

学習を通じた概念形成 ～高校復習テストの分析から

齊藤 隆仁

(徳島大学大学院ソシオ・アーツ・アンド・サイエンス研究部)

1. はじめに

徳島大学全学共通教育センターでは、高校復習テストとして、物理学・化学・生物学を実施している。この復習テストの結果は理解が十分でないものに対しては、リメディアルの授業として設けている自然科学入門への履修指導を学部が行うための資料となっている。答案用紙には、履修指導の情報の一環として高等学校における履修状況を記入してもらっている。例えば物理学においては、高校で「履修していない」、「物理学Ⅰまで履修している」、「物理学Ⅱまで履修している」の3択から選ぶ。

履修が進むことで、正答率が上がることが期待されるが、物理学の採点結果を詳細に検討してみると、必ずしもこの期待どおりでない結果となる場合があることがわかった。そこでこの発表においては、平成25年度に行われた高校物理復習テストの結果を履修状況とあわせて分析していく。ここから高等学校での学習において概念形成がどのようになされていったかについての考察を行う。そして大学での学習における示唆を与えてみたい。

2. 高校物理復習テストの概要

高校物理復習テストは、入学直後の大学入門講座の授業の中で実施している。

問題文そのものを掲載しないが、4つの問題からなり、問1は等加速度運動を問う力学、問2は光の反射屈折を問う波動(3択)、問3は内部エネルギーを問う熱力学(2択)、問4は電磁気学におけるローレンツ力と力学における円運動の複合問題からなる。問1～問3は物理Ⅰの内容であり、問4は物理Ⅱの内容となる。

学科によっては最大3科目の復習テストを受

けること、履修していない学生にとっては未学習の内容を問われる点などを考慮して、試験時間を15分と短く設定し、また3択あるいは2択の問題を混ぜている。これらの工夫によって、未学習の内容においても多くの学生が回答はしている。それによって、履修状況の正答率を比較することが可能となっている。

また、問1、問4は式や数値を記述して答えるようにしている。このため採点は採点者がそれぞれ答案用紙の記述を確認している。手間がかかる方法ではあるが、解答時における思考の過程をたどることができる。

平成25年度の実施者は703名であり、高校での履修別の内訳は履修していないもの111名、物理Ⅰまで履修したもの37名、物理Ⅱまで履修したもの521名、履修状況に記載ないもの34名であった。ここでは履修状況の記載のないものを除いた669名を対象として分析を行うことにする。全部で18の解答欄があるが、その中で今回分析の対象とする問題についての正答率を履修状況ごとに示したのが表1となる。

問題番号	履修なし	物理Ⅰまで履修	物理Ⅱまで履修	
問1	(4)	8.1%	35.1%	76.6%
	(5)	9.0%	32.4%	58.0%
問2	(2)	23.4%	29.7%	65.6%
問3	(1)	83.8%	89.2%	92.7%
	(2)	49.5%	51.4%	54.3%
	(3)	52.3%	54.1%	65.3%
	(4)	62.2%	78.4%	77.7%
	(5)	32.4%	56.8%	72.2%
問4	(2)	11.7%	21.6%	51.6%

表1 履修状況と問題の正答率

3. 計算問題からの分析

問1(4)はグラフから読み取った加速度 a の値と、問題文中に与えられる物体の質量 m の値から、物体に働く力 F を計算する問題で、 $F = ma$ という運動法則の式を知っているかを問うという点で、典型的な当てはめ問題である。正答率は履修が進むにしたがって上昇するという点で、学習の成果が得点に反映されている。

問1(5)は、力 F をかけて物体を距離 l 移動させたときに、物体にした仕事 W を問う問題で、 $W = Fl$ という式に当てはめれば計算できる。ここでも履修による上昇がみられるので、一見(4)と同様の結果である。しかしながらこの問題における誤答で移動時間 t と力 F の積である力積 Ft を計算したものが多くみられた。その誤答したものは履修なしが 5.4%、物理 I までが 13.5%、物理 II までが 25.0% となり、履修によって誤答率も上昇する。この理由を考察してみると、力 F は $F = ma$ は基本的事項であるがゆえに定着しているが、一方で仕事の概念は「力 F に何かをかけた量」であり、その何かは思い出せないで、時間をかけてみたということのようである。力積は運動量の変化をもたらすという点で、仕事によってエネルギーが変化することと混同した可能性もある。仕事や力積といった概念を形成せずに、単に式の形のみ記憶し、問題を解くことはその式に当てはめてみるという学習を多く行ってきた弊害の現れであると推測される。

4. 法則から定性的に現象を理解する力

問2(3)は屈折における波長の変化を問う問題である。波の式 $v = \lambda f$ という式と、屈折したときに速度とは振動数が変化するかどうかを知っているかで、定性的に波長がどうなるかを予測する。履修によって、式の定着および波長・振動数の理解が進むことで正答率が上昇するという、学習の効果が反映されている。

問3は内部エネルギーが上昇する場合に○、上昇しない場合には×を解答するという2択であるため、どの問題も正答率が高い。この問題では加熱と仕事が内部エネルギーを変化させるとい

う熱エネルギーの第1法則 $dU = \delta Q + \delta W$ および内部エネルギーの尺度は温度であるという概念を、各状況に応じて考える必要がある。(1)の定積加熱は正答率が高い一方で、(2)の等圧加熱は正答率が低くてまた履修状況による変化が小さい。(2)は確かに加熱と仕事という2つの変数に変化して結果に影響を与えるという問題設定のために難しい問題であることは事実であるが、正答率から推測すると、熱力学第1法則を使って正解に至ったものは数%にとどまるようである。(4)は等温膨張、(5)は等温圧縮の問題であり、内部エネルギーの尺度が温度ということのみを知っていれば、熱力学第1法則を使わなくても正答にたどり着く。物理IIまでの履修者における正答率 77.7%(4)と 72.2%(5)の差は、現象を考察するというよりは、直感的に現象をとらえているように考えられる。

5. 誤概念の増幅

問4(2)は円運動する物体に働く力は、円の中心方向であることを答える問題である。履修によって正答率が上昇する一方で、働く力は速度方向であると答えたものが履修なしが 20.7%、物理 I までが 37.8%、物理 II までが 29.9% であった。物体の運動は速度方向に力を受ける考えている点から、これはガリレオ以前の直観的で誤った考え(誤概念)が、未履修者の 20.7% よりも物理 I までの履修者が 37.8% と増大している。1次元の運動からの学習が、実は誤概念を増大しているともいえる。そして、その割合は物理 II までの履修者でも 29.9% あることから、誤概念がある程度定着してしまった可能性がある。

6. まとめ

この発表において、「概念の理解を式の記憶にすり替える」、「2変数に変化する現象の理解が困難」、「誤概念が増幅される場合がある」ことを推測した。より多くの概念、変数を扱う大学の講義においては、こうした点を踏まえて学生の学習ができるように注意を払う必要があると考えられる。