

## 初等物理教育における能動的学習システムの構築

鈴木久男<sup>1)\*</sup>, 細川敏幸<sup>2)</sup>, 山田邦雅<sup>1)</sup>, 前田展希<sup>1)</sup>, 小野寺彰<sup>1)</sup>

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

### Construction of Active Learning System for Introductory Physics Education

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

<sup>1)</sup> Graduate School of Science, Hokkaido University

<sup>2)</sup> Center for Research and Development and Lifelong Learning, Hokkaido University

*Abstract* The education for freshmen in the universities has been changed under the influence of the changes of education at the high school level. As far as physics education is concerned, it is pointed out that the ordinary lecture has a definite limitation for understanding physics concepts. A way to overcome the difficulties proposed in the USA is the active learning classroom. In Hokkaido University, we have tested the active learning classroom for one year and a half. We discuss the difficulties in achieving the active learning classroom in Japan. We present as a solution for the difficulties an active learning system which will be introduced in 2006.

(Revised on March 22, 2006)

#### はじめに

授業という形態は知識の伝達の科目では有用だが、理解を伴う学問では通常の授業形態には限界があることが指摘されている。物理教育においては、それ

を克服する手段として、アメリカで双方向性のある授業形態が提案され実績を収めている。日本の大学において、この双方向性授業を導入するに当たっての問題点と今後の解決策について報告しよう。

\* ) 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, Kita 10 Nishi 8, Kita-ku, Sapporo 060-08-10, Japan

## 1. 大学初等物理教育の方向性

### 1.1 大学を取り巻く環境の変化と大学初等物理教育の重要性

現在、高校での教育は変更が加えられ続けている。ゆとり教育もその変化の一つであるが、最も大きな改良の動機は大学受験勉強にある。ここ20年ほどで、頻出問題がより体系化され、難易度別分類が発達した。その結果、最小の時間で最大の効果が期待できるような教育が多くなされてきた。物理教育に限ってみれば、公式を覚え、公式に正しく代入する訓練、頻出問題の解法のテクニックを覚えることに重点が置かれている。その反面、頻出問題以外での正答率が著しく下がっている。この応用力の欠如は、一つには国語力の低下が原因ではないとも言われている。また、物理の選択は、化学や生物に比べて、リスクが大きいものとされている。それは、化学や生物ではある程度暗記していれば点数が取れるのに対して、物理では問題によって覚えていても零点もあり得るのである。このためポートフォリオ概念により、物理選択は物理の得意な学生に限られることになり、高校での物理履修率の低下を招いた。医学部などでは、物理では差が付きやすいため逆に物理を選択する学生が多い。つまり、株などでごく一部の投資家のみが非常に利益を得る体質を作りやすいのと同様に、物理選択は中程度の学力の学生が損をする体質を作りやすいのである。

こうした変化に入試問題の出題側ではどのように対応したらよいのであろうか？真に物理を理解しているかを選別する場合、新作問題がかかせないが、新作問題の正答率が低い場合、受験生の選別に使えないのが実情である。特に選択科目として物理を受験する場合、物理での極端な得点の低下は、先に述べたような、物理選択自体を思いとどまらせることにつながり、物理教育自体に問題が生じる。また、得点が少ない場合には、合否判定対象者の得点の縮退を招き、その結果逆に非常に物理のできが悪い学生が入学してくる結果となる。このように、頻出問題を中心とする出題は、現状では打開する手だてがないのが実情である。よって、応用力のある物理概念の学力の育成には大学での物理教育が非常に重要な位置を占めるようになるのである。

### 1.2 大学における物理教育の従来の方法

数十年前の大学初等教育での一般的な手法はほぼ確立されていた。物理の論理を重要視し、それをベクトル積、偏微分やベクトル解析などを用いて表現してゆくことを重点になされた。しかし、それは、2、3割程度の学生しか授業が理解できないものであった。このような教育は、獅子を谷底に突き落とす教育とも言われたが、自習してわかる学生も少ないのが正直な感想である。物理をその後学習してゆく機会がある学生は2年3年と物理を学習して始めて意味が分かることも少なくなかった。また、谷底に突き落とされてはい上がってきた少数がまた新たに教員になるために、このような教育は長らく続けられてきた。

### 1.3 学生の変化

従来型の教育において、単位を取るための学生の対応として大きく分けて次の3種類に分類される。1つは、物理の基本概念が解っていて、例題も解けるタイプである。これは、学部学科にもよるが全体の2、3割程度の学生がこの範囲にはいる。2つ目は、物理の基本概念は理解できないが、解法のテクニックの暗記でカバーして単位を取ろうという学生である。実に、全体の6割程度の学生がこの範疇にはいると思われる。このクラスの学生は、基本概念についての基本的な問題については解答できないが、良くある例題や、導出問題は解けるのである。また、暗記に頼ることが多くなるので公式の適用ミスも多い。しかし、要領よく単位を取るためにこのように対応するのもうなずけるのである。3つ目は、物理概念も解らず、問題も解けないクラスの学生である。つまり、問題の意味すら分からないので対処しようがないというタイプである。通常1割以下の学生がこのクラスにあるが、現在の大きな問題のひとつは、このクラスの学生数が増加傾向にあるということである。

### 1.4 学生の変化や社会適用性に対する対応

それでは、このような学生の変化に対してどのように対応したらよいのであろうか？3つ目のクラスの学生をなんとかして2つ目のクラスの学生に格上げする必要があるのだろうか？おそらく高校の教育であれば、受験勉強が目標であるからこうした試みは意味がある。しかし、大学における科学教育の目標のひとつは、将来の学生のキャリアに役立つ教育である。公式

を暗記して代入することができるようにする教育に果たして意味があるのでしょうか?このように、学生の変化に伴う対応において、従来の物理教育そのものが抱える本質的な問題も浮き彫りにされてしまった。また、以前のようなできる学生にだけ教えるような教育は一般的に許されなくなり、学生の大多数に有用な教育が重要視されてきており、物理教育、特に物理を応用として用いる、物理非専門系への対応が重要視されるようになってきた。

### 1.5 高校物理未履修者への2つの対応

もう1つ大きな問題は、高校での物理未履修者への対応である。北大全体で約半数の学生が高校で物理を履修してきていない。このような学生に対してどのようなことを教えるべきかについては、様々な意見がある。教え方としては大きく2つに分けられる。1つ目は、教える範囲を狭めて、基本的な事柄を重点的に教えるということである。つまり、狭く深く教えようということである。物理の論理性を重視するとこの範疇の教え方が好まれるが、大きな欠点としては、将来のキャリアに役立つ物理となりにくいところである。純粋な単純化された状況だけを教えるのは、現実への応用力を大きく失わせる。もう1つは、教える範囲はそのまま、それぞれについての考察を浅くすることである。つまり、広く浅くという教え方である。このやり方では、現実との対応力が付く可能性が高いが、欠点は、教える概念の数が多く、理解よりも暗記に陥りやすくなる点である。物理の時間数が限られている現状では、限られた時間に教える項目として何を削るべきか解答が得られていない。いやむしろ、この限られた時間数により多くの役立つ物理現象を説明するためには、従来の教授法にない効率的な方法の出現が求められるのである。

### 1.6 未履修者向けの対応の背景となる、物理授業の2つの方向性

高校での物理未履修者への2つの対応の背景には、もともと初等物理教育そのものが2つの方向性を持っていることも重要な要因となっている。ひとつは、物理の論理性を重視し、応用には力をいれない立場であり、もう一つは、物理の論理性よりも幅広い物理現象の説明に力を入れる立場である。これは、ちょうど数学において、イプシロン・デルタを用いて微積を教えるのと、微積の演算能力を重視する2つの方

法があるのと同様のことがらである。この場合、数学を専門とする学生にはどちらもできることが望ましい。また、数学を道具として利用する学部学科では、演算能力を重視して欲しいと思う。しかし、数学の教員は、数学を本当に理解するには、イプシロン・デルタを用いないといけない、関数の連続性の厳密な証明が必要であるなどと思うものである。同様のことが物理の教員に対しても言える。物理の教員のほとんどは、物理の論理性を教えるべきだと思う。しかし、その論理性を真に理解するのは、通常物理をその後もやっていく人だけであって、真に論理性を追求するには物理学の学生のみで、通常学科に所属した後に論理性を理解することが多い。その他の学生にとっては、物理全体の描像を得ることは非常に困難であり、科学技術の基礎としての多くの現象の理解が応用上重要となる。また、物理学の学生であっても、物理の狭い範囲の現象の理解しかできていない学生も多い。そのため、初等教育では幅広い現象の理解が重要である。一般に、日本では論理性重視の教育、アメリカでは幅広い現象の理解を重視する教育がなされている。

## 2. 双方向性授業の重要性

### 2.1 見逃しがちな学生の理解度と通常の授業方法の限界

通常の試験では、公式を正しく代入できるかとか、公式をより基本的な公式から変形して導き出せるかといったところに重点が置かれていた。教員は、このようなことができるようになれば、学生が物理を理解したものと思っていた。このような状況の欠点を最初に指摘したのは、Halloun, Hestenes(1985)である。かれらは、力学を学ぶ学生たちに注目した。数ヶ月の授業と演習の後にほとんどの学生が、ニュートンの法則がどのようなものであるのと言えるようになり、運動の法則を用いた例題を解けるようになる。しかし、基本的な物理概念についての問いかけをしてみると、物理概念そのものを全く理解していないことに気づくというものだった。彼らの功績の一つは、現在標準となっている基本概念理解のテストを考案したことでもある。Hake(1998)は、アメリカの学生6000人以上を対象にこのテストを行い、データを集めた。まず、授業を始める前のテストでの平均パーセントと、授業後のテストの平均パーセントを用意する。そして、授業

によるゲイン  $G$  を

$$G = (\text{授業後テスト平均} - \text{授業前テスト平均}) / (\text{100} - \text{授業前テスト平均})$$

と定義する。つまり,  $G$  は授業によってどれだけ新たな物理概念が理解できたかを判定する変数となる。6000人以上を対象にしたテストで, 通常の授業形態でのゲインは

$$G = 0.22 \pm 0.05$$

であることが示された。しかもこの結果は, 教師がだれであるかにほとんどよらなかった。つまり, 授業において教授法が優れているかどうかと, 物理概念の理解にはほとんど関係がないのである。一方, 通常のテスト(公式を導くとか, 公式代入)では, 当然のごとく, 教師の質による結果が出されている。通常, 教員は, 公式を導出したり, 公式の運用が可能であれば, 学生が物理の基本概念が理解できたものと思いつている場合が多い。しかし, このデータにより, 通常の授業形態の限界が示されている。つまり, どのように工夫しても物理の概念の教育には限界があるのである。

## 2.2 物理基本概念の理解の重要性

それでは, 物理基本概念の理解は教育で必要なことであろうか? まず, 基本概念を理解せずに, 公式の運用だけで良い成績が取れた学生は授業に対する満足度もそれなりに期待できる。ただし, その学生が将来社会に出た場合, 大学で習った基本的な公式の運用が役に立たないことが多い。そのため, 大学で習った物理は役に立たないと思うようになる。つまり, 短期的に満足した学生も長期的には授業に対して満足度が低い結果となる。複雑な社会で必要なのは, 物理概念の応用力であって, 単純な公式そのものでない。そのため, 社会においては, 数値的な演算よりもある物理的な現象に対してどのような効果になるのかを見極める定性的な物理概念理解が重要となることが多い。また, 数式でなくどうしてそうなるのかを説明する能力も重要である。また, 一方公式の運用を覚えきれなく, 成績が芳しくなかった学生は, 短期的な満足度も長期的な満足度も低いことは言うまでもないだろう。また, 物理の論理構造の理解といった観点からも, 物理基本概念理解は必須である。このように, さまざまな観点から, 物理の基本概念の理解が非常に重要であることが言える。

## 2.3 物理教育における通常の授業形態の欠点

通常の授業形態は, 知識の伝達の科目に対しては, 非常に有効であるのは言うまでもない。しかし, 物理では, 知識の伝達や記憶が目的でなく, 物理概念の理解そのものが目的である。このような観点から通常の物理教育における授業の欠点をみてみよう。

### 2.3.1 集中力の維持の困難

通常の人には, 集中力の維持は10分から15分が限界である。そのため, ぼんやりしたり他のことを考えたりすることが生理的に必要となる。実際に, 授業で今しゃべっていたことについて知識だけのテストをしてみても, 今しゃべっていたことについて聞いてない学生が数割いることが確認できる。しかし, これはほとんどの学生にとっては生理的必然である。知識の伝達が目的の科目では, 数個の知識が抜け落ちるだけすむ。しかし, 物理のように論理の積み重ねや理解が目的である科目では, 学生のその後の理解は望めなくなり, 黒板に書かれていることの意味が分からず, 筆記して後で理解してみようとつとめるだけになりがちである。また, 授業では, 疑問に思ったりすることも抑制される。それは, 教員が板書して説明している段階で, 自問自答していると, 教員が説明していることを聞き漏らすおそれが高くなるからである。また, その場ですぐ質問することも, 授業の進行上学生が自制することが多い。このように, 授業における集中力の維持の問題は, 理解を目的とする科目では不利となるのである。

### 2.3.2 学生のノートの取り方の問題

高校までの教育により, 学生は黒板に書いてあることをすべて書き取り, それ以上のことは書かない傾向が強い。そのため, 学生は教師がはつきり板書することを求める。教師の説明していることを反芻して, 自分の言葉でノートに書き留めるといったことができる学生は少数に限られる。こうしたことは, 頭の回転の速さが求められるからである。

### 2.3.3 短期的記憶の問題

教師は自分の教えていることは非常に重要であり, 内容については長期的な記憶のモードに入っている。しかし, 学生にとっては, ただノートを取ってその場で理解したという気になっても, 数週間後には内容を忘れてしまうことが多い。それは, 他にも多くの教

科を抱えているのも理由となるが、より基本的には、授業と授業の予習復習程度では、習っている内容は短期的な記憶にしかかなり得ない。自分で考えて納得する作業がなければ長期的な記憶のモードに入れない。このような作業の少ない授業では、物理の理解そのものを望むことは通常の学生に対しては困難である。

#### 2.3.4 テキストと授業の関係の問題

通常の授業形態では、テキストに書いてあることを説明することが重要である。よくできる学生は、自習し、授業に出てこなくてもよいし、自習するのがいやな学生が授業に出て安心を得る傾向が強くなる。また、よくできる学生は、試験のための例題演習をもっとやってくれるように望むようになる。

#### 2.3.5 授業で教える内容の問題

授業では、その形態から形式的な物理の論理構造を重視する傾向が強くなる。つまり、授業では、式の導出などに重点が置かれる。そのため、物理現象そのものの説明や物理概念そのものの理解に結びつきにくい。いやむしろ、学生は理解するといったことを認識することができない。よく、「先生の説明や、教科書は理解できるんだけど、問題が解けない」といったことがよく聞かれるが、学生の理解は、理解でなく記憶である。高校までの「理解しやすい」は「記憶しやすい」と同意語であることが多いのである。大学で理解するとはどういうことか教えるのには、授業で教えるべき内容そのものを変える必要があるが、通常の授業形態はそうしたことは不得手である。

### 3. 双方向性のある能動的学習授業

#### 3.1 能動的学習授業とその驚くほど高いゲイン

このように、物理概念の理解を目的とした教育には、通常の授業形態は向いていないことを見た。これを打開する授業形態としてアメリカでは能動的学習授業(Active Learning Classroom, Interactive Engagement)が取り入れられている(Hake, 1998, Knight, 2004)。それでは、能動的学習授業ではどのようなことをするのであろうか？その大きな特徴は次のようなものである。

1. 授業では、知識の吸収ではなく、知識の構築に重点が置かれる。これは、学生は、課題に対して行動し、話し、考える。
2. 教師は、知識の伝達者としてよりも、司会者としての立場となる。学生が考えた結果に関しては、教師がさまざまなヒントを与えて修正したり、間違った理解に対してすぐにフィードバックをかける。

このような能動的学習授業では、さまざまな方式が考案され実践されている。ただし、中には授業と実験との融合といったものから、通常の授業に双方向性を持たせるだけといったものまで多種多様である。しかし、このような双方向性授業でのゲインは、Hakeのデータ(Hake, 1998)では

$$G=0.52 \pm 0.10$$

であり、通常の授業に比べて2倍以上のゲインとなることが確認された。

#### 3.2 通常の物理問題に対しての波及効果

実は、このような形態の授業では、基本概念の理解だけにとどまらない。Van Heuvelen(1991)やCrouch, Mazur(2002)の調査では、能動的学習において、通常の例題演習型の問題についても正答率の向上が見られたのである。これは、物理概念の理解により、公式の適用ミスが防止されると共に、問題そのものの意味がはっきり読み取れるようになった結果と思われる。またこの結果は、逆に通常の問題の解き方は、物理概念の理解からではなく、公式のパターン認識による部分が多くあったことを物語っている。

### 4. 北大パイロット授業における能動的学習授業導入

能動的学習授業には非常に大きな問題がある。それは、教師の負担の問題である。多くの場合、新しい授業形態のため、教師に司会者としての新たな力量が求められるのである。テレビの番組の司会者はある決まった人たちが多くなることからわかるように、能動的学習授業では全体を運用するのに力量が必要となる。この観点から、多くの能動的学習授業の形態から、Mazurによるクイズ形式の授業に特化して話しを進めることにしよう。この方法を約1年実施した。

導入初期の報告については、鈴木、細川、小野寺 (2005) の報告がある。この後述べるように、この授業形態は、ほぼだれが授業を仕切っても安定した結果が見込まれる。

#### 4.1 北大におけるクイズ形式の授業の実施

Mazur (Mazur 1997, Crouch and Mazur 2002) によるクイズ形式の授業では、まず物理概念に対して説明を行う。その説明に対して、物理概念の基本理解についての4択ないし5択のクイズを出す。それを数分間考えた後、みんなで一斉に答えを出させる。アメリカでは、専用のリモコンが売られており、リモコンにより匿名性を保ったまま集計するシステムがある。たとえば、BerkeleyのChem1Aの授業がこれを用いている。しかし、日本ではこういったシステムがないの

で、あらかじめA,B,C,D,Eの紙を配り、写真1, 2のように一斉に答えさせるようにしている。

意見が割れた場合、周りの学生たちと話し合いをさせる。確信を持っている学生は、他の人を納得させるために熱弁をふるい、半信半疑の学生たちはみんなで考えながら答えを出す。一般に、正答率が80パーセント以上では話し合いをさせる効果は少ない。また、あまりに正答率が少ない場合には、教師自身がヒントを出した後、みんなで討論して答えをださせてみる。その後、正解を示し、理由を説明する。もし、正答率が悪い場合には、その物理概念をもう一度他の言葉で説明をし直すことがある。このようなパターンを15分に一度くらいのペースでクイズをしてゆき、授業を進行させる。

写真1. クイズ

写真2. 学生の答え

#### 4.2 クイズ形式の授業の利点と欠点

クイズ形式の授業の利点は次の通りである。

1. クイズについて考えさせ、みんなと話しをさせること。学生は、人と議論する訓練を高校までで受けておらず、人と議論する訓練がなされる。これは、ある意味物理そのものよりも重要な教育といえる。
2. 集中力の維持が容易であること。クイズについて考えるときに、リフレッシュする時間を得られるため、ちょうどテレビ番組でのコマーシャルのような働きをすることになる。また、授業半ばでみんなで考えさせる時間ができたら、その時間を多くとり、おしゃべりなどの休憩時間として使うのも効果がある。これは、Berkeley の Chem1A の授業で使われていたテクニックである。
3. 理解のフィードバックが直後になされること。一般に、疑問に感じたことはその直後にフィードバックさせると、最大の教育効果が得られる。クイズ形式の授業では、間違ってしまった場合の記憶は、正解の場合の記憶よりも記憶に残りやすいので、物理概念が、長期的記憶に移行しやすい。
4. 高校物理履修、未履修での差が少ないこと。高校で物理の履修未履修の違いは、例題解法での公式の運用ができるかで大きく差が付くことが多い。しかし、クイズ形式の問題では差が少なくなる。これは、高校で物理を履修してきても、物理概念を理解してきていない学生が多いのと、現実の現象の理解まで及ぶ教育がなされてきていないことによる。

などである。

一方で、欠点もある。

1. 物理概念自体の説明が全体の 1 / 3 になり、通常の例題演習などは、自習するようになること。
2. すべての物理概念についてクイズにするのには時間が足りないし労力も多い。

などの点である。

#### 4.3 クイズ番組の司会者としての教員の授業運営

教員は、クイズ番組の司会者にあたる。そのため、授業を盛り上げるためには、司会者が良く使うテク

ニックが重要となる。たとえば、正解を見せる前に「正解は。。。」とすこし溜めてから正解を見せるなどである。また、学生全体の雰囲気を読むことも重要で、疲れが見えてきたら話し合いを長くさせて休ませる。また、クイズの消化のために学生の理解のペースを超えるといったこともあったので注意が必要である。授業では全体をカバーできないので、教えたところを確実に理解させるのを優先する。やるべきところを焦って全部説明したつもりでも、学生の理解がついてこなければ、説明でなく教員がしゃべっただけという結果になる。クイズ形式の授業では、学生が理解できたという実感が伴うのが非常に重要となる。

#### 4.4 能動的学習についての学生に対する動機付けの重要性

また、能動的学習授業を行うにあたっては、学生に対する動機付けが極めて重要である。それは、学生にとってみるとかなりとまどう授業形態であるからである。自分で考えて、理解を構築することこそが、将来一番役に立つべきことがらであることをことあるごとに繰り返し説明する。また、みんなで話し合いして答えを出す場合、あまり話し合いが見られないときがある。このときは、他の人を説得したり、他の人と討論する能力は、企業面接などで必須の能力であることなどを説明しつつ、みんなで話し合いさせる動機付けにしている。逆に言えば、学生の授業に出る主な目的は、通常良い成績を取ることである。そのため、みんなで話し合いをしたり、基本概念を理解しているかどうかは、直接成績に関係しない部分であることが多い。それだけに、長期的満足度を優先している能動的学習授業では、学生に対する動機付けは非常に重要な要素となっている。

#### 5. 日本における能動的学習授業の可能性

##### 5.1 アメリカの能動的学習授業を日本に移植する上での問題点

アメリカでは通常、1 コースは、週 3 時間の講義と、週 4 時間の演習と実験により成り立っている。そのため、授業自体をクイズ形式にしても、通常の例題演習を演習の時間にやることができる。また、週に取るコースの数は限られているため、自習の時間を多く取ることができる。これに対して、日本の多くの大

学では、週 1.5 時間の講義のみで、実験はあまり授業と連動していない。そのため、通常の例題演習については自習に任されるが、他の授業科目も多く、クラブ活動などのため、一教科に自習時間を多く取るとは困難である。このように、アメリカ型の能動的学習授業を日本において機能させるためには、日本のシステムに合わせた改良が必要であることがわかる。

## 5.2 導入を妨げる学生の質の変遷

日本において、能動的学習授業を導入する場合、先に述べた理由により、その運用の影響は授業自体だけでなく自習システム自体に変更を及ぼす必要がある。つまり、自習時間の少なさ、授業時間の少なさをカバーする新たな方法が必要となる。しかし、新たな問題も起きている。それは、学生の本離れである。学生の国語力の低下により、本での説明は学生にとって非常に理解がしにくいものになってきている。一方では、学生の空間的理解力は教師よりも優勢なことが多い。これは、幼少の頃からテレビゲームを多くしている結果であると思われる。学生の空間認識力の向上は、物理などの動きの現象の説明には非常に役立つ資質となりうる。

## 5.3 日本における能動的学習授業を支えるための 2 つの要件

これまでみたように、能動的学習授業では、通常でも少ない事業時間の説明が、クイズのためにさらに短縮される。また、そのために、自習にたよる部分が增加するが、自習時間の増加は期待できない。そこで、日本において能動的学習授業を実現するためには、授業における効率のよい説明手法の新たな開発と、効率よく自習できるための自習システムのトータルパッケージが必要となる。この自習システムには、紙による媒体の自習システムは、先に述べたように今の学生には期待できない。

## 5.4 効率的な説明のための動画の利用

ゲームや映画の SFX の発達と共に、コンピュータグラフィックスは身近なものとなっている。この技術を応用して物理の説明のための教材の開発を行った。そして、2004 年 10 月から授業への利用を始めている。つまり、物理現象を実験で見せる代わりに動画を見せること、また、説明自体を動画に行わせることにした。このような動画の利用は、クイズ形式の授業

での説明時間の短さを補うと共に、物理が感覚的にわかるようになるという利点がある。現在力学から電磁気学までの動画入り PowerPoint スライドとクイズはほぼ完成した。ただし、自習に頼る部分が増加してしまうという欠点は、今年度までは解消できていなかった。

## 5.5 来年度から運用を開始する能動的学習システム

動画入りの説明により、能動的学習授業の実施に伴う説明時間の短縮という問題は軽減できた。しかし、自習を容易にするという目標のためには、自習に対しても新たな効率化が必要となる。このためには、動画入りの教科書を作成する必要がある。この動画入り教科書は現段階でほぼ完成し(鈴木、山田、前田、徳永 2006)、2006 年 4 月に第 1 巻が刊行される予定となった。教科書は、活字の本に DVD が付属しており、中の PDF ファイルの絵をクリックすると動き出す。この動画が物理現象を説明する。一般に、本を読む行為よりも動画を見る方がより効率よく物理を理解するのに役立つため、自習時間の短縮につながることが期待される。このようにして、以下のような物理学学習システムを来年度から運用する。

## 能動的学習システム

1. 動画による効率よい物理現象の説明と、クイズによる双方向授業
2. 動画による効率よい自習のための「動く教科書」

能動的学習のための PowerPoint スライドは、動画による説明と授業用のクイズがあり、半期分で約 450 枚である。これらのスライドは「教員用コンテンツ DVD」として教員には無償で供給される。そして、発行元の許可を得て、本を参考図書に指定した教官は、中のコンテンツを自由に編集して授業に活用することができる。

## 6. まとめ

能動的学習授業は、理解を目標とする物理などの科目について、通常の授業形態よりも優れていることをみた。また、その中の一つ、クイズ形式の授業を日本で行うにあたっての困難と、それを克服するための試みについて説明した。来年度から本格的に運



用する, 動画を用いての能動的学習システムについて説明した。また, 動く教科書についての詳細は別に報告することにしよう。

## 参考文献

- I.A.Halloun and D.Hestenes (1985), "The initial knowledge state of college physics students," Am.J.Phys.53, 1043-
- Van Heuvelen (1991b), "Overview, Case Study Physics," Am.J.Phys.59, 898-
- R.R.Hake (1998), "Interactive-engagement vs traditional methods:A six-thousand student survey of mechanics test data for introductory physics courses," Am.J.Phys.66, 64-
- E.Mazur, Peer Instruction (1997), "A User's Manual,"

Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ

- C.H. Crouch and E. Mazur (2001), "Peer Instruction: Ten years of experience and results," Am. J. Phys. 69, 970-
- 鈴木久男, 細川敏幸, 小野寺彰 (2005), 「大学における理科教育のグローバル化とeラーニング」, 『高等教育ジャーナル 高等教育と生涯学習』, 13, 21-28
- 鈴木久男, 細川敏幸, 小野寺彰 (2005), 「大学初等物理教育の変革とeラーニングシステムの利用」, 『高等教育ジャーナル 高等教育と生涯学習』, 13, 15-20
- R.D.Knight, Five Easy Lessons (2004), "Strategies for Successful Physics Teaching," Addison Wesley
- 鈴木久男, 山田邦雅, 前田展希, 徳永正晴 (2006), 「動画だからわかる物理 DVD付 力学・波動編」, 丸善株式会社