

数学と生物学を結ぶと…

ジョン・メイナード＝スミス

私は、科学者としての人生の大半を、数学理論を生物学へ応用する研究に捧げてまいりました。そうした私の努力が認められ、この度、稲盛財団から京都賞受賞の栄誉を授かりますことは、この上ない喜びであります。科学に身を置くすべての者にとりまして、京都賞のような比類なき栄誉に浴することは、感悦の至りと言えましょう。さらに、この賞とあわせて、科学者としての私の人生についてお話しさせていただく機会を賜わり、大変光栄に存じます。とりわけ、私の受けた教育がその後の私の人生にどのような影響を与えたか、学生時代のどんな勉強が生物に数学の理論を応用するきっかけを与えたのか、についてお話しさせていただきたいと思えます。

生物学に数学が本格的に応用されるようになったのは、1920年代に入ってからのことです。その試みが成功を収めた記念すべき最初の例は、進化生物学の分野においてでした。ダーウィンは、あらゆることに適用可能な生物学上の様々な法則、とりわけ自然淘汰による進化論を考えつき、それらを自然史に応用したという点で、その功績にははかりしれないものがあります。ところが、彼は数学者ではありませんでした。数学が生物学に必要となったのは、1900年にメンデルの法則が再発見され、遺伝学という新しい科学の分野が確立されてからのことです。今ではとても奇妙に思われるかもしれませんが、当初、メンデルの理論は、ダーウィンの学説の敵と考えられていました。というのも、ダーウィンの学説が、進化は微小な変異が蓄積され自然淘汰された結果だと考えるのに対し、メンデルは、生物の新しい形態というものは、新しい種も含めて、突然変異によって生まれると主張するからです。そのため、両者の間には激しい論争が起こり、双方とも相手の言い分を全く理解しようとはしませんでした。メンデルの主張とダーウィンの主張を統合するには、特にR・A・フィッシャー、J・B・S・ホールデン、シウォール・ライトという3人の偉大な学者が唱えた数学的分析が必要でした。この考え方は今もなお進化論的考え方の根幹をなしています。

私が生物学に関心を持つようになったのは、はるか昔のことに遡ります。私はロンドンに生まれ、8歳までそこで過ごしました。外科医だった父が亡くなったのをきっかけに、母と姉と共に田舎に住むことになりました。ロンドンにいる頃から私は動物に夢中で、しょっちゅう、動物園や自然史博物館に連れて行ってくれとせがんだものです。とりわけ、

自然史博物館に行つては、たくさんの恐竜の名前を覚えました。田舎に住むようになってからは、冬になると戸外の鳥のためにえさを出しておいてやったり、誰に教えられたわけでもないのに、数十種類の鳥の見分けがつくようになりました。その1年後、先見の明のあった叔母から小さな鳥の本をプレゼントされました。その本で、自分がいつも見ている鳥の名前を見つけた時の嬉しさといったらありません。私の識別は正しかったのですが、黄色いくちばしをした黒い鳥と、形はそれと同じでも色は焦げ茶色の鳥が、同じ種の雄と雌だということだけは気付きませんでした。夏になると蝶を採集したり、オタマジャクシなどの池に棲む動物を飼ったりしました。—デティスカスという甲虫の肉食性の幼虫を私のオタマジャクシのコンパニオン(仲間)として水槽に入れてしまった時の恐怖は、今も忘れられません。

幼い頃からの自然史に対する興味を、私は今も失っていません。相変わらず鳥を観察しますし、野の花の名前を調べるのも大好きです。庭いじりにも熱中しています。このような興味を抱くようになったのは、大人が促したりしたからではないのはわかっています。私の周りに、自然に対して興味を持たせてくれたり、その興味を広げてくれた人は誰もいなかったからです。ですから、なぜかある子供は、自然史に限りない興味をつと抱き、その興味が人生を通して続く場合があるとした私には言えません。進化生物学者にとって、自然史へのこうした興味はとても貴重なものになるのです。例えば、ダーウィンは自然学者であり、ガラパゴス諸島のフィンチと亀を観察したことがきっかけで進化論を思いついたと言っています。

私が科学者としての道を歩むことになったもう一つのきっかけは、数学が大好きだったということです。この点については、大人からの刺激を受けました。私は8歳から18歳までを全寮制の男子校で過ごしましたが、それがいやでたまりませんでした。勉強はラテン語やギリシャ語といった古典が中心で、残念ながら語学の才能がなかった私は、ずっとおちこぼれと言われ続けたのです。数学なら結構できるということがわかるまではそのレッテルを貼られたままでした。ただし、実を言いますと、数学でも得手不得手はあったのです。幾何学は得意なのですが、記号を用いるとなると、手も足も出ません。幸いにも、13歳から18歳まで通った、私立の「パブリックスクール」であるイートン校では、幾何学が重要視されていました。15歳になると、5, 6人の少人数で数学を勉強するようになりました。本当に素晴らしい授業でした。教えてくださった先生方には、いつも感謝しています。主に授業では、一度に10問の問題を出され、私たちは毎週この問題を解かなければなりませんでした。いや、少なくとも解こうと努力しなければなりませんでした。毎週、何時間も数学の問題との格闘を繰り返していたわけです。この経験で、

私は、多くの科学者に欠けているあることを身につけることができたのです。残念ではありますが、特に生物学者にはそれが欠けていると言わざるをえません。それは、たとえすぐに問題の答えがわからなくても、よく考えれば答えはわかるかもしれない、ということです。私は問題を解くのが大好きです。今でも、考えなければならぬ科学に関する重大な問題が山ほどあるというのに、日曜日の新聞に載っている数学のパズルを解いてしまうのですから。

学校で学んだ科学は、ニュートン力学だけでしたが、これすらも、当時は数学の一分野と考えられていました。ですから、他に物理と名のつくものも、化学も、生物も全く勉強しなかったのです。ただし、独学で、科学に関するかなりの知識を身につけました。例えば、特殊相対性理論や基本的な量子論はすっかり理解していましたし、ダーウィンの『種の起源』をはじめとして、進化に関する本はたくさん読みました。1948年、私はケンブリッジ大学に入学し、「メカニカル・サイエンス(機械科学)」を学び始めました。これはいわゆる工学のことです。当時の私は、生物学者になって暮らしていけるなどと思っていませんでした。結局は、ダーウィンもしなかったのですから。一人前の数学者になれそうにないことはわかっていました。ですから、工学を学べば、数学の才能を活かせるような気がしたのです。後になって考えてみると、これは幸運な選択でした。というのも、工学部では、様々な数式モデルを作る訓練をするからです。モデルは真実そのものにはなりえないということも、私はその時学びました。なぜなら、役に立つモデルは単純でなければならないのに、真実そのものは決して単純ではないからです。例えば、当時の飛行機は、空気は圧縮できない流体だという仮定に基づいて設計されていました。しかし、これは全くのデタラメなのです。ところが、音速以下で順調に飛行するかぎり、空気は非圧縮性だという仮定に基づいて、真実に近い予測をすることは可能なのです。生物学において、モデルは常に単純化されたものでなければなりません。なぜなら、実際の生物体はきわめて複雑な存在だからです。正しい単純化を行うというのが、ミソなのです。

本来ならば、ケンブリッジで工学から生物学に専攻を変えていたはずですが、世はまさに非常時でした。戦争が勃発し、半分まで技術者の教育を進めていた私には、専攻を終了し、企業に勤めるしか道はありませんでした。私は航空技師として、一定の負荷量のもとでも壊れない飛行機の応力設計を担当することになりました。私はマイルズ航空機という訓練機製造会社に勤め、一生懸命に働きましたが、残念ながら、イギリス軍の戦力向上にはあまり貢献できなかったようです。もっとも、戦後になって、私の設計した飛行機は大いに利用されるようになったのですが。結局、私は1947年にマイル

ズ社を退社し、大学に戻って生物学の研究をすることにしました。

生物学者としての私の人生についてお話しする前に、生物学と数学という、2つの流れがどのように合流するに至ったかについて、少し触れておきたいと思います。その鍵は、私が進化に対して興味を抱いていたことにあります。そもそも私が進化に興味を持ち始めたのは、学生時代のことでした。それは、哲学的な色合いも含んでいました。人間はどのようにして現在のような姿になったのか。聡明な創造主の存在というものを抜きにして、この複雑な生物社会を説明することは可能だろうか。私の家族は、キリスト教の教えを鵜呑みにしていましたので、なぜ私がそのような疑問を持つようになったのかはわかりません。確かに何冊かの本の影響があったのは事実です。しかし、なぜそのような本を読んだのでしょうか。私の疑問には、哲学だけでなく、政治に関わる問題もありました。私がいろいろな疑問を抱き始めたのは、当時通っていたイートン校の校風や雰囲気嫌気がさしていたことがきっかけとして考えられるかもしれません。あの学校が冷たく傲慢に思えたのです。

それが真実かどうかはともかく、15歳の頃から、私は政治、哲学、科学など幅広い分野の本を読むようになりました。当時、SF小説はほとんど出版されていませんでしたが、見つけた時は必ず読みました。特にH・G・ウェルズの本はよく読みました。そこで、私が特に大きな影響を受けた2冊の本についてお話ししたいと思います。1冊目はオラフ・ステイプルドンが書いた、『ラスト・アンド・ファースト・マン』という SF小説で、1930年に初めて出版されました。この本は、それからの20億年の歴史を描いた小説です。根底に流れるテーマは、人間はその本質を変えない限り、安定した文明を築けないということです。文明の興亡が永遠に繰り返されるのだ、と。この小説でステイプルドンは、近い将来、原爆戦が勃発する恐れがあり、石油が枯渇し文明は滅びるだろうと1930年の段階で予言したのです。そしてついに、遺伝子工学を応用して、人間の本質を変えようとする文明が現れるのです。彼らはそのために、巨大な人工頭脳を造りました。それも、トランジスターではなく、ニューロンでできた頭脳を。残念ながら、ステイプルドンは正しいことばかりを言っているわけではありません。私としては、安定した文明が生まれるためには、人類の本質が遺伝子の段階から変わらなければならないとする彼の一大テーマには賛成しかねますし、少なくともそれが誤りであることを願っています。とはいえ、彼は私に、遺伝学と進化の重要性を教えてくださいました。

もう1冊は、J・B・S・ホールデーの『ポッシブル・ワールド』です。この本を読んだきっかけは、今でも覚えています。ホールデーはかつてイートンの学生でした。私の恩師たちが唯一毛嫌いしていたのが彼だったのです。ホールデーは社会主義者であ

り、無神論者でもあったため、恩師たちの目には彼が裏切り者に映ったのです。先生たちがあれほど嫌っているからといって、すべての人が悪いわけではない、と思ったのを覚えています。ただし、恩師の名誉のために一言言っておきますが、ホールデーンの著書が、1冊だけ学校の図書館においてありました。それが生物学、哲学、宗教についてのエッセイ集だったのです。そこで、表題作となった「ポッシブル・ワールド」について、どうしてもお話しておきたいのです。このエッセイには、高い知能を持ったフジツボの種族が登場します。彼らは、ものを2種類に区別します。1つは、「現実」のもので、自分の手を伸ばせば届くもの、そしてもう1つは「想像上」のもので、目には見えるものの、自分の手を伸ばしても届かないものです。あるフジツボにとって、想像上のものが、現実のものになることがあります。すると、数学的思考をするフジツボのグループが、こんな証明を試みせるのです。もし、いくつかのフジツボが同じ想像上のものを観察し、自分たちの位置からそのものの角度を記録すれば、それが、いつそして誰にとって現実のものになるのかを予測できるだろう、と。すると、フジツボは理想主義的な哲学を棄て、優れた唯物論者になるのです。今度は、独創的なフジツボがこう指摘します。特定の数値を等式にあてはめれば、岩の下に何かいるかどうかを予測できる、と。そして、誰もが岩の下に何も無いことを知るのです。安心したフジツボは、理想主義と信仰を取り戻すのです。

科学と想像、それに不可知論をミックスしたホールデーンのこのエッセイで、私は新しい思考方法というものに開かれていきました。これは私にとって生涯持続してきた心の解放でした。ホールデー人もステイプルドンも、私に進化の重要性を教えてくださいました。ただし、2人とも自然学者ではありません。進化と自然史のつながりを教えてくれたのはダーウィンでしたが、彼は優れた自然学者でした。ダーウィンの場合、すべてに適用可能な新たな概念は、自然史を詳しく観察することから生まれたのです。

話を1947年に戻しましょう。私は航空技師をやめて生物学者になろうと心に決めました。そこで、ロンドン大学・ユニバーシティ・カレッジ・ロンドン(UCL)の動物学部に入學したのです。といいますのも、ホールデーさんがそこで教鞭をとっていたからでした。その時すでに私は27歳で、学部で勉強を始めるには遅すぎるようにも思いましたが、大学には簡単に戻ることができました。それは、1947年当時、私と同じように、たくさんのおなじくらいの年齢の人たちが、戦争が終わって再び大学に戻ってきていたからです。このUCLにおいて主にホールデーさんから、いかにして数学と生物学を合体させるかについて、ようやく私は学ぶことができました。学部生の身ではありましたが、私は動物の移動、特に鳥の移行について、何本かの論文を書きました。こうして書き上げた論文

を出版するまでには、かなりの苦勞がありました。といいますのも、鳥の移行の起源について書いた論文が、私に航空力学の知識がないという理由で出版を拒否されたからです。これにはとても腹が立ちました。卒業後、私は大学院に残って引き続きホールデーンの指導を受け、後に動物学部の講師となりました。そして、確か1960年だったと思いますが、ホールデーんと妻のヘレン・スパークウェイがインドに旅立つまで、彼らのもとで研究を続けました。1960年以前の私の研究は、ショウジョウバエを使った実験が主でした。このように実験助手のようなかたちで過ごした日々を、私は後悔してはいません。むしろこの経験は、一つの種の生態、生理学、遺伝学を詳しく知るうえで貴重だったのです。

UCLで勤め始めた頃のあるエピソードをお話しましょう。確か1952年だったと思いますが、木村資生氏がホールデーのもとを訪れ、その間、私たちの家に滞在しました。当時の私は、ゲーム理論など聞いたこともなく、私を知る限りでは、木村資生氏も、まだ分子の進化については考えておられなかったはずです。その後、彼は、進化において遺伝子に数多くの変化が起こるのは、新しい遺伝子が積極的に選ばれるからではなく、その遺伝子が「中立」だからだ、という持論を発表するのですが、当時、イギリスの進化生物学者のほとんどはこれを支持しませんでした。彼らは木村氏を反進化論者と考えていたわけですが、これは間違いだったと思います。多分、お互いに顔見知りで好意を持っていたから、私は彼の持論を支持したということもありましょう。が、今日では、誰もが彼のことを、独創的で創造力に富んだ生物学者だとみなしている、と言っても過言ではありません。

私は1965年にUCLを退職し、新設校のサセックス大学の生物科学部初代学部長に就任しました。当時は本当に楽しいことばかりでした。多かれ少なかれやりたいことがやれましたし、必要性を感じていた生物科学部も開設できました。過ちはいくつかあったものの、結果には満足しています。今でも私は、名誉教授としてこの大学に勤めています。実際に教職には就いておりませんが、たくさんの若い学生たちと交流を持っています。

私は、生物学者として、ある3つの大きな問題にずっと興味を持ってきました。1つは老化の進化、そして儀式化された行動の進化、最後に性の進化の3つです。振り返ってみると、この3つの問題には、共通して私の興味を刺激するものがありました。一見では、この3つが自然淘汰の観念にあてはまりません。動物はなぜ、年と共に衰えなければならないのでしょうか？ 老化しないほうが、たくさんの子孫を残せるのは明らかです。儀式化されたシグナルは、なぜ信じられるのでしょうか？ 私はすぐにこの問題に

立ち戻ってしまうのです。そして特にわからないのが、なぜ有性生殖が行われるのか、ということです。オスを必要とせず、単為生殖で娘だけを産むメスは、有性生殖を行うメスの2倍の数のメスの子孫を残すことができるはずで、ひょっとすると、「性の進化」をめぐる論争に私が大きく貢献できたとすれば、正しい疑問を提起したからかもしれません。依然として進化生物学のこの分野は、最も謎の多い、しかも最も議論の多い分野と言えましょう。

結果的には、儀式的行動に関する疑問は、私にとって最も実りあるものでした。まだ学生だった1947年、私は、コンラート・ローレンツが、動物の闘争はしばしば「儀式化されている」と主張していることを知りました。彼によれば、動物はとことん戦い抜くのではなく、例えば人間が敵にこぶしを振り回すように、シグナルを出して攻撃的意思を示すのです。実際しばしば、そうしたシグナルの交換で終わることが多く、それ以上にエスカレートすることはありません。当時の基本的な認識として、そのような行動が進化したのは、争いがエスカレートしてしまうと傷を負うことになり、種の生存にとって好ましくないためだ、と考えられていました。学生であった私も、このような考えは馬鹿げていると思いました。自然淘汰によって進化するのは、種全体の生存に望ましい特徴ではありません。個体の生存にとって望ましい特徴が進化するのです。しかし、そこに一つの謎があるとは気付いていたものの、その後20年間、私がこの問題に真剣に取り組むことはありませんでした。

サセックス大学生物科学学部の運営に携わるようになってから5年後の1970年、私は1学期間大学を休み、シカゴで過ごしました。そこで動物の闘争について考えることにした私は、その準備段階として、ゲーム理論を勉強することにしました。これは数学の一分野で、人間の闘争状況をモデルにしているのです。まず手始めに、フォン・ノイマンとモルゲンシュテルンという2人の偉大な数学者が書いた『ゲーム理論と経済行動』という本を図書館から借りてきました。ところが、この本は内容があまりありませんでした。わかりきったことばかり書いてあったのです。幸いなことに、私は計画をあきらめず、この問題について書かれたもっと簡単な本を読むことにしました。初めその本も、あまり役に立ちそうには思えませんでした。本質的にそこでは、次のような疑問が提起されていたのです。例えば、私とあなたが争うとしましょう。もしも私に理性があり、あなたにも理性があると仮定したならば、私は何をすべきか、ということです。しかし、動物は理性的な生き物ではありません。(もっともそれをいえば、人間も理性的な生き物とはいえませんが、ここではそのことには触れずにおきましょう。)とにかく、動物について考える生物学者にとって、ゲーム理論が何の役に立つのでしょうか。その時私が

自分の説に取り入れることができたのは、主に争いを説明するための記数法で、これは大変役に立ちました。優れた表記法がわかれば、半分は成功したも同然、というわけです。

次に私は、ゲーム理論と自然淘汰の概念を結びつけなければなりません。理性ではなく、淘汰からどんな戦略が進化していくのでしょうか。その答え、すなわちそこから進化する戦略とは、私がESSと提唱しているものです。つまり、「進化的に安定した戦略」という概念です。この考えを、一つの例を使ってわかりやすくご説明しましょう。その例は、私がESS理論を考えついた時に頭に描いていたものではなく、もっと単純なものです。ほとんどすべての有性種において、オスとメスの数が同じなのはなぜでしょうか？ 例えば、メスが産まれてくる子供の性を選択できるとしましょう。私はこれをメスの「戦略」と呼びます。(オスが子供の性を選択できると仮定した場合も、結果は同じになるはず。また、メスが子供の「性」ではなく、子供がメスカオスカという「確率」を選択できると仮定した場合、この疑問についての答えはさらに真実に近くなります。)メスはどちらの性を選ぶでしょうか？ 彼女の選択は、最大数の孫を確保する目的に沿って、自然淘汰の働きによって決定されるでしょう。とすれば、メスは、数の少ないほうの性の子供を産まなければならないはず。なぜなら、数の少ない性のほうが、平均すると、よりたくさんの子供を産むからです。ということは、もしメスよりもオスのほうが多いのであれば、メスを産まなければならない、オスよりもメスのほうが多いのなら、オスを産まなければならない。このメスの「戦略」が代々受け継がれていくとするならば、個体群の数が安定した状態とは、オスとメスが同数の状態をいうわけ。すなわち、メスが、オスとメスを同じ確率で産む状態なのです。

つまり、性比をめぐるゲームに関していえば、ESSとは、同じ数のオスとメスを産むことです。これは、もし他の個体すべてが同じ戦略をとるならば、それ以上に優れた戦略は他にないという意味で、「卓絶した」戦略といえます。この考え方は非常に普遍的なものです。一つの個体群の中で利益をめぐる闘争が発生すると、何が一番効果的かということ、他のものが何をやるのかによって決まるというのが現実です。しかもそういう場合、進化は必ずESSにつながります。ただし、ESSが存在すれば、の話です。ESSのないゲームは存在するのですから。例えば、子供のじゃんけんがよい例です。

シカゴにいる間に、私はESSという戦略に関する正式な条件を導き出しました。これは、数学的にはわりあい簡単なものです。私は、教え子の大学院生のクラスにこれを問題として与えてみました。するとほとんどの学生が、難なく解いてみせたのです。正直なところ、ESSを最初に思いついた時、とても平凡なアイデアだと思いました。数学

的に言えば、実にわかりきったことなのです。ところが、これは、驚くほどいろいろな問題に応用できる簡明なアイデアでもあったのです。まず最初に、動物の闘争行動にESSを応用してみました。しかしそれ以後、ESSは動物の様々な行動パターンだけでなく、植物の成長、そしてついにはウィルスの進化にまで応用されるようになったのです。

ESSが幅広く応用されることに気付いたいきさつを、簡単にお話ししましょう。最初に思いついたのは、「タカかハトのゲーム」と名づけた、動物の闘争モデルでした。動物は、比較的価値の少ない資源をめぐる争うものです。その場合、タカのようにとことん戦うか、それともハトのように自分を誇示しておいて、敵が攻撃してくると一目散に逃げるかのどちらかです。もしも周りがみんなハトばかりなら、得をするのはタカです。何もしないで資源が手に入るからです。反対に、周りがみんなタカばかりだとすれば、得をするのはハトのほうです。その資源には、それをめぐって戦うほどの価値が(相対的に)なくなるのです。結局、ESSとは、「ある時はタカのように、またある時はハトのように」ということなのです。どちらを選ぶかは、資源の価値と闘争で生じる損失によって決まります。しかし、その時、私ははたと思いついたのです。もしも人間同士がそのようなゲームに直面するならば、コインをトスして決めるはずだと。もちろん、動物にコインはできません。では、それ以外に、彼らには何かできることがあるでしょうか？

コインとは、それさえなければ対称となるはずの状況に、非対称な状況を導入することにすぎません。ひょっとすると、闘争を解決するために、動物は別の非対称を利用しているかもしれない、と私は考えました。一番わかりやすいのは、「所有権」と私が呼んでいるものです。つまり、ある動物が、縄張りのような資源をずっと持ち続け、別の動物は侵入者だとしましょう。その場合、「ずっとその資源を所有し続けてきたのであれば、タカのようにふるまいなさい。そうでなければ、ハトのようにふるまいなさい」という戦略がESSだといえます。いくつかの明らかな理由から、私はこの戦略を、「ブルジョワ」と名づけました。タカ、ハト、そしてブルジョワという戦略のいずれかをとることができるならば、ブルジョワが唯一のESSだということは簡単に証明できます。

ここで、私は考え込んでしまいました。動物が所有権を尊重する意識を進化させるはずなどないからです。「タカかハトかブルジョワか」のゲームは、現実の世界には応用できない、単なる空想にすぎないのではないかと私は思ったのです。しかし、テキサスのオースティンで開かれるセミナーで講師を依頼された私は、この新しい持論を発表してみることにしました。セミナーの最後で、私はブルジョワ戦略について説明しましたが、現実の動物にこの戦略を応用できるとは思えない、と付け加えました。私が席についたとたん、受講生の若い男性が立ち上がりました。後に私は、その男性の名がラリ

一・ギルバートと知ります。その時、彼はこう言いました。カリフォルニアで博士論文のためにキアゲハを使って行った研究について話したい、と。繁殖期になると、蝶のオスは丘の頂上にある縄張りを占領します。交尾の準備ができたメスは、丘の頂上へ飛んでいきます。そしてそこでオスを見つけ、交尾をします。唯一の難点は、丘の数よりもオスの数のほうが多いことです。縄張りを求めてオスが丘の上へ飛んでいけば、必ずやオスは、そこがすでに占領されていることに気付くでしょう。すると、オスは少しの間らせんを描いて飛んでいます。そして、2匹のオスは、どちらかがどこかへ飛んでいってしまうまで、お互いの回りを飛び続けるのです。ラリーが発見したのは、どこかへ飛んでいってしまうのはいつも侵入者のほうで、所有者は必ずその丘を所有し続けるということでした。そこで彼は、2匹のオスに一つの丘を共有させることにしたのです。つまり、一方が月曜、水曜、金曜にその丘を所有し、もう一方は、火曜、木曜、土曜にそこを所有することにしたわけです。そして、日曜日は、両方のオスに丘を所有させました。すると、またも2匹はらせんを描いて飛んでいたのですが、それは、いつもの旋回とは全く違っていました。というのも、両方ともが、まるでタカのように旋回し始めたからなのです。

今にして思えば、この時初めて、私は、ESS理論が有益かもしれないと思ったのです。それからというもの、いろいろな出来事がありました。ESS理論はさらに緻密さを増し、メンデルの遺伝学とも矛盾しないことが証明されました。ESSは幅広く応用されています。じゃんけんのようなゲームをする動物も、見つかっています。例えば、トカゲです。予測通り、個体群において考えられる3つの戦略のどれが選ばれるかは常に変わります。現在、私が興味を持っているのは、動物の出すシグナルの進化という問題です。その中でも特に、そうした動物のシグナルはなぜ信頼できるのかという点に興味があるのです。その答えを探すうえで、ゲーム理論は基本的な方法だということが明らかになってきました。

ところで、進化をめぐるゲーム理論の話から、いくつかの教訓が引き出せるかもしれません。まず、数学はありふれた学問ですが、やはり公式モデルを設定することは大事です。なぜなら、そのようなモデルが存在する場合だけ、仮定というものを正確に把握できるからです。言葉によるモデルというものは、常に解釈が異なる可能性があります。ヨーロッパ人である私は、三位一体の教義を思い浮かべますが、似たような例は、日本の歴史にも存在するはずで、第二に、優れたモデルは単純でなければなりません。進化をめぐるゲーム理論では、子供は親に似ると仮定しますが、遺伝子に関する細かな事柄をすべて無視しています。ですから、後になって遺伝子に関する細かな

事柄が考慮された場合、はたして結論にどの程度の説得力があるかを考えなければなりません。しかし、最初から遺伝学を考慮していたなら、モデルはひどく扱いにくくなっていたでしょう。最後に、ある動物が、理論上予測された通りの奇妙な行動をとるとわかった時、人は自らの理論が正しかったことを知ります。そしてそれこそが悦びなのです。