

図1のように斜面上に質量  $M$  の箱がある。箱には質量  $m$  の人がのっており、ザイルを引いて箱を動かそうとしている。ザイルの重さは無視し、人や箱の大きさは0とみなせるとする。斜面の傾斜角を  $\theta$ 、重力加速度を  $g$ 、箱と斜面の間の静止および動摩擦係数をそれぞれ  $\mu$  および  $\mu'$  と記す。なお  $\mu < 1$ 、 $\mu > \mu'$  が満たされているとする。

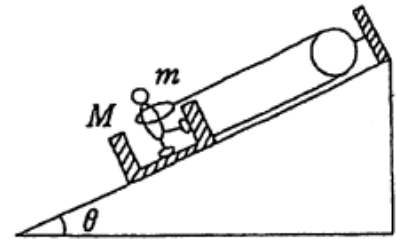


図1

人がザイルを張力  $T$  で引っ張る際、両足で図2に示すように箱に力を与える。すなわち、片足は箱の底面に垂直な力  $V$  を、もう一方の足は箱の上側の側面へ斜面に平行な力  $H$  をはたらかせる。箱と足の間には摩擦力ははたらかないものとする。以下いずれの場合でも人の腕力は十分にあるものとする。

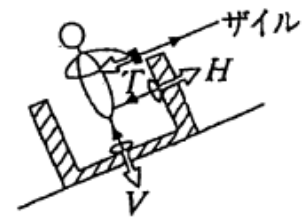


図2

また、人の重心や側面を押す足の位置と斜面との距離、ザイルと斜面の間隔はすべて無視できるとし、力のモーメントについては考慮しなくてよいものとする。

まず、ザイルの強度は十分であって切れないものとする。

(1) 人がザイルを張力  $T$  で引くとき、箱の上方の側面を押している力  $H$  は  $T$ 、 $m$ 、 $g$ 、 $\theta$  を用いて、 $H = \boxed{\text{(a)}}$  と表される。

(2) 傾斜角  $\theta$  が  $45^\circ$  のとき、人と箱が静止しているためには  $\boxed{\text{(b)}} \leq \frac{T}{(m+M)g} \leq \boxed{\text{(c)}}$  の条件が成立していることが必要となる。

次に、このザイルの強度は、鉛直にものをぶら下げた場合、人と箱の合計の重さの半分以下の荷重しかつり下げられず、それより重い場合は切れてしまうとする。

(3) 傾斜角  $\theta = 45^\circ$  のときザイルを引っ張って斜面を登るには、静止摩擦係数は  $\boxed{\text{(d)}}$  の条件を満たさなければならない。

(4) 傾斜角を徐々に大きくしながら斜面を登ろうとしたところ、傾斜角が  $\theta$  のときにザイルが切れて、箱は人を乗せて滑り落ちた。このとき、切れてから  $t$  秒後の箱の斜面方向の速度は  $v = \boxed{\text{(e)}}$  となる。ただし、人と箱は一体となり滑り落ちるものとする。

(工学院大)