

生体力学

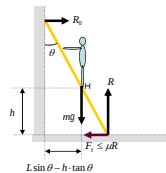
第4回

2010年 10月14日(木)



第3回 (プリント)

問題1 滑らかな壁に全長 L [m] のはしごを立てかけて人が上る場合を考える。はしごと壁の角度を θ [rad], はしごと床の静止摩擦係数を μ で表す。人が上ることができる高さを求めよ。ただし、はしごの重さは人の体重に比べて無視できるものとする。



(略解) はしごに着目する。

① 並進平衡: $R_0 - F_f = 0$, $R - mg = 0$

② 回転平衡(Hの回り): $(L \cos \theta - h) \times R_0 + h \times F_f - h \tan \theta \cdot R = 0$

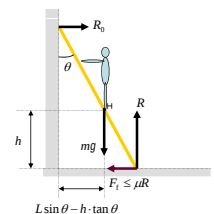
①と②から
$$h = \frac{L \cos \theta \cdot R_0}{R_0 - F_f + \tan \theta \cdot R} = \frac{L \cos \theta \cdot F_f}{\tan \theta \cdot R} = \frac{L \cos \theta \cdot \mu R}{\tan \theta \cdot R} = \frac{L \cos \theta \cdot \mu}{\tan \theta}$$
 となる。

よって、人が上ることができる高さの上限は、

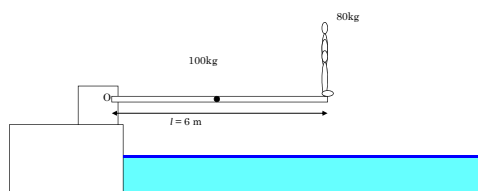
$$h = \frac{L \cos \theta \cdot \mu}{\tan \theta}$$

(数値計算) $L = 3 \text{ m}$, $\mu = 0.5$, $\theta = 30^\circ$ のときに h を求めよ。

$$h = \frac{L \cos \theta \cdot \mu}{\tan \theta} = \frac{3.0 \text{ m} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 0.5}{\frac{1}{\sqrt{3}}} = 2.25 \text{ m}$$



問題2 下図の場合、点 O の周りのモーメントを求めよ。



(略解) R 点 O の周りの飛び込み板によるモーメント:

$$3 \text{ m} \times 100 \text{ kg 重} = 300 \text{ m} \cdot \text{kg 重}$$

$$= 3 \text{ m} \times 100 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2 = 2,940 \text{ m} \cdot \text{kg} \cdot \text{m/s}^2 = 2,940 \text{ m} \cdot \text{N}$$

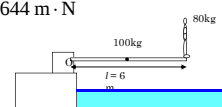
点 O の周りの人によるモーメント:

$$6 \text{ m} \times 80 \text{ kg 重} = 480 \text{ m} \cdot \text{kg 重} = 6 \text{ m} \times 80 \text{ kg} \cdot 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$= 4,704 \text{ m} \cdot \text{kg} \cdot \text{m/s}^2 = 4,704 \text{ m} \cdot \text{N}$$

点 O の周りの合モーメント:

$$2,940 \text{ m} \cdot \text{N} + 4,704 \text{ m} \cdot \text{N} = 7,644 \text{ m} \cdot \text{N}$$





◎ 静力学(2)

1. 肘関節の力学

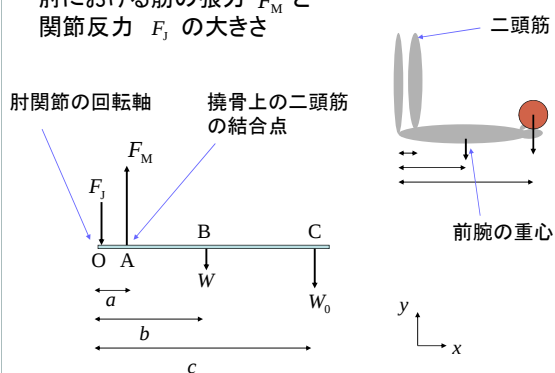
肘関節

上腕骨, 骨小頭, 滑車, 撓(とう)骨, 尺骨
等で作られた 蝶番関節

上腕二頭筋 表
上腕三頭筋 裏



肘における筋の張力 F_M と
関節反力 F_J の大きさ



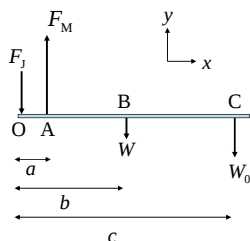
<問題4>

1. 肘関節の自由体線図(教科書11頁)で,
 $a = 4\text{cm}$, $b = 15\text{cm}$, $c = 35\text{cm}$, $W = 20\text{ N}$, $W_0 = 80\text{ N}$
とする。 F_J と F_M を求めよ。

(略解) 肘関節の自由体線図(教科書11頁)を参照。

座標系: 鉛直上方を正の方向とする。
回転は右回りを正の方向とする。

筋の張力 F_M
関節反力 F_J



鉛直方向の力の和がゼロ:

$$-F_J + F_M - W - W_0 = 0$$

O 点のまわりのモーメントの和がゼロ:

$$-a \cdot F_M + b \cdot W + c \cdot W_0 = 0$$

2. 肩関節の力学

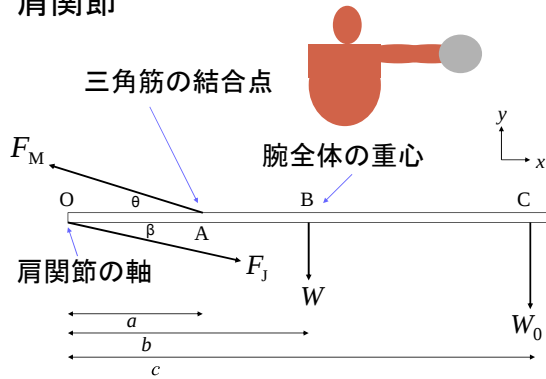
肩関節 受け台型の関節

関節の安定性は肩甲上腕関節の靱帯,
烏口上腕の靱帯, 関節を取り巻く筋肉に
よっている。

肩甲骨

骨格構造は鎖骨, 肩甲骨から構成される

肩関節



<問題4>

2. 肩関節の自由体線図で,

$$a = 15 \text{ cm}, b = 30 \text{ cm}, c = 60 \text{ cm},$$

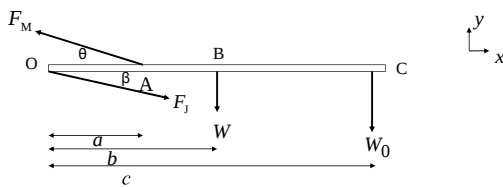
$$\theta = 15^\circ, W = 40 \text{ N}, W_0 = 60 \text{ N} \text{ とする。}$$

F_J と F_M を求めよ。

$$\text{なお, } \sin 15^\circ \cong 0.2588, \cos 15^\circ \cong 0.9659 \text{。}$$

(略解) 肩関節の自由体線図を参照。

座標系: 鉛直方向は鉛直上方を正の方向とする。
水平方向は右側を正の方向とする。
回転は右回りを正の方向とする。



鉛直方向の力の和がゼロ:

$$-F_J \cdot \sin \beta + F_M \cdot \sin \theta - W - W_0 = 0$$

水平方向の力の和がゼロ:

$$F_J \cdot \cos \beta - F_M \cdot \cos \theta = 0$$

O 点のまわりのモーメントの和がゼロ:

$$-a \cdot F_M \cdot \sin \theta + b \cdot W + c \cdot W_0 = 0$$

3. 脊柱の力学

脊柱は 頸部(首), 胸部(胸), 腰部(下方の背中), 仙骨部, 尾骨部 から成る。

脊柱は24本の複合した脊椎骨から成る。

脊椎骨の間の関節は連合関節。

繊維軟骨性椎間円板が一对の脊椎骨の間に挿入。

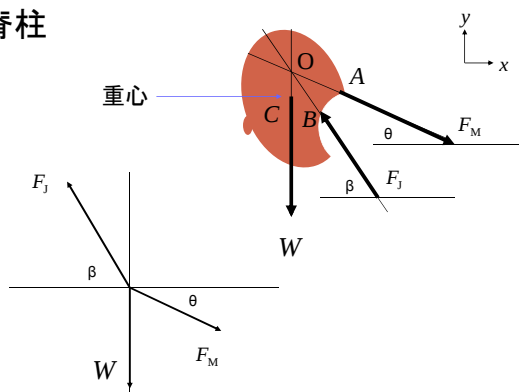
脊柱は全体として一つの球と受け台関節の機能をもつ。

脊柱の頭部における関節

環椎後頭関節, 環軸椎関節(→車軸関節)

脊柱の安定性は, 椎間円盤と周辺の靱帯や筋肉に負う。

脊柱



<問題4>

3. 頭部(脊柱)の自由体線図で, $W = 50 \text{ N}$, $\theta = 30^\circ$,

$$\beta = 60^\circ \text{ とする。 } F_J \text{ と } F_M \text{ を求めよ。}$$

(略解) 頭部(脊柱)の自由体線図を参照。

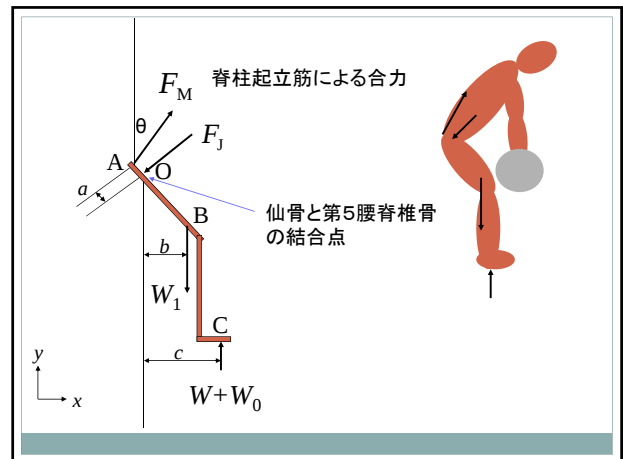
座標系: 鉛直方向は鉛直上方を正の方向とする。
水平方向は右側を正の方向とする。

筋の張力 F_M
 関節反力 F_J

鉛直方向の力の和がゼロ:

$$F_J \cdot \sin \beta - F_M \cdot \sin \theta - W = 0$$

水平方向の力の和がゼロ:

$$-F_J \cdot \cos \beta + F_M \cdot \cos \theta = 0$$


<問題4>
 4. 下半身(脊柱)の自由体線図で、おもりの荷重

$W_0 = 70 \text{ kg}$ 重, 競技者の合計体重 $W = 70 \text{ kg}$ 重,
 骨盤を含む足の重さ $W_1 = 0.4 \times W$, $\theta = 45^\circ$,
 身長 $h = 1.7 \text{ m}$, $a = 0.02 \times h$, $b = 0.08 \times h$,
 $c = 0.12 \times h$ とする。 F_J と F_M を求めよ。

なお、図のAB方向と F_M の方向は直角である。

(略解) 下半身(脊柱)の自由体線図を参照。

座標系: 鉛直方向は鉛直上方を正の方向とする。
 水平方向は右側を正の方向とする。
 回転は右回りを正の方向とする。

F_J の x 成分(水平成分)を F_{Jx} ,
 y 成分(鉛直)を F_{Jy} と書く。

また,
 F_M の x 成分(水平成分)を F_{Mx} ,
 y 成分(鉛直)を F_{My} と書く。

鉛直方向の力の和がゼロ:

$$F_{My} - F_{Jy} - W_1 + W + W_0 = 0$$

水平方向の力の和がゼロ:

$$F_{Mx} - F_{Jx} = 0$$

O 点のまわりのモーメントの和がゼロ:

$$a \cdot F_M + b \cdot W_1 - c \cdot (W + W_0) = 0$$