

木村資生が残した宿題

五條堀 孝

総合研究大学院大学教授 遺伝学専攻／
情報・システム研究機構 国立遺伝学研究所副所長・生命情報・DDBJ研究センター長

生物進化の分子機構の解明に取り組む五條堀 孝さんは、1983年、国立遺伝学研究所に着任し、木村資生博士には1994年の逝去まで親しく指導を受けた。日本の生命情報学のリーダーでもあり、世界3大DNAデータバンクのひとつである生命情報・DDBJ研究センターを率いる。

齋藤 木村先生の晩年の考えは太田先生のはほぼ中立説とはかなり対立点があったと思いますが、どんな印象でしょうか。

五條堀 木村先生は「中立説は自分の子供のようなもの」と言っておられた。主観性はいくらか入るだろうという心情の吐露だったと思います。太田先生の説は中立説のバリエーションと考えていたのではないのでしょうか。

齋藤 太田先生自身は本質的に異なると考えておられるようです。むしろ淘汰説だと評する人さえいます。

五條堀 中立か淘汰かという二元論は古いパラダイムではないですか。ゲノムのこの領域は中立的、ここは淘汰的というように考えるべきではないでしょうか。さらに先端的な情報を用いてその枠組みを見るには、細部にこだわらず大きく見る前向きな姿勢が大事だと思います。

齋藤 1968年の木村先生のNature論文では、中立進化はゲノム全体に適用されると書いていますね。

五條堀 あの論文のポイントはふたつあると思います。ひとつは、まだDNAの塩基配列がわかっていない中でDNAに基づいて議論していること。ふたつ目は中立説を量的な枠組みで解析したこと。集団遺伝学には量的な解析の面と、論理的な議論の面があり、その両面を合わせた洞察力の高い論文だと思います。

齋藤 私は、木村先生の恩師であるクロー博士がなぜ中立説を唱えなかったか、かねて不思議でなりません。

五條堀 DNAについての情報は、世界の指導的な研究拠点だったウィスコンシン大学遺伝学科のクロー博士から木村先生にもたらされたものでしょう。クロー博士は木村先生の仕事には深い敬意を抱い

ていましたが、淘汰の重要性にこだわりがあり、必ずしも中立説を支持していたわけではないと思います。

齋藤 そうですか。

五條堀 1980年代前半にグールドが「美しいでたらめ」という論文を書いています。「進化に寄与するのは機能の改善ではないのか、割合が少なくても自然淘汰の中味を見るべきで、意味のないでたらめなところをいくら研究しても進化はわからない」ということでした。グールドは淘汰説の強い主張者でしたが、大多数の塩基は中立であることは認めていたと思います。中立論争はグールドあたりから質的な問題点に目を向けるようになってきました。

中立説は40年前の議論ですが、今もゲノム中のタンパク質非コード領域はどんな機能をもつかわかっていません。マウスではゲノムの約80%の領域はタンパク質でないところにRNAを産出し、一部はマイクロRNAのような機能を持ちますが、その他は機能不明です。強い淘汰論者から言えば、機能がある限り淘汰を受けているはずだということになる。こういう側面からの中立・淘汰論争は話題性のあるホットなトピックで、私たちの世代が解決すべき問題だと思います。

齋藤 RNA大陸の問題はこれから詰める必要があるということですね。

五條堀 そうです。中立説論争の側面から言うなら、まさに大きくて重要な克服すべき課題だと思います。

齋藤 ゲノムが次々に解明されて配列の比較も進んでいます。中立論が予言するところによれば、保存されている領域は機能があり、保存されていないところは機能がない。この考えは今後も盤石で



しょうか。それとも新しい発想が出てくるのでしょうか。

五條堀 どちらかという新しい発想が出てくると予測します。木村先生はダーウィンにも非常に深い尊敬の念を抱き、形質レベルでの淘汰を信じていました。その上で、形質レベルとDNAレベルで中立と淘汰をどうつなげるかに悩んでおられた。この問題は宿題として私たちに残されたこととなります。DNA塩基だけに焦点を絞ることなく、タンパク質ネットワークやそれが形態変化とどう結びつくのか、そこをうまくつなぐとDNAから一本の筋が通ってくるでしょう。その筋が中立的なものや淘汰的なものが分かれて見えるのか、相補的に見えるのかはまだわかりません。

中立説は役に立つし、考え方の基盤になります。科学の大きな資産であり、有用な手段です。

齋藤 現代の代表的な進化学者でもヒトの進化となると正の淘汰を信じ込む傾向が強いのは驚きます。

五條堀 地道に真摯にデータを積み上げて、この機能は中立、この機能は淘汰というふうに議論すべきだと思います。

齋藤 木村先生のエピソードを是非。

五條堀 遺伝研に着任したときには、木村先生は怖い方なので足音にも気をつけるようにと言われていましたが、実際には頻

繁に「五條堀くーん」と部屋に来られた。「これ読んだ？」と最新の論文を持って来ることもあり、「地球上で一番古い遺伝子は何だろうね」などと、優れた洞察力を発揮して生物学の本質を常に見ておられました。決して中立説にばかりこだわっていた方ではないんです。

ある外国人が中立説を評して「東洋人だからこそ」と言いました。東洋思想は人間の優越性ではなく生きとし生けるものの平等性を説くからでしょう。先生はこうした批評を好まず、「そんなことはいっぺんも考えたことがない」とおっしゃっていました。中立説は冷徹にサイエンスをした結果でしたから。私も中立説の成立に東洋思想が影響したとは思いますが、日本に中立説を受け入れやすい素地があったことは確かのように思っています。

小鳥の歌やヒトの言語の中立進化

岡ノ谷一夫

理化学研究所 脳科学総合研究センター生物言語研究チームチームリーダー

岡ノ谷一夫さんは、小鳥の歌の文法とその脳内メカニズムを研究する気鋭の研究者。ギター演奏が好きで、音楽と動物の接点に研究テーマを探した。歌う小鳥は長調と短調を区別できるか。そんな疑問が入り口になった。関心は人間の文法の神経メカニズムや意識にも及ぶ。著書に『小鳥の歌からヒトの言葉へ』、『ハダカデバネズミ』(共著)など。

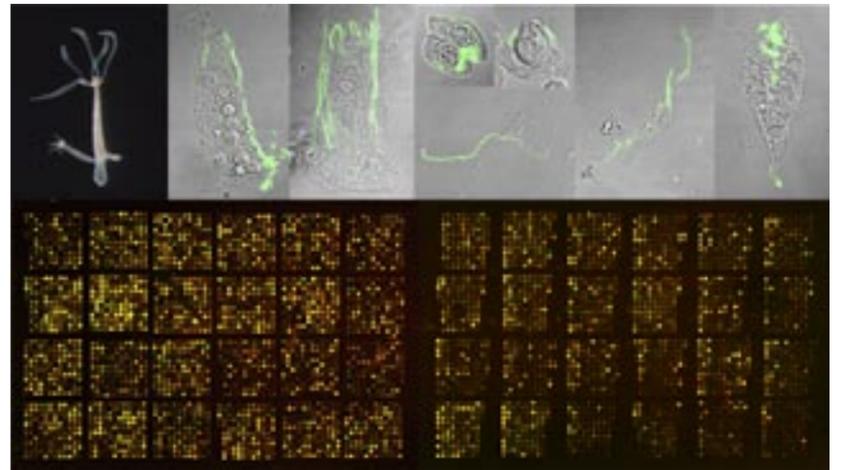
齋藤 言語の誕生は偶然でしょうか。

岡ノ谷 言語の起源はネオテニー(幼形成熟)ではないかと考えています。この点で、小鳥の歌はよいモデルになります。ジュウシマツの祖先であるコシジロキンバラの歌の発達段階を見ると、成熟した個体の歌は音の順番に定型性が高いが、幼い時は様々な順番で歌います。それがメスには歌のバリエーションが多く聴こえて、好みに合う。ジュウシマツは野生のコシジロキンバラをペット化したものです。ペット化で青春時代が長くなったから歌の順番の複雑化が起こったのだと思います。

齋藤 ネオテニーは通常発達段階を司る遺伝子が壊れることですから、偽遺伝子を考えやすい現象で、これも中立進化で説明できるんじゃないでしょうか。

岡ノ谷 そこが私にはよくわからない。

齋藤 ネオテニーは通常なら生存に不利なのに個体は生き延びているわけですね。自然淘汰説で説明するのは難しい。岡ノ谷 ジュウシマツは人間のペットになって250年です。天敵がいないので、複雑な歌をうたっても捕食されません。ペットという特殊な環境ではネオテニーも生存に不利ではなかった。ペット化は一種の人為淘汰という特殊な条件です



写真左上：ヒドラ
右上：ヒドラに含まれるいろいろな種類の細胞。微細管が緑色蛍光で染色されている。
下：ヒドラのDNAチップ
約7億年前に出現したヒドラ(刺胞動物)は、体中に神経細胞が分散して存在し、中枢神経系のようなものはない。これらの細胞だけに特異的に発現する遺伝子をcDNAチップという最新技術で取り出し、それらに蛍光マーカーをつけてもう一度ヒドラのどの細胞に発現しているかを調べてみると、いろいろな神経細胞に特有の遺伝子発現パターンが観察される。このような遺伝子によってコードされるタンパク質のネットワークが形態レベルの進化をみる上で重要と思われる。



が、歌によって人為的に選択されているわけではありません。

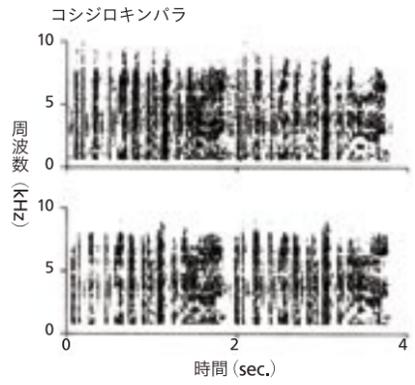
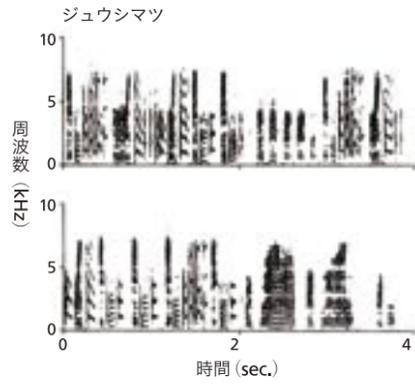
齋藤 それはまさに中立進化では?

岡ノ谷 中立説は遺伝子レベルのことで、表現型にはかかわらないのではないですか。

齋藤 例えばヒトの指紋です。これはま



上段:左がジュウシマツ、右がコシジロキンバラ。ジュウシマツは野生のコシジロキンバラをペット化したもの。下段:左はジュウシマツの歌、右はコシジロキンバラの歌。横軸は時間、縦軸は音の高さで示す。ジュウシマツの歌はさまざまな歌要素がいろいろな順番で出てくるが、コシジロキンバラの歌はいつも同じ順番である。



さに表現型ですが、どんなタイプの指紋でも生存には何の差も生まれません。これは形態レベルの中立進化なんです。

岡ノ谷 なるほど。台湾では、コシジロキンバラはアミハラという鳥と混群を作って生息していますが、混群状態ではそれぞれの歌が単純になる。特徴をはっきり示して交雑を避けているのだと思います。コシジロキンバラだけの群にすると、歌は複雑になります。ペット化により、これがさらに進んだのがジュウシマツです。

斎藤 それは中立進化というリラクゼーションですね。

岡ノ谷 これも中立進化ですか？ 歌のリラクゼーションがおこると種認識の上では不利ですが、刺激の多様性が高くなるからメスにはより好ましい。こんなことを研究しているうちに、ヒトの言語も定型的なパターンのリラクゼーションが起源ではないかと思ひ始めたのです。

生まれつきの声は何種類かあったとして、集団居住することで安全度が高くなった結果、それを保持する必要がなくなったのではないかと。リラクゼーションがおきて、声の複雑な組み合わせが生ま

れたのではないかと。それが言語の始まりの可能性がります。

斎藤 動物園に行ってみると、霊長類の赤ちゃんは静かです。声を出すと捕食されるからでしょうね。

岡ノ谷 人間の子供が泣くようになったのは、捕食という圧力が減ったからです。泣いて親を制御するほうが有利になった。すると泣き声の多様性が増え、それを親が状況に対応させて解釈するようになったのではないかと。新生児の泣き方を分析すると、生まれた日は単純ですが、1ヵ月もすると大変複雑になります。

斎藤 ボノボにヒトの言葉を教える試みは失敗に終わりましたね。単語レベルの認識まではできるけれど。

岡ノ谷 霊長類に意味をもつ単語をいくら教えても文法は出てこない。文法は意味とは別に進化したと考えるべきです。

斎藤 前適応ですか。前適応はまさに中立ではないですか。木村先生は、淘汰圧がかかっていない中立進化で出てきたバリエーションの中のひとつが後で適応に使われることになるかと考えた。問題は、文法が意味とは別のところから出てきてどこで意味と結びついたかです。

岡ノ谷 それが謎なんです。文法とは、偶然によるバリエーションを脳がいちいちやるのが大変だから作り出したルールです。

斎藤 文法によってあらゆる表現が可能になった。組み合わせ爆発です。それはいつ頃気づかれたのでしょうか。

岡ノ谷 人間が発声できる音の種類は限られています。組み合わせをつくらないと足りなくなってしまう。だから文法が生まれてきたという説がありますが、それならチンパンジーにたくさん言葉を教えればいずれ文法ができそうですが、そうはならない。動詞も作れません。この説はおかしいと思います。

斎藤 人間は誰も言語能力があるから、遺伝的な基礎がある。人間だけに脳の構造変化があって、言語ができたのでしょうか。

岡ノ谷 言語学習にかかわる遺伝子として知られるFoxP2は、言語の必要条件ではあるが十分条件ではないんです。この遺伝子は様々の動物やネアンデルタールにもあり、大脳基底核で発現します。FoxP2がかかわるのは物事を順番に並べる能力。これは歌や踊りのような性的ディスプレイを複雑化させる能力に関係がありそうで、これが文法操作への前適応かもしれない。

斎藤 ヒトとチンパンジーの分岐は600~700万年前で比較的近いわけですが、言語活動の点ではまったく違いますね。

岡ノ谷 鳥は9000種で、歌を学ぶものが5000種です。ヒト、チンパンジー、鳥を比べると、ヒトや歌を学ぶ鳥では、発声制御の運動神経と延髄呼吸中枢が直接連絡している。チンパンジーでは連絡がありません。なぜヒトでは連絡したかという、捕食圧がなくなって赤ん坊が泣き声を上げるようになり、運動野から呼吸中枢への直接制御が発達していったのでしょう。ヒトの子供は未熟状態で生まれるので、泣き声で親を制御するほかないのです。

斎藤 なるほど。これもまた言語の中立進化ということになりますね。

進化論や中立説は思想・文学に何をもたらしたか

鈴木卓美

総合研究大学院大学教授 国際日本研究専攻/人間文化研究機構 国際日本文化研究センター教授

鈴木卓美さんが仏文学科の学生だった頃、大学にはバリケードが築かれ、若者たちは沸騰していた。やがて漂流。創作・評論活動を経て、30代後半から大学教師に。やがて国際日本文化研究センターに招かれ、20世紀日本の思想や文学のなかの生命観を主なテーマに研究してきた。著書に『生命観の探求—重層する危機のなかで』など。近著は『日本人の生命観』(中公新書)。

斎藤 生物学が人文・社会科学にどんな影響を与えたのかについて、以前から関心があります。

鈴木 私が生命というテーマに行き当たった一つのきっかけは『檸檬』で知られる梶井基次郎を研究していて。梶井は三高理科出身ですが、日露戦争前後から、生命が時代の大きな主題になっていたのに気づいたのです。そのころ、ベルグソン『創造的進化』のエラン・ヴィタール(生の跳躍)が流行語になっていました。また、ヘッケルは生命エネルギーの循環論を唱えていた。これがエコロジー論の源ですね。背景にはマッハらのエネルギー一元論がありますが、どちらも宇宙生命のエネルギーが原理です。それが当時の科学だった。日本の哲学者では西田幾太郎や和辻哲郎がこの流れ。他方、ハックスリーが19世紀末に講演「進化と倫理」で、動物にも相互扶助があると主張した。ロシアの無政府主義者クロボトキンの相互扶助論も、それに影響された可能性がある。日本でも大変人気がありました。

斎藤 1920年代には集団遺伝学が生まれ、60年代までは第二のネオダーウィニズムの時代です。このあたりの影響はどうですか。

鈴木 集団遺伝学は、一般には広がっていないと思います。私が驚いたのはジャック・モノーの『偶然と必然』。モノーは社会主義者でしたが、西欧の思想的伝統のすべてを否定した。これにどう応えるのか。内なる西欧中心主義の問題はいまも問われています。

斎藤 私はモノーを熱烈に読んだほうで

す。モノーは偶然の意味をはっきり書いている。米国で私の指導教授だった根井先生は、1987年に書いた教科書の最終章でモノーを引用しています。中立論の眼目は法則性の否定です。たまたま運のよいものが増える。偶然を重視する哲学というのはありますか。

鈴木 ベルグソンの『創造的進化』は、ド・フリースの突然変異説をランダムな運動の原理にした。それがフランスで20世紀初頭にアナキズムが流行った風潮と関係しています。アナキズムは国家単位で考えるマルクス主義を嫌う。その後、ソ連が強くなったので、アナキズムのまともな歴史が書かれていませんが、ヴァイタリズムとともに見直されています。70年代フランスで華やかだったドゥルーズがベルグソン主義者です。ニーチェと重なるところもありません。

斎藤 アナキズムとニヒリズムは親戚かしら。どちらも心情として中立論に近い気がする。

鈴木 仏教の「無」や「空」も西欧の概念ではニヒリズムですが、ブータンなどでは希望の原理に転換していますよ。

斎藤 歴史主義はいつからあるのですか。

鈴木 歴史主義は不変の原理や価値を否定し、みな歴史の産物と考える近代思想です。歴史的発展主義と言い換えてもよいですね。マルクス主義の根っこを形成している。歴史観全般に生物学の影響が大きいですよ。たとえばトインビーは、西欧文明は発展して次第に減じるといって生態学的な歴史観でしたし。



斎藤 歴史に法則性はなく、記載される事実のみで十分なのでは？ 物語は偶然できる。それが歴史ではないですか。歴史学は法則性を考えるのでしょうか。

鈴木 歴史学も科学性を身にまとうので、法則を解明しようとする。物語も因果を考えます。歴史でなければ、文化のアーキタイプを考えたり、構造を考えたりする。すべて偶然だったら、どうやって生きていくのがよいかわからなくなってしまう。モノーにもインチキがある。分子レベルの偶然は個体レベルとつながらない。そのままでは人間の哲学にはならない。根本は、人間の自由の問題だと思いますが。

斎藤 大野 乾はガラクタDNAという言葉を作った生物学者ですが、そういう科学的真理やキーワードが生まれるには文化的な背景が大きく影響すると思う。

鈴木 自然科学と文化的環境の関連は忘れられがちです。ただし、個々のケースで、突っ込んだ研究が必要。逆に人文・社会科学が生物学の成果を安易に使いたがるのも困りものです。生物多様性とは何か、進化とは何かをきちんと考えないことが多い。脳とコンピューターとのアナロジーも流行っていますね。相互にチェックしあい、総合的に発展させるしくみが必要です。その意味で、総研大は貴重な場になると思います。