

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年6月4日現在

機関番号：13302
 研究種目：基盤研究（B）
 研究期間：2010～2012
 課題番号：22300284
 研究課題名（和文） 多様な学習形態を統合するコンテキストウェア・コンポーネントアーキテクチャ
 研究課題名（英文） Integrated Learning Management Architecture for Various Learning Activities
 研究代表者
 池田 満（IKEDA MITSURU）
 北陸先端科学技術大学院大学・知識科学研究科・教授
 研究者番号：80212786

研究成果の概要（和文）：本研究では、学習者が知識を習得・定着・同化・再構成しながら、学習成果や履歴が多様な学習活動文脈を反映できるような統合学習環境を構築した。統合学習媒体とは、学習者情報や学習目的・活動・行為などを管理する学習管理コンポーネント、学習情報を表示・編集できる学習機能コンポーネント、学習活動を通じて生成される学習成果・履歴を管理した学習情報コンポーネント、を媒体として集約したものである。

研究成果の概要（英文）：An integrated learning media which can support various learning activities comprehensively is proposed. In the learning media, a learner can acquire, understand, assimilate, and reconstruct knowledge by using various learning activity functions; and learning outcomes/histories generated by the media can reflect the learning activities and can be accumulated. The media integrates the following components: the components of learning activities about the learner information, the learning purposes, activities and actions; the learning function components which can display, edit, the learning information; and the learning outcomes/histories generated in learning activities.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	6,200,000	1,860,000	8,060,000
2011年度	3,300,000	990,000	4,290,000
2012年度	4,400,000	1,320,000	5,720,000
年度			
年度			
総計	13,900,000	4,170,000	18,070,000

研究分野：教育学

科研費の分科・細目：科学教育・教育学、教育学

キーワード：学習統合環境, e-Learning, 学習支援技術の標準化, 学習コンテンツ, LMS

1. 研究開始当初の背景

地理的・時間的な制約を軽減する情報通信技術(ICT)の発展・普及は、あらゆる分野に多大なインパクトをもたらしている。このような状況の下で、先端的な高等教育・企業内教育を実現する e-Learning 環境もまた国内外を問わず数多くの研究・実践事例が報告されており、今後のネッ

トワーク社会における開かれた教育・学習環境を実現する上で必要不可欠な基盤となりつつある。

e-Learning の学習形態には、その目的に応じて様々な文脈（コンテキスト）が想定される。

- （教育-学習）軸：e-Learning を通じて

対面講義と同等の教育目標の達成を目指す教育的コンテキストと、学習者自身が目的に応じて主体的に学習を進めるコンテキスト

- (個別-協調)軸: 個々の学習者がそれぞれのペースで個別に学習するコンテキストと、複数の学習者が協調的に学習課題を解決するコンテキスト
- (実践-改善)軸: 学習・教育を実践し、学習者が知識構造を構築するコンテキストと、その過程の分析・評価に基づき講師が教育方法を改善するコンテキスト

同様に、e-Learning の学習教材であるコンテンツの特徴からも様々なコンテキストが想定できる。

- (Closed-Open)軸: カリキュラムをコースウェアとして電子化した Closed なコンテンツと、Web 上の Consumer Generated Media (CGM) を横断的に学習リソースとして扱う Open なコンテンツ
- (Well-structured-Ill-structured)軸: 教材があらかじめ構造化されている Well-structured なコンテンツと、教材構造が複雑で学習者に応じて構造化が必要な Ill-structured なコンテンツ
- (利用-作成)軸: e-Learning 環境に存在するコンテンツを検索・選択・利用するフェイズと、それらのコンテンツを作成・更新・管理するフェイズ

開かれた教育・学習環境を実現するためには、上記に挙げる多様なコンテキストを統合的に支援する環境が必要不可欠である。従来の研究では、多様なコンポーネントを提供する環境は実現されているが、コンテキストとコンポーネントの教育的意味の関係性を管理しつつ、コンポーネントの追加・変更が可能な（スケーラビリティが保証された）アーキテクチャは開発されていない。本研究では、個々のコンテキストを対象とした既存の e-Learning システムを集積し、さらに、コンテキスト、コンポーネント、及び、その間の関係性の追加・変更にも対応できるような進化可能な e-Learning 統合支援環境アーキテクチャを開発し、実運用によりその有効性を検証する。

2. 研究の目的

本研究では、上述の多様な学習活動機能を提供することにより、学習者が知識を習得・定着・同化・再構成しながら、そこで生成され

た学習成果や履歴が多様な学習活動文脈を反映し、それを学習コミュニティに蓄積・共有・再利用できるような統合学習媒体の構成を示すことを目的とした。より具体的には、下記3点について研究を推進した。

(1) e-Learning におけるコンテキストウェア・コンポーネント・アーキテクチャの開発

コンテキストウェアコンポーネントは、コンテンツとユーザとの間のインタラクションを支援するための機能部品である。それぞれのコンポーネントは効果的に機能するコンテキストをメタデータとして記述（コンテキストウェア）し、その記述に基づいて管理統合される。本研究の第一ステップでは、コンテキストとコンポーネント/コンテンツの対応関係をインタラクションの観点から体系化し、管理するアーキテクチャを設計する。

(2) コンテキストウェアコンポーネント及び e-Learning 統合支援環境の開発

第二ステップでは、コンポーネント・コンテンツ・学習履歴情報を統合して管理する e-Learning プラットフォームを開発する。ここでの中心的な技術課題は、各コンポーネントがどのようなコンテキストで効果的に機能するかを記述するメタデータの表現様式的设计、プラットフォームにおいて学習者のコンテキストに適応したコンポーネントを選択的に配信するアルゴリズムの開発、クライアントにおいてコンテキストにあったビューや機能を学習者に提供する方式の開発、などである。

(3) 学習活動の蓄積・分析に基づく主体的学習の進化型コンテンツの実現

学習者が学習プロセスや学習成果を主体的にマネジメントすることで、次の学習行動やコンテンツ改善に与える効果について調査し、特徴的な教授戦略や学習戦略を抽出し、コンテキストウェアコンポーネントを拡張するためのプラグインとして活用する。本研究では、特に、ハイパー学習空間における主体的学習コンテンツの開発を中心に行った。

3. 研究の方法

本研究で開発する統合学習媒体とは、(a) 学習者情報や学習目的・活動・行為などといった学習活動の構成要素、(b) 学習活動に応じて学習情報を表示・編集・マッシュアップできる学習機能コンポーネント、(c) 学習活動を通じて生成される学習成果・履歴を管理した学習情報コンテンツ、の要素技術を媒体として集約したものである。

このような統合学習媒体を実現するために

は、(a') 多様な学習活動の構成要素に関する概念及び概念間の関係を整理・体系化し、(b') それを参照する学習支援機能を実現し、(c') 学習コースや Web リソース、学習成果、履歴情報などといった学習情報をコンテンツとして同等に取り扱うこと、が求められる。

これを実現するために、本研究では、オントロジーベースのクライアント型 M・VC・P アーキテクチャを考案し、XML ベースのコンポーネントウェア技術で実現した。

(a'') 教育者とオントロジー構築者が、オントロジーに基づく多様な学習・教育活動に関する概念及び概念間の関係を整理・体系化し、(b'') システム設計・開発者が、それを参照し、クライアント型 M・VC・P モデルに従って、学習活動に応じた機能コンポーネントが提供可能なプラットフォームを開発し、(c'') 学習コースにおけるコンテンツ管理のデファクトスタンダードである SCORM 標準規格に基づいて学習情報コンテンツを一元管理する。これにより、統合学習媒体が、多様な学習活動を支援するだけでなく、それらの活動を通じて生成された成果物・履歴が多様な学習活動文脈を反映し、それを学習コミュニティに還元・共有・再利用・流通することが可能となる。

4. 研究成果

ここでは、2. で述べた目的(1)～(3)について、本研究の成果を説明する。

(1) e-Learning におけるコンテキストウェア・コンポーネント・アーキテクチャの開発

自己学習やグループ学習などの多様な学習形態を統合的に支援し、機能追加やカスタマイズに柔軟に適応可能な機能拡張性と、コンテンツや学習方略記述を含むシステムの相互運用性を両立可能な学習支援システム構成法の研究を行った。

このため、「教材オブジェクト」と呼ぶ概念を導入した学習支援システムのアーキテクチャ ELECOA を提案し、自己学習支援システムに適用した。また、この概念をベースに、自己学習支援に留まらず、構成主義的学習観に基づくグループ学習などの多様な学習形態を統合的に支援し、機能追加やカスタマイズに柔軟に適応可能な機能拡張性と、コンテンツや学習方略記述を含むシステムの相互運用性を両立可能な学習支援システムの構成法の研究を進めた。Learning Design 規格の動作を、教材オブジェクトを用いて実現するための基本検討とプロトタイプ開発を行った。このプロトタイプでは、個々の利用者に対して、学習アクティビティの階層構造を生成し、各学習アクティビティには制御ルールを実行する教材オブジェクトを割り当てている。さらに、グループ学習の教授法とし

て Jigsaw 法を取り上げ、複数の学習者が、学習の流れの中で複数のグループに所属しながら学習を進めるようなシナリオをユースケースとして、詳細機能検討、プロトタイプの実装を進めた。

(2) コンテキストウェアコンポーネント及び e-Learning 統合支援環境の開発

知識の習得・定着・同化・再構成という知識獲得プロセスを軸にして、学習コースの体系的学習、Web リソースの探究学習、学習のリフレクション、学習コースの再構成という 4 つの学習活動とを対応づけ、学習活動の一体化モデルを構成している。さらに、このような一体化した多様な学習活動を支援する統合学習媒体を構築した。

以下では、副目標①：多様な学習活動機能コンポーネントの提供、副目標②：学習プロセスと学習文脈の視覚表現、副目標③：学習成果・履歴の共有・再利用可能、にわけて、本研究の成果を説明する。

① 多様な学習活動機能コンポーネントの実現

本研究では、リッチクライアント型 M・VC・P アーキテクチャを考案し、XML ベースのコンポーネントウェア技術による多様な学習活動を支援するための学習機能コンポーネントを提供することができた。XML スクリプト言語 XVCD を用いて、SCORM の Manifest, Web リソースの検索結果、学習活動履歴 (Model) を表示・編集・マッシュアップする様々な学習機能コンポーネント (VC) を開発し、それらをクライアント側に配信することによって、クライアント側にあらかじめ配信された Platform と連携し、リッチクライアントを構成する。これにより、新規コンテンツの作成や Web リソースの追加、学習コースの編集・再構成などの従来の LMS アーキテクチャで実現困難な学習活動機能を実現し、様々な学習活動を支援する。

② 学習プロセスと学習文脈の視覚表現の実現

学習プロセスを表現するために、本研究では、以下の方針で実現している。

- Web 検索結果を XML ボキャブラリで記述し、Web サービスとの連携機能を活かすことによって、Web 検索結果を取り込み、記録できるようにする。
- 学習コースの体系的学習、Web リソースの検索、学習のリフレクションなどのすべての学習履歴情報を XML ボキャブラリで記述し、SCORM コース、Web リソース情報、学習履歴情報を表示・編集する学習機能コンポーネントを XVCD で定義する。
- これらの学習機能コンポーネントを連携させることによって、マルチビュー・リッチクライアントを実現し、複数の学習情報

を連携させつつ学習プロセスを表示できるようにする。

- 学習文脈を表現するために、本研究では、以下の方針で実現している。
- ウェブ・オントロジー言語:OWL を用いて、学習活動オントロジーを XML ボキャブラリで記述する。
- 複数の XML ボキャブラリを表示・編集・マッシュアップする機能コンポーネントを活かすことによって、オントロジーで記述された学習活動の構成要素が学習履歴ファイルに反映させる。

これにより、学習者が、学習コースを体系的に学習し、Web リソースを探究学習し、それらの学習をまとめてリフレクションすることによって、その学習プロセスや、学習目的、行為、知識関係などの学習活動構成要素は学習成果・履歴に表現される。これらの機能により、学習者がどういう目的で、何に対して、何をしたかなどの学習文脈がわかる。

③ 学習成果・履歴の共有・再利用可能の実現
本研究では、学習コースを SCORM 規格に沿って XML ボキャブラリで記述し、複数の XML ボキャブラリを表示・編集・マッシュアップする機能コンポーネントを活かすことによって、学習コースの編集や、新規コンテンツと Web リソースの追加による学習コースの再構成などの学習活動を通じて、生成された学習成果・履歴が SCORM 規格に沿ったため、それを共有・再利用することが可能になる。

以上を踏まえて、研究目的(2)に関する本研究の成果を、以下の2点にまとめることができる。

- 多様な学習活動を支援する統合学習媒体の実現

統合学習媒体とは、(a) 学習者情報や学習目的・活動・行為などといった学習活動の構成要素、(b) 学習活動に応じて学習情報を表示・編集・マッシュアップできる学習機能コンポーネント、(c) 学習活動を通じて生成される学習成果・履歴を管理した学習情報コンテンツ、の要素技術を媒体として集約したものである。これにより、理論・標準化・活動・媒体の融合を実現し、学習活動を通じて生成される SCORM 標準規格の学習成果・履歴が多様な学習活動を反映し、それを学習コミュニティに還元・共有・再利用・流通する仕組みを実現している。

- 学習コンテンツの表現力と可搬性の両立の実現

主体的学習・構成的学習・協調学習などの学習者に開かれた学習を支えるうえで、学習者が自分の理解や興味にあわせて学習コンテンツを自ら作成・修正できるようにし、それを学習者間で共有しつつ学習コミュニティの集合知として洗練するプロセスを支え

ることが不可欠である。また、表現力に富みながら使いやすいメディア技術を取り入れた学習コンテンツの編集環境を提供することも、開かれた学習に学習者が自然に集まるようにするうえで重要である。そのために、XML を基礎にしたメディア集約技術と標準化技術の高度化と融合化を進め、新しい学習支援のアーキテクチャのアイデアを示し、それを実現したことが本研究の独創的な点である。

具体的には、(a) 学習者情報や学習目的・活動・行為などといった学習活動の構成要素と、(b) 学習活動に応じて学習情報を表示・編集・マッシュアップできる学習機能コンポーネントを融合することで、多様な学習活動に応じて学習コンテンツを様々な見せ方が可能になり、学習目的・活動・行為などの学習活動情報が学習成果・履歴に反映されることもできるようになる、といった学習コンテンツの豊富な表現力がある。さらに、(c) SCORM 標準で学習活動を通じて生成される学習成果・履歴を一元管理することで、学習コンテンツを学習コミュニティに還元・共有・再利用・流通できるといった可搬性がある。

- (3) 学習活動の蓄積・分析に基づく主体的学習の進化型コンテンツの実現

ハイパー空間を提供する学習リソースでは、学習者自ら学習プロセスを調整することが不可欠である。このような自己調整活動の中でも、ナビゲーションパスのプランニングを行うことは特に重要である。しかしながら、Web 上の学習リソースのように、プランニングに必要な情報が明示的に与えられていない、あるいは抽出するのが困難な場合、プランニングの遂行は容易ではない。そこで、本論文では Web 上の学習リソースを対象として、プランニングに必要な情報のオーサリングを支援する手法を提案する。本手法の特徴は、学習リソースを二次利用することを前提に、プランニングに必要な情報のオーサリングを行い、リソースのメタデータとして付与する点にある。また、このためのオーサリング支援システムの開発を行った。本システムでは、学習リソースからプランニングに必要な情報を推定してオーサに提示することでオーサリング負荷を軽減することができる。

さらに、学習リソースを横断した関係付け・構造化を促進するために、複数のリソースに含まれる多様な概念間の関係を、様々な学習者の学習コンテキストを反映した形のコンテンツとして集約・再利用するための Rich Internet Application (RIA) 形式の学習支援システムを開発し、ケーススタディを実施した。その結果、学習者はシステムを利

用することによって、トピック間の関係をより多くのリンクとして表現したトピックマップ形式のコンテンツを作成できることが示された。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 10 件)

1. 瀬田和久, 崔亮, 池田満, 松田憲幸, 岡本真彦: 思考外化と知識共創によるメタ認知スキル育成プログラム —大学初年次生を対象として—, 教育システム情報学会誌, Vol. 30, No. 1, 査読有, (2013), pp. 77-91.
2. 仲林 清, 森本容介 (2012) 拡張性を有する適応型自己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設計と実装, 教育システム情報学会誌, 査読有, 29(2), 2012, pp. 97-109.
3. Kazuhisa Seta, Daijiro Noguchi, Mitsuru Ikeda: Presentation-Based Collaborative Learning Support System to Facilitate Meta-Cognitively Aware Learning Communication, The Journal of Information and Systems in Education, Vol. 9, No.1, 査読有, 2011, pp. 3-14.
4. 永留圭祐, 柏原昭博, 長谷川忍, 研究コミュニティ知の表現・構造化を支援する Hyperblog システムの開発, 教育システム情報学会誌, 査読有, Vol. 28, No.1, , 2011.02, pp. 94-107.
5. 太田光一, 柏原昭博, ハイパー空間におけるナビゲーションプランニング支援のための Guided Map 生成, 教育システム情報学会誌, 査読有, Vol. 28, No.3, 2011.07, pp. 185-199
6. 王文涌, 長谷川忍, 柏原昭博, 仲林清, 池田満, 上田俊夫, 乙守信行, “多様な学習活動を支援する統合学習媒体”, 日本教育工学会論文誌, 査読有, Vol. 34, No. 3, 2010, pp. 211-222.
7. Nakabayashi, K., Morimoto, Y., Hata, Y. Design and Implementation of an Extensible Learner-Adaptive Environment, Knowledge Management & E-Learning: An International Journal (KM&EL), 査読有, 2(3), 2010, pp. 246-259.
8. 渡辺健次, 柏原昭博, 情報通信技術の系譜に基づく学習・教育支援のための技術開発研究の概観, 日本教育工学会論文誌 Vol. 34, No. 3, 査読有, 2010, pp. 143-152

9. 柏原昭博, 塚本寛之, ナビゲーションプランニング情報のオーサリング支援, 日本教育工学会論文誌 Vol. 34, No. 3, 査読有, 2010, pp. 259-268.

10. A. Kashihara, and R. Kawai: A Self-regulator for Navigational Learning in Hyperspace, Lecture Notes in Computer Science 6094, Springer, 査読有, 2010, pp. 389-400.

[学会発表] (計 12 件)

1. Hangyu Li, Shinobu Hasegawa, and Akihiro Kashihara: Resource Organization System for Self-directed/Community-based Learning, Proc. of the 20th International Conference on Computers in Education (ICCE2012), Singapore, Nov. 27, 2012, pp. 1-4.
2. Tomohiro Nabeta, Taisuke Ogawa, Mitsuru Ikeda, JAISTEP portfolio system that facilitates student's self-regulation by showing learning goal and educational intention embedded into research activity, Proc in The 10th International Conference on ePortfolio & Identity, London, UK., July 10, 2012, pp. 77-78
3. Nakabayashi, K., Morimoto, Aoki, K., Application of Extensible Learning Support, System Architecture to Collaborative Learning Environments, Proc. of the 12th IEEE Intentional Conference on Advanced Learning Technology, (2012/7/4-6), Rome, Italy, pp. 69-73.
4. Kazuhisa Seta, Liang Cui, Mitsuru Ikeda and Noriyuki Matsuda: Discussion Support to Train Meta-cognitive Skill by Improving Internal Self-Conversation for Knowledge Co-creation Workshop, Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, Vol. 243, IOS Press, Chaina, Venetian, June 15, 2012, pp. 1071-1080.
5. Wei CHEN, Masaki FUJII, Liang CUI, Mitsuru IKEDA & Noriyuki MATSUDA, Reflective Case-Writing Environment using a Multi-representation Schema for Medical Service Education, eKNOW 2012: The Fourth International Conference on Information, Process, and Knowledge Management, Madrid, Spain, Feb. 1, 2012, pp. 110-115.

6. OGAWA, H., KOBAYASHI, H., MATSUDA, N., HIRASHIMA, T., & TAKI, H. Knowledge Externalization Based on Differences of Solutions for Automatic generation of Multiple-choice Question, Proceedings of the 19th International Conference on Computers in Education, 2011 (Chiang Mai, Thailand) (2011/11/28 - 2011/12/2), pp. 271-278.

7. Nakabayashi, K., Morimoto, Aoki, K., Applying an Extensible Learning Support System to Collaborative Learning Environments, Workshop on Open Technology, Open Standards and Open Knowledge in Advanced Learning, Workshop Proceedings of 19th Intentional Conference on Computers in Education, (2011/11/28-12/2), Chiang Mai, Thailand, pp. 255-262.

8. 長谷川忍, 李航宇, 柏原昭博: マルチレイヤマップによる Web-based Learning 支援環境の構築, 人工知能学会先進的学習科学と工学研究会資料 SIG-ALST-B101-01-07, 千葉, (2011/07/29), pp. 33-38.

9. Kazuhisa Seta, Hiroshi Maeno, Motohide Umano, Mitsuru Ikeda, An Integrated Framework as a Foundation to Develop Meta-learning Support Systems, Auckland, Newzealand, July 29, 2011, Proceedings of AIED 2011, 554-556.

10. Nakabayashi, K., Morimoto, Y., Hata, Y., Aoki, K., Implementing Learning Design Specification using Extensible Learner-adaptive Environment, Workshop on Open Technology, Open Standards and Open Knowledge in Advanced Learning, Workshop Proceedings of 18th Intentional Conference on Computers in Education, (2010/11/29-12/3), Putrajaya, Malaysia pp. 300-307.

11. O. Takaki, I. Takeuti, N. Izumi & K. Hasida, Incremental Verification of Consistency Property of Large-Scale Workflows That Contain Passback Flows, The 9th Joint Conference on Knowledge-Based Software Engineering (JCKBSE 2010), 2010年8月26日, カウナス (リトアニア)

12. Noriyuki MATSUDA, Tsukasa HIRASHIMA, Tomoya HORIGUCHI & Hirokazu TAKI: "A Technique for Error Awareness in Pencil Drawing", Proceedings of the 18th International Conference on Computers in

Education, 2010 (Putrajaya, Malaysia) (2010/11/29 - 2010/12/3), pp275-279.

〔図書〕 (計3件)

1. 仲林 清, ミネルバ書房, 技術標準化とシステム開発. 教育工学とシステム開発, 2012, pp. 74-94.

2. 柏原昭博: Web ベースの学習活動のモデル化とシステム開発, 教育工学選書4巻「教育工学とシステム開発」ミネルヴァ書房, 第I部第5章, 2012, pp. 75-85.

3. 柏原昭博: 認知ツール, 電子情報通信学会知識ベース「知識の森」, S3群11編「教育支援システム」, 4章「教育・学習支援システム」, (2011), pp. 27-30

6. 研究組織

(1) 研究代表者

池田 満 (IKEDA MITSURU)

北陸先端科学技術大学院大学・知識科学研究科・教授

研究者番号: 80212786

(2) 研究分担者

柏原 昭博 (KASHIHARA AKIHIRO)

電気通信大学・情報理工学(系)研究科・教授

研究者番号: 10243263

仲林 清 (NAKABAYASHI KIYOSHI)

千葉工業大学・情報科学部・教授

研究者番号: 20462765

長谷川 忍 (HASEGAWA SHINOBU)

北陸先端科学技術大学院大学・大学院教育イニシアティブセンター・准教授

研究者番号: 30345665

松田 憲幸 (MATSUDA NORIYUKI)

和歌山大学・システム工学部・准教授

研究者番号: 40294128

高木 理 (TAKAKI OSAMU)

北陸先端科学技術大学院大学・知識科学研究科・助教

研究者番号: 30388011