

学習コンテンツのオントロジーと設計パターン

瀬田 和久[†] 林 雄介[†] 池田 満[†] 角所 収[‡] 溝口 理一郎[†]

[†] 大阪大学産業科学研究所

[‡] 兵庫大学経済情報学部

〒 567-0047 大阪府茨木市美穂ヶ丘 8-1
Tel. (06)6879-8416, Fax. (06)6879-2123
{seta,hayashi,ikeda,miz}@ei.sanken.osaka-u.ac.jp
kakusho@humans-kc.hyogo-dai.ac.jp

あらまし: 情報インフラの整備に伴い教育分野への計算機システムの導入が進み, 電子化された学習コンテンツへのニーズが高まっている。このため, 学習コンテンツを構築したり, 既存のコンテンツを再利用するための方法論の整備が急務になっている。

学習コンテンツを作成する際に用いられる知識には, 対象世界を構成する概念に関する原理的知識と, 目的に対する概念構成の合理性に関する経験的知識がある。本研究ではそれぞれをオントロジー, 設計パターンとして工学的に捉え, 学習コンテンツの設計の前提を明らかにし, それを体系化することを目的としている。本稿ではその一環として, 学習コンテンツ設計の基盤となるオントロジーと設計パターンについて基礎的考察を行う。

キーワード 学習コンテンツ, オントロジー, 設計パターン

Ontology and Design Patterns for Learning Content

Kazuhisa Seta[†] Yusuke Hayashi[†] Mitsuru Ikeda[†] Osamu Kakusho[‡] Riichiro Mizoguchi[†]

[†] The Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University

[‡] Faculty of Economics and Information Science, Hyogo University

8-1, Mihogaoka, Ibaraki, Osaka 567-0047 Japan

Tel. (06)6879-8416, Fax. (06)6879-2123

{seta,hayashi,ikeda,miz}@ei.sanken.osaka-u.ac.jp
kakusho@humans-kc.hyogo-dai.ac.jp

Abstract: With the development of information infrastructure, computers are widely used in education. Meanwhile more and more electronical learning contents are required in computer-based educational systems. Therefore it is important and urgent to establish a methodology for building learning contents and reusing them.

There are two kinds of knowledge which can be used for building the learning contents, they are, principle knowledge of concepts which compose the field being modeled, and empirical knowledge which captures rationality of the design. Our research goal is to make precise-knowledge of learning contents design explicitly, and systemize it as an ontology and design patterns from the engineering viewpoints. As a first step, we discuss the basic issues on ontology and design pattern which play a fundamental role of learning contents design.

key words learning contents, ontology, design patteredins

1. はじめに

学習コンテンツは、学習者へ伝えるべき知識を学習の文脈や目的に応じた様々な形態と制御構造で組織化した知識である。情報インフラの整備に伴い教育分野への計算機システムの導入が進み、電子化された学習コンテンツへのニーズが高まっている。このため、学習コンテンツを構築したり、既存のコンテンツを再利用するための方法論の整備が急務になっている。

設計の方法論の確立を目指して、部品の体系化の作業やツールの開発が様々な分野で進められているが、相対的に見て学習コンテンツの設計と再利用・共有の方法論に関する研究は質的・量的の両面で十分に進んでいるとは思われない。その理由の一つとしては、学習コンテンツの場合には、部品としての「もの」が「知識」というあいまいなものであるために、一つ一つの機能やそれを組み合わせるための原理を体系的に整理することが難しいということがあげられる。

我々はオントロジーの研究を通じて「知識」を体系化し、人間中心のソフトウェアの部品の構造と設計指針を明確にしたいと考えている。オントロジー工学[溝口97]は知識を体系化するための基盤を与え、その基盤の下で知識を体系化すると同時に、人間中心のソフトウェアの構成方法論を明らかにする研究分野である。そこでは、人間の概念的認識に忠実な、知識の表現の枠組みを明らかにし、計算機システムと共有するための基盤が整備されつつある。

本研究では、学習コンテンツの設計の前提を明らかにし、それを体系化することを目的としている。本稿ではその一環として、学習コンテンツ設計の基盤となるオントロジーと設計パターンについて基礎的考察を行う。

2. 設計・モデリングプロセス

設計には、革新的なアイデアに基づいた創造的なプロセスと、経験や原理的な知識に基づく合理的なプロセスがある。この2つのプロセスが、設計の対象領域に応じて適当なバランスで複合されている。

本研究は、主に後者のプロセスを支援することを目的として、設計案の外化の過程で適切な示唆を与え、設計を間接的に支援するような環境の実現を目標としている。

設計・モデリングの過程で設計者は、

- 満たすべき要求を設定する。
- 上位の要求/目的を実現する下位の要求/目的を設定・表現する。
- 下位のモデルを上位の要求/目的の下で抽象化して捉え合理性、妥当性を確認し、必要に応じて上位のモデルを(再)設定する。

- モデルとしての整合性を確認する。

といった行為を行う。設計者は、設計・モデリングの任意の段階で、これらを交互に行いながら、成果物としてのモデルを構成していく。

この作業の過程で用いられる知識には、対象世界を構成する概念に関する原理的知識と、モデリングの目的に対する概念構成の合理性に関する経験的知識がある。本研究ではそれぞれをオントロジー、設計パターンとして工学的に捉え、体系化することを目的としている。

オントロジーは、モデリングの結果としての設計物/モデルの整合性を捉え、モデルとして表現されたアイデアの正しさや矛盾に関する示唆を与える。設計パターンは、表現/外化の過程や要求/目的の設定に関して経験的示唆を与え間接的に支援する。また、状況に応じて適切な示唆を与えることで、創造的な設計プロセスの促進も期待できると考えている。

本研究で対象とする学習コンテンツの設計では、設計・モデリングプロセスを図1に示すような段階的な詳細化の過程、すなわち最上位の教育目的を満足するような学習コンテンツを構成する過程として捉えている。図1下部にある学習コンテンツが最終的な成果物としてのモデルであり、成果物を導く過程が設計・モデリングプロセスである。この過程で、オントロジーは、一般的・具体的それぞれのレベルで、モデルが満たすべき原理的制約を与える。設計パターンは、上位の目的を下位の目的へと展開する際の合理的な構成に関する経験的な設計指針を与える。

3. オントロジーと設計パターンに基づく設計・モデリング環境

設計プロセス全般にわたり円滑なモデリングを支えるうえで、設計・モデリング環境に必要な能力は以下のようにまとめられる。

設計プロセスの任意の局面において、

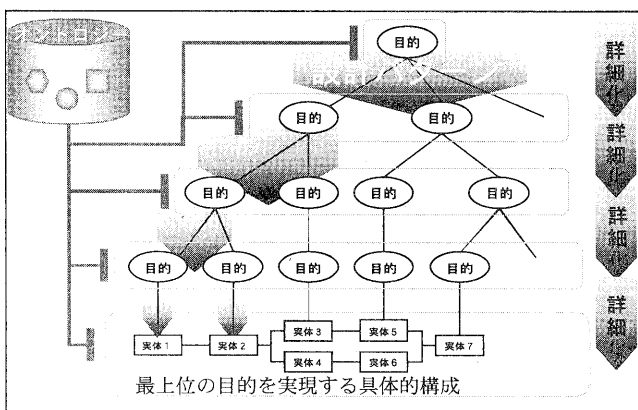


図1: オーサリングプロセス

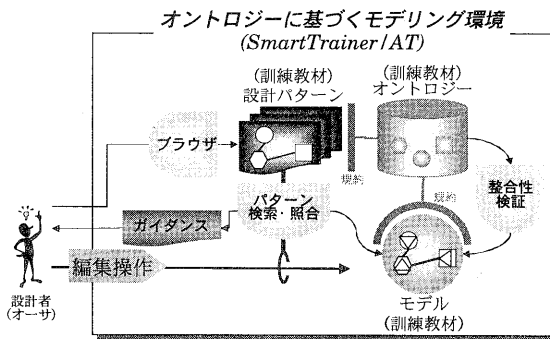


図2：オントロジーと設計パターンに基づくモデリング環境の枠組み

- I. 人が認識する対象世界の概念を用いて、対象をモデル化できること。
- II. モデルの整合性を対象世界の概念の構成原理に基づいて検証できること。
- III. モデルの振る舞いを概念レベルで確認できること。
- IV. モデリングの熟練者が持つようなモデリングの仕方に関する適切なガイドラインを与えることができること。
- V. 構築されたモデルに設計意図を残し、モデルの共有・再利用性を高めることができること。

これらの要求のうち、I, II, IIIはオントロジーに記述された概念体系を利用して実現される[瀬田98a]。これには本研究で採用しているレキシカルレベルと概念レベルの2つのオントロジーレベルが役立っている。レキシカルレベルはモデルを記述する平易な語彙を提供してIの要求に対応している。各語彙に対応する概念的意味を表現する概念レベルはモデルに操作可能性を与えることでII, IIIの要求に対応している。

我々は、I-Vの要求を満足する枠組みとして、オントロジーと設計パターンに基づくモデリング環境の構築を行っている。本稿では主にIV, Vに主眼をおいて議論を進める。

オントロジーは、モデルを作る上での対象の把握の仕方に関する原理、つまり概念の構成・性状に関するメタ知識であり、モデル構成上の前提に関する合意事項である。このオントロジーに基づいて、合理的なモデルの構成方法に関して経験的に得られる知識を設計パターンとして表現する。

モデリングに関する原理的知識と経験的知識の間の概念的関係に基づいた、オントロジーと設計パターンに基づくモデリング環境の枠組みを図2に示している。原理的知識であるオントロジーは、モデルに対して規約を与えると共に、経験的知識である設計パターンの構成上の規約を与えている。

このような枠組みの下で、設計者(以下、オーサ)は、自分の認識に合った設計パターンを参照しながらモデルを構成することで、原理的知識にかない、なおかつ経験的知識に沿ったモデルを効率的に構築することが可能になる。

この環境において、オーサに対して提供される支援機能は、大きく以下の3つである。

1. ブラウザを通じたオントロジー/設計パターンの提示
 2. 既存のモデル、作成過程のモデルに適合する設計パターンを検索/照合し、モデルの内容に応じたガイダンスの提示
 3. モデルのオントロジーに対する整合性の検証
- この様な支援の下で、オーサはブラウザを通じて自分の認識に合った設計パターンを参照し、対象世界の概念を用いてモデルの編集操作を行う。加えて、既存のモデルや作成過程のモデルに対して適合するパターンを検索/照合し、モデルの設計意図を示したり、モデルの内容に応じた対象世界の概念に基づいたガイダンスメッセージを受け取れることも可能になっている。さらに、構築したモデルのオントロジーに対する整合性を検証することができる。

このような枠組みを基礎として、我々は電力系統の事故復旧業務を対象とした学習コンテンツ(モデル)の作成環境SmartTrainer/AT[池田98]を開発している。SmartTrainer/ATでは、原理的知識として学習コンテンツのオントロジー、経験的知識として学習コンテンツ作成のための設計パターンが基盤としておかれ、それに基づいてオーサは、状況に応じた適切な示唆を受けながら、学習コンテンツの設計を円滑に行うことが可能になっている。

4. 原理的知識としてのオントロジー

原理的知識としてのオントロジーを適切に表現するためには、原理を分析し、抽出する視点を整理して適切な区分を設定することが重要である。本研究では、以下の3つの種類の区分を設定している。

一つ目は、レキシカルレベルと概念レベルの区分である。それぞれ原理的知識として、設計結果を表現するための語彙やそれを用いたモデルの表現と表現の意味内容に関してモデル構築の前提事項が捉えられる。

二つ目は、タスクとドメインの区分を設定している。タスクレベルの区分では、問題解決の性質が中心に捉えられ、ドメインレベルでは対象の性質が捉えられる。この視点の違いを区分として捉えることで、それぞれの区分での概念に関する合意の前提が明確になる。なお、オントロジーを利用する際は、特定のタスクと特定のドメインのオントロジーを複合して用いることになる。それぞれの視点がどこで交差し、どこで独立しているかということ捉えるための仕組みをTD-Bindingと

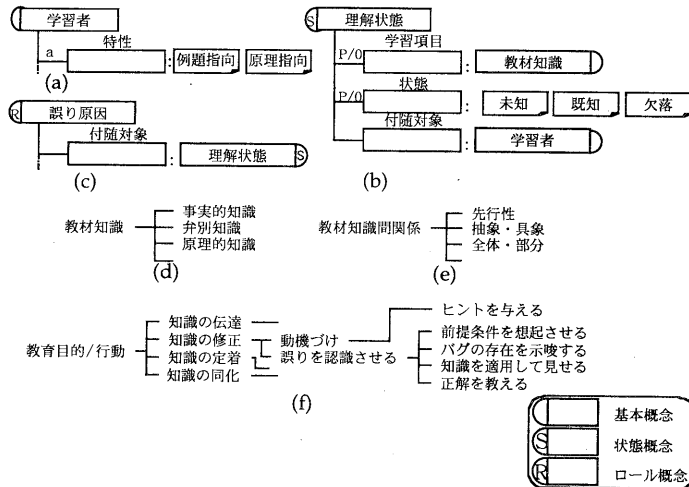


図3：学習コンテンツのオントロジー(部分)

呼び別紙[瀬田 98b]で報告している。
 3つ目の区分では、概念一般に関するもの、対象タスクに現れる概念に関するものを区別している。前者をコアレベルオントロジーと呼び、後者はここでは、学習コンテンツオントロジーである。コアレベルオントロジーでは、タスクの概念に対する共有性を高めるため、概念の構成に関する共有すべき共通の理解を捉えている。その下で学習コンテンツに固有の概念が整備される。

ここでは紙面の都合で、最初の2つの区分を概念レベルのタスクオントロジーに固定して、4.1でコアレベルオントロジーを、学習コンテンツオントロジーを4.2で原理的知識としてのオントロジーを示しながら内容を概観する。

4.1 コアレベルオントロジー

知識やモデルを表現する際、何を概念的に区別して捉えればいいのかということの基本となる原理・原則を一般的視点で整理するのがコアレベルである。コアレベルで議論される原理・原則には、全体・部分、抽象・具象など[瀬田 98][林 98]、考察すべき様々な内容があるが、ここでは、その一部について概説する。

対象世界を構成する概念について人間が認識する一般的区別、例えば、普遍性のある概念や、時間や状況に依存する概念、変化などの抽象的な概念の間に区別が知識を適切に表現するために必要である。コアレベルでは基本的な概念の区別として、基本概念、ロール概念、状態概念、概念的関係などがあり、それらの間に成り立つべき制約(公理)がこのレベルで定義される。基本概念は、エンティティのアイデンティティ[瀬田 98][林 98]とその基本特性を表現する概念であり、ロール概念、状態概念はそれ自体はアイデンティティを持

たず、他の概念に付随する概念として定義されている。後述する学習者、理解状態、誤り原因はそれぞれ、基本概念、状態概念、ロール概念に対応し、設計パターンの記述において概念的に異なる実体として明確な区別がなされている。

上述した概念に関する区別の下で、概念的実体の構成に関して、時間・視点・文脈の推移に伴う永続性や変化に関する公理を表現することがモデルを正しく運用する上で重要である。言い換えれば、これはオーサのモデルに対する操作の健全性、その操作に伴う更新(変化の波及)の妥当性を保証する原理的知識である。

コアレベルではモデルの動的変化に関する概念的認識、すなわち、変化する部分に関する概念的認識、変化に関わらない普遍的な部分に関する認識を適切に捉えるための公理が定められている。

例えば、ある基本概念の実体とある状態概念の実体が結びつけられたとき、そのそれぞれが持つ情報が交差した部分についての整合性を保証し、そこに変化の波及があれば波及を受けた実体のバージョンを更新するといった原理が公理として定義されている。特に変化に関する公理は、全体・部分、抽象・具象、状態変化ごとにバージョン公理が定義される。

4.2 学習コンテンツのオントロジー

学習コンテンツは様々な教育目的、学習者の状況に応じた適切な教育内容、教育行動を定めた学習教材である。

学習コンテンツのオントロジーでは、4.1で述べた概念構成に関する共通の理解に従って、学習コンテンツの構成に関わる原理的知識が定義される。図3にそのような概念の例として、(a)学習者、(b)学習者の理解状態、(c)エラーの源になる誤り原

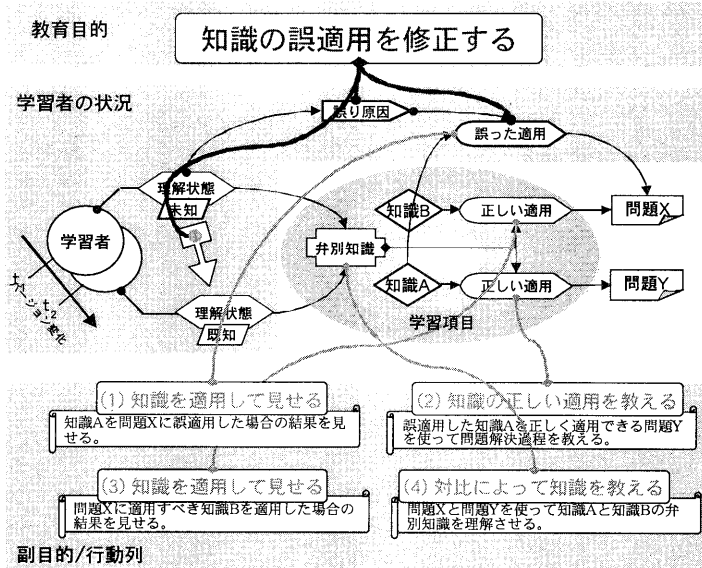


図4：オントロジーに基づく設計パターンの表現

因, (d)教材知識, (e)教材知識間関係, (f)教育目的/教育行為に関する概念を示している。ここで, (a) (b)(c)は概念定義を表し, (d)(e)(f)は概念のis-a関係について簡略して示している。(a)(b)(c)において, 概念名を表す箱の左側の半円は概念定義であることを表し, 右側の半円は概念定義への参照を表している。また, 半円内のSはその概念定義が状態概念, Rはロール概念, 無印は基本概念であることを表している。

それぞれの概念の意味内容は以下の様になっている。

学習者: 基本概念として定義され, 例題指向, 原理指向など学習者の特性, 学習履歴が表現される。

理解状態: ある学習項目に対する学習者の理解状態を捉える。理解状態は学習者に付随する状態概念として定義される。教育行為を受けることにより, 理解状態が変化した際には, コアレベルで規定される基本概念と状態概念の間のバージョン公理に基づいて, 理解状態の変化による学習者の変化がバージョン変化としてモデル上で表現される。

誤り原因: 理解状態に付随するロール概念として定義され, エラーの源になる理解状態を表す。概念実体の生滅は, 教育コンテキスト(状況)に依存する。

教材知識: 教示する教材の内容を表わす概念。例えば, 事実に基づく知識, 手続き的知識, 原理的知識といった, 教材の具体的な内容から独立したタスクに一般的な概念として定義される。

教材知識間関係: 学習項目間関係を定める概念の関係。先行性, 抽象・具象, 全体・部分とい

った学習項目間関係を捉える概念が定義されている。

教育目的/行動に関する概念階層では, 相対的に上位の階層に, 一般的な教育目的がおかれ, その目的の達成に貢献するより具体的な教育行動が下位で定義されている。例えば, 最上位の教育目的としては, 「知識の伝達」, 「知識の修正」, 「知識の定着」, 「知識の同化」といった一般的な教育目的がおかれ, その下位概念として, 例えば知識の修正という目的の実現に貢献する概念として, 「動機づける」, 「誤りを認識させる」, 「正解を教える」といったより具体的な概念が定義されている。

このように, 学習コンテンツのオントロジーでは, 具体的な教材の内容などの対象領域に依存しない一般的で再利用性の高いレベルで, 学習コンテンツ構成上の規約が定義される。実際にオントロジーを利用する際には, TD-Bindingにより具体的な教材や学習者と統合されモデル構成に用いられる。

5. 経験的知識としての設計パターン

設計・モデリングプロセス全般を支援するような枠組みを構築するためには, 対象世界に関する共有可能な概念体系の上で, モデリングの熟練者が持つような経験的知識を体系化し, 利用するための枠組みを構成する必要がある。ここでは, そのような枠組みとしてオントロジーに基づく設計パターンについて検討する。

設計パターンもレキシカルレベルと概念レベルの2つのオントロジーに基づいた表現で捉えられ, オントロジーが定めるタスク概念に基づいて

表現される。

レキシカルレベル表現は、パターンの内容や利用方法、理論的根拠などを人が読んで理解するためのものであり、概念レベル表現はその意味内容を計算機可読で概念的操作が可能な形式で表現している。

教育の分野では、学習者の個別性に応じて、教育目的を達成するための合理的な教育行動に関するノウハウが蓄積されている。このような知識をオントロジーに基づく設計パターンとしてモデリング環境に組み入れることで、モデリングプロセスにおいて以下の3つの利点が得られる。

- 設計時に利用した設計パターンをモデルに付加し記録することにより、設計時の意図を学習コンテンツに残すことができ再利用性が向上する。
- オーサ間でのノウハウの共有・洗練が促進され、成果物としての学習コンテンツの質が向上する。
- オーサは、対象世界の概念構成の理解に基づく適切なガイドラインをシステムから受けることができる。

設計パターンの具体例を簡略化して図4に示している。設計パターンはオントロジーが定める概念化の規約に従って、設計の合理性が捉えられる。図4中では簡略に表現しているが、副目的・行動列ではレキシカルレベル表現を、学習者の状況を表す部分にロール・状態・変化といったタスクを特徴づける基本的概念を用いた概念レベル表現を示している。

学習コンテンツ作成のための設計パターンは、パターン名、教育目的、学習者の状況、副目的/行動列、概念構成、具体例、関連パターン、理論的根拠で構成されるが、本稿では以下の主要な3つの項目を説明する。

教育目的:達成すべき学習者の理解状態の変化。
学習者の状況:学習者の理解状態や学習者の特性。

副目的/行動列:教育目的を実現するための副目的や合理的な教育行動。

ここで、下線で示した概念がオントロジーで定められる概念であり、設計目的に対するこれらの概念の間の合理的なつながりが設計パターンとして捉えられる。例えば、図の設計パターンでは、教育目的「知識の誤適用を修正する」、

学習者の状況「知識Aと知識Bの適用に関する弁別知識が欠落しているために、ある問題Xに対して本来知識Aを適用すべきところを、誤って知識Bを適用した」に対する合理的な

教育行動列「図1下の(1)(2)(3)(4)の教育行動を順に行う」が設定されている。

タスクオントロジーに基づいて設計パターンを表現することにより、設計パターンもドメイン独立で再利用性が高く、概念的操作が可能となっている。例えば、図4の設計パターンに現れている

学習項目としての3つ概念(弁別知識、知識A、知識B)はタスク概念である。図に示されるタスクの観点からの緩い拘束(「知識A,Bのどちらを使うか弁別する知識」)を満足すれば、その具体的な内容(ドメイン)に依存せずに設計パターンを適用できる。

実際にパターンを適用する際には、タスクとドメインの統合がなされる。統合によって「弁別知識」の具体的な内容が(例えば、事故箇所同定の方法に関する知識)がドメインから得られ、その内容を教授する教育行動列の雛形が設計パターンによって構成される。設計パターンの適用に際しては、タスクとドメインを統合した状態でオーサとのインタラクションがなされるため、オーサはタスクとドメインの用語を文脈に応じて平易に織り交ぜて考えることができるようになっている。

学習コンテンツの設計は、学習者の理解に変化を与える動的プロセスの設計である。オントロジーに基づいて設計パターンを表現することで、モデルの動的変化を捉えることができる。例えば、図4の設計パターンにおける学習者の変化について、教育行動を行う前の時刻t1における学習者と、教育行動を行った後の時刻t2における学習者の間の関係が、オントロジーが定めるバージョン公理に基づいて、同一エンティティのバージョン変化として捉えられている。

6. 学習コンテンツ作成環境:SmartTrainer/AT

学習者の状況に対して、どのような教育目的を立て、どのような副目的/行動列をとるべきかを表わす知識は、教授戦略と呼ばれる。教授戦略には汎用なものもあるが、個々の教師の経験的知識に基づくことも多い。そのため、各人の経験や嗜好を尊重し、過度な拘束を与えない範囲で推奨案を示したり、弱い制約を与えながら、合理的な学習コンテンツの構成を支援する環境を実現する必要がある。経験的な知識を表現する設計パターンはそのような環境を実現する上で重要な役割を担いうる。

図5にSmartTrainer/ATにおける学習コンテンツ作成のためのインタフェースを表している。ここで、オーサは想定する学習者の状況を設定し、その学習者に対して適当な教育行動を設定する。

この際ウインドウ上でオーサに対して示される語彙がレキシカルレベルに対応している。レキシカルレベルと概念レベルのオントロジーを設定することで、オーサと計算機の間で対象世界の概念構成に関する共有度が高まり、システムはオーサの入力に応じた適切な概念モデルを構成し、それに基づいて以下のような適切な支援をオーサに行うことができる。

- オーサが入力した学習者の特性や理解状態を学習者モデルに反映し、システム内に格納されている教授戦略の設計パターンからそのモデルに適合するものを検索し、推奨パターン

としてオーサに提示する。

- オーサによって選択されたパターンを適用して、とるべき教育行動系列のモデルをオーサに提示する。オーサは、それを部分的に利用したり、必要に応じて修正、補足することによって意図する教育行動を設定する。
- モデルのオントロジーに対する整合性を検証する。

それぞれのウインドウの役割は、(a)が教育目的と学習者の状況を設定するウインドウ、(b)が教育すべきドメインの学習項目を示すウインドウである。(c)は、(a)で設定された教育目的と学習者の状況に対して、システムが推奨する教授戦略(設計パターン)を示すウインドウであり、(d)が副目的/行動列を設定するウインドウである。

より具体的に、5.で例示した設計パターンに基づいてシステムが行う支援内容について、オーサによる学習コンテンツ作成のシナリオに沿って述べる。

学習コンテンツ作成は大きく、教育目的・学習者の状況の設定と副目的/教授行動の設定フェーズからなる。

教育目的の設定：ウインドウ(a)上で学習者の理解状態を設定する。ここでは学習者として、「弁別知識が欠落しているために、フィード地絡事故に対して、バンク地絡事故の処置操作を誤適用した学習者」を設定し、「知識の誤適用を修正する」ことを教育目的としている。内容を指定するフィールドの設定ではドメイン語彙で表された学習項目ブラウザ(図b)から適当なものを選択することができる。システムは、(a)で設定された学習者の状況と教育目的に基づいて内部的に概念モデルを構成して設計パターンと照合する。マッチした設計パターンとその内容は推奨教授戦略として

(c)に示される。このとき、例えば、図4に示した設計パターン「バグを間接的に認識させてから誤りを修正する」と照合した際には、そのパターンを構成するタスク概念(弁別知識、知識A、知識B、問題X)とドメイン概念(フィード事故とバンク地絡事故の弁別知識、フィード事故処置、バンク事故処置、バンク事故問題)と統合され対応する副目的/行動列のモデルがシステム内部に構成される。

教育行動の設定：オーサは(c)に表示される設計パターンを参照しながら教育行動を設定する。それぞれのパターンの内容や理論の根拠は下の説明ウインドウでドメイン語彙を織り交ぜて示されている。「一般的な説明」ボタンをクリックすればドメイン独立の汎用教授戦略としての説明を読むこともできる。図の説明フィールドでは、「バンク地絡事故問題に対して、フィード地絡事故処置操作を誤適用した際に起こる状況をシミュレーションして見せることで、誤りを修正することの重要性を認識させる。次に、フィード地絡事故処置操作に関する知識を本来適用すべきフィード地絡事故問題を使って、正しい解決過程を教える。(以下省略)」といった説明内容がオーサに示される。オーサが状況に適した教授戦略を選択すると、設計パターンによって推奨される教育行動列が(d)の様に示される。オーサは、これを部分的に利用・修正したり、必要な教育行動を補うことで、妥当な教育行動を適切に設定することができる。

この様にして作られた設計モデルは、教育目的、教育内容、教育行為の間のつながりに関する整合性がオントロジーが定める原理的知識に基づいて検証され、成果物としての学習コンテンツが構成される。

7. 関連研究

オントロジーに関する関連研究については文献[瀬田 98c]で述べている。本稿では、設計パターンに関する関連研究と比較する。

オントロジーに基づく設計パターンは、人間中心のソフトウェアの開発において、モデリングの目的と、それを実現する合理的な概念の構成を、対象世界の原理・原則に基づいて与えている。

ソフトウェア工学の分野では、E. Gamma の設計パターンカタログ [Gamma 95] の出版とともに、経験的なソフトウェア設計知識の表現と利用に関する関心が高まっている。対象世界のモデルをスムーズに計算モデルに移行するための定石がソフトウェアの構成原理・動作原理に基づいて与えている。[情処 98]。

山本[山本 96]らは、設計パターンに基

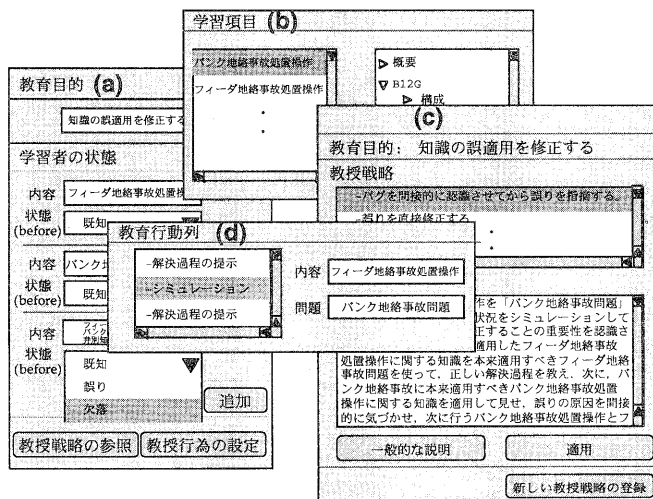


図5: SmartTrainer/AT の想定画面

づいたモデリング環境に求められる支援機能として、以下の機能をあげている。

1. 問題解決に適したデザインパターンを選択する支援
2. デザインパターンを適用する際に、設計仕様書を記述/修正する支援
3. デザインパターンが正しく適用されているかどうかの検証
4. デザインパターンが適用されている設計仕様書を理解する支援
5. デザインパターンが適用された設計仕様書からのプログラム自動生成
6. ユーザが自分が新たなデザインパターンを登録できる機構

このうち1, 3, 4は、本稿で述べた枠組みによって、モデルの状況に適した設計パターンを選択、適用することが可能になっている。また成果物としてのモデルにパターンを適用し、設計意図を読みとることも可能になっている。2については、パターンを適用することによるモデルの変化がオントロジーに基づいて定められているため、計算機がモデルを概念的に操作することで、モデルの記述/修正が可能になっている。5については、本研究の前身である、Multisプロジェクト[ティヘリノ93]を通じて、オントロジーに基づくモデルから、プログラムを半自動的に生成する枠組みを実現している。さらに、本研究で提示した枠組みでは、原理的知識に対する設計パターンの整合性を検証することが可能になっているため、6の機能を実現する際有効であると考えられる。

金融、ネットワークアプリケーション、ソフトウェアアーキテクチャ、分散オブジェクト指向ソフトウェアなどの設計開発を対象として、設計パターンを適用する試みがソフトウェア工学の分野で精力的に行われている[情処97,98]。ソフトウェアの動作原理/構成原理に支えられた一般的なクラス構成を定めた設計パターンを、対象ドメインに適用することで、パターンで定義されている計算セマンティクスがドメインの概念に与えられ、目的の機能を実現するソフトウェアの設計を効率的に行うことが可能になっている。ここで設計パターンを適用しているレベルは、本研究での対象世界のオントロジーを設定するレベルに対応している。対象世界のオントロジーを設定するための設計パターンについては、別項[清水99]で報告している。これを用いることによって、概念の認識に対する基本原理が対象世界の概念に与えられ、計算機と人との間で対象世界の概念構成に関する共有度が向上すると期待されている。

パターンを計算機で管理・運用する試みとして、大月[情処97]らはSGMLを用いて設計パターンを計算機可読な形で表現する試みを行っている。人と計算機の間でパターンの構成に関する理解の共有が図られている。しかし、著者らも指摘しているように、基本的に構成要素の内容が文書で記述

されているため、内容の理解に基づいた支援を行うことができず、支援できる範囲が限られている。我々はオントロジーを基礎において、対象の概念的つながりをオントロジーが定める規約の下で捉えているため、パターンの内容について計算機が理解できる範囲が相対的に広く、対象世界に関する理解に基づいた支援が可能になる。

8. まとめ

本研究では、学習コンテンツを構築・再利用するための方法論の確立を目指して、オントロジーと設計パターンについて考察した。タスクオントロジーを基礎におき、それに基づいて設計パターンを表現することで、システムが設計パターンを概念的に操作することが可能になっており、学習コンテンツの作成に関する示唆を、対象世界の概念に基づいて与えることができる点が本研究の特長である。

謝辞

学習コンテンツの設計に関して議論していただいている東光精機株式会社、高岡良行、太田衛の両氏に感謝致します。

参考文献

- [Gamma 95] Erich Gamma: Design Patterns Element of Reusable Object-Oriented Software, Addison Wesley, (1995)
- [池田 98] 池田 満他: 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 -, SIG-J-9801-12, pp.47-54, (1998).
- [清水 99] 清水 比佐雄他: オントロジー構築のための設計パターンに関する基礎的検討, 情報処理学会第58回(平成11年前期)全国大会, pp. 3-175-3-176, (1998).
- [情処97]岸他: オブジェクト指向最前線'97, 朝倉書店, (1997).
- [情処98]上原他: オブジェクト指向最前線'98, 朝倉書店, (1998).
- [瀬田 98a] 瀬田和久他: 問題解決オントロジーに基づく概念レベルプログラミング環境 CLEPE, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J81-D-II, No.9, pp.2168-2180, (1998).
- [瀬田 98b] 瀬田 和久他: オントロジーに基づくモデリングに関する基礎的考察~ is- a, part- of, identity, viewpoint ~, SIG-J-9801-12, pp.55-62, (1998).
- [瀬田 98c] 瀬田和久他: 問題解決オントロジーの構成-スケジューリングタスクオントロジーを例にして-, 人工知能学会誌, Vol. 13, No.4, pp. 597-608, (1998).
- [ティヘリノ 93] ティヘリノ他: タスクオントロジーと知識再利用に基づくエキスパートシステム構築方法論, 人工知能学会誌, Vol.8 No.4, pp. 476-487, (1993).
- [林 98] 林他: 概念間関係に関するオントロジー的考察~ is- a, part- of, identity ~, 信学技法, A198-40, pp.1-8, (1998).
- [溝口 97] 溝口理一郎他: オントロジー工学序説-内容指向研究の基盤技術と理論の確立を目指して-, 人工知能学会誌, Vol.12, No.4, pp.559-569, (1997)
- [山本 96] 山本他: CASE ツールによるデザインパターン適用支援, 情報処理学会研究報告, 96-SE-111, pp. 41-48, (1996)