

自然科学の方法としての観察、実験等について

石原 純

科学の根本問題について論ぜられた諸著述のうちで、戸坂潤氏の近著『科学論』（唯物論全書、三笠書房、昭和十年十月）は、その視野の広汎な点に於て、即ち社会科学と自然科学とを包括した統一の立場が守られている点に於て、且つ到る処に極めて創意的な鋭利な見解に充たされている点に於て、我々にとって最も興味があり且つ重要な考察に値すると思われる。そのなかには我々の学び聴くべき多くの内容を含んでいると共に、併^{しか}しまだ厳密な批判の加えられなければならないものをも見出だすであろう。私はここに自然科学の方法について考察する一つの機会が与えられたのに際して、戸坂氏の著書に於けるこの問題の取扱いについて論じようとするのは、戸坂氏の労作に対する一つの尊重を意味する所以^{ゆえん}であると思ふ。但し戸坂氏の著書には、上述の如く常に社会科学と自然科学とを包括的に取り扱うことを主としているが、ここでは専ら^{もっぱ}自然科学について論ずるのを主眼としたい。

戸坂氏は先ず科学の方法を研究方法と叙述方法とに区別されたが、後者は科学の形式として現われるものであり、普通には前者を専ら^{もっぱ}科学の方法と称しているのであつて、我々がここに問題とするのもまたそれである。ところで戸坂氏は更にこの研究方法に対して研究手段を区別すべきであると云つてゐる。戸坂氏は前

者を全体の研究様式の意味に解し、之に対立して後者をその部分的な内容を形作る研究操作とするのである。即ち後者は計算や演算や実験の如き具体的な操作であると解するのである。之等両者、つまり全体と部分とを、或は方法と手段と称し、或は様式と操作と名づけるのは、言葉の特殊な使い分けであつて、必ずしも普遍的に妥当するとは思われないが、併ししかともかくも科学の研究方法なる一過程が完成されるために、種々の部分的な操作の必要であることを認めるのはよいであらう。

私がここにより多く大切であると考える点は、上述の個々の操作は、勿論もちろん科学の研究方法の部分的操作として利用せられるには違いないが、それらの各々はそれ自身で科学の方法を特徴づけるための特殊性を十分に示さないものであり、之が単に部分的に役立つに止まると云うことである。例えば観察と云うのは科学にとつて必要な操作に違いないが、それは同時に芸術の如き場合にも必要であつたであらうし、また狭く限る場合には自然科学にとつて演算が必要であると同時に、それは数学にとつても必要であつたであらう。そこで我々の先ず明らかにすべきことは、自然科学やその他の科学の方法がそれぞれ何によつて特徴づけられるかと云うことである。この問題に対して戸坂氏には明答が缺けているので、それが例えば上述の研究操作に関する考察に於ても一種の混乱を持ち来す理由をつくつていられると思われる。

戸坂氏はかくて実質的な研究操作として、一、分析的操作、二、解析的操作、三、統計的操作、四、実験的操作なるものを並列的に挙げてゐる。併ししか私の考える処では、之等は決して互いに並列的な操作ではない。例えば統計的操作は対象の特殊な群、即ち統計的集団を形作る概念に対する一種の解析的操作に外ならないし、実験的操作は対象に対して人為的に或る條件を満足せしめることによつて可能ならしめる一種の分析的

操作に帰著するであろう。

戸坂氏の思考に於て全く缺けているのは、我々がいかにして實在的対象を感覚的に受取るかと云うことと、次にそれをいかにして思考的に処理するかと云うこととに對するそれぞれの方法（操作）を明確にしない点である。普通に見られる処によれば、觀察及び實驗は前者に属し、論理的解析は後者に属するのである。そして之等兩者を通じて科学的に意図せられる処のものは、實に対象の分析抽象にあると私は思う。即ちこの分析抽象こそ科学をして科学たらしめるところの特殊性をもつ唯一の方法であり、しかも分析抽象が高度に進めば進む程、そこに科学の發展が存するのである。科学の發展と云うことが何を意味するかも、之によつて始めて明瞭となるであろう。

戸坂氏は上述の分析的操作の下に専ら概念分析のみを意味させている。我々にとつて概念分析の必要であるのは云う迄もないが、抑も概念分析は思考一般にとつて必要なものであつて、それは單に科学にのみは限らない。ただ科学に於ては論理的解析の結果として種々の新たな概念分析をも行い、之によつて益々高度な分析抽象に到達することを必要とするのである。そこには勿論形式論理と共に弁証法的論理も利用せられ得るであろうが、ともかくもかようにして分析の度を高めてゆくことが科学の方法の全体であることを理解しなくてはならない。即ちそれは戸坂氏によつて挙げられた他の操作と並列すべきものではなくて、却つて全体を包括すべきものである。

實際に於て分析は科学的方法の最初から最後までを通じて含まれ、しかもその特徴をなしていることを我々は容易に見ることができよう。私は特に最初に断つたように自然科学について考えよう。我々が

先ず感覺的に或る實在的對象に向つて対立するとき、感覺を通じて受取るところのものは、決して對象の具體的全体の姿ではなくて、その分析的な或るものである。眼で物体の色を見る場合には色を分析抽象しているのである。明るさを感じずるのもそうであるし、暖かさを感じずるのも、又形や位置を知るのもそうである。私は上に觀察と云う操作が芸術にも科学にも共通であると云つたが、芸術的觀察に於ては感覺的に分析して受け取られたものから之等の内容を綜合して再び對象の具體的全体を直観しようとする場合が多いのに反して、科学的觀察に於てはそれを益々分析的に思考しようとするように努めるのであつて、ここに両者が互いに分岐してゆくのである。例えば一つの植物の芸術的觀察と科学的觀察との記述の相違を比較するならば、後者に於て既に或る程度の分析がその特殊性をなしているのを見るであらう。

併し^{しか}単なる觀察だけから科学が形作られ得ないのは、そのなかに含まれている分析が極めて低度のものに属するからである。そこで自然科学に於てはこの分析を押し進めるために種々の概念を數量化し且つ適當な器械を用いて數量的觀察即ち謂わゆる測定を行うと共に、更に之等の觀察を都合のいい條件の下に行うために実験を企図するのである。実験に於ては周知の如く自然的に現われる現象の外に人為的に種々の新たな現象をも生起させることができる点で、分析抽象の手段としては極めて有効な缺くべからざるものであり、自然科学の發展が之に待つことのいかに多いかは、我々の十分に経験する處である。

ここで少しく術語の意味について注意するならば、普通に觀察と云うのは、単に概念分析に従つて得られた一定の概念に相當する内容が種々の對象に於ていかに現われているかを見ようとするものであり、しかもその内容が數量的でない場合に多く用いられる語であり、之が數量的となり、従つて測定が含まれる場合に

は多くは観測と称する。又実験と云うのは上述の如く対象に対して或る人為的操作を施した上で、観察乃至は観測を行うことを指すのである。だから、戸坂氏が「観察が発達すれば観測となり、やがて、又測定となり、そして最もプロパーな意味での所謂実験となる」と云うのは、決して正しい若くは厳密な言葉使いとは云われない。実験の場合にもその結果が単なる観察に止まることもあろうし、又進んで測定的観察即ち観測を行うことを目的とするものもあるわけである。

戸坂氏は更に対象に対する何等の人為的操作を行わない場合の観察をも之を人間の能動的経験の一つであるとして、広い意味での実験に含めようとしている。この事に就いては、既に岡邦雄氏が『社会評論』三月号の「科学時評」に於て一つの異論を述べているが、元来が術語の定義の問題であるから、実験と云うことをその様に広義に用いてもわるいとは限らないであろうけれども、私はやはり岡氏と同様に、実験と云うのは人為的操作を対象に加えた上の観察又は観測に限定しておく方が妥当であると思う。戸坂氏自身も引用している通りに、そうでなければ実験心理学とか実験動物学とか云う言葉は無意味になり、このような狭義の実験だけを意味させるためにまた別の術語を必要とするに至るであろう。

ここでは問題外であるが、勿論実験は、戸坂氏の云うような「単に事物や観念を分離、蒸溜、抽象化する機能」とすることなしに、本来の意味で社会科学に於ても考えられるであろう。それは実践的に或る社会的制度の実現を試みるような場合である。それも厳密には現実的に常に歴史的に制約せられるであろうけれども、或る一部の社会に対しては絶対的に不可能と限られるわけではなく、更に少なくとも思想的には可能であり、しかもかような思考実験を経ることなしには、将来の社会の改良等について何事をも云うことができ

なかつたであろう。またこの外にも実験なる概念は例えば文学やその他の芸術に於ても必要である。勿論^{もちろん}文
 学的実験の如きは、科学的実験とは異なつて、必ずしも分析を目的とするものではないが、併^{しか}し同じく或る
 人為的意図の試みを指しているのである。

戸坂氏はなお自然科学に於て「厳密な」実験の不可能であることを指摘して、自己の主張の不都合でない
 理由の一つにしようとしている。併^{しか}しかような厳密性をここに持ち出すのは自然科学の本質を忘れていて嫌
 いがある。自然科学に於ける測定には常に、一定の精密度の限界があるので、之を無視して事柄を論ずるのは
 無意味であり、従つて実験を行う場合に於てもこの精密度の範囲に於て十分と認められる條件が人為的に実
 現されるならば、それで我々は満足しなければならぬ筈である。勿論^{もちろん}それさえも満足されない実験も行わ
 れるかも知れないが、それらは不精密なものとして棄てられるべきである。何れにしても或る精密度を考え
 ることなしに、単に「理想的」なることを実験に要求するのは誤っている。また戸坂氏は、量子力学の不確
 定性原理を引用して、「操作から独立な客観界」の存しないことをも述べている。併^{しか}し我々が量子現象に対し
 て実験を意図し、且つ測定を行おうとする処のものは、決してかような思想的な非存在的な客観状態ではな
 くて、謂わゆる波動函数によつて与えられる現実的^{現実的}な統計状態だけに関するものである。たとえそれについて
 さえ我々は普通の巨視的物体について経験して来た因果関係、即ち微分方程式で表わされるような時間空間
 的記述とは異なつた形式が結果するとは云え、少なくとも実験の意味に於ては同様のものである。

普通の意味での自然科学的実験は、之を行うための適当な設備装置さえも整い得るならば、随時に行われ
 得ることは明らかである。戸坂氏が例示するように特定の天体観測の如きは、随時に行うことはできないの

で、それ故にこそ之を實驗とは云わずに、単に観測と称するのである。（戸坂氏の著書に、水星のペリヘリオンと云うことが述べてあるが、之は何を指すのか私には理解出来ない。）

我々にとって重要なことは、実験に於ては人為的に條件を設定し得ることによって、或る一定の概念に関する変化だけを分析抽象して知ることができると云う点である。之が分析を高度に持ち来し得る所以^{ゆえん}であり、そしてこの意味での実験が特に科学にとって重要であるのである。従つて実験からこの特質を奪い去つて、より広義に解しようとするのは、少なくとも実験なるものの特種な価値を正当に認識することを見棄てる点で、却^{かえ}つて不利益であると云わねばならない。

私がおここで説明したいのは、実験であると否とを問わずに、一般に自然科学上の観察又は観測に使用せられる器械の役目についてである。一口に云えば、それは我々の感覚器官の作用をより完全に補足し、且つそれから出来得る限り主観的差異を取り去るためのものである。例えば肉眼で見る代りに望遠鏡や顕微鏡を使用する如きは、感覚の範囲を拡張することであり、又直接に暖かさを感覚する代りに寒暖計を用いるのは、之をより客観的な判断に移すことに外ならない。かくて多くの測定が器械の目盛上に於ける指針の位置判断によつてなされるのは、周知の事実である。そしてどんな器械を用いるかによつて測定の精密度が制御せられ、従つて自然科学それ自身の発展もまた器械製作の技術によつて制約せられることとなるのである。

ところで、かような器械の役目が感覚器官の作用の補足にあると云うことからして、ここに一種の誤解が醸されたのであった。それは、量子現象に関して思考せられた例の有名な不確定關係に於けるものである。即ち電子の位置を観測せんがために、之に光量子を当てるならば、電子はその俛の位置を保たずに他に動かされ

てしまうと云うような場合である。この際に電子を客観的対象となし、光量子を観測器械と見るならば、観測の操作に独立な電子の客観的状态は観測不可能であるということとなる。そこで或る人々はかような観測手段を我々の主観作用の延長と解することによって、主観と客観との独立性を否定するに至った。

併しこの事は誤解である。第一に、ここで観測器械としての役目を負っている光量子は、たとえ観測のため用いられるとしても、どこ迄も客観的存在であつて、主観的な何ものでもない。そして我々が単にそれの状態を能動的に制約すると云うに過ぎない。同じ事はすべてどんな測定器械を使用する場合にも現われるばかりでなく、我々がその他の実験に於て客観的対象を或る條件の下に持ち来すと云うことが既に之を能動的に制約しているのである。之をしも人間の主観的作用であるとするならば、すべての分析的操作はそうでなければならぬし、また抑も最初から対象を感覺的に観察することすらも同じく主観であり、すべての客観的認識なるものは消滅してしまうであらう。それに反して我々は客観の定立を可能とする限りに於て、たとえ之に対して能動的に或る操作を施したからと云つて、それが客観的存在であることに何等の影響はない筈である。即ち観測器械として用いられるものといえども、それが客観的実在であることに変りはない。そして上述の例に於ては、我々が電子そのものの状態を独立に観測する手段を原理的に缺いて居り、単にそれと光量子との交互作用をしか客観的に観測出来ないと言ふことを意味するに外ならない。

ところが若しそうであるならば、何故に我々は電子を客観的対象と見做し、光量子を観測器械と称するのであるかと言ふ疑問が提出せられるでもあらう。一般に云つて、かような場合に対象と観測器械とはどんな差別をもつかと言ふ問題である。この事は観測なる操作を正しく理解するために重要な根本的な問題に相違な

い。そして之に対しては我々は次のように解するより外はないのである。即ち対象も観測器械も我々にとつては同じく客観的存在であつて、その点では何等の差別もないが、併し^{しか}その一方が観測器械として役立つためには、我々が之に対して或る能動的操作を加えて常に観測以前の或る一定状態に之を持ち来すことが可能でなければならぬ。そして実際に我々が随時繰返して之をその一定状態に持ち来した上で、他の対象との間に交互作用を行わせるならば、ここに始めて前者を観測器械とすることができるのである。

この意味での観測器械なる概念は^{もちろん}勿論一般の場合にも通用する。例えば望遠鏡で星を観測する場合に、我々は望遠鏡のレンズの位置を適宜に調節することの可能性が仮定されている処にその観測器械としての意味が成り立つのは明らかである。そして我々は之と星からの光との交互作用を観測しているのである。観測の操作そのものによつて光がそれ以前の状態を擾^もらされていることも^{もちろん}勿論である。ただこの場合には光の擾乱の影響がその光を発した星にまでは及ばないと云うに過ぎない。若し我々が量子現象に関しても電子の観測からして之を放射した放射体の状態を推論するような場合であるならば、この状態なるものが巨視的に解せられる限り観測の操作それ自身が放射体の状態に影響しないことは、星の観測に於けると同様である。

量子現象に関する誤解の第二は、不確定性関係の説明のために引例された上述のような電子観測は、単に一つの仮定的な思考、実験に過ぎないことを見逃がしていることである。不確定性原理によつて既に個々の電子の位置と運動量との確定的観測の不可能であることが云い表わされている以上、一定の位置及び運動量で指定されるような電子の状態なるものは、抑も^{そもそも}我々に知られない処のものである。それはたかだか直観的な理解に容易ならしめるために、電子に対応するような古典力学的対象を思考して、それについて話している

と云うまでである。之に反して電子の現実的な状態がどんな概念によって定まるかを我々は全く知ることができないのであつて、従つて認識論的には予めかような「不可知」なものの存在を云うことさえも出来ないわけである。勿論この「不可知」は電子そのものの客観的實在の否定を意味するのではなく、却つて我々がその實在の状態なるものを指定し得るような概念を求め、ことができないと云うことに外ならないのである。但し個々の電子の状態に就いてはそれを全く知らないけれども、之に関して統計的に予期し得るような状態を我々は知ることができる。この「予期目録」なるものが、即ち既に述べた波動函数であつて、之を適當な方法によつて決定することができる限り、電子の實在は物理学的に保証されているわけである。

我々はかような實在認識の奥に「不可知」の領域の存することを少しも不合理とは見るわけにゆかない。若しこの事によつて現代の物理学は不可知論を称するものであるとするような人々があつたなら、それはそれぞれ一定の方法に従うべき科学の本質を解しない誣言である。例えば社会科学に於て社会の動向に関する何等かの法則を見出だすことはできないにしても、社会科学の「方法」を用いることだけによつて、決して社会を構成する個人の特殊な心理内容を覗うことはできない。即ち社会科学にとつては個人の心理内容は「不可知」の領域に属する。それと同様に、物理学に於て電子の統計的状态に対する予期目録をつくることはできても、その個々の状態の不可知であることがその方法の上から当然であるとしても少しも怪しむべきではない。唯々個人の心理内容の如きに対しては我々が社会科学以外に於て別に之を推察する道があるであろうが、電子の個々の状態に対してはそれが物理学の対象としてのみ認識せられるものであるから、従つて物理学の方法より以外に之を知る何等の道も存しないわけであり、ことに認識論上の「存在」なる概念の根本的

な問題に触れて来るのである。

何れにしても量子現象に於て我々の現実に観測し得るところのものは、その対象の「予期目録」だけであつて、従つて之によつて対象の實在的な状態なるものを定義するより外はないのである。しかもかような予期目録が二つの対象の交互作用によつてどんな変化を受けるかを時間的に追隨するような何等の法則も与えられない点に於て量子現象の特質があり、且つ普通の意味での因果律の否定が現われるのである。即ち一般に二つの対象の形作る体系の予期目録は決して個々の対象のそれらから直接に決定せられないばかりでなく、之等の間の交互作用によつてどんな変化を生ずるかを予定することもできない。かような特質は量子力学に於て始めて見出だされたものであるが、我々にとつて非常な興味を持ち来すものであり、又それが広く種々の場合に、例えば社会科学などに於ても参考にならないとは限らないと思われる。

自然科学に於ける研究方法のうちで、感覺的に対象の状態を知るための操作としての観測について以上特に述べて来たが、次に之を思想的に処理するために論理的解析の必要であることは、最初に記した通りである。併し之等の両者は必ずしも独立なものではなく、既に上述の量子現象の観測に於て明らかに見られる通りに、観測の操作に於て必要であるような概念は理論によつて始めて正しく与えられるものである点に於て観測と論理的解析とがいかに密接に關聯しているかを知ることができらう。なお論理的解析に關して戸坂氏が弁証法的論理の重要性を説くのはよいが、之からして直ちに「科学の一般的方法は（唯物）弁証法である」と結論することに対して私は疑問をもたないわけにゆかない。勿論そこには唯物弁証法なるものがあるだけだけの範圍を意味するかが具体的に闡明せられない限り、直ちにその適否を断ずるわけにゆかないが、今

日の自然科学の叙述形式が殆んど形式論理に基づく数学解析に依存し、且つこの点に於て我々が自然科学の有用性(種々の機械の設計、自然現象の利用等)を見出だしている限り、この余りにも明瞭な事実を無視することはできないと思う。特に数学的に形作られている理論なるものが自然科学の根本体系として絶対の重要性をもつて居り、之なしには自然科学もまた殆んど無に帰するであろうことを思うならば、濫りに形式論理を排除するかの如く感ぜしめる理由は、謂わゆるマルクシズム的偏見に由来するとも考えられる。

(『理想』昭和十一年四月号)

-
- 『自然科学的世界像』（岩波書店 一九四〇年二月、第四刷）所収。
 - PDF化するにあたり、旧仮名遣いは新仮名遣いに改めた。
 - 旧漢字は新漢字に改めた。
 - 読みやすさのために、適宜振り仮名をつけた。
 - PDF化には`LATEX 2ε`でタイプセッティングを行い、`dvipdfmx`を使用した。

科学の古典文献の電子図書館「科学図書館」

<http://www.cam.hi-ho.ne.jp/munehiro/sciencelib.html>

「科学図書館」に新しく収録した文献の案内、その他「科学図書館」に関する意見などは、「科学図書館掲示板」

<http://6325.teacup.com/munehiroumeda/bbs>

を御覧いただくか、書き込みください。