

## 電子教科書システム DITeL の利用履歴データ活用に向けた学修分析

### Learning Analytics towards the Usage of Learning log from DITeL Digital Textbook System

殷 成久 (神戸大学 情報基盤センター 准教授)

熊本 悦子 (神戸大学 情報基盤センター 教授)

#### 要旨

現在教育分野では、さまざまな教育支援システムから学修ログを収集・解析し、教育改善等に役立てるラーニングアナリティクスの研究が進められている。例えば、OER (Open Educational Resources) や MOOCs (Massive Open Online Courses) などのオンラインシステムの学修ログを用いて、ラーニングアナリティクスを行い、その結果を学修支援や教育改善に生かすことができるということが確認された。しかし、これまでの研究はオンライン授業でデータを収集し分析するものが多く、実際の対面の授業において、学修行動ログを自動収集して、それらの行動連鎖について分析し、分析結果を教材改善に生かすと言った研究はほとんど存在しない。これに対し、本研究では、学修行動ログを自動収集可能な電子教材閲覧システムを開発し、実際の授業に導入した。システムに残された学修行動ログを用いて系列分析を行い、学修行為間の行動系列を分析し、その分析結果は教材や電子教材閲覧システムの改善に利用可能であることが示された。

#### 1. はじめに

現在では、ICT の急速な発展により、多様で膨大なデジタルデータがネットワーク上で生成・流通・蓄積されている。様々な分野において、大規模データの収集・蓄積・分析などが研究対象とされており、教育分野でもラーニングアナリティクスの研究が進められている。

教育分野においては、e-learningシステムの発展によりウェブベース教育システムとして、学校などの教育現場において主に用いられるBlackboard, Moodleが開発された。更に近年では、OER (Open Educational Resources) やMOOCs (Massive Open Online Courses) などのようにウェブを通じて一般公開する形で、学校に限らない広範囲での学修環境を提供する技術が普及し始めている。これらの教育システムは、学修プラットフォームを提供するだけでなく、学生が閲覧したページ、メモ、テスト成績、演習やレポート課題、学生間の交流活動などについて、多様かつ大量の学修ログが蓄積されつつあり (Mostow and Some, 2004)、教育分野におけるラーニングアナリティクスが注目されている (Eisenberg and Fischer, 2014; Siemens & Dillenbourg, 2013)。

ラーニングアナリティクスに関する研究は国内外において活発に行なわれている。海外においては以下のような研究が行なわれている。1) 学生の出席情報などを解析し学生の学修状況の一覧を表示、解析結果よりドロップアウトしそうな学生の LMS の Dashboard へ黄色信号や赤色信号を点灯することによる警告(Arnold and Pistilli, 2012)。2) 学生の出席や宿題の完成度などの情報に基づき、学生の期末成績の予想(Barber and Sharkey,2012)。3)学習目標、教材の閲覧状況などに基づき、教材の難易度の評価(Graf et al.,2011)。

また日本国内でも、さまざまなラーニングアナリティクスに関する研究がある。九州大学では電子教材閲覧システムを授業内に導入し、収集した学修ログを研究分析するプロジェクトがあり、そこで以下のようなさまざまな研究が行われている(緒方ら, 2016)。1) 画像処理技術を用いて、教員が授業中に教科書として使用した e-book の各ページから、重要なページを特定する方法の提案 (Shimada, Okubo, Yin, Kojima, Yamada, & Ogata, 2015)。2) 学修ログと自己調整学修の関係について研究分析。「認知的学修方略に関わるマーカー利用やメモは意味のあるログである」との知見を得た (Yamada, Yin, Shimada, Kojima, Okubo, & Ogata, 2015)。3) 成績に関係ある学修行為に対するクラスタリングに基づいた学生グループの特徴分析(Yin et al., 2015)。4) クイズの得点によって教材ページの内容を評価し、教員にフィードバックすることによる教材の改善を支援するシステム開発(Yin et al., 2016)。

本稿では、ラーニングアナリティクスの事例として、電子教材閲覧システム「DITeL(Digital Textbook for Improving Teaching and Learning)」の学修ログの収集と分析について紹介する。

## 2. ラーニングアナリティクスにおけるデータ収集

データ分析には、データ収集が不可欠なステップとして含まれる (Yin et al.,2013)。以下に、これまでの研究におけるデータの収集手法を3種類に分類して紹介する。

- a) アンケート、事前にデザインしたアンケートを利用して、学修者に回答してもらうことでデータを収集する。データ分析における利用事例として、例えば、親と教師間の交流のために、スマートフォンのメッセージ機能を利用して教員と親の行為に対する調査についてのアンケートを実施している研究がある(Ho, Hung & Chen ,2013)。
- b) 手動収集、「手動収集」では、学修者が提供された学修システムを通じて自ら意図的に学修ログを残すことで、データが収集される。例えば、緒方らの研究において、学修者は提供された SCROLL システムを通じて、新たに勉強した知識について自分が撮った写真などを共有している(Ogata et al., 2011)。
- c) 自動収集、「自動収集」では、学修者がシステムを使っている間に、システムが自動的にデータを収集する。例えば、教育用のロールプレイングゲームを学生に提供し、そのゲームを利用した動作履歴の分析を行う研究がある(Hou, 2012)。

「アンケート」と「手動収集」では、収集されたデータに、データ収集対象者の主観が影響する。これに対して、「自動収集」では、行為が発生するたびに、データが自動的に残されるために、データ収集対象者の主観はデータに影響せず、客観的なデータが収集される。古くから「アンケート」を利用した分析は実施されているが、本稿では、近年、ICTの発展により充実してきたデータの「自動収集」手法を用いている。

### 3. 方法

本研究では、学生の閲覧ログを収集することが可能な電子教材システム DITeL を開発し、実際の授業にこのシステムを導入し、学生の一連の閲覧学修行動連鎖から規則的で定型的な連鎖パターンの分析を行った(Yin et al.,2017)。

#### 3.1 システム概要

教材閲覧ログを収集するため、我々は EPUB 形式に基づく Web ベースの電子教材システム DITeL を開発した。図 1 は DITeL の教材表示の一例である。教員が自分のクラスの学生を DITeL システムに登録すると学生は教員が登録した教材を閲覧できる。学修者は電子教材のページ操作や、コンテンツに対するアンダーラインやマーカーの入力、メモの記入などの操作が可能であり、それらの操作すべてについて、ユーザごとにログが記録される。

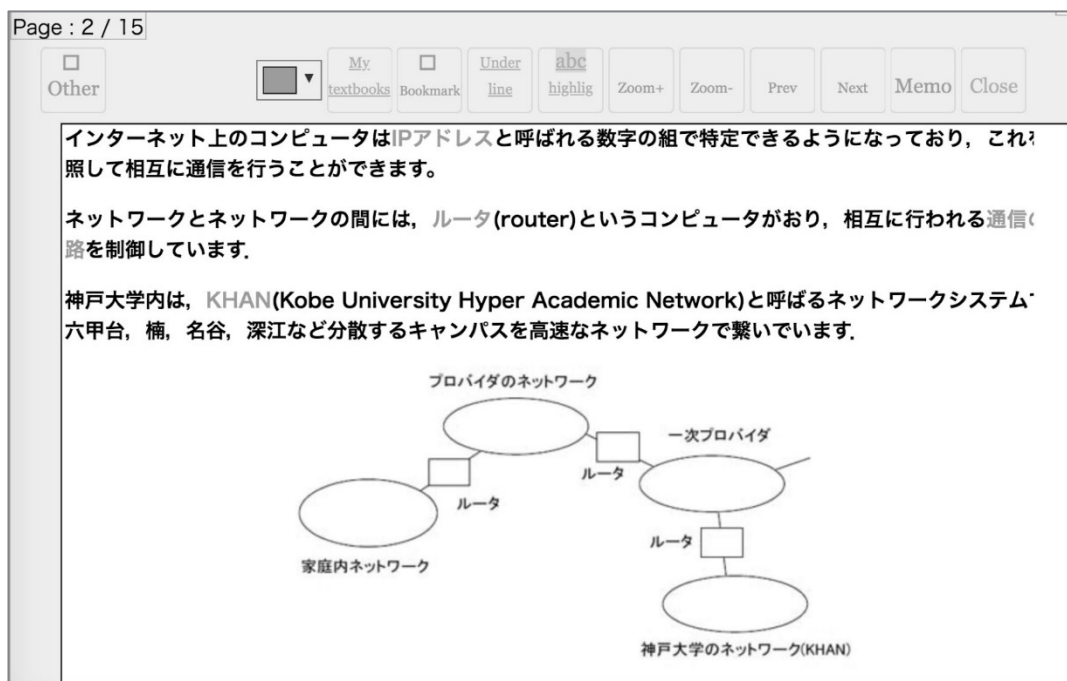


図 1 電子教材システム

#### 3.2 学修ログの例

DITeLを利用することで「戻る/進む」、「メモ」、「ズーム」、「マーカー」などの関

覧ログを収集し、DBに蓄積することができる。本稿では、一件の学修ログに含まれる、利用者番号、操作、コンテンツ番号、ページ、操作時刻、デバイスという情報を分析対象とした。表1は学修ログの一例である (表1)。

表1 学修ログの例

User ID	Action name	Learning material	Page No	Action time	Device
Student1	Next	Law Course	16	2017/5/22 8:40:55	PC
Student1	Prev	Law Course	15	2017/5/22 8:42:15	Mobile
Student2	Underline	Law Course	15	2017/5/22 8:42:16	Tablet
Student3	Memo	Law Course	15	2017/5/22 8:42:18	PC

### 3.3 分析

本研究では、収集した学修ログを用いて系列分析(Sequential Analysis: Bakeman and Gottman, 1997)を行った。「系列分析は、行動連鎖において、ある特定の行動系列が生じる確率の推測統計の一種である(小野、河野、荒川、2000)」。系列分析では、一連の行動が生じる確率をZスコアとして定義している。

系列分析を行うためには、学修行動を記録し、行動分類(Coding scheme)を行うことが必要である。今までのいくつかの研究(Hou, 2012; Hou, Chang, Sung, 2010)において、系列分析の手法を使って学修パターン分析を行っているが、これらの研究では、観察などで学修行動を記録し、手動で行動分類を行っているため、観察者の主観的な要素が入っている。本研究においてはシステムに記録されたログを自動的に分類することができるため、客観的な行動分類ができる。

## 4. 分析結果と考察

### 4.1 ログ収集

学生の閲覧パターンを分析するため、このDITeLシステムを博士前期課程の授業に導入した。履歴の収集にあたり、授業の最初に同意書を収集した。授業ではジャーナル論文1篇をDITeLに登録し、1回の授業(1.5時間)で学生に読ませた。参加者は情報系の博士前期課程1年の学生である。この授業の受講者は21人であるが、欠席者や同意書未提出者を除いた17人のログデータを使って分析した。レコード数は1,370件であった。

### 4.2 分析結果と考察

システムに残された閲覧ログを用いて系列分析を行い、学修行為間の行動系列を分析し

た。今回は二つの行動に関する連鎖について分析した。図2はその分析結果を図示したものである。線が引かれている箇所は全て統計的に有意であることを示す。矢印に書かれた数字はZスコアである。Zスコアは1.96以上であれば、有意である。矢印は行動遷移の方向を示す。

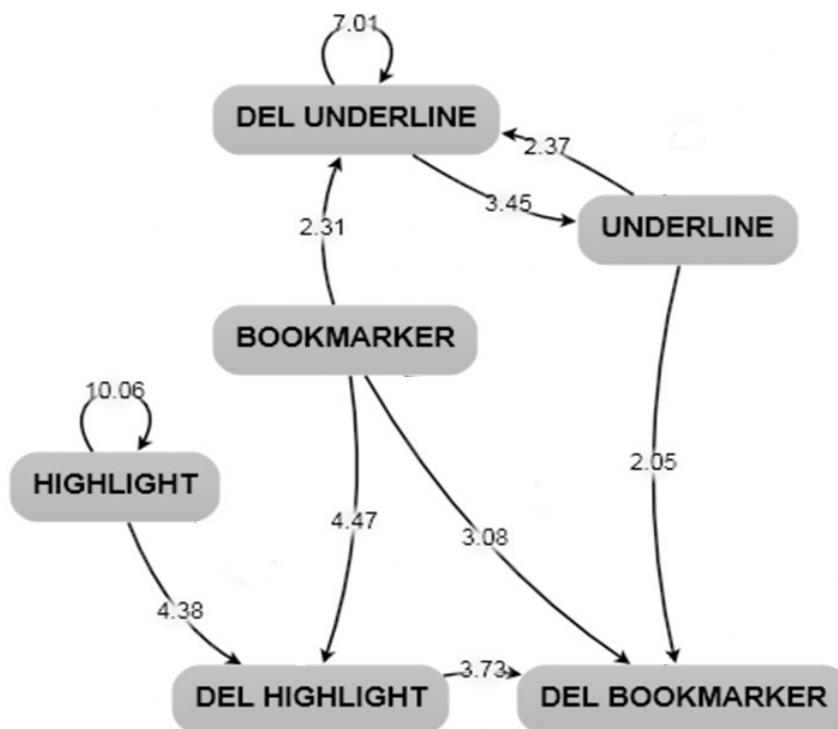


図2 学修行為の行動系列図

表2 有意であった行動系列

No.	行動系列
1.	HL→Delete HL と HL→HL と Delete UL→UL
2.	BM→Delete BM
3.	BM→Delete UL
4.	BM→Delete HL
5.	Delete HL→Delete BM
6.	Delete UL→Delete UL

※HL(HightLight); BM(BookMark); UL(UnderLine)

系列分析で分析した結果を表2に示す。分析で得られた行動パターンの原因を調査するため、授業を受けた学生にLMS BEEFの機能を用いて、アンケートを行った。表2にある行動系列について、以下のような質問を行い、その理由について答えてもらった。「ハイライトを付けた後で、ハイライトを削除するパターンが観察されました。もし自分がこのような行動を取っていれば、その理由を教えてください。」

行動系列の分析及び学生へのアンケートの結果より、以下のようなことが分かった。

- a) HL や UL、BM の追加・削除を繰り返す行動系列がよく見られた(表 2: No. 1, No.2)。アンケートによると、マークした重要なキーワードや重要なページの場所をよく変更していたことが分かった。したがって、教材を作成する際には重要な場所やページを予めマークしておくことが望ましいということが分かった。
- b) BM を追加した後で HL と UL を削除する行動系列がよく見られた(表 2: No. 3, No.4)。アンケートによると、学生が好むのは BM 機能で、HL/UL 機能は少し使いにくいようだ。これによってシステムの改善すべき点分かった。
- c) BM や UL、HL を削除する行動系列がよく見られた(表 2: No. 5, No.6)。アンケートによると「その部分に疑問がある時に一時的に使用していた。理解した後で削除した」ということが分かった。したがって、教材を作成する際には関連のある内容に予めリンクを貼っておけば効率よく学修できることが期待できる。

電子教材閲覧システムで学修行動ログを自動的に収集し、データベースに保存された顕在的な情報（マーカーなどのアノテーションやシステムに対する操作情報）を利用したラーニングアナリティクスに関する研究が多く存在している。例えば、マーカーやメモなどの顕在的な情報と認知的学修方略の関係を調べた研究がある（Yamada, Yin, Shimada, Kojima, Okubo, & Ogata, 2015）。また、成績や読んだ教材ページ数などの顕在的な情報を利用したクラスタリング分析がある（Yin et al., 2015）。しかし、行動連鎖などの潜在的な情報を利用した研究分析はほとんど存在しない。

これに対し、本研究では、システムに残された学修行動ログを用いて、行動系列分析を行い、学修行為間の行動系列という潜在的な情報を分析し、その分析結果は教材や電子教材閲覧システムの改善に利用可能であることが示された。

学修は顕在的な情報だけではなく、潜在的な情報にも影響されている。本研究は系列分析を使って、潜在的な情報を抽出することができ、このことから、その潜在的な情報は学修効果にも影響するということを示した。

## 5. おわりに

教育データを収集し、学修過程の解明、教材改善を支援する研究分析が盛んである。本研究では、電子教材閲覧システム DITeL による学修ログデータに関する研究分析事例を紹介した。その分析結果は教材やシステムの改善に生かすことができると期待される。

## 謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 16H03078 の助成を受けて進めている研究の成果である。ここに感謝の意を表す。

## 参考文献

- 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, 2016.04
- 小野浩一, 河野友香, 荒川美樹. (2000) 「系列分析による行動連鎖パターンの記述とその予測」『駒澤大学心理学論集』 (KARP), No. 2, pp. 131-137.
- Arnold, K.E. and Pistilli, M.D. (2012) “Course signals at Purdue: using learning analytics to increase student success,” In *Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge*, New York, NY, USA, ACM, pp. 267–270.
- Bakeman, R. (1997). *Observing interaction: an introduction to sequential analysis (2<sup>nd</sup> Ed.)*. Cambridge; New York: Cambridge University Press.
- Barber, R. and Sharkey, M. (2012) “Course correction: using analytics to predict course success,” *Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge*, New York, NY, USA, ACM, pp. 259–262.
- Eisenberg, M. and Fischer, G. (2014) “MOOCs: a perspective from the learning sciences,” *Department of Computer Science and Institute of Cognitive Science*, Boulder USA, pp.190-197.
- Graf, S., Ives, C., Rahman, N., Ferri, A. (2011) “AAT – A Tool for accessing and analysing students’ behaviour data in learning systems,” *Proceedings of the 1st International Conference on Learning Analytics and Knowledge*, Banff, AB, Canada, pp. 174-179.
- Ho, L-H., Hung, C-L., Chen, H-C. (2013) “Using theoretical models to examine the acceptance behavior of mobile phone messaging to enhance parent–teacher interactions,” *Computers & Education*, 61, pp.105–114.
- Hou, H-T. (2012). “Exploring the behavioral patterns of learners in an educational massively multiple online role-playing game (MMORPG),” *Computers & Education*, vol. 58, pp.1225–1233.
- Hou, H. T., Chang, K. E., & Sung, Y. T. (2010) “Applying lag sequential analysis to detect visual behavioral patterns of online learning activities.” *British Journal of Educational Technology*, 41, 2, pp.25-27.
- Mostow, J. (2004) “Some useful design tactics for mining its data,” *Proceedings of the ITS2004 Workshop on Analyzing Student Tutor Interaction Logs to Improve Educational Outcomes*, Maceio, Brazil, pp. 20–28.
- Ogata, H., Li, M., Bin, H., Uosaki, N., El-Bishoutly, M., & Yano, Y. (2011). “SCROLL: Supporting to share and reuse ubiquitous learning logs in the context of language learning,” *Research and Practice on Technology Enhanced Learning*, vol. 6, no. 3, pp.69-82.

- Shimada, A., Okubo, F., Yin, C., Kojima, K., Yamada, M., & Ogata, H. (2015). "Informal learning behavior analysis using action logs and slide features in e-textbooks," *Proceedings of the IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, pp.116-117.
- Siemens, G. and Dillenbourg, P. (2013). "Where are the learning sciences in the MOOC debate?" *Proceedings of the International Conference on the Learning Sciences*, Boulder USA, pp.15-17
- Yamada, M., Yin, C., Shimada, A., Kojima, K., Okubo, F., & Ogata, H. (2015). "Preliminary research on self-regulated learning and learning logs in a ubiquitous learning environment," *Proceedings of IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, pp.93-95.
- Yin, C., Uosaki, N., Chu, H-C., Hwang, G-J., Hwang J-J, Hatono, I., Kumamoto, E. and Tabata, Y. (2017). "Learning behavioral pattern analysis based on students' logs in reading digital books," *Proceedings of the 25th International Conference on Computers in Education*, Christchurch, New Zealand, pp.549-557, Dec.4-Dec.8, 2017.
- Yin, C., Sung, Y. Hwang, G-J., Hirokawa, S., Chu, H-C., Flanagan, B., Tabata, Y. (2013). "Learning by searching: a learning approach that provides searching and analysis facilities to support research trend surveys," *Journal of Educational Technology & Society*, vol.16, no.3, pp. 286-300.

#### 執筆分担

殷成久は、本研究の総括、電子教材システム DITeL の開発、授業の実施、データ分析および論文執筆を担当した。

熊本悦子は、データ分析および論文執筆を担当した。