

### §3 - #2 束縛条件②

次の文章を読み、ア～キに適切な数式あるいは数値を入れよ。また、い～ほには指定された選択肢から最も適切なものを1つ選べ。ただし、い, はは同じ選択肢を選んでよい。

図1のように、水平面と $45^\circ$ の角度をなすなめらかな斜面上に、上面が水平で下面が斜面に接している質量 $M$ の台があり、台の上面に質量 $m$ の小物体が置かれている。台の上面の幅を $2l$ とし、重力加速度の大きさは $g$ とする。また、斜面は十分に長いものとし、空気抵抗は無視できるとする。

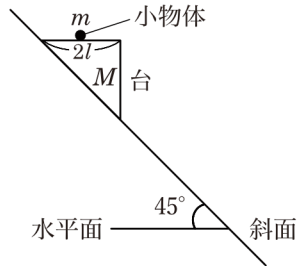


図1

- (1) 初めに、台の上面と小物体の間の静止摩擦係数 $\mu$ が十分大きい場合を考えよう。

小物体と台がともに静止している状態で台を支えている手を静かにはなしたところ、小物体と台が一体となった状態で斜面をすべり始めた。このとき、小物体と台の加速度は向き、大きさともに等しく、加速度の大きさはいである。小物体が台の上面から受ける摩擦力の大きさはアである。また、小物体が台の上面に対して静止していることから、静止摩擦係数 $\mu$ は条件ろを満たすことがわかる。

- (2) 次に、台の上面と小物体の間の静止摩擦係数と動摩擦係数がともに0である場合を考えよう。

初め、図2のように小物体と台がともに静止していて、小物体は台の上面の中心にあった。この状態で台を支えている手を静かにはなしたところ、台は斜面上をすべり始めた。

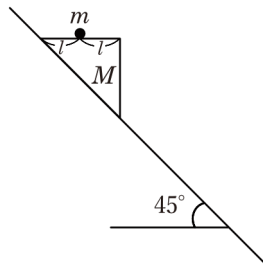


図2

小物体が初めて斜面に衝突するまでの運動を考えよう。この間、小物体は台の上面に接したまま運動した。小物体が台の上面から受ける摩擦力が0であるため、小物体の加速度の水平成分の大きさは□は□である。小物体の加速度の鉛直成分の大きさを  $a$ 、小物体が台から受ける垂直抗力の大きさを  $N$  とおく。このとき、小物体の運動方程式の鉛直成分を書く

$$\square \text{イ} = ma$$

となる。ただし、(イ)に入る数式に文字定数を含める場合は、 $m$ 、 $g$ 、 $N$ のうち必要な文字を用いること。

次に台について考えよう。小物体が台の上面に接したままだったことから、台の加速度の鉛直成分の大きさは  $a$  であることがわかる。したがって、台の加速度は□に□であるので、台の運動方程式の斜面と平行な成分を書く

$$\square \text{ウ} = M \times (\text{に})$$

となる。ただし、(ウ)に入る数式に文字定数を含める場合は  $M$ 、 $g$ 、 $N$ のうち必要な文字を用いること。

以上の運動方程式から小物体の加速度の鉛直成分の大きさを求めると  $a = \square \text{エ}$  となる。ただし、(エ)に入る数式に文字定数を含める場合は  $m$ 、 $M$ 、 $g$ のうち必要な文字を用いること。

小物体の高さが手をはなす前と比べて  $h$  (ただし、 $0 < h < l$ ) だけ低くなった瞬間の小物体と台の運動エネルギーの合計は□オ□である。また、台の速さは小物体の速さの□カ□倍であるから、台の運動エネルギーは小物体の運動エネルギーの□キ□倍である。ただし(オ)、(カ)、(キ)に入る数式に文字定数を含める場合は  $m$ 、 $M$ 、 $g$ 、 $h$ のうち必要な文字を用いること。

また、小物体が初めて斜面に衝突した直後、台に対する小物体の相対速度の水平成分の大きさは□ほ□である。ただし、小物体と斜面の反発係数は1であるとする。

い・は に対する選択肢

1.  $g$     2.  $\frac{1}{2}g$     3.  $2g$     4.  $\frac{1}{\sqrt{2}}g$     5.  $\sqrt{2}g$   
6.  $\frac{2}{\sqrt{3}}g$     7.  $\frac{\sqrt{3}}{2}g$     8.  $\frac{3}{2}g$     9.  $\frac{2}{3}g$     10.  $0$

ろ に対する選択肢

1.  $\mu \leq 1$     2.  $\mu \leq 2$     3.  $\mu \leq \frac{1}{2}$     4.  $\mu \leq \frac{M}{m}$     5.  $\mu \leq \frac{M}{2m}$   
6.  $\mu \leq \frac{m}{M}$     7.  $\mu \leq \frac{m}{2M}$     8.  $\mu \geq 1$     9.  $\mu \geq 2$     10.  $\mu \geq \frac{1}{2}$   
11.  $\mu \geq \frac{M}{m}$     12.  $\mu \geq \frac{M}{2m}$     13.  $\mu \geq \frac{m}{M}$     14.  $\mu \geq \frac{m}{2M}$

に に対する選択肢

1.  $a$     2.  $\frac{1}{2}a$     3.  $2a$     4.  $\frac{1}{\sqrt{2}}a$     5.  $\sqrt{2}a$   
6.  $\frac{2}{\sqrt{3}}a$     7.  $\frac{\sqrt{3}}{2}a$     8.  $\frac{3}{2}a$     9.  $\frac{2}{3}a$     10.  $0$

ほ に対する選択肢

1.  $\sqrt{2gl}$     2.  $\sqrt{\frac{2(m+M)}{2m+M}}gl$     3.  $\sqrt{\frac{2(m+M)}{m+2M}}gl$   
4.  $\sqrt{\frac{2(2m+M)}{m+M}}gl$     5.  $\sqrt{\frac{2(m+2M)}{m+M}}gl$     6.  $\sqrt{\frac{2(2m+M)}{m+2M}}gl$   
7.  $\sqrt{\frac{2(m+2M)}{2m+M}}gl$     8.  $\sqrt{\frac{m+M}{2(2m+M)}}gl$     9.  $\sqrt{\frac{m+M}{2(m+2M)}}gl$   
10.  $\sqrt{\frac{2m+M}{2(m+M)}}gl$     11.  $\sqrt{\frac{m+2M}{2(m+M)}}gl$     12.  $\sqrt{\frac{2m+M}{2(m+2M)}}gl$   
13.  $\sqrt{\frac{m+2M}{2(2m+M)}}gl$     14.  $0$