

第1回講義内容

1. 本講義を受講する際の心構え
考え方を学ぶ授業→講義を聴講することが前提.
2. 「生体工学第一」の講義範囲, 講義内容
生体(生物, バイオ)と名のつく研究分野, 生物を特徴づける要素
3. 生物の最適性についてのトピックス
 - 3.1 生物の形
 - ・マグロの尾びれ
 - ・樹木の形(枝の周径と重さ)
 - 3.2 生物の動き
 - ・馬の歩行のエネルギー消費
4. スケーリング
 - ・骨, 動物の跳躍, 基礎代謝量
5. ホームワーク: スケーリングの本から寿命についての和訳

「バイオ(生体, 生物)」と名の付く研究分野

バイオエンジニアリング(機械系, 化学系で使用されている)

機械系:

バイオメカニズム(生物機械工学)

バイオメカニクス(生体力学)

バイオミメティクス(生物模倣工学)

化学系:

バイオテクノロジー(ミクロレベルの生体現象を扱う研究分野)

バイオジェネティクス(遺伝情報を扱う分子生物学)

情報系:

バイオニクス(生体情報工学)

バイオインフォマティクス(情報生物科学)

バイオメトリクス(生物の形の特徴に基づく個人認証)

生体工学第一講義内容

生物を機械工学的観点からながめ、生物の仕組みを理解する。

生物を特徴づける要素

- ・生物の基本的なデザイン: 生物の大きさと代謝エネルギー
- ・生物の形と機能: 法則性, 最適性, 環境適応性
- ・生物の感覚器官: 仕組みと性能
- ・生物の運動と移動: 運動様式と移動効率
- ・生体システム: 群行動, 個体数の増減
- ・生物の形づくり: 遺伝情報, パターン形成

生物の最適性についてのトピックス

生物の形

- ・マグロの尾びれ
- ・樹木の形(枝の周径と重さの関係)

生物の動き

- ・馬の歩行のエネルギー消費

マグロの尾びれ形状

(航空力学に基づく翼型との比較)

番号は翼型の種類

National Advisory Committee for Aeronautics
によってデザインされた翼型シリーズ.

「バイオメカニズム」工業調査会

NACA 0012

NACA: National Advisory Committee for Aeronautics,
the predecessor organization to NASA

疑問：魚と飛行機は同じ環境下なのか？

レイノルズ数で比較すると魚と飛行機ではだいぶ異なる。

そうになると形が一致するのは単なる偶然か？

枝の周径と重さの関係（枝の2.5乗則）

枝の大きさが著しく異なっても、両対数軸上で非常によい比例関係が成立している。

枝の重量と直径の関係

$$W \propto d^{2.5}$$

J.Gen.Physiol., Vol.10, 1927, Murray

式の導出にどんな仮定が設定されているか

- 樹木の断面は円形である.
- 幹に対して垂直に生えている.
- 枝の直径は変化しない（円柱形）.
- 枝と葉のつき方に相似的關係がある.
（枝の重量の算出に利用）
- 木材の組織は一様である.
（樹木の種類に依存しない,
枝の大きさにも依存しない,
どの方向も一様な組織構造,
密度も同じ.）
- 材料強度は主応力で決まる.

馬の移動効率

Walk, Trot, Gallop それぞれの歩容で酸素消費量（消費エネルギーに相当）が最小となる歩行速度が存在する。しかも単位距離移動するのに必要な消費エネルギーは、ほぼ同じである！

D.F.Hoyt & C.R.Taylor, Nature
Vol.292, pp.239-240, 1981

人間にも最適なスピードがあるのか？

少なくとも歩行運動は、最適な歩行速度(単位距離移動するのに必要なエネルギー)が存在する。
この議論は講義は別の機会に紹介する。

スケーリング (Scaling)

対象物の大きさによって、特性(移動速度, 消費エネルギーなど)がどのように影響するかを探ること. 対象物がどのように設計されているかという基本法則を知ることができる.

スケーリングではアロメトリー(allometry) : $y = ax^b$ で表される関係式が利用される.

- ・骨の長さ と 直径
- ・動物のジャンプ
- ・基礎代謝量

ガリレオの描いた骨

From *Dialogues*, G.Galilei, 1637

(新科学対話, 岩波文庫)

挿絵では大きい骨があまりにも太い.
どのような比率で描けばよかったか?

偽装は巧妙で見抜けなかった... か？

動物のジャンプ

動物の大小を問わず、跳躍高さは変わらないようである。なぜ？

(「バイオフィジックス入門」コロナ社より引用)

跳躍高さ一定の理由

生物の質量 M_b は代表長さ L の3乗に比例.

筋力 F は脚の断面積 A に比例→ L の2乗に比例.

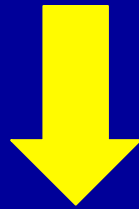
これより筋力による加速度 a の大きさは L に反比例.

一方, 跳躍時の加速距離 s は L に比例.

→足が地面と離れる直前の速度を求めると...

法則から外れる動物たちは？

ゾウは実はジャンプしない.
ハムスターもジャンプは苦手.
カンガルーはジャンプが得意.



法則と不一致なのはどう考えればよいか

動物の代謝率

生物の質量 M_b と安静時の単位時間当たりの代謝エネルギー P との間には、両対数軸上できれいな線形関係が成立している。

種々の動物の代謝率をプロットすると下記の式に従うグラフとなる。

$$P \propto M_b^{0.75}$$

0.75乗は説明可能か？

From *Scaling*,
K.S.Nielsen

0.75乗則

$$P \propto M_b^{0.75}$$

熱放散で説明可能か？

生物を球体(半径 r)と仮定. (M_b は r^3 に比例)

身体から出る熱量は表面積 S に比例. (S は r^2 に比例)

単位時間当たりの熱量が基礎代謝率 P に比例. $\rightarrow P \propto S$

P と M_b の関係から指数は...

第1回講義内容

1. 本講義を受講する際の心構え
考え方を学ぶ授業→講義を聴講することが前提.
2. 「生体工学第一」の講義範囲, 講義内容
バイオと名のつく研究分野, 生物を特徴づける要素
3. 生物の最適性についてのトピックス
 - 3.1 生物の形
 - ・ マグロの尾びれ
 - ・ 樹木の形（枝の周径と重さ）
 - 3.2 生物の動き
 - ・ 馬の歩行のエネルギー消費
4. スケーリング
 - ・ 骨, 動物のジャンプ, 基礎代謝量
5. ホームワーク：スケーリングの本から寿命についての和訳

第1回講義おわり