

## 結果の明快さは方法の正しさを保証するか

大垣俊一

「明快な結果が得られた場合、その結果をもたらした方法は正しいはずだ」という信念を、我々は心のどこかに持っている。わかりやすい例を出すと、電顕写真できれいなミクロの映像を得た場合、撮影者は、たとえ電子顕微鏡の構造とメカニズムを熟知していなくとも、映像を信頼するだろう。生理学の実験でも、単純な条件で生物の活動リズムを誘発しようとして失敗した場合、条件を次第に加えて行って、ある段階でリズムが見事に解発されたならば、そのことを以って与えた条件が自然界でのリズム発現の最小要件たることと、同時にリズムの存在そのものが確信される。しかしこういうこともある。船に乗り、湾奥から湾口部まで移動しながら各所でネットを引いてプランクトンを採集したところ、各サンプルの種組成はほとんど同じであった。そこでこの湾内で、プランクトン群集の組成はほぼ一定であると結論してもよいだろうか。もしも船が最干潮時に湾奥の港を出発し、引き潮に乗って湾口部へ進みながらサンプリングを行ったとすると、潮汐流で移動する同じ水塊からくりかえし採集していたかもしれない。こうなると、サンプル組成一定という「明快なパターン」の評価は、かなり揺らいでくることになる。

ある場合には、我々は結果の明快さを以って方法の正しさの根拠とし、別の場合にはそれを疑う。その判断はその場その場で直観的に行われているが、それが大方の一致を見ることもあれば、意見が分かれて混乱することもある。そこにはどういう事情が介入しているのだろうか。どういう場合に、「結果の明快さは方法の正しさを保証する」と言ってもよいのだろうか。この点について、私は未だに十分に満足できる結論を得ているわけではないが、考察過程の一つの試論として、以下にこの問題を論じてみたい。

### 論理的検討

議論の出発点として、「適切な方法を用いれば明快な結果が得られる」という命題は正しいとしておく。この場合「適切な方法」とは、自然界に存在するパターンを（それがどのようなものであれ）、正確にデータ化する方法、という意味である。これに対して、「明快な結果が得られたから方法も適切だった」というのは、先の命題の‘逆’と言える（図 1）。

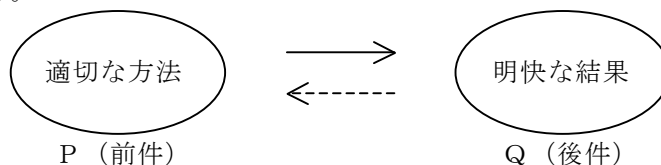


図 1.

この、 $P \rightarrow Q$  ( $P$ ならば $Q$ ； $P$ を前件、 $Q$ を後件という) のとき、逆方向の  $Q \rightarrow P$  と推定する手続きは、「逆必ずしも真ならず」「後件肯定の誤謬」と呼ばれる、論理的誤りである。リンゴが果物だからといって、果物がすべてリンゴであるわけではない。したがって論理学者や科学哲学者ならば、この段階でこうした荒っぽい議論は捨てて顧みないかもしれないが、しかしながらそのような態度は、私のような現場研究者の取るところではない。「実感としては成立することもある」という一点に賭けて、もう少し食い下がってみよう。

手法の問題を離れて一般的に言うと、厳密には無理でも事実上後件が肯定される特別な場合として、「仮説演繹法」というのがある。仮説演繹法とは、何らかの仮説を立てて現象を予測し、実際に観察を行って、事実が仮説に合致するかどうかを検証する手法である。そこから先は、合致したから仮説の信頼性が確認されたと考えるか、合致しないことをもって仮説が否定されたと考えるか、二つの立場がある。前者においては、 $P \rightarrow Q$  のとき  $Q \rightarrow P$  が肯定される条件として、次の二つが考えられている (三浦 2000)。  
 ①.  $Q$  は  $P$  が真でない限り、ほとんど起こり得ない現象であること。  
 ②.  $Q \rightarrow P$  の観察が、いろいろな場面で積み重なることによって、 $Q \rightarrow P$  の命題の信頼度が高まる、という二つである。この条件を、手法と結果の問題にも応用できないだろうか。

二つの条件のうち、①の「 $P$  は  $Q$  が真でない限りほとんど起こり得ない」とはこの場合、方法が適切であったという以外に明快なパターンを検出する可能性はない、と言いかえることができる (図 2)。 $P$  以外に、示された明快なパターンを生む可能性を排除できるなら、「明快な結果は適切な方法以外では得られない」つまり「明快な結果が得られたのは適切な方法を用いたからである」となり、図の点線の後件肯定が成立する。適切な方法は自然界に存在するパターンを正確に検出するから、つまりは得られた結果が自然界のパターンであることになる。図中?マークで示したものは「不適切な諸方法」ということだが、その具体的内容についてはのちに議論する。

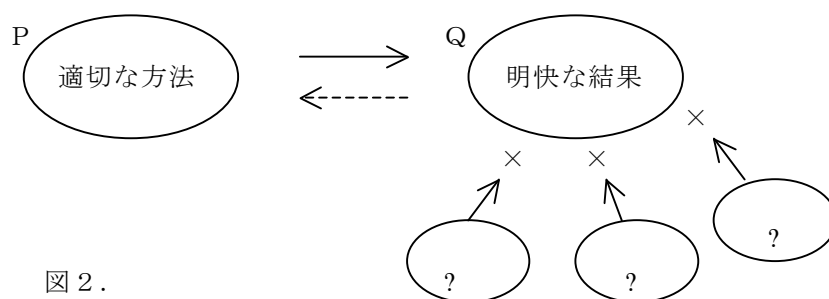


図 2.

さてここまで、話をわかりやすくするために「適切な方法」→「明快な結果」を自明として論じてきたが、そのためには実は、「自然の中に顕著なパターンがある」という前提が必要である。もし自然の変化そのものが微弱だったり不規則であれば、適切な (つまり顕著なパターンが存在した時に有効な) 方法を用いても、明快なパター

ンを見出すことはできない。従って、より正確な道筋は図3のようになる。



図3.

さらにこれに、自然の不顕著な変化、不適切な方法、明快でない結果、という、図3に示した各現象の余事象を加え、論理構造を図4のように示すことができるだろう。図の破線で示した道筋が、図3に?マークで示した、排除を検討すべき要因ということになる（なお考えられる道筋は図の矢印に示したもののみではないが、議論が煩雑になるので省いてある）。

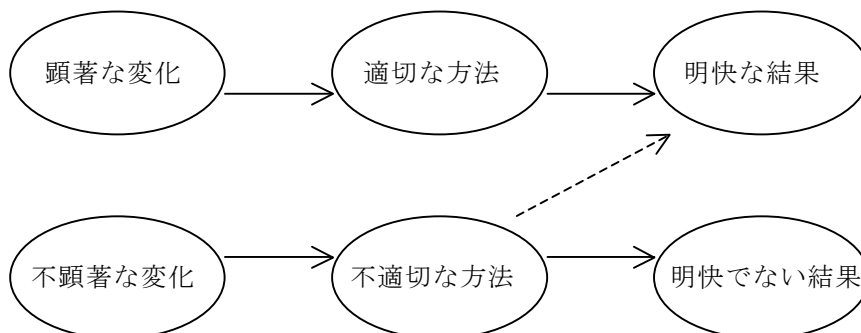


図4.

不適切な方法によって明快な結果を検出するという、この破線の道筋については、いくつかの可能性が考えられる。その第一は、偶然による見かけ上顕著なパターンの発生である。もともとの変化がでたらめでも、たまたま明快なパターンを検出してしまふ可能性は、あらゆるケースについて皆無ではない。これについては、統計検定がその本来の威力を発揮するだろう。検定で、あるパターンが有意と判定されることは、それが偶然起こったとするとごくまれなケースでしかないということを意味する。従って、偶然による明快なパターンの検出を完全に否定するのではないが、その可能性は、一定の危険率のもとに棄却されることになる。第二は、いわゆる人為要因 (artifact) である。この例として一番分かりやすいのは、恣意的観察であろう。しかしそれはやらないことになっているので、通常は問題にならない。それ以外の artifact については、研究事例に応じて様々なケースがありうるが、その一つ一つについて、存否を検討することになる。この場合、少しでも可能性があるからといって、際限もなく検討を続ける必要はない。その分野の研究史の中で特に注意されてきたことや、誰もが常識的に疑うであろうようなものを中心に調べれば十分であろう。その他の要因は、仮に結果を何がしか変動させることがあったとしても、他のすべての要因とともにランダム変動の中を含め、上記の統計的有意性の検討に含めて評価することができると考

えられる。

次に、後件が肯定される条件の②、つまり「 $Q \rightarrow P$ の観察が、いろいろな場面で積み重なることによって、 $Q \rightarrow P$ の命題の信頼度が高まる」というのは、ここで取り上げている手法の問題に限って言うと、「状況が様々に変わっても、同様の方法でくり返し明快なパターンが検出されている」ということに相当する。いわば、百戦錬磨の方法ということになろうか。この場合少数例しかない、それらのケースに共通の別要因が関与して $Q \rightarrow P$ が観察されるかもしれないから信頼度は低い。しかし状況が様々に変わると、その別要因（何かはわからないが）が、どこにでもついて回るといえるのはありそうもないから、 $Q \rightarrow P$ は成立、つまりこの方法は適切なのだらうと認めやすくなる。これをイメージ的に描くと図5のようになるだろう。図で「場面」とは、明快なパターンが検出された様々なケースを表し、「要因」は各場面に存在するいろいろな条件、中で特にBが、この手法を使ったという事実を表す。どの場面でもBを使っているという共通性が、明快なパターンを検出するためにはBが関与する必要があるという推測を強めるだろう。

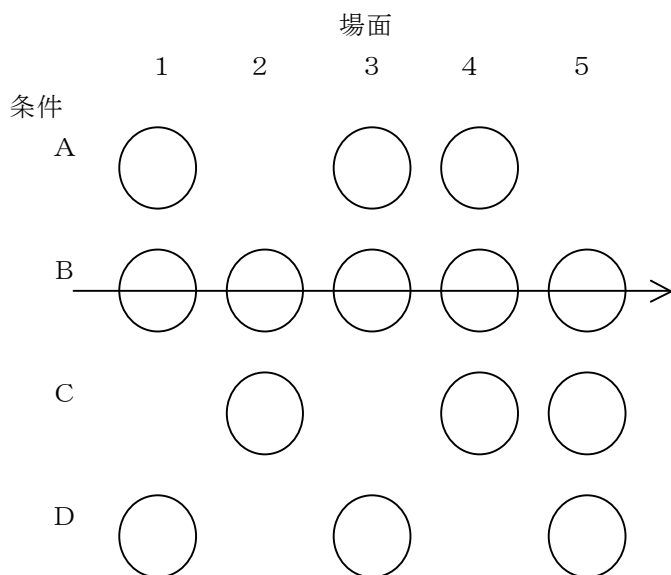


図5.

われわれが、「よく使われて成果をあげている方法だから信頼できるだろう」と漠然と考えているのは、具体化するとこういう判断に基づくのであろう。こうした考え方は、「様々な現象を貫く一本の論理の糸を見出す」という、科学者が伝統的に使用して成果をあげてきた方法論に通じる。そして科学史的に見れば、「帰納の第一カノン」(J Sミル)、「帰納的統合」(ヒューウェル)などと呼ばれて、その妥当性が主張されてきた概念でもある(内井1995)。

具体例の提示

抽象的な議論が続いたので、ここで私自身のかかわった事例の中から具体例を示す。私たちは紀伊半島の白浜番所崎海岸で貝類相の年間変化を調べている。岩盤を70近くの方形区に分割し、そこに出現するすべての貝類種を年1回記録して、その中の南方性種（分布北限が房総半島以南）の累積区数の、全種累積区数に対する割合（南方性種割合、以下S%と略）を求めた。その結果、期間中にこの値はほぼ一方的に上昇し、年度に対して有意な正相関が検出された（図6）。このパターンは有意義であろうか。言いかえれば、自然界において進行している変化を、正しく捉えたと言ってよいだろうか。

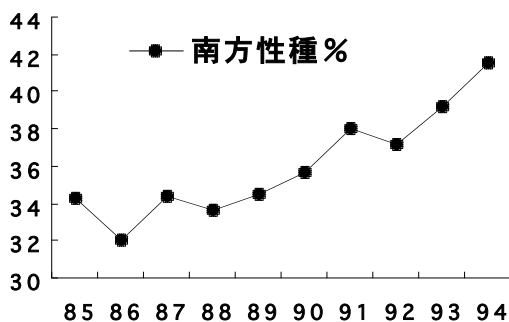


図2. 白浜番所崎海岸における、南方性貝類の累積出現区数の、全体に対する割合の変化。Ohgaki et al. (1999)による。年度との相関： $r=0.82$ ,  $P=0.000$ 。

明確なパターンが検出されたことをもって方法が適切だったとし、ゆえに示された変化が自然界に進行しつつある、と推論するためには、先の基準の①または②が満足されねばならない。まず①について、偶然による明確なパターンの検出は、順位相関係数の有意性によって一定の危険率のもとに棄却される。次に人為要因だが、気になるのは調査精度の不安定性である。この種の調査では、調査の人数や精度が年々変動することは避け難い。それが何らかの形で関与して、このような明確なS%の経年増加傾向をもたらす可能性はあるだろうか。

精度の不安定性によって説明しようとする、調査メンバーが南方性種と非南方性種を区別した上、年々前者の発見率を向上させて行ったということになるが、これはありそうもない。メンバーは調査時、各種の地理分布などは念頭になく、ただ、発見した種を記録して行くだけだからである。調査域では地元の人々による貝類の採集も行われているが、これも事情は同じと言える。これらの人々が、南方性種を区別した上、年々その採集量を減らして行った（あるいは非南方性種の採集量を増やして行った）ということはまず考えられない。南方性種と非南方性種の分布形態が、一般的に異なると信ずべき根拠はないが、仮に南方性種の方が発見しやすいというような傾向があったとしても、そのこと自体はS%の経年増加傾向とは無関係である。従って、artifactによる明快なパターンの検出の可能性はほぼ除去することができるように見える。

しかしこういうことはある。南方性種、熱帯性種の中には偶来種的に、散発的、低密度に出現するものが含まれており、この割合は非南方性種よりも大きい。そこでもし、調査が積み重なるにつれメンバーが熟練し、希産種の発見率が向上して行くとすると、こうした低密度種を記録する確率が高まるかもしれない。そしてこれによって南方性種を記録する頻度が高まり、S%のみかけの増加を引き起こす可能性がないとは言えない。これについてはまた別に検討する方法があり、反論もできるのだが、あらゆる可能性を考えた場合、想定された要因以外のものを完全に排除するのはなかなか簡単ではないと言える。

ただ、S%による評価の妥当性を支持する根拠は、単にこの指標自体の有意な変動傾向ばかりではない。この指標の増加に平行して、調査地周辺の温度条件も増加傾向にあり、両者間の相関も顕著に有意である。この相関関係についてはまた **artifact** によって見かけ上実現している可能性を検討しなければならない。それは煩雑になるのでここでは深く触れないが、いずれにせよ、S%を指標として採用することの妥当性は、一応それ自身の有意な変動パターンと、環境要因との有意な相関という、いわば二重の明快さによって支持されているとすることができる。

次に②について。S%の明確な変動傾向が他の地点で十分確かめられているかという問題。田辺湾域では、湾奥部の島島の生物相で比較的明快なパターンが得られているほか、イギリスのフジツボや、北米カリフォルニアの海岸生物相の研究で、南方性種の割合が、温度条件の変化に対応して顕著に変化した事例が報告されているし

(Southward & Crisp 1954, Barry et al. 1995)、温度変化に対応して南方性の種の **abundance** が変化しているという報告は他にもある (Beukema 1992)。事例はあまり多くはないが、それなりの実績のある方法であると言える。以上を総合して、S%を用いた分析はほぼ妥当であり、示されたパターンは高い確度で自然現象を反映すると、私は判断した。

ちなみに、この具体例に示したデータは論文化して国際誌に投稿し、5人の **reviewer** が読んだ。このうち1人が、南方性種割合をめぐる議論に疑問を投げかけたが、他の4人は事実上これを認め、うち2人は '**convincing**' と高い評価を与えた。多数決で論ずべき問題ではないが、こうした論証形式は、国際的にも受け入れられている傾向が伺われる。

## 後件肯定 vs.標準化

ここまで述べてきたような、後件肯定的論証を背景とする現象分析の手順を要約すると以下のようなになるだろう。まず何らかの方法によって生物現象を調べ、明快なパターンを見出す。パターンが不明瞭な場合は方法を変えて再度調べる。次に、得られたパターンが、**artifact** によって実現する可能性について検討する。その可能性が十分な信頼度によって排除できれば、得られたパターンが自然現象を反映していると推定する。もし同じ手法で行われた調査で同様の明快な結果が数多く見出されていれば、そのことも方法の妥当性と結果の信頼性への傍証となるだろう。これを「後件肯定型

手法」と、仮に呼んでおく。

これと全く異なるアプローチによって結果の信頼度を保証しようとするのが、いわゆる「標準化型」の研究である。結論の信頼性を疑わせるような artifact の中には、確立された、精度の高い方法を用いることによって除去できるものもある。artifact による誤った判断を気にしなくてよいのであれば、得られた結果はストレートに自然界の現実を反映すると考えてよいから、ある意味ではまわりくどく不確実な、後件肯定のための手続きを踏まなくて済む。そして ANOVA による厳密な検定操作によって、不確実性は統計的信頼限界の範囲内のみに閉じ込めようとする。潮間帯生態学の例でいえば、コドラートサイズを 50×50cm に固定し、熟練した研究者が見落としの少ない種のみを対象として調査を行えば、精度は格段に安定するだろう。むしろそれですべて解決するわけではないが、標準化された手法が全体として、より信頼度の高い結果をもたらすことは疑いない。しかし標準化された方法にはデメリットもある。その最大のもの、扱える現象の幅を狭めることである。固定された方法は、その方法で見えることしか明らかにしない。実際の問題点はフィールドによってケース・バイ・ケースだろうが、海岸の例で言えば、50×50cm のコドラートでは大型の生物や低密度の生物を扱えず、かつ、信頼できる統計的精度を得るのに数多くのコドラートを必要とする。労力の負担が大きく、現実には実行不可能と思われる場合もある。さらに、標準化された手法による成果しか信用しないという立場をとれば、過去のものを含め、多くの研究成果を捨てなければならない。1980 年代以前のデータは、まずほとんどめだろう。

「後件肯定型手法」においては、このような「標準化型研究」のメリットがデメリットであり、デメリットがメリットである。精度において劣るかわり、個々の事例で方法を柔軟に選択して、いろいろな生物現象を取り扱うことができる。ただこの方針を採用する場合も、単なる結果オーライの気楽さに寄りかからない分析を目指すべきである。標準化型の研究にも学びつつ調査やデータ処理のやり方を工夫し、可能な範囲で精度を高める努力は必要である。採捕の問題なども、禁漁区や保護区の中で行うなどの配慮をして、突発的不確定要素を除去することが望ましい。場合によっては「方法検討調査」などを実施して方法と結果の信頼性を確認することも求められよう。具体例に示した番所崎貝類群集の南方性種割合の場合、方法検討調査によって、調査努力の変動にかかわらずその値はほぼ一定という結果を得ている。

「後件肯定型手法」は、私が新しく提案するというものではなく、これまでも実際に採用されて成果を上げてきた論証形式であり、事実上研究者の間に定着している。しかしこれをさらに理論化し、手法的に洗練させることによって、自然界に潜在する様々な興味深い現象を、幅広く取り扱う道が開かれると考えられる。

## 引用文献

三浦俊彦 2000. 論理学入門 NHK ブックス

Ohgaki S, Takenouchi K, Hashimoto T, Nakai K 1999. Year-to-year changes in the rocky-shore

- malacofauna of Bansho Cape, central Japan: rising temperature and increasing abundance of southern species. *Benthos Res.* 54: 47-58
- 内井惣七 1995. 科学哲学入門 世界思想社
- Southward AJ & Crisp DJ 1954. Recent changes in the distribution of the intertidal barnacles *Chthamalus stellatus* Poli and *Balanus balanoides* L in the British Isles.. *J. Anim. Ecol.* 71:163-177
- Barry JP, Baxter CH, Sagarin RD, Gilman SE 1995. Climate-related, long-term faunal changes in a California rocky intertidal community. *Science* 267: 627-675
- Beukema JJ 1992. Expected changes in the Wadden Sea benthos in a warmer world: lessons from periods with mild winters. *Neth. J. Sea Res.* 30: 73-79