
観察の有用性

よく晴れた日に、港の暖まった防波堤に座ってもたれかかり、足元の砂浜でカモメがあちこちつつきながら採食しているのを漫然と眺めている場面を思い浮かべてほしい。日の光が沖合いに反射し、潮が引いて濡れた砂が美しく輝いて見える。顔に当たる陽光と防波堤のぬくもりが心地よくて、まどろみそうになるが、驚くような光景が目飛び込んできて、一瞬のうちに現実に引き戻される。近くにいるカモメがまるで全速力で走っているかのように、激しく足踏みのような行動をしているのだ。よく見ていると、カモメは数秒間、激しく足踏みしながら、ほんのわずか後ろへ下がると、動きを止めて、砂をつつく。何か食べるものを探しているようだが、この動作を数秒ごとにくり返しているのだ。いったい、何をしているのだろうか？ しかも、このような奇妙な行動をしているのは、1羽だけではない。みんなをやっているのだ。水掻きのある足でパチャパチャと濡れた砂を叩く音があたりに満ちている。どうしてこんなことをしているのだろうか？ 何のためにやっているのだろうか？ こうした行動が今までに見られたことがないのは、なぜだろうか？ この日は何か特別な日なのか？ それとも、この日の干潮が特別なのか？ 仲間同士で真似をしているのだろうか？ こうした行動は餌探しの役に立つのか？ 立つのであれば、どのようにしてか？

気分はすっかり現実に引き戻されてしまった。のんきな観察をしていたはずのあなたは探偵に早変わりし、動物の行動について啓発的な問いを投げかけ、それを追求することになってしまった。動物の行動を観察したことで疑問が湧いてきたのは確かだが、その答えを見つけるためにはさらに観察を深めることが必要になる。そのときには、最初の観察よりも体系的でかつ定量的な観察をするのが理想的だ。

1.1 仮説の検証

科学とは実験を行なうことだと誤解している人が多い。この世界を何らかの形で操作しなければ、少なくとも科学的に妥当な結論を出すことはできないと信じ込んでいるようだ。しかし、これは科学を取り違えている。科学の本質は、仮説の検証を通して知識を得ることである。確かに操作された実験（条件を操作して、実験者の狙い通りの時期と場所で現象を起こさせる試み）は、仮説とその予測の正しさを実証する方法だが、唯一の方法というわけではない。予測したことが実際に起こるかどうかを観察して確かめるという方法をとれば、対象に干渉しなくても確実に予測を検証できるのだ。たとえば、彗星の現れる年月日や時刻まで正確に予測する天文学者は、その予測を実験に基づいて行なったのではない。そもそもそんなことを実験するのは不可能だ。しかし、その予測が当たっても、誰もそれが科学的でないと非難はしない。それどころか、そのような正確な予測ができるほど、太陽系の動きを深く理解していることに感銘を受ける。

本書では、動物行動の研究でも、天文学同様のことをするにはどうすればよいか、その方法について述べる。動物の行動を見て、なぜそんなことをするのかと疑問に思うことから始まり、それからその行動に関する仮説を立て、さらなる観察を行ない、その結果を使って仮説を検証するのだ。ただし、2度目の観察では、最初に気づいたときの気軽な観察よりもずっと体系的で定量的な観察を行なうのだ。本書が扱っている動物行動の科学的な研究は、少

なくとも初めは実験を行わずにできるので、実験が実行不能だったり、望ましくなかったり、倫理にもとると見なされたりする状況や自然生息地で、動物の自然な行動を研究するのに適している。研究課題に取り組んでいる学部生のような、初めて動物の行動を系統立てて研究しようとしている人を念頭に置いて本書を執筆したが、動物の行動に興味を覚え、もっと知りたいと思うようになった人の役にも立ってほしいと願っている。野生下（自然の生息地）や農場、動物園で動物を研究しようとすると、研究者が介入するのが難しかったり、それによって結果の妥当性が損なわれる危険性があることが多い。そこで、場所を問わずに「ありのままの状態」（つまり動物が暮らしている現場）で動物行動を研究する方法を選んだ人にとって、本書が有益であることを願っている。

1.2 実験と観察

本書では混乱を避けるために、「実験」という用語は、仮説を検証するために研究者が対象に介入や干渉を行ない、意図的な操作をするというもっとも一般的な意味で使用する。また、彗星の出現の例のように、研究者が事象を操作せずに、起こることを単に観察する場合に「観察」という用語を用いるが、これは「自然実験」と呼ばれることもある。この「実験」という言葉が実際に意味するところは「テスト（試験）」なので、科学的見地からすれば両者とも「実験」だが、両者の違い（「操作」と「自然に起こるに任せる」）は本書にとって非常に重要なので、「操作実験」と「自然実験」というまわりくどい用語ではなく、「実験」と「観察」という簡潔な用語を使用する。

幸いなことに、観察を最大限に活かそうと願っているのは、私たち行動学者だけではない。天文学者をはじめ、地震や火山を研究する地質学者、宇宙の起源を探求する物理学者、病気の原因や蔓延を究明する疫学者も、結論を導き出すために、実験ではなく統計や数学的手法を多用する。行動学でもそ

うした手法を借用して、観察と組み合わせることができる（観察の手法は、動物行動学の父と言われるニコ・ティンバーゲンとコンラート・ローレンツの両博士に遡る長い伝統がある）。その結果、動物行動学では科学と自然という両側面を組み合わせたきわめて有効な方法が使えることになった。すなわち、実際の動物の行動をもとにして統計的解析を行なうという方法である。

例の港の場面に戻って、実際にこの方法がどのように使えるのか確かめてみよう。先ほど抱いた疑問の答えを見つけ出そうと決めたからには、防波堤に座ってまどろんでなんかられない。次は何をしたらよいのだろうか？

1.3 タイプの異なる問いかけ

カモメを見ていたときには気づかなかったかもしれないが、そのときに浮かんできた数々の疑問はそれぞれタイプが異なり、答えの種類も異なるのだ。たとえば、「なぜこうした行動をするのか？」や「何のために行なうのか？」という問いかけは行動の機能、つまりカモメが足踏み（パドリング行動）をすることでどのような進化上の利点を得ているのか、を問うているのだ。こうした行動をしなかった個体より、した個体の方に自然選択が有利に働くのはどうしてだろうかという疑問である。カモメの行動を観察しているうちに、足の動作で泥の固さが変わり、餌が見つけやすくなったり捕まえやすくなったりするのではないか、という考えが浮かんだとしよう。そうすると、今度は具体的な点に的を絞って観察することになる。この場合なら、正確にはどれくらいの速さで足を動かしているかを観察し、それが泥の物理的特性と矛盾しないかどうかを確かめるのだ。足の動きの速さを正確に測定するために、ビデオに記録する必要が生じるかもしれない。このビデオ撮影も観察の1つの形態だ。科学技術を利用しているのは確かだが、カモメの行動に干渉せずに行なっているので、観察といえる。

ニコ・ティンバーゲンは動物行動の科学的研究の発展に尽くした最大の功労者と言っても過言ではないが、このような問いを「生存価」に関する問い

（ある行動がその個体の生存率をどのように高めるかという問い）と呼んだ（Tinbergen, 1963）。しかし、進化は個体の生存だけではなく、次世代に遺伝子を残すことにも関わるので、「生存価」には「繁殖」と「血縁の繁殖を助けること」も加えられるだろう。現在では、このような問いは包括的に「適応に関する問い」と呼ばれる。しかし、カモメがパドリングをするのを見たときに思い浮かぶ疑問は、生存価あるいは適応に関する問いだけではない。「カモメにその行動を起こさせるのは何か？」「なぜ、その行動を始めるのか？」、または「その行動に掻き立てるものは何か？」という疑問も湧いてくるかもしれない。こうした問いは行動の「因果関係〔直接的な要因〕」に関するもので、異なるタイプの答えが必要になる。カモメはいつもパドリングをするわけではないし、表面が固いところではやらない。それでは、カモメにそうした行動をとらせるのはいったい何なのか？ 気象条件なのか？ 潮の状態か？ それとも、泥の種類なのだろうか？ 一方、仲間のすることを真似している可能性も考えられる。そうだとすると、パドリングを始めた原因の一部は、仲間が同じ行動をするのを見たからということになる。パドリングを見た日時や場所、さらに、まわりにいる仲間のカモメが真似をして同じ行動をし始めるかどうかを観察して詳細に記録をとれば、こうした問いに答えられるようになるかもしれない。そのために観察記録をどのように利用すればよいか、後の章で説明する。

また、カモメに関して、行動がどのように発達するのか、という別のタイプの疑問も浮かぶかもしれない。パドリングは学習する必要があるのだろうか？ カモメの行動は遺伝によるもので、生まれつき身につけているのか？ それとも、孵化後に経験や学習を通じて完成させるのだろうか？ 若い個体と年のいった個体を比較すれば、何かわかるかもしれない。若い個体も年長の個体と同じように行動するのだろうか？ 若い個体も年長の個体と同じだけ採食できるのだろうか？ 後で見るように、識別した個体を乳離れや親離れのような重要な時期を通して研究できるときは、観察に基づく研究が幼い動物の行動発達を解明するのに特に大きな力を発揮する。



図1.1 サバンナモンキーの群れ (写真 ドロシー・チェイニー)

1.4 観察が重要な理由

本書を通して、動物行動に関するさまざまな問いに答えようとする際に「観察」が果たすきわめて重要な役割について見ていく。ときには実験の前段階として行なわれる場合もあるが、それ自体が実験の代わりをする有効な手段となる場合もある。忘れてならないのは、実験には経済的にも時間的にも、器具や設備の面でもコストがかかるだけでなく、往々にして動物にも負担を強いることだ。初めに対象動物の観察を行ない、行動をよく理解すれば、こうしたコストを削減できる上に、その後に行なう実験の成功率を著しく高めることもできる。たとえば、ドロシー・チェイニーとロバート・セイファースは、ケニアのアンボセリ国立公園で野生のサバンナモンキー (*Cercopithecus aethiops*) に対して一連の先駆的な野外実験を行ない (図1.1)、サバンナモンキーが異なる種類の捕食者に対して異なる警戒声を出すことを明らかにした (Cheney & Seyfarth, 1990)。ちなみに、警戒声は直面している危険の種類を仲間に伝える原始的な言語に相当する。サバンナモンキーはヒ

ョウとゴマバラワシに対してそれぞれ異なる警戒声を発する。ヒョウに対する警戒声を聞いた仲間のサルは、一目散に木に駆け上がった。ヒョウから身を守るいちばん安全な行動だからだ。頭上に現れたゴマバラワシに対する警戒声を聞いたときは、やぶの中に隠れた。さらに、ヘビに対応した警戒声もある。ヘビに対する警戒声を聞いた場合は、後ろ足で立ち上がり、草むらの中をのぞき込んだ。これらの警戒声は人間にも聞き分けられるほどはっきりと異なり、仲間のサルたちの反応もそれぞれ異なっていた。

そこでチェイニーとセイファースは、サルが捕食者の姿を自分の目で見ただけではなく、警戒声に反応して行動したことを明らかにするために、サルが採食している近くの高茎草本〔背の高い草むら〕の中にテープレコーダーを隠し、ヘビ、ワシ、ヒョウに対応する警戒声を流す実験を行なった。サルは警戒声を聞くと、捕食者が周囲にいても、それぞれの警戒声に応じた行動をとった。つまり、ヘビの警戒声に対しては草むらの中をのぞき込み、ワシの場合はやぶに逃げ込み、ヒョウの場合は木に駆け上がったのだ。サルが警戒声を聞き分けていることを明らかにしたのは実験だが、実験がうまくいったのは、実験を行なう前に長い時間をかけて観察をしていたからである。

実験自体にも長い時間がかかった。テープレコーダーとラウドスピーカーをあちらこちらと移動しては、サルを脅かさずに草むらの中に隠す必要があった。また、警戒声を流すのにちょうどよいタイミングが訪れるまで、長い間待たなければならないこともあった。当然のことながら、統計的に有意な結果を出すために、こうした作業を何度もくり返す必要もあった。そこで、チェイニーとセイファースはこの実験に取り組む前に、行なう価値のある実験かどうかを見極める必要があったが、サルを長期間にわたって観察し、警戒声に反応する様子を詳細に記録してきたので、大いにやり甲斐があると確信していた。二人はさまざまな警戒声に対するサルへの反応について仮説を立て、その仮説を検証するための実験計画を念入りに練った。しかし、その仮説は単なる思いつきではない。二人が現地でサバンナモンキーを長い時間にわたり観察してきたことで培われたものだった。二人はすでに警戒声

にはそれぞれ意味があると確信していたので、次はその検証実験だということも承知していた。観察が実験のお膳立てをしてくれたのである。

観察結果が誰の目にも明らかで、実験を行なう必要がない場合もある。ジェーン・グドールはチンパンジー (*Pan troglodytes*) が小枝を使ってシロアリをアリ塚から取り出すのを観察した (Goodall, 1968, 図 1.2)。チンパンジーはアリ塚に小枝を差し込み、シロアリが小枝を這い上がってくると、小枝を引き抜き、シロアリを食べたのだ。さらに、チンパンジーは小枝から葉をもぎ取って、アリ塚の入口にうまく入るように工夫もしていた。それまでこうした行動を観察した者はいなかったので、グドールの観察は私たちのチンパンジー観を一変させてしまった。人類は道具を使用したり、作ったりする唯一の類人猿ではなくなったのだ。野生動物の行動観察で、人間に対する私たち自身の見方が変わったのである。



図 1.2 ゴンベ渓流国立公園でチンパンジーを観察するジェーン・グドール。グドール博士は DBE (大英勲章第 2 位)、ジェーン・グドール研究所の創立者で、国連平和大使も務めている (www.janegoodall.org)

1.5 観察の限界

本書で観察の重要性を説いていくが、実験を否定するつもりも、不要論を唱えるつもりもない。私は観察を重視しているが、科学的手法の中で実験が王者であることには変わりはない。因果関係と相関関係を文句なしに峻別する手段は実験しかないからだ。観察でわかることは相関関係だけである。動物の行動を例にとると、時刻や餌を食べてから経過した時間、他の個体との仲の良さといった他の要因に応じて、動物が一貫した行動の変化を見せるということがわかるだけである。こうした相関関係は行動の原因を推測する目安にはなるが、原因と結果を明確に示してはくれない。額面通りに受け取ると、誤った結論に至ることもある。たとえば、メールマンはセグロジャッカル (*Canis mesomelas*) について、子の数と若い「ヘルパー」の数に明白な相関があることを発見した (Moehlman, 1979)。セグロジャッカルは一夫一妻制で社会性が強く、繁殖つがいと前年以前に生まれた子供たちが一緒に群れを形成して暮らしている。若いジャッカルは生後 1 年ほど親のもとに留まり、子育てを手伝うことが多い。年下の子供たちの保護をしたり、遊び相手になったり、餌をもってきたりしてやる。メールマンの観察結果では、ヘルパーが多いほど、繁殖つがいが育てられる子の数が多く、2 頭ないし 3 頭の若いヘルパーがいるつがいは最大で 6 頭の子を育て上げることができた (図 1.3)。

しかし、この相関関係は因果関係を示しているとは限らないのだ。2～3 頭のヘルパーがいるつがいは、ヘルパーが 1 頭以下のつがいよりも当然のことながら年長である。若いつがい、とりわけ初めて繁殖するつがいは若いヘルパーをもつことはできないので、図 1.3 は、繁殖つがいの年齢と繁殖成功率の相関を示している可能性があるのだ。したがって、つがい間で生存する子孫の数に差が生じる原因を明示していない。ヘルパーの数が多かったからという理由も否定はできないが、一方、つがいの年齢や経験、巣穴の立地といった他の要因も原因として考えられるのだ。このように相関関係からだけでは、要因が複数ある場合は、その中から原因となる要因を特定することは

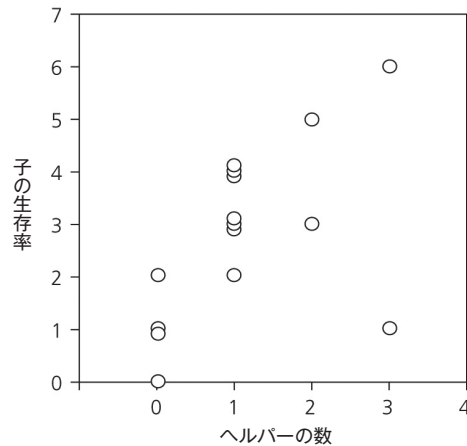


図 1.3 ジャッカルでは、ヘルパーの数が多いつがいの子ほど生存率が高い (Moehlman, 1979)

できない。

このように観察データには因果関係を特定しきれない曖昧さが残るので、科学的研究では実験が不可欠だと多くの人が思い込むようになったのである。そういう人は、実験以外に相関関係と因果関係を峻別する手段はないと主張することだろう。つまり、両者を峻別するためには、すべての条件を適切に操作し、1度に少数の変数を操作する実験を行なうことが不可欠だということになる。提唱された問題の要因を操作することで、事象の起こる時と場所を操作（コントロール）することができた場合にだけ、見せかけの相関関係（擬似相関）から真の原因を選り分けることができる。

因果関係の判定基準として実験が重要だということに異議を唱えるつもりは毛頭ないが、科学には、実験を高度に操作することができない分野や望ましくない分野が多いことを指摘しておく必要がある。すでに天文学や地質学の例を挙げたが、食餌療法や生活スタイルの研究など、医学や保健にも、実験に対して倫理上の制約などがある分野が数多くある。動物行動学もこうした分野の1つだ。しかし、動物が置かれた環境にあるすべての要因を操作し

た実験をするのが困難だからといって、動物行動学は科学ではないと考えるのは早計だ。相関関係と因果関係を区別するために、統計的手法を多用した巧みな取り組みが必要だということを意味しているにすぎない。

たとえば、ジャッカルの子の生存率とヘルパーの数の間に因果関係があるかどうかを実験で検証するには、すべての繁殖つがいに同数のヘルパーと恵まれた巣穴を確保する機会を与える必要がある。しかし、実験のために野生のジャッカルにこのような規制を押しつけたら、どのようなことになるか考えてみてほしい。ジャッカルのつがいを無作為に巣穴に割り振らなければならないが、こんなことをすれば、自分自身で選んだ巣穴から移動させられるジャッカルも出てくるだろう。また、年長のつがいのところにいるヘルパーの一部を強制的に血縁関係のない若いつがいのところへ連れていく必要もある。その結果は大混乱が起こるだけだ。ジャッカルたちの生活は掻き乱され、行動も不自然になるだろう。表面的には「操作」されているが、この実験はジャッカルの自然な行動を知るという意味では、役に立たないまったくのむだとしか言いようがない。

必要なのは、動物の邪魔をせずに、相関関係と因果関係を区別できる行動研究の手法だ。幸いなことに、科学の他の分野から研究手法を借りて、行動学独自の方法を発展させることができる。本書では、こうした手法の有用性と、わざわざ実験を行なわなくても観察だけで大きな成果が得られることを見ていく。実験の信奉者が望むほど厳密に動物を操作できないとしても、シュネーラとアルトマンが述べたように、観察者自身を操作することはできる。周到な観察計画を立案すれば、実験によるのと同様に、因果関係と相関関係を区別することが可能だ (Schneirla, 1950; Altmann, 1974)。これから見ていくように、いつ、どこで、どれくらいの期間観察するかを選択することができ、そこで得られたデータから、よく制御された実験に匹敵するほど有効な推論を立てることができるのだ。その上、研究対象の動物に与える影響を最小限に抑えられるので、自然な行動を研究できる。実験が「王様」ならば、観察は「戦地で指揮をとる将軍」といえる。現実の世界と実験をつなぐパイ