

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 19 日現在

機関番号：15401

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化(B））

研究期間：2019～2022

課題番号：19KK0052

研究課題名（和文）再構成型概念マップを用いた相互知識伝達法の協調的知識構築への適用による適応的支援

研究課題名（英文）Adaptive Support for Knowledge Building with Reciprocal Kit-build Concept Map

研究代表者

林 雄介（Yusuke, Hayashi）

広島大学・先進理工系科学研究科（工）・教授

研究者番号：70362019

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,500,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、代表者グループによる再構成型概念マップの枠組みを海外共同研究者であるカナダ、トロント大学のScardamalia教授らのグループによって開発・運用されているKnowledgeForumに統合し、従来は難しかった協調的な知識構築における適応的な学習支援を実現することである。成果として、学習者がキットビルド概念マップでの概念マップ作成時に命題毎にコメントを作成して教師が参照できる機能、グループ学習でキットビルド概念マップを利用して学習者同士が作成した概念マップを参照しあい比較・統合できる機能を設計し、システムとして実装した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

再構築型概念マップを用いて、概念マップを作成するための概念と関係を表すキーワードを提供することによって、学習者の学びをガイドすると共に、キーワード間の関係の違いを利用し、個々の学習者の考えに含まれる意味をより細かく捉え、キーワードや関連性の有無よりも深いレベルで処理することで適応的な支援を実現する。本研究で明らかにすることは、文章や図・表・概念マップなどの図的表現の「参照」よりも概念マップの「再構成」の方が学習者間の知識の向上・共有に有効であること、さらに、それがその後の知識構築活動における漸進的問題解決につながることの二つである。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this research is to integrate the framework of the reconstructive concept map created by the representative group with the KnowledgeForum, which is developed and operated by the group of Canadian co-researchers, including Professor Scardamalia of the University of Toronto, in order to achieve adaptive learning support for collaborative knowledge construction, which was previously difficult. As a result, we designed and implemented a system that allows teachers to refer to comments created by learners for each proposition during concept map creation using the Kit-Building Concept Map, and that allows learners to refer to and compare/integrate concept maps created by other learners in group learning using the Kit-Building Concept Map.

研究分野：学習工学

キーワード：協調的知識構築 適応的支援 再構成型概念マップ 学習科学 学習工学

1. 研究開始当初の背景

学習科学の分野では、既存の知識の獲得だけでなく、新たな知識の創造を目標として、情報技術を用いた学習環境をデザインしている。代表的な成果としてトロント大学の Knowledge Forum (以下、KF) [1]とカリフォルニア大学バークリー校の WISE [2]が挙げられ、研究成果と共に様々な教育実践実績がある。WISE は学ぶべき内容を到達点として明確に設定しているのに対して、KF では到達点をオープンにしており、本研究では、知識の共有を踏まえ、その先の創造的活動に焦点を当てるため、KF との連携を目指す。

さらに最近では、学習科学の分野でもデータサイエンスの技術を用いた分析が多く行われ、例えば、word cloud による議論の可視化 [3]、社会ネットワーク分析とキーワードの相関性を統合した分析 [4]、社会ネットワーク分析の技術を応用して発話内容の定量的分析 [5]などが提案されている。これらの分析は、従来では学習活動の終了後に時間をかけて処理していたのを自動化できるという利点があるものの、処理対象は内容に踏み込まずに形式的に処理できる部分に限られている。本研究では、キーワードとして個々の概念を単体で扱うのではなく、概念間の関係を命題と呼び、命題レベルで学習者が持っている知識やアイデアを記述して扱うことで、学習内容を処理して適応的支援の実現を目指す。例えば、トピックモデル [6]では文章中の複数の単語の出現確率から文章の特徴付けをし、その文章が扱っている抽象的なトピックを推定する。しかし、トピックモデルでは単語の集合とその中での単語の出現確率を利用しているだけで、単語間の関係は考慮されない。極端に言えば、いくつかの単語の出現確率が高く、トピックを同定するのに重要な要素となっても、それらの単語が密接に関係していて中心的な役割を担っているのか、それぞれに直接的な関係はなく、他の単語をつなぐハブとしての役割を担っているために重要なのかの区別は付かない。

2. 研究の目的

本研究では、コンピュータが全自動で学習者が自分の知識やアイデアを書いた文章を意味的に解析して内容を判断することは目指さないが、学習者が自分の知識やアイデアを文章に書く際に、概念や関係を表すキーワードを提供し、その組み合わせとして、命題的な意味をある程度まで容易に記述できるようにすることで、学習者や学習支援者がより明確に知識やアイデアを解釈できるようにすることを目指す。概念や関係を提供することは、キットビルド概念マップの基本概念であり、知識の獲得や共有に効果があることが示されている。このキットビルド概念マップを Knowledge Forum と組み合わせることによって、国際的にも例を見ない、学習内容の命題レベルでの共有を支援する知識コミュニケーション環境を構築し、創造的活動を促進することを目指している。

本研究における学術的な「問い」は、他者の考えや既存の知識の「再構成」がより質の高い知識の「創造」のための基礎になりえることを実証することである。

20 世紀から 21 世紀への流れの中で、工業化経済から知識基盤社会への変化に伴って、教育の注目点は教授から学習へと移り変わっている。そのような背景の中で学習科学 (learning sciences) という学問領域では、認知科学を基盤として、学習過程に注目しつつ教授設計を考え、学習環境をデザインすることを目的としている。学習科学の特徴は、革新的な学習環境を具体化する工学的アプローチと、そのような学習環境での学習者の学びを明らかにする教育学・心理学的アプローチの双方が必須であることである。

学習科学では、それを支える学習理論として、「獲得メタファ」「参加メタファ」の二つが主流とされ、それぞれで研究が進められてきた [7]。そして、この二つを統合・発展させるものとして「知識構築メタファ」が提案され、現在の主流となっている [8]。「知識構築メタファ」に基づく学習環境では、学習者間の水平関係が重視され、各個人が自分の考えを表明し、それを互いに参照することが活動の始点となり、それを吟味し、共有し、向上させていく。そして、これによって、従来の教育で中心となる、教授者と学習者の垂直関係を通じて社会で確立された知識を獲得するだけでなく、それを疑問視して改善していく実践として自身の知識を向上・共有しながら、問題を解決していくことを期待している。この知識の獲得・向上・共有と問題解決の相補的なサイクルとしての学習は、漸進的問題解決活動 [9]とよばれ、この学習者間の水平関係を主体とした学習を支えるものとして情報技術が重要な役割を持っている。海外グループの KF は、その代表的成果といえる。

一方、申請者グループのこれまでの研究では、教師と学習者の垂直関係のインタラクションに注目し、再構成型概念マップの仕組みを提案して、既存の知識の「再構成」が知識の獲得に有効であることを示してきた [10]。これは「知識構築メタファ」での学習者間の水平関係に相対するものに見えるが、垂直関係が教授者から学習者への知識伝達に基づく知識の向上・共有と問題解決とすると、水平関係は学習者が相互に知識伝達することで、知識を向上・共有し、問題解決することと考えることができ、水平関係も垂直関係も知識伝達を通じた知識の向上・共有、そして問題解決という基本的なインタラクションは変わらないと考えることができる。本研究で明らかにしたいことは、再構成型概念マップの仕組みを通じた学習者間での相互の「再構成」とその適

応的支援が「知識構築メタファ」に基づく学習環境において効果があることを示すことである。本研究の独自性、創造性は、申請者グループによる再構成型概念マップの枠組みを海外研究グループによって開発・運用されている Knowledge Forum (以下、KF) に統合し、従来は難しかった協調的な知識構築における適応的な学習支援を実現することである。

海外研究グループによって開発・運用されている KF は、学習者自身が自己学習活動を協調的に制御するための「足場かけ」機能を持ったデータベース型学習環境である。この意義は、従来では難しかった協調的な知識構築活動を実施する基盤を情報技術を用いて実現したことである。KF は、確固たる教育哲学と学びの認知モデルに裏打ちされ、ICT テクノロジーを独自に開発し続けている点で、学習科学研究を代表するソフトウェアといえる。

一方で、これはあくまで協調的な知識構築活動を実施する基盤であり、KF を用いて質の高い学習を行うためには、これを用いる人間側での処理も多く必要となる。例えば、KF を用いた授業では、教授者が学習者の活動をモニタリングし、支援を考え、実行する。これは KF に限らず、学習科学分野では一般的に学習活動を行った後に研究者や実践者が収集したデータを時間をかけて分析し、評価する。近年では、情報技術を利用して時間をかけずに分析する手法も取り込まれてきており、自然言語処理によるキーワードの可視化[6]、ネットワーク分析による人やキーワードの間の関連性の可視化[7][8]などが提案されている。

しかし、主に扱われるのが学習者による自然言語記述であるため、現状で主に抽出できるものは、学習者が注目している個々の概念を表すキーワードや、人やキーワードの間の関連性の有無であり、構造的に示される意味は対象外である。例えば、太陽の動きについての学習で「太陽」と「西の空」がキーワードとして多く、関連性も多いとしても、その二つが「昇る」と「沈む」のどちらの意味で関連付けられているかによって学習状況は全く異なるが、上記の情報技術に基づく分析では区別はできない。

本研究では、再構成型概念マップを用いて、概念マップを作成するための概念と関係を表すキーワードを提供することによって、学習者の学びをガイドすると共に、キーワード間の関係の違いを利用し、個々の学習者の考えに含まれる意味をより細かく捉え、キーワードや関連性の有無よりも深いレベルで処理することで適応的な支援を実現する。

3. 研究の方法

本研究では、協調的知識構築のツールとして世界で最も広く利用されているツールの一つである KF に再構成型概念マップとしてのキットビルド概念マップを統合することで、学習科学の成果としての学習環境において内容に基づく適応的支援を実現するという技術革新と共に、成果のグローバルな展開を目指す。このためには、(1) KF の原則を崩さずに再構成型概念マップを統合すること、(2) グローバルに展開できる可能性を検証することが必要となる。

本研究で明らかにすることは、文章や図・表・概念マップなどの図的表現の「参照」よりも概念マップの「再構成」の方が学習者間の知識の向上・共有に有効であること、さらに、それがその後の漸進的問題解決活動につながるものの二つである。これらを検証するためには、再構成型概念マップを組み込んだシステムを開発し、それを使って実践的に授業の中で利用することによって評価する。具体的にはこのために、以下の課題を設定する。

(1) Knowledge Forum に再構成型概念マップの仕組みを統合する

Knowledge Forum における学習者間の水平関係、学習者・学習支援者間の垂直関係を促進するための情報技術として再構成型概念マップである Kit-build 概念マップを導入する。これは主に、それぞれの学習者が自分の考えをより明確に表現し、それを再構成することで他者が共有しやすくするために用いられることを想定している。また、個々の学習者考えが概念マップで表されることによって、その分析が容易になり、学習支援者が学習者の状況を理解しやすくなると考えられる。

(2) 教育現場での実践的利用を通じての効果の検証

(2-1) 「再構成」による学習者間の知識の共有・共有の効果があることの検証

Kit-build 概念マップを導入することによって、学習者間での知識の共有において、お互いの知識を理解するための議論を促進させることを目指す。本研究課題のベースとなる Reciprocal kit-building では、学習者のペアにおいて、それぞれが自分の考えを概念マップに表し、それを交換して再構成することで議論が活性化し、相互理解の向上が見られた。これと同じことが Knowledge Forum を用いた協調的知識構築においても作用することを確認する。

(2-2) 「再構成」による共有が漸進的問題解決活動にまでつながることの検証

Knowledge building の基本原理の一つである rise above は、学習者個人では無く学習者のコミュニティとして共有している知識を俯瞰することで、新しい観点からまとめ上げることである。これが Reciprocal kit-building を通じて促進されることを検証する。研究全体としては、学習科学の分野において一般的なデザイン研究の手法で行う。デザイン研究は「設計の評価」と「原則の評価」の二つから構成され[11]、学習環境のデザインが期待通りに機能し、実施できたかを評価すること、そして、学習の成果として期待通りの結果が得られるかである。前者については学習者の観察データやシステムのログデータから、後者は学習者の成果物の分析を通じて行う。

4. 研究成果

本研究課題では、KnowledgeForum に統合する再構成型概念マップの機能設計として、再構成型

概念マップを web ブラウザで実行できるバージョンして構築を進めてきた。これを KnowledgeForum で想定するコミュニケーションの中で利用できるようにすることが必要であるが、各自が作成した概念マップを共有し、それを相互評価できる機能の実装を進めてきた。その成果として、学習者がキットビルド概念マップでの概念マップ作成時に命題毎にコメントを作成して教師が参照できる機能、グループ学習でキットビルド概念マップを利用して学習者同士が作成した概念マップを参照しあい比較・統合できる機能を設計し、システムとして実装した。補助事業期間全体を通じて有効性検証まではできなかったが、課題を明確にして実装することができた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 1件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Pinandito, A., Hayashi, Y., Hirashima, T.	4. 巻 Vol. E104-D, No.07
2. 論文標題 Online Collaborative Kit-Build Concept Map: Learning Effect and Conversation Analysis in Collaborative Learning of English as a Foreign Language Reading Comprehension	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems	6. 最初と最後の頁 981-991
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1587/transinf.2020EDP7245	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Pinandito, A., Prasetya, D.D., Hayashi, Y., Hirashima, T.	4. 巻 15(08)
2. 論文標題 Semi-Automatic Concept Map Generation Approach of Web-Based Kit-Build Concept Map Authoring Tool,	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Interactive Mobile Technologies	6. 最初と最後の頁 50-70
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3991/ijim.v15i08.20489	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Pinandito, A., Prasetya, D.D., Az-Zahra, H.M., Wardhono, W.S., Hayashi, Y., Hirashima, T.	4. 巻 6(1)
2. 論文標題 Design and Development of Online Collaborative Learning Platform of Kit-Build Concept Map	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Information Technology and Computer Science	6. 最初と最後の頁 50-65
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.25126/jitecs.202161294	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 1件／うち国際学会 5件）

1. 発表者名 Aryo PINANDITO, Yusuke HAYASHI, Tsukasa HIRASHIMA
2. 発表標題 Online Collaborative Kit-Build Concept Map
3. 学会等名 ICCE2020（国際学会）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hayashi, Y., Nomura, T., and Hirashima, T.
2. 発表標題 Attainable Range Prediction of Group Product by Aggregation of Individual Products in Group Learning with Kit-build Concept Map
3. 学会等名 ICCE2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hayashi, Y.
2. 発表標題 Reproductive Concept Maps toward Sustainable Learning
3. 学会等名 Business Innovation and Engineering Conference 2020 (BIEC 2020) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yusuke HAYASHI, Toshihiro NOMURA and Tsukasa HIRASHIMA
2. 発表標題 Propositional Level Analysis of Collaborative Learning with Kit-Build Concept Map
3. 学会等名 The 27th International Conference on Computers in Education (ICCE 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yusuke Hayashi, Bingzhi Wu, Tsukasa Hirashima
2. 発表標題 Summary WritingSupport by Structural Organization with Kit-build Concept Map for EFL Readers
3. 学会等名 the 16th International Conference of the Learning Sciences-ICLS 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	平嶋 宗 (Hirashima Tsukasa) (10238355)	広島大学・先進理工系科学研究科(工)・教授 (15401)	
研究 分担者	山元 翔 (Yamamoto Sho) (90735268)	近畿大学・工学部・講師 (34419)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関		
カナダ	University of Tronto		