

図1のように、質量  $5m$  の人が、床に置かれた質量  $3m$  のゴンドラに乗っている。天井から吊されたなめらかに回る定滑車にロープをかけ、ロープの一端をゴンドラに接続し、もう一端を人が引く。重力加速度の大きさを  $g$  として以下の間に答えよ。ただし、ロープの質量は無視できるものとする。

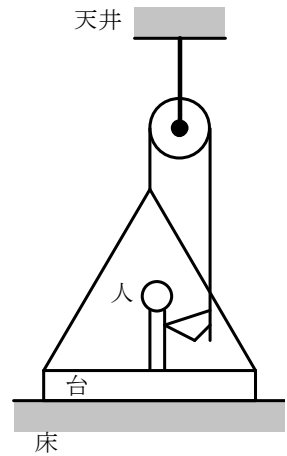


図 1

人がロープを鉛直下向きに大きさ  $F_1$  の力で引いた。人もゴンドラも浮きかがらなかった。

- (1) 人およびゴンドラに働く力を図示せよ。力には何の力かを明記せよ。
- (2) ゴンドラが床から受ける力の大きさと向きを求めよ。
- (3) 定滑車の質量が無視できるとすると、天井が定滑車を引く力を求めよ。

次に、人がロープを引く力を大きくしていくと、ゴンドラが浮き上がった。ただし、人はゴンドラと接した状態であった。

- (4) ゴンドラが浮き上がったとき、人がロープを引く力の大きさを求めよ。また、人がゴンドラから受ける力の大きさを求めよ。

次に、図2のようにゴンドラに質量  $m$  の動滑車をつける。一端を天井に固定したロープを動滑車にかけ、さらに定滑車を通して他端を人が引く。

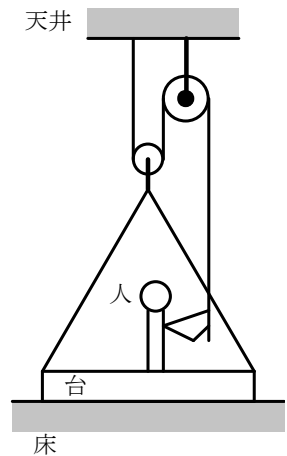


図 2

人がロープを鉛直下向きに大きさ  $F_2$  の力で引いた。人もゴンドラも浮きかがらなかった。

- (5) ゴンドラ及び動滑車に働く力を図示せよ。力には何の力かを明記せよ。
- (6) 動滑車がゴンドラを引く力、ゴンドラが床から受ける力の大きさと向きを求めよ。

次に、人がロープを引く力を大きくしていくと、ゴンドラが浮き上がった。ただし、人はゴンドラと接した状態であった。

- (7) ゴンドラが浮き上がったとき、人がロープを引く力の大きさを求めよ。

(解説)力を考えるとき大切なことは、力が

何①に働く、何②からの力

を考えることである。これを意識することにより、力の向きもわかりやすくなるし、また、作用・反作用もわかりやすい。①、②を入れ替えた

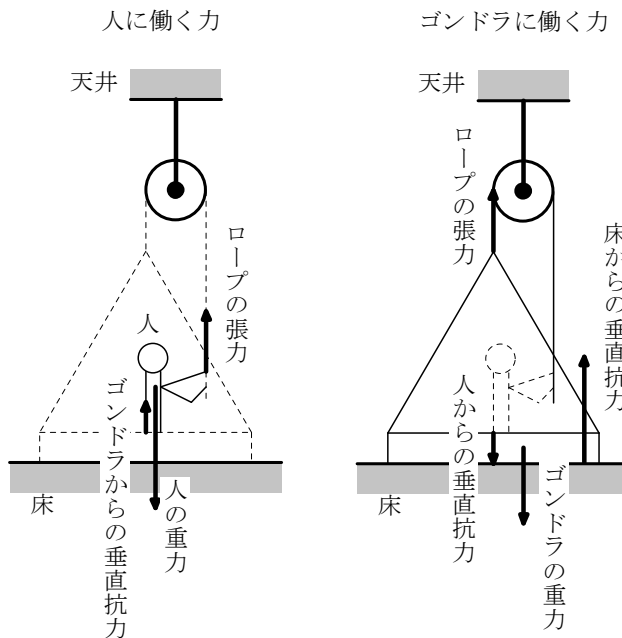
②に働く、①からの力

が必ず存在し、元の力と反対向きで同じ大きさである。

この問題のポイントは、ロープが人(手)を引く力である。ロープに働く人が引く力は下向きに働いているが、その反作用の人に働くロープが引く力は上向きに働く。後は、物体ごとに力のつりあいを考えればよい。

また、滑車にロープから働く力は、ロープの方向に張力と同じ大きさの力が働いていると考えればよい。

(1)何に働くか意識しながら描こう。



(2)人とゴンドラとの間の垂直抗力の大きさを  $N_1$ 、床とゴンドラとの間の垂直抗力の大きさを  $R_1$  とする。ロープの張力は  $F_1$  である。人、ゴンドラのつりあいをそれぞれ考える。

$$\text{人} : 5mg - F_1 - N_1 = 0 \quad \dots \text{①}$$

$$\text{ゴンドラ} : 3mg - F_1 + N_1 - R_1 = 0 \quad \dots \text{②}$$

①式より

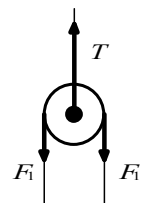
$$N_1 = 5mg - F_1 \quad \dots \text{③}$$

これと②式より

$$R_1 = 8mg - 2F_1 \quad \dots \text{④} \quad \dots \text{(答)}$$

(3)天井と定滑車の間の力の大きさを  $T$  とすると、定滑車に働く力は右図となる。定滑車の質量は無視できるので、つりあいより

$$2F_1 - T = 0 \quad \therefore T = 2F_1 \quad \dots \text{(答)}$$



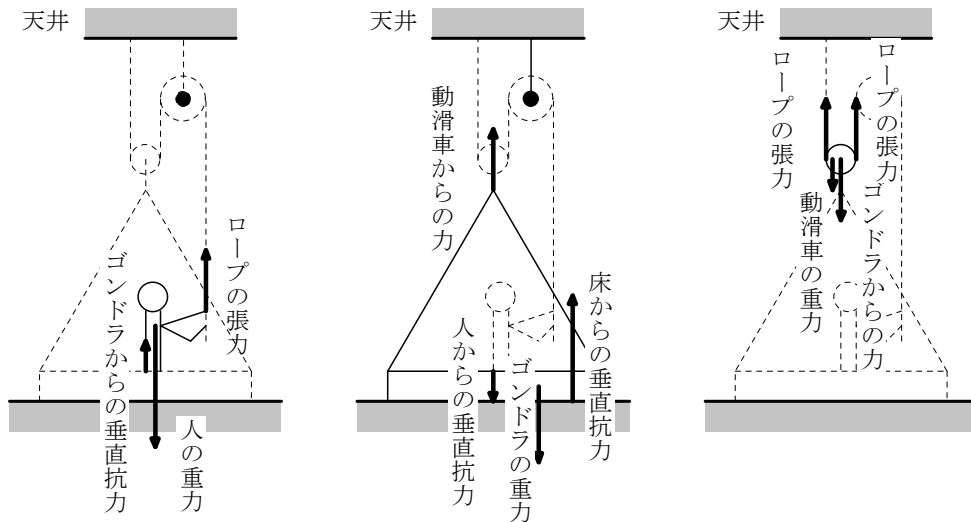
(4) ゴンドラと床との垂直抗力が 0 になったとき床から離れる。④式より、そのときの  $F_1$  を求める。

$$R_1 = 8mg - 2F_1 = 0 \quad \therefore F_1 = 4mg \quad \dots(\text{答})$$

またそのとき、人が床から受ける力は③式より

$$N_1 = 5mg - F_1 = mg \quad \dots(\text{答})$$

(5) 参考までに、人に働く力も描いた。



(6) 人とゴンドラとの間の垂直抗力の大きさを  $N_2$ 、床とゴンドラとの間の垂直抗力の大きさを  $R_2$ 、動滑車とゴンドラ間の力を  $f$  とする。人、ゴンドラ、動滑車のつりあいをそれぞれ考える。

$$\text{人} \quad : \quad 5mg - F_2 - N_2 = 0 \quad \dots(3)$$

$$\text{ゴンドラ} \quad : \quad 3mg - f + N_2 - R_2 = 0 \quad \dots(4)$$

$$\text{動滑車} \quad : \quad mg - 2F_2 + f = 0 \quad \dots(5)$$

③, ④, ⑤式より

$$N_2 = 5mg - F_2$$

$$f = 2F_2 - mg \quad \dots(\text{答})$$

$$R_2 = 9mg - 3F_2 \quad \dots(6) \quad \dots(\text{答})$$

(7)  $R_2 = 0$  で床から離れる。⑥式より

$$R_2 = 9mg - 3F_2 = 0 \quad \therefore F_2 = 3mg \quad \dots(\text{答})$$