

Title	An Ontological Engineering Approach to Computer-Supported Collaborative Learning : From Theory to Practice
Author(s)	磯谷, セイジ
Citation	大阪大学, 2009, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/57552">https://hdl.handle.net/11094/57552</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a>〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	磯谷セイジ
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 23371 号
学位授与年月日	平成21年9月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科電気電子情報工学専攻
学位論文名	An Ontological Engineering Approach to Computer-Supported Collaborative Learning-From Theory to Practice- (オントロジー工学を用いたコンピュータ支援型協調学習-理論から実践まで-)
論文審査委員	(主査) 教授 溝口理一郎 (副査) 教授 馬場口 登 教授 鷺尾 隆 教授 小牧 省三 教授 河崎善一郎 教授 北山 研一 教授 三瓶 政一 教授 井上 恭 教授 滝根 哲哉

論文内容の要旨

Collaborative learning (CL) has a long history in Education. Nevertheless, with the fast development of technologies that enhance collaboration and communication, recently, this approach has been attracting more attention and is becoming a popular method used in classrooms, e-learning environments, and enterprises. Over the past decades, research on computer-supported collaborative learning (CSCL) has been providing useful technologies that enable people to learn collaboratively.

Although these technologies have stimulated the use of group activities to support learning, many researchers have noted problems with a lack of intelligent tools and a more systematic approach to support pedagogically sound group formation and the adequate design of collaborative learning activities.

In any type of collaboration, group formation and collaborative learning design play a critical role in the learners' acceptance of group activities, as well as the success of the learning process. Nevertheless, proposing an effective and pedagogically sound group formation together with an adequate sequence of learning activities is a complex issue. This is due to the context of group learning where the synergy among learners' interactions affects learning processes and, hence, the learning outcome. Without a well-thought-out design for CL activities, the chance of having an effective collaboration decreases considerably.

To support the design of collaborative learning scenarios through technology, it is helpful to have a clear and conveyable understanding of many learning theories and their features. However, it is difficult for users (e.g., instructors) to have such a common understanding. To overcome this problem the CSCL community has made a great effort to define CSCL scripts which aim to provide guidelines for a more structured and meaningful collaboration. Many advances have been made in this direction. Nevertheless, a more systematic approach to the group formation and the design of collaborative learning activities is still lacking. With the limitations of the current technology to describe scripts, it is difficult to develop intelligent authoring systems that can guide users in order to produce better collaborative learning experiences.

One of the main difficulties with creating a more consistent (computer-understandable) approach to designing collaboration and forming groups is the necessity of proposing better ways to formalize collaborative learning processes. Without such formalism, we cannot build the knowledge required to develop intelligent support systems that help users to create scenarios where learners are able to interact more effectively.

In this thesis, we present an innovative approach that uses ontological engineering techniques and concepts from learning theories to create an ontology-based framework that represents collaborative learning and its processes. An ontology is a system of fundamental concepts semantically represented in a computer-understandable manner. In our context, ontologies provide the necessary formalization to represent collaboration and its processes, while learning theories provide the concepts to justify and support the development of effective collaborative learning scenarios that stimulate the occurrence of meaningful interactions among learners. The use of ontologies also helps in the development of sharable and reusable knowledge that can be incorporated into a wide variety of intelligent systems and applications.

Thus, the contribution of this thesis is divided into four parts. The first part covers the development of an ontological structure and a graphical model where we can explicitly and formally represent collaborative learning, learning theories, and other techniques for collaboration. Such formalization allows for a more systematic approach to designing collaborative learning scenarios that can be used for both humans and computers.

The second part provides substantial support for the creation and uses interaction patterns for CSCL based on learning theories, best practices or CSCL scripts. Through the use of our ontological framework, it is possible to offer a high degree of expression that minimizes the problem of representing collaborative activities in formal language, and provides the semantically rich structure required to create computer-understandable CSCL scenarios.

The third part covers a novel method for group formation using ontologies and concepts from learning theories. It consists of, first, understanding students' needs (learning goals) and then selecting learning theories to form a group and design more personalized activities that help the members of a particular group achieve their goals. The results of an experiment conducted in real scenarios suggest that our method is, in many cases, better than conventional approaches for group formation, facilitates the effective design of group activities, and can positively affect the performance of individuals during group learning.

Finally, the fourth part exemplifies how to use our results to support the development of the next generation of intelligent systems, referred to as theory-aware systems. Based on ontologies, our proposed theory-aware system, referred to as CHOCOLATO, is able to reason using theories and their features to make pedagogical decisions and suggestions that prevent unexpected interpretations of the theories while designing CL scenarios; provide common vocabulary to describe these scenarios; and offer enough information for computational semantics to allow for "intelligent" guidance during the creation of theoretically-sound CL activities. The results of several experiments conducted in real environments suggest that CHOCOLATO helped instructors to more easily create theory-based CL scenarios that support the achievement of desired learning goals. Furthermore, the implementation of these CL scenarios created favorable conditions for learners to perform interactions more effectively and thereby improving their learning development.

## 論文審査の結果の要旨

コンピュータを用いた学習支援システムの研究は一人の教師と多数の生徒（学習者）という形態で従来から行われてきた学校教育を補完するものとして注目されている。特に、複数の学習者たちの協調的な交流を用いたCSCL (Computer-Supported Collaborative Learning)は学習者の自主的な学習態度を育成すると共に、異なる意見を持った他の学生との交流を通して、より深い学びが得られることから新しい学習形態として盛んに研究されている。

本論文は、CSCLにおける諸問題をオントロジー工学的手法を用いて解決を試みたものであり、その成果は以下の4つにまとめることができる。

- (1) CSCLの諸問題の表現と解決を包括的に論じるための計算的基盤の構築
- (2) 構築された基盤に基づく相互作用シナリオ、相互作用パターン、及び学習者成長モデルの定義
- (3) 学習グループ構成法の開発と評価
- (4) 学習理論-awareなオーサリングシステムの開発と評価

研究全体においてオントロジー工学の手法が用いられている。(1)の計算的基盤は世界初の協調学習オントロジーを構築することによって実現されているが、本研究で論じられる全ての重要概念とシステムはここで定義されるオントロジーに準拠している。(2)では、構築されたオントロジーとフレームワークに基づいて、様々な学習理論を解釈して、協調学習における学習者間の相互作用を記述している。このことにより、学習理論が推奨する学習者の相互作用シナリオや相互作用パターンをコンピュータが理解できるように記述することを可能にした。実際、8つの学習理論が推奨する相互作用パターンを記述している。更に、学習者が相互作用を通して成長するモデルGMIPを提案している。(3)では、それぞれの学習者の学習ゴールに適したロールのアサインを含む、グループの包括的な構成法を提案している。これまでの研究では、重要性は理解されながらも信頼できる知見が得られていなかったが、ここで得られた成果は学習者たちの学習状態に適した学習理論を選択し、最適なグループを構成することが出来るという革新的な成果である。そして、現実の協調学習に適用して、提案手法の有効性を実証している。最後に(4)に関してはそれまでに得られた全ての成果を実装してCHOCOLATOシステムを開発している。同システムは8つの学習理論が推奨するグループ構成と協調学習過程における学習者間の相互作用を規定するシナリオ候補の中から、対象としている学習者に最適なものを利用者に提供することが出来る。CHOCOLATOはサンパウロ大学における幾何図形の作図問題の授業に適用され、所期の成果が得られることが実証されている。

以上のように、本論文ではオントロジー工学の手法を協調学習問題に対して世界で初めて適用して、これまで解かれていなかったグループ構成問題を解く、学習理論-awareな協調学習用オーサリングシステムCHOCOLATOを世界で初めて開発し、提案する方法論とそれを実装したシステムが現実の協調学習問題で有効に機能することを実証している。これらの成果はきわめて顕著であり、情報通信工学、特に、知識工学、並びに教育工学に対する貢献は大きい。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。