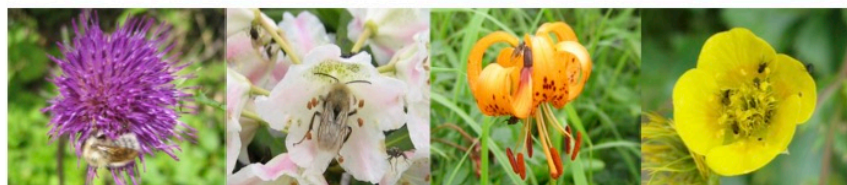


科学オリンピックへの道 チャレンジ

生物学オリンピックへの誘い ～生物オタクを目指そう！～



森長 真一

国際生物学オリンピック日本委員会
日本大学生物資源科学部 教職課程

生物学オリンピックとは 試験などの雰囲気

本選	特別セミナー
国際大会	試験というよりも 生物祭り、生物合宿、 生物フェスティバル 一部の交通費を除き 参加費は無料

科学オリンピックへの道 チャレンジ

生物学オリンピックへの誘い ～生物オタクを目指そう！～

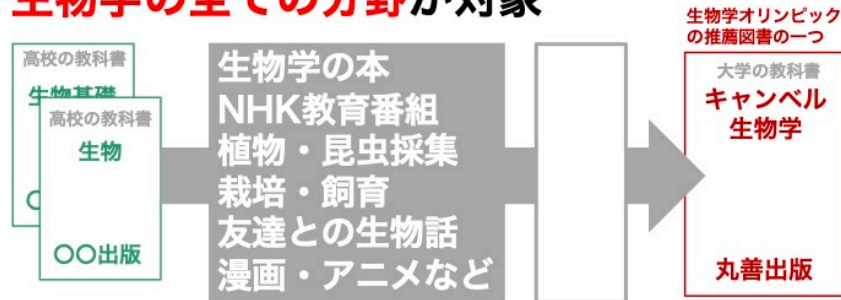
- ・生物学オリンピックとは
- ・過去問解説など
- ・今後に向けて

生物学オリンピックとは 今後のスケジュール（予定）

- 2021年7月 **予選**@皆さんの自宅（4000人以上）
[オンライン試験]
- 2021年9月 **本選**@慶應大鶴岡（約60人）
[理論・実験試験]
- 2021年12月 **特別セミナー**（約15人）
[実験・演習によるトレーニング]
- 2022年3月 **代表選考会**（約15人）
[理論試験]
- 2022年7月 **国際大会**@アルメニア（4人）
[実験・理論試験]

生物学オリンピックとは 試験における出題範囲は？

生物学の全ての分野が対象



高校の教科書を完璧に、そして大学の教科書へ
個人的には生物学を楽しむこともまた重要

生物学オリンピックとは 理論問題の対策 (主に予選)

国際生物学オリンピック
日本委員会 他が編集

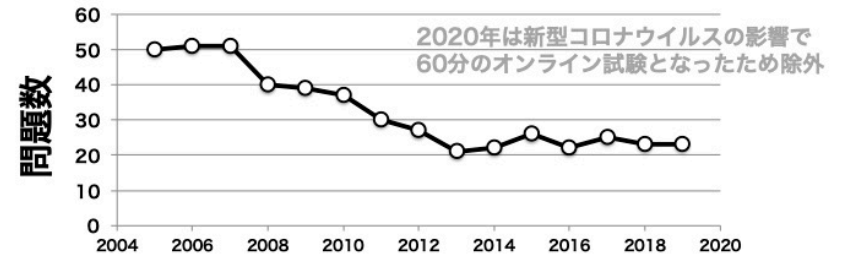
予選では23~25問ほどが出題
教科書にない事例が1/2くらい
大学受験よりも考えさせる問題
問題文の読解力(国語力)が鍵に
暗記した知識を活かして解く必要あり



高校の教科書を見ながら、_____を解く

国際生物学オリンピック日本委員会のホームページで過去問の閲覧が可能

生物学オリンピックとは 予選の試験時間と問題数は？



試験時間は、毎年90分 (2020年を除く)
問題数は、開始当初の半分以下に減少
簡単になったわけではない
むしろ、考えさせる問題が増えて難しくなった

生物学オリンピックとは 実験問題の対策 (主に本選)

国際生物学オリンピック
日本委員会 他が編集

本選は大問3~4問
実験に基づく記述・考察問題
全分野から満遍なく出題
もちろん大学受験の問題にはほぼない
学校の先生に指導をお願いする



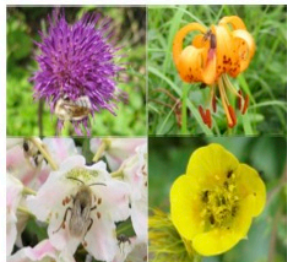
生物オタクを目指して、_____する

生物学オリンピックとは 今回のお話の流れ

過去問解説

生物学のお話

質問



詳しくは
後ほど

過去問解説、生物学のお話、皆さんへの質問
質問では敢えて**明確な答えのない問い**を用意
自由な発想による積極的な回答を期待

高校生物の該当箇所
生物の進化と系統・進化の仕組み

適応

WikipediaのHummingbird・
Bumblebee・PoalesよりCC
BY-SAに基づき写真を掲載

花と送粉者の関係



白やピンク色で横向きの花は**マルハナバチ**に、
小型で柱頭や葯が突出している花は**風**に、
赤色で支持器官が長く固い花は**鳥(ハチドリ)**に、

花粉を運んでもらうための_____

過去問解説 ①

2019年予選

問 18) 植物は移動できないために、交配に際して花粉の運搬を風や動物に依存している。そのため、花の形状・色・香りなどの性質が、それぞれの花粉の運搬様式に適合していることが知られている。風、マルハナバチ、鳥によって花粉が運ばれる植物の花の性質を調べたところ、下表のような性質をもつ傾向があった。

花粉の媒体	①	②	③
花の形状	左右相称で横向き	小型で柱頭が突出	筒状で横向き、または、花およびその支持器官が固い
花弁の色	白色・黄色	緑色	赤色
花のかおり	有	無	無
蜜	有	無	有(多い)
花粉量	少ない	非常に多い	多い

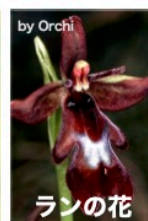
花粉の媒体として上表の①～③に風、マルハナバチ、鳥が入るとき、正しい組合せをA～Fから選べ。(4点)

	①	②	③
A	風	マルハナバチ	鳥
B	風	鳥	マルハナバチ
C	マルハナバチ	風	鳥
D	マルハナバチ	鳥	風
E	鳥	マルハナバチ	風
F	鳥	風	マルハナバチ

適応

WikipediaのMimicry・Flower
mantis・Wasp beetleよりCC
BY-SAに基づき写真を掲載

様々な擬態



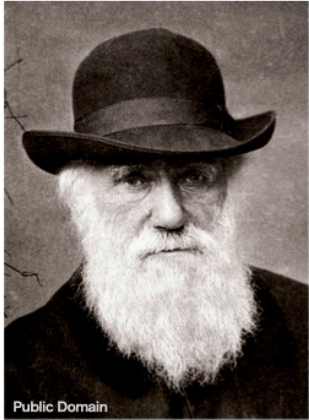
より生存し、繁殖するために姿形を似せている
「生き物ってうまくできてるなあ」と思える
場合の多くは**適応**

適応はどのように生じるのか?

Wikipediaのチャールズ・ダー
ウィンよりPublic Domainに
基づき写真を掲載

適応

1859年『種の起源』出版



ダーウィン

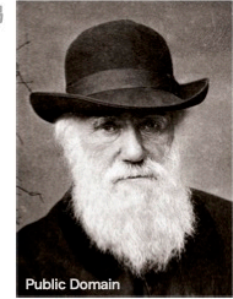
適応の仕組みを提唱

_____する
_____に
_____が作用

この条件が揃えば、
適応が生じる

適応

写真は前掲
の通り



定義にはいくつかある

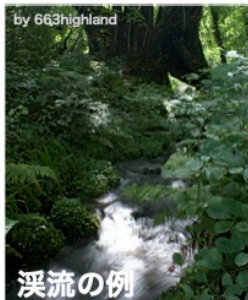
一番簡単なのは・・・

- _____を残す上で**有利な形質をもつこと**
- 自然選択によって進化した形質の状態
- 生物の形質が、その環境下で子孫を残していくのに都合良くできていること
- 生物が生存と繁殖の成功に寄与する形質を備えていること

Wikipediaの溪流・ゼンマイ
よりCC BYおよびCC BY-
SAに基づき写真を掲載

適応

溪流沿い植物の葉の形



溪流の例



ゼンマイ

ヤシャ
ゼンマイ

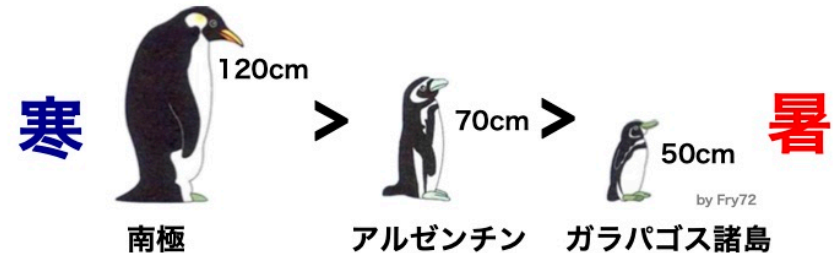
細い葉、小さな葉により水の抵抗を軽減
植物種を問わず、様々な種で同様の形質が進化

⇒ _____ (収れん進化)

WikipediaのBergmann's rule
よりCC BY-SAに基づき図を掲載

適応

恒温動物の大きさの地理的変異 寒冷地ほど体が大きくなるペンギン



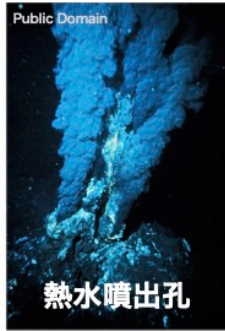
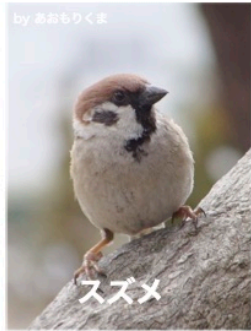
体積に対する表面積を減らして**熱の放散を防ぐ**
ための適応

⇒ _____

質問 ①

Wikipediaのスズメ・熱水噴出孔・*Riftia pachyptila*よりCC BY-SAとPublic Domainに基づき写真を掲載

鳥類が、新たに深海環境に適応するためには、どんな形質を進化させる必要があるか？



高校生物の該当箇所
生物の進化と系統・進化の仕組み、生態と環境・個体群

トレードオフ

写真と図は前掲の通り

万能な生物は存在する？



溪流でも林床でも生育できる植物種がいたっていいのでは？

きっとそんな植物種はいない



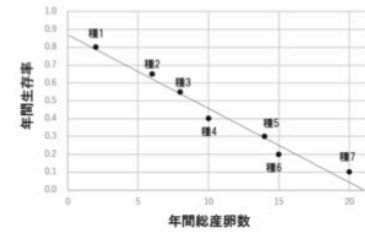
南極でも熱帯でも生きていけるペンギンがいたっていいのでは？

きっとそんなペンギンはいない

過去問解説 ②

2018年予選

問 13) ある地域の7種のトカゲの成体について、年間生存率と年間総産卵数の平均値をくらべると、両者の間には図にみられるような負の相関があった。



次の記述のうち、この図から導き出されるものはどれか。もっとも適当な組合せをA~Hから選べ。

- ① 成体になるまでにかかる期間が種間でほぼ同じであるとき、種1がもっとも長命である。
- ② 成体になるまでにかかる期間が種間でほぼ同じであるとき、種7がもっとも長命である。
- ③ 他の要因を考えなければ、グラフは、繁殖をすることが生存に対してコストを示している。
- ④ 他の要因を考えなければ、グラフは、繁殖をすることが生存に対してコストとならないことを示している。
- ⑤ 天敵による捕食のような、繁殖と直接関係のない要因で成体の生存率が低くなった場合、種1のような生活史に近づくのが有利である。
- ⑥ 天敵による捕食のような、繁殖と直接関係のない要因で成体の生存率が低くなった場合、種7のような生活史に近づくのが有利である。

A. ①③⑤ B. ①③⑥ C. ①④⑤ D. ①④⑥ E. ②③⑤ F. ②③⑥ G. ②④⑤ H. ②④⑥

トレードオフ

写真は前掲の通り

全てに万能な生物は存在しない

『一方を追求すれば他方を犠牲にせざるを得ない状態や関係』がつきまとう

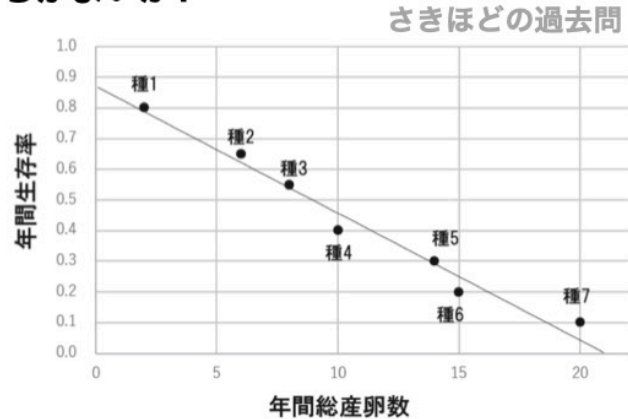


例1：溪流で生育するためには、大きな葉による高い光合成能力は「諦め」なければならない
林床で生育するためには、林冠が閉じているため十分な光は「諦め」なければならない



トレードオフ

例2：産卵数が多いと生存率は下がってしまう、生存率を高くするためには産卵数が少なくなってしまう、どちらがよいか？



トレードオフ

Wikipediaのえびめし・ドミグラスソースカツ丼よりCC BY-SAに基づき写真を掲載

例3：800円しかないけど、岡山名物のえびめしも食べたいし、デミカツも食べたい、どうしよう



えびめし



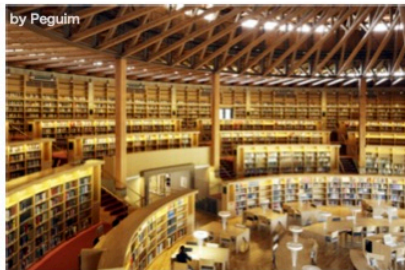
デミカツ

お金のトレードオフ

トレードオフ

Wikipediaの大学図書館・運動場よりCC BY-SAに基づき写真を掲載

例4：明日は休みだけど、勉強もしないといけないし、サッカーの練習もしないといけない、どうしよう



図書館



グラウンド

時間のトレードオフ

トレードオフ

Wikipediaのメガ盛りよりCC BY-SAに基づき写真を掲載

例5：近くのコンビニに行けばすぐに美味しいお弁当を食べられるけど、遠くまで行くと美味しくてなおかつメガ盛りの丼ぶりを食べられる、どうしよう



とあるコンビニのロコモコ丼



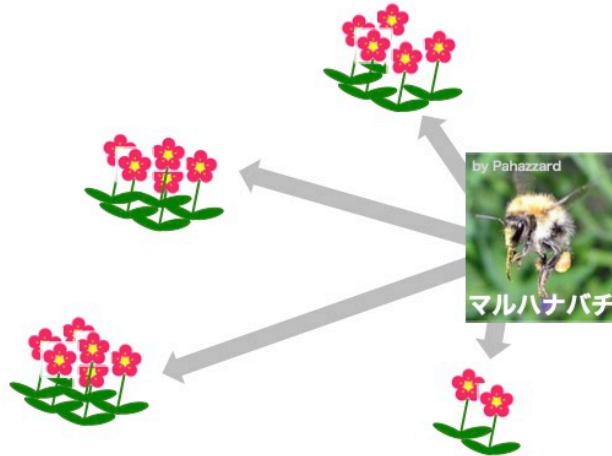
とあるお店の天丼

時間・交通費と満腹感のトレードオフ

トレードオフ

WikipediaのBumblebee・Common starling・Crane flyよりCC BY-SAに基づき写真を掲載

例6：移動エネルギーと得られる餌を考慮すると、どの餌場を選ばばよいか？

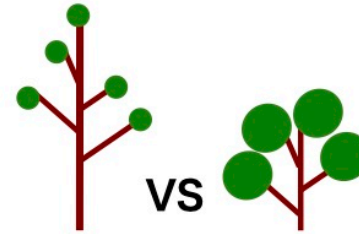


行動生態学



トレードオフ

例7：幹を長くすれば樹高は高くなるが光合成効率は下がる、葉を多くすれば光合成効率が高まるが樹高は下がる、どちらの方がよいか？



生物が利用できる

_____には限りがあり、
トレードオフが生じる
⇒万能な生物はいない

適応は決して万能ではない
生物は制限がある中でなんとか適応

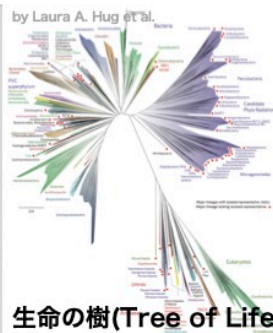
質問 ②

Wikipediaの地球・Tree of life (biology)よりPublic DomainとCC BY-SAに基づき写真と図を掲載

敢えて、地球上で最も万能に近い生物を、一つだけ挙げるとすれば何か？
どうしてそう思うか？



地球



生命の樹(Tree of Life)

過去問解説 ③

2014年予選

問 16) ある種のツバメでは、雌は交配相手として尾羽の長い雄を好む。この現象を説明するため、次のような仮説を立てた。

仮説：このツバメには、雌が尾羽の長い雄を選ぶような性選択がはたらいている。これは、尾羽の長い個体は寄生するダニに対する抵抗性が高いためである。

この仮説を検証するためには、どのような実験が必要か。必要な実験の組合せをA~Jから選べ。(4点)

- ① 寄生したダニがツバメの生存力を低下させるかどうかを知る実験
- ② 尾羽の長さに雌雄で差があるかどうかを知る実験
- ③ 尾羽の長さが遺伝するかどうかを知る実験
- ④ ダニに対する抵抗性に雌雄で差があるかどうかを知る実験
- ⑤ ダニに対する抵抗性と尾羽の長さの関係(相関)を知る実験

- A. ①②③ B. ①②④ C. ①②⑤ D. ①③④ E. ①③⑤
F. ①④⑤ G. ②③④ H. ②③⑤ I. ②④⑤ J. ③④⑤

高校生物の該当箇所
生物の進化と系統・進化の仕組み、
生態と環境・個体群

性選択

動物に見られる性差

WikipediaのMule deer・Indian peafowl・グッピー・Stag beetle よりCC BY-SAに基づき写真を掲載



外見上の性差をもたらすのが _____

性選択

繁殖スケジュールの違い

- | | |
|--|---|
| <p>雌 ・卵にたくさんの資源と長い時間が必要</p> <p>・多くの場合、雌が子供の世話(妊娠・出産を含む)</p> <p>一度交配した雌は次の交配まで長い時間が必要
繁殖可能個体は雌の方が圧倒的に少ない</p> | <p>雄 ・精子は少ない資源と短い時間で済む</p> <p>・多くの場合、雄は子供の世話をしない</p> |
|--|---|



_____が争い、_____が選ぶ

性選択

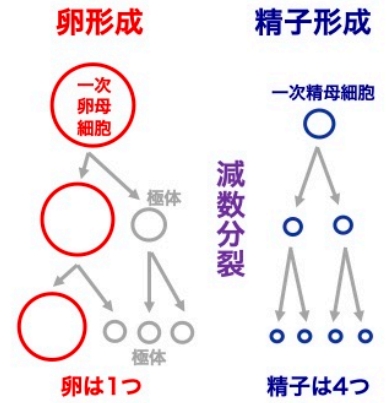
配偶子の大きさと数の違い

雌： _____
⇒少数の大きな配偶子

雄： _____
⇒多数の小さな配偶子

配偶子あたりの負担

雌 >> **雄**



卵と精子は1000倍以上の体積差がある

性選択

性選択： _____ する上で有利な形質が進化
広い意味で自然選択に含まれる

自然選択
子孫を残す上で有利な形質が進化
=生存かつ交配する上

性選択
交配する上で有利な形質が進化
場合によっては、
生存する上で不利な形質も進化

ダーウィンが『人間の由来と性選択』で提唱

Wikipediaのチャールズ・ダーウィン・シュモクバエよりCC BY-SAとPublic Domainに基づき写真を掲載



性選択

WikipediaのLong-tailed widowbird・Intraspecific competition・Dynastes・DeerよりCC BY-SAに基づき写真を掲載

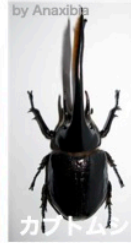
性選択：交配する上で有利な形質が進化

選択

交配相手をえるために同性同士が争う
⇒争いに有利な形質が進化
⇒⇒雄間闘争



シカ



by Anaxibia

カブトムシ

選択

一方の性が、他方の性の個体を選ぶ
⇒選ばれる上で有利な形質が進化
⇒⇒雌の選り好み



by Dick Daniels

フジャク



by Bernard DUPONT

コクホウジャク

過去問解説 ④

2015年予選

問 15) ある高校の生物部では、下図の十と●印をもちいて、視野中に見えない部分(盲斑もしくは盲点とよばれる)があるか、あるならばどのようなものかを調べる実験をすることで、ヒトの眼の構造を考えてみた。実験を行う際には、図と眼の距離を変えてみるように注意し、次の4つの結果をえた。

+

●

[実験結果]

1. 左眼を隠して右眼で+印を見ると、ある特定の距離から見たときに●印は消えた。
2. 左眼を隠して右眼で●印を見ると、+印は消えなかった。
3. 右眼を隠して左眼で+印を見ると、●印は消えなかった。
4. 右眼を隠して左眼で●印を見ると、ある特定の距離から見たときに+印は消えた。

次の記述のうち、実験結果からヒトの眼について推論できるものはどれか。それらを過不足なく含む組合せを A~H から選べ。(4点)

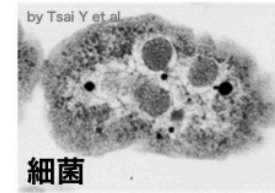
- ① 視細胞の分布は、網膜上で均一ではない。
- ② 右眼は、注視している像が投影される網膜の部分より鼻側に盲斑がある。
- ③ 左眼は、注視している像が投影される網膜の部分より耳側に盲斑がある。

A. なし B. ① C. ② D. ③ E. ①② F. ①③ G. ②③ H. ①②③

質問 ③

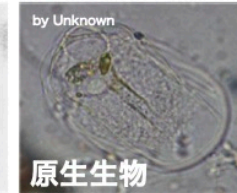
WikipediaのBacteria・原生生物・菌類・植物よりCC BY-SAに基づき写真を掲載

動物以外の細菌・原生生物・菌類・植物に性選択は働いていると思うか? どうしてそう思うか?



by Tsai Y et al

細菌



by Unknown

原生生物



by Stu's Images

菌類



by Rikitko

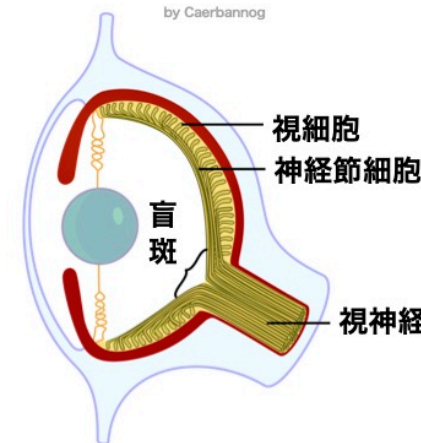
植物

高校生物の該当箇所
生物の進化と系統・進化の仕組み、
生物の環境応答・刺激の受容と反応

眼の進化

Wikipediaの目よりCC BY-SAに基づき図を掲載

見えているようで見えていない眼



by Caerbannog

視神経が一箇所束ねられている

⇒見えない部分(盲点)が存在

光の方向と神経の情報方向を逆にして逆にも大きな要因

全ての生物に盲斑が存在するの?

眼の進化

Wikipediaの目・タコよりCC BY-SAに基づき写真と図を掲載

動物の眼

by Caerwannog 頭足類 節足動物 脊椎動物 by Caerwannog

盲斑なし カメラ眼 複眼 カメラ眼 盲斑あり
網膜は表皮由来 網膜は脳・神経系由来

系統学的にも、形態学的にも由来が異なる= _____
 遺伝子を調べると同じ Pax6 遺伝子が関与
 ⇒ 遺伝子の観点からは由来が同じ= _____

眼の進化

Wikipediaのミズクラゲ・目よりCC BY-SAに基づき写真と図を掲載

眼の共通性・多様性

眼に関わる遺伝子は全ての動物で共通?

クラゲ 頭足類 節足動物 脊椎動物

by Alexander Vasenin by Beckmannjan by Shizhao by Alexageev

カサの周りに
 six1/2 遺伝子 Pax6 遺伝子 相同

相似 全ての動物で Pax6 遺伝子が関与するわけではない

※厳密には、six1/2 遺伝子は Pax6 遺伝子から派生した遺伝子

眼の進化

Wikipediaのショウジョウバエ・Pax6よりCC BY-SAに基づき写真を掲載

本当に同じ遺伝子?

遺伝子導入実験による検証

ショウジョウバエの Pax6 突然変異体 (eyeless)

by Washington et al. ヒトの Pax6 遺伝子を人為的に導入 by Washington et al.

眼が形成されない 正常な眼が形成

ヒトとショウジョウバエでは眼の構造が全く異なる
 ⇒ にもかかわらず、眼を作る Pax6 遺伝子の機能は同じ

質問 ④

Wikipediaのメダカ・ニホンアマガエル・爬虫類・スズメよりCC BY-SAに基づき写真を掲載

脊椎動物は、今後の進化の方向性次第で盲斑を克服できるか? どうしてそう思うか?

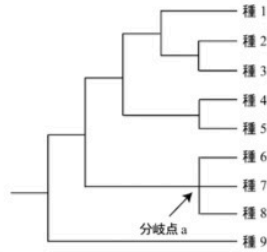
by Seotaro by Z64 by Ester Inbar by あおもりくま

魚類 両生類 八虫類 鳥類 哺乳類

過去問解説 ⑤

2017年予選

問 25) 右の図は、ある動物群 (種 1~種 9) のミトコンドリア DNA 配列に基づく遺伝子系統樹である。次の記述のうち、この系統樹に基づいて正しいと考えられるものはどれか。もっとも適当な組合せを A~J から選べ。なお、枝の長さは、進化的変化の量や時間に比例して描かれてはいない。(3 点)



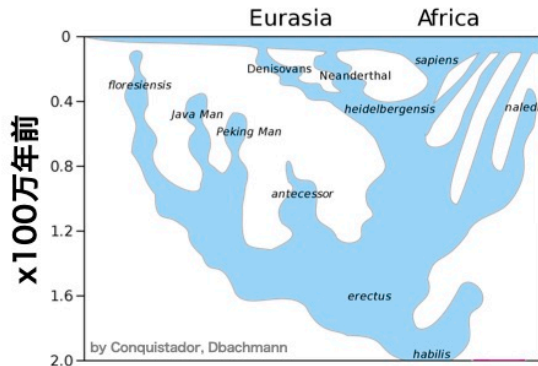
- ① 種 2 と種 3 は、種 1 から進化した。
- ② 種 1 と種 4 の直近の共通祖先は、種 4 と種 5 の直近の共通祖先よりも前に存在していた。
- ③ 種 2 と種 3 は、種 1 と種 3 よりも形態的な類似度が高い。
- ④ 種 1 は、種 4 と同程度に種 5 に近縁である。
- ⑤ 分岐点 a では、種 6~種 8 の分岐パターンは明確ではない。

- A. ①②③ B. ①②④ C. ①②⑤ D. ①③④ E. ①③⑤ F. ①④⑤
 G. ②③④ H. ②③⑤ I. ②④⑤ J. ③④⑤

ヒトの進化

WikipediaのEarly modern humanよりCC BY-SAに基づき図を掲載

ヒトへ至る系統 絶滅した人類からヒトへ



水色は我々ヒトを含むホモ属の人類
 ヒトはホモ・サピエンス *Homo sapiens*

200~250万年前に、既に絶滅した人類から、ヒトを含むホモ属が分岐

⇒ _____
 同じ時代に、何種類ものホモ属人類が地球上に存在

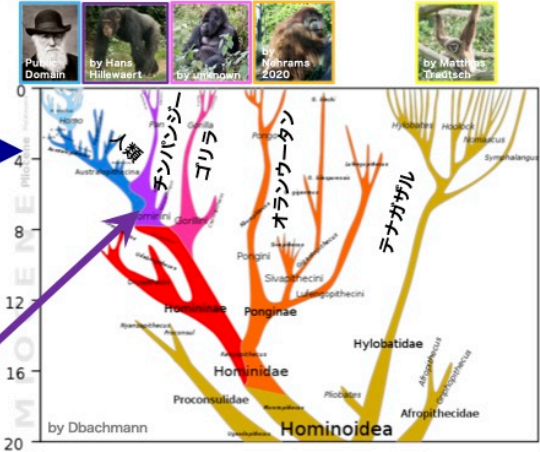
最終的には、我々ヒトのみが残った

ヒトの進化

高校生物の該当箇所
 生物の進化と系統・生命の起源
 と生物の変遷

WikipediaのHominidae・
 チンパンジー・ゴリラ・オ
 ランウータン・テナガザル
 よりCC BY-SAに基づき写
 真と図を掲載

霊長類・類人猿の系統関係 ヒトに最も近縁な生物は?



至る系統
 約20種が
 誕生・絶滅

チンパンジーとの分岐は約700万年前

ヒトの進化

WikipediaのRecent African origin of modern humansよりPublic Domainに基づき図を掲載

ヒトの起源と分布拡大



約20万年前にアフリカで誕生
 当時はネアンデルターレンシスやエレクトスもいた
 分布拡大に伴い、我々 _____ のみが残った

ヒトの進化

Wikipediaの骨格よりPublic Domainに基づき図を掲載

ヒト特有の形質

直立二足歩行により頭部の支持が強化

Public Domain



ORANGO オランウータン
SKELETONS OF THE CHIMPANZEE チンパンジー
GORILLA ギリラ
MAN ヒト

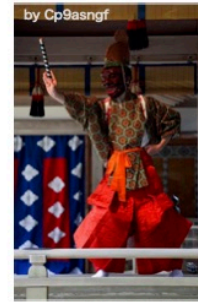
- 言語の獲得
- 心の発達
- 社会性の進化
- 文化の創出
- 農耕牧畜の開始
- 道具の発明
- 医療技術の発展

脳容量がオランウータンの約4倍(1400mL)に増加 _____ と大量絶滅

質問 ⑤

Wikipediaの神楽・法隆寺・ロケット・富岳 (スーパーコンピュータ)よりCC BY-SAに基づき写真を掲載

ヒト以外で、高度な文化・知能を進化させようとすれば、どの生物群か？ どうしてそう思うか？



神楽



法隆寺



H-IIAロケット



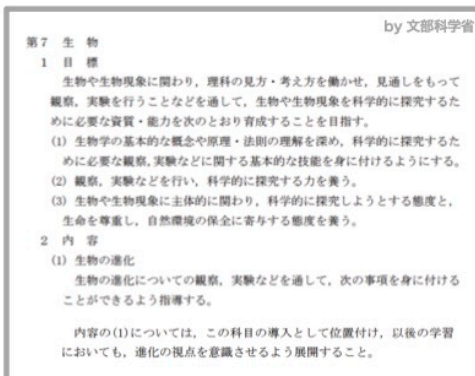
スパコン富岳

今後に向けて

なぜ進化に関する解説？

もちろん、私の専門が進化だから・・・
今後、生物の教科書の**最初に進化が移行**

文部科学省の高等学校学習指導要領(平成30年告示)より掲載



生物オリンピックは、以前からそれなりに進化を重視
今後は、ますます進化分野の問題が増えるかも?!

今後に向けて

なぜ明確な答えのない質問？

考えることが、学ぶことに繋がるから



生物オリンピックの問題も解く時に考えることが重要
でも、問題を解く時だけ考えるのでは不十分...

普段から疑問をもつことでいくらでも学ぶ機会はある

今後に向けて
物事を関連づけるとは？

漫画だって教科書になりうる

「ドラえもん」 藤子・F・不二雄 作
「火の鳥」 手塚治虫 作
「ジョジョの奇妙な冒険」 荒木飛呂彦 作
「テラフォーマーズ」 貴家悠/橘賢一 作
「トリコ」 島袋光年 作
「彼方のアストラ」 篠原健太 作

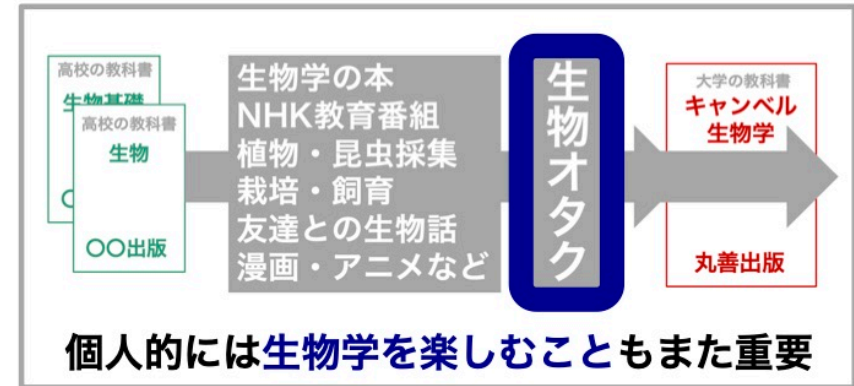
漫画と生物学が繋がった時、なるほど!と思う
その「なるほど!」が、楽しみながら学ぶこと

最後に

答えのない問いであっても、
ひたすら問い続けること
楽しみ続けること

がくもん がくもん
学問 = 楽問

今後に向けて
生物オタクを目指そう！



個人的には生物学を楽しむこともまた重要

生物学を楽しむことこそが何よりも重要