

地域社会を核とした教育と研究のつながり

－物理分野における学生の基礎学力の向上をめざして（Ⅵ）－

理科教育講座・細田宏樹

1. 授業の基本情報・概要

1.1 授業研究の背景

「物理基礎」は、今年度（2017年度）から2年次前学期に開講される中学校及び高等学校の理科の教員免許取得に必要な必修科目である。一方、「物理学 I」は、現3回生以上に対する必修科目である。今年度は、両者を合同授業の形式で行った。

「物理基礎」は、「物理学 I」を引き継ぐ科目であり、高校から大学1年次までの授業水準で、物理学一般の基礎・基本となるニュートン力学について学ぶだけでなく、小学校及び中学校の「エネルギー」を柱とする分野の学習内容に関する包括的な基本的知識を得て、学生自らの物理概念の育成を図るための科目でもある。

ところで近年、本科目では単位取得者数が年々減少している。その原因を学生全体の学力低下と考え、講義内容の水準を下げ、学生の状況に則した単位認定を行う目的で、前年度（2016年度）は、次のことを行った。

期末試験の前に、基礎知識を確認する目的で、プレ試験（本試験）を行った。出題した問題の難度は高校の中間試験の水準であり、選択科目「基礎理科」（1年次前学期）の期末試験の水準である。具体的には、「1物体の等加速度直線運動」（2題）と「2物体の衝突問題（直線上の運動）」（1題）で、各10問の小問で構成される計算問題である。そして、「高校教科書水準の内容」とであると予告することで、教員の当初の想定では多くの学生が合格点60点以上を取ることが期待された。

しかし、実際には表1に示すように、想定した合格点60点に達した学生は1人だけであった。そこで、30点以上を合格とし、不合格者全員と欠席者に対して、出題内容を予告した上で、プレ試験（追試験）を行った。

プレ試験（追試験）は「1物体の等加速度直線運動」（1題）であり、本試験と同様に四則演算の立式で正答が得られる10問の小問から構成され、そのうち9問は1つの立式で正答が得られるものである。中でも唯一3つの式を使う小問は、「平均の速さ＝距離÷時間」の式を2つ立て、加速度を求めるといった初歩的なものであり、公式を使う別解も存在する。

表1に示してあるプレ試験（追試験）の結果は教員の想定外であった。そこで、合格点60点以上の5人に加え、プレ試験（本試験）の答案の内容及び出席状況・提出物の内容も加味して成績評価し、不合格者の中から数人を、プレ試験（追試験）の合格者として選抜して、最終の期末試験を受験させた。

本科目での「学力低下」の問題は、前年度（2016年度）後学期「物理学演習 I」の授業研究で一部分は解決した。その本質的な原因は、「地域社会を核とした教育と研究のつながり」に関係するので、第3章で述べる。

表1. 前年度のプレ試験の結果

得点 (100点満点)	本試験 (7/13)	追試験 (7/20)
90～100点	0	0
80～89点	0	2
70～79点	0	2
60～69点	1	1
50～59点	0	0
40～49点	0	1
30～39点	3	6
20～29点	4	4
10～19点	3	3
1～9点	11	1
0点	10	13

1.2 授業の工夫

今年度(2017年度)前学期の「物理基礎」・「物理学I」の授業では、次の3つのことを考慮して、補講A~Gとプレテストa・bを導入した授業計画を立てた。

- (1) 学生は講義だけでは、一部に聴こうとしない人がいたり、油断して聞き逃すこともあったりするため、万人が理解できているとは限らない。その対処として、個別指導を補講で行う。
- (2) 教員が学生の状況を把握し、小学校及び中学校で扱う教材や現象を正しく解釈できるように必要な学力を確実につけていく。その方策として、プレテストを用いて、理解の定着を早期に行う。
- (3) 「勉強しよう」・「合格しよう」という意志や勉学する習慣をつける。その方策として、グループ学習を補講で行う。

授業は、一斉講義(第1回~第8回)と、個別・グループ学習(補講A~G)(5コマ/週×7週)から構成された。補講A~Gは、学生の空きコマを調べて、その空きコマで開講された。補講の全出席の目安を7回とし、2回以上の出席を義務付けた。

プレテストa・bは、満点を単位認定の必須条件とし、その受験は補講A~Gで各1回の計7回を限度とした。プレテストaの設問は、前年度(2016年度)のプレ試験(追試験)の難度を上げたものであり、プレテストbの設問は、微分方程式と初期条件からグラフを描く問題である。両者とも前年度(2016年度)後学期の「物理学演習I」で学生に試し、実施可能であることは確認済みであった。

最後に、期末試験(7/19)と教採受験による欠席者向けの追試験(8/2)を行い、プレテストa・bが満点であることに加え、補講A~Gでの活動状況を加味して、成績評価を行った。

1.3 受講者の状況

2017年度前学期の受講登録者は、「物理基礎」19人と「物理学I」29人の計48人である。「物理学I」の内訳は、学校教育教員養成課程3回生が12人、4回生が9人、総合人間形成課程3・4回生が8人である。

出席状況を図1~4に示す。全出席相当の15回以上の学生数は、「学校」課程では、2回生12人、3回生7人、4回生2人であり、

「総合」課程は0人であった。

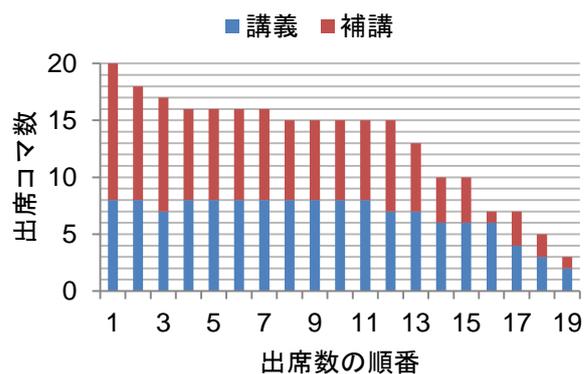


図1. 出席状況 (2回生)

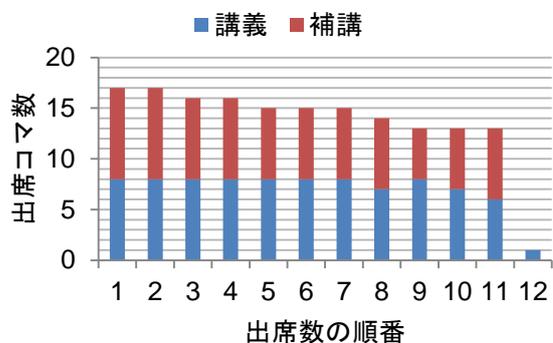


図2. 出席状況 (学校3回生)

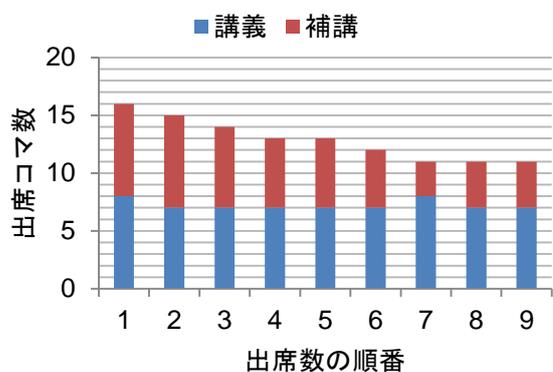


図3. 出席状況 (学校4回生)

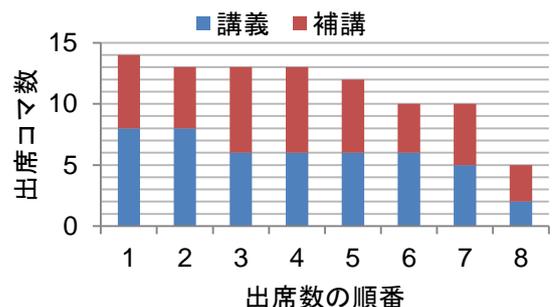


図4. 出席状況 (総合3・4回生)

1.4 プレテストの状況

プレテスト a は等加速度直線運動の数値計算問題であり、プレテスト b は速度に比例する抵抗力が働く場合の運動と、変位に比例する復元力が働く場合の運動について、微分方程式と初期条件を与えて $v-t$ 図, $x-t$ 図を描かせる計算及び結果のグラフ化の問題である。このテストは補講 A~G で行った。

プレテスト a, b の両方とも合格した時期を図 5 に示す。大半の学生は、補講 D (5/26~6/1) の期間に合格し、補講 F (6/27~6/29)・補講 G (7/4~7/6) の期間には、受験した全ての学生が両方とも合格済となった。

なお、両方とも合格に達した最多の受験回数は延べ 5 回であり、補講最終日を少し超えて合格した人もいたが、教員は当初の想定通りになり安堵した。想定通りになった要因の 1 つは、“個々の学生の努力である” ことは言うまでもない。補講時や授業時間外における学生同士の“教え合い”, “助け合い”, “励まし合い” があり、達成できたことである。

そして注目すべきは、個々の学生の学力が全体的に、試験の合格が見込める段階に到達した時期が、試験 (7/19) の 2 週間前であり、例年と比較してかなり早いことである。

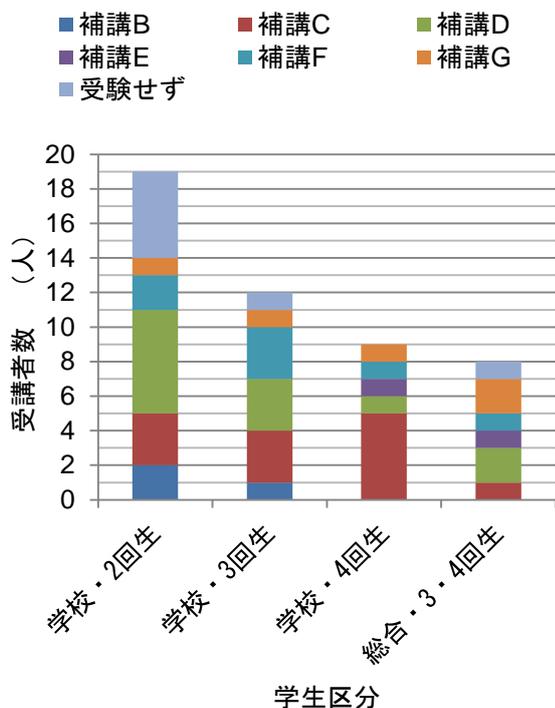


図5. プレテスト合格の時期

1.5 試験の状況

試験 (7/19) と追試験 (8/2) の結果を図 6 に示す。問題の難度は例年とほぼ同等であるが、全体的に良い成績であった。特に「学校」課程の 2 回生の大半と 3 回生が、比較的によく成績であった。この要因は、2 回生は補講 A~G の出席数が多いこと、3 回生は出席数が多いことに加え、前年度の「物理学演習 I」での学生の努力の成果にあると思われる。

なお最終的な成績評価では、プレテスト a・b が満点であることも加味されているので、図 6 の上での不合格者は 3 人である。

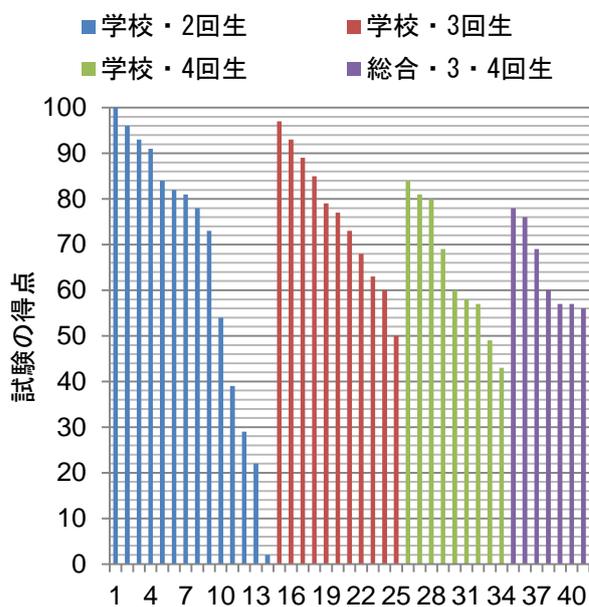


図6. 試験の得点 (100点満点)

2. 授業評価・授業研究の内容

2-1 アンケート調査の方法

アンケート調査は、試験 (7/19) の翌日 (7/20) に、3 回生以上の受験者に対して、修学支援システムを用いて行った。アンケートの回答提出の推奨日を「前学期の成績を見た後」(9 月末) とした。その理由を以下に述べる。

- (1) 本授業研究は前年度 (2016 年度) 後学期「物理学演習 I」の授業研究と関連性が高く、前年度 (2016 年度) 前学期「物理学 I」での「不合格」の経験など、その両方を加味した学生からの評価が必要であるため、主に 3 回生を対象として聴取した。
- (2) 担当教員から受ける授業は 3 回生前学期で終了する学生が多くいるため、

学生の“本心”で書かれた回答が得られると判断したため、前学期の成績を見た後を、回答時期の推奨とした。

- (3) 2回生にはまだ担当教員の授業を履修する必要があるため、追試験(8/2)を受けた4回生には教員採用試験等に集中していただきたいため、アンケートを聴取していない。

2-2 アンケート調査の結果

アンケートの回答は、19人中・数人から得られた。なお回答数を明確にしない理由は、個人が特定されることを懸念したからである。回答の記述を抜粋し、以下に示す。

- ✓ 「みんなで頑張って合格するぞ！」というムードが広まっていたのが良かった。
- ✓ 去年単位を落としてしまった焦りが原動力になった。
- ✓ グループでの会話がが多く、みんなで同じ問題に向かうことで頑張ることができた。それと同時に、「私1人単位を落とすのは嫌だ！」という気持ちになった。また、プレテストに合格していく人たちをみると、「物理の勉強しなきゃ」と思えた。
- ✓ 細田先生が私たちに付き合ってくれていたので、私たちも頑張らないといけないと感じた。
- ✓ 今回の期末試験でよい点数がとれたのは、テストの難易度が去年に比べて少し優しかったから。
- ✓ 2回生後期の物理学演習Iで物理を勉強し、約1年間コツコツ物理に触れていたことがよかった。
- ✓ 物理学演習Iや補講の際に、先生と1対1で指導が受けられたり、他の受講者と一緒に考えながら授業を進めていったことがよかったと思う。
- ✓ 高校で物理を選択していたため、用語や基本的な公式などは授業の中でも理解できた。しかし、問題を解いていく過程での近似などの計算は授業の中では理解できなかった。
- ✓ 補講の際に、授業の板書をもとに練習問題を解いていたりする中で、だんだんと使う場面や使い方を理解できた。
- ✓ 補講は、通常の授業とはまた違った、自分の分からないところを気軽に先生に質問できる雰囲気も、よかったのではないかと思う。
- ✓ 分からないところがあっても、授業中はなかなか授業を中断して聞く勇気は持てない。しかし補講は自分が分からないところで質問できるので、すごくよかった。
- ✓ 高校で物理基礎の学習をしていないため、いきなり物理学Iの内容はととても厳しいものであった。
- ✓ 中学校で学習した内容は個人的にはすべて理解していると思っていたが、正しく理解していないことが分かった。
- ✓ 物理学演習Iでは友達同士教え合いながら分からない範囲を集中して問題演習できたことが、物理学Iの単位取得に繋がったと思う。
- ✓ 個人的には物理学Iの授業と基礎理科の授業内容はあまり難易度に差がないと感じたため、物理学演習Iで基礎となる事柄について理解できた。
- ✓ 物理学演習Iで学んだ内容のテスト問題だったことにより、何とか問題を解くことができた。
- ✓ 物理が苦手な生徒に対しては、もう少し基礎となる公式や原理の詳しい解説があったらいいと思う。また、15回の授業の中で力学の内容を全て網羅することは大変だと思うが、物理学演習Iのように物理の基礎を学ぶ時間、あるいはもう少し授業の内容を簡略化するとより理解しやすくなると思う。
- ✓ 要望ですが、もう少し問題演習の時間を取り入れるといいと思う。教員になる者は問題が解くことができるよりも、内容理解の方が大切だと思う。しかし、問題演習を行うことでその範囲の内容をより理解でき自信がつくと考えた。
- ✓ 私的には細田先生から学んだ沢山の解くコツによって問題を解くことができたと思う。いろいろな解法を教えてくださいることにより、自分に合った理解しやすい方法を用いることができるため、解法は沢山知っておいたらいいと思った。
- ✓ 私が理解していないところを細田先生に突かれ、そこを重点的に学習したため、学生が理解していないところを本人に言うことは必要だと思った。自分では理解

していると信じていても意外と欠点があり、それは自分では気がつかないため、第3者からの助言によって知ることができるから。

2-3 アンケート調査結果の分析

これらの記述を分類すると、「物理基礎」・「物理学Ⅰ」の講義の内容・水準、補習で行った個別指導・グループ学習の効果など、学生目線で見えてくる。

講義の内容・水準は、高校物理の履修者には適切であり、未修者には厳しいという回答があった。そして教員が授業中に説明するだけでは不十分である。そのことへの助言として、問題演習を多くすることや、補講を行うことのような利点が、述べられていた。

補講を行うことの利点は、授業中に質問できなかったことを質問できる点だけでなく、グループ学習を取り入れることで、学生同士の“教え合い”，“助け合い”，“励まし合い”によって個々の学生やグループの士気を高め，“分かった”という達成感がさらなる学生の努力を引き出し、受講者全体の学力向上が達成できた。

また、個々の学生の理解度や思考にあった別解を提示するというのも、学生に達成感を持たせ、さらなる意欲を引き出したのではないと思われる。

3. おわりに — 「地域社会を核とした教育と研究のつながり」について —

本科目「物理基礎」・「物理学Ⅰ」は、中学校及び高等学校理科の教員になるために、物理学に関する基本的知識と思考法を学ぶ科目である。今年度の授業に対して、多くの学生が「意味不明」，「全くわからない」，「単位が取れる自信がない」と言っていると、ある教員から2017年5月に聞いた。その発言は、2-2節で述べたアンケート結果と矛盾することであり、その矛盾こそ、地域社会の教育現場が抱える難題の1つに関係することである。

私はかつて、現場の教員に「先生が言うことは全く分からない」と言われたことがある。それは、「運動する物体に、運動の向きと逆向きに力を作用させると、力のした仕事は負の値になる」という高校物理で学ぶ「負の仕事」の説明に対する発言である。大学生の中にも

「仕事や運動エネルギーには向きがある」と誤解している人は多い。そのような人にとって科学的なものの見方考え方は宗教のような感覚であると思われる。つまり、「正しい」と信じている自己のもつ素朴概念や誤概念を否定され、拒否反応が起こるのである。特に、理科教員には“教育者の誇り”，大学生には“単位取得”という“人生がかかっている”ので、専門家である大学教員から学問的説明をされても、反発するしか術がない。

このような素朴概念や誤概念を助長する記述や無記述は、中学校理科の教科書の中にある。一方、小学校では教科書の記述通りに現象だけを扱えば、問題は無い。しかし、それを超えて、自己流の解釈で現象を説明すると、児童のもつ誤概念がより強固になる。

素朴概念や誤概念は、物理教育や科学教育の分野の研究として長年行われている。しかし、教材や授業の研究では、ほとんど気にされていない。たとえば、教員や児童・生徒のもつ素朴概念や誤概念を悪用した不適切な教材や授業には「分かりやすい」という正の側面と「分かった気にさせるだけ」という負の側面が同時に存在する。そして、正の側面は、楽しさや達成感につながるものなので、教育に関する研究では慎重に扱う必要がある。

児童・生徒のもつ誤概念に寄り添えば、丸暗記が容易にでき、テストの点数が上がる。そのような授業や解説書は「分かりやすい」と受験に役立つ。しかし、大学に進学して学問に出会い、それまで「正しい」と信じていた知識や考えを否定され失意する。講義内容を不可解な宗教の教えであるかと感じ不安になり、たとえ小・中学校の学習内容の解説であっても過敏になり、「意味不明」と拒否反応を起こすのではないと思われる。

私は、教員免許の選択科目「物理入門」（1年次前学期）において、小・中学校の物理分野の学習内容に潜む素朴概念・誤概念を、科学的なものの見方考え方と対比させ、文系理系を問わず、学生のもつ誤概念を穏やかに払拭し、概念育成を図っている。その学生たちが2回生になり、本科目「物理基礎」を受講し、多くの学生が順調に単位を取得した。

本科目での学生の状況は、教育と研究のつながりが教員養成という社会的任務の遂行に生かされた成果の一例であると考えられる。