

一般教育としての物理教育の意義

石川職業能力開発短期大学校

小津 秀晴

The Meaning of the Education of Physics as a General Education

Hideharu OTSU

要約

本報告では、一般教育としての物理教育について、特に文系の学生などの物理学を専門としない学生を対象とした物理教育について、その意義について考える。まず、講義前における学生の物理学に対するイメージを整理し、計29クラスに対して行った物理教育の目標・講義方法について述べる。更に、講義を終えての学生の反応等を紹介し、一般教育としての物理教育の意義について述べる。

I はじめに

昨年の文部省令の改訂により大学教育における一般教育と専門教育の区分が廃止され、大学における一般教育のあり方が多様化しつつある中、高等教育に於ける一般教育の意義・位置づけを再検討しておくことが重要であると思われる。そこで本報告では、一般教育としての物理教育について、特に文系の学生など物理学を専門としない学生を対象とした物理教育に限って、その意義について考える。

これまで、大学の文系の学科の学生及び理系の学科であっても高校教育までにほとんど物理を履修・習得していない学生に対し、一般教育としての物理教育を行ってきた。過去8年間にわたり、合計約2000人を対象とした。内訳は、短大^(#1)で20人~100人規模を17クラス、4年制大学^(#2)で20人~160人規模を10クラス、さらに4年制大学夜間部^(#3)で60人~70人規模を2クラスの計29クラスである。この中の多くのクラスでは、選択科目の中から物理学を選択履修したものである。そこでの物理教育の経験から、学生の、講義前の物理学に対する興味・イメージ、講義終了後の感想、及び講義の中での学生とのやりとり等を基に、一般教育としての物理教育がどのような意義をもつかを考える。

以下、II節では、学生の物理学に対するイメージについて、III節では、講義の目標及び講義の進め方について、IV節では、講義を受けての学生の反応について述べる。最後に、V節で本論文のまとめを述べる。

II 学生の物理学に対するイメージ

一般教育としての物理教育の到達目標を設定するとき、物理についての学生の習得状況、物理学に対する学生のいだいているイメージ、或は学生の数学的力量等を考慮することが重要と思われる。この節では、約2000人の学生に対して講義前にアンケート調査を行って得られた物理学についてのイメージを整理する。ここで対象になった学生は、入学試験に物理が課されていない大学・短大の学生である。

まず、高校までの物理学に対する印象としては次の様なものが多かった。

- 公式が多く、計算が難しく、苦手である。(約30%)
- 計算ができず高校時代まで苦手な科目であったけれど、話としては興味がある。(約30%)

また、40%くらいの学生は、高校時代ほとんど物理を選択していないという学生であった。

次に、難解であると感じながらも物理学を選択履修した理由、もしくは物理学の講義を履修する目的についての学生の意識は次の様である。

- ①「物理学の知識を養いたい」というものとして、
 - 高校時代苦手だったが興味があったので知識を養いたい。
 - 教養として物理学の基本的なことを知りたい。
 - テレビ・本・雑誌等で現代物理の話題に興味を持ち、内容をもっと理解したい。
 - 物理学に興味を持ち、本を読んだが理解できない

部分が多かったので、この講義で理解を深めたい。
○本、新聞、テレビ等でいわゆる現代物理の最近の話題について触れる機会が有るが、難しくて殆ど分からなかったので大学の物理学の講義を履修した。

- ②「大学に入るまでに物理を学ぶ機会が少なかった」というものとして、
○ほとんど学んだことが無いので、物理学がどういう学問か学んでみたい。
○高校時代は文系のクラスで物理を勉強で出来なかったので大学で学びたい。
○物理学を学ぶのが最後の機会と思うのでこの講義を履修した。

という意識の学生が多かった。多数ではないが、次の様な目的意識もあった。

- ③「専門以外の学問として勉強してみたい」というものとして、
○専門が文科系なので異なる分野を勉強したい。
○大学が自分の学生生活の最後であるから、色々な学問をやってみたいと思い物理学を履修した。
④「物理学の考え方を知りたい」というものとして、
○理料的な考え方に触れたくて物理学を履修した。
○物理学的な考え方を知り、自分の考え方を幅広くしたい。

また、講義で特に学びたい分野としては、「相対性理論」、「宇宙物理」が圧倒的に多く、また比較的少数ではあるが、「量子力学」、「素粒子論」、「最新の物理学の発展について」という希望があった。これらは、物理学の最近の発展についてテレビ等を通じて興味をいだいたことを反映していると思われる。

この様に、「物理学は難しくて苦手だけれども、易しく話してもらえるならぜひ勉強してみたい」、「本、テレビ等で物理の話題がよく出るが、どういう事なのか知りたい」、という学生が多くいること、更に、「専門以外の分野として物理学を学びたい」、「物理学の考え方を学びたい」、という学生が少なからずいることは注目すべきことと思う。これらは、一般教育としての物理学を学びたいという学生が（意外に）多いことを示しているものと思われる。

III 講義の目標及び進め方

この節では、私の行った物理学の講義について、目標としたこと及び講義の進め方について簡単に紹介しておく。

II節に示した学生の物理学に対する意識を踏まえ

て、次の教育目標を考えた。第一に、日常に関連した物理現象や物理学の法則を学ぶ中から、「物理＝難しい、または、物理＝公式と計算」というイメージを無くしてもらい、「複雑な自然現象の中から自然を支配する法則性を見いだす」、あるいは「基本的（単純）な法則から論理的に演繹して複雑なものを説明する」という物理学の面白さを知ってもらうこと。第二に、現代物理学の日常経験とは異なる現象・法則を知識として学んでもらうこと。第三に、物理学の講義を通して、そこでの考え方に触れてもらうことを目標とした。また、少なくとも物理学の講義の時間内は、物理学の現象・法則について考える機会を持ってもらうことも目標の一つとした。従って、講義としては、物理学の概念的な理解に重点を置いたものとした。

講義の進め方としては、数式をできるだけ使わずに、物理法則と関連する物理現象について解説する。また、学生に物理学の現象及び法則についての考えを深めてもらう為に、講義中に簡単な質問をし、学生の考えた事を述べてもらう。講義内容としては、講義の時間数、そのクラスの学生数、学生の興味等を考慮して、ニュートンの運動の法則、万有引力、相対性理論、量子力学、素粒子論、宇宙物理学等の中からいくつかのテーマを選んだ。いずれのクラスにおいても、物理用語の説明、ニュートンの運動の法則の解説、その他のテーマについての解説という順で講義を進めた。物理学を苦手とする学生にとって、物理の用語の理解が大きな障害に成っていると思われるので、講義で話すテーマに応じて必要最小限の物理用語（例えば、ニュートン力学に関連しては、速度・加速度・力・エネルギー等）について説明を行った。次に、法則というものの理解を深めてもらうために日常の物体の運動と関連付けてニュートンの運動の法則を教えた。日常現象に関連してニュートンの運動の法則を学ぶことによって、物理学に対する難しいというイメージが多少無くなったと感じられる。さらに、「様々な現象を物理法則という形で理解する」という物理学の目標を理解してもらえたと思う。その後、物理学の最近の話題にも触れて欲しいという学生の要望に応じて、相対性理論、宇宙物理学、素粒子論の分野など現代物理学の内容について解説を行なった。ニュートンの運動の法則をある程度理解できた学生は、リラックスして相対性理論等を興味深く学んでいたという印象を受けた。また、講義が進むにつれて、こちらからの問いに対する答えや学生からの質問の中に、物理学の本質をついたものが出て来るようになった^(註4)。このことは、物理学を履修しよう

という学生は、物理現象に対して科学的な考えを深めたいという期待をもっていると見ることもでき、注目すべき事と思える。

IV 講義を受けた学生の反応

教育の効果をつかむために、講義を終えた学生の感想についてアンケートを調達した。もちろん、「物理学は難しかった」という感想も20%程有ったが、一方、大学で物理学を学んだことに意義を感じているものが多かった。学生の感想は、

- ①物理学は難しかった、
- ②大学で物理教育を受ける機会があり有意義だった、
- ③物理学に興味を持つ様になり良かった、
- ④物理学の他の分野の講義も聴きたかった、
- ⑤これからも物理学など自然科学の分野について勉強したい、
- ⑥本などの内容が理解できる様になった、或は本などに興味を覚えた、
- ⑦物理学の考え方が為になった、

と大別される。以下に、学生の感想の中から幾つか紹介しておく。

①「物理学は難しかった」という感想

- ニュートンの運動の法則は何となく分かったが、相対論とか、素粒子論は途中から分からなくなった。
- 講義を何度か休む事があり、話のつながりが分からなくなった
- ニュートンの運動の法則は身近な具体例を挙げた話だったので内容が分かったが、相対論や量子論は日常の感覚と異なるので難しく感じた。

②「大学で物理教育を受ける機会があり有意義だった」という感想

- いたずらに数値計算に走らず理論的な内容中心の物理だったので興味しんしんであった。もう一生物理学を学ぶ機会が無いと思っていたが、大学で物理学を履修できてとても良かったと思う。
- 高校の時から文系志望ということで理科・数学系とは縁がなかった。そこで、大学にきて物理学の講義を受けてみて新鮮味を感じた。特に相対論や量子論などを聴く機会など滅多に無いと思うので、それなりの収穫があったと思う。
- 以前までアインシュタインの相対性理論という名は知っていても中身は全く知らなかった。現代人

の常識として知っていなければと思いつつもなかなか勉強する気になれなかった。この点に於て、今年物理学を履修した事は、大変有意義だったと思う。ほんの少しとは思いますが現代物理学へ近づく事ができたという点で、非常にプラスになったと思っています。

- 高校2年の時から物理というものには触れていなかったのですが、大学にきて、少し理科的な考え方に触れてみようよこの講義を聴くことにした。この講義で理科的な考え方にも触れ、またじっくり聴いていけば面白かったし、ためになったと思う。
- 大学で物理を勉強してみて、物理という一見難しそうな学問が、我々の身近な現象に数多く現れている事を知ったこと、そして非常に難しそうな相対性理論がどういものであるか少し理解できたことは私にとって大きな収穫であった。
- 私は、高校の時文系コースだったため、理数系の科目については殆ど学んでいませんでした。そのため、物理学は大学へ入って初めて習う科目でした。講義の全てが、知らなかった事ばかりで、とても自分の為になったと思います。今では物理学を取って良かったと思っています。
- 高校の時から物理が好きだったので、大学でも物理を履修したが、そこで私はショックを受けた。今までの物理は「勉強」で、この講義の物理は「学問」だということに気づいて、大学では学問をするんだと自分に言い聞かせるきっかけに成りました。
- ③「物理学に興味を持つ様になり良かった」という感想
 - 物理学というものは殆ど学んだ事がなく、興味を持ってこの講義を履修しました。物理学のほんの一部ではあるが、面白く学べ、少しは知識を増やせたのではないかと思い、よかったです。
 - 相対論について、なかなか聞くことのできない面白い現象など知ることができ、大変良かったと思います。物理的な計算式などは、その意味はあまり理解できませんでしたが、それでも身近に起こりそうな事など考えてみて興味を持つことができました。ややこしい計算ばかりだと思い込んでいた私にとっては、物理に対して少しは目を向けられるとてもよい機会だったと思います。
 - 相対論とか量子論とかは、今まで勉強した事がない分野で、非常に新鮮味をおぼえて聴くことができました。

- 高校時代に勉強した物理は、理論と言うよりも計算・計算という感じで、私にとって頭のいたい教科であった。この物理学を受けて、いろいろな現象も、ちゃんとした理論の上に成り立っているのだと理解でき、物理学に親近感が持てたように思う。
 - 相対論に興味を覚え、アインシュタインに関する本なども読んでみた。もう物理を講義として学ぶことは無いと思うが、一年間物理を学んだことにより、これからも本やテレビなどで物理的なことに興味を引かれるであろう。
 - 高校時代は計算におわれており、単純な物理現象でもここまで深く考えなかったが、この講義で深く考えることができ面白かった。
 - 物理学といえば公式とか計算というものしか思い浮かばず、数学の苦手な者には理解できない学問だと考えていましたが、この講義のおかげで物理学に親しみを覚えることができました。
 - 講義を受けてみると、高校のような、細かい計算抜きで、大きな視点から法則を見るやり方だったので、とても気に入ってしまった。そして、遙か昔に消えてしまったと思っていた物理への興味がまた芽生えました。
- ④「物理学の他の分野の講義も聴きたかった」という感想
- 量子力学についての講義は少しだけだったのでもっと深く学びたかったと思う。
 - 難しい公式を取り払った講義は大変分かりやすかった。単なる公式の丸暗記でなく、本当の物理の面白さが分かった。もっと色々の現代物理の内容も聴きたかった。
 - 高校の時物理をやらなかったので、大学で物理を少しやってみようと思いこの講義を履修した。講義の最後に素粒子の話が出てきたが、それをもっと聴きたかった。完成された話より、未完成の今研究中の話を考える方がやる気が更に出るだろうと思った。
 - 非常に理解しやすく説明していただいてありがとうございます。チャンスがあれば物性論もさわりくらい教えていただけたらよかったですと思います。
- ⑤「これからも物理学など自然科学の分野について勉強したい」という感想
- これまで物理は身近なものとしては感じていなかった。この講義に於て、日常の様々な現象を取
- り上げ更に発展させて宇宙一般の原理までに到達し勉強できて良かったと思う。相対論など殆ど知らないことをこの講義で学べたことはとても嬉しいことでした。自然科学など文系専攻の私にとって余り関係無いことのようにも思えますが、これからは本とか読んだりして知識を高めていき、総合的な人間になれたらすばらしいと思います。
 - 物理学は興味はあったが、今まで勉強する機会がなかった。大学でものごとを体系的に学ぶことができうれしい。興味のある分野としては、宇宙の理解であるが、相対性理論が理解できないと難しい。今まで書店で本を買って読むだけであって、疑問に答えてくれる人がいなかった。講義は、素人にもわかり易く説明していただき、また疑問にも答えていただいて大変良かった。この一年だけでも大きな収穫があった。私は法律を学ぶのが本業であるが、これからは宇宙物理のことについて学んでいきたい。
 - 相対性理論の話をすると言うことで、うれしくて、この講義を履修しました。物理の勉強をする機会を与えられて、すごく良かったです。私は、この講義を足がかりに知識としての物理をこれからも勉強します。
- ⑥「本などの内容が理解できる様になった、或は本などに興味を覚えた」という感想
- 相対論や素粒子論はほとんど知らなかったけれど、この講義によって多少なりとも理解でき、岩波新書等が読めるようになって感謝している。
 - 一年間の講義は大変楽しかったです。講義で素粒子の話聴いた後で、新聞にトップクォークの記事が載っていておもしろかった。雑誌の物理関係の記事を読んでもなんとなく理解できるようになりました。
 - 物理の勉強がこんなに楽しいとは思いませんでした。物理の面白味が分かってきて、ちょっとした本を買って読んだりもしました。
 - 興味深く講義を受けることができ、特に相対性理論、宇宙物理、素粒子論の分野の話が興味深く、本・新聞・テレビ等での物理関係の話題について理解力が増した。
 - 宇宙物理に興味湧いたのでこれからは本とか読んでみたいと思う。
 - 物理は余り興味の無い分野だったので、初めはノートを取るだけだったが、段々物理に興味を持ちだし、物理の本を読む様にもなり大変有意義

だった。

⑦「物理学の考え方が為になった」という感想

- この講義で、今まで興味が無かった物理学に関心を持ってきたし、物事を考えたり自分の意見をまとめるのに役にたったように思う。
- 物の考え方として、自然現象を物理法則で理解しようとする過程での論理的な考え方が新鮮なものとして受け止められた。
- やさしく丁寧な説明で、理論を導く経過、発展、完成の概略が良く分かりました。この講義のおかげで物事を物理的に見る眼も養われたのではないかと思います。
- 日常現象にも法則があり、論理的な考え方が面白かった。
- 物理学の理論を追求していくやり方はとても勉強になった。また、未知の分野に触れることができたのも良かった。

以上の様な感想が数多く有り、中でも一番多かったのは、苦手だった物理学に興味を覚え面白く感じられたというものである。物理学の講義を通して、学生が物理学を理解できるという自信を持ったこと、自然科学の分野に関心を示す様になったこと、自然科学の本を読むきっかけになったことなどは、一般教育としての物理教育の意義を十分示していると思う。更に、物理学の知識だけでなく、「考え方を学んだ」という学生がいることも注目すべきことと思う。

最後に、学生の希望の多かった「相対性理論」の講義を受けての感想を幾つか紹介しておく。相対性理論の講義は約8コマを使い、マイケルソン・モーレーの実験・特殊相対性理論の原理・予言される現象等について解説を行ったものである。

- 相対性理論の講義が楽しみであり、本や雑誌に掲載される記事を読みこなす基礎が理解できてとても有意義だった。
- 相対性理論に関係するいくつかの現象は知っていたが、その理由はさっぱり分からなかった。この講義で、理屈も現象も分かった。いままでの「なぜ？」の部分が分かって大きな収穫であった。
- 今回の講義は、基礎知識のない私にも分かりやすいもので、本当に良かった。また、相対論の話など、SFなどを読む時、耳にはするけれども、基本的な所は何も分からなかったのが、自分なりに理解の糸口が見えてきたのは大きな収穫であっ

た。特に、数式をできるだけ使わないで、図で説明してくれた点は、基礎知識を充分持つ人には、物足りなかったかも知れないが、私などには、むしろ有難かった。

- 相対性理論など難しいものだと思って敬遠していたけれど、講義を聴いているうちに面白くなり、相対性理論の本まで買ってしまいました。
- 相対性理論は今まで興味があつたがよく分からず、この講義で自分なりに理解の糸口が見えてきたのは大きな収穫だった。
- アインシュタインの相対性理論という言葉は知っていましたが、内容までは全く知りませんでした。この講義で、内容を知って非常に興味がわきました。講義は面白く感じ、物理に対する苦手意識も少し消えました。
- 相対論を学ぶことにより、自分の身近にあるものが又別の何か刺激のある物に見えてくるようになった。

比較的難解な相対性理論ではあるが、予想以上に多くの学生が興味を持って学び、ある程度理解を得たことがうかがえる。このことは、他の現代物理学の分野でも、数式を少なくし、必要な用語を説明するなど、講義の工夫次第では学生に興味を持って学んでもらえることを期待させるものである。

V おわりに

私の行った物理教育は限られた数の学生を対象としたものであるが、II節でみた様に、高校時代まで物理学を苦手としていた学生の多くが、大学で物理学を学んでみたいと感じていること、計算は苦手であっても物理学に興味を持っている学生が多いこと等は、大学に於ける一般教育としての物理教育の必要性を示している様に思われる。更にIV節でみた様に、講義を聴いて、多くの学生が物理学に対する苦手意識が少なくなり、科学的な分野にも目を向けていること、現代物理学の知識を得ることができて有意義に感じていること、物理学の内容以外にも「物の考え方」として学ぶ意義を見いだしている事などから、教育の効果としても十分なものを感じることが出来る。このように、物理学を専門にしない学生に対する一般教育としての物理教育は、

- ◎古典物理学及び現代物理学を知識として学ぶ、
- ◎自然科学の分野に目を向ける、
- ◎物理学の考え方に触れる、

という機会として意義のあるものと考えられる。

次に、物理教育の成果という点を、III節に述べた教育目標の達成という観点からみてみる。物理学に対する苦手意識が少なくなり、物理学或は自然科学の面白さに目を向ける様になった学生が多いことから、第一の目標とした、「物理学の面白さを知ってもらう」、という事が達成されていると考えられる。また、論述式の試験の解答で、物理法則及び関連する物理現象を自分の言葉で説明できているものが比較的多くみられ、第二の目標とした、「現代物理学を知識として学んで欲しい」、という目標もある程度達成されていると思われる。更に、物理学の考え方が為になったという感想が有ったことは、第三の「物理学の考え方に触れて欲しい」という目標も少なからず達成されたことを示していると思う。以上の教育目標がある程度達成されているという印象は、講義中の学生の反応からも受けることができた。

これらの成果が得られた理由としては、講義の出発点として物理用語の説明を行い、次に日常の現象に関連の深いニュートン力学を扱ったことで、物理学に対する苦手意識を取り去ることができたこと、数式を少なくすることで、数学を不得手とする学生であっても物理学の内容・考え方を学んでもらえたこと、更に、学生に質問をするなど学生の反応をみながら講義を進めたことが考えられる。一方、講義を進める上での改善すべき点としては、視覚に訴えるスライド・実験を取り入れるなど、より多くの学生が物理学の講義に興味を持って聴くような工夫をすることが考えられる。物理学の講義に興味を持って聴いてもらうことにより、講義を受けて「物理学は難しい」と感じた学生も物理学の内容・考え方の理解を深められると思う。

物理学の分野に触れる機会としては、大学の一般教育での講義の他に、本・新聞等やテレビなどの機会が考えられる。しかしながら、本などの短所としては、対象が不特定多数である為、多くの読者が理解しきれない場合も多いということがある。もちろん疑問点が有っても、それに対する答えは得られない場合が殆どである。それに対し、大学での一般教育は、対象である学生の反応を見ながら講義ができ、しかも学生の質問にも答えられる、という点で物理学の理解を深める効果が大きいと考えられる。更に、研究者の立場から、物理学の古典的な分野のみならず、現在の研究の最先端にまで及ぶ内容を、学問として教えることに意義が深いと思う。逆に、大学の一般教育の短所としては、時間的な制約も有り、多くの分野について教えること

ができない点である。物理学の知識・考え方を学びたいという学生（または社会人）にとって、いろんな層の人を対象に書かれた本などの充実と共に、大学の一般教育としての物理教育の充実が重要であると思われる。もちろん教育の充実の為には、その教育現場に応じた物理教育の目標を設定し、講義内容の工夫などを考えていく事は重要な要素である。

今後、専門の高度化及び分化が進む中、物の考え方を幅広く深くするという意味でも、専門外の科目の教育はより重要な意味をもってくると考えられる。また、科学的な情報が社会のなかに増えつつある中で、高等教育機関での一般教育としての物理教育は益々充実していくべきだと思う。更に、生涯教育の必要性が叫ばれている現在、社会人を含め、多くの人に物理学の知識・考え方を広める機会を持つことが大事であるが、その最も基本的な部分として高等教育機関に於ける一般教育の充実が位置づけられると思う。

最後に、大学の夜間部で物理学を教えた経験から、そこで受けた印象を述べておく。大学の夜間部の学生は、働きながら学んでいること、或は社会人として経験を積んだ後に勉強を始めたことから、勉学に対する目的意識が強く、非常に熱心に学んでいる学生が多いという印象を持った。今後、大学等高等教育機関での教育の役割が多様化していく中、大学おける夜間部的な教育の場も充実させていくべきと思う。

謝辞

本論文をまとめるにあたり、貴重な助言をして下さった名古屋大学・沢田昭二教授に深く感謝いたします。

注

(注1) 生活科学科、食物栄養科、情報処理科の1年次を対象に選択科目として14クラス、電子機械科、電子科、情報処理科の1年次を対象に必須科目として3クラス

(注2) 法学科、経済学科、経営学科、史学科、哲学科、文学科、社会学科の1年次及び2年次を対象に選択科目として10クラス

(注3) 法学科、経済学科の1年次及び2年次を対象に選択科目として2クラス

(注4) 例えば次のような質問があった。

○ニュートンの運動の法則の解説で、地上では重力が一定と考えられ、物体の運動として放物線上を動く運動が求まると言う話をし、万有引力の解説

で、地上の重力は物体と地球の万有引力によるものであるという説明を行った。それに対し学生から、「地上の重力が万有引力の結果であれば重力の向きは一定（垂直方向）ではなく地球の中心方向に向くはずで、地上での物体の運動は放物線上からずれるのではないか？」という質問があった。

- 素粒子の話の中で、電子の反粒子である陽電子の存在が予言され実験的に確かめられていると言う話と、基本的な物質としてクォークが考えられていると言う話をした。それに対して学生から、「クォークの反粒子は、電子の場合と同様に存在するのか、或は、その存在は実験的に確かめられているのか？」という質問があった。