



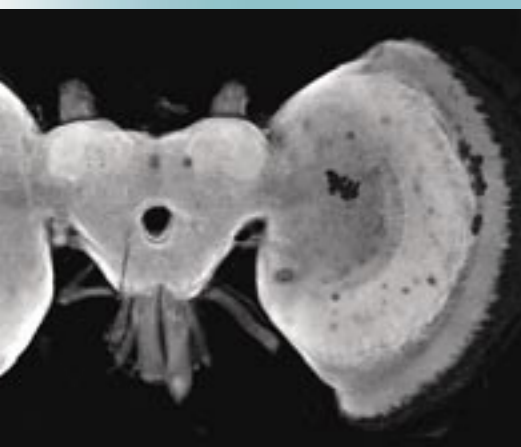
10m: チョウの生息環境である雑木林



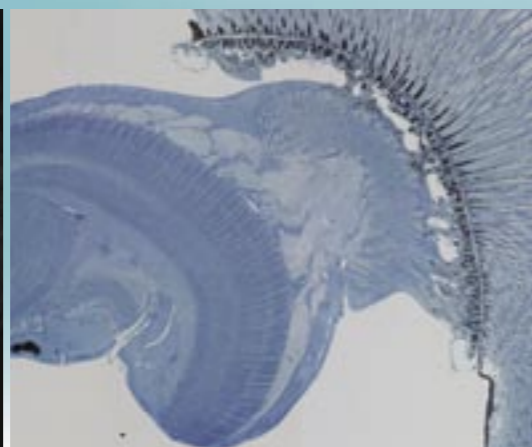
10⁻¹m: ミカドアゲハとアオスジアゲハの個体群



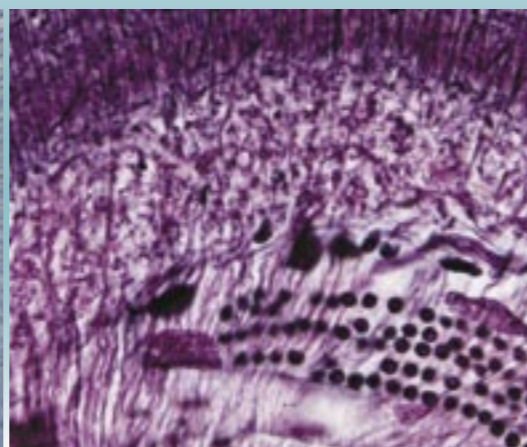
10⁻²m: ナミアゲハ頭部



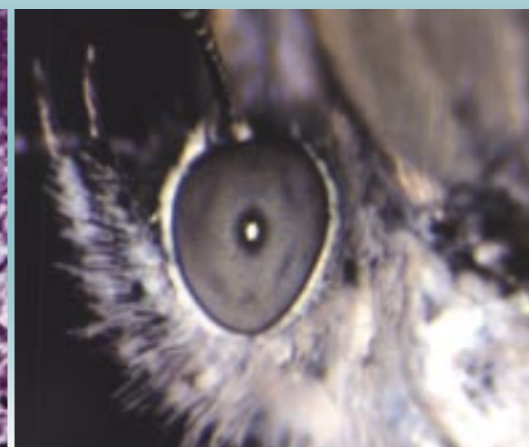
10⁻³m: ナミアゲハの脳(逆三角形の部分)と視葉



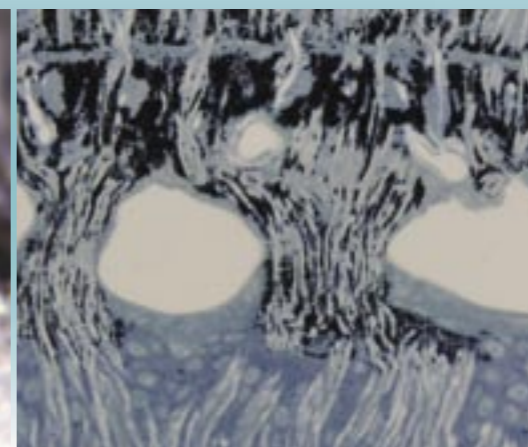
10⁻³m: ナミアゲハ視葉の水平断面



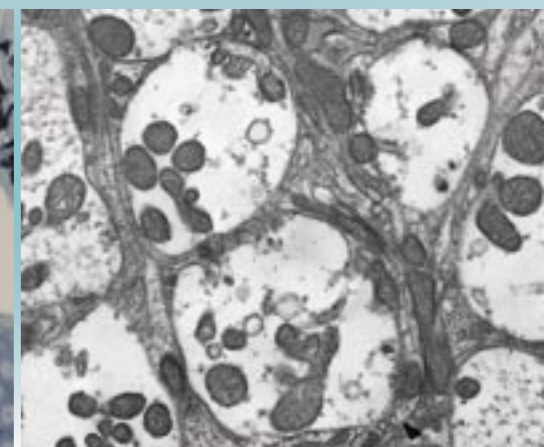
10⁻⁴m: ナミアゲハ視葉の一部



10⁻²m: ヤマトジミの頭部



10⁻⁴m: ナミアゲハ視葉の一部



10⁻⁶m: ナミアゲハ視細胞の軸索

特集

科学はどうか 進んでいくのか

科学は細分化し、深化することによって発展してきた。この要素還元的な手法ゆえに多くの新しい知見が得られたが、一方で諸分野を統合的にとらえる視点を失っていった。人間社会との関わり方も問題になっている。この特集は、科学が今後どのように発展していくのかをテーマとして、Part1では新しい科学のあり方を問う。Part2では、既存の学問領域がいっしょになって新しい考え方や分野が創出される具体例を紹介する。そしてPart3では、これからの科学と教育がどうあるべきか、総研大内外の研究者とジャーナリストに語ってもらう。

Part 1 科学のダイナミズム

科学の意味を問い直す

長谷川真理子

総合研究大学院大学教授生命共生体進化学専攻準備室長

科学における還元的手法は、生物学でも大きな問題をつくった。「生命とは何か」といった広い視野を欠落させたのだ。生命現象を総合的に理解するための概念を提唱する。

科学が発展する四つの道筋

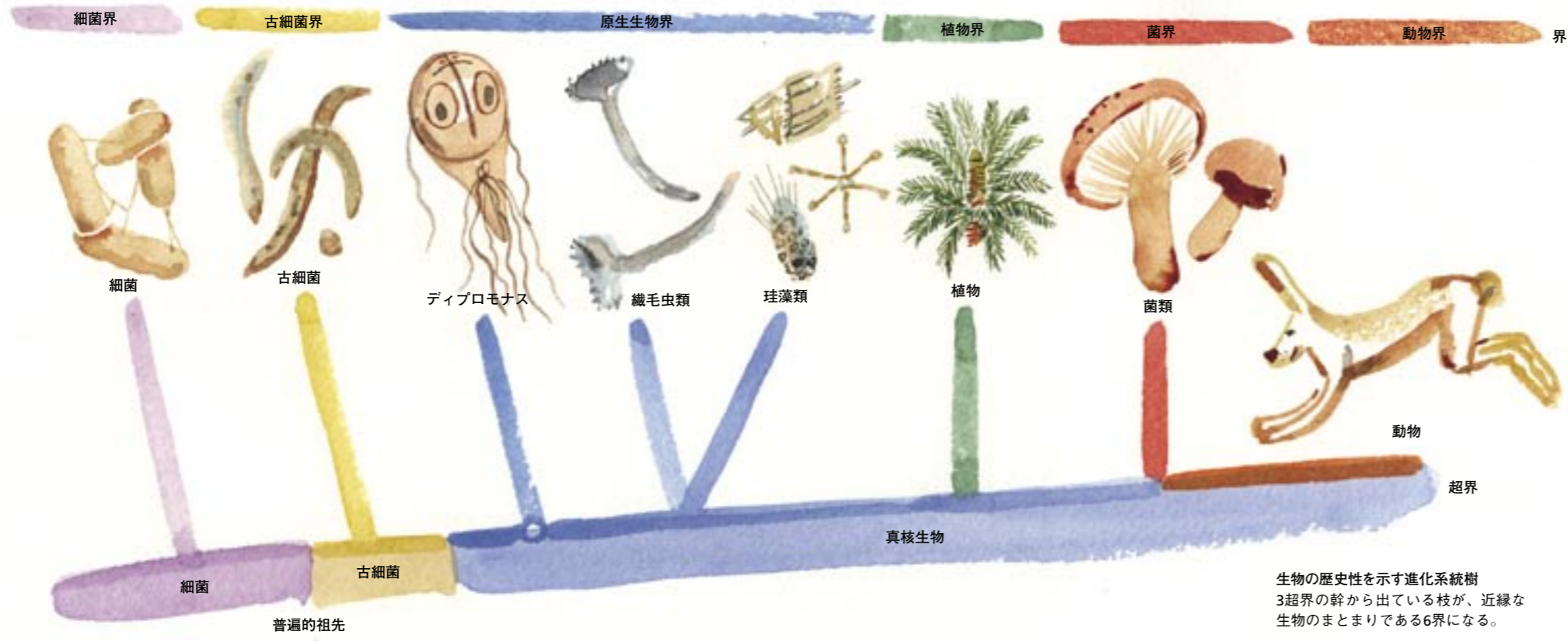
科学が発展するときには、四つのタイプがあるように思う。一つは、既存の分野の内部で長らく懸案となっていた問題が解決されたときだ。1953年にワトソンとクリックがDNAの二重らせん構造を解明したことなどは、その典型的な例と言えるだろう。二つめは、まったく新しい理論、アイデアが提出されて、これま

でなかった展望が開けるときのだ。ダーウィンによる進化理論の提出や、アインシュタインの相対性理論の提出などは、そのような例であるだろう。

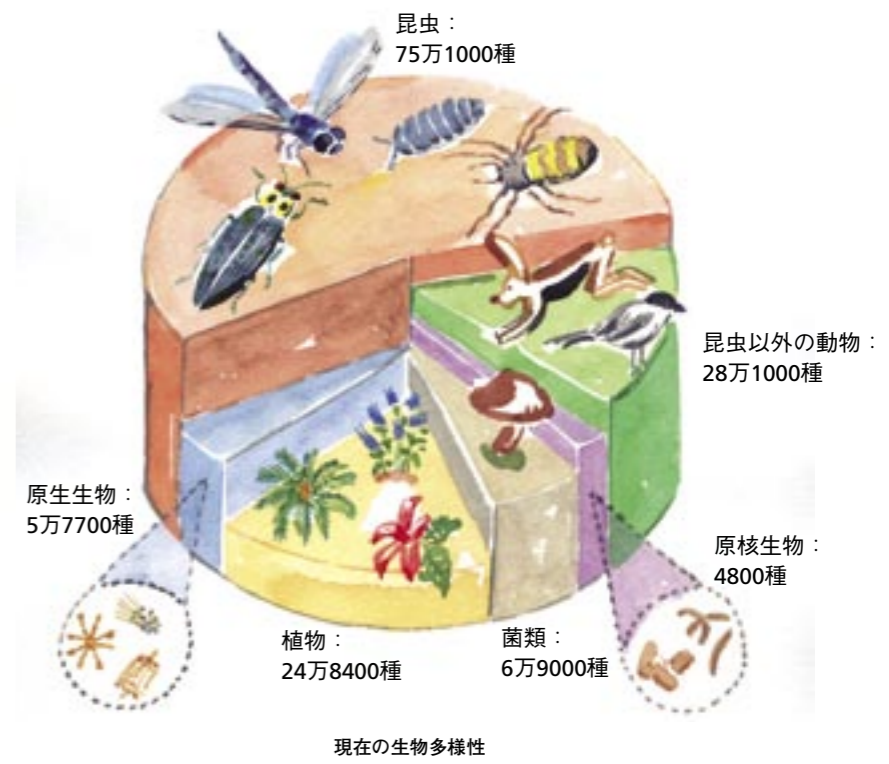
三つめは、あいまいな形で始められた研究の対象が明確になるときである。漠然と開始された研究がいくらか進んでいくと、誰かが、明らかにすべき内容を整理し、解くべき問題の種類を明確化する。そうして、新たな学問分野が創出さ

れる。私の専門である行動生態学は、まさにそのような過程で生まれた学問分野であった。

四つめは、三つめとは逆に、それぞれ独立して存在していた既存の学問の領域がいっしょになることにより、新しい考え方や分野が創出されることである。統計学がさまざまな自然科学の分野と結びついたことは、生物統計学、統計力学などの創出を促した。また、ここで取り上



生物の歴史性を示す進化系統樹
3超界の幹から出ている枝が、近縁な生物のまとまりである6界になる。



現在の生物多様性

げる進化生物学と他の既存の分野との融合は、そのような例であろう。

生物学の諸分野の発展

科学は還元的手法で進んでいく。現象を構成している要素を見つけ出し、複雑な現象をより単純な要素どうしの関係に落として研究する。それをどんどん掘り下げていくと、やがてその現象の全体像が、ジグソーパズルが解けるように見えてくる。この還元的手法は、科学の王道であり、この方法がゆえに科学は実に多くのことを明らかにしてきた。還元主義の欠点が指摘されることはしばしばあるが、そして、その指摘は正しいのだが、科学は基本的な手法として還元主義を捨てることはできない。

生物学も同様に還元的手法で発展してきた。生物の形を研究するのは形態学、生体内で起こっている代謝その他の現象を研究するのは生理学、卵から成体への発生過程を研究するのは発生学、遺伝現象については遺伝学というように、生命現象をいくつかの側面に分割し、それぞ

れについて、深く、還元的に研究が進められてきた。

しかし、生命現象をこのような諸側面に分割することは、人間の都合である。本当は、形態も生理も発生も遺伝も全部がいっしょになって生物が成り立っているのだ。あまりにも還元的に深く進められてきた生物学の諸分野は、ある部分の詳細がわかってきても、「では、生命とは何なのか」という大きな問題には、答えが出せなくなっている。

もちろん、ある程度、個々の分野の内部で細かいことまでわかるようになれば、全体像に関する疑問などには到底答えられない。ある程度の研究が進んだ段階の節目節目で統合と再編が行われ、そのたびに以前にはなかった新しい研究領域が創出されてきたのだった。

行動生態学の始まり

私は、東京大学理学部人類学教室の出身で、動物の行動の進化の研究を専門にしている。分野の名前で言えば、行動生態学と言う。動物の行動の研究は、ダー

ウィンを元祖として、19世紀の終わりごろからロマニスなどによって始められていた。これは、動物の行動の詳細な観察をもとに、行動を支配している法則を発見しようという学問である。

20世紀の前半までには、有名なコンラート・ローレンツやニコ・ティンバーゲンなどによる研究が開花していた。ティンバーゲンは、動物の行動に関する「なぜ」という問いに対する答え方には、四つの異なる視点があることを明らかにした。一つは、その行動を引き起こしている直接の生理学的、神経学的メカニズムからの答えである。これを至近要因と呼ぶ。二つめは、その行動がどのような発達の過程を経て出現するのかの径路であり、これを発達要因と呼ぶ。三つめは、その行動がどのような機能を果たしているから存在するのか、その適応的価値に関するもので、これを究極要因と呼ぶ。四つめは、その行動が、祖先のどのようなタイプの行動から派生してきたのかに関するもので、これを進化系統要因と呼ぶ。動物行動の「なぜ」の答え方をこの四

つに分類したティンバーゲンの提言は、ある一つの「なぜ」に対して、別の「なぜ」で答えても議論が混乱するだけであるので、そこは区別して論じなければならない、ということを示すためのものであった。しかし、この提言は、それまで行われていた動物行動のさまざまな研究に隠されていた、まったく異なる種類のアプローチを明確にすることによって、新たな学問分野を切り開くものとなった。これによって、ダーウィン以来あいまいな形で始まった動物行動学がいくつかの明確な側面に分割され、還元的手法によって、それぞれの側面を精密に深く研究する土台が築かれたのである。

さて、そうしてティンバーゲンが3番めに挙げた究極要因の研究が、進化生態学・集団遺伝学の理論と結びつくことによって生じたのが、行動生態学である。

ローレンツとティンバーゲンが、ミツパチのダンスの研究で有名なフォン・フリッシュとともにノーベル生理学・医学賞を受賞したのは1973年である。しかし、そのときすでに、彼らが基礎を築い

た動物行動学は分割され、その一部が行動生態学へと飛躍しつつあった。

私が学部3、4年生から大学院にかけてのころは、まさにその行動生態学の創成の時期であった。新たな学問分野が生み出され、多くの論争が戦わされて、たいへん興奮に満ちた時代であった。そのころの私自身の研究は、野生霊長類の行動研究で、修士課程ではニホンザルの行動と生態、博士課程では、アフリカの野生チンパンジーの行動と生態の研究を行った。そのとき、単に旧来の「霊長類学」という枠の中での研究をするのはおもしろくないと思ったので、なんとか、新しい行動生態学の理論の中に身を置きたいと思った。暗中模索でたいへん苦労したが、固まった既存の学問の枠内にとどまりたくないという思いは、このころから強く持っていたように思う。

進化の概念による統合

進化とは、生物が時間とともに変化してきたことを指す。地球上に初めて生命が誕生して以来の40億年の間に、生物は

増殖し、世代を経るごとに変化してきた。そして、現在の数えきれないほどの生物多様性が生み出された。進化とは、生物の歴史性と多様性を総合的に理解する基礎となる概念である。

すべての生物は、過去からの遺産をひきずっており、その生物が過去にさらされてきた環境に対する適応を備えている。進化のプロセスにはさまざまなものがあり、各種の生物がどんな進化を遂げて今の姿があるのかは、それぞれの種について調べてみなければならない。しかし、生物の持っている形態も生理も発生も遺伝も、そして行動も、すべては進化の産物なのだ。別々の分野として研究されてきた生物のさまざまな側面の知識は、進化の考えのもとで初めて統合されるのである。かつて、有名な遺伝学者であったテオドシウス・ドブジャンスキーは「進化の光に当ててみなければ、生物学のどんな知識も意味を持たない」と言ったが、これはまさに真実なのである。Part 2で紹介される大田氏の研究は、南極の非常に寒冷な環境に生息する魚に

