

SETUP DRILL 03

連結体と滑車 設定別ドリル

2つ以上の物体がつながっている設定を5つに分けた。

どれも手順は同じ —— まとめて1つとみて a を出し、1つ取り出して張力を出す。つながり方が変わると「動かす原因になる力」だけが変わる。そこを5回確かめる。

答えはすべて文字式。

使い方

1周目 設定の見出しと公式を読んでから5問続けて解く。

2周目 公式を隠して解く。「全体の外力は何か」を毎回口に出す。

3周目 設定の見出しを隠して、どのつながりかを言い当ててから解く。

重力加速度は g 。糸・滑車は軽くなめらかとする。

1章

- ☐ 1周
☐ 2周
☐ 3周

2章

- ☐ 1周
☐ 2周
☐ 3周

3章

- ☐ 1周
☐ 2周
☐ 3周

4章

- ☐ 1周
☐ 2周
☐ 3周

5章

- ☐ 1周
☐ 2周
☐ 3周

問 題 編

解説は後半にまとめてある。先に見ないこと。

まず全体、次に1つの順で式を立てる。

SETUP 01

接触させた2物体を押す

記号の約束

m_1, m_2 各物体の質量 F 外から加えた力 N 接触面がおよぼし合う力 a 共通の加速度

この設定を見分ける手がかり

1. 問題文に「接触させて」「並べて置き」＋一方から押す
2. → 2物体は同じ加速度で動く
3. → 全体で a 、片方だけ取り出して接触力

この設定で使う公式

- 全体： $(m_1 + m_2)a = F \rightarrow a = \frac{F}{m_1 + m_2}$
- 押される側だけ： $m_2a = N \rightarrow N = \frac{m_2F}{m_1 + m_2}$
- 接触力は「押される側の質量」に比例

1-1 加速度と接触力 ★

3周チェック ☐ ☐ ☐

なめらかな水平面上に質量 m_1 、 m_2 の物体を接触させて置き、 m_1 の側から水平に力 F で押す。

1. 加速度を求めよ。
2. 接触面がおよぼし合う力を求めよ。

1-2 押す側を変える ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

同じ2物体を、今度は m_2 の側から同じ大きさ F で押す。

1. 加速度は変わるか。
2. 接触面の力を求めよ。
3. 前問と比べてどうか。

1-3 摩擦つき ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

あらい水平面（動摩擦係数 μ' 、どちらの物体も同じ）の上に質量 m_1 、 m_2 の物体を接触させて置き、 m_1 の側から水平に力 F で押す。

1. 全体にはたらく外力をすべて挙げよ。
2. 加速度を求めよ。
3. 接触面の力を求めよ。

1-4 3物体 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

なめらかな水平面上に質量 m_1 、 m_2 、 m_3 の物体をこの順に接触させて並べ、 m_1 の側から力 F で押す。

1. 加速度を求めよ。
2. m_2 と m_3 の間の接触力を求めよ。

1-5 比 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

なめらかな水平面上で接触させた2物体を、一方から力 F で押す。

1. 2物体の質量が等しいとき、接触力は F の何倍か。
2. 押される側の質量が押す側の 3 倍のとき、接触力は F の何倍か。

SETUP 02

定滑車の両側に吊るす（アトウッド）

記号の約束

m_1, m_2 おもりの質量 T 糸の張力 a 加速度の大きさ

この設定を見分ける手がかり

1. 問題文に「定滑車」「両端におもり」
2. → 加速度の大きさは共通。ただし向きは逆
3. → 各物体で動く向きを正と決めて、2本立てて足す（ T が消える）

この設定で使う公式

- $m_1 a = m_1 g - T$ / $m_2 a = T - m_2 g$
- 足すと $a = \frac{(m_1 - m_2)g}{m_1 + m_2}$
- 戻すと $T = \frac{2m_1 m_2 g}{m_1 + m_2}$
- 検算： T は $m_2 g$ と $m_1 g$ の間に入る

2-1 加速度と張力 ★★

3周チェック ☐ ☐ ☐

軽い定滑車に軽い糸をかけ、両端に質量 m_1, m_2 ($m_1 > m_2$) のおもりを吊るして静かに放した。

1. 加速度の大きさを求めよ。
2. 糸の張力を求めよ。

2-2 特殊な場合 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

アトウッドの装置について答えよ。

1. $m_1 = m_2$ のとき、加速度と張力はどうなるか。
2. $m_2 \rightarrow 0$ のとき、加速度と張力はどうなるか。

2-3 落下距離 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

アトウッドの装置で静かに放したあと、 m_1 が高さ h だけ下がったときを考える。

1. そのときの速さを求めよ。
2. そこまでにかかる時間を求めよ。

2-4 滑車にかかる力 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

アトウッドの装置で、滑車を天井から吊るしている。

1. 滑車の両側の糸が滑車を引く力の合計を求めよ。
2. その値と $(m_1 + m_2)g$ を比べよ。
3. なぜそうなるか説明せよ。

2-5 比 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

アトウッドの装置で、片方の質量を m 、もう片方を $2m$ とする。

1. 加速度を g で表せ。
2. 張力を m 、 g で表せ。
3. 張力は軽いほうの重さの何倍か。

SETUP 03

水平面上の物体と、吊るしたおもり

記号の約束

m_1 水平面上の物体 m_2 吊るしたおもり T 糸の張力

この設定を見分ける手がかり

1. 問題文に「机の端の滑車を通して」「おもりを吊るす」
2. → 動かす原因は吊るしたおもりにはたらく重力だけ
3. → 水平面上の物体には、重力は運動方向に効かない

この設定で使う公式

- 全体： $(m_1 + m_2)a = m_2g \rightarrow a = \frac{m_2g}{m_1 + m_2}$
- 水平面上の物体だけ： $m_1a = T \rightarrow T = \frac{m_1m_2g}{m_1 + m_2}$
- あらい面なら外力から $\mu'm_1g$ を引く

3-1 なめらか ★★

3周チェック ☐ ☐ ☐

なめらかな水平面上の質量 m_1 の物体に糸をつけ、机の端の軽い滑車を通して質量 m_2 のおもりを吊るした。

1. 全体を動かしている外力は何か。
2. 加速度を求めよ。
3. 糸の張力を求めよ。

3-2 極限 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

同じ装置について答えよ。

1. $m_1 \rightarrow 0$ のとき加速度はどうなるか。
2. $m_2 \rightarrow 0$ のときはどうか。
3. 張力は m_2g より大きい小さいか。

3-3 あらい面 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

あらい水平面（動摩擦係数 μ' ）の上の質量 m_1 の物体に糸をつけ、滑車を通して質量 m_2 のおもりを吊るした。

1. 全体にはたらく外力を書け。
2. 加速度を求めよ。
3. 動き出すための条件を書け。

3-4 落下距離 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

なめらかな水平面の装置で、おもり m_2 が高さ h だけ下がったときを考える。

1. そのときの速さを求めよ。
2. 水平面上の物体はどれだけ動いたか。

3-5 張力の意味 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

なめらかな装置で、吊るしたおもりの質量を m_2 とする。

1. 糸の張力が m_2g に等しくならないのはなぜか。
2. m_1 を非常に大きくすると、張力はどうなるか。
3. その理由を述べよ。

SETUP 04

斜面上の物体と、吊るしたおもり

記号の約束

θ 斜面の傾角 m_1 斜面上の物体 m_2 吊るしたおもり

この設定を見分ける手がかり

1. 問題文に「斜面の頂上の滑車」「おもりを吊るす」
2. → 2つの重力成分が引っ張り合う設定
3. → 外力は m_2g と $m_1g \sin \theta$ の差

この設定で使う公式

- 全体： $(m_1 + m_2)a = m_2g - m_1g \sin \theta$
- → $a = \frac{(m_2 - m_1 \sin \theta)g}{m_1 + m_2}$
- つり合う条件： $m_2 = m_1 \sin \theta$
- $\theta = 90^\circ$ にするとアトウッドの式に戻る

4-1 加速度 ★★

3周チェック ☐ ☐ ☐

傾角 θ のなめらかな斜面上に質量 m_1 の物体を置き、斜面の頂上の滑車を通した糸で質量 m_2 のおもりを鉛直に吊るした。

1. m_2 が下がる向きを正として、加速度を求めよ。
2. この符号が負になるのはどんなときか。

4-2 つり合い ★3周チェック ☐ ☐ ☐

同じ装置で、2物体が動かずに静止した。

1. m_2 を m_1 、 θ で表せ。
2. このとき糸の張力を求めよ。

4-3 張力 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

同じなめらかな装置で、糸の張力を求めたい。

1. m_2 を取り出して張力を求めよ。
2. $\theta = 90^\circ$ を代入すると何になるか。

4-4 あらい斜面 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

傾角 θ のあらい斜面（動摩擦係数 μ' ）上の質量 m_1 の物体と、吊るした質量 m_2 のおもりが、 m_2 が下がる向きに動いている。

1. 斜面上の物体にはたらく摩擦力の向きと大きさを答えよ。
2. 加速度を求めよ。

4-5 2つの斜面 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

頂上に滑車のある山形の台がある。左の斜面（傾角 α ）に質量 m_1 、右の斜面（傾角 β ）に質量 m_2 の物体を置き、糸でつないだ。斜面はどちらもなめらかとする。

1. m_2 が下る向きを正として、加速度を求めよ。
2. つり合う条件を書け。

SETUP 05

糸でつないだ3物体を引く

記号の約束

m_1, m_2, m_3 3物体の質量 T_1, T_2 各区間の糸の張力

この設定を見分ける手がかり

1. 問題文に「順につないで」「一列に」＋端から引く
2. → 全体で a を出す
3. → 張力を知りたい糸で切って、向こう側だけを見る

この設定で使う公式

- 全体： $a = \frac{F}{m_1 + m_2 + m_3}$
- 切った先の質量の合計を M' として $T = M'a$
- 前の糸ほど張力が大きい

5-1 張力 ★★

3周チェック ☐ ☐ ☐

なめらかな水平面上に質量 m_1, m_2, m_3 をこの順に糸でつなぎ、 m_1 を水平に力 F で引く。

1. 加速度を求めよ。
2. m_1 と m_2 の間の張力を求めよ。
3. m_2 と m_3 の間の張力を求めよ。

5-2 大小 ★3周チェック ☐ ☐ ☐

同じ装置について答えよ。

1. T_1 と T_2 ではどちらが大きい。理由も述べよ。

5-3 等質量 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

質量がすべて m の3物体を糸でつなぎ、先頭を力 F で引く。

1. 加速度を求めよ。
2. 2本の糸の張力をそれぞれ求めよ。
3. その比を求めよ。

5-4 吊り下げ ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

質量 m の物体3つを糸で鉛直につなぎ、いちばん上を持って鉛直上向きに加速度 a で引き上げる。

1. いちばん上の糸の張力を求めよ。
2. いちばん下の糸の張力を求めよ。
3. $a = 0$ のときの上の糸の張力を求めよ。

5-5 摩擦つき ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

あらい水平面（動摩擦係数 μ' ）の上に質量 m の物体3つを糸でつなぎ、先頭を力 F で引く。

1. 加速度を求めよ。
2. 先頭と2番目をつなぐ糸の張力を求めよ。

解説編

各問の冒頭に全体で何を外力としたかを書いてある。

設定 1 接触させた2物体を押す

1-1 全体→片方

■(1) 全体： $(m_1 + m_2)a = F \rightarrow a = \frac{F}{m_1 + m_2}$

■(2) m_2 だけ取り出す。水平の力は接触力だけ

$$N = m_2 a = \frac{m_2 F}{m_1 + m_2}$$

答 (1) $\frac{F}{m_1 + m_2}$ (2) $\frac{m_2 F}{m_1 + m_2}$

1-2 取り出す物体が変わる

■(1) 変わらない。全体で見れば外力は同じ F 。

■(2) 今度は m_1 を取り出す

$$N' = m_1 a = \frac{m_1 F}{m_1 + m_2}$$

■(3) $m_1 \neq m_2$ なら値が変わる。

接触力は「向こう側にある質量」で決まる。

答 (1) 変わらない (2) $\frac{m_1 F}{m_1 + m_2}$ (3) 押す向きで変わる

1-3 外力に摩擦を足す

■(1) 押す力 F と、全体にはたらく動摩擦力 $\mu'(m_1 + m_2)g$ 。

接触力は内力なので入らない。

■(2) $(m_1 + m_2)a = F - \mu'(m_1 + m_2)g$

$$a = \frac{F}{m_1 + m_2} - \mu'g$$

■(3) m_2 を取り出すと、接触力と m_2 にはたらく摩擦がある

$$m_2a = N - \mu'm_2g \rightarrow N = m_2(a + \mu'g) = \frac{m_2F}{m_1 + m_2}$$

摩擦があっても接触力の式は同じ形になる。

答 (1) F と $\mu'(m_1 + m_2)g$ (2) $\frac{F}{m_1 + m_2} - \mu'g$ (3) $\frac{m_2F}{m_1 + m_2}$

1-4 取り出す範囲を選ぶ

■(1) $a = \frac{F}{m_1 + m_2 + m_3}$

■(2) その面より向こう側は m_3 だけ

$$N = m_3a = \frac{m_3F}{m_1 + m_2 + m_3}$$

切った面の向こう側の質量を数えるだけで出る。

答 (1) $\frac{F}{\Sigma m}$ (2) $\frac{m_3F}{\Sigma m}$

1-5 質量比で決まる

■(1) $\frac{m}{m+m} = \frac{1}{2} \rightarrow \frac{1}{2}$ 倍

■(2) $m_1 = m$ 、 $m_2 = 3m$ とすると

$$\frac{3m}{4m} = \frac{3}{4} \rightarrow \frac{3}{4}$$

接触力は $\frac{\text{向こう側の質量}}{\text{全体の質量}}$ 倍と覚えられる。

答 (1) 1/2 倍 (2) 3/4 倍

設定 2 定滑車の両側に吊るす (アトウッド)

2-1 2本立てで足す

m_1 は下向き、 m_2 は上向きを正とする。

$$m_1 a = m_1 g - T \quad \cdots \cdots \textcircled{1} \quad m_2 a = T - m_2 g \quad \cdots \cdots \textcircled{2}$$

■(1) ①+② で T が消える

$$a = \frac{(m_1 - m_2)g}{m_1 + m_2}$$

■(2) ②に戻して

$$T = m_2(g + a) = \frac{2m_1 m_2 g}{m_1 + m_2}$$

$$\text{答 (1)} \frac{(m_1 - m_2)g}{m_1 + m_2} \quad \text{(2)} \frac{2m_1 m_2 g}{m_1 + m_2}$$

2-2 極限で確かめる

■(1) $a = 0$ 、 $T = m_1 g$ 。

つり合って静止したまま（または等速のまま）。

■(2) $a \rightarrow g$ 、 $T \rightarrow 0$ 。

片方が消えるので、 m_1 は自由落下する。糸は張力を伝えなくなる。

両端を入れて確かめると、式が正しいか判断できる。

$$\text{答 (1)} a = 0, T = m_1 g \quad \text{(2)} a \rightarrow g, T \rightarrow 0 \text{ (自由落下)}$$

2-3 等加速度につなぐ

■加速度は $a = \frac{(m_1 - m_2)g}{m_1 + m_2}$ 。これを等加速度の公式に入れる。

$$\text{■(1)} v^2 = 2ah \rightarrow v = \sqrt{\frac{2(m_1 - m_2)gh}{m_1 + m_2}}$$

$$\text{■(2)} h = \frac{1}{2}at^2 \rightarrow t = \sqrt{\frac{2h(m_1 + m_2)}{(m_1 - m_2)g}}$$

$$\text{答 (1)} \sqrt{\frac{2(m_1 - m_2)gh}{m_1 + m_2}} \quad \text{(2)} \sqrt{\frac{2h(m_1 + m_2)}{(m_1 - m_2)g}}$$

2-4 滑車を支える力

■(1) 両側とも張力 T で下向きに引くので

$$2T = \frac{4m_1m_2g}{m_1 + m_2}$$

■(2) $(m_1 + m_2)g$ より小さい。

($m_1 = m_2 = m$ なら $2T = 2mg$ で一致するが、差があるほど小さくなる。)

■(3) おもりが加速しているため。

一方は下向きに加速して「軽くなり」、他方は上向きに加速して「重くなる」が、全体としては系の重心が下向きに加速しているぶん、支える力が減る。

答 (1) $\frac{4m_1m_2g}{m_1 + m_2}$ (2) 小さい (3) 系の重心が下向きに加速しているから

2-5 質量差で決まる

■(1) $a = \frac{(2m - m)g}{3m} = \frac{g}{3}$

■(2) $T = \frac{2 \cdot 2m \cdot m \cdot g}{3m} = \frac{4mg}{3}$

■(3) 軽いほうの重さは mg なので $\frac{4}{3}$ 倍。

mg ($= 1.0mg$) と $2mg$ の間に入っている —— 検算として使える。

答 (1) $\frac{g}{3}$ (2) $\frac{4mg}{3}$ (3) $\frac{4}{3}$ 倍

設定 3 水平面上の物体と、吊るしたおもり

3-1 外力は m_2g だけ

■(1) m_2 にはたらく重力 m_2g 。

m_1 にはたらく重力は垂直抗力とつり合っていて、運動方向には効かない。

■(2) $(m_1 + m_2)a = m_2g \rightarrow a = \frac{m_2g}{m_1 + m_2}$

■(3) m_1 だけ取り出すと水平の力は張力だけ

$$T = m_1a = \frac{m_1m_2g}{m_1 + m_2}$$

答 (1) m_2g (2) $\frac{m_2g}{m_1 + m_2}$ (3) $\frac{m_1m_2g}{m_1 + m_2}$

3-2 端で確かめる

■(1) $a \rightarrow g$ 。 m_2 が自由落下する状態に近づく。

■(2) $a \rightarrow 0$ 。 動かす原因がなくなる。

■(3) $T = \frac{m_1 m_2 g}{m_1 + m_2} = m_2 g \cdot \frac{m_1}{m_1 + m_2} < m_2 g$

小さい。 おもりが加速して下がっているので、糸が支える力は重さより小さい。

答 (1) $a \rightarrow g$ (2) $a \rightarrow 0$ (3) $m_2 g$ より小さい

3-3 外力から摩擦を引く

■(1) 動かす向きに $m_2 g$ 、逆向きに摩擦力 $\mu' m_1 g$

($N = m_1 g$ であることに注意。 m_2 は面に乗っていない。)

■(2) $(m_1 + m_2)a = m_2 g - \mu' m_1 g$
 $a = \frac{(m_2 - \mu' m_1)g}{m_1 + m_2}$

■(3) $a > 0$ より $m_2 > \mu' m_1$

(正確には静止摩擦係数で判定するが、形は同じ。)

答 (1) $m_2 g$ と $\mu' m_1 g$ (2) $\frac{(m_2 - \mu' m_1)g}{m_1 + m_2}$ (3) $m_2 > \mu' m_1$

3-4 等加速度につなぐ

■(1) $a = \frac{m_2 g}{m_1 + m_2}$ を使って

$$v = \sqrt{2ah} = \sqrt{\frac{2m_2 gh}{m_1 + m_2}}$$

■(2) 糸でつながっているのと同じ距離 h だけ動く。

(糸は伸び縮みしないので、両者の変位の大きさは等しい。)

答 (1) $\sqrt{\frac{2m_2 gh}{m_1 + m_2}}$ (2) h

3-5 なぜ m_2g にならないか

■(1) おもりが加速しながら下がっているから。

m_2 について $m_2a = m_2g - T$ なので、 $a > 0$ なら $T < m_2g$ 。

$T = m_2g$ になるのはおもりが静止または等速のときだけ。

■(2) $T = \frac{m_1m_2g}{m_1 + m_2} \rightarrow m_2g$ に近づく。

■(3) m_1 が重いとほとんど動かなくなり、 $a \rightarrow 0$ になるから。

止まっていれば張力は重さに等しいという当たり前の状態に戻る。

答 (1) おもりが加速して下がっているから (2) m_2g に近づく (3) $a \rightarrow 0$ となり静止に近づくから

設定 4 斜面上の物体と、吊るしたおもり

4-1 2つの重力成分の差

■(1) $m_2 : m_2a = m_2g - T \quad m_1 : m_1a = T - m_1g \sin \theta$

辺々足して $a = \frac{(m_2 - m_1 \sin \theta)g}{m_1 + m_2}$

■(2) $m_2 < m_1 \sin \theta$ のとき。

このとき逆向きに動く (m_1 が斜面を下り、 m_2 が上がる)。

答 (1) $a = \frac{(m_2 - m_1 \sin \theta)g}{m_1 + m_2}$ (2) $m_2 < m_1 \sin \theta$ のとき

4-2 $a = 0$ とする

■(1) $a = 0$ より $m_2 = m_1 \sin \theta$

■(2) m_2 のつり合いから $T = m_2g = m_1g \sin \theta$

斜面のぶん m_1 が「軽くなって」つり合う。

答 (1) $m_2 = m_1 \sin \theta$ (2) $T = m_1g \sin \theta$

4-3 1つ取り出す

$$\blacksquare(1) \quad m_2 a = m_2 g - T \rightarrow T = m_2(g - a)$$

a を代入して整理すると

$$T = \frac{m_1 m_2 g (1 + \sin \theta)}{m_1 + m_2}$$

$$\blacksquare(2) \quad \sin 90^\circ = 1 \text{ を入れると}$$

$$T = \frac{2m_1 m_2 g}{m_1 + m_2} \quad \text{—— アトウッドの張力に一致する。}$$

斜面を垂直にすれば、両方ぶら下がった状態と同じになるので当然。

$$\text{答 (1)} \quad T = \frac{m_1 m_2 g (1 + \sin \theta)}{m_1 + m_2} \quad \text{(2) アトウッドの式になる}$$

4-4 摩擦の向きに注意

$$\blacksquare(1) \quad m_1 \text{ は斜面を上っているので、摩擦は斜面下向き}$$

$$\text{大きさ } \mu' m_1 g \cos \theta$$

$$\blacksquare(2) \text{ 全体で見ると、動かす向きに } m_2 g、\text{ 逆向きに } m_1 g \sin \theta \text{ と摩擦}$$

$$(m_1 + m_2)a = m_2 g - m_1 g \sin \theta - \mu' m_1 g \cos \theta$$

$$a = \frac{\{m_2 - m_1(\sin \theta + \mu' \cos \theta)\}g}{m_1 + m_2}$$

摩擦の向きは運動の向きで決まるので、先に動く向きを確定させる。

$$\text{答 (1) 斜面下向き} \cdot \mu' m_1 g \cos \theta \quad \text{(2) } a = \frac{\{m_2 - m_1(\sin \theta + \mu' \cos \theta)\}g}{m_1 + m_2}$$

4-5 両側とも斜面

$$\blacksquare(1) \text{ それぞれの斜面方向の重力成分は } m_1 g \sin \alpha \text{ と } m_2 g \sin \beta$$

$$(m_1 + m_2)a = m_2 g \sin \beta - m_1 g \sin \alpha$$

$$a = \frac{(m_2 \sin \beta - m_1 \sin \alpha)g}{m_1 + m_2}$$

$$\blacksquare(2) \quad m_2 \sin \beta = m_1 \sin \alpha$$

$\alpha = 90^\circ$ とすれば設定4、 $\alpha = \beta = 90^\circ$ とすればアトウッド。

この式が3つの設定をまとめて含んでいる。

$$\text{答 (1)} \quad a = \frac{(m_2 \sin \beta - m_1 \sin \alpha)g}{m_1 + m_2} \quad \text{(2) } m_2 \sin \beta = m_1 \sin \alpha$$

設定 5 糸でつないだ3物体を引く

5-1 切って向こう側を見る

$$\blacksquare(1) a = \frac{F}{m_1 + m_2 + m_3}$$

■(2) その糸の向こう側は m_2 と m_3

$$T_1 = (m_2 + m_3)a = \frac{(m_2 + m_3)F}{m_1 + m_2 + m_3}$$

■(3) 向こう側は m_3 だけ

$$T_2 = m_3a = \frac{m_3F}{m_1 + m_2 + m_3}$$

$$\text{答 (1)} \frac{F}{\Sigma m} \quad \text{(2)} \frac{(m_2 + m_3)F}{\Sigma m} \quad \text{(3)} \frac{m_3F}{\Sigma m}$$

5-2 引く量が違う

■ T_1 (前の糸) のほうが大きい。

前の糸は m_2 と m_3 の2つを引いているのに対し、

後ろの糸は m_3 1つだけを引いているから。

列車の連結器は、機関車に近いほど大きな力がかかる。

答 T_1 のほうが大きい (引いている質量が多いから)

5-3 比が単純になる

$$\blacksquare(1) a = \frac{F}{3m}$$

$$\blacksquare(2) T_1 = 2m \cdot \frac{F}{3m} = \frac{2F}{3}, T_2 = m \cdot \frac{F}{3m} = \frac{F}{3}$$

$$\blacksquare(3) T_1 : T_2 = 2 : 1$$

後ろに残っている個数の比そのものになる。

$$\text{答 (1)} \frac{F}{3m} \quad \text{(2)} \frac{2F}{3} \text{ と } \frac{F}{3} \quad \text{(3)} 2 : 1$$

5-4 鉛直につなぐ

■(1) 上の糸は3つすべてを支えて加速させる

$$T_{\text{上}} = 3m(g + a)$$

■(2) 下の糸はいちばん下の1つだけ

$$T_{\text{下}} = m(g + a)$$

■(3) $a = 0$ なら $T_{\text{上}} = 3mg$ 。

ただ吊るしているときの全体の重さに等しい。

水平の場合と同じで、切った先にある質量で決まる。

答 (1) $3m(g + a)$ (2) $m(g + a)$ (3) $3mg$

5-5 外力に摩擦を入れる

■(1) 全体にはたらく摩擦は $\mu'(3m)g$

$$3ma = F - 3\mu'mg \rightarrow a = \frac{F}{3m} - \mu'g$$

■(2) 向こう側 (2つ分) を見る。そこには張力と摩擦がはたらく

$$2ma = T_1 - \mu'(2m)g$$

$$T_1 = 2m(a + \mu'g) = \frac{2F}{3}$$

摩擦があっても張力の式は摩擦なしと同じ形になる。

摩擦が全体に均等にかかっているため。

答 (1) $\frac{F}{3m} - \mu'g$ (2) $\frac{2F}{3}$