

タブレット PC 上の電子教科書における Learning Analytics 向け データ項目

田村恭久^{†1}

今後普及が予想される電子教科書における Learning Analytics 向けデータ項目とその活用方法について議論する。タブレット PC 上で閲覧・操作する電子教科書では、従来の LMS 上での学習より多量・多種の学習者データが取得可能である。学習者が書き込んだノートやハイライト、辞書や参考書の参照、Web リソースの参照、クイズ回答や協調学習の発言書き込みに至る調査・思考のプロセス、また将来は学習者の生理データも取得できる可能性がある。これらのデータを教育ビッグデータとして扱うことで、現在の Learning Analytics がどのように変容するかを議論したい。

Learning Analytics Data Items on Tablet PC-based Digital Textbooks

Yasuhisa TAMURA^{†1}

This paper proposes a set of data items to be collected in digital textbooks working on tablet PCs. Rather than conventional LMS-based learning activities, tablet PC-based learning has advantage to collect more detailed learners' data. Also, digital textbooks are capable of collecting learning-related data. In this paper, two ongoing activities are introduced to specify data items to be collected in tablet PC-based ePub digital textbooks.

1. はじめに

ラーニング・アナリティクス (Learning Analytics) は、学習科学における主要な研究分野の一つとなっている。2000 年頃から LMS (Learning Management System) が普及し、様々な学習活動データを LMS サーバで収集・分析することが可能となった。このデータは、授業参加・教材の閲覧・クイズへの回答といった、講義に関連するものだけでなく、学習者グループへの参加、グループ内の発話、中間生成物や最終成果の編集といった、協調学習やアクティブラーニングに関連するものも含む。

ラーニング・アナリティクスに関する一般的な知識は Wikipedia¹⁾に記されている。また、Norris²⁾は従来のラーニング・アナリティクスに関する概要をまとめている。Shum³⁾は、ラーニング・アナリティクス活動の 5 類型として、(1)LMS や VLE の分析ダッシュボード、(2)予測分析、(3)適応型ラーニング・アナリティクス、(4)ソーシャルネットワーク分析、(5)談話分析、を挙げている。ラーニング・アナリティクスに関する最新の状況を知るためには、Google Groups⁴⁾のディスカッショングループが適している。また、ラーニング・アナリティクスに関する研究も展開されており、International Conferences on Learning Analytics and Knowledge が 2011 年⁵⁾、2012 年⁶⁾、2013 年⁷⁾、2014 年⁸⁾に開催されている。このなかで、Shum⁹⁾は Social Learning Analytics の目的分類と今後の可能性を示している。

一方、本稿で着目する電子教科書に関しては、世界各国が導入に向けて現在準備を進めている。韓国では、KERIS¹⁰⁾が 2008 年に導入実験を開始し、2015 年末までに全国の学

校に電子教科書を配信するロードマップを発表している。アジアでは中国、台湾、シンガポール、フィリピンなどの国々も導入準備を進めている。またアメリカでは複数の州が電子教科書の導入実験を開始しており、イギリス、フランス、ポルトガルなども導入準備を進めている。日本では文部科学省が「教育の情報化ビジョン」¹¹⁾を 2011 年に発表し、2020 年までに電子教科書の導入するロードマップを示している。また、文部科学省「学びのイノベーション事業」¹²⁾と総務省では「フューチャースクール推進事業」¹³⁾では、全国 20 の小・中・特別支援学校で ICT 環境や PC を整備し、電子教科書の導入実験を行っている。

電子教科書を導入するに当たり、そのファイル形式や機能を定める必要がある。このため、様々な標準化団体が活動を行っている。IEEE では Actionable Data Book プロジェクト¹⁴⁾が 2011 年から、CEN では eTernity プロジェクト¹⁵⁾が 2012 年から、IMS では ICE プロジェクト¹⁶⁾が 2013 年から、各々電子教科書の仕様を議論している。ISO/IEC JTC1/SC36¹⁷⁾は 2012 年秋から WG6 にて e-Textbook Project を開始し、イギリス、フランス、中国、韓国、日本の 5 名が情報収集やアンケート調査を進めている。これらと並び、IDPF が 2013 年秋に EDUPUB プロジェクト¹⁸⁾を立ち上げ、ePub3 仕様を拡張して電子教科書の各種機能を実現するよう議論している。ここでは定期的に国際会議を開催するほか、毎週電話会議を開催して議論を進めており、著者の知る限り、最も早期に詳細な仕様を発表するプロジェクトと考えられる。日本では文部科学省が 2013 年から「デジタル教材等の標準化に関する企画開発委員会」を開催しており、ePub3 を基本仕様としてこれを拡張している。著者は上記の SC36、EDUPUB、文部科学省の 3 プロジェクトに参加し

^{†1} 上智大学
Sophia University

ており、また電子教科書に要求される機能を73項目に整理したものを発表している¹⁹⁾。また、EDUPUBプロジェクトにおいてラーニング・アナリティクスのデータ項目を仕様化する議論があり、著者がそれをまとめている。

タブレット PC 上で閲覧・操作する電子教科書では、従来の LMS での学習と比較して格段に粒度の細かい学習行動情報が得られる可能性がある。本稿では、ラーニング・アナリティクスの先行研究で扱われているデータ項目を整理するとともに、これらを包含し拡張する形で、電子教科書において取得すべきデータ項目を列挙し、またその活用方法を検討する。

2. 先行研究におけるデータ項目と目的

ラーニング・アナリティクスを目的とした研究報告は多数ある。これらのうち、原文を取得し、またそのデータ項目と分析目的が明記されているものを表1と表2にまとめた。先行研究調査を進めるなかで、以下の事柄が明らかになった。

- 教示型学習や個別学習を対象とした研究と、協調学習やアクティブラーニングを対象にした研究に大きく分類でき、その数はほぼ同数である。教示型学習や個別学習を対象としたものを表1、協調学習やアクティブラーニングを対象にしたものを表2に示す。
- 教示型学習や個別学習を対象とした研究では、学習達成度や成績の分析や予測を目的にしたものが多い。特に MOOCs による学習では、初期の「教材を試しに見る」人数と「科目を修了する」人数に大きなギャップがあり、修了割合をラーニング・アナリティクスを用いて予測する研究が2本ある。
- 協調学習を対象とした研究では、学習者間の関係性を可視化したグラフを描画する研究が多く見受けられた。これは従来の協調学習研究でも多く行われてきたものであり、その延長と考えられる。なおかつ、「関係性を視覚化して得られるもの」、すなわち分析の目的が明らかでない研究が多い。

表1と表2のデータ項目は、その学習支援環境として LMS のような Web ベースのシステムを想定している事が多い。LMS では、学習者が使用する PC からアクセス要求があると、それに反応するとともに、アクセスの記録（ログ）を残す。これがラーニング・アナリティクスの重要なデータとなる。

これに比べ、次節に紹介する電子教科書は、学習支援環境自体が大きく異なるため、取得できるデータ項目が格段に多くなる。次にこれについて考察する。

3. 電子教科書で取得するデータ項目

3.1 技術的背景

先述した通り、現在各国で電子教科書を導入するための実験や調査が行われている。この実験や調査とほぼ同じタイミングで普及してきたのがタブレット PC である。タブレット PC は従来のデスクトップ PC やノート PC と比較して軽く、容量も小さい。このため、小学校低学年でも持ち運ぶことが容易である。また、iPad, Android, Windows といったタブレット PC 向け OS は、従来マウスを用いて操作するインタフェースを画面に触れる形式に変更している。このため、マウス操作を主体とした GUI (Graphical User Interface) より操作が容易になり、OS やアプリケーションの操作方法を学ぶ手間が従来より省ける。さらに、タブレット PC は多くのセンサーを備えている。例えば、加速度センサー、方位センサー、GPS センサー、光センサー、画面タッチセンサー、カメラ、マイクなどがある（センサーの種類はタブレット PC によって異なる）。この様々なセンサーの存在が、ラーニング・アナリティクス向けに取得できるデータ項目を飛躍的に多くしている。例として：

- 教科書のページをめくる動作
- 教科書に下線やハイライトを書き込む動作
- ノートを記入する動作
- 参考書や辞書を参照する動作
- PC の位置情報
- PC を動かした際の加速度情報
- PC の周囲の音声情報
- PC のカメラの画像情報

などの情報が、技術的には取得可能である。しかし、これら粒度の細かい情報の全てがラーニング・アナリティクスに必要なのか否かは、今後議論する必要がある。また、過度に詳細な情報は学習者のプライバシーを侵害する危険性があり、その種類によっては情報の取得自体を規制・自粛する必要がある可能性もある。

3.2 取得するデータ項目の提案

前節の背景を踏まえ、現在 EDUPUB プロジェクト¹⁸⁾ではラーニング・アナリティクス向けのデータ項目を議論している。

まず、取得するデータ項目の全体像として、図1のフレームワークを想定している。すなわち、学習者の動作を表現する項目として「誰が」「いつ」「どこで」「何を」「どうする」という5種類の情報が必要であると考えている。

次に、この5種類のうち「何を」「どうする」の2種類については、表3にあるような組合せが想定される。

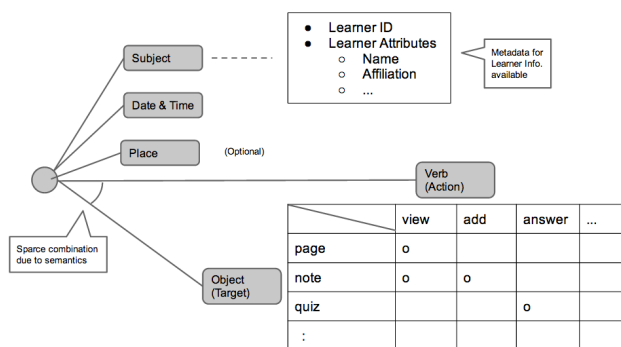


図1 データ項目のフレームワーク

Figure 1 Data item framework

表3 データ項目「何を」「どうする」の組合せ

Table 3 Combination of verb and object in data items

Category	Verb (action) / Object (target)	attend/quit	flip/view	add	modify	delete	answer	send	receive
classroom / individual	class	o							
	page of e-textbook or reference		o						
	highlight / underline			o	o	o			
	note (annotation)		o	o	o	o			
	reference / dictionary		o						
	link		o	o	o	o			
	quiz		o				o		
	assignment		o					o	o
	feedback		o				o		
	message							o	o
	hint / advise								o
	collaborative learning	group	o						
text message			o					o	o
audio message			o					o	o
video message			o					o	o
shared whiteboard			o	o	o	o			
shared file		o	o	o			o	o	

この表3の項目は、当初著者が独自に想定して作成し、その後表1や表2で扱っているデータ項目を踏まえて追加修正したものである。ただし、表1や表2にあり、かつ表3にはないデータ項目もある。まず、Barber²¹⁾や Tempelaar³⁴⁾が扱っている過去の科目成績や学習達成度がある。Barber²¹⁾は人種や性別、世帯収入などの個人情報も扱っている。また、Raca³¹⁾が扱っている学習者の挙動のビデオデータや Schneider⁴⁴⁾が扱っている学習者の視線 (Eye-tracking) データがある。

過去の学習達成度については、リアルタイムに取得するデータではなく、eポートフォリオや成績アーカイブから取得すべき項目であるため、表3には含めていない。人種や性別については、上記の理由に加えて、個人情報の取扱がデリケートであることから、表3から除外してある。学習者の挙動データも、ある種の個人情報であることと、データ容量が膨大になることから、現時点でのシステム構成では取扱いが困難と考えられ、やはり表3から除外してある。

4. おわりに

ラーニング・アナリティクス研究の文献を整理し、そこで扱っているデータ項目を参考にしながら、タブレット PC

上で稼働する電子教科書で取得可能なデータ項目を提案した。前節で議論しているように、現時点では取扱いが技術的・社会的に難しいものもある。今後、身体装着型のデバイス (Wearable device) が普及すると、学習者の血圧や脈拍数、発汗などの生理データも取得可能となる。このため、EDUPUB で議論されて、将来的に標準仕様となる取得データ項目については、今後さらなる議論が必要となる。なお、表1と表2に示した先行研究以外にも、参照すべき文献や実システムは多数あると思われる。今後これらを調査し、データ項目の更なる拡充に務めることも今後必要である。

また、表3のデータ項目を用いて何を分析・予測するかといった議論が今後必要となる。特に電子教科書を用いた場合には非常に粒度の細かいデータが取得できるが、同時にその利用目的が十分に説明できないのが現状である。逆に、これら粒度の細かいデータを用いることにより、従来研究では分析できなかった学習者の挙動や性質が、定量的に明らかになる可能性もある。こういった仮説設定と検証のプロセスは、今後の研究の進展を待ちたい。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 26282059 の助成を受けている。

参考文献

- 1) Wikipedia, Learning Analytics, http://en.wikipedia.org/wiki/Learning_analytics
- 2) Norris, D.M., 7 things you should know about first-generation learning analytics, EDUCAUSE Learning Initiative, <https://net.educause.edu/ir/library/pdf/ELI7079.pdf>
- 3) Shum, S.B., Learning Analytics: Policy Brief, UNESCO Institute for Information Technologies in Education, 2012, <http://iite.unesco.org/pics/publications/en/files/3214711.pdf>
- 4) Google groups on learning analytics, <https://groups.google.com/forum/#!forum/learninganalytics>
- 5) 1st International Conference on Learning Analytics and Knowledge 2011, <https://tekri.athabasca.ca/analytics/>
- 6) 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge 2012, <http://lak12.sites.olt.ubc.ca/>
- 7) 3rd International Conference on Learning Analytics and Knowledge 2013, <http://lakconference2013.wordpress.com/>
- 8) 4th International Conference on Learning Analytics and Knowledge, <http://lak14indy.wordpress.com/>
- 9) Shum, B. S., & Ferguson, R., Social Learning Analytics, Educational Technology & Society, Vol.15, No.3, pp.3-26, 2012.
- 10) KERIS, <http://english.keris.or.kr/>
- 11) 文部科学省, 「教育の情報化ビジョン」の公表について, http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/23/04/1305484.htm
- 12) 文部科学省, 学びのイノベーション事業実証研究報告書の公表について, http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/26/04/1346534.htm
- 13) 総務省, フューチャースクール推進事業, http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/kyouiku_joho-ka/future_school.html
- 14) IEEE Actionable Data Book Project, http://standards.ieee.org/about/sasb/iccom/IC12-006-02_IEEE_Actionable_Data_Book_for_STEM_Education.pdf
- 15) CEN eTernity Project, <http://www.eterernityproject.eu/>

- 16) IMS ICE Project,
<http://www.imsglobal.org/icecallforParticipation.html>
- 17) ISO/IEC JTC1/SC36, <http://www.sc36.org:8080/>
- 18) IDPF EDUPUB Project, <http://idpf.org/edupub-2013>
- 19) Nakajima, T., Shinohara, S. and Tamura, Y., Typical functions of e-Textbook, implementation, and compatibility verification with use of ePub3 materials, Proc. 17th Int'l Conf. Knowledge based and Intelligent Information and Engineering Systems (KES) 2013.
- 20) Arnold, K.E. and Pistilli, M.D., Course Signals at Purdue: Using Learning Analytics to Increase Student Success, Proc. 2nd Int'l Conf. Learning Analytics and Knowledge, pp.267-270, 2012.
- 21) Barber, R. and Sharkey, M., Course Correction: Using Analytics to Predict Course Success, Proc. 2nd Int'l Conf. Learning Analytics and Knowledge, pp.259-262, 2012.
- 22) Clow, D., MOOCs and the Funnel of Participation, Proc. 3rd Int'l Conf. Learning Analytics and Knowledge, pp.185-189, 2013.
- 23) Graf, S., Ives, C. et al., AAT – A Tool for Accessing and Analysing Students' Behaviour Data in Learning Systems, Proc. 1st Int'l Conf. Learning Analytics and Knowledge, pp.174-179, 2011.
- 24) Holman, C., Aguilar, S. et al., GradeCraft: What Can We Learn From a Game-Inspired Learning Management System?, Proc. 3rd Int'l Conf. Learning Analytics and Knowledge, pp.260-264, 2013.
- 25) Kizilcec, R. F., Piech, C. et al., Deconstructing Disengagement: Analyzing Learner Subpopulations in Massive Open Online Courses, Proc. 3rd Int'l Conf. Learning Analytics and Knowledge, pp.170-179, 2013.
- 26) Lonn, S., Krumm, A. E. et al., Bridging the Gap from Knowledge to Action: Putting Analytics in the Hands of Academic Advisors, Proc. 2nd Int'l Conf. Learning Analytics and Knowledge, pp.184-187, 2012.
- 27) Martin, T., Aghababian, A. et al., Nanogenetic Learning Analytics: Illuminating Student Learning Pathways in an Online Fraction Game, Proc. 3rd Int'l Conf. Learning Analytics and Knowledge, pp.165-169, 2013.
- 28) Monroy, C., Rangel, V. S. et al., STEMscopes: Contextualizing Learning Analytics in a K-12 Science Curriculum, Proc. 3rd Int'l Conf. Learning Analytics and Knowledge, pp. 210-219, 2013.
- 29) Niemann, K., Schmitz, H. C. et al., Clustering by Usage: Higher Order Co-occurrences of Learning Objects, Proc. 2nd Int'l Conf. Learning Analytics and Knowledge, pp.238-247, 2012.
- 30) Pardos, Z. A., Baker, R. S. et al., Affective states and state tests: Investigating how affect throughout the school year predicts end of year learning outcomes, Proc. 3rd Int'l Conf. Learning Analytics and Knowledge, pp.117-124, 2013.
- 31) Raca, M., and Dillenbourg, P., System for Assessing Classroom Attention, Proc. 3rd Int'l Conf. Learning Analytics and Knowledge, pp.265-269, 2013.
- 32) Santos, J. L., Govaerts, S. et al., Goal-oriented visualizations of activity tracking: a case study with engineering students, Proc. 2nd Int'l Conf. Learning Analytics and Knowledge, pp.143-152, 2012.
- 33) Sao Pedro, M. A., Baker, R. S. et al., What Different Kinds of Stratification Can Reveal about the Generalizability of Data-Mined Skill Assessment Models, Proc. 3rd Int'l Conf. Learning Analytics and Knowledge, pp.190-194, 2013.
- 34) Tempelaar, D. T., Heck, A. et al., Formative Assessment and Learning Analytics, Proc. 3rd Int'l Conf. Learning Analytics and Knowledge, pp.205-209, 2013.
- 35) Verbert, K. and Duval, E., Dataset-driven Research for Improving Recommender Systems for Learning, Proc. 1st Int'l Conf. Learning Analytics and Knowledge, pp.44-53, 2011.
- 36) Wolff, A., Zdrahal, Z., Improving retention: predicting at-risk students by analysing clicking behaviour in a virtual learning environment, Proc. 3rd Int'l Conf. Learning Analytics and Knowledge, pp.145-149, 2013.
- 37) Ahn, J., What Can We Learn from Facebook Activity? Using Social Learning Analytics to Observe New Media Literacy Skills, Proc. 3rd Int'l Conf. Learning Analytics and Knowledge, pp.135-144, 2013.
- 38) Cambridge, D. and Perez-Lopez, K., First Steps Towards a Social Learning Analytics for Online Communities of Practice for Educators, Proc. 2nd Int'l Conf. Learning Analytics and Knowledge, pp.69-72, 2012.
- 39) Camilleri, V., de Freitas, S. et al., A case study inside Virtual Worlds: use of analytics for immersive spaces, Proc. 3rd Int'l Conf. Learning Analytics and Knowledge, pp.230-234, 2013.
- 40) Cobo, G., García-Solórzano, D. et al., Using agglomerative hierarchical clustering to model learner participation profiles in online discussion forums, Proc. 2nd Int'l Conf. Learning Analytics and Knowledge, pp.248-251, 2012.
- 41) Ferguson, R. and Shum, B., Learning Analytics To Identify Exploratory Dialogue within Synchronous Text Chat, Proc. 1st Int'l Conf. Learning Analytics and Knowledge, pp.99-103, 2011.
- 42) Koulocheri, E., and Xenos, M., Considering Formal Assessment in Learning Analytics within a PLE: The HOU2LEARN Case, Proc. 3rd Int'l Conf. Learning Analytics and Knowledge, pp.28-32, 2013.
- 43) De Liddo, A., Shum, B. et al., Discourse-Centric Learning Analytics, Proc. 1st Int'l Conf. Learning Analytics and Knowledge, pp.23-33, 2011.
- 44) Schneider, B., Abu-El-Hajja, S. et al., Toward Collaboration Sensing: Applying Network Analysis Techniques to Collaborative Eye-tracking Data, Proc. 3rd Int'l Conf. Learning Analytics and Knowledge, pp.107-111, 2013.
- 45) Schreurs, B., Teplovs, C. e al., Visualizing Social Learning Ties by Type and Topic: Rationale and Concept Demonstrator, Proc. 3rd Int'l Conf. Learning Analytics and Knowledge, pp.33-37, 2013.
- 46) Shum, S.B. and Crick, R.D., Learning Dispositions and Transferable Competencies: Pedagogy, Modelling and Learning Analytics, Proc. 2nd Int'l Conf. Learning Analytics and Knowledge, pp.92-101, 2012.
- 47) Siadaty, M., Gašević, D. et al., Learn-B: A Social Analytics-enabled Tool for Self-regulated Workplace Learning, Proc. 2nd Int'l Conf. Learning Analytics and Knowledge, pp.115-119, 2012.
- 48) Suthers, D. and Rosen, D., A Unified Framework for Multi-Level Analysis of Distributed Learning, Proc. 1st Int'l Conf. Learning Analytics and Knowledge, pp.64-74, 2011.
- 49) Tempelaar, D. T., Heck, A. et al., Formative Assessment and Learning Analytics, Proc. 3rd Int'l Conf. Learning Analytics and Knowledge, pp.205-209, 2013.

表1 ラーニング・アナリティクス研究の取得データ項目と分析目的 (教室型学習・個別学習)

Table 1 Data items and Objectives of Learning Analytics Researches (classroom and individual learning)

文献	取得データ項目	分析目的	備考
Arnold ²⁰⁾	Posting of a traffic signal indicator on a student's LMS home page, E-mail messages or reminders, Text messages, Referral to academic advisor or academic resource center, Face to face meetings with the instructor	左記項目と学習成果との因果関係	
Barber ²¹⁾	Prior credits earned, Discussion post count/week, Late assignments, Orientation participation, Count of messages to instructor, Inactive time since last course	単位習得の予測	
Clow ²²⁾	Visit, Registration, and contribution ratio of MOOCs	MOOCsの落伍率の分析	
Graf ²³⁾	Templates, patterns, learning object, database connections of materials	教材の難易度の判定	
Holman ²⁴⁾	Grade, Class standing, and badges of quizzes	成績の自己予測	
Kizilcec ²⁵⁾	Visiting, Enrollment, and assessment numbers in MOOCs courses	MOOCsの単位習得に至る受講者推移	
Lonn ²⁶⁾	Grade information every few weeks	メンターの助言の必要性	
Martin ²⁷⁾	Answers of each sub-quiz	学習プロセスの可視化	
Monroy ²⁸⁾	Teacher's usage of teaching unit parts (overview, essentials, engage, explore, explain, evaluate, intervention, acceleration)	単元パーツの使用頻度のヒートマップ	STEMscopeを使用
Niemann ²⁹⁾	Learning object usage in a web portal	Learning object間の類似性	
Pardos ³⁰⁾	Quizzes and scaffolding help	Scaffolding helpの有無と学習達成度の相関	
Raca ³¹⁾	Video captured actions of learners	学習者の授業中の挙動	
Santos ³²⁾	Date and time range of learners	自分の学習状況の可視化	
Sao Pedro ³³⁾	Quiz answers	問題解答スキルの転移	
Tempelaar ³⁴⁾	Achievements in various learning areas	必要なスキルの分析 (Self-belief, learning focus, planning, management, persistence)	
Verbert ³⁵⁾	Dataset and functions of recommender system	文献推薦システム (Recommender system)の比較	
Wolff ³⁶⁾	Precision and recall of learning units	TMA (Tutor-marked assessment)とVLE (Virtual learning environment)の達成度比較	

表2 ラーニング・アナリティクス研究の取得データ項目と分析目的 (協調学習・アクティブラーニング)
 Table 2 Data items and Objectives of Learning Analytics Researches (collaborative and active learning)

文献	取得データ項目	分析目的	備考
Ahn ³⁷⁾	Emails received, Emails sent, Friends, Friend Lists, Links, Member pages, Networks, Notes, Photos, Status messages, Videos, Wall posts	メディアリテラシー (Negotiation, Networking, Judgment, Play, Multitasking, Appropriation, Transmedia navigation) の因子分析	
Cambridge ³⁸⁾	Discussion post, blog, their narratives,	グループを活性化させる 談話スタイルの分析・予測	談話分析を用いる
Camilleri ³⁹⁾	Pleasures and numbers of utterances in virtual space	挙動性向の分析	AvayaLive を使用
Cobo ⁴⁰⁾	Reading and writing activities during online discussions	学習者のクラスタリング	
Ferguson ⁴¹⁾	Keywords in text chat	Chat type (evaluation, explanation, reasoning, justification, perspective)	
Koulocheri ⁴²⁾	Bookmarks, blog posts, topics and files uploaded, bookmarks, comments on bookmarks/blog posts/topics/files in group	関係性の可視化	
De Liddo ⁴³⁾	Response type of utterances (respond, about, example, solution, support)	学習者間の関係分析	
Schneider ⁴⁴⁾	Eye-tracking data	協調学習スキルの推定	
Schreurs ⁴⁵⁾	Person, type of tie, topic	学習者間ネットワークの可視化	
Shum ⁴⁶⁾	Quiz achievement and various activities	個別学習の達成度とメタスキルの相関	
Siadaty ⁴⁷⁾	Vocabulary in shared Wiki and bookmark	企業内学習者の協調性	
Suthers ⁴⁸⁾	Chat, Discussion, File sharing	様々なレベルに可視化できる (Process, Domain, Event, Action, Mediation, Relationship, Tie)	
Tempelaar ⁴⁹⁾	Achievements in various learning areas	必要なスキルの分析 (Self-belief, learning focus, planning, management, persistence)	