

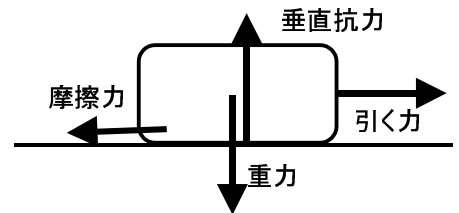
運動方程式 初歩⑤ (解説) 運動方程式もマンネリ・ムードね!

※ 特に指示の無い場合、重力加速度は $9.8[m/s^2]$ としなさい。

摩擦力の判別方法

- ① 静止摩擦係数 → 動かないようにつりあって止める摩擦係数 公式は無し
- ② 最大摩擦係数 → 動き出す直前の摩擦係数 公式 $F_0 = \mu N$
- ③ 運動摩擦係数 → 動いているときに働く摩擦係数 公式 $F' = \mu' N$

(1) 質量 $4.0[kg]$ の物体が粗い水平な床の上で静止している。物体と床の間の静止摩擦係数は 0.60 、動摩擦係数は 0.20 である。この物体を $20[N]$ で水平に引いてみたが、物体は動かなかった。このときの物体と床の間の摩擦力は $[20][N]$ である。徐々に引く力を強くしてゆくと $[24][N]$ になったとき、物体は動き出した。力の大きさを更に大きい $40[N]$ で物体を水平に引いた。このとき、物体に働いている力は、「外力」、「重力」、「摩擦力」の三力である。物体の運動方程式を作ると $[40 - 0.40 \times 4 \times 9.8 = 4a]$ であり、その物体の加速度は $[6.1[m/s^2]]$ である。



注意 動かないときの摩擦力である「静止摩擦力」は、動かす外力に逆らってつりあう力だ。したがって、最初の答えは引いた力と $20[N]$ が正解だ。動き出すときの摩擦力の大きさは最大摩擦力であるので、最大摩擦力の公式 $F_0 = \mu N$ より、 $0.60 \times 4.0 \times 9.8 = 23.52$ より、引く力が $24[N]$ になったときに物体は動き出す。さらに大きな力を加えたとき、物体は動いているときの摩擦力である運動摩擦力を受ける。運動摩擦力の公式 $F' = \mu' N$ より、 $0.40 \times 4.0 \times 9.8 [N]$ より、運動方程式は $40 - 0.40 \times 4 \times 9.8 = 4a$ である。これを解くと、 $a = 6.08$ だから、物体の加速度は $6.1[m/s^2]$ である。

(2) 質量 $4.0[kg]$ の物体Aが粗い水平な床の上で静止している。物体と床の間の静止摩擦係数は 0.60 、動摩擦係数は 0.20 である。物体Aに糸をつけて、その端に質量 $40[kg]$ の物体Bを机の端からぶらさげた。

最初に 物体は動き出すか、静止したままかを判定する!

数学でおなじみの「背理法」により判定すればよい。

背理法 → 仮に「動かないとして計算したときの静止摩擦力」が最大摩擦力以上になっておれば矛盾になる。矛盾が出たときは、最初に仮定したことが間違い(物体Aは静止しない)であったことを示している。

動かないときは物体Bにかかる力はつりあう。したがって、重力 $40 \times 9.8 = 392[N]$ は張力とつりあはずだ。物体Aの力は 張力が $392[N]$ だから、静止摩擦力は $392[N]$ だ。しかし、公式より求めた最大摩擦力の値は $0.60 \times 4.0 \times 9.8 = 23.52[N]$ だから、静止摩擦力が最大摩擦力を超えて矛盾を示す。結論 → 静止できない!

次に 動くことを前提としての運動方程式をつくるのだ!

物体A、Bに働いている力は、張力、重力、摩擦力、垂直抗力の力だ。

物体Aについて → 動く向きが右向きだから右が正として、動く方向の力は、張力は右向きだから $+T[N]$ 、運動摩擦力は左向きだから

$-0.40 \times 4.0 \times 9.8 = 15.68[N]$ より、物体Aの運動方程式は $[T - 15.68 = 4a]$ … ① であり、

物体Bについて → 動く向きが下向きだから、下が正として、重力は下向きだから $+392[N]$ 、張力は上向きだから $-T[N]$ より、物体Bの運動方程式は $[+329 - T = 40a]$ … ② である。

二つの運動方程式①、②を解くと、両物体の加速度は $[7.1][m/s^2]$ 、糸の張力は $[44][N]$ である。

