・ 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も，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。

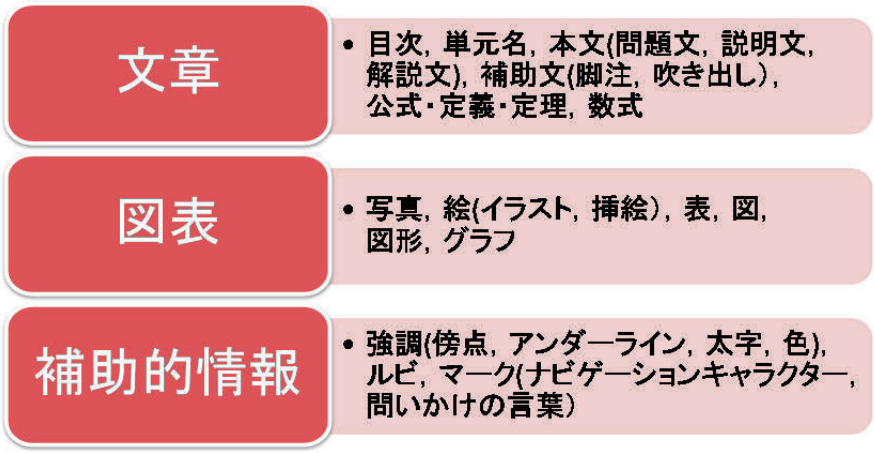

図２　（紙の）教科書のコンテキストの詳細

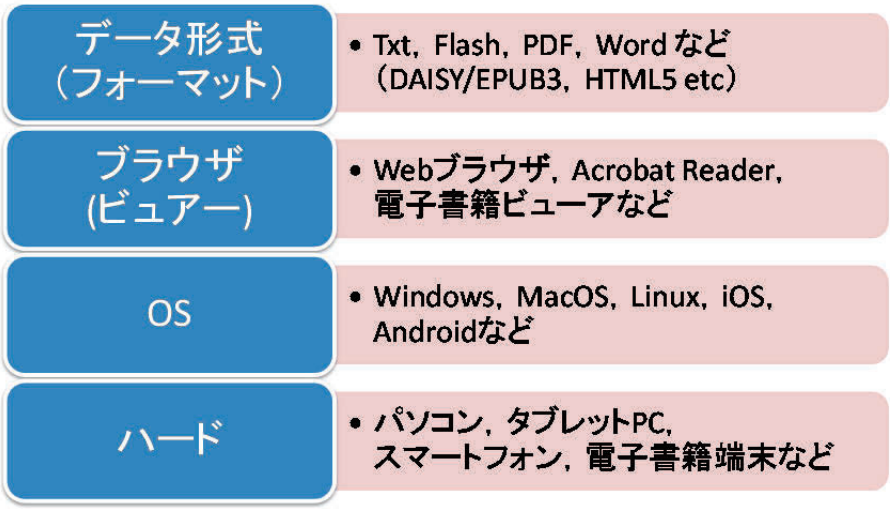

図３　デジタル教科書のコンテナの詳細

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)）。

図 5 に多様性を持ったデジタル教科書の作成フローを示す。オープンフォーマットで作成したデジタル教科書のマスター原稿を，リフロー型や，固定レイアウト型のデジタル教科書，さらには音声情報の付加により，音声付のデジタル教科書や DAISY 教科書などに変換できる。これにより，あらゆる対象の児童や生徒に合わせたカスタマイズが可能となり，支援技術によって同レベルの教育を容易に受けることが可能となる。

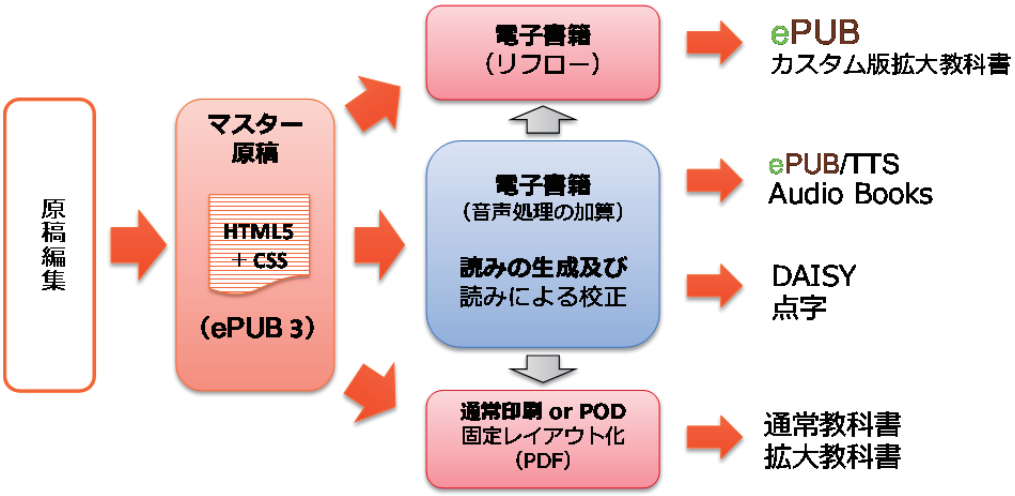

図５ ワンソース／マルチユースに基づくデジタル教科書の作成フロー

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らなくなり，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。

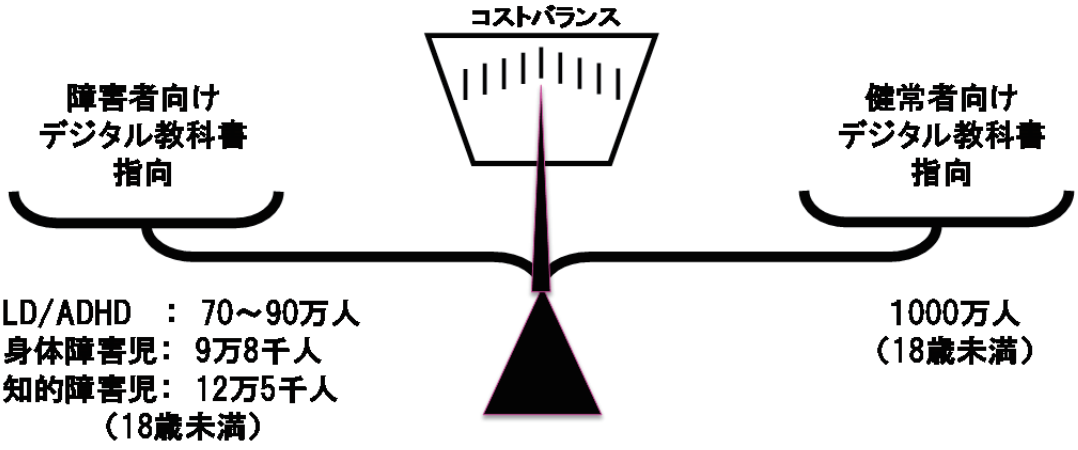

図６　誰でも使えるデジタル教科書の実現に向けて

（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「操方法作やデザインの統一」

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が，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，今回は一単元のみ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，今回は一単元のみ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・堅牢生 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，今回は一単元のみ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考える。

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入力の多様性について
→「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 「入力の多様性」
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てみると，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「操方法作やデザインの統一」

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：知覚可能			国語	算数	理科	社会
	1.1　絵や写真などには代替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変換できるようにする。	◎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。	・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。 ●付加されたテキストは音声読み上げができる。他の子どもにも提供される「お手本となる朗読データ」だけではない，テキストの内容の確認のための読み上げる機能が必要である。	・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。 ●数式については付加されたテキストは音声読み上げができる。	●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。	・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。 ●地図上の地名等の文字サイズを変更することができる。 ●地図上の地名等の文字情報の表示、非表示の選択ができる。 ●地図上の地名等の文字情報をカーソルを合わせるなどして音声で読み上げることができる。
	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　教科書の内容や構造を損なうことなく、さまざまな方法（例えば、よりシンプルなレイアウト）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なっている。	・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ずに表示することが可能になる。 ・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ずに表示することが可能になる。 ・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ずに表示することが可能になる。 ●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ずに表示することが可能になる。 ・挿絵だけ表示できる。
	1.4　児童生徒が、教科書を見やすくしたり、聞きやすくしたりする。これには、前景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われている文字については，色覚異常の児童生徒など見えにくさに課題のある児童生徒が読めないような色の配置を行わないようカラーユニバーサルデザインに考慮する。	・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。	・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。	●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。	・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。 ●地図の陸地と海等、属性の異なる部分の色の組み合わせを変更することができる。
		◎1.4.2**「白黒反転」** ・白黒反転をができるようにする。	・白黒反転した際に，図表の色の違いが分かる。	・白黒反転した際に，図表の色の違いが分かる。	●白黒反転した際に，図表の色の違いが分かる。	・白黒反転した際に，図表の色の違いが分かる。
		◎1.4.3**「表示形式の変更」** ・デジタル教科書の表示形式が見やすいように行間広げられたり，ハイライト表示をしたり，フォントを変えたり，色を変更したり，文字を拡大するなどの変更を可能にする。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，行間などを変えることができる。(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。） ・動画については明度や輝度を調整できる。	・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，行間などを変えることができる。(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。） ●棒グラフや図表の色が選択できる。（色の濃淡） ●どの順序で取り組むべきかをわかやすくする（ナビゲーションが必要） ・動画については明度や輝度を調整できる。	・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，行間などを変えることができる。(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。） ●動画については明度や輝度を調整できる。	・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，行間などを変えることができる。(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。） ●地図上の情報（平野、盆地、河川、山脈、鉄道線、都市名等）を必要に応じて、表示、非表示の選択ができるようにする。 ・動画については明度や輝度を調整できる。
		◎1.4.4**「音の調整や削除」** ・デジタル教科書に使わ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などが音の理解が難しくならないように音の大きさの調整や，背後で流れる音を止めるなどの変更が行えるような配慮がされている。	・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り易い読み上げがされている。（これは，音声読み上げエンジンの場合。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。	・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。	・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。
2.　原則 2：操作可能						
	2.1　キーボードインターフェース，マウス互換機器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」** ・デジタル教科書の操作は特定の入力方法だけでなくマウス互換の入力方法，キーボードインターフェースから操作などが可能となっている。	・すべての操作が1つの入力機器だけ（マウスだけタッチだけ）とならずに多様な入力方法が可能となる。（コンテナのどれかで実現が可能となる）	●すべての操作が1つの入力機器だけ（マウスだけタッチだけ）とならずに多様な入力方法が可能となる。（コンテナのどれかで実現が可能となる）	・すべての操作が1つの入力機器だけ（マウスだけタッチだけ）とならずに多様な入力方法が可能となる。（コンテナのどれかで実現が可能となる）	・すべての操作が1つの入力機器だけ（マウスだけタッチだけ）とならずに多様な入力方法が可能となる。（コンテナのどれかで実現が可能となる）
	2.2　児童生徒がデジタル教科書を読んだり使用したりするのに十分な時間を提供する。	◎2.2.1**「進行速度等の変更」** ・デジタル教科書の進行が時間経過に伴い内容が理解される前に進まないよう，児童生徒のペースで操作の速さを変更する事が可能となる。（例えば，朗読の速さを変更したり，途中で止めることができるなど）	・解説スピードのコントロール（速さ調整，巻き戻し，先送り，一時停止）を可能にする。	・解説スピードのコントロール（速さ調整，巻き戻し，先送り，一時停止）を可能にする。	・解説スピードのコントロール（速さ調整，巻き戻し，先送り，一時停止）を可能にする。	・解説スピードのコントロール（速さ調整，巻き戻し，先送り，一時停止）を可能にする。
	2.3　児童生徒がデジタル教科書を操作したり、必要な情報を探し出したり、現在位置を確認するのを手助けする手段を提供する。	◎2.3.1**「現在位置の確認」** ・デジタル教科書のどの部分をいま扱っているかを確認するための情報が常に得られるようにする。	・読み上げを行う際にハイライト表示で確認できる。	・読み上げを行う際にハイライト表示で確認できる。	・読み上げを行う際にハイライト表示で確認できる。	・読み上げを行う際にハイライト表示で確認できる。 ●地図を拡大した場合に全体を把握することができるように、表示されている部分の位置情報が分かるガイド（ウィンドウ）が必要である。

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

3.	原則 3：理解可能		国語	算数	理科	社会
	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。	○3.1.1**「用語の解説」** ・デジタル教科書で扱われている用語や言語などの理解が難しい場合に，解説されたものを提示したり，別の言葉に置き換えることが可能となる。	・用語の解説ができることがのぞましい。	・用語の解説（単位：ℓ，km，㎡，ha　公式定理）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付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。
		◎3.1.2**「ルビの表示」** ・必要に応じて学年別のルビが振れるようになっていたり，児童生徒用辞書などがコンテンツとして配置されている。	●ルビを表示したり非表示にできる。（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。） ●児童用辞書は、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。（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。）	・ルビを表示したり非表示にできる。（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。）	・ルビを表示したり非表示にできる。（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。）
	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。	○3.2.1**「参照情報の提示」** ・デジタル教科書の内容を理解するのに十分な背景知識が不足している場合に，関連する過去の知識を活性化するような情報を参照できるようなオプションが得られるようにする。	・辞書機能や新出語句が吹き出しで表示されることがのぞましい。 ・語句の説明に図や動画が使われていることがのぞましい。	・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。	・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）
	3.3　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。	○3.3.1**「重要事項等の表示の変更」** ・デジタル教科書の中で学ばなければならない重要なことが分かりにくかったり，全体の中でどの部分になるか，また項目ごとの関係付けが理解しやすいように，確認するためのオプションが用意されている。（例えば文章の色やコントラスト，字体を変えるなど）	・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。	・重点項目を色分けして表示できることがのぞましい。
	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。	◎3.4.1**「操方法作やデザインの統一」** ・デジタル教科書の操作やデザインなどが単元ごとに違っていたり，教科ごとに違っていると，それぞれの操作を覚えなければならず，混乱が生じてしまうので，表示や動作について一貫性をもたせて，識別することを可能にする。	・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。	・単元の構成やデザインは統一されている。
	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。	◎3.5.1**「修正機能」** ・デジタル教科書を操作する場合に意図しない間違いが起きないようにする。また間違った操作をしても自分自身で修正することが可能となるようにする。	・誤った操作をした場合の「元に戻る」機能がある。（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。）	・誤った操作をした場合の「元に戻る」機能がある。（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。）	●誤った操作をした場合の「元に戻る」機能がある。（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。）	・誤った操作をした場合の「元に戻る」機能がある。（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。）
4.	原則 4：互換性・堅牢性					
	4.1　画面拡大や入力装置など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。	◎4.1.1**「支援技術の利用」** ・デジタル教科書は画面を拡大したり，音声化するなどの支援技術を利用することが可能となっている。また，その利用方法が一貫して将来まで仕様が大きく変わることがないようにする。	●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。	・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。
		◎4.1.2**「テキストデータの抽出」** ・デジタル教科書の中にあるすべてのテキストは他の形式に変換するためにテキストデータとして抽出することができる。	●本文テキストについては，データの抽出ができる。	・本文テキストについては，データの抽出ができる。 ●式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。	・本文テキストについては，データの抽出ができる。（他の教科に同じ） ●地図データが抽出できる。