

拡張性を有する学習支援システムと その LD 規格への応用

仲林 清[†] 森本容介[†] 葉田善章[†]

本論文は、拡張性を有する学習者適応型システム ELECOA (Extensible Learning Environment with Content Object Architecture) の Learning Design (LD) 規格への適用可能性について述べる。ELECOA の設計目標は機能拡張性とコンテンツの再利用性を両立させた学習環境の提供にある。この目標を達成するために、教材オブジェクトと呼ぶ概念を導入し、各種の教育的機能をインクリメンタルに追加可能とした。この概念に基づく LD 規格の実行環境の実現可能性を検討した結果を示す。

Extensible Learner-Adaptive System and Its Application for Learning Design Specification

Kiyoshi Nakabayashi[†] Yosuke Morimoto[†] and
Yoshiaki Hada[†]

This paper proposes an application of extensible learner-adaptive system ELECOA (Extensible Learning Environment with Content Object Architecture) for Learning Design specification. The design goal of ELECOA is to provide a flexible learning environment that ensures both function extensibility as well as content reusability. The concept of a “courseware object”, which is a program module that is used to incrementally implement various educational functionalities, has been introduced to achieve this goal. Based on this concept, an investigation has been made to implement an execution environment of learning design specification.

1. はじめに

e ラーニングの教育品質向上や内容の豊富化のためには、学習コンテンツの流通再利用を促進することが不可欠である。このため e ラーニングコンテンツに関する各種の標準規格が提案され¹⁻³⁾、いくつかは広く適用されてコンテンツの普及に貢献している⁴⁻⁷⁾。一方、学習者の理解状況に応じて、提示するコンテンツを可変とする学習者適応機能は、学習効果向上のために有効な仕組みである⁸⁻¹²⁾が、学習者適応機能を有する学習コンテンツを流通再利用する枠組みは十分確立されていない。これは、従来の学習者適応型学習支援システムが特定の教授学習戦略に基づいて設計されていて、機能拡張の枠組みを定めておらず、機能の追加や拡張を行うと既存のコンテンツが動かなくなるなど、コンテンツの流通再利用を妨げる問題が発生するためである¹³⁾。この問題点を解決するため、筆者らは、学習者適応機能の機能拡張性とコンテンツの流通再利用性の両立を図る学習支援システムアーキテクチャを提案してきた¹⁴⁻¹⁵⁾。本アーキテクチャでは、従来、学習者適応機能を実装するために一体のプログラムとして作られていたプラットフォームを、モジュール化されたアーキテクチャ¹⁶⁾で実現するために「教材オブジェクト」という概念を導入している。教材オブジェクトは様々な学習支援機能を実装するためのプログラムモジュールであり、教材オブジェクトを追加することにより、新たな学習支援機能を拡張していくことが可能となっている。

一方、近年、独習・講義・ゼミなどの様々な学習活動の形態や順序をフォーマルに記述し、効果的な学習を達成するための方略を再利用することを目的とした教育モデリング言語 (Educational Modeling Language) が注目されている¹⁷⁾。なかでも、オランダ公開大学での各種の教授法の分析から開発された OUNL EML に基づいて IMS が策定した Learning Design (LD) 規格¹⁸⁾は、各国で複数のオーサリングツールや実行システム¹⁹⁻²¹⁾が開発され、インストラクショナルデザインの知見に基づき、高位の設計要件から LD 規格で記述された教授方略を生成するような試みも行われている²²⁾。

本論文では、筆者らが提案してきた拡張可能な学習支援システムアーキテクチャに基づく学習支援システム ELECOA (Extensible Learning Environment with Content Object Architecture) を LD 規格の実行系として適用する可能性を検討した結果を述べる。ELECOA は、もともと個人学習者を対象とした自己学習支援を目的としたものであるが、その拡張性を活かして、グループ学習を含む LD 規格にも適応可能であることを示す。以下、第 2 章で ELECOA の概要を示し、第 3 章で LD 規格の説明を行う。第 4 章で本学習支援システムアーキテクチャを用いて LD 規格の実行系を実現するための検討結果を示し、第 5 章でまとめを行う。

[†] 放送大学
The Open University of Japan

2. 拡張性を有する学習支援システムアーキテクチャ

2.1 従来の学習者適応型システムの課題

従来の学習者適応型学習支援システムは、一体型の構成から、図1のようにコンテンツとプラットフォームを分離するという構成に進化してきた⁸⁾。このような構成の狙いは、学習内容に依存したコンテンツと、学習内容から独立なプラットフォームを分離し、共通的な学習者適応機能はプラットフォーム側に持たせて、コンテンツの開発容易化を図る、という点にある。コンテンツ作成者は、学習者適応機能を実現するためのプラットフォームの詳細に立ち入らずに、個々の学習内容・学習目標を実現するためのコンテンツ作成に集中することができる。

一方、このような構成の問題点は機能拡張性の欠如にある。すなわち、事前に決められた機能を満たすようにプラットフォームを設計・開発するため、後から新規の教育効果を取り入れたコンテンツを動作させようとしても、プラットフォームへの機能追加が困難であったり、不用意な改造で既存のコンテンツが動作しなくなるといった重大な問題が発生する。また、学習コンテンツとプラットフォームの相互運用性を確立するためには、新しい機能が標準規格として承認され、さらに既存のシステムが新しい標準規格に合致するように更新される必要があるが、これには非常に長い時間がかかる。このように、既存の構成で機能拡張性と相互運用性を両立させることは非常に困難である。学習者適応型学習支援システムに関する最新の標準規格であるSCORM 2004²⁾でも同様のアーキテクチャを採っており、拡張性の欠如や仕様の難解さが問題となっている。

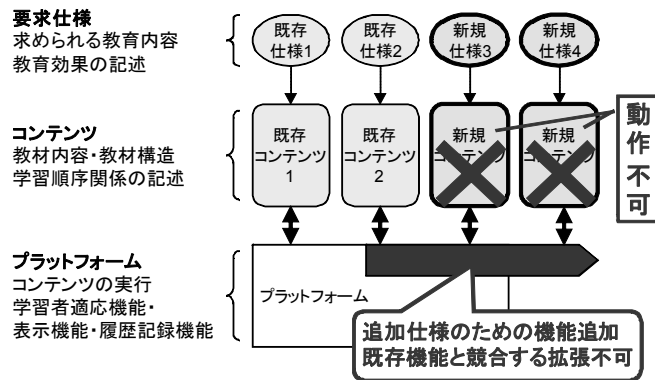


図1 従来の学習者適応型システム

2.2 提案アーキテクチャの構成方針

以上の課題を解決するため、筆者らは「教材オブジェクト」と呼ぶ概念に基づくアーキテクチャ¹²⁾を導入し、従来のプラットフォームを「モジュール化¹⁶⁾」して、機能拡張性と相互運用性の両立を図るアーキテクチャを提案した¹⁴⁻¹⁵⁾。教材オブジェクトとは、従来プラットフォームに埋め込まれていた様々な教育的な機能を取り出したプログラム部品である。教材オブジェクトによって、学習者に適した教材の選択や表示、学習履歴の記録、などの機能が実装される。例えば、単純なページめくり、テストの結果に基づく分岐や補習、より複雑なシナリオ型や状態遷移マシンを用いたシーケンシングなどを実装することが可能となる。

図2に示すように、教材オブジェクトはプラットフォームと明確に分離されている。新たな要求仕様を実現する際には、新規の教材オブジェクトを追加して機能拡張を行う。既存コンテンツは既存の教材オブジェクトを使用して動作するため、機能追加の影響を受けることはない。このため、機能追加やカスタマイズが格段に容易になり、機能拡張性を向上できる。また、コンテンツと共に教材オブジェクトを流通させることで、新規機能を有するコンテンツについても、相互運用性、流通再利用性を確保できる。コンテンツ作成者は、コンテンツで使用する教材オブジェクトを指定するだけであり、教材作成の手間は従来と基本的に変わらない。さらに、教材オブジェクトで抽象度の高い特定の教授理論に沿った学習者支援機能を実装すれば、教材作成者はこの教材オブジェクトを利用して、細かなプログラミングに気を使わずにコンテンツの作成を行うことができる。

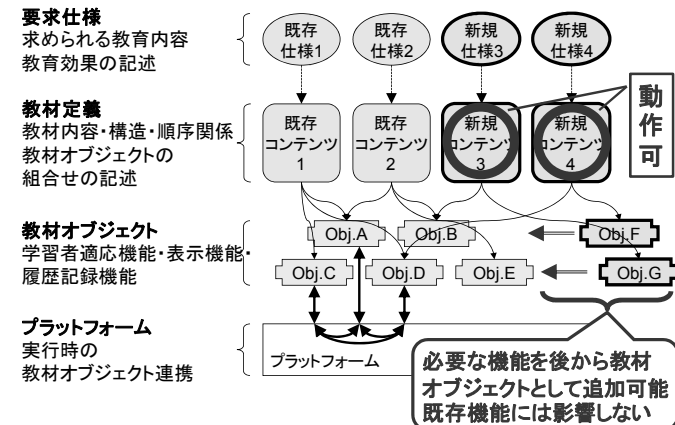


図2 提案する学習者適応型システム

2.3 提案アーキテクチャの実現

提案アーキテクチャの目的を達するためには、新たに異なる開発者が作成する教材オブジェクトが既存の教材オブジェクトと連携して動作することが求められる。そのためには教材オブジェクトが、何をどこまで制御するのか、どのような情報を保持するのか、という役割を定める必要がある。また、教材オブジェクト相互の連携に関して、教材オブジェクト間のメッセージ伝搬のパターンやメッセージの種別を定め、教材オブジェクト間のインターフェースを標準化する必要がある。

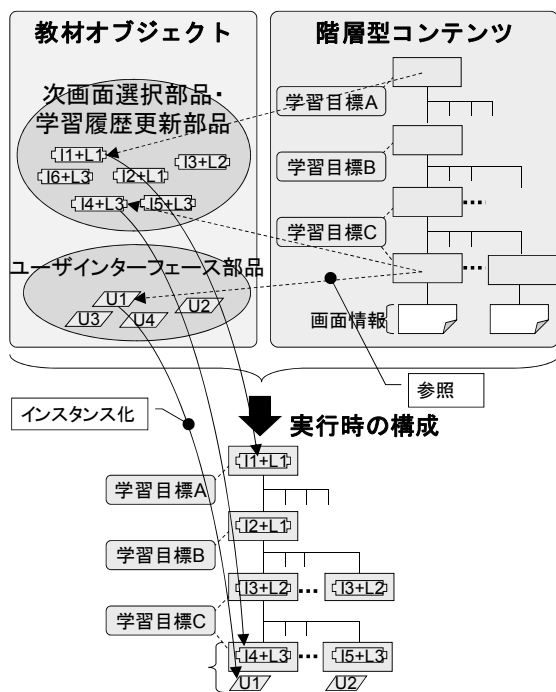


図3 階層型コンテンツに対する実装構成

これらを定めるために、現在は、対象とするコンテンツの構造を階層型（木構造型）に限定して研究を進めており、その実装として学習支援システム ELECOA を開発している。ELECOA では階層型のコンテンツに対して、図3のようにツリーの各ノードに教材オブジェクトを配置し、教材オブジェクトは、配置されたノードを頂点とするサ

ブツリーの学習者適応動作を制御する。すなわち、サブツリーの範囲内の学習者の進捗・習得状態を管理し、これに基づいて提示するコンテンツを決定するシーケンシング動作の制御を行う。これによりサブツリーごとに異なる教授戦略に基づく学習者適応動作を実装できる。また、教材オブジェクト間のメッセージのやりとりは図4のように親子間に限定する。これによって、メッセージ伝搬のパターンとメッセージの意味を明確化し、教材オブジェクトが他の教材オブジェクトに対して提供すべきインターフェースを特定する。

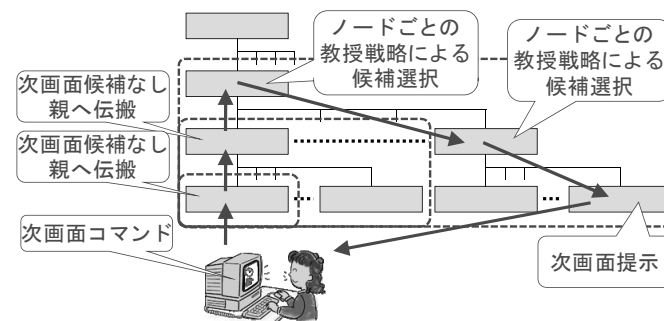


図4 コマンド伝搬処理

3. LD 規格

LD 規格は、様々な学習活動の形態や順序をフォーマルに記述し、効果的な学習を達成するための方略を再利用することを目的としたものである¹⁸⁻²¹⁾。技術的な標準規格であるため、教授方略には中立で、独習・講義・グループ学習など様々な形態の学習活動を記述の対象とするが、特に複数学習者によるグループ学習の記述が可能であることが特徴であり、近年のeラーニングで特に強調されることが多い、学習者中心の学習の方向性とも合致したものである。LD 規格の考え方に基づくツールとして現在最も広く普及していると考えられる LAMS¹⁹⁾は、システムがオープンソースで提供されており、開発者のコミュニティが形成されているとともに、設計された学習活動の記述を共有再利用するコミュニティも形成されている。

LD 規格で規定されている学習活動記述のデータモデルの UML 図を図5 (IMS Learning Design 規格書より引用) に示す。LD 規格では、学習活動を「活動 (activity)」, 「役割 (role)」, 「環境 (environment)」を主要な構成要素として記述する。すなわち、活動においては複数の環境が使用される。その環境は「学習オブジェクト (learning object)」や「サービス (service)」から構成される。また、活動には複数の役割を持つ

「人々 (person)」が参加しており、その役割には「学習者 (learner)」や「スタッフ (staff)」が含まれる。活動は「構造 (activity structure)」を有しており、活動の集約がさらに上位の活動となる階層構造となっている。以上の、学習活動の構造の記述は LD 規格のレベル A で記述できる内容である。LD 規格のレベル B では、人やグループのプロパティ、アクティビティの連鎖に対する制限条件を記述できる。さらにレベル C では、学習者からの質問の教師への通知など、ある学習活動の結果によるイベントの発生を記述できる。

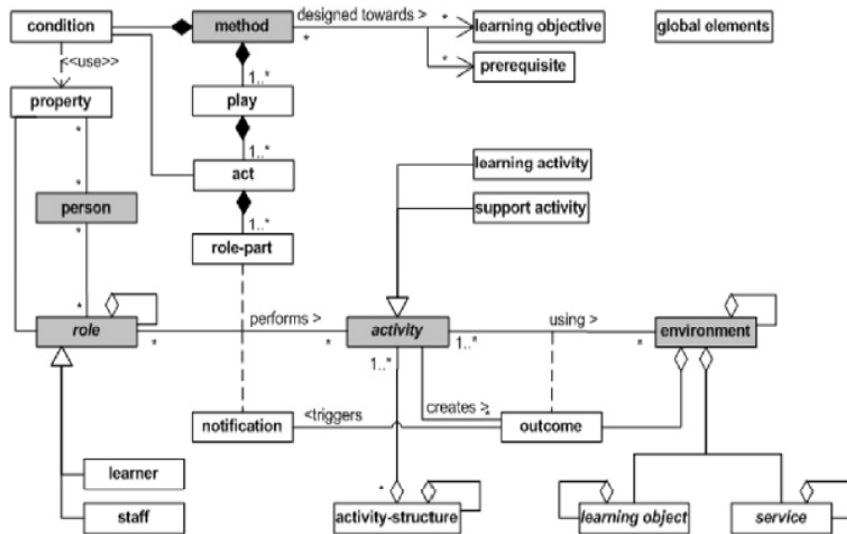


図5 LD 規格のデータモデル (IMS Learning Design 規格書より)

LAMS による学習活動の記述例を図 6 に示す。一つ一つの箱が活動に対応しており、ドキュメント、アンケート、チャット、フォーラムなどの環境が割り当てられている。中央右側のやや大きな箱は、内部にさらに構造（この場合は条件による分岐）を持つ学習活動を表わしており、階層型の学習活動構造となっている。また、やや小さな円は一時停止を表わしており、学習者全員が、それまでの活動を終えるまで全員が待機させられることを示している。例えば、全員参加のフォーラムに入る前には、その前の活動を全員が終えている必要がある。

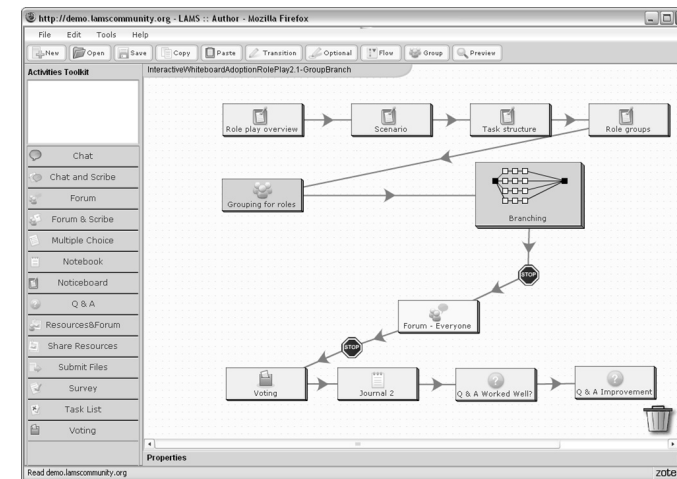


図 6 LAMS による学習活動記述例 (©James Dalziel)

LAMS では、このような学習活動の流れを GUI によって設計し、設計した学習活動に対して学習者を割り当てることで、実際に学習活動の流れに沿ったグループ学習などを行うことが可能である。また、オリジナルの LD 規格では使用できる学習環境に制限があったが、LAMS では比較的自由に学習環境を組み込むことが可能で、最近では Moodle のプラグインなども活用できるようになっている。

4. ELCOA による LD 規格の実装

4.1 基本的な実装

筆者らが提案した ELCOA は、基本的に独習型の自己学習支援を念頭においたもので、複数学習者によるグループ学習支援は想定していない。一方で、階層型のコンテンツ構造を対象としている点は LD 規格と共通している。さらに、学習の流れの制御に関しては、教材オブジェクトによって自由に制御機能を実現することが可能である。

以上をふまえて、ELCOA をベースに LD 規格を実装するための検討を行った。LD 規格では、各学習者は事前に定められた流れに沿って学習を行い、その流れの中でチャットやフォーラムなどのコミュニケーションツールを用いて他の学習者や講師とコミュニケーションを行う。また、学習の流れは、自身の学習進捗状況だけでなく、他の学習者の学習進捗状況に応じて、変化する。従って、ELCOA をベースに LD 規格を実行するためには、

- 1) 各学習者の学習の流れの実現
- 2) コミュニケーションツールの組み込み
- 3) 複数学習者の学習進捗状況に基づく学習の流れの制御を実現する必要がある。

この概要を図 7 に示す。まず、各学習者の学習の流れは、自己学習の場合と同様、階層型のコンテンツ構造の中で、教材オブジェクトによって実行する。教材オブジェクトは、その時点の学習者の状況に応じて、次に遷移する末端ノードを決定する。これによって各学習者の個別の状況に応じた学習の流れの制御が実現できる。

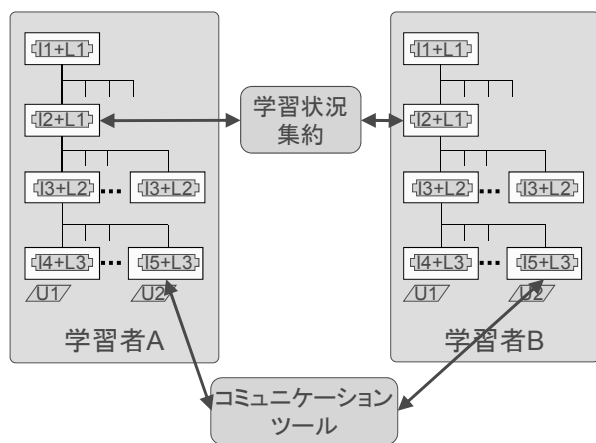


図 7 LD 規格の実現

次に、コミュニケーションツールの組み込みについて考える。自己学習の場合には、学習者に提示される学習資源は、階層型コンテンツの末端ノードに配置される。LD規格では、コミュニケーションツールや各種サービスも環境（学習資源）であり、図 5 のデータモデルからわかるように、活動の階層構造の末端ノードに割り当てられる。従って、ELECOA で LD 規格を実装する際にも、図 7 のように末端のノードにコミュニケーションツールを割り当てる。

最後に、複数学習者の学習進捗状況を各学習者の学習の流れに反映するために、中間レベルの教材オブジェクトが、他の学習者の教材オブジェクトと情報交換を行うようにする。これによって、教材オブジェクトは、他の学習者の学習進捗状況も勘案して、次に学習者に提示する末端ノード（学習資源）を決定する。例えば、図 8 の場合、中間ノードの教材オブジェクトは、他学習者の状況も勘案して、学習者に次に提示す

る学習資源を「1」、「2」、「3」の中から選択する。各学習者の状況に応じてどの学習資源を選択するかは変化するので、学習の流れの分岐が実現される。また、学習資源 1, 2, 3 はさらに下位に階層構造を持つ学習コンテンツツリーと置き換えることができるから、さらに複雑な制御を実現することができる。

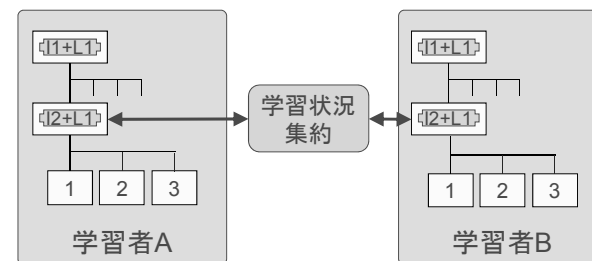


図 8 他学習者の状況を勘案した分岐

以上のような拡張を行う際に、ELECOA の基本的な枠組みは変更されていないことに注意されたい。ELECOA は、階層型教材の各ノードに割り当てられた教材オブジェクトがメッセージを交換しながら、次に学習者に提示する末端ノード（学習資源）を決定することを基本としている。学習資源として何を提示するかは、ELECOA では規定しておらず、コミュニケーションツールや各種サービスを学習資源として割り当てても基本的な枠組みに変更は生じない。また、中間ノードの教材オブジェクトは他の教材オブジェクトとのメッセージ交換の手順だけが規定されていて、教材オブジェクトがどのような論理や基準で学習の流れの制御を行うかは規定していない。従って、教材オブジェクトが他の学習者の教材オブジェクトと通信して学習の流れを制御しても、ELECOA の基本的な枠組みに変更は加わらない。このように、ELECOA では基本的な枠組みを変更せずに、学習資源や教材オブジェクトの入れ替えを行うだけで、グループ学習を含む LD 規格の実装を行うことができる。

4.2 拡張実装

ELECOA に基づく LD 規格の実装では、さらに以下のような拡張が考えられる。

まず図 8 に示したような分岐構造において、末端ノードにコミュニケーションツールを割り当てることで、グループをさらにサブグループに分割した学習活動が実現できる。

また、各学習者が実行する学習の流れは同じでなくてもよい。すなわち、図 7 において、各学習者に事前に割り当てられる階層型コンテンツ構造は同じである必要はないのである。これによって、学習者の事前の学習状況や能力などに応じて、例えば、指導的な役割を果たす学習者と、指導を受ける役割を果たす学習者のそれぞれに対し

て異なる学習の流れを定義しておき、それを提案した枠組みで実行するといったことが可能となる。

さらに末端ノードに割り当てるコミュニケーションツールなどの学習資源には特に制限は無く、Web2.0系の各種ツールなどを活用することが可能である。また、最近では、LMSと各種eラーニングツールの連携のための標準規格なども提案されており、それらを活用すれば最小限の開発で自由に学習環境を構築することが可能となる。

5. まとめ

学習者適応機能の機能拡張性とコンテンツの流通再利用性の両立を図る学習支援システムアーキテクチャを、LD規格の実行系として適用する可能性を検討した。筆者らが提案してきた学習支援システムアーキテクチャは、もともと個人学習者を対象とした自己学習支援を目的としたものであるが、その拡張性により、グループ学習を含むLD規格にも適応可能であることを示した。すなわち、階層コンテンツの末端ノードの学習資源としてコミュニケーションツールを割り当てること、また、中間ノードの教材オブジェクトが他の学習者の教材オブジェクトと交信して学習の流れを制御することで、LD規格の実行系が実装可能であることを示した。

本アーキテクチャは、本来はSCORM 2004²⁾などが目的とする自己学習支援環境において、様々な学習制御を実現可能とすることを目指したものである。本論文で提案したように、LD規格に基づく複数学習者によるグループ学習の支援も合わせて可能とすることで、自己学習とグループ学習の間で、教材・学習履歴などをより統合して扱うことが可能な学習環境が提供可能となると考えられる。

今後は、設計の詳細化を進め、LD規格を実際に行うための教材オブジェクトなど、実際の実行系の構築を行う。

謝辞 本研究は科研費 20500820 および 21300317 の助成を受けた。

参考文献

- 1) Aviation Industry CBT Committee: CMI Guidelines for Interoperability Revision 4.0 (2004).
- 2) Advanced Distributed Learning: Shareable Content Object Reference Model SCORM® 2004 3rd Edition (2006).
- 3) IMS Global Learning Consortium: IMS Common Cartridge Profile Version 1.0 Public Draft Specification (2008).
- 4) Kazi, S.: A Conceptual Framework for Web-based Intelligent Learning Environments using SCORM 2004. Proc. of the IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies 2004, pp. 12-15 (2004).
- 5) Nakabayashi, K., Nakamura, A., Kosaka, Y., and Nagaoka, K.: Design and Implementation of SCORM 2004 Execution Engine and Its Performance Evaluation. Proc. of the 2006 International Conference on SCORM 2004, pp. 31-35 (2006).
- 6) Shih, T. K., Lin, N. H., Chang, W., Wang, T., Wen, H., and Yang, J.: The Hard SCORM: Reading SCORM Courseware on Hardcopy Textbooks. In Proc. of the IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies 2005, pp. 812-816 (2005).
- 7) 松本馨, 宮内浩, 古賀暁彦: 問題演習型 eラーニングシステム SANNO KNOWLEDGE FIELD の SCORM 規格への適用と実装, 教育システム情報学会誌, vol.25,no.3, pp.304-320 (2008).
- 8) 溝口理一郎: 知的教育システム, 情報処理, vol.36,no.2, pp.177-186 (1995).
- 9) 大槻節平: 知的学習環境の構成論, 信学論(D-I), vol.J83-D-I, no.6, pp.515-522 (2000).
- 10) Murray, T., Blessing, S., & Ainsworth, S. (Eds.): Authoring Tools for Advanced Technology Learning Environments. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers (2003).
- 11) Sosnovsky, S., Dolog, P., Henze, N., Brusilovsky, P., and Nejdil, W.: Translation of Overlay Models of Student Knowledge for Relative Domains Based on Domain Ontology Mapping. In Proc. of the 13th Int. Conf. Artificial Intelligence in Education, pp. 289-296, IOS Press (2007).
- 12) 仲林清, 他: WWW を用いた知的 CAI システム CALAT, 信学論(D-II), vol.J80-D-II, no.4, pp.906-914 (1997).
- 13) 仲林清, 永岡慶三: 拡張性向上のための教材オブジェクトアーキテクチャを用いた WBT システムの開発, 信学論(D-I), vol.J88-D-I, no.6, pp.1104-1114 (2005).
- 14) 仲林清, 森本容介, 葉田善章: 拡張性を有する学習支援システムのためのオブジェクト指向アーキテクチャの提案, 教育システム情報学会研究報告, vol.23 no.7, pp.32-39 (2009).
- 15) Nakabayashi, K., Morimoto, Y., and Hada, Y.: Design and Implementation of Extensible Learner-Adaptive Environment, in Proc. of the 17th Intentional Conference on Computers in Education, To Appear (2009).
- 16) Baldwin, C. Y. and Clark, K. B.: Design Rules, Vol. 1: The Power of Modularity, The MIT Press (2000). 安藤晴彦 (訳): デザイン・ルール—モジュール化パワー, 東洋経済新報社 (2004).
- 17) 仲林清: 連携を支える基盤—eラーニング技術標準化—, 情報処理学会誌, vol.49, no.9, pp.24-30 (2008).
- 18) Koper, R. and Tattersall, C. (Eds.): Learning Design: A Handbook on Modelling and Delivering Networked Education and Training, Springer (2005).
- 19) Dalziel, J.: Learning Design: Sharing Pedagogical Know-How, in Iiyoshi, T. and Kumar, M. S. V. (Eds.): Opening Up Education, MIT Press (2008).
- 20) Sharples, P., Griffiths, D., and Wilson, S.: Using Widgets to Provide Portable Services for IMS Learning Design, The 5th TENCompetence Open Workshop: Stimulating Personal Development and Knowledge Sharing, pp.57-60 (2008).
- 21) 青木久美子, 仲林清, 辻靖彦, 篠原正典: ラーニングデザイン・ツールの比較分析, 教育システム情報学会第 34 回全国大会講演論文集 (2009).
- 22) 林 雄介, Jacqueline Bourdeau, 溝口 理一郎: 理論の組織化とその利用への内容指向アプローチ—オントロジー工学による学習・教授理論の組織化と Theory-aware オーサリングシステムの実現, 人工知能学会誌, vol.24, no.5, pp.351-375 (2009).