Vol.2022-HCI-197 No.31
2022/3/15

教材クリックストリームにおける同期率と閲覧行動の分析

土橋　喜[1]

概要：本研究では多数の大学生を対象にして，Moodle 学習管理システム(LMS)とオンライン教材を使った授業において，教材閲覧における同期率を分析する一つの方法を提案し，教育工学や人間工学的側面から分析結果を考察し，教師と学習者のインタラクションの改善について論じる．学習者の反応は，教師の指示だけでなく，コンテンツの品質，教材の提示方法，モニター画面の性能など様々な影響も同時に受けている．そのため提案する手法では LMS に蓄積された教材クリックストリームに限定して分析を行い，時系列クロスセクション分析を適用することにより同期率を求めた．時系列クロスセクションに基づき，授業中の教材閲覧の同期率をグラフと表で表示する．また同期率は学習者別の時系列クロスセクションに基づいていることから，同期した学習者や，遅れて教材を開く学習者，教材を開かない学習者について観察することができる．

キーワード：同期率，オンライン教材，授業改善，クリックストリーム，学習管理システム，時系列，クロスセクション，可視化

Analysis of Synchronization Ratio and Opening Behavior in the Teaching Material Clickstream

Abstract: This study proposes a method for a large number of university students to analyze the synchronization ratio in opening teaching materials in classes using Moodle learning management system (LMS) and online teaching materials. Furthermore, this research analyzes the results in terms of both educational technology and ergonomics and discusses the improvement in the interaction between teachers and learners. Learners' reactions are influenced not only by the teacher's instructions, but also by various factors such as the quality of the content, the method of presenting the teaching materials, the performance of the software, and the performance of the monitor screen. Therefore, using the proposed method, the analysis was limited to the clickstream of the teaching material accumulated in the LMS. Based on the time-series cross-section analysis, the synchronization ratio of teaching materials in the class is displayed in graphs and tables. Moreover, since the synchronization ratio is based on the time-series cross-section for each learner, one can observe the synchronized learners, the learners who open the teaching materials late, and the learners who never open the teaching materials.

Keywords: Synchronization ratio, Online teaching materials, Lesson improvement, Clickstream, Learning management system, Time-series, Cross-section, Visualization

1. はじめに

様々な教育目的と教育方法が存在するように，教師と学習者のインタラクションにおいて，リアルタイムに同期が必要な場面は極めて多い．学習者の年齢や教育機関の種類を問わず，授業を円滑に進めるために，学習者の反応を個別に把握する必要がある．以前は多人数の授業において，学習者の行動や反応を適切に把握することは，熟練した教師であっても難しい課題であると認識されていた．

また多くの学習者を集めた一斉授業では，オンラインや対面を問わず，教師が様々な指示を行なわなければならない．そして教師の指示に対して，学習者の反応が適切に同期していれば，授業に集中している可能性が高まる．学習者に対して常に適切なリアクションを起こさせるように教師は教示しなければならない．これは学習者を授業に集中させ，学習の躓きを防ぐために，教師に必要な基本的なスキルである．

近年では学習管理システム（learning management system : LMS）の発展と活用方法の知識の蓄積により，多人数の授業においても，部分的には個別に学習行動の把握と分析が可能になりつつある[1]．そのため本稿では教師の指示と学習者のリアクションの同期を調べるために，Moodle 学習管理システムを活用して教材閲覧の学習ログを収集した[7]．

また時間経過に基づく同期の様態を把握し，リアルタイムに分析することを目標に検討を行うのが適切であると考える．本稿ではパソコン実習室において，学習支援システムの Moodle 上にオンライン教材を用意して授業を行い，表計算ソフトのエクセルを使いながら，大学生がデータサイエンスの基礎を学ぶ授業を対象に，教師の指示による教材閲覧の同期率ついて議論する．

1 愛知大学
Aichi University.

ⓒ2022 Information Processing Society of Japan

多くの大学ではコンピュータを活用した授業が行われており，あらかじめ用意された教材を閲覧しながら授業を進めることが多い．どのような授業でも教師が一方的に授業を進めては，つまずく履修者が増加するため，教材閲覧とパソコン操作がほぼ同時に進行するような授業では，学習者全体の行動が教師の指示と同期していることが望ましい．

そのため常に学習者の行動に気を配りながら，できる限り全体が同期するように授業の進行速度を調節する必要がある．同期していない学習者が多いと思われるときは，進行速度を遅くしたり，逆に同期率が高いと思われるときは進行速度を上げることもある．このような判断を適切に行うためには，学習者の行動が授業に同期しているかどうかを,常に個人別視点と全体的視点から把握する必要がある．そしてリアルタイムに同期率の把握が実現できれば授業運営に役立つ支援効果が期待できる．

Moodle 上のリンクをクリックすると，ログにはアクセスした時刻，ユーザ名，開いたコンテンツ名などが記録される．Moodle ログにはタイムスタンプが含まれているため，時系列処理が可能である．また多数の学習者を同時に分析したいときは時系列クロスセクション分析が有効である．本稿では Moodle ログのタイムスタンプを使って時系列クロスセクション分析を行い，学習者が教材を開いたときの同期率を求めて検討を行った．

2. 関連研究

近年，新型コロナウイルス 2019（COVID-19）のパンデミックにより，多くの教育機関が遠隔授業を実施した．そのため遠隔授業で活用できる学習管理システムの重要性が高まり[4]，蓄積された大量の学習ログを分析する研究も益々盛んに行われるようになった．学習ログを分析し，教育改善に役立てようとする研究は多く[11]，本稿の目的も同様である．

学習ログを分析する研究は，主に教育データマイニング(educational data mining : EDM)や学習分析(learning analytics : LA)と呼ばれる研究領域として発展している[5][14]．教育分野においてもデータマイニングと可視化技術を応用し，学習の進歩状況をモニターし，学習行動の追跡などをテーマにしたダッシュボード研究が数多く行われている[6][15][16]．さらに Nguyen et al らは学習分析の機能について，これまでの情報システムやダッシュボードと統合するためのシステム開発を提案し，学習者のエンゲージメントを可視化するためのシステム開発が行われた[9]．

また学習分析の結果をリアルタイムに教師や学生にフィードバックし，適切な介入を行うことによって学習の成果を高める研究が組織的に行われている[1][12]．Purdue 大学で開発された Course Signals は，Blackboard LMS に蓄積されたデータやテスト得点などから，学生の成績を個別に予測するシステムである．このシステムでは学生のホームページに交通信号と同じ色を使った警告信号を掲載し，成績不振の学生に電子メールを送って注意を促し，学習のつまずきを防止するものである[1]．

島田らはリアルタイム講義支援システムを開発し，Moodle LMS と e-book システムを活用して授業を行い，教師と学習者の学習ログをリアルタイムに分析し，授業中の教師にフィードバックする研究を行った．教師のパソコンに表示されるヒートマップによって教材閲覧の同期状態を示し，教師が講義の速度を調整できることを示した[12]．

Huang et al.らは，大学生の注意力と学習パフォーマンスの相関関係についての研究を行い，Python プログラミングコースの授業において，学生の e-book 教材の学習ログと質問提起スコアを使用して注意力との相関関係を測定し，注意力の高い学生はより良い成績を獲得する傾向があることを示した[8]．

3. 学習ログの収集と授業概要

3.1 授業環境と教材

学習ログは授業の進め方や教材など，様々な要因から影響を受けており，適切に分析するためにはできる限り実験環境を明確にして行う必要がある．本稿では主にパソコン実習室で行う授業を対象にしているが，オンライン教材の配信に Moodle を活用しており，本稿の手法は在宅で遠隔授業を受講する学習者の分析にも適用できると考える．

ここでは学習ログを収集するための教材と授業の進め方について概要を述べ，実験環境について説明する．本稿で取り上げる授業は,「中国データ分析」という科目である．授業は 2021 年 9 月 14 日から 2022 年 1 月 11 日までの 120 日間に 15 回実施した．授業の登録者は 55 人，女 45.5%，男 54.5%の比率であった．また登録者は 1 年生から 4 年生まで混在しおり，1 年生 25.45%，2 年生 10.91%，3 年生 47.27%，4 年生 16.36%という比率であった．またパソコン教室では，一人に 1 台づつパソコンが与えられ，2 人に 1 台づつ教材提示モニターが用意されている．教材提示モニターは教師のパソコン画面を映し出し，教師のデモや教材を学習者が参照するために使われる．

この授業ではウェブに公開された中国統計年鑑のデータを活用して，統計学の基礎と地理情報システムの入門的な学習を目的にしている．学期の前半はエクセルの操作方法，グラフ作成，平均，偏差，分散，標準偏差，移動平均，ピボットテーブル，度数分布などを主に学習する．また学期の後半は地理情報システム(geographical information system : GIS)を活用した人口分布や，気温と降水量の分布，GDP の分布など地図グラフの作成を学習する内容になっている．教材には統計学や GIS の基礎理論の解説のほかに，エクセルや GIS ソフトの使い方について，文章と図による操作説明を記載し，予習や復習など自学自習のために

も活用できるように作成した．

3.2 節移動のリンク

教材は大学授業の半期分に相当するものを作成し，全体で 13 章，95 節，183 ページの構成であり，節（セクション）ごとに Moodle にアップロードするための PDF ファイルを作成した．1 章あたりの平均節数は 7.3，1 節あたりの平均ページ数は 1.9 である．Moodle にはトピックモードで 13 の章を作成し，各章の名前と節の名前をそれぞれ入力した．Moodle にコースを作成する際に，トピックモードを使い，教材の名前をトピックの名前として入力すると，教材の名前がログに記録される．そのため学習者がトピックのリンクをクリックすると，開いた教材の名前が Moodle ログに記録されるので，コースの担当教師は学習者が開いた教材をいつでも確認できる．

教材へのリンクはそれぞれの節の先頭ページにリンクしており，節を移動するすなわちセクショントランジッションするためのリンクである．そのため学習者が節内のページを移動するときは，ウェブブラウザに表示された PDF ファイルのページをスライダで上下するか，画面左の上部に表示されるページのサムネイルをクリックして移動する．さらに教材へのリンクは，コースのエントリページに全て用意されているため，他の節や外部リンクに移動するときは一旦エントリページに戻り，そこから行先の節をクリックして移動する必要がある．この方法では 1 ページごとに移動するクリックの記録はできないが，セクションのページ数を少なくして作成する工夫を行うことで，ページ移動に似たような効果が期待できる．

またパソコンを使う授業では，学習者が画面上のいろいろなアイコンをクリックする可能性がある．Moodle の画面にはフォーラムなどへのリンクも用意されているため，本稿の場合は教材以外のクリックも同時に記録される．そのため本稿が分析の対象とするクリックストリームは，小テストへの回答および授業で使う教材を開くときのクリックだけを抽出して分析の対象とした．

また Moodle では広く普及しているウェブブラウザを使うため，教材を開かなくてもダウンロードできるようになっている．そのため教材を開かずにダウンロードした場合や，ダウンロード後に閲覧した場合は，Moodle 学習ログに記録が残らないため，集計に含めることはできない．そのため授業中に教材閲覧が必要な場合には，学習者に対してはできる限り教材を開くように，言葉で明確に指示するように心がけた．また出席者数のデータが同期率の算出に必要なため，Moodle で出欠の確認を行い，必ずログインさせるようにした．

授業の前半はエクセルにデータを用意して分析方法を学びながら，同時に学習者全体で統計学の基礎理論を学習した．後半は当日の講義に関連した演習課題を用意し，学習者が各自で取り組むことにした．また翌週の授業の最初に制限時間 5 分で 5 問に回答する小テストを行い，前週に学んだ内容を確認するようにした．

4. 実験

4.1 時系列クロスセクション分析と同期率グラフ

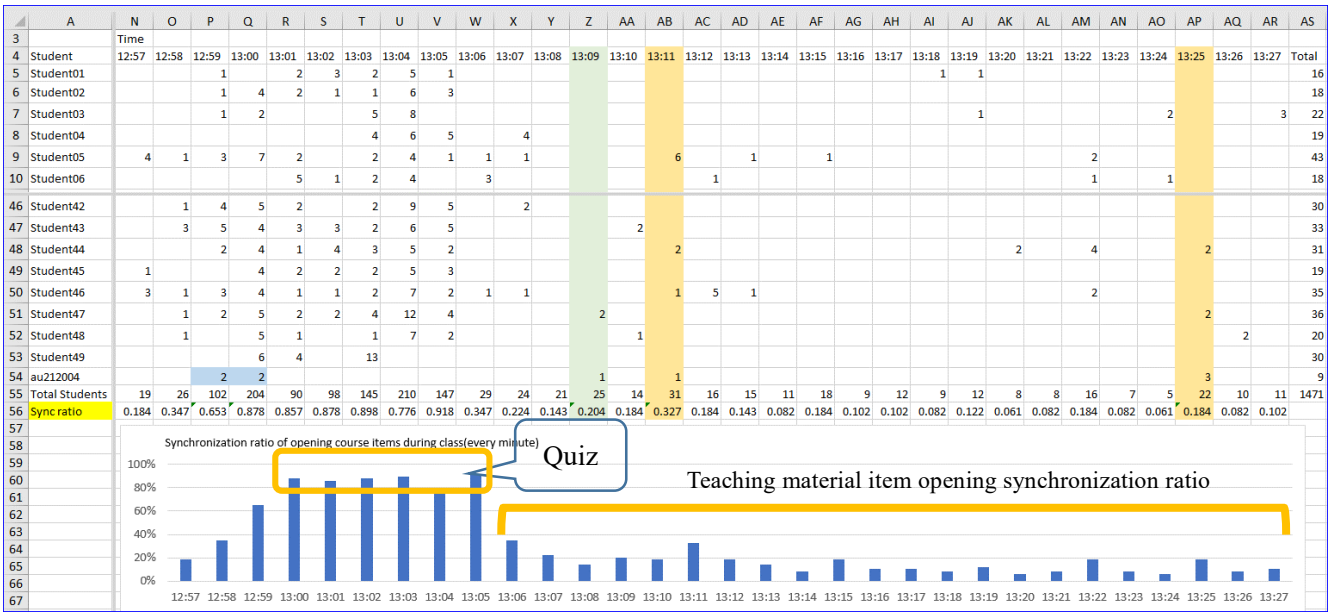

図 1 節移動の時系列クロスセクションと同期率を示すグラフの例（1 分間隔，2021/11/2，中国データ分析，出席者 49 人）
Figure 1 Example graph showing time-series cross-sections and synchronization rates for section transitions (Minute-by-minute, 2021/11/2, China data analysis, 49 attendees)

2021 年の秋学期に行った授業のなかから時系列クロスセクションとグラフで同期率を可視化した例を示す（図 1）．同期率は教材を開いた人数を当日授業開始時の出席者数（49 人）で割って比率を算出した．図 1 には小テストへの回答と教材閲覧について，1 分毎のクリックストリームを集計し，同期率を算出して棒グラフを作成したものを示した（図 1）．1 分毎のほかに 2 分，3 分，4 分，5 分毎の集計表とグラフの作成も可能である．図 1 では本稿の紙幅の都合により 4 つの画面に分割し，本稿の執筆に必要な部分に手作業で色を付け，エクセルの吹き出しを使って説明を追加した．

図 1 のデータは本稿の実験のために授業中に収集したものであるが，2 つの段階を得て生成された．第 1 段階は Moodle からのログデータのダウンロードである．Moodle からダウンロードしたファイルのプロパティを見ると，図 1 の表の右端(セル AS4)の時刻(13:27)の十数秒前にログのダウンロードを行い，1 つ目のエクセルファイルが生成された(13:27:56)．第 2 段階はダウンロードしたログの前処理である．ダウンロード直後から前処理プログラムが動作し，14 秒後に処理が終了して新たに 2 つ目のエクセルファイルすなわち図 1 のファイルが生成された(13:28:10)．さらにそのあと表とグラフがノートパソコンの画面に出力されたが，画面に表示されるまでに若干秒数が必要である．前処理プログラムには VBA(Visual Basic for Applications)を使用した．

図 1 の A 列は匿名化された学習者の ID を示し，紙幅の都合で表では隠れているが B 列から AR 列まではクリックストリームの集計である．画面上部の 4 行目は 1 分毎の時刻の表示例である．数字が入っているセルは教材が開かれた頻度を示す．最右端の AS 列は 13:27 までのクリック数の合計であり，表の下部にある 55 行目は教材を開いた学習者の人数である．さらに 56 行目に算出した同期率を示しており，棒グラフの元データになっている．

クイズ終了後の 13:06 から教材を開いて授業を進めたが，表で色が付いている 3 つの列(Z，AB，AP)は，筆者が教材を教卓パソコンで開き，学習者に指示や解説を開始した時刻である．図 1 では教材を開いた 3 か所の列に色を付けた．またセル P54 と Q54 のクリックは，筆者(A54 セル，au212004)が授業の準備のため，コースの目次と小テストの入り口を開いたものである．

また授業の冒頭に小テストを行ったが，Moodle を開かないと受験できないため，同期する学習者が多く，表とグラフに数値の高い部分が表示されている．小テストの制限時間は 5 分であるが，棒グラフでクイズの最後の値が高くなっているのは，クイズ得点の確認ページを開くためのクリックである．授業は 13:00 開始であるが，図 1 では授業開始 3 分前 12:57 から 13:27 までのデータとグラフを示した．

また教材別に同期率を算出することができるので，図 2 に小テストのクリックストリームだけについて，30 秒間隔で抽出したグラフを示す．図 2 は図 1 の元データからピボットテーブルの操作により手作業で作成した．小テスト終了の直前(13:04:30)には 40%程度の学習者は終了していることが分かる．また小テスト終了直後に 80%ほどの学習者が各自の得点を閲覧している様子が見られ，その後は 13:26:30 まで数人が小テストのページを開いていることが分かる．

次に当日に使った教材のみの同期率の推移グラフ（図 3）と節移動の時系列クロスセクション（図 4）を示す．図 3 から若干の学習者が当日行う予定の教材を小テストの時間中に開いていることが分かり（13:03，13:04），これらの棒グラフについては図 4 の数値からも確認できる．

また図 1 の 13:11(AB 列)と 13:25(AP 列)の部分は前後の値より高くなっている．これは筆者が教材を開いて学習者に指示した時刻で，同期率が若干高くなっていることが見て取れる．当日は「07.01 偏差・分散・標準偏差」と「07.02 分散を求める」という 2 つのセクションの教材を使い（図 4，A3，A4 セル），前半の授業を行った．図 4 からは 13:11 には 15 人の学習者が前者の教材を開いて同期していることが分かった．

後者の教材（A4 セル）は 13:25 に筆者が開いているが，図 4 の 4 行目から多くの学習者はこの時刻以前に教材を開

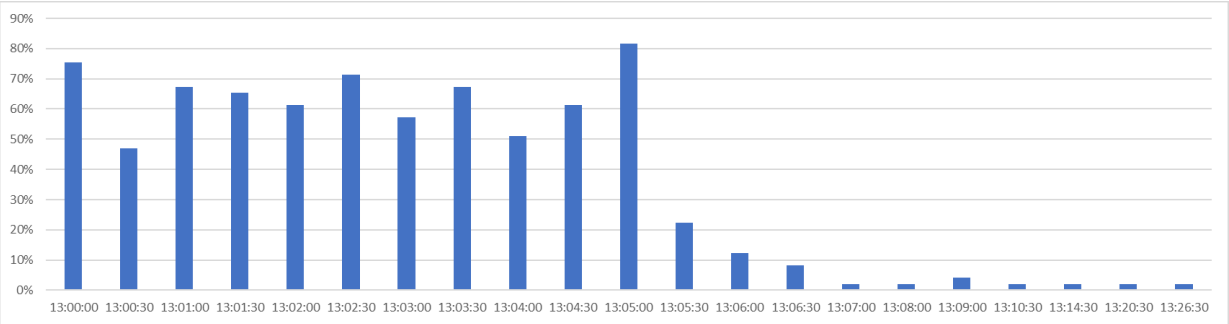

図 2 小テストの同期率推移グラフの例（30 秒間隔，2021/11/2，中国データ分析）
Figure 2 Example of Synchronization ratio transition graph of quiz (30 seconds interval, 2021/11/2, China data analysis)

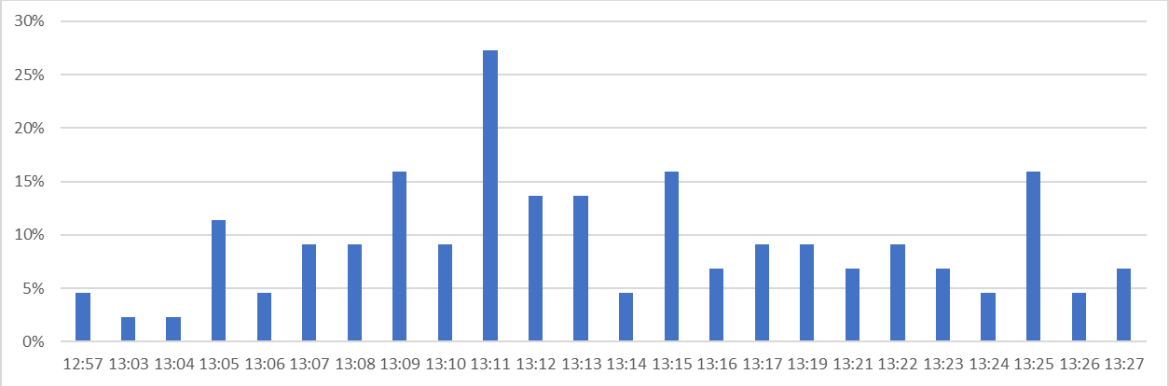

図 3 教材の節移動の同期率推移グラフの例（1 分間隔，2021/11/2，中国データ分析）

Figure 3 Example of synchronization ratio transition graph of teaching materials (Minute-by-minute, 2021/11/2, China data analysis)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1		Time													
2	Teaching material	12:46	12:50	12:53	12:57	13:03	13:04	13:05	13:06	13:07	13:08	13:09	13:10	13:11	13:12
3	File: 07.01 偏差・分散・標準偏差	1	1	1	2	1	1	5	1	2	4	6	3	15	6
4	File: 07.02 分散を求める		1	1	1	1			1	3	1	5	2	1	1
5	Total	1	2	2	3	2	1	5	2	5	5	11	5	16	7

P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC
13:13	13:14	13:15	13:16	13:17	13:19	13:21	13:22	13:23	13:24	13:25	13:26	13:27	Total
4	1	2	2	1	2	1		1	3			1	67
5	2	5	1	3	3	2	4	2		8	3	4	60
9	3	7	3	4	5	3	4	3	3	8	3	5	127

図 4 教材別の節移動の時系列クロスセクションの例（1 分間隔，2021/11/2，中国データ分析）

Figure 4 Example of time-series cross-section of section transitions by teaching material (Minute-by-minute, 2021/11/2, China data analysis)

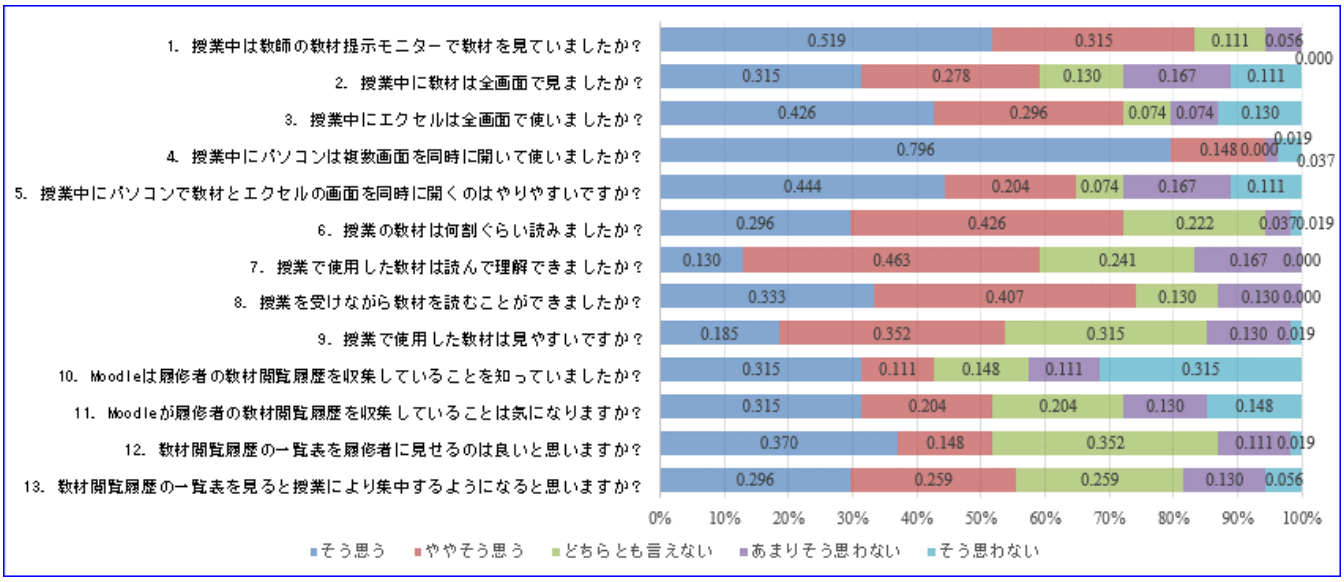

図 5 学習者への質問項目と回答結果（2022/1/11，中国データ分析，回答数 54）．項目 6 の教材を読んだ割合は 9～10 割＝そう思う，7～8 割＝ややそう思う，5～6 割＝どちらとも言えない，3～4 割＝あまりそう思わない，1～2 割＝そう思わないに対応する．

Figure 5 Questionnaire results for learners (2022/1/11, China data analysis, N(54)). In item 6, the percentage of people who read the material is 90-100% for agree, 70-80% for agree a little, 50-60% for neither agree nor against, and 30-40% for disagreeing a little, 10-

20% correspond to disagree.

いていることが判明し，筆者の指示に従って同期していた学習者は 8 人だけであった．13:15 にも棒グラフが高くなっているが，筆者の指示より早く 5 人の学習者が後者の教材を開いたのが原因であった．図 2 および図 4 から，授業では 13:25 頃まで「07.01 偏差・分散・標準偏差」の教材を使い，そのあとは「07.02 分散を求める」の教材へ移動したことが分かる（図 2，図 4）．

5. 考察

5.1 同期率とクリックストリーム

図 1 は 1 分のインターバルでクリックストリームの集計を行っているが，2 分，3 分とインターバルを長くすると，当然ながら同期率は高まる．しかし散らばりの細部は失われて見えなくなるため，教師の指示から遅れて教材を開く学習者を見落とすことになりかねない．逆に 30 秒間隔のようにインターバルを短くすれば，同期率は下がる（図 3）．しかし散らばりの細部は見えやすくなるので，同期しない学習者を見出す可能性が高まる．

エンゲージメントの研究では，教材を開く学習行動は直接的にテストの得点に影響する要因のひとつと考えられており[13]，授業の内容と運営方法を考慮したインターバルの設定が重要になる．なお，本稿の時系列は時刻で分割しているため，教師の指示から 10 秒以下の遅延でも，後方に隣接した時間帯に移動することがある．また教師の指示を先読みして教材を先に開く場合もあるため，指示した時刻の直前も考慮する必要がある．

授業の内容と進め方にもよるが，1 分から 3 分程度のインターバルを見ながら，臨機応変に授業を進めることが必要と思われる．島田らは e-book を使った講義形式の授業において，授業集中度を示すヒートマップを見ながら授業を行うと，教師は授業速度を調節することができるため，同期率が高まる例を示している[12]．

本稿の授業は数年前から実施しており，授業中に教室を巡回してみると，教材を開いていない学習者がいることにしばしば気づくことがあった．教室では教材提示モニターに教材を表示し，教材の一部を読み上げなら説明を行っている．さらに教材提示モニターには Moodle とエクセルの画面が同時に両方見えるように半々に開き，教材を見ながら記載した内容のデモを行っている．そのため教師の説明とデモを見ているだけで理解できたと感じた学生もいたと思われる．そのような学生は自分のパソコンに教材を開かなくても，教材提示モニターを見るだけで十分と思った可能性も否定できない．

筆者は学習者に対して Moodle とエクセルの画面を同時に開いて，ハーフアンドハーフの画面の使い方を推奨していた．しかしながら全画面で教材やエクセルを開く学習者もおり，注意してみたが効果があるようには思われない．全画面でエクセルを開くと，教材を見る時間に差がでる場合もあると思われるが，広い画面でパソコン操作を行いたいのは筆者も学生も同じようである．

本稿では Moodle のログ以外に収集していないため，エクセルの画面などがどのように使われているかは，明確に把握することはできない．さらにウェブに公開された外部ページを開く場合や，ダウンロードした統計データをエクセルで開く場合もあり，本稿では収集できなかったクリックストリームが多々存在する．このような状況から Baker らは，学習分析においてクリックストリームデータを活用することの利点を認めながら，学習者の行動分析の結果には曖昧性が残ることを警告している[2]．

そのためクリックストリームによる学習分析においては，収集以前の段階において収集対象となる学習者や教材や時間帯などを検討し，データを収集する範囲を明確にする必要がある．また実験を繰り返し行える環境を準備しておき，予定した学習ログが収集できないときは，授業の進め方や教材の手直しを行うなど，実験計画を手直しする必要がある．

また本稿における教材の節移動のクリック数は，ページ移動を基本にするクリック数と比較すると，少な目であることが指摘される．上述したように節あたりの平均ページ数が 1.9 であることから，仮にすべてのページが開かれたことにして，単純にページのクリック数に換算すると 2 倍近いクリック数が発生することになる．さらに節ごとにページ数が異なるため，1 ページの節はページ移動のクリック数との誤差はないが，2 ページ以上の節はページ数の増加とともに，クリック数の誤差が大きくなる傾向がある．

5.2 学習者へのアンケート

最後の授業において図 1 の表とグラフを学習者に匿名化して公開し，質問項目を用意してアンケートを行った（図 5）．質問項目は図 5 に示し，5 件法で回答を求めた．加えて 200 文字以内の自由記述で感想や意見も求めた．回答総数は 54 人であり，以下に回答の概要や特徴をまとめた．また明記していない部分では「どちらとも言えない」を除いて考察した．

質問項目 1 は教師の教材提示モニターを見ていたかどうかに関する質問で，エクセルのデモを見ていたかどうかにも関係する内容である．この質問には 83.4%が「そう思う，ややそう思う」と肯定的な回答となり問題はないと思われるが，5.6%は「あまりそう思わない」と否定的な回答になっており，授業への関心が低いことが懸念される．

質問項目 2 と 3 は教材とエクセルの画面について，全画面で見たり使ったりしたかどうかを尋ねた．項目 2 の教材については 59.3%が肯定的な回答になり，否定的な回答は 27.8%であった．否定的な回答には教材提示モニターで見

ていた学習者や，教材を読まない若干の学習が含まれる可能性がある．教材については教材提示モニターに表示されたものを見ていたという回答が多いが，項目 3 の回答が示すようにエクセルの画面については 72.2%が全画面で見ており，複数画面を開いた可能性がある回答は 20.4%であった．エクセルの画面は自分で操作する必要があるため，全画面で見ていたという回答率が高くなったと思われる．

質問項目 4 と 5 は，複数画面の使用についての質問である．項目 4 が示すように複数画面の使用について 94.4%は肯定的な回答になっており，何等かの形で複数画面を使用していたと思われる．しかし項目 5 では教材とエクセルの画面を同時に開くことに対して，27.8%は否定的な回答になっており，使いにくいと感じている学習者がいることを示している．

質問項目 6 は教材を読んだ割合いの回答であり，9～10 割（そう思う）29.6%，7～8 割（ややそう思う）42.6%，5～6 割（どちらとも言えない）22.2%，3～4 割（あまりそう思わない）3.7%，1～2 割（そう思わない）1.9%となっていた．教材をどの程度読めばよいか，授業内容や教師によって意見に差がある質問かもしれない．しかし 27.8%は 6 割以下と回答しており，明らかに問題ではないか思われた．小テストの問題は教材から作成したことを授業でたびたび伝え，教材をしっかり読むように助言したが，項目 6 は今後の検討課題である．

質問項目 7 は教材を読んで理解できたかどうについて尋ねた．59.3%は肯定的な回答となり，24.1%は「どちらとも言えない」を回答し，16.7%は「あまりそう思わない」という回答になり，「そう思わない」の回答はゼロであった．教材を読んで理解できれば授業への関心が高まやすいと期待され，授業への集中力も高まると予想される．

質問項目 8 は授業を受けながら教材を読むことができたかどうかを尋ねたところ，74.1%が肯定的な回答であった．筆者は授業で解説を行うときに，部分的に教材を読み上げながら行っており，また小テストの得点が低い学習者に対して，教材をよく読むようにしばしば助言していたので，それらの効果もあると思われる．

質問項目 9 は使用した PDF ファイルの教材の見やすさについて印象を尋ねたもので，53.7%は見やすいほうに回答しているが，14.8%は見にくいほうに回答していた．さらにどちらとも言えないは 31.5%であり，教材のデザインを見やすくする改善や，Moodle の表示設定を見直すことが今後も必要である．同じ質問項目で数年前に実施したアンケート結果では「どちらとも言えない」という回答が最も多かったが，教材の改善と Moodle の表示設定を変更したところ，現在のような回答に至った．

5.3 学習ログの収集

質問項目 10 から 13 は図 1 に示した教材クロスセクションの学習者への公開についての質問である．同期率を計測する目的は教師の指導方法の改善であるが，同時に元になっている時系列クロスセクション表を教材の一部として公開することで，学習者をより授業に集中させることも重要であると考える．学期の最初の授業で Moodle が個人別の教材閲覧履歴を収集していることを簡潔に説明したつもりであったが，項目 10 の回答が示すように，42.6%は「そう思わない」という否定的な回答であり，周知が不十分であった．学習者から次のような意見が寄せられた．

・時間まで正確に表示されていて，私が思っているのよりも大分正確性が高かった／以前からデータを取っているということは聞いていたのであまり驚かなかったが，どのように数値化されているかなどを見ることができて面白かった／ムードルの機能でこういうデータを収集できることは初めて知った／

さらに項目 11 では，教材閲覧履歴の収集が気になるかどうかを尋ねたところ，51.9%は気になるという肯定的な回答であった．次回以降はサンプルデータを用意したり，学習ログの収集についての同意書を用意するなどの対策を検討し，成績とは無関係であることを強調する必要がある．学習者からは次のような意見が得られた．

・自分がいつ開いてやっているのかをみられるのは少し気まずいです／一分単位で記録に残っているのは正直怖いと思った．もっと早くに具体的に知りたかったです／ムードル内でクリックした数しか反映されないのが気になる／こんなにも細かく見られているなんて思ってもいなかったのでびっくりした／

5.4 教材閲覧履歴公開への意見

また質問項目 12 では教材閲覧履歴を学習者に見せることについて可否を尋ねたところ，51.9%が肯定的な回答になっており，否定的な回答は 13.0%であった．学習者からの肯定的意見には次ようなものが得られた．

(1) 肯定的意見

・ほかの履修者がどれくらい見ているかなどのデータも気になるからどんどん公開していってほしい／周りの履修状況を見ることができることは，自分の進度について刺激をもらえるので，いいことだと感じました／見せることによって履修者のどれだけの割合がしっかりと教材を閲覧していることがわかるのでいいとおもいました／とてもいいと思います．学生の学習時間と学習態度を記録することができます／この方法はみんながよく勉強するように励ましになると思います／

(2) 否定的意見

また否定的な意見としては，次のようなものがあった．

・何とも言えない／見せる必要性を感じない／よくわからなかった／自分がどこに属しているかわからないので結局あまり意味はない気がした／携帯で写真を撮ってみていたことが多いので当てにならないと思った．それだけで判断してほしくないと思った／あまり意味がない気がする．よ

くわからない．だが，データ分析の授業内容としては，学習したことが含まれているためいいことであると思う／

(3) 授業への集中

質問項目 13 では教材一覧履歴を見ると，より授業に集中するかどうかを尋ねた．55.6%は肯定的な回答であり，「どちらとも言えない」は 25.9%の回答となり，否定的な回答は 18.5%であった．肯定的な回答が比較的多いことから授業へ集中する傾向が高まると考える．学習者からは次のような意見があった．

・もっと真面目に授業を受けないとダメだなと思いました／周りの履修状況を見ることができることは，自分の進度について刺激をもらえるので，いいことだと感じました／しっかりやっているのが伝わるといいなと思った／見せることによって履修者のどれだけの割合がしっかりと教材を閲覧していることがわかるのでいいとおもいました／自分の授業に対する姿勢を映す指標だと思うので閲覧できたほうがいいと思う／

賛成意見と否定的意見のほかに「細かく集計されていてとても驚いた」，「データ分析の幅広さ，利便性に驚いた」など様々な驚きの意見や感想が得られ，さらに分析が必要である．

6. おわりに

本研究では，ＬＭＳに蓄積された教材クリックストリーム対して前処理を行い，時系列クロスセクション分析を適用することで時系列の同期率を求め，授業中の教材閲覧の同期についてグラフと表で可視化した．また同期率は学習者別の時系列クロスセクション分析に基づいていることから，同期した学習者や，遅れて教材を開く学習者，あるいは教材を開かない学習者について観察することができる．

オンライン教材を活用した授業において，教師が教材閲覧の指示をしている場合は，同期率が高いほど授業に集中している傾向があると予想される．また同期率が低いときは，学習者に教材を開くように要求したり，授業の進度を遅らせるなどの具体策を取ることも可能になる．これらの効果により，教師と学習者の双方にとって，教育効果を高めることができると期待される．本稿の例では教材閲覧の同期率は学習者の一部の行動を把握できるが，他の要因との関連性を調べるにはさらなる分析が必要である．しかし授業中にリアルタイムで同期率を観察できることから，授業の進行速度を学生に合わせて調節し，遅れている学生に助言することは可能であると考える．

謝辞

本研究は JSPS 科研費 18K11588 および 21K12183 の助成を受けたものです．

参考文献

[1] Arnold, K. E., & Pistilli, M. D.. Course signals at Purdue: Using learning analytics to increase student success. In Proceedings of the 2nd international conference on learning analytics and knowledge, 2012, p. 267-270.

[2] Baker, R., Xu, D., Park, J., Yu, R., Li, Q., Cung, B., & Smyth, P.. The benefits and caveats of using clickstream data to understand student self-regulatory behaviors: opening the black box of learning processes. International Journal of Educational Technology in Higher Education, 2020, vol.17, no.1, p. 1-24.

[3] Bradley, V. M.. Learning Management System (LMS) use with online instruction. International Journal of Technology in Education (IJTE), 2021, vol.4, no.1, p. 68-92. https://doi.org/10.46328/ijte.36

[4] Bidwell, J., & Fuchs, H.. Classroom analytics: Measuring student engagement with automated gaze tracking. Behav Res Methods, 2011, vol.49, no.113. p. 1-17.

[5] Blikstein, P., & Worsley, M.. Multimodal learning analytics and education data mining: Using computational technologies to measure complex learning tasks. Journal of Learning Analytics, 2016, vol.3, no.2, p. 220-238.

[6] Bodily, R., Kay, J., Aleven, V., Jivet, I., Davis, D., Xhakaj, F., & Verbert, K.. Open learner models and learning analytics dashboards: a systematic review. In Proceedings of the 8th international conference on learning analytics and knowledge, 2018, pp. 41-50.

[7] Dougiamas, M., & Taylor, P.. Moodle: Using learning communities to create an open-source course management system. In EdMedia+ Innovate Learning, 2003, p. 171-178. Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).

[8] Huang, X.P., Yu, C.K., & Yang, S.J.H.. Exploring the Correlation between Students' Attention and Learning Performance. In Proceedings of the 29th International Conference on Computers in Education. Asia-Pacific Society for Computers in Education, 2021, p. 515- 520.

[9] Nguyen, Q., Rienties, B., & Whitelock, D.. Informing learning design in online education using learning analytics of student engagement. Open World Learning: Research, innovation and the challenges of high-quality education, 2022, p. 189-207.

[10] Rodrigo, M. M. T. Exploring the Correlation between Students' Attention and Learning Performance. In Proceedings of the 29th International Conference on Computers in Education. Asia-Pacific Society for Computers in Education, 2021, p. 515- 520.

[11] Romero, C., & Ventura, S.. Educational data mining and learning analytics: An updated survey. Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery, 2020, vol.10, no.3, e1355, p. 1-21.

[12] Shimada, A., Konomi, S. I., & Ogata, H.. Real-time learning analytics system for improvement of on-site lectures. Interactive Technology and Smart Education, 2018, vol.15, no.4, p. 315-331.

[13] Steinmayr, R., Weidinger, A. F., Schwinger, M., & Spinath, B.. The importance of students' motivation for their academic achievement–replicating and extending previous findings. Frontiers in psychology, 2019, vol.10, 1730, p. 1-11.

[14] Viberg, O., Hatakka, M., Bälter, O., & Mavroudi, A.. The current landscape of learning analytics in higher education. Computers in Human Behavior, 2018, vol.89, p. 98-110.

[15] Verbert, K., Duval, E., Klerkx, J., Govaerts, S., & Santos, J. L.. Learning analytics dashboard applications. American Behavioral Scientist, 2013, vol.57, no.10, p. 1500-1509.

[16] Vieira, C., Parsons, P., & Byrd, V.. Visual learning analytics of educational data: A systematic literature review and research agenda. Computers & Education, 2018, vol.122, p. 119-135. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.03.018

ⓒ2022 Information Processing Society of Japan