

ミル型論証と生態学

大垣俊一

ただ単に観察や実験で明らかになった事実を示し、それについて解説を付言するだけの論文ならば、論証の技術といったことはほとんど必要ない。しかし何かの目的を持った調査を行い、証拠を適切に配列して結論を導こうとすれば、読者を説得するに足る整然とした論理を構成することが求められる。こうした方面の訓練が十分に成されているどうか、最近生態学関連の論文を読んだり、研究発表を聞いていて疑問に思うことがある。データは豊富で高度な統計処理を施し、それを技術的には誤りなく使いこなしていても、ベースとなる全体的な構成が見えてこない。いわば、細く少ない支柱の上に、精巧で大容量の建造物が載っているという格好である。

そのような、研究の土台を構成する論証の諸パターンを、研究者は自分の関連する分野の論文、研究発表や、大学、大学院での教育の中から見よう見まねで身につけ、その結果、研究者間には大まかに言えば一定のコンセンサスが形成されている。しかしこうした重要な問題について、代表的なテキストといったものは見かけないし、私自身系統的な教育を受けたこともない。私は大学院以来、こうした問題について特に注意を払ってきたつもりだが、その過程で、生態学（だけではないが）における素朴な論証感覚のルーツが、ハーシェル、ヒューウェル、ミルらの活躍した19世紀イギリスの論理学にあり、現在妥当とされるパターンのほとんどが、既にここで定式化されていると考えるようになった。

JSミル(1806-1873)は、イギリスの哲学者、社会学者で、自然科学にも造詣が深く、同時代の天文学者ハーシェルや科学史家ヒューウェルの影響も受けながら、「論理学体系」(A system of logic, 初版1843、以下「体系」と略)を著した。このテキストは後世に大きな影響を与え、20世紀前半の英米や日本の論理学の教科書では、科学方法論の部分で必ずと言ってよいほどミルの見解が紹介されたという(内井1995)。従って今の我々の手法がミルの論証に共通するものを持っているとするなら、それは両者の根底に人間に生得的に備わった思考パターンが存在するからという以外に、社会的影響を介してミルの思想が間接的に影響を及ぼしている可能性も、排除されない。

この「体系」の目的は、自然科学の方法に学びつつ、ミルの専門である社会学の方法論を確立することであったと言われている(矢島1993)。しかしミルの方法論は、生態学などのマクロ生物学にとっても示唆に富んでいる。その理由の一部は、社会学と生態学の共通性ということにあるだろう。つまり、社会学が人間社会という複雑な事象を研究対象とするのと同様、生態学もまた、生物学の中でマイクロからマクロに並ぶ系列の中で、個体以上生態系まで、という最上位の階層を扱う。そこには単に系が複雑というだけでなく、大スケールになると実験が事実上不可能になるなどの、重要な共通性も存在している。

本稿では以下、ミル論理学の核心を成す、「帰納の5つのカノン」と「演繹法」の概略を紹介し、マクロ生物分野におけるその意義を考察したい。

1. 帰納の5つのカノン（規範）

ミルの「論理学体系」は全6巻からなり、1巻「名称と命題」、2巻「論証」、3巻「帰納」、4巻「帰納に付随する操作」、5巻「誤謬」、6巻「倫理学の論理」の構成となっている。以下紹介する部分は、帰納を扱う第3巻の8章に「実験的研究の4方法」として述べられているものである。帰納とは、一般的には様々な事例の中から何らかの法則、仮説を抽出する操作とされるが、「4方法」は、帰納を仮説の証明手段と位置づけ、しかも常識的に納得できる論証パターンを提起したところが画期的だったといえるだろう。なお、この8章のタイトルは「4つの方法」だが、その中に示される規範は、基本となる4つの方法の一部を組み合わせて別に1つを独立させたため、5つになっている。そしてこれが「帰納の5つのカノン」と呼ばれるものである。

第1の規範（一致法）

「検討対象の諸事例が、1つの条件だけを共有するとき、すべての事例に共通するこの唯一の条件が、与えられた現象の原因である。」

たとえばある生物種が分布するときは、必ずこの条件が存在している、ということが明らかならば、その条件がその種の分布要因の一つであるという可能性が高まる。いわゆる指標種はこの典型で、これまでの多くの観察、調査により富栄養水域に多い種は、富栄養状態を選好すると考えるわけである。

第2の規範（差異法）

「ある現象が起こっている事例と起こっていない事例において、前者だけに含まれる条件がただ一つあって、それ以外のすべてが両者に共通しているならば、その1つの条件が両事例の差の原因である。」

たとえばある開放海岸に、1ヶ所地形的に遮閉されたところがあり、そこにだけある種の海岸生物が存在していたとすると、温度や水質などは周囲で同様と考えられるから、波の強さがこの種の分布決定因であるという推測が成り立つ。こうした条件の差は、この例のように自然の中に見出されることもあるが、そうでない場合は人為的に作り出すこともできる。それが実験である。その場合一方が操作事例、もう一方がコントロールということになる。

第3の規範（一致差異併用法）

「ある現象の起こっている諸事例が1つの条件のみを共有し、その現象の起こっていない諸事例がその1つの条件を欠くという以外に共通性を持たないならば、その1つの条件が、その現象の原因ないしその一部である。」

たとえばある貝種Aが生息する所には、環境は様々でも必ず藻類Bがあり、Aがないところも環境は様々だが、必ずBを欠いているとすると、Aの分布要因として

の B という推論が成り立つ。

第4の規範（剰余法）

「ある現象から、それまでの推理によって特定の要因の結果であるとわかっている部分を除けば、その現象の残りの部分は残された未検討要因の結果である。」

これは関与する要因のいくつかがあらかじめ特定できている場合の方法である。たとえばある湾の水位変動を数学的に解析していくつかの周期を取り出し、それぞれに対応する要因（潮汐、波浪など）を特定して、なおかつ残る部分は、湾固有の副振動であろうと推定するような場合である。剰余法はこうした物理現象には向くだろうが、生物現象には、要因の相互作用が発生するなどして適用が難しいかもしれない。

第5の規範（共変法）

「ある現象が、ある条件が変化するとき必ずそれと共に変化するなら、その条件はその現象の原因または結果であるか、その現象となんらかの因果関係を介して結びついている。」

これはいわゆる相関である。A と B の相関は因果関係が存在する可能性を示すが、 $A \rightarrow B$ ないし $B \rightarrow A$ 因果の証明ではない。それで後半部で、原因または結果、あるいは何らかの要因を介して結びついている、と慎重に言い回されている。因果関係を調べるとき、まず相関を取ってみるということは、今日でも様々な分野で普通に行われている。この点についてはあえて具体例を出すまでもないだろう。

2. ミルの演繹法

ミルの「演繹法 (Deductive Method)」は、第3巻において、5つのカノンに引き続き解説される。ミルのここまでの記述の多くは原因と結果が1つずつであるような単純な系についてであったが、実際の現象は、複数の原因によって1つの結果を生じたり、1つの原因から複数の結果を生じたりと、複雑であることが多い。演繹法はそのような場合に適応し、遂行過程で先の5つのカノンを含む。いわば帰納の5規範の発展形である。それは次の3つのステップから成る。

- i) 直接的帰納により、個々の原因についての法則を確認する。
- ii) それら単純な法則から、複雑な事例について推論する。
- iii) その推論を、特定の事例にあてはめて検証する。

まず i) で、複雑な事例の原因となりうる諸条件について個別に調べ、その効果を確認しておく。このとき、帰納の5つのカノンが用いられる。次に ii) でそれらの効果を組み合わせ、どのような結果が得られるかを推論ないし計算する。そして iii) でその結果を実際の複雑な事例にあてはめ、予想と一致するかどうか検証する。

演繹とは通常、ユークリッド幾何学のように、自明とされるいくつかの公理から、論理的内容を同一に保ちながら複雑な結果を構成して行く論証法である。ミルの演繹

法も、帰納によって確認した法則から推論する過程はそれに相当する。しかし結果を複雑な現象の検証に使うところが特異で、ii)、iii) のプロセスはむしろ、現在「仮説演繹法」と言っているものに相当する。したがってここでは、一般的な演繹法と区別して、特に「ミルの演繹法」としておく。

3. 生態学の論証

生態学において現在主流の論証形式は、当事者が意識しているか否かは別として、統計学を用いた仮説演繹法 (Hypothetico-deductive Method, HD) であるといえる。仮説演繹法は、ある仮説を構成し、それによって導かれる結果を実際の現象とつき合わせて検証するというものである。このとき、仮説が事実と合致することをもって真とする (実証) 立場と、一致しないことをもって否定する (反証) 立場があるが、統計依存の HD は後者である。統計の本では必ず初めに解説されることだが、重要なので、まずこの点を具体例に即して確認しておこう。

X 種の貝のサイズを A、B、2 地点で調べて平均値に差があるかどうかを t 検定で調べるという簡単な例を考える。この時、まずサイズ平均は同じであるという仮説 (H_0 : 帰無仮説) を立て、両地点での平均値差を調べる。その結果両者の差が偶然とは考えにくいほど大きいならば、ある危険率のもとで有意差ありと判定し、 H_0 は反証されたと考える。「差がない (H_0)」が否定されれば「差がある (対立仮説)」と考えざるを得ないから、結論として差がある (らしい) となるわけである。仮説演繹法はミルの演繹法の中にも現れる伝統的な手法であり、これにポパーの反証主義と、フィッシャーの統計理論を組み入れた「反証型仮説演繹法」は大いに生態学の厳密化に寄与した。しかし生態学に適用できる論証パターンはこれのみではない。そして「それ以外」の方法の多くは、本稿で紹介してきたミルのカノンと多くの共通性を持っている。そうした論証を用いた研究の具体例を、いくつか紹介しよう。

Kitching & Ebling (1967) は、アイルランドの入江で 18 年間にわたり行われた海産生物分布調査を総括した。彼らは分布決定因の一つとしての捕食の作用をめぐり、捕食が分布を決定していると判断する根拠として、野外観察、野外実験、室内実験を組み込んだ次の 4 つの判定基準を提案した。

- ① 被食者と捕食者の分布に逆相関関係がある。
- ② 捕食者は被食者を、野外で捕食することが確認される。
- ③ 捕食者は被食者を、実験条件下で捕食することが確認される。
- ④ 捕食者が存在しない地点に被食者を移植すると消滅するが、捕食者から保護された条件下では存在し続ける。

①はミルの共変法、②と③は前提の確認であるが、④はコントロール実験であり、差異法に相当する。著者らは、これらの 4 条件を満たすならば、捕食による分布制限が完全に立証されたとは言えないまでも、そのように判断することは 'reasonable' であるとしている。

Diamond (1986) は、群集生態学における実験の分類とその実際について述べ、その中でいわゆる「自然実験」(自然条件の中に、様々な条件を見出して比較する手

法) について、結果から結論を正当に導くための根拠を提示している。10-point strategy として 10 項目を挙げているが、そのうちいくつかを紹介すると、

- ① その現象は多くの場所に共通しているか。
 - ② その現象は、当該要因について同様にふるまうと予想される多くの個体群に共通しているか。
 - ③ その現象は、推定上の要因に対して異なった反応をすると予想される個体群について、予想されたように変化するか。
 - ④ 当該要因は、その強度に応じて強い効果を示しているか。
 - ⑤ 2 つの変数間の関係は、他の要因群が幅広く変動する中で維持されているか。
 - ⑥ その因果関係について、妥当な生物学的メカニズムが提示されているか。
- などである。①②⑤はミルの一致法、④は共変法に相当すると考えられる。

3 つ目の例は拙著から引用する。沖縄石垣島のサンゴ礁と流入河川の流域で行われた土地改良事業の関係を検討した結果、流出土砂の堆積範囲と、高い死サンゴ率が認められる範囲が一致し、また、過去のデータとの比較により、事業が行われた後で、河口部の死サンゴ率が上昇したことを確認した。この平面的、時間的一致を一つの根拠として、土地改良による土砂流出が、サンゴ群集にダメージを与えた可能性を指摘した(大垣・野池 1992)。こうした推論が正当でありうる根拠は、以下のようなものである。ある時点での水平軸に沿った分析において、条件 A と現象 B に相関があっても、付随して変化する要因がありうるので、それだけでは A→B 因果を示すのに十分でない。しかし A、B の相関が、ある時点での平面的以外に、数地点での時間軸に沿っても確かめられれば、当該要因以外がその過程で「ふるい落とされる」可能性が高まり、A→B 因果推定の信頼度はより高まる。これはミルの共変法の 2 重の適用、ないし共変法と一致法の併用と考えることができる。実際にはこうした手法の利用は古く、既に 19 世紀半ば、疫学分野で実例がある。Snow (1965) は 1854 年のロンドン・コレラの流行の際、原因究明のための調査を行い、河川、下水、水道など水系を通じた感染ルートを主張した。Snow は様々な分析を行っているが、ある街区の調査では、1 つの飲用井戸の周りで集中的に患者が発生していること、この井戸の使用禁止ののち、患者の発生が収束に向かったことを根拠に、当の井戸が感染源であると推定した。これもまた、水平軸と時間軸に伴う 2 重の連関を認めた例である。

4. ミル論理学の評価

今回の議論のベースとしたミルの論理学に対し、科学哲学の分野での評価はどうなっているのだろうか。ライヘンバッハ (1951) はミルに対し、「数学的手法を取り入れず、単純化しすぎたモデルで科学方法論を研究した」と批判した。数学的云々は、のちのラッセルらによる記号論理学を念頭に置いていると思われる。しかし一方「体系」の帰納論理学については、「素朴なものだが、科学者もなしには済ませ得ない」と、肯定的評価もしている。ポパーは帰納を徹底して排除したが、それはラカトシュ (1986) も言っているように、「事実命題の有限個の連言で、普遍命題を帰納的に証明することはできない」からである。わかりやすく言うと、今までこうだったから次

もそうなるはずだ、というのは一般的に成り立ちうるのではなく、両者の間は論理的に断絶している。しかしポパーはミルの演繹法については、「社会科学ばかりでなくすべての科学で用いられているある手続きを、公正に（整然とではないが）述べたものであり、それが用いられる度合いはミル自身の評価をはるかに越えている」と、高く評価した（ポパー1961）。クラフト（1990）も、ミルが経験論を古典的な形で定式化し、それが今日でもなお支持されていることを認めている。多少乱暴にくくると、ミルの帰納法は論理的には誤りだが、それでも実際には使われている、ということになるのかもしれない。しかし哲学上の議論はどうあれ、自然科学の研究者は、自分の気に入ったやり方で自信を持って進めればよいと、私は思っている。科学は「正しい方法」を用いた研究者によってではなく、自分の方法を「正しいと信じた」研究者によって、進歩せられてきたからである。

ミルの論理学は、いわば論証や因果関係についての人々の素朴で直観的な判断を規則化したものである。それだけに、のちの時代まで支持を失うことなく、科学の様々な論証の中に生き残り、ライヘンバッハの言うように「なしで済ませられない」ものとなった。常識に則ったものであるだけに、近年の量子力学のように、常識を越える事象を扱う分野では適用不能になる場面も考えられるが、しかし社会学やマクロ生物学は依然として常識の世界の中で成り立っている。むしろ、このタイプの論証に問題があるとするとそのあいまいさだろう。反証的仮説演繹法（HD）は、枠組みが明快で、かつ統計によって標準化され、誰が扱っても結果を出せるし、結果の信頼度も統計的に定量化されている。他方ミル的な論証はパターンが多様でケース・バイ・ケースの面が強く、信頼度もはっきりしない。このため結論の確度が低いとか、当否を判断できないという批判を招きやすい。しかし大スケールや過去に遡る研究のように実験ができず、事実上 HD が適用できないときにはこれによるしか方法がない。また HD を主とする研究でも、実際にはミル的論証の要素を含んでいることが普通である。HD 以外は認めないという主張を徹底すれば、ファイヤアーベント（1981）の言うように「反証主義の原理が科学全体を取り除く」ことになりかねない。本稿で示したような「ミル的常識論理学」の訓練を積むことは、科学研究者にとってこれからも要件であり続けるだろう。

引用文献

Diamond J 1986. Overview: Laboratory experiments, field experiments, and natural experiments. in Community Ecology. J Diamond & TJ Case eds. Harper & Row Publishers.

ファイヤアーベント 1981. 方法への挑戦. 村上陽一郎・渡辺博訳. 新曜社

Kitching JA & Ebling FJ 1967. Ecological studies at Loch Ine. *Advances in Ecological Research*, 4, 197-291

クラフト 1990. ウィーン学団. 寺中平治訳. 勁草書房

Mill JS 2002. A system of logic, ratiocinative and inductive. University Press of the Pacific. Honolulu.

大垣俊一・野池元基 1992. 沖縄県石垣島の土地改良事業と白保のサンゴ礁. 日本生態学会誌, 42, 9-20

ポパー1961. 歴史主義の貧困. 久野収・市井三郎訳. 中央公論社

ライヘンバッハ 1951. 科学哲学の形成. 市井三郎訳. みすず書房

ラカトシュ 1986. 方法の擁護. 村上陽一郎ほか訳. 新曜社

Snow J 1965. On the mode of communication of cholera. in Snow on Cholera. Hafner Publishing Co.

内井惣七 1995. 科学哲学入門. 世界思想社

矢島杜夫 1993. ミル「論理学体系」の形成. 木鐸社