

# ラーニング・アナリティクスにおける宣言的記述の検討

武田俊之<sup>1</sup>

**概要:** 学際的なアプローチとして提案されたラーニング・アナリティクスには、伝統的な教育研究や教育実践のデータにもとづく比較・統合が期待されている。この報告では分析の方法論としてラーニング・アナリティクスを位置づけて、教育の実践と研究を架橋するための宣言的なコードによる記述を提案する。この記述には、学習者・教授者、方法、教材、文脈、理論、研究、システム、データなどが含まれる。また、既存の標準規格等で宣言的記述での利用について述べる。

**キーワード:** ラーニング・アナリティクス, 宣言的記述, 教育理論, Learning Design

## 1. はじめに

学習履歴データ, エビデンスにもとづいた評価・教育改善が期待されている。ラーニング・アナリティクスは「the measurement, collection, analysis and reporting of data about learners and their contexts, for purposes of understanding and optimising learning and the environments in which it occurs」という学際的な分野として提案された。既に確立している伝統的な教育分野の成果を統合して教育改善に導く方法は一つの課題である。

有用な教育改善のためには、データや分析手法だけではなく、教育理論が重要である。Pellegrinoの評価の三角形[9] (相互作用のある観測, 解釈, 認知の3要素) にあてはめると、教育活動から測定される「観測」(データの収集) から豊かな「解釈」を導くためには「認知」(理論の利用) を多面的におこなうことが不可欠である。現象の解釈に必要な「認知」すなわち教育理論の知識が共有、蓄積、理解されていなければ、データ(観測)の増大が改善につながらない。

教育理論は数理的に証明された理論を積み上げる物理学と異なり、教育実践という現象から得た小さい法則を洗練、抽象化していくものである。教育理論は類似した概念を用いて構築されることが多い[10]。ゆえに、教育実践やその分析のような理論の利用においては、どの理論がデータの観測、分析に適しているかの判断がむずかしい。諸理論を関連づけた理論の知識基盤が構築されていれば、教育実践のデータ分析において理論を多面的な適用に有用であろう。

Reigeluth は多様で独立した教授理論から共通知識基盤を構築するために、各理論の提唱者による統一的で一貫性のある用語に基づいた記述を収集した[10]。これはさまざまな理論の関連を可視化するためのすぐれた試みであったが、文章による定性的な記述だけでは理論間の関連の発見や再利用がむずかしい。また、各理論による実際の教育実践の記述と分析という理論の利用性も課題である。複数の理論や実践から新しい理論が提案される場合には、先の理論の再利用と関連性の記述も必要であろう。

本稿では、まず教育な宣言的記述について整理考察をお

こなう。次に、既存の記述仕様とアプローチについてレビューをおこなう。最後に教育な宣言的記述に関する課題と展望について述べる。

## 2. なぜ教育研究に宣言的記述が必要か

実証的な研究分野において、理論は現象や活動を記述するものであり、適切に記述された理論は現象を予測することができる。自然科学と違って、教育研究は証明された一般性のある理論の積み上げによって研究されているわけではない。現象を理解する目的によって、必要な理論は変わってくる。また、同じ教材と教育手法を使った実践であっても、実践がおかれた環境(文脈)によって、実践を理解するために適切な理論も変わるかもしれない。理論が異なれば、分析のための観測の対象と測定手法は異なってくる。

一方、教育実践は複数の教育理論の影響のもとでおこなわれる。また、実践では実践者の経験から得られた知識が学術研究の理論と合成されて用いられる。学術研究の理論にもとづく実践の介入では、理論上の概念と教育実践における関心の対象を結びつけて、教育の観測をおこない、データを収集する。さらにデータ分析もその理論上の事前の仮説に従った分析である。しかし、教育実践が複数の理論的パラダイムでおこなわれることはめずらしくない。教育者は優れた理論や手法を理解して、自分の授業に適用することに長けている。たとえば、プログラム教育にもとづくドリル教材をオンラインでおこなった後に、反転授業として協調学習のジグソー法をおこない、自己調整学習の理論に沿った支援をおこなう、などである。

このような、多数の理論や知識を関連づけた実践において、教育の説明と予測をおこなうためには新しい方法論が必要である。ラーニング・アナリティクスはそのような問題意識のある学際的な研究分野として提案された。SoLAR (Society of Learning Analytics Research) によると、ラーニング・アナリティクスは、学習研究(educational research, learning and assessment sciences, educational technology), アナリティクス(e.g. statistics, visualization, computer/data sciences, artificial intelligence), 人間中心デザイン (Human-Centered Design (e.g. usability, participatory design,

sociotechnicalsystems thinking)の合流点であるという[12]. ラーニング・アナリティクスが伝統的な教育研究やビッグデータ分析を越えて、学際的な合流点となるためには、研究間を関連づけるアプローチの促進が必要であろう。

複数の独立した研究の結果として得られた効果をまとめる方法としてはメタ分析もおこなわれている[3]. ヘルスケア分野では介入の効果を比較統合するためのメタ分析が定着しており、システムティック・レビューは最上級のエビデンスとして評価される。しかし、教育研究におけるメタ分析は容易ではない。研究対象における変数を統制できなければ、メタ分析をおこない適切に比較することは困難である。臨床医学などと比較すると、教育実践は変数が開かれているため、実施された方法以外の効果が混入する可能性が高い。たとえば、家庭等での学習指導の有無は、教室で測定される教育効果に影響をあたえるであろう。教育での盲検の困難さは大きく、研究者による提案手法実施の支援が手厚さは教育実践の成果（アウトカム）に大きな影響がある。また、論文で取り上げた以外の重要で質が異なるアウトカムの存在や、そのアウトカムへの効果が論文で明記されとはかぎらない。以上の困難さはあるが、メタ分析は教育手法を比較するために重要な方法である。教育研究（理論、手法、実践）を適切に記述することができれば、精緻な比較をおこなうことが可能になるであろう。

### 3. 教育の記法

#### 3.1 Educational Modeling Language

Educational Modeling Language (EML) は、ラーニング・テクノロジーの仕様を記述するために開発された言語である[7]. EML は主にeラーニングを想定しているが、その応用範囲はそれにとどまらず、メタレベルとして教育手法の記述や新しい技術の記述も志向している。EMLは規格としての体裁を整えて IMS Learning Design として公開された[4]. IMS Learning Design は共通知識基盤の構築を志向しており、PBL, Adaptive Learning, Jigsaw などさまざまなユースケースを収集して、Narrative, Actors, Stakeholders and Interest, Preconditions, Trigger, Main Scenario と Extensions, Notesなどを整理して構築されている。図1にIMS Learning Designのコンセプトモデルを示す。

EML (Learning Design) は中範囲のインストラクション・デザインを記述に適している。EMLで記述された授業のブレイックは繰り返し利用に適していると思われる。

#### 3.2 The Larnaca Declaration on Learning Design

The Larnaca Declaration on Learning Design は2012年にLarnacaでおこなわれた LearningDesignに関する専門家のミーティングの結果発表された教育の記法（楽譜がアナロジー）のフレームワークである[1]. Learning Design は、“Learning Design Framework” (LD-F)と、“LearningDesign

Conceptual Map” (LD-CM), “Learning DesignPractice” (LD-P)から成るものとする。

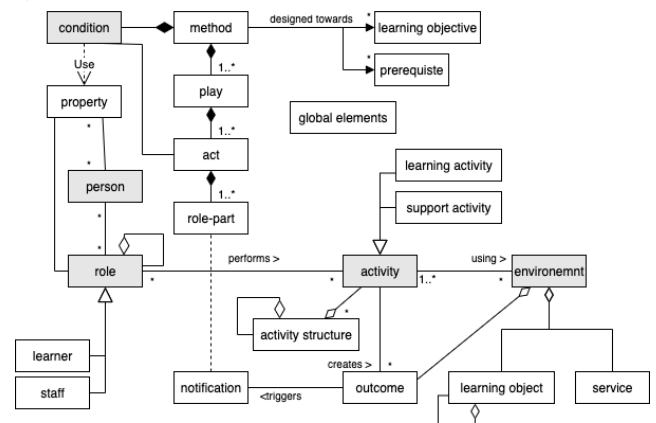


図1 IMS Learning Design conceptual model[1]

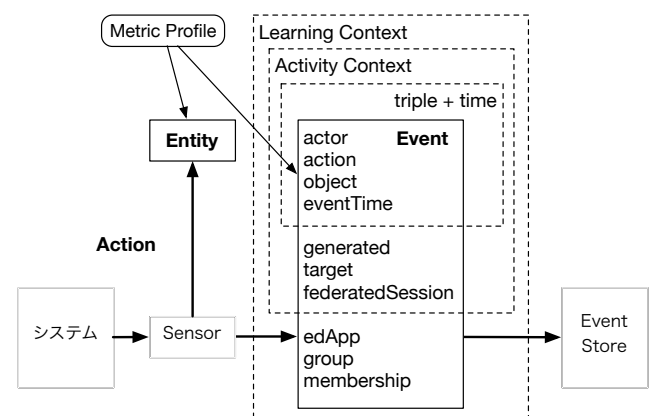


図2 IMS Caliper 概要

LD-CM は各教授アプローチについて以下の項目を記述する。

- チャレンジ（共通）：教育的価値と目的を達成するための学習経験の創造
- 教育思想
- 理論と方法
- 学習環境の特徴と価値
- 教育サイクル
- 水準：どの粒度（プログラム、モジュール、セッション、セッション内の活動）に適用されるアプローチか
- 記述のコンセプト（ガイダンス、表現、共有）
- 道具カリソースか
- 学習者のレスポンス（成果、コンピテンシー、スキル、理解度など）

Larnaca Declaration は理論と実践を分けて記述する点で評価することができる。EMLと同様にブレイックとしての利用や理論と実践の定性的な分析に有用であると思われる。しかし、データの観測と分析のための記述の精度は今後評価が必要である。

### 3.3 IMS Caliper

xAPI[11]とIMS Caliper[4]は学習の記録(learning record や tracking log と呼ばれる)に関する規格である。これらの規格の目的は学習活動中の行動をそのコンテキストを含めて記述することであり、主語-述語-目的語の3要素からなるステートメントを核に記述する点で共通している。図2にIMS Caliperの概要を図式化した。システムに関連づけられたsensorが観測した、ContextにおけるEntityに関するEventがEventStoreに記録される。この観測の内容はMetric Profileで定義される。Caliperのモデルはeラーニングなどのオンラインシステムを元にした仕様である。

IMS Caliper(およびxAPI)は学習履歴の記述仕様として有望であるが、eラーニングの仕様として策定していることもあり、すべての教育実践を記述する表現力を持つかは未知である。利用者(含む研究者)がMetric Profileを既存のものを拡張した新しいProfileを作成することは容易ではない。また、LMS等のシステム間での相互運用性も重要となるであろう。教育実践や教育研究の概念分析は、MetricProfileの充実のために重要となるであろう。

## 4. 宣言的ラーニング・アナリティクスの課題

以上、教育の理論と実践を記述するアプローチについて概観をおこなった。以下に宣言的ラーニング・アナリティクス実現のための課題と展望を述べる。

### 4.1 機械処理可能性と相互運用性の向上

まず、教育の理論、手法、実践の記述は、機械処理可能でなければならない。Learning Design系もCaliperも一つの対象を記述するだけであればよい。しかし、複数の対象を比較、連結、統合するに足る機械処理可能性があるとはいえない。たとえば、複数の理論にもとづく手法を1つの授業で取り入れた場合、Learning Designでどう記述するか。

また、IMS Caliperは一見機械処理可能性が高いように思うが、データソースのLMSの仕様によって、同じクリックストリームであっても異なったデータにエクスポートされる可能性がある。複数のLMSのデータの集計や連結において注意が必要であろう。Caliperデータであるからといって連結してしまうと、データの不整合や行動の欠測が発生するかもしれない。これはCaliperに限ったことではないが、対策としては、各LMSベンダー等や標準化団体が仕様、相互運用性を高めるための実験等をおこなう必要があると思われる。

### 4.2 概念のネットワークとしての理論の記述

多数の小さい理論が存在する教育において、ラーニング・アナリティクスが有用なものとなるためには、分析において諸理論を関連づけた共通知識基盤を参照することが必要である。しかし、現状では利用可能な教育理論の共通知識

基盤の構築の途上である。

教育理論の共通知識基盤を構築するための一つの方法として、オントロジーの利用が考えられる。すなわち教育における概念とその属性、概念間の関係の形式的表現を構築するということである。表現形式としてはRDFなど実用的な仕様が存在する。

ただし、教育理論の共通知識基盤の要求は、一般的なオントロジーと異なる。ある理論はそこで必要な概念とその関係を表現する。表現の内容はその理論(と実践への適用)に必要な範囲で十分である。もし、共通知識基盤内で理論間に意味的相違点があったとしても、利用者にとって必要となるまでは明確化する必要はない。

### 4.3 理論と観測のマッピング

理論と、観測(データ化)および分析を表現する記法は不十分である。データ収集ツール(たとえばアンケートプラットフォームやLMSのクイズツールなど)や、データ分析言語(ツール)の変数定義において、それらの項目と教育理論における概念は分離されている。理論と観測、解釈を合わせて記述することによって、それぞれ他と連結して新しい研究が生まれ、教育改善も促進されるであろう。これは論文内容の形式的な表現でもあり、各データにメタデータを付与することは、オープンサイエンス化のトレンドとも合致する。

理論と実践を結びつける観測の概念化にはアナリシス・パターンの語彙が利用できる[2],[13]。図3は、教育における概念とその測定に関する知識レベルと操作レベルを表現している。関心対象の観測は、量的測定と質的観測があり、それは観測する概念を反映したものである。その概念の背景には多数の概念からなる理論が存在する。観測の測定はプロトコルにしたがっておこなわれる。アナリシス・パターンを用いると、概念とデータを関連づけた表現が可能になる。

先に述べたように単一の記法によって理論間を関連づけることは容易ではない。しかし、理論で用いられる概念を列挙して、概念をノード、概念間の関連をエッジとしたグラフを記述することは可能であろう。

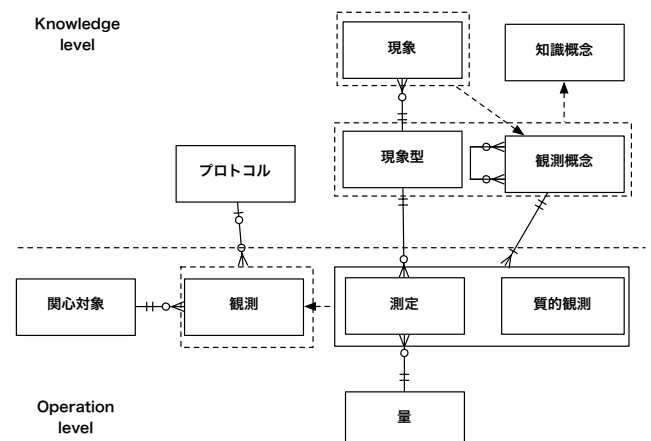


図4 関心対象観測のアナリシス・パターン[13]

#### 4.4 教材とその知識ドメインの記述

IMS Learning Design は、ある単位の学習をモデル化するために、IMS Content Package も利用する想定である。IMS Content Package は、XML 文書でリソース、メタデータ、構造およびマニフェストで構成されている。教育実践で利用される教材等のコンテンツは、何を学ぶか、(一部は)いかに学ぶかを表現している。コンテンツの構造 (explicitor hidden) を利用することができれば、何をどこまで学んだかを深く測定、分析することが可能になる。

IMS Content Package 等既存のコンテンツ記述仕様は e ラーニングでの利用前提の利用である。また、記述する分野の概念構造とコンテンツのマッピングなどメタデータの記述については研究開発が進んでいるとはいえない。

文部科学省の教育データ標準[8]は、サービス提供者や使用者で横断的に交換、蓄積、分析を目的とした(1)データ内容および(2)技術的な規格である。2020年に公開された学習指導要領コードは、学習指導要領を分割したテキストと、その学年で何を学ぶか、その教科で何を学ぶかなどのコードを結びつけている。教科書等授業で利用、開発された教材と学習指導要領コードが記述されていれば、教育データ分析においてもその情報を利用することができる。

教材のライフサイクル、外部のリソースの埋め込み、動的な教材の記述など、知識の体系的かつ柔軟な記述があつてこそ、何を学んだか(学ばなかったか)を分析するために有用であろう。

#### 4.5 ソフトウェア・エンジニアリングの Essence

ソフトウェア・エンジニアリングも教育と同様に、実践と理論の相互作用が重要な分野である。実践の理論化は学術研究だけではなく実践側でもおこなわれている。手法やその構成要素であるプラクティス(具体的な作業方法)の開発も活発でそれぞれ役に立っている。そしてソフトウェア・エンジニアリングにおいても、多数の理論や手法が同じような概念を用いているにもかかわらず再利用性が低い。そこでプラクティスの記述言語を統一してプラクティスの合成として理論や手法を記述するために Essence が開発された[6]。Essence によって、開発の高度化とソフトウェア・エンジニアリングの理論化が期待されている。教育の宣言的記述は Essence から学ぶところは大きいと思われる。

#### 4.6 個人データ保護

教育の宣言的記述は、個人データ保護にとっても有用となり得る。教育データは長期に渡ってデータが取得、利用される特徴がある。これは個人の選別、差別などプライバシーの侵害等につながりやすい。データや分析とその背景にある理論が関連づけて表現されていれば、データを連結する場合のプライバシー影響評価が容易になる。新規の研究でデータ取得する場合も同様である。これによって、研究者は必要最小限のデータだけを学習者から取得すること

になり、学習者の負担は軽減される。

## 5. おわりに

以上、教育の宣言的記述の必要性について述べた。教育の宣言的記述によって以下のことが期待される。

- (1) 理論および概念の比較と統合
  - (2) 理論にもとづく実践の記述
  - (3) 実践の比較
  - (4) 実践から得られる観測値と理論上の概念のマッピング
- 複数のデータの比較や連結において、同じラベルがついていても測定概念や観測プロトコルが異なっていれば単純に連結することはできない。学習者の個性や教育実践の多様性を損なわずに収集したデータの適切な連結をおこない、さまざまな視点からの分析を可能とするためには、理論と実践の宣言的記述は有望な方法であると思われる。また、ラーニング・アナリティクスの特徴である計算論的アプローチは、さまざまな理論や実践を統一的に記述するのに適しているであろう。

**謝辞** 本研究の一部は JSPS 科研費 JP20H01713 の助成を受けている。

## 参考文献

- [1] Dalziel, J., Conole, G., Wills, S., Walker, S., Bennett, S., Dobozy, E., Cameron, L., Badilescu-buga, E. and Bower, M.: The Larnaca Declaration on Learning Design Journal of Interactive Media in Education, Vol. 2016, No. 1, pp. 1-24 (2016).
- [2] Fowler, M.: Analysis Patterns: Reusable Object Models, Addison-Wesley Professional (1997).
- [3] Hattie, J.: Visible Learning, Routledge (2008).
- [4] IMS Global Learning Consortium: Caliper Analytics, <http://www.imsglobal.org/activity/caliper>.
- [5] IMS Global Learning Consortium: Learning Design Specification, <https://www.imsglobal.org/learningdesign/index.html>.
- [6] Jacobson, I., Ng, P.-W., McMahon, P. E., Spence, I. and Lidman, S.: The essence of software Engineering: applying the SEMAT kernel, Addison-Wesley (2013).
- [7] Koper, R. and Manderveld, J.: Educational modelling language: Modelling reusable, interoperable, rich and personalised units of learning, British Journal of Educational Technology, Vol. 35, No. 5, pp. 537-551 (2004).
- [8] 文部科学省: 教育データ標準, [https://www.mext.go.jp/a\\_menu/other/data\\_00001.htm](https://www.mext.go.jp/a_menu/other/data_00001.htm).
- [9] Pellegrino, J. W., Chudowsky, N. and Glaser, R.: Knowing what students know: The science and design of educational assessment, National Academy Press (2001).
- [10] Reigeluth, C. M. and Carr-Chellman, A. A. (eds.): Instructional-design theories and models, volume III: Building a common knowledge base. Vol. 3, Routledge (2009).
- [11] Rustici Software: xAPI.com, <https://xapi.com/>.
- [12] The Society for Learning Analytics Research (SoLAR): What is Learning Analytics?, <https://www.solaresearch.org/about/>
- [13] 武田俊之: 教育データ分析のアナリシスパターンの検討, 情報処理学会研究報告教育学習支援情報システム(CLE), Vol. 2019-CLE-27, No. 1, pp. 1-4 (2019).