

自然科学の授業での実験の効果について

On Effective Teaching Method using "Big experiment" in Natural Science Class

石塚 亙・宮永 健史

Wataru ISHIZUKA, Takeshi MIYANAGA

(和歌山大学教育学部物理学教室)

現在、大学の教養教育の意義が改めて問われているが、筆者らは多人数の自然科学分野の講義を改善する試みとして、万有引力実験機、放電管、バンデグラフなどの、教室で使用するには比較的大きな装置による演示実験を積極的に取り入れた授業を行っている。学生の反応は非常に良い。いわゆる理科離れ・物理離れに対する様々な取り組みが、現在、数多く行われているが、本稿では高大連携を視野に入れた大学の授業からの工夫として、実験を活用した有効な授業方法を提案する。併せて、力学の分野で特に誤解がされている例題を一つ紹介する。

キーワード：理科教育，教養科目，物理学

はじめに

物理学の未履修者が多数になっているということから、教養科目としての自然科学、とりわけ物理学が、これまで通りの内容では通用しないという事態になってきた。言われているようにこれは全国的な傾向であり、日本物理学会と日本物理教育学会の共催により開かれている物理教育シンポジウム「物理学会は教育に対して何ができるか」(2000年)、「大学基礎物理と高校物理との接続を考える」(2001年)でも真剣な議論がされ、現在でも明らかに有効な解決策は示されていない。しかし物理学については、たとえば数学と比較した場合に、講義の中にも実験を採り入れることが可能で、効果的な授業の構成ができる。本稿では、そのような事例をいくつか紹介し、大学での教養授業の一つのスタイルとして提案する。

なお、実験装置のいくつかは平成13年度和歌山大学特別経費(「基礎教育科目「物理学A・B」についての有効な教育方法の開発」)の配分を受けて購入した。

実験を取り入れた教養科目の講義(1)

これまでの大講義室で行う教養教育は、マイクを使用しながら教科書に沿って解説を進める、というスタイルが普通であった。学生からの不満も強く、この形の限界を強く感じさせられる。それでも近年、FDの取り組みの一つとして授業改善が言われ始めてから、様々な工夫が各分野で報告されるようになってきている。自然科学分野の場合には、授業の中で行う、いわゆる演示実験を採り入れることは一つの方法である。

もう一つ、特に自然科学の分野では、科学技術の最先端の部分を、情報機器を使用して映像で紹介し、興味を喚起するということもある。同じ教科書を使用したとしても、液晶プロジェクター等の機器を使用すれば、効率良く授業を進めることができ時間的な余裕が生まれて質の高い内容に踏み込むことが可能になる。このような情報化の方向は、これに対立させて実験を体験型の学習と捉えた場合にも、お互いが矛盾するという事ではなく、相補的な関係になっていると考える。自然科学が基本的に実験による検証を欠かせないということは、ある意味で学生に伝える最も重要な事であって、いわゆるバーチャルな実験を（数値シミュレーションとは違う意味）、実験と呼んで良いのか、疑問を感じる。

さて、実験を講義の中で行う場合に、大教室の場合には教卓の上に収まる大きさの装置では、極めて効果が薄い。一方、本格的な装置は実験室の中に置かれていて、そこに多人数を入れることはできない。そこで、ポータブルで、同時にある程度の性能を備えた装置を使用することが非常に効果的であった。価格的な面は別にして、（高校の理科室にはあまり置かれていない、という意味で）学生が見慣れていない、「科学」を感じさせるような装置は、強く学生の興味を引く。

使用したのは、万有引力実験機、マイケルソン・モーレイの干渉計、バンデグラフ、高電圧発生器（誘導コイル）に繋ぐ放電装置などである。力学、電磁気学、光学を扱ったときに、ポイント的に装置を動かした。同時に多人数の学生に対して実験を利用しながらの説明をすることができ、実験の力によって臨場感のある講義にすることができた。

本来のデータを取るための実験ではなく、教室で行う教育のための「定性的な」実験である。それでも、学生は、実験を入れたことに対して、高校までの授業と違う面白さを感じとってくれている（学生の授業に対する評価・感想から）。多人数に対する講義の補助として以上の効果があったと確信する。

実験を取り入れた教養科目の講義（2）

自然科学の授業は特に小人数であるのが望ましい。実験を取り入れるときは、なおさらそうである。先にあげたのは比較的高級な装置だが、毎回用意するわけにはいかない。次善の方法として、大教室の場合には単純に大きな装置を用意することになっている。

文字通りのスケールメリットがあって、たとえば電気のオームの法則などは、100ワットと40ワットの電球を大きな木の板に並列と直列に並べたものを作って、明るさの違いをはっきり認めさせる。小学校の理科の時間で、豆電球を使って自分の手でやってみたはずなのだが、改めてやってみせると、感心してくれる（直列の場合は40ワットの方が明るい）。このようなごく簡単なところから話を始めて、温度を変化させると金属抵抗がどのように変化するか、極低温ではどうなるか、という所までもっていくのだが、そこでは超伝導物質と磁石の実験のセット（マイスナー効果）を取り出す。

一つの結論として、大教室で実験を（演示の意味で）する場合に、構造が簡単なもの・分かりやすいものであれば、大きさが必要であり、これも高価な装置に劣らない効果があった。

力学の例題 一質点から剛体へ一

筆者が担当しているのは、大学の理科系クラスの教養の物理学であり、初習者にとっては力学の補習、既習者にとっては復習の意味も持たせている。そこで、実験としてはごく簡単なのだが、外縁に錘を付けた円筒と中心に錘を付けた同じ質量の円筒を、同時に長い斜面の上から転がす。着地は同時ではない。学生には、次回の授業までに、早く着地したのがどちらか、理由をつけて考えておくように、宿題にする。

これは、授業時間の終わり近くで実際に行ってみせ、この時間には答えは明かさない。その前に、ガリレイの話しから始めて、物体は質量の違いに依らず同時に落下する、斜面を滑り落ちる場合も同じである、という「自由落下」の説明をしている。それで、学生は一様に意外そうな反応を示す。些細なことであるが、このような「意外性」は、考える自然科学の授業には欠かせない部分であろう。

ところで、ピサの斜塔でガリレイが行ったといわれる有名な自由落下の実験は、重力質量と慣性質量の説明の際に普通に上げられている。実際の実験は、斜面を使って行うのが分かりやすいが、このときに摩擦を除くためには、転がすのが効果的である。ところが、そうすると慣性モーメントを考慮する必要が生じる。ここは、高校で物理学を履修した学生にとっても、未体験の領域である。

宿題の結果は、3年前からほぼ同じで、9割が逆の答えをする。その理由の殆どは「遠心力が働くから、縁に錘を付けた方が早く落ちる」というものである。教員からすれば、「そう思うだろう。そこが落とし穴で…」と話を始められ、学生を引き込む役にも立つのだが、高校で物理学を履修した学生を含めて9割が誤るとするのは、問題ではないだろうか。力の概念と、エネルギーが保存するという意味が、正しく理解できていないように感じる。

力について言えば、あくまでも物体に働いている全ての力の（ベクトルの意味での）合力が必要なのであり、同時に遠心力などの慣性力の扱いについての注意が、学生に教える際には重要だということを示唆している。一般によく誤解されているのは、力の方向に物が運動する、ということである（もちろん力が直接影響を与えるのは速度であって、位置ではない）。遠心力の一部だけしか見ない、そこでイメージを浮かべて答えを出してしまう。円筒の例でいえば、逆向きの力（慣性力であるが）が作用する対称点にまで視点・思考が届いていない。残念であり、また教員の側に見れば逆にある意味で意欲が沸くのは、この（誤った）答えに学生が自信を持っていることである。

物理学が（理科の中の一分野としてであっても）、中学・高校まででもある程度の教育がされていて、自然科学の基礎であるとするれば、その知識に基づいた予測がまったく外れるというのは、基本の所で誤っていると考えざるを得ない。ここで上げたのは一例に過ぎない。また「回転運動」が「質点」の概念から「剛体」に進むステップの途中にあり、高校から大学へのステップの途中でもある。あるいは躓くのが当然なのかもしれない。しかし筆者には、学生が、最も単純な質点という概念に慣れすぎてしまい、これに力や運動量、エネルギーなどの知識を覚え込んで、それで飽和してしまっているように感じられてならない。数学と同様に物理学も積み重ねの学問であるが、一段一段を完成させながら進んでいくことは不可能であるし、それでは興味が沸くはずも

ない。

数学も自然科学も、高校まででも大学でも学習が終了するはずはない。本来は、その先にある一歩を意識し、意識させながら終えるのが良い。その意味で、例えば大学と高校との連携による教育の対象を、このような力学の領域に求めることもできるだろう。

近畿大学生物理工学部の久實教授には、大学での多人数の講義のありかたについて有益なご意見をいただき、感謝いたします。また和歌山県立東高等学校の東山先生はじめ、和歌山県高等学校物理サークルの先生方には、物理学の授業の、高等学校と大学の連携の方法などに関係して有益なご意見をいただき、感謝いたします。

参考文献：

日本物理学会刊行「大学の物理教育」

日本物理教育学会発行（同学会誌）「物理教育」