

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 16 日現在

機関番号：12604

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2014

課題番号：23501008

研究課題名(和文) 個別聞き取り調査に基盤を置いた協同学習型物理授業の開発

研究課題名(英文) Development of a method of teaching physics with interactive engagement based on interview survey

研究代表者

植松 晴子(小松晴子)(Uematsu, Haruko)

東京学芸大学・教育学部・准教授

研究者番号：70225572

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：米国物理教育研究の成果に基づいて開発された協同学習形式の演習授業(チュートリアル)を初めて日本の大学に導入した。文化的背景や大学のカリキュラムの違いに配慮した修正を行いつつ、核となる学習者主体の理念を尊重して実践する可能性を提示した。チュートリアル方式の授業において物理概念の獲得を効果的にするには、教材の検討よりも議論のファシリテーションが優先される。教員やTAが学習者主体の意識を共通にもって、一貫して示すことが重要である。

研究成果の概要(英文)：Tutorial, which was developed in US based on physics education research, was implemented into a recitation class of a Japanese university for the first time. Although a little modification was made with consideration of the difference of cultural background and curricula between Japan and US, it is shown that Tutorial can be taught as its spirits of the learner-centered education are kept maintained. In order to make students learn physics concepts more effectively in a Tutorial, facilitation of discussion is more important than modification of teaching materials. Teachers and TAs should show students that they put much value on attitudes of students to learn actively.

研究分野：物理教育

キーワード：相互作用型授業 物理概念 協同学習 ファシリテーション 学習観

1. 研究開始当初の背景

科学技術がますます高度化する一方、環境問題・エネルギー問題等が世界的に大きな課題になっているにもかかわらず、理科に関心を持つ若者の減少、とりわけ物理離れの世界的進行に歯止めがかからないことが現代の継続的かつ深刻な問題となっている。その原因の究明と効果的な対策の実施が科学教育研究の最重要課題の一つといえる。実際、欧米、特に米国では認知科学の進展等も取り入れて科学的な手法を用いた物理教育の研究 (PER) とそれに基づく授業改革の努力が体系的に進められるようになってきた。一方、日本の大学教育における上記の研究成果を踏まえた授業改革の動きは、一部の研究者がピア・インストラクション¹⁾や相互作用型講義演習実験といった比較的講義形式の授業になじみやすい授業法の試行に留まっていた。米国の大学で試みられている協同学習形式の物理教育授業 (チュートリアル) は教育効果が極めて高いことが報告されている²⁾ことから、日本の大学においてもチュートリアル型授業法が米国と同様に高い教育効果を示すかを実践的に研究することに意義がある。ただし、物理基本概念の理解には文化的な伝統や教育システムの違いの影響も小さくないことが予想され、その影響の詳細を調査分析するために、欧米の物理教育研究で示されているような個別聞き取り調査が不可欠と考えられた。

2. 研究の目的

伝統的な講義形式の授業では正しい物理概念を身につけさせることができないことが、海外の物理教育研究によって明らかになっている。それを克服するためには、学生に能動的な学習をさせる授業形式に講義を転換していかなければならない。しかしながら、日本の大学における基礎物理講義においては、能動学習の実践的研究が大きく立ち遅れている。そこで本研究は、個別の聞き取り調査によって日本の学生が陥るつまずきのポイントを典型的な素朴概念別に明らかにするとともにその克服法を対話により見出し、その調査結果に基づいて集団での学習において問題解決を図る協同学習形式の授業法を開発することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 協同学習形式の授業 (チュートリアル) の試行・分析・教材や手法の改善

チュートリアルとは、学習者を数名ずつのグループに分け、あらかじめ準備した問題 (ワークシート) に対し、グループ内で相互に議論しながら取り組むことで能動的な学習を実現する授業方式で、必要に応じて教員や TA が理解に向けた議論の誘導を行う。²⁾ 本研究においては、

McDermott (ワシントン大) のグループ³⁾と同様にチュートリアル方式を先進的に開

発しているメリーランド大学の Redish 教授のグループ⁴⁾と研究交流を行いながら、同大学で行われているチュートリアルのために開発された教材を用い、それを翻訳したものを東京学芸大学において試行した。テストや課題も上記グループと交流を行いながら作成し、学習到達度を評価した。グループでの取り組みの様子をビデオ撮影し、分析した。

力学分野の概念調査である FCI⁵⁾を授業前と授業後に実施して、2010 年度に行った従来型の演習授業での結果と比較した。試行と分析の結果を受け、日米の物理教育の背景や文化の違いも考慮して、チュートリアルで用いる新しい物理教材や手法を検討した。

(2) 個別聞き取り調査・課題の分析

チュートリアルで用いるワークシートや FCI のような基本的な問題について、学習者に個別に聞き取り調査を行いビデオ撮影し分析した。その際、解答を導くにいたる過程に注目し、基本概念の取得において学習者の思考過程をたどって学生がつまずく要因を明らかにすることを試みた。また、素朴概念が顕著に現れるニュートンの第 3 法則の理解を中心に、相互作用型授業が概念獲得にどのように寄与しているか、また概念定着を阻害する要因は何かを調べた。授業の課題や試験では、説明を要求する設問を多く出題し、学生の記述を分析した。

4. 研究成果

(1) 主な成果

東京学芸大学の教員養成課程の学生を主な対象に、物理の演習授業をチュートリアル方式に代えて実施した。授業前後に FCI を実施してこの授業の評価を行った。全 30 問のうち、授業の内容に関わる 15 問について、授業前後の正答率の伸び (<post>-<pre>) を授業前からの伸びしろ (1-<pre>) で割った規格化ゲイン<g>⁶⁾の推移を表 1 に示す。物理概念の獲得に対して従来型の講義形式に比べて格段に効果的であることが分かる。

表 1 事前・事後の FCI 15 問の結果

実施年度	<pre>	<post>	<g>
2010	56%	65%	0.20
2011	62%	76%	0.37
2012	65%	82%	0.50
2013	62%	78%	0.43
2014	66%	76%	0.30

授業中のグループによる話し合いの観察やビデオ分析、聞き取り調査の結果から、日米の文化的背景の違いによって、教材の設定や表現が適さず理解を妨げる部分が明らかになってきた。これを検討し、日本の大学生に適した教材に修正した。

個別聞き取り調査から、日米のカリキュラムの違いによって、学習者の獲得したもののフィードバックが十分できず、物理概念の定着に問題を生ずる場合があることが見出さ

れた。つまり、アメリカの大学では講義・実験・演習が一貫して行われるのに対し、日本の大学の多くでは、講義・実験・演習が独立に行われている。演習の授業が協同学習のみであると、そこで獲得したものが授業の目的に合うものであるかどうか、必ずしも学習者にフィードバックされない。そこで、毎回学習者による振り返り項目を設けるとともに、授業の中でそれを共有したり新規事項を解説したりする時間をとって、演習の授業の中で、ある程度新しい知識を伝える過程・獲得された知識を確認する過程を取り入れ、学習者に考えさせる過程と組み合わせることで理解の定着を図った。

学習者が物理概念を効果的に獲得するためには、協同学習中のファシリテーションが鍵であり、ファシリテーターである教員とTAが意識を共有する必要がある。とりわけ、相互作用型授業の中心である学習者主体の学習観・授業観をファシリテーターが明確に持ち、学習者に一貫して伝えることの重要性が明らかになった。当初、文化的背景の違いに配慮した教材開発が有効と考えて本研究を開始したが、ファシリテーションの影響がより大きいことが明らかになってきた。教材の新規開発よりは、ファシリテーターの有効な教育方法を開発し、意識を共有することが優先課題と考えられる。

素朴概念が根強いことは広く知られていることではあるが、チュートリアルの中で克服したように見えた素朴概念が、試験の解答中に再び現れる様子が多く見られた。この原因として、学習者が過去に接した演習問題と類似の文脈ととらえたときに、慣れ親しんだパターンマッチングの解法を適用する可能性が示唆された。入学試験などでこの方法が肯定され強化されている可能性があり、日本固有の問題ととらえられる。

(2) 得られた成果の位置づけ

PER で開発された相互作用型授業の中でも効果が高いとされているチュートリアル方式を、日本の大学で初めて本格的に導入し、継続的に実践している。教材と手法を日本の文化的背景や大学の実状に合った形に修正することで、この方式の授業を実施する可能性を提示した。同時に、鍵となるのは学習者主体の意識であることを発信している。教材や授業の進め方に関心が集まりがちであるが、学習者主体の意識を教員やTAが一貫して持ち、共有することが重要であること、既存の教材はその点でもよく配慮されており、安易な改変には慎重であることを引き続き強調したい。

学会や研究会での発表には多くの関心が寄せられ、活発な議論を呼んでいる。授業の実際を知るために参観者も訪れている。これからの日本の物理教育の進展のために参考になるものと考えられる。

(3) 今後の展望

個別聞き取り調査や学生の記述等から、チュートリアル方式の授業は概ね好意的に受け入れられていることが分かり、グループの議論も活発であった。一方で、従来の授業方式を期待する学習者が違和感をもつ例もあり、より多くの学習者を対象とした学習意欲の喚起のあり方に課題がある。特に、理工系の学生であっても、物理学の基本的概念について必ずしも十分理解しているとはいえず、再度取り組む際の意欲をどう喚起するかは大きな課題である。

チュートリアル方式の授業では、ファシリテーションの役割が大きく十分な人員を確保する必要がある。ファシリテーターの効果的・系統的な教育方法を開発する必要がある。

素朴概念は根強く、相互作用型授業でも克服しきれない。PER のチュートリアルの教材では、力学分野はよく吟味されているが、電気回路など他の分野では学習者への認知心理学的アプローチなどに改善の余地が見られる。質問紙による調査や個別聞き取り調査などにより、学習者の多様な思考を理解した上で、新規教材を開発して概念の獲得をより効果的にすることが期待できる。

<引用文献>

1) E. Mazur, *Peer Instruction*, (Pearson-Prentice Hall, 1997)

2) E. Redish *Teaching Physics with the Physics Suite* (Wiley, 2003)

3) L. C. McDermott, P. S. Shaffer and the Physics Education Group: *Tutorials in Introductory Physics* (Prentice-Hall, 2002).

4) <http://www.physics.umd.edu/perg/>

5) D. Hestenes, M. Wells and G. Swackhammer: *Phys. Teach.* **30** (1992) 141.

6) R. Hake: *Am. J. Phys.* **66**, (1998) 64.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 3件)

植松晴子, “チュートリアル方式の物理授業実践を通して実感する米国物理教育研究の成果”, *物理教育*, Vol. 63, 2-7, (2015), 査読有

<http://ci.nii.ac.jp/naid/40020396303>

Haruko K. Uematsu, “Tutorial at a Japanese University as an Interactive Physics Class”, *JPS Conference*, Vol.1, pp.017003-1-6, (2014), 査読有
DOI: 10.7566/JSPSC.1.017003

植松晴子, “チュートリアル方式による物

理授業の試み”,大学の物理教育,Vol.17, pp. 129-132, (2011), 査読有,
<http://ci.nii.ac.jp/naid/110008762482>

〔学会発表〕(計 9件)

植松晴子,“チュートリアル方式の授業に見る学生の学習観・授業観”,日本物理学会第70回年次大会,2015年3月24日,早稲田大学(東京都)

植松晴子,“チュートリアルの実践から見てきたこと”(招待講演),日本物理学会第70回年次大会,2015年3月23日,早稲田大学(東京都)

植松晴子,“大学の演習授業でのチュートリアル方式の実践”,日本物理教育学会第31回物理教育研究大会,2014年8月11日,電気通信大学(東京都)

岸翔太,“中3を対象としたTutorials(幾何光学分野)の実践成果分析”,日本物理教育学会第31回物理教育研究大会,2014年8月11日,電気通信大学(東京都)

植松晴子,“チュートリアル方式の相互作用型授業の東学大での実践III”,日本物理学会2013年秋季大会,2013年9月28日,徳島大学(徳島県)

Haruko K. Uematsu,“Tutorial at a Japanese University as an Interactive Physics Class”(招待講演),the 12th Asia Pacific Physics Conference,2013年7月16日,幕張メッセ(千葉県)

渡邊耕心,植松晴子,“学生インタビューを通して見たチュートリアルの効果”,日本物理学会第68回年次大会2013年3月26日,広島大学(広島県)

植松晴子,新田英雄,“チュートリアル方式の相互作用型授業の東学大での実践II”,日本物理学会2012年秋季大会,2012年9月20日,横浜国立大学(神奈川県)

植松晴子,Mike Hull,新田英雄,“チュートリアル方式の相互作用型授業の東学大での実践”,日本物理学会2011年秋季大会2011年9月23日,富山大学(富山県)

〔図書〕(計 件)

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

植松 晴子 (UEMATSU, Haruko)
東京学芸大学教育学部・准教授
研究者番号：70225572

(3)連携研究者

新田 英雄 (NITTA, Hideo)
東京学芸大学教育学部・教授
研究者番号：50198529

覧具 博義 (LANG, Hiroyoshi)
東京農工大学・名誉教授
研究者番号：50302914

安田 淳一郎 (YASUDA, Junichirou)
山形大学基盤教育院・准教授
研究者番号：00402246