

## 科学研究費補助金研究成果報告書

平成 22 年 5 月 21 日現在

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2007～2009

課題番号：19200012

研究課題名（和文） 学習理論・標準化技術 Compliant 知識サーバーの構築

研究課題名（英文） Building a Theory-aware and Standard-compliant Knowledge Server

研究代表者

溝口 理一郎 (MIZOGUCHI RIICHIRO)

大阪大学・産業科学研究所・教授

研究者番号：20116106

研究成果の概要(和文):学習・教授理論をコンピュータに理解させるためのオントロジー(基盤概念構造)を世界で初めて構築した。この成果に基づいて、学習・教授理論に準拠した優れた教授シナリオを簡単に作れるオーサリングシステムを開発するとともに、約 10 の既存の学習・教授理論を整理することを通じて教授シナリオの作成や理論の分析を支援する機能を検証した。

研究成果の概要(英文): An ontology of learning/instructional theories has been developed first in the world. On the basis of the ontology, we successfully build an authoring system which enables authors to develop theory-compliant learning/instructional scenarios. The authoring system equipped with ten learning/instructional theories/models has been evaluated through experimental use.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	8,000,000	2,400,000	10,400,000
2008年度	11,800,000	3,540,000	15,340,000
2009年度	10,600,000	3,180,000	13,780,000
総計	30,400,000	9,120,000	39,520,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知能情報学

キーワード：知識ベース、知識システム、オントロジー工学

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 学習支援システムに関する標準化技術が現在盛んに Technology-Enhanced Learning (TEL) の技術者に使用されている。そこでは、その標準化技術に則った教材としての

Learning Object (LO) の流通と再利用した LO の組み合わせによる学習コンテンツの作成が喫緊の課題となっているが[1]、そこで行われる「再利用」において学習・教授理論が参照されることはまれであり、学習・教授理

論的裏付けのないLOの組み合わせが行われ、低品質の学習コンテンツを生み出してしまふという大きな問題を抱えている。

この問題は学習理論・教授理論と標準化技術との乖離ということが出来るが、その解決には標準化技術の利用者が容易に学習・教授理論にアクセスでき、それを反映した学習コンテンツ、教授シナリオ作成などを支援するシステムの開発が望まれる。そこで本研究者は、これまで行ってきた学習・教授理論の組織化研究の成果と、自らが提唱し、実践してきたオントロジー工学の知見を活かし、学習・教授理論のオントロジーの構築を通して「学習・教授理論と標準化技術の融合」を目指す研究の必要性を認識するに至った。

(2) オントロジー全般に関する研究は内外で盛んに行われているが、欧米の興味を中心は RDF/OWL に代表される表現言語の問題 [2]とセマンティック Web に関連するものに重点がある [3]。オントロジー基礎研究では、イタリアの Nicola Guarino [4]とアメリカの John Sowa が孤軍奮闘している状況である。我が国では、分散 AI の立場から複数のエージェント間の交信によって知識を共有し合う方式の研究が行われているが、本申請者のように知識の「内容」を扱うという立場からオントロジー工学を用いて、種々の理論の組織化とその利用に関する知的支援を研究する例は見あたらない。

現状のオーサリングシステムは、最上のものでも一つの教授理論を手続き的に組み込んだものであり、本研究のように複数の教授理論や学習理論が、コンピュータが操作可能な形で蓄積された利用環境に関するシステムへの期待は大きい。

[1] <http://ltsc.ieee.org/wg12/>

[2] <http://www.w3.org/2004/OWL/>

[3] Tim Berners-Lee, James Hendler, Ora Lassila, *The Semantic Web*, Scientific American, May 2001

[4] Guarino, Nicola: Some Ontological Principles for Designing Upper Level Lexical Resources. Proc. of the First International Conference on Lexical Resources and Evaluation, Granada, Spain, 28-30 May 1998.

## 2. 研究の目的

本研究ではオントロジー技術を用いることにより、理論と標準化技術の乖離を解消し、健全で有効な LO の蓄積、流通、知的再利用環境としての学習・教授理論と標準化技術の両方に Compliant な LO 再利用オーサリング支援システムを構築する。具体的には、LO の再利用において種々の理論に照らして「正当」な学習コンテンツの開発を可能とする支

援機能（学習理論と標準化技術の融合機能）の開発が中心課題となる。これまで標準化技術準拠の学習システム開発の実践において適切に有効利用されてこなかった理論的研究の成果を、シームレスにシステム開発に活かすことが可能になる。このような最終的なゴールの下に、具体的には以下の4つのことの達成を目指す。

- (1) 学習支援知識（学習理論、教授理論）を対象とした本格的オントロジーの構築
- (2) 理論と LO の相互作用を可能にするために必要な、LO に付与すべきメタデータ (LOM) の設計とそれを用いた理論整合性のチェックルールの開発
- (3) セマンティック Web におけるオントロジーマッピング技術を援用した Open な学習支援関連理論知識サーバの構築
- (4) 同サーバに対するクライアントとして、LO を再利用して複数の理論を Blend した学習シナリオを作成する機能や学習シナリオを IMS-LD へ変換する機能を持つ Authoring 支援環境の設計・開発。最後に、具体的な学習支援問題を取り上げ、パイロットシステム構築し、システム全体を評価する。

## 3. 研究の方法

以下のステップを順次実行していった。

- (1) 各種学習支援関連理論オントロジーの構築
  - 1.1 学習パラダイムのモデル化
  - 1.2 知識組織化のための基盤モデルと洗練
  - 1.3 各種理論の Operational な解釈
  - 1.4 パラダイム独立な学習者状態の整備
- (2) 標準化技術への対応機能の設計と諸理論との整合性
  - 2.1 学習シナリオの LD への変換とその利用
  - 2.2 LO を用いて合成された学習コンテンツの理論整合性判定
- (3) 包括的なコンピュータ環境の設計と実装
  - 3.1 理論サーバの設計と開発
  - 3.2 クライアントとしてのオーサリングシステムの設計・開発とその利用

## 4. 研究成果

(1) 概要  
学習・教授理論オントロジーとオーサリングシステムとして、以下8つの仕様を満たすものの開発に成功した。

- ① 十分多くの学習・教授理論を「分かった」システムである
- ② 理解している理論に則って、理論の裏付けのある学習・教授シナリオ作成の支援機能を持つ
- ③ 教授理論が持つ Prescriptive な側面を宣

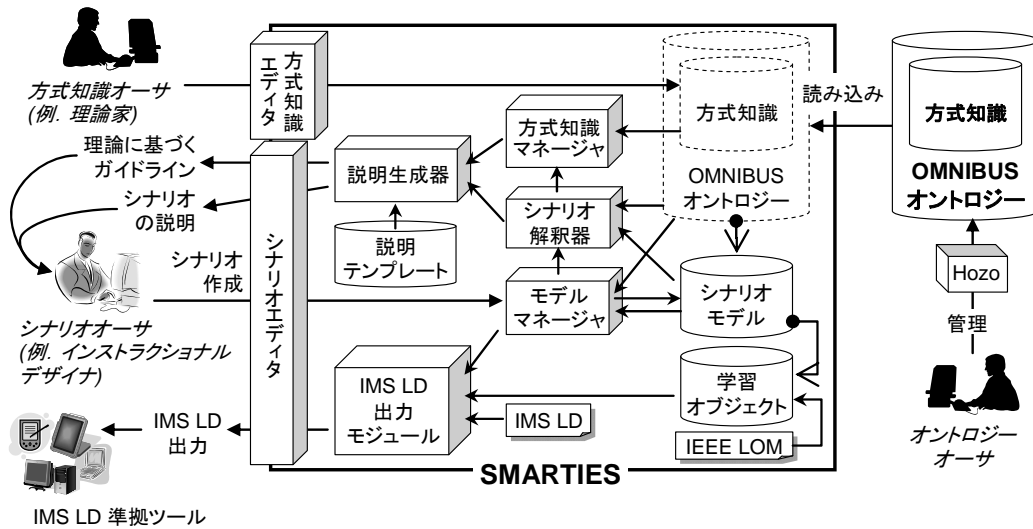


図1 SMARTIES のシステム構成

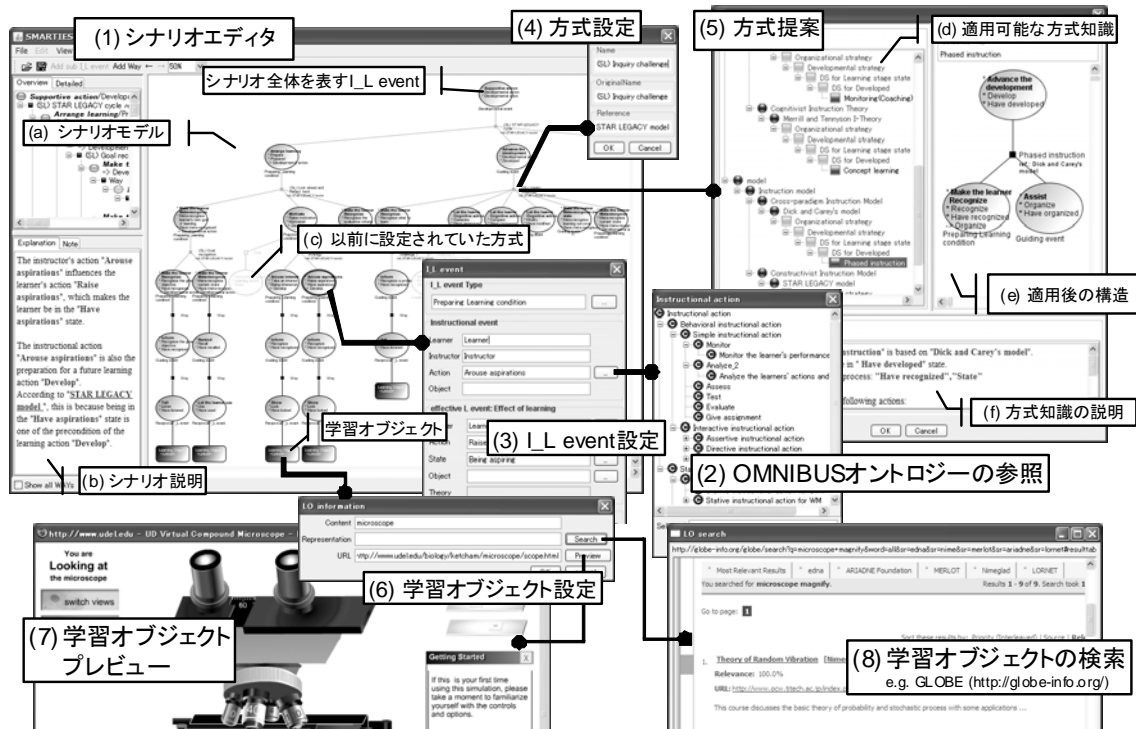


図2 SMARTIES における学習活動デザイン

- 言的にとらえていること
- ④ 専門家が持つ経験則を用いない
  - ⑤ 手続き的なモデリング手法は排除する
  - ⑥ 理解している理論と、自身が行っているシナリオ設計支援によって生成されるシナリオ自体を説明する能力を持つ
  - ⑦ 対象とする理論の追加が容易に行える
  - ⑧ シナリオ作成の現場技術者が実行できるシナリオを開発することにより、現場と理論の橋渡しをする。

その成果として得られたオントロジーと

応用システムの全体図を図1に、システムの実行画面を図2示す。

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計13件)

- ① Yusuke Hayashi, Jacqueline Bourdeau and Riichiro Mizoguchi, Strategy-centered Modeling for Better Understanding of Learning/Instructional Theories, International

- journal of Knowledge and web Intelligence, 査読有, Vol. 1, No. 3/4, (in press), 2010.
- ② Seiji Isotani, Riichiro Mizoguchi, Akiko Inaba and Mitsuru Ikeda, The foundations of a theory-aware authoring tool for CSCL design, International Journal of Computers and Education, 査読有, Vol. 54, No. 4, pp. 809-834, May 2010.
  - ③ 溝口 理一郎, 林 雄介, オントロジーに基づく学習教授活動のデザイン, 人工知能学会誌, 査読有, Vol. 25, No. 2, pp. 240-249, Mar. 2010.
  - ④ Seiji Isotani, Akiko Inaba, Mitsuru Ikeda and Riichiro Mizoguchi, An Ontology Engineering Approach to the Realization of Theory-Driven Group Formation, International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning, 査読有, 4(4), pp. 445-478, Dec. 2009.
  - ⑤ Yusuke Hayashi, Jacqueline Bourdeau and Riichiro Mizoguchi, Using Ontological Engineering to Organize Learning/Instructional Theories and Build a Theory-Aware Authoring System, International Journal of Artificial Intelligence in Education, 査読有, Vol. 19, No. 2, pp. 211-252, Dec. 2009.
  - ⑥ Antony Galton and Riichiro Mizoguchi, The water falls but the waterfall does not fall: New perspectives on objects, processes and events, Journal of Applied Ontology, 査読有, Vol. 4, No. 2, pp. 71-107, Aug. 2009.
  - ⑦ 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—, 人工知能学会論文誌, 査読有, Vol. 24, No. 5, pp. 351-375, June 2009.
  - ⑧ 茅島 路子, 稲葉 晶子, 溝口 理一郎, メタ認知活動の困難さに関するフレームワークの提案, 教育システム情報学会誌, 査読有, Vol. 25, No.1, pp.19-31, July 2008.
  - ⑨ Ig Ibert Bittencourt, Seiji Isotani, Evandro Costa and Riichiro Mizoguchi, Research Directions on Semantic Web and Education, Journal Scientia - Interdisciplinary Studies in Computer Science, 査読有, 19(1), pp. 59-66, June 2008.
  - ⑩ 笠井俊信, 山口晴久, 永野和男, 溝口 理一郎, オントロジーを基盤としたメタデータ記述による課題解決力育成を目的とした学習指導案検索支援, 日本教育工学会論文誌, 査読有, 第 31 卷 3 号, pp.337-348, Dec. 2007.
  - ⑪ 林 雄介, 溝口 理一郎, 知的活動支援のためのオントロジー工学的アプローチ, ヒューマンインタフェース学会誌・論文誌 人間の知的活動支援へのアプローチ特集, 査読有, Vol. 9, No. 4, pp. 21-26, Nov. 2007.
  - ⑫ Mizoguchi R., Sunagawa E., Kozaki K. and Kitamura Y., A Model of Roles within an Ontology Development Tool: Hozo, J. of Applied Ontology, 査読有, Vol.2, No.2, pp.159-179. Sep. 2007.
  - ⑬ Toshinobu Kasai, Haruhisa Yamaguchi, Kazuo Nagano and Riichiro Mizoguchi, A Semantic Web system for supporting teachers using ontology alignment, Int. J. Metadata, Semantics and Ontologies, 査読有, Vol. 2, No. 1, pp.35-44, Sep. 2007.
- [学会発表] (計 19 件)
- ① Yusuke Hayashi, Jacqueline Bourdeau and Riichiro Mizoguchi, Towards Better Understanding of Learning/Instructional Design Knowledge with Strategy-centered Structuring, Proc. of 17th International Conference of Computers in Education (ICCE'09), pp. 91-98, HongKong, China, Nov. 30-Dec. 4, 2009.
  - ② Toshinobu Kasai, Kazuo Nagano, and Riichiro Mizoguchi, An Ontological Approach to Support Teachers in Designing Instruction Using ICT, Proc. of 17th International Conference of Computers in Education (ICCE'09), pp. 11-18, HongKong, China, Nov. 30-Dec. 4, 2009.
  - ③ Yusuke Hayashi, Seiji Isotani, Jacqueline Bourdeau and Riichiro Mizoguchi, Toward a Learning/Instruction Process Model for Facilitating Instructional Design Cycle, Proc. of 9th IFIP World Conference on Computers in Education (WCCE2009), pp. 138-147, Bento Goncalves, Brazil, July 27-31, 2009.
  - ④ Yusuke Hayashi, Jacqueline Bourdeau and Riichiro Mizoguchi, Structuring Learning/Instructional Strategies through a State-based Modeling, Proc. of 14th International Conference on Artificial Intelligence in Education (AIED2009), pp. 215-222, Brighton, UK, July 6-10, 2009.
  - ⑤ Eloy David Villasclaras-Fernandez, Seiji Isotani, Yusuke Hayashi and Riichiro Mizoguchi, Looking into collaborative learning: design from macro- and micro-script perspectives, Proc. of 14th International Conference on Artificial Intelligence in Education (AIED2009), pp. 231-238, Brighton, UK, July 6-10, 2009.
  - ⑥ Riichiro Mizoguchi, Yet Another Top-level Ontology: YATO, Proc. of the Second Interdisciplinary Ontology Meeting, pp.91-101,

- Tokyo, Japan, February 28 - March 1, 2009.
- ⑦ Kouji Kozaki, Yusuke Hayashi, Munehiko Sasajima, Shinya Tarumi and Riichiro Mizoguchi, Understanding Semantic Web Applications, Proc. of the 3rd Asian Semantic Web Conference (ASWC 2008), LNCS 5367, pp. 524-539, February 2-5, Bangkok, Thailand, 2009.
  - ⑧ Kouji Kozaki, Satoshi Endo and Riichiro Mizoguchi, Instance Management Problems in the Role Model of Hozo, Proc. of the 10th Pacific Rim International Conference on Artificial Intelligence (PRICAI-08), LNAI 5351, pp. 614-625, Dec. 15-19, Hanoi, Vietnam, 2008.
  - ⑨ Toshinobu Kasai, Kazuo Nagano and Riichiro Mizoguchi, Multi-Entry System for Supporting Teachers in Designing Instruction, Proc. of 16th International Conference of Computers in Education (ICCE'08), pp. 79-86, Taipei, Taiwan, Nov.27-31, 2008.
  - ⑩ Yusuke Hayashi, Jacqueline Bourdeau and Riichiro Mizoguchi, Toward Accumulation of Learning/Instructional Design Knowledge for Authoring Systems, Proc. of 16th International Conference of Computers in Education (ICCE'08), pp. 19-26, Taipei, Taiwan, Nov. 27-31, 2008.
  - ⑪ Seiji Isotani and Riichiro Mizoguchi, Adventure in the Boundary between Domain-Independent Ontologies and Domain-Specific Content for CSCL, Proc. of the 12th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems (KES'08), pp. 523-532, Zagreb, Croatia, Sep. 3-5, 2008.
  - ⑫ Seiji Isotani and Riichiro Mizoguchi, Theory-Driven Group Formation through Ontologies, Proc. of the 9th International Conference on Intelligent Tutoring Systems (ITS'08), pp. 646-655, Montreal, Canada, June 23-27, 2008.
  - ⑬ Yusuke Hayashi, Jacqueline Bourdeau and Riichiro Mizoguchi, Toward Establishing an Ontological Structure for the Accumulation of Learning/Instructional Design Knowledge, Proc. of 6th International Workshop on Ontologies and Semantic Web for E-Learning (SWEL'08), pp. 1-10, Montreal, Canada, June 23, 2008.
  - ⑭ Yusuke Hayashi, Jacqueline Bourdeau and Riichiro Mizoguchi, Theory-aware Explanation Support for Standard-compliant Scenario Building, Proc. of the workshop on Semantic Technology for Learning , pp. 104-109, Hiroshima, Japan, Nov. 5, 2007.
  - ⑮ Jacqueline Bourdeau, Riichiro Mizoguchi, Yusuke Hayashi, Valery Psyche, and Roger Nkambou, When the Domain of the Ontology is Education, Proc. of the 4th Conf. on Intelligent, Interactive Learning Objects Repository Networks (I2LOR'07), CD-ROM, Montreal, Canada, Nov. 4-7, 2007.
  - ⑯ Koji Kozaki, Eiichi Sunagawa, Yoshinobu Kitamura and Riichiro Mizoguchi, Role Representation Model Using OWL and SWRL, Proc. of 2nd Workshop on Roles and Relationships in Object Oriented Programming, Multiagent Systems, and Ontologies, Berlin, Germany, July 30-31, pp.39-46, 2007.
  - ⑰ Riichiro Mizoguchi, Yusuke Hayashi and Jacqueline Bourdeau, Inside Theory-Aware and Standards-Compliant Authoring System, Proc. of The Fifth International Workshop on Ontologies and Semantic Web for E-Learning (SWEL'07), pp. 1-18, Marina del Rey, CA, USA, July. 9, 2007.
  - ⑱ Seiji Isotani and Riichiro Mizoguchi, The Unfolding of Learning Theories: Its Application to Effective Design of Collaborative Learning, Proc. of The Fifth International Workshop on Ontologies and Semantic Web for E-Learning (SWEL'07), pp. 44-53, Marina del Rey, CA, USA, July. 9, 2007.
  - ⑲ Koji Kozaki, Eiichi Sunagawa, Yoshinobu Kitamura and Riichiro Mizoguchi, Distributed and Collaborative Construction of Ontologies Using Hozo, Proc. of Workshop on Social and Collaborative Construction of Structured Knowledge, Banff, Canada, May 8, 2007.
- 〔図書〕 (計 3 件)
- ① Darina Dicheva, Riichiro Mizoguchi and Jim Greer, Semantic Web Technologies for e-learning, IOS press, Amsterdam, The Netherlands, Nov., 2009. (312 ページ)
  - ② Riichiro Mizoguchi, Yusuke Hayashi and Jacqueline Bourdeau, Inside a Theory-aware Authoring System, In Darina Dicheva, Riichiro Mizoguchi and Jim Greer (Eds.), Semantic Web Technologies for e-learning, IOS press, Amsterdam, The Netherlands, pp. 59-76, Nov., 2009.
  - ③ Larisa N. Soldatova and Riichiro Mizoguchi, An Ontology-Based Test Generation System In Darina Dicheva, Riichiro Mizoguchi and Jim Greer (Eds.), Semantic Web Technologies for e-learning, IOS press, Amsterdam, The Netherlands, pp. 96-110, Nov., 2009.

[その他]  
成果公開ホームページ  
<http://edont.qee.jp/omnibus/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

溝口 理一郎 (MIZOGUCHI RIICHIRO)  
大阪大学・産業科学研究所・教授  
研究者番号：20116106

### (2) 研究分担者

來村 徳信 (KITAMURA YOSHINOBU)  
大阪大学・産業科学研究所・准教授  
研究者番号：20252710

古崎 晃司 (KOZAKI KOJI)  
大阪大学・産業科学研究所・准教授  
研究者番号：00362624

笹嶋 宗彦 (SASAJIMA MUNEHICO)  
大阪大学・産業科学研究所・助教  
研究者番号：80402999

林 雄介 (HAYASHI YUSUKE)  
大阪大学・産業科学研究所・特任助教 (常勤)  
研究者番号：70362019

### (3) 連携研究者

笠井 俊信 (KASAI TOSHINOBU)  
岡山大学・大学院教育学研究科・准教授  
研究者番号：80335570