

学習者用デジタル教科書の在り方の考察 ～書き込み活動と検定問題を見据えて～

小林信輔[†] 加藤直樹[†]

概要 : 2015 年度から学習者用デジタル教科書のリリースが始まった。現在、文科省では標準化と教科書化についてそれぞれ議論が行われている。各社の製品には、子どもが教科書に書き込み活動を想定して、デジタル教科書紙面上にアノテーションを残すことのできる機能が備わっているが、実際の授業では、この機能だけでは子どもの学習記録を記録するのに十分ではない。また、今後学習者用デジタル教科書が主たる教科書となるためには、現在の紙の教科書と同様検定を経ることが必要である。この過程で現在の製品に含まれている、動画や音声などを含めた多量のインタラクティブコンテンツが外される可能性がある。そこで本稿では、より子どもが思考の過程を紙面に表しやすくするために紙面に余白を追加する機能を提案する。また、検定で外される可能性のあるインタラクティブコンテンツを検定後の教科書にもたせるために学習者用デジタル教科書に教材を後から追加できる機能を提案する。

A Model of Digital Textbooks for Learners: for the Activity Writing in Textbook and the Problem of Official Approval

NOBUSUKE KOBAYASHI[†] NAOKI KATO[†]

Abstract: Since 2015, earnest release of digital textbooks for learners has started. Now, Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology; MEXT argues about standardization and converting textbook. The company's products have a function to leave annotation, assuming the activities that children write to the textbook. But, it's not enough to grasp the child's learning record by only this function in an actual class. In addition, today's products have interactive contents - movie, sound, and so on. In other side, digital textbook for learner have to be approved, to be main textbook in school. When digital textbook try to be approved, it is possible that these interactive contents are taken off. In this paper, we suggest new functions of digital textbook, focusing on supporting to writing in textbook and the textbook screening system.

1. はじめに

今日の学校現場では大型モニター、プロジェクターなどの拡大表示器、書画カメラ、電子黒板の設置や、指導者用デジタル教科書の導入など、子どもたちや教師にとって新しい学びの形があらわれはじめている。このような情報通信技術（ICT：Information and Communication Technology）を活用した学習環境はより身近なものとなってくるだろう。

教育の情報化ビジョン[1]や小学校学習指導要領[2]では、子どもが ICT 機器を使うことの重要性を述べている。また、現行の学習指導要領で求められているのは子ども一人ひとりが主体的に考え、一人の子どもの発想が学級全体の学びへと繋がるような教育である。このような協働型・双方向型の学びを達成するのに注目されているのが先に述べたような ICT 機器であり、子ども一人が一台のパーソナルコンピュータ（学習者用端末）を用いる学習環境である。文部科学省（以下、文科省）は学びのイノベーション事業等を通してこの学習環境の実証研究を進めている[3]。その中では、一人一台の環境において重要な位置を占める学習者用

デジタル教科書に対する実証実験が行われており、この春からはいくつかの出版社から発売も始まった。

前述のような現行学習指導要領で重要視されている子どもたちの主体的な取り組みの一環として、現在の教科書には子どもが書き込みを加えることで完成する紙面デザインが多く取り入れられている。しかし、紙媒体の教科書では書き込みは一回きりしかできない。このため書き込みのためらう子どもがいることが想定でき、また元の状態に戻すことも困難である。今年度からリリースが始まった各社の学習者用のデジタル教科書製品には書き込み活動のために紙面にアノテーションを残すことのできる機能を備えているが、これだけでは子どもの主体的な学習を記録するにはスペースが足りないなど十分ではない。

加えて、現在の教科書は全て、文科省による検定を受けている。今後、学習者用デジタル教科書が現在の紙の教科書のような主たる教科書となっていくには、この検定は避けて通れない。この過程で、デジタル教科書だからこそ表現できる動画や音声などのインタラクティブなコンテンツが外される可能性がある。

本稿では、特に教科書への書き込み活動と教科書検定問題に着目し、その活動や問題に対応できる学習者用デジ

[†] 東京学芸大学
Tokyo Gakugei University.

ル教科書のあるべき姿(持つべき機能)の設計・実装について述べる。

教科書の使い方や教材としての役目は校種・教科に大きく依存する。本研究では一人一台環境の有効性検証の対象としても最も注目されている初等教育、そして子どもが学習を個別に進め、それを共有することで相互に学習が進み、学習効果が生まれやすいと思われる算教科を対象とする。また学習者用端末を使うため、発達段階を考慮し高学年を対象とする。

教育の情報化ビジョン[1]では、学習者用デジタル教科書の必要性を強く打ち出している。それを受け、文科省は、学びのイノベーション事業実証研究報告書[3]の中で学習者用デジタル教科書・教材の在り方(以下、「在り方」)を示し、現在、この「在り方」をふまえた学習者用デジタル教科書の標準化を目指した取り組みを進めている[4]。今後、文科省の事業から報告される標準化の指針と、各教科書出版社の動向などを元に標準化が進められていくことが予想される。本研究は、今後進められていく標準化に対する一つの提起という側面も持つ。

2. 学習者用デジタル教科書

2.1 教育の情報化と学習者用デジタル教科書

教育の情報化ビジョン[1]では、情報教育の視点から、子どもが情報機器を扱う事について、“情報通信技術を活用することが極めて一般的な社会にあって、学校教育の場において、社会で最低限必要な情報活用能力を確実に身に付けさせて社会に送り出すことは、学校教育の責務である。”と記述しており、学びの場で子どもが ICT 機器を活用することは情報活用能力を身につけるための手段の一つになりうる。また、平成 20 年改訂の小学校学習指導要領総則[2]の“第 4 指導計画の作成等に当たって配慮すべき事項” 2.(9) 項目には、“各教科等の指導に当たっては、児童がコンピュータや情報通信ネットワークなどの情報手段に慣れ親しみ、コンピュータで文字を入力するなどの基本的な操作や情報モラルを身に付け、適切に活用できるようにするための学習活動を充実するとともに、これらの情報手段に加え視聴覚教材や教育機器などの教材・教具の適切な活用を図ること。”とあり、子どもが ICT 機器を適切に活用していく事が求められている。

一方、平成 10 年の学習指導要領の改訂から今日に至るまで、学校現場では子どもが主体的に学び、生きる力を身につける事が目的となっている。筆者も実際の現場の授業の実態を見ていて、教師が子どもに知識を教え込む授業ではなく、個々の子どもの発想を大切に、そこから他の子どもが学ぶという、子ども中心の授業になってきていること

を感じた。第二期教育振興基本計画の“IV 今後の教育政策の遂行に当たって特に留意すべき視点”の“(3)教育投資の在り方”([5] p.32)においても、“これからの激動の社会を生き抜く子どもたちには、自ら考え、また、学校内外の多様な人々と協働しながら主体的に課題を解決し、価値を創造する力が求められており、このような力を育むためには、ICT の活用なども図りつつ、協働型・双方向型の新しい学びへ移行していくことが求められている。”とあり、ICT 機器を活用することで子どもが相互に学び合う学習や教師との双方向のやり取りが活発に行われる学習を進めることを目標にかかげている。

上記のような教育を達成するために注目されているのが、先にも記した子ども一人につき一台持たせる学習者用端末を中心とした学習環境である。一人が一台のコンピュータを持つことで学習の個別化をはかることができ、さらに個別化された学習から得られた子ども一人ひとりの考えを学級で共有・全体化することで、子ども同士で相互に学び合う機会が増え、より子ども中心の授業が促進できると考える。

そして、一人一台の環境を前提としたときに、重要と考えられている教材の一つが学習者用デジタル教科書である。教育の情報化ビジョンでは、学習者用デジタル教科書の必要性について、“子どもたち一人一人の能力や特性に応じた学び、子どもたち同士が教え合い学び合う協働的な学びを創造していくためには、子どもたち一人一人の学習ニーズに柔軟に対応でき、学習履歴^{*1}の把握・共有等を可能とするような学習者用デジタル教科書の開発が求められる。”としている([1] p.11)。

2.2 学習者用デジタル教科書の現状

教師が電子黒板などの大画面に提示して用いる指導者用デジタル教科書の整備は全国平均で 39.4% (H27.3.1 現在、[6]による)と進んできているものの、学習者用デジタル教科書は今年度から小学校版の販売が始まったばかりである。

文科省学びのイノベーション事業では、“デジタル教科書・教材の開発とその普及・促進に当たっては、本事業における検討状況を踏まえつつ、文科省において、平成 25 年度より、デジタル教材等の標準化に関する調査研究を実施している。この調査研究の成果を踏まえ、児童生徒の新たな学びを支援する多くのデジタル教材等が開発されるとともに、各学校において ICT を活用した教育を実施するための環境が整備され、新たな学習活動が展開されることが期待されている。”([3] p.324)としており、デジタル教科書の標準化の重要性を謳っている。

平成 26 年度以前に製品化されている指導者用デジタル教科書では、出版社によって操作方法が異なっており、教科ごとに異なる出版社の教科書を利用する現在の体制では大きな問題となっていた。子どもが用いる学習者用ではよ

*1: 学習の過程や成果等が示されているもの。本稿では「学習記録」と表現することとする。

り大きな問題になると考えられ、その点を改善すべきことが標準化の指針である「在り方」にも記されている。

しかし、先の文科省による標準化に関する調査研究からはまだ標準化に対する具体的なプランがでていない。このような中で、平成 27 年度から順次進んでいる教科書改訂を睨んで、“各社で異なるデジタル教科書の操作性やフォーマットを統一する”ことを目的とし発足したのが、コンソーシアム CoNETS である[7]。教科書会社 12 社と日立製作所（平成 27 年 3 月までは日立ソリューションズ）の計 13 社で構成され、デジタル教科書の標準化をめざしている。共通のプラットフォームとして電子書籍の国際的な規格である EPUB を採用しており、平成 27 年度から指導者用、学習者用のリリースが始まった。

また、東京書籍と教育出版は、Access 社の PUBLUS Reader for Education、学校図書は DBOOK Reader の利用を前提とした学習者用デジタル教科書を指導者用デジタル教科書に添付している。

3. 学習者用デジタル教科書の設計

3.1 基本方針

本稿では、今後の学習者デジタル教科書の標準化への提起とするためにも、学習者用デジタル教科書の現状における大きな指針である「在り方」を基本とした上で、特に教科書への書き込み活動と教科書検定問題に着目した学習者用デジタル教科書のあるべき姿（持つべき機能）を提案する。

3.2 基本設計

3.2.1 ビューワとコンテンツの分離

「在り方」では、異なる出版社の教科書を同じ操作で閲覧できるためにも、デジタル教科書コンテンツとデジタル教科書ビューワはそれぞれ独立させることが望ましいとしている。本研究でもこの方針に従う。

3.2.2 書き込むことへの着目

最近の教科書は、児童が書き込むことを前提とし、書き込みを加えることで完成する紙面デザインも取り入れられている。また、指導者用デジタル教科書を電子黒板に投影し、図や表に書き込みを行い、その書き込みを見て児童が自分の教科書に書き込むという活動もよくみられるようになっている（図 1）。

紙の教科書・ノートの学習環境では、図や表に書き込みを加えるような活動を行う際は、児童のノートに図表を写させたり、教科書の図をコピーしてワークシートとして配布したりしている。このような活動ではいずれの場合も教師や児童に負担がかかる。また書き込む前の図表と書き込んだ後の図表を見比べることが困難な場合もある。これに比べデジタル教科書では、児童が図や表を写し取ったり教



図 1 電子黒板と指導者用デジタル教科書を用いた授業
Figure1 Class using digital blackboard
and digital textbook for teacher.

師が図や表をコピーしたりしなくても、教科書へ何度も書き込みができる。さらに、書き込む前の図や表と書き込んだ後のそれを見比べることも容易である。

これらの点から、本研究では児童が教科書紙面に書き込む活動を重視し、デジタル教科書に書き込みができる、特に書き込む余白を追加する仕組みの導入を提案し、それらを実現する機能を提供する。

柳沢昌義氏らは、デジタル教科書を使用する場合に紙のノートに書き込む場合とデジタル教科書に直接書き込む場合での学習効果の差を測定する試験を行った[8]。試験結果を通して、自由記述のような内容を考えながら解く複雑な問題では紙のノートに書きながら学習したほうが、成績が高くなるとしているが、表を埋めるような問題ではデジタル教科書に書き込んだ時のほうが、成績が高かったことも報告している。このことについて、“紙のノートに教科書の表をうまく写しながらの学習ができなかったため得点が下がっているとも考えられる。”としており、ここにデジタル教科書に直接書き込む場合の優位性が示されている。同時に、文章題のような自由記述の問題でも教科書に直接書き込むことで紙ノートないしはデジタルノートと遜色ない学習効果を生み出すための設計も必要である。

3.2.3 学習の記録

学びのイノベーション事業報告書には、“学習者用デジタル教科書・教材は、単に表示したり書き込んだりすることができるだけでなく、一人一人の学習経過・成果を保存・蓄積し、それを教員が指導に生かしたり、児童生徒が自己の学習を振り返ることなどに活用できるようなシステムを構築することにより、その効果的な活用が図られるものである。”とある([3] p.324)。本研究でも書き込みを加えた教科書紙面を学習記録として蓄積すること可能とする。

また、小学校学習指導要領総則[2]の“第 4 指導計画の作成等に当たって配慮すべき事項”2.(4)項目には、“各教科等の指導に当たっては、児童が学習の見通しを立てたり学習したことを振り返ったりする活動を計画的に取り入れるよ

う工夫すること。”とあり、児童自身が自分の思考の足跡をたどることの重要性に触れている。

本研究でもこの方針に従い、児童が自分の問題演習や試行錯誤の記録を振り返ることができる機能を提供する。

また、教師の立場では、紙の教科書・ノートの学習環境で図表に書き込むような活動の評価を行う場合、ノートやワークシートに演習を行った結果を見て評価を行うことになる。しかし、ノートやワークシートへの書き込みは一回きりであることが多いので、この記録は試行錯誤の末の結果であることが多い。しかし、小学校算数科においては演習の結果はもちろん大切であるが、その結果に至るまでの試行錯誤の過程（どのような考えをもって取り組んでいたか）を重要視する。デジタル教科書を活用し、児童の試行錯誤の過程を可視化することで、教師が学習活動の途上で形成的評価としてこれを活用し今後の指導に活かすことが可能になるため、前述の記録は教師も見ることができるようにする。

3.2.4 コンテンツのアドイン

現在のデジタル教科書は、法令上紙媒体の教科書と区別される。教科書の発行に関する臨時措置法では、文部科学大臣の検定を経たもの又は文部科学省が著作の名義を有するものを教科書としており、現在のデジタル教科書は教科書ではない。そのため、すべての子どもが学習者用端末を持つことになったとしても、デジタル教科書は紙の教科書と同様に無償で配布されることはない。

現在「デジタル教科書」の位置付けに関する検討会において、デジタル教科書の導入に向けた現実的な論点整理と検討が行われている。その中で「デジタル版教科書」という言葉が出てきている。デジタル教科書が教科書になるためには検定を受けることになるが、デジタル教科書の利点の一つである、デジタル教科書内に組み込まれた動画やインタラクティブ教材など豊富なコンテンツ（図2）すべてを検定するのは、コンテンツの量が膨大であるため現実的に困難である。そこで、教科書とするのは、検定を受ける紙の教科書を単純にデジタル化したものにしてしまうという考えである。

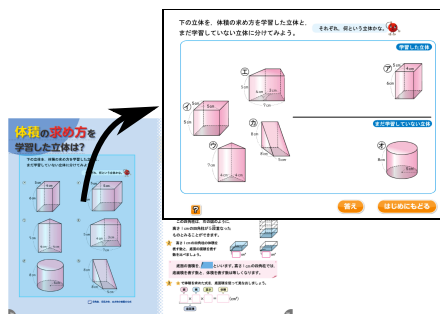


図2 紙面に付随したインタラクティブなコンテンツ
Figure2 Interactive contents included in digital textbook.

しかし、豊富なコンテンツを含めることができる利点を捨ててしまえば、デジタル教科書の有用性が著しく低下しかねない。そこで本研究では、この問題点を解消するために、後からコンテンツを追加できることを可能とする仕組みの導入を提案し、それを実現する機能を提供する。この機能は、「在り方」にある②のviを実現するものであり、デジタル教科書ビューアからデジタル教科書コンテンツの形式に準拠したデジタルデータを、コンテンツと共に表示したり、コンテンツから呼び出して表示したりすることを実現させる。

3.2.5 他のシステムとの連携

学習者用デジタル教科書はそれ単体だけで使われないこともある。たとえば、デジタルノートとの併用や、電子黒板に児童の学習記録（演習の記録）を表示して授業を進めていくことも考えられる。筆者の所属する東京学芸大学加藤研究室ではデジタルノートシステムと電子黒板システムの研究をしており、それらと相互に連携できるようにする。

また、教育の情報化に関する手引き[9]“第3章 教科指導におけるICT活用”の第2節3.3)項目には、“自分の伝えたいことを、他の児童生徒にわかりやすく発表したり、絵図や表、グラフなどを用いて効果的に表現したりするために、コンピュータやプレゼンテーションソフトなどを活用する。”とある。児童が相手を意識して自分の解答や考え方を発表することで、プレゼンテーション能力の向上につながる。この場合、自身の演習結果のうちの一部を電子黒板システムへ送信し、学級で共有する形が想定できるので、この活動に対応できるような連携機能を用意する。

3.3 機能設計

ここでは、基本設計にそった学習者用デジタル教科書にするための機能設計を述べる。

3.3.1 手書きアノテーション機能

3.2.2項で述べた、教科書への書き込み活動を可能にするために、教科書紙面に対して書き込みを可能とする。この機能を繰り返し使って児童は自分の試行錯誤の過程を視覚化することができる（図3）。また、この機能は後に述べるポップアップ紙面上でも可能とする。

3.3.2 余白確保機能

各出版社のデジタル教科書も、紙面上にアノテーションを残すことのできる機能は有しているが、教科書の紙面に書き込むスペースが十分に用意されていないことが多い。

そこで、教科書に書き込むスペースを確保するため、スペーシング機能とポップアップ機能を提供する。3.2.2項で述べたように柳沢氏の研究[8]では、紙の教科書・ノートでは表をうまく写しとることができないことから、デジタル教科書の優位性が報告され、反対に文章題のような自由記述の問題ではデジタル教科書に対して紙の教科書・ノート

の優位性が報告されていた。本機能により、このデジタル教科書の短所を補い、長所をさらに伸長させることを目指す。

(1) スペース機能

教科書紙面に書き込みをする場合、書き込むスペースを広くしたいことがある。たとえば、算数で問題演習を行う際に余白が足りなかったり、そもそも余白がなかったりする場合もある。そこで、教科書紙面上に余白を追加することを可能とする。この機能を使って児童はたとえば、問題文の下に余白を作り、そこに解答を書くというスタイルで、問題演習に取り組むことが可能になる(図4)。算数科における問題演習を支援することを想定し、余白を追加できる箇所は、紙面上の問題文に相当する要素の下とする。

通常のレイアウトの教科書紙面に戻したい場合のために、作った余白はいつでも畳む(非表示にする)ことを可能とする。もちろん、再度広げる(表示する)ことを可能とし、その際は、その余白に書かれていた手書きアノテーションを再び表示する。

本機能では、もともとの教科書紙面から書き込む余白を加える形をとるので、紙面に書かれている文章や図表の情報を見ながら書き込みを行うことができ、教科書紙面上にある様々な情報を使いながら演習に取り組むことができる。このことから、児童が文章題などの自由に記述する問題に取り組む場面でのデジタル教科書の短所を補うことが期待できる。

(2) ポップアップ機能

ノートに教科書上の問題を写しとり解答を書くときのように、教科書紙面に余白を作るのではなく、教科書紙面の要素の一部を含んだ新たな紙面を作ることができる(図5)。

3.2.2項で述べたとおり、紙の教科書・ノートの学習環境ではこのように図表を用いて試行錯誤させる活動を児童にさせる場合、児童が図表をノートに書き写すか、教師が教科書の一部をコピーしてワークシートを作成しているが、この機能によってその手間を省く事ができる。

また、スペース機能が教科書紙面の情報を残しながら書き込みを可能にする機能であったのに対して、本機能では選択した図表や文章以外の情報は見えなくなり、児童は目の前の図表にだけ集中することができる。このことから、問題演習の前段階として図表に書き込み、その図表への理解を深める場面で活用することができ、図や表に直接書き込むことのできるデジタル教科書の長所をさらに伸長させることが期待できる。

3.3.3 紙面キャプチャ機能・閲覧機能

アノテーション機能により書き込みされた教科書紙面全体を画像として保存(キャプチャ)することを可能とする。教科書に書き込みを行った場合は、ページ移動の際に逐一

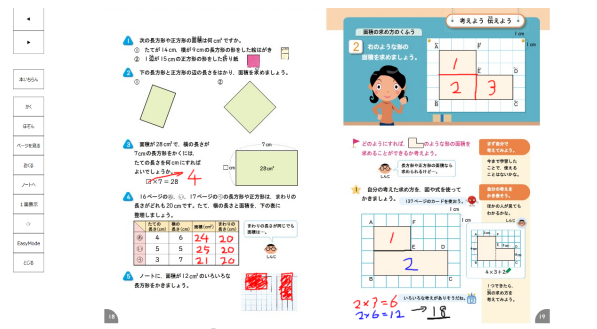


図3 アノテーション機能の活用
Figure3 Use of annotation function.



図4 スペース機能
Figure4 Spacing function.

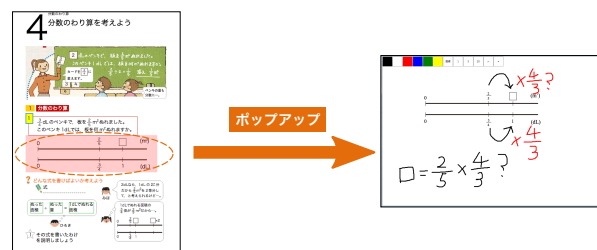


図5 ポップアップ機能
Figure5 Popup function.

自動でキャプチャし、児童の操作の負担を軽減する。

このキャプチャした紙面は、そのまま児童の学習記録として学習者用端末に残り、教師はこの記録を見て評価を行うこともできる。

また、3.2.5項で述べたような、学習者用端末に入った他のアプリケーションに教科書の紙面を送信する活動を支援するために、ページ全体のキャプチャだけでなく、児童が能動的に範囲指定をすることで、教科書紙面の特定の範囲を画像として保存することも可能とする。

いずれの場合も、この学習記録を活用して児童自身が思考のふりかえりや発表をしたり、教師が形成評価を行ったりする事を想定し、キャプチャした際にシステムは教科書のどのページで、いつキャプチャしたかを記録する(これらの情報をメタデータと呼ぶ)。

キャプチャ機能で保存した教科書紙面は、後から閲覧することを可能とする。自分自身の演習の結果を振り返るこ

とで、児童自身の思考の整理、復習等に役立つことが期待できる。

キャプチャした教科書紙面は、前述の通りメタデータを有している。この情報を元にソート・グルーピングした一覧表示を可能とし、保存された日付やページを手掛かりとした学習記録の振り返りを支援する。

3.3.4 書き込み履歴記録機能・再生機能

キャプチャ機能で保存した記録は、児童が試行錯誤の末にたどり着いた結果を記録することを支援する。しかし、3.2.2 項で述べたように、これだけでは算数科の活動を評価するには不十分である。前述の結果に至った過程を記録する機能として、児童が書き込みをしたり、線を引いたり、消したりしたシステムの動作の履歴を保存することを可能とする。

さらに、この書き込み履歴を後から再生することを可能とする。これにより児童や教師は目に見える形で児童の思考の足跡をたどることができる。

3.3.5 教材追加機能

3.2.4 項に従い、デジタル教科書に教材を後から追加できるようにする。本研究では、学習者用デジタル教科書をメインに据えた授業スタイルを想定しているため、本機能で追加することのできる教材は、教師が教科書の理解を促すために使う補助的なコンテンツという位置付けにする。このことから、教材を追加する操作は原則指導者や管理者が行うものとし、追加する教材は、教科書紙面中の特定の要素と関連づけるものとする。

3.3.6 追加教材閲覧機能

3.2.4 項に従い、教材追加機能によって追加した教材をビューワ上で閲覧できるようにする(図6)。ビューワで教科書紙面上のある要素を選択した際、その要素に対する追加教材を読み込んでいれば、紙面上に追加教材があることをアイコンで示し、また、ビューワのメニューバー上に追加教材ボタンを表示させる。このボタンを押下することで追加教材を新たなウインドウとして開くものとする。

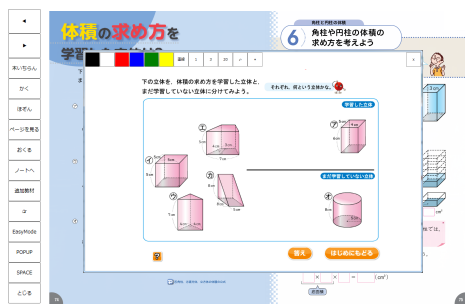


図6 追加教材閲覧機能

Figure6 Function of viewing contents added.

3.4 デジタル教科書コンテンツフォーマットの設計

3.2.1 項に従い、本研究の学習者用デジタル教科書はコンテンツとビューアを分離させる。つまり、平成26年度まで商品化されてきた指導者用デジタル教科書のように一つのアプリケーションソフトウェアとして実装するのではなく、デジタル教科書のコンテンツデータそのものと、それを読み込み表示するビューアの二つに分離する。そのためにはコンテンツデータの書式を定めるフォーマットを設計する必要がある。

本研究では、デジタル教科書コンテンツフォーマットとして、電子書籍の国際的な規格であるEPUB3を採用する。「在り方」では、デジタル教科書コンテンツの要件として要素化を挙げており、紙面を複数の要素の集合として表現することを求めている。一方で、要素の集合で表現する場合、作成工数が非常に大きくなり、現実的でないという声がある。このことから、3.2.4 項で「デジタル版教科書」という考えを述べたように、紙の教科書を単純にデジタル化したものをデジタル教科書とする、つまり紙面を一つの要素として表現するという流れもある。現時点では、出版社によってどちらの表現形式を採用するか意見が分かれている。この現状を踏まえ本研究では、どちらの形式にも対応できるように、教科書紙面を複数の要素の集合として表現する形式(以下、要素集合形式)と、一枚の画像で表現する形式(以下、一枚画像形式)の二種類を設計し、先の機能の実装を行う。

また、文科省の標準化事業では、EPUBにおけるOpen Annotationのフォーマット[10]に従って紙面を記述することが求められている。本研究でもこの方針に従う。

3.4.1 要素集合形式の設計

要素集合形式のフォーマットでは、ポップアップ機能、スペーシング機能、教材追加機能(以下、三機能)を実現するために、次の記述ルールを追加する。

- 一つのページにつき一つのXHTMLファイルとし、EPUB3のフォーマットに合わせてパッケージ化する。
- パッケージ化の際、パッケージ文書である.opfファイルに、ページ一枚ごとに一つの<item>タグとしてXHTMLファイルのパス、media-type、propertiesなどを記載するが、それらに加え「format」という属性を追加し、xhtmlを指定する。
- 上記の三機能を実現するためには、いずれも紙面上の要素を一意に識別することを必要とするため、紙面はdiv要素の集合とし、各要素は<div>タグ内にインラインSVG形式で記述する。さらに、それぞれのdiv要素にページ番号、要素id、位置情報を付与する。これらを要素に関するメタデータと呼ぶ。
- 要素に関するメタデータの付与は、EPUBにおけるOpen Annotationのフォーマットに従うものとする[10]。

- ・ 各 SVG 要素には `viewBox` 属性をもたせ、位置は絶対座標により指定する。
- ・ スペーシング機能を適用できる部分には、その部分にあたる `div` 要素の `class` 属性に `spacible` を割り当てる。
- ・ ポップアップ機能を適用できる部分には、その部分にあたる `div` 要素の `class` 属性に `selectable` を割り当てる。

3.4.2 一枚画像形式の設計

一枚画像形式のフォーマットでは、前項で挙げた三機能を実現するために、次のルールを追加する。

- ・ 一つのページにつき一枚の画像とし、画像ファイルと同名の XHTML ファイルにそれぞれインライン SVG 形式で貼り付け、EPUB3 のフォーマットに合わせてパッケージ化する。
- ・ パッケージ化の際、パッケージ文書の `<item>` タグに、要素集合形式と同様に「`format`」属性を追加し、`image` を指定する。`<item>` タグにおいて `media-type` 属性に「`image/png`」と記載すれば画像であることを示すことはできるが、これだけでは先の要素集合形式において画像ファイルが一つの要素として使われていた場合と区別がつかなくなるためである。
- ・ XHTML ファイル内の画像は、SVG `image` タグによって表現し、固定レイアウトとする。
- ・ 要素集合形式と同様に、画像上の要素一つひとつに要素 `id` と位置情報を付与する。これらを要素に関するメタデータと呼ぶ。
- ・ 要素に関するメタデータは、XHTML ファイル内に、EPUB における Open Annotation のフォーマット[10]に従って記述するものとする。

3.4.3 追加教材のフォーマット

前項のコンテンツフォーマットに加え、3.3.5 項で述べた教材追加機能により追加することのできる教材のフォーマットも定める必要がある。前項のコンテンツフォーマット二形式に対応できるよう追加教材のフォーマットをそれぞれ定める。

なお追加教材はインタラクティブなコンテンツであり、教師が児童に提示したり、児童に操作をさせたりする活動で用いることを想定しているため、画像や動画、音声、スクリプトなどを組み込むことができるようにする。次に仕様を述べる。

(1) パッケージファイル

- ・ 追加教材はインタラクティブなコンテンツを扱うことに長けている HTML+JavaScript で実現する。動画や音声、スクリプトなどを組み込む場合を想定し、複数のファイルで構成することも可能にするため、zip 形式でパッケージ化するものとする。
- ・ パッケージファイル直下に `index.html` というファイル

を置き、ここを追加教材の入り口とする。

(2) リンクデータファイル

- ・ パッケージファイルと同名の XML ファイル（以下、リンクデータファイル）を用意し、追加教材に関するメタデータを記述する。このリンクデータファイルはパッケージの外に置く。
- ・ 追加教材に関するメタデータとして、教科、教科書名、対象とする要素のページ番号と要素 `id` を指定する。対象とする教科書、要素は複数にすることも可能とする。
- ・ 追加教材に関するメタデータは、デジタル教科書コンテンツ本体におけるメタデータの付与法と整合性を取るために、Open Annotation のフォーマット[11]に従いリンクデータファイルに記述するものとする。

4. 試作

今回設計したシステムの実現可能性を示すため、Windows タブレット端末 (Windows7/8) をターゲット環境として、デジタル教科書コンテンツとデジタル教科書ビューワを試作した。デジタル教科書ビューワは、Microsoft Visual C#を用いて Windows Presentation Foundation(WPF)アプリケーションとして実装した。以下、コンテンツフォーマットごとに述べる。

4.1 要素集合形式の実装

アノテーション機能は、XHTML 形式で記述した紙面に新しく `div` 要素を生成し紙面の上に重ね、この `div` 要素内に SVG `path` 要素を生成することで実現した。こうすることで、紙面と共に移動が可能になりスクロールにも対応できる。またスペーシング機能はスペースを空けたい要素より下のストロークの SVG `viewBox` 属性を書き換えることで実現した。

書き込み履歴保存機能は、児童がビューワ上でページをめくる、紙面に書き込みを加える、線を消す、などの操作を行ったときにこれらの動作を監視し、履歴として XML ファイルに出力することで実現した。再生機能は、前述のように記録した書き込み履歴から操作を一つずつ取り出し、ビューワ上でその操作を一つずつ行っていくことで実現した。

教材追加機能は、ある特定のディレクトリを監視し、そこに 3.4.3 項で述べた追加教材のフォーマットを満たすファイル群があれば、ビューワが追加教材を読み込むという形で実現した。読み込みは、zip 形式でパッケージ化している追加教材を同じディレクトリ内に解凍する形をとった。さらに、ビューワが解凍した追加教材のリンクデータファイルを調べ、紐付ける紙面のページを取得し、配列として保持しておくこととした。

そして、紙面上の要素を選択した際、上述のリンクデータファイルに関する配列を調べ、その要素に追加教材が紐

付いていれば、その追加教材ディレクトリ内の index.html を新たなウインドウとして出す形で、追加教材閲覧機能を実現した。

4.2 一枚画像形式

アノテーション機能は、Visual C#の InkCanvas コントロールを、PNG 画像が表示されている image コンポーネントの上に重ねることで実現した。ストロークの座標は常に記憶しておくものとした。スペーシング機能は紙面を、選択した範囲より上にある要素と下にある要素に分割し、間に空白の image コンポーネントを挿入することで実現した。紙面を分割した際下側にあったストロークは下にずれた紙面の上に重ねる。ポップアップ機能は、選択された要素を含む画像のみを新しいウインドウとして表示し、上から InkCanvas コンポーネントをオーバーレイする形をとった。

書き込み履歴保存機能は、InkCanvas コンポーネント上に書き込んだストロークの情報を線単位でオブジェクトとしてシンボル化したものと、消去した線とを合わせて XML ファイルとして出力することで実現した。再生機能は、この XML ファイルから操作を一つずつ取り出し順次実行していくことで実現した。

教材追加機能・閲覧機能は、要素集合形式と同様、ビューワがディレクトリを監視することで追加教材を確認し、ビューワが教材と紐付いている紙面を表示している際に新たなウインドウとして出す形で実現した。

5. おわりに

本稿では、子どもが教科書への書き込む活動や、今後デジタル教科書が主たる教科書となっていくために避けては通れない教科書検定に焦点を当て、現在文科省らが必要性を強く打ち出している学習者用デジタル教科書ビューワの設計を行った。また、それに準ずる形で学習者用デジタル教科書コンテンツや追加教材のフォーマット設計、及び実現可能性を示すための試作を行った。

今後は、今回提案、実装した機能の評価を行い、システムの完成度をさらに高めていきたい。また、学習者用デジ

タル教科書を中心に据えることで新たに可能になる授業のスタイルについて考案し、今回提案したシステムと関連付けたモデルをつくっていききたい。このために、児童が教科書へ書き込む活動を特性に応じていくつかの種類化し、それぞれの型にシステムを関連づけていくことを考えている。これらの研究を通して、デジタル教科書はどうあるべきか、従来の紙媒体の学習環境を置き換えることが可能かどうか、初等教育の特性も考慮しつつ検討していきたい。

参考文献

- [1] 文部科学省：教育の情報化ビジョン (2011).
- [2] 文部科学省：小学校学習指導要領 (2008).
- [3] 文部科学省：学びのイノベーション事業実証検証報告書 (2014).
- [4] 加藤直樹：21 世紀の学びを変える ICT を活用した小中一貫教育研究大会第三分科会 学習者用デジタル教科書の現状と展望 (2)標準化の利点と現状・展望 (2016).
<http://www.slideshare.net/naokikato999/ss-57906995>
(最終アクセス日:2016.2.5)
- [5] 文部科学省：第二期教育振興基本計画 (2013).
- [6] 文部科学省：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)(2015).
- [7] DIS 文教ソリューション：企業 13 社が参画する CoNETS デジタル教科書の操作性を統一、PC Webzine Jul-2014, pp.48-49 (2014).
- [8] 柳沢昌義, 東洋英和女学院大学人間科学部 教育テスト研究センター：電子教科書使用時の紙ノートの必要性に関する比較研究, 日本教育工学会研究会報告集 2012(1), pp.229-236 (2012).
- [9] 文部科学省：教育の情報化に関する手引き (2010).
- [10] Open Annotation in EPUB
<http://www.idpf.org/epub/oa/> (最終アクセス日:2016.2.5)
- [11] Open Annotation Data Model
<http://www.openannotation.org/spec/core/>
(最終アクセス日:2016.1.26)

- ※ 図 1, 図 2 の教科書紙面は、東京書籍指導者用パソコンソフト 新しい算数 6 p.74-75 を元に作成したものです。
- ※ 図 3 の教科書紙面は、東京書籍新しい算数 4 年下 p.18-19 を元に作成したものです。
- ※ 図 5, 図 4 の教科書紙面は東京書籍新しい算数 6 年上 (平成 26 年度版) p.34 を元に作成したものです。