

科学とは何か：教室での経験から

岡本拓司*

1 科学が何であるかについて関心がある

筆者の関心は、主として、資料を使って新たな歴史の描き方を見つけていくといった型の研究にある。資料としては、いままであまり使われてこなかったものに目が向くことが多いが、よく知られた資料について新しい読み方を見つけようとすることもあり、また、文字資料以外の図像や道具・機械・建物も扱う（少なくとも扱おうとしている）。一方で、やや異なったかたちで、比較的長期にわたって検討している課題もいくつかあり、そのうちの一つは科学とは何かというものである。

科学とは何かという問題については、すでに短い試論のようなものを幾つか発表したことがある¹⁾。しかし、その後考えが変わった点もあり、補足して書くべきことがらも多く、また自由に書いてよいというご依頼でもあったので、以下ではこれについて書かせていただくことにする。なお、分量の都合もあって、体系的な展開は望めないため、議論の運びを、大学で担当している科学史や科学技術基礎論といった講義の場面に即したものにすることで、多少なりとも読みやすくするようにしたい。また、現代と歴史をやや恣意的に行き来することになるが、これも重要であると考えられる部分を簡略にお伝えするためである。

2 科学とは学問である（というところから出発する）

筆者の担当するような講義では、聴講者の知識が均一ではないため、どこから話を始めたらよいか探るために、最初の方の回に、科学とはどういうものであるかと考えるかと尋ねることが多い。大学生ともなると慎重であり、この問いに素直に答える者は少ない。そこで、ではどういうものが科学に含まれて何ならば含まれませんかと再び尋ねることが通常である。それでもはかばかしい回答は得られないため、「物理はどうですか、化学は…」などと提案すると、しぶしぶながらうなずく顔が増えていく。さらに、「哲学や歴史学は違いますよね」というと、いったんは多くが了解するが、ややあって、しめたという顔つきで、「先生」と手が上がることがある。「しめた」と思うのはこちらの方もそうであり、たいいていの場合、「でも人文科学や社会科学はどうですか」という質問がこれに続くのである。

上の疑問の裾野は思ったよりも広い。まず日本の現状に限って話をしても、「科学」に人文科学・社会科学・自然科学のすべてを含めることとすれば、大学で学ぶほとんどの内容はここに含まれることになる。語感の問題だけではなく、歴史でも哲学でも多くの分野の研究者が政府から受け取る補助金は

* 東京大学大学院総合文化研究科。Email: cotakuji@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp

「科学研究費補助金」であり、また、社会学者や経済学者も集まる日本学術会議の『日本学術会議憲章』（2008年4月8日）では、あらゆる分野の研究者を指す言葉として「科学者」が用いられている。

そこで、では「科学とは学問のことだと思っていいますね」といってそのまま話を進めようとする、教室には、たいていの場合、「この人は一体何が言いたいのだろう」という雰囲気は漂い始める。こうした違和感があるようであれば希望があり、ここを手がかりにして、「科学」という語で示される内容を解説し始めることが可能になる。

まず日本学術会議の場合には、その設立が1949年であり、戦前戦中に歴史学や哲学も（皇国史観の称揚などで）戦争遂行に協力したことへの反省や、戦後まもなくから知識層の強い支持を集めたマルクス主義が「科学的」たることを謳った点から、多くの学問分野が「科学」であろうとした傾向の痕跡が残されていると説明できる。ただしそれでも、今になってみると、歴史学や哲学、場合によっては社会学や経済学も科学と呼ぶのに抵抗があるとすれば、科学たろうとした努力には何か無理があり、その努力はどこかで諦められたに違いないということになる。

議論はさらに遡らせることができる。「科学」の語が日本で science の訳語として定着するのは明治中期であり、次いでこの語が西洋由来の学問を指した時期もあったが、昭和前期には人文科学・自然科学と二つ並べて全ての学問分野を示すようになった²⁾。これをマルクス主義の影響で説明することは出来ない、学問分野全てを科学と呼ぼうとする傾向はより広いものであったと認めざるを得ない。

同様の議論は時間も空間もさらに広げて行うことができる。まず、言葉の問題としては、英語や仏語の science、ドイツ語の Wissenschaft などには、比重の違いを伴いながらも科学と学問の両義があることが観察され、学問全般が科学たることを目指すという傾向については、マルクス主義以前に、啓蒙主義という運動がその試みの嚆矢であったことが指摘できる³⁾。この場合、科学の名の下に成功を収めていたのは数物理学、より限定すればニュートン力学であったから、これらが学問の理想であった。ただしこちらでも、2世紀ほどの努力のあとに、やはり無理が感じられたためか、たとえばドイツ語圏では精神科学（文化科学・人間科学）と自然科学の別が論じられるようになり⁴⁾、また語感としても、たとえば歴史や哲学を science、それらの分野の研究者を scientist とは呼びづらい。

以上、科学はまず学問であり、それどころか学問の総称ともされることがあり、他の学問分野がそうなるようとする理想のようなものでさえあったこと、しかし多様な試みの後にも多くの分野が科学になりきれたわけではないことが——粗雑な手続きによってではあるが——確認できた（としよう）。理想とされたのは現在では自然科学と呼ばれる領域であり、特に18世紀初頭くらいにまでに遡れば、ニュートン力学であったといつてよいであろう。

3 現代の学問とはどのようなものであるか（と次に問うてみる）

次いで、では学問とは何かと問うてみるもよいが、この問いは最後に無駄になる可能性がある、より具体的に、科学と比較することを念頭において、科学とは看做されにくい学問分野の特徴を考えてみよう。たとえば歴史学である。

再び講義の場面に戻ると、聴講者に、歴史学とはどんな学問ですかと尋ねると、科学とは厳密性や正確性などにおいて全く異なった、恣意的な解釈の罷り通る分野であるとの返答が戻ってくるが多い。十代末から二十代初めくらいであると、どうもこのように、学問めかした領域が実はいい加減なのだという議論を好むようである。そこで当方は、しかし、つい1年前、或いは数ヶ月前までは、そのいい加減な歴史に現れる年号の一つ一つに四苦八苦していたのではないですかと問うことになる。大学入試の記憶がまだ生々しいので、年号を1年誤ることの深刻さを思い出してもらうのである。

目的は、年号に見られるような事実の集積が歴史学の基礎にあると理解してもらうこと、さらに、事実を確定するための手続きが、具体的には資料をもとにしたものであると理解してもらうことにある。

しかしここでも、直ちに聴講者からは反論がやってくる。資料資料といってもそれほど厳密なものではないのではないか、近くは田中上奏文の例があるし、古くは志賀島の金印の例もあり、後者などいわゆる金石資料ではないかというものである⁵⁾。さすがに入試を通過してきただけによく知っており、また彼らは、こういう極端な事例を取り上げて、歴史学全体がいい加減であると指摘することを好む。

そこで、いったんは反論を飲み込んで、今度は違った角度から議論を始める。次の質問はこうである——「では皆さん、皆さんの親御さんが誰であるかを確かめるためにはどうしますか」。個別に尋ねると問題になりそうであるが、一般論なので、即座に返事が返ってくる——「DNA鑑定」。もちろんそんなはずはなく、多くの場合は、親御さんに育てられてともに生きてきた経験から、自分の親御さんたちが誰であるかについて疑うことなどないのである。つまりは信頼できる人の信頼できる発言が事実の確定の手段である。ついで、「でもお前なんか橋の下から拾ってきたっていわれたことはありませんか」と尋ねて、そうではないこと——場合によっては問題も生ずるのでやはり個別には質問できない——を確認するにはどうすればよいですかと問う。意外なことに大学生くらいでも知らないことが多いが、戸籍のある人の場合にはそれを、ない場合には出生証明書を見るというのが一般的には手早いであろう。

勤のいい学生であれば、このあたりで教師の意図するところを汲み、歴史学による事実の確定も、上述の方法程度には信頼がおけると了解してくれる。信頼のおける人の記憶や、文書の記載事項に基づいた事実の確定は、社会のいたるところで、また人類の長い歴史の中で行われており、歴史学はその方法を用いる学問である。利用できる場所ではDNA鑑定のように科学に基づく方法も用いるが、それはやや例外的である。といつても、科学に基づくところが少ないからといって、確度が極めて小さいわけではない、歴史学による事実の確定の度合いは、おおよそはあなたが自分の親御さんが誰であるのか確信している度合いと同じようなものだ——と、これもまた粗い議論に基づいてであるがいったんは了解してもらおう。

さらに幾つかの学問領域について同様の検討をしてみてもよいが、ここで確認したかったのは、現代の学問においては、広い社会一般で確認や説得の方法として受け入れられているもの以外のやり方を使うのは、あまり許容されることがないという、ことによると直観に反するかもしれない事実である。「あまり許容されることがない」と控えめなのは、上述の規定と反するもの、たとえば、賢者が論証抜きに語った意味深長にみえる内容をさらに難解に語るといったものや、直観や経験を無原則に持ち込む議論も、必ずしも学問と看做されないわけではないためである。しかしおおよそは、歴史学についてみたとおり、現代の学問は、特殊な教義などを受け入れた人々へのみ理解しようとするものではなく、少なくともその方法的な核としては、広く社会一般で受け入れられているものを用いている。

「現代の」という言葉の意味を限定するとすれば、従って、「啓蒙主義以降の」ということになる。特定の教義から解放されて、広く社会で用いられている方法で知識を作ること、たとえばカントの言い方に倣えば「理性を公的に使用する」⁶⁾自由を基礎におく知的活動が啓蒙であったから、意識的にその作業を進めた結果、現代の学問の性格が形成されたということになる。ただし、啓蒙主義以前であっても、世の中からかけ離れた方法ばかり用いる学問は再生産が難しかったであろうし、また啓蒙主義以後であっても賢者の箴言のようなものからのみなる学問領域も残っている。さらに、科学との関係でいうと、啓蒙主義が模範とする知識が科学（数物理学、ニュートン力学）であったから、もう少し精密に議論しなければいけないところであるが、ここでは措く（歴史を追って話をすれば少しは正確になるが、そうするとなぜ昔の話を聞かなければならないのか学生は理解できず、3週間ほどで教室の半分は空になる——もっともどうやっても1ヶ月ほどたつとやはり半分空席にはなるが）。

ここまで議論すれば、学問とは何かという問いには答えなくともよいことになろう。広い社会で長い期間にわたって使われている方法が、啓蒙主義を経た現代の学問の中核にあるというのならば、学問は、そして科学は、一般に知識と呼ばれているものの中の或る集団とのみ考えればよさそうである。た

だし、比較のし易い仲間は現代の学問の中にありそうなので、この区分は以下でも使うことにする。

4 科学が論証や説得に用いる特徴的な道具は何か

現代の学問は、社会一般で広く長く用いられている方法を採用しているらしいことを確認した。では科学が用いている方法で、他の学問領域と区別するのに適切なものは何か。再び教室の場面に戻ると、たとえ今までの議論がよく飲み込めなくとも、多くの答が返ってくる——「数学」、「法則の発見」、「論理」、「観察」、「実験」などなど。数学はよさそうであるが、数学のみがあっても科学にはならず、また、科学と看做される領域の中には、生物学のように数学に必ずしも強く依存しない分野もある。法則や論理は他の学問分野でも用いることがあり、また論理といっても科学者になるために大学で論理学の単位をとらなければならぬほどの必要はない。観察や実験ならばどうか。観察のみならば、やはり科学以外の多くの分野で採用しているが、実験は科学と呼ばれる分野全般に共通し、さらに科学になろうとしながらうまくいかない多くの分野ではこれが方法として適切に採用できていないように思われる。あつけないようであるが、結論としては、実験が科学を特徴付ける方法であろう。

実験が特徴的な方法であるといっても、理論物理学者のように、実験を行わない研究者も科学者と呼ばれるのは全く問題ない。哲学者、数理経済学者などのように、その種の人々は他の学問分野にも存在するので、特に科学のみを特徴づける存在にはならないということに過ぎない。科学もまた、数学や論理、そして必要な場合には——古天文学のように——歴史学が扱うような資料も用いることがある。それでも、確認や説得の場面で、実験によって得られた情報が用いられる点が科学の特徴である。

実験とは何かが次に問題となる。何と問われて想像できないようなものではないと思われるが、要はその目的、或いは到達目標である。これもごく簡単に言ってしまうと、再現性のあるかたちで現象から情報を取り出す操作（現象そのものを作り出すことも含む）⁷⁾、あるいはそうした操作を発見する試みということであろう。こうした操作が論証や説得のために用いられる際には、疑うのであれば自分もやってみよ、同じ結果が得られるであろうと主張することになる。

繰り返し可能な操作といっても、そのみでは必ずしも恣意的なもののように思われる。そしてこの印象は正しい。地球は動いており、また同じ時刻には二度と戻れないのであるから、世の中の出来事に繰り返すものなどないといっても間違いではない。にもかかわらずある種の出来事は繰り返すと主張できるのは、特定の性質にのみ着目しているためである。ほかの条件がどのように変わろうとも、——恣意的に——注目した或る性質のみは変化しないような操作が発見できる、というわけである。具体的には、地球上で自由落下「させた」（「させた」と書いて操作であることを強調した）物体の、落下した距離が落下にかかった時間の二乗に比例するという性質は、（地球上であれば）誰がいつどこでこの実験を行おうと変わらないといった例が挙げられる。

実験は、恣意的であるのみならず、これに依存することがためらわれるほど、論理的な根拠も極めて曖昧な方法である。10回うまくいったからといって、11回目が同じようにうまくいくとは限らない。帰納法全般に対するヒュームの批判は実験にも当てはまる。にもかかわらず、たとえば生物系の研究者に、いったいどれくらい実験をして結論を導き出すのか尋ねると、「3回」、「コントロールを入れて5回」などという答が返ってくる。つまり、論理的には実験で得られた結果にはまったく確実性はないが、科学の現場ではこれが当たり前道具として用いられている。

人間が知識を得る方法は、しかし、論理的に確実なものでなくとも構わない。田中上奏文や志賀島の金印のような例があるにもかかわらず——反例は一つあれば充分である——、歴史学では資料を用いた事実の確定が行われる（偽造文書をそれと指摘できる点が学問の強みであるとも言えるが）。この方法が、社会で広く長く事実を確定するために用いられてきたということが、同じ方法が学問においても用いられる理由であると指摘した。では、実験については、同じようなかたちで社会との関わりを示すことが

できるであろうか。

再び教室に戻って、実験に近い人間の営みは何かと尋ねると、必ず「料理」という答が返ってくる。いろいろな材料を使ってうまく行くかどうかを試すのを「実験」と考えるのであろうが、レシピをもとに調理しておいしいものを再現する、或いはそのようなレシピを見つけるという作業はたしかに実験によく似ている。料理もやはり、誰がどこで行っても、同じ材料や道具を使えば、或いは手に入りにくいものであれば代替品を用いても、同じ結果を得られるようにすることを目的としている。

料理に限らず、自分の周囲に働きかけて、望んだものを再現性のあるかたちで得られるようにするという人間の振舞いは、おそらく「技術」という言葉で表現される営みの中によく現れるであろう。なんらかの材料を用いて椅子や机を作り、大規模になれば家や橋を建設したり、或いは季節を見計らって種をまき植物を育てて収穫を得るといった行為は、みな、再現性のある結果を取り出す操作である。

技術において活用される操作は、科学が保証する以前から、望む結果を再現性のあるかたちで取り出すために用いられることが知られていた。なぜ再現性があるのかは分からず、また、たとえ何万回繰り返してうまくいったとしても、ある日突然——たとえば千年に1度の地震と津波が起これば——失敗する可能性はあるのだが、それでも人類は、このような操作が存在することを知っており、また個人でも集団でも、その存続を保証してきたのはこうした操作であった。長く広範囲にわたる経験によって、或る程度続けて同じ結果の得られた操作は、将来にわたっても同じ結果を生むということが知られているために、この種の操作に訴える論証には説得力があるのである。その反面、この種の操作は、それを行う者の関心——生存に必要なものは重要であるがそのようなものばかりに関心が向けられるわけでもない——に従って見つけられてきたのであるから、遺漏のない確実な知識を作るための道具としては恣意的にも見えるのも無理はない。

なお、環境に対するある種のはたらきかけの結果が一定の範囲内に収まるという原理には、あらゆる生命が依存しているといえる。どのように下等な生命であっても、環境との相互作用によって個体としても種としても存続しており、そのためにはある種のはたらきかけについてはその結果が一定の範囲に収まる必要がある。ただし、そうしたはたらきかけでも常に一定の範囲に収まるわけではなく——収まらなくなれば最悪の場合その個体や種は滅びるがそのようなことは起こりうる——、またどのようなはたらきかけでもその結果が一定の範囲に収まるという性格を持つことが保証されているわけではない。

技術でも実験でも或いは生命の存続に必要な環境へのはたらきかけでも、重要なのはそれが予言性を持つという点である。結局のところは帰納法に依存しているもので、論理的な保証は全くないのであるが、いままでこうやってうまくいったので、次もそのようになるというのが、実験による論証の強みである。科学者の場合、やってみればこうなるという種類の論証がうまくいかないことは致命的である。一方、これとは異なる種類の論証の方法を用いる学問では、論証にあたって予言が当たることが要求されることはほとんどない。

また、実験と観察の違いは、前者の方が操作の度合いが大きい（後者でも観測のような操作は含まれる）点にあり、多様な条件を作り出して結果を確認することのできる実験の方が、帰納法の有効性を確信させる上で効力がある。そして、帰納法がある程度説得力をもつようになれば、多種多様な対象——無数の天体のような——の観察が実験と同等の役割を果たすこともある。

従来の科学論のほとんどは、データからどのように理論が導かれるかを取り上げ、科学の特色をその過程に見出そうとしてきた。しかし、いったん得られたデータから主張を導くという作業は、どのようなものであれ、多少抽象的な知識が作られる過程では行われるものであり、そこに科学とそれ以外の知識の違いを見つけることは難しい。科学の特徴を見つけるためには、この領域ではどのようにして対象からデータが得られているかに注目しなければならない。

5 実験はいかにして学問の方法となったか

望んだものを再現性のあるかたちで取り出す操作、およびそれに関する知識というのであれば、特に科学と呼ぶまでもなく、社会の中に広く長く存在し続けてきた。いわゆる技術（ここでは軍事技術・産業技術などのような個別具体的な技術を指し、たとえば「手段」というような抽象的な意味では用いていない）というものがそれであり、橋をかけ墳墓を作り家を建てるなどの知識がまさにその代表である。それでは科学はそれらと同じ種類の知識なのであろうか。

再び、戸籍や出生証明書の例に戻ると、技術と科学が同じであるというのは、役所や裁判所で取られる手続きによって「事実」を知ることと、資料を用いて「事実」を確定させる作業が同じものであるというのに似ている。得られる手段は同じであるが、それを求める動機は異なる。すると、なぜ、繰り返し可能な結果を得るための操作が、現在学問の方法に用いられるようになったのかが問題となる。

ここで再び教室に戻ると、以後、科学史の時間であればそれなりに詳細に、科学技術基礎論の時間であれば要点のみに絞って、実験が学問の方法として採用されていく過程、具体的には、コペルニクスの地動説の発表からニュートン力学が誕生するまでの140年ほどの出来事を、解説することになる。実験という方法が採用されていったのはこの領域ばかりではなく、また、すでに10世紀前後のアラビア世界には操作によって自然に関する知識を獲得する学問が誕生していたといわれる⁸⁾。既述の通り技術の諸領域では実験による知識の蓄積も行われてきた。それでもコペルニクスからニュートンに至る路線に絞って取り上げるのは、実験に基づく学問が理想とまでされる成功を収めたのはここにおいてであったためである。

成功というのは、具体的には、ニュートン力学が、天体の運動と地上の物体の運動を、統一的に、数値的な予言が可能なかたちで説明したことを指す。ということとニュートンにのみ成功の理由があるように思われるがそうではなく、ニュートンが運動の研究に関して用いた量のほとんどが実験によって得られるものであることを考えれば、そのようにして得た量を用いて学問を行いうるようになっていたことも重要である。

運動という現象から、長さ、重さといった測定のできる量——測定の方法はるか昔から知られている——を取り出して学問を作るという方法を体系的に用いたのはガリレオであり、教典や賢者の箴言、伝統的に信じられてきた内容を根拠とすることをやめて実験を学問の方法にしたという功績は彼のものである。なお、このときすでに、必要な情報を得るには新たな技術を開発せねばならず、時間に関しては歌で測定するという工夫を凝らさなければならなかった⁹⁾。

ガリレオも天体の運動と地上の物体の運動を円慣性によって結び付けようとしたが説得力はなく、デカルトは衝突を支配する法則を発見して渦動宇宙論に至ったがこれも構想の段階に留まった。ニュートンに至って、包括的ではないにせよ地上の実験で確かめうる原理に基づき、天体にのみ特殊な性格を想定することなく、天体とそれ以外の物体の運動を統一的に記述する理論が完成した。

地上と天上の運動がニュートン力学によって説明し尽くされるならば、自然であれ社会であれ人間であれ同じ原理に基づいてできていると考えられたのは当然であろう。各分野にニュートン主義者が現れたが、実験と数学の組合せが通用する対象としては、運動以外に熱・電磁気などが発見されるにとどまり、これらが物理学を構成することとなった。物質の変化に関しては実験と数量的記述は有効であったので、これが化学の主要な方法となった。当事者の意識はともかく、現代になってから考えると、実験が適用でき、この方法によって再現性や普遍性・客観性を主張しうる領域が科学の諸分野を構成することとなった。それ以外の分野は、対象の性格に合わせて、再現性や客観性を主張しうる方法を見出して行くこととなった。

6 方法は生き残る

講義のなかでは、上述の、多くの学問分野が誕生していく過程も、参加者の関心に応じて追うことにしている。この内容は、科学史の講義ではそのまま使うことができ、科学技術基礎論のようなものにおいても、学問全体の見取り図を描くために用いることができる。

余裕があると、次の基礎理論（相対性理論、量子力学）が現れるまでは、半信半疑ながらもニュートン力学によって世界を説明し尽くそうとする努力が続けられたが、量子力学が広く受け入れられるころになると、科学を、世界を説明するための記述というよりは、実験結果と整合的な理論を求めるゲームとみなす姿勢も、たとえばアメリカにおいては顕著になってきた¹⁰⁾ ことなどにも触れている。ニュートン力学を成功例として広まった方法は、そこに込められた意図や目的を離れて、ニュートン力学が他の理論にとって代わられた後も、知識を生産するために機能し続けた。この事実は、科学の一貫性——のようなものがあるとして——を支えるのはその方法であること、および具体的な科学の展開の中で何が受け継がれていくかが明らかになっていくことによって、科学観は、そして科学論も、変化を遂げることを示している。

文献と注

- 1) 岡本拓司「22世紀の科学論」、『パリティ』、27巻8号、2012年8月、58-61頁；岡本拓司「科学とは何か」、『数理科学』、580号、2011年10月、66-73頁。
- 2) 鈴木淳『科学技術政策』山川出版社、2010年、6-7頁。
- 3) カッシーラー著・中野好之訳『啓蒙主義の哲学』紀伊国屋書店、1962年。
- 4) 丸山高司『人間科学の方法論争』勁草書房、1985年。
- 5) 田中上奏文については、服部龍二『日中歴史認識：「田中上奏文」をめぐる相克1927-2010』（東京大学出版会、2010年）に詳しい。志賀島の金印の偽造説は、三浦佑之『金印偽造事件』（幻冬舎、2006年）などが唱える。
- 6) カント著・篠田英雄訳『啓蒙とは何か』（岩波書店、1950年）、10頁。
- 7) 繰り返し可能で手順の確定できる操作が科学にとって本質的であると指摘したのはP.W.ブリッジマン（ブリッジマン著・今田恵訳『現代物理学の論理』（創元社、1941年））である。
- 8) 伊東俊太郎『近代科学の源流』（中央公論社、1978年）。
- 9) 高橋憲一『ガリレオの迷宮』（共立出版、2006年）、95頁。
- 10) Nancy Cartwright, "Philosophical Problems of Quantum Theory: The Response of American Physicists," in Lorenz Krüger and Gerd Gigerenzer, eds., *The Probabilistic Revolution 2 vols.*, (Cambridge, Mass: MIT Press, 1987), vol. 2, pp. 417-435.