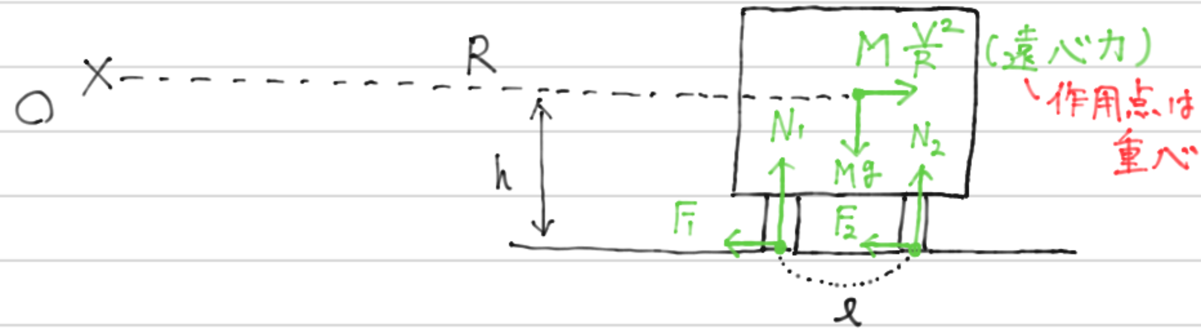
144 加速するなかでのモーメントは高校範囲では考えられないので、一緒に回転する座標系で考える。

(1)




力のつりあいより

$$N_1 + N_2 = Mg \quad \cdots ①$$

モーメントのつりあいより

$$Mg \cdot \frac{l}{2} - N_1 \cdot l - M\frac{V^2}{R} \cdot h = 0 \quad \cdots ②$$

($N_2$の作用点のまわり)

※$N_1$の作用点のまわりで考えてもOK

②より

$$N_1 = \frac{Mg}{2} - \frac{MV^2h}{lR}$$

①に代入して

$$\frac{Mg}{2} - \frac{MV^2h}{lR} + N_2 = Mg$$

$$N_2 = \frac{Mg}{2} + \frac{MV^2h}{lR}$$

(2) 倒れるときは、$N_2$の作用点が中心となるので$N_1 = 0$となる。(1)の結果より

$$0 = \frac{Mg}{2} - \frac{MV^2h}{lR}$$

$$V = \sqrt{\frac{lRg}{2h}}$$

$\boxed{144}$ 続き

(3) すべりだす直前なので

$$F_1 = \mu N_1 \qquad F_2 = \mu N_2$$

となる.

力のつりあいより

$$F_1 + F_2 = M\frac{V^2}{R}$$

$$\Rightarrow \mu N_1 + \mu N_2 = M\frac{V^2}{R}$$

$$\Rightarrow \mu(N_1 + N_2) = M\frac{V^2}{R}$$

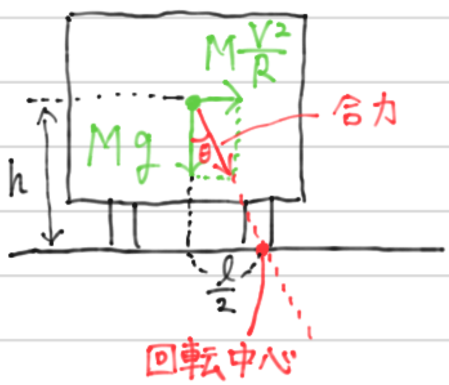
① より $N_1 + N_2 = Mg$ なので

$$\mu Mg = M\frac{V^2}{R}$$

$$\therefore V = \sqrt{\mu g R}$$

※ 列車の運行では，(2)，(3) の $V$ をどちらも越えてはいけない。
$R$ が大きいカーブの方が，傾きづらい．すべりづらいのはイメージ通りだが，$M$ が関係ないのは興味深い。

$\boxed{別解}$ (2) 重要




$Mg$ と $M\frac{V^2}{R}$ の合力が，回転中心より外側りだと時計回りのモーメントになり回転してしまう。

図より，$\tan\theta = \dfrac{M\frac{V^2}{R}}{Mg}$，$\tan\theta = \dfrac{\frac{l}{2}}{h}$

よって

$$\frac{M\frac{V^2}{R}}{Mg} = \frac{\frac{l}{2}}{h} \qquad \therefore V = \sqrt{\frac{lRg}{2h}}$$