

46
285



始



理學博士石原純著

科學の根本問題

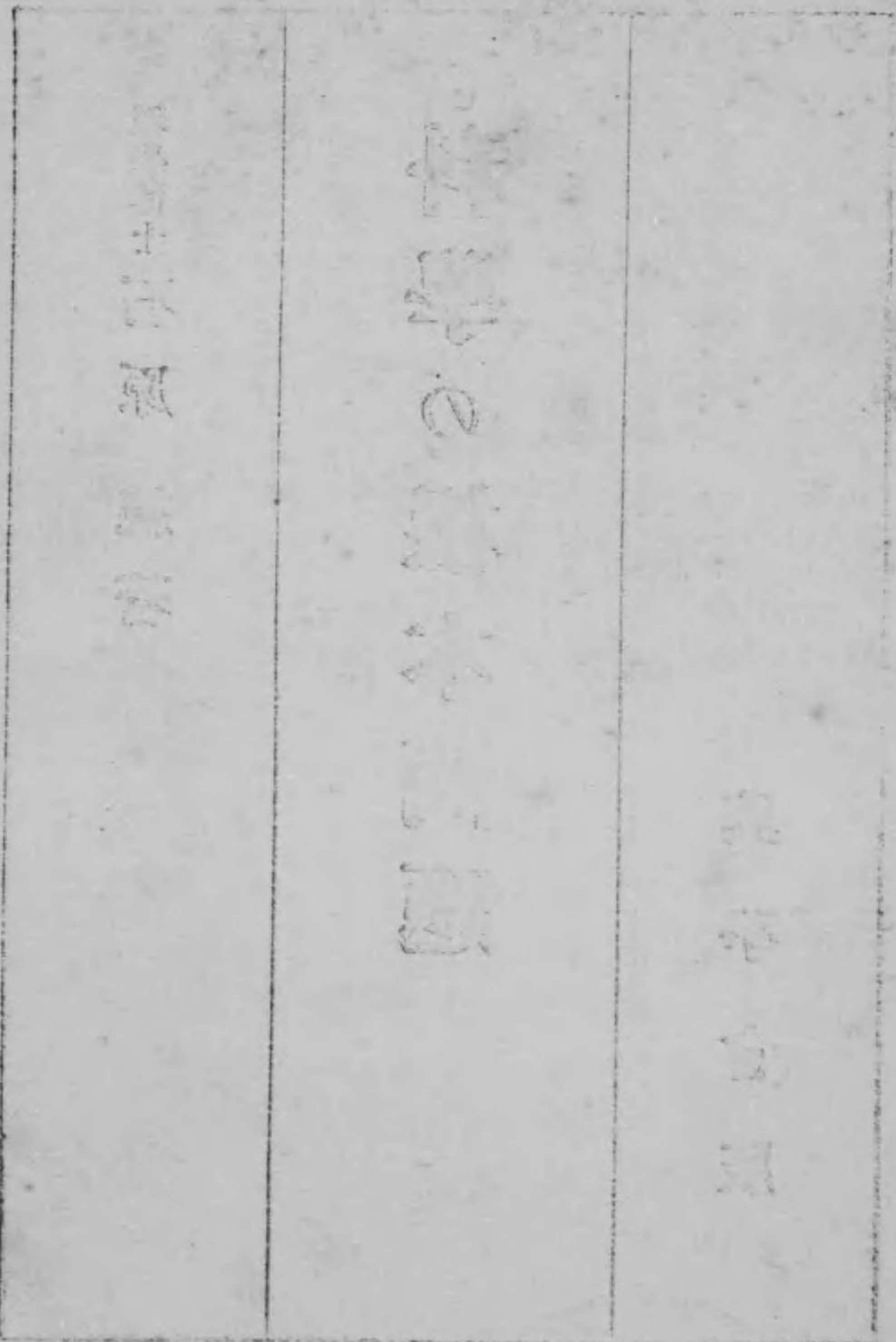
興學會版

大正
14.12.16
内交

46-285

序

科學に於ける原理や法則がどんな意味をもつてゐるか、科學の理論とは抑もどんなものであり、且つ何故に必要であるか、科學は果して何を目的として成立するか、これら科學の根本問題を詳かに知ることが、科學を正しく理解しやうとするものにつて缺くことのできない處のものです。科學の研究に従事する人たちが、これを學ばうとする人たちが、徒らに事實の末梢に没頭するのみであつたならば、その極めて複雑錯綜せる自然のなかにまた各の甚だ頼りない感覺によつて、どうして科學の普



二
遍的な『真理』の絲を探り出すことができるでせうか。彼
れらは自らが求めるところのものを真理であると主張
し得る何等かの根據をもたなくてはならないでありま
せう。

私は本書に於て、科學の根本問題に關し、若くはこれと
直接に關聯する諸問題に關し、隨時所論せるところのも
のを集録しました。それは必ずしも秩序立つた科學概
論ではありませんが、却つて自由にその重要な部分を省
慮するための參考として役立つでもありません。私は
そのなかで勿論主として私自身の専攻とする物理學上
の諸法則を取り扱ひました。併し自然科學の諸分科の

うちで、その素材の性質上、現に最も多く完成の域に近づ
いてゐるところのものは物理學を措いて外にないこと
を思ふならば、これによつて自然科學の根柢を覗ふこと
は寧ろ至當のこととでなければなりません。

本書に例示引用せられた物理學上の法則事實につい
ては、なほ他書によつてその内容を詳かにして(例へば拙
著「物理學の基礎的諸問題」〔岩波書店刊行〕、「相對性原理」
〔同上〕等を參照せられよ)、理解を助けられんことを希望
します。

些末な本書の論述が、科學の根本問題に關して幾分の
諒得に資することができるならば、著者の満足はこれに

如かないのであります。

一九二五年十二月五日

四

著者

目次

物質現象に於ける因果則……………一

自然科学に於ける説明、記載及び構成……………三七

物理学理論の意味について……………五九

感覺の限界とその超越……………六三

數學的連續性と物理学的不連續性との關係……………一三五

自然現象の必然及び偶然性……………一四九

時間は果して非可逆的であるか……………一九九

相對的判斷による絶對について……………二四一

目次

一

科學の根本問題

理學博士 石原純

物質現象に於ける因果則

因果則即ち一つの原因があれば必ず一定の結果が之に従ふと云ふことは、自然科學に於ける法則の成立するために必要な豫件として考へられてゐます。そして原因とか結果とか云ふ言葉がいろいろの現象に對して無雜作に與へられてゐるのを見ます。けれども私たちがそれらについて、原因とは果して何であるか、又結果とは果

物質現象に於ける因果則

して何であるかを深く立ち入つて尋ねたならば、いつも或る疑問に到達しなければならぬのを見出すでもありませう。

通常信ぜられる處によれば、二つの事柄が必然的に相連続して起るとき、その先なるものを原因と云ひ、後なるものを結果と云ふのは謂ふまでもないことの様に見なされてゐます。ところがこの常識的豫想に反して、必然的に相繼起し、しかも先後の順をなすものを私たちは必ずしも因果として名づけない場合がたくさん在るのです。たとへば既に屢々指摘されるやうに、晝と夜とはいつも必然的に繼起するものではありませんけれども、誰も晝を夜の原因とし、夜を晝の結果であるとは云ひあらはさないでせう。又或る物體が落下する場合に、それが最初のメートルを落ちることは必然的に次の一メ

ートルを落ちるのに先立ちます。併し最初のメートルの落下を次の一メートルの落下の原因であるとは云ひません。それならば原因と結果との連關は果してどんな場合に限られるのでせうか。

私たちは先づ上に擧げた例について考へて見ませう。私たちは晝夜を相互に因果として見ない代りに、通常晝夜の起る原因を地球の廻轉に歸します。けれども地球の廻轉とその結果としての晝夜の現象とは決して時間的に先後の關係を保つものではありません。先づ地球が廻轉して然る後に晝と夜とが起るのではなくて、地球の廻轉は同時に、晝夜を結果すると云はなければなりません。又物體の落下はそれ以前の落下の結果であるとは云ふ代りに、それは地球の重力のはたらく結果であるとは云ひます。ところが原因としての

重力の作用と、結果としての物體の落下とは、やはり先後の關係ではなくて同時的であります。なぜなら、落下が起るより以前に物體にはたらいてゐた重力が落下を起したのではなくて、落下が起る瞬時に、且つそれが起りつゝある間に物體にはたらいてゐる重力が、落下の原因となつてゐるのであるからです。さうすれば、通常因果として云ひあらはされる關係は必ずしも時間的先後の順序に相應するものでないことが判ります。

私たちは更に第三の例を取りませう。今Aなる球がBなる球に衝突して後者を動かすと云ふ場合に、B球の運動の原因はA球の衝突であるとして云ひます。この際にも衝突されたB球が運動を始める瞬時は、A球の衝突の後にあるのではなくて、それと同時にであると云

はなくてはなりません。勿論尙ほ精細にB球の分子的状态に立ち入つて考へたなら、A球がB球の表面に衝突して之に壓力を及ぼしてから、その壓力が球の重心に傳達されて之を動かすまでには、B球の弾性が有限である限り、たとへ短くとも或る時間を要したことでせう。けれどもこの場合にB球の運動の直接原因はどこまでも之の重心にA球からの力が傳へられたからであつて、それは結果としてのB球の運動と同時であります。若しB球の重心に力がはたらくことを更にAB兩球の表面接觸の結果であるとするならば、それは丁度前の物體の落下の場合に第二の一メートルを落下することが最初の一メートルを落下することの結果であると云ひあらはすのに等しいのです。私たちがこの意味での因果を求めらば、物

體の落下の原因については更に溯つて、物體の支持を取り去つたと云ふことに歸着させなくてはなりません。私たちが曩に物體の落下原因を之に作用する重力であるとして云ひあらはしたのに對し之がどんな關係をもつかについては、もう一度考察を要するのでありませう。之と同様にA B兩球の衝突の場合にB球の運動した原因は兩球の弾性にあると云ふならば、前の云ひ表はし方に對してどんな關係をもつでせうか。私たちは正當に因果關係として見做すべきものに對して更に立ち入つた考察なしには混迷を免かれ得ないでありませう。

私はこゝでミルが分析的に示した因果關係の四要素を記して見ませう。即ち

第一には、關係が不變的であること、

第二には、それが一時的であること、

第三には、關係が非對稱的であること、即ち若しAが原因であつて結果でないならば、BはAの原因ではなくて、只その結果であり得るだけであること

第四には、關係が雙對的であること、即ち因果は單にAとBとの二つの事柄だけの間の關係であること

です。第一に云はれてゐる不變的といふことは、必然且つ普遍なるものを意味するのであつて、之は自然法則に與へられる性質でなければなりません。従つてこの意味では因果性は自然の合法則性と全く同等になります。併し私たちが通常因果と稱するものは、法則

そのものとは何等かの點で異つた意味をもつものでありませうか。この點については私は更に後に考へたいと思ひます。

第二の一時的であると云ふことは、原因と結果とを先後に相繼起する二つの状態として思惟することから従ふものでありますが、通常因果と稱するものゝなかには必ずしも斯様な要素をもたないのがあります。既に因果が先後に繼起するのでなくて、却つて同時に起ると云ふ例を私は上に述べました。併し尙ほ私たちはカントの論じたやうに、因果は同時的であるかも知れないが、しかもこの兩者の關係は常に時間に關して或る秩序立てをなすことの出来るものであり、即ち結果のあらはれる以前に原因は少くとも存在し、従つて原因は結果をその後に伴ふことが出来るに反し、逆に結果が原因よ

り以前に存在することは不可能であると云ふ點をもう少し考へて見なくてはなりません。A球が靜止せるB球に衝突して之を動かしたと云ふことの原因を、A球の衝突に歸するならば、之はB球の運動と同時に起るでせう(分子的状态を暫らく見通して)。併し抑もA球がB球に衝突したのは、前者が後者に向つて運動したことに依るのであつて、衝突なる原因と直接に結びついてゐるA球のかやうな運動は、その結果としてのB球の運動以前に存在してゐたのであり、逆に結果たるB球の運動はその原因たるA球の運動乃至衝突以前には存在しなかつたのです。この見地から云へば上のカントの解釋は正しいやうにも思はれるでありませう。併し私たちはもう一步を進めなくてはなりません。

今日私たちの知つてゐる處によれば、運動は全く相對的のもので、若し私たちがB球を靜止すると見る代りにA球を靜止すると見るならば、即ちA球に對して一緒に動く座標系を取るならば、衝突はB球の運動のために起り、そしてその結果はA球を動かすと云ふことになるでせう。私たちは同じ衝突なる原因に對して、座標系の選擇によつて異つた結果を得なければなりません。因果關係に對して私たちが斯様な非普遍的なものをもつのは明らかに不都合ではありますが、それは上の因果關係が事實を完全に云ひあらはしたものでなくて、單にその一面、即ち一定の座標系に於ける外觀に固執したからであります。實際どんな座標系から見ようとも、衝突の前後に於けるA、B兩球の相對的運動は定まつてゐるのであつ

て、それらが衝突を挟んで前後に連關してゐるのです。斯様に考へますと、衝突以前の兩球の相對的運動は衝突の原因となり、又衝突以後の相對的運動は衝突の結果であると云はなければなりません。けれどもこの先後關係をもつてゐる衝突前後の相對的運動を因果的に結びつけることは、丁度物體の落下に於て最初の一メートルと次の一メートルとの落下を因果的に結び付けるのと再び同等になるでせう。只衝突なる現象が中間に挟まれるのが異なつてゐる様に見えるだけで、本質的に差別があるわけではありません。若し衝突現象を取り除いたなら、兩球の相對的運動の一つの状態は之に續く相對的運動の他の状態を結果するとは云はないやうになるでせう。なぜ之等が因果として云ひあらはされないかを尋ねるならば、

私は之等が同一の自然法則即ち茲では謂はゆる運動の法則に従ふところの物體の二つの状態に過ぎないからであると答へるより外ありません。衝突を起すか起さないかは運動方程式の環境條件に外ならないのです。之についても更に後に述べたいと思ひます。

次に私たちは物體の落下の原因を重力であるとして云ひあらはす場合を取つて考へませう。こゝでも重力の作用は物體の落下と同時に存在するものではありませんけれども、併し近代の物理学で取り容れてゐる力の場と云ふ概念は重力を、落下物體のそこに在ると否とに拘らず、その以前から存在するものとして思惟させるのです。この意味ではやはり原因たる地球の重力が先づ存在して然る後にこの場處で物體の落下があらはれるやうに思はれます。ところが

私たちが更に進んで相對性理論の立場に來ますと、物體の落下は地球に對する一つの相對的運動に過ぎないのであつて、若し物體を基準體として選ぶならば、物體が地球を引いた結果として地球がこれに引き寄せられると解釋しなければならなくなるでせう。全體の事實は畢竟物體と地球との相對的對立が相互の間に引力をはたらかせ又相對的運動を起させるに外ならないのです。従つて力と相對的運動とはいつも相伴ふ筈であつて、只運動の起らない場合のあるのはやはり環境條件の如何に依るからです。

第三に因果關係が非對稱的であると云ふことは、因果の概念から云つて當にさうなければならぬ事柄なのです。併しながら實際に於ては私たちはまた必ずしも然うでないのを見なければなりま

せん。既に上のA B兩球の彈性衝突の場合にも、事實衝突は或る相對的運動の結果であり、また相對的運動の原因が衝突でもあり得るのです。

私は尙ほこゝにフークの彈性法則の云ひ表はす事實を引きませう。一つの彈性體に力を加へて之を引張ると伸びます。この場合に私たちは力を原因とし、伸長をその結果とするでせう。この關係は一見非對稱的であるやうに思はれます。ですが私たちが今日フークの法則によつて云ひ表はされた處を審かに考察する時は、それは決してかやうな非對稱的な關係を示すものでないことを了解するでせう。なぜなら、それは單に或る力が原因として先づ加へられることを必要とするのではなく、却つて力と伸長とはいつも同時に

彈性體内に起り、力の状態は即ち伸長の状態に外ならないことを云うてゐるのです。私たちはこの力の状態を歪力 (Stress) と言ふ言葉で、また伸長の状態を歪み (Strain) と言ふ言葉であらはし、この兩者は常に相應して全く對稱的な關係をもつことを見るのです。歪力のある處には必ず歪みを生じ、歪みのある處にはまた歪力を見なければなりません。かやうな彈性體の力と歪みとの間には、もはや孰れが原因であり、又は結果であるかを差別することが出來ないのであつて、私たちは單にフークの法則によつて兩者の相關々係をあらはすだけで十分であるのでせう。

因果關係が雙對的であると云ふ第四要素に關しても、一定の原因に必ず一定の結果が伴ふと云ふ概念から見れば、因果は單にAとB

との二つの事柄だけの間関係に限られるわけです。けれども私たちは同一の事柄に就いて種々の因果を考へる事も出来るのです。たとへば晝夜現象の原因を曩に述べたやうに地球の廻轉として云ひ表はすことも出来すし、また一方から云へば太陽からの光が自轉せる地球にあたつて晝夜を起すのですから、この光を晝夜の原因とも見ることが出来、もつと精しくは、光と地球自轉とがその原因であるとも云はれます。物體の落下の原因は重力であるとも云ひ、又はその支持の取り去られたのを落下の原因ともせられます。之等を考へ合はせますと、どれを原因とするかは、私たちの思考の重心點をどこにおくかに依るやうに思はれます。従つて因果そのものは必ずしも客觀的に双對せるものではないのではありますまいか。

以上論じた處を顧みると、ミルの因果關係の四要素とせるものは、單に因果なる概念に歸屬せしむべきものではあつても、實際の物質現象に於て私たちがどこに因果の結合を求むべきかを尋ねるに至つては、遂に多くの疑問に逢着し終るに過ぎないであります。

私は物質現象の因果關係が本質的にどこに存するかを明らかにする前に、先づ私たちが常識的に因果として呼びなす關係が何に由來したものであるかを顧みませう。

物質現象に於ける多くの變化のうちには、特に私たちが實驗的に起さうとする變化に在つては、私たちは自から手を下してその所望する處を現せしめようとしてします。彈性體に力を加へてその伸長を起させる場合にしても、又は電流輪道を閉ぢて或るポテンシアルの

差を興へ之に電流を通ずる場合にしても、又は酸素と水素との混合物に電氣火花を通じて化合を起させるにしても、その他多くの物理的及び化學的實驗に際して私たちの手の筋肉は之等の現象を起すために直接に又は間接にはたらかねばなりません。しかも之等の場合に起るべき變化に先だつて私たちはその意志をはたらかせる必要があるのです。彈性體を引張らうとする意志は少くともその伸長の實現より以前に存在するのです。この意味で引張るといふことは伸長の原因であり、そして時間的に之に先だつわけになります。この他の場合に於ても原因と名づけられるものに相當する作用は心理學的に結果に先だつのです。即ち先づ何々の事柄を思惟して、而して後にその起るところのものを觀察すると云ふことにな

ります。ヒュームが既に指摘したやうに、因果といふ概念はかやうな心理學的現象から由來したものでありませう。

直接に私たちが手を下して起すのではない自然現象に際しても私たちは之と同様な關係を想像することによつて、因果を説明するやうになつたものと思はれます。たとへば晝夜の原因は地球の廻轉にあると云ふ様な場合には、私たちは恐らく、若し地球の廻轉を中止させることが出来たなら晝夜の現象は消滅するであらうと云ふことを、ひそかに想像して、従つてさう云ふ状態から私たちが手を下して地球を廻轉せしめたなら、現にあらはれてゐる晝夜の繼續が起ることを思惟し、之に依つて地球の廻轉と晝夜現象とを因果的に關係せしめてゐるのであると思はれます。それ故若し地球の廻轉を

中止させる代りに、太陽光線を遮断して地球に到達させなかつたとしたなら、やはり晝夜は消滅すると云ふことを想像する場合には、私たちは太陽光線を晝夜の原因としてあらはさねばならぬことになるでせう。勿論地球の廻轉を中止させるとか、太陽光線を遮断するとかは、私たちが事實上手を下して實現することは出来ません。それは單に一つの想像に止まるわけですが、併し一方にもと私たちが自然現象を擬人論的に解し、恰かも私たちが現に自然現象を左右すると同様に、全能者たる神が之を左右し得るものとし、之等の現象に先だつ神の意志を思惟するとするならば、この神の意志に相當するものを現象の原因として考へることが出来たでもありません。けれども私たちはこゝに一つの新しい問題に出遇はなければ

ならないのでした。私たちの意志即ち一つの心理學的現象が何故に物質現象を結果し得るであらうかと。私は併しこゝでこの問題に深く立ち入らうとするものではなく、尙ほまたそれは恐らく可能ではなかつたでせう。私たちが只かやうな事實でせう。ですが、
 を經驗的に認め、そしてそれを因果として云ひ表はすより外にない
 一歩を進めて、單なる物質現象を思惟する場合に、そこに果して同様の
 因果關係を見做すべきでありませうか。私はこゝに更に考察を新
 しくする必要を感ずるものです。

勿論私たちが手をもつて物體を押し動かす關係と、A球がB球に衝突して之を運動におく關係とは、手を一つの物質と見なす限りに於て同等でもありません。併し手で押したと云ふことには、それ以

前に於ける私たちの意志過程を含んでゐるのに反して、A球がB球に衝突する場合には、このやうな意志現象が存在しません。それですから、手で押した事を物體の運動の原因として云ひあらはすのと、A球の衝突を等しくB球の運動の原因とするのとの間には、この意味で根本的の差別があります。この差別を認めずに因果關係を後の場合にその儘移すからこそ、單なる物質現象に於ける因果と云ひ慣らはされてゐるものに、私たちが最初に述べたやうな疑問が起るのです。A B兩球の衝突のやうな場合には、既に説明したやうに、それらがお互に運動の法則に従ふと云ふ以外に、實は何等の因果と云ふべき特殊の關係もないのです。それ故強ひてA球の衝突をB球の運動の原因であると云うた處で、そこには先後の關係や非對稱的

の性質を求めることの出來なくなるのは當然です。即ち私たちが之等の物質現象の多くのものに於て、因果と稱呼する關係は、寧ろ或る自然法則そのものによつて遙かに適確に云ひ表はされてゐるのです。彈性體に加へた力を原因とし、伸長を結果として因果的に解することよりも、より多くの眞實をフークの法則が云ひ表はし得るでせう。

マッハは此の間の消息を正當に次の言葉で云うてゐます。

「私たちが或る原因を示すときに、そこに私たちは單に一つの結合關係一つの事實を云ひあらはすに過ぎません。即ち私たちは記載するのです。『質量の牽引』と云ふなら、この表現は事實的なものよりも何等かそれ以上を含んでゐるかのやうに見えるかも知れません。

けれども私達がそれ以上に附加しようとするところのものは、確かに無駄であり無用のものです。私達が互の加速度を $a = \frac{v}{t} = \frac{v}{\frac{v}{u} + \frac{v}{u}}$ とおくならば、この式は上の言葉よりも遙かに精確に事實を記載し、且つ同時に各の無用な虚偽な附加物を除去します。」

事實を記載した自然法則はどこまでも普遍的であり必然的であると思はれますけれども、之に反して本來の因果関係と見らるべきものに於ては、私たちの意志過程を含んでゐますから、そこに普遍及び必然性を缺いて或る度まで自由に變化することが出来ます。たとへば弾性体内に於ける歪力及び歪みを結果する場合に、若し私たちが之に力を加へて引張らうと思つたのであつたならば、この意志過程を含めて私たちは伸長の原因を力であると云ふでせう。けれ

ども私たちはそこに力といふ觀念を先づ取り去つて、弾性體の伸長を思惟し之を實現しようとして試みることも可能です。その結果として歪力状態を経験するならば、私たちは伸長を原因とし歪力をその結果と見なさねばならないでせう。かやうにして原因と結果とは思惟の上に逆になつてあらはれます。只私たちが前の場合を通常多く考へてゐると云ふことは、後者の可能性を否定する理由にはなりません。現に物體を暖めでもすれば、私たちは却つて物體の膨脹が先づ起つて然る後に歪力が之に伴ふかのやうに考へ慣らされてゐます。しかも事實は膨脹と歪力とが先後的に起るのではなくて、それらが同時に存在してゐるに過ぎません。

弾性體の歪力と歪みとの代りに、電氣導體に於けるポテンシアル

差と電流とを考へるなら、之等の事情は尙ほ一層適切に示されるでせう。そこで私たちが先づ一定の抵抗の針金と電流計及び電池とを列につなぎ、電池の數を加減してポテンシアル差を變へれば、電流の強さが従つて變化します。次に電池を一定にして、針金及び電流計と平行に他の電路を挿めば、前者に流れる電流の強さが變り、従つて針金に於けるポテンシアル差も變化するのを見るでせう。この兩實驗でポテンシアル差と電流の強さとの間には、因果關係が互に逆になつてゐることも見做されるのです。併し實際に於て電氣的過程は單にオームの法則に依つて起つてゐるだけであつて、原因として異つたものを考へるのは、私たちが一は直接に電流を變化し、他はポテンシアル差を變化しようと思惟するからに外

ならないのです。

意志過程を取除いた物質現象に同様の因果概念を移す場合に於ても、上に述べたやうに自然の或る状態を左右し得るものと假想して現象の原因を求めるに際しては、やはり之と同様の不定さを見るわけです。晝夜の原因を或は地球の廻轉となし、或は太陽の照射に歸すると云ふが如きは、即ち意志的に異つた變化を想像してゐるからです。

自然を擬人論的に解し、之を左右し得る神の意志を假定することが、今日の自然科學に於て徒らに無用のものに屬することは、恐らくこゝに論ずるまでもないことであらうと思ひます。私たちがたゞへ自然の創造者としての神を思惟しようとも、純粹な自然現象に關

じては、神の意志は嚴然たる自然法則を遂行しようとすることにのみはたらし、一步も之を迂けることを許さないと見なくてはなりません。そこに神の絶對無限なる性質と、従つて之によつてあらゆる自由のなかに最高價值ある唯一の路を選ぶところの創造可能性とを歸することが出来るのです。自然現象のなかに強ひて因果概念を求めようとして、神の意志をそれ以外にはたらかしめようとすることは、人間の神に對する冒瀆に過ぎないものであり、しかして亦自然科學の發展に何の效果をも齎らし得ないものです。

畢竟、私たちは單なる物質現象を取り扱ふ限り、そこに因果を思惟することは無用の混迷を招くだけであつて、何の役にも立たないのです。私たちは正直に事實を記載して、適當な概念を求め、その結合

關係たる自然法則を探し出しさへすればそれでいいのです。どれが原因であり、どれが結果であるかを尋ねるのは、自然科学的に抑も愚問でなければなりません。私たちはそれ故多くの科學書に今日でも屢々散見するところの因果といふ言葉、たとへば加速度の原因は力であるといふやうな云ひ方を、全く排斥しなければなりません。それは決して因果關係として示さるべきものではなくて、一つの自然法則的結合關係に過ぎないのです。加速度を觀測する際には必ず力のはたらいてゐることを知ると云ふべきであります。亦概念的に力の作用を受けてゐると見られる物體は之に應じた加速度をもたなければならぬと云へばよいのです。力が加速度を生ずるのではなくて、力と加速度とは同時にあらはれるのです。只力がは

たらいで加速度のあらはれない場合のあるのは、勿論能く知られてゐる通りに、その力が他の力によつて打消されてゐるからに外なりません。私はもう一度マッハの言葉を引用しませう。

「原因なる概念に尙ほ固執するところの偶像禮拜の痕跡を除外しようとするならば、即ち、一つの原因は通常示されるものではなく、却つて一つの事實が多くは條件の全體系によつて決定せられるものであることを思考するならば、之は原因なる概念を全く捨て去るやうに導きます。寧ろ一つの事實の概念的決定要素を、互に關係せるものと見做し、數學者若くは幾何學者が之をなすと全く同様に取扱ふのがいゝのです。」

實際三角形の邊と角度との關係をあらはす數式に於て、どれが原

因であり、どれが結果であるといふ差別がないと同様に、自然の事實をあらはす一つの法則のなかに決して因果の判別を求めることは出来ないのちがひないのです。

私は併し最後に尙ほ之に對して起され得る疑問について附言しなければなりません。

第一に人々は斯う尋ねるでせう。物體の落下が重力によつて起されると云ふことは、以上の説明のやうに因果的な關係ではないとしても、それならば、物體の落下は之を支持したものを取り去つたことに起因すると云ふことは因果と解せられないであらうか。又落下せる物體が他の物體に衝突して熱を發生したとすれば、この場合に落下と熱とは因果的關係をもたないであらうか。このやうな疑

問は恐らく當然湧いてくるものにちがひありません。

實際物體の落下はその支持の取り去られることによつて起るので、落下の最初の瞬間は殆ど支持の除去と同時にありますけれども、私たちが尙ほ精細に理論的に追究するならば、彈性衝突の場合に云ひ及ぼしたと同様に、支持の除去による物體內の壓力消滅は或時間を要して物體全體に傳はり、その上で始めて物體の重心の落下運動が起るのであつて、明らかに先後的關係をもつた因果とも見られるのです。落下運動が熱に變ずる場合も分子論的に考察して同様に解せられます。併し單にかやうな意味での先後的關係は晝と夜との間にもあり、また最初の一メートルの落下と次の一メートルの落下との間にもあること既に曩に述べた通りです。たゞ之等が晝

夜交代とか落下とかの同一過程に於ける前後の二劃期をあらはすに過ぎないのに反し、こゝに考へられたものは落下の最初とか最後とかの變化を示すに外ならないのです。即ち落下なる過程が他の過程と接續する瞬時的變化であつて、私たちはかやうな場合にエネルギー形態の變ずるのを見るのです。即ち落下の最初にはポテンシアル・エネルギーが運動エネルギーに變り、その最後には後者が熱エネルギーに變るのです。エネルギー形態の變化する所以が審かに判らないうちは、單に之を因果として云ひあらはすことに或る便宜を感じるかも知れませんが、私たちが既に分子論的に十分に之等の變化を解し得るやうになつた上は、その際に與かる自然法則の方が遙かに能く之を云ひあらはすことになるのです。

① 酸素と水素との混合體に電氣火花を通じて化合を起すやうな場合でも、放電がその原因であり、化合が結果であるとするのは、やはり電氣的エネルギーが化學的エネルギーに變化するまでの過程が十分に明らかでない間は、便宜的な簡單な云ひ表はし方として役だつてせう。併し根本的には私たちが單なる因果概念を去つて、その間の法則的變化を追隨しなければならなかつたのです。即ち以上の意味で話される因果なるものは、畢竟詳細なる法則に立ち入らない場合の便宜的な言葉に過ぎないのであつて、自然法則のなかに因果概念が決して根柢的に存在するのではありません。

第二に通常、因果としても語られてゐるものを、私たちは次の様な場合に見出します。即ち私たちは多くの實驗觀測にあらはれる

現象を自然科學的に理解しようとするときに、この現象を結果とし之を起す原因は何であるかを尋ねます。太陽が夕方特に赤く見えるのはなぜであるか。それは太陽の光が空氣の層を多く通過して赤色以外のものがより強く之に吸収せられるのに依ると答へるとしませう。この際空氣層に於ける光の吸収を原因とし、太陽の赤いのをその結果として云ひあらはすのは果して正當でありませうか。この疑問は、極めて通俗的なものであつて、少しく哲學的に思慮するものには直ちに解かれる通りに、因果なる言葉の誤用に歸せられるものです。なぜなら、こゝで光の吸収と太陽の赤いことゝには、勿論先後的な關係が存在するのでもなく、また太陽の赤く見えるのは抑々必然的に空氣層に於ける光の吸収に依ると云ふのでもなく、私

たちはたゞその可能なる種々の場合のうちで、こゝでは光が空氣層で吸収せられるからであると云ふ一つの「理由」を云ひあらはしてゐるのに過ぎないからです。

金屬が能く電氣を導く結果として、また熱をも導くといふやうな關係もやはり、本來の因果的なものではないことは、こゝに更に説明するまでもないことでせう。

自然科学に於ける説明、記載及び構成

一

自然科学は自然現象の起因を説明するものであるといふ見解は、最も古くから常識的に抱かれてゐたところのものです。しかし或る自然現象の原因なるものは客觀的に實在するのではなく、私たちがたゞ概念認識のうへにのみさう云ふ因果關係をつくり上げるに過ぎないのであることは、私が前掲の一文に説いた處によつて、一般の讀者にもお判りになつたであらうと思ひます。即ち私たちが原因と結果とを區別することは、實は任意的のものに外ならないのであつて、自然現象そのものゝなかに具はつてゐるのではありません。

私たちが求めるところのものは、それが原因であるかと云ふこと、即ちなぜ斯やうな現象が起るか^{why}と云ふことではなくて、それがどう起るか^{how}と云ふことであります。私たちは従つて事實を「説明」するのではなく、單に關係を「記載」すればよいのであり、またそれ以上は出來得ないのでです。そして記載せらるべき事實的關係は科學的實驗及び觀測によつて見出されなければならぬのです。

ところが説明は記載以上のものであつて、私たちが自然科學で假説を設けたり、理論をつくつたりするのは、どうも單なる記載ではあるまいと云ふ考が尙ほ幾分殘されてゐるやうに思はれます。

私は之に對してエルンスト・マッハが「因果律及び説明」と題する一文のなかに書いた次の説明をこゝに引用したいと思ひます。

「二つの鐵片のうちの一方は熱せられ、他は冷却され、その外は外見上まるで同じなものを考へてごらん下さい。前者の上では水滴はしゆうつと蒸發してしまひ、蠟片は融けて煙りますが、それに引きかへ後者の上では水滴は氷り、蠟滴を落とすとすぐに固まります。私はこの兩片を異つた状態にあると考へなくてはなりません。この状態を私は熱状態と名づけませう。なぜなら、私の熱感覺が私にそれの一つの目標しを與へるからです。併しこの熱状態なる言葉で私の解するところのものは、この鐵片が他の物體に對して示すところの或る關係、即ち之等が目標しとしてのその特有な感覺を起し得る限り私が經驗的に期待し得る筈の關係の全體に外ならないのです。

私はこの状態をどう名づけてもいいし、また鐵のなかにどんなかの空想物を考へることも出来ませんが、一つの名稱によつて又は一つの形像によつてこの知られた過程を云ひ表はす外には、私はそれについてまるで何の利益をも持たないのです。私はこれからしては、經驗が教へてくれなかつたでもあらうところの何ものをも推論し、何ものをも歸結することは出来ません。今の場合に私は熱感覺に關して、たとひ水滴や蠟がそこにないとしても、期待せらるべき筈のその目標しをもつのです。もつといふ目標しは寒暖計の目盛りです。」

「そこで私たちは更に、一つは磁氣をもつた、もう一つは磁氣をもたないところの、二つの鋼片を考へませう。私はそれらを眼で見た上

で又は手で觸つた上ではお互に區別することも出来ない程同じであるとします。私が今一つの實驗を行つたとするならば、そこで始めて私は例へば右にある鋼片が磁氣をもち、左にあるものがさうでないことを知るでせう。私はそれで一方の鋼片を標しづけることが出来ます。一方のなかに磁氣流體とでもいふものを(知的目標として)空想しても、それは私に何の役にも立ちません。新たに持ち出された鋼片に於ては、私は流體の想念をもつたにしても、又は之をもたないとしても、どんな状態を私が考へなくてはならないかについて、まるで判らないのです。」

「私がこの鋼片を自由につるし又は電線コイルに對して動かして見るとき、始めて私は(向きを換へる力又は感應電流によつて)丁度前

例で熱感覺又は寒暖計によつて與へられたのと同様な關係即ち状態の特徴を得るのです。價值をもつてゐるのは事實的なものが事實的なものへ對する關係だけであつて、そして之は記載によつて盡されるのです。」

「附屬的に考へられた流體は實際には只事實的なものを云ひ表はすために之に與へられなければならなかつたところの性質をもつに過ぎません。之等が俄かに事實的なものよりもより以上を含むべきでせうか。」

私はこれ以上に恐らく多くの言葉を費す必要をもちますまい。

○自然科学で記されるところのものはすべて經驗が教へてくれる關

係そのものに過ぎないのです。之を只短い言葉で云ひ表はすために、たとへば温度とか磁氣流體とかいふ概念を導き入れるだけであつて、それらの概念は事實以上の何ものをも示してはゐないのです。それにも拘らず之等の説明が何等か事實の背後に存在する、より以上の隠れたものを與へるやうに思ふのは、それはすべて形而上學を結びつけて考へてゐるからです。

實際自然科学は最初形而上學的な思考から生れたと云つてもよかつたのでした。そこには、自然がかく／＼であらねばならぬと云ふ思惟必然がはたらいてゐたのであつて、それによつて私たちは既に經驗以上の或るものを豫想してゐたのです。磁氣を帯びてゐる鋼片には磁氣流體が存在してゐると云ひあらはすとき、若し私たち

が磁氣流體なるもの、性質に關して何ものかを既に豫定するならば、必ずしも經驗によつて知り得ない關係を之から推論することが出來たかも知れません。けれども實際には、磁氣流體と名づけられるものは、鋼片の磁氣状態をあらはし得るやうな性質の或るものであつて、それ以外の何ものでもないわけです。そこには事實的な必然以外に少しの形而上學的必然も存在してはゐらないのです。

二

かやうに私たちは自然科学に於て事實記載以上の説明なるものをもたないことは明らかであります。更に私たちは自然科学に於ける記載がどんな種類のものであるかを解析しなければなりません。

事實記載とは、判り易い言葉で云へば、ありの儘をしるすと云ふことに外ならないでせう。けれど謂はゆるありの儘とは畢竟私たちが自然に接觸して之を心のなかに移した一つの映像なのであります。そこには最初に感覺的なるありの儘があり、それが歴史的認識に進むであります。私たちは併しこの歴史的なる事實のなかに常に繰返される要素の存在することを見出します。大根の花が常に十字形に開くことを觀察して、大根は十字花を咲かせるものであるといふとき、こゝには一つの科學的素材としての事實綜合がつかまれたのです。けれども私たちは之が既に科學としての事實記載であるとは云ふことが出来ません。科學は多くの事實の間の關係を與へるものであつて、「事實的なるものが事實的なるものに對する

關係」が價值をもつのであります。

私たちはそこで、大根はなぜ、十字花を咲かせるであらうかを尋ねます。この「なぜ」は十字花を開く原因を求めるとして通俗的に解されるにも拘らず、それがやはり一つの事實的關係の追究に外ならないことは、既に論じた通りです。即ち私たちは大根の花と他の性質との間に何等かの關係があるかどうかを見出し、又大根以外の植物に同様の關係があることを見出したであらうならば、この關係を一つの自然科學的法則として解することが出来ます。大根がなぜ十字花をつけるかと云ふ原因探究は私たちを上述の一つの事實的關係に導くより外にないのです。かやうな關係は、やはり一つの事實記載にはちがひないのですが、大根の花が十字形であると云ふ

事實記載よりも遙かに綜合的一般的であります。

自然科學に於ける事實記載はかやうな綜合的一般的なるものでなくてはなりません。何故にさうでなくてはならないかと云ふ點は、即ち自然科學の目的が單なる事實記載ではなくて別に存在する所以があるのです。それですから、自然科學は自然現象を説明するのでなくて記載するものであると云うただけでは不十分であり、そして記載なる言葉によつて私たちの常識が却つて満足を缺くやうに思はれる理由もこゝにあるのだと私は思ひます。

斷片的な事實記載は科學的に價值づけられるに足りないものです。事實と事實との間の關係が法則として示され、そして法則が一般的であればある程、自然科學に於てより多くの價值をもつのです。

それ故に私たちが既に幾らかの法則を知つた上では、或る斷片的事實を分析解剖して之を法則的事實に歸せしめることが出來、從つてかやうな思考過程を前者の科學的説明と稱するのです。この意味での説明は、事實以上の何ものをも附加するのではなくて、只事實を他の形に云ひ換へたに過ぎないわけでありすが、そこでは常に單純な、併し一般的な要素に分析せられてゐるのです。

たとへば、物體が地上で落ちると云ふ事實を説明して、物體には地球の重力がはたらくと云ふこと、並びに力にはたらかれる物體は力の方向に加速度を生ずるといふことに歸せしめたとします。後の二つの事柄は同様に經驗的事實なのでありますが、それらは前者よりもより一般的な關係をあらはしてゐると謂はなければなりません。

せん。又ブラウン運動の現象を説明して、流體中に浮遊せる固體片に流體の分子が四方から衝突し、しかも衝突が同時ではなく不規則に前後して起るために固體片は不規則の運動をするのであると云ひます。この場合に流體の分子が不規則に運動するものであると云ふこと、運動物體の衝突によつて運動量が他にも傳へられると云ふことは、ブラウン運動それ自らよりもより一般的な事實であると明らかです。

より一般的に云ひ換へられることは通俗的には必ずしも解り易くなることではありません。なぜなら、既知の法則的事實のすべてを理解することは通俗者には望まれない場合があるからです。けれども之に反して科學者にはいつもそれが一つの説明として役だ

つにちがひないので。自然科學に於てはすべての現象的事實をかやうな法則的事實によつて置き換へる事を目的とするからです。

三

マツハ並びにキルヒホッフ等は自然科學の方法が記載であることを強く主張しましたが、そしてそれが實際に正當であることは上に論ずる通りであります。併しその記載は單なる記載に終始するのではなくて、それ以外に重要な要素が顧みられなければならないことを私は思ふのです。

即ち自然科學に於ける事實記載は決して個々の断片的にではなく、常に法則の形に於てせられなくてはならないことは、亦前節に示しました。私たちは併し種々の法則を見出した上で、それらを個

々の断片的に且つ断片的にその儘で残しおかうとはしません。私たちは更に一步を進めて個々の法則の間に存する關係を求め、出來得る限りより一般的な法則若くは原理に歸着せしめることに努めます。力學的法則と熱力學的法則との關係、磁氣と電氣と光との關係、物質諸成分の間の關係等はかやうにして既に私たちによつて求められました。そして私たちは之等の物質が示す現象的自然を悉く私たちの心に描く形像のなかに新たに構成しようとするのです。

自然科學の方法は説明でも單なる記載でもなく、一つの構成であると云ふことは、夙くカル・ノイマンによつて言はれたのでした。私たちの求める世界形像は即ちこの構成の結果であると謂はなければなりません。それは勿論やはり事實以外の何ものをもあらはす

ものではありませんが、併しそこには自然はあらゆる關係に於て連絡整序されてあらはれます。私たちがそのなかから一つの斷片的事實を取り出すときに、それはすべての他の部分とどんな關係に於て立つかが十分明らかに辿られるのです。他と連關しない何ごともそこにはないでせう。私たちは自然をその世界形像のなかにかやうに構成することに於て、自然科學の目的を達すると云はなければなりません。自然科學の事實記載はそれがこの構成の一部に與かることによつて、始めて眞の價値をもつとしなければならぬのです。

一つの構成をなすがためには何等かの足場が必要です。この足場なるものは足場それ自身として構成のなかに入ることには出來ま

せんが、私たちは最後に於て之を構成のなかに取り入れてその一部とすることは可能です。自然科學的世界形像を構成するに當つてその足場の役目をするものは、謂はゆる假説であると思ひます。そして構成素材は即ち法則でなければなりません。

實際に多くの法則の間に關係づけるために、私たちは最初何等かの假説を必要とするのです。なぜなら個々の法則それ自身は實驗又は觀測によつて直接に經驗的に確めることは出來ませんが、法則と法則との間の相互的連關は直接經驗に訴へることが出來ないからです。

たとへば、最初に引用したマッハの文のなかにある磁氣流體の假説の如きは、銅片の内部に磁氣の流動すること、流動と共に磁氣の強

さが持ち運ばれることなどの間に連絡をつけようとしてつくられた一つの足場であります。この足場は併し私たちが更に磁氣と電氣との間の關係をつけようとするに際し取り除けられて、アンペールの分子電流の假説によつて置き換へられ、それは更に後に電子廻轉の假説となりました。又化合物の種々の法則を關係づけるためにドルトンによつて分子及び原子の假説が一つの足場として導き入れられたことも周知の事柄です。分子、原子及び電子の假説は今日では、もはや單なる假説としてではなく、却つて實在的に存在する事實として見做されるやうになつたことは之等の足場がその儘構成のなかに取り入れられたことを示すのです。エーテルの假説の如きは最初光の諸法則を關係づける足場としてつくられたのでし

たが、之が空間中の電氣及び磁氣作用を同じ構成のなかに引き入れようとする際に、頗る危険な足場として改造されねばならなくなり、遂にアインシュタインの相對性原理によつて取り除けられる運命になりました。後に再び萬有引力現象の理論と共に、全く新たな空間それ自身に關する假説として始めて重大な足場をつくつてゐます。

構成の中心骨組をなすものは即ち一般的法則又は原理です。法則と云ふ原理と云ふのは根本的な差別をもつわけではなく、單に名づけ方の相違に過ぎません。この中心骨組さへ定まれば、その他のすべての支柱や補助梁は必然的に決定せられる程、自然科學の構成は一義的でなければなりません。即ちこの必然性は數學に特有な絶對的且つ確定的なものであつて、私たちは中心骨組たる一般

原理及び法則から數學的論理を應用して、支柱及び補助梁たる個々の法則を悉く演繹することが出来なくてはなりません。この演繹の可能なこと及びその徑路を示すものが即ち自然科學の理論なのであります。

たとへば、原子理論といふのは原子に對して與へられた根本性質から、原子の關與する諸現象の法則を導き出し得ることを示し且つ實際にその徑路を明らかにするところのものであります。相對性理論といふのは相對性原理なるものに基づいて同様に諸現象の法則を導き出すものに外ならないのです。

かやうにして自然科學に於ける假説と理論とは自然科學の方法が構成であると云ふことに關連して必要なものとせられなければ

なりません。そしてまた私は逆に、假説や理論の存在は自然科學が單なる事實記載を目的とするものではなくて、一つの構成を目的とするものであることを實際に示してゐると思ふのです。

最後に私はもう一度言ひ添へませう。自然科學に於ける構成は事實的なるものと事實的なるものとの結合であつて、決して單に思惟的なるもののみではありません。この事柄は恐らく自然科學の構成の認識論的價値を論ずるに當つて考慮しなければならぬ重大な點であらうと思ひます。

物理學理論の意味について

—

ニウトンは彼の「光學」書の最初に斯う述べてゐます。

「この書物のなかで私は光の性質を假説によつて説明しようとするのではありません。只之を展示しそして計算と實驗とによつて確かめようと思ふだけです。」

ニウトンはたとへその試みに對して成功したとは云へませんが、即ち私たちの知つてゐる通りに、ユイゲンヌの波動説に反對し波動媒質としてのエーテルの假説を無用として否定した代りに、光を物質微粒子の流れとして假定しなければならなかつたのでした。併

し、彼がその方法に於て假説から離脱し、ひとへに實驗の上に基礎を
あかうとしたことは、彼の研究の到る處に於て見ることが出来ます。
Hypotheses non fingo は彼の律言であつたのです。

多くの物理學者は恐らくこの態度を是認するでありませう。「經
驗的事實——これが實に物理學若くはより一般に自然科學を築き
上げる土臺でなければならぬ」と。けれども、それに拘らず、私たち
は物理學に於て尙ほ多くの假説に出遇ひます。さうしてかやうな
假説の上につくられる種々の理論なるものを云ひ聽かされます。
物理學に於ける理論とは抑も何ものを指すのでせうか。假説とは
果して何の價値もない無用のものでありませうか。
「理論とは何であるか——と、私が先づたづねなかつたであらうな

ら、私は決して本來の理論家ではなかつたでせう。」

と、誰しもが理論物理學者の第一階級の一人としてゆるすであらう
ところの、私たちのボルツマンは云うてゐます。「理論の意味につい
て」と題する一つの講演で、彼はなほ續いて斯う云ふのでした。

「人々には先づ理論が難解であつて、不熟者には何の言葉をもなさ
ないやうな、たくさんの公式で取り圍まれてゐるのが目立ちます。
けれども之ればかりが理論の本質ではありません。本當の理論家
は出来るだけそれを節約するのです。言葉で云はれるものを、彼は
言葉で云ひあらはします。只實際家の書物に公式が單なる裝飾と
して餘りに屢々掲げられるに過ぎないのです。」

「私の一人の友達は實際家をば、理論の何ものをも解しない人間と

して、更に理論家をば、抑も全然何ごとも解しないものとして定義しました。この皮肉な見解にも私たちは勿論反對しようと思ふのです。」

「私の意見では、理論の問題は純粹に私たちのなかに存在する外界の模像を構成するにあるのであつて、この模像はあらゆる私たちの思想並びに實驗に於て指導星として役立つべきものであり、従つて先づ思考過程の完成に役立つとも云ふべく、その大梗に於ける完成はどんな想慮を細かくつくる際にも私たちに利するものなのです。」

「かやうな模像を創つて之を外界に漸次に相應させると云ふことは、人間の思惟の本來の傾向であります。それ故たとへ模像の複雑

になつた一部の説明には混み入つた公式が必要にはなりません。けれども公式なるものは、どんなに非常に要なる表示形式ではあつても、必ずしも本質的なものではないのであつて、従つてこの意味で、コラムバスや、ロバート・マイエルや、ファラデーなどは眞の理論家であるのです。なぜなら、實用への希求と云ふことでなしに、却つて彼等の思惟のなかに自然を模像することが彼等の指導星であつたからです。」

私は既に前掲の一文「物理學に於ける説明、記載及び構成」のなかで、私たちが理論によつて始めて世界形像の構成に赴くことが出来ることを説きました。私たちがより深く考へるならば、外界なるものも抑も私たちの認識を離れて存在するのではなく、少くとも自然科

學的には、それが構成する世界形像以外に何等の客觀的な外界も成り立ち得ないわけです。従つて外界の客觀的認識は之が世界形像に統一されることによつて始めて完成されるのであつて、之がために私たちが理論を必要とするに到ることは勿論なのです。

ですが、私たちはこゝにもう一度事實經驗から理論に到達しなくてはならなかつた過程を考へなほして見ませう。理論の意味はなほあのづからそこに明らかになるでせうから。

二

私たちが自然の事實に接して之を觀測するに當つて、私たちがいづれかの感覺を用ひなくてはならないのは云ふまでもありません。すべての感覺の窓を閉ざしては私たちは遂に自然に對して盲なる

より外はないからです。ところが私たちの感覺には科學的に見て多くの錯誤や限界があります。どんなに細まかく視ようとしても或る程度以上の小さなものを見分けるわけにはゆきませんし、どんなに精確に測らうと思つても、全く誤らないとは云はれません。データも云つたやうに、經驗はいつも只半分だけしか經驗ではないのです。私たちはそれですから不確な經驗から本當の客觀的なものを捉み出さうとするには、寧ろ經驗を超えて進まなくてはならないのです。「經驗を超えて大膽に進めば進む程益々より一般的な展望を私たちが得、益々驚くべき事實を發見することが出來ます。でも亦私たちは益々迷ひ易いのであります」と云ふボルツマンの言葉は能く味ふべきものです。實際に不十分な經驗それ自身だけに踏み

止まつてゐたのでは、いかにしても完全な法則を見出すことは出来ないのですが、之を超えてどう進むかについては、適當な指導標が必要であるでせう。之れなしには私たちは徒らに迷路に彷徨しなくてはならないからです。何が經驗を超えるときの指導標として役立つのでせうか。

私は一つの實際例として、ガリレイの惰性則をこゝに引きませう。「一つの物體は何等外部からの影響なくして、それ自身の運動を続けるとき、之は一定の速さをもつて真直ぐに無限に至る」と云ふのがこの法則の要求する處です。法則は經驗的事實を云ひあらはしたものでなければならぬのに、私たちは決してこの惰性則の示すやうな運動を経験することは出来ません。第一に、どんな物體も外部か

らの影響を少しも受けないやうな状況におかれることは出来ないのです。なぜなら、すべての物體がお互に引力を及ぼし合ふと云ふことは一方に萬有引力の法則から知られてゐることであり、従つて地上にある物體同志の間にはどんなに小さくともかやうな引力がはたらいてゐます。そればかりではなく、お互に接觸し合つてゐる物體の間には著しい摩擦や抵抗がはたらくのですから、物體が空間に孤立しておかれない限り、この種の接觸力から免がれるわけにはゆきません。それですから、惰性則の云ひあらはすやうな物體の運動は、若し絶対の精確さを期しようとするならば、決して實際に實現し得るものではなく、却つて一つの思考實驗 (Gedankenexperiment) に過ぎないであります。

惰性則ばかりではなく、他の殆どすべての概括的法則は、直接に精確な經驗的事實に相應するものではなくて、どれも或る意味に於て思考實驗に相應するのです。ニウトンの萬有引力の法則にしてもそれは直接には二つの質點の間の力を云ひあらはしてゐますが、實際には或る大きさをもつてゐるばかりでなく、多くの天體が宇宙間に存在してゐて單に二つの天體だけの引力は事實上は經驗せられなぬのです。そして三つ以上の天體のこの引力則による運動は、それが三體問題として有名になつてゐる通り、私たちの既知の數學で完全には解くことの出来ないものなのです。即ち私たちはこの場合に觀測上の近似と共に、亦理論上の近似をもつて満足しなくてはならなかつたのです。之等が何故に萬有引力の法則を絶対に精確な

ものとして信憑する根據となり得るのでせうか。私はこゝに何等か別の要素が加はらなくてはならないことを思ふものです。この別の要素なるものが、私たちに實際の經驗を超えた思考實驗の價値を語るものでなければなりません。

私たちの思考實驗は併し純粹に思考上のものに止まるのではなく、それはどこまでも經驗が之に近似し得る可能性をもつてゐなくてはなりません。直接であるにしても間接であるにしても、この近似を缺いては、私たちは自然法則が經驗的事實の上に立つと云ふ本旨を失ふに到るでせうから。

ガリレイはその惰性則と經驗との近似を次の巧妙な理論的演繹によつて示しました

$$v^2 = 2gh$$

gなる重力加速度をもつて、一つの物體がhなる高さだけ落下すれば、 $\sqrt{2gh}$ なる速度を得ます。逆に物體にこの速度を與へて投げ上げれば、hなる高さまで達するでせう。之は十分の近似をもつて經驗せられる事實です。ところで物體に同じ速度を與へて、併し眞直ぐに投げ上げる代りに、滑らかな斜面に沿うて投げ上げるならば、物體はやはり高さhなる斜面上の點まで達するでせう。この事實は斜面の摩擦のために既に實現に困難を感ずるでせうけれども、振子をもつて尙ほ近似的に經驗することが出來ます。振子は圓弧を描きますが、糸が相當に長ければ圓弧は直線に近いのです。そして最初離された位置から、糸が鉛直になるまで落下した高さは、丁度このときの速度で運動を續けて再び上りつめるまでの高さに等しい

のです。若し振子の支點の眞下の或る場處に豫め釘をおいて糸を妨げるならば、糸が鉛直になつた後には、釘から下方の糸だけが反對の側に曲がることが出來ます。即ち振つてゐる糸の長さを短くしたと同様で、従つて後半に於ける圓弧は前半に於けるそれよりも短い半徑のものに相當するでせう。之れは丁度前半と後半とが異なつた傾斜をもつ斜面であるのと同様です。つまりどんな傾斜の斜面を用ひようとも落下の高さと上昇のそれとが等しい事は、この振子の場合から推することが出來ます。私たちはそこで後半の傾きを減じて行つたとすれば、之に沿うて昇る物體は、同じ高さに達するまでにより長い行程を續けなくてはなりません。そして斜面が漸次水平に近づいて遂に全く水平面に合致する極限に於ては物體はh

なる高さに到達するため無限にその運動を繼續しなければならなかつたでせう。之が即ち惰性則に従ふ運動に外ならないのです。かやうにして惰性則が一つの極限として結果することは、私たちに取つて極めて興味深いことです。経験を越えるといふことは即ち勝手にその限界を越えるといふのではなく、私たちの感覺上並びに方法上の缺陷による経験を補正して、それが理想的にあるべき極限に導くと云ふことに歸するのです。それが経験事實その儘ではない點で確かに思考的經驗としてでも云ひあらはすべきものではありませんが、しかも私たちはそこに本來の客觀的事實を求むべきであることは、上來の説明によつて明らかにせう。

三

即ち私達の経験を基礎として、其の經驗の法則の限界を廣げようとする。

現實の感覺に映ずる經驗事實からして、自然科学が求める本來の客觀的事實に進むためには、後者が一般に單に思考實驗に相應するものであることを見ますと、既にいつも或る思考過程を必要とすることが判るでせう。上に引いた例で示されるやうに、私たちは物體の純粹の惰性を知るために、通常物體にあらはれる他物體の影響を思考的に全く取り除くことを必要としたのでした。こゝに私たちは或る論理を借りなくてはなりません。ガリレイが振子の場合の近似的經驗から出發して、惰性則に導いたところのものは即ち一つの論理です。同様にニュートンが太陽系内諸星の運動の近似的經驗から萬有引力の法則に達した経路も亦私たちに普遍的な一つの論理に外ならないのです。

私はこゝで私たちの論理の普遍性に注目したいと思ひます。私たちの純粹思惟が産むところの論理は、實にその最も驚くべき性質として、かやうな普遍性をもつてゐるのでした。感覺及び感情に於て最も明らかに個性的である人間が論理に於て全く普遍的であることは何といふ著しいことでありませう。數學の普遍的に成り立つことは、この必然の結果でありませうけれども、科學の普遍性も亦大いに之が與かつてゐるのを私は見遁がすわけにゆかないのです。私たちと論理を異にし若くは殆ど論理の純一體系を有しない人間を見出したときに、私たちが之を狂者として取り扱ふことの出来るのは、實に私たちの一つの大きな權利であつて、この權利の根據を私たちはその普遍性そのものに置くより外はないのです。

論理の普遍性は私たちの自然科學的法則の普遍性を近似的經驗のそれと結びつけてゐます。しかも或る一つの經驗が近似的であるとは抑も何によつて保證づけられ、従つて亦近似的經驗の普遍性は抑も何によつて示されてゐるのでせうか。私たちはもとよりその大體に於ては經驗事實にたよることが出来ます。否、之れ以外により正しい方法はないことをも知つてゐます。けれどもその極めて細微な點に至つては、經驗事實は、私たちの感覺限界のためにもはや依頼し得るものを與へないばかりでなく、個々の經驗はそれぞれに異なつた結果を與へるでせう。その何れを選ぶかについて私たちは再び思考にたよらなくてはならないのです。こゝに私たちの思惟が自然法則にはたらく最も重要な要素が存在すると私は思ひ

ます。

ガリレイの惰性則が最も精確に自然の客觀的事實をあらはすと
 する意見のなかには、私たちが正直に自分を省りみるならば、それが
 私たちの或る思考的要求を満足すると云ふことの含まれてゐるの
 を恐らく否むわけにはゆきませぬ。私たちの思考し得る最も簡
 單な運動として、それが直線的且つ等速的であると云ふことは確か
 に最も眞らしき (höchst wahrheitlich) のであります。この最も眞らし
 いと云ふ言葉は物理学の理論に於て私たちが屢々出遇ふところの
 ものであつて、いつも見出されたものが私たちの思考的要求を満足
 すると云ふ意味に解されます。

萬有引力が距離の二乗に逆比例するといふ場合でも、距離の指數

が完全に $-\frac{2}{r^2}$ であるか、又は之と極めて僅か異なつた數であるか、若く
 は他の指數をもつた項を伴ふかどうかは、單なる經驗事實からは容
 易に判斷されません。現にニュートン自身も萬有引力則のかやうな
 變化が多くの惑星運動の不規則性を導き出すことの出来るのを論
 じ、後ホールは水星の近日點運動を説明せんがためには、距離の指數
 を $-\frac{2.000000123}{r^2}$ とすればよいことを計算しました。けれども私た
 ちが引力のポテンシャル論を發展し、そこに與へられる第二次微分
 方程式の解として引力の積分法則を引き出すとき私たちは距離の
 二乗に逆比例することを、より自然的として感ずるでありませう。
 近時のアインシュタインの相對性理論に於ては、萬有引力ポテンシ
 アルの満足する微分方程式が以前のポテンシャル論に於けるよりも

遙かに複雑になり、従つてその積分は單純に距離の二乗に逆比例するものとはなりません。しかも私たちが之をより真らしいとする所以は、一つには觀測的事實が之により近似することが確かめられるからであると同時に、もう一つには理論の根據たるところの運動の一般相對性が從來のポテンシャル論の假定よりもより多く私たちの思考的要求を満足するからに外なりません。

この思考的要求を満足すると云ふことは實に自然法則の一つの本質であると私は思ふのです。抑も自然の客觀的本體即ち私たちの世界形像はこの意味に於て私たちの思惟、従つて亦その論理に合致するところのものでなければなりません。マッハの謂はゆる思惟經濟の原理もその歸結するところは之に外ならないのであると

私は思ひます。

マッハはこの原理に於て、私たちの思惟による種々の可能な關係のうち、最も經濟的なるべきものをもつて私たちが自然法則として選ぶに過ぎないと主張してゐますが、私たちは寧ろかやうな選擇に對しては——若しそれがあり得るならば——いつも經驗によつて制限せられてゐるのです。異なつた二つの思考形式に相應する自然法則は、必ずしも互に近似的ではありません。私たちはそれ故にかやうな二様の法則のうち何れが、そのすべての歸結に於て經驗と近似するかを判別することが出来るのです。それがたとへ今日に於て可能ではなくとも、少くとも將來に於て之を期することは出来るのです。私はこの意味で自然法則の唯一性を信ずるのです。た

と互に近似的な多くの経験のうちで、どれが最も客觀的・自然に近似するかを判断するに當つて、私たちは或る思考的要求をもたなくてはなりません。自然が之を満足するものであり、マッハの意味に於て最も思惟經濟的であるといふことは、抑も私たちがかやうにして自然を見出すことにより、之に歸せらるべき當然の性質でなければならぬと思ひます。ニウトンの萬有引力則と、アインシュタインのそれとの何れが果して思惟經濟的であるかは、單なる思惟の問題としては決して俄かに判断することは出来ません。若し通俗的な見解から云ふならば前者の方が後者よりもより多く思惟經濟的であるでもありません。しかも世界形像の上からしては必ずしも然うとは云へないのです。畢竟この兩者を裁断すべきものは、思惟で

はなくて近似的経験であるのです。たゞ併しながら、ニウトン並びにアインシュタインの法則は之等と極めて近似せる他の法則よりもより多く思惟經濟的であることによつて、その事實的價値が保證づけられるのであります。私はこゝに數學に於ける變分 (Variation) の無限小なる性質を頭にもつてゐるのです。

形而上學的考察即ち單なる思考的要求が私たちを往々にして誤れる途に陥れることを、私たちは既に古代自然科學に於て経験しました。惰性則に關して昔時は、静止物體が力を受けない場合に運動を起さないことを知つてゐました。ところがその當時の人たちは、この事實から思考的に、その逆を眞であるとして導いたのでした。即ち運動のある處には之を保續する力がはたらいてゐなければな

らないと結論しました。彼等はこの思考に基づいて、手から投げ出された物體が手を離れた後に尙ほ運動を續けるのは、どんな力によるかをさへ求めるのに苦心した程です。ガリレイに到つて本當の惰性則が見出されたのは、彼が更に忠實に經驗的事實を分析したからです。經驗事實と思考的要求とが自然法則に對する關係については、以上詳述した處から悟ることが出来るでせう。

四

經驗事實が極微細な點で必ずしも客觀的自然に一致しないと云ふこと、即ちそれが近似的であるといふことは、自然科学の方法上に於ける一つの避くべからざる缺點であり、之がために自然法則並に物理學の理論そのものも永久に動搖するであらうと思はれてゐる

のですが、併し私たちの思考的要求及び論理の普遍性は或る程度まで之を除いて、自然法則の最も真らしい形式を見究めることを私たちにゆるすことは既に論じた通りです。そればかりではなく、經驗事實の近似性は却つて多くの場合に、私たちが真らしい法則へ到達するための近道をつくるものであることを思へば、私たちは必ずしも感覺や實驗方法の限界の存在に對して單に自らを呪ふわけにはゆきません。

水平面の上を殆ど摩擦なしに轉がる球があつたとしませう。私たちは之を極度に精確に觀測することが出来たとしたなら、私たちはすぐに之からガリレイの惰性則を見出すことが出来たでありませうか。それは恐らくガリレイが三百年以前に惰性則に達し得た

程容易の仕事ではないにちがひありません。なぜなら、ガリレイの惰性則は物體の運動が謂はゆる惰性系から観測された場合に始めて成り立つのに反し、第一に私たちの實驗が既に惰性系に對して複雑な運動をしてゐる地球上でなされてゐるといふこと、第二に水平面そのものは實は地球を圍む一つの等ポテンシアル面であつて、必ずしも幾何學的平面の一部ではないといふことなどの爲めに、球の運動は決して直線的ではあり得ないからです。あらゆる精確さをもつて實驗がなされたところで、この球の運動の複雑な有様が私たちのまへに明らかにされたとき、どうしてそれから惰性則が歸納されるでせうか。それは却つてこの法則の發見にとつて一つの不幸な運命でなければならなかつたでありませう。

ニュートンの萬有引力則の發見に導いたところのケプレルの惑星運動の法則にしても之と同様です。若し三百年以前の天體觀測が今日なされてゐる様な精密さをもつてゐたとしたならば、惑星が楕圓軌道を描くと云ふことは寧ろ事實ではないとして否定されたでもありませう。さうしてニュートンの引力則はさう容易には結果しなかつた筈です。ブラウン運動のやうな現象が普通に知られてゐたら、熱力學の第二法則は却つて容易に認められなかつたでせうし、スペクトル線の細微構造が最初からわかつてゐたなら、却つてその系列法則の發見も遅らされたかも知れません。之等の事情を考慮すれば、私たちはあらゆる經驗事實の近似性に對して、寧ろそれ程多く悲觀することを要しないのでありませう。

經驗事實の近似性を超えて私たちが一步を進めようとするときに、私たちの思考的要求が之に加勢して私たちを導いてくれるのです。私たちは之によつて經驗そのものから自然の客觀的認識に移ることが出来るのです。この認識をより深く進めてゆくこと、即ち最も思惟經濟的なる本質を明らかにし得るやうな思考的要求に赴くことが、即ち私たちの理論の役目なのであります。理論によつて私たちは直接經驗に可能な概念から、より高い認識に相應する概念へと導かれるのです。そしてかやうにして私たちは始めて世界形像を構成することが出来るやうになるのです。何故に經驗事實そのものが自然科学の本體を形作らないで、却つて一つの思惟的所産たる世界形像及び之に關聯する理論が客觀的自然を代表するか

といふ問題は、今私たちに恐らく正しく解くことが出来るでせう。

感覺による私たちの直接經驗は科學的にはそれだけでは甚だ不十分なものであることは云ふまでもありません。物體の形とか色とかは最も原始的に感覺に映ずるものですけれども、之をすぐに自然科学的な認識として取り扱ふわけにはゆきません。謂はゆる錯覺諸現象を論外におくとしても、なほ視覺によつて知られた物體の形はその空間的形體の一つの投影であるばかりでなく、物體と眼との中間に存在する他の物質たとへば密度の一樣でない空氣とか硝子とかによつて著しく左右せられてゐるのです。私たちは幾何學的光學の理論によつて之等の事情を知つた上で、始めて物體の客觀的形體の判斷に赴くことが出来るのでせう。又地上に於いて觀

測する私たちが地球自身の形體を知らうとする場合には、地形測量や天體觀測や種々の複雑な實測と、そして之に伴ふ理論的考察とを要したのでありませう。物體の色についても、單に赤いとか青いとかの通俗的な言葉は決してこの色を十分に特殊化し之を再現するために役立ちません。繪具で模寫するとしても表面の吸收度や反射度を異にすることによつて完全に再現することは不可能です。私たちはたゞスペクトル分析と光の理論とによつて色の認識を始めて物理學的に正確になすことが出来るのです。

ともかく私たちの事物の最初の物理學的認識に到達するには、既に或る法則と理論とを必要とすることは、之等の例から判ります。私たちが更に最後の世界形像に向つて進むためには多くのこの様な階段を踏み上らなくてはならないのです。物理學に於ける假説はこの階段を踏み上げるために私たちが力を借りるところの杖でもありませう。

物理學的な力の概念はまだ直接經驗のなかに含まれることが出来ずけれども、一歩進んだポテンシアルなる概念は、たゞ理論的に力と關聯するだけで、既に直觀を超えたものです。それですから初學者にはとかくポテンシアルは解し難いものとして見做されることも事實です。屢々之を水平面に例へて直觀を助けることがなされませんが、スカラー・ポテンシアルから更にヴェクトル・ポテンシアルの如きものに進むともはやそれも出来ません。エネルギーや運動量なども略ぼ之と同等な理論的概念であり、之が更に進んで作用量

に到ると、私たちは遂に直觀的に之によつて何ものを捉んでいゝのか、全く判らなくなつてしまひます。エントロピーなる概念も亦之と同等であつて、それ故之等の諸概念を含んで、物理學の最高法則として見做されてゐる最小作用の原理や、エントロピー増大の原理の如きものは、通俗的に最も難解のものとなるのです。近時の極めて重要な量子論なども、それが作用量に關するだけむづかしいのです。

之等の概念や法則原理はたとへ直觀に遠いと云つても、それ故事實を離れてゐるとは決して云ふことは出来ません。却つて種々な客觀的事實の核心がこゝにあるとしなければならぬのです。そして理論が私たちを最も外廓的な直接經驗からこの核心にまで導

いてくれるのです。理論なしには私たちは遂にこれを望むことも、こゝに歩み入ることも出来なかつたのでありませう。

覺
感覺の限界とその超越

—
前文に於て、私は「物理學理論の意味について」と題して、自然の事實に對する私たちの感覺的經驗の不精確さを補つて普遍的な客觀的事實の認識に到達するために、或る思考的要素を之に附加することの必要であるのを説き、こゝに理論が生れ、そして之によつて私たちは同時に直接經驗よりもより高き概念認識に達し得ることを述べました。

私は更に進んで、この理論が從來の物理學でどんな方法によつて現はれたかを考察し、之の認識論的價值を究めなくてはなりません。

なぜなら、之等の理論が若し正常な事實認識に相應し得ないものであつたなら、私たちが抑も思考的要素を附加して感覺的經驗そのものを超越することは、却つて一つの誤まつた道であるかも知れないからです。ニウトン及びその他の科學者によつて假説の設立が廻避せられた所以もこの點に存するのであつて、彼等が強ひて過誤を犯さない消極的な併し確實と思惟せられる範圍のなかに踏みとどまることに満足した心を諒とすることは出来ません。けれども私たちの經驗そのものがそれ程確實なものではなく、しかも私たちが法則の絶對普遍性を期するに於て少くとも或る程度の假説と理論とを必要とすることが明らかにせられるならば、之れをしも尙ほ正しい科學的認識として見出さなくてはならないことが悟られるであ

りませう。こゝに科學理論に對する積極的な肯定が始めて存立するのである。

實際に私たちは近時の物理學理論に於て、まことに驚くべき感覺限界の超越を見ることが出来ます。しかもそれが一つの深い事實的認識としてゆるされることは誰しも疑はないのです。私は本篇に於て少しく之等の事情を説述してみたいと思ひます。

二

物理學の理論は最初感覺の直接對象となるやうな物質的諸現象について成立したことは勿論です。物體の運動に關する法則に始まり、流體力學、弾性力學から熱力學に及び、更に電氣力學に達したことは私たちの能く知るところです。そして之等に於ける基礎法則

はすべて微分方程式の形に於て與へられてゐます。ところで之等の微分方程式は果してどの程度まで經驗的事實に相當するであらうか。

通常かやうな方法で得られた微分方程式はそれぞれの場合に、少くとも私たちが直接に經驗し得る有限の空間的並びに時間的の範圍に於て事實と一致するやうにつくられ、そして實際に種々の經驗によつて近似的に確かめられてゐます。微分方程式のなかに入り込む量は悉く適當な方法で測定し得るものであつて、私たちは之に夫々物理的概念を與へることが出來ます。従つてかやうな法則のなかには謂はゆる假說的概念を含むことなく、そのすべては直接經驗にあらはれるものとして最も確實な事實的關係と見做されてゐ

ます。

例へば、弾性力學の基礎方程式

$$\begin{aligned} \rho \frac{dv_x}{dt} &= \rho K_x + \frac{\partial P_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial P_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial P_{xz}}{\partial z} \\ \rho \frac{dv_y}{dt} &= \rho K_y + \frac{\partial P_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial P_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial P_{yz}}{\partial z} \\ \rho \frac{dv_z}{dt} &= \rho K_z + \frac{\partial P_{zx}}{\partial x} + \frac{\partial P_{zy}}{\partial y} + \frac{\partial P_{zz}}{\partial z} \end{aligned}$$

に於て、 v_x, v_y, v_z は三つのデカルト空間座標並びに時刻 t は密度 ρ 、 v_x, v_y, v_z は速度座標分、 K_x, K_y, K_z は單位體積毎にはたらく體積力座標分、 $P_{xx}, P_{xy}, P_{yx}, P_{yy}, P_{yz}, \dots, P_{zz}$ は張力座標分であつて、之等はすべて各の點に對して實際に測ることが出来るわけでありませう。

私たちは一般にこのやうな關係で經驗的事實を云ひあらはすことを數理物理學上の現象論的方法と名づけてゐるので、之が物理學に於ていかに有效な、そして間違ひのない方法として認められてゐたかは、物理學の歴史を繙くものに取つて極めて明らかでないことであらう。

けれども私たちが一步を進めて、事實を更に精細に觀測し、そして再びかやうな現象論的方法がもたらす結果に戻つて考へるときにそれが果して正しい事實認識を云ひあらはすかどうかについて多少の疑を生じなければならなかつたであらう。

先づ第一に、上の方程式では物質が絶対に連續的であることが假定されてゐます。私たちは張力分布の關係を知るために一度は物

質を微小な體積をもつた或る形體の要素に分割し、之に於ける力を計算し、その上で、この體積要素が無限小になつた極限に於て上の方程式を導き出し得たのでした。それですから、之は物質の各點で無限小な範圍に於て成り立つのであつて、單位體積毎にと云ふやうな言葉は、更にこの無限小な範圍の内部に限られたものでなければなりません。無限小な範圍それ自身の大いさは數學的には決して一定のものではありません。即ち物質内に於ける彈性状態の變化が感覺的にあらはれないやうな範圍はいつもそれをこへて云ふところの無限小の範圍として見做すことが出来るのです。この極めて不定な、そして感覺に依存する無限小なるものは、果して私たちの物理學的認識を満足するであらうか。

實際感覺的にあらはれる限り之はどこまでも事實と一致し、若くは少くとも近似するでせう。けれども一切の感覺的要素を取り除くことは、私たちの普遍的な自然認識の要求する處であつたのでした。たとへそれは個性的感覺に屬するものではなく、物理學的實驗の方法に一樣に與かる感覺限界に關するものではありますけれども、併し私たちの自然認識は、私たちのすべての感覺がにはかに消滅したとしても、尙ほ嚴存するであらうと思惟せられるところの客觀的意味を含んでゐるのです。その上で私たちは始めて感覺を超越した世界の客觀的責任をもの語ることが出来るのです。

現に今日ではもはや物質の最後まで連続的構成は信ぜられないやうになり、その分子的若くは原子的構成、なほ進んでは原子内

部の構造さへも問題にせられるやうになりました。この立場から見れば、物質は或る有限数の一定の構成要素から成り立つてゐるのであつて、たとへ直接感覺に預からないとは云へ、上の彈性方程式が勝手に假定してゐる無限小の物質領域なるものは、少くとも認識論的に不完全な一つの物質形像でなければなりません。

第二に、この彈性方程式は時間に對して純粹に可逆的であることを假定してゐます。この事實は、私たちが通常實現し得る大いさの力のもとで、又通常の經驗が繼續せる程な有限の時間内に於ては、感覺的に確かめられることではありませうが、この制限を超えて力が増大し、若くは異常な長時間の後に之を實驗した場合には、明らかに非可逆的な彈性餘効なる現象を呈することが知られるでせう。さ

感覺の限界とその超越
elastic after effect

うすれば、通常の場合に於ても、若し事實をどこまでも精細に觀察することが出来たであらうなら、たとへど程微小であつたにしてもこの餘效現象が既に存在してゐるであらうことが想像されます。實際私たちの分子論的考察はすべての場合にかやうな餘效現象の伴ふことを肯定させるのであつて、時間に對する現象の非可逆性は熱力學に於けるばかりでなく、すべての他の現象範圍に於ても、有限な物質については可能であることが認められなければなりません。之等の關係を考慮したならば、私たちは現象論的方法によつて導かれた方程式の時間的可逆性は必ずしも常に事實認識に相應するものでないのを悟ることが出来ます。

第三に、私たちが近時の諸實驗に於て新たに經驗した處によれば、

非常な低溫度に至るに従ひ、物質の諸性質は從來通常の溫度で現象論的に見出された法則からの著しい外づれを呈し、そこでは物質が少くとも有限數の自由度を有つとしなければならぬのであつて、即ち一定の分子又は原子的構成並びにその間に於ける特殊な(量子)關係を考慮に取らなくてはならないことが示されました。物質の彈性も亦低溫度に於てはこの思索に據らなくては、事實をあらはし得ないので、この點からも物質の連續性の認識は棄てられなければならぬのでした。

勿論、私たちは之等の事情にも拘はらず、現象論的方法によつて導き出された法則が常に或る狀況範圍に於ては、經驗的事實に近似し、従つて之を用ひて種々の場合に事實を豫想するのに役だつことを

否定しはしないばかりでなく、この目的のためには上に記されたやうな微分方程式が恐らく最も適當なものであり得ることをさへ認めます。けれども一方では之はどこまでも實用上有效なだけであつて、事實認識のためにはいつももう一步深い立場に達しなければならぬのを思ふのです。

三

前節に例示した彈性力學の方程式に對すると同様な難點は現象論的方法による理論物理學の到る處にあらはれます。

即ちいつも微分方程式が物質内部につくられるときに考へられる體積要素なるものは數學的に無限小ではあつても、物理學的にそれが果してどれ程な大いさをもつべきものであるかは、却つて初學

者によつて屢々疑問とせられることのあるのは、その認識論的根據の缺けてゐるためであります。

私たちは亦力學の最初に於て質點及び剛體なるものを假定しますが、それらは單なる數理物理學的對象であつて、決して認識論的にゆるされる物理的實在ではありません。空間的な大いさをもたない、しかも有限な質量を荷つてゐる物質點なるものは、假想的なるより外に、實在的として思惟することは出來ないのです。なぜなら、物質はすべて有限な密度をもたなければならぬのに反し、質點の密度は無限に大きくなるからです。若しこの物質が質量に起因する力の場をその周圍に運ぶとしたならば、かやうな質點のエネルギーは無限に大きなものでなければならなかつたでせう。從來私たち

は併し物質が静止せる場合の全エネルギーを測り知ることが出来なかつたので、従つて之に立ち入つて論ずる必要もなく、その限りに於て力學は質點の假想をゆるしてゐたのでした。ところが之と同様な例は先づ電子の力學に於てあらはれました。即ち電子は有限の電氣量を荷なふためにその周圍に電氣力並びに磁氣力の場を起します。この力の場に有限なエネルギーが歸屬せられるために、私たちはその場の源泉たる有限な電氣量が或る有限な空間範圍に分布せられなくてはならないことを知つたのでした。従つて電子なるものは、いかに小さくとも或る有限な體積を占有しなくてはならないことが結論されました。

電子と同様に、純粹質量のみが歸せられる物質も亦實際に萬有引

力の場をその周圍に運ぶことは既に知られた事實です。若し萬有引力の場の強さが一定の關係に於てその源泉たる質量と結びつくならば、この場の強さが有限である限り、有限な質量は必ず或る有限な空間範圍に分布されなければなりません。それ故に少くとも有限質量をもつた物質の思惟せられ得る最小形體は、この點から見れば、決して質點ではなくて、或る有限體積を占有するものなのです。この意味で亦、分子論に於て分子を一つの力核として幾何學的な點と考へたやうなことも、同様に認識論的に正しいものではなかつたのです。

剛體なるものもやはり一つの假想體であります。それでも以前には實際の彈性物體の一つの極限と思考せられ、之に十分近い様な

現實的な物體も或は可能であり、且つ外力の十分小さい場合には通常の物體さへも之と同等な性質を有するとせられてゐたのでした。けれども近時の相對性理論に従へば、どんな物體も之が運動におかれるときには運動方向に短縮し、速度の増大するに従つてその割合著しく、光速度に達して遂に運動方向の長さが零となるのです。それですから、たとへ外力が小さくとも、高速度の運動では物體はもはや剛體の法則に従ひません。そればかりでなく、剛體内部に於ては弾性力は無限に大きな速度で傳はるのに反し、相對性理論ではどんな力も光速度より大きな速度をもつことは出來ないので。つまり以前に思考せられた剛體なるものは、もはや實在的の物體の一つの極限としてはどうしてもあり得ないわけになつたのです。私た

ちは彈性體にたとへ連續性を與へようとも、その彈性的に最も剛直的な極限としてこゝに新らしい相對論的剛體を假想しなければならぬのでした。そしてそれが分子的構成をもつ場合に、私たちは更に複雑な思考を必要とするのです。

電氣理論に於て、ファラデーが創説した電媒質内の電氣的偏極の如き、その個々の二重極の大きさを私たちがどれ程に考へてよいかといふ疑問も、亦體積要素の大きさに關すると同様に起ります。分子論的考察によれば、之は各の分子又は原子内に於ける電氣的變位、即ち電子の位置移動として常に一定の範圍に限られなければなりません。尙ほまた電流及び磁氣の如きも、現象論的に之等が一種の流體のやうに解釋されましただけでも、現時私たちは電子の運動に

伴ふ現象として見做すことは、説明を費す必要もありません。

既にボルツマンが指摘したやうに、物理學上の微分方程式を應用するに當つて、物體が有限數の要素から構成せられてゐることを暫らく見通がすことはゆるされるにしても、抑も之を實際に否定してはならないのであつて、その關係は丁度次の様な數學的の例に似てゐるのです。

「若し私が或る人に向つて、

$$1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} \dots\dots\dots$$

なる級數を示して實際に無限に多くの項を寄せ加へて見よと云ふならば、彼は之を實行することが出来ないであります。けれども

私が彼に多くの項を加へて、それ以上項を増しても結果がもはや著しくは影響されないやうな處まで達せよと云ふならば、私は即ち彼に明らかに實行し得る一つの豫件を與へたわけでした。この級數の無限に多くの項の和が2に等しいと云ふすべての證明は、單に、或る人がその上に數千項をも取つたとしても2なる値を、超えることは決してなく、之にいつも、より近く來ると云ふことを意味するに過ぎません。」

四

物體の分子的構成はかやうにして一つの事實認識として、否定することの出来ないものであります。けれども分子それ自身、従つて分子を構成する原子及び更にその構成要素としての電子に至つて

は、遂に感覺による直接經驗にはあらはれることの出来ないもので
す。若し私たちが物理学に於てかやうな直接經驗のみを記載する
に嚴に止まらなくてはならないのであるならば、恐らくは分子、原子
又は電子の存在は無益な假説に終らなければならなかつたでせう。
現に私たちは物理学の歴史に於て、謂はゆるエネルギー論者と云は
れる人達がこの立場を主張したことを見るのです。

併しながら私たちは實際の經驗のみが事實を十分に語るに足ら
ないことを悟らなければなりません。そこには感覺的經驗
と純粹思惟との密接な交錯が必要とされるのです。そして之によ
つてのみ私たちは本當の客觀的事實認識に到達することが出来る
のです。

例へば私がこゝに物體を薄い板に削つたものを取るとしませう。

この板の彈性や熱傳導や電氣傳導の現象を見る限りに於て、私は之
の表面を一つの平面として見做すことが出来ます。けれども私が
この面に光をあてる場合に、それが若し亂反射を呈するならば、私は
之をもはや平面と見ることは出来ないでせう。更にこの板を透し
てエックス線を通過させるときに、そこに或る干涉圖形を投影する
ならば、私は之から物體の非連續的構成を結論することが出来たで
もありませう。板を手に觸れて見る限りに於てそれが感覺的に連
續平面をなすと云ふ一つの經驗は、もはや種々の現象を思考する場
合に、確實な事實として維持することは出来ないのです。

物質が化學的に化合し分解する諸現象の法則は、私たちに最初に

分子並びに原子の假説を與へました。物體の熱現象に關する諸法則は、その分子的構成を假定することによつて、極めてよく説明されました。特に著しいことは、熱現象の非可逆性即ちエントロピー増大の原理が統計力學的考察のもとに分子論から結果することです。そして更にブラウン運動の現象は私たちに分子運動の存在を歸結させずにはおきませんでした。之等は實に何と云ふ驚くべきことであつたでせう。直接感覺に觸れる事の不可能な分子は、いま明らかになつた實體として思惟的に認識されねばならないのでした。

私は更に今日電子が既に同様な實體として認識されるに至つた経過をこゝに述べるには及ぶまいと思ひます。電子なしに今日の物理學はその何れの部分もはや存立することは出来ないであり

ませう。私たちの感覺限界を遙かに超越したかやうな對象が一つの實在として認められるに至つたことは、まことに私たちの物理學理論の驚異すべき一つの結果です。

私は最後に、物理學に於ける最も著しい假説の一つとして導き入れられたエーテルについて語らなければならぬのを感じます。もと真空空間は私たちの感覺的對象の何ものも存在しない場處として考へられました。そこに始めて光が通過することが問題とせられたときに、光の波動的性質から推論されて、或る彈性的媒質の存在が假想されたのでした。エーテルと名づけられたこの媒質は、併し私たちの感覺の何れにも觸れることのない一つの不思議な物質であつたのでした。ところが、光も亦電磁氣力の波動に過ぎないこ

とが證明せられるに至つて、同時に亦電磁氣力の媒質でもなければならなくなつたエーテルは、もはやその彈性によつて之等の現象を呈するとすることが不可能になりました。私たちは即ちエーテルからその唯一の物質標識たる彈性を奪ひ去ることによつて、エーテルの物質としての認識を全然失つてしまふことになつたのです。この事の結果はエーテルからその過重な荷を取り除くための最もいい機会を私たちに與へたのでした。なぜなら、エーテルに物質性を認めようとするために、私たちは單なる彈性の外に、強ひて之に或る有限な密度を假定しなければならなかつたからです。しかも私たちは尙ほその外に通常の物體が所有する運動可能性や不透入性をも備へしめようとして失敗に終つたところの苦い經驗をさへ嘗

めさせられてゐたのです。いまエーテルを物質性から解放することによつて、この慘ましい失敗を忘れさせ、感覺的に全く知られない無用な密度分布をも廢棄させ、私たちをしてより氣安さを感じしめることが出来たのでした。そればかりでなく、之と同時に純粹に連續的構成を有つと思惟せられるエーテルを物質と差別することによつて、一方に物質の非連續的構成の認識を益々確立せしめるようになったのは、亦見通がしてはならない處です。

エーテルの假説はその最初に於て多少迷路を歩んだと云はなければなりません。併し之が上のやうにして遂に偉大なアインシュタインの相對性理論を生むに至つたことを思へば、それが必ずしも無益なものではなかつたでありませう。そして相對性理論に基づ

く萬有引力論は、更にエーテルの本來の使命として萬有引力の場を荷なふようになし、之と電磁氣力の場とのみを通じて私たちの物理學的認識にあらはれる一つの對象とさせました。私たちはこゝにも亦感覺の或る超越を見ることが出来るのです。なぜなら、私たちのエーテル即ち物理的空間それ自身は今日なほ依然として少しも感覺的對象となるものではありませんけれども、しかもその歪みの状態の如きものを到る處に理論的に認識することが出来るからです。

五

感覺的經驗の範圍に嚴に踏み止まることは必ずしも完全な事實認識に到達する所以の途でないことは、以上説く處によつて恐らく

明らかでありませう。私たちはいづれかの意味に於て感覺を超越して客觀的世界の全體の認識へ進まなくてはなりません。そして之がためには常に何等かの假説をも必要とするでせう。エネルギー則のみをもつて満足し、之によつてすべての經驗的事實を説明することに止めようとした昔のエネルギー論の如きは、却つて一つの形而上學なのです。私たちは寧ろ積極的に感覺世界を超越する假説の設立に赴かなくてはなりません。

けれども、假説は只便宜的な、即ち説明のために假用せられた一つの思考で終つてはならないのです。その本質はどこかで經驗と交錯して、一つの物理的認識に到達しなければなりません。その上では假説はもはや單なる思惟ではなくて、實在的な事實となるのです。

分子、原子、電子などが既に假說的存在でないことは、すべての物理學者の認める處です。

私たちの直接感覺の世界は存外に狭く限られたものです。私たちは決して自然科学の對象がこの範圍に止まるものであるとすることは出来ません。既に現象論的方法の場合に於てすら、實は私たちの多くの物理學的實驗によつて直接感覺にあらはれないところのものを變化して、何等かの經驗に可能であるやうにし、同時に或る思惟的假說によつて、感覺を超越しようと努めました。例へば物體內に於ける熱の流れはなほ手を觸れて之を感知することは出来ませんが、電流はもはやその儘では私たちの感覺のいづれにもあらはれることが出来ません。私たちが電流の或る作用を感覺的に經驗す

るとき、たとへば電燈の光るのを視るとき、私たちがその針金のなかに電氣と名づける一種の流體が流れてゐると思惟することは、直接感覺を超越した一つの假說です。現象論的には、なほ電流のその他の作用を検して、電氣の諸性質を既知の物質的流體に類推し、依つて之があらはす諸現象を説明することが出来さへすればそれでよかつたのです。ですが、之に反して認識論的には私たちは單にかやうな類推をもつて満足することは出来ません。更に一步を進めて電氣そのもの、認識に到達せんがために、之が本質をより深く究めなくてはならなかつたのです。

こゝに例示した經路は、物理學的理論の變遷によつての一つの代表的な場合であることを知つた上で、私はかやうな理論變遷の意味

に注意したいと思ひます。實際私たちが未知の現象に始めて接するとき之を或る既知のものに類推してその性質を伺ひ知らうと試みることは、實用上極めて有效なものであるのを認めなければなりません。この意味で類推なるものは屢々物理學理論の發展に際して用ひられました。けれども亦その類推は或る點に限り止められて、その先方へ進むことが出来なくなつた多くの例をも私たちは知つてゐます。上に舉げた電氣流體や彈性エーテルの假説などは之れです。こゝで先方へ進むとは、私たちが事實の正しい認識に赴くことでもあります。即ち私たちはこの様な理論發展によつてのみ、感覺世界を超越して、遙かにそれよりもより廣い物理學的世界形像へ到達することが出来るのです。力の遠隔作用性から近接作用性へ

の變化、物質觀の種々の變遷、輻射理論や相對性理論などの著しい發展について私たちは之等の關係をなほより深く考へることが出来るでもありません。

數學的連續性と物理學的不連續性との關係

私は上掲の一論文に於て『感覺の限界とその超越』を論じ私たちの感覺だけをもつては物理學的事實の深い認識に到達することが不可能であつて、之がためには數學的論理に基づく理論なるものが必要であり、そしてそのお蔭をもつて或る程度まで感覺を超越して普遍的認識に赴くことの出来るのを説明しました。併しこゝには極めて重大な問題の含まれてゐることを見遁がすわけにゆきません。それは純粹の感覺による物理學的經驗と純粹論理から生れ得る數學そのものとの結合關係です。前者のなかには數學的形式がどん

な假定の上に成立してゐるか、と云ふ様な制限を少しも顧慮してないと同時に、亦後者は前者と無關係に常に先驗的に成立し得るものです。私たちがこの兩者を結合しなければならぬとすれば、そこに私たちはどれだけの新たな限界を待ち設けなくてはならぬかつたであらうか、又私たちはこの結合によつて得られる物理學理論なるものにどの程度まで信賴することが出来るのでありませうか。之等の點に對して私たちは豫め明確な思慮を用意しておかねばなるまいと思ひます。

例へば、物理學に於て屢々用ひられる數學的諸函數、即ちフーリエ級數、球函數、楕圓函數等の如き、それぞれ一定の前提的假定の上に成立する諸性質をもつてゐます。之等の性質が果してどの程度ま

で物理的事實を云ひ表はしてゐるであらうかについては慎重な考察を必要とするのです。幾何學、特にリーマン幾何學の應用などに於ても同様です。私たちは當然そこに存在するであらうところの限界をも超えて物理學理論を正しいとするわけにはゆきません。即ち私たちは一方に於て理論の材料として用ひられた感覺的經驗の精疎を検しなくてはならないと共に、又他方に於て理論の基礎として用ひた數學的論理がどの程度までこゝに當て笥まるかを注意することを決して忘れてはならないのです。これなしには理論によつて正當な事實認識に達することが出来ないのは勿論であつて、従つて理論を事實豫言に役立てようとする場合に亦意外の誤謬をも敢てするやうにもなるでせう。

私はこゝにその大切な一例として數學的連續性と物理學的不連續性との關係について、稍々精細な一考察を費してみませう。

二

物體の運動現象に關して力學が發展して以來、多くの自然法則は之に倣つて數學的連續性の假定に基づく微分方程式によつて表はされました。即ち單に質點及び剛體力學ばかりでなく、更に進んで實際の固體に關する彈性力學並びに流體力學なるものが固體及び流體を或る物質的連續體と見做すことによつて等しく微分方程式で表はされた法則をもつて成立しました。かやうな法則がどれ程まで事實認識に相當するかは微分方程式の根抵に横はる數學的連續性と物質の連續性との間にどんな一致があり得るかを審らかに

検討しなくてはならなかつたのでした。

數學的連續性のどんなものであるかに關しては、こゝに多くの言葉を費すことを差し控へませう。それは數學を學んだ人たちには既に明らかであることであり、また之を知らない人たちに取つては簡単な説明だけではやはり判りかねるからであります。後の人々にはそれ故何かの數學書について了解してもらふより外ないので、只前の人達に向つてこゝにその記憶を喚び起すために定義として與へられた言葉をしるすとすれば、次の通りです。

函數 $f(x)$ は、若しどんなかの任意に選ばれた正數 ϵ に相應して ϵ に關する一つの正數 δ よりも數值的により小さな η のあらゆる正又は負の値に對し、 η の領域にある點 a に於て、 $|f(a+\eta) - f(a)| < \epsilon$ で

あるやうな正數 α が存在するならば、 α に於て連続的であります。但し $\alpha + \epsilon$ はやはり α の領域にあるとします。

之に對して物質の連続性は決してかやうな數學的嚴格さをもつて云はれ得ないことは恐らく疑ふまでもありますまい。物質の連続性を私たちは先づ私たちの感覺的經驗から歸結しようとしませぬ。私たちの感覺がその際いかに不精確さをもつてゐるかは云ふまでもありません。第一に私たちは客觀的に同一であると思惟するすべての量を測つても決して常に同一な結果を得ることは出来ませぬ。例へば或る長さを測るに當り、私たちは物體に物差しを接觸してその目盛りを讀まうとします。けれどもその接觸は十分緊密であり得ないばかりでなく、目盛りを劃する線は既に或る有限な幅を

有し、又目盛りの間隔は更にかなりの距離を残します。或は副尺なるものを用ひ、或は廓大鏡を用ひてその精確さの程度を幾らかは進めることが出来るにしても、その最後に存する知覺的判斷は、私たちの感覺作用の現在状態に依存することを免がれないのです。かやうにして常に思惟的には同一な對象に對して、知覺的には決して同一な判斷をもち得ないので、それ故恐らくは觀測毎に相異なる多くの偏倚的結果からして、最も眞らしい値を取り出すためには、どうしても純粹な感覺的經驗を超えた思惟的要素を加へなくてはならないのです。その一つは統計學的考察であり、もう一つは物理學的理論からの或る先驗的要求なのであります。

他の物理學的連續性に關してもこの通りです。例へば物質の溫

度が連続的に場處によつて變ると云ふ場合に私たちは實際何を経験するでありませうか。一つの點に於て私たちは先づ上の統計學的考察を経て温度の或る値を見出しますが、之に極めて接近した隣りの點に移つても知覺的には尙ほ之と差別することの出来ない温度の値を見出すでせう。斯様に漸次隣接した點に移り之が最初の點から或る距離だけ隔たるに及んで、始めて前者と知覺的に差別し得る温度をもつのです。けれどもこの経験は明らかに之を感知する感覺及び使用機械の分析能力に關係するものであつて、之をどこまでも精確さを保持する數學的連續性と全く同一視するわけにはゆきません。

それですから物質に關するかやうな連續性の知覺的經驗に對し

て數學的連續性を代用し、前者を或る微分方程式で表はすと云ふことは、或る範圍の知覺的經驗に對してのみ正しいものではあつても、之が限界を超越した上では既に全く用ひることの出来ないものであることは明らかです。即ちたとへ微分方程式の上では連續性は數學的無限小の領域に至るまで成り立つてゐても、實際にこの方程式であらばされるとする物質的連續性は或る有限の領域に於て止まらなくてはならないのも亦當然であるのです。

かやうにして分子論や電子論が私たちの感覺限界を超越した微小な領域に於ける或る事實認識を云ひ表はし得ることを、私は前論文で説明しました。そして分子や電子は物質を組成する不連續的要素として見做さなければなりませんでしたが、併し私たちは再び

統計學的考察によつて之等の集合體の呈する状態を論じ、そのなかから私たちの知覺的經驗に入る諸概念を導き出すことが出來たばかりでなく、分子及び電子それ自身に關する法則に對しては、私たちが直接に他の知覺的物體について經驗せるところの力學的諸法則をその儘に移し用ひることがゆるされたのでした。けれども分子及び電子が直接の感覺的對象でない限り、この力學的法則の轉移はやはり一つの假説に過ぎなかつたことを注意しなくてはなりません。たとへ電子の場合に於てはそれが陰極線又はベーター線のやうな孤立的運動によつて、そして之を感知する電氣的又は光學的手段の鋭敏さによつて、或る程度まで私たちの直接的感覺の領域にこれを近づけることが出來たと云へ、尙ほすべての場合にかやうな

法則が適用されるかどうかについては豫め斷ずるわけにはゆかなかつたのです。それ故に近時の量子論がこの力學的法則に含まれる現象の連續性を否定するやうに見えるに至つたことも、この見地から必ずしも驚くに足らなかつたのもあつたでせう。

三

併しながらこの量子論に於ける現象の不連續性は私たちに取つて全く未知な一つの經驗であつた限りに於て、ともかくも物理學に於ける一大驚異でもありません。ボールの理論に於てそれがあらはれるやうに、原子核の周圍に於ける電子の運動は、たとへその引力關係の上で太陽の周圍に於ける惑星の運動と全く同様であるにも拘らず、それは最早軌道の連續的轉移をゆるさず、謂はゆる量子法

則に従ふ不連続的轉移のみを可能とするばかりでなく、電子と核との間に存する電磁的エネルギーは一定軌道に於ける電子の運動によつて變化することなく、只その不連続的轉移によつてのみ輻射エネルギーとして放散されると云ふやうなことは、私たちに取つて全く新らしい事實なのでした。知覺的經驗そのものを、之と矛盾する他の思惟的假定よりもより眞實であることに慣れた人たちは、このボールの理論をさへも最初は甚だ不當な信據すべからざる假説として斥けようとした。彼等が物理学に於て知覺的經驗を重んじようとすることは結構にちがひありません。けれども之がために彼等が明らかに直接感覺の範圍以外に横たはる電子の問題にまでも之が權威を主張しようとすることは、既に大いに誤まつ

てゐるのでした。物理學的理論が抑も知覺的經驗のみをもつては成立し得ないことを彼等は忘れてゐたのです。

ボールの理論は量子數の十分大きくなつた場合に電子の運動及び輻射の關係が從來の電氣力学によつて與へられるものと一致することを示します。けれども之に依つて量子數の小さい場合にもさうでなくてはならないとするのは一つの勝手な外部延長であつて、それは丁度固體又は流體の大きな領域に於て彈性力学及び流體力學の微分方程式が成立することからして、物質のどんな小さい領域までも同様でなくてはならないとするのと似てゐます。

直接感覺による經驗の可能な範圍の或る限界を超えて法則の外部延長を試みることはそれ故明らかに誤つてゐます。併し量子論

が私たちの新たな驚異としてあらはれたときに、そして之がいかにも能く輻射現象を説明し、更に進んで微細な原子構造の理論に立ち入つて水素原子及びその他の原子の性質を適切に云ひ表はすことを知つたときに、そこに全く反對な一つの立場を取る論者が生じた。即ち彼等は力學の法則が絶対に運動の連続性を要求することを認められた後に、しかも之が量子的法則と明らかに矛盾し、そして輻射現象に關しては最早量子的法則はどうしても否定することの出來ないものであると云ふ理由からして、力學法則を何等か根本的に改造しなくてはならないとするのでした。

私はこゝに以上の二つの立場をもう一度明らかにしておく必要があります。量子論に従ふ電子の運動現象に於ては力學法則がも

はやその儘應用することの出來ないのは事實です。併し之は直接感覺の範圍を超えた一つの領域であることも確かです。私たちは斯様な領域にまでも私たちが知覺的經驗によつて得た自然法則を擴張することは果して正當でありませうか。若しさうであるとすれば、その正當な外部延長の限界は果してどれ程な點に存在するでありませうか。特に、物理學に於て謂はゆる顕微鏡的現象なるものは知覺的に觀測され得るところの肉眼的現象の寫像として見做されるでせうか。之が第一の立場からの問題です。既に知覺的經驗の到達し得ない領域に於て、數學的連續性が成立しないとすれば、私たちは之に基づく法則を全く棄て、新たな不連續性をもつた一つの法則をそこに立てることが必要ではないでせうか。私たちは即

ちこの物理學的の不連續性をその儘云ひ表はす數學的法則をこゝに求めなくてはならないのではないでせうか。之が第二の立場からの問題です。

私たちは之等の問題に答へるに當つて、數學と物理學の方法との關係について少しく考察を必要としたであります。

四

私たちは先づ數學が物理學の方法として用ひられるに際して、之が單に物理的經驗を精細に云ひ表はしたのではなく、却つて後者が與かり知らないところの要素をも含んでゐることに注意しなくてはなりません。純粹に論理的に發展せられた數學的解析法に於ける函數關係のなかに、物理學的實驗で觀測せられた量を變數とし

て挿入したときに數理物理學は始まるのですが、しかもかやうにして物理學的法則の記述として解せられた函數關係には、物理學實驗が成立すべき範圍の限界を超えた處にも、即ち物理學の意味がもはやその儘では保存され得ない處にも、尙ほ數學的に與へられた性質は残つてゐるのです。それですから私たちはこの方法によつて物理學的理論を形成する場合に、その函數關係がもと數學的解析法によつて有する性質を、同時にどれ程まで物理學的性質の再現として解すべきかについて周到な注意を加へなくてはならなかつたのです。函數のもつ數學的連續性が或る限界の範圍内に於ては物理學的連續性をその儘あらはすことが出來ても、この限界を超えた後にはもはやそこに示される物理學的の不連續性と全く相應しないもの

となつてしまふこともあるのです。

私たちは固より斯様な場合にその數學的連續性に固執して、たとへ直接感覺による經驗ではなくとも、或る間接な物理學的經驗とその理論とに基づく認識を否定するわけにはゆきません。即ちこの限界を超えた場合に物理學的連續性が失はれて或る不連續性に變つたことを認めないわけにはゆきません。併しながら之と同時に、もと數學的連續性の歸せられてゐた函數關係がその儘では最早や物理學的意味をあらはし得ないと速断してはなりません。なぜなら、之に相應する物理學的概念は、その連續性から不連續性への變化に伴つて、或る内容變化を伴ひ、しかも數學的にはやはり同一の表示形式がゆるされないとは限らないからです。

この點に關して最も興味ある且つ最も重要な一つの例はポールの最近にその原子構造論に關して云ひ表はした意見です。彼は即ち原子の嚴格な意味での力學的模型なるものを作ることは不可能であるとなし、たとへ私たちが肉眼的世界に於て時間に依る空間的位置の變化を運動として解してゐるとは云へ、原子的な顯微鏡的世界に於てはそれは恐らく最早『運動』なる概念とは全く異なつた何かのことでありはしないかとしたのでした。實際に原子内に於ける電子の軌道轉移は等しく時間による空間的位置の變化ではありませうが、通常の力學に於ける運動概念とは何等か異なつた概念的要素を含むかも知れないのです。即ち之を單なる連續的な運動としてではなく、或る不連續的な量子的轉移として解することが出來な

いと限りませぬ。しかも之が同様な數學的連續性の歸せられる函數關係によつて云ひ表はされるとすれば、もと知覺的經驗から得られた力學的法則はその儘の數學的形式を保つことも出來得るでありませう。

こゝに述べた運動の概念轉化が果してどれ程妥當であるかどうかは、尙ほ思考しなくてはなりません。併しこの例は一方に數學的連續性なるものと、他方に物理學的連續性なるものが互に獨立なものであることを更に明らかにするものとしては十分に役立つであらうと思ひます。

五

それ故に私たちは物理學理論を構成するに際して次の注意が必

要であることを知り得るでありませう。

先づ第一に、それは純粹に私たちの知覺的經驗だけからは構成されることができませぬ。なぜなら私たちはすべての感覺を超越した普遍的認識に達しなければならぬからです。

第二に併し、それは純粹の思惟的論理から生れるわけにゆきませぬ。それは普遍的ではありませうが、唯一な實在的世界を對象とするものではないからです。

第三になほまた私たちは謂はゆる現象論的方法をもつて満足することも出來ませぬ。それは現象を或る程度まで經驗的に忠實に云ひあらはすでありませうが、或る限界を超えて外部延長を施すことによつてそれは既に物理學的理論として價値を失ふでありませ

う。そこでは特に經驗的な物理學的連續性とその儘先驗的な數學的連續性によつて云ひ表はされてゐます。しかもこの兩者の間に必然的な關係の存在しないことは上に説明した通りです。量子論の最初に於てプランクがエネルギー量子若くは作用量子を導き入れて輻射の法則を演繹しようとしたことも、その方法に於ては現象論的たるを免がれません。之は新たな矛盾に遭逢して之を廻避しようとするための實用的方法として役立つたことは勿論でありますが、それだけでは正當な事實認識に到達したと云ふわけにはゆかないのです。私たちは更にその意味を追究して、この物理學的不連續性の本質を捉へなくてはならなかつたのでした。

最後に私たちは物理學理論に於て常に普遍的な且つ實在的な唯

一の事實認識を求めるところに努めなくてはなりません。すべての假説は單なる説明的便宜のために存在するのではなくて、却つて悉く或る超感覺的事實として肯定せられる處に達しなければなりません。數學的連續性と物理學的連續性とも亦それぞれの本質的な意味で相應させられなくてはなりません。すべて之に於ては經驗的内容と先驗的形式との完全な融合が期待せられるのです。私たちは固より現在の理論に於てその完全さを求めることは出來ないのですから、この意味でそれは必ずしも事實豫言若くは發見に役立つたないことがあるかも知れませんが、只究竟的な最後に於てその價値を完たうすることが出來ればよいのです。

自然現象の必然及び偶然性

自然現象を論ずるに當つて私たちは先づ多くの個々の事象の間に種々の關係形式の存在するを見出すでありませう。私たちの最も早く觀察し得たところのものは謂はゆる因果形式であります。私たちが何事かを行はうとする場合に、必ず先づ之を行はうとする意志の存在を意識します。意志を原因とし、行爲をその結果とすることに慣れた私たちの思想は、萬有神論や拜物教義の示す處と相結びついて、すべての自然に起る變化現象に關しても同様の關係が成立するであらうことを豫想するに至りました。之と同時に私たちは實際に於て、一定の變化が常に一定の順序に繼起することを

經驗して、そこに亦原因と結果との必然的連結を認めようとした。『因あれば必ず果あり』と云ふ思想は、かやうにして私たちの腦裡に抜くことのできない深さに蒔きつけられたのです。ヒュームが例證したやうに、痲痺者がたとへその手足を動かさうとしても、之を動かすことができないと云ふやうな場合に於ては、原因たる意志の實行を妨げる他の原因が存在すると考へるのであつて、丁度一つの物體が臺上に置かれたときに、之を落下せしめようとする原因としての重力はやはり作用してゐるに拘らず、他の原因たる支臺の存在が之を妨げてゐると解するのも、痲痺者の場合の例と同様でなければなりません。

原因と結果とのかやうな連結は、心理的には恐らく同一の經驗を

數度反覆して繰り返すことによつて、將來に於ける同様の豫期を生ずる事實に基づくものでありませうが、單なる豫期は尙ほ因果的必然を與へるに足らないものであつて、そこには私たちが經驗を思维的に理解しようとするに際してかやうな先驗的要請の存在することをゆるさなければなりません。この要請と上述の心理的豫期とによつて、私たちはいかなる現象に對してもその原因を求めるところに努力し、遂には原因の明らかでない諸現象に對して神秘的な多くの想像を逞しうするに至りました。神、靈魂、天國及び地獄、宿命、卜占等の宗教的事物はこの間に創造されたと云つてもよいでありませう。

宗教及び宗教的迷信思想が神秘の幕の背後に隠れて専ら因果を

説き應報を稱へたのに反し、自然科学はどこまでも經驗にあらはれる因果的關係を見出ださうとしてそれ自身の體系を築いて來ました。併しながらそこには人間の意志のやうな精神現象は、之を簡單な關係法則に歸納せしめるには餘りに複雑であつたために、科學はあつたから先づ純粹の物質現象についてその構成を始めなければなりません。かやうな物質現象に於てはもはや原因としての意志は存在しないのです。物體が動き出さうとする場合に、もはや之を動かさうとする意志の作用をどこにも見るわけにはゆかないのであつて、従つて之を動かさうとする原因をも單に事物的關係のなかに求めるより外はなかつたのです。私たちはかやうにして力なるものを物體間に假定し、之を運動の原因と考へるやうになりま

した。

けれども、私たちがこゝに注意しなければならなかつたことは、力は決して意志ではなくて、物體相互の存在状態を云ひあらはした言葉に過ぎないと云ふことです。それ故に力がはたらくと云ふことは物體が動き出すと云ふことの同義異語に外ならないのであつて、行爲に先だつところの意志を原因とするのとは事情を異にしてゐるのです。因果なる言葉を之に移すことは單に力を意志に比喻して云ひあらはしただけであつて、それは或る理解の便宜に役だつかも知れませんが、決して同等なものではありません。意志と行爲とは常に時間的に先後の關係に於て立つてゐますが、力は必ずしも運動以前に在るのではなく、却つて運動を始めることそれ自身が力の

作用に過ぎないのです。或る人は運動以前に力を及ぼす可能性力の場の存在することを指摘するかも知れませんが、この可能性は物體の空間的對立によつて運命づけられたものであり、そして亦之と同時に運動變化の可能性も存在してゐた筈です。兩者は時間的に何れが先、何れが後であると云ふ差別をもつてはゐません。同一事實に對する二つの異なつた概念に過ぎないのです。

かやうにして意志現象以外の自然現象に於ては、すべて原因と結果との一義的對立は存在することなく、そこには單に數量的概念間の函數關係が數學的必然性をもつて成立するだけであることは、マッハ以來屢々論ぜられました(本書卷頭所載「物質現象に於ける因果則」を參照せよ)。私たちは之等の現象に於てもはや因果の觀念を取

り去つて、専ら或る必然的關係の存立することを豫想し、さへすれば十分であるのです。それが自然法則であり、自然科学的經驗の一つの形式であるのです。たとへ便宜的には今日尙ほ原因とか結果とか言ふ言葉を用ひてこの法則的關係を云ひあらはすことがあるとしても、それは舊時の慣習によるものに過ぎないのであつて、本質的に因果の意味をあらはすものでないことを悟らなくてはなりません。

自然法則が常に事物の必然的關係を云ひあらはすものであり、そしてあらゆる自然現象に對して必ず或る法則が存在しなければならぬとするならば、私たちの觀察するあらゆる事象は悉く必然性をもたなくてはならなかつたでありませう。しかも私たちは往々

にしてこの必然に反するかやうに、事象の偶然を話します。偶然とは果して何を云ふのであり、又自然は實際に必然ならざる斯やうな偶然をも許容することができるのでせうか。

通常の意味で必然はそれから繼起せらるべきすべての過程若くは變化に對して當然の豫期をゆるさなくてはなりません。自然科學的豫言はこの意味に於て成立し得るのであつて、例へば私たちが天文學の計算に従つていついかなる場處に於て日蝕を觀測するこゝとが出来ると豫言し得る権利は、この法則の必然性に基づくのです。科學者がいろ／＼な實驗を行はうとする場合に於ては、彼はその目的とするところに對して同様な或る豫期を懷くことが多いであります。それは彼が或る法則の成立を豫想して、それからの必然的

な歸結を試めさうとしてゐるからです。ところが往々にして彼はその豫期に反した事實を實際に觀取し、之によつて或る新らしい發見にさへ僥倖せられる事があります。例へばあの有名なレンチエーンがエエクス線を發見したのは、彼が眞空管から發するレナード線を研究しようとしてゐた際に、黒紙で包んだ管の傍に置かれた螢光紙に影を投ずるもののある事を觀察したのによるのでした。彼は眞空管を黒いボール紙で包んだ以上、之から光が透つて來ることはないと言期してゐたのです。それにも拘らず、その豫期に反した事實がそこにあらはれ、しかもそれが後に極めて重要なものとして知られたエックス線の作用であつたことは、それが一つの大きな偶然と云はれる所以でありました。偶然とは即ちこの場合に或る必然

的豫期に反すると云ふことに外ならないのでした。

併しながらこの場合に於ける必然的豫期なるものは單に私たちの思惟に於けるそれであつて、決して實在せる自然そのものに屬する豫期ではあり得なかつたのでした。即ち自然に於てはそこにエックス線が發生し、そして傍におかれた螢光紙を光らせるだけの十分の必然が存在してゐたのです。只私たちがかやうなエックス線に關する知識をまだ少しももつてゐなかつた場合に、私たちの思惟に於て之を豫想し、又豫期することができなかつたに過ぎません。エックス線の法則が明らかになつた上では、そこに上述の作用のあらはれる事に對して何の偶然も存しないわけであり、又レンチエンがこの實驗を試みたことが當然彼をエックス線の發見に導いたの

であると言はなければなりません。併し、若し私たちが偶然と稱すべきものがそこにありとするならば、レンチエンが自ら彼の實驗の目的として意識しなかつたに拘らず、彼の用ひた真空管が既にエックス線を發生すべき適當な條件を満足してゐたこと、並びに彼が黒紙で包んだ管の傍にあつた螢光板に眼を向けたことでした。つまり私たちは自分の周圍にあるあらゆる自然のうちで、自分の感覺若くは思惟をもつてはたさかけようと思つて意識する極僅かの部分をか感覺し、若くは思惟しないのが普通であつて、それ以外のものが覺的に自分を刺戟し、若くは或る思惟を眼覺まさしめるときに、私たちは之を一つの偶然となすのであります。そしてこの結果が特に豫想外の重大なものを持ち來す場合に、私たちはそこに益々偶然さ

を深く感ずるのです。即ちこの偶然なるものは、單に私たちが豫めもつてゐた意思の如何に關係するだけであつて、自然そのもの、關する處でないのは之によつて明らかになせられるでせう。(こゝで私が自然そのものと云つても、それが私たちに認識せらるべき自然を意味することは特に云ふまでもないでせう)。

右に述べたと同様な意味で、偶然といふ言葉が用ひられる場合はかなり多いやうに見えます。例へば或る人が路を歩んでゐる際、不意に自動車に衝突されて負傷をしたとか、大地震に遭つて惨死したとか云ふことも一つの偶然として話されます。之は彼が豫めさういふ出来事を少しも意思してゐなかつたからです。自動車が彼に衝突すると云ふやうなことは、彼の歩む路の情況に應じて多少さう

云ふ出来事の可能さを用心することにより或は避けられたかも知れません。併し避けることの出来ない不測の災難が彼を見舞ふ場合に、私たちがそこに偶然を呪はなければならなくなります。それにも拘はらず私たちの自然認識に關しては各の事象の生起に對して法則の必然が存するだけであつて、偶然なる何ものもありません。只すべての僥倖とか不測の災難とかが私たちに取つて偶然である所以は、私たちの之に關する意思が自然に起り得るあらゆる可能な場合を盡すことができないで、却つてそのうちに特殊な僅かの場合だけを意思し、若くは之に従つて行爲するためであるのです。

かやうな場合に人間はその意思の範圍若くは之による實際行動に關して或る程度まで選擇の自由並びに權利を意識します。この

選擇が即ち意想若くは行爲の目的を彼に樹立させるのであり、そして亦之れ以外の出來事を偶然として意識させるやうに導くのです。それ故にこの選擇の如何によつてはその出來事は必ずしも偶然ではなくて、却つて彼の豫期のなかに持ち來すことも可能になるのでせう。「どうもこの路をゆけば自動車が來て衝突しさうだ」と豫め意想するならば、自動車との衝突は決して偶然とは云はれないであらませう。

併しながら多くの自然現象に接して私たちはそこにどんな有様が生ずるかを判断し得るためには餘りに數多い同程度の多様さを經驗することがあります。數萬の群衆が集まつてゐる場合へ隕石が落ちるとか、十分高い天空を飛ぶ飛行機から爆弾が投ぜられるとか

する場合に、それが果して誰の頭上に落下するかは豫め判断することが困難です。固より私たちがその隕石や爆弾の運動方向や速度や高さを精緻に觀測し、その運動徑路を計算するならば、どこに落下するかを必ずしも豫想し得ないわけではありません。けれどもかやうな觀測手段や計算を經ない限り、私たちは多數の群衆の頭上に落下することも同程度に起り得ると意想するより外に手段をもたないのです。そして之と同時に群衆の各は恐らく落下が誰かしら一人又は少數のもの以外には起らないことを頼んで、その一人が自分であり得ると云ふ意想を特に避けようとする傾きをもつてありませう。しかもそれが實際に或る一人の上で起るときに、群衆は彼の偶然なる不運を感じずにはゐないのです。之と同様な偶然

さは私たちの日常經驗のなかに到る處にあらはれます。

併しながら人間はかやうな出來事を單なる偶然として見過ごすためには、餘りに重大であることを感ずる場合が多いのです。一たび失はれてはもはや取り戻すことのできない自他の生命に對する愛着、並びに之に由來する種々の感情は、偶然の出來事による生命損傷に對して異常な悲哀を痛感せずにはゐられません。こゝに於て因果の觀念に慣れた人間は之を單なる偶然とする代りに、避けることのできない或る因縁に歸して自ら慰め、又は諦めようと努めました。そしてこの不可知な因縁の具體化を宗教的に神の心に求め、若くは宿命とか天運とか云ふものとして解さうとしたのでした。私にはこゝに、かやうな自己慰安の手段として想設せられた宗教的又は

迷信的對象について論ずることを止めませう。只それが私たちの自然認識の範圍外に屬することを明らかにすればよいのです。即ちそれは等しく因果の觀念に基づくものではありますけれども、之は經驗によつて證明せらるべき必然的關係をもつて連結せられるものではありません。少なくともそこに或る法則的必然の存立することを論理立て得る程、之等の宗教的對象の概念内容は明らかにされ得ないところのものです。なぜなら、抑も宗教的對象なるものは或る不可知の本體を云ひあらはしたものであつて、若しその概念内容が論理的に判明すべきものであつたなら、それは既に宗教的な特質を失つたであらうからです。之に反して私たちの自然認識の範圍内に屬する法則的必然はどこまでもその經驗的證明の可能

なものではなければなりません。私たちはその自然認識に於て、かやうな法則的必然がすべての自然現象に對して行はれてゐることを認めようとはしますが、しかも之に従つて自然の出來事を豫想する場合に、上に述べたやうな同程度の多様さが可能であるときには、その何れが起るかを判別することができないで、そこに偶然をゆるさなくてはならない事情が生ずるのです。私たちは法則的必然と共にこの偶然の存する所以を、今少しく自然科学的に立ち入つて考察しなくてはなりません。

ト占とか賭博遊戲の材料に供せられる事實は多くこの偶然を含んだところのものであります。前者に於て人間は到底見究めることの出來ない自分達の運命を、同様に偶然さをもつてゐる他の事實と比較

して、之に或る便宜的な解釋を施すことにより、或る依頼とか安心とかを得ようとするのであり、又後者に於てこの偶然さが種々の形に現はれると云ふ事實によつて或る興味を満足せしめようとするのです。偶然の關與する最も簡単な例はよく話される貨幣投げに於て見る事ができるでせう。銀貨とか銅貨とかを無雜作に投げるならば、それが或る臺の上に落ちたとき、表面を向ける場合と裏面を向ける場合とが同程度の多様さをもつて現はれます。この際表面が出るか裏面が出るかは、直接には落下せる貨幣の一端が臺に觸れたときの方向角度によつて決定されるのであつて、若し臺が到る處滑らかな水平面をなしてゐるならば、之は最初貨幣が投げ出される際手を離れる情況によつて既に決定されるわけです。この情況は

極めて多様に變じ得るものではありませんが、或る範圍内に於てはいつも貨幣が表を向けて落ちるやうに、又他の範圍内に於ては之に反するやうになり、しかも無雜作に投げられる貨幣がどちらの範圍の情況に存するかは、全く同程度に起り得るでありませう。之れ謂はゆる確度論に於て貨幣の表裏の何れかが出る事の確度(確からしさ)が相等しいとし、その各を $1/2$ として云ひあらはされる所以です。即ち實際に於て貨幣の表面が出るか裏面が出るかは全く同様の偶然さをもつて起るのであり、私たちは之を豫見するわけにゆかないのです。

この例によつて既に明らかである通りに、貨幣の落下といふやうな自然現象はどこまでも法則的必然に従つて起るものであります。がこの法則は畢竟或る抽象に屬するものであつて、落下しつゝある貨幣の状況を必ずしも具體的に決定するのではなく、即ち貨幣が實際にどんな向きに傾いて落ちてゐるかには關しないで、却つてあらゆる向きをもつたどの貨幣にも共通する落下といふ現象だけを抽象して云ひあらはすのです。それ故具體的には最初(或る始原時刻に)貨幣がどんな向きにおかれてゐたかを知らなければ、完全にその運動状態を決定するわけにゆきません。物理学に於ける多くの法則が第二次微分方程式をもつて云ひあらはされると云ふ事實はこの特質に相當するのであつて、運動の場合に於ても私たちはニュウトンの運動法則として知られた斯様な第二次微分方程式をもつてあらゆる運動を必然的に規律する事ができますけれども、しかも運動

徑路や速度や到達時間などを具體的に見出だすためには、この微分方程式を積分しなければならぬのですし、そしてこの積分の際に數學的に必然附加されなければならぬところの謂はゆる積分常數を決定するためには、或る始原時刻に於ける運動の状態を豫め與へなくてはならないのです。即ち始原條件なるものが必要となるのです。更に若し運動が外部からの影響束縛を受けると云ふやうな場合であるならば、例へば運動物體が或る曲面に沿うてのみ動くことができるると云ふならば、私たちはそこにこの環境條件に適合するやうな積分のみを選択しなければなりません。あらゆる可能な積分のうちで、與へられた始原及び環境條件に適するものだけが具體的に運動を決定するのであります。他の現象の法則に關しても大體に

於てこの通りです。

さて、私はこゝで上に考へた貨幣投げの現象がなぜ偶然にも表面を向けて落ちるか又は裏面を向けるかの差別を振り返つて見ますと、そこでは始原條件が極めて多く連續的に變化することができ、そのうちのいづれの條件が實現されるかによることを悟るでありませう。そして私たちは手に貨幣を握るとき、この始原條件がいづれを取るかについて殊更に無關心に、不可知にするやうに、掌のなかで、貨幣を振り動かすのであります。しかも貨幣が投げ出される場合に、貨幣そのものはどんなかの一つの始原條件を與へられて必然的な運動法則に従つて落ちるのですが、私たちはその條件について何ものをも知らないのです。こゝに私たちは貨幣の表裏面のどちら

が出るかに對し確度論を應用し、偶然さを意識し得る根據が存するのです。

自然現象の偶然性の意識は畢竟やはり私達の自然認識に關する或る不可知に依存すると云はなければなりません。けれどもこの場合の不可知は宗教的對象に於けるやうな絶對的なものではなく、従つて決して自然認識の範圍外に横たはるものではなく、却つて確かにその範圍内に存して、しかも只私たちの有限の感覺能力に相對的であるところの或る不可知に外ならないのです。貨幣投げやその他卜占に關する事實に於てはこの不可知を殊更に意識的に目的とするのでありませうが、多くの純粹な自然現象に於ては私たちがいかに努力するも之を知ることのできない程な多様さを示す事がある

あります。たとへその現象に關して或る抽象的な法則は容易に見出だすことができるとしても、それらが上述のやうに微分方程式として與へられる場合に尙ほ始原若くは環境條件に對して不可知を含むことは稀でないのです。私たちがかやうな場合に現象の成りゆきに關していつも偶然を意識しなくてはならなかつたのでせう。

始原若くは環境條件の不可知なる所以は即ちそれを絶對的に見究めることができないと云ふのではなくて、これ等の條件の大體は知ることができても、それが連続的に種々に變化し得るものであるために、私たちがそのうちの何れのものが實現されてゐるかを識別することができないか、若くは識別しようと思はないか、又は識別する程の價値がないかと云ふやうな事情から起るのです。この極め

て小さな些細な差異からして往々にして之に引き續いた現象に於ては甚だ重大として取り扱はれなければならないやうな状態を惹き起すことが屢々あらはれるのであつて、そこに私たちに取つて偶然性なるものが重要な事實として見做されなくてはならなくなり、貨幣投げに於てそれが表裏面の何れを出すかによつて賭博に勝つか負けるかが決定される場合に賭者に取つてその偶然は重要な運命を負うてゐるわけです。道路を歩いて危険に出遇ふとかその他の不測の災害を蒙るとか云ふ場合も同様です。自然認識そのものとして法則的必然が重要な内容を形づくるに反し、かやうな偶然性は何の顧慮も必要でないわけであつて、それは只私たちの實生活又は之に伴ふ行爲感情等の上に問題とせられるに外ならない

のです。私たちはこの點に關して能く誤らないやうに判別しなければなりません。

氣象學者の異常な努力にも拘らず、天氣豫報は屢々外づれることがあり得るでせうし、又地震學者の苦心せる研究にも拘らず大地震の豫報は正確を期するわけにゆきまします。たとへ氣象や地震に關する法則が今日よりもつと詳密に知られる時代が來たにしても、このやうな事情は恐らくやはり續くでありませう。これはさう云ふ現象の始原及び環境條件が常に連続的に極めて多様に變化し得るからです。人間の實生活に取つては之等の豫報は甚だ大切な必要なものであり、出來得る限りその正確さを期するやうに多くの研究を進めなければならぬわけであり、併し私たちの自然

認識そのものにとつては始原及び環境條件の偶然的變化に關してそれ程の顧慮に値ひするものが存しなくてもありませうし、その場合には單に之等の偶然を除いた必然的法則の探求のみに於て私たちの純粹な科學的欲求は満足せられるわけです。この意味に於て自然科學の問題とすべき處はやはり自然の必然性にあつて、その偶然性には存しないと云ふことができるでせう。

併しながら私たちはこゝでもう一度問題を改めて問はなければなりません。上のやうな例に於ては私たちは、單に自然の必然性のみが私たちの自然認識の上に問題とされるやうに見えますけれども、自然に於けるすべての現象の認識の上に果して然う言ふことが許されるでありませうか。即ち偶然の關聯する場合には果してそ

こに何等の抽象的法則をも立てることが不可能でありませうか。若しこのことが肯定的に答へられるとすれば、私たちは偶然意識をもつやうな一切の概念に關して私たちはもはや何ごとをも自然科學的に話す権利をもたないわけです。私たちは之に果してどう答へたらよいのでせうか。

この點に關して最も電^重要な事柄は、私たちが自然科學に於て出遇ふすべての數量的測定の誤差なるものに於て既に現はれます。私達はいかにその測定を出来る限りの正確さと周密さをもつて行つたにしても、或る一定の自然科學的數量の測定の結果は決して絶對的に同一であるわけにはゆかないで、少なくとも或る程度以下の小數に於ては各の測定毎に異なつたものを得ることは常に經驗す

るところです。私たちはこの事情を見て先づその測定しようとするところの對象が客觀的に果して一定のものであるか、又は各の測定毎に實際上變化しつゝあるものであるかを究めなければならなかつたでせう。之に對して私たちは次のことを思慮する必要があつたのです。即ち對象が客觀的に一定であるかどうかを決定するのは必ずしも數量的測定の結果によつて判ぜられるのではなくて却つてその對象を一つの抽象的概念として定立する私たちの先驗的思惟の權利に屬すると云ふ事です。數量的測定には常にその標準となるべき單位概念並びに之に相應する客觀的對象を必要とするのであつて、かやうなものの決定に於て既に同種の對象の一定な存在を假定してゐるわけです。それ故若しこの對象が客觀的に變

化しつゝあることが認められるとすれば、そこにはやはり他の自然科學的事象の之に關聯するためであるとしなければならぬのであつて、私たちは之を避け得られるやうな環境條件を選んで測定を新たにしなくてはならなかつたのでせう。かやうに見れば、測定の結果が相互の一致を缺くと云ふことは、對象に於ける始原若くは環境條件の極めて小さな或る變化、並びに感覺的判斷に於ける同様な變化に歸しなければならぬのです。

それ故にこれは私たちの偶然と稱し得るところのものであつて、只實生活に於ける偶然の出來事として見做されるもののやうに重大な影響を及ぼすことはないにしても、自然認識の問題にとつて極めて大切な要素をなすところの偶然性であります。なぜなら、私た

ちは抽象的概念の定立によつて測定すべき對象そのものの一定な存立を認めることはできませうが、併し各の測定によつて得られた、僅かづゝ異なつた多くの數量的の値のうち、どれが眞に求むべき對象に歸し得るか、は容易に判斷することができないからです。私たちはたとへ始原及び環境條件の變化の存在を豫想することができたにしても、その一々がどんなものであるかを詳かに判別することは不可能であり、従つてどれが果して満足な條件を充たすかも知れないばかりでなく、かやうな十分に満足な條件そのものも實現させることに至大の困難を感ずるのが常です。これは私たちにゆるし與へられた觀測手段並びに感覺に種々の制限の存する點から見て當然でなければなりません。それですから私たちは測定の結果

果からして一定の數量的對象を抽出するに當つて先づこの困難に打ち勝つ方法を講じなければならなかつたのです。こゝに一つの數學としての確度論の應用と、之による誤差論なるものが起つたのでした。それは固より上の嚴格な哲學的考察からしては、必ずしも完全な方法としてゆるされ得ないかも知れません。けれども私たちは之による以外に遂により適當な方法を見出だすことができな

い限り、それは精密自然科學の成立に取つて止むを得ないものであります。

私たちは先づ測定すべき對象の一定の値を豫想して、各の測定が與へた値のそれからの外づれを誤差と名づけます。若し誤差が連續的に變化する多くの小さなものの重なりによつて起るならば、そ

ここに私たちは確度論の正常な應用を見ることができません。そして豫め誤差が一つの求むべき値のまはりにいかに分布すべきかを數學的に論ずることができませう。かやうにしてガウス誤差法則の如きものを私たちは見出だすのです。そして實驗的に測定せられた個々の値の分布を之と比較することによつて、私たちは始めて求むべき値を推知することができなのです。

私たちが通常必然的法則として許容してゐるところのものは上のやうな實驗的測定値の處理によつて得られることを思ふならば、この法則の必然性のなかに、實は誤差の偶然性なるものが既に含まれてゐることを悟るでありませう。即ち私たちの自然認識は法則の必然性によつて存立するものではありますけれども、之に到達する

手段の種々の制限のために、偶然性の入り込むやうな階段を上ることが必要であり、そして或る程度以上の範圍に於てのみ必然性の認識が樹立せられるものであることを忘れてはなりません。それ故に自然法則なるものは先驗的思惟の上に於て絶対に確定的なものであり得るとしても、尙ほ經驗的、自然科學的にはそれはどこまでも近似的なものでなければならぬのです。只この近似は數學上の無限概念のやうに、その極限に押し進めることによつて一つの實在に到達し得ることのできるやうなそれではなければならぬことは、私たちの一つの思惟的欲求であらうと思はれます。そしてこの意味の實在概念に相應して自然の必然性が自然科學的に話されてゐるのです。

私は最後にもう一つ、自然科学に於て偶然性の關聯する場合を述べなければなりません。私たちは自然科学に於て自然現象をそのあらゆる根本的な要素に分析して、之を究め盡すことにより、その綜合たる一切の現象を理解することを目的とします。併しながらこの根本的な要素は必ずしも直接に私たちの感覺的對象となることはできません。例へば今日物質の要素として知られてゐる分子、原子及び電子の如きものは既に之を普遍的實在としてゆるすことができるものであり、之によつて物質のすべての現象を必然的法則のもとに云ひあらはし得ると考へられてゐるものですが、之等は私たちの感覺限界を遙かに超えた微小のものであること、能く知られた通りです。それ故私たちの直接な感覺的對象としての物質は之等

の要素の極めて多數から成る集團であり、そこに感覺的にあらはれる現象に於て抽象せられた種々の概念のなかには、もはや個々の要素の状態を判別し得ないやうな、否之を判別する必要のないやうなものを含んでゐます。こゝでは即ち個々の要素の状態が或る瞬時にどんなものであるかは一つの偶然として取り扱はれなければなりません。私たちは只この偶然の集合たるあらゆる可能な要素的變化の全體を一つの概念として形づくることに於てその目的を果すことができます。氣體の運動學的理論によつて示される温度の概念の如きはその代表的なものです。

私たちはこの理論に於て、氣體の状態を多くの分子の不規則的運動によつて説明しようとしています。個々の分子は種々の速度をもつ

てあらゆる方向に運動してゐるのであり、そのうちの一つの分子がどんな速度をもつてゐるかは全く偶然によつてしか定められませぬ。私たちは之等の分子のすべての運動エネルギーを平均した上で、若しそれが一定の値を示すならば、そこに温度平衡が存立すると解釋し、その平均運動エネルギーに比例して温度を決定します。併し、實際にかやうな計算の施し得られるのは、分子の運動の間に何等の規則立つた分布もなく、それが全く確度論の公式に従つて行はれてゐるときでなければなりません。即ち最も完全な偶然性がそこに實現されてゐなければならぬのです。

この場合に個々の分子は回より、運動の必然的法則に従つて動いてゐること云ふまでもありません。只分子の異なるに従つてそれ

ぞれ始原並びに環境條件を異にし、之等は、分子の数の極めて多い限り、分子毎に連続的に變化することができなのです。こゝに始めて完全な偶然性が生ずるのであつて、分子の数が少ないとか、又はそれらの運動の始原若くは環境條件が連続的に變化しないで却つて或る一定のものであるとか云ふ場合には、この偶然性は減失されるでありません。

私たちに取つて甚だ興味ある事情は、始原條件のみが或る一定さをもつて居り、之に反して環境條件が全く連続的に變化してゐる場合にあらはれます。この際に最初は明らかに個々の要素の狀態がその平均から外づれる偶然さを少ししかもつてゐませんが、環境條件が個々の要素毎に異なることによつて漸次その狀態を不規則に

し偶然さを増すでありませう。例へば氣體分子の速度が最初は悉く同一であつたと假定しても他の分子との衝突の條件が一々異なるために、漸次お互ひの速度を異にして遂にはあらゆる可能な値を示すに至るでありませう。私たちはかやうな場合に全體の分子集團に對して謂はゆる状態確度なる一つの函數を定義することができます。さうして環境條件の相異のために個々の分子が不規則な状態に移つてゆくと云ふことに相應して、この状態確度が漸次増大することを確かめることができるでせう。これ温度平衡の状態の常に到達せられる過程を云ひあらはすものであり、熱現象の非可逆性の起る所以でもあります。

私たちは即ち個々の分子に關しては、必然的な且つ純粹に可逆的

な法則を假定するだけでありませうが、しかも分子の集團にあつては偶然的な、且つ非可逆的な現象をそれから演繹し得ると云ふことは、實に興味深い事實と云はなければなりません。これは哲學的にも極めて重要な考察點をつくと私は思ひます。空間の方向が純粹に可逆的であるに反して、何が故に時間の方向は少なくとも生物に對して非可逆的にあらはれるか、言ひ換へれば生物の生活過程はいかにして非可逆的であるかと云ふ問題は、恐らく先驗的形而上學に於ては何等の説明をも見出だすことはできません。純粹な力學や電氣學で取り扱ふ現象は可逆的であること明らかです。之等の可逆的現象と、その他の非可逆的なものがどうして世界に兩立するのでせうか。前者は單なる抽象であると論ずることもできるか