

学習者用デジタル教科書・教材の操作履歴を 可視化するインタフェースの提案と開発

種村沙来¹ 加藤直樹² 石井雄大³

概要：教育の情報化に伴い、学習者、指導者共にデジタル教科書を活用した学習展開が多く見られる。児童生徒による学習者用デジタル教科書・教材の操作履歴の利活用が求められているが、現状普及段階にはない。本稿では、教員が児童生徒の学習の内容や方法、試行錯誤の様子などを把握し、授業改善や児童への学習評価に厚みを持たせるために、児童生徒が学習者用デジタル教科書・教材を用いた時の操作履歴を可視化するインタフェースの提案と、それを実装したツールの開発及び評価について述べる。学習履歴のうち書き込み等の機能操作と音声・動画視聴等の教材利用操作の操作履歴を対象として、棒グラフや、ヒートマップ、テーブルなどを用い、クラス全体の人数や使用機能の状況把握だけでなく、操作が多い児童生徒や手が止まっている児童生徒の発見にも繋げることを目指した。また、提案したインタフェースが教員にとって使いやすいものになっているか検証するための評価実験を行った。授業でのクラスの様子と児童生徒個人の動きがわかり、教員の授業分析や授業改善に活用できることが示唆され、さらなる発展性があることが明らかになった。

キーワード：学習者用デジタル教科書、学習履歴、可視化、教育支援

Proposal and development of interfaces to visualize the operation history of digital textbooks and teaching materials for learners

SARA TANEMURA^{†1} NAOKI KATO^{†2} YUDAI ISHII^{†3}

1. はじめに

1.1 研究背景

近年、教育の情報化が進み、学校現場での ICT (Information and Communication Technology) 機器の活用が増加している。これまで整備が遅れていた学習者用コンピュータ (以下端末) も GIGA スクール構想によって、1 台あたりの児童生徒数は 1.0 人となった[1]。そして、端末の整備によって活用が可能になった学習者用デジタル教科書とそれと連携して利用できるデジタル教材 (以下あわせて学習者用デジタル教科書・教材と記す) が一つのキラーアプリケーションとして、その利用が推進されるようになってきた。

学習者用デジタル教科書・教材には、教科書紙面の拡大・縮小、ペンやマーカー、スタンプ、付箋などによる書き込み、動画や音声、ワークシートなどの教材コンテンツを呼び出す機能等が備わっている[2]。学習者用デジタル教科書・教材を用いることで、従来使用していた紙の教科書でできたことよりもさらに多くの活動を実現できる可能性があり、児童生徒の学びの自由度や質の向上が期待されている。

また、学習者用デジタル教科書・教材では、その操作 (実際にはデジタル教科書ビューアの操作) やそれを用いた学習成果など学びの過程 (以下、学習履歴) を容易に保存す

ることが可能になる。文部科学省では、「デジタル教科書とデジタル教材等の効率的な連携について、学習履歴等の教育データの利活用の観点も含め、実証も進めながら総合的な検討を行う必要がある。」としている[3]。しかし、現状、その学習履歴を活用する機会はほぼ提供されてない。学習履歴をどのように役立てるかの研究も発展途上である。

学習履歴に関する先行研究として、緒方らは、大学生が利用する e-Book システムの学習ログを用いた分析・可視化を行い、成績が良い学生は、予習・授業外で e-Book 等の複数の情報源をリンクさせて活用していたと報告している[4]。中川らは小学生向けデジタル教科書・教材の操作ログの取得・分析を行い、算数科・社会科の授業ともにグラフや写真の拡大表示が多く使用されたと報告している[5]。

既製品としては、学習履歴データの可視化システムである Lentrance Analytics がある (図 1) [6]。Lentrance Analytics は、学習用 ICT プラットフォーム「Lentrance® (レントランス)」と連動して動作する学習履歴データ分析基盤であり、デジタル教科書・教材等といった各種コンテンツの利用状況、使用教科の内訳や、教科と学年の関係等が確認できるダッシュボードが提供されている。ダッシュボードではグラフや表によってデータが可視化されており、デジタル教科書・教材の利用傾向と程度の定量的な把握が可能である。しかしこの製品では、児童生徒個人のデータを特定するこ

¹ 東京学芸大学教育学部
Faculty of Education, Tokyo Gakugei University
² 東京学芸大学
Tokyo Gakugei University

³ 富士ソフト株式会社
FUJI SOFT INCORPORATED

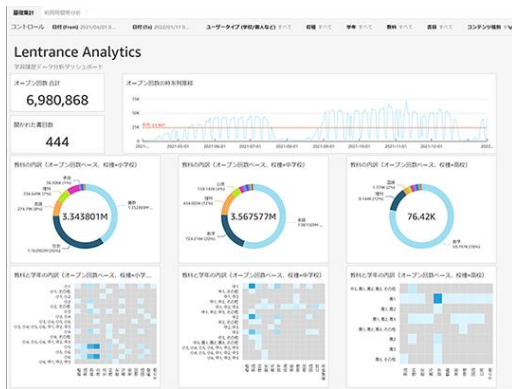


図1 Lentrance Analytics [6]
Figure 1 Lentrance Analytics [6]

とはできず、教員は児童生徒の傾向を把握するのみである。

1.2 研究の目的

本稿では、教員が児童生徒の学習の内容や方法、試行錯誤の様子などを把握し、授業改善、授業評価に資すること、および児童生徒が自らの学びの過程を振り返り、今後の授業や家庭での学習方法を再考することの支援を目標に、児童生徒が学習者用デジタル教科書・教材を用いたときの操作履歴を可視化するインターフェースを提案する。そして、それを実装したツールの設計、開発、および評価実験について述べる。

1.3 用語の整理

本稿で使用する操作履歴やその周りについて用語の整理を行い、分類を図に示したものを図2に示す。教育データの利活用に係る論点整理に則り、初等中等教育段階の学校教育における児童生徒（学習者）の教育・学習に関するデータを「教育データ」とする[7]。教育データのなかで、学習面に限定したデータのことを「学習履歴」とし、学習を行う際に得られる学習履歴のなかで、児童生徒が学習者用デジタル教科書・教材を使用した様子は「操作履歴」とする。今回は「操作履歴」を対象に可視化を行う。

2. 操作履歴を可視化するインターフェースの提案

2.1 学習履歴活用による効果

学習履歴の活用によって、教員はクラス全体の進行確認と個々の児童生徒の活動の把握が可能になり、次の3点に役立てられると考える。

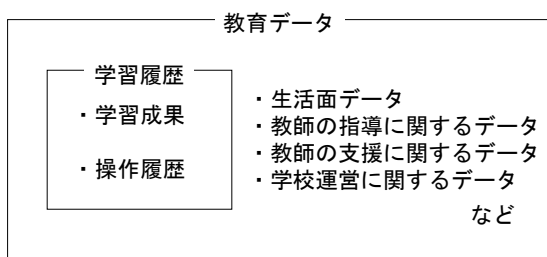


図2 操作履歴周りの用語の分類

Figure 2 Classification of terms related to operational history

(1) 授業改善

学習履歴から、児童生徒の学習に対する関心や理解できていない部分を把握でき、これまで教員の勘と経験で行われていた授業計画を児童生徒の実態をもとに修正していくことが可能になる。

(2) 学習評価

学習履歴から、書き込みを多くして考えの過程をまとめたり、複数のページを行き来しながら問題に取り組んだりなどの、児童生徒が学習に取り組む際の途中過程を見ることができる。学習の成果物を評価する際に出来栄だけではなく、辿った道やかかった時間に対しても考慮することで、評価に厚みが増す。

(3) 学習状況の把握

学習履歴から、学習に躓きを感じている可能性のある児童生徒を教員が把握することができる。学習活動があまり進んでいない児童生徒を特定することで、教員による適切な声掛けなどのサポートが可能になる。

2.2 基本コンセプト

本稿で提案するインターフェースは、学習者用デジタル教科書・教材について、学習履歴のうち書き込み等の機能操作と音声・動画教材の利用操作等の操作履歴を対象とし、クラス全体と個々の児童生徒ごとに可視化するものとする。

前2.1節に記した操作履歴の活用場面としては、授業中の児童生徒の状況に応じた授業内の問いかけ・声掛けの決定、授業内容の変更と授業後の教員による授業の振り返り、児童生徒への学習評価がある。それらにあわせて、授業中の児童生徒の活動にあわせて刻々と操作履歴を可視化するものと、授業後に指定した日時の操作履歴を可視化するものの2通りのインターフェースを用意する。

3. 操作履歴を可視化するインターフェースの設計

3.1 可視化する操作履歴データ

学習者用デジタル教科書・教材の利用における児童生徒の操作履歴データは、時間ごとに推移していく「時系列データ」と、学習者用デジタル教科書・教材の使用時間を児童生徒ごとに見ていく「利用時間データ」に分類できる。

(1) 時系列データ

時系列データとは、ある任意の間隔（時間帯）ごとに連続して取得できるデータである。操作履歴における時系列データには、操作回数とそれに紐づいた操作程度、操作人数等がある。時系列データの基本的な独立変数は時間帯となる。

(2) 利用時間データ

利用時間データとは、学習者用デジタル教科書・教材を利用した時間をあらわす操作履歴データである。学習者用デジタル教科書・教材のなかには、考えを膨らませたりわかりやすく学習させたりする意図で音声教材や動画教材コ

ンテンツが入っている。学習者用デジタル教科書・教材では、それらの使用頻度が高く、学習の進捗度合いを把握するためにそれらの利用状況の確認が重要になる。

3.2 可視化手法の設計

(1) 棒グラフ

2次元、3次元、4次元のデータの従属変数の量を見やすく可視化するためには棒グラフを用いる。3次元の場合、そのうち2次元を横軸に取り、図3aのようにあらかず。これによって全体から見た縦軸の数値が強調され、縦軸の数量を見やすくできる。4次元の場合、そのうちの1次元の独立変数を選択し、3次元データとして同様にあらかず。

(2) 2次元ヒートマップ

3次元、4次元のデータの独立変数ごとの強弱とその変化を見やすく可視化するためには2次元ヒートマップを用いる(図3b)。ヒートマップはデータ値(従属変数)を色で表現するため、数値よりも直感的に強弱を理解できる。また、3次元データは前記の棒グラフと比較して、同一の独立変数からなる結果を横1列で見ることができると変化が見やすくなる。

なお、ヒートマップのセルをさらに分割した表示にすることで、3次元以上のデータの可視化もできる(図3c)。

(3) 座席ヒートマップ

児童生徒が学習している教室内の場所にあわせてデータ値(従属変数)をあらかずするためには座席ヒートマップを用いる(図3d)。座席ヒートマップによって、操作履歴に特徴が現れた児童生徒のいる教室内の場所が把握できる。例えば、児童生徒が班になって活動する際に、班全体で特徴的な活動が行われると、座席ヒートマップの一部分が同じような傾向の表示が現れる可能性がある。このように、場所と操作状況をわかりやすくするために座席と対応させた表を提供する。

(4) テーブル

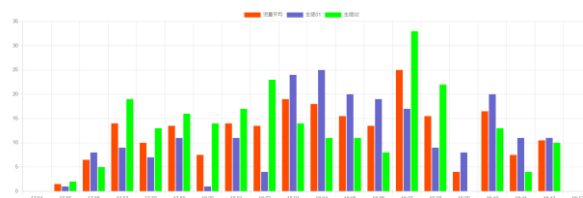
データ値(従属変数)を詳しく把握できるようにするためにはテーブルを用いる。テーブルは行・列の表記を工夫することで2次元以上のデータをあらかずすることができる(図3e)。

3.3 データと可視化手法のマッピング

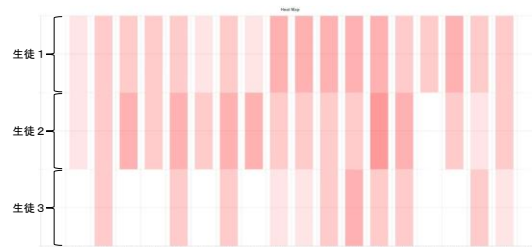
前3.1節、3.2節で述べた操作履歴データと可視化手法との対応付けについて、その理由とともに述べる。

(1) 児童生徒別操作回数と平均操作回数、児童生徒・機能別操作回数の可視化

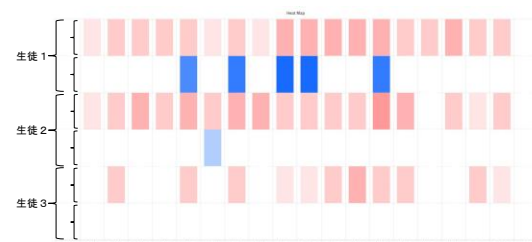
各時間帯の児童生徒の大きな学習者用デジタル教科書・教材の使用状況を確認し、各時間帯で操作された回数を比較するために、すべての操作の回数について、児童生徒別の数と平均値を棒グラフで可視化する。従属変数の操作回数を縦軸、独立変数の時間帯と児童生徒の2変数を横



(a) 棒グラフによる3次元データの2次元表示
(a) 2D display of 3D data with bar graph



(b) 2次元ヒートマップ
(b) 2D heatmap



(c) 2次元ヒートマップによる3次元データの可視化
(c) Visualization of 3D data with 2D heatmap



(d) 座席ヒートマップ
(d) Seating heatmap

名前	再生回数	再生時間	再生コンテンツ数
生徒_1	0	00:00	0
生徒_2	2	01:00	0
生徒_3	3	04:03	0
生徒_4	4	12:07	0
生徒_5	1	05:05	0

(e) テーブル
(e) Table

図3 可視化手法
Figure 3 Visualization methods

軸にし、時間帯ごとにクラス全員分の操作回数をあらかずバーと、平均操作回数を表したバーを並べる(図4a)。

教員が授業の計画や振り返りをする際、経過時間よりも時刻で活動を考えることが多いため、横軸の時間表記は時刻をあらかずこととする。

この可視化では、児童生徒全体の操作状況の概形を見ることが出来る。グラフの波形が小さい部分は、児童生徒の思考途中や、教員からの指示が伝わっておらず活動が止まっているところなどとして読み取れる。また、波形が大きい部分からは、突出して操作回数が多い児童生徒や、特殊な動きをしている児童生徒がいることとして読み取れる。

また、ある機能に限定して児童生徒別の操作使用状況を見られるように、選択した機能に限定して表示することを可能にする(児童生徒・機能別操作回数:図4b)。たとえばペン機能を選択した場合、授業内のどの時間帯に児童生徒が文字を書いたり線を引いたりしているのかが読み取れる。

(2) 児童生徒別の操作程度と児童生徒・機能別操作程度の可視化

前記児童生徒別操作回数の可視化では、学習者用デジタル教科書・教材を多く操作している児童生徒を教員が認識することは、棒グラフが上に伸びている部分を見つければよいので容易だが、操作が少ない児童生徒は周りの棒グラフに埋もれてしまい瞬時に特定することが難しい。そこで、児童生徒別操作程度の表示に、2次元ヒートマップ(以下ヒートマップ)を用いる。

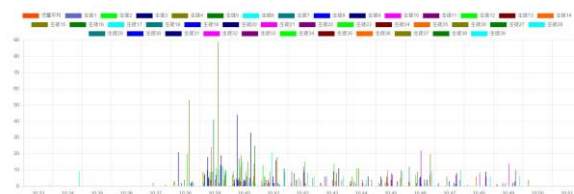
ヒートマップは、横方向を独立変数である時間帯、縦方向を独立変数である児童生徒とし、クラスの児童生徒数 n × 時間帯数 n の長方形の格子を形成する。縦軸と横軸が交差する部分の格子に、対応する児童生徒別操作回数に応じて操作程度を求め、その操作程度が高いほど濃い色で表示する(図4c)。縦軸の児童生徒名を左右の端に表示しても、中央あたりを見る際に左右からたどる手間が生じてしまうため、ツールチップで表示を行う。ツールチップ表示に関しては3.4(2)で後述する。

ヒートマップによって、同一の児童生徒の時間ごとの変化や、同一時間帯の児童生徒の変化を見ることが出来る。横で見ていくと、1人の児童生徒の操作していない時間が続いている様子や激しく操作し続けている様子を読み取れる。縦で見ていくと、同一時間帯にどの児童生徒が多く操作していて、どの児童生徒が全く操作していないのかもわかる。

操作回数と同様に操作程度も機能を限定した表示を可能にする(児童生徒・機能別操作程度:図4d)。たとえばペン機能を選択した場合、ある瞬間の児童生徒の書き込みの程度を比較でき、教員が把握しやすくなる。

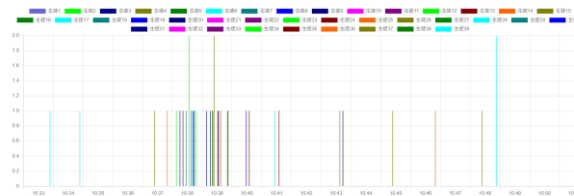
(3) 機能別操作回数の可視化

機能別操作回数は、各時間帯で操作された各機能の回数を把握しやすいように、棒グラフを用いる。従属変数の操作回数を縦軸、独立変数の時間帯と機能の2変数を横軸にし、時間帯ごとにそれぞれの機能別操作回数をあらわすバーを並べる(図4e)。



(a) 児童生徒別操作回数の可視化グラフ

(a) Visualization graph of number of operations by student



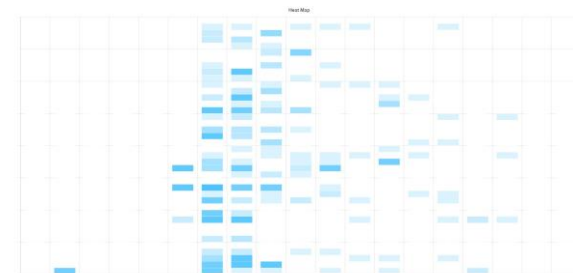
(b) ペン機能に限定させた児童生徒・機能別操作回数の可視化グラフ

(b) Visualization graph of number of operations by student and function limited to pen function



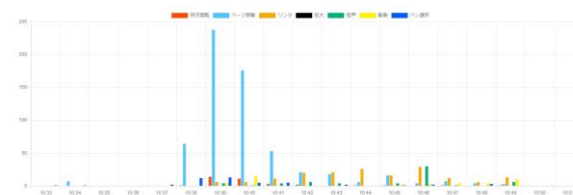
(c) 児童生徒別操作程度のヒートマップ

(c) Heatmap of degree of operation by student



(d) ペン機能に限定させた児童生徒・機能別操作程度のヒートマップ

(d) Heatmap of degree of operation by student and function limited to pen function



(e) 機能別操作回数の可視化グラフ

(e) Visualization graph of number of operations by function

図4 データと可視化手法のマッピング(1)
 Figure 4 Mapping of data and visualization methods (1)

この表示では、各機能の操作状況を見ることで、ある機能がよく使われた時間帯を読み取ることができる。授業後に教員が授業を振り返った際、自身が行った授業内容と可視化結果を照らしあわせて、クラス全体がどのような動きをしていたのかをみとり、教員の想定した授業との違いを見ることが可能になる。

(4) 児童生徒の場所と児童生徒別操作程度を把握する可視化

授業中の班活動の際に、活動が進んでいない班を見つけ、教員が声がけをするべき対象を判断したり、教員が指名する児童生徒の決定を支援したりするために、児童生徒別操作程度を座席ヒートマップで可視化する。

この座席ヒートマップでは、学習者用デジタル教科書・教材の活用機会が多くあった児童生徒およびあまり活用できていない児童生徒を直感的に認識できるように、操作程度で濃淡をつける。クラスの児童生徒の操作回数の最大値から最小値を引いたものを5等分し、多く利用した児童生徒ほど濃い色の背景色で表示する。さらに、どの機能を多く使用しているのかを理解し、その延長となるようなアドバイスを教員ができるように、直近の一定時間のなかで最も多く使用している学習者用デジタル教科書・教材の機能を表示する(図5a)。

(5) 操作累計人数の可視化

操作累計人数は、各時間帯にどのくらいの児童生徒が学習者用デジタル教科書・教材を触り、学習したのかの状況を把握しやすいように、棒グラフを用いる。従属変数の操作人数を縦軸、独立変数の時間帯を横軸にし、時間帯ごとに操作人数をあらわすバーを表示する(図5b)。

操作累計人数の可視化では横軸で表す独立変数の一つであるため前後の時間帯のバーが隣に並び、操作累計人数が多い時間帯と少ない時間帯が瞬時に読み取れる。

(6) 児童生徒別音声・動画視聴回数,児童生徒別視聴時間,児童生徒別音声・動画視聴コンテンツ数の可視化

児童生徒別音声・動画視聴回数と児童生徒別視聴時間,児童生徒別音声・動画視聴コンテンツ数は、クラス人数分のデータが一覧として見られ、正確な値を知ることができるように表形式を用いる。再生回数と再生時間の欄に関しては、多く活用の機会があった児童生徒およびあまり活用できていない児童生徒を直感的に認識できるように、クラスの児童生徒の回数・時間の最大値から最小値を引いたものを5等分し、音声・動画を多く利用した児童生徒ほど濃い色の背景色で表示する(図5c)。

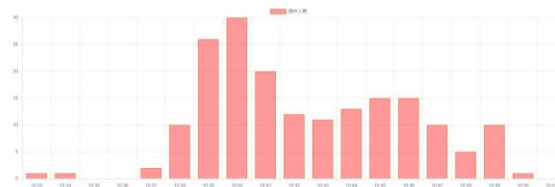
3.4 可視化インターフェースにおける操作の設計

(1) 対象指定機能

児童生徒別操作回数と平均操作回数,児童生徒・機能別操作回数,機能別操作回数の可視化および音声・動画に着目した可視化では、上部に表示する凡例をクリックするこ



(a) 児童生徒の場所と使用程度に着目した表示
(a) Indications focused on student location and degree of use



(b) 操作累計人数の可視化グラフ
(b) Visualization graph of number of operators

名前	再生回数	再生時間	再生コンテンツ数
生徒_1	0	00:00	0
生徒_2	2	01:00	0
生徒_3	3	04:03	0
生徒_4	4	12:07	0
生徒_5	1	05:05	0

(c) 音声・動画に着目した可視化の表
(c) Visualization table focusing on audio and video

図5 データと可視化手法のマッピング(2)
Figure 5 Mapping of data and visualization methods (2)

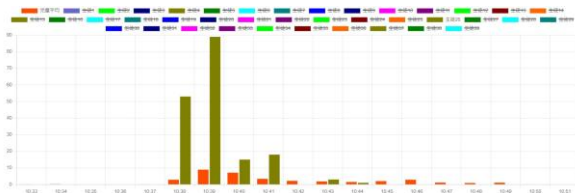
とで表示・非表示を選択し、任意の児童生徒、任意の機能だけの表示を可能にする。

児童生徒別操作回数と平均操作回数,児童生徒・機能別操作回数の可視化では、ある児童生徒に着目して見たいときに活用できる(図6a)。機能別操作回数の可視化では、使用頻度の高い機能を非表示にさせることで、授業内で使用頻度の低かった機能の詳しい特徴を把握することが可能になる(図6b)。

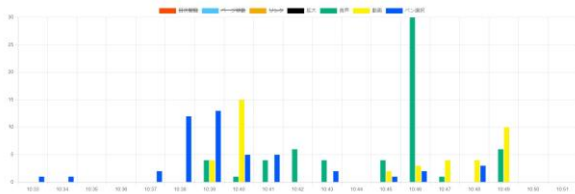
また、音声・動画に着目した可視化では、表の左上部に、音声、動画のチェックボックスを置き、クリックによって表示・非表示の切り替えを可能にする。初期状態では、音声・動画ともに表示される状態にしておく(図6c)。

(2) ツールチップ表示

可視化表示を教員が最初に見た際にどこにどのようなデータがあるのかがわかるように、本ツールでは必要最低限の情報を見せるようにしているが、さらに詳しい児童生



(a) 任意の児童生徒の抜出表示
(a) Extraction displays of any student



(b) 任意の機能の抜出表示
(b) Extraction displays of any function

音声 動画

利用時間

名前	再生回数	再生時間	再生コンテンツ数
生徒_1	0	00:00	0
生徒_2	2	01:00	0

(c) 音声と動画を切り替えるチェックボックス
(c) Checkbox to switch between audio and video

図 6 表示データの限定
Figure 6 Operation designs

徒の操作回数等の情報を把握できるように、ツールチップ（ポップアップウィンドウ）で詳細表示を行う。棒グラフのそれぞれのバーにマウスカーソルを重ねた際に、対象のバーの時間帯、児童生徒名、機能名、操作回数、操作人数などを表示する（図 7a～c）。

ヒートマップでは、ヒートマップ上にマウスカーソルを重ねた際に、そのカーソルを置いた場所の時間帯、児童生徒のニックネーム、操作回数をツールチップで表示し、必要に応じた情報の取得を可能にする（図 7d）。

4. 操作履歴可視化ツールの設計

4.1 前提となる操作履歴データの取得

操作履歴データはサーバに格納され、サーバに格納されているデータは、表 1 に示すパラメータを Web API を通して渡すことで、そのパラメータに該当するデータが返されるものとする。また、返されたデータは CSV ファイルとしてダウンロードできるものとする。

データは 1 操作を 1 レコードとした複数レコードの集合として構成され、各レコードはその操作を行なったユーザの識別子と時刻が最低含まれるものとする。

4.2 機能と操作方法の設計

本研究で実装するツールは、2.2 節で前述したとおり、授



(a) 児童生徒別操作回数グラフのツールチップ表示
(a) Tooltip display of operation count graph by student



(b) 機能別操作回数グラフのツールチップ表示
(b) Tooltip display of operation count graph by function



(c) 操作累計人数グラフのツールチップ表示
(c) Tooltip display of number of operators graph



(d) 児童生徒別操作程度ヒートマップのツールチップ表示
(d) Tooltip display of degree of operation heatmap by student

図 7 詳細把握のためのツールチップ表示

Figure 7 Tooltip displays for detailed understanding

表 1 データ取得時の検索条件
Table 1 Search conditions for data request

変数名	説明
actor	取得対象ユーザのログイン ID
find_begin	検索範囲の開始日時 (YYYYMMDDhhmm 形式)
find_end	検索範囲の終了日時 (YYYYMMDDhhmm 形式)
sort_type	1:日時昇順, 2:日時降順(デフォルト)
top	index の何番以降を要求するか (デフォルト:1)
limit	取得する件数の上限値を数値で指定 (デフォルト:10)

業後に使用履歴データを利用する場合と、授業中に利用する 2 通りの利用方法がある。この二つに分けて機能と操作方法の設計を述べる。

4.2.1 授業後に利用する場合

授業後に利用する場合は、児童生徒 ID と可視化したいデータを読み込ませ、日付を選択したのちに、表示したい時間を絞り込むという手順になる。

(1) 対象ユーザ登録とデータ読み込み機能

授業後に利用する場合は、当該授業は終了しているため、操作履歴データを記録したファイルを読み込む方法（オフライン）と、サーバ等から一連の当該データを読み出す方法（オンライン）を提供する。前者は操作履歴データを事前に PC のローカル上に保存してあり何度も確認したい場合、後者は可視化させたい操作履歴データの日時が明確な場合の利用に適す。オフライン時のデータ読み込み部分を図 8a, オンライン時のデータ読み込み部分を図 8b に示す。

オフラインの場合、最初に、児童生徒 ID とニックネームが入っている CSV ファイルを読み込ませ、ユーザリストを登録する。その後、操作履歴データの CSV ファイルを読み込ませ、ツール内に取り込む。日付はカレンダーから選択するか、ドロップダウンリストに表示された操作履歴 CSV データ内に存在する日付を選択することで、選択日時の最初のデータから最後のデータまでを分析する。

オンラインの場合、事前に対象学校と対象クラスの一覧を用意し、そこに紐づいた児童生徒 ID とニックネームをシステム内に組み込み、登録しておく。ツールを使用する際には、まず対象学校名と対象クラスをそれぞれのドロップダウンリストから選択する。日付はカレンダーから選択するか、対象学校名を選択したときに表示されるドロップダウンリストでの日時候補表示から選択する。事前に組み込んだユーザリストも含めて操作履歴データのログ取得情報とし、そのデータをもとに対象の操作履歴データをデータベースから呼び出す。そして、呼び出されたデータを分析する。

分析終了後、結果がそれぞれ表示されるように可視化を起こす。

(2) 表示時間帯変更機能

可視化された後、表示時間を変更する場合、「時間を選択」と表示されている部分の時間帯を変更するか、児童生徒全員の操作回数の合計が可視化されている棒グラフの下にあるスライダーのつまみを動かすことで、それぞれの可視化の表示範囲の開始時間と終了時間表示時間の変更を可能にする（図 8a～c）。授業の振り返りの際にピンポイントで時間の指定をしたいときには時間帯を直接変更し、感覚的に狭めたいときにはスライダーを使用することを想定している。棒グラフと下のスライダーの時間軸が対応しているため、教員は学習者用デジタル教科書・教材を児童生徒が多く使用したときのみ集中して見たい時に、感覚的に表示時間の変更をすることができる（図 8c）。

4.2.2 授業中に利用する場合

授業中に利用する場合は、児童生徒 ID を指定し、記録開始ボタンを押すと可視化が開始され、一定時間ごとにグラフ等が更新されるという流れになる。リアルタイム時のデ

ータ読み込み部分を図 8d に示す。

(1) 対象ユーザ登録・指定

操作履歴のログをサーバから呼び出すために対象ユーザを指定する必要がある。事前児童生徒 ID とツールで表示したいニックネーム、教科書名をシステム内に組み込み、登録しておく。ツールを使用する際には、対象児童と対象教科書それぞれのドロップダウンリストから選択する。データ取り出し時と操作回数等の判定に児童生徒 ID を使用し、可視化の際の画面表示にはニックネームを使用する。

(2) 可視化の開始・終了

画面上の「記録停止中」と書かれた記録開始ボタンを押すことで、ボタンが「記録中」に変わり、開始時間を決定する（図 9b）。そこから 1 秒ごとに学習者用デジタル教科書・教材の操作ログを取り出し、更新データがある場合には可視化グラフ、ヒートマップ等を更新する。記録開始時のボタンを再度押すと記録が停止する。現在よりも前の時間からの可視化表示をしたい場合、記録開始ボタンの下にある時間選択部分に開始時間を入力してから記録開始ボタンを押すことで、その開始時間からの可視化表示をする。



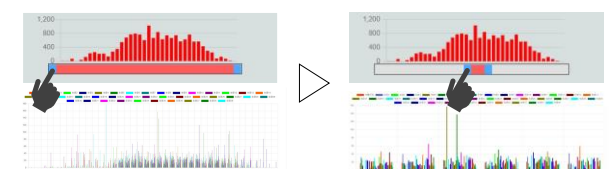
(a) 授業後にオフラインで利用する場合のデータ読み込み部分

(a) Data loading part for offline use after class



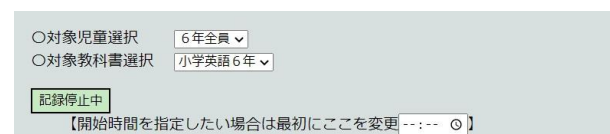
(b) 授業後にオンラインで利用する場合のデータ読み込み部分

(b) Data loading part for online use after class



(c) 時間選択のスライダー

(c) Time selection slider



(d) 授業中にリアルタイムで利用する場合のデータ読み込み部分

(d) Data loading part for real-time use in class

図 8 データ読み込み部分とその機能
Figure 8 Data loading section and its functions

5. 実装

本研究で提案したインタフェースを Web アプリケーションとして開発をした。ビューアとして富士ソフト株式会社の提供する「みらいスクールプラットフォーム」とそこで使用できる学習者用デジタル教科書・教材を利用した。

操作履歴の過去のログデータは CSV 形式のテキストデータファイルで取得し、リアルタイムでは JSON 形式のデータで随時みらいスクールプラットフォームから取得した。リアルタイムでログデータを取得する場合、Web API にオブジェクト型の検索条件 (表 1) を引数として入れることで、検索条件に該当したログデータを Web API が検索し、見つかった場合、それを戻り値として返される仕組みとなる。Web API からの JSON 形式の返答データ内容を表 2 に示す。

開発言語は JavaScript, HTML, CSS を使用した。グラフ、ヒートマップの描画は Chart.js. Version 3.7.1 を使用し、前記 4.2.1 の授業後にオンラインで使用する場合のデータを保存するためのデータベースとして、Google 社が提供する Firebase Realtime Database を用いた。

5.1 可視化結果表示のための実装

可視化は学校の 1 時間分の授業が 1 画面で閲覧可能にできるように、横軸の時間帯は 1 分ごとを基本とした。

また、ヒートマップで用いる機能別操作程度は、0~1.0 を 0.1 ごとに分けた 11 段階の操作程度 (操作回数/100+0.1, ただし操作回数が 0 回は 0, 70 回以上 100 回未満の場合は 0.8, 100 回以上 150 回未満の場合は 0.9, 150 回以上の場合は 1.0) とした。

可視化した操作の種類を表 3 に示す。

6. 評価実験

6.1 目的

提案したインタフェースを実装したツールが実際の教育現場で活用できるものになっているのかを確かめるとともに、どのマッピング・機能があると使いやすく見やすいツールになるのかを検証するために、評価実験を実施した。児童生徒の場所と児童別操作程度を把握する可視化は評価を行わなかった。

6.2 調査方法

都内公立小学校に勤める教員 5 名を被験者として、2022 年 12 月に行った。被験者の対象学年、授業をした授業について表 4 に示す。授業中に児童生徒が学習者用デジタル教科書・教材を使用する授業に関して、授業後に児童生徒の操作状況を可視化するツールを使用してもらった。また、教員 1 名には、授業をしている最中にリアルタイムで本ツールを使用してもらった。

また、教育実習を複数回経験したことのある人を含めた

表 2 データ取得時の内容
Table2 Response contents to data request

変数名	説明
date	操作日時
index	ログレコードの index
actor	ユーザ ID
action	操作種別
bookId	教科書 ID
chapter	チャプター
type	紙面種別
pageIdx	ページインデックス
appId	教材アプリ ID
target	操作対象の詳細

表 3 可視化した操作の種類
Table3 Types of operations visualized

No	操作	詳細
1	目次閲覧	目次の閲覧回数
2	ページ移動	ページの移動回数
3	図の拡大	図の拡大回数
4	リンク	リンクのクリック回数
5	音声再生	音声の再生回数
6	動画再生	動画の再生回数
7	ペン操作	ペン・消しゴム等の使用回数

表 4 被験者の対象学年および授業をした教科
Table4 Subjects' target grades and subjects taught

被験者	対象学年	授業をした教科
A	6 年	英語
B	6 年	英語
C	6 年	理科
D	授業はしていない	授業はしていない
E	6 年	英語

学生 12 名を被験者として、2023 年 1 月に行った。被験者に対しツールの説明を行い、操作について把握してもらった後、実際の小学校での授業データを授業後に読み取ることを想定した問題に、本ツールを使用して答えてもらった。

被験者には事後アンケートとして、本ツールが授業後や授業中に役に立つと思うかどうかと、それぞれの可視化の見やすさ (わかりやすさ) について尋ねる「本ツールの評価」、本ツールの改善点や要望について尋ねる「自由記述回答」を用意した。「本ツールの評価」は「とてもそう思う」を最高の 2 点、「全くそう思わない」を最低の -2 点とした 5 段階と「わからない」で主観的な評価に基づき回答してもらった。なお、「わからない」の回答は平均値を求める際には含めていない。

6.3 結果と考察

結果の一部を図9, 10に示す。

使いやすさに関して、主観的評価では、肯定的な意見を得た可視化が多く、特に学生からは、児童生徒別操作程度のヒートマップ、操作累計人数の棒グラフの可視化でほぼ全員から最高点の評価が得られた。一方で、児童生徒別操作回数の棒グラフは、教員から見やすさの観点で平均-0.6、標準偏差1.02の結果を受け、グラフが細かくなったことで児童生徒全員を把握しづらい問題があることがわかった。さらに、自由記述回答で、欠席している児童生徒と操作していない児童生徒を見分けづらいという指摘もあり、改善が必要である。

自由記述回答では教員から、機能別操作回数の可視化グラフを見るとクラスによって授業内で使用されている機能が違うことがわかるため、授業研究に使用したいとの声があった。学生からは、学習者用デジタル教科書・教材をよく使用している児童生徒を探す際には棒グラフ、使えていない児童生徒を探すときには児童生徒別操作程度のヒートマップを用いたという声があり、目的に応じた可視化の使い分けも可能であることが示唆された。

7. おわりに

本稿では、教員が児童生徒の学習の内容や方法、試行錯誤の様子などを把握し、授業改善、授業評価に資すること、および児童生徒が自らの学びの過程を振り返り、今後の授業や家庭での学習方法を再考することの支援を目標に、児童生徒が学習者用デジタル教科書・教材を用いたときの操作履歴を可視化するインタフェースを提案した。そして、

それを実装したツールの設計、開発、および評価実験について述べた。

今後は評価実験の結果を受け、学校で教員が使いやすく、活用できるツールとなるためのインタフェース改善を行う予定である。

参考文献

- [1] 文部科学省. GIGA スクール構想に関する各調査の結果.
- [2] 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.
- [3] 文部科学省. デジタル教科書の今後の在り方等に関する検討会議 (第一次報告).
- [4] 緒方広明, 殷成久, 毛利考佑, 大井京, 島田敬士, 大久保文哉, 山田政寛, 小島健太郎: 教育ビッグデータの利活用に向けた学習ログの蓄積と分析, 教育システム情報学会誌, Vol. 33, No. 2, pp.58-66, 2016.
- [5] 中川哲, 安里基子, 遠藤みなみ, 殿岡貴子, 清遠和弘, 堀田龍也: 小学校向け学習用デジタル教科書における操作ログの取得・分析と今後の課題, 日本デジタル教科書学会発表予稿集, Vol.8, pp.75-76, 2019.
- [6] Lentrance Analytics. <https://primes.jp/main/html/rd/p/000000032.000032268.html>, (参照 2023-02-03).
- [7] 文部科学省. 教育データの利活用に係る論点整理.

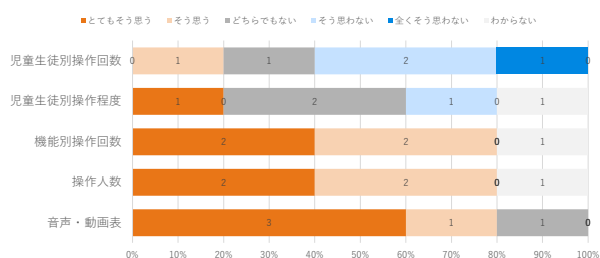


図9 使いやすさの集計結果 (教員対象)
Figure9 Aggregate results of usability (by teachers)

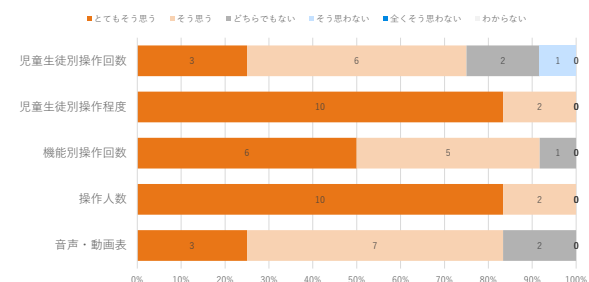


図10 使いやすさの集計結果 (学生対象)
Figure10 Aggregate results of usability (by students)