

AFTERNOON TEA

独立行政法人国立健康・栄養研究所

宮地 元彦

筑波大学体育科学系/先端学際領域研究(TARA)センターの家光素行先生からのご使命で、今回の執筆を承りました。私は九州の最果てにある鹿屋体育大学および同大学院を一期生として卒業した後、13年余りに渡り、岡山県倉敷市の川崎医療福祉大学・健康体育学科に助手、講師、助教授として奉職いたしました。昨年の10月より、独立行政法人国立健康・栄養研究所にて、学生時代の恩師である田畑泉部長とともに、身体活動による生活習慣病の一次予防についての研究を行っております。医科学・生理学の理論や手法を発展させて、実際の健康増進や体育・スポーツの現場に役に立つエビデンスを構築することが求められています。

このようなエビデンスを得るためには、ヒューマンスタディでしかも比較的多数の被験者を対象にした研究が求められます。細胞や動物と違って、人は文句を言ったり、喜んでくれたりするので、円滑かつ効果的に研究を遂行するために研究者にはそれなりのコミュニケーション能力が要求されるはずで、学会でのプレゼンがうまいとか、論文の文章がうまいとかもコミュニケーション能力の一つですが、ここでは、被験者や共同研究者の声無き声をいかに聞き出して、それに答えて行くかという能力を指します。その人の性格や経験に多少は依存しますが、生理学に必要な知識や手技と同様に、いくつになっても訓練により身に付けることができます。

コミュニケーションに配慮できる研究者に対しては、質の高い被験者や共同研究者が質の高い協力をしてくれるものです。例えば前日の就寝や絶食など被験者のコントロールがきちんと出来ているか否かが、ヒューマンスタディにおけるバイアスを左右する最も大きな要因になります。手前み

そになりますが、年度末に急に予算がついて一月半で約100名の被験者を測定することになり、毎日数名の被験者の方々に朝早くから実験室に来ていただきましたが、絶食を怠ったり、風邪を引かれたり、体調不良を訴えたりする方は一人もいらっしゃいませんでした。実験室に来ていただくまでに、被験者の方々とメールや電話で何度も「相互に」話しておくことで、彼らの善良な協力者としての自覚を導き出すことが出来た結果だと信じています。

最近流行のコーチングの理論に関する本でもコミュニケーションスキルを学びましたが、学生時代からのラグビープレーヤーやコーチとしての経験、大学での教育経験が基礎になっています。しかし、今でも私のコミュニケーション能力を磨いてくれるのは、自閉症という重い知的障害を持つ私の子供との日常生活です。自閉症とは先天的な脳の障害で、自閉症者は1000人に一人以上の割合と言われています。行動や興味が限られていてコミュニケーションに問題があります。私の子供はこの春小学校に入学しましたが、いまだに「バイバイ」がたまに言える程度のことばしか持ちません。でも、妻や私はサイン言語やカード提示から彼の要求を知ることができるし、声無き声から私たちへ向けられる愛着を感じることができるようになりました。私たちが彼の心の声をより豊かに表出させることで、彼のコミュニケーション水準も向上し、ひいては豊かな人格形成にも結びつくと考えています。

被験者や共同研究者の声無き声をいかに聞き出し、それにいかに答えるか？質の高いヒューマンスタディを遂行する上で、命の理を探る生理学の研究者に求められる大切な素養の一つであると感じるこの頃です。

京都大学・情報学研究所の松村潔先生よりバトンを受けさせていただきます。私は滋賀医科大学卒業後、京都大学・高次脳科学（旧生理学）の大森治紀先生の御指導のもと、聴覚系および中枢神経細胞のパッチクランプ実験系を学ばせていただき、学位を取得いたしました。その後、大阪バイオサイエンス研究所（OBI）にて渡辺恭良先生（現・大阪市立大学・システム神経科学）にお世話になり、*in vivo*実験系による脳科学・行動科学研究、脳機能イメージング研究に従事させていただき、光エネルギーを使った脳機能の制御技術の開発等をおこなってまいりました。松村先生とはOBIで研究室を御一緒させていただき、関西医科大学へ赴任いたしました現在も中枢神経疲労、睡眠、脳内プロスタグランディンの研究でお世話になっております。

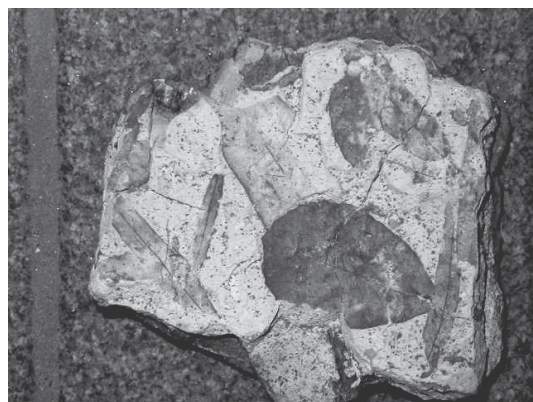
さて、“Afternoon Tea”ということで、勝手に「午後の微睡」と訳させていただき、雑駁な文章をお許しいただきたいと存じます。

小学生の頃の私は、採取した化石を枕元に、古代生態系に思いを巡らせる考古学少年でした。灰褐色の泥からシダや水性植物が生茂り、カニやエビ、巻貝、二枚貝がたくさん生息した栄養豊かな湿地帯。未だ爬虫類や哺乳類のいない古生代は、私にとって、ことさら平和な生態連鎖の光景でした。今でも「化石掘り」に出かけるのですが、私の住む滋賀県界隈でも貝類や植物の化石が多く発掘できます。あの琵琶湖は400万年前（新生代）に今の三重県の辺りに巨大な湿地帯として誕生した世界でも十指に入る古代湖だそうで、誕生以来、拡大、縮小、そして分裂と統合を繰り返しながら北上し、現在の場所まで辿り着いたようです。この移動の痕跡は三重県から滋賀県にかけて産出する水性生物の化石から確認できます。また、それらの中には限られた場所や環境（淡水か海水か、水深が深いか浅いか、温暖か寒冷か等）でしか生息できない生物の化石（示相化石）も含まれ、琵琶湖が比較的温暖な気候の中を

移動し続けてきたことがわかります。また、当時、ゾウやシカ等の哺乳類も水を求めて集まって来たようで、琵琶湖南東部・野洲川一帯からは彼等の歯・骨、そして足跡までも化石となって発見されています。

さて、動物化石からは中枢神経系の発達程度も推定できるようですが、中生代から新生代と生物進化が進む中で、なぜ情動体験なるものが芽生え、そして徐々にその機能的容量を増してきたのでしょうか。危険回避行動や攻撃行動をはじめ、行動選択のバリエーションが増え、より適した行動を選択できたのでしょうか。個体間での情報の授受に有利だったのでしょうか。いずれにしても、われわれの喜びや苦しみの感情も生物進化の中で獲得されたものといえましょう。しかし、今日、人類はその情動体験に翻弄されているのも事実です。ストレス、慢性疲労、不安、鬱、暴力、戦争、自殺…。発達した中枢神経系の成れの果てか、はたまた自らが招いた急激な環境変化への不適応か？

あるとき、光を使った脳機能制御技術を応用すれば、患者さんの苦痛を軽減できるかもしれないと話しますと、一人の学生曰く、「苦しみを乗り



三重県津市の宅地造成現場で採取した被子植物双子葉類の化石

越えてこそ、その人の人生が全うされるのではないか」。うーん、人それぞれ。そういえば、妻は、自分が幸せであることを夫に知ってもらいたいのではなく、夫を幸せにするためにどれほど苦勞し、尽くしているかを知ってもらいたいのだという一説があったのを思い出しました。「幸福とは何か」「人はなぜ苦しむのか?」、そろそろ科学界が本領を發揮するときも近いのかもしれません。「生き

ること、死ぬこと、そして人類の行く末」をも生命科学の立場から議論し、情報発信していく場を、生理学会には提供し続けていただけるものと期待しております。琵琶湖がさらに北上して日本海と融合する頃、日本生理学会が示相化石にならないためにも…。「午後の微睡」が「午後の戯言」となってきましたので、このへんで失礼いたします。

学問の壁

I. はじめに：物理学と生物学の「科学モデル」

徳永太さんから、バトンを引き継ぎました。徳永さんは、物理学的視点から生理学との違いを俯瞰し、論立てをされていました。確かに、物理学や化学のように仮説の反証と演繹による一般化によって発展してきた科学領域と、再現可能な「観察・実験」に基づいて「帰納的」に知識を増やしていくという方法もまた有効に機能してきた生物学では、適用されている「科学モデル」が少し違うかもしれません。本稿では生理学を基礎医学の枠組みから少し距離をおいて生物学の中で位置づけなおす試みをします。生理学はHodgkin, Huxleyらの金字塔の研究に代表されるように、生物学領域の中では比較的（演繹的手法を多用する数理・進化生物学とはまた別な意味で）仮説反証・演繹型の物理学的科学モデルと類似点が多い様に思われます。しかし同時に、「ラットのA神経核では三種類の活動様式をもつニューロン発火が観測され、それぞれの形態的特徴も、サル、ネコのA神経核と相同性が高い。サルにおいてA神経核の破壊は○×障害という効果をもつことから、ヒトにおいてもその機能は○×であると示唆される。」といった類推もまた沢山あり、この論理は乱暴に要約すると「観察した有限個のカラスは全て黒いことからカラスは黒いトリである」というのと全く同じ形式で帰納的です。たしかに帰納の材料となるべき事実を「何の仮説や先入観を持たずにただありのまま集め記述する」ことは、これはこれでやはり重要です。私自身も、これまで査読によって承認され蓄積されてきた生物学的記載は概ね正しいのだろーと思っております。しかし、「この白いトリは遺伝的証拠によるとむしろカラスの仲間とするのが妥当だが、白いために他のトリの属に入れられていた」というような誤謬の発見は分子系統学などによって実際に多く

もたらされましたし、今後もないとは言えないでしょう。このような帰納法にまつわる論理的問題や博物学的背景のために、生物学は、物理学など、より厳格な論理的正当性を要求する他の科学領域の研究者から、「切手蒐集のようなもの（Rutherford）」あるいは「枚举主義」、「記載学」と揶揄されることがあります。近代生物学の発展は、DNAの2重らせん構造の発見と、それに続く分子生物学の隆盛を一つの特徴とします。この流れを「切手蒐集」と揶揄された生物学が「セントラルドグマ」によって強力に理論武装し、より演繹的実証科学として脱皮しようとした過程と捉えることもできましょう。しかし、この「セントラルドグマ」に裏打ちされた還元主義的生物学の発展は、その大きな成果の一方で時に「遺伝決定論」的側面を強調しすぎることもあり、生物学者の生命観という点では少々薬が効きすぎたと感じることもあります。むしろ生物学の内輪から断続的に「あまりに還元主義的態度からは、全体像の統合的理解や生命現象の合目的的、あるいは本質的意義（真実）の理解は困難だ」という非難や警鐘にさらされ、様々なポストゲノムの試みがなされつつあるといえましょう。もちろんこれには再反駁があって、それは例えば「合目的的あるいは本質的理解というもののはしばしばバイアスそのもので客観的ではない」などとなります。生物学はその対象自体が複雑・多様で、究極的には我々自体の存在や世界観に結びつく部分があります。あくまで客観的科学的枠組みを担保しつつ、同時に豊かな生命現象への視点を絶やさない為には、生物の研究者や教育者にはどのような科学モデルが必要なのでしょう？これからの生理学研究は、個体差も大きいヒトや、遺伝的に統制されていないという点でよりワイルドな実験動物をも対象にして「個性」や「性格」、「一度しかおこらない現象」、「高度にマルチファクターな現象」などをも、視

野に入れるように発展するでしょう。そうなりと
 そのうち一つのファクターの関与のみをその為に
 単純化された反復実験の結果によって厳密に真偽
 判定していくということは（もちろんそれが可能
 なときには最大限そうすべきですが）、現実的に
 困難なこともでてくるはずですが、そのような場面
 においてはPopperの影響を受けた批判的合理主
 義者の主張するもっともラディカルな強い反証よ
 りは柔らかい弱い反証、あるいはabduction（仮
 説的推論・仮説設定法）、すなわち与えられた証
 拠を総動員して「最良の説明を発見する」ような
 アプローチをきちんと意識した上で用いていくこ
 とがますます重要になるのではないかと考えま
 す。その為には、生物学内の異なる分野や心理学、
 あるいは数学モデルなどのもつ視点が大いに参考
 になります。本稿ではそのうち適切な動物実験の
 デザインをするために必須な系統学と、同じく動
 物の行動をテーマにするという点で隣接分野であ
 るといえる動物行動学から幾つかの考え方を紹介
 します。

II. 他種との比較をいかに行なうか？：系統学の 役立て方

図1（左）は時実先生の本¹⁾を参考に順番など
 を変更しました。このような図を示して、「脊椎
 動物の脳は魚類、両生類…哺乳類と進化するに從
 って脳（とくに終脳）が大きく進化した」という
 ような説明がよく行われます。同時に、脳機能の
 高次化を強調することもあるでしょう。このよう
 な説明はとでもわかりやすいのですが、動物の進
 化のとらえ方について、注意すべき点があります。
 時実先生も同時に脊椎レベルの統合機能の重要性
 といったことに言及しておられます。このような
 適切な配慮なくして、説明をサラッと行っただけ
 では、原著者の正しい意図を超えて、大きな誤解を
 諸学者に与える可能性が高いのです。それは図1
 （右）に示したように、進化が「下等動物」から
 「高等動物」に向かって直線的に進化史上で進ん
 でいるというような誤解です。このようなとらえ
 方を「進化の梯子（scale naturae）」といいますが、
 この見方は少なくとも以下の2点で誤ってい

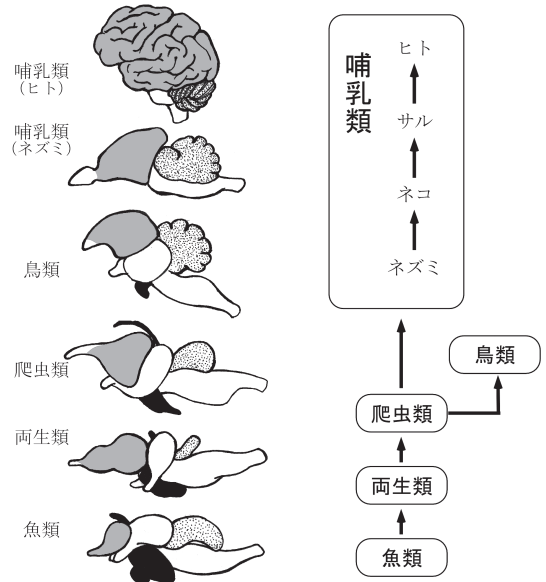


図1. 脊椎動物の脳の進化発達（左）と、大いに誤った見方による「進化の梯子」（右）
 左は時実¹⁾を参考に行っているが、順序などを変更して書き直してある（左右とも詳しくは本文参照）。

ます。それは、①「進化は（下等）から（高等）への一直線上におこったのではなく、明白に異なる幾つかのグループで同時かつ独立におこった変化である」という点と、②「（進化の梯子）は現存する動物種とその祖先種を同時代的に混同している」という点です。実際の進化の系統はむしろ図2に近い形になっています。そこにおいては、現存する全ての動物種が、分化と適応放散を何度も繰り返しながら、また恒に淘汰圧にさらされながらも子孫を残すことに成功し、その進化の最前線にいる「生存者」であるといえます。MacLean³⁾のいわゆる「三位一体脳（図3）」もまた、脳の進化を説明するスキーマとして大きな影響を与えていますが、少なくともマックリーンのその著書において強調したのは、むしろ、大脳皮質を発達させたヒトの脳の中にも進化のなかで歴史的な役割を果たし、なおヒトにおいても役割を果たし続けている「原始哺乳類あるいは爬虫類型脳」が存在するという点であり、脳の機能はこの大脳皮質より下位の構造である「爬虫類型脳」

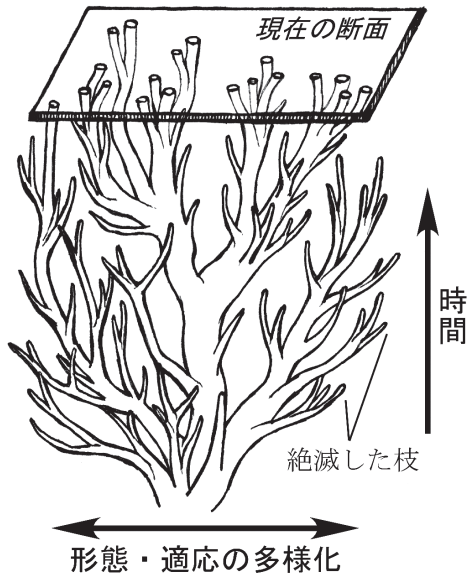


図2. 逆円錐型に多様化する進化の分岐図 (Raup & Stanley²⁾ を元に改変)

枝分かれが種分化を示し、「現在の断面」上に現存する動物種がある。「進化の梯子」よりは妥当なモデルであるが、実際にはこの図のイメージよりもずっと絶滅による種(枝)の断絶が多く、また種分化や絶滅は一定の割合で起こるのではなく、様々な地点や時にむしろ爆発的に起こっている。

の機能を含む全体の枠組のなかでしっかり考察し論ずるべきであるという警鐘なのです。

ここまで、「進化の梯子」的見方を批判しました。しかしこのような「梯子」的視点で他の動物種を見ることによって、他種とヒトの比較は一応できてしまいます。そのことを強調するために、図1(右)にはあえて「哺乳類の梯子」を入れこんでおきました。ここでは、「ネズミが進化してサルになり、ヒトになった」という誤った見方を強調してあります(以後誤った見方を下線で示します)。実際、ヒトの様々な機能を実験的に調べるために、ネズミやサルを使う際の理由は、「ヒトより下等ではあるが先祖であると考えられるこれらの動物は、他の動物より当然近縁であるので、これを用いて比較する」ということもあるでしょう。ところが近縁種を用いた比較の際には、以下のような点に注意が必要です。特に機能に関する研究においては近縁であることは必ずしも「梯子」で

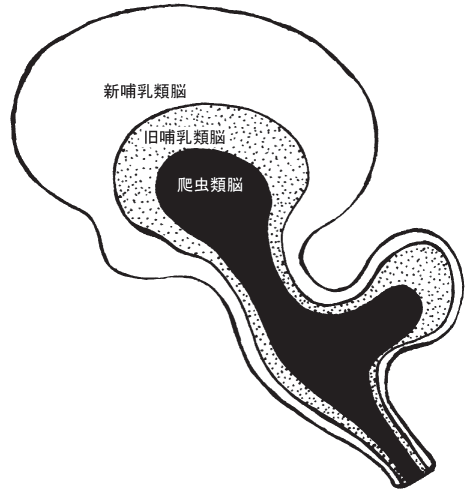


図3. 「三位一体脳」(MacLean³⁾ を元に作成)

簡単につなげられるような相同性を保証しないのです。例えばアゲハチョウもモンシロチョウも幼虫は緑色の草の茎には緑の、茶色の枝には茶の保護色でさなぎを作りますが、アゲハは枝の種類をその表面の性状(滑面か粗造かなど)で区別するのに対して、モンシロチョウは色や光の反射を指標にしています。そのような点への適切な配慮のもとでのみ、近縁の動物を用いることで、それらの機能の類似性や、共通点が多い故にかえって明確になる種々の相違について、その至近的メカニズム(次節参照)との関連において比較することができます。さらにこのような場合でも、例えばラットの外界の認知においては、ヒトよりも嗅覚への依存が高いというような生態学的な特徴についての配慮は必要でしょう。ラットとヒトには共通の祖先がかつていたのは事実ですが、ラットはそもそもヒトの先祖ではありませんし、ラットはラットなりに祖先種から進化して、ヒトとは異なるニッチで生存しているのです。

一方、動物の進化の系統について図2の分岐モデルのような見方をもつことは、我々に動物の機能の種間比較においてより大胆な比較を可能にします。これをこれまで述べた相同の比較に対して、相似の比較とします。具体的には、前述のように種間比較のために遺伝的・系統的に近縁な動物種

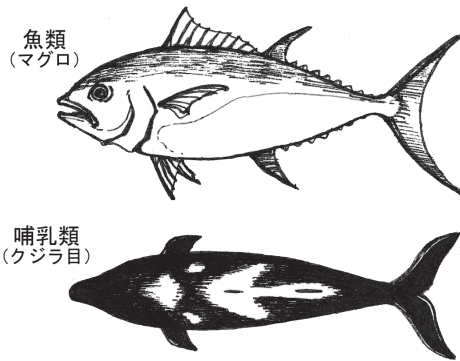


図4. 収斂進化

図に示した動物の上は魚類、下は哺乳類であり、系統的に離れているが、海中で生活するのに適する類似（相似）する形態が独立に進化した。この例のような「相似」は系統学ではホモロジーに対してホモプラシー（非相同）というが本稿ではより平易に「相似」とした。ホモプラシーとは直接の共通先祖に由来しない類似形質。

間の相同や相違点を問題にするのではなくて、系統的には遠縁な種における相似（例えば魚類のマグロと哺乳類のクジラの形態（図4）；両者とも海中で泳ぐのに適する形に進化し、この機能的形態は潜水艦のような似た機能をもつ機械のデザインにも応用できる）を扱うことができます。このような進化を収斂進化といいますが、系統的に遠縁な種に、類似する形態や機能が独立に進化した場合には、共通の淘汰圧によって相似なメカニズムが進化したのではないかと考えることができます。我々の研究グループではそのような文脈の中で、なぜ豊かな社会性をもち補食圧が比較的少ないという生態学的共通点をもつヒト、鳥類、クジラ目とごく一部の鰭脚目で独立に音声学習を伴う音声コミュニケーションを行う能力が進化したのかということに興味を持っています。このような系統の枝を大きくまたぐような比較を「進化の梯子」の視点は許してくれません。図1において大きな大脳皮質をもつことが強調されている哺乳類においては、ヒト、クジラ目および鰭脚目のごくごく一部しか行わないとされている臨界期と可塑性をもつ音声学習や歌行動を、なぜ哺乳類型の大脳皮質は全く持たない鳥類の多くが行

うことができるのか？あるいはハトがどうやってピカソとモネを見分けることができる⁴⁾のか？といった疑問に対して、「進化の梯子」的な視点ではどうにも答えるアプローチが立てられないのです。これらの動物に共通する淘汰圧について動物行動学などの手法によって明らかにした上で、異なる系統で独立して獲得された相似なメカニズムについて生理学的手法によって詳細に記述していくことによって始めてこのような問題に至近的にも究極的にも（これらの用語については後述）答えることができるのです。

III. 2つの「なぜ」：至近要因と究極要因

一般的に疑問には少なくとも2種類があります。英語で言えばそれぞれ、HowとWhyに対応するものです。特にTinbergenの影響の強い動物行動学では、この2つの疑問を至近要因と究極要因とよび、意識的に区別して扱っています。この至近要因と究極要因の違いを我々の研究グループで材料にしているジュウシマツという鳥の歌行動の研究を例に説明します。この鳥のオスは、複雑な時系列規則をもつ歌を歌います。春のウグイスの様にきまって「ホーホケキョ」ではない。各歌要素（音素：ピャ とかチュ という歌を構成する音の最小単位）をある一定の遷移規則のもと並び替えます。我々のグループによる先行研究によってこの順列規則については大体解ってきました⁵⁾。そこで、大まかにですが「①このような複雑な順序規則はどのような脳内機序で生成されるのか？」、「②そもそもジュウシマツのオスはなぜ、このような複雑な歌を歌うようになったのか？その適応的意義・生存価は何か？」、という2つの疑問がわいてきます。①に対しては鳥の歌行動に関わる神経核を破壊実験などの手法で同定した上で、各神経核内や神経核間の神経接続様式や用いられている神経伝達物質を解剖学的に明らかしたり、歌を聴いたり歌ったりしている最中の神経活動様式を電気生理学的に記録することなどによって、徐々に明らかになってくるでしょう。私は今、それをやっています。このようなメカニズムの研究を「至近要因」の研究といいます。トリの

歌学習は、親の歌をモデルとした聴覚鋳型と臨界期をもつことが知られており、このことはヒトの音声言語獲得過程と共通点が多いことから、トリの音声学習に関する至近要因の研究は、ヒトの言語獲得メカニズムの一端を明らかにすることにつながることを期待しています。

それに対して、そもそもなぜ、オスだけが歌うのか（歌行動の性的二型）？あるいは、なぜジュウシマツの歌は近縁の他の鳴禽より複雑になったのか？といった疑問があり、このような疑問に対する答えを「究極要因」といいます。これについては、例えば性選択（メスによる選り好み）の結果ではないか？という仮説があります。これは、もしメスが、より複雑な歌を囀るオスを好む傾向があるとすると、複雑な歌のオスの繁殖成功率（～ヒナの数）がより高くなり、しかもそのヒナたちは複雑な歌を囀るオスとそのようなオスを選ぶ傾向のあるメスの子孫たちですから、同様の遺伝的形質を引き継ぎ、その行動形質がさらに進化するだろうという説です。これを証明するためには、まず実際にメスが複雑な歌のオスをより好むのかを検証しなくてはなりません。この点についてもある程度実験的に示されており⁶⁾、現在はそれぞれ約10羽のメスとオス同士が人為的ではなく勝手にペアを選択できるような自由交配が可能な飼育施設をつくってさらに詳しく検証しています。このように究極要因の多くは、一見すると単なる「説」であったり、面白いだけの「なぜなに物語」に似た形式をとりますが、その多くは、周到にデザインされた実験やシミュレーションによって検証が可能です。さらにTinbergen⁷⁾は、そのような行動の「発達」と「進化」についても明らかにすべきであると指摘しています。これらの4つの答え方（至近・究極・発達・進化）は同じ源から発する疑問に対する独立な答え方なので、それぞれ分けて取り組む必要があります。しかし、同時にこの4つを共に理解することがヒトを含む動物行動の理解には大切です。そのうちどれか一つについてののみ関わる研究者であっても、一応他の見方があるということを押さえておくことは重要だといえるでしょう。

このように、動物の行動原理やその背景にある様々な生理学的メカニズムについて考える際には、従来の生理学的方法を駆使することによってその至近要因を明らかにし、その機能の発達や進化を詳細に再構築して比較検証すると共に、そのような行動が適応的であるような共通の淘汰圧について検討する（究極要因）ことが全部大切です。その為には、エソロジーや進化生物学、心理学、認知科学など隣接する諸分野との連携は今後ますます重要になるでしょうし、生理学者こそ、実はこのような他分野の研究者がどうしても手に入れない至近要因に関する確かなデータを提供することが出来るのです。生理学とこれら関連諸分野の連携はこのようにその両者にとって大きなメリットをもたらすでしょう。

IV. まとめ：様々な学問の壁をこえて

ここまで本稿では、「学問の領域が違えば、疑問や問題の建て方自体が違うことがある」ということを指摘してきました。私はこの2年間、他の学会に行く機会が増える中で、そのことにとっても驚きました。他の学会、特に生物の進化を扱う学会では、「生理学者は、あまりに至近要因に軸足をおきすぎているのではないか？」という疑問や批判を聞くことがあります。そういう人はたいがい「究極要因に軸足をおきすぎている」のですが、彼らの主張は乱暴に要約すると「生物学の諸問題を統合し得る唯一の基軸が進化なのだ」ということです。私はそのたびに、「生物を理解するためには、しっかりと物質的根拠を元に至近要因をひとつひとつ明らかにする地道な積み重ねが重要で、進化的生態学的に位置づけられた至近要因の研究と、至近要因の研究によって裏付けられた究極要因の研究はいわば車の両輪でどちらも大切だ」と強調しています。究極要因の追求は大いに想像力をかきたてられますが、生理学が得意とする分野はやはり至近要因の解明にあります。ただし、私はこのような学際的交流を進める中で、今一度生理学を、究極要因を視野に入れたようなより大きな生物学的枠組みの中で捉え直すことが、生理学の主務たる至近要因の究明の上でも大

いに役に立つのではないかと信じるようになりました。

究極要因の研究者の言うことの「正しさの根拠」や「正しさの次元（正しさ加減?）」は確かに、至近要因の研究者のそれとはやや異なるところがあるようです。しかし、それでもあえて究極要因について考え、思いを巡らすことは、「そもそも解決すべき至近要因とは何であるのか?」という重要な問題について、根本的な示唆を与えるでしょう。そのような視点で、動物行動学や進化生物学などを眺めてみると、実は、ボールが次々と生理学のコートに打ち込まれていることに気がつきます。これにきちんと至近要因の説明をつけて、ボールを究極要因の研究者に打ち返す。そしてその至近要因の生態学的、あるいは進化的妥当性を彼らが再び検討する。そういうことを続けていくことで、生理学者は、究極要因の研究内容にも大きな影響をあたえ、結果として異分野の研究者と互恵的な関係を取り結び、バランスのとれた生命観を協力して創っていくことができるのではないのでしょうか。またSARSや鳥インフルエンザなどに代表されるような生物に関する今日的難問の解決のためには、実はそのような学際的で総合的なアプローチこそが求められるのだと思います。さらにその枠組みを心理学や哲学などを含む「文系」や数学モデル、工学的構成論にまで学際的に押し広げていくことによって、生理学は自らの科学をさらに深化させながら、様々な個性を含む人間存在に関する諸問題や倫理や道德の起源、社会のあり様といった問題についても、積極的に貢献していくことができるのではないのでしょうか。私は正しい生理学の知識には人々を啓蒙する力がき

と備わっていることを信じます。

実はこの2年ほど生理学若手の会の活動をお手伝いさせていただいております。この活動は毎年工学部や文学部など他分野から多くの参加者を集めています（昨年のサマースクールでは約200人のうち6割以上は他分野からの参加）。このような出逢いをさらに積極的に推し進めることは大切です。生理学に関する正しい理解をもった人を様々な分野に拡げながら、同時に生理学も他分野の考え方を積極的に取り込んでいくことができれば、やがてその努力は大きな果実を実らせることができるのではないかと思います。

文 献

1. 時実利彦：脳の話。岩波新書、1962
 2. Raup DM & Stanley SM : Principles of Paleontology (2nd ed). W H Freeman & Co. (New York), 1978
 3. MacLean PD : The Triune Brain in Evolution : Role in Paleocerebral Functions. Plenum Pr (New York), 1990
 4. Watanabe S, Sakamoto J & Wakita M : Pigeon's discrimination of Monet and Picasso. JEAB **36** : 165-174, 1995
 5. Honda E & Okanoya K : Acoustical and syntactical comparisons between songs of the white-backed munia (*Lochura striata*) and its domesticated strain, the Bengalese finch (*Lochura striata* var. domestica). Zool Sci **16** : 319-326, 1999
 6. 岡ノ谷一夫：小鳥の歌からヒトの言葉へ。岩波科学ライブラリー 92, 2003
 7. Tinbergen N : On aims and methods of ethology. Z. Tierpsychol **20** : 410-433, 1963
- このテーマについては解説書がある。
長谷川眞理子：生き物をめぐる4つの「なぜ」。集英社新書、2002