

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（IX）－

理科教育講座 細田宏樹

1. 授業の基本情報・概要

本授業科目「物理基礎」（2年前期）は、中学校及び高等学校の理科の免許取得に必要な必修科目である。

受講者の中には、高校物理基礎の未修者であり、物理の知識がほとんど無く、苦手意識があるけれど、教員採用試験で加点対象になる理科の免許を取るために履修する学生が少なからず存在する。

2022年度の受講者は15人であり、そのうち「物理入門」（1年前期）を対面授業と試験を受けて単位取得した人は7人である。

この7人の物理の勉学に対する特性をほぼ把握できているため、本年度はその学生のうちから勉学に難があると思われる数人に合わせた内容と水準で、授業を計画し実施した。

2. 授業評価・授業研究の内容

2-1 授業の工夫

微分方程式の計算手順などを説明したプリントや、個々の受講者の思考法の特徴や誤概念の状況を学生自ら自覚していただくための小テストやレポート課題を、例年より多く取り入れて行った。4月頃に行った小テストでは、答案を大雑把に机間巡視した結果、正答率は30%程度であった。そこで、自己の状況把握が目的であり安心感をもって学んでいただくため、答案の回収はしなかった。

本授業は水曜日の1時限目であり、居眠りをする学生がいる。毎回の出席カードには「自己の主観で判断し、最も重要だと思った内容」を具体的に説明するよう指示したが、提出された記述を読むと、授業を受けていない人でも書くことができる漠然とした内容が目立つようになった。そこで、具体的に書くよう注意した。

小中学校の学習内容の留意点、すなわち小中学校の児童・生徒だけでなく小中学校の理科教員もつまづくところを授業で扱い、小中学校の教育に必要な科学概念の習得状況を評価するために試験問題も工夫している。

本年度は小中学校で学ぶ内容を大問1（配点25点）、高校物理基礎水準の等加速度直線運動を大問4（配点25点）として出題した。そして、速さに比例する空気抵抗が働く場合の運動と、変位に比例するばねの復元力が働く場合の運動とを、それぞれ1体問題で出題し、大問2（配点25点）と大問3（配点25点）とした。

2-2 試験の結果

試験の平均点（標準偏差）は、大問1：10点（5点）、大問2：12点（8点）、大問3：12点（9点）、大問4：15点（7点）、合計：48点（25点）であった。得点分布は、最高点95点から平均点48点付近までほぼ一様に合格者がいて、そこから約25点低いところに不合格者の大半がいる。

合格と不合格とを分けた要因を調べ、次年度の授業改善に資するため、次の分析を行った。

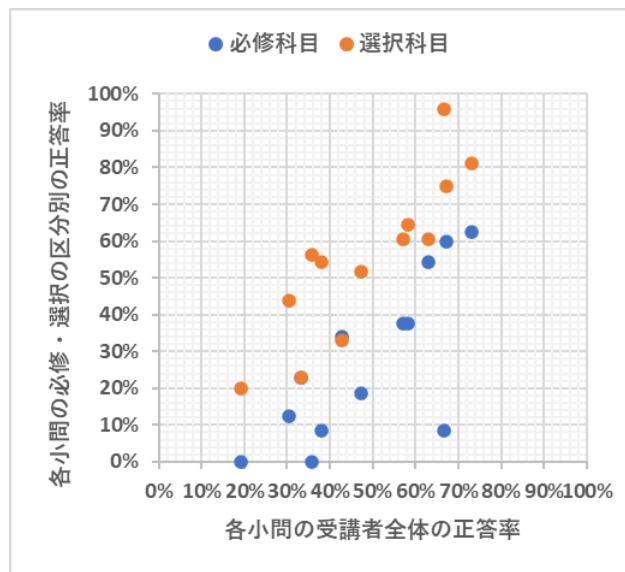


図1 各小問の必修・選択別の正答率

図1は、卒業要件により2回生を「必修科目」と「選択科目」、3・4回生を「再履修」と受講者を3つに区分し、各小問の受講者全体の平均正答率を横軸にとり、各区分の受講者の各小問の平均正答率を縦軸にとったグラフである。ただし、正答率は、完全正答の満点に加え、部分正答の部分点も加味して計算されている。また、受講者全体の平均正答率には「再履修」の学生の点数も加味されている。

「必修科目」として受講した学生の平均点が、「選択科目」として受講した学生の平均点より、ほぼ全ての小問で低い傾向にある。最も大差のある小問は大問4の等加速度直線運動する2物体間の糸の張力を求める計算問題であり、誤概念の有無が関係する。その小問の正答率は「必修科目」：8%、「選択科目」：96%である。

大問4は、試験直前の回の授業時に出題予告をし、答案に書くべき主要な式と計算過程を板書した問題であるだけでなく、授業時には「2物体間の糸の張力は動き出すと値が変わる」ことを強調して説明した問題である。

これらの状況から、受講者の傾向として、「選択科目」として受講している人は、「授業内容をきちんと聴き理解する」ことができている。しかし一方で、「必修科目」として受講している人は、そのことができている。

私の経験では、卒業要件の必修科目を軽視する傾向は10~30年前には見られなかったことである。そして、理科を副免許として取得しようと挑戦する学生は、たとえ文科系かつ高校物理未修者で苦手意識があっても、本科目「物理基礎」と「(旧)物理学1」を意欲的に学ぶ姿勢は、当時から変わっていない。

2-3 アンケートの結果

本科目での学び・成績の状況を、学生自身はどのように自覚し、振り返りをしているのか。試験直後に得られた出席カードの記述をもとに考察する。表1に「選択科目」の学生の記述を抜粋して紹介する。

表1 「選択科目」の学生の記述

はじめて物理基礎の授業をうけた時は文字と数字しかなくて頭が真っ白になった。今回のテストを受けてみて全てわかったわけではないが、少しずつでも解けるような努力はできるようになった。もう少し自分でも頑張ってみようと思った。
グラフは書けるようになった。運動方程式が立てられなかったら解けない問題で残念だった。しかし、このことによって、物理はすべて運動方程式が大切なのだと感じた。物体の動きをイメージすることが物理には大切なのだとわかった。
授業全体を通して物理基礎の力学分野に対する考え方が変わった。最初は速度をグラフ化することも、日常的な現象を説明することもできていなかった。最初は微積で解くことに嫌悪感をいただいていたが、最後には解き方を理解できるようになった。
全授業を終えて、今までの物理に対する考え方が変わったように感じた。公式を丸覚えするのではなく、微分方程式や運動方程式から導くこと、因果スキーマという概念に惑わされないことが重要だと思った。
起こっている事例についての力学的な考え方は分かったが、用語の説明を求められたら、おそらく答えられないなどテストを解いて感じたため、「力積」や「保存力」など言葉の意味の本質的理解を目指して、これからも勉強していきたい。
受講前に比べて、運動方程式の立て方や図示の能力が向上したと感じた。一方で、単振動は導出過程で分からなくなったため、理解できるよう、復習したい。
物理入門のときと比べると、グラフが何を示しているか、運動方程式が何を表しているか、分かるようになった。仕事と力積の違いも、言葉では難しいけれど、式を見て理解することができるようになったと思う。

「選択科目」として受講している学生の記述の特徴としては、「できるようになった」・「でき

ない」ことなど、きちんと自己分析ができ、次につながる知見を得ている。

一方、「必修科目」として受講している学生の感想の傾向として、「学習や理解が不十分である」旨の記述が多い。その「理解不足」が原因で、試験で合格点を取れていないことへの自覚もあり、「悔しい」という思いもある。読ませていただいた印象としては、これらの人は「自己の努力が足りず」、「理解できているのか、理解できていないのか」が分からない状況にあり、未だに物理の勉学に迷っている。

厳しい言い方をすれば、全く勉強をしていない。いくら授業中に手製のプリントや小テストを用いて、誤概念・素朴概念、因果スキーマなどを体験的に教えても、居眠りなど学ぶ姿勢ができていない。そのため、試験までは「簡単」と油断し、試験で点数が取れないと「理解不足」で済ませ、再履修でも単位が取れないと、2017年5月の事例のように「授業が悪い」と不満を訴えるのではないかと、私は恐怖を感じている。

3. 「地域社会を核とした教育と研究のつながり」について

2021年度入学生に対する「物理入門」（2021年度前期）と「物理基礎」（2022年度前期）の2つの授業を通して、「学びとは何か」・「授業とは何か」を問われたように感じている。

3-1 理科を主免とする教員の養成

私は、2021年度の「物理入門」のFD報告書で、『学ぶ意欲・興味関心をもって受講する選択科目「物理入門」は、資格取得のために受講する必修科目「物理基礎」と比べて、学生の授業に対する集中度が異なることが分かる』と述べた。しかし、このことを今回の試験結果やアンケート結果と比較したところ、「学ぶ意欲・興味関心」・「授業に対する集中度」に対して、重要な要因を見落としていることが分かった。

その1つはたぶん、理科を主免許としてもち、小中学校の理科教員を目指す学生のもつ特性か

もしれない。彼ら/彼女らは小中学校理科であれば、たぶん「得意である」・「好きだ」・「点数をとれる」・「授業を上手にできる」と自信を持っているのではないか。その自信が過剰であるため、たとえ小中学校の学習内容であっても、誤概念や素朴概念で考えることしかできず、科学概念の理解ができなくなるのではないか。

それを端的に表す一言として、数年前の学生が語った「物理が分からなくても、教え方でカバーする」がある。このように「自分が小中学校の物理分野の内容を理解できていないことを自覚した上で、アクティブラーニングなど教え方を工夫して児童・生徒に授業する」ことは、小中学校での理科教育として、行って良いことなのか。

このような教育観をもつ学年は教員への志望が特に強い。しかし、実際にはどのような進路を取ったのか、希望通り教員になれたのか、調査し検証する必要がある。

3-2 理科を副免とする教員の養成

「選択科目」として受講した学生の傾向は、自信がない分、分かるところから1つずつ理解しようと努力する傾向にある。たとえば、大問1（小中学校の内容）、大問4（等加速度直線運動）に絞って理解し、該当する小問で点数を取り、単位取得をした人もいる。

このような目的・課題意識をもち、自己のペースで一步ずつ知見を広げ深める取り組みが、各自にとっての「学びとは何か」・「授業とは何か」の答えのヒントであると思う。

3-3 授業改善と成果発表

「物理が苦手・嫌い」、「理解できない・点数が取れない」など自己申告し、私の補講・個別指導などを要求する学生への対応については、多くの経験があり、新たな教育法を考案し、成果を物理学会と物理教育学会で発表してきた。

しかし一方で、「理科を教える」ことに過剰な自信を持ち、自己のもつ誤概念や素朴概念に惑

わされて、小中高校の学習で得た既得知識を正しいと宗教的に信じている学生には、本科目「物理基礎」・「(旧)物理学 1」では、過去に幾度か悩まされてきた。詳しくは、2016年度と2017年度のFD報告書を読んでいただきたい。

彼ら/彼女らの主張が第3者から見ると間違っていることに、当該の学生だけでなく一部の教員も気付いていない。昔の話であるが、共通教育の中間アンケートで、教育学部生「内容が高校物理Ⅱをはるかに超えている」、工学部生「高校の内容を大学でするな」という矛盾があった。15コマの前半は高校物理未修者に対応した授業を行ったため、工学部生の主張が正しい。

また2017年5月の事例では、本科目の授業への苦情に関して、「親しい学生の発言しか判断基準にない」としか思えない言葉であるが、ある教員から「授業や試験がスタンダードより高い」と断言され、私は「スタンダードより低い」と否定したことがあった。否定した根拠は、①物理教育学会の質疑応答で、問題を見た上で「こんな初歩的な問題で合格点の取れない人を理科教員にしてはいけない」と批判され、「取れなかった人には何かしているか」と心配されたことである。それらの質問をした他大学の教員へはそれぞれ「60点未満は不合格とした」、「30点以上の不合格者には試験の直しをさせ、問題を変えた追試で60点以上を合格とした」と回答した。さらに、②本科目「物理基礎」・「(旧)物理学1」の授業内容は理工系学部の約30%であることは、シラバスを見比べれば一目瞭然であり、2017年度のFD報告書で述べたが、問題の難度も低い。そして、本科目を不合格となった学生の特性を考慮し、「学ぶ心をもたせよう」と工夫した授業改善の試みについては、2016年度のFD報告書で既に述べている。

また、2017年5月には、その教員から『学生が「授業を変えた」と苦情を言っている』と、他のほぼ全ての学生に効果があった授業改善に否定的な評価をされた。これらのような否定をされた経験は、“他の教員”にはないのだろうか。

なお、その授業（シラバス）の変更の経緯と、実際に行った授業改善とその教育成果については、2016年度と2017年度のFD報告書で、詳しく説明している。

以上のこともふまえて、教員養成課程の教育を考え、研究・実施していくこと、そして、その成果を地域社会に還元し、様々な教育現場で実践していくことが、必要であると思われる。

4. おわりに

本年度の「物理基礎」の授業では、例年になく居眠りが目立つ。特に、「必修科目」として受講する学生の一部については、試験の答案に勉強した形跡もなく、何に疲れ切っているのか、疑問に思う。しかし現実として、コロナ禍でのアルバイト、グループ学習の自粛など相談相手も少なく、勉強しにくい状況にあり、学ぶことが十分にできない学生もいるのではないか。

6月頃に「選択科目」として受講している物理の苦手な学生と話をすることにし、教員の側から声を掛けることにした。その理由は、その学生は「物理入門」の未修者であり、「全出席」・「授業態度良し」・「試験の予測0点？」であり、「このような学生が不合格となるような授業はあってはならない」という教育観が、平成元年の着任以来、私にあるからである。

その学生は同様の不安を抱える3人と一緒に研究室を訪れたので、彼女ら/彼らの特性に合った「到達目標」・「物理の学び方」について助言した。そのときから授業終了まで、この4人に個別指導をした記憶はない。この教員側からの声掛けが転機となり「学び」の指針を得たのか、その学生に加え、もう1人も共に、試験で高得点を取ることができた。

声掛け・助言にはコツがある。私は物理学会「Fランク大学の物理教育」の研究から聴き得た知見を検証し学生指導に生かしている。しかし、個別指導の機会を十分与えても無視され、「授業を変えた」と苦情を言われ、もしそれを支持する管理職の教員がいたら、どうしようもない。