

招待論文

MOOCと学習解析：教育革新のための情報基盤に向けて

山田 恒夫^{1,a)}

受付日 2015年9月4日, 採録日 2015年9月5日

概要：MOOC (Massive Open Online Course, 大規模公開オンラインコース) は, 北米では 2012 年, 日本では 2013 年社会的に大変注目されるに至った教育の新形態である. 現在も急速に形を変えつつありその評価も定まっていないが, さまざまな教育レベル, 特に高等教育や生涯学習に大きなインパクトを与えている. MOOC を特徴づける 4 つの基本的特徴は, その名称に含まれた, 1) 「大規模性 (Massiveness)」, 2) 「公開性 (Openness)」, 3) 「オンライン」, 4) 「コース (Course), すなわち教育そのものの提供」である. MOOC においては, 限られた教員とスタッフで多数の受講者に対応する必要から, 機械によるコース管理の自動化や教員支援が必要となる. 一方, 大規模なコースの管理を機械化しその学習ログを得ることで, ビックデータとして分析 (解析) し, その結果をコース管理や学習者支援に利用することができる. MOOC (特に xMOOC) の出現によって, 学習情報ビッグデータや学習解析の手法が体系化されつつ, 他の教育にも波及する可能性が見えてきた. 本稿では, MOOC をテストベッドに行われている, 学習情報ビッグデータを視野に入れた学習解析の試みについて, その根拠となる学習理論, 計測 (メトリクス) や解析 (アナリティクス) の手法およびその国際標準化について概観し, 現在における課題を整理する.

キーワード：学習解析, MOOC, 公開教育資源, 国際標準化, イーラーニング

MOOC and Learning Analytics: Toward Information Infrastructure for Educational Innovation

TSUNEO YAMADA^{1,a)}

Received: September 4, 2015, Accepted: September 5, 2015

Abstract: MOOC (Massive Open Online Course) is an innovative educational form, which were socially recognized in 2012 in North America and in 2013 in Japan. It is still evolving and giving deep impacts to various levels of schools, especially to higher education and lifelong learning, and the evaluation has not been fixed yet. The basic characteristics of MOOC are 1) Massiveness, 2) Openness, 3) On-line and 4) Course (that is, the free provision of the education), which are shown in the name. Automatic course management and teacher supports by machine are indispensable because the massive registrants are supported by the very limited number of the teaching staffs. Collecting learning log in a large-scale course management system, MOOC providers can analyze the big data and utilize them for course managements and learner supports. With the advent of MOOCs (especially, xMOOCs), it is expected to systemize the metrics and analytics of educational big data and to spread them to the other educational fields. In the paper, the current issues on the reference theories on learning, the methodologies and strategies of learning metrics and analytics and the trends of the international standardization are discussed, which have been examined at a variety of MOOC platforms as test beds.

Keywords: learning analytics, MOOC, OER, international standards, eLearning

1. はじめに

北米では 2012 年, 日本では 2013 年, MOOC (Massive Open Online Course, 大規模公開オンラインコース) が

¹ 放送大学
The Open University of Japan, Chiba 261-8586, Japan
^{a)} tsyamada@ouj.ac.jp

社会現象となり、新たな教育の可能性が期待された [1]。MOOC 現象は、コンピュータあるいは情報通信技術 (ICT) の進化とともに連綿と続けられてきた、コンピュータの教育利用、教育の情報化の 1 つの成果ともいえるが、教育界にとどまらず広く社会の関心事となったのは、それだけの条件が整ったからともいえるだろう。MOOC は教育、特に高等教育の矛盾が認識されたところに、要素技術の成熟が重なり、その決定的な解決策を提示するものと考えられたのである。

高等教育の成熟と生涯学習の進展から、継続教育の必要性が増す一方で、そのコストの増大を国、産業界、そして学生あるいは世帯が負担できなくなっていること、一方でオンライン教育やブレンディッドアプローチなど ICT 活用教育の効果が遠隔教育や対面授業で実証され、正規教育まで応用してよいところまできていることなどがあつた。

こうした中で出現したのが MOOC であつた。MOOC は時代の要請に単に応えたばかりでなく、質を落とさず大規模に (大規模性, Massiveness), そして少数のスタッフでも持続可能な形式で、しかも公開性 (Openness) に対応可能なビジネスモデルもあわせて提示したのであつた。デバイス (タブレットやスマートフォンなど) とネットワーク (ユビキタス・ネットワーキング), そして教育コンテンツ (特に Open Educational Resources, OER, 公開教育資源) が世界的に普及したところに、オープンソース・オープンスタンダードによるコミュニティ主導のアジャイル型のオブジェクト指向開発, 教育情報ビッグデータと学習解析による学習過程の可視化 (Visualization)・パーソナル化 (Personalization) と機械の支援による学習指導, 教育情報データベース間の連携と教育資源エコシステムのための新たな教育・学術基盤の連携という技術が新たな教育改革の可能性を期待させたのである。

現時点で early adopter として MOOC に関わる理由にはさまざまなものがあるだろう。著者の属する公開大学 (Open University) の場合、これまで公開大学が公開教育 (Open Education) の唯一持続可能なモデルと考えられてきたところに、MOOC が民間でも可能なモデルとして登場してきたわけであるから、それを見究める必要があつた。競争者として対峙すべきか、自らが MOOC プロバイダになるべきか検証するために、MOOC を開発供給し身をもって経験する意味があつた。また、広く大学など教育機関では、新たな広報、学生募集の手段として活用するほか、MOOC にはさまざまな技術革新が応用されることが予見され、オンライン/オフライン・ブレンディッド学習環境の、特に大規模なスケールでのテストベッドとしても考えられた。中小規模の大学では、学習管理システム (Learning Management System) を導入していないところも多いが、MOOC コンソーシアムはそうした大学に格好のパイロット運用の場を提供した。コンソーシアム会員にな

れば、MOOC プラットフォームを使用できたり、MOOC コンテンツ開発・コース運用のノウハウが提供されたりする機会が多い。JMOOC コンソーシアムのように、コース数を限って開発運用コストの補助をする団体もでてきた。

2015 年 9 月の時点で、北米を中心に MOOC は終わったという論調が強まる一方、それ以外の地域 (欧州, 日本, 韓国, 中国, インドネシア, タイ, マレーシア, アフリカ, UNESCO, ASEAN) では地域 MOOC の立ち上げがさかんで、まだ MOOC の評価を定めるには早すぎる段階である。そもそも MOOC をもたらした教育技術革新の波は教育全般に及んでおり、MOOC も、まだ現時点で名前が定まっていない、より大きな変動の一側面であるとの理解が妥当なように思われる (cf. パラダイム EX [2])。本稿では、教育における ICT 利活用が今後どう進展するか、執筆時点で最も顕在化したトピックといえる MOOC を例にとって論考する。

2. オープンエデュケーションの新たな潮流: MOOC

2.1 MOOC の定義

まず最初に、MOOC とは何か整理しておこう。MOOC とは Massive Open Online Course の略称で、「大規模公開オンラインコース」と訳されることが多い。類語に Open Educational Resources (OER, 公開教育資源) があり、MOOC は広義の OER の 1 つと考えられる。また、教育資源を共有公開するというアイデア自体は普遍的で、以前から存在していたと考えられるが、ムーブメント (社会的運動) としての OER は、コンテンツのデジタル化とオープンソースの哲学を受けて、ICT と教育の接点で生じたと考えられ、2002 年の米国マサチューセッツ工科大学 (MIT) のオープンコースウェア (Open CourseWare, OCW) をその嚆矢とする。一方、オープンエデュケーション (Open Education, 公開教育) はそれ以前から存在した教育理念であり、具体的な例として高等教育レベルでは公開大学 (Open University, 英国公開大学は 1969 年設立) があつた。公開大学は、多くの国の施策として設置され、いつでもどこでも (遠隔教育), そしてだれでも (入学試験・入学資格なし, 生涯学習), 質の高い高等教育, 継続教育を享受する機会を与えるものとして位置づけられている。国際的には UNESCO が推進し、日本では放送大学 (1983 年設置) が該当する。

2.2 MOOC の特徴: OER との対比

MOOC を特徴づける 4 つの基本的特徴は、その名称に含まれた、1) 「大規模性 (Massiveness)」, 2) 「公開性 (Openness)」, 3) 「オンライン」, 4) 「コース (Course), すなわち教育そのものの提供」であることの 4 点である。

「大規模性」については、登録者が数千から数万、そして

十数万に及ぶものがあるが、総じて脱落率は高く、数%から20%程度の修了率となることが多い。MOOCは、こうした多数の受講者に対し、ごく限られた教員、スタッフで指導・運営を行うのが特徴になっており、コース配信・指導の半自動化（機械による補助）、学習者コミュニティにおける相互援助活動が前提となっている。つまり、MOOCの成否は、多数の受講者のそれぞれの学習過程を的確に把握し指導に生かす学習解析・評価機能にかかるとともに、キラーコンテンツの提供や高額のコネンツ開発費は必ずしもMOOCの普遍的特徴とはいえなくなっている。

MOOCの「公開性」と、一般的にOERで想定される公開性にも若干の差異がある。OERの公開性にはさまざまな程度がある（例、Creative Commonsライセンス[3]）。OERではコンテンツの無償利用が前提で、その利用条件として「表示」（原作者のクレジット（氏名、作品タイトルなど）を表示）、「改変禁止」（変更や部分的使用をしない）、「非営利」（営利目的には使用しない）、「継承」（改変した場合には元の作品と同じ条件のCCライセンスで公開）およびその組合せが用意される。一方、MOOCでは個人のコース受講は無料であってもコンテンツの利用は必ずしもオープンでない場合が多い。機関によるコンテンツの利用には別途許諾が必要であるなど、コンテンツがOERではないMOOCというものが存在する。これはMOOCでは、OER運動における長年の経験から、事業の持続性の観点から公開性の適用が厳密でなくなっているためといわれる。ある一定の基準（参加を希望する学習者に対して無料のコースを提供すること）を満たせば、コース提供者がすべてのサービスを無償で提供することまで求めている。修了証の発行を一部有償化する場合（北米）、さらに学習を深める反転授業コースは有償とする場合（日本）、個人の情報を人材派遣業者に有償で提供する場合（北米）など、さまざまなビジネスモデルも報告されている。ただ、オープンエデュケーションの理念から、こうしたMOOCの在り方に違和感を持つ機関も少なくなく、「OER—MOOC（OER型MOOC）」を推進する（例、「Open MOOC」、Open Education Consortium）。コンテンツの再利用や改変を認めると、モジュールや素材の粒度での提供が便利であり、そうした単位でのメタデータの付与、素材コンテンツリポジトリの連携が必要となるが、こうした処理は結果としてPersonalization, Customizationの一助となる（cf. [4]）。

「オンライン」とは、オンライン（実質的にはインターネット）での利用が前提とされているということである。

MOOCでは、反転授業（Flipped Classroom）のように対面授業と組み合わせたり、教材を電子ブック形式のようなパッケージで配信しオフラインでも利用できたりする。しかしそうした場合でも、コンテンツ配信、試験（テスト）、学習指導、あるいは学習コミュニティ維持の一部または全部がオンラインで行われ、コースがオフラインのみで完結しないということが条件となる。MOOCの関わる学習活動は、学習管理システム（LMS）のイベントに限定されず、教育的な観点からは、対面授業や併用システム（例、一般のソーシャル・ネットワーキング・サービス）での学習活動をどう記録し連携させるかも課題となる。IMS Global Learning Consortiumの新しいe-Learning標準Caliper Analytics[5]は、学習ログやAPIの仕様を定め、学習ログをオフラインで保持したり、異なる学習ログストア（イベントストア、学習レコードストアともいう）であっても学習解析モジュールを共用可能にしたりすることを目的としている。

「コース（Course）、すなわち教育そのものの提供であること」も、オープンコースウェア（OCW）に代表されるOERと相違する点である。OCWはその名前にコースウェアを冠するように、本来は狭義の教材の提供をめざしたものであったが、現実には講義資料やシラバスの提供にとどまることも少なくなかった。一方、MOOCでは当初から、無償のコース、すなわち教育の提供を掲げる。その意味は、単なる教材の提供にとどまらず、しかるべき指導と評価を行い、基準に達したものに対して認定（修了証の交付）を行うということである。指導にあたっては、LMSで管理される学習活動（テキストやビデオ講義の視聴、テストの解答、フォーラムへの書き込み、資料のダウンロード、制作物の登録など）に加え、対面授業（反転授業）、その他のサービス（SNSなど）における学習活動を評価しながら、最適な指導を提供していくことになる。得られたデータはその後の指導に必要であり、登録者に紐づける形で少なくともコース修了時までは保持する必要がある。MOOCの場合、正規コースの学生に求めるようなパーソナルデータをどこまで登録してもらおうべきなのか、修了後、たとえばeポートフォリオシステムにどのような手続きを経て、どのようなデータを保持すべきなのか、一般的な合意に至っていない。

MOOCとは単に、大規模な公開オンラインコース、大規模に実現される公開LMSという意味にとどまらない。ITとデータ科学によって、公開性と教育の質を同時に、そして持続可能な形式で実現するソリューションといえる。

3. 学習情報ビッグデータと学習理論

MOOCにおいては、限られた教員とスタッフで多数の受講者に対応する必要から、機械によるコース管理の自動化や教員支援が不可欠となる。一方、大規模なコースの管

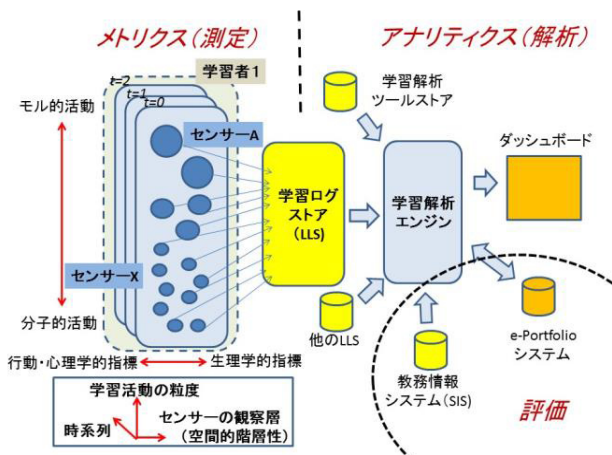


図 1 学習活動の測定—解析—評価の流れ

Fig. 1 Measurement, analysis and evaluation of learning activities.

理を機械化しその学習ログを得ることで、ビッグデータとして分析（解析）し、結果をコース管理や学習者支援に利用することができる。ここでは、学習過程の記述という観点から、どのような学習ログが保持されるべきか検討する。

3.1 測定—解析—評価

ある学習過程におけるデータ処理の流れを見てみよう（図 1）。まず「センサ」があるイベント（学習活動やその結果である事象を抽象化した概念）の客観的な属性ごとに、測定に応じた結果を出力する（「測定」）。ここでの「センサ」は比喩的な意味で用いられており、単位認定試験のように、コースにおける到達度（より大きなイベント）を測定する「センサ」もあれば、解答過程のマウスの軌跡（より小さなイベント）を測定する「センサ」もある。センサの精度や利用環境によっては、誤動作をしたりノイズが重畳されたりすることもあるのでその前処理が必要である（クレンジングあるいはクリーニング）。その際、学習研究における大理論（グランドセオリー）の教訓を思い起こす必要がある。この段階で特定の理論や仮説に基づきデータを収集してしまうと、別の観点で再分析することが困難になるという話である。厳密には、なんら前提条件や枠組みを持たずデータ収集をすることはできないのであるが、「十分」再利用可能な抽象度や粒度でイベントは記述される必要がある。2 番目に、個々のイベントは文脈のなかで生じているのであり、こうした文脈に関する情報もどこかに記録されなくてはならないということがある。文脈情報をイベントデータの測定と同時に記録できる場合もあれば、イベントの生起時間からあとから推測して再構成する場合もあるだろう。解析の精度は、センサ自体の精度に加えこうした文脈条件をどれだけ区別できるかにもよる。3 番目の点は、時系列性にくわえ、行動（学習者側のイベント）には空間的階層性があるということである。「r」—「l」の音声

表 1 MOOC における学習ログデータおよびその計測蓄積方法の特徴

Table 1 Characteristics of MOOC learning log data and their measurement and store.

MOOC の特徴	データの特徴
大規模性 (Massiveness)	ビッグデータ, スケーラビリティ
公開性 (Openness)	地球規模でのアクセス, 技術的・文化的文脈の多様性, パーソナルデータに関する法制度の多様性
オンライン (ただし, 反転授業も想定)	サーバの分散化, 結果としてログのサイロ化
コース (単なるコンテンツ配信でなく教育そのものの提供)	さまざまな学習活動 (教育的観点から定義) とその測定, オフラインの学習活動の場合はその計測・記録方法およびその統合化も必要

を聞きわけるドリルをコンピュータで学習している状況を考えよう。学習者がコンピュータの前にとどまり画面の練習問題をこなすという個体レベルの行動（操作的には、たとえば、単位時間あたりのキー操作で定義）、「r」—「l」の聞きわけができるようになるという知覚学習、すなわち心的機能レベルの行動（操作的には、聞きわけ問題の正答率で定義）は、同時的に発生しているイベントである。さらに、脳波や活動電位を測定するのであれば、それも同時に記録できる。すなわち、同時に複数の、測定対象の異なるセンサを稼働させることができる。こうしたセンサのデータを、複数の個体間でのインタラクションもあわせて時間軸上に保存することができれば、さらに学習ログの価値は高まる。学習解析では、測定者と分析者が分離（役割分担）することも予想され、分析者が測定条件を理解し、操作的妥当性と内容的妥当性を保持できる程度の文脈情報は記録されるべきである。

測定は、規模にかかわらず、学習過程の記述を行う際には必要となる作業である。ただ、従来は、こうしたデータを統合して分析するという視点や共有再利用するという視点が希薄であり、LMS、ビデオ配信サーバ、SNS などのサブシステムのログとして分散して蓄積されたり、ポートフォリオシステムや教務情報システム（学生情報システム、SIS）に抽象化して（丸められて）格納されたりした。これに対し、MOOC では、新たなデータ分析の在り方が求められる（表 1）。分散したデータを再利用する際には個人に紐づける必要がある一方、パーソナルデータやプライバシーの観点から匿名化・仮名化を図る必要もある。このため、分散しているログデータをいったん集約し、共有再利用のためにデータのクレンジングを行う必要がある。こうしたクレンジングされたデータは、ある標準にのっとっ

て整形され学習ログストア (Learning Log Store, LLS ; 学習イベントストアあるいは学習記録ストア, Learning Record Store, LRS ともいう) に格納される. こうした標準として, IMS Global Learning Consortium の Caliper Analytics [5], ADL 系の experience API [6] がある.

学習ログストア (LLS) は, さまざまなセンサからの多様なデータを蓄積, そうしたデータセットを組み合わせビッグデータとして何度も分析するという必要から生まれた機能であり, LLS データの質とその拡張性・相互運用性は学習解析の結果を左右するといつて過言でない. LLS の設計には, データのソースである学習内容や学習活動の専門知識, 学習ログを分析するデータ科学的手法の理解がともに必要である.

こうして集められたデータに対し, 場合によっては他の教育情報データベースも参照しながら, 学習解析が行われる. 今後はこうした学習解析の成果も, 成績評価や機関研究に反映されることになるかもしれない.

3.2 学習理論から見た位置づけ

心理学や行動科学において, 学習 (Learning) とは 1 世紀を超える歴史を持った研究分野で, さまざまな被験体 (人間ばかりでなく動物も, 最近では機械も含む) の学習に関して, 観察や実験が行われてきた. 学習理論にも流行があり, 昨今の MOOC やオンライン学習で言及されてきたのは, 行動主義, 認知主義, 社会的学習理論, 構成主義, 結合主義 (Connectivism) などであろう. 1 つの統一された理論ですべてを説明しようとする大理論 (グランドセオリ) への挑戦は 1970~80 年代にいったん放棄されて以降, 現在に至ってもその段階にないというのがおおかたの見方である.

翻って心理学研究法という方法論からみると, 学習や行動 (Behavior) の要因や機制 (メカニズム) を仮説検証する際, 自然的/実験的条件における行動を観察し記述するという方法 (心理テストや標準化テストも含む) と, 実験的統制による条件差から推測する方法がある. いずれも, 背景となる行動理論, 学習理論があつて, 実験計画や実験方法が設定されるのであり, 特に実験では, 背景となった理論がすたれてしまった場合, 蓄積されたデータは無駄になってしまうことが多い. 通常, 実験では, ある条件において仮説を検証するのに最も適した測度が用いられるのであり, そのデータを別の条件で再利用することは想定してこなかった. 以前のデータを再利用できないのは, 観察や行動の測度がまちまちであったり, さまざまな条件のちがひ (「文脈」) が記載されていなかったりするため, まとめて分析できないことによる. 学習に関して, 行動主義, 認知理論, 社会的構成主義など, 過去に大きな転換点はいくつかあったが, こうした転換点の前後ばかりでなく, そもそも多くの研究においてはデータの再利用など想定されて

こなかった. 学習理論において, 現象や機制的説明のための理論は多いが, 観察可能な行動を測定するための理論はそれほどではなく, スキナー (B.F. Skinner) の実験的行動分析 (the Experimental Analysis of Behavior, TEAB), 信号検出理論, あるいはテスト理論などにその例を見ることができる.

学習理論, 学習研究の立場からは, 学習情報ビッグデータを活用した学習解析は, 新たなパラダイム変換をもたらす変革と期待される. 心理学者としては, 30 余年の歳月を経て, 「パラダイム EX」 [2] に適切な観測装置を得て, いよいよ再び大理論 (グランドセオリ) を論じるころにきたように感じている. 以前だと夢物語にすぎなかったことであるが, 今後, 学習研究では学習ログストアと学習解析という観測装置を持つことによって, 仮説検証ばかりでなく学習過程の記述と分析も基本的な研究方法となるのではないだろうか. 社会的学習や知識構成も説明に用いられる原理ではなく, それ自体の成立条件や過程を分析する対象となるのである. MOOC の教授理論 (Pedagogy) を論じる際, xMOOC が認知—行動主義, cMOOC は Connectivism という 2 分法で論じられることもあるが [7], それ自体学習解析によって明らかにすればよい課題といえる. 学習科学は, 真の科学になるための方法論をまた 1 つ身に着けることになるといえるかもしれない.

4. 学習測定 (メトリクス): センサと学習ログストア

これまでの LMS でも学習ログは蓄積され不十分ながらも活用されてきた. MOOC の出現を契機として注目されている教育情報ビッグデータは, そもそも前提として存在するものではなく, ある手段で測定収集した結果である. 質の高いデータを再利用可能な形式で蓄積できて初めて, 意味のある学習解析を効率的に行うことができるのであり, まずデータの収集, すなわち学習測定部 (センサ) およびその貯蔵庫 (学習ログストア, LLS, イベントストア) の性能を左右する要件を検討する.

4.1 基本的特性

大規模性:

これは単に被験者数が大きいというだけでなく, 被験者数がそれほどでなくても, 測度の種類を増やしたり測定を繰り返したりすることで大規模化することも含む. 当初の MOOC では, 1 つのコースに大量の登録者が集中することが報告され, ビッグデータが容易に収集できる可能性が期待された. しかし, それぞれの教育機関から見ると, MOOC は提供する教育事業の一部にすぎない. 有償の科目 (オンラインコース以外のものも含む) のほうがはるかに多く, その重要性はひけをとらない. 事業者としては, 1 科目 (コース) あたりの登録者は少なくとも, むしろ解

析対象として重要である。一方、MOOCは効果的なテストベッドであるが、どのような人々がMOOCに登録するのか、提供機関にとっての意味、標本として妥当性はつねに吟味する必要がある。大規模性は、登録者(学習者)を大量に囲い込むだけでなく、限られた学習者でも複数の測度(操作的にはセンサの計測するデータの特性で定義できる)で計測したり、分散して保持されている学習者のデータを関連づけて収集したりすることでも実現できる。この場合、データベースの連携を容易にするために、データベースおよび通信方法の標準化が必要となる。

個人性:

学習ログは自然現象のデータと異なり、個人情報保護やプライバシーの観点から、オープンデータとして扱うことのできない部分が残る。一方、一生涯の学習記録(例、生涯学習ポートフォリオ)は、1人1人のかけがえのない財産(生きた証)であり、その所有や活用は本人抜きにして論じられない。パーソナルデータは、教育機関や教師ばかりでなく、学習者本人も分析し利用する。こうした学習者の視点から、どこのデータベースに何を保存しておくかについては学習者の同意を必要とし、将来にわたってコントロールする権利も想定され、追跡可能性(トレーサビリティ)も必要となるかもしれない。

文脈性:

ある学習者が、同じ学習活動を行うにしても、また同じ問題を解くのにしても、どのような学習履歴と学習条件をもって臨んだか、すなわちどのような文脈であったかによって、その意味は異なる。簡単な例としては、同じ問題セットを繰り返し使用する場合がある。繰り返しによって学習曲線が得られるので、何回目かという情報を記録する必要がある。同じ問題セットでも各問題をどういう順番で提示するかによって結果が異なるかもしれない(順序効果)。また、学習の際使用した問題(例題)と試験の問題の類似性によって結果が異なることもある(般化効果)。こうした文脈情報は、その授業科目でしか使用されない特殊なイベントであれば学習ログからカウントすることも可能であるが、標準化テストの問題のように異なる文脈で何度も生じるものである場合には、使用時に学習者の側かプロバイダの側でまとめる必要がある。グループ学習では、どのようなグループによる学習活動なのか、記載することも必要となる。

相互運用性(連結可能性, 再利用性):

LLSデータベースは、管理者や用途によって、サービス内容、データの質保証条件などが異なる複数のものが生じる。そこには、デバイスの他のセンサ(GPSなど)や他の学習情報データベース(現在はポートフォリオや教務情報システムとして区別されているものも含む)と関連させながら、異なるデータセットが蓄積される。ただ、こうした文脈情報をすべて、LLSに格納することには無理があり、

別のデータベースへの参照にとどまる場合も生じる。こうした関係がアポステリオリに明らかになる場合もあり、LLS間の連携も含めて、可塑性、再利用性、相互運用性を保持する必要がある。

4.2 学習ログデータの項目

学習者の学習過程において、そのときどきの学習活動の特徴的データを測定し出力するのが「センサ」である。その振舞いをIMS Caliper Analytics 1.0を例にとってみよう[8]。なお、以下、IMS Caliper Analytics 1.0に関する記述は、2015年6月東京でのブートキャンプで使用されたハンドアウトに依拠している(正式版は同年10月に公開された。若干の差異はあるが本稿ではハンドアウトの記述を使用する)。

IMS Caliper Analytics 1.0では、「センサ」はプラットフォーム/アプリケーション/サービスの実装を単純化するようにデザインされたコード・ライブラリであり、Java, JavaScript, Ruby, Python, PHP, .NETでバインディングされることになっている。こうした測定の基礎となる情報モデルは、IMS Caliper Analytics 1.0では、学習活動プロファイルとその統制語彙の標準セットとして存在し、基礎的情報(base, session, assignable, outcomes)のほか、学習活動として、読書(reading), 注釈(annotation), メディア(media), 小テスト(assessment)の4つが用意されている。ただ、これで完結するわけではなく、これまでの会合では、スレッドなどでの議論(Discussion), オーサリング(Authoring), 参加(Participation), 試験(QTI), 研究(Research), ゲーム(Gaming), 個別指導(Tutoring), 修了認定(Credentialing), CASA(Community App Sharing Architecture)アプリケーションストア(CASA app store)も検討され、現在も議論は継続中である。今後もコミュニティの提案によって追加されたり、あるいはローカルな亜種が生じたりすることも許容し、こうしたコミュニティの活動を通じて充足させることが提案されている。

個々のプロファイルは、定義(definition), イベント(events), エンタティ(entities), 語彙(vocabulary), ルール(rules)から構成される。また、センサの出力データを正しく解釈するためのコンテキスト(文脈)データも記載される。IMS Caliper Analytics 1.0では、イベントは基本ステートメント(“actor”+“action”+“object”)に加え、学習活動コンテキスト(Activity Context; “target”, “generated”, “staredAtTime”, “endedAtTime”, “duration”), 学習コンテキスト(Learning Context; “edApp”, “group”, “membership”, “fedSession”)から構成される。時間に関する“staredAtTime”, “endedAtTime”, “duration”についてはISO8601に準拠する(図2)。イベントのインタラクションの種類を記述する“action”は53種類である(図3)。“action”は学習活動の追加によって今後増加することもあ

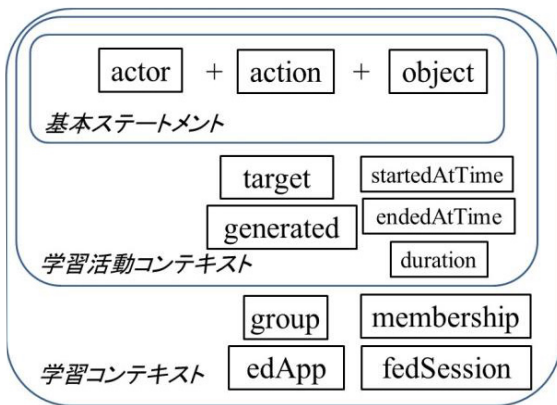


図 2 Caliper イベントの構成 [9]. 2015 年 6 月東京で開催された IMS セミナーにおいて、Anthony Whyte 氏が使用されたスライドから改変。確定版公開までに改訂される可能性がある

Fig. 2 Caliper events [9]. The figure was based on the slides which were shown by Mr. Anthony Whyte at IMS Tokyo Seminar in June 2015. IMS Global may revise the content at the release of the official version of Caliper Analytics 1.0.

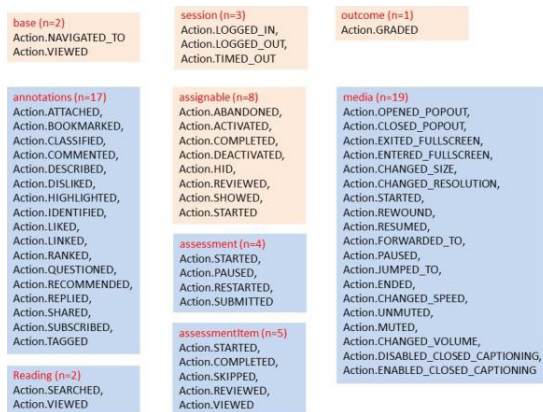


図 3 Caliper Analytics 1.0 の “action” [9]. 2015 年 6 月東京で開催された IMS セミナーにおいて、Anthony Whyte 氏が使用されたスライドから改変。確定版公開までに改訂される可能性がある。全部で 57 種類、うち 2 つは複数のカテゴリに含まれる

Fig. 3 “Actions” in Caliper Analytics. The figure was based on the slides which were shown by Mr. Anthony Whyte at IMS Tokyo Seminar in June 2015. IMS Global may revise the content at the release of the official version of Caliper Analytics 1.0. The number of “actions” was 57, two of which were included in multiple categories.

るが、操作的に明確に定義されるか、人間が判断する場合には観察者（評定者）間で変動がないものが理想である。Caliper Analytics 1.0 では曖昧性・多義性の排除が感じ取れるが、今後の「センサ」や学習活動の追加によっては高度な名前空間の利用も必要になるかもしれない。

4.3 計測の流れ

実際の計測 (Instrument) に際しては、Caliper Sensor

API がその機能をにやう。基本的な要素は、

```
.send (events)
.describe(entity)
.getStatistics()
```

である。アプリケーションから学習ログストア (LLS) へ 1 方向にデータが送出される場合、複数のアプリケーションからサーバに集められたデータがさらに学習ログストアに送出される場合、プラットフォーム/アプリケーション/サービス間で、データをやりとりしながら、必要なデータを学習ログストアに格納する場合などが想定されている。Caliper Analytics 1.0 では、ツール間の通信に関する部分は、IMS Global Learning Consortium の標準では使用されることが多い、Learning Tool Interoperability (LTI [10]) が共用される。

Caliper Analytics 1.0 では、データのやりとり (データ・シリアライゼーション) は、JSON-LD [11] が標準となり、規格適合性試験 (Conformance Test) のためのツールも用意される。

4.4 学習ログストア

学習ログストアは、教育分野ゆへの制約条件 (個人情報およびプライバシーの保護) の下で大規模かつ多様な学習解析を保証するために、さまざまなセンサの出力データを相互に関連付けて集積する装置 (キャッシュ) であり、ビッグデータを対象にした学習解析の質保証を実現する要である。多種多様なセンサからの情報の前処理を行い (匿名化や仮名化)、文脈に関する情報も付加し再利用可能な形式で蓄積する。

学習測定では、どのようなセンサのデータを収集するのか、どのような粒度で活動を記録しているかばかりでなく、どの程度の信頼性で紐づけが行いうるか、文脈をどの程度まで識別できるかによって、分析できるデータの質、量が異なる。さらに LLS の要件としては、権利とも関係するが、どこに格納するか、その場所と保持期間も重要である。また、センサについても、誰の視点で測定し LLS に記録するのか、将来的には動的に調整する可能性もある。

5. 学習ログストア (LLS) の利用と学習解析 (アナリティクス)

こうして集積されたデータはさまざまな観点から分析されることになるわけであるが、測定 (メトリクス) の研究開発、具体的には LLS の整備が緒に就いたばかりというのが現状であり、LLS を活用した学習解析はまだこれからで、今後おおいに発展が期待される分野である。国内外でも、学習解析に関するいくつかの学会やその部会が立ち上がっている。なお、ビッグデータをいかに扱うかについてはさまざまなレベルの解説書 (たとえば、文献 [12]) があるので、本稿では学習理論、LLS データの利用者の視点で、

いくつかの課題を整理することにとどめる。

前述したように、学習過程を分析すること自体は、心理学や教育学、機械学習で長年なされてきたことであるので、近年急速に注目されるに至った「学習解析」とは何か、明確に定義して使用する必要がある。

「学習解析」とは、学習ログを、目的に応じて他のデータベースとも関連づけながら、時間的に空間的に適切な範囲のデータセットを適切な解析手法で処理し、その結果を適切に「見える化」したり、今後の可能性を予測、それをもとに効果的な指導や推薦を行うことといえる。

前章では、「センサ」自体がある前提の下に設計されており、再利用可能なように適度な抽象性を保つ必要性を論じた。抽象性を持つとはいえ、バイアスのかかったデータを再利用するわけであるから、その特性や文脈を理解したうえで解析するほうがよい。

5.1 前処理

誰でもが自由に使い、解析すべきすべての情報が網羅された「完全学習ログストア (完全 LLS)」というものがあれば (換言すれば、LLS の段階でクレンジングが完了していれば)、前処理の話はいらないのであるが、現実にはそうはいかない。権限がなくてアクセスできない、必要なデータがもともと欠落しているなどの理由で、異なる LLS のデータを結合して使用する必要がでてくる。加えて、学習解析の独創性は解析法ばかりでなく、その対象範囲 (どの範囲のデータを解析するか) の拡大あるいは選択にも依存するはずである。

LLS の利用ということでは、パーソナルデータの取扱いという観点から、利用者、そして利用するデータの属性について、問題を整理する必要がある。まず、利用者とパーソナルデータの権利者との関係が重要である。自身の学習データを自身で利用する場合、学習者が所属する集団の構成員の学習データを利用する場合、教員や教育機関が所属する構成員の学習データを利用する場合、コモンズとしてオープンデータとして利用する場合などがある。その際、LLS に格納する段階でパーソナルデータに対してどの程度の前処理 (データセットの項目や一度に利用可能なサイズなど、クレンジングの程度) が行われているか、学習者 (パーソナルデータの権利者) とそのデータの利用者との関係において明確にする必要がある。

学習解析の目的が何であるかによって、使用されるデータセット、解析方法は異なる。利用者や用途によって、提供されるツールやその機能も変わってくる。単一の測度で計測されたデータをそのまま使用する場合 (例、テストの素点やログイン時間)、複数の測度で計測されたデータセットあるいはその代表値を使用する場合 (例、筆記試験と面接試験のデータあるいは毎回の小テストの平均)、こうしたデータをもとに構成されたモデルのパラメータを使用す

る場合などがある。

5.2 解析エンジン

コアとなる学習解析エンジンは、ビッグデータに対応可能な分析ツールから構成される。従来の LMS でも何らかの学習過程の分析はなされていたわけであるが、大規模な学習者に対しても分析、場合によっては評価 (診断) が可能で、同時により多くのデータセットを読み込んで相関関係を明らかにでき、その結果を効果的に表示したり予測に用いたりすることができる点が異なる。場合によっては、従来の分析ツールがビッグデータに対応しているというものから、ビッグデータによって新たに可能になった分析手法もありえ、今後が期待される。

変数の関係を分析するものとして、多変量解析やパス分析が使用される。すでに測定されたデータを再利用し、ポストホックに分析するわけであるから、機制や因果関係の解明には限界があり、相関関係の記述にとどまる場合もあるだろう。学習者特性や学習過程のパターン認識という点ではデータマイニングや機械学習 (Machine Learning) で培われた技術が出発点となる。人工知能研究における Deep Learning は学習解析でも利用可能といわれている。

5.3 見える化: ダッシュボード

解析結果をヒトが判断するということになる、ヒトにとって理解しやすいような表現が必要となる。「見える化 (Visualization)」がその典型であるが、同時に Accessibility に対する配慮も必要である。利用者によって Customization を行う必要があり、ダッシュボードも学習者用と教員 (指導者) 用あるいは経営者用などが考えられる。最終的に学習解析をサーバーサイドで行うのか端末側 (パーソナルクラウドを含む) で行うかは、プライバシーなど、主にシステム以外の要因により定まる。まずサーバサイドのサービスとして始まり、将来的には、ダッシュボードの背後で機能する学習解析ツールを専門に提供するベンダの出現を待って、両者を組み合わせた利用形態が出現するのではないかと考えられる。「Internet of Everything」が進展し、脳波や誘発電位など脳機能に対応させれば意識の拡張 (援助装置) に相当するので、利用者の能力に応じた表現 (「丸め」や文脈の制限による単純化など) あるいは社会的責任に応じた利用制限が必要である。学習者の立場では、「見える化」されているものが、あるデータ操作の結果であることや限られた文脈で成立するものであることを理解して利用することが求められる。学習によっては、習熟することによって無意識化する場合 (自転車に乗るといった技能学習) がある一方で、学習の少なくとも一過程では「振り返り (Reflection)」が重要という指摘もあり、「見える化」自体が学習解析の対象となる。

5.4 推薦機能：評価エンジン

こうした学習過程の認識を、ヒトが意識的に行うのではなく、人工知能などの機械に任せてしまうこともできる。参考資料の推薦 (Recommendation) といった学習支援活動の半自動化から始まり、徐々に高度な判断も担うようになるのであろう。これまでも教育コンテンツ検索サービスなどでこうした推薦機能が用いられた。こうした検索サービスを学習解析と組み合わせることにより、学習者の状況に応じた、よりきめ細かな推薦が可能となる。学習者の単なる選好ではなく学習履歴や進捗状況と関連づけることができ、学習指導に利用できる程度に質の向上が図られる。

5.5 オンライン学習のパーソナル化：自動化

ICT が教育に利用された理由の1つに、個々の学習過程を最適化することへの期待があった。そもそも学習とは個体発生における適応過程の話であるから、学習者の視点からは、単独で行うものであれ社会的文脈で行うものであれ、パーソナルな過程である。しかし、非同期型のオンライン学習が出現し、学習者が同じ空間・時間を共有しなくなると、履修履歴などの文脈によって、個々に、より適切な学習空間とコンテンツを用意する必要性が生じた。

こうした意味での学習の最適化において、学習者の現状に対する正しい認識と、学習目標の設定およびその経路の選択ができたとして、実際の運用にあたり必要になるのが、オンラインコースを構成するモジュールや素材である。いくら最適な方略を見出しても具体的な選択肢が限られていたのでは、使われる教材はみな同じという結果になりかねない。北米では、高等教育や生涯学習ばかりでなく初等中等教育 (K-12 Education) でもパーソナル化 (Personalization) に焦点が当てられ、その実現に向けた社会基盤の設計が提案されている (cf. [13])。

学習解析の結果を Personalization, Customization に生かすには、標準化されたカリキュラム、完成品ではない素材のデータベース (素材コンテンツリポジトリ [4]) およびその連携が必要となる。これまでの学習コンテンツ共有や公開学習資源は完成品であるコースの提供を主目標にしてきたが、メタデータ (例, Learning Object Metadata [14]) やデジタルオブジェクト識別子 (Digital Object Identifier, DOI) を利用した検索システムや機関リポジトリを素材レベルまで拡張できるかが次の課題となる。

6. 残された課題と次にくるもの

教育情報ビッグデータと学習解析への期待は MOOC にとどまるものではなく、さまざまなレベルの正規教育におよび、その対象は対面授業での利用 (反転授業やブレンディッドアプローチ) も含まれる。こうした場合、その運用の多くは学内に限定されたものとなり、そのオンライン教育は非公開の SPOC (Small Private Online Course) と

なる。また、有料のためコースあたりの参加者の数は限定的であり、学外とデータが共有されることも少ない。しかしこうした場合でも、MOOC が示唆した教育情報ビッグデータの可能性は、生涯学習 ePortfolio の整備や学習ログストアの連携という形で模索される。

6.1 学内情報システムの連携

学生や受講者の学習記録は、LMS 以外にも、学務情報システム (Student Information System, SIS), ePortfolio システム、図書館情報システムなどにも蓄積される。これまでは、それぞれのデータベースがサイロ化していたこともあり、学内でもまとめて分析されることは少なかった。しかし、今後は学生指導や機関研究 (Institutional Research, IR) のために、データは連携して活用される。こうしたデータを学生や受講者の許諾を得て、機関の中で活用する分には大きな問題はないと考えられるが、個人に紐づけられたパーソナルデータであるため、第三者が再利用したり、機関をこえて共有したりするためには制限が加わる。機関内で利用する学習ログストアと、機関外と共用する学習ログストアでは、その目的、データの構成、運用方法など相違があり、今後の実践例の蓄積が待たれるところである。

6.2 IMS Caliper Analytics と ADL experience API

experience API (xAPI) は、ADL によって開発された技術標準である。Tin Can API は、xAPI の開発段階のコード名であり、現時点では experience API (xAPI) が正式名称といわれる (<http://www.adlnet.gov/tla/experience-api/>, ただし異論はある)。その公開が IMS Caliper Analytics 1.0 (2015 年 10 月公開) に 1 年以上先行したこと、IMS Global Learning Consortium では会員のみ開発に参加できる (最終版のみ公開) のに対し experience API では開発段階から公開していることなどがあり、experience API の導入が先行している。日本では、experience API は、総務省や文部科学省の「先導的教育システム実証事業」および「先導的な教育体制構築事業」(平成 26 年度) で開発された学習記録ストアに採用された。日本では IMS Caliper Analytics を実装したシステムはまだないが、2015 年 6 月には情報処理学会 CLE 研究会、大学 ICT 推進協議会 (AXIES), JMOOC の招きにより IMS Global Learning Consortium の開発担当者 (Rob Abel 博士, Colin Smythe 氏, Anthony Whyte 氏) による技術セミナーおよびブートキャンプが、北米以外では初めて実施され、多くの参加者を集めた。experience API, Caliper Analytics とともにまだ完成形に至っておらず、今後の発展はコミュニティの規模とメンバの参画の程度に大きく左右されるものと思われる。こうした国際標準化は、データベースのサイロ化の解消 (データベースの連携) と、ツール共有のための API 公開の点で期待されている。

EDUPUB [15] は HTML5 の EPUB 3.0 に、IMS 標準のいくつかを組み合わせたもので、電子ブックが学習プラットフォームになる可能性を示唆している。電子ブックの特徴の 1 つに、機能は制限されるがスタンドアロンでも動作することがあった。EDUPUB に Caliper Analytics の採用も検討されており、たとえば電子教科書に学習履歴データ保持機能を設けインターネットが接続されていなくても機能を喪失しないようにすることが検討されている。

6.3 パーソナルデータの取扱い

教育におけるパーソナルデータの取扱いについては、いくつかの情報漏えい事件があり、わが国でも問題が広く知られるようになった（注：パーソナルデータに関する特集として、中川編のものがある [16]）。本稿の作成中、改正個人情報保護法が、関連する改正マイナンバー法とともに、国会で可決成立した（2015 年 9 月）。個人が特定できないように加工すれば、本人の同意がなくても第三者に提供可能になる一方、不正な方法で個人情報を提供する行為は処罰の対象となる。特定の測度で測定・記録されたデータを大量に蓄積・分析するケースもあるが、それ以上に、複数の測度間の相関や、文脈や学習者特性による差を分析するケースが多く想定され、紐づけられ対応関係のあるデータを保持する必要がある。どのような種類のデータをどの程度集めると、どの程度の労力・コストで個人が特定されるのか、そのためにはどのような対抗策が必要か、具体的なガイドラインが必要である。狭義の個人情報を核として、個人情報に紐づける容易さは異なり、その客観的な評価法と再利用可能な条件についての社会的合意形成が必要である。

多くの大学など教育機関ではすでに教務情報や図書館における貸出情報などのデータベース化が進んでおり、授業やその他業務の改善に用いられている。こうしたパーソナルデータを保持し二次的に利用することについては、規則やポリシーを公開し、学生に一括して許諾を求めている。パーソナルデータそのものである教務情報は、それが個人情報を含みプライバシーに深く関わることや、経営的に重要な情報であるため、通常機関内で使用される。また、LMS や ePortfolio など、学習支援システムの導入にともない、学習過程の記録や成果が保持されるに至っているが、本格的に活用されるには至っていない。ビッグデータには大量のデータを分析することによってノイズに埋もれていた傾向を明らかにするというだけでなく、サイロ化して関連づけられなかった異なるデータセットを同時に解析することによって新たな関係を見出すという効用がある。大規模でかつ情報化の進んでいる大学では、学内でこうしたビッグデータを集積することも可能であるが、小規模校では解析ツールやノウハウの共用は図れてもパーソナルデータそのものの共用は困難と考えられた。しかし、学習ログストア

を共有するなど工夫を行うことで、学習解析の成果を授業改善や経営効率化に活かす可能性が見えてきた。

7. おわりに

MOOC について述べてきたことは、実はこれまでの伝統的なオンライン授業や ICT の支援による対面授業でも通用することはお気づきのことかと思う。オープンにするかどうかは哲学・理念あるいは経営判断によるもので、同じコンテンツが、あるときある学習者にはオープンでも、別の文脈では有償で使用されることもある。昨今、システムがクラウド上に構築されるようになり、より簡単にスケラビリティに対応できるようになって、ますますその境界は不明確になっている。

学習解析は MOOC に限定されるものではない。今後の教育では学習者中心主義が普及し、必然的にパーソナル化が進行する。OCW が名称とは裏腹に必ずしも「コースウェア」でなく、また「学習オブジェクト」がその概念と裏腹に選択の余地がなく、期待に応えられなかった時代への反省を刻みつつ、今回は MOOC という触媒を得て教育改革の流れが進行している。高品質な教育素材を蓄積し、最適な手段を機械的に予測し、最適なモジュールを選択するという方略は、その実現にむけて社会的インフラ・リソースを充足しつつあるのが現状といえる。

現在、MOOC は大学からみると周縁部の現象に映るかもしれない。しかし、MOOC を教育改革のテストベッドとして考えると、推進者のモチベーションを理解できるかもしれない。MOOC によって、既存の教育制度や人材開発の核心部分が一足飛びにオープン化することはなさそうである。MOOC によって、教育機関とベンダは改革の必要性を触発され、それを格好のテストベッドとして利用し始めた。核心的事業での優劣が明らかになる前に、大学など教育機関と教員は MOOC などを試験的に活用し、その成果や知見を本来の環境整備や能力育成に取り込むべきではないかと思われる。学習解析も同様で、MOOC のような大規模コースが教育の主流になるから検討するというよりは、生涯学習社会において、さまざまな教育情報の蓄積と再利用を、機関をこえて、生涯学習者の視点でどう扱うべきなのか、検討し始めたということであろう。

教育におけるビッグデータ分析では、1 人 1 人の生涯学習者の学習過程が基礎になっているため、使用するセンサや得られたデータの利用を制限する必要も生じる。その際、どのようなデータを計測し蓄積するかについては、データ科学の課題というよりは教育に関わる問題である。一方、教育情報ビッグデータの分析によって得られる知識とは、従来の ICT の教育利用というレベルを超えて、教育のイノベーションをもたらすものであるがゆえに、従来の経験や発想だけでは有効な示唆は得られない。次世代の教育を真に考察することによってこそ、その方向性を俯瞰できる

と思われる。

謝辞 本研究の実施にあたり、科学研究費補助金（課題番号 26242013、研究代表者：山田恒夫）の助成を受けた。

参考文献

- [1] 山田恒夫：MOOC とは何か—ポスト MOOC を見据えた次世代プラットフォームの課題，情報管理，Vol.57, No.6, pp.367-375 (2014).
- [2] 山田恒夫：MOOC と質保証，大学マネジメント，Vol.10, No.8, pp.43-48 (2014).
- [3] Creative Commons ライセンス，入手先 <https://creativecommons.org/>.
- [4] Yamada, T.: An Open “Materials” Repository and Global Search System: Preparing for Diverse Learners and a Variety of Learning Processes, *Perspectives on Open and Distance Learning: Open Educational Resources: Innovation, Research and Practice*, McGreal, R., Kinuthia, W., Marshal, S. and McNamara, T. (Eds.), pp.153-163, The Commonwealth of Learning & Athabasca University Press (2013).
- [5] Caliper Analytics, available from <http://www.imsglobal.org/caliper/>.
- [6] experience API, available from <http://adlnet.gov/tla/experience-api.html>.
- [7] Buhl, M., Andreasen, L.B. and Mondrup, H.J.: A Danish international MOOC in professional care education: MOOC case study for eASEM project, *presented paper at ASEM-LLL Bali meeting*, March 2015 (2015).
- [8] IMS Global Learning Consortium: Learning Measurement for Analytics Whitepaper (2013), available from <http://www.imsglobal.org/IMSLearningAnalyticsWP.pdf>.
- [9] Whyte, A.: Caliper Analytics, slides presented at IMS グローバルラーニングコンソーシアム 2015 東京セミナー，2015 年 6 月 18・19 日，東京・国立情報学研究所 (2015).
- [10] Learning Tool Interoperability (LTI), available from <http://www.imsglobal.org/LTI/>.
- [11] JSON-LD, available from <http://www.w3.org/TR/json-ld/>.
- [12] Manoochehri, M. (著)，小林啓倫 (訳)：ビッグデータテクノロジー完全ガイド，マイナビ，p.287 (2014).
- [13] Abel, R., Brown, M. and Seuss, J.J.: A New Architecture for Learning, *EDUCAUSE Review*, Vol.48, No.5, pp.88-102 (2013).
- [14] IEEE: Draft Standard for Learning Object Metadata (IEEE 1484.12.1-2002 (2002)).
- [15] EDUPUB, available from <http://idpf.org/edupub>.
- [16] 中川裕志 (編)：特集：パーソナルデータの利活用における技術および各国法制度の動向，情報処理，Vol.55, No.12, pp.1332-1380 (2014).



山田 恒夫

放送大学教養学部教授・情報コース主任。総合研究大学院大学文化科学研究科メディア社会文化専攻教授。JMOOC 事務局次長，(一社)大学 ICT 推進協議会国際連携室長。放送大学 MOOC 「にほんご にゆうもん (NI-HONGO Starter) A1 Part1」主査 (国際交流基金・TIES コンソーシアムとの共同制作)。