

# 1

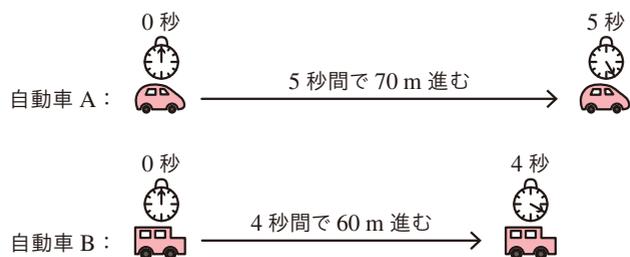
## 速さ

解説動画



どちらが速いか？

**Q** 図のように、自動車 A は 5 秒間で 70 m 進み、自動車 B は 4 秒間で 60 m 進んだ。A と B はどちらが速いか？ ただし、途中で加速や減速はしていないものとする。



速さ = [  $\frac{\text{距離}}{\text{時間}}$  ]

A の速さ: [  $\frac{70 \text{ m}}{5 \text{ s}} = 14 \text{ m/s}$  ]

B の速さ: [  $\frac{60 \text{ m}}{4 \text{ s}} = 15 \text{ m/s}$  ]

[ **B のほうが速い** ]

速さとは何か？

[ **1 秒間** ] あたりに進む距離の計算。

A: [  $\frac{70 \text{ m}}{5 \text{ s}} = 14 \text{ m/s}$  ]

B: [  $\frac{60 \text{ m}}{4 \text{ s}} = 15 \text{ m/s}$  ]

・速さ ⇒ 1 秒間あたりの移動距離

[単位の確認]

[ **メートル毎秒** ] [[ **m/s** ]],

[ **キロメートル毎時** ] [[ **km/h** ]]

一般に、1 秒, 1 分, 1 時間…… ⇒ [ **単位時間** ]

・速さ ⇒ [ **単位時間** ]あたりの移動距離

POINT



速さ ⇒ 1 秒間あたりの移動距離  
(単位時間あたりの移動距離)

速さ =  $\frac{\text{距離}}{\text{時間}}$  (単位 m/s, km/h)

単位〇〇あたりの量の求め方

速さ

⇒「単位 [ **時間** ] あたりの移動距離」

⇒「移動距離を [ **時間** ] で割る」

一般に、

「単位〇〇あたりの量」

⇒「〇〇で [ **割る** ]」

例)

「単位面積あたりの量」⇒「 [ **面積** ] で割る」

「単位体積あたりの量」⇒「 [ **体積** ] で割る」

**Q**

質量が  $M$  で体積が  $V$  の物質がある。この物質の単位体積あたりの質量、すなわち密度  $\rho$  を式で表せ。

密度  $\rho = \frac{M}{V}$

2

$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$  は魔法の式 I ~速度~

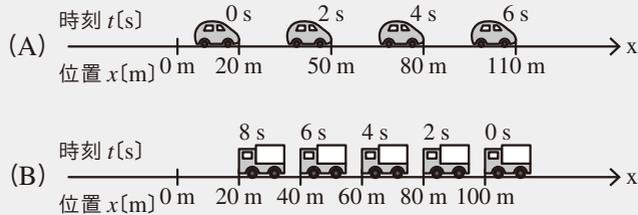
◎解説動画



$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$  の式の意味を理解しよう!

事前準備:  $\Delta$ (デルタ)は変化を表す記号。 $t$ を時刻,  $x$ を位置とすると,  $\Delta t$ は時刻の変化,  $\Delta x$ は位置の変化を表す。

Q 図(A)のように自動車は  $x$  軸正の向きに, 図(B)のようにトラックが  $x$  軸負の向きにそれぞれ等速直線運動をしている。



つづき/

Q (1) 時刻  $t=2\text{s}$  から  $t=6\text{s}$  までの間の時刻の変化  $\Delta t$  はいくらか。また,  $\Delta t$  は何を表しているか。

ヒント)  $\Delta$  の変化 = (変化後の値) - (変化前の値)

$$\Delta t = [ 6\text{s} - 2\text{s} = 4\text{s} ]$$

$\Delta t$  は経過した [ 時間 ] を表している。

POINT

!  $\Delta$  の変化 = (あと) - (まえ)

つづき/

Q (2) 時刻  $t=2\text{s}$  から  $t=6\text{s}$  までについて, 自動車とトラックの位置の変化  $\Delta x$  をそれぞれ求めよ。また,  $\Delta x$  は何を表しているか。

自動車 : [  $110\text{ m} - 50\text{ m} = 60\text{ m}$  ]

トラック : [  $40\text{ m} - 80\text{ m} = -40\text{ m}$  ]

$\Delta x$  はどちら [ 向き ] にどれだけ進んだかを表しており, これを [ 変位 ] という。変位は, 距離と [ 向き ] をあわせもつ量である。

POINT

! 位置の変化  $\Delta x \Rightarrow$  [ 変位 ]

つづき/

Q (3) 時刻  $t=2\text{s}$  から  $t=6\text{s}$  までについて, 自動車とトラックの  $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$  の値を計算し,  $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$  は何を表しているかを答えよ。

自動車 :  $v = [ \frac{\Delta x}{\Delta t} - \frac{\Delta x}{\Delta t} = 15\text{ m/s} ]$

トラック :  $v = [ \frac{\Delta x}{\Delta t} - \frac{-40\text{ m}}{4\text{ s}} = -10\text{ m/s} ]$

トラックの値 [  $-10\text{ m/s}$  ] は, トラックが 1 秒間に [ 負 ] の向きに [ 10 ] m 進んだこと, すなわち は単位時間あたりの [ 変位 ] を表している。これをトラックの [ 速度 ] という。速度は, 速さと [ 向き ] をあわせもつ量である。

POINT

! 速度  $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow$  [ 単位時間 ] あたりの [ 変位 ]

ばねのもつエネルギーを式で表そう!

ベクトル  $\Rightarrow$  大きさと同向きをもつ量 (例) 変位, 速度, 力……  
スカラー  $\Rightarrow$  大きさだけで定まる量 (例) 距離, 速さ, 質量……

まとめ/

- ・  $\Delta$  の変化 = (あと) - (まえ)
- ・ 位置の変化  $\Delta x \Rightarrow$  変位 (ベクトル)
- ・ 速度  $\frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow$  単位時間あたりの変位 (ベクトル)

3

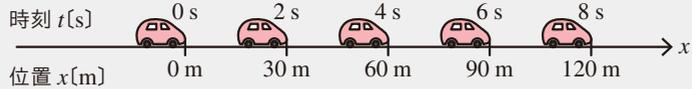
$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$  は魔法の式Ⅱ  
～等速直線運動のグラフ～

◎ 解説動画

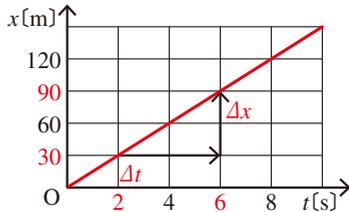


$x-t$  グラフと  $v-t$  グラフをかいてみよう!

Q 図のように、 $x$  軸上を自動車が等速直線運動をしている。



Q (1) 横軸を時刻  $t$  [s]、縦軸を位置  $x$  [m] としたグラフ ( $x-t$  グラフ) をかけ。



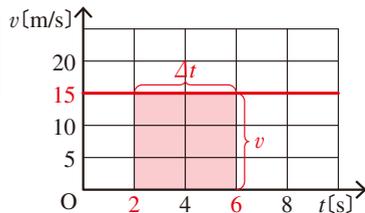
Q (2) この自動車の速度  $v$  [m/s] はいくらか。

$$v = \left[ \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{(90-30) \text{ m}}{(6-2) \text{ s}} = \frac{60 \text{ m}}{4 \text{ s}} = 15 \text{ m/s} \right]$$

Q (3) 速度  $v$  [m/s] は、 $x-t$  グラフの何を表しているか。

POINT **速度** ⇒  $x-t$  グラフの [ 傾き ]

Q (4) 横軸を時刻  $t$  [s]、縦軸を速度  $v$  [m/s] としたグラフ ( $v-t$  グラフ) をかけ。



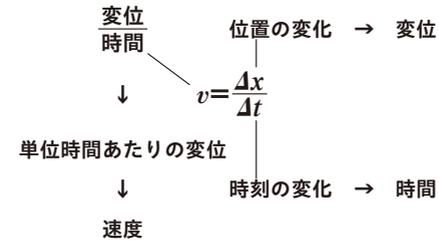
Q (5) 時刻  $t=2$  s から  $t=6$  s までの間の自動車の変位  $\Delta x$  [m] はいくらか。また、この  $\Delta x$  の値は  $v-t$  グラフ上でどのように表されるか。斜線を入れて示せ。

$$[ \Delta x = (90-30) \text{ m} = 60 \text{ m} ]$$

POINT **変位** ⇒  $v-t$  グラフと  $t$  軸の [ 間の面積 ]

まとめ

☆ 式として見た場合

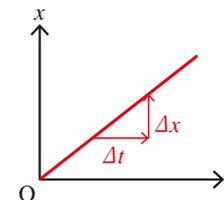


※ 上の式で  $\Delta x$  を距離に置き換えると、右辺は  $\frac{\text{距離}}{\text{時間}}$  となるので、左辺の  $v$  は速さを表す。

☆ グラフの中で見た場合

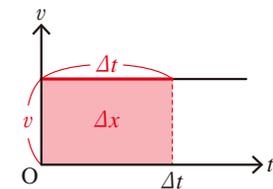
$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

速度  $v$  は  $x-t$  グラフの傾きを表す。



$$\Delta x = v \Delta t$$

変位  $\Delta x$  は  $v-t$  グラフと  $t$  軸の間の面積を表す。



4

$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$  は魔法の式Ⅲ ～まとめ～

◎ 解説動画



問題を解きながら1～3をまとめよう。

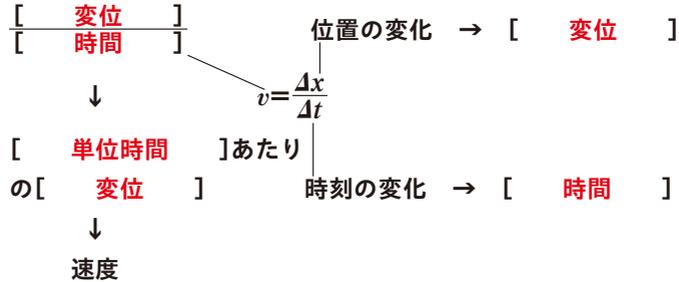
Q

速度の式  $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$  についてまとめた以下の空欄をうめよ。

まとめ/

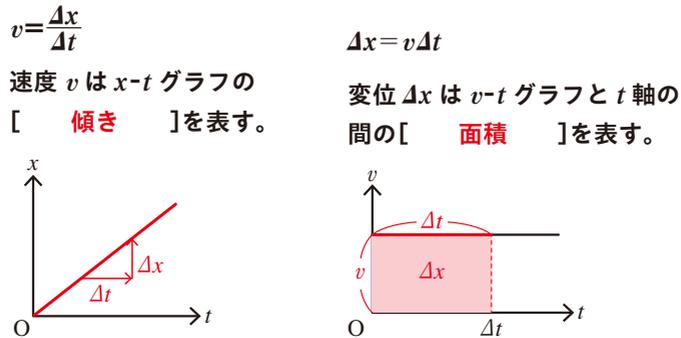


☆ 式として見た場合



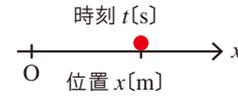
※ 上の式で  $\Delta x$  を距離に置き換えると、右辺は  $\left[ \frac{\text{距離}}{\text{時間}} \right]$  となるので、左辺の  $v$  は [ 速さ ] を表す。

☆ グラフの中で見た場合

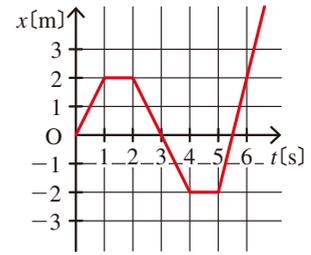


Q

図(A)のように、物体が  $x$  軸上を運動している。時刻  $t[s]$  のとき物体は位置  $x[m]$  にあり、その変化の様子は図(B)の  $x-t$  グラフで表される。



(A)



(B)

つづき/

Q

(1) 下の文は、時刻  $t=0s$  から  $t=4s$  までの物体の運動について説明したものである。[ ] 内に入るに数値を答えよ。

物体は時刻  $t=0s$  のとき位置  $x=[ 0 ]m$  を出発し、時刻  $t=1s$  まで速度 [ 2 ] m/s で進む。時刻  $t=1s$  から  $t=2s$  までは位置  $x=[ 2 ]m$  に静止している。時刻  $t=2s$  から  $t=4s$  までは速度 [ -2 ] m/s で進み、時刻  $t=4s$  には位置  $x=[ -2 ]m$  に達する。

つづき/

Q

(2) 時刻  $t=2s$  から  $t=4s$  までの物体の速度と速さを求めよ。

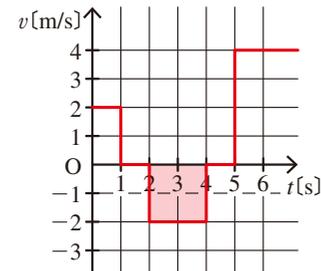
速度  $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{(-2-2)m}{(4-2)s} = \frac{-4m}{2s} = -2 \text{ m/s}$

速さ 2 m/s

つづき/

Q

(3)  $v-t$  グラフを完成せよ。



つづき/

Q

(4) 時刻  $t=2s$  から  $t=4s$  までの物体の変位と移動距離を求めよ。また、求めた変位を  $v-t$  グラフに斜線で表せ。

変位  $-2-2 = -4 \text{ m}$

移動距離 4 m

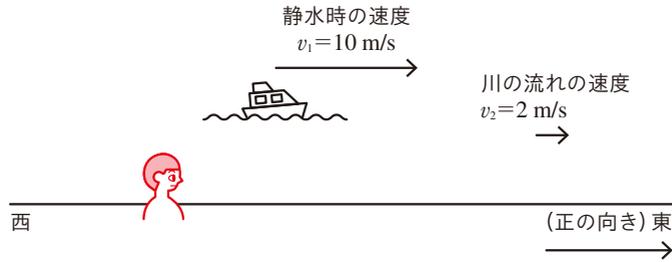
# 5

## 速度の合成と相対速度

解説動画



### 速度の合成



図のように、西から東へ流れる川の中で、ボートが川の流れに平行に進んでいる。このボートは、流れがないとき（静水時）には速度  $v_1 = 10 \text{ m/s}$  で進むものとする。川の流れの速度を  $v_2 = 2 \text{ m/s}$  とすると、川岸に立っている人から見たボートの速度  $v \text{ [m/s]}$  は、東向きを正の向きとして、次のように表される。

$$v = [ \quad v_1 + v_2 = 10 + 2 = 12 \text{ m/s} \quad ]$$

$$[ \quad 12 \text{ m/s (東向きに 12 m/s)} \quad ]$$

ここで求めた速度  $v$  を、速度  $v_1$  と速度  $v_2$  の [ **合成速度** ] といい、合成速度を求めることを [ **速度の合成** ] という。

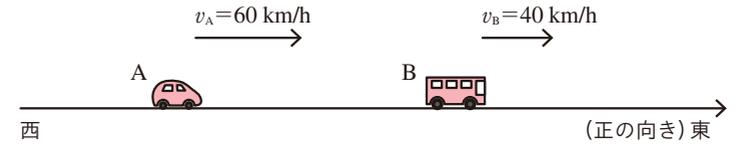
**Q** 前の図において、静水時のボートの速度が  $v_1 = -10 \text{ m/s}$ 、川の流れの速度が  $v_2 = 2 \text{ m/s}$  とすると、川岸に立っている人から見たボートの速度  $v \text{ [m/s]}$  はいくらか。ただし、東向きを正の向きとする。

$$v = [ \quad v_1 + v_2 = -10 + 2 = -8 \text{ m/s} \quad ]$$

$$[ \quad -8 \text{ m/s (西向きに 8 m/s)} \quad ]$$

### 相対速度

今まで考えてきた速度は、すべて静止した観測者から見た速度であった。ここでは、動いている観測者から見た速度について考えてみよう。



図のように、東西に通じる直線道路を自動車 A が速度  $v_A = 60 \text{ km/h}$ 、バス B が速度  $v_B = 40 \text{ km/h}$  で走っている。自動車 A に乗っている観測者から見たバス B の速度  $v_{AB} \text{ [km/h]}$  は、東向きを正の向きとして、次のように表される。

$$v_{AB} = [ \quad v_B - v_A = 40 - 60 = -20 \text{ km/h} \quad ]$$

$$[ \quad -20 \text{ km/h (西向きに 20 km/h)} \quad ]$$

一般に、動く物体 A から見た別の物体 B の速度のことを、A に対する B の [ **相対速度** ] という。相対速度は [ **観測者** ] の速度を引くことにより求めることができる。

### POINT



**相対速度**  
[ **観測者** ] の速度を引く

### Q

前の図において、自動車 A の速度が  $v_A = 30 \text{ km/h}$ 、バス B の速度が  $v_B = 40 \text{ km/h}$  とすると、自動車 A に乗っている観測者から見たバス B の速度  $v_{AB} \text{ [km/h]}$  はいくらか。ただし、東向きを正の向きとする。

$$v_{AB} = [ \quad v_B - v_A = 40 - 30 = 10 \text{ km/h} \quad ]$$

$$[ \quad 10 \text{ km/h (東向きに 10 km/h)} \quad ]$$

6

$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$  は魔法の式 I ~加速度~

◎ 解説動画



普段、私たちが止まっていた自転車をこぎ出すとき、はじめペダルを踏みこみ加速する。しばらく等速度で進んだ後、ブレーキをかけて減速して止まる。この一連の運動には加速や減速という等速度ではない部分が含まれている。加速や減速を表す物理量が加速度であり、 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$  という式で表される。この式から、加速度  $a$  は 1 秒間(単位時間)あたりの速度変化であることがわかる。

POINT

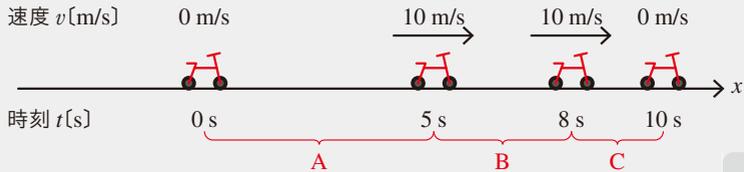


加速度  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow$  [ 単位時間 ]あたりの[ 速度変化 ]

上で考えた自転車に乗るときの様子について、次の問題で具体的にみてみよう。

Q

下の図のように、自転車は  $x$  軸上を運動している。止まっていた自転車は時刻  $t=0$  s でこぎ出し  $t=5$  s までは一定の加速度で運動し速度 10 m/s に達する。(区間 A)。続いて、時刻  $t=5$  s から  $t=8$  s までは速度 10 m/s のまま進み(区間 B)、時刻  $t=8$  s からはブレーキをかけて一定の加速度で減速し  $t=10$  s で止まる(区間 C)。



\つづき/

Q

(1) 区間 A, C のような運動を何というか。

[ 等加速度運動 ]

\つづき/

Q

(2) 区間 A, B, C の加速度をそれぞれ求めよ。

(A)  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{(10-0) \text{ m/s}}{(5-0) \text{ s}} = 2 \text{ m/s}^2$

(B)  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{(10-10) \text{ m/s}}{(8-5) \text{ s}} = 0 \text{ m/s}^2$

(C)  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{(0-10) \text{ m/s}}{(10-8) \text{ s}} = -5 \text{ m/s}^2$

\つづき/

Q

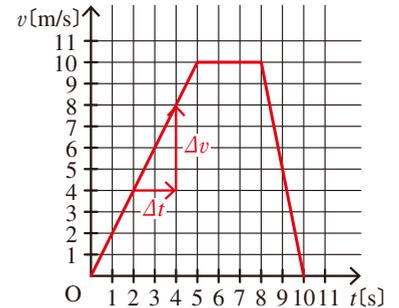
(3) 加速度の符号と運動との関係について述べた下の文中の空欄に適語を入れよ。

$x$  軸正の向きに進む物体の運動は、加速度が正の場合 [ 加速 ] し、加速度が負の場合 [ 減速 ] する。加速度が 0 の場合、速度は [ 変化しない ]。

\つづき/

Q

(4) 横軸を時刻  $t$  [s]、縦軸を速度  $v$  [m/s] としたグラフ ( $v-t$  グラフ) をかけ。



\つづき/

Q

(5) 加速度  $a$  [m/s<sup>2</sup>] は、 $v-t$  グラフの何を表しているか。

[  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$  だから加速度はグラフの傾きを表す ]

POINT



加速度  $\Rightarrow v-t$  グラフの [ 傾き ]

\つづき/

Q

(6) 時刻  $t=0$  s から  $t=10$  s までの間の自転車の変位  $\Delta x$  [m] を求めよ。

[  $(3+10) \times 10 \times \frac{1}{2} = 65 \text{ m}$  ] **復習** 変位  $\Delta x \Rightarrow v-t$  グラフと  $t$  軸の間の面積

\まとめ/



☆ 加速度  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow$  単位時間あたりの速度変化

☆ 加速度  $\Rightarrow v-t$  グラフの傾き

7

$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$  は魔法の式Ⅱ  
～加速度のまとめ～

◎ 解説動画



問題を解きながら  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$  の式についてまとめよう。

Q 加速度の式  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$  についてまとめた以下の空欄をうめよ。

まとめ



☆ 式として見た場合

$$\frac{[\text{速度変化}]}{[\text{時間}]} = \frac{[\text{速度変化}]}{[\text{時間}]}$$

$$\downarrow \qquad \qquad \qquad a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

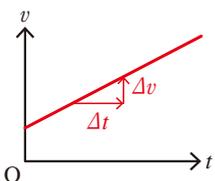
[ 単位時間 ] あたり  
の [ 速度変化 ] 時刻の変化 → [ 時間 ]

↓  
加速度

☆ グラフの中で見た場合

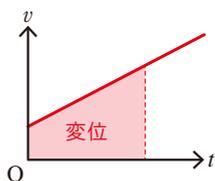
$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

加速度  $a$  は  $v-t$  グラフの  
[ 傾き ] を表す。

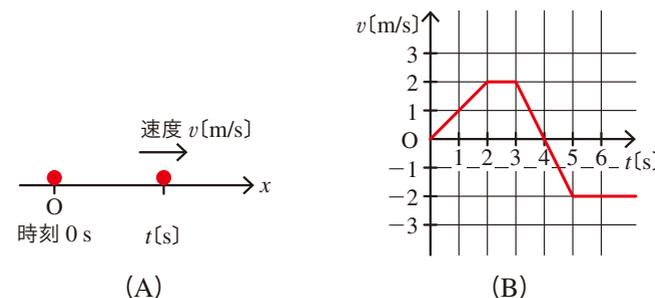


【復習】

変位 ⇒  $v-t$  グラフと  $t$  軸の  
間の [ 面積 ]  
を表す。



Q 図(A)のように、物体が時刻  $t=0$  s のとき原点  $O$  にあり、そのあと  $x$  軸上を運動する。時刻  $t$  [s] のときの物体の速度は  $v$  [m/s] であり、その変化の様子は図(B)の  $v-t$  グラフで表される。



つづき

Q (1) 下の文は、時刻  $t=0$  s から  $t=6$  s までの物体の運動について説明したものである。[ ] 内に入る数値を答えよ。

物体は時刻  $t=0$  s のとき位置  $x=0$  m を出発し、時刻  $t=2$  s まで加速度 [ 1 ]  $\text{m/s}^2$  で進み、速度は [ 2 ]  $\text{m/s}$  に達する。そのあと時刻  $t=3$  s までは等速度で進み、時刻  $t=3$  s から  $t=5$  s までは加速度 [ -2 ]  $\text{m/s}^2$  で進み、速度は [ -2 ]  $\text{m/s}$  に達する。

つづき

Q (2) 時刻  $t=4$  s を境に、速度が正の値から負の値へと変化している。これに対応した物体の運動の様子はどのように変化したか。簡潔に述べよ。

**$t=4$  s 以前は正の向きに運動し、 $t=4$  s で一瞬止まり、 $t=4$  s 以後は負の向きに運動する。**

つづき

Q (3) 時刻  $t=6$  s のときの物体の位置  $x$  [m] を求めよ。

ヒント：物体の位置  $x$  は、原点からの変位と同じである。

$$[ \underbrace{(1+4) \times 2 \times \frac{1}{2}}_{t=0 \sim t=4 \text{ の変位}} - \underbrace{(1+2) \times 2 \times \frac{1}{2}}_{t=4 \sim t=6 \text{ の変位}} = 2 \quad 2 \text{ m} ]$$

8

等加速度直線運動の3公式 I

～  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$  は魔法の式Ⅲ～

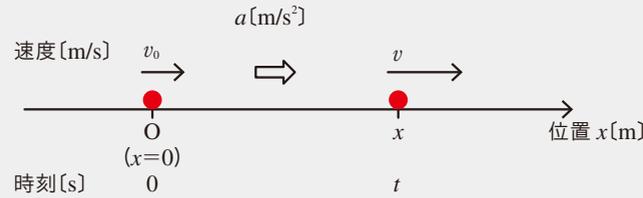
解説動画



等加速度直線運動において成り立つ重要な公式を求めよう！

Q

図のように、物体が一定の加速度  $a$  [m/s<sup>2</sup>] で  $x$  軸上を運動している。物体は時刻  $t=0$  s のとき位置  $x=0$  m を速度  $v_0$  [m/s] で出発し、時刻  $t$  [s] のとき位置  $x$  [m] を速度  $v$  [m/s] で運動した。



つづき/

Q

(1) この物体の運動を一般に何というか。

[ **等加速直線運動** ]

つづき/

Q

(2) 時刻 0 s のときの速度が  $v_0$  [m/s]、時刻  $t$  [s] のときの速度  $v$  [m/s] であることを  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$  の式にあてはめて、速度  $v$  を時刻  $t$  の式で表せ。

$$a = \frac{v - v_0}{t - 0}$$

$$a = \frac{v - v_0}{t}$$

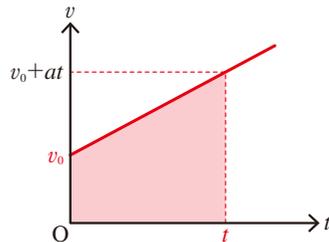
$$at = v - v_0$$

$$v = v_0 + at$$

つづき/

Q

(3)  $v-t$  グラフをかけ。



つづき/

Q

(4)  $v-t$  グラフを用いて、位置  $x$  を時刻  $t$  の式で表せ。

ヒント：位置  $x$  は原点  $O$  ( $x=0$ ) からの変位であり、変位は  $v-t$  グラフと  $t$  軸の間の面積で表される。

$$x = (v_0 + v_0 + at) \times t \times \frac{1}{2}$$

$$x = (2v_0 + at) \times \frac{1}{2}t$$

$$x = v_0t + \frac{1}{2}at^2$$

つづき/

Q

(5) (2), (4) で求めた 2 つの式から  $t$  を消去して、速度  $v$  と位置  $x$  の関係式を導け。

(2)の式より

$$t = \frac{v - v_0}{a}$$

これを(4)の式に代入して

$$x = v_0 \cdot \frac{v - v_0}{a} + \frac{1}{2}a \cdot \frac{(v - v_0)^2}{a^2}$$

$$x = \frac{2v_0(v - v_0) + (v - v_0)^2}{2a}$$

$$2ax = 2v_0v - 2v_0^2 + v^2 - 2v_0v + v_0^2$$

$$2ax = v^2 - v_0^2$$

$$v^2 - v_0^2 = 2ax$$

まとめ/



等加速度直線運動の3公式

(1)  $v = v_0 + at$

(2)  $x = v_0t + \frac{1}{2}at^2$

(3)  $v^2 - v_0^2 = 2ax$

## 9

等加速度直線運動の3公式Ⅱ  
～3公式の使い方～

◎解説動画



等加速度直線運動の3公式を覚えよう！

復習

1  $v = v_0 + at$  ……①

2  $x = v_0t + \frac{1}{2}at^2$  ……②

3  $v^2 - v_0^2 = 2ax$  ……③

3公式の使い方を学ぼう！

Q

直線道路上を速さ4 m/s で進んでいた自転車が、一定の加速度で加速し、3秒後に10 m/s の速さになった。

\つづき/

Q

(1) この間の加速度の大きさを求めよ。

$$v = v_0 + at \text{ より}$$

$$10 = 4 + a \times 3$$

$$6 = 3a$$

$$a = 2$$

2 m/s<sup>2</sup>

\つづき/

Q

(2) この間に自転車が進んだ距離を求めよ。

$$x = v_0t + \frac{1}{2}at^2 \text{ より}$$

$$x = 4 \times 3 + \frac{1}{2} \times 2 \times 3^2$$

$$= 12 + 9$$

$$= 21$$

21 m

\つづき/

Q

この直後に自転車は急ブレーキをかけて、一定の加速度で減速し、5 m 先で止まった。

(3) この間の加速度の向きと大きさを求めよ。

$$v^2 - v_0^2 = 2ax \text{ より}$$

$$0^2 - 10^2 = 2 \times a \times 5$$

$$-100 = 10a$$

$$a = -10$$

進んでいる向きと逆向きに大きさ 10 m/s<sup>2</sup>

Q

右向きに速さ6 m/s で進み始めた物体が、等加速度直線運動をして4秒後に左向きに速さ2 m/s となった。

\つづき/

Q

(1) 物体の加速度の向きと大きさを求めよ。

$$v = v_0 + at \text{ より}$$

$$-2 = 6 + a \times 4$$

$$-8 = 4a$$

$$a = -2$$

左向きに2 m/s<sup>2</sup>

\つづき/

Q

(2) 物体が一瞬止まるのは、進み始めてから何秒後か。

$$v = v_0 + at \text{ より}$$

$$0 = 6 - 2 \times t$$

$$t = 3$$

3秒後

\つづき/

Q

(3) 物体が一瞬止まるまでに進む距離を求めよ。

$$x = v_0t + \frac{1}{2}at^2 \text{ より}$$

$$0 = 6 \times 3 + \frac{1}{2} \times (-2) \times 3^2$$

$$= 18 - 9 = 9$$

9 m

別解)  $v_2 - v_0^2 = 2ax$  より

$$0^2 - 6^2 = 2 \times (-2) \times x$$

$$x = 9$$

# 10

## 等加速度直線運動の3公式Ⅲ ～自由落下運動・鉛直投げ下ろし～

解説動画



### 等加速度直線運動の3公式の確認

- 復習
- 1  $v = v_0 + at$  ……①
  - 2  $x = v_0t + \frac{1}{2}at^2$  ……②
  - 3  $v^2 - v_0^2 = 2ax$  ……③

### 自由落下運動

初速度0で物体を落下させたときの運動を[ **自由落下** ]運動という。

この運動の加速度を計測すると、鉛直下向きで大きさは約[ **9.8** ]m/s<sup>2</sup>になる。この加速度を[ **重力加速度** ]といい、その大きさを  $g$  [m/s<sup>2</sup>]で表す。

### 自由落下運動の式を求めよう！

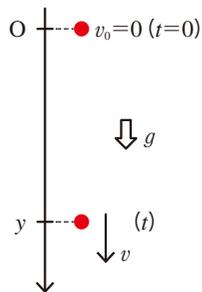
Q 図のように、鉛直下向きに  $y$  軸をとり、時刻  $t=0$  s に原点  $O$  から小球を自由落下させる。重力加速度の大きさを  $g$  [m/s<sup>2</sup>]とする。

\つづき/  
Q (1) ①式を用いて、時刻  $t$  [s] のときの速度  $v$  [m/s] を式で表せ。

①式において、 $v_0=0$ ,  $a=g$  として  
 $v = gt$

\つづき/  
Q (2) ②式を用いて、時刻  $t$  [s] のときの位置  $y$  [m] を式で表せ。

②式において、 $x=y$ ,  $v_0=0$ ,  $a=g$  として  
 $y = \frac{1}{2}gt^2$



\つづき/  
Q (3) ③式を用いて、速度  $v$  [m/s] と位置  $y$  [m] の関係を式で表せ。

③式において、 $v_0=0$ ,  $a=g$ ,  $x=y$  として  
 $v^2 = 2gy$

### 鉛直投げ下ろしの式を求めよう！

Q 図のように、鉛直下向きに  $y$  軸をとり、時刻  $t=0$  s に原点  $O$  から小球を初速度  $v_0$  [m/s] で投げ下ろす。小球の加速度は自由落下運動と同様に、鉛直下向きで大きさは  $g$  [m/s<sup>2</sup>]である。重力加速度の大きさを  $g$  [m/s<sup>2</sup>]として(1)~(3)の関係式を求めよ。

\つづき/  
Q (1) ①式を用いて、時刻  $t$  [s] のときの速度  $v$  [m/s] を式で表せ。

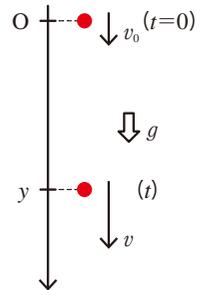
①式において、 $a=g$  として  
 $v = v_0 + gt$

\つづき/  
Q (2) ②式を用いて、時刻  $t$  [s] のときの位置  $y$  [m] を式で表せ。

②式において、 $x=y$ ,  $a=g$  として  
 $y = v_0t + \frac{1}{2}gt^2$

\つづき/  
Q (3) ③式を用いて、速度  $v$  [m/s] と位置  $y$  [m] の関係を式で表せ。

③式において、 $a=g$ ,  $x=y$  として  
 $v^2 - v_0^2 = 2gy$



\まとめ/  
空気抵抗を無視すると、地球上で投げ出された物体の運動は、加速度が鉛直下向きで一定の等加速度運動をする。この加速度を重力加速度といい、大きさを  $g$  で表す。 $g$  の値は約  $9.8 \text{ m/s}^2$  である。

# 11

## 等加速度直線運動の3公式Ⅳ ～鉛直投げ上げ～

解説動画



### 等加速度直線運動の3公式の確認

復習

- 1  $v = v_0 + at$  ……①
- 2  $x = v_0t + \frac{1}{2}at^2$  ……②
- 3  $v^2 - v_0^2 = 2ax$  ……③

### 鉛直投げ上げの式を求めよう！

Q

図のように、鉛直上向きに  $y$  軸をとり、時刻  $t=0$  s に原点  $O$  から小球を初速度  $v_0$  [m/s] で投げ上げる。自由落下や鉛直投げ下ろしと同様に、小球の加速度は鉛直下向きで大きさは  $g$  [m/s<sup>2</sup>] であるとして、以下の問いに答えよ。

つづき

Q

(1) ①式を用いて、時刻  $t$  [s] のときの速度  $v$  [m/s] を式で表せ。

①式において、 $a = -g$  として  
 $v = v_0 - gt$

つづき

Q

(2) ②式を用いて、時刻  $t$  [s] のときの位置  $y$  [m] を式で表せ。

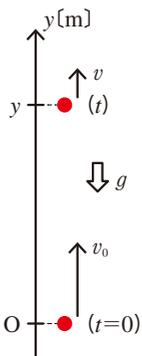
②式において、 $x = y$ ,  $a = -g$  として  
 $y = v_0t - \frac{1}{2}gt^2$

つづき

Q

(3) ③式を用いて、速度  $v$  [m/s] と位置  $y$  [m] の関係を式で表せ。

③式において、 $a = -g$ ,  $x = y$  として  
 $v^2 - v_0^2 = -2gy$



### 鉛直投げ上げの $v-t$ グラフをかいてみよう！

つづき

Q

(4) 小球が最高点に達する時刻  $t_1$  [s] を求めよ。

①式において、 $v=0$ ,  $a=-g$ ,  $t=t_1$  として

$$0 = v_0 - gt_1 \quad \text{より} \quad t_1 = \frac{2v_0}{g}$$

つづき

Q

(5) 小球が原点  $O$  に帰ってくる時刻  $t_2$  [s] を求めよ。

②式において、 $x=0$ ,  $t=t_2$ ,  $a=-g$  として

$$0 = v_0t_2 - \frac{1}{2}gt_2^2$$

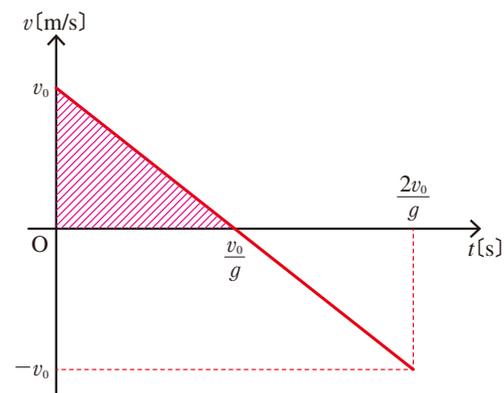
$t_2 \neq 0$  だから

$$0 = v_0 - \frac{1}{2}gt_2 \quad \text{より} \quad t_2 = \frac{2v_0}{g}$$

つづき

Q

(6)  $0 \leq t \leq t_2$  の範囲の  $v-t$  グラフをかけ。



つづき

Q

(7) 小球の最高点の高さ  $h$  [m] を求めよ。また、最高点の高さ  $h$  [m] を表す部分は  $v-t$  グラフ内のどこに表れているか。斜線を入れて示せ。

③式において、 $v=0$ ,  $a=-g$ ,  $x=h$  として

$$0^2 - v_0^2 = -2gh \quad \text{より} \quad h = \frac{v_0^2}{2g}$$

まとめ



最高点 ⇒ 鉛直方向の速度が 0

# 12

## 等加速度直線運動の3公式V ～水平投射～

◎解説動画



### 等加速度直線運動の3公式の確認

復習

1  $v = v_0 + at$  ……①

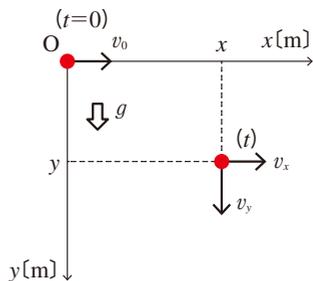
2  $x = v_0t + \frac{1}{2}at^2$  ……②

3  $v^2 - v_0^2 = 2ax$  ……③

### 水平投射の式を求めよう!

Q

図のように、時刻  $t=0$  s に原点 O から小球を水平方向に初速度  $v_0$  [m/s] で投げ出す。初速度の向きに  $x$  軸、鉛直下向きに  $y$  軸をとる。ただし、重力加速度の大きさを  $g$  [m/s<sup>2</sup>] とする。



つづき/

Q

(1) 小球は  $x$  軸方向にはどのような運動をするか。運動名を答えよ。また、時刻  $t$  [s] のときの  $x$  軸方向の速度  $v_x$  を式で表せ。

等速直線運動

$v_x = v_0$

つづき/

Q

(2) 小球は  $y$  軸方向にはどのような運動をするか。運動名を答えよ。また、時刻  $t$  [s] のときの  $y$  軸方向の速度  $v_y$  [m/s] を式で表せ。

等加速度直線運動(自由落下運動)

①式において、 $v = v_y$ ,  $v_0 = 0$ ,  $a = g$  として、  
 $v_y = gt$

つづき/

Q

(3) 時刻  $t$  [s] のときの小球の位置座標 ( $x$  [m],  $y$  [m]) を式で表せ。

$x = v_0t$

②式において、 $x = y$ ,  $v_0 = 0$ ,  $a = g$  として、

$y = \frac{1}{2}gt^2$

Q

海面から高さ 19.6 m の崖の上から、小球を水平方向に速さ 20 m/s 投げ出した。重力加速度の大きさを  $9.8$  m/s<sup>2</sup> とする。

つづき/

Q

(1) 小球が海面に落下するまでの時間を求めよ。

$x = v_0t + \frac{1}{2}at^2$  において  $x = 19.6$ ,  $v_0 = 0$ ,  $a = 9.8$  として、

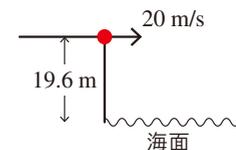
$19.6 = \frac{1}{2} \times 9.8 \times t^2$

$t^2 = 4$

$t > 0$  だから

$t = 2$

2 s



つづき/

Q

(2) 小球が海面に落下するまでに移動した水平距離を求めよ。

距離 = 速さ × 時間

距離 =  $20 \times 2$

= 40

40 m

まとめ/



水平方向の運動	鉛直方向の運動
等速直線運動	等加速度直線運動

# 13

## 等加速度直線運動の3公式VI ～斜方投射～

◎解説動画



### 等加速度直線運動の3公式の確認

復習

1  $v = v_0 + at$  ……①

2  $x = v_0t + \frac{1}{2}at^2$  ……②

3  $v^2 - v_0^2 = 2ax$  ……③

水平方向の運動	鉛直方向の運動
[ 等速直線 ]運動	[ 等加速度直線 ]運動

### 斜方投射の式を求めよう!

Q

図のように、原点Oから小球を水平方向と角 $\theta$ をなす向きに初速度 $u_0$ [m/s]で投げ出す。投げ出した時刻を $t=0$ sとし、水平右向きを $x$ 軸、鉛直上向きを $y$ 軸とする。重力加速度の大きさを $g$ [m/s<sup>2</sup>]として、次の問いに答えよ。

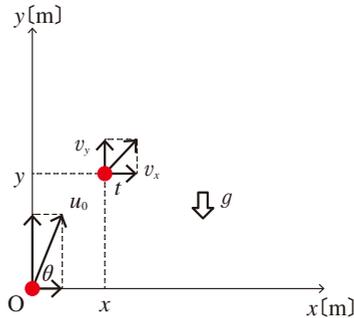
つづき/

Q

(1) 小球は $x$ 軸方向にはどのような運動をするか。運動名を答えよ。また、時刻 $t$ [s]のときの $x$ 軸方向の速度 $v_x$ を式で表せ。

**等速直線運動**

$v_x = u_0 \cos \theta$



つづき/

Q

(2) 小球は $y$ 軸方向にはどのような運動をするか。運動名を答えよ。また、時刻 $t$ [s]のときの $y$ 軸方向の速度 $v_y$ を式で表せ。

**等加速度直線運動**

①式において、 $v = v_y$ ,  $v_0 = u_0 \sin \theta$ ,  $a = -g$ として

$v_y = u_0 \sin \theta - gt$

つづき/

Q

(3) 時刻 $t$ [s]のときの小球の位置座標( $x$ [m],  $y$ [m])を式で表せ。

$x = (u_0 \cos \theta) t$  ……④

②式において、 $x = y$ ,  $v_0 = u_0 \sin \theta$ ,  $a = -g$ として、

$y = (u_0 \sin \theta) t - \frac{1}{2}gt^2$  ……⑤

つづき/

Q

(4) 小球の軌道を表す $x$ と $y$ の関係式を求めよ。

(3)で求めた④、⑤式から $t$ を消去する。④式より

$t = \frac{x}{u_0 \cos \theta}$

これを⑤式に代入して、

$y = u_0 \sin \theta \cdot \frac{x}{u_0 \cos \theta} - \frac{g}{2} \cdot \frac{x^2}{u^2 \cos^2 \theta}$

$y = (\tan \theta) x - \frac{g}{2u_0^2 \cos^2 \theta} x^2$