

基礎学力の向上をめざす物理学の授業

理科教育講座・細田宏樹

§ 1. はじめに

物理学Ⅱは，物理学の主要な分野の一つである電磁気学の基礎的な事項を理解することを目的としている．また，中学校及び高等学校の理科の教員免許を取得するための選択科目であるが，小学校の教員をめざす学生にも対応するために，摩擦電気や電流などの身近な現象と関連づけて説明し，基本的な概念，原理・法則の理解に重点をおいている．

§ 2. 授業内容

私は，この科目を 2002 年度から担当し，6 年目になる．授業内容は，初回で力学に関する予備知識の確認を行った後，電荷，電界，電位，コンデンサー，静電誘導，直流回路，磁界，電磁誘導，交流回路と続く予定であった¹⁾．しかし，力学の学力不足者や高校物理の未習者にも対応できるよう丁寧に説明しているため，直流回路までしか進めず，予定していた内容の約 60% しか進めないのが通常である²⁾．

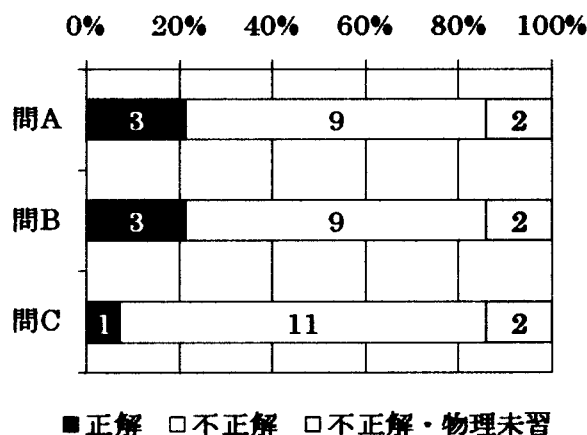
§ 3. 授業を行う上での問題点

電磁気学では，力学の知識を必要とするので，初回の授業時には予備知識の確認を行っている．本年度に行ったテストの中で，極めて初歩的である 3 問に正解例をつけて以下に示す．

- A) 空中に放り投げたボールが 10 m/s の速さで鉛直上向きに上昇中である．あと何 m 上昇するか，予測せよ．（答： $h = v^2/2g = 5.1$ m）
- B) 滑らかな水平な氷上を 20 kg のカーリングのストーンが 1.0 m/s の速さで滑っている．ストーンのもつ力学的エネルギーはいくらか．（答： $E = (1/2)mv^2 = 10$ J）
- C) このストーンを 1.0 N の外力で静止させるためには，どのような向きに何秒間，力を作用させなければならないか．（答： $t = v/(F/m) = 20$ 秒，滑る向きと逆向き）

初回出席者 14 人の中で，先行する必修科目：物理学Ⅰの履修者は 12 人である．図 1 に問題別の正解者数を示す．なお，高校も含めた物理未習者 2 人は全問不正解であった．

図 1. 問題別の正解者数



これらの問題は，A) 投げ上げの計算，B) 運動エネルギーの単純計算，C) 運動方程式から加速度を求めて等加速度運動の計算をするという，高校物理の初歩で扱う程度の問題であり，しかも正解に導くヒントもつけてある．そのような低いレベルであるにも拘らず，全問正解は 1 人，1 問正解は 4 人である．このような力学に関する学力不足の状況は 4~5 年前^{3,4)}から始まり，今でも続いていて，物理学Ⅱ及び 3 学年の量子物理学の授業を進める上で，大きな障害となっている^{1,5)}．

§ 4. 授業を行う上での対策

力学の学力不足の原因を明らかにするために，予備知識の確認テストの末尾にアンケートをつけ，主に「力のつり合い」と「力のモーメントのつり合い」を扱う 1 学年の基礎理科⁶⁾も含め，「物理学に関係する授業科目で，何を受講し，その授業で何を学んだか？」を聞いた．すると，記名式であるにも拘らず，ある特定の授業科目に対する批判がいくつか挙がり，集約すると「何を学んだのか分からない」ということである．しかも，物理を

知っている者の回答である。また、「得たもの」の記述として「微分積分の解き方」、「斜体と立体の違い」、「有効数字」など、その授業科目において運動方程式などの物理の重要な知識を得ていない者が多く、テストの感想の記述にも「式が浮かばない」、「計算ができない」、「全然わからない」などが多数ある。初回受講者の多くは、物理の学力がほとんど身につけていないことを自覚し、本授業科目を受講して単位を取得することや、就職など将来に対する不安や危機感をもっている。

このような学生の状況に対処するため、本年度の物理学演習Ⅰでは、力学の問題演習を行った。そして、本授業科目では、知識水準の高い学生もいることを考慮し、例年とは異なり、力学に関する内容をできるだけ省略しようと試みた。学力に不安を持ち、知識の少ない学生には、応用物理学概論と物理学演習Ⅰの受講を勧めた。その結果、後者には大半の学生が受講したが、前者には授業内容の重複を嫌うという理由からか、ほとんど受講者はいなかった。

§ 5. 授業の工夫と達成度

本授業科目の最終的な受講者数は 9 人である。電荷～電位の範囲で中間試験を行い、電荷～直流回路の範囲で期末試験を行った。

授業を行う上での工夫は、学生の学力を高めるため、次の 3 つを行っている。(1)計算問題の丸暗記を避ける、(2)学生の自学・自習を可能にする、(3)学生の現状を踏まえ、レベルを調整する。

私の授業では、(1)計算問題の丸暗記を避けるため、試験問題の詳細については事前に伝えないことに決めている。「試験問題を事前に伝えて、その答えを個別指導で教えて、同じ問題で試験をする」事例を学生から聞いたことがある。しかし、もしそれを行うと、仮に物理の学力が低くても、良い成績で単位取得が可能になり、学生の知識獲得に悪影響を及ぼすことが懸念される。その理由の一つとしては、上記の A)～C) の問題の計算方法や答えは、中学校数学の学力だけで、物理の知識無しで丸暗記が可能であることにある。さらに、そのような試験勉強の結果、たとえ初歩的な問題であっても「式が浮かばない」、「計算ができない」、「全然わからない」という感想から示唆されるように、単位は取得したけれど、学力がほとんど身につかないという弊害が生じるのである。

また、私は(2)(3)の工夫として、教科書は常に新刊書を吟味し、学生の自学・自習が可能なレベルのもので、最良と思えるものを探して採用している^{1,8)}。例えば、10 年前に力学Ⅰの授業の教科

書を替えた時、「今年の教科書は良い本なのに、なぜ去年の私たちの授業で使わなかったのか」と学生に苦情を言われ、初版 1 刷の発行日を見せて納得させたエピソードがある。

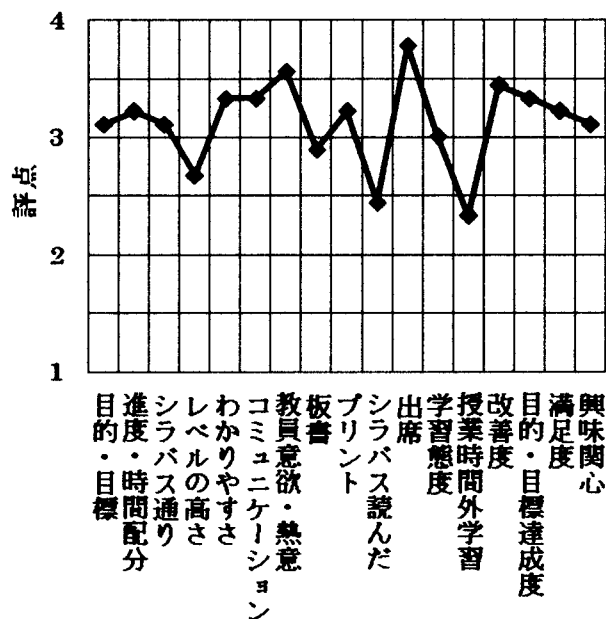
授業の達成度については、教科書の本文、例題、演習問題を少し変えて出題した期末試験の得点が教員のほぼ期待通りであったことから、授業の達成度は良好であったと考えている。そして、このことから、前述の 3 つの工夫が有効であったと思っている。

しかし、本年度は例年とは異なり、「仕事とエネルギー」に関する説明を簡略化したことで、コンデンサーに蓄えられる電荷やエネルギーに関する知識・理解の不十分な者がいた。やはり、例年のように「大学で力学を勉強していない」とみなして、授業すべきであったと反省している。

§ 6. 授業評価アンケート

期末試験の直後に、共通教育の自然科学科目で行われている評価項目について、無記名方式で授業評価アンケートを行った。その結果を図 2 に示す。評点は、「強くそう思う」4、「まあそう思う」3、「あまりそう思わない」2、「全くそう思わない」1 として、平均値をとっている。ただし、「レベルの高さ」では、「難しすぎた」4、「やや難しかった」3、「ちょうど良い」2、「やや簡単だった」1、「簡単すぎた」0 とし、さらに「授業時間外学習」では、共通教育の基準と 1 ポイント異なり、「1 時間以上」4、「30 分以上 1 時間未満」3、「10 分以上 30 分未満」2、「10 分未満もしくは全くしない」1 としている。

図 2. 授業評価アンケートの結果



「レベルの高さ」が2.7ポイントとやや高めであるが、「わかりやすさ」が3.3ポイントであり、少し難しい内容であったけれど、教員によって分かりやすく説明されたことが示唆される。

出席状況は全出席者7人と非常に良い。「授業時間外学習」は2.3ポイントと、授業1回あたり30分程度いったところであり、最低限度として必要な学習時間はあると思われる。

「満足度」が3.2ポイントで、他の項目も全体的に3ポイント程度の評価を得ていることから、授業の到達度は良好であったと考えられる。

自由記述の項目では、「3限帯ということもあり、全部出席でき楽しく過ごせました。高校の頃は、この分野は嫌いだったのですが、興味を持てるようになりました。」という好評を得ている。

また、「自分には難しすぎました。」「やったところなのに忘れた。」というマイナス評価もあるが、その一方で「すべてのレベルの生徒に対して対応できていたように思う。テストも悪かった人はレポートを出してくれるなど良かった。」とプラス評価もある。マイナス評価をくれた学生に対する配慮、例えば学習指導や助言を教員の側から個別にすることなどに、欠けていたのではないかと思っている。

§ 7. 次年度への課題

次年度の一年間に限っては、上記に述べた反省点を踏まえ授業を行わなければならない。また一方で、力学の学力不足の学生に対しても、配慮した授業や学習指導を行わなければならない。

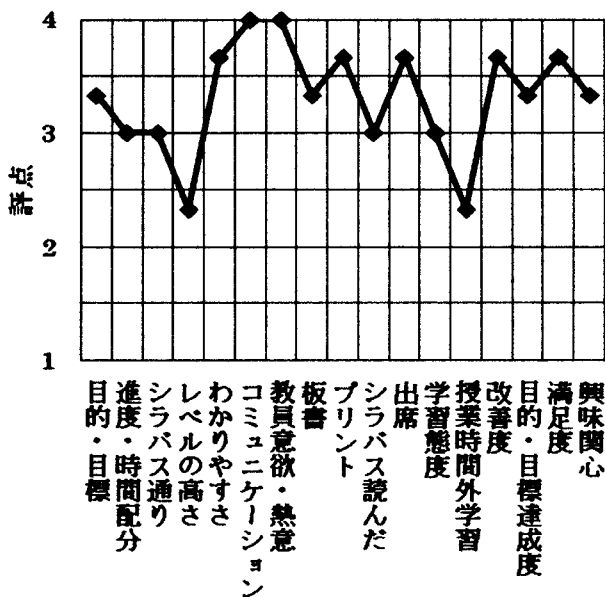
しかし次々年度からは、2001年度までのように一貫教育による系統学習を行うこと^{9,10}が可能になる。その足掛かりとなる授業科目である基礎理科は、すでに本年度から授業内容を2001年度以前に戻して行っている¹¹。

また、次々年度以降の基幹となる必修科目：物理学Iについては、1990～2001年度の授業改善の成果¹⁰を踏まえて、2001年度以前のように、私が担当する予定である。その授業内容は今、応用物理学概論に引き継がれて行われている。本年度の受講者は最終的に3人であったが、図3に示すように、学生による授業評価は良好であり、自由記述でも「先生が丁寧に教えてくれたので良かったです。」「自分たちのペースに合わせて授業を行ってくれたので、ついていけました。授業を受ける前より確実にわかるようになりました。」という評価を得ている。このように学生の評価が良好であることは、以前から続いている³。さらに、本年度の物理学演習Iでは「(このような授

業を)物理学Iで受けたかったです。」という学生の評価を得ている。これらのことは、学生の理解のペースに授業進度を合わせ、学生に理解可能な内容と水準で説明し、学生が学力向上を実感できることの大切さを示している。

以上のような方針で、次年度の入学生からは、系統学習により1学年の授業科目から3学年の授業科目へと知識を順々に積み重ねていき、学生の基礎学力の向上を図りたいと考えている。

図3. 授業評価アンケートの結果
(応用物理学概論)



§ 8. おわりに

近年、大学生の理科離れや学力低下が顕著になっている。そのような状況を克服するために、いくつかの私立理工系大学では、初年次教育を改善し、専門的な学力水準の維持に努めている。そして、その経験や成果を約10年前から恒常的に物理学会で発表している。そこでは、学生が悪い・勉強しないとは決めつけないで、学生の興味を引き出し、意欲と学力を大学の目標とするところまで高めるべく、必要性を感じたら新しい教材を考案して活用し、地道な教育実践を続けている。

ところで、物理学IIでは応用物理学概論と同様に、物理学の伝統的な授業スタイルを保っている。そして、教材の使用や実験の採用も、必要性を感じていないので、特に考えていない。それは、授業で何を学生に伝えたいかが重要であり、その時の必要性によって教材の使用や実験の仕方が決まるからである。したがって、実験観察を授業に取り入れれば、学生の興味を引き、理解が増すという安易な話には、疑問を感じている。

一方、シラバスの執筆、教科書の採用、授業の仕方、宿題の内容、試験問題の作問、成績評価の方法については、どれ一つをとっても、「学生がどう感じて、どう行動するか？」を予測しようと試みている。如何にしたら、学生が自発的に楽しく勉強してくれるのか、常に考えて授業を担当している。

学生の態度は正直である。聞いても無駄だと思う授業は聞かないし、何がしかの利益があれば意欲的になり、教員の強制があれば無理をしてでも従うのは当然である。例えば、理解不可能な難しい内容の授業が行われ、試験問題が事前に公表され、質問に行けば試験の答えを教えてくれ、それが必修科目なら…、学生はどんな行動をとり、学生の学力や知識がどうなるかは、容易に予測できることである。さらに、その経験が、後続の授業科目の選択や学習意欲・態度に、如何なる影響や迷惑を及ぼすのかも、予想できることである。

2～3年前に、理科の学力低下、授業態度の悪さ、勉学意欲の無さなどを耳にしたことがある。それらの原因は、高校までの教育課程や学生気質にあると、はたして言えるのであろうかと、私は疑問を持っている。§ 3 及び § 4 で述べた予備知識の確認テストの感想の一つに、「覚えていると思っていたが、全然ダメでした。こんなにもできなくなっていたのかと少しショックだった。これから物理と関わっていく上でちゃんとした知識を身につけ、間違いの無いようにしていきたい。」がある。この感想は、大学教育の仕方によっては、学力低下もありうることを示唆していると考えられる。さらに学生は、学んだことを分かった気になると、それがたとえ間違いであっても、再度学ぶことを嫌う傾向にある。本年度の場合は、力学の学力が身につけていないことに、学生自らが気付いていたからこそ、物理学演習 I で適切に対処できた。しかし例年は、後続の授業を受けない傾向もあって、学力低下をもたらしてきたのではないと思われる。

以上に述べたように、受け身的な勉学態度が通常である学生に対して、大学教育はマイナスに作用することがある。如何にして自発的な勉学態度に変えていくかが、大学教育にとって大きな課題である。そのためには、教員が学生を授業や研究で強く引っ張っていく、あるいは教員と学生とが交流する機会を増やすという安易な考えではなく、学生が自力で学び探究できるように、自学・自習のきっかけをつくったり、独創力などの長所を伸ばすよう指導や支援をしたりする教育が必要であると思われる。

また、大学教員が思い込みや勘違いによる独り善がりの素人的な知識や経験で、授業、研究指導、助言、教員研修を行えば、「得るもの無し」と学生や社会は敏感に反応¹²⁾し、現職教員も含めた大学院受験者がいなくなるという危機的な状況となってあらわれる。持論の押しつけ・権威保持のための大学教育や社会貢献ではなく、学会等での研究発表や教育実践の成果を踏まえ、他大学等での成功や失敗の経験を参考にして、社会の要請に応えた大学教育や社会貢献¹³⁾が必要であると思われる。

参考文献

- 1) 2007 年度シラバス「物理学Ⅱ」。
- 2) 物理学Ⅱ、『授業評価報告書』(平成 15 年度)。
- 3) 応用物理学概論、『授業評価報告書』(平成 15 年度)。
- 4) 基礎理科、『授業評価報告書』(平成 16 年度)。
- 5) 2007 年度シラバス「量子物理学」。
- 6) 2006 年度シラバス「基礎理科」。
- 7) 2008 年度シラバス「物理学演習Ⅰ」。
- 8) 2007 年度シラバス「応用物理学概論」。
- 9) 基礎理科、『授業評価報告書』(平成 14 年度)。
- 10) 細田：大学の物理教育 2001-1, (2001)。
- 11) 2007 年度シラバス「基礎理科」。
- 12) 先端科学と生活、『授業評価報告書』(平成 18 年度)。
- 13) 例えば、平島、他：大学の物理教育 Vol.12-2, (2006)。