

<実践報告>

個別学習における学習進捗状況の可視化システムの開発と試行

森下 孟 信州大学学術研究院教育学系

高橋大地 花王株式会社

新村正明 信州大学学術研究院工学系

Development and Trial Use of a Visualization System for Individual Study Logs

MORISHITA Takeshi: Institute of Education, Shinshu University

TAKAHASHI Daichi: Kao Corporation

NIIMURA Masaaki: Institute of Engineering, Shinshu University

研究の目的	児童生徒の学習履歴データ（誰が／いつ／どこで／何を／どうした等）をもとに児童生徒の学習特性を可視化し、教師や児童生徒に対し、個別最適化された学習の実現を支援するシステムを開発する。
キーワード	学習履歴データ 個別学習 可視化システム LRS データ分析
実践の目的	学習履歴データから児童生徒の学習理解状況等を把握し、児童生徒の興味・関心・意欲等を踏まえた主体的な学習指導の支援
実践者名	第1著者と同じ
対象者	小学5年生，教員養成学部生
実践期間	2016・2017年度（システム開発期間：2017～2020年度）
実践研究の方法と経過	<ol style="list-style-type: none"> 1) LRS を用いて学習行動履歴から学習者の学習活動を可視化するためのプロトタイプシステムを開発する。 2) プロトタイプシステムの課題を整理したうえで、学習問題の難易度を算出し、学習問題の正誤結果とあわせて学習理解状況を可視化する機能を実装する。 3) 学習特性から学習者のグループ分け推定を試みる。
実践から得られた知見・提言	学習問題に対する解答の正誤と教育コンテンツの難易度を表示することによって、学習者の学習履歴データを可視化するシステムを開発した。学習者間のクラスタリングまで至らなかったが、可視化された学習履歴データをもとに教師が学習者の特性を把握し、学習の理解度や進捗が類似した学習者をみつけて協働的な学びを支援できる可能性を示唆した。

1. はじめに

Society5.0 の社会では、学校は単に知識を伝達する場ではなく、Branson (1990) の情報技術モデルが示すとおり、児童生徒間、児童生徒とテクノロジー（技術）間で様々なやり取りが行われ、人間としての強みを伸ばしながらより良い人生や社会を見据えて学び合う場となる。教師は児童生徒との日常的な直接の触れ合いを通じ、児童生徒の特性や状況などを踏まえて学習課題を設定したり学習環境を整えたりするなど、テクノロジーにはできない支援や関わりを通じて学びの質を高める重要な役割を担うだろう。

経済産業省『新産業構造ビジョン～中間整理～』（平成28年4月27日）は、「第4次産業革命におけるコア技術（IoT、ビッグデータ、AI、ロボット）は、全ての産業における革新のための共通の基盤技術であり、様々な各分野における技術革新・ビジネスモデルと結びつくことで、全く新たなニーズの充足が可能に」と指摘している。教育分野においては「AI等を活用して習熟度に応じた学習コンテンツを提供するアダプティブ・ラーニングが、私教育分野から充実し、学校教育との連携が進んで」おり、学校教育法第30条第2項「基礎的・基本的な知識・技能の習得」を効果的に履行するために「アダプティブ・ラーニング等の進展により、子供一人一人の習熟度や学習上の困難さ、得意分野など、個に応じた学習が可能」となることが期待されている。

また、中央教育審議会『令和の日本型学校教育』の構築を目指して～全ての子供たちの可能性を引き出す、個別最適な学びと、協働的な学びの実現～（答申）（中教審第228号）によると、「個別最適な学び」及び「協働的な学び」との関係では、

- 個々人の学習の状況や成果を重視する修得主義の考え方を生かし、「指導の個別化」により個々の児童生徒の特性や学習進度等を丁寧に見取り、その状況に応じた指導方法の工夫や教材の提供等を行うことで、全ての児童生徒の資質・能力を確実に育成すること
- 修得主義の考え方と一定の期間の中で多様な成長を許容する履修主義の考え方を組み合わせ、「学習の個性化」により児童生徒の興味・関心等を生かした探究的な学習等を充実すること
- 一定の期間をかけて集団に対して教育を行う履修主義の考え方を生かし、「協働的な学び」により児童生徒の個性を生かしながら社会性を育む教育を充実すること

が期待されている。つまり、教師は専門職としての知見を活用し、児童生徒「個々の興味・関心・意欲等を踏まえてきめ細かく指導・支援すること」や、児童生徒が「自らの学習の状況を把握し、主体的に学習を調整することができるよう促していくことが求められる」。しかし、児童生徒の興味・関心等や理解度は内在的な側面を有し、それを客観的・明示的に見ることは容易いものではない。したがって、教師が個々の児童生徒に対して個別最適な学習支援を施すためには、児童生徒の内在的な情報（ログ）を手掛かりとしてその要素を可視化する必要がある。可視化された情報に基づいて仮定（想像）・実践・評価する教師の力量形成（ある種のデータサイエンティスト的な能力）が、人工知能（AI）やIoT（Internet

of Things) などが発達した未来の社会を生き抜く児童生徒を育成するために、学習の質を高める重要な要素の1つとなると考えられる。

ライフログを含めたビッグデータ解析は、児童生徒の理解度や環境に応じた効率的で効果的な学習を提供するために有益であると期待されている。具体的に、Siemens *et al.* (2011) や Baker & Yacef (2009) は学習分析 (Learning Analytics) に用いる分析手法や技術を提案し、様々な高等教育機関が成績や退学率の改善に関する事例を報告している。しかし、「学習環境最適化のための広範囲のデータセット分析法の開発」「児童生徒の観点に焦点を当てる」ことが課題となっており (Ferguson 2012)、児童生徒中心という特徴を持つフレームワークやデータ連携などの開発を求めている。

一方、初等中等教育における学習集団は1学年あたり100名に満たず、当該学習集団のなかから多様なデータを収集し児童生徒個人の法則性を抽出することは困難である。全国学力・学習状況調査のように、全国の小・中学校のデータを収集し標準化することで児童生徒個人や学習集団の法則性を抽出することも考えられるが、児童生徒の日常生活を含めた学習環境は学校周辺の地域性や社会性等の影響を受け、各都道府県や市町村区、学校ごとに異なる。したがって、全国規模の調査結果から標準化された指標により児童生徒個人の学習活動の法則性を抽出することは極めて困難であり、「少ないデータでも、可視化しモデルを作り、そのモデルが他のコンテキストにも適応可能というサイクルを回すこと」を実現するための学習分析手法の開発が求められている (山川 2015)。

授業では、教師はクラス全体、あるいは児童生徒個人に対して指導や助言を適切なタイミングで施す必要があるため、クラス全体、あるいは個々の児童生徒の学習進捗状況を把握することは極めて重要である。また、学習教材は児童生徒自らのチカラで着実に進めることとなるが、比較的進捗の速い学習者は次々と課題を解決することができる一方、なかなか課題解決ができずに躓いてしまった児童生徒は授業や課題を放棄してしまう可能性も考えられる。つまり、①教師が、クラス全体における各個人の学習進捗状況を把握することは困難であること、②学習者ごとに進捗の差が生まれるため、その進捗に応じた適切な評価が必要であることが課題であり、これらを解決するための支援ツールが必要となる。

そこで、本研究では、児童生徒の学習データ (誰が/いつ/どこで/何を/どうした等) をもとに児童生徒の学習特性を可視化し、教師や児童生徒に対し、個別最適化された学習の実現を支援するシステム開発を目的とする。

2. システムの開発

本研究のプロトタイプシステムでは、xAPI (Experience API) に準拠した LRS (Learning Record Store) を用いて学習履歴を可視化しクラス全体の学習進捗状況の把握と遅れている児童生徒の検出を可能とした (Morishita *et al.* 2017, 横山ほか 2017)。xAPI とは、ADL (Advanced Distributed Learning) によって発表された世界規格であり、多種多様な学習活動の履歴を記録・検索・抽出するために教育コンテンツと教育システム間を相互

にやり取りするためのソフトウェア仕様である。また、LRS とは、xAPI に準拠した学習履歴データを格納するためのデータベースのことである。

まず、xAPI 規格の学習行動履歴は「誰が (Actor)」「何を (Object)」「経験したか (Verb)」というデータ体系で記述され、LRS に格納される。そのデータをもとに学習行動履歴を可視化したものが図 1 である。学習行動間は直前の学習行動をもとに正誤を判定したり、思考中であつたりするかを表示することで、学習者がどのような状況にあるのかを推論立てることに役立つ。図 1 では、縦軸が学習者、横軸が経過時間を表し、任意の学習者が学習行動を起こしたタイミングでフラグがあがり、その時間に縦線が描写されるようになっていいる。縦線には色を付しており、青色は学習問題に解答し正解したこと、赤色は学習問題に解答し不正解であつたこと、緑色は任意のシステム操作や画面遷移を行ったことを示す。

しかし、図 1 では、学習活動が継続しているのか、学習者がどのような状況にあるのかなど、現状や時間による変化を視覚的に捉えるにはややわかりづらい。そこで、学習行動のフラグがあがってから、次の学習行動のフラグがあがるまでの間、その線と線の間で着色を続ける機能を付加した（この状態を本研究では「ラベル付け」と定義する）。図 2 の例では、青と赤と緑色のラベル付けがされている。それぞれの色は次の状態を示している。なお、ラベル上の任意部分にマウスカーソルをあわせると、学習者のその時点の学習状況の詳細を把握することができる。どの問題に取り組んでおり、どのくらいの時間が経過しているのか、どのような解答をして正解あるいは不正解であつたのかを知ることができる。

青色：直前の学習問題の解答に正解し、次の学習行動に遷移するまで待機中

赤色：直前の学習問題の解答に不正解であり、次の学習行動に遷移するまで待機中

緑色：直前のシステム操作や説明を読み込んでおり、そのまま待機中

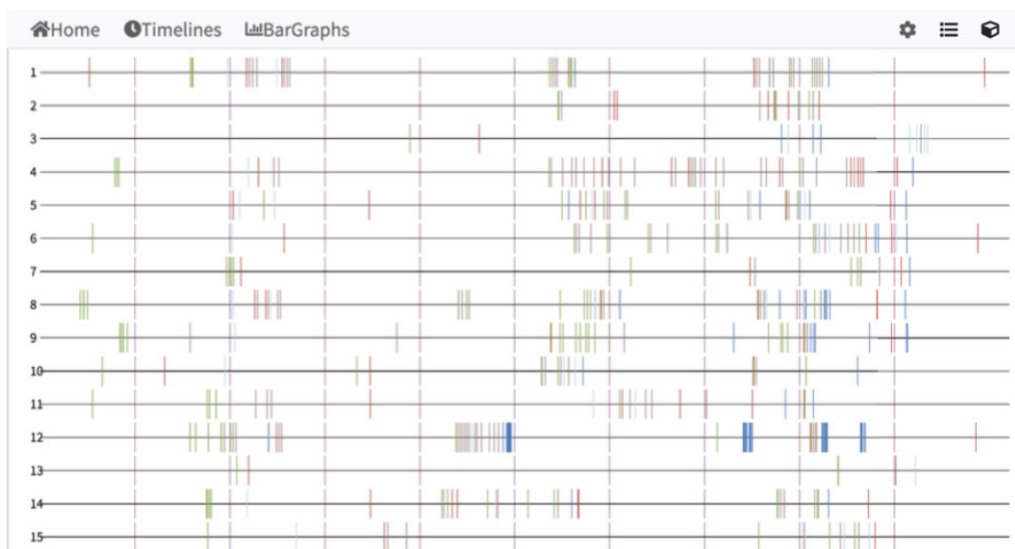


図 1 学習行動履歴の表示例（縦軸：学習者、横軸：時間）



図2 ラベル付けによる学習履歴データの可視化（縦軸：学習者，横軸：時間）

教育コンテンツが各学習者に個別最適なものを自動的に判定・出題してくれるとしても、興味・関心等が湧かなかつたり、どうしても学習につまずいてしまったりして学習の遅延・停滞が生じてしまう学習者は一定存在するだろう。そこで、遅れている学習者を早期発見し、教師が主体的に支援することが求められる。遅れている学習者には、図2中の学習者2と学習者3のようになかなか取り掛かれずラベル付けされていないものや、学習者1や学習者4のように長い間赤色のラベル付けがされており、学習が停滞してしまっている可能性が高いものが考えられる。このように、学習者が学習行動をあまり起こしていなかったり、ラベルの配色に応じて学習状況を確認し赤色のラベルが続いている学習者がいないかを確認したりすることで、教師は学習の遅延・遅滞が生じている学習者を判断できる。

しかし、図2のシステム描写方法では、学習問題の難易度を可視化することはできない。つまり、各学習者が個別最適な学習問題を解いているなかで、各学習者の持つ正解の意味が、学習の難易度を下げた問題に正解して次に進んでいるのか、学習の難易度を上げた問題に正解して次に進んでいるのか、学習到達度の観点から判断することが難しい。

そこで、本研究の開発システムでは、ラベル付けに色を連続的に変化させるグラデーション機能を加え、問題の難易度を可視化することを試みた。問題の難易度は学習教材に示された学年や単元、問題の正答率を参考に、当該教育コンテンツの学習開始時点の難易度を基準点として学習履歴データごとに算出することとした。また、ラベル付けをグラデーションで示すことによって、学習行動を示すフラグが見えにくくなる問題が生じた。そこで、学習行動はラベルと別に分けて表示することとし、フラグがあがったタイミングでグラフの下部に線で表示させることとした（これを本研究では「ヒゲ」と定義する）。

3. システムの試行

小学5年生の算数の非同期型教育コンテンツによる学習履歴データ（図3）を用いて学習行動の可視化を試みた。図中の「学習日時」は学習をした日にちと時間、「名前」は学習者を識別するID、「現画面群」は単元、「現画面」はその時点で解いている問題を表す。また、図中に示されていない要素として、学習者の解答や正誤判定結果なども存在する。

図4は図3をもとに、前章の開発システムを用いて学習履歴データを可視化した結果である。ヒゲは黒色を正解、赤色を不正解で示すものとし、虹色グラデーションによって学習者の進捗状況を可視化することに成功した。つまり、オレンジ色が当該教育コンテンツの学習開始時点であり、黄色→緑色→水色→青色→紫色になると難易度が高まり順調に学習が進んでいることがわかる。一方、オレンジ色→赤色、あるいは紫色→青色→水色→緑色→黄色の場合には当該問題につまずき（不正解）がみられ、教育コンテンツが再学習やケアが必要であると判断し必要な補充手続きを開始していることを示している。

例えば、図4中の学習者2101は黒色のヒゲを境界として徐々にオレンジ色→水色→紫色へと学習を進めている。このことから当該学習者は時間の経過とともに次々と問題に答え、着実に正解を重ねて理解を深めていることがわかる。また、学習者2102はオレンジ色→黄色→緑色へと学習を進めているが、ヒゲの色をみると所々に赤色（不正解）がみられる。つまり、学習者2101に比べると不正解がみられるために間違いを繰り返していることがみられるが、不正解のたびに補充を繰り返して着実に理解を深めているとわかる。

学習日時	番号	ログイン名	名前	アクション	現画面	現画面群	行	次画面	次画面群
2016/7/5 9:49	1	5065	2201	1	Login				
2016/7/5 9:49	1	5065	2201	2	2dBB00&nbs	2年生のひき		1 2dBB02 92	2年生のひき
2016/7/5 9:52	1	5065	2201	3	2dBB02 92	2年生のひき		2 2dBB04 87	2年生のひき
2016/7/5 9:52	1	5065	2201	4	2dBB04 87	2年生のひき		3 2dBB06 30	2年生のひき
2016/7/5 9:53	1	5065	2201	5	2dBB06 30	2年生のひき		4 2dBB08 68	2年生のひき
2016/7/5 9:54	1	5065	2201	6	2dBB08 68	2年生のひき		5 2dBB10-1&n	2年生のひき
2016/7/5 9:54	1	5065	2201	7	2dBB10-1&n	2年生のひき		6 練習・チャレ	f0000001

図3 小学生・算数の学習履歴データ（一部）

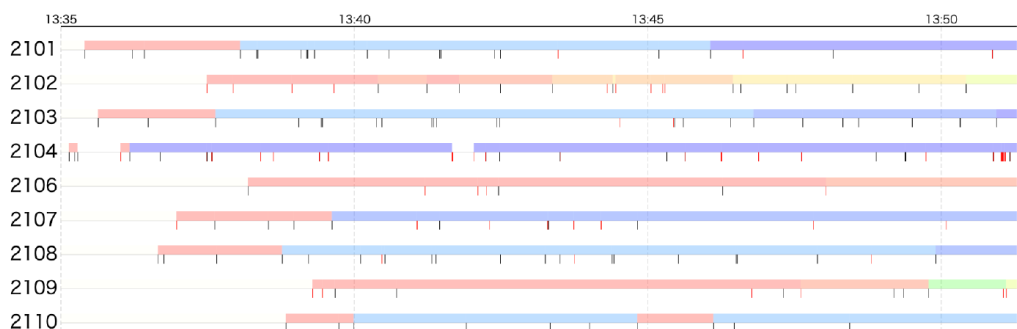


図4 学習問題の難易度を示した学習履歴データの可視化（縦軸：学習者，横軸：時間）

一方、学習者 2105 及び学習者 2109 は、オレンジ色の時間が長く、学習開始から 15 分ほど状況に変化がなかったことがわかる。ヒゲの数もあまり多くなく学習につまずきがあったと考えられる。本研究の開発システムはリアルタイムで描写することも可能である。今回は非同期型教育コンテンツを活用したが、もしこの学習時間中に教師が当該学習者に立ち会うことができたとすれば、学習開始 5 分ほどのタイミングでこれらの遅れのみられる学習者に教師自身が声掛けをして、必要な助言を与えることも可能であったらう。この学習履歴データによれば、学習者 2109 は学習開始から 15 分ほど経過してからオレンジ色から緑色に変わっており、ヒゲの色も黒色である。スローペースの学習者か、あるいはこのタイミングで教師の介入があり、理解を深めることができたと思像することができる。

4. 学習グループの推定

本研究の課題のひとつは、当該学習集団のなかから多様なデータを収集し児童生徒個人の法則性を抽出することである。つまり、図 4 のようなグラデーション機能による学習履歴データの可視化を通じて、似た変化を有している学習者群をまとめ、グループ化することによって、似た学習者同士で一緒に考えさせたり、指導者が同時に支援したりすることで問題を協働的に解決させることが可能になるだろう。

長谷川ほか (2013) は、学習者間の距離を求め、クラスタリング (分類) する研究を行った。学習者間の距離をもとに、任意に抽出した学習者と距離が近い順番で並び替えができるようにし、学習者 ID の横に dendrogram を表示させる。これによりラベル付けの類似している学習者の発見や、クラスタリング手法を用いたグループ分けが可能となる。また、学習者が多くて学習状況を一覧で見ることが困難である場合には、グループ分けしてグループごとに表示させることで、学習履歴データの一覧性を高めて、課題を抱えている学習者の早期発見につながる可能性が考えられる。

そこで本研究では、教員養成学部生 3 名の協力を得て、図 4 で得られたような学習履歴データを分類し、どのようなグループが構成できるかを議論してもらった。その結果、3 名の分類結果はほぼ一致しており、図 4 のような学習履歴データから学習者のグループ分けが一定できることを明らかにした。森下ほか (2017) や森下ほか (2018) では、教員養成学部生を対象としたものであるが、学習者の学習履歴データが成績や学習意欲と関連している傾向を明らかにしている。これらの先行研究を踏まえると、多様な学習履歴データを統合することで学習者の学習特性を把握することができるため、教師自身にデータサイエンス的に分析できる力量を形成することが望まれるが、現状では限られた授業時間のなかでは教師のデータ分析力を補完するシステムの開発・実装も必要である。しかし、本研究のなかでは色彩の変化量を数値化し、学習者間の距離を算出してクラスタリング化するまでに至らなかった。色彩変化に基づくグループ分け機能の開発は今後の課題としたい。

5. まとめ

本研究の目的は、児童生徒の学習履歴データ（誰が／いつ／どこで／何を／どうした等）をもとに児童生徒の学習特性を可視化し、教師や児童生徒に対し、個別最適化された学習の実現を支援するシステムを開発することであった。

LRS を用いて学習履歴データを可視化し、ヒゲによる学習問題の正誤表示と虹色グラデーションによる難易度の可視化によって、学習者の学習進捗状況などを一覧表示するシステムを開発・実装した。学習者間のクラスタリングまで至らなかったが、可視化されたデータをもとに教師が学習者の特性を把握し、学習の理解度や進捗が類似した学習者を見つけて協働的な学びを支援できる可能性を示唆することができた。今後は色彩変化に基づくグループ分け機能を開発し、学習グループの推定を試みることが課題である。

付記・謝辞

本論文は、第2著者が信州大学大学院工学系研究科在学中に行った研究内容を再構成し執筆し直したものである。本研究はJSPS 科研費JP17H04707の支援を受けて実施された。

文献

- 長谷川理，國宗永佳，新村正明，2013，アクセスログを対象とした特徴抽出支援システムの開発，教育システム情報学会研究報告，27，pp.237-244
- 森下孟，長谷川理，新村正明，谷塚光典，東原義訓，2017，LMS を活用した学習活動履歴と学生の成績における相関分析，日本教育工学会第 33 回全国大会講演論文集，pp.241-242
- 森下孟，谷塚光典，長谷川理，新村正明，2018，学習管理システムの利活用に関する学生の意識調査の試行，日本教育工学会研究報告集，JSET18-1，pp.491-494
- R.Baker and K.Yacef, 2009, The State of Educational Data Mining in 2009: A Review and Future Visions. Review Literature And Arts Of the Americas, 1(1), pp.3-17
- R.K.Branson, 1990, Issues in the Design of Schooling: Changing the Paradigm. Educational Technology, 30(4), pp.7-10
- R.Ferguson, 2012, Learning analytics: drivers, developments and challenges. International Journal of Technology Enhanced Learning, 4(5/6), pp.304-317
- T. Morishita, T. Yokoyama, M. Niimura, H. Kunimune and Y. Higashibara, 2017, Development of an Analyzing System for Student's Learning Characteristics by Visualization of Learning History. Proceedings of World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education 2017, pp.818-821
- 横山貴志，國宗永佳，新村正明，2017，情報技術演習における演習状況可視化手法の提案，信学技報，117，pp.119-124
- 山川修，2015，組織を越えた Learning Analytics の可能性，コンピュータ&エデュケーション，38，pp.55-61

(2021年9月22日 受付)