

<Introduction>

授業内容：ヒトの理解を進化の視点から捉える。動物は種の保存のために行動するのではないことを理解。

①ヒトは何の産物か、また何によって形成されたか

ヒトも生物である以上進化の産物。主に適応的な進化の過程によって形成された。そのため生物に共通の進化と適応の原理を考察することは人間理解に大きく貢献するといえる。

②この授業が注目する基本原理はなにか

ヒトの心や行動の成り立ちを説明する上で進化理論が不可欠な基本原理となっている。

<進化の産物という視点>

▲生物の多様性の理解

①必要となる視点は？

「進化」、自然淘汰（自然選択）、適応

②適応とは何か

生物の形態や行動、生理的機能などがその生物の棲息する環境や暮らし方にうまく合うようにできること。

例：ヒマラヤ山脈を飛ぶインドガンは効率よく酸素を運搬するためにヘモグロビンが変化した。

③ある環境に棲息する生物が似たような形質を獲得する例を挙げよ

相似形質。哺乳類と鳥類のように遠い関係でも似た環境にいると同じような形質を持つ。

“Nothing in biology makes sense except in the light of evolution”

<進化という視点>

▲人間は果たして最も進化しているのか

①日常語と生物学における「進化」という単語の用法の違いを説明せよ

日常語における「進化」は下等から高等という成長を示すが、生物学においては退化も進化の一種であり、変化に近い意味で用いられている。(DNAの変化が進化)

②「人間は最も進化している」という主張に反論せよ

梯子型モデルではなく、枝分かれモデルを想定する（ノート2の図を参照）。枝分かれモデルにおけるヒトは最も進化した動物ではない。現生の生物は全て進化の最先端にいる。ヒトと現生の霊長類は共通祖先からそれぞれ独自の進化をしてきただけ。

▲生物学的事実と人間

①生物学的事実と人間について述べよ

生物学的事実が人間の倫理観や道徳的価値を決定するのではない。科学的事実として動物の生態はあるので

あって、動物の生態をそのまま規範として人間に当てはめることはできない。（「こうである」と「こうあるべきだ」は別個のもの）

▲ヒトの理解の一つのアプローチとしての進化の視点

①社会ダーウィニズムについて説明せよ

進化理論の誤った解釈によって生まれた考え方で、「適者生存」を資本主義肯定のために用いるなどする。「進化＝進歩」という誤った考え方を人間にも用いようとした。（進化というのは生物学的には遺伝子レベルの話である。）

▲生物は種の保存のために行動するのか

①生物は種の保存のために行動しないということを例と思考実験によって示せ

例：レミングの大量発生→大量発生すると他の場所に食料をもとめたほうが良くなり移動するだけ。もちろんその過程で死ぬものもでるが、各々が考えているのは自分のことだけ。

思考実験：もし、「自己犠牲をしない」OR「自己犠牲を厭わない」という形質を持つ個体が集団にいるとすると、自己犠牲をしない個体のみが生き残り、その集団から自己犠牲はなくなってしまう。

< 4つのなぜ >

①「4つのなぜ」とその特徴を説明せよ

| | 短い | 長い |
|-------|------|--------|
| メカニズム | 至近要因 | 究極要因 |
| プロセス | 発達要因 | 系統進化要因 |

至近要因：直接的なメカニズムのこと（生物の神経、内分泌、心理的問題）

究極要因：行動がどのように個体の繁殖や生存に関わっているか（ある行動の機能）

発達要因：個体の一生の間に関わっている行動がどのように形成されるのか

系統進化要因：祖先型からどのような進化の過程を辿ってある行動が出現したのか

②「4つのなぜ」を車の例で説明せよ

至近要因→赤い光が目から入って脳で処理。神経の働きでブレーキを踏む。

究極要因→事故を起こして死ぬのを防ぐ

発達要因→車を止めるように教わったから（個体の一生における学習の形成）

系統進化要因→ある国が車を止める合図として赤信号を採用しそれが世界中に広がった。

（螢の例なら／至近要因：酵素の働き／究極要因：求愛）

[進化]

< 進化とは >

①進化とは何か

集団中の遺伝子頻度が時間とともに変わること／世代を超えて生物の性質が累積的に変化すること。／／つまり遺伝子レベルの変化を伴わなければならない。

▲遺伝子の物質的本体

①遺伝子構造を説明せよ

基本 DNA から成る。DNA とは糖・リン酸・塩基からなるヌクレオチドが連なった巨大分子。

②DNA の 4 種類の塩基について説明せよ

アデニン(A)、チミン(T)、グアニン(G)、シトシン(C)からなり、A=T と G=C という対応関係がある。この 4 種類の塩基の並びを塩基配列といい、遺伝子の「情報」である。(ノート 5 図)

③遺伝子は何の「情報」を持っているのか

タンパク質をつくるアミノ酸の配列に関わる情報を持つ。

④アミノ酸について説明せよ

生物がタンパク質合成に用いるアミノ酸は 20 種類。(20 種類を組み合わせる)
特定の 3 つの塩基配列 (=コドン) が 1 つのアミノ酸に対応 (cf.塩基は 4 種類)

▲突然変異と遺伝的再編成 (教科書 p37)

①塩基配列に変異が起こる過程を説明せよ。また変異について留意すべき点は何か。

遺伝子には常に新しい変異がランダムに供給される (変異に目的はない)。新しい変異というのは、塩基の置換・挿入・欠失・組換え・遺伝子重複などによって起こる。供給される変異のうち不利でないものだけが残され、その中でも生存や繁殖にとって有利なものが自然淘汰によって広まっていく。

▲遺伝的浮動

①遺伝的浮動とは何か

集団の繁殖個体数が無限でないために世代を超えて偶然に生じる遺伝子頻度や遺伝子型頻度の変動のこと。繁殖力にも生存率にも差がないのに、あるタイプが増加、他方が消滅。どのように進化するかには方向性がない。ここでは繁殖・生殖に有利であるからある性質が広がっているのではない。

②遺伝的浮動はどういう場合に起こるのか、またどういう問題があるのか

個体数が少ないほど遺伝子頻度 (=ある集団内においてある遺伝子がどのくらいの割合で個体に存在するか...ということ?) の変動が起きやすい。そして、多様性が失われることもある。

▲自然淘汰 (自然選択)

①自然淘汰の基本原則を説明せよ

個体の変異→その変異が遺伝→子孫生産に違いがでる (=適応度の違い) →子孫生産に有利な変異が集団中に広まる。(教科書、シケプリ p6 のアシフトゴミムシの例を参照せよ)

②適応度とは何か

生存率×繁殖率をそれぞれのタイプについて計算し、集団全体の値で相対化したもの。
ノート、シケプリで方法を確認しておくこと。

▲自然淘汰の働きかた

①自然淘汰は何によって働くか

自然淘汰の働き方は環境による。「環境」というのが個体の生存や繁殖に差違をもたらす原因でもある。

②自然選択による進化とは何か

形態や生理、行動などいろいろな面でその生息場所の物理的環境や生物的環境によく適した性質がもたらされた。「結果としての適応」

▲適応について

適応は万能ではない。歴史的束縛がある。また、もともとあるものが作り換えられていくのが進化。

①適応における発生学的制約とは何か、またなぜそうなったのか

大人と幼虫で同じ遺伝子を持つ者でも、体の一部分が違ったりする。

Ex.大人：目がある 幼虫：目がない

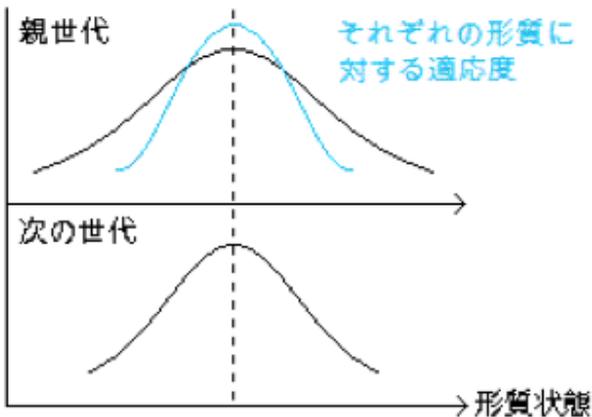
初めからそうだったのではなく、歴史の中で進化するうちある段階で目が発生した。

②生物学的トレードオフとは何か

進化は妥協の産物であるということ。

Ex. 鳴声が大きいと雄を呼びやすいが、敵に見つかりやすくエネルギーもたくさん使う。これは、繁殖・生存のトレードオフ。

他にも、陸ではヨタヨタしか歩けないが、海では速く泳ぐことができるペンギンなど。



<いろいろな自然選択>

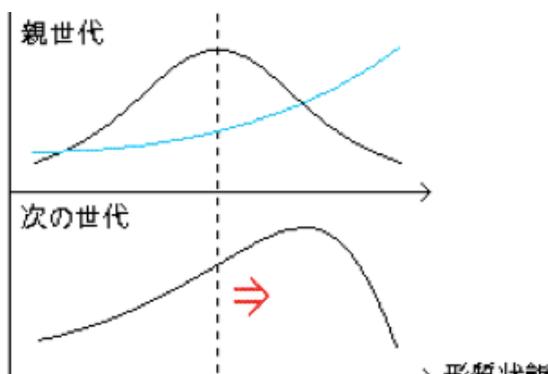
①4つの自然選択のあり方について述べよ

図の青いラインはベストな状態を表す。

(1) 安定化選択

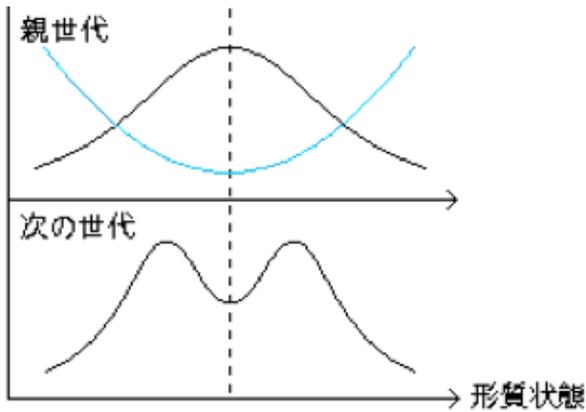
遺伝子プールに新たに生じた変異遺伝子や組替型遺伝子を取り除く自然選択。

平均的な形質状態に収束していく。



(2) 方向性選択

新しい環境に適した遺伝的形質を持つ個体が増加する自然選択。形質の頻度曲線のある方向にシフトさせる。



(3) 分断化選択

中間型の遺伝的形質を持つ個体が両極端の形質を持つ個体より不利になる場合におこる自然選択。

(4) 頻度依存選択

自己の繁殖や生存上の有利さは相手がどのように振る舞うかに依存して変わる場合がある。このようにして、強さや方向が変わる自然選択のこと。

例：

- ・ 少数派有利 → 負の頻度依存選択 例)タンガニーカ湖に棲む鱗食魚
 ... 別の魚にとりついてそのウロコを食べる。口:遺伝的に右向き/左向きいずれかに曲がる。
 → 食べられる魚はより多く襲われる側を警戒するので、頻度の低い口の向きの鱗食魚が有利。
- ・ 多数派有利 → 正の頻度依存選択 例)セトウチマイマイの例
 ... 巻き貝:遺伝的に右巻き/左巻きが決まる。同じ向きの巻き貝同士でしか交尾ができない。
 → 多数派の巻き貝をもつ個体のほうがパートナーを見つけやすいので、繁殖に有利。

<進化の具体例>

①鎌状赤血球貧血症

生物における有利不利は環境に依存しているという例。

鎌状赤血球貧血症を持つ人は、貧血になりやすいがマラリアにかかりにくい。

②オオシモフリエダシャクの工業暗化

イギリスでは産業革命期に大気汚染が進行した。そのため目立ちやすい明色型に変わって暗色型が増加した。その後、1970年代の大気汚染防止の取り組み後暗色型が急激に減少。

一般的に“目立つ”ということは敵に見つかりやすくコストが高い。しかし、そのような高いコストを払ってまでも生殖のために目立とうとするものもある。

③抵抗性の進化

フランスで蚊の駆除のために殺虫剤を撒いた。しかし、殺虫剤に抵抗性を持つ蚊が出現。抵抗性があるために生存率が非常に高く個体数を急激に増やした。(集団中に抵抗性を持つ蚊の割合が増大=自然淘汰)

【性の進化】

繁殖システムには有性生殖、無性生殖の2種類がある。

①有性生殖について、メスとオスの違いを説明せよ

精子をつくるオス、卵子をつくるメス。含まれている遺伝子量は同じだが持つ栄養量が違う。大きく、多量の栄養を含む卵子をつくるメスの方が配偶子の段階からコストをかけているといえる。

オスとメスの決定的な違いは配偶子の大きさと運動性。分断淘汰によって違いが生まれた。

②配偶子の条件とは

- 1). 2つが出会わなければならない(小・運動性あるほうが有利)
- 2). 生存しなければならない(大・栄養蓄えているほうが有利)

<なぜ性はあるのか>

有性生殖はコストが高いし、無性生殖の方が一見有利。単純に繁殖のための有性生殖としたら性の進化は説明できない。
シケプリ 1 1 参照

①近年有性生殖の存在を示すもっとも有力な仮説について説明せよ。

赤の女王仮説：自然界には寄生者と宿主の関係になっているものが無数にある。

次々に形質を進化させて、宿主側の防御を打ち破る寄生者に対処する必要がある。

そこで、有性生殖で常に遺伝子を組換え、寄生者に対する対抗戦略とする。

<性差はなぜあるのか>

生物には出産や子育てに関わる部分以外での性差が存在するものがある。例えば、形態・行動・生理・生化学的性質・生活史パラメータ。このような性差はチャールズ・ダーウィンの悩みでもあった。

①ダーウィンの着目

「繁殖の機会をめぐる同種での競争は、オスとメスとで異なる」

同種であっても、オスとメスの形質は異なるように進化〔性選択〕

そのような形質を片方の性の個体だけに発達させる淘汰〔性淘汰〕

②ダーウィンの考え

ダーウィンの性淘汰の理論。

同性個体間の競争：繁殖のチャンスを得るためのオス間競争

異性間の配偶者選択：メスによる選り好み→メスに好まれる形質が進化

繁殖の機会を巡る抗争はオス・メスで異なる。だから、同種でもオス・メスの形質は異なるように進化する。

メスによる選り好みという考え方は発表当初不人気だった。

選り好み→メスにとって魅力的→擬人的な考え方では？本当に起こっているの？なぜ進化するの？

しかし、1980年代になって状況が変わった。

ここで選り好みの定義を再確認。

一方の性の個体が示す行動で、その行動の結果、他方の性の個体のうちの一部のものに、他の個体より多く

の配偶のチャンスをもたらすような行動。

メスによる選り好みの証拠

コクホクジャク：オスだけが尾羽を伸ばす。長くしたオスだけにメスが寄りついた。

<性淘汰の理論>

一般的には、オス同士が闘ってメスが選り好む。では、例外はどのように考えていけばいいのだろうか。

①ベイトマンの実験について述べよ

交尾相手の数に子孫の数が比例するのはオス。

⇒オス・メスの繁殖成功度を決める要因は大きく異なる。

個体間の繁殖成功度のバラツキをみると、オス>メス

②繁殖成功度に影響するものを2つ挙げよ

オス：配偶者獲得の競争に勝つこと / メス：子供の生存率や自らの繁殖年数

(オス間の競争が激しいとき、オスの方が繁殖成功度のバラツキが大きい)

③性淘汰を決める要因を挙げよ

「潜在的繁殖速度」— 繁殖サイクルの速さ。繁殖可能なオスとメスは常に1：1ではない。

(1) 配偶子を作るのに (2) 配偶に (3) 子育てに要する時間のこと。

(1) が基本的に重要だが、(3) が例外に深く関わっている。

潜在的繁殖度の速い方の性が遅い方の性との繁殖の機会を巡って争う。

④潜在的繁殖速度の逆転を招くような例を挙げよ

例：子育て

a.オスもメスもしない / b.メスだけがする / c.オスだけがする / d.オスもメスもする

“c”では潜在的繁殖速度の逆転が起こり、卵を育てるオスを巡ってメス間で争いになる。

⑤競争が激しい方の性では何が起こるか

闘争に有利な形質や異性に選ばれる指標となる形質の進化が起こる。

<選り好みの進化>

選り好みの定義を再び確認。一方の性の個体が示す行動で、その行動の結果、他方の性の個体のうちの一部のものに、他の個体より多くの配偶のチャンスをもたらすような行動

①選り好みを大きく二分せよ

資源 (=縄張り、エサ) の提供があるかないか。資源の提供があるときはその質が判断基準となる。

②選り好みが進化するのはどういうときか

選り好みをすることがメス自身の生存率や、産卵率、生んだ子供の生存率等に直接影響するとき。

以下は、選り好みの例である。

a:メスが自重の70%の重さのオスを選ぶ

産卵に必要なオスを担いでメスは泳ぐ必要があったから

b:ツマグログガンモドキのメスの配偶者選択

メスは表面積16mm²以上のエサを持つてくるオスを選り好む

ここで究極要因の問い、「なぜ資源の提供がないのに選り好みをする生物がいるのか」

Ex.

グッピー：メスがおなかで卵を孵すのでオスは卵の世話をしない。また、たくさん集まって住む。そのためオスが何かメスに提供するものがあるわけでもない。なのに、オスは捕食者のあるなしに応じて派手になり、メスが選り好んでいる。

ソードテイル：オスだけが長い尾を発達させる。そして長い尾のものをメスが好む。

その他アズマヤドリ（求愛の舞台となる東屋を作る）やスゲヨシキリも挙げられる。

上記の問いを説明する仮説を三つ答えよ

イ)

①一つ目の仮説は一体如何なるものか

優良遺伝子仮説。

資源の提供がなくても、「遺伝子」は提供される。だからメスは「遺伝子」を選り好んでいるのではないか（資源ではなくてもオスからメスへ受け渡されるものに注目した）

つまり、メスが自分の子供の適応力を高めるような遺伝的形質を持つオスを選んでいるという考え方。

ただし、遺伝的適応力の高さは直接みることはできない。なんらかの指標が必要。それが、長い尾羽や美しい飾り羽なのではないか。

②①に対する疑問

- ・ 遺伝的適応力の高さが正直に宣伝されているか（遺伝的適応力とは関係のない形質でメスを選んでいることはないのか）
- ・ メスが果たしてその指標を選んでいるか
- ・ メスの子供に適応力の高さが本当に遺伝するのか

③②に対する研究(by Zahavi,1975)

長い尾羽、美しい飾り羽などの形質を十分に発達させることは、生存上不利であるが、それはハンディなので、非常に生存力が高いことを示している。

（長い尾羽などを持っていると→その形質を発現させるためのコスト&身の危険）

ハンディキャップ形質：生存力が高くないとそのような形質を発達させることはできないので、“やっかいなもの”であればあるほど、その個体の遺伝的適応力の高さを正直に宣伝していると言える。

メスがそのような形質を手がかりにオスを選り好むことで子供に遺伝的適応力の高さが伝わる。

シュモクバエの眼柄(David, et al.)

オスの長い眼柄に対するメスの選り好みがある。

メス：餌条件にかかわらず、目の幅はほぼ同じ

オス：目の幅が餌条件に大きく依存

オスの目の幅がオスの生存力の強さを正直に表すハンディキャップ形質であり、メスがそれを指標として配偶者選択を行っていることをこの研究は示唆している。

ここで改めて、遺伝的適応力の高さとは何であったのか。

何か一つの最適な性質に収束すると想定すると、選り好みを働かせる余地がなくなるのではないか。

それとも、遺伝的適応力の高いタイプが次々と変化していくのだろうか？

④これに対する一つの仮説を提示せよ

「パラサイト・モデル」(Hamilton & Zuk, 1982) ← 寄生者への抵抗性に注目した説

ある時点で有利なタイプがあったとしても、時の変化とともに有利なタイプが変わるかもしれない。(その時々で蔓延している寄生虫も変わってしまうし。)

その時、その時に有利な形質を持つものが尾羽などを発達させる(派手にする)ので、メスはそこだけで選り好みを続ければ良い。

しかし、この実証のための実験は困難を極めた。(派手さとは？寄生虫の蔓延度？)

ロ)

①二つめの仮説とは何か

ランナウェイ仮説(Fisher, 1930)

↑一言で説明するのは難しい。最初は優良遺伝子仮説っぽいが後で変わってしまう。

- ・オスの形質(派手さなど)に遺伝する変異
- ・平均より少しだけ派手なオスが生存力も高い。
- ・その形質を選ぶ(派手なオスを選ぶ)というメスが現れてくると、その子供の生存力も平均より高くなる。

メスの選ぶオスの形質が生存力に関わっていてそれが子供に伝わるという点では優良遺伝子仮説に近い。

そのようなメスの息子は派手な形質になり、娘は派手な形質を好む。

生存力が高いので集団に広がっていき...

派手な形質をもつオスはそのような形質を好むメスが多いので子供を多く残す。

派手な形質を好むメスは孫の数が多くなる

「選り好み遺伝子」と「好まれる形質」がセットになって進化。

こうなると、生存力が高いから広がるのではなく、メスに好まれるから広がる。

派手な形質は、生存力の高さとは関係なくとも、また生存力を下げようとも、多くのメスに好まれるために発達し維持される。

(生存における不利さと繁殖における有利さがつりあったところで発達は止まる)

再びグッピー

オスが派手な集団はメスも派手好み

オスの派手な形質とメスの選り好みはヒッチハイクして進化したのでは？

派手でメスに良く選ばれるオスは実験室などに入れられた補食圧が低いところでも生存率が低い（しかもこれはグッピーのもつ遺伝子のために死にやすい）

→ランナウェイ仮説？

自然界においてはイ、ロどちらもありえる。

また、ランナウェイ仮説でも初めのプロセスは優良遺伝子仮説に似た方法で選り好みが出る。

ハ)

① 3つめの仮説はなにか

感覚便乗モデル

メスが繁殖とは全く関係のない事態で発達させた感覚を、オスがあとから利用して求愛のために使う。

例：トゥンガラガエルと近縁なカエル

オスの鳴き声に対するメスの選り好み。

求愛としてその種が使っていない鳴き声（「クワッ」）にメスは反応した。

これは、祖先がその鳴き声を使っていたためそれが残っていてメスが反応したと考えられる。

ソードテイルと近縁なプラティ

その種には存在しない黄色のプラスチックの尾びれにメスが反応して選り好んだ。

<隠れた配偶者選択>

例：ニワトリのメス

順位の低いオスの精子を選択的に対外に排出。強制的にオスに交尾をさせられたときにそれを避ける。

<オスによるメスの選り好み>

例：

ヨウジウオ：からだが大きく、性的な飾りの発達したメスを選ぶ

モルモンコウロギ：オスがメスに大量の栄養物質を渡す。そのため、オスの潜在的繁殖速度が遅くなる。

そこで、からだの大きいメスを選り好む。

<一夫一妻の種における両方向性の配偶者選択>

エトロフウミスズメ：前頭部の飾り羽を両性ともに選り好み

ペアを形成するときの一夫一妻

<一夫一妻の種におけるつがい外交尾>

DNAの分析で明らかになった「つがい外交尾」

調べられた鳥の70%以上。

メスの選り好みのひとつのあらわれ。オスによる選り好みも行われる。

アズマヤドリ：若いメス、オレンジ色のスポットの大きさ、年上のメス、求愛ダンスが活発。

First Step: 東屋の状況を見て、次のステップにオスを進ませるか判断

Second Step: 求愛ダンスを見て判断するメス。

若いメス／あずまやの飾りで判断

年上のメス／東屋の飾り＋求愛ダンスの激しさを判断。

<オスとメスの対立と葛藤>

オスとメスの間の、配偶を巡る進歩的対立。(次世代を作るのは共通の目的だから、最後は協力するだろうと従来考えられてきた)

①子殺し、卵つぶしについて説明せよ

オス(メス)にとっては適応的な行動であっても、メス(オス)にとっては自分の子供を殺されること。どちらとっても適応的という行動がなされていない。

②ナンキンムシのメスの交尾回数と生存率について説明せよ

ナンキンムシの交尾方法：オスはメスの腹部を破って血液に直接精子を注入／メスにとって交配は大きな負担
最後に受精したオスの精子が使われるので、多数回交尾をした方がオスにとってはお得。
一方メスにはとくにメリットはない。それどころか多数回交尾によって生存率が下がる、

※マメゾウムシも似た感じ

③メスにとって多数回交尾が適応的である場合の可能性は何が考えられるか

受精確率の向上／資源獲得、父性の攪乱／隠れた選り好み(複数のオス由来の精子を取り入れた上で選り好む)
ただ、最後のものは本当に選り好みがなされているのか、それとも精子間競争が行われた結果なのか分かりにくい。近年研究が進んでいる分野の一つ。

この場合、オスによる「配偶者防衛」はメスにとって非適応的(後述)

<精子間競争>

メスの積極性があるかに関わらず、なんらかの理由で複数のオスとの多数回交尾がおこる場合がある。
それが精子間競争。

①精子置換

交尾期の先の多様な鉤状の付属器官をつかって、前のオスの精子の塊をかき出す。

ただし、それができない動物も当然いる。

②そのときに起こるのは何か

精子の生産量の増大

精子間競争が起こる哺乳類では一回に放出する精子量が、そうではない動物よりも多くなるように進化する。

他個体の精子を殺す毒の製造。

「攻撃毒」「防御毒」で他のオスの精子を殺す。

オスにとっては適応的だが、メスにとっては非適応的。

→メスは対抗して「解毒剤」を進化させる。

オスとメスの利益の対立→「進化的軍拡競争」

例

黄色ショウジョウバエのオスの「防衛毒」と、メスによる解毒剤の進化的軍拡競争

オスは毎世代繰り返される精子間競争を勝ち抜かなければいけないのでどんどん毒が強くなる。
ここで実験上、メスの対抗進化が起これない状態を作ると、なんとオスの毒でメスが死んでしまった。

<配偶者防衛>

①配偶者防衛とは何か

赤とんぼがメスの近くを飛ぶとか。

オス間競争のあらわれ。

メスが他のオスと交尾する事が適応的であった場合、オスとメスの対立のあらわれでもあるかもしれない。

<協力的な行動の進化>

行動の利益と損失で分類した社会行動の種類。

| | 行為者 | 受け手 |
|-------|-----|-----|
| 利己的行動 | + | - |
| 相互扶助 | + | + |
| 利他行動 | - | + |
| 意地悪行動 | - | - |

意地悪行動はなかなか見られない。

①利他行動の定義を説明せよ

自らの適応度を下げ、他個体の適応度を向上させる自己犠牲的な形質。

なぜ自らの適応度を下げてまで他者の適応度を上げるような行動がなぜ進化するのか？

(×種の保存のため←現在の進化生物学では取られない。よく該当箇所をチェックすべし)

さらに、この利他性というのは人間だけの美德ではない。

例：社会性昆虫 蜂や蟻の仲間

不妊カースト（自分は生殖活動に関わらず、別の個体の子供の世話で一生を終える）

②利他性の進化を説明する代表的な理論について2つ

血縁淘汰：血縁者に向けられる利他性 / 互惠的利他行動：非血縁者に向けられる利他性

③一つ目の理論について説明せよ（名称/着目したもの/内容）

血縁淘汰と包括適応度（Hamilton, 1964）

形質そのものではなく、それをコードする遺伝子に着目。

その遺伝子を持つ個体の適応度の平均がそれをもたない個体より高ければ、その遺伝子の集団中での頻度は高くなる。

一部の個体が自身の生存や繁殖の機会を犠牲にし、同じ遺伝子を持つ他個体の繁殖を助けることで、結果的

にその遺伝子の平均適応度が高くなり、集団中での頻度を増やす。

血縁者の生存や繁殖の成功に影響する形質の進化

包括適応度 (inclusive fitness)

$$w + br - c$$

($w > 0$ のとき、つまり $br - c > 0$ で利他行動は進化)

w は利他行動に一切関与しない場合の適応度

b 利他性がもたらす利益

c 利他性のコスト

r 血縁度

(助けた相手と自分が共通の祖先から受け継いだ稀な遺伝子を共有する確率)

④③の状況証拠を挙げよ

例、ベルディングスの警戒音

血縁者の多いメスがオスよりも警戒音を発する。近くに血縁者がいると警戒音を発する、

例、シロビタイハチクイのヘルパー

適応度に応じた手伝いをする

例、血縁度の高い群れで生活する生物での不妊カーストの進化

アブラムシの仲間、テッポウエビ、ハダカデバネズミ

もし、利他行動が確実に利他行動をコートする遺伝子だけに向けられたら...

⑤血縁識別とは何か (内容/大事な言葉)

多くの生物でみられる血縁識別のこと。

表現型マッチング: 化学物質など

同居の効果

⑥緑ひげ効果とは何か

「ある利他行動が、確実に利他行動を引き起こされる遺伝子をもつ他個体にだけ向けられる」 ($r=1$)

“確実に利他行動を引き起こされる遺伝子” = 緑ひげ、のように外見で認識できる場合

細胞性粘菌 キイロタマホコリカビ

csA という遺伝子が緑ひげ遺伝子では?

$$b > c$$

ならば、そのように進化しうる。しかし、利他行動の説明としてはあまりに非現実的、と考えられていた。

A が B に利他行動を行う場合のプロセス:

A と B 同時に発現 → A が B の “緑ひげ” を認識 → 利他行動を B にだけ向ける

キイロタマホコリカビ

子実体を形成する。そのとき、柄の部分は上を支えて個体を作らないという利他行動をする。

緑ひげ遺伝子を持っているいないによって、柄の部分になるかという利他行動を取る。

<互恵性>

① どういうものか

利他行動の行為者が、次に利他行動の享受者となる。非血縁者間の利他行動を説明できる。

互いに利他行動を行うことで、利他的な個体がそうでない個体よりも平均適応度が高くなる→利他行動が進化

cf. 相互扶助行動との比較

例、掃除共生

お互いにプラスになるような行動を同時にする。それは自分にとってもプラスになっている。

互恵性においては双方が同時に利他行動を行わないので「裏切り者」の問題が出てくる。

利他行動を受けるが自分はしないということが、適応度は一番高い??

② 互恵性の進化の条件

- ・ 半ば閉鎖的な集団においてお互いの関係が長く続くこと
- ・ 互いに個体識別し、過去のやりとりを記憶できるような何らかの認識能力を持っていること
- ・ 行為者の損失が受け手の利益に比べて小さいこと（行為者の損失-1、受け手の利益+2 のような状態）

自然界における確固たる実例は少ない。

- ・ 進化の条件が厳しい
- ・ 実際上の理由

血縁淘汰との区別が困難。本当に利他行動なのか（血縁淘汰でも同じだけど）。

コストと利益の定量化の難しさ（前にやった b, c についての話と似ている）。

違う通貨問題：コストと利益が違う形式でなされるとき、定量化が困難

（ある時は子育てを手伝い、ある時は外的から守るなど）

例：チスイコウモリの餌の分配

3日間血を吸わないと死ぬが、失敗率が高い。

そこで行われるのが血の吐き戻し行動。血の吐き戻し行動は特定の個体間で互恵的に行われている。

血を吐き戻すコストよりも血をもらう利益の方が大きい。

ある量の血をあげた個体が餓死に近づく割合 a と、死にそうな個体はその量の血をもらって餓死から遠く割合 b を比較すると $a < b$ 。

その他 なかなか確固たる証拠が見つからないもの

ハムレット／霊長類／ライオン（肉をあげる⇔守る）／ミーアキャット

<ヒトと利他行動>

ヒトの進化過程においても利他行動は重要であったはず。

利他行動に関してヒトが備えているはずの心理メカニズムとは。→4枚カード問題(cf.教科書)

4枚カード問題：同じ問題でも、その問題を与える文脈によって正答率が変化する。

人間の社会契約の生物学的基礎とそれに適応したメカニズム。

社会契約の基本原則 “利益を受けるためには代償を払わねばならない”

代償を払わずに利益を受ける “フリーライダー” を発見するような「心理メカニズム」を持つように強い淘汰が働いてきたのではないか。

つまり、私たちは裏切り者を見つけやすいように出来ているのではないか。

囚人のジレンマゲームによる検討（プレイヤー1から見て）／教科書も確認しておくこと

| | | プレイヤー2 | |
|--------|-------|--------|-------|
| | | 協力 C | 裏切り D |
| プレイヤー1 | 協力 C | R | S |
| | 裏切り D | T | P |

$T > R > P > S$ かつ $2R > T + S$

一回しかしないならお互い裏切るのが一番。

長くこのゲームを続けるとすると...

おうむ返し戦略が一番良いとわかった。

しかし...

おうむ返し戦略ではミスで裏切りをしてしまった場合收拾がつかなくなる。

<その他>

社会的ジレンマ：自分が裏切った方が一番お得??

感情の進化：相手に〇〇をした、△△されたということをどっぷり勘定している私たち。互惠性によって感情が進化？

利他行動は倫理観の問題ではなくて、利他行動が進化するとはどういうことかという問題設定。

間接互惠性：直接的なやり取りだけで互惠性が成り立っているわけではない。評判などが互惠性を維持しうる？

社会科学への進化的視点の導入

試験について：

〇〇について説明してくださいという大問が小問に分かれる（Ex. 潜在的繁殖速度とは？）

その他、考察せよという問題がでる。（そのとき、授業内容や教科書内容を引用しながらという限定がつく）

持ち込み不可。試験範囲は授業内容のみ教科書の試験範囲：授業内容との対応部分。

ツマグログアンモドキなどの授業中の実証例を押さえておくことは大事だが、研究者の名前は覚える必要はもろろない。

教科書を読んでおくと書きやすくなる。