

も知れませんが、併し實在の現象に於てさう云ふ抽象の可能であり、又許容せられる所以はどんな關係によるのでせうか。之等の疑問は上述の物理學的理論なしには遂に解くことができなかったのではありません。必然に對する偶然の關係はこゝに絶對的に考慮されなければならなかつたことを私は思ひます。

私たちの今日までの經驗によれば、物質要素に關する必然的法則は、輻射の空間的傳播を除いては、悉く可逆的であつて、現象の非可逆性は單に私たちが多數の要素の集團を全體として見る場合に偶然性の入り込むために起るものであるのを知ることができます。輻射傳播の現象に至りては從來は根本的に非可逆的であるやうに見られたのでしたが、現時著しい發展の途にある量子論は、この現象を

亦可逆的であるとする可能性を含まないでもありません。即ち光やエックス線は常にその源から四方に一樣に輻射せられるのであつて、その逆現象として一點に集中する光やエックス線を私たちは自然的に見ることは出来ないと思はれてゐましたが、最近時に於けるコムプトンのエックス線に關する實驗はそのエネルギーが常に量子的に空間に分布されること、丁度アインシュタインの光量子説に於けると似たものがあるらしい事實を示しました。之に關しては尙ほ確定的な證明を必要とするではありませんが、若しこの量子的關係が實際に成立するとすれば、少なくとも要素的にはやはり可逆的であり、通常感覺的限界内に於て非可逆的にあらはれるところのものは之等の要素の集團に於ける現象として解することができるで

せう。さうすれば、時間過程なるものは原理的には可逆的であつて、その非可逆性は單に私たち人間の偶然意識に依ると云ふことができません。私がこの文の最初に述べた因果關係、即ち原因と結果との先後的關係の如きも亦人間の目的意志の混入によるものであり、純粹な自然科學的原理に於て存するものでないことも、之によつて更に明らかにせられます。

ポアンカレは嘗て偶然を論じた一章「科學と方法」第一篇第四章三に於て或る哲學者の次のやうな誤謬を指摘しました。「或る哲學者が數年前未來は過去に依つて定まるが過去は未來によつて定められないと云つた。言ひ換へれば現在を知つてゐれば未來を知ることが出来るが、過去を知ることが出来ないといふのである。何故

なら一つの原因は一つの結果しか生じないが、同一の結果は多くの原因から生じ得るからと彼はいふ。科學者は誰もこの結論に同意出来ないのは明らかである。」ポアンカレがこゝに自然法則の必然性を示して「自然法則は前件によつて後件が定められると同じく後件に依つて前件が定められる様に前件と後件とを結びつけてゐる」と云つてゐるのは正しいわけです。即ちそれによつて原因と結果との先後的差別は全く消失してゐるのであり、従つて時間の非可逆性即ち未來と過去との本質的差別も亦全くなくなつてゐなければなりません。ポアンカレは併しこの哲學者の誤謬の源をたづねて、熱現象の非可逆性に云ひ及ぼしました。「吾々はカルノーの原理に依つて、物理現象が非可逆的であり世界は均一に向つて進むと

いふことを知つてゐる。温度の異なつた二物體が接して居れば暖かい方は冷たい方に熱を與へる。それ故吾々は温度が等しくなることを豫知することが出来る。しかし一度温度が等しくなつた以上、以前の状態を尋ねられても吾々は何と答へることができよう。無論一物體は暖かく他は冷たいと云ふだらうが、しかしこの二物體のどちらが前に暖かだつたかを云ひ當てることはできなからう。『ボアンカレーは之に答へて、二物體の温度が等しくなると云ふことは、その差が零に向つて漸近線的に近よるだけであつて、若し十分に鋭敏な寒暖計をもつことができたであらうならば、その極めて小さな温度の差の存在によつて、以前より暖かであつたものを見分けることもできたであらうと言つてゐます。』

私は寧ろさう云ふ代りに次のやうに説明しませう。若し私たちが個々の分子の運動を追跡することができたならば、それはいつも可逆的でありますから、以前にどんな運動をなしてゐたかをそれから推察することは、丁度日蝕が過去に於てどう起つたかを見るのと同様です。固より分子の数が極めて多いために之を一々具體的に計算することは不可能でありますが、少なくとも原理的に可能であることは疑を容れません。分子の運動状態を過去にまで辿ることができる以上、物體の以前の温度を知ること亦可能でなければなりません。併しこの可能性は法則の必然性からのみ結果するのであつて、私たちの感覺が分子を識別することができず、従つてその全體の偶然性をゆるす限りに於て現象の非可逆性を呈し従つて過去

と未來とが差別されることも亦當然でなければなりません。併しながら、この偶然が關與する限りに於て私たちは正確に過去を知ることができないと同時に、亦未來をも俄かに豫測するわけにゆきません。溫度平衡が世界の全體に到達されるであらうことは屢々論ぜられ、之を世界の死滅状態として見做すやうに教へられましたが、それは必ずしも絶對の終極状態ではありません。ブラウン運動の現象が私たちに十分この事情を明らかにしたやうに、私たちはもはや熱力學の法則を絶對的なものとは解しないのです。それは單に偶然によつて與へられるものであると共に、偶然それ自身は必ずしもこの法則に従はない可能性をもつてゐます。それが偶然の偶然たる特質でなければなりません。即ち世界は再びその終極

と見なされた平衡状態から外づれるやうな偶然性を有することは確かであり、そして之によつて更に世界の誕生を歸することができるとせう。しかも私たちは之等の總體を見直す場合にもはや時間の非可逆性を或る範圍内に於てしか意味することのできないのを悟るであります。

必然と偶然との交錯が私たちに取つていかに意味ふかいものであるかは、上述の説明によつておほよそ示されたことと思ひます。

生物及び人間の生活現象に關しては、それが單に非可逆的であるばかりでなく、更に進化と自由との問題が考察せられなければなりません。ラプラスは嘗て、若し自然法則のすべてが與へられるならば、いかなる未來をもそれによつて豫言することの可能であるこ

と言ひました。現象が全く必然的である限りに於てはさうです。併しながら、そこには上に述べたやうに始原及び環境條件の連続的多様に基づく偶然があらはれ、又何等かの事情に依る進化と自由とが存する限りに於て、私たちは遂に未來の豫測を不可能にせられてゐるのです。之を明らかにすることによつて始めて世界の真相を覗ふことがゆるされるとしなければなりません。私たちの自然科学は之を求めることに於て最大の使命をもつものです。

### 時間は果して非可逆的であるか

過去、現在及び未來なる時の三つの相は云ふまでなく私たち人間に取つて絶対なるものであり、その順序及び過去から未來への向きは常に決定的であることが信ぜられてゐます。『時の流れ』はいかにしても現實的には逆にするのできない宿命的の事實として私たちの前にあらはれるのです。あらゆる人間がやがては體驗しなくてはならない老年と死とは時が遂に歸すことのできないものであることを明らかに證明してゐると云つてよいでせう。

併しながらそこには更に深い問題が少なくとも私たちの思想のなかに生れて來ます。私たちの直觀若くは體驗上に於ける時はい

かに明確に非可逆的のものであることを私たちに示すとは云へ、抑も時間觀念はそれで終了し盡されてゐるでありませうか。私たちの直観は絶えず無限の發展を續けて種々の思惟を生んでゆきます。思惟のなかに自然科学的に實在概念として構成せられゆくものこそ私たちに取つて永遠的な普遍者でなければなりません。時間も亦かやうなものゝ一つとして見出し得ないでせうか。そして若し然う見出し得るならば、かやうな經驗的實在的時間が果して尙ほ非可逆的であるかどうかは一つの自然科学的判斷として與へられなくてはならないわけです。私たちはこの考察を経ることなしに、時間を非可逆的であるとして速断したるわけにはゆきませぬ。時間

時間は哲學的に經驗の一つの形式として見做されてゐます。時

間は直接に眼で視られるものでもなく、耳で聽き又手で觸れて感ぜられるものでもないので、従つて感覺による經驗内容を形づくるものではないが、すべての經驗内容の持續又は繼起關係を云ひあらはすために是非とも必要な先驗的形式であるわけです。いかなる經驗的對象もそれが直観に入る限りに於て之に或る持續が歸せられなければなりませんし、又二つ以上の出來事が同一の又は異なつた感官を通して直観に綜合せられる場合には必ず同時的又は繼起的の關係に於て序列せられなければなりません。この持續とか序列とかは時間觀念の存在によつて始めて可能にせられるのであつて、單にかやうな範圍に於て時間觀念は先驗的であるのです。けれども上に述べたやうに、私たちのもつてゐる時間觀念は決し

て之れだけの要素で成り立つてゐるのではありません。直観に内在するこの單純な形式は直観から思惟への發展に伴つて種々の要素を附加されずにはゐないのです。第一にそれが數量的に云ひあらはされ得る性質を具へることです。即ち持續の長さが記憶を通じて種々の場合に比較され得ると云ふ事實はそれが數量的に測られ得る根據を私たちに與へるものです。只それはどこまでも一つの數量によつてあらはされること丁度線の長さの場合と等しく、しかも尙ほ之と同様に連續的である點で、時間的持續は一次元的存在であるとする事が出来ます。持續に對して同時觀念は他次元的關係を與へるやうにも見えますが、そこには時間的隔りの全く存在しないことだけが云ひあらはされてゐるので、たとへ他次元を思惟す

るにしても、その擴がりやが常に零であるやうな特殊なものではなければなりません。従つて數量的にかやうな次元は存在しないのに等しいのです。つまり同時觀念の大切な處は持續の一次元的擴延のなかで特殊の時點を徴しづけ、過去、現在、未來等の相をそこに一義的に差別するのにあります。

第二には直接の直観を離れて時間形式を敷衍し、之を一つの普遍的概念となし得ることです。時間が單に直観に内在するところの經驗形式であるならば、この直観を離れて私たちが何の出來事をも體驗し得ない處にもはやそれを考へることは出來なかつたであらうませう。例へば私たちが睡眠せる間に時間が経過したであらうと考へることもできなかつたでせうし、自分が生れなかつた以前又は

死亡したであらう以後において同様であり、尙ほまた他人の直観に於ける時間と、自分のそれとに於て同時判断を共通にすることさへ出来なかつたでありませう。之に反して個々の人間又は生物の無數の直観にあらはれる時間形式を唯一の普遍的存在に歸一せしめるならば、たとへ或る一人の人間の或る直観が消滅したとしても、時間そのものは依然としてその持續的經過を續けるでありませうし、そしてかやうな時間の數量的測定及び同時判断は始めて共通普遍的に行ふことができるでありませう。自然科学に於ける時間概念は勿論かやうなものであるばかりでなく、私たちの通常生活に於て解する思惟時間はやはり之であること云ふまでもありますまい。直観的時間の性質は私たちの直観の心理的考察によつて悟るこ

とが出来るわけですが、私はここに暫らくこれを措いて、特に上に述べた普遍的時間の性質について専ら考察して見たいと思ひます。なぜなら、このものは私たちが直観的時間を概念化し普遍化したものに外ならないのですが、その概念化普遍化に際して適當な種々の思慮が費されなければならぬからです。

先づ普遍的な科學的な時間は直観的な心理的な時間と共に上に説明した通りの一次元的數量の性質をもたなければならぬ事勿論です。之に對しては恐らく何の異論も存在しないのであつて、時間を二次元的であると主張する人や數量的表示の不可能を信ずる人は多分ないでありませう。併し一次元的數量が直線のやうに負の無限大から正の無限大に到達するに相應して、時間は果して永遠



の過去から永遠の未來に流れるものであるか、又はこの一次元的數量が一つの有限の環のやうに、或る増大又は減少の後に再び以前の數量自身に戻るのに相應して、時間も亦十分大きな經過の後に再び過去の時點に復歸すべきものであるかどうかについては、多くの困難な論議があらはれるでありませう。少なくとも直觀的にはこの後の性質は明らかに否定せられたでもありませう。なぜなら、人間の生死の事實とその歴史とは餘りに嚴然として私たちの眼前に存在し、従つて或る遠い未來に於て再び紀元元年や一九二五年があらはれるであらうことを想像するのは餘りに不合理に見えるからです。けれどもそれにも拘らず私たちの概念化せられた時間に於てはかやうな性質のあらはれることも亦必ずしも不可能ではないの

でありませうし、之が後に述べる時間の可逆性とも却つてよく相容れるであらうことも想像せられるのであつて、之に對する判斷はすべての科學的經驗とその思惟的整序との如何に待たなくてはならないのです。かやうな場合に人間の生死や歴史がいかに解せらるべきかも亦私たちに取つては極めて興味ある問題でなければなりません。

普遍的時間が連続的であるかどうかの問題が次に起ります。一つの直觀が持續する限りに於て私たちの感覺的經驗はおそらく連續的な時間形式を要求するでもありませう。併しながら私たちがそれ故に時間そのものに數學的連續性を與へなくてはならないかどうかはやはり一つの疑問として残り得るのです。なぜなら感覺

はどこまでも有限であつて、無限に小さな時間を識別することは不可能であり、言ひ換へれば、個々の直観はいかに短くとも或る測り得る持續を有し、之に反して數學的の意味に定義せられた時點なるものは獨立な直観形式として實現することはできないからです。丁度私たちが一本の極めて細い針金を視てその長さに對し連續的であるとしたか感じ得ないに拘らず、實はこの針金が原子又は電子のやうな微粒から不連續的に構成せられてゐると解しなければならぬいと云ふのと同様な關係が時間形式に對しても可能でないとは云はれますまい。時間が連續的であるか又は不連續的であるかと云ふ判断は、それ故に純粹に思惟的には、即ち先驗的には決して與へられ得ないものであると私は思ひます。私たちは直接の感覺的經驗

に矛盾することなしに、その何れをも思惟することがゆるされたてありませう。只連續的に視える針金が實は不連續的に構成せられてゐると云ふことを今日多くの物理學的經驗が私たちに教へたやうに、時間も亦連續性をもつかどうかはやはり私たちの經驗的知識を待つて解決しなければならぬわけです。従つてそれは一つの純粹に科學的な問題として私たちに殘されてゐるのであつて、決して單に心理的に又は先驗的に判断せらるべきものではありません。若し私が今日迄に到達せる科學的經驗に基づいてこの問題に答へようとするならば、私は次のやうに意見立てるより外により適當の解決を見出し得ません。即ち今日に於ける唯一の精密經驗科學としての物理學に在つては、あらゆる現象を云ひあらはすに當つて

時間は果して非可逆的であるか

一つの連続的な一次元的時間變數を必要とするだけであつて、之に代るべき不連続的變數を強要する、若くは之をより便宜的であると、する何等の現象過程をも知つてゐません。併しこれだけの事柄で時間を連続的存在であると決斷することに對して或る論者等は尙ほ不満足を感じずるかも知れませぬ。物理学に於て時間がその様な連続的變數としてあらはれてゐるのは、その最初からの假定であつて、決して事實からの歸納ではあり得ないと彼等は主張するでせう。けれども、若し或る事實が時間の不連続性を本當に示すならば、それは連続的變數としての時間假定によつては云ひあらはすことが不可能になる筈です。丁度物質の連続的構成の假定に基づいてゐる熱力学の原則がブラウン運動のやうな現象を説明することの

不可能になつたと同様です。私たちが時間の連続性に對してこのやうな矛盾に出逢はない限り、それはたとへ事實からの積極的歸納ではないにしても、なほ暗黙的に肯定せらるべきものであると云はなければなりません。まして、之に反して若し私たちが時間の不連続性を假定したとすれば、どんな困難に陥るかを考へてごらん下さい。その際私たちの直觀に内在すべき時間を或る一次元的連續體に投影したと考へて見ませう。さうすれば時間はこの一次元的連續體の上に不連続的な線片となつてあらはれるであります。かやうな線片間に残された空處は固より時間形式として私たちのいかなる直觀的經驗にも入り得ないものであつて、若しそれが普遍的に決定し得られるものであるならば、私たちはこの一次元的連續

時間は果して非可逆的であるか

體のうちで時間的線片の投影せられた部分のみを経験し得るに止まるでありませう。しかもこの部分の長さのみが數量的に測られ得るに反して、經驗に入り得ない空處の部分の長さはどれだけあるかを遂に知ることができない筈です。それ故にかやうな絶對に不可知なものは單に思惟的に存在する外、經驗的形式若くは對象として存在しないのに等しいと見做してもよいのであつて、従つて私たちはその部分の長さを勝手に定めても私たちの經驗そのものを云ひあらはすには差支ないでありませう。ですから、若し私たちがかやうな部分の長さを極限的に短くして遂に數學的に零に等しくするならば、私たちは線片の接續と共に、連續的な時間をもつやうになるでせう。之最初に假定した時間の不連續性と矛盾するものでな

ければなりません。私はこの論理的矛盾が時間の不連續性を否定することによつてのみ救はれるのをこゝに指摘したいと思ひます。直觀的時間が個々の直觀者に對して相對的であるのは云ふまでもありません。之を普遍化するに際して、時間は果してすべての要素に於て絶對的に確定せられるかどうかと云ふ問題が次にあらはれます。時間の一次元性並びに連續性は上に説いたやうに恐らく一義的に絶對的に判斷せらるべきものでありませう。けれども時點並びに時間的長さに関してはその程容易に答へることはできません。私たちが從來之等の絶對性を信じてゐたやうに見える根據はどこにあつたかを反省して見ますと、それが直觀そのものに由來するのではなく、却つて或る慣習的な先驗的思惟に基づいてゐるこ

とを見出すであります。私たちは多くの直観から適宜な有限の時間形式を抽象し之を概念化し普遍化しました。この概念化のなかに含まれた同時概念は私たちをして容易に時點の絕對性を暗黙的に認容せしめ、従つて時間の長さに對しても絕對性を歸するやうになつたのです。蓋し過去、現在、及び未來なる三つの相は各の直観に於て既にあらはれるところのものでありますから、現在なるもの、概念的普遍化が絕對的同時性を結果せしめたのでありませう。けれども近時の物理学に於ける相對性理論が明らかにしたやうに私たちの具體的直観に於ては時間概念は常に空間概念と結びついて經驗形式をつくることができるのであつて、いかなる出來事も、いつと云ふ時點と、どんな場處と云ふ空間點とを離れて存在するわけにはゆかないのです。そして光及び電氣に關する經驗的事實は實際に同時判斷及び時間の長さを觀測者の運動状態に依るとすることによつて始めて能く理解することができなのです。従つてこの意味で時點とか時間の長さとかはもはや絕對的ではなく、却つて觀測者に相對的にのみ決定せられるものであることが結論せられました。

光及び電氣現象に關する經驗的事實が示す限りに於て併し、相互に靜止せる觀測者に取つて時點及び時間の長さは一義的に決定せられるかのやうに見えました。けれども相對性理論が世界の時間空間的構成を物質の理論と關聯せしめ、寧ろその形式的構成そのもの、なかに物質の根本的性質をあのづから含ませようとする極

めて大膽な試みに移り、アインシュタインの萬有引力論に於てその著しい成功を見るに及んで、時間の長さはもはや物質の時間空間的分布に無關係ではなくなり、更に世界の時間空間的限界が論議せられるに至つては、空間點と共に時點の位置さへも必ずしも確定的であるかどうかを疑問とせられるやうになりました。即ちアインシュタインの見解では時間は無限的の延長をもつてはゐますが、之に反しドジッターの公けにせる解式に於ては時間は空間と共に四次元の球若くは之によつて近似せられる幾何學的形體を構成するのであつて、従つてその全延長はたとへ測定に不可能な程大きくとも、尙ほ或る有限の値を有し、時間はこの値を隔て、再び同一のものとして繰り返されると解せられました。この後の場合に於て私たちは特

に時間全體なるものに對して或る特殊の時點を徴しづける何等の手段をも見出すことも出来なかつたでありませう。

私は普遍的時間の種々の性質を考察して、こゝに私の主題として論じようとするその非可逆性に到達しなくてはなりません。

既に述べた通り、過去から未來への時間の向きは私たち人間及びすべての生物に取つて必然的に決定せられてゐるものであつて、之を逆にするには甚だしい不合理を結果すると考へられます。そればかりでなく、私たちが自然科学に於て昔から抱いてゐる因果觀念なるものは、或る出來事の多くの間に原因と結果との連結關係をつくらしめ、そしていつも原因をその結果よりも時間的に先だたしめるやうにします。それ故に若し時間が逆に流れるならば結果が

原因に先だつと云ふ矛盾を生ずるであらうことが想像されなければなりません。之等の事情は本當に時間の非可逆性を保證するに足るでありませうか。

原因と結果との先後關係については多くの學者がその精透なる考察を費すことによつて古來の迷想を打ち破ることができました。私たちは少くとも純粹な物質現象に於ては單に諸種の數量的概念の間に法則として必然的な函數關係が成り立つだけであつて、その外に特に何れを原因とし、何れをその結果とするかと云ふやうな必然的關係は存在しないと云ふことが明らかにされました。例へば運動の原因は力であると云つても、力が先づ存在して運動がその後にはあらはれると云ふのではなく、靜止物體の運動を起すことそれ自

身が力の作用に外ならないのであつて、この運動を離れて原因たる力が既に存在してゐたわけではありません。力と運動とは二つの異なつた概念であつて、それが或る函數關係で結びつけられてゐると云ふ事だけが私たちの認識するものであり、そして力の作用と運動とはそこに同時にあらはれてゐるのです。勿論通常の物理學に於ては物體の運動があらはれる以前に於てそこに力の場なるものが原因として存在するかのやうに云ひあらはします。地球上に重力の場が存在してゐて、之が物體落下の原因をなすと説明するでありませう。けれども重力の場なる概念は單に重力を及ぼし得る可能性を云ひあらはすだけであつて、力そのものではなく、尙ほまたかやうな可能性の存在は地球が孤獨的に宇宙に存立してゐたでもあ

時間は果して非可逆的であるか

らう場合に既に假定せらるべきかどうかは頗る疑問であり、マッハ及びアインシュタイン等の相對論者は地球以外の物體がそこに對立してゐたときにのみあらはれるものであることを假定してゐる通り、事實上も亦常に重力によつてはたらかれてゐる物體の存在を最初から認めなくてはならなかつたでせう。さうすれば物體が最初静止してゐたことは、力がはたらかれなかつたからではなく、却つて或る支臺の如きものによつてその運動が妨げられてゐたに過ぎません。力が原因として運動以前に存在してゐると云ふことは之等の考察によつて、その誤であるのを悟ることができるとせう。

物質現象以外に人間の意志作用を考慮に入れるときに、始めて因果關係なるもの、本質があらはれます。物體を衝いて之を動かす

た場合に、之を衝かうとする意志は原因として衝く動作の以前になければならないことは明らかです。こゝでは意志と之を遂行する動作との間に時間的前後關係が存するのであつて、その因果を逆にするのできないのは、即ち生物現象の非可逆性の特質に由來するとしなければなりません。

私たちはそこで問題を新たににして、抑も自然現象は本質的に可逆的であるか、又は非可逆的であるかを考究し、之によつて時間の非可逆性の問題の解決に赴くより外はありません。

物理學に於ては最初多くの物質現象のうちから可逆的なるものを抽象して、先づその法則を求めようと思ひました。力學的法則に従ふところのすべての現象は、力學的エネルギーが恒存される限り、純

時間は果して非可逆的であるか



粹に可逆的であります。之等の現象の數學的記述に於ては、たとへ時間變數の代數的符號を悉く變更して正負を逆にしても、その法則の形は少しも影響されないのであつて、従つてこの法則に適合する力學的現象は時間を逆に進めると想像しても、私たちの經驗するところのものと少しも異なりはしないのであります。力が物質間の萬有引力であつても、又は電氣磁氣力であつても、この關係は同様に成り立ちます。若し自然のあらゆる現象がかやうな可逆的のものであつたとしたなら、私たちはすぐに時間の可逆性を信ずることができたのであります。

併しながら私たちが自然現象を具體的の儘に顧みて來ますと、それらが殆どすべて非可逆的にあらはれることを知ることが出來ま

す。生物現象は云ふまでもなく然うです。物質現象といへども多くは非可逆的に起ることが經驗せられました。熱に關する一切がさうであるのは熱力學の法則によつて明らかです。又力學的現象もそれが純粹に可逆的に起るのは一つの抽象に過ぎないのであつて、實際に物質の相接觸する處には必ず摩擦若くは抵抗があらはれて熱を生じ、全體としてはいつも非可逆的になります。電流現象、磁化現象に於てもさうであり、特にまた音、光、電波の如き波動の輻射に關してはそれ自身既に非可逆的でなければなりません。かやうにして自然現象の殆どすべては非可逆的に見えるわけですが、若しさうであるならば、何故に力學的法則のみが可逆的であり、しかもそれが物質現象の根本原理として解されるのでありますやうか。

物理學者はこゝに一つの極めて大膽なる試みを企て、そして之をどこまでも徹底させようと努力してゐます。それは熱の運動學的理論から始まつて物質の分子及び電子論に到達し、今はエネルギーの量子論に及んで來ました。今日信ぜられてゐる物質の構成要素たる分子や原子や電子(陽子を含む)に於ては、それらがいつも眞空に取り圍まれてゐる限り、その間の力はすべて恒存的であります。云ひ換へれば之等の粒子の相互作用はすべて可逆的に起ります。只之等の粒子の非常に多くが集團をつくつてゐる物質そのものに於て熱のやうな非可逆的現象のあらはれるのは、集團それ自身の性質に外ならないとして解しようとするのです。

純粹に可逆的な性質をもつてゐる構成要素の集團が何故に非可

逆的な現象を生ずるかと云ふ問題は物理學が久しくその解決に悩んだ一つの重大な謎でありました。私たちはこの困難な謎を私たちに解き示してくれたボルツマンに深く感謝せずにはゐられません。彼は即ち物質を構成する極めて多數の分子の間に、その運動速度の大きいさ並びに方向が、偶然(確度)の法則に従つて、許され得るすべての値をもつて分布せられたときに、確度の最も大きな状態は、各の状態に固有な或る一つの量(エントロピー)の最大値によつて特徴づけられることを見出し、依つて物質がいつも一定の方向への變化を實現して、之と逆の變化を起さないのは、分子の状態分布が偶然の法則によつて最も確らしいものへ向ふと云ふことに外ならないと解しました。物質現象の非可逆性は畢竟、之によれば、その構成要素の

時間は果して非可逆的であるか

状態分布の偶然性に基づくのであつて、構成要素それ自身に於ける關係は常に可逆的であることが出來ます。

私たちは今日物質のかやうな構成要素の實在を恐らくもはや疑はないでありませう。さうすれば私たちは物質現象をその本質に於て可逆的であるとするをも許さなくてはなりません。若し私たちが物質の構成要素をどこまでも個々的に見分けることができらば、その場合にはすべての物質現象は可逆的にあらはれたでもありませう。併し私たちは分子の如きものを一々分子甲、分子乙等として見分ける手段をもちませんし、亦實際可視世界の現象はそれらの個性を没却した點に存立してゐるのです。こゝに偶然の法則が適用せられ得る根據があり、そしてまた現象の非可逆性が由

來する理由を醸してゐるのです。

熱現象の非可逆性はかやうにして分子の可逆的運動によつて説明することができましたが、もう一つの非可逆的な輻射現象が物理学に残されてゐました。眞空に於ける光及び電氣の波動はその源からすべての方向に輻射して空間限界にまでも擴がつてゆきます。たとへ私たちの宇宙空間が相對性理論の與へる通りな三次元的球の形をなしてゐるとしても、輻射波が空間全體に絶えず散逸することとは免がれません。しかも私たちは今日之と逆に起る現象、即ち一點に集中するやうな波動が自然的にあらはれるのを經驗しません。この現象こそは遂に本質的に非可逆的であるのでせうか。

物理学は輻射現象を連続的なエーテルの振動として解する限り、

その非可逆性を認めなければなりません。なぜなら、輻射は、この場合に最も単純な現象として抽象せられてゐるのであつて、物質に於ける熱現象のやうにもはやその構成的要素の可逆性を假定する餘地が見出され得なかつたからです。しかしながら輻射の理論は最近に於て驚くべき量子的關係の發見を喚び起しました。しかも之が常に可逆的であることによつて、輻射現象の一切をも可逆的要素に分つことの可能性に對し一縷の望みが繋がれました。アインシュタインの光量子説の如きは、光の輻射が常に或る有限な體積を占める量子として空間を傳播し、その儘他の物質に吸収せられることを假定した點に於て明らかに可逆性をもつものでありました。けれども、それが波動の特質たる干渉現象の如きを説明するに困難

を感ずることによつて、爾後量子的關係を單に原子内の電子機構に於てのみ求めるやうに導き、輻射は依然として連續的波動の形に於て解せられました。それにも拘はらず、最近數年以來、エックス線に關する或る實驗的研究は輻射が量子的構成を示すかのやうに見えるのでした。私はこの研究が將來更にいかなる事實を私たちに教へ、輻射の本質に對する思考をどう變へさせるかを妄りに豫測しませぬ。しかも現時の物理學に於ける最も重要な問題としての量子論は、輻射が可逆的要素から成立することの可能性を全然除外するものではないことを指摘したいと思ひます。そして若しこの可能性が事實として證せられる日があつたなら、その場合にはあらゆる物質現象が本質的に可逆的であるのを始めて斷言することがで

時間は果して非可逆的であるか

きるでありませう。

生物現象に至つては甚だ複雑であつて、その根本的法則は物質現象のそれと全く相一致すべきか、又は之と異なつた別種のものを含んでゐるか、抑も又意志現象のやうなものに於ては自然科学的法則の成立が果して可能であるかどうか等の問題について、悉く明確にされてはゐません。今日の生理學が取り扱ふことの出来る現象はたとへ物質現象の法則に従つてゐることが明らかにされてゐるとは云へ、それは固より物理化學的方法をもつて私たちが最初から之に向つてゐるためであり、そして又それらは生物現象の限られた一部に過ぎないので。その全體に亘つて、特に私たちの精神それ自らが呈する思惟現象の如きものをも自然科学的に解することの

出来るのは、いつの日に私たちに可能にせられるであらうかは、私たちの眞に豫想だもすることのできない有様にあります。有機化合物が全く無機化合物と本質的に差別せらるべきものでないと私たちが結論し得たやうに、生物現象の一切は物質現象の複雑な特殊態に過ぎないと誰が今日斷言することができませう。

私は併し精神現象の神秘性が物質現象の或る綜合によつて必ずしも到達し得られないとするものでもありません。そして物質現象が常に必然的法則によつて繼起されるものであるに拘はらず、謂はゆる高等な生物體の如き綜合機體に於いては、それ自身のなかにあらはれる意識作用によつて或る必然をも自由として意識する事が必ずしも不可能ではないであらうと考へるのです。私はかやう

にして宿命論と自由生命論との一致をこの關係に於て想像することもできるやうに思ひます。若し私のこの想像がゆるされるならば、そして更に物質現象の可逆性が經驗的に證せられるならば、そのとき始めてあらゆる自然現象は可逆的であり、従つて私たちの論じようとした時間も亦本質的に可逆的であることができたでありませう。時間の可逆性は科學的に決して絶対に不可能なものではなく、その十分な可能性を具へるものであることは之に依つて明らかにせられたでありませう。

誤解を避けるために私は尙ほすぐに之に附言しなければなりません。たとへ時間がこのやうにして可逆的であることが證明される日があつたとしても、自然現象の多くが人間に取つて非可逆的に

起るやうに見えることは依然として今日と少しも異なる處はないでありませう。なぜなら現象が非可逆的に進行するのは、世界のすべての構成要素に於ける状態分布が常により確からしい有様へ向つて進むことであり、それは確度論によつて最も起り易い事柄であることが保證せられるからであります。けれどもボルツマンが既に明察した通りに、現象がかやうな確度論即ち偶然性の法則に従つて起る限りに於ては、構成要素の状態分布が必ずしも確度大なるものへばかり變移するとは限らないのであつて、却つて之に反する方向に進むことも全く存在しないわけではありますまい。その確度の極めて小さいと云ふことは實現せられる場合の極めて稀なことを意味するには相違ありませんが、併し私たちの想像し得る永遠の

時間は果して非可逆的であるか

過程のうちにはかやうな變則的な現象進行が實現することもあり得るでありませう。尙ほまたそれが世界全體に於ては起らないでも、その或る一局部に於て往々にして可能であるわけです。私たちがそこで翻へつて永遠の時間過程に於ける世界全體を見亘す至宏至大の眼を用意するならば、その大部分に於ては現象的構成要素は確度の最も大きい状態分布にあるとすることが恐らく至當であります。そこにはすべてが平衡して何の現象をも生じないところの、謂はゆる死の状態が現ぜられるでありませう。しかも或る一局部に於て或る僅小な時間だけ確度のより小さな状態分布が出現することは可能であります。そこに私たちは死の状態から離れた一つの宇宙の活動を見ることができるのであつて、この宇宙のなかにあ

らられる生物がこの範圍内に於ける現象を經驗して時間形式を意識する場合に於ては、その大部分の現象が死の状態に向ふ方向を時間的に後であると判断するに過ぎないのです。彼に取つては現象は非可逆的に起り、時間も亦従つて非可逆的であるばかりでなく、この宇宙の死滅の後にはもはや時間の経過が存するかどうかをさへ少なくとも直觀的には知ることができなかつたでせう。けれどもかやうな宇宙の多數を包容する廣大な世界を思惟する私たちに取つては、個々の宇宙のなかの生物が自覺する時間はもつと一般的な或る一次元的存在の一部に過ぎないのであり、そしてそれは後者の上で同様に一方又は他方への向きをもつことが出来るわけです。而もこの一次元的存在もやはり時間そのものに外ならない事は上

の考察から明らかであり、且つ私たちの思惟の上からかやうな時間は純粹に可逆的であることがこゝに理解せられるでありませう。

私は上に相對性理論の一つの歸結として、世界が四次元的球形をなすと云ふ説の可能であることを述べましたが、それはこゝに想像した時間の可逆性と甚だ能く相容れるものであることを注意したいと思ひます。若し現在の世界の状態がその最も根原的な構成要素に於ける状態分布の或る偶然性によつて成立するとするならば、この状態分布があらゆる可能な有様を経過する間に、再び現在と同様な若くは近似的な世界の状態があらはれないとは限りませう。たとへ世界全體に對してなくとも、その一局部に之があらはれることの確度はより大きいでありませう。私たちが可逆的な時間全

體のなかに或る特殊の時點を徴しづけるためには、たゞ世界の状態に依るより外はないのですから、それが再び同様なものとして繰返される場合には、少なくとも之に近い時間のなかに於ける觀測によつてはもはや時點の差別を意識することもできなかつたでありませう。私たちがそこに同一の時間、同一の歴史的經過のあらはれを経験するにちがひがありません。

以上に述べた時間の可逆性は、固より之を十分に歸結すべき經驗的論據を今日私たちが確實にすることの出来ない限り、科學者の一つの夢に屬するかも知れません。併し夢としても、それは何の論理的矛盾も含まない點に於て科學的に可能であるとするのできるものです。しかも單に一つの可能性をもつと云ふことばかりで



はなく、之によつてすべての自然現象を本質的に可逆的であるとなし得る點で極めて徹底した整序をそこに見ることができるところです。之に反して時間の非可逆性を信ずる場合に於ては、自然現象の或るものが何故に可逆的であり、その他のものが何故に非可逆的であるか、即ち現象の本質に於けるこの相違は何によつて特質づけられるか、又非可逆的なる時間の向きは物質状態といかに關聯するか、若くは世界の太初と終極とは何故に存し、又何故にそれ程異なつた有様に於てなければならぬかと云ふやうな多くの形而上學的疑問をこのづから起さずにはゐられなかつたでありませう。之等の形而上學的疑問は固より自然科學の關與すべきものでないかも知れませんが、併し、自然科學者がその研究を進め、理論を構成するに當つて、

若し可能であるならば、かやうな形而上學的疑問を消滅せしめ、之を自然科學的に當然のこととして理解するやうに心を向けることが大切であるに相違ないと私は思ひます。なぜなら、自然科學があらゆる自然現象を解釋し盡すであらうやうな窮極に於ては、私たちの思惟はすべての自然をいかに自然らしく感ぜしめるにちがひないのであつて、そこにもはや之に對する形而上學的疑問は亦このづから影を絶つてあらうと思はれるからです。多くの直觀的觀察が屢々科學的なるものを補導し得るやうに、形而上學も亦この意味に於て必ずしも自然科學の歩むべき道を暗示しないとは云はれませ

ん。  
時間は果して非可逆的であるかと云ふ問題に關して、要するに私

たちは今日何等の確からしい解答を與へることはできません。併しその非可逆性が生物意識の上に於てかなりに深い根據をもつてゐるやうに思はれるに拘らず、之に伴ふ形而上學的疑問も亦多いのです。私は只こゝに、之に反して時間の可逆性が思惟的に可能である所以を或る程度まで説明しようとしたに過ぎません。

### 相對的判斷による絶對について

私たち人間が一つの絶對を認識判定することは果して何によつて可能でありませうか。

私たちの感覺、認識、判斷はすべて相對的のものであることは否定することの出来ない事實です。それらは個々人によりて、又個々時の状態によりて異なるのは明らかであつて、それによつて結果したものゝが絶對であり得ないのは當然であるからです。併し私たちがこの理由によつて謂はゆる哲學的相對論に止まることは、亦私たちの満足に適ふ所以ではありません。私たちはそれらの一切の相對を超越する、より高い且つより深い絶對を取得することを少くとも

希求することに於て、常に私たちの理想を形づくらうとしてゐるのです。この理想に或る絶對の性質若くは價值が歸せられなかつたとしたならば、私たちはお互ひに省りみて、私たち人間の無力を嘆ずるより外はありますまい。私たちはその際おのづから心の叫びを感じずるでせう。神は人間にもつと大きな惠福を與へてゐるにちがひないと。私たちは斯様にして少くとも一つの絶對としての「神」を自分の心に喚び起すことが出來ます。あらゆる宗教的意識はこの絶對から流れ出るものでなければなりません。

若し人間の相對的意識のなかにのみ神が生れるものであるならば、いかに神を絶對に高めようとしてもそれは出來得ないことです。私はこゝに私たちの思想の或る絶對への飛躍をゆるさなくてはな

らないのを感じます。そして斯様にして一度絶對が把握されたとしたなら、私たちはそれがどんな特質をもつてゐるかをその絶對なるもの、見地から考究しなければならぬのです。

絶對はもはや人間の個々に於て異なつて顯はれるものではありません。即ち例へば神なる絶對の存在はすべての人に意識せられ得る筈のもので、併し亦個々の人の個々の時にそれは必ずしも同一にあらはれるものでもありません。その情況に應じ又その感受性に應じてそれはあらゆる形をとることが出來るでせう。その一々に於て異なつて、しかもその全體に於て同一なのです。畢竟その相異なるのは人間の相對的意識に於ける顯はれに過ぎないので、それにも拘らず全體として同一であり得るのは即ち絶對者の

本質に歸せられなければなりません。

この様な關係は一見私たちの論理に矛盾する様に思はれます。多くの人たちが之を首肯することに躊躇するのはこの點に外ならないのでありませう。哲學的相對論者がその相對論の世界を一步超脱することの出来なかつたのもこの障礙のためでありました。そして之を否として絶對を認容しようとする理想主義論者も亦私たちにこの點に於て十分の理解を與へることが出来ないやうに見えます。私たちは果してどんな論據を求めたいのでせうか。

異にしてしかも同一であることとは、その言葉が通常解せられる意味に於ては明らかに一つの矛盾です。併しより深い意味に於て之が許され得ることは、たとへ明確な論據を示すことが出来ず

とも、少くとも深く考へる人たちに取りては既に矛盾ではなかつたでありませう。けれども矛盾と否とを判ずるのは私たちの理性的論理の上の事柄であつて、その外の何ものでもありません。私たちは私達の論理が亦正當に之を許すかどうかを見究めなくてはならないのです。

異にしてしかも同一と云ふことは、それが人間の相對的意識に顯はれる上に於て異なるけれども、それらは同一の本質的絶對に歸せられ得るものであるのを意味するに外ならないでせう。私はこの場合に同一の本質的絶對に歸し得られるために、前の相異せるものゝなかに、或る何等かの普遍的要素の存在することを認めなくてはなりません。之れなしには個々の相異は單なる對照的相異に止ま

つて、どうしてもそれが同一の絶對に歸し得られる筈はないからです。只こゝで私の云はうとする普遍的要素なるものは、それが必ずしも具體的同一性をもつのではなくて、より深く隠れた本質的普遍性をもつことを指すのです。例へば神なる絶對者の具體的の顯はれは個々の場合にあらゆる相異せる形を取ることが出来ます。或は直接に人格的にあらはれ、或は自然の整齊なる姿のなかに認められ、或は超實在的に意識せられはするでせうが、それらのなかに、あらゆる實在世界の主として、しかもあらゆる實在を包容する絶對としての神の存在が、常に普遍的に想像せられなければならぬのです。私たちは人間の個性的判断のみによつて一つの絶對を決定することは出来ません。斯やうにして絶對を結果するためにはそこに

或る絶對的判断を必要としたのでありませう。しかも私たちのうちの誰がこの判断をなす絶對者であり得るのでせうか。私たちは寧ろ私たちのすべてが相對的判断者であることを悟らなければなりません。この意味に於て私たちの判断はその個性と環境とに依存するのです。けれどもそこには亦或る普遍的要素によつて連絡せられてゐるものゝ存在することを經驗するでせう。理性論理のやうなものは恐らくはその最も明確なる普遍的形式でもありません。私たちは人間の各が相異なるにも拘らず人間の平等性が假定せられるのはやはりこの普遍的要素の存在に依るのです。近代の平等論はこゝにその根據をおかなくてはならないと私は思ひます。又謂はゆる宗教的聖者なるものゝ教理が價値をもつのは、決してそ

れらが絶対者であるためではなく、どこまでも人間的相對者として普遍的なるものを私たちに啓示することになければならないと信じます。

相異せるものゝなかに於ける或る普遍的要素が一つの絶対を持ち來すところの關係を私は近代幾何學の共變量理論 (Kovariantentheorie) に於て最も能く見ることが出來ると思ひます。私は曩に擧げた異にして同一なるものゝ矛盾でないことと云ふことの論據をこの數學的論理形式のなかに見出すより外はないことを信じます。この理論はまことに微妙に上述の關係を私たちに示すものであります。共變量理論の詳細を私はこゝに説明することは出來ません。只その輪廓を最も簡単に述べるなら、次のやうなものです。

或る  $n$  次元の幾何學的空間に於て數個の幾何學的對象が與へられてゐるとします。私たちは之等を云ひ表はすために  $n$  個の任意の座標を補助手段として用ひることが出來ます。之等の對象は  $n$  個の座標若くはそれらの任意個の組合せに屬する或る數量によつて記載することが出來ます。私たちはこれらの數量をその對象の座標分と名づけ、一般に座標分によつて定義せられた幾何學的對象をテンソルと名づけます。テンソルの各座標分が  $n$  個の座標のうち或る  $m$  個に歸屬せられる場合に之を第  $m$  階級のテンソルと名づけます。

一つの座標系から之を變更して他の座標系に移すとき、空間的線分に於けると同等な數學的運算に依つてその式を變へるテンソル

と然うでないものがあります。私たちは之等を差別して夫々逆變的及び共變的と云ひます。又或る特殊の座標的指數に關して逆變的でありその殘餘のものに關して共變的なものもあります。之等を混合的テンソルと名づけます。すべての幾何學的關係は之等のテンソル間に成り立つ等階級的方程式としてあらはされるので、私たちは之を論ずるものを一般に共變量理論と名づけるのです。

共變量理論に於て著しい事柄は之れ等の幾何學的關係の如何はすべてその幾何學的空間の性質に依存すること、並にこの空間の各點に於ける性質はすべて或る第零階級のテンソルによつて指定せられることです。斯のテンソルは即ち空間そのものに固有のものであつて、座標の選擇に關係しません。私たちは夫故に之を一つの

不變量として云ひ表はします。この不變量の値を私たちが知るならば、共變量理論の諸關係は當然之から導き出されなくてはならないのです。

アインシュタインの一般相對性理論は實にこの共變量理論に基づいたものであつて、それは一つの物理學的理論ではありませんが、亦私たちに相對的判斷と之による絶對的法則の確立との間に極めて興味ある關係を啓示するものであると私は思ひます。

一般相對性理論のすべての方程式は共變量理論のそれに外ならないのです。後者に於ける種々の座標選擇に相當して、前者では物理學的觀測者の種々の運動状態が思惟せられるのです。即ち物理學的に異つた立場に於ける種々の觀測者はその測定する物理學的

の量を一般に一つの共變量として、云ひ換へればその立場に依つて夫々異なる量として觀測するでせう。併しそれらの間に成り立つ關係はいつも共變的方程式として普遍的要素をもつてゐるのです。私達は之等の共變量の直接的觀測から見出した關係を座標選擇に依存しない不變量の關係に歸着せしめることが出来ます。最小作用の原理として知られるものは之に外ならないのです。

私達は斯様にして物理学の最も基礎的な原理としての最小作用の原理を不變量の關係として解することが出来たと共に、之れから導かれる諸方程式を共變量の關係としてあらはし、そこに常に普遍的要素を認めることが出来たのでした。觀測の立場が異なると共に、その測定する量の値の異なるのは寧ろ當然として許されます。

時間の長さや、空間の長さや力その他の物理的諸量はすべて然うでなければなりません。しかもその間に成り立つ關係は共變的方程式として普遍的形式を保たなくてはならないのです。アインシュタインは之を相對性原理と名づけたのですが、その意味は相對的な物理學的測定が普遍的形式の法則を満足しなければならぬと云ふことでした。私たちはこゝに物理學的法則の絕對性を見ることが出来るのです。

私たちのすべての相對的判斷はかやうにして絕對の眞理を結果することが出来なければなりません。色盲の判斷する色は通常の人たちのそれとは異なるでせう。併し之は色に關する眞理に背くものでは決してありません。色盲者は色盲なる特殊の立場から之



を判断してゐるのです。それは全體ではなくて或る共變關係の一つのあらはれに對する相對的判断なのです。若し色に關する一般的な共變關係が知られたならば、それは色盲の場合に斯様にあらはれ、然うでない場合には斯くくに見えたと云ふことを包容する普遍的のものとなるでせう。私が前に述べた或る普遍的要素と云ふ意味もこの例に照らして解して頂きたいと思ふのです。

或る特殊の人のもつ眞理が他のそれと異なると云ふ理由だけによつて眞理そのものを否定してはなりません。一つの絶對なる眞理は共變的關係として種々の相對的判断者に夫々相異つてあらはれ得るのです。只或る具體的述言が眞理であるかどうかは、それが果して共變的關係を満足するかどうかによつて判定せられなければ

ばならないのです。即ち若しそれが本當に共變的關係であるならば、私たちはその相異せるものから最後に唯一の不變的關係に到達し得なければなりません。私達は數學の共變量理論に於ける様な明確な知識を他の一切の事柄に對して望まれない處に、多大の困難を感ずることは勿論ですが、併し私たちはいつも之と同様の關係がすべての相對的判断に際して存在し得ることを十分に諒解しなければならぬと思ひます。

上の意味に於ける相對と絶對とは一枚の紙の表と裏とのやうに相反するものではありません。相對ならざるものを絶對となし、絶對ならざるものを相對とするならば、すべて相對的なる人間の知識のなかに絶對を容れることは出來ないので。しかし私がこゝに

述べたやうに解するならば、相對的なるものゝなかに絶對をつくる  
 ことが出來、又逆に絶對そのものゝ種々のあらはれを相對と見るこ  
 とが出來るでありませう。それは丁度二にして一、一にして二であ  
 るとも云ふことが出來ます。種々の單色は相集まつて白光をつく  
 ります。そして白光は物質の表面に於て種々の色となつてあらは  
 れます。一つの絶對と種々の相對的判斷との關係も稍々之に似て  
 るると云へば云はれるでせう。併し私は強ひて斯様な類推をこゝ  
 に擧げようとは思ひません。もつと本質的に私は共變量を引用し  
 たのでした。それは單なる類推ではなくして、寧ろ私達の之を解す  
 る唯一の論據であると思ひます。

大正十四年十二月十二日印刷  
 大正十四年十二月十五日發行

【定價金壹圓八拾錢】



科學の根本問題

著者 石原純

東京大森不入斗一二八一番地

發行者 犬伏誠一

東京市麴町區飯田町二ノ六八番地

印刷者 松平末五郎

發行所

東京大森不入斗一二八一番地  
 振替東京六〇六二三番

興學會出版部

(文藝堂印刷所印)

京都帝國大學教授  
理學博士 新城新藏 著

◇迷

信三版

四六版特製函入  
定價二圓五十錢  
送料十八錢

理學博士 竹内時男 著

◇最近の物理學

新刊

四六版特製函入  
寫眞アト紙刷八葉  
定價十二圓  
送料十八錢

理學博士 石原純 著

◇科學と人生

新刊

四六版特製函入  
定價二圓  
送料十八錢

46
285

終