



力の指導に関する一考察

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2013-01-09 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 柚木, 朋也 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.32150/00006052

力の指導に関する一考察

柚木 朋也

北海道教育大学札幌校理科教育研究室

Consideration of Methods for Teaching about Forces

YUNOKI Tomoya

Department of Science Education, Sapporo Campus, Hokkaido University of Education

概 要

教員養成大学における物理領域の教育は、教員を志望する学生の多くが高等学校時代に物理を選択していないということからも、今後の理科教育における大きな課題の一つである。本論では、力の指導に関して、平成20年に公示された学習指導要領を概観し、その問題点を探った。また、教員を志望する学生が保持している力の概念について調査した。その結果は、これまでの種々の調査と同じ傾向が見られ、依然として大きな課題が存在していることが明確になった。そこで、力に関する指導の在り方について、授業の結果とともに考察した。

I. はじめに

北海道における理科に関する調査¹⁾によれば、中学校では、「地球と宇宙」「電流と磁界」、「音、光、力」の学習内容を指導が難しいと感じる教員の割合が高い（図1）。

また、高等学校時代における履修状況の調査²⁾によれば、教員をめざす大学生の物理の未履修率は61.3%、地学の未履修率は78.8%と非常に高い割合となっている（図2）。以上のことから、教員をめざす大学生にとって、物理、地学領域の教育は、きわめて重要である。

本論では、特に中学校における物理領域に関して、力学、特に力の概念の教育について論じる。そして、中学校の理科教員の資格取得をめざす学

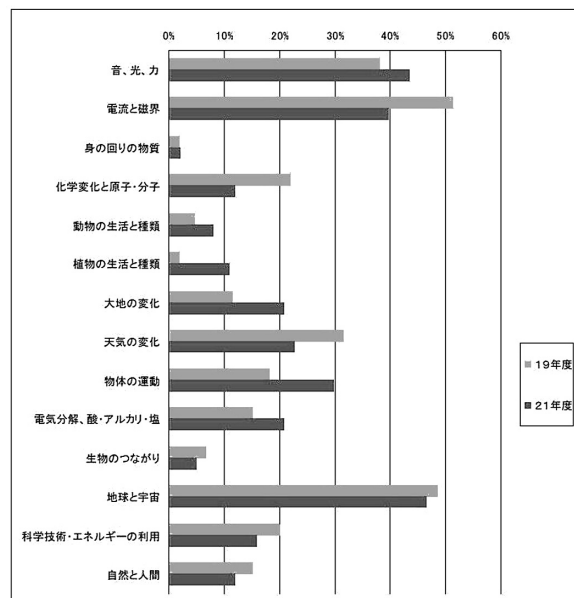


図1 指導が難しいと感じる学習内容（中学校）

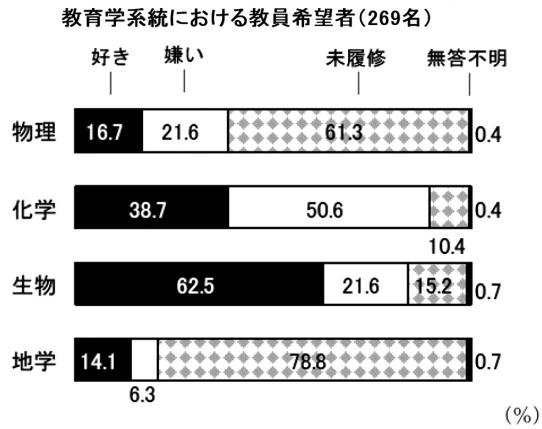


図2 高等学校時代の教科の好き嫌い

生を対象に、力の概念に関する調査を行い、その結果について考察する。

II. 力学の課題

力学はニュートン (Sir Isaac Newton, 1643-1727) によって、その基礎が完成され、以来、ニュートン力学の名で物理学の中心的役割を担ってきた。現在においても、その重要性は高く、科学の基礎といっても過言ではない。それは、古いアリストテレス的な伝統の力学を打破し、月下界と天上界の力学を統一した体系的な理論体系である³⁾。そして、ニュートン力学の根幹をなすのは、運動の三法則である。

運動の三法則、特に重要な第二法則 (運動方程式) は、現状では、高等学校の物理 I (新課程では物理基礎) で学習する。しかし、高等学校の理科は、選択履修となっているため、当然、物理 I を選択しない生徒もいる。問題は、物理 I を選択しなかった生徒が、将来、教員となって理科を教えることである。それは、理科教育の根本に関わる重要な問題だと思われる。小・中学校で教える場合であっても背景としておかなければならない知識、理解があり、力について教える場合、運動の三法則は最低限理解していなければならない内容であると考えられる。そのため、大学で十分に教育する必要がある。

III. 学習指導要領における力に関する課題

平成20年に公示された学習指導要領^{4),5)}によれば、力学に関する内容は、小学校3年生における「もののおもさ」、「風やゴムのはたらき」、小学校4年生における「空気と水の性質」、小学校5年生における「振り子の運動」、小学校6年生における「てこの規則性」、中学校1年生における「力と圧力」、中学校3年生における「運動の規則性」、「力学的エネルギー」となっている。内容の一貫性としては、「エネルギーの見方」にかかわるもので通している。

本論では、力そのものの概念に関する学習に焦点を当て、検討することとする。

まず、小学校3年生の「もののおもさ」については、内容として特に力そのものに関するものはない。しかし、重さの概念は、重力につながるものであり、重要である。

次に、小学校3年生の「風やゴムのはたらき」については、次のように記されている⁶⁾。

風やゴムで物が動く様子を調べ、風やゴムの働きについての考えをもつことができるようにする。

- ア 風の力は、物を動かすことができること。
- イ ゴムの力は、物を動かすことができること。

ここでは、「手ごたえなどの体感を基にした活動を重視する」や「風の強さやゴムの伸びなどと物の動きとの関係」を通して、力についての概念をつかませるようにしている。

次に、4年生の「空気と水の性質」については、作用、反作用につながる内容はある。しかし、力そのものを扱う学習は特にない。

また、5年生の「振り子の運動」については、振り子の規則性に関する内容が主で、力についての学習はほとんどない。

最後に、6年生の「てこの規則性」については、内容として次のように記されている⁷⁾。

てこを使い、力の加わる位置や大きさを変えて、てこの仕組みや働きを調べ、てこの規則性についての考えをもつことができるようにする。

ア 水平につり合った棒の支点から等距離に物をつるして棒が水平になったとき、物の重さは等しいこと。

イ 力を加える位置や力の大きさを変えると、てこを傾ける働きが変わり、てこがつり合うときにはそれらの間に規則性があること。

ウ 身の回りには、てこの規則性を利用した道具があること。

ここでの学習は、「てこの規則性」の学習にあり、静力学の学習にある。しかし、ここでも力とは何であるかについては、明確ではなく、重さが力の一つであることを当然のこととして利用している。

小学校学習指導要領の力に関する内容を概観したが、力が働く現象や振り子、てこの規則性の学習に重点が置かれており、力そのものについての学習は明確ではない。しかし、小学生の発達段階を考えた場合、体験的なものを重視するとともに、現象を調べる方法論を学ぶことは不適切な方法ではないと考える。ただし、教員が正しい科学的認識をもった上での指導が必要であるのは当然であると考える。

続いて、中学校での学習を概観する。

まず、中学校1年生の「力と圧力」については、内容として次のように記されている⁸⁾。

イ 力と圧力

(ア) 力の働き

物体に力を働かせる実験を行い、物体に力が働くとその物体が変形したり動き始めたり、運動の様子が変わったりすることを見いだすとともに、力は大きさと向きによって表されることを知ること。

中学校学習指導要領解説理科編では、内容の取

り扱いとして

エ イの(ア)については、ばねに加える力の大きさとばねの伸びの関係も扱うこと。また、重さと質量の違いにも触れること。力の単位としては「ニュートン」を用いること。

とある⁹⁾。なお、「ここでは、物体に力を働かせる実験を行い、物体に力が働いたときの変化から力の働きを見いださせ、力は大きさや向きによって表されることなど、力の見方の基礎を養うことがねらいである。

力の働きについては、例えば、静止している物体に力を働かせる実験を行い、物体が変形したり、動き出したりすることを観察させる。その中で、力の大きさによって変形の様子が異なることや動き出し方に違いがあることを見いださせる。また、動いている物体に力を加える実験を行い、速くなったり遅くなったり動く向きが変わったりするなど運動の様子が変わることを観察させる。これらのことを基にして、力の働きを見いださせるとともに、力には大きさと向きがあることを理解させる。¹⁰⁾ (下線は筆者による) とある。

つまり、力は物体の速度の変化や物体の変形として考えられている。そして、大きさと向きがあることを理解させるとしている。さらに、フックの法則の理解とばねばかりの原理を理解させることと、「今後の理科の学習で、重さと質量を区別して使っていくことにも触れる。」¹¹⁾ とある。質量と重さの違いは、生徒にとって理解し難い概念の一つである。ここでは、重力質量 (gravitational mass) が考えられているが、慣性質量 (inertial mass) については考えられていない (てんびんは重力がなければ使うことはできない)。力の単位としては、N (ニュートン) を使用するが、その定義も明確にはされていない。解説によれば、「力の大きさについては、単位としてニュートン (記号 N) を用いる。1 N の力とは、質量が約100g の物体に働く重力と同じ大きさであることを知らせる。」¹²⁾ とある。

以上のように、力学の基礎となることが一通り

記述されてはいるが、静力学が中心であり、力を身近に感じることに主眼が置かれているように思われる。そのため、教員による適切な指導が必要になると思われる。

さて、「運動とエネルギー」については、次のとおりである¹³⁾。

(5) 運動とエネルギー

物体の運動やエネルギーに関する観察、実験を通して、物体の運動の規則性やエネルギーの基礎について理解させるとともに、日常生活や社会と関連付けて運動とエネルギーの初歩的な見方や考え方を養う。

中学校学習指導要領解説理科編では、「ここでは、力のつり合いや力の合成と分解について実験を行い、その結果を分析して解釈させる中で力の基本的な性質を理解させる。また、物体の運動について観察、実験を行い、力と物体の運動とを関連付けてとらえさせ、運動の規則性に気付かせるとともに、力学的エネルギーに関する実験を行い、仕事の概念を導入してエネルギーの移り変わりと保存について理解させ、日常生活や社会と関連付けながら運動とエネルギーの見方や考え方を養うことが主なねらいである。」¹⁴⁾（下線は筆者による）とある。

また、内容として、「運動の規則性」、「力学的エネルギー」に分かれているが、本論では、力そのものに関係の深い「運動の規則性」について取り扱うものとする¹⁵⁾。

ア 運動の規則性

(ア) 力のつり合い

物体に働く2力についての実験を行い、力がつり合うときの条件を見いだすこと。また、力の合成と分解についての実験を行い、合力や分力の規則性を理解すること。

(イ) 運動の速さと向き

物体の運動についての観察、実験を行い、運動には速さと向きがあることを知

ること。

(ウ) 力と運動

物体に力が働く運動及び力が働かない運動についての観察、実験を行い、力が働く運動では運動の向きや時間の経過に伴って物体の速さが変わること及び力が働かない運動では物体は等速直線運動することをみいだすこと。

また、内容の取扱いとして、「ここでは、物体に働く2力のつり合う条件や力の合成・分解についての規則性を実験からとらえさせる。そして、物体の運動には速さと向きがあり、物体に働く力と物体の運動の様子についての規則性を見いださせることが主なねらいである。」¹⁶⁾（下線は筆者による）とある。

ここでも、実験から規則性を見いださせることに力点が置かれている。さらに、後半部を中心に概観する。

「(ウ) 力と運動」については、「ここでは、運動の様子を記録する方法を習得させるとともに、物体に力が働くときの運動と働かないときの運動についての規則性を見いださせることがねらいである。」

例えば、力学台車などを滑らかな水平面上で運動させ、力を水平に加え続けたときと力を加えないときの運動を比較する。それらの運動を、記録タイマーで記録したテープから単位時間当たりの移動距離を読み取らせ、結果を表やグラフを用いて分析して解釈させることを通して、「時間と速さ」の関係や「時間と移動距離」の関係の規則性を見いださせる。そして、物体に力を加え続けたときには、時間の経過に伴って物体の速さが変わることを理解させる。一方、物体に力が働かないときには、運動している物体は等速直線運動を続け、静止している物体は静止し続けようとする性質があること、すなわち、慣性の法則を理解させる。」¹⁷⁾（下線は筆者による）とある。

さて、ここに来て、いよいよ運動の三法則の内容の一部に触れられている。しかし、加速度の概

念や運動方程式の内容が不十分であるため、理解が難しいように思われる。高等学校での理科の選択を考えた場合、中学校卒業の段階では、細かな内容ではなく、力学についての基本的な理解が得られることが重要である。具体的には、慣性の法則と力とは何かについての理解である。そのため、指導者が力学についての重要な基本を理解して適切に指導することが重要であると考え。

IV. 力の理解についての考察

ニュートン力学の成立は、前述したように、科学史上最も大きな影響を与えた変革であり、人類が乗り越えるのに長い年月を必要とした概念の変革である。つまり、慣性の法則や力の概念は、およそ科学と呼ばれるものがこの世界に生まれてから、幾多の天才が1000年以上挑み進歩させ続け、やっと手にすることができた人類の財宝なのである。その意味で、科学において最も重要な知識の一つである。

その点を考え合わせると、慣性の法則や力の概念の今日的理解は、少し学習しただけで簡単に理解できると考えることがそもそも不遜なのかもしれない。他の素朴概念¹⁸⁾といわれる多くの誤概念とは根本的に次元が異なると考えられる。そのため、これらについての研究は特に重要であり、未だに時間と労力が必要な大きな課題なのである。

今回のテーマに関する誤概念の研究については、膨大な研究があり、様々な知見が得られている。特に、今回行った調査と同様の内容である Watts & Zylberstajn (1981)¹⁹⁾ や Clement (1982)²⁰⁾ による Motion Implies a Force (MIF 素朴概念)²¹⁾ などがよく知られている。

大学生を対象に行った同様の調査に関するものでは、大野 (1998)²²⁾、吉野・小山 (2007)²³⁾、野田・森藤 (2008)²⁴⁾ などがある。いずれにおいても、Clement の MIF 素朴概念が強く現れていることが報告されている。その原因に関して大野は、「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。」²⁵⁾と述べている。そして、懸念されることは、そうした誤概念をもった学生が、教員免許を取得し、さらに不十分な理科教育を行うことである。学習指導要領がどんなに素晴らしいものであろうと教科書がどんなに優れていようと教員自身が正しい理解、科学的概念をもっていなければ、論外である。

さて、今回、中学校理科教育法を受講している学生（多くは理科専攻の大学2年生）について、投げ上げたボールに働く力について調査をした（図3）。

ボールを投げ上げたとき、①～③の状態では力の向きにはたらいっていますか。下のa～cから選び、記号で答えなさい。

① ボールが上がる途中

② ボールが上がりきった時

③ ボールが落ちる途中

a 上向き b 力は働いていない c 下向き

図3 ボールに働く力に関する問題

今回の調査は、次のような条件下で行った。まず、6月2日、6月15日の2回は、附属中学校において、特別講師である附属中学校教諭から授業を受けた。その内容は、主として指導案作成に関するものであり、領域は、「力とは何か」についてである。1回目の6月2日に、講義を受けた後、6月15日に中学1年生を対象に、グループ（4人ずつ）で4人ずつを指導することを予告された。そして、2回目までに、「力とは何か」についての指導案を作成することが課題として出された。2回目の6月15日には、それぞれの案をもとに授

業を行った。

小グループで実施したため、中学生からは、多くの様々な質問が出た。学生達は、その都度質問に対応し、場合によっては、グループで相談しながら、答えていた。

この調査を行ったのは、その後の7月13日である。表1は、その結果である。

表1 各問いについての学生の回答人数

問い 回答	①	②	③
a	19	0	1
b	1	14	1
c (正解)	15	22	35
その他	2	1	0

(N=37)

まず、①ボールが上がる途中の場合、正解c(下向き)を選択したのは、15名(41%)である。誤答で多かったのは、a(上向き)で19名(51%)である。その他には、acと解答した学生が2名いる。つまり、上向きに何らかの力が働いていると考えた学生は21名(57%)である。それは、ボールの進行する向きが上向きであるから、「物体は運動する向きに力を受けている」と考えたと思われる。このことは、②ボールが上がりきった時の場合でさらに明白になる。正解c(下向き)を選択したのは、22名(59%)である。そして、誤答で多かったのは、b(力は働いていない)で14名(38%)である。それは、「物体が止まっているので力は働いていない」と考えたのである。

ただし、①でa(上向き)を選択した学生19名中6名がcを選択している。それは、次の瞬間には、下向きに動き出すことから考えていると思われる。

なお、③ボールが落ちる途中の場合、正解c(下向き)を選択したのは、35名(95%)である。これは、運動の向きと力の向きとが一致しているためであると思われる。

表2は、三問通しての回答類型について、物理

I履修者と物理I非履修者について表したものである。

表2 三問通しての回答類型

回答例 ①②③	物理I履修 (人)	物理I非履修 (人)	合計人数 (人)
c c c	9	6	15
a b c	4	8	12
a c c	0	6	6
その他	2	2	4

(N=37)

正解cccを選択したのは、15名(41%)である。これは、①を正解した学生は、すべて、他も正解していることを示している。また、誤答パターンで多かったのはabcで、12名(32%)である。これは、「力の向きが運動の向きと一致する」と考える考え方である。なお、6名が選択したaccについても、「力を受けた向きに運動する」と考えていると思われる。

ここで、物理Iの履修の影響があるのかどうかについて考察する。物理Iでは、力学の基礎を学ぶので、当然、大きく影響すると考えられる。しかし、物理Iの履修が正解を選択するのに影響しているかどうかを調べたところ(フィッシャーの正確確率検定による両側検定)、 $p=0.0966$ で有意傾向があることにとどまった。ただし、今回はデータ数が少ないこともあり、物理Iの履修が正答率を高めることに直接の影響を及ぼすかどうかについては、よく分からない。それでも、物理Iの履修者にaccが無かったことなど、何らかの影響はあると考えられる。

R. Osborne & P. Freyberg²⁶⁾によれば、同様の問題について、ニュージーランドの理科を学んでいる代表的な13, 14歳及び15歳(各年齢ごとに200人)と物理を学んでいる16歳と17歳(各年齢ごとに100人)の生徒達に対して実施している。そして、本題におけるcccの選択をニュートンの考え方、abcの選択をビュリダンの考え方として分析している。

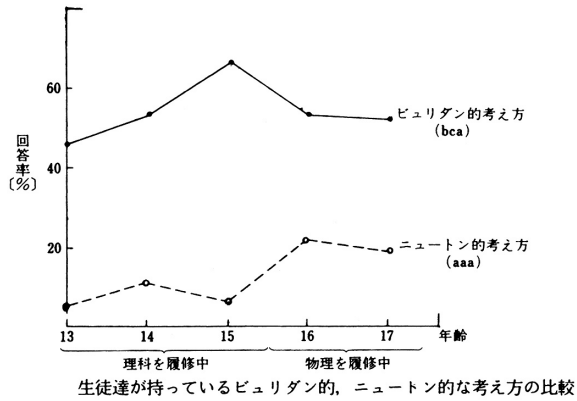


図4 生徒達もっているビュリダンの、ニュートンの考え方の比較 (記号は本論とは異なる) (R. Osborne & P. Freyberg, p.71から)

ここでのビュリダンの考え方とは、「物体は運動する向きに力を含んでいる」というMIF素朴概念的な考え方であり、ニュートンの考え方とは、「力とは、運動の状態を変化させるもの」という考え方である。

「物体は運動する向きに力を含んでいる」という考え方は、「運動の本性は静止にあり、動き続けるためには、力を受けなければならない」というアリストテレス的な考え方に通じている。また、「力が物体の中にあり運動の方向に作用するという考え方は、ビュリダン (Buridan) 派の14世紀のパリの物理学者達によって広く支持された考え方である。」²⁷⁾

これらは、超えねばならない大きな壁であり、これを超えることがすなわち、ニュートン力学の根本となる。「運動の本性は慣性にある。そして、力は、運動の状態を変えるものである」のである。その意味では、この調査問題は、力学の基本が理解できているかどうかの重要な問題と考えることができる。

さて、図4では、物理を履修中の17歳の生徒で、ビュリダンの考え方が約50%、ニュートンの考え方が20%となっている。本調査では、ビュリダンの考え方が約32%、ニュートンの考え方が41%となっている。

この結果を見ると、ニュージーランドと日本、あるいは、調査対象の条件の違いなどから明らか

に差は認められる。しかし、ニュートンの考え方のできる学生が半数に満たないことは、これまでの各調査とも一致しており、今後の課題である。

ここで、本調査でabcについて多く見られたaccについて考察する。accはボールが上がりきった時に、下向きの力を受けているという点が異なるが、それは、重力についての知識が関係していると考えられる。そして、次にどのような運動をするかという点で、bがcに変化したと考えられる。その点では、ビュリダンの考え方に近いとも考えられる。あえていえば、物体を投げるとき、物体にヴァイス (動力) が含まれている、あるいは残存力が物体に移り、やがてそれが無くなっていくというマルキア (Marchia) の考え方に近い。物体に仕事をしないと消えないインペルトウス (機動力) に対して、自然に消滅する残存力の考え方の違いはあるが、「運動の本性は静止にある」という考え方の基本は同じであると考えられる。つまり、本調査における場合、学生の約半数がニュートン以前の考え方をもっていることが明らかになった。

しかし、切実なのは次の二点である。

- 本調査の対象者が、中学校理科の教員免許をめざす学生であること。
- グループの指導ではあったが、附属中学校において、「力とは何か」についての授業を行った学生であること。

これらのことは、この問題の重要性を示している。

図5は、自由記述での学生の感想の中で、多かった項目についてまとめたものである。

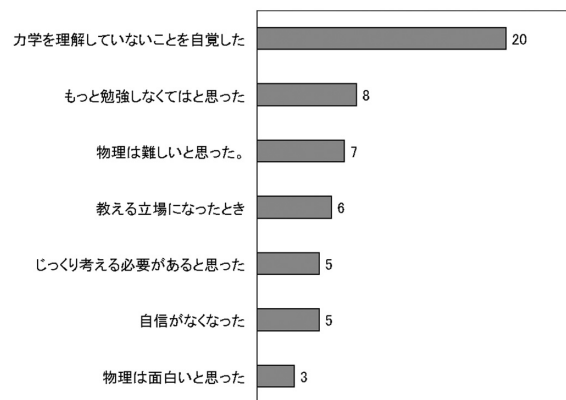


図5 授業後の主な感想 (N=37)

今回は、問題ができなかったこともあり、「力学についてわかっていないなととても感じた。」
 「できなさすぎて少し落ち込みました。・・・これを機に学習しなおそうかなと思います。」「自分の力の認識があまく、また、力学分野が苦手であることをあらためて知ったので、勉強が必要だと強く感じた。」といった感想が多かった。また、「いかに自分が力学を理解していないかがわかった。自分が子どもたちに教える立場になった時に、間違いを教えるわけにはいかないので、勉強が必要だと感じた。」「力について附属中で授業をしたのに間違えたので、間違ったことを教えかねず、危ないと思った。・・・」「力についての考え方が甘いと思った。問題は、ほとんど間違えてしまったので勉強しなければならないと思った。あいまいな理解の仕方をしていると生徒の質問に正確に教えてあげれないと思った。」といったように、教員になったことを想定して、前向きに考えている学生が多かった。

特に、できなかったことを分析した感想として、「しっかり考えて問題を解く必要があると感じました。」「かなり自信をなくしましたが、反省してもう一度勉強していきたいと思います。自分の暗記型の勉強はダメだと実感しました。」「中学レベルの理科でも、よくわかっていないところが多いと自覚した。試験のための暗記という勉強ばかりしてきたので、本質的なところを理解できていないのだと思う。もし、私が教師になった時には、ただの暗記にならないようにしたい。・・・」(下線はすべて筆者による)などが印象的であった。

V. 教員養成課程での取組

本調査では、理科教員養成における問題点の一つ、すなわち、力学領域の内容理解の不十分さについて考察した。そして、この問題は、以前から存在しており、その指導方法の改善は、多くの研究があるにもかかわらず、依然として進んでいないことが明らかになった。同じ問題を小学校の現職教員(20歳～40歳代)15名に解いてもらったと

ころ、正解(ccc)は、1名であった。このことから、力学の基本がいかに理解されていないかが明らかである。

それは、高等学校の理科の選択教科、大学における履修すべき専門教科の減少などによる影響を受けている可能性もある。それらに関する議論は、今後の課題とし、ここでは、現在の学生の理解を高める方策について考察する。

今回は、まず、ニュートンの運動の三法則を説明し、力学についての基本を説明した。その後、間違いやすい基本的で典型的な問題を質問することにより、なぜかを考えさせ、疑問を一つ一つ解消させる方法で授業を行った。附属中学校で「力とは何か」について授業を行っていたためと問題の正答率が悪かったこともあり、授業は真剣であった。

こうした個別の問題を取り扱うことは、本質的な解決にはならないという意見もある²⁸⁾。確かに、一つ一つの個別な問題の答えを暗記するような方法では、効果は低いし、むしろ逆効果の場合も考えられる。しかし、間違った問題について、なぜ間違ったのかをじっくりと考えさせ、様々な他の関連する問題も取り込みながら検討することは極めて効果的な方法の一つであると考えられる。今回は、特に運動量とのかかわりについて解説した。というのは、いわゆるインペータウス(機動力)は、現在の運動量に相当すると考えられるからである²⁹⁾。その上で、運動方程式から、何を力と定義するかを明確にした。しかし、本質的に重要であるのは、「運動の本性が静止ではなく、慣性にある」、すなわち、慣性の法則を理解することなのである。そして、力と運動量の違いを明確に理解することにより、本調査の問題の正解の意味を理解することができると考える。

事後テスト(7月20日実施)の同問題の結果は、1人を除いて36人が正解であり、力についての説明もほぼ的確にできていた。授業の効果があつたことがうかがえる。ただし、今回実施した方法は、様々な条件が重なった結果であると考えられることもできる。大学生についての効果も含めて、中学生、

高校生については、検討する余地が十分にある³⁰⁾。

今回の実践では、前向きに学習しようとする学生が多く、その気持ちがより理解を深めることを強く感じた。そうした努力を援助し、正しい科学的な概念を育てていくことが今後の大きな課題であると考える。

VI. おわりに

力学、特に力についての考察を行った。その結果、学習指導要領に関して、考慮しなければならない課題があること、教員養成課程の中で深刻な状況があることが明らかになった。教員養成課程では、多くの課題があるものの、教科内容に関する取組は最優先されるべきであると考え。内容のないところに方法はない。まず、教員志望者の学力、特に、正しい科学的概念を確かなものにするのが大切であると考え。正しい知識、科学的概念をもたない教員に教えられた場合、児童・生徒が誤った知識、誤った概念をもつことは容易に想像できる。

今一度、教員養成に関して、大学教育において何が大切かの議論が必要であると思われる。

文献及び注

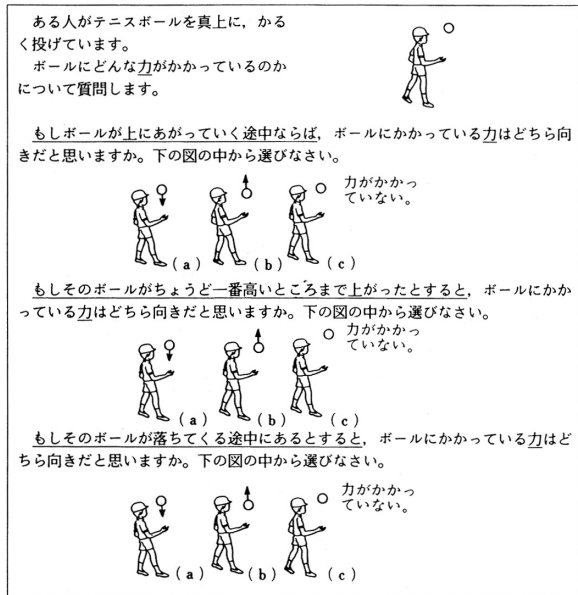
- 1) 北海道立教育研究所附属理科教育センター、北海道教育大学：北海道における理科教育の充実を図るための調査研究－第4回 本道の理科教育に関する実態調査－， pp.57-58.
http://exp.ricen.hokkaido-c.ed.jp/tobira/htdocs/?action=cabinet_action_main_download&block_id=1632&room_id=1&cabinet_id=14&file_id=504&upload_id=1397, 2010.
- 2) 株式会社ベネッセコーポレーション：平成17年度経済産業省委託調査 進路選択に関する振り返り調査-大学生を対象として-， p.61.
<http://benesse.jp/berd/center/open/report/shinrosentak/2005/index.html>, 2005.
- 3) 近藤洋逸，藤原佳一郎：「科学思想史」，青木書店， pp.98-99， 1959.
- 4) 文部科学省：「小学校学習指導要領」， 2008.
- 5) 文部科学省：「中学校学習指導要領」，東山書房， 2008.
- 6) 前掲書4) p.61.
- 7) 前掲書4) p.68.
- 8) 前掲書5) p.58.
- 9) 文部科学省：「中学校学習指導要領解説 理科編」，大日本図書， p.26， 2008.
- 10) 前掲書9) pp.26-27.
- 11) 前掲書9) p.27.
- 12) 前掲書9) p.27.
- 13) 前掲書5) p.61.
- 14) 前掲書9) p.44.
- 15) 前掲書5) p.61.
- 16) 前掲書9) p.45.
- 17) 前掲書9) p.46.
- 18) 素朴概念 (native conception) は、誤概念 (misconception) などとも呼ばれ、正しいとされる科学的概念と対比される概念である。これまでの研究により、素朴概念には、次のような特徴があることが指摘されている。①多くの人に共有され、②文化的日常的な経験や言葉から影響を受け、③堅固であり、④同じ領域で専門家が使う考えとは異なるという特徴をもつ。(鈴木真理子：「科学領域における共同学習に関する研究」， p.16， 風間書房， 2006.)
素朴概念について知ることは、理科教育、特に、物理教育などにおいては、児童・生徒の実態把握や教育方法に有益である。そのため、例えば、次のような素朴概念についての分類やデータベースの作成も行われている。
- 井田暁，越桐國雄：物理教育における誤概念のデータベース化について，大阪教育大学紀要， V59(1)， pp.29-39， 2010.
- 新田英雄：素朴概念の分類，物理教育， 60(1)， pp.17-22， 2012.
- 19) D. M. Watts & A. Zylberstajn: 'A survey of some children's ideas about force', Physics Education, 16(6), pp.360-365, 1981.
- 20) J. Clement: 'Students preconceptions in introductory mechanics', American Journal of Physics, 50(1), pp.66-71, 1982.
- 21) MIF は、「物体には運動と同じ向きに働く力が含まれている」という素朴概念。非常に堅固で修正が難しいことで知られている。
- 22) 大野栄三：力学概念の理解とリメディアル教育，北海道大学高等教育ジャーナル， 4， pp.24-33， 1998.
- 23) 吉野巖，小山道人：「素朴概念への気づき」が素朴概念の修正に及ぼす影響－物理分野の直落信念と素朴概念に関して－，北海道教育大学紀要教育科学編，57(2)， pp.165-175， 2007.
- 24) 野田勇太，森藤義孝：教員志望学生における力学概

念の質的理解に関する基礎的研究, 科教研報, 23(2), 日本科学教育学会 pp.61-66, 2008.

25) 前掲書20) p.31.

26) R. Osborne & P. Freyberg: 「子ども達はいかに科学理論を構成するか -理科の学習論-」, 森本信也, 堀哲夫訳, pp.69-72, 東洋館出版社, 1988.

なお, ここで, 調査された問題は, D. M. Watts & A. Zylberstajn (1981)により作成されたものである(図6)。



力と運動に関する子ども達のいろいろな考え方の認識調査問題 (Watts and Zylberstajn 1981より)

図6 認識調査問題

27) 前掲書26) p.71.

28) diSessaによると, 従来のいわゆる誤概念の研究は, 生徒の運動の考え方の誤りのみに注目し, 物理法則と整合性のある考え方に対しては注意を払わないという偏った分析を行っている。また, このために生徒の物理現象の認識過程に関する理解が不十分なままになっており, 教育改善につなげることに成功しない原因になっている。(新田英雄: 素朴概念の分類, 物理教育, 60(1), p.18, 2012.)

29) この問題の対応の仕方については, 前掲書26) pp.76-77において, 運動量を先に教えるという方法について論じられている。

30) 高等学校の実践については, 多くの研究がある。その中で, 運動方程式から捉えなおすという点で, 本実践に近い実践として次の研究がある。

- 沖野伸一, 松本伸示: 科学の基礎概念の形成をめざした理科授業開発 - 高等学校「物理I」におけるMIF 的素朴概念の克服のための指導法 -, 理科教育学研究, 52(1), pp.1-12, 2011.

(札幌校准教授)