



科学・技術と社会の関係を考える

—2. 科学知とその構築に関する理解—

柴田 清*

1. 専門家と非専門家の科学観は同じか

前稿⁽¹⁾においては、科学および技術の歴史的な変遷、すなわち、専門家の誕生と制度化、内部での分化とお互いの総合化を経て科学技術が誕生し、大きな社会的影響力を持つに至ったことを述べた。また、その結果、科学・技術が引き起こした問題ではありながら、科学と技術だけでは解決できないトランスサイエンス問題と呼ばれる課題が発生するようになり、専門家および非専門家双方に新しいタイプの対応の仕方が求められるようになってきていることを示した。

科学(以下では特に断らない限り、科学技術は科学に基づくので両者を併せて科学ということにする)は豊かで安全な未来への期待の源泉となる一方で、不安や不信の対象となり、その社会実装が拒否されることもある。科学技術の振興が政策的に言われているが、科学に何をどれだけ期待してよいのか、どれだけ社会として投資してよいのか、どのように議論していけばよいかは必ずしも明らかでない。また、科学の衣を被りながら正統的な科学の要件を満たしていない非科学・疑似科学による社会的損失の発生も危惧されている。専門家と非専門家間に科学の特性に関する認識の違いがあれば、様々なミスコミュニケーションを生むことになりかねない。しかも、専門家にも自分たちの行動の本質的な特性が自覚されているか疑わしい。

敢えて「素朴な」と言いたいのが、一般に信じられている科学の特性としては、観察・実験結果に基づく実証性、誰もが認める論証を積み重ねる論理性、特定の価値観に依存しない客観性、いつでもどこでも誰によっても同じ結果を導く再現性が挙げられ、その結果、客観的で普遍性をもった説明や予測の能力が期待されることになる。別の言い方をすれば、世界は

常に一つの原理・原則に基づいて動作し、個人の勝手気ままな思いとは関係ない。科学とはその原理・原則を明らかにし、新しく正しいことを言う。多くの人々は科学のそのようなあり方を信じている(ように見える)。

しかし、近年その一方で、フェイク・ニュースやオルタナティブ・ファクトなどといった非合理で不正確な情報が広く流通し、またそれを信じる人々が増えている。もともと人間は自分の好みや主義主張にあった知識を優先的に信用する認知上の拡張バイアスを有することが指摘されており、知識が増えると考え方が極端になるという。たとえば、米国の民主党支持者は知識が増えると(学歴が高くなると)人為的温暖化説に賛同する割合が増えるのに対し、共和党支持者は懐疑的になるという⁽²⁾。また、筆者らの研究でも、科学知を豊富に持っている人が、環境保護行動に積極的というわけではないことが示唆される⁽³⁾。理性や事実よりも気持ちが優先され、「正しい」知識を与えてもそれを認めたくない人は拒否するだけである。その背景には、専門家あるいは専門知のあり方に関する不信・不満があるのかもしれない。他方では、科学・技術による問題解決に安易に過剰な期待をかける人もいる。専門家と非専門家間の知識に関する認識の違いがあり、お互いのミスコミュニケーション、過剰な期待、反感、忌避観のもとになり、ひいてはトランスサイエンス問題を扱ううえでの障害になるかもしれない。そこで、本稿では科学知(科学における事実や法則)の正統(当)性はどのように保証されるのかについて考えてみる。

2. 科学知を得る方法の正統性[†]

(1) 科学的推論

科学哲学という学問領域においては、科学知とは何か、ど

* 千葉工業大学社会システム科学部：教授(〒275-0016 習志野市津田沼 2-17-1)

Interaction Among Science, Technology and Society—2. Understandings on construction of science—; Kiyoshi Shibata (Chiba Institute of Technology, Narashino)

† 本稿の第2節から4節の記述が煩わしく思われた方は、ひとまず第5節に飛んで頂きたい。

Keywords: science, expert, non-expert, philosophy of science, scientific inference, social construction, contextual nature

2019年10月24日受理[doi:10.2320/materia.59.73]

のようにして得られるのか、科学理論が対象とするものは本当に存在するのか、どのような知識が「科学的」知識といわれるのか、「科学的」であることにどのような価値があるのか、科学をどう扱うべきかが科学の外部から考察される。

まず、科学知はどのようにして得られるのか、科学知識の正統性を保証するために、それを導き出すための論理的方法、すなわち推論の方法の妥当性を確認してみる。科学的推論方法として基本となるのは、演繹法と帰納法である。いくつかの前提(普遍的命題; 命題とは真偽が明確に判定できる文)からひとつの結論(個別の命題)を導くとき、その前提の全てが成立するときには結論が正しくないことが決してないような推論を演繹的推論という。一方、帰納とは、広義には、個別の命題を一般化し普遍的命題を導く方法で、前提に含まれない情報を結論で付け足してもその結論が妥当だといえるような推論である。特に、同じような事象を繰り返し観察した結果から次の観測も同じ結果をもたらすと推定し、多数の観測結果から一般的な法則を見出すのを枚挙的帰納法という。既知の事実を説明するために仮説を立て、その仮説が事実を説明できればその仮説による論証は確からしいと考える仮説推論(アブダクション)や、ある対象に関して成り立っている事実が別の対象についても成り立つと推論する類推(アナロジー)も、個別事象から普遍事象を導く帰納法の例である。

ここで重要なことは、演繹による推論結果の正しさは保証されるが、結局のところ普遍的命題に含まれていたものを取り出すだけで、新しい事象が発見されるわけではないということである。演繹法は論理的に正しい推論法ではあるが、これでは新しい知見は生まれず、科学は進歩しない。一方、帰納によれば今までにない新しい知識が導き出されるが、それが必ず正しいとは保証できない。帰納法はこれまで観測したものこれから観測するものは似ているという斉一性原理に基づいていて、経験的・感覚的に妥当と思われているが、斉一性の原理は帰納法によって得られるので、循環論法に陥ってしまう。

一般的な科学的発見は仮説演繹法といわれる帰納と演繹を組み合わせた方法を通じてなされる。現存するデータから帰納的に仮説を立て、その仮説が成立する条件下で、演繹的にあり得る結論を予想し、観測結果がそれと矛盾しないことで仮説を検証する。検証の結果、仮説の確からしさが判定される。演繹法と名付けられてはいるが、帰納の一種である。そのため、仮説演繹法によって導かれた普遍法則を正当化することは不可能である。検証例をいくら集めても有限個であり、これから誤りの例が見つかる可能性を否定できない。普遍というためには無限個の実証が必要になるが、それは不可能である。検証例が多いことはより真実に近づいたという印象を生むが、それが有限個である限りは仮説が普遍的な真理であるとは保証できない。

(2) 観察の理論負荷性

一般に、観測結果は客観的事実であるという保証は得られ

ない。データは語源的には与えられたものという意味で(日本語訳は「所与」)、観測者の先入観には依存しない客観的なものと思われるが、観測という行為には計測などの理論が無ければ成り立たない。科学的な観測結果は計測装置からの出力信号として得られるが、そもそもその装置が作動する原理が理解されていなければ観測結果が何を示すか理解できない。どのような計測原理を用いるかは観測者の判断に依存し、主観が入り込む余地がある。「虚心に心眼を開いて見れば、真実が見える」ということはない。視野に入っている、このようなものが見えるはずだというモデルが無ければ、ものは見えないのと同じである。若い令嬢の後ろ姿にも老婆の顔にも見えるだまし絵が有名であるが、先入観が無ければ事実(何が存在するか)が発見できない。このように経験的知識が経験に先立つ理論を前提としていることは「理論負荷性」と言われる。

観察が理論に依存するということになると、ひとつの事象であっても別の理論でもって観察する人々との間では別のデータが得られ、相互の理解や比較が不能になる「通約不可能性」という事態が発生する可能性がある。

このように、実験・観察に基づく経験的な知見はただ一つの正しい解にたどり着くとはいえなくなる。

(3) 反証可能性

帰納法を使わずに、論理的に厳密である演繹法で科学知を構成する方法を考えたのがK. ポパーである。仮説演繹法において予測と仮説が一致しても必ずしも仮説が検証されたことにはならないが、一致しなければ(反証されれば)誤りであることが論理的に確定する。仮説が否定されるのは演繹法に従っているため、真実性は保存される。つまり、反証される可能性があることが科学知である条件と言える。

反証されてしまった仮説は科学知とはなり得ないが、反証されなかった仮説も厳密には正しいとはいえない。それはいつの日か反証されるのを待つ存在で、暫定的に生き延びただけである。このような仮説の立案と棄却を繰り返すのが科学の営みだとされる。また、検証される条件が非常に限定されていて、反証される可能性の大きい仮説ほど、知識としては厳密性が高く「よい」科学理論ということになる。反証を何回も潜り抜ければそれだけ仮説の確からしさが増すと考えがちだが、有限回の反証をかわしても、真理として保証ができないことに変わりはない。

反証可能性は科学と非科学の線引きに有効な概念となる。この線引きによれば、マルクスの唯物論史観やフロイトの精神医学も非科学ということになる。

しかし、反証主義には過小決定問題という難点があることが指摘されている。実際には、仮説は一つの命題だけで成り立つのではなく、境界条件や測定方法の理論などの補助的な仮説を伴っている。仮にある仮説が反証されたとしても、補助的な仮説を修正することで、検証・反証対象の主要仮説は棄却されずに生き残ることがある。たとえば冥王星の発見に至るエピソードがこれに相当する。天王星の観測軌道がニュ

ートン力学によって予想されるものからずれていることが発見され、ニュートン力学が反証されそうになった。この時、天王星の周辺には大きな天体は存在しないという仮説も含まれていたが、天王星の外側にもうひとつ惑星が存在するとうように補助仮説を修正し、ニュートン力学は生き残った。このように、主要仮説が反証されても、補助仮説の修正によって反証を無効にできるなら、反証されたのは主要仮説か補助仮説かを特定することができず、仮説の反証は不可能になる。

このような科学哲学における論争⁽⁴⁾⁻⁽⁶⁾は果てしないように見えるが、科学知の正統性を厳密な意味で保証するのは難しく、科学知の不確かさはある程度認めざるを得ない。

3. 科学理論の進歩の仕方：実証主義からパラダイム論へ

科学理論の変化(進歩)は観察によって得られるデータ(モナド的事実)の蓄積を基に新しい理論が古い理論を包含する形で直線的に進むものと一般的には理解されている。このように理論で説明・予測できる範囲が拡大し、その精度も高まっていくと考えられる。たとえば、ケプラーの法則はニュートン力学で説明される。

しかし、科学が上記のように蓄積的に進歩していくという考えには疑問が持たれる。まず、そのような直線的・蓄積的進歩のイメージは、ポパーの仮説の破壊・再構築のイメージとそぐわない。ポパーによれば証拠は蓄積されるが、理論は蓄積されない。また、理論負荷性に関する議論からは、科学知の成立には文化的・社会的・政治経済的な文脈の影響があるという相対主義的な見方が示されるようになり、理論間の優劣比較も、包含関係の把握もできなくなる。

そこで、T. クーンが提唱したのがパラダイム論である。「パラダイム」という言葉は現在では「ある時代の人々のものの見方・考え方」あるいは「多くの人々に一般的な思考枠組み」といった、より一般的な意味で用いられることが多い。しかし、ここでいうパラダイムとは何が解くべき問題かという認識、どうやってその問題を解くのかという方法論、どうなればそれが解決できたかの判定基準が共有されている状態をいい、その問題意識と主要理論に基づいて知識を蓄積していく活動を「通常科学」と言う。通常科学において説明のつかない観測結果(変則事例)が得られたとしても、当面それはノイズとして無視される。しかし、次第にそのようなノイズが蓄積されると深刻な問題となり、それまでとは異なるパラダイムが立てられる。これを「科学革命」という。科学はこのようなパラダイムの転換を繰り返し、変化していく。新しいパラダイムがどのようにして生まれるかについては定まったプロセスはないとされる。

ところで、異なるパラダイムの間では問題意識も方法論も価値判断も異なることがあるので、コミュニケーションが取れないということが発生し得る。パラダイム間の優劣などの比較もできないため、パラダイム論は相対主義だという批判

がなされる。

初期のパラダイム論では、科学は歴史的・社会的な要素の影響を受けるものの、合理性・客観性を保持した思考によるものとされていたが、その後、相対主義的な科学知識社会学の展開に繋がった。科学知識社会学では、科学の価値中立性が否定されていく。科学知がどの時代にも通用する不変的で合理的な唯一の本質的なものであるとの考えを否定し、社会的な要因、つまり人間関係や、文化的流行、政治的イデオロギー、権威、さらには論文の審査方法、研究資金獲得の方法などによって影響されるとする。科学を進歩させる動機に関しても、必ずしも合理性に求めない。たとえば、天動説から地動説への転換に関して、当時の観測事実との整合性では天動説の方が優れていたにもかかわらず、コペルニクスは太陽が中心であるべきだという信念から地動説を主張したのだという。

こうした相対主義的な科学の見方に関しては、「目の前に見える現象が社会的に構築されたものだということのなら、ビルの〇階から飛び降りてみる」というような批判が投げかけられ、それが昂じて「サイエンス・ウォーズ」⁽⁷⁾が発生するのだが、本稿ではそれについては触れない。

4. 科学知の対象の実在

科学は外的な物質世界の原理を解明しようとしているが、デカルト流の方法的懐疑(あらゆるものを疑ってみて、疑いようがないものだけを受け容れる)を徹底していくと、そもそもそのような外的な物質世界は存在するのかという疑問に至る。「誰も見ていないところで木が倒れたときに音はするのか? 音はしない」という極論もある。パソコンやビールのジョッキのように人間が語感で感知できるものは、人間の意識とは独立して存在すると認められるが、分子や原子のようなものは存在すると仮定すれば、理論展開上便利なかももしれない。とすれば、世界が存在し、それを科学が解き明かすのではなく、科学理論があってそれによって世界の有様が形作られるということになる。

科学的事実論によれば、見えないものの存在を前提とした理論で概ね世界で起きる現象を説明できるので、科学者や理論が無くてその対象となる世界(事物)は存在すると考える。もしそうでなければ、科学で色々なことが予測され、実現できるのは奇跡になってしまう。また、直接的に真偽を確認できることに関する記述(観察文)のみで、見えない現象を記述しようとする試みも行われた。

反実在論の立場は、次のように主張する。すなわち、歴史的に観測不能な実体のレベルで成功したかに見える理論も、その後誤りであることが判明している。エーテル理論やフロギストン説がその例である。枚挙の帰納法によれば現在うまくいっている理論もいずれは偽であることが判明するだろう。成功した理論が近似的に真とは必ずしも言えない。

5. 専門家の科学知理解：科学の正しさを保証する仕組み

科学の専門家の行動を理解する鍵となる概念のひとつに「ジャーナル共同体」がある⁽⁸⁾。これは、科学者の活動の成果が科学的妥当性を有するか判定し、保証する機構としての専門誌(ジャーナル)の編集・投稿活動を行うコミュニティのことを指す。ジャーナル共同体は科学者たちにとって、研究の判定、成果の蓄積だけでなく、人事評価、後進育成、研究環境の基盤整備等に影響する重要な役割を果たすものとなっている。

専門ジャーナルへの掲載可否を審査する査読システムはそのジャーナル共同体における妥当性判断の基準を示していることになる。筆者⁽⁹⁾は人文社会系をも含む国内の学会が刊行している論文誌について、インターネットで公開されている査読規定を調査したことがある。基準項目として示されるキーワードは9つのグループに分類でき、その中で単純に出現頻度が高かったのは、「新規性・独創性・独自性」「信頼性・妥当性・論理性・了解性・正確性・無謬性・客観性」であった。科学知は普遍性を持つもので、過去の蓄積の上に新しい知見が追加される形で進歩していくという見方が主流になっていることがうかがえる。なお、それに続くのは「有用性・実用性」「先行研究調査・会員関心適合性・記録性」であり、そこに各分野の学問的特徴が現れているとみられた。

ジャーナル共同体で生きる科学者にとっては、科学知獲得方法の妥当性や対象の実在性などは暗黙の了解事項以前の疑問を挟む余地のないものであろう。そういった本質に関する議論には深入りしないのが専門家としては生産的で賢明な態度であらう。

6. 非専門家の科学知理解

筆者の個人的な印象ではあるが、非専門家は教育の過程で与えられる正誤の区別が明確な問題の解として科学を認識し、科学知と実際の生活上の現象の関連を意識していないように思う。科学知の不確実性にも思いが及んでいないような印象を持っている。かつては、非専門家は科学的知識が不足しているために合理的な意思決定をしない、という「欠如モデル」に基づいてPUS(Public Understanding of Science)という活動が進められたが、現在ではその有効性に疑問が持たれている。

斉藤と戸田山⁽¹⁰⁾は、非専門家による宇宙に関する質問が、専門家の眼にどのように映り、その際の違和感が何に起因するかを検討している。そこには日常の生活体験と一般に流布している科学情報の断片との感覚的な矛盾の解消を求めものが多い一方で、科学の対象範囲や営みの前提・文脈を逸脱しているものがあつたとしている。

このことは疑似科学が受け容れられていることと関連していると思われる。石川⁽¹¹⁾は理論が満たすべき条件(論理性、

体系性、普遍性)、データが満たすべき条件(再現性、客観性)、理論とデータの相互作用が満たすべき条件(妥当性、予測性)、社会的な営みのうえで満たすべき条件(公共性、歴史性、応用性)を基準に設定し、発展途上の科学/未科学/疑似科学の判別を行っている。人々の科学の特性に関する理解が及んでいない点を示しているともみられる。

また、普遍性を追求する科学知に対して、非専門家の持つローカル知が注目される。平川⁽¹²⁾によれば、ローカル知とは、人々が、それぞれの生活や仕事、その他の日常実践や身の周りの環境について持っている知識、特定の地域や実践の現場の文脈に固有のものであり、①文脈を超えた一般性をもたず、②文脈を共有しない外部の者には通常知られていないという二重の意味で局所的な知識である、生活知、現場知ともいわれるとされる。科学知が一般化・普遍化を目指す過程で抜け落ちていった前提条件があったり、普遍化された知識を適用する際の前提条件が不適合だったりする結果と考えられるが、欠如モデルを批判する文脈で、科学も個々の専門分野で関心の方向性や方法論などの諸条件に固有のものであるので一種のローカル知とする見方もある。

さらに、小杉ら⁽¹³⁾は原子力発電と遺伝子組み換え食品の受容性に関する専門家と非専門家および関連産業従事者の違いを検討している。当該分野の専門家はリスクを少なめに評価するのは想像に難くないが、組織への愛着や忠誠心も大きく影響することを明らかにしている。科学知識の確かさや信頼性にも社会的要素が大きく影響することを示していると考えられる。

7. 専門家と非専門家の関係

科学技術の社会実装に関わる意思決定で問題になるのは、研究が現在進行形で、科学として未確定なところが残っているものが多いことである。そもそも、本稿第2節での議論によれば、完璧な科学知は期待できない。また、複雑系といわれる非線形な応答のシステムや膨大なビッグデータ解析では、本質的に確実な予測が困難である。

専門家集団の活動の場となるジャーナル共同体は、知識の品質保証が第一義的な役割であるが、専門家にとってみれば自らの評価のためにも重要な場であり、ジャーナル共同体の外部へ向けての情報発信は慎重で保守的なものとならざるを得ない。不正確な情報の提示は避けなければならないし、不確実な情報の提供には慎重になる。逆に、支援者の要望にしたがって専門的知見を特定の立場に有利に働くように恣意的に用いる御用学者や、価値判断を含む答えをさも普遍性をもつように語るタレント学者も生まれる。そもそも、社会構造的な見方をすれば、自然現象は価値判断と独立なものであっても、科学を営む科学者集団は一定の価値判断のもとで政治性をもつと見なせる。また、専門分野が細かく分かれて深化するといわゆるタコ壺化が進むが、現実の問題解決には多岐にわたる専門性が必要で、専門家が一人に対応できるものではない。

他方、非専門家は科学に公平な立場からの確実な知見の提供を期待する。しかし、上に述べたような事情から、専門家はその期待に応えられないことが多い。水俣病の対策措置が遅れたのは、専門家が科学的な厳密さに拘り、因果関係の特定に慎重になりすぎたためとも言われる。あるいは非専門家が専門家側に社会的意思決定の権限を移譲してしまい、専門家は自分の能力と科学本来の適用限界を超えた判断をしてしまうこともある。

以上は非常に悲観的なシナリオであり、これを避けるような専門家と非専門家のコミュニケーションのあり方を考えていかなければならない。今回は専門家と非専門家、そして外部からの目として、科学哲学が科学(科学技術)をどのような性格のものとして捉えているか見ようとした。今回はこれを踏まえて、科学技術の専門家と非専門家との間で科学技術をどのように制御していくかを考える予定である。

文 献

- (1) 柴田 清：まてりあ, **59**(2020), 32-36.
- (2) 三井 誠：人は科学が苦手：アメリカ「科学不信」の現場から, 光文社, (2019).
- (3) 木村 大, 柴田 清：消費者の環境配慮行動と生活上の価値観の関係, 日本 LCA 学会誌, **15**(2019), 199-210.
- (4) 伊勢田哲治：疑似科学と科学の哲学, 名古屋大学出版会, (2003).
- (5) 戸田山和久：科学哲学の冒険：サイエンスの目的と方法をさぐる, 日本放送出版協会(現：NHK 出版), (2005).
- (6) 野家啓一：科学哲学への招待, 筑摩書房, (2015).
- (7) 金森 修：サイエンス・ウォーズ, 東京大学出版会, (2000).
- (8) 藤垣裕子：科学知識と科学者の生態学—ジャーナル共同体を単位とした知識形態の静的分類および形態形成の動的把握—, 年報科学技術社会 **4**(1995), 139-156.
- (9) 柴田 清：国内学教会の会誌・会報にみる特性分類, 科学技術社会論学会第15回年次研究大会予稿集, (2016), 68-69.
- (10) 斉藤芳子, 戸田山和久：非専門家の問いの特徴は何か？それは専門家の眼にどう映るか？, 科学技術コミュニケーション, **10**(2011), 3-15.
- (11) 石川幹人：なぜ疑似科学が社会を動かすのか, PHP 研究所, (2016).
- (12) 平川秀幸：遺伝子組換え食品規制のリスクガバナンス, 藤垣裕子編, 科学技術社会論の技法東京大学出版会, (2005), 273-274.
- (13) 小杉素子, 土屋智子, 谷口武俊：技術リスクに対する専門家と市民の視点：一般市民との乖離を感じる専門家の特徴, 日本リスク研究学会誌, **21**(2011), 115-123.

(次号へ続く)



柴田 清

★★
 1980年 東北大学大学院工学研究科材料化学専攻博士前期課程修了
 新日本製鉄, 東北大学素材研, 海上技術安全研究所などを経て2007年より千葉工業大学教授, 博士(工学)
 専門分野：材料プロセス工学, 環境工学, リスク科学, 科学技術社会論
 ◎鉄鋼・非鉄製錬および関連環境技術の研究開発に携わったのち, 環境などの技術リスクにかかわる研究に従事する一方で, 科学技術と社会の関係に関心を持ち続けている。
 ★★★