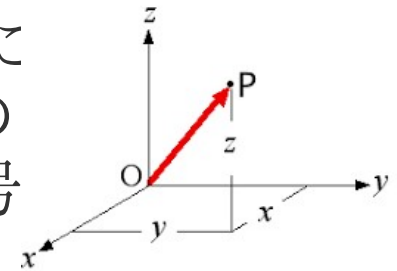


§2.3 (広い空間の運動状態を記述する. ベクトル)

- 質点 物体を点状とみなし, 力学で予測できる結果は多い.
例えばアポロ月探査船の軌道計算.

- 位置ベクトル 図 2.8. 質点の位置 P を作図するには座標軸 x, y, z と原点 O が必要. P の x 軸方向の位置を単に x と表すなどして結局, 位置 P を記号で $\vec{OP} = (x, y, z)$ または \vec{OP} を \mathbf{r} で表わし (2.13), 位置ベクトルと呼ぶ.

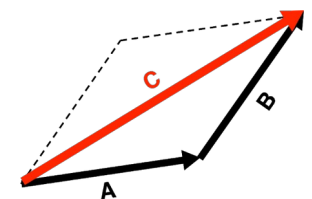


$$\vec{a} = (X_a, Y_a) \quad \vec{b} = (X_b, Y_b) \quad \vec{c} = (X_c, Y_c)$$

- ベクトル \mathbf{A} と \mathbf{B} の加算は (2.16) のように計算で求める方法と, 図 2.9 の作図で求める方法がある (\mathbf{A} と \mathbf{B} を平行移動し, \mathbf{A} の終点に \mathbf{B} の始点を合わせる. \mathbf{A} の始点から \mathbf{B} の終点に向かう矢印を $\mathbf{C} = \mathbf{A} + \mathbf{B}$ とする. これより減算 $\mathbf{B} = \mathbf{C} - \mathbf{A}$ も作図法で定めることができる).

$$\vec{a} + \vec{b} = (X_a + X_b, Y_a + Y_b)$$

$$\vec{a} + \vec{b} + \vec{c} = (X_a + X_b + X_c, Y_a + Y_b + Y_c)$$



- ベクトルの係数倍は, 右の作図においてベクトルの長さを係数倍に拡大するか, $a\mathbf{A}$ や (aX_A, aY_A, aZ_A) (2.18) のように記す.

(§ 2.3 の続き)

- ベクトル \mathbf{A} の大きさ (長さ) を, $|\mathbf{A}|$ または A (細字) と記す.
- N0201 上図と $\mathbf{r}=(x,y,z)$ より, $|\mathbf{r}|=\sqrt{x^2+y^2+z^2}$ となる.
 $\mathbf{A}=(A_x, A_y, A_z)$ のとき, \mathbf{A} は N0201 の下図の様に分解できて, 上図の x, y, z 座標上にも (A_x, A_y, A_z) に分解・表示できる. よって $A=\sqrt{A_x^2+A_y^2+A_z^2}$ である.
- 一般のベクトルは空間に描いた矢印と考えてよい. よって平行移動しても同じベクトルである. ただし, 図 2.8 の \mathbf{r} は原点が定められた特別なベクトルである.
- ベクトルでないただの数をスカラーと呼ぶ.

(§ 2.3 の続き)

- 一般に P(ベクトル \mathbf{r}) は Δt 経つと P' へ動く (図 2.11). 時間の関数なので $\mathbf{r}(t)$ と書くことがある. $\overrightarrow{PP'}$ は \mathbf{r} の変化量で §2.1 の Δx を 3 次元にした量なので $\Delta \mathbf{r}$ と表す. (2.13) より,
$$\Delta \mathbf{r} = \overrightarrow{OP'} - \overrightarrow{OP} = (x + \Delta x, y + \Delta y, z + \Delta z) - (x, y, z) = (\Delta x, \Delta y, \Delta z)$$

(2.21). また, $\Delta \mathbf{r} / \Delta t$ = 向きをもつ平均速度で瞬間値の速度ベクトルは $\mathbf{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \Delta \mathbf{r} / \Delta t = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} (\Delta x / \Delta t, \Delta y / \Delta t, \Delta z / \Delta t)$
 $= (v_x, v_y, v_z)$ で一般に時間の関数 $\mathbf{v}(t)$ である. $\mathbf{v}(t + \Delta t)$ を平行移動して始点を $\mathbf{v}(t)$ と一致させると図 2.11 のように作図できて, Δt の間の平均加速度は $\{\mathbf{v}(t + \Delta t) - \mathbf{v}(t)\} / \Delta t = \Delta \mathbf{v} / \Delta t$. その瞬間値の加速度ベクトルは $\mathbf{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \Delta \mathbf{v} / \Delta t =$
 $\lim_{\Delta t \rightarrow 0} (\Delta v_x, \Delta v_y, \Delta v_z) / \Delta t = (a_x, a_y, a_z)$.
- 運動学を記述する基本知識はこれ位で済む.

§3.1 (運動を直接決定する量である力の知識)

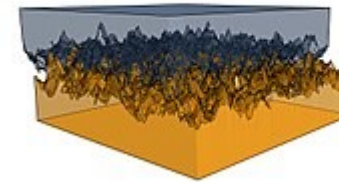
- 力はベクトルであり, 合成・分解が可能. また, 力の分解の仕方 (無限通りある) をどう変えても結果 (力を受ける物体の運動の状態) は変わらない.
- **万有引力** 距離 r 離れた質量 M, m の2つの質点の間に働く力 F は引力で $F = G \frac{Mm}{r^2}$ (3.5) と実験で分かった.
- 地表近くの質量 m の物体に働く**重力**は (3.5) より mg ($g=9.80 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$) であり, また, 質量 1kg に働く重力は $9.80 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ と分かる (例題2). これを 9.80N と呼ぶ.
ニュートン
- 重力加速度 g の値は場所によって異なるが, それでは不便なので物理学では, 地表付近では $9.80 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ の一定値がよく使われる. 工学ではパリの値 $9.80665 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ よりの $9.81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ がよく用いられる.

力の種類 §3.2(3.9)(3.10)

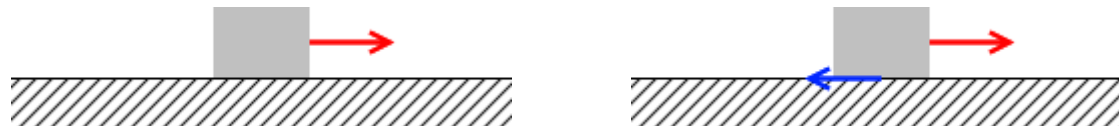
(運動状態を求めるときに、どの種類の力を考慮すべきか。身近な例から順に紹介)

- **静止摩擦力** 0 から最大摩擦力 F_m 迄の範囲で働く。下図真ん中を物体が静止した図として、力の矢印の長さの最大値が F_m 。以下では、接し合う物質の接し方で決まる係数 μ と、物質の接触面を押し付け合う力 N で F_m が決まる場合に話を限定する。
- **動摩擦力** 物体の速さによって変わる場合は最初は考えず、係数 μ' と N で決まる場合に限る。

摩擦力の一般の説明のための図。
wikipedia 摩擦力 より



$F_m = \mu N$ (3.9) の説明。HP わかりやすい高校物理の部屋 [摩擦力] より
上から 2% の所の図



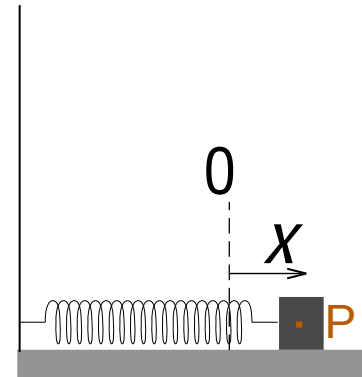
動摩擦力では $F' = \mu' N$ (3.10)

上から 55% の所の図



力の種類 束縛力と §3.4(3.13)

- 束縛力 F 図 3.5, 3.12, 4.10 のように, 運動がある面 S や曲線 L 上に制限される場合がある. 頭の中で S や L を外してみても, 同じような運動が起こるためには, 束縛力 F が加えられて起こると説明することができる. F は容易には測定できないが, 確かに存在すると考えることができる.
- ばねの復元力 F 図のようにばねを自然に横たえて片方の端を固定し, ばねの他端 P を距離 x 引いて伸ばす (距離 x 押して縮める) と, P は自然の位置 (O とする) に戻ろうとするばねの力 F を受ける. x が十分に小さいときは $F = -kx$ がよく成立し, 正の係数 k はばね定数と呼び, ばねの固さを意味する.



- 上記の, O に戻るように働く力を復元力 (§3.4) という. 復元力 $F = -m\omega^2 x$ (3.13) の F は x に比例し, 比例係数 k が $m\omega^2$ に相当する. 図のおもりに比例係数 k の復元力が働くとき, おもりの質量 m が大きい程 ω^2 は小さくなり, 振動がゆっくりとなる (ω は往復運動の 1s あたりの振動回数の 2π 倍を意味する). 以上, 力の呼び方は 2 通りあるが, その係数が以上のような意味をもつからであると理解すればよい.

