

第

1

章

物体の運動



スタート動画

単元 3



Before & After
学習前に書こう

運動と力には、
どのような関係が
あるだろうか。



ロードレース

ワークシート

1

物体の運動の記録

問題発見

レッツ スタート!

- ・広い場所で 図1 のように、記録テープをからだにつけてまっすぐ歩いてみよう。歩く速さを変えてみよう。
 - ・広い場所がないときは、テープのはしを手でつまんでまっすぐ引いてみよう。引く速さを変えてみよう。
- テープに記録された点は何を表しているのだろうか。

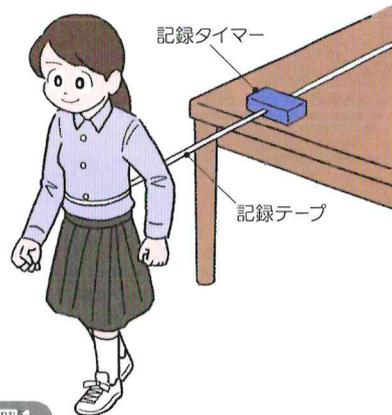


図1

人が歩く運動の記録

記録タイマーのスイッチを入れてから歩き始める。

記録タイマーは、物体に記録テープをつけて運動させると、記録テープ上に一定時間ごとに印をつけることができる。記録テープ上の点から、どのようなことがわかるかを考えよう。また、考えを確かめるために、水平面上で台車(力学台車)を速く動かしたときと、ゆっくり動かしたときの運動を、記録タイマー(図2)を使って調べよう。



図2

記録タイマー(放電式)

記録タイマーには、基礎操作のような交流の特徴を使って紙製のテープに点を記録する「打点式」と、火花放電を用いて専用のテープに点や線を記録する「放電式」がある。

?

水平面上で移動する物体の運動を記録タイマーで記録すると、何がわかるだろうか。

基礎操作

記録タイマーの使い方

記録タイマーは、記録テープに1秒間に50回あるいは60回、点を打つことができる。記録テープを引くと、記録テープに、その打点がずれて記録される。

交流の周波数によって、打点の時間間隔は変わる。1つの点が打たれてから、次の点が打たれるまで、周波数が50 Hzの東日本では $\frac{1}{50}$ 秒、60 Hzの西日本では $\frac{1}{60}$ 秒の時間間隔がある。

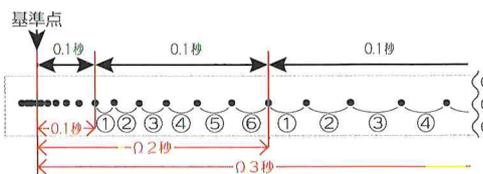
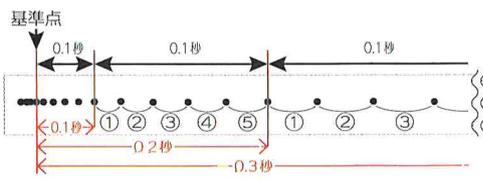
② 打点が重なってはつきりしない部分は、除外して基準点を決める。

東日本の場合

$$\begin{aligned} \frac{1}{50}[\text{秒}] \times 5 &= \frac{5}{50}[\text{秒}] \\ &= \frac{1}{10}[\text{秒}] \\ &= 0.1[\text{秒}] \end{aligned}$$

西日本の場合

$$\begin{aligned} \frac{1}{60}[\text{秒}] \times 6 &= \frac{6}{60}[\text{秒}] \\ &= \frac{1}{10}[\text{秒}] \\ &= 0.1[\text{秒}] \end{aligned}$$



操作説明

実験 1

水平面上での台車の運動



実験手順

実験の目的 記録タイマーを使って、水平面上を一直線に移動する台車の運動を記録し、一定時間ごとの位置の変化を調べる。

実験の方法

準備する物 | □力学台車 □記録タイマー □記録テープ □粘着テープ □ものさし □方眼紙 □はさみ

ステップ 1

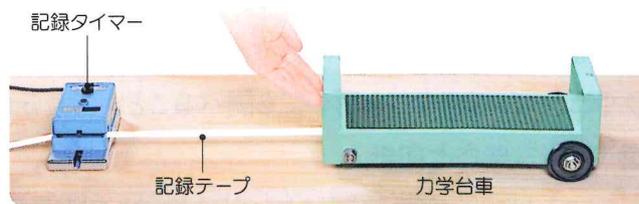
水平面上で台車をおし出す

1 記録テープを記録タイマーに通し、先端を台車にはりつける。

① 実験台と記録テープが平行になるようにする。

2 記録タイマーのスイッチを入れて、ごく短い時間台車をおし出し、台車の運動を記録する。

3 台車をおし出す力を少し強めて、運動を記録する。



注意

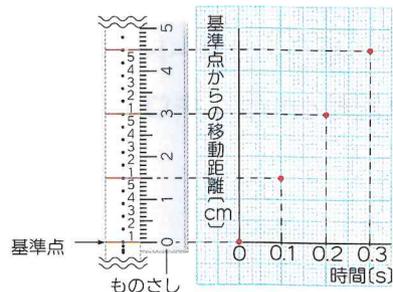
- 水平でなめらかな面の上で行う。
- 台車を受け止める人が必ずいるようにする。
- 台車は精密にできているので、丁寧に扱う。

ステップ 2

0.1 秒ごとの距離を調べる

4 台車が動き始めて少したってから、ほぼ同じ間隔で打点が続く区間の打点の一つを基準点とし、0.1 秒ごとに記録テープに区切りの線を引く。

5 グラフの横軸に時間、縦軸に移動距離をとり、基準点から0.1 秒ごとの距離をはかって点を打つ。

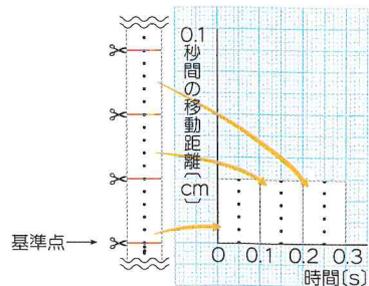


ステップ 3

記録テープを切って並べる

6 0.1 秒ごとに切りはなした記録テープを、方眼紙に並べてはりつける。

7 おし出す力を少し強めた場合についても、4～6の作業を行う。



結果の見方

- おし出す強さによって、記録テープの打点の間隔はどのように変化したか。

考察のポイント

- 打点の間隔から、台車はどのような運動をしているといえるか。時間と移動距離には、どのような関係があるか。

実験から

記録テープの打点の間隔を見ると、手でおし出し
た少し後から、ほぼ同じ間隔で打点が続いている区
間があった(図1)。この区間の打点の1つを基準点として、実験
1のステップ2の手順でグラフにすると、図2 アのように基準点か
らの移動距離が時間に比例することがわかる。また、実験1のステ
ップ3の手順でグラフにすると、図2 イのように、横軸が時間、縦
軸が0.1秒間に移動した距離のグラフになる。

手でおし出す力を少し強めると、図5 アでは、時間とともに移
動する距離の変化の割合が、図2 アのときよりも大きくなっている
ことがわかる。また、図5 イのように、図2 イのときよりも0.1
秒ごとの移動距離が長くなった。このことから、手でおし出す力を
少し強めると、物体は速く動くことがわかる。このことはデジタルカメ
ラやコンピュータなどを用いても調べることができる(図3)。

● 運動の速さと向き

速さとは、一定の時間にどれだけ移動したかを表したものである。
物体の速さは、移動した距離をかかった時間で割って求める^{★1}。
速さの単位にはメートル毎秒(記号m/s)や、センチメートル毎
秒(記号cm/s)、キロメートル毎時(記号km/h)などを用いる^{★2}。

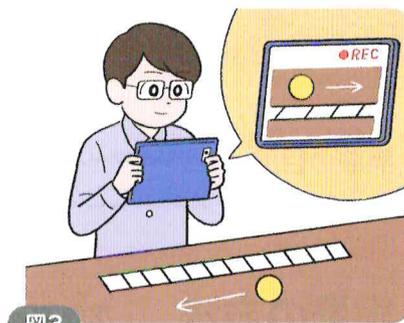


図3

コンピュータを用いて物体の運動を調べる

撮影された動画から物体の位置が読みとれるように、ものさしや等間隔に線が入った台紙などを利用する。アプリケーションなどで、一定時間の記録(フレーム)をとり出して並べてもよい。

★1 算数で学んだこと

速さ → 小5

- 速さは、単位時間あたりに物体が進む道のりで表す。単位時間を1時間とすると時速、1秒間とすると秒速になる。
速さ = 道のり ÷ 時間

★2 時間の単位の

- 「秒」にはsecondのsを、
- 「時」にはhourのhを用いる。

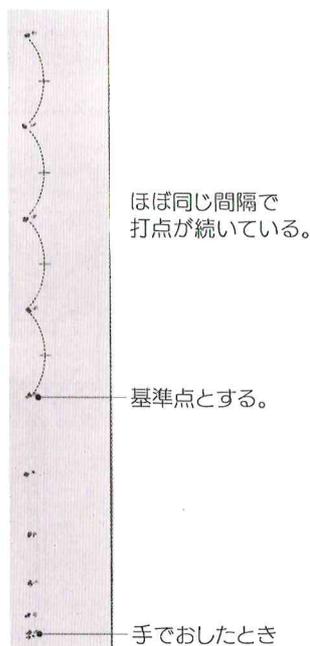


図1

記録テープの例

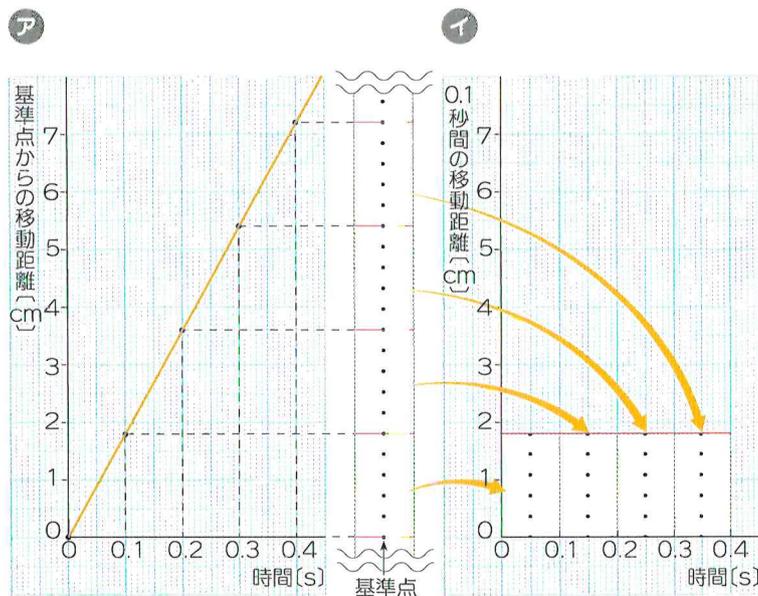


図2

初めにおし出した(ゆっくり動いた)ときの結果の例 (東日本での打点の場合)

ここがポイント

速さ(秒速)を求める式

$$\text{速さ[m/s]} = \frac{\text{移動距離[m]}}{\text{かかった時間[s]}}$$

図4のように、一直線上を進んでいない物体の運動についても、物体の位置を一定時間ごとに撮影すると、その物体が速さと向きを刻々と変化させながら運動しているようすを知ることができる。



130ページの?に対する自分の考えをまとめよう。

(使用するキーワード → 距離、速さ)

活用

学びをいかして考えよう

図4のはね返る小球について、運動する速さと向きは、どのように変化しているといえるだろうか。

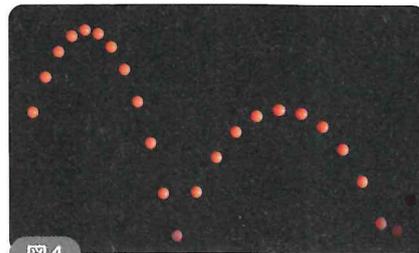


図4

はね返る小球の連続写真

一定の時間間隔で発光するストロボ装置を使って写真をとると、連続写真として撮影することができる。

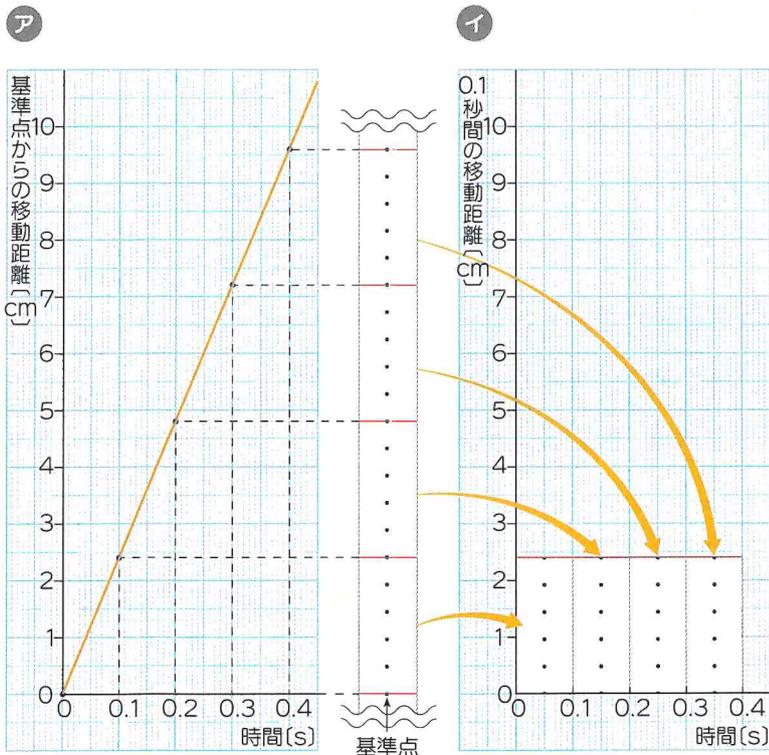


図5

おし出す力を少し強めた(速く動いた)ときの結果の例 (東日本での打点の場合)

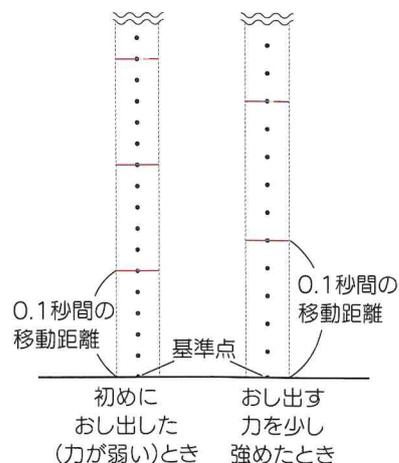


図6

実験1の記録テープの例 (東日本の場合)

2 物体の運動の速さの変化

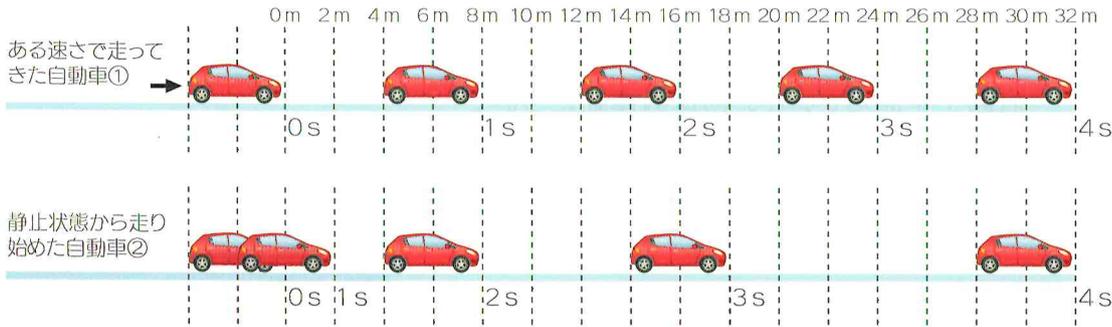


図1 自動車の1秒ごとの位置の変化

人が歩いて移動する場合、スタート地点からゴール地点までの移動にかかった時間が同じでも、人によって、とちゅうで速く歩いたりゆっくり歩いたりすることもある。物体の運動のちがいを表現するためには、物体の速さの変化についてくわしく調べる必要がある。

図1の自動車①と②が、32 mの距離を4秒間で移動したときの速さ8 m/sは、この距離を一定の速さで移動したとき速さで、これを平均の速さという。しかし、表1の自動車②は32 mの区間を一定の速さで運動したのではなく、1秒ごとの移動距離が変化している。このような、時間の変化に応じて、刻々と変化する速さを瞬間の速さという。

表1 自動車①と②の1秒ごとの位置

時間 (s)	自動車①の位置 (m)	自動車②の位置 (m)
0	0	0
1	8	2
2	16	8
3	24	18
4	32	32

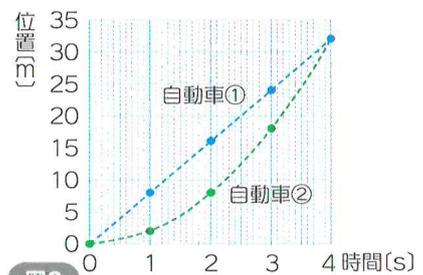


図2 図1の自動車の時間と位置のグラフ
点線は、時間の変化に応じて推定される自動車の位置を示している。

? 物体の運動の速さの変化をくわしく調べるには、どうすればよいだろうか。

分析 調べて考察しよう

図1は、自動車①と②が32 m移動するまでの位置を1秒間隔で示している。自動車①と②の1秒間隔ごとの平均の速さを求め、右の表の()に書き入れ、自動車①と②の速さの変化を比べよう。

時間の区間 [秒]	①の平均の速さ (m/s)	②の平均の速さ (m/s)
0~1	8	2
1~2	()	()
2~3	()	()
3~4	()	()

4秒間の平均の速さは同じでも、1秒間隔ごとの平均の速さは、自動車①と②で異なる。このように、短い時間間隔で速さを求めると、運動の状態のちがいをくわしく表現することができる。図3のように、時間を横軸に、速さを縦軸にとってグラフにすると、速さの変化とともに、ある時間での瞬間の速さをグラフから推定することができる。

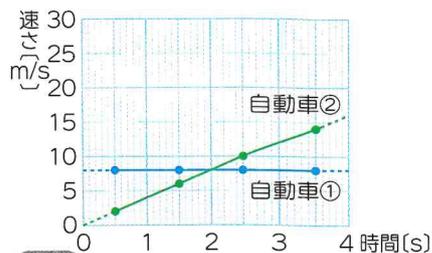


図3

図1の自動車の時間と速さのグラフ

平均の速さを表す場合、時間の各区間の中央に点を打つ。点と点を結ぶ線から、時間とともに変化する自動車の瞬間の速さを推定できる。例えば、走り始めてから2秒のときの瞬間の速さは、どちらもおよそ8 m/sになることが読みとれる。

● 等速直線運動

図3の自動車①のように、横軸が時間、縦軸が速さのグラフが水平になっている場合、物体は一定の速さで運動しているか、止まっている状態である。物体が、一直線上を一定の速さで進む運動を等速直線運動とうそくちよくせんうんどうという。このとき、図2の自動車①のように、移動距離は時間に比例して増加する。



134ページの？に対する自分の考えをまとめよう。

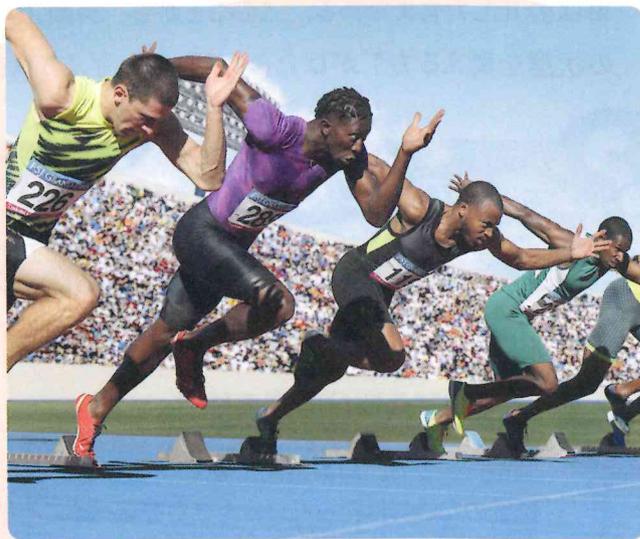
(使用するキーワード → 時間間隔)



【まちなか科学】

いちばん速いのはだれ？

チーターとウマはどちらが速いでしょうか？ チーターは時速100 kmで走れますが、数百mしかその速さを維持できません。一方、ウマは時速50 kmで数kmは走れます。つまり、ゴールまでの距離をどのくらいにするかで結果が異なる可能性があり、単純にどちらが速いかという問いには答えられないのです。速さには瞬間の速さと平均の速さがありますが、実際の生物や乗り物の運動では速さが増えるため、例えば、決まった時間内に到達できる距離や、決まった距離を走るのにかかる時間など、比べる条件を決めないと、速さ比べはできません。そのため、陸上競技の走る種目は、決まった距離を走るのにかか



た時間で競います。100 m走からマラソンまでさまざまな競技があり、短時間で最速に至ることができるか、長く持続的に走れるかなど、選手は競技の特性に合わせてトレーニングしています。 #100m走 #マラソン

3 だんだん速くなる運動

自転車はどうして速くなっていくのかな。



図1

坂を下る自転車（オーストリア）

斜面上に台車を置いて静かに手をはなすと、台車はだんだん速くなりながら斜面を下る。一方、水平面上で同じことをしても、台車は静止したままである。このことから、斜面上の物体には、運動の状態を変える力 $\star 1$ がはたらいていると考えられる。

★1 これまでに学んだこと

力のはたらき →中1

- 力には、物体の運動の状態を変えるはたらきがある。

力の表し方 →中1

- 物体にはたらく力は、力のはたらく点（作用点）、力の向き、力の大きさの3つの要素をもち、点と矢印を使って表すことができる。

重力 →中1

- 地球上にある全ての物体は、地球から地球の中心の向きに重力を受けている。



物体がだんだん速くなる運動に、力はどのように関係しているだろうか。

仮説

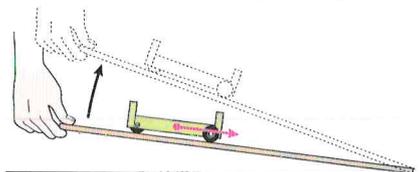
？に対する自分の考えは？

ばねばかりで、斜面方向に物体が動かないように支えることで、運動の向きにはたらく力の大きさを調べることができる。斜面の傾きが大きくなると、物体にはたらく斜面方向の力はどうか。また、力の大きさは斜面上の物体の位置によって変わるだろうか。斜面の傾きが変わると、物体の速さの変化にちがいが見られるだろうか。

理科の見方・考え方



斜面を下る台車がだんだん速くなるときの、台車にはたらく力に着目しよう。



実験 2

斜面上での台車の運動



実験手順

実験の目的 斜面上の台車にはたらく力の大きさをはかり、
斜面を下る台車にはたらく力と台車の速さの変化との関係を調べる。

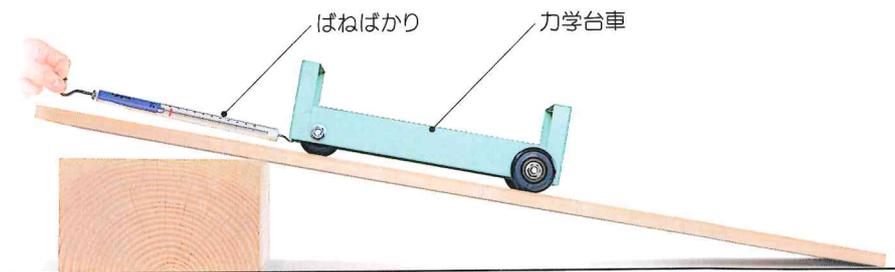
実験の方法

準備する物 □斜面用の板 □斜面をつくる台 □力学台車 □記録タイマー □記録テープ
□ばねばかり □クランプ □方眼紙 □粘着テープ □はさみ

ステップ 1

台車にはたらく力の大きさを調べる

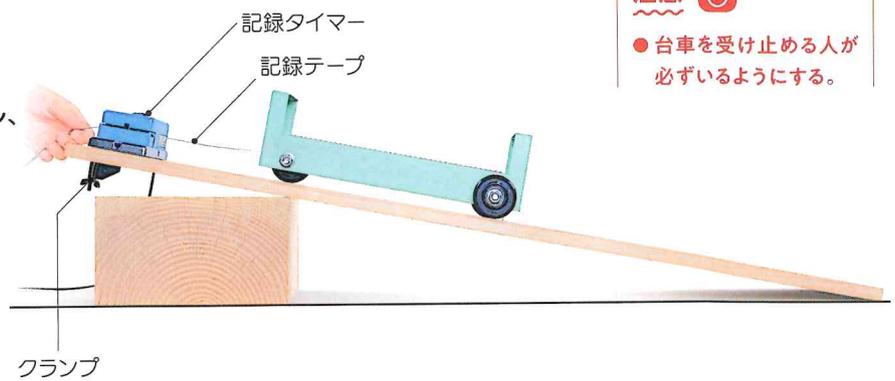
- 1 斜面上に台車をのせ、
台車にはたらく
斜面方向の力の大きさを、
ばねばかりで調べる。
- 2 台車の位置を変えて、
斜面方向の力の大きさを調べる。



ステップ 2

台車の運動を調べる

- 3 記録タイマーを、
クランプなどで斜面に固定する。
- 4 記録タイマーに記録テープを通し、
台車に記録テープをはりつける。
- 5 記録タイマーのスイッチを入れ、
台車が斜面を下るようすを
記録する。
- 6 斜面の傾きを変えて、
①～⑤と同じ操作を行う。



注意

- 台車を受け止める人が必ずいるようにする。

結果の見方 ● 台車にはたらく力や台車の運動のようすは、斜面の傾きによってどのように変化したか。

考察のポイント ● 速さの変化と力の大きさには、どのような関係があるか。

表1 実験2ステップ1の結果例

斜面上の台車の位置		上の方	中くらい	下の方
ばねばかり の値 [N]	傾き10°	1.7	1.6	1.7
	傾き20°	3.3	3.3	3.4

ばねばかりに台車をつり下げたら9.8 N (台車にはたらく重力の大きさ) だった。

実験から
(ステップ1)

ばねばかりで斜面上向きに台車を支えると、台車を静止させることができた。このことから、台車には斜面向下向きに力がはたらいていることがわかる。また、斜面の傾きが大きいほど、その力は大きくなることもわかる(図1)。その力の大きさは、斜面の傾きが変わらなければ、斜面上のどの位置でもかってもほぼ変わらなかった(表1)。

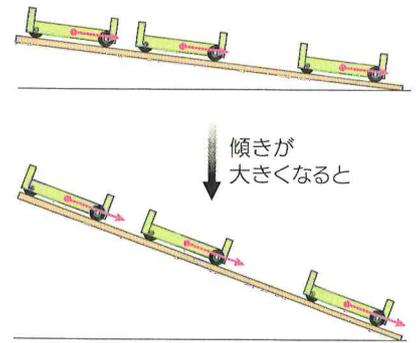


図1

斜面を下る台車にはたらく斜面方向の力
同じ斜面上では、同じ大きさの力が斜面向下向きにはたらく続けている。傾きが大きくなると、斜面向下向きの力が大きくなる。

ア 斜面の傾きが小さいとき

イ 斜面の傾きが大きいとき

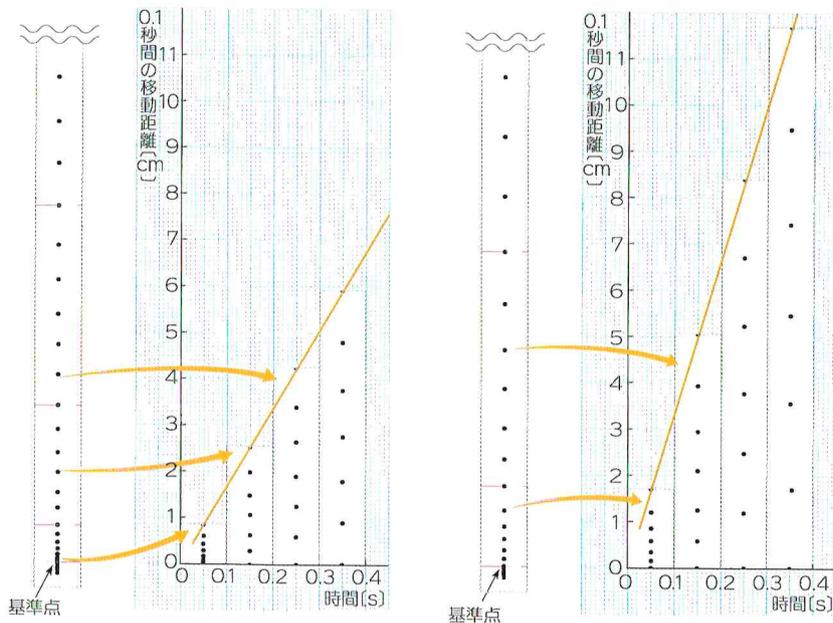


図2

実験2ステップ2の結果例
(西日本での打点の場合)

斜面の傾きが小さいとき(ア)と大きいとき(イ)で、台車の運動を記録テープで測定し、0.1秒間ごとに切ったテープを並べて、0.1秒間の移動距離の変化をそれぞれグラフにした。例えば、イの0.2秒から0.3秒の区間の平均の速さは、8.4 cm ÷ 0.1 s = 84 cm/sと読みとれる。

実験から
(ステップ2)

図2のように、記録テープを並べてグラフにすると、0.1秒間の移動距離は、時間とともに増加している。図2アとイの縦軸は、物体の速さに対応していると考えられるので、台車の速さは一定の割合で増加していることがわかる。また、斜面の傾きが大きい方が、速さが増加する割合も大きい。

このように、物体に一定の力がはたらき続けるとき、物体の速さは、力のはたらく向きに一定の割合で増加する。同じ物体にはたらく力が大きいほど、物体の速さが増加する割合は大きい。物体にはたらく力の向きと大きさによって、物体の運動の状態は変わることがわかる。

● 自由落下

表1 のように、斜面の傾きを大きくすると、斜面を下る向きに台車にはたらく力が大きくなる。斜面の傾きが 90° になると、力の大きさは重力の大きさに等しくなる。この状態で静かに物体をはなすと、物体は落下する。このときの運動を自由落下^{じゆうらつか}という。図3 では、小球が速さを増しながら落下している。物体には、自由落下の間も、常に一定の力がはたらき続けている。

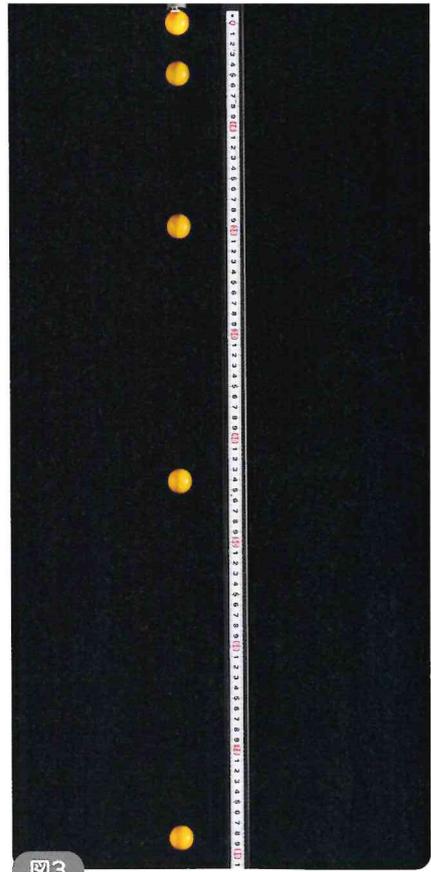


図3 小球の自由落下の連続写真
0.1秒ごとの小球の
およその位置を示している。



136ページの ? に対する自分の考えをまとめよう。
(使用するキーワード → 運動の向き)



【歴史にアクセス】

<p>重い物ほど速く落ちる?</p> <p>ガリレオ・ガリレイ VS アリストテレス</p> <p>ROUND1</p>	<p>2000年以上前、古代ギリシャのアリストテレスは重い物ほど速く落下すると思った</p>	<p>長年信じられてきたその説に異を唱えたのが、16世紀のガリレオ・ガリレイ</p> <p>本当にそうだろうか?</p> <p>かれは思考の中で実験を行った</p>	<p>重い球と軽い球をつないで落とすとすると</p> <p>軽い物がゆっくり、重い物が速く落ちるなら……</p>
<p>軽いほうが足を引っ張るので、2つを結んだ物体は中間の速さで落ちるだろう</p>	<p>しかしこうも考えられる</p> <p>結んでいちばん重くなったから</p> <p>いちばん速く落ちなければならない!</p> <p>最も重い!</p>	<p>どちらの考え方もまちがいが無いのに答えが矛盾する</p> <p>つまりもとの考えがまちがっているのだ</p>	<p>空気抵抗がなければ、羽と鉄球のように重さのちがうものでも同時に落下する</p> <p>この勝負ガリレオの勝ち!</p>

4 だんだんおそくなる運動



図1

坂を上る自転車（スイス）

問題発見

レッツ スタート!

自転車で坂を上るとき、ペダルをこがなければ進まなくなってしまうのはなぜかを考えてみよう。

実験2 → P.137 では、斜面を下る台車に斜面下向きに一定の力がはたらき続けるため、速さが一定の割合で増加した。しかし、斜面を上る台車の場合は、力の向きが運動の向きとは逆になる。

?

物体の運動の向きとは逆向きに一定の力がはたらき続けるとき、物体の速さはどうに変化するだろうか。

理科の見方・考え方



斜面を下る物体がだんだん速くなるのは、運動の向きに力がはたらいていたからだったことと関連づけて考えよう。

分析解釈

調べて考察しよう

斜面を上る台車の運動を、記録タイマーを使って調べよう。

- ① 実験2の斜面と同じ傾き（小さいまたは大きい傾き）にする。
- ② 台車を斜面の下側から手でおし出して、実験2のときと同じくらいの高さまで斜面を上らせる。
- ③ 台車が上ってから下り始める前に、台車を手で止める。

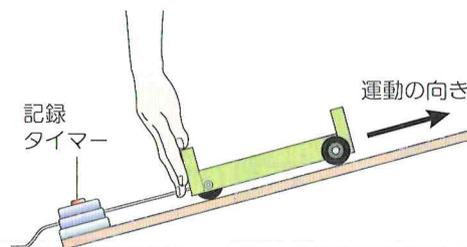


図2のように、斜面を上る台車の速さは、一定の割合で減少し、速さが0ゼロになって止まる。その後は、実験2の斜面を下る台車と同じ運動になり、斜面下向きに速さが一定の割合で増加しながら斜面を下る。同じ傾きの斜面上では、常に一定の力が台車にはたらき続けている(図3)。

● 水平面上で摩擦力などがはたらく運動

図4のように、物体が平らな道をまっすぐに移動する場合、物体には前進させる力と、それとは逆向きの摩擦まさつりよ力などがはたらく。前進させる力が小さくなると、だんだんおそくなっていくが、前進させる力と摩擦力などが同じ大きさになると、速さは一定になる。このように、摩擦力などがはたらいていても、等速直線運動をしている物体にはたらく力は、つり合っている。

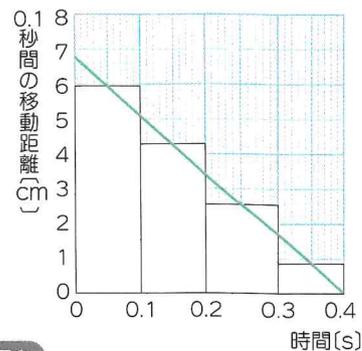


図2

斜面上を上る台車の運動の結果例
(傾き10°)

同じ斜面上では、同じ大きさの力が運動とは逆(斜面下)向きにはたらき続けている。

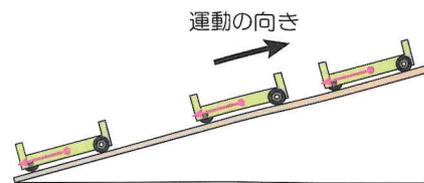


図3

斜面を上る台車にはたらく斜面方向の力

斜面を台車が上っているときも、斜面下向きに一定の力がはたらき続ける。



図4

自転車

自転車は、空気の抵抗ていこうや摩擦力などをつり合う力を出すようにこぐと、一定の速さで走り続けることができる。

140ページの?に対する自分の考えをまとめよう。
(使用するキーワード → 割合)

活用

学びをいかして考えよう

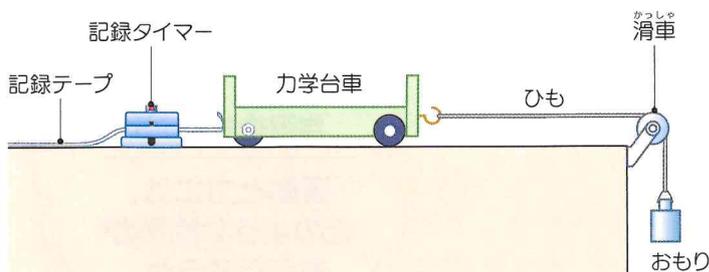
身のまわりで、運動の向きとは逆向きに力がはたらいている現象には、どのようなものがあるだろうか。

振り返り

探究をふり返ろう

一定の力がはたらき続ける場合の物体の運動について、斜面上の台車の運動 → P.137 以外の実験でも、同じ結果が得られるだろうか。

例えば、水平面上の台車を、落下するおもりにつないだひもで引き続けたらどうなるだろうか。





【まちなか科学】

雨のしずくは、どこまで速くなる？

雨のしずくは、雲の中で成長してから落ちていきます。仮に高度10000 mから重力の影響^{えいきょう}だけを受けて落下したとすると、地上付近で秒速440 mほどになります。これは音速よりも速く、実際の日常生活では見られません。

実際には落下を始めると、雨のしずくには重力とは逆向きに空気抵抗^{ていこう}がはたらきます。空気抵抗は空気の影響を受ける面積が大きいほど、また、速さが増すほど大きくなるので、やがて重力とつり合い、一定の速さで落ちるようになります。

どのくらいの速さで一定になるかは、雨のしずくの大き

さや風、気圧などの気象条件で決まります。地表付近まで落下してきた大粒のしずくの速さは秒速10 m程度に、霧雨^{きりさめ}では、その $\frac{1}{10}$ 以下になります。また、雨のしずくは、その大きさによって、形が異なります。小さい雨のしずくは球形に近い形をしていますが、大粒のしずくは、底が平らなまんじゅうのような形になります。

#雨の速さ #雨の形



章末

学んだことをチェックしよう



章末問題

1 物体の運動の記録 → P.132、133

- 1秒間に50打点する記録タイマーで記録したテープを5打点ごとに切ると、ちょうど4本に分かれた。記録テープの長さがどれも8 cmだったとき、物体は何秒間に何cm移動したか。

2 物体の運動の速さの変化 → P.134、135

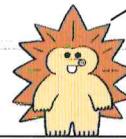
- 2つの地点の間を一定の速さで移動したと考えたときの速さを()の速さという。
- 時間の変化に応じて、刻々と変化する速さを()の速さという。
- 一定の速さで一直線上を進む物体の運動を()運動という。この運動では、移動距離は時間に()する。

3 だんだん速くなる運動 → P.138、139

- 斜面を下る台車は、だんだん速くなる。このとき、台車には斜面()向きに一定の大きさの()がはたらいている。

4 だんだんおそくなる運動 → P.141

- 物体の速さがだんだんおそくなるとき、運動の向きと()向きに力がはたらいている。



学習前と比べて自分の考えがどう変わったかな。

Before & After
学習後も書こう運動と力には、
どのような関係が
あるだろうか。