ベーシックマスター

よくわかる

構造力学

一般財団法人　職業訓練教材研究会

第１章　構造力学に必要な物理と数学

構造力学を学習するためには，どうしても知っておかなければならない物理と数学がある。ここでは知っていると構造力学の理解を楽にする物理と数学について復習しておこう。

１－１　さまざまな力

構造力学は文字どおり，構造物に力が作用したときの構造物のふるまいについて学ぶ学問である。そこで，力について考えてみよう。

（１）　力とは何だろう（力の定義）

力とは物体を変形させたり，物体の運動の状態に影響をおよぼす原因となる作用をいう。物体に力が作用することで，作用した力により物体の内部を力が流れ，その物体を変形させたり，物体の状態を変えたりする。

（２）　力の表し方

現実の力は目には見えず，作用としてとらえることになる。その目に見えない力を物理や数学では図１－１のように矢印で表すことが多い。

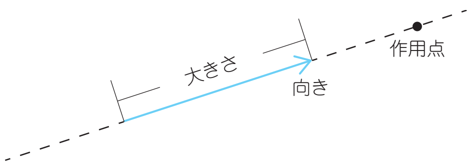


図１－１　力の表し方（力の矢印）

力の矢印には向きと大きさがあり，数学や物理では，このように向きと大きさをもつ量をベクトルとよんでいる。

力の矢印が作用する点，すなわち力が作用する点を作用点という。作用点は矢印の延長線上にあり，この線を作用線という。

一般に力を表す記号は $\vec{F}$ のように Force の頭文字に矢印を付ける場合が多いが，本書では矢印を省略して F で表すことにする。また，単位は国際単位系（SI 単位）で N（ニュートン）である。

重量キログラムとの換算は，

$$1\,\mathrm{kgf} \fallingdotseq 9.8\mathrm{N} \tag{1}$$

構造力学に必要な物理と数学

である。

なお, 質量, 時間, 長さのように大きさだけをもつ量は, ベクトルに対してスカラーという。

(3)　重力

物体は地球の中心に向かって引張られているが，この力を重力という。重力の大きさが物体の重さである。

今，質量が m[kg] の物体の重さは mg[N] である。ここに g は重力加速度であり，地球では約 9.8m/s^2 である。したがって，質量［kg］の物体の重さは 9.8N となるのである。

(4)　面から受ける力

図１－２に示すように，質量 m の物体をテーブルの上に置くと，テーブルには鉛直下向きに mg の重さの重力が生じる。これに対して，テーブルは物体にこれと同じ大きさの力を鉛直上向きにおよぼす。テーブルの面が物体におよぼす力を抗力といい，抗力は重力と逆向きで同じ大きさの力でつり合っているという。

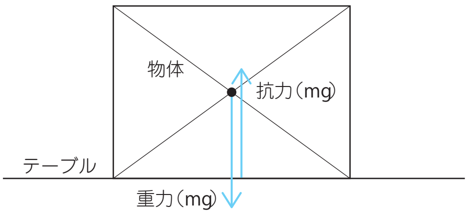


図１－２　重力につり合う抗力

(5)　張力

図１－３に示すように，質量 m の物体を糸で吊すと，糸は物体により引張られる。この力を引張力といい，先と同様に重力とつり合う力である。

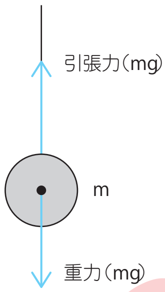


図１－３　引張力と重力

(6)　弾性力

ばねに重りを吊したとき，重りの力 F は伸びの量 x に比例する。

$$F = kx \tag{2}$$

比例定数 k は，ばねのかたさにより決定され，これをばね定数という。この関係は

Robert Hook が提唱したことからフックの法則と呼ばれている。図１－４に示すように，グラフに表すと力 F と伸び x の関係は直線で描かれる。

このように，力が作用して物体が変形しても，作用する力は変形量に比例し，除荷すると物体はもとの形にもどることを，構造力学等では弾性といい，そのような物体を弾性体とよんでいる。

フックの法則に従う現象は構造力学や材料力学で最も基本となることなので，忘れてはならない事項のひとつである。

１－２　力のつり合い

力はベクトルを用いて表すと，大変便利である。先にも述べたように，物体をテーブル等に置いたり，吊したりしても物体が静止しているときは，つり合いの状態にあるという。本書で学ぶ構造力学は，基本的につり合いの学問である。ここでは，構造力学に必要なベクトルの性質を述べ，ベクトルによるつり合いの計算について学ぶことにする。

（1）　力の合成と分解

物体に作用する幾つかの力があるとき，全部の力と同じ働きをする１つの力を求めることを力の合成といい，１つに合成された合力という。

例として F_1 と F_2 の２力で示すことにする。

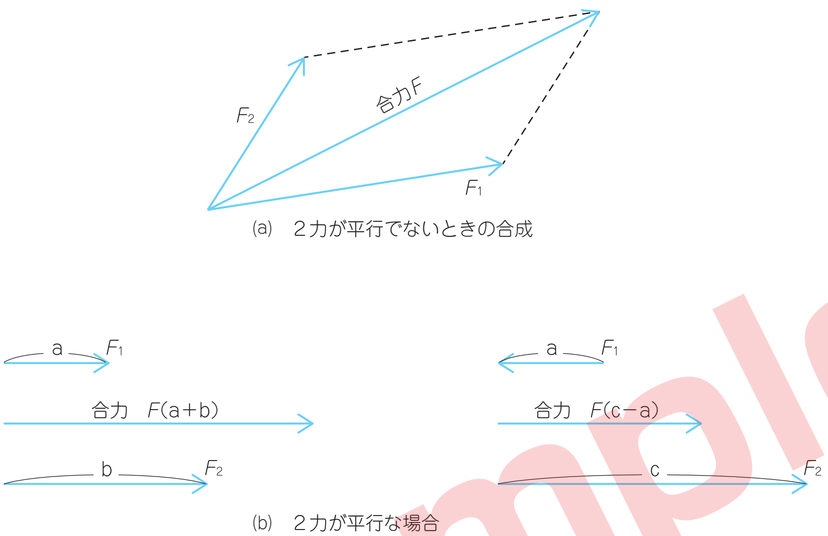


図１－４　力の合成の例

力の合成の仕方は，それぞれの力が平行でない場合と平行な場合に大別できる。まず，２力が平行でない場合の合力は，２力によって作られる平行四辺形の対角線となり，単純な足し算では求めることができない。これに対して，２力が平行な場合は，方向を考えて

単純に足してやればよい。

力の合成とは逆に，力は分解もできる。つまり，ある力のベクトルを分解するには，分解しようとする力のベクトルを対角線として，平行四辺形を作る。その平行四辺形の各辺となるベクトルが分解された力のベクトルである。

例として図１－５に示すベクトルを分解してみよう。

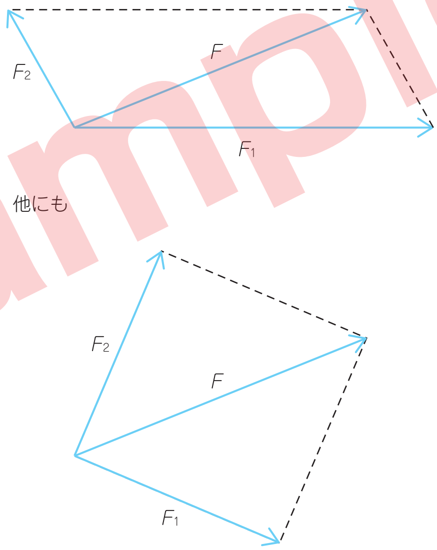


図１－５　力の分解

図１－５のように，力の分解では分解された力は１対だけではない。要は分解しようとする力を平行四辺形の対角線とすればよいので，分解された２力は無限に存在するといえる。しかし，構造力学では，分解された力が鉛直方向と水平方向である場合が最も都合がよい。

構造力学における力の分解の例を図１－６で確認しておこう。鉛直座標をｙ軸，水平座標をｘ軸として，斜めの力 F の分解をしよう。

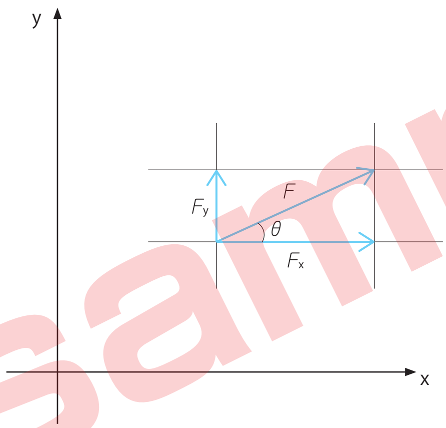


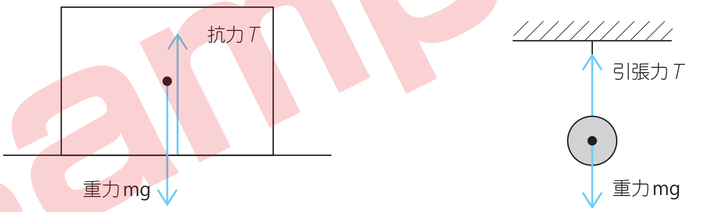
図１－６　構造力学における力の分解の例

この場合の F_x，F_y はそれぞれ合力 F の x 成分（水平方向成分），y 成分（鉛直方向成分）という。それぞれの成分の大きさは次のように表すことができる。

$$F_x = F\cos\theta,\ \ F_y = F\sin\theta \qquad (3)$$

（2） 力のつり合い

一つの物体に幾つかの力が作用していても，それらの合力が０であるとき，これらの力はつり合っているという。図１－２，図１－３を例に，ベクトルを使ってつり合いを表してみよう。



(a)　重力（mg）+抗力（T）=0　　(b)　重力（mg）+引張力（T）=0

図１－７　２力のつり合い

(a)は机の上に物体が置かれている場合を考えればよい。物体の重さ mgは上向きの抗力とつり合っているので動かない。

(b)は重さ mgの物体がひもに吊されており，下向きの力につり合う力はひもに生じる引張力 T とつり合うことを示している。

次に図１－８に示すような２本のひもに物体が吊されている場合を考えよう。この場合は，下向きの力である物体の重さ mg(＝W)とそれぞれのひもに生じる引張力の３力がつり合うことになる。

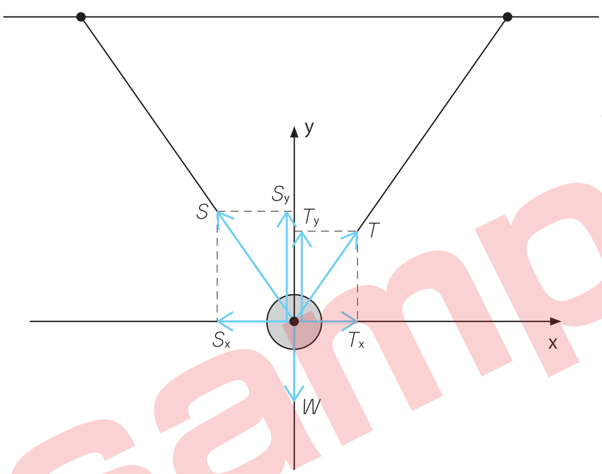


図１－８　３力のつり合い