

令和 5 年 5 月 20 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19K03171

研究課題名(和文) 大学物理教育におけるアクティブ・ラーニングを実現する授業デザイン

研究課題名(英文) Class design to realize active-learning in the university physics education

研究代表者

梅田 貴士 (Umeda, Takashi)

広島大学・人間社会科学研究科(教)・准教授

研究者番号：40451679

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：研究期間全体を通して、入門物理の授業と専門力学の授業における『学び合い』を取り入れた授業デザインの試み、さらに様々な単元におけるチュートリアルの開発と実践を行ってきた。これらの研究を通して「物理概念とそれらの理論体系の深い理解」を目的としたアクティブ・ラーニングを実現する授業デザインをある程度は明らかにすることができた。一方でその有効性、つまりALがどの程度達成できたかを定量的に示す方法については、評価問題を用いた従来型の方法では不十分であることも分かってきた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

物理教育に関して、従来型の一方的な講義では物理概念の理解が思うように進まないことがさまざまな研究結果から明らかになっている。物理概念の深い理解を目的として、教員が何を教えるかではなくて、学生が何を学んだか、を評価基準とした物理教育研究によるアクティブ・ラーニング(AL)型授業が世界中で精力的に研究されている。中央教育審議会の答申においても、大学教育でのAL型授業導入の必要性が指摘され、さらに中等教育においても新学習指導要領で「主体的・対話的な深い学び」(いわゆるAL)が重要視されている。

研究成果の概要(英文)：Throughout the entire research period, we have attempted to design lessons incorporating "Manabiai" in introductory physics classes and specialized mechanics classes, and have developed and implemented tutorials in various units. Through these studies, we have been able to clarify, to some extent, lesson designs that realize active learning for the purpose of "deep understanding of physics concepts and their theoretical systems. On the other hand, we have also found that conventional methods using evaluation questions are not sufficient to quantitatively demonstrate the effectiveness of AL, i.e., the degree to which AL has been achieved.

研究分野：物理教育研究

キーワード：物理教育研究 アクティブ・ラーニング 『学び合い』 PER DBER 大学物理

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。

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

物理教育に関して、従来型の一方的な講義では物理概念の理解が思うように進まないことがさまざまな研究結果から明らかになっている。物理概念の深い理解を目的として、教員が何を教えるかではなくて、学生が何を学んだか、を評価基準とした物理教育研究(以下 PER とする)によるアクティブ・ラーニング(以下 AL とする)型授業が米国を中心にして、日本を含む世界中で精力的に研究されている。中央教育審議会の答申<sup>2)</sup>においても、大学教育での AL 型授業導入の必要性が指摘されている。さらに中等教育においても新学習指導要領で「主体的・対話的な深い学び」(いわゆる AL)が重要視されているという背景がある。

### 2. 研究の目的

まず、本研究で目指す AL の定義を明らかにしておく。AL とは、学習者の思考が活性化している状態(学習者がなんとか理解しようと、熱心に考えている状態)で行われる学習を表す。このような状態を実現するには、学習者による記述活動、他者への説明、ディスカッション、プレゼンテーションなどの「アウトプット」の機会を設定することが有効だと考えられている。さらに、大学物理教育の目標を「物理概念とそれらの理論体系の深い理解」だとした場合、AL とは「深い学び」を目指す「主体的で対話的な」学習であると言える。

大学の物理教育において、このような AL を実現させる授業は可能なのか。AL を実現させるためには何が必要なのか。AL の成立はどこまで再現性があるのか。また、それらの授業の有効性(深い理解が実現できたかどうか)はどこまで定量的、客観的に測定することが可能なのか、というのが本研究で扱う学術的な「問い」である。

大学の物理教育において授業で AL を実現させる為にどのような授業デザインが必要なのかを明らかにする。具体的には、内容や対象が異なる複数の授業に対する、授業デザイン、実践、評価を通して検証する。この研究では、AL を実現する為に学生がアウトプットを行う活動を重視する。授業で扱う学習内容を確保しつつ、このような活動を行う時間を確保するために「反転授業」を採用する。反転授業を効果的に成立させる方法も授業デザインに含まれる。またこれらの授業デザインの有効性を定量的、客観的に測定するために、物理教育研究に基づく、物理の概念理解、学習観、学習姿勢調査問題などを用いた分析を行う。さらに調査問題を用いた実践結果の分析を通して、授業デザインや調査方法の改善を行い、再度実践を繰り返すという授業開発サイクルを行うところまでを目的とする。最終的には大学の教育改革として組織的な AL 型授業の導入を推進したい。これは本研究の先のビジョンであるが、このビジョンを踏まえた上で研究を進めることとした。

### 3. 研究の方法

研究代表者が担当している授業科目から典型的な授業をいくつか選び、それらに対して AL 型授業をデザインし、実践、評価を行う。教育学部の授業であり受講学生の多くが中高理科教員を志望している。今回実践した授業はいずれも「物理概念とそれらの理論体系の深い理解」を目的としているが、AL 型授業を体験する事で AL 自体を学んでほしいという狙いもある。調査問題による有効性評価では、授業前に行うプレテストと(15 回の)授業後に行うポストテストの結果を基にした分析を基本とする。

計画している授業の詳細を以下に記す。(【】は授業科目の略称を表す。)

【入門物理】(1 年生前期 15 回、50 名程度)

大学入学直後に行う入門物理的な授業で、高校物理の全分野を網羅的に扱う授業である。PER により開発された相互作用型演示実験講義(ILDs)を採用した授業をデザインする。Sokoloff らのテキストに収録されている単元から 10 回分程度を実施する。残りの回は通常の講義や試験的な AL 型授業を行う。これらの講義でカバーしきれない内容については講義動画により対応する。有効性の評価には力学概念調査(FCI)(力学分野)を用いる。電磁気、熱力学分野についても同様に PER で開発された調査問題を用いる。力学に関しては FCI で 80%以上の正答率(ニュートン力学の概念をほぼ理解している状態)を目指す。

【探究実験】(3 年生後期 15 回：15 名程度)

探究的な物理実験を目的とした授業。既に物理チャレンジ実験課題を用いた Problem-Based Learning(PBL)による授業を試行的に実施しており、授業の詳細については論文<sup>3)</sup>を発表している。授業自体が既に AL 型として実施済みであり実施前との比較ができないため、コントロール群として同学部 2 年生の授業として行われている伝統的な物理実験授業を選定し、同じ評価方法による調査を行う。評価方法は、伝統的な物理実験授業をコントロール群として選ぶことを考慮して、物理学習姿勢調査 CLASS などを用いる。

【専門力学】(1 年生後期 15 回、40 名程度)

大学初年次に力学波動分野を取り扱う授業であるが、上記の「入門物理」の受講によりニュートン力学の概念がほぼ理解できていることを前提として、物理専門家養成にも対応できるような深い内容まで取り扱う。基本的には、反転授業+ピアインストラクションを中心に授業をデザインするが、様々な AL の手法を取り入れた活動を検討する。有効性の評価は従来型の試験問題(記

述式)、または PER で開発された調査問題を用いる。

#### 4. 研究成果

初年度は特に、入門物理の授業と、専門力学の授業において新しい授業デザインの試みを行った。物理教育における AL を実現する授業デザインとして、ループリック形式の課題による『学び合い』の方法を用いることを検討した。『学び合い』は上越教育大の西川純氏が提唱している授業方法で、最初に課題を与えて、課題の達成は生徒・学生に任せるというもので、主に小中学校で AL を実現させる手法として定評がある。課題をループリック形式で与えることによって、授業の目標、授業内容、授業評価の一致という授業デザインを実現する方法を検討した。これらの授業デザインについて物理教育学会で発表を行ったが、授業実践を通じた評価については、評価方法ははじめとして検討中である。

これまでに行った授業実践の結果をまとめた「橋渡し」を取り入れた ILDs の有効性：ニュートンの第 3 法則の学習を事例として」に関する論文を発表した。ニュートンの第 3 法則（作用・反作用の法則）に関する誤概念を解消するために、「橋渡し」を考慮したチュートリアルの有効性を示す研究報告がある。この論文では、この「橋渡し」を考慮するアプローチが相互作用型演示実験講義におけるニュートンの第 3 法則の学習においても有効であることを明らかにした。

2020 年度は引き続き、入門物理の授業と、専門力学の授業において『学び合い』を取り入れた授業デザインの試みを行った。授業の到達目標としての課題を与えて、課題の達成は生徒・学生に任せるという授業の進め方を基本とした。2020 年度はコロナウイルス感染症の拡大によって、授業が一部オンラインで実施することとなってしまった。そのために、上記の授業の一部をオンライン授業に対応させた。

また、その他にも物理教育研究に関連した授業実践をいくつか行った。主に、チュートリアルをベースとした電気回路の授業や、熱力学の第二法則を扱った授業、相互作用型演示実験講義によるニュートンの第 3 法則の授業、さらに高等学校における電荷の移動をモデル化したシミュレーション教材を用いた授業実践も行った。その他、オンラインでの物理テストが正答率に与える影響などを調べる実験も行い、それらの結果をまとめた論文を発表した。

2021 年度は引き続き、入門物理の授業と、専門力学の授業において『学び合い』を取り入れた授業デザインの試みを行った。授業の到達目標としての課題を与えて、課題の達成は生徒・学生に任せるという授業の進め方をおこなう。今年度は特に、課題とその達成条件の明確化を意識した課題の修正を行った。これによって授業中の教員の介入を最小限に抑えることができた。また、学生の課題達成状況の可視化を行うための工夫を数種類検討した。

その他、物理教育研究に関連した授業実践をいくつか行った。ピアインストラクションにおける話し合いグループの最適な人数を明らかにする研究では、ピアインストラクションを行う授業中に全ての学生に 2~5 名グループの話し合いを経験させたうえで、議論後正答率の向上や話し合いやすさを比較し、最適な人数を検証した。等速円運動における遠心力の認識に関するチュートリアルの開発と実践では、特に見かけの力は存在するののかという疑問に焦点を当てたワークシートを開発し、その有効性を議論した。さらに、水面波のシミュレーション教材を用いた授業実践と有効性検証の研究、さらに仮説実験授業をオンラインで実施した場合の有効性に関する研究などをおこなった。

2022 年度は引き続き、入門物理の授業と専門力学の授業において『学び合い』を取り入れた授業デザインの試みを行った。授業の到達目標としての課題を与えて、課題の達成は生徒・学生に任せるという授業の進め方をおこなった。最終年度は特に、学生の動機付けを意識した課題の指示、机間指導、課題後のコメントなどの教員の介入の方法について試行錯誤をおこなった。また、学生の課題達成状況の可視化を行うためのアプリ開発の準備を行った。その他、物理教育研究に関連した授業実践をいくつか行った。遠心力の概念理解を目的としたチュートリアルの開発と実践では、昨年度の実践を踏まえて改善点を洗い出し、特に遠心力の概念理解を見極めるための記述式の評価問題・採点方法を改善し、再度実践を行い、その成果について投稿論文を準備している。

これまでの研究期間全体を通して、入門物理の授業と専門力学の授業における『学び合い』を取り入れた授業デザインの試み、さらに様々な単元におけるチュートリアルの開発と実践を行ってきた。これらの研究を通して「物理概念とそれらの理論体系の深い理解」を目的としたアクティブ・ラーニングを実現する授業デザインをある程度は明らかにすることができた。一方でその有効性、つまり AL がどの程度達成できたかを定量的に示す方法については、評価問題を用いた従来型の方法では不十分であることも分かってきた。この AL の実現に関する定量的な評価方法については今後の課題としたい。

[1] R. R. Hake, Am. J. Phys. 66, 64 (1998) .

[2] 中央教育審議会, 『新たな未来を築くための大学教育の質的転換に向けて～生涯学び続け、主体的に考える力を育成する大学へ～ (答申)』

[3] 梅田貴士, 『物理チャレンジ実験課題を用いた探究的な物理実験を行う授業の実践』, 大学の物理教育, 24 卷 3 号 p. 108 (2018)

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6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 0件）

1. 著者名 稲垣 惇史、梅田 貴士	4. 巻 69
2. 論文標題 電荷の移動をシミュレーションする教材の開発と授業実践	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 物理教育	6. 最初と最後の頁 67～72
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.20653/pesj.69.2_67	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 梅田 貴士	4. 巻 69
2. 論文標題 「橋渡し」を取り入れたILDsの有効性：ニュートンの第3法則の学習を事例として	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 物理教育	6. 最初と最後の頁 129～136
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.20653/pesj.69.3_129	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 駒井 尚之、梅田 貴士	4. 巻 69
2. 論文標題 オンラインでの実施が物理テストの正答率に与える影響	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 物理教育	6. 最初と最後の頁 219～224
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.20653/pesj.69.4_219	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 平井 雄也、梅田 貴士	4. 巻 70
2. 論文標題 エネルギー変換の「保存則」と「不可逆性」を学ぶ授業の実践	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 物理教育	6. 最初と最後の頁 24～27
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.20653/pesj.70.1_24	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 稲垣 惇史、梅田 貴士	4. 巻 70
2. 論文標題 水面波の干渉をシミュレーションする教材の開発と授業実践	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 物理教育	6. 最初と最後の頁 81～86
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20653/pesj.70.2_81	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 郷之丸 朋希、梅田 貴士	4. 巻 70
2. 論文標題 オンライン授業での仮説実験授業の実践 対面授業との比較	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 物理教育	6. 最初と最後の頁 227～232
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20653/pesj.70.4_227	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17件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 駒井 尚之、梅田 貴士
2. 発表標題 物理テストのオンライン実施が正答率に与える影響
3. 学会等名 第 37 回物理教育研究大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 稲垣 惇史、梅田 貴士
2. 発表標題 水面波の干渉シミュレータの開発と授業実践
3. 学会等名 第 37 回物理教育研究大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 郷之丸朋希, 梅田貴士
2. 発表標題 対面版とオンライン版の仮説実験授業の比較
3. 学会等名 日本物理学会2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 土佐幸子, 伊藤克美, 植松晴子, 梅田貴士, 岸本功, 小林昭三, 谷口和成, 中野博章, 中村琢, 山田吉英
2. 発表標題 大学物理講義の改善を促すオンライン・レッスンスターディ
3. 学会等名 日本物理学会2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 梅田貴士
2. 発表標題 演示実験動画を利用したチュートリアル形式の授業実践
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 坂口礼章, 梅田貴士
2. 発表標題 シミュレーションを用いた粒子と波動の二重性に関するチュートリアルの研究
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 平井雄也, 梅田貴士
2. 発表標題 エネルギー変換の観点から熱力学第2法則を学ぶチュートリアルの開発
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 郷之丸朋希, 梅田貴士
2. 発表標題 オンライン授業における仮説実験授業の実践
3. 学会等名 日本物理学会2021年年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 坂口礼章, 梅田貴士
2. 発表標題 「波動と粒子の二重性」における学生の解釈に関する調査
3. 学会等名 日本物理学会2021年年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 平井雄也, 梅田貴士
2. 発表標題 高等学校物理でエントロピー概念を理解させる教材の開発
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会(2020年)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 梅田貴士
2. 発表標題 探究的な物理実験による物理学習姿勢への影響
3. 学会等名 日本物理学会2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 梅田貴士
2. 発表標題 ループリック形式の課題による『学び合い』を取り入れた授業デザイン
3. 学会等名 日本物理教育学会第36回物理教育研究大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 稲垣惇史, 梅田貴士
2. 発表標題 電荷の移動をシミュレーションする教材の開発～開発のプロセスと授業実践の検討～
3. 学会等名 日本物理教育学会第36回物理教育研究大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 阿孫桂太, 梅田貴士
2. 発表標題 ピア・インタラクションにおける最適な話し合い人数に関する研究
3. 学会等名 日本物理学会2023年春季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 田中剣心, 梅田貴士
2. 発表標題 遠心力の理解向上を目的としたチュートリアル型授業の研究
3. 学会等名 日本物理学会2023年春季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 梅田貴士, 宗尻修治
2. 発表標題 伝統的力学授業におけるピア・ディスカッションの効果: ランダム化比較試験による検証 研究計画
3. 学会等名 第38回 物理教育研究大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 宗尻修治, 梅田貴士
2. 発表標題 伝統的力学授業におけるピア・ディスカッションの効果: ランダム化比較試験による検証 授業実践
3. 学会等名 第38回 物理教育研究大会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 山本容子、松浦拓也、網本貴一、石崎友規、泉直志、磯崎哲夫、稲田結美、井上純一、内ノ倉真吾、梅田貴士、他30名	4. 発行年 2021年
2. 出版社 協同出版	5. 総ページ数 261
3. 書名 新・教職課程演習 第20巻 中等理科教育	

〔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
---------	---------