

科学 (岩波書店) vol. 71, no. 7, 958 (2001)

批判的思考と科学

東京大学総合文化研究科 兵頭俊夫

科学することは楽しい。私の場合、中でも物理学という科学の思考が楽しい。科学の思考の楽しさは、批判的思考の中にある。

批判的思考とは、新しく経験した対象を批判的に評価して受け入れる姿勢とその作業である。ある知識や考え方を受け入れるにあたって、自分自身のそれまでの考え方と矛盾なく整合性がとれるかを検討することである。

人は生まれながらに自然やその他の事柄に対する正しい認識をもっているわけではない。自分の観察を通してさまざまな仮説を自分の中に作る。その仮説はそれまでの経験を整合的に説明するものとして作られる。しかしやがて、それでは説明できない事象や経験に遭遇する。そのときが批判的思考の出番である。

批判的思考に無縁の精神は、自己の考え方と新しい事象や経験の整合性に無頓着のように見える。それまでに蓄積した考え方と相矛盾する考え方や現象に出会っても、簡単に受け入れる。あたかも、頭の中が幾つかの部屋に仕切られていて、新しいことはそのどれかに入れればよく、必要ならばもう一つ仕切りを作ってその中に入れるようになっているかに見える。

自己の考えが統一された一体のものとなっている人の場合は、そうはいかない。これまでの自己の世界認識と相容れない事象に出会ったとき、なぜそうなのかを考えながら、まず観察を繰り返す。その事象の本質を見誤っているのかもしれないからである。観察に問題がなければ、自己の考え方が、検討の対象になる。外の事象だけでなく、自己の信念と自己の判断をともにまな板の上に乗せて、一段と深い理解を得ようと努力すること、これが批判的思考力である。すべてのことを検討してからでなければ受け入れないので、一見否定的な、懐疑的な態度に見える。しかしそれは外に現れた半分であって、ほかの半分では、常に自己の判断をも疑っている。そのようにして、しっかりと統一された自己の判断が育っていくことになる。

2400年前のアテネで、ソクラテスは、己自身を知ることの大切さを説いた。プラトンの著作を読んでみると、ソクラテスの実践したことは、まさに上に述べた意味での批判的思考のようである。「ソクラテスの弁明」によれば、友人がデルポイの巫女から受けてきた

「ソクラテスより知恵のあるものは誰もいない」という神託に戸惑う。その意味がわからず、政治家、作家、技術者たちの中に自分より優れた人を探し回る。その行為自体がここでいう批判的思考の態度である。彼はまた、その探索を通じて、これらの人々が統一のとれた形での知識を持っているわけではなく、しかもそのような自分の状態を認識していないことを知る。彼らは相矛盾する判断をご都合主義的に行っていることがわかる。ソクラテスはここでおせっかいにも、いや実は多分純粋に親切心から、彼らが知恵があると思っているけれどそうではないことを分からせようと努める。そしてそのために恨みをかけてしまう。

ソクラテスが、われわれの言う意味での科学者ではなかったことから分かるように、批判的思考力は科学者であるための必要条件であるが十分条件ではない。自然は複雑であり、その理解には近代科学の手法による実験・観察の重視が徹底していなければならないのである。

歴史的には、ティコ・ブラーエの天体観測やガリレオ、ニュートンなどの注意深い実験と、それらの結果の徹底的な重視が、科学の世界に飛躍的な進歩をもたらした。現代に至るまで自然科学の進歩の要因はこの実験・観察の重視にある。実験を説明できなければ、いかに美しい魅力的な理論も却下される。正しい理論は美しい場合が多い。しかし美しい理論が常に正しいとは限らない。一般に、偉大な理論が頭の中からだけ生まれたかのような印象がもたれているようであるが、これは少し違う。

実験事実と自己の自然理解との間に批判的思考による判断を加えて大きな進歩をもたらした例は、たとえばプランクやアインシュタインに見ることができる。

プランクは1900年に量子の考えを導入して黒体輻射のスペクトルを見事に説明し、20世紀の科学の中心となる量子論の端緒を開いた。ずっと後の1931年に友人に当てた手紙に、次のように書いている。「私は1884からの6年間の間、輻射と物質の熱平衡の問題と空しく格闘していました。・・・すべてのエネルギーが物質から輻射に移ってしまうのを防ぐためには、新しい定数が必要でした。・・・このアプローチは、熱力学の第1法則と第2法則を守ることから開けてきました。私は、このふたつの法則を、何があっても守らなければならない法則と思っていました。それ以外のどの物理法則に対する私のそれまでの信念も、必要ならば放棄するつもりでいました。」

周知のように、熱力学の第1法則も第2法則も、自然現象の観測事実を素直に認めて記述した法則で、ともに多くの実験に裏づけされている。プランクがこのように、観測され

た輻射スペクトルの形と従来の理論とのずれを検討するに際して、量子や原子の考えとは正反対ともいえるマクロな熱力学の基本法則を特に大切に、それらとの整合性だけをたよりに推論を進めたことは興味深い。この2法則については最初から捨てる気がなかったとはいえ、他の全ての物理法則は放棄してもよいと考えていたというのだから、まさにここで言っている批判的思考であったとあってよいであろう。そしてこの、ミクロな考え方を排除した上で整合性を付ける努力が、その行き詰まりを契機として、本人も予想だにしていなかった量子の考え方の発見に、彼を導く。

アインシュタインの場合、特殊相対性理論を見てみても、あまりに日常的な認識とかけ離れたことを主張しているために、天才の脳裏に浮かんだ想像の産物と思われがちである。たとえば彼が子供のころ、光と同じ速さで進んだら何が見えるだろうと考えたというエピソードがことさら強調されたりする。しかし、特殊相対性理論は、光の媒質として当時仮定されていたエーテルと地球の相対速度が見出されないこと、あるいは光がいつも同じ速度で進むように見えること、また、マクスウェルの方程式が電磁波の速度が物理定数であることを示していることから、光速が不変であるという実験事実の方を素直に認めて原理として立て、それと慣性系における相対性の原理を両立させることで生み出されたものである。相対論に限らず、アインシュタインが生産的であった初期の主な研究は、すべて、実験結果を重視しつついかに統一された描像を描くかが、最も重要な関心になっている。特殊相対性理論の論文とおなじ1905年に発表された光の量子性の論文も、黒体輻射と固体表面の光電効果と孤立原子の光による電離を整合的に理解するには、プランクの考えから飛躍して光の性質に量子性があるという見方をせざるを得ないことを示したものである。

私の研究テーマは、陽電子という電子の反粒子を使ったりその性質を実験的に調べることである。陽電子を使った電子の運動量分布特に金属のフェルミ面や、電子陽電子相互作用の多体効果の研究から、最近ではポジトロニウムという電子と陽電子からなる「原子」の研究に重心を移している。優れた先人たちの足元にも及ばないが、自然現象全体を考えると、日々の細かい実験の過程においても、批判的思考を実践しているつもりである。特に、日々の実験において、この思考法を有効に活かすために気を付けていることがある。それは、何をやるにも十分な予想を立ててから行うことである。予想に基づいてやった結果、予想通りであれば、これまでの考え方が正しかったことが証明されたことになる。新しい経験によって補強された認識は、次の予想に役に立つ。

もし予想と違っていた場合は、新発見かもしれないし、何かのミスかもしれない。さま

さまざまな可能性の中から、そのいずれであるかを検討することになる。このとき、あらかじめ予想を立てていたか、いなかったかで、大きな差が出てくる。結果を見てからでは思考の働きが偏ってしまうからである。事前に考えるときは自由であるから、いろいろなことをあらかじめ考えておくことが可能である。もっとも、結果が出てからの考察にも価値がある。結果に刺激を受けて思考が活性化されるからである。自分が作った計算機プログラムのそれまで気づかなかったバグに、間違った計算結果が出たとたんに気づくことがある。これなどはそのような活性化の例である。

予想と違った結果が出た原因をあらゆる可能性の中に探す。装置が正常であると仮定して実験を開始したことがすでに間違いで、どこかに故障があるのかもしれない。信号ケーブルの接続が間違っているのかもしれないし、つまみの設定を勘違いで誤ったのかもしれない。データは正常だが単に解釈を間違っているだけかもしれない。あるいはまた、最初の自分の予想自体が不適當であったのかもしれない。たとえば、当然自明とした前提が間違っているか適用範囲を超えて適用したのかもしれない。推論を間違えたのかもしれないし、計算を間違えたのかもしれない。

どこにもミスがないとなれば、それは新しいことを発見したことになる。そうであることが確認されたときは本当にうれしいものである。一方、ミスがあったことが分かり、その原因が解明されたときもうれしい。正常な条件に戻して実験が再開できることがうれしいだけでなく、原因究明を通じて自分が何がしかの進歩をしたことがうれしい。予想通りであっても違っても、あるいは実験に成功しても失敗しても自分の進歩の糧として楽しみつづけること、これが私の科学を楽しむ秘訣である。

研究室の大学院生にも、何をやるにも予想を立ててから行うことを、基本的な習慣とするように勧めている。あてずっぽうの予想ではなく、自分のそれまでの知識と経験に基づいて論理的に考えた予想である。それは、一つの結論を予想するものでなくてよい。幾つかの可能性を列挙するのもよい。その上で実験して、予想外の結果が出たとき、それを失敗だとして落ち込んだり新発見だと早とちりしたりしないで、装置などの故障を疑うと同時に自分の操作や考え方のミスを疑うことが自然にできるようになると、一人前の研究者である。