

力 物体の速度を変えるはたらきをする作用のこと。

力は目に見えない。力がどのような姿・形をしているか、そもそも力とは何なのかといったことはまだ分かっていない。正体についてはまだ解明されていないが、宇宙に「力」というものが存在し、それが物体の動きをコントロールしていると考え、自然現象がとても都合よく説明できる。そのため現在の物理学では物質の動きをコントロールする正体不明の「何か」を「力」と呼ぶ。

力はベクトル——（ ）と（ ）がある量——である。

スカラー 「大きさ」だけをもつ量。大きい小さいだけを表す。

例 1 m、42 kmといった「長さ」 1 g、60 kgといった「質量」 など

ベクトル 「大きさ」のほかに「向き」をもつ量。

例 上向き 1 N、下向き 9.8 Nといった（ ）

東向き 60 km/h、下向き 10 m/sといった（ ）

鉛直下向き 2 m/s^2 というような**加速度**

速度と速さの違い

速度 「〇〇向きに～m/s」というように、
速度の「大きさ」の他に「向き」を表す量（ベクトル）

速さ 「～m/s」というように
速度の「大きさ」だけを表す量（スカラー）

ベクトルは矢印で表す。「矢印の長さ」でベクトルの「大きさ」を、「矢印の向き」でベクトルの「向き」を表す。力もベクトルの一つであり、矢印を使って表す。

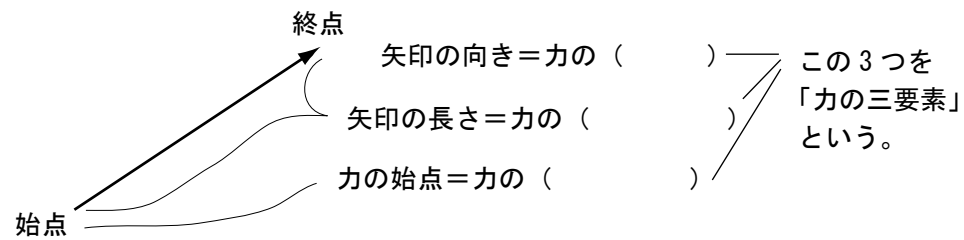


図 力を表す矢印

力の合成・分解

ベクトル（矢印）もスカラーと同じように、足し合わせたり分けたりできる。

力の（ ） 複数の力を足し合わせて一つの力にすること。
足し合わせてできた力を（ ）という。

力の（ ） 一つの力を複数の力に分けること。
分けてできた力を（ ）という。

合力や分力の求め方

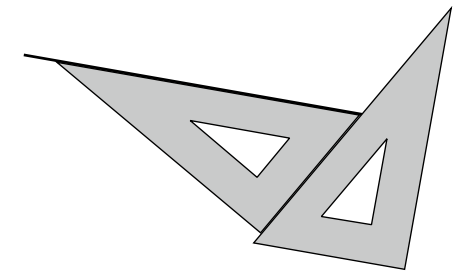
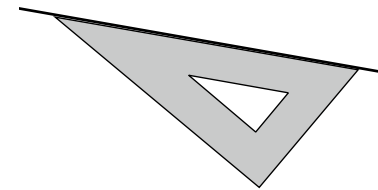
力の合成・分解により得られる合力や分力は作図により求める。作図には正確な平行線を引く必要がある。

平行線の引き方

三角定規を用いる。

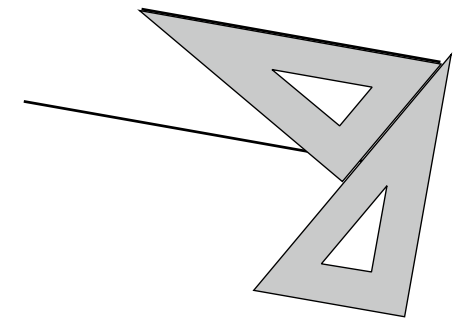
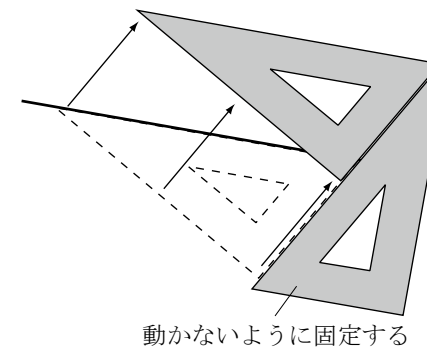
(1) 平行線をひく基準となる線に三角定規を当てる。

(2) (1) で線に当てた定規の一辺に、別の定規を当てる。



(3) (1) の定規を (2) で当てた定規にそってずらす。

(4) 線を引く。



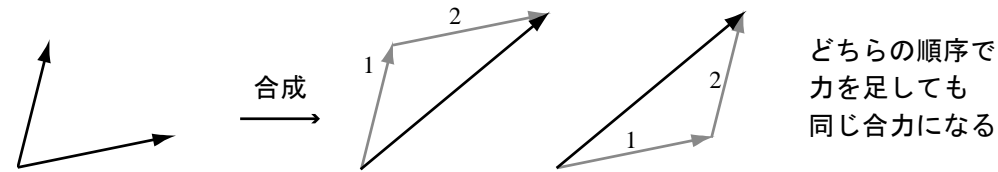
上の図では (2) で2つ目の定規として三角定規を用いているが、ここに普通の定規を用いてもよい。普通の定規を用いるよりも三角定規を用いる方が定規を固定しやすいだろう。

問い

- (1) 「スカラー」とはどのような量か。
- (2) 「ベクトル」とはどのような量か。
- (3) 速度と速さの違いは何か。
- (4) 複数の力を足し合わせて一つの力とみなすことを何というか。
- (5) 力の三要素とは、力の「作用点」・力の「向き」の他に何があるか。

◆合力の求め方

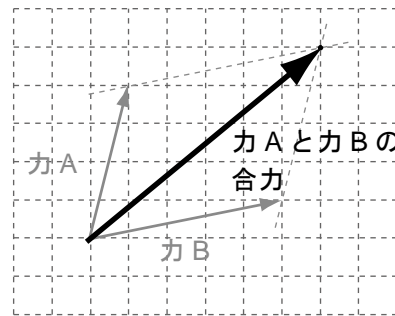
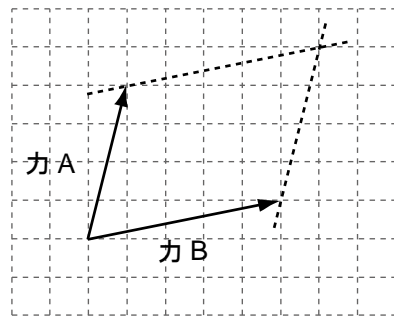
力Aを別のもう一方の力Bの終点に移動させ、Aの始点からBの終点に向けて矢印を引くと合力が求まる。



2つの力が平行でない場合

(1) 力Aに平行で力Bの終点を通る直線と、力Bに平行で力Aの終点を通る直線をそれぞれ引く。(点線の補助線として描く)

(2) 2つの力の始点から、(1)で引いた2つの補助線の交点を終点として、合力(矢印)をかき入れる。

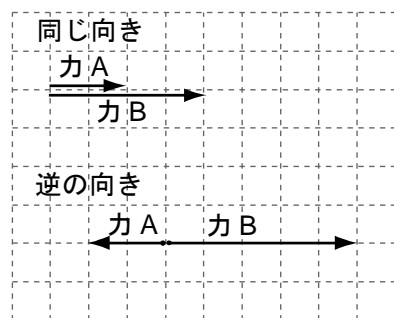


初めの2つの力と(1)で引いた補助線によってできる「平行四辺形の対角線」が合力の矢印の一部になる。

2つの力が平行の場合

(1) 一方の力の終点に、もう一方の力の始点を置く。

(2) 初めの力の始点と、もう一つの力の終点を矢印で結ぶ。



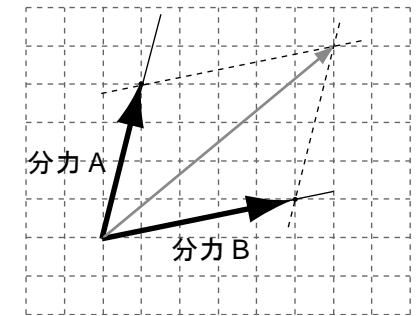
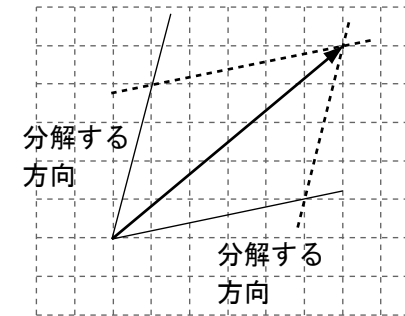
2つの力の向きが同じときはその向きに、違う向きの場合はどちらか長い方の向きに合力ができる。

3つ以上の力の合力を考える場合も同様に、2つの力の合成を繰り返せばよい。

◆分力の求め方

(1) 力を分解する方向と平行で、力の終点を通る直線を引く。(点線の補助線として描く)

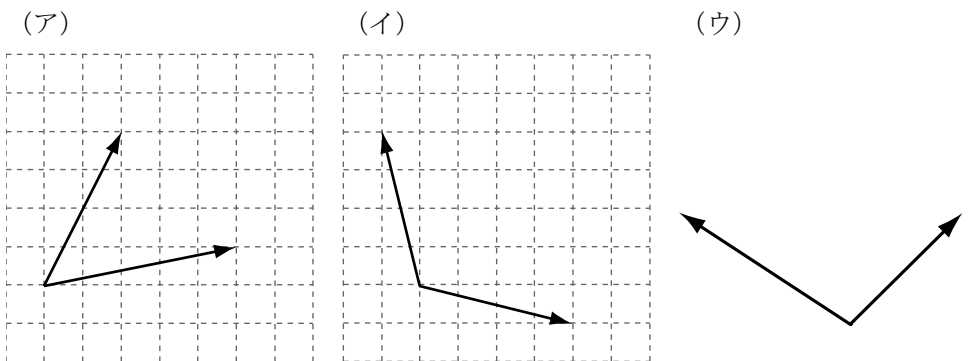
(2) 2つの力の始点から、(1)で引いた2つの補助線の交点を終点として、分力(矢印)をかき入れる。



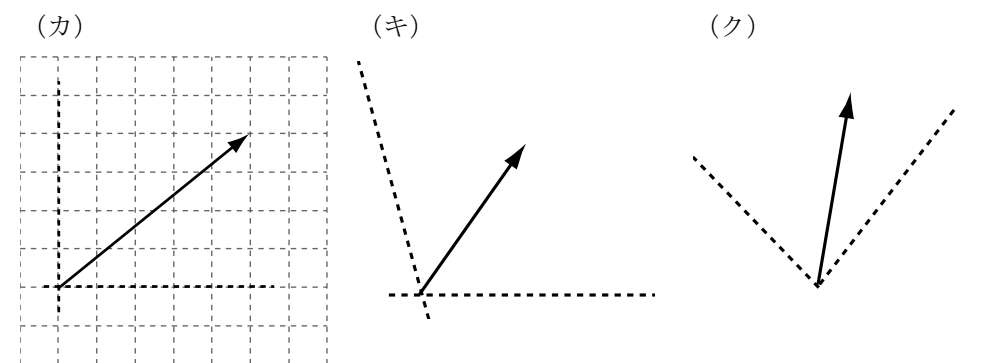
もとの力が対角線となる平行四辺形をかくと、その辺が分力の矢印の一部となる。

問い 力の合成と分解

(1) 次の(ア)～(ウ)において、2力を合成して得られる合力を図示せよ。



(2) 次の(カ)～(ク)において、力を点線の2方向に分解して得られる分力を図示せよ。



物体にはたらく力の見つけ方

物体に力がはたらくときは、その物体以外の何かが原因となっている。
物体にはたらく力はその原因によって2種類ある。

1 接触によらずはたらく力

例 () 地球が物体を引く力 宙に浮いている物体にもはたらく
静電気力 正電荷と負電荷が引きあう・反発する力 など

2 接触によりたらく力 (引力以外の力)

例 () 物体がその置かれた床などから押される力
摩擦力 物体の動きを妨げようとしてはたらく力
浮力 物体が周りの水・気体などから受けてはたらく力 など

物体にどのような力がはたらくか考えるときは、

1 重力 2 物体と接触しているものが原因となる力

を考える。

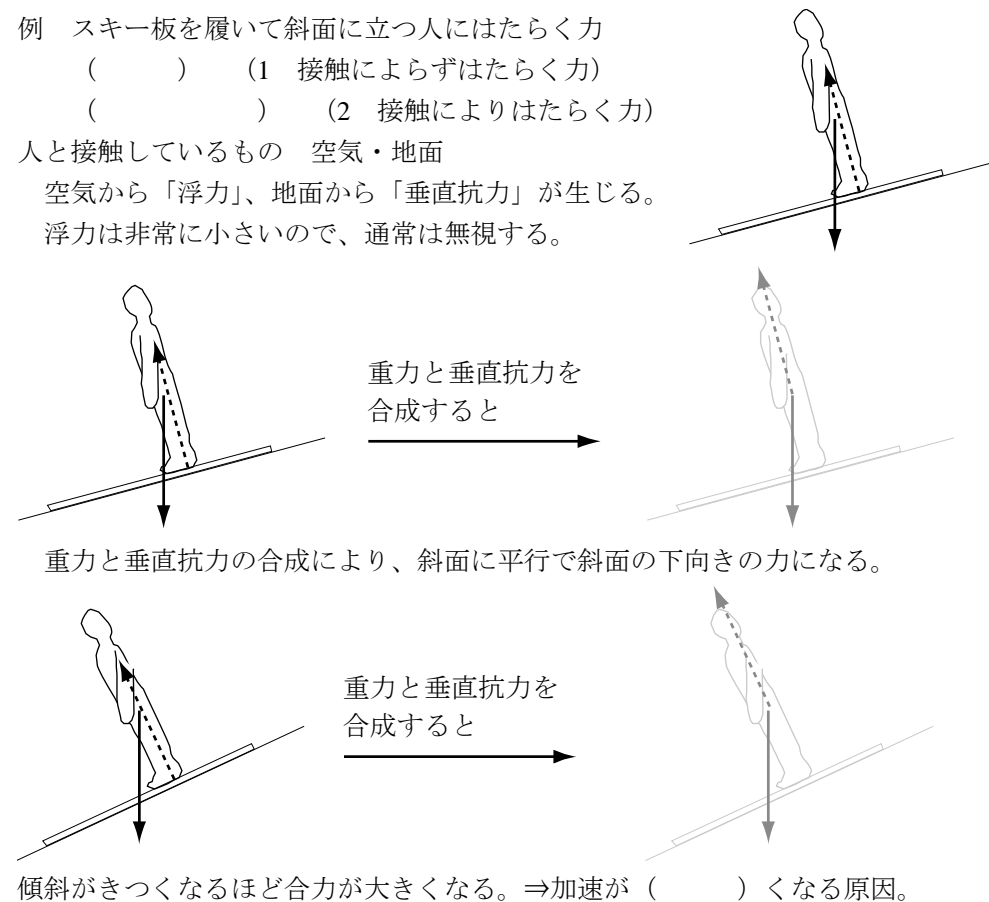
例 スキー板を履いて斜面に立つ人にはたらく力

() (1 接触によらずはたらく力)

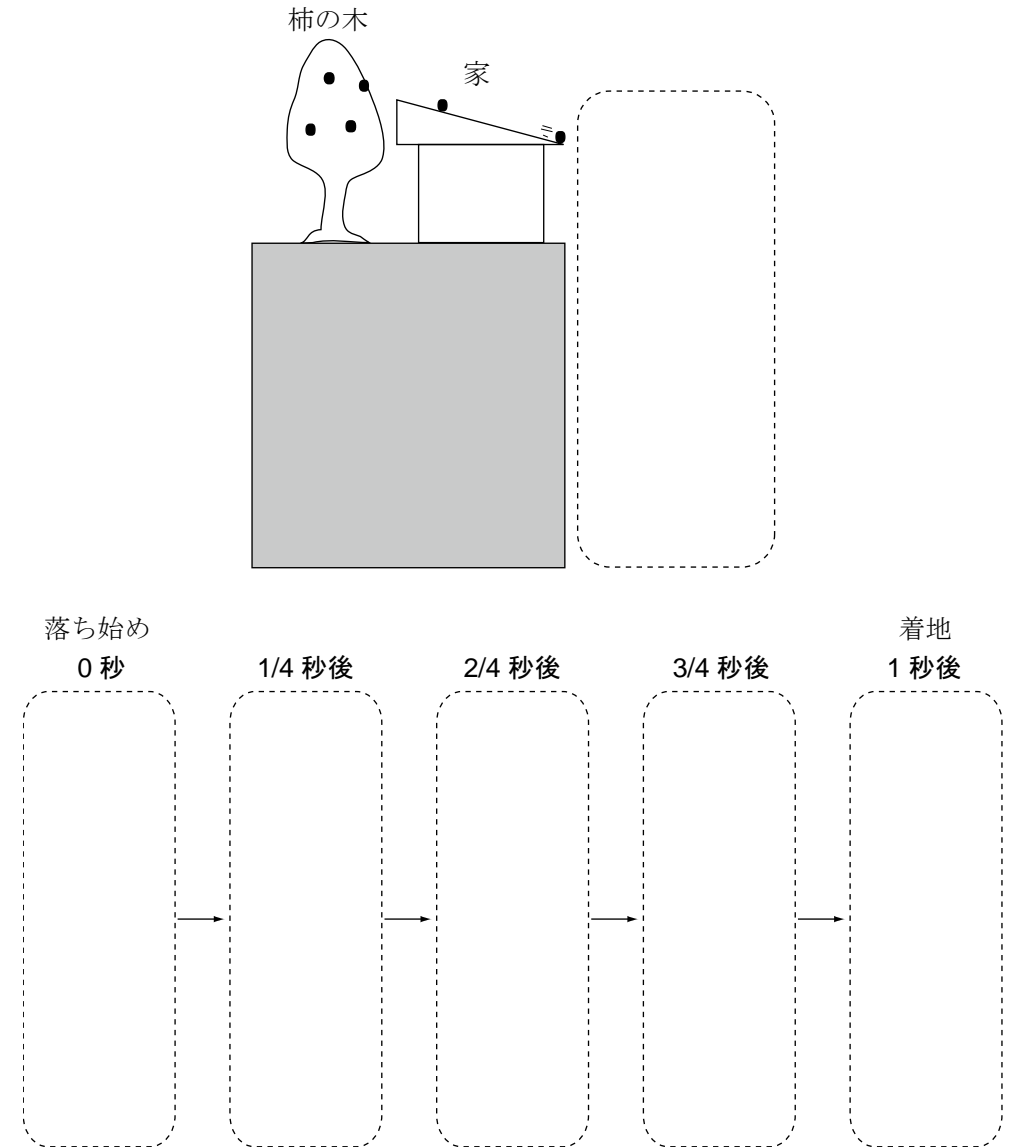
() (2 接触によりはたらく力)

人と接触しているもの 空気・地面

空気から「浮力」、地面から「垂直抗力」が生じる。
浮力は非常に小さいので、通常は無視する。



問い 崖っぷちに柿の木と家がある。屋根を伝って転がり落ちた柿はこの後どのように落下していくか。落下開始から着地するまで1秒かかるとし、落下開始から着地するまでの柿の様子を1/4秒間隔で図に描け。パラパラ漫画と同じように、一コマずつめくった際に、よりリアルな動きをするように気をつけて図示せよ。



柿にはたらく力

空気の抵抗は重力に比べると極めて小さいので無視すると、

- 1 接触によらずはたらく力 ()
- 2 接触によりはたらく力 ()



力のはたらき

力は物体を（ ）させるもの 物体は力を受けた方向に加速する

自由落下

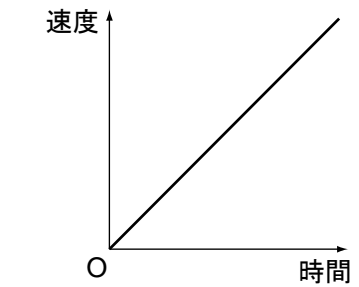
物体に重力だけがはたらいて落下することを（ ）という。重力を受けると物体は下向きに加速する。この向きを（ ）向きという。

(柿の動きを描く問題 プリント「運動とエネルギー 4」)

柿には鉛直下向きに重力がはたらいているだけであるので、柿は鉛直下向きに（ ）しながら落下していく。
 ⇒1/4秒間に進む(落下する)距離は、落下してからの時間が長くなるにつれて（ ）くなる。

自由落下するときの「速度」と「時間」の関係

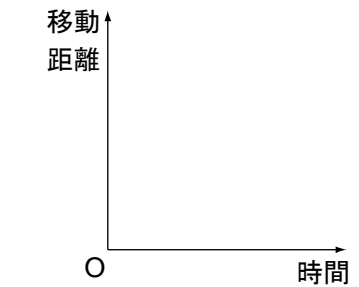
落下する「速度」と、落下を始めてからの「時間」は（ ）の関係にある
 ⇒ 時間と速度の関係をグラフにすると、（ ）関数のグラフになる。このグラフの傾きを（ ）といい、地球の場合9.8、月の場合1.7となる
 (重力加速度の単位 m/s^2)
 「1秒に速度が『〇〇 m/s 』変わる」
 ⇒ 「〇〇 $(m/s)/s$ 」 ⇒ 「〇〇 m/s^2 」



グラフ 自由落下するときの速度と時間の関係

自由落下するときの「移動距離」と「時間」の関係

最初からの「移動距離」(落下した距離)と、落下を始めてからの「時間」の関係について
 物体が一定時間に移動する距離は時間が大きくなるにつれて、（ ）なくなっていく。
 ⇒時間が増えるにつれて移動距離は増加していく。
 ⇒時間と移動距離の関係をグラフにすると、（ ）関数のグラフになる。



グラフ 自由落下するときの移動距離と時間の関係

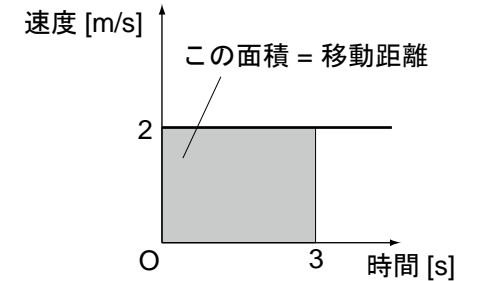
(発展的な内容)

速度-時間のグラフと移動距離の関係

速度と時間の関係をグラフにすると、「グラフの直線」・「時間の軸(横軸)」・「速度の軸(縦軸)」に囲まれた部分(グラフ1のグレーの部分)の面積が移動距離を表す。

例 秒速2メートル(2 m/s)で移動する物体が3秒間(3s)に進む距離は
 移動距離 = 速さ × 時間 より、
 $2 m/s \times 3 s = 6 m$
 これはグラフのグレーの部分の面積と一致する。

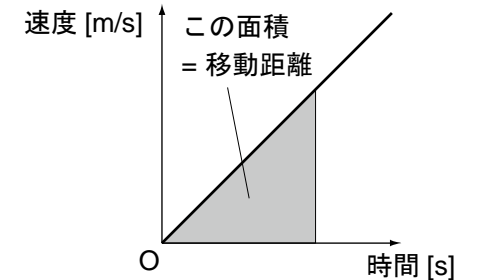
距離 [m]	
速さ [m/s] (速度の大きさ)	時間 [s]



グラフ1 速度と時間の関係 (速度が変化しない場合)

速度が時間と比例して増加していく場合も同様に、「グラフの直線」・「時間の軸(横軸)」・「速度の軸(縦軸)」に囲まれた部分(グラフ2のグレーの部分)の面積が移動距離を表す。

(厳密には、高校数学で「微分」・「積分」を学んで大学程度の力学を学習しなければその説明がつかないが、中学・高校ではそこまでは触れない。)



グラフ2 速度と時間の関係 (速度が増加する場合)

最初の速度が0 m/s であり、時間と比例して速度が増していく場合の移動距離はグラフ2のグレーの部分の面積となる。この面積(移動距離)は

$$\text{移動距離 [m]} = \text{速さ [m/s]} \times \text{時間 [s]} \times \frac{1}{2} \quad (a)$$

で求まる。一方、速度の大きさ(速さ)は、重力により毎秒9.8 m/s ずつ鉛直下向きに増加することがわかっているため、速度について

$$\text{速さ [m/s]} = 9.8 \times \text{時間 [s]} \quad (b)$$

となる。(a)に(b)を代入すると、移動距離について

$$\text{移動距離 [m]} = 9.8 \times \text{時間 [s]} \times \text{時間 [s]} \times \frac{1}{2} = 4.9 \times (\text{時間 [s]})^2 \quad (c)$$

が成り立つ。(c)より、移動距離は時間の2乗に比例する(移動距離を縦軸、時間を横軸にしてデータを集めると、二次関数のグラフになる)ことがわかる。

記録タイマーの実験でわかったこと

物体が0.05秒間（一定の時間）に進む距離は物体の「速度」を表している。
 実験では物体が重力によって加速していることがわかった。

加速と等速

- 「 」 時間が経つにつれて物体の速度が変化すること
 （必ずしも速度が増える場合だけを指すのではなく、減速する場合も「負の加速」をしていると物理では考える。）
- 「 」 時間が経っても物体の速度が変化しないこと
 等速で物体が動くことを「等速運動」という。

加速のイメージ

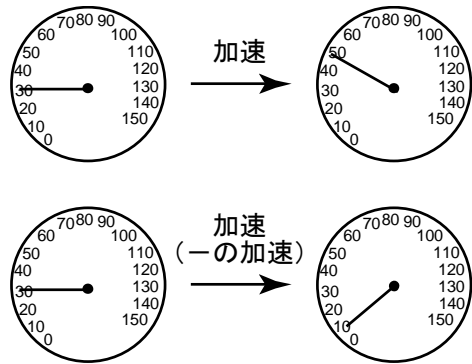
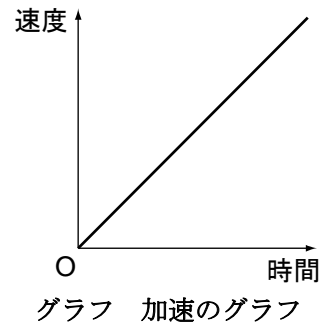


図 加速のイメージ

速度計の針が動くこと。+と-のどちらの向きに動いても「加速」という。



「速度」と「時間」をグラフにすると右に進むほど（時間が変わると）速度が変化するグラフになる。

等速のイメージ

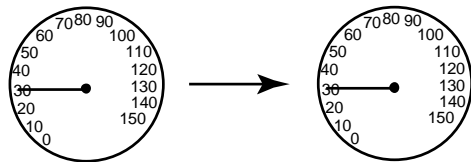
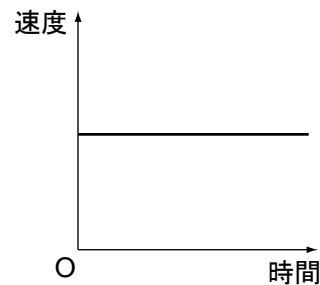


図 等速のイメージ

速度計の針が動かないこと



「速度」と「時間」をグラフにすると右に進んでも（時間が変わっても）速度が変化しないグラフになる。

加速・等速と力の大事な概念

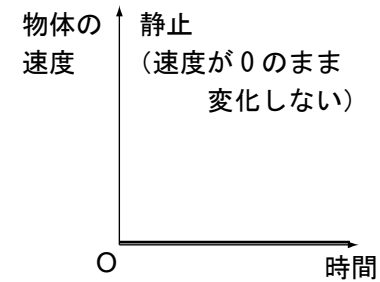
物理学では、物体が加速する（速度に変化のある）ときは物体に何らかの力がはたらき、等速の（速度に変化のない）ときは物体に何も力がはたらかないか、物体にはたらく力の合力が0になっていると考える。

速度が変化しているとき (加速しているとき)	物体に力が () いる
速度が変化していないとき (等速のとき)	物体に力がはたらかない、または物体にはたらく力が () (「力の合力」が0である)

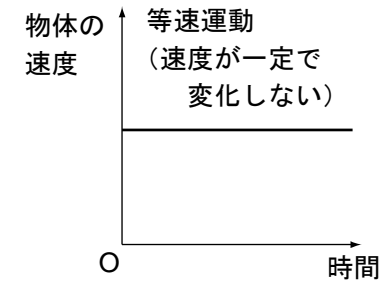
物体の動きは物体にはたらく力の合力で決まる

「力＝物体を加速させる作用」 物体がどちらに加速するか・どのように動くかは物体にはたらく全ての力の合力によって決まる。

物体にはたらく力がつり合っているとき、物体は「静止している」（速度が0 m/sのまま）か「等速運動している」（一定の速度で動いている）のどちらかである。



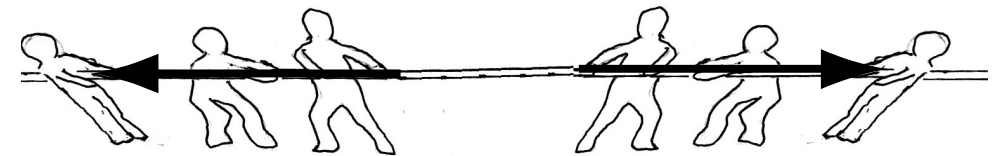
「時間」と「速度」の関係



「時間」と「速度」の関係

力のつり合っている例

動かない綱引き 同じ大きさで両側に綱を引っ張ると綱は動かない。



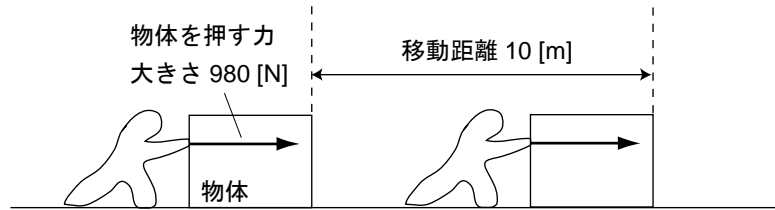
同じ大きさで向きが逆の2力の合力は0になる
 ⇒ 綱の加速度は0になる ⇒ 綱は止まったまま

仕事とエネルギー

物体に力を加え、その向きに物体が動いたとき、力が物体に「()をした」という。()とはどれだけの仕事ができるかを表す量である。
仕事は次のように定義される。

仕事 =

仕事の単位 「 」 読み方 ()



人が物体に大きさ 980 [N] の力をかけて物体を 10 [m] 移動させたとき、人は物体に () の仕事をしたという。

例 「グリコ 一粒 300 メートル」

グリコ 1 粒には 300 m 走ることに (人が 300 m 動くのに必要な仕事) に相当するエネルギーがある。

おいしくつよくなる

栄養機能食品 (ビタミンD)

名称:菓子	原材料名:水あめ、加糖練乳、砂糖、植物油、ホエイチーズ、小麦ファイバー、かきエキス(グリコゲンを含む)、食塩、ぶどう糖果糖液糖、ぶどう糖、パター、炭酸Ca、香料、セルロース、乳化剤、加工デンプン、VB ₂ 、VD (一部に乳成分小麦を含む)	内容量:4粒	賞味期限:下側の面に記載しています。	保存方法:直射日光・高温・多湿を避け、涼しい場所に保存してください。	販売者:江崎グリコ株式会社 〒555-8502 大阪市西淀川区歌島4-6-5	製造所:ニューロン製菓株式会社 山梨県甲府市西下条町1167-36
-------	---	--------	--------------------	------------------------------------	--	-----------------------------------

ビタミンDは、腸管でのカルシウムの吸収を促進し、骨の形成を助ける栄養素です。

栄養成分表示/1箱(標準16g)当たり	
エネルギー	66 kcal
たんぱく質	0.5 g
脂質	1.6 g
炭水化物	12.3 g
食塩相当量	0.051 g
カルシウム	84 mg
ビタミンB ₂	0.19 mg
ビタミンD	3.2 μg

1日当たりの摂取目安量:1日当たり4粒を目安に、お召し上がりください。 摂取の方法及び摂取する上での注意事項:本品は、多量摂取により疾病が治癒したり、より健康が増進するものではありません。1日の摂取目安量を守ってください。 1日当たりの栄養素等表示基準値(18歳以上、基準熱量2200kcal)に占めるビタミンDの割合 58% 食生活は、主食、主菜、副菜を基本に、食事のバランスを。

原材料に含まれるアレルギー物質(27品目中) 乳成分・小麦

99% 紙 外装フィルム 外箱

Q 「一粒 300 メートル」とはなんですか?

A 「アソビグリコ」(キャラメル)には、実際に一粒で 300 メートル走ることでできるエネルギーが含まれています。「アソビグリコ」一粒は 16.5 kcal です。年齢 20 歳の男性が分速 160m で走ると、1 分間に使うエネルギーは 8.71 kcal になります。つまり 「アソビグリコ」一粒で 1.89 分、約 300m 走れることになります。

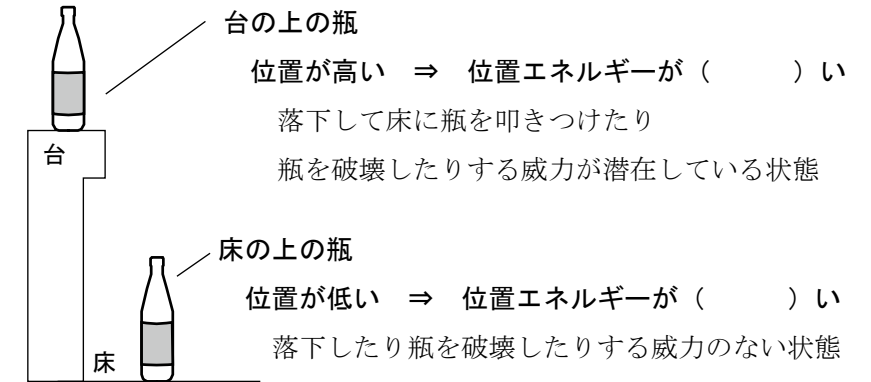
「なぜ?なに?コーナー」(江崎グリコ株式会社) <https://www.glico.com/jp/customer/qa/2681/>

物体の持つエネルギー

物理学では物体は次の 2 つのエネルギーをもつと考える。

- () 物体の存在する場所によって決まるエネルギー
- () 物体の動きによって決まるエネルギー

位置エネルギー 基準面(床・地面など)からの () によって決まる。
高い位置にあるものほど位置エネルギーが多く、低い位置にあるものほど位置エネルギーが少ないと考える。

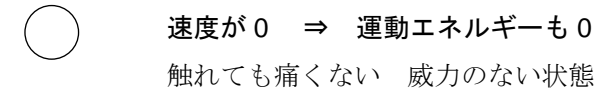


物体自身はどの高さにあろうと変わりはないが、高い位置にあるほどより多くの運動エネルギーが得られるので、エネルギーを多くもつと考える。

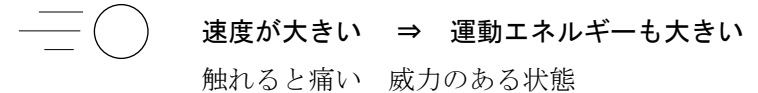
運動エネルギー 物体の () と () によって量が決まる。

同じ質量の物体では速さが大きくなるほど多くのエネルギーをもつ。

ただのボール

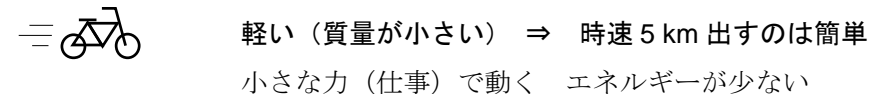


高速のボール

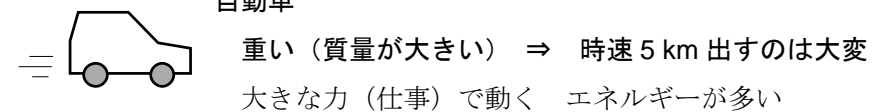


同じ速さの物体では質量が大きいほど多くのエネルギーをもつ。

自転車



自動車



力学的エネルギー保存の法則

物体のもつエネルギーの合計（位置エネルギーと運動エネルギーの和）を（ ）という。

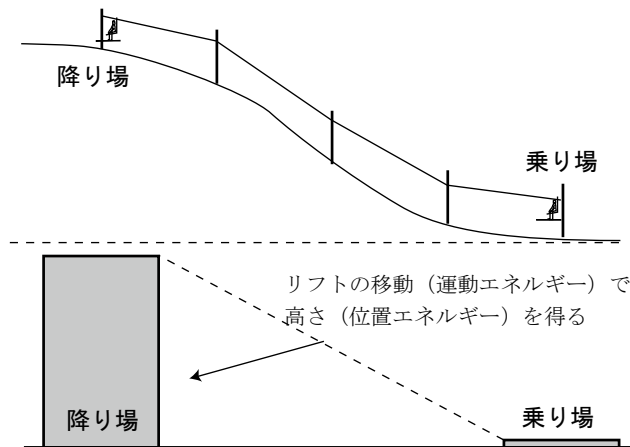
力学的エネルギー = 位置エネルギー + 運動エネルギー

位置エネルギーと運動エネルギーは入れ替わることができる。
 運動エネルギーが摩擦の熱や空気抵抗などの仕事を受けないとき、物体のもつ力学的エネルギーは常に一定となることがわかっている。このことを（ ）という。

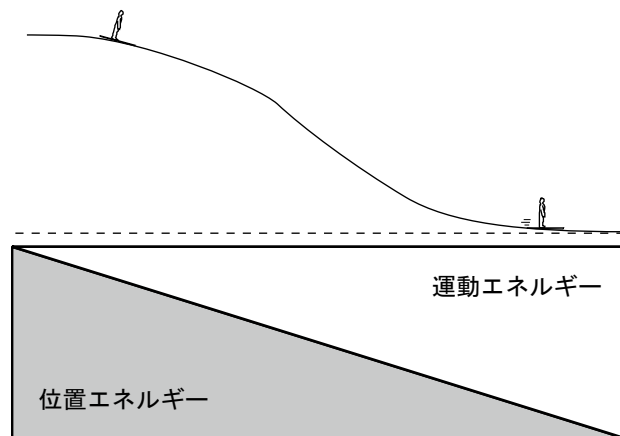
位置エネルギーや運動エネルギーの入れかえをしている事例

例 スキー

- (1) リフトに乗って高い場所に行く ⇒ リフトの運動エネルギーを位置エネルギーとしてたくわえる（高い位置に移動する）

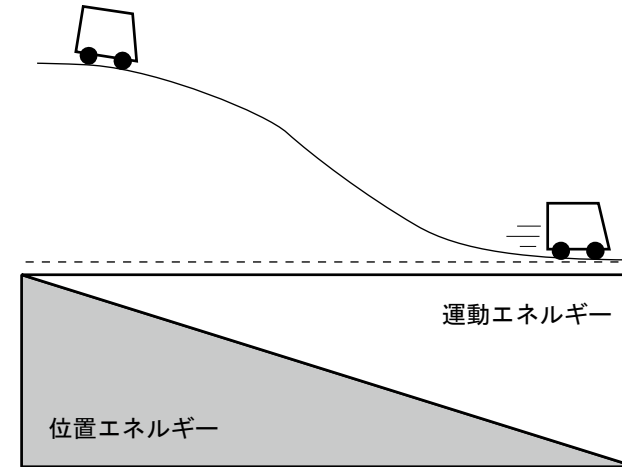


- (2) 斜面を滑り降りる ⇒ 位置エネルギーを運動エネルギーに変える



例 ジェットコースター

- (1) コンベアで高いところに引き上げる ⇒ 位置エネルギーをたくわえる
- (2) 斜面を滑り降りる ⇒ 位置エネルギーを運動エネルギーに変える



- A 地点 高さが最大 ⇒ 位置エネルギーが最大（運動エネルギーが最小）
- B 地点 高さが最小 ⇒ 位置エネルギーが最小（運動エネルギーが最大）

エネルギーの式

位置エネルギー =

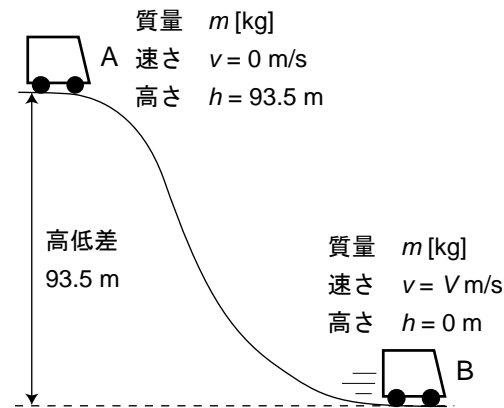
- m [kg] 物体の質量(mass)
- g [m/s²] 重力加速度（地球の場合 9.8 m/s²） (gravity acceleration)
- h [m] 物体の存在する位置（高さ） (height)

運動エネルギー =

- m [kg] 物体の質量(mass)
- v [m/s] 物体の速さ(velocity)

なぜこのような式になるのかの詳細は、高等学校の「物理基礎」で習う。
 これは実際の物理現象にもあてはまることがわかっている。

例 スチールドラゴンの速度を力学的エネルギー保存の法則より求める。
 落下する直前の最高点を A、落下後の最高速となる最下点を B とする。
 B における速度を求めたいので、求める速度を V [m/s] とおく。
 ジェットコースターの質量を m [kg] とする。
 A における速さ $v = 0$ m/s、高さ $h = 93.5$ m である。
 B における速さ $v = V$ [m/s]、高さ $h = 0$ m である。



A 地点、B 地点における位置エネルギー・運動エネルギーと力学的エネルギーは次の表のとおりになる。

	位置エネルギー [J] (あ)	運動エネルギー [J] (い)	力学的エネルギー [J] (あ) + (い)
A	$m \times 9.8 \times 93.5 = 916.3m$	$\frac{1}{2} m 0^2 = 0$	$916.3m$
B	$m \times 9.8 \times 0 = 0$	$\frac{1}{2} m V^2$	$\frac{1}{2} m V^2$

力学的エネルギー保存の法則より、A 地点と B 地点の力学的エネルギーは等しいので

$$916.3m = \frac{1}{2} m V^2 \quad \text{よって } V^2 = 1832.6$$

$$0 < V \text{ より } V = \sqrt{1832.6} = 42.8 \text{ m/s}$$

最下点 B におけるジェットコースターの速さは **42.8 m/s** (秒速 42.8 m) と求まる。これを時速に換算すると、 $42.8 \text{ m/s} = 42.8 \times 3.6 \text{ km/h} = 154.08 \text{ km/h}$ より **154 km/h (時速 154 km)** と求まる。

(秒速 42.8 m = 1 秒で 42.8 m 進む 1 時間 = 3600 秒であるので、
 1 秒 : 42.8 m = 3600 秒 : $42.8 \times 3600 \text{ m} = 1 \text{ 時間} : 154080 \text{ m} = 1 \text{ 時間} : \mathbf{154.08 \text{ km}}$)
 これはナガシマスパーランドの公称値 (153 km/h) とほぼ一致する。

○ 「スチールドラゴン2000」

スチールドラゴン2000とは

ナガシマスパーランドで人気ナンバー1の“驚愕世界級スーパーコースター”！
 観覧車よりも高い最高部97mから落下角度68度で一気に落下し、全長は世界最長の2,479mの長さを誇る、史上最強のスリルが味わえる絶叫マシンです！
 今回のリニューアルでさらにスリル度アップした「新スチールドラゴン2000」を体験せよ！



■ スペック情報

名称:	スチールドラゴン2000
メーカー:	ポリガ&マビラード社
最大高さ:	97m(日本一)
最大落差:	93.5m(日本一)
最高速度:	153km/h(日本2位)
走路全長:	2,479m(世界一)
最大斜度:	68度
乗車時間:	約210秒
最大荷重:	3.5 G
車両編成:	28人乗り(1編成:4人×7両)
営業開始:	2013年3月15日～

■ 料金

1,000円(のりもの乗り放題パスポート利用可能)

■ ご利用制限

身長:	140~185cm
年齢:	10歳～

※高血圧の方、心臓、脊椎、首に疾患のある方、乗り物に酔いやすい方、その他アトラクションのご利用により悪化するおそれのある症状をお持ちの方、妊娠中の方はご利用になれません。
 ※座席で体を確実に固定できない方、乗り物に座って安定した姿勢を保てない方はご利用になれません。
 ※酒酔及び体調のすぐれない方はご利用になれません。
 ※その他、係員が危険と判断した場合には乗車をお断りさせていただきます。

「スチールドラゴン 2000」(長島観光開発株式会社)

<http://www.nagashima-onsen.co.jp/page.jsp?id=10589>