

適応的学習コンテンツの知識レベル設計支援 — SCORM2004 準拠学習コンテンツの構成に関するオントロジー的考察 — Knowledge Level Design Support for Adaptive Learning Contents - Ontological Consideration on Knowledge Level Structure of SCORM2004 Contents -

林 雄介
Yusuke HAYASHI

印東 葵
Mamoru INDOU

池田 満
Mitsuru IKEDA

北陸先端科学技術大学院大学 知識科学研究科
School of Knowledge Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology

This paper discusses learning contents design from the viewpoint of knowledge level and symbol level. The purpose of study is to develop a foundation for share and reuse of IESs on a global platform. SCORM2004 is becoming de facto standard so we choice it as the basis of the platform. On the platform we aim to build an environment for authors to clarify pedagogical meaning of learning contents based an ontology for IESs. This approach will allow us to share and reuse academic and technical expertise in the field of AIED research on common platform.

1. はじめに

知的学習支援システム(IES: Intelligent Educational System)の研究分野ではこれまで、「ストーリーボード的な教材構造表現から知識ベース型の表現」へのパラダイムシフトを目指した研究成果が蓄積されている[Murray 98]. ストーリーボード型が、分岐構造をもった教材を構成して多様な学習特性に適応するのに対して、知識ベース型の特徴は、学習者の個々の学習特性に高度に適応した学習プロセスを生み出す知識モデル(教材知識・教授知識・学習者モデル)を実現する点にある。

しかし、知識ベース型の学習支援システムの構築は、ストーリーボード型と比べると難解で、コストがかかるのが実情である。本稿では、この問題を克服するために、オントロジーと学習コンテンツ標準規格の観点から知的学習支援システムのプラットフォームについて考察したい。

Newell による知識レベル・シンボルレベルの考察[Newell 82]が、知的システムの枠組みを考えるうえで一つの指標を与えてくれる。この考察は知的システムに関する包括的な考察であるが、あえて本研究の観点から単純化してまとめると、次のようになる。

知識レベルは知識を記述するレベルであり、シンボルレベルは知識レベルの記述に沿った知的振る舞い生み出すメカニズムの実装レベルである。質の良い知的システムを実現するためには、質の良い知識が記述でき、適切な振る舞いを生み出すように二つのレベルを良いバランスでデザインする必要がある。

本稿で考察する課題は、知的学習支援システムのプラットフォームとして、質の良い知識の構成をどのように支援したら良いか?ということ、それに基づいた知的な振る舞いを生み出すメカニズムの「適切さ」とは何か?ということである。

筆者らは、前者の問いを考えるうえでオントロジー工学的な観点が、後者の問いを考えるうえで、スケーラビリティ・インタオペラビリティ(学習コンテンツの標準規格がもたらすもの)の観点

が重要であろうと考えている。

これまでになされた知的学習支援システムの研究の多くが、学習支援のタスク知識を分析し、それを知識モデルとして実装することを目指してきた。オントロジー工学はその知見を体系化することに役立つとされている[Mizoguchi 00]. 学習支援分野を対象とするオントロジー工学の目的は、「学習者に、どのタイミングで、どの教育的原則にしたがって、何を提供するか」といった学習支援知識の構成要素を一般化し、体系化することにある。

筆者らは、そのような体系を基礎に学習支援タスク知識の記述の基礎を構築するを支援することが、質の良い知識レベルの構成に寄与するのではないか?と考えている。筆者らが進めているオントロジーウェア・オーサリングツールの研究は、その研究仮説のもとで進めているものである[林 03].

知的学習支援システム研究分野で考えられている知的振る舞いには、相対的に単純なものから複雑なものまで多岐にわたる。その全てに対応してシンボルレベルが生み出す知的振る舞いの「適切さ」を考えると、非常に多くの指標を考えなければならない。例えば、大規模プラントの定性シミュレーションベースの知的操作訓練システムを考える場合は、シンボルレベルとして高度な定性推論エンジンを想定することになり、その「適切さ」には推論速度や精度を含めて考えなければならない。

適切さの尺度を考察するためには、知的振る舞いの深さ(学習支援のためにどこまで深い推論をするか)と広さ(どの範囲の学習対象に適用可能か)を何らかの形で設定したうえで考えないと考察できない。一般には、深ければ狭くなり、浅ければ広くなると言える。

本研究では、知識レベルの質を上げながら、学習支援知識の体系化を目指すために、「広さ」を重視した「浅い」知的振る舞いのシンボルレベルを対象として、知的振る舞いのスケーラビリティ・インタオペラビリティを適切さの尺度としたいと考えている。この観点から、既存の知的学習プラットフォームを見てみると、知識レベルとの組み合わせにおいて適切な拡張性の高い技術が知的学習支援システムの研究・開発に導入されていないと感じられる。そこで本稿では、一つの試みとして、次世代の e-Learning 基盤として特に注目を集めている SCORM2004 規格[ADL 04]をシンボルレベルプラットフォームとしてとりあげて考察する。特に、SCORM2004 規格の特徴の一つであるシンプルシ

連絡先: 林 雄介, 北陸先端科学技術大学院大学 知識科学研究科, 〒923-1292 石川県能美郡辰口町旭台 1-1, Tel. 0761-51-1737, Fax. 0761-51-1149 (共通), E-mail: yusuke@jaist.ac.jp

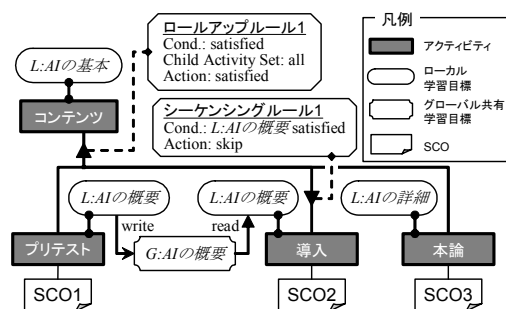


図1 SCORM2004 のコンテンツ例

ーケンシング機能が、学習支援の知的振る舞いを生み出すシンボルレベル技術としての潜在性が高いと考えている。

以上をまとめると、本研究の目的はスケーラブルなシンボルレベルプラットフォーム上で知的学習支援知識の体系化(共有・再利用)を実現することと言え、具体的には、

- ・質の良い学習支援知識の記述レベルを設定する
 - ・教材作成作業を支援するツールを構築する
 - ・「適切な」知的振る舞いを生み出す SCORM 準拠の実装レベルを構成する
- という3点を目標としている。

以下、本稿では、2章で SCORM2004 を知的学習支援システム研究の観点から分析し、それを踏まえて3章で知識レベルとシンボルレベルについて再考する。4章では、SCORM2004 規格に準拠したオントロジーアウェアオーサリングツールを紹介する。

2. 学習コンテンツのシンボルレベルとしての SCORM2004

2.1 SCORM2004

SCORM2004 は ADL(Advanced Distributed Learning Initiative)による学習コンテンツのための技術標準である。この規格の特徴はコンテンツ構造にルールを付与することによって、学習者に対する適応的な動作を設定できる点である。

図1は SCORM2004 準拠学習コンテンツの簡単な例を示している。SCORM2004 では、学習コンテンツの構造を木構造で表し、それにルールを付与することで適応的な動作を設定する。

ノードはアクティビティと呼ばれ、学習者がそのコンテンツを利用することで体験する学習経験に対応する。葉ノードだけが学習者に配信される学習教材(SCO: Sharable Content Object と呼ばれる)を持つ。葉以外のノードは抽象的な学習活動を表現している。

ルールの代表的なものとしてシーケンシングルールとロールアップルールがある。シーケンシングルールは学習進行を制御するための概念である。シーケンシングルール1では学習者がプリテストで合格したならば「本論」に進む。しかし、不合格ならば「導入」を学習してから「本論」に進むという学習進行制御が設定されている。一方、ロールアップルールは SCO で記録される学習進行情報を集積し、より抽象的な情報として処理するためのものである。ロールアップルール1では下位の3つのアクティビティの全てで目標を達成していたら、コンテンツ全体として目標を達成したと判断することを示している。

これらのルールを設定する際に重要となるのが学習目標という概念である。各アクティビティにはローカル学習目標が関連づけられ、アクティビティの完了や習得・未習得といった状態情報を管理する。ローカル学習目標で管理される情報は基本的に、対応しているアクティビティからしか参照・更新できない。しかし、

アクティビティ間で情報を共有する枠組みとしてグローバル共有学習目標という概念が用意されている。これを利用することで、他のアクティビティで記録された学習者情報を他のアクティビティ、もしくは他のコンテンツからも参照できる。図1の例ではプリテストの「L: AI の概要」と導入の「L: AI の概要」を結ぶ「G: AI の概要」がそれに当たる。

図1で紹介したようなコンテンツは、SCORM2004 規格の利用法の一つにすぎず、この規格はノードやツリー構造の意味づけ、ルールの書き方によって、様々なコンテンツ制御の可能性を持っていると言える。

2.2 IES の現状と課題

IES は人工知能技術に基づいて学習を支援するシステムであり、教育制御に関わる意志決定知識に基づいて適応的な教育を行うことを目指している。IES の構成上の特徴は、教育制御に関わる意志決定知識を教材知識、学習者モデル、教授知識の3種類に分けている点にある。その典型例を Woolf による MENO-Tutor に見ることができる[Woolf 84]。MENO-Tutor では、教育制御知識を Augment Transaction Network(ATN)と呼ばれる状態遷移グラフで表現している。この状態遷移グラフでは、それぞれのノードが教育戦略や教育行為などを表し、そのノードから遷移可能な他のノードと関係づけられている。そして、学習者モデルを参照した制御ルールによってノード間推移を表現する仕組みになっている。

このように、IES 研究は、その表現の洗練と、学習者モデルの高度化によって個々の学習者に柔軟に適応した学習経験列を生み出すことを目的としてきたと言える。

しかし、そこには、

- 共有・再利用性の低さ**: 各研究で知識ベース(学習コンテンツ)が独自に設計・開発されている。
- コストの高さ**: 知識表現が複雑な上に、規模の小さな学習コンテンツでも、多くの知識を書かねばならない。

という問題があり、IES の研究推進・実用化の障害になっている。このような問題を解決するためには、著者らは以下の2つ課題を達成することが重要であろうと考えている。

- IES における教育制御知識の構成概念(オントロジー)を整理し、IES 設計者が知識を共有できるようにする。
- 教育制御知識のオントロジーに準拠して記述された教育制御知識を実行するための共有プラットフォームを構築する。

2.3 IES 研究から見た SCORM2004 規格

IES における意志決定構造は、多くの場合、システムとしては「どのような教授行為をするか」であり、学習者としては「どのような学習行為をするか」である。つまり、各ノードは行為、ノード間の繋がりには教育行為の意思決定方略(例えば、ATN では、「導入する」、「例を示す」、「理解を確認する」、「演習する」といった行動の選択)を表している。

テキストブックのような単純なページめくりを基礎として、スキップ・繰り返しといった単純な制御構造を付加する場合は、SCORM2004 でのコード記述がさほど難しくない。アクティビティツリーに教材の構造が反映され、それに沿って意志決定ルールを書くという比較的単純な作業である。

しかし、IES で培われてきたような個別適応型教材を構成する場合は、教授・学習行為の選択の意志決定構造を中心に組織化する必要がある。意思決定構造をアクティビティツリーに写像することは不可能ではないが、決して容易なことではない。これを実現するためには、教授・学習行為の意思決定知識を

SCORM2004 のモデルに適切に反映させることと、それを設計者が容易に記述できることが必要である。つまり、前節で提示した以下の A, B の課題に帰着する

この構図は、Newell が AI システムの設計原理として説いた「知識レベルとシンボルレベル」の考え方にマッチする。A は知的な振る舞いを踏み出す IES 知識の概念的な記述の枠組みであり、知識レベルに対応する。B はその知識に基づいて知的な振る舞いを生み出す SCORM2004 プラットホーム上での実装であり、シンボルレベルに対応する。

この対応を前提として、スケーラビリティの高いシンボルレベルとして SCORM2004 プラットホームを基礎にし、教育・学習活動制御の知識レベル記述の枠組みを組み上げれば、IES の知見を再活用した知的教育システムの研究推進・実用化へと展開できると考えられる。

3. 知識レベルとシンボルレベルの対応

3.1 知識レベルモデルの構成

2.2 節で述べたように、IES を実現するためには、教授・学習行為の選択の意志決定構造を持たせることが必要となる。行為の選択知識を明確にすることは、IES の基本であり、次の2点において意義がある。

- A) 教授・学習行為の意志決定: システムが学習者に適応的に教授・学習行為の配列を構成できる。
- B) 学習者情報の収集: システムは、選択した教授・学習行為が学習者に受け入れられたかどうかを判断することによって、その学習者の理解状態や学習特性を知ることができる。

この考え方をベースにして、本研究では教授・学習行為の意志決定構造と学習者情報の収集構造を整理し、それらをシンボルレベルへと写像する枠組みの確立を目指す。

(1) 教授・学習行為の意思決定構造

IES における基本的な意思決定は、行為とその対象の組み合わせを決定することである。例えば、アクティビティ「AI を認識する」というアクティビティは、「AI」という対象に対して「認識する」という行為の組み合わせが選択されたことを表す。

学習者の理解状態に対する適切な対象と行為の組み合わせはオントロジーによって規定する。例えば、「理解する」では、効果として学習者がその対象を理解した状態になることを想定すると共に、その前提条件として獲得レディネスが必要となるという制約を定義している。獲得レディネスは、「認識する」によって得られるとオントロジー中に定義している。こ

(2) 学習者情報の収集構造

本研究において IES の意思決定に根拠を与えるための学習者モデルとして捉えたいことは以下の2つである。

- 学習者の理解状態: 未知・既知といった理解の度合いや、獲得や修正に対する学習者のレディネスについて、長期的・短期的の両方の視点からシステムによって捉える。
- 学習者の学習特性: 論理的・直感的、逐次的・全体的など、その学習者に有効と考えられる学習プロセスの特性を記録するもの

これらの情報について、一時的に観測された誤った学習者の状態なのか、正しい状態なのかを区別するために、以下の2つの観点から捉える。

- 振る舞いの解釈 (IB: Interpretation of behavior)
- システムによる学習者についての理解 (LM: System's understanding of a learner)

IB はある教授・学習行為における学習者の振る舞いの解釈である。例えば、テストに対する学習者の応答の解釈 (正解・不正解など) である。LM はシステムが過去の学習履歴から推定した学習者の理解状態を表す。例えば、「AI」という内容について

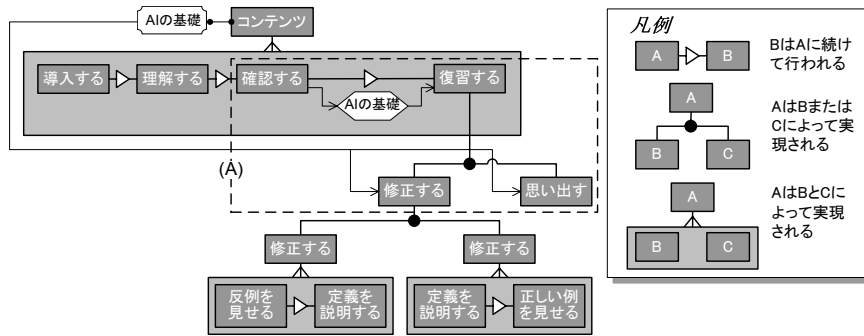


図2 知識レベルでの意志決定モデル

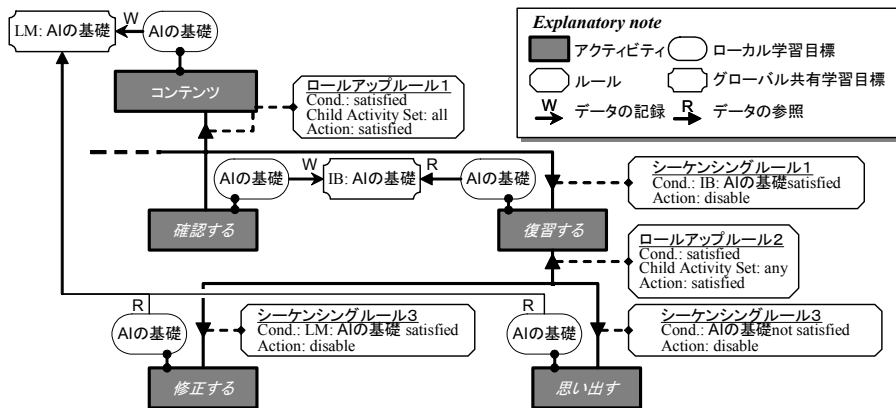


図3 シンボルレベルモデル

これまでの学習経験があり、テストでも合格しているなどといった履歴からシステムが推定するものである。

3.2 シンボルレベルへの写像

図3は知識レベルでの意志決定モデルの想定例を表している。学習プロセスは大まかに導入、説明、課題、復習の4ステップからなり、復習ステップは課題ステップで学習者が合格しなかった場合に実施される。復習ステップには学習者の状況に応じて2種類の教授戦略がある。一つは、学習者が過去に同内容を学習していた場合で、「思い出す」ことを目標とする場合で、もう一つは、学習者が初めて学ぶ内容で、理解に誤りがあると考えられるので、「修正する」ことを目標とする。

図3の(A)の部分を SCORM2004 規格に基づくシンボルレベルモデルに変換したものを図4に示す。意思決定構造はアクティビティツリーの構造とシーケンシングルールに変換され、情報収集構造はロールアップルールとして記述されている。

前節で述べた2種類の学習者情報(IB, LM)はどちらもグローバル共有学習目標に変換されるが、その意味は異なる。"IB: AIの基礎"はこのコンテンツ内だけで解釈されたものであり、"LM: AIの基礎"は過去の学習履歴から判断されたものである。

4. 知識レベルでのオーサリング支援へ向けて

3章で示したように、知識レベルを考慮してコンテンツを作成すると大して規模が大きくなるとも複雑な構造ができあがる。さらにシンボルレベルと知識レベルの両方で整合性もとらなければならなくなる。これらのことを人手だけで行うのは非常に困難なことである。このような構築や知識記述のコストに関する問題は IES 研究の初期の頃から指摘されており、多くの研究者によって様々な試みがなされている[Murray 03]。

例えば、Ainsworthらが開発している REDEEM では、教師が使いやすい語彙とそれに対応した簡単なパラメータだけをユーザに求めるインタフェースを用意し、知識工学者ではなくとも容易に IES を作成できるオーサリングツールを開発している[Ainsworth 03]。ただし、インタフェースを単純化した分、オーサが記述できる知識の深さが浅くなってしまいうという欠点もある。記述する知識の深さと構築される IES の適応性のトレードオフは非常に重要な課題である。

本研究では、先行研究である *iDesigner*[林 03]をベースに SCORM2004 対応の IES オーサリングツールの構築を進めている。その特徴は学習コンテンツ設計のための概念を体系化したオントロジーに基づいて、オーサリングツールがオーサの意図を把握し知的な支援を行う能力(オントロジーウェアネス[池田 97])にある。本研究では、この *iDesigner* を発展させ、SCORM 準拠の知的学習コンテンツの、知識レベルオーサリング支援ツールの開発を目指している。

オーサリングツールの想定画面を図4に示す。中心となるのは(A)のコンテンツエディタで、コンテンツの意思決定構造を編集する環境を提供する。ここでは、図2で示した知識レベルでの意思決定構造が表示されている。各ノードの内容を設定するためのウィンドウが(B)であり、その値は(C)のオントロジーや(D)学習項目ネットワークを参照することで決定する。

5. おわりに

本稿では知識レベルにおける学習コンテンツの設計について、SCORM2004 規格を IES の意思決定構造のシンボルレベルとして検討した。このアプローチを通じて、我々はIES研究で培われてきた知見を学術的にまた技術的に共有・再利用できる共通のプラットフォームを手に入れることができるのではないかと考えている。また、これは SCORM 規格をより適応的で知的なコンテンツのための規格として、さらなる段階に発展させるためにも貢献すると考えている。

参考文献

- [Murray 98] Murray, T.: "Authoring Knowledge Based Tutors: Tools for Content, Instructional Strategy, Student Model, and Interface Design", J. of the Learning Sciences, Vol. 7, No.1, pp. 5-64, 1998.
- [Newell 82] Newell, A.: The Knowledge Level, Artificial Intelligence, Vol. 18, pp. 87-27, 1982.
- [Mizoguchi 00] Mizoguchi, R. and Bourdeau, J.: "Using Ontological Engineering to Overcome AI-ED Problems", Int. J. of Artificial Intelligence in Education, Vol.11, No.2, pp.107-121, 2000.
- [林 03] 林 雄介, 山崎龍太郎, 池田 満, 溝口理一郎: "オントロジーウェアな学習コンテンツ設計環境", 情報処理学会論文誌, Vol. 44, No.1, pp. 195-208, 2003.
- [ADL 04] ADLNet.: Sharable Content Object Reference Model: SCORM2004 2nd Ed., <http://www.adlnet.org/>, 2004.
- [Woolf 84] Woolf, B. P, McDonarld, D. D.: "Building a computer tutor: design issues", IEEE Computer, Vol. 17, no 9, pp 61-73, 1984
- [Murray 03] Murray, T., Blessing, S., and Ainsworth, S. (eds.): Authoring Tools for Advanced Technology Learning Environments, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, pp.439-466, 2003.
- [Ainsworth 03] Ainsworth, S., Major, N. Grimshaw, S. Hayes, M., Underwood, J., Williams, B. And Wood, D.: "REDEEM: Simple Intelligent Tutoring Systems from Usable Tools", Authoring Tools for Advanced Technology Learning Environments, pp.205-232, 2003.
- [池田 97] 池田 満, 金 来, 林 雄介, 瀬田和久, 溝口理一郎, 高岡良行, 太田 衛: "タスクオントロジーはオーサリングを楽にする-訓練タスクオントロジーの構成とオーサリング支援", 人工知能学会研究会資料, SIG-J-9801-11, pp.47-54, 1998.

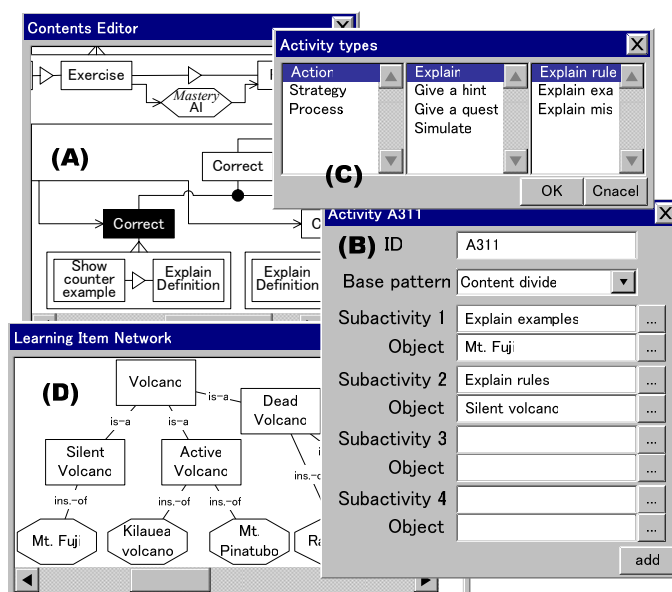


図4 オーサリングツールの想定画面