

学習者用デジタル教科書と一体的な使用を可能としたワークシートの開発と評価

大山洋俊^{†1} 加藤直樹^{†2}

概要：2019年度から学習者用デジタル教科書が、紙の教科書の代わりに使用できるようになった。学習者用デジタル教科書を効果的にする方法として、デジタル教材と一体的に活用できるようにすることが挙げられている。本発表では、小学校理科を対象として研究してきた、デジタル教科書と一体的に使用できるデジタルワークシートの開発と評価について述べる。

キーワード：デジタル教材，学習者用デジタル教科書，小学校，理科，学習者用コンピュータ

Development and Evaluation of digital worksheet combined with a digital textbook for learner

HIROTOSHI OYAMA^{†1} NAOKI KATO^{†2}

Abstract:

In 2019, digital textbooks for learners can be used in place of paper textbooks. One of the effective ways to use digital textbooks for learners is to use them combined with digital teaching materials. This paper describes the development and evaluation of a digital worksheet combined with digital textbook for learner, which has been studied for elementary school science.

Keywords: with digital teaching materials, digital textbook for learners, primary school, science, computer for learners

1. はじめに

現代の日本の教育には、主体的に判断し、多様な人々と協働しながら新たな価値を創造する力を児童に着けさせることが求められている[1]。これは課題に対して、知識・技能を駆使して、失敗を恐れず積極的に実践し、失敗から原因を分析して次につなげる力である。このような教育には、教員による一方的な説明だけでなく、協同型・双方向型の授業が不可欠である。

このような授業を達成するために注目を浴びているのが情報通信技術（ICT: Information and Communication Technology）を利用した機器の活用である。平成32年から実施される次期学習指導要領の総則「第3 教育課程の実施と学習評価 1.(2)」では、「情報活用能力の育成を図るため、各学校において、コンピュータや情報通信ネットワークなどの

情報手段を活用するために必要な環境を整え、これらを適切に活用した学習活動の充実を図ること。また、各種の統計資料や新聞、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、児童生徒の学習の充実や学習上の支援のためにICT機器を適切に活用することが求められる。特に児童一人ひとりが持つ学習者用コンピュータと学習者用デジタル教科書が注目を浴びている。教育の情報化ビジョン[2]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。」と記され、学びのイノベーション事業等を通して、実証研究が進められた。

^{†1} 東京学芸大学大学院 教育学研究科
Graduate School of Education Tokyo Gakugei University

^{†2} 東京学芸大学
Tokyo Gakugei University

文部科学省は学習指導要領が改訂される 2019 年をめどとした導入に向けて、「デジタル教科書」の位置づけに関する検討を行い、学習者用デジタル教科書の効果的な活用の在り方等に関するガイドライン(以下ガイドラインと記す)[3]において、デジタル教科書の制度面での方向性を示した。その方向性として、デジタル教科書は紙の教科書デジタルの同等以上のものは含めず、音声や動画などのインタラクティブ教材は検定の対象としないデジタル教材としてみなすことが示されている。

教科書をデジタル化するメリットとしてよく取り上げられるのが教科書紙面に書き込む機能である。これは、筆者が所属する研究室の実践でも効果が紹介されている[2, 3]。

以上から、デジタル教科書を効果的に使用するには、デジタル教科書の紙面への書き込みを容易にすることと、デジタル教材と一体的に使用を可能にするソフトウェア(ビューア)が求められる。

筆者が所属する研究室の小林らは、学習者用デジタル教科書のあるべき姿(もつべき機能)の提案、そして、その姿を実現するデジタル教科書ビューアを開発した研究において、教科書への書き込みを容易にする機能と、デジタル教材を後からデジタル教科書に追加し、一体化して利用できる機能の研究を行った[4]。

本稿では、デジタル教科書とデジタル教材を一体的に使えることの利点を追求する。特に、理科の具体的な学習活動に着目し、理科で用いるワークシートと教科書を融合することを提案・設計・試作・及び実証実験を通してデジタル教科書教材がもたらす効果について述べる。

2. 学習者用デジタル教科書

2.1 学習者用デジタル教科書の位置づけ

教育の情報化の進展にともない、2018 年、学校教育法の一部を改正する法律が可決された。この改正によって、学習者用デジタル教科書を制度化するための規定が整備された。この規定によると、学習者用デジタル教科書は検定済みの紙の教科書を電子的記録したものであり、紙の教科書と同一の内容に限定された。また、動画・音声などのコンテンツは学習者用デジタル教科書に該当せず、補助教材(デジタル教材)と位置づけられた。

2.2 学習者用デジタル教科書・教材

学習者用デジタル教科書の定義が限定されたが、教科書紙面を電子化した内容をただ表示するだけでは、学びの活性化は起こりえない。

ガイドライン[3]では学習者用デジタル教科書の効果的な活用の在り方について、その他さまざまな学習者用デジタル教材との一体的活用の必要性についてあげている。文部科学省が公表する学習者用デジタル教科書実践事例集[5]でも、教科書へ何度も書き直すことによる試行錯誤の活性化や、教科書紙面に関連した音声や動画などのデジタル教

材を活用することで内容の理解が深まるなど、「主体的・対話的で深い学び」の観点から、効果があるとされている。

教科書出版社からも、学習者用デジタル教科書と学習者用デジタル教科書がセットになったものを 2019 年度から販売予定となっている。

本稿では、紙の教科書の内容と動画や音声などのデジタル教材を一体的に使用できるようにするソフトウェアを学習者用デジタル教科書ビューアと記すこととする。また、学習者用デジタル教科書ビューアによって一体的使用可能になった「学習者用デジタル教科書・教材」を学習者用デジタル教科書と記すこととする。

3. 学習者用デジタル教科書と一体的に使用できるワークシートの設計

3.1 基本コンセプト

理科の授業では、問題の発見からまとめまでそれぞれ思考し、一連の流れとして把握・振り返りをする必要がある。教科書にはその活動が複数ページに分かれて記載されている。また、教科書に書かれている内容と異なる手順・題材で観察実験が行われることもある。そのため、教科書に直接書き込む代わりに、一目で一連の流れが把握しやすいワークシート教材がよく使用される。学習者用デジタル教科書を用いた学習においても、観察実験の流れを一目で把握する必要があり、紙の学習環境と変わらずにワークシートを利用することが有効と考えられる。

しかし、紙のワークシートは、それを用いた活動後は、ノートに貼るなどすることもあるが、保存されることなく捨てられてしまいやすく、学期や学年を超えて振り返ることには向いていない。理科は他の教科以上に系統性が強い教科であり、学年を超えた振り返りを容易にできる必要がある。教科書はデジタル化によって学年ごとに分かれている物理的制約が解消され、保存性も向上する可能性がある。

また、教科書は問題の発見から予想、実験、結果、考察、まとめまでの観察実験の流れで構成されており、ワークシートもそれに合わせて作成されることが多い。つまり、ワ



図 1. システム利用の流れ

ークシートの各要素には、対応する教科書の要素が存在することになる。

そこで、本論文では、ワークシートをデジタル化（デジタルワークシート）し、そのデジタルワークシートを要素ごとに分割させて（分割ワークシート）、学習者用デジタル教科書の適当な場所から呼び出して利用できるようにすることを提案する。そして、ワークシートの一覧性の特徴を消さないように、必要に応じて1枚のデジタルワークシートに還元して全体を眺められるようにする（図1）。このようにすることで、教科書を用いた授業において、教科書から分割ワークシートを呼び出し、順次活用していくことでデジタルワークシートが完成していくという流れにすることができる。また、学びのイノベーション事業報告書にある“機能のあり方”で提案されているように、デジタル教科書の要素が他の学年の関連単元と結びついていれば、そこから当時の自分の活用したデジタルワークシートをたどり、以前行った学びを振り返ることができるようになる。さらに、デジタルワークシートを分割することで、デジタルワークシートを利用する際には、利用する分割ワークシートだけを画面に表示させることができ、表示できる情報量に限りがある学習者用コンピュータの問題点も解消できる。

3.2 児童の学びの流れ

本節では、基本コンセプトを実現する学習者用デジタル教科書に必要な機能を定めるために、具体的な児童の学びの流れを記す。

3.2.1 予想・実験の計画

理科の観察実験の導入時には、前時までの学習内容や動画などのデジタル教材を大型提示装置に表示することで児童の疑問や思考を共有し、児童の疑問や気づきをもとに問題発見につなげる。

問題発見後、子供たちが過去の自身の学習記録や関連する内容の教科書など調べながら、話し合いを通して、問題に対する予想を立てる。立てた予想はワークシートに記入する。

記入後、他の人の思考を共有し議論をしたり、他の人の考えに対して自分の考えを記述したりする活動を通して自分の考えを深めると同時に実験の計画を練り上げる。

3.2.2 実験・結果・考察

計画に基づき、観察実験を行う。実験時にはワークシートに観察結果を記録し、結果や考察の場面で用いることで、児童生徒の主体的な学びや対話的な学びを促すとともに、情報を整理したり、比較したりすることが生まれやすくする。その後、結果に基づき問題に対する自分の予想や他の班と比べながら自分の考察の妥当性を確かめる。

3.2.3 まとめ

児童の考察を比較、共有を行い、本時の課題に対する解答をまとめる。

最後にそれぞれの過程を一つの流れとして振り返りを行い、感想や振り返りをワークシートに記述した後、ワークシートを教師に提出する。

3.2.4 ICTの活用

新学習指導要領の目標でも追及されている「見通しをもって観察、実験を行うこと」について、児童が自分で発想した予想や仮説が大事であり、その発想した解決方法で観察実験を行うことが、児童自らの主体的な問題解決の活動となると述べている。もし、予想する前に解決のための実験方法が見えてしまったら、それは本当の意味で見通しをもって観察実験を行っているとはいいがたくなる。そこで、観察実験の一連の活動に取り組んでいる最中、この先取り組む実験をわからないようにする機能を用意する。

また、学習用コンピュータが一人一台の環境では、大型提示装置以上に自分以外のクラス全員の意見を知ることができる。様々な意見の閲覧や、他の人の意見に対する自分の意見の記述、他の児童の意見を自分の意見に取り入れる活動を通して、多面的に考えながら自分の意見を明確にしていくことができると考える。そこで、ワークシートを用いた学びにおけるこの活動を支援する機能を用意する。さらに、児童同士が対話を重ねるには自身の意見をしっかりと持つことが前提となる。言葉だけで表現することを苦手としている生徒が少なからずいることから、言葉だけでなく写真と言葉を用いて表現することで、言語表現が苦手な生徒を支援する。

理科の観察実験の導入時には、既習事項をもとに新たな問題を見つけたり、新たな問題に対して仮説・予想を立てたりするという活動がよく行われる。学年を超えて振り返ることもある。ワークシートはそれを用いた活動後、ノートに貼るなどすることもあるが、学期や学年を超えて振り返ることは向いておらず、実験の詳細を忘れてしまっている児童も少なくない。そこで、ワークシートをデジタル化し、過去の学びを確認する際に、当時の自分のワークシートも同時に振り返ることができる機能を用意する。

3.3 基盤となるシステム

本節では、本研究の基盤となる学習者用デジタル教科書ビューアの概要を述べる。

3.3.1 手書きアノテーション機能

小林らが開発したシステムでは、教科書の紙面、及び後述する追加教材に対する書き込みが可能である。また、書き込みをやり直したり消したり太さ、色の変更をしたりことが可能である。

3.3.2 書き込み履歴記録・再生機能

小林らが開発したシステムでは、児童が書き込みをしたり、線を消したり、前項の余白追加機能を使ったりしたシステムの動作の履歴を保存する機能を提供している。

さらに、この履歴を後から再生することを可能とする。これらにより児童や教師は学習の結果に加えてそこに至る

過程をたどり直し、目に見える形で児童の思考の足跡をたどることができ、これまで完全に把握できていなかった児童の学習の過程を授業に活用することができる

3.3.3 デジタル教材追加機能

デジタル教科書の範囲が紙面の内容と同一に制限されたことから、学習者用デジタル教科書が教育上効果を発揮するためには、その他デジタル教材と連携できることが必要である。そこで、デジタル教材をデジタル教科書紙面の任意の場所に関連付け、デジタル教科書から呼び出す機能を開発した。なお、デジタル教材と教科書を区別できるように、教材を非表示にすることも可能とした。

3.3.4 デジタル教材呼び出し機能

小林らが開発したシステムでは、指導者があらかじめデジタル教科書に追加した、シミュレーションなどの児童に能動的に使用させることを目的とした追加教材をデジタル教科書ビューアから呼び出し、表示する機能を提供している(図2)。

3.3.5 余白生成・追加機能

算数科の教科書には、児童が教科書紙面へ書き込むことで完成する紙面レイアウトが取り入れられている。しかし、児童が実際に書き込む場合、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。そこで書き込むスペースを十分に確保するため、教科書内に余白を生成する機能、教科書の一部を取り込んで新しい紙面を追加する機能を提案した。

3.4 指導者が用いる機能の設計

本節では、基本コンセプトをもとに、指導者がワークシートを管理するための機能の設計を述べる。

3.4.1 デジタルワークシート(デジタル教材)作成機能

デジタル教科書と一体的に利用できるデジタルワークシートを作成する機能を提供する。

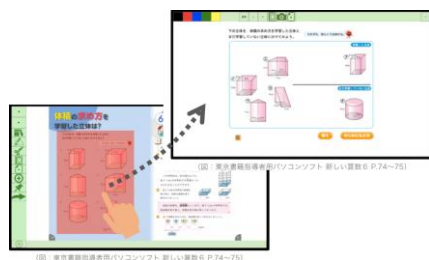


図2. デジタル教材閲覧機能

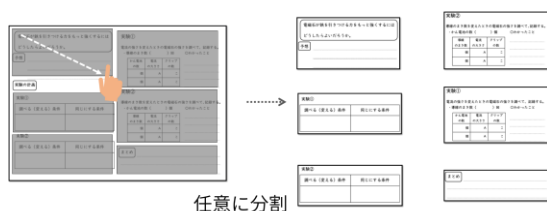


図3. ワークシート分割機能

デジタルワークシートは教科書出版社や教材会社が行うことも想定されるが、教師が作成できることも重要である。そこで、デジタルワークシートを作成し、学習者用デジタル教科書に後から追加できるようにする。

また、指導内容に即したデジタルワークシートを作成するために、教科書の紙面や様々なインタラクティブコンテンツ、指導者が用意した画像などのデジタル素材をデジタルワークシートに張り付ける機能を提供する。加えて、あらかじめ教師が Microsoft Word などの文書作成ソフトウェアで作っていたワークシートを取り込み、その紙面にデジタル素材を張り付けることも可能とする。

(1) デジタルワークシート分割機能

デジタルワークシートは任意に分割しデジタル教科書に追加教材として埋め込まれることになる。そこで作成したデジタルワークシートを分割する機能を提供する(図3)。

デジタルワークシートを分割することで、ワークシートのまだ学習していない先の内容を隠すこともできるようになり、児童の自由な発想で予想や仮説を立てることを妨げず、児童が見通しをもって観察・実験をすることを支援する。

(2) 分割ワークシート配置機能

分割されているワークシートをデジタル教科書に配置する機能を提供する。小林らは教科書の中の要素や単元と結びつけて追加教材を配置していた。しかしデジタルワークシートは分割する範囲によっては、教科書の特定の要素と一致しない可能性がある。そのため、分割ワークシートの配置は要素と結び付けるのではなく、教科書紙面のすべての場所に配置を行えるようにする(図4)。

3.4.2 ワークシート配布機能

デジタル教科書に指導者が追加したデジタルワークシート(分割ワークシート)を追加教材として児童の学習者用デジタル教科書に配布する機能を提供する。

小林らのシステムでは、追加した教材は指導者のコンピュータに保存していた。しかし、それでは指導者のコンピュータが起動しているときだけしか児童は追加教材を見ることができない。つまり、教師用端末が起動していない時間は見ることができない。それでは授業が始まる前等の自主的な学習を妨げてしまう。そこで指導者が児童に配布したデジタルワークシートはいつでも見ることができるようにする。

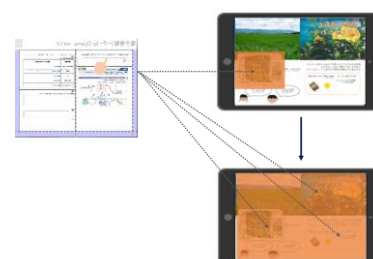


図4. ワークシート配置機能

3.4.3 分割ワークシート一覧表示機能

児童が演習した記録を授業中に共有し学びを深めるために、電子黒板などの大型提示装置に記録の一覧を集約し表示させることができるよう機能を提供する。

3.5 児童が用いる機能の設計

本節では、基本コンセプトをもとに、児童が使用するワークシートで学習するための機能の設計を述べる。

3.5.1 デジタル教材受信・組み込み機能

指導者が配布した追加教材を受信し、学習者用デジタル教科書ビューアに組み込む機能を提供する。

小林らのビューアでは、指導者が追加した追加教材は指導者用端末に保存し、児童がその追加教材を開いて閲覧したり書き込みしたりする際には、その都度、追加教材を指導者用端末から取得する必要がある。この仕組みでは、ネットワーク通信料が増えてしまい不安定になり、データの取得に時間がかかってしまう。そこで、その都度データを取得するのではなく、学習者用デジタル教科書を起動する際に、まだ取得していない追加教材を自動で探して学習者用コンピュータ上にダウンロードするようにする。

3.5.2 デジタルワークシート呼び出し機能

小林らのシステムでは、追加教材を呼び出す際に追加教材と関連づいている教科書紙面を表示している必要があった。理科の授業では、例えば児童に実験の計画を考えさせたい場面など、答えが見えてしまうことから教科書はかえって邪魔になってしまう場合がある。そこで、教科書紙面から配布されたデジタルワークシートを呼び出すことに加え、開く教科書を選択する際に教科書を開くか教科書に結びつけられたデジタルワークシートを開くかを選択できるようにすることで教科書を開くことなく配布されたデジタルワークシートを呼び出すことも可能とする。

3.5.3 分割ワークシート閲覧機能

デジタル教科書上に配置された分割ワークシートを閲覧するための機能を提供する (図 5)。

小林らのビューアで追加教材を閲覧する場合、その追加教材の拡大縮小や、画面内の移動は不可能である。それでは、タブレット端末の大きさによっては、分割ワークシートの表示サイズも小さくなってしまい、書くスペースを確保することが難しくなる。また、追加教材は教科書の上から重なるように表示されるため、教科書の見たい場所を隠してしまうなど、教科書の閲覧が自由にできない場合がある。

そこで、閲覧機能を拡張する。分割ワークシートを拡大できるようにすることで児童の書くスペースを確保し (図 6)、移動可能にすることで教科書の内容や、デジタルワークシート同士を見比べられるようにする。

3.5.4 アノテーション機能

小林らが開発したシステムでは、教科書の紙面、及び後述する追加教材に対する書き込みが可能である。しかし理科の授業では、観察、実験の結果を整理し考察する活動の

場において、言葉だけで表現することを苦手としている生徒が少なからずいる。

そこで、分割ワークシートに写真を張り付け、またその写真を自由に拡大縮小、トリミング、輝度明度前景の抜き出しなどの編集を可能にする機能を提供する。言葉だけでなく、写真と言葉を用いて表現することで言語表現が苦手な生徒を支援できると考える。

3.5.5 ワークシート提出機能

児童が書き込みを終えたワークシートを提出する機能を提供する。提出したワークシートは指導者やほかの児童からの閲覧を可能とする、また、複数回の提出も可能とし、その場合は変更した内容を後から見比べられるようにする。

3.5.6 ワークシート復元機能

児童が活動した後、分割されているワークシートを一枚にまとめて閲覧する機能を提供する。分割されているワークシートを復元することで、振り返りの際、問題の発見から予想、実験、結果、考察、まとめまでの一つの流れとして児童が把握し、自身の学びの変容をつかみやすくなる。

3.5.7 ワークシート共有機能

理科の授業では、他の児童の意見を取り入れて、自分の意見をより良いものにする活動が行われる。その活動に対応するために、児童が自分の考えをワークシートに書いている際に、その部分をクラス全体で共有・閲覧できるようにする機能を提供する。また、共有した際に他人への意見を記述すること、参考にしたワークシートを取り込むことを可能とする。

3.5.8 履歴記録・再生機能

児童のワークシートに対する動作の履歴、教科書の動作の履歴を保存することを可能とする。

さらに、この履歴を後から再生・閲覧することを可能とする。



図 5. ワークシート閲覧機能



書き込むスペースを確保

図 6. 拡大縮小機能

この機能により、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。

3.5.9 教科書リンク機能

ワークシートに関連付けられている教科書紙面を瞬時に開く機能を提供する(図7)。この機能により、ワークシートの関連した内容への教科書への行き来がスムーズになる。

4. 試作

4.1 開発環境

今回設計したシステムの実現可能性を示すため、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。

4.2 実行環境

本システムは、小林らが開発しているデジタル教科書ビューアにワークシート機能を付け加えることを想定し、児童と指導者が使用する端末を Windows タブレット端末 (Windows10) に限定した。また、本研究では、ノートパソコンに Linux Mint をインストールし、フリーソフトウェアである Samba を用いてファイルサーバを構築した。Linux Mint は 18.1 のバージョンを使用した。

5. 評価実験

開発したシステムの操作性や有用性を検証するため2回の評価実験を行った。

5.1 第1回評価実験

5.1.1 目的

試作・設計した機能の有用性を確かめるために、試作したシステムを用いて公立小学校で実証実験を行った。

第1回評価実験の目的は、次の2点について検討することである。

- ・デジタル教科書と一体的な操作をするための機能は使いやすいか確かめること。
- ・デジタル教科書とデジタルワークシートを利用することによって理科の授業にどのような効果をもたらすか。

5.1.2 概要

実証の概要を表1に示す。

5.1.3 事前・事後のアンケート内容と結果

試作したシステムが理科の授業にどのような効果をもたらすか、また、デジタル教科書と一体的な操作をするため



図7. リンク機能

の機能は使いやすさを調べるために、実証実験の前後に児童にアンケートをとった。回答は「1:とてもそう思う」から「4:全くそう思わない」の4件法で取得した。アンケートの有効回答数は31名であった。活動日、事前事後アンケートはともに令和元年7月11日に実施した。

表1. 実証実験の概要

項目	内容
対象	小平市立学園東小学校 第4学年 34名
日時	平成30年7月11日
時間数	2時間
使用教科書	学校図書
単元名	「暑い季節」

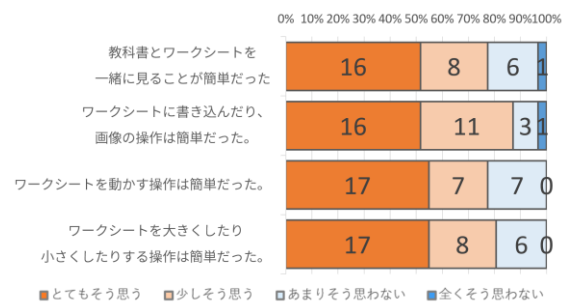
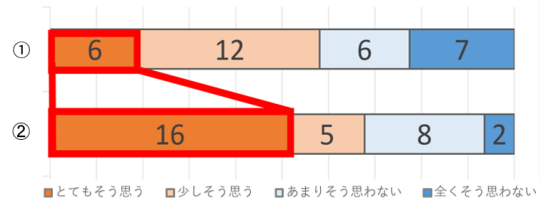
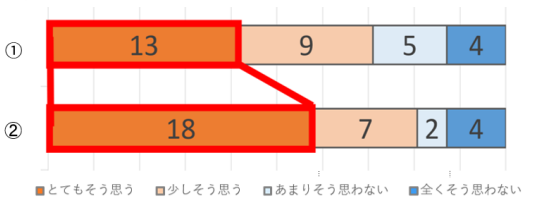


図8. 操作性に関するアンケート

- ① ノートに自分の考えを書いたあと、その考えを他の人にも伝えたいと思う。(事前)
- ② タブレットに自分の考えを書いたあと、その考えを他の人にも伝えたいと思った。(事後)



- ① ノートに自分の考えを書いたあと、他の人の考えも知りたいと思う。(事前)
- ② タブレットに自分の考えを書いたあと、他の人の考えも知りたいと思った。(事後)



- ① 自分の考えを書くことは難しい。(事前)
- ② タブレットを使った授業で、自分の考えを書くのがむずかしかった。(事後)

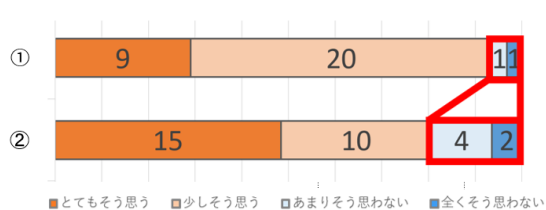


図9. アンケート調査の結果

教科書とワークシートの一体的な使用に関する操作性についてのアンケートを取った結果を図 8 に示す。回答者の約 8 割が肯定的な意見をもっており、良好な結果となった。一方で、自由記述欄では「画面全面に拡大した後の縮小が大変」と改善点を指摘する意見も得られた。

また、事前・事後のアンケートの比較結果を図 9 に示す。紙の教科書・ノートで学習するよりも本システムで学習するほうが「自分の考えを伝えたい」、「他の人の考えも知りたい」、「自分の考えを表現することが楽しい」と考える児童が多くなる傾向が見られた。これらのことから、紙媒体の学習環境よりも、本システムのある学習環境の方が、自分の考えを書く表現活動が強化され児童の主體的な思考活動を促進する可能性が示唆された。

5.2 第 2 回評価実験

5.2.1 目的

第 2 回の実証実験は

- 第 1 回目の実験では行うことができなかった、複数回の授業を通して、従来の紙環境の授業とデジタル環境の授業では、児童の学習環境にどのような違いがあるのか調べ、検討すること。

- 単元を通して学習者用デジタル教科書使用して、指導者が従来の紙環境の授業と比べてどのような違いがあるか調べ、システムを使うことの良さを検討すること。

を目的として行った。

5.2.2 概要

実証実験の概要を表 2 に示す。

5.2.3 教師の事後のアンケート内容と結果

教師が従来の紙環境の授業と比べてどのような違いがあるか調べ、システムを使うことの良さを検討するために、実践後、教師 (2 名) にとった自由筆記アンケートの結果を次に示す。

- 普段の紙の授業と比べて、紙の授業よりシステムを使った授業の方が良いと思う点
 - すぐに直せる等、紙の時よりも簡単にできる。
 - カメラで実験の様子を保存し、ワークシートに張り付け書き込みを行うこともできるなどのいろいろな機能。
 - タブレットのみで行うので、児童がいつもよりも集中して話を聞くことができた。
- 普段の紙の授業と比べて、システムを使った授業より紙の授業の方が良いと思う点
 - 黒板に書いた内容とタブレットのワークシートが同じではないので、そこは使いにくいように感じた。
 - ハード特有の使いづらさがある。
 - ノートに比べてたまっていく感じが薄い。
- システムを使うことで普段の紙の授業と比べて、児童の様子が変わったと思う点
 - タブレットに書くことが楽しそうだった。ノートに

- 書くことと実験を行う活動がスムーズにできていた。
 - 書くことが苦手な子どもがノートを書かない子がノートに書いていた。
 - 実験のまとめを意欲的に行っていた。
- 教科書とワークシートが一体になっていることに対して、良かった点、悪かった点などをお書きください
 - ワークシートに書くべき内容を児童が分かりやすい。
 - 机の上に広げるものが減った。1 台で相互にやり取りできるので、見比べるのが楽だった。(良い点)
 - ワークシートの内容によっては、話型が決まっているため思考が広がりやすい。(悪い点)
 - ワークシートの配置がどこに何が置いてあるの分かりづらい。(悪い点)
 - システムの使いやすかった点、便利な点
 - 教科書とワークシートが一つになっているので、児童の意見を共有することがしやすかった。
 - ワークシートが集約される画面。共有しやすい。
 - 紙媒体の学習環境よりもこのシステムを今後も使ってみてみたいと思うかどうか
 - 少しそう思う：実験結果を班ごとに残しておくから。児童の意見を共有しやすいから。
 - 少しそう思う：考えを共有する点はこの教科についても使ってみてみたい。

1.1.1 児童の事前事後のアンケート内容と結果

普段の紙環境での理科に対する意識とシステムを用いて授業した理科に対する意識の変容を比較するために、システムを用いたクラス (39 名、システム有群) と用いていないクラス (79 名、システム無群) の計 118 名を対象として事前事後にアンケートを取った。両群ともこれまで学習者用デジタル教科書の活用は未経験であることから、システム介入前は同程度の群と判断した。回答は「とてもそう思う」を 4 点、「少しそう思う」を 3 点、「あまりそう思わない」を 2 点、「全くそう思わない」を 1 点とする点数をつけてもらった。質問項目は全 13 問とした (表 3)。アンケートの有効回答数は 108 名であった。

システム有群とシステム無群それぞれの児童用アンケートにおける事前・事後の平均点を表 4 に示す。また、繰り返しのある二元配置分散分析 (危険率 5%) を行った。その

表 2. 実証実験の概要

項目	内容
対象	武蔵村山市立第十小学校第 5 学年
日時	令和元年 12 月 13 日 ～令和 2 年 1 月 17 日
時間数	8 時間
使用教科書	大日本図書 楽しい理科
単元名	「電磁石の性質」

結果、関心意欲態度（大問1）、振り返りに対しての質問（大問2）では、交互作用も主効果も有意差は認められなかった。意見の書きやすさについての質問（大問2）では、交互作用は認められず、群間の主効果に有意差が認められた（ $F=4.28 > F(1,106,0.05) = 3.93$ ）。共有への意欲に対しての質問（大問3）では、交互作用が認められたため（ $F=3.93 \geq F(1,106,0.05) = 3.93$ ），*tukey* の多重比較を行ったところ、事後の群間の単純効果に有意差が認められた（ $t = 2.9 < t(155,0.05) = 1.98$ ）。学び合いに対しての質問（大問4）では、交互作用が認められたため（ $F=6.31 > F(1,106,0.05) = 3.93$ ），*tukey* の多重比較を行ったが、全ての単純効果に有意差は認められなかった。

5.2.4 考察

本実証では、教師が学習者用デジタル教科書を今後とも使っていきたいという評価を得られた一方で、紙媒体の環境と本システムがある環境での授業形態の変化についての比較は行うことができなかった。今後は授業形態を定量的に比較し、学習者用デジタル教科書が授業形態にどのような変化をもたらすか確かめる必要がある。また、教師側は児童が学びに取り組む様子の変化を実感している一方で、児童の事前事後のアンケート調査の結果では学習者用デジタル教科書の利用によって児童の関心意欲態度に対して効果があるとは限らない結果となった。これは1単元のみ期間の実証では理科に対する関心意欲態度の育成は不十分であり、システムをより長期的に使った上での比較が必要であると考え。今後はより長期的な実践を踏まえて学習者用デジタル教科書の効果について実証していく必要がある。

共有に対する意欲に関して、システムの有無によって事後に有意差が認められたことから、システムの利用の有無が共有に対する意欲を高める、減少を防ぐことに効果がある可能性が示された。

また、本実証ではシステムの利用における振り返りに対する効果はわからなかった。これは、教員のアンケートにもある通り、「たまっていく感じが薄い」、「ワークシートの配置が教科書紙面のどこに何が置いてあるのが分かりづらい。」ためだと考えられる。加えて、1単元の授業を2週間弱という短期間での実践であったために、振り返りの必要性を児童が感じられなかったためでもあると考える。

機能の改善点として、教科書に配置するときのアイコンの工夫やワークシートがたまっていく様子をうまく見せる工夫をする必要があると考える。実証期間の改善点に関しては、より長期的な実践を踏まえ、児童が学年を超えた自身の学習を振り返る活動を取り入れる必要がある。また、タブレット端末に蓄積した学習記録を用いて振り返り活動を行うことが児童にとってどのような効果があるのかを確かめる必要がある。

表3. 実証実験の質問項目

番号	質問内容
1-1	理科の勉強は大切だ
1-2	理科の授業内容はよくわかる
1-3	理科をもっと勉強したい
2-1	理科の授業で自分なりの考えを持つことができる
2-2	理科の授業で自分の考えを書くとき、あっているか不安でなかなか書き出せないことがある
3-1	理科の授業で自分の考えを書いたあと、他の人の考えを知りたいと思う
3-2	理科の授業で自分の考えを書いたあと、その考えを他の人に伝えたいと思う
3-3	理科の授業では、自分の考えを進んで周りの人に説明したり、発表したりすることができる
4-1	理科の授業で自分の考えを伝えることは友達役に立っていると思う
4-2	自分と違う考えを知ることは自分の意見をよりよくするために役に立つ
5-1	前の観察実験を振り返っても、やった内容をよく思い出せないことが多い
5-2	理科の授業の後、その日学習したノートや教科書の部分を見返したいと思う
5-3	自分の考えを書くとき前に習ったことや、身の回りのことをもとにして、考えるようにしている

表4. それぞれの事前事後の平均点

質問項目	システム有群		システム無群	
	事前	事後	事前	事後
1-1	3.00	2.91	3.27	3.12
1-2	3.18	3.03	3.09	2.88
1-3	2.76	2.91	3.03	2.86
2-1	2.82	2.97	2.74	2.82
2-2	2.53	2.76	2.36	2.26
3-1	3.15	3.15	3.07	2.84
3-2	2.56	2.88	2.46	2.39
3-3	2.26	2.53	2.22	2.20
4-1	2.62	2.74	2.61	2.51
4-2	3.21	3.35	3.34	3.14
5-1	2.76	2.65	2.91	2.72
5-2	2.44	2.47	2.35	2.54
5-3	2.88	3.21	2.82	2.86

6. おわりに

本稿では、理科の具体的な学習活動に着目し、理科で用いるワークシートと教科書を融合することを提案し、それを実現する学習者用デジタル教科書を提案・開発し、それを用いた実践を踏まえ、紙の学習環境との効果を比較・検証について述べた。実証実験では、試作したデジタル教科書ビューアを実際に小学校に使用してもらい実証実験を二回行った。第一回実証実験では教科書とワークシートの一体的な使用に関する操作性を調べるとともに、システムの使用の前後でどのような効果があるか比較した。その結果、試作したシステムでは、教科書とワークシートの一体的使用が可能であるということがわかった。また、紙媒体の学習環境よりも、本システムのある学習環境の方が、自分の考えを書く表現活動が強化され児童の主体的な思考活動を促進する可能性が示唆された。

第二回実証実験では、単元を通してシステムの使用時と未使用時を比較し、児童のアンケートからはシステムを使うことで、システム未使用時と比べて共有に関する意欲が上がること、教師の意見からは「児童が普段よりも集中して取り組んでいた」という意見が得られた。

これらのことから、学習者用デジタル教科書を使うことで、児童の主体的な学びを実現し、対話的な学びの支援をする可能性が示唆された。今回の実証実験は1単元の実践であり、再現性があるかどうかはわからない。今後はより長期的にシステムを活用し、児童の姿をみていくことが必要である。

7. 参考文献

- [1] 新しい時代の初等中等教育の在り方 論点とりまとめ (2019)
- [2] 教育のための情報化ビジョン (2011)
- [3] 文部科学省：学習者用デジタル教科書の効果的な活用の在り方等に関するガイドライン(2019)
- [4] 文部科学省：学習者用デジタル教科書実践事例集 (2019)
- [5] 小林他：学習者用デジタル教科書ビューアの開発とそれがもたらす学びの形の変化についての実証, 日本教育工学会研究報告集, vol.17, No.1, pp.349-356 (2017)