

令和 6 年 6 月 7 日現在

機関番号：12604

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K02891

研究課題名（和文）理工系大学初年度物理受講生の思考過程調査に基づいた多様表現の研究

研究課題名（英文）A study of multiple representations based on thinking process survey in university introductory physics course students

研究代表者

右近 修治（Ukon, Shuji）

東京学芸大学・教育学部・研究員

研究者番号：60735629

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、物理教育研究（Physics Education Research: PER）による調査結果に基づき、図解、グラフ、数式、動画等の多様表現（representations）を活用した教材群を開発し、授業を改善するための具体的手段を提示することを目指したものである。

大学入門力学教育における「仕事とエネルギー」分野において、学生はその概念的理解に大きな困難を抱いているが、それは高校、大学の教育現場において「系の選択と確定」をあいまいにしたまま教授活動が行われてきた結果である。困難克服のためには仕事とエネルギー概念の、図解表現、数式表現、動画表現との連携が必須である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

物理教育研究（PER）は科学的思考法に基づいた学問固有の科学的題材についての学習と教授に関する教育研究（DBER）である。DBERの研究者は通常のエドゥケーション研究に加えて物理学領域固有の専門性を必要とする。本研究の特色は、こうしたDBERの研究プログラムに沿って、入門力学における「仕事とエネルギー」分野について学生が抱く概念的困難を明らかにし、教育活動と多様表現・多重表現との連携が必須であることを具体的に示した点にある。物理学の概念的理解と多様表現の関わり、そして学生の問題解決スキルの育成に焦点を当てた本研究は、今後の物理教育に新たな道筋をつけるものである。

研究成果の概要（英文）：This study developed a set of teaching materials utilizing various representations such as diagrams, graphs, equations, and videos based on the Physics Education Research (PER), and proposed concrete measures to improve teaching.

Analysis of student reports revealed that diagrammatic representations are deeply associated with students' problem-solving skills. In the field of "work and energy" in introductory university mechanics education, students face significant difficulties in conceptual understanding, largely due to the ambiguity in the selection and determination of systems in teaching activities at both high school and university levels. Overcoming these difficulties requires the integration of diagrammatic, mathematical, and video representations with the concepts of work and energy.

研究分野：物理教育研究

キーワード：多様表現 多重表現 物理教育研究（PER） DBER 反駁テキスト 数式表現 概念的理解 仕事とエネルギー

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

(1) 科学をどう教えるか 物理教育国際会議(ICPE2006)を契機に、物理教育研究(Physics education research: PER)が注目された。覧具博義(東京農工大学教授(当時))を代表とした、初等中等から高等教育にわたる20名ほどの構成員(右近修治(研究代表者)、新田英雄(研究分担者)を含む)からなる物理教育研究グループが結成され、Edward F. Redishによる著作“Teaching Physics with the Physics Suite”の実践的検証に基づいた研究が進められ、研究活動の成果として同書の翻訳本「科学をどう教えるか：アメリカにおける新しい物理教育の実践」が出版された。

(2) 物理教育研究(PER)と DBER 物理教育研究は、科学的思考法に基づいた科学的題材についての学習と教授に関する教育研究(Discipline-based education research: DBER)であり、一般的な教育研究とは異なる新しい学問分野である(L.C.McDermott, Am. J. Phys. 82(8), 2014)。2020年、日本学術会議は「物理学における学問分野に基づく教育研究(DBER)の推進」を提言するに至った。

(3) 多重表現(multiple representations)の理論 ICT技術の進展と共に、生徒が深いレベルで学習することを支援するためのマルチメディア教材の研究・開発が着手され、多様表現(representations)と学習理論、認知科学との関連に研究者の注目が集まった。Paivioらの2重コード理論(Dual Coding Theory: DCT)によれば、言語コードと非言語(画像)コードとは独立に機能するので両者を同時に提示することにより学習効果は倍増する。MayerはDCTをさらに発展させ、言語/音声的と視覚/画像的な2つのチャンネルを同時に用いたときに、学習効果が最適となる組合せを追求し、マルチメディア学習の認知理論(Cognitive Theory of Multimedia Learning: CTML)を提唱した。Ainsworthによれば、単に文章と図の組み合わせというだけに限らず、文章、オーラル、写真、図解、グラフ、表、数式等あらゆる形式の表現の適切な組合せとしての多重表現が、複雑で新規な事柄を学習することに対して効果的である。Ainsworthは当該学習の到達目標範囲を覆う計画(design)、学習過程に果たす機能(functions)、そして学習者の認知的作業(cognitive tasks)に着目し、多様表現の有効性を測る指標としてDeFT(Design, Function, Tasks)の枠組みを設定した。DeFTの機能としては(a)補完的役割(complementary roles)、(b)解釈を限定する(constrain interpretation)、(c)より深い理解の構築(construct deeper understanding)の3つがある。

(4) 物理教科書開発と多重表現 基盤研究(C)課題番号18K02964(代表 右近修治)により、学生の概念的理解を促進させ、学習観・学習姿勢を好ましい形に転換させることを目指した力学教科書を検証作業と並行させながら開発する作業が進められ、その成果物として「SUPER 入門力学」(Student-centered Understanding based on Physics Education Research)(全316頁)が公開された。教科書開発の過程でAinsworthのDeFTの枠組みが教科書の構成、記述に大きな影響を与えることが深く認識された。特にVan Heuvelenらによる多様表現変換課題やJeopardy問題の重要性がエネルギーバーチャートと共に注目された。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、理工系大学初年度生を対象とした物理教育研究(PER)による調査結果に基づき、多様表現を活用した教材群を開発し、その観点から授業を改善するための具体的手段を構築することである。多様表現を活用した、いかなる教材群が問題解決スキルを向上させ、素朴概念の変容を引き起こし、高い学習効果をもたらすのかを明らかにする。現在までに蓄積されている多様表現に関する認知学習理論と物理学固有の題材がDBERとして結合することにより、かかる学術的問いに対して、具体的実践的に答えることができる可能性がある。

## 3. 研究の方法

問題解決の過程において、学生は多様表現をどのように活用するのか、その取り組み方は個々の学生が抱く物理学に対する学習観や素朴概念とどのように関連しているのかを、レポートの系統的解析および半構成型聞き取り調査(semi-structured interview)による個別調査と概念調査を組み合わせた「統合調査」により解析した。研究分担者(新田英雄、山本明利、中村正人)および研究協力者(岸澤眞一、宮崎幸一、長谷川大和)らと3年間で30回の研究会(対面及びZoom会議)を開き、調査結果を共有分析し、共同作業により力学教材を開発した。

## 4. 研究成果

(1) テスト成績上位者は多様表現を活用しているか A大学初年度生必修物理学コース(力学)履修者60名を対象に、演習問題の解答として提出されたレポートを分析し、テスト成績と、活用された多様表現との関連を調べた。コース前半に12回のレポート提出があり、前半終了後に12点満点(12題)のテストが実施された。12回のレポートのうち5回分を分析対象とし、文章表現(問題を理解しているか、与えられている条件と導く課題を把握しているか、論理を展開しているか、代数、記号、数式を説明しているか、状況や得られた結果を説明しているか等々)、

図解表現（問題を理解しているか、概念図、物理図解、自由物体図等が適切に描かれているか、座標が適切に定義されているか、代数が適切に割り当てられているか等々）、数式表現（適切に数式が記述されているか、一般的な関係式と計算式が区別されているか、物理量として計算しているか等々）、解の検討（解を導いた後で得られた解の意味を記述しているか、得られた解が現実的なものか否かについて言及しているか、解の検算をしているか、別解を提示しているか等々）の4観点から、研究分担者、研究連携者がそれぞれ独立に1点満点で評価し、その平均点を得点とした。また、前半終了後のテスト成績12点、11点を成績上位グループ、8点以下を下位グループとした。図1は上位グループ、下位グループそれぞれの5回分レポート、4観点の評価である。多様表現のうち、特に観点2の図解表現に対して大きな差が見られた。また観点4解の検討についても違いが目立った。これは問題解法指導の過程で、特に図解表現指導に力を入れることが効果的であることを示唆している可能性がある。一方、こうした差異は課題問題の質にも依存している。図2は5回のレポート、それぞれに対する観点2の評価である。第4回、第6回、第8回で、上位グループ、下位グループの差が大きいたことが目に付く。図3に、差が大きくなった演習課題を示す。何れも、問題解法の過程において図解表現スキルが要求される出題となっていることが改めて認識できる。

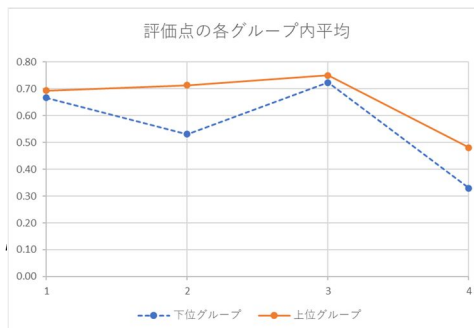


図1 縦軸は評価、横軸は観点1~4

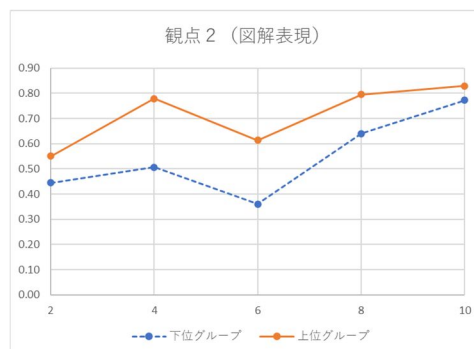


図2 縦軸は評価、横軸は5回の課題番号

(2)物理教育における数式表現[1] 運動量の数式表現 $p = mv$ は、物理教育現場の教員から見て、数式として特に問題があるとは思われていない。しかし速度を質量倍するとはいったいどういうことか。こうした物理学独特の数式表現は長い物理の歴史の中で工夫されてきたものであり、数学における数式表現と物理学における数式表現とは異なるものである。初学者がここに概念的困難を抱えていることが物理教育の課題として浮上してきたのは最近のことである。Redishの調査によれば、入門物理コースを修了した学生にとって、等加速度運動の関係式 $x = at^2/2$ は運動方程式 $F = ma$ よりも重要な公式であった。物理量の概念を表現する数式の役割が適切に伝わっていないのである。兵頭俊夫は物理学で用いられる式に現れる等号「=」には 法則の等号、定義の等号、概念の間の関係を表す等号、

第4回

ベクトル  $\vec{a}$  の x 成分は  $-25.0 \text{ m}$  y 成分は  $+40.0 \text{ m}$  である。この時、ベクトル  $\vec{a}$  の大きさはいくらか、またベクトル  $\vec{a}$  の x の正の向きとの角度の大きさはいくらかか？

第6回

人工衛星が高度 640 km の円軌道を、1 週 98.0 分で周回している。この人工衛星の速さはいくらか。また、向心加速度の大きさはいくらか。

第8回

図のように、摩擦のない水平な床の上に置かれた 5.0 kg のブロックを、 $F = 12.0 \text{ N}$  のちからで水平から  $25^\circ$  上向きに引っ張った。

(a) ブロックの加速度は、いくらか？  
 (b) 力の大きさ  $F$  をゆっくり増加させたところ、ブロックが床から浮か上がった。この時の力の大きさとブロックの加速度の大きさはいくらか？

図3 観点2の評価に差の出た課題

数学的な式変形を表す等号の4種類があり、教科書にこれを明示することにより初学者の混乱を回避できるとしている。また Alae *et al.* は物理学における等号を 定義 (definitional :D)、因果関係 (causality :C)、割り当て (Assignment :A)、つりあい (balancing :B)、式変形 (calculate :M) の5つに分類し、物理学の入門 (大学入門物理学)、中級 (大学電磁気学、量子力学) でこれら等号の用いられ方が大きく異なることを指摘している。

本研究グループでは Alae *et al.* の D(定義)をさらに法則 (law :L)、公式 (formula :F) に分類し、さらに説明 (explanation :E) を追加して7分類とし、高校物理基礎の大判、小判の教科書をそれぞれ1冊ずつ選び出し、使われている式の等号の分類を試みた[2]。等号の分類は文脈にも大きく依存するので、教員歴の長い研究分担者、研究協力者の間でも、しばしば議論となった。全体で、数式の数は、小判は大判の2.5倍以上ある。しかし等号分類の分布の割合は小判と大判で大きな違いはなかった。興味深いのは、大判、小判の等号分類の分布が海外の教科書の大学中級レベルの教科書とほぼ同じであったことである。高校物理基礎といえども、大判が小判に寄らず、数式表現の質に関しては海外のレベルの高い教科書と似た傾向にある。入門物理を学ぶ生徒や学生は、果たして物理教科書における数式表現にどれほどの困難を抱えているのだろうか。

(3)学生が数式理解で直面する困難[3] 果たして生徒や学生は、テキスト教材に現れる数式に対して、教員が意図したように理解しているのだろうか。これを調べるために「仕事と運動エネルギー」に関するテキスト (A4: 1ページ) を作成し、そこに出てくる7個の式に現れる等号の意味を答える調査問題を作成した。調査対象者はA高校1年生2クラスの73名である。等号の分類は 定義、法則、公式、因果関係、代入、つりあい、式変形や計算の過程、説明の8分類とした。7つの式については事前に本研究者がテキスト作成者の立場から分類し、生徒による分類がこれと一致する割合を調べた。テキストでは既習の等速直線運動の関係式「 $v^2 - v_0^2 = 2ax$ 」に現れる加速度  $a$  に運動方程式からの「 $a = F/m$ 」を代入し、式変形して運動エネルギー

ギーの変化と仕事の関係式「 $mv^2/2 - mv_0^2/2 = Fx$ 」を導く解説がなされている。その代入部分を代入と識別できた者は全体の70%、式変形を式変形と識別できた者は50%であった。

B大学(建築学科45名,都市工学科33名,計78名)においても、「運動量の変化と力積」に関するテキスト(A4:1ページ)中9個の式に現れる等号の意味を問う調査が行われた。同テキストには,加速度 $a$ は単位時間当たりの速度変化であることを示す定義式「 $a = (v - v_0)/\Delta t$ 」を運動方程式「 $ma = F$ 」の $a$ に代入し,式変形して「 $mv - mv_0 = F\Delta t$ 」の関係式を導く解説がなされている。その代入部分を代入として識別できた者は全体の40%であったが,式変形の部分については0%であった。代入部分の回答率が80%に対して式変形の部分が20%と異常に少なく,式変形による等号を分類するという調査問題の意味が,十分に伝わっていなかったと考えることもできる。しかしながら入門物理学を学ぶ生徒や学生は,必ずしも教員が意図しているようには数式を読み取れていない可能性がある。

(4)仕事とエネルギーの概念的理解 [4] [5] エネルギーは初学者が入門物理学の課程で初めて出会う抽象的な概念であり,図解を中心とした多様表現・多重表現,アナロジー等の助けなしに理解することが極めて難しい。エネルギー概念は小中高の理科教育を貫く縦系であるにもかかわらず,本研究が以下明らかにしたように,大学入門物理学の段階に至っても,学生はエネルギー学習に対して大きな困難を抱えているのが現状である。

エネルギーの学習を困難にしている大きな要因の一つは,「系」の選択・確定をしない限り仕事とエネルギーについて語るができないという,エネルギーの基本的な性格が,教科書や現場教員にほとんど意識されないまま教育活動が展開されている点にある。例えば質量 $m$ の物体を地上から $h$ だけ静かに糸で持ち上げたときに重力のする仕事 $W_g$ と,そのときの重力による位置エネルギーの増加量 $\Delta U_g$ を求める教材が高校物理基礎で扱われている。もしその物体だけを系とした1物体系として扱えば,重力も糸の張力も系外の力(外力)であり,これら外力のした仕事の合計が0であれば運動エネルギーの変化量 $\Delta K$ は0である。また,1物体系に位置エネルギーはもともと存在しないので $\Delta U_g = 0$ である。一方,物体と地球を系とする2物体系として扱えば,重力は系内の力(内力)であるから,外力は糸の張力のみ,糸の張力と重力が常につきあっていたとすれば,糸が張力によってなされた仕事は $mgh$ である。一方物体が初期状態で静止,終わりの状態で静止していれば,この間の運動エネルギーの変化量 $\Delta K$ は0,したがって系のエネルギー保存の法則より $0 + \Delta U_g = mgh$ が得られる。

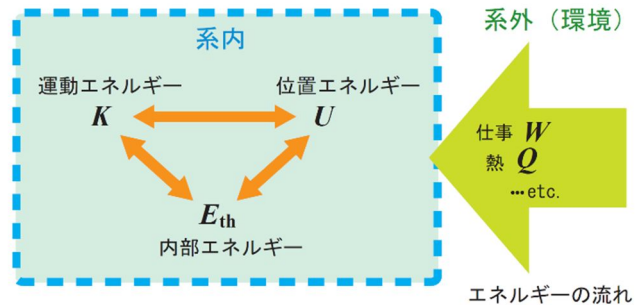


図4 エネルギー保存の法則(熱力学第一法則)

図4はこうしたエネルギーと仕事の概念を図解したものである。系を選択し,系内と系外とを隔てる境界を定めて初めて系内のエネルギーを確定できる。仕事や熱によって,系外から系内へとエネルギーが流入し,流入した分だけ系内のエネルギーが増える,流出すればその分だけ減る。内力による仕事は系内のエネルギーを変換するだけでエネルギーの総量は変化しない。これがエネルギー保存の法則である。図4のような図解表現はエネルギーと仕事,そしてエネルギー保存の法則についての概念的理解に必須である。

(5)学生のエネルギーと仕事理解[6] [7] 「仕事」「力学的エネルギー」「ポテンシャルエネルギー」「力学的エネルギー保存の法則」等に関する学生の基本的概念的評価を目的とする「仕事とエネルギー概念調査」(WECE: Work and Energy Concept Evaluation)を開発した。WECEはWECE(a)運動エネルギー変化と仕事の関係,WECE(b)1物体の力学的エネルギー保存,WECE(c)2物体の力学的エネルギー保存の3テーマ16個のアイテムから構成されている。調査対象は理工系A大学(2021年度機械工学科,都市工学科の2学科4クラス172名,2022年度応用化学科,自然科学科,建築都市デザイン学部建築学科,都市工学科の4学科4クラス199名,合計371名)および教育系B大学(2023年度教育学部135名)である。またA大学では調査後2021年度に10名,2022年度に5名,合計15名より聞き取り調査を行った。またB大学では調査に合わせて自由記述式アンケートに回答してもらった。両大学とも調査は,力学の授業で該当箇所終了後に行われた。

WECE(a)は $x$ 軸上を粒子が運動しているとき 粒子の速度が2 m/s から3 m/s に変化したとき 粒子の速度が-2 m/s から-3 m/s に変化したとき 粒子の速度が-2 m/s から2 m/s に変化したときのそれぞれについて(a)粒子の運動エネルギー $K$ は増えるか減るか変わらないか(b)このとき粒子になされた仕事 $W$ は正か負か0かを答えるものである。 についてはA大学,B大学で $\Delta K > 0$ かつ $W > 0$ の正答はそれぞれ93%,96%であった。一方 については, $\Delta K > 0$ かつ $W > 0$ の正答は,A大学25%,B大学41%である一方, $\Delta K > 0$ かつ $W < 0$ がA大学48%,B大学44%の高きに達した。 については $\Delta K = 0$ かつ $W = 0$ の正答はA大学31%,B大学24%である一方, $\Delta K = 0$ かつ $W > 0$ がA大学39%,B大学47%であった。聞き取り調査やアンケートから,学生は仕事

や運動エネルギーの計算式を暗記してはいるが、その概念的意味が理解できていない実態が浮かび上がった。

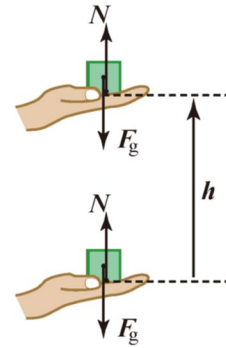
WECE(b)は、物体を $h$ 持ち上げたときの仕事や力学的エネルギーの変化を問う問題群からなる(図5)。

は正, 負, 0の3択, は正, 負, 0, 何とも言えない(ICSA)の4択である。A大学は正75%, 負5%, 0が18%, は正75%, 正14%, 0が8%, B大学は正69%, 負2%, 0が29%, は負71%, 正1%, 0が27%であった。一方

静止している物体を静かに $h$ だけ持ち上げた後、再び静止させた。

- ① 垂直抗力 $N$ が物体にした仕事
- ② 重力 $F_g$ が物体にした仕事
- ③ 物体がされた全仕事 $W$
- ④ 物体の力学的エネルギーの変化量 $\Delta E$

図5 WECE(b)



	E>0	E<0	E=0	ICSA	NA	計
W>0	30	1	9	4	0	44
W<0	2	1	1	0	0	4
W=0	18	1	12	6	1	37
ICSA	5	0	4	2	0	10
NA	0	0	0	0	3	4
計	55	3	26	13	4	100

表1 A大学 (N=371名)

	E>0	E<0	E=0	ICSA	NA	計
W>0	48	0	3	2	0	53
W<0	0	0	1	0	0	1
W=0	21	0	10	1	0	33
ICSA	5	0	1	6	0	13
NA	0	0	0	0	0	0
計	75	0	16	10	0	100

表2 B大学 (N=135名)

正答は $W=0$ かつ $\Delta E=0$ と, $W>0$ かつ $\Delta E>0$ の2組ある。前者は物体だけの1物体系として扱った場合, 後者は物体と地球の2物体系として扱った場合に正答となる。1物体系選択でA大学30%, B大学48%の正答率, 2物体系選択でA大学12%, B大学10%の正答率であった。しかしながら, A大学聞き取り調査, B大学アンケートより, 表1, 表2には自分の選択した系がいまいな, 偽正答が含まれていることがわかっている。

WECE(c)は, 水平な机上の台車にひもを付け, ひもを机の端にある滑車を通し, ひもの先におもりを吊るし, おもりを落下させたときの台車とおもりの運動について, 仕事とエネルギー変化を問う問題群からなる。台車, おもり, 地球の3物体系, おもりあるいは台車と地球の2物体系等々, 系選択の自由度が増加する。同調査はA大学で実施されたが, 深刻な「系選択」の混乱が聞き取り調査共々観察された。

(6)多重表現としての動画[8][9] 実験動画等のビデオクリップは既に高校物理基礎, 物理, 大学入門物理教科書等において, 導入が始まっている。いうまでもなくビデオ動画は多様表現のひとつである。Van Heuvelenらによる多様表現変換課題の有効性の観点から, 他の表現と連携することにより, ビデオクリップは概念的理解をより一層深めることが期待できる。本研究グループは運動の第2法則, 第3法則, 斜面上の運動, 放物運動, 2物体連結運動, 2物体の競争, 空気抵抗, 1次元衝突, 2次元衝突, 単振動, エレベーター内の物体等のビデオクリップを作成し, これらと力学センサーデータとの多重表現, 多様表現変換課題の可能性について議論を深めた。台車の斜面上の運動ビデオクリップを運動図, 自由物体図, 位置-時間グラフ, 速度-時間グラフ, エネルギーバーチャート等の多様表現と関連づけさせることにより, 学生の概念的理解を深めることができる。

<引用文献>

- [1] 右近修治, 物理教育における数式表現, 物理教育通信, 190, 50-60, 2023
- [2] 長谷川大和, 右近修治, 他5名, 物理教育における数式表現(2), 日本物理学会 2022 秋季大会, 14aW321-7
- [3] 長谷川大和, 右近修治, 他5名, 物理教育における数式表現(3), 日本物理学会 2023 春季大会, 25pN1-8
- [4] 右近修治, 「エネルギー保存則」どう教えるか, 物理教育通信, 186, 20-43, 2021
- [5] 右近修治, 小中高で獲得すべきエネルギー概念, 理科教室, 66, 29-36, 2023
- [6] 右近修治他6名, 学生のエネルギー概念理解(3), 日本物理学会 2023 春季大会, 25pN1-6
- [7] 右近修治, 「エネルギー保存則」どう教えるか, 物理学教室合同企画「ニュートン祭」招待講演, 東京学芸大学環境教育研究センター 1F 多目的教室, 2023年12月
- [8] 右近修治他6名, 物理教育研究に基づいた入門物理教科書の開発(6), 日本物理学会 2024 春季大会, 19aN1-7
- [9] 岸澤真一, 右近修治, 他5名, 物理教育研究に基づいた入門物理教科書の開発(7), 日本物理学会 2024 春季大会, 19aN1-8

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 0件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 右近 修治	4. 巻 190
2. 論文標題 物理教育における数式表現	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 物理教育通信	6. 最初と最後の頁 50～60
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.24594/apej.190.0_50	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 右近 修治	4. 巻 66
2. 論文標題 小中高で獲得すべきエネルギー概念	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 理科教室	6. 最初と最後の頁 29～36
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 右近修治	4. 巻 8
2. 論文標題 教科書の研究－物理教科書は生徒の学びとどう関わるのか－	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 青山学院大学 教職研究	6. 最初と最後の頁 15-33
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 右近 修治	4. 巻 186
2. 論文標題 「エネルギー保存則」どう教えるか	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 物理教育通信	6. 最初と最後の頁 20～43
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.24594/apej.186.0_20	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 -

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 右近 修治
2. 発表標題 物理教育における多様表現の活用
3. 学会等名 大学の物理教育研究会（UPEC）（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 右近 修治
2. 発表標題 物理教育における数式表現
3. 学会等名 物理教育研究会 (APEJ)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 右近 修治
2. 発表標題 学生が持つ「エネルギーと仕事」概念
3. 学会等名 物理教育学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 右近 修治
2. 発表標題 物理教育における数式表現(1)
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 右近 修治
2. 発表標題 認知ツールとしての多様表現
3. 学会等名 科研費研究「思考過程調査に基づいた多様表現の研究」/「物理教育研究を踏まえた中高教員育成プログラム開発」合同研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 右近 修治
2. 発表標題 学生のエネルギー概念理解(3)
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 右近修治
2. 発表標題 「エネルギー保存則」どう教えるか
3. 学会等名 物理教育研究会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 右近修治
2. 発表標題 物理教育における反論テキスト
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2021年



1. 発表者名 右近修治
2. 発表標題 学生のエネルギー概念理解
3. 学会等名 日本物理学会
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	新田 英雄  (Nitta Hideo)  (50198529)	東京学芸大学・教育学部・名誉教授   (12604)	
研究分担者	山本 明利  (Yamamoto Akitoshi)  (70751105)	北里大学・理学部・教授   (32607)	
研究分担者	中村 正人  (Nakamura Masato)  (90247130)	東京都市大学・理工学部・講師   (32678)	

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