

# 学習・教授シナリオ設計支援システムの構築 理論と標準化の融合を目指して

Development of a learning/instructional design support system  
Toward a harmonization of theories and standard technologies for education

林 雄介\*<sup>1</sup>  
Yusuke HAYASHI

Jacqueline BOURDEAU\*<sup>2</sup>

溝口 理一郎\*<sup>1</sup>  
Riichiro Mizoguchi

\*<sup>1</sup> 大阪大学産業科学研究所    \*<sup>2</sup> LICEF, Tele-University  
ISIR, Osaka University

Nowadays standard technologies play important roles in development and delivery of learning contents. Standard technologies provide stakeholders with such great benefits, whereas there is a lack of pedagogical justification of standard-compliant contents. Our study focuses on educational theories as a kind of pedagogical knowledge and proposes an information system that helps users to utilize them for instructional and learning design. In this study we take an ontological engineering approach to grasp fundamental concepts of learning and instruction, and to enable information systems to be aware of the theories on the basis of such concepts. Through this approach we have proposed a comprehensive ontology that covers different theories and paradigms and a modeling framework of learning and instructional scenario based on it.

## 1. はじめに

近年、学習コンテンツの開発・運用において標準化技術の重要性が高まってきている。標準化技術の主な貢献は共有再利用性と相互運用性の向上であり、たとえば、学習教材のメタデータである LOM[IEEE LTSC]を使って学習オブジェクトリポジトリから再利用可能な学習オブジェクトを検索し、その系列を学習・教授シナリオの記述規格である IMS Learning Design[IMS 2003]を使って新しい学習コンテンツとして構成して再配布するといったことが容易になると考えられる。

標準化規格はこのような恩恵をもたらしてくれると期待できるが、現状ではまだフォーマットとしての相互運用性への注目が大きく、記述内容としてどのようなものが妥当であるかの議論はあまりなされていない。例えば、学習・教授シナリオの標準規格として最近注目されている IMS LD 規格について考えてみる。これは、学習・教授プロセスを抽象レベルで記述するためのフレームワークを提供することを目指している。この特徴の一つは、教育学的に中立な立場をとって、どのような学習・教授プロセスでも記述できるように設計されていることである。これは標準化規格として多くのユーザに受け入れられるためには必要なことであるが、その一方で、現時点では理論的知識との関係性がないためにこの規格を使って構成される学習・教授プロセスの妥当性はユーザ任せになっているのが現状である。

本研究では、学習・教授理論などの教育知識に注目し、これらを適切に反映させた妥当な学習・教授シナリオの設計を支援するシステムの構築を目指している。より具体的にいうと、単に理論の内容をデータベースに蓄積し、検索を助ける環境を構築するだけでなく、教育知識を理解した上で、設計しているシナリオへの具体的な適用を支援するシステムの構築を目指している[Mizoguchi 2000]。本研究では、そのようなシステムの能力を理論アウェアネスとよんでいる。これを実現するためには、宣言的に記述されている教育知識を形式化し、計算機処理可能に

する必要がある。

教育知識の形式化については、これまでいくつかの試みがなされている。例えば、Pedagogical pattern project[PPP]では、ソフトウェアパターンの考え方に基づいて教育知識を整理することを目指している。また、Brounsらは IMS LD で記述されたシナリオの中から類似性の高いパターンを抽出し、それを共有可能な教育知識として IMS LD の形式で蓄積し、再利用性を高める研究を行っている[Brouns 2005]。しかし、前者は元々が読んで共有することを目指し、後者はフォーマットが統一されていてもその内容で語彙や概念が統一されている保証が無く、どちらも解釈の多様性が残っているために計算機処理が難しいという問題が残されている。

本研究では、オントロジー工学的アプローチによって、理論的知識を計算機処理可能な形式で整理し、システムがシナリオや理論の内容を理解した上で設計を支援する情報技術の確立を目指している。そのためには、学習・教授シナリオに関する基本的な概念を整理することと、その概念を用いて教育知識をシステムが理解できるようにすることが必要となる。本研究では、これまで多様な学習・教授理論やパラダイムを包括的に扱えるようなオントロジーを構築し、それに基づいて学習・教授シナリオをモデル化するためのフレームワークを提案してきた [Hayashi 2006ab]。本稿では、このオントロジーとモデリングフレームワークの概要を述べ、理論と標準化技術に基づいて内容の妥当性と相互運用性を両立させる学習・教授シナリオの設計支援環境について述べる。

## 2. 学習・教授シナリオのモデル化

理論の理解に基づく(理論アウェアな)支援をし、標準化技術準拠した学習・教授シナリオ設計支援システムを構築するにあたってオントロジーが果たすべき役割は、教育に関する概念や語彙、それらの構成原理を体系化・共有する基盤を提供することである。様々な学習・教授理論を共通の概念基盤の上で再整理することが、単一の理論に基づく学習・教授シナリオの一貫性・整合性を検証だけではなく、他の理論の適用可能性や複数の理論のブレンディングのガイドラインを構築することに貢献すると考えている。また、標準化フォーマットで記述する内容に共

連絡先: 林雄介, 大阪大学産業科学研究所, 大阪府茨木市美穂ヶ丘8-1, TEL. 06-6879-8416, Fax. 06-6879-2123, hayashi@ei.sanken.osaka-u.ac.jp

通の概念・語彙を提供することで、相互運用性を保ったまま、内容の共有再利用性を高めることができると考えている。

この節では、筆者らがこれまで構築してきたオントロジーとそれに基づく学習・教授シナリオのモデル化の概要を説明する。

## 2.1 包括的な学習・教授理論オントロジーの構築

多種多様な学習・教授理論を包括的に扱えるオントロジーを構築するにはいくつかの問題がある。そもそも、それぞれのパラダイムやそれに属する理論は、それぞれが「学習」に関する独自の定義を持ち、ある共通の基盤を見いだすことはとても難しいと言われている。しかし、Ertmer [Ertmer 1993]やReigeluth [Reigeluth 1983]らのように、なんらかの共通項を見いだすことも可能ではないかと提案している研究者もいる。彼らの考察からは、各パラダイムではそれぞれ異なる発達メカニズム・プロセスを想定はしているが、その中で想定されている各状態には何らかの共通項が見いだせる可能性があると考えられる。このような考えに基づいて、本研究では『学習者の状態変化という観点から、「学習」に関する共有可能な何らかの「工学的近似」を見いだせるのではないか』という作業仮説を立て、包括的な学習・教授理論オントロジーの構築を進め、そのドラフトをウェブページで公開している<sup>1</sup>。

## 2.2 教授と学習の関係のモデル化

学習・教授をモデリングすることの困難さの原因の一つは、そのプロセスの中で起こる学習者の変化が学習行為と教授行為の二つの行為によって引き起こされることにあり得ると思われる。教授者によって、目標とする学習者の変化を期待する教授行為が学習者に対して行われる。その教授行為に関連して、学習者は何らかの学習行為(必ずしも教授行為で期待される学習行為と一致するわけではない)をして、その結果として学習者の状態が変化する。また、教授行為が無くとも学習者が自発的に学習行為をして学習成果がある(学習者の状態が変化する)こともある。

このような関係を本研究では図1で示すI\_L eventという概念で記述することを提案している。I\_Lというの、教授(Instruction)と学習(Learning)の関係を表していることを意味している。I\_L eventは教授イベントと学習イベントを結びつける概念である。本研究では、学習イベントの主構成要素を(期待する)学習者の状態変化と学習行為として定義しており、その二つ間に学習行為によって学習者の状態変化が引き起こされるという関係を定義している。一方、教授イベントを教授行為で構成されるものと定義している。この教授行為が学習イベントに影響を与えるのであるが、この関係を教授イベントと学習イベント間の関係として定義している。このI\_L eventという概念によって、本研究で注目する教授行為と学習行為、学習者の状態変化という3つの概念の関係を一つにまとめて概念化をすることで、様々な学習・教授行為と状態変化の関係を記述することができる。

ここでもう一つ重要な点は、学習・教授理論がこのような関係の妥当性を説明しているということである。各理論は記述的

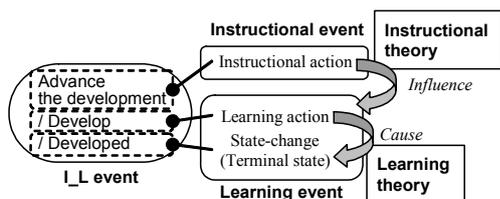


図1 I\_L eventの構成

(descriptive)に、または処方的(prescriptive)に教授行為と学習行為、学習者の状態変化の関係を説明している。このような理論的知識を記述する枠組みにもなるというのが I\_L event のもう一つの役割である。

## 2.3 学習・教授プロセス分解木

学習・教授シナリオは一般的にシナリオ全体で設定した目標を達成するための学習・教授行為の系列であると考えられる。つまり、学習・教授シナリオを設計するという事は、シナリオ全体で達成したい学習者の状態変化をより詳細な学習者の状態変化の系列として分解し、その各ステップを実現させるための学習・教授行為を設定していくことになると考えられる。

本研究では、学習・教授プロセスを学習者の状態変化プロセスと、その達成方法の2つの観点から構造化する。各行為で想定されるステップ毎の状態変化は、前述した I\_L event として記述される。ここでは、それをどのようにして状態変化プロセスとして構造化するかについて議論する。

提案するモデルでは、学習・教授シナリオは達成方式の観点から I\_L event による階層的構造として記述される。この基本的構造は、来村らによる機能分解木[来村 2002]の枠組みに基づいている。機能分解木では、人工物の機能を人工物の状態変化として捉え、その達成関係に基づいて機能構造をモデル化する。このモデルの対象は人工物とその機能であり、本研究で対象としている人の学習・教授プロセスとは一見かけ離れているように思われるが、状態変化とそれ起こすために行われる振る舞いの関係として抽象化すると、同様に扱うことができると考えられる。機能分解木の枠組みは人工物の機能に限らず一般性を持つと考えられ、本研究の事例はそれを証明する一つになると考えている。

図2は学習・教授プロセス分解の一例を示している。ここでは、上位イベント(学習者が学習対象を認識する)を達成するために二つの方式があることを示している。一つめの WAY1 は Gange と Briggs の理論に基づく方式であり、教授者が最初に学習内容を伝え、次にどのように学んでいくかを伝えるという教師主導のプロセスである。もう一つの WAY2 は Collins の理論に基づく方式であり、教授者は学習者にデモンストレーションするのみで、特に内容や学び方を説明しないという学習者主導のプロセスである。これらの二つの方式は同じ目的(期待する学習者の状態変化)に対して、別のアプローチで達成しようとしているものと考えられる。このように、ここでは(少なくとも)二つの方式が考えられることを「OR」関係で示している。このように「何を」達成するかということ、「どのように」達成するかということを区別することが、各理論的知識の内容の類似点と相違点をより明確にし、理論間関係を整理するガイドラインになると考えている。また個々のシナリオのレベルでも、同じ目標を達成するための別の学習・教授方法を考えるためのガイドラインになる。

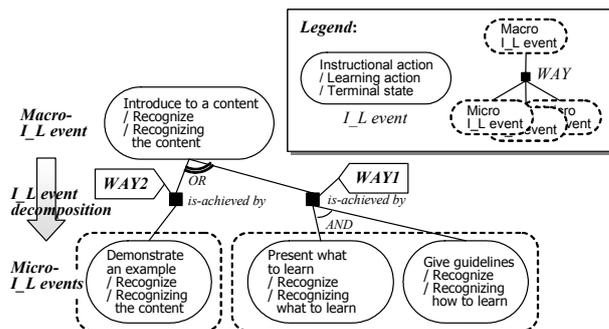


図2 学習・教授プロセス分解木の一例

<sup>1</sup> <http://edont.quee.jp/omnibus/>

この方式という考え方については二種類の解釈ができる。一つはボトムアップに、下位の状態変化の系列によって、上位の状態変化が達成されるという解釈である。これは状態変化の達成関係を descriptive に記述していると言える。もう一つは、トップダウンに上位イベントの行為は下位イベントの行為によって実現されるという解釈である。これはある状態変化を期待する学習・教授行為の詳細化による実現方法を prescriptive に記述していると言える。

特に本研究では、各理論で提案されている学習・教授方法に関する知識を方式のトップダウン的な解釈に基づいてモデル化し、整理しようと考えている。前述したように、各理論では想定される状況と期待する学習効果に対して適切と考えられる学習・教授方法を整理している。このような知識を方式の形式で蓄積することで、元来抽象的で個々のシナリオへの適用が難しいと言われている理論的知識を計算機オペレーショナルな形式で整理し、シナリオ設計において個々の事例へ適用することが容易になると考えられる。個々のシナリオ固有ではなく、(条件に合う)様々な場面で再利用可能と考えられる一般的な方式のことを、本研究では方式知識とよんでいる。これまで、Gagne の nine events of instruction, Dick and Carey の ID theory, Merrill の component display theory, Keller の ARCS model, Collins の cognitive apprenticeship, Jonassen の design of constructivist learning environments の6つの理論に基づいて、約100の方式知識を定義してきた。現在はこれらの定義を用いて、学習・教授プロセス分解木と方式知識の記述能力とシナリオ設計支援での有効性の検証をしている。

### 3. 標準化技術と学習・教授シナリオモデルの連携

学習・教授シナリオの再利用性を高めるためには、共有しやすいフォーマットで管理・運用することが必要となる。序論でも述べたように、現在は教育に関する技術標準化の活動が活発に行われており、様々な規格が提案され、LOM など実用化が活発に進められている規格もある。本研究では、学習・教授シナリオの標準化規格の一つである IMS Learning Design (LD)に注目し、学習・教授プロセス分解木の記述内容を IMS LD フォーマットで運用することを提案する。この対応によって、学習・教授プロセス分解木の理論適用性の高さを IMS LD コンテンツに反映させ、理論に基づく妥当性を高めた標準化準拠の学習コンテンツ作成を支援しようと考えている。

#### 3.1 IMS Learning Design の概要

学習・教授シナリオに関しては、Educational Modeling Language(EML)としてこれまで様々な規格が提案されてきた。現在では、標準規格策定団体の一つである IMS によって、オランダの Open University (OUNL)による EML がベースとして採用され、IMS Learning Design 規格として標準化策定作業が進められている。

IMS LD でキーとなる学習・教授シナリオの構成要素は以下の3つである。

- Role: 参加者のロール
- Activity/Activity-structure : 各ロールによって実行される行為とその構造記述
- Environment: アクティビティで使われる教材やサービス

IMS LD では、これらの要素を使って学習・教授シナリオを演劇のメタファーで表現しており、学習・教授活動の参加者にそれぞれどのような Role を割り当て、それぞれの Role 毎にどのような Activity をどのような Environment を用いて実行するのかといったことを記述することが学習・教授シナリオを設計することと定義している。また、複数の参加者による学習・教授プロセスを記述することができ、個別学習から協調学習、講義のような集合学習など様々な学習・教授形態をサポートできるように定義されている。

#### 3.2 IMS LD と学習・教授プロセス分解木とのマッピング

本研究では、学習・教授プロセス分解木を IMS LD の形式に変換することによって、他のシステムとの相互運用性を高めようと考えている。具体的には、学習・教授プロセス分解木として記述されたシナリオの構造を学習者ロールと教授者ロールの activity-structure に対応するものと考え、学習・教授プロセス分解木の一段分の分解を二つの activity-structure として分離して記述する。図3にその一例を示す。右側が学習・教授プロセス分解木の一部を示し、左側がこの分解木を IMS LD に変換した XML 記述となっている。Activity-structure の基本構造は(分解される)アクティビティとサブアクティビティである。学習・教授プロセス分解木の各方式は activity-structure として記述し、リーフのイベントだけは learning-activity か support-activity で記述する。Learning-activity は学習者の行為で、support-activity は教授者など学習者を支援する人の行為である。

このように IMS LD と学習・教授プロセス分解木は基本的に同じ構造を持っていて、簡単に相互変換することができる。しかし、IMS LD の問題点の一つとしては、ルートかリーフの activity でしか学習目標が記述できないということである。これでは、シナリオ全体の学習目標(学習者の変化)と実際に実行されるもつとも具体化された行為の各ステップでの学習目標は記述できるが、activity-structure による中間構造では記述できず、設計意図が保存されないこととなる。

一方、学習・教授プロセス分解木では、各ノード(イベント)で学習者の状態変化が記述されると同時に、どの方式が適用されたか・されなかったのかという情報や、方式が適用されているとすれば、それはどの理論に基づくものなのかという情報を管理することができる。従って、IMS LD と学習・教授プロセス分解木を記相補的に扱うことによって、内容の妥当性の保証と相互運用性を両立できると考えている。

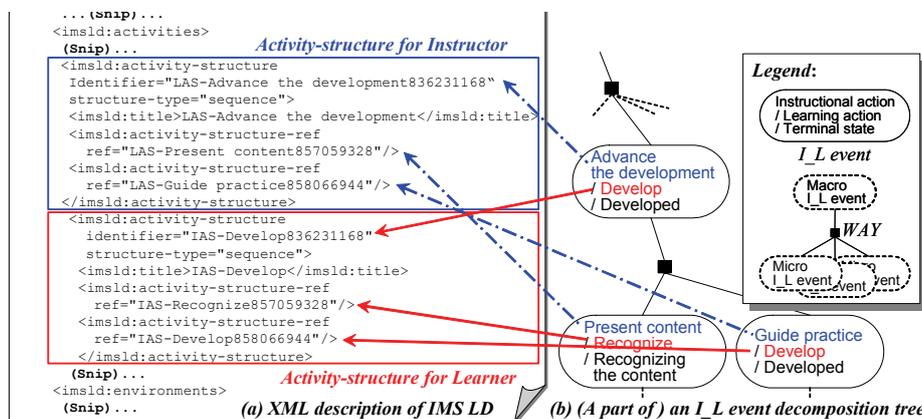


図3 学習・教授プロセス分解木とIMS LDの対応

#### 4. 学習・教授シナリオ設計支援システム：SMARTIES

本研究では、ここまで述べてきたオントロジーとモデリングフレームワークに基づいて学習・教授シナリオの設計を支援するシステム SMARTIES を開発している。このシステムでは、学習・教授シナリオの分析・設計・開発・実行・評価の五つのフェーズの内、設計フェーズでの抽象設計のみを対象としており、例えば、学習目標の分析や学習オブジェクトの設計、実際の実行による評価などは対象範囲外である。

図4に SMARTIES の学習・教授シナリオ設計支援インタフェースを示す。シナリオ設計者はシナリオエディタで学習・教授プロセス分解木を編集することで、シナリオを設計する。基本的に設計者は学習・教授プロセス分解木の枠組みに沿って自由にシナリオを設計することができる。SMARTIES はオントロジーに基づいて各 I\_L event の行為や状態を記述するための概念・語彙を提供する。設計者がこれらの概念・語彙を用いることで SMARTIES はシナリオの内容を理解し、設計を支援することができる。

支援の一つとして現在実装しているのは、方式知識を使って理論に基づいた学習・教授プロセス分解のガイドラインを提供する機能である。設計者が I\_L event を分解する際に問い合わせると、SMARTIES は分解する I\_L event の内容を各方式知識の上位イベントと照合し、合致した方式知識を設計者に提示する。方式知識はそれぞれ理論に基づいて定義されており、設計者は提示されたものを適用して I\_L event を分解していくことで、設計されたシナリオが理論に裏付けされることとなる。

現在はこの機能に加えて、説明機能の実装を進めている。これは、SMARTIES がオントロジーや方式知識に基づいて、シナリオの解釈内容や理論的な妥当性を提示する機能である。例えば、学習・教授プロセス分解木の各分解がどの理論のどのような原理に基づいているかといった理論的妥当性の説明や、方式知識と照らし合わせて、設計者が自分の考えで記述した分解が理論的に妥当であるかどうかの診断結果の提示である。テンプレートを用意し、それをオントロジーや方式知識、学習・教授プロセス分解木に基づいて具体化して、説明文を生成する枠組みを構築中である。

#### 5. おわりに

本稿では、本研究でこれまで構築してきたオントロジーとモデリングフレームワーク、それらに基づく学習・教授シナリオ設計支援システムの理論親和性と標準化準拠について議論した。序論でも述べたが、現状では標準化技術において形式が注目

されることが多い。これは相互運用性を確立するために重要なことではあるが、今後は共有・再利用するデータが標準化準拠の様々なシステムで動作するだけでなく、その内容が妥当であることを明確にするための仕組みが求められると考えられる。本研究では、オントロジー工学的アプローチによって、コンテンツの形式と内容の両面で共有・再利用性を確立するための技術を構築したいと考えている。

#### 参考文献

[Brouns 2005] Brouns, F., et.al: “A first exploration of an inductive analysis approach for detecting learning design patterns”, *Journal of Interactive Media in Education*, 2005 (03), 2005.

[Ertmer 1993] Ertmer, P. A., and Newby, T. J.: “Behaviorism, cognitivism, constructivism: Comparing critical features from an instructional design perspective”, *Performance Improvement Quarterly*, 6 (4), pp. 50-70, 1993.

[Hayashi 2006a] Hayashi, Y., Bourdeau, J. and Mizoguchi, R.: “Ontological Modeling Approach to Blending Theories for Instructional and Learning Design”, *Proc. of ICCE2006*, pp. 37-44, 2006.

[Hayashi 2006b] Hayashi, Y., Bourdeau, J. and Mizoguchi, R.: “Ontological Support for a Theory-Eclectic Approach to Instructional and Learning Design”, *Proc. of EC-TEL2006*, pp. 155-169, 2006.

[IEEE LTSC] IEEE LTSC, The Learning Object Metadata standard. <http://ieeeltsc.org/wg12LOM/lomDescription>

[IMS 2003] IMS Global Learning Consortium, Inc.: *IMS Learning Design. Version 1.0 Final Specification*, 2003. <http://www.imsglobal.org/learningdesign/>

[PPP] The Pedagogical Patterns project: <http://www.pedagogicalpatterns.org/>

[Mizoguchi 2000] Mizoguchi, R. and Bourdeau, J.: “Using Ontological Engineering to Overcome Common AI-ED Problems”, *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, Vol.11, No.2, pp. 107-121, 2000.

[Reigeluth 1983] Reigeluth, C. M.: “Instructional-design: What is it and why is it?” In Reigeluth, C. M. (Ed.), *Instructional-design theories and models: An overview of their current status*. pp. 3-36, Lawrence Erlbaum Associates, Inc., 1983.

[来村 2002] 来村 徳信, 他: 機能オントロジーに基づく機能的知識の体系的記述とその機能構造設計における利用, *人工知能学会論文誌*, 17(1), pp. 73-84, 2002.

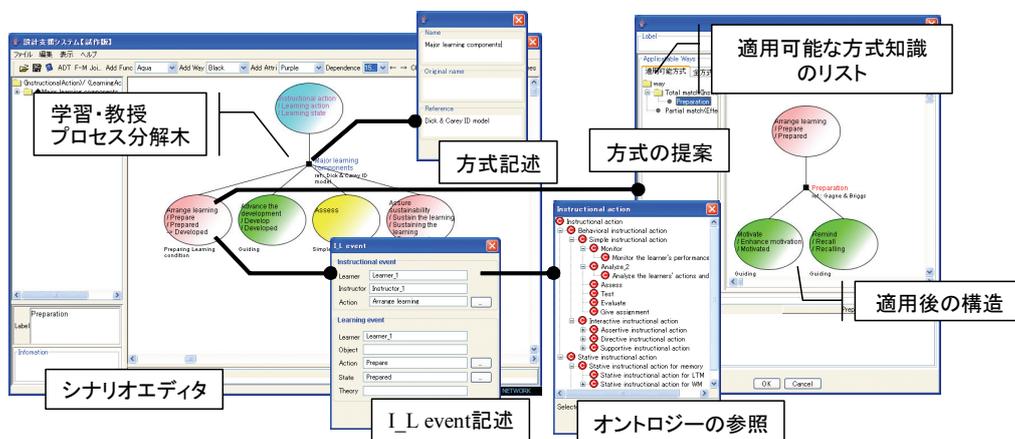


図4 SMARTIES のスクリーンショット