

次の文中の空欄ア～クに当てはまる式を記せ。ただし、重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。

図 1 のように、2 つの小さなローラー A と B があり、その軸は水平方向に $2l$ [m] 離れて平行に固定されている。A, B 上に密度の一樣な質量 m [kg] の板をのせ、その運動について考える。A, B それぞれと板との接点を結ぶ線分の中点を原点 O とし、この線分に沿って A から B への向きを正として x 軸をとる。板は薄く x 方向の長さが $4l$ の直方体で、A, B それぞれと板との間の動摩擦係数はともに μ' とする。

最初に、A が時計回りに、B が反時計回りに高速で回転していて、それぞれ板の下面で常にすべっている状態を考える。板の重心 G は x 軸の位置 $\frac{l}{2}$ にくるように板をローラーの上に静かにのせ、図 2 のように、G が位置 x [m] にきたとき、板が A と B から受ける動摩擦力の合力は x 方向に ア [N] である。この合力が x に比例し、その比例係数が負であることから、板は周期 イ [s] で単振動することがわかる。G が原点 O にきたときの板の速さは ウ [m/s] である。

次に、図 3 のように、A と B の距離を保ちながら B のほうを高くして、板と水平面とのなす角度が θ [rad] となるようにした。A を表面のなめらかなローラー A' に取りかえ、板との摩擦がなくなるようにした。B は時計回りに高速で回転しており、板の下面で常にすべっている。板の重心 G の位置が x にあるとき、板が B から受ける摩擦力の大きさは エ [N] となる。板を静かに置いたとき静止し続けるような G の位置を x_0 [m] とすると、この x_0 が 2 つのローラーの間にあるのは μ' と θ の間に不等式 $0 < \text{オ} < \mu'$ が成り立つときである。図 3 の場合、G の位置が x_0 から少しでもずれると、板は一方方向に動き始め戻ってこない。

最後に、図 3 と同じように板が角度 θ だけ傾いた状態で、図 4 のように、B をなめらかなローラー B' に取りかえ、A' を元の A に戻して時計回りに高速で回転させる。板の重心 G が x_1 [m] の位置にあるとき、板が A から受ける摩擦力は x 方向に カ [N] であり、G が $-x_0$ の位置になるように板を静かに置くと静止することがわかる。この位置からずれたとき、そのずれ $X = x_1 - (-x_0) = x_1 + x_0$ を用いると、板に働く合力は x 方向に キ $\times X$ [N] となり、 X に比例し、その比例係数が負である。これより、 X が適切な範囲にあれば、板は周期 ク [s] で単振動することがわかる。