

令和 6 年 6 月 17 日現在

機関番号：20106

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2023

課題番号：20K12111

研究課題名(和文) 知識体系に沿った継続的な学びにおける自己調整学習支援システムの開発

研究課題名(英文) Development of Self-Regulated Learning Support System in Continuous Learning along Knowledge Body

研究代表者

小松川 浩 (Komatsugawa, Hiroshi)

公立千歳科学技術大学・理工学部・教授

研究者番号：10305956

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：自己調整学習を促進するために、フルオンラインの反転型授業設計を図り、予習で行うCBTの取り組み、講義ビデオの閲覧、授業課題の提出、事前事後の振り返りを一元的に管理できる学習支援システムを整備した。複数のデータサイエンス科目で実証を行い、自ら学習の順序を決めるなど、主体的な学習の促進を確認した。また、一連のデジタル化された学習成果情報から、学修成果に繋がる特徴量を機械学習アルゴリズムを活用して特定し、その特徴量を活用してクラスタリングを行い、21の学習者分類を行った。この分類ごとに学習支援メッセージを規定し、自動的に学習支援を行うシステムとして整備した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

(1) 数理データサイエンス・AI教育を想定したCBT教材群を知識体系の中で構築した。当該CBT教材は、大学eラーニング協議会を通じて広く公開しており、山梨大学・創価大学で既に授業で活用され始めている。(2)(1)の体系的な教材群を活用し、フルオンラインで実施できる反転型の授業設計を図り、その有用性を示した。本授業設計に基づく授業実践は、公立千歳科学技術大学の中の複数科目で実施されている。(3)(1)及び(2)で構成される適応型学習支援システムと、ChatGPTをAPI接続することで、学習者特性を踏まえた学習指導アドバイジングの自動化を実現した。これは教育のDX化の有用事例といえる。

研究成果の概要(英文)：To promote self-regulated learning, we have implemented a fully online flipped classroom design. This system manages CBT activities for pre-study, lecture video viewing, assignment submission, and pre- and post-class reflections in a unified manner. We validated this approach across multiple data science courses and confirmed that it encourages active learning, allowing students to determine their own learning order. Additionally, we utilized machine learning algorithms to identify features that lead to successful learning outcomes from a series of digitized learning performance data. Using these features, we conducted clustering to categorize learners into 21 groups. For each category, we defined learning support messages and developed a system that provides automated learning support.

研究分野：教育工学

キーワード：適応型システム CBT 数理データサイエンス教育 学習アドバイジング

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

数理データサイエンス・AI 教育に代表されるように、体系的な知識領域に沿ったコンピテンシー養成の観点では、複数回の授業や横断的なカリキュラム単位の中で、長期的な学びの中で、学習者が自らの学びを振り返りながら主体的に目標を達成する自己調整学習を引き出す授業設計が重要とされる。本研究グループでは、初等中等から大学初級を想定した数学・情報の知識体系の項目群(以下、知識マップ)を構築してきた。さらに、知識マップの項目毎に、知識の定着・活用・応用という難易度レベルで分類される e ラーニング演習教材を整備し、一連の教材を項目単位で CBT(Computer-based Testing)機能を用いて学習できる適応型学習支援システムを開発してきた。そして、こうしたシステムを活用した反転型の授業設計と実践(情報系)を通じて、学習者の主体性が促進されることを確認してきた。

2. 研究の目的

本研究では、こうした先行研究を発展させ、知識マップと CBT 教材群を活用した反転授業モデルの中で、自己調整学習に効く学習要素・方略を洗い出し、主体的な学習を支援できるシステムの構築と数理データサイエンス教育での実証を通じて、横断的なカリキュラムにおける有用性の高い(汎用性の高い)授業方策の確立を目指す。

3. 研究の方法

横断的なカリキュラムを通じた有用性の高い、自己調整学習を促せる授業方策の確立のために、先行研究のモデルのブラッシュアップと実証の中で、研究を進める方針とした。まず、授業方策として、柔軟なカリキュラム運用(いわゆる、学修者本位な学修プログラム)を見据え、フルオンライン型の授業構成での設計とした。授業設計方針は以下の通りとした。(1)フルオンラインとすることで、学修に関わる多様な学修活動を時系列データで取得する。(2)知識定着の CBT を知識体系の中で整備することで、数理データサイエンス科目群で、学習要素を相互に参照可能とする。あわせて、授業ビデオやワークシートも事前に用意して公開することで、授業内容自体も教員相互に共有可能とする。(3)一連のオンライン学習は、非同期で学習できることとし、学習者が学ぶタイミング・順番を自ら選択できるようにする(主体性の促進及び確認で活用)。(4)自らの学習を振り返るために、毎週授業の際にオンラインで集まり、グループワークを通じて各自の学修成果を確認するとともに、各自の学びの振り返りと目標設定を課す(自己調整学習の確認で活用)。

(1)(3)の方針に基づき、データを活用して、CBT を行うタイミングによって学習者特性が異なるか(学習要素の順序性)を検証できる。また、(1)(4)の方針に基づき、学修前後及び間に実施する振り返りデータやその他の学修成果によって、学習者特性は異なるか?(学習効果に影響する特徴量の抽出)を検証できる。さらに、振り返りデータの時系列変化から学習態度の変容が起きるか?(学習者特性の把握)を検証できる。さらに、(1)(2)により、複数科目の中でのデータ分析実証から明らかにできる。

フルオンライン型の反転授業設計を図った上で、1 年次数学(統計)及び情報系科目、2 年次アルゴリズム及びプログラム系科目、3 年次 AI 及びクラウド系科目で展開し、データの取得と分析を行う方法を探った。授業自体の有用性を評価するため、特定の科目について、15 週の中で学習者群の学び順ごとに分類し、どのような学習特性になるかを調べた。また、CBT の修得度合い(知識の定着度)や課題の達成度により、学習者特性がどのようになるかを調べた。また、特徴量の抽出は、機械学習(XGboost)を用いて学習に効果のある要素の抽出を図った。また、振り返りデータの分析(文章データ自身の特徴量化及び特徴量の抽出)については、自然言語処理(Sentence BERT)を活用して、ポジティブ・ネガティブ判定を行うなど、自動化手法を活用して多量のデータ分析を図ることとした。

研究では、こうした科目毎の学修成果から得られた特徴量に基づいて、学習行動の変容を引き起こす可能性のある代表的な特徴量を定め、こうした特徴量を活用したクラスタリングを行うことで、学習者特性を割り出す方法を採用した。さらに、こうした学習者特性を、他の研究者が行っている学習者特性の研究を参照しながら、学習支援方策を定め、具体的な学修アドバイジング(文章)として学習者に提示して、その有用性を評価することとした。

4. 研究成果

まず、フルオンライン型の反転授業モデルの設計を行った。統計・プログラミング・アルゴリズム系の CBT 教材の整備・事前のビデオ学習教材の整備・授業課題(ワークシート)をすべて電子的に作成し、学生が自主的に学習できるオンラインシステムを整備した。さらに、CBT の成果に基づいて、授業(Zoom を活用したアクティブ・ラーニング)のグループワークの自動生成機能も作成し、授業で活用できるようにした。これにより、学生は、システムにアクセスして、自分のタイミングで CBT の受講、ビデオの閲覧、ワークシートの実施、さらに事前事後の振り返りの実施が可能となり、その学修成果データも蓄積される状況を作り出した。これを適用型学習支援システムとして、複数科目で運用を図った。運用科目は、1 年次後期 情報技術概論(受講者 250 名)、2 年次前期プログラミングとアルゴリズム及びデータサイエンス入門(受講者 250 名)、2 年次後期 AI アルゴリズム基礎と Java プログラミング(受講者 90 名)、3 年次 人工知能(80 名)で、科目横断及び年次進行での学年横断でのデータ分析できるようにした。一連の学修成果を分析することで、まずは、適応型学習支援システムを活用した授業設計の有用性を確認した。また、その中で、複数の学習パターンが存在すること、それらが自己調整学習に影響を与えている可能性を示した(1)。具体的には、教師が想定した学習パターン(教科書・演習閲覧、CBT の実施、ビデオの閲覧、ワークシートの実施、グループワーク参加(授業当日のオンライン)、振り返りと次週の目標設定に対して、CBT の実施を最初に行う学習者群、ビデオ閲覧後に実施する学習者群、ワークシート実施後に CBT を受ける学習者群など、多様な学び方を選択しながら、主体的に成果を出せることを確認した。

次に、研究方法で示した機械学習方略を活用して、データ分析を行った。具体的には、課題の達成状況を目的変数として、関連する特徴量の抽出を図った。CBT の達成状況、教科書閲覧回数、ビデオの閲覧状況と課題の達成状況を含む特徴量をクラスタリングして、学習者分類を行った。この分類は、毎週の課題の取組に関するものであり、短期的な主体的活動支援に関わるものとなる。

次に、学生の振り返り文章の特性評価を行った。この振り返りについては、授業開始時に行うもの(中期的な活動を見据えた内容)と毎週行う振り返り(短期的な活動を見据え多内容)とし、結果、4 分類の学習者特性を割り出した。それぞれに対応した学習支援方略を決定した。その上で、それぞれの方略に沿って、学習支援アドバイスメッセージ案を作成し、受講している学生に適用して、有用性の評価を行った。その結果、80%の学生が支援の妥当性を肯定的に捉える意見を得た。なお、中長期の学習に関する分析については、主に授業開始段階の目標設定を活用して分類した。目標設定の有無・関連性の有無・具体性の有無によって、学習指導メッセージを付加することとした。

なお、上記の学習者特性の成果が得られたタイミングで、Open AI の ChatGPT が登場した。これもあり、学習支援システムの整備については、このシステムの活用を検討する必要が生じた。コロナの影響もあり、成果の発表もうしろにずれた関係で、科研の延期申請を行い、ChatGPT の導入を試みた。前述の通り、説明可能な AI 手法を活用して学習方略の選定が行っていたため、関連する特徴量を ChatGPT に渡した際に生成する学習指導メッセージと、学習方略の適合状況の確認を行った。この結果、短期的な主体性を促す指導メッセージについては 90%以上の精度で、再現できることが分かった。しかも、自由度の高い表現でアドバイジングをかけてくれることから、生成 AI を活用した学習支援システムとして研究成果を得ることができた(2)。

以上の研究を通じて、(1) 数理データサイエンス・AI 教育を想定した CBT 教材群を知識体系の中で構築した。当該 CBT 教材は、大学 e ラーニング協議会を通じて広く公開しており、山梨大学・創価大学で既に授業で活用され始めている。(2)(1)の体系的な教材群を活用した、フルオンラインで実施できる反転型の授業設計を図り、その有用性を示した。本授業設計に基づく授業実践は、公立千歳科学技術大学の中の複数科目で実施されており、今後広く周知公開していく予定である。(3)(1)及び(2)で構成される適応型学習支援システムと、ChatGPT を API 接続することで、学習者特性を踏まえた学習指導アドバイジングの自動化を実現した。これにより、授業終了直後に、学生に適切なアドバイジングを自動で行い、次週に向けた学習目標設定を行いやすくなるようになった。これは、いわゆる教育の DX 化で、多くの大学で参考となる知見の創出を行えたと考えている。

(1) フルオンライン化した完全習得型反転授業の実践と評価、高野、上野、山川、小松川、教育システム情報学会論文誌, vol41. No3. 2024 pp. 240-252.

(2) A Proposal and Evaluation of Learning Advising using a Generative AI, Yasuomi TAKANO, Taketo TSURUBE, Haruki UENO & Hiroshi KOMATSUGAWA, ICCE2024.

5. 主な発表論文等

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

1. 著者名 高野泰臣, 前川啓輔, 上野春毅, 山川広人, 小松川 浩	4. 巻 41
2. 論文標題 フルオンライン化した完全習得型反転授業の 実践と評価	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 教育システム情報学会	6. 最初と最後の頁 240
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 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 -

〔学会発表〕 計18件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Yasuomi TAKANO, Hiromu KASAHARA, Keisuke MAEKAWA, Haruki UENO, Hiroto YAMAKAWA & Hiroshi KOMATSUGAWA
2. 発表標題 Proposal for a Flipped Classroom Model to Promote Autonomous Learning
3. 学会等名 wcce2022（国際学会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Allen Momiji, Mitsuru Kawazoe, Hiroshi Komatsugawa
2. 発表標題 Analysis of Teachers' Tacit Knowledge-based Evaluation of Learner Competencies Using Machine Learning Modeling
3. 学会等名 CIF2022（国際学会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kana OHASHI, Haruki UENO, Osamu HASEGAWA, Hiroshi KOMATSUGAWA, Hiroto YAMAKAWA
2. 発表標題 Development of Computer Adaptive Test of Python Programming
3. 学会等名 CIF2022（国際学会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小松川 浩, 本多 俊一, 上野 春毅, 鈴木 一克, 斎藤 康夫, 浅井 学
2. 発表標題 大学連携による数理データサイエンス・AI教育向けCBT教材の整備 (-多様な学習者層支援に向けて-)
3. 学会等名 日本リメディアル教育学会全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長谷川理、上野春毅、山川広人、小松川浩
2. 発表標題 共通基盤教育システムの他大学への導入と運用、
3. 学会等名 日本リメディアル教育学会全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 紅葉亜練, 小松川浩
2. 発表標題 機械学習モデリングを用いたコンピテンシー評価の分析
3. 学会等名 教育システム情報学会第二回研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西村 貴志, 上野春毅, 小松川浩, 山川広人
2. 発表標題 Computer Adaptive Test の LTI ツール化に向けたシステム設計
3. 学会等名 教育システム情報学会 学生研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 本多 俊一, 浅井 学, 上野 春毅, 小松川 浩, 斎藤 康夫, 鈴木 一克
2. 発表標題 大学間連携による数理・データサイエンス・AI 教育に関する CBT 教材の整備と運用
3. 学会等名 UeLa & JADE 合同フォーラム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Keisuke Maekawa, Hiromu Kasahara, Yasuomi, Takano, Hiroto Yamakawa, and Hiroshi Komatsugawa
2. 発表標題 Proposal of Class Mode for Promoting Self-Regulated Learning
3. 学会等名 CIF2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hiromu Kasahara, Yasuomi Takano, Haruki Ueno, Hiroto Yamakawa and Hiroshi Komatsugawa
2. 発表標題 A Proposal of Flipped Classroom under Onlie Education
3. 学会等名 CIF2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 前川 啓輔, 笠原 広夢, 高野 泰臣, 山川 広人, 小松川 浩
2. 発表標題 自己調整学習を誘引する授業モデルの一提案
3. 学会等名 教育システム情報学会第46回全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 前川啓輔, 笠原広夢, 高野泰臣, 上野春毅, 山川広人, 小松川浩
2. 発表標題 オンライン型の反転授業モデルの一提案と評価
3. 学会等名 教育システム情報学会 学生研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小松川浩
2. 発表標題 知識の定着から活用に至る連続的な学習過程での主体的な学びを促すオンライン活用型の授業設計
3. 学会等名 リメディアル教育学会 全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 阿部 晃大, 小松川 浩
2. 発表標題 適応型学習システムにおける類似問題提示ロジックの提案
3. 学会等名 教育システム情報学会全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 桶田昂史, 川添充, 小松川浩
2. 発表標題 数学授業の振り返りデータを用いた汎用的能力の検証
3. 学会等名 情報処理学会 全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 笠原広夢, 高野泰臣, 上野春毅, 山川広人, 小松川浩
2. 発表標題 オンライン型の反転授業モデルの一提案
3. 学会等名 教育システム情報学会第5回研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 紅葉亜練, 桶田 昂史, 山川 広人, 小松川 浩
2. 発表標題 機械学習を用いたコンピテンシー評価の分析
3. 学会等名 教育システム情報学会学生研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 前川啓輔, 澤岡勇太, 山川広人, 小松川浩
2. 発表標題 オンライン環境で自律的な学習を促進するための振返りを伴う反転学習モデルの提案
3. 学会等名 教育システム情報学会学生研究発表会
4. 発表年 2021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	今井 順一 (Imai Junichi) (60458148)	公立千歳科学技術大学・理工学部・教授 (20106)	

6. 研究組織（つづき）

	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	山川 広人 (Yamakawa Hiroto) (90724732)	公立千歳科学技術大学・理工学部・准教授 (20106)	
研究分担者	上野 春毅 (Ueno Haruki) (40948337)	公立千歳科学技術大学・理工学部・助教 (20106)	

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