

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
3. 生物の最適性についてのトピックス
 - ・マグロの尾びれ, 樹木の形
4. スケーリング
 - ・骨, 動物の跳躍, 基礎代謝量
5. 生物に学ぶことは役に立つか？
6. ホームワーク

「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)

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.

アロメトリー(allometry) : $y=ax^b$ で表される関係式

- ・骨の長さ と 直径
- ・動物の跳躍高さ, 走行速度
- ・鳥の飛行と体重限界

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

- ・ マグロの尾びれと航空機の翼形
- ・ 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

断面形状が航空機の翼型と似ている.

「バイオメカニズム」工業調査会

翼型: NACAによって設計された.

NACA 0012など(番号は翼型の種類)

NACA: National Advisory Committee for Aeronautics(国家航空宇宙試問委員会),
the predecessor organization to NASA(アメリカ航空宇宙局1958～)

魚と飛行機は同じ環境？

移動時のレイノルズ数は同じくらいの値か？

$$\text{Re} = \frac{ud}{\nu}$$

u : 代表速度

d : 代表長さ

ν : 動粘性係数 [L^2T^{-1}] ($\nu = \mu/\rho$) (μ : 粘性係数, ρ : 密度)

枝の周径と重量の関係（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.

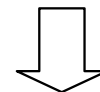
C.D.Murray(1927)

枝の重量と
直径の関係

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

$$W = Mg$$

$$C = \pi d$$



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

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

人間の歩行も最適なスピードがあるのか？

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

ガリレオガリレイ「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？

動物の跳躍高さに関する記述

イノシシ: 助走なしで1m跳躍. 体重約20kg

http://www.affrc.go.jp/seika/data_kinki/h13/kinki01045.html

ネズミ: 跳躍1m, 体重数百グラム

http://www.cic-net.co.jp/mouse/mouse_details.html

馬: オリンピック競技での障害の高さは160センチ以上, 体重約450kg

http://www.equitation-japan.com/rule/rule_jump.php

ヒョウ 2.5m <http://www.tobuzoo.com/zoo/ani/pb-050.html>

カンガルー 2.5m

ヒト 約1m(オリンピック級の選手で助走して2m) 体重約60kg

モルモット: 25cm以下(跳躍は苦手), 約1kg

カバ, ゾウ: 跳躍しない。(水中ジャンプはあり)

跳躍高さ一定の理由

動物の跳躍高さが大きさに依存しない理由を示しなさい.

種々の動物の跳躍高さ

「技術者のためのバイオフィジックス入門」コロナ社

M_b に依らず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.

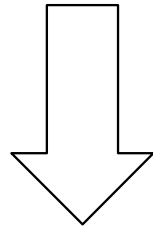
→足が地面と離れる直前の速度を求めると...

→速度は L に依存しない.(確認)

したがって跳躍高さは M_b に依存しない.

法則から外れる動物たち

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.



説明できないのはなぜ？

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。

0.75乗は説明可能か？

From *Scaling*,
K.S.Nielsen

0.75乗則

$$P \propto M_b^{2.5}$$

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．．．

一生のうた(本川達雄作)

「ゾウの時間ネズミの時間」中公新書

人間の寿命

朝日新聞夕刊 1994.6.13

日本は長寿社会であるが、1950年の時点では世界の平均寿命は46歳程度であった。

日本でも平安時代頃まで遡ると平均寿命は30歳程度だったと推定されている。

生物に学ぶことは役にたつか？

新幹線の騒音低減

URL: <http://www.birdfan.net/fun/etc/shinkansen/index.html>

鋸(のこぎり)歯状の羽毛

500系電車の屋根上の翼型パンタグラフ

1990年の開発プロジェクト

生物に学ぶことは役にたつか？

物理現象：空気の流れに渦ができると音が発生。
渦が大きいと音が大きくなる。

セレーション：小さい渦を発生させる→空気抵抗が減る

セレーションの効果は1977年にすでに研究報告がある。
(それでもフクロウの羽が解決の糸口だったことは確かである。)

スクリューの翼の縁にセレーションを取り付けて
音の低減効果を調べている。
(新幹線の方が洗練されている。)

J. of Sound and Vibration, R.E.Longhouse

生物に学ぶことは役にたつか？

生物（いきもの）に学ぶことにより問題解決のための重要なヒントが得られる可能性がある。ただし、注目する事象を物理的観点から捉え、そこに隠されている原理を抽出する作業は不可欠である。（単にみかけをまねるだけでは恩恵は受けられない。）

第1回講義おわり