

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 元年 9 月 3 日現在

機関番号：37115

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K00937

研究課題名(和文)五感を使った体験・失敗経験とICTを組み合わせたユニバーサルデザインの物理教育

研究課題名(英文) Education of Physics in Universal Design Combining Experiences and Failure Experiences Using Five Senses and ICT Instruments

研究代表者

中村 文彦 (NAKAMURA, Fumihiko)

久留米工業大学・工学部・教授

研究者番号：40231477

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)：理工系大学の基礎物理の初回授業で、「どうせ勉強してもわからない」と「学習性絶望感」に陥った学生が珍しくない。本研究は、「物理嫌いの原因解明」、「物理屋のための物理学からみんなの物理学へ＝ユニバーサルデザイン物理学のあり方」、「ICT機器やアクティブ・ラーニング導入の効果」などについて研究した。物理嫌いが「物理と日常感覚とのずれ、公式暗記主義、物量主義、成果主義」にある。物理嫌い解消のため「理解の回路」を重視した「物理教育における描画の重要性」を提唱、ICT機器利用やアクティブ・ラーニングの効果検証、学習管理システムを使用した自習課題のe-learning化等を実施した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

「物理」は必修科目であるが、最も嫌われる教科でもある。理工系学生ですら物理を嫌う。しかも、半世紀以上物理学の教科書や実験の大幅修正はない。一方、小学生の多くは物理に興味を持っている。すなわち、物理嫌いの原因は中・高校、大学初年次教育にある。本研究では、物理が得意な少数の人たちの物理からみんなが理解できる物理の学び方「ユニバーサルデザイン物理教育」が必要であること。ユニバーサルデザインの物理教育には「実体験させること、描画を取り入れること、失敗から学ぶこと」が重要である事を示した。この「ユニバーサルデザイン物理教育」が初等教育で広まり、多くの物理難民が救われることを期待したい。

研究成果の概要(英文)：Recently, we can often find some students have fallen into a "learned helplessness" in the first physics class for freshers in science and technology course. In order to develop "Universal Design (UD) for physics elucidation", we have studied "the active learning methods for physics education" and "the effect of introducing ICT devices such as a tablet PC and/or electronic LCD writing board". Here, we propose a concept of "Circuit of physics understanding", and then we show that "Drawing" is the key for physics learning.

研究分野：物理教育

キーワード：物理教育 物理教育 アクティブ・ラーニング ICT機器 グループ学修 e-ラーニング ユニバーサルデザインな

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

小学生対象の科学教室では、超伝導や磁石などの物理実験がいつも大人気である。また、「物理」は数学と並んで理科系の基礎科目であり、多くの日本人が小学校から高校にかけて「物理」を学んでいる。にもかかわらず、「物理」はすべての教科の中で最も嫌われる教科である。さらに中学2年頃から始まる「理科離れ」が社会問題化して久しい¹⁾。時代と共にその流れは強くなっている。中でもさらに深刻なのは、「物理を専門としない理工系大学にも「物理」を苦手とする、理解ができていない学生が多数存在している」、「中学理科教員免許を目指すある国立大の理学部生の7割が物理を学んだり教えたりすることにネガティブな反応を示した²⁾」、「この50年以上の間、中学・高校での「物理」や大学での物理学の教育内容・教授方法はほとんど変わっていない」など、これまでの「物理教育」のあり方が学習者や社会のニーズに合わなくなってきた。

早急に、物理の学び方を大きく変える必要がある。今、物理家の「我々の物理からみんなの物理」²⁾への転換を真剣に考えなければ科学立国日本の終焉は近いだろう。しかし、みんなの物理学＝「ユニバーサルデザインの物理教育」を実現するには何をしたらよいのか？未だ答えはない。

2. 研究の目的

このように現状の物理教育を鑑みると、今後物理離れはさらに増加していくように見える。そこで本課題の目的を(1)物理離れの原因調査、(2)物理離れの現状を踏まえ物理教育の方法の提案とした。特に、情報通信技術(ICT)機器の活用とアクティブ・ラーニングを組み合わせた教育方法の提案と検討を目指した。さらに、(3)学習履歴や学力が多様な学生を対象にしたユニバーサルデザインの物理授業の実現を目指した。

多くの地方私立工学系大学では、学生の学力分布が広範囲(場合によっては二極化)に分布している。これは義務教育課程の学力分布とも類似しており、抱える問題点も類似していると考えられる。また、学生たちの学習・学修困難の原因や学習履歴を調べることで、初等中等教育の抱える理数教育の問題点や解決への指針を明らかにできると思われる。そのため我々は“「物理」が嫌われる理由”を明らかにするため、地方私立工学系大学の初年次生を対象に調査した。

3. 研究の方法

(1) 物理嫌い原因の調査：我々は、物理嫌いの原因を明らかにするため、工学系大学初年次の学生に、聞き取り調査、アンケート、学力調査(クラス分けテスト、全国学力調査(中学3年版数学、理科)等)、物理学習姿勢調査(CLASS: Colorado Learning Attitudes about Science Survey)等を実施した。

(2) 教育方法の開発：上記(1)の調査等で推測される物理嫌いの原因を解決するため、各種アクティブ・ラーニングの手法を取り入れた。また、その成果を学力、アンケート、聞き取り調査等から評価しながら教材開発を行った。具体的にアクティブ・ラーニングの手法を通常の物理授業、物理学実験に取り込んだ。また、演習課題をe-learningで実施した。

4. 研究成果

物理嫌い原因調査のため、研究開始時に久留米工業大学の初年時生を中心に、聞き取り調査、アンケート、学力調査等を実施した。その結果、学生たちにとって「物理を理解する」という発想に乏しいことがわかった。すなわち、高校から入学したての学生にとって、物理の学習とは「公式の暗記であり、物理現象の理解ではない。問題を見て要領よくどの公式を使えば良いのか判断

し、計算すること」と考えている学習者が多いようである。さらに、「数学は強いが、物理が苦手である」という学生がいた。話を聞くと「物理の問題文には式が書いていない」「数学でも文章題は苦手」であった。すなわち、式の計算はできるがその意味を理解していない。または、日本語を理解できていないことが分かった。すなわち、多くの学習者にとって「物理現象の理解」という発想に乏しく、「理科で実験を行うことの意味」が理解されていない。そこで、我々は以下の様な方法で物理嫌いの解消を目指した。

「図を描くこと」で物理概念は獲得される (ICT による動画教材の効果) [発表論文 ,]

そこで我々は、「物理を学ぶこと」とは図 1 のような「理解の回路ができること」であると考えた。これは、「自然現象を体験・観察」することで、現象の主要因を見つけ抽象化できる。「図を描くこと」、「言葉による説明」を通し、「数式 (数学) での説明 (論理展開)」を行い「物理概念を形成」それをまた現象に照らし合わせることで「物理を理解」できる。というものである。すなわち、「描画」することによって、我々は現象の本質を認識できる。

元々この考え方は、特別支援教育 (数学の LD の支援) の手法に由来している。「100」という数の概念を得るためには、人は100本のストローを数える必要があるが、途中で間違えてしまう。そのため、10本の束を10個作りこれが「100」だと理解する。この手の運動を繰り返すのだが、この過程で「図を描く」ことが概念獲得の鍵になる。

同じように、「図を描くこと」で「物理概念」も獲得できるのでは? と我々は考え「描画」の効果进行调查した。はじめ、問題を解く段階で学生に図を描くことを求めたが、なかなか理解につながる描画は困難だった。そのため、学生たちの理解につながる静止画、動画教材を開発した。力学分野「川を渡る船」、「モンキーハンティング」の問題を、パワーポイントで作成したアニメーションや3Dゲーム作成ソフトで作成した動画を学生のタブレットで繰り返し提示し、運動イメージの定着をはかった。その結果、授業直後のアンケートで肯定的意見が多く、課題の正答率も上昇した。しかし、約2ヶ月後に実施した類似問題では初めと同じ誤答もみられ、ICTの利用だけでは十分に定着しないことも判明した。また、動画教材のリアリティが高すぎると、興味を引く効果は高いが、遊びの要素が多く、学修効果が得られない。

学生実験の改革 [発表論文 ,]

どこの大学でも基礎物理学実験の内容は、半世紀以上ほぼ同じである。ゆとり教育、理科離れが叫ばれ、学生たちの質が変化したといわれ続けてもである。

久留米工業大学では、理科の教員免許取得のための物理学実験を実施している。この実験では、学生たちに理科に実験がある意義を伝える必要もある。また、本学の理科教員志望者の場合物理の学習履歴は多岐にわたり中学生の理科を基礎とする学生もいる。また、高校物理を履修した学生にとっても従来型の実験内容は興味を失わせてしまうことが多かった。そこで、我々は学生たちの物理実験に関する意識調査を行い、多様な学力の学生に対応するユニバーサルデザインの物理実験の実現を目指した。改革のポイントは

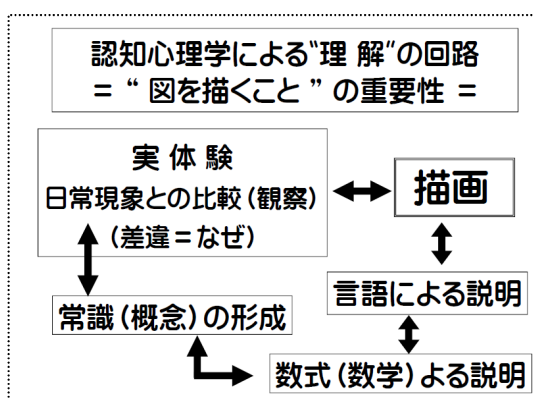


図 1 理解の回路：なぜ物理や数学が分かりにくいのか？体験した物理現象を概念として獲得するまでの過程を模式的に示した。図を描くことで、概念獲得は可能になる。

次の通りである。 実験ガイダンスの充実(口頭発表,実験ノート・科学論文の書き方,研究倫理,安全教育,基本的な装置や数値の取り扱いなど) 受講者を成績・性格等を考慮した4~6人の班にわけると 課題数を減らす(1課題5回×2課題を実施) 「マニュアル」としての実験書の廃止し,タブレット端末,電子黒板などのICT機器導入(ノートの記入の苦手な学生にとって実験記録や議論の助けになる) 「失敗・工夫」を重視,原因を十分に議論,実験グループ内での議論の支援 1グループ30分(一人あたり5~10分)のプレゼンテーションを実施 プレゼンテーションの質疑応答を基に個人単位でレポートを提出(添削後,再提出)

その結果,プレゼンテーションを課したことによって学生たちの自主的学修が進んだ。特に,班のメンバー構成をうまく編成できれば,成績上位やコミュニケーション能力の有るリーダーが基礎学力不足の学生を支援することで両者に成長が見られ,意欲向上に役立った。実験において学生間の自主的学修の導入は有効であった。また,今の学生はほとんど実験ノートが取れない。そこで,実験状況をまずタブレットで動画で記録させ,その後にノートに記録させた。この方法は,ノートの取り方の練習になるだけでなく,実験の安全性向上にも役に立った。

多様な学習履歴を持つ学生に対してのアクティブ・ラーニング型授業 [発表論文]

アクティブ・ラーニング型授業が成立する条件は,学習者にそれ相当の知識があること,学習者同士のコミュニケーションが可能なことである。しかし,多様な学習履歴を持つ学生を多く含むクラスでは学習障害などの理由でコミュニケーションに問題がある学生が多く含まれている。すなわち,基礎知識の修得以前に,コミュニケーションを誘導する工夫が必要である。そのための我々の工夫は, 学生間の物理的距離を縮める机の配置(対面) グループのメンバー選び 単純な作業を含む学習活動,を導入することを実施した。例えば,「合成抵抗を求める課題」では,実際に並列接続した合成抵抗をテスターで測定すること,結果を全員で共有,教員の指示を学生間で共有することで「1人ではわからない問題でも,仲間と考えると理解できる」ことを理解した。このことから,我々は教員の指示が学生の理解の範囲であれば,多様な学習履歴を持つ学生に対してのアクティブ・ラーニング型授業は成立すると考えている。ただし,すぐに「学力=試験の成績」が上がるわけではない。

言語能力と物理の学び

「物理」の学修に困難をきたす学生の多くに,問題文が読めていない事例が多い。物理の学習の以前に言語によるコミュニケーション能力を高める必要がある。基礎知識がないから学修できないだけでなく,「暗記主義」に陥った学生の学び方自体に問題がある。このことはあらゆる調査にあらわれる。大学入学後すぐに,言語によるコミュニケーション能力を身につける活動が必要である。

ICT機器利用の効果

ICT機器の利用がすぐに学生たちの「学び方改革」につながるわけではない。ただ,スマートフォン時代の学生にとって,紙媒体の文章を読むのは苦手でもICT機器を利用すればコミュニケーションの助けになり得る。例えば,動画記録は,実験ノートが取れない学生,動きの速い現象,レーザーなど危険を伴う現象等の観察,顕微鏡や望遠鏡の画像などの情報をみんなで共有するなどの効果があった。また,e-learningでの小テスト等は採点の手間がないので,リアルタイムに学生に解答を示すことができる。学修意欲のある学生には反転学習の手段となりうる。しかし,紙媒体でもやらない学生はe-learningになったから学習するわけではない。やはり,ここは人間が直接コミュニケーションを取る方が効果的であろう。

<引用文献>

- 1) 高橋尚志, 大学の物理教育, 14, (2008) 84.
- 2) 村尾美緒, 日本物理学会誌, 74, (2019) 349.

5. 主な発表論文等(研究代表者は下線)

[雑誌論文](計 6 件)

- 酒見龍裕, 野田常雄, 江藤徹二郎, 中村文彦, 巨海玄道, 久留米工業大学における初年次物理基礎教育, 大学の物理教育(査読有), 24, (2018) 24-28. DOI: 10.11316/peu.24.1_24
- 巨海玄道, 酒見龍裕, 荒川彰子, 御厨かおり, 中村文彦, 川崎恵, 久保山晴奈, 立石千恵, 酒村敬子, 久留米工大における留学生及び特別に配慮を必要とする学生の物理基礎学力調査, 九州の物理教育(査読有), 4, (2018) 5-7.
- 廣岡早紀, 野田常雄, 中村文彦, 物理概念における描図の効果, 九州の物理教育(査読有), 3, (2017) 35-37.
- 赤木健太, 高嶋絵里奈, 野田常雄, 江藤徹二郎, 中村文彦, 教員養成における新しい物理学実験の試み, 九州の物理教育(査読有), 3, (2017) 12-14.
- 巨海玄道, 野田常雄, 江藤徹二郎, 中村文彦, 大学全入時代の物理学基礎教育の新展開 久留米工大を例として, 第 65 回九州地区大学教育研究協議会議事録(査読無), (2017) 46-51.
- 野田常雄, 江藤徹二郎, 巨海玄道, 中村文彦, 理系科目の演習における e-learning 化の試み, 第 65 回九州地区大学教育研究協議会議事録, (査読無), (2017) 117-119.

[学会発表](計 25 件)

- 酒見龍裕, 野田常雄, 江藤徹二郎, 井野明洋, 巨海玄道, 中村文彦, 理工系大学でのアクティブ・ラーニング II, 日本物理学会 第 74 回年次大会, 2019.3.14-17, 九州大学伊都キャンパス (福岡県)
- 井野明洋, 阿武京花, 青柳祐香, 野田常雄, 中村文彦, 国語力と物理教育, 久留米工大における取り組み, 日本物理学会 第 74 回年次大会, 2019.3.14-17, 九州大学伊都キャンパス (福岡県)
- 中村文彦, 野田常雄, 酒見龍裕, 江藤徹二郎, 井野明洋, ユニバーサルデザインの物理教育, 日本物理学会 第 74 回年次大会, 2019.3.14-17, 九州大学伊都キャンパス (福岡県)
- 野田常雄, 中島廉, 酒見龍裕, 中村理央, 中村文彦, 3次元バーチャルリアリティ物理学教材の開発, 日本物理学会 第 74 回年次大会, 2019.3.14-17, 九州大学伊都キャンパス (福岡県)
- 酒見龍裕, 野田常雄, 江藤徹二郎, 井野明洋, 中村文彦, 地方私立大におけるアクティブ・ラーニング II, 日本物理学会九州支部, 2019.3.9, 早稲田佐賀高等学校 (佐賀県)
- 中村理央, 江藤徹二郎, 酒見龍裕, 井野明洋, 野田常雄, 中村文彦, 多様な学習履歴をもつ学生に対するアクティブ・ラーニング理数授業, Q-Conference2018 ポスター, 2018.12.22, 九州大学伊都キャンパス (福岡県)
- 酒見龍裕, 野田常雄, 江藤徹二郎, 井野明洋, 巨海玄道, 中村文彦, 限界大学でのアクティブ・ラーニングの実践, 日本物理学会 秋季大会, 2018.9.9-12, 同志社大学京田辺キャンパス (京都府)
- 酒見龍裕, 野田常雄, 江藤徹二郎, 井野明洋, 巨海玄道, 中村文彦, 地方私立大学での物理学における初年次教育, 九州地区大学教育研究協議会, 2018.9
- 酒見龍裕, 野田常雄, 江藤徹二郎, 井野明洋, 巨海玄道, 中村文彦, 理工系大学でのアクティブ・ラーニングの実践, 日本物理学会 秋季大会, 2018.9.9-12, 同志社大学京田辺キャンパス (京都府)
- 酒見龍裕, 野田常雄, 江藤徹二郎, 井野明洋, 巨海玄道, 中村文彦, 多様な学習履歴を持つ学生によるアクティブ・ラーニング II, 日本物理教育学会物理教育研究大会講演予稿集, 2018.8.11-12
- 野田常雄, 江藤徹二郎, 酒見龍裕, 巨海玄道, 中村文彦, 物理概念形成のための ICT 機器による描図とその効果, 日本物理学会 第 73 回年次大会, 2018.3.22-25, 東京理科大学 野田キャンパス (千葉県)
- 酒見龍裕, 江藤徹二郎, 野田常雄, 堀憲一郎, 中村文彦, 地方私立大におけるアクティブ・ラーニング, 日本物理教育学会九州支部研究大会, 2017.12.9, 鹿児島大学 (鹿児島県)
- 酒見龍裕, 江藤徹二郎, 野田常雄, 巨海玄道, 中村文彦, 全入大学でのアクティブ・ラーニン

- グ, 第 123 回日本物理学会九州支部例会, 2017.12.9, 鹿児島大学 (鹿児島県)
- 酒見龍裕, 江藤徹二郎, 野田常雄, 巨海玄道, 中村文彦, F ランク大学におけるアクティブ・ラーニング, 日本物理学会 2017 年秋季大会, 2017.9.21-24, 岩手大学 (岩手県)
- 中村文彦, ICT 活用とアクティブ・ラーニングによるユニバーサルデザインの理数教育 ~ 久留米工業大学の実践例から ~, 第 78 回応用物理学会秋季学術講演会 (招待講演) 5p-C24-3, 2017.9.5-8 (福岡県)
- 酒見龍裕, 江藤徹二郎, 野田常雄, 巨海玄道, 中村文彦, 多様な学習履歴を持つ学生によるアクティブ・ラーニング, 第 34 回物理教育研究大会, 2017.8.11-12, 甲南大学 (兵庫県)
- 野田常雄, 廣岡早紀, 中村文彦, 物理学 ICT 教材開発とその教育効果 シミュレーション教材の有用性, 第 66 回九州地区大学教育研究協議会, 2017
- 酒見龍裕, 江藤徹二郎, 野田常雄, 中村文彦, 学習理解度に差がある学生のアクティブ・ラーニング, 第 66 回九州地区大学教育研究協議会, 2017
- 巨海玄道, 野田常雄, 江藤徹二郎, 中村文彦, F ランク大学における物理基礎教育の強化 久留米工業大学の例, 日本物理学会 第 72 回年次大会, 2017.3.19, 大阪大学 (大阪府)
- ⑳ 中嶋康博, 巨海玄道, 野田常雄, 江藤徹二郎, 中村文彦, 項目反応理論による物理学力テストの解釈, 日本リメディアル教育学会, 2017.3.4, 久留米工業大学 (福岡県)
- ㉑ 野田常雄, 西江健, 上田向人, 江藤徹二郎, 巨海玄道, 中村文彦, 物理学講義における演習の e-learning 化の試み, 第 122 回日本物理学会九州支部例会, 2016.12.10, 福岡大学 (福岡県)
- ㉒ 巨海玄道, 野田常雄, 中村文彦, 江藤徹二郎, 久留米工大における新しい物理教育体制の構築, 第 122 回日本物理学会九州支部例会, 2016.12.10, 福岡大学 (福岡県)
- ㉓ 巨海玄道, 野田常雄, 中村文彦, 身近な素材を用いた圧力の教授法の試み, 第 2 回理科教育学会九州支部大会, 2016.5.28, 宮崎市民プラザ (宮崎県)
- ㉔ 野田常雄, 江藤徹二郎, 巨海玄道, 中村理央, 中村文彦, 理工系基礎科目の物理講義における e-Learning の試み, 日本物理学会 第 71 回 年次大会, 2016.3.19-22, 東北学院大学 (宮城県)
- ㉕ 野田常雄, 江藤徹二郎, 中村理央, 巨海玄道, 中村文彦, 教員養成課程における 自ら考えさせる物理学実験, 日本物理学会 2015 年 秋季年会 16pDC-8, 2015.9.16-19, 関西大学千里山キャンパス (大阪府)

6. 研究組織

研究協力者

- 野田 常雄 (NODA, Tsuneo)
- 井野 明洋 (INO, Akihiro)
- 酒見 龍裕 (SAKAMI, Tatsuhiro)
- 江藤 徹二郎 (ETO Tetsujiro)

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、研究者個人に帰属されます。