

報 告

学生のニーズを基にした補習の提案と試行 － 技術職員による基礎物理学講座 －

渡邊 美奈子¹・佐藤 秀一²・青柳 成俊³

¹教育研究技術支援センター (Technical Support Center for Education and Research, National Institute of Technology, Nagaoka College)

²一般教育科－物理 (Liberal Arts-Physics, National Institute of Technology, Nagaoka College)

³機械工学科 (Department of Mechanical Engineering, National Institute of Technology, Nagaoka College)

A suggestion and its trial of a supplementary lesson based on the student needs
- The supplementary basic physics lesson lectured by a technical staff -

Minako WATANABE¹, Shuichi SATO² and Naritoshi AOYAGI³

要旨

一般科目の物理は高専における専門科目を学習する上で基盤となる重要な科目である。その為、本校では一般科目の物理を全学科2年生と3年生の必修科目として定め、その単位の履修を卒業の要件としている。一般的に、単位認定の可否は定期試験の結果で判断されるが、それだけでは学習内容の理解が定着したと断言することは難しい。その為、一般教育科の物理担当教員は学生支援の一環として、定期的な実力試験を実施して理解の定着度合いを測り、必要に応じて補習を行うなど、学生の理解度の向上・定着に努めている。試験や補習を繰り返し実施することは、学生・教員の双方にとって負担が大きいものの、その効果が理解度の向上に繋がっていないのが現状である。筆者はこの点に着目して学生への聞き取り調査を行い、補習の効果が現れない要因を探った。その結果、学生は「そもそも数式、或いは演習問題文の意味が分からない」こと、「補習や再試験に向けた自主学習を行っていない」ことが判明した。この事実を受け、学生のニーズを基にした補習のやり方を考案し試行したところ、受講した学生からは概ね好意的な反響が得られた。

本稿では、現状の補習とそれに関する学生への聞き取り調査から、学生のニーズを基にした補習の考案、試行、結果と今後の課題について報告する。

Key Words : *students' needs, basic physics, supplementary lesson, students' understanding*

1. はじめに

一般科目の物理は高専における専門科目を学習する上で基盤となる重要な科目である。その為、本校では一般科目の物理を全学科2年生と3年生の必修科目¹⁾として定め、その単位の履修を卒業の要件と

している。一般的に、単位認定の可否は定期試験の結果で判断されるが、それだけでは学習内容の理解が定着したと断言することは難しい。その為、一般教育科の物理担当教員は学生支援の一環として、定期的な実力試験を通じて理解の定着度合いを測り、必要に応じて補習を行うなど、学生の理解度の向

上・定着に努めている。これらの補習や試験は学生を支援する目的で行われているものの、繰り返し実施することは、学生・教員双方にとって負担となる。その一方で、学生の物理に関する理解力（以下、これを学力と呼ぶ）に目立った改善が見られないのが現状である。何故、繰り返し補習や試験を行っても学生の学力が向上しないのか。或いは、学生は物理担当教員らの全く予期しない次元で躓いており、補習内容がそれに合致していないことによって効果が現れないのではないかと。筆者はこのように考え、これまでと異なる補習のやり方を考案し、その効果を検証しようと考えた。本稿では、その試行の内容と結果について報告する。なお、筆者は技術職員であるが、理学修士（物理系）の学位を有していること、加えて電気電子システム工学科の一部の実験科目において講義も担当していることから、本科2年生、3年生の物理科目を教えることについて技能的問題はないことを申し添えておきたい。

2. 基礎物理学講座の考案

2. 1 現状の補習のやり方

物理担当教員によって行われている現状の補習は、全学生を対象とした実力試験と、その実力試験で合格点に満たなかった者を対象に行われる補習・再試験で構成される。実力試験は、物理の定義や法則を適用する力を測るために行われるもので、夏休み等の長期休み後に実施される。出題範囲は当該長期休み前の半年ないしは1年間に学習した内容で、通常定期試験同様、解答中は参考書等を参照することはできない。また、その結果は学生の成績に反映される。この実力試験において合格点（50点）に満たなかった学生は、その後、補習と再実力試験を受けることになっている。補習は30～40分程度の小試験（出題範囲は実力試験と同一）で、解答時間終了後、すぐに解説がなされる。このような補習が約1週間間隔で5～6回実施された後、再実力試験を受験する。以上の内容を表-1にまとめる。

表-1 現状の実力試験とその補習・再試験

対象	実施時期と内容
全2年生	実力試験①（夏休み明け） 出題範囲：2年前期の学習範囲
全3年生	実力試験②（春休み明け） 出題範囲：2年の全学習範囲 実力試験③（夏休み明け） 出題範囲：3年前期の学習範囲
実力試験 不合格者 (2,3年共通)	補習（1週間間隔で5～6回） 30～40分間の小試験とその解説 ↓ 再実力試験

2. 2 学生への聞き取り調査

前述のように、物理担当教員は、学生の学力向上のため精力的に支援を行っているが、一方の学生側はどのように考えているのだろうか。学生側のニーズを探るため、雑談の中で物理の補習に対する意見を聞き取った。聞き取り調査を行ったのは、筆者が実験科目を受け持つ電気電子システム工学科の2年生と3年生の学生数名（無作為抽出）で、尋ねた内容は以下の通りである。

- ・物理に対してどのようなイメージを持っているか
- ・補習（再試験）に向けて自習をしているか
- ・疑問点が生じた場合はどのように解決しているか

まず、物理に対するイメージを尋ねた質問に対しては、ほぼ全員が「嫌いである」、「難しい」と答えた。続けて、何故「嫌い」、「難しい」と感じるのかを尋ねたところ、「公式を覚えられない」、「全く意味が分からない」という答えが返ってきた。補習に向けて自習をしているかという質問に対しては「自習していない」という答えが多かった。その理由を尋ねたところ、「補習の通知から実施までの期間が短い」、または「回数が多過ぎて対応できない」という答えが返ってきた。後日この点について担当の物理教員に確認したところ、「本来、予習復習は学力の定着のため日常的に行うべきものである。業務スケジュールの都合上、通知が直前になる場合があることは否めないが、それを学習が間に合わないことの原因にはしないで欲しい」との説明を受けたので、補足しておく。また、授業中や自習中に生じた疑問点をどのように解決しているかという質問に対しては、「友達に聞く」、「ネットで調べる」

の他、「諦める」という回答もあった。教員に質問することはないのかと尋ねたところ、疑問を解決したいと思いつつも教員室へ質問に行くのは躊躇われる、と言う学生もいた。その理由としては、「何が疑問かもわからななので質問のしようがない」等の意見が挙げられた。

以上の聞き取り調査から、次のことが明らかとなった。

- ・学生は物理に対して、「嫌い」、「難しい」等の負のイメージを持っている
- ・教科書に登場する公式を、全て暗記しなければならないと思っている
- ・数式、或いは問題文の意味が理解できていない
- ・補習（再試験）に向けた自習はしていない
- ・疑問点があっても教員に質問に行くことはない

ここで注目したいのは、「数式、或いは問題文の意味が理解できていない」という点と、「補習（再試験）に向けた自習をしていない」という点である。もし、これらの点が補習対象の学生全体に共通するものであるならば、現状の小試験形式の補習では効果を得るのが難しいことが推察される。そこで筆者は、聞き取り調査の結果を基に、これまでと異なる補習のやり方を考案・試行してみることにした。以下、今回考案した「学生のニーズを基にした補習」を「基礎物理学講座」または単に「本講座」と呼ぶことにする。

2. 3 基礎物理学講座のやり方

前項の聞き取り調査の結果を基に、基礎物理学講座のやり方と内容を検討する。

まず、やり方として基本方針を以下のように定めた。学生は補習に備えた自習を行ってこない可能性があることから、試験形式ではなく、講義形式とする。「嫌い」、「難しい」という負のイメージを払拭するため、学生の理解度を確認しながら平易な解説を心掛ける。「公式を全て暗記する必要がある」という誤解を解くため、解説に公式は用いない。定義や基本法則を起点として数式を立てていくことにより、数式の物理的意味を理解させる。（但し、冗長を避けるため、同一補習内で導出した公式を既知の数式として利用する場合はある。）問題文の意味、即ち条件設定等をイメージさせるため、初めに問題文を読み上げ、設定条件と求めるべき物理量を図示する。質問しやすい雰囲気を作り出すため、何度同じ質問をしても決して否定しないことを約束すると

共に、質問や発言に対して可能な限り肯定的反応を返すことを心掛ける。また、対象は全学生（全学科1～5年生）とする。

続いて、講義内容を検討した。講義内容は、多くの学生が苦手とする単元を中心に、主に低学年の学生が受講することを考慮して構成した。一般教育科の一部の物理担当教員に対して行った聞き取り調査と、本校3年生が受験した昨年度のCBT（Computer Based Testing）の結果を基に、学生の苦手な単元を割り出し、それらの中から2年生の前期で学習する内容を選定した。具体的には、力のベクトル表記と力のつり合い、運動方程式である。

3. 基礎物理学講座の試行

3. 1 基礎物理学講座の試行方法

学生からのニーズと効果の有無を調査するため、試験運用を行った。1回当たりの講義時間は50分間（平日の放課後16時10分から17時00分まで）とし、できるだけ多くの学生に参加してもらえるよう、異なる曜日で全3回開催した。また、対象が全学生であること、学生に対し任意参加の勉強会であることを強調するため、プレラボ制度を利用することとした。プレラボ制度とは、本校のシステムデザイン・イノベーションセンターが考案した、分野横断的教育を奨励する制度である。研究活動の他、セミナー等の教育活動を全学生に広く提案する場合にも利用することができる。プレラボとして提案した案件は、学生課を通じて全学生・全教職員に周知されるなど、組織的な理解と協力が得られる点でも心強い。

3. 2 試験運用の結果と効果の検証

試験運用の結果、全3回の開催を通して延べ21名の学生が参加した。講義は、複数の物理問題集^{2),3)}から選定した例題を解説していく形で行った。まず、問題文に書かれている状況設定を図示し、既知の情報と未知の情報を整理した上で問われている内容を確認し、解説を進めていった。先に述べた基本方針に則り、公式を用いた解法は避け、物理の基本法則或いは物理量の定義を起点として順序立てて解説を行った。途中、学生の理解度を確認するため適宜質問を交え、新たな疑問点が発覚した際には更に詳細な解説を加えた。初回の補習では、理解度を確認するために問いかけても、学生の反応は薄かった。だが、解説を繰り返す内、次第に反応が返ってくるようになってきた。指名せずともこちらの問いかけに

答える、質問をしてくるといった学生の他、繰り返し受講する、友人に受講を勧め連れ立って参加する等の学生も現れたことは、好意的反応として受け止めて良いだろう。一方、2回目以降の補習に参加しなかった学生も少なからず存在したことは、改善の努力が必要であることを表しているものとして、謙虚に受け止めなければならない。

4. 受講生からの評価と効果の検証

第3回目の補習終了時に、その日受講した学生に対してアンケート調査を行った。アンケートは無記名式とし、5段階評価の選択式：

- 5 そう思う
- 4 どちらかと言えば、そう思う
- 3 どちらとも言えない
- 2 どちらかと言えば、そう思わない
- 1 そう思わない

と、自由記述の質問を設けた。アンケートの内容を、表-2に示す。

表-2 アンケートの選択式質問項目

分類Ⅰ：受講前の意識・理解度
(1) 物理は苦手である
(2) 物理の基本法則の意味が解らない
(3) 演習問題に対し、物理の基本法則をどう適用したら良いのかが判らない
(4) 演習問題の文章の意味が理解できない
分類Ⅱ：受講前後での意識・理解度の変化
(5) 物理に対する苦手意識が低減した、面白いと感じるようになった
(6) 物理の基本法則の意味を理解することができた
(7) 共通の基本法則、考え方により複数の問題が解けることが解った
(8) 問題文を理解し、数式や図で表すことができるようになった
分類Ⅲ：講師に対する評価
(9) 講師は苦手なポイントを説明してくれたので、効率良く学習することができた
(10) 類似問題を多数取り扱ったことが、思考の訓練となり、理解が深まった
(11) 講師の説明は明快であった
分類Ⅳ：講座の開講時期等について
(12) 講座の開講時期は適切であった
(13) 講座の1回当たりの時間（50分）は適切であった
(14) 講座開講の時間帯（16:10 - 17:00）は適切であった

次に、アンケートの集計結果を示す。

分類Ⅰの質問は講座受講前の物理に対する意識・理解度について尋ねたものであり、図-1はその回答である。1つ目の、物理が苦手であったかという質問に対しては、回答者全員が「そう思う」または「どちらかと言えば、そう思う」と回答し、物理に対して苦手意識を抱いていたことがわかる。続く3つの質問は、学生の抱える問題を特定するために尋ねたものである。過半数が「物理の基本法則の意味がわからない」と回答し、驚いたことに、全員が「物理の基本法則をどのように演習問題に適用したら良いかわからない」、「そもそも演習問題の意味がわからない」と回答した。事前の聞き取り調査結果からも示されていた通り、そもそも学生は問題を解く以前に、演習問題の状況設定や問われている内容を理解する時点で躓いていたのである。なお、受講後のアンケート回答者の中に、事前聞き取り調査をした学生は含まれていなかったことを申し添える。

- 質問(1) 物理は苦手である
- 質問(2) 物理の基本法則の意味が解らない
- 質問(3) 演習問題に対し、物理の基本法則をどう適用したら良いのかが判らない
- 質問(4) 演習問題の文章の意味が理解できない

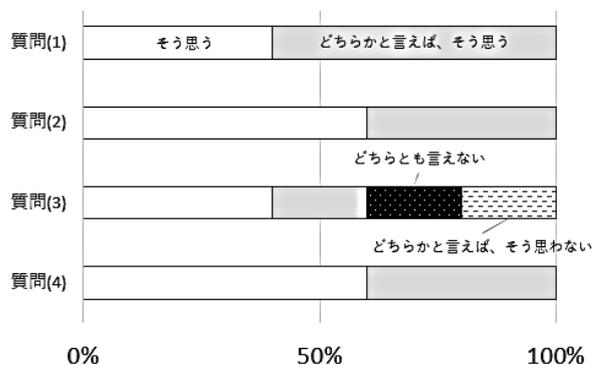


図-1 講座受講前の物理に対する意識・理解度

続く分類Ⅱの質問は、受講前後での意識・理解度の変化を尋ねたものである。図-2に示したように、過半数が問題文を理解することができるようになったと回答した。それと共に、物理に対する苦手意識が低減したとの回答も過半数を占めた。ただし、全員が物理の基本法則の意味を理解したと回答したものの、演習問題への適用については理解が不足している結果となった。

- 質問(5) 物理に対する苦手意識が低減した、面白いと感じるようになった
- 質問(6) 物理の基本法則の意味を理解することができた
- 質問(7) 共通の基本法則、考え方により複数の問題が解けることが解った
- 質問(8) 問題文を理解し、数式や図で表すことができたようになった

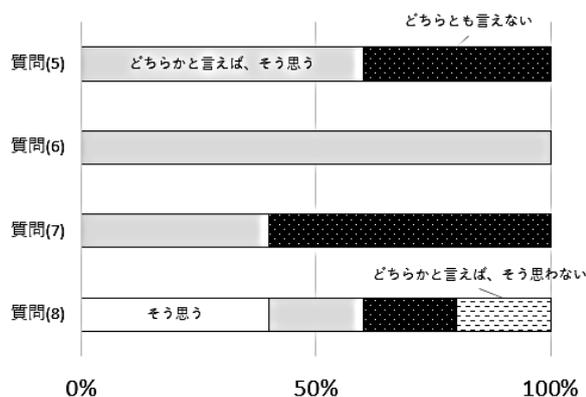


図-2 講座受講前後での物理に対する意識・理解度の変化

分類Ⅲは講師に対する評価を求めた質問であるが、同時に本講座において意識・理解度の変化に寄与したポイントを探るために尋ねたものである。(図-3)「講師は苦手なポイントを説明してくれたので、効率良く学習することができた」、「類似問題を多数取り扱ったことが思考の訓練となり、理解が深まった」、「講師の説明は明快であった」の何れの質問にも、回答者全員が「そう思う」または「どちらかと言えば、そう思う」と回答した。これらのポイントは何れも、先に定めた基本方針に即したものであることから、これによって、基本方針の妥当性も確認できたと言える。その他自由記述において、「答えるとほめてもらえて嬉しかった」との回答があった。これは基本方針の一つである「質問や発言に対して可能な限り肯定的反応を返すことを心掛ける」に即した筆者の態度に対するコメントであるが、「褒める」という行為が、学生の意欲を向上させる要因となることが改めて確認できた^{4), 5), 6)}ものと捉えられる。

- 質問(9) 講師は苦手なポイントを説明してくれたので、効率良く学習することができた
- 質問(10) 類似の問題を多数取り扱ったことが、思考の訓練となり、理解が深まった
- 質問(11) 講師の説明は明快であった

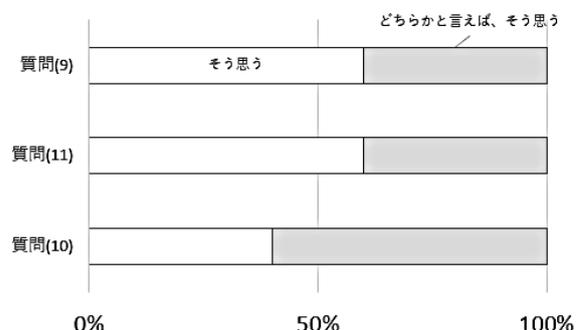


図-3 講師に対する評価

残る分類Ⅳは、本格始動に向けた検討材料として尋ねた質問である。(図-4)回答から、開催時期・時間帯・1回当たりの時間の何れも適切だったと思われる。ただし、自由記述式の回答で「火曜、木曜を希望する」という意見があったことから、本格始動の際も特定の曜日に固定するのは避けた方が良いでしょう。更に、過半数の回答者が講座の継続実施を希望すると回答したことから、本講座を本格始動する意義は得られたものと考えられる。

- 質問(12) 講座の開講時期は適切であった
- 質問(13) 講座の1回当たりの時間は適切であった
- 質問(14) 講座開講の時間帯は適切であった

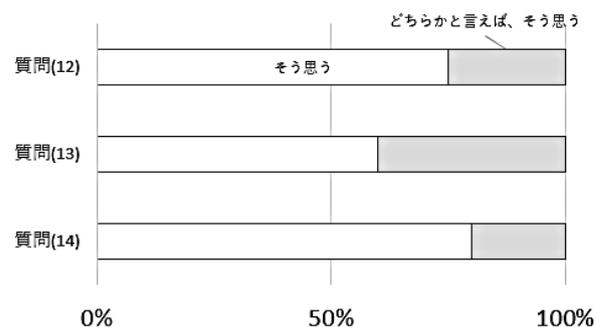


図-4 講座の開講時期等について

5. 今後の課題と展望

基礎物理学講座に対する学生からの意見は全体的

に肯定的で、継続を望む声も得られた。また、学習意欲や理解度の向上についても、質問分類Ⅱ（受講前後での意識・理解度の変化）の回答に表れているように、一定の効果があつたものと考えられる。一方で、2回目以降を受講しなかった学生も少なからず存在したことから、本格始動に向け改善策も検討していきたい。

今後は、3年生で学習する単元も範囲に含めて内容を充実させると共に、学習効果の定量的データを得るため、受講生の試験成績の推移を追跡調査していきたい。

6. 終わりに

学生に対する事前の聞き取り調査から、物理学に対する意識と理解度、従来の補習・実力試験に対する取り組み姿勢について、以下のことが明らかとなった。

- ・学生は物理に対して、「嫌い」、「難しい」等の負のイメージを持っている
- ・教科書に登場する公式を、全て暗記しなければならないと思っている
- ・数式、或いは問題文の意味が理解できていない
- ・補習（再試験）に向けた自習はしていない
- ・疑問点があっても教員に質問に行くことはない

これらの点に着目し、筆者は学生のニーズに基づいた補習として、以下の基本方針を掲げた基礎物理学講座を考案した。

- ・問題文を図示し、設定条件や求めるべき物理量をイメージさせる
- ・公式を用いず、定義や基本法則を起点として数式を立てていくことで、数式の物理的意味を理解させる
- ・平易な解説を心掛け、学生の理解度を確認しながら進める
- ・同じ質問を繰り返しても決して否定しないことを約束する
- ・質問や発言に対しては可能な限り肯定的な反応を返す

同講座のニーズと効果の有無を測るため、全3回の日程で試験的に開講したところ、延べ21名の学生が受講した。受講後に行ったアンケート調査では「物理の基本法則の意味を理解することができた」、

「講座の継続実施を希望する」等の肯定的意見が寄せられたと共に、学習意欲・理解度の向上に一定の効果がある可能性が示唆された。2回目以降を受講しなかった学生が少なからずいたことから改善の努力は必要と思われるものの、本講座を本格始動するに十分な裏付けは得られた。今後は講義内容の充実を図ると共に、受講生の成績推移を調査することによって、学習効果の定量的分析を行っていきたい。

謝辞：本講座の試行をご快諾くださいました一般教育科の物理担当教員の皆様、並びに、プレラボとして運用することをご承諾くださいましたシステム・デザイン・イノベーションセンターの皆様、開催の周知にご協力くださいました学生課の皆様に深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 長岡工業高等専門学校 学生便覧 2019, 長岡工業高等専門学校, p.144
- 2) 中野友裕: 大学新入生のためのやさしい力学, 森北出版, 2012
- 3) Halpern, Alvin M.: Schaum's outline of theory and problems of beginning physics I, McGraw-Hill, 1995
- 4) 加藤光一(著), 坪田信貴(監修): 「ほめちぎる教習所」のやる気の育て方, KADOKAWA, 2018
- 5) 吉川正剛, 三宮真智子: 生徒の学習意欲に及ぼす教師の言葉かけの影響, 鳴門教育大学情報教育ジャーナル, 4, pp.19-27, 2007
- 6) 牧野真貴: 英語リメディアル教育における教師に起因する学習意欲低下についての研究, リメディアル教育研究, 第12巻, pp.27-37, 2018

(2019. 9. 25受付)