

---

---

# 受験のための高校物理

---

---

EDITED BY

GLÄSSES

2022

GLÄSSES'S WEB

第 0 部

初めに

この教材の目的は、Lv.4 - Lv.5 の学力を Lv.8 程度に引き上げることである。各レベルがどの層に対応するかは、次の表を参考にしてほしい。

▼ 表 1 レベルの対応

Lv.1	中学物理
Lv.2	高校物理初学者・物理基礎
Lv.3	専門物理教科書
Lv.4	定期テスト
Lv.5	共通テスト
Lv.6	関関同立・GMARCH
Lv.7	上位国公立
Lv.8	その他旧帝大
Lv.9	阪大・名古屋大・東工大
Lv.10	東京一工・東北大・医学部

Lv.1 - 4：基礎，Lv.4 - 5：標準，Lv.6 - 7：上級，Lv.8 - 10：難関，にあたる。

これは，初学者向けのものでも，最難関向けのものでも無い。「上位大学を目指す人のゴール地点，もしくは難関大学を目指す人が途中で挟む教材」という位置づけである。

## 第 I 部

# 力学

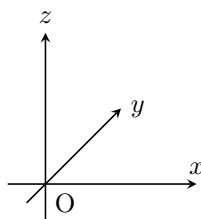
# 力学の基本

## 第 1 章

### 1.1 座標

力学は、身近にある物体の運動を、運動方程式をもとに記述し予想する学問である。物体の運動を表すには、まず、その位置を表さなければならない。そのため、ある一点を原点と定め、“位置”と“実数の組”が一対一対応するような座標を用いる。

大学受験のための物理（以下、受験物理）では、ほとんどが直交座標系（デカルト座標系）で事足りる。直交座標系とは、原点を通る  $x$  軸、 $y$  軸（ $z$  軸）が、互いに垂直に交わる座標系の事である。以下に 3 次元直交座標系を示す。



▲ 図 1.1 3 次元直交座標系

他にも、極座標系や円柱座標系なども用いることができるが、受験物理での出番は皆無である。

力学問題を解く際、力や速度などを  $x$  成分、 $y$  成分（ $z$  成分）に分解することが日常茶飯事である。これは、2(3) 次元の運動を、1 次元の運動  $\times$  2(3) として考えることができるからである。2 次元の運動では、 $360^\circ$  の向きがあるが、1 次元では正の方向に行

くか負の方向に行くか 2 通りしかない。すなわち、運動を簡潔に表現できるようになるのである。この恩恵はとても大きい。したがって、成分表示（成分分解）はできるようになっておくべきである。

注意点を一つだけ述べておきたい。解法編で詳しく触れるが、力学問題を解く際、まずどの座標系で物体を観察するのかを設定しなければならない。これを忘れて Feeling で解く人が多いように思う。基礎レベルでは太刀打ち出来ても、後々行き詰まる可能性がある。どの座標系で考えているのか、逐一考えておいてほしい。

### 例題 1

次の力を成分分解せよ。（問題制作中）

## 1.2 速度・加速度

速度とは、単位時間あたりに進む距離の事である。故に、進んだ距離÷時間で求められる。この“時間”を、ある程度大きくとれば平均速度になり、とても小さくとれば瞬間速度となる。すなわち、 $\Delta t \rightarrow 0$  にすれば瞬間速度になるわけである。ここで、時刻  $t$  での物体の位置ベクトルを  $\mathbf{r}(t)$  と表せば、 $\Delta t (\rightarrow 0)$  の間に進んだ距離は  $\mathbf{r}(t + \Delta t) - \mathbf{r}(t)$  と表せるから、（瞬間）速度の式は位置の微分と同じことを表している。（下式参照）

$$\mathbf{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\mathbf{r}(t + \Delta t) - \mathbf{r}(t)}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{r}}{dt}$$

したがって、（瞬間）速度は位置の時間微分で得られる。

加速度についても同様で、加速度とは単位時間あたりに変化する速度のことであるから、速度を時間で微分すれば良い。以上をまとめると、

$$\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt}, \mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{d^2\mathbf{r}}{dt^2}$$

となる。

### 注意 I.1

速さはスカラー量、速度はベクトル量である。前者は大きさのみ、後者は向きと大きさを持つ。

この教材内では、ベクトル量は太字 ( $\mathbf{a}$ ) で、スカラー量は通常の子 ( $a$ ) で表す。

### 1.3 相対速度・相対加速度

2 物体 A, B があるとする. A から見た B の速度 (又はその逆) を相対速度という. A から見た B の相対速度  $\boldsymbol{v}_{ab}$  は, A の速度を  $\boldsymbol{v}_a$ , B の速度を  $\boldsymbol{v}_b$  とすると,

$$\boldsymbol{v}_{ab} = \boldsymbol{v}_b - \boldsymbol{v}_a$$

で得られる. すなわち, 「相手 - 自分」を計算すれば良い. 加速度や位置についても同様である.

$$\boldsymbol{r}_{ab} = \boldsymbol{r}_b - \boldsymbol{r}_a, \boldsymbol{a}_{ab} = \boldsymbol{a}_b - \boldsymbol{a}_a$$

この相対的な量を用いる利点の一つとして, 物体の運動が簡潔に表せるようになることがある. この恩恵は例題●●を参照して欲しい.

### 1.4 いろいろな力

力には様々な種類があるが, 主に 2 つに分けることができる. 公式のある力と, 公式のない力である.

公式のある力とは, 次のような力のことである.

重力  $mg$ , 万有引力  $\frac{GMm}{r^2}$ , 浮力  $\rho Vg$ , 動摩擦力  $\mu'N$ , 弾性力  $-kx$

公式のない力とは, 次のような力のことである. これらの力は未知量として設定し, 束縛条件等から力の大きさと向きが分かる.

垂直抗力, 張力, 静止摩擦力

#### 注意 I.2

静止摩擦力に公式があると勘違いしている人が多いが, 公式となっているのは “最大静止摩擦力  $\mu N$ ” である. 静止している物体に働く摩擦力は公式から求められない. 物体に働く合力を求め, 静止しているから力のつり合いを立式し, やっと静止摩擦力の大きさが分かるのである.

基本的に、物体は触れている所から力を受ける\*<sup>1</sup>。垂直抗力や弾性力、空気抵抗のどれをとっても、床やばね、空気と接している点から力を受けている。ただし例外として、万有引力（重力）や電磁気力に関しては、離れていても力を受ける。

したがって、力学問題を解く際は、**万有引力（重力）と電磁気力をチェックし、あとは物体が触れている所を全て考えれば、力を見逃すことはなくなるだろう。**

では、個々の力について詳しく見ていこう。（位置エネルギーについての記載があるが、詳細は後の章で説明する。）

### 1.4.1 地表付近での重力

物体の質量を  $m[\text{kg}]$ 、重力加速度を  $g[\text{m/s}^2]$  とすれば、地表付近での重力は、 $mg$  で得られる。また、重力による地表付近における位置エネルギーは、物体の高さを  $h[\text{m}]$  とすると、 $mgh$  で得られる。

#### 注意 I.3

ここで強調しておきたいのは、これは地表付近でのみ適用できる近似式であることである。詳細は万有引力の章で説明するが、某掲示板創設者であるひ〇〇き氏は、ここを勘違いしていたのだ。

### 1.4.2 弾性力

ばね定数を  $k[\text{N/m}]$ 、自然長からの変位（伸び方向を正）を  $x[\text{m}]$  とすると、ばねの弾性力は  $-kx$  で得られる。マイナスがついているのは、変位方向  $x$  とは逆方向に弾性力がはたらくことを示している。ばねの位置エネルギーは  $\frac{1}{2}kx^2$  で得られる。

稀に、ゴムに関する問題が出題されることがある。ばねと異なる点は、縮む場合には力が働かない点である。すなわち、

$$F = \begin{cases} 0 & (x < 0) \\ -kx & (x \geq 0) \end{cases}$$

と表せる。このような問題を解く際は、場合分けをすれば良い。

---

\*<sup>1</sup> このように言うとな部の方から反論されそうだが、許してほしい。 ^^



### 1.4.3 摩擦力

摩擦力には、“動摩擦力”と“静止摩擦力”の 2 種類がある。前者は動いている物体に、後者は静止している物体に働く\*2。

垂直抗力を  $N[N]$ 、動摩擦係数を  $\mu$  とすると、動摩擦力は  $\mu N$  と表せる\*3。動摩擦力の働く方向は、動きを妨げる方向（動いている方向とは逆方向）に働く。

垂直抗力を  $N[N]$ 、静止摩擦係数を  $\mu'$  とすると、最大静止摩擦力は  $\mu' N$  と表せる。注意 1.2 でも述べたが、これはあくまで最大値ある。一般に、静止摩擦力は未知量として設定し、束縛条件からその大きさと向きが分かるのである。最大静止摩擦力は動摩擦力より大きい。すなわち、 $\mu < \mu'$  である。

静止している物体に加える力を大きくしていくと、静止摩擦力も大きくなっていく。この静止摩擦力が最大静止摩擦力を超えると、物体が動き始め、動摩擦力が働くようになる\*4。

### 1.4.4 張力・垂直抗力

(制作中)

## 1.5 運動の 3 法則

(制作中)

## 1.6 基本の運動

この章では、基本の運動について見ていく。鉛直投げ上げ、鉛直投げ下ろし、水平投射、斜方投射、自由落下など、これらの運動に関して 3 公式を暗記させられたと思うが、ここでは他の解法を紹介する。グラフを用いる解法と、運動方程式から解く方法の 2 つである。これらのどれを用いても構わないが、身近な物体の運動は運動方程式から導かれることを頭に入れていて欲しい。運動方程式を視覚的に分かりやすくした

\*2 ここで言う“動いている”、“静止している”とは、摩擦力が働く 2 物体において、片方の物体から見たときにもう片方の物体が動いているか、静止しているか、ということである。

\*3 本当はもっと複雑である。

\*4 重い物を引きずる際、物が動き始める直前に加える力より、動き始めた後の加える力の方が小さく感じた経験はないだろうか。

ものがグラフを用いた解法であり，等加速度運動に限って公式化したものが，暗記した 3 公式である．

以下，制作中．