

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 14 日現在

機関番号：13601

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2023

課題番号：18K13238

研究課題名（和文）機能機構階層図を用いた協調学習教材設計支援システムの開発

研究課題名（英文）Developing a Supporting System for Collaborative Learning Utilizing the "Function-Mechanism Hierarchy"

研究代表者

大崎 理乃 (Ohsaki, Ayano)

信州大学・工学部・特任講師

研究者番号：50630802

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、主体的・対話的で深い学びを実現する方法として注目されている協調学習の教材設計が、教師の経験と勘に依存しすぎているという課題を解決するために、教材内容の知識構造を深さと広さの2次元で可視化するための支援方法と、深さと広さの観点から学習成果物・学習プロセスを評価する方法を検討した。本研究の主な成果として、対話的な支援によって教材作成のための教師の思考を支援できること、知識構造の深さと広さの2観点で学習成果や学習プロセスを分析することの有用性、および知識構造の図を利用した評価の自動化の可能性を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、従来行われてきた教師の内的な活動としての授業設計検討や評価を可視化し、データに基づいて授業検討を行うことを可能にしたという点で、学術的・社会的な意義をもつ。また、自然言語処理技術の授業設計・評価への適用や質的分析と量的分析の混合アプローチの提案などの成果は、ICT活用が推進されている教育現場における、今後の学習データ分析研究へ貢献すると期待される。

研究成果の概要（英文）：Collaborative learning has gained attention as a method to realize active, interactive, and deep learning. However, the design of collaborative learning classrooms often relies heavily on teachers' experience and intuition. To address this issue, this study explored a support method for visualizing the knowledge structure of learning materials in two dimensions: depth and breadth. In addition, it investigated a method for evaluating learning outcomes and processes from the perspective of depth and breadth. This study confirmed the following three key findings. First, interactive support can effectively assist teachers' thinking processes in the creation of learning materials. Second, analyzing learning outcomes and processes using the two dimensions of depth and breadth of knowledge structure proved useful. Finally, this study indicates the possibility of automated evaluation process using knowledge structure diagrams.

研究分野：学習支援システム，ラーニングアナリティクス

キーワード：学習環境デザイン 協調学習 データビジュアライゼーション ラーニングアナリティクス 量的エス  
ノグラフィー 学習分析

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

### 1. 研究開始当初の背景

対話的、主体的で深い学び、つまりアクティブ・ラーニングの視点での授業改善が求められるなか、協調学習の実践が増加している。例えば、協調学習の一つの型である知識構成型ジグソー法[1]を組み込んだ授業では、図1のようにA・B・Cに分割された知識(以下、「部品」と呼ぶ)を持つそれぞれの学習者が一つのグループになって、互いの知識を組合せながら問題を解く。協調学習において学びを促すためには、活動を貫く課題となる「問い」と「部品」が重視されており、「問い」は部品を並べるだけでは答えられないものを設定することが重要とされている。しかし、「部品」の設計方法や考え方についての指針は示されていない。このように、協調学習用教材の設計は教師の経験と勘に依存しているため、安定した効果的な協調学習の設計と評価が困難であり、この問題の解決が求められている。

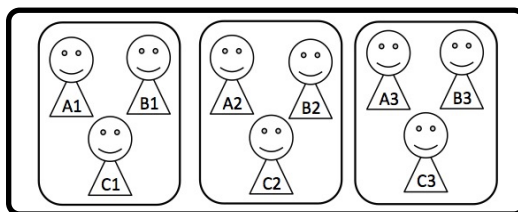


図1 協調学習のグループ構成例

しかし、「部品」の設計方法や考え方についての指針は示されていない。このように、協調学習用教材の設計は教師の経験と勘に依存しているため、安定した効果的な協調学習の設計と評価が困難であり、この問題の解決が求められている。

### 2. 研究の目的

本研究は、主体的・対話的で深い学びを実現する方法として注目されている協調学習の教材設計が、教師の経験と勘に依存しすぎているという課題を解決することを目的として、協調学習教材の設計支援方法を検討する。具体的には、効果的な協調学習設計のために、教材内容の知識構造を可視化し、教材内の知識構造と学習者状況に合わせて学習課題を検討することを提案する。そしてその提案を実践するため、教材の知識構造可視化の支援方法と、知識構造の深さと広さの観点から学習成果物・学習プロセスを評価する方法を検討し、授業設計を支援するシステムの開発を目指す。

### 3. 研究の方法

本研究は、2018年度から2023年度にかけて実施されたが、2020年度からはCOVID-19感染拡大の影響を受け、当初の研究方法から一部計画を変更した。具体的には、以下のような方法で研究を実施した。

#### ① 提案システムの要件整理

協調学習教材の設計を担当する教員と共に、知識の広さと深さを表現可能な「機能機構階層図 (Function-mechanism hierarchy, 以下FMH)」[2]の作成を行い、その際の授業設計者の発話や動画の分析から、システムで実現させるべき支援内容を整理する。また、オンラインでの協調学習実践の観察、調査、実験をとおして、オンライン形式を含めた包括的な協調学習設計の支援内容を整理する。

#### ② 提案システム成果物の有用性検証

初等中等教育および高等教育における授業実践の機会を利用し、授業設計者とともに提案システムの成果物としてのFMHの有用性を確認する。具体的には、FMHを用いて設計された授業、および既存方法で設計された授業の実践をFMHやほかの分析方法を用いて評価することで、本研究課題での提案の有用性と可能性を検証する。

#### ③ 提案システムが提供する機能の有用性検証

提案システムの要件整理で得られた知見を反映した教師の思考支援方法を、教材設計を担当する教職員に体験してもらい、提案システムの有用性を確認する。

### 4. 研究成果

本研究の成果は、主に①教材作成のための教師の思考支援、②学習成果および学習プロセスの分析、③知識構造の図を利用した評価の自動化検討の3点にある。これらの成果は、研究期間中に10本の論文(査読付き論文6本を含む)と14回の学会発表(国際会議5回を含む)として公表された。以下に、主要内容を時系列で示す。

#### (1) 2018年度

初等中等教育に携わる研究協力者の協力を得てFMHを利用した授業の検討を行い、研究協力者の発話や動画の分析から、提案システムで実現させる教材作成のための教師の思考支援では対話的なプロンプトが有効であるとの示唆が得られた。

さらに、提案システム成果物の有用性検証として、中学校での協調学習実践の成果を分析した。その結果、授業後の説明資料作成活動に対して自信をもつ学習者のみで構成される班では、全員の知識利用状況に共通点があることが確認された。また、協調学習活動中に知識の獲得とその利用が促進されたことも確認された。これらのことから、学習成果物として説明資料を作成する授業では、成果物を対象とした評価にFMHを用いることの効果が示唆された[3]。

(2) 2019 年度

協調学習教材の重要な観点である「問い」と「部品」の関係を踏まえた教材設計について検討を行った。具体的には、学習内容の専門家によって「良い教材である」と評価された協調学習教材の解答と教材を、教材設計者が設定したキーワードを用いて分析することで、内容の専門家の観点で良いとする教材の「問い」と「部品」の関係性を明らかにし、協調学習の分析や教材設計のための指針を見いだすことを目指した。分析の結果、対象としたデータからはキーワード間のネットワーク係数には傾向が確認されず、更なる調査の必要性和システムによる教材検討支援の対象を拡大する必要性が示唆された[4]。

そのほか、提案システムの高度化を目指して、機械学習を利用した方法を提案・実装し、FHM をモデルとして学習中の発話を分析することの可能性が示された[5]。

(3) 2020 年度

2020 年度は COVID-19 感染拡大の影響で、対面での協調学習実践が困難な状況となった。そこで、本研究の発展としてオンラインでの学習環境デザイン協調学習のための教材設計方法を検討した。具体的には、オンラインでの協調学習と対面型の協調学習の比較から、オンラインでの協調学習時に必要な学習環境デザインの工夫として、対面式の協調学習よりも手厚い情報交換のサポートとより十分な活動時間が求められることが示唆された[6]。

(4) 2021 年度

提案方法の機能により深く焦点をあてるため、これまで本研究課題で検討してきた教材を利用した実践での学習プロセスデータを、学習科学領域で用いられている知識構造のネットワーク分析図を用いて分析した。その結果、教材設計時に提案システムで取り扱うものとして、教材が扱う知識の深さと広さや、教材での知識の網羅性だけでなく、「問い」の視点が重要であることが示唆された[7]。

(5) 2022 年度

初等中等教育現場に 1 人 1 台の ICT 機器が整備されていることを踏まえて、オンライン環境での協調学習における実践により焦点をあて、オンラインでの協調学習の実践とデータ収集を行った。その結果、同期型・非同期型のオンライン形式での授業を組み合わせることで、効果的な協調学習実践を設計できることを確認した[8]。

(6) 2023 年度

協調学習の段階性について検討することを目的として、提案方法を利用して設計した教材を利用した授業を再デザインし、高等教育機関においてオンラインと対面それぞれでの実践を行い、データを収集した。オンライン環境で活動した一部のグループの学習プロセスを、知識利用状況を確認する発話分析ツールを利用して分析した結果、深い議論に取り組んだグループでは全メンバーが各部品の知識を利用して一方、知識の共有にとどまっていたグループでは一部のメンバーでの対話が活動の中心となっていることが示唆された[9]。

また、教材設計支援方法の機能や有用性の評価を目的として、初等中等教育での実践に取り組んだ。具体的には、本研究の成果の一部である対話的な思考支援プロンプトを利用して、教材設計を担当する教師自らが FHM を作成した。この活動から、学習活動で取り扱う内容や学習目標によって思考支援の視点が大きく異なり、これまでに検討してきた学習の深さと広さについての対話的支援だけでなく、より実践の文脈に沿った支援が必要であることが確認された。

<参考文献>

- [1] 教育デザイン研究所: “知識構成型ジグソー法”, <https://ni-coref.or.jp/archives/5515> (確認日 2024.06.11.)
- [2] Miyake, M.: Miyake, N.: “Constructive interaction and the iterative process of understanding”, *Cognitive science*, 10(2):151-177 (1986).
- [3] 大崎理乃, 千代西尾祐司, 村上隆正: “中学校理科での協調学習を通じた説明資料作成活動における高自信群成果物の分析”, 日本教育工学会, 教育工学会研究報告集, 18(4):71-74 (2018).
- [4] 大崎理乃, 山田剛史, 津島愛子: “教職科目におけるジグソー法課題作成による評価の実践”, 日本教育工学会 2020 年春季全国大会講演論文集, pp.259-260 (2020).
- [5] 大崎理乃, 柴田淳司: “知識の階層図による理解度評価を目的とした Word2vec の試用”, 人工知能学会第 88 回先進的学習科学と工学研究会 (2020).
- [6] 大崎理乃, 山田雅之: 製作活動を伴う遠隔同期型 Project Based Learning 設計のための遠隔形式と対面形式のものづくり活動の分析, 日本教育工学会論文誌, 44(Suppl.):173-176. (2021).
- [7] Ohsaki, A., Oshima, J.: “Knowledge Creation Analytics for Jigsaw Instruction: Temporal Socio-Semantic Network Analysis”, In de Vries, E., Hod, Y., & Ahn, J. (Eds.), *Proceedings of the 15th International Conference of the Learning Sciences - ICLS 2021* (pp. 537-540), Bochum, Germany: International Society of the Learning Sciences (2021).

- [8] 大崎理乃: “協調的創造活動を取り入れた混合型オンライン授業の実践”, Musashino University Smart Intelligence Center 紀要, 4:83-91 (2023).
- [9] 大崎理乃, 笠井俊信: “発話分析可視化ツールを利用したグループ学習での知識利用の評価”, 日本教育工学会 2024 年春季全国大会講演論文集, pp.513-514 (2024).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 6件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 10件）

1. 著者名 Ohsaki Ayano, Oshima Jun	4. 巻 1785
2. 論文標題 Analyzing the Co-design Process by Engineers and Product Designers from Perspectives of Knowledge Building	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Communications in Computer and Information Science	6. 最初と最後の頁 388 ~ 401
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-031-31726-2_27	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 近藤 伸彦, 大崎 理乃, 米谷 雄介, 高橋 聡	4. 巻 40
2. 論文標題 対話を生み出す教育システム情報学マップの姿を描く	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 教育システム情報学会誌	6. 最初と最後の頁 141 ~ 152
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14926/jsise.40.141	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 大崎 理乃	4. 巻 4
2. 論文標題 協調的創造活動を取り入れた混合型オンライン授業の実践	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Musashino University Smart Intelligence Center 紀要	6. 最初と最後の頁 83 ~ 91
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 大崎 理乃	4. 巻 39
2. 論文標題 教育システム情報学マップ (問いの体系化) に向けたアプローチの検討-- 知の創造プロセスとしての学会論文誌の分析--	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 教育システム情報学会誌	6. 最初と最後の頁 136 ~ 142
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14926/jsise.39.136	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 大崎 理乃	4. 巻 38
2. 論文標題 知識創造活動におけるコンピュータによる学習支援	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 教育システム情報学会誌	6. 最初と最後の頁 320 ~ 327
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14926/jsise.38.320	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 大崎 理乃、山田 雅之	4. 巻 44
2. 論文標題 製作活動を伴う遠隔同期型Project Based Learning 設計のための遠隔形式と対面形式のものづくり活動の分析	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本教育工学会論文誌	6. 最初と最後の頁 173 ~ 176
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15077/jjet.S44103	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ohsaki Ayano, Oshima Jun	4. 巻 1312
2. 論文標題 Socio-semantic Network Analysis of Knowledge-Creation Discourse on a Real-Time Scale	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Communications in Computer and Information Science	6. 最初と最後の頁 170 ~ 184
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-67788-6_12	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 大崎 理乃、大島 純	4. 巻 43
2. 論文標題 社会意味ネットワーク分析とテキストマイニングの混合法による知識創造型学習の評価の提案	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本教育工学会論文誌	6. 最初と最後の頁 13 ~ 29
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15077/jjet.42128	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ohsaki Ayano, Oshima Jun	4. 巻 1112
2. 論文標題 A Socio-Semantic Network Analysis of Discourse Using the Network Lifetime and the Moving Stanza Window Method	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Communications in Computer and Information Science	6. 最初と最後の頁 326 ~ 333
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-33232-7_29	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 大崎 理乃、山田 雅之	4. 巻 42
2. 論文標題 協調学習における知識利用状況の機能機構階層図による可視化	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本教育工学会論文誌	6. 最初と最後の頁 085 ~ 088
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15077/jjet.S42046	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計14件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 大崎理乃, 田丸恵理子
2. 発表標題 データサイエンス的アプローチを含めたサービスデザイン教育の検討
3. 学会等名 人間中心設計 2022年度春季HCD研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ayano Ohsaki, Jun Oshima, and Ritsuko Oshima
2. 発表標題 Knowledge-Building Analytics Based on Network Science
3. 学会等名 NetSciLA 2021 Workshop (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ayano Ohsaki and Jun Oshima
2. 発表標題 Knowledge Creation Analytics for Jigsaw Instruction: Temporal Socio-Semantic Network Analysis
3. 学会等名 International Conference of the Learning Sciences (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ayano Ohsaki, Yuanru Tan, Brendan Eagan, Jun Oshima, and David Williamson Shaffer
2. 発表標題 Directed Epistemic Network Analysis of Knowledge-creation Discourse
3. 学会等名 International conference on quantitative ethnography 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ayano Ohsaki
2. 発表標題 Analysis of Preparation Group Work for Creating New Ideas in Collaborative Learning
3. 学会等名 14th International Conference of the Learning Sciences (ICLS) 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大崎理乃, 笠井俊信, 山田剛史
2. 発表標題 仮説検証的授業検討のためのカテゴリ型対話分析の取り組み
3. 学会等名 日本教育工学会 2021年春季全国大会
4. 発表年 2021年



1. 発表者名 大崎理乃, 笠井俊信, 山田剛史
2. 発表標題 学士課程における発話分析可視化ツールを利用した授業設計教育の実践
3. 学会等名 教育システム情報学会2020年度 特集論文研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大崎理乃, 山田剛史, 津島愛子
2. 発表標題 教職科目におけるジグソー法課題作成による評価の実践
3. 学会等名 日本教育工学会2020年春季全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大崎理乃, 柴田淳司
2. 発表標題 知識の階層図による理解度評価を目的としたWord2vecの試用
3. 学会等名 人工知能学会第88回先進的学習科学と工学研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大崎理乃, 笠井俊信, 林雄介, 益川弘如
2. 発表標題 学びの構成原理に基づく授業デザインと評価方法の提案-小学校におけるジグソー法を組み込んだ算数授業を対象とした実践
3. 学会等名 教育システム情報学会2019年度 第5回研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大崎 理乃
2. 発表標題 導入的ネットワーク教育におけるIchigoJamを利用した実験
3. 学会等名 第43回教育システム情報学会全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大崎理乃、大島律子、中田典子、松下奈弥、森希、谷口ひとみ、山根幸人、大島純
2. 発表標題 高等学校におけるICTを利用した CLILの授業デザイン
3. 学会等名 日本教育工学会第34回全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大崎理乃、千代西尾祐司、村上隆正
2. 発表標題 中学校理科での協調学習を通じた説明資料作成活動における高自信群成果物の分析
3. 学会等名 教育工学会研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ohsaki, A., Nagataki, H., Motomura, M.
2. 発表標題 A Case Study of the Flipped Classroom Methodology in Teaching Classical Japanese in a Japanese Senior High School
3. 学会等名 E-Learn: World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018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
--	---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------