



# 新時代の 物理教育を探る

日時：2010年4月4日（日） 13:00～16:30

場所：東京大学 小柴ホール（東京都文京区本郷7-3-1）

「理科離れ」が社会問題となって久しく、その影響は大学の基礎物理教育にも及んでいます。かつてのような、学生の自主的な学習を前提とした講義が成り立ちにくくなっているのです。一方、科学技術立国を標榜する日本にとって、その基盤となる物理教育の重要性は、理学・工学の基礎教育としてはもちろんのこと、すべての国民の素養としても、今まで以上に高まっているといえるでしょう。本シンポジウムでは、一足先に物理教育改革のはじまった米国の例や、研究に基づく物理教育の構築方法、国内の先進的な改革例、物理教育のコース設計と質の保証について講演して頂き、その後、これからの物理教育のあり方全般について率直な意見交換を行いたいと思います。初等中等教育との接続についても議論したく、広く物理教育・理科教育に携わる方々の積極的な参加をお願い致します。

**プログラム**：（講演題目は若干の変更が行われる場合があります。）

13:00～13:10	はじめに	村田 隆紀
13:10～13:40	米国の物理教育の動向	覧具 博義（JST）
13:40～14:10	研究に基づく物理教育の改善と評価	笠 潤平（香川大学教育学部）
14:10～14:40	専門課程教育を活かす物理導入基礎教育の実践	三沢 和彦（東京農工大学工学部）
14:40～15:00	- 休憩 -	
15:00～15:30	物理コースの質の保証と認証評価 -JABEEの経験から-	酒井 康弘（東邦大学理学部）
15:30～16:30	総合討論	

## 参加方法：

参加費：無料

申込方法：①氏名、②職業、③連絡先住所、④電子メールまたは電話番号をご記入の上、下記の宛先までお申し込み下さい。

締 切：3月31日（水）

\* 当日の参加申し込みも受け付けますが、参加者数等の把握のため、事前の申し込みをお願い致します。

\* お預かりした個人情報にはシンポジウム運営にのみ使用します。

## 問い合わせ先：

日本物理学会 事務局 物理教育委員会係

〒105-0004 東京都港区新橋5-34-3 栄進開発ビル5F

電子メール：kouza-at-jps.or.jp（-at-を@に置き換えて下さい）TEL：03-3434-2671 FAX：03-3432-0997

主催：日本物理学会 物理教育委員会 後援：日本物理教育学会、神奈川県教育委員会、埼玉県教育委員会、千葉県教育委員会

# 米国の物理教育の動向

科学技術振興機構 覧具 博義

米国では「物理教育研究 (Physics Education Research: PER)」が急速に発展している<sup>1)</sup>。1980年前後からインタビュー調査などを通じて、物理を学習した学生・生徒の多くの物理概念の理解が実は不十分で、普遍的な誤解が存在することが定量的に明らかにされてきた。PERは、なぜ、どのような学習方式や教材・機器を用いれば、学習効果が改善できるかを、認知科学や脳科学の成果も取り入れて科学的な手法に基づいて研究する物理の新しい領域である。

1980～81年に刊行されたPiaget理論に基づく速度と加速度概念の理解の解析<sup>2)</sup>などがこの分野の展開の端緒となり、1992年のニュートン力学に関する概念理解の標準テスト集Force Concept Inventory (FCI)の公刊<sup>3)</sup>がその進展に大きく寄与した。1999年には米国物理学会の評議員会が“Statement on Research in Physics Education”を採択してPERを物理研究の一分野として公認し、2005年にはフリーアクセスの電子ジャーナルPhysical Review Special Topics—Physics Education Researchが発刊された。

米国大学での入門レベル物理教育の伝統的な形態は、週に2-3回の講義と並行する学生実験および演習からなる。このうち特に講義は受動的な学生に対する教員主体の一方的な情報伝達になりがちで学習効果が極めて低いこと、実験や演習も従来形は定型的・暗記的で効果に乏しいことが標準テストによる調査などで明らかにされた。最近になってPERに基づくさまざまな新しい学習方式が提案され効果が検証されている<sup>4)</sup>。これらに共通するのは学生が自ら能動的に学習する探求型である。講義的な要素を極力排して実験と演習を融合させるworkshop方式<sup>5)</sup>は学習効果がとりわけ高い。大教室での講義に演示実験を取り入れて学生と教員との対話形式で学習を進める Interactive Lecture Demonstration (ILD)は、大規模大学でも採用可能な効果的な方式と考えられている。

米国ではSTEM (Science, Technology, Engineering and Math)分野の人材育成強化が重要な国家施策となっており、教育改革と教員養成にNSFやNIHの助成が行われている。物理教育研究PERに基づく新しい方式は、STEM分野の中でも突出した模範例 (GP) として注目され他分野への展開が図られている。

1) R. J. Beichner, Reviews in PER, Vol. 2 (2009) <http://www.per-central.org/document/ServeFile.cfm?ID=8806>

2) David E. Trowbridge and Lillian C. McDermott, Am. J. Phys. 48 (12), 1020-1028 (1980) および Am. J. Phys. 49 (3), 242-253 (1981).

3) David Hestenes, et al., Phys. Teach. 30 (3), 141-158 (1992).

4) E .F. Redish, “Teaching Physics with Physics Suite,” Wiley(2003).

5) Priscilla Laws, Workshop Physics Activity Guide, Wiley(2004).

# 研究に基づく物理教育の改善と評価

香川大学教育学部 笠 潤平

アメリカの「物理教育研究」(Physics Education Research)は、1) 学生の物理解の実態の実証的研究結果の共有化、2) 認知心理学など他分野の成果の吸収、3) 研究にもとづくカリキュラム開発・実践・改良のサイクルの意識的な実行、4) 学生の物理の概念的理理解や学習観に関する調査問題の広範な活用、5) 相互作用参加(Interactive Engagement)型の授業プランの成功などの点で興味深い。本報告では、その中で、物理の基礎的な概念の理解に関する調査問題が授業の事前・事後テストとして広範に利用され、その分析結果が各機関での授業の効果を調べる上や学生の物理の理解への新たな洞察を得る上で役立てられていることを紹介する。その際、その代表例の1つであるFMCE問題(Force and Motion Conceptual Evaluation)を取り上げてその特徴を紹介したうえで、同問題の日本語版を国内で用いた経験をもとに今後の日本における利用可能性を論じる。

FMCE問題は、Tufts大学のThorntonとOregon大学のSokoloffが開発した、主として一次元の運動学とニュートン力学の初歩的な概念の定性的理解を問う多肢選択型の問題である。Thorntonらはこの問題を大学の入門的な物理コースの運動学・力学授業の事前・事後テストとして用い、伝統的な講義形式の授業は、学生の前概念の克服という面ではほとんど効果をもたないこと、かれらが物理教育研究の成果の上に立って開発したいくつかの相互作用型の授業プランは著しい効果を持つことを明らかにした。<sup>1)</sup> アメリカで広範に用いられているもう一つの力学の基礎的理解の調査問題であるFCI同問題(Force Concept Inventory)と同問題は、カバーする範囲や評価方法などに顕著な違いがあり、それぞれを目的に合わせて用いることが推奨されている。<sup>2)</sup>

報告者らは、06年-07年に、国内の高校・大学教員の協力を得て、同問題の日本語版を力学授業の事後テストとして用いたが、その結果から、日本の高校・大学生もアメリカの報告例と同様な前概念を強く保持し、多くの授業が前概念の克服に思いのほか役立っていないことが明らかになった。また、報告者が属する研究会が07年と09年に京都でThorntonらの授業プラン“RealTime Physics”と“Interactive Lecture Demonstrations”を試行した公開講座の効果を同問題を用いて分析した結果から、相互作用型関与型の力学入門授業は前概念の克服に効果的である可能性が示唆された。また、生徒・学生がニュートン力学の理解へ至る過渡的な状況とかれらへの援助方法についても洞察を得ることができるのではないかという感触を得た。

1) Thornton, R., Sokoloff, D., Assessing Student Learning of Newton's Laws: The Force and Motion Conceptual

Evaluation and the Evaluation of Active Learning Laboratory and Lecture Curricula, *Am. J. Phys.* **66**, 338-352 (1998)

2) Thornton, R., et al., Comparing the force and motion conceptual evaluation and the force concept inventory, *Phys.*

*Rev. ST Phys. Educ. Res.* **5**, 010105(2009)

# 専門課程教育を生かす物理導入基礎教育の実践

東京農工大学大学院 工学府 物理システム工学専攻

三沢 和彦

大学教育の使命は、社会に役立つ人材を養成して送り出すことは疑う余地もない。その使命を果たすべく、学部専門教育を成功させるには、以下の事柄が重要と考えられる。

1. 養成する学生像を明確に定義する。
2. 大学新生の傾向を理解する。
3. 目標に向かって学生の発達段階を設定する。
4. 発達段階に応じた一貫したカリキュラムを策定する。

筆者の所属する専攻では、専門教育の最終目標を「既成の枠にとどまらず、多分野を統合発展させ、新しい分野を開拓できる能力」と設定した。新しい分野を開拓するには、未知の問題に対して、問題を切り分け、整理し、解決策を見出して、実行に移せるという総合的な能力が必要となる。具体的には、「本質的要素を抽出しモデル化できる」能力、「新しい技術あるいは他分野における技術の原理を理解し、利用できる」能力、「論理的に考え、異分野の研究者にプレゼンテーションできる」能力といったものであろう。

しかしながら、最近の新生は、理科はすべて暗記科目であると考えている。与えられた問題に対して、その解法を暗記したものの中から選びだすという処理方法しか、思い至らない。その結果として、「客観的データをもとに、論理的に推論を進めて、法則や原理を導き出す」という分析能力が著しく劣っている。新生に作文させると、事実と意見を混同したり、原因と結果が飛躍したり、国語の表現力も著しく低下している。

このような大学新生の傾向を鑑みると、学部専門教育の目標を達成するためには、どのような基礎学力をつけておくべきかを明確にすることが、教育カリキュラムを設計する上で、きわめて重要となることがわかる。

そこで、学部入学から修了までの間に、次

の4つの発達段階を設定した。

【学習力】観察や実験を通じた自然に対する興味・関心が学習の出発点である

【分析力】客観的なデータに基づいて論理的に分析し推論する力

【企画設計力】直面した課題に対する解決方法をゼロから組み立てられる能力

【論理的発信力】相手の論点を的確に理解して回答できる論理的な応答力

筆者の専攻では、平成18年度のゆとり世代が入学する年度から、このコンセプトに基づく一貫カリキュラムを開始している。4年間の実施を経て、導入基礎教育から専門課程へ効果的に接続するには、上述の「学習力・分析力」の養成をめざす導入基礎教育モデルが必須である、との結論を得た。よい導入基礎教育を受けた学生自身が、導入基礎教育から専門課程への接続を自立的に達成できるものと考えている。

ここで、「学習力・分析力」の養成をめざす導入基礎教育モデルとは、物理学の「内容」ではなく、物理学を勉強する「方法」を学ばせるものである。それには、魅力的な演示実験を豊富に取り入れ、さらに、物理的原理を定量化して基本法則を推論するための基礎実験をあわせて行うことにより、実験的観察から物理法則を論理的に導く方法を考えさせる。これらの導入基礎科目は、「理科は暗記科目である」という、大学入学直後の学生の価値観を、根本から変えることを目的としている。

本講演では、筆者の専攻で開講している導入基礎教育のねらいと内容を紹介する。さらに、この導入基礎教育の成績と、卒業研究配属時および大学院入学時の成績との相関を検証した結果を示す。これにより、「導入基礎教育を工夫する教員の努力が、自ずと専門課程教育も生かす」ということを強調したい。

# 物理コースの質の保証と認証評価—JABEEの経験から—

東邦大学理学部・物理学科 酒井 康弘

東邦大学理学部物理学科は2004年にJABEEの認定を受けた。物理学科には「物理エンジニアコース」と「物理ベーシックコース」の2コースがあるが、認定を受けたのは前者である。なぜ東邦大学の物理学科がJABEEの認定を目指したかは、筆者らの拙文(「物理学科における技術者教育-JABEE審査を経験して-」日本物理学会誌, 61, p106)の中で述べたが、JABEEという技術者教育認定制度を物理教育の改善の一環として位置づけたことが大きな理由のひとつである。そしてこれを我々の教育プログラムの質の保証にしようという目論見であった。

1990年代から、大学(大学生)の質やその評価についての議論が高まり、自己点検・評価が要請されはじめ、それに伴って外部評価なども顕著に導入されることとなった。2004年度には(財)大学基準協会と(独)大学評価・学位授与機構が大学に関する機関別認証評価機関として活動をはじめ、また2005年度には(財)日本高等教育評価機構もそれに加わり現在へと至る。それ以前は、いわゆる世間的評価、受験産業やマスコミによる大学のランク付け、偏差値、就職率などが大学に関する外部評価であった。前掲の3つの認証評価機関の評価制度は現在それなりに機能し、2011年度からは二巡目が開始される。しかし、車の車検制度のようなものという感も否めない。

実は東邦大学の物理学科はきわめてオーソドックスな理学部、物理学科であると思っている。ただし大きな特徴は、物理学科全体として、大学を修了した後には多くの学生が企業などで技術者として働くのだということを我々も意識し、そして学生にも意識させたということである。我々の学科でも毎年卒業する学部学生のうち40%近くは大学院に進学するが、その大学院を卒業後も最終的には企業等で技術者になる学生が大半である。もし、JABEEのような技術者教育に対する認証評価が大きく社会に認められて広まった場合、それがなくなることが学生の就職などに不利に働くようなことになったら大変だ、という危惧が我々にはあった。現在、JABEEも発足して約10年、こういった危惧は現実にはなっていないし、前述のマスコミや受験産業による評価が相変わらず幅を利かせていることは確かであろう。しかし、我々がJABEEを教育の質の保証と教育改善に結びつけた考え方は、間違っていなかったと思っている。JABEEは第三者評価を前提とした自己評価を基にしたピアレビューである。これは評価としては、理想的なものではないだろうか。我々は、JABEEを足がかりに本気で教育を考え、議論も行った。そして、外からの目を見た意見も聴くことになった。これらはすべて教育改善に繋がるはずである。

本シンポジウムでは、我々が物理学科における教育の質の保証手段としてJABEEをどのように捉えているのか、そして実際の教育プログラムがどのようなものかを紹介させていただく。その中で、さまざまな意見を伺えたら幸いである。