ナビゲーションキャラクター, 問いかけの言葉)

図2 (紙の)教科書のコンテキストの詳細

データ形式 (フォーマット)	Txt, Flash, PDF, Word など (DAISY/EPUB3, HTML5 etc)
ブラウザ (ビューア)	Webブラウザ, Acrobat Reader, 電子書籍ビューアなど
OS	Windows, MacOS, Linux, iOS, Androidなど
ハード	パソコン, タブレットPC, スマートフォン, 電子書籍端末など

図3 デジタル教科書のコンテナの詳細

本研究での考え方が, 平成 23 年 2 月 4 日に文部科学省が発表した「デジタル教科書・教材, 情報端末WG 検討のまとめ (<http://jukugi.mext.go.jp/archive/468.pdf>)」の参考資料「21 世紀にふさわしい学びの環境 (例) について」とどのような対応関係になるかを検討する。上記の報告書ではデジタル教科書・教材は, 「コンテンツ・プログラム」, 「ビューア」, 「基本エンジン (基本機能)」からなると示されている。本研究で示すコンテキストは, この例のコンテンツ・プログラムに該当するわけだが, プログラムは表示や再生を制御する部分を含むことから, コンテナを含んでいるといえる。コンテキストをコンテナに実装 (格納) するためには, コンテキストをコンテナに合うように編集する必要がある。すなわち, 教科書は,



図4 教科書の構造

図4で示したように、コンテナがコンテキストを内包する構造となると考えられる。

紙の教科書の場合で見れば、紙というコンテナに入れるため、コンテキストを紙面上に表現できるように編集（構成）したものとみなせる。デジタル化された教科書で見れば、コンテキスト部分をコンテナに合わせてどう制御するかが重要になる。コンテナが、iPadのような携帯端末であれば、ロービジョンの児童や生徒には拡大や読み上げが可能になるようにコンテキストの編集を行い、上肢障害を持った児童生徒には、音声で認識できるように制御する方法もある。このようにコンテキストをコンテナに合わせて編集（制御）することが、デジタル教科書における重要な要因になっていることが分かる。もちろんコンテキストも、基本的には学習指導要領に基づいて制作されているはずなので、必要とするコンテキストと補助情報になるコンテキスト、教科書に無くても支障がないコンテキストの選別が重要となる。

2) コンテキストとコンテナとを結びつける編集（制御）

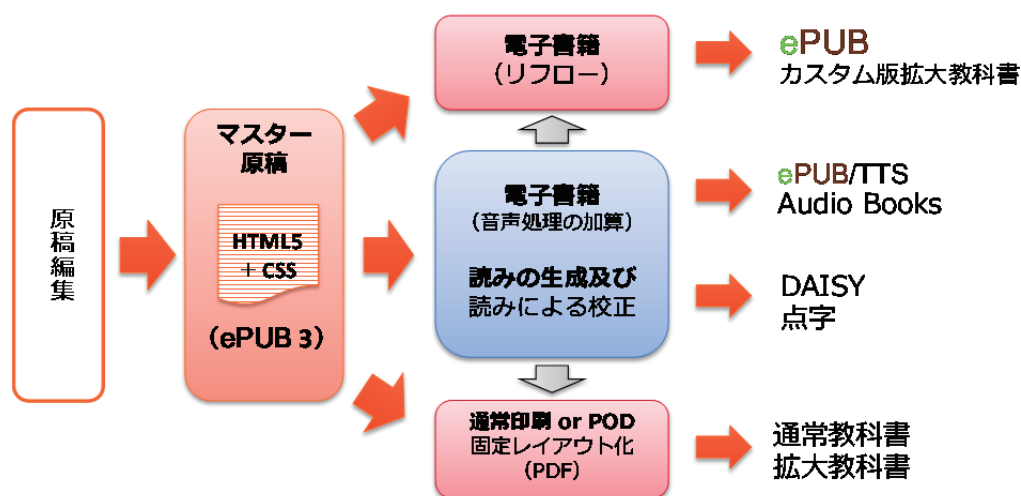
前節でコンテキストをコンテナに合わせて編集（制御）することが、デジタル教科書における重要な要因になっていることを簡単に説明した。編集（制御）にはどのような種類があるかについては、巻末の参考資料に視覚障害と読字障害を対象として例示した。検討に際して本研究では、コンテナ側の技術的な制御の検討ではなく、コンテキスト側の編集（制御）に着目する。これは、コンテナ側の技術的な制御は東京大学先端科学技術研究センターをはじめ、国立特別支援教育総合研究所においても多くの研究者が Assistive Technology（支援技術）として研究している。一方コンテキスト側をどのように編集（制御）するかについては、まだ研究段階といえる。

2. デジタル教科書の作成フローと実装

（1）デジタル教科書の作成フローについて

デジタル教科書の作成に関しては、業務効率の関係からできるだけ簡略化したフローに

すべきと考える。今後のデジタル教科書の利用環境を考えると「オープンフォーマットの採用」及び「誰でも利用できる環境の整備」が不可欠となる。デジタルファーストによる「ワンソース／マルチユース」を実現することにより、高品質なデジタル教科書を様々な利用環境で利用することができる。これらを実現するための基盤として、国際的な電子書籍に関する標準規格を策定している IDPF (International Digital Publishing Forum) で採用されている EPUB(HTML5)を標準的なフォーマットとして採用していくことにした (EPUB は、2013 年 2 月に ISO/IEC DTS-30135 を取得、2013 年 10 月に TS(Technical Specifications / 技術仕様書)に正式移行した。2016 年頃に IS(International Specifications / 国際標準)になる予定である。)。また最近では EPUB をベースとした EDUPUB がデジタル教科書のプラットフォームとして着目されている (IDPF は EPUB の教育分野での活用を目指して仕様策定を実施中である。A Workshop on Digital Publishing for Education (<http://idpf.org/edupub-2013>))。



また、“誰でも使えるデジタル教科書の実現”として障害者向けと健常者向けのデジタル教科書をバランスよく作成する必要がある。どちらか一方に偏って作成すると結局、後からそのバランスを解消するためにはあらためて対応を行わねばなくなり、初めからバランスよく作成した場合よりも多くの作成コストがかかる(図6)。もちろん健常者向けとはいえ、あまりにも機能を盛り込みすぎるとユーザビリティが悪くなる傾向があるため、デジタル教科書を作成する際は、“誰でも使えるのか”ということを念頭に

置いて作成するとよい。

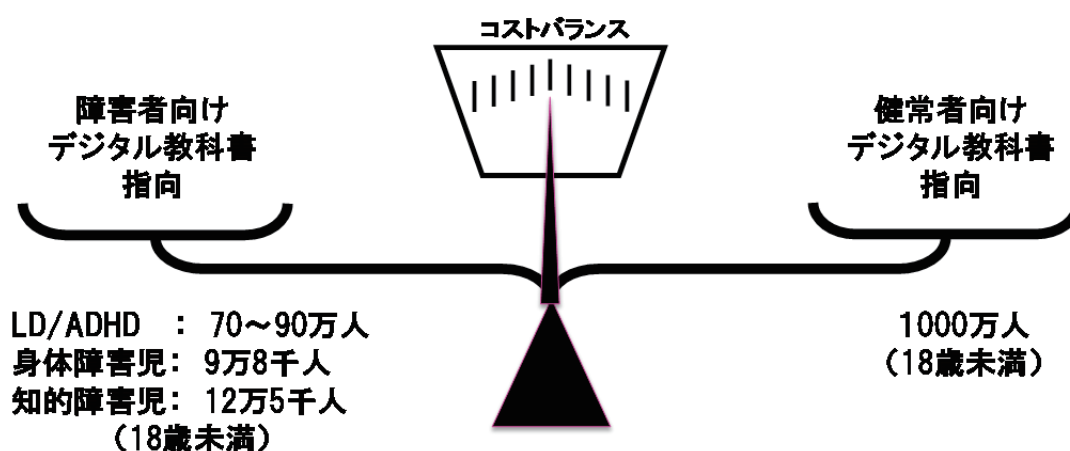


図6 誰でも使えるデジタル教科書の実現に向けて

(岡山 将也)

(2) デジタル教科書の実装について

1) 実装の方針

本研究においては小学校の国語科，理科，算数科，社会科について，オープンフォーマットである EPUB(HTML5)で作成することし，それぞれについてはデジタル教科書ガイドラインの次項の項目が課題として，検討する必要があるだろうと考えられた。検討事項のうち，21 ページの「デジタル教科書ガイドラインにおける各教科の検討事項」の表の中にある行頭が●となっている項目は，その教科で重点として考える項目である。ただし，前章で示したように，アクセシビリティをどのコンテナで実現するかといった整理や，現在の技術的な課題などもあり，すべての項目について検証は行えていない。

2) デジタル教科書ガイドラインにおける各教科の検討事項

21 ページ，22 ページ参照

3. 試作した教科書モデルについて

(1) 国語科のデジタル教科書モデルについて

1) 国語科のモデル作成における基本方針

小学校国語科においては「国語を適切に表現し正確に理解する能力を育成し、伝え合う力を高めるとともに、思考力や想像力及び言語感覚を養い、国語に対する関心を深め国語を尊重する態度を育てる。」ことが目標になっている。さらに各学年の目標は「話すこと・聞くこと」、「書くこと」、「読むこと」の3項目に関する目標を示している。

その一方で、国語科の教科書では、本文のほか、挿絵や新出漢字、単元に関連する図書の記述に加えて、他教科と同様に、説明文におけるグラフや図、さらには学習の方法などの説明や指示もあるが、今回の国語科のモデル作成においては、その内容として、欠くことのできない本文テキストに関する内容を重点的に検討することとした。

2) 国語科の教科書モデルとガイドラインの項目との関係

国語科では、上述したように、本文テキストに関して重点的に取り上げる項目として検討し、以下の項目を挙げた。

①本文テキストに関して

→特に、「見る」ことや「認知理解」に困難のある場合に必要

・文字の拡大 ・フォントの変更 ・行間の変更 ・文字色の変更 ・白黒反転

*関連するガイドライン項目： 1.知覚可能 1.4.2「白黒反転」、1.4.3「表示形式の変更」

②本文テキストの読み上げ(TTS)に関して

→特に、「読むこと」、「見る」ことや「認知理解」に困難のある場合に必要

・テキストの読み上げ ・読み上げ速度の変更 ・読み上げ部分のハイライト表示

*関連するガイドライン項目： 1.知覚可能 1.4.3「表示形式の変更」、1.4.4「音の調整や削除」、4.1.2「テキストデータの抽出」

③本文テキストへのルビ振りについて

→特に、「読むこと」、「見る」ことや「認知理解」に困難のある場合に必要

・総ルビの表示 ・ルビの非表示

*関連するガイドライン項目： 3.理解可能 3.1.2「ルビの表示」、1.知覚可能 1.4.3「表示形式の変更」

④単元の構成、デザインの統一

→特に、「読む」こと、「見る」こと、「注意する」ことや「認知理解」に困難のある場合に必要

*関連するガイドライン項目： 3.理解可能 3.4.1「操作方法やデザインの統一」

⑤誤操作時に、操作前に戻るための機能の追加

→特に、「注意する」ことや「認知理解」に困難のある場合に必要

*関連するガイドライン項目： 3.理解可能 3.5.1「修正機能」

⑥本文テキストのデータ抽出ができる

→特に、「読むこと」、「見る」ことや「認知理解」に困難のある場合に必要

*関連するガイドライン項目： 4. 互換性・堅牢性 4.1.2「テキストデータの抽出」

3) 実現した機能と残された課題

(ア) 実現した機能とそれに伴う課題

①本文テキストについて

文字サイズの変更やフォントの変更、文字色の変更は、ブラウザの機能によって実現し、このために文字の大きさに合わせて1つのページに表示される文字数を変更させるリフロー版のデータを作成した。また、白黒反転は、リーダーソフトの機能を利用して実現している。

②本文テキストの読み上げ（TTS）に関して

今回の試作では、脚注、タイトル、本文について、音声読み上げソフトウェアの話者を別にする工夫を行っている。読み上げの速度も自由に変更ができる。その一方で、朗読開始、停止等の操作は、操作時に現れるメニューで変更するため、より簡便な操作で利用できるようにすることが必要かもしれない。今回は合成音声を使用した。市販されている指導者用デジタル教科書は俳優などが朗読する場合もあるが、速度を変えたり、もちろん話者を変えたりすることができない。今回は合成音声の読み上げ機能を利用したことにより後から簡単に話者を変えるなどが行えるなどの利点であるが、情感のある読み上げや、固有名詞等の正確な読み上げのためのテキストデータの作成などは今後の課題と思われる。

③本文テキストへのルビ振りについて

試作版では、ルビは、教科書に従って表示している。ルビを表示するためのデータの作成は可能になっている。その一方で、実際にすべての漢字等にルビを振る場合に、画面上の情報の多さ等に起因する読みづらさの問題の解決や、選択的にルビを振る際の選択の基準やオプションの操作なども課題と思われる。

④単元の構成、デザインの統一

単元の構成については、今回は一単元のための試作のため特に統一はしなかった。しかしながら、デザインについては検討し、脚注の位置を文頭へ移動し、新出漢字の表示を行わない、言葉の説明を参照リンクとして本文に含むこと、あるいはマークやキャラクターの削除、簡略化を行い、情報量を減らし見やすくする工夫をした。ただし、これらの工夫が実際の指導場面で及ぼす効果の確認は今後の課題である。

⑤誤操作時に、操作前に戻るための機能の追加

試作版で独自の操作機能は追加していない。このため、リーダーソフトの機能の利用となった。選択や読み上げ箇所の指定、ページめくりなどは、操作前に戻らなくても、別の箇所を選択すること、ページのめくり直しが可能である。しかしながら④とも関連するが、

統一された誤操作への対応が可能なボタンなども必要であろう。

⑥本文テキストのデータ抽出ができる。

本文テキストは、画像ではなくテキストとして作成してあるので、容易に抽出できる仕様である。その一方で、抽出したテキストを編集し、別の教材で利用する必要があると思われることから、抽出したデータの変換や活用のためのツールの開発も必要であろう。

(イ) 残された課題

以下の点については、今回のモデルでは実現できていない。

- ・行間の変更については実現できていない。
- ・文字の大きさにより、1つのページや行に表示される文字数が変化するリフロー版では、音声データを付加することができず読み上げ機能が動作しない。
- ・単元の構成については、今回は一単元のための試作のため統一されたデザインの検討はできなかった。

その他、以下のような課題が残されている。

- ・学習する漢字（漢和辞典：筆順、運筆）、既に学習した漢字へのルビの付加をするかしないかのオプション
- ・単元ごとの特色ある内容への対応

また、参照情報の提示など、背景となる知識の提示は効果的であるが、国語科では、読書等の家庭での学習などを考えると、同機能がデジタル教科書以外での利用することも想定して、その場合どのような許可が必要となるかを考えなければならない。

物語の挿絵については、説明文を付加する場合に、本文の内容の理解に関わる可能性や、それぞれの読み手の印象に訴える意図の有無なども検討すべき課題である。

国語科では、教科の求める児童生徒の活動（読み、書き、聞くこと）と、その活動を代替することについて何を教えるかという視点で検討が必要と思われる。例えば、低学年以外でのテキストの分かち書き、児童生徒が探し出すべき重要な箇所の提示など、児童生徒の実態とそれに応じた適切な配慮が、身につけさせたい力ととらえるのか、合理的な配慮と考えるか検討することが必要である。

（棟方 哲弥，横尾 俊）

（２）理科のデジタル教科書モデルについて

１）理科の教科書モデル作成における基本方針

小学校理科においては、「自然に親しみ、見通しをもって観察、実験に取り組み、問題解決能力と自然を愛する心情を育てるとともに、自然の事物、現象についての実感を伴った理解を図り、科学的な見方や考え方を養う」ことが目標となっている。

このことから、教科書の構成や内容を検討すると、理科の教科書で重要な部分（他の教科と違う特色のある部分）は、図や写真、イラストが多いという点と考えた。特に理科では、この図や写真、イラストが、上記目標の「観察や実験」にあたる内容も多く、この部分をどう理解させるかが非常に重要であるといえる。

そこで、今回の理科のモデル作成においては、図、写真、イラスト、さらに発展として動画について重点的に検討することとした。

２）理科の教科書モデルとガイドラインの項目との関係

理科では、上述したように、図、写真、イラスト、動画に関して重点的に取り上げる項目として検討し、以下の項目を挙げた。

①写真、イラスト、図へのテキストの付加について

→特に、「見る」ことや「認知理解」に困難のある場合必要

- ・テキストの付加
- ・文字サイズの変更
- ・行間の変更
- ・フォントの変更
- ・文字色の変更

*関連するガイドライン項目：１.知覚可能 1.1.1「テキストの付加」

②付加テキストの音声読み上げ（TTS）について

→「見る」ことや「認知理解」に困難のある場合必要

- ・テキストの読み上げ

*関連するガイドライン項目：１.知覚可能 1.1.1「テキストの付加」

③レイアウトの変更について

→「見る」ことや「認知理解」に困難のある場合必要

- ・図表を拡大したときに、レイアウトが崩れず表示できる。

*関連するガイドライン項目：１.知覚可能 1.3.1「レイアウトの変更」

④カラーユニバーサルデザイン、白黒反転について

→「見る」ことに困難がある場合必要

- ・見やすい色
- ・白黒反転時に図が見にくくならない

*関連するガイドライン項目：１.知覚可能 1.4.1「カラーユニバーサルデザイン」、1.4.2「白黒反転」

⑤動画について

→「見る」ことや「認知理解」に困難がある場合必要

- ・字幕の付加
- ・要約した字幕の付加
- ・字幕の読み上げ
- ・光量の調整

*関連するガイドライン項目：1.知覚可能 1.2.1「代替コンテンツの提供」、1.4.3「表示形式の変更」

⑥単元の構成，デザインの統一

→「見る」ことや「認知理解」などに困難がある場合必要

*関連するガイドライン項目：3.理解可能 3.4.1「操作法作やデザインの統一」

⑦誤操作時に，操作前に戻るための機能の追加

*関連するガイドライン項目：3.理解可能 3.5.1「修正機能」

*関連するガイドライン項目：4.互換性・堅牢性 4.1.2「テキストデータの抽出」

3) 実現した機能と残された課題

(ア) 実現した機能とそれに伴う課題

①について

今回は，図内のテキストについて読み上げに対応するよう画像にテキストを埋め込むようにした。

実際には絵として処理されていたため，読み上げには対応していなかったが，テキストを埋め込むことによって読み上げに対応するようになった。

文字サイズの変更やフォントの変更，文字色の変更は，ブラウザの機能によって実現できるものもあったが，行間の変更については実現できていない。

②付加テキストの音声読み上げ（TTS）について

①に述べたように，付加したテキストを読ませることはできた。今回の試作では，一部の付加テキストに対応しただけであるため，内容に即して読み上げさせる図や写真の検討が必要であろう。

③レイアウトの変更について

今回の試作では，図の拡大については，図のみを取り出して拡大するような仕様にした。そのため，他のレイアウトが崩れることはなかった。一方で，ページ全体の拡大についてはリフロー版では文字が次ページにずれていき，固定版では枠外へはみ出してしまうため画面を動かして見なければならないという状況であった。

④カラーユニバーサルデザイン，白黒反転について

図に関しては，見やすい色に配慮して変更を行った。特に濃淡で表現されているものや，写真の上に文字があるものなどは，デザインを変えた。

白黒反転には，図は対応しないような配慮をし，見にくくならないようにした。

⑤単元の構成，デザインの統一

単元の構成については，今回は一単元のための試作のため特に統一はしなかった。

ただし，デザインについて検討し，例えば教師向けに書かれた「指導上の留意点」等の内容の削除や，マークやキャラクターの削除，簡略化を行い，情報量を減らし見やすくする工夫をした。

⑥本文テキストのデータ抽出ができる。

本文テキストは、テキストとして作成してあるので、容易に抽出できる仕様である。

(イ) 残された課題

以下の点については、今回のモデルでは実現できていない。

- ・テキストの行間の変更
- ・動画に関すること

特に理科については、現行の教科書の情報量が非常に多く、必要な情報の選択が難しいという一面もあるため、以下の点については特に重要と考えた。

「レイアウトの変更」「単元の構成、デザインの統一」については、そもそもこの単元で指導すべき内容（学習指導要領に基づいて）を押さえた上で、現在の教科書の内容を、「児童への指導に必要な部分」と「教師が指導する上で必要な部分」、またそれらに準じて「ヒント」「配慮点」のように使用する部分等に分析する必要があるのではないかと考えた。学習者用のデジタル教科書を、児童生徒がどのように使うかを想定しつつ、可能な限り、目標が分かりやすく、シンプルな構成にする必要があると考える。

また、動画や絵、イラストについても必要なものを付加できる構成にし、基本的な構成の上に、児童生徒の特性や地域の特性なども加味した上で、必要に応じて追加できるようにすべきであるとする。

また、「カラーユニバーサルデザイン」に関しては、誰もが見やすい色を検討すべきであり、その意味でも上記に述べたようなシンプルな構成は重要であろう。

(梅田 真理)

（３）算数のデジタル教科書モデルについて

1) 算数の教科書モデル作成における基本方針

小学校の算数科においては、「算数的活動を通して、数量や図形についての基礎的・基本的な知識及び技能を身に付け、日常の事象について見通しをもち筋道を立てて考え、表現する能力を育てるとともに、算数的活動の楽しさや数理的な処理の良さに気付き、進んで生活や学習に活用しようとする態度を育てる。」ことが目標となっている。

この目標を達成するために「A 数と計算」、「B 量と測定」、「C 図形」、「D 数量関係」の各内容を取り扱うことになっているが、算数科としての独自性が高く、かつ取り扱いの頻度が高いという点においては、「数式」と「図表」が特に重要な要素となっている。これらの要素を用いて数量の関係性を理解し、数理的な処理を行う中で、その楽しさを味わい、良さに気付き生活や学習に活用しようとする態度を育てることができると考えた。

そこで、今回の算数科の教科書モデルの試作においては、「数式」と「図表」を中心的な要素として据えながら、知覚、操作、理解すること等をどのように支援していくかという点について重点的な検討を加えることとした。また、現時点で実現が可能か不可能かの技術的な判断は行わず、機能として標準的に備わっていることが望ましい点について検討を加えることをモデル試作における基本方針とした。

2) 算数の教科書モデルとガイドラインの項目との関係

算数では、上述したように、「数式」と「図表」に関して重点的に取り上げる項目として検討し、以下の項目を挙げた。なお、ここでは、他の教科と同様に実現した機能を以下に示す。

①文章について

→「見る」ことや「認知理解」に困難のある場合必要

- ・文字サイズの変更
- ・行間の変更
- ・文字色の変更
- ・フォントの変更
- ・用語解説
- ・テキストの抽出

*関連するガイドライン項目：1.知覚可能 1.1.1 「テキストの付加」

②数式、図表へのテキストの付加について

→「見る」ことや「認知理解」に困難のある場合必要

- ・テキストの付加
- ・文字サイズの変更
- ・行間の変更
- ・文字色の変更
- ・フォントの変更
- ・丁寧な説明文を付加
- ・テキストの抽出

*関連するガイドライン項目：1.知覚可能 1.1.1 「テキストの付加」

③付加テキストの音声読み上げ（TTS）について

→「見る」ことや「認知理解」に困難のある場合必要

- ・テキストの読み上げ
- ・ハイライト表示
- ・速度調整
- ・巻き戻し
- ・先送り
- ・一時停止

*関連するガイドライン項目：1.知覚可能 1.1.1 「テキストの付加」

④レイアウトの変更について

→「見る」ことや「認知理解」に困難のある場合必要

- ・図表を拡大したときに、レイアウトが崩れず表示できる

*関連するガイドライン項目：1.知覚可能 1.3.1 「レイアウトの変更」

⑤カラーユニバーサルデザインについて

→「見る」ことに困難のある場合必要

- ・見やすい色
- ・図表の色の選択を可能にする

*関連するガイドライン項目：1.知覚可能 1.4.1 「カラーユニバーサルデザイン」

⑥白黒反転について

→「見る」ことに困難のある場合必要

- ・白黒反転時に図が見にくくならない

*関連するガイドライン項目：1.知覚可能 1.4.1 「白黒反転」

⑦取り組むべき順序性の表示について

→「見る」ことや「認知理解」に困難のある場合必要

- ・取り組む順番を番号で示す（ナビゲーション機能の追加）

*関連するガイドライン項目：1.知覚可能 1.4.3 「表示形式の変更」

⑧入力が多様性について

→「上肢の操作」に困難のある場合必要

- ・多様な入力方法（マウス、タッチパッド）が可能となる

*関連するガイドライン項目：2.操作可能 2.1.1 「入力が多様性」

⑨単元の構成、デザインの統一について

→「見る」ことや「認知理解」に困難のある場合必要

- ・単元構成を統一する
- ・デザインを統一する

*関連するガイドライン項目：3.理解可能 3.4.1 「操作法作やデザインの統一」

3) 実現した機能と残された課題

(ア) 実現した機能とそれに伴う課題

①文章について

今回の試作では、図表の説明において、表示されている文字以外の説明文も付加した。また、数式の読み上げができるようにテキストを付加することでテキストの抽出を実現した。なお、文字サイズの変更、文字色の変更、フォントの変更、用語の解説はブラウザの機能によって実現できたが、行間の変更は実現できていない。

②数式、図表へのテキストの付加について

①で述べたように、図の中の文字や数式を音声読み上げできるようにテキストを付加した。また、図表の解説や問題の補足的な説明をテキストとして付加した。

③付加テキストの音声読み上げ（TTS）について

上記の①，②で述べた内容はすべて音声読み上げできるようにした。また，ブラウザの機能によりテキストの読み上げ速度の調整，巻き戻し，先送り，一時停止，ハイライト表示を実現した。

④レイアウトの変更について

図表を拡大したときにレイアウトが崩れず表示できるようにした。

⑤カラーユニバーサルデザインについて

図については，色の配色を見やすいように図と地のコントラストに配慮して変更を行った。

⑥白黒反転について

白黒反転時に図が見えにくくならないようにした。

⑦取り組むべき順序性の表示について

文字のハイライトにより取り組むべき順序（現在取り組んでいる箇所）を示したが，これ以外に矢印等の特別な表示は行っていない。

⑧入力の一多様性について

情報端末と各種入力機器の間の接続は，USB 接続や Bluetooth 接続が可能であることから，マウスやタッチパッド等の入力機器の活用できるようにした。

⑨単元の構成，デザインの統一について

「見る」ことや「認知理解」などに困難がある児童生徒のために，それぞれ統一するようにした。

（イ）残された課題

上述した機能が実現されたことにより，知覚として「見ること」や「聞くこと」，操作としての「扱いやすさ」，認知理解としての「分かりやすさ」のそれぞれの可能性を広げることができた。なお，今回の試作した算数のデジタル教科書において，実現できなかった機能は以下の通りである。ガイドライン項目「1.知覚可能 1.1.1 テキストの付加」に該当する項目では，文章について，「行間の変更，文字色の変更，フォントの変更」，数式，図表へのテキストの付加について，「行間の変更，文字色の変更，フォントの変更，丁寧な説明文を付加，テキストの抽出」は実現できなかった機能である。ガイドライン項目「1.知覚可能 1.4.3 表示形式の変更」では，取り組むべき順序性の表示について，「取り組む順番を番号で示す（ナビゲーション機能の追加）」機能が実現できなかった。ガイドライン項目「2.操作可能 2.1.1 入力の一多様性」では，このようにいくつか実現できなかった機能はあるが，例えば，行間を変更することや図表の色の選択を可能にすることにより，知覚（見ること）の可能性を広げることができ，同時に認知理解面での分かりやすさを促すことが期待できる。さらに，文章や図表等が複雑に配置されている場合は，取り組む順序が番号や矢印等で適切に表示されることにより，認知理解としての「分かりやすさ」を一層

促すことができると考えられる。その他の機能についても、実現していくことで機能に対応する効果が期待できるであろう。これらの点については、作製に係るコスト（時間や経費等）との兼ね合いの中でコンテキストやコンテナをバージョンアップさせることにより実現可能であると考えられ、今後に残された課題である。

また、特殊な記号や分数など数式の表示については、今まで画像を貼り付けて扱っていたが、本研究では、EPUB との親和性を考え、MathML を利用して数式を表現した。なお、数式の音声読み上げのルールが統一されていないことから、複雑な数式を正しく読むことができないため、予め読み方を指定した音声のデータを作成し、そのデータを埋め込むことで、読み上げることにした。

数式の読み方については、日本語と英語では分数の読み上げ順番が違うなど、さまざまな課題が残っており、統一的な読み上げルールの策定が必要である。

（土井 幸輝，武富 博文）

（４）社会科のデジタル教科書モデルについて

1) 社会科の教科書モデル作成における基本方針

小学校社会科においては「社会生活についての理解を図り、我が国の国土と歴史に対する理解と愛情を育て、国際社会に生きる平和で民主的な国家・社会の形成者として必要な公民的資質の基礎を養う。」ことが目標になっている。さらに各学年の目標については、第3学年及び第4学年では自分たちの住んでいる地域社会（市や県）の学習を通して、第5学年では国民生活の舞台である国土の地理的環境とそこで営まれている産業に関する学習を通して、第6学年では我が国の歴史、政治及び国際理解に関する学習を通して、児童に育成する理解、態度、能力に関する目標が掲げられている。

一方、社会科の教科書の構成をみると、本文の他、地図やグラフ、写真や図表など様々な要素が含まれている。そして、特に上記の目標となっている地域社会（市や県）や国土の地理的環境の理解に関しては地図の読み取りが重要な役割を果たすと考えた。

このことから、今回の社会科のモデル作成においては、これらの要素の中から特に地図を取り上げるとともに、社会科の教科書で多く用いられている写真とグラフに関する内容を重点的に検討することとした。

2) 社会科の教科書モデルとガイドラインの項目との関係

社会科では、上述したように、地図情報に関して重点的に取り上げる項目として検討し、以下の観点で整理した。

①地図情報（地図の内容）の理解を促すために

→特に、「見る」ことや「認知理解」に困難のある場合に必要

- ・地図上の文字や記号の表示／非表示
- ・ルビの付加
- ・文字サイズの変更（拡大）
- ・文字、記号情報等の読み上げ

*関連するガイドライン項目： 1.知覚可能 1.1.1「テキストの付加」、 1.4.3「表示形式の変更」

②写真の内容の理解を促すために

→特に、「見る」ことや「理解する」ことに困難のある場合に必要

- ・写真の拡大表示
- ・写真の内容（内容の説明）の読み上げ

*関連するガイドライン項目： 1.知覚可能 1.1.1「テキストの付加」、 1.4.3「表示形式の変更」

③色の区別による地図情報やグラフの理解を促すために

→特に、「見る」ことに困難のある場合に必要

- ・区別しやすい色の組み合わせ
- ・色の変更

*関連するガイドライン項目： 1.知覚可能 1.4.1「カラーユニバーサルデザイン」

④教科書の構成の理解を促すために

→特に、「注意する」ことや「理解すること」に困難のある場合に必要

- ・教科書の構成の統一

例) 本文が中心に、付加情報は左右に、図表や写真等は上下に配置する等

- ・単元のデザインの統一

例) 各単元で用いられている記号やマークが理解しやすく、統一性が保たれている

＊関連するガイドライン項目： 3.理解可能 3.4.1「操作方法やデザインの統一」

⑤データ抽出による地図情報やグラフの理解を促すために

→特に、「見る」ことや「理解すること」に困難のある場合に必要

- ・地図情報，グラフ情報の抽出 (jpg, PDF)

＊関連するガイドライン項目： 4. 互換性・堅牢性 4.1.2「テキストデータの抽出」

3) 実現した機能と残された課題

(ア) 実現した機能とそれに伴う課題

①について

今回の試作では、地図上に付加された文字を含んだ図について、表示非表示が行えるように、地図の下側の欄外に表示させる文字等の表示・非表示の切り替えを行うためのボタンを設けた。これにより、地図だけ、付加情報1・付加情報2、全ての付加情報を表示の3通りの表示パターンで地図の読み取りを行いやすくした。

(イ) 残された課題

今回の試作では、作成期間が限られていたこともあり、上記の②から⑤については実現することができなかった。

これらのうち、④については全ての教科に共通するフォーマットに関わる課題であることから、今後の標準規格の策定時に解決される課題と言えるかもしれない。

また、⑤についても、デジタル教科書の基本的な在り方として **alternative text** という考え方をどれほど重要と考えるかによって実現の成否が分かれる課題であると言える。

②、③については現状においても技術的には作成することが可能な内容であると考えられることから、作成期間が担保されることにより実現できると考える。

(田中 良広)

4. デジタル教科書ガイドラインにおける各教科の検討事項

1. 原則 1：知識習得	原 則	国語	算数	理科	社会
1.1 絵や写真などには代読テキストを付加することによって、拡大印刷、点字、音声、シンボル、平易な言葉などのような、児童生徒が必要とする形式に換えることができるようにする。	◎1.1.1「 テキストの付加 」 ・どの写真、図表、画像、動画にもテキストが付加されている。 ・付加したテキストは、文字サイズやフォント、行間の変更ができる。 ・付加されたテキストは音声読み上げができる。 ●付加されたテキストは音声読み上げができる。 ●地図上の地名等は文字サイズを変更できる。 ●地図上の地名等の文字情報（郵便番号、住所）の表示、非表示の選択ができる。 ●地図上の地名等の文字情報（郵便番号、住所）の表示、非表示の選択ができる。	・写真やイラスト、図などにテキストが付加されている。 ・付加したテキストは、文字サイズやフォント、行間の変更ができる。 ●付加されたテキストは音声読み上げができる。 ●地図上の地名等は文字サイズを変更できる。 ●地図上の地名等の文字情報（郵便番号、住所）の表示、非表示の選択ができる。 ●地図上の地名等の文字情報（郵便番号、住所）の表示、非表示の選択ができる。	・写真やイラスト、図などにテキストが付加されている。 ・付加したテキストは、文字サイズやフォント、行間の変更ができる。 ●付加されたテキストは音声読み上げができる。 ●地図上の地名等は文字サイズを変更できる。 ●地図上の地名等の文字情報（郵便番号、住所）の表示、非表示の選択ができる。 ●地図上の地名等の文字情報（郵便番号、住所）の表示、非表示の選択ができる。	・写真やイラスト、図などにテキストが付加されている。 ・付加したテキストは、文字サイズやフォント、行間の変更ができる。 ●付加されたテキストは音声読み上げができる。 ●地図上の地名等は文字サイズを変更できる。 ●地図上の地名等の文字情報（郵便番号、住所）の表示、非表示の選択ができる。 ●地図上の地名等の文字情報（郵便番号、住所）の表示、非表示の選択ができる。	・写真やイラスト、図などにテキストが付加されている。 ・付加したテキストは、文字サイズやフォント、行間の変更ができる。 ●付加されたテキストは音声読み上げができる。 ●地図上の地名等は文字サイズを変更できる。 ●地図上の地名等の文字情報（郵便番号、住所）の表示、非表示の選択ができる。 ●地図上の地名等の文字情報（郵便番号、住所）の表示、非表示の選択ができる。
1.2 動画などの時間の経過に伴って変化するメディアには字幕などの代替コンテンツを提供する。	◎1.2.1「 代替コンテンツの提供 」 ・デジタル教科書で再生する動画は字幕などの代替コンテンツが提供され、動画の内容を別の媒体で理解可能にする。	・動画がある場合は、字幕の付加やその読み上げができる。また、動画の長さによっては、全体の要約が付加される。	・動画がある場合は、字幕の付加やその読み上げができる。また、動画の長さによっては、全体の要約が付加される。	・動画がある場合は、字幕の付加やその読み上げができる。また、動画の長さによっては、全体の要約が付加される。	・動画がある場合は、字幕の付加やその読み上げができる。また、動画の長さによっては、全体の要約が付加される。
1.3 教科書の内容や構成を調べるようにし、大きく、さまざまな方法（例えば、よりシンボルなレイアウト）で提供できるように、教科書を制作する。	◎1.3.1「 レイアウトの変更 」 ・デジタル教科書のレイアウトは、内容を損なわず、かつ児童生徒が理解しやすいように配置を変更する事ができるようにしている。	・レイアウトが変更（図の並び替えなど）できる。 ●図表などを拡大した場合にレイアウトがずれるに配慮することがある。 ●挿絵だけ表示できる。	・レイアウトが変更（図の並び替えなど）できる。 ●図表などを拡大した場合にレイアウトがずれるに配慮することがある。 ●挿絵だけ表示できる。	・レイアウトが変更（図の並び替えなど）できる。 ●図表などを拡大した場合にレイアウトがずれるに配慮することがある。 ●挿絵だけ表示できる。	・レイアウトが変更（図の並び替えなど）できる。 ●図表などを拡大した場合にレイアウトがずれるに配慮することがある。 ●挿絵だけ表示できる。
1.4 児童生徒が、教科書を調べるようにしたり、聞きやすいたりすること、これには、前掲と背景を区別することも含む。	◎1.4.1「 カラーユニバーサルデザイン 」 ・デジタル教科書に使用している文字について、色覚障害のある児童生徒が読み取りやすいように、色を調整する。また、横にスクロールしなくても全体が見渡せるよう表示されている。	・図表のカラーユニバーサルデザイン、白黒反転への対応ができる。 ●白黒反転した際に、図表の色の違いが分かる。	・図表のカラーユニバーサルデザイン、白黒反転への対応ができる。 ●白黒反転した際に、図表の色の違いが分かる。	・図表のカラーユニバーサルデザイン、白黒反転への対応ができる。 ●白黒反転した際に、図表の色の違いが分かる。	・図表のカラーユニバーサルデザイン、白黒反転への対応ができる。 ●白黒反転した際に、図表の色の違いが分かる。
1.5 教科書の表示形式が読やすいように行間を広げたり、ハイライト表示をしたり、フォントを変えたり、色を変えたり、文字を拡大するなどの調整を可能にする。また、横にスクロールしなくても全体が見渡せるよう表示されている。	◎1.4.3「 表示形式の変更 」 ・デジタル教科書の表示形式が読やすいように行間を広げたり、ハイライト表示をしたり、フォントを変えたり、色を変えたり、文字を拡大するなどの調整を可能にする。また、横にスクロールしなくても全体が見渡せるよう表示されている。	・デジタル教科書のテキストに関して文字が拡大できたりフォントの変更、色の変更が可能である。また、行間などを調整することができる。（実現方法がブラウザなどのコンテナで行われる場合にはそれらに対応したデータ形式になっていること。） ●レイアウトの変更（図の並び替えなど）できる。 ●図表などを拡大した場合にレイアウトがずれるに配慮することがある。 ●挿絵だけ表示できる。	・デジタル教科書のテキストに関して文字が拡大できたりフォントの変更、色の変更が可能である。また、行間などを調整することができる。（実現方法がブラウザなどのコンテナで行われる場合にはそれらに対応したデータ形式になっていること。） ●レイアウトの変更（図の並び替えなど）できる。 ●図表などを拡大した場合にレイアウトがずれるに配慮することがある。 ●挿絵だけ表示できる。	・デジタル教科書のテキストに関して文字が拡大できたりフォントの変更、色の変更が可能である。また、行間などを調整することができる。（実現方法がブラウザなどのコンテナで行われる場合にはそれらに対応したデータ形式になっていること。） ●レイアウトの変更（図の並び替えなど）できる。 ●図表などを拡大した場合にレイアウトがずれるに配慮することがある。 ●挿絵だけ表示できる。	・デジタル教科書のテキストに関して文字が拡大できたりフォントの変更、色の変更が可能である。また、行間などを調整することができる。（実現方法がブラウザなどのコンテナで行われる場合にはそれらに対応したデータ形式になっていること。） ●レイアウトの変更（図の並び替えなど）できる。 ●図表などを拡大した場合にレイアウトがずれるに配慮することがある。 ●挿絵だけ表示できる。
1.6 教科書の表示形式が読やすいように行間を広げたり、ハイライト表示をしたり、フォントを変えたり、色を変えたり、文字を拡大するなどの調整を可能にする。また、横にスクロールしなくても全体が見渡せるよう表示されている。	◎1.4.4「 音の調整や削除 」 ・デジタル教科書に使用されている音声や音楽については、聞く事に困難のある児童生徒が聞き取りやすいように、音の大きさの調整や、音の遅延を調整するなどの調整を可能にする。また、横にスクロールしなくても全体が見渡せるよう表示されている。	・読み上げのピッチが変更できる。 ・動画が付加される場合には、背景音の削除ができる。 ●地の文と会話文が分かれ、読み上げがされいている（これは、音読み上げとエンタメの場合、朗読のデータの場合は、問題とならない。）	・読み上げのピッチが変更できる。 ・動画が付加される場合には、背景音の削除ができる。 ●地の文と会話文が分かれ、読み上げがされいている（これは、音読み上げとエンタメの場合、朗読のデータの場合は、問題とならない。）	・読み上げのピッチが変更できる。 ・動画が付加される場合には、背景音の削除ができる。 ●地の文と会話文が分かれ、読み上げがされいている（これは、音読み上げとエンタメの場合、朗読のデータの場合は、問題とならない。）	・読み上げのピッチが変更できる。 ・動画が付加される場合には、背景音の削除ができる。 ●地の文と会話文が分かれ、読み上げがされいている（これは、音読み上げとエンタメの場合、朗読のデータの場合は、問題とならない。）
2. 原則 2：操作可能	2.1 キーボードインターフェース、マウス、タッチペンなど多様な入力方法が用意されている。	◎2.1.1「 入力の多様性 」 ・すべての操作が一つの入力機器（マウス、キーボード、タッチペン）で可能である。また、多様な入力方法が可能なように、表示されている部分の位置情報（マウス、キーボード、タッチペン）で操作可能である。	◎2.1.1「 入力の多様性 」 ・すべての操作が一つの入力機器（マウス、キーボード、タッチペン）で可能である。また、多様な入力方法が可能なように、表示されている部分の位置情報（マウス、キーボード、タッチペン）で操作可能である。	◎2.1.1「 入力の多様性 」 ・すべての操作が一つの入力機器（マウス、キーボード、タッチペン）で可能である。また、多様な入力方法が可能なように、表示されている部分の位置情報（マウス、キーボード、タッチペン）で操作可能である。	◎2.1.1「 入力の多様性 」 ・すべての操作が一つの入力機器（マウス、キーボード、タッチペン）で可能である。また、多様な入力方法が可能なように、表示されている部分の位置情報（マウス、キーボード、タッチペン）で操作可能である。
2.2 児童生徒がデジタル教科書を調べるようにしたり、聞きやすいたりすること、これには、前掲と背景を区別することも含む。	◎2.2.1「 操作の多様性 」 ・児童生徒がデジタル教科書を調べるようにしたり、聞きやすいたりすること、これには、前掲と背景を区別することも含む。	・読み上げのピッチが変更できる。 ・動画が付加される場合には、背景音の削除ができる。 ●地の文と会話文が分かれ、読み上げがされいている（これは、音読み上げとエンタメの場合、朗読のデータの場合は、問題とならない。）	・読み上げのピッチが変更できる。 ・動画が付加される場合には、背景音の削除ができる。 ●地の文と会話文が分かれ、読み上げがされいている（これは、音読み上げとエンタメの場合、朗読のデータの場合は、問題とならない。）	・読み上げのピッチが変更できる。 ・動画が付加される場合には、背景音の削除ができる。 ●地の文と会話文が分かれ、読み上げがされいている（これは、音読み上げとエンタメの場合、朗読のデータの場合は、問題とならない。）	・読み上げのピッチが変更できる。 ・動画が付加される場合には、背景音の削除ができる。 ●地の文と会話文が分かれ、読み上げがされいている（これは、音読み上げとエンタメの場合、朗読のデータの場合は、問題とならない。）
2.3 児童生徒がデジタル教科書を調べるようにしたり、聞きやすいたりすること、これには、前掲と背景を区別することも含む。	◎2.3.1「 現在位置の確認 」 ・児童生徒がデジタル教科書を調べるようにしたり、聞きやすいたりすること、これには、前掲と背景を区別することも含む。	・読み上げのピッチが変更できる。 ・動画が付加される場合には、背景音の削除ができる。 ●地の文と会話文が分かれ、読み上げがされいている（これは、音読み上げとエンタメの場合、朗読のデータの場合は、問題とならない。）	・読み上げのピッチが変更できる。 ・動画が付加される場合には、背景音の削除ができる。 ●地の文と会話文が分かれ、読み上げがされいている（これは、音読み上げとエンタメの場合、朗読のデータの場合は、問題とならない。）	・読み上げのピッチが変更できる。 ・動画が付加される場合には、背景音の削除ができる。 ●地の文と会話文が分かれ、読み上げがされいている（これは、音読み上げとエンタメの場合、朗読のデータの場合は、問題とならない。）	・読み上げのピッチが変更できる。 ・動画が付加される場合には、背景音の削除ができる。 ●地の文と会話文が分かれ、読み上げがされいている（これは、音読み上げとエンタメの場合、朗読のデータの場合は、問題とならない。）

4. デジタル教科書ガイドラインにおける各教科の検討事項

原則 3：理解可能				
3.	原典 3：理解可能	国語	算数	理科
3.1	テキストのコンテンツを読みやすく理解可能にする。	・用語の解説ができることがのぞましい。 ・用語の説明ができることがのぞましい。 ・数式やグラフ、図表などに内容が分かるテキストが追加されていることがのぞましい。	・用語の解説ができることがのぞましい。	・用語の解説ができることがのぞましい。
3.2	背景となる知識を提供または活性化するオプションを提供する。	●ルビを表示したり非表示にできる。(※現方法がブラウザなどのコンテナで行われる場合にはそれらに対応したデータ形式になっていること。) ●同意用辞書は、分かりやすい用語や標記が用いられている。	●ルビを表示したり非表示にできる。(※現方法がブラウザなどのコンテナで行われる場合にはそれらに対応したデータ形式になっていること。)	●ルビを表示したり非表示にできる。(※現方法がブラウザなどのコンテナで行われる場合にはそれらに対応したデータ形式になっていること。)
3.3	重要事項、全体像、関係を目立たせるオプションを提供する。	・辞書機能や新出語句が吹き出しで表示されること。のぞましい。 ・語句の説明に図や動画が使われていること。のぞましい。	・既習事項(学年、単元等)の提示ができるようになることがのぞましい。	・地図上の地名等の検索を補助する機能があることがのぞましい。 (例：索引から該当の地図の地名上へジャンプする、地名を入力できる検索ウィンドウを設ける等)
3.4	デジタル教科書の表示や動作が理解しやすいように一貫した識別性をもたせるなど予測可能にする。	・主語や述語、目的語などを色分けして表示できることがのぞましい。	・重点項目を色分けして表示できることがのぞましい。	・重点項目を色分けして表示できることがのぞましい。
3.5	児童生徒が間違えないようにしたり、間違いを修正したりするのを助ける。	・単元の構成やデザインが統一されている。 ・操作について手がかりとなるアイコンやマークがある。	・単元の構成やデザインは統一されている。	・単元の構成やデザインは統一されている。
4.	原則 4：互換性・堅牢性	●デジタル教科書がさまざまな媒体で利用できる。	●デジタル教科書がさまざまな媒体で利用できる。	●デジタル教科書がさまざまな媒体で利用できる。
4.1	画面拡大や入力装置などとの支援技術が利用できるようになっており、その方法について将来的に大きく変更されない。	●本文テキストについては、データの抽出ができる。 ●二等が正しく読み上げられるようにテキストデータが抽出できる。	●本文テキストについては、データの抽出ができる。 ●二等が正しく読み上げられるようにテキストデータが抽出できる。	●本文テキストについては、データの抽出ができる。(他の教科と同じ) ●地図データが抽出できる。

Ⅳ デジタル教科書ガイドラインの検証と評価

1. 研究協力校へのヒアリング調査及び研究協議会で出された意見から

(1) 研究協力校へのヒアリング調査

7校の研究協力校へは、試作が完成した段階で平成24年度2回、平成25年度2回訪問し、試作したデジタル教科書について、ガイドラインに沿って意見を聴取した。以下の観点で7校からの意見を整理した。

①それぞれの教科を指導する上で、大切にしたい点

- ・生活活動（例：買い物）につながる指導が中心であるので、ICT/ATを使う際にも、学習の狙いをしっかり理解できるように工夫することが大事である。（知的）
- ・自立に向けて、学びの意味や楽しさに気付けるような指導を心掛けている。（肢体）
- ・教師用デジタル教科書がない時にも、模造紙に書いたり、拡大コピーを使って本文を提示したりしており、みんなで共通した教材を見ながら授業するということが大切にしてきた。（聴覚）
- ・実際に体験することが少ないので、データや動画などを活用し児童生徒が見聞したり実感したりできるように工夫している。この点では、デジタル教科書は活用できる可能性が大きいと期待している。また、書く、数えるなど手を使った作業も多く取り入れている。（病弱）
- ・いつでも機器があればよいというわけではなく、使い方が重要である。使用することで児童生徒が集中しやすくなる、考えやすくなる等の効果がある場合に使うことが大切。（発達）
- ・現行の教科書と同じである必要はない。シンプルな内容でよい。（発達）

②デジタル教科書の実際の使用に関する課題

- ・單元ごとに提示できたり、一括して設定できたりと、教師が調整できるとよい。（聴覚）（肢体）（知的）（発達）
- ・操作方法が統一されており、必要に応じて操作が省略できるようなこと（ショートカットキーのように）も必要。（肢体）
- ・ページ送り、索引機能、しおり機能等が必要。（肢体）
- ・導入部分で関心を高めるような動画が入っていたり、生活に密接する単元が抽出できたりするようになっていないとよい。（知的）
- ・書き込みや書いたテキストの貼り付けができるとよい。（肢体）（病弱）
- ・読み上げ速度の調整（聴覚）

- ・辞書機能は自習用としての方が有効である。(聴覚)(発達)
- ・脚注等の説明用の動画があるとよい。(聴覚)
- ・書き込んだ内容を電子黒板で発表できると、児童生徒同士の学び合いができてよい。(聴覚)
- ・書き込むなどの作業ができることが大切。(視覚)(肢体)
- ・必要に応じて拡大できることが大切。(視覚)(発達)
- ・ヒントなどの表示、非表示ができるとよい。(視覚)(発達)
- ・そもそも単純な構成になっていることが大切。(視覚)(発達)
- ・インターフェイスが選べるとよい。(病弱)
- ・汎用性の高いOSで操作できるものにして欲しい。(病弱)
- ・児童生徒が必要なデータを選べるとよい。(発達)
- ・児童生徒が自分の進度に合わせて選べるよう、発展教材があるとよい。(肢体)

③デジタル教科書に最低限欲しい機能

- ・動画の速度調節：関連するガイドライン項目（以下省略） 2.操作可能 2.2.1 「進行速度等の調整」(知的)(発達)
- ・図表などの「表示・非表示」機能：1.知覚可能 1.3.1 「レイアウトの変更」(知的)(発達)
- ・重要箇所の文字の強調：1.知覚可能 1.4.3 「表示形式の変更」， 3.理解可能 3.3.3 「重要事項等の表示の変更」(聴覚)(知的)(発達)
- ・ルビの表示・非表示機能：3.理解可能 3.1.2 「ルビの表示」(聴覚)(知的)(発達)
- ・辞書機能：3.理解可能 3.1.1 「用語の解説」， 3.理解可能 3.2.1 「参照情報の提示」(知的)(発達)
- ・既存のインターフェイス（キーボード、マウス等）の活用：2.操作可能 2.1.1 「入力のも多様性」(肢体)(視覚)
- ・動画への字幕の付加：1.知覚可能 1.2.1 代替コンテンツの提供(聴覚)(発達)
- ・デザインの統一、修正機能：3.理解可能 3.4.1 「操作方法やデザインの統一」， 3.5.1 「修正機能」(聴覚)(肢体)(肢体)
- ・本文テキストの抽出：4.堅牢性・互換性 4.1.2 「本文テキストの抽出」(聴覚)(視覚)(発達)
- ・テキストの読み上げ，読み上げ速度の調節，読み上げ部分のハイライト表示：1.知覚可能 1.4.3 「表示形式の変更」， 1.4.4 「音の調整や削除」， 4.1.2 「テキストデータの抽出」(視覚)(肢体)(発達)
- ・行間の変更：1.知覚可能 1.4.3 「表示形式の変更」(肢体)(発達)
- ・図や写真，文字サイズの変更：1.知覚可能 1.4.3 「表示形式の変更」(視覚)(肢体)(病弱)(発達)

- ・色の調節：1.知覚可能 1.4.1「カラーユニバーサルデザイン」（視覚）（発達）
- ・入力の多様性：2.操作可能 2.1.1「入力の多様性」（肢体）（病弱）（発達）
- ・書き込みの機能：【ガイドラインにはないが、必要との意見があった】（肢体）（病弱）

④その他

- ・メモ機能があるとよい。（知的）
- ・授業中は話し合い活動等も重要となるので、デジタル教科書の内容はシンプルでよい。（聴覚）
- ・指導者用デジタル教科書と学習者用デジタル教科書は、コンセプトが違ってよい。学習者用は、自宅学習でも活用する前提が必要である。（肢体）（発達）

（２）研究協議会で出された意見から

10月28日に研究所を会場に行った研究協議会は、研究協力校の教員が参加して、デジタル教科書の試作を体験した後、求める機能等について協議を行った。各教科や教科全般についての意見を整理した。

（日時）平成25年10月28日（月）13:00～16:00

（場所）国立特別支援教育総合研究所 情報センター棟3F Web 会議室

（参加者）国立特別支援教育総合研究所 研究分担者等 9名

所外出席者（研究協力者、オブザーバー） 11名

①国語

- ・国語は、段落はそのまま残して、順番を変えたり、並び替えて分かりやすくしたりというように、自由にできるとよい。（知的）
- ・フォントとか文字の大きさよりも、読みの速さに関しては、一番大きい要因は行間の幅という調査結果も出た。行間を広げる機能は必要である。（肢体）
- ・用語の解説やルビ、あとは参照情報の提示は、国語や社会であるとよい機能。予習復習のときも役立つ。ただし、辞書機能は児童生徒用の辞書でなくてはならない。（聴覚）

②理科

- ・図や写真などの読み上げ機能については、今読んでいる部分が明示されるような仕組みが必要。（聴覚）（発達）

③算数

- ・教科書を使うのは最後の練習問題をやるときだけなので、デジタル教材と考え、教材の文だけあるいは図だけなどという活用も考えられる。また、個々の進度に沿って習熟の練習ができる、必要な問題のみ提示する等の活用もできる。（発達）

④社会

- ・一番課題になっているのは、地図とか図表で、図と字の区別がつかない児童生徒が多い。
そのあたりは見やすくできるとよい。(肢体)
- ・地図の拡大、地図に関係ある情報が動画や写真で提示されれば理解の助けになる。(聴覚)

⑤教科全般に関して

- ・基本は読み上げができればよいと思う。拡大も大きくしすぎると見にくい部分もあるので、何段階かに決めてもいいかもしれない。写真や図表は自分に合った大きさに拡大できるとよい。(発達)
- ・必要最小限の読み上げと、あと色の調整が最低限のレベルとしてあって、後はそこからいろんなオプションを付けていけるようにしておくとうい。(知的)
- ・操作の問題は大きく、マウスやキーボード以外にもタッチで反応するようなことも検討が必要。(肢体)
- ・既存のインターフェースで使えることが必要。(病弱)
- ・書き込み機能については、ノートテイクも含めて全部 PC 上でやっているの、切り取りや貼り付けが自由にできる必要がある。(病弱)

(3) 意見のまとめ

ヒアリング調査や研究協議会で出た意見を振り返ると、教科の指導で大切にしたい点については、障害種というよりは教科によってねらいが異なるため、それに応じてポイントが絞られていた。

また、デジタル教科書については、「使用に関する課題」と「最低限欲しい機能」は重なる部分が多かった。項目としては、読み上げ機能やその速度調節、行間の拡大、字体の変更、図表等の拡大などの表示形式の変更、動画の速度調節や字幕の付加、ルビ振りや辞書機能の追加、などが挙がっていたが、本研究で試作に関する項目として挙げた内容とほぼ同じであった。

しかし、これらの項目に関しては、「いつも使うのではなく、内容によって使い分けられることが必要」との意見が多く、表示・非表示の機能や教師による一括操作の機能が求められている。

さらに、複数の障害種から必要とされている機能、障害特有の課題に応じた機能が明らかになり、特に発達障害は他障害とオーバーラップする部分が多いことも分かった。また、「シンプルな構成」が重要であることは、全ての障害種に共通した意見であった。

これらの意見を参考にし、児童生徒のニーズに応じたガイドラインとなるよう、修正を含めた検討を行いたいと考える。

(梅田 真理)

2. 研究協議会及び研究推進会議における研究協力者から

デジタル教科書の試作に基づくガイドラインの検証に関して、主に研究協議会において所外研究協力者から広範な意見やデジタル教科書の作成に係る提言が寄せられた。

本項ではそれらについて幾つかのカテゴリーに分類して整理した。

(1) ガイドラインに含めてほしい機能

ガイドラインには様々な機能が示されているが、どの教科にも共通して必要な機能としては任意の場所（例えば、第3章の4段落目のように）へ移動できる機能と、ルビの表示・非表示を切り替える機能は必須であると考ええる。

また、技術の進歩により将来的にはテキストばかりではなく、図表を読み上げる機能を付加することが可能となるのではないかと考える。

(2) ガイドラインの全般的な内容について

ガイドラインの内容が複雑化してきている。ガイドラインに盛り込まれている項目の全てを実現することは不可能であると考えられることから、現時点において教科書発行者が実現可能な最小限の機能を盛り込み、そこから少しずつ実現可能な機能を増やしていきブラッシュアップするという方法が現実的である。

その際、障害種別、教科ごとの共通項目を絞り込み、それを実現可能な最小限の機能とする手続きが妥当と言えるかもしれない。

(3) ガイドラインの位置づけと標準化について

教科書発行者が実際にデジタル教科書の作成を行う際に、このガイドラインの機能を取り入れることを前提に考えて作成するのであれば、あらかじめアクセシビリティの機能が備わるので、1回の作成作業で完結するが、もしも、そのことが配慮されないとすれば、作成したデジタル教科書を改めて見直すことが必要となり、労力とコストが無駄になってしまう。今後は、デジタル教科書や教材についてその作成する際にアクセシビリティ機能を盛り込んだ標準的な規格が作成されることが望まれる。

(4) ガイドラインの有効な活用方法について

このガイドラインを教科書発行者に理解してもらい、障害のある児童生徒に必要な機能を盛り込んでもらうためには、シンプルなチェックリストの様式になっていた方が理解されやすいのではないかと考える。どのような仕組みで実現可能とするかは別として、チェックリストに盛り込まれている内容がどの程度実現されているかの目安があることで、作成したデジタル教科書のアクセシビリティが評価できることになる。

（５）デジタル教科書の概念について

そもそもデジタル教科書とはどのような内容であるのか、あるいはどのような場面で活用されるかについての考え方を整理しておく必要がある。

例えば、授業中の学習の手段として用いるのか、家庭学習等において自習用として活用するのかによって、備えるべき内容や機能が自ずと変わってくることになる。いわゆる何でも作り込んでしまうという考え方は物事を複雑にするだけである。

そのような視点に立てば、①デジタルではない教材として扱う内容、②教師が指導の一環として扱う内容、③デジタル教科書のコンテンツとして扱う内容（デジタル教材ならではの内容）を整理して、その中から③として抽出された内容が、デジタル教科書として各教科に共通する内容と考えることができるかもしれない。

（６）デジタル教科書を開発する環境整備について

実際にデジタル教科書を作成する際には、作成にかかる期間を考慮する必要がある。それを踏まえると、作成の前提としてデジタル教科書の元となるデジタルデータのやり取りを行う仕組み作りを行う必要がある。現状において拡大教科書を作成するために３ヶ月の期間を要していることを考えると、デジタル教科書の作成にはより多くの期間を要することになる。

また、社会科の地図のように元のデータが非常に複雑で大量である場合、それを元にしてデジタル教科書用の地図を作り上げていくためには非常に労力と時間を必要とする。

したがって、元になるデータに関しても、紙の教科書にもデジタル教科書にも使える形でデータを作り込んでおく必要がある。比較的小規模な教科書発行者の負担を考えると、全社が統一の規格を作成して対応することが望ましいと考える。

あるいは、先行して作成した教科書発行者にライセンスを渡すことにより、結果としてデジタル教科書を作成する全社が同じソフトウェアで作成することになり、先行投資が無駄になることがなくて済むという考え方もあるかもしれない。

（７）教員研修について

中野らの研究では高等部の生徒に携帯端末（iPad）を使用させているが、指導する教員がアクセシビリティの設定等を熟知しておらず、一人一人に生徒の見え方に応じた設定をすることができないということがある。

このような現状を考えた場合、デジタル教科書の導入に際しては、それを使って授業を行う教員の資質やコンピュタリテラシーが重要な要素となると考えられる。

したがって、ハードウェアを含めた体制の整備の一環として教員研修を充分に行うことにより、円滑な活用が図られるものとする。

（田中 良広）

V 考察

1. 学習者用デジタル教科書の定義

文部科学省が出した「教育の情報化ビジョン」では「学習者用デジタル教科書」を「主に子どもたちが個々の情報端末で学習するためのデジタル教科書」と定義している。そしてその機能として、「単に紙媒体の教科書の内容がそのまま表されるだけではなく、例えば、現在の指導者用デジタル教科書が有する音声の再生、動画、拡大等の機能に加え、インターネットの活用、教員と子どもたち又は子どもたち同士の間の双方向性のある授業、ネットワークを介した書き込みの共有、教員による子どもたちの学習履歴の把握、子どもたちの理解度に応じた演習や家庭・地域における自学自習等に資すること」といった高度な機能が期待されている。

しかし、本当にこのような高機能なものが必要なのだろうか？デジタル化することによりさまざまな可能性が広がることは確かである。紙の教科書では見るのが難しい視覚障害のある児童生徒も、音声読み上げができれば教科書の内容を聞いて理解することも可能となる。我々の研究はそういった障害のある児童生徒が学びやすい教科書としてデジタル教科書に対する期待は大きい。だが、マルチメディア化することで覚えなければならない操作が増えることは本当に児童生徒のためになるのかという疑問もある。

本研究のⅣではその疑問から、教科書の構成要素であるコンテキスト（文脈）に注目することとなった。つまりは教師自身が「何を教えるのか」という点である。これについては、学習指導要領という明確な答えがある。しかし、学習指導要領で示していることはその目標となる部分であり、学年別漢字配当表のようなものは規定されているが、どのような素材を使うかについては細かく記述されては無い。

学校へのヒアリング調査でも教科書に表現されている情報には児童生徒に教えた事項だけでなく、教員の働きかけなどの内容もあり、子どもへの支援というよりも教員の支援としての内容も多いとのことであった。

つまり、紙の教科書をデジタル化するにあたってはどの「要素」をそこに入れるのかといったことを考えなければならないということである。これについては、2つの方向性が考えられた。

1つめは紙の教科書と併用して使うデジタル教科書である。後述するが、今もって我が国ではデジタル教科書の法律的な定義がされていないので、デジタル教科書は学校教育法第三十四条でいう「教科用図書以外の図書その他の教材」である。であれば、学習者用のデジタル教科書は紙の教科書の情報をすべて盛り込むのではなく、必要な内容を絞り込み、児童生徒が使いやすい形に作られることが望ましいと考える。

具体的には5ページの図2に示した紙の教科書の構成要素である「テキスト」と「図表」のみに絞り、「補助的情報」は必要に応じて後から加える形が望まれると考える。

2つめは紙の教科書に置き換わるものとしてのデジタル教科書である。しかし「教科書の発行に関する臨時措置法」に規定されているものは印刷媒体の教科書しかなく、それ以外のものについては明確なものがない。ただし、「障害のある児童及び生徒のための教科用特定図書等の普及の促進等に関する法律（通称：教科書バリアフリー法）」には「教科用特定図書等」という言葉で「教科用特定図書」の代替としての拡大教科書等の記載がある。これらは、紙の教科書で学ぶことが困難な児童生徒のための代替手段としての教科書であり、平成23年度の研究で示した3つめのデジタル教科書になる。視覚障害がある場合や上肢に障害があって紙が扱えない場合には、前記のように紙の教科書とデジタル教科書を併用することは難しく、紙の教科書に置き換える必要性がある。本研究ではそのような想定もあり、紙の教科書のレイアウトをそのまま表現できるようなデザインでの、デジタル教科書のモデルを作成した。

実際には、中野らの研究では教科書のPDFデータを活用した検討がされており、紙の教科書のレイアウトがそのまま再現されるので、置き換えるものとしての活用方法になる。

一方で、本研究で多くの教員や研究協力者からもらった意見では、紙の教科書の置き換えではなく、1番目のような形で、しかも児童生徒が使えるようなシンプルなデザインのレイアウトが求められるということであった。しかし、それでは紙の教科書とデザインの違いがより大きくなっていく。小学校の理科の教科書では、見開き2ページにまたがって写真が掲載されている教科書が多く見られた。例えば、啓林館の小学3年生の理科の教科書においては総ページ144のうち24カ所が2ページにまたがった図や写真が掲載されている。全体の比率としては30%を超える部分であり、これらをよりシンプルなデザインにするとすれば、再加工のために大きな労力が必要となることが予想される。

であれば、紙の教科書作成の段階で児童生徒用のデジタル教科書作成をイメージしてデザインをシンプルにすることの方が、より効率的に制作できるのではと考えた。しかし、これについてもデジタル教科書の制作に関する法律的な整備等がなければ教科書発行者としてもどの方向性で作ればいいのかといった基準がなく、作成に踏み切ることがなかなか難しいであろう。

2. ガイドラインの見直し

本研究を通して平成23年度に作成した「デジタル教科書ガイドライン」の検証を行ってきた。検討の段階で修正された点は以下の項目であった。

①原則2.1

(変更前) 2.1 すべての機能をキーボードインターフェースから利用できるようにする。

(変更後) 2.1 キーボードインターフェース、マウス互換機器など多様な入力方法が用意

されている。

近年のタブレット端末の普及にともない、キーボードやマウス以外の入力方法が出てきているので、このような表記に変更することにした。

②原則 2.3

(変更前) 2.3 児童生徒がてんかん発作を引き起こさないようにコンテンツを設計する。

(変更後) 削除

発作が起きないように配慮はデジタル教科書を作成するにあたっては当然必要な条件である。しかし、本ガイドラインでは児童生徒が学習にアクセスするために備えるべき機能を整理するという観点で書かれたものとなるため、この事項は削除した。

③原則 3.1

(変更前)「表示形式の変更」

(変更後) 削除

この項目は原則 1.4.3 と同じ内容となっている。複数の場所に記載されることはそれぞれに関係して重要な事項となるが、重複することで混乱を招く恐れがあるために原則 1.4.3 にのみ記載することとした。

3. さまざまなコンテナで検討することの必要性

本研究においては国際的な電子書籍の標準規格である EPUB3 形式でのデジタル教科書のモデルを作成した。EPUB3 は障害のある児童生徒のための電子書籍として海外でも普及している DAISY との互換性もあり、さまざまなアクセシビリティの機能を標準で搭載している。

しかし、必ずしも EPUB3 にすればアクセシビリティ機能が十分に満たされるとはいえないことも検討段階で明らかになった。

1 つめには、データの作成方法である。EPUB3 で作られた電子書籍の中に漫画がある。これは、中にはほとんどテキスト情報が付加されておらず、画像が貼り付けてあるだけで代替テキストも無い場合がある。そのような状態ではアクセシブルだとはいえない。つまり、作成するためのルール作りが必要である。ちなみに、Association of American Publishers では EPUB をアクセシブルに作るためのガイドラインとして以下の 13 の Tips が紹介されている。原文とすちららかコーダー氏による邦訳をここに掲載する。

1. コンテンツと表現を分ける

Separate content and presentation

2. 完全なナビゲーションを提供する

Provide complete navigation

3. 可能なかぎり意味のある構造にする
Create meaningful structure wherever possible
4. コンテンツ内のタグにセマンティックな情報を追加する
Define the content of each tag
5. 表やテキストを表示するためではなく、絵や写真のためだけに画像を使用する
Use images only for pictures, not for tables or text
6. 画像に説明と代替テキストをつける
Use image descriptions and alt text
7. ページ数をいれる
Include page numbers
8. 言語を指定する
Define the language(s)
9. MathML を使用する
Use MathML
10. メディアコンテンツの代替物を提供する
Provide alternative access to media content
11. インタラクティブなコンテンツをアクセシブルに
Make interactive content accessible
12. アクセシビリティの情報をメタデータとして提供する
Use accessibility metadata
13. 以上のベストプラクティスを組織がサポートする体制にする
Make sure your processes support the above best practices

2つめは再生環境である。IVでも示したようにデジタル教科書を構成するのはデータだけでなくブラウザや OS、ハードウェアなどのさまざまなコンテナ部分を検討しなければならない。今回のモデルではデータは EPUB3、ブラウザは iBooks または Radium、OS は iOS、Windows、OSX、ハードウェアは iPad、Windows パソコン、Mac パソコンであった。

本研究で検討する課題はアクセシビリティ機能であるので、上記のどのコンテナでそのアクセシビリティ機能が実現するかは実現したい機能によって違ってくる。また、場合によっては複数のコンテナが連携して実現する場合があった。

また、EPUB3 で作成したデータは正確な読み上げ機能を実現するために、マルチメディア DAISY のように音声データを付加した場合、固定のレイアウトでなければ音声データの読み上げをすることができず、リフローのデータには音声データの読み上げをすることができないという問題があった。これらの課題は現地点での技術の問題なので、今後電子書籍の活用が広ま

り、さまざまなブラウザソフトやハードが開発されることによって解決する問題であろうと考えられる。

3つめは入力の問題である。現状のブラウザである iBooks と Readium では、EPUB3 のデータに対して書き込みや情報を入力することが難しい。iBooks ではリフロー版であればマーカーやアンダーラインなどが記入できるが、固定のレイアウトでは入力を行うことができず、また付箋のような機能はあるが、手書きでの文字入力などを行うことはできない。

これは、一般的な電子書籍の場合には読むことが主となっているので困ることではないが、学習に使うデジタル教科書の場合にはこれを教材として扱うので、さまざまな入力方法に対応することが望まれる。その場合には、これまでに使われてきた支援技術がそのまま利用できたり、支援技術のとの親和性が高くなるための工夫が求められる。例えば、外部にペンディスプレイが繋がった場合、分かりやすい形でテキスト情報を送るなどの工夫が必要であろう。

4. 制作コストの課題

現状のデジタル教科書作成においてはそのワークフローとしては紙で印刷することを前提として組版がされている。本研究においても、その元になるデータからテキストや画像を取りだしてデジタル教科書のモデルを作成したが、今後はデジタル教科書を作成することを前提として紙の教科書を作るようになれば、その制作コストは大きく変わるのではないかとと思われる。

実際に、本研究では電子書籍の仕様及び制作について知識がある専門の技術者に依頼して作成したが、1つの単位（約4ページ程度）に対して構造を理解して検討するまでに1週間程度の時間がかかり、実際の作成作業について1ページあたり10時間程度の時間がかかっている。この時間が短いとするのか、長いとするのかは議論が分かれるところであるが、テキストや図表だけでなく補助的な情報を利用するのか、しないのかといった検討まで含めると、紙の教科書1冊をデジタル化するまでには相当な時間がかかってしまう。それよりも、紙の教科書を作る段階で、デジタル化までのワークフローを考えて内容を整理することで大きく制作コストが下がる可能性があり、それがひいてはアクセシブルなデータの作成につながるのではないかと考える。

5. 著作権の問題

平成23年度の研究においても課題となったことであるが、デジタル教科書を作成するにあたっては著作権を保護するための仕組みが必要となるであろう。実際に、肢体不自由や病弱特別支援学校では紙の教科書を自炊する形で電子化してiPadなどのタブレット端末や操作しやすいパソコンに入れて学習に使っているという話を聞いている。これらについては、もちろん著作権の私的利用の範囲として行っていることであるが、もう少し柔軟

に、かつ著作権者の権利を守る仕組みが必要であろう。極端に言えば、すでに著作権が切れているか、著作権を放棄したデータのみを教科書では扱うということも考えられる。そうであれば、児童生徒のパソコン等に自由にコピーをして使うことも可能であるし、たとえ流出したとしても大きな被害にはならないだろう。

障害のある児童生徒にとってはデータにアクセスするための機能が著作権保護の機能によって制限されて、学習内容にアクセスすることができなければ大きな支障となる。

また、前述の教科書バリアフリー法では印刷物に障害のある児童生徒に拡大教科書や DAISY 教科書などの形式で提供できるようになっている。しかし、その有効性についての検証や指導についての研究を行う場合に、この法律の範囲の適用とはされず、独自の許諾が必要となる。教育研究としての教科書デジタルデータの活用について著作権の除外規定ができることで、より一層の研究が進められるのではと考える。

6. 研修システム

研究協力者からの意見でもたとえアクセシビリティのあるデジタル教科書が作成されたとしても、それを学校現場でどのように活用するかについては大きな課題である。今後は実証的な研究とともに、教員研修のモデルとなるような、システムについての研究も必要であろう。

(金森克浩)

<文献>

中野泰志：平成 25 年度 文部科学省教科書課委託研究「特別支援学校（視覚障害等）高等部における教科書デジタルデータ活用に関する調査研究」

http://web.econ.keio.ac.jp/staff/nakanoy/research/largeprint/05_digital/2013/index.html
2014 年 2 月 4 日アクセス。

すちゃらかコーダー：EPUB を アクセシブルにする 13 の TIPS (AAP EPUB 3 Implementation Project 報告書より)，
<http://code.kzakza.com/2014/01/top-tips-for-accessible-epub-3/>，2014 年 2 月 4 日アクセス。

Association of American Publishers: EPUB 3 Implementation Project White Paper Now Online., <http://publishers.org/press/117/>，2014 年 2 月 4 日アクセス。

参考資料

6 ページに述べられた編集(制御)に関する、具体的な事例について記述する。

デジタル教科書のモデルを EPUB3 (HTML5) で作成するにあたって、コンテキストの編集(制御)にもっとも関連の深い、視覚障害と読字障害を対象に編集(制御)方法について述べる。これによって、多くの児童生徒の学習障壁を減らすことが可能となる。なおその他の障害については今後のさらなる研究課題となる。

(1) 文字を音声化する編集(制御)

文字を音声化するためには何が必要なのだろうか。視覚障害者向けに文字を音声化した媒体として一般的なのが、録音図書や DAISY 図書である。これらの媒体は基本的に人が録音した音声を利用しているため、教科書や教材、課題図書などを含めて、ボランティア作業に依存している状況である。教科書や教材は教育的な要素が強いため、文章や漢字の読み間違いはあってはならない。特定非営利活動法人 全国視覚障害者情報提供施設協会が発行する「音訳マニュアル」では、ボランティアが活動するにあたって、“正しく・聞き取りやすく・速やかに”という原則を守っている。しかし、多種多様の教科書・教材や課題図書などをすべて音声化するのは大変な作業である。これらの作業を緩和するために利用可能な技術として“音声読み上げ”がある。最近の音声読み上げは飛躍的に技術が向上し、あたかも人間が読んでいると間違える程である。

デジタル教科書における音声読み上げ対応は、視覚に障害のある児童生徒だけでなく、ディスレクシアなどの読字障害のある児童生徒にとって重要な対応となる。音声読み上げには、文章を正しく読むことを可能にする高度な自然言語解析が必要になるが、最近の音声読み上げソフトウェアは、この自然言語解析技術が飛躍的に進んでいる。しかしながら日本語は、漢字仮名交じりでかつ、カタカナ、ローマ字まで組み合わさった複雑な言語であり、同じ漢字でも状況が違えば別の読み方をする言語である。この複雑な言語をすべて自動で完璧に解析することは不可能である。

こうした背景から、文字を音声化する際に何をすべきかが見えてくる。すべてを自動で行うのではなく、人が補助しながら音声データを制作することが重要となる。文字を音声化するために留意する課題は、以下の2点である。

①ルビの読みと漢字の表記

通常ルビがある場合には、ルビを優先して音声読み上げを行うが、読みの指定以外のルビ表記の場合、読むか読まないかの判断が必要になる。この判断をコンテキスト側に指定しておくことで表記上の制御が可能になる。また、正ルビと略ルビの音声化についても制御する必要がある。正ルビとは、漢字を正しく読ませたい場合に振るルビを示し、通常は

辞書に記載がある読みである。熟語や熟字訓も正ルビに分類される。略ルビとは、ある漢字を著者が読ませたい場合に振るルビを示す。固有名詞等で名前の当て字に相当するため、実際どのような漢字が利用されているのかを児童及び生徒に知らせるために漢字の詳細読みが必要になる場合がある。しかし当て字に関しては、漢字自体が本来持つ意味合いの微妙な違いが伝わらない問題があるため、漢字の詳細読みを可能にするかどうかについても考慮が必要になる。

②視覚情報に特化した表記

写真、図、イラスト・さし絵、表・グラフ、数式、化学式の表現の音声化に関する課題である。視覚で理解するものを文章化し、音声化するのだが、その際、なぜその写真や図が使われているのか、内容は何が表現されているか、表で着目する部分は何か、グラフで示したいものは何かを吟味し、文章化する必要がある。対象によっては、テキストデータになじまない部分の読み方をどうするかなど、編集段階で考慮すべき課題は多い。

視覚情報に特化した表記については、教科書をデジタル化する際に音声化データを制作する際は、真の意図が漏れる可能性が高いため、デジタル教科書を教科書として制作する際に音声化データを合わせて制作すると編集者の意向が反映されやすいと考える。

（２）弱視（ロービジョン）対応の編集（制御）

「見えにくい」状態を「見えやすい」状態にするために、文字を音声化する以外に何か必要かを検討する。

紙の教科書では、「障害のある児童及び生徒のための教科用特定図書等の普及の促進等に関する法律」（いわゆる、教科書バリアフリー法）の施行により、障害を持った児童や生徒が拡大教科書を受け取れるようになっている。この拡大教科書によって、細かい字が見にくかった児童や生徒が自分の力で教科書を読めるようになった。副読本としては、大活字本などが発行され、ロービジョンの児童や生徒が本を読める環境ができています。しかし、法律や大活字本が万能ではなく、障害によっては限定されたフォントやサイズでは、読書ができない児童や生徒が存在する場合がある。紙の書籍を拡大する拡大読書器や、拡大鏡（弱視レンズ）を利用した読書の方法が存在するが、アクセシビリティを考慮したデジタル教科書が実現できれば、文字の拡大や白黒反転を利用した読書環境の提供が可能となる。ただし、紙を前提としたものではなく、音声化の課題と同様、図表やグラフが多い教科や、注釈や解説など詳細な情報提供における表示方法を考慮する必要がある。ロービジョン対応の編集の際に留意する課題は、以下の３点である。

①単純な文字拡大の多様性

ロービジョンの児童や生徒には多様性があるため、単純な文字拡大ではなく、フォント、強調、改行など文章の一部としての文字を把握できるようにするコンテキストの表示を工

夫する必要がある。

②図表の簡略化の対応

図表（写真，イラスト，さし絵も含む）を拡大する際の編集における留意点である。図表は単純に大きくするだけでなく，簡略化して，線をはっきりと見やすく，比較対象はコントラストをはっきり強調するように描く必要がある。点線はロービジョンの児童や生徒にとっては見にくいいため，実線で描くようにする必要があるが，色だけを変えてしまうと色弱者への対応ができなくなるため，白黒表示した際でも区別ができるように編集する必要がある。また関連する図表については，表示及び非表示を全体及び一部の図表で選択できるなど動的な表示制御も考慮に入れるべきである。

③リフローによるレイアウト変更の対応

デジタル教科書では，拡大によって，ページのリフローが起きる。そのため，ページ指定が難しい場合がある。教科書には未だページ概念が残っており，リフローによるレイアウト変更がある場合には，何ページ目の何行目という相対的な参照ができなくなるため，デジタル教科書及び教材が普及することにより，ページと行数の概念ではなく，何フレーズ目もしくはインデックスによる参照といった絶対的な参照が必要になると考えられる。コンテキスト側にインデックスを付与したり，フレーズごとの番号を付与したりするなどの編集作業が必要になる。

（３）色弱者への対応の編集（制御）

「色」は，意味としての情報，感性表現としての情報の伝達手段として利用されている。しかし，色覚の多様性についての認知度は低く，一般色覚の人には，色が情報の伝達手段の役割を果たしているものの，色弱の人には，色の違いによる情報伝達が行われない課題がある。一方，色弱者に考慮した色の配置を進めると，一般色覚の人が見にくくなる場合がある。そのため，色弱者を支援するためには，混同色軌跡を用いた色変換や同じ色相で明るさや濃度を変える方法，テロップ文字と背景とのコントラスト差を大きくするなどの色の変化を利用した方法，色の弁別閾値を基準とした補正方法などを考慮して，図画等の色合いを決める必要がある。重要なのは，「誰でも見やすい色のデザイン（カラーユニバーサルデザイン）」であり，色弱者も一般色覚者も，同様に見やすいデザインにすることが重要である。デジタル教科書では，色覚の多様性を考慮に入れ，見やすい色による配慮がコンテキスト制作の段階で必要と考える。

今後色弱の児童及び生徒に対して，色を考慮したデジタル教科書を制作するため留意点は，以下の２点である。

①色違いによる特性の認識への対応

色の違いにより物事の特性の違いを示す場合の認識に関する留意点である。色の違いによる特性の見極め方は、色弱者でも認識できる色に変換するか、ハッチングや同じ色相で明暗（輝度）や濃淡によって違いを明記する必要がある。編集段階でカラーではなく、グレースケール状態で認識が可能かを考慮すると色弱者への対応が可能となる。

②図表の色識別への対応

図表に利用される色に関する留意点である。グラフなどには凡例で記載すると、色を探す必要があるため、できるだけ引き出し線を用いて、どのグラフが何を意味しているかを明示できる。前項と同じく、グレースケール化を行った場合でも、児童及び生徒にはその違いが十分に分かるように編集すべきである。

（岡山 将也）

VI 研究体制

1. 研究代表者

金森 克浩（教育情報部 総括研究員）

2. 研究分担者

梅田 真理（教育情報部 総括研究員）（副代表者）

田中 良広（教育支援部 総括研究員）

棟方 哲弥（企画部 総括研究員）

菊地 一文（教育情報部 主任研究員）（平成 24 年度）

武富 博文（教育支援部 主任研究員）（平成 25 年度）

土井 幸輝（教育情報部 主任研究員）

横尾 俊（教育支援部 主任研究員）（平成 25 年度）

3. 所内研究協力者

大内 進（企画部 客員研究員）

金子 健（企画部 総括研究員）

4. 研究協力者

上野 一彦（東京学芸大学）

梅垣 正宏（ユージェット）

太田 容次（滋賀県立三雲養護学校）（平成 24 年度）

菊地 一文（青森県教育委員会）（平成 25 年度）

近藤 武夫（東京大学）

坂井 聡（香川大学）

中野 泰志（慶應義塾大学）

丹羽 登（文部科学省）

山本 一寿（大阪府立視覚支援学校）（平成 25 年度）

菅井 清司（富士ゼロックスアドバンステクノロジー株式会社）

長谷川智信（電子出版制作・流通協議会）

岡山 将也（電子出版制作・流通協議会）

大旗 慎一（株式会社キューズ）

5. 研究協力機関

北海道八雲養護学校（平成 25 年度）

東京都立葛飾ろう学校（平成 25 年度）

筑波大学附属桐が丘特別支援学校（平成 25 年度）

大阪府立視覚支援学校（平成 25 年度）

香川大学教育学部附属特別支援学校（平成 25 年度）

栃木県鹿沼市立みなみ小学校（平成 25 年度）

高知県高知市立三里小学校（平成 25 年度）

おわりに

本研究は、中期特定研究に位置づけられ、平成 23 年度に作成したデジタル教科書ガイドラインに基づいてさまざまな障害のある子どもたちにとって使いやすく、教育効果のあるデジタル教科書のモデルの試作及び評価を行うことでガイドラインの有効性の検証と内容の改善を行うことを目的に実施した。

本研究を行うことで、ガイドラインの見直しを行うことができた。また、研究協力者、協力校からの意見でもガイドラインの必要性について多くの意見を収集した。

また、実際にデジタル教科書を作成するにあたってはガイドラインのすべての項目を実装するのではなく、教科書の基礎的な要素であるコンテキストとしての「文章」と「図表」を中心としたシンプルな教科書を作成し、それ以外の補助的な要素は後から付加されるものが多くの学校現場に望まれていることが分かった。

これは、紙の教科書や指導者用の教科書と違い、児童生徒が実際に使用するためには分かりやすく、使いやすいものになっていることが重要だからである。

ただし、そのためには紙の教科書とデジタル教科書のデザインが大きく変わることによる見え方の問題の整理や、制作に関わるコストの問題、デジタルデータを扱う際の著作権の処理の問題などを検討していくことが重要である。

また、データ部分のコンテキストだけでなくどのような媒体で実現するかというコンテナの問題も併せて考えなければ、アクセシブルなデジタル教科書は作成できないであろう。

本研究の成果は、広くデジタル教科書作成に関わる関係者に見ていただき、ぜひアクセシビリティの高いデジタル教科書が作成されることを願っている。

謝辞

最後になりましたが、本研究を推進する上で、協力いただいた研究協力者の皆様、訪問させていただき、貴重な情報を提供して下さった研究協力校の先生方に感謝申し上げます。

研究代表者 教育情報部総括研究員 金森 克浩

専門研究 A

デジタル教科書・教材の試作を通じたガイドラインの検証

—アクセシブルなデジタル教科書の作成を目指して—

平成 24 年度～平成 25 年度

研究成果報告書

研究代表者 金森 克浩

平成 26 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

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

