

物性物理学・物理学一般分科会資料

物理教育研究 WG 報告

村田隆紀・笠潤平・覧具博義（文責）

物理教育研究 PER・学問領域に根ざした教育研究 DBER とは何か？

技術革新，国際化，情報化が加速する現代社会では，科学・技術が社会全体に広く関わらようになっており，科学・技術の教育やリテラシー育成の重要性が極めて大きくなっている。科学・技術の発展を牽引しその活用を担う人材の育成に加えて，市民全体の科学リテラシーの向上・強化もますます重要になっている。科学教育は，そして物理学教育は，その道の専門家になることを目指す少数だけではなく，より広範囲の学生・生徒が学習して素養として身に付けるべきものになっている。そこでは，高等教育に求められるところもきわめて大きい。

科学教育・物理教育の有効性の向上に向けた努力は，すでに 100 年以上にわたって，様々な側面から続けられている。その中の，比較的新しい一つの流れとして「物理教育研究 Physics Education Research (PER)」がある。これは，近年進展の著しい認知心理学や脳神経科学などの分野での思考や学習のプロセスの科学的理解や，コンピュータ関連技術を活用して，科学的な手法による研究に基づいて，エビデンスベースの教育の高度化・効率化の可能性を探る研究領域である 1)。米国では 1999 年に APS が「物理教育研究」を物理学の研究領域として正式に認める声明を発出している。

科学・技術の教育には，分野全体に共通的な側面とともに，それぞれの専門領域に特徴的な基本概念や方法論・手法に関わる部分がある。理数工学分野での効果的な学習を実現するための「学問領域に根ざした教育研究 Discipline-Based Education Research (DBER)」の重要性が認識され，米国では，物理学だけでなく，天文学，化学，生物学，工学，数学などの多数の領域の DBER が強力な国家支援のもとに推進されている 2)。

PER・DBER によって何が明らかにされているか？

PER や DBER の研究の中でまず明らかにされたことは，学習者に対して一方向的に情報を伝達する「講義」を中心に据えた従来型の授業，すなわち学習者が受動的に情報を受け取る伝統的な授業は，実は学習が効果を上げるには効率がきわめて低いことである。

物理教育研究に基づいて，学習者自らの能動的な学習を促す様々な改革型な授業手法が提唱・実践され，有効性が検証されている。これらの授業手法を特徴付けるキーワードには，「探究的な学習」，「学習者主体の学習」，「アクティブ・ラーニング」などがある。

物理教育研究に基づき開発されその発展に大きく貢献した物理教育の研究ツールの一つとして「概念調査 Concept Inventory」と呼ばれる学習者の概念理解度の調査問題セットが

ある。その端緒は 1992 年に報告された力学概念調査 Force Concept Inventory (FCI) 3) である。これはニュートン力学におけるもっとも基本的な概念についての 30 問の選択肢型問題からなっている。学生の概念理解のレベルを測りまた授業の効果を測定するツールとしての有効性は広く認められている。

1998 年の R. Hake による論文 4) では、6000 名を超える高校および大学の被検者についての FCI データを分析している。講義を主体にした従来型の伝統的な授業法と、様々なタイプのアクティブ・ラーニング型授業を行った高校および大学の入門レベル物理コースについて、コースの履修開始時と終了時にそれぞれ、事前テスト pre-test および事後テスト post-test として実施された FCI 調査のクラス平均正答率 S_{pre} と S_{post} から「規格化ゲイン」 $\langle g \rangle = (S_{post} - S_{pre}) / (1 - S_{pre})$ を算出し比較した。その結果は、伝統的な授業では $\langle g \rangle$ は 0.25 前後にとどまるのに対して、アクティブ・ラーニング型の授業ではおよそ 0.5 ~ 0.7 という高い値をとりうることを示し、アクティブ・ラーニング型授業の有効性を裏付けている。その他の理工数学系の多くの領域でも、それぞれの専門領域の教育研究に基づく授業改革が顕著な効果を上げていることが多数の研究報告のメタ調査であきらかにされている 5)。

「物理教育研究」の日本での動向

国際交流を通じて日本の物理教育関係者は早くから「物理教育研究」に関心を持っていた。1986 年に東京の上智大学で開催された International Conference on Trends in Physics Education はアジア地区で初めての物理教育に関する国際会議であり、日本学術会議物理学委員会の久保亮五委員長の冒頭の挨拶によれば、それまでに日本で開催された物理の国際会議としてもっとも多数となる 40 を超える国々からの参加を得ている。2006 年に東京で開催された International Conference on Physics Education (ICPE2006) では物理教育研究が中心的な話題の一つになり、日本でのこの研究領域への関心も大いに高まった。2012 年には、指導的な研究者の一人 E. F. Redish によるこの分野への入門書の和訳書 1) が出版され、物理教育研究に基づいて開発された改革型の授業を日本の教育現場で実施する試みも諸処で行われるようになっていく。

FCI などの物理教育研究のツールを用いた日本の高校および大学初年級レベルの物理教育の 1 万人規模の現況調査も行われている。初期的な分析結果の報告 6) によれば、日本の大学における入門物理の伝統的な授業では、上述のゲインが 0.1 ないしそれ以下ときわめて低いコースが多くある。日本の大学の基礎物理教育の見直しは緊急の対応を要する課題であることがうかがえる。

日本の物理教育・科学教育への期待

平成 24 年 8 月の中央教育審議会答申 7) での言及などをきっかけにして、「アクティブ・ラーニング」が、大学教育そして初中等教育の改革にむけた重要なキーワードとして関心

を集めている。しかし、アクティブ・ラーニングが効果を上げるためには、それが意味するところや、具体的な実施方法、さらに効果の測定とフィードバックなどに、教育研究の理解と裏付けが不可欠である。予算や人員の制約の下に、現実的で効果的な教育改革を実現するためには、十分ねられた企画と実施が不可欠であることは米国での精力的な実践経験を踏まえて報告 8-9)されている。

物理教育研究・専門領域教育研究について、物性物理学・物理学一般分科会が引き続き関心を継続していただけるならば、また、この研究領域の拡大と発展に対してご理解とご支援をいただければ、まことに幸いである。

文献

- 1) E. F. Redish 著, 日本物理教育学会監訳, 「科学をどう教えるか」, 丸善出版 (2012).
- 2) National Research Council, “Discipline-Based Education Research: Understanding and Improving Learning in Undergraduate Science and Engineering” (The National Academies Press, Washington, DC, 2012).
<http://www.nap.edu/catalog/13362/discipline-based-education-research-understanding-and-improving-learning-in-undergraduate>
- 3) D. Hestenes, M. Wells, and G. Swackhammer, Phys. Teach. 30, 141 1992.
- 4) R. Hake, American Journal of Physics. Vol. 66, No. 1. (1998): 64-74.
- 5) S. Freeman, et al., “Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics,” Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 111(23), 8410–8415 (2014).
<http://www.pnas.org/content/111/23/8410.short>
- 6) 長谷川大和ほか, 日本物理教育学会第 34 回研究大会講演予稿集, p.15, 2017.
- 7) 中央教育審議会答申, 「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～」平成 24 年 8 月 28 日
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/1325047.htm
- 8) N. D. Finkelstein and S. J. Pollock, Phys. Rev. ST-PER, 1 (2005),
<https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.1.010101>
- 9) Carl Wieman, *Improving How Universities Teach Science : Lessons from the Science Education Initiative*, Harvard University Press (2017).