

接続型教育を目指して

第4報 基礎物理科目から専門科目への接続の調査と改善

尾崎 徹*・鈴木 貴**・大政 義典***・北野 保行****・細川 伸也*****

(平成21年10月31日受理)

Toward a Linking Education The Fourth Report: Survey and Improvement of the Linking between Basic Physics and Technical Subjects

Tōru OZAKI, Takashi SUZUKI, Yoshinori OHMASA, Yasuyuki KITANO and Shinya HOSOKAWA

(Received Oct. 31, 2009)

Abstract

We, the members of the physics group, have surveyed the linking education between basic physics and technical subjects in all the departments of our Institute. The whole picture of the linking is obtained by our examination, through a questionnaire to all professors and through discussions with every department and the mathematics group. In order to improve the linking that emerged from the picture, we propose not only effective measures which include new curricula of basic physics introduced in 2010, e.g. Physics of Matter and the Universe, but also new standards for AO examination and various types of admission through recommendation. Finally, we require our regular participation in new curriculum committees.

Key Words: linking education, basic physics, technical subjects, new curriculum, admission

1. はじめに

中学、高校から理工系の大学へ進んで基礎科目の物理から専門科目を学ぶまでの節目節目にギャップがある。適度なギャップは若い知性を刺激して、ギャップを埋めるために必要な推進力を発揮させる。私たち物理グループが目指しているのは、図1に示した専門基礎としての物理科目の両側を滑らかに接続させることである。それによって、学生は自らリンクを見つけてギャップを埋め、理工系の専門科目を学ぶために必要な基礎力を身につけることができる。図の左側では、新入生の習熟度と学力に合わせて、中学と高校の物理から微分積分を使った大学の物理学へ接続

させる。その接続の効果を上げるために、私たちは10年前から、工学部に共通のカリキュラムと教材を開発し、さらに自己評価のシステムも整えてきた[1-3]。これに対して、右側の物理科目から専門科目への接続では、接続先が多岐にわたることから、工学部では各学科に配属されている物理教員が個別に対応してきた[4]。しかし、左側の接続教育でやさしい内容に時間をかけており、そのために1年間で教える内容が減少して右側のギャップが全学的に広がっていることが懸念される。また、平成18年度カリキュラム(H18カリ)の開講単位数が抑えられたために、いくつかの学科が専門科目を低学年へ下ろした。その結果、基礎物理学と同期に開講される専門科目が現れ、

* 広島工業大学工学部電子情報工学科

** 広島工業大学工学部電気デジタルシステム工学科

*** 広島工業大学工学部知能機械工学科

**** 広島工業大学工学部都市建設工学科

***** 広島工業大学工学部建築工学科

それらへの接続が難しくなった。そこで、平成 20 年度、HIT 教育機構に「工科系のための物理教育開発センター」を設置し、物理科目と専門科目の接続状況を調査して、学生が専門科目を学ぶ基礎力をつけるために効果的な対策を講じた [5]。具体的には、まず物理グループで右側の接続状況の問題点を学科ごとに洗い出した。つぎに全教員にアンケートを行い、各系および数学グループと意見交換をして、右側の接続状況の全貌を明らかにした。それらを基にして、学生が右側のギャップを埋めるために必要なリンクと、それを見つけるのに適した時期を検討して、平成 22 年度カリキュラム (H 22 カリ) に必要な提案をした。

つぎの 2 節では、H 18 カリにおける物理科目の左側の接続状況と改善策を紹介して、本学の接続教育の位置づけを述べる。つづく 3 節では、H 18 カリの物理科目から右側の専門科目への接続状況と改善策を紹介する。そして、4 節では、右側の接続を改善するために H 22 カリへ提案して実現した内容を紹介します。基礎科目の教育効果を向上させるために必要な入学者選抜試験の基準と新カリキュラム策定の方法について提案をする。

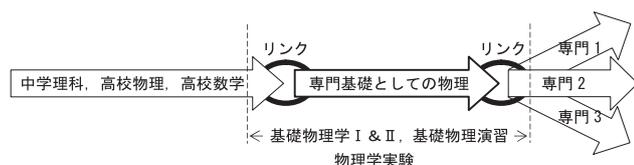


図 1. 専門基礎科目として開講されている物理科目の両側の接続

2. 中学と高校の物理と数学から H 18 カリの物理科目への接続状況

本学における物理の接続教育の経緯と国内の位置づけ、H 18 カリの物理科目の内容と図 1 の左側の接続状況を復習する。

2.1. 物理の接続教育の経緯と位置づけ

図 1 の中学と高校の物理と専門基礎の物理の間のギャップは微分積分である。物体の運動を表す物理量が微分積分をとおして互いに関係づけられることを理解することによってリンクが形成されてギャップが埋まる。それを自力ですることができる学生が減少してきた平成 12 年度(2000 年度)に、私たち物理グループは接続教育を開始した [1]。その核をなすのが、基礎物理学 I と基礎物理演習である。基礎物理学 I は中学理科・高校物理とベクトルから始まり、微分を物体の運動に即して学びながら、運動を表す物理量が互いに微分積分によって関係づけられることを理解する。同時に、微分積分を使って現象を解析的に調べる方法が物理学をはじめとする理工学の基本であることを理解す

る。それらを定着させるために、基礎物理演習でベクトルなどの高校数学を復習して、やさしい大学物理の問題を自ら解く。それを演習の時間にみんなの前で発表して、教員から補足とチェックを受ける [1, 2]。この接続方式を自己評価するため、工学部に共通のクラス分けテスト、期末テストとアンケートを実施している。その分析から、教育効果が上がってきたことが明らかになっている [3]。

物理科目で使用している教科書は、私たち物理グループの教員が本学の学生を念頭において執筆したつぎの 4 冊である。基礎物理学 I と II の力学では「工科系のための基礎力学」[6]、基礎物理演習では「力学 WORKBOOK <第 2 版>」[7]、物理学実験では「工科系のための物理学実験<第 2 版>」[8]、力学以外の物理科目では「基礎物理 WORKBOOK」[9]を使用している。これらの編集方針については文献 4 と 10 を参照していただきたい。

大学の物理の基礎は中学理科、高校数学と物理現象に接した経験であるといつてよい。高校物理を基礎に位置づけて復習を繰り返すと、その暗記科目としての側面が学生の論理的思考の発達を妨げて、いつまでたっても大学の物理へ接続しない。やさしくても微分積分をつかう大学の物理をその考え方や枠組みに注意しながら学ぶことによって、新たに工学を学ぶための基礎力がつく。ゆとり教育を受けた最初の学生が入学した平成 18 年(2006 年)にもこの方針を変えず、学生がリンクを見つけやすいように教材を見直し、教科書 3 冊 [6 - 8] を改訂して 1 冊 [9] を新たに刊行した。平成 18 年前後に、全国の多くの大学で、高校物理を半年または 1 年かけて復習するための科目が競って開講された。しかし、その教育効果が低いことはすぐに判明した。高校物理を履修しなかった学生にも、微分積分をつかった大学の物理を分かりやすくして入学早々に学ばせる本学の方式が主流になりつつある。

2.2. H 18 カリの物理科目の内容

H 18 カリとして各系・各学科で開講してきた物理科目を表 1 にまとめる。工学部の基礎物理学 I, II と基礎物理演習の中心は力学である。それは、力学が、工学の基礎である物理学の基礎でもあるからである。力学には広い応用分野があり、どの学科にも力学に関連した専門科目がある。しかも、力学は実感して理解しやすい。力学を題材にして、力学を表現するために発明された微分積分、ベクトルなど数学の使いかたをゆったりと教えている。また、物理の枠組み、考え方、哲学との関連、工学との関係を教えている。まず、中学理科と高校物理から始めて徐々に解析的な手法を身につけさせる。つぎに、運動の 3 法則から出発してあらゆる物体の運動を正確に表現して予測することができることを理解させる。それが各学科の専門科目を学ぶうえで

いかに大切かも強調している。Iでは運動の3法則から出発して質点の運動を調べる。そのために使う数学は、ベクトルの和と差、簡単な微分 $\frac{dx^2}{dx}$, $\frac{d \sin kx}{dx}$ と積分 $\int x dx$ であり、それらの導出と同時に意味も教えている。IIでは運動の3法則から出発して質点の力学的エネルギーを表して運動を調べる。つづいて、質点系と剛体の運動を調べる。そのためにベクトルの内積と外積が加わる。物理学と微分積分・ベクトルは不可分であり、物理現象を表現するために数学が必要であることを理解させて繰り返し演習をさせている。平成20年度の工学部の新入生のうち $\frac{dx^n}{dx} = nx^{n-1}$ のタイプの計算ができる割合は85%である。平成14年度の95%からの低下は小さいが、計算の意味を理解している割合は85%よりもかなり小さい。

情報工学科の基礎物理学IIでは電気回路に接続する電磁気学を講義している。それを演習を交えて行なうために新しく教科書を刊行して使用している[9]。これらの科目は必修科目としてスタートしたが、3年目の平成20年度からは選択科目になった。その結果、学習意欲が比較的高い少数の学生が履修する小さいクラスになった。

物理学実験は、小学校から高校までほとんど実験をしてこなかった新生に科学を実体験する機会を提供している。工学部では全学科の必修科目であり、1年前期または後期に週2コマ開講される。ガイダンスは2週または3週にわたって行なわれ、教科書[8]にそって、物理学実験の目的、実験を安全に進める方法、データ処理の方法、レポートの書き方などを学ぶ。実験テーマとして、力学、電磁気学、波動、熱学、原子物理学に関する基礎的なものを18テーマ用意しており、学生は毎週その中の1テーマに取り組む。実験の原理と手順を予習してることが評価項目の1つになっており、実験を始める前に安全対策を含めて教員からチェックを受ける。それでも、大半の学生は実験テーマの原理や意義を十分理解せずに、教科書をマニュアルとして使いながら単に実験操作をしている。そのため、自ら実験をして得た結果に感動することができない。誤差論に基づいた本格的なデータ処理を全学生に要求することも難しくなった。情報学部・情報系の物理学実験は2年前期の選択科目であり、少数の意欲的な学生が取り組んでいる。以上のように、物理学実験でも学生の学力と意欲に応じて人手をかけて指導することが必要になっている。

2.3. 物理科目への接続を妨げる原因と対策

図1の左側の接続を妨げている原因は、高校で物理を履修しなかった学生が増えていることではない。国語と数学の基礎学力の低下と積み上げ式の学習をする意欲の低下なのである。3年前ころから中学校数学を使いこなすことができない学生が目立ってきた。数学の学力低下がさらに進

むと、左側の接続教育を維持して理工学への興味をつなぎとめることができなくなる。その対策として、入学前セミナーの物理の内容を大幅に改訂した。今年度末のセミナーから、高校物理の単なる復習は行なわない。むしろ、中学校数学を使って物体の運動を調べる作業をする。具体的には、物体が運動する写真を見て、物体の位置、速度などの変化を表にし、それをグラフに描いてグラフが示す式を得る。その式を使って物体のいろいろな運動を調べたり予想したりする。つまり、使った式が法則になる過程を体験する。それに加えて、ベクトルを物理の道具として学ぶ。詳しくはテキストをご覧いただきたい[11]。

表1. H18カリに専門基礎科目として開講されている物理科目とその内容

工学部	電気系	基礎物理学I (質点の運動), 基礎物理演習 (Iの演習), 基礎物理学II (力学的エネルギー, 質点系と剛体の運動), 物理学実験, 基礎物理学II演習 (IIの演習, 建設系) 物理化学 (電気系), 光学 (電子), 振動波動 (電気)
	機械系	
	建設系	
情報学部	情報系	基礎物理学I (質点の運動), 基礎物理学II (電磁気, 情工), 物理学実験, 入門物理(高校物理の復習)
	健康情報系	基礎物理学 (物理学概論, 実験を含む)
環境学部	社会環境系	基礎物理学 (質点の運動, 剛体の運動の導入)
	自然環境系	基礎物理学 (質点の運動, 剛体の運動の導入)

3. H18カリの物理科目から専門科目への接続状況

図1の右側の専門基礎の物理科目から専門科目への接続状況を知るために、つぎの4つの活動を行なった。

- (1) 物理教員による各学科の接続状況の調査 (平成20年6月10 - 9月19日)
- (2) 全教員へのアンケートの実施 (平成20年9月29日 - 10月11日)
- (3) 各系および数学グループとの意見交換 (平成20年10月28日 - 平成21年1月8日)
- (4) 建設系教員との勉強会

それぞれの活動についてつぎに述べる。全学の物理科目の接続状況と数学グループと協力する内容は表2にまとめている。さらに、各系・各学科の問題点と対策は付録2に詳しくまとめている。今後、各学科で新しいカリキュラムを策定するときの参考にしていきたい。

3.1. 物理教員による接続状況の調査

主な状況を系ごとにあげる。右側の接続が良好でない原

因として目立つのは、H 18 カリで低学年に下りた専門科目と基礎物理学が十分接続をとらないままスタートしたことである。調査結果の詳細は、対策を含めて付録2にまとめている。

- (1) 工学部全系 = H 18 カリの専門科目の目玉として系ごとに開講された〇〇基礎（1年前期，選択）では，専門用語，高校数学と高校物理の公式などの暗記が行なわれた。しかし，専門科目を学ぶための基礎学力不足の原因は，高校数学や高校物理の勉強不足ではなく，国語力の不足と中学校数学が使いこなせないことであった。そのため，〇〇基礎で高校数学を詰め込もうとしても教育効果が上がらなかった。高校物理の復習も入学前セミナーだけでよかった。
- (2) 電気系 = 電気回路に必要な数学の公式を電気電子基礎（1年前期，専門共通，選択）で復習または予習している。電磁気学は専門共通科目として開講されている。基礎の電磁気学がないので，中学・高校からのギャップが大きい。H16 カリから熱力学が消えたままになっていることを除けば，量子力学まで広くカバーされている。
- (3) 機械系 = 2年から1年へ下りた工業力学（1年後期，選択）の内容は，質点の力学，力のつりあいと剛体の運動であり，1年後期に開講される基礎物理学Ⅱ（1年後期，専門基礎，選択または必修）にすべて含まれている。それらはまた，機械工学基礎演習（1年後期，専門共通，選択）の内容にもなっており，同期に3つの科目によって3重に教えられている。建設系と同様，物理学では広く抗力と呼ばれる用語が反力として教えられている。現代物理学は開講されていない。
- (4) 建設系 = 建設工学基礎（1年前期，専門共通，選択）で高校数学の復習と構造力学への入門が行なわれている。その中で，物理学では使わない反力，断面力などの用語が教えられている。多くの学生は，反力と基礎物理学Ⅰ（1年前期，必修）で学ぶ反作用力を混同しており，そのために力のつりあいと作用・反作用の違いが理解できない。平成6年度から電気に関係した科目が消えたままになっている。電気の不要な建築と建築物はないはずである。建設系に必要な力学以外の物理学をまとめて，例えば「建設物理学」として，教えることを勧める。
- (5) 情報系 = H 18 カリの必修科目として開講された基礎物理学Ⅰ（1年後期）と基礎物理学Ⅱ（2年前期）が平成20年度から選択科目になった。したがって，入門物理（1年前期，自由）で高校物理を復習して心理的に敷居を下げておく必要はなくなった。
- (6) 健康情報系 = ほとんどの専門科目を物理学の上に立脚させていない。そのために，基礎物理学（1年後期，選択）の内容を教養的にすればよいのか，それとも専門科

目に接続する専門基礎科目としての内容にすればよいのか判断できない。

- (7) 社会環境系 = 基礎物理学（1年前期，選択）の力学は構造力学Ⅰ（2年前期，必修）の導入になっており，環境工学Ⅰ（2年前期，必修）が力学以外の物理を導入している。一般入試に高校数学Ⅱが課されていないので，解析数学（1年前期）で初めて微分を学びながら同期に基礎物理学（1年前期，選択）を学ぶのはきつい。
- (8) 自然環境系 = 半期の基礎物理学（1年後期，選択）に，リモートセンシングと地球物理学の両方へ接続するための内容を盛り込むことは難しい。高校物理の知識だけでなく，専門科目の中で導入することができる。

3.2. 全教員へのアンケートの実施

アンケートはつぎの3項目について記名方式で行なった。回収率は42%（=68/162）であった。付録1に全ての回答を簡潔にして掲載している。

- (1) 物理科目から専門科目への接続状況
- (2) 力学に加えて学生に学ばせたい物理学
- (3) 物理グループへ期待すること
 - (1)の回答の50%に，それぞれの分野で接続が良好であることと，より良好にするためのヒントが述べられている。そのなかで，理工系にとって重要な解析的な方法を基礎物理学で教えていることが評価されている。また，基礎物理学が微分積分やベクトルなどの数学を応用するための訓練の場になっていることが評価されている。さらに，物理学実験で測定器の扱いやデータ処理法を教えていることが評価されている。一方，基礎物理学が専門の電磁気学，光学，熱力学へ直接的に接続していない学科があり，高校から専門科目へのギャップが大きいという回答がある。基礎物理学を履修しても単位が書けない学生がいることは深刻な問題である。二人の専門教員から物理学は担当している科目の基礎ではないという回答があったことは残念であった。
 - (2)の回答は多いほうから順番に，熱力学・統計力学，現代物理学（物性物理学を含む），振動波動・光学，電磁気学などである。これらの基礎科目が開講されていない学科では，高校からのギャップを小さくしてほしいという希望が強い。また，現代の科学技術を牽引している現代物理学のワクワクする世界を紹介して，理工学に興味を持たせてほしいという希望が強い。
 - (3)の回答の30%以上が，物理的な見方と表し方を身につけて，科学することの意味を理解させることを希望している。そのために，専門科目の基礎となる大学の物理学を学ばせて，法則が導かれた背景や過程も教えることが要望されている。つぎに，物理の苦手意識をなくす講義，専門科目の内容と関連付けた講義が期待されている。そして，

表2. H 18 カリにおける物理科目から専門科目への接続の状況と対策（全系・全学科の状況を含めた詳細は付録2に掲載）

(1) 全学の物理科目について
<ul style="list-style-type: none"> 物理科目から専門科目への接続は良好。【対策】題材を工夫してより良くしたい。 物理科目が微積分とベクトルの具体的な演習の場になっているのでありがたい。【対策】物理と微積分・ベクトルは不可分だから当然のこと。今後も続ける。 専門科目で学ぶ内容と関連付けて教えてほしい。【対策】物理教員へ具体的に相談してほしい。 単位を書けるようにしてほしい。【対策】徹底したい。 力学の他に教えてほしい分野ベスト5は、熱、光、電磁気、物性物理、現代物理。【対策】全学的に「物質と宇宙の物理」を開講したい。基礎の熱、光、電磁気は、それらを開講している学科で受講できるようにしてあげてほしい。 高校物理でも受験物理でもないワクワクする物理学を多くの学生に教えてほしい。【対策】望むところ。苦手意識をなくす工夫もしたい。 高校物理を復習してほしい。【対策】高校物理を復習して大学の物理を教えている。高校物理だけの復習は入学前セミナーで行なう。 物理の枠組み、歴史、考え方、哲学との関連などを大いに教えてほしい。【対策】徹底したい。
(2) 数学について
<ul style="list-style-type: none"> 数学の学力が向上しないことが専門科目を履修する妨げになっている。 【対策】付録2。 数学の記号の違いすら今の学生には理解の妨げになる。微分記号は、物理学と工学では$\frac{dy}{dx}$、数学ではy'と$f'(x)$が主に使われている。ベクトル成分の表示は、物理学と工学では$\mathbf{r} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j}$、高校数学では$\mathbf{r} = (x, y)$が使われている。 【対策】物理と数学で$\frac{dy}{dx} = y' = f'(x)$と$\mathbf{r} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} = (x, y)$をしっかりと説明する。
(3) 各系と各学科の物理科目について
<ul style="list-style-type: none"> 【問題点】、【対策】ともに付録2に掲載している。

物理グループ、数学グループと学科の間の協力関係を密にすることが期待されている。

3.3. 各系および数学グループとの意見交換

3.1と3.2の内容を基にして各系または各学科と個別に意見交換をした。それによって明らかになった問題点と物理グループが考える効果的な対策を付録2にまとめている。

数学グループとの意見交換では、演算記号の違いから学生に混乱が生じないように双方で努力をすることになった。微分記号は、物理学と工学では $\frac{dy}{dx}$ 、数学では y' と $f'(x)$ が主に使われている。ベクトル成分の表示は、物理学と工学では $\mathbf{r} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j}$ 、高校数学では $\mathbf{r} = (x, y)$ が使われている。物理と数学の双方で、 $\frac{dy}{dx} = y' = f'(x)$ と $\mathbf{r} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} = (x, y)$ であることをしっかりと説明する。さらに、物理などの理工学では、 $\frac{dx}{dt}$ 、 $\frac{d^2x}{dt^2}$ のように、しばしば、座標 x を時間 t で微分することを強調する。

3.4. 建設系教員との勉強会

建設系教員と力学の勉強会を3回行ない、物理で使われる用語と建設系の専門の力学で使われる用語の違いを認識

しあった。そうして、「反力は反作用力ではない」こと、「応力の単位はNではなくPaである」ことなどを専門科目でしっかり説明してもらうなど、学生に混乱を与えないよう努力をすることになった。

4. 物理科目の両側の接続を改善するための提案

物理グループが洗い出した全系の問題点、全教員にアンケートを行って得られた回答、各系および数学グループと交換した意見を基にして、物理科目から専門科目へ効果的に接続するための改善策を検討した。ここではまず、H 22カリへ提案して実現した物理科目を紹介する。つぎに、接続教育の効果を上げるために必要な入学者選抜試験の新しい基準と新カリキュラムを策定する委員会への物理グループの参加を提案する。

4.1. H 22カリへ提案して実現したこと

H 22カリの物理科目について提案して実現したものを表3にまとめた。それらの方針はつぎのとおりである。

- 電気システム工学科の専門基礎2科目「電気化学」と「波動と熱の物理」に新しく学科の特色をとり入れてみる。それらを実施して、基礎科目としての教育効果が上がらないときは、専門科目として開講するように要望する。
- 情報系のH 18カリで1年前期に開講していた高校物理の復習科目「入門物理」を廃止して、1年前期からやさしい大学の物理学を学ばせる。それにともなって、基礎物理学I（質点の力学）の開講期を1年後期から1年前期へ、基礎物理学II（電磁気学）の開講期を2年前期から1年後期へシフトする。物理学実験は2年前期のままする。
- 環境デザイン学科と健康情報学科では基礎物理学を1年後期に開講する。1年前期の解析基礎Iで微積分分をしっかりと学んで数学の準備をしてもらう。
- 健康情報学科の基礎物理学を生体計測と生体情報の2分野へ接続させる。そのため、内容の中心を力学にする。それに荷電粒子の電磁場中での運動を付け加える。
- 地球環境学科の基礎物理学を基礎物理学I（力学）と基礎物理学II（電磁気）の2科目にして、地球物理とリモートセンシングの両方へ接続させる。同時に、理科教員免許取得の条件を満たす。有能な理科教員を輩出するために、物理学実験を開講することを勧める。
- 新しく「物質と宇宙の物理」を開講して、21世紀の工学を牽引する現代物理学とその応用をやさしく講義する。H 22カリでは7学科の発展学習トラック科目として開講する。
H 22カリで基礎の電磁気学、熱力学、光学と専門の量

子力学が欠けている学科では、それらを開講している学科の科目を受講するよう学生に勧めていただきたい。また、専門科目の中でも十分に導入部をとっていただきたい。

表3. H 22 カリへ提案して実現した物理科目

専門基礎科目	
電子情報工学科	物理化学 (1 前) ⇒ 電気化学 (1 前) 振動波動論 ⇒ 波動と熱の物理 (2 前, 電)
電気システム工学科	
情報工学科	入門物理 (1 前, 自) ⇒ (高校物理の繰返し科目は閉講) 基礎物理学 I ⇒ 基礎物理学 I (1 前) 力学 基礎物理学 II ⇒ 基礎物理学 II (1 後) 電磁気学 (2 前, 情)
知的情報システム学科	
健康情報学科	基礎物理学 (1 前) ⇒ 基礎物理学 (1 後) 力学・電磁気学
環境デザイン学科	基礎物理学 (1 前) ⇒ 基礎物理学 (1 後) 力学
地球環境学科	基礎物理学 (1 後) ⇒ 基礎物理学 I (1 前) 力学 基礎物理学 II (1 後) 電磁気学
発展学習トラック科目	
電子情報工学科, 電気システム工学科 知能機械工学科 都市デザイン工学科 情報工学科, 知的情報システム学科 地球環境学科	物質と宇宙の物理 (3 後 or 2 後)

4.2. 入学者選抜方法, 入学前教育と専門教育についての提案

数学と国語の学力不足が全ての理工学の学習を妨げている。そのために、理工系に必要な積み上げ式の学習意欲が増進しない。そこで、本学の全ての入試の受験生に対して、本学で大学教育を受けるために必要最小限の基礎学力を要求する。

- 現行の指導要領では、ベクトルと微分積分を学ばなくても高校を卒業することができる。しかし、それらは大学で理工系の教育を受ける学生にとって必須の内容である。したがって、本学へ入学するまでに、入学前セミナーなどを通じて、必ず一度は学習させる。
- H 18 カリの専門科目の目玉として工学部の各系に開講された〇〇基礎 (1 年前期, 選択) の評価すべき点は、専門科目を学ぶために必要な高校数学の項目を明示したことである。それは基礎学力のある学生が自分自身の学力をチェックするのに役立った。しかし、基礎学力の弱い学生にとっては、丸覚えしなければならない公式が増えただけであった。なぜなら、基礎学力不足の原因は高校数学の勉強不足ではなく、中学校数学が使いこなせないことだからである。入学前セミナーこそが、専門科目を学ぶために必要な高校数学を明示する場にふさわしい。

- 物理学の講義、演習と実験のなかで数学の応用を訓練させてきたが、それだけでは追いつかないのが実情である。そこで、専門ゼミと卒業研究を除いた専門科目で使う数学を、できるだけやさしくする。専門と数学の両方で折り合う程度の内容を専門基礎科目の数学で繰り返し教える。教育学習支援センターで数学を教わっても身につかない学生の受け皿は本学には存在しない。
- 本学の基礎物理学は、中学理科と高校数学 II の内容から無理なく接続する。工学部の AO 入試と推薦入試の受験生にも、中学理科と高校数学 II の学力を要求する。具体的には、入試において理工学を学ぶ適性を検査する。また、理工系の大学教育を受けるために必要な基礎学力を重視する。そのために、大学入試センター試験に先立って行なうことが検討されている高大接続テスト [12, 13] の実現と導入に協力する。

4.3. 物理科目を含むカリキュラムの策定についての提案

新しいカリキュラムを検討する委員会に物理グループの代表を参加させて、学内を横断する立場から各学科のカリキュラムを検討させることを提案する。これまで、カリキュラムの最終案が教授会へ突然提案されてその場で承認するように求められてきた。その結果、物理グループが後始末に追われたことが多い。H 22 カリの策定にも物理グループは正式には参加していないので、接続の成否に責任をもつことはできない。提案理由は、つぎのとおりである。

- 物理グループが担当する物理学の授業を通して、1, 2 年生の学習の状況を知ることができる。それに対処するために必要なカリキュラムを策定すればよい。H 18 カリでは、工学部の各系に専門科目として開講された〇〇基礎 (1 年前期, 選択) が専門科目を学ぶために必要な高校数学を明示した。しかし、それを明示する場としてふさわしいのは入学前セミナーである。
- 物理グループが持っている国内外の物理教育に関する情報を全学で共有した上で、他大学の轍を踏まない、時代に先んじてしかも実りのあるカリキュラムを編成することができる。情報工学科の H 18 カリでスタートした高校物理の復習科目「入門物理」を廃止するのに 4 年かかった。
- 物理科目を学科ごとの短期的な事情によって編成するのではなく、学内を横断した立場から工大生に基礎科目として適したものを編成することができる。例えば、H 22 カリから 7 学科でスタートする「物質と宇宙の物理」は、物理グループが全教員から要望を聞き、それを分析して提案することによって実現した。

本プロジェクトの成果は、H 22 カリが実施されて明ら

かになる。今後も、物理科目の両側の接続教育を工大ブランドの教育として推進する。

謝 辞

アンケートと意見交換に協力してくださった本学の教員の皆さんに感謝します。おかげで各学科の事情がよく分かりました。皆さんも、物理の教員が何を指して教育活動をしているかを理解してくださったと思います。物理グループのメンバーとして貴重なアドバイスをくださった中西助次先生、井上 光先生と喜久川政吉先生に感謝します。最後に、「工科系のための物理教育開発センター」を教育開発研究センターの1つとして採択し、アンケートの印刷費を援助してくださったHIT教育機構に感謝します。

参考文献

- [1] 井上 光, 尾崎 徹, 鈴木 貴, 中西助次, 茂木 博, 森滝美治郎, 接続型教育を目指して 第1報 基礎物理演習を通して, 広島工業大学紀要 教育編, 第1巻, 91-102, 2002.
- [2] 井上 光, 尾崎 徹, 鈴木 貴, 中西助次, 茂木 博, 森滝美治郎, 接続型教育を目指して 第2報 基礎物理演習の実践, 広島工業大学紀要 教育編, 第3巻, 57-69, 2004.
- [3] 鈴木 貴, 尾崎 徹, 井上 光, 大政義典, 細川伸也, 北野保行, 接続型教育を目指して 第3報 基礎物理演習の教育効果, 広島工業大学紀要 教育編, 第9巻, 19-25, 2010.
- [4] 尾崎 徹, 著書を語る「基礎物理 WORKBOOK」, しぜん, 東京教学社, No.24, 16 - 18, 2009.
- [5] 尾崎 徹, 鈴木 貴, 中西助次, 大政義典, 細川伸也, 北野保行, HIT 教育機構プロジェクト教育開発センター結果報告「物理科目から専門科目へ効果的に接続するカリキュラムの開発」, HIT 教育機構通信, 第8号, p.4, 2009.
- [6] 井上 光, 中西助次, 尾崎 徹, 鈴木 貴, 細川伸也, 工科系のための基礎力学, 東京教学社, 2006.
- [7] 井上 光, 尾崎 徹, 鈴木 貴, 中西助次, 細川伸也, 力学 WORKBOOK <第2版>, 東京教学社, 2007.
- [8] 中西助次, 井上 光, 尾崎 徹, 細川伸也, 工科系のための物理学実験<第2版>, 東京教学社, 2006.
- [9] 尾崎 徹, 基礎物理 WORKBOOK, 東京教学社, 2008.
- [10] 井上 光, 著書を語る「力学 WORKBOOK <第2版>」, しぜん, 東京教学社, No.24, 13 - 15, 2009.
- [11] 広島工業大学教育学習支援センター編, 2010 入学前セミナーテキスト, 2009.
- [12] 中央教育審議会初等中等教育分科会(第59回)議事録・配付資料 [資料2-1] - 文部科学省, http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/siryu/08030317/002.htm.
- [13] 「AO」「推薦」前に学力担保大学入試前テスト新構想(大西 史晃), 朝日新聞, 2009年2月8日朝刊.

付録1. アンケート集計

内訳

数字の説明：総数（工学部，情報学部，環境学部）

(1)物理科目から専門科目への接続状況	(2)力学に加えて学生に学ばせたい物理学	(3)物理グループへ期待すること
<u>物理科目から専門科目への接続は良好</u> 13 (12, 1, 0) 基礎物理学 ・現象を解析数学で調べる方法は工学で最も重要 ・電子工学・電気工学への接続良好 ・剛体の静力学と動力学から専門の力学へ ・Newtonの運動法則が流体力学につながっている ・機械の運動，剛性へつながっている ・制御工学へつながっている ・構造力学，材料力学へつながっている ・情報のエレクトロニクスの基礎へつながっている 物理学実験 ・測定器の扱い，データ処理が特に良い 振動波動，光学 ・交流，電磁波につながっている	<u>熱力学，統計力学</u> 18 (17, 1, 0) ・電子に，気体分子運動論，Maxwell-Boltzman分布，Fermi-Dirac分布 ・エネルギーを電気の日玉にしたい ・機械材料 ・建設にも ・食品，化学 <u>振動波動，光学</u> 14 (10, 2, 2) ・機械系のものでづくりの基礎 ・建設にも ・情報にも ・健康情報にも	<u>物理的な見方，表し方，科学することの意味の理解</u> 6 (3, 2, 1) ・微分積分をつかって現象を解析的に調べる方法は工学で最も重要 ・物理を学んで論理的な思考を身につける ・情報の学生に求めたい ・環境デザインの学生に求めたい <u>物理の苦手意識をなくす授業を期待</u> 6 (3, 2, 1) ・工大生に合った教科書の作成に敬意を表する ・分かりやすい授業を
<u>物理科目から専門科目へつなぐための具体策</u> 6 (5, 1, 0) ・電場中，磁場中の電子の運動 ・ローレンツ力によるトルク ・専門の電磁気学へつながる基礎の電磁気学必要 ・建物の水平振動は水平方向の単振動で表せる ・物理を応用した簡単な例題をだして説明する ・基礎物理学と情報をつなぐ応用物理学を設ける	<u>電磁気学</u> 9 (5, 3, 1) ・知能機械に基礎科目として必要 ・建設にも ・情報にも ・生体情報にも ・地球環境にも	<u>法則が導かれた背景と過程も学ばせてほしい</u> 4 (4, 0, 0) ・公式の記憶だけでは問題解決に役立たない ・法則の物理的意味を分からせてほしい ・論理的思考を身につけて，やみ雲に鉄砲を撃たなくても良いようにする
<u>単位が書けない学生が多い</u> 4 (2, 0, 2) ・エネルギーの単位など ・電力と電力量など物理量の違いも分からない ・有効数字	<u>物性物理学</u> 8 (6, 1, 1) ・電気・電子のために，エネルギーバンド，金属，半導体，誘電体，磁性体，超伝導体の概略 ・機械では結晶，非晶質，格子欠陥，金属，半導体 ・建築材料の塑性，転位論 ・食品にX線結晶学	<u>専門と物理Gの協力を今後もよろしく</u> 4 (3, 1, 0) <u>数学Gと物理Gの意思の疎通をしっかりと</u> 3 (2, 1, 0)
<u>ベクトル，微積分を物理でもやっているのがよい</u> 4 (2, 1, 1) ・回路に接続するためによい ・電磁気へ接続するためによい ・情報の学生のためによい ・生物に必要な対数，指数関数をやってほしい	<u>現代物理学</u> 8 (6, 1, 1) ・ワクワクするような物理学の世界をぜひ学生に ・どこからきてどこへ行くかを知ることは重要 ・知能機械は量子力学 ・情報にも量子力学	<u>専門科目で学ぶ内容と関連付けて教えてほしい</u> 3 (2, 0, 1) ・学生に早い段階で電気・電子に興味をもたせる ・物理を学ぶ目的，概念をしっかりと教えてほしい ・物理の応用についても教えてほしい ・地球物理とのつながりなどを話してほしい
<u>専門の熱力学へ接続する基礎物理がない</u> 3 (2, 0, 1) ・知能機械では授業が難しい状況 ・少なくともエネルギーの単位の理解を ・環境工学は中高の理科を出発点にしている	<u>物理学実験をもっと充実させて</u> 6 (6, 0, 0) ・座学を縮小して実験を拡大 ・体験学習として ・レポートの練習の場として ・カセンサーなど力学のテーマを増やしてほしい	<u>高校物理や受験物理ではない物理学を期待</u> 2 (2, 0, 0) ・「これが大学の授業なんだ」，「自分は大学生になったんだ」と実感できるような「すばらしい物理学の世界」を教えてください
<u>力学からデザインへ</u> 2 (1, 0, 1) ・力学的なバランス感覚をもって建築設計 ・力を感じて（安定，不安定が）観えるようになってほしい	<u>プラズマ，流体力学</u> 5 (4, 0, 1) ・プラズマディスプレイと関連技術の隆盛 ・知能機械として流体力学のさわり ・地球環境として地球の内部と外部の理解	<u>学習する習慣をつけさせることが大切</u> 2 (2, 0, 0) ・数学，物理ができない学生は他のこともできない ・高校で物理を習っていないければ今勉強すればよい
<u>担当している専門科目の基礎は物理ではない</u> 2 (2, 0, 0)	<u>力学</u> 5 (1, 3, 1) ・情報にも力学が必要 ・力学的エネルギーの考えが化学に必要 ・スポーツに力学必要	<u>専門科目の時間を減らしても基礎科学の時間を増せ</u> 2 (2, 0, 0) ・応用は会社へ入って学べるが基礎は学べない ・専門に直接関連しない多くの自然現象を学ばせて
<u>専門科目へ接続する電磁気，光学がない</u> 1 (1, 0, 0) ・機械の専門へ接続する電磁気と光学が必要	<u>専門に関連した物理を広く浅く</u> 4 (2, 2, 0) ・就職試験のために公式を幅広く	<u>数学で教えていないことを物理で教えないでほしい</u> 1 (1, 0, 0) ・ベクトル，偏微分など
<u>物理から科学技術英語への接続不足</u> 1 (1, 0, 0) ・建設系の基礎物理学は力学だけなので，科学技術英語の広い話題をカバーできていない	<u>高校物理</u> 4 (2, 1, 1) ・1年前期末までに高校物理の理解 ・高校物理は物理の基礎	<u>落ち着きのない授業にならないように</u> 1 (1, 0, 0)
	<u>地球物理学</u> 3 (3, 0, 0) ・地球物理学は建設の基礎	
	<u>科学史</u> 2 (2, 0, 0) ・キチンとした科学の発達史は社会へ出て必要 ・ヨーロッパの合理的精神の大切さを教える	
	<u>生物物理学</u> 1 (1, 0, 0) ・ソフトなエレクトロニクスへ	

付録2. H18カリにおける物理科目から専門科目への接続状況
専門教員の要望、物理グループから見た問題点と対策

(1) 全学の物理科目について

- ・【問題1】物理科目から専門科目への接続は良好。
【対策1】題材を工夫してもっと良くしたい。
- ・【問題2】物理の中で微積分とベクトルを教えており、数学の具体的な演習になっている。
【対策2】物理学と微積分は不可分なので当然である。今後も続ける。
- ・【問題3】物理学の枠組み、歴史、考え方、哲学との関連などを大いに語ってほしい。
【対策3】徹底する。
- ・【問題4】物理などの基礎科目をしっかり教えてほしい。応用は企業の方が進んでいるし、企業でいくらでも学べる。
【対策4】そのとおりである。ほかの専門の先生方を説得してください。
- ・【問題5】ワクワクするような現代物理学を多くの工大生に教えてほしい。理工学の面白さを知って興味をもってもらいたい。
【対策5】これまで工大になかった内容の科目「物質と宇宙の物理」を教養科目または発展学習トラック科目として開講したい。
- ・【問題6】技術士などの資格試験で物理の問題が幅広く出される。電磁気、波動、熱についても発展学習トラック科目を開講してほしい。
【対策6】H22は「物質と宇宙の物理」だけで精一杯。電磁気、波動、熱は他学科の基礎科目を受講させてほしい。例えば、電磁気は情報系の「基礎物理学Ⅱ」、波動と熱は電気系の「波動と熱の物理」を勧める。
- ・【問題7】物理量の単位が書けない学生が多く、正しい単位のつけ方が定着しない。
【対策7】物理では、これからも単位のつけ方を訓練する。数値または記号といっしょに単位を計算してみせて、例えば、 $E[V/m]$ 、 $2.0V/m$ と書くことを教え続けたい。
- ・【問題8】高校物理を復習してほしい。
【対策8】基礎物理学では高校物理を復習して大学の物理へ入っている。高校物理は物理の基礎ではなく、高校物理という暗記科目である。高校物理だけを復習すると、物理嫌いがますます増える。専門科目で力学以外の高校物理が必要なときは、専門科目の中で時間を割いて紹介してほしい。キチンと教える必要があるときは、その分野の物理科目を新たに開講することを勧める。
- ・【問題9】専門科目で学ぶ内容と関連付けて基礎物理学を教えてほしい。
【対策9】やっている。問題は質と量。物理教員と具体的に相談することを勧める。

(2) 数学について

- ・【問題1】数学の学力がいつまでも向上しないことが専門科目を履修するうえで妨げになっている。例えば、分数の計算が怪しい、グラフの概形が描けない、空間図形がわからない、三角関数の微分ができない、など。10%は中学数学も怪しい。
【対策1】専門基礎科目に必要な最小限の高校数学の項目を高校へ知らせ、入学までに指導してもらおう。それを入学前セミナーで復習する。入学までに一度は習ったようにする。
- ・専門科目で教える内容を精選してそれに必要な数学の難度を下げる。専門科目でも高校数学の復習をしながら教える。高校数学は大学数学の基礎である。
- ・瞬間的な記憶にしか頼れない学生、いくら教わっても数学が身につかない学生は「学習困難症」の疑いがある。彼らを入学させないための適性検査が可能かどうかを検討する。中教審で検討されている「高大接続テスト」を利用することも検討する。
- ・追試を奨励しない。奨励することは瞬間的記憶に頼って卒業することを奨励していることに等しい。
- ・【問題2】理工学でよく使う記号と数学で良く使う記号が違う。今の学生にはこれだけで理解の妨げになる。微分の記号は、物理や理工学では dy/dx 式であり、高校と大学の数学ではほとんど y' または $f'(x)$ 式である。 dy/dx 式の方が、何を何で微分したかよく分かるし、偏微分 $\partial y/\partial x$ と区別しやすい。演算子として使うときも、 dy/dx 、 $\partial y/\partial x$ 式がよい。また、ベクトルの成分を、物理では $\mathbf{r} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j}$ 、高校数学では $\mathbf{r} = (x, y)$ と表示している。内積、外積をするときは基本単位ベクトル \mathbf{i} 、 \mathbf{j} を使うほうが分かりやすい。応用数学でベクトル解析を習うときには \mathbf{i} 、 \mathbf{j} を使う。
【対策2】物理と数学の双方の授業で $dy/dx = y' = f'(x)$ と $\mathbf{r} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} = (x, y)$ を強調して教育効果を上げる。

(3) 各学科の物理科目について

電気系（電子情報工学科、電気デジタルシステム工学科）

- ・【問題1】専門基礎と専門の物理科目によって、力学、電磁気学、光学、量子力学、物性物理学を中心とする現代物理学がカバーされている。熱力学の欠落は一部、物理化学によって補われている。
【対策1】今後も幅広い物理学に立脚したエレクトロニクスを推進してほしい。
- ・【問題2】電気電子基礎（1年前、専門共通、選択）で学ぶ電気回路の基礎知識が、物理学実験（1年後、専門基礎、必修）のオームの法則のテーマで生かされていない。
【対策2】学んだことが積み重ならないのは全学的な傾向。
- ・【問題3】基礎の電磁気があるとよい。そうすれば、専門の電磁気で応用に集中できる。
【対策3】協力します。専門で議論してください。

機械系（機械システム工学科、知能機械工学科）

- ・【問題1】1年後期に基礎物理学Ⅱと専門科目の工業力学と機械工学基礎演習が開講されており、剛体の運動が3重に教えられている。
【対策1】基礎物理学Ⅱでは力学的エネルギーとその保存、質点系と剛体の運動を教えている。しかし、1年生に質点系と剛体の運動を教えることが困難な状況はすぐそこに迫っている。今後は、エネルギーと剛体のつりあいに重点をおくかもしれない。
- ・【問題2】1年後期の工業力学で「反力」が教えられている。学生はそれを基礎物理学Ⅰで学ぶ「反作用力」と混同している（建設系の項を参照）。
【対策2】物理で、力の反作用と力のつりあいは異なることをしっかり教えているので、反力については専門で説明してほしい。その方が学生は混乱しない。
- ・【問題3】知能機械は、H16カリで開講していた基礎物理学Ⅲを系の制約のためにH18では落した。
【対策3】電磁気を中心とする基礎電磁気学を2年次に開講することを勧める。基礎的な熱力学を含めるなら、知能機械物理学とすれば良いでしょう。

建設系（都市建設工学科、建築工学科）

- ・【問題1】基礎物理学ⅠとⅡで力学だけが講義されている。電気に関連した基礎科目はH18カリで消えてしまった。
【対策1】力学以外に必要な物理学をまとめた「建築物理学」を開講することを勧める。
- ・【問題2】1年前期に専門の建設工学基礎が開講されている。多くの学生は、そこで教わる「反力」と基礎物理学Ⅰで教わる「反作用力」

を混同している。そのために、力のつりあいと作用・反作用の違いを理解していない。

【対策2】建設系と物理Gで勉強会を重ねて分かったように、反力を反作用力よりも一般的な力として扱うことはできない。物理では力の反作用と力のつりあいは別であることをしっかり教えているので、反力については専門で教えてほしい。

情報系（情報工学科，知的情報システム学科）

- ・【問題1】H19に基礎物理学ⅠとⅡが必修から選択へ変更された後も入門物理が残っている。
- ・【問題2】2年前期開講の基礎物理学Ⅱの内容はエレクトロニクスの基礎を理解するための電磁気である。しかし、専門のエレクトロニクス基礎は1年後期に開講されている。
- ・【対策1，2】高校物理という暗記科目の繰り返しは教育効果が低いので、入門物理を廃止して基礎物理学ⅠとⅡの開講期を1期早める。そうすれば、少なくとも、Ⅱとエレクトロニクス基礎の開講期は同じになる。
- ・【問題3】量子力学がこれからの情報工学に必要。
- ・【対策3】発展トラックで「物質と宇宙の物理」を開講する。もう少しつっこんだ内容を学ばせたいときは、電子情報工学科の量子物理学を受講させることを勧める。

健康情報学系（健康情報学科）

- ・【問題1】生体計測，生体情報，食品の3コースのうち，基礎物理学から生体情報コースへの接続は理解しているが，他の2コースへの接続は不明。
- ・【対策1】1年前期に簡単な微積分を学んで，1年後期に基礎物理学を履修してもらう。基礎物理学の内容は力学を中心にし，それに荷電粒子の運動を添える。実験を交えた講義をしてきたが，物理学実験を別に履修してくれる方がやりやすい。

社会環境系（環境デザイン学科，地域環境学科）

- ・【問題1】社会環境系の新生者が1年前期に基礎物理学（力学）を学ぶのはきつくないか。
- ・【対策1】1年前期に微積分を学んで，1年後期に基礎物理学を履修してもらう。基礎物理学でも微積分を教える。
- ・【問題2】基礎物理学で，物体が力を受けると運動することを教えてくれている。それで学生は力の役割を実感することができる。構造力学では力がつりあって動かない場合を扱うので，力を実感することがむずかしい。
- ・【対策2】今後もそれを意識して講義したい。
- ・【問題3】環境工学は広範な物理現象を基礎にしているが，それに接続する物理科目はない。中学理科を出発点にして，建築基準法の条文の意味を理解させることを目標にしている。
- ・【対策3】それで何とかなっていることに感服する。

自然環境系（地球環境学科）

- ・【問題1】半期の基礎物理学では質点の力学を教えるだけで精一杯である。
 - ・【対策1】基礎物理学Ⅰ（力学）と基礎物理学Ⅱ（電磁気学）を開講する。
 - ・【問題2】高校理科の教員になるものは物理学実験を経験すべきである。
 - ・【対策2】物理学実験を開講することを勧める。物理学実験を経験したことがない教師に理科を教わる中高校生は先々困る。
-