

$$\boxed{\text{速さ} \times \text{時間} = \text{距離}}$$

① 平均の速さ = $\frac{200 \times 1000(\text{m})}{134 \times 60(\text{秒})} \doteq 24.9 \text{ m/s}$

また、 $1 \text{ km/h} = \frac{1000(\text{m})}{60 \times 60(\text{秒})} = \frac{1000}{3600} \text{ m/s}$ なので、

$$\frac{200 \times 1000(\text{m})}{134 \times 60(\text{秒})} = \frac{200 \times 1000}{134 \times 60} \times \frac{3600}{1000} \text{ km/h} \doteq 89.6 \text{ km/h}$$

② 新幹線のぞみの平均の速さ = $\frac{552.6(\text{km})}{156(\text{分})}$

$$\text{飛行機の平均の速さ} = \frac{447.4(\text{km})}{70(\text{分})}$$

よって、 $\frac{\text{飛行機の平均の速さ}}{\text{新幹線の平均の速さ}} = \frac{447.4}{70} \div \frac{552.6}{156} \doteq 1.8 \text{ 倍}$

$$\textcircled{3} \quad (1) \quad \frac{10(\text{m})}{3.0(\text{秒})} \doteq \underline{3.3 \text{ m/s}}$$

$$(2) \quad \frac{30(\text{m})}{2.0(\text{秒})} = \underline{15 \text{ m/s}}$$

$$(3) \quad \text{瞬間の速さ} = \text{接線の傾き} = \frac{20(\text{m})}{3.0(\text{秒})} \doteq \underline{6.7 \text{ m/s}}$$

速度の合成

$$\textcircled{1} \quad (1) \quad \begin{array}{c} 4 \text{ m/s} \\ \longrightarrow \end{array} + \begin{array}{c} 2 \text{ m/s} \\ \longrightarrow \end{array} = \begin{array}{c} 6 \text{ m/s} \\ \longrightarrow \end{array}$$

$$(2) \quad \begin{array}{c} 4 \text{ m/s} \\ \longleftarrow \end{array} + \begin{array}{c} 2 \text{ m/s} \\ \longrightarrow \end{array} = \begin{array}{c} 2 \text{ m/s} \\ \longleftarrow \end{array}$$

$$(3) \quad \begin{array}{c} \uparrow \\ 4 \text{ m/s} \end{array} + \begin{array}{c} 2 \text{ m/s} \\ \longrightarrow \end{array} = \begin{array}{c} \text{2}\sqrt{5} \text{ m/s} \\ \diagup \quad \diagdown \end{array}$$

$$(4) \quad \frac{20 \text{ m}}{4 \text{ m/s}} = \underline{5 \text{ s}}$$

$$(5) \quad 2 \text{ m/s} \times 5 \text{ s} = \underline{10 \text{ m}}$$

$$(6) \quad \begin{array}{c} 2 \text{ m/s} \\ \uparrow \\ 4 \text{ m/s} \end{array} \quad \text{となればよいので、} \quad \begin{array}{c} \nearrow \\ 30^\circ \end{array}$$

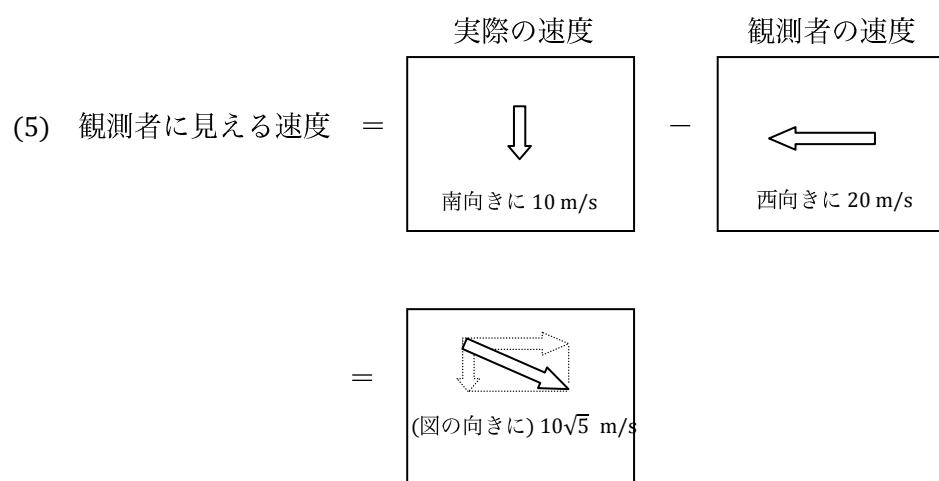
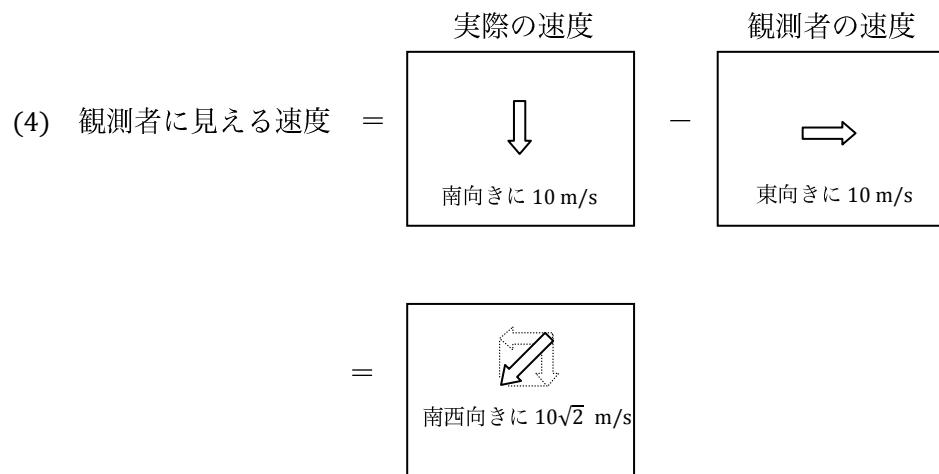
$$(6) \quad \begin{array}{c} 2 \text{ m/s} \\ \uparrow \\ 4 \text{ m/s} \end{array} \quad \text{となるので、} \quad \frac{20 \text{ m}}{2\sqrt{3} \text{ m/s}} = \underline{\frac{10\sqrt{3}}{3} \text{ s}}$$

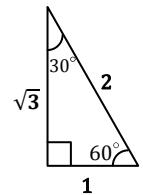
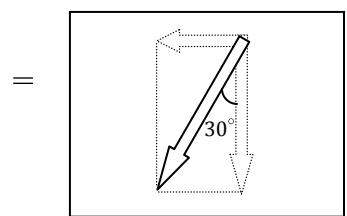
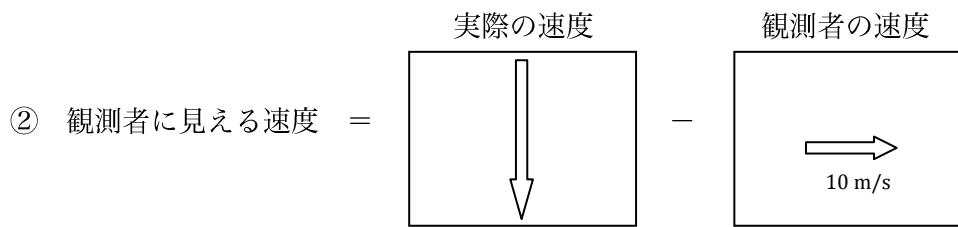
相対速度

$$\begin{array}{l} \text{実際の速度} \\ \boxed{\downarrow} \\ \text{南向きに } 10 \text{ m/s} \end{array} - \begin{array}{l} \text{観測者の速度} \\ \boxed{\uparrow} \\ \text{北向きに } 10 \text{ m/s} \end{array}$$
$$= \underline{\text{南向きに } 20 \text{ m/s}}$$

$$\begin{array}{l} \text{実際の速度} \\ \boxed{\downarrow} \\ \text{南向きに } 10 \text{ m/s} \end{array} - \begin{array}{l} \text{観測者の速度} \\ \boxed{\downarrow} \\ \text{南向きに } 10 \text{ m/s} \end{array}$$
$$= \underline{0 \text{ m/s}}$$

$$\begin{array}{l} \text{実際の速度} \\ \boxed{\downarrow} \\ \text{南向きに } 10 \text{ m/s} \end{array} - \begin{array}{l} \text{観測者の速度} \\ \boxed{\downarrow} \\ \text{南向きに } 10 \text{ m/s} \end{array}$$
$$= \underline{\text{北向きに } 10 \text{ m/s}}$$

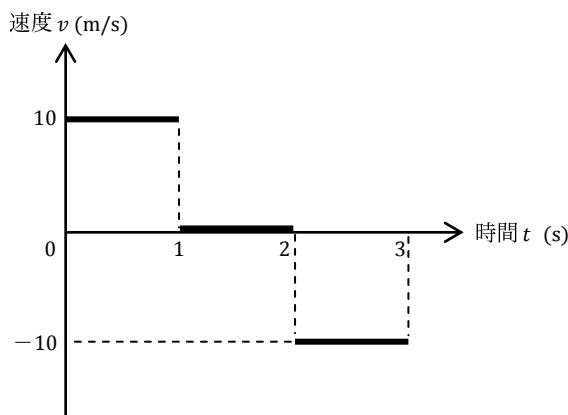




の関係から、地面に対する雨の速度(実際の速度)は $10\sqrt{3}$ m/s

等速直線運動

① $x - t$ グラフの傾き = 速度 v なので

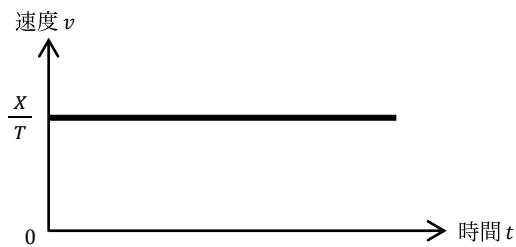


② 移動距離 = $10 \times 10 + 5 \times 10 = \underline{150 \text{ m}}$

変位 = 東向きに $10 \times 10 \text{ m}$ + 西向きに $5 \times 10 \text{ m} = \underline{\text{東向きに } 50 \text{ m}}$

$$\text{平均の速度} = \frac{\text{変位}}{\text{時間}} = \frac{\text{東向きに } 50 \text{ m}}{20 \text{ s}} = \underline{\text{東向きに } 2.5 \text{ m/s}}$$

③ $x - t$ グラフの傾き = 速度 v なので



また、 $v - t$ グラフの傾き = 加速度 a なので

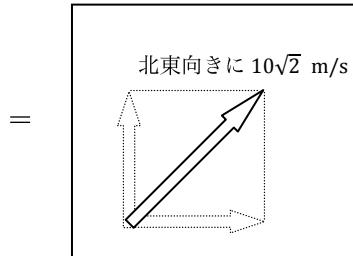


等加速度直線運動

$$\begin{aligned} \text{(1) (1) 平均の加速度} &= \frac{\text{速度の変化}}{\text{時間}} \\ &= \frac{\text{南向きに } 20 \text{ m/s} - \text{南向きに } 10 \text{ m/s}}{10 \text{ s}} = \text{南向きに } 1.0 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(2) 平均の加速度} &= \frac{0 \text{ m/s} - \text{南向きに } 10 \text{ m/s}}{10 \text{ s}} = \text{南向きに } -1.0 \text{ m/s}^2 \\ &\quad (\text{北向きに } 1.0 \text{ m/s}^2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(3) 速度の変化} &= \boxed{\text{東向きに } 10 \text{ m/s}} - \boxed{\text{南向きに } 10 \text{ m/s}} \end{aligned}$$

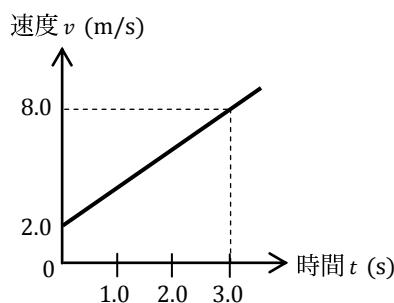


10 秒間でこれだけ変化するので、加速度 = 北東向きに $\sqrt{2}$ m/s²

$$\text{(2) 加速度} = v - t \text{ グラフの傾き} = 10 \text{ m/s}^2$$

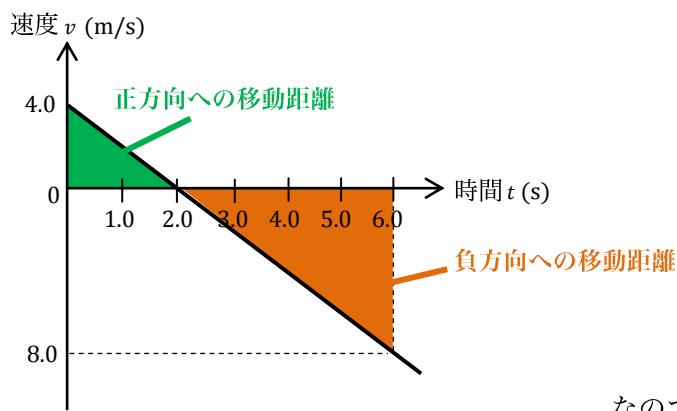
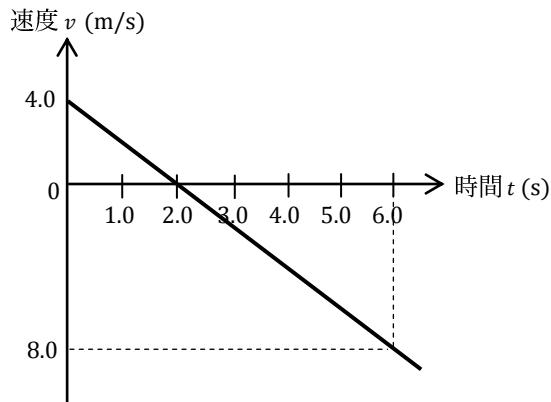
$$\text{移動距離} = v - t \text{ グラフの面積} = 80 \text{ m}$$

③



3.0 秒間で進む距離 = グラフの面積 = 15 m

④ $v - t$ グラフは



なので、

$$6.0 \text{ 秒間での移動距離} = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 4 + \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 8 = \underline{20 \text{ m}}$$

$$6.0 \text{ 秒後の変位} = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 4 - \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 8 = \underline{-12 \text{ m}}$$

⑤

(1) $v = v_0 + at$ を使って $8.0 = 2.0 + a \times 2.0$

よって、加速度 $a = \underline{3.0 \text{ m/s}^2}$

また、 $x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$ を使って $x = 2.0 \times 2.0 + \frac{1}{2} \times 3.0 \times 2.0^2$

よって、2.0秒後の変位 $x = \underline{10 \text{ m}}$

(2) $v = v_0 + at$ を使って $10 = 4.0 + 2.0 t$

よって、時間 $t = \underline{3.0 \text{ s}}$

また、 $x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$ を使って $x = 4.0 \times 3.0 + \frac{1}{2} \times 2.0 \times 3.0^2$

よって、変位 $x = \underline{21 \text{ m}}$

(3) $v = v_0 + at$ を使って $v = 2.0 + 3.0 \times 4.0$

よって、4.0秒後の速さ $v = \underline{14 \text{ m/s}}$

また、 $x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$ を使って $x = 2.0 \times 4.0 + \frac{1}{2} \times 3.0 \times 4.0^2$

よって、変位 $x = \underline{32 \text{ m}}$

(4) $v = v_0 + at$ を使って $8.0 = v_0 + 2.0 \times 3.0$

よって、 $v_0 = 2.0 \text{ m/s}$

また、 $x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$ を使って $x = 2.0 \times 3.0 + \frac{1}{2} \times 2.0 \times 3.0^2$

よって、3.0秒間での変位 $x = \underline{15 \text{ m}}$

$$(5) \quad v^2 - v_0^2 = 2ax \quad \text{を使って} \quad 10^2 - 20^2 = 2a \times 75$$

よって、加速度 $a = -2.0 \text{ m/s}^2$ (加速度の大きさは 2.0 m/s²)

$$(6) \quad x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2 \quad \text{を使って} \quad 105 = 20 \times 3.0 + \frac{1}{2} \times a \times 3.0^2$$

よって、加速度 $a = \underline{10 \text{ m/s}^2}$

$$(7) \quad v^2 - v_0^2 = 2ax \quad \text{を使って} \quad v^2 - 5.0^2 = 2 \times 2.0 \times 24$$

よって、最後の速さ $v = \underline{11 \text{ m/s}}$

$$(8) \quad v = v_0 + at \quad \text{を使って} \quad 0 = v_0 + a \times 4.0 \cdots \textcircled{1}$$

$$\text{また、} x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2 \quad \text{を使って} \quad 60 = v_0 \times 4.0 + \frac{1}{2} \times a \times 4.0^2 \cdots \textcircled{2}$$

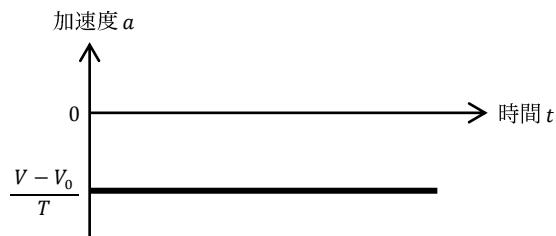
①、②を連立して解くと $v_0 = 30 \text{ m/s}$ $a = \underline{-7.5 \text{ m/s}^2}$

(加速度の大きさは 7.5 m/s²)

⑥ $v - t$ グラフの傾き = 加速度 a なので、

物体は加速度 $\frac{V-V_0}{T}$ の等加速度直線運動をすることが分かる。

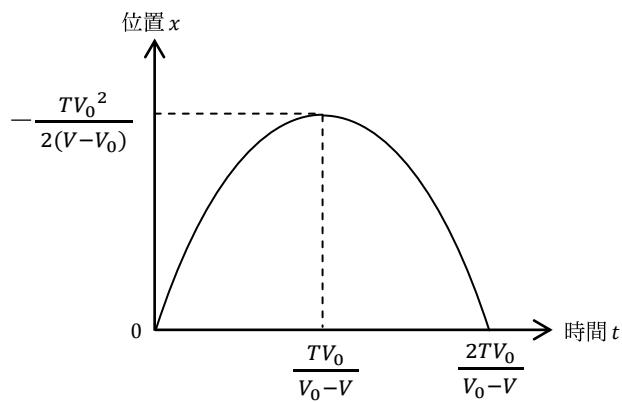
よって、 $a - t$ グラフは次のように描ける。



$$(V_0 > V \text{ なので}, \frac{V-V_0}{T} < 0)$$

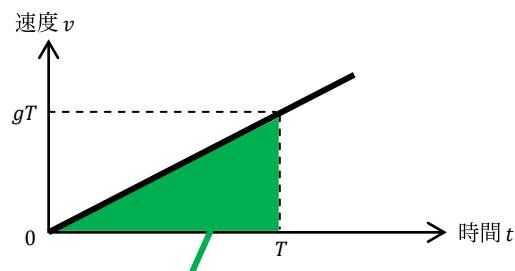
また、等加速度直線運動の公式を使うと

$$x = V_0 t + \frac{1}{2} \cdot \frac{V-V_0}{T} \cdot t^2 = \frac{V-V_0}{2T} \left(t + \frac{TV_0}{V-V_0} \right)^2 - \frac{TV_0^2}{2(V-V_0)} \text{ なので}$$



落下運動

- ① $v - t$ グラフを描くと(下向きを速度 v の正の向きとする)

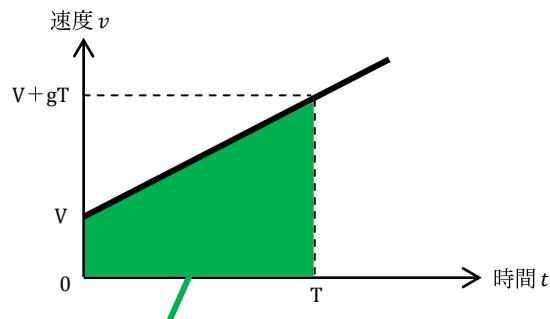


この面積が H となるとき着地するので

$$\frac{1}{2} gT^2 = H$$

よって 着地する時刻 $T = \sqrt{\frac{2H}{g}}$ 着地直前の速さ $gT = \sqrt{2gH}$

- ② $v - t$ グラフを描くと(下向きを速度 v の正の向きとする)



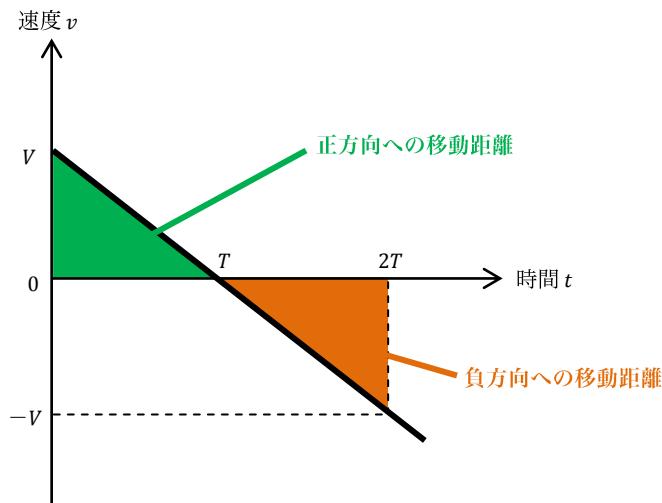
この面積が H となるとき着地するので

$$\frac{V + (V + gT)}{2} \times T = H$$

よって 着地する時刻 $T = \frac{-V + \sqrt{V^2 + 2gH}}{g}$ ($T > 0$ より $\frac{-V - \sqrt{V^2 + 2gH}}{g}$ は不適)

$$\text{着地直前の速さ } V + gT = \sqrt{V^2 + 2gH}$$

- ③ 鉛直方向の $v - t$ グラフを描くと(上向きを速度 v の正の向きとする)



- (1) 最高点に達するのは、速度 $v = 0$ となるときで、上の T である。

$$\text{グラフの傾きは } -g \text{ なので、} T = \frac{V}{g}$$

- (2) 最高点の高さ $= H + \text{緑の部分の面積} = H + \frac{1}{2} VT = H + \frac{V^2}{2g}$

- (3) もとの位置へ戻ってくるのは、正方向と負方向への移動距離が等しくなるときで、上の **緑の部分の面積** と **赤の部分の面積** が等しくなるときである。

$$\text{よってその時刻は } 2T = \frac{2V}{g}$$

(4) 着地するとき、物体の変位は $\underline{\underline{H}}$ となるので、公式を使って

$$-H = VT - \frac{1}{2} gT^2$$

よって $T = \frac{V + \sqrt{V^2 + 2gH}}{g}$ ($T > 0$ より $\frac{V - \sqrt{V^2 + 2gH}}{g}$ は不適)

(5) 着地直前の速さ $V - gT = -\sqrt{V^2 + 2gH}$

これは上向きを正にした値。着地直前の速度は下向きなので、大きさは $\underline{\sqrt{V^2 + 2gH}}$

④ (1) $v = v_0 + gt$ を使って(下向きを正としている) $v = 0 + 9.8 \times 2.0$

よって、2.0秒後の速さ $v = \underline{19.6 \text{ m/s}}$

また、 $y = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$ を使って(下向きを正としている)

$$y = 0 \times 2.0 + \frac{1}{2} \times 9.8 \times 2.0^2$$

よって、2.0秒後の変位 $y = \underline{19.6 \text{ m}}$

(2) $y = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$ を使って(下向きを正としている)

$$44.1 = 0 \times t + \frac{1}{2} \times 9.8 \times t^2$$

よって、時間 $t = \underline{3.0 \text{ s}}$

(3) $v = v_0 + gt$ を使って(下向きを正としている) $v = 9.8 + 9.8 \times 2.0$

よって、2.0秒後の速さ $v = \underline{29.4 \text{ m/s}}$

また、 $y = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$ を使って(下向きを正としている)

$$y = 9.8 \times 2.0 + \frac{1}{2} \times 9.8 \times 2.0^2$$

よって、2.0秒後の変位 $y = \underline{39.2 \text{ m}}$

(4) 最高点 = 速さ 0 となる点 なので

$v = v_0 - gt$ を使って(上向きを正としている) $0 = 19.6 - 9.8 \times t$

よって、最高点に達する時間 $t = \underline{2.0 \text{ s}}$

また、 $y = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$ を使って(上向きを正としている)

$$\text{最高点: } y = 19.6 \times 2.0 - \frac{1}{2} \times 9.8 \times 2.0^2$$

よって、最高点の高さ $y = \underline{19.6 \text{ m}}$

同じ位置へ戻ってくる : $0 = 19.6 \times t - \frac{1}{2} \times 9.8 \times t^2$

よって、同じ位置へ戻ってくる時間 $t = \underline{4.0 \text{ s}}$

$$\textcircled{5} \quad \text{時刻 } t \text{ の } \begin{cases} \text{A の変位 } y_A = 0 \times t + \frac{1}{2} \times g \times t^2 \\ \text{B の変位 } y_B = V_0 (t - 2) + \frac{1}{2} g(t - 2)^2 \end{cases}$$

BがAに追いつくとき = BとAの変位が等しくなるとき なので

$$0 \times t + \frac{1}{2} \times g \times t^2 = V_0 (t - 2) + \frac{1}{2} g(t - 2)^2$$

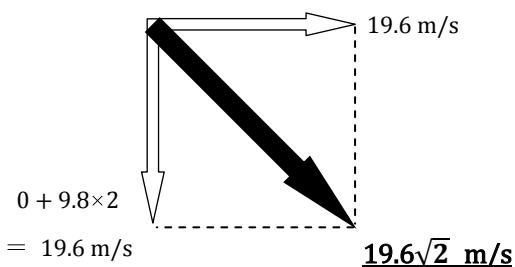
$$\text{よって } t = \underline{\frac{2(V_0 - g)}{V_0 - 2g}} \text{ (s)}$$

斜めの落下運動

① (1) 右向きに進む距離 = $2.0 \text{ m/s} \times 2.0 \text{ s} = \underline{4.0 \text{ m}}$

$$\text{落下する距離} = \frac{1}{2} \times 9.8 \times 2.0^2 = \underline{19.6 \text{ m}}$$

(2)



(3) まず落下するまでの時間を求める。

$$y = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2 \text{ を使って(下向きを正としている)}$$

$$78.4 = 0 \times t + \frac{1}{2} \times 9.8 \times t^2 \quad (\text{ } v_0 \text{ は鉛直方向の初速度なので } 0 \text{ m/s})$$

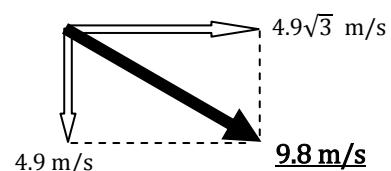
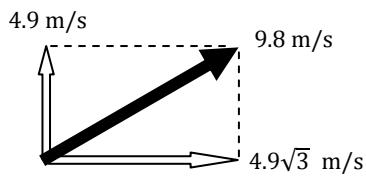
よって、落下するまでの時間 $t = 4.0 \text{ s}$

これを使って、水平到達距離 = $3.0 \text{ m/s} \times 4.0 \text{ s} = \underline{12 \text{ m}}$

(4)

初速度

1.0 秒後

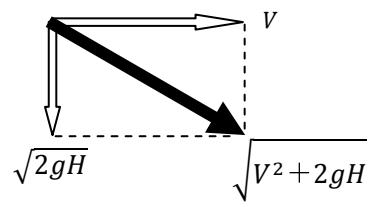


$$(v_0 + gt = -4.9 + 9.8 \times 1.0)$$

② (1) 鉛直方向の運動は、自由落下運動なので

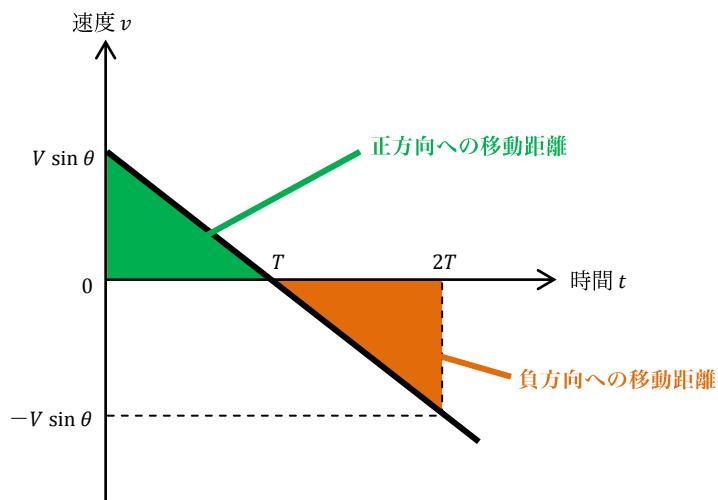
$$\frac{1}{2} gT^2 = H \text{ から} \quad \text{着地する時刻 } T = \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

(2) 鉛直方向の着地直前の速さ $gT = \sqrt{2gH}$ なので、着地するときの速度は



(3) 着地するまでの水平到達距離 = $VT = V\sqrt{\frac{2H}{g}}$

③ 鉛直方向の $v - t$ グラフを描くと(上向きを速度 v の正の向きとする)



(1) 最高点に達するのは、鉛直方向の速度 $v=0$ となるときで、上の T である。

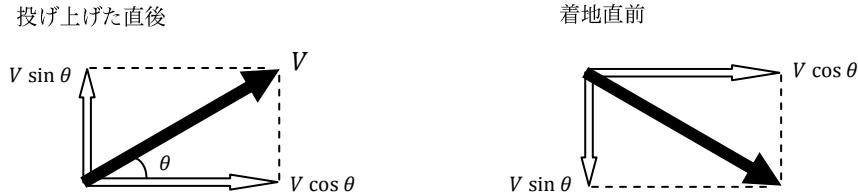
$$\text{グラフの傾きは} -g \text{ なので、} T = \frac{V \sin \theta}{g}$$

$$(2) \text{ 最高点の高さ} = \text{上の緑の部分の面積} = \frac{1}{2} V \sin \theta \cdot T = \frac{V^2 \sin^2 \theta}{2g}$$

(3) 着地するのは、もとの高さへ戻ってくるときなので、鉛直方向の正方向と負方向への移動距離が等しくなるとき。つまり、
上の緑の部分の面積と赤の部分の面積が等しくなるときである。その時刻は

$$2T = \frac{2V \sin \theta}{g}$$

(4) 投げ上げた直後と、着地直前の速度を比較すると



速度の大きさは水平成分、鉛直線分とともに等しいので、
(それを合成した)物体の速さは等しい。よって、着地直前の速さは V である。

$$(5) \text{ 着地するまでの水平到達距離} V \cos \theta \cdot 2T = \frac{2V^2 \sin \theta \cos \theta}{g}$$

$$④ ③ \text{ より、ボールの水平到達距離} = \frac{2V^2 \sin \theta \cos \theta}{g} = \frac{V^2 \sin 2\theta}{g}$$

よって、 $\theta = 45^\circ$ で水平到達距離は最大となる。