様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９－１、Ｚ－１９　（共通）

科研費 KAKENHI

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

平成　２９　年　　６　月　１７　日現在

機関番号：３１３０３
研究種目：挑戦的萌芽研究
研究期間：2015～2016
課題番号：１５Ｋ１２４２３

研究課題名（和文）オントロジーを活用した反転授業のための学習者適応型予習用コンテンツの開発

研究課題名（英文）Development of Ontology-based Adaptive Preparatory Content for Flipped Mastery Model

研究代表者

岡部　雅夫（Okabe, Masao）

東北工業大学・ライフデザイン学部・教授

研究者番号：２０５３７９１４

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費）　　2,400,000円

研究成果の概要（和文）：大学への進学層が多様化する中、大学の基礎教育は、様々なレベルの学生に対し、専門教育が前提とする一定レベルの知識を習得させなければならないという困難な問題に直面している。
その解決のため、本研究では、オントロジーを活用し、対面授業、事前・事後学習のいずれにおいても活用でき、様々なレベルの学生に適応できる学習用コンテンツを現場の教員が無理なく作成できる手法を開発した。この手法により、学習用コンテンツに含まれる学習項目はオントロジーにより体系化され、学習者が学習項目の習得に困難がある場合は、オントロジーに示唆されて、当該学習項目を習得する上で前提となるより基礎的な学習項目に戻って学ぶことが可能になる。

研究成果の概要（英文）：One of the main roles of introductory courses of a university is to make first-year students well prepared for subsequent courses. But it is difficult because nowadays academic skills of first-year students differ very much.
To resolve this problem, this research has developed a methodology to create learning content adaptable for students with different academic skills, using an ontology. In this methodology, learning items in the content are organized by an ontology, and if a learner has difficulty in understanding a learning item, he/she, suggested by the ontology, can go back to learning items which are prerequisites for the item and can learn them.

研究分野：オントロジー

キーワード：オントロジー　概念地図　有意味学習　後向き学習　学習者適応型コンテンツ

１．研究開始当初の背景

大学への進学層の多様化に伴い、大学の基礎教育は、様々なレベルの学生に対応することが求められる一方で、専門教育が前提とする一定レベルの知識の習得も図らなければならないという困難な状況にある。

このような状況に対して、学習者適応型学習支援システムの活用が有効であると考えられるが、残念ながら、学習者適応型学習支援システムは必ずしも教育現場には浸透していない。その理由として、特に大学では、授業内容を独自に工夫し、授業資料も独自に作成する教員が多く、高度な学習者適応型学習支援システムは活用しづらい点があるように思われる。また、学習者から見ても、自らの疑問・興味とは関係なく学習内容を学習支援システムに完全にコントロールされてしまうことに違和感を覚える者も少なくないのではないかと思われる。

一方で、昨今、反転授業が注目を集める中、反転授業を活用し、予習段階で共通の知識を習得させ、完全習得学習を実現しようとする試みもある。この場合、この反転授業の予習用コンテンツは、様々なレベルの学生に対応した学習者適応型であることが必須であるが、ほとんどの場合、予習用コンテンツは画一的なビデオ教材に留まっているのが実情である。

２．研究の目的

本研究では、このような現状の問題を解決するために、反転授業において、様々なレベルの学生に対し予習段階で共通の知識を習得させることを目的に、オントロジーを活用した柔軟で実際の教育現場に導入しやすい学習者適応型予習用コンテンツを、現場の教員が無理なく作成できる手法を研究開発することを目的とした。

研究を進める中で、対象とする学習用コンテンツは、予習用コンテンツに限定されることなく、対面授業、事前・事後学習のいずれにおいても統合的に活用できる学習用コンテンツに拡張されたが、その目的は変わらない。

３．研究の方法

実験システム EduGraph を開発し、その上に、実際に、オントロジーにより体系化された学習者適応型学習用コンテンツを開発した。

オントロジーに関しては、既存の実績のあるオントロジーの活用可能性に検討し、また、学習用コンテンツに関しては、現場の教員が無理なく作成できるよう、通常の授業用スライドと大きく異なることなく作成できることに留意した。

EduGraph を一部の基礎教育科目に実際に活用し、そこから得られた知見をフィードバックし改善する共に、先行研究の知見も活かし、手法として取りまとめた。

４．研究成果

(1) 概要

学習用コンテンツに含まれる学習項目をオントロジーにより体系化することにより、学習者が、オントロジーに示唆される形で、当該学習項目に関連する学習項目を学ぶことが可能になり、当該学習項目をより深く、また、関連学習項目を含めより幅広く学ぶことが可能になった。特に、学習者が学習項目の習得に困難がある場合は、オントロジーに示唆されて、当該学習項目を習得する上で前提となるより基礎的な学習項目を学ぶことが可能になった。本研究ではこれを後向き学習と呼ぶ。

(2) 学習のためのオントロジー

本研究の核は、上記を可能にするオントロジーの開発にある。オントロジーの開発にあたっては、当初計画では、実績のある既存のオントロジーを元に、必要な拡張を行う予定であった。具体的には、上位オントロジーとして実績のある Basic Formal Ontology(BFO) を元に拡張することを検討したが、学習という観点から見た場合、BFO は、学習において頻出する抽象的な概念の扱いが弱く、また、哲学的な厳密さが必ずしも本研究の目的にはそぐわない等の点が明らかになった。そのため、BFO を参考にしつつも、上位オントロジーを含め、学習のためのオントロジーを独自開発することとなった。

学習のためのオントロジーの開発にあたっては以下の３点を重視した。

① 学習者に必要な関連学習項目を示唆できること。
② 学習において頻出する抽象的な概念の体系化ができること。
③ 出来る限り広範な学習項目の体系化ができること。

この内、①②に関しては、EduGraph による実活用を通じて概ね達成できたことが検証されたが、③に関しては、知識を多面的に活用できるようにするために重要な点であるが、学習コンテンツそのものがまだまだ限定的であるために、残念ながら十分に検証できていない。

(3) 後向き有意味学習

本研究の出発点は、一言で言えば、オントロジーを中心に学習者適応型学習支援システムの知見を柔軟に取り入れることにより、画一的なビデオ教材では実現困難な完全習得型反転授業を可能にする予習用コンテンツを作成することにあった。

ただし、本研究を進めるにあたって、反転授業に留まらず、関連する先行研究を調査する中で、多くの示唆を受け、研究の位置づけも、反転授業における予習用コンテンツに限定されないものに拡張された。

具体的には、後向き学習については、専門

教育が前提とする一定レベルの知識の習得を図らなければならないという大学基礎教育科目の特質上、その時々の達成点は同一であり、その達成点への到達が困難な場合に、個々人の状況に応じて、オントロジーに示唆されてより基礎的な学習項目に戻って学習することは、当初から想定していた。それを本研究では後向き学習と呼ぶことにしたが、本研究の意味での後向き学習を、オントロジーは活用していないものの、実際に実践している先行事例に巡り合った。その後向き学習は、短期的な目標を設定することにより、内発的な動機づけとなることも意図しており、本研究においても、短期的な目標に対する後向き学習は内発的動機づけとなりうるものとして捉えるようになった。

また、本研究の学習のためのオントロジーと類似したものとして、50 年近い歴史を持ち、豊富な実践例のある Novak の概念地図に出会った。概念地図は Ausubel の有意味学習を支援するものとされ、基本的には学習者の認知構造を表出化したものである。認知構造の表出化である概念地図に新たな学習概念を意味的に関連付け拡張し、その拡張された概念地図を内面化することにより、学習者は、新たな概念を既知の概念に意味的に関連付けて習得するという有意味学習が可能になるとされる。ただし、概念地図は、新たな学習項目と学習者の認知構造の表出化である概念地図のギャップが大きく、意味的に関連付けることが困難である場合には、有効に機能しないように思われた。

学習のためのオントロジーは、学習項目すべてを学習した後に形成されるであろう標準的な認知構造を表しているものとも捉えられる。学習者は、達成すべき学習項目を学習するに際し、概念地図のように自らの認知構造を表出化するのではなく、オントロジーに示唆されて、必要に応じ自らの認知構造に意味的に関連付けられる学習項目にまで戻り学習することになる。それにより、概念地図では、達成すべき学習項目と概念地図のギャップが大きい場合は有意味学習が困難であるのに対し、学習のためのオントロジーでは、自らの認知構造とオントロジーを対比させ、自らの認知構造に意味的に関連付けることが可能な学習項目から一歩ずつ有意味学習を繰り返し、オントロジーに示唆されて自らの認知構造を拡張しつつ、達成すべき学習項目まで辿り着くことが可能になる。そして、このような有意味学習は、予習に留まらず、対面授業、事前・事後学習のいずれにおいても有効であると考えるにいたった。

その意味で、本研究の学習は、先行研究との関連においては、オントロジーを活用した後向き有意味学習といえる。

(4) EduGraph

実験システム EduGraph は、オントロジーの管理には、グラフデータベース Neo4j を活用し、また、学習用コンテンツの作成には、軽量マークアップ言語である Markdown を活用した。

その結果、オントロジーに関しては、Neo4j のグラフによるユーザインタフェースを活用し、オントロジー記述言語を知らなくても、現場の教員が無理なく管理することが可能となった。また、学習用コンテンツに関しても、Markdown のエディタを活用することにより、現場の教員が、これまでの授業用スライドの作成と大きく異なることなく、スライド形式で作成することが可能となった。オントロジーおよびそれにより体系化された学習用コンテンツは、ブラウザによりパソコンのみならずスマートフォンからも参照することができるようにした。

ただし、予算の制約もあり、EduGraph はあくまで実験システムであり、本格活用のためには不十分な点もある。具体的には、学習者の利用に関しては、ユーザ管理を行わず誰もが利用できる環境としているが、オントロジーや学習用コンテンツの作成・更新に関しては、ユーザ管理を行わず誰もに開放することは困難であり、現状では単一ユーザによる利用しか考慮されていない。学習用コンテンツの作成・更新に関しては、変更履歴管理機能等の機能を付加することにより、ユーザ登録を前提に複数ユーザ対応とすることに大きな障壁はないが、全体を体系化するオントロジーの更新に関しては、どこまで複数ユーザに開放すべきか、できるかに関しては、更なる検討が必要である。

(5) 評価

評価は、EduGraph を活用し、本研究成果を一部の基礎教育科目に実際に適用することにより行った。具体的には、内容が標準化されている情報処理技術関係の基礎教育科目に関し、EduGraph を適用した年度と EduGraph を適用する以前の年度を比較した。その結果は、EduGraph を適用した年度では EduGraph を適用する以前の年度と比較し、定期試験の平均点が 7 点向上し、有意な差が見られた。ただし、学習意欲に乏しいと考えられる層の比率は、EduGraph の適用前後でほとんど変化は見られなかった。

この評価は、異なる年度の 2 集団に対するよる評価であり、適切に設計された 2 集団に対する実験に基づく評価とは言えず、その有意性も十分に立証されているとはいい難い。EduGraph を活用した集団としない集団を適切に設計し、それに対し適切な学習課題を与え、本研究成果の有効性を検証することも考えたが、1学期の授業と比較して短期間にならざる得ない実験での評価に耐える適切な学習課題を設計することに苦慮し、そのような評価実験を行うことはできなかった。

ただし、EduGraph の大学基礎教育科目への適用を継続し、拡大する中で、経験的には、本研究の有効性をより強く実感しつつある。

また、先行研究の調査を通じて得た本研究の先行研究との関係における位置づけは、本研究の有効性を傍証するものとなっていると思われる。ただし、評価において、平均点は向上しても、学習意欲に乏しいと考えられる層の比率に変化がなかったことは、学習意欲に乏しい学生に対しては、短期的な目標に対する後向き学習が内発的動機づけとなっていない可能性も示唆している。

(6) 今後
本研究成果の有効性をより確実に検証し、それを幅広く社会に還元していくためには、学習用コンテンツを充実すると共に、それを体系化できるよう学習のためのオントロジーを拡張し、EduGraph を活用した実適用を拡大していくことが一番重要であると考えている。そのためには、EduGraph を複数ユーザにより学習コンテンツの作成が可能なものに拡張すると共に、作成された学習コンテンツの再利用も可能にするリポジトリとしての機能も持たせ、学習コンテンツを作成する教員にもメリットのあるシステムに拡張することが必要であると考えている。

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　0 件）

〔学会発表〕（計　4 件）
(1) M. Okabe, M. Umezawa and T. Yamaguchi: Ontology-based Backward Learning Support System, World Conference on Computers in Education 2017, July 4, 2017 (accepted), Dublin (Ireland)
(2) 岡部雅夫: 学習のための上位オントロジーに関する一考察, 平成 28 年度情報処理学会東北支部研究会, 2016-7-B1-4, pp.1-7, 2017 年 3 月 7 日, 山形大学（山形県米沢市）
(3) M. Okabe: Ontology-Navigated Tutoring System for Flipped-Mastery Model, 18th International Conference on Advance Learning Technologies, pp. 1814-1820, October 25, 2016, Paris (France)
(4) 岡部雅夫, 梅澤真史: オントロジーを活用した大学基礎教育における完全習得学習への試み, 第 41 回 教育システム情報学会 全国大会, A1-3, pp.59-60, 2016 年 8 月 29 日, 帝京大学（栃木県宇都宮市）

〔図書〕（計　0 件）

〔産業財産権〕
○出願状況（計　0 件）
○取得状況（計　0 件）

〔その他〕
実験システム EduGraph
http://edugraph.mc.tohtech.ac.jp

６．研究組織
(1)研究代表者
岡部 雅夫（OKABE MASAO）
東北工業大学・ライフデザイン学部・教授
研究者番号：20537914

(2)研究分担者
該当なし

(3)連携研究者
山口 高平（YAMAGUCHI TAKAHIRA）
慶應義塾大学・理工学部・教授
研究者番号：20174617

(4)研究協力者
該当なし