



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	力学概念の理解とリメディアル教育
Author(s)	大野, 栄三
Citation	高等教育ジャーナル, 4, 24-33
Issue Date	1998
DOI	https://doi.org/10.14943/J.HighEdu.4.24
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/29778
Type	departmental bulletin paper
File Information	4_P24-33.pdf



力学概念の理解とリメディアル教育

大野 栄三*

北海道大学教育学部

Conceptual Understanding in Basic Mechanics and Remedial Education

Eizo Ohno**

Faculty of Education, Hokkaido University

Abstract—Japan's Ministry of Education revised the national course for high school science in 1989. Concerning science education, this educational revision requires high school students to complete only two subjects chosen from among physics, chemistry, biology and geology. Therefore, it is possible for students to finish their high school science courses without taking any physics lessons. The sample investigated in this study consisted of 22 freshmen belonging to the faculties of science, engineering and fisheries of Hokkaido University. Their impressions of high school science lessons are introduced in this paper. The result of a diagnostic test assessing their conceptual understanding of basic mechanics is also discussed. The investigation shows clearly that students without any physics lessons in their high school days possess non-Newtonian conceptions of force. Those students start their study of science at our university without understanding some fundamental concepts of junior high school physics. The freshmen's misunderstanding described in this paper suggests that to construct an adequate remedial educational system is an urgent problem in the curriculum development of Hokkaido University.

(Received on July 2, 1997, Accepted on February 17, 1998)

1. はじめに

平成元年度に改訂された高等学校における理科の学習指導要領では、物理、化学、生物、地学の4科目の中から2科目を選択すれば卒業要件が満たされることになっている。生徒の個性を重視したと言われるこの改訂の結果、大学は多様な理科教育課程を修了してきた学生を受け入れなければならないことになった。このような状況を反映して、近年、大学におけるリメディアル教育の重要性が指摘されている。

筆者は97年度前期に本学の一般教育演習を担当した。この講義のねらいは、「科学教育を考える」とい

う題目の下、本学の学生に自分たちが高校で受けてきた理科教育を振り返ってもらい、それを批判的に検討してもらうことである。講義を通じて行われた学生との議論、彼らから提出してもらったレポート、学生が保持している科学的概念を分析する試験の結果から、本学理工系学生の現状と、そこから示唆されるリメディアル教育のあり方について考察することが本論文の目的である。

2. 講義内容について

筆者が担当した一般教育演習への履修登録者数は

*) 連絡先 : 060-0811 札幌市北区北 11 条西 7 丁目 北海道大学教育学部

**) Correspondance: Faculty of Education, Hokkaido University, Sapporo 060-0811, JAPAN

24名であった。そのうち講義に出席し、本論分で取り上げる課題を提出したのは22名であり、本学の理学部、工学部と水産学部の学生であった。

本講義の講義内容は以下の通りである。

(1)現在の高等学校理科教育課程とその現状

(2)レポート(第1回)

高校での理科教育に対する感想を発表してもらう。

(3)日本の理科教育史

明治維新から明治19年の一連の学校令制定頃までを中心に、明治維新の洋学者による啓蒙活動、政府中心に進められた公教育の確立、その中で科学教育の位置づけを講義した。

(4)試験

学生が力学の基本的概念、法則をどのように理解しているかを見るため、事前に何の説明も行わずに簡単な試験を行った。この試験の成績と本講義の評価とは無関係である。

(5)経験的概念と科学的概念(試験結果の分析)

理工系学生でも力学概念を誤って理解していることを、試験の結果を用いて示した。学生のもっている誤った経験則を否定し、科学法則、概念を理解させていく教育上の困難さを講義した。

(6)レポート(第2回)

第1回レポートで出てきた感想、及びこれまでの授業と関連して設定した2つの課題からひとつを選び自由に論じてもらった。

(7)レポートの内容をもとに議論

(8)科学教育が教える科学とは何か

(9)理科教育に対する社会からの要求

(10)本講義の感想文とレポート(第3回)の提出

本論分では上記授業内容から(2)レポート(第1回)と(4)試験について詳しく紹介する。

3. 理科教育に対する学生の感想

講義では、まず現在の高等学校における理科教育課程を説明した。現在、高校生のほとんどは、大学入試と連動した理系もしくは文系という進路に従って、学校側の設けた理科に関係する複数の科目の中から取捨選択するように要求されている。しかしながら、

そのような科目選択時に、文部省が設定している理科教育課程の目的・目標や、その詳細な内容について説明を受けることはおそくないだろう。

現行の教育課程とその実施状況について講義した後、学生に自分が受けてきた高校の理科教育に対する感想をレポート課題として提出してもらった。このレポートは、授業での自己紹介を兼ねて全員にその要旨を発表してもらい、質疑応答を行う時間を設けた。レポートの内容と質疑応答は以下のようにまとめられる。

生徒の個性重視を目的とした科目選択の多様化に対しては、賛成と反対に意見が分かれた。賛成意見として、高校入学時に物理と化学を専攻すると決めていたので、生物、地学も含まれる理科Ⅰという教科は面倒であったという感想が旧課程の学生から出された。つまり、科目選択時にはっきりと自分の嗜好を把握し、進路を決定している学生にとっては、現行の教育課程は合理的なものと言える。

一方、現在の理科教育課程に対する反対派の意見は次のようなものである。

(1) 高校での履修指導は将来の可能性をせばめている。各科目の内容が良く解らないのに選択しなければならず、先入観で選んでしまう。たとえば、「解剖図のようなグロテスクな絵や写真を見るのが嫌だから生物を選択しなかったが、今では後悔している」という意見などが挙げられる。

(2) 科目選択を細分化しすぎると科学に対する全体的イメージ、知識が得られない。

(3) 大学における講義で、高校で履修していない科目の内容が扱われるので困ってしまう。たとえば、「大学での化学の講義では物理の内容がたくさん出てくる。高校で物理を履修していない自分には、高校の教科書も参考書も手元になく途方にくれてしまう。理科Ⅰを履修した旧課程の友人がうらやましい。」という感想があった。

旧課程の理科Ⅰのような科目があればよかったという意見が、現行の教育課程を受けてきた学生からされる一方で、旧課程の学生の一部からは、4科目全部をやらなければならないので高校の時にはいいだったが、今になって思えばやっておいて良かったという感想を聞かされた。

学生の個性を重視して科目選択の幅を広げるのも結構だが、そのカリキュラムをすべての学生を対象にして一律に実施した結果、上述の様な弊害がでて

きたというのが現状ではないだろうか。高校になれば学生は全員迷うことなく科目選択ができるという前提は現実的ではない。

本稿の議論からはずれるが、I Aを付した科目に対する学生の意見も述べておく。新旧両課程の学生がI Aを付した科目に非常に興味を示した。彼らは自分たちが学んできた理科が生活と無縁なものであったという感想を持っている。それに対して、I Aを付した科目はその主旨と目次を見る限り、興味深い内容なのである。本講義の受講生はほとんどが進学校に分類される高校の出身者であろうし、本学がI Aを付した科目を選抜試験に採用していないので、その内容が実際にどのようなものであるのかを知らない。そこでI Aの教科書を授業で回覧した。その感想を集めたわけではないが、やさしくておもしろそうという意見がある一方で、中学校の理科の復習みたいだという反応もあった。

4. 試験結果の分析 (学生の理解)

学生から提出されたレポート(第1回)から、高校で物理を履修していない学生が大学の授業で戸惑っていることが推察できた。それでは、彼らの物理の理解度はどの程度のものなのであるか。本講義では、理科教育における経験的(生活的)概念と科学的概念の関係を学生に理解してもらうために、以下に説明する力学の試験を行った。本講義の受講生の中には、新課程で物理を全く履修していない者や旧課程で理科Iのみ履修した者がいたことから、学生の理解が彼らの受けてきた多様な高校物理教育の課程にどのように依存しているかを試験の結果を利用して検討することが可能となった。

試験問題は参考文献^(注1)に掲載されているものの一部を筆者が日本語に翻訳し利用した。これらの問題は、学生が力学の基本的法則、概念を理解し、それらを問題解決に利用できるかどうか評価するものであり、数式(物理の公式)を使った計算を要求していない。したがって、中学生でも解答できる問題が多数含まれている。問題数は30問である。22名の受講生の内、試験を受けたものは20名であった。新課程で物理を履修していない者4名、物理を履修した者9名、旧課程において物理に関して理科Iのみの履修者2名、物理まで履修した者5名であった。以下では、新旧両課程で物理を履修した14名をPグループ、理科

Iのみもしくは新課程で全く物理を履修していない者6名をNPグループとする。

表1は試験の結果を示している。学生が正解した問題には「0」のマークが、間違った問題には「」のマークが付されている。NPグループの学生は、Pグループの学生に比べて正解した問題数が少なく、全員が20問以下の正答数であった。次にNPグループの学生がどのような間違いを犯しているのかを具体的に見ていこう。

図1に示されている問題II(2)、問題IV(3)、問題V(4)は、運動中の物体に働いている力を答える問題である。これらの問題に対して、Pグループの学生はほとんど正解(1名が1問だけ間違っている)であるが、NPグループの成績は良くない。問題II(2)は鉛直上方に運動するボールに働く力を問うている(正解(a))。NPグループの学生を見ると、(b)「運動を維持するための力で、上向き」を選んだ者が1名、(d)「下向きの重力と、徐々に減少していく上向きの力」と解答した者が5名であり、全員が上昇中のボールに上向きの力が働いていると理解していることがわかる。問題IV(3)では、水平な摩擦のない机の上を等速度運動するボールに働いている力が問われている(正解(b))。この場合も、NPグループの学生は4名が(c)「運動方向に働く、水平な力」または(e)「(a)と(b)と(c)」を選んでおり、ボールの運動方向に力が働いていると考えている。問題V(4)は水平方向に投げ出されたボールに働く力として、NPグループの学生6名全員が(d)「重力と水平方向の力」または(e)「重力と運動方向を向いた力」と解答している。つまり、NPグループ全員が水平方向もしくはボールの運動方向に力が働いていると考えている(正解(a))。

運動中の物体の運動方向に力が働いているという運動に対する誤った理解は、学生が生活経験の中から培ってきた経験的(生活的)概念、つまり経験則である。物理学の言葉で表現すれば、科学的法則は $F = ma$ (加速度)であるが、経験則は $F \propto v$ (速度)となる。摩擦力の大きい日常生活では、物体は働いている力に見合った速さで運動するということである。子どもはこの種のアドホックな経験的概念を無意識に用いて環境変化に対応している。このような経験的概念を理工系の大学生が保持していることは、これまでも度々この種の試験によって指摘されてきたことである^(注2)。しかし、今回の試験では、学生がこのような誤った経験則を保持しているかどうかは、彼

表 1 高校での履修状況で分類した試験の成績

高校での選択	学生	点数	I-1	II-1	II-2	II-3	II-4	III-1	III-2	IV-1	IV-2	IV-3	V-1	V-2	V-3	V-4	V-5	V-6	V-7	V-8	VI-1	VI-2	VI-3	VII-1	VII-2	VIII-1	VIII-2	VIII-3	IX-1	IX-2	IX-3	IX-4
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
新課程 物理履修	A	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	B	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	F	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	G	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	H	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	I	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	J	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
旧課程 物理履修	K	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	L	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	M	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	N	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Q	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	R	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	T	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	U	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
旧課程 理科のみ 新課程 物理履修なし			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

学生が正解した問題は「0」のマークで、間違った問題は「」のマークで示されている。
高校における物理の履修状況によってPグループとNPグループに学生を分類した。

らの受けてきた高校での物理教育に強く依存していることが明らかとなった。問題解決にあたって、高校で物理を履修したPグループの学生はそれまでに学習してきた科学的概念を用いて対処しているが、高校で理科Iだけまたは物理を全く履修していないNPグループの学生は間違った経験的概念を随意的に用いて対応しているのである。

図2に示されている問題VIIIは力学的エネルギー、つまり位置エネルギーが運動エネルギーへ、運動エネルギーが位置エネルギーへと変化することを問うものである(正解(a))。問題VIIIの(1)から(3)の全問を正解できなければ、力学的エネルギーの保存則を正しく理解しているとは言えないであろう。NPグループの学生で全問正解者は1名であった。また3問全部を誤答した学生の中で、全て(b)、つまり位置Bよりも低い位置であるという解答をしたのは1名であり、他の学生はレールの形状に依存するとして解答していた。またPグループにも、高校で物理を履修していたにもかかわらず、全問正解できなかった学生が4名いた。以上の結果は、NPグループ5名とPグループ4名の学生が、力学的エネルギーの保存則を理解していないことを示している。

図3に示されている問題IIIでは、現実と練習問題で見られる理想化された状況を対比し分析することが課題とされている。問(1)では、現実の状況を分析し、いかなる物理量が位置Bでのブロックの速さに影響を与えているかが問われ、問(2)では空気抵抗と斜面の摩擦が無視できる理想化された場合に、位置Bでのブロックの速さを決める物理量を選択することになっている。理想化された状況では、ブロックが位置Aでもっている位置エネルギーが位置Bでの運動エネルギーに変化することから、位置Bでのブロックの速さは位置Aの高さにのみ依存することが容易にわかるはずである。しかし、この問題はP、NP両グループで成績が悪い。不正解の12名の内、ブロックの質量に依存するという解答(b)を選んだ学生は8名、またブロックの質量と形という選択肢(c)を含めれば、位置Bでの速さにブロックの質量が関わっていると考えた学生は9名になった。この9名の学生たちは、重いものほど落下する速さは大いという、素朴ではあるが全く誤った直観を払拭することができなかったと思われる。

Pグループの学生は、はじめに斜面上の落下運動の問題として空気抵抗と斜面の摩擦が無視できる理

想的な状況が取り上げられたならば、おそらく上述のような間違いは侵さなかったであろう。そのような理想化された問題は、試験問題の典型であり、彼らにとってなじみ深いものである。現実の状況と関連づけながら理想化した局面を把握する場合に、本試験で見られるような戸惑いが見られるのだろうか。これは理想化した状況ばかりを扱う練習問題への過度の習熟からくる弊害と考えることもできるだろう。

最後に図4にある問題VIIを見てみよう。この問題は運動状態と力の関係、力の合成則の理解を問うものである。P、NP両グループともに成績は悪いが、Pグループの学生で問(1)と(2)の両方を間違った者は、問(1)に対して(c)を選び、問(2)で(a)を選んでいる。これは問(1)で力FとF'が釣り合っていると考えた上で、問(2)で等速度運動になるという解答(a)を選んだというように好意的に解釈することができる。これに対してNPグループの学生は、問(1)では(a)または(b)という解答を選び、問(2)では(a)、(c)、(e)と答えている。したがって、NPグループの間違いは、Pグループに見られるようなシステムティックな間違いとして解釈することはできず、力の合成則、力と運動状態(加速度)の関係を理解していない結果であると思われる。

以上の試験結果をまとめてみると、次のようになる(注3)。NPグループの学生に見られる誤った理解の特徴としては、

- ・運動中の物体には運動方向に力が働いていると考えている。
- ・ $F = ma$ ではなく $F = mv$ と考えている。
- ・力学的エネルギー保存則を理解していない。が挙げられる。またP、NP両グループが示した傾向として、
- ・理想化された物理の問題と現実の状況との関係を十分に理解していない。

ことが指摘できる。次節では、以上の試験結果の分析に基づいて、本学におけるリメディアル教育について考えてみたい。

5. リメディアル教育のあり方

高校で物理を全く履修していない学生から大学の講義について行けない場合があるという感想が出され、また力学現象に対する誤った経験則を用いて問題を解決しようとする理工系学生がいる。このよう

- (II) 右の図はボールを点Aから上向きに投げ上げた所を表しています。ボールは点Cよりも高い位置まで到達しました。点Bは点Aと点Cの丁度中間の位置です ($AB = BC$)。



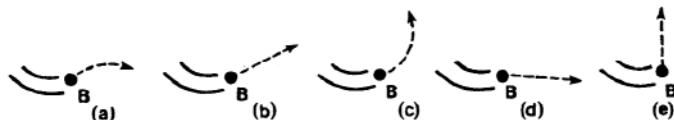
空気抵抗は無視できるとします。

- (2) ボールが上昇する途中で、ボールに働いている力は、
- (a) 重力で、下向き。
 - (b) 運動を維持するための力で、上向き。
 - (c) 下向きの重力と、上向きの一定の大きさの力
 - (d) 下向きの重力と、徐々に減少していく上向きの力
 - (e) 点Aからある所までは上向きの力が働くが、ある点を過ぎると下向きの力になる。

- (IV) 右図は中が空のホースを摩擦のない水平な机の上に置いて、ホースの端Aからボールをたたいて入れ、高速でホースの端Bから出てきたところを上から見たものです。



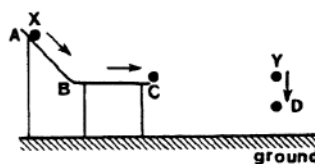
- (1) ホースの端Bから出てたボールは、机の上をどのように運動しますか。



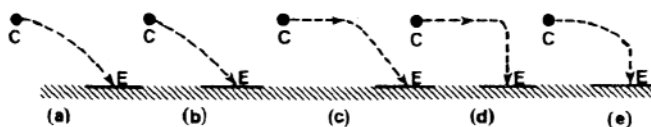
- (3) (1) で選んだ机の上の道筋を運動するボールに働く力は何でしょう。

- (a) ボールに働く重力、垂直下向き
- (b) 机からの力、垂直上向き
- (c) 運動方向に働く、水平な力
- (d) (a) と (b) の両方
- (e) (a) と (b) と (c)

- (V) 右図にはボールXが斜面ABをすべり落ち、水平面BCを運動するところが描かれています。面ABと面BCには摩擦がありません。空気抵抗は無視できるものとします。Cの位置でボールは面BCから外へ飛び出します。



- (2) Cの位置を過ぎたボールはどのような運動をしますか。

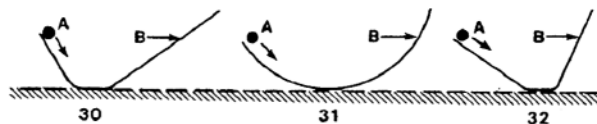


- (4) あなたが(2)で選んだ道筋をボールが運動しているとき、ボールに働く力は何でしょう。

- (a) 重力 (垂直下向き)
- (b) 運動を維持する水平方向の力
- (c) 運動方向と同じ方向の力
- (d) 重力と水平方向の力、(a) と (b)
- (e) 重力と運動方向を向いた力、(a) と (c)

図1 試験問題II(2), IV(1)とIV(3), V(2)とV(4)

(VIII) 下の3つの図30、31、32は摩擦のないレールを表しています。
ボールが位置Aからはなされてレール上を運動して行きます。



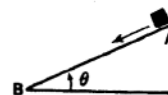
上の図30、31、32でボールがレールの右側をのぼっていくときに、
到達できる最高点はそれぞれどこでしょうか。

- (a) 位置Aと同じ高さの位置B
- (b) 位置Bよりも下
- (c) 位置Bよりも上
- (d) 位置Aの高さに依存する
- (e) ボールの大きさに依存する

図2 試験問題VIII

問VIII(1) (2) (3)として、それぞれ30、31、32、の場合にボールの到達できる最高点を解答する。

(III) 右図は長さAB（この長さは一定）で傾きが θ の斜面を
Aの位置からブロックがすべり落ちて行くところを示して
います。



- (1) 斜面をすべり落ちてBの位置に来たときのブロックの速さに
影響を与える物理量は次のどれでしょうか。
 - (a) ブロックの形
 - (b) 斜面の表面の状態
 - (c) 空気の密度
 - (d) ブロックの形と空気の密度
 - (e) ブロックの形、斜面の表面の状態、そして空気の密度
- (2) 空気抵抗と斜面の摩擦が無視できるとしましょう。その場合、
Bの位置に来たときのブロックの速さに影響を与える物理量は
次のどれでしょうか。
 - (a) ブロックの形
 - (b) ブロックの質量
 - (c) ブロックの形と質量
 - (d) ブロックの密度
 - (e) (a) から (d) のいずれでもない

図3 試験問題III

な状況を見れば、何らかのリメディアル教育を行わなければならないことは明らかであろう。

N Pグループのほとんどの学生が間違えた問題—運動中の物体に働いている力や力学的エネルギー保存則に関わる問題は、中学校の理科の教育内容に含まれている課題である。したがって、N Pグループの学生たちもこれらの問題に対して正しい解答を与えることができ当然なのであるが、前節で説明したように悪い結果となってしまった。この原因としては、経験的概念を打ち壊し科学的概念を理解するという知的成長が中学校の理科で達成されていないこと、高校で物理と深く関わらないため、中学校で学習した科学的概念、法則が忘れられ、再び経験則で対応していく状況に戻ってしまったなどが考えられよう。また旧課程の理科Ⅰも十分な成果を上げていなかったように思われる。しかしながら、中学、高校における理科教育の課題を追求することは本論文の目的ではない。以下では、上述のような状況を大学におけるリメディアル教育の課題として捉えたい。

図5はN Pグループの学生が、鉛直上方に投げられたボールに働く力を矢印で示した解答である。この問題は上述の試験を実施した次の講義時間の最初におこなった。N Pグループの学生の内1名が欠席していたため、5名の結果を掲載しておく。Pグループの

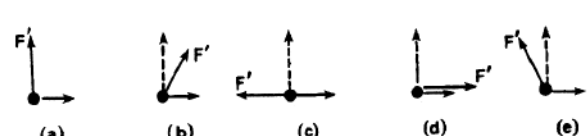
学生は同じ問題に対して、全員正解(重力として下向きの矢印のみを記入)であった。前節で述べた試験とは異なり、図中に明示的に力の矢印を記入するような問題に対しても、N Pグループの5名は、下向きの重力と上向きの力の2つの矢印を記入している。物理を選抜入試の科目に含めていない学科でも、確かにそこで学ぶ専門分野には高度な物理学が要求されることはないであろうが、図5のような理解で充分であるはずはなかろう。

以上のような現状を考えれば、大学におけるリメディアル教育には、単に学生の不足する知識を補うだけではない教育が要求されていることがわかる。たとえば物理学の場合を考えると、前節で述べたように、高校で物理を履修してこなかった学生は物理学の知識が欠けているだけでなく、誤った経験的概念を随意的に用いて物理的現象を解釈しようとしている。本学の理工系学部に進学してきたN Pグループの学生らは、自分たちは科学的概念として「力」や「運動法則」を理解していると考えているだろう。しかし現実には、彼らはその本質を捉えていないのである。これは、誤った経験的概念を無意識に使用している幼い子どもに比べて、教育上の障害がより深刻であるとも言える。中学、高校の理科を単に復習しておくだけという教育が、18歳以上の学生を対象とし

(VII) 右図はアイスホッケーのバックが水平面上を運動している所を真上から見たものです。バックには一定の力 F が図の矢印の方向に働いています。



(1) もしもバックが破線の矢印で示された方向に運動しているとすると、力 F 以外に第2の力 F' がどの方向に働いていなければならないでしょうか。



(2) 力 F と F' が同時に働いているとき、バックの速さはどうなりますか。

- (a) 一定
- (b) 徐々に増加する
- (c) 徐々に減少する
- (d) しばらくの間増加するが、その後は一定
- (e) しばらくの間は一定だが、その後減少する

図4 試験問題VII

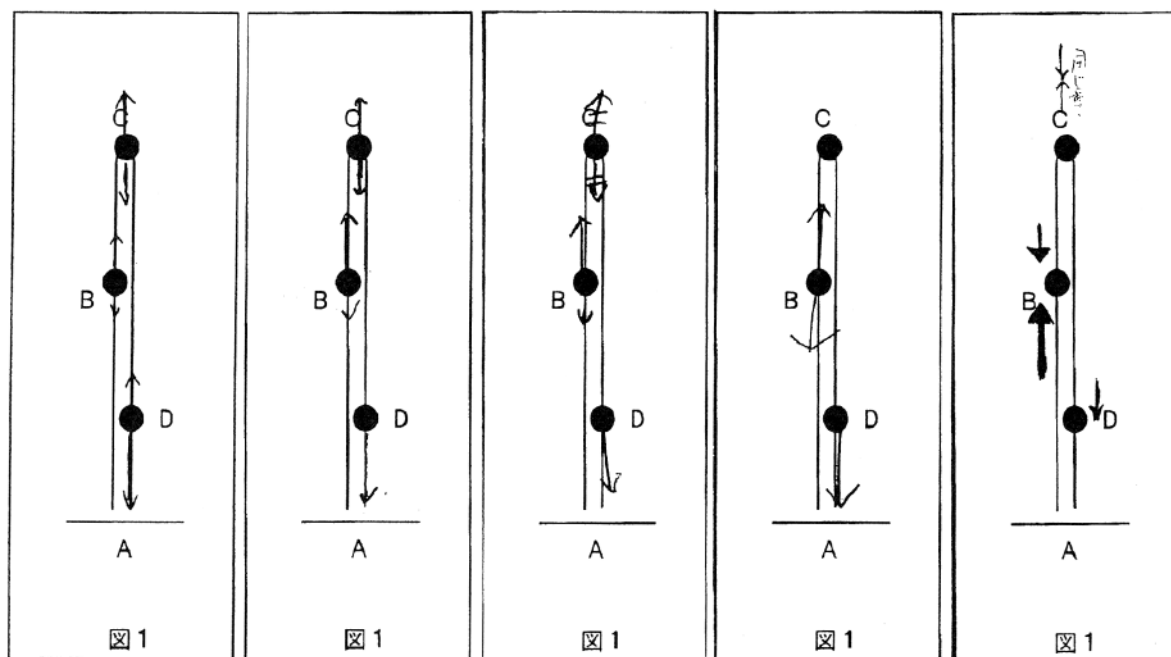


図5 NPグループの解答

問題文は次のとおりである。「図1は上に向かってボールを投げたときの運動を表したものです。ボールは位置AからB、C、Dと運動し、再び戻ってきました。B、C、Dの各位置でボールに働いているすべての力を矢印で書きなさい。空気抵抗は無視します。」

たりメディアル教育として不適当なことは当然であろう。理工系学生のための物理学のリメディアル教育とは、学生が将来学ぶ予定の各専門分野で必要とされる物理学とは何かを考慮した上で、彼らが保持している誤った経験的概念を打ち壊し、それに代わる科学的概念を内面に築き上げて行く教育でなくてはならない。

次に、教職課程と関わってリメディアル教育の必要性について議論したい。本学では毎年多くの理工系学生が中学、高校の理科教員免許を取得するために教職課程の教育を受けている。もしも、適切なリメディアル教育が行われないとすると、NPグループが示したような誤った経験的概念を学生が保持したまま理科教員の資格を取得してしまう可能性がある。

本論文で述べた試験問題は、いずれも力学概念、法則に対する概念的理解(Conceptual understanding)を評価しようとするものである。化学教育における近年の研究では、問題解決能力(Problem solving skills)を評価する試験で高得点を取る理工系学生でも、間違っ

ているにもかかわらず、各専門科目の講義では合格点を取り卒業してしまうというのは荒唐無稽な話ではない。そのような学生が中学、高校の理科教員の資格を取得することは充分考えられることなのである。したがって、優れた力量を持った中学、高校の理科教師を本学から送り出すためにも、リメディアル教育の整備、充実を検討しなければならない。

最後に、本論文では理工系学生のリメディアル教育について述べてきたが、上述の試験結果は文系学生に対する科学教育のあり方にも深刻な課題を投げかけている。科学は苦手であるという意識を持っている文系学生が図5のような答案を作成したとしても何ら不思議なことではないだろう。本論文で述べたようなNPグループの状況を考えれば、大学における文系学生を対象とした科学教育をおろそかにできないことは明らかである。誤った経験的概念を保持したまま本学に入学している多くの文系学生に対して、科学の概念・法則とは何か、その本質を伝えるリメディアル教育が必要である(注5)。

6. おわりに

本論文では、一般教育演習履修者 20 数名を対象として議論してきたにすぎない。しかしながら、筆者は P グループと NP グループを比べてこれほどの差が試験結果に現れるとは予想していなかった。今後、より多くの学生を対象とした調査・分析を行う必要があるだろう。大学にとっても経験の浅いリメディアル教育は、単純に諸外国のまねをして間に合うはずはなく、それを必要としている学生とともに検討していかなければならない。また、アンケートで単に好き・きらいをたずねるのではなく、インタビュー、論述形式をとり、学生の意見を十分に汲み取る努力も要求されるだろう。リメディアル教育のカリキュラムを、教官とそれを必要とする学生や一部の大学院生が協力して編成することも価値ある試みかもしれない。

注

1. Halloun, I. and Hestenes, D. (1985), "The initial knowledge state of college physics students," *Am. J. Phys.*, **53**, 1043

2. McDermott, L. C. (1984), "Research on conceptual understanding in mechanics," *Physics Today* **37**, 24; Halloun, I. and Hestenes, D. (1985), "Commonsense con-

cepts about motion," *Am. J. Phys.*, **53**, 1056; Sadanand, N. and Kess, J. (1990), "Concepts in Force and Motion," *Phys. Teach.* **28**, 530

また、力学に限定せず、広く物理学の基礎概念についての理解を、東京大学の理工系学生、日本の高校生、フランスのリセの学生を対象にして調査した結果が、次の文献で分析されている。板倉聖宣、久保舜一(1965), 「物理学の基礎的な考え方の理解の現状」, 『国立教育研究所紀要』 46

3. 問題 IX(3)と(4)は難易度が高く、P、NP 両グループとも悪い結果になったと思われる。本論分では詳細な議論は行わない。

4. Lythcott, J. (1990), "Problem Solving and Requisite Knowledge of Chemistry," *J. Chem. Educ.*, **67**, 248; Sawrey, B. A. (1990), "Concept Learning versus Problem Solving," *J. Chem. Educ.*, **67**, 253; Pickering, M. (1990), "Further Studies on Concept Learning versus Problem Solving," *J. Chem. Educ.*, **67**, 254; Nakhleh, M. B. (1993), "Are Our Students Conceptual Thinkers or Algorithmic Problem Solvers?," *J. Chem. Educ.*, **70**, 52

5. 大野栄三(1997), 「教育内容からの問い直し」, 『大学の物理教育』 97-2, 37