

本学における力学教育についての一考察

栗 原 芳 三

序 文

本学機械系学科の一年生を対象とする力学をどのように教育すべきか、どのようにしたらよい効果をあげることが出来るか、ということについて長い間苦心してきた。このことに関していささかのべてみたいと思う。

学生は高等学校で物理を二年間にわたって学習してきている。しかし現実においては、力学について理解していなければならないと思われる基本事項を理解出来ていない学生が多い。毎年新入学生を対象に力学演習を行なっているので、学生が力学について理解出来ていない点はある程度把握出来ているが、今回は学生からアンケートを取り、それをもとに力学演習を行ない、出来るだけ多くの学生を理解させるよう努めてみた。そしてこのアンケートをもとにこの稿をまとめた。

I ベクトルについて

<アンケート 1>

諸君達はいままでに数学と物理でベクトルについて学習してきましたが、各自が次のどの項目にあたるか、アンケート用紙に書き入れて下さい。

ベクトルについては

- (1) よく理解出来たと思う。
- (2) 理解出来ているつもりだが自信がない。
- (3) ほとんど理解出来なかった。

(1)と書いた人は次の

- ① ベクトル \vec{A} とベクトル \vec{B} の合ベクトル \vec{R} の大きさと方向の二成分を求めよ。
- ② 三角形 ABC の重心を G とし、任意の一点 O に対する各頂点 A, B, C および重心 G の位置ベクトルをそれぞれ $\vec{A}, \vec{B}, \vec{C}$ および \vec{G} とすれば $\vec{G}=(\vec{A}+\vec{B}+\vec{C})/3$ であることを証明せよ。
- ③ 灯台の真東5海里の海上を船が通過した。それから30分後に、この船は灯台の真

北から 30° 東寄りの方向 8 海里の海上にいた。この船の進路は一直線であり、海面は平面であるとして、この船の速度を求めよ。ただし 1 海里/時 = 1 ノット とする。

のような問題について

(イ) すぐとける。

(ロ) 自分ではとけないまでも、解答をみれば理解出来る。

(イ) または (ロ) と書いて下さい。

(2) と書いた人は「自信がない」ということは、問題①、②、③について、どのような点が理解しにくいのか出来るだけ具体的に書いて下さい。

(3) と書いた人は

(i) どのようなものがベクトルであるか具体的にすぐいえますか。

(イ) いえる (ロ) いえない

(ii) ベクトルの定義について、すぐここでいえますか。

(イ) いえる (ロ) いえない

(i)、(ii) で該当する (イ)、(ロ) を書いて下さい。

アンケート結果。各クラス(1)、(2)、(3)の該当者数の内訳

		(1)		(2)	(3)
		(イ)	(ロ)		
1	機械 A	1	0	36	16
	// B, C	2	6	43	28
	// D	1	7	42	12
	部 生機 A, B	0	7	35	28
2	機械 A, B	1	1	27	55
	部 機械 生機 C	0	0	6	42

(2) の「自信がない」についての内容

- ① 応用問題の場合、計算式を出すまでがわからない。
- ② 応用になると、どういう順番でといたらよいかわからない。
- ③ 問題に関して式の組立て方がわからない。
- ④ 解法の糸口をつかむのに苦労する。
- ⑤ 問題の文章が複雑になると題意を読みとれない。

⑥ 図を画いて解く問題なら大体できるがⅠのような理論的なものが苦手である。

「その他」

- 説明を聞くとわかるが、すぐ忘れてしまう。
- どこがわからないのか自分でもわからない。
- 公式など忘れかけている。

(3)の該当者数の内訳

		(i) (ii)	(i) (ii)	(i) (ii)	(i) (ii)
		(i) (i)	(i) (ii)	(ii) (i)	(ii) (ii)
1	機械 A	3	6	1	6
	〃 B, C	9	5	3	11
	〃 D	4	2	4	2
	部 生機 A, B	10	5	3	10
2	機械 A, B	4	21	0	30
	部 機械 C 生機	5	17	3	17

ベクトルについてのアンケートをまとめた結果は以上である。この表によれば、ベクトルについてよく理解出来ている学生は全く少数で、(2)と答えた学生でも、アンケート用紙に書かれている内容を見ると、ほとんど(3)に属すると思えるのがかなりあった。

註 「高等学校の数Ⅰ、数ⅡB、物理Ⅰ（文部省検定済教科書）においてベクトルの取上げかたは次の通りである。数Ⅰでは、ベクトル（ベクトルの定義）、ベクトルの和、ベクトルの実数倍、ベクトルの計算法則、位置ベクトル（ここで線分 AB を $m:n$ に内分する位置ベクトルについて説明がなされている）、ベクトルの成分、ベクトルの直角成分、数ⅡBでは、数ベクトル、行ベクトル、列ベクトルを経て行列へと続く。そして一次変換から行列の積、逆行列に到っている。次に章をあらためて、空間ベクトル、ベクトルの内積、平面図形と空間図形のベクトル方程式にふれている。物理Ⅰでは、ベクトルの基本的な事柄を簡単に説明した後、もっぱら現象面についての応用という形式をとっている」

そこで、学生がベクトルに対してもっている苦手感をとりぞき、理解をさせるためには、もう一度基本にもどる必要があると考えられる。まずベクトルについて全く基本と思える問題をタイプ別に見てみると大略

(i) ベクトルの合成に関する計算。

(ii) 位置ベクトルを求める計算並びに証明問題。

(iii) ベクトルの応用問題。

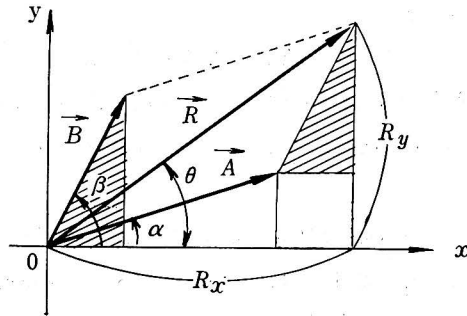
以上のような方法。学生の多くは「このタイプの問題を解くためには、これを知っていればよい」の「これ」が何んであるかを大変欲している。したがって(i)についてはアンケートの中の問題Ⅰを用いばよいと思われる。この問題の解法として $\vec{A}=(A_x, A_y), \vec{B}=(B_x, B_y), \vec{R}=(R_x, R_y)$ とすると $\vec{R}=\vec{A}+\vec{B}=(A_x+B_x, A_y+B_y)$
 $\therefore R=\sqrt{R_x^2+R_y^2}=\sqrt{A^2+B^2+2AB\cos(\alpha-\beta)}$

$$\tan \theta = R_y/R_x = (A \sin \alpha + B \sin \beta) / (A \cos \alpha + B \cos \beta)$$

$$\therefore \theta = \tan^{-1} \{ (A \sin \alpha + B \sin \beta) / (A \cos \alpha + B \cos \beta) \}$$

以上のような方法をしばしば見受けるが「この問題は手の付けようがなかった」という学生が多数いることと、アンケート(2)の⑥にあたる学生も多いことから、問題Ⅰを説明するにあたって出来るだけベクトルの予備知識を必要としない方法が望まれる。したがって次の説明の仕方も一方法ではないかと思われる。

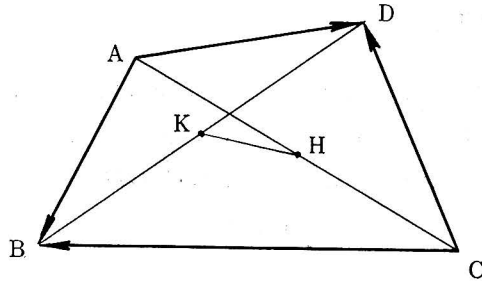
Fig. 1



つまり、三個の位置ベクトル $\vec{A}, \vec{B}, \vec{R}$ の $x-y$ 軸上への正射影をそれぞれ $A_x, A_y, B_x, B_y, R_x, R_y$ とし、斜線部分の二つの三角形の合同を示す。これより $R_x = A_x + B_x$
 ……① $R_y = A_y + B_y$ ……②であるから $A_x = A \cos \alpha, B_x = B \cos \beta, R_x = R \cos \theta, A_y = A \sin \alpha, B_y = B \sin \beta, R_y = R \sin \theta$ を①, ②へ代入し計算をすることによって
 $R = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB \cos(\alpha - \beta)}, \theta = \tan^{-1} \{ (A \sin \alpha + B \sin \beta) / (A \cos \alpha + B \cos \beta) \}$
 となることを理解させる。しかるのち、二つのベクトル \vec{A}, \vec{B} が具体的に与えられたら、それらを代入するだけでよいことを理解させる。このように説明することによって大半の学生を理解させることが出来た。

(ii)についても多くの学生は、どういう考え方を基本とし、どのように解けば良いのかに困難さを感じている。実際教室等で学生から次のような質問をよく受ける。

Fig. 2



「四辺形 $ABCD$ において、二つの対角線 AC および BD の中点をそれぞれ H, K とすれば、 $\overrightarrow{AB} + \overrightarrow{AD} + \overrightarrow{CB} + \overrightarrow{CD} = 4\overrightarrow{HK}$ なることを証明せよ」の解答は

$$\left. \begin{aligned} \overrightarrow{AB} &= \overrightarrow{AH} + \overrightarrow{HK} + \overrightarrow{KB}, & \overrightarrow{AD} &= \overrightarrow{AH} + \overrightarrow{HK} + \overrightarrow{KD} \\ \overrightarrow{CB} &= \overrightarrow{CH} + \overrightarrow{HK} + \overrightarrow{KB}, & \overrightarrow{CD} &= \overrightarrow{CH} + \overrightarrow{HK} + \overrightarrow{KD} \end{aligned} \right\} \dots\dots(1)$$

$$\begin{aligned} \therefore \overrightarrow{AB} + \overrightarrow{AD} + \overrightarrow{CB} + \overrightarrow{CD} \\ = 4\overrightarrow{HK} + 2(\overrightarrow{AH} + \overrightarrow{CH} + \overrightarrow{KB} + \overrightarrow{KD}) \end{aligned}$$

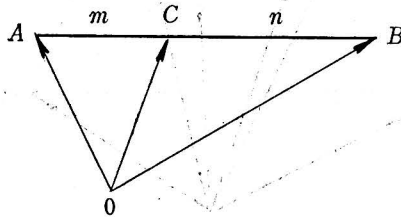
ところで、 $\overrightarrow{AH} = -\overrightarrow{CH}, \overrightarrow{KB} = -\overrightarrow{KD}$

$$\therefore \overrightarrow{AB} + \overrightarrow{AD} + \overrightarrow{CB} + \overrightarrow{CD} = 4\overrightarrow{HK}$$

となっている。(1)式の右辺は読めば理解出来るが、こういう方法は自分ではとても考えつかない。こういったタイプの問題を解く時、もっと平凡な考え方で解く方法を教えてもらいたい。ここで注目しなければならないことは、このような質問をする学生は機械系学科でかなり出来が良い学生であるということである。大半の学生は理解出来なければ出来ないまま、理解をする努力もしていない。そこで少々遠まわりでも良いから、出来るだけ多くの学生を理解させるためには次の方法が良いのではないかと思われる。

すなわち、線分 AB を $m:n$ に内分する点を C とし、 C をあらわす位置ベクトルを

Fig. 3

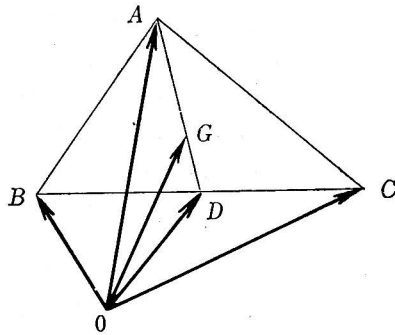


\overrightarrow{OC} とするとき (Fig. 3)

$$\overrightarrow{OC} = \frac{n\overrightarrow{OA} + m\overrightarrow{OB}}{m+n} \dots\dots(2)$$

であることを良く理解させたのち、アンケートの問題図は (Fig. 4) $\triangle BOC$ と $\triangle AOD$ に着目して(2)式を二回用いれば良い。それから前記のような問題も、また(2)式を用いて (Fig. 5) $\triangle BOD, \triangle AOC$ から、それぞれ $\overrightarrow{OK}, \overrightarrow{OH}$ を求め

Fig. 4



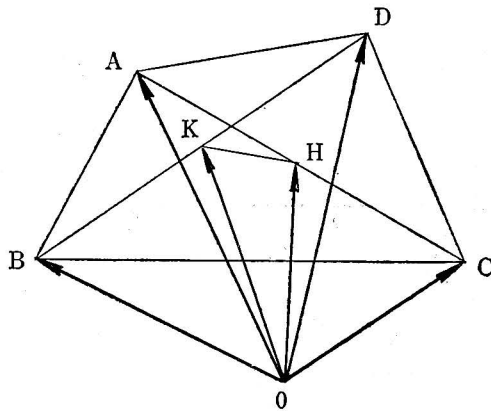
$$\begin{aligned} \overrightarrow{HK} &= \overrightarrow{OK} - \overrightarrow{OH} \\ &= (\overrightarrow{OB} + \overrightarrow{OD} - \overrightarrow{OA} - \overrightarrow{OC})/2 \end{aligned}$$

ここで $\overrightarrow{AB} = \overrightarrow{OB} - \overrightarrow{OA}, \quad \overrightarrow{AD} = \overrightarrow{OD} - \overrightarrow{OA}$
 $\overrightarrow{CB} = \overrightarrow{OB} - \overrightarrow{OC}, \quad \overrightarrow{CD} = \overrightarrow{OD} - \overrightarrow{OC}$

に着目すれば

$$4\overrightarrow{HK} = \overrightarrow{AB} + \overrightarrow{AD} + \overrightarrow{CB} + \overrightarrow{CD}$$

Fig. 5



となることを、ていねいに説明し、学生の理解をみとどけた上で、このような問題はベクトルの和と差、並びに(2)式が理解出来ていれば特殊な発想を必要とすることなく大体解決される。このように教示することによって、今まで学生がベクトル計算に対していただき続けてきた不理解点をかなりはっきりさせることが出来た。

(iii) ベクトルの応用問題について

ベクトルがどのようなものであるか理解出来ていない状態の学生、またその程度は理解していても、ちょっとした計算になると出来なくなってしまう学生にとって、応用問題ほどこいやなものななかろう。応用問題は多種多様である。本来ならば、これらの問題を全てタイプ別に分け、問題解決の糸口と、その着目点を学生に示すべきことではあるが、残念ながらこれは筆者の能力をはるかに越えている。そこでタイプの異なる何題かの応用問題を、学生をして徹底的に理解させ、これを基礎とし、その他の問題を解決しようとする意欲をもたせるようにすることが望ましいのではないかと考えられる。幸い(i)、(ii)を理解し、ベクトルに対して興味を示し出した学生は、応用問題に対して完全拒絶型ではなくなっている。したがって、これらの学生に応用問題を理解させ、自信をつけさせるためには、出来るだけ基本にもどり、ていねいな説明を必要とする。1～2の例題をここでとりあげてみる。さて、学生はアンケート(2)の①、③、④および「その他」のようにうたっているのであるから、例えば「静水を v_0 の速さで進みうる舟を使って、 v の速さで流れる川を垂直に渡るには舟の進路をどうきめればよいか」の解答の説明についても、先ず図(Fig. 6)において「舟が川に対して垂直に渡るためには、どのような方向に進んだらよいか」と学生に質問をしてみる。そして学生の理解をみとどけた上(Fig. 7)ははじめから舟が川に対して垂

Fig. 6

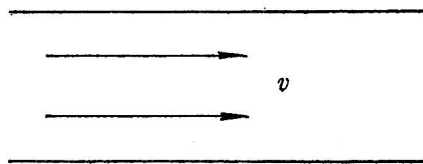
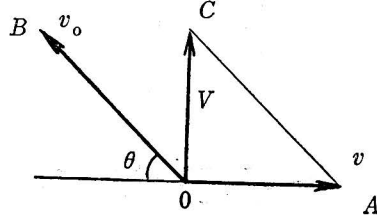


Fig. 7



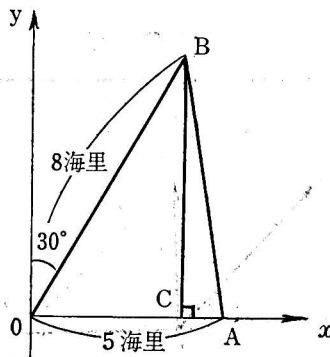
直に動くと川の流れを受け川に対して垂直にはならない。したがって図のように \overrightarrow{OB} の方向に行く必要がある。そして \overrightarrow{OA} と \overrightarrow{OB} の合ベクトル \overrightarrow{OC} が OA と直角になるようにすればよい、と説明することによって「この問題は手の付けようがない」という学生までも含めて大多数の学生を理解させることが出来た。

次にアンケートの中の問題④であるが、この問題の内容を図にあらわすことが出来る学生は少なかった。一体どのようなところが理解しにくいのか学生に質問をしてみた結果

- (1) 灯台の真東5海里の海上を船が通過した。
 - (2) それから30分後に、この船は灯台の真北から 30° 東寄りの方向8海里の海上にいた。
- (1)はすぐ理解出来るが(2)がわかりにくい、したがって(1)と(2)を一緒にして考えると「ごちゃごちゃ」になってしまうとのことであった。

筆者が見る限りでは、大半の学生が応用問題に対して苦手と感じる点は、問題をしっかり把握しての後、自分なりにあらゆる手段を講じたが解くことが出来ない。そしてこのようなことが次々に積み重なって嫌いになってしまった。ということではなく、それ以前の段階、つまり問題を読んでもその内容が理解出来ず、解法に必要とされる参考図すら画くことが出来ない状態である。したがって、学生が何んとか自信をもつまでは、くどい位のていねいな説明を必要とするのではなかろうか。そこで問題④において、灯台を原点にとり x - y 軸の正方向をそれぞれ真東、真北とすれば、 x 軸上で($x>0$ の方向に)原点から5海里の点より、 y 軸($y>0$)から x 軸($x>0$)の方向に 30° で、かつ原点から8海里の点へ船は動いているのである。(Fig. 8)したがって、図より AB の大きさと \overrightarrow{AB} の方向を求めればよい。これは簡単な図形の問題と

Fig. 8



同じである。等と学生に説明することによって、この問題はわからないとあきらめていた多くの学生を理解させることが出来た。

II 落体および放射体の運動について

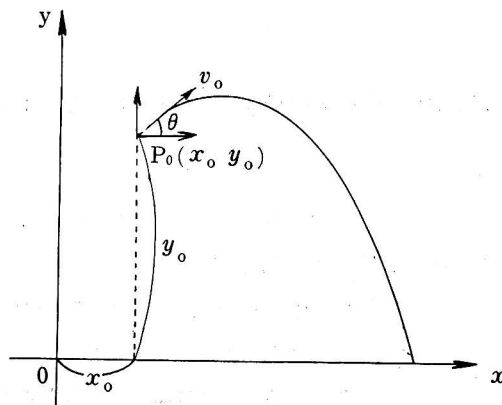
筆者が毎年見て来たところによると、落体および放射体の運動の基本的なものについて、学生は大体理解出来ていると思われるので、今回はこのことにつきアンケートはとらなかった。しかし毎年学生から感じさせられることは、学生が公式依存主義に陥ってしまって公式と公式の間のつながりを理解出来ていないということである。確かに受験雑誌や参考書等を見ると

自 由 落 下	鉛 直 投 げ 下 ろ し	鉛 直 投 げ 上 げ
$v=gt$	$v=v_0+gt$	$v=v_0-gt$
$h=\frac{1}{2}gt^2$	$h=v_0t+\frac{1}{2}gt^2\cdots(1)$	$h=v_0t-\frac{1}{2}gt^2$

のように整理されている。これはこれで意味があると思うが、学生は鉛直投げ下ろしのときは g はプラスで、鉛直投げ上げのときは g がマイナスである。という程度の理解の仕方であって、これらの公式（特に(1)）がどのようにして導かれたのかを説明出来ないことが多い。したがって、これらの公式を統合するためには、次のような説明をすることが望ましいのではないと思われる。

水平方向に x 軸、鉛直上方に y 軸をとり、初速度の大きさを v_0 、そして水平に対して θ の方向に点 P_0 から投げ出されたものとすれば、時間 t の後の変位 x および y は (Fig. 9)

Fig. 9



$$x=x_0+v_0t\cos\theta\cdots(2) \quad y=y_0+v_0t\sin\theta-\frac{1}{2}gt^2\cdots(3)$$

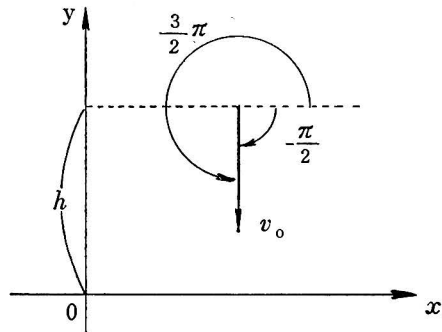
- (i) ここで質点を高さ h のところから自然落下させ、時間 t の後に地上に到達したとすると、 $v_0=0, y_0=h, y=0$ であるから(3)より

$$0=h-\frac{1}{2}gt^2 \quad \therefore h=\frac{1}{2}gt^2$$

- (ii) 高さ h の点から初速度 v_0 で鉛直下方に投げ下ろし、時間 t の後に地上に落下したものとすれば (Fig. 10)

$$0=h+v_0t\sin\frac{3}{2}\pi-\frac{1}{2}gt^2 \quad \therefore h=v_0t+\frac{1}{2}gt^2$$

Fig. 10



- (iii) 地上より鉛直上方に質点を初速度 v_0 で投げ上げ、時間 t の後に高さが h になったものとすれば

$$h=v_0t\sin\frac{\pi}{2}-\frac{1}{2}gt^2 \quad \therefore h=v_0t-\frac{1}{2}gt^2$$

以上のように説明をしたあとで(2)式、(3)式が実はこれらの公式のもとになっている。このことを教示することによって公式と公式のつながりを学生に理解させることが出来るのではないかと考えられる。

III 力の重力単位（工学単位）とつり合いの問題について

<アンケート 2>

諸君達は高等学校で力の重力単位（工学単位）並びに、つり合いの問題について学習してきたと思います。次の質問に答えて下さい。

- (1) 質量の kg と力（重量）の kg（kg 重）の関係について理解出来ましたか。

(イ) 良く理解出来ている (ロ) 理解出来ていない。

(ロ)と答えた人は、どのようなところで混乱しているのか出来るだけ具体的に書いて

下さい。

(2) つり合いの問題について

つり合いの問題にも、色々なタイプの問題がありますが、基本的と思える問題なら大体解ける自信がありますか。

(イ) ある (ロ) ない

(イ)と答えた人も(ロ)と答えた人も、例えば次のような問題「長さ1 m の糸に重さ12 kg の物体を結んでつるしてある。いまこの物体に9 kg の水平な力を作用させてつりあわせるとき、糸の張力および物体の水平移動距離を求めよ」は解けますか。解けないとしたらどのようなところがひっかかるのか出来るだけ具体的に書いて下さい。

アンケート結果

		(1)の該当者数		(2)の該当者数	
		(イ)	(ロ)	(イ)	(ロ)
1	機械 A	11	33	14	30
	// B, C	29	44	27	46
	// D	13	33	20	26
	部 生機A, B	21	49	37	33
2	機械A, B	23	59	15	67
	部 機械 C 生機	5	40	11	34

(1)の「どこが混乱しているのか」についての内容

- ① kg 重と N, dyn 等の関係がわからない。
- ② 質量と重さの違いがわからないので、kg 重の区別もわからない。
- ③ 問題を解くうえで、kg 重や gr 重を kg や gr になおして計算するとき、どうやって基準の単位になおしていいのかがわからない。

「その他」

- ① 高等学校のとき、力は全て N か dyn であらわし、kg 重は用いなかったので全くわからない。
- ② kg 重とはどのような物理量なのかわからない。
- ③ kg 重は重さなのか力なのか、はっきりしない。

(2)の「どこがひっかかるのか」についての内容

- ① つり合いの式をたてることが出来ない。

- ② 力がつり合っているとき、それらの力をどのような成分に分解すればよいのかわからない。

「その他」

- ① 図につり合いの力関係がかけない。
 ② 張力の考え方がわからない。
 ③ 力がつり合っている時とは、どういう状態なのかわからない。
 ④ 問題の意味が理解出来ない。

アンケート 2 についての結果は以上の通りである。

(1) 力の重力単位について

力の重力単位の説明については各参考書に色々と述べられているが、現状において工学関係の専門書では、力（重量）を kg-wt (kg 重）として質量をあらわす kg との区別をしていない。すべて kg で書かれている。したがって学生が書物に接する上で、そこに書かれている kg が力をあらわすものか、質量をあらわすものかを区別出来るようにすることが望ましいと考えられる。

そこで教室では、力（重量）をあらわす kg を赤色で、質量をあらわす kg を黄色で書くものと学生と約束する。そして、このことについては次のように説明することが望ましいのではないかと考えられる。

$w=mg$ より $100 \text{ kg}=100 \text{ kg} \times g$ （ここで左辺の kg は赤色で右辺の kg は黄色となる）

この式をもとに重さ 100 kg の物体の質量は 100 kg 、質量 100 kg の物体の重さは 100 kg であることを教示する。そして、これらを M.K.S 絶対単位系であらわすと、重さ 100 kg の物体の質量は

$$100 \text{ kg} \times g = 100 \text{ kg} \quad (\text{左辺の } \text{kg} \text{ は黄色、右辺の } \text{kg} \text{ は赤色})$$

$$\therefore 100 \text{ kg} = \frac{100}{9.8} \text{ kgs}^2/\text{m} = 10.2 \text{ kgs}^2/\text{m}$$

となる。これは前に説明したことと数値が異なるが、 $10.2 \text{ kgs}^2/\text{m}$ の中の kg は実は重さ（赤色の kg ）であるから矛盾はない。このように説明することによってかなり学生を理解させることが出来た。

この上で例えば、次の問題「重さ 1 ton の車に重さ 50 kg の人が乗り、一端を車に結びつけた水平な綱の他端を 42 kg の力で引くとき、車のうる加速度を求めよ」を

(i) 加速度を a とすれば

$$F = \frac{w}{g} a \quad \therefore a = \frac{g}{w} F, \quad a = \frac{9.8 \text{ m/s}^2 \times 42 \text{ kg}}{1050 \text{ kg}} \quad (\text{kg は赤色})$$

(ii) $42\text{kg}=42\text{kg}\times g$, $1050\text{kg}=1050\text{kg}\times g$ より

$$42\text{kg}\times g=1050\text{kg}\times a \quad \therefore a=\frac{42\text{kg}\times 9.8\text{m/s}^2}{1050\text{kg}} \quad (\text{kg は黄色})$$

のように説明を加え、どちらの考え方で解いても答は一致することを教示する。そしてさらに

$$1\text{kg}=1\text{kg}\times g=9.8\text{N}=9.8\times 10^5\text{dyn}$$

の説明をつけ加える。ここにいたっても、まだ力の重力単位に違和感をもっている学生には、我々が買物をするとき、ミカンを9.8N 下さい、肉を4.9N 下さいと店先でいうだろうか。この重力単位における力のkg は、むしろ力の生活単位、力の日常単位ともいうべきものである。等と説明をすることによって、学生をより多く理解させることが出来るのではないかと考えられる。

(2) つり合いの問題について

アンケートで知られるように、このことについて理解出来ていない学生数は多い。「その他」の②、③に該当する学生も多数いるのであるから、張力と力のつり合いについては基本にもどり、次のような説明を必要とするものと考えられる。例えば物体が糸でつるされたとき、糸が物体から引かれる力と、糸が物体を引く力、すなわち張力とは作用、反作用の関係である。そして力のつり合っているということはあくまでも、一つの物体に働いているいくつかの力の関係について考えるものである。以上のことを学生によく理解させた上で、現在の程度のつり合いの問題を解くためには

(i) 問題をよく読んで、簡単な図をかく。

(ii) その図の中に題意の力を全てかき入れる。

(iii) 原則として、水平と鉛直以外には力を分解しない。

(iv) 水平と鉛直の正負の方向を座標軸の正負の方向と一致させておく。

(v) 方向を含めて、水平分力の総和を零、鉛直分力の総和を零とする。

このようなことが問題を解く上での基本となっているのである。と教示することが望ましいものと思われる。そして斜面に関する問題についても理解出来ていない学生数は多いのであるから、この場合においても、斜面にそってx軸、斜面に垂直方向にy軸をとり(摩擦等力の考え方は入るが)(i)から(v)の考え方を適用すれば全く同様に問題を解決することが出来ることを説明する必要があると思われる。

ま と め

比較的学生数の多い本学機械系学科力学教育(工業力学演習)にあたって、全体的

栗 原 芳 三

レベルの向上をはかるにはどうしたらよいのであろうか、との観点に立って、日頃の学生との接触による試行錯誤の中に見出された、いくつかの最大公約数とも思えることを、自己満足に走るやを恐れつつまとめてみた。いまだ経験の浅い筆者の至らぬ点を御叱責いただけたらと存念致しております。

おわりに、この稿をまとめるようにすすめて下さった上、閲読されて懇切な多くの助言を与えて下さった河合麟次郎教授と、学生からアンケートを取る際に色々と御協力下さった山口正博助教授に御礼を申し上げます。

参 考 文 献

- (1) 基礎物理学 金原寿郎 褒華房
- (2) 初等力学 森口繁一 培風館
- (3) 基礎力学演習 杉山隆二 培風館
- (4) 物理学演習 佐藤瑞穂 培風館
- (5) 力学演習 若桑光雄 培風館
- (6) 物理精義 I, II 吉本 市 培風館
- (7) 物理 I 戸田盛和 他 大日本図書
- (8) 数学 I, II B 正田健次郎 他 啓林館

(くりはら よしぞう 本学助手・機械工学)