

ウイルス進化論に対する反論に答える*

中原英臣・佐川 峻・富塚 孝

我々が提唱している「ウイルス進化論」に対する佐々木反論に対する意見を述べる機会が与えられたことに感謝するとともに、1971年から考えてきたウイルス進化論が、ついに科学的土俵にのったことに感慨を禁じえない。

佐々木反論に答える前に、我々が主張するウイルス進化論を一言でいうと、ウイルス（もしくはプラスミド）による遺伝子の水平移動が生物進化のメカニズムになりうるということである。勿論、進化という複雑な自然現象がウイルス進化論だけですべて説明できるとは思えないが、少なくとも遺伝子の水平移動が進化を引き起こすことだけは科学的事実だと確信している。

この点で佐々木反論中に「ウイルスの異種間感染の際、偶然遺伝子が移動するという事象自体は稀に起こるかもしれない。」という記述が存在することだけで我々は十分に満足している。このウイルス進化論の大前提を認めることはウイルス進化論を認めるための一里塚なのである。千里の道も一里からというのだからゴールを目指して突りある討論をしたいものである。

ただ、そのために一つだけ誤解をといっておきたい。佐々木反論は、「中原・佐川の新理論というのは要するに種間水平移動で進化の全てを説明しようというのだ」と指摘するが、これは誤解である。それは佐々木反論が引用している文芸春秋（1986年5月号）にも、「我々の進化論が、生物の進化を何から何まで説明できるような絶対なものとは考えていません」とはっきり言明しているし、最近の論文でもこの点は繰り返し言及している。

(1) 「内容以前のことについて」について

「ヒトはなぜ進化するのか」の第5章の「自然淘汰は存在しない」という部分で、適応の例としてオオシモフリエダシヤクの工業暗化を引いたことから見出しと矛盾するという指摘がある。この工業暗化の例は、ネオ・ダーウィニズムにおいて示される唯一の適応の例であるが進化とは全く無関係という意味で引用していることは一目瞭然だろう。この点の誤解は佐々木反論があくまでこだわるのならば、「自然淘汰による進

化は存在しない」と変更するにやぶさかでない。

また、「中原・佐川の主張がろくに論証もせず、繰り返し放言することで終わっている」という指摘がある。「放言」という表現が学術誌にふさわしいのかという疑問は別にして、ダーウィン進化論の理論的支柱である自然淘汰と適者生存そのものが十分に検証も、論証もされていないのではないだろうかというのが我々の主張の原点でもある。例えば自然淘汰の例が先に述べたガの工業暗化だけのダーウィン進化論に我々のウイルス進化論を放言と批判する資格はないはずである。

(2) 「おなじみのダーウィニズム批判に関連して」について

「生存に有利な個体が自然淘汰で生き残りやすいというのは間違いで生き残るかどうかは運だけで決まる」という主張に対して、佐々木反論は「すこしでも偶然性が入るとただちに完全にでたらめになると言っているのに等しく、明らかに誤っている。」という。この文章は主語もなく日本語としてでたらめだが、我々は「少しでも（生き残りに）偶然性が入るとただちに（ダーウィニズムが）完全にでたらめになる」としたうえで反論する。我々は生き残ると言うことが「すこし」でなく「ほとんど全ての場合」運だけで決まると言う今西進化論の立場をとるのだから、佐々木反論のこの部分は日本語の理解不足による誤解である。正確を期するためにあえていうならば、この部分は「ほとんど全ての生き残りが運という偶然によるとすれば、ダーウィニズムは成立しなくなるだろう」と変わる。

さらに、佐々木反論では「適応度の高い個体が生き残りやすいことに変わりない」と続くが、この文章は単なるトートロジーであり佐々木反論がこの文章に何らかの意味が含まれていると考えるのならば、それは全くの錯覚である。「適応度の高い」は単に「生き残りやすさの度合いが高い」ということで、佐々木反論は「生き残りやすさの度合いが高い個体が生き残りやすいことに変わりない」と主張しているに過ぎない。

我々は佐々木反論がこのような初歩的誤りをしているとは信じられないので、ここでは「適応度」が有効

な概念であるといっていると推察するが、我々は進化のメカニズムとし「適応度」という概念は不必要と考えている。

マンモスを狩ることのできたネアンデルタール人や芸術すらし有したクロマニヨン人からホモ・サピエンスへの進化を、「適応度の低いネアンデルタール人やクロマニヨン人は絶滅し、適応度の高いホモ・サピエンスは生き残った」として片付けてしまうことで自然の神秘を解き明かしたとは思われない。

また、佐々木反論によれば「不連続な大進化のモデルが存在し数学的に証明されている」そうだが、我々は納得できない。我々は何も数学的論理や計算が間違っているとはいわないが、計算の前提にある「自然淘汰」という概念に対して疑問を持っている。「有利な突然変異が集団に固定する確率」の計算法に反対しているのではなく、こうした計算で進化が解するという考えに疑問をもっている。

(3) 「ホストは『進化性のウイルス』を開発できるか」について

佐々木反論は、「ウイルス進化論」にもどうしても自然淘汰を必要とすると主張するが、我々には「どうしても」がどうしても理解できない。

進化のプロセスが小さな突然変異の積み重なりであるとするダーウィニズムでは、「どうしても」自然淘汰という概念が必要なのだろうが、「ウイルス進化論」ではそのような突然変異の累積は考えないので、自然淘汰というプロセスは存在しなくてもよいのである。

遺伝子の水平移動によって、ある種が別の種に変化してしまうので、どちらの種の方が生き残りやすかったかということとは関係がない。ビタミンCの合成能力を進化の途上で失ったヒトが生き残れたことはまさに運であって生き残りやすかったからではあるまい。

また、「バクテリアのプラスミドによる遺伝子の移動の話は、全て同種内の話」という批判がある。薬剤耐性プラスミドは大腸菌からコレラ菌へ伝達されることは専門家では常識で、大腸菌とコレラ菌が異種であることもまた常識だろう。

次いで、幾つかのウイルスについての指摘であるが、我々は人畜共通のウイルスとして日本脳炎ウイルス、宿主の遺伝子に組み込まれる癌ウイルスとしてB型肝炎ウイルス、EBウイルスをあげたので、これらのウイルスがレトロウイルスであるとか、ホストの遺伝子

をとり込んだ例があるとか、はどこにもいっていないし、またレトロウイルスの例としたAIDSウイルス、ATLウイルスが癌遺伝子を持っているとはどこにも述べていない。さらに、「ましてこれらのウイルスによる種間水平移動の例はみつかっていない」という指摘には、まったくその通りであるといいたい。こうした論理は、佐々木反論の言葉をそのまま借りるならば、ろくに論証もせず反論するという読者と著者に対して非常に不誠実な態度であるといえないだろうか。

スーパーマウスに関する指摘に反論しよう。「人工的操作と、明確な目的意識のもとで行われた諸選択を自然界では何が担うのか、その全てを中原・佐川は明らかにする必要がある」というのは全く見当はずれの批判である。別に人工的操作なしでも自然はこうしたことをこともなくやってのけるものである。水銀耐性菌の例でいえば、水銀耐性遺伝子が耐性菌出現の「ために選ばれ」、適当なベクターとして「選ばれた」プラスミドに組み込まれてバクテリアからバクテリアに伝達されるのである。このプロセスには人工的操作も、明確な目的意識も登場しない。スーパーマウスの例で我々が主張したいことは、操作が人工的だとか、人間が目的をもってつくったとかいうことではなく、スーパーマウスは全て自然界に存在するものからつくられたという点である。すなわち、自然は常に遺伝子の水平移動が起こりうる条件を十分に満たしているということを主張したいのである。

さらに、「ホストは『進化性のウイルス』を開発できるか」という疑問に答えよう。我々の考えではウイルスはオルガネラなのだからホストはそのような進化性ウイルスを開発する必要は全くない。それは「ヒトは眼球を開発したのか」という問いと同じくらい愚問である。ついでに「『忠実な』ウイルス」をホストがどうやって開発するのか」という疑問に至っては、佐々木反論の科学的根拠を疑いたくなる。眼が見えるのは眼球が「忠実」であるからなのだろうか。ネオ・ダーウィニズムでは、生物の進化はホストによって開発された「忠実な」突然変異によるものと考えているのだろうか。先に述べた水銀耐性菌はどのように「忠実な」プラスミドの「開発」に成功したのだろうか。佐々木反論で改めて教えていただきたい。

我々は、こうした科学的論争では努めて非科学的用語の使用をひかえるのが最低限のルールであり、マナーでもあると考えたい。その点で、今後「忠実」や「開

発)のような用語を使用する際には、その科学的意味を明快にしてから使用することを提案する。

もう一つ、「自然界で起こる可能性のあることは必ず起きる、という自然科学上の大原理」が我々の都合の良い時にだけ働くとする指摘がある。我々がダーウィニズムに疑問をもつのは、単に「有利な突然変異の起こる確率は非常に小さいから」だけでなく、個体の突然変異が種の進化を引き起こす可能性に疑問をもっているし、現にそうした例が証明されないからであることは一般の読者にも理解できるだろう。ここでは、佐々木反論が「自然界で起こる可能性のあることは必ず起きる」という大原理を認めてくれていることだけでも「ウイルス進化論」とっては大きな収穫だと考えた。

(4) 「今西進化論について」について

今西進化論を持ち出したために自然淘汰を否定するはめに陥ってしまったという批判は佐々木反論が自然淘汰を金科玉条としているための誤解である。自然淘汰による進化という数学的モデルはあっても、それを裏付ける生物学的事実は何一つないのが現実である。

佐々木反論は、「進化のプロセスを説明する具体的原理をなんらもたないという点で今西説を『進化論』と呼べるかどうか疑問である」と指摘するが、一体「具体的原理」とは何なのか。まさか「自然淘汰」や「適者生存」という架空の原理を具体的原理というのだろうか。我々は、科学的事実を支えられていないという意味ではダーウィン進化論は具体的原理ではないと思っている。それでもダーウィン進化論に何か具体的原理があるというなら、それこそ具体的に教えていただきたいものである。

ダーウィンが「種の起源」を発表して一世紀が経過したというのに、ダーウィン進化論は科学的な証明も理論的論証も遅々として進まないのが現実である。同じ頃メンデルによって確立された遺伝学の進歩と比較すればその遅さがはつきりする。

その原因の一つはダーウィンの提唱した「自然淘汰」と「適者生存」というおよそ科学とはかけ離れた概念にある。かって、物理学では長い間、光が進むためにはエーテルという物質が絶対に必要だと信じられていた。そのため光とエーテルに関する数学的モデルが多くの研究者によって考えられ、この世に全く存在しないエーテルなる物質の物理科学的性状が論じられた。

しかし、アインシュタインによって、エーテルの存在があっさり否定され、それまでの多くの数学的モデルの論文は一夜にしてジャンクと化した。多くの研究の数学的論理や計算法はあくまでも正しかったが、肝腎のエーテルがこの世に存在しなかったのである。我々には、このエーテルに「自然淘汰」と「適者生存」の未来が重なってみえるのである。

最後に、我々の「ヒトはなぜ進化するのか」を書評して下さった佐々木顕氏とその佐々木氏の書評に対する我々の意見を述べる機会を下さった河田雅圭氏に心から感謝する。

引用文献

- 中原英臣, 佐川峻, 富家孝. (1986) 山梨医大紀要, 3巻: 14-18
Nakahara, H., Sagawa, T., and Fuke, T. (1986) Nature, 321: 475.
Nakahara, H., Ishikawa, T., Sarai, Y., Kondo, I., and Mitsuhashi, S. (1977) Nature, 266: 165-167.
(409-38 山梨県中巨摩郡玉穂町 山梨医科大学 保健学 I, H. N: 102 東京都千代田区四番町人間科学研究所, T. S, T. F)

*編集部 付記

佐々木氏の書評に対する中原氏のリスポンスに対し、自然選択説にたいする初歩的理解が間違っていること、主張がなぜ論理的に可能になるのかという説明がないこと、他の研究者の仕事が無視していること、等を編集部で指摘し、書き直しを要請したが、中原氏よりそのまま掲載してほしいとの要望があり、今回に限り、編集部の付記とともに原文のまま掲載することにした。

中原・佐川両氏の著書・今回のリスポンスは科学的な論争を行うための基本的な態度に問題があると考え。他の理論の批判にさいし、その理論を理解し、少なくとも論理的な批判が行われるべきである。理論の提出にさいしては、理論の論理性を説明すること、その理論枠組み内で論理的予測が引き出せること。また、現在までの観察でテストしてみることも、現在それを支持するようなデータがないときでも、今後どのようなデータが得られれば自らの理論を支持することになる

のかを示すこと。論議を行うためには少なくともこのようなプロセスのいくつかは踏んでいることが必要であると考える。中原・佐川両氏の主張はこれらのプロセスを全く無視しており、彼らがいうようには、科学的土俵にのっているとは思われない。進化生物学を知らずに、ダーウィニズムを批判している態度は、科学の論争に限らず、適切な態度はいえない。また、生産的な論議にもならないだろう。

中原・佐川両氏の初歩的間違いは数多くあり、すべてを指摘するのは困難である。多くは佐々木氏のリソースによって指摘されているので、若干の点だけ指摘したい。(1)自然選択が存在しないとする説明は自然選択説の間違った解釈からきている。存在しないということをいうには多くの自然選択の研究を再検討し、なぜ、存在しないといえるかを示すべきである。佐々木氏も指摘しているが、遺伝的反応、遺伝率の測定ということまで正確に測定している研究は多くないが、ある形質の値とそれを持つ個体の生存、繁殖との関係がランダムではないという研究は、少なくとも「ほとんどすべての生き残りが運だけで決まる」ということを否定するには十分にある。(2)トートロジー、適者生存(カリカチャライズされており、自然選択説を適切に表現しているとはいえない)に関する概念的な論議はすでに多くなされておられ、単純にトートロジーであるとする批判はあたっていない(たとえば Sober, 1984; Endler, 1986)。さらにそれを主張するならそれなりの論議が必要。(3)「適応度の低いネアンデルタール人やクロマニヨン人は絶滅し、適応度の高いホモ・サピエンスは生き残った」という説明は自然選択とは全く関係がない。種間の絶滅を種の適応度で考えており、これは自然選択説とは別に考えるべきである。考えづらいプロセスであるだけでなく、これこそ、トートロジカルになってしまう(種選択のトートロジーに

関する議論は Damuth 1985 参照)。このような初歩的間違いはいたるところで見られる。(3)たとえ、ウイルスがたまたま遺伝子を選んで個体の進化の原因になることがあったとしても、そのことでウイルスが進化のための器官であるとはいえない。進化のための器官であるということが何を意味しているのか不明瞭である。「進化のための○○」ということを中心とするなら、進化のためにそれが存在するというプロセスがなぜ可能になるのかを説明する必要がある。「器官」であるということもそれがどういう意味かの十分な説明が必要である。深い意味もなく使ったのであれば、この言葉は誤解を招くだけである。(3)著書において、種の統一性という言葉が何の説明もなくつかわれ、それが説明原理として用いられている。種の統一性とは何なのか、それは存在するものなのかをまず検討すべきであり、種の統一性という言葉が現象の説明とはならない。

中原・佐川両氏が述べるように自然選択説が将来、新たな説に取って替わられる可能性や自然選択の不適切さを我々は否定しない。また、特異な考えや発想を現在の観察から合わないという理由で否定してしまうことも時には誤りを犯すことがある。しかし、自然選択説への誤った批判、現在までの観察、研究例の無視、非論理的な考察が研究者にとって生産的であるとはいえない。

引用文献

- Damuth, J. (1985) *Evolution*, 39: 1132-1146.
Endler, J. A. (1986) *Natural Selection in the Wild*. Princeton Univ. Press, Princeton.
Sober, E. (1984) *The Nature of Selection: Evolutionary Theory in Philosophical Focus*. MIP Press, Cambridge.

Net. Evol. Biol. No. 5: 53-60 (1987)

中原、佐川氏の反論に答える。

佐々木 顕

A はじめに

本誌前号(Net. Evol. Biol. No. 4)で私は中原・佐川著『ヒトはなぜ進化するのか』(1986, 泰流社)

の書評を書いた。中原、佐川氏は、これに対して反論(本号収録)を書かれ、私に再反論を求めてこられた。前回の書評で私はまず、中原・佐川(1986)には内

容以前の段階で見過ごせない問題があるので、これを指摘した。例えば、自然淘汰の実例を著者自身よく知っているにもかかわらず「自然淘汰は存在しない」と書く、「淘汰を続けても純系が選ばれるだけ」などという批判はもはや成立しないことを、これも著者自身知っているにもかかわらず「だから自然淘汰によって種は進化しない」などと断定する、「有利な突然変異はまれだからこれによる進化はありえない」とダーウィニズムを否定する一方でウイルスによる種間移動の方は「起こる可能性のあることは必ず起こる」から大丈夫だなどと言う、彼らの説と今西説との間には、実際には論理的接点すらないのに「今西進化論の科学的証明」だなどと強弁する、そのほか全く根拠を示さずに「ウイルスは進化のためのオルガネラだ」とか「ネアンデルタール人にウイルスが感染したからヒトになった」とか「霊長類におけるビタミンC欠失はウイルス感染のため」とか書く——こういう手段を選ばぬやり方は科学に持ち込んでもらいたくなかった。そこで私は、これらは「放言」であり、こういう態度は「読者に対して非常に不誠実だ」と書いたのである。

このような指摘に対し、中原、佐川氏の「反論」では、「自然淘汰は存在しない」についてだけ、このような誤解(!)にあくまでこだわるならば変更するにやぶさかでない」と取り下げられたようだが、他の諸点に関して実質的な解答はなかった。

次に私は、中原・佐川(1986)が初歩的な誤解に基づいてダーウィニズムを批判している点、そしてウイルスによる種間移動があれば自然淘汰がなくても進化が理解できると誤解している点を指摘し、そのような考え方のどこがおかしいのかをかなり丁寧に指摘した。しかし中原、佐川氏の反論では、これらは文章解釈の問題にすりかえられたり、あれこれの表現が気に入らないとかいう言及のかげにかくれてしまって、重要な指摘のほとんどは無視されてしまったようである。

しかし、ともかく中原、佐川氏の反論には再度丁寧に答えておこう(ただしあまりに些末ないいがかりには出来るだけつきあわないようにするが)。以下のコメントの中では、中原、佐川氏がどこを誤解しているか分かるように書いたつもりである。

なお、中原、佐川氏のダーウィニズム批判の論点は今西氏のコピーなので、以下のコメント中これに関する部分は、今西氏によるダーウィニズム批判への反論にもなっている。

B 中原・佐川氏の反論に対するコメント

①<中原、佐川氏の文章の p. 50, 左6行-左28行に対するコメント。以下同様にページ数だけで進める。>

ウイルスによる種間移動に過大な期待を抱き、それを宿主の進化のプロセスとして重視する、中原・佐川(1986)と同様の考え方は Anderson(1970), Mourant(1971) などからあり、レトロウイルスの癌遺伝子取り込みの発見以後は分子生物学者の一部で流行した考え方でもある。そういう意味ではこのような考え方は特に新しいものではなく、すでに「科学的土俵にのって」いると言えよう。中原・佐川(1986)の独自性はむしろ自然淘汰に対する初歩的な誤解からこれを架空の原理として退けた点、および種間移動を「今西進化論」と結びつけようとした点にある。

②<同> 前回の書評で私は「ウイルスによる種間移動はまれに起こるかもしれない」と書いた。しかしそれに続けてそれを過大評価すべきでないと思う理由も書いた。それは遺伝子の種間移動が概念的には(そして効果の上でも)C章で述べる macromutation の一種にすぎないからだ。

③< p. 50, 左20行-左28行> 遺伝子の種間移動がもし起こったとしても何が運ばれるかはランダムなのであって、自然淘汰を否定する中原、佐川氏の「ウイルス進化論」では「なにからなにまで」はもちろんのこと、適応進化を何ひとつとして理解できない(⑩参照)。

④< p. 50, 左29行-右10行> 進化論提出後130年たらずの間に、急激な進化の現場をリアルタイムで観察できた例というのは、確かにそうやたらに多くはない。オオシモフリエダシヤクの工業暗化は、捕食を避けるカムフラージュの進化(体色および行動の)の例であるが、人々の目の前で起った急激な進化の推進力が自然淘汰(鳥の選択的捕食)であったことを実証した(Kettlewell, 1958)点、当時としては見事な例の一つである。(カムフラージュや擬態が、同様の選択的捕食によって進化したことを実証しようとする研究はこれ以外にも多い。最近の面白い例として、例えば、Mather and Roitberg(1987), Greene et al.(1987).)しかしこの古典的な工業暗化の例を「自然淘汰の唯一の例」だと言う点、中原、佐川氏の進化現象に対する知識のギャップは相当なものだ。自然淘汰が重要な役割を果たした進化をリアルタイムでとらえた例として、例えば薬剤耐性菌の進化(⑭参照)、インフルエンザ

ウイルス抗原タイプの進化(D章参照)をあげておく。今眼の前で急激に進化してはいるわけではない形質や行動だけれども、これが自然淘汰によって進化したとすれば野外のデータをよく説明できる(そしてそうでなければ説明できない)という例でよければ、ほとんど無数にある(⑧参照)。

⑤<同> 工業暗化が「進化とは無関係」とはどういうことか。またしても「純系が選ばれるだけだから」などと言いたすなら前回の書評をまるで読んでいないことになる(これは突然変異の存在が分かる前なら意味を持つ十九世紀的批判)。

⑥<p. 50, 右2行-右10行> 中原・佐川(1986)の個々の主張が、間違っているにしても一応の論理的スジを通して提示されていたならば、私も放言と言う表現を用いなかったであろう。ついでに「ダーウィンは神の存在を証明するために進化論を作った」、「ダーウィニズムの出生は実はキリスト教そのものである」なども放言として追加しておく。

⑦<p. 50, 右11行-右27行> 「少しでも偶然性が、…」の部分は、例えばある予報が95%の適中率をもつ場合に「この予報は全くのデタラメである」と言うような態度を指している。中原、佐川氏や今西氏の批判は、このような感情的な批判にとどまっているので、「適応度の高い個体が生き残りやすいことに変わりはない」とあたり前のことを指摘したまでである。

ここで中原、佐川氏が結論的に述べている「ほとんどすべての生き残りが偶然であれば、ダーウィニズムは成立しない」といった考え方の誤りを前回非常に丁寧に指摘したのだから、これはどだい反論になっていない。しんどいことだが、もう一度繰り返すことにしよう。そもそもあらゆる法則、どんなに必然的にみえる過程も、それが実現するときにはなんらかの偶然の影響を免れない。だから、自然淘汰という生物の適応進化を貫く法則性も、この偶然のファクターによって結果が大なり小なりぼけて現れるというのは当り前のことなのだ。これは「偶然性が法則性をおおいかくしてしまいかどうか」という問題であり、最初から量的評価の問題なのである。だから「ほとんどすべてが偶然」と主張したいのなら、どの程度偶然によっているかを具体的に論証しなければ話は始まらない。その際、多数の卵を産むとかいうことは本質的でないことは前回示しておいた。さてどの程度偶然であるかが分かれば、次に有利な突然変異の固定がどの程度困難にな

るかを、これも具体的に論証する必要がある。そこまでやらないと批判にならない。こういう問題は、集団遺伝学でくわしく展開されているので、それが参考になるだろう。

⑧<p. 50, 右28行-p. 51, 左17行> 適応度概念の有効性を批判するのなら、これももう少し論理的にやってもらいたい。ヒト化の過程ともなれば、遺伝的形質の進化だけでなく、文化進化も重要になるだろう。それが何故「適応度概念が不必要」であることの根拠とされるのか。

文化的形質(例えば技術)の伝達はもちろんメンデルの法則には従わない。集団の他の成員の技術をまねるなど、伝達様式が遺伝的形質とは全く異なる。また、工夫して新しい技術を作りそれを他の成員に伝達する、獲得した文化的形質を個人が選択的に修正・変更して伝達する、など遺伝的形質の進化と同列に論じられないのは明らかだ。だからこそ、文化進化の理論的検討が始まっているのである(牧野他(1987)を参照)。

進化生態学・社会生物学は適応度概念(血縁淘汰における包括適応度、性選択における繁殖成功度などを含めて)の有効性を示す壮大な体系であるとも言えるが、適応度概念を批判するのなら、文化進化はさて置いて、まずこちらの方で「不必要である」ことを論証していただきたい。ちなみに適応度を基準とする最適化や、適応度を利得とする個体間ゲームにおける進化的に安定な戦略の考え方で、生物の生活史、行動パターン、社会構造がよく理解できるということは、これらの進化において自然淘汰が本質的な役割を果たしてきたことを強く示唆する。念のため。

⑨<p. 51, 左10行> 「数学的証明…」の部分の引用(らしきもの)は私の文章を勝手に切り貼りしたもので、原意が意図的に歪曲されている。(実際、「大進化のモデルが存在しそれが数学的に証明されている」では何のことかさっぱり分からない。)

Lande(1985)らの仕事は「微小突然変異と自然淘汰で大進化・不連続的進化を説明するのは不可能だ」という誤解を解いたものだ。大進化・不連続進化を扱うのに必ずしもパラダイムの変更を必要としないということ。数学的に証明されたのは、これらが同じスキームの両極端として扱えるということ。しかしこんな証明がなくても図1を見ていただければ直観的に分かってもらえるだろう。

なお、中原、佐川氏が自然淘汰の有効性に疑いをも

つ理由の一つが、この「大進化・不連続進化が説明できない」ということだったのだから、これに対する反論に「そもそも自然淘汰を疑っているのだから」と耳をふさぐようでは、永久にトラップから抜け出せないだろう。

⑩ < p. 51, 左18行-左37行 > 突然変異が微少であれば自然淘汰が必要で、大突然変異なら自然淘汰は必

要ないと本気で考えているのなら、中原、佐川氏は適応進化における自然淘汰の役割を全く理解していない。一回の突然変異の変異幅が大きかろうと小さかろうとその方向性がランダムだからこそ、見事に適応した生物の形態・行動の進化を説明するのに自然淘汰が必要なのである。

なお、中原、佐川氏はウイルスによる種間移動には

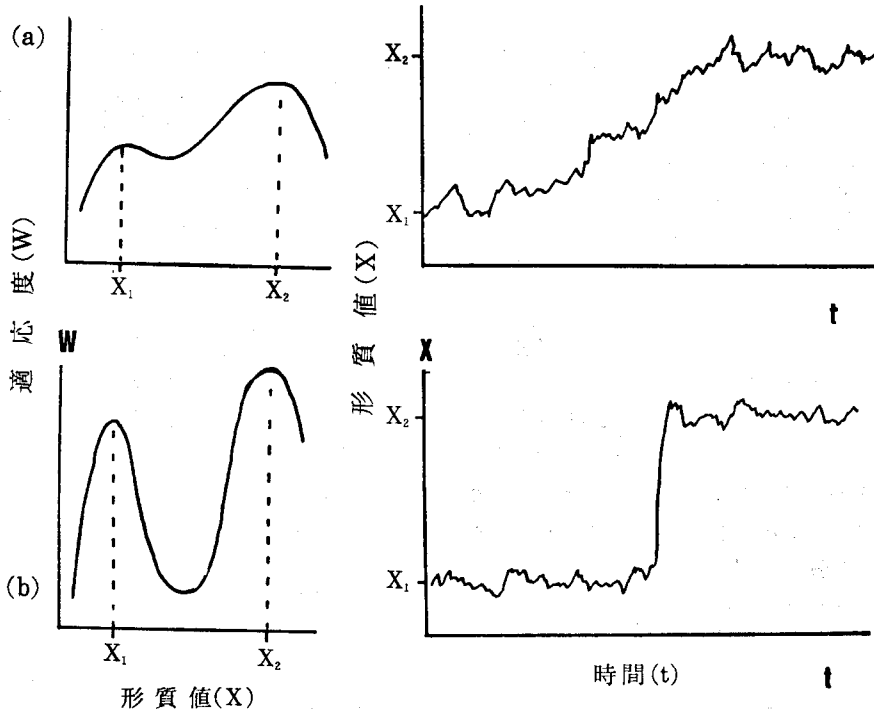


図1 量的形質(X)が適応度(W(X))の谷を越えて(X₁からX₂へ)進化する際の時間経過。最初、集団の形質値は安定化淘汰によって適応度のピークX₁にひきつけられており、それと微少突然変異によってばらける効果および遺伝的浮動のかねあいによって決まる一定の分布をもって、X₁の周りをゆらいている。適応度の起伏がゆるやかな場合(中間形態がそれほど不利でない場合)は、形質値はゆらぎによって比較的容易に適応度の谷を抜けたのち、ゆるやかにX₂へ達する(a)。ところが、適応度の谷が急峻な場合(中間形態が著しく不利な場合)は、形質値は容易に谷を越えられずX₁周辺で長いことゆらいているが、ごくまれに起こる大きなふらつきの際に谷を越えてしまうと、あとは一気にX₂まで達する(b)。この経過をあとから化石記録などで見れば、長い間不変であった形質がある時点で一気に大きく進化したように見えるであろう。しかしこれは一定の環境のもとで微少突然変異と自然淘汰がうみだした飛躍なのである。[形質値の集団平均 \bar{X} の時間変化は、 $d\bar{X}(t)/dt = \sigma^2 \delta \ln W(\bar{X}) / \delta \bar{X} + (\sigma^2 / Ne) \xi(t)$, ($\xi(t)$: ホワイトノイズ, σ^2 : 相加遺伝分散, Ne : 集団の有効な大きさ)に従う。ここで、全過程をつうじて形質値の分布は分散一定の正規分布に保たれるという量的形質モデルの基本近似を採用している。]なお、これらは量的形質の進化に限定された現象ではない。例えば二遺伝子座モデルで遺伝子型abから出発し、中間の不利な状態aB, Abをへてより有利な遺伝子型ABへ至るような場合の時間経過においても同様の現象がみられる。

ある種の方向性(例えば特定のサイトに入りやすい)があると言うかも知れないが、そのような方向性なら点突然変異(塩基置換)にもある——トランジション(eg. A→G)がトランスバージョン(A→T, A→C)より圧倒的に起こりやすい。さて、トランジションがトランスバージョンより多いと適応進化に自然淘汰は不要となるだろうか?

⑩< p. 51, 左28行—左37行> 前回指摘したように中立変異, 多少有害な変異でも遺伝的浮動によって固定することがあると言うのは, すでに常識であって, ビタミンC合成能力の欠失ぐらいで驚いてはいけない。なおこれをウイルス感染のためとする中原・佐川(1986)にはなんの根拠もない。

⑪< p. 51, 左33行—左37行> 薬剤耐性プラスミドが複数の宿主種間を移動したのは事実なので, 「すべて」は訂正しよう。⑬参照。

⑫< p. 51, 左38行—右9行> 佐々木(1987)のこの部分は, 中原・佐川(1986)がウイルスによる種間移動をありふれた既成事実であるかのように描いている点を批判したものだ。彼らの説はウイルスによる種間移動がすべてだから, これが頻繁に起こってくれないと困るわけである。そこで彼らがやったことは, 各種ウイルスについての一般的な紹介の後に, 唐突に「A TL ウイルスを持っているサルは, ヒトの間で遺伝子の交換ができるのだ。」(p 122)といった文章を付け加えることによって, まるでこれらのウイルスが「進化的オルガネラ」であって, これらのウイルスによって実際に遺伝子が種間移動しているかのように見せることだった。しかし事実は, 中原, 佐川氏自身が「まったくその通りである」と認めているように, これらのウイルスによる種間移動は見つかっていないのである。しかも, これらのウイルスでは種間移動の前提条件である宿主遺伝子の取り込みすら知られていない。

レトロウイルスは, その生活環のなかで宿主ゲノムに integrate されるステージを持ち, また逆転写酵素の可塑性によって recombination を起こしやすい。この二つの特徴によって, 偶発的な宿主遺伝子取り込みが起こりうるのだという(Varmus, 1982)。実際, ホスト遺伝子の取り込み(それらはすべて癌遺伝子である)が知られているのは, レトロウイルスについてであり, 中原・佐川(1986)がなぜレトロウイルスでもない日本脳炎ウイルス, B型肝炎ウイルス, EB ウ

イルスについて, 種間移動は当然、といった書き方をするのかますます分からなかった。「レトロウイルスではなく」と書いたは, こういう意味である。

ちなみにレトロウイルスが取り込んでいる宿主遺伝子がすべて癌遺伝子であるのは, もちろん癌遺伝子を種間移動させるためではなく, これらのウイルスにとって癌遺伝子取り込みに適応的意義があるからだ(レトロウイルスは様々な DNA 断片, 遺伝子を取り込みうるが, そのうち癌遺伝子をうまく取り込んだものが自然淘汰で広がった)。腫瘍ウイルスにとっての細胞の癌化の意義は, 自分の乗った細胞を増殖させることによって自らも増えるという直接的な利点のほか, 癌細胞に対して「なぜか免疫系が無能さを露呈する」効果もあるという(河野, 1980)。癌遺伝子を取り込んでいない腫瘍ウイルスの場合, 偶然ホストの癌遺伝子(細胞増殖に関与する遺伝子)周辺に入りこんだものが, その転写を開始あるいは促進することによって細胞を癌化させるというかなり効率の悪い方法をとらなければならないが, 癌遺伝子を取り込んだレトロウイルスはゲノム中のどこに入り込んで直ちに細胞を癌化させることができる。

⑬< p. 51, 右10行—右26行> 水銀耐性菌についてはよく知らないが, 例えば先の薬剤耐性プラスミドについてみてみよう。多剤耐性菌(複数の抗生物質に耐性をもつ菌)は, 1950年頃まず日本で発見されたという(Campbell 1969)。その頃は抗生物質が大量に見境もなく使われていたときだった。しかも, 一段階の突然変異で耐性菌が出現するのを防ぐため, 複数の抗生物質を同時に投与するのがはあったらしい。このような状況のもとに, 多剤耐性菌が出現し急速に広がっていった。これは複数の薬剤耐性因子を持つ接合伝達プラスミド, Rプラスミドがまず腸内常在菌に, そこから赤痢菌へと宿主域を拡大し広がっていったことによる。

接合伝達プラスミドはもともと宿主集団中に感染的に広がる能力を持っている。しかしこの抗生物質大量投与期以前には, 腸内常在菌や赤痢菌などにRプラスミドの存在は知られていなかった。複数抗生物質の同時大量投与という強い淘汰圧のもとではじめて, 複数の薬剤耐性因子を持つRプラスミドは急速にホストレンジを拡大し広がったのである。つまり, Rプラスミドの進化は薬剤耐性因子の取り込みという macro-mutation と強力な自然淘汰による進化の典型例だっ

たといえよう。

⑩< p. 51, 右27行> ウイルスが進化性オルガネラであるとする中原・佐川(1986)の「根拠」は「(1)ウイルスはウイルスに感染できない。(2)ウイルスが感染できないようなものは生物でない。(3)従ってウイルスなんか生物でない、進化性のオルガネラだ」という根拠にならない根拠であって、このような言葉遊び(生物の奇妙な定義+論理の飛躍)があるから、「進化性のウイルス」がどうやってできあがるのか、という問いに答える必要がないというのは理解に苦しむ。この中原・佐川氏の論法を眼に適用すると「我々の考えでは眼は見るための器官なのだから、これがどうやって出来たかなどという問いに答える必要はない」ということになろう。これでは「進化を考えるな」と言うにひとしい。

⑪< p. 51, 右27行一> このあたり中原、佐川氏は相当混乱している。眼球という精密機械の進化にあたって、ネオダーウィニズムでは自然淘汰が精密化と完成化を担うのであって、その素材を提供する突然変異はランダムなのだ。「忠実な」突然変異など必要としない。しかし、「中原・佐川ウイルス進化論」では自然淘汰を否定するので「忠実なウイルス」が必要となるのである。

⑫< p. 51, 右41行一> 「忠実なウイルス」、「開発」の科学的(?)意味をはっきりさせるとのことである。前回示したように、中原、佐川氏があくまで自然淘汰を否定して、ウイルスに適応進化を担わせようとすると、そのウイルスは「変るべきときを認識し、まさに必要とされている遺伝子をさがし出し、それを異種から運んでくる」というような理不尽な性質を持たざるを得ない。この超自然的ウイルスは、利己的な自己複製子というウイルス本来の姿からあまりにかけ離れているため、それと対比させる意味で「忠実な」という表現を用いたのであった。「開発」の方も、遺伝子操作におけるプラスミド開発との類推(この類推は中原・佐川氏自身が『ヒトはなぜ進化するか』で持ち出したもの)で用いているのが分かるように書いてあるはずだ。これがなぜ「最低限のマナーに反する」ことになるのだろうか。

なお、佐々木(1987)のこのあたりの文章は、自然淘汰なしで適応進化を説明するというどだい無理なことを(中原、佐川氏のかわりに)やっているのだから、判断能力を持つ「忠実なウイルス」のようなパケモノ

が登場して非科学的になるのは致し方ない。中原、佐川氏は、彼らの説自身の「科学的根拠を疑う」ことになっている点に気づいてほしい。

⑬< p. 52, 左3行> 「起こる可能性のあることは必ず起こる」とか「自然界では立派にやってのけるものだ」などと言ってすむのなら、そもそも進化論など必要ないのである。私はそのような奇妙な「大原理」は認めていない。

⑭< p. 52, 左16行> 自然淘汰による進化を裏づける生物学的事実は無数にあるが、それらをうまく表現する数学的モデルはまだ少ない、というのが現実である(④, ⑧, ⑭, D章参照)。それでも疑われるなら手近の進化生態学の教科書に載っている例でもみられてはどうか。

⑮< p. 52, 左16行一左36行> 自然淘汰の概念は魅力的、具体的かつ生産的な概念である。それは、例えばなぜ多くの種で性比は一対一で、また例えば寄生蜂のある種でなぜ極端にメスにかたよるか、なぜ真社会性は膜翅目に多いか、……等々の問いに答えてくれる。自然淘汰が架空の原理だというのは、中原、佐川氏の(今西經由の)悲しい思い込みであって、その根拠とされた論点はことごとく成立しなかった。

一方の「変わるべきときに変わる」などの今西氏のスローガン(「今西進化論」とは、このようなスローガンの集合体である)は「後向き」であり、具体的でも生産的でもない。「今西進化論」でないと説明できないような現象がただの一つでもあれば、大いに見直すところだけれど。

分りきったことだが、例えば「地震は、起こるべくして起こる」と言ったところで、地震予知や地震発生機構の解明にはなんの役にも立たない。だからこれを評して「独創的な地震発生機構論である」とは言わないのが普通である。同様に「種は変わるべくして変わる」の方も進化機構の解明には何の役にも立たないから、これを「進化論」と呼ぶこと自体が混乱を引き起こす原因になる。

⑯< p. 52, 右32行一左11行> 進化理論の発展が比較的遅かったかどうかは知らないが、進化論についての本を書くのなら、すくなくとも最近(ここ10-20年)の急速な発展(分子生物学、進化生態学、集団遺伝学の3つの系譜で見るとべき前進があった)を無視するべきではなからう。

結局、中原、佐川氏の場合、進化理論の最近の発展を知らないという以前に、自然淘汰とか適応進化、突然変異といった進化論の基本的概念の理解に問題があったのではなかろうか。また、「正統派ネオダーウィニズム」という化石化したイメージを相手に議論を展開するのでは、進化理論に対する建設的な現状批判にはならないことを指摘しておく。ダーウィニズムを突然変異—自然淘汰という図式でとらえるのはかまわないとしても、どちらの概念も今では発展し非常に豊かになっている点に注意すべきだろう。例えば突然変異に関しては、以下のようなことは常識としたい。

C 突然変異について

ここ10年あまりの間の分子生物学の地殻変動的な発展 (molecular revolution) は、進化の理論にも強烈なインパクトを与えた。その最大のものは、突然変異概念の再検討を促したことにあったといえよう。

構造遺伝子にランダムな点突然変異が降る、というのを突然変異の古典的描像とすれば、遺伝子重複、多重遺伝子族全体の重複、エクソン・シャッフリング、トランスポソンの挿入、欠失、多重遺伝子族の(偽遺伝子を含む)メンバー間での遺伝子変換などの発見は突然変異の見方を根本から変えてしまったと言ってよい。

まずその変異の規模の大きさである——これらを macromutation と総称することもできよう。それにもまして重要なのは、遺伝情報のコンパクトな単位、文章とのアナロジーで言えば、単語、文、段落、章といったひとまとまりの意味をもつ部分が突然変異の素材となりうることである。つまり、蛋白質の機能単位にあたる遺伝情報ユニットが丸ごと重複したり、ほかの機能単位との間でハイブリッドを形成したり(郷, 1987) というふうに(これは真核生物遺伝子のエクソン・イントロン構造、遺伝子と遺伝子間の長いスペースの存在のもとでより効果的に作用する)。つまりランダムな突然変異といっても、その変異の素材が既に「意味のあるもの」であって、そのかきませによって「意味ありげなもの」が出来るとも言おうか、そういうものも含まれてくるわけだ。

新しい機能を持つ遺伝子の進化は、ランダム配列から出発して少しずつ意味のある情報がつくられるというより、「既存の配列の重複、かきませの後に修正」というルートがおそらくは一般的である(例えば、免

疫系超遺伝子族の進化 (Hood et al., 1985; 宮田他, 1986) をみよ)。

こういうことがすでに常識になりつつある現在、サルがデタラメにタイプライターを叩いているうちに偶然にもすばらしい文章が出来上がるなんてありえない、式の、中原、佐川氏や今西氏が愛用する批判は、とてつもなく古くなった。突然変異の古典的描像に対する古典的な批判とでもいえようか。

逆に、点突然変異の効果が必ずしも微小であるとは限らないことも分かってきた。一残基の変化が蛋白質の立体構造上に大きな変化をもたらすこともある。抗原決定部位、各種認識部位(蛋白質—核酸相互作用の)において点突然変異の効果は大きい。これは非翻訳制御領域の点突然変異についてもいえる。また一塩基の欠失、挿入は読み取り枠をずらしてしまうので、その下流のアミノ酸配列を決定的に変えてしまう(この場合、もちろん多くは致死的だが、ポリオーマウイルスはこのフレームシフト突然変異を利用して抗原性を大きく変えているという (Wilson et al., 1986))。

最後に、中原、佐川氏がホストに従属する器官だとしたウイルスが、利己的な自己複製子として一つでも多くの自らのコピーを残すべく進化している例をあげる。これは、有利な突然変異はまれだからこれによる進化はありえない、という批判に対するわかりやすい反例にもなっている。

D インフルエンザA型ウイルス抗原タイプの進化

インフルエンザA型ウイルス (negative strand 一本鎖RNA ウイルス) は毎年異なった抗原タイプをもつ系統が流行することで知られる (antigen drift)。インフルエンザウイルスの8本の分節ゲノム (染色体) のうちの2本にコードされる表面抗原糖蛋白質 HA (ヘマグルチニン)、NA (ノイラミニダーゼ) はウイルスが宿主細胞に接触・侵入するのに不可欠なものだが、同時に宿主免疫系にとっての最大の標的 (抗原決定基) となっている。従って、毎年異なった抗原タイプが流行するというのはこの HA, NA 遺伝子が刻々と進化していることを示している (Palese, 1986)。

実際、1918年の大流行以後のインフルエンザA型ウイルスの進化は、塩基配列のレベルで詳細に調べられている (Hayashida, et al., 1985)。このインフルエンザウイルスの進化は、まれに起こる「有利な突然変

異」が自然淘汰で広がるという進化の古典的描像が分子レベルで実現している系であると私は考える。

ここで突然変異とは、HA, NA 遺伝子の複製ミスによって生ずる(主として一塩基, せいぜい数塩基の)置換, 挿入, 欠失である。これらには, 翻訳領域のまっただなかに終止コドンを出現させたり, フレームシフトを起こしたり, 蛋白質のコンフォメーションを大きく変えて膜表面スパイクとしての機能を果たさなくしたり, ウイルスにとって有害なものがかなり含まれてくる。実際このような有害な突然変異が相当起こっていて, それらが自然淘汰によってウイルス集団から除去されていることは, アミノ酸置換座位の進化速度(V_A)が同義座位の進化速度(V_S)より低いことから分かる(機能的制約による進化速度低下)。

一方, ウイルスにとって「有利な突然変異」とは, HA, NAの基本的機能(膜表面スパイクとして宿主細胞への接触・侵入)を損なうことなく, その抗原性が変わるよう突然変異である。このような突然変異は全突然変異中のなかではやはりまれである。しかしそれはある比率で起こっている。そして, このまれな突然変異によって新しい抗原タイプを獲得したウイルス系統が, その祖先系統と置き換わる。これが antigen drift といわれる表面抗原進化の一ステップになるのである。

この置き換わりの基本的な推進力は自然淘汰であり, 遺伝的浮動ではない。過去に流行したものと抗原タイプの異なる系統が有利になる原因は, 言うまでもなく, 宿主の免疫記憶の存在にある。いったん流行したインフルエンザウイルスの抗原タイプは, その抗原に対する宿主の免疫記憶がその集団から消失するまで再流行することはできない。こうして抗原タイプに作用する自然淘汰のモードは一定の時間遅れを伴う強い頻度依存淘汰となり, ウイルスの系統は絶えず変り続けることによってのみ生き残ることができる。この進化の様相は, 「赤の女王型」あるいは下りのエスカレーターを懸命に駆け登るような進化であると言えよう。

引用文献

- Anderson, N. G. (1970) *Nature* 227 : 1346-1347
Campbell, A. M. (1969) *Episomes*. Harper & Row, New York. [渡辺 力訳 (1971) 『エピソード』共立出版]
郷 通子 (1987) 代謝, 24 : 519-526.

- Greene, E., L. J. Orsak and D. W. Whitman (1987) *Science*, 236 : 310-311.
Hayashida, H., H. Toh, R. Kikuno and T. Miyata (1985) *Mol. Biol. Evol.*, 2 : 289-303.
Hood, L., Kronenberg, M., and Hunkapiller, T. (1985) *Cell*, 40 : 225-229.
Kettlewell, H. B. D. (1958) In : J. Chermas (ed), *Darwin Up To Date.*, New Science Publications, 1982 [松永俊男・野田春彦・岸 由二共訳 (1984) 『生物の進化最近の話題』培風館, p 64-69]
河野晴也 (1980) さまよえる遺伝子. 培風館.
Lande, R. (1985) *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 82 : 7641-7645.
牧野俊一他 (1987) *Net. Evol. Biol.*, 4 : 1-23.
Mather, M. H. and B. D. Roitberg (1987) *Science*, 236 : 308-310.
宮田 隆・林田秀宣・隅 啓一 (1986) *実験医学*. 4 : 386-393.
Mourant, A. E. (1971) *Nature*, 231 : 466-467.
中原英臣・佐川 俊 (1986) ヒトはなぜ進化するのか. 泰流社.
佐々木 顕 (1987) *Net. Evol. Biol.*, 4 : 60-63.
Palese, P. (1986) In : S. Karlin and E. Nevo (eds.), *Evolutionary Processes and Theory*. Academic Press, pp. 53-68.
Varmus, H. E. (1982) *Science*, 216 : 812-820.
Wilson, J. B. et al. (1986) *Cell*, 44 : 477-487.
(812 福岡市東区箱崎 九州大学理学部生物学教室)