序　　文

本テキストは既版「機械一般」の上級編として、執筆したもので特に次の点を考慮して編集した。

1．テキストの内容が理解しやすいように、表題を出来るだけ平易にし、図・表も努めて多く取り入れた。

2．体系的に理解を深めるために、各章に「学習のポイント」「用語の解説」「まとめ」の項目を設けた。

3．具体的な理解と、実践的な応用能力を養うために各章で実用的な例題を取り上げた。

これらの意図を十分に活用され、日常職務の遂行に多大の成果を修められるよう期待いたします。

なお、上級編は相互に独立させた三分冊で構成されており、本テキストはその第一分冊である。

第1章　力

（はじめに）

物体に働く力の合成、分解、力のつりあいなどの問題を取り扱う静力学、運動をしている物体に働く力の作用などの力と運動の関係を取り扱う動力学をあわせて力学といい、力学を工学の分野に応用して問題解決の手段とするのを工業力学という。ここで述べるのは工業力学の基礎である。工業力学を十分理解することは機械を合理的に正しく使うことになり、作業能率を向上させることにつながる。また、作業を安全に遂行するためにも重要なことである。力学の知識がなかったために起こる工場災害も少なくない。

学習のポイント

(1)　剛体に働く力のつりあい

(2)　物体の重心、すわり

1．用語の解説

力学でよく使われる基本的な用語のうち、この章に関係のあるものについて解説する。

(1)　質　　点

物体にいくつかの力が働いている場合、それらの着力点が同じであれば物体の大きさ、形状は考えずに、力の合成、分解などができる。このように物体の大きさを考えなくてよい場合、その物体を質点として取り扱う。また、物体の質量が1点に集中したと考えた重心に着目して、物体の運動を論じることができるような場合もその物体を質点として取り扱ってよい。すなわち、質点は質量と位置を持つ大きさのない点である。

(2)　剛　　体

きわめて硬く、外力を受けても変形しない物体を剛体という。すなわち、剛体は距離が常に変わらない質点の集まりであると定義できる。一般には物体は外力によって変形を起こすもので、現実には剛体は存在しないが、その変形の度合がきわめて小さいものは剛体として取り扱ってよい。力学では条件を簡単化するために、物体の変形を無視して運動の変化だけをとり上げて考える場合が多い。外力によって変形が生じる物体には、変形の状態によって弾性体と、

塑性体(そせいたい)とがある。弾性体の性質については第３章以下で学習する。

(3) 力

物体に働いて物体の運動に変化を起こさせる原因となるもの、あるいは剛体以外の物体に変形を起こさせる原因となるものを力という。力の取り扱いについては、次の節でくわしく説明する。

現在、分野を問わず力の単位として SI 単位の N（ニュートン）が用いられている。力の単位の詳細に関しては本章と第２章で扱うことにする。

(4) 物体の重さ

手でささえた物体を放すと物体は地上に落ちる。これは、地球の引力によるものである。物体の受ける地球の引力（重力）の大きさを、その物体の重さという。

質量１kg の物体に働く重力の大きさは約 9.8N であり、1N≒102gf になる。また、工学単位系では，物体の重さを利用して力の単位を定めている。すなわち、質量１kg の物体に働く重力を力の単位１kgf と定めている。

(5) 質　　量

物体の重さをはかるのに、ばねばかりと天びんがある。ばねばかりを用いると、同じ地球上であっても場所あるいは高さが異なれば同じ物体でもわずかではあるがはかりの指示が変わる。もちろん地球上と月面上でもはかりの指示が変わる。

このように物体の重さは場所によって変わる。もし重力のないところがあるとそこでは、その物体の重さは０になる。しかし、重さが０になってもその物体がなくなるわけではない。また、その物体が変化したわけでもない。場所に関係なくその物体固有の量を質量と呼ぶ。

天びんを用いると、ばねばかりとは異なりどこではかっても変わらない。というのも、天びんは、はかろうとする物体と標準となるおもりとのつりあいをとってはかるので、どちらも重力の加速度が働き、重力の加速度は相殺されるからであり、天びんでは質量をはかることになる。

１kg は、４ ℃、1L の純水をもとにして、国際キログラム原器の質量を１kg と定義していた。2019 年５月 20 日に定義の変更が行われ、1889 年より使用されてきた国際キログラム原器が廃止された。現在、１ kg は、プランク定数の値を正確に 6.62607015×10^{-34} J·s と定めることによって設定される。

(6) 密　　度

単位体積当たりの質量を密度という。同じ体積では、密度の大きい物質は密度の小さい物質より重い。４℃の純水の水の密度を１として、他の物質の密度の比を表したものが比重である。４℃の純水１m^3 の質量は、1000kg であるから、比重 7.8 の鋼１m^3 の質量は 7800kg である。

２. 力

剛体に力が作用すれば、運動している物体の速度が変わるか、運動の方向が変わるか、何らかの変化が起こる。また、弾性体であれば変形を生じる。すなわち、力とは物体の運動の状態を変えたり、物体に変形を生じさせる原因となるものである。

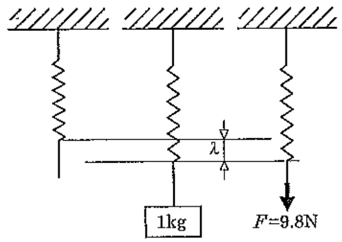
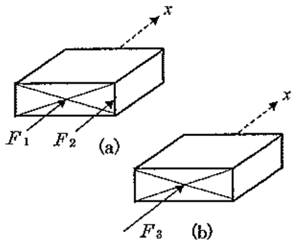


図 1―1　ばねが受ける力



F_1、F_2は大きさが同じで直力点が異なり、
F_1、F_3は着力点が同じで大きさが異なる。

図 1―2　力の三要素

図１－１に示すつるまきばねに質量１kg のおもりをつるしたときλ cm 伸びたとする。このばねを力 F で引っ張ってλ cm 伸ばしたとき、その力 F の大きさは 9.8N である。力が物体におよぼす効果を表すには、その力の大きさのほかに着力点とその向きを示さなければならない（図１－２）。この大きさ、着力点および方向を**力の三要素**という。このように、大きさ、向きを示す必要のある物理量*を**ベクトル量**といい、大きさを表すだけで、十分な物理量を**スカラー量**という。

* 物理量とは長さ、時間、速度、力など、物理現象を述べるときに出てくる量という意味である。

たとえばベクトル量、スカラー量には、次のようなものがある。

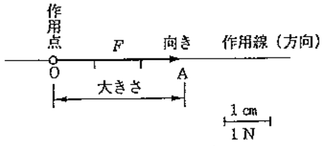
ベクトル量：変位、力、速度、加速度、モーメントなど。

スカラー量：長さ、温度、時間、体積、エネルギーなど。

ベクトル量を記号で表す場合、スカラー量と区別するため記号の上に矢印をつけるか、太文字を使う。たとえば力に対しては $\vec{F}$ や F を用いる。本書では、特に区別せずに記述することとし、ベクトル量に矢印をつけない。

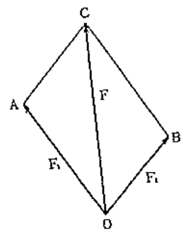
ベクトル量は、次に説明するように、合成、分解することができる。

力を図示するには図１－３のように**作用点**を通り力の方向に引いた直線（作用線）と、その上に任意の長さを単位として力の大きさを長さで表した線分を用いる。たとえば、1 cm の長さを１N で表せば、図１－３の力 F は、３cm の長さであるから、３N で右向きを正（＋）にとれば、$F=+3$ N となる。



力はベクトル量であるから
力を表すにはベクトルを用いる

図１－３　力の図示



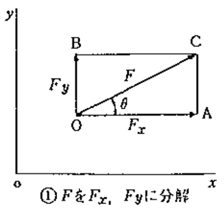
FはF_1，F_2の合力
F_1，F_2はFの分力

図１－４　力の分解、合成(1)

３．力の分解、合成

(1)　同一着力点の力の分解、合成

一つの力をこれと同じ効果を持つ二つ以上の力に、分解することができる。図１－４に示す、一つの力 F を２力 F_1、F_2 に分解したとき、F_1、F_2 を F の**分力**といい、F を F_1、F_2 に分けることを**力の分解**という。力を分解するには、分力の方向が決まらないと分解できない。分力の方向が特に指定されないときは、着力点を原点に選んだ直交座標軸を利用するのが便利である。



①FをF_x，F_yに分解
②F_x，F_yの合成
$F=\sqrt{F_x^2+F_y^2}$

図１－５　力の分解、合成(2)

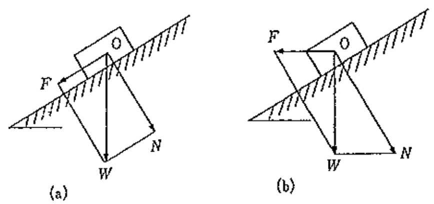


図１－６　力の分解

図１－５で力 F を x，y 軸に投影して、それぞれ F_x、F_y とすると、

$$F_x=F\cos\theta \qquad F_y=F\sin\theta \qquad (1-1)$$

となる。F_x を F の x 軸方向の分力、F_y を F の y 軸方向の分力という。

図１－６は、斜面上におかれた物体に働く重力 W を斜面に垂直な力 N と、斜面に平行な力 F に分解した場合（図(a)）と、W を斜面に垂直な力 N と水平な力 F とに分けた（図(b)）ときの例である。

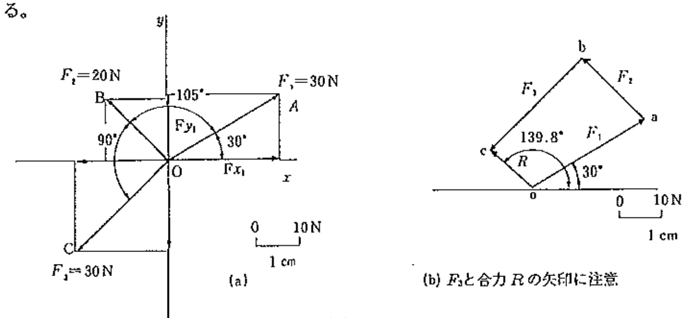
図１－４の力の分解とは逆に、２力 F_1、F_2 を同じ働きをする一つの力 F に合成することを、**力の合成**、合成した力を**合力**という。

力を分解、合成する方法として、ベクトル図を用いる図解法と、三角関数などによる計算法がある。

例題１－１ 図１－７(a)に示すＯ点を、着力点とする３力 F_1、F_2、F_3 を合成せよ。

解き方 (a)　図解法

ベクトルの合成法にしたがって作図する。同図(b)のように、任意の点 o を原点として、水平線と30°をなす直線を引き，1 cm の長さを、10N と定めて $\overline{oa}=3$ cm（$\overline{oa}$ はベクトル oa の長さを表す）をとる。



(b) F_3と合力 R の矢印に注意

図１－７

a から ab//OB、$\overline{ab}=2$ cm をとる。次に b から bc//OC で $\overline{bc}=3$ cm をとる。最後に c 点と o 点を結べば、合力 R のベクトルが得られる。$\overline{oc}\fallingdotseq1.2$cm、すなわち R=12N、$\overrightarrow{oc}$ と水平線となす角 140°の oc の向きであることがわかる（140°は分度器ではかる）。

(b)　計算法

表１－１に示す F_1、F_2、F_3 のそれぞれの力を x 軸方向の分力と y 軸方向の分力に分け、代数和を求めれば合力 R の分力 R_x、R_y が求まる。