

# デジタル教科書研究

日本デジタル教科書学会 学会誌

Vol. **1** August 2014

1 巻頭言

原著（一般）

- 2 デジタル教科書コンテンツにおける紙面素材と活動ツールの分離  
：青木浩幸・宮寺庸造・原久太郎

報告（一般）

- 24 デジタル教科書導入に必要な費用に関する一考察  
：小河智佳子
- 37 紙の教科書から推測される教育現場に支持されるデジタル教科書の特徴  
：久富望

---

i 投稿・審査規定

v 編集委員会報告



<巻頭言>

## 小さいが偉大な一歩 ～志の結晶～

片山敏郎

日本デジタル教科書学会会長

新潟大学教育学部附属新潟小学校教諭

学会誌「デジタル教科書研究」の第1巻がついに刊行される。載っている論文は、3本と少ない。しかし、どれも精緻に査読され、選ばれた3本だ。

2012年5月に日本デジタル教科書学会が誕生した。既に2回の全国大会を行い、10回を超える研究会を開催した。また、会員数も300名を超え、多くの知見が交流されるようにもなった。学会発足からのこの2年間は、ICTを活用した教育という観点からみると、激動の2年間であった。学会発足時には、ほとんどなされていなかった情報端末を活用した授業も、今では、そこかしこに見られる。そして、自治体単位で、一人1台の情報端末を導入する例も出てきた。情報端末を話題とした研修会も多く開かれるようになった。デジタル教科書という言葉も社会で広く認知されてきた。社会での認知については、当学会の果たした役割も大きいと自負している。

しかし、学術的な積み上げという視点から考えると、学会である以上、なにより学会誌が大切だ。しっかりとした学会誌があってこそ研究が蓄積され、その研究が世の中の役に立つ。その意味で、学会誌の刊行は、一つの悲願でもあった。学会誕生から丸2年かかったが、ついにここまできたことを、会員の皆様と共に喜びたい。

この学会の発足の志は、「デジタル教科書・教材やそれを活用した実践について、学術的に追究し、我が国の教育のこれからの発展に資すること」である。この学会誌の発刊によって、いよいよ、この学会の成果を真に学術の世界に問うていくフェーズに入ることとなる。そういう意味で、この第1号は学会のマイルストーンとも言えるし、志の結晶とも言える偉大な一歩である。今後、二歩三歩とひたむきに歩みを続け、我が国の教育の発展に資するという志の本質からぶれること無く、確かな歩みを継続していく所存である。どうか共に、この学会誌をしっかりと育てていただくようお願い申し上げて、巻頭の言葉としたい。

<原著 (一般) >

# デジタル教科書コンテンツにおける 紙面素材と活動ツールの分離

青木浩幸 (イーテキスト研究所)

宮寺庸造 (東京学芸大学)

原久太郎 (イーテキスト研究所)

## 概要

学習者用デジタル教科書への期待が高まる一方で、高度化した要求に対応する教材コンテンツの開発は困難が予想される。本研究は、デジタル教科書上の教材コンテンツにおいて紙面素材と活動ツールの分離により教材コンテンツ制作を合理化する可能性に着目した。紙面素材と活動ツールを分離したデジタル教科書のモデルを提案し、その実現のためにベクターグラフィックスの標準技術の SVG (Scalable Vector Graphics) を紙面素材の表現に採用し、活動ツールが連携するための構成要素に付加する意味情報の検討を行った。この設計に基づきプロトタイプ of デジタル教科書を試作し、実現し得るデジタル教科書機能の可能性を探った。その結果、教科書紙面の素材を活用した学習活動が提供でき、教師の自作教材を教材コンテンツ化する仕組みを示すことができた。また、この本提案を既存の制作技術と比較し、その優位性をまとめた。今後、デジタル教科書の教材コンテンツの構成要素の意味を記述する仕様の議論が期待される。

キーワード デジタル教科書, インタラクティブコンテンツ, 標準化, SVG

## 1. はじめに

デジタル教科書の開発は、従来の電子黒板を用いた指導者用デジタル教科書から、タブレット端末を用いた学習者用デジタル教科書に移行しつつある。政府の教育再生実行本部は 2010 年代中に児童生徒 1 人 1 台のタブレット端末を整備する目標を掲げ、いくつかの自治体は先行して学習者用情報端末の導入を始めている[1, 2]。情報端末の普及に合わせ、学習教材としての学習者用デジタル教科書の需要や関心も高まると考えられる。

学習者用デジタル教科書には標準化の動きがある。これまでの指導者用では教師用のパ

パーソナルコンピュータ (PC) での使用を想定していたが, 学習者用ではタブレット端末や家庭での PC の使用も想定され, 多様な端末で利用できる必要がある. また, 教科書会社が独自にデジタル教科書の機能を開発してきた結果, 複数の社の教科書を併用する際に生ずる操作性の相違が問題となっている[3]. これらの状況を踏まえ, 教科書会社各社はデジタル教科書の共通プラットフォームの開発や操作性統一に着手している[4]. 文部科学省も 2013 年度からデジタル教科書の標準化事業を始めており, 仕様が 2015 年度末までにまとめられる予定である[5]. 標準化の要件として教科書ビューアと教科書コンテンツを分離することが提案され, 複数の教科書ビューアの中から利用者が適したものを選び, その教科書ビューアであらゆる教科書会社のコンテンツが読めることが期待されている.

本研究の目的は, このような相互運用性の向上に資するデジタル教科書のアーキテクチャの提案である. 我々はこれまで指導者用デジタル教科書のコンテンツ制作に取り組んできた[6]. その経験を通し, 文部科学省及び教育現場から求められるデジタル教科書の機能を実現するためには, 制作にあたって解決すべき 3 つの課題があると考えている. 第一は教科書紙面の高度なレイアウトを維持しながら, 文字や図版などの紙面素材の利用を可能とすること, 第二は教科書のコンテンツや活動ツールの機能の開発と修正を容易に行えるようにすること, そして第三はデジタル教科書が外部アプリケーションや自作コンテンツと連携するための標準的でありながら拡張可能なデータ形式を定めることである.

この課題に対して, 我々は従来一体として開発されてきたデジタル教科書上の教材コンテンツを, その静的な紙面素材と活動ツール (プログラム) に分離する方向で研究を行った. これは紙面の修正とプログラムの機能向上の効率を良くするだけでなく, 同様の振る舞いをするコンテンツを大量生成するのに役立つ可能性がある. 紙面素材の表現方法としては, 電子書籍の標準である EPUB3[8]に採用されているベクターグラフィクス技術の SVG (Scalable Vector Graphics) [7]を採用した. SVG は高いレイアウト性能を持ち, 印刷教科書の高度な紙面レイアウトを, 画像化によらず再現できる特長がある. 紙面素材と活動ツールを分離すると, 紙面素材の構成要素の意味を活動ツールに伝達する必要が生じるため, SVG 上の要素にその意味を表す属性を付加して連携する工夫を行った.

このアイデアに基づき, SVG を用いて紙面素材と活動ツールを分離したデジタル教科書のプロトタイプを試作した. 教科書紙面の文字や図版などの内容を利用する応用事例として, オペレーションシステム (OS) 提供機能の利用や教科書素材の抽出提示, 作図支援を実現した. 紙面素材と活動ツールの連携の例として, 数学の作図教材における素材の意

味記述の仕様を示した。

このように、紙面素材と活動ツールを分離したうえで連携を保つアーキテクチャにより、教科書の素材を生かした学習活動や授業が可能になり、学習者用デジタル教科書が抱える困難を解決できる。

## 2. デジタル教科書開発の課題

### 2.1 デジタル教科書の現状

日本のデジタル教科書利用は、政府の e-Japan 戦略を踏まえ、一斉指導授業における教師のプレゼンテーション用として始まった[6]。政府は 2005 年にすべての普通教室にインターネット回線、コンピュータ、プロジェクタを設置する計画を掲げ、教科書会社はその環境整備に対応できるようにデジタル教科書の開発を行ってきた。原らは、デジタル教科書のコンテンツの特徴として、(1)児童生徒が持っている紙の教科書と同じ紙面を表示することが授業を効率化する、(2)一つの学習課題を抜き出しそれだけを拡大表示する機能が授業で有用である、(3)図などの視覚要素をインタラクティブに操作して説明することにより、理解を深め実感を伴う授業が可能になるとしている[6]。

これは今日で言う指導者用デジタル教科書である。デジタル教科書を授業におけるプレゼンテーション用に作り込んできた日本のデジタル教科書は、外国のデジタル教科書にはない開発の難しさがあるとともに、訴求力の高い教材になる可能性もある。デジタル教科書の導入が進んでいるアメリカでは、豊富な電子書籍の中から教材として認められるものをデジタル教科書として使っている状況があるが、これは学習者が個人で読む形態である[9]。教育の情報化が進んでいる韓国では、豊富なデジタルコンテンツがオンラインで提供されているため指導用に用いるデジタル教科書の需要が高くなかった[10]。

日本のデジタル教科書は紙の書籍の電子化に加えて、インタラクティブコンテンツや学習支援アプリケーションのようなコンピュータプログラムを含むことが特徴である。原らは Flash コンテンツによる立体図形のシミュレーションや、GC という作図ツールを同梱して教科書上で学習活動を展開できるようにしている。柳沼らは教科書の電子化について、テストやシミュレーション、仮想現実等の教育用アプリケーションソフトを配布するためのパッケージとして電子書籍の形態を利用する一面があるとしている[11]。電子書籍ビューアと書籍データを一体化したアプリケーションとすることで、高度な学習支援機能が実現できる事例が紹介されている。

松原は既存のデジタル教科書のプラットフォームを検討するなかで、既存のデジタル教科書の多くが Adobe 社の Flash によって開発されていることにふれ、その功罪について述べている[3]。Flash はベクターグラフィクスを基盤とした高度な表現力と、ブラウザ上のプラグインで動作することにより多様な PC 環境で動作することで広く普及した。松原は Flash が多くつかわれている理由として、マルチメディアを用いたインタラクティブなコンテンツが効率よく制作可能であることを挙げている。同時に問題点として、各社がそれぞれ独自に開発しているため、操作が統一されていないことを挙げている。各教科書会社はルビ振り機能やハイライトやマーカー機能、読み上げ機能のような教科書の機能を Flash により独自に作りこみ、他社との差別化を図ってきた。しかし、近年 OS のアクセシビリティ機能が向上して、読み上げや白黒反転は OS の機能として搭載されるようになってきている[12, 13]。教科書側で独自の作りこみをせずに、OS の標準的な方法を使ってアクセシビリティを提供するのが合理的である。

## 2.2 デジタル教科書の制作における課題

文部科学省は「学びのイノベーション」事業の中で、デジタル教科書研究実証校での活用状況・関連団体へのヒアリングの状況を踏まえて学習者用デジタル教科書の機能等の検討を行い、「学習者用デジタル教科書・教材等の機能の在り方について (案)」[5]として整理している。この中には、学習者用デジタル教科書を有用なものにするため、既存のデジタル教科書には無い機能も盛り込まれている。我々はこれらの機能の実現に当たって教科書コンテンツの作り方は3つの課題があると考えた。次に課題とそれに対応する要求の形で紹介する。

### 課題 1 教科書紙面の高度なレイアウトを維持しながら、文字や図版などの要素の利用を可能としない

対応する要求：「『デジタル教科書コンテンツ』には、検索、コピー、読み上げなど、様々な学習活動に対応できるように、文字データを持たせる」

既存のデジタル教科書の多くは、教科書紙面全体を画像化して格納しているため紙面上の文字をデータとして取り出すことができない。画像化はレイアウトが重要となる雑誌やマンガの電子化で用いられる方法であり、教科書紙面も日本語特有の縦書きや数式・漢文などの学問領域独特の表現、教科書体の文字等を含むため、これらを確実に再現する容易

な方法としてよく使われる。国語や英語の教科書には教科書の文面を読み上げる機能を持つものがあるが、これはインタラクティブコンテンツが埋め込まれているためであり、教科書の任意の箇所を読み上げできる訳ではない。

## 課題2 教科書のコンテンツや活動ツールの機能の開発と修正が容易でない

対応する要求:「児童生徒が扱い易いことに加えて、個々の児童生徒の学習ニーズや特別な教育的支援を必要とする児童生徒の実態に応じて、必要なコンテンツや機能などを付加することができる」

学習者の実態を知る教師による機能や教材の選択、自作教材の追加によりこれに対応できるが、教科書の内容や機能はインタラクティブコンテンツとして作り込まれていることが多く、ユーザーが変更できるものではない。現状のデジタル教科書の一部には、教科書の素材を画像的に切り貼りしてページを追加できる機能を持ったものも存在するが、インタラクティブ教材の自作は困難であり、学習者に配布する標準的な方法も無い。

## 課題3 デジタル教科書が外部アプリケーションや自作コンテンツと連携するための標準的でかつ拡張可能なデータ形式が決まっていない

対応する要求:「『学習者用デジタル教科書』や『アプリケーション』は相互にデータを交換できるようにし、例えば、教科書の一部のデータを取り出してノートを作成することが容易にできる環境が望まれる」

学習者用端末にアプリケーションを導入すれば、教師が望む学習活動を授業に取り入れることができる。しかし、教科書の内容とアプリケーションでの学習成果を、文字や画像のような単純な形式以外に相互に受け渡す標準的な方法がないため、教科書と連携した活動が限定される。例えば、教科書上の作図問題を、他の作図アプリケーションで解くといった際に、教科書から単なる画像だけが渡されたのでは、アプリケーション側で学習者の作図を支援することができない。

## 2.3 素材と活動ツールの密結合の問題

既存のデジタル教科書の多くは、Adobe社のFlashを基盤技術として開発されている。2013年度に小中高の2校種以上の教科書を出版している16社の製品の仕様を調査したところ、13社の指導者用デジタル教科書についてFlash Playerを要することが分かった。

Flash で作られたデジタル教科書をモデル化したものが図 1 である。

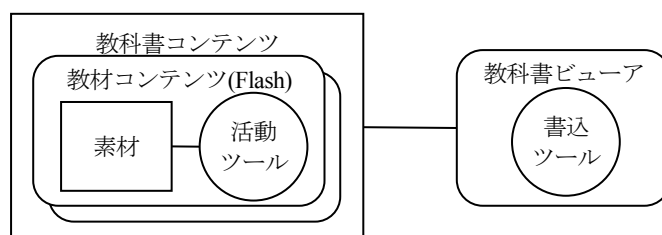


図 1 既存のデジタル教科書のモデル

デジタル教科書は、教科書コンテンツと教科書ビューア部分に分けられる。教科書コンテンツはいくつもの教材コンテンツが集まって紙面・冊子を構成している。1つの教材コンテンツは1つのFlashファイルに対応し、静的な教科書の紙面素材と、インタラクティブな学習活動を提供するプログラムが一体となって制作されている。このプログラム部分を「活動ツール」と呼ぶこととする。一方、「書込ツール」のような教科書全体に共通した機能は、教科書ビューア側で実装されている。活動ツールが書込ツールと違って教科書ビューアの方に組み込めないのは、素材と密接に関わっているからである。

この作り方では教材コンテンツの中に文字や図版などの素材が埋め込まれているため、外の教科書ビューアから素材を利用した機能の提供ができなかった。また制作に当たっては、教科書上の素材毎にプログラマーが一つ一つ教材コンテンツ化しなければならない。同じ素材でもマウス操作を基盤としたPCとマルチタッチ操作を基盤としたタブレットでは操作方法が異なるため、学習者用デジタル教科書ではそれぞれの端末の操作に対応した活動ツールで教材コンテンツを作らなければならないだろう。このように制作しなければならない教材コンテンツの数は膨大である。

この問題は教科書の改善も難しくする。教科書執筆者が素材の追加や修正を行う度にプログラマーに教材コンテンツを作り直してもらわなければならないし、逆に操作性向上のために活動ツールを修正するのにも、同種の教材コンテンツをすべて作り直さなければならないためである。

教材コンテンツにおいて、素材と活動ツールが一体化して制作されているのが問題の原因である。この種の問題を解決する方法として、アプリケーションソフトウェアを開発するための方法論であるMVCアーキテクチャが知られている[14]。MVCアーキテクチャとは、アプリケーションソフトウェアをモデル/ビュー/コントローラに分割して開発する



という方法論で, Web ページであれば文書の内容である HTML から, 見た目を制御する CSS, 振る舞いを制御する JavaScript を分離するという事に当たる. これらを分離することで, プログラムのことを知らなくても内容を編集することができるし, 内容に触れずにプログラムを改良することが可能になる.

教材コンテンツの素材と活動ツールを分離して, 交換可能にするためには, それぞれの形式が標準化されなくてはならない. 例として, 数学の図形教材を記述するために GCL (Geometric Construction Language) という図形記述言語があり[6], 数式の記述形式には TeX や MathML がある. このように表現する対象毎に様々な言語が提案されている.

教材をこのような機械が理解可能な言語で記述することは学習者にとってもメリットがある. 例えば数式であれば読み上げが可能になり, 視覚に困難がある学習者への支援が可能になる.

教材形式標準化に当たっての問題は, 教科書上の多様な表現を統一的に記述できる標準を決められるかということと, 教科書の作り方を新しい標準に切り替えることにコストがかからないかということである. 電子書籍の代表的な標準には IDPF (国際電子出版フォーラム) が提唱する EPUB3 がある[8]. EPUB3 では文書紙面の表現として Web の標準として実績のある HTML5 と SVG というベクトルグラフィック形式が採用されている. SVG はグラフィックス形式として, DTP データ (デジタル印刷紙面データ) からの変換が可能であるため移行のコストも抑えられ, これらの問題を解決できると考えられる.

しかしながら SVG は単なるグラフィックス形式であるために, 見た目は記述できても要素の意味を記述する手段は備えていない. 要素の意味とは, 図形記述言語であれば線分や点, 弧等の図形要素があり, 数式記述言語であれば, 数値と演算子の要素がある.

コンピュータ画面上の仮想的な筆記用具の操作は実物の筆記用具に比べ直接的でないという問題がある[15]. 定規やコンパスのような器具を用いた実物の作図作業では, 針の穴を使うなどして正確な位置合わせができるが, コンピュータ画面上ではそのような物理的な凹凸は利用できない. そのため, 作図ツールには定規やコンパスの針が描画要素に近づくと自動的に位置が合わせられる「吸着」と呼ばれる支援機能が実装される. SVG の要素に意味を付加することができれば, 活動ツールがそれら紙面上の情報を利用して学習活動を支援できる.

しかしながら教科書上の要素は多様な種類が考えられ, あらかじめ付加できる意味情報を網羅的に定義しておくことは困難である. この問題に対しては, Web 上のコンテンツに

意味付けを行うセマンティックウェブの取り組みが参考にできる。

セマンティックウェブは Web 上の情報にコンピュータが理解できるようにすべて意味付けをしようという壮大な試みであるが、容易に情報発信ができることが Web のメリットであったので、コンピュータが理解可能にするために労力がかかるという矛盾を生じ、その実現には困難があった。そのような中、脚光を浴びたのが Microformats であった[16]。これは人間が読めるページを作ることを第一にして、負担なく情報を付加して行くという考え方であり、HTML の仕組みを変更することなく、要素の class 属性や rel 属性を活用してその意味を付加していく方法を採用している。

これらセマンティックウェブのアイデアは世界共通の語彙を使って意味を特定しようということであったが、より私的に意味や情報を付加する方法として、HTML5 にはカスタムデータ属性という機能が追加されている[17]。これは Web サイト制作者が独自に Web ページ上の要素に付加する属性を定義できるため、Web サイトの機能を向上させるのに頻繁に使われるようになってきた。

IDPF の教育用電子書籍の標準を検討している EDUPUB では、EDUPUB Profile として紙面上の要素への意味付け方法を検討している[18]。ここでは HTML の要素の class 属性を使った意味付け方法 (EDUPUB Output Profile Baseline Spec, 3.3 Design Classes) や、カスタムデータ属性を用いたパラメータの指定方法が検討されている (同 8.3 Widget & Gadgets)。

### 3. 提案

#### 3.1 素材と活動ツールの分離と連携

デジタル教科書コンテンツにおける素材と活動ツールを適切に分離することができれば問題を改善することができる。このアーキテクチャをモデル化したのが図 2 である。

従来教科書コンテンツの中にあった活動ツールは教科書ビューアの方に移動している。本来密接だった紙面素材と活動ツールの間を、標準の紙面素材記述形式を定めることで、分離を可能にする。教科書コンテンツの素材は他の教科書ビューアでも用いることができるとともに、標準形式に対応した外部アプリケーションからも利用できる。同様に、標準形式に従って作られた自作教材は、教科書ビューアや対応アプリケーションに読み込ませて、その上で教材コンテンツとして学習活動が展開できるようになる。

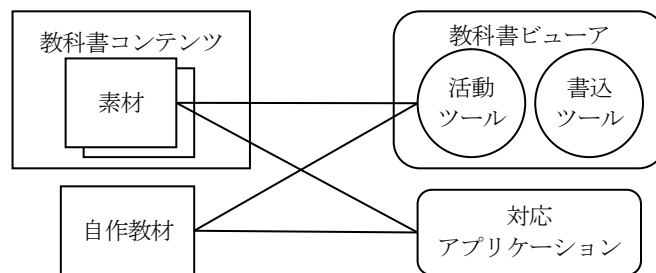


図 2 素材と活動ツールの分離

### 3.2 SVG による紙面の表現

紙面素材の記述形式には SVG を採用する。SVG は XML でベクターグラフィクスを表現するデータ形式である[7]。W3C により勧告された標準であり、HTML5 の関連技術として多くの Web ブラウザで表示できる。画像ファイルとして HTML への埋め込むことができるほか、EPUB3 の文書形式や標準画像形式としても使える。図 3 に例を示す。

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<svg version="1.1" xmlns="http://www.w3.org/2000/svg"
  xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink" viewBox="0 0 100 100">

  <circle cx="50" cy="50" r="24" stroke="green" fill="none"/>

  <g id="kompassicon" transform="translate(50,50) rotate(20)"
    stroke="blue" stroke-width="0.5"
    fill="aqua" fill-opacity="0.7">
    <path d="M0,0 L9.8,-18.8 A 3,3 0 0,1 11,-24 V-28 H13 V-24
      A 3,3 0 0,1 14.2,-18.8 L 24,0 L12,-18 L0,0 M 12,-19.8
      A 1.25,1.25 0 1,1, 12,-22.4 A 1.25,1.25 0 0,1 12,-19.8"/>
  </g>

  <image xlink:href="finger.png" x="68" y="15" width="20" height="20"/>

  <text x="44 76 65 73" y="52 52 28 61" rotate="0 0 0 20" font-size="6">
    AB<tspan fill="red">C</tspan>D
  </text>

</svg>
```

図 3 SVG の記述例と描画結果

ベクターグラフィクスとして直線や曲線、多角形等の図形が表現できるとともに、画像ファイルや文字も埋め込むことも可能である。文字が画像化されず、そのままの形で記述されているため、文字を抽出して検索や読み上げに利用することが可能である。画像は外部のファイル名を指定することや Data URI スキームを使って埋め込まれる。

文字は文章のつながりを保ったまま一文字ずつの位置や大きさ、回転を指定することが

でき、自由な紙面レイアウトを再現する性能が高い。再現性が高い反面、HTML のような  
端末画面の大きさに合わせた自動再レイアウト（リフロー）は行わない。

また、JavaScript でインタラクティブ性を実現できるとともに、HTML も埋め込むことが  
できるため、HTML5 の機能を全て利用できる。以上のように、SVG はデジタル教科書の  
コンテンツ表現として求められる条件を満たすデータ形式である。

### 3.3 活動ツールとの連携するための要素の意味の付加

SVG により紙面素材を活動ツールから分離するためには、紙面素材の構成要素の意味を、  
活動ツールに伝える方法が必要である。そのために、要素に意味を記述する属性を追加す  
ることにする。SVG は XML なので拡張して属性を独自に定義することもできるが、  
HTML5 で定義されている接頭辞「data-」から始まる「カスタムデータ属性」を用いれば、  
より簡便に意味を付加することができる[16]。SVG の circle 要素にカスタムデータ属性を  
記述した例は次のとおりである：

```
<circle cx="0" cy="0" r="1" data-etype="point" data-name="0" /> (1)
```

## 4. デジタル教科書のプロトタイプ

3 章の提案を基にした、紙面素材と活動ツールを分離したデジタル教科書のプロトタイ  
プの制作を行い、その可能性を検討する。開発したのは図 2 のモデルに基づいた、デジタ  
ル教科書ビューアと教科書コンテンツである。

### 4.1 デジタル教科書ビューア

ビューアはタブレット端末での利用を想定して iOS7 プラットフォームで開発した。  
Android, Windows8.1 (ストアアプリ) 用も平行して開発中である。

デジタル教科書の機能のうち、書き込みツールと活動ツールは JavaScript で実装してい  
る。紙面とは独立した操作 UI や、読み上げのような OS の機能の使用にあたってはビュー  
ア側に処理を委譲する。各ツールを JavaScript で開発しているのは、JavaScript は紙面を  
表現する HTML 上で実行されるため、紙面要素へのアクセスが容易だからである。また  
JavaScript のテキストファイルを交換するだけで、本体のビューアをコンパイルし直さなく  
ても教科書の機能や活動ツールを容易に変更できることも利点として挙げられる。

## 4.2 SVG によるデジタル教科書コンテンツ

本研究では電子書籍の標準である EPUB3 に準拠してデジタル教科書コンテンツを制作する。EPUB ファイルは XHTML で紙面をつくり、書籍を構成するのに必要な情報が記述された関連ファイル一式を ZIP 圧縮でパッケージングして作られる。

印刷教科書の紙面は DTP ソフトウェア (Adobe 社の InDesign 等) で編集される。印刷会社への入校用のフォーマットには PDF が使われることが多い。我々は教科書会社の協力を得て教科書紙面の PDF ファイルを入手、紙面サンプルの作成に用いた。

PDF から SVG への変換には Adobe 社の Illustrator を用いた。その他のドローソフトでも保存形式に SVG を選択できるものは多い。紙面素材を活動ツールと連携させるため、Illustrator で PDF の構成要素に意味の付加を行う。Illustrator では「SVG インタラクティブ」の機能により、要素に JavaScript でイベントハンドラのコードを設定できる。例えば円図形に対して以下の記述(2)を onload イベントに設定すると、3.3 節の記述(1)のカスタムデータ属性を設定したことと同じになる。

```
this.dataset.etype='point'; this.dataset.name='O'; (2)
```

Illustrator による SVG の出力にあたっては「SVG オプション」として、画像の参照方法を「リンク」に、CSS プロパティを「プレゼンテーション属性」と設定し、SVG ファイルと画像ファイルを分けて書き出した。Illustrator が出力する素の SVG ファイルは、紙面上の文字等の要素が散在している状態であり、読者が紙面要素を抽出利用する際に使えない場合がある。そのため、我々が開発した整形プログラムで前処理を行い、段落などの意味を持つ単位に結合する。また、整形プログラムは、SVG ファイルをインライン SVG として XHTML のテンプレートに埋め込む作業も行っている。こうして作られた XHTML ファイルを EPUB3 の固定レイアウトの形式でパッケージングし、EPUB ファイルを作成した。

## 4.3 活動ツールの機能

開発したデジタル教科書において、素材から分離した活動ツールの機能を紹介する。開発した代表的な活動ツールを表 1 に示す。なお「文字の抽出」は OS が提供する機能であり開発したものではないが、紙面上の文字を利用する機能を紹介するために便宜上載せて

いる。また、紙面要素上の[]内の文字は、要素に付加したカスタムデータ属性である。

表 1 開発した活動ツールの機能を連携する紙面要素

ツール名称	機能	紙面要素
文字の抽出 (OS の機能)	選択した文字に対してメニューを表示し、辞書・Web 検索・読み上げの機能を提供する。	text 要素
字幕型拡大	弱視者のための機能で、タップした箇所の記事を画面上部の表示領域に字幕状に拡大・反転表示をする。指で文章をなぞると、字幕が流れて続きが読める。タップした箇所を読み上げることもできる。	text 要素
画像拡大	画像をタップすると、画像上に付加された説明を非表示にして元画像を画面全体に拡大表示する。教師の発問による観察活動を可能にする。	ビットマップ画像 : image 要素 ベクタ画像 : g 要素 [data-tool="image"]
作図	教科書紙面上の図をポップアップし、定規とコンパスで作図活動を行えるようにする。	g, line, circle, path 要素 [<表 2 参照>]
写真貼付け欄	矩形領域をタップするとカメラが起動し、撮影した写真を矩形領域に埋め込む。	rect 要素 [data-tool="photo"]

活動ツールの機能を 2.2 節で述べたデジタル教科書制作における 3 つの課題の観点から紹介する。

#### (1) 教科書紙面のレイアウトを維持しながら、紙面要素の利用を可能にする

教科書紙面の文字データを活かして OS が提供する機能を活用することができる。図 4 は紙面上の単語を選択し、辞書機能呼び出して OS 内蔵辞書を表示させた様子である。選択した字句はそのまま Web 検索にかけることもできる。その他に、選択箇所のクリップボードへのコピー、OS のアクセシビリティ機能の音声合成を利用した読み上げができる。

文字を抽出利用する活動ツールとしては、固定レイアウトの紙面でも文字を拡大して読

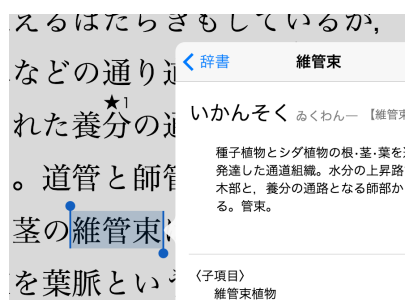


図 4 紙面上の文字の利用

めるように、画面上で触れた箇所の文字を字幕のように画面上部に拡大して流す「字幕型拡大ツール」を開発した。

教科書紙面上の素材を抽出し、レイアウトを変更して表示することで素材を使った学習活動が支援される。図5は紙面右上にあった画像素材をポップアップさせて、端末の画面いっぱいに表示させた様子である。これは紙面上に埋め込まれたあらゆる画像ファイルをポップアップ表示させる共通機能の活動ツールにより実現されており、素材画像個々にインタラクティブコンテンツを埋め込んで実現した機能ではない。

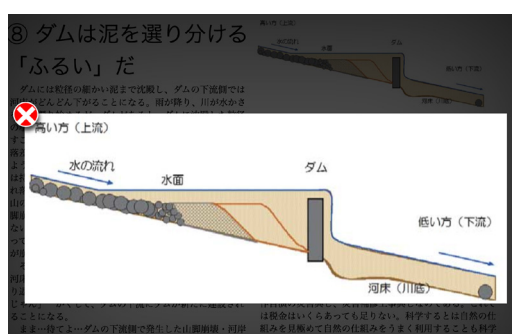


図5 図版の抽出による焦点化

## (2) 教科書紙面に活動ツールを適用して実現したコンテンツ

教科書紙面上の図を使って作図などの活動が行われる。この図中に含まれる要素を生かすことで学習活動を支援できる。図6は教科書紙面上で中学校数学の作図問題に取り組んでいる様子である。これは点Aから円Oに接線を引く問題であり、ここで図中の要素とは、問題設定として与えられた点Aと円O(円周と中心点)、および学習者が書き込んだ線(直線AO, 点Aを中心とした弧, 点Oを中心とした弧)である。図6ではコンパスが点Oに吸着されており、点Oと対応する記号「O」の文字が赤くハイライトされている。

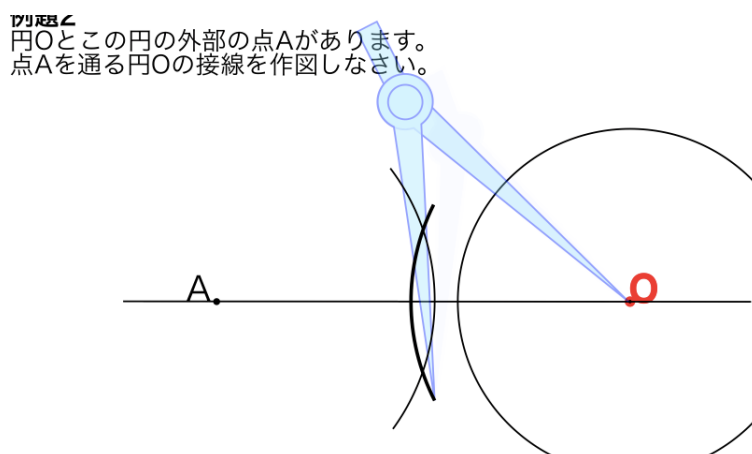


図 6 作図ツール

### (3) 外部アプリケーションや自作教材との連携

外部アプリケーションに教科書紙面を渡して活用させたり，教科書に取り込んだ自作教材に対して活動ツールが作図支援を行わせたりするためには，図中にどのような要素があるかを記述する方法を定めることが必要である．プロトタイプ制作では作図活動の教材要素の記述の方法を定めた．図 6 の状態の SVG を図 7 に表す．この中には学習者の書き込んだ弧や直線も含まれている．この作図素材において用いられているカスタムデータ属性の一覧を表 2 に表す．

```
<g data-content="math-construct" data-tools="straightedge kompas">
  <circle cx="80" cy="100" r="1" class="st5" data-etype="point" data-name="A"/>
  <text x="71" y="100" class="st6" data-etype="symbol">A</text>
  <circle cx="200" cy="100" r="1" class="st8" data-etype="point"
    data-name="org:O" />
  <circle cx="200" cy="100" r="50" class="st8" data-etype="circle"
    data-name="O" />
  <text x="201" y="100" class="st6" data-etype="symbol">O</text>

  <!-- 以下ユーザー書き込み部分 -->
  <line x1="81.3" y1="100" x2="223.7" y2="100" class="drawline"
    data-etype="line" data-aut="0" data-name="line:A0" />
  <path d="M131.2,136.8 A63.2,63.2 0 0,0 130.4,61.4" class="drawline"
    data-etype="arc" data-aut="0" data-org="A"></path>
  <path d="M143,71.9 A63.2,63.2 0 0,0 143.3,128.6" class="drawline"
    data-etype="arc" data-aut="0" data-org="O"></path>
</g>
```

図 7 作図問題における意味表現



表 2 作図ツールのための属性

属性	意味	値の例
data-content	素材全体の g 要素に設定し, 想定されている教材を示す. 選択されるとポップアップし該当する活動ツールが適用される	math-construct: 数学の作図教材
data-use	素材全体の g 要素に設定する, 作図活動で使うことができる筆記用具のリスト. 複数の筆記用具は空白で区切って記述する	scale: 目盛付き定規 straightedge: 目盛なし定規 kompas: コンパス
data-etype	要素の意味	symbol: 記号 point: 点 line: 線 circle: 円 arc: 弧
data-name	要素の名称	A: 点 A (要素が点の場合) org: O: 円 O の中心 (要素が点で O が円の場合) AO: 直線 AO (要素が線の場合) seg: BC: 線分 BC (要素が線の場合)
data-org	弧の中心等, data-name 中に現れない基準	A: 点 A を中心とする弧
data-aut	要素の作成者. この属性がない場合は教科書自体の要素であり, 消すことができない. 協働作業で作成された要素には作成者の ID を指定する	0: 教科書の所有者

SVG 上では点 O は塗りつぶされた小さい circle, 円 O (円周の弧) は中空の大きな circle であり, 両方 circle 要素で表現される. これらの要素の違いを明確に区別するため「data-etype」属性を用いている. 点 O は円 O の中心であり, 記号文字「O」とも関連がある. このことを示すために「data-name」属性を設定した.

#### 4.4 制作技術による教科書の比較

本提案のアーキテクチャの特徴を明確にするため, デジタル教科書の課題への対応度合いを他の制作技術と比較した. 既存の制作技術として Adobe Flash と画像化, PDF を取り上げ, 標準化教科書として有望な EPUB に準拠する制作技術として HTML5 と本提案を取り上げた. 分析の観点, 2 章で挙げた 3 つの課題を詳細化した 9 つの要求機能とした.

結果を表 3 にまとめる. なお, HTML5 の中には Flash や SVG を埋め込むことができるが, 違いを明確にするため HTML5 には他の制作技術を含まないものとする. 同様に画像によって紙面全体を表現した HTML5 は画像化に分類する.

表 3 紙面制作技術による教科書の比較

課題	要求機能	Flash	画像化	PDF	HTML5	提案技術
紙面レイアウト の維持と要素の 抽出の両立	教科書紙面の再現性	○	△	◎	△	○
	文字等の紙面要素の抽出	△	×	○	○	◎
	紙面制作コスト	○	◎	◎	△	○
インタラクティ ブコンテンツと 制作効率	インタラクティブ性	◎	×	△	△	○
	制作・修正効率	△	—	△	○	○
	ツールの交換	×	—	×	△	◎
外部アプリケー ションや自作コ ンテンツと連携	外部アプリの紙面素材の利用	×	△	○	○	◎
	コンテンツの自作	○	○	○	○	○
	拡張性	×	×	×	○	◎

◎：最適 ○：可 △：問題あり ×：不可 —：対応なし

以下、それぞれの項目の評価について説明する。

#### (1) 紙面レイアウトの維持と要素の抽出の両立

教科書の高度なレイアウト紙面を再現する能力については、画像化は拡大時の画質低下や記憶容量の増大に弱点がある。Flash と PDF、提案技術はベクターグラフィックスにより拡大しても高品質を保てるが、PDF はフォントの埋め込みがフォント会社から許諾されている点で優位である。HTML5 ではビューアによる標準対応の差異が問題となる。

文字等の紙面要素の抽出については、画像化では文字を抽出できず、Flash は MSAA(Microsoft Active Accessibility)に対応したビューアでは可能であるが一般的ではない。HTML5 と提案技術は優れているが、HTML5 は図版中の文字は画像のため抽出できない制限がある。提案技術は写真等の画像にも詳細な説明を付加できる機能がある。PDF は読み上げや文字の抽出に対応しているが、固定レイアウトであるため拡大すると画面外にはみ出してしまいアクセシビリティが低下する。提案技術も固定レイアウトであるが「字幕型拡大ツール」の機能によりこの問題を解決することができる。

紙面制作コストとしては、HTML5 は従来の印刷用紙面制作と異なるプロセスと専門知識を要求するため負担が大きい。PDF と画像化は印刷用の DTP ソフトから書き出しできる他、対応しているアプリケーションソフトの豊富さが有利である。Flash と提案技術は PDF で制作した紙面から変換することにより PDF の利点を引き継ぐことができる。

## (2) インタラクティブコンテンツの機能と制作効率

インタラクティブ性としては機能的には Flash と SVG を用いた本提案は同等であるが、制作環境の利便性も含めると Flash が最適である。PDF にもインタラクティブ機能は用意されているが、対応したビューアは Adobe 社のものに限られており、ビューアを選択することが出来なくなる。HTML5 では CANVAS や CSS3 の機能を用いることで高度な表現は可能であるが、タッチ判定や接触判定の機能が不足しており入力の手間で劣る。

コンテンツの制作・修正効率については、複数の教科書の素材に活動ツールを適用して同様のコンテンツを大量生産できる点で、本提案が最適である。HTML でも同様のことができるが、紙面素材を別途データで用意して活動ツールに渡す手間がかかり不利である。また紙面素材を記述する仕様が別途必要となるため、仕様の統一が難しい。

教科書の素材と活動ツールが分離されている本提案では、活動ツールを交換することも容易である。HTML では Flash や PDF では素材とツールのプログラムと一緒にファイルに埋め込まれているので交換することは出来ない。

## (3) 外部アプリケーションや自作コンテンツとの連携

外部アプリケーションに紙面素材を受け渡すことは Flash を除いて可能であるが、提案技術以外では、画像を用いて図版を表現するため文字や数値を渡せず、外部アプリケーションは画像処理のアプリに限られる。提案技術は SVG が XML であることを活かして、多様なデータを包含しつつ統一的方法として渡せることが強みである。

教師の自作教材をデジタル教科書に取り込むことは、各形式で出力するオーサリングソフトウェアがあれば可能である。EPUB 形式で出力できるワードプロセッサも出て来ており、それらでは HTML5 もしくは画像化が用いられている。提案技術では SVG を出力するグラフィックスソフトウェアに、紙面要素に任意の属性を設定できる機能があれば、自作教材をインタラクティブコンテンツとして動作させることも可能である。

進化するデジタル教科書の機能に対応する拡張性という面では、拡張可能な XML による SVG やカスタムデータ属性を有する HTML5 が有利である。PDF はオープン標準であるものの、仕様が複雑でサードパーティが仕様を拡張することは困難であるため、発展途中のデジタル教科書の進化を反映させることが難しい。

## 5. 議論

本研究の目的は、デジタル教科書における相互運用性の向上に資するアーキテクチャの

提案であった。その実現のために紙面素材と活動ツールを分離することに焦点を当て、素材表現の技術の検討、紙面素材と活動ツールや外部アプリケーションとの連携方法について研究を行った。本研究では、素材の表現に多様な紙面表現を正確なレイアウトで統一的に表現できるベクターグラフィクス標準の SVG を用いた。さらに、素材から分離した活動ツールとの連携のために、素材を構成する要素に意味情報の付加が必要と考え、そのために HTML5 のカスタムデータ属性を用いた。

## 5.1 素材と活動ツールを分離することで実現される機能

教科書から活動ツールを分離することでどのような機能が実現できるか、プロトタイプ  
のデジタル教科書を作って検討した。その結果、次の3つの機能を実現することができた：

### (1) 教科書紙面のレイアウトを維持しながら、紙面要素の利用を可能にする

SVG は Web 標準に則っているため OS の組み込み機能によって表示できる。そのため OS が提供する機能を利用することができ、デジタル教科書側で作りこまなくても辞書やクリップボード、読み上げの機能が実現できた。OS が提供する機能はアプリケーション間で共通のインターフェイスを持つため、ユーザーが持つ端末内で操作性が統一できる。アクセシビリティの機能が充実している OS では、特別支援機能を OS に委譲して教科書ビューアを単純化できる。一方 OS の機能を利用する問題点としては、提供される辞書の説明が学習者の年齢に合っていないことがあげられ、利用者にあわせた OS のカスタマイズが求められると考えられる。

### (2) 教科書紙面に活動ツールを適用して実現した学習コンテンツ

教科書紙面上のあらゆる素材を抽出して拡大表示する、汎用的な活動ツールを実装した。学習者用デジタル教科書では学習者それぞれが操作を行うため、単純な紙面のズームでは学習者によって見ているところが異なったり、周囲の部分に意識が散乱したりという問題があった。それに対して素材を抽出して焦点化することにより、対象以外の素材を見えなくして学級全員の視点を統一した上での発問や観察活動が可能になる。また学習者が何を見たかという教科書上の行動が明確になるため、その行為を記録すれば学習の履歴として利用することができる。

数学の作図問題の素材に作図ツールを適用して、作図活動を支援する教材コンテンツを構成した。その際、作図問題素材上の要素の意味を記述する語彙を定義した。作図ツールの仮想的な筆記用具を要素に吸着させることで正確な作図のための支援が可能になった。

活動ツールは素材上に設定した意味を自由に使うことができ、様々な応用が考えられる。例えば、要素の名前を抽出すれば学習者が行った操作を「直線 OA を引く」「点 O を中心に弧を描く」というように、文章に起こすことができる。文章は文字として履歴に残したり、アクセシビリティのために読み上げに利用したりできる。

### (3) 外部アプリケーションや自作教材との連携

作図の素材への意味を付与するカスタムデータ属性は本研究の中で提案されたものであった。今後、教科毎・分野毎に教科書素材の意味の定義が必要になると考えられる。また、外部アプリケーションの利用が進んでいくと、他社の開発したアプリケーションでも素材を共通して利用できることが求められるようになるだろう。

カスタムデータ属性のような独自に仕様を定める仕組みでは、開発会社毎に仕様が乱立することが予想される。業界主体で標準を決めようとする EDUPUB のような取り組みはそれに対応する一つの方法である[18]。しかし我々は、デジタル教科書は未だ発展途上であり、急いで標準に収束させるよりは今は仕様が乱立しても「よいもの」を追究する時期であると考え。仕様が公開されていれば他者がその仕様に対応した活動ツールを作成することや、データを別の仕様に変換することが可能であり深刻な問題とはならない。相互変換により仕様の差に対応し、自由な仕様を許すことが技術の発達に寄与すると考える。

仕様が複数発生する場合、少なくともどの仕様を使用しているかを識別しなければならず、その識別方法は先ず標準化しておく必要がある。どの仕様に準じた記述であるかを指定するものとして、素材仕様識別子の記述を提案する。

#### 素材仕様識別子の記述例 (HTML の場合. HEAD 要素の中に記述する)

```
<meta name="contentspec" content="http://etext.jp/svgcontent/2013" />
```

(3)

識別子には仕様制定者が所有する URL を用いることが薦められる。容易に世界唯一の識別子を用意することができ、その URL に仕様書を掲載しておけば仕様を明確にできるからである。これは XML における名前空間 URI における考え方と同じである[19]。

## 5.2 制作技術による教科書の性格の比較

SVG を基盤とした本提案技術と他のデジタル紙面制作技術との間で、これからのデジタル教科書の課題への対応状況を比較した。

国際標準に則っていることは、利用する側の利点だけでなく、教材作成において広く対応アプリケーションを求めることができる点でも重要である。本研究では素材と活動ツールを連携するために紙面素材の要素に意味情報の付加を行ったが、この際に既存のオーサリング環境を利用して GUI 環境下で作業を行うことができた。これは SVG を XML テキストとして編集するのに比べ、大幅な制作作業の効率化が図れる。

SVG は印刷紙面をそのまま利用することができるので、構造的文書として制作する HTML より容易に教材を作成できる。これは、教材の自作にも役立ち、教師がワードプロセッサを使って自作した教材を変換して SVG 化し、デジタル教材として取り入れることも可能である。

紙面の再現性の高い SVG の弱みとしてリフローができないことがあげられる。将来的にリフロー形式による紙面制作・閲覧技術が向上し、教科書紙面もリフロー形式の HTML で制作されるようになることが予想される。それでもインタラクティブな図版として SVG の役割は重要である。デジタル教科書の制作技術は、教科書の文書構造を表現する HTML と知識構造を時空的に表現する SVG の、それぞれの特徴を生かしたハイブリッド化が進むだろう。

## 6. まとめ

我々は教科書紙面を構成する素材のデータ形式に SVG を用い、カスタムデータ属性により素材内の要素の意味を記述することで、素材から活動ツールを分離しつつ、連携を図れるアーキテクチャを開発した。SVG はベクターグラフィックスの表記であるため、教科書紙面のあらゆる要素、および学習者が書き込んだ線なども統一的に扱うことができる利点がある。今回数学の作図教材についての意味記述の仕様を検討したが、あらゆる教科・領域の教科書素材を意味記述するための仕様の開発が求められる。開発した仕様は逐次弊社の Web サイト上で順次公開していく予定であるが、教材コンテンツ開発に取り組む各社がお互いに作った仕様を公開することで、仕様の相互利用や標準化に向けた議論が活性化することを期待する。

仕様が多く提案されるようになると、将来何らかの標準化の取り組みが求められるようになるだろう。ただし、現時点の EDUPUB では練習問題や数式の記述方法への議論はあるが、作図活動のような紙面上で学習活動が行われることは想定されていない。それは、2.1 節で述べたように日本のデジタル教科書と世界のデジタル教科書の性格の違いの現れ

でもある。我々は教科書上で思考やスキル習得のできる日本のデジタル教科書は未来のデジタル教科書像だと考えている。この分野の研究は世界をリードできる可能性がある。

## 参考文献

- [1] 首相官邸：「教育再生実行本部 成長戦略に資するグローバル人材育成部会提言」,  
<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/kyouikusaisei/dai6/siryous.html>, 2013年4月8日.
- [2] 教育家庭新聞：「【タブレット端末の教育活用】各教育委員会導入状況(2013/5/30現在)」,  
教育マルチメディア号, 2013年6月3日.
- [3] 松原聡, 山口翔, 岡山将也, 池田敬二：「デジタル教科書プラットフォームの検討ー  
アクセシビリティを中心にー」, 東洋大学『経済論集』38巻2号, 2013.
- [4] 教育家庭新聞：「デジタル教科書標準化」, 教育マルチメディア号, 2014年3月3日.
- [5] 文科省：ICTを活用した課題解決型教育の推進事業, 文部科学省, 2013.  
[http://johouka.mext.go.jp/problem\\_to\\_be\\_solved.html](http://johouka.mext.go.jp/problem_to_be_solved.html), 2013年10月30日閲覧.
- [6] 原久太郎, 上原永護：「デジタル教科書作成ツールの開発と市販教科書への応用」, 情  
報処理学会シンポジウム論文集, 2006号, pp.177-182, 2006.
- [7] World Wide Web Consortium (W3C)：「Scalable Vector Graphics (SVG) 1.1 (Second Edition)」,  
W3C Recommendation, <http://www.w3.org/TR/SVG/>, 2011年9月16日.
- [8] International Digital Publishing Forum (IDPF)：「EPUB3」, <http://idpf.org/epub/30>, 2014年3  
月24日閲覧.
- [9] 国立特別支援教育総合研究所：『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 研究成果報告書』, 平成23年度専門研究A(重点推進研究), C-86, pp.6-12,  
2012.
- [10] 小泉力一：「韓国人研究者から見た教育の情報化～韓国と日本」学校の来し方行く末,  
デジタル的読み解き, 日経BP社PC Online, 2013年4月3日,  
<http://pc.nikkeibp.co.jp/article/column/20130331/1085162/>
- [11] 柳沼良知, 鈴木一史, 児玉晴男：「教科書の電子化の動向とプロトタイプシステムの  
開発」, 放送大学研究年報, 第28号, pp.91-98, 2010.
- [12] Apple Inc.：「アクセシビリティ」, <https://www.apple.com/jp/accessibility/>, 2014年3月24  
日閲覧.
- [13] マイクロソフト：「アクセシビリティホーム」,

青木浩幸・宮寺庸造・原久太郎 (2014). デジタル教科書コンテンツにおける紙面素材と活動ツールの分離  
デジタル教科書研究, 1, 2-23.

<http://www.microsoft.com/ja-jp/enable/default.aspx>, 2014年3月24日閲覧.

[14] James Governor, Dion Hinchcliffe, Duane Nickull : 「Web 2.0 Architectures: What entrepreneurs and information architects need to know」, O'Reilly Media, pp.95-98, 2009.

[15] 新井紀子 : 『ほんとうにいいの？デジタル教科書』, 岩波ブックレット No. 859, 2012.

[16] John Allsopp : 『マイクロフォーマット～Web ページをより便利にする最新マークアップテクニック～』, 毎日コミュニケーションズ, 2008.

[17] W3C, HTML5 A vocabulary and associated APIs for HTML and XHTML, W3C Working Draft 13 January 2011, 3.2.3.8 Embedding custom non-visible data with the data-\* attributes.

[18] IPDF : EDUPUB Profile, <http://www.ipdf.org/epub/profiles/edu/>, 2014年3月24日閲覧.

[19] Kanzaki Masahide : 「XML 名前空間の簡単な説明」, The Web Kanzaki, <http://www.kanzaki.com/docs/sw/names.html>, 2001年9月16日更新.

---

青木浩幸・宮寺庸造・原久太郎 (2014). デジタル教科書コンテンツにおける紙面素材と活動ツールの分離 デジタル教科書研究, 1, 2-23.

Aoki, H., Miyadera, Y., & Hara, K. (2014). Separation of digital textbook contents into page materials and activity tools. *Japanese Journal of Digital Textbook*, 1, 2-23.

---

(2013年10月31日受稿・2014年6月3日受理・2014年8月12日発行)



<報告 (一般) >

## デジタル教科書導入に必要な 費用に関する一考察

小河智佳子 (東洋大学)

### 概要

デバイス、コンテンツ、ネットワーク整備、教員支援の4つの観点から、デジタル教科書の導入費用を試算した。デバイスは、価格と使用年数についていくつかの選択肢を考慮した。コンテンツは、既存の教科書部分と教材部分に分けて費用の試算を行った。ネットワークは、学校と家庭での接続それぞれについて、初期費用と年間費用を試算した。教員支援については、支援が必要な教員にICT支援員を配置する場合と、各学校に1人の支援員を配置する場合の雇用費用を計算した。これら4つの観点での計算から、全体として要する最大費用と最小費用を計算した。結果、既存の教科書の一年あたりの費用をそのままデジタル教科書費用に充てるのでは予算が足りないことが明確となった。現状の紙の教科書のように公費で賄っていくのか、私費負担を行っていくのかは、今後検討すべき課題のひとつであると考えられる。

キーワード デジタル教科書、教育の情報化、導入費用

### 1.はじめに

日本の子どもたちは、義務教育を受けることが定められており、その後、多くが後期中等教育や高等教育への進学等を経て社会進出する。あらゆる産業で業務の効率化や利便性の向上といった観点からデジタル化が進んでいる今、義務教育の段階からデジタル技術を取り入れた学びを行うことは必要不可欠である。既に、OECDの学習到達度調査(PISA)では、デジタル読解力を調査する項目が盛り込まれているように、世界的にデジタル技術を用いて問題を解決することが求められている。例えば韓国や台湾では、既にデジタル教科書や教材としてタブレットPCを用いた教育が行われている。日本も遅ればせながら、自由民主党の教育再生実行本部が、2015年を目途に全国で100校程度を指定した教育シ

システムを導入することを目標とし、学校教育のデジタル化を進めている。

デジタル教科書の導入が遅れている理由はいくつかある。ひとつは、文部科学省の検定を経たものでなければ教科書として発行することができない教科書検定制度、実質紙でなければならない教科書の発行に関する臨時措置法、すべての子どもたちが一定の教育を受けられるために行われている教科書無償配布制度といった、制度的課題である。もうひとつは、デジタル教科書とはどのような形態を指すのか、また、どのようなデバイスにするのか、コンテンツはどのように提供するのか、学校だけではなく家庭でも使えるようにするのか、といった技術的課題である。

本論文では、後者の技術的課題に焦点をあて、特にデバイスとコンテンツにかかる費用やネットワーク整備の費用負担等を計算し、デジタル教科書導入に必要な費用を考察する。

筆者の考えるデジタル教科書とは、単に検定教科書を PDF 化した形式ではなく、動画・ドリル・リンク等、従来は別の媒体で教材として提供されてきた素材を、ひとつのデバイスに統合したものである。デジタル教科書を教育で利用するためには、デバイス・コンテンツ・ネットワーク・教育担当者（教員）の要素をそれぞれ準備する必要がある。例えば、どの程度の性能を持つデバイスを何年単位で更新するかといったように、選択する規模や機能によって費用は大幅に異なることが予想できる。そこで、これらの要素について複数の可能性を想定し、最大費用と最小費用を見積ることとする。

## 2. 導入費用の現状と課題

既に導入費用に関しては、デジタル教科書・教材に関する課題整理、実証実験、普及啓発、政策提言等を進めているデジタル教科書教材協議会（DiTT）にて、試算が行われている。本章では、DiTT の試算を分析し、導入に向けて必要な費用項目をまとめる。

### 2-1. デジタル教科書教材協議会（DiTT）の試算

DiTT では、2015 年にすべての小中学生に導入することを踏まえた費用試算<sup>1</sup>を行っている。前提として、既存の紙の教科書とデジタル教科書を併用することを想定している。デバイスは 3 年毎に新しい端末と交換とする。2015 年度に配布した以降は、毎年、小学校 1 年生・4 年生・中学校 1 年生の 3 学年にて、新デバイスと交換を行う。

初年度である 2015 年では、総額 4,680 億円と試算している。内訳は、教科書用デバイスの整備に 2,100 億円、既存の紙の教科書からの移行費用で 580 億円である。また、教育

クラウド整備、ネットワーク、公務支援システム、ICT 支援員、ICT 活用指導力向上等の費用として、2,000 億円を想定している。さらに、次年度である 2016 年以降は、新たに必要なデバイスが 3 学年分になるため、2,100 億円の三分の一である 700 億円がデバイス費用と見込まれており、合計で 3,250 億円と試算している。

これらの費用の負担は誰が行うのか。DiTT では、デバイスを無償配布することを、デジタル教科書法案<sup>2</sup>に盛り込んでいる。これは、すべての児童生徒がデジタル教科書で教育を受けられることを保障するためである。同法案第四条「責務」の項目においても、国と地方公共団体が、デジタル教科書の普及促進のために必要な措置を講じるよう記載しており、ICT 活用指導力向上等の費用として想定している 2,000 億円は、デジタル教科書導入に向けた教科用図書予算の増額と、教育の情報化対策に関する地方財政措置にて賄うことを考えている。このことから、DiTT は、少なくともデバイスの費用に関しては公費での負担を想定していることがわかる。

## 2-2.費用に関する課題

デジタル教科書を導入するために必要なものの一つ目がデバイスである。DiTT の試算によると、一人あたり約 2 万円<sup>3</sup>のデバイスを導入することを見込んでいるが、タブレット型 PC には、性能や機能に応じて様々な価格のものが存在する。ドリルや動画要素を扱えるものにするのか、とりあえず導入するために電子書籍のような機能に制限はあるが安価なものにするのか、といったことを検討する必要がある。また、コンテンツに関しては、既存の紙の教科書に記載されている内容以外にも、教材要素の部分はどれくらい費用がかかるのか、検定を行わない自由競争の分野に、公費を使うのか否かといったことも重要な課題である。さらに、ネットワークは、普通教室で使用できることはもちろん、家庭にデバイスを持ち帰り、予習や復習を行えるようにするのか否かが大きな課題である。これらは、児童生徒側から見た課題であるが、デジタル教科書を用いた授業を提供する教員にも、慣れるまでに支援が必要であることが考えられる。次章では、規模毎に導入費用を試算し、必要な費用を細かく分析していく。

## 3.各項目における試算

本章では、デバイス・コンテンツ・ネットワーク・教員 (ICT 支援員) の 4 つの観点から、デジタル教科書導入にかかる費用を試算する。デバイスは、価格や使用年数によって

分類をし、コンテンツは、従来の教科書部分と教材部分に分けて考える。また、ネットワークは、学校だけではなく家庭でも学習を行えることを踏まえ、教員は、ICT 支援員を配置する場合を考え、必要な費用を試算する。

### 3-1. デバイス

デバイスとは、デジタル教科書のハードウェアのことを指す。政府の実証実験等においては、タブレット PC 型を導入することを想定したものが多く。小中学校の児童生徒一人一人に一台のデバイスを提供するという事は、小学校 6 年間と中学校 3 年間の合計 9 年間分が必要になる。2015 年に全ての小中学生にタブレット型 PC を配付すること<sup>4</sup>を踏まえると、デバイスの費用はどれくらいになるのだろうか。10 年間で必要な費用を試算する。

はじめに、2015 年以降の小中学生の人口を把握する。2015 年時点の小中学生の人口は、約 1,008 万人<sup>5</sup>である。また、2010 年の出生者数は約 107 万人、2011 年では約 105 万人、2012 年では約 103 万人と、直近 3 年では毎年 2 万人ずつ減少していることから、2013 年以降の各年の出生者数を前年より 2 万人ずつ減らした人数と想定する。

次に、デバイスの価格について考える。平均的な PC (ノートブック型およびタブレット型) の生産価格は、2013 年 10 月現在では約 83,000 円<sup>6</sup>である。また、昨今発売されている代表的なタブレット型 PC である Apple 社の iPad の価格は、最も安価な iPad mini で 31,800 円<sup>7</sup>である。電子書籍に特化したデバイスでは、Amazon 社の Kindle Paperwhite があり、9,980 円<sup>8</sup>である。デバイスは、性能や機能、容量、大きさといった観点から価格に変動があるが、本論文では安価なタイプとして 1 万円、標準的なタイプとして 3 万円、高価なタイプとして 8 万円の 3 タイプを想定して試算する。

費用試算では、デバイスの更新年数も考える必要がある。現在のようなタブレット PC が発売されたのは 2010 年頃であるため、PC と携帯電話の平均使用年数<sup>9</sup>を基にすると、PC は 5.8 年、携帯電話は 3.4 年である。これよりも長い期間、たとえば、小学校 1 年次に配布してから中学校を卒業するまでの 9 年間、一台のデバイスを使用し続けることも想定する。このことから、3 年・6 年・9 年の 3 タイプを想定する。

これらを踏まえ、デバイス導入にかかる費用を算出した。表 1 は、デバイスを 3 年毎に導入する場合の試算結果である。初年度である 2015 年は全 9 学年が導入対象であるため、1,008 万人に配布することになる。そのため、1 万円のデバイスを導入すると、1,008 億円かかることがわかる。2016 年および 2017 年は、それぞれ小学校 1 年生のみであるため 1

学年分の107～856億円、2018年は、小学校1年生に加えて初年度に導入した小学校4年生以上の6学年を合わせて7学年分になるため、761～6,088億円となる。さらに2019年と2020年は、小学校1年生および4年生の208～1,680億円、2021年には小学校1年生・4年生・中学校1～3年生の5学年分の531～4,248億円と、変則的な導入となる。しかし、8年目である2022年以降は、当初想定していた小学校1年生・4年生・中学校1年生の3学年での導入及び交換となり、297～2,456億円となることがわかる。

表 1 3年毎にデバイスを導入する場合に必要な費用

年度	小学校						中学校			必要な 学年数	児童 生徒数 (万人)	費用 (億円)		
	1 年	2 年	3 年	4 年	5 年	6 年	1 年	2 年	3 年			1万円 /1台	3万円 /1台	8万円 /1台
2015	○	○	○	○	○	○	○	○	○	9	1,008	1,008	3,024	8,064
2016	○									1	107	107	321	856
2017	○									1	107	107	321	856
2018	○			○	○	○	○	○	○	7	761	761	2,283	6,088
2019	○			○						2	210	210	630	1,680
2020	○			○						2	208	208	624	1,664
2021	○			○			○	○	○	5	531	531	1,593	4,248
2022	○			○			○			3	307	307	921	2,456
2023	○			○			○			3	303	303	909	2,424
2024	○			○			○			3	297	297	891	2,376

注：○印は該当の学年でデバイスを配布することを意味する。

\*筆者作成

同様に、6年毎に導入する場合を試算する。初年度は3年毎と同様に9学年分が必要となるが、2年目から6年目まではそれぞれ小学校1年生のみであるため、費用は107～856億円となる。7年目は、小学校1年生に加えて中学校1～3年生の交換が必要になることから、4学年分で合計425～3,400億円となる。8年目以降は、小学校1年生と中学校1年生の2学年分であるため、200～1,660億円程度となる。

9年毎に導入する場合は、初年度は9学年分が必要となり、2年目以降は小学校1年生のみの配付となるため、2年目では107~8,560億円、年数を追うごとに人数が減るため、10年目では93~744億円となることが想定される。

### 3-2.コンテンツ

コンテンツとは、デジタル教科書の内容であるソフトウェアの部分を指す。

はじめに、従来の紙の教科書部分に対応するコンテンツの作成に要する費用の試算を行う。児童生徒一人あたりの従来の紙の教科書費用は、小学校では平均3,299円、中学校では平均4,773円であり、2006年以降ほとんど変わっていない。この費用は、教科書を作成し発行するまでの過程を合計した数値になる。出版に必要な費用は、組版や加工、デザインといった編集費用と、印刷や製本、用紙といった印刷費用がある。教科書内容をデジタル化するには、印刷費用が不要である。一般的に、流通費用約30~40%、印刷費用約30%、編集費用は約20%~30%、印税が約10%であること<sup>10</sup>から、編集費用が20%と30%の場合それぞれについて、2015年度の導入初年度（小学生約657万人、中学生約351万人の合計約1,008万人）を想定して、コンテンツ作成費用を試算する。

編集費用が20%の場合、印税率10%を加えることでかかる費用は30%になるため、一人当たりの編集費用は、小学校では約990円、中学校では約1,432円になる。一人当たりの費用に人数を掛けることで、合計費用を算出する。小学校で約65億円、中学校で約50億円となり、合わせて約115億円になる。

同様の方法で、編集費用が30%の場合を算出する。一人当たりの費用は、小学校では約1,320円、中学校では約1,909円になる。全体では、小学校で約87億円、中学校で約67億円となり、合わせて約154億円になる。

次に、教材部分の試算を行う。学校毎の一年あたりの平均教材費用<sup>11</sup>は、公立小学校では1,929円、私立小学校では5,375円である。また、公立中学校では5,981円、私立中学校では12,745円となっている。2010年時点での在学者数<sup>12</sup>は、公立小学校は98.9%、私立小学校は1.1%、公立中学校は92.8%、私立中学校では7.2%の割合である。

先述した編集費用の試算方法と同様に、編集費用が20%と30%の2タイプで、教材部分に要する費用を算出する。2010年時点での在学者数を費用試算に用いるのは、教材費用が公立学校と私立学校で異なるためである。編集費用が20%の場合、公立私立の小中学校で、合わせて約110億円と計算することができる。また、編集費用が30%の場合は、約147億

円である。

### 3-3. ネットワーク

ネットワークは、デバイスをインターネットに接続するために必要である。家庭でもデバイスを用いた学習を行うことを考えると、学校と家庭の両方で要する費用を考える必要がある。また、初期費用（工事等の費用）と年間費用の両方を考えていく。

学校における初期費用は、普通教室における校内 LAN 整備率<sup>13</sup>を考慮する必要がある。2012 年 3 月時点では、83.6%であるが、タブレット PC をインターネット接続する際に必要な無線 LAN を整備している教室は 23.7%と、非常に少ない状況である。全国の学級数<sup>14</sup>は、2012 年時点で小学校は約 24 万学級、中学校は約 12 万学級であることから、現段階でデジタル教科書を導入してオンラインで学べる学級数は、約 36 万学級のうち約 8.5 万学級と試算できる。デジタル教科書の特性を活かして、リアルタイムでインターネットに接続できる環境を整備する場合、無線 LAN 環境が必要である。全国の学校数は、2012 年時点で小学校は 2.1 万校、中学校は 1 万校であることから、小中学校の1校あたりの平均学級数を計算すると、どちらも約 11 学級になる。

これらのことから、初期費用<sup>15</sup>として、ハブや無線 LAN アクセスポイント、認証ゲートウェイ、工事等の費用を換算すると 1 校あたり約 240 万円と計算でき、小学校は約 504 億円、中学校は約 240 億円になる。合計すると、初期費用は、約 744 億円と試算することができる。また、年間費用は、約 40 億円となる。

家庭における費用を考える上では、インターネット普及率を考慮する必要がある。2012 年末時点のインターネット人口普及率<sup>16</sup>は 79.1%である。既に、インターネットを利用している家庭においては、新たに環境を整備する必要はなく、課題は、インターネットを利用できない環境下の 20.9%の家庭の子どもたちである。2009 年時点での日本の全世帯数<sup>17</sup>は、約 5,200 万世帯であり、インターネットを利用できない家庭は、約 198 万世帯であることが算出できる。

これらの家庭にインターネット環境を整えるために要する初期費用<sup>18</sup>は、回線の工事等で 1 家庭当たり平均約 32,000 円かかることから、約 640 億円である。

また、1 家庭の月額平均料金<sup>19</sup>は、4,350 円である。よって、年間費用は約 86 億円と試算できる。

### 3-4. 教員 (ICT 支援員)

文部科学省は、学校のデジタル化を進めていくに伴い、学校に外部の ICT 専門の人材である ICT 支援員を配置する必要があると考えている。デジタル教科書を導入するにあたり、どれくらいの人数の ICT 支援員が必要であるのかを試算する。

2012 年度における教員の ICT 活用指導力の状況<sup>20</sup>を踏まえる。これは、「教員の ICT 活用指導力の基準 (チェックリスト)」<sup>21</sup>を基に調査している。この調査において、「わりにできる」もしくは「ややできる」と回答した教員数は、全体の平均値<sup>22</sup>を算出すると、小学校では 74.1%、中学校では 67.5%であった。したがって、およそ 3 人に 1 人の割合で、ICT の活用や指導において支援が必要であると考えられる。2012 年時点での教員数<sup>23</sup>は、小学校教員が約 42 万人、中学校教員が約 25 万人である。支援が必要な教員に支援員を配置すると考えると、全教員の三分の一にあたる人数として、約 22.3 万人の ICT 支援員が必要になることが計算できる。

必要な支援員の数を、学校数から算出することも考えられる。各学校に、専属の ICT 支援員を配置する。2012 年時点での学校数は、小学校が約 2.1 万校、中学校が約 1 万校であることから、必要人数は約 3.1 万人と計算できる。

総務省では、地域雇用創造 ICT 絆プロジェクトにおいて、地域雇用の創出のために ICT 支援員を雇用することを実施しているが、本プロジェクトでの雇用単価は、約 185 万円<sup>24</sup>である。この金額を基に試算すると、支援が必要な教員に ICT 支援員を配置する場合は約 4125 億円が、各学校に 1 人配置する場合は約 573 億円が必要になることがわかる。

### 3-5. 合計費用

第 3-1 節から第 3-4 節までの試算を基に、合計でかかる最大費用と最小費用を表 2 にまとめた。

最大費用は、14,000 億円である。これは、8 万円のデバイスを 3 年間で交換し、コンテンツは従来の紙の教科書と教材をデジタル化し、編集費用が 30%のケースである。また、学校でも家庭でもデバイスを用いて学べる環境を整備し、ICT の活用が得意ではない教員に対して 1 対 1 で支援員がサポートする構成である。

最小費用は、2,480 億円である。これは 1 万円のデバイスを 9 年間使用し続け、コンテンツは従来の紙の教科書をデジタル化し、編集費用が 20%のケースである。また、学校環境のみでの使用、もしくは家庭でインターネット接続環境がある児童生徒のみが自宅でデ



バイスを用いて学べる環境である。学校 1 校につき、1 名の ICT 支援員がサポートする。

**表 2 デジタル教科書の最大費用と最小費用**

	デバイス	コンテンツ	ネットワー ク	ICT 支援員	合計
最大費用	8,064	301	1,510	4,125	14,000
最小費用	1,008	115	784	573	2,480

(単位：億円)

\*筆者作成

#### 4.国内先行事例による考察

既存の紙の教科書は国費で賄われている。第 3 節にて、デジタル教科書導入に必要な試算を行ったが、最小費用を採用するとしても、紙の教科書費用よりも高い予算が必要である。本節では、国の予算ではなく、自治体の予算や自己負担によって、国内ではいち早く導入を試みている事例を紹介する。

東京都荒川区では、2013 年度に小学校 3 校でモデル事業を始め、運用方法を検証している。モデル事業の予算案では、デジタル教科書導入費用として、約 5,000 万円を計上している。荒川区立の小学校は 24 校で児童数は約 8,000 人、中学校は 10 校で約 3,000 人の生徒数である。予備も含め、約 12,000 台を導入する見通しであり、端末や教材ソフトは企業からリースする見込みである。全体の導入費用は 4 億 5,688 万円を見込んでいる。この予算は、適正であるのか否か、本論文での最大費用と最小費用の試算方法を荒川区に適用した。

**表 3 荒川区を想定したデジタル教科書の最大費用と最小費用**

	デバイス	コンテンツ	ネットワー ク	ICT 支援員	合計
最大費用	960	30	193	690	1,873
最小費用	120	12	81	63	276

(単位：百万円)

\*筆者作成

荒川区での最大費用と最小費用を算出した結果<sup>25</sup>が、表 3 である。最大費用は約 18 億 7,300 万円、最小費用は約 2 億 7,600 万円となった。このことから、荒川区の予算は、最小費用に近い適正な見積もりであることがわかる。導入負担は誰がするのが課題のひとつであるが、荒川区においては、区の予算内にて賄うことが可能である。

一方で、高等学校の事例ではあるが、佐賀県では、2014 年度から全県立高校の新 1 年生（約 6,800 人）が、Windows 8 搭載のタブレット PC を一律 5 万円で自己負担により購入することが決定している。詳細は、2013 年 10 月現在、引き続き検討中ではあるが、デジタル教科書導入を全て公費で賄うのではなく、デバイス費用部分を私費で賄う。公費で賄えない部分は私費で負担し、他の都道府県よりも早めの導入を実現させようとしている。

## 5.まとめ

本論文では、デジタル教科書導入にかかる費用で必要な項目である、デバイス、コンテンツ、ネットワーク、教員支援（ICT 支援員）に要する費用から、全体での最大費用と最小費用を試算した。最小費用を考えても、現状の予算ではデジタル教科書の導入は不可能であることを示した。既存の紙の教科書は、一年あたり 412 億円<sup>26</sup>の費用がかかっている。この費用をそのままデジタル教科書費用に充てるのでは予算が足りないことは明確である。

最小費用を採用したとしても、児童生徒は 9 年間同じデバイスを使用し続けるため、新しい形態のコンテンツに対応できなくなる可能性は高い。デジタル技術の特性を活かしたオンラインでの学習や自宅での学習も不可能であるため、多くの課題が残る。また、教員は、個々のデジタル技術の利活用力を高める必要がある。

荒川区の事例を検証した結果、導入を公費で賄っていることがわかった。しかし、公費で賄いきれない場合は、自己負担によって先進的に導入する事例が出始めていることから、既存の紙の教科書以上に費用がかかるデジタル教科書を導入するには、私費負担も視野に入れて検討することも考えられる。現状の紙の教科書のように公費で賄っていくのか、私費負担を行っていくのかは、今後検討すべき課題のひとつである。

## 参考 URL

- ・ 荒川区, 『平成 25 年度 荒川区予算案の概要』, <http://www.city.arakawa.tokyo.jp/kus>

ei/zaisei/yosan/h250206yosan.files/h25\_gaiyou.pdf#search=%E3%82%BF%E3%83%96%E3%83%AC%E3%83%83%E3%83%88

- ・ 総務省, <http://www.soumu.go.jp/>
- ・ デジタル教科書教材協議会, <http://ditt.jp/>
- ・ 文部科学省, <http://www.mext.go.jp/>

## 脚注

1. デジタル教科書教材協議会, 『デジタル教科書普及のための財政措置』, <http://121.119.176.71/office/finances.pdf>
2. デジタル教科書教材協議会, 『デジタル教科書法案 概要』, [http://121.119.176.71/office/DiTThouan\\_gaiyo\\_ver2.pdf](http://121.119.176.71/office/DiTThouan_gaiyo_ver2.pdf)
3. デジタル教科書教材協議会, 『DITT 政策提言 2012』, [http://ditt.jp/office/teigenpaper\\_0316.pdf](http://ditt.jp/office/teigenpaper_0316.pdf) より、小中学生数を 1,000 万人と記載していることを基に、教科書用デバイス費用である 2,100 億円を一人当たりの費用として計算。
4. 首相官邸, 『教育再生実行会議』, <http://www.kantei.go.jp/jp/singi/kyouikusaisei/>
5. 総務省統計局, 『人口動態調査』, [http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/GL08020101.do?\\_toGL08020101\\_&tstatCode=000001028897](http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/GL08020101.do?_toGL08020101_&tstatCode=000001028897) より、2015 年の小中学生の人口は、2000～2008 年の出生数の合計数。2016 年以降も同様に計算。
6. 経済産業省, 『経済産業省生産動態統計』, [http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/seidou/result/ichiran/08\\_seidou.html#menu3](http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/seidou/result/ichiran/08_seidou.html#menu3) より、2013 年 8 月次のノートブック型（タブレット型を含む）PC における生産金額÷生産数量を計算した値。
7. Apple, 『iPad』, <http://www.apple.com/jp/ipad/compare/> より、2013 年 10 月時点の価格を引用。
8. Amazon, 『Kindle』, [http://www.amazon.co.jp/gp/product/B00CTUMNAO/ref=famstripe\\_kpw/377-6965895-0588548](http://www.amazon.co.jp/gp/product/B00CTUMNAO/ref=famstripe_kpw/377-6965895-0588548) より、2013 年 10 月時点の価格を引用。
9. 内閣府, 『主要耐久消費財の買替え状況（一般世帯）（平成 25 年（2013 年）3 月現在）』, <http://www.esri.cao.go.jp/jp/stat/shouhi/shouhi.html#jikeiretsu> より、2011 年から 2013 年のパソコンと携帯電話の平均使用年数を算出。
10. AIwebpublish, <http://epub.pictanea.jp/pages/seisakuhi.html> および、あずさ書店, <http://homepage2.nifty.com/bookazusa/azusa06.htm>

11. 文部科学省, 『平成 22 年子どもの学習費調査』, [http://www.mext.go.jp/b\\_menu/toukei/chousa03/gakushuuhiki/kekka/k\\_detail/1316220.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/toukei/chousa03/gakushuuhiki/kekka/k_detail/1316220.htm)
12. 文部科学省, 『平成 22 年子どもの学習費調査』, [http://www.mext.go.jp/b\\_menu/toukei/chousa03/gakushuuhiki/kekka/k\\_detail/1316220.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/toukei/chousa03/gakushuuhiki/kekka/k_detail/1316220.htm)
13. 総務省, 『平成 23 年度 学校における教育の情報化の実態等に関する調査結果 (概要)』, [http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/zyouhou/\\_icsFiles/afieldfile/2012/09/03/1323235\\_01.pdf#search='%E6%99%AE%E9%80%9A%E6%95%99%E5%AE%A4%E3%81%AELAN%E6%95%B4%E5%82%99%E7%8E%87](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/_icsFiles/afieldfile/2012/09/03/1323235_01.pdf#search='%E6%99%AE%E9%80%9A%E6%95%99%E5%AE%A4%E3%81%AELAN%E6%95%B4%E5%82%99%E7%8E%87)
14. 文部科学省, 『文部科学統計要覧 (平成 25 年版)』, [http://www.mext.go.jp/b\\_menu/toukei/002/002b/1337986.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/toukei/002/002b/1337986.htm)
15. 総務省, 『校内 LAN 導入の手引～校内 LAN モデルプラン集～』, [http://www.soumu.go.jp/main\\_sosiki/joho\\_tsusin/kyouiku\\_joho-ka/pdf/index\\_01.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/kyouiku_joho-ka/pdf/index_01.pdf) より、構成例と価格「無線 LAN : 中継用のアクセスポイントを活用した場合」(P.9) の見積もり表を参考に、11 教室と仮定して計算。
16. 総務省, 『平成 24 年度版 情報通信白書』, インターネットの利用動向, <http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h24/html/nc243120.html>
17. 統計局, 『日本の統計 2013』, <http://www.stat.go.jp/data/nihon/02.htm>
18. 日本電信電話株式会社 (NTT) の初期費用 24,000 円と KDDI 株式会社の初期費用 39,975 円の平均値。
19. 総務省, 『電気通信サービスに係る内外価格調査』, [http://www.soumu.go.jp/joho\\_tsusin/eidsystem/market01\\_06.html](http://www.soumu.go.jp/joho_tsusin/eidsystem/market01_06.html) より、戸建て料金 5,500 円と集合住宅向け 3,200 円の平均値を計算。
20. e-Stat 政府統計の総合窓口, 『学校における教育の情報化の実態等に関する調査 平成 23 年度 調査結果』, <http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?bid=000001041083&cycode=0>
21. 文部科学省, 『教員の ICT 活用指導力の基準 (チェックリスト)』, [http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/zyouhou/1296901.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/1296901.htm)
22. 調査結果より、小学校および中学校の各項目の平均値を計算。
23. 文部科学省, 『文部科学統計要覧 (平成 25 年版)』, [http://www.mext.go.jp/b\\_menu/toukei/002/002b/1337986.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/toukei/002/002b/1337986.htm)

小河智佳子 (2014). デジタル教科書導入に必要な費用に関する一考察  
デジタル教科書研究, 1, 24-36.

24. 総務省, 『地域雇用創造 ICT 絆プロジェクト』, [http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000130810.pdf#search=ICT%E6%94%AF%E6%8F%B4%E5%93%A1+%E4%BA%88%E7%AE%97+ICT%E7%B5%86%E3%83%97%E3%83%AD%E3%82%B8%E3%82%A7%E3%82%AF%E3%83%88](http://www.soumu.go.jp/main_content/000130810.pdf#search=ICT%E6%94%AF%E6%8F%B4%E5%93%A1+%E4%BA%88%E7%AE%97+ICT%E7%B5%86%E3%83%97%E3%83%AD%E3%82%B8%E3%82%A7%E3%82%AF%E3%83%88)
25. 荒川区, 『区立小学校児童数・学級数 (平成 24 年 5 月 1 日現在)』, <http://www.city.arakawa.tokyo.jp/kurashi/kyoiku/kuritsu/shogakko/gakkyusu/> および『区立中学校生徒数・学級数 (平成 24 年 5 月 1 日現在)』, <http://www.city.arakawa.tokyo.jp/kurashi/kyoiku/kuritsu/chugakko/gakkyusu/>
26. 文部科学省, 『平成 25 年度予算 (案) 主要事項』, [http://www.mext.go.jp/component/b\\_menu/other/\\_icsFiles/afieldfile/2013/02/05/1330426\\_03.pdf](http://www.mext.go.jp/component/b_menu/other/_icsFiles/afieldfile/2013/02/05/1330426_03.pdf)

---

小河智佳子 (2014). デジタル教科書導入に必要な費用に関する一考察 デジタル教科書  
研究, 1, 24-36.

Ogawa, C. (2014). Necessary cost to adopt digital textbooks into the current education  
system. *Japanese Journal of Digital Textbook*, 1, 24-36.

---

(2013 年 10 月 31 日受稿・2014 年 6 月 3 日受理・2014 年 8 月 12 日発行)

<報告 (一般) >

# 紙の教科書から推測される 教育現場に支持されるデジタル教科書の特徴

久富望 (同志社女子中学・高等学校)

## 概要

紙の教科書は教育現場で日常的に使われ、多くの教師から支持されている。この事実から、デジタル教科書が教育現場で支持されるためには、紙の教科書の特徴を考慮する必要があるのではないかと考えられる。そこで本研究は、紙の教科書の改善を目指した教科書研究センターの研究結果、2013 年末の市販タブレット端末の仕様等を参照し、端末の画面の大きさ、端末の重量、端末の耐久性、ソフトウェアの安定性、アクセシビリティの観点から、デジタル教科書に求められる特徴について論じた。

キーワード 紙の教科書, 教科書の体様, デジタル教科書の特徴, 教科書研究センター

## 1. はじめに

日本の小中学校においては、紙の教科書が日常的に使われている<sup>1</sup>。公益財団法人教科書研究センター (2008) (以下、本論文では教科書研究センターと略す) によると、逐一、または主に教科書を使う割合は、国語、算数において 95%前後であり、「教科書とその他の教材を半々程度」を加えると、他の教科においても 90%前後となる。

また、多くの教師は現在の紙の教科書に満足している。教科書研究センター (2008) によると、教科書の現状に対しほとんどの項目で肯定派が教師の過半数を超える。“教科書の全体的な満足度は高く、その割合は 9 割に達する”との報告もある (公益財団法人中央教育研究所, 2013)。

このような現状を考慮すると、デジタル教科書が教育現場で支持されるためには、紙の

---

<sup>1</sup> 海外ではそうとは限らない。たとえば、フランスでは小学校において教科書が“絶えず用いられているのは 4 分の 1 の授業のみ”, “5 分の 1 を超える授業では教科書はなく、コピーが唯一の使用教材”と 1998 年に報告されている (諸外国の教科書に関する調査研究委員会フランス部会, 2007)。

教科書の特徴を考慮する必要があるのではないかと考えられる。本研究は、そのような考えに立って教育現場に支持されるデジタル教科書の特徴を推測し、論じる。

## 2. 本研究が扱うデジタル教科書の範囲

日本の教科書を定めている、教科書の発行に関する臨時措置法（昭和 23 年法律第 132 号）において、教科書は図書、印刷物と定められ、デジタルデータの状態では教科書とされない。この意味で教科書を解釈すれば、2013 年末現在、日本においてデジタルの教科書はまだ存在しない。デジタル教科書教材協議会（DiTT）（2012）は、デジタルの教科書も実現できるよう、教科書の発行に関する臨時措置法の一部改正案を提案している。

一方、文部科学省（2011）は、「教育の情報化ビジョン」において、デジタル教科書を“デジタル機器や情報端末向けの教材のうち、既存の教科書の内容と、それを閲覧するためのソフトウェアに加え、編集、移動、追加、削除などの基本機能を備えるもの”と説明している。さらに、デジタル教科書には指導者用と学習者用の 2 種類があるとし、指導者用とは“主に教員が電子黒板等により子どもたちに提示して指導するためのデジタル教科書”，学習者用とは“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”と説明している。そのうえで、文部科学省（2013）は、学習者用デジタル教科書を考慮しながら、デジタル教材等の構成を提示している。

以上のように、デジタル教科書の用語はさまざまな意味で考えられるが、本研究では、小中学生が用いる学習者用デジタル教科書を指す。目的は、授業で主たる教材・学習材として使用されるためであり、概ね次の 4 つの要素からなる。第 1 に、従来の教科書に印刷される前のデジタルデータを指す、デジタル教科書コンテンツである。第 2 に、デジタル教科書コンテンツを閲覧するためのビューアと、それに連携される各種アプリケーションを指す、デジタル教科書ソフトウェアである。第 3 に、タブレット端末のようなハードウェアを指す、デジタル教科書端末である。第 4 に、学習記録データ、学習管理システム、配信サーバ等を指す、管理運用システムである。

## 3. 紙の教科書から推測されるデジタル教科書の特徴

3 節では、紙の教科書から推測されるデジタル教科書の特徴について、具体的に論じる。

紙の教科書の体様一覧を表 1 に示す。教科書の体様とは、“教科書を編集するにあたっての規格”（教科書研究センター，2000a）を指す。体様に含まれる項目は、厳密には定義さ

表 1 紙の教科書の体様として取り上げられている項目のまとめ

	1980 <sup>1)</sup>	1989 <sup>1)</sup>	1999 <sup>1)</sup>	2008 <sup>2)</sup>	本論文の該当節
ページ数	○	○	○	○	3.2 節
カラーページの割合	○	○		○	3.7 節
本文の分量				○	3.7 節
発展的な学習内容の分量				○	
注・コラム・資料等の分量				○	
挿絵・図・表・写真等の大きさ	<sup>3)</sup>	<sup>3)</sup>		○	3.6 節
文字の大きさ		<sup>4)</sup>	<sup>4)</sup>	○	3.1 節
判型 (大きさ)	○	○	○	○	3.1 節
紙の種類・重さ・厚さ, 綴じ方	○	○	○	○ <sup>5)</sup>	3.2 節, 3.3 節
色覚障害への配慮	○	○	○		3.5 節
書込・貼付・切取等について		○		○	3.7 節
折込ページ数・添付物について		○			
分冊数		○	○		

<sup>1)</sup> 1980, 1989, 1999 は「体様のめやす」の通知年を表す。一部, 折込や見返しに関する指定があったが, 表からは省いた。

<sup>2)</sup> 2008 は教科書研究センター (2008) を表す。特定の教科にのみ調査された項目は, 表からは省いた (3.7 節で取り上げる)。

<sup>3)</sup> 数に対する制限があったが, 行政指導により 1999 年に削除された。

<sup>4)</sup> 文字の大きさ・字間・行間に関する配慮は求められているが, 具体的な数値はない。

<sup>5)</sup> 紙の種類 (中質紙・上質紙・コート紙等) については項目に含まれていない。

(教科書研究センター (2000a, 2008) より作成)

れていない。およそ 10 年に 1 度, 「体様のめやす」が教科書発行会社に通知されてきたが, 表 1 のように, 含まれる項目は毎回異なっている。

一方, デジタル教科書の特徴を論じるには, 論じる時点においての, 市販されている端末や技術的問題等の状況についても考慮する必要があると考えられる。

本論文では, 表 1 に示す, 最近 3 度の「体様のめやす」と教科書研究センター (2008)



の全てに含まれる項目を主に取り上げ、教科書研究センターの調査結果を中心に、2013年  
末の市販タブレット端末の仕様等を参照し、妥当な特徴について論じていく。

### 3.1. デジタル教科書端末の画面の大きさ

小中学校の教科書は2000年以降の10年間で大型化している(表2)が、教師による「判  
型(大きさ)」の現状肯定率は概ね7, 8割を維持している(教科書研究センター, 2000a,  
2008)ことから、従来の紙の教科書の大きさが教育現場において一定の支持を受けている  
と考えられる。したがって、デジタル教科書端末の画面の大きさは、従来の紙の教科書の

表2 小中学校の教科書 本文表示部分の広さ(経年変化)  
(単位:点, ( )内は割合)

小学校	左右 <sup>1)</sup>	天地 <sup>1)</sup>	サイズ <sup>2)</sup>	H.12-13年度	H.14-16年度	H.21-22年度
A5判	124 mm	180 mm	8.6型	68 (23%)	28 (10%)	0 (0%)
B5判 <sup>3)</sup>	158 mm	227 mm	10.9型	225 (79%)	265 (90%)	282 (96%)
AB判	186 mm	227 mm	11.6型	0 (0%)	0 (0%)	11 (4%)
中学校	左右 <sup>1)</sup>	天地 <sup>1)</sup>	サイズ <sup>2)</sup>	H.13年度	H.14-17年度	H.18-21年度
A5判	124 mm	180 mm	8.6型	58 (43%)	34 (25%)	3 (2%)
B5判 <sup>3)</sup>	158 mm	227 mm	10.9型	76 (57%)	100 (75%)	125 (93%)
A4判	186 mm	267 mm	12.8型	0 (0%)	0 (0%)	6 (5%)

<sup>1)</sup> 四隅の余白を考慮し、左右12mmずつ、天地15mmずつ判型から除いた値になる。

<sup>2)</sup> 画面の大きさの一般的な測り方である、対角線の長さ(単位:インチ)の値である。

<sup>3)</sup> B5変型判を含む。

(一般社団法人教科書協会(2008)より作成)

表3 7型, 10型の画面大きさと各判型の本文表示部分の対応

	長辺 <sup>1)</sup>	短辺 <sup>1)</sup>
7型標準	142 mm (A5判天地 <sup>2)</sup> の79%)	107 mm (A5判左右 <sup>2)</sup> の86%)
7型ワイド	155 mm (A5判天地 <sup>2)</sup> の86%)	87 mm (A5判左右 <sup>2)</sup> の70%)
10型標準	203 mm (B5判天地 <sup>2)</sup> の89%)	152 mm (B5判左右 <sup>2)</sup> の96%)
10型ワイド	221 mm (B5判天地 <sup>2)</sup> の97%)	125 mm (B5判左右 <sup>2)</sup> の79%)

<sup>1)</sup> 画面の長辺・短辺の比は標準4:3, ワイド16:9で算出

<sup>2)</sup> A5判, B5判の天地・左右のサイズは, 表2の<sup>1)</sup>を適用している。

大きさとほぼ同じであることが妥当と考えられる。紙の教科書であれば必要な上下左右の余白は、デジタル教科書において必要ないことを踏まえると、2010年頃の教科書の90%以上を占めるB5判の大きさである10.9型と、2000年頃には一定数存在したA5判の大きさである8.6型が、妥当な画面の大きさになると考えられる。

2013年末現在、市販タブレット端末の画面の大きさは、表3で示すような、7型、10型程度が多い。この点を目安に考えるならば、次の2案が考えられる。まず、B5判の教科書1ページ全体を80-90%程度の大きさで表示できる、10型程度の画面を備える案である。また、A5判の教科書見開き2ページを70-80%程度の大きさで表示できる、7型程度の画面を見開き2面備える案である。

ただし、一つの留意点として、「文字の大きさ」の現状肯定率が90%超であること（教科書研究センター、2008）を考える必要がある。全体表示の際に文字が小さくなる場合もデジタル教科書ソフトウェアの拡大・縮小機能を用いれば補えるのか、紙の教科書における文字の大きさを維持するべきか、留意する必要がある。

### 3.2. デジタル教科書端末の重量

教科書研究センター（2000a, 2008）において教科書の重量を直接問う質問はない。し

表4 小学校の教科書の重さ（平成21年度用）

		国語	社会	算数	理科	生活
最も重い	重さ (g)	333	340	291	342	<b>350</b>
	(対象)	(5年)	(6年)	(1年)	(4年)	(下巻)
平均の重さ (g)		251	238	219	188	242
点数		60	30	66	39	18

（一般社団法人教科書協会（2008）より作成）

表5 中学校の教科書の重さ（平成21年度用）

	国語	地理	歴史	公民	数学	理一	理二	英語
最も重い (g)	<b>565</b>	533	550	450	455	370	365	295
平均 (g)	508	489	504	416	400	328	333	271
点数	15	6	8	8	21	10	10	18

（一般社団法人教科書協会（2008）より作成）

かし、「ページ数」に関する質問に対し、一部の被調査者は教科書の重量を考慮して回答した可能性が考えられる。「ページ数」に関する質問に対しては現状肯定率が過半数を超えた（教科書研究センター，2008）。そのため、現在の紙の教科書の重量は適当であり、児童・生徒が安心して扱える重量ではないかと考えられる。ここから、現状で最も重い紙の教科書の重量を、デジタル教科書端末の重量の上限とすることが妥当であると考えられる。

最も重い小学校の教科書は低学年で学ぶ生活科の 350g（表 4）、最も重い中学校の教科書は国語の 565g である（表 5）。ここから、小学校では 350g、中学校は 565g までが適当な重量ではないかと考えられる。

3.1 節で論じた特徴も踏まえ、2013 年末の市販タブレットの仕様を参照すると、10 型程度のタブレット端末であれば、中学校向けの重量の上限を満たす端末は複数市販されている。たとえば、ソニーの Xperia™ Tablet Z は 10.1 型で 495g（2013 年 4 月発売）、Apple の iPad Air は 9.7 型で 469g（2013 年 11 月発売）である。一方、小学校向けを含む他の案については、今後の技術革新が必要であるが、実現可能となるだろう。たとえば、ソニー、東芝、日立製作所の合弁会社ジャパンディスプレイは、厚さ 1mm 前後の柔らかい液晶「イノベーションビートル」を開発しており、軽量化が期待できる。

### 3.3. デジタル教科書端末の耐久性

教科書研究センター（2000b）は、教科書に再生紙が使用されることに伴い、「教科書の耐久度についての調査」を行っている。また、教科書研究センター（2008）によると、紙の厚さや製本など、教科書の耐久性に関する現状肯定率は概ね 95%を超える。このことから、教科書の耐久性は重要であり、耐久性の定義と調査方法について考慮する必要があると考えられる。一方、総務省（2013）は、中学校・特別支援学校に関するタブレット端末を用いた実証事業における端末の破損原因例として、充電保管庫からの出し入れの際に棚との衝突で画面が割れた例、ペンが外れた拍子で勢いよく画面にぶつかって割れた例、教室内で衣服が引っかかり机の上から落下して破損した例、教室移動の際に落として破損した例などを挙げている。

ここから、デジタル教科書端末には、標準的な学習机の高さである 76cm からどの向きで落としても破損・故障しない、ペンが端末に勢いよく当たっても破損・故障しないといった耐久性が求められると考えられる。また、市販ノート PC に行われている耐久試験等を参考に、学校での利用を想定した耐久性に関する試験を行う必要があると考えられる。

ただし、耐久性に関しては、それほど必要ではないという意見もある。たとえば、「教科

書の耐久度についての調査」においては“物を大切に扱うという点を指導する為には、逆に、これ以上の改良は不要かとも考える”（教科書研究センター，2000b）との意見が報告されている。また，教師が多数参加しているみんなのデジタル教科書教育研究会（以下，本論文ではデジ教研と略す）の議論<sup>2</sup>では，端末の価格上昇を心配して“耐久性はソコソコで壊れたりした時の保守対応が素早い”ことを期待する提案もある（デジ教研，2011a）。

### 3.4. デジタル教科書ソフトウェアの安定性

3.3 節ではデジタル教科書端末の耐久性を論じたが，デジタル教科書の故障原因が端末でなく，ソフトウェアにある可能性も高い。また，デジタル教科書の導入には初期投資が大きいため，特に，使い込んだ後のデジタル教科書ソフトウェアの起動・操作に対する安定性を評価する仕組みは，機器の選択を行う立場や，機器を利用する現場にとって必要性が高いと考えられる。

学校で利用することを考えると，標準的学級内での年間無故障率を定義し，それが一定値以上となることが期待される。これに関しては，現在は適当な資料がないが，以下のようシミュレーションが可能である。仮に，起動1回あたりの端末故障率（ $n$  とする）が求められたとする。この場合，年間無故障率（ $F$  とする）を「35 人学級において 200 日間，毎日 10 回ずつ全員が端末を起動したとき，学級内のどの端末も故障しない確率」と定義すると， $n$  と  $F$  の対応は表 6 のように計算できる<sup>3</sup>。この条件では， $n$  が 0.0001–0.005% の間で  $F$  が主に変化すると分かり，たとえば，標準的学級内でのデジタル教科書ソフトウェアによる年間無故障率を 90%以上とするため，デジタル教科書ソフトウェアによる端末故障率の基準を 0.00015%以下と定めることが可能になるだろう。

### 3.5. アクセシビリティ

教材のデジタル化は，視覚障害者のアクセシビリティを高める可能性を持っている。具

表 6 端末故障率  $n$  と，標準的学級内での年間無故障率  $F$ <sup>1)</sup>の関係

$n(\%)$	0.005	0.002	0.001	0.0005	0.0002	0.00015	0.0001
$F(\%)$	3	25	50	70	87	90	93

<sup>1)</sup> 1 年間の授業日数を 200 日，1 日あたりの起動回数は 10 回，35 人学級として計算

<sup>2</sup> デジ教研では 2010–12 年は掲示板において，それ以降は Facebook グループで意見交換・議論が続けられている（2014 年 3 月末現在）。

<sup>3</sup>  $0.01F = (1-0.01n)^{35 \times 200 \times 10} = (1-0.01n)^{70000}$  で求められる（単位%）。

体的な対応策としては、デジタル教科書ソフトウェアに DAISY 規格、またはそれと同等の機能を備えることが必要ではないかと考えられる。DAISY 規格とは“視覚障害者や普通の印刷物を読むことが困難な人々のためにカセットに代わるデジタル録音図書の国際標準規格” (DAISY 研究センター, 2013) である。DAISY の技術は、電子書籍の一形式である EPUB 形式にも使われている。

従来、視覚障害者の半数以上を占める弱視者には拡大教科書が無償給与されてきたが、拡大によって 1 ページの内容を複数ページに配分する必要があるため、レイアウトの再編集、重量の増大・分冊化が必要となり (一般社団法人教科書協会, 2012)、制作者・利用者双方の負担となっている。デジタル教科書ソフトウェアが DAISY 規格の機能を備えたならば、この負担が減るだけでなく、音声読み上げ等の機能により、より重度の視覚障害者・弱視者が学ぶ可能性も開く。また、色覚障害者への対応もできる (デジ教研, 2011b)。

文部科学省 (2012) によると“「読む」又は「書く」に著しい困難を示す”生徒は一般学級児童全体の 2.4%存在する。これは、義務教育段階で約 25 万人存在することになる。そのため、デジタル教科書ソフトウェアが DAISY 規格を備えることは、特別支援学級においてはもちろん、一般学級においても普及することが重要ではないかと考えられる。

なお、DAISY パイプラインというツールにより、学習者のさまざまな障害の種類・程度に合わせ、DAISY 規格は複数の出力を得ることができる (デジ教研, 2011b)。この、いわばワンソース・マルチアウトプットの仕組みが応用されると、学習者のさまざまな性格・学力に合わせられるデジタル教科書に資する可能性もあるだろう。

### 3.6. 挿絵・図・表・写真等

教科書研究センター (2008) によれば、現状の教科書の挿絵・図・表・写真等の大きさについて、過半数の教師は肯定的である。デジタル教科書コンテンツには、紙の教科書に比べ、多くの視覚的なメディアを含めることができるので、挿絵・図・表・写真等を増加させることで、より一層の指導効果が期待できる。

ただし、挿絵・図・表・写真等の効果については、注意も必要である。視覚的なメディア、たとえば国語の教科書における挿絵は、内容をわかりやすくする可能性もある一方、文章との不整合があると却って弊害になるという指摘もある (教科書研究センター, 2000a ; 石川, 2003 ; 平岡, 2006)。

したがって、挿絵・図・表・写真等は、現状の紙の教科書程度であれば問題ないが、数の増加や、動画の追加に関して、その効果や使い方には注意が必要である。

### 3.7. その他の体様・教科特有の内容

その他、教科書研究センターの調査に基づき、過半数の意見を含む項目を中心に、いくつかの議論を行う。

本文の分量については、教科書研究センター (2008) によると、教師全体としては現状肯定率が高いが (小学校 69.7%, 中学校 57.6%), 教科間に違いが見られる。「増やす」は20%台の科目が多い中、理科、中学社会は4割前後であり、特に、歴史的分野では「現行程度でよい」(45.2%) より「増やす」(46.7%) が多い。デジタル教科書コンテンツでは本文の分量の増加が印刷費等の増加にはつながらず、これらの指摘に対応しやすい。

カラーページの使用について、紙の教科書であればカラーページの分量は印刷コスト等に影響するが、デジタル教科書にはそのような制限はなく、全ページをカラーにしやすい。しかし、教科書研究センター (2008) によると、紙の教科書において、保護者は「全ページカラー」よりも「必要部分だけカラー」という意見が高く、過半数を超える (小学 52.8%, 中学 64.4%)。一方、教師は教科によって意見が異なる。「現行ほど必要ない」または「必要部分だけカラー」の割合が高いのは国語 (小学 63.5%, 中学 79.5%), 算数 (60.3%), 数学 (74.7%), 中学理科 (66.9%) である一方、「全ページカラー」が過半数を超えた科目として小学社会 (50.8%), 小学理科 (60.6%), 英語 (51.5%) が挙げられる。カラーが多いことに反対する自由記述が大変多かったという指摘もあり、デジタル教科書コンテンツを全ページカラーとすべきかどうかには議論の余地がある。

また、教科書研究センター (2000b) によると、教師が児童・生徒に教科書に書き込みをさせる比率は高く、国語、算数・数学では「よく書き込みをさせる」「ときどき書き込みをさせる」を合わせて8割を超えている。これらの意見から、デジタル教科書ソフトウェアには書き込み機能の搭載が必要と考えられる。

教科固有の視点からは、50%以上の教師が望む特徴が11項目あったほか、算数・数学の「定着のための練習問題の数」を「増やす」が過半数を超え (算数 61.9%, 数学 74.1%), 英語の「練習問題, 体験学習の数」を「増やす」は48.2%に達し、「現行程度でよい」(43.6%) を上回った (教科書研究センター, 2008)。デジタル教科書であれば、紙の教科書と比べて実現しやすい項目が複数あり、デジタル教科書によって反映されるべきだろう。

## 4. 本研究のまとめと展望

本研究は、紙の教科書の改善を目指した教科書研究センターの研究結果、2013年末の市

販タブレット端末の仕様等を参照し、端末の画面の大きさ、端末の重量、端末の耐久性、ソフトウェアの安定性、アクセシビリティの観点から、デジタル教科書に求められる特徴について論じた。そこから得られた特徴をまとめると、以下のようになる。

- 従来の紙の教科書の大きさとほぼ同じ大きさの画面を備える。具体的には、「10型程度の画面」または「7型程度の画面を見開き2面」が目安である。
- 学校別に、従来の紙の教科書の最大重量以下の重量である。具体的には、小学校で350g以下、中学校で565g以下とする。
- 学校での利用を想定した、十分な端末の耐久性を持つ。具体的には、学習机の高さ76cmからどの向きで落としても破損・故障しない、ペンが端末に勢いよく当たっても破損・故障しないということが求められる。
- 学校での利用を想定した、十分なソフトウェアの安定性を持つ。具体的には、ソフトウェアによる端末故障率が0.00015%以下である。
- 視覚障害者のアクセシビリティを確保する。具体的には、DAISY規格、または同等の機能を備える。

デジタル教科書・教材に関する調査としては、既に、「教科書・教材のデジタル化に関する調査研究」（教科書研究センター，2012）等が存在するが、このような調査研究を継続し、教育現場に支持される教科書を模索すべきではないかと考えられる。また、デジタル教科書に関する調査研究を、紙の教科書に関する調査結果（たとえば、教科書研究センター，1995，2000a，2004，2010a，2010b，2011；公益財団法人中央教育研究所，2009；みずほ総合研究所株式会社，2008）と結びつける必要もある。

これらのことが、教育現場に求められるデジタル教科書は何か、という視点から行われたとき、“教育現場とテクノロジーの相互作用”（久富，2013）は加速され、デジタル機器に囲まれた現代社会にふさわしい、次なる教育環境を模索するという大きな課題により良い形で臨むことができるだろう。

## 参考文献

- （一社）教科書協会（2008）. 平成20年度「教科書の充実のための仕様等の工夫に関する調査研究」報告書. 閲覧日：2014年3月9日，  
参照先：<http://www.textbook.or.jp/activity/report-h20.html>
- （一社）教科書協会（2012）. 平成24年度 教科書発行の現状と課題. 閲覧日：2014年3

久富望 (2014). 紙の教科書から推測される教育現場に支持されるデジタル教科書の特徴  
デジタル教科書研究, 1, 37-49.

月 9 日, 参照先: [http://www.textbook.or.jp/publications/data/12tb\\_issue.pdf](http://www.textbook.or.jp/publications/data/12tb_issue.pdf)

(公財) 教科書研究センター (1995). 「学習材」としての教科書の機能に関する基礎的研究.  
(細野二郎, 他, 共同編集) (公財) 教科書研究センター

(公財) 教科書研究センター (2000a). 学校教育における教科書の体様とその教育効果に  
関する調査研究.(藤村和男, 他, 共同編集) (公財) 教科書研究センター

(公財) 教科書研究センター (2000b). 教科書の耐久度についての調査 調査結果報告書.  
(教科書耐久度調査委員会, 編) (公財) 教科書研究センター

(公財) 教科書研究センター (2004). 小・中学校の教科書の読みやすさ・わかりやすさに  
関する調査研究.(藤村和男, 他, 共同編集) (公財) 教科書研究センター

(公財) 教科書研究センター (2008). 義務教育教科書に関する教師の意識及び保護者の要  
望についての調査. 閲覧日: 2014 年 3 月 9 日,

参照先: [http://www.textbook-rc.or.jp/report\\_final.pdf](http://www.textbook-rc.or.jp/report_final.pdf)

(公財) 教科書研究センター (2010a). 初等中等教育用理科教科書の学習材機能の向上に  
関する調査研究.(下條隆嗣, 他, 共同編集) (公財) 教科書研究センター

(公財) 教科書研究センター (2010b). 理数教科書に関する国際比較調査公開シンポジウ  
ム《算数・数学の部》《理科の部》. (公財) 教科書研究センター

(公財) 教科書研究センター (2011). 学習材としての社会科教科書の効果的な使用法に関  
する調査研究.(岩田一彦, 他, 共同編集) (公財) 教科書研究センター

(公財) 教科書研究センター (2012). 教科書・教材のデジタル化に関する調査研究.(新井  
郁夫, 他, 共同編集) (公財) 教科書研究センター

(公財) 中央教育研究所 (2009). 研究報告 No.72 「教師と児童・生徒の教科書の使い方お  
よび教科書観に関する調査」. (公財) 中央教育研究所.

(公財) 中央教育研究所 (2013). 研究報告 No.79 「教師と児童・生徒のデジタル教科書に  
関する調査」—小学校・中学校を対象に—. (公財) 中央教育研究所.

DAISY 研究センター (2013). DAISY とは.

参照先: エンジョイ・デイジー: <http://www.dinf.ne.jp/doc/daisy/about/>

DigInfo News Japan (2012). ジャパンディスプレイ, 超薄型の最先端ディスプレイを開発.  
閲覧日: 2014 年 3 月 13 日,

参照先: <https://www.youtube.com/watch?v=I5xKBxD6O6M>

石川等 (2003). これ, だれが考えたのかな? 著: 井上尚美, 国語科メディア教育への挑戦



久富望 (2014). 紙の教科書から推測される教育現場に支持されるデジタル教科書の特徴  
デジタル教科書研究, 1, 37-49.

第2巻 (ページ: 19-34). 明治図書.

久富望 (2013). デジタル教科書に関する2つの試論. 日本デジタル教科書学会設立記念報告集, 7-11.

諸外国の教科書に関する調査研究委員会フランス部会 (2007). フランスの教科書制度. (藤村和男, 藤井穂高, 池田賢市, 松田泉, 共同編集) 諸外国の教科書に関する調査研究委員会

総務省 (2013). 教育分野における ICT 利活用推進のための情報通信技術面に関するガイドライン (手引書) 2013 ~実証実験2年目の成果をふまえて~ (中学校・特別支援学校版). 閲覧日: 2014年3月12日,

参照先: [http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000218507.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000218507.pdf)

デジタル教科書教材協議会 (DiTT) (2012). 教育の情報化 現状と課題レポート. 閲覧: 2014年3月18日, 参照先: [http://121.119.176.71/office/DiTTreport2012\\_2.pdf](http://121.119.176.71/office/DiTTreport2012_2.pdf)

平岡雅美 (2006). 物語文教材における挿絵の機能と問題: 「ごんぎつね」の挿絵比較と読解の差違. 全国大学国語教育学会発表要旨集, 215-218.

みずほ総合研究所株式会社 (2008). 教科書の改善・充実に関する研究事業 (概要). 閲覧日: 2014年3月9日, 参照先: 文部科学省:

[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/tosho/004/gijiroku/08100711/003.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/tosho/004/gijiroku/08100711/003.htm)

みんなのデジタル教科書教育研究会 (2011a). デジ教研アンケート議論ウォール 05. 閲覧日: 2014年3月12日, 参照先: デジ教研パプー: <http://booklog.jp/item/3/35409>

みんなのデジタル教科書教育研究会 (2011b). 閲覧日: 2014年3月12日,  
参照先: みんなのデジタル教科書教育研究会 (デジ教研) 埼玉ミーティング 講演録  
DAISY と EPUB で実現するデジタル教科書のユニバーサルデザイン:  
<http://degisaitama.web.fc2.com/>

文部科学省 (2011). 教育の情報化ビジョン. 閲覧日: 2014年3月9日,  
参照先: [http://www.mext.go.jp/b\\_menu/houdou/23/04/1305484.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/23/04/1305484.htm)

文部科学省 (2012). 通常の学級に在籍する発達障害の可能性のある特別な教育的支援を必要とする児童生徒に関する調査結果について.

文部科学省 (2013). 「ICT を活用した課題解決型教育の推進事業 (デジタル教材等の制作・流通の促進に向けた試験研究)」仕様書. 文部科学省.

文部省 (1948). 教科書の発行に関する臨時措置法.

久富望 (2014). 紙の教科書から推測される教育現場に支持されるデジタル教科書の特徴  
デジタル教科書研究, **1**, 37-49.

---

久富望 (2014). 紙の教科書から推測される教育現場に支持されるデジタル教科書の特徴  
デジタル教科書研究, **1**, 37-49.

Kutomi, N. (2014). Features of digital textbooks adapted from paper textbooks to  
maximize teachers' support. *Japanese Journal of Digital Textbook*, **1**, 37-49.

---

(2014年3月18日受稿・2014年5月15日受理・2014年8月12日発行)

# 「デジタル教科書研究」投稿・審査規定

日本デジタル教科書学会 編集委員会

## 1 編集方針

- 1.1 デジタル教科書の発展に寄与する研究論文を掲載する。
- 1.2 「デジタル教科書」は広い意味で考える。研究内容とデジタル教科書の関係について、著者の定義や考えに基づき、論文の冒頭で論じることを求める。
- 1.3 デジタル教科書に批判的な内容の論文であっても、以下に述べる掲載基準を満たしていれば、積極的に掲載する。
- 1.4 学際的な学会の論文誌であるので、様々な領域の研究者・実践者にとって理解できる記述を求める。

## 2 論文の種類と掲載基準

- 2.1 受理できる論文の種類は、以下の6種とする。  
原著（一般）、原著（実践）、原著（展望）  
報告（一般）、報告（実践）、報告（展望）
- 2.2 原著論文は、理論的、実証的、開発的、実践的、展望的論文であり、研究論文としての批判に耐えられる新規性、妥当性、信頼性を十分に備えた論文とする。
- 2.3 報告論文は、理論的、実証的、開発的、実践的、展望的論文であり、研究論文としての批判に耐えられる新規性、妥当性、信頼性をある程度備えつつ、速報性や資料的価値を備えた論文とする。
- 2.4 一般カテゴリーの論文は、研究目的が明確で、理論的、実証的、開発的な方法論によりその目的に合致した結果が得られ、妥当な考察がなされた研究をまとめた論文である。
- 2.5 実践カテゴリーの論文は、研究目的が明確で、その目的に合致した教育実践がなされ、妥当な考察がなされた研究をまとめた論文である。
- 2.6 展望カテゴリーの論文は、理論的、実証的、開発的、実践的な先行研究を十分に参照しながら、オリジナルな視点から将来的展望について言及した論文である。
- 2.7 いずれの論文も、目的、方法、結果、考察等が学術論文として十分に記述され

ていることを求める。

### 3 投稿資格

3.1 筆頭著者は、日本デジタル教科書学会の会員であることを求める。第2著者以降は、非会員でも投稿、掲載が可能である。

3.2 上記は、日本デジタル教科書学会に入会手続き中であってもよい。

### 4 審査手続き

4.1 原著論文、報告論文のいずれも、投稿された個々の論文に対して担当編集委員が割り振られ、担当編集委員が著者との連絡・調整を行う。

4.2 原著論文、報告論文のいずれも、担当編集委員が2名の査読者を割り振る。著者に査読者名は伝えられない。また、査読者に著者名は伝えられない。

4.3 査読者は、以下の4カテゴリの中から1つを選び、判定する。

- A：採択…そのまま掲載可能（誤字脱字等の微修正は除く）
- B：修正後採択…採録条件を明示した上で、採録条件に沿った修正あるいは採録条件に従わない妥当な理由が認められれば掲載可能。
- C：修正後再審査…疑問点、不明点、詳しい説明が必要な点等を明示した上で、著者修正後に再審査を行い、掲載の可否を判断。
- D：掲載不可…掲載は不可能。掲載不可の理由を明示する。

4.4 初回審査の結果、2名の査読者のうち少なくとも一方がCの場合、再審査とする。

4.4.1 2名ともCの場合、修正後に再審査を行う。

4.4.2 2名の査読者の一方がC、一方がA、B、Dの場合、再審査は原則としてCと判定した査読者のみに対して行う。ただし、再審査の過程で内容の大幅な改編がある場合は、編集委員会の判断で、A、B、Dと判定した査読者に照会することがある。

4.4.3 再審査の判定は、A、B、Dのいずれかとする。

4.5 初回審査または再審査の結果、2名の査読者ともAまたはBの場合、原則として採択とする。また、ともにDの場合、原則として不採択とする。

4.6 初回審査または再審査の結果、2名の査読者の一方がAまたはB、一方がDの場合、次のように対処する。

4.6.1 原著の場合、担当編集者がもう1名の査読者を割り振る。AまたはBの場合採択、Cの場合再審査、Dの場合不採択と判定する。

4.6.2 報告の場合、編集委員会が掲載の可否を決定する。

4.7 審査の過程は原則として上記に従うが、編集委員会が上記によらずに判断することがある。

4.8 著者が論文を取り下げる場合、担当編集委員が決まるまでは編集委員会に、担当編集委員が決まってからは担当編集委員に随時連絡する。

4.9 不採択または取り下げされた原稿は、原則として再投稿できない。ただし、内容の大幅な改編をした場合には、その改編内容を明示した上で、投稿前に編集委員会に問い合わせる。編集委員会の判断によって、再投稿を認めることがある。

## 5 出版形態

5.1 原則として電子出版とする。

5.2 紙の論文誌は発行しないが、希望に応じて実費で作成する。詳細は別途定める。

5.3 抜き刷りは、希望に応じて実費で作成する。詳細は別途定める。

5.4 出版費用は無料である。ただし、特別な要求がある場合には、著者負担を求められることがある。

## 6 著作権と論文公開

6.1 著作権は、日本デジタル教科書学会に帰属する。

6.2 著者は、論文がインターネットを通じて公開されることを了承する。

6.3 著者は、自身の論文を自由に公開し、利用することができる。

## 7 原稿の書き方

7.1 執筆要領に従う。

7.2 氏名、所属先、謝辞等、執筆者を明示あるいは推測できる情報を排除した原稿を作成し、投稿する。

7.3 刷り上がり 20 ページを上限とする。ただし、編集委員会が認める場合、その限りではない。

7.4 図等にカラーを用いてもよい。ただし、モノクロ印刷時に判別ができるものが望ましい。

7.5 言語は原則として日本語とする。他言語で執筆の原稿の場合、著者が投稿前に編集委員会に問い合わせ、その都度編集委員会が判断する。

## 8 投稿手順

8.1 以下の日本デジタル教科書学会編集委員会のメールアドレスに投稿する。

`edit@js-dt.jp`

8.2 氏名と所属先等を除いた原稿と、除かれていない原稿ともに、オリジナル版と pdf 版の両方を提出する。

8.3 別途定める投稿票に記入し、提出する。

8.4 提出は、原則として編集委員会宛の電子メールに添付して行う。ファイルサイズが大きい場合は、事前に編集委員会に問い合わせる。

## 9 その他

9.1 研究実施や論文執筆にあたって、十分な倫理的配慮を行う。

9.2 二重投稿は禁止する。すなわち、デジタル教科書研究に投稿される論文は、他の雑誌等に掲載されている論文、他の雑誌等で審査中の論文であってはならない。また、デジタル教科書研究で審査中の論文は、他の雑誌等に投稿してはならない。ただし、学会における口頭発表、学位論文等は、二重投稿にあたらぬ。投稿しようとしている論文が二重投稿にあたるかどうかは、各領域の慣例に従う。

9.3 掲載にあたって著作権者の了承が必要な内容を含む場合、著者の責任で解決しておく。

9.4 論文誌には、学会のお知らせ、会員動向等、会員にとって有用な情報を含めることがある。

2013年3月30日 制定

# 編集委員会報告

## 投稿・審査規定等の作成と論文募集

2012年のデジタル教科書学会設立以降、編集委員会を組織し、投稿・審査規定を作成した。また、審査手順の詳細について、審査手順を文書化した。その上で、2013年6月より論文募集を開始した。当初は2013年10月を締め切りとして募集したが、12月より通年募集に切り替えた。10月の締め切りまでに投稿された論文は、原則として第1巻に掲載することとして、審査を進めた。

## 審査報告

論文募集から第1巻の発行作業開始時点（2014年6月31日）の間に、合計6編の投稿があった。原著については、3編の投稿に対して、1編採択、2編取り下げであった。報告については、3編の投稿に対して、2編採択であった。内1編は審査中である。論文募集から第1巻の発行作業開始時点（2014年6月31日）の間に審査結果が確定した論文5編の採択率は、原著33%、報告100%であった。

## 審査協力者一覧

論文募集から第1巻の発行作業開始時点（2014年6月31日）の間に審査結果が確定した論文の審査において、以下の先生方にご協力いただきました。ここに感謝いたします。

（敬称略）

飯島泰裕 田村恭久 鳥居隆司 中鉢直宏 西田知博

## 第2巻以降の論文募集

デジタル教科書学会ホームページにおいて、随時論文を募集している。

<http://js-dt.jp/>

## 編集後記

我々が議論を行うとき、「アカデミックでは」「企業では」「教育現場では」とつい言うてしまうことがあります。デジタル教科書学会では、このような「〇〇では」の人たちが集まり、お互いの「〇〇では」を打ち破り、新たな価値を創造できるのではないかと。このように考え、私は「心理学では」の立場から、デジタル教科書学会の設立に参加しました。流れに任せて編集委員長を承り、予想通り「〇〇では」の戦いの中で、それでもお互いの立場を尊重してくださるみなさまのご協力により、デジタル教科書研究の創刊号を発行することができました。大変感謝いたします。

通常、学会誌はアカデミックな場で使われるツールです。その中でデジタル教科書研究は、アカデミックのよさを生かしつつ、既存の枠を取り払い、広く研究発表の場としてありたいと考えています。実践研究の重視（今回はかないませんでした）、投稿時の英語タイトル不要、長期出張や出産・育児等のライフイベントに対する査読プロセスの調整などは、多くの方に研究発表の場として利用していただきたいという考えから採用しています。

デジタル教科書関連の研究は、多様な「〇〇では」の価値観の応酬の中にあります。その中で、ロジカルに戦う場あるいは協調する場として学会誌を活用することで、新しい価値が生み出されるのではないかと思います。少しでも「書いてみたい」と思ったら、デジタル教科書研究にご投稿ください。お待ちしております。

最後に、ご投稿いただいたみなさま、審査にご協力いただいたみなさま、デジタル教科書学会関係のみなさま、編集委員会および事務局のみなさま、ありがとうございました。今後ともどうぞよろしく願いいたします。

(島田英昭)

---

### デジタル教科書学会編集委員会（編集担当）

委員長 島田英昭（信州大学）  
副委員長 安藤明伸（宮城教育大学）  
委員 伊藤一成（青山学院大学）  
委員 寺尾敦（青山学院大学）

### デジタル教科書学会事務局（公開担当）

事務局長 大関正人（新潟市立巻北小学校）  
副事務局長 高瀬浩之（松戸市立和名ヶ谷中学校）  
事務局員 上田昌史（京都産業大学）  
事務局員 久富望（同志社女子中学・高等学校）  
事務局員 眞壁豊（東北文教大学）

表紙デザイン 水越綾（杉野服飾大学）

---





---

日本デジタル教科書学会 学会誌  
「デジタル教科書研究」 Vol.1

2014年8月12日発行 ISSN 2188-7748

編集・発行：日本デジタル教科書学会 <http://js-dt.jp/>

問い合わせ：日本デジタル教科書学会 事務局 [office@js-dt.jp](mailto:office@js-dt.jp)

---