

学習者用デジタル教科書・教材操作ログを利用した 授業進度とのズレのある児童生徒を検出するツールの開発

小林茶子¹ 湯地調² 加藤直樹³

概要：本稿では、学習者用デジタル教科書・教材の操作ログを用いて、一斉授業における授業進度と行動にズレのある児童を相対的に検出するツールの開発と評価について述べる。同一授業を受ける児童の操作ログをもとに、操作開始・終了の遅延や操作内容の違いといった指標に着目し、授業進度からのズレを捉える手法を提案した。また、提案手法によって検出された児童について、教員へのインタビューを通して日常적인見取りとの対応関係を整理するとともに、教育実習経験者を対象とした評価実験を実施し、検出結果の妥当性を検証した。

キーワード：デジタル教科書、一斉授業、操作ログ

Developing a Tool to Detecting Students Falling Behind Class Pace using Digital Textbooks Operation Logs

CHAKO KOBAYASHI^{†1} YUJI SHIRABE^{†2} NAOKI KATO^{†3}

1. はじめに

1.1 研究背景

GIGA スクール構想により児童生徒 1 人 1 台の端末整備が進み、学校現場では情報通信技術 (ICT: Information and Communication Technology) を活用した多様な学習形態が期待されている。学校現場における ICT の 1 つとして学習者用デジタル教科書がある (学習者用デジタル教科書にデジタル教材が組み込まれたものがあるが、本稿では両者を特に区別する必要がない場合は、あわせて学習者用デジタル教科書・教材と記す)。

小学校で導入されている学習者用デジタル教科書・教材には、「拡大」「書き込み」「音声読み上げ」など多様な機能が搭載されており、児童生徒は自分に合った機能を選択しながら学びを進めることができる。また、学習者用デジタル教科書・教材では、操作ログや学習成果など学びの過程を容易に保存することが可能になる。学校現場では ICT を活用した多様な学習形態が期待されており、加えて、ICT の活用により学習履歴等のデータを利活用し、児童生徒一人一人の成長やつまづきを把握しながら、きめ細かな指導・支援を行うことの重要性が示されている[1]。このことから、ICT の導入だけでなく、そこから取得できるデータを通し、各児童生徒に合った適切な学びを進め、教員が適切に指導することが求められていることがわかる。

ICT の導入による個別最適な学びが注目を集めているが、

文部科学省は、一斉授業か個別学習かについては、どちらかだけを選ぶのではなく、教育の質の向上のために、発達段階や学習場面等により、両者を適切に組み合わせる必要性を示している[2]。一斉授業とは、一人の指導者のもつて多数の児童生徒が同じ課題に取り組み、その成果を交流し、互いに深め合っていく学習形態を言い、日本の学校教育活動の多くの場面でこの形態がとられている。しかし、全員に対して教師が設定した一つのペースで進められることにより、時間内に学習を成立させることができない児童生徒の存在が課題となっている[3] (この時に生じている教師の授業進行速度と児童生徒の学習速度のズレを時間的なズレと記す)。また、一対多の授業形態では教師の指示が必ずしも全員に正しく伝わるとは限らないため、指示後に行動の確認などのフォローが必要だが、実際には指示を出ただけで児童生徒が適切に行動しているかを確認しない場面も指摘されている[4] (これが要因となって生じる教員の想定する行動と児童生徒の行動のズレを内容的なズレと記す)。

このような一斉授業において生じる時間的なズレと内容的なズレについて、学習者用デジタル教科書・教材から得られる操作ログを活用することができれば、教師の負担を増やすことなく、児童生徒の行動を客観的に把握できる。さらに、得られた情報を次回の授業に生かすことで、支援が必要な児童生徒に対して、より適切かつ優先的な指導を行うことが可能になると考える。

¹ 東京学芸大学大学院教育学研究科
Graduate School of Education, Tokyo Gakugei University

² 東京学芸大学大学院連合学校教育学研究科
The United Graduate School of Education, Tokyo Gakugei University

³ 東京学芸大学
Tokyo Gakugei University

1.2 本研究の目的

本研究は、一斉授業において教師が把握することの難しい授業進度と児童生徒の行動とのズレに着目し、学習者用デジタル教科書・教材の操作ログを用いて、授業の流れに十分に対応できていない可能性のある児童生徒を捉える手法を確立し、その手法を実装した授業支援ツールを開発することを目的とする。さらに、提案手法による検出結果を教員の見取りや第三者の判断と照らし合わせることで、その妥当性と適用可能性、ならびに限界について明らかにする。

2. 先行研究

2.1 一斉授業における児童生徒把握の困難さと課題

児童生徒の理解や行動の把握、すなわち教師の見取りや授業の質には教師ごとの差が生じることが報告されている。例えば、教職経験を積んだ教師ほど、授業中の多様な事象の中から教授に必要な情報を選択的に捉える傾向がある一方、若手教師は児童の表面的な理解に着目しやすいことが示されている[5][6]。しかし、一斉授業に対する困難さは、教職経験年数や学級規模にかかわらず、多くの教師に共通して認識されていることが報告されている[7]。このことから、一斉授業における困難さは、特定の教師属性に起因するものではなく、授業形態そのものに内在する構造的な課題であると考えられる。また、授業計画と児童生徒の実態との間にズレが生じた場合、教師はその状況を把握していても、判断の躊躇や授業計画を優先することにより、授業進行へ即座に反映できない場面があることが指摘されている[8]。

以上より、一斉授業では、教師の経験にかかわらず、多数の児童生徒を同時に把握しながら授業を進行することに高い判断負荷が伴うといえる。

2.2 デジタル教科書操作ログに関する研究

中川らは、学習者用デジタル教科書・教材ビューワに操作ログ取得機能を追加し、小学校算数科および社会科の学習者用デジタル教科書・教材から得られた操作ログを分析した[9]。その結果、学年・教科ごとに操作が集中するページや利用機能の特徴が明らかとなり、必ずしも制作者の意図通りにコンテンツが利用されていない場合があることが示された。宮西らは、家庭学習時の学習者用デジタル教科書・教材の操作ログと課題成績との関連を検討し、利用回数や操作時間などが学習成果に影響する可能性を示唆している[10]。また、操作ログに対して時系列クラスタリングを適用することで、授業進行から相対的に遅れる生徒群を抽出し、それらの生徒が教師の指示より遅れて操作を開始していることを確認している[11]。

これらの研究から、学習者用デジタル教科書・教材の操作ログ分析は、児童生徒の学習状況や行動特性を把握する

ための有効な手がかりとなることが示されている。一方で、デジタル教科書の学校現場への導入は近年であり、実際の授業中に取得された操作ログを用いて、児童生徒の様子を捉える研究は十分に行われていない。

3. 学習者用デジタル教科書・教材操作ログを用いた学習行動の調査と分析

先行研究では、学習者用デジタル教科書・教材を用いた児童生徒の授業進度に対するズレを捉える枠組みは十分に検討されていない。そこで本研究では、まず操作ログから学習者用デジタル教科書・教材を用いたときの学習行動の特徴を明らかにし、基礎的知見を得ることを目的に調査と分析を行う。

3.1 調査方針

学習者用デジタル教科書・教材の操作ログから、一斉授業におけるズレとして、時間的なズレと内容的なズレについて調査する。

操作ログは、任意の児童生徒の操作内容を時系列で把握することが可能である。時間的なズレについては、児童生徒の操作開始時刻および操作終了時刻を確認することで、周囲の児童生徒と比較してどの程度遅れているか、あるいは先行しているかを把握することができる。内容的なズレについては、操作中の行動を確認することで、教師の指示とは異なる行動を取っている児童生徒を把握することが可能となる。この方針に基づいて、児童生徒の操作ログを操作開始時、操作中、操作終了時の三つの観点に分けて、時間的なズレと内容的なズレについて分析を行う。

3.2 対象データ

外国語の授業で取得された操作ログを用いる。外国語の学習では、リスニングやスピーキングといった技能の習得が求められるため、音声や動画などの多様な機能を備えた学習者用デジタル教科書・教材との親和性が高い。さらに、外国語の学習者用デジタル教科書は、すべての小学校5年生から中学3年生を対象として配布されている[12]。このような背景から、本調査では、多様な学習行動を把握できる可能性が高い教科として外国語に着目し、将来的に他教科への展開も視野に入れて検討を進める。

3.3 操作開始時と操作終了時における学習行動の調査

3.3.1 操作開始時における学習行動の分析結果と考察

操作開始時における学習行動の調査として、教師の指示後に各児童生徒が初めて学習者用デジタル教科書・教材を操作した時刻を操作開始時刻とし、その分布特性を分析した。実際の授業映像から教員の指示時刻を特定し、児童生徒の操作開始ログの時刻差の分布を図1に示す。

三つの授業（授業A、B、D）では、右に裾を引く非対称な分布が確認された。これは、多くの児童が指示後短時間で操作を開始する一方で、一部の児童が指示から大きく遅

れて操作を開始していることを示している。実際の授業場面では、直前の学習が終了していないことや機器準備の遅れにより、操作開始が遅れる児童の様子が観察された。

サンプル数は限られるものの、操作開始時刻の分布は大きく歪む傾向が確認されたことから、標準偏差に基づく外れ値判定ではなく、非対称分布に適した統計的手法を用いる必要がある。

3.3.2 操作終了時における学習行動の分析結果と考察

操作終了時における学習行動の調査として、学習者用デジタル教科書・教材を使用した活動から、次の活動へ移行する授業場面において、各児童の最終操作終了時刻を求め、最も早く終了した者を基準に他の児童との時刻差を算出した。その分布を図2に示す。

操作終了時の時間差の分布は、操作開始時の分布と比較して正規分布に近く、かつ分布の広がり大きいことが確認された。原因として、たとえば授業Dでは、学習者用デジタル教科書・教材上で課題を行った後、そのスクリーンショットを別アプリケーションで提出するよう指示が出されており、多くの児童は授業進度に沿って同程度の時刻に操作を終了していた一方で、早期に提出を終えた児童が学習者用デジタル教科書・教材以外のアプリケーションに移行していたことがあげられる。また、機器トラブルにより児童が早期に操作を終了せざるを得なかった場面も確認された。さらに、一部の授業では、授業終了時付近まで操作が継続し、授業終了後になっても操作ログが記録され続ける児童が存在した。

これらのことから、サンプル数は少ないものの、操作終了時刻の分布は操作開始時刻と異なり正規性が比較的高いため、外れ値判定には対称分布に適した統計的手法の適用が望ましい。

3.4 操作中における学習行動の調査

操作中のログは、操作が求められている授業の内容に対して適切に行動できているかを推測する手がかりとなる。

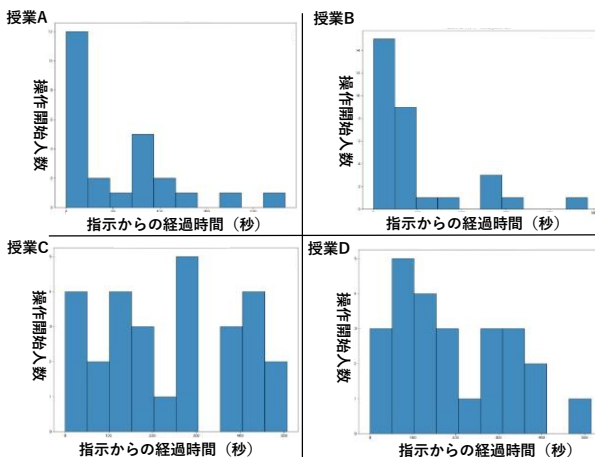


図1 教員の指示を受けてから動き出すまでの経過時間

その適切性を判断するためには、どのような操作が授業意図に沿ったものかを示す基準が必要である。そこで、基準作成に当たり、操作中の行動を調査し、児童が学習者用デジタル教科書・教材を用いてどのように学習を進めているのかを調査する。

3.4.1 頻出行動パターン分析

本分析では、学習者用デジタル教科書・教材の操作ログから児童生徒の学習過程を捉えるために、頻出行動パターン分析を用いた。操作ログにおいて共通する行動の流れを抽出することで、児童に共通する学習過程の構造的特徴を明らかにできると考えた。今回は、児童1人があるページで行った一連の行動の操作記号列を1単位とした。

抽出されたパターンには、「音声機能再生→音声機能停止→音声機能閉じる」、「動画機能再生→音量調整→動画機能閉じる」、「ふせん追加→ふせん編集→ふせん削除」という単一の機能のみを使用するものと、「消しゴム→拡大終了→ペン書き込み→拡大選択」、「消しゴム→ペン書き込み→音声機能停止→音声機能再生」のような複数の機能を組み合わせて使用するものがみられた。複数機能のパターンにおいては、操作の利便性を高める動作や、書き込み機能と音声再生機能を繰り返し使用するなどの試行錯誤的な行動が確認された。

したがって、各授業や児童ごとの操作中の行動を表現する際に、操作を単一の操作系列のみで表現すると、複数の機能が並行的に用いられている実態を捉えることが難しい。そのため、一定の時間幅の中でどの機能が使用されていたかに着目し、並行的な機能の利用を捉える必要がある。

3.4.2 操作中における学習行動の個人差

図3はある授業における学習者用デジタル教科書・教材のふせん機能の児童別操作回数を示している。この図から、同一の授業において同一機能を用いていたとしても、児童間で総操作回数のばらつきが生じることがわかる。しかし、操作回数に違いが見られたとしても、最終的な成果物とし

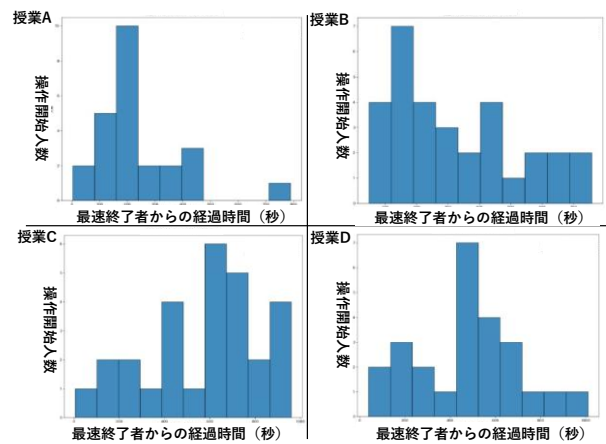


図2 最速操作終了者を基準とした操作終了時刻差

て同等のものが得られる場合も考えられる。したがって、各授業や児童ごとの操作中の行動を表現する際、操作内容の違いに着目する場合には、児童間の操作回数における個人差を考慮し、単位時間における各操作機能の使用割合によって行動を表現する方法が適切であると考えられる。

また、操作ログを取得した授業場面は、「小グループになり、クラスメイトの英語のスピーチを聞き、ふせん機能でその内容をまとめる」という活動であった。学習者用デジタル教科書・教材は、クリック（またはタップ）によって機能を連続的に使用していくが、実際の授業場面では、他者の会話を聞く、内容を理解する、考えを整理するといった活動を挟みながら、断続的に使用される場面も想定される。実際に、学習者用デジタル教科書・教材を使用している時間帯において、操作区間に挟まれた非操作区間の児童ごとの秒数は、平均 4.95 秒、標準偏差 18.02 秒であった。これより、操作区間だけをもとに判断した場合、これらの学習活動中の非操作時間は、学習が行われていない状態として解釈されてしまう可能性がある。実際には、学習としては適切に活動が進められているにもかかわらず、操作が行われていないという理由のみで無操作と判断されることは、学習状況の誤解につながるおそれがある。

ゆえに、操作ログを用いて操作中の行動を分析する際には、単一時刻における操作の有無を基準とするのではなく、前後の操作や一定の時間幅を考慮した手法が適切である。

4. 授業支援ツールの設計

本章では、操作ログから授業中に生じる児童生徒のズレを検出し、教師に提示する支援ツールの設計について述べる。本ツールは、どの児童生徒が授業進度に追従できていないかを即時に示し、誰を優先的に支援すべきかを把握できるようにすることで、授業後の振り返りを通じた次回の授業設計の改善に資する客観的な記録と指標を提供する。

4.1 機能設計

4.1.1 操作遅延アラート機能

一斉授業の場面では、教師が設定した共通のペースで学習が進行するため、授業についていけない児童生徒が生じる可能性がある。しかし、教師は限られた時間内で授業目標を達成する必要があり、授業進度を学習速度が遅い子に合わせることは容易ではない。また、1人の教師が授業を遂行しながら、全児童の進行状況や追従度を把握することは困難である。

そこで、操作開始の遅れおよび操作終了が早すぎる・遅すぎる児童生徒を検出し、その情報を教師に提示する機能を提供する。同じ授業を受ける児童の中で、相対的に遅れている児童生徒を表示する。これにより、教師は操作開始・終了が遅れを把握し、授業進度に追従できていない児童生徒へ優先的に支援ができるようにする。

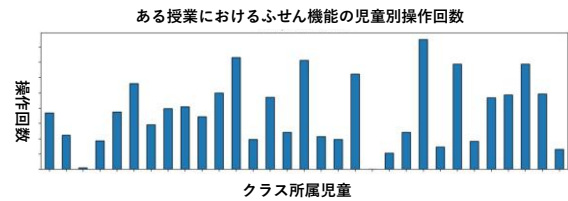


図 3 ふせん機能の児童別操作回数

4.1.2 統計的な非模範行動アラート機能

一対多の授業形態では、教師の指示が必ずしも全員に正しく伝わるとは限らない。しかし、誰がどのような行動を取っているのかを教師がすべて把握することは困難である。

そこで、授業時間において、同じ授業を受ける児童生徒と比較して異なる行動（統計的な非模範行動と記す）を示している児童生徒とその行動内容を提示する機能を提供する。児童生徒が授業の流れと異なる行動を取っているかを判定し、その時間帯における統計的な模範行動と非模範行動を併せて表示することで、教師が指示内容と児童生徒の行動のズレを具体的に把握できるようにする。

4.1.3 グラフによる授業振り返り機能

授業全体の概要を把握するために、操作機能の使用状況を表す時系列機能別組み立てグラフを提供する。これにより、授業全体を通してどのような機能が使用されたのか、操作が集中していた時刻を確認し、教師が想定していた操作場面に沿っていたかを確認できるようにする。

4.2 ズレ検出手法の設計

本節では、操作遅延アラート機能と統計的な非模範行動アラート機能に必要なズレ検出手法の設計について述べる。

教員の発問後、児童を指名するまでの時間に関する研究では、平均 9.7 秒だったという報告がある[13]。しかし、学習者用デジタル教科書・教材の操作ログでは、指示から操作開始までに 200 秒以上を要する児童も確認され、操作の習熟度や機器の準備時間などの個人差が影響していることが示唆された。また授業内容や活動量は授業や学級ごとに変化するため、固定的な絶対閾値に基づく判定は不安定になりやすい。そこで、学級全体の行動を基準として各児童生徒の時刻や行動を相対的に評価し、授業ごとに適した判定基準を設定する。

4.2.1 操作開始・終了時の遅延検出手法の設計

操作開始時に遅れている児童生徒の検出には、3.3.1 節より、開始時刻分布が非対称であるため、中央値と四分位点 ($Q1 \cdot Q3$) を用いて四分位範囲 ($IQR = Q3 - Q1$) を算出し、 $Q3 + 1.5 \times IQR$ を閾値として外れ値を判定する。

操作終了時の検出（早期の操作終了、操作終了の遅延）には、3.3.2 節より、操作終了時のばらつきは操作開始時より正規性に近い対称的形状を示すため、平均値 $\pm 2\sigma$ を基準とする標準偏差に基づく、対称分布に適した外れ値判定を用いる。

4.2.2 統計的な非模範行動の検出手法の設計

授業中に児童生徒の内容のズレを捉えるために、授業の操作中の行動を表現（以下、表現したものを行動データと記す）し、それを基準として個々の児童生徒の行動とのズレを検出する。

前 3.4.1 節および 3.4.2 節の結果から、学習者用デジタル教科書・教材を用いた学習では、操作が連続的に行われないう時間帯や、複数の操作機能を組み合わせて学習を進める行動が確認された。このため、操作中の学習行動を適切に捉えるには、単一時刻の操作有無や操作回数ではなく、一定の時間幅における操作機能の使用状況に基づいて行動を表現する必要がある。

そこで、授業中の各児童生徒の行動データは、単位時間当たりの操作機能の割合分布を算出し、それを時系列に並べたものとする。3.4.2 節の非操作区間の結果を受け、今回は単位時間を 30 秒とした。一方、クラス全体の基準となる行動データは、各時刻における各児童生徒の操作機能割合を集計し、機能ごとの平均値を算出することで作成する。

児童生徒の行動にズレが生じるのは、クラス全体の標準的な行動の流れと異なる操作を行っている時刻である。したがって、ズレを検出するためには、個々の行動データとクラス全体の行動データを比較する必要がある。この比較には、3.4.1 節と 3.4.2 節から、使用機能の構成を中心に判断ができ、極端な操作回数の影響を受けにくい手法が望ましいため、授業の標準的な流れの一致度を定量的に把握できるコサイン類似度を用いる。類似度の算出方法として、前章の調査において学習者用デジタル教科書・教材を使用した活動区間においても非操作区間が存在するため、使用機能割合の単位時間を 30 秒としたが、30 秒以上たつても再度使用する行動が見られた。そのため、単一時刻における操作内容のみを基準として類似度を算出した場合、学習としては適切に進行している行動であっても、一時的な非操作や操作の揺らぎによって過度に類似度が低下する可能性がある。そこで、時刻 t を中心とした前後の行動を含めて類似度を算出した。

今回はコサイン類似度が 0.3 以下の場合、統計的な非模範行動の対象とする。この値は、コサイン類似度に対応するクラス行動データと各児童生徒の行動データを比較した際に、行動に違いが生じ始めやすい数値であったため、設定した。また、統計的な非模範行動に対応する統計的な模範行動としては、統計的な非模範行動が発生した時刻 t において、クラス行動データに対して最もコサイン類似度の数値が高い児童生徒の時刻 t における行動を統計的な模範行動とする。

5. 授業支援ツールの実装

本ツールの開発には Visual Studio Code を使用した。実行

時は Google Chrome を用いて Web アプリケーションとし動作確認を行った。バックエンドには Python3.8 を用いてデータ分析を行い、そのフレームワークの Flask を用いて実装した。操作ログデータを保存するデータベースには SQLite3 を用いた。フロントエンドは HTML, CSS, JavaScript を用いて構築し、グラフの描画には Chart.js を使用した。

6. 検出結果検証のための評価実験

6.1 教員の見取りに基づく検出結果の評価

操作ログに基づいて操作開始・終了のズレや統計的な非模範行動の項目において検出された児童が、教員の日常的な児童理解や授業中の見取りとどのように対応しているかを明らかにすることを目的として評価実験を行った。

6.1.1 調査方法

都立公立小学校第 6 学年のクラス担任 4 名を対象として、被験者自身の見取りとツールの検出結果の対応関係を確認するためにインタビューを実施した。インタビューの際に被験者に提示したものは、2025 年 7 月に同校第 6 学年 4 クラスで実施された外国語の授業の操作ログをもとにしたツールの検出結果である。授業は専科教員が担当しており、クラス担任は当該授業中の児童の様子は把握していない。しかし、クラス担任は日常的な学級経営を通じて児童を長期的に見取っていることが考えられる。

インタビューでは、まず被験者 4 名に対し、担当クラスの中で学力面において日頃から気にかけている児童について、児童名簿にしるしをつけてもらった。その後、被験者によって指定された児童とツールによって検出された児童を次の 3 つに分類した。

分類 1: 「担当クラスの中で学力面において日頃から気にかけている児童」かつ「ツール検出児童」

分類 2: 担当クラスの中で学力面において日頃から気にかけている児童

分類 3: ツール検出児童

これらの分類に該当する児童について、気にかけていた理由や学習面・生活面での様子、授業での様子を教師に対しインタビューを行い、その内容を録音した。

6.1.2 結果と考察

インタビューにおいて取り上げた児童に対して、被験者が日頃から学習面で気にかけていた児童と、ツールの検出有無の児童数を表 1 に示す。授業のクラス全体の行動データと、各分類に属する代表的な児童 1 名の行動データで、時系列を一致させたものを図 4 に示す。授業では授業者がふせん機能を用いてクラスメイトの発言を整理し、まとめるように指示を行っていたため、クラス全体の行動としてふせん機能を用いている時間が多かった。

図 4 を参考に、分類 1 から分類 3 に属した児童の行動を取りあげ、ツールの検出と被験者の見取りとを比較した考

察を次に記す。

(1) 分類1に属する児童について

図4の分類1に属したある児童は、他の児童が操作を開始しているにも関わらず、操作が無いことからツールは操作開始遅延と判定している。後半からはクラス全体と同様に、ふせん機能を用いており指示通りやるべきことを実行できていたことから、全体と違う行動をしているという検出項目はほとんど検出されなかった。被験者に対するインタビューでは、小さな音にも反応し、注意が散漫になりやすく、集中力が続かず落ち着いていられないと説明された子である。

操作開始が遅れているという検出について、教員の指示に対して反応ができていなかったという点で、被験者の見取りと一致していると考えられる。しかし、集中力が続かないという点に対しては、操作ログからは検出できず、被験者の見取りとは一致しなかった。

(2) 分類2に属する児童について

図4の分類2に属したある児童は動き始めにふせん機能を用いている点が、クラス全体の行動データと一致していることが確認できる。インタビューでは不登校傾向があり、勉強の内容で学びきれていない箇所があり、動きがゆっくりな子と説明された。

ツールは特に行動のズレを検出しなかったが、被験者からは動きがゆっくりであると説明されているため、今回の検出方法ではその点について把握しきれなかった。

(3) 分類3に属する児童について

図4の分類3に属した児童は、最初は指示通りの行動を行っていたが、途中から書き込み機能を使用していることがわかる。クラス全体としては教員の指示通りふせん機能を使用している児童が多かったため、クラス全体とは違った行動をしている児童として検出された。被験者へのインタビューでは、「クラスで一番できる」と評価された児童であった。

ツールの検出結果では、この児童に対してクラス全体とは逸れた行動と判断しているが、前半の行動や普段の被験者からの評価を考えると、学習者用デジタル教科書・教材を使用する中で、ふせん機能よりも書き込み機能を用いて入力したほうがまとめやすいと判断し、自身にとって最適

表1 被験者が学習面で気にかけていた児童と
ツール検出有無の対応関係

		教員の見取り	
		あり	なし
ツールの 検出	あり	8	12
	なし	24	

な方法を選択して学習を行っていたことが推測される。

本手法は各時間帯においてクラス全体で多く見られる操作の傾向をもとに行動データを構成し、個々の児童の操作との差を捉えるものであり、操作の正誤や理解度を直接判定するものではない。そのため、教員の指示とは異なる操作や周囲とは異なる方法を選択した場合であっても、学習上は合理的な行動であれば、クラス全体の行動との差として検出される可能性がある。

したがって、検出結果は、クラス全体とは異なる行動が生じている点については一致している一方で、その行動が支援を要するものかどうかという解釈においては教員の見取りや授業の文脈と併せて解釈する必要がある。

(4) 全体への考察

本研究で提案した検出手法は、授業進度に対する行動のズレを複数の観点から捉える仕組みとして有効であることが示唆された。しかし、検出結果は単独で解釈するのではなく、どの検出項目によって抽出されたのかを踏まえ、教

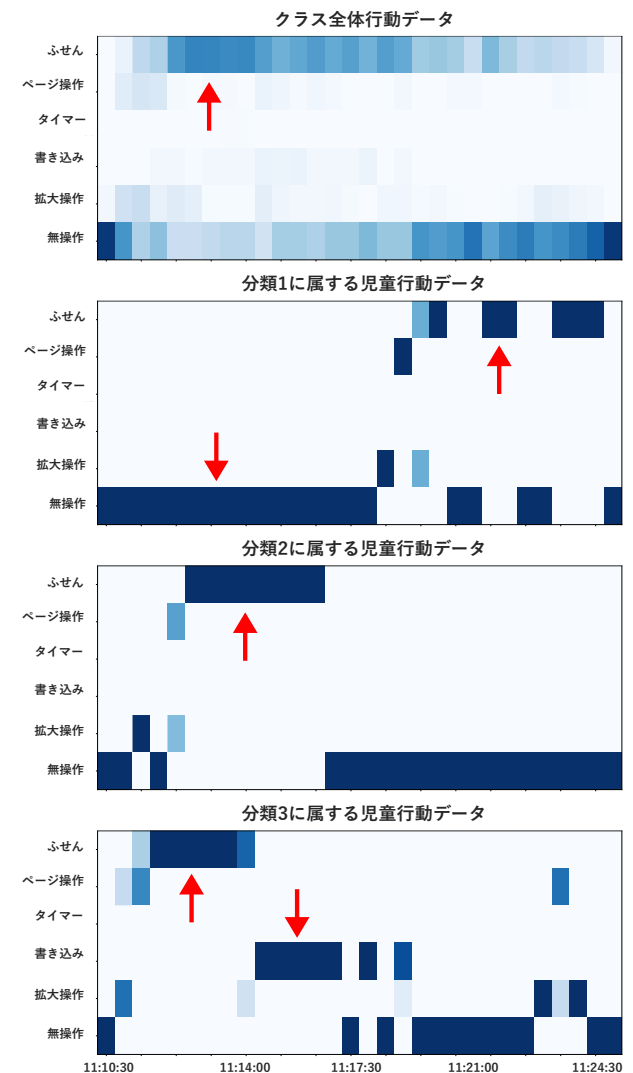


図4 順に、クラス全体行動データ、
分類1から分類3に属する児童行動データ

員の見取りと照合しながら解釈することが重要であることも明らかになった。この点において、本手法は、教員の判断を代替するものではなく、授業中の児童理解を支援する補助的な情報を提供する可能性を持つと考えられる。

また、本実験では児童の長期的な推移を追跡していない。被験者の見取りにもとづく語りからは、分類1と分類2に属した児童像に共通する側面も確認されており、分類2の児童が分類1へ移行する可能性がある。分類間の関係性については今後の検討課題である。

6.2 授業映像を用いた検出結果の妥当性評価

学習者用デジタル教科書・教材の操作ログに基づいて検出された児童の行動について、第三者である被験者が授業の流れを踏まえてどのように判断するかを確認することを目的として評価実験を行った。

6.2.1 調査方法

本評価実験は、教育実習を経験した本学の学生12名、教員免許保持者1名、常勤講師1名を被験者として実施した。評価対象として、小学校5年生の書き込み機能を用いた外国語授業および小学校6年生のふせん機能を用いた外国語授業各1授業において取得された学習者用デジタル教科書・教材の操作ログを使用した（以下、それぞれ動画1と動画2と対応する）。被験者が授業の進行を把握できるように、授業全体の構成を示す図と、操作ログに対応する学習者用デジタル教科書・教材を使用している場面の授業映像を提示した。授業映像には、授業者が学習者用デジタル教科書・教材を開く指示をする場面、操作説明場面、児童の操作場面、学習者用デジタル教科書・教材の活動終了場面が含まれている。

被験者が思う適切な操作開始と操作終了のタイミング、およびツールが提示する操作開始の遅延と早期操作終了、操作終了遅延の一致点および不一致点を調べるために、表2に示す問題を作成した。設問1および設問2では、被験者に主観的な判断基準を回答させ、その根拠を記述させた。設問3では、ツールが統計的に算出した遅延時刻を提示し、

その適切性を点数評価で回答させた。設問4では、両者の判断の違いについて自由記述で回答を求めた。これらの設問群を、操作開始時の遅延、操作終了時の早期終了および遅延それぞれについて作成した。

統計的な非模範行動検出の評価では、授業映像内の指定時刻（30秒間）における複数児童の操作行動を提示し、授業者の立場から、各児童の操作行動について「適切である」を2点、「適切でない」を-2点とし、点数評価で回答を求め、ツールの検出結果を比較した。

6.2.2 結果と考察

操作開始遅延、早期操作終了、操作終了遅延への回答について、設問3のツールが提示した時刻への適切さ評価は、すべての項目で平均点が0付近、標準偏差が1.5となっており、被験者の点数付けは、正負の評価が同程度に見られた（図5）。設問4の回答では「もう少し遅い（早い）時間でもいい」「遅過ぎる児童を指摘するには妥当と感じる」という意見が見られた。

図6は回答者（y軸）ごとに設問1の回答時刻（x軸）を、設問3における回答によって色分けしてプロットしたものである。図内の赤色の縦線は設問3においてツールが提示した時刻を示している。この結果から、設問1でツールの提示より1分30秒も早い時刻を答えた被験者（図の左端）でも、設問3においてツールの提示時刻が適切であると回答をしている一方、ツール提示時刻に比較的近い時刻を回答した被験者であっても、適切でないという回答が得られた。これは、設問2の回答で見られた「授業において説明を聞かせていけばよい」「授業者が操作説明を実施している場合には一緒に開いてほしい」などという、被験者ごとの授業進度に対する児童生徒への期待などの個人差が反映されていると考える。

以上より、ツールの評価として、遅すぎる・早すぎるという指摘はできている一方で、教師が「遅れている（早すぎる）ため指導したい」との感覚には達していなかった。しかし、設問1と設問3の回答からこの「遅れている（早

表2 ツールの検出結果と被験者の判断の一致・不一致を調べるための問題

設問	問題文	回答形式
1	動画1を視聴し、自分が授業者だった場合に、ここまでには児童がデジタル教科書の最初の操作を行ってほしいというタイミングを入力してください	再生時刻
2	このタイミング（再生時刻）を選んだ理由を教えてください	自由記述
3	ツールでは、再生時刻〇〇:〇〇以降に操作を開始した場合、操作開始が遅れており、指示が必要な児童として提示します。この時刻に対し、「適切である」を2点、「適切でない」を-2点として、2点から-2点の範囲で1点刻みで点数をつけてください。	点数評価
4	上2つの設問へ回答に対し、自身の設定した遅延時刻とツールの示す時刻に違いや違和感など思ったことがあれば教えてください	自由記述

すぎる)ため指導したい」と感じる時間には個人差があり、ツールの検出に求める基準や重視する観点も違いが生じることが考えられる。

次に、操作開始遅延、早期操作終了・操作終了遅延の各項目に対する結果と改善点について記す。

(1) 操作開始遅延検出に対する結果と改善案

操作開始時の遅延検出は、クラスの中で相対的にかつ、特に遅れている児童生徒のみを四分位範囲や標準偏差を用いて検出するようにしたが、被験者によっては指示を出してから30秒、1分後には学習者用デジタル教科書・教材を開けているだろうと想定している者もいた。

設問2および設問4の回答から、「遅れているため指導したい」と感じる時間への個人差として、「学習者用デジタル教科書・教材は授業者が操作内容を説明している時点で開いてほしい」、または「個別活動に入るまでには開いてほしい」という違いが見られた。このような判断基準の違いを踏まえ、操作開始の遅れを単一の相対的な閾値のみで判定するのではなく、授業者が指標の係数や判定水準を調整できる余地を設け、遅れの程度を段階的に提示する方法や、授業者の指導者用デジタル教科書・教材の操作ログと児童生徒の状況を照合することで、利用者は操作を開始すべきタイミングを授業進度に即してよりよく把握できる可能性がある。また、児童生徒の操作状況を可視化と照らし合わせながら、遅れを判断する際の日安として活用できると考えられる。

(2) 早期操作終了検出に対する結果と改善案

操作終了時の早期検出に関しては、設問4の回答から、「早期操作終了における検出が操作不良によるものか」「早めに終わってしまったのかによってその後の支援が変わる」という意見が見られた。ツールの検出背景を授業者が解釈しやすくするために、操作終了が早かったという結果とその直前の動きなどを併せて提示する機能の必要性があげられる。

(3) 操作終了遅延検出に対する結果と改善案

設問4の回答には、「操作終了時のツール検出時刻が遅いため、操作終了時が学習者用デジタル教科書・教材を使用した活動から、次の活動への切り替わりの場面では、次の活動に遅れてしまったり、暇になったりする児童生徒がいるのではないかと、待機している児童生徒への懸念が示された。この点については、操作を完了している児童生徒の待機率を算出し、教員に提示することで、次の活動への移行や声掛けの判断を支援できると考える。

(4) 統計的な非模範行動の結果と考察

表3にツールの検出結果と被験者の評価とをクロス集計したものを示す。ここでは、ツール検出結果について、類似度が0.3よりも大きい場合「適切」、被験者の評価は0

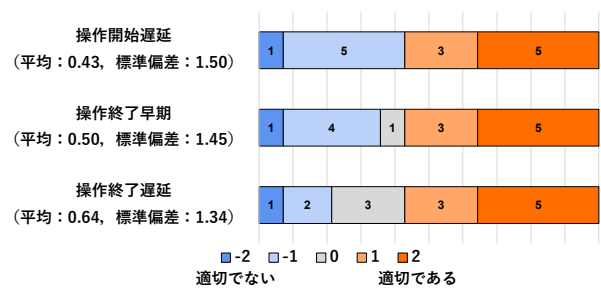


図5 ツールの操作開始・終了時アラートの適切さに対する回答

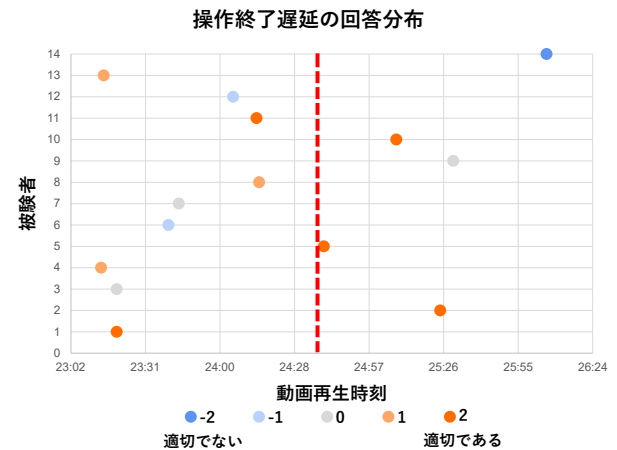


図6 被験者の操作終了遅れの指定時刻と適切さに対する回答

表3 操作行動に対するツールの検出結果と被験者の適切さ評価のクロス集計

		被験者	
		適切	不適切
ツール	適切	16	5
	不適切	2	4

以上の場合「適切」とした。今回指定した時刻においては、ツールと被験者の判断が一致した正解率は約74%であった。一方で、偽陽性率は約56%となり、被験者が不適切と判断した行動をツールが適切と判断してしまっていることが多く確認された。また、偽陰性率は約11%と低く、被験者が適切と判断した行動をツールが誤って不適切と検出するケースは少ない結果となった。

被験者が適切と判断したがツールが不適切とした2件は、クラス全体としてはふせん機能を用いている場面であったが、児童は拡大縮小機能や書き込み機能を用いていたため、ツールでは不適切な行動として検出していた。この2件については、被験者の適切さ評価の平均点はどちらも0点に近く、0~2点と評価する人が多かったこと(図7)から、被験者は授業の流れを踏まえ、児童がふせん機能の代わり

に拡大縮小機能や書き込み機能を用いて学習に取り組んでおり、授業者の指示とは異なるが不適切とは言い切れないと判断した可能性が考えられる。

被験者が不適切と判断したが、ツールが適切と判断したものにページ移動が含まれていた。検出方法として、ツールはある時刻が統計的な非模範行動でも、その前後における行動が統計的な模範行動と近い場合、不適切ではないと判断しやすくなる。しかし、被験者からは30秒間ページ移動だけであれば、その児童は不適切であるという回答が多かった。

以上より、ツールの検出は被験者の評価と一致する一方で、実際の授業場面を踏まえると授業者によっては許容できる行動を不適切と判断してしまう可能性がある。「被験者が不適切、ツールが適切」と判断が分かれる行動は、操作ログに基づく客観的なデータが授業を別視点から捉え、教員が授業中に見落とし得る行動を把握する手がかりになることを示唆する。そのため、当該事例を単なる誤判定として扱うのではなく、教員の見取りを補完する「気づきの候補」として位置付ける。ただし、検出結果の意味付けは授業の文脈に依存するため、判定根拠の明示に加え、前後の操作やクラス平均との差分などを提示し、教員が授業状況と照合しながら判断できるような提示設計が重要である。

7. おわりに

本稿では、一斉授業において授業進度とズレのある児童生徒を検出する手法を提案し、その手法を実装した授業支援ツールを開発した。評価実験から、授業進度に対する行動のズレを複数の観点から捉える仕組みとして有効であることが示唆された。ただし、検出結果は単独で解釈するのではなく、どの検出項目によって抽出されたのかを踏まえ、教員の見取りと照合しながら解釈することが重要であることがわかった。検出の精度に対する適切さ評価においては、被験者の授業に対する考えの個人差からばらつきが生じた。より授業者が求める情報を提示するために、更なる改善すべき点があることが明らかになった。

本研究は分析対象となる授業数や児童生徒数が限られているため、得られた結果の一般性や妥当性を十分に検証できていない。今後は、精度検証を目的として分析対象を拡充するとともに、教員にとってツールの検出項目がよりわかりやすく、かつ検出の背景にある理由を解釈しやすくするための機能やインターフェースの改善が課題である。

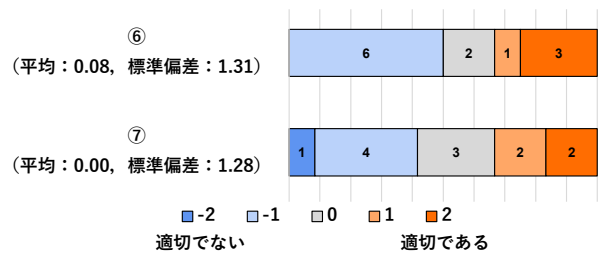


図 7 被験者評価とツール検出が不一致であった行動に対する適切さ評価の回答

参考文献

- [1]文部科学省：「令和の日本型学校教育」の構築を目指して（答申）（2021）
- [2]文部科学省：「令和の日本型学校教育」の構築を目指して（2021）
- [3]奈須正裕他：「個別最適な学び」と「協働的な学び」の一体的な充実を目指して、北大路書房（2023）
- [4]多賀一郎：若手教師のための一斉授業入門、黎明書房（2020）
- [5]秋田喜代美：教師の知識と思考に関する研究動向、東京大学教育学部紀要、Vol.32、pp.221-232（1993）
- [6]明園愛実、瀬戸健：熟達教員と若手教員の子供のみとり能力に関する比較研究、上越教育大学教職大学院研究紀要、Vol.3、pp.43-51（2016）
- [7]菅原大：中学校数学科教師の一斉授業における「学力差」の捉え方に関する調査研究、北海道大学紀要、Vol.76、pp.165-179（2024）
- [8]吉崎静夫：教師の意思決定と授業行動との関係(2)、日本教育工学雑誌、Vol.10、No.3、pp.1-10（1986）
- [9]中川哲、安里基子、遠藤みなみ、殿岡貴子、清遠和弘、堀田龍也：小学校向け学習者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第8回年次大会、pp.75-76（2019）
- [10]宮西祐香子、長濱澄、殿岡貴子、清遠和弘、松田諒平、白鳥亮、堀田龍也：中学校英語科デジタル教科書の家庭学習時の操作ログと音読課題や定期テストの得点との関連に関する試行的検討、日本教育工学会研究報告集、Vol.2、pp.233-236（2023）
- [11]宮西祐香子、長濱澄、川田拓、堀田龍也：デジタル教科書の操作ログを用いた一斉授業時の授業進度からの相対的な遅れの把握の試み、日本教育工学会論文誌、Vol.47、pp.221-224（2023）
- [12]文部科学省：「デジタル教科書推進ワーキンググループ（第1回）資料4」（2024）
- [13]岸俊行：一斉授業の特徴を探る、ナカニシヤ出版（2015）