

三ヶ国の高校物理教科書に関する一考察

慶應義塾大学日吉物理学教室 表 實

日本（物理・物理：数研出版）と米国（conceptual Physics: Harper Collins College Publishers; P. G. Hewitt 著）および英国（Physics 2: Cambridge Advanced Sciences)の高校物理教科書に関して、取り扱っている範囲、内容に関しての比較検討、全体として、の3つの観点から比較検討した結果についてまとめる。

6.2.1 取り扱っている範囲

6.2.1.1 物理・物理：数研出版(日本)

数研出版の教科書は物理と物理に分かれている。各教科書の内容は表 6.1 の通りであり、物理は極力数式を使用しないで日常に現れる物理現象の理解を得ることを目指している。物理は高校卒業後、大学の理工系学部に進む生徒が高校時代に学習すべき標準的な内容を含んだものといえる。ただし、物理で振動現象に関する説明が無いままでいきなり波に関する取り扱いが現れているが、このままでは説明不足で理解が難しいのではないかと懸念される。

表 6.1 物理・物理：数研出版(日本)の内容

[物理]
私たちの暮らしと電気
波
運動とエネルギー
[物理]
力と運動
電気と磁気
物質と原子
原子と原子核

6.2.1.2 Physics; P.G.Hewitt 著: Harper Collins College Publishers (米国)

この教科書は分厚い一冊の本からなり、そこで取り扱っている内容は表 6.2 の通りである。この教科書の内容は網羅的であり数式はあまり使用されていないが、分厚いだけあってその説明は非常に懇切丁寧になされている。また序論とも言うべき部分に「About Science」の節があり、ここで科学についてその意味と考え方について触れているが、物理学への動機付けを与えるという意味で貴重である。取り扱う分野は相対性理論（特殊相対性理論・一般相対性理論）を含む点が、数研出版の教科書と比較して目に付くところであり、相対性理論の考え方とそれから得られる重要な結論に関する基本的な点に関しては、高校生の範囲で十分に理解できる内容となっている。

表 6.2 Physics; P. G. Hewitt 著 : Harper Colinn's College Publishers (米国)
の内容

Mechanics(運動と力学)
Properties of Matter(物質の性質)
Heat(熱現象)
Sound(音波)
Electricity and Magnetism(電気と磁気)
Light(光)
Atomic and Nuclear Physics(原子と原子核)
Relativity(相対性理論)

6.2.1.3 Physics 2, Cambridge Advanced Science: Cambridge university press(英国)

この教科書は、Physics 1 と Physics 2 および 5 つの選択コース(Cosmology, Health Physics, Materials, Nuclears and Particle Physics, Telecommunications)からなる。Physics 1 に関しては資料が手元に無いので内容の検討は割愛する。Physics 2 の内容は表 6.3 の通りである。取り扱っている範囲は、物理学(日本)と Physics(米国)に比較して、量子論の初歩(日本と米国)および相対性理論(米国)が欠けているが、量子論に関しては Physics 1 に、相対論に関しては選択コース(Cosmology)で触れられている。Physics 2 の内容は、物理をより詳細に解説したものとなっている。

表 6.3 Physics 2, Cambridge Advanced Science: Cambridge university press(英国)
の内容

Work and energy(仕事とエネルギー)
Collisions and explosions(衝突と爆発)
Moving in a circle(円運動)
Oscillations(振動)
Gravitational fields(重力場)
Electric fields(電場)
Capacitors(蓄電器)
Electromagnetic forces(電磁力)
Electromagnetic induction(電磁誘導)
Thermal physics(熱物理学)
Ideal gases(理想気体)
Atomic structure(原子の構造)
Nuclear physics(原子核物理)
Radioactivity(放射能)

6.2.2 内容の比較検討

これらの教科書の内容を比較検討するに当たって、物理学の基本的な考え方とその成果の意味を解説することを目的とする教科書、大学の理工系で物理学を履修するための基礎を提供することを目的とする教科書、という二つの視点から検証する。

6.2.2.1 物理学の基本的な考え方を中心におく教科書

物理学は自然界の構造とそのルールを学ぶ科目である。社会生活における規則を知らなければ安心した生活をできないのと同様に、自然界の構造とその背後にあるルールに関する素養を持たなければ充実した人生をおくることは不可能である。これが物理学を学ぶ意義の一つであるが、それを履修することの重要性としてはさらに以下の点を指摘することができる。

それは、日常生活で経験する様々な現象への好奇心とその背後にある秩序を解明する過程で発揮される物理学の思考法が、他の様々な科学的・論理的思考法の典型を与えるものであるということにある。この思考方法とは観測事実・観測データを基礎にして、その背後にあるルールを論理的に演繹し、そこから得られた予測を改めて実験事実と照らし合わせることによって得られた論理の正当性を検証するというものであり、これが物理学の科学としての有効性を保証しているものである。福沢諭吉は物理学を学ぶことの意義を最もよく理解していた一人であり、彼のいろいろな著作の中でその重要性を強調すると同時に、慶應義塾の初期におけるカリキュラムの中で物理学（窮理学）に多くの時間を割り当てたのである。

このような意味で、将来物理学を専攻するしないにかかわらず、物理学を学習することは自らの素養を育むという意味で重要である。この観点から用意された教科書が、物理学（日本）と Physics（米国）および Physics 1（英国）である。

Physics（米国）は、この観点からみてよく書かれた教科書である。まず最初に物理学の意義とその考え方にふれてそれを学ぶための動機付けがあること、日常的な現象から物理学の比較的新しい問題意識まで含む広い範囲にわたる丁寧な説明があること、数式を用いない解説は難しい点があるがその分説明に工夫がみられること、など評価できる点が多い。取り扱っている分野も量子論から相対性理論（特殊相対性・一般相対性理論）まで、人類が獲得した現代物理学の重要な知見まで含んでいることは、使うための学問としての物理学としてより、その意義を理解させることを目的とする教科書としての目的にかなうものと考えられる。ただし、このことは逆に非常に多くのページ数を必要とすることになり、限られた時間の授業に使用する場合には工夫が求められるであろう。

物理学は、取り扱う範囲を電磁気現象と波動および物体の運動に関するテーマに絞ることによって、授業時間内で内容を消化できるような配慮がなされているが、現代物理学の魅力が割愛されていることにより、物理学の意義とその考え方を理解させるという意味では効果が半減していると言わざるを得ない。将来物理学を学ぶ機会の少ない生徒を対象とすることを考慮すると、現代物理学が明らかにした人類の知見に触れておきたいものである。また説明の仕方に工夫が見られるが天下りの点も多く、物理学の面白さを発見する手助けとしてはあらたな考慮が必要であろう。このことはこの物理学の学習に与えられる授業時間が限られているという事情が教科書をまとめる上で大きな障害となっているものと思われる。

Physics（米国）と物理学を比較して気をつくことは、前者が単独の著者によって書かれたのに対して後者は複数の著者の手による点であり、Physics はまとまりの点で一人の著者による周到な配慮が伺え、その分著作として魅力的になっているように思われる。興味のある生徒は独力で全体を読み進むことができるだけの面白さをこの本は提供しているといえる。手元に資料がないため、Physics 1（英国）に関してコメ

ントすることはできなかった。

6.2.2.2 大学で物理学を履修するための基礎を提供する教科書

物理学は数学と同様に基礎から積み重ねられた学習が必要な学問分野であることから、将来的に物理学を用いる仕事や物理学それ自身の研究に携わるためには、その基礎部分のしっかりした学習が求められる。このコースのための教科書として書かれたものが、物理学（日本）と Physics 2（英国）である。

物理学は大別して、ニュートン力学・電磁気学・量子力学・相対性理論・統計力学など基礎理論の分野と、物性物理学・流体物理学・原子および原子核物理学・宇宙物理学など個別対象に即した応用的な分野に分けられる。将来物理学を用いるものにとって、高校は物理学の初歩を習得する時代と位置づけたとき、力学・電磁気学などの基礎物理学の初歩を主に学習することが望ましい。

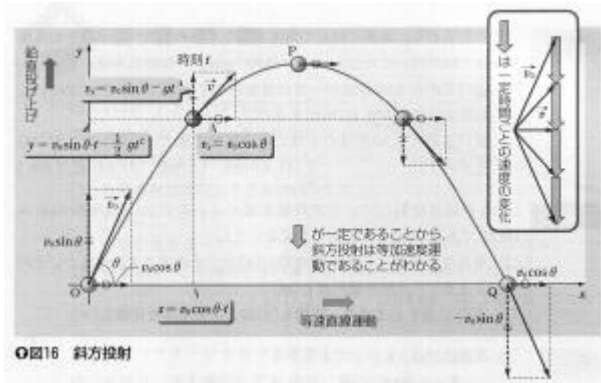
その意味で、物理学と Physics 2 が取り扱っている範囲は妥当である。ただし、物理学の場合、例えば力学の体系的な学習というより（ニュートンの三法則は物理学で触れられているだけ）個別問題に偏りすぎているという傾向がみられるが、この教科書本来の目的から考えれば、より基本的な点からの体系的な理解を目指すまとめ方が求められるように思われる。Physics 2 では、物性物理学・原子・原子核・宇宙などの応用分野は選択コースの教科書に移すことにより、初歩の基礎物理学について体系的な理解ができるようなまとめ方がなされている。ただ原子核・放射能に関する記述に比べて、原子の構造に関する説明が少なすぎる点が気になる点である（選択コースでも原子の構造に関する記述が少ない）。

6.2.3 全体として

日本・米国・英国の三国で使用されている高校の物理教科書から代表的な三種類の教科書である、物理学（日本）と Physics（米国）および Physics 2（英国）を選んで、1）物理学の概念を教えるための教科書、2）大学で理工系のコースに進む生徒のための教科書、という二つの観点から比較検討した。これらの教科書で取り扱うべき範囲は、1）の教科書がより網羅的であるべきであり、2）の教科書は基礎物理学の初歩に重点を置くべきであるという視点に関しては、各教科書とも程度の差はあるがその目的に応じて意識した書き方がなされているといえる。

以上の観点を離れて気がついたことは以下の点である。物理学においては様々な量に付随する単位（unit）が重要であるが、初学者にとってこの単位の扱いにいかに関われるかということが困難な課題となる。物理学はこの点の説明に少し配慮が不足しているようである。Physics および Physics 2 では、例題等で計算の途中の過程でも各量に単位をつけて求めることによって、最後に得られる物理量の単位に関する理解が得られるよう工夫がなされている。

例えば、物理学の20ページ例題（図6.5）と Physics 2 の4ページ worked example（図6.6）の書き方の違いは注目に値する。力の単位はニュートン（N）であるが、これは質量の単位（Kg）と長さの単位（m）および時間の単位（s）を用いて表すと、 $1\text{N}=1\text{ Kg m/s}^2$ となることを理解しておくことが重要である。単位の理解は物理学の基本であると同時に、単位のチェックを通して計算過程の検証にもなることから、教科書の取り扱いでは十分な配慮が求められる。



●図16 斜方投射

例題2 図16の斜方投射について次の値を求めよ。ただし、 $2 \sin \theta \cos \theta = \sin 2\theta$ である(これを二倍角の公式という)。

- (1) 最高点Pに達するまでの時間 t_1 (s)と、その高さ h (m)およびそのときまでの水平移動距離 l_1 (m)
- (2) 点Qに達するまでの、時間 t_2 (s)および水平到達距離 l_2 (m)

解

(1) 最高点では、 $v_y = 0$ であるから

$$0 = v_0 \sin \theta - gt_1$$

$$\text{ゆえに } t_1 = \frac{v_0 \sin \theta}{g} \text{ (s)}$$

$$h = v_0 \sin \theta \cdot t_1 - \frac{1}{2} g t_1^2$$

$$= \frac{(v_0 \sin \theta)^2}{g} - \frac{1}{2} g \left(\frac{v_0 \sin \theta}{g} \right)^2 = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta}{2g} \text{ (m)}$$

$$l_1 = v_0 \cos \theta \cdot t_1 = \frac{v_0^2 \sin \theta \cos \theta}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{2g} \text{ (m)}$$

(2) 点Qでは、 $y = 0$ になるから

$$0 = v_0 \sin \theta \cdot t_2 - \frac{1}{2} g t_2^2$$

$t_2 \neq 0$ であるから

$$t_2 = \frac{2v_0 \sin \theta}{g} \text{ (s)}$$

$$l_2 = v_0 \cos \theta \cdot t_2 = \frac{2v_0^2 \sin \theta \cos \theta}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g} \text{ (m)}$$

注 最高点の前後で、小球の運動は対称的となっている。すなわち $t_2 = 2t_1$ 、 $l_2 = 2l_1$

図 6.5 (数研出版 物理 p.20)

At first sight, this may seem to have nothing to do with energy. Indeed, you could solve the problem using one of the equations of motion. However, the diagram suggests how we can use the idea of energy as an alternative approach.

At point A, the stone has gravitational potential energy. At B, some of this has been transformed to kinetic energy. So these two quantities must be equal:

decrease in GPE between A and B = KE at B

$$mg\Delta h = \frac{1}{2}mv^2$$

Note that m is common to both sides, and cancels out. Substituting values for g and h gives:

$$9.8 \text{ m s}^{-2} \times 1.0 \text{ m} = \frac{1}{2}v^2$$

$$v^2 = 2 \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 1.0 \text{ m} = 19.6 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$$

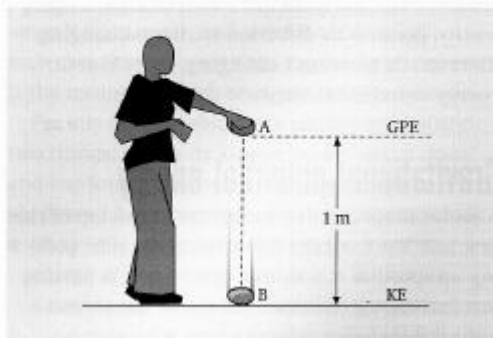
$$v = 4.4 \text{ m s}^{-1}$$

So the stone is moving at 4.4 m s^{-1} when it reaches the floor.

(Notice that *any* stone dropped from this height will reach the same speed, provided that we can ignore air resistance. This follows from the fact that m cancels from the equation.)

Worked example

A stone is dropped from a height of 1.0 m – see figure 1.7. At what speed will it hit the floor? [$g = 9.8 \text{ m s}^{-2}$]



● Figure 1.7 See the worked example.

図 6.6 (Cambridge university press p.4)

理想を述べれば(時間の制約がなければ)、授業の目的によってそれに最もふさわしい教科書を指定し、それにそってじっくり講義することが望ましい。しかし、限られた時間の範囲で、授業で使う教科書として何を指定するかはなかなか困難な問題であり、教科書の足りない点を授業の中でいかに補うかが、問われることになるのではなかろうか。