

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 17 日現在

機関番号：30115

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350291

研究課題名(和文) 大学生の学力多様化時代における初年次物理教育の授業内ICT学習支援

研究課題名(英文) ICT academic support in class of elementary physics under situation of inhomogeneous academic abilities in university of nowadays

研究代表者

穴田 有一 (ANADA, Yuichi)

北海道情報大学・経営情報学部・教授

研究者番号：00151085

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,500,000円

研究成果の概要(和文)：これまで用紙を用いて大学初年次物理学の基礎知識定着に学習効果を上げてきた「確認テスト」を携帯情報端末からアクセス可能なフリーウェアの学習管理システムMoodleに移植するとともに、Moodleの機能を活用した「振り返り」も可能とした。このシステムを本学の初年次物理学の授業で使用して、紙ベースとの学習効果の違いをプレテスト・ポストテストに基づいて詳細に検討し学習効果が向上することを確認した。さらに、100人規模のクラスで毎週サーバーに蓄積された膨大なテキストデータをテキストマイニング分析することで、学習成果が顕著な学習分野とそうでない分野の学習に臨む学生の認知の違いを見出すことができた。

研究成果の概要(英文)：The review test developed in our laboratory has done in the class of elementary physics for several years. It has been verified based on test data that the review test is effective for retention of basic knowledge. Although the review test had been done as paper test so far, in this study, it was implemented on the Moodle system in server computer. However, the function of students' reflection on their test results was also implemented in it. The learning effect of the Moodle-based new review test system was investigated by using a pretest and posttest. It was verified that the Moodle based review test was more effective for the retention of the basic knowledge than the previous paper-based review test. Moreover, difference of cognition to academic attitude between each the learning units became clear by making analysis of the massive amount of text data of the students' reflection by using the method of a text mining.

研究分野：ソフトマター物理学

キーワード：大学初年次物理学 基礎知識 定着 確認テスト 振り返り Moodle プレテスト・ポストテスト テキストマイニング分析

1. 研究開始当初の背景

大学における学生の学力の多様性の現状と学力の低い学生の学力向上は、喫緊の課題である。そのために、国内外において、様々な教育方法の工夫が行われている。例えば、アクティブ・ラーニングとしてのグループ学習、プロジェクト学習、学習ポートフォリオなどにより、目標設定力・課題解決力の育成や学習への自主性の醸成を目指すものである。その背景には、グローバリゼーションと知識基盤社会への移行にともない、コンピテンシーの重要性が認識されたことがある。しかし一方では、アメリカ合衆国はいうに及ばず、我が国や他の経済発展を成し遂げた国では、高等教育への進学率の増加に伴うユニバーサル化が進行し、それぞれの国に特有な大学生の基礎学力の多様化が進んでいる。特に日本では、一部の大学には学力や自発性が比較的備わった学生が集まる一方で、小学校や中学校の基礎学力に欠ける相当数の学生を抱える大学も現れている。後者に多く見られるような自主学習の習慣や基礎知識が不足する学生が大半を占めるクラスにおいては、グループ学習による相互啓発・自己啓発やプロジェクト学習は理念としてはあり得ても、効果的な実施は現実には難しいと考えられる。

上のような学生からなるクラスで物理学の学習成果を上げるためには、第一優先事項として、基礎知識の定着を図らなければならない。そのうえで、それに裏付けられた物理現象や物理法則の概念的理解を同時に進める必要がある。グループ学習やプロジェクト学習などが目指す問題解決力のレベルは、前提となる基礎知識のレベルによって制限されると考えられる。小学生には小学生レベルのプロジェクト学習も考えられるであろう。大学生であれば、大学生としての必要最低限レベルの基礎知識を習得していることが重要である。基礎知識のないところに自主性も問題解決力も育たないと考えられる。すなわち、学力の多様性に応じた授業モデルを考えるべきであろう。(図1)

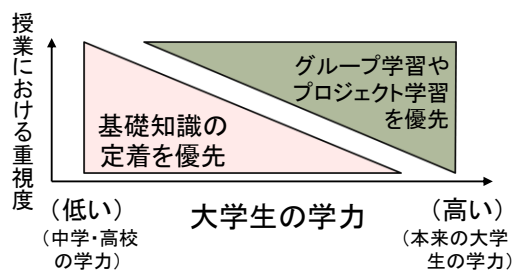


図1 大学生の学力と授業モデルの適用範囲

本研究の前提となる研究として、著者は、これまでに大学初年次の基礎的な物理学の授業において、復習を取り入れる取り組みを行ってきており、5年ほど前から効果的な実施方法を見出し実践してきた。このテストは、

毎回の授業の最初に10分間行う前回授業の復習を目的としたテストである。テストとはいっても、授業の復習を目的とするので、教科書、ノートおよび配布プリント等を必ず参照して解答することを義務付けている。この確認テストにより、学期末試験のクラスの平均点が大きく上昇し、基礎知識を定着する上で有効であることを確認してきた。これらの成果を踏まえ、確認テストの改善が、上述した授業モデルを確立する上で有効であると考える。

以上が、本研究開始当初の背景と研究の方向付けであるが、当時から現在まで、この背景に大きな変化はない。例えば、私立大学情報教育協会が、昨年度実施したアクティブラーニングに関する全国対話集会の物理・化学・生物学分野においても、主要な論点の一つは大学生の基礎知識レベルとアクティブラーニング実施の難しさであった。このような背景を踏まえつつ、本研究は当初の目的に沿って進めてきた。ただし、学内的には、研究開始当初は予想していなかった良い意味での学習環境の変化があった。それは、文部科学省の私立大学総合支援事業に平成25年度と平成27年度に採択されたことにより、本学では学年進行で、4年生を除く全学生に学年進行で年度を追い段階的にiPadが貸与されたことである。本研究は、携帯情報端末を利用することの効果を確認し、確認テストを柱とする授業モデルを確立することであるが、このような環境の変化を踏まえ、より実践的な研究に移行して進めることができた。

2. 研究の目的

- (1) 授業内に復習を効果的に取り込むことによって、自主性が未発達な学生が多数を占めるクラスで効果的に基礎知識を習得させる授業モデルを実践的に検討する。
- (2) これまで紙ベースで実施してきた確認テストをフリーウェアの学習管理システム Moodle に移植する。これによる従来にない長所は以下のとおりである。
 - ・解答直後に採点結果が学生に示される。
 - ・テスト直後の「振り返り」が可能である。
 - ・テスト結果と「振り返り」がサーバーに蓄積され、分析が容易になる。
- (3) 基礎知識の定着においても、学習への自発性を育むことは重要である。学習ポートフォリオの本質である「振り返り」は効果的であることから、基礎知識習得の学習動機を高めるために、学習の「振り返り」を組み込んだ仕組みを構築する。

3. 研究の方法

本研究の主要な方法は、以下の4つにまとめられる。

- (1) 授業内で行う復習の方法について、著者が5年ほど前から実践してきた効果的な方法では、マークカードを用いてきたが、本研究

では、マークカード以外の方法を検討する。具体的には、この数年急速に普及している無線 LAN で Web アクセス可能な携帯情報端末を利用するシステムの構築を検討する。これにより、確認テストの採点結果を速やかに学生にフィードバックするシステムの構築が可能になる。

(2) 無線 LAN で Web アクセス可能な携帯情報端末を利用するシステムを使用した場合と、従来のマークカード利用との違いを学習効果、効率など様々な観点から検討する。

(3) Web 上に集積する確認テストの結果を各学生へフィードバックする機能を備えたシステムを構築する。これは、学習に対する各自の「振り返り」を促し学習への自発性を誘発する仕組みであるが、この仕組みによる動機付けへの効果を検討する。

(4) 本研究で検討する学習支援型授業モデルが有効な学生の学力範囲を基礎的な数学力や物理学の基礎知識以外の学力の観点から明らかにする。

4. 研究成果

前節の研究方法により、以下の研究成果が得られた。研究方法に対応するようにまとめた。

(1) Web アクセス可能な確認テストを実現するため、フリーウェアの学習管理システム Moodle を利用した。この学習管理システムは、本学で学内の Learning Management System (LMS) として活用されているものである。このシステムに、これまで紙ベースで実施してきた確認テストを実装した。その際に、Web 上の文書記述言語 HyperText Markup Language (HTML) を用いたが、数式の表記が紙ベースと同様な書体になるようにするため、コンピュータ組版システムの TeX を併用した。テスト数は、物理学 I が 22 テスト、物理学 II が 25 テストで、各テストの設問数は 6~10 問である。また、紙ベースで行ってきた確認テストの問題を実装するだけでなく、テスト結果を確認した後に入力する「振り返り」機能も実装した。学生は、自分の解答の正誤や点数だけでなく、クラス全体の得点度数分布から自分の相対位置もすぐに確認できる。Moodle 上に実装した「振り返り」機能を含む確認テストのインターフェイスのスクリーンショットを図 2 と図 3 に示す。図 2 は確認テストに解答し「振り返り」に入力する画面であり、図 3 は得点度数分布である。

さらに、無線 LAN アクセス可能な数種類の携帯情報端末による確認テストへのアクセスを試行し、操作性、メンテナンス、携帯性等を検討した結果、iPad が操作性と充電頻度などのメンテナンスに優れており、学生が用いる端末としてふさわしいことが確認できた。



図 2 Moodle に実装した確認テスト

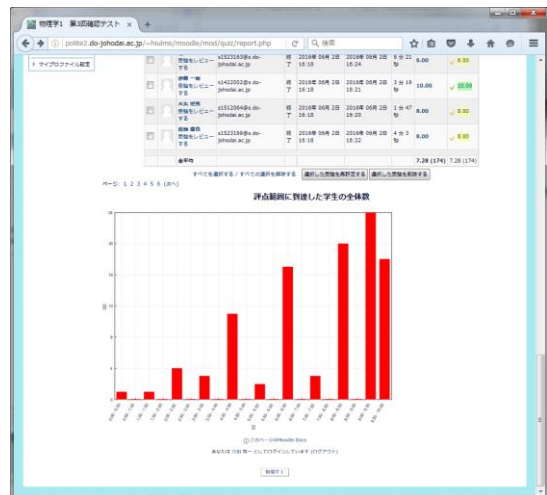


図 3 確認テストの得点度数分布

(2) 本研究を開始した後、本学が文部科学省の私立大学総合支援事業に採択されたことにより、平成 26 年度は年度当初から 1、2 年生が全員 iPad を利用できるようになった。その結果、本研究で対象としている物理学 I、物理学 II の受講生は 3、4 年生を除く全受講者が iPad を利用できるようになったため、当初の研究計画よりも多くの学生が iPad を利用できるようになった。この環境を生かして、クラスを Moodle ベースの 1、2 年生と紙ベースの 3、4 年生の 2 グループに分けて、効果の検討を行った。学期初めと学期末に行ったプレテストとポストテストの結果を分析したところ、つぎの式で定義した規格化ゲイン G に顕著な差が見られた。図 3 は、2014 年度に物理学 I を受講し、プレテストとポストテストを受けた 104 人の学生の G について検討した結果である。2014 年度は Moodle ベースでそれ以前は紙ベースの確認テストを

受けた1、2年生 (GroupA) と2014年度も含め毎年紙ベースの確認テストを受けた3、4年生 (GroupB) のGの比は、どちらも紙ベースの年度は約1であり、両グループに差がないが、GroupAがMoodleベースの確認テストを受けた2014年度は、GroupAの比が大きくなっている。2015年度は、3年生までiPadが支給されたので、このような検討は2014年度に限られたので、断定できない可能性もあるが、Moodleベースに移行することで、確認テストの効果が向上したと考えてよい結果である。

$$G = \frac{\text{post} - \text{pre}}{\text{full} - \text{pre}}$$

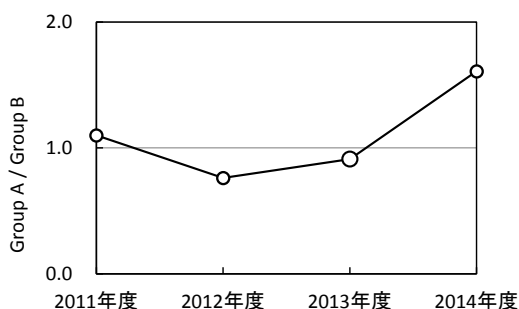


図3 紙ベースで行った確認テストとMoodleベースで行った確認テストの規格化ゲイン

図4は、iPadを用いて確認テストを行っているクラスの様子である。



図4 iPadを用いた確認テスト

(3) 毎回の授業で確認テストの結果を見た学生は、同じインターフェイス上で「振り返り」を入力する。ここで蓄積されたテキストデータについて、テキストマイニングによる分析を行った。図5は物理学Iで学生が入力した「振り返り」データの一部であるが、膨大なテキストデータから、学習の動機づけになる知見を得るための分析方法として、まずクラスター分析による量的分析(素データの検索)を行い、テキストデータの傾向を把握してから、「振り返り」のテキストデータを確認する質的分析(素データの確認)を行うこととした。

「振り返り」のテキストデータ

単位についてまだ理解できていないので、勉強していきたい。
 単位は解ったけど変位がまったくわからなかった
 速度から変位の求め方がわからなかった
 グラフから面積を出す方法が完全に理解できておらず、もしかすると変位についてすらよく分かっていない可能性がある。必ず早めにマスターしておきたい。
 iPadだと問題用紙を配る時間も短縮できるし、答えも確認出来ますが、計算する場合、不便だと感じました。
 紙媒体と違いiPadだとやりにくい。問題が簡単だったから満点とれたけども
 前回の講義の復習がしっかりでき、よかった。今日もこれからこの流れで講義に集中できる。
 満点だったので理解できていると思う。
 意味を求める問題が意外に難しかった。iPadを使って問題を解いたが、計算問題は紙に書いて解くので、意味が無いように感じた。また、感想の記入の際にiPadを使うと変換途中のバックスペースが正常に反応しません。
 知識があまりついていないことを実感しました。これからはより真面目に取り組んでいきたいと思ます。
 国際単位の問題がわからなかったので、教科書で調べた。
 単位の種類がわからなかったです
 全問不正解だった。全然理解出来ていない。もう少し復習の時間を増やしてみたい
 復習をしっかりしたい

図5 「振り返り」のテキストデータ (一部)

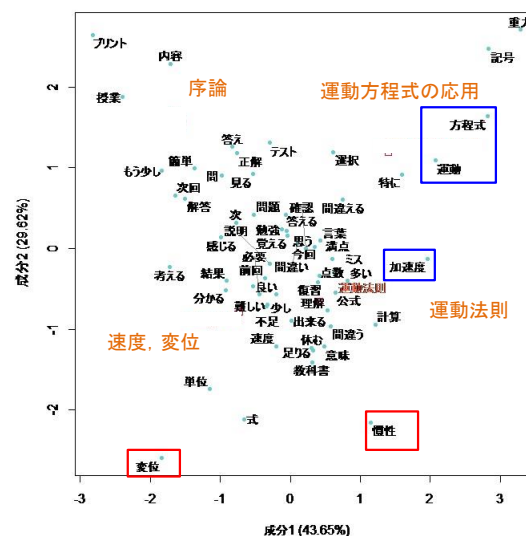


図6 「振り返り」テキストデータに対する対応分析(量的分析)

このテキストデータに対する対応分析により図6が得られる。毎回の授業進行に応じて順次学習する物理学の学習分野別に分類したテキストデータに対して、対応分析を行った。図6で中心から外れた単語ほど、各学習分野に特徴的に表れる単語である。このような特徴的な単語と、プレテスト、ポストテストの規格化ゲインが大きな設問の学習分野と、反対に規格化ゲインが小さな設問の学習分野の関連に注目して、その単語を含む「振り返り」文を抽出することで、質的分析を行った。ここでいう質的分析とは、これらの特徴的な単語が使われている文脈の共通性を読み解いて、学生の学習動機に関する知見を得ることである。例えば、規格化ゲインが大きかった「加速度」のテスト結果に対する「振り返り」文では、「理解をしっかりと定着させてから次に進もうと思います。」のように、「理解をしっかりと」のような語句が多く、「復習するべきだ」、「再確認が必要だ」、「理解できていないということがはっきりと解った。」など、自身の学習状態に対するメタ認知に係わる表現が多数現れた。それに対して、規格化ゲインが小さかった「慣性力」に関するテスト結果に対する「振

り返り」では、単に「勉強が足りなかった」、「復習をしていなかった」などの自身の学習状態を表面的に振り返る表現が少数現れるだけであった。この分析から得られた知見は、物理概念の理解に対するメタ認知を促すことが基礎知識を定着する上で重要であるということである。

(4) 物理学の学習成果と数学力には関係が認められる。図7は、物理学Iの学期末試験平均点と基礎数学確認テストの相関を調べた結果である。両者には相関があり、ここで実施している授業内容は基礎的な数学力と相関がある。また、力学概念指標 Force Concept Inventory (FCI) のプレテスト、ポストテストの結果をプレテストのスコアに対して FCI 規格化ゲインをプロットすると、図8に示すように、わずかであるが負の相関を示し、プレテストスコアが低い学生には力学概念獲得の効果があるが、プレテストスコアが高い学生については、あまり効果がないという結果になった。確認テストは、もともと基礎知識が不足する学生への基礎知識定着を狙ったものであるから、この結果はその意味では合理的なもののようにも思われる。

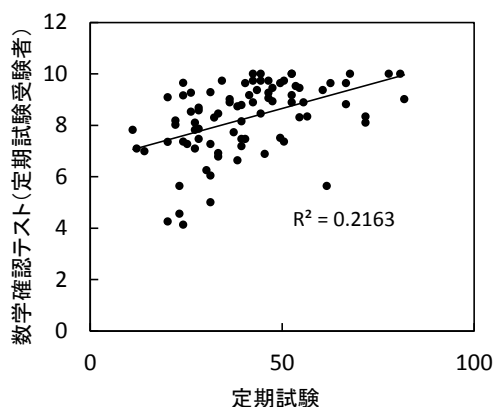


図7 学期末試験のクラス平均点と基礎数学確認テスト平均点の関係

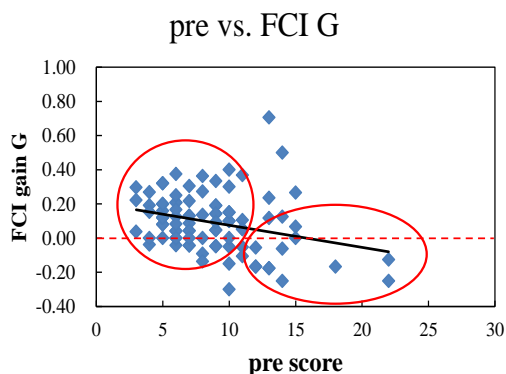


図8 FCI プレテストの得点に対する FCI 規格化ゲインの関係

本研究により、確認テストを Moodle に移植して Web アクセス可能にし、「振り返り」機能を付加するシステムを構築し、これを授

業で毎回利用することで、物理学の基礎知識定着が促されると考えられる。また、このシステムが構築されたことで、テキストデータ分析が可能になり、サーバーに蓄積された確認テストの結果と「振り返り」テキストデータを組み合わせたクラスター分析を行うことで、学習の動機づけにつながる心理的な要因に迫ることも可能になることが明らかになった。一方、力学概念の形成に関しては、もともとある程度の力学概念が形成された学生に対しては、それ以上の力学概念形成が進まない。このことから、本研究で検討した授業モデルは、物理学の基礎知識や力学概念が不十分な学生に対して基礎知識を定着させるという対象範囲が限定された授業モデルであると考えている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計2件)

①Yuichi Anada, An Attempt on the Support for Self-Teaching in the Elementary Physics Education, Official Conference Proceedings: The European Conference on Technology in the Classroom 2015, 査読あり, ISSN: 2188-1138, 2015, 193-202

②Yuichi Anada, Design and Practice of an in-classroom Moodle System Supporting for self-teaching in the elementary physics education in university, PMTL2015 Proceedings, 査読あり, (受理, 掲載予定)

〔学会発表〕(計5件)

①Yuichi Anada, An Attempt on the Support for Self-Teaching in the Elementary Physics Education, The International Academic Forum (IAFOR): The European Conference on Technology in the Classroom 2015 (ECTC2015), 2015年7月3日, Brighton (United Kingdom)

②Yuichi Anada, Design and Practice of an in-classroom Moodle System Supporting for self-teaching in the elementary physics education in university, 20th International Conference on Multimedia in Physics Teaching and Learning, 2015年9月9日, Munich (Germany)

③穴田有一, 大学初年次物理教育における基礎知識定着の工夫, 第69回日本物理学会, 2014年3月29日, 東海大学(神奈川県・平塚市)

④穴田有一, 大学初年次物理教育における基礎知識定着の工夫(Ⅱ), 第70回日本物理学会, 2015年3月21日, 早稲田大学(東京都・新宿区)

⑤穴田有一, 大学初年次物理教育における基礎知識定着の工夫(Ⅲ), 第70回日本物理学会, 2016年3月19日, 東北学院大学(宮城県・仙台市)

ホームページ等

<http://www01.do-johodai.ac.jp/andalab/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

穴田 有一 (ANADA, Yuichi)

北海道情報大学・経営情報学部・教授

研究者番号：00151085