物理学C

剛体に働く力の例
静力学
力のモーメント

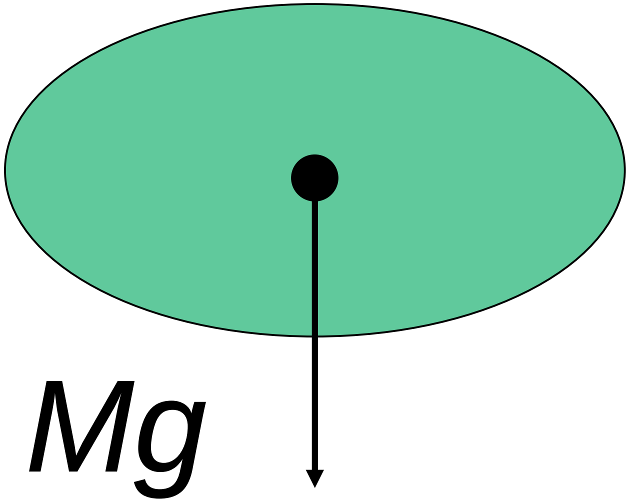
剛体に働く力の例

- 重力
- 抗力
- （静止）摩擦力
- 張力

剛体に働く力：重力 ⇒2．3節

- 大きさ
- 作用点 ：重心
- 向き：鉛直下向き

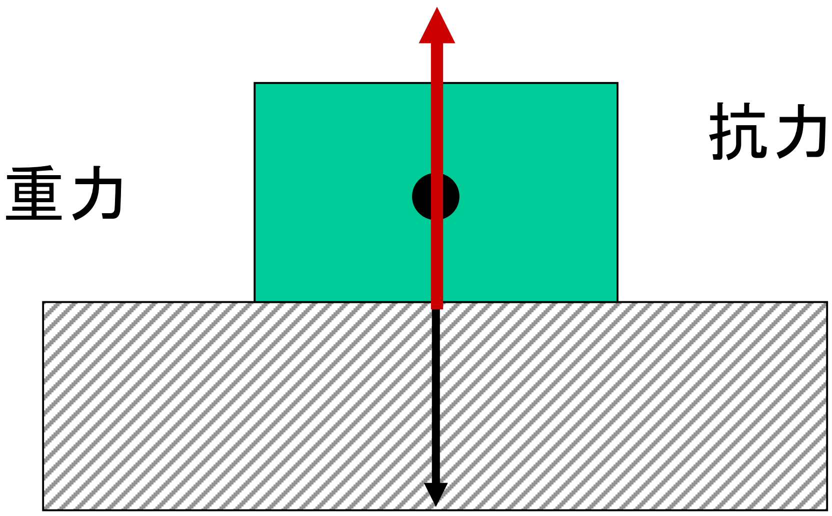
前回学習



$$F = Mg$$

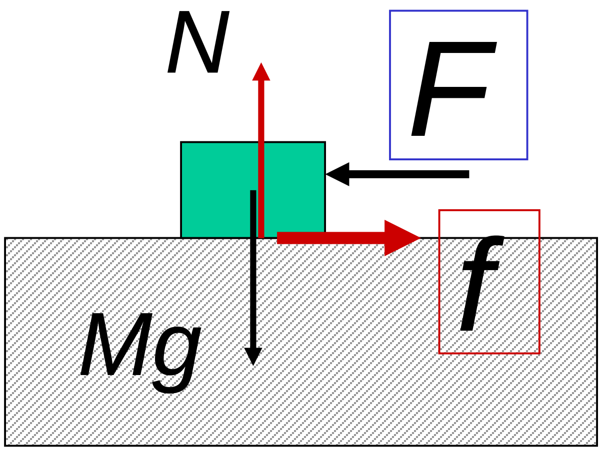
剛体に働く力：抗力⇒2．3節

- 「台が物体を支えている」



$N = Mg$

剛体に働く力：摩擦力⇒2.３節



押しても動かない

摩擦力f が力Fを
打ち消している

摩擦力f には
上限がある。

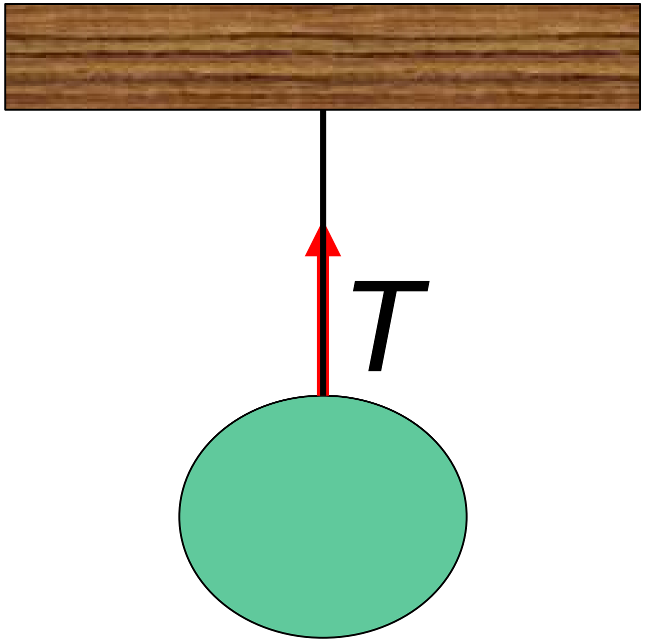
$$\boxed{f \le \mu N}$$

静止摩擦係数

最大摩擦力

剛体に働く力：張力 ⇒2．3節

- ひもが物体を支えている
- 張力が物体に働いている
- 向き：ひもの方向



静力学

剛体が静止して，つりあっている状態を調べる

剛体の運動方程式

並進運動

$$\frac{d\vec{P}}{dt} = \vec{F}$$

回転運動

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{N}$$

静止

⇒ $\vec{P} = 0 \quad \vec{L} = 0$

⇒ $\vec{F} = 0 \quad \vec{N} = 0$

静力学

- 剛体が静止している

質点のときはこちらだけだった

力の合計（ベクトル和）が0

$$\sum \vec{F} = 0$$

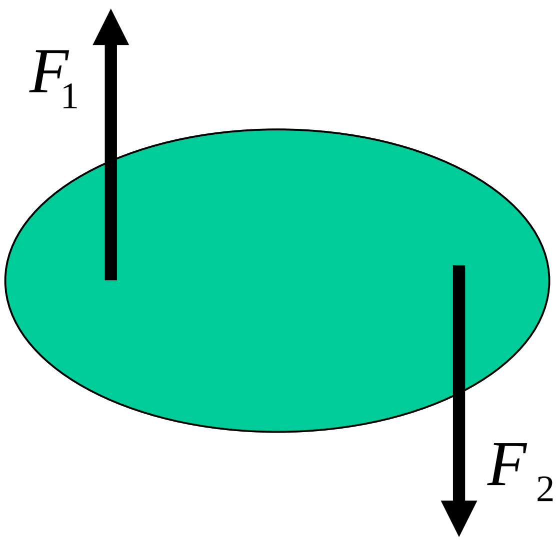
並進運動をしない

力のモーメントの合計（ベクトル和）が0

$$\sum \vec{N} = 0$$

回転運動をしない

なぜN=0 が必要か？



偶力

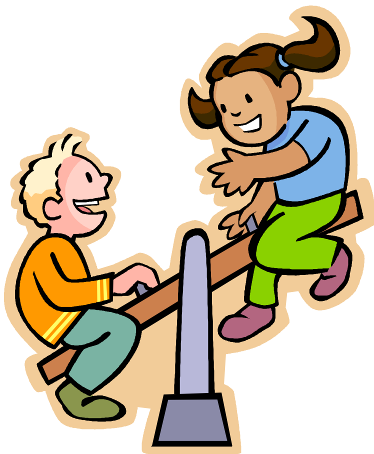
$$\vec{F}_1+\vec{F}_2=0$$

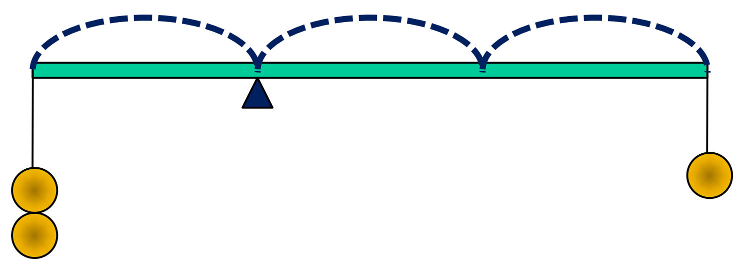
↓

動いてしまう

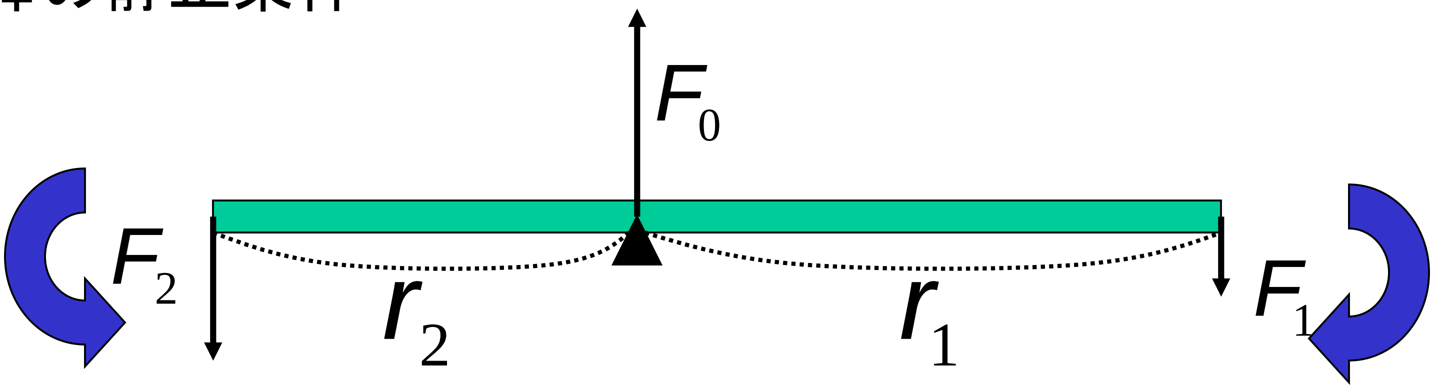
↓

回転しないという
条件が必要





棒の静止条件



力: $\vec{F}_0+\vec{F}_1+\vec{F}_2=0 \quad \Rightarrow \quad F_0=F_1+F_2$

力のモーメント:右回り r_1F_1

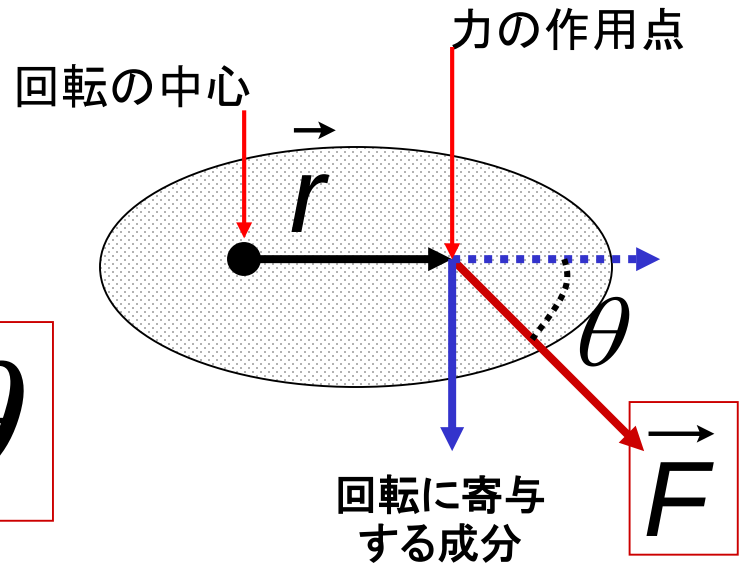
力のモーメント:左回り r_2F_2

$$\boxed{r_1F_1=r_2F_2}$$

棒が回転しない条件
⇒力のモーメントの
つりあい

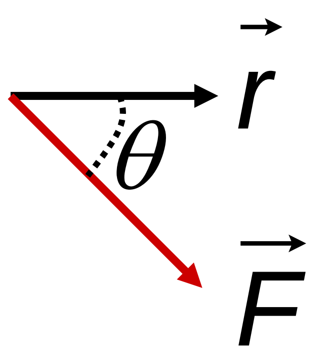
力のモーメント

$$N = rF$$

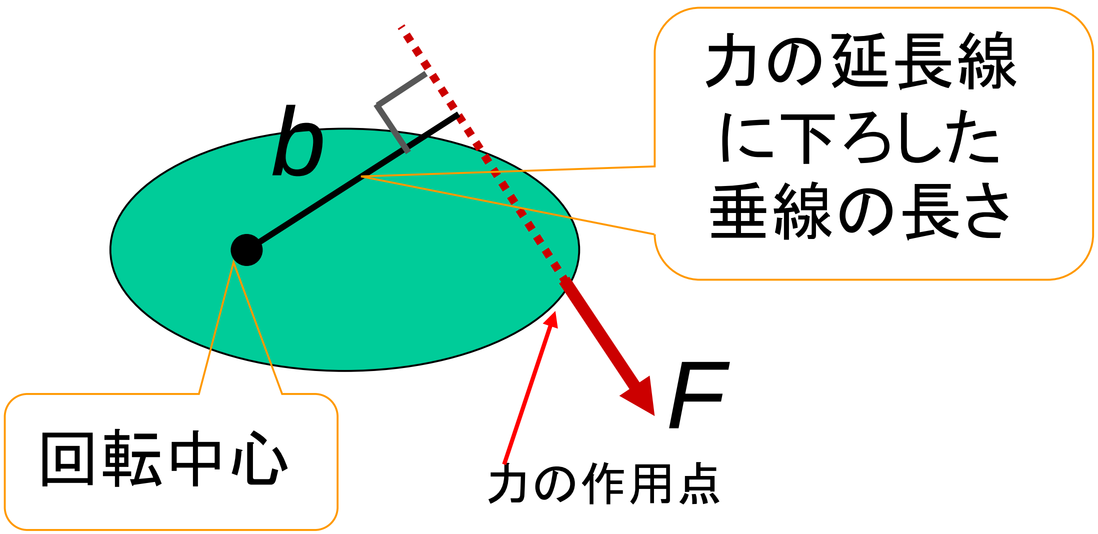


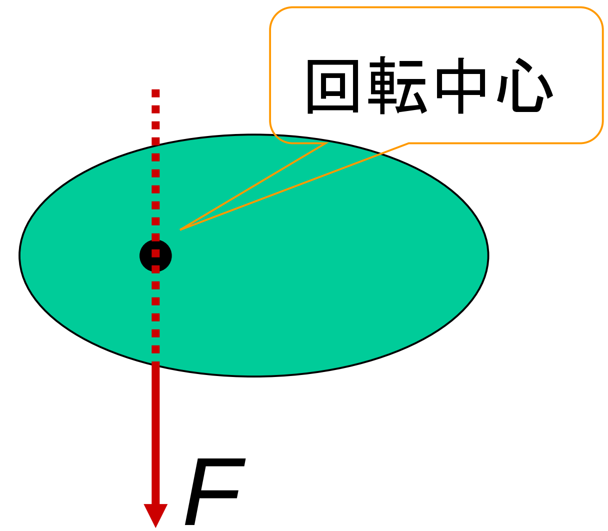
$$\boxed{N = rF\sin\theta}$$

θ は力と
作用点までの
位置ベクトルが
なす角



力のモーメント





$$N = bF$$

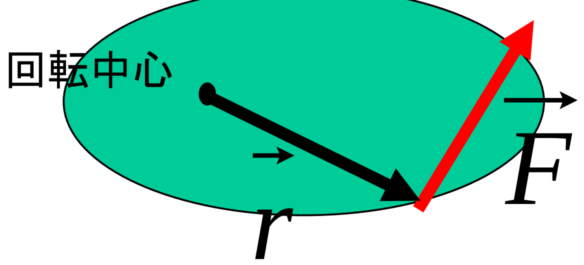
$$b = 0$$

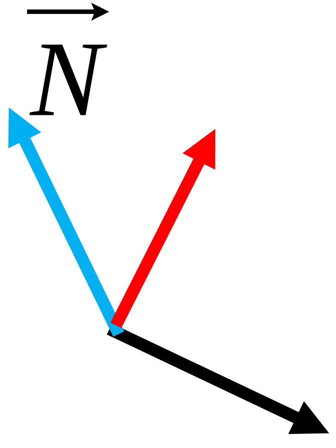
$$N = 0$$

力のモーメント

$$\vec{N} = \vec{r} \times \vec{F}$$

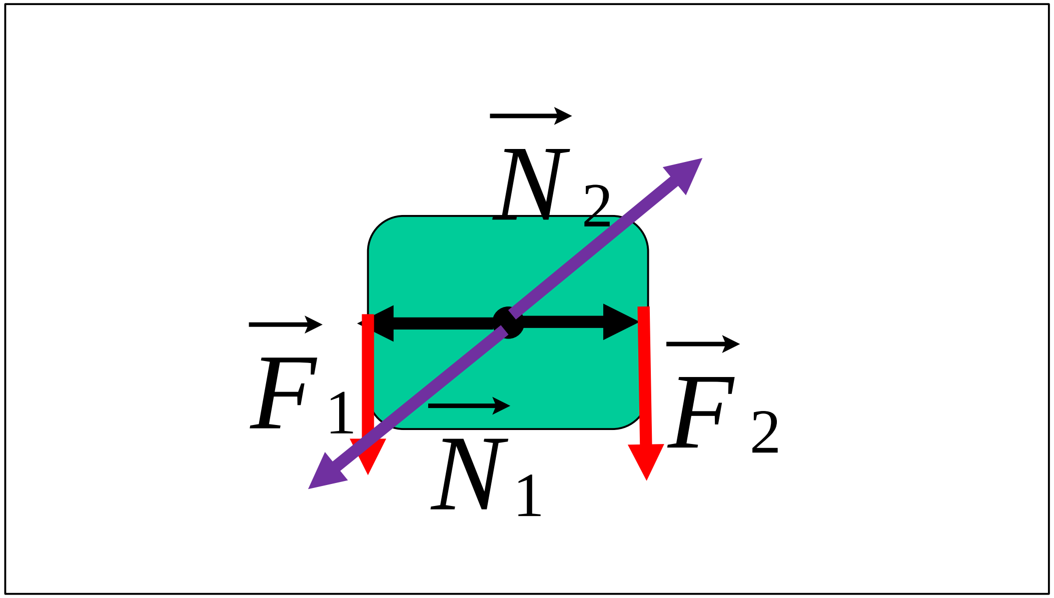
一般的にはベクトルの外積で表示される





力のモーメントのつりあいの意味

２つの力による力のモーメントがつりあって回転しない



このような平面内の力の場合は，右回り，左回りのモーメントのつりあいと考えてよい

$\vec{N}_1 + \vec{N}_2 = 0$ になっている

静力学

- 剛体が静止している（力がある平面内のとき）

力の合計（ベクトル和）が0

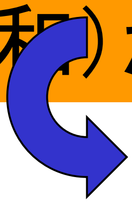
$$\sum \vec{F} = 0$$

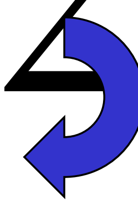
並進運動をしない

力のモーメントの合計（ベクトル和）が0

左回りの力のモーメント＝右回りの力のモーメント

$$\sum \vec{N} = 0$$

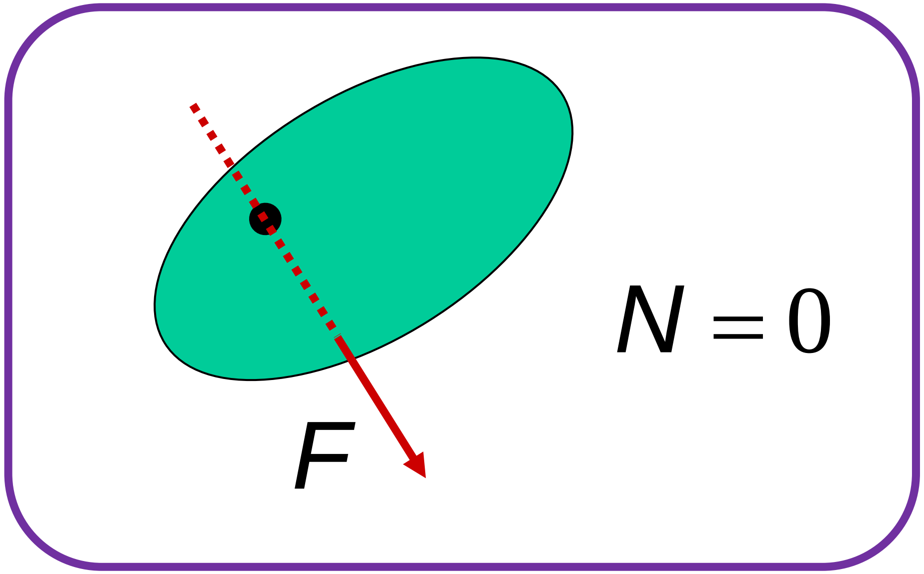




回転運動をしない

回転中心について

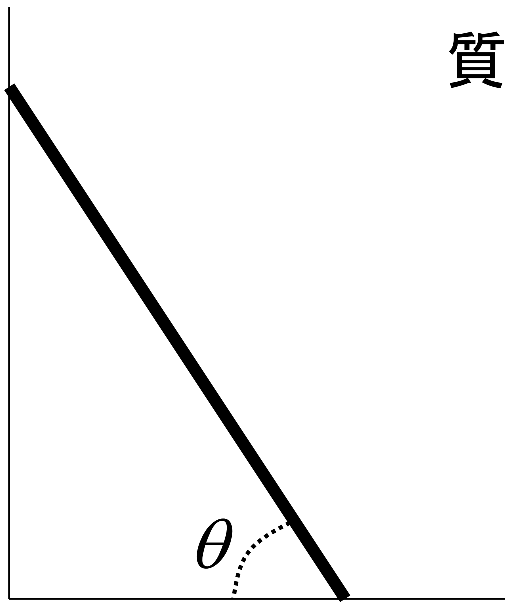
どこを，回転中心に選んでもよい。(証明:p.85-86)
なるべく計算が楽になる場所を選ぶ。　（コツ）



壁面に立てかけた棒（例題５．１）

長さ　L

質量　M



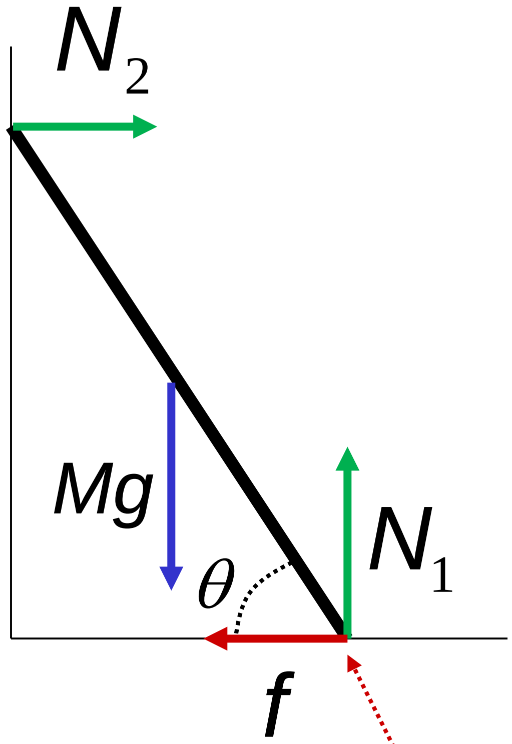
棒が倒れないための条件を調べる

手順

1）働く力をすべて与える。

2）F＝0，N＝0の式を作る。

3）解く。



例:ここを中心とする。

→ N_1とfは効かない

F＝0

水平成分: $N_2 = f$

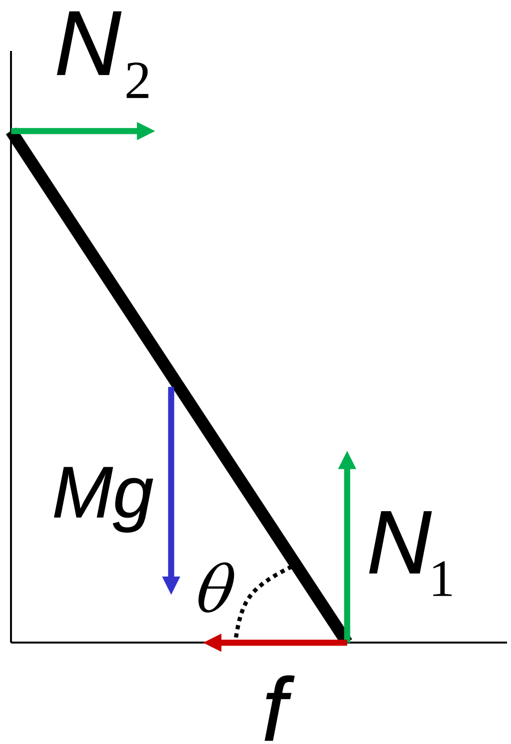
鉛直成分: $Mg = N_1$

N＝0

どこを「回転の中心」にするかをまず決める

(どこでもよいが，計算が簡単になる方がよい)

$$Mg\frac{L}{2}\cos\theta = N_2 L\sin\theta$$



$$N_2 = f$$

$$Mg = N_1$$

$$Mg\frac{L}{2}\cos\theta = N_2 L\sin\theta$$

$$f = N_2 = \frac{Mg\cos\theta}{2\sin\theta}$$

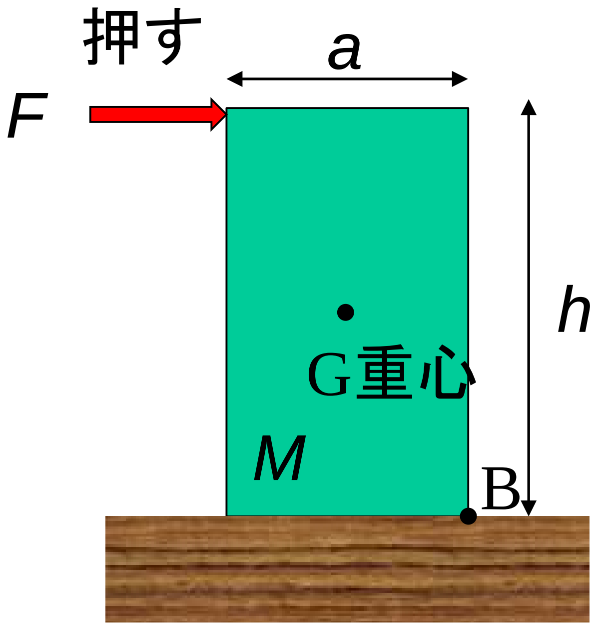
摩擦力が耐えられるための条件

$$f \le \mu N_1$$

$$N_1 = Mg$$

$$\frac{\cos\theta}{2\sin\theta} \le \mu$$

すべる？たおれる？ 問5



この問のポイント

設定：徐々に力を強くする

1）押したとき，
・ 滑り出すのか
・ 倒れるのか（点B回転中心）

2）抗力の作用点

$F = F_1$ で滑りだす　　$F_1 = \mu Mg$

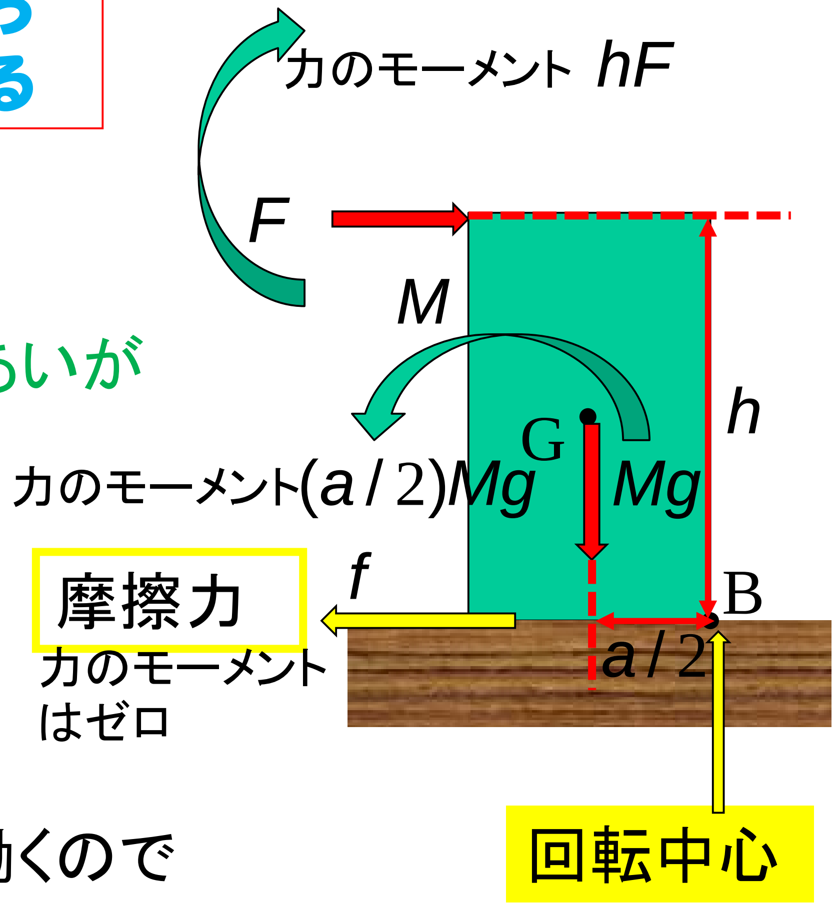
最大静止摩擦力を超えると滑り出す

両者の大小関係でどちらがおきるかが決まる

$F = F_2$ で回転する

点Bでの力のモーメントのつりあいが破れる

$$hF_2 = \frac{a}{2}Mg \qquad F_2 = \frac{a}{2h}Mg$$



床面からの抗力は？

回転を始めれば抗力は点Bに働くので無視できる

抗力 N の作用点

まだ，動かない状態で考える

力のつりあい

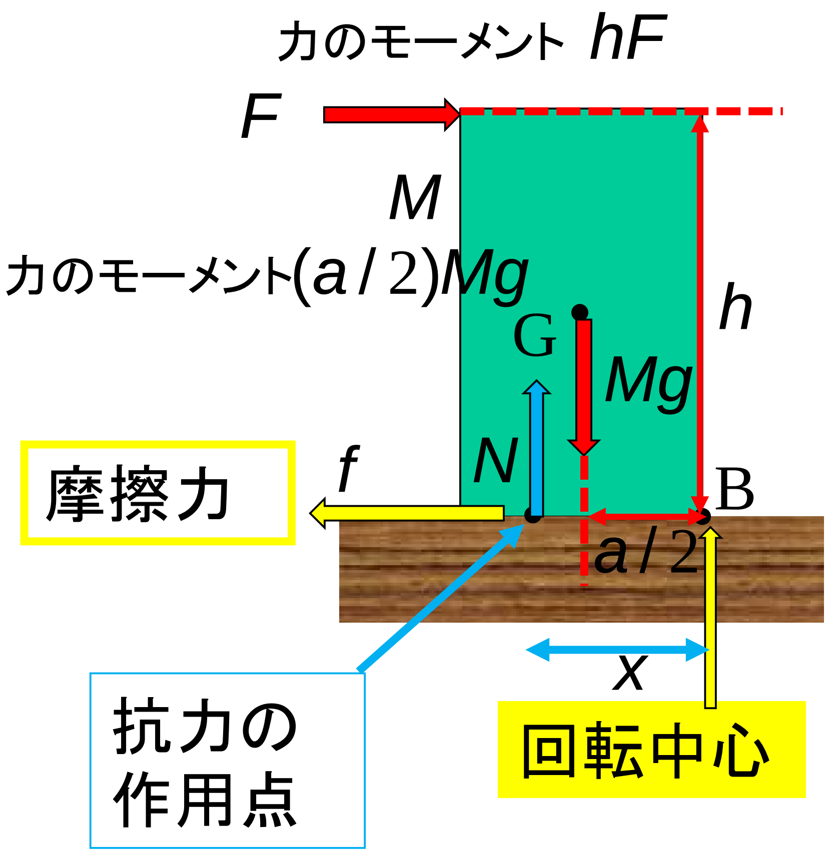
水平 鉛直

$F = f$ $N = Mg$

力のモーメントのつりあい

$$hF + xN = \frac{a}{2}Mg$$

$$\Rightarrow \quad x = \frac{a}{2} - \frac{hF}{Mg}$$



⇒ 力 F が増えるとともに x は小さくなり作用点は右に動く。 $F = F_2$ では $x = 0$