

# SCORM2004 準拠学習コンテンツの知識レベル設計支援 -知的学習支援プラットフォームに関する オントロジー工学的考察-

池田 満                      林 雄介  
Mitsuru IKEDA              Yusuke HAYASHI

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

**Abstract:** 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り、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るレベルと、その振る舞いを適切に生み出すレベルを、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」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, Hayashi 04]。

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ぬ。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たいと考えており、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技術標準である。この規格の目的は学習コンテンツの相互運用性と再利用性の確立にあり、Overview, Content aggregation model, Run-time environment, Sequencing and Navigationの4つから構成されている。OverviewではSCORM2004規格の全体像が示されている。Content aggregation modelでは、コンテンツ構造とそのメタデータを定義している。Run-time environmentはコンテンツの実行環境定義を示している。そして、最後のSequencing and navigationがSCORM2004で新たに追加された規格であり、SCORM2004を特徴づけるものである。Sequencing and Navigationはコンテンツの動作を制御するための規格であり、コンテンツ構造に付随して設定できる動作ルールで動作制御を表現する。設計者は、この規格にそって「学習者が演習問題に不合格であったら、復習のためのコンテンツを提示する」とか「学習者が学習目標を達成するまで解説と問題を繰り返させる」などといったコンテンツの動作を記述することができる。

SCORM2004では、学習コンテンツの構造が木構造で表現され、ノードはアクティビティと呼ばれ、学習経験に対応する。中間ノードは抽象的な学習活動を表現し、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。学習支援システム(LMS: Learning Management System)は学習コンテンツ構造のルートから順に学習活動をルールに従って選択し、葉ノードまで到達したらそれに対応するSCOを学習者に配信する。同時に、葉ノードでは学習者の学習活動情報(例えば、時間・得点など)が収集される。学習者による学習活動が終了すると、原則として葉から根の方向に戻りながら収集された情報を中間的なアクティビティノードに集約される。この各中間ノードで集約された学習情報に基づいて、LMSはツリーの上位に戻るか、下方に展開するかを決定する。このような動作を繰り返すことで、LMSによって学習活動の選択が行われる。

SCORM2004では、ルールを特に記述しない限りデフォルト制御はプリアーダによる探索である。例えば、テキストブックの構造をツリー構造に対応づけるとすれば、中間ノードが章・節に相当し、葉ノードがページに相当すると考えることができる。つまり、ツリーの上位構造は目次に相当し、葉ノードは本文に相当する。このツリーを

単純にプリアーダ探索すると、本を最初から最後までくまなく読むという学習系列が生成されることになる。

SCORM2004の特徴はプリアーダ制御を基本として、ルールによって適応的な制御を構成することができることである。例えば、あるノードが章を表しているとする、そのノードに子ノードから集約された情報（例：章末問題の可否）に基づいて、LMSが次の行動を決定する（例：合格なら次の章、不合格ならその章を繰り返す）といったような制御である。このような制御をルールで容易に表現することができる。

もちろん、このような適応的プリアーダページめくり機構は、Sequencing and navigationの一つの使い方にすぎない。この規格はノードの意味、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。しかし、そのような自由度の高さのために、規格の全体像が把握できない、どのようにルールを書いたらよいかかわからないという、コンテンツ作成者の不満があるのも確かである。このような問題は設計者が自分の作成したコンテンツの全体像を把握することの困難さやルールを記述するためのガイドラインが明確ではないということに起因していると思われる。

以下では、SCORM2004のSequencing and navigation規格の意義について、知的学習支援システム(IES: Intelligent Educational System)と人工知能の観点から考察していきたい。

## 2.2. IES 研究を通じて学んだこと

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、これまで多くの研究がなされてきた。IESの特徴は教材知識、学習者モデル、教授知識の3つによってアーキテクチャが構成されることにある。教材知識は対象領域知識を表現し、学習者モデルは学習者の理解状態を表現し、教授知識は教授方略に関する知識を表現したものである。IESは学習者モデルによる理解状態と教材知識による教授対象の性質に基づいて教授知識を選択し、学習者に適した教育を行う。ここで注目すべきことは、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種類に分けて整理している点である。そのような考え方の典型例を、今では古典的研究になったが、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はなんらかの教育知識の構造の表現を持っている。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、

- I. 各研究でプラットフォームが独自に設計・開発されているため、知識ベース（学習コンテンツ）の共有・再利用性が著しく低い。そのため、実用的には生産性が低すぎ、研究的には知見の蓄積が進んでいない。
- II. 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ため、コスト的に見合わない。

という問題があり、IESの研究推進・実用化の大きな障害になっている。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。

- A. 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。つまり、その構成概念に基づいて教育制御知識を記述・共有することによって、他人が書いた知識をより容易に理解できる、または他人もより容易に読める知識を書けるようにする。
- B. 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プラットフォームを構築し、それを研究者・実践者のコミュニティで共有する。

## 2.3. IES 研究から見た SCORM2004 規格

筆者らは、これまで iDesigner というオントロジーウェアオーサリングツールの開発を進めてきた[林 03, Hayashi 04]。その研究では非 IES 型学習コンテンツの作成に関して、A のアプローチで I,II に準じた問題に取り組んできていた。本研究では、その知見を踏まえて、SCORM2004 の Sequencing and navigation 規格を B の実現の基礎として、よりスケーラビリティが高く、より使いやすい IES 開発環境の開発を目指す。この節では、SCORM2004 規格を IES プラットホームの基礎とすることについての筆者の基本的な考え方を示したい。

2.2 で述べたように、SCORM2004 において各アクティビティノードは、基本的に学習経験に対応して考えられることになっている。つまり、各アクティビティノードは、システム側の視点では、「何を教えるか」であり、学習者からは「何を学

ぶか」である。各ノードは「学習で用いられる教材（の集合）」（例えば、章・節・ページに書かれている内容）を表しており、アクティビティツリーはその「教材の構造」を表している。一方で、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、ノード間の繋がりは教育行為の意志決定方略（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。<sup>1</sup>

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の Sequencing and Navigation 規格でのコード記述がさほど難しくなく、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構造を組織化する必要がある。このような場合は、その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・学習行為の選択をSCORM2004でのアクティビティツリーの探索に変換する方法と意思決定構造をアクティビティツリーに写像する方法を見つけ出すことが必要である。重要なのは、教授・学習行為の意思決定知識をSCORM2004の Sequencing and Navigation 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である。つまり、前節で提示した以下のA, Bの問題に帰着する

- A. 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。つまり、その構成概念に基づいて教育制御知識を記述・共有することによって、他人が書いた知識をより容易に理解できる、または他人もより容易に読める知識を書けるようにする。
- B. 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プラットフォームを構築し、それを研究者・実践者のコミュニティで共有する。

<sup>1</sup> もちろん、「行為」をSCORM視点での「教える内容」に埋め込んで考えてしまえば、IES視点での「教える行為」と同等になるように見える。しかし、そのように埋め込んでしまうことは、「行為」の選択に関する知識の記述を暗黙的にしてしまうため、妥当とは言えない。このことについては、3章で具体的に説明する。

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プラットフォ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プラットフォームを基礎にし、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。次節以降では、このアイデアに沿って進めてきた研究成果を、まだ初期の段階ではあるが、具体的に示していく。

### 3. 知識レベルとシンボルレベルの橋渡し

#### 3.1. SCORM2004 準拠の学習コンテンツの現状

現在、典型的なSCORM2004準拠の学習コンテンツの形式は、基本的にテキストブックの章・節・項目といったツリー構造をアクティビティツリーの構造にそのまま写像したものと言える。そして、章や節などを表す中間ノードにルールを設定することで適応的な制御を構成している。

そのような適応的プリオーダーページめくり型コンテンツの一例を図1に示す。このコンテンツは「AIの概要のプリテスト」から始まる。学習

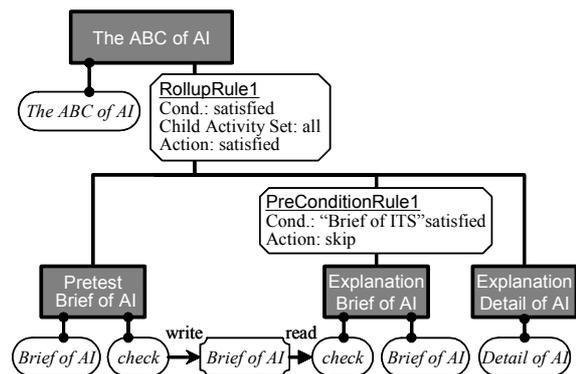


図1 an example of adaptive preorder page-turner structure

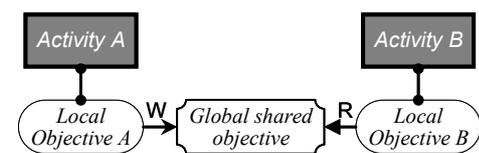


図2 General form of usage of a global shared objective

者がプリテストで合格したならば「AIの詳細」に進む。しかし、不合格ならば「AIの概要」を学習してから「AIの詳細」に進む。このような制御がシーケンシングルール(PreConditionRule1)で設定されている。

一般的にアクティビティツリーの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、ローカル学習目標でそのアクティビティに関して完了や習得・未習得といった値を管理する。図1の例であれば、「Pretest Brief of AI」というアクティビティには「Brief of AI」というローカル学習目標が設定されており、プリテストの結果によって完了や習得・未習得等の値が設定される。これは基本的に、対応しているアクティビティ(この場合は「Pretest Brief of AI」)からしか参照・更新できないが、グローバル共有学習目標という概念を利用することでアクティビティ間で共有できる枠組みが用意されている。

図2はグローバル共有学習目標の利用の一般形を示している。ローカル学習目標Aとグローバル共有学習目標の間の「W」はローカル学習目標Aの内容をグローバル共有学習目標に書き込める(Write)ことを示している。また、ローカル学習目標Bとグローバル共有学習目標の間の「R」はグローバル共有学習目標の内容をローカル学習目標Bから読み出して(Read)、ローカル学習目標Bの値として利用できることを示している。つまり、Activity Aの結果がローカル学習目標Aに記録されると共にグローバル共有学習目標にも記録され、Activity Bでローカル学習目標Bを通じて参照されることになる。図1では「Pretest Brief of AI」と「Explanation Brief of AI」の間でグローバル共有学習目標を利用している。この場合では、アクティビティ「Pretest Brief of AI」でチェックした学習者の状態がグローバル共有学習目標「Brief of AI」を通じて「Explanation Brief of AI」で参照され、Pretestに合格していた(「Brief of AI」の値が習得

であった)ならば、アクティビティ「Explanation Brief of AI」をスキップするというルール(PreConditionRule1)が設定されている。

LMSでは一つのアクティビティが終了する毎にそのアクティビティで収集された学習活動情報をより上位のアクティビティに集約していく。例えば、The ABC of AIでは、RollupRule1によって、「Pretest Brief of AI」、「Explanation Brief of AI」、「Explanation Brief of AI」のすべての結果が集約される(Child Activity Setの値がallであるため)。このロールアップの仕組みによって、コース全体としての学習結果がローカル学習目標「The ABC of AI」に記録される。

ここまで述べてきたシーケンシングルール・ロールアップルール・グローバル共有学習目標といった概念によって、比較的簡単に適応的プリオーダーページめくり機構を実現することができる。しかし、IES研究で目指しているものは決められた流れを全て見せるか、一部をスキップして省略するかといった制御ではなく、次に実行すべき教授・学習行為を学習者の状態を考慮した上で意思決定する制御である。次節以降ではSCORM2004をコンテンツ記述の土台として、IESで求められる意思決定モデルを記述の実現性について考察する。

### 3.2. 教授・学習行為の意思決定構造としてのアクティビティツリー

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。ここで示す学習プロセスは大まかには導入、説明、課題、復習といった4つのステップからなる流れであり、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。また、復習ステップでは想定される学習者の状況に応じて2種類の教授戦略を用意している。一つは、学習者は以前にこの内容を学習している場合で、この場合は単に忘れていたことが考えられるので「思い出させる(Remind)」ことを

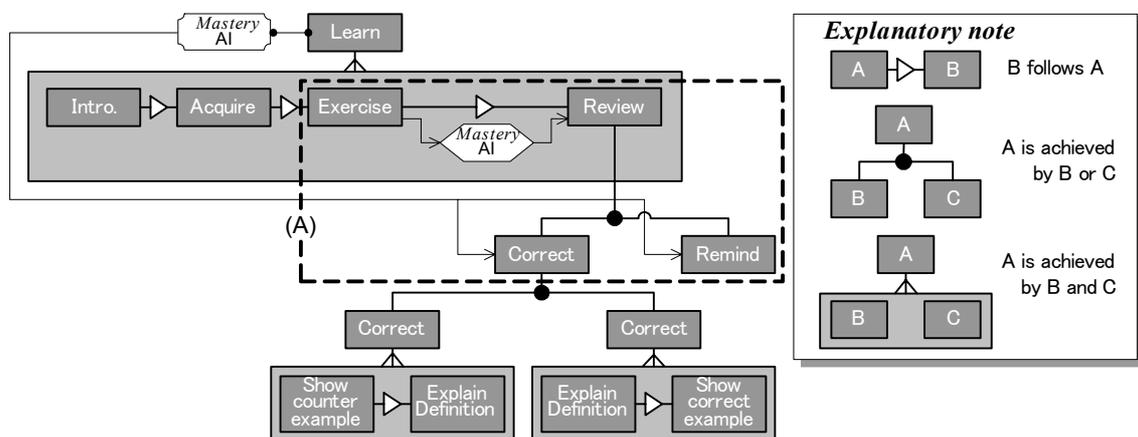


図3 an example of decision-making model in knowledge level



(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。システムにより適応的な意思決定をさせるために、IB と LM の2種類の学習者の情報を扱う。例えば、システムの推定した理解状態(LM)では「理解している」だったのに、テストに対する応答の解釈(IB)が不正解（対象知識について「理解していない」）であった場合、学習者は知っているのだけどその知識をこのときは引き出せなかった（解けなかった）という状態を表現することになる。このような IB と LM の組み合わせが、この場合では「思い出させる」という教授・学習行為を実行させるシステムの意思決定の根拠になる。

このような IB, LM の情報を構成するためのパターンが学習者の情報収集パターンである。情報収集パターンは and や or による上位と下位のアクティビティの関連づけによって表現される。図4の例では、アクティビティ"Review AI"は"Correct AI"か"Remind AI"の二つの下位アクティビティのどちらかによって実現される。よって、"Review AI"の成否は"Correct AI"か"Remind AI"のどちらか実行された方で記録されたものに

なる。一方、コンテンツ全体では導入、説明、課題、復習のシーケンスで構成されており、これらのアクティビティを通して実行することで全体の目的が達成されるので、下位のアクティビティ全ての結果をまとめたもの(and)が全体の結果となる。この結果は全体を表すアクティビティ"Learn the ABC of AI"に関連づけられている"LM: Mastery AI"に記録される。このように、"LM: Mastery AI"はコンテンツ全体の目標を表すと同時に、完了時の学習者の状態を表している。

### 3.3. シンボルレベルモデル

図5は図3で示した知識レベルのモデルを SCORM2004 規格に基づくシンボルレベルモデルに変換したものである。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る。図4の"Exercise AI"と"Review AI"は"Learn the ABC of AI"の子アクティビティとして設定され、その順序が規定される。一方、情報収集構造はロールアップルールとして記述される。"Learn the ABC of AI"は下位のアクティビティの全プロセスによって実現されるので、これが達成されるには全ての下位アクティビティすべてが達成される必要がある。したがって、これに対応する RollupRule1 では全ての子アクティビティの情報の積(Child Activity Set=all)となる。一方、"Review AI"は"Correct AI"か"Remind AI"の二つの下位アクティビティのどちらかによって実現されるので、下位のいずれかのアクティビティの情報だけでよい。したがって、これに対応する

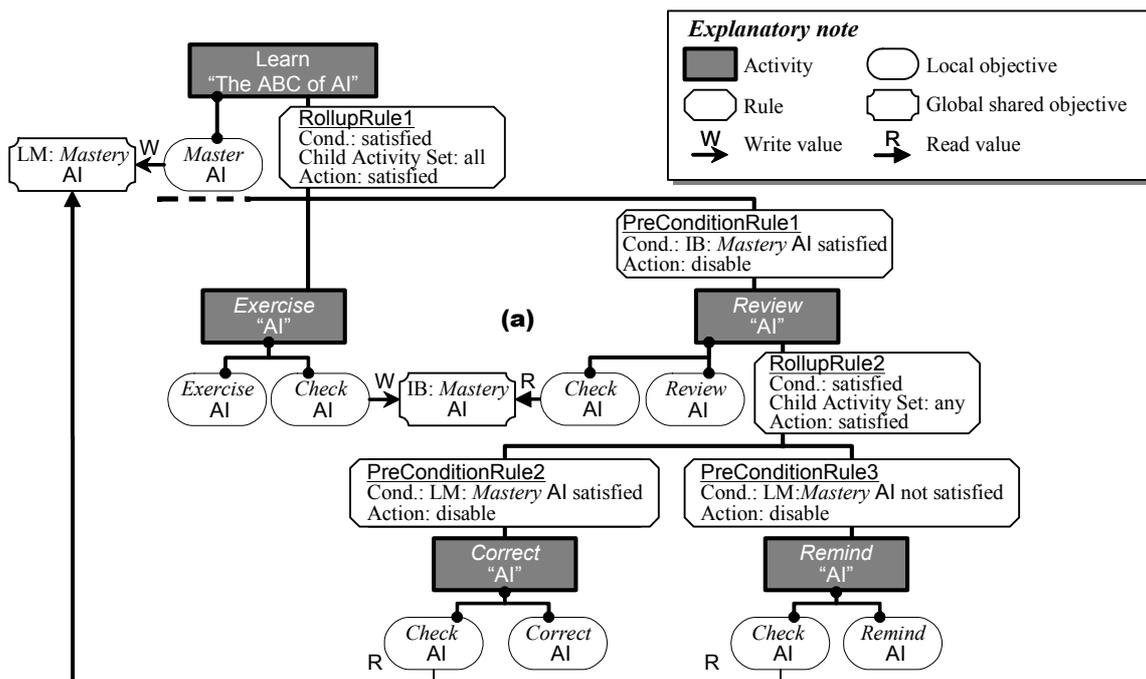


図5 Symbol level model

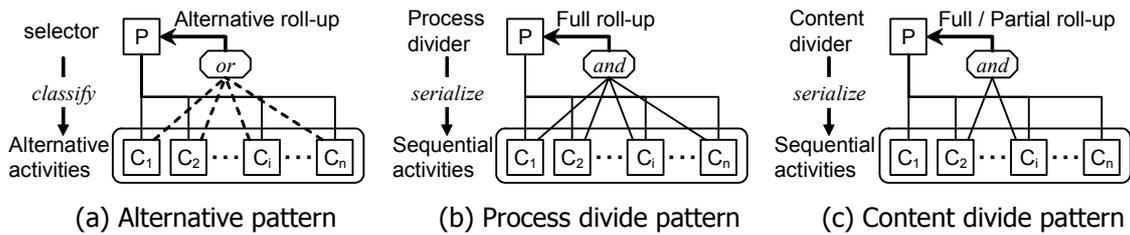


図6 Patterns for designing an activity tree

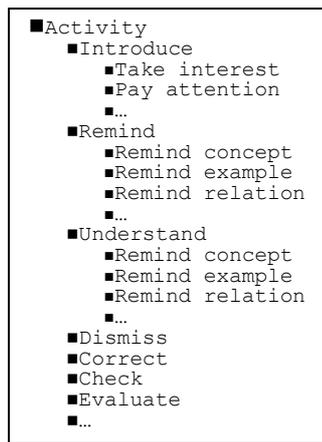


図7 Concept of activities (partial)

RollupRule2 では全ての子アクティビティの情報の和(Chile Activity Set=any)となる。

3.2.2 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、その役割は異なる。"IB: Mastery AI"は"Review AI"によってのみしか参照されないが、"LM: Mastery AI"はシステムが想定する学習者モデルの一部として、コンテンツ内のみならずコンテンツ間でも参照できるものとする。

### 3.4. アクティビティツリー設計のためのパターン

もし、前節で示したような意思決定構造や情報収集構造のパターンをシンボルレベルでの記述にマッピングし、それを蓄積することができれば、オーサは知識レベルでコンテンツを記述し、システムはシンボルレベルでコンテンツを出力するオーサリングツールを実現することが可能になる。

この節では、前節まで述べてきた意思決定パターンや情報収集パターンを整理し、SCORM2004記述のパターンと関連づける。本研究では、次に示すような3種類の基本的な意思決定パターンや情報収集パターンの組み合わせを提案する。

- (a) Alternative pattern: 学習者の特性に合わせて個別の教授戦略を設定する
- (b) Process divide pattern: 学習活動をサブプロセスに分割する
- (c) Content divide pattern: 学習内容を分割して

詳細化する

これらのパターンの構成を図6に示している。Alternative pattern は学習者の状態 (IB や LM) を利用して実行するアクティビティを選択するものである。Process divide pattern と Content divide pattern はアクティビティを複数のサブアクティビティに分割するために用いられる。これらのパターンの組み合わせによってオーサによる様々な学習コンテンツのためのフレキシブルな意思決定モデルの構築を支援する。また、これらのパターン内の各アクティビティは筆者らがこれまで構築してきた IES オントロジー[Mizoguchi 00][Hayashi 04]で具体化される。そのオントロジーの一部を図7に示している。

また、これらのパターンの教育的意味によって下位アクティビティからのロールアップの方法も規定される。Alternative pattern であれば、下位アクティビティは一つだけ実行されるので、実際に実行されたアクティビティの情報のみが上位のアクティビティで管理されればよい(child activity set = any)。一方、Process divide pattern と Content divide pattern では、上位のアクティビティは下位のアクティビティを集積・抽象化したものであるため、全ての下位アクティビティの情報が上位アクティビティに集約される(child activity set = all)。しかし、Content divide pattern の場合は下位アクティビティが付加的内容を含んでいる場合もあるので必ずしも全ての下位アクティビティの情報がロールアップされるわけではない。

## 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での整合性をとるだけではなく、知識レベルでの整合性もとらなければならない。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、そのソリューションとしてオーサリングツールへの期待され、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を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ふという欠点もある. 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[Hayashi 04]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. iDesigner は IES のための「知識ベース」のオーサリングツールではなく, 典型的な「ストーリーボード型」CAI のためのオーサリングツールである. しかし, その特徴はオーサリングツール自体がオントロジーアウェア[Ikeda 99]な点にある. つまり, CAI 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よりの確に把握し知的な支援を行う.

本稿で提案するオーサリングツールは iDesigner で備えていたオントロジーアウェアに加えて, 高い拡張性を備えた標準規格アウェアなものである. SCORM2004 規格をシンボルレベルの整合性を保つ基盤として, IES のためのオントロジーをオーサの設計意図のモデルの妥当性・整合性を保つ基盤として, 抽象レベルの設計意図と実行レベルのインプリメンテーションとを繋ぐ. この二つのアウェアネスをシステムに備

えさせることで, オーサの設計意図から学習コンテンツの実装までの整合性・妥当性を確保する.

本稿で提案するオーサリングツールの想定画面を図 8 に示す. 中心となるのは(A)のコンテンツツエディタで, 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 3 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.

(B)では, (A)で選択されているアクティビティ”Correct”の設定内容が表示されている. このアクティビティは, 図 6 で示した Content divide patter に基づいて, ”Show counter examples”と”Explain definition”の二つのアクティビティに分割されている. オーサは, 意思決定構造を詳細化する際に, (B)で利用するパターンを選んで, 下位アクティビティに設定するものを(C)のアクティビティ概念のオントロジー定義を参照して決定する. ここでは”Silent volcano”という概念を教えるために, まず「例」を示してから, その「概念定義」を教えるというように, ことが設定されている.

パターン記述において各アクティビティの対象物は抽象的に, 例えば, 「例」や「概念定義」などで, 記述している. これらは(D)で提示される学習項目ネットワークの項目を使って具体化される. また, 各アクティビティ概念は対象物に対する制約が定義されている, 例えば, 「例」で教えたい対象が概念ならば, その下位概念やインスタンスが具体的な対象物になるということ

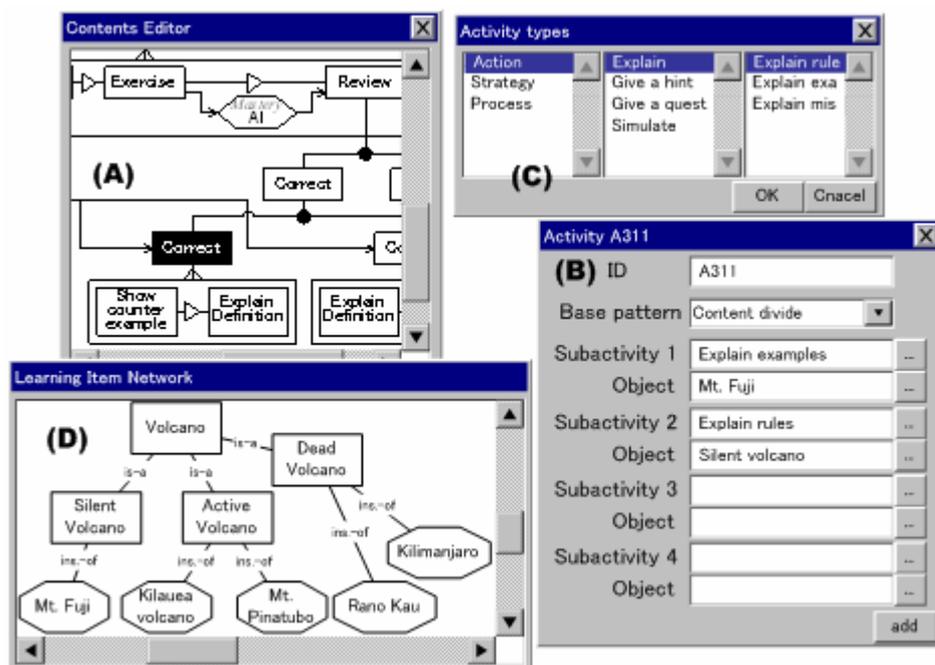


図 8 Interfaces of the authoring tool (imaginary)

ある。図8の例では、「休火山」という概念の「例」としてそのインスタンスである「富士山」が選択されている。

このような知識レベルの記述は図6に示したパターンに基づいてシンボルレベルに変換され、SCORM2004準拠の学習コンテンツがそのアウトプットとなる。

## 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。教育活動に関する概念の整理や、教育活動を構成するための理論的・経験的知識の集約、知識レベルとシンボルレベルの整合といったような、多くの問題が残されている。しかし、オントロジー工学的アプローチがそれらを解決する助けになるに違いない。また、セマンティックウェブテクノロジーもその拡張性を高めるための力になるであろうと考えている[Aroyo 03][Ullrich 03]。

## 参考文献

- [ADL 04] ADLNet.: *Sharable Content Object Reference Model: SCORM2004 2nd Ed.*, <http://www.adlnet.org/>, 2004.
- [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.
- [Aroyo 03] Aroyo, L., Pokraev, S., and Brussee, R.: "Preparing SCORM for the Semantic Web", *proc. of CoopIS/DOA/ODBASE 2003*, pp. 621-634, 2003.
- [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.
- [Murray 99] Murray, T.: "Authoring Intelligent Tutoring Systems: Analysis of the state of the art", *Int. J. of AI and Education*, Vol. 10, No. 1, pp. 98-129, 1999.
- [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.
- [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.
- [Newell 82] Newell, A.: The Knowledge Level, *Artificial Intelligence*, Vol. 18, pp. 87-27, 1982.
- [Hayashi 04] Hayashi, Y., Ikeda, M., and Mizoguchi, R.: "A Design Environment to Articulate Design Intention of Learning Contents", *International Journal of Continuing Engineering Education and Life Long Learning*, Vol. 14, No. 3, pp.276-296, 2004.
- [Ikeda 97] Ikeda, M., Seta, K., Mizoguchi, R.: "Task Ontology Makes It Easier To Use Authoring Tools", *Proc. of Intl. Joint Conf. on Artificial Intelligence (IJCAI97)*, pp.23-29, 1997
- [Ikeda 99] Ikeda, M., Hayashi, Y., Jin, L., Chen, W., Bourdeau, J., Seta K., and Mizoguchi R.: "Ontology more than a Shared Vocabulary", *Proc. of AIED99 Workshop on Ontologies for Intelligent Educational Systems*, pp. 1-10, 1999.
- [Ullrich 03] Ullrich, C.: An instructional component for dynamic course generation and delivery, *Proc. of Berliner XML Tage 2003*, pp.467-473, 2003.
- [Woolf 84] Woolf, B. P, McDonarld, D. D.: "Building a computer tutor: design issues", *IEEE Computer*, Vol. 17, no 9, pp 61-73, 1984
- [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.