

§ 力学 I-2 章 力のつりあい・運動方程式

テーマ1 力とは

力とは何だろうか。筋力、破壊力、ジャンプ力など、日常生活ではいろいろな場面で「力」という言葉が使われるが、物理の世界において力とはどういうものだろうか。

復習 以前に習った力の効果

- ① 物体の動きを変化させる作用
- ② 物体を支える作用
- ③ 物体を変形させる作用

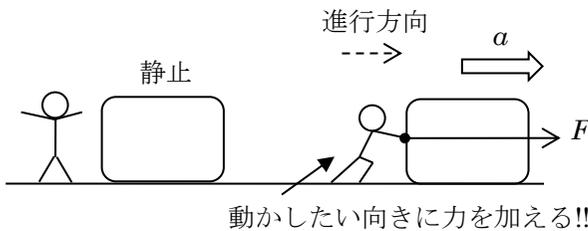
効果①をもっと詳しく学ぼう

『動きを変化させる作用』とは具体的には

『加速、減速、運動方向の変化、などを起こす作用』である。

《図でイメージ》 *ここでは床と物体の間に、摩擦がない状態を考える。

『止まっているものをうごかしたいな』 と思ったら・・・



矢印は種類ごとに書き方を変えよう!!

動かしたい向きに力を加える!!

物体は力を受けると、その向きに加速するんだね

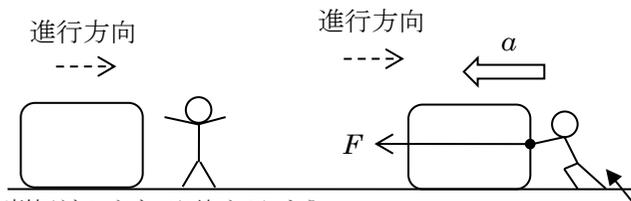
《力を示す文字と単位》

文字： F Force の頭文字

単位： $[N]$ 読み ニュートン 物理学者ニュートン が由来

違うパターンで考える。 *やはり摩擦はないとする。

『動いている物体を止めたいな』 と思ったら・・・



進行方向と逆向きの力はブレーキの役割!!

摩擦がないとすべり続けてしまう

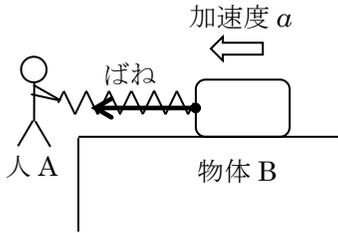
進行方向と逆向きに力を加える!!

Point
加速度の原因が力

テーマ2 力の発生と示し方

実験1 加速する物体にはたらく力を観察しよう。

① ばねでものをひく。

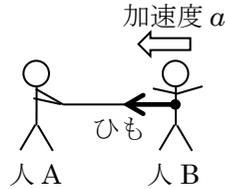


この力は、
『ばね』が『物体B』を引く力
といえる。これを文字を使って

$$F_{\text{ばね} \rightarrow \text{B}}$$

と示すこととする。

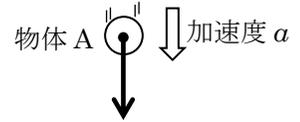
② ひもで人をひく。



『ひも』が『人B』を引く力

$$F_{\text{ひも} \rightarrow \text{B}}$$

③ ものを落とす。



『地球 (earth)』が
『物体A』を引く力

$$F_{\text{e} \rightarrow \text{A}}$$

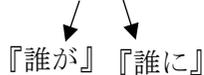
earth から受ける力
なのでeと書く
(また、地球が物体を
引く力を**重力**という)

注意

*人Aが物体Bや、人Bに力を加えているようにみえる。
人Aは確かに、『力の原因』である。しかし、直接力を加えているのは、接しているばねやひもなのだ。

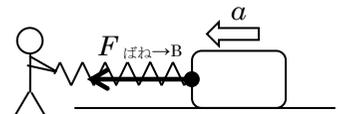
力を示すときは、『誰が』『誰に』加えているかが大切。

『誰が誰に』を示すときは $F_{\text{O} \rightarrow \Delta}$ と書くとする。



また、作図は矢印で行い

- ① 作用点に●をつける。
- ② 大きい力ほど長く書く。
- ③ 矢印に文字を添えて書く。



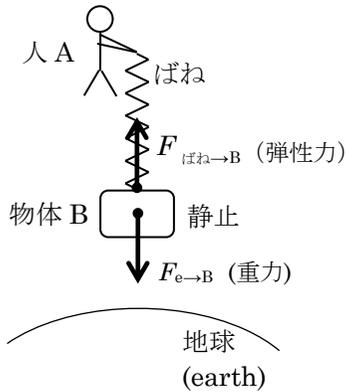
これが力の作図だ！！

これらのポイントを意識して力を作図すると、『向き』『作用点』『大きさ』を矢印で示せる。
これらを力の三要素という。

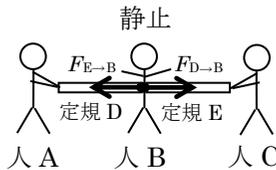
テーマ3 力のつりあい

実験2 加速していない物体のいろいろな力を観察しよう。

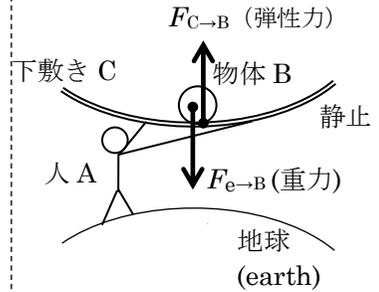
① ばねでものをつるす



② 両側から人を押す。



③ 手に持った下敷きの上に物を置く。



加速していないとき、物体にはたらく力は合成したら**プライマイ 0**になる。
 ⇒『**力がつりあっている**』という。または『**合力が 0**』という。
 この状態は下のようなつりあいの式というもので示される

つりあいの式

$$F_{\text{ばね} \rightarrow B} = F_{E \rightarrow B}$$

または

$$F_{\text{ばね} \rightarrow B} - F_{E \rightarrow B} = 0$$

(* 上向き正)

つりあいの式

$$F_{E \rightarrow B} = F_{D \rightarrow B}$$

または

$$F_{E \rightarrow B} - F_{D \rightarrow B} = 0$$

(* 左向き正)

つりあいの式

$$F_{C \rightarrow B} = F_{E \rightarrow B}$$

または

$$F_{C \rightarrow B} - F_{E \rightarrow B} = 0$$

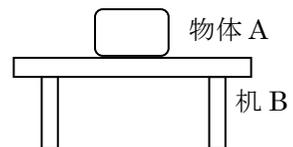
(* 上向き正)

ちなみに

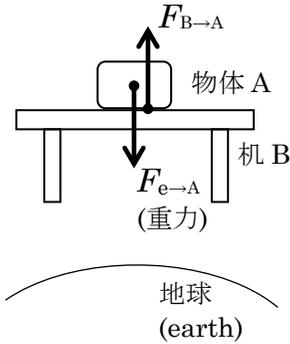
今回の実験のように、生き物でなくても、力を発生することができる。
 例えば、物体が変形すると、元の形に戻ろうとして、力を発揮する。このような力を『**弾性力**』という。(ばねの力や、下敷きの力は弾性力!!)

問題1

物体 A を机 B の上においたとき、物体 A にはどんな力がはたらくだろうか。作図して示せ。また力の大きさの関係を式で示せ。



問題 1 解答 図：下図参照 式： $F_{B \rightarrow A} = F_{e \rightarrow A}$ または $F_{B \rightarrow A} - F_{e \rightarrow A} = 0$

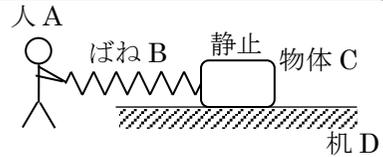


前ページの『実験 2』の下敷きと状況は似ていて、
物体がのると、わずかに机が変形し、弾性力が発揮
される。
このような『面』での弾性力は、変形が図に示され
ず、なぜか無生物 (机など) が物体を押し返すとい
う不思議な状況に見える。

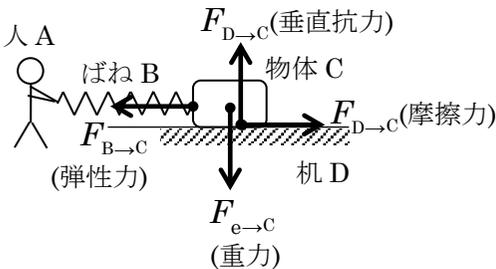
物体の変形がわずかさすぎるので、この力を『弾性力』とは呼ばずに、特別に『垂直抗力』
と呼ぶことになった。

問題 2

あらい面上で物体 C をばね B で引いたが、
物体は動かなかった。物体 A にはたらく力を
作図し、また力の大きさの関係を式で示せ。
(ヒント：物体にはたらく力は
縦方向 2 種類、横方向 2 種類!!)



問題 2 解答 図：下図参照 式：縦 $F_{e \rightarrow C} = F_{D \rightarrow C}$ (または $F_{e \rightarrow C} - F_{D \rightarrow C} = 0$)
横 $F_{B \rightarrow C} = F_{D \rightarrow C}$ (または $F_{B \rightarrow C} - F_{D \rightarrow C} = 0$)



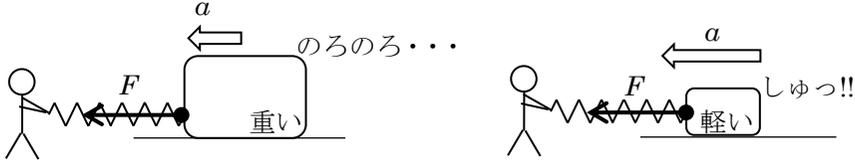
『粗い面』の場合、摩擦力がはたらく。
『なめらかな面』の場合、摩擦力ははたらかない。

今回引っ張っても動かないのは、弾性力と摩擦力
がつりあっているからなのだ。
また、重力と垂直抗力もつりあっているのも見逃
してはいけない。式にすると、

縦：重力と垂直抗力のつりあい： $F_{e \rightarrow C} = F_{D \rightarrow C}$ (または $F_{e \rightarrow C} - F_{D \rightarrow C} = 0$)
横：弾性力と摩擦力のつりあい： $F_{B \rightarrow C} = F_{D \rightarrow C}$ (または $F_{B \rightarrow C} - F_{D \rightarrow C} = 0$) となる。

テーマ4 力の定義・運動方程式

実験3 重い物体と軽い物体にばねを用いて等しい大きさの力を加える。どちらの物体がよりすばやく加速するか観察する。(話を簡単にするために床はなめらかであるとする)



軽い物体の方がすばやく加速することが観察でき、物体は量が大きいほど加速がしづらいいえる。この『物の量』『加速のしづらさ』を物理学では『質量』と名付けた。

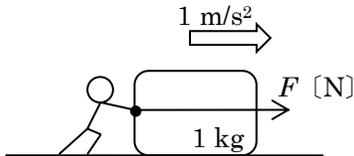
《質量を示す文字と単位》

文字： m mass の頭文字 *メートルと読まないこと!!

単位： $[kg]$ 読み キログラム *力学では $[g]$ (グラム)はあまり使わない

また、 1 kg の物体を 1 m/s^2 で加速させる力の大きさを 1 N と決めた。

定義 1 N とは・・・ 1 kg のものを 1 m/s^2 の加速度で加速させる力の大きさ



このときの力 F の大きさを 1 N としたのだ。

* 運動方程式

力 F が大きいと、より加速する。質量 m が大きいと、加速しづらい。このような m と a と F の関係を式にすると次のように示せる。

$$\boxed{a = \frac{F}{m}}$$

- ← F が大きいほど a は大きくなる
- ← m が大きいほど a は小さくなる

この式を変形し、以下のようにしたものを『運動方程式』という。

運動方程式 $ma = F$ ← **超重要**

結果 (加速度)

加速度の原因 (力)

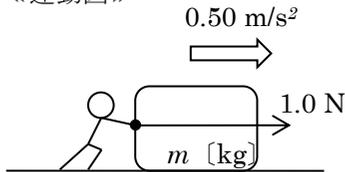
問題 3

1.0 N の力で質量静止していた m [kg] の物体を押した。加速度の大きさは 0.50 m/s^2 であった。質量 m はいくらか。

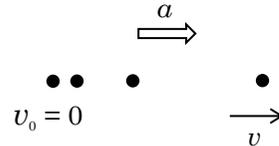
* 《運動図》 《ストロボ図》 での力 F の書き方もこの問題でおさえておこう。

問題 3 解答解説

《運動図》



《ストロボ図》



(* F はいつも a と同じ向きになるはずなので、ストロボ図には書かなくてよい)

立式： $ma = F$ に代入 $\Rightarrow (m \times 0.50 = 1.0)$

m について解いて $m = (2.0 \text{ kg})$

問題 4

以下の問いに答えよ。ただし、物体は最初静止しているものとする。

(1) 質量 m [kg] の物体を 5.0 N で押したところ、加速度 2.0 m/s^2 で物体は加速した。

質量 m はいくらか。

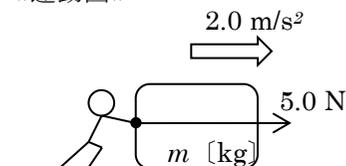
(2) 質量 5.0 kg の物体が加速度 3.0 m/s^2 で加速した。物体に加わる力 F はいくらか。

(3) 質量 4.0 kg の物体に、左から右に向かって 3.0 N 、右から左に向かって 5.0 N の力を加えた。この物体の加速度 a はどちら向きにいくらか。

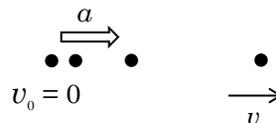
* 《運動図》 《ストロボ図》 での力 F の書き方もこの問題でおさえておこう。

問題 4 解答解説

(1) 《運動図》



《ストロボ図》

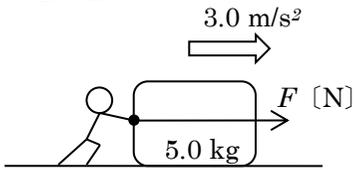


立式： $ma = F$ に代入 $\Rightarrow (m \times 2.0 = 5.0)$

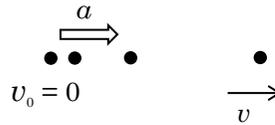
m について解いて $m = (2.5 \text{ kg})$

問題 4 解答解説 続き

(2) <<運動図>>



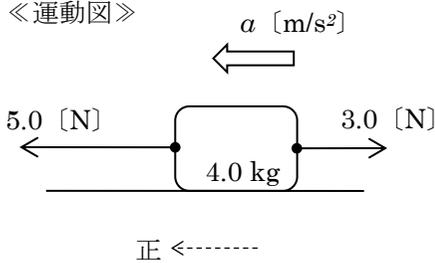
<<ストロボ図>>



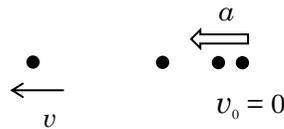
立式： $ma = F$ に代入 $\Rightarrow (5.0 \times 3.0 = F)$

F について解いて $F = (15 \text{ N})$

(3) <<運動図>>



<<ストロボ図>> 合計した力（合力）は左向きなので、左向きに加速すると考えられる。



左向き力の方が大きいので、左向きを正の向きとすると、

2つの力の合力を計算する式は $\Rightarrow (5.0 - 3.0 \text{ N})$

立式： $ma = F$ に代入 $\Rightarrow (\underbrace{4.0 \times a}_{m \times a} = \underbrace{5.0 - 3.0}_{F})$

*運動方程式の F には、『合力』

(読み：ごうりよく、力を合成したもの) を代入

a について解いて $a = (0.50 \text{ m/s}^2)$

よって加速度は(左向きに 0.50 m/s^2)

テーマ5 力の種類とその文字

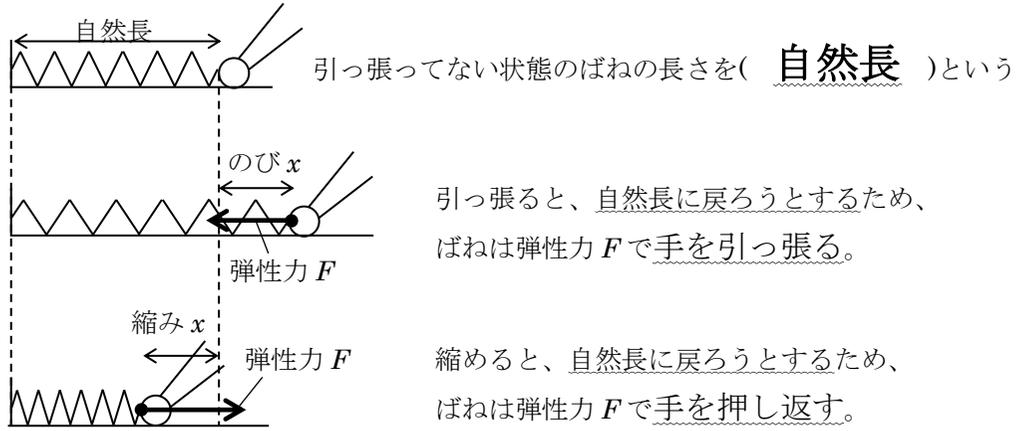
弾性力などの力の名前を覚えよう。中には F 以外の特別な文字を与えられている力もあるので、文字も覚えよう。

- ① 弾性力 ばねなどの固体が変形したとき、接触している物体に加える力
弾性力は、ばねなどが変形したとき、元の形に戻ろうと**してはたらく**。

文字： F 単位：[N] 読み ニュートン *弾性力に特別な文字はない。

Point

(引っ張ってない状態)



自然長からののびや縮み、を x で示す。(ばねの全長と間違えないで!!)

*フックの法則

弾性力 F の大きさは、『のび』と『ばねの固さ』で変わる。(やわらかいばねは引っ張ってもあんまり引き戻されないね)

ここでばねの固さを数値化したものをばね定数と呼ぶ。ばね定数の定義は、

ばね定数・・・ばねが 1 m のびたときにはたらく弾性力の大きさをばね定数 k とする。

文字： k 単位：[N/m] 読み ニュートン毎メートル

例えば、ばね定数 50 N/m のばねなら、1.0 m ののびで 50 N の力がはたらく。

2.0 m にすれば 100N の力がはたらく。

文字で考えると、ばね定数 k [N/m] なら、1.0 m ののびで k [N] の力がはたらく。

2.0 m にすれば $2k$ [N] の力がはたらく。

x [m] にすれば kx [N] の力がはたらく。

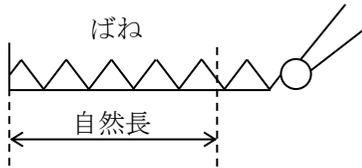
これをフックの法則といい、次ページの公式で示される。

公式 $F = kx$ (フックの法則)

問題 5

以下の問いに答えよ。

- (1) ばね定数が 40 N/m、自然長が 1.0 m のばねを、全長が 1.2 m になるように引っ張った。ばねではたらく弾性力の大きさはいくらか。また、手にはたらく弾性力を図に書き込め。



- (2) 自然長から 10 cm のびた状態で 6.0 N の弾性力がはたらくばねがある。このばねのばね定数は何 N/m か。

問題 5 解答 (1) 8.0 N 作図は下図参照 (2) 60 N/m

問題 5 解説

- (1) ばねは自然長より伸びているので、縮まろうとする向きに弾性力がはたらく。よって右図のようになる。



弾性力の大きさを考えるときは、『ばねの全長』と『ばねののび』の区別をしっかりとしよう。フックの法則の x は『ばねののび』である。自然長が 1.0 m で、全長が 1.2 m になったので、ばねののびは 0.20 m である。よって、**公式** フックの法則 $F = kx$ より

$$F = 40 \times 0.20 = 8.0 \text{ [N]}$$

- (2) 長さの単位は基本的に [m] で扱う。今回ののびはメートルに直すと 0.10 m となる。ばね定数を k として、**公式** フックの法則 $F = kx$ を立式すると、

$$6.0 = k \times 0.10 \quad k \text{ について解いて}$$

$$k = 60 \text{ [N/m]}$$

* ばね定数の定義が、『1 m のびるときの弾性力がどれくらいはたらくか』なので、のびが 10 cm のとき 6.0 N なら、のびが 1 m のときは、その 10 倍で 60 N はたらく、よってばね定数は 60 N/m と考えてもよい。

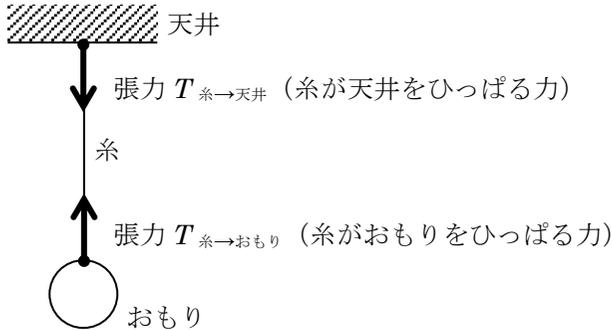
② 張力 糸が接続された物体に加える力

文字： T や S 単位： $[N]$ 読み ニュートン

*張力は F 以外に T 、 S などの特別な文字で書くときが多いのだ。

Tension(張り)、Strings(糸)の頭文字

《張力のはたらき方》



Point

張力の主な特徴は以下の2点。覚えておこう。

◎張力の向きは、常に糸に沿っている。

◎同じ糸ならば、両端で張力の大きさは等しい。

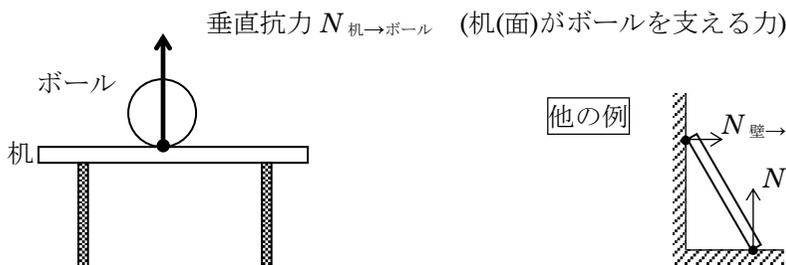
上のモデルで、天井を引く力とおもりを引く力は同じ大きさなのだ。

③ 垂直抗力 面が物体を支える(押す)力

文字： N 読み エヌ 単位 $[N]$ 読み ニュートン

* Normal (垂直)の頭文字

《垂直抗力のはたらき方》



垂直抗力はいつも壁や床と垂直

Point

◎垂直抗力の向きは常に面と垂直

◎文字 N と単位 $[N]$ をしっかりと区別する。垂直抗力が未知数のときは $N [N]$ みたい
に書く。数字の代わりが N 。

④ 摩擦力 粗い面が物体に加える力

文字： R や f 単位：[N] 読み ニュートン

*Resistance (抵抗)、friction (摩擦) の頭文字

《摩擦力のはたらき方》



Point

◎摩擦力の向きは面に沿う。動こうとする向きと逆向き。

◎作用点は、垂直抗力と同じ点。

⑤ 重力 地球が物体を引く力

重力を示す文字

文字： W や mg 単位：[N] 読み ニュートン

*Weight ウェイトの頭文字 mg は計算式

《重力のはたらき方》



物体が重力以外の力(空気抵抗など)を受けずに落下するときの加速度は、 $a = (g)$ であることから、落下する物体に関する運動方程式 $ma = F$ を立式すると、
 $(m \times g) = (W)$ となる。
 重力の大きさ W は、 $m \times g$ で計算できるのだ。



Point

◎重力の作用点は、物体の重心。向きは必ず鉛直下向き

◎重力の大きさは、『質量 $m \times$ 重力加速度 g 』で求められる。

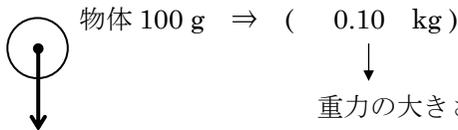
公式 $W = mg$

← W ではなく mg と書くことも!!

超重要

力を作図するときは、しっかりと作用点を意識する
 重力の作用点は重心

* 以前習った『100 g の物体にかかる重力の大きさは 1 N』という決まりを、今回の公式で計算し直してみる。



重力の大きさは $(0.10 \times 9.8 = 0.98 \text{ N})$

ほぼ 1 なのである。

昔ならった法則『100 g の物体にかかる重力の大きさは 1 N』は、

正確には『100 g の物体にかかる重力の大きさは 0.98 N』だったのだ!!

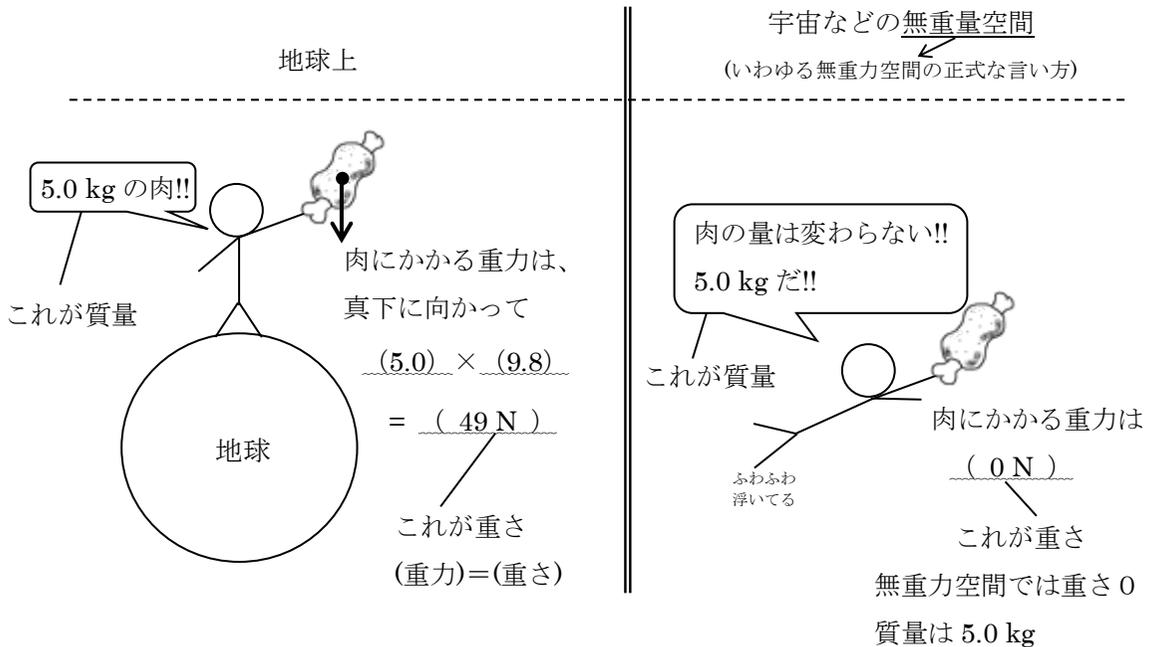
* 『質量』と『重さ』

『質量』と『重さ』は意味が違う。それぞれの定義は

質量・・・物体そのものの量 (文字 m 単位 [kg])

重さ・・・物体にかかる重力の大きさ (文字 W 、 mg 単位 [N])

《イメージ》



* よくあるミス!!

『重さ 10 N の物体を机に置いた。物体にかかる重力はいくらか。』という問題で
重力の大きさを $10 \times 9.8 = 98 \text{ N}$ としてしまうミスがとても多いです。

重さ 10 N というのは、かかる重力の大きさが 10 N である。ということなので、9.8 をかける必要はありません。注意しましょう。

公式 $W = m g$

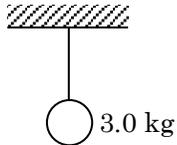
重さ ← W

← m 質量

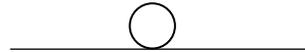
問題 6

以下の問いに答えよ。ただし、重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。

(1) 糸でつるされた質量 3.0 kg の物体
にはたらく重力の大きさはいくらか。
また図に重力を作図せよ。



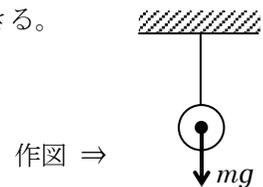
(2) 床の上に物体が置いてある。
この物体にはたらく重力の大きさが
 14.7 N だったとき物体の質量はいくらか。



問題 6 解答 (1) 29 N (29.4 N) 作図は下図参照 (2) 1.5 kg

問題 6 解説

(1) 物体にはたらく重力の大きさ W は、**公式** $W = mg$ で計算できる。
今回は、質量 m が 3.0 kg g が 9.8 m/s^2
よって $3.0 \times 9.8 = 29.4 \text{ N} \approx \underline{29 \text{ N}}$



(2) 14.7 N の重力がかかっていることから質量を逆算する。

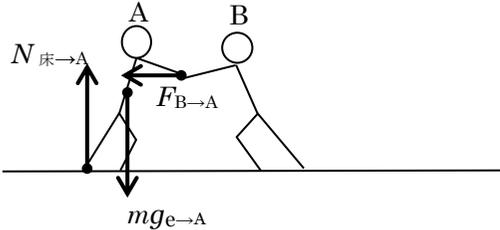
公式 $W = mg$ より $14.7 = m \times 9.8$ m について解いて、 $m = \underline{1.5 \text{ kg}}$

テーマ6 力の決定①～系という概念～

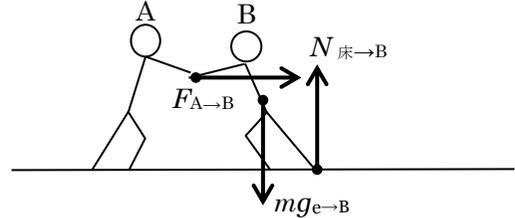
けい
系 … グループのこと。ジャニーズ系やヴィジュアル系という言葉の『系』と同じ意味。

例えば、人Aと人Bがなめらかな床で、お互いに押し合うという状況を考える。

Aにはたらく力



Bにはたらく力



ここで、物理を勉強する人は、『だれを主要キャラにするか』を設定する。

AとBは『主要キャラ』で、床や地球は『環境』というイメージ。

このように『AとB』・・・主要キャラグループ

『床や地球』・・・環境

とわかることを、『AとBを1つの系とする』と表現する。

そして、系の中で及ぼしあっている力を『内力』といい、環境から系に加えられている力を『外力』という。

AとBを1つの系としたとき、はたらく力は以下のように分類できる。

内力

$F_{B→A}$ $F_{A→B}$

外力

$N_{床→A}$ $mg_{e→A}$ $N_{床→B}$ $mg_{e→B}$

内力、外力を分類することは、すぐには使わないけれども、応用分野に進んだときに必須スキルとなるので、今の段階から練習して慣れていこう。

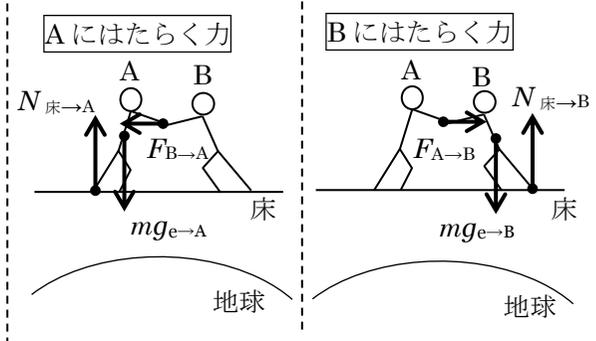
まとめ

- ・力を分析するときは『系』と『環境』を区別する
- ・『床』や『地球』は、問題として分析を要求されない物体なので系には入れず、環境として扱うことが多い。
- ・系の外(環境)から加えられる力を『外力』、系の内部で及ぼしあう力を『内力』という。

ConceptTest 1 内力・外力

以下のように系を設定した場合、A と B が押し合う状況ではたらく図中の力を、内力、外力に分類せよ。

- (1) A と B と床を 1 つの系とする。
- (2) A と B と床と地球を 1 つの系とする。



ConceptTest1 解答

- (1) 内力 ($F_{B \rightarrow A}$ $F_{A \rightarrow B}$ $N_{床 \rightarrow A}$ $N_{床 \rightarrow B}$), 外力 ($mg_{e \rightarrow A}$ $mg_{e \rightarrow B}$)
- (2) 内力 ($F_{B \rightarrow A}$ $F_{A \rightarrow B}$ $N_{床 \rightarrow A}$ $mg_{e \rightarrow A}$ $N_{床 \rightarrow B}$ $mg_{e \rightarrow B}$), 外力: なし

ConceptTest1 解説

(1) A と B と床を 1 まとまりと考えると、床が A を支える力 (垂直抗力) $N_{床 \rightarrow A}$ 、床が B を支える力 (垂直抗力) $N_{床 \rightarrow B}$ も内力に分類される。

『環境』に分類されるのが地球だけになる。

(2) A と B と床と地球を 1 まとまりと考えると、地球が A を引く力 (重力) $mg_{e \rightarrow A}$ 、床が B を支える垂直抗力 $mg_{e \rightarrow B}$ も内力に分類される。

『環境』に分類されるものはない。

テーマ7 力の決定②～力の発見～

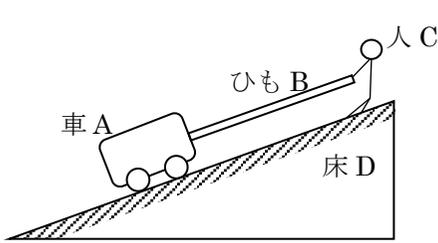
(超重要) 力の発見法

ここからの勉強は運動方程式やつりあいの式を立てることがほとんどの問題の目的となる。そして、関係式をたてるときは着目物体（着目した系）にはたらくすべての力を見出すことが必須になる。

しかし、やみくもに見出しても、足りなかったり、書きすぎたり、ということがあるので、以下の方法で力を見出すようにしよう。

- ① 『系』と『環境』を区別する。系は運動を調べたいと思う物体で、その他は環境である。
力の発見を目指すときは物体1つを1つの系とし、着目する物体は1つにしよう。
- ② 着目物体と環境中の全てを表示した運動図を書く。
- ③ 系を○で囲む。(系をふちどるように○をつける。)
- ④ 囲んだ○と接触している点を洗い出す。ここで見落としがないように気を付ける。
- ⑤ 接触している点からは外力を受けると考え、すべての接点において、矢印で力を示し、名前をつけて、適切な文字を添える。
- ⑥ 最後に重力を書き加え、適切な文字を添える。(重力は最初に書いてもいい。)

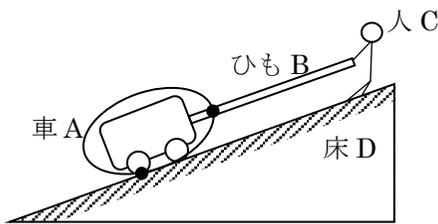
【モデル】 あらい坂道にある車をひもで引っ張り上げる。手順にそって力を発見してみよう。



① 『系』と『環境』を区別する。

車 A の運動を分析したいので、車 A 単体を一つの『系』とする。すると、ひも B、人 C、床 D、地球は『環境』となる。

② 着目物体と環境中のすべてを表示した運動図を書く。

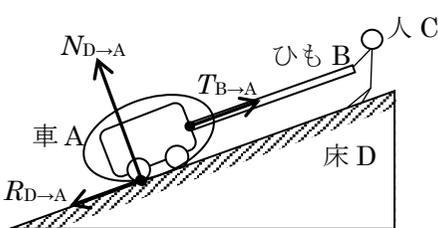


③ 系を○で囲む。

今回は、車 A 単体を 1 つの系としている。

④ 囲んだ○と接している点を洗い出す。

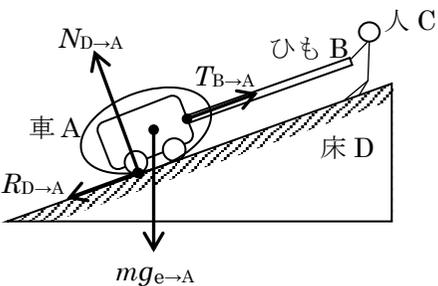
今回は、車 A と接しているのは、ひも B と床 D。
(左図では簡単にするため、床 D との接点は 1 つにまとめた。)



⑤ 接触している点からは外力を受けると考え、すべての接点において、矢印で力を示し、名前をつけて、適切な文字を添える。

今回はひも B からの張力 $T_{B \to A}$ と、床 D からの垂直抗力 $N_{D \to A}$ と摩擦力 $R_{D \to A}$ がはたらくといえる。

*系と接していない人 C は、車 A に直接力を加えない!!



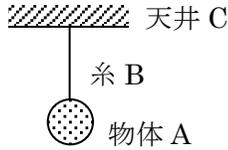
⑥ 最後に重力を書き加え、適切な文字を添える。

(文字は $W_{e \to A}$ でもよい。
ただし $mg_{e \to A}$ が主流)

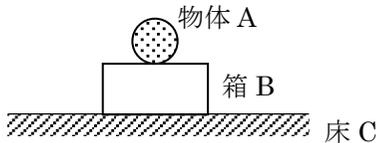
問題 7

次の物体にはたらく力をすべて書き出せ。ただし、着目している系を必ず○で囲み、弾性力は F 、張力は T 、垂直抗力は N 、摩擦力は R を使って示すこと。

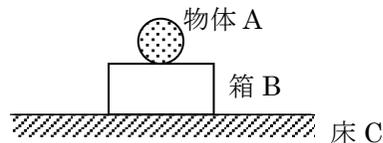
- (1) 糸でつるされて静止している物体 A (2) 床の上に置かれ静止している物体 A



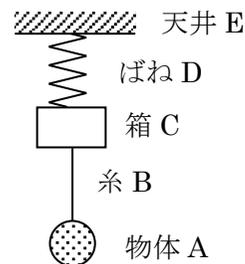
- (3) 床の上に置かれた箱の上に置かれ、静止している物体 A



- (4) 前問(3)と同じ状況の箱 B



- (5) 天井に接続されたばねに箱を接続し、その箱につけた糸に接続され静止している物体 A



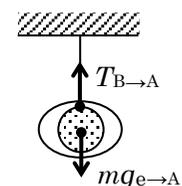
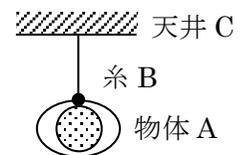
- (6) 前問(5)と同じ状況の箱 C

問題 7 解答解説

- (1) 物体 A をひとつの系とすると、糸 B、天井 C は環境となる。
系 (物体 A) を○で囲み接点を洗い出すと右図のようになる。

このことから、糸 B から外力がはたらくとわかる。

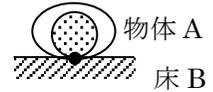
糸 B からの外力である『張力 $T_{B \rightarrow A}$ 』と、地球からの外力である『重力 $mg_{e \rightarrow A}$ 』を記入し、右図のような解答となる。



問題 7 解答解説 つづき

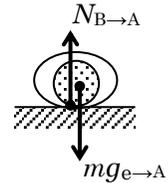
(2) 物体 A をひとつの系とすると床 B は環境となる。

系 (物体 A) を○で囲み接点を洗い出すと右図のようになる。



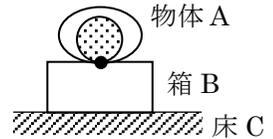
このことから、床 B から外力がはたらくとわかる。

系 B からの外力である『垂直抗力 $N_{B \rightarrow A}$ 』と、
地球からの外力である『重力 $mg_{e \rightarrow A}$ 』を記入し、
右図のような解答となる。



(3) 物体 A をひとつの系とすると箱 B、床 C は環境となる。

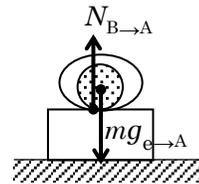
系 (物体 A) を○で囲み接点を洗い出すと右図のようになる。



このことから、箱 B から外力がはたらくとわかる。

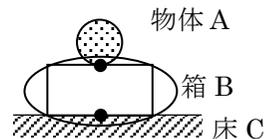
床 C は物体 A と接触していないので物体 A に力を加えない。

箱 B からの外力である『垂直抗力 $N_{B \rightarrow A}$ 』と、
地球からの外力である『重力 $mg_{e \rightarrow A}$ 』を記入し、
右図のような解答となる。



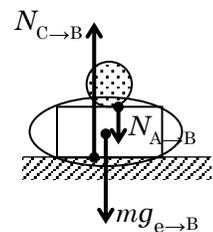
(4) 箱 A をひとつの系とすると物体 A、床 C は環境となる。

系 (箱 B) を○で囲み接点を洗い出すと右図のようになる。



このことから、物体 A と床 C から外力がはたらくとわかる。
物体 A が箱 B を押すというのがイメージしづらいが、
箱 B の気持ちになったら、上にある物体 A から重みを感じる
だろう。その重みが、物体 A が箱 B を押す力である。

物体 A からの外力である『垂直抗力 $N_{A \rightarrow B}$ 』と、
床 C からの外力である『垂直抗力 $N_{C \rightarrow B}$ 』
地球からの外力である『重力 $mg_{e \rightarrow B}$ 』を記入し、解答となる。



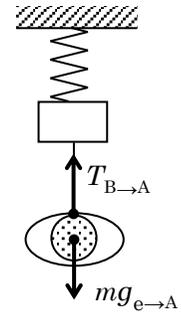
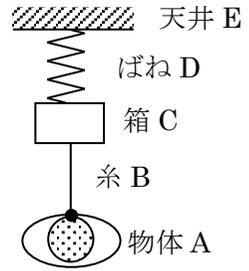
問題 7 解答解説 つづき

(5) 物体 A をひとつの系とすると糸 B、箱 C、ばね D、天井 E は環境となる。

系 (物体 A) を○で囲み接点を洗い出すと右図のようになる。

このことから、床 B から外力がはたらくとわかる。
ばね D は物体 A を支える原因にはなっているが、
直接物体 A を支えているわけではないことに注意する。

糸 B からの外力である『張力 $T_{B \rightarrow A}$ 』と、
地球からの外力である『重力 $mg_{e \rightarrow A}$ 』を記入し、
右図のような解答となる。

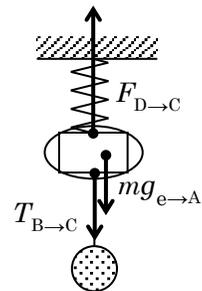
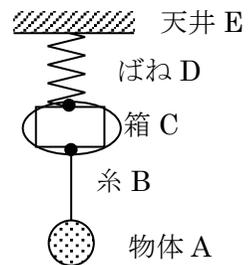


(6) 箱 C をひとつの系とすると物体 A、糸 B、ばね D、天井 E は環境となる。

系 (箱 C) を○で囲み接点を洗い出すと右図のようになる。

このことから、ばね D と糸 B から外力がはたらくとわかる。
物体 A は箱 C を引き落とす原因にはなっているが、
直接箱 C をひっぱっているわけではないことに注意する。

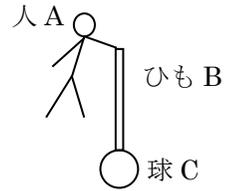
ばね D からの外力である『弾性力 $F_{D \rightarrow C}$ 』と、
糸 B からの外力である『張力 $T_{B \rightarrow C}$ 』と、
地球からの外力である『重力 $mg_{e \rightarrow B}$ 』を記入し、
右図のような解答となる。



テーマ 8 力の決定③～力の関係式をたてる～

ConceptTest 2 つりあいと運動方程式

右図のようにひも B をくくりつけた質量 10 kg の球 C を、人 A が支えている。ここで、(a)～(c)のように支えたとき、ひも B ではたらく張力の大きさに関して正しく説明したものを選択肢から選べ。



- (a) 静止させる。
- (b) 上向きに 1.0 m/s^2 の加速度で加速させる。
- (c) 下向きに 1.0 m/s^2 の加速度で加速させる。

選択肢

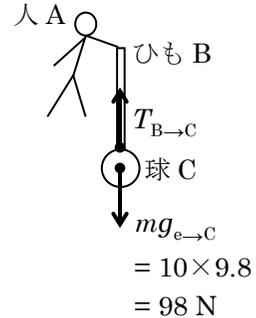
ア. $a = b = c$ イ. $b > a > c$ ウ. $c > a > b$ エ. $b > c > a$ オ. $c > b > a$

ConcepTest 2 解答解説	解答：イ
-------------------	------

《方針》 物体 C の運動を分析しているので、物体 C のみに着目して考える。(物体 C のみを 1 つの系とする)

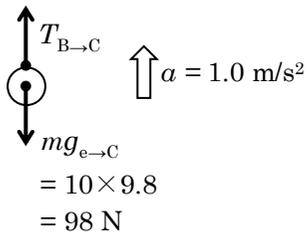
《解説》

物体 C をひとつの系とすると、ひも B、人 A は環境となる。
はたらく力を書き込むと右図のようになる。



- (a) つりあっているなら、
つりあいの式： $T_{B \rightarrow C} = mg_{e \rightarrow C}$
よって $T_{B \rightarrow C} = 98$ [N]

- (b) 上向きに加速しているなら



$T_{B \rightarrow C}$ の方が $mg_{e \rightarrow C}$ よりも大きい ($T_{B \rightarrow C}$ が勝ってるイメージ)

合力 F は $T_{B \rightarrow C} - mg_{e \rightarrow C}$
運動方程式 $ma = F$ を立式すると、

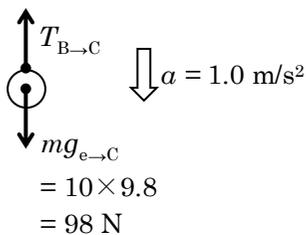
$$ma = F$$

$$10 \times 1.0 = T_{B \rightarrow C} - mg_{e \rightarrow C}$$

$$10 \times 1.0 = T_{B \rightarrow C} - 98$$

よって $T_{B \rightarrow C} = 108 \div 110$ N

- (c) 下向きに加速しているなら



$mg_{e \rightarrow C}$ の方が $T_{B \rightarrow C}$ よりも大きい ($mg_{e \rightarrow C}$ が勝ってるイメージ)

合力 F は $mg_{e \rightarrow C} - T_{B \rightarrow C}$
運動方程式 $ma = F$ を立式すると、

$$ma = F$$

$$10 \times 1.0 = mg_{e \rightarrow C} - T_{B \rightarrow C}$$

$$10 \times 1.0 = 98 - T_{B \rightarrow C}$$

よって $T_{B \rightarrow C} = 88$ N

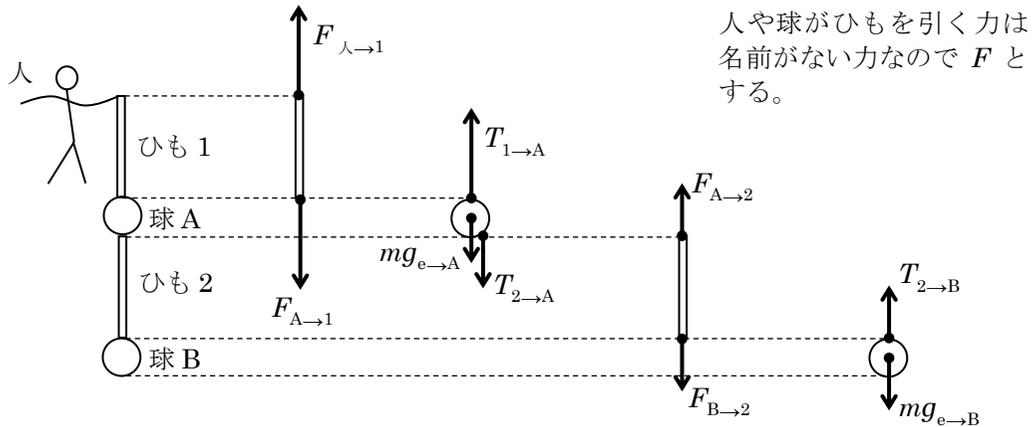
それぞれの大きさを比べると、

(b)での張力 > (a)での張力 > (c)での張力
となるので解答は イ となる。

*応用 ～複数物体での立式～

モデル1 質量のないひもと球(質量 m_A 、 m_B)を接続し、静止させる。

分析する物体が複数あるようなときは、着目物体ごとに図を区別して書く。下記のように、別々に作図をしよう。



つりあいの式をそれぞれの物体で立てると

ひも 1 $F_{人→1} = F_{A→1}$

球 A $T_{1→A} = mg_{e→A} + T_{2→A}$

ひも 2 $F_{A→2} = F_{B→2}$

球 B $T_{2→A} = mg_{e→B}$

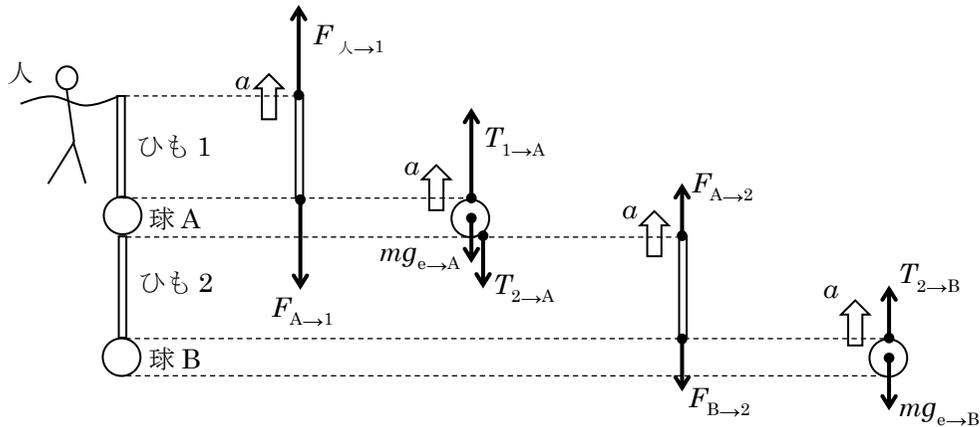
となる。

Point 力の問題を解くための作法

- ① 力の立式をするために、まずは物体ごとに区別して(系を分けて)、力を見出す。
- ② 立式は各物体(各系)で別々に行う。

モデル 2 質量のないひもと球(質量 m_A 、 m_B)を接続し、上向きに加速度 a で加速するように引き上げる。

モデル 1 と同じ力の加え方だが、上向きに加速していると立てる式がガラッと変わる。



それぞれの物体で運動方程式 $ma = F$ を立てると

- ひも 1** $0 \times a = F_{人→1} - F_{A→1}$
 - 球 A** $m_A \times a = T_{1→A} - mg_{e→A} - T_{2→A}$
 - ひも 2** $0 \times a = F_{A→2} - F_{B→2}$
 - 球 B** $m_B \times a = T_{2→A} - mg_{e→B}$
- となる。

*質量が 0 の物体で立式をすると、加速しているのに、両端の力が同じ大きくなる。つりあいたい状態となり、混乱しやすいが、 $m = 0$ の運動方程式として考えられるようにしよう。

Point 立てる式の区別

- ① つりあっているなら、つりあいの式を立てる。
つりあっているのは、静止か、一定の速度での移動のときである。
- ② 加速しているなら、運動方程式 $ma = F$ を立てる。
どちら向きの力が大きい判断し、合力 F を計算して右辺に代入。