第 009 講 速度–時刻グラフを読む

この講でできるようになること

- 速度–時刻グラフの軸・目盛・符号を読み取り、物体の進む向きと速さを判断できる。
- グラフの直線区間の傾きから加速度を求め、速度と加速度の符号を区別できる。
- グラフと時間軸で囲まれる部分の面積から、変位と移動距離を求められる。
- 途中で速度の符号が変わる運動を区間に分け、変位と移動距離の違いを説明できる。

1. 速度を時刻に対応させる

1.1 グラフの高さは何を表すか

一直線上を動く台車の運動を考える。台車がいつ、どちら向きに、どのくらいの速さで動いているかを知るには、時刻ごとの速度を記録するとよい。

ここでは台車の進む道を一直線とし、右向きを正、左向きを負と定める。この正方向は運動を考える間、変えないものとする。

速度–時刻グラフ

速度–時刻グラフ（v–t グラフ） は、横軸に時刻 t、縦軸に速度 v をとったグラフである。

- 横軸：時刻 t、単位は s
- 縦軸：速度 v、単位は m/s
- グラフ上の点：その時刻における物体の速度

次の図 1 では横軸・縦軸の交点を $(t, v) = (0, 0)$ とし、横方向の 1 目盛を 1 s、縦方向の 1 目盛を 1 m/s として読む。

次のグラフは、異なる 2 台の台車 A、B が、それぞれ一定の速度で動く場合を表す。

©ミライコーチング

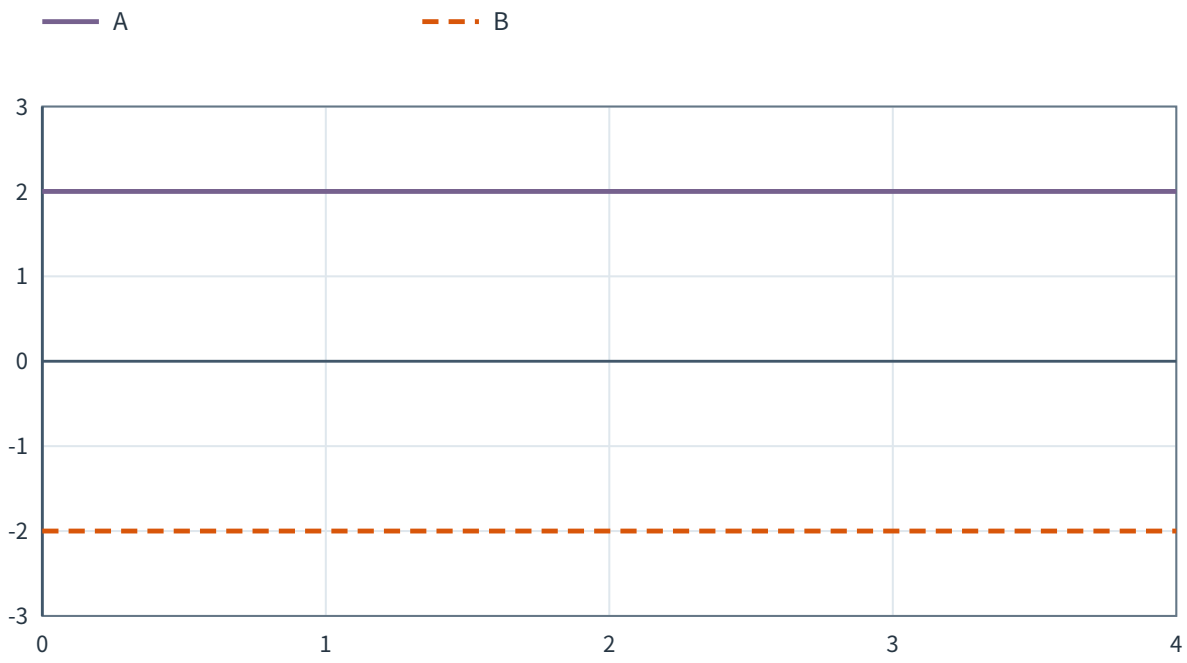


図 1　台車 A・B の速度–時刻グラフ。横軸 x は時刻 t（s）、縦軸 y は速度 v（m/s）。実線 A と破線 B は別々の台車を表す。

台車 A は、0 s から 4 s まで速度が +2 m/s である。グラフの線は時間軸より上にあり、台車は右向きに進んでいる。

一方、台車 B の速度は −2 m/s である。時間軸より下の水平線は、左向きに一定の速さで進んでいることを示す。

ここで重要なのは、**グラフの線が水平だからといって、台車が止まっているわけではない** ということである。

水平線は速度が変化しないことを示す。停止しているのは、速度が 0 m/s の場合である。

1.2 速度の符号と速さを分ける

速度は向きを含む量である。したがって、速度の正負は「速い・遅い」ではなく、どちら向きに動いているかを表す。

速度	進む向き	速さ
+3 m/s	正方向	3 m/s
−3 m/s	負方向	3 m/s
0 m/s	その瞬間は停止	0 m/s

速度の絶対値（符号を取り除いた大きさ）が速さである。同じグラフの縦軸目盛を使えば、時間軸からの縦方向の距離が大きいほど、速さは大きい。

例えば、−4 m/s の物体は、+2 m/s の物体より速さが大きい。ただし、進む向きは反対である。

ミライポイント

速度–時刻グラフでは、まず横軸と縦軸を確認する。

- グラフの高さ（縦軸の値）を見ると、速度がわかる。
- 時間軸より上か下かを見ると、進む向きがわかる。
- 時間軸からの縦方向の距離を見ると、速さがわかる。

グラフの線は、台車が空間の中を通った道筋ではない。横軸が時間であることを忘れないことが重要である。

2. グラフの傾きから加速度を読む

2.1 速度の変化を図でとらえる

第 008 講では、ある時間区間の平均加速度を、速度の変化量を経過時間で割って求めた。

時刻 t_1 の速度を v_1、時刻 t_2 の速度を v_2 とすると、経過時間と速度の変化量は次のようになる。

$$\Delta t = t_2 - t_1$$

$$\Delta v = v_2 - v_1$$

ここで $t_2 > t_1$ とすると、区間の平均加速度は

$$a_{\text{平均}} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

である。

速度–時刻グラフでは、Δt が横方向の変化、Δv が縦方向の変化に対応する。したがって、**選んだ 2 点を結ぶ直線の傾きは、その区間の平均加速度を表す**。

直線で表される区間では、どの 2 時刻を選んでも同じ傾きとなる。この講で扱う理想化した直線区間では、加速度が一定であり、その値がグラフの傾きに等しい。

2.2 傾きが正・負・ゼロの場合

次のグラフは、2 台の台車 A、B の運動を同じ目盛で表したものである。

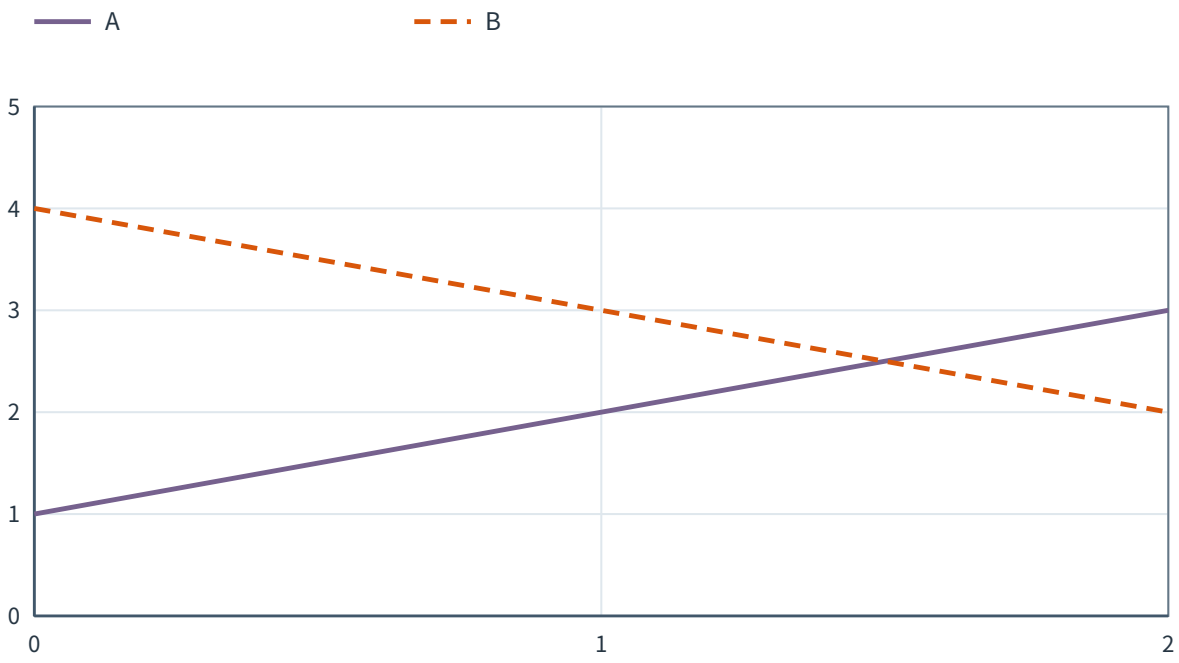


図 2　2 台の台車の速度–時刻グラフ。横軸 x=t（s）、縦軸 y=v（m/s）。実線 A と破線 B は同じ尺度で示している。

台車 A は、$t = 0\,\mathrm{s}$ で速度が $1\,\mathrm{m/s}$、$t = 2\,\mathrm{s}$ で速度が $3\,\mathrm{m/s}$ である。

速度の変化量は $3 - 1 = +2\,\mathrm{m/s}$ なので、加速度は

$$a_A = \frac{3 - 1}{2 - 0} = +1\,\mathrm{m/s^2}$$

となる。

台車 B は、$t = 0\,\mathrm{s}$ で速度が $4\,\mathrm{m/s}$、$t = 2\,\mathrm{s}$ で速度が $2\,\mathrm{m/s}$ である。

$$a_B = \frac{2 - 4}{2 - 0} = -1\,\mathrm{m/s^2}$$

グラフの傾きが正なら加速度は正、傾きが負なら加速度は負である。水平線の傾きはゼロなので、加速度もゼロである。

グラフの形	速度の変化	加速度
右上がり	速度の値が増える	正
右下がり	速度の値が減る	負
水平	速度が変わらない	ゼロ

2.3 傾きの符号と速さの増減は別である

台車 B はグラフが右下がりであり、加速度が負である。このとき台車 B の速度は正のまま $4\,\mathrm{m/s}$ から $2\,\mathrm{m/s}$ に変化しているため、速さは小さくなる。

しかし、負の加速度が必ず速さの減少を意味するわけではない。

例えば、左向きに動く台車の速度が $-1\,\mathrm{m/s}$ から $-3\,\mathrm{m/s}$ へ変化した場合を考える。速度の値は減少しているが、速さは $1\,\mathrm{m/s}$ から $3\,\mathrm{m/s}$ へ増えている。

つまり、速さが増えたか減ったかを判断するには、速度と加速度の符号を合わせて見る必要がある。

©ミライコーチング

ミライポイント

傾きは加速度、グラフの高さは速度 である。この 2 つを取り違えてはならない。

速度が正で加速度が負なら、速度が正のままの区間では速さが減少する。

速度が負で加速度も負なら、速度が負のままの区間では速さが増加する。

速度がゼロを通過して向きが変わる場合は、その時刻の前後で分けて判断する。

2.4 傾きの単位

グラフの傾きは、速度の変化量を時間で割ったものである。そのため、単位は

$$\frac{\mathrm{m/s}}{\mathrm{s}} = \mathrm{m/s^2}$$

となる。

これは「1 秒あたりに速度が何 m/s 変化するか」という意味である。例えば $+2\,\mathrm{m/s^2}$ は、加速度が一定なら 1 秒ごとに速度が $+2\,\mathrm{m/s}$ ずつ変化することを示す。

折れ線の角を読むとき

折れ線グラフでは、直線区間ごとに傾きが異なることがある。その場合、各直線区間の加速度を区別して扱う。

角のちょうどその時刻について、前後のどちらか一方の傾きをそのまま瞬間加速度と断定してはならない。本講では、角の時刻そのものの瞬間加速度は求めず、指定された時間区間の傾きだけを扱う。

3. グラフと時間軸で囲まれる面積

3.1 一定速度の運動から考える

速度–時刻グラフからは、加速度だけでなく、物体がどれだけ位置を変えたかも読み取れる。

まず、一定の速度で右向きに進む台車を考える。

速度が $+3\,\mathrm{m/s}$ で、$2\,\mathrm{s}$ 間動いたとすると、その時間の変位 Δx は

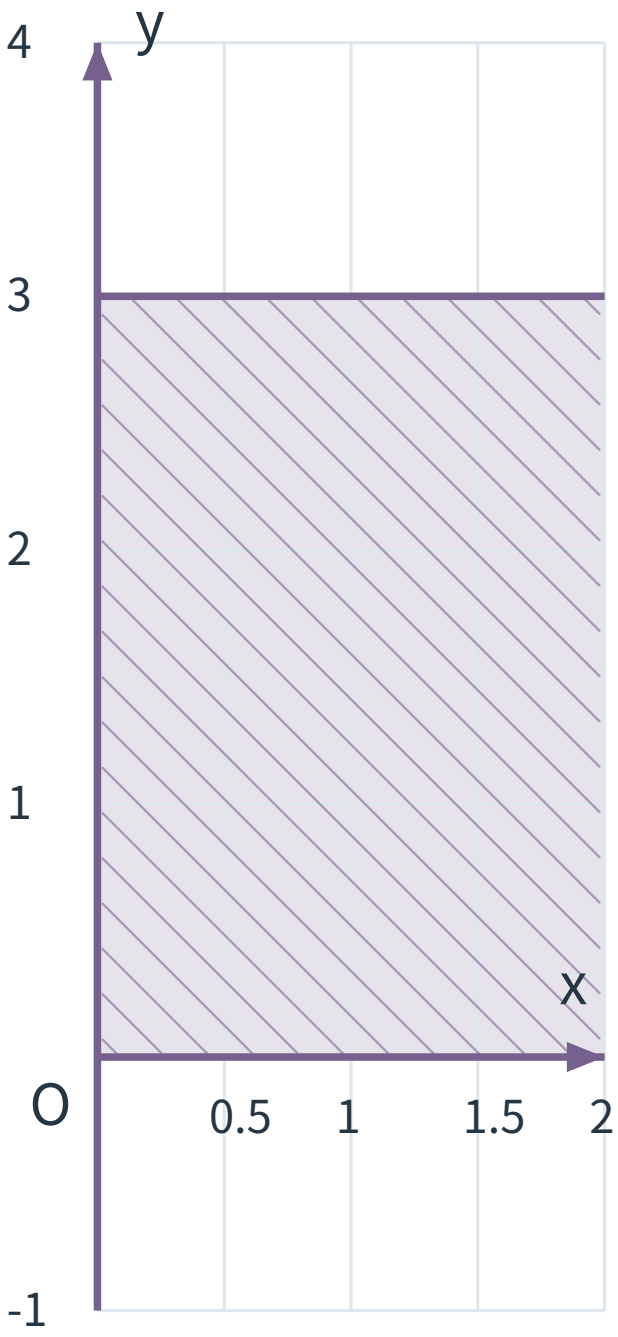
$$\Delta x = v\Delta t$$

より、

$$\Delta x = 3 \times 2 = +6\,\mathrm{m}$$

となる。

ここでグラフに注目すると、速度 $3\,\mathrm{m/s}$ が長方形の高さ、経過時間 $2\,\mathrm{s}$ が長方形の底辺となっている。



この図では、横軸 x を時刻 $t\,(\mathrm{s})$、縦軸 y を速度 $v\,(\mathrm{m/s})$ と読み替える。斜線の領域は、$t=0$ から $2\,\mathrm{s}$ までのグラフと時間軸で囲まれた長方形である。

長方形の面積を計算すると、

$$3\times 2=6$$

となり、変位の数値と一致する。

面積の単位にも注目する。

$$\left(\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right) \times \mathrm{s} = \mathrm{m}$$

グラフの面積に対応する量の単位は m であり、変位の単位と一致する。

速度–時刻グラフの面積と変位

速度–時刻グラフと時間軸で囲まれる部分の**符号付き面積**は、その時間区間の変位に対応する。

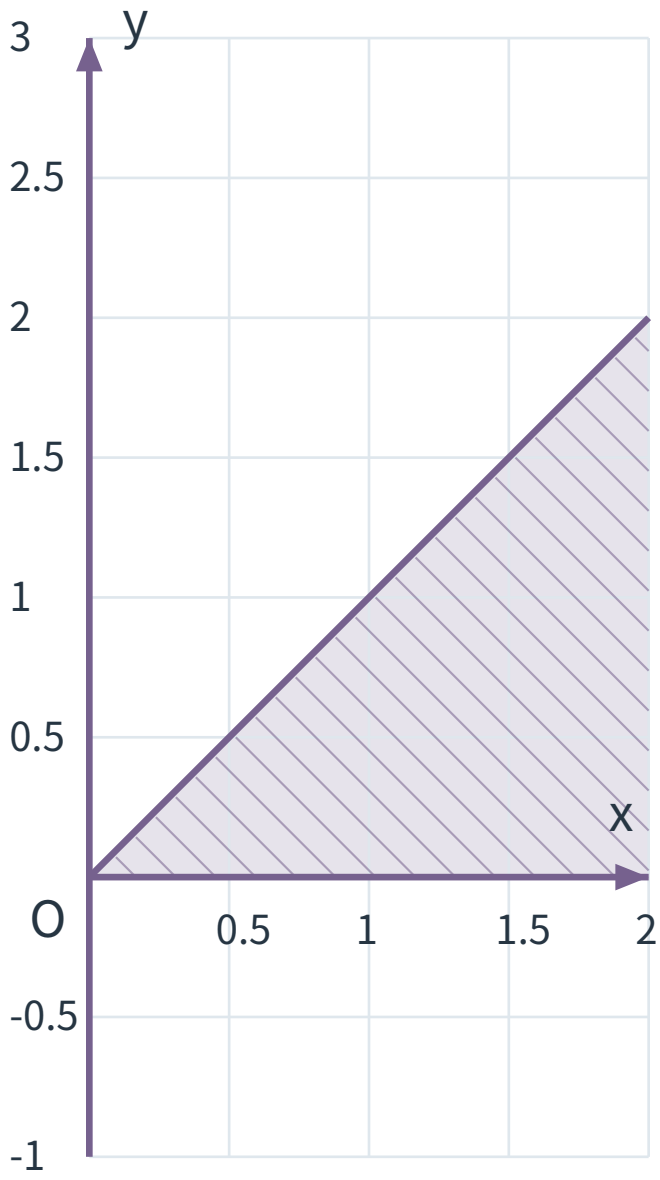
- 時間軸より上の部分：正の変位
- 時間軸より下の部分：負の変位
- 両方にまたがる場合：正と負の変位を加え合わせる

ここでいう面積は、単なる図形の面積の正の数値ではなく、時間軸の上下に応じて符号を付けた量である。

3.2 速度が一定でない場合

速度が一定でないときも、グラフの直線部分と時間軸で囲まれる面積から変位を求められる。

例えば、速度が 0 m/s から始まり、2 s 後に 2 m/s となる運動を考える。速度が時間とともに直線的に増加すると、グラフと時間軸の間には三角形ができる。



横軸 x は時刻 $t\,(\mathrm{s})$、縦軸 y は速度 $v\,(\mathrm{m/s})$ を表す。斜線部分は、底辺が $2\,\mathrm{s}$、高さが $2\,\mathrm{m/s}$ の三角形である。

したがって変位は、

$$\Delta x = \frac{1}{2} \times 2 \times 2 = +2\,\mathrm{m}$$

となる。

同じ $2\,\mathrm{s}$ 間でも、最初から最後まで $2\,\mathrm{m/s}$ で進んだ場合の変位は $+4\,\mathrm{m}$ である。時間だけでなく、速度がどのように変わったかによって変位は変わるのである。

3.3 台形は長方形と三角形に分ける

速度が 0 ではない値から直線的に増加する場合、グラフと時間軸で囲まれる部分は台形になることがある。

例えば、速度が 1 m/s から 3 m/s へ 2 s 間で直線的に増加する場合を考える。

この台形は、高さ 1 m/s の長方形と、高さの差 2 m/s に対応する三角形に分けられる。

長方形の面積は

$$1 \times 2 = 2$$

三角形の面積は

$$\frac{1}{2} \times 2 \times (3 - 1) = 2$$

である。

どちらも時間軸より上にあるため、変位は

$$\Delta x = 2 + 2 = +4\,\mathrm{m}$$

となる。

このように、長方形と三角形に分ければ、台形の面積公式を新たに使わなくても変位を求められる。

4. 速度が負になるときの面積

4.1 時間軸より下の面積

今度は、台車が左向きに 2 m/s の速さで 3 s 間動く場合を考える。

右向きを正としているため、速度は $-2\,\mathrm{m/s}$ である。

変位は

$$\Delta x = (-2) \times 3 = -6\,\mathrm{m}$$

となる。

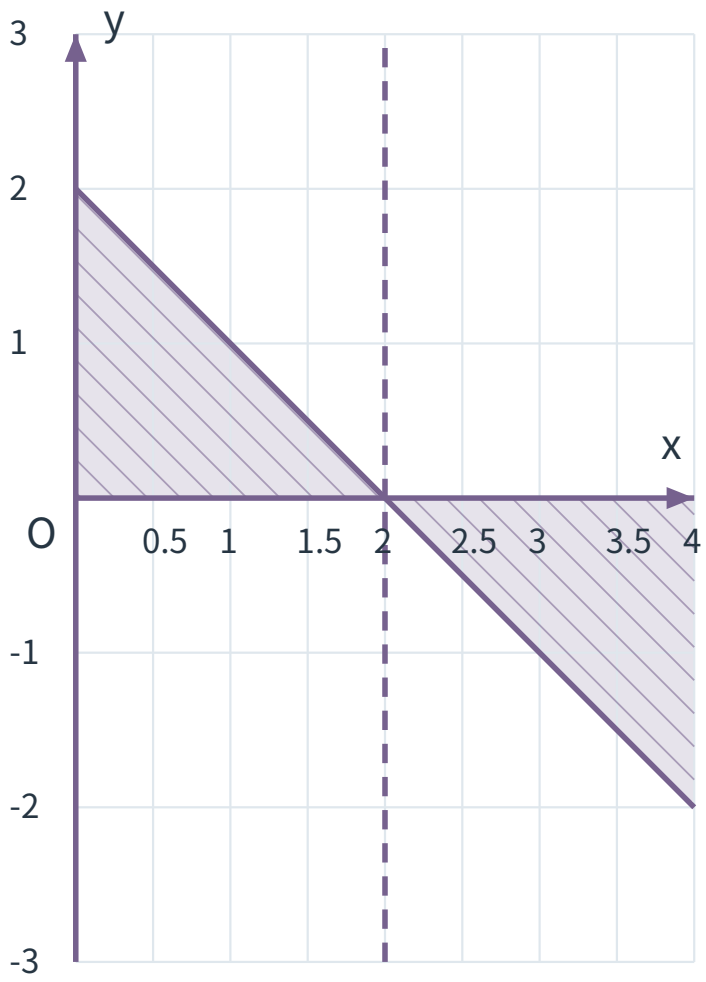
グラフと時間軸で囲まれる長方形の面積の大きさは $2 \times 3 = 6$ であるが、領域は時間軸より下にあるため、符号付き面積は $-6\,\mathrm{m}$ と扱う。

一方、実際に進んだ道のりである移動距離は 6 m である。

変位は向きを含み、移動距離は進んだ道のりの長さなので、区別が必要である。

4.2 時間軸を横切る場合

次のグラフは、速度が時刻 $t = 0\,\mathrm{s}$ で $+2\,\mathrm{m/s}$、$t = 4\,\mathrm{s}$ で $-2\,\mathrm{m/s}$ となる運動を表す。速度はこの区間で直線的に変化する。



横軸 x は時刻 $t\,(\mathrm{s})$、縦軸 y は速度 $v\,(\mathrm{m/s})$ である。斜線部分は時間軸の上と下に分かれており、破線は $t = 2\,\mathrm{s}$ を示す。

速度が $0\,\mathrm{m/s}$ になるのは $t = 2\,\mathrm{s}$ である。この時刻を境に速度の符号が正から負へ変わるため、台車は一度停止してから反対向きへ進む。

時間軸より上の三角形の符号付き面積は

$$+\frac{1}{2} \times 2 \times 2 = +2\,\mathrm{m}$$

時間軸より下の三角形の符号付き面積は

$$-\frac{1}{2} \times 2 \times 2 = -2\,\mathrm{m}$$

である。

全区間の変位は

$$\Delta x = (+2) + (-2) = 0\,\mathrm{m}$$

となる。

しかし、台車は最初に正方向へ $2\,\mathrm{m}$ 進み、その後、負方向へ $2\,\mathrm{m}$ 進んでいる。

©ミライコーチング

したがって移動距離は

$$2 + 2 = 4\,\mathrm{m}$$

である。

変位がゼロでも、移動距離がゼロとは限らない。 これは、出発点と終点が同じでも、途中で移動している場合があるためである。

ミライポイント

速度が正から負、または負から正へ変わるグラフでは、まず $v = 0$ の時刻を見つける。

次に、時間軸の上と下を分けて面積を求める。

- 変位：符号を付けた面積を加える。
- 移動距離：各部分の面積の大きさを加える。

途中で方向が変わる運動を、1 つの図形の面積だけで処理しないことが重要である。

5. 例題でグラフを読み取る

例題 1

一直線上を動く台車について、右向きを正とする。$t = 0\,\mathrm{s}$ から $2\,\mathrm{s}$ までの速度–時刻グラフが次のように与えられている。

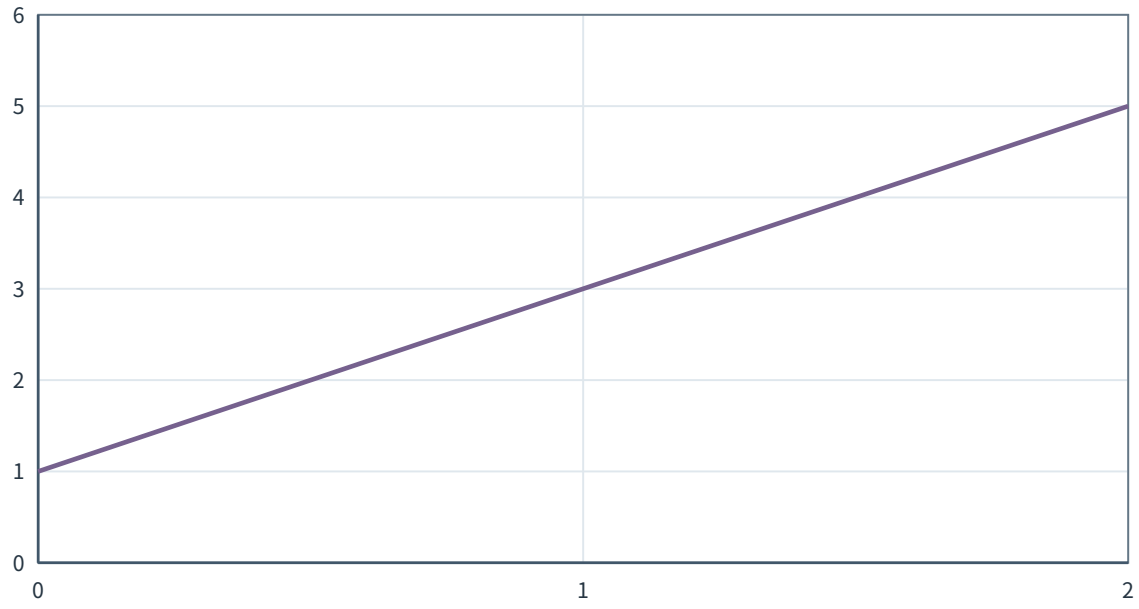


図 6　台車の速度–時刻グラフ。横軸 x=t（s）、縦軸 y=v（m/s）。0 秒から 2 秒までの直線区間を示す。

(1) この区間の加速度を求めよ。

(2) この区間の変位を求めよ。

(3) この区間の移動距離を求めよ。

解答・解説

(1) グラフから、$t = 0\,\mathrm{s}$ で $v = 1\,\mathrm{m/s}$、$t = 2\,\mathrm{s}$ で $v = 5\,\mathrm{m/s}$ と読み取れる。

したがって直線の傾きは、

$$a = \frac{5-1}{2-0} = +2\,\mathrm{m/s^2}$$

である。

(2) グラフと時間軸で囲まれる台形を、長方形と三角形に分ける。

長方形の面積は、

$$1 \times 2 = 2$$

三角形の面積は、

$$\frac{1}{2} \times 2 \times (5-1) = 4$$

である。どちらも時間軸より上にあるため、

$$\Delta x = 2 + 4 = +6\,\mathrm{m}$$

となる。

(3) この区間では速度が常に正であり、進む向きは変わらない。そのため、移動距離は変位の大きさと一致する。

よって、移動距離は $6\,\mathrm{m}$ である。

この例では、直線の傾きから加速度、長方形と三角形の面積から変位を求めた。**同じグラフでも、読み取る部分によって得られる物理量が異なる** ことに注意する。

例題 2

一直線上を動く台車について、右向きを正とする。$t = 0\,\mathrm{s}$ から $5\,\mathrm{s}$ までの速度–時刻グラフが次のように与えられている。

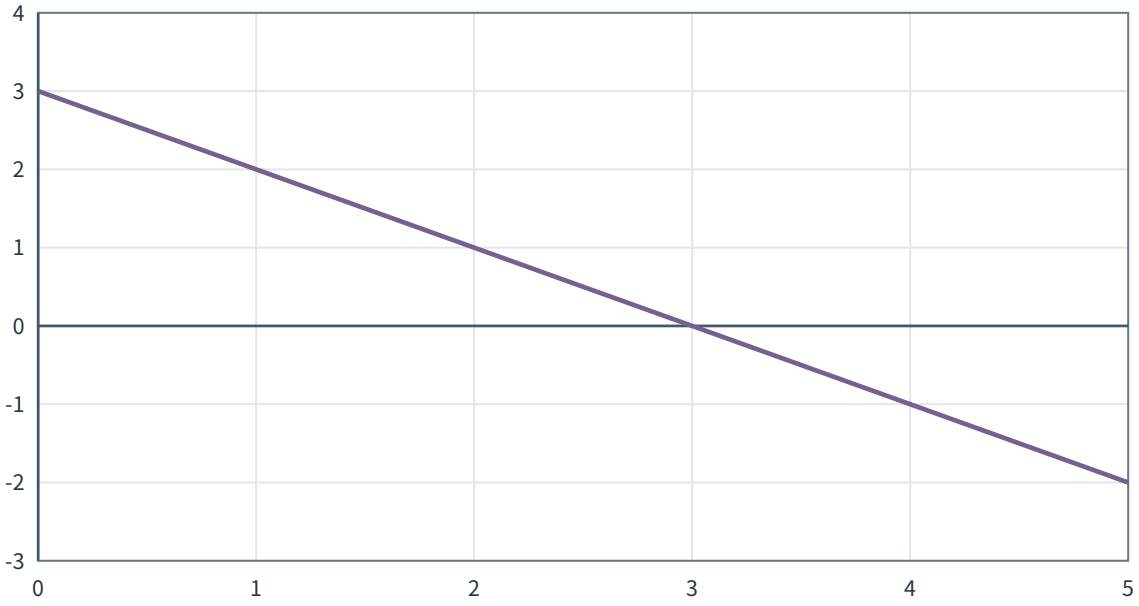


図 7　台車の速度–時刻グラフ。横軸 x=t（s）、縦軸 y=v（m/s）。0 秒から 5 秒までの直線区間を示す。

(1) 速度が $0\,\mathrm{m/s}$ になる時刻を求めよ。

(2) $0\,\mathrm{s}$ から $5\,\mathrm{s}$ までの変位を求めよ。

(3) 同じ区間の移動距離を求めよ。

解答・解説

(1) グラフと時間軸の交点から、

$$t = 3\,\mathrm{s}$$

と読み取れる。

この時刻の前後で速度が正から負に変わるため、台車は正方向から負方向へ進む向きを変える。

(2) $t = 3\,\mathrm{s}$ で区間を分ける。

$0\,\mathrm{s}$ から $3\,\mathrm{s}$ までのグラフは時間軸より上にあり、底辺 $3\,\mathrm{s}$、高さ $3\,\mathrm{m/s}$ の三角形である。

その符号付き面積は

$$S_1 = +\frac{1}{2} \times 3 \times 3 = +4.5\,\mathrm{m}$$

である。

$3\,\mathrm{s}$ から $5\,\mathrm{s}$ までのグラフは時間軸より下にあり、底辺 $2\,\mathrm{s}$、高さの大きさ $2\,\mathrm{m/s}$ の三角形である。

その符号付き面積は

$$S_2 = -\frac{1}{2} \times 2 \times 2 = -2\,\mathrm{m}$$

となる。

したがって全区間の変位は

$$\Delta x = S_1 + S_2 = 4.5 - 2 = +2.5\,\mathrm{m}$$

である。

(3) 移動距離では、反対向きへ進んだ分も正の長さとして加える。

$$4.5 + 2 = 6.5\,\mathrm{m}$$

よって、移動距離は $6.5\,\mathrm{m}$ である。

ここで、変位の $+2.5\,\mathrm{m}$ は「出発した位置より右へ $2.5\,\mathrm{m}$ の場所で終わった」という意味であり、実際に進んだ道のりの合計ではない。

6. グラフを読むときの判断

6.1 同じグラフから異なる情報を得る

速度–時刻グラフを読むときには、次の 3 つの情報を区別する。

注目する部分	わかること	単位
グラフの縦軸の値	速度	$\mathrm{m/s}$
直線区間の傾き	加速度	$\mathrm{m/s^2}$
時間軸との符号付き面積	変位	m

例えば、時間軸より下にある右上がりの直線なら、速度は負だが加速度は正である。この区間で速度が負のままなら、速さは減少している。

逆に、時間軸より下にある右下がりの直線なら、速度も加速度も負である。速度が負のままなら、速さは増加している。

グラフの高さ・傾き・面積は、互いに異なる情報を与えるのである。

6.2 観測した区間を越えて判断しない

これまでの図は、教材用に理想化した直線または直線を組み合わせたグラフである。直線区間では傾きが一定なので、その区間の加速度も一定として読める。

しかし、ある 2 時刻の速度だけを知っている場合には、その間の速度が必ず直線的に変化したとはいえない。グラフの形が与えられていなければ、2 点間の平均加速度を求めても、途中のすべての瞬間の加速度を確定することはできない。

また、速度が途中で変化した一般の曲線グラフでは、面積を長方形や三角形だけで正確に求められない場合もある。本講では、示された直線区間から必要な面積を求められる場合を扱う。

面積と傾きの単位を確認する

傾きと面積を取り違えた場合、計算結果の単位にも違いが現れる。

傾き：

$$\frac{\mathrm{m/s}}{\mathrm{s}} = \mathrm{m/s^2}$$

面積：

$$(\mathrm{m/s}) \times \mathrm{s} = \mathrm{m}$$

加速度を求める問題で答えの単位が m になっていたり、変位を求める問題で $\mathrm{m/s^2}$ になっていたりしたら、どの部分を計算したのか見直す必要がある。

演習問題

演習 1

一直線上を動く台車について、右向きを正とする。$t = 0\,\mathrm{s}$ から $3\,\mathrm{s}$ までの速度–時刻グラフが次のように与えられている。

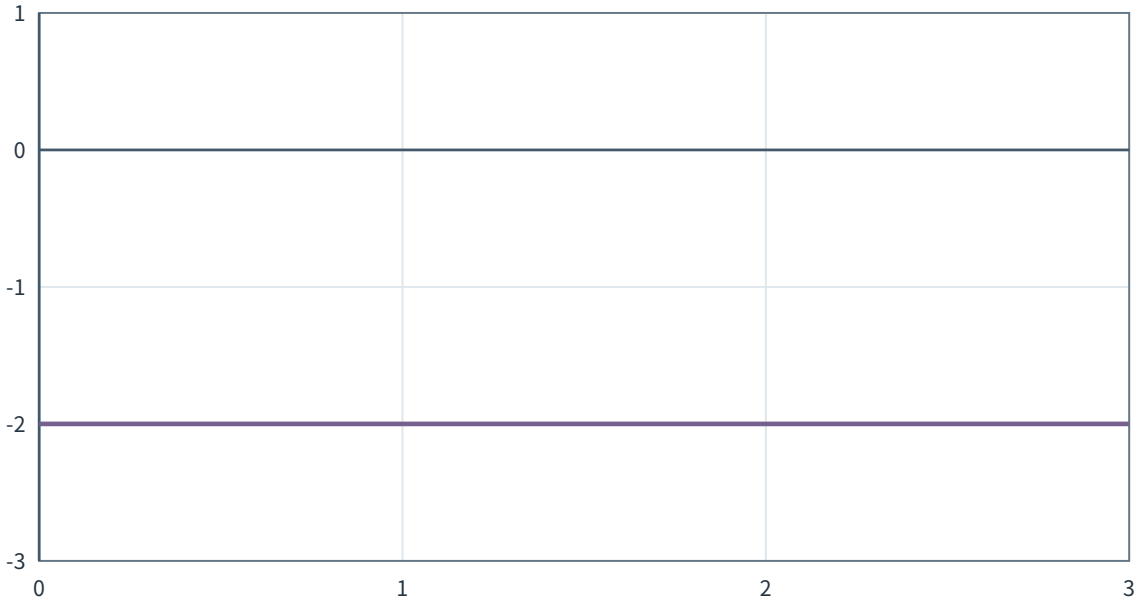


図 8　台車の速度–時刻グラフ。横軸 x=t（s）、縦軸 y=v（m/s）。0 秒から 3 秒までを示す。

(1) この区間で、台車は右向き・左向きのどちらに進むか。また、停止しているといえるか。理由とともに答えよ。

(2) この区間の加速度を求めよ。

(3) この区間の変位と移動距離をそれぞれ求めよ。

演習 2

一直線上を動く台車について、右向きを正とする。$t = 0\,\mathrm{s}$ から $2\,\mathrm{s}$ までの速度–時刻グラフが次のように与えられている。

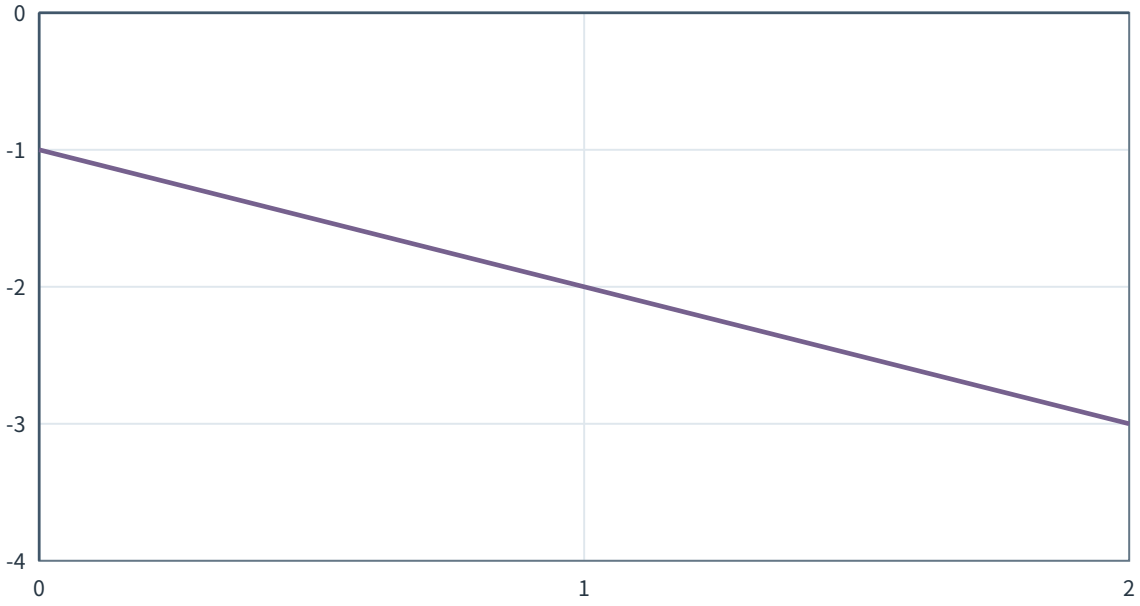


図 9　台車の速度–時刻グラフ。横軸 x=t（s）、縦軸 y=v（m/s）。0 秒から 2 秒までの直線区間を示す。

(1) $t = 0\,\mathrm{s}$ と $t = 2\,\mathrm{s}$ の速度をそれぞれ答えよ。

(2) この区間の加速度を求めよ。

(3) この区間で速さは増加するか、減少するか。速度と加速度の符号を使って説明せよ。

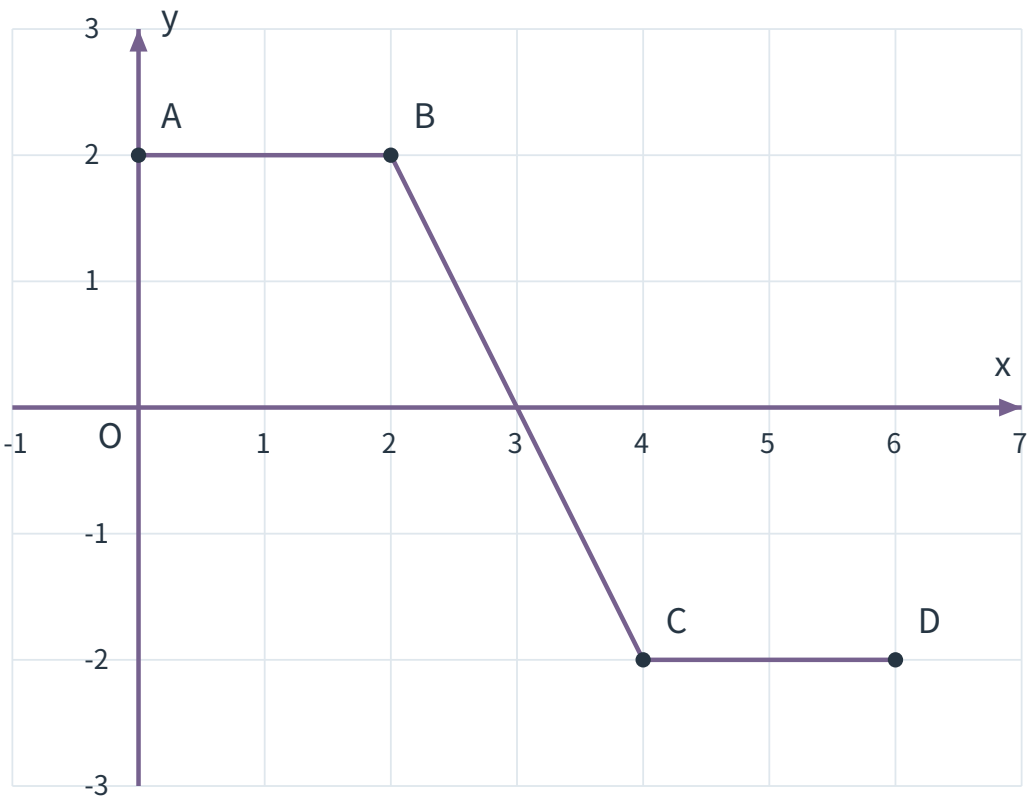
(4) この区間の変位と移動距離をそれぞれ求めよ。

©ミライコーチング

演習 3

一直線上を動く台車について、右向きを正とする。$t = 0\,\mathrm{s}$ から $6\,\mathrm{s}$ までの速度–時刻グラフが次のように与えられている。

グラフは、$(t, v) = (0, 2), (2, 2), (4, -2), (6, -2)$ の 4 点をこの順に結んだ折れ線である。点と点の間は直線であり、横軸の 1 目盛を $1\,\mathrm{s}$、縦軸の 1 目盛を $1\,\mathrm{m/s}$ とする。



この図の横軸 x は時刻 $t\,(\mathrm{s})$、縦軸 y は速度 $v\,(\mathrm{m/s})$ を表す。A、B、C、D はグラフ上の点の名前であり、物体の空間内の位置を示すものではない。

(1) $t = 1\,\mathrm{s}$ と $t = 5\,\mathrm{s}$ の速度をそれぞれ求めよ。

(2) 折れ曲がり点である $t = 2\,\mathrm{s}$ と $t = 4\,\mathrm{s}$ を除く区間内部（$2\,\mathrm{s} < t < 4\,\mathrm{s}$）の加速度を求めよ。

(3) $0\,\mathrm{s}$ から $6\,\mathrm{s}$ までの間で、速度が $0\,\mathrm{m/s}$ となる時刻を求めよ。

(4) 全区間の変位を求めよ。

(5) 全区間の移動距離を求めよ。

(6) $t = 2\,\mathrm{s}$ ちょうどの瞬間加速度を、この折れ線グラフの一方の傾きだけで断定できるか。理由を説明せよ。

演習 4

速度–時刻グラフに関する次の 3 つの説明が正しいか、誤っているかを判断し、誤っている場合は理由を説明せよ。必要なら具体的な速度の数値を使ってよい。

(1) 「グラフが水平なら、物体は必ず停止している。」

(2) 「グラフの傾きが負なら、物体の速さは必ず減少している。」

(3) 「ある時間区間の変位がゼロなら、その区間の移動距離も必ずゼロである。」

©ミライコーチング

演習問題の解答・解説

解答 1

(1) **左向きに進み、停止していない。**

グラフの縦軸の値は $-2\,\mathrm{m/s}$ である。右向きを正としているため、負の速度は左向きの運動を表す。

また、速さは $2\,\mathrm{m/s}$ なので、停止しているわけではない。水平線が表すのは速度が一定であることであり、停止ではない。

(2) $0\,\mathrm{m/s^2}$

速度は最初から最後まで $-2\,\mathrm{m/s}$ で一定である。したがって、

$$a = \frac{-2-(-2)}{3-0} = 0\,\mathrm{m/s^2}$$

となる。

(3) **変位は** $-6\,\mathrm{m}$**、移動距離は** $6\,\mathrm{m}$

速度が一定なので、変位は

$$\Delta x = (-2)\times 3 = -6\,\mathrm{m}$$

である。

移動距離は、左向きに進んだ道のりの長さであるため、

$$2\times 3 = 6\,\mathrm{m}$$

となる。

変位の負号は向きを示している。移動距離を負の値にしてはならない。

解答 2

(1) $t=0\,\mathrm{s}$ **で** $-1\,\mathrm{m/s}$**、**$t=2\,\mathrm{s}$ **で** $-3\,\mathrm{m/s}$

グラフと縦軸の交点から初めの速度を読み取り、$t=2\,\mathrm{s}$ の縦軸の値から後の速度を読む。

(2) $-1\,\mathrm{m/s^2}$

直線の傾きを求めると、

$$a = \frac{-3-(-1)}{2-0} = \frac{-2}{2} = -1\,\mathrm{m/s^2}$$

である。

(3) **速さは増加する。**

速度は $-1\,\mathrm{m/s}$ から $-3\,\mathrm{m/s}$ へ変化している。この区間では速度が負のままなので、台車は左向きに進み続ける。

速さは速度の絶対値だから、$1\,\mathrm{m/s}$ から $3\,\mathrm{m/s}$ へと増加する。

加速度が負であることは、速度の値が減少していることを示すのであり、速さが必ず減少することを意味しない。

(4) **変位は** $-4\,\mathrm{m}$**、移動距離は** $4\,\mathrm{m}$

グラフと時間軸に挟まれた部分を、長方形と三角形に分ける。

長方形の面積の大きさは

$$1 \times 2 = 2$$

三角形の面積の大きさは

$$\frac{1}{2} \times 2 \times (3-1) = 2$$

である。

どちらも時間軸より下にあるため、符号付き面積の和は

$$\Delta x = -(2+2) = -4\,\mathrm{m}$$

となる。

この区間では速度の符号が変わらず、負方向に進み続ける。そのため移動距離は、面積の大きさの和である

$$2+2 = 4\,\mathrm{m}$$

となる。

解答 3

(1) $t = 1\,\mathrm{s}$ **では** $+2\,\mathrm{m/s}$**、** $t = 5\,\mathrm{s}$ **では** $-2\,\mathrm{m/s}$

$t = 1\,\mathrm{s}$ は A と B の間の水平線上にあり、速度は $+2\,\mathrm{m/s}$ である。

$t = 5\,\mathrm{s}$ は C と D の間の水平線上にあり、速度は $-2\,\mathrm{m/s}$ である。

(2) **区間内部（**$2\,\mathrm{s} < t < 4\,\mathrm{s}$**）の加速度は** $-2\,\mathrm{m/s^2}$ **である。**

折れ曲がり点である $t = 2\,\mathrm{s}$ と $t = 4\,\mathrm{s}$ を除く区間内部では、B と C を結ぶ直線の傾きが一定である。

この区間の速度の変化量は

$$\Delta v = -2 - (+2) = -4\,\mathrm{m/s}$$

経過時間は

$$\Delta t = 4 - 2 = 2\,\mathrm{s}$$

だから、

$$a = \frac{-4}{2} = -2\,\mathrm{m/s^2}$$

となる。

(3) $t = 3\,\mathrm{s}$

B と C の間で速度は $+2\,\mathrm{m/s}$ から $-2\,\mathrm{m/s}$ へ直線的に変化する。

直線が時間軸と交わるのは中間の時刻である $t = 3\,\mathrm{s}$ であり、このとき速度がゼロとなる。

(4) **変位は** $0\,\mathrm{m}$

速度がゼロになる $t = 3\,\mathrm{s}$ を境に、必要な区間へ分けて面積を求める。

時間区間	図形	符号付き面積
0〜$2\,\mathrm{s}$	長方形	$+2 \times 2 = +4\,\mathrm{m}$
2〜$3\,\mathrm{s}$	三角形	$+\frac{1}{2} \times 1 \times 2 = +1\,\mathrm{m}$
3〜$4\,\mathrm{s}$	三角形	$-\frac{1}{2} \times 1 \times 2 = -1\,\mathrm{m}$
4〜$6\,\mathrm{s}$	長方形	$-2 \times 2 = -4\,\mathrm{m}$

全区間の変位は、

$$\Delta x = 4 + 1 - 1 - 4 = 0\,\mathrm{m}$$

となる。

台車は途中で進む向きを変えているが、最終的に出発点へ戻ったことを示す。

(5) **移動距離は** $10\,\mathrm{m}$

移動距離は、各区間の面積の大きさを加えたものである。

$$4 + 1 + 1 + 4 = 10\,\mathrm{m}$$

となる。

変位はゼロであるが、実際には合計 $10\,\mathrm{m}$ の道のりを進んでいる。

(6) **断定できない。**

$t = 2\,\mathrm{s}$ は、グラフの水平な直線区間と右下がりの直線区間がつながる角である。

その直前の区間の加速度は $0\,\mathrm{m/s^2}$、直後の直線区間の加速度は $-2\,\mathrm{m/s^2}$ であり、傾きが異なる。

したがって、角の時刻ちょうどの瞬間加速度を、どちらか一方の傾きから一意に断定することはできない。この折れ線モデルでは前後の区間を分けて加速度を扱う。

解答 4

(1) **誤り**。

水平線が示すのは速度が一定であることだ。例えば、速度が $+3\,\mathrm{m/s}$ の水平線なら、物体は右向きに一定の速さで進んでいる。

停止しているのは、グラフが時間軸上にあり、速度が $0\,\mathrm{m/s}$ となっている場合である。

(2) **誤り**。

傾きが負であることは、加速度が負であり、速度の値が時間とともに減少することを示す。

例えば、速度が $-1\,\mathrm{m/s}$ から $-3\,\mathrm{m/s}$ に変わる場合、速度の値は減少するが、速さは $1\,\mathrm{m/s}$ から $3\,\mathrm{m/s}$ に増加する。

したがって、傾きが負であることだけを根拠に、速さが減少すると判断することはできない。

(3) **誤り**。

変位は終点の位置と始点の位置の差であり、移動距離は進んだ道のりの合計である。

例えば、右向きに $3\,\mathrm{m}$ 進んだ後、左向きに $3\,\mathrm{m}$ 戻った場合、変位は

$$(+3)+(-3)=0\,\mathrm{m}$$

となる。

一方、移動距離は

$$3+3=6\,\mathrm{m}$$

である。

速度–時刻グラフでは、時間軸より上と下の符号付き面積が打ち消し合うことがある。しかし、移動距離はそれぞれの面積の大きさを加えるため、必ずしもゼロにはならない。