

科学史教育に使える科学哲学

——反証主義による科学史の再構成——

青木 滋之

1. はじめに

2009 年後期から会津大学での科学史講義（コンピュータ理工学部生向け）を担当して、授業準備および授業実践を通じて私が感じてきた問題とは、次のようなことである。第一に、担当者である私が、人文系の出身だということ。多くの他大学の科学史講義でも事情は同じだが、理系学生向けの科学史講義を、人文系の教官が担当することには、ある種の問題があるように思われる。それはつまり、教官自身が科学研究の現場を体験するという経験を絶対的に欠いている、ということだ。ゆえに、科学史を教えるにしても、それが学生に役立つものとなっているのかどうか常に疑問に感じてしまうのは否定できない。第二に、これは第一の点と関連したことなのだが、科学史講義のために書かれた人文系研究者の手になる教科書では、「いつ (when)」「誰が (who)」科学的発見を行ったのか、という外的事情が中心的に描かれている。ガリレオがいつ望遠鏡で月の表面を観察したのか、ダーウィンが共通先祖説の着想を得たのはいつか。X線は誰が初めて発見したのか、海洋底拡大説を提唱したのは誰か、といった具合である。人文系研究者は、科学史というものを歴史研究の一部として観ているのであるから、「いつ」「誰が」といった百科辞書的な理解に留まってしまうのは、致し方ないのかもしれない。しかし果たして、理系学生向けの科学史が、そうした外的事実の列挙に終わってしまってよいのだろうか。

他方、理系学部生の関心はどこにあるのだろうか。理系研究者の関心は、新しいもの志向・未来志向という言葉で短く表現できるものと思う。近年、スーパーコンピュータをめぐる「一番じゃないとダメなんですか」という政治家の言葉が、科学者の間でも多く取り上げられたことがあったが、常に世界一位を、というのが科学者の常態だろう(注 1)。この点において、C.P.スノーの著した『二つの文化』は今でも示唆に富んでいる。すでに 50 年以上も前のイギリスの学問風土を記述したものであるが、過去の理解に固執する人文系と、未来志向の理工系という二つの文化の違いを、この著作は鮮明に描いている。この人文系—理工系という断絶は、現在に至っても、また日本においてはさらに深刻な形で、様々な形で現れてくるのである。

こうした志向性を持つ理系学部生にとって必要なのは、伝統的な人文系の科学史に現れるような「いつ」「誰が」ではなく、「何を (what)」「どのように (how)」であろう。未来の新しい科学技術を担う理系学部生にとって、過去に何が起こったのかではなく、次に新しいことを発見する、発明するためのノウハウを学ぶことが、科学史から学べることだからだ。ダーウィンは進化論を「どのように」着想したのか。ニュートンは「何を」実際に発見したのか。こういった観点から、科学史教育に切り込んでいこうとするのが本稿の目論見である。

2. 理系学部生向けの科学史

それでは、上記のような人文系—理工系間の断絶を前提した上で、どのように(人文系出身の)私が、理

系学部生向けの科学史講義をデザインしていけばよいのだろう。「なぜ科学史が必要なのだろうか」、「どう役立つのだろうか」といった問いに、どのように答えていけばよいのだろうか。大学生向けの（人文系研究者の手になる）科学史の教科書からよりも多くのことを学べるのは、実は中学～高校教員向けの理科教科書である。すでに多くの中学～高校の理科教員が、科学史を導入した理科教育を実践している。そこから、何がしかのことを学べるのではないか、と思うのである。例えば、1985年刊の『教師のための科学史教育入門』では、理科教育に科学史を導入することのメリットとして、以下のものが列挙されている。

- ・生徒たちは科学史に非常に興味を持つ。断片的な知識の押し付けから、血の通った生き生きとした学習に変えていける。
- ・原子、力、場、エネルギーといった直接目で見たり、さわったりできない概念を学習させるには、歴史的な形成を教えるとよい。
- ・苦心惨たんとして自然に挑んだ先駆者たちの努力の跡を追うことは、正しい科学の方法を学習することにつながる。
- ・科学史にみられる学問への迫害と、それと戦って今日の科学をつくり上げた人々の姿を学ぶことは、学問の尊厳や真理の重要性を教える。

上から、科学史教育が有用であるのは、(a) 学生に科学への興味を持たせられる、(b) 概念を習得させる手助けになる、(c) 科学の方法論を習得させる、(d) 真理探究の重要性を教えられる、といった特徴ゆえである、ということになるだろう。同様の、より包括的な指摘は、2005年刊の『理科教育と科学史』にも見られる。

- ①科学の方法を教えるのに歴史的事例が役立つ。
- ②一見無味乾燥な科学に、歴史が人間的な血を通わせることができ、それによって科学に興味を持たせることができる。
- ③生徒が科学的な概念を理解する上での困難な点がどこにあるのかを科学史が示唆する。
- ④科学が社会に及ぼす影響や、逆に社会が科学に及ぼす影響など科学の社会的意義を考えるのに役立つ。
- ⑤科学者の人間性を理解するのに役立つ。

ここで挙げられた①～⑤のうち、①が(c)と対応し、同様に、②が(a)と、③が(b)に対応しているのは容易に見て取れるだろう。⑤は、概ね(d)と対応したものだと考えてよいと思う。

最後に、予備校講師の手になる、近刊(2010年刊)の『物理をこれから学びたい人のための科学史/数学』冒頭から、興味深い指摘を紹介する。著者の田原氏は、予備校で物理学を教えるかたわら、次のような印象を抱く。

僕は、物理を学ぶときに一番重要なのは、

物理をすきになること

だと思っています。

このように書くと、「物理は、公式をたくさん暗記しなくてはならなかったりして、とても好きになれない!」という声がかえりそうです。確かに、高校物理の教科書を見ると、公式が羅列されているし、練習問題では面倒くさい計算をさせるし、面白さを見出すのが難しいですね。

僕は、高校物理がつまらなそうに見える原因の一つは、その法則が発見された背景がほとんど説明されないことにあると思います。一つの法則が確立するためには、そこに至る歴史的背景があります。人間くさい物語があります。

法則が発見された背景を知れば、その価値が分かって感動できるのです。

この発言はとても教示的である。というのは、通常の科学教育としての物理学と、科学史教育における物理の扱いの違いを、鮮明に、物理学を教える立場の人間から明示しているからである。

以上の、科学史／物理学の教育に携わる理科教師の貴重な発言を、私なりにまとめると、次のようになると考えられる。

単に<結果>だけでなく、<プロセス>を学ぶことにより、興味が沸き、理解が深まる

これは、理科教師の経験だけでなく、私自身の限られた少ない経験からも言えることだ。私はガリレオ、ケプラー、ニュートンといった古典力学の建設者を科学史講義で扱っているため、実際の物理学講義でどのようにニュートン力学が解説されているのか、担当教官の許しを得、私は物理学の授業に潜ってみた。そこで私が持った印象というのは、教科書の叙述も含め、「非常に簡潔かつエレガントだな」というものであった。質点や保存則といった基本概念が導入された後に、ニュートンの運動方程式が導入され、振り子といった実際の現象をもとに方程式を解いていく、というのが典型的な現代物理学での叙述である。これはニュートンが実際に『プリンキピア』で行った説明とは大きく異なる。「ニュートンの力学」と「ニュートン力学」は異なる、と言われる所以である。一般的に、理系科目の専門教育における自然科学には、現代的視点からの再構成によるエレガントな数理的扱いが見出されるのに対して、科学史においては、建設当時の泥臭い計算立て・生の思考といったものが見られる。そうした、当時の科学者の経験を追体験することこそが、理系学生向けの科学史の醍醐味なのではないだろうか。

3. 朝永振一郎の書いた物理学史

「追体験」の1つの例として、私が非常に感銘を受けた、朝永振一郎による科学史の叙述を見ていきたい。朝永は、絶筆の『物理学とは何だろう』において、近代物理学の建設者たちの翻訳原典をあたりつつ、物理学とは何か、という非常に素朴かつ本質的な問いへの回答を試みている。ノーベル物理学賞に輝く大物理学者がそのような問いを発するという自体、とても興味深いことであるが、さらに興味深いのはその著作に見られるケプラーの諸法則の導出プロセスの叙述である。私は、このケプラーの諸法則の導出プロセスの箇所こそが、『物理学とは何だろう』の中でも白眉であると考えている。その箇所を、要点をかいつまんで整理すると以下ようになる。

1. ケプラーはコペルニクスの円運動仮説に基づき、火星の軌道と運動を求めたところ、数年間の計算の後、8分（60分=1度）の誤差が残った。ケプラーは、この僅かな8分の誤差に満足せず、ついには円仮説を断念するに至る。この点について、朝永振一郎は「この厳密さがなかったら、彼の発見は生まれなかったでしょう」とコメントしている。
2. 次にケプラーは、名人芸とも言える幾何学的証明によって、地球の極座標、通過日時、運動速度を、火星と相対的に求めることに成功した。

3. 地球の軌道は、太陽をほぼ中心とする、ほぼ円形であることが分かった。そして、地球の移動速度は、太陽に近づく／遠ざかるにつれて、増える／減ることに気付いた。こうして、地球の面積速度が常に一定であることを発見した。(第二法則の発見)
4. 火星については、軌跡が円形でないのは明らかだった。火星についても面積速度が一定になるように長く苦勞の多い計算を続けたところ、軌跡が円なのではなく、楕円であることを発見した。(第一法則の発見) 朝永振一郎は「以上がケプラーの見つけた方法なのですが、彼の幾何学的洞察力の鋭さと強じんな推理力とは驚くばかりです」と評している。

この、朝永によるケプラーの第一・第二法則の導出プロセスの解説から気付かされることは、第一に、実際においては第二法則が第一法則よりも先に発見された、ということである。後世からの再構成では、楕円法則が第一法則とされているが、それよりも先に面積速度一定の法則が発見されていたのである。ここに、科学史的探求から得られる知見の独自性がある。第二に、ケプラーの法則の発見には、当時の科学技術水準による制約があった、ということが挙げられる。ケプラーは、師匠のティコ・ブラーエから惑星観測のデータを譲り受けたが、それには地球から見た太陽と火星の方位しか示されておらず、距離は分からなかった。そこで、太陽から火星までを単位距離として、幾何学的な計算により、地球の軌道を求めた。また当然ながら、微分積分といった手法は、当時まだ存在していなかった。第三に、当然かもしれないが、この歴史的発見の裏には、ケプラーの神がかり的とも言える数学的秩序への固執、数年以上にもわたる気の遠くなるような計算プロセスがあった、ということが科学史の記述から分かる。

このように、科学史の視点から見たケプラーの第一・第二法則の発見プロセスは、単に結果のみを教えられるのとは異なった、様々な情報を我々にもたらしてくれる。朝永自身のコメントが示すように、ケプラーの人となりや才幹とを鮮やかに伝えてくれると共に、偉大な科学的発見が生まれる現場を我々に示すことを通じて、科学的探究について様々な洞察をもたらしてくれる。前節において、理科教育に携わる教師が並べて指摘していたように、科学史は科学への興味を増進させ、科学的な概念や方法についての理解を深める、といった効果がある。

4. 科学史という点と、科学哲学という線

本論の冒頭で私は、いわゆる二つの文化の断絶について触れ、過去志向の人文系と、未来志向の理工系とを対比させた。さらに前節では私は、科学史が過去の科学的発見の<プロセス>を教えるものであることを指摘した。これらを踏まえた上での私の課題とは、

科学史：過去の科学的発見のプロセスを教えること

と

理系学部生の関心：新しいもの志向、未来志向

とを、どのように結びつけるか、である。簡潔に言い換えると、過去の教訓をどのように未来に活かすか、である。

私は、過去の科学的発見を何らかの形で未来に活かすように運用する上で、科学の歴史を一貫する何らかのパターンが存在する、あるいは、科学の歩みとはこのように行われてきた、といった理論化が有効であると考えている。ここで、科学哲学という学問が有用であると思えるのである。科学哲学とは、19世紀のマッハ以来の歴史を持つ比較的新しい学問であり、まだ開拓すべきテーマはいろいろとある。その中には、「科学史の組織化」という作業も、含まれてくるであろう。T.クーン以降の歴史主義的転回、あるいは自然主義的転回というトレンドを考えれば、この作業はある意味自然な流れでもある。

科学哲学の、科学者(教育)とのインターフェイスにおける有用性は、次のようなものであると考えられる。

科学者が(半ば無意識に)行っているプラクティス、とりわけ歴史上に現れるようなビッグネームな科学者が行ったグッドプラクティスを言語化して取り出し、科学者の卵や平均的な科学者に分かるような形で、ノウハウとして伝えることができる(はず)。

ここで、「はず」と書いたことには、理由がある。まず、このような「ノウハウの言語化」という方向性で科学哲学を本気で開拓してきた者たちが余りいなかった、という事情である。それにはさらに、科学哲学者と科学者との間の関係が希薄であった、という背景があるが、ここではただ問題点を指摘するに留めたい(注2)。また、科学哲学は科学をマクロなレベル(歴史、分野)で眺めてきたため、マイクロ(個人的)なレベルで科学者のプラクティスを言語化する、という活動を怠ってきたという側面もある。

以上のように、科学者のプラクティスの言語化、という形で科学哲学を捉えるのであれば(注3)、科学史と科学哲学とは“点”と“線”という比喻で語れるような、相補的な関係にある。科学はいったいどのような原理で発展してきたのか。偉大な科学的発見に見出されるパターン、規則性といったものはあるのだろうか。こうした理論化を行う上で、科学史は歴史上の各エピソードという点を提供し、それらの点を過去から未来へとつなぐ線を提供するのが科学哲学である。例えば、ケプラーによる惑星法則の発見、ガリレオによる落体法則の発見、ニュートンによる万有引力法則の発見、といった有名なエピソードに共通して見られる原理やパターンが抽出できれば、それは、今後の科学者教育にも活かせるであろう。こうした個々のエピソードを究めるには科学史(点)の研究が不可欠であるし、ただ個々のエピソードに留まらないような一般性を求めるのであれば、科学哲学(線)の研究が必要である。

こうした、点と線による科学の発展法則の理論化という課題を考えたときに、従来の科学哲学が扱ってきた諸問題とのミスマッチが見えてくる。従来の科学哲学が扱ってきた問題とは、

- 科学的説明(scientific explanation)
- 科学的方法(scientific method)
- 科学的確証(scientific confirmation)
- 科学における変化(scientific change)
- 科学理論とは(scientific theory)
- 科学的实在論/反实在論(scientific realism/ anti-realism)

といった問題群である(注4)。概ね、上の4つが伝統的に「認識論」のカテゴリーで論じられてきた諸問題であり、下の3つが「存在論」に関わる諸問題である。しかし、こうした哲学者による伝統的な問題関心が、科学者や理系学部生の関心とマッチする保証はない。むしろ、私が接してきた多くの科学者や理系学生からは、伝統的な哲学的問題への無関心が読み取れる。とりわけ、科学的確証に現れる帰納推論の正当化の問題(ヒュームの議論)や、科学的实在論論争については、非常にウケが悪い。そこで、我々の目下の関心である科学史教育に使える科学哲学として、科学における変化(scientific change)で取り上げられてきた諸議論の中から、「使える」部分を、理系学部生の関心に合わせて適合させつつ提示する、というステップを踏んでいきたいと思う。

5. 反証主義による科学史の再構成

反証主義とは何か。これは元々は、境界設定問題(demarcation problem)への有望な考え方として、K.ポパーが提唱したものである。簡単に言うと、反証主義とは、科学の本質を反証可能性(falsifiability)にあるとする説で、ポパー自身は『科学的発見の論理』において、ヒュームの帰納推論批判から論理的に要請される説としている。反証主義によると、科学とは本質的に仮説提唱と反証の試み、つまり「推論と反駁」とを繰り返す営みであり、どれだけ確立した科学理論であっても、それは厳密には仮説にすぎない(注5)。現在残っている科学理論とは、反証可能だが現在までのところ反証に耐えている理論(=勲章つき理論)にすぎず、常に次なる観察事実によって覆される可能性は残る。ちなみに、過去において反証されて消えた理論は、もちろん反証可能であったので反証された理論であり、間違っただけが科学なのである。ポパーに言わせると、最も問題があるのは、このような反証を原理的に受け付けない疑似科学命題である。

興味深いことに、ポパーが反証主義に思い至ったのは、アインシュタインの潔い反証を歓迎する態度であったと自伝に書いている。これは、私が上で挙げた、グッドプラクティスの言語化の一例であると考えられる。

しかし、私が最も感銘を受けたのは、アインシュタイン自身が、もし自分の理論があるテストにおいて失敗したら、それが支持できないものと見なすと明確に述べたことだ。例えば、彼は次のように書いた。「重力ポテンシャルによるスペクトル線の赤方偏移が存在しないのなら、一般相対性理論は支持できないものである。」・・・これこそが、真に科学的な態度だと私は感じた。それは、自らが選好する理論の「検証」を発見したのだと常に称している、独断的態度とは全く異なっていた。

(Popper 1976, 38)

反証主義を理系学生向けの科学史教育で活用するメリットはどこにあるのか。これまでの私の教育経験からして、次の3点を挙げることができよう。第一に、反証主義は理系学生にも受け入れられやすい、という最大のメリットがある。つまり、一部の理系学生に見られるような、科学哲学に対する反発的態度が反証主義の場合少ない、ということである。第二に、科学者自身も、科学の定義(本質)として反証主義を支持する者が多い。この点については、すぐ下で引用によって示そう。そして第三に、それまで受験に染まっていた1年生にすれば、科学が反証可能性を持つという教育が、専門研究への導入としても有効である、という点が考えられる。

反証主義を支持する科学者の意見として、有名な新書から2つほど引用してみよう。1つは『バカの壁』から、もう1つは『99.9%は仮説』からである。

科学には反証が必要

ウィーンの科学哲学者カール・ポパーは「反証されえない理論は科学的理論ではない」と述べています。一般的に、これを「反証主義」と呼んでいます。[…]

つまり、真に科学的である、というのは「理屈として説明出来るから」それが絶対的な真実であると考えることではなく、そこに反証されうる曖昧さが残っていることを認める姿勢です。

(養老 2003, 25-26)

科学の定義はたったこれだけ

反証可能性——つまり、反証ができるかどうかということです。

これをいっだしたのは、カール・ポパー（一九〇二～九四年）という人です。二〇世紀の科学哲学者の代表みたいな人ですね。有名な『科学的発見の論理』という本のなかで、ポパーは科学を定義しました。

それは、「科学は、常に反証できるものである」というものです。

(竹内 2006, 132)

これら一般書では学問的に生ぬるい、という向きに、専門書の中でも現れるポパーへの言及も見てみることにする。『全地球史解説』からの引用である。

科学において重要なのは、反証可能性である。科学の営み（方法）の本質は、仮説を検証にさらしていくことである (Popper, 1934)。

(熊澤 2002, 509)

このように、ワーキングサイエンティストからも、反証主義は現場感覚にマッチしたものとして歓迎されている。そこで、この反証主義という考え方を取り入れつつ、科学史講義を構築する、という試みを行ってみた。

6. 反証主義を用いた科学史講義の例

私が行った、反証主義を用いた科学史授業では、次のようなコンセプト、つまり

科学の歴史を牽引してきたのは、証明という営みよりもむしろ、反証という営みであった

という認識を基本に、科学史を通覧していくというやり方をとってみた。繰り返すが、科学史の各エピソードという“点”をむすぶ“線”として、反証主義を用いた、ということである。そして、点としてここでは、2つのケースを紹介することにする。

(ケース1: ミレトス学派)

ケースその1として、古代のミレトス学派の展開が挙げられる。ミレトス学派と聞いてもピンとこないかもしれないが、「万物の源は水である」というタレスの言葉ならば、聞いたことがあるだろう。そのタレスをトップバッターとする、タレス—アナクシマンドロス—アナクシメネスという3者が織りなすミレトス学派の流れにおいて本質的であったのが、反証という営みであった、という講義を組み立ててみた。

タレスは初めて万物のアルケー(Arche)を水とし、万物の摂理を理論立てて説明したことで、初めての哲学者であったとアリストテレスは評しているが、なぜタレスはアルケーを水としたのであろう。それは、当時世界が水の上に浮かんだ大陸であると信じられていたことに加え、あらゆる生命を育むのが水である、という観察ないし洞察をタレスが得ていたからだと言われる。種子は水から芽を出し、動物は水を飲んで生命を維持する。こうした直観が、万物のアルケーが水という理論的な説明へとつながった。

そうした師匠の説に対して、弟子のアナクシマンドロスは、水と対立する性質を持つ火が、いかにして水から生じえるのであるかと反論する。また、大地が水によって支えられているという説に対しては、その水を支えるのは一体何であるのかと反論する。アナクシマンドロスはゆえに、大地は「自由に（何ものにも支えられずに）」「あらゆるものから等距離にあるために、それが今ある場所に留まっている」のだと

した。こうした反論の後に、アナクシマン드로スは万物のアルケーを、「限りなきもの」だとした。なぜか。それは、夏と冬、昼と夜、干ばつと長雨、といった事象のように、火と水、あるいは熱と冷、乾と湿といった反対的な作用をおよぼす自然力が交互に繰り返すことが確認されるので、アルケーは反対的なもののどちらに限定されてもいけない、と考えたからだと言われる。

しかし、アナクシマン드로スは、木片やパン切れといった具体的な個物が、どのようにして「限りなきもの」から生じるのかを説明していなかった。そこに不備を見た、アナクシマン드로スの弟子のアナクシメネスは、万物のアルケーを「空気」とした。こうして、万物が由来する元の物質について、初めて明確な答えを示したのである。では、空気がいかにして木片やパン切れとなることが可能なのか。アナクシメネスによると、それは希薄化・濃厚化というプロセスによって説明が可能である。例えば、雨が降るのは空気が濃厚化した（凝縮して風、雲になった）ためであり、さらに水は凝縮して氷となり、土、石にもなる。逆に、空気は希薄化すると火になる、といった具合である。このように、希薄化・濃厚化という2方向を持つたった1つの過程から、自然における万物を説明するモデルを提出したわけである。師匠のアナクシマン드로スが主張する「限りなきもの」は自然界の中に経験できる形で存在しないため、そこから現にある自然現象を説明するにはギャップがあると感じたのだと、考えられる。

以上のような、タレス—アナクシマン드로ス—アナクシメネスというミレトス学派の流れにおいては、明らかに、師匠が構想した仮説に対して弟子が反駁するという反証主義のプロセスを見ることができよう。

(ケース2：科学革命)

ケースその2としては、有名な16-17世紀の科学革命が挙げられる。これを十分に説明するのはこの限られたスペースでは困難だが、その諸相のエッセンスを取り出すと、次のようになるだろう。科学革命前夜の自然学は、アリストテレスの自然学体系が強固かつ綿密に織りなされていたものであった。すなわち、

天動説

自然運動/強制運動

天上界の円運動

五元素説

目的論

という各要素が、互いを補強するような形で体系化されていたのである。ゆえに、科学革命の過程とは、このアリストテレスの自然学体系を各個撃破していくプロセスに他ならない。

天動説を疑い、初めて対抗しうる数理的モデルを提出したのがコペルニクスである。コペルニクスは、離心円や周転円を組み合わせて惑星の運行を説明するアリストテレス（プトレマイオス）の自然学に疑問を感じ、むしろ太陽を中心とした同心円として惑星の軌道を描くことで、離心円や周転円などを要しないすっきりとしたモデルを作ることができることを示した。よく間違われることだが、コペルニクスは地動説を証明したのではない。そうではなくて、地動説という優れた仮説を提唱したのである。ガリレオやケプラーはこの仮説に従って、仕事をしていくことになる。自然運動/強制運動という区分を破棄し、慣性運動を初めて定式化したのがガリレオ、デカルトである。惑星の円運動を否定し、それが楕円軌道を描くことを示したのがケプラーであることは、すでに前の節で触れた。天上界と地上界では全く異質の物質から構成されているという説に、強力な反論を投げかけたのがガリレオの月面観察であり、さらに、地上の物質がすべて四元素からなるという説を実験により反駁したのがボイルである。最後に、あらゆる自然物の運動には目的があるという目的論を廃し、因果作用のみに注目することで機械的な世界像を描いたのがデ

カルトである。

こうした具合に、アリストテレス～中世の自然像から近代的な自然像へと移行する際には、アリストテレス自然学の各要素が、コペルニクスを始めとする自然哲学者たちの反駁によって各個撃破されていくという流れになっている。これを正確に、かつ科学者の卵にも役立つようにディスプレイするときの見方が、反証主義だというのが私の科学史講義のメッセージである。

7. 反証主義に対する学生の反応

反証主義をベースとした科学史講義に対する、当事者である学生たちの反応はどうだったのだろう。前年度に続き、今年度でも同様のアンケート調査を行い、学生からのフィードバックを観察してきた。以下は、科学のエッセンスが反証にある、という反証主義の主張についての簡単な練習問題の後に行った、アンケート結果である。

ポパーの反証主義とはどのような考え方であるかを説明し、この考えに対する君の感想を述べなさい。

(2009 年度後期)

肯定的な回答 43 人

否定的な回答 7 人

不明 5 人 / 55 人

(2010 年度後期)

肯定的な回答 28 人

否定的な回答 7 人

不明 6 人 / 41 人

このように、2009 年後期では全体の約 8 割、2010 年後期でも全体の約 7 割が、反証主義に対して肯定的な回答を行っている。学生からの肯定的なコメント、感想のいくつかを紹介する。

(2010 年度後期)

「正しいと思った。今まで科学とは何かよくわからなかったが、自分の中で、しっかり定義できた。」

「これを繰り返すといずれは正解に近づいていく良い方法だと思った。」

「言われてみればその通りだと思った。昔の科学者たちはアリストテレスの考えを反証して、法則や公式を発見したのだから、ポパーの考え方は正しいと思った。」

もちろん、授業時の教師の印象、練習問題時の周囲の学生との反応といった偶然的要素が入り込んでいる可能性もあるが、大体の学生のコメントを読む限り反証主義は受け入れやすいものと思える。ゆえに、反証主義を活用した科学史講義というアイデアは見込みがあると私は考えている。

8. 反証主義をベースとする科学史教育に内在する問題と、今後の課題

しかし勿論、残された問題もたくさんある。まず、すぐに考えられる反論として、実際の科学史が、反証主義の言うように展開されてきたわけではない（ライバル科学者の能力にケチをつける、アノマリを放置する、アド・ホックな仮説を導入する、etc.）というものが考えられる。この種の反論は、反証主義を扱う科学哲学の教科書には必ず載せられているものだ。そもそも、反証主義は、そもそも科学/非科学の境界設定問題(demarcation problem)へ回答を行うための「合理的な再構成」であって、記述的なテーゼではないという批判もあるだろう。

これらの歴史記述の問題点は、本論のような、「科学史教育に科学哲学をどのように活用するか」という

シーンのみに現れるような応用的問題ではなく、科学哲学そのものの中心問題でもある。例えば、合理的再構成と正確な歴史記述との間で苦心したのが、ポパーの高弟であるラカトシュであった。そのラカトシュによるリサーチプログラム説は、規範的な合理的再構成を優先せよ、という指令を与えている。

歴史的事例研究を書く場合、以下の手続きがとられるべきだと私は考えている。(1)合理的再構成がまず与えられる。(2)この合理的再構成を実際の歴史と比較し、合理的再構成の方は歴史性の欠如を理由に、実際の歴史の方は合理性の欠落を理由に、ともに批判しようと努める。このようにいかなる歴史研究よりも発見法研究が優先されねばならない。つまり科学哲学なき科学史は盲目となる。

(Lakatos 1978, 80.)

こうして、ポパー—ラカトシュらの合理的再構成のラインに従えば、科学史は科学哲学に追従する形になる。これでは、多様な科学史のエピソードから学べる生の声、失敗談や成功の秘訣の価値も軽減してしまうことになる。科学哲学なき科学史は確かに盲目であろうが、科学哲学で歪められた科学史からは、我々は多くのことを学ぶことはできない。基になるデータが、合理的再構成によって歪められてしまっているからである。

それでは、クーン以降の「歴史的転回」はどうだろう。よく知られているように、ポパーらの合理的再構成に抗しクーンは実際の科学史から科学哲学を組み立てたため、科学哲学の歴史的転換を促したと言われる。そのクーンによれば、科学の歴史とはパラダイム転換のくり返しとして描かれる。しかし、クーンのパラダイム説は理論物理学を典型例としたために、他の分野（化学、生物学、地球科学など）では成り立たないという科学者からの反論もある(注6)。

こうして、本論文のタイトルである「科学史教育に使える科学哲学」には幾多もの困難がある。科学史という“点”を結ぶ“線”は反証主義なのか、パラダイム説なのか（あるいは、他の新しい科学のモデルを構築しなければならないのか）。各点を貫く線は科学の分野ごとに準備しなければならないのか。そもそも、点を結ぶ線が正確かどうかをテストする方法とは何か。そのテストを行うにはどのような理論的・現実的な問題があるのか。こうした一連の問いへの回答を、「科学史教育に使える科学哲学」は要求する。すでに私は、反証主義やパラダイム説に代わる新しい科学モデル、およびそのモデルのテスト方法について予備的考察を始めている(注7)、とりわけ科学哲学のテーゼのテストについては、狭い人文系の研究動向を越えた方法論の導入が、今後必要になっていくであろう。

【参考文献】

- 青木滋之 —(2010)「都城科学哲学を読む——パラダイム説の評価を中心に——」、『会津大学文化研究センター年報』, 第16号, 2010, pp. 29-36.
- Samir Okasha —(2002), *Philosophy of Science: A Very Short Introduction*, Oxford: OUP
- クーン, T. —(1971)『科学革命の構造』, 中山茂訳, 東京: みすず書房 (1970年の第二版の翻訳)
- (1996) *The Structure of Scientific Revolutions* (3rd edition), Chicago: The University of Chicago Press
- 熊澤峰夫・伊藤孝士・吉田茂生 —(2002)『全地球史解説』, 東京: 東京大学出版
- 西條敏美 —(2005)『理科教育と科学史』, 岡山: 大学教育出版

- Merrilee H. Salmon (ed). ---(1993) *Introduction to the Philosophy of Science*, Prentice Hall
- 田原真人 ---(2010)『物理をこれから学びたい人のための科学史/数学—なぜ物理法則は数式で書かれているのか』, 東京: 理工図書
- 高橋哲郎 ---(1985)『教師のための科学史教育入門』, 東京: 新生出版
- 竹内薫 ---(2006)『99.9%は仮説 思いこみで判断しないための考え方』, 東京: 光文社新書
- 朝永振一郎 ---(1979)『物理学とは何だろうか (上)』, 東京: 岩波新書
- Karl Popper ---(1959) *The Logic of Scientific Discovery*, London: Routledge
---(1976) *Unended Quest; An Intellectual Autobiography*, London: Fontana
- 都城秋穂 ---(1998)『科学革命とは何か』, 東京: 岩波書店
- 養老猛 ---(2003)『バカの壁』, 東京: 新潮新書
- Imre Lakatos ---(1978) *The Methodology of Scientific Research Programmes* Cambridge: CUP
- Alex Rosenberg ---(2005) *Philosophy of Science: A Contemporary Introduction* (2nd ed.), London: Routledge

注

- 1) もちろん、科学者にも松竹梅といったようなランクがあるので一概には言えないが。
- 2) そこで、科学哲学者と科学者との距離を縮めるために、名古屋大学を中心とした「科学哲学をつくる会」という組織の設立に、私は立ち会ってきた。
- 3) 『理系人に役立つ科学哲学』を著した森田氏は、この点について興味深い発言をしている。同書の冒頭において森田氏は、科学哲学とは、スポーツで言えばスウィングのフォームを分析するようなものである、と述べる。これを私なりに解釈すると、科学哲学者自身はスウィング(科学)の名手ではないが、スウィングを客観的に解説するには、スポーツ選手(科学者)自身よりも優れている、ということになるだろうか。もちろん、理想的には、科学哲学者は科学者との協同において科学の解説を行っていくべきであろう。
- 4) これらの諸問題は、代表的な科学哲学の教科書である Salmon(1993), Okasha(2002), Rosenberg(2005) を参考にしている。
- 5) ヒュームの帰納推論批判をうけ、帰納推論の正当化を論理的に行うことができない以上、全称命題は常に仮説にとどまるものである、とする議論が背景にある。
- 6) 都城(1998)によるパラダイム説の否定的評価については、拙論青木(2010)を参照されたい。
- 7) 2010 年度日本科学哲学会での私の学会発表、「科学哲学のテーゼのテスト —地球科学の形成を事例に—」は、以上のような問題関心から生まれたものである。

