

# 5

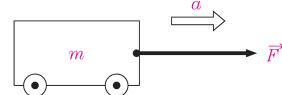
# 運動の法則

## 1 ニュートンの運動の三法則

- 慣性の法則(運動の第1法則)** 物体に力がはたらかないか、あるいはいくつかの力がはたらいていても力がつり合っている(合力0)ときは、静止している物体は静止を続け、運動している物体は等速直線運動を続ける。
- 運動の法則(運動の第2法則)** 物体に力がはたらくとき、物体には力と同じ向きに加速度が生じる。加速度の大きさ $a$ は、はたらいた力の大きさ $F$ に比例し、物体の質量 $m$ に反比例する(2力以上の力がはたらく場合は合力を考える)。
- 作用・反作用の法則(運動の第3法則)** 物体Aが物体Bに力を及ぼすと、同時に物体Bは物体Aに同一作用線上にあって、大きさが等しく、向きが反対の力を及ぼす。

## 2 運動方程式

- 力の単位：ニュートン[N]** 運動の第2法則により、質量1kgの物体にはたらいて、 $1\text{m/s}^2$ の加速度を生じさせる力の大きさを1ニュートン(記号N)と定める。
- 運動方程式** 質量 $m[\text{kg}]$ の物体に作用する力(力の合力)を $\vec{F}[\text{N}]$ 、生じる加速度を $\vec{a}[\text{m/s}^2]$ とすると、運動の第2法則は、  
$$m\vec{a} = \vec{F}$$
と表される。これを運動方程式という。



## 3 重力と質量

- 重力** 地球にある物体が、地球の中心に向かって引かれる力。重力の大きさをふつう重さ、または重量ともいう。場所によってわずかに異なる。
- 質量** 慣性の大きさを表す量。物体に固有の量であり、場所によって変化しない。

## 4 単位と次元

- 国際単位系(SI)** メートル[m]、キログラム[kg]、秒[s]などを基本単位とする。
- 次元(ディメンション)** ある物理量が、質量、長さ、時間などをどのように組み合わせてできているかを示すもの。質量を[M]、長さを[L]、時間を[T]で表す。  
例 速さ[m/s]の次元は[LT<sup>-1</sup>]、力[N]の次元は[MLT<sup>-2</sup>]



## 5 いろいろな力

- 10. 静止摩擦力** あらい面上で物体を動かそうとするとき、物体が動き出すのを妨げる向きにはたらき、物体を静止させたままにする力。動き出す直前に最大となり、このときの摩擦力を**最大摩擦力**という。

$$F_0 = \mu_0 N$$

$F_0$ [N] : 最大摩擦力の大きさ  $\mu_0$  : 静止摩擦係数

$N$ [N] : 垂直抗力の大きさ

**摩擦角** あらい面上に物体を置き、面を徐々に傾けたとき、物体がすべり始める直前の傾きの角を摩擦角といふ。

$$\tan \theta_0 = \mu_0$$

$\theta_0$  : 摩擦角

$\mu_0$  : 物体と面との間の静止摩擦係数

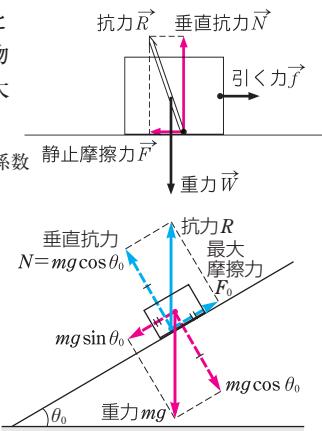
- 11. 動摩擦力** あらい面上を運動している物体に、接触面で運動を妨げる向きにはたらく摩擦力

$$F' = \mu' N$$

$F'$ [N] : 動摩擦力の大きさ  $\mu'$  : 動摩擦係数  $N$ [N] : 垂直抗力の大きさ

- 12. 空気抵抗** 物体の速さとともに大きくなり、物体の運動を妨げる向きにはたらく空気の抵抗力。空気抵抗の大きさを  $f$  とすると、空気中を落下する物体の運動方程式は、 $ma = mg - f$  となる。 $f = mg$  となったとき  $a = 0$  となり、物体の速度は一定となる。この速度を**終端速度**といふ。

**発展**  $f = kv$   $f$  : 空気の抵抗力の大きさ  $k$  : 比例定数  $v$  : 物体の速さ



5

## 6 圧力と浮力

- 13. 圧力** 単位面積あたりの、面を垂直に押す力の大きさ。大きさ  $F$ [N]の力が面積  $S$ [m<sup>2</sup>]の面に垂直にはたらいているとき、圧力  $p$ [Pa]は、

$$p = \frac{F}{S}$$

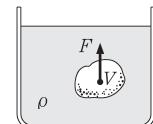
面積 1 m<sup>2</sup> にはたらく力の大きさが 1 N のときの圧力を 1 Pa(パスカル)とする。

- 14. 水圧** 水による圧力。水圧は水深に比例して大きくなる。水の密度を  $\rho$ [kg/m<sup>3</sup>]、重力加速度の大きさを  $g$ [m/s<sup>2</sup>]とすると、水深  $h$ [m]の水中の水圧  $p$ [Pa]は、

$$p = \rho gh$$

水深  $h$  にある物体の面が受ける圧力  $p'$  は、水面が受ける大気圧  $p_0$  と水圧  $\rho gh$  の和である。  $p' = p_0 + \rho gh$

- 15. 浮力** 物体の流体(液体や気体など)中にある部分の体積と同体積の流体の重さに等しい大きさで、鉛直上向きにはたらく力(アルキメデスの原理)。流体の密度を  $\rho$ [kg/m<sup>3</sup>]、重力加速度の大きさを  $g$ [m/s<sup>2</sup>]とすると、物体の流体中にある部分の体積が  $V$ [m<sup>3</sup>]のとき、浮力の大きさ  $F$ [N]は、  $F = \rho V g$





## Step 1 基礎理解

解答編 p.28

- 1 慣性の法則** 電車が動き出すとき、中に乗っている人は [①] へ倒れそうになる。電車が減速するとき、乗客は [②] へ倒れそうになる。これは、物体にはその運動の状態を保とうとする性質 ([③]) があるためである。 **1. ↗**
- 2 運動方程式** 質量 5.0 kg の物体に水平方向に力を加えたところ、生じた加速度は力を加えた向きに  $0.40 \text{ m/s}^2$  であった。加えた力の大きさは何 N か。 **5. ↗**
- 3 重力と質量** 質量 1.0 kg の物体が、加速度の大きさ  $9.8 (=g) \text{ m/s}^2$  で落下している。この物体にはたらく重力の大きさは何 N か。 **6. ↗**
- 4 単位と次元** SI における加速度と力の単位を答えよ。また、次元を示せ。 **8.9. ↗**
- 5 静止摩擦力** あらい水平面上に置かれている質量 4.0 kg の物体に、水平方向に大きさ  $F[\text{N}]$  の力を加えた。水平面と物体との間の静止摩擦係数を 0.50 とする。  
 (1)  $F$  が  $9.8 \text{ N}$  のとき、物体にはたらく摩擦力の大きさは何 N か。  
 (2)  $F$  が何 N を超えると、物体は動き出すか。 **10. ↗**
- 6 摩擦角** あらい板の上に物体を置き、板を徐々に傾けていくと、ある角度になったときに物体はすべり出した。このときの角度は何度か。ただし、板と物体との静止摩擦係数を 0.60 とし、巻末の三角関数表を用いて答えよ。 **11. ↗**
- 7 動摩擦力** あらい水平面上を、質量 2.0 kg の物体が水平方向の力を受けて動いている。この物体を一定の速度で動かし続けるために必要な力が  $9.8 \text{ N}$  であったすると、水平面と物体との間の動摩擦係数はいくらか。 **11. ↗**
- 8 圧力** 大きさ  $60 \text{ N}$  の力が、面積  $4.0 \text{ m}^2$  の面に垂直にはたらいている。圧力は何 Pa か。 **13. ↗**
- 9 水圧** ある水深にある小物体をさらに  $h[\text{m}]$  沈めたところ、水圧が  $4.9 \times 10^3 \text{ Pa}$  増加した。このとき、 $h$  は何 m か。ただし、水の密度は  $1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$  とする。 **14. ↗**
- 10 浮力** 体積  $2.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3$  の金属球が、密度  $1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$  の水の中にある。この金属球にはたらく浮力の大きさは何 N か。 **15. ↗**

- 答 **1** ①後方 ②前方 ③慣性 **2**  $2.0 \text{ N}$  **3**  $9.8 \text{ N}$   
**4** 加速度:  $\text{m/s}^2$ ,  $[\text{LT}^{-2}]$  力: N,  $[\text{MLT}^{-2}]$  **5** (1)  $9.8 \text{ N}$  (2)  $20 \text{ N}$  **6**  $31^\circ$  **7** 0.50  
**8**  $15 \text{ Pa}$  **9**  $0.50 \text{ m}$  **10**  $20 \text{ N}$