

6.力のモーメント

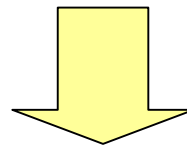
スポーツにおける運動の多くは、
並進運動と回転運動から成り立っている。



回転運動を生じるのは **力のモーメント or トルク**

バイオメカニクスとの関連

身体運動は、筋が骨の付着部に力を発揮し、**関節が回転する**ことによって生じる。

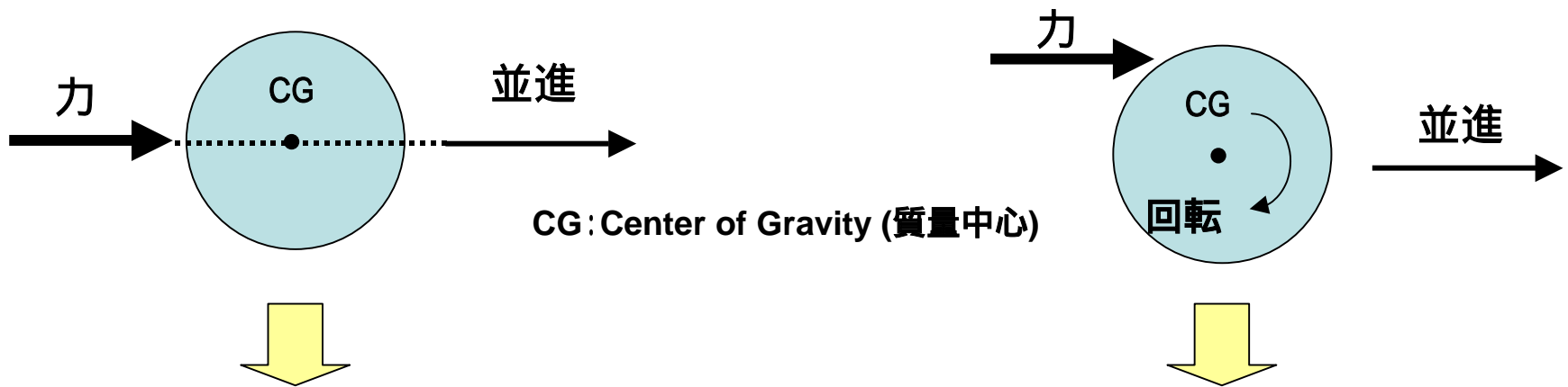


発揮されたモーメントから身体部分の運動を推定

関節中心まわりのモーメントから筋の発揮した力を推定 etc...

並進運動と回転運動

ボールに力が作用する場合を考える・・・



a) 力の作用線がCGを通る
回転せず、力の作用方向に並進運動

b) 力の作用線がCGから外れて作用
回転しながら力の作用方向に並進運動

b)のような、物体に回転運動を生じさせる力の効果を

力のモーメント(moment of force) or トルク(torque) と呼ぶ

力のモーメントの特徴

大きさと方向を持つベクトル量

方向 反時計回り(+)・時計回り(-)

右手を握ったときの親指の方向を正

大きさ 矢印の長さ

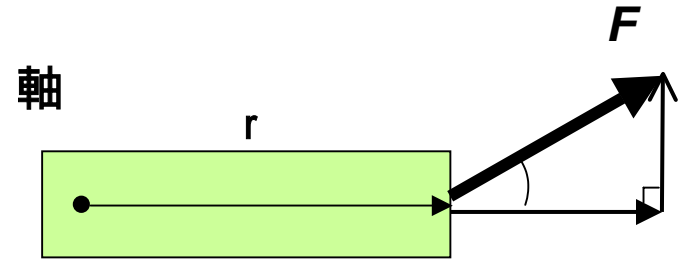
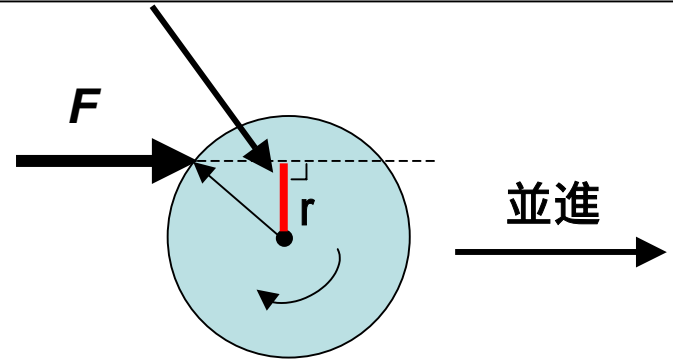
力が斜めに作用する場合...

力のモーメントは回転軸と力の作用点を結ぶ

ベクトルと力方向の角度 によって変化。

モーメントアーム (moment arm): r

回転軸と力の作用線を結んだ垂線



力が斜めに作用する場合の力のモーメント

力のモーメントは外積式で表される

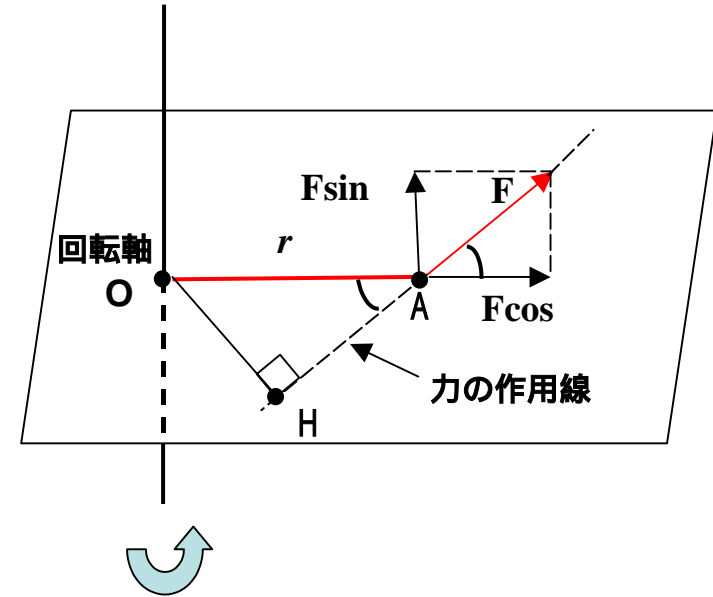
$$\mathbf{M} = \mathbf{r} \times \mathbf{F}$$

$$|\mathbf{r} \times \mathbf{F}| = r \times F |\sin \theta|$$

M: モーメント [Nm]

r: モーメントアーム [m]

F: 力 [N]



力の垂直成分 $F \sin \theta$ によって回転が生じる

$F \sin \theta$ 最大: $\theta = 90^\circ$ のとき、モーメント最大

$\theta = 0^\circ, 180^\circ$ のとき、モーメントはゼロ 並進運動

偶モーメント

大きさが等しく、反対方向の2つの平行な力である偶力によって生じるモーメント。

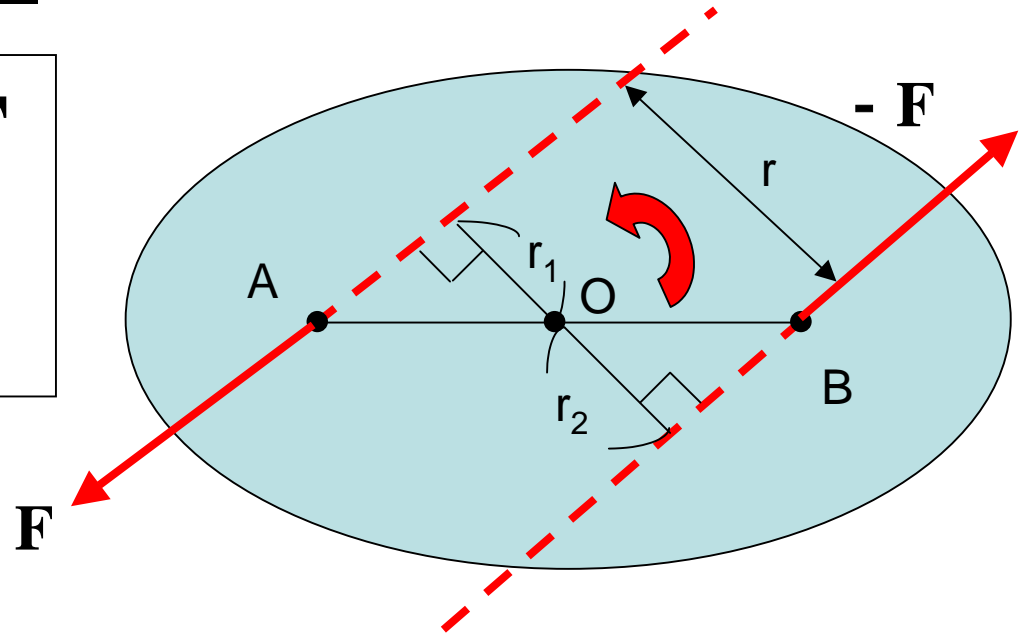
剛体に偶力だけが働く場合、剛体は並進運動を伴わない回転運動だけを行う。

$$\begin{aligned} \mathbf{M} &= \mathbf{r}_1 \times \mathbf{F} + \mathbf{r}_2 \times \mathbf{F} \\ &= \mathbf{r} \times \mathbf{F} \end{aligned}$$

M : モーメント [Nm]

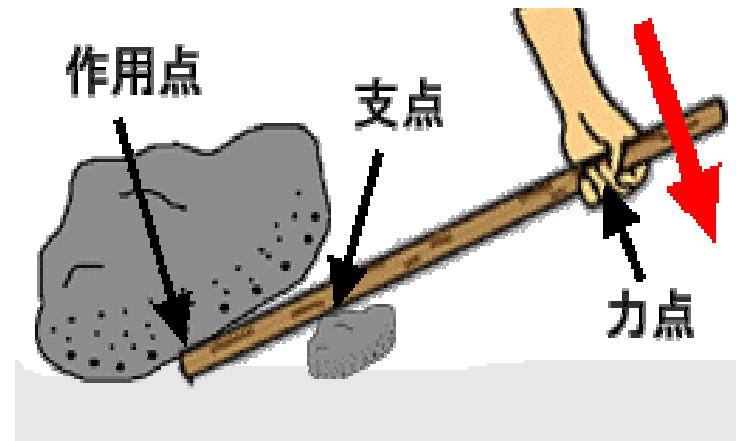
r_1, r_2, r : モーメントアーム [m]

F : 力 [N]



力のモーメントの応用

「てこ」とは、レバーに作用する力によって回転軸を中心に回転運動を生じる状態



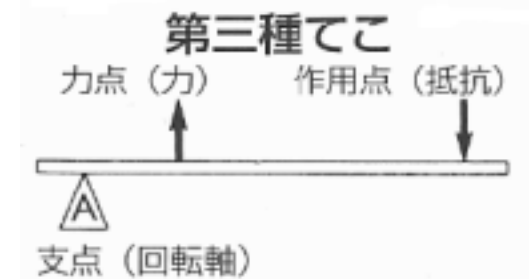
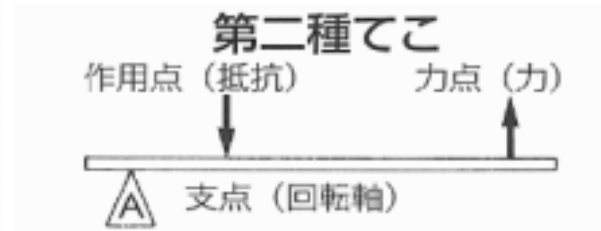
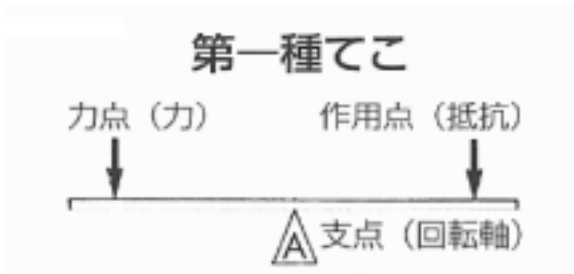
ここで、**力点**:力を加える点

支点:動作を支える点

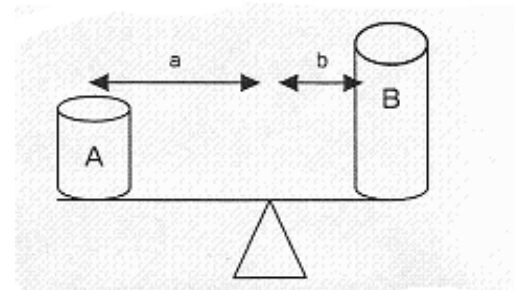
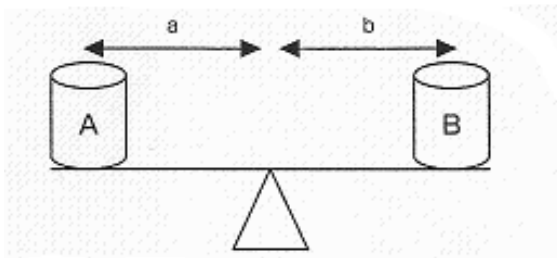
作用点:力が作用する点 である。

てこの種類

レバーに対する支点・力点・作用点の位置関係



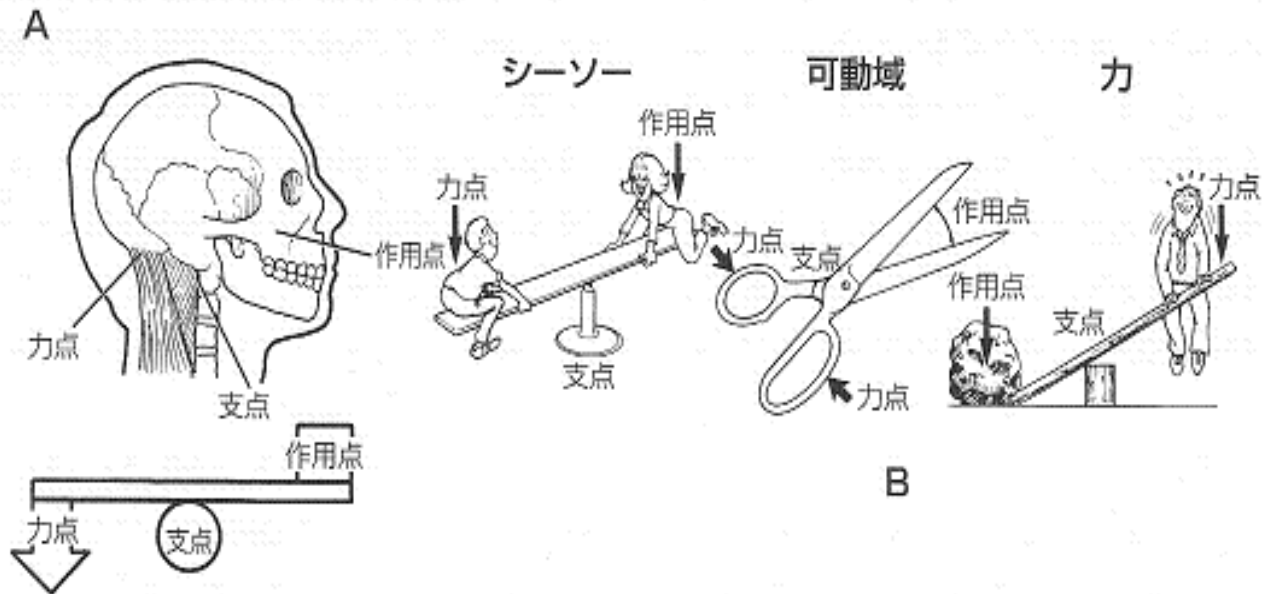
てこ比(機械的有効性): 力点と作用点のモーメントアームの比率。



$$A \times a = B \times b$$

第1種てこ

支点が力点と作用点の間にある。



特徴

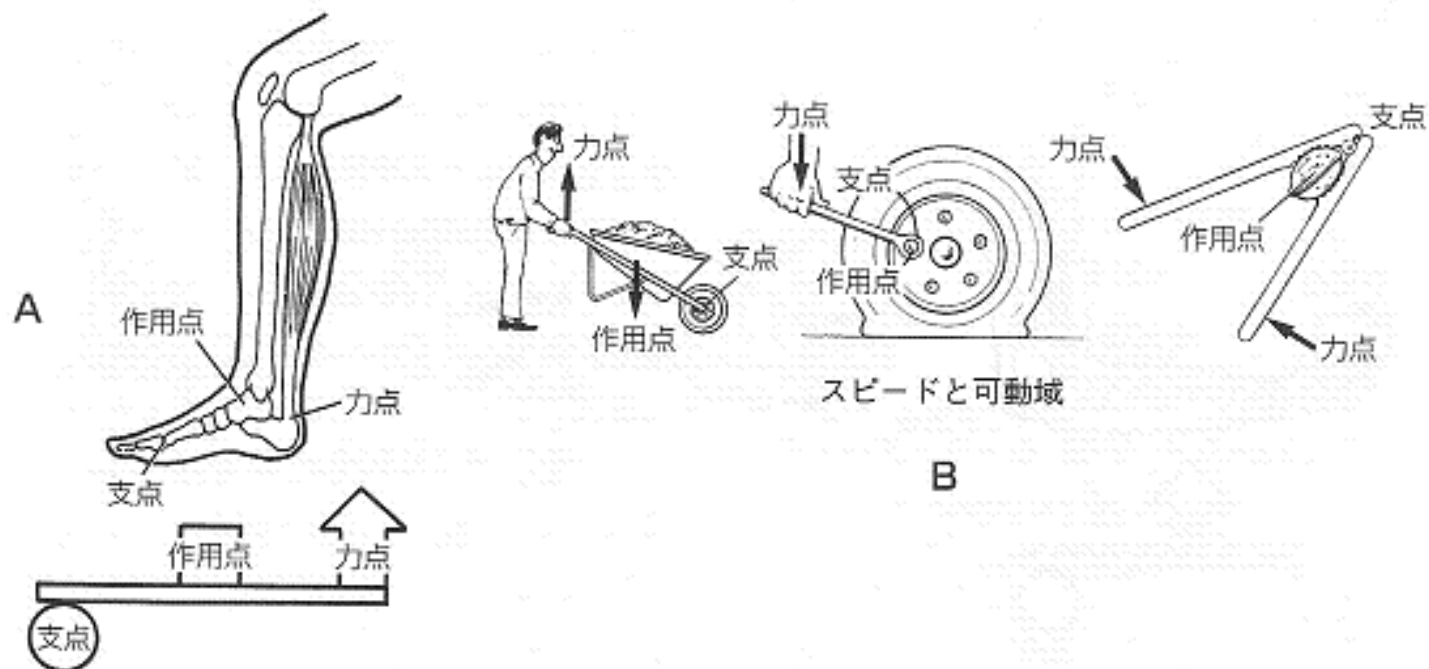
安定性(シーソーの例)

支点が力点に近い時、速いスピードと大きな可動域生じる。

支点が作用点に近い時大きな力を生じる。

第2種てこ

作用点が支点と力点の間にある。



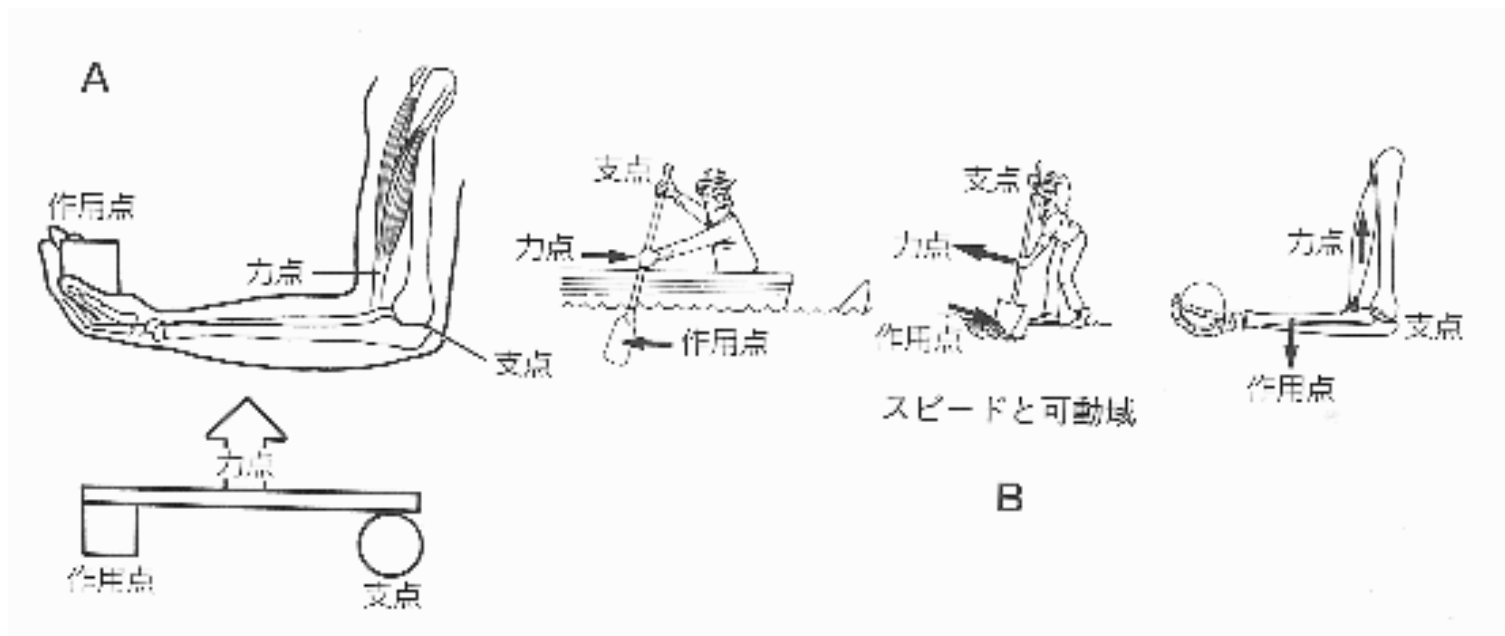
特徴

力の有利性。物体の動く速さは遅くなるが、小さな力で大きな物を動かすことができる。

身体運動では少ない。

第3種てこ

力点が支点と作用点の間にある。



特徴

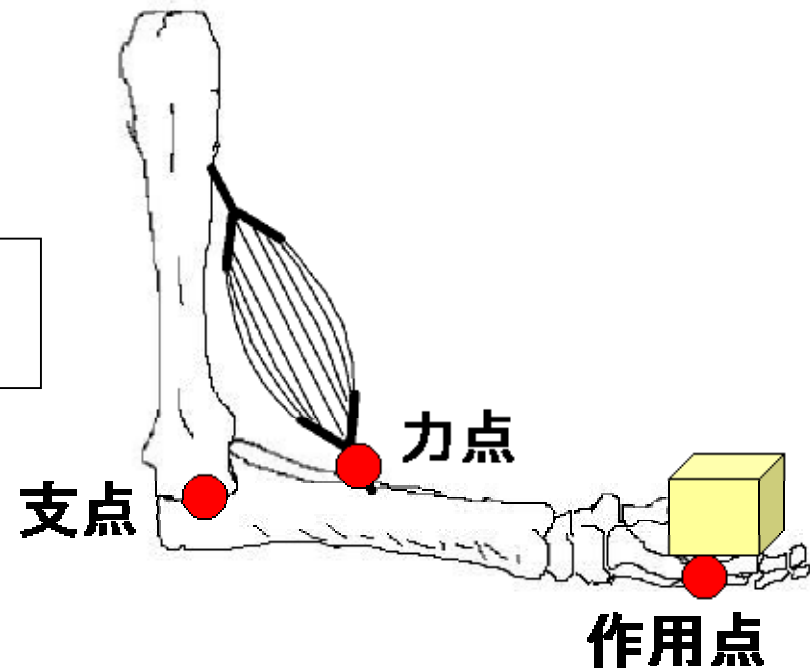
運動の速さに有利、大きな力は必要であるが、物体を速く動かすことができる。

身体では多く見られる。

身体運動 とてこ

身体は、外力または体重に対抗して動くとき
てこの原理を利用して動いている。

身体では、
骨 レバー、関節 回転軸、筋収縮 力の役目



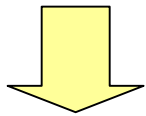
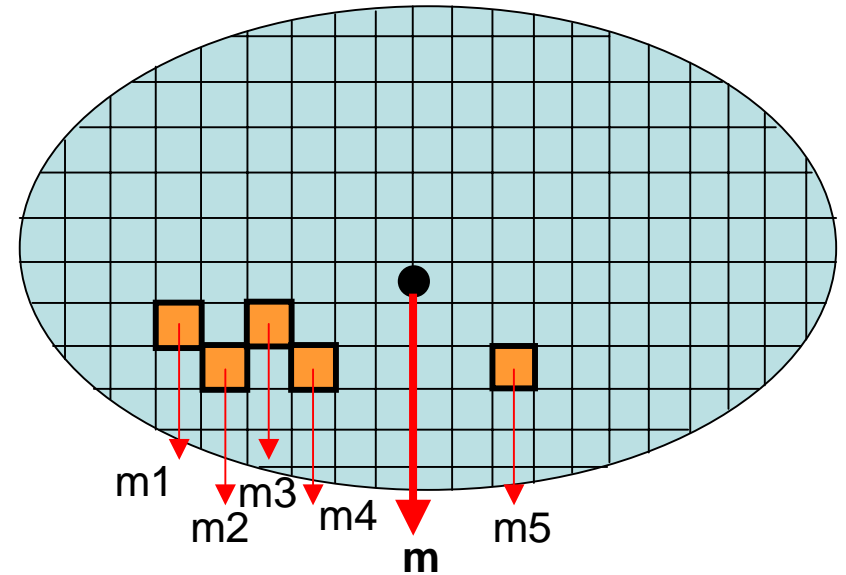
外力が無いときは、
体重や身体の一部(体節)の重さが抵抗となる。

重心 (center of gravity)

重心とは…?

物体の各質点に働く重力の合力が作用する点。

剛体を支持した時に回転せずつり合う点。
質量中心とも呼ばれる。



バイオメカニクスにおいて…

身体動作を分析するために重心は有用な概念。なぜならば
身体パフォーマンスは、身体バランスの変化に影響されるからである。

身体重心位置の同定が重要となる

重心の求め方

$$\Sigma T = \Sigma(W \times r) = (\Sigma W) \times r_{cg}$$

$W =$ ある質点の重さ

$r =$ 個々の質点のモーメントアーム

$\Sigma W =$ 物体の総重量 (total weight)

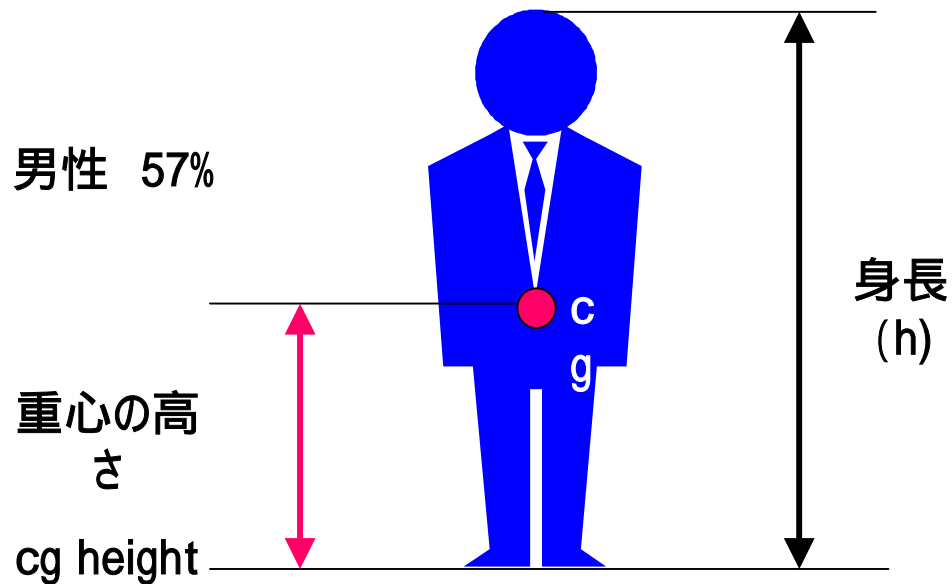
$r_{cg} =$ 物体全体 (entire weight) のモーメントアーム
(測定されているモーメントフォース周りの軸に関して物体の重心を位置する)

身体重心位置(解剖学的位置)

身長に対して

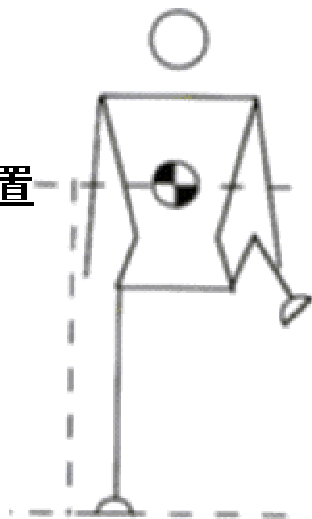
女性 55%

男性 57%

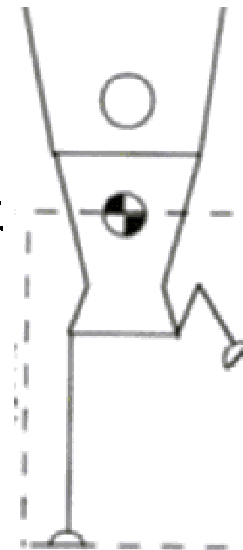
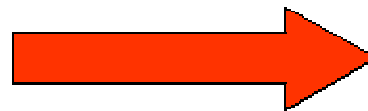


But! 運動中の身体重心位置は変化

身長の62%の位置



身長の67%の位置



運動中の身体重心位置の求め方

座標計算法

スポーツ場面の画像分析から算出する。

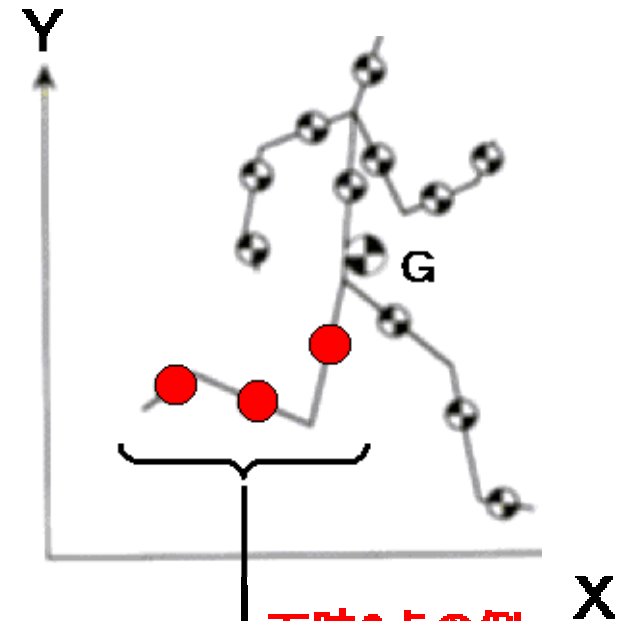
複数の身体区分の合成重心を座標から算出。

場面ごとの身体重心位置の座標が決まる。

合成重心の求め方

$$X = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2 + m_3 x_3}{m_1 + m_2 + m_3}$$

$$Y = \frac{m_1 y_1 + m_2 y_2 + m_3 y_3}{m_1 + m_2 + m_3}$$



下肢3点の例

