

# 大学初等物理教育の変革とeラーニングシステムの活用

鈴木 久男<sup>1)\*</sup>, 細川 敏幸<sup>2)</sup>, 小野寺 彰<sup>1)</sup>

1)北海道大学大学院理学研究科, 2)北海道大学高等教育機能開発総合センター

## Revolution in the physics education for freshmen and utilization of the e-Learning system

Hisao Suzuki<sup>1)\*\*</sup>, Toshiyuki Hosokawa<sup>2)</sup> and Akira Onodera<sup>1)</sup>

1) Graduate School of Science, Hokkaido University

2) Center for Research and Development in Higher Education, Hokkaido University

*Abstract* The ratio of university students who studied physics in their senior high school days has dropped remarkably in the past two decades. Nevertheless, Japanese universities have to turn out students who study physics as they used to. To resolve this problem Hokkaido University began to give new lecture courses based on the Higher Education Support Program run by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology. This paper presents the details of lectures in which we utilized the e-Learning system and the purpose of the system. With our experience the conclusion is that the most important point is to introduce interactive communication between the students and teacher using the e-Learning system.

(Revised on April 11, 2005)

### はじめに

日本の中等教育における理科, なかでも物理学はこの20年で履修者が激減した。大学では, これを補い以前と同質の卒業生を送り出さなければならない。そのため北海道大学の初等基礎理科教育では, 特色ある大学教育支援プログラム「進化するコアカリキュラム~北海道大学の教養教育とそのシステム~」

に基づき, eラーニング授業構築のための実験授業を行っている。ここでは物理教育において, eラーニングの導入で何を目標しているのかをその背景とともに報告する。

### 1. 大学における物理教育の変化

日本の大学における物理教育は変革期にある。変革

\*) 連絡先: 060-0810 札幌市北区北10条西8丁目 北海道大学大学院理学研究科

\*\*) Correspondence: Graduate School of Science, Hokkaido University, Sapporo 060-0810, JAPAN

の必要性がどのように発生したのかを、まず概観する。

### 1.1 高校における物理履修率の低下と、受験への対応

1970年代に80パーセントを超えていた高校理科の履修率が、学習指導要領の改訂や大学共通テストへの最適化の進行とともに、履修率の大きな変化となってあらわれた。この傾向は現在も続いており、理科教育に多大の影響をおよぼしているのは周知の事実である。(細川他 1996, 鶴岡他 1996)

高校における理科離れに伴い、大学においては、高校での未履修を前提とした授業の割合が増加している。特に物理にこの傾向は大きい。物理学は理工系専門教育の基礎であり、状況は深刻である。もともと、大学入試において、物理は得点に対してリスクが大きいというのが通説である。実際、他の理科科目に比べると、単なる記憶による要素が少ないので、得点リスクが大きい。そのため、理科選択科目として敬遠される傾向がある。高校が受験教育へ最適化したことを契機に、1970年には90パーセントを超えていた高校での物理履修率は、現在では20パーセント台と大きく落ち込んでいる。

また、高校物理履修者の質についても変化が見られる。それは、受験のデータ主義の台頭である。高度に受験対応型教育に最適化した結果、物理の公式主義的傾向が強くなり、頻出問題などのデータ優先、解法の記憶優先の教育の傾向を強くしてきた。この結果、物理の概念を理解せずに、解法、公式の暗記により問題を解く学生の割合が増加している。

他方、出題する側の大学の事情も変化している。実際に大学の入試において、通常の出題パターンと違う問題を出題した場合、受験生の正答率が著しく低くなる。この結果、受験生の学力選別、特に合否判定ラインの学生の得点の縮退を招き、合否判定そのものに著しく障害をあたえることになる。そのため、大学入試においても、このタイプの出題をある割合以下で出題することを考えざるを得ず、そのため受験のデータ化にますます拍車をかける結果となる。こうした事態は、学問そのものの現実への応用力を阻害するものであり危惧される状況である。

### 1.2 学生の変化に伴う大学における対応

物理学は、科学技術を支える学問の一つであり、履修率の低下は今後の我が国の科学技術の水準に影響

を及ぼしかねない。異常な事態であるが、高校での学生の物理学への素養の欠如への対応は、現状では入学後に大学の責任において行う必要がある。もともと、大学における物理教育は、こうした科学的素養の低下傾向以前においても、教育すべき内容の最低限度を教えることでかろうじて成立していた。そのため、学生の素養の減少傾向は、単に素養低下への対応というだけでなく、それ以前の大学教育の欠点をより浮き彫りにさせる結果となっている。

### 1.3 ゆとり教育からの教訓

現在までの長期的学力低下に、さらに追い打ちをかける事態が高校までの「ゆとり教育」である。ゆとり教育のために、高校までの物理必修科目が減少し、大学での教える内容についても新たな対応を迫られる。つまり、現状のカリキュラムでは落ちこぼれる学生数が増加することが予想される。この事態に対するもっとも容易な対応は、内容の軽減化である。しかし、これは、一部の落ちこぼれ対策のために学生全体の学力低下を招いた高校までのゆとり教育の延長線上に位置する考え方である。現状では高校まではゆとり教育なのに対して、大学卒業時には世界的水準たるべしというのが目標になっている。したがって、大学教育においては、ゆとり教育に対応しつつ、平均レベルを質的に維持すると同時に、得意な学生にはより高度な内容を提供することが必要となる。

## 2. 北海道大学基礎物理教育でのeラーニング導入

北海道大学では、2003年度特色ある大学教育支援プログラム「進化するコアカリキュラム～北海道大学の教養教育とそのシステム～」の採択により、予算面でのサポートがなされ、eラーニングシステム導入の準備が始められた。2004年度ではその援助の元にeラーニングに向けての実験授業(パイロット授業)を行っている(写真1)。しかしながら、現在の段階では、特徴的なデータを得る段階にはないので、eラーニングについての成果を論じられる段階ではない。

### 2.1 パイロット授業の対象

パイロット授業の対象は、水産学部230人であり、スタッフは教員4人と、実験補佐の技官、撮影技術者(外部に依頼)の合計6人である。さらに、TAを4人

写真 1. 北海道大学基礎物理 I の授業風景

加えた。パイロット授業を行うにあたり次のような問題もあった。水産学部は 1/3 が高校での物理履修者であり、高校での物理履修者と未履修者をどう扱って教育していくかという課題である。大学教育の標準化の流れにあって、高校での履修に関係なく、一定の教育水準を保証することが求められている。そこで、高校での物理履修者と未履修者の区別をしない授業を行った。ただし、高校での履修者と未履修者を融合させた授業をいかに行うかは、現状においても大きな課題である。

## 2.2 期間と内容

授業の期間は 1 年であり、週 1 時間半である。この中で、前期に「力学、振動と波動」を、後期には「熱力学、電磁気学、量子物理学」の講義を行った。これらの教える分野の範囲については、アメリカの標準的な初等物理には及ばない。もともと、物理学の応用範囲は広いため、多くの物理分野とその応用を教えるのが理想的である。しかし、北海道大学での講義時間数はアメリカの標準の半分、演習の時間もないことを考えると現状ではこれ以上の対応は困難である。将来ウェブでの学習が可能になれば、学生の興味や、キャリア準備のための需要に応じて、光学、流体力学、原子物理学などの学習も可能となることを目指

している。

## 2.3 物理教育での動画の重要性と授業用動画の作成

物理は物体の運動を説明する学問でもある。これを静止画で説明する場合、学生は各自の想像力で物体の動きをイメージする必要がある。演示実験はこの説明のために用いられるが、時間的な制限もある。一方、動画を用いて運動の解説をした場合は、学生がイメージしやすく、説明が容易になる。このため、物理教育にとって、動画での説明は非常に効率のよい教育方法の一つである。市販されているビデオ教材を使用して説明する場合も多い。これらを用いた授業のウェブ公開で問題となるのは、著作権である。ビデオなどの使用は、ウェブの公開に際して著作権の問題により、公開が困難になる。したがって、ウェブ公開のためには、独自の教材の開発が必須となる。現在、ゲーム業界、映画の特撮等でコンピューターグラフィックスは盛んに使用される。そのため、これらの CG を作成するソフトウェアを使用すれば、比較的容易に教材を作ることができる。ただし、レンダリング作業(数値データから画像や動画を作成する作業)に時間がかかり、短期間に多数の動画を作成することはできない。このコンピューターグラフィックスの作成作業には、教員 1 名と技術補助(TA) 3 名の補助を得

て、CGの教材の開発にあたった。作りたい動画の構想は300点ほどがあったが、実際に制作できた動画数は100程度であり、授業に間に合って使用したのは60程度である。来年度中にはその数を200程度に増やし、再来年度に最終的な充実をみる予定である。

#### 2.4 パイロット授業のための教科書の作成

2003年度に基礎物理教育のための教科書を作成した。「大学の物理入門」(小野寺他 2004)がそれである。これらは、この実験授業に最適化した内容である。1年間のパイロット授業で教科書を実際に使用した経験をさらに生かして2005年度版の改訂を行った。

#### 2.5 演示実験

先に述べたように、ウェブでの公開の利点の一つは、通常の授業では行うことが困難な、比較的大規模な実験を見ることができるところである。そこで、この目的にしたがい演示実験用機材を購入または自作した。実験を企画していると、演示したくても実際には実験機材が市販されていないこともあるため、今後は自作の器具の割合も増やしていく予定である。

また、電磁気学などでは、電気製品の中で電磁気の法則がどのように使用されているかを見ることも重要である。そこで、授業では、電気製品を分解して、その部品の原理などの説明を行った。

#### 2.6 eラーニング実施のための環境整備

2004年度はeラーニングに向けての準備の年であり、授業のテスト的な撮影を行った。現状ではeラーニングに関係した部分では、ウェブで講義ノートの配布、質問の受付等を行った。2005年度からeラーニング用のサーバーを立ち上げていく予定であり、動画などのリアルタイムでの配信が可能になる。

#### 2.7 eラーニングに適した教材の開発

実際の授業のための教材とは別に、eラーニングに適した教材の開発も求められる。この当面の対処の仕方には2種類考えられ、準備を進めている。

##### 1) ウェブでのインタラクティブ教材の開発

ひとつは、授業をまとめたスライドに動画を付属するタイプのものであり、双方向性を持たせることが容易であるという利点がある。そこで、これに双方向性を持たせるべく改良を加えることを企画してい

る。これは、ただし、欠点として動画などを配信する場合、学生の通信環境によっては配信に時間がかかることが予想される。

##### 2) e-book形式の教材の開発

もう一つはe-book形式の教材であり、各自自分のパソコンに教材をCDあるいはDVDの形で使用できるよう配布するものである。CDでの教材はアメリカにおいて市販されているものもある(Serway and Faughn 2000)。この形式では、リアルタイムに改良することはできないが、印刷業界標準のレイアウトソフトなどを使用して、非常に質の高い印刷物を作成することが可能である。現在、PDF形式に動画を埋め込むことが可能であるため、動きのあるテキストを作成することができる。

#### 2.8 2つの授業スタイルの実施

eラーニングに適していると見られる授業には、通常の方式を改良した形式と、クイズ形式の2種類があると思われる(鈴木他 2005)。2004年度にはこれら2種類の授業スタイルを実施した。

##### 1) 通常の授業スタイルの改良

2004年度前期での授業スタイルは、通常の授業形態であり、集中力の維持のために、講義時間を60分に、残り30分の演習にあてた。演習では、20~40人程度の少数による教育である。授業では毎回比較的大規模な演示実験を行った。

##### 2) 概念問題を中心としたクイズ形式の授業

2004年度後期には、クイズ形式を導入した。物理履修者と物理未履修者では、数値問題に関しては差が見られたが、概念問題ではほとんど差がつかないからである(鈴木他 2005)。やはり、高校で学習してきた学生でも概念を理解しないで、記憶で物理をしてきた学生が相当数あるものと思われる。実生活に役に立つ物理教育として、クイズ形式の有効性が確認できた。

### 3. 現状での反省点

現状では過渡期にあるため、このような授業は利点だけでなく、欠点も数多い。1学期末に実施したアンケート調査の結果ならびにこの1年間の経験をもとに、今回の試験的授業の反省点をあげておこう。

#### 3.1 アンケートの結果から

アンケートは実施当日授業に出席した全員に配布し、無記名で記入後回収した。対象者235名のうち提出した人数は171名である(回収率73%)。まず、予習復習をしたか否かを尋ねたところ、していたのはわずかに20名(12%)であり、昨今の学生の自習率の低さに驚かされる。物理学は記憶ではなく理解することを要求するので、授業に出席しただけでは目標とする学習レベルに到る科目ではない。宿題など、自学自習を促す方策が必要である。この結果を考え合わせると、授業が難しいと答えた学生が90名(53%)に達するのでも理解できる。教科書が難しいと答えた学生も87名(51%)になった。ページ数を増やさず平易に書く努力をしたのであるが、まだ考慮する必要があるかもしれない。講義の中で見せる実験が不要であるとする学生も70名(41%)となった。科学における実験の大切さを強調する必要がある。

講義は50分程度にとどめ残りの時間を小教室に分かれた演習に当てたが、この方式が有益であったと答えた学生は86名(50%)であった。235名を対象とした大人数講義の是非については83名(49%)が賛成した。一方、高校での物理履修者と未履修者を分けて教育すべきだと考えている学生は80名(47%)であった。2005年度はこの2グループは分けて教育する予定である。最後にeラーニングシステムを利用したか否かという質問に対して利用したと答えた学生は45名(26%)であった。授業で使った資料、演習や教科書の設問の詳しい解答を掲示してあるのだが、それほど利用されていない。予習復習をする学生が20名とそれほど多くないことを考慮すれば、これでも多いのかもしれない。

### 3.2 講義スライド公開の功罪

ウェブページは、現在講義ノートの配布と解答の掲示に用いているのみである。これは、もともとやる気のある学生に復習の機会を多くするために始めたものだが、主体性のない学生の授業への集中度を阻害する結果にもなった。つまり、講義の終了後に講義ノートを取得できるので、授業ではノートをとることをしないのである。こうした学生は、授業に対する態度が完全に受動的になってしまい、授業への集中が困難になるのである。つまり、ウェブでの利便性は、実際の授業には必ずしも、正の効果を生み出すとは限らない。もちろん、これは将来ウェブで公開された授業を見る学生にも同様なことが言えるので、こ

の点を注意した授業を心がける必要がある。

### 3.3 講義スライドか黒板か?

ウェブ公開のために、2004年度の授業ではパワーポイントによる講義スライドを作成した。よく議論されていることであるが、パワーポイントの授業は、学生の理解のペースや筆記のペースにあわせることが非常に難しい。そのため、記憶ではなく、理解を中心とした物理学講義の場合、黒板に筆記する従来のスタイルの方が、学生の授業への集中度が高いものと思われる。したがって、学生の理解度という点で、パワーポイントを使った授業よりも、板書のほうがよい結果が得られやすい。パワーポイントを用いた授業の場合、その運用は細心な注意が必要であるとも言える。2005年度は、クイズや動画など最小限にとどめ、板書を主体とした授業に切り替えたい。

### 3.4 クイズのリアルタイム集計システムの構築

クイズ形式の授業の有効性については別稿で述べた通りである(鈴木他2005)。リアルタイムで匿名性の高い集計は、クイズ形式に非常に重要である。しかし、現状では設備の関係上、クイズのリアルタイム集計ができない。クイズは直後に正解とその理由が示されるので、紙を回収して採点する形式では、不正が防止できない。そのため、クイズの結果を成績に反映させていない。一般に、成績に関係しない場合、学生はそれを無視する傾向がある。そこで、現状では1割程度の学生が授業中でのクイズに興味を失うようである。つまり、あとでクイズの結果の示されている講義ノートを見て、定期試験に備えようとする。このことは、クイズ形式の授業の利点の一つである、自分で考え、みんなで考える授業といった側面を著しく阻害してしまう。この点を解消するためには、Berkeley同様のリアルタイム集計システムの構築が望まれる。ただし、初期の設備投資や維持操作するための人的な支援が必要であるため2005年度からの集計システムの運用は現状では困難である。

## 4. まとめ

日本の大学物理教育の問題点と、その解決する手段としてのeラーニングの利点について述べてきた。また、北海道大学において進められている基礎物理教育のeラーニング化への取り組みを紹介した。現状

では人員が不足しているため独自のインタラクティブコンテンツの開発には着手していない。今後も授業の改善によりウェブ公開を目指していくとともに、講義ノートのインタラクティブコンテンツへの移行を目指していきたい。また、クイズ形式の授業でなく、通常の授業形態でも、eラーニングに適した授業が考えられる。それは、アメリカの従来型の授業である例題演習などを交えた授業である。例題演習を中心としたスタイルの授業は試験の点数に直結するので、学生の集中力維持に効果があるものと期待される。この形式では、板書を基調にした授業の方が、学生の思考に同期した教授法が期待できるが、このタイプの授業において、どのようにして双方向性を持たせていくかが改良のポイントとなる。いずれにしても、双方向性の確保が重要な課題であり、ウェブでの学習の成功は、この点にかかっているものと思われる。

## 参考文献

- 細川敏幸, 小野寺彰, 山田大隆, 鶴岡森昭 (1996), 「高校物理教育の現状調査」, 『物理教育研究』, 24, 42-49
- 小野寺彰, 鈴木久男, 徳永正晴 (2005), 『大学の物理入門』, 学術図書出版社
- Serway, R. A. and Faughn, J. S. (2000), “ College Physics with CD-ROM ” Thomson Learning, Brooks/Cole Pub Co., Florence, KY, U.S.A.
- 鶴岡森昭, 永田敏夫, 細川敏幸, 小野寺彰 (1996), 「大学・高校理科教育の危機 - 高校における理科離れの実状 -」, 『高等教育ジャーナル-高等教育と生涯学習 -』 1, 105-115