

令和 6 年 6 月 27 日現在

機関番号：33934

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K02932

研究課題名（和文）PBLおよびSTEM教育における学修に関する因子の定量化とその最適化

研究課題名（英文）Quantification and optimization of learning-related factors in PBL and STEM education

研究代表者

館 宜伸（Tachi, Yoshinobu）

愛知工科大学・工学部・准教授

研究者番号：60622933

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）：PBL教育およびSTEM教育において、学修に関する因子の定量化を行い、その最適化を行った。本研究における授業と教育実践事例から、「教授者」の工夫と「学修者」の協力があれば、「教場環境」が対面・遠隔のどちらでも実施可能である。PBL教育においても、対面とほぼ変わらない「教授内容」でグループ内のコミュニケーションが実施可能であることが分かった。STEM教育の実験・演習においては、実際のものが必要な場合に遠隔では困難であることも分かった。これらにより、「学修者」のレディネスをもとに、「教授者」が「教育内容」と「教場環境」を工夫することで、学修に関する因子の定量化が可能になる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果は、「教場環境」が遠隔の場合にPBLが最も適してこの発見である。「教場環境」が遠隔の場合には全般的に、「学修者」個人への声掛けと「学修者」からの反応の確認が困難であることや、「学修者」間のコミュニケーションが困難であることも分かった。「学修者」のレディネスは、LMSからのデータ分析、提出された紙媒体からの抽出で行った。市販、もしくは、これまでの紙媒体ワークシートなどにレディネスに繋がる記述欄を追加・上書き印刷を行い、「学修者」の状況把握、個別最適化が実施できた。

研究成果の概要（英文）：In PBL and STEM education, the factors involved in academic learning were quantified and their optimization was examined. From the examples of classes and educational practices in this study, it was found that with the ingenuity of "professors" and the cooperation of "learners," the "teaching environment" can be implemented in either face-to-face or remote environments. In PBL education, it was found that communication within a group can be implemented with "teaching contents" that are almost the same as those in a face-to-face setting. In STEM education experiments and exercises, it was also found to be difficult to conduct remotely when actual objects are required. These allow quantification of factors related to learning by "professors" based on the readiness of "learners" to devise "teaching content" and "teaching environment".

研究分野：教育工学及び教育補助システム

キーワード：教育工学 科学教育 STEM教育 認知科学 個別最適化 人工知能 データ解析 Augmented Reality

1. 研究開始当初の背景

文部科学省により、高等学校を中心とした『総合的な探究』が実施され始めていた。本研究では、探究学修として、PBL 教育と STEM 教育に着目した。

Problem Based Learning (問題解決型学修) あるいは、Project Based Learning (課題解決型学修) を意味する PBL の起源は、1960~70 年代に北米で実施された医学教育に遡り、背景として医学の進歩に伴い臨床医学的実践による教育の必要性があったとされる。米国のジョン・デューイは、学修を能動的なものと規定し、知識の暗記にみられる受動的なものを脱却し、自ら問題を発見し解決していく能力を身につけていくことに本質を求めた。与えられた課題について考え、実地調査などを通して仮説を検証し、試行錯誤する中に学修の目的があり、その過程そのものが学修であるといえると、デューイは考えた。

PBL の過程重視の学修は、学修者自身の自発性、興味関心、能動的な姿勢、主体的体験的に学ぶ努力を評価しようとするところに特徴があり、講義形式の座学と一線を画する。学問の発展と複雑化・細分化の結果、知識や技術の伝授よりも個々の学修者の問題解決方法の獲得を重視して、大学教育で PBL が実践されている。

また STEM 教育においても、理工系人材の確保や、社会や生活にある事象を批判的に吟味することを通して問題を積極的に発見し、主体的に問題を解決する方策を考えられる能力を育成することを目指しており、Society5.0 を標榜する日本において、デューイの考え方が踏襲され教育が行われている。

2015 年、文部科学省「教育課程企画特別部会における論点整理について(報告)」において、「問題を発見し、その問題を定義し解決の方向性を決定し、解決方法を探して計画を立て、結果を予測しながら実行し、プロセスを振り返って次の問題発見・解決につなげていく」とあり、与えられた問題の解決のみではなく、問題の発見から解決までのプロセスも重要であるとされ、Problem Based Learning や STEM 教育の重要性が指摘されている。

2020 年度から段階的に、小中学校・高校でプログラミング教育が必修化され、IT を活用した習熟度別学修が実施されている。これに伴い、全児童生徒数のパソコンやタブレット端末が準備されていた。

情報を共有して行われる Project Based Learning や BYOD は、主体的に学びに取り組む態度を養う教育として着目されている協働学修(Cooperative learning) に適している。協働学修を取り入れた Project Based Learning を実践する学校は増加している。

また、2012 年にアメリカで開始された MOOCs は、2013 年に日本語による提供を目的とした日本オープンオンライン教育推進協議会 JMOOC (Japan Massive Open Online Course) により、オンラインで大学レベルの授業を無償で公開され、終了条件を満たした受講者に修了証を授与するシステムが提供されている。JMOOC の公認プラットフォームで用いられている学修管理システム LMS (Learning Management System) は、国内の教育機関に導入され、LMS により、教材の配信、学修者の閲覧、回答などの行動履歴、成績などのデータが管理されている。学修データをもとにした学修と教育のデータ解析の方法とアプローチであるラーニングアナリティクス(Learning Analytics) が多くの教育機関で導入されつつある。

2. 研究の目的

本研究の目的は、PBL (Problem Based Learning、Project Based Learning)、および、STEM 教育における、学修に関与する因子の定量化とその最適化手法の研究開発である。学修に関与する因子の定量化とその最適化が可能になれば、学修者個々に適した、効果的な学修支援が可能になると期待される。

この目的のために、本研究では、次の 2 つを研究開発する：

- 1) PBL および STEM 教育の学修に関与する因子の抽出とその定量化の手法の研究：ラーニングアナリティクスの手法を用いて、PBL および STEM 教育の学修に関与する因子を抽出する。抽出された因子に基づき、学修におけるレディネスならびにアクティビティを定量化する。
- 2) 定量化された学修に関与する因子を最適化するための手法の研究：定量化された PBL および STEM 教育の学修に関与する因子に基づき、教育の各場面における学修者、教授者、教場環境等の、レディネスならびにアクティビティを最適化するための手法を研究開発する。

3. 研究の方法

PBL および STEM 教育の学修に関与する因子として、「学修者」「教授者」「教授内容」「教場環境」等の、レディネスならびにアクティビティを定量化された学修に関与する因子の抽出に関して、2013 年度から 2023 年度まで金沢工業大学 情報フロンティア学部 メディア情報学科にて授業運営され続けた 2 年次前学期の必修科目「プログラミング」で説明を行う。

まず、対象科目「プログラミング」概要を説明する。本科目「プログラミング」は、同メディア情報学科の 1 年次後学期必修科目「プログラミング基礎」において C 言語の基本を学修後、履修する後継科目であった。科目「プログラミング」の後続科目は、2 年次後学期の選択科目「オ

プロジェクト指向プログラミング」となっていた。「プログラミング基礎」科目で修得したC言語を演習中心で実施された。さらに、手厚いサポートを可能とするために「プログラミング基礎」の授業クラスをさらに2クラス(2020年度までは3クラス)に分割して実施され、C言語の定着を図られた。授業内容と成績評価は、シラバスに記載されている達成度評価(表1)を基に実施された。

表1 「プログラミング」科目の達成度評価

評価方法 試験	評価割合 20%(2020年度までは40%)	実施内容 科目代表者作成で統一の期末試験。 紙媒体で第14回に実施。 第15回に返却し、「学修者」は振返り。
クイズ・小テスト	50%(2020年度までは30%)	LMS(Moodle)上に設定されたC言語プログラムの穴埋め問題。 「学修者」は授業時間外も回答することが可能。
レポート	30%	各授業担当の「教授者」から提示されたC言語の演習課題。 少なくとも3回は実施。

ここで、2020年度以降のクラス編成、および、評価割合が変更されている点は、COVID-19の影響によるものである。全授業回数を対面授業で実施が困難となり、遠隔授業を含めながら実施された。

本研究の分析結果として、2013年度から2023年度までの研究代表者が担当した授業クラスにおける、出席不良の履修者を含む単位修得率(図1)、出席不良の履修者を含まない単位修得率(図2)を示す。初年度以降、「学修者」への声の掛け方や、LMS上の進捗を確認して遅れている「学修者」に学修方法の改善を促し、過去の進捗と類似した「学修者」には同じ指導を行うなど、これらより因子抽出のために日々研鑽と改善を行った。

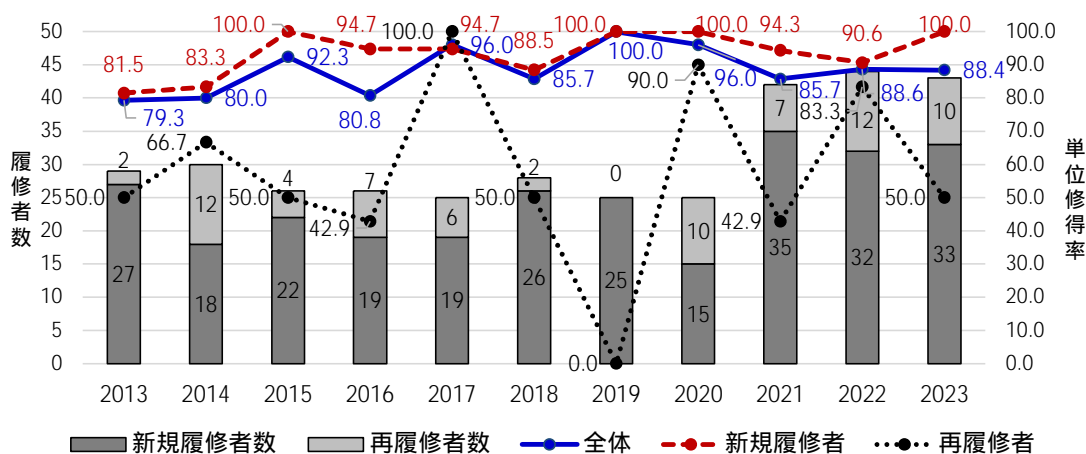


図1 履修者数と出席不良の履修者を含む単位修得率

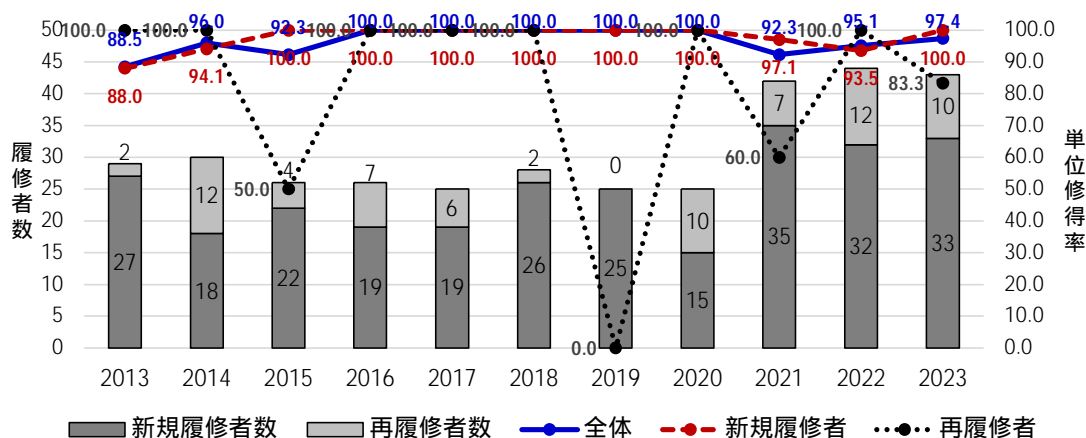


図2 履修者数と出席不良の履修者を含まない単位修得率

出席不良となる「学修者」から聴取した最も多かった理由は、大学入学前からの苦手科目(基礎科目・教養科目)の中間試験の返却のタイミングで出席不良に陥ってしまうとのことだった。評価方法「クイズ・小テスト」:「学修者」のLMS上の進捗を随時確認し、遅れている「学修者」に声掛けを行い、C言語プログラミングの手厚い指導も実施した。2020年度以降は遠隔授業が含まれることとなり、声掛けを行いたい「学修者」が授業終了の合図と共に退室してしまい、個別にC言語の指導を実施できないことがあった。

評価方法「レポート」:採点後の返却で終了とせず、遅延減点後の点数よりも低い「学修者」に対しては、再提出を求め続け、C言語プログラミングの定着を図った。

第14回に科目統一期末試験(図3)を実施し、第15回に返却後、上記の2つが完了していない「学修者」に声を掛け、完了に向けて努力をしていただいた。

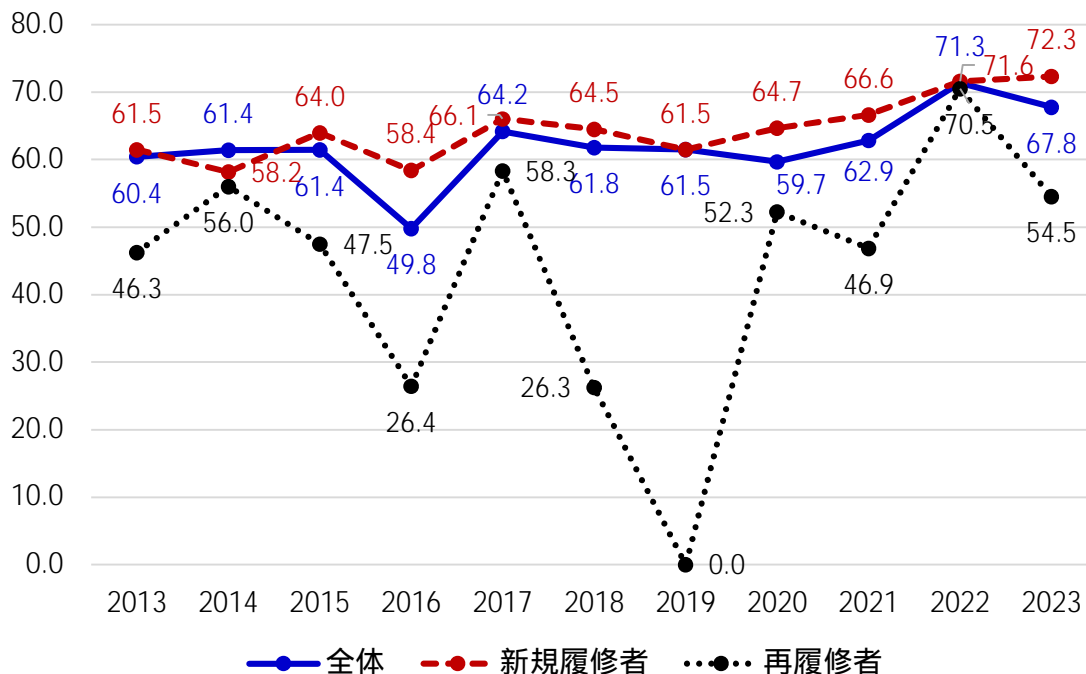


図3 評価方法「試験」:科目統一期末試験の結果

評価方法「試験」:期末試験は科目の代表が作成しており、研究代表者は科目の代表ではない。LMS上の進捗管理や過去の進捗と類似する「学修者」への対応などにより、概ね向上した。

4. 研究成果

PBLおよびSTEM教育の学修に関与する因子として、「学修者」「教授者」「教授内容」「教場環境」等の、レディネスならびにアクティビティを定量化された学修に関する因子の抽出の成果報告を行う。

「教場環境」は、大きな変化を迎えた。GIGAスクール構想による一人一台の端末で「学修者」が自由に調査できるようになった。また、対面授業が基本であったのに対し、遠隔授業、オンデマンド授業、ハイブリッド授業と変化があるものの、「教授者」が「教授内容」への創意工夫と「学修者」の協力で「教場環境」の変化によるデメリットが解消されることが分かった。ただし、遠隔授業などの場合は、「学修者」間の相談や教えあい、「教授者」への質問や相談も辛い傾向にある。その点ではPBL教育の場合は、授業形態に依存せずほぼ変わらない授業運営が可能となることが分かった。

「教授内容」は、「教場環境」や「学修者」の状況に合わせて、「教授者」による多少のアレンジが必要となることが分かった。

「教授者」は、「教場環境」と「学修者」の状況に合わせて、「教授内容」への創意工夫が必要となる。また、LMS上の履歴データなどのアクティビティ解析、「学修者」に紙媒体提出予定の課題などにレディネスに役立つデータの記入欄を前準備して、提出されたら分析を行う。過去の類似する「学修者」への対応などを試行するなどの試行錯誤が必要であることも分かった。

「学修者」は、対面授業であれば、必要に応じて声掛け、質問対応などの個別最適化が可能である。遠隔授業などの場合は、紙媒体のノートやレポート用紙の提出ができないため、写真撮影したものをアップロード提出してもらったり、準備された入力フォームに入力してもらったり、文書データファイルをアップロード提出してもらうなど、「学修者」の協力も必要となることが分かった。「教授者」が協力し、アップロード提出などの手順の説明と「学修者」への試行も必要となる。

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 1件）

1. 著者名 田中忠芳, 館宜伸	4. 巻 16
2. 論文標題 STEM教育科目における授業改善とその効果	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 リメディアル教育研究	6. 最初と最後の頁 79-96
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.18950/jade.2022.07.01.06	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10件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 館 宜伸, 田中 忠芳
2. 発表標題 LMS を活用した紙面による小テスト実施に関する一考察
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 館 宜伸, 田中 忠芳
2. 発表標題 プログラミング教育における LMS へのアクセス分析に基づく考察
3. 学会等名 教育システム情報学会 全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 館 宜伸, 田中 忠芳
2. 発表標題 プログラミング教育の学修に関する因子分析
3. 学会等名 日本工学教育協会 年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田中 忠芳, 館 宣伸
2. 発表標題 理工系基礎力育成のための効果的な教材や学び方
3. 学会等名 日本物理学会 年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田中 忠芳, 館 宣伸, 山岡 英孝
2. 発表標題 数理系科学教育における学修支援の改善と評価
3. 学会等名 日本工学教育協会 年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田中 忠芳, 館 宣伸, 渡會 兼也
2. 発表標題 物理系科学教育における学修支援の改善と評価
3. 学会等名 日本物理学会 秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田中 忠芳, 館 宣伸
2. 発表標題 数物系科学教育における学修改善とその評価
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 田中忠芳, 館宜伸, 八幡和志, 渡會兼也, 沖野信一, 東拓郎, 谷口和成, 山田吉英, 松浦執, 土佐幸子, 藤井清美, 久恒彩子, 郭清蓮, 佐藤惠一, 鍵山茂徳, 大島和成, 並木雅俊, 江尻有郷
2. 発表標題 STEM教育コンテンツと言語活動を統合した理工系基礎力育成プログラムの開発 VI (遠隔による物理実験教育の可能性)
3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 館宜伸, 田中忠芳
2. 発表標題 PBLおよびSTEM教育における学修に関する因子の定量化
3. 学会等名 2021年度 工学教育研究講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田中忠芳, 館宜伸
2. 発表標題 理工系基礎力育成のための教育コンテンツおよびプログラムの研究開発 (STEM教育におけるChromebook利活用の可能性)
3. 学会等名 日本物理学会 2021年秋季大会
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	田中 忠芳 (Tanaka Tadayoshi) (30460413)	金沢工業大学・基礎教育部・准教授 (33302)	

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