

大学基礎物理教育における一つの試み

——新課程入学者に対する必修物理——

One trial in the university foundation physics education

——Required physics to the student through the new course——

小林 貴

桐蔭横浜大学医用工学部生命・環境システム工学科

(2007 年 3 月 1 日 受理)

1. はじめに

2005 年 6 月発行の「桐蔭論叢」第 12 号において、筆者は『大学理科教育は成立するか—新課程中高理科教育の中身』^[1]なる一編を書いた。これは、2006 年問題と呼ばれた、新課程における中学・高校の理科物理分野の内容を紹介・分析したものであった。この新課程教育が内包していた矛盾点と言って良いであろうか、最近になって所謂未履修問題が世間で大騒ぎとなった。表だって問題となっているのは、主に社会や情報などの科目についてであるが、理科でも実は「理科総合 A・B」の準必修問題がある。上述の論文中でも触れたが、こうした科目内容の変更は「現場の声」を十分に尊重するのが何より大切であり、そうしたと思えない謂わば「頭の中での改組」がどうなるかと言う結果を、またしても呈してしまったと言えよう。しかし、本編はそのことを述べるのが目的ではないので、これまでにしておく。以下、そうした新課程教育を受けての入学者に対する大学基礎物理教育について、本学における一つの実施例を紹介することにする。

2. 必修物理に関する基本的な考え方

桐蔭横浜大学では、工学部系改組に伴う形で、2005 年度から 1 年次学生に対して基礎的な数学、英語両科目と共に物理も必修科目となった（英語は 1 年間のみ）。この決定に筆者は直接関与しておらず、その意味では上述と同様な印象もあった。しかし、そう言っても仕方がない訳であるし、決まった以上どんな物理が行えるかの検討に入った。

新必修科目の趣旨は「本学学生は上位者と下位者との謂わば二層化構造になっているが、上位者はさっと済ませ、一方下位者には極めて基礎的な程度で良いから理解できるまでじっくりと取り組ませる。」と言うようなものであったと思う。そして、1 年ずれてはいたが、2006 年問題に対応する必要性をこちらとしては考えていたこともあって、新課程の特に中学理科の教科書を詳しく調べた。何故高校でなく中学だったかと言うと、これまでの本学入学者を見てみると、工学部系入学者でも高校時代に物理を余りあるいは全く履修して来ない者が少なくない（およそ 30%程度）こと、また新課程教育の特徴が中学時によく現れているように思えたからである。

そのような経緯で調べてみた新課程中学理科の教科書（物理分野）の内容に関しては、理科教育界では既によく知られていることであろうし、筆者も上述^[1]の中で詳しく具体的に述べた。簡単にまとめると、全体としての量が少なく、式特に記号（シンボル）を用いたものはオームの法則くらいしか登場しない。その代わり実験的な図は頻繁に登場し、そうしたものを通すことによる発見学習的なやり方で、物事を定性的に学ぶことに主眼が置かれている。

この上に立つはずの高校物理では、『物理Ⅰ』『物理Ⅱ』において組み合わせ方は従来と変わったものの全体としてはほぼ同じであり、こうした‘高級’物理と中学理科をつなぐはずの理科総合Aはかなり中途半端な印象である。しかも物理Ⅰ・Ⅱは言うに及ばずその理科総合Aですら、本学入学者のどの程度が本当にやって来るのかは甚だ疑問である。

こうしたことを鑑みると、本学の新必修物理では、上記中学物理をある程度の前提にして、その大学版と言ったものを展開するのが適切ではないかと言う結論に達した。勿論、上位者や意欲ある者は同時並行的に、そうでないが学びたい者は2年次以降に定量的な謂わば従来の物理も履修してもらえばよいとも考えた。

3. 具体的な実施内容と方法

適切な授業クラス編成と言う観点から、本学工学部+医用工学部における基礎物理の授業は3クラスで行なっている。同一時間帯に行うので、3名の担当者が必要であり、必修物理になってからは筆者の他に中丸久一、工藤成史の両氏である（以下敬称略）。3名で相談し、準備・実施に至った必修物理の実施方法を以下に箇条書きで示す。なおその科目名を前期は『物理Ⅰ』、後期は『物理Ⅱ』と言う。高校の物理科目と同じ名称なので紛らわしいが、以下この名称を用いることとする。

(1) 物理Ⅰ・Ⅱではクラスによって担当者を固定するのではなく、ローテーション的に3クラスを回って全体を受け持つ。その際、3名の担当分野を固定する。また、これは前提として決めたことであるが、定期試験は全体での統一試験とする。

(2) なるべく式、特にシンボルの式を安易に出すのをやめる。しかし、講義だけでなく演習にも時間を掛ける。また、可能な分野については演示実験等も多用して、総合的に物事をつかまえられるようにする。

(3) 演示実験・実験や演習時の個別指導などにおいてTA（ティーチング・アシスタント）を活用する。

(4) 正規の時間割ではないが、授業時間とは別に『物理補』と言う時間帯を設定して、希望者・指定者に対する個別指導を行う。

また、それぞれの科目におけるおおよその内容は、次のようである。

『物理Ⅰ』

「静力学」 力のつり合い、合成と分解、滑車と槌子 担当：工藤

「運動」 運動の速さ、時速と秒速、運動の種類、力と運動の関係 担当：小林

「圧力とエネルギー」 圧力、大気圧、力学的なエネルギー 担当：中丸

『物理Ⅱ』

「静電気と電流」 静電気、電流と電圧、回路 担当：工藤

「電磁気」 電流によるエネルギー、電流による磁界、電磁力、電磁誘導 担当：中丸

「音と光」 音と光の性質、反射と屈折、共鳴、光の色・三原色、視覚 担当：小林

4. 実施した成果と課題

このようにして2年間行った結果はどのようなであったのか、まず全体としての様子を上記(1)~(4)に対応してそれぞれ示す。また追加した項目を(5)に示す。

(1) ローテーション式授業について

教員側としては通常1年に1回のことを3度ずつやることになり、1年やると随分回を重ねた印象であり、またその都度改善等を加えることが出来て、謂わば進化の度合いが大きいのはメリットである。また、限定した範囲であるので、その分の演示実験等を工夫することが出来る点も良い。一方、受講する側としては、3人の担当者に巡り会い、また色々と個性が異なる担当者から学べて良かったと言う者が多い反面、進行順序ややり方が異なるので良くないと言う者も存在していて、大まかには賛否両論と言った所である。

(2) 安易に式を出さない、また演示実験等を多用する

基本線としてはそう合意した訳であるが、それぞれの担当者の分担範囲により、また好み・得意手法によっても、バラツキがあるようである。この点はそれぞれの個性として尊重したい部分と、それぞれが改善した方がよい部分と両方あると思われる。学生の方の反応ぶりも悪くないようであるが、では十分に浸透して力が着いたかと問われると、それ程の自信はない。

(3) TAの活用

物理では、実験系以外でのTAの起用は初めてであったが、演習時の指導や演示実験等の補助として欠かせない存在となっている。なお、筆者のTAに関しては詳しく後述する。

(4) 『物理補』

正規の時間帯以外の補については、教員会議での議論も経て、初年度は数学などの科目を含めて大きく打ち上げ、時間割にも載せた。しかし、その後は科目・担当者等によって温度差が生じ、また全体としての要求も薄らい

だ感もあり、2006年度は時間割には載せず、また担当者による個別対応が現在の実情である。筆者は、元々そう乗り気だった訳ではないが、ちょうど2年前に時を同じくしてスタートしたインディ・カフェの活用とも絡めて、一応の時間帯を告知して個別指導を行ってきた。これに関しては、2005年度入学生にはかなり有効だったようで、呼ばれたことをきっかけにしてその後もカフェで自学をしている者も見掛けるが、2006年度入学生に関しては学生の反応ぶりも余り良くなく、学生のパーソナリティによって有効性にかなり差があるようである。

(5) 小冊子の作成

このような内容の授業に適した市販の教科書類は存在せず、またローテーション式の授業であることでもあり、3名の担当者の授業項目をそれぞれ4頁程度にまとめたものを持ち寄って、2006年度は前後期それぞれ小冊子^{[2][3]}を作成した。これを学生には最初の授業時に配布して、これからの授業の概要をつかんでもらうことと、自学での参考資料にと考えたからである。また3名がお互いの内容等を認識するにも良かったし、さらに工学部系全教員にも配布して、少なくとも開設時には全学的な議題ともなった必修物理の内容を知ってもらうこととした。これは驚くほどのと言うことはないが、ある程度有益であったと思われる。

またこうしたこととは別に、2006年度は下位クラスの者の中で授業欠席者が極めて増加する事態も生じており、それは謂わば大学全入時代の大きな問題点と思えるが、どのような対策が有効であるのか全学的に探っていく必要がある課題であろう。

5. 筆者の担当分野についての詳細

上記の内容の内、筆者が担当した部分について詳しく紹介する。まず『物理I』では、所謂「運動学」の分野を担当することとなっ

た。これまで高校以上の運動学では、普通速度・速さと言う物理量の理解を当たり前の前提として、等速度運動・加速度運動の概念やその具体例などを式とグラフを中心に学ぶものであった。しかし、新課程を経て来た本学入学者の実情も考慮して、以下のような基本的な項目を全4週分を行った。

物理で言う運動とは？ 運動の速さ 速さと位置（移動距離）と時間の関係
秒速 [m / s, m / 秒] と時速 [km / h, km / 時] の換算
その他の単位換算・・・長さ、質量、時間、面積、体積、圧力、密度 etc.
速さが一定及び変化する運動におけるグラフ表示との対応、運動と力の関係

毎回時間帯の少なくとも 1/3 以上は演習に費やした。演習はその都度配布するプリントにやらせて毎回回収する。その出来具合をチェックして、次回に返却し復習を兼ねて簡単に解説した。4 回中の 1 回は、斜面における力の大きさの変化（あるいは変化の無さ）を演示して示し、また図 1 のように、「ピースピ」と呼ばれる元々は模型自動車の速度を測る為に作られた玩具である簡易速度測定器を用いて、落下や斜面運動の場合の速さを代表して測ってみせ、その時間変化をグラフに描かせる等を中心とした。

なお、運動の速さを求めることや、秒速と時速の換算などは、手を換えてしつこく行う

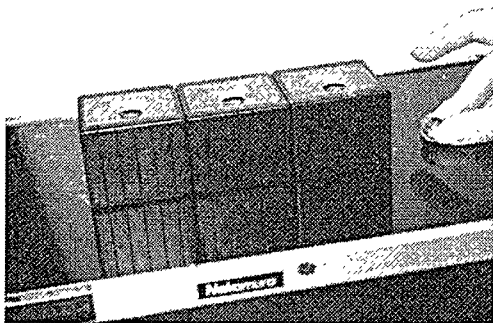


図 1. ピースピ（簡易速度測定器）を用いた実験例

訳であるが、それでもなかなか習得できない学生が少なからずいたことも事実である。

『物理Ⅱ』の主眼は電気・電磁気分野であるが、筆者の担当範囲は「音と光」となった。実は必修物理云々を別にして、この分野の基礎的な授業をやることはある意味念願であった。と言うのは、本学に限らないだろうが、大学初等過程の物理においては、どうしても「力学」と「電磁気学」以外の分野は抜けがちであり、これまで筆者の担当する工学ワークショップでは 1 回ずつ行っていたが、普通の授業では無かったからである。

扱うテーマの性質からも、これは実際に見たり聞いたりするに限ると考え、4 回中最後の 1 回はまとめとし、それ以外の 3 回は講義と言うより演示実験を中心（後半 1/4 程度は演習）に行うこととした。その為の題材を色々と考えたり物色したりし、また夏休み期間等を利用して TA と共に予備実験等を行った。そうした過程を経て行った題目は、次のようなものである。

音の大きさ・高さと言波の性質との関係、
共鳴とうなり、ドップラー効果
音速と光速、光の反射と屈折、鏡の像の作
図、凸レンズによる像、光の分光と色
光の三原色、人間の聴覚機構と視覚機構

以下演示実験として用いた部分を、図として載せておく。

図 2 は音の波を、マイク→オシロスコープ経由で観る装置であり、図 3、4 は力学的な共振と音の共鳴を関連づけて見たり聞いたりするものである。また、図 5 は筆者がドップラーボールを学生間で振り回して音の変化を聴かせている所である。

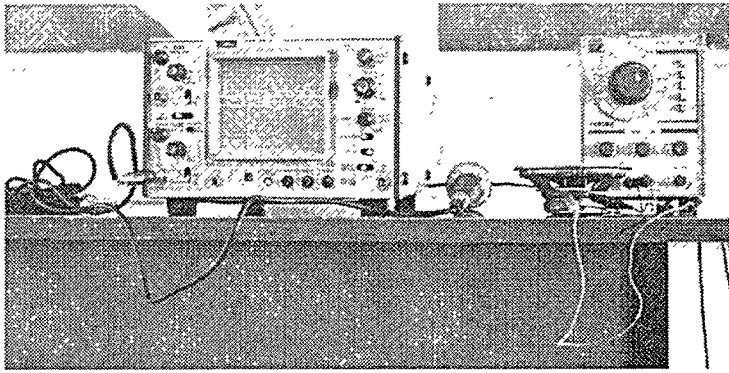


図 2. 音の大きさと高さが波としてどう表れるかを見る装置



図 3. 共振の実験

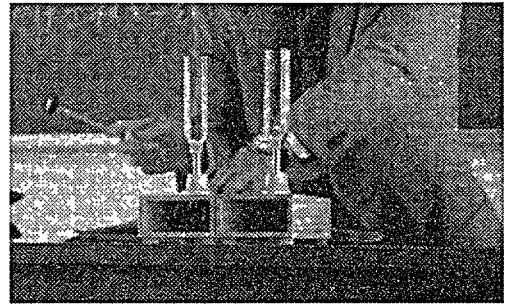


図 4. 音叉と共鳴箱を用いた共鳴



図 5. 学生間でドップラーボールを振り回している様子

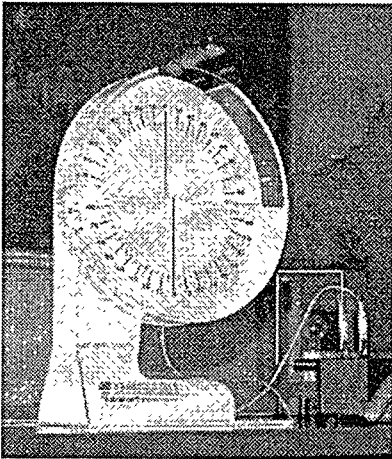


図 6. 光の屈折の様子

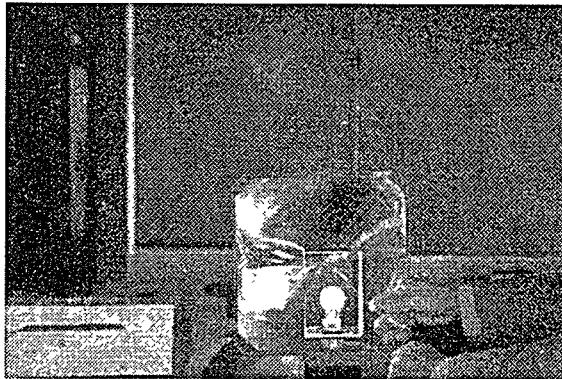


図 7. 凸レンズにより生じるフィラメント像

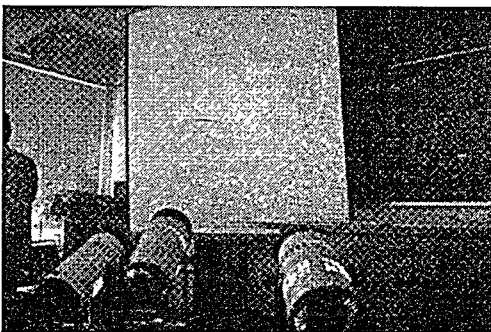


図 8. 光の三原色を合成した場面

図 6 は光が、空気中から水中に進む際に屈折する様子を示しており、図 7 は、大きな凸レンズを用いて、電球のフィラメントの部分が像として壁に映し出された様子を示している。

また図 8 は赤、緑、青の三原色を用いて白色光を作り出す様子を示しているが、残念ながらカラー印刷ではないのでここでは色は分からなくなっている。その為、プリズムを用いた白色光の分光スペクトルの様子も演示しているが、ここでは割愛する。

音と光の分野は、このように工夫すれば演習等はし易いのであるが、一方演習としては前期の部分ほどには題材がなく、やや苦勞した点であるが、計算よりも作図や記述等をメインとした。この記述にしたことで、学生が疑問点等を割と書いてくれたので、最終回などに追加して説明したりした。その意味ではレスポンスのある前向きの授業となったが、特に医用工学部や工学部でも意識のある学生は色の感知などの視覚機構に興味があるようで、当初は参考程度にと考えていた錐体のことにも少し言及することとなった。

また筆者の授業を進める上でどうしても述べておきたいのは、TA のことである。開始以来 2 年間 TA を担当してくれた柏倉風純さんは、勿論優秀な学生であったが、優等生過ぎず、色々な意味で極めてバランスの取れた人材であった。演習時や物理補における適切な個別指導と共に、演習実験においては初期稼働時から手伝ってくれたばかりでなく、授業中に次の手順を考えて的確なセッティングをその都度してくれたので、余計な時間を掛けることなく手順を進められた。TA の重要さを大きく示してくれた彼女であったが、今回で修了となった。後任者には、最初から同じ程度にとは行かないだろうが、実践の中で育ってもらいたいものである。

6. まとめ

本論文では、前半で必修物理の全体としての立案と実施内容およびその結果を述べ、後半で筆者個別の内容について述べた。何れに関しても謂わば紹介に止まっており、新たな地平を切り開いたものとは言い難い。そもそも教育とは一般的にそうしたものなのかもしれないが、この授業は当然ながら現在も行われており、その意味でも道半ばである。

今後入学して来る学生に対して、どの程度から始め、またどのようなやり方がより有効なのか探りつつ改善していくことを、中丸、工藤両氏との連携も含めて進めていきたいと思う。また、そうした中で、特筆するような内容や新たな展開が出て来たら、また別の機会に報告することにした。

7. 謝辞

本文中にもあるように、現在実施している必修物理の共同担当者である、中丸久一、工藤成史の両先生には色々とお世話になっています。ここに感謝を意を表すと共に、今後ともよろしく願います。また、2年間筆者のTAを務めてくれた柏倉風純さんには、得難い存在であったと格別の賛辞を贈ると共に、深く感謝します。

参考文献

- [1] 小林貴「大学理科教育は成立するか - 新課程中高理科教育の中身」桐蔭論叢, 13, 66-71 (2005.6)
- [2] 工藤成史、小林貴、中丸久一『物理Ⅰ小冊子』2006年度版, 2006.4
- [3] 工藤成史、中丸久一、小林貴『物理Ⅱ小冊子』2006年度版, 2006.9