

進化およびヒトの起源は 講義でどう理解されたか

How Evolution and Human Origins were Comprehended in a Lecture?

桜井 道夫

まえおき

札幌学院大学には国内研究員という研修の制度があり、そのなかに在宅研究員というのがある。2012年度に研究題目の一つとして「自然人類学講義のための人類の進化と生態学」を掲げ申請した。申請書に「今行っている講義、なかでも「生態学」を今の学生にも何がしかの記憶に残るようなものにする工夫を考える。また過去には、自然人類学・生態人類学に興味をもって研究の1部としていたこともあるので、「自然人類学」の講義が可能となるよう準備をしておきたい」と記した。申請は認められたが、近年の自然人類学、なかでも「分子人類学」というべき研究が進展している状況において、半年ではとても空白を埋めることができなかった。

私が行っている講義に対する最近の聞き手の反応はさながら「笑ってもらえぬ落語」状態である。申請書にも記したように、4～5年前から講義が無駄になっているとひしひしと感じている。何とかできる糸口はないかと思ひ、まず講義で話したことがどの様に理解されたのか、過去に実施した期末試験の解答文を検討し、最近の試験結果と比較してみようと思ひ立った。

私は現在札幌学院大学の社会情報学部に所属しているが専門の講義やゼミを受け持っており、専ら共通科目の生物学の領域と環境

科学関連の科目の講義を行っている。講義を受けた学生がどう捉えどう理解したかは別として、これらの講義において、自分なりに独自に思っている、現象に対する理解と考えを自由に話している。進化については『生命科学』という講義の冒頭において生命とは何かについて話す際に、生命の特徴の4つ目として、多くの研究者も言うように「進化する」をあげている。そして「本質的に生物というものはコピーを続けていくうちに遺伝的変異が蓄積していき変化していくものだ」と言っている。「進化」については、進化学と関連の深い『生態学』においても幾つかの関連するテーマについて話している。もうひとつの『生物進化』という科目においてはその名称の通り進化を中心に据えて話している。講義の前半は地球と生命の歴史、後半が進化機構論（どのようにして進化が起きるか）となっている。進化機構論には3つの主要なものがある。それは、ラマルキズム、ダーウィニズム、中立説である。講義ではこれらがお互いに何がどう違うのか明らかにした上で、3つの進化のメカニズムによって「ジラフの首」その他、時にはヒトの進化、というよりヒトの特徴の起源の説明がそれぞれどうなされるのか話してきた。

以前人文学部に所属していたとき、「人間学概論」という講義の一部を受け持っていた。講義は「自然人類学」の一部のようなものであったが、その当時1970年代末から1980年

代にかけて「社会生物学論争」というのが盛んに行われていたので、“人間の本性”（これはヒトという生物としての本性、つまりヒトの遺伝的特質のこと）という中味で、この解説をテーマのひとつとして行っていた。その後本学の共通科目には『文化人類学』と並び『自然人類学』が開講されていた。ところが担当者が不在になったためにしばらく休講のままになっている。これを何とか復活させたいと常々思っていた。そして前述のように半年間の研修が与えられた機会を活用し講義内容を固めるために、ここ10数年の間に進歩した人類学に関する知識、なかでも生物としてのヒトに対する遺伝的な認識の広がりや深化について多くの知見を得るように努めた。しかしながら分子進化学からのアプローチにおいても、化石にもとづく研究分野でも大きな展開がもたらされており、半年ではもはや個人的にはカバーし切れない状況になっていた。そして『自然人類学』の題目のもとでどの様な講義を行うのかについて明確な構想を持つことができなかった。さらにネット上に公開されている各種生物のDNA塩基配列の解析その他を行うといった新たな分野の研究、バイオインフォマティクスが大きく進展してきた。結局、『自然人類学』構想は固まらず、残念ながら開講をあきらめざるをえず、私が担当している既設の科目の講義の中で進化的観点からヒトの特質や行動様式、本質についての考察を加えることとした。そして、今まで進化についてどの様に講義をしてきて、それに対して聴講した学生がどう反応し、どう理解したかについて考えてみたい。

講義の概要 — シラバスより —

授業のねらい

“我々はどこからきたのか？”あるいは“どうしてなぜこのようにここにいるのか？”という問いは、どの時代においてもなされてきたし、これからも問い続けられるであろう。

こうした問いに答えるひとつのアプローチとして進化的説明がある。前半は生物の歴史について話し、後半は進化機構論を取り上げるが、誤解されることの多いダーウィニズムを中心として話していく。

履修者が到達すべき目標

- (1) この宇宙における自分の存在について深く考える。
- (2) 地球と生物の変遷について、その概要を知る。
- (3) 生物の各種にはそれぞれの進化があるということを理解し、人間中心の考え方から離れられる。
- (4) ダーウィニズムを理解でき、ラマルキズムとの違いを認識し、「ダーウィニズム革命」といわれる所以を知る。
- (5) 分子進化に関する基礎知識を得る。

授業内容・計画

1. 生命は物質でできている
2. 地球の誕生
3. 生命の起源
4. 生物の歴史と地質時代区分
5. 原核生物と真核生物、真核生物の共生起源説
6. 多細胞生物の歴史
7. 脊椎動物の歴史
8. 恐竜
9. 大量絶滅
10. ラマルクとダーウィンの進化機構論
11. メンデルの法則とDNA
12. 進化総合説
13. ハーディー＝ワインベルグの法則
14. 分子進化の中立説
15. 分子系統樹

講義の要点

最初に話す事

1. 生命とは何か

我々は地球の生命しか知らない。その範囲で生命の特徴をあげることができる。①入れ

物をもつ、②自己維持機能をもつ（代謝機能をもつ）、③自己複製、そして④として「進化する」。これらのうち何が最も重要かについては意見が分かれるところであろう。ここでは生命とは死なないようにしているシステムであるとして、生きていることについて話している。生物は単細胞のものは細胞が受けた傷を修復し、多細胞では多細胞として膨大な細胞の死と更新により個体が存続していく。それでも、個体はいずれ壊れていくので、自分と同じものを産んでおかねばならない。生きているという生命の基本単位は細胞とされており、細胞は細胞から（細胞説）つまり細胞分裂によって増殖する。そのためにDNA（ゲノム）の複製をしなくてはならず、その際に僅かながらコピーミスが生じそれが伝わっていき、ゲノムが変化していくのは避けがたい。したがって完全なる自己複製はありえない。これが進化でありもとの個体はもう存在しない。細胞分裂の繰り返しに加えて、ライフサイクルの一時期に2個の細胞が合体（つまり細胞数はむしろ減少する）して二重にゲノムを持つようになった。安全のためにスペアを持っておくというそれなりの有利さがあったのかもしれない。有性生殖は積極的に新たなゲノムをもつ多様な個体を創出する方法であり、一つの受精卵に二個体分のゲノムが1/2ずつ含まれている。しかしその受精卵に引き継がれるのは半分だけであるともいえる（親と子の血縁度^(註1)0.5、同一個体をなす細胞間の血縁度は1）。自分の子孫を出来るだけ多く残しておくということが生物の基本的な役目というか特質とでもいうべきものなのに、有性生殖によって積極的に自己でなくそうとする。有性生殖がどういう環境条件のもとで有利になりえるのか完全には解っていない。「寄生虫説」が有力とされるが、個人的には対ウィルスではないかと思う^(註2)。

こうして私という個体は私に固有なゲノムを持って生まれた。私という存在は唯一無二

であり、過去になかったしこれからもない。過去に遡って父母、祖父母とたどっていくと、私の先祖は2人から4人、8人と倍々になっていく。つまり無数の人に由来するゲノムの混合物が自分なのである。

質問紙 {009} への応答——以下 {番号} のみで示す。

オスとメスに分かれたのは随分古い時代に遡るらしいが、それがいつかはわからないだろう。ワンセットのゲノムのツーセットへの結合と分離、他のワンセットのゲノムとの再結合という性的プロセスは遺伝子（群）の組み換えの一種であるが、バクテリアには全てではないにしても、すでに遺伝子（群）を交換する性的過程があったのではないか？

{022, 023} ライフサイクルのうちどれくらいの期間が一倍体であるかは生物種によって異なる。一時期に専ら単為生殖によって盛んに増殖する動物も多い。膜翅目（ハチ目）などの昆虫では、卵が受精しなければオスとなり、授精すればメスとなる。これを半数倍数性という。

{033, 042} いかにか確率が低くても、その偶発の事象が起きてしまえば必然となって、そこから始まる。

生命の特徴のほかに、「生命の定義」というのがある。これはこういう機能をもつ物質系であれば“生命”とみなせる条件のことであろう。これならば地球外の“生命”を知らなくても、定義はできる。例えば、

・NASAの用いた定義 (Joyce, 1994)

Life is a self-sustained chemical system capable of undergoing Darwinian evolution.

（生命とは、ダーウィン進化を受けることが可能な、自己保存的な化学系である）

・ Ruiz-Mirazo et al. (2004) による定義
 ‘A living being’ is any autonomous system with open-ended evolutionary capacities.
 (「生きている物」とは、自由に進化する能力を有した、あらゆる自律的な系である)

・ Oliver & Perry (2006) による定義
 Life is the sum total of events which allows an autonomous system to respond to external and internal changes and to renew itself from which in such a way as to promote its own continuation.
 (生命とは、外的小および内的変化に応答し、自己の存続を推進するような方法で自己を更新する自律系を可能にするような事象の総和である)
<http://www2.tba.t-com.ne.jp/nakada/takashi/origlife/>

{002, 045} 生物は相手が生物であることを無条件に感じ取ることができるのかもしれない。従属栄養生物の場合、食物として摂取するのは生物あるいは生物に由来する物質であるから、少なくとも親が子の世話をしない動物では、何が生物かどうかは生得的にわかるはずだ。単食性の動物、たとえばごく狭い種類の植物しか食べない蝶や蛾の幼虫などは、食べ物となる植物特有の臭いに反応するようにできている。なお、傷口に卵を産むハエがいる。

地球外の生命を探するには宇宙はあまりにも広すぎる。我々の所属する天の川銀河には数千億個の星があり、宇宙には数千億以上の銀河がある。近傍の恒星までも数光年の距離があり、とても地球外の生物と交信はできそうにない。しかし我々が生きている地球は宇宙にあり、我々は宇宙によって産み出された宇宙人でもある。

2. 進化論について

この講義では3つの主要な進化機構に対する理論—ラマルキズム、ダーウィニズム、中立説—を取り扱う。まず「ダーウィンの進化論」について、以前ニュースキャスターの筑紫哲也が存命中のころ、報道の一つとして「ダーウィンの進化論」に反対する人たちの活動について報じられたことがあった。中味は「ダーウィンの進化論」に反論するというものではなく、「進化」そのものの否定・拒否を標榜する宗教家たちの活動の話であった。生物が進化するという考えはギリシア時代からあり、C. ダーウィンより一時代前にはラマルクがいて、C. ダーウィンの祖父 E. ダーウィンがいた。2009年には『種の起原』出版150年に因んだ催しものが各地で開かれた。日本でも博物館で展覧会が開かれ、思ったより盛況であった。この年にダーウィンの伝記映画が作られたが、上映反対運動に逢い、中止となった事が報じられた。日本では信じられないことであるが、アメリカでは40%以上の人々が「進化」を否定しているという。進化学の主流は「進化総合説」とされる。これはダーウィニズムとメンデルイズムが対立を経て統合された理論である。簡単にいえばランダムな遺伝的変異、突然変異と自然淘汰によって遺伝的形質が、結果として適応的に変化していくというものである。環境により適応しているものがより多くの子孫を残し、より多くの子孫を残す個体は適応度が高い。しかし実際の進化の説明には適応的変異についてはラマルク的に説明されている。例えばジラフ(キリン)の首では、高いところの葉を食べるために長くなった。あるいはヒトでは二足歩行となって手が自由になり、道具を使用する事により指先が器用になり、脳の発達が進んだ等々、である。一般に「進化」といっているのは進歩・発展を意味するラマルキズムの進化観からである。

宇宙論における「人間原理」では、この我々

が認識する宇宙というものは、宇宙を認識してくれる“知的生命体”を生み出すために設計されたかの様に「進化」し、作られてきたとする。つまり進化には到達目標があり、地球においては進化の過程を経てヒトが発生するのは必然であるということになる。ヒトを進化の最高峰とし、ヒトに至る道が進化のプロセスとする考え方はラマルキズムと共通する。ダーウィニズムには理想的な到達点がなく、個体が夥しく死んでいくという犠牲を払って、定まった方向性がなく行き当たりばったりではあるが、たまたま特定の方向にレールが敷かれ変化していく。

ラマルクの主張に応じて獲得形質の遺伝を認める理論はネオ・ラマルキズムというが、セントラルドグマ以来、DNAの変化がないかぎり進化も起きないということは認めざるをえなくなった。ラマルキズムもダーウィニズムも適応的变化を考えるが、ラマルキズムにおいては遺伝子の変異はむだなく適応的な方向に生じるが、ダーウィニズムでは遺伝子の変異はランダムであり、方向を決めるのは自然淘汰である。

地球の誕生から大量絶滅まで

1. 生命の起源

地球が生命の存在できる環境にどのようにしてなったかは、多くの著作で述べられている。地球上の生命が誕生した場所についてはいくつかの説がある。どこで誕生したにしろ生命と生命の宿る星とはその元素組成は似ているであろう。生物を成立させている物質は特に珍しいというわけではない。例えば炭素と水素、酸素などである。ミラーの実験(1953)によってアミノ酸などの有機物は予想に反して簡単に生命の関与なしに生成されることは示されたが、その後の地球形成モデルでは、原始地球大気は極めて反応し難い組成とされており、地球外で生命の材料が作られたとか、地球では海底熱水噴出孔(熱水活動域)付近

ではないかと考えられている。

「化学進化」はいまでも生命誕生の主要な理論であり続けている。オパーリン(1923)による生命誕生のプロセスには、単純なものから複雑なものへというステップが想定されている。そこではエネルギーを取り出す代謝経路はどの生物にも共通する「発酵」という土台の上に成り立っていることから、より単純な従属栄養生物(原始細胞)が先に誕生したとする。それらが無生物的に生成される有機物を取り込み利用していたとしたならば、相当濃厚な「原始のスープ(有機のスープ)」を常時必要とするだろう。この想定に対して、最近の研究では最初の生物は化学合成を行う独立栄養生物だったのではないかと考えられている。これはニワトリが先か卵が先かという問題のひとつである。タンパク質(タンパク質ワールド)が先かRNA(RNAワールド)が先かという議論もそのひとつである。その他、生命誕生の解明をめぐるっては幾つもの難題がある。例えば、ホモキラリティー問題がその代表である。

2. 真核生物の共生起源説

L. マーグリスによって唱えられた「真核細胞の細胞内共生起源説」について、本人は核までが外部から入ったとしているが、それは行き過ぎである。少なくとも、細胞内という環境を外部とし、独自のDNAを持ち自己増殖する、ミトコンドリアと葉緑体はそうであろう。しかし核をはじめ、真核細胞の構造的な特徴である小胞体という膜系の発達は共生では説明できない。生物の間にはさまざまな細胞レベルでの共生段階にあるものが多数存在する。上記の海底熱水噴出孔付近でも、体や細胞の中に化学合成バクテリアを住まわされている。同じような共生体は地球表面の海に造礁サンゴが、陸に地衣類がいる。これらの共生体は、生態学で言う「生産者」と「消費者」

が一体となっている。ウミウシの仲間には藻類の葉緑体のみを細胞内に取り込み、光合成を行うものがある。また、共生と寄生、捕食は明確に線引きはできない。生物間の相互関係は様々であり複雑である。

{069, 074} この質問に関しては、講義で触れている。寄生しようとして他の細胞に入り込んだのか、それとも餌として飲み込まれたのかどうか分らないが、結果としてギブアンドテイクの共生関係になっていった過去の過程がある。まず共生でなくとも共存できたという段階があったであろう。共存できずにどちらかが、あるいは両者とも絶滅した種間の相互作用が多数あったのかもしれない。現代に見られる生物群集において、敵対関係にあるような種間の相互作用、捕食—被捕食関係、寄生関係なども含め、全て共存していると捉えることができる。他の生物なしには存続できないヒトもまた寄生者ということができる。

3. 多細胞生物

多細胞生物とは、本来ばらばらに生きている生物が細胞分裂し増殖したのちも独立した生活をせずに集合したまま、一つの個体として自己維持している存在である。限られた空間の中で多数の細胞を立体的に収容できるシステムである。ただこういう生き方もあるということであって、単細胞のまま存在を続けているものより優れているということはない。多細胞生物によって新たな生活の仕方が付け加わったのである。

{071} 原核細胞は体積にして、真核細胞のおよそ1/1000から1/10000くらいの違いがあって推定はできるが、多細胞個体においては綿密なコミュニケーションと分業に基づく細胞社会を構築する必要がある。多細胞になる前にある程度のシグナル

伝達系は存在したらしいが、やはりエネルギーを大量に消費する真核細胞でなければならなかったであろう。バクテリアの一部には細胞の集団（コロニー、群体）を形成するものもある。

{072, 073} 講義の聞き違えと「群れ」と群体の混同。E. O. ウィルソン『社会生物学』に述べられている、社会性進化の三つの頂点、群体（例クダクラゲ）、社会性昆虫、そしてヒトについて話したことが理解されていない。板書を見ただけでは当然なのかもしれない。

4. 恐竜の絶滅

恐竜はその頭骨の特徴により爬虫類のなかの双弓亜綱に分類されている。双弓類には現存するトカゲやヘビ、ワニそして絶滅した翼竜、魚竜、首長竜が属する。恐竜は他の爬虫類とは異なり、肢が胴体から真下に延びていて、胴体が地面につく腹這いのような歩き方はしない。こうした肢の付き方は恐竜の他に鳥類と哺乳類にも見られる。恐竜は現存の爬虫類よりも活発に走行していた。活発な行動を可能にするため、特に捕食者は恒温動物であったとする説がある。恐竜の原型は二足歩行で、後に四足歩行の恐竜が登場する。ヒトの特徴は直立二足歩行とそれに適応する様々な形質である。恐竜の二足歩行は水平に伸びた胴体を支えてなされるのに対し、ヒトの直立二足歩行は肢と体幹が直立しているという点で違いはあるけれども、同様に“両手”は自由に使える。大きめの脳をもつ二足歩行の恐竜がいて、絶滅という災難がなければ脳が発達し文明を築いたかもしれないと想像されたりした（ドラえもん『のび太と竜の騎士』など）。恐竜が登場してから2億年近く経ても、文明を築けるほどの特に目立って大きな脳をもつ恐竜は登場しなかった。二足歩行が脳の発達を促すとはいえない。鳥では二足歩行のまま、前肢が翼に変化した。なお鳥は恐

竜の唯一の生き残りと思われるようになってきた。

魚竜や首長竜、翼竜は恐竜ではないが全て絶滅した。さらに恐竜にもつばら関心がもたれる事が多いけれども、種のレベルでの絶滅は70%に及ぶ。有名なものでは地質時代を通じて生き抜いてきたアンモナイトも絶滅している。大規模の絶滅（大量絶滅）は過去に5回ある（ビッグ・ファイブ）。その要因として寒冷化、海水面の低下（海退、これは寒冷化して氷河が発達しても起きる）、海洋無酸素事変、隕石衝突などがあげられている。しかし5回の大量絶滅すべてに共通する地球の事変はないようである。強いてしうて言えば寒冷化であろうか。大規模な火山活動説や、いまや有名になった隕石衝突説があげられている。どちらも地球に長期の寒冷化をもたらす。古生代末と中生代末には大規模な火山活動が長期間続き、「洪水玄武岩」を残している。想定されている隕石衝突後のシナリオでは、衝突時に発生する災害そのもので瞬時に絶滅に至ったと思われる。また、こんな未曾有の災害に見舞われるなか、どうやって生き延びることができたのかということの方がむしろ不思議である。中生代末では特定の分類群に集中して全滅が起きている。例えば鳥類以外の恐竜、翼竜、魚竜、アンモナイトなどはすべて新生代まで生き延びることはできなかった。単に運だけによってはこうした偏った絶滅は起きない。生き延びた分類群の個体には生き延びられなかったものより適応度が高かったと言えるのではないか。

進化はどのようにして起きるか

1. ラマルキズム

生物が進化するということを主張するのみでなく、どの様にして進化をしたのか理論的に説明した最初の人物である。生物の適応を神の手にゆだねることはしなかったが、まだまだ宗教的な考え方が残っており、「存在の連

鎖」という考えや後のインテリジェント・デザインにつながる「デザイン論」の面影がある。それを示すのが進化をゴールがあるもの、進歩・発展ととらえたことである。

{089} 知能（あるいは脳）の発達が進化の方向であるわけではないし、知能が高い方が生存上有利だということもない。

{097} 枝分かれも絶滅もせず独立して進化をとげるといのはラマルクの進化論で言えることであって、聞き違えている。

ラマルキズムとダーウィニズムは共に、世代を重ねて受け継がれていく性質の変化が進化であり、適応的進化について説明するものである。ラマルキズムでは適応するような方向に必然的に遺伝的变化が起きると考えるが、ダーウィニズムではたまたまより適応した遺伝的性質をもつ個体の選択が繰り返される結果であるとする。

{100} ワイズマンによるマウスのしっぽ切り実験は獲得形質の遺伝を否定するものと評価されることがある。しかしこの実験は適応というものを無視している。マウスの尾が長いのは、それが生きていく上で必要だから、つまり適応的だからである。

2. ダーウィニズム

ダーウィニズムの4つの骨組み

- ①生物もつ過剰な繁殖力
- ②限られた資源をめぐる生存競争がおきる
- ③個体間には遺伝的変異がある
- ④自然淘汰（遺伝子型によって生存率が異なる）

これらのプロセスによって進化が起きるが、理想的なゴールというものがあるわけではない。進化=進歩・発展ではない。遺伝的変異は偶然であり、適応的な方向に起きることはない。

進化総合説の中核を成すといってもよい集団遺伝学では、集団（個体群）における遺伝子頻度の変化が進化である。

3. 中立説

河田雅圭（1990）はまず、進化とは“遺伝する、あるいは世代を越えて受け継がれる、性質の変化である”とし、さらに表現を拡張し、“その性質とは、遺伝するものであれば、個体の表面に出ている性質にかぎらず、表面には出ない DNA の性質や遺伝の性質も含まれる”としている。ここでは進化を必ずしも適応的なものとはみなしていない。この点で中立説（正確には「分子進化の中立説」という）に通じる。ただし中立説のいう進化（再び、正確にかつ限定していえば、分子進化）はもっとシンプルである。中立説はもともと酵素多型（アイソザイムともいい、分子多型に含まれる）の現象を説明するために提唱された。酵素に多型が安定的に存在しているけれども、そこには適応的な意味はなく、偶然にそうになっているのだと考えた。いまや中立説において進化とは“塩基配列の変化”のことだと言ってよい。塩基配列の決定が容易にできるようになる以前は、タンパク質のアミノ酸配列の変化が進化であった。ダーウィニズムにおいては進化速度の意味がよく解らない。進化とは世代を越えた変化であり、変化速度が速ければ「速く進化した」あるいは「進化速度が速い」という（真家，2007）。ヒトの脳が大きくなっていく傾向とかウマがウマになっていく過程などはよく進化速度の例にあげられるが、これらの場合何と比べて速い遅いをいっているのか不明である。中立説の考え方（定義？）によれば、進化速度は明確に計算できる。

分子進化の速度は、座位あたり一定の時間内におきたアミノ酸あるいは塩基の置換の数として定義され（宮田隆，2014），分子進化においては塩基配列の変化が頻繁におきるほど

進化速度が速いという。しかし塩基配列の部位によって変化速度は大いに異なる。塩基配列が変化するとその塩基配列によって作られる機能分子が損なわれる場合がある。そうした部位は自由に変化することはできない。その分子が特定の機能を果たす上で重要な部位の「機能的制約」によって自然淘汰を受け、進化速度は遅くなる。それゆえ自然淘汰によって進化が返って妨げられるという。例えばヘモグロビンとかインシュリンなどのタンパク質がその機能を発揮するには変化がなくてはならない部位があって、ヘモグロビンならヘモグロビン、インシュリンならインシュリンのままでなければならぬという範囲でいえる話である。これはある意味では何も変化してはいないので、進化ではないともいえる。生存上何の機能も果たしていない DNA の部位は自由に変化できるが、形質は世代を越えても変わらない。従ってダーウィニズムでいう進化ではない。ヘモグロビンが変化し、他の機能をもつ分子になることが進化するということではないのか。

さらに不思議に思う事がある。生物はある機能をもつ分子を他の機能を持つものとして度々転用（？）してきたらしいという事だ。同じように不思議に思える事がある。それは、免疫系において、体内に侵入してきた抗原に対する抗体が、数百万種はあろうかという免疫グロブリンの中から短時間で選択されるという現象である。

抗原に結合しそれを認識する抗体がどのように産生されるのかについては、かつて「指令説」と「選択説」がしのぎを削っていた時期があった。指令説は抗原のプロフィールに合わせるように、いわばオーダーメイドで作られるのだという説で、選択説はランダムに作られた著しい多様性をもった抗体のなかからマッチするものが選ばれるのだという説である。もし指令説が正しければ獲得形質の遺伝が起きていることになる。しかし、選択説

が正しく、抗体を産出するB細胞が分化していくときにDNAの断片を組み合わせてランダムな抗体遺伝子が創られていることが判った。そして、何百万を越える多様性のなかから、相手にフィットする抗体が選択される。抗体遺伝子の多様性を生み出す機構は利根川進によって明らかにされた。

夥しい種類のタンパク質が存在し、また存在しうるが、そんなに多くない基本構造をもつパーツの結合の繰り返しパターンの変化によって多様性を産み出しているように思えることを、ヒトの顔の例にして説明している。顔も言ってみれば限られたパーツで出来ていながら、ある程度外見的な民族の特徴を感じとることができるし、おそらく何億というヒトの顔の見分けがつくであろう。すべて同じようであるが少しずつ違う。僅かな違いが大きい違いとして認識される。生物は少し違うが基本的には同じものどうし集まりである。

{010} ヒトの指が5本なのは先祖がたまたまそうなったからだ。同じ節足動物でも、ムカデやゲジゲジのように多数の足を持つものいれば、クモやダニのように4対を、昆虫のように3対もつものもある。どちらも現在生き抜いており適応的には同等だといえる。足は少なくともよいし多くともよい。たまたまそうならその体制で生きて行くしかない。生きて行けた物だけが今存在している。ただ言えることは、昆虫に飛翔能力が進化する際に足が少なくなったということである。

キリンの首は、生存上有利だから必然的に長くなったのではない。首が長くても生きられるようになっていったのである。首が長いことが有利だとすれば有蹄類全ての首が長くなって然るべきであろうが、短いままの種は多数いる。淘汰の方向が首の長い方向になされる。例えて言えば首が長くなる方向にルールが敷かれるようになったのは、たまたま現

れた首の長くなる遺伝的変異をもつ個体が他の個体が利用できない場所にあるものを食べることで生き延びることができたからだ(「食い分け」もしくはニッチの分割)。どういう適応の仕方をしていくか、あるいはどういう生活様式をすることになっていくか、どういうニッチを占めるかという道筋が決まっていく過程に関しては、中立説でいうように偶然の要素が強い。

「質問紙」について

数年前の講義から出席票の代わりとして、質問その他自由に受講者に書いてもらうために「質問紙」を講義時に配布している。この質問紙は田中一元札幌学院大学社会情報学部長が始め、その後いくつかの大学の授業で実施されたと聞いている「質問書」と同じであろうと思うが、それらがどの様に活用されているか詳しいことはわからない。

以下に質問紙に書かれていたことを、質問その他意味不明な文章も含め掲載しておく。これ以外に講義に対する要望とか、クレーム(板書の字が乱雑、汚いとか、ノートをとれるように板書して欲しいとか、聞き取りづらい等々)が書かれているが、講義の内容に関わる事ではないので、省略した。講義ではほぼ全ての質問に答えている。しかし、本稿ではその一部のみを紹介してある。

質問紙(生態学) 半期 15 回分

共通科目の『生態学』において、C.ダーウィンは一番最初に様々に繰り返し広げられる種間の相互作用に関心をもった学者であり、生態学の産みの親であることなどを話し、生態学と進化生物学は密接な関係にあることを強調している。使用しているテキスト(日本生態学会編『生態学入門』)には「自然淘汰」について書かれているし、適応度の説明がなされている。また、しばしば「共進化」についても触れられている。生態学も進化の観点なしに

は成り立たない。

- 001 生物にはたらく自然淘汰は、我々の考えからは想像もつかないものであると感心しました。
- 002 いつも疑問に思うのですが、花はどうやって昆虫がいると認識しているのでしょうか？ 花と昆虫の関係もよりくわしく知りたいと思いました。
- 003 キリン以外にも、環境に適応した動物は何ですか？
- 004 エゾオオカミはなぜ絶滅したんですか？
- 005 人間は自然淘汰されないのでしょうか。
- 006 植物でも競争があるとは思ってもいなかった。
- 007 種内競争って人でも起こりうる話ですか？
- 008 種内競争が最もはげしいのはどの生物ですか。
- 009 おすとめすはいつからわかれたのか。
- 010 ムカデの足はなんであんなに多いんですか？
- 011 チンパンジーがヒトになることってありえますか？
- 012 人類も当初ホモサピエンス以外にも生息していたといわれていますが共通のニッチだったのでしょうか。
- 013 鳥はなんで飛べるのですか。
- 014 ゴキブリの生命力はなんであんなに強いんですか？

質問紙（生物進化）半期 15 回分

- 015 バクテリアについてもっと知りたい
- 016 人に発見されずに減ってなくなってしまふ生物がいるのはロマンだと思いました。
- 017 先生はなぜここにいるのかという社会的な問を生物学からアプローチしていてそういう授業なんだなと思った。

- 018 絶滅生物はどうやって調べるのか？
- 019 生命がこれから今後必ず存在していくと思いますか？
- 021 人間に亜種って存在するんですか？
- 022 体細胞についてもっと知りたいです。体細胞は $2n$ なのに精子や卵子はなぜ n になるのかくわしく知りたいです。
- 023 精子 (n) + 卵子 (n) = 体細胞 ($2n$) この体細胞とは何なのかどういったものなのか知りたいです。
- 024 STAP 細胞とは？ iPS 細胞とは？
- 025 もし仮に STAP 細胞があるとしたら細胞をつくり変えることにより不老不死になれるのか。
- 026 “生命は入れものをもつ” というのは聞いたことがあり、詳しく聞いてみたいです。
- 027 この宇宙における自分の存在、また生物各種の進化を理解し、人間中心という考え方から離れるという 2 つの視点について考えるというのは普段日常で考える機会はないのでこの講義を通して考えた上でこれから講義に臨みたい。
- 028 一番長生きする生物はなんですか？ 一番寿命が短い生物はなんですか？
- 029 星は、ちりとガスから出来ていたと初めて知り驚いた。
- 030 生物の事だけ学ぶと思ってたが星の事とかも知れて面白かった。
- 031 星というものはどう生まれたのか太陽よりも大きい星があったことが知れた。元は全て星から生まれたものなんだと知ることができた。
- 032 星がいつか消滅するのがびっくりした。(動画の) サブタイトルの「黄金時代」ってのがなんだろう？ って思ったけど、話を聞いていくにつれて、無の時代→超新星→[今]→超新星→星がなくなる、生物が生きている「今」が「黄金時代」ってことがわかっておもしろかった。(注

- Eテレ『地球ドラマチック』の番組の録画)
- 033 改めて自分がここにいる確率の低さを実感しました。
- 034 星の誕生や星の最後はとても激しいんだなと思いました。地球や他の小さな星もどんな風に生まれ、どのような最後になるのか見てみたいです。
- 035 今の地球がいかに恵まれているかがわかりました。
- 036 生物の進化と星が関係しているとは思いませんでした。
- 037 1000億以上の星。その銀河がさらに1000億以上あるとなると想像できるものでない規模であり、とても興味深いことだと思った。
- 038 DNAやRNAの構造について今日初めて知りました。それぞれの構造に成分が配置されていることを知り、人間の構造は奥深いなと思いました。
- 039 水素、重力、時間によって核融合がなされていることやこの核融合と重力がつりあっていることなど、とても面白く、神秘的だと思いました。
- 040 星からエネルギーが出ているから私たちが生きていけるとは知らなかった。人も星くずから出来ているのはすごく嬉しいことだと思いました。宇宙も星も生物も全て同じだということはすばらしいと思います。
- 041 各惑星の気温差がおおきいことにおどろいた。
- 042 太陽の起源をたどると地球ができたのも人間ができたのもきせきなんだなと思いました。地球に生まれてよかったです。
- 043 自然発生説がよくわからなかった。
- 044 生命の誕生は肉やゴミなど、人が使用するものから微生物が現われ生まれてくるのだと気づいた。そう考えると生物は一生消えないで生きているのかと思った。
- 045 肉がウジになりウジがハエになることについて疑問に思ったのですが、ハエはどのように生物が生きているかどうか見分けるのでしょうか、生きている動物には卵を生まないだろうと思って質問しました。
- 046 低分子化合物の生成には温度、気圧等の条件はあるのでしょうか。
- 047 菌などの原核生物はなぜ過酷な環境で生きていられるのでしょうか。それは多細胞生物とは異なる構造があるからなのでしょうか。
- 048 環境に応じて生物は進化するという事に関して大昔とほとんど姿が変わらないシーラカンスという魚がありますが、シーラカンスが生息する環境はほとんど変わっていないのでしょうか。
- 049 半数体の交わりがない無性生殖の生物は生殖によってDNAは変わらないと思いますが進化によってDNAは変わるということがあるのでしょうか。
- 050 新しい絶滅説は有力ですか？
- 051 宇宙で一番最初にできた星はどのように誕生したのでしょうか。一番最初だから前に死んだ星がなくて星を作る物質もなかったのでは。
- 052 金や銀は高エネルギーの爆発で生まれたと言われていますが地球上のものはどのようにして生まれるのでしょうか。
- 053 宇宙の中に星があるまでの時間を考えると広さも考えてしまいました。現代科学で宇宙の広さはわかるのでしょうか。
- 054 冬の川から出る白い煙は水蒸気なのでしょうか。最近見つかった惑星はハビタブルゾーンがあるのでしょうか。陸と海の水がきれいな状態で水蒸気となるとおっしゃっていましたがPCB等の汚染物質は取り除かれ決して水蒸気の中

- に含まれないのでしょうか。
- 055 グラクマターは観測されていないのになぜ存在されているようになっているのか？
- 056 光学異性体はどのような変化をとげて生命になるか。
- 057 STAP 細胞と生物進化は深く関係していくと思いますか？
- 058 ストロマトライトはかつて地球の様々な場所で生息していたはずなのになぜ現在はオーストラリアでしか生存できていないのでしょうか。
- 059 光合成には光エネルギーを必要としますが、蛍光灯などから発するものでも太陽から発する光エネルギーと変わらず有機物を生成できるのでしょうか。
- 060 メタンで何でも作れるという話は初めて聞いておどろきです。
- 061 ATPは何の略ですか。
- 062 リチャード・ドーキンスの『利己的な遺伝子』を読もうかと悩んでいます。本講義と関連しているのでしょうか。
- 063 恐竜は本当は小さいものが多いと聞きました。
- 064 タンパク質って大事なんだと思いました。
- 065 イントロンが切断する配列はどこに運ばれるのでしょうか。
- 066 プロウィルスの数免疫力を持つT細胞と関わりがあるそうですが、体に免疫力をつけたけた場合、プロウィルスも増加していくことになるのでしょうか。
- 067 バクテリアは多種いると話したが日本と海外にバクテリアの量と種類の違いが気になった。
- 068 ミトコンドリアの共生の話がとても興味深かったです。
- 069 ミトコンドリアや葉緑体の自己増殖の均衡はどう保っているのでしょうか。限界の間際にびたりと増殖が止まるので
- しょうか。
- 070 細菌類・藍藻類が原核生物で、その他の生物が全て真核類だということを学べた。核膜とは何か、わからなかったですが、真核生物の核を細胞質から仕切れた生体膜だということがわかりました。
- 071 多細胞生物だとコンパクトに細胞を養えるとおっしゃっていましたが、人間を構成する細胞が全て原核生物になった場合どのくらい空間を必要とするのでしょうか。
- 072 群体の中にヒトが入っていましたが他の動物はどのようなのでしょうか。
- 073 カラス（鳥類）は群体なのでしょうか。社会性なのでしょうか？ 個人的にカラスはかしこいイメージがあるので、社会性を持っていてもおかしくはないと考えています。
- 074 人間は本当に様々な命をかてにして生きているんだなと思いました。
- 075 虫の話が面白かったです。
- 076 生物の上陸はまさに生物進化の大きな一歩だとおもった。
- 077 外骨格の節足動物はどのような環境から外骨格になったのでしょうか。外敵から身を守る以外での理由はあるのでしょうか。
- 078 日本では数億年前の生物の化石が多く発掘できる場所（地名）はあるのでしょうか。そのような場所があるとすればどのような生物の化石が発掘できるのでしょうか。
- 079 オウム貝の目のレンズが無いことにおどろきです。どう見えているんですか？ それとも見えてないですか？ ヌタウナギは目がないウナギですよ？
- 080 カンプリア爆発が自然選択では説明できない何らかの要因というか原因があると思いますが、それらの詳細が気になります。

- 081 私は植物の蒸散を見たことがないので、植物は人間が目視できる程の水蒸気を出すのでしょうか。
- 082 トンボ等古代の昆虫は酸素濃度が高いからこそ体長は大きかったとおっしゃっていましたが、現代でかつ同じ種類でも酸素濃度によって体長に差は生じるのでしょうか。
- 083 コケは草だと思っていましたが、菌からできているとは考えていなかったで、おどろきました。触るのはやめようと思いました。
- 084 嫌気性という言葉は始めてきました。増殖に酸素を必要としないもので、好気性とは、人のような、空気を必要とすることがわかりました。嫌気性とは、菌ということでしょうか？
- 085 恐竜がいた頃の自然環境は広々とした草原や暗くした密集した森林等様々なものなのでしょうか。もしそうだとすればどのように住み分けがなされているのでしょうか。
- 086 コモドオオトカゲは爬虫類ですか？
- 087 200 m の津波があった際は海中の生物はどうなっているのでしょうか。
- 088 進化に目的はない（ゲノムの変化）とおっしゃっていましたが、ダーウィン・フィンチ（島々によって特徴を変える種）は進化でなく突然変異＋自然選択や淘汰なのでしょうか。
- 089 人類をはじめ、鯨や猿など知能が高く、魚類などよりほ乳類が上にあるのはわかりますが、魚類や爬虫類は今後知能が高まっていく可能性はあると思いますか。
- 090 火山のマグマはなぜ噴火するのか
- 091 19 億年前から色々な進化をしてきたことがわかった。
- 092 自分が知っていた「ダーウィンの進化論」と本来の進化論との違いがあった。
- 093 私の血液型はO型ですが、アメリカでは7～8割の人間がO型であることに大変驚きました。そこでなぜ日本人の血液型はあまりかたよっていないのでしょうか。
- 094 講義の冒頭でお話して下さった人間の生活音をまねする鳥に関してですが、そういった一種の学習能力も遺伝子と固定されるのでしょうか。
- 095 なぜダチョウの首は一部直立なのですか？
- 096 気候の急激な変化などで突然変異はおきますか？
- 097 生物が枝別れしているのではなく、一本でつながっているというのにはびっくりしました。世界にはしっぽの生えた人間がいるというのを聞いていたので、爬虫類とかはなんとなくイメージついてましたが、木や水ともつながっているとは、人間も宇宙の一部的な話に納得がなんとなくいくかなーと思いました。（注ギリシア哲学の5元素、土・空・気・火・土）
- 098 自然淘汰は外来種や環境問題で陸地内でのイメージはしやすいですが、海中での自然淘汰はどのような例があるのでしょうか。
- 099 ゾウガメは1800年代と現代と比べて大きな変化はあるのでしょうか。
- 100 ワイズマンのマウスの尾を22世代に渡って切り続けたのは凄いなと思いました。一体いつになったら変異するんだろうと思いました。
- 101 ダーウィニズムとメンデルリズムを進化総合説にするきっかけとなった生物の実験はあったのでしょうか。
- 102 性淘汰で私がイメージしたのは鹿のオスの角なのですが、角というのは鹿以外にも、カブトムシなど昆虫にもありますが、性淘汰のためだけに生えてきたので

しょうか。

- 103 赤血球,ヘモグロビン等血液中のものは人間も動物の同じか
- 104 平行進化はこれからも続きますか?(ありますか)

{003} キリン(ジラフ)の首については上記テキストにも記述されている。その解説を講義で行っている。こうした質問が出るのは適応についての不正確な理解からであろうと思われる。講義では次のような話をする。長い首を維持し機能を発揮させるには首が長いだけでは済まない。例えば高い所に位置する頭にまで血液を送らなければならぬので、キリンの血圧は他の哺乳類に比べ非常に高い。そしてさらにこの血圧に耐えられる血管と首の構造も進化しなければならない。『生物進化』ではさらに首が驚異的に長かった恐竜アバトサウルスなどの竜脚類は首を高く上げることはできなかった、など。

{005} ヒトは社会的にしか生きられないようになっていて、生存上不利な形質を持つ個体とでも助け合って生きようという傾向がある。それゆえ自然淘汰の作用は軽いといえる。

{009} 性はなぜあるのか説明する。

{011} この様な質問はよくある。ここでは現在生息する「チンパンジー」のことである。一般には「サル」と言った場合、そこにはチンパンジーも含まれており、ヒトはサルではない。しかしチンパンジーがサルなら、ヒトもサルであるとすべきである。系統樹的にはヒトに最も近縁なのはチンパンジーとボノボであり、その次はゴリラである。グループに分けると当然、この四者は一括りになる。分岐の順序でみればチンパンジー、ボノボ、ヒトが一括りになる。

{012} ヒトの起源、進化およびニッチについてある程度の知識をもっていることがわかる質問である。

{013} 飛べるように進化したとしか言いよ

うがない。鳥の進化についてはいろいろ議論されている。羽毛をもつ恐竜がいたことが判っており、羽毛は本来空を飛ぶためのものではないと考えられている。他に空を飛ぶことを生活様式にした脊椎動物は過去に爬虫類の翼竜がいた。現在は哺乳類のコウモリ類と鳥がいる。いずれも独立に進化した。

{014} 「生命力」という言葉は、試験の解答によく使用される。

{019} およそ50億年後太陽は赤色巨星となって地球を飲み込み蒸発させる。ヒトの文明の終焉はそんな未来のことではなくもっと近いように思われる。しかし、地球がある限り何らかの生き物が存続していくかもしれない。

{021} 現在亜種は存在しない。化石の人類を含めれば存在したといえるかもしれない。

{044} 自然発生説が否定されていく経緯について話した後に質問紙に書かれていたことである。どうしてこの様な解釈・理解になるのか解らない。

{047} 真核細胞と原核の違いは話している。古細菌(アーキア)は多細胞生物の細胞とはもちろん違っているし、バクテリアとも異なる。ヒトにとっては過酷どころか生存できないような環境でしか生きていけないアーキアもいる。ヒトが認識している微生物はほんの僅かであり、知られざるところに膨大な種類が活動していると考えられている。

{048} 環境が安定していれば、今の適応度を越えるような遺伝的変異は起きないと考えられる。生存に関わる変異には保守的に淘汰が働き、現状維持される。一方ではDNAは変異していくものであり、機能的制約を受けない部位では蓄積するであろう。

{049} DNA複製の際に僅かながらミスがおき、変わっていくが、有性生殖のようには多様性が生じない。DNAの変化が進化である。

{056} なぜこのような質問になるのか解ら

ない。

{058} 以後様々な光合成を行う生物が出現したためであろう。

{060} 化学合成無機栄養生物、水素やメタンを化学合成に利用する古細菌については話しているが、メタンのみで何でも作れるという内容ではない。

{066} HIV は T 細胞の DNA に組み込まれプロウィルスとなるが、寄主の T 細胞が増えれば HIV も増えることになる。

{080} 自然淘汰は遺伝子に様々な偶然の変異が起きて、その変異を保有する個体がそれぞれ篩にかけられて生き残ったものだけが次世代に変異した遺伝子を伝えて行く。この過程が繰り返されると生物はオールマイティーでありえないので、ある限られた範囲の環境に適応して特化せざるをえない。従って多様性はむしろ減少する。まだ色々な生活様式をとることが可能な状態にある（ニッチが空いている）とき、厳しい競争に曝されることがないから適応放散が起きる。

{083} 生物の上陸について話した後の質問紙。最初に上陸したのはコケ類で、その仲間からシダが生じたたとされる例が多い。単純な想像にすぎないかもしれないがコケ類とリニア（ライニア）類などのシダの先祖のような植物は別々に陸に進出したのではなかろうか。それに、一番早く陸上生活に適応できたのはそのどちらでもなく地衣類だったと考えられる。地衣類とは藻類（またはシアノバクテリア）と菌類（カビ、キノコ）が合体し共生しているもので、もはや別々には生存できなくなっている。地衣類はカビのような外見をしている。といった話を聞き違えている。

{084} 嫌気性イコール菌ということではない。バクテリアのなかには酸素があると生きられない種類が今もいる。光合成によって酸素が放出される以前は嫌気性のバクテリアが繁栄していた。「菌」というのはカビ、キノコのことであるから紛らわしい。「細菌」もしく

は「バクテリア」といわなければならない。

{088} 「進化とは何か」に関して講義で話していることが正確に理解されていない。ゲノムの変化がなければ進化は起きない。しかしゲノムが変化した個体が生じてもそのゲノム、ただし全体ではなく変化した特定の部分が集団のなかで広まり固定されなければ「進化」にならない。ダーウィニズムでは生存上有利な遺伝的変異をもつ個体が必然的に集団中に広まっていくが、中立説では、ある遺伝子（というより、DNA 塩基配列のある領域）を保有する個体がたまたま運よく生き延びて集団のなかに広まり、そのコピーが増加し固定されることがあると主張する。

{094} 他個体や周囲の音をまねする能力は生得的なものである。

{096} 置かれた環境条件によって突然変異率は変わるだろう。ただ、環境に適応するような方向へ変異するわけではないことは忘れてはならない。

{101} 強いて言えばモーガン一派の研究をあげることができる。

{102} 性淘汰のためにではなく、性淘汰によって進化した。

定期試験

通年 4 単位で開講されていた生物学では後期のテーマとして進化の話をしてきた。現在は Semester 制となり、半期 2 単位の科目となり『生物進化』という名称で講義を行っている。制度が変わる際に名称をどうするか決めかねた。専門科目ではないので『進化生物学』の看板を掲げることは憚れた。本稿では通年科目であった 1992 年度の後期試験と 2010 年度の試験を検討の対象にした。この間に履修者数は半減している。

旧カリキュラムでの期末試験の解答紙は殆ど残っていないが、1992 年度に実施した期末テストがたまたま残っていたので 22 年ぶりに読んでみた。これらの解答とつい最近実施

したものと比較してみると、まずその外見上の違いに驚いた。問題兼解答用紙は1行に約40字書き込める行が表裏合わせて50以上ある。1992年のものは全般的に黒々しているが、最近のものは空間だらけなのである。最近明らかにされたことも話題にすることがあるけれども、同じ半期の講義なので内容は基本的には変わっていない。特に本稿で取り上げた出題の趣旨はほぼ同じである。にも拘わらず最近の試験の解答には講義で話したことは僅かしか書かれていないことが一目瞭然なのである。数量化するために1問題について書かれた文章の行数の頻度分布をみると(図1, 図2)1992年実施の試験では5~10行が一番多いが、11~15行や16~20行書かれているものも結構多く、しかも16~20行は5行以内の頻度と同じくらいある。ところが2010年では印象通り、5行にもならない解答が多数を占めており、その上中味を見ると文章になっていないものが目立つ。また、個性的でかつ解答になっているような文言は殆ど見られない。個性的な解答の内容の多くは口からの出まかせであり、知識に基づくものではない。『生物進化』で講義時に質問紙を配布するようになってからまだ2年であるが、それ以前でも出席は取っていた。出席状況が良い履修者の中にも問われていることに対して答えられていないものが多い。こうした学生達に聞く

耳をもってもらうにはどうしたらよいか悩むところである。

学問領域に共通して使用される用語がある。出題は下記に示したように、解答を文章で書く様式である。設問に対する解答の文章をその意図に応じて作成するには、これらの用語が適切に繋ぎ合わされて作成される必要がある。1992年の出題は全員解答だから何も書かれていない解答や、設問とは関係ない解答文も含まれている。そして「中立説」を問う部分が欠けている。表1, 2にはその用語を知っている程度理解していたら正答が書けるような基本的なものを掲げてある。進化学の用語として認識・理解しているもの数が多ければそれだけ長い解答文が書けるであろう。解答に何行使っているかを1992年度と2010年と比較したときと同様その違いは明らかである。「過剰な繁殖力」、「生存競争」、「個体間の遺伝的変異」および「自然淘汰」はこれらの語句を板書して説明しているので、ノートをとっていれば、たとえ個々の単語しか書かれていなくても、文章は書ける。ただしなかには理解しているとはいえ文章や写したノートを誤りもふくめて、そのまま書いてある解答文もある。

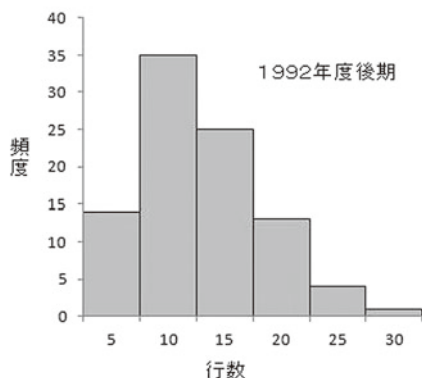


図1. 1992年度期末試験回答文の行数分布

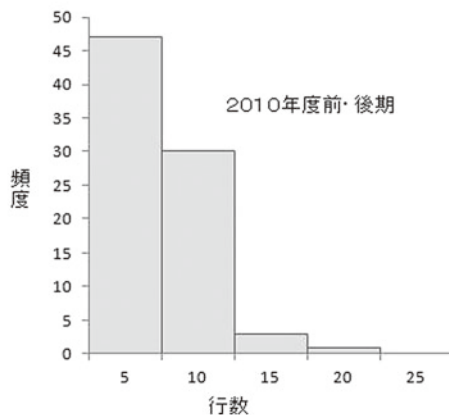


図2. 2010年度期末試験回答文の行数分布

表1. 進化学の用語と使用された頻度 (生物学 1992 年度後期) 受験者 92

「突然変異」には「ランダムな遺伝的変異」も含む, 「内的向上性」には「生物自身の努力」も含む, 「適者生存」は進化機構の説明には用いない.

ダーウィニズム 回答数 92								
過剰な繁殖力	生存競争	遺伝的変異	自然淘汰	適応度	単系統(分岐)	突然変異	性淘汰	(適者生存)
34 0.37	51 0.55	37 0.40	59 0.64	7 0.08	3 0.03	13 0.14	1 0.01	12 0.13
ラマルキズム 回答数 92								
用不用	獲得形質の遺伝	遺伝的変異の方向性	自然発生	多系統	内的向上性	存在の連鎖 (自然の階層)	進歩・発展	
39 0.42	43 0.47	6 0.07	2 0.02	2 0.02	48 0.52	7 0.08	8 0.09	

表2. 進化学の用語と使用された頻度 (生物学 2010 年度前・後期) 受験者 126

「自然淘汰から中立」には「有利でも不利でもない」も含む.

ダーウィニズム 回答数 93								
過剰な繁殖力	生存競争	遺伝的変異	自然淘汰	適応度	単系統(分岐)	突然変異	性淘汰	適応進化
22 0.24	25 0.27	26 0.28	33 0.35	3 0.03	1 0.01	8 0.09	12 0.13	3 0.03
ラマルキズム 回答数 42								
用不用	獲得形質の遺伝	遺伝的変異の方向性	自然発生	多系統	内的向上性	存在の連鎖 (自然の階層)	進歩・発展	
8 0.19	2 0.05	4 0.10	2 0.05	0 0.00	5 0.12	2 0.05	3 0.07	
中立説 回答数 42								
突然変異	自然淘汰から中立	遺伝的浮動 (ライト効果)	遺伝子の固定は 偶然	遺伝子頻度	塩基(アミノ酸) の変化	(適応進化)		
8 0.19	9 0.21	5 0.12	16 0.38	6 0.14	3 0.07	2 0.05		

上記4つの用語が用いられている率は1992年では3割~6割, 特に生存競争と自然淘汰は半数を越える. 一方この年度の履修者もよく欠席し, 講義を断片にしか聞いていない, そのような履修者がほぼ半数いるということでもある. それでも講義に出席した学生は概ね耳を傾けていたように感じた. 2010年一選択問題なので解答者のみ対象にしてある一では2~3割に低下している. 「自然淘汰」についてはなんとか3割が解答に書いてあるが, すでに述べたように文章は短く内容に乏しい. また, 「中立説」と「ラマルキズム」の問いには答えていないというのが多数を占める.

生物学 (1992 年度後期) 受験者 92

問題 ダーウィンの考えた進化機構の要点を書き, ダーウィニズムとラマルキズムとの違いについて論じよ.

以下に解答に書かれていた内容を抜粋して掲載しておく. (数字)は重複つまり「ノート」のコピー数である.

- a 01 ダーウィンの考えは変異種がどんどん増えていく. ダーウィニズムは遺伝の形態で大きく違っている.
- a 02 種の存続
- a 03 ホモ・サピエンスが知性という進化方法をとって惑星上の最上位種にいる.
- a 04 うまく適応できた者だけが生残して

- いった
- a 05 同じ方向の変異が積み重なって新しい種類の生物へと進化していく、という自然選択説。下等なもの（単純）から高等なもの（複雑）へと（ラマルク）は唱えた。
- a 06 競争資源とは異性のことで、同種のもの同士の闘いである。有害な変異とは微小変異の積み重ねること。生存率と繁殖率は矛盾することがある。（ラマルクは）獲得形質の遺伝という DNA, RNA, タンパク質の関係を表した。
- a 07 最適者とは最適の遺伝子型をもつ個体のことではなく、集団全体を滅亡よりも生存の方向へ導く遺伝子型をもつ個体の集合体を意味する。
- a 08 「獲得形質の遺伝」（DNA⇔RNA⇔タンパク質）
- a 09 生物は過剰に繁殖する傾向がない。（4）
- a 10 ダーウィニズムは高等なものだけが生き延び下等なものは減びていくとするが、ラマルキズムは、生物自身の努力や内的向上性があり、獲得形質の遺伝により、下等なものから高等なものへ、単純から複雑へと生き延び進化していくということ。
- a 11 ラマルキズムは「創造説」である。（2）
- a 12 ダーウィニズムは自然淘汰により生物は進化するに対してラマルキズムは遺伝的変異により進化する。
- a 13 すべての物質は低次から高次へ唯物機械論的な原理により、不可避に進歩するものと考え、無秩序な無生物状態の物質は徐々に秩序づけられて、下等な生物になり、さらに高次の秩序をもつ高等生物になり、ついには人間に至ると理解される。それに一度自然発生した系列（？）は、発展段階の違いこそあれすべて同じ経過をとって並行的に進歩・発展するものと考えられ、現存する異なる生物種間（？）に血縁的關係はなく、ある生物の少し昔の祖先は、現存する少し下等な生物と同じものであり、系統と種は無関係である。（3）（ほぼ同文のものに続き）昔から現在に至るまで生物の自然発生が継続的に起こっている。現在みられる下等な生物は比較的最近自然発生した生物の子孫であり、高等な生物はずっと昔に発生した生物の子孫であるという。
- a 14 （同）ラマルキズムは、系統と種はまったく無関係で近縁（分岐）という考えがない。
- a 15 生物種に遺伝的な変異も起こり、その中でその個体集団に有利に働くものが生き残るとした。すなわち適者生存という考えである。（2）
- a 16 変異、遺伝の影響によって弱者が自然淘汰していく。「用不用説」は下等なものから高等なものへ、進化、発展、進歩を重んじる。生存競争と内的向上性の違いがダーウィニズムとラマルキズムの違いであると言ってもよい。
- a 17 この生存競争にうちかつため生物たちは大きな変異・遺伝などが生じ始めます。ラマルクは創造説・創造科学などであります。ダーウィンとはちがいで、キリンの首やゾウの鼻は下等なものから高等なものへ、又単純なものから複雑なものへと、体の一部の細胞が進化し発展し進歩した、つまり存在の連鎖が生じたということです。
- a 18 ラマルクは、生物は環境に応じて形質を変えていこうとする傾向（内的向上性）をもっており、よく用いる器官は発達し、用いない器官は退化する。そしてこの性質が子孫に伝えられて進化する用不用説を用いた。ダーウィンの考え方によってキリンの進化を述べると、「木の葉に届く個体が有利であった

- 高所に届く個体（首・前足が長い）が高所にあまり届かない個体（首・前足が比較的短い）に生存競争に勝ち残り、自然選択されていった→この自然選択が代々積み重ねられ、現在のキリンになった”である。一方、ラマルクの考え方に従い述べると、“祖先は、首を伸ばして木の葉を食べていた→木の葉に届くように前足と首が少しずつ伸びてきた→その前足と首が伸びてきたキリンが代々積み重ねられ、現代のキリンになった”である。簡単に言うとダーウィンの進化説は「エリートを集め、他は除外する」であり、ラマルクは「努力すると、誰でもできる」という考え方である。
- a 19 ダーウィニズムではキリンは短かったが、食をとるのに首が短いキリンは次々に死んでいき結局首が長いキリンが生きのこり進化したという。ラマルキズムでは食をとるために生物自身の努力つまり内的向上性（下等なものから高等なものへ）が働き進化した。
- a 20 ダーウィニズムは、変異はするが有利な変異が保存され、有害な変異が除去されるということで、ラマルキズムは、下等なものから高等なものへ、単純から複雑なものに進化、発展進歩していくという点で違っている。
- a 21 （最）適者生存では生存率に差ができる。
- a 22 この「自然淘汰」と「内的向上性」という所が、両者の主張の違いである。
- a 23 ダーウィンは遺伝の変異による進化を重視し、ラマルキズムは生物の内的向上性に重点を置いた。
- a 24 突然変異と自然淘汰が重なり、生存に最もてきしている最適生存者がいきのこるというのがダーウィニズムであり、ラマルキズムとは、生物自身の内的向上性により、その適応にもっとも適した形質が遺伝されていく。
- a 25 ダーウィニズムは生物は努力によって進化するのでなく、突然変異や自然淘汰などにより、最もその環境に適している生物が生き残るという考えである。
- a 26 （ラマルキズムは）生物はおのずから発達の傾向を持つとされ（内的向上性）、また、外界の影響による変異や用・不用による器官の発達・退化などの変化が遺伝すること（用不用説）も進化の重要な要因であるとしている。ダーウィニズムとラマルキズムとの最も重要な相違点は、ラマルキズムが下等であり単純であるものから高等・複雑への移行が進化であるとしたに対してダーウィニズムでは、環境に対して適合しているか否かが問題であり、適合している者のみが生き残っていくことを進化と呼ぶ点である。
- a 27 生物の究極的目標に「子孫を残す」があるが、子孫はその個体と全く同じ物ではなく、微小な変化を伴う。ダーウィニズムで提唱された「微小連続変異に働く自然淘汰」の概念ではなく、「個体自らが有利な形態を獲得する」と云う概念をラマルキズムという。
- a 28 ダーウィンの考えた突然変異は無方向なものであるから、それによって生じた新しい個体は、環境に適応せずに死んでしまうこともある。ラマルキズムにおいては、個体が環境に適応するために能動的に獲得した形質が、その子孫に遺伝していくと考える。
- a 29 （ラマルキズムでは）下等なモノから努力して高等なモノへとステップアップしていくということ。
- a 30 （ラマルキズム）周りの環境に生物自身が適応する内的向上性。進化というのは発展発したり進歩したりすること。

- a 31 ダーウィンが半ば偶然によって種が保存されるといっているのに対して、ラマルクは偶然性ではなく、生物の内的な力が努力することでむくわれる、内的向上性を支持しました。
- a 32 ダーウィニズムでは変異はあくまで偶然であり、環境はその変異が消滅するか栄えるかを定める要因である。ラマルキズムでは環境は変異を発生する原因であり、変異はその結果だと考えられている。
- a 33 ラマルクは、要するに生物の内的力、やったことがむくわれるというような感覚である。彼は、生物自らが適応するために変わってゆくという説をとらなえた。
- a 34 シッポの短いサルがいるとする、そうするとラマルク式ではサルのシッポは適応するために短くなったということになる。ダーウィン式では短いシッポのサルが選ばれて生き残ってきたということになる。
- a 35 ダーウィニズムとは、ダーウィンの生存競争と自然選択の理論を人間の人權・民族に適用して、「すぐれた人種、民族」の支配を正当化しようとしたものである。
- a 36 ラマルキズムでは生物は常に単純なものから高等なものへ変化したと考えており、現代複雑な構造をもつ生物はより昔に生じ、単純な生物はごく最近生じたためにまだ複雑化していないとしている。
- a 37 ダーウィニズムはのちに優れた民族という思想へとつながりヒットラーのナチスによってユダヤ人虐殺のための理論へと展開されてしまう。
- a 38 ラマルキズムにおいては、すべての生物が漸進的発達の要因を内包していると考えた場合、原始的単細胞生物が現在もなお、下等な体制のまま生きのびているのは、きわめて不自然であるが、自然淘汰の原理がその種にとって最も有利な方向に働くとした場合には、時によって淘汰の結果、生物が現在の安定をそのまま維持したり、逆に退化することも充分考えられる。
- a 39 たとえばヒトを例にあげると最初は4本の足で歩く猿のようなものからだんだんと進化して2本の足で歩くようになっていくというようにその動物が自分にとって便利な型に変化していくという考え。
- a 40 ダーウィニズムとは外的影響を受けることにより進化をとげていき、ラマルキズムとは系統的な内的向上によって進化するということになる。
- a 41 ダーウィンは個体の意思とは無関係に自然に進化すると考えるのに対し、ラマルクは個体の意思によって進化すると考えている。
- a 42 ここでいう「有利」というのは環境に適応したという事だ。この「適応」というのは、他の個体よりも相対的に適応しているという事である。(つまり、絶対的な適応という訳ではない。進化の極限という「形」基本的に存在しないはず)。こうして種は有利なものばかりになるが、そこで終るわけではない。また微小変化により有利なものとそうでないものが生み出されていく。(ラマルキズムは)キリンの集団の中で首の長い物が発生し、それが有利だったからふえたというのではなく、キリンは自ら首をのびした(高い所にある物をたべるため?)というものである。ダーウィニズムは受動的だが、ラマルキズムは能動的である。
- a 43 (ラマルキズムは)自分たちのまわりの状況に自ら適するように努力すること

で、その種の体系が変わっていくというもの。ダーウィニズムでは偶然発生した変異がその環境に適するなら、その種にそなわり、適さないなら絶えていくもので、ラマルキズムでは進化は必然的におこるとした。

- a 44 (ダーウィニズムとラマルキズムを全く逆にしている例) ダーウィンは「種の起原」の中で動物が生きて行く上で不用な体の構造は生物自身の努力によってなくなっていくものだと考えた。ラマルキズムは生物の進化は努力によってなるものではなく微小変異の積み重ねでおこった自然淘汰であると考えた。
- a 45 漸次的複雑化をうながす生命の能力はダーウィンでは考えられていない。かくて、ラマルクにおいて十全には克服されなかった目的論的傾向が、きれいにぬぐいさられる。ラマルクの方は変異の内的機構に目をむけざるをえない。ここから目的論の移入の危険も生まれる。
- a 46 例えば、何かの動物がある環境に順応したとする。そしてその動物が子を作り、環境に順応した遺伝子が子へつたわり、その動物の産んだ子は最初から環境に順応している。この順応した動物が増えたと考えられているものである。それに対してダーウィニズムは環境に適応できる強い遺伝子を持った動物が生き残り弱い物のみが死んでいき、最初は少数だった獲得形質のもち主が自然淘汰により数が多くなったと考えている。

{a 02} 個体の適応的形質は種の存続のためではなく、当の個体の生存と繁殖のために発揮されるのであり、種の存続のためではない。個体レベルで働く自然淘汰は集団(種、

というより具体的な存在である“個体群”というべきである) レベルに働く淘汰よりも遙かに強い。それに進化はすべて、個体レベルあるいは遺伝子レベルの淘汰によって説明できる。

{a 03} 「知能」の発達によってヒトになったという意味か? ヒトをはじめ現在存続している生物は全て、進化のレベルでは同等であるということを講義ではしばしば言っている。シラバスにもそのようなことを掲げてきた。人類も他の生物なしには存続できない。いま繁栄を誇る人類は近い将来自滅する可能性が高い。

{a 04, a 15, a 21, a 24} ダーウィン自身は H.スペンサーというイギリスの思想家が言い出した「適者生存 (survival of the fittest)」という用語を最初は使用していない。『種の起原』が改版されていく過程で使うようになった。「最適者生存」と言われることもあるがダーウィニズムにおいては最適者のみが生き延びるのではなく、生き延びる確率が個体によって異なり、次世代に残した子の数に差ができることを淘汰という。多くの子孫を残せた個体が適応度が高いのである。進化学では適者生存という用語は使用しない。中立説ではその理論のたとえとして「最運者生存」ということがある。

{a 06} ここまで講義を聞いた後に書いたようには思えない文章が続いていたが、この解答文章のように、講義を聞いてはいるがその理解が的外れである聞き手も多い。

{a 09} 講義の聞き間違い。この例のように逆に受け取られることがよくある。このフレーズ以外は講義で話したように書かれている。同じ誤りをしている解答が4人分ある。ノートの貸し借りが行われて、理解の度合いと関係なく書かれたのであろう。

{a 10} 話を聞いているが、「高等」「下等」を使っている。自然淘汰は高等とか下等とかには関係しない。一般的には下等とされるバ

クテリアは大いに繁栄している。我々には見えないだけである。

{a 11, a 17} 「創造説」については生命を神が存在する証拠だとする「デザイン論」について触れる際に解説している。その時ラマルクには「デザイン論」の面影が色濃く残っていると話している。

{a 13} どこかに書かれていたことをノートに書き写し、それを解答としたものであろう。同じような答えが複数ある。まだ調べようとする姿勢が見られる。

{a 16} 何となく理解しているが少し変である。この様な解答はよくある。

{a 18, a 42} 講義で話したことがほぼ正しく理解されて書かれている。このような解答は1992年にはいくつかみられるが、2010年では見られず、解答は部分的である。

{a 27, a 28} 理解した上で記述している。

{a 32} 自然淘汰と用不用ほか表1にある用語は使っていないが、言っている事はあっている。

{a 35, a 37} ダーウィニズムを歪曲した社会ダーウィニズムのことをいっている。自然淘汰は個体に働くものであり、人種間に適応するのはダーウィニズムの誤用である。

{a 39} 「キリンの首」問題と同じ。

{a 44} 逆にしている以外は講義で聞いたことをもとにして書かれている。試験時の勘違いなのか、講義時に逆に理解してノートをとったのかわからない。

この頃の試験の解答には読みがいがある文章が多い。とはいえなかには理解されて書かれてはいるような文章もある。しかし不十分なノートから文章にするためにはある程度の理解や納得がなければならぬ。最近の試験では設問に的確に答えている解答の頻度は少なく、話したこと全般について理解して書かれているものはほとんどない。ラマルクズムに関しては次のことを強調する。遺伝しな

いものを獲得形質というのであって、獲得形質の遺伝をわざわざ否定する必要はない。ラマルクズム（正確にはネオ・ラマルクズム）の本質は、偶然にではなく環境に適応するような方向に遺伝的変異が生じるとする点にある。例えば薬剤耐性の獲得はその薬剤に耐えることができるように遺伝的な変異が起きたからだと説明する。もうひとつの代表的な例をあげれば、前述した抗体が抗原に適合させて作られるかのように見える免疫応答（「指令説」）がある。数回このような趣旨のことを話しているはずなのに、表1を見ると「遺伝的変異の方向性」についての記述が少ない。その他重要な部分が抜け落ちていることはよくあり、20年前も現在もさほど変わらない。

{a 46} 「順応」は獲得形質であって遺伝しないので適応ではない。進化において「強弱」を使うことは不適切であることは話している。この時の試験では「弱肉強食」という語句はなかったがよく使用される。その他「生命力が強い」というのも同様。

生物進化（2010年度前期）受験者 68

問題 6問題のなかから選択。6問題のうちダーウィニズムに関する問題は2問題で、

1 ダーウィニズムの要点（骨格）について書きなさい。 解答数 32

2 中立説（正確には「分子進化の中立説」）はダーウィニズムによる進化機構とはどう違うのか、また中立説、ダーウィニズム両者とラマルクズムとの本質的な違いはどこにあるのか、以上について述べなさい。

解答数 21

a 47 ダーウィン 創造説，ラマルク知的設計説

a 48 進化は進歩ではない。偶然による機械的（機会的）なものである。

a 49 ダーウィニズムは、進化は自然淘汰と

遺伝的変異と考えると、それは偶然が重なったものが残っているにすぎないという考え方。

- a 50 ネオ・ラマルキズムは、自然淘汰を全面的に排除し、環境の直接的影響が進化の要因である。生殖細胞の DNA に変化がないと、進化はおこらない。遺伝的変異がランダムでない。
- a 51 生存競走（生存競争の誤り）
- a 52 進化機構（ダーウィニズム？）と中立説のちがいは、突然変異が集団に固定していくときのメカニズムのちがいである。中立説はどの変異も優秀なく平等に選択される。
- a 53 生きる上で優秀な特性をもった変異を選抜しているのと、どの変異も優秀なく平等に選択されるチャンスがある。つまり、突然変異が集団に固定していくときのメカニズムのちがいで。
- a 54 ダーウィンは、人間の祖先が猿であることを唱えた。人間以外にも生物の変異は、偶然に起きるものであらかじめ決まっているものでない。生物は環境に合わせて形を変えて、環境に適した姿に偶然なったことを唱えた。
- a 55 ラマルキズムは遺伝的変異は環境の作用でそれに適応するように起きるといふ考えである。(3)

生物進化（2010 年度後期）受験者 58

問題 6 問題のなかから選択。6 問題のうちダーウィニズムに関する問題は 2 問題で、

- 1 性淘汰とはいかなる理論なのか、そしてダーウィンはなぜ性淘汰を提唱したのか述べなさい。 回答数 19
- 2 中立説（正確には「分子進化の中立説」）はダーウィニズムによる進化機構とはどう違うのか、また中立説、ダーウィニズム両者とラマルキズムとの本質的な違いはどこにあるのか、以上について述べなさい。

回答数 21

- a 56 遺伝的変異の方向性により遺伝子が進化するという中立説。
- a 57 適応力によって進歩・発展・進化をつづけていくというラマルキズム・ダーウィニズム。
- a 58 ダーウィンは遺伝から変異に方向性があると考えたので、性淘汰を提唱した。
- a 59 変異のなかには自身の生存確率や次世代に残せる子の数に差を与えるものがあるということだ。
- a 60 ダーウィンはクジャクやシカのようなオスとメスで、色彩や形態・生態が異なり、一見生存の役に立ちそうにない性質にも適応的な意味があると考えた。
- a 61 ダーウィニズムによる進化では突然変異が進化に方向性を与える。
- a 62 ダーウィニズムとラマルキズムの大きな違いは努力すれば変わるという観点です。ダーウィニズムもラマルキズムも同じ適応的進化ではありますが、ダーウィニズムは結果から、ラマルキズムは原因から進化について考えたのではないのでしょうか。
- a 63 中立説とは遺伝子頻度の機会的浮動のことをいい、ダーウィニズムとは違って、突然変異によって集団内で固定しないと遺伝子頻度の変化はおこらない。

全般的に解答の内容は貧弱で読み応えがない。ただ短い文章ではあるが講義で話したことは部分的に書かれていて、その点においては理解されているといえる。設問に答えて中立説、ダーウィニズム、ラマルキズム全てについての確に書かれたものは、残念ながらも、

{a 47} ノートが断片過ぎて文章になっていなかったのであろうか、話を取り違えている。

{a 49} ダーウィニズムは偶然だけで進化を説明するわけではない。

{a 54} ダーウィニズムの要点が分っていない。

{a 56, a 61} ラマルキズムとの混同。

{a 57} ダーウィニズムとラマルキズムの同一視。

{a 58} こうした混乱した解答がよくある。

{a 60} 講義を聞いていたのか聞いてないのか、言っていることは間違いだとはいえない。

{a 63} 中立説では突然変異によって固定するのではなく、偶然に集団内に広まり固定する。

あとがき

テレビのコマーシャルやニュース番組、ドキュメンタリーなどに頻繁に「進化」という言葉が登場する。例えば「ますます進化し続ける浅田真央」とか玩具の見本市が開かれているときの報道として「おもちゃは進化している」ということで最新の、電子機器を活用したゲームなどを紹介していた。進化は生物の特徴のひとつにあげられる。しかし進化は「まえおき」で書いたように、自己増殖（自己複製）の過程で起きる必然な結果である。言い換えれば自己増殖しないものが進化することはない。進化という語句は本来生物に限って用いるべきである。とはいうものの最初に生物になる以前の生命誕生プロセスは「化学進化」、宇宙の開闢以来の内部的变化は「宇宙の進化」と呼ばれている。これらは本来の意味するところからいえば誤用である、などといっても今更修正することも出来ない。

以前新聞にノート型のパソコンの変遷を時間的な順序つまり改良・進歩の跡をたどるように並べてあり、それらに並行して類人猿か

ら人類に到るまでの直立二足歩行の進化のステップが描かれた広告が載せられていたことがある。このサルから直立二足歩行への進化を表すイラストは専門的な出版物のみでなく、一般向けの人類の進化に関する教養書でもよく目にする。質問紙 {a 39} はそのイラストの印象があったのかもしれない。最近の講義ではおよそ次のようなことを話している。確かにチンパンジーの行動を見ていると哺乳類において一般的に見られる四足歩行からナックルウォークという二足歩行に到る途中のような歩き方から、二足だけで歩いているところも見られ、あたかもチンパンジーからヒトになっていったかのように思えてくる。ヒトの骨盤や大腿骨の構造は体幹が直立するようにできている。はたして類人猿のチンパンジーやゴリラに見られる前屈みの姿勢で歩いていたときがあったのだろうか。「猿回し」で行われるように矯正すればニホンザルでも長時間二足歩行ができるようになる。しかし走る速度は4足に比べて遅い。とても有利とは思えない。

こうしたヒトの二足歩行への進化の説明では、まず到達すべき直立二足歩行というゴールがあり、そのために体の構造が変化していったということになり、これはラマルキズムによる説明にほかならない。このように「進化」という言葉は、何か理想的な到達目標に向かって努力・修練あるいは、改良を重ねるといったときに使用されている。二足歩行が先か骨盤が先かという問題提起がされれば骨盤が先だということもあり得る。進化について研究する領域では「進化論」に代わって「進化学」と称されるようになっていく。進化は『創造科学』⁽⁴³⁾を標榜している人たちがいうような仮説ではない。しかし進化へのあるいはヒト以外の動物への偏見から、サルからヒトの進化を認めることを極度に嫌がる人たちも多数いる。日本では誤って認識されることも多々あるが、進化はあまり嫌われることな

く受け入れられてきた。聞き手には宗教的な壁はほとんどないであろうし、知識的なレベルは高いとはいえないけれども、それぞれの進化機構論については偏見なくある程度正確に理解されているように思える。ただし理解するという事は納得とか同意するという事ではない。たとえば、「デザイン論」という主張は、なぜそういった考えが出てくるのかという点では理解はできるが、同意はできない。

講義ではシラバスにある通り、進化機構に関する三つの主要な理論のみでなく、生物を構成している物質の生成から太陽系・地球の誕生、生命の起源とその後の歴史について簡略には話している。生命の起源を解き明かす研究は近年活況を呈していて、あらたな発見や理論、説がいろいろと提唱されている。生命の起源のみならず、大絶滅や一般的にも関心の高い恐竜の研究が進展をみせている。それゆえこれらの新知見に講義で触れていると時間を消費しすぎてしまい、常に日程が遅れがちとなる。進化学の他のテーマに比しても著しく進展しているにもかかわらず、最後に話す予定になっている分子進化にあまり時間がとれなくなってしまふ。そのせいか選択問題として出題するようにしてきたが、選択した学生は少ない。そのうえ成績が悪く講義を聴いたとは思えない解答が多い。

講義の冒頭では次のように話している。進化と言えばあたかも、ヒトを生み出していく過程であるかのように捉えられているようである。実際生命の歴史ではそのように話していく。しかし現存の生物種はそれぞれの進化石をたどり、今に到っているのである。新たな生活様式をとる生物が次々現れて、5回の大量絶滅（ビッグ・ファイブ）を被りながらも多様化してきた。そのたびに環境に適応していくという意味で目的論的な説明つまりラマルキズム的に説明される。アノマノカリスの口は三葉虫などの外骨格の節足動物を食べるために発達した。節足動物の外骨格は捕食

者から身を守るために発達した。（こうした現象を「共進化」という。）甲冑魚はウミサソリに捕食されないように鎧を身に付けた。植物は太陽光を他より多く受け取るために背丈をのばした。乾燥に耐えるためにクチクラで覆われた。水を吸収するために根が発達した。空気中の酸素を吸収するために肺が発達した。等々、例をあげればきりが無い。このような説明から、進化論には納得にいたるかもしれないが、ダーウィニズムについては、もともとある程度の知識がなければ理解できないであろう。しかし擬態、特にモデルに似せる擬態は不思議であり驚異である。コノハチョウ、トリノフンダマシ、ハナカマキリ、タツノオトシゴ等々。とにかく説明に苦しむ。単純に考えればモデルになっている生物または生物の一部、その他生物以外の物体に似せて行くという方向に遺伝的変異が起きたとしか思えない。ただ周囲に存在する物体に溶け込むということでは保護色（これも擬態の一種ではある）との境が曖昧になる。

すでに述べたように、1992年の解答に比べて2010年のものは内容が乏しく、的外れなものも多い。これは最近の学生の文章力の弱さを反映しているのであろう。しかしながら抜粋した解答文のなかには、といっても2010年については抜粋ではなく全文に近いが、なかなか個性的な表現も見られる（a52, a53, a60, a62）。過去の定期試験の中で印象に残っている解答がある。一つは「ラマルキズムには個体変異にムダがない」という表現である。このムダだということの内容とか意味するところは議論し、以来活用させてもらっている。もう一つは性淘汰に関するもので、「同一種であるからオスもメスも生活様式は同じで同じ淘汰を受けているはずなのになぜ姿形や行動が異なるのか？」という疑問である。これも性淘汰の説明に取り入れている。

進化学の研究者を育てるような大学ではなく、講義を行っている当人が進化学研究を専

門的に行っている訳でもないのに、なぜ講義を続けてきたのかと問われれば、自分が進化に対して深い関心を抱いてきたからであるとしか言いようがない。しかし履修者の多くは自分もっている知識欲や好奇心とは関わりなくこの科目を選択している。1992年のように履修者が多くいたときには私語がなかなかおさまらなかつたし、試験の単位のことばかり訊きに來る学生も今と同じように多数いた。また頓珍漢な解答も多数あった。それでも的確で読むに値する文章で解答する学生もそこそこいたことは救いであった。時が経つにつれ期待にそのような解答は段々と見られなくなり、今や全くないといってもよいような状況になっている。私自身は進化学を題材にして開講することに意義はあると考えている。『生物進化』という共通科目が、それこそムダにならないような授業へと「進化」させなければならないのであるが、さてどうすればよいのだろうか？

注

- (1) “血縁度”についてはよく誤解される。ある個体のもつ特定の遺伝子と他の個体のもつ遺伝子が最も近い共通の祖先に由来する確率。言い換えると両個体が同一祖先に由来する遺伝子のコピーを共有する確率である。例えばチンパンジーとヒトの塩基配列は99%同じであるというようなゲノムによる近縁の度合いではない。遺伝子のコピーがどうして増加したのかを説明するには、両者に共通する祖先に生じたあるひとつの突然変異の伝わり方を考えればよいのではなからうか。
- (2) 有性生殖では複数の個体に生じた遺伝的変異をひとつの個体に取り込むことができ多様性が著しく増し、進化の速度を高めるとされる。手っ取り早く増殖できる無性生殖に比べ、

どのような環境のもとで有性生殖が有利なのかシミュレーション実験されている。その結果環境条件の変動、そのなかでも寄生虫が存在するという条件下で有利となる。寄主の形質が変われば寄生から免れる。しかし寄生者も変異してくる。ウィルスは細胞をもたず、他の生物の細胞に侵入し自己増殖の装置を乗っ取る必要がある。そのためどうしても限られた生物種の細胞に寄生するスペシャリストにならざるをえない。一説にはあらゆる生物には対応するそれぞれスペシャリストのウィルスが存在し、その生物体量(バイオマス)は膨大なものだという。ウィルスのゲノムは生物のものよりも著しく変化速度が大きい。

- (3) 宗教である創造論を「科学」と装い、進化も仮説であるから学校で進化論と同様に学校教育に取り入れるよう要求する運動がある。

参考文献

- 河田雅圭(1990)『はじめての進化論』講談社現代新書983
- 木村資生(1988)『生物進化を考える』岩波新書(新赤版)19
- 真家生和(2007)『自然人類学入門——ヒトらしさの原点』技報堂出版
- 宮田隆(2004)『分子からみた生物進化 DNAが明かす生物の歴史』講談社 BLUE BACKS B1849
- 田中 一(1999)『さよなら古い講義——質問書方式による会話型教育への招待』北海道大学 図書刊行会
- E. O. ウィルソン『社会生物学』1983, 1999 新思索社 坂上昭一他訳 Sociobiology: The New Synthesis 1975, Harvard University Press, (Twenty-fifth Anniversary Edition, 2000 ISBN 0-674-00089-7)