

高大接続の取り組みを通じた大学初年次学生の理解

齊藤 隆仁 徳島大学教養教育院 770-8502 徳島市南常三島町 1-1

1. はじめに

筆者は勤務する大学において、教養教育における高大接続に関する実態把握の調査や入学前学習および授業などのリメディアル教育を15年ほど担当している。この経験から、入学直後の大学生がどのような学修状況にあるのかの実態を、入学前学習とアセスメント・テストの経験に基づいて報告したい。調査対象が一地方国立大学の学生と限られており、日本の大学生一般の報告ではないことをご容赦いただきたい。

多くの学生は高等学校で理科2科目（物理と化学、または化学と生物）を履修している。しかし、比較的多くの理工系及び医療系学部では理科3科目（物理、化学、生物）の履修を前提としたカリキュラムが組まれている。そこで全入学生を対象とした高校履修アンケートを2007年に実施する際、リメディアル授業（高大接続科目）のニーズを把握するため、設問項目に「これから大学で学習するために、高校の学習では不足しているのではないかと思う科目があれば、回答ください。」という質問を設けた。

結果を図1に示す。横軸が高校で学習した割合、縦軸

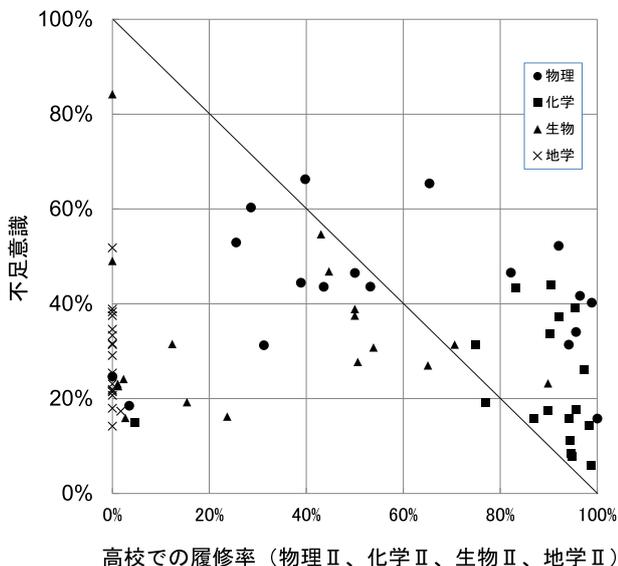


図1 高校での履修の割合と不足意識

に不足していると回答した割合である。1つのプロットは学科等の集団である。

高校で履修していれば、大学の学習に不足することはないと仮定すると、図の直線上に乗るはずである。ところが結果は、工学部を中心に理系の学科では9割以上の学生が高校で物理と化学を学習しているにも関わらず、4~5割の学生が物理を不足と回答した。単純計算で3~4割の学生が高校で履修しても、まだ不足と感じていることになる。これをうけてリメディアル授業では高校で履修しなかった学生だけでなく、不足意識を持つ学生も受講可能とした。

当時、この現象の解明をするというよりも、高大接続の課題として認識した。

2. 物理FDから

徳島大学では2013年12月から2015年1月にかけて物理学とその関連分野の教育に関する情報交換会（通称「物理FD」）を12回にわたって実施した。これは学部専門科目と教養の接続を確認する、数学・化学・生物学などの領域と情報交換する、高校教員と情報交換するなど、様々な観点から物理教育を見つめるものとした。その中で、基礎物理を教える教員からだけでなく、学部教員、あるいは化学などの他分野の教員から何度も、概念を文章で「暗記」するばかりで「理解」をしていない学生が多いとの指摘があった。専門に進むごとに、公式の適用範囲は狭まっていく。文脈の中で適切な概念理解とそれを数式表現していくことが自然科学の特徴であるが、そうしたことを意識して行うのが大学基礎物理学の役割であろう。暗記に頼る学習習慣が既に高校（あるいは大学受験）でできているとすれば、そこからの脱却が大学教育の課題であることが物理FDにおける共通認識のひとつとなった。

前章で履修率が高いにも関わらず不足意識を持つ学生が多いという結果を得た。この理由として、受験においては暗記に頼る学習をしたため、物理を理解したという実感に至っていないのであろうと想像している。

3. アセスメント・テスト

大学には多様な入試を経て学生が入学してくる。学生の理解度を知るためには、入学後にアセスメント・テストを行う必要がある。2008年以降、物理のアセスメント・テストは、毎年800名程度の学生を対象に実施している。ここでは問題文を変更していない過去3年(2017~2019年度)のデータから見てくることをいくつか紹介したい。

問題は独自に作成しており、①等加速度運動、②内部エネルギーの変化の有無、③ローレンツ力による円運動、④電球の直列接続・並列接続において流れる電流・消費電力からなり、17問の○×問題もしくは多肢選択としている。③以外は基礎物理の履修で解答可能である。オリエンテーション期間中に実施するため、15分という短時間で終わらせるようにしている。公式などの知識を問う問題は最低限に抑え、それぞれの事項についての概念形成ができていないかを問う問題を多く入れている。物理教育では誤概念の議論がなされているが、そうした観点からの出題も含まれている。100点満点で採点し、40点未満をリメディアル授業への履修指導の目安としている。

15分という短時間で、17問という少ない評価項目で、それまでの履修状況が本当に把握できるのかという疑問があるかもしれない。高等学校での履修状況も解答用紙には併せて記載するようにしている。過去3年間の結果を表1および図2にまとめた。図2の縦軸は人数を履修状況別の総数で割って正規化している。

アセスメント・テストを実施する多くの学部・学科・コースは、ある程度物理を必要とする性格のため、大多数の学生は高等学校において物理まで履修を終えており、アセスメント・テストでも、高得点となっている。一方、低得点層に物理を高校で履修していない者、または物理基礎までの履修者がいる。こうした学生が何の手立てもなく必修科目の基礎物理学の授業を受講すると、授業の内容を理解できない恐れがある。こうした学生を入学段階で明らかにし、何らかの対策(例えば能力別クラス編成)などを行うことが必須であるといえよう。徳島大学ではそれを、リメディアル授業への履修指導で行っている。

ここで気になるのは、履修なしの学生と物理基礎までの学生の得点にほとんど差がないことである。標準誤差(平均値の平均誤差) σ_m の範囲では一致しないが、 $3\sigma_m$ の範囲では一致する。履修なしの学生がある程度の得点を得ているのは、多肢選択であることと、熟の問題である程度点数を稼いでいることによる。物理基礎までの学

表1 高等学校履修別アセスメント・テストの成績

	人数	平均点	標準誤差
履修なし	128	34.5	1.5
物理基礎まで	356	36.5	0.8
物理まで	2,064	68.8	0.4

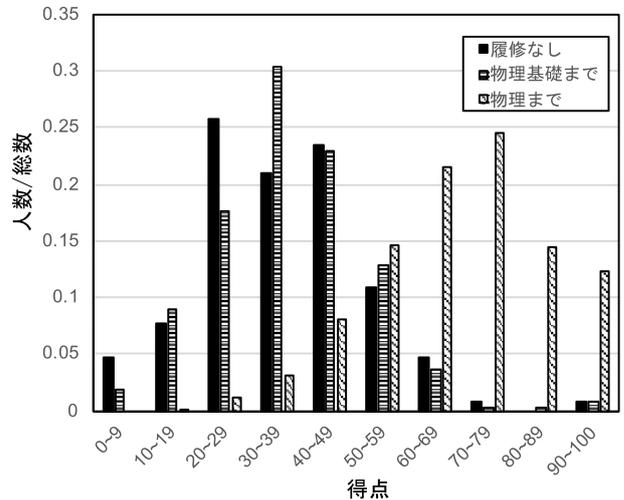


図2 アセスメント・テストの得点分布

生はローレンツ力による円運動(25点分)以外の75点はとれるはずである。にもかかわらず、未履修の学生と点差がないということは、(多分)受験で使わない教科の学習は全く身につけていないということになる。未履修および物理基礎までを学習した学生と物理まで履修した学生が混在した状態であっても、大学での学修に困難をきたさないようにするための手立てが必要であろう。

4. リメディアル授業

そうした手立てとして、多くの大学で用意されているのが、リメディアル授業である。徳島大学では数学、物理、化学、生物のリメディアル授業を実施しており、専門との接続を考慮して専任教員が担当している。多くの学部では履修は任意であるが、一部の学部では、履修指導により物理、化学、生物のなかからひとつを必修としている。高校の内容のみを扱うのではなく、どのように大学の授業に接続するかを盛り込むことで、2単位として認定している。当初、次の課題があった。

①履修すべき学生が履修しない。授業開始前のオリエンテーション期間中に受講登録をしてしまうと、授業開始後に基礎物理学の授業で履修指導してもほとんどリメディアル授業を受講しない。

②毎週、授業出席者が減っていく。不安だと思って履修はしてみたものの、受講してみると、既知の内容がほとんどなので、履修登録者のうち3割程度が途

中で履修を諦めてしまう。諦めてしまう学生の中に基礎を付さない物理（または物理Ⅱ）の履修者が多く含まれる。

リメディアル授業は多くの場合に必修となっておらず、また卒業要件でもないため、受講は本人の意思にまかされている。しかしながら、リメディアル授業を選択しないことが、その後の基礎物理学等の必修の授業において成績不振をまねき、その結果留年してしまう事例も散見された。

対策として、先に述べたアセスメント・テスト（物理、生物、化学、数学）を利用している。採点結果をテスト翌日までに学部の教務委員長等に返却し、一定水準以下の成績の学生には、個別にリメディアル授業の履修を促す用紙を学部の担当者（教員又は事務職員）から渡している。こうした学部と共同した取り組みを通じて、①については履修率（＝受講登録者数／リメディアル受講が必要な学生数）の上昇がみられた。例えばY学部はアセスメント・テストの結果を学生に返却するだけではリメディアル授業に全く受講登録がなかったが、履修指導とともに行うことで履修率がほぼ100%になった。また、学部内で学力に差が大きいS学部の場合、履修指導を行わなかった場合にはアセスメント・テストの点数が高くてもリメディアル授業の受講があり、履修率も50%程度であった。履修指導を導入した結果、履修率はほぼ100%となるとともに、②の履修を途中で諦める割合が20%程度に下がった。アセスメント・テストの結果を履修指導につなげることが重要であると考えている。

5. 入学前学習

高校で物理未履修者、物理基礎までの履修者に対する準備学習として、徳島大学では、推薦（AO）入試、場合によっては前期試験合格者に、物理、化学、生物および英語の入学前学習の教材を用意している。物理の内容としては、リメディアル授業の簡易版ビデオと参考書（山本明利・左巻健男著『新しい高校物理教科書』ブルーバックス）を通じて学習し、理解をチェックするために全15回分の小テストの提出を求めている。

当初は入学までの期間に学習習慣を継続してもらいたいということから、教材として紙の問題用紙を送付し、同封するDVD中の解答例により自己採点をさせていた。2018年からは大学で導入されている学習管理システムmanabaを利用して、小テストを自動採点に切り替えた。

5.1 ドリル形式での課題

出題は、manabaのドリル形式で行った。大問ごとの得点は知らせるが、各問題の正解／不正解は知らせない。一回で満点をとることがない程度に難易度を調整しており、納得するまで何度でも再解答できるようにしている。何回解答したかをみることで、学習の取り組み状況が把握できる。図3にそれぞれの解答の提出回数が何件あったかを示す。1回のみ提出が最多であるが、図の破線部分が示すように、件数はほぼ指数関数的に減少していることがわかる。このことより、一度提出した解答に満足せず、再度提出することで、点数を上昇させる／内容を理解しようとする試みが、一定の割合で起こっている様子がうかがえる。

5.2 入学前学習の効果

I学科は2017年までは入学前学習を利用しておらず、2018年以降は入学前学習を全学生に課した。従って、2017年と2018～19年のアセスメント・テストの結果を比較することで、入学前学習の効果を推定することができる。

入学前学習を取り入れていない2017年における未履修、物理基礎までの履修した学生の成績を表2および図4(a)に示す。これは全学生の履修なしと物理基礎までの学生の平均点が30点前後（表1および図2）と同じである。

入学前学習を取り入れた2018年、2019年の結果（表2および図4(b)）は明らかに平均点が上昇し、50点前後であった。この間に物理に関する入試科目や入試制度を変更してはいない。サンプル数が少ないため現在の時点で断定することはできないが、この得点上昇は入学前学習の効果であると考えることができる。入学前学習の課題に取り組む2月から3月にかけての時期は、高等学校や塾等の指導を離れる時期でもあるため、単独で学習を

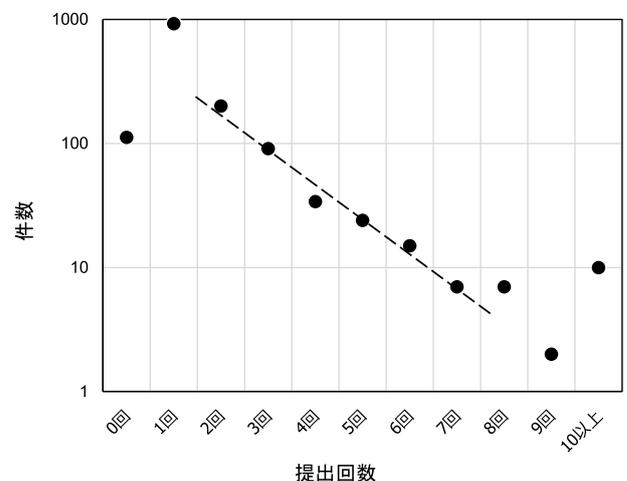


図3 入学前課題の複数回の提出

表2 I学科のアセスメント・テストの履修別成績

	入学前学習なし 2017年		入学前学習あり 2018, 2019年	
	人数	平均点	人数	平均点
履修なし	9	29.4	8	52.6
物理基礎まで	25	36.9	37	49.4
物理まで	80	83.8	183	87.6

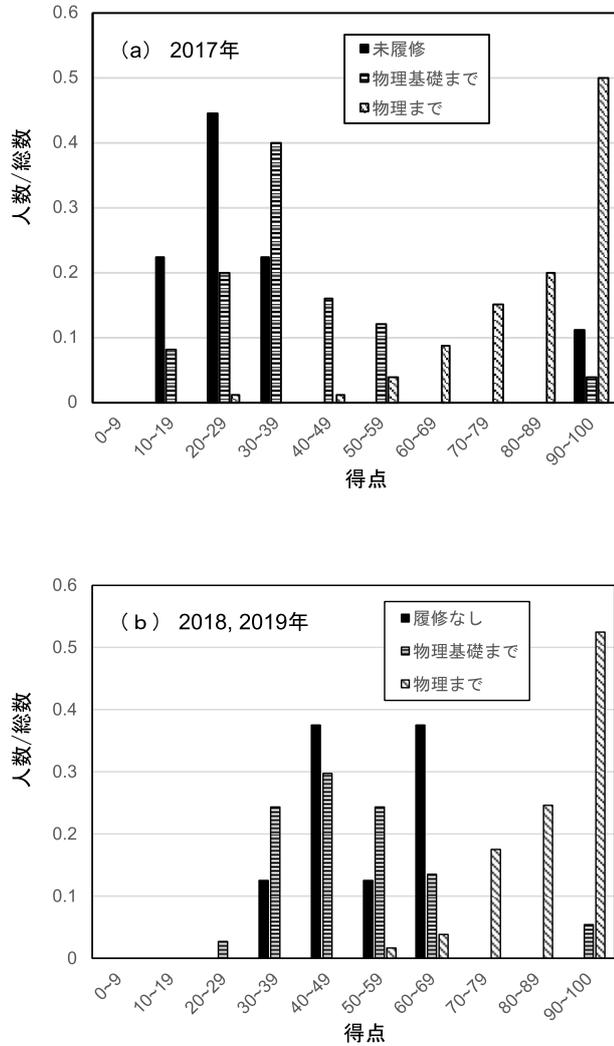


図4 アセスメント・テストの得点分布 (I学科)

進めなければならないことになる。4月以降の新たな環境での学修に対する期待・モチベーションが最大に高まっている時期であろう。こうした時期の学習が一定の効果を生んでいるものと想像される。

5.3 アンケートから

未履修の科目について、入学前学習を行うことで、一定の効果が得られるのが本当であるとすれば、その教材を注意深く構成する必要があるであろう。用意した小テストでは公式にあてはめて答えを導く問題は最低限に抑え、それぞれの概念・法則の発見の過程や、法則の意義

などをも問うものを意識して出題した。公式を覚えることを主眼にするのではなく、未履修者であっても、高校物理の全体像をまずは把握することを優先した。

その意図が伝わっていることは、学生のアンケート記述から確認できる。「高校物理とは全然違うものだった」、「高校では公式だけをひたすら覚えていたが、この学習を通じて公式に行き着くまでの過程を知ることができ、理解が深まった」、「入試対策では習わない問題もあり、良かった」、「原理をよくきかれていたので、受験時にあまり意識していなかったことに苦戦しました」などの記述が多数あった。

高校における授業では、個々の内容を詳細に学習するとしても、定期試験や入学試験の学習をすることで、それらを総合するであろうと、高校の教員そして大学教員も期待している。こうした期待は必ずしも全ての学習者にあてはまるわけではないことが、このアンケート記述から理解できる。

5.4 入学前学習に必要な基礎的読解力

入学前学習の過程で疑問があれば、manabaのシステム上で質問し、教員からの返答を受け取ることが可能である。しかし実際の利用は1割にとどまり、9割の学生は各自で学習を進めた。そこで重要になってくるのが、基礎的読解力であろう。物理においては、実験事実、定義、法則、原理などがそれぞれの文脈のなかで現れる。こうした理解を、教員や学生間のコミュニケーションなしに各自が進めるためには、基礎的読解力が必要であろう。その基礎的読解力は偏差値と高い相関があることが指摘されている¹⁾。

I学科の偏差値は学内で一番高いことから、今回の入学前学習における一定の効果は、基礎的読解力によりもたらされた可能性は否定できない。他の学科でもI学科と同様の結果が得られるのか、それとも効果が変わるのかについては今後の課題である。入学前学習の利用は、I学科以外では一部(推薦入試合格者等)であるためデータ数が少ない。数年のデータの蓄積により、あるいは単年度でも学科の全学生を対象に施行するなどにより、検証していきたいと考えている。

6. まとめ

本稿では、大学初年次における学習の接続として、徳島大学で実施している入学前学習、アセスメント・テスト、リメディアル授業をとりあげ、それらの連携が重要であることを指摘した。現在、高校や大学で学習する者を取り巻く環境として、「予測不可能な時代を生きる人

材」が求められている。こうした人材育成に対して、学習の成果が可視化される仕組みを入試制度以外でも設け、学習者のモチベーションを最大限に刺激するための方策が充実することを願う。

引用文献

- 1) 新井紀子：「AI vs. 教科書が読めない子どもたち」, 東洋経済新報社 (2018)。

(2019年7月1日受付)

日本物理学会誌 第74巻 第9号 (2019年9月号) 目次

巻頭言

マターとマテリアル, 基礎と応用 福山秀敏

シリーズ「人工知能と物理学」

量子コンピュータを用いた変分アルゴリズムと機械学習 御手洗光祐, 藤井啓祐

解説

液体に現れるナノ・スケールの構造——X線非弾性散乱による原子ダイナミクス研究から 細川伸也, 乾 雅祝

最近の研究から

共有結合にとらわれた原子が液体中でどのように動くのか——共有結合性液体の高圧物性 大村訓史, 下條冬樹, 土屋卓久
生体内の拡散ダイナミクス——協同的流体力学効果をもたらす拡散促進・凝集

..... 小谷野由紀, 北畑裕之, Alexander S. Mikhailov

直交ダイマー系のプラケット—重項状態——THz領域の高圧下 ESR 測定による観測 櫻井敬博, 肘井敬吾, 太田 仁

量子スピン液体における半整数熱量子ホール効果——マヨラナ・フェルミオンと非可換エニオン

..... 笠原裕一, 水上雄太, 芝内孝禎, 松田祐司

実験技術

偏光変調型軟 X 線を用いた複素誘電率の直接測定
..... 久保田雄也, 赤井久純, 平田靖透, 松田 巖

JPSJ の最近の注目論文から 5月の編集委員会より 宮下精二

歴史の小径

ラザフォードの指導を受けた日本人若手研究者——S. Oba とは誰か 萩野浩一, 小林良彦, 豊田直樹, 中村 哲

シリーズ「人工知能と物理学」

機械学習のコモディティ化 田口善弘

談話室

医学的研究のクオリティにみる科学の手続的正統性 本堂 毅

追悼

高良和武先生を偲んで 石川哲也

新著紹介