

基礎科学のための数学的手法

–バーチャルラボラトリーを利用した教育–

九州大学大学院理学研究院 小田垣 孝

1. はじめに

大学初年次の学生が基礎科学科目の講義において最も戸惑うのは、各科目において次々と導入される数学的手法である。数学の講義でこれらの内容がある程度カバーされるのはかなり後のことであり、数学的な方法を十分習熟しないまま、どんどんと新しい内容が展開され、内容の消化不良ひいては単位がとれない学生が多数出ているのが現状である。

このような状況を改善するための議論の中で、数学担当者の主張は(1)数学ばかり先にやるわけには行かない、(2)数学の講義は、数学的思考法を教えるもので、テクニックを練習させるものではないというものである。一方、物理学担当者は、(1)力学や熱力学の講義では、定義には触れるが数学の練習ばかりやるわけには行かない、(2)数学的手法は数学の講義で当然やるべきものであるという主張をするのが常である。このような対立は日本のほとんど全ての大学で数十年にわたって繰り返されてきたものである。平成3年度に大学設置基準が大綱化され、法律に縛られない科目の提供が可能になったにもかかわらず、そのようなギャップを埋める講義を開講しているという大学は皆無であろう。

理学部物理学科では、平成11年度に行った専攻教育科目のカリキュラム改正の中で、そのようなギャップを埋めるための講義を開講することにした。すなわち、本講義の目的は、大学初年次の早い時期に出てくる物理学や化学熱力学などにおける数学的手法を1年生の第1学期に修得させることによって、さまざまな科目の論理展開の理解を助けることにある。

本稿では、物理学科で上記目的のために第1学年前期に開講している「物理学入門」を紹介する。この講義は、昨今目覚ましく発展しているコンピューターネットワークを最大限利用して行われており、その中心的な概念であるバーチャルラボラトリーについても解説する。なお、本講義は拙著「基礎科学のための数学的手法」(裳華房)に基づいており、バーチャルラボラトリーは <http://www.cmt.phys.kyushu-u.ac.jp/> においてあるので自由に利用していただくことが可能である。

2. シラバス

本講義は第1学年前期の開講を想定したものであり、履修者は高校の数学、特に微分・積分を修得していることを前提としている。一方、高校における物理学は、必ずしも履修していることを前提とする必要はないが、物理学科の学生が対象であるので高校物理を修得しているものとして講義した。

講義のシラバスは以下の通りである。

授業の目的：基礎科学科目の論理展開を容易に理解できるように、大学初年次の学生を基礎科学における数学的手法に馴染ませる。

授業の概要：

1. 運動法則-微分方程式-
2. 力とポテンシャル-偏微分, 二変数関数の極値-
3. 振り子の運動-テイラー展開-
4. 減衰振動, 強制振動と共鳴-2 階線形常微分方程式-
5. 連成振動-固有値, 固有ベクトル-
6. 回転座標系と角運動量、剛体の回転運動-ベクトル積, 重積分-
7. ベクトル場と発散・回転-ベクトル解析-
8. フェルマーの原理と変分原理-オイラー方程式-

授業の進め方：バーチャルラボトリーを用いて自然現象を仮想体験させ、現象を理解するための手段として数学的方法を展開する。演習とレポートを多用する。

期待される学修目標：初等的な数学的手法を実践的に身につけること。

講義は

- 単なる数学ではなく、自然科学特に物理学の中で必要となる数学に慣れさせる
- 現象を記述する法則とその数学的表現、およびそれから導かれる結果を物理的に解釈をするという論理展開に馴染ませる
- 演習および宿題を多用し、実践的なトレーニングをする

ことに主眼をおき、講義項目は初等的な物理学の対象から選ばれている。

3. バーチャルラボトリーを用いた教育

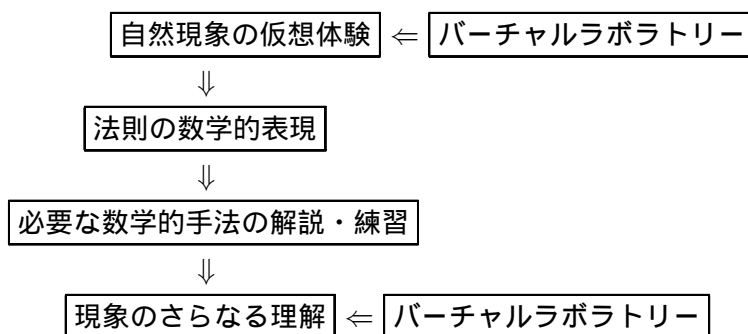
本講義は、「図表教育から動画教育へ」をキーワードとしたネットワーク時代の教授法を念頭において行った。そのために、コンピューターグラフィックスおよびウェブを活用したバーチャルラボトリーの開発を行った。バーチャルラボトリーの内容は、次の通りである。

バーチャルラボトリー

- 経時変化のインタラクティブな仮想体験
- 三次元グラフィックス
- 簡単なアップデート
- ホームページ上に常時開設 ⇒ 自習の効率が上がる
- 机上実験とは異なり失敗がない

バーチャルラボラトリーは、CRT画面のプロジェクターを利用することにより、100名程度の教室においても利用でき、受講者全員に同時に現象の時間変化を模擬体験させることができる。これは、従来の「図表」のみを用いた教育では不可能であったことである。

バーチャルラボラトリーを利用する講義の流れは次の通りである。



この講義法は自然科学のみならず社会科学等にも応用が可能であると考えられる。

4. おわりに

成績の評価は、試験で行った。平成11年度、12年度の合格率はともに90数%であった。

平成11年度の授業評価では、

- ・力がついたと感じた24名
- ・授業内容に満足した19名

があった反面

- ・理解の程度を把握してほしい21名

があり、必ずしも身に付くように理解が進んでいなかったことがうかがわれる。しかし、平成11年度受講生で「その後の専攻教育科目で何度も教科書を参照した」者、また平成12年度の受講生の中には「物理学入門の講義がなかったら力学基礎などの理解が難しかった」と言う者もあり、所期の目的のかなりの部分を達成できているものと考えている。

本講義は、学生にとっては極めて重要であるにもかかわらず、従来の学問分野の間にあるが故に手を着けられずにいた内容をカバーするものである。講義の内容・趣旨からして本来共通教育として行われるべきものであり、物理学や数学といった枠組みにとらわれることから脱却した新しいカリキュラム編成が望まれる所である。

新しいメディアを利用した教育法として開発したバーチャルラボラトリーは、インタラクティブに自然現象の時間変化を体験させるものである。バーチャルラボラトリーを利用する講義はこれまでにない授業形態であり、外国の多くの大学でも見られるようにネットワーク時代の授業法になりつつある。九州大学においてもこのような取り組みが実践的に行われることを期待している。