

実践研究

物理科学科における基礎物理学実験の改革の試み

— 満足度アンケートから見える学生の意識と今後の展望 —

平 井 豪

要 旨

本学の物理科学科で取り組んでいる実験教育改革の一環として、2013年度から、2回生配当の実験科目である基礎物理学実験の授業内容を全面的に刷新した。この刷新では、学生に、自分が経験した実験を科学的に表現する能力を身につけてもらうことを目指した。この刷新により学生の負担が増えたことが引き金となって、刷新初年度の受講生がその後の選択において実験を敬遠しているのではないかと懸念が生じた。その懸念も含め、学生が実験科目にどのような印象を抱いているのかを明らかにするために、2015年度末に、数ヶ年度の学生を対象に、実験科目満足度アンケートを実施した。この論文では、刷新後の基礎物理学実験の授業内容を説明した後、満足度アンケートの実施内容と基礎物理学実験に注目したアンケートの結果について報告する。さらに、その結果から見える学生の意識を基に、今後の実験科目を含む専門教育プログラム改革の展望を述べる。

キーワード

実験科目、満足度アンケート、学生の意識

1 はじめに

最近の学生がもつ学力・意識の急激な多様化に伴い、これまで慣れ親しんできた専門教育プログラムを変えなければならない時期に来ているのではないか。本学理工学部物理科学科の教員は、そのような危機感のもとにここ十数年、学科全体の教育の中味を改革する取り組みを継続してきた（池田、2015年）。日本の大学の各学部・学科では、それぞれの学問領域の専門家を養成するような教育プログラムを学生に提供してきた。特に、理系の学部・学科では、早期に専門知識を学生に習得させようと、座学中心の知識獲得重視の授業を行ってきた。数十年前であれば、そのような専門教育プログラムもそれなりに機能していたかもしれない。しかし最近、少子化と大学・学部の数の増大によって大学全入時代を迎えたことも相まって、教員側がこれまでに前提としていた学力・意識を学生に求めることが難しくなっている。そのために、学生は、大学で提供される専門知識を習得することが一層難しくなり、またその専門知識を努力して習得するというモチベーションも卒業まで保てなくなってきた。さらに、卒業したとしても、多くの学生が

大学で学んだ専門知識そのままを活かして社会で働くことができるとは必ずしも言えなくなっている。つまり、これまでの専門知識の伝授に偏った教育プログラムは、少なくとも物理科学科にいる学生の多くにとって、有意義なものではなくなっている可能性がある。しかし、これまでの専門教育プログラムを実際にどのように変えていくのかという問題は、実践が伴わなければならないため、なかなか解決が難しい。

理系の学部・学科の専門教育プログラムを変えるにあたって、その要となると考えられるのが、実験科目である。歴史的な経緯からも明らかなように、大学の自然科学教育に実験授業が導入されたことは、科学者を専門職業として成立させた「第二次科学革命」と呼ばれる科学の制度化に大きく貢献した（野家、2015 年）。科学・技術の専門家となるためには、大学で実験科目を修得することが必須であると見なされてきたといえる。しかし、実験授業は座学授業と比べてかなりのリソースが必要になるため、その授業時間数が座学のそれと比べて非常に少なく、授業に盛り込める内容が非常に限られている。そのために、これまでの実験授業は、座学授業で伝授される専門知識を確認する、あるいはより定着させるための補助手段のような役割を持つようになった。その典型が、いわゆるマニュアル本式学生実験¹⁾といわれるものである（レディッシュ、2012 年）。マニュアル本式学生実験とは、細かく指示の書かれた指導書を使った実験授業のことである。このような授業によって、学生にとっての実験は、教科書に書かれたもうすでにわかっていることを後追いで確かめる面倒な作業であると軽視されることになる。実験授業がこのようなものになるのは、これまでの専門知識習得を重視した教育プログラムの中で洗練されていった結果であるともいえる。しかし、マニュアル的に洗練された実験授業だからこそ、授業内容を現状に合わせてうまく刷新することができれば、専門教育プログラム改革のモデル的、シンボリック役割を果たすことが期待される。

物理科学科においては、教育の中味を改革する取り組みを進めてきた流れの中で、2013 年度には、特に実験教育の改革を加速させるため、2 回生を対象とする実験科目「基礎物理学実験」を中心に新たな取り組みを始めた。すでに、1 回生と 3 回生に対しては、一般的な実験科目とは異なり、学生が研究室に配属されて受講することが特色となっている実験科目として、それぞれ「実験物理学セミナー」、「物理学研究実習」が提供されていた²⁾。その一方で、2 回生対象の基礎物理学実験は、2012 年度以前まで、旧態依然としたマニュアル本式学生実験のような授業内容のままで残されていた。そこで、2013 年度から、これまでの実験科目ではどうしても受動的になりがちだった学生に能動的に参加してもらい、自分が経験した実験を科学的に表現する能力を身につけてもらうことを目指した授業内容に刷新した。つまり、誰かが達した結論の集合である知識をいかに素早く吸収し再生できるかというよりも、自分が実験を行い、自分の手元にある実験結果に対して自分なりの解釈を与え、それを他者に伝える過程を学生に体験してもらう内容に変えた。その具体的な内容については、2 で述べるが、その授業は、それまでのものと比べて学生側・教員側双方に大きな負担を求めるものとなった。そこで、その授業内容の刷新の後に指摘されたのが、刷新した基礎物理学実験の初年度の受講生が、3 回生実験の受講を避ける、卒業研究で実験系研究室への配属を避けるなど、実験そのものを敬遠するようになっているのではないかという懸念であった³⁾。以前から実験系研究室よりも理論系研究室への配属希望者が多い傾向が見られたが、その初年度の受講生ではその傾向が前年度以前よりも顕著であった。この学生

の動きの原因が基礎物理学実験の授業内容の刷新にあるのかどうかを調査することを主な目的として、2015年度末に、学部生・院生を対象にした実験科目の満足度アンケートを実施することとなった（具体的なアンケート実施内容は3で述べる）。また、このアンケート結果を参考にして、基礎物理学実験だけではなく他の実験科目についても授業内容の見直しを図ることになった。

この報告では、2で2013年度に刷新した基礎物理学実験の具体的な授業内容について説明した上で、3で2015年度に実施した実験科目満足度アンケートの実施内容を、4でその結果の一部を紹介する。そのアンケート結果から見えてきたのは、最近の学生が負担に対して非常に敏感になっているということであった。このような学生の意識も踏まえて、今後どのように専門教育プログラムを変えていくべきか、5で今後の展望を述べる。

2 基礎物理学実験（2回生対象実験）の授業内容刷新

授業内容を刷新する前の基礎物理学実験は、マニュアル本式学生実験の典型的な問題を抱えていた。その問題は、具体的には以下の①～⑤のような授業に取り組む学生の姿勢となって現れていた：①予習をせず、授業になってはじめてテキストを開いて最初から順に読みながら実験をする（これは、実験を、マニュアルであるテキスト通りに従って行えば結果が出てくる単なる作業として学生が捉えていることを表している）。②実験作業についての具体的な指示を教員などに求めて、早く実験結果の「正解」を出して終えようとする（学生は、実験には教員が求める「正解」があり、効率よくその正解にたどり着けばよいと思っている）。③実験の記録を疎かにする（実験ノートの記録は、自分がわかればそれでよい計算用紙やメモのようなものと思っている）。④他人が理解できるレポートを書こうという意識がない（レポートは教員に向かって書くもので、実験結果については教員が正解を知っているのだからその説明はなるべく省略して、あとは結果に関係ありそうな本に書いてあることを書けばよいと思っている）。⑤レポートについての他人の批評をレポートの改善にうまく活かすことができない（レポートは、提出すればOKの解答用紙のようなもので、他人の批評に基づいて修正が必要な文書であるとの認識はない）。ただし、これまで試験を中心に評価を受けてきた学生にとって、多かれ少なかれ、このような受け身の態度を取ってしまうのは致し方ないものと思われる。さらに、授業内容としても、座学で得た知識を補強するために、限られた時間内に実験結果をできるだけ正確に出すことが目的なら、それほど大きな問題ではないといえる。

しかし、実験の授業を、実証科学としての物理学の本質（つまり教科書に載っていることがらが、どのようにしてそこに載るに至ったのか）を追体験する機会として捉え直すと、上のような態度は非常に問題がある。つまり、通常の実験物理学研究において、結果が未知である実験に取り組む場合には、決してあり得ない態度を学生が授業で取っていることになる。具体的に、その問題を①から順に指摘すれば、次のようになる：①実験する前に、頭の中に実験の背景となる何らかの理論がなければ、そもそも実験はできないはずである。②通常の実験は、結果も含めた実験の具体的な内容は実験者以外は知らないはずである。③実験の記録は、未来の自分も含めて他者がその内容を確認できる必要がある。つまり実験ノートは、他者に見せることを前提とした証書類として作成する必要がある。④実験は、論文などの公表によって、その内容が他者に理解

されてはじめて意味のあるものとなる。レポートは、本来、その内容を知らない他者に納得してもらうために書くものである。⑤他者の批評（たとえば、学術論文の出版過程における査読）は、自分では気づきにくい不備を指摘してくれる非常に有益なものである。研究は、批評などのより多くの他者の協力によって、磨きをかけていくべきものである。

このようなマニュアル本式学生実験の問題を解消することを狙って、2013 年度から、実験物理学研究の方法論の習得を重視した授業内容に、基礎物理学実験を刷新することとなった。基礎物理学実験では、その方法論の中でも、実験結果を他者に伝える方法（特に最終出口にあたるレポートの書き方）の基礎を習得することを目標とした。シラバスには、①他者がその実験プロセスを追って再現性を確認できるような、正確な実験の記録が行えるようになる、②他者が納得できるような測定データの整理・解析を行うことができるようになる、③他者が理解できる実験レポート（論文）の作成ができるようになる、④他者との議論を活かして、自分のレポートの問題点を改善できるようになる、の 4 つ到達目標を掲げた。

それらの到達目標が達成できるように、授業内容を、具体的には以下のように変更した。まず、刷新前の 2012 年度では、受講生は 2 週間で 1 課題、10 週間で 5 課題の課題実験、4 週間で 1 課題の選択実験の合計 6 課題に取り組んでいたが、刷新後では 3～4 週間で 1 課題、合計 3～4 課題の課題実験のみに取り組むこととした。つまり、1 課題にかかる時間をこれまでの 1.5 倍にすることで、レポートの最終的な提出までに時間的余裕を持たせた。また、各課題には教員 1 名および TA・ES1 名が付いており、受講生は 5～7 人のグループ（さらに 2～3 名に分かれることが多い）で 1 課題に取り組んだ（ただし、この教員および受講生の配置については、刷新前後で大きな変更はない）。課題実験に取り組む前には、ガイダンスとして 2 週間にわたって実験の記録・測定データの解析・学術論文に準じた実験レポートの作成の基礎を学ぶ授業を設けた。課題実験では、実験ノートには、実験結果だけではなく、授業前の予習から授業後のレポート原案までの全てを記載することを受講生に求めた。「実験ノートには、実験の再現に必要となる全ての情報を他者が理解できるように記録しなければならない。レポートはその実験ノートの情報に基づいて書かなければならない。」とテキスト⁴⁾に記載し、授業中に行う議論は全て、実験ノートに基づいて行うことを明確にした。さらに、レポートに掲載する実験データをいきなり取るのではなく、その前に実験の目的を明確にし、具体的な実験条件まで含めた実験計画を立案するための予備実験を必ず行うこととした。実験レポートについては、従来の実験レポートからの脱却を図るため、概要・序論・実験方法・実験結果・考察・結論・参考文献を含んだ学術論文に準ずるものとしてレポートを作成することを受講生に求めた。なお、1 つの課題につき受講生全員がレポートを作成し、刷新 1・2 年目では文章・図全て手書き、3 年目以降は図のみ手書きするものとした。教員は、提出されたレポートを査読し、査読レポートとともにレポートを返却し、返却の際にはレポートと査読レポートについて学生と十分に議論（指導ではなく対話）を行うものとした。学生には、査読レポートおよび議論に基づいてレポートを書き直し、必ず再提出することを求めた（初回提出のレポートは、原則採点せず、ゼロ点と見なす）。補足すれば、この授業は、実験ノート・レポートに基づいた議論を活用することで、アクティブ・ラーニングや反転学習が自然に取り込まれたものになっている⁵⁾。

このように授業内容を刷新したことで、教員と受講生双方にかなりの負担を強いることになっ

た。まず教員は、授業時間内はほとんど学生の傍に付き添い、質問だけでなく、いつでも議論できるように対応した。実験ノートについては毎週、議論の度に内容を確認し、レポートについては査読レポートで指摘したことを学生が納得できるまで話し合うようにした。その査読レポートも、簡単な評価ではなく、文章表現などについても修正・説明を求めるかなり詳細なコメントを書き込んだ本格的な査読レポートとして作成した。それに伴って、受講生側は、教員と議論する時間が大幅に増え、実験ノートやレポートの問題について曖昧のまま放置できなくなった。そのため、必然的に、この授業のために学生が取り組む予習・復習の時間はかなり増えることになった。このように、教員と学生との間の誤解がそのまま放置されることがないように、研究活動で行っているのに近い綿密なコミュニケーションを求めた結果、従来の授業と比べて、この授業では教員・受講生双方が費やす労力はかなり大きいものとなった。

3 実験科目に対する学生の満足度アンケートの実施内容

基礎物理学実験の授業内容を刷新して3年目にあたる2015年度に、本学科で、基礎物理学実験をはじめとする実験科目全体の改革についての中間評価を行うことになった⁶⁾。中間評価では、特に、2015年度には4回生になっていた内容刷新初年度の受講生について、それまでの学修面談からの情報、実験科目の受講生数、実験系研究室への配属希望者数などから、3回生実験の受講を避ける、さらに実験系研究室への配属を避けているなどの傾向があるとの指摘があったことから、その調査も評価内容として盛り込むことになった。そこで、中間評価の基礎となるデータを収集することを目的に、2015年度末（2016年1月）に1回生から院生までを対象としたアンケート調査を実施した。

アンケート用紙は、過去の研究（是枝、2005年）で使われたものを参考に、独自に作成した。アンケートの質問は、回答しやすいように基本的にチェック方式になっており、大きくは2つのパートに分かれている。1つは、実験系／理論系研究室のどちらに配属を希望するあるいはしたか、さらにその選択に影響を与えた講義あるいは実験科目は何かを尋ねる質問である。もう1つは、すでに受講した実験科目についての満足度とその感想についての質問である。

具体的には、1つ目のパートでは、3回生以上に対しては「卒業研究の配属希望調査では、実験系と理論系、どちらの研究室を第1希望にしましたか？」とすでに行った選択について、1・2回生に対しては「卒業研究では、実験系と理論系、どちらの研究室に配属を希望しますか？」と現在の希望について尋ねる質問をした。3回生以上に対してはさらに、「第1希望として実験系か理論系かを決めるのに、最も影響を与えた講義あるいは実験科目は何ですか？」と質問し、その選択項目として、チェック欄付きで、1回生実験（実験物理学セミナー）・2回生実験（基礎物理学実験）・3回生前期実験（物理学研究実習1）・3回生後期実験（物理学研究実習2）の4つの実験科目全ての項目、基礎専門科目・専門科目の講義科目（なお、講義科目の場合、その科目名を記入する欄を設けた）、さらに、その他・特になしの合計8つの項目を設けた（なお、この質問では複数回答可とした）。

2つ目のパートでは、「***（実験科目名）を履修して、どのように感じていますか？」という質問をし、チェック欄付きの選択肢として、満足、どちらかと言えば満足、どちらかと言え

ば不満、不満の4つの項目を設け、チェックは1つだけ付けるように求めた。その上で、その実験科目の感想として興味・体・レポート・プレゼン・単位・評価に分類した6項目について、それぞれにポジティブおよびネガティブな選択肢を設け、合計12個のチェック欄であてはまるものをいくつチェックしてもよいものとしてマークすることを求めた。その具体的な項目は、以下の通りである：

＜興味＞ 実験をやることで物理への興味が増した／実験をやることで物理への興味が減った

＜体＞ 実験で体を動かすのが楽しかった／実験で体を動かすのが負担だった

＜レポート＞ レポート（論文）の書き方が学べた／レポート（論文）の書き方がわからなかった

＜プレゼン＞ 発表（プレゼン）の方法が学べた／発表（プレゼン）の方法がわからなかった

＜単位＞ 負担と単位数のバランスが適切だった／負担の割に単位数が少なかった

＜評価＞ 成績の評価基準が明確だった／成績の評価基準があいまいだった

以上のような質問を、対象学生が受講した全ての実験科目について回答を求めた。なお、チェック式の質問以外に、その他の感想や意見を書くことができる自由記述欄も設けた。

4 実験科目に対する学生の満足度アンケートの結果

今回のアンケートに回答した学生の総数は、228名であった。その内訳を表1に示す。おおそよであるが、1回生ではほぼ全員が回答し、その他では半数近くが回答したことになる。また、表中の実験系／理論系の欄は、配属希望での第1希望が実験系研究室／理論系研究室であることを示しており、表からわかるように、回答者は実験系研究系の希望者が多い（このことは、3回生より上の学年では、理論系研究室配属希望者からの回答が少なかったことを示していることから、以下の満足度アンケートに偏りがあることに注意する必要がある）。

表1 アンケート回答者の内訳

回生	実験系	理論系	未定 (2回生以下)	合計
1回生（2015年度入学）	30（38%）	19（24%）	31（39%）	80
2回生（2014年度入学）	15（41%）	10（27%）	12（32%）	37
3回生（2013年度入学）	26（65%）	14（35%）		40
4回生（2012年度入学）	28（65%）	15（35%）		43
院生（2011年度以前入学）	17（61%）	11（39%）		28

1回生実験・2回生実験・3回生前期実験の3つの実験科目について、1回生から院生までの満足度を点数として示したものを、表2に示す。点数は、満足を3点、やや満足を2点、やや不満を1点、不満を0点として換算した（したがって、1.5点が基準となる）。なお、2回生実験の満

満足度について回答したのは、3 回生は 36 名（未回答 4 名）、院生は 27 名（未回答 1 名）であった（2 回生は 37 名、4 回生は 43 名が全員回答した）。また、3 回生前期実験の満足度については、もともと履修していない回答者もいることから、回答者は 3 回生で 26 名、4 回生で 21 名、院生で 23 名であった。1 回生実験については、1 回生を除くと、満足度の平均はほぼ 2 点である。3 回生前期実験については、満足度は高く、その平均値は 2.4 点である。他の実験科目と比べて 3 回生前期実験の満足度が高いのは、おそらく、1 回生・2 回生実験は全員が履修しているのに対し、3 回生前期実験は希望者のみ履修しているためである。これらの実験科目を基準にして 2 回生実験について見ると、4 回生を除けば、満足度は平均 1.9 点と若干低いものの、1 回生実験とそれほど変わらないといえる。しかし、やはり指摘のあった 4 回生（内容刷新初年度の受講生）の満足度は 1.3 点と明らかに低いことがわかる。ただし、ほぼ同じような授業内容で受講している 2・3 回生では、その満足度は 2 点ほどに回復している。

表 2 実験科目の満足度

回生	1回生 実験	2回生 実験	3回生前期 実験
1回生（2015年度入学）	2.3		
2回生（2014年度入学）	1.9	1.8	
3回生（2013年度入学）	2.0	2.0	2.5
4回生（2012年度入学）	2.0	1.3	2.4
院生（2011年度以前入学）	2.0	1.9	2.3

2 回生実験（基礎物理学実験）の満足度をさらに詳しくみるために、学年別での 4 段階の各満足度の学生数の割合を示したのが図 1 である。図中の棒の上にある数字は、学生数（実数）を示している。学生数の分布を見ても、満足度の平均点がほぼ同じである 2 回生・3 回生・院生では、学生の大半が満足・やや満足と回答しており、その分布も似ていることがわかる。一方、4 回生では、やはり不満・やや不満が過半数を占めている。図 1 でもわかるように、4 回生は、他の学年に比べ、2 回生実験に対して明らかに不満を感じている。

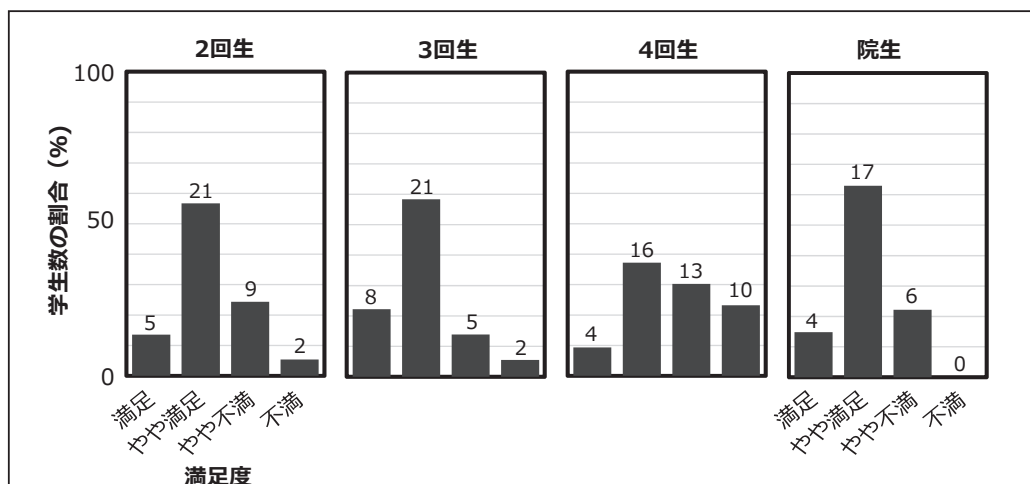


図1 学年別の基礎物理学実験の満足度

それでは、受講生は基礎物理学実験に対してどのような不満を感じているのかを、その感想から読み取ってみる。まず、授業内容刷新前に受講した院生が抱えている感想を示したものが図2(a)である。なお、感想を問う質問では複数回答可としているので、ポジティブ／ネガティブ感想の両方をマークしている回答者もいるが、その場合も重複してカウントしている。この図からいえるのは、興味・体・レポート・プレゼンについてはおおよそ良い印象を持っているが、それらと比べると単位については不満を抱いているということである。

次に、図2(b)は、刷新初年度に受講した4回生の感想を示したものである。その特徴は、ポジティブ感想から言えば、前出の院生と比べて、レポートについて良い印象をもっている回答者が増えていることである。一方で、ネガティブ感想を見ると、全項目で不満が増えているが、やはり目立つのは、単位についての不満である。自由記述欄には、レポートの手書きが負担との記述が11件もあった。

図2(c)には、刷新2年目にあたる3回生の感想を示す。この3回生では、全体的に、ネガティブ感想は減り、ポジティブ感想が逆に増えているのがわかる。ポジティブ感想では、4回生と比べると、レポートについてはほとんど同じであるが、興味についてはかなり増えていることがわかる。ネガティブ感想では、依然として、単位数の割に負担が大きいと感じていることがわかる。ただ、手書きが負担との自由記述は4回生と比べて6件と半減した。この学年は、レポートの目的を本格的な序論として書くように求めた最初の学年であり、むしろ負担は増えていた。ちなみに、刷新3年目の2回生の感想は、図には示していないが、3回生と比べて、少し不満が増えているものの、傾向としてはほぼ同じであった。この学年から図は手書きであるが、レポート本体の文章についてはPCを使用してもよいことにしたので、手書きが負担との自由記述はなくなった。しかし、単位への不満は依然として強かった。

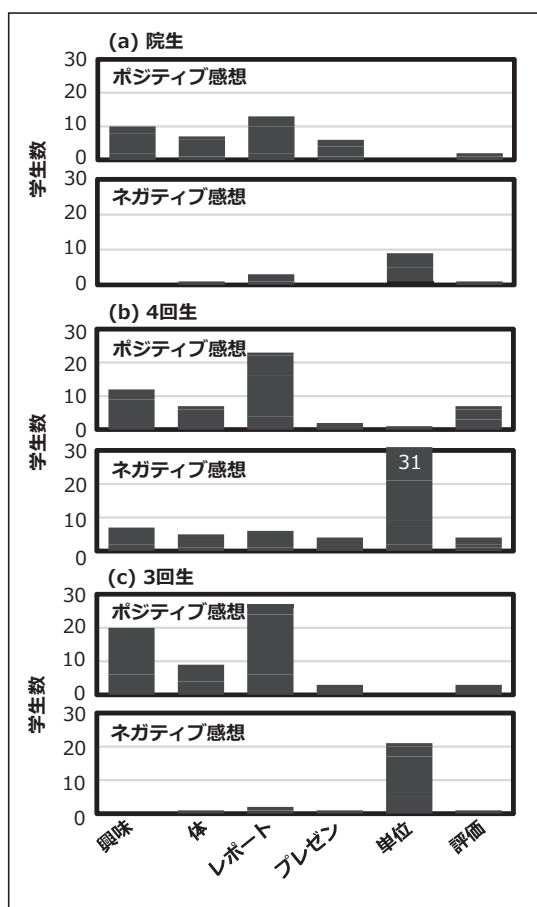


図 2 基礎物理学実験の感想

5 今後の展望

この節では、満足度アンケートの結果を踏まえて、今後の展望として、どのように実験科目ひいては専門教育プログラムを変えていくべきかについて述べる。今回のアンケート結果で際立っていたのは、やはり、基礎物理学実験の授業は負担の割に単位数が少ないという不満であった。そこで、その展望を述べる前に、単位数に対する不満（受講生が、なぜ基礎物理学実験の単位数が少ないと感じているか）と授業の負担に対する不満（その授業内容のどういうところに負担を感じているのか）を分けて考えることによって、専門教育プログラムを変えるにあたってキーポイントとなり得ることを指摘してみたい。

単位数については、実験科目では講義・演習科目に比べて同じ授業時間でも単位数が少ないことが不満を感じさせる大きな原因になっていると思われる。基礎物理学実験は、週3コマ（4.5時間）で2単位の授業である。それに対して、講義あるいは演習科目は、週1コマ（1.5時間）で同じ2単位である。これらの単位数は、大学設置基準によって、講義・演習では15時間から

30 時間までの範囲で大学が定める時間の授業をもって 1 単位、実験・実習では 30 時間から 45 時間までの範囲で大学が定める時間の授業をもって 1 単位とすると定められていることから決められている。講義・演習科目では、実授業時間は 15 週×1.5 時間で 22.5 時間と 2 単位となる基準を満たしていないように思われるが、講義の実時間に対してその 2 倍の予習・復習などの自主学習を授業時間として含めることでその基準を満たしている。それに対して、実験科目では、その自習時間が認められていないために、実授業時間（基礎物理学実験の場合、15 週×4.5 時間で 67.5 時間）そのままで基準を満たす必要がある。しかし、この基準は、実状に合っていない。なぜなら、実験科目（特にこの基礎物理学実験）では、講義科目よりも長時間の予習・レポート課題などの自主学習が必要になるからである。したがって、授業時間と認められない自主学習がそのまま学生の負担になっているといえる。

次に、基礎物理学実験の授業内容のどういうところに、受講生が特に負担に感じている（あるいは苦戦している）かという疑問については、その答えは、やはり書くこと（文章で表現すること）であるように思われる。従来の実験科目では、レポートといっても、著者のアイデアが表現されることはほとんどなく、その結果を報告するだけの簡便なものを求めるのが通例である。基礎物理学実験では、実験物理学研究プロセスの最終出口として学術論文に準じたレポート作成を求めているので、学生は特にレポートの中の序論と考察で自分なりのアイデアを表現する必要がある。つまり、この自分のアイデアを文章として表現することがこの授業の重要なポイントの一つになっている。満足度アンケートで、学生が「レポート（論文）の書き方が学べた」との満足を示しているのは、学術論文に近い本来のレポートの作成を学んだと感じているからである。もう少し押し広げた言い方をすれば、学生は、不確定な結果を伴いがちな実験という体験を、それを体験していない他者に向けて報告するという「科学的な」表現方法の一端を学ぶことができたことを感じ取って、それを評価している。本科目とは別の厳しくレポート提出を義務付けられた科目⁷⁾においても、「表現したいもの」（例えば自分が体験した面白い実験体験）がはっきり見えていて、それが「表現して人に伝える」という動機と明確につながっていることが認識できる場合には、かなり厳しい提出義務が課されている場合でも学生はレポートを書かされる機会を非常にポジティブに評価している。つまり、学生は、負担は重くとも、レポート執筆を指導される機会が与えられることそのものについては、それなりの意義を感じているということである。

今回の基礎物理学実験における授業内容刷新は、これまでの理系の専門教育、特に実験科目ではあまり重視されていなかった、教養教育の一部である文章表現力の育成を専門教育の実験科目の中に取り込む試みであったといえる。しかし、当然ではあるが、文章表現力が簡単に向上することはない。この授業を契機に学生が文章表現に関心を向けて継続的にその向上に努めてくれればよいのであるが、その期待通りにはなっていない。実際、卒業論文の作成で学生の文章表現力が試されることになるのだが、それほど向上していないのではないかと感じている。その原因の一つは、おそらく学術論文に準じたようなレポートを書く機会がそもそも少ないからではないかと思われる。この書く機会の少なさ（単純には書くことに関わった時間の短さ）は、そのまま、自分のアイデアを文章で表現することを学生があまり重要視しなくなるにつながっていく。また、物理科学科に入学してくる学生は、もともと国語や英語などのいわゆる文系科目が嫌いあるいは苦手なものも多く、文章を書くことを軽視している傾向がある。多くの授業で文章表現の

機会がもっと増えれば、学生が書くことに慣れて負担に感じることも少なくなるものと期待できる。

今回のアンケートによって学生が負担に対して非常に敏感であることが明らかになったが、この結果は、これまでの専門教育プログラムを教養教育に近づけようとした場合に、刷新した授業内容がより負担として学生にとっては感じられるようになることを示唆している。これまでの専門教育であれば、学習方法の型のようなものがある程度決まっていた（例えば、物理科学科なら、講義で学習した内容について、演習や試験で出される問題を解く）。そのような学習方法の型は、中学校・高校、そして大学でもほとんど変わっていない。つまり、知識の習得を優先するなら、この学習方法が適しているということである。しかし、学生たちが実社会で出会う多様な問題は、専門知識を持っているだけではほとんど対応できない。そこで、知識だけではなく、それを使いこなすための思考力・創造力・表現力などを同時に養うが必要になる。専門の枠を越えて、その思考力・創造力・表現力を養うのが、教養教育であると捉えることができる。しかし、そのような考えのもと、これまでの専門教育にその教養教育の内容を含めると、学生は、これまでずっと慣れ親しんできたものとは違う新しい学習方法の型をつくる必要がある。新たな型が必要になることがそのまま、学生にとって負担になるということである。新たな能力を求めている以上、学生の負担が大きくなることは避けられない。しかし、その負担が学生の学習意欲を低下させることになれば、専門教育プログラムを変えることそのものの意義が薄くなってしまう。また、専門教育の中に教養教育の要素を導入するにしても、どのような能力（知識）を取り入れるのかを選ぶ必要もある。最も重要なことは、専門教育プログラムを変えるとんでも、学生にとっても意義が感じられるものになっていなければならないことである。

そこで、学生が感じる負担をできるだけ増やさずに、教養教育の要素を含めるように専門教育プログラムを変えるための方策としては、二つあると考えられる：一つは授業の融合、もう一つは授業の連携である。授業の融合というのは、簡単に言えば、講義、演習、実験科目などとこれまで授業内容で分けていたものを融合させてしまうということである。この方策は、前述の単位数の不満を軽減することにもつながる。すでに、3回生実験は、1コマの講義（実験物理学講義1・2）と2コマの実験（物理学研究実習1・2）をセットにすることで、4単位の授業になっている。2回生実験（基礎物理学実験）も、ガイダンスや課題実験前の講義など実質的には十分な時間の講義を行っているので、同様な方法で4単位の授業とすることができる。これらは、もともとあった実験科目を授業内容の実状に合うように単位数を増やして、学生が感じる負担を軽減する方法といえる。この他にも、講義科目の中に、実験科目の授業内容を入れてしまう試みもある。この試みについても、本学科の有志で組織された座学実験交流会⁸⁾の取り組みの一つとして、すでに試験的にそのような講義が行われ、現在はこの取り組みを拡げていく段階にある。さらに、演習と実験の融合科目を設けることも可能である。このような授業の融合の意味は、講義・演習・実験科目で役割を分割したことによって学生の中でバラバラになってしまった知識あるいは経験を混ぜ合わせて絡ませることである。また、学生が感じる授業内容の負担としても、実験科目だけに感じていた負担が講義にも入り込むことになり、取り組む時間が増えることによって慣れてしまえば負担を感じることも少なくなるものと思われる。この講義への実験授業内容の導入は、これまでの専門教育にはなかった他の要素を取り入れる場合にも、学生が感

じる負担を、カリキュラムの大半を占める講義科目の中に分散して導入することができることを示している。

もう一つの授業の連携についても、簡単に言えば、これは、これまで独立で行うことが多かった実験科目と講義科目（あるいは講義科目間）をより緊密に連携させることである。少なくとも科目間にしっかりとした重なりを学生が感じることができれば、それぞれの授業をつながりもなくバラバラで単位取得できるようなものとして捉えることも少なくなるはずである。さらに、学生が授業間の重なりを基に得た知識（経験）のつながりを自分でつくることができれば、今まで負担に感じていたことも意義のあるものと実感できるようになるはずである。この連携は専門科目間でのものを前提にしていたが、将来的には教養科目や語学科目との連携が必要になってくるものと考えられる。

これまでの専門教育プログラムを変えるといっても、全面的に変えるのは難しい。しかし、その専門教育プログラムの中で、学生の将来の糧になる基礎教養を学べるようにすることは可能である。結論としては、今後、多くの授業の融合と連携によって、専門教育の中に教養教育の要素を取り込んでいくように専門教育プログラムを変えていくべきではないかと考えている。

謝辞

この論文は、本学の物理科学科の先生方の協力を得て行われた調査を基に、作成されたものです。実験科目検討委員会および座学実験交流会の先生方、基礎物理学実験を担当された先生方には、大変お世話になりました。この場をお借りして感謝致します。特に、満足度アンケート実施については是枝聡肇先生に、論文作成については池田研介先生に多くの力をお借りしました。しかし、論文の内容についての一切の責任は、筆者にあります。

注

- 1) レディッシュ著の「科学をどう教えるか」では、料理本式学生実験と呼んでいる。
- 2) 現在、物理科学科では、履修が必修である1回生対象の「実験物理学セミナー」と2回生対象の「基礎物理学実験」が、3回生では希望者が履修する前期の「物理学研究実習1」と後期の「物理学研究実習2」が提供されている。さらに、2017年度から、2回生対象の「実践物理学実験」が新設され、実験科目の充実が図られている。
- 3) 物理科学科には、実験系研究室が7研究室、理論系研究室が7研究室ある。3回生後期（12月ごろ）に研究室配属の希望調査が行われる。
- 4) 基礎物理学実験では、授業の初日にテキストを受講生に配布している。そのテキストの中に授業の到達目標や実験（授業）の進め方について記されており、ガイダンスでその内容を説明している。
- 5) 実験科目は、受講生が能動的に学習するのに非常に適している。マニュアル式学生実験は、受講生に、従来の講義と同様な受動的な学習に陥らせてしまっている。ただし、能動的に学習するためには、その学習を駆動するために必ず背景の知識を学習者が持っていることが前提である。そのため、基礎物理学実験では、背景知識を確認するための講義を実験前に行っている。
- 6) 物理科学科では、実験系教員が定期的に集まって実験科目について話し合う場として実験科目検討委員会が設けられている。今回の実験科目満足度アンケートは、実験科目改革の中間評価を主な目的に、この実験科目検討委員会が中心となって実施された。

- 7) 物理科学科には、高校での物理学の学びから大学の学びにつながるような、1 回生向けの「...の世界」という導入期講義科目が3つ設けられている。そのひとつ「熱と波動の世界」では実験と座学、演習を組み合わせた双方向型講義が行われており、学生はかなりハードなスケジュールで実験レポート提出を義務づけられているが、学生の評価アンケートはレポートの作成・添削に対し高い評価を与えている。
- 8) 座学実験交流会は、本学科の池田研介教授の呼びかけではじまった、理論系および実験系教員が座学（講義）と実験を融合させた授業の実現について検討する集まりである。

参考文献

- 池田研介、2015、「大学という現場」京大の未来創成学 HP アーカイブ。(http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/archive, 2018. 10. 17.)
- 石川賢一・小林弥生・是枝聡肇・田嶋玄一・福田貴光・前山俊彦・横林洋子「自然科学総合実験の受講学生を対象とした総合的調査システムの構築」『東北大学大学教育センター年報』第12号、2005年、95-110頁。
- 野家啓一『科学哲学への招待』筑摩書房、2015年。
- エドワード・F. レディッシュ（著）、日本物理教育学会（監訳）『科学をどう教えるか：アメリカにおける新しい物理教育の実践』丸善出版、2012年。

An Attempt to Reorganize the Elementary Course in Experimental Physics in the Department of Physical Sciences:

Student Attitudes Suggested by a Student Satisfaction Survey on Experimental Subjects and Future Prospects of Basic Courses in Physics

HIRAI Takeshi (Visiting Researcher, Research Organization of Science and Technology, Ritsumeikan University)

Abstract

As part of the program for reorganization of experimental physics education in the Department of Physical Sciences of Ritsumeikan University, the contents of the elementary course in experimental physics, which is an experimental subject for the second year students of the department, were completely reorganized in April 2013. The new course is focused on the training of scientific writing skills: how to record and organize results obtained by experiments with the use of a lab notebook and finally to summarize them as a scientific report. In order to investigate student evaluation of the experimental courses of the department, particularly for the above mentioned elementary course, a series of surveys on the satisfaction level of students was conducted in January 2016. This article first reports the reorganized contents of the elementary course, and next reports the results of the student satisfaction survey focusing on the elementary course in experimental physics. Finally, based on student attitudes and trends of thinking suggested by the survey, the article presents a discussion of future prospects for the reorganization of basic courses in physics including experimental subjects.

Keywords

Experimental Subjects, Student Satisfaction Survey, Student Attitudes