

オンライン電子教材の学習ログに基づく リアルタイム学習改善のためのダッシュボード開発

大渡 拓朗^{†1,a)} 島田 敬士^{†1,b)} 峰松 翼^{†1,c)} 谷口 倫一郎^{†1,d)}

概要：現在進行形で行われている講義をリアルタイムに分析し、即座に現場にフィードバックすることで即応的な改善を図るリアルタイムな学習分析はラーニング・アナリティクス (LA) における重要なアプローチのひとつである。発表者の研究は、オンライン電子教材のログを活用した、学生の学習状況のリアルタイム分析とこれらの情報をフィードバックするためのシステム開発である。本発表では現在開発に取り組んでいるダッシュボードの紹介とフィードバック情報の信頼性・システムの実現性について述べる。ダッシュボードではオンライン学習教材 BookRoll を利用する学生の学習活動把握を手助けするための情報が、ヒートマップやグラフなどのいくつかの直観的な形式で提示される。リアルタイムシステムでは、処理速度を重視するため情報の信頼性が低下する懸念があるため、提示される情報の信頼性やシステムの実現性について基礎的な分析を行った。

キーワード：電子教材, 学習ログ, リアルタイム分析, ダッシュボード

1. はじめに

近年、学習と学習環境の理解と改善を目的として、学習者や教育者または学習環境そのものからデータを収集・分析し現場に適切なフィードバックを与えることで教育改善を図る学習分析に注目が集まっている [1]。

学習分析の多くはログの収集とフィードバックを1週間や1ヶ月、1年など講義・コース単位で実施するため、改善が得られるまでに時間を要する。そのため、学習ログ収集に貢献した学生や教員が直接的な恩恵を得られないなどの問題が発生する。また高校や大学などの講義を想定した場合、同じ教材で同じ教育者が講義を行ったとしても、様々な環境要因によって学習者の学習活動には違いが生じる。講義が実施される時刻や場所、各学生のコンディションなどが複合的に影響を与えるためであり、要因を事前に把握し講義内容を変更することは困難である。これらの問題に対応するため、事前に把握することが難しい講義中の学習者の学習状況をリアルタイムに分析することで即時把握しその場で教員・学生にフィードバックするという取り組みが提案されている。リアルタイム分析による実施中の講

義の改善を実現するためには、教員へ正確な情報を即座にフィードバックする仕組みが必要となる。効果的なフィードバックを与えるための要約処理において、数秒や数分単位の要約間隔内の学習ログが用いられ、学習者が閲覧しているページや学習者が注目している単語などの情報が集約される。この要約間隔を適切に設定しなければ、処理時間増加によるフィードバックの応答性の低下や精度の低い要約の提供という問題が生じる可能性がある。しかし、これまでのリアルタイム分析システム [2][3] では、短い間隔で繰り返し実行される要約処理が学習状況把握の正確さに与える影響や大量のデータ処理に必要なインターバルについての検証はなされていない。

本研究では、大学講義のような対面型講義における学習状況の把握に焦点を当てた学習ログ分析とフィードバックを提供するシステムにおけるダッシュボードの提案とフィードバック情報の信頼性・システムの実現性について述べる。ダッシュボードでは電子教材配信システム BookRoll を利用する学生の学習活動把握を支援する情報が、ヒートマップやグラフなどの直観的な形式で提示される。信頼性の検証ではログから得られる情報の正確さと要約処理により失われる情報について評価した。システム実現性の検証では収集されたクリックストリームデータに対して必要な処理時間を比較した。実験結果からシステムが十分な信頼性と実現性を保持することを示す。

^{†1} 現在, 九州大学
Presently with Kyushu University

a) oowatari@limu.ait.kyushu-u.ac.jp

b) atsushi@ait.kyushu-u.ac.jp

c) minematsu@limu.ait.kyushu-u.ac.jp

d) rin@kyudai.jp

表 1 BookRoll 操作ログ

Operation	操作
OPEN	教材を開く
CLOSE	教材を閉じる
NEXT	次のページへ移動
RREV	前のページへ移動
PAGE JUMP	指定したページへ移動
ADD MARKER	ページにマーカーを引く
ADD BOOKMARK	ページをブックマークする
ADD MEMO	ページにメモを添付する
GETIT	「理解できた」と評価する
NOTGETIT	「理解できていない」と評価する



図 1 BookRoll インタフェース

User_id	Contents_id	Event_time	Operation_name	Page_no	Marker_pos
AAA	〇〇〇	2018/4/10 12:50:30	OPEN	1	
AAA	〇〇〇	2018/4/10 12:51:04	NEXT	1	
BBB	〇〇〇	2018/4/10 12:52:31	PREV	2	
CCC	▽▽▽	2018/4/10 12:52:46	ADD MARKER	5	10,258,675,157 ,960,700

図 2 BookRoll ログ

2. 電子教材配信システム BookRoll

電子教材配信システム BookRoll では、教員・学生は PC・スマートフォンから教材の閲覧やメモ・マーカー等の学習支援機能を利用できる (図 1)。ユーザの操作ログはデータベースサーバに逐次記録される。記録対象となる主要な操作を表 1 に示す。

ログはユーザ ID・教材 ID・タイムスタンプ・操作内容・教材ページ番号等の情報を含む。ログの例を図 2 に示す。データベースサーバには BookRoll 利用ログの他に講義コース・教材画像・文字情報が保持される。

3. ダッシュボード

3.1 システム構成

BookRoll・ダッシュボードを含めたシステム全体像を図 3 に示す。学生・教員は講義管理システム Moodle[4] から BookRoll による教材の閲覧やダッシュボードによる学習状況の把握を行う。ダッシュボードサーバでは BookRoll ログ・教材テキスト情報を基に分析処理が 1 分毎に実行さ

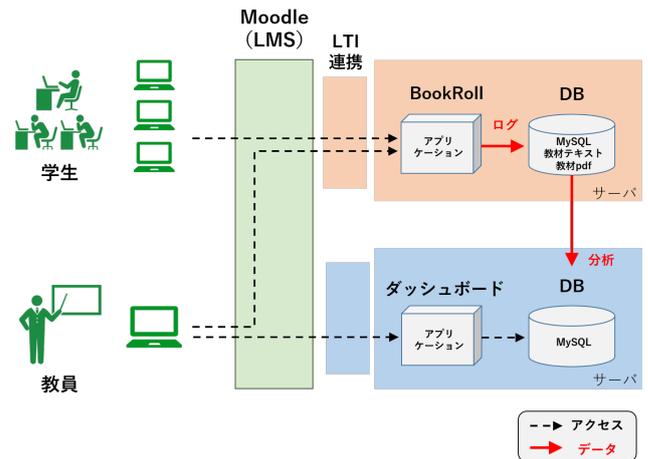


図 3 教員・学生のアクセスとデータの流れ

れ、結果はダッシュボード用データベースに蓄積される。分析の例として、学生がいつ・どのページを閲覧していたかをログのタイムスタンプ差分とページ番号から算出できる。要約のため各学生について、1 分間で最も閲覧時間の長いページがその時刻の閲覧ページとして記録される。その他にもマーカー・メモからの単語抽出、集計・データ整形が 1 分という要約間隔で実行される。ダッシュボードアプリケーションはデータベースから分析後のデータを読み出し後述するインタフェースに出力する。BookRoll やダッシュボードは Moodle と LTI 連携することで学生・教員をアプリケーション間で一意に特定できる。

3.2 ダッシュボード

ダッシュボードのインタフェースを図 4 に示す。インタフェースには教員が BookRoll で開いているページを基準として 5 つの情報がリアルタイムに表示される。

1 つ目の情報は教材閲覧に関する要約情報である (図 4 ①)。BookRoll で教材を開いている学生数とコース登録者数、最も多くの学生が閲覧している教材ページ番号と教員が閲覧しているページ番号が表示される。

2 つ目の情報は教材閲覧状況の推移で、ヒートマップで表現される (図 4 ②)。横軸が時刻、縦軸が教材ページに対応し、ヒートマップの色が各時刻・ページの閲覧学生数を示す。教員が説明しているページがヒートマップの中心となり、必要に応じて特定の時刻・ページの具体的な閲覧人数・教材画像を確認できる。

3 つ目の情報は教員の説明ページを基準とした学生の教材閲覧状況の割合と学生の理解度評価である (図 4 ③)。閲覧している学生を教員が閲覧しているページと同じページ・前のページ・後のページを開いている学生の 3 グループに分類し、円グラフで表示する。また BookRoll には教材の各ページに対し学生が「理解できた」「理解できていない」の評価を投稿できる。ダッシュボードにはそれぞれの評価を投稿した学生の数が円グラフで表示される。



図 4 ダッシュボードインタフェース

4 つ目の情報は各教材ページのマーカ利用である (図 4 ④)。教材画像に対して学生全体のマーカが重畳表示される。ヒートマップと同様にマーカの数に比例した色で表現される。デフォルトでは教員が説明しているページが表示されるが、教員は任意のページのマーカ利用を確認できる。

5 つ目の情報は学生が注目する単語である。(図 4 ⑤)。ここで表示される単語は BookRollDB の教材テキスト情報に形態素解析を適用し抽出された固有名詞である。学生が教材に添付したメモとマーカが引かれたテキストからも同様に固有名詞が抽出され、テキストの各固有名詞の出現回数が記録される。出現回数が多い固有名詞は注目度の高い単語である解釈される。

4. 実験

4.1 実験概要

本節では実際に BookRoll で収集されたログから閲覧状況追跡の妥当性とリアルタイム処理の実現性を検証するため閲覧状況追跡の妥当性を次の 2 つの観点から評価した。1 つ目は各学生の教材閲覧を正しく追跡出来ているかという点である。すでに述べたように学生の閲覧ページは操作ログのタイムスタンプ差分とページ番号から算出される。しかし操作ログが正しく収集されていない場合、閲覧ページを正しく算出することは出来ない。BookRoll システムの不備、インターネット回線を始めとする PC 利用環境などの要因からログの欠落・記録順序の誤りが発生することは実際のシステムでは珍しくない。直前のログの操作・ページ番号を参照することで、ログの欠落・記録順序の誤りを検出できる。図 5 の error_1 は記録順序の誤りを、error_2 はログの欠落があったことを示唆している。実際に講義中に収集されたログからログ収集の不備を検出し、教材閲覧の追跡が保証されない時間を調べた。

2 つ目は要約間隔の妥当性である。現在は要約間隔を 1 分で実装し、各学生について最も長く閲覧していたページをその要約間隔における閲覧ページとする。しかし、要約過程で無視される閲覧情報も存在する。要約によって切り

Event_time	Operation	Page_no	
13:50:11	OPEN	1	
13:50:14	NEXT	1	
13:50:22	NEXT	2	
13:50:24	NEXT	4	
13:50:24	NEXT	3	error_1
13:52:04	ADD MEMO	5	
13:52:10	NEXT	5	
13:56:46	NEXT	6	
13:58:34	NEXT	8	error_2
14:02:01	ADD MEMO	8	
14:04:20	CLOSE	8	

図 5 ログ収集の不備を示唆するログ

表 2 要約の過程で切り捨てられた閲覧情報 [sec/min]

要約間隔 [sec]	ave.	std.
10	2.79	1.71
20	4.27	2.20
30	5.54	2.63
60	8.65	3.74
120	13.28	5.25
300	21.48	7.75

捨てられる閲覧時間について調べた。

リアルタイム処理の実現性について、実際にリアルタイムに収集され続ける操作ログを要約間隔の時間内で処理できるかを評価した。ここでの処理とは操作ログが収集されてからダッシュボードに表示させるための情報を生成するまでの一連の処理を指す。

4.2 実験結果

実験は 2 つの講義コースで収集された操作ログについて実施し、各コース約 160 名の計 329 名の学生が講義に参加した。1 つの講義コースでは 90 分の講義が 8 回実施され、約 703,000 の操作ログが記録された。

検出されたログ収集の不備から得られた学生の閲覧追跡の妥当性については図 6 に示す。青のグラフは各講義で学生 1 人に対して閲覧追跡が正しいとは保証されなかった時間の平均を示す。最も悪い場合で平均 142 秒であり、これは講義時間の 2.6 % に当たる。赤のグラフは 1 分当たりに閲覧追跡が正しいとは保証されなかった学生の平均人数を示す。最も悪い場合で平均 6 人の学生の閲覧追跡が正しいとは保証されず、これは講義に参加していた学生の 3.6 % である。全体として約 98 % の学生の閲覧状況を正確に追跡できていた。

閲覧状況の要約間隔の妥当性については表 2 で示す。表 2 は閲覧情報の要約間隔を変化させたとき 1 分当たりに学生 1 人が平均で何秒の閲覧情報が切り捨てられたかを表す。要約間隔が短くなるにつれ、切り捨てられる閲覧情報の時間も短くなっている。要約間隔が 300 秒の場合は 1 分当たり約 20 秒、要約間隔が 10 秒の場合は 1 分当たり 3 秒の閲覧が切り捨てられた。

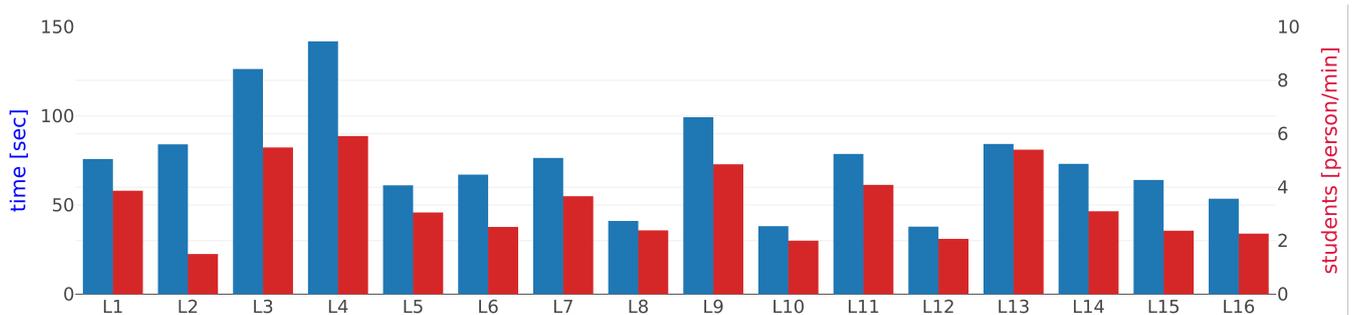


図 6 講義中に閲覧追跡が正しいと保証されなかった時間・人数(L1~L16 は各講義を示す)

表 3 リアルタイム分析の処理時間 [sec/要約間隔]

要約間隔 [sec]	ave.	std.	max
10	1.10	0.28	2.94
20	1.24	0.36	2.88
30	1.36	0.42	3.15
60	1.61	0.51	3.26
120	1.86	0.60	4.00
300	2.21	0.78	5.24

リアルタイム処理に要した時間を表 3 に示す。実験は 256GB メモリ 3.2GHzCPU 搭載 XeonREG E5-2667 上で実施された。今回の実験の対象となった 160 人前後の講義では、いずれの処理間隔であっても処理時間は 2 秒程度に収まっている。

本節では実際の運用環境で収集された操作ログを用いて閲覧追跡機能の妥当性とシステムのリアルタイム性について検証した。実験の結果、実際の利用環境におけるログの収集不備による影響は小さく、ほとんどの学生について閲覧状況を正確に追跡できていた。また、要約間隔が短いほど無視される閲覧情報は小さくなり、処理時間に関しては本実験の条件では十分に小さかった。しかし、処理時間は学生数と収集されるログの数に比例して増加すると予想される。同時に複数の講義などが実施される場合には要約情報の信頼性と処理時間の観点から適切な要約間隔を定めることで、講義改善につながるリアルタイムフィードバックが実現できると考えられる。

5. まとめ

本論文では筆者が開発を進めている学習ログをリアルタイム分析することで教員へ全体の学習状況についてリアルタイムにフィードバックするシステムの提案とシステムの一部機能の妥当性及び実現性を検証した。リアルタイム分析により教員に対し一定以上の正確性を有した情報を提示することが実現可能であることが確認された。

今後はシステム全体の開発を続け、教員や学生に利用してもらうことでシステムの有効性を評価する。また具体的な開発方針として、ダッシュボードの利便性を高めるとともに教員と学生のそれぞれに合わせた機能の実装を考えて

いる。これは教員と学生では学習改善に必要な情報や提示方法が異なるためである。また、現在のダッシュボードでは教員が講義を執り行いながらダッシュボードで状況を監視し改善を判断・実行することが要求される。これは非常に負担の大きい作業となり現実的ではない。BookRoll ログのようなクリックストリームデータへの統計的手法による学習活動の変化検出は既に試みられており [5][6]、今後はこれらの手法を応用することで改善が必要なタイミングをシステムで自動検出し、教員へ提示することを考えている。

謝辞 本研究は、JST AIP 加速課題 JPMJCR19U1, 科研費基盤研究 (A) JP18H04125 の支援を受けた。

参考文献

- [1] Rebecca Ferguson. Learning analytics: drivers, developments and challenges. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, Vol. 4, No. 5/6, pp. 304–317, 2012.
- [2] Atsushi Shimada and Shin'ichi Konomi. A lecture supporting system based on real-time learning analytics. In *14th INTERNATIONAL CONFERENCE on COGNITION AND EXPLORATORY LEARNING IN THE DIGITAL AGE (CELDA 2017)*, pp. 197–204, 10 2017.
- [3] Atsushi Shimada, Shin'ichi Konomi, Hiroaki Ogata. Real-time learning analytics system for improvement of on-site lectures. *Interactive Technology and Smart Education*, Vol. 15, No. 4, pp. 314–331, 2018.
- [4] Martin Dougiamas and Peter Taylor. Moodle: Using learning communities to create an open source course management system. In *EdMedia: World Conference on Educational Media and Technology*, pp. 171–178. Association for the Advancement of Computing in Education (AACE), 2003.
- [5] Jihyun Park, Kameryn Denaro, Fernando Rodriguez, Padhraic Smyth, and Mark Warschauer. Detecting changes in student behavior from clickstream data. In *Proceedings of the Seventh International Learning Analytics & Knowledge Conference*, pp. 21–30. ACM, 2017.
- [6] Atsushi Shimada, Yuta Taniguchi, Fumiya Okubo, Shin'ichi Konomi, and Hiroaki Ogata. Online change detection for monitoring individual student behavior via clickstream data on e-book system. In *Proceedings of the 8th International Conference on Learning Analytics and Knowledge*, pp. 446–450. ACM, 2018.