

第10回講義内容

1. 前回宿題の解説
2. 歩行運動に必要なパワーの考察
3. 筋肉
 - 3.1 概論(筋肉の分類, 種類)
 - 3.2 筋肉の特性と効率(モータとの比較)

人の歩行エネルギー

Ralstonの歩行運動の実験式

(単位時間, 単位質量当たりの歩行運動時の消費エネルギー)

$$p_w = 32 + 0.0050 v_w^2$$

ただし, v_w : 歩行速度 [m/min],

p_w : 消費エネルギー [cal/(kg min)].

移動仕事率の最小値とその時の歩行速度を求めよ. また, この歩行速度で体重60kgの人が10 m歩くのに必要なエネルギーを計算せよ.

歩行運動に必要なパワー P の考察その1

なぜ, Curvilinearな増加関数となるのか
(次数が1より大きくなる理由)?

なぜ最適値が存在するのか？

$$\varepsilon = \frac{P}{Wv} = \frac{P}{Mgv}$$

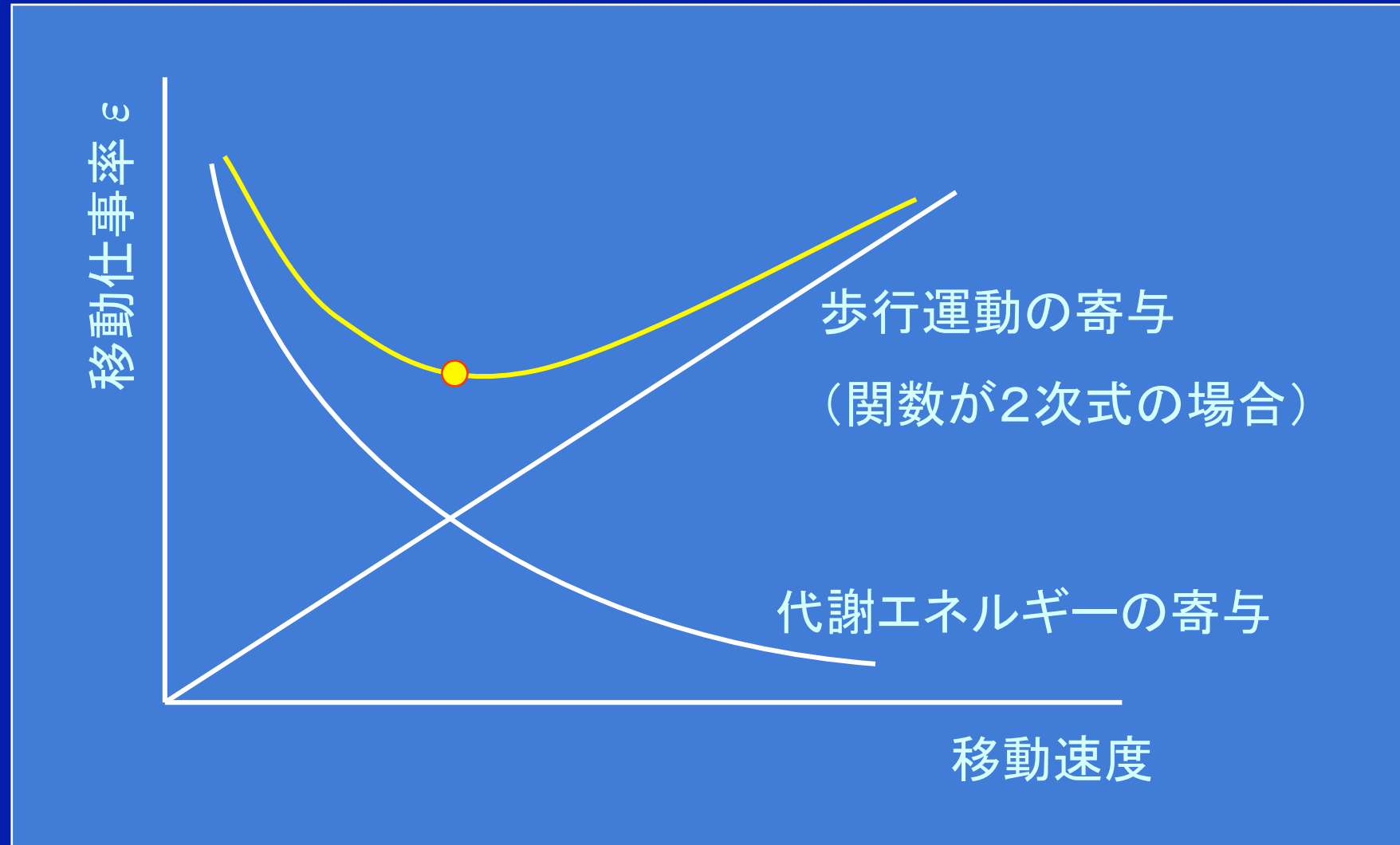
P は歩行運動に必要なエネルギー P_w の他に基礎代謝エネルギー P_{met} を考慮する必要がある。

すなわち,

$$\varepsilon = \frac{P_{met} + P_w}{Mgv} = \frac{P_{met}}{Mgv} + \frac{P_w}{Mgv}$$

歩行運動に必要なパワー P の考察

次数が1より大きくないと最適値ができない。



歩行運動に必要なパワー P の考察 その2

Ralstonの実験式は、二次式で表しているが
物理的な意味があるのか？

(物理的な意味を考えて二次式とし、係数を
求めているのか？)

歩行運動に必要なパワー P の考察

脚の運動を単純な回転運動とモデル化する. 1歩進むごとに回転運動エネルギーが一定の割合 α で消費されたとする.

単位時間当たり n 歩, 歩幅 s で歩くとすると消費されるパワー P は

$$P = \alpha \frac{1}{2} I \omega^2 n = \alpha \frac{1}{2} I \left(\frac{v}{l} \right)^2 n = \alpha \frac{1}{2} I \left(\frac{ns}{l} \right)^2 n$$

$$(v = ns)$$

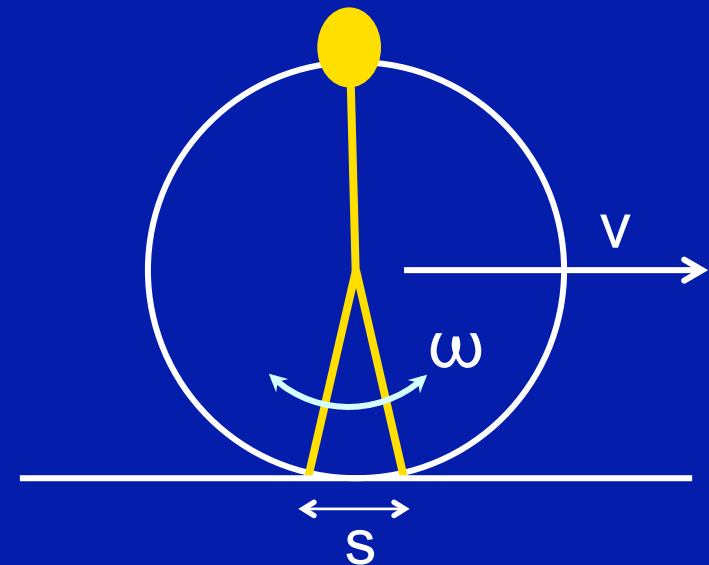
脚の慣性モーメント

$$I = \frac{1}{3} ml^2$$

脚の質量 m , 長さ l

$$P = \alpha \frac{mv^3}{6s}$$

3次の増加関数



筋肉の種類

部位による分類	骨格筋	心筋	内臓筋
中枢神経系の制御による分類	随意筋	不随意筋	不随意筋
筋細胞の形による分類	横紋筋	横紋筋	平滑筋
運動特性による分類	遅筋, 速筋		

筋肉

生体機械工学
(日本機械学会)

筋肉の特性

筋肉の基本単位：筋節

（サルコメア, sarcomere）

アクチンとミオシンのフィラメントで構成.

筋力：能動的収縮力

＋受動的張力

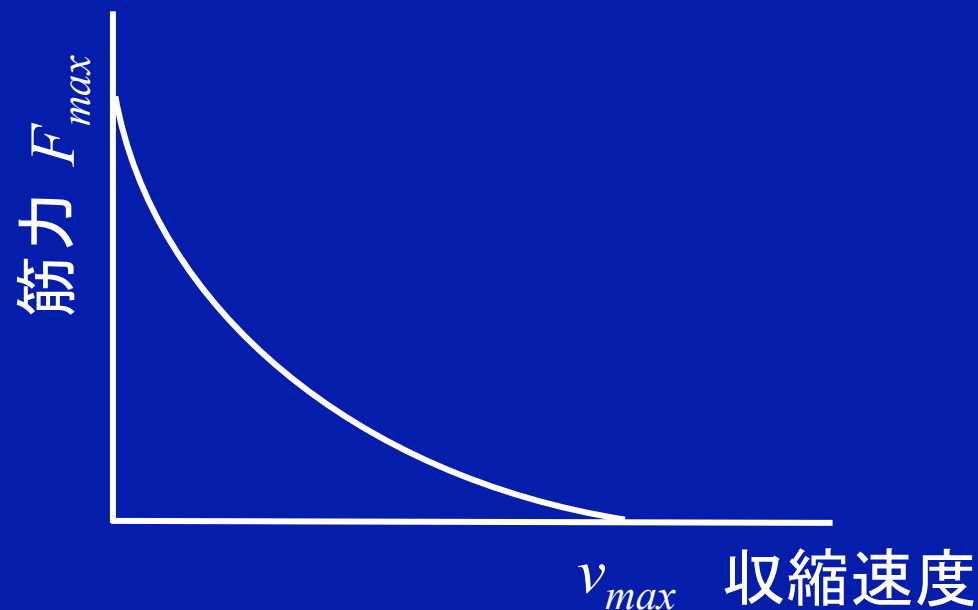
（筋肉の長さによって
収縮力は変化する. ）

Hillの方程式

一定張力を負荷した時の筋収縮速度の実験式

$$(F + a)v = b(F_{\max} - F)$$

F :筋力, $F_{\max}$: 最大筋力, v : 収縮速度, $v_{\max}$: 最大収縮速度, a : 定数 ($0.15F_{\max} \sim 0.25F_{\max}$), b : 定数 ($= av_{\max} / F_{\max}$)



出席点: 筋肉が発生するパワー

$$P = Fv = \frac{v(bF_{\max} - av)}{v + b}$$

$a = 0.2F_{\max}$ としてパワー最大となる収縮速度と筋力を求めよ.

参考:

$$(F + a)v = b(F_{\max} - F)$$

F : 筋力, $F_{\max}$: 最大筋力, v : 収縮速度, $v_{\max}$: 最大収縮速度, a : 定数 ($0.15F_{\max} \sim 0.25F_{\max}$), b : 定数 ($= av_{\max} / F_{\max}$)

DCモータの特性

DCモータの出力パワーは、モータが発生可能な最大トルクの50%の箇所で最大となる。

モータの効率は、モータにかかる負荷が小さい(モータの回転数の高い)状態で最大となる。

参考書: 広瀬茂男「ロボット工学」裳華房

効率的な歩行

Nature, vol.375, 4 May, pp.17(1995)

歩行に伴う位置エネルギーを効率的に運動エネルギーに変換している人の紹介.