

# 物理学序説

寺田寅彦



# 目次

## 第一編 緒論

第一章	学問の起源、言語と道具	三
第二章	哲学と科学	九
第三章	自己と自己以外	四
第四章	物質科学と生物科学	七
第五章	物理学——物質科学の根底としての	〇
第六章	数学との関係	三
第二編	物理学の対象	六
第一章	物理学	六
第二章	物理学の対象	〇
第三章	実在	三
第四章	感覚	五
第五章	数と空間時間	六
第六章	物質とその性質	八
第七章	因果律	八
第八章	偶然	七

第三編 物理学の目的とその方法

第一章 物理

附録 自然現象の予報

一	.....	二六
二	.....	二六
三	.....	二八
四	.....	三三
五	.....	三四
六	.....	三六

# 第一編 緒論

## 第一章 学問の起源、言語と道具

始めて人間が世界に出現したのはいつ頃であつたか確実な事は分らないが、現在の進化論に従えばともかくも猿のようなものからだんだんに変化して来たものらしい。そして如何なる *stage* から後を人間と名づけてよいかこれも疑問であろう。ある人は言語の有無をもつて人間と動物の区別とするが言語といえどもそう急にある時代に来たものではなくて始めはただ無意の叫び声の連続であつたのがだんだん複雑になつて来たに相違ない。あるいは天然物の発する音響を真似てそれをその物の名としたり、あるいはある動作に伴う努力から自然に発する声をもつてその動作を代表する言葉とした事もある。いずれにしても言語というものが出来たという事はもう既にそこに学問の芽生えが出来た事を意味するのである。例えば今日吾々の用ゆる意味での石という言葉が出来たとすれば、それはもう自然界にあるあらゆるものの中からある性質を *えら* 選み出し抽象して石という一種の概念 (*Gattungs-begriff*) が構成された事を意味する。そうする事によつて渾沌たる万象の中に既に一脈の秩序が現われるのである。同じように石を切る草を切るといふような動作の中に共通なものを抽象してそこに「切る」といふ動詞が出来、あるいは「堅い」といふ形容詞が生れる。そうすると「切る」とか「堅い」とかいう概念はもう既に石や木というものを離れて独立なものになつてしまふ。そ

れからまた石を落せば垂直に落ちるといふような経験が出来繰り返され記憶によって聯合れんごうされて一つの原始的の自然方則が認められ、だんだんに色々な因果関係いんがなどが認められていゆる知識が出来つつ進んで行く。そういう風に雑然たる万象の中から觀念を拾い出し組み上げる事が出来るという事は不思議といえば不思議ではあるまいか。そういう事の可能な所以ゆえんは一体万象その物に内存しているのであって吾々はただ、猿が木の実を拾うように拾い出すだけのものであらうか。それともそのような秩序や理法が人間に備わっているので、吾々はただ自己の中にある理法の鏡に映る限りにおいて自己以外と称するものを認めるのであるか。こういう問題はつまり認識論や哲学の問題に属するもので今ここに詳論すべき範囲外にある。ここではしばらく通俗的に外界の客觀的実在を仮定して天地万物およびその間に存する関係や方則は人間の有無に無関係に如実にじつに存在すると考えておく。同時に上述のごとき大問題が科学の根抵に横たわっている事を忘れないように読者の注意を促しておきたい。

ともかくも言語が出来たという事は、人間が自分の内外から受ける感覺なり情緒なりの結合から抽象や組織によって知覚表象を得、そういうものの普遍的な連続結合から知識を構成し得た証拠である。そういう言葉が別々の人間の間に通用する。すなわち甲の意味するものを乙に伝える機関として言語が役立ち得るためには、それらの言語の意味が人々の間に共有なるある物を持たなくてはならないという事は明らかな事である。換言すれば言葉に含まるる知識なり概念なりはある程度まで普遍的でなければならぬ事は明らかである。そうでなければ人々は口々に饒舌しゃべっついても社会は癡狂院てんきやういん(精神病院)かバベルの塔のそれであつて、個人間には何等なんらの交渉もないものになってしまう。

言語が出来た事によって人々の経験や知識は互いに交換されて伝播し普遍化される。詳言すれば普遍であるものと普遍でないものとは区別され分類される。そうして始め個人個人の私有物であったものはだんだんに多数の人の共有財産となるとともに次第にその広さ深さを増して来る。そういう風にして学問の資料が集積される。

かくして出来た知識は云わば物置の中に詰め込まれた家具や什宝(家の宝物)のごときものであって、それが少数である中にはまだいいがだんだん数多くなるにつれてそれを整理し分類して適当な棚や抽出しに入れていつでも必要に応じてそれを求める際にまごつかないようにする必要が出来て来る。かようにしていわゆる博物学的系統が芽出し始める。ここでもそのような分類の必然性に関する問題が起るがそれは措いて論じない。

このように整理された知識を更に深く調べ進んで行くと外観上は何の関係もないような二つの知識は、その根底において非常に密接な関係をもっている事が分つて来る。例えば複雑なる遊星(星惑)の運動がケプラー(Johannes Kepler, 1571-1630)の方則で整頓されたごときものである。かくする事によって一見思い思いに自由行動を取っていると思われたものが一つの規則に従属されるとなれば今まで別々に覚えていなければならなかった沢山な知識の項目はただ一つの知識へ概括される事になる。それが一層進んでニュートン(Issac Newton, 1642-1727)の重力の方則によって更に概括され、林檎の落つるのも、振子の振動するのも、潮汐の干満も天体の運動もごごとく簡単な方則に纏められてしまふ事になるのである。かのごごとくして知識の機械的体系が出来上がる。知識がかくのごとき段階に達すれば、もう如何なる意味においても立派な学問になっているのであるが、しかしこの進歩を

逆に遡さかのぼって行った時に果して何処どこから後を学と名づけていいかという問題になるとこれはかなりに曖昧あいまいになる。またそれを詮索せんさくしたところで結局学問というものの定義をどうするかという事になるだけで得るう処は少ない。

以上は既に出来ている物理的な学問の發育の順序を科学的な形式上から考えたのであるが、實際上歴史的には、必ずしも充分な資料の集積を待つて始めて分類や系統化が始まったという訳ではない。これは注意すべき事である。特に今日の物質科学のみを修めるおさ学生のためには特に注意してもらいたい事である。

今日のような意味での科学すなわちコント (Auguste comte, 1798-1857) のいわゆる実証的学問としての科学が開けたのは近世の事であつてそれより遙かな昔ギリシアや東洋に發達したものはあらゆる学問というべきものの元祖であるところの哲学であつた。哲学は如何なるものかという難問題をここで説明するは別としてもかくも人間が自然や人間界において經驗する變転極りない森羅万象は人間の有限な能力を提ひきげてこれに対する時そこには不可解な事驚くべき事恐るべき事が充滿している。そのような中に処して自己を保存し生命を遂げようという欲求かなに協あうたためには、この万象を少しでも了解し征服しこれと協和せんとするは自然の勢いである。この努力の發現したものがすなわち哲学であると云つても差支さしつかえなくらいである。

不思議な事には人間には經驗的知識の構成に与るあずかいわゆる悟性の外にまたそれほど明了に云い現わす事の困難な理性と称するものを具備していると信ぜられる。複雑な万象を貫く一脈の真理あるいは原理法が存在するという信念、あるいは少なくともそういうものが存在すると信じたいという希



望をもっている。そのような希望を抱いて万象に対しこれに照らしてこれを見た結果を云い現わす時に哲学が生れるのである。それは証明を要する理窟ではなくて事実であつた。如何なる状態でのような人間の努力が発展して来たかという事は哲学史に譲らなければならないが、ある人は水をもつて万物の元素であり精神のごときものと考え、あるものは *pneuma* と称する火あるいは *energy* をもつて宇宙を統括しようと試みた。このようにして出発した学問の潮流が進むに従つて初めは漠然としていた物質界の知識と精神的知識が次第に詳しくなるにつれて二つの分派が分れて来た。そうして元は哲学の一部であつた *natural philosophy* は次第にその本家を離れて独立な分化を遂げ今日に到つた、そのようになった必然的な歴史的経過には興味の多い事柄は甚だ多いが、これはやはり哲学史に譲る外はない。

ただ自分がここで述べたいと思う事は科学の本家であり祖先であるところのギリシアの哲学者が非科学的すなわち經驗的実証的方法によらずして先驗的形而上学的に論じた事柄の中で自然界特に物理学で今日論ずる根本問題例えば物質の窮極的構造や *energy* と物質の関係やその流転に関する考えが胚芽的に到る処に見出される事である。それらの数例は後条に述べる機会があると思うが、ともかくも今日の科学的知識の認識的意義や成立条件というような問題を考える時に見通すべからざる事実である。吾人は古代すなわちギリシア哲学史を読む時には、今日の科学を盛るべき容器は既にギリシアの昔に完成してそれ以後には何等の新しきものを加えなかつたというような感に打たれる事を禁じ難い。それに関する具体的な例は後に述べる機会があると思うが、そういう意味で著者は、物理学上の根本問題に着眼して深く研究を進め何等かの創見を得んとする学生が、古代ギリシア

の哲学史を繕く事によって多大な暗示に逢着(わす)すべき事を注意したのである。

人間が他動物と異なる点を道具を使用するとしなないとに分つ説もある。これもあまり明かな目標ではない。例えば蜘蛛が網を張り蜂が巣を作るがごとき、またある学者の記載によればある種の土蜂は小石を使って地面をつき固める事があるというがごときこれらをも道具と云えば云えぬ事もない。しかし大体から云って人間にして始めて道具らしい道具を作り得るは明らか事である。さてこの人間の第二の特徴であるところの道具あるいは器械の使用という事が学問特に物質的学問の発達に非常に有効で必要であった事は注意すべき事である。最も古く人間が天然の研究に用いた道具は極めて原始的なものであった。例えば太陽の高度を計るための gnomon や、宗教的の意味も結び付けられた Druid の石垣のごときものも云わば器械の元祖と見られない事はない。しかしそういうものを用いて自然を経験的に研究しようという傾向の萌芽はソクラテスが種を播いてプラトンからストア、スコラと流れて行った。心界方面の哲学とキリスト教義の結合に忙しかった中世には大体において閑却されていた。それで再び器械と名の付くものが出来はじめ Florentine Academy あたりでガリレイ (Galileo Galilei, 1564-1642) の寒暖計などが作られそれが次第に改良されたりして来た。ここに注目すべきは単なる自然の現象をそのままに遂行させて観測するというばかりでなく、自然の条件を人為的に塩梅し制約していわゆる実験を行うようになりそれに必要な色々な器械が作られ使用するようになった。これが自然科学殊に物理的科学的の発達に非常な貢献をした。近来は心理学の研究にまでも実験的方法が入り込んで来た事は人の知る通りである。

要するに人間が他動物と区別さるる目標として考えらるる言語と道具というものが学問の構成に

あすか  
 与つて力のある事は上述のごとき概略な記述によつても明白な事であろう。しかし言語の重要な役目はなかなか上のごとき簡単なものではない。「始めにことばあり……」(新約聖書ヨハネによる福音書)と福音書の最初にもある通り、言語はすなわち理性であり神であり、哲学であり、あらゆる精神的の学問は全部言葉の学問であるとも云われる。また一方において人間の物質的文化は全部道具の文化であるとも云われる。文明人の物質的生活の何物か直接間接にいわゆる道具器械の御蔭を蒙っていないものがある。このような物質に関する科学の発達を促したものは器械道具の製出のみならず、また自然界の研究を数量的にした事、かくのごとくして数学という特殊な「言葉」それはあらゆる言葉の中でも最も曖昧な点のない言葉を用いるようになってから始めて健全な発達を遂げるに至つた事を忘れてはならない。

譬論的に云えば言葉なるものはまた一種の道具であり、道具はまた一種の言葉である。

(一) 自分はいわゆる唯名論(nominalism)のごとき意味で云っているのではないから、誤解せざらん事を望む。こういふような意味で我々のあらゆる学問は人間にして始めて可能な貴重な特有な学問であると同時にまた結局は人間の学問に過ぎなくて神や天使の学問でない事を念頭に置いてかからねばならない事を emphasize しておきたいと思うのである。

## 第二章 哲学と科学

既に前条においても幾分了解されたであろうごとく、学と名付くるものは吾々人間の意識の中において認識され弁別され得べきあらゆる「言葉」とそれを包括するところの全体の一大体系を指して

いうものである。それらの「言葉」が区別されて存在するという事の裏面には既にもうこれらの言葉の他の言葉に対する相互関係や因果関係が必然的に含まれている、そうでなければ言葉は存在し得ないからである。しかしただ原始的状态から発達して来たままでは未だそれらの言葉は充分な洗練を経ず、それぞれの意味の限界も曖昧である。そして普遍なものやそうでないものと入り乱れている。それらを取って一々分析的の思索の天秤にかけて選り分け、それぞれの言葉の意味の限界を明らかにして行くに従って個々の観念は次第に学問的に規定されたものとなる、かくして言葉が分離すると同時にそれらのもの相互の関係も明らかにになって来る。分離すると同時に統一される。これがいわゆる認識と称するものの過程である。このような意味で云えばあらゆる学問はすべて言葉や命題の学問でつまり論理学というものの範囲内に包括される事になる。学問の根本的要求は真理の探明であるという事は明白であるが、さてこの真という事は如何なるものを指すかはなかなか簡単な問題でない。物質的の科学者としていうところの真は比較的簡単なものである。いずれ後条に述べるような根本的に尤もらしき前提を置いて出発して経験から帰納した命題を得、それを演繹した結果を再び経験に照らして矛盾する事のないか否かを験しそれが到るところ適合するという場合に始めて真と認められる。従ってそれは普遍的真と称せられるが畢竟は「吾人の経験の及ぶ範囲にて」という限定付きのものである。それでこの種の相対的な科学的の真は常識的にはそれで充分であると思われ、実用上には多くの場合に何の差支えもない。しかし哲学的な人の眼を通して見る時にはその真なるものはあまり安心の出来ないものである。否、哲学者でなく純粹の科学者としても例えばポアンカレ(Henri Poincaré, 1854-1912)の「方則は時とともに不変なりや」とかあるいは天体

の熱的平衡を論ずる時に「地上の方則は visible universe の限界まで同様に適用するか」というような問題を提出する事を咎める訳には行かない。勿論素人的な突飛な空想からそういう問題を思い付くだけでは科学的の価値はないであろうが現在知識の究極を尽してなお不可解な問題の起った時にかような疑いを起す事は正当でありまた科学の進歩に資するものである事は明らかである。普通科学者の大多数はそういう事を知らないではないが日常経験にのみなれているためにその事を忘れてゐる。しかしほとんど誰も疑う事に気の付かなかつた例えば「光線は真空中を直線的に進行す」というような方則ですらも今日ではアインシュタイン (Albert Einstein, 1879-1965) の理論がイギリスの日蝕観測隊によつて確かめられたり、不変と思われた物質原子が崩壊する事が認められたりした。そういう事を考えてみれば科学上の方則の真实性はあまり絶対的なものでない事が分るのである。

一度物質的科学の範囲を離れて精神界に入るとこの真という問題は一層困難になつて来る。科学を離るる事あまりに遠くない心理学あるいはいわゆる精神科学のごときものになると、もう一層真の把え所が困難になる。絶対的の真というものは一体あり得べきものかどうか。あるとすれば如何なる意味で存在し得るか。真は果して人間の知り得るものであるか。論理的思弁によつてその存在とそれが真なる所以を証明し得べきものであるか。それとも直観すべきものであるか。知るべきものか信ずべきものか。このような問題が簡単なものでない事は既往二千何百年の間不斷にもて扱われていて今日に到つてもまだ何等の帰結を得ないので明らかな事であろう。それで近世の哲学者ヘーゲル (Georg Wilhelm Friedrich Hegel, 1770-1731) のときはかくのごとく真を求むる歴史的過程その物を哲学と名づけんとしたくらいである。また近来は真を遠く暗き処に求むる経過の無

限なのに愛想をつかして人間の實用に適するものこれ真なりという手近な処に求めんとしていわゆる pragmatism や humanism を生じたのである。

吾人物理学者としてこれらの問題を見る時には、全然自分等と別の世界にあって吾々の足を入るべき範囲以外における事柄を論じているように見える。それらの問題はたとえどうなっても大して構う事はないように思う。それで大多数の科学者は哲学に対して冷淡であるかさもなくば哲学なるものを閑人の閑事業として軽視する人さえある。しかし哲学というものは実際それほどつまらないものだろうか。単に科学を知らぬ人達の迷想であろうか。

昔から多数の人が求めて来たのが事実だからその対象たる真が実存しなければならぬといつてもそれは科学者を満足させる答解ではない。科学以外に何物をも信じない極端な論者には役に立たない。しかしこのような科学者といえども自分の信ずる科学の基礎となつてゐる吾人の認識の眞實性に対して少し深く考へて行けばその人は直ちに認識論の大問題に到るところ逢うのに驚くだろう。そして更にそれを押しつけて行くと結局は自分がいつの間にか哲学的思索の迷路に踏み込んでゐるのに気が付いて自ら驚くのを禁じ得ないだろう。そして科学者といえども普通人間とこの点で異なるものでない事を悟ると同時に、哲学者なるものが必ずしも科学を知らぬための愚物のみでないという事に気がつくだろう。

それは許すとしてもそのような思索の迷路に入る事によって科学者としての自分が何等の利益を受けない、そんな事を考えなくても科学の応用は日々長足の進歩をするではないかと論ずる極端な実用主義者があつたらどうかというと、これもやはり成り立たぬ論である。応用の基礎となるべき

科学の基礎的問題の進展が直接間接に古来の学者の哲学的思索に源を発している事は争うべからざる事実である。例を引けば限りがないが一例を挙げてみても分る。現今文明の最大利器たる無線電信のごときその源を捜って行くとヘルツ (Heinrich Rudolph Hertz, 1857-1894) の電波実験がある。これはファラデー (Michael Faraday, 1791-1867) 、マクスウェル (James Clerk Maxwell, 1831-1879) の電場観に帰着するがこれはまたイギリス・ドイツ学者の論争の焦点となつた action at distance の有無の問題に移る。この問題は古い源を捜るともう既にギリシア時代からあつた哲学の問題に通つている。

哲学上の種々な議論はある意味において人間の思索の道筋の種々な現われであつて、科学者が外界の現象を取り入れてそれを秩序立てる時に用いる一種の型は畢竟するに哲学的な思索の種々な型のいづれかに適らないものはない。そのような型を持たぬ学者は多くの材料を手にした時にそれを如何に纏めるべきかに苦しむ、つまり科学的の仕事が出来ない事になる。古来の科学者中で何等かの創見をなし科学体系に幾分の寄与をした科学者の仕事を見るに、いづれもこの「型」の所有者であつた事が分る。それらの人が自覚して哲学者であつたかは分らないまでも實質において立派な哲学者であつた事は証明すべき根拠に事を欠かない。最近におけるアインシュタインその他の相対率原理(相対性)のごとき、もしすべての科学者が常識の時と空間に満足していたら何の日に問題になつたであろう。尤も今日ではこの原理が吾人の実用上に何等の効果を持ち来してはいないが応用なるものはそれが始まる日に始まるもので、応用の有無は言されるべきものではない。むしろ如何なる科学上の知識も応用を持たないものはないと云つてもいい。科学上の真なるものにして応用のないという事はそれ自身に矛盾のある言葉である。それは必ずしも pragmatism の立場からでなく、普遍なる

原理にして実用ある範圍にも浸透しないものはないからである。相対率原理といえども早晚実用に關係し得べき事は少しく考えれば期して待つべき事である。電子の運動に關するその應用を考え、電子に關する知識が実用と聯關する事だけを考へても明らかであると思う。

与えられた公式によつて橋梁やダイナモ(發電機)を設計し、あるいはレンズの曲率を計算するだけ为目的とする人は哲学などは知る必要はないかも知れないが、純粹な學問としての物理学を少しでも根本的に研究せんとする學生は哲學的の思索にある時間を費やし、古からの學者の考へを學ぶのも無用でない事は大要上述の事だけでも明らかになつた事と思う。

### 第三章 自己と自己以外

吾人が事物に對した時における心的状態を考へてみる。例えば私が花を見ているとする。その時虚心な私の意識には別に自分というものもなければ花というものもない。しかし今自分は花を見ていると考へると急にこの渾然とした状態から自分というものと他というものが生れて来る。自分は能知者で花は所知者である。このような場合は極めて明白であるが、所知者となるものは必ずしもいわゆる外界のものと限らず、例えば自分の記憶に浮んで来る友人の顔でも差支えない。その「顔」は手で觸る事も出来ず眼の網膜にも影響せぬもので自分の中にあるが、しかしその「顔」の外に自分という能知者が居てそれを客として取扱つてゐる事が分るだろう。もう一步進んでそういう「自分A」を一つの認識の對象として見てゐる、もう一つの「自分B」も考へられるだろう、その時はAは所知者でBは能知者だと考へられる。そういう風に考へると一体能知者たる自分は何處に居るか。



自分の手や足は平生は自分と一つになっているが、一度ひ考えを翻せばもう花や草と同様に自分から離れてしまう。自分の全身から脳神経までも同様である。それならば自分としては何が残るだろう。こういう問題に対する答は哲学の問題である。有名な Cogito ergo sum (我思う、故に我あり) というデカルトの言葉はそれである。

かくのごとき第一義的な「我」の中には唯に思惟者の思惟唯一つが含まれているかというとは実は思惟者自身の外に自分と同様な多数の思惟者が含まれている、そしてこの我れの思う事が同時に他の我の思う事であり得るという事が含まれていなければ思惟の価値はない。すなわちこの我れは普遍的なものをもっていなければならない。

あらゆる学の中で科学と名づけるものの目標となるべきものは何かというとは、根本的な点としてはその中で取扱う対象がこの自分を含まないという事である。すなわち所知者ばかりを抽出してそれらの間の普遍的関係を論じるといのである。勿論そういう事が可能でありそのような科学が成立するための条件は重大な問題でありそのような問題には能知者の吟味がすぐに必要になるのは明らかであるが、科学はそのような事の可能であるという前提で打ち切つてそこで科学自身と他の哲学の部分との境界を立ててしまふのである。

そういう意味において物理的の科学の範囲は分ると同時に、生理学やなお一歩進んで心理学のごときものが科学となり得る所以が分るのである。

物理学はこの科学の内ですら更に生命というものに関係を持たない所知物を採つて対象とするのである。かくのごとく切り離れた所知者の客観的実在は如何なるものかというような事は改めて後に述べ

る事として、上述のごとく能知者たる自己を除外する傾向が科学の進歩とともに次第に鮮明になって来た事は特に科学中の科学たる物理学においても見られる。今日ではほとんどあらゆる形而上学的な意味や目的観的の見方や価値的の見方は排出されてしまつて、人間の感覚に関する部分は生理学や心理学の方に移され、ただわずかに色とか寒暖とか右左とかいうような言葉に痕跡を残している。この事は更にまた述べる。

科学の対象とする物でも一度ひこれが能知者たる自分と関係した問題になるとたちまちに科学の圏外に逸出する。例えば私が物差である長さを計つている時に物差と私の眼や手が器械になつて計つている間は能知者たる私は遠くに退いている。次にその計り方が上手か下手かという問題が起つたとする。その時に標準をやはり器械に取つて私の測定の結果と、精密な comparator の結果と比較しそれに近いほど上手だといつてすれば問題はやはり科学的である。何となればその時の私の眼の判断は所知者であるからである。しかし如何にすれば上手になれるかといふ事はもはや学でなくて術である。学は何人も同様に達せらるるが術は然らず。次にこれを計り得た事によつて私が満足を感じたとすればその満足の状態はなお内省によつて心理学の対象となり得ない事はない。しかしそういう事をしてゐる私と物差とを引くるめて、長さを計つてゐる私を全体として見た時にそんな事をしている私という人間やその行為が如何なる意味や価値をもつてゐるかといふ問題になるともう科学ではない。そこには所知者としての自分ではなくて能知者たる自身が入り組んで来るのである。

この例でも分るごとく能知者とは何も一個の人間寺田寅彦の「自分」のごときものを意味するのではない。もっと普遍的なある物を意味するものである。それはこの寺田寅彦のごときものがこの世

に居ても居なくても、居るものであつてしかもそれが寺田寅彦の中にも居るものでなくてはならない。しかしこの問題にあまり深入りする事はつまりここではあまりに脱線になるから、ただここに大なる問題の横たわる事を暗示するに止めておく。

ここでは科学と非科学との間を分つものとしての自己と自己以外を説明するのがこの条の目的であつた。

科学が中世後文芸復興とともに急に進歩するに至つた一つの大きい理由は実に科学がこの区別を自覚して自己から切り離され自由な天地に放たれたのにあるのである。しかし全く自由になつたつもりでいても実はやはり別の世界に移つたのでなくて何処までも自分の囿から出た訳ではなく、ただ自分の Spielraum を得たというに過ぎない。この事も忘れてはならない事である。

#### 第四章 物質科学と生物科学

前条で既に触れておいたように心理学生理学(動植物学も含めた意味で)が物理化学と同様に科学として成立し得るのであるが、しかし前者と後者との間に存する著しい根本的の差違のある事も明らかなる事である。

科学としての心理学の特異な地位やそれに附随して起る科学的研究の困難等は次のような一事を考えてみても分る。すなわち心理学で対象となるところの要素である感覚や表象なるものが極めて把まえにくい不安定で時と場合により変化し殊に難儀なのは有限な現在の条件のみで specify される性質のものでなくてその前々からの歴史によりて限られるものでありまた歴史的効果が単に additive

に作用しない事である。この一事を考えても如何に困難なものかという事が物理的科學に馴れたものからは容易に想像される。次には感覺の集合は直ちに意識にはならないでそこには記憶や聯想や種々な作用が働いている。その記憶などと称するものが物質科學で取扱うごとき個々に獨立した觀念でなく縦横に錯綜したものである。物理學者にして始めて心理學の書を見る時に起る感じは實際さうしたものである。心理學上の實驗と稱するものに類するものを物理學上で求むれば例えば紐糸のごときものの延長を實驗する場合に似ている。重さや温度や湿度のごとき条件を指定しても長さは定まらぬ。Hysteresis や after-effect などと稱する時間的前後に関する効果が錯綜してその中から何等か reliable な方則を引出するに苦しむように見える。

それにもかかわらず實驗心理學がある進歩をなしつつある事は認めるのであるが、ここではただ物理的科學の特徴を説明するためにこれらの難点を述べたに過ぎない。

次に生物の生理學は如何なる地位を占めるものであるか、一方において生理學は心理學と接觸する、殊に感覺に関する神經系統の問題がそうである。心理的現象と生理的器関の化學的变化なども研究される、また一面進化論には直ちに哲學の問題に結びつく。生物學者としてはまた自ずから別な見方があるだろうが自分はどこでもそれが物理化學に対する關係から考えてみようと思う。生物學が単独な個体の記載的學問から進んで分類學に入る。そうして單なる外形からはなれて深入りすればもうそこには広義の生理學的問題が起る。そうして生物を單なる機械として取扱っているうちは物理學や化學の應用によつて説明する事が出来るが、少し立ち入つて来ると、問題は細胞というものに歸着する。生殖や發生や遺伝や進化やつまり生物の生物たる所以の問題の秘密は細胞の内容た

る原形質に帰着する。この中に含まれる生命の謎はあらゆる問題の遁げ込み場所である。この一見単純に見えてその実複雑な細胞と物理学者の物質との間に存する大いなる間隙が充たされない限り科学上における物質と生命の対立は避け難い事である。従つて vitalism と materialism はいずれも存在を主張してもよい訳である。

密かに思うに多くの人は物質を簡単なものと思ひ細胞とその生命を神秘的なるある物のごとく考へているのが通例なようであるが、現今の物理学の立場から云えば物質原子のごときものはもはやあまり簡単なものとは考へられない。原子自身が一種の構造を有し、核と電子の集合である意味では一つの天体に似ていると同時にまた細胞にも似ている。そうして同じ酸素原子と称するものでもそれは必ずしも全く congruent なものではなくてそれぞれの個性といつたやうなものを存していると思へなければならぬ根拠がある。かくのごときものが集合して分子となり、更に膠質分子となり、それが細胞となる間に突然他から生命が投入せられるのであるうか、そもそもまた原子自身に生命の胚子を含んでいるのであるか。後のごとき空想も急に否定し去る事は困難なるごとく見える。一方で生命の存する処に行わるるもので無生物質界と根本的に異なるごとく見える事がある、物質界では second law of thermodynamics (熱力学の第二法則) によつてあらゆる差別が排除かれあらゆるものが混する点において生命は反対に差別を構成し混せるものを選択作用を及ぼす事であるが、これも必ずしも原子の集合から生命が生れぬという証拠にはならない。second law (第二法則) は原子と原子の結合等には適用しないかも知れない。

そう云つても自分は唯物論だというのではない。もし上の空想が當つたとしても生命の不思議

議を細胞から原子に移したというのみで原子の不思議は少しも変りはない。

生命と物質との連絡が見出されるまではともかくも生物学には二つの相並行する独立な原理を許容しなければならぬ。

これに反して物理的の科学を見ると実に簡単にして明瞭なる観がある。この区別は何処にあるかというと言質のみに關してはいわゆる機械論が適用するからである。すなわち因果關係は明瞭にして有限な言葉で規定された機械的の方則によつて單義的に定められる。これに反して生命という原理の入り込むところにはもはやそのような簡單な方則は見出され難い、ここに現われる同化や生長や蕃殖には必ずから一定の方則はあるにしてもそれは必ずしも單義的ならず複雑を極めたものである。これは生命その物が不明なという哲學的問題よりもむしろこれを支配する科學的条件や要素が複雑で不明なためとも見られる。物質といえどもその物自身の不可解な事は同様であるがそれを規定する要素が少数で明瞭であるからである。

ローブ (Jaques Loeb, 1859-1924) 等のごとく生命の現象を機械的に説明しようとして努力しつつある人もありまた相応の効果は挙げてゐる事は争われないが、その目的が遂げられるとしてもそれはなお前途遼遠だと思われる。

## 第五章 物理学——物質科学の根抵としての

吾人の認識する万象の中からあらゆる精神の作用に関するものを取除き、またあらゆる生活現象を捨象し残る所の物は物質界である。人間や生物がごとく消滅しても現に人間の視る物質界が

如実に残存するかしないかというは別問題としてそういう物が存在するというのが物質的科学的の成立する条件である。さてかくのごとき物質界に臨んでその中に起るあらゆる物の関係や現象を研究せんとする時に吾人は種々の立場から取りかかる事が出来る。先ず例えば天体星辰の運行という事に着目してみる時にはそこに広い研究の野が開かれる、星の運行を観測し記載してその事実の中に何等かの秩序を求め事によって天文学が発展しはじめる。天気の変化に注意する人は同様にして氣象学の元祖になり得る。しかし星の運動を詳しく研究するためには自然に一切の運動というものの研究が必要になる。従つて問題はすぐに力学の問題に移つて行く。太陽の光熱という事を考えればすぐに一般の光熱に関する問題が起る。風の研究という事は正に空氣の研究になる。かくのごとく吾人が直接に親知する特殊な対象を捕えて研究しているうちにいつの間にかその対象は次第に分裂を始めて種々の成分に分れて行く事に気がつくであろう。それらの要素は当該の対象の一部分であるごとくしてまた却つてその特殊な対象を包括するものである事が分つて来る。何となれば個々の特殊な対象から分裂して来る要素の中には必ずから通有なものが出て来る。すなわちAなる具體的の対象から抽出される $a_1$ 、 $a_2$ 、 $a_3$ 、……、の中にはBから出る $b_1$ 、 $b_2$ 、 $b_3$ 、……等のいずれかと同一視し得られるものが沢山に出て来る事に気がつくだろう。

かくのごとき共通要素が存するという事が非常に面白くまた驚くべき事である。どうしてそんな事が可能であるかは別に詳述するが、これの可能なという事が科学の条件である事は云うまでもない。自然界から吾人が直接経験するあらゆる具體的なものの研究はかくのごとくにして次第に、直接経験から離れて抽象的な共通要素の方へと移つて行く。それらの要素を採つて研究しているとそれ

がまた分裂して更に第二次の要素に分れる。順次かくのごとくにして分れて行くと同時に共通なものはずますます多くして要素の数はますます減少して行く事を発見する。それで分裂という事はこの場合に要素を増すための分裂ではなくて減ずるための分裂である。分裂するのは分裂せんための分裂にあらずして抱合するための分裂であるのは注意すべき事である。

かくのごとくにして初期の分裂によって生じた物理学の対象となる万象の要素は、気体液体固体の物性論、運動、音、光、熱のごときものであった。それが第二次第三次の分裂によって上述の過程を繰返す中にこれらの具体的にしてなお感覺的な要素は碎かれ碎かれて遂には物質とエネルギーとの二つの要素になった。現代においては既に物質と energy と化して一丸とならんとする有様である。こういう風に考えてみると現在物理学上の懸案たる原子構造問題のごときも畢竟するに十九世紀物理学の要素が分裂を始めたものとも見られる。更に簡單なる要素陰陽電子に分裂する事によって異種元素を抱一せんとしてしかも未だその目的を達し得ない状態にある。もし従来の傾向を徹底させんには陽電核と電子を抱合するために更に一段の分裂を要するのではあるまいか。

前述のごとく考うれば物理学なるものがあらゆる物質的科学的基礎たる事は明白であろう。

化学は従来はむしろ便宜上物理学と並行して別の道を進んでいた、すなわち化学は物質の性質の変化に関する問題を分担し物理学はそれ以外の方面を取扱って来たのであるがかくのごとき判然たる区別は今日ではもはや成り立ち得ない。物理学並びに化学のあらゆる現象を突きつめて行く分子原子の構造とそのエネルギー問題に集合する。物理学者はもはや化学変化に無頓着に原子を論ずる事は出来なくなつた。化学者はもはや電子の運動に無関係な議論をするのは工合が悪い。かく



のごとくして物理化学の領域は互いに相合して一つの体系に包括さるべき運命となつたのである。

物質的科學の内に数えらるべきものは枚挙に暇ないほどある。天文学、氣象学、海洋物理学、地球物理学のごときは直接明白に物理学の応用と見做さるるものであるがなおその外に地質学地理学のごとき複雑なる内容を有するものも少なくない。これらの学問の中にはあるいは記載的博物学の分子もありあるいは歴史のあるいは人文的の要素が多量に包まれているが、しかもこれらの学科の最も根本的な科學的問題は物理学の問題であり最も科學的価値ある部分を拾い出せばその方面の問題は直接間接に物理学化学の応用である事に気が付くであろう。従つてこれらの学の今後の科學的進展は一に物理化学を撰取る程度によつて定まるものであらうという事は疑いもない事である。

## 第六章 数学との關係

物理学と他の科學との關係を述べるに當つて一言附け加えておくべきは数学との關係である。

物理学が物理学らしくなつたのは自然の量的研究を始めた以来の事である。今日物理学が精密科學と稱するものを中心たる所以はその研究の道具として数学を採用してからの事である。かくのごとく数学を自然の研究あるいは記述に用いるという事がどうして出来るか。それを採用する事が必然的であるや否や、そうだとすればそれはどういふ意味においてであるか。これらの問題を明らかにする事は数学の応用を誤らしめないために明らかにしておく必要のある事である。これらの問題に対する誤解はやがて数学の濫用を惹起し、あるいは数学を用いてある推理の結果を妄信するような弊を醸す恐れがある。

数という概念は如何いかににして起つたものかという事は六むつかしい問題である。人間の認識の最も最初に遡さかのぼつて考えてみねばならない。吾人の意識が渾沌こんとんとして自他の区別も分らないような状態にある時は数は未いまだ生れない。全体は無すなわち0である。しかし既に能知所知が分れると同時にその後に二つのものの対立が始まる、それと同時にこの二つを抱合する全体としての1が出来るのである。1というものは数の基礎であるが同時に「多」をその中に含みまたこれに対立させる事によって始めて意味を生じるものである。かくのごとくにして太極が兩儀を生じそれが四象を生じて分裂が始まればそれからあとは同じような過程を繰返くりかえす事によってあらゆる整数は出来る訳わけである。かくのごとく数の概念は認識が始まると同時に生ずるもので人間の悟性の根抵こんていに膠着じやくちやくしたものである。従したがつてあらゆる認識には不知不識しらずしらず随伴している事は少しく内省してみれば容易に了解せられるであろう。

数はかくのごとく根本的な概念であるから東洋でも西洋でも哲学の初期において色々な形而上学的けいじじょうがくてきな意味をこれに附随して考えられた。シナ(中)やアラビアでも数は道德や芸術と種々な形れんかんで聯関されて来た。ピタゴラスおよびその弟子のごときは数が世界を支配統一する原理であり、また世界の本質であり、その価値を定める標準とした。ただに物界のみならず道德上の概念例たとえば正義友情のごときものすら、その本質は数の関係によって与えらるると考えた、物は数でありあるいは数なる「真」の模像であるとまで考えた。これはピタゴラスが絃の振動により発する音の調和の研究から得た物理的結果を大胆に比論で押し拈ひげたに過ぎないであろうが、面白い事にはピタゴラスの死後二千数百年の今日においてあらゆる物理学上の真理すなわちある意味における實在がすべて数の関係と切りつめられ数が世界の模像と考えるようになった事である。

シナの易学のごときあるいはシナ、アラビアの音楽のごときもやはり数の形而上学的意義を考えた結果と見る事が出来る。

整数の概念がほとんど先験的に与えられたものと考えられるが、それがだんだんに変形され拡張されて分数や無理数や終には虚数の概念まで出来た。かくのごとき概念は人間の経験に独立に構成され得るかどうかという事については種々の議論もあり得るが、ともかくも歴史的に見ればあらゆる数学上の概念が、経験的事実に数理を応用するために種々の問題を惹起しそれによって促されて来た事は明らかである。

しかし数学自身は数の間の関係を経験的に取扱うものではなくて、始めに与えられた概念自身を何処までも分析して行ってその内に存するものを掘り出す、そうして先験的に自明な論理によって演繹的に開展させて行くものである。以上は単に数についていうたが幾何学において取扱う空間についても同様であって大体には先験的に与えられた空間の概念を分析して行くものである。勿論これとても経験の側から幾多の助けを假つたには相違ないが本来の性質はそういうものである。

そういう意味で数学ほど異物の混入しない純粹な学問はない。それでその開展に用いられた論理が間違っていない限りは決してその出发点と矛盾する事はありようがない。すべての演繹の結果は必然の正確さを持っている。しかし最初に与えられた概念の内に含まれない何物も出て来ようはないのである。

さて数学を経験界に應用する場合に第一に起る問題は単位の問題である。例えばここに各種の菓物がある時それを数えるような場合にはすべての菓物の差別は無視して菓物によって占められた closed

spaceのおのおのを1と見て何個と数えあげる。そうしてしまえばその数に算術を応用して得るあらゆる答は必ず正確である。但しその結果においても1はそれぞれ前と同じ意味をもっているとしての事である。始めと異なる意味の1を結果にあてはめれば結果は無茶苦茶になってしまう。かくのごとき誤りは狂人でない限りおそらく侵す人はないであろうが、問題が複雑になって来るとこれに類した誤りを起す事がないとは云われない。例えば統計学などである範囲内の材料によって得た結果を応用する場合に出発点を忘却して、結果を無限な処に応用するがごときこれである。統計に用いられる数学は嘘を云わないのに、「統計ほど嘘をいうものはない」と云われる理由はここにあるのである。更に進んで連続的な量例えば長さや面積のごときものに数を応用するためには普通にいわゆる単位が必要になる。それで何等かの根拠から人為的にある単位を定めてこれをもって与えられたる量を計るといふ事によってその量はその中を含む単位量の数によって代表される。しかる後にかくのごとくして得た数に数学を応用して得た結果は厳密に正確であるかというに、実はそうでない。何故かと云えば測定という事をする際に人間の感覚や判断の不完全なために測って得た数には若干の誤差が附随している。従ってこれから計算して得たものには常に誤差が附随しているすなわち正確でない。これはほとんど自明的な事であるにかかわらず、物理の初学者が常に忘却する事である。不完全な材料を数学の竈に入れる事によってそれが神秘的な作用で浄化され純化されるという訳はない事を忘れてはならない。

更に進んで物理学上の各種の問題に数学を応用する場合には、当該の問題を数学的に formulate し得るために問題自身に幾多の限定や仮定を施す必要が起る。例えば液体の運動を論じるためにその

連続性や均質性を仮定し粘性を捨象してこれに数学を応用する。その数学的解析が厳密に行われたとしてもその結果は畢竟始めに出発した理想的液体にのみ厳密に当てはまるといふのみで実際の場合には決して正確に当てはまりようがない、如何なる度までそれが近接するかという事が問題として残るのである。従つて分子的な大きさまでもかくのごとき結果を用いあるいは比重異なる液や粘性著しき液に無差別に応用すれば全然誤れる結果を生じ得る事は明らかである。(面白き一例をあげれば diffusion の数学的理論によれば隅田川に一粒のアルコールを落せばその瞬間にこのアルコールは全世界の海に瀰漫し、少なくとも一つくらいの分子はアメリカの沿岸に到着しなければならない誤である。しかしこれも理論假定において液の連続性という事がはいつているから起つた結果で、有限な大きさの原子から成る液体についてはそれは不可能な事である。かくのごとき例を挙げれば際限もないのであるが、要するに数学は正直でも使用を誤れば大いなる誤謬に陥る。)

實際の問題においては数学の厳密なる開展の困難を避けるために種々な省略を行うからここにも誤謬の入り込む門は多数に開放される。例えばエアリー (Sir George bidel Airy, 1835-1851) が液体力学で波の breaking を説明せんとして失敗したときそれである。

なお物理学の *model* としての数学の応用に関しては述べべき事も多いが後に物理学の方法を論ずる際に更に述べる事とする。数学自身についても述べたい事はあるがそれは略する。ここにはただ数学が如何なる意味で正確であるかという事、それを物理学に應用する時に起る限定の必要を注意するに止めておく。

## 第二編 物理学の対象

## 第一章 物理学

普通の物理学の教科書を見るとその第一頁に物理学の定義というようなものが書いてある。これは本の体裁上必要と思われるからであろう、しかしそれは通例物理学を知らない人が読んだとしたら一通り分った気はしても実はほとんど意味の分らないようなものが述べてある事が多い。中にはかなり直截的に意を尽してあると思われるものはあっても少し深く突込んで考えるところに曖昧な点が発見される。一体定義というものの完全に与え得られる場合は例えば数学におけるごとく、既に截然たる意味の規定された概念とその象徴たる言葉を用いて更にそれらから組み立てられた概念を云い現わす場合に限る。例えば三角形や円錐体の定義、軌跡や級数の定義と云ったようなものである。しかるに物理学の定義をするのに物質とかエネルギーとか性質とか変化とか関係とか因果とかいう言葉を用いる場合にはよほど趣がちがう。それらの言葉はいずれも通俗的な漠然たる意味がないではないがそれが物理学の定義として用いられる場合には自ずから通俗とは異なる特定された意味を有っている。その特別な意味を知るには是非とも物理学の内容を極める必要がある。それで厳密に云えば物理学全体を通観して始めてそれらの言葉の意味が如何なるものかという事が分る訳である。尤もそう云えば三角形の定義だけではすぐに三角形のあらゆる性質は分らぬがしかしあら

ゆる三角形の幾何学的知識は既にこの定義の中に含まれているはずであるが、物理学の定義という場合にはそうでない。物理学の冒頭に掲げた定義の言葉の意味の内容は始め渾沌こんたんとした不定のもので、その内容の試験的展開につれてだんだんに分析され取捨されて浄化される。この区別はまた正まさに数学と物理学との学としての根本的差異を与えるものと云つてもよい。

物理学の内容全部を修得すればそれで物理学は如何なるものかという問に対する答の全部を我物とするかというに必ずしもそうでない。広い意味で如何なるものかという問の中には、物理学が他の学問に対する位置関係や文化的社会的価値やも含まれている。これは丁度日本ちやうどの事を本当に理解するには、日本ばかり見ないで世界の日本として考えてみなければならぬと同様である。それですらなくも物理学を生きたる知識として、人生に対して何等なんちの意義あるものとして修得しようと思う人は物理学を修めた上でもう一度立帰つてこういう立場からそれを見直す事が必要であろうと思う。そうでないとなぜ物理学の検定試験に及第しあるいは学位を獲る事は出来ても、結局一生物理学の何物であるかを知らずに過す事も可能である。

以上述べたところによつても物理学の定義というようなものを始めから簡単な少数な言葉で定めるといふのは無理な事は明らかである。あるイギリスの小学生に紳士しんしというものの定義を聞いたなら「紳士とは懐中時計およびその鎖を持つ人なり」と答えたという笑話があるが、物理学の定義もうつかりするとこれに類したものになる恐れがある。

この書はつまり全部物理学とは如何なるものかという事を問題として書いたものである。物理学がその名のごとく物の理を取扱とりあつかう学問とすれば、物とは何か、理とは何か、学とは何かという事を説

明するのがこの書の目的である事を承知しておいてもらいたいと思うのである。

(一) *Physics* というのはアリストテレスの哲学を整理したアンドロニコスにより *metaphysics* すなわち物理学に以上学に対して形而下学の意味で用いられ経験的科学的の意味に用いられた。あるいはエピクロスによって哲学は二つの部分に分つて物理学倫理学と対立せられたりした。前の意味では格物理学と云うのはかなりに訳語として当るように思われ、後の意味ではむしろ *science* という字を物理と訳するが適当なようにも見える。

## 第二章 物理学の対象

物理学の対象となるものは先<sup>ま</sup>ず第一着にいわゆる物である。最も一般的な意味においてはあらゆる吾人の認識の対象として存立し得<sup>う</sup>る限りはすべて物である。単に吾人の感性や悟性によつて認めらるる物体やエネルギーや性質や関係や感情や意思や人間の行為やまたいわゆる人間特有と考えられる理性の認識と認められる信仰や理想、アイデアや神や、あらゆる人間の觀念として現<sup>い</sup>われ<sup>や</sup>苛<sup>く</sup>も名前を有する一切の万象これをいわゆる所知として考える時にはことごとく物と云われ<sup>い</sup>ない。次にもう少し狭義に常識的に解する場合には物と事とを区別する。あるいは体と用、実質と形式と称するものもこれと類似な意味をもっている。すなわちあらゆる所知を分つて二つとし一方には何かしら個々に区別さるべき実体を有してあらゆる性質や関係や変化の *substratum* となる資料のごときものがあると考えてそれを物と呼び、そのごとき物の形相、属性、相互関係、変化など俗にいわゆる現象はかくのごとき物を資料とし基礎とし容器としまた媒介として行われるものと考えそれらを称して事というのである。このような考え方に従<sup>したが</sup>つて觀念の記号たる言語もまた体詞 (*substantive*) なるもの



が切り離される。これは極めて常識的な分ち方であるが、この考えを個々の場合に当て嵌めて物か事を決定しようという事になるとすぐに色々な困難が起つて来る。例えば花の色は物か事かと云うとそれが花という物の属性であるとすればそれは事であるし、また色素として考えればそれはやはり物である。力とかエネルギーはどうかというところそれは普通に云う物のように個々の実体を有する「物」ではなくて、種々な「物」の間の関係や変化によって規定される「事」であるごとくにも思われる。かくのごとき問題は実は少しも窮極的な解答を要求する性質のものではなくてその答は科学の進路の各階段において種々に変化し得るものである。そうなるというのは畢竟前に云つたような「物」や「事」の觀念が不徹底な曖昧な便宜的なものだからである。

しからば前述の「実体」とか「関係」とかいうものは果して存在するか、するとすれば如何なる意味のものであるかという根本的な問題に立ち入るのである。

実在とか実体とかの問題を充分に考究するためには第一にここに哲学史の全部を挿入しなければならぬ。単に西洋のみならずシナやインドの哲学史を背景としまた資料として採り来つて調べなければならぬ事になる。また認識論のあらゆる系統を持ち出さなければならぬ事になる。この研究は非常にそれ自身としても興味あり、また吾人にとつても有益な事であるが、これは序文にも断つてある通り著者に不適当な事でもあり、またこの書の範圍をあまりに超出する。しかしまた全くこれらの事に触れない訳にも行かないので以下の条にわたつて少しばかり論ずる事にする。ただそういう意味であるから到底 exhaustive にする事は出来ない。

ともかくもこのような問題が過去二十数世紀にわたる学者の努力にもかかわらずまた問題の分化

や洗練については幾多の成果を収めているにかかわらず未だ何等の帰結を見ない事、また自分見られそうもない事を注意しておきたい。物理学はこの問題に深入りする事をやめて或る処で打ち切つて、そこに或る根本的の仮定(二)をおき、そこから出発する事によつて発達を遂げ得たものである。

(一) 仮定といつてもそれは必ずしも不確かという意味ではない事を注意してもらいたい。

### 第三章 実 在

一般の哲学や認識論のごときものから離れて、ただ普通の物理学者として考えてみる。

物理学で対象とする物であれ事であれそれはともかくも吾人の認識するこの世界において実在するものでなければならぬ。架空かくうな夢幻のごときものや、得体えたいの分らぬ幽霊のごときものであつてはならぬ事は明らかである。こういう意味で実在というのはそれが個々の人間にのみ特有なものではなく、不具者や狂人でない普通人間に共通に認め得らるるものでなければならぬ。この意味で個人の幻覚や夢や、想像の描き出す空中楼阁くうちゅうかくかくはもう実在でない。それだけではしかしまだ科学的事在の条件は充分でないのである。例たとえばある時代においてすべての人が幽霊の存在を信じているとする。そういう場合にはその幽霊なり神なりという觀念は一つの共通な認識(それは感性的でないとしても)の表現と見なければならぬ。しかしそれは今の物理学者の実在ではない。この区別は何処どこにあるかという、物理学者の実在であるためにはその対象たるものが必要に依つていつでも吾人の前に再現され直接あるいは間接に吾人の感覚の窓を通して認識され得べき可能性を有するあるいは有する事が科学的論理的に証明され得るものでなければならぬのである。幽霊は確かにこの条件では

少なくとも現在では落第する。これに反して例えば物理学教科書に載せてある或る物体、化学書にある某元素は、実際自分が目撃しないけれどもそれは従来しほしば多くの人によって再現されて感性を通して認識されたもので、必要あらば自分の眼前に再現され得べしと信ぜらるるものである。例えば人魂と彗星とを比較してみよう、人魂を見たという人はかなりに沢山ある。(実際これを論じた学者さえあるにはあった。)しかしそれはいよいよ科学の対象として取扱おうとすると何等の確実な記録もなければ如何にして如何なる処にそれを見出し得べきかという見込が少しも立たない。そういう意味で彗星であってももし過去のある時代の記録にただ一つの彗星の記載があるだけでその後は一度も現われなかつたらば、その現象も人魂と選ぶところは少ない。たとえそれを見た人が信用すべきと考えられる科学者であっても、それは未だ充分なる意味での科学的実在とは認め難い。しかるに個々の彗星中にはあるいは一度現われたのみで再び見る見込のないものもあるが、しかしその他に類似な現象でこれと同一概念に包括さるべき種々の彗星が繰返されて始めて彗星というものの実在は確かめられこの群概念に照らして個々の彗星の実在が確かめられると考えられるであろう。(こういう意味から考えるとある地で見出されたただ一つの動物の顎骨からして原人なる group を演繹した学者の仕事と物理的科学的仕事とのある差異を認める事が出来るだろう。また例えば地質学のごときものの困難が想像さるるだろう。)

上に再現という言葉を用いたがこれについても一言説明を要する。厳密な意味において自然の万象は決して再現されない。あるいは再現される機会は無限少である。同じ人が二度と生れず、同じ天気は二度とない。しかしそういう見方は科学を否定しすべてを歴史と見る見方である。科学の存在するのはこの歴史ばかりとも見らるる世界を、再現の系統として見る事の可能な御蔭である。こ

の事は追々に詳述する。

以上のように考えれば物理学的の原始的な実在は一通り限定されたような気がするが、こういう素朴な考え方で行けば通例物体と称するものの実在であり、種々な属性や作用のごときもの例えば色や力やも一種の実在である事は明白である。それがためにこれらが物理学上の対象となるのである。科学者としてはこれで一通り満足が出来るが、このような実在が実であるというは一体どういう意味で実であるかという事を少しでも考えてみるとすぐに困難が起る。科学者といえどもそういう問題を起すのを禁じる事は出来ない。

普通の最も常識的な考え方がこれらの実在界は人間の存在に無関係に如実に存在する、吾々はただそれをそのままに受取って見ていると考えるのである。しかしもう少ししばらく入り込んで行くと、例えば暗室の中へ這入って光のない場合の身边を考え、あるいは盲になった事を考え、あるいは赤い色で照らされた身边を見廻して考えてみる時に吾々が日常見馴れた物体とそういう特殊な環境における物体と認めらるる模様が著しく異なる事が注意される。そうしてみると例えば世界中の人が皆盲目であつたらその時の実在に對する吾人の觀念は果してどんなものであろうという疑問が起る。また例えば鳥や蜂がもし人間と同様な悟性や理性を具えていたとしたら彼等の実在とはどうちがうであろう。そういう事を少しでも考えてみると、吾々が実在と称するものを考えてもそれは少しも絶対なものではない事が分る。吾々を離れて存するその物自身をそのままに認識しているという考えは成り立たなくなる。ましてや一塊の土砂といえどもそれを対象として科学的研究をした時に無限の知識が出て来る事を考えると、吾々がある場合場合に認める一つの物体の觀念はその對

象の極めて不完全な模像に過ぎないという事がじきに考えられる。そうなるとその不完全模像のよ  
うなものにどうしてまたどれだけの普遍性や必然性があり得るかという事を考えると問題はいつの  
間にか能知自身の問題になる。人間の有するいわゆる外界の模像を普遍化し系統化するものが人間  
に内在しなければ外界は支離滅裂して認識は成立しない。そうするといわゆる実在も「我れ」あつて  
始めて存立するものである。そうすると「我れ」なる人間を離れた独立なものの存在はないとは云わ  
れないまでも意義をなさない、そうかと云つて個々の我れだけでもそうすると結局吾人の認める実  
在は畢竟普遍的觀念その物に過ぎないとも考えられる。次には普遍的觀念はどうして出来るという  
問題が起る。感覚の外に理性があるかないかの問題も起る。また考え方にも色々あつて外界はとも  
かくも何か実在はあるがそれはただ觀念の機縁となるだけと考える人もありあるいはまた実在など  
いうのは無意味で全部がただ現象ばかりの世界だと観る人もある。その觀念は經驗の所産と考えあ  
るいは經驗を超えた理によると考えるものもあつた。あるいはまた普遍な觀念というも畢竟存在不  
明なもので吾人の詞の不足から生じた共通な名ばかりの世界だという論やあるいは感覚も觀念も頼  
みにならぬ、現象的な表面以上に物の本性など分りようがないという極端な説も出し得る。これら  
の問題が単に自然界に関する知識のみに対するものであればおそらくいづれも相対的の真理であつ  
てそのいづれを選ぶかはむしろ個人の趣味や傾向の問題に過ぎないかも知れないがこれらの考えを  
人間精神界に推及して倫理や宗教の問題にまで徹底させんとする要求が起る。そしてこれらのもの  
を一纏めに統一した系統を作り上げようとする。これは人間に必然な要求であるが、そうなるとそ  
こには種々な容易に融和し難い困難が存する。それで一つの系統を突きつめて行くと破綻が生じて

反対説が起りそれが纏りかける時にはそこにまた破壊が始まる。かくのごとき歴史的推移は実社会の歴史を背景とし、それと相互に影響を交換しつつ進んで来た。中世においてはこの問題がキリスト教と聯関して哲学は宗教の碑僕となつたと称せられるが、そこに哲学宗教の破壊が萌した。そして近代の運動が始まつた。人々はあまりに錯綜した伝統の旧套を脱却して、もう一度新たに出発しようとした。天が下に新しきものなしで結局は昔からの潮流をつづけておつた。実在に対する考えもやはり唯心的なものと唯物的なもの、経験的なもの直観的なものが昔と同じように互いに押し押されつつ今日までも続いて来た。そしてそのような変化がやはり各時代の時代精神と反応していた。科学者といえどもその影響に対して独立である事は出来なかつた。

近代の始めに當つてコペルニクス(Nicolaus Copernicus, 1473-1543)が教会から物質界の研究が解放される緒を開きガリレイの仕事によつて始められた経験的数学的な仕事が力学の発生を促しつつあつた間に醸されつつあつた科学的の自然観は実在なるものの中からあらゆる目的観的や occult なものを排出する事によつて科学の分離を促した。

既に中世の末期における反スコラ的学者の中にはロジャー・ベーコン(Roger Bacon, ca.1214-ca.1292)のごとき科学的傾向の人あり、経験的研究に重きをおき、また数学を重んじ、経験と理法の結果を計つた点において科学の元祖たる観があつたが、同様な考えを精神界にも及ぼさんとした点は科学者ではなかつた。彼の死後三百年に同じイギリスに同姓のフランシス・ベーコン(Francis Bacon, 1561-1626)が現われて更に経験論を發展させ彼自身科学的研究をしなかつたのに、「近世科学の祖」と呼ばれた。彼は外界の事でも心内の事でもただ観察経験で知り得る現象や因果關係の外は何も知り得ず、その範

圈内にだけその知識を応用すれば足りると考えた。彼はもうこの点で純然たる科学者で、実在の本体や何かは始めから問題にならず放棄すべきもので、真なるものは単に経験的の真でこれを経験の世界にのみ応用する事によって真なるものであるとした。従つてこの点で彼はまた最近のいわゆるプラグマチストの真の見方をしてゐる。そして彼が因果方則を認識する時に邪魔になる吾人の謬見として四種の偶像を挙げてゐるが、それは今日の科学者の座右の銘としても可笑しくないものである。彼は帰納的研究の要を主張して、狭き材料より得たる結果の軽率な普遍化を戒めただけでも効績がある。ともかくも彼は知識は人間が自然を征服して文化の資料にするという態度であつた、この態度は現今まで科学者の間に持続してそれは科学の長所たると同時に短所であつて物質文明の catastrophe があるとすればその導火線をなしたものであらう。

(一) iola……紀平『認識論』一一四頁。安倍『西洋近世哲学史』七一頁。

この経験的自然主義のベーコンと同時代でその対立となるのは主理的数学的なデカルト (René Descartes, 1596-1650) である。甲がイギリス人で乙がフランス人である事も面白い対照で両国民に特有な二つの学風を代表してゐる。デカルトは経験的な知識の根抵の薄弱を感じてこれを何等か確実な基礎に置こうとし、従つてあらゆる知識中で最も確実と思はれる数学に興味を感じ自然研究の確実な方法を数学的な考え方に導いた。従つて彼はあらゆる認識を根元へ押しつめて行つて彼の数学的方法の出発点たる公理的なものを求めて、これを意識する我れが存在するという事に煎じつめた。この公理は無論経験で証明される性質のものでなく形而上学的の意味しかないものである。この点で彼は今日の科学者とは全然異なつてゐるのである。

彼はこれを出発点として自己や神の存在や自己以外の万物の存在を考えた。彼の証明なるものの結果彼が物体の實在をどう見たかと云うと、物には本質はあるがそれは感覚のごとき漠然たるものでは認識されるはずがない。ただ純合理的な数学的な延長、形状、運動のごときものを目標として認められ、これらの認識のみが信用すべきものであると考えた。つまりこれらの数学的の形式的なものがすなわち實在の本質と考えたのである。かくのごとき物を心と対立させて二元論を作った。かくのごとくして彼の物体は連続的にして且つ充実した空間の断片と見られその運動は物体に内在するものによらず物体以外にある不増不減な創造的原理ともいふべきものによると考えられた。これにはエネルギー論の面影を認める事が出来る。かくのごとくして彼はこの考えを力学光学に押し扱めた。彼の特徴は material universe が mechanical に説明出来るという事、action at distance の否定からエネルギーを考へエネルギーの運動状態が物質であるとした、この後の考えが現代科学の考えに如何に滲潤しているかは歴史がこれを証している。Vortex atom の説はこれに流れを汲みまた近代のエネルギーと物質との考えを予想するものであろう。現代の科学はベーコンとデカルトの結婚によって産み出されたものと見てもよい。

デカルト以後における實在に関する考への発展の途上で科学者に興味のあるは近代まで物理学で用いられた vis viva なる語の元祖でありニュートンとともに微積分学の祖たるライプニッツ (Gottfried Wilhelm Leibniz, 1646-1716) である。彼はデカルトのごとく単に数学的な物体でなく物理的な物体を考へた。そして「実体 (substance) というものは作用の能力ある存在物である。——原始的な力である」と云った。彼の力なるものは空間的延長あるものでない。物体の延長や不可入性はこの力の結



果であり現象と考えた。この力なるものはデカルトの運動原因と似たものであるがデカルトがこの原因を物体以外のものと考えたのに反してライプニッツは物すなわち力であり原因であると考えた。この点において彼は物質すなわちエネルギーという最近の科学的結果の予想者である(同一の考えは昔もありはしたが)。しかし彼の論は畢竟するに自然科学よりは形而上学的で実体の考えは實在の簡単な根本要素として一にして多くを含み互いに独立にしてしかも同一なるいわゆる monad (单子) と称する非科学的なものに導かれた。これは科学者の原子のごときものとは別物であってそれらの段階によって世界が成立する。その原子の自立性に関しては有名なその monad に窓がないとかあるとかいう事を論じそれらの単子の働きで世界は一定の必然な推移をするといういわゆる予定調和の説を立てたがこれらは科学者には縁が遠過ぎる問題である。しかし彼の考えた問題は科学者が科学の原理に深入りする時に出逢う問題としばしば相通する。有名な神の予定的調和なる考えのごときも碎いて行けば極端なる determinist たる科学者の信仰の中に暗々裡に含まれている考えと相通するものである。それで例えば物理学のガス論のごときもので分子の数が無限に大きくなって偶然が関係する問題になるともはや普通の決定論的態度はそれ自身に保てなくなる。それにかかわらず結果の単義を信ずる人は正にライプニッツの形而上学的の考えを黙認する事になる。それをある根拠に置こうとすれば結局は厭でもライプニッツの考えたような問題に触れなければならなくなる。つまり物理学から一步踏み出すのである。

ライプニッツの対偶であったニュートンの實在に対する態度は Hypotheses non fingo と称する語に表われている。この語の意味は種々に解せられたようであるが畢竟は彼があらゆる本質や目的に

関する無用の想像的考究を空虚なるものと見て経験的事実の形式的整合を實在と見た事を示し、彼が純粹な科学者でありライプニッツの哲学者と異なる所以ゆえんを示すのである。(尤も彼も自然の科学的説明は宗教的意識と調和するものと考えていたようであるが、それは別問題である。)

その後における實在觀念の変遷を考える際に見逃すべからざるものはいわゆる啓蒙運動の主動者たるジョン・ロック(John Locke, 1632-1704)である。科学者が読んでも非常に面白い彼の不朽の著『人間悟性論』(An Essay Concerning Human Understanding)がその解説である。彼はデカルトが考えたことき形而上学的けいじょうがくてきで先験的な「本来の觀念」のこときものは信すべからずとして破壊し、私の意識も神から授かったこときものではなくて我等の経験によって得べきものである、心はその経験を写すべき白紙であり、経験の光を容るる暗室と考えた。そのいわゆる経験には外的なる感覚と内的なる反省とある。これによって得られた觀念を simple idea と complex idea に分た。すなわちデカルトが「本来の我」から数学的演繹えんえきてき的に組み立てた世界を彼は経験から帰納的に組み立てられるものと見た。全く心理学的な考え方で常識的なまた自然科学的な考えである。あるいはまたデカルトの「我」を心理学的に分析したとも云える。この考えの基礎には精神と物体が明白に区別し対立されている。認識者たる精神は直覺的に自分自身を知る事が出来るが、外界なる物体ぶつていの自体みづかみは分らぬ。ただその状態が感覺を通して精神的に表われる範囲で認めるのみである。而して物体ぶつていについて認められる性質には二種あって第一性質は延長性不可入性のごとく空間的の量的規定に関するもの、第二性質は色や音のような感覺的なものであるとする。それらの認識の真偽は絶対的なものでなく蓋然がいぜん的なものに過ぎない事になる。しかし彼はともかくも実体というような形而上的なものの存在を考えていた

のである。

ロックの後に来るジョージ・バークリー (George Berkeley, 1685-1753) は、ロックの実体なるもの無意味を認め、認識の対象たる性質の背後に不可知な形而上学的な実体などを考えるのは空想だとした。存在とは知覚せらるる事なり (Eas est percepti) となし、物体とは觀念の複合自身であるとされた。しかしこれらの觀念が秩序立てられて吾々の外界と称するものが存在するのは神という形而上的な実在に起因すると考えたのである。かくのごとくして彼によって残された実体的なものは神と個々の精神のみである。

しかしこの実体的な残物はその次のデーヴィッド・ヒューム (David Hume, 1711-1776) がまた突きくずしてしまった。彼は精神自身も感覺の集合にしてしまった。すべての觀念というのは外的なり内的なりの經驗が繰り返されて出来た弱い impression の模像だとした。そこには精神とか神とか云つて吾人の經驗以上な纏まったものが存在すると考える理由も必要もないとするのである。(ヒュームは同時に因果という事についても同様に、通例背後に想像せらるるような超自然的な理法も何もないと考え、これが発達史的重要なものであるがこれは後に述べる。) かくのごとくして彼は吾人の經驗的知識の整理に侵入せんとするあらゆる形而上学的の考えを排出した点において現代物理学的態度を代表し、後に来るべき positivism の先驅をなすものである。

かくのごとき認識論的な思索の発展がある傍には科学的知識は容捨なく進んで行った。そしてその知的文明極端な独断的唯物論はその反動を促したりした。そのようなあらゆるものがカント (Immanuel Kant, 1724-1804) という焦点に集まって綜合された観がある。それで吾々の問題とする範囲において

カントの仕事を略述してみようと思う。カントは人間の思惟のあらゆる方面にわたって、普遍的にして必然的な思惟の内容の成立を可能とする条件を確立してそこに哲学科学宗教の基礎を定める必要を認め、これを遂行するという大事業を企ててある度まで成功した人である。彼がこの点に哲学の任務のある事に着眼したのは、従来 of 学者のごとく認識の価値の標準をその仮定的な認識の発生的起原に導こうとするのは無駄であり、そのような方法で得た結果も結局仮定的で真としての価値のない事に気付いたためであろう。また従来 of のやり方では認識の能力及ぶ範囲を批評的に見て限定しなかったために認識の範囲外に認識の結果を適用するような事を独断的に行つて誤謬を招いていた事にも注意した。それでこれらの弊を脱するためには認識がどうして起るといふ事について形而上的なデカルト流にしろまたはロック等心理学的にしろとにかくそうした独断的なある前提なしに認識の概念を別に新たに改造しなければならぬと考へた。それがためには何か無条件的必然的に妥當と考へるべきものの前提となる把まえ所が必要である。そのようなものが何処にあるかと搜した結果、そういうものを二つ見付けた。一つは数学の基礎にあつて数学の所産の無条件的に真なる事を万人に信ぜしむるあるもの。もう一つは人間の道德的意識の前提となつて理窟なしに万人が承認しなければならぬある物とである。こんなものがないとすればカントの考へは成り立たない。しかしそれはいわゆる独断ではない。詳しく云えば種々な可能の中から一つを任意的に採用するのでないのである。そのような物の存在は証明も出来ぬが否定も出来ぬただ万人に通有に信ぜざるを得ざるものである。とにかく一度そういう根拠が出来た上ではその根拠を詳しく分析してそれから得られるものを合理的に適用して差支のない対象を求めて行くそのような対象が見付かれればそこに

正當な認識が見出された事になるのである。それでカントの研究方法に通有する問題は「アプリアの綜合判断は如何にして可能なりや」という言葉で云い現わされている。アプリアとは經驗によらずして必然的普遍的なという意味であり（本来人間に固有なというような發生的の意味はない）、綜合判断というものは、火は熱しというような主語に含まれたものを賓語とするような何等新しいものを与えないいわゆる分析判断に対して、火は水で消されるといったような、論理的には結合のない数多の表象を結合する判断を指す。この火と水の例は勿論經驗的であるが、しかし上の意味で綜合的にしてしかも經驗的ならず、しかもまた必然普遍的な判断があるか、あればこれがそうであるという事は如何にして是認せられるかその条件如何というのが上の問題の意味である。しかし如何にしてというのは従来の人々のわなにかかったように是認すべき理由を証明するような意味ではない。可能の成否を問題としているのでもない。可能を所定の事実と見てそういう認識の起る過程を批評的に考察し分析して明瞭な言葉で記述せんとするのである。彼が如上の態度で出発する事によって造った批評哲学の体系は「monumental」なものであるのでその概観でさえもこの書に与える事は出来ない。また物理学に直接関係せる事柄だけでも別に一章を設けねば収まらないが、それはむしろ其方の書に譲り、ここで注意しておきたいのは彼の批評によって数学の根柢が人間の直観に置かれた事（これには後代の異論はあった。ポアンカレ）、次に自然科学に関しては時空間数のごときものは經驗によって得られたる概念でなくて却って經驗を受け入れ組み立てる形式（枠か容器）のごときものとして經驗の前に来るすなわち a priori で直観的なものと考え（デカルトの本有観念との区別は人間未生以前から持つて生れて来たものではなくて人間の直観作用に内在する原理のごときものと考えるがここでは問題にしなくてもよい）ている事。吾々の

思惟の形式たるこれらの形式にはめて始めて現象の認識が成り立つので、それが当て嵌る限りにおいて實在なるものは考えられる。従つて物自体 (Ding-an-sich) については何事も云えない事。それで彼の客観的實在性は畢竟するに、普遍合法的な主観性で、すべては云わば現象であるすなわち純現象論である。そしてしかし従来のみゆるる現象論と異なるのはその論の内容の判然した点である。次に直観的な感覺的の要素時間空間だけでは客観の対象たる所以はまだ出来ない。これに加えて更に悟性によって性質や関係のごときものに綜合される。その場合綜合判断の形式がいゆるる範疇であつて因果のごときものがその中に含まれる。(悟性の存する証明等はない。そういう綜合が出来るといふ事がすなわちそれである。) カントはかくのごとくにして感性悟性よりして経験が成立し、それから客観的の普遍妥当性の成立する径路を批評し分析してかくのごとき過程によって得られた認識の通用し得る範囲を限定し、その範囲において真に自然科学というものは数学的なる物理学であるとして、物理学の根本命題は範疇の概念を自然界の言葉で書きあらわしたものであると考えた。

(一) Kategorie、アリストテレスが既にかくのごときものを作つたが。

かくのごとくして成立する客観的存在が主観の所産なるにかかわらず、しかも通例は外的に思惟せらるるのほ以上のごとき主観的作用が個人的の経験だけでは説明の出来ない普遍性必然性をもつていて、それが自覚されないからである。そのような普遍的な個人的な組織が出来得る所以を人間精神作用の根底にある先驗的統覚 (die transzendentale Apperzeption) と呼ぶものに歸した。これによつて感性悟性の統一するものとした。これは科学的の眼からは窮策と見えるものである。

カントはかくのごとくして経験的科學の世界に截然たる地域を劃する事によりこれを足場として

進んで理性の問題に関する形而上学的な領分を与える事につとめて道徳や信仰の問題を論じた。

かくのごとく科学者から見ればカントは科学の領域を明白に制定し、また科学的知識の意義を定めたと云ってもよいのである。これらの事は全く新しいものではなくても従来から考えられ論ぜられていたものが整理された観がある。今日においてもこの考えの大部分は受け入れて差支えがない。時代によって professional philosopher の間にカントがはやりたり流行らなかつたりしてもこれらの部分を棄てる事は出来ない。

カントの所論が如何に当時にあつて立派であつても、彼の所論にも必然的に何等かの仮定の入つている以上絶対的でないからすぐにまたこれに対する批評が試みられた、不満が抱かれ、従つてその反対者や後継者によつて改造が企てられた。そして不満な点は精神的な部分にあつたのでその方の研究に重きをおかれた。かくして種々な推移を経てヘーゲルが現われた。彼はカントのごとく科学者でなかつたためもあるが、彼の哲学の中には科学者にとつて共鳴を起させるものが少ないように思われる。彼は世界を歴史的に見、世界のすべてのものをイデーと称する神的精神が必然的に発展して行く活動の過程であると見ようとしたので、従つて自然のごときもイデーがその発展の途中で自己をはなれて空間的物的な形をとつた姿だと見るといったような場合で、ともかくも彼の言葉は吾々としてはあまり切実な感を与えない。尤もこの自然観もそれだけで見れば実はそれほどカントなどと別なものではないが、哲学体系としての他の大いなる部分と融合させるために自ずから異なつた見方になつていたのである。彼の哲学の効果はむしろ人文的方面において見るべきであらう。しかし知らず知らずカントの流れを汲んでいる吾々科学者も時々はかくのごとくちがつた立場から

自然を見る事も無益でない。物理学でも突きつめて行く度まではヘーゲル流の考えに融和され得ない事もない。

その後におけるヘルバルト (Johann Friedrich Herbart, 1776-1841) の実在の考えやショウペンハウアー (Arthur Schopenhauer, 1788-1860) の感覚に関する説や磁力の鉄に対する牽引をも意欲という言葉なども科学者に多少の興味はあるが略する事にする。

十九世紀に入ってオーギュスト・コントが彼の実証哲学の基礎の上に社会学を建てた。彼は学問発展の三階段を説いた。第一が神学的すなわち超感的、第二が形而上学的、第三が実証科学の時代であるとした。彼の実証と称するは、所知、有用、確實正確にして積極的なる知識を意味し消極的で単なる否定や批評でないという意味である。従って絶対的な最終の原理や、理由や目的やそのようなものは考えない。ただ普遍的事実の正確な秩序記述がすべてである。事物が如何に起り如何に変化活動するかは是非とも知らなければならぬが、事物が何であるかそれが何故そうなるかそんな事は必要がない。このような精神はキルヒホフ (Gustav Robert Kirchhoff, 1824-1887) やマッハ (Ernst Mach, 1838-1916) を通して科学界を風靡した。物理学は How の学で Why の学でないという事が一般に行われるようになった。そしてこの言葉が浅薄に誤解されたりした。(これらは第三篇に詳論するつもりである。) コントはいわゆる実証科学を数学、星学、物理学、化学、生物学、社会学の六つとした。(星学はむしろ力学とした方がよい。) 六つで始めの方の単純なものから次第に複雑なものに移るとして。

イギリスでミル (John Stuart Mill, 1806-1873) もまた実証論的の考えをもっていたがこれは略するが彼の論理学は物理学者の一読をすすめたものである。その他のスペンサー (Herbert Spencer, 1820-



1903)が進化論の考えを基礎とした総合哲学哲学のごときもイギリスにおけるベーコン以来の思想の集成であり諸科学の総合として興味ある事も注意しておく。

シエームズ(William James, 1842-1910)やシラー(Friedrich von Schiller, 1759-1805)による pragmatism にては客観的の真理なく、人間要求の実現するため環境に適応するための手段の外に真理はない、というので真偽の標準を實用によって決するという立場である。この考えも現代の物理学者の中にはかなり暗々裡に滲透しているようである。

科学が少なくも外見上あらゆる哲学系統の興亡には無関係に急激に進歩しつつあったとは云えその間に大いなる科学者は暗々裡に当代の哲学の影響を受け、また反対にこれに影響を及ぼしていた。物理的科学の方法はあらゆる方面に拡張され精神界の現象にも及ぼされんとしたがその後には種々の困難があったので物理学のような意味の精神物理学は出来なかつた。(上野直昭『精神科学の基礎問題』を見よ。)かくのごとき科学的運動が極端な独断的な唯物論的世界観を生ずる半面には反対にしかも科学者の中からオイケン(Rudolf Eucken, 1846-1926)やベルクソン(Henri Louis Bergson, 1859-1941)のとき物質科学に飽き足らない人も出て来た。この先どうなるかは分らないが、おそらく従来のような一伏が続行されるであろう。

以上は科学的に考えられる物や事の普遍的実在という事を中心として見た、古来の学者の思索の一面を極めて瞥見的に通覧したに過ぎない。これによって物理学者の間にはほとんど自明的として、すべての研究の出発点をなしている物の実在という事が、如何に六かしい分りにくいものかという事について漠然たる印象をでも読者に与える事が出来れば幸いである。

終りに現在物理学の範囲内での実在の意味をもう一度考えてみよう。物理学の進歩した時代には物質物体の外に音や光や熱やすべて吾人が五官によって直観的親知的に認むるものが同様な実在性をもって考えられいずれも何かしら実在な物と考えられた。しかし不可入的……等の空間的制限の分らぬ点や物体との間に作用を運ぶ点で物体とは漠然とはあるが区別されたが光や熱も物質視せられた時代もあった。色や寒暖や剛柔等のごとき性質すなわち認識の目標となる差別性、物体の区別される関係をそれらの物の属性とせられた。そういう考え方の背後にはこれらのものに何等かの実体的な存在を仮定しているのである。性質をすべて引き抜けば何もなくなるとは考えなかつたのでつまり本体の存在を考えていた。力のごときものは物か性質か作用かというところ、これは空間的の限定延長のある物体でもなくそうかと云って個物にのみ従属する性質でもない。これは主として運動の原因と見られたがしかしこの言語の示すごとく裏には人間の筋肉感が聯想され従ってその力を及ぼす主体として何物かの存在を想わせた。また何か神の原理的な実体の作用らしく思われたりした。この考えは運動のみならずあらゆる変化の背後に想像された。今日でも素人が科学的な論をする時には大体そういう考えがある事が覗かれる。ニュートンが科学者としての大は彼が力の背後の不可知者に一顧をも払わなくてその作用の実証的記載に止めた点にある。

物理学が進歩するにつれてこういう考えは漸次に変らなくてはいられないようになった。音や光や熱のごときものは媒介たる medium の中の波動によってエネルギーが運ばるる状態となった。人間の聴感や視感の無力無能が遠慮なく曝露されて来た。物体の性質もすべて機械的な言語に直され色音の高低は振動数に寒暖は分子運動の程度に翻訳された。力は物質の量と加速度に分解されて背

後の神性は消失した。かくのごとくして世界は物質とエネルギーの二つのものに碎かれてしまつてすべての現象は、機械的数学的な言葉に云い現わされあらゆる方則は方程式になつた。この最後に残つた物質だけが本体的なものでエネルギーはその間に通ずる結合的の原理のごとく見られた。かくのごとくして科学はその軽んじた哲学者がギリシアの昔から考えていたものを実証的に実現したのである。しかし最近物理学においては物質原子は更に分解されて陰電子となり陽電核(子陽)となつたが、かくのごとくして到着した電子の実体については何事も知られない。その性質はほとんど無でただ問題となるのはその大きさ形状の外には質量と荷電と称する本体のやはり不明な仮想的實在なものがあるに過ぎない。荷電と質量が畢竟同一らしい事が分つて来てもう物質と電気は一つになつた。残る処は時空間数の外には電気すなわち物質とエネルギーの二つになつた。更に相対率原理はエネルギーと物質との同一なる事が示されんとしている。これが一つになれば物的世界はその物自身は全く不可解なただ一つの要素になつてしまふ。そのようなものの本体はもはや認識の対象ではないのでそれ以外に普遍的に認識されるものは何かというとその不可解なものの表現としての運動や、関係や、を云い現わす数学式だけになつてしまふのである。尤もそのような見方に到着する過程としては力や運動量やエントロピーや、ポテンシアルやポインティングヴェクトルや、色々の概念の助けを仮りなければならぬ事は勿論であるがこの種の中のあるものは觀念として普遍的なものであつても必然性は分らない。そういうものを仮らずに他のもので代用され得る場合がある。むしろこれはマッハの云うように吾人の思索を簡単にするためのすなわち思索經濟手段として用いられる機関と見られるのである。しかしこれらの機関が必然的なものでなければそれを使つて到着した

帰結が普遍であつても必然であるという事は主張し難い<sup>がた</sup>訳である。

従来物理学の進歩の径路が一義的に必然なものであるや否やについては学者の中でも定説はないように見える。そのような必然なるものの存在する事は可能でありまた科学者としてしかく信じるべきものである。著者は過去の歴史に徴しまた現在の物理学を詮議<sup>せんぎ</sup>して見た時に、少なくとも今のまゝの姿でそれが必然だという証明は存しな<sup>い</sup>と思うものである。もし果して然らば物理学の所得たる電子等も未だ<sup>いま</sup>決して絶対的確實な実在の意味を持たぬものであつて、これに関する觀念が全然改造さるる日もあるだろうと信じている。全体系の変るような事はないまでも時々<sup>時々</sup>の局部的の改造は免れまい。それをするのが将来の学者の仕事であらう。

それにもかかわらず實際の歴史として物理学の發展の径路を見た時にかくのごとき秩序的な思索經濟の要求に応じ、しかも普遍にして実証的通行のある体系の出来たという事は驚くべき事である。不思議と云えばこれほど不思議な事はない。たとえそれは吾人が人間自分固有の認識の形式<sup>はんちゆう</sup>や範疇<sup>はんちゆう</sup>や、便利を粹とし尺度としてそれに<sup>つと</sup>応じるように<sup>つと</sup>勉めた結果と云えば云われるにしてもそれが出来るのはこれらの型と自然とに通ずるものがある事を考えしめる。そこに科学的実在の真意義が存する。かくのごとく自己と他、能知者と所知者を統括<sup>ごうかく</sup>するものがあると考えまいとしても考えないではいられないような要求が吾人に存する事も拒<sup>こは</sup>み難<sup>がた</sup>い。ここに科学者の中の人間が眼覚め、人間としての科学者が始まるのであらう。かくのごとき統一的原理を押しひろめんとする要求は神に対する要求である。

## 第四章 感覺

思惟しゐいの主体である自己と外界との間の交通を許す出入口、思惟しゐいの対象としての外界の材料の報告者は吾人の感官である。もしこれがなかったら自己は暗闇くらやみであろう。一個の石塊と選ぶ事はあるまい。感覺だけで外界は成立しないが、これが第一の成立条件である事は拒み難がたい。この点に重きを置き過ぎると感覺の外に実在はない、感覺に現われないものは存在しないという議論も出る。しかしそういう議論にも一面の真理は拒み難がたい。「人は万物の尺度なり」と云った感覺論者プロタゴラスの言葉は解釈次第しだいで常に真理であり得る。

感官の構造や機能を論ずるのは生理的物理学の仕事であるが、以上のような意味で、感官の吾人に与えるものが吾人の物理的世界の構成に関係して来る点を少しばかり述べるのも無用ではないと思う。感官は通例、視、聴、嗅、味、触の五とせられるが触官と称するものには皮膚の接触感の外に内部の筋肉感か、関節感も含まれている。この外にまだ重力の方向に対する自体の位置や空間における廻転を感覺せしむる第六感を数える事も出来る。

視感しかんは眼による。昔は眼から何かが飛び出して物に当る時に見えると考えた時代もあった。ニュートンは物体から物質的な粒が飛んで来るために光を感じると考えていた。眼は一つの暗箱装置あんぱくちゅうちで眼鏡がんげんをシャッターとし虹彩をシボリとし、角膜や水晶体よりなる lens の system による光像が網膜に放射するまでは物理的過程として見られる。直視するものの像は網膜の中心の中央小窩ちゅうしゅうせうわと称する凹処くぼちに生ずる。網膜の構造は複雑を極めて十層の細胞層より成りその表面から二番目の層にいわゆる桿状体かんじょうたい

と円錐体と二種の細胞が並列している。前者は弱き光に対して感じるが色を識別しないもの、後者は強い光に対し色の感じを与えるものと考えられる。これに連絡する細胞は以下の層中で非常に複雑な相互の連絡をしているが結局一把になって眼球を貫き左右の眼の分が交って大脳に達している。右眼の右半より来た神経と左眼の右半より来るものが合して脳の右の方に赴いている。詳細の眼の構造はここには用はないが、注意すべき事は視官は単に光のエネルギーの存在を報告しその振動様式たる光度や色について——不完全なる——報告を与える外に、網膜の面の上に分布する外界の像の空間的關係を指示するという点に特徴がある。詳しく云えば三次的の外界の——やはり不完全ではあるが——二次的な像を与えるという事に注意すべきである。しかしもし吾々がただ一つの眼を有し、自分の位置を變ずる事がなければ吾々の視空間は二元的であるはずであるが、第一には水晶体の調節や、両眼感や、自分に位置の變化によってかくのごとき不完全な二次的映像からして丁度起し絵を組み立てるようにして三次的空間の表象を組み立てるのである。かくのごとき視的空間が如何に吾々にとって有用であるかは云うまでもないが、しかし普通人間の空間の認識はこればかりではないのである。生来の盲者はかくのごとき視的空間を有しない。それにもかかわらず特有な三元空間を認識して吾人が上下前後左右という言語に対して、これに相応する觀念をもっている。これが後に述べるところの触感的筋肉感的空間である。普通人は生来徐々の経験からこの二つの空間の間の対応を修得して環境の中に生存し得るに必要な知識を得たものである。盲者が成人の後に眼瞼を切開して初めて視覚を得た時にはすべての視界は平面に見えそれが自分の眼に貼りつけられたように思う。そして従来他の感官で得た表象と視的のそれとを結合するには幾多の練

習を要するのである。色の感覚についてはヘリング (Karl Ewald Konstantin Hering, 1834-1918) の説によると網膜に三種の視質と称するものがある、(一) は白黒、(二) は赤緑、(三) は黄青の感覚を与える。これの破壊と恢復(かいふく)によって反対の感覚が起るとされている。これら物質のある物の欠除が色盲の原因である。色や光度については興味ある問題は多いが、ここではあまり縁(えり)がないから略する。聴感(ちうかん)は音波の衝撃から起る鼓膜の振動が三個の小骨片より成る複雑な桿(こうかん)杆によって内耳の卵円窓(らんえんそう)に伝えられる。この振動が蝸牛殻(かきゅうかく)中に存するコルチ器官に移されて聴細胞の毛を刺戟するまでの過程については不明の点はあるがともかくも純器械的である。この器械的装置を眼の場合と比較する時にちよつと面白い contrast がある。すなわち眼は物理器械としては屈折面の集合と見る限り甚だ簡単である。そうして複雑な点は網膜の顕微鏡的組織以上の処にあつてその光波に感ずる機能は全然知り難い(がた)。これに反して耳の方は物理器械的装置と見るべき部分が非常に複雑である。この差異はつまり光と音との波動としての特異の点に対応している。光が電磁波で分子的の波長を有し分子の化学的振動週期に應じるのに、音波が器械的な弾性波でありその振動週期が分子などより遙かに大きい器械的振動体に應ずるからである。それはとにかく、聴感も発音体から出る波動を感ずるものである限り、これは吾人の空間知感に幾分の貢献をしてよい訳である。すなわち視的空間に対して聴的空間が出来てもよさそうに思われるが、それが視覚の場合と異なる第一の要点は、この場合には網膜のごとく外界の異なる点の空間的關係を写し取る直接の機関がない事である。しかし聴感も全然空間的に無能ではない。音波の進行はその波長が普通の物体に対して少くないために直線的の進行を考えると考え難く(がた)また反射によって複雑にされるけれども音源に対する耳の距離や方向によつ

て多少の相違があるから吾人はこれを利用し、加うるに両つの耳の感覚の差を利用して（無意識ではあるが）音点の方向等がある度まで知る事が出来る。これには頭部の運動も与つて力がある。盲者が自分の面前に近く壁のごときものの存否を直覚する事が認められ、それがあたかも額の処に特別な第六感のごときものがあるためと思われた事もあるが、これは実は周囲に不断に聞えている色々の物音が壁のあるなしで変つて聞えるのを盲者の特別な経験で無自覚的に翻訳するためだと考えられている。眼と耳がいずれも幾何的の進行をする波動のエネルギーの知覚器官である事に相応して、この器械がおのおの二つずつ或る距離を測量基線としてその両端に置かれているという事は面白い意味のある事である。また吾人の物理学の中のあらゆる波動の内で直観的親知的に認められる水の波など以外にはことごとく目に關係する電磁波と耳に關する彈性縦波とに煎じ詰められた事も偶然でないのに氣が付くであろう。

視覚と聴覚は刺戟の源たる物体が遠距離にある時に既にこれを知らせる点で吾人の生存に重大な役目を果たす。こういう性質から「遠官」と呼ばれて味覚や触感のごとく物体が吾々と直接接觸する事によりて起るいわゆる「近官」と區別される。嗅覚はこの中間に位するようである。動物や盲人ではある度まで遠官の役目を勤めるがしかし香を与えるガスの瀰散は波動のごとき幾何学的なものではない限り遠官としては遙かに劣等なものであつて、普通人にとつては遠官としては用いられない。嗅覚は鼻腔の奥にある五センチメートル平方くらいの面積、嗅領と稱する処にある嗅細胞にガスが化学的作用を生じるために感ぜられると考えられる。（しかし必ずしもガスでなく液でもいいという説もある。）

味覚は口腔内で主として舌の面殊にその上面にある三種の乳頭と稱する突起の側面にある味覚細



胞によって感ぜられる。外部から来る液がこの細胞の小孔によってその内部に接する事によって神経が刺戟される。その作用については未だ充分な事は分っていない。甘酸苦鹹四種の原味にそれぞれ応ずるものが舌面に不同に分布されている。

味覚は吾人の食物の弁別者として重大な任務はあるがいわゆる「近官」であり、しかもその所在が狭い面積に限られているので吾人の空間知感には交渉がない。物理的意義はほとんどない。そしてその味が直接吾人の快不快に関係するから最も *sensual* なものであり同時にいわゆる人間としての精神生活に縁が遠いところから通例下等な感覚と称せられている。この点では嗅感も同様である。

味覚や嗅感きゅうかんは物質の識別のために科学者のために用いられない事はないが、しかしそれはほんの補助的のものであまりあてにならない。(電気の味というのは電気のために起る化学的刺戟らしい。電気の香というのは放電に伴うオゾンの香であろう。)

次に俗に触感と称するものの中には種々なものが含まれている。狭い意味では皮膚が外物に接触する事によって起るものであるがこの外に内部の器官により起るいわゆる有機感覚もある、これには例えば空腹感のごとく特別な内臓によるものやまた疲労のごとく全身的なものもある。内耳の半規管によって起る廻転に関する感覚や耳石によって起る加速度に関する感覚も通例有機感覚の中に含まれている。このものは吾人の空間における運動を知らしめる点で空間の認識に關係して重大な意義を有もち間接に時の認識にも關係して来る。半規管の三つの弧の面が直角座標軸面に相應し、耳石が一方向的な圧を起すように出来ている事に相當する。換言すれば吾人の直角座標で表わされる空間の *model* がここにありまたニュートンの運動方程式が加速度の項で表わされる世界の鍵がここ

にあるとも云える。また視感から視的空間を組み立てる時に、これを視者の運動に無関係な静止した空間として秩序よく組み上げるためには、視者の各位置における視像と結合されたその時々座標軸が如何いかにに動いて行くかを知る必要がある。これには上のごとき器官が有用である。尤もこれは廻転や加速度があまり小さくては感じないからこればかりではあてにならない。それで吾人の空間構成に如何いかなる度までこの感官が役立っているかは分らないのであるが、ともかくもこの器官が吾人が第一近似としてニュートン力学の行わるる世界、ユークリッド的空間を構成しそれを最も常識に応ずるものと認め、相対原理の与うるごとき非ニュートン非ユークリッド力学を異様に感ずる点がこのれんかんにれんかんしてるではないかと思われる。同時に相対率原理が非人間的という理想に対して一大進歩である所以ゆえんもここにあるではないかと思われる。

有機感覚と称せらるるものの一部としてあるいはまたこれに対するものとして運動感覚と称する部類が区別せられる。これは例えたとば腕や眼を動かす時に内部で感じるものでこれは筋肉や腱けんや関節やあるいは皮膚や色々の部分の感覚が交ったものであろう。また努力や抵抗重量に関する感覚もこの部分に含まれている。後者は力という言葉を生産した根元である、今月でこそ物理学では何の關係もなくなったが実はここから出たものである。この運動感覚も吾人の空間に関する知覚表象の生成に極めて重要なものである。目明めあきでは眼の運動感が視角の推測に感ずるのでそれが上下と左右で異なる感度を有する事からある種の錯覚はこれで説明される。盲人にあってはその空間は主にこれによって認知されるのである。しかるに吾人が手足を延ばして短時間内に模索し得る空間の延長は至したがって小さなものであるから従したがって盲人が自分の廻りに云わば携たえている空間は狭いもので到底

視的空間の比でない。盲人が歩くにつれて結びつけられる空間の各部分との間の連結はたとえ音の助けなどはあっても、また上の内耳の有機感覚はあっても極めて100%なものではなければならぬ。盲人の不自由で不幸な点の大部はここに起因するのである。<sup>(二)</sup>

(一) 盲人の世界については (Pierre Villey Le Monde des aveugles) を見よ。

次に狭義の皮膚の触感<sup>(一)</sup>は細かく分けると触圧の感と寒い感、熱い感、痛苦の感の四つに分れ、それぞれに相応する特別な器官が神経の末梢として皮膚上に種々な分布をしている事が知られている。<sup>(二)</sup> (例えば冷点は寒さだけ感じて熱さや、痛さは感じない。冷点温点は皮膚の衣服で蔽われる部分に多く、圧点は露出して物に触れる事の多い部分にある。そして掌<sup>てのひら</sup>でも指先と他の部分とで種々な分布をしている。盲人では特に発達していると俗には信ぜられているが実際はそうではないらしく、盲人の優れているのは感覚以上の点であるらしい。) 圧感<sup>(一)</sup>は固体のみならず流体の表面が与える抵抗を知らせる点で物質の不可入性という事に一つの表象を与えるものである。従<sup>したが</sup>って物質と非物質の間の区別に関する俗見の奥に隠れているものであるがあまりあてにならないものである。例えば風を感じても空気<sup>た</sup>の存在を忘れるがごときは最も明白な例である。また物体表面の性質、粗滑、柔剛、のごとき属性に関する言葉は最初はいずれもこの圧感<sup>(一)</sup>に關したものである。寒熱の感<sup>(一)</sup>は元は物理的状态の最主要的な目標とされたものであるが、これの判断が極めて不定で前の歴史により如何<sup>いか</sup>ようにもなるものであるために漸次<sup>ぜんじ</sup>物理学から追い<sup>しりぞ</sup>けられて、熱の機械観<sup>(一)</sup>が取って代った。しかしもし吾々の指が寒暖計のようなものであつたら物理の進歩はよほど違った道をとったかも知れない。最後に痛感<sup>(一)</sup>はこれが快不快と直接關係する限り、心理学の領分にはいつて物理学とは縁が薄い。

さて以上の諸感覺を通覧したところで物理的に最も重要なものは視聴二つの遠官と運動感である。これが外界認識の形式たる空間の構成に如何いかにに重要な意義をもつかはほぼ上記の通りである。しかるに物理学の進歩につれて、すべての現象を数学的の範疇はんちゆうに当てはめるためにあらゆるものを測定に帰する必要が起つた。測定とは後に述べるごとく長さと質量と時間との基本単位にあらゆる測らるべきものを reduce する事であるが、これらのもの自身を正確に感知する特別な感官がないために結局すべての測定は器械的比較に帰する外はない。その器械の指針としてのみ眼や耳が用いられた。しかし耳の判断は人により不同いちじるが著しくありまた錯誤が多いので結局眼ばかりが用いられる。用いられるといつてもこの場合に眼は色や光度のごときものを判断するのではなくただ点や線の空間的一致を認めるというだけになってしまった。つまり全くすべてを器械的に直してしまふというのが理想である。こうなつてしまふともう眼も耳も手足も何の価値もない。むしろ種々な錯誤の源因として敬遠されるくらいなものである。なんだか養育を受けた親や糟糠そうこうの妻（苦勞をともに）を放逐ほうちやくするような感がある。しかし前条で述べたごとくこれは畢竟ひつじやう外界現象の中からあらゆる偶然な不確実なものを除去し、普遍必然ないわゆる科学的実在を求めめる自然の過程の帰結であつて、除去され放逐ほうちやくされたものは影であり幻であると観ずるのが物理学的世界観である。

しかし、かくのごとき純化浄化を経たとは云えこの過程の基点となる幾何的空間が感官的空間を材料として生れたという事は否定し難いがた。カントのごとくこの形式は経験以前のものと考へるとしてもそれが経験と融合されて経験が成立する道筋としては感官が必要な事は勿論もちろんである。そういう意味で空間は感官の所産である。こればかりに膠着じやうちやくしている間は非ユークリッド空間はあり得ない。

ところが最近アインシュタインによって非ユークリッド空間が実在となりユークリッド空間が夢幻になったとすればそれは何を意味するであろう。ちょっと考えるとこれで感覚の実在的価値はもう全然なくなつたごとく思われる。本当に物理学が人間の着物の最後の下着を脱ぎすて科学的認識の決勝線が達せられたように思われる。ある意味ではそれも云われようが科学の所得がかくのごとき点に達するを得たのは驚くべく誇るべき事ではあるが、そういう言葉に迷わされて、このいわゆる非人間の実在が人間を離れた絶対な実在であると思うのはまだ早過ぎる。曲面の鏡に映ずる世界の現象を説明すべき数学式が立派に出来た時にそれはただ曲線の存在を証する頼りにはなるが、その曲面が非人間的な実在であるという証拠にはならないと同様に、アインシュタインの非ユークリッド空間も、重力というものの科学的意義を規定するが、絶対に非人間の実在を証するものとは思われぬ。科学で得られるものは結局科学の実在に過ぎない。しかしこれは議論のあるべき点でまた論ずる所は多く言葉の意味の問題になるから今ここに早急の判断を下す事は妥当であるまい。

この条ではただ感覚が如何にして科学の基礎になつてゐるかを読者に暗示すればよいのである。なお感覚についてはマツハの名著『感覚の分析』(Analyse der Empfindungen)を一読せられん事を望む。感覚は経験の出発点であるが、単なる感覚だけではその原因なる対象に関する何等の意識は起らない。種々な感覚の結合が一つの纏まって意識されるためにはこれらを統括する作用が行われなければならない。この過程作用を知覚作用と云い、かくして出来た纏まった意識を知覚表象と云うのである。吾人はかくのごとく出来上がった表象を分析して始めて個々の感覚を得るのである。知覚の作用は感覚をその性質や空間時間の関係について規則正しく整理し、またその中から臨機の選択

をして表象の簡單化を行う、また感覺の不充分を過去の經驗で得た表象の記憶された心像に照らして補充し同化し、排斥し、最後にこれに意味を附与して一つの纏まとまった認識を製造する不思議な作用である。この作用なくば感覺はあってもそれはただ写真や絵の反古ほごの堆積に過ぎないだろう。この知覚作用が感覺を処理する過程は吾人の認識の機巧しかたであり従したがって科学の方法の根本模型である。吾人はかくのごとくして得た個々の知覚を材料といわゆる悟性によって更に第二次の整理、選択、簡化、補充作用を行ってそれから幾多の概念を構成し、更にまた第三次第四次の過程によって物理学の世界を構成して行くのである。

前条におけるごとく視覚や触覚から吾人の感覺的空間を組み立てる事を述べたが、かくのごとくして得た空間なるものはすなわち空間知覚である。これが客観的な幾何学的空間の材料になると考えられるのに、これを彼と比較すると種々な相違が起る。これすなわち種々な錯覚が起り幾何学的には同長の線が長さを異にしたり平行線がある角度を作るように見えたりするような例やまた遠近を思い違えたために物の大きさの判断を誤ったりする例は沢山たくさんある。

空間知覚に次いで重要な根本知覚は時間知覚である。しかしこれは空間知覚と比べて著いちじるしいちがった点が種々ある。空間知覚は感覺の空間的排列が同時に意識され得るので異なる延長や広がりとの同時比較が行われ得るのでこれらの量に関する表象は比較的一定の標準に拠る事が出来、また各個人の間にも共通でありやすい。これに反して知覚される時間はその異なる区分をそれら自身の間で直接客観的に比較する事が出来ないので知覚される時間の長さについては空間の場合のような客観的な標準が立ちにくい。そして主観的な感情によって支配される。それである場合には数秒が数分

のごとく思われある時はその反対に思われる。多事な時間はその当時は早く経過のごとく思われるが、あとで追想する時は長く思われ徒然無事な時間の経過は永たらしい代りに追想では恐ろしく短く思われたりする。学生が半秒打ちのクロノメーター（遠洋航海で海上の位置を知るために發明された精密ゼンマイ時計）を使って秒の十分一を定める事を稽古する場合に始め不熟練なうちは一秒が飛ぶように早く経過するの、馴れてくると一秒という時間のなかなか永いのに驚く。かくのごとき主観的時間の長短は吾人の出来事に對する期待緊張がその出来事の現出によって満足されたりされなかつたりするため起るものである事は明白である。この長さはこの期待と不満足との交互に継起する回数にもよるものと考えられる。ここに時間の数量的に表わされ得べき胚子があるのである。しかしかくのごとき期待や注意の週期的反復は複雑な外的条件に支配されて何等の秩序をもたないものであるから、個々の人間の所感がまるで一致しない。つまり科学的實在の世界にはいり得ない。それで何か客観的な外物を借りる必要が起るのである。尤も吾人の身体にも幾多の器械的律動がある。心臓の鼓動、脈搏、呼吸のごときあるいは歩行のごときおのおの一定の範囲内に限られた週期を有する振動である限り、「時を算える」すなわち時の経過を回数に書き現わす可能性をもっているが、しかし時計等はないとしても個人を比較するだけでもこれらの週期は著しく不同で不常なものである事がすぐに分る。もう少し個人的でないものを標準にしたいという事になれば自然に昼夜の継起や振子の運動が目当てになる訳である。

時の経過が感ぜられるのは一面においては以上のごとく直接に回数として換算されるといふ過程によるのみならず、物体の空間における運動の助けを借りて一度長さに翻訳される事によって間接に数量的になる。天における星の位置が主観的時間の経過に従つて変るといふ事が運動といふものの

主観的表象である。もし主観的時間を尺度とすればこの運動は甚だ不規則でしかも人々の間に一致がない。これに反して星の運動した視角度を標準とすると始めて客観的な尺度が出来る。これだけならば星に限らず水の流れても鳥の運動でも何でもよい訳である。しかしある河の流れや鳥の運動が選ばれず星の可視運動が標準に選ばれこれが等速と認められるようになった所以は何処にあるか。歴史としての問題は措いて、科学的に考えるとこれはやはり思考経済という原理に帰せられねばならない。しかしそれだけであるかどうか、もっと必然な理由はないか。もし隅田川のある部分の水流を標準とすれば天体の運動は複雑になり従って現在科学の根柢は悉皆(のこ)非常な面倒な形に換算されなければならぬ。のみならずあらゆる力学等の方則は到底使用に適せぬもの、方則と云い難いほとんど無限に長たらしい記述にならなければならぬ。これは隅田川の流れ方が現在の科学で過去現在未来を通じて一義的に知られ予報され何等かの数式に纏め得られたと仮定して可能であるが、実際はかくのごとき事が到底出来そうもないのである。これに反して仮想的地球における恒星の可視運動を等速なりと仮定する事によって如何に万象が整然たる秩序に置かれ、方則は簡単な数語に纏められるを想えば、便宜のためと云わば云えこの仮定が如何に偶然でない事が分るのであろう。

(一) 附録「自然現象の予報」。

かくのごとくして空間における等速運動を仮定——ほとんど必然的に——する事によって時間は客観的科学的のものとなり、空間の尺度で計られる事になるのである。こうなってしまうもう時間と生理的な努力や感情に關した要素は全くなくなってしまう、つまり幾何学的な量になってしまう。後に相対率論において時間が空間と一緒に取扱われるようになったのも、もともと物理的時間



がかくのごときものでなければ出来ない事である。(しかしそれが全く空間と同じでないものである事はミンコフスキーの世界で時が「 $\sim$ 」と結び付いているので分る。)

かくのごとくして時間が線で現わされる性質のものとなった以上、それには主観的時間の特徴たる不可逆性というようなものは疎外されてしまう。かくのごとき純粹に数学的な時自身には何等かくのごとき通常黙容されているごとき寄生的の意味はない。すべての変化は逆行的と考えられる。そういう点から考えて主観的時間の代表としては重大な欠陥がある。しかし単に感情的な事にはかり不可逆という事があるのなら物理学としてはそれで沢山かも知れぬが物理学的现象でも特に熱に關した方面で吾々の宇宙に不断不可逆的なある推移のある事は拒み難い。すなわち熱力学第二方則がその断定である。この方則の簡單なる云い現わしのために吾人は熱量と温度によって規定されるある量としてエントロピーの概念を構成した。そうしてエントロピーをもってあらゆる変化の進行に際し決して減ずる事なく、不斷に増す所の量なりとした。すなわち時なる線の一方にのみ動き行く物理的なある物を把まえ得た。この結果から再び立ち返って主観的時間の経過を考える時にそれが一つの物理器械として考えた人間という器械的体系のエントロピーの増加と密接な關係がある事を認める事が出来る。

かくのごとくして時間知覚の内容は分析されて幾何学的な部分と物理的なエントロピーに分れたとも見る事が出来る。もし世界が entropy の増大によって死滅に近づきつつあるとすればその世界の年齢は  $t$  でなくて entropy によってのみ計らるべきものである。(附録を見よ。)

空間化された時間は力学的の世界観に必要な欠くべからざるものである一方で、物理学者の立場をは

なれて非物質的の世界におけるものとしてはあまりに物足りないような感じのする人は多いであろう。ベルグソンのごときその一人であった。彼は物理学はすべてのものを空間にのみ reduce せんとする。「物理は幾何のバラストを背負っている」と云った。そしてカントが空間的な時間を知的認識の形式と考えたに對し、直觀的認識の根本形式として純粹繼續 pure duration なるものを考えた。これは無論形而上学的なものではあるが、かくのごとき説の出るといふのは物理学的の時なるものが物理的の意味しか持たない事を悟らしむるに足るであろう。

空間化されたる線の時間においては現在すなわち「今」はただ一点であらわされる。かくのごとき種々の「今」はいわゆる時点 Zeitpunkt であり、その間の長さは時間 Zeitintervalle である。かくする事によって時は連続的な数学的の量となる。しかるに一方主觀的の「今」は甚だ不判明なもので或る時は数十分あるいは時によっては一世紀ほどを意味する事さえある。かくのごとき「今」の領域は相互に重なり合いつつ進行して行く。かくのごとくなる事によって始めて連絡せる時間の知覚が成立する事は疑いない。狭き領域内では二つの継起する出来事がしばしば前後の順序を顛倒して感ぜられる例さえある。かくのごときは時間閾といふ。聴覚では  $\frac{1}{100}$  秒である。星の子午線經過を觀測する時、望遠鏡の視野で星の暈が蜘蛛の糸を過ぐる時刻をクロノメーターで定めるときに起る個人差はこれに似たものであるが、これは注意の向け方で異種の刺戟に對する反応動作のおくれの差によるものである。ともかくもかくのごとき主觀時間と客觀時間の差は科学者の注意すべき錯覺の原因であり得るのである。

前に便宜上空間の知覚においては異なる点の空間的分布が同時に認知されるという事を述べてお

いたが、少し厳密に考えるところは怪しくなる。吾人の視野において特別注意をもって直視される部分は割合に狭いものである。例えは書物をあけて見ている時でも一度、眼に見えて纏まったものとして扱われるものは指頭大の面積である。その中心にある文字の形だけは同時に認知されるように思われる。しかしよく考えてみると吾々がその字画を覚え込んでしまうまでにはどうしても何遍もその字画の線はどうにかいう順序にたどって習熟する事は事実である。未だ見た事のない国語のアルファベットなどは感覚が出来てもこれが知覚になるためには一度はこれを眼で跡付けてみる必要があるように思われる。字に限らず図形でも何でもそうである。これについては心理学者の議論があるべき事であるが、自分は数学的な意味で同時に空間的拡がりを知覚する事は出来ないと思う。この考えに対して反証らしいものはいくらも考えられない事はないが、それは決定的なものとは思われない。触空間においてはなおさらそうである。この場合には触空間の認知に必要な運動が遅緩であるために、時間相次ぐ感覚がだんだんに結合されて行く有様が分りやすいからである。眼の場合にはかくのごとき空間組立てが短い時間内に完了される。それには無論記憶によって感覚の一部分が機となって再生心像が呼び起されるという過程も行われるであろうが、一番元に戻ってその文字の空間的關係が知覚されるにはかくのごとき追跡作用が必要である。すなわち空間の知識には時を要するのである。勿論字画の追跡には順序は人々の任意であるが、ともかくもここから空間の拡がりとの時の延長との間には知らず知らず一種の聯想が起って来るに相違ない。すなわち吾人の時の觀念が空間と關係されると少なくとも同様あるいはより以上密接な度において吾人の空間の觀念には時が關係しているのである。

かくのごとく時と空間とはその觀念の源を感覺に遡さかのぼつて考える時には如何いかにに密接に相纏てんじょう続したものであるかが分ると思う。これはしかし無理もない事だという事は次のごとく考えてみればよい。

時とか空間とかいう抽象的な明白な觀念の出来ていない幼児が最も直接に注意を引かれるのは動く物体である。これは下等な動物についても同様な事である。ひきがえるのごときは動くものならば煙草たばこでも食う。すなわち吾人は運動というものを知覚するのは直覺的である。空間や時間に分解した後、始めて認知されると考えられるべき理由はない。むしろかかる分析を経ずして直觀的に起る最も原始的な知覺の要素であると考えるべき理由が多々ある。

上のごとき考え方に随えば時と空間とは運動という原始的知覺の分解によつて生じたものである。(アリストテレスは時は運動の附屬物で動ける物体のある所にのみあり、運動の前後を計る尺度と考えた。) かく考えればミンコウスキー (Herman Minkowski, 1864-1909) の時空を合した四元の「世界」四元的線として現わるるものはすなわちこの原始的知覺の数学的模像であつてこれこそ時間や空間より遙かに根本的な實在を有するものと思われて来る。こう考えて来ると時間や空間はただ運動を表わす便宜べんぎ的座標に過ぎなくなり、この運動を *Zeit* するための座標軸は無数に可能になり、それらのおのおの座標には時と空間とが必ず結びついて来るのである。この座標軸の選定はただどのものを静止と見るかによるばかりである。かくのごとく考えれば相対率原理の最初の部分の意味は極めて明白になつて来る。この考えの立場から見れば、運動を純粹な時間と空間とに分解した事は非常に便宜べんぎであるにかかわらず、ある意味では失敗であつたと考える事が出来る。その偏見が相対率原理の研究によつて救われたと云うべきである。<sup>(二)</sup>

(一) かく云つてもそれは従来の空間時間を軽視するのではないから誤解なき事を望む。また上の見方はカントのごとき考えとも融和し得る考えである事を注意しておきたい。

## 第五章 数と空間時間

物理学上でいわゆる連続的と称するあらゆる量の prototype として空間や時間が考えられる。この空間時間がある単位に比較して後に始めて数で代表され数学的解析が用いられるようになる。かくのごとくする事は非常に便利であるが、しかし空間や時間は数というものとどれだけ必然な関係のあるものであろうか。これを考えてみたい。

先ず第一着に、連続的という考えは云いかえればその中に何等特別な目標のない区切りのない事であつてこれを discrete な整数で表わすという必然性はない。長い短いという観念は数に關せず考へ得る。従つてある量は随意的な整数で表わし得られる。任意な棒は 1 でも 2 でも 10000 でもあり得る。しかし異なる沢山の棒を比較する際にそれらの長短の段階を何等か普遍なものに準じて一義的に定める必要があるとする——例えば同じ長さというものの再現という実用上の要求から——そうして便宜上どれかの棒例えば甲の棒がある整数例えば 1 で表わすと外の棒はもう整数で表わされない。乙を 1 にすれば甲は表わされない。これは分り切った事であるが、このような必要からして 1 の subdivision が起つて数の考へが拡張され始め、数と数従つて数と量とを結びつける橋がかかるのである。すなわち科学の父母となつたこの数と量との結婚は科学を生むために必要なものであつたが、それが本来の必然性のあつた事とは考えられないのである。一方更に立入つてこの結婚を示

唆したものを搜さぐってみるとこれは人間の實用に帰着する事も出来る。未開人種は数の考えが貧弱であるが量の多少は明らかに知っている。それで色々な生活上の要求例たえば衣食住の需要に応ずる物の過不足の詳しき知識の必要、従したがって起る物品の交換売買のごとき事柄から起るであろう。しかしもっと立入って考えるとかかる事の可能を示唆すべき何物かが人間の原始的な知覚過程にあるのではないか。私見によるとこれは知覚過程に存するある律動的な要素に帰着される。そして更に間接に時間知覚に関係して来ると思うのである。人間がある連続的に起っている感覺的現象に注意する時に吾人の注意している緊張の状態は決して一樣でなく、波動的にあるいは張りあるいは弛ゆるむのである。これは日常の経験からも人の知る処ところである。実験によれば一層確かめる事が出来る。かくのごとき現象の原因は不明であるが、おそらく大脳皮質中におけるある物質的の律動的弛張しちやうと聯れん関するものである度までは科学的器械的の説明を許すものでないかと考える。そういう性質のものであればこの現象のために吾人は連続的なものを数え、という自然の傾向をもっているかと思われる。それが内臓の有機的感觉や環境に起るあらゆる律動の比論から經驗的に更に助長されるのではあるまいか。これは著者の私見であるが研究すべき問題である。

次に数学の中で特別の地位を占める幾何学は如何いかなるものであるか。如何いかにしてこれが物理学に關係して来るかを考えてみたい。

幾何学は空間の学である。普通の考え方にすれば、直觀的に与えられた始めは何だか分らぬ空間の概念を分析してその性質を明らかにするものである。このため、点や線や空間やの概念を規定してそれを足場とし、形式論理学上の自明的公理を手引きとして与えられたる空間の性質を搜さぐるもの

である。ユークリッド幾何学におけるこの根本的な点、線、その両者間の関係等は極めて自然的な、吾人の日常経験と調和させやすいものである事は明らかであった。しかしユークリッド幾何学が先験論理的に必然なものであるかというのにそうでない事は非ユークリッド幾何学の成立がこれを証した。三角形の内角の和が二直角にならないようなある三角形の辺を直線と名づけてそこから出発して行けばあとは厳密な論理の筋道をたどって一つの空間が出来上がる。この出発点が不都合であるという理窟は何処にも見当らない。(ポアンカレ『科学の価値』を見よ。)のみならずアインシュタインの研究によって万有引力という不思議な説明の付かない怪物は、吾々のユークリッド空間の歪みという事で置き換えられ得る事になった。月が地球の廻りを回転するという現象はユークリッド空間を考へる限りまた惰性と重力とを引き離して考へる限りそこに特別な重力というものを考へる必要が起る。しかしアインシュタインの考へたごとく惰性を有するものの周囲のユークリッド空間が歪んで非ユークリッド的になると思えばユークリッドの眼で見た曲線運動は非ユークリッドの世界ではすべて直線運動であつてもうそこには重力も何もなくなつてしまふのである。

かくのごとく幾何学で考へ得らるる空間は一見非常識に見えるものでもそれが合理的である以上、それを経験の形式として採用する事が出来るのである。これについては学者の見解は区々であるだろうが、著者は吾人の空間が元来人間に無関係に先天的非ユークリッドであるのを従来ユークリッド的に誤認していたのをアインシュタインの研究によって始めて迷夢が一扫されこれで空間時間の問題が窮極的に解決が付いたとは考へないのである。その理由を下に説明してみよう。

ニュートンの力学においてユークリッド幾何学が基礎になつてゐる事は皆知る通りである。ニュー

トンは絶対に静止している座標軸の存在を仮定した。そして例えばそれを仮想天球に固定したものと考れば吾人は少なくともある度までその絶対空間に対する自己の運動を知りあらゆる他の物の運動をもこれに準拠して定むる事が出来る。吾人の従来學んで来た力学はすなわちそれである。かくのごとき絶対空間が存し偶然吾人がそれを捕えているという考えは、少し懷疑的な思索をする人におかしい事は云うまでもない事である。しかしニュートン力学はこれを日常経験の範囲内に応用して少なくとも吾人の要求する精密の度まではことごとく適中することく見えた。それで一般の学者は安心して夢を見ていた訳である。それで大した不便も起らなかったのである。ただ例えば水星の軌道の近日点が極めて徐々に移動するような事実がニュートン力学からは説明し難かった。水星内部に存する未知の遊星のためとも考えにくかったのもこれは一つの疑問になっていたがともかくも従来の物理学で説明され得べきはずのものであるがただ吾人が水星の運動を影響すべき環境のすべてを知らないためとばかり思われていた。

しかし上のような考えでは少し困るような問題が起り得る事は次のような極端な場合を考えてみると誰にも了解される。フランスのある通俗理学者が光の速度以上の速度で空間を走り得る人を仮想した。そしてその人がそんな速度で地球から飛び出して行けば地球の歴史を逆様に見て行く事が出来ること云った。これは面白い話ではあるが果してそういついていいものだろうか。仮に一步を譲つてその超人が地球を距たつて行くに従つて倍率を増す眼あるいは望遠鏡の所有者であるとしても、彼の飛行のために歴史が顛倒して見えるという事はよほど不思議に思われる。この宇宙の中の出来事が観者によって全くちがった順序に見えるという事は吾人の悟性の根柢を動揺するような一大事件



ではあるまいか。しかしもし地球が静止しており、光がこれに対して一定速度で進行するとする以上この推理は不都合はない。次にもしその人が絶対空間の軸につかまっている間に地球の方がこれに対して超光速で天の一方に退きつつあったら、どうであろうかと考えてみる。そうするとそこに新しい問題がすぐに起つて来る。もし地球上の物体から出る光が地球が運動しているといないに關せず地球に対して常に一定の速度を有しているとすれば前の場合と同様に、絶対空間に固定した超人は地球の歴史を倒視する訳であるが、これに反してもし地球が絶対空間の各位置で発した光はその点を中心として絶対空間の中に一定速度の球波面を作つて進行するとすると相次いだ各瞬間に発した波は地球の跡に取り残されて銘々の中心から拡がり行く。この場合にはもはや歴史は顛倒せず却つて引き延ばされて感ずるのである。このように地球と超人のどちらが静止しているかによつて超人の世界観はまるで根本的に別になるのである。そのような超人を考えるのが無稽だといふならその代りにある天体を考へてその星の人間を想像する事は差支えがない。そうすればその星の人間と吾人とは宇宙に対する關係は同等であつて彼等の科学的宇宙観が吾等の宇宙観と同一であると考へないと吾人の科学の普遍性という事がよほど範圍を狭められる事になるのである。二つの世界観にかくのごとき矛盾があるのは何か吾人の考へる根本にある不妥当な仮定をしているためではないか。先ず超光速をもつて運動する物体があり得るかという疑いがある。次には上に述べたごとく運動せる物体から出る光が物体の運動に關せず物体の軸に対して常に恒同に動くか。それとも物体が光波面を置き去りにして進むかという疑問がある。

先ず後の疑問から始める。この問題はもうかなり古い問題であつた。光の波動説が信ぜられると

ともにこの波動を搬ぶものとして古代以来夢想されたエーテルがその媒質として採用された。それは弾性体のような性質をもっていなければ工合が悪いのに一方ではその中を運動する物体に何等の妨げを与えないという他の物質的媒質とはちがった性質のある不思議なものでなければならなかった。光の電磁説の世になってもエーテルの仮想はいつも難儀な問題の種になった。物体がエーテルの中を動くかエーテルを引いて歩くかという問題が常に起った。仮に物体がエーテルを引いて歩くとすれば相對運動をしている二つの物体に附随したエーテルの間の関係が分らず、考える事が困難である。またエーテルが不動で絶対空間その物であるとすればその中を物体が自由に通るのが不思議である。いずれにしても吾人の物質と称するものとエーテルの間には不可解な溝がある。しかしともかくもエーテルが光を搬ぶ地盤であり、光はエーテルをつかまえていると考えれば吾人は光の現象を利用して、地球がエーテルに対して動いているか止まっているかという事を決定すべき実験をする事が出来る。その実験がすなわち有名なマイケルソン・モーレーの実験である。その結果は吾人の信用し得る限りにおいては否定的であった、すなわちエーテルと地球との相對運動は認める事が出来ない事になった。これから起る困難を避けるためにローレンツは、エーテルに対して進む方向に物体が収縮するという仮説を立てたりした。吾人の取扱うすべての物体の速度が光の速度に対して小さなものである中はいずれにしても実用上目立った差異は起らないのであるが、電子のごときもの実在が確認されその快速な運動が実証され、それらの知識から電子の運動を論じようとするような問題が起ると、もう対エーテルの問題の解決は焦眉の急となる事は怪しむに足らない。

かくのごとき問題が起っている一方でアインシュタインは相對して運動せる二つの系について時

と空間の関係を最も根本的に考えてみたのである。従来のこれらの基本的の量に対する考えがあるいは漠然としている点を明らかに指摘しその考えが認識論的に見て非科学的なものである事を明らかにした。

相対的に運動せる二つの天体にそれぞれ固定した甲と乙なる観測者が、それぞれ尺度と時計を所持してこれによって自分の世界のみならず他の世界の上における現象を観測し測定してその結果から各自の物理学を組み立てて行くとする。その結果甲の得た物理学方則と乙のそれとが同じ定義で定められた同じ言語で云い現わされれば好いがもし甲と乙との云う事が齟齬する事があつたとしたらどうである。その場合に甲乙いずれも自分の方が正しいと主張する時、吾人が全宇宙を一纏めにして普遍的なる方則を知れりと自認する第三者審判官としていずれに賛すべきかという理由がない。そういう場合に勝手にいづれか一方例えば吾人の親子兄弟のいる方の甲の世界に加担してしまえばそれでも吾人が甲の世界にいる限り少なくとも多くの場合差支えないがそれでは科学的とは云われぬ。上のような甲乙主張の矛盾するような場合は色々に考えられる。例えば前に超人の例を考えたがあれほど極端に考えなくても地球に対して普通の速度で遠ざかり行く鬼人を考えてもよい。仮に地球上で  $T$  秒ごとに光を出して合図をするのを超人が見ているとする、地球が静止しているとすれば鬼人は地球で合せて来た時計でこの間隔を測ると

$$\frac{\Delta}{a} - T$$

を得る。また鬼人が  $\Delta$  秒ごとに光を出すのを地球で見ればその間隔は

$$\Gamma \left( 1 + \frac{v}{c} \right)$$

であるように見えるはずである。これが普通の Doppler-Fizeau の原理というもので、つまり光は地球に対して一定の速度をもち、鬼に対してはその速度によって異なって見える場合に云う事である。もしこの考えが正しければ、かくのごとき実験から地球と鬼とどちらが静止しているかをすぐに決定する事が出来るはずである。しかるに相対率原理はそういう事の不可能を主張するのである。鬼にも地球にも光は同速度に見えなければならぬ。従って双方で測った合図の時間は同じでなければならぬ。そうでなくては両方の物理学が一致しなくなるのである。そうでないためには上の例で両方の測った合図の間隔の時間の価が同じ数で現わされなければならない。そうなるためには、両方の時計が御互いにちがっているとするとより外に道はない。そして地球が見て鬼の時計がちがっているという同じ言葉で鬼は地球のが違っていると云えなければいけない。この矛盾を融和する事が出来なくては物理学の根柢は安住の地に置かれる訳に行かないのは明白である。電導体と磁石との相対運動の場合に、そのいずれが静止せるかによって現象の云い現わしが全く異なる今の物理の不对称不整合を認められた、また例えばコンデンサーの荷電が不動のエーテルに対して動いているかないか、これもこれに及ぶ偶力によって知らるるはずであるのにトラウトン・ノーブルの実験ではこれが認められない。ローレンツ (Hendrik Antoon Lorentz, 1853-1928) は既にマイケルソン・モーレーの実験を説明するために運動せる物体に対する座軸の変換を行ったのであるが、これがアインシュタインによって一般的なものに押し詰められたのである。

アインシュタインの大見識はエーテルの考えを全然放棄した。そして光速速度というものに特別無

上な意味を認めてこれをすべての観測者に対して不変恒同のものと見做し、その考えに適合して相対運動の矛盾を消去するように時と空間の觀念に改正を加えたところにあると思われる。従来考えられたようなエーテルに囚われているうちは色々な厄介な、手がかりのつかない問題が起った。しかしそれは大抵ローレンツよつて電子論から説明された。しかるにマイケルソン・モーレーの実験によつて物体の運動する方向と直角の方向で光の速度が不変だという事が確定されたとなれば、吾人は自分が直線上に等速運動をしているかどうかという事を自己に對する光速度の変化にたよつて認め得る見込がなくなつたという事になる。すなわち吾人は仮に他に存する絶対系に對して等速運動をしていても、吾人の観測する光速度は不変だという事になる。そうすると地球に對して相對運動をしている他の系の住民もその系で同じ実験をした時その系については吾人が吾人の系で得たと同一の結果に到着すると考えなければならぬ。すなわちその系で見た時には光速度は常に恒同でなければならぬ。兩つの系の間に何の交渉も起らないうちはいいが兩系の間の通信が始まり相互の世界の融和を得んがために甲系の時や長さを乙系に比較しようとするとしても兩方の間に何か通信をしなくてはならない。その通信として使い得べきものは吾人の知れる限りに對して光の外はない。

光がこの問題において特別無上な地位を占めるのは意味のある事である。単に便利だから借りて来たというだけではなく、必然の要求から起つたものである。光が物質等を一切なくした空間の中に起る唯一の現象であつて空間そのものに固有な現象であるからである。光あつて始めて空間があるためと考えられる。音波や弾丸やその他あらゆる物質に關したものの運動はすべて物質に則したものであつてあらゆる物質的の条件によつてあらゆる変化を受け何等の恒同性のないものであり物質

なしに考え得られざるものである。これに反して真空における光の進行はマイケルソン・モーリーの示すごとく全く恒同であると考える外はない。また一方から考えてみるに吾人の幾何学的空間を組み立てて行く時に直線なるものの prototype となるものは光の進行でなくて何であろう。完全なる剛体というものの得られないこの世界で無限に長い直線というものの厳密なる rest を行うあらゆる方法は直接間接に光の直線の進行を前提としないものがあるうか。なるほど盲人でも触空間を所有している。そして幾何学を解し得る。しかしその狭い空間を無限に押し拡げて普通人の視空間のごときものを構成する事は出来ないに相違ない。少なくとも盲人の幾何学はこの全空間に應用され難いものである。職工が棒の曲りをためる時に長さに沿うてねらう事を考えてもまた吾人の空間測量に欠くべからざる line of collimation (見通し線) なるものが結局真空における光線に準拠したるものである事を考えても如何に光と空間の關係の密接なるかを思わしめるに足るであろう。吾人の空間の骨髄は光線であると云つても過言でない。また吾人の幾何学は光線によってその應用を可能とされると云つてもあまりに不妥当ではない。

かくのごとき根本的な意味ある光線が単なる線でなくそれが一つの等速運動であるという事もまた非常に意味深い事である。前に著者は時と空間よりも運動がもっと原始的なものである事を述べた。時と空間はこれを分解して得たものと考えた。ここでも光線が特別な位地におかれこれによって時と空間が規定されるに到つたのは偶然でないという考えは想像する事が出来るだろう。(光線は一方で波動と考えられる。この事は直線の代りに球を出発点とした一つの幾何学体系の可能を想わせる。これについては後日論ずる機会あるべし。)

光の速度は相対的に等速運動をなせる甲乙のいずれが発したものでもそれを甲乙いずれが見ても同じに見えるというこの前提あるいは公理を堅く固持して——その上に甲が見た乙の速度と乙が見た乙の速度が同大で反対であるという事は勿論として——そして甲、乙の互いに見た物理的命題を対称的にし同権にせんとすると、従来のごとき時と空間に関する吾人の觀念はすぐに放棄しなければならぬ事は明らかである。

前の例で地球から見た時に鬼の時計の一秒が地球の

$$\frac{1}{\left(\frac{V}{A}\right)^2 - 1} = K \text{秒}$$

に当るとすれば、すなわちこの割で鬼の時計が遅れて行くとすれば一先<sup>ひと</sup>ず<sup>ま</sup>上の不都合は除かれる。何となれば地球が受取る合図の間隔は

$$KT \left(1 + \frac{V}{A}\right)$$

であり鬼が受取る合図の間隔は

$$\frac{T}{K \left(1 - \frac{V}{A}\right)}$$

でこの両者は等しくなる。これから見ると光より速度の早い運動は考えられなくなる。V = c となれば K = ∞ となり地球から見て鬼の時計は止ってしまふ。このような考えを更に押し進めて行って、

乙の世界で距離 $l$ を距つる二つの時計が合っていると考えられる時にこれを甲から見ると合っていないという一見不思議な結果が得られる。すなわち乙の世界の二点で同時に起る事柄が甲の時計では時を異にして起るといふ事になる。その結果としてまた甲乙の物差を比較すると、乙の一メートルは甲が見て自分の単位より短く測られるというような事も必然に演繹される。ちよつと考えると乙の時間が延びるのに相対速度が同一と見られるから乙の単位は延びて見えそうに思われるのに縮んで見えるのは可笑しいようであるが、両方の世界で同時という事の判断が違つたとすれば不思議はない。このような結果は吾人の常識から考えて甚だ不可解に見えるが相対率原理から論理的に導かれた結果必然の結果である。その前提を信ずれば結果を信じない訳に行かない。この理論から導かれた結果が何処かで実験と合えばなおさら信じない訳に行かない。

この考えから進んで行けば質量なるものの絶対の意味を持たず速度によつて異なつて見えるものとなる。これを実験するために放射物質から出る高速度の荷電体をとつた結果は實際少くもこの原理の要求と矛盾しないように見える。また質量はもはや物質を量るものでなくて energy がそうであり、畢竟エネルギーすなわち物質であろうといふ事も出て来る。また電磁的現象のごときも従来のごとき不整合は消失して全く整然たる体系になつてしまふ。

これらの理論の内容の筋道は本書の範囲外にあるから略する。ここには物理の基礎となる空間時間に関する考えを解剖して行く時にこの問題が起らざるを得ない所以を明らかにし、また光線が何故にこの問題に入り込むかを説明して同論の序論としまつたこの問題に関する興味を促そうと思つたのである。



以上に述べたのは等速運動に関する相対率論の一部に関する事であるが、アインシュタインは加速運動に拡張するに当つてもう一つの前提を置いた、それは質量重力に関するものである。すなわち惰性を与うる質量と重力を与える質量が同一物であるという事である。質量あるものの運動を論ずる力学の場合には単なる運動学の外に力あるいは惰性係数たる質量が現われなければならぬ。かくのごときものが光と何の關係もない限り従来の物理学であるが、一度び空間時間が光と密接に結びつけられた以上力学がまた光と結ばれなければならぬ事は明らかである。アインシュタインはこの關係を求めた結果終に重力の場の四元空間はもはやユークリッド的でなくなると考えた、これはすなわち空間の骨格たる直線すなわち光は真空の場合に比べるもはや直線でなくなる。すなわち光の屈曲を起すと考ふるに相応する。そうすれば重力の所在は吾人が空間時間の尺度とする光の曲る場合である。曲るといふのはそこに重力のなかつた時に対して曲るといふのである。それでもし何処までも光を直線と思つていれば光が曲るのではなくて、却つて空間がゆがむのである。曲つた空間では二点間の最短距離は曲らない空間に比べれば直線でなくて曲線であり、この曲線が曲つた世界の直線である。かくのごとくしてそこに質量と称するとき本体的なものの代りに四元空間の歪曲というものを置き換えたのである。かくのごとくして物理の世界で本体的なものの最後の残存物たる質量の夢幻は消えてしまつて残るものはただ空間と時否むしる光で定められ組み立てられた四元空間の幾何学が残るのみである。こういう風に見た時にアインシュタインの研究が物理学に与えた進歩の如何に根本的なるかが了解されると思う。

空間の限界はあるかないかとは吾々が常に耳にする疑問である。これについては古来色々の事が

云われているが、これはある意味では無限である。すなわち考え得られないという事を無限と名づけられようである。しかし吾人が物理学の手段で究め得る空間という場合には別問題になる。上のごとく質量の世界の四元空間が非ユークリッド的になれば直線は有限な閉鎖した曲線になるから空間や時の輪というようなものと考えられるかも知れない。吾々が無限の距離という事を考えるがそれを考える時には、いつも運動に準拠して考える、すなわち行っても行っても到着しないという事を考える。そして直線的に進むという事を考えているのだがその際に準拠とすべき光が知らぬ間に変曲していたらどうだろう。そうだとすれば吾々の頭の中でたどっている空間は、他に仮想するユークリッド空間に対しては有限であり得ると考えれば考えられない事はないのである。

上記の外に時間空間に対しては考うべき問題は甚だ多い。古来哲学者のこれらに関する考察の中には種々今日から見て単に歴史的でない興味のあるものもある。また心理学者の説にも種々面白いものがあるから、読者にその方面の諸書を涉獵されん事を望む、また科学者でもやマッハやピアソン(Pearson, 1857-1936)、ポアンカレ等の所説を参照されん事を望む。

最後に問題として提出したい事がある。空間時間をすべて連続的に考えるのが物理学であるが、これはどれだけ必然なものか考えてみる価値があると思うのである。勿論物質の原子構造や素量のごとき不連続は考えているが、それはその根柢に連続的な空間時間を考えてからの上の事である。しかしここで問題になるのは空間時間自身を数で現わす際に非連続的に考えるという事である。詳しく云えば空間時間の値を現わす数が一定の間隙で飛んで行くその間隙内の空間は全部等価でその中では前後左右もないとするのである。従来でも微積分を応用する場合には時空の区分をしあるいは

空間格子の考えもつまりかくのごとき区分ではあるがそれらの小区分の中でも依然として更に小さな区分が考えられているのであるが、ここでいうのはそうでなくて何等なんらの任意でない小区分が実存してその区分内では全部空間ないし時間的に等価であるとする事である。もしそういうものが実存しても人間の手段では直接には認知されないが何処どこかでそのような事の有無が験うされ得るような現象現象がありはしないかという問題が起る。

こういう疑問に対して自然に思ひ浮ぶのは素量の問題である。始めて素量の仮定を必要とした輻射エネルギーの問題においてプランク (Max Planck, 1858-1947) の考えはある座標とそれの momentum を座標軸とせる面において一様なる確率を有する部分の設定であつた。その後の発展においても帰する処は一般に座標とそれに相当する運動量とで作られた多元空間中に考えられた空間中である大きさの小区分を考えその内では如何いかなる点にも同等であるという事に帰着する。このような考えで entropy は整数で現あらわされる確率の函数として与えられるようになる。今すべての物理的量的変化が時空の変化に分解されるとすれば以上のごとき小区分の存在はやがて時空の小区分を考えさせるのは止むを得ないようである。もしそうであるとすれば光の伝播でんぱにも何かそういう飛躍的なものがあると考えなければならぬ事になるようである。つまり時空の四元空間の粒状構造を想像する事になりはしないか。今のところ素量が action や角運動量のごときディメンションを有しているからこれからすぐに四元空間の素量を導く事は出来ない、しかしそれを融和するような考えがもし可能であつたら何等なんらの新しい結果は生れないまでも少なくとも新しい物理学と従来のものとのある矛盾を統一する事が出来ると思うのである。(エピクロスは元子論の類推から時間空間の無限可分性に反対して最少限の存

在を主張したと伝えられている。)

## 第六章 物質とその性質

空間時間の認め得らるるのはその中に行わるる現象の存在による。而してあらゆる現象の地盤となり容器となるところの物質を考える事によって、現象は物質の形相変化や関係として認められる。かくのごとく現象の資料として物質なるものを考えたのは有史以来の事である。古代ギリシャの哲学者はいずれもこれを論じないものはない。人智の開発につれて社会上政治上におけるあらゆる矛盾や衝突も一つの動機となつて人はその人生觀世界觀を何等か統一した合理的な考えの基礎に安定せんとする努力からも、あらゆるものを唯一もしくは出来るだけ少数な根原に導こうとする傾向の生ずるのは自然の勢いである。これがすなわち人間理性の存在を意味するであろう。かくのごとき要求から世界の原質の問題が古くからあつた。ターレスが水、アナクシメネスが空気のごとき普通な物質をもつて万物の元素と見たものもあるが、またヘラクライトスが火を唯一元素としたのは今日のエネルギー的物質觀に照応し、ピタゴラスは数をもつて本質と考えたのは近代微分方程式すなわち世界の原料と考へる考へ方に応じる。またプラトンが物質と空間とを同一視したのも今日から云えばピタゴラスに通ずる処があると云えるし、またデカルトを通じてアインシュタインにも通じる点がある。エムペドクレスは火風水土の四元素を考へ後世の化学的元素的源となつてゐる。アリストテレスは第一資料という絶対的無性質のものであらゆる形相の容器となるものを考へたり、ストア派が四元素の特性の外のあらゆる性質を規定する *pneuma* (熱氣) と稱する物質的なものを考へ

たりしたのやこの種の考えは勿論もちろん非科学的に想像されたものではあるが、しかも現代の科学の中にも流れている考え方の源泉をなしている事は争われぬ。これらの考えにおいて現代が何等なんら根本的に新しいものを加えていないのはむしろ不思議なくらいに思われるのである。

原子論のごときも始めロイキッポスによって称えられ弟子のデモクリトスを経て今日まで種々な形で生滅している(atomon 不可分の意)。これが運動し衝突しその形によってあるいは反撥されあるいは結合さるるといふ考えやは今日にもそのままに行われている。また原子にはあらゆる形の差異はあるが性質の区別はないと考えたごとき、今日電子の集団の仕方では化学元素の成立するといふ考えにも通じている。エピクロスは元子の性質として不可入性不滅性の外に重さと大きさ形状を考えているがこの外に荷電を附加すれば云わば今日の原子のようなものである。かくのごとき考えはロツクのいわゆる第一性質と第二性質の元祖とも云われる。

力学において考えられる質量の惰性或引力なるものはこれら物質と名づくるものの根本的性質の中から抽象した産物である。物体が空間に運動する時に加速度がある場合には力があると考える。これももとは人間の筋肉や皮膚の感覚から来る力の概念から来たものであるが力学においてははもはやそういう事を離れてしまったものになっている。力や質量の考えはガリレイ、ニュートンを経マツハの厳密なる批評的考察によって明らかにされたのであるが、最近にはまた相対率論の発展によって修正を加えられた。(普通物理学書にある質量の定義は無意味に近いものが多いから誰でも腑に落ちかねる。読者は是非一度はマツハの『力学』を読まれん事を望む。)

物質の不滅性はこれも昔から考えられたものでこの一見変転極まりなき世界に何物か不滅不増の

物を考えんとする要求から起ったものであって、その要求の眼鏡を通して世界を見、その要求に応ずるように自然界を掘りくずして行って掘り当てたものがすなわち物質の質量であったのである。一見この要求に反するとき場合の起った時には、そこに他の原因を求めた。かくのごとくして近頃までは、この要求を根本より覆すがごとき現象に出逢わなかつた。しかるに電子論の発展の結果質量が運動によって変ずる現象に逢着してそこに物質不滅の要求は困難を感じそれから逃れんとする要求は電気すなわち物質論となつた。それである意味からは昔のような物質不滅は成り立たなくなつて物質の観念を改造して要求を貫徹せんとするのである。すなわち物質不滅という容器は変らないでその中に盛らるるものが變つたのである。

昔から物質の第一性質と考えられる不可入性と称せらるるものも、根原は物体が吾人に与える抵抗の感覚から起つたものである。しかし物の混合や滲透の現象はすぐに物体の可分性を思わせる。そして無限の可分性という事は却つて不可入性と矛盾するから有限可分性すなわち分子のごときものを考えさせる。そして不可入性の神殿を物体から分子に移すのである。現今でこれが分子から原子、原子から電子へ移されてしまつたのである。しかし考えてみるとかくのごとき感覺的物体から得た概念が何処までも吾人の脳裡に膠着して電子にまで搬ばれたという事には必然性はないと思われる。もし今日電子の色を黒いとか赤いとか云えば学者は笑うに相違ないが電子が剛体であるとか弾性であるとかいふのはそれほど怪しまない。まして電子の不可入という事について疑う人は極めて稀だと云つてよい。しかし著者はかくのごとき仮定の必然性を何処にも認め得ない。尤も可触物体の力学を応用する便宜上上から普通の考え方を自然と云わば云われるが、ただそれ以上に必然な要求の

ない事を承認しなければなるまい。互いに入り込む電子を考えた人はまだ無いが、電子を単なる力の場の中心と考えた人はある。かくのごとき考えは未だ充分の成果を収めないのであるが、著者の見る処では此方が板状や輪状の不可入的電子を考えるよりは科学の一般の進行に應ずるものと考えられるのである。

物体の延長性と云わるるものは物体が吾人の三元的空間の一部を形成するという意味であつて、線や面はその境界として考えられる。それで物体の物体たるはこの境界たる面や稜角りやうかくにおける何等かの非連続によつて認知される。従つて物理学のあらゆる問題には境界条件(boundary condition)なるものが現われて来るのである。一方でガス体のごときものは固体とちがつて判然たる境界を認めないので普通物体とは呼ばれないが實際の問題に當つては常に境界が問題になる。無限と考える間はそれは形式上空間その物と選む事はないのである。便宜上無限の物体を考えてその中の波動等を考える事はあるがこれは物性を空間に移して考へてというだけの事でかくして得る結果はむしろ数式上は空間その物の性質と聯関れんかんしている。あるいはガス論におけるごとく分子に解体して考えなければすぐにその分子の大きさや形が問題になるのである。

固液気の三態はこの延長性に関する恒同性の段階を与えるものであるがその間にはあらゆる中間段階が実存し、畢竟は便宜上べんぎじょうの抽象觀念に過ぎない。完全なる固体や液体や気体は実存しないものである。しかしかくのごときものを抽象して始めて今日の物理の全系が成立している事は明らかである。特に完全剛体の考へが吾人の空間觀念に密接に結ばれているがこれが光によつて始めて組立てられる事は既に述べた通りである。

その他のあらゆる物体の性質、結晶性や、弾性や、熱に対する膨脹性や、色や、透明の度や回光性や、電導性や、あらゆる物理的性質と称するもの、また他物質との親和力に関するあらゆる化学的性質と称するものも、現今においてはことごとく分子ないし電子数や排置や運動に関係した言葉で云い現わされあるいは現わされ得べしと信ぜられている。すなわちすべての性質をなるべく無性質なる元子の数的關係に翻訳せんとするので、遠き昔の哲学者の夢がほぼ実現せんとしているのである。物理学の仕事はこの翻訳の過程とも見られるのである。現今においては荷電と称するものの性質が最後の残存物として沈着している。これが空間時間のみ幾何学的な言葉に翻訳される日はある意味において物理学の凱旋と見るべきであろう。

## 第七章 因果律

流転極まりなく見えるこの世界に何等かの抛り処とすべき事件の必然な継起を求めてそれを手繰って迷路の中に路を求めんとする要求は人間のみならず動物にすらも非常に根深く本元的なものであるらしい。下等動物の場合には彼等の単に器械的な反射的の動作を吾人が見て因果の知識による有意識運動と解していると見られるかも知れないが、高等動物においてはもはやそうは考えられない。吾人が因果と呼ぶものに対する知識の有意識的表現と認める外はないと思われる事柄は枚挙する暇のないほどである。子供が「何故」「どうして」という質問で両親を苦しめるのはこの要求に外ならない。あらゆる知識の全部は云わば因果の知識である。原因という語と原理という語はしばしば同義に用いられる。物理の理は因果という意味に考えても甚しい誤りではない。それ故に因果という



言葉は如何なる無学な人間でも日常口にする処であると同時にまた古来あらゆる学者や宗教家によつてあらゆる方面から議論された題目である。従つてその内容の極めて多岐なもので、突きつめて行くという意味の分らなくなるものである。極めて平凡であつてしかも最も六かしいものである。

普通因果とは二つの事柄の必然的な継起に関する觀念である。そのような継起が起つた時に前に来るものを因と名づけ後に来るものを前者の果というと解せられる。同じ原因の下に同じ結果が起るといふのが科学の根本仮定として知られている。しかし事柄の連続的の継起から如何にしてかくのごとき二つの明白なる纏まつた觀念の対立が出来るかといふ問題が起る。同じ原因と称するものが繰返され得るかといふ問題が起る。必然的継起というのは例えば昼の後に夜が来るといふごとき現象の時間的必然継起をいうかあるいは神の御思召のごときものによつて甲から乙が生ずる意味かといふ問題も起るであらう。

宗教における因果には神仏の意志のごときものによつて規定された根本原理がすべてのものの継起を支配するといふ考えが籠っている。この神仏は哲学者の間で色々な名前の根本原理となつて現われて来る。プラトンの「イデア」でもライプニッツの予定的調和でも解釈の仕方によつては皆同じようなものである。また一方で例えばアリストテレスのごとき因果の継起はある目的を目当てにして進行するといふ考え方もある。この考え方はある意味では因果の關係を逆に見るとも云える。果を生ぜんがために因が起るといへば考えの上では果が因の前に来る事になる。しかしこれはむしろ言語の上の差異と見られない事はない。最終目的はすなわち第一原因であると考えれば一応は片付くのである。因果の連続を一筋の鎖の上の進行のごとく考える限りは、因果は常に一義的に対立した

もので因なき果は考えられず果なき因も考えられないから、果あって始めて因が出来ること云つても不都合はないのである。ただこの鎖を時間的に一方にたどる時に、時の前後から因果がきまるのである。ヒュームは前にも述べたごとくあらゆる実体や本質の考えを突きくずした人であるので因果関係においてもその背後に隠れた形而上学的な意味を一切放逐してしまつた。神もなければ目的もない。ただ習慣的に反復された表象觀念の時間的並列の印象以上は何物もないと考へた。この考へがカントを刺戟したのは有名な話であるがこれがイギリスへも發展して心理学の一体系となつて現われたのである。ヒュームの考へは後に実証論者に伝わり従つて科学者の間に禰散した。それで物理学の問題にはWhy?ではなくてHow?だけであるという事がもて囃されるようになったのである。

因果の継列を離れ離れの鎖と考へる以上それに相違ないのである。昼の次に夜が来また昼が来るごときは正にそうである。あるいは時計のゼンマイを巻いて針が進行しそれがある点に到ると電路が通じて呼鈴が鳴るといふのも正にそうである。このような考へを徹底させて行けばすべての現象は記載されるのみで説明されるのではないと云わば云われない事はない。その記載は単なる数学的方程式であつて等しき量の比である。これに時間的前後を寄生的に加えて因と呼び果と呼ぶに過ぎない。

しかし吾人の考へる因果は実は鎖のようなものではなくて、もっと複雑に錯綜した網のようなものあるいは不規則な空間格子のように拡がった迷路の中に道を求める時に生じる觀念である。すべての事象は直接間接にすべての他の事象に聯関していると考へた方が妥当である。それで何等かの道を通れば任意の二つのものの間に因果の徑路をたどる事が出来る。風が吹くと眼病が多くなり、三

味線の需要が増し、猫が減じて鼠が繁殖し、桶屋おけやが喜ぶ（風が吹けば桶屋がもうかる）というごとき因果を求めれば無限に見出す事が出来る。この筆法で行けば歐洲大戰（第一次世 界大戰）の原因をそのような網の中に鎖くさりすなわち必然な径路を求めめるためには網糸の若干しよつかんを切り離してその鎖を分離させる外はない事は明らかである。しからば如何なる網糸を切つてよいかという事が問題にならなければならぬ。そのような切り離し方に何等か必然な標準があるか、すなわちそれらの網糸や結び玉に色分けでもあつて切り得るものと切り得ざるものが示されているかという事になる。すなわち因果の分類が問題になる。

アリストテレスは原因の種類を四つに分つた。一に質料因、二に形相因、三に動力因、四に目的因がこれである。例えば銅像が出来上がったとするとその原因としては質料たる銅が第一因であり、技術者の頭にある図案が第二因、技術家の仕事（たゞ）が第三因、銅像を使用する目的が製作を規定する第四因だとするのである。物理学上の問題では目的や設計や意思やは除外され、動因は質料に内在すると考えてもよい事になる。例えば加速運動が起つたという事を力が働いたという言語で云い換へるのである。こういう意味の動因は運動が起つたという事を力が働いたという言語で云い換へたに過ぎないので、運動と重力との間に時間的の差異はない。すなわち従来の意味で因果いんがではなくて、等量関係に過ぎない。物理学上における多くの根本的關係で俗に因果と称するものはそれが方程式で現わされる限り等量である。この場合に注意すべき事は加速度がなくてもそれは力を及ぼすものがないという証拠にはならない事である。すなわち幾つかの力が釣合っている場合がそれである。すなわち力を与えれば運動が決定するのに運動を与えただけでは力は一義的に決定しないのである。かくのごとく考えると力と運動とは等量ではあるがそれだけでない事が分る。すなわち一方

からは一義的に事柄がきまるのに他方からは決せないのである。もう一つの例を取ってみればある物体に熱を与えると膨脹する。若干の熱を得れば若干膨脹するという事は等量関係として与えられている。しかし吾人はある物体が膨脹したのを見てこれは熱のためだと直ちに断定する事は出来ない。事によるとそれはこの物体が周囲から受けている圧力の減じたためかも知れない。あるいは強磁体の場合ならば磁場の変わったためかも知れない。それがいずれであるかを定めるためには種々な実験によって圧力や磁場の験査を行わなければならない。すなわち観察された事象の等量となり得べきあらゆる可能なるものを想像して一つ一つその存否を確かめなければならない。直接表面に現われ観察された一事象が如何なるものの当量とすべきかを考える時は不決定である。これに反して熱、圧、のごとき条件すなわちいわゆる physical agency を一義的に規定すればそれらと等量関係になるべき量は一義的に決定するのである。こういう意味で膨脹という量と熱や圧のごとき量との間に或る区別を認める事が出来るであろう。勿論因果という語を使うのが趣味に適しなれば他の語を用いても差支えはない。条件と現象と云ってもよい。しかし俗に因果と称する語にはこの種の關係が含まれている事は拒み難い。

かくのごとく考えて来ると物理学で現象を記載するあるいは説明するというのは、あらゆる現象を熱や圧のごとき比較的少数な主要条件に分解する事を意味する。かくのごとき条件を見出す事によって物理学が成立する事が分るのである。これを譬うれば無限に入り組んだ網目の中に特別な第一次的結び玉をこしらえてすべての他の第二次第三次以下の結び玉が直接にどれだけの第一次的結び玉に連絡しているかを知るのが物理的記載説明の真意義である。前の風と桶屋のごとき関係はむ

しる第二次第三次の結び玉を伝って行く過程の云い現わしに過ぎないのでその径路は無数に多義的である。小さな第二次的の結び玉と考えられる箇々の具体的事象は他の具体的事象と関係はしても第一次的の結塊を通じてでない限りその関係は多義的である。

この網の譬はただ不完全な譬喩に過ぎないのであるが、要するに一つの現象を規定する条件となるものの中に物理学的に主要な必然なものと、むしろ偶然的第二義的のものとの区別のある事は明らかであろう。更に例を挙げれば、林檎が落下する場合にでもそれを具体的な箇々の場合について考えてみればその落下の運動に影響し得べき条件は極めて多い。落ちる途中で誰かが急に手を出して受け取って持ち去るかも知れず、それほどなくても急に風が来てその径路を曲げるかも知れない。地球上のすべての物体殊にその近所にある質量の配置が変ればその林檎の運動は影響されるかも知れない。(吾物理学の方則によれば影響されなくてはならない。)天王星の位置といえども無関係とは云えない。その他空気の抵抗や、荷電や、磁場やあらゆる第三次第四次的な影響がすべて微小ながらもいくぶん加わっているものと考えなければならぬ。かくのごとく一つの林檎の落下というごとき箇々の事件にあらゆる他のものが聯関しているとすれば如何にしてこの乱麻のごとき網の中から重力というものを抜き出す事が出来たであろう。第一に落ちる林檎を横取りするとき事柄は場合によって起ったり起らなかったりする。風のために曲る場合にその曲り方は時によって一定せずしかも通例一定の範囲を超えず沢山な場合について統計してみるとその平均の落下点はほぼ一定し箇々の曲りの回数是一定のいわゆる偶然の方則に支配されている事が分る。それでこの方則に従う種類の差別は経験を繰り返す事によって除く事が出来る。第二に空気の抵抗や磁場のごときものの影響

は、これらの影響のみが特に故意に著しく作用するとき実験によってその影響の量的關係を定めればこれによって現在の場合における影響を算定してそれによっていわゆる補正を加えこれらの影響なしと仮定したる場合を推定する事が出来る。かくのごとき事の可能なるや否やは先験的には分らない。しかしそういう事が出来ると仮定してあらゆる場合に補正をなし、かくして得た結果が一定の簡單なる方則に漸近するという經驗を待つて始めてこの仮定の妥当なる事が認められる訳である。ともかくもかくのごとき補正の可能という事は箇々の原因の影響が加算的であるという事を意味する。もし甲の影響が乙の在否で変るとき場合(かくのごとき場合はいくとも考えられる)には上のごとき便宜は得られない。物理学上の主要なる条件は実にかくのごとき加算可能性を有する条件原因でありこれを搜るのが目的であり仕事であったのである。例えども甲が乙に及ぼす重力が丙によって変るとき事があれば吾人の力学は成立しない。ニュートンの方則でもクーロンの方則でも、こういう事の可能という事が基礎になつてゐる。

第三に林檎に力を及ぼすと考えられる各種の物体の距離が大なるに従つてその影響が少ないという事がなかつたらどうであろう。望遠鏡でも見えない天体の不可知な位置や運動が絶えず主要な影響を地上に及ぼすのであつたら吾人の身辺の現象は混沌として捕捉すべからざるものであろう。すなわちもしニュートンの万有引力を表わす式

$$\frac{mm'}{r^2}$$

で距離 $r$ が分子になくて分母にある事が如何に重大な意味を有するかを知る事が出来よう。

第四には現在の物理現象の大部分の主なる部分がすべて現在の条件に支配されて、過去の歴史の

影響を蒙らないと考へ得られる事である。もし林檎の運動が昨日一昨日それ以前の地球の歴史によるとしたらどうであろう。あるいは棒や尺度の長さが過去の取扱いの歴史によって著しく変るものであったらどうであろう。かくのごとき影響の少ないという事が普通の物理的条件と現象との等量関係を有限な数式で現わす事を可能ならしむる所以である。而してまた特殊の現象に例へば強磁体の附磁や不完全弾性体の伸縮等において厳密なる数関係の規定し難い所以である。約言すれば(一)微少な影響がたとえ無限にあるとしてもそれらのものが偶然方則に支配されてその総和が有限の範囲を超えぬ事、(二)各種の影響が加算的なる少数の主要条件に分解される事、(三)遠距離の物体の影響が距離とともに無限に減ずる事、(四)歴史の影響少なき事、この主なる四条件を満足するとき物理的原因あるいは条件を見出しこれによって万象を整理せんとするのである。

かくのごとくして成立せる物理学を具體的の箇々の場合に当て嵌めんとする場合に、上記の物理的等量的因果関係のみがあつて、他に何物もなければ吾人の予言は常に的中し、世界は予定のごとく進行するはずである。そう信じていて何か一つの簡單なる実験を行おうとすると種々な意外な障害が起つて実験者の期待を裏切る事件が突発する。垂直に落ちるべき物体が風で吹き飛んだり、予期しない湿気や放射物質がそこにあつたために荷電が逃げていたり、何かの吊糸が切れていたり、はまるべきものはまらなかつたりする。地震や火事で実験が中止になつたりするのは別としても素人はこの実験の不成効を見て場合によっては実験者の所説を疑うかも知れない。それにかかわらず実験者の所信は動揺する事はない。かくのごとき素人と物理学者の意見の齟齬は両者の認める因果の定義の齟齬に起因するのである。素人は所期の結果に影響すべきあらゆる原因それはアリストテレ

スの四因の外にまだあらゆる偶然的なる機会因をも綜合して無差別に因と考えている。物理学者は第一に実験器械を持ち来り持ち去りスイッチを捻り頭を突き出し手を延ばす自身や助手や観客を考への外に置いてあるのみならずまた物理的条件あるいは原因でもその人の現在主要と考えているものの外は除外しているために外ならない。物理学上の予言が物理学者の意味では的中し、素人の意味での中しないのはやはりここに帰因するのである。

以上の所説によって物理学上の因果が如何なるものであるかが略説明されたと思う。要するに物理学の重要な因果は重力と加速度、熱と膨脹のごとく切り離しては考えられない内在的等量的のものであるが、しかも前者が存在するというだけでは後者は決定しない。あらゆる他のものを捨象した時に始めて必然的等量関係の定まるものである。この因果関係には時の前後はない、因と果は同時である。しかし果を別の言葉で云い現わしただけでは物理学的因の価値はない。無限に多様な果を少数なる普遍因に帰納するところに因の因たる所以がある。それで因と果の区別はむしろ普遍と個々との差別であると見れば、必ずしも因果という言語を咎むるにも及ばない訳である。(輻射のごとき問題で等量関係に時間の前後を含む場合もあるであろうがそれは形式上やはり等量関係に直されていると思うから特別の場合として論ずる事は省く。)

ある認識論学者は原因について能作因と機会因(あるいは偶因または縁)を区別する。例えば時計の振子の振動している原因を尋ねた時ゼンマイの弾性より起る力は能作因で、下女がゼンマイを巻き上げた事が機会因だと云う。この場合前者は物理的必然なものであり振子の動いているのはそれを妨ぐべき他の障害がない事を意味する。しかし漠然とただ運動と云わず物理学的に考えると振子の



運動を数量的に如実に規定するものは単にゼンマイの弾力というのみではなくてその他に種々な副因がある。例えば熱のためにテンプの大きさが変り弾性が變つて運動が變ることとき事があるが、これは熱を能作因として起つた結果が更に機會因として、主要な能作因（抽象された恒同の）の結果の変化を生じたとも云われるように思われるが、熱の変化がなくても振子は動いているから運動一般に対しては上述の意味での機會因の資格はない。却つて運動を主項と第二次の項に分解した時の第二次の項の能作因である。従つて第二次能作因とも云われよう。かくのごとき意味で第二次第三次以下の能作因を詮索する事が実験的物理学者の主要な仕事である。それはさておきなおこの外に重要な副因がある。すなわち振子の運動に対して、心棒の摩擦や空氣の抵抗やが作用してその運動を幾分でも支配する事である。この場合の摩擦や抵抗は運動している間は作用しているが運動が止れば考えられないとされているものである。そういう意味からこの場合の弾性的原動的のものを主因と考えそれによつて運動が起つて後に始めて考えらるべき摩擦等を受動的な副因と考える事もある。そう考える方が常識的に便宜な事もある。實際多くの場合にはこれらの副因の影響はあまり著大でないからなおさらそう考えて便利ではあるが、そう考えなければならぬというのではない。主動的と考えられる弾力といえども振子が動いていなければ有るかないか分らないものである。尤もそのゼンマイを取外して別の試験をしてみても始めて確かめ得られるが、弾力は振子が動き出してから存在するという主張を頑守する人があつた時にこれを納得させる事は困難である。反対に静止している場合に空氣の抵抗の力は働かないとは云うものの、もし静止の場合でも働いてはいるがただ静止中は同時に他の力がこれを打消しているのを運動が起るとともにその相手が働かなくなるのだと云

う非物理学者があればこれを否定すべき何等の先驗的証左は考えられない。その討論を押しつめて行けば問題は物理の圏外に逸出する。純粹なる実証的科學の立場から云えば弾力は振子の速度に無關係な力、摩擦や抵抗は速度の函数であるというに過ぎなくなるのである。

機會因が人間や動物の意思に關係する間はこれは物理学の問題にはならない。これによって物理的能作因が導入されればあとは純粹な物理の問題になる、これが導入されるかされぬかは物理学で決定出来ないのである。しかしまた機會因と稱すべきものが物質的であり従つて物理の問題となる場合も勿論ある。そうかと云つてある特別の実験中に障子が倒れて器械が破損するという種類の問題は問題にならない、それはやはり少なくとも今日の物理学の知識で予知し得られない事であると考えられるからである。(障子が外れて既に倒れ始めて後の倒れ方というような事は物理の応用問題とならない事はないがその場合には問題とその条件が抽象されて具體的でなくなる。)これに反して特に分子原子に關する問題には箇々の分子原子の運動を知り難い。例えばガス論におけるごとく分子相互の衝突を考うる場合に特にある一つの分子を捕えてその運命を追求する事は出来ない。この分子にいつどの分子が如何に接近するかは全く偶然としか考えられない。また例えば光やその他の放射のために原子中の電子が驅り出される種類の現象においてもどの原子がどの瞬間に電子を放射するかは分らない。しかし従来のごときデテルミニスト(determinist)流の考え方ではこの場合電子の逸出を起すべき能作因は常に内在し、ただ輻射がある不可知な媒介者によって機會因として導入せられるときに必然に起ると考えるであろう。この不可知な媒介者を名づけて偶然と名づける。もしこの偶然が真に全く偶然でこれについて何事も知る事論ずる事が出来なかつたとしたらこれは時計の例における人間と同じく物

理学の問題にならない訳であるが実験はこの偶然なるものが一定の方則に従う事が知られるために、これらの問題が物理学の問題として成立するのである。

## 第八章 偶 然

極端な決定論的物理学者から云えば少なくとも物質界の辞書中に偶然なる言葉はないはずである。すべての質量と荷電の位置速度がある瞬間に与えられれば過去現在未来における世界は一義的に決定すべきはずである。ただ計算が面倒で暇つぶしであるだけであると云うだろう。これはある意味では正しいかも知れない。可能という事の解釈次第でそう云われよう。しかし実際問題として見た時にはその計算自身は勿論その所与条件を完全に手に入れるまでには無限の時を待たなければなるまい。つまり不可能と云わなければならない。反対に極端な不可知論者に云わせるとまた次のように云われるかも知れない。すべての現象には世界のすべてのものが影響する事は物理学上からも期待される、しかるに吾人はすべてのものを描いていない。それがためにすべての事象は偶然であり蓋然である。この不可知論者の言も解釈しようによっては正しい。万有引力の方則が真ならば時計の運動は厳密な意味では不決定であると考えなければならぬ。もし吾人の観測方法の精緻の度が非常に進歩すればそれらの不決定が廓大されて現われると考えざるを得ない。実際今日でもあらゆる測定の結果として単一なる量に対して種々の異なる値を得るのであるが、それは実験方法の不完全なために観測者の犯す誤りもまた部分的に入り込んでいると考えられている。しかしその外にあらゆる不可知的なものの影響のある事は承認しなければならぬのである。こういう点を見て云えば、ブー

トルー (Etienne Emile Marie Boutroux, 1845-1921) の「よく吾人のあらゆる知識は蓋然的のみと云つても不都合はない。

絶対的に厳密なる知識は少なくとも多くの場合に不可知であろうが、吾人は必ずしもそのようなものを要求してはいない。仏説にある毒矢を身に受けてそれを抜く前にあらゆる毒矢に関する知識を求めんとした愚人の真似をしている訳にはゆかない。厳密なる知識が果して得られるや否やを考へる前に先ず概略の知識から捕えてかからなければならぬ。確實なる事を知り得難いとすれば蓋然的なものでも得なければならぬ。そうしなければ人間は環境との戦闘に敗れなければならない。これは極めて明白な事であるがまた意外に忘れられやすい事である。

それで偶然に関する方則や数学的理論は物理学者にとつて極めて重要なものであるべきはずである。しかし有限な数の物体と物体との関係を取り扱っていた間は少なくとも理論物理学上では偶然に関する問題は起らなかつた。従つて偶然に関する問題は賭事や遊戯に関する数学的問題として以外には、実験物理学者や星学者(天文学者)や測量家の得た実測材料を整理し「最も確からしき価」を出す尤もらしき方便として利用されたのに過ぎない。しかるに物質の分子構造を考へる必要が起ると、もはやすべての問題に偶然の入り込む事を拒み難くなつた。マクスウェル (James Clerk Maxwell, 1831-1879) 、ボルツマン (Ludwig Boltzmann, 1844-1906) 等のガス論に関する研究や、ギブズ (Josiah Willard Gibbs, 1839-1903) の概括的な統計力学が發展された。放射の源が分子的になれば従つて放射の問題にも偶然が重要な地位を占めるようになった。その他放射物質に関するあらゆる方面にもまた偶然が関係して来る。その他天文や氣象のごとき応用方面にも偶然的要素はますます滲透して来るのである。殊

に近代物理学の一大問題たる素量の問題がもともと偶然の方則に関する仮定から導かれた事を考えても現代の物理学に対する偶然の重大意義を察する事が出来るであろう。

偶然とは何を意味するかについては附録に加えて置いたポアンカレの所説の外に附加すべき事は少ない。原因あるいは条件と考えるべき箇条が限りもなく多数で複雑でありまた原因の微少な変化によって生ずる結果の変化が有限である場合にはその結果は全く偶然である。しかし複雑さが完全に複雑であればそこに自ずから一つの方則が成立しこれによって統計的に種々の推論をする事が出来るのである。これに反して簡単な場合すなわち少数の物体が少数の条件に支配されると見做し得べき種類の問題は普通の決定的の取扱いが出来るが、一番工合の悪いのは複雑さが中途半端な場合である。物理学者はそういう困難に会う事をなるべく避けるようにして問題を二つの極端な見方のいずれかに牽きつけて行こうと勉めるのである。

偶然に関する数理について注意すべき事が一つある。それは確率(probability)の問題において往々用いられる無理由の原則(principle of no reason)と称するものである。例えば銅貨を投げて表が出るか裏が出るか、どちらが出るという理由がないから両方が出る機会が均等であるというときは差支えないが、かくのごとき考えは確率論においてそうであるが特に物理学の方面に濫用する事は避けなければならぬ。理由を知らぬという事は理由のないという事ではない事を忘れない事が必要である。例えば荷電がエポナイト板上の一点から拡がる時にどの方向に特に多く拡がるという理由はないから完全なる円形に拡がると云えばその誤りはリヒテンベルグ(Georg Christoph Lichtenberg, 1742-1799)の形像が反証する。金米糖が増大する時に球になるはずだと論じても実際にはあの通りの突起が出来

る。この種の現象もやはり、「微分的な原因の結果が有限に現われる」という階級に属するものであろう。なおこの級の現象としては「不安定」に關した種々な問題がある。その中でも風によつて起る水面の波や、側圧によつて起る彈性板の波状彎曲のごときは多少手を附けた学者もあるが、多くは等閑に附せられている。これは取扱いの困難なためでもあろうが、それはこの種の問題の研究法が發達してないためとも考えられる。そして研究すればすべき余地はいくらもありそうに見える。

(一) これは山脈の生成や、生物の胚の發生に應用される。

(二) 液の混乱運動のごときもまたこの階級に属させてもいいものであるが、これは近頃少し研究されて来た。

理論的物理学の理想として物質界を簡單なる確定的な方則に纏めてしまおうとして急ぐ時にはこれらの偶然的現象は甚だ工合の悪いものである。しかしそういう現象が実存ししかも吾人に没交渉でない以上これを度外視する事は出来ない。これを征服しない限り、物理学は一部の人の信ずるとき絶対な意味で決定的なものではない、整然たる幾何学体系骨骸の間にはまだ雲のような泥のような不定形なる物がつまっているかの觀がある。そういう意味で著者は偶然に關する物理的現象に学者の注意を促したいと思うのである。

なお物理学の対象として論ずべき事は甚だ多い、質量やエネルギーや電氣の意義關係についても詳細に論ずべき事は沢山ある。特にこれらのものに関する觀念の変遷や最近の相對率論的解釈は非常に興味ある事であろうがそれを論ずるためには物理学の中に深入りしなければならぬから略する外ない、読者はマツハの『力学』に纏められたガリレイ、ニュートンの古典的力学からマクスウェル、ヘルツ (Heinrich Rudolph Hertz, 1857-1894) 以後の力学的電氣觀に移り、ローレンツ (Hendrik Antoon

Lorentz, 1853-1928)、アブラハム (Max Abraham, 1875-1922) 等の電氣的質量觀を経て更にアインシュタインによつて遂げられんとしつつある三位一体的統一に到る経路をたどらば、物理の体系が河海のごとく、扇の谷のごとく一点に向つて求心的に集合せんとしつつある事を悟られるであろう。そして元來は感覺から出来した物理的実在が次第に感覺をはなれて非人間的になり結局すべてが空間時間と光に帰着する事によつてまたある意味から云つて人間に歸つた事を認めるであらう。

(一) プランクその他は anthropomorphism (人間本位主義) からの解放を主張している。無論これらの人の云うような意味ではそうである。しかしこの言説が悪い意味に曲解さるる恐れを防ぐために著者は特に感覺と空間時間との關係を取り立てて見たのである。

## 第三編 物理学の目的とその方法

## 第一章 物 理

物理学の目的については既に前条においても時々これに触れる処があったが、ここでは更にこれについて考えてみたい。

物の理を探究すると考えた場合に、物とは物質であると解釈してもよい。そうすれば理とはそれら物質の性質や相互の関係についてのある普遍的命題である。従来力学では物質とはいわゆる第一性質特に惰性を有し万有引力の場を規定するものとして他の性質はすべて捨てて考えられた、最近の理論では従来エネルギーと称したのもも惰性を有すると考えられエネルギー不滅の内に物質不滅が包含される事になる。(従来質量なるものは速度によって変るものであるから物質の量の規定者でなくなった。) そういう考えからすれば力学はエネルギーの力学である。物理学で従来狭義の物質として考えられたものは力学的物質に加うるに種々の第二性質色堅さ等を具備して相互から区別さるべきものを考えていた、例えば鉄、大理石、水、空気等のごときものの総称である。この意味においては物理的性質は化学的元素のみではなくあらゆる化合物、混合物が考えられまたそれらのものの組織体が考えられていた。そしてこれらの物質からある物体の二次的性質が先ず問題になる。性質としては先ず単に吾人の直接五感によりあるいは五感を助ける器械によって直観され得る限りを単に記載する



事が出来る。例えば鉱物学で各鉱物の比重、硬度、色、劈開面へきかいめんの状況を博物的に記載する事が出来る。この種の記載は物理学ではない。またこれらの性質によってある人為的分類を行うとしてもその分類がある必然性を有せぬ限りやはり物理学でない。個々の物質物体を単独に考えていて、個々の間に必然な関係を考えていないのである。しかしこの場合に目標とする比重、色等がいわゆる物理的性質と呼ばれるごとく、これらの多数個体の性質を抽象し帰納して得た概念として比重や色を見做しそれを分析的あるいは総合的に取扱う時に物理学が生じる。例えば比重の概念を分析して容積と質量の比と考へあるいは同容積の水の質量との比と考へ、その考へを基として比重を測定する方法を考案しそれを利用して各物体の比重を測りその結果を綜合して比重と他性質との間の關係を求むるがごとく純然たる物理学の問題である。しかしそういう場合に比重という概念はもう個々の物質や物体を離れた概念であつて最早一つの物体でない。これは一例に過ぎないがしかし一般に物性が物理の対象となるのはそれが抽象した概念となつた後に始まる。そういう意味から物理学はむしろ物でなくて物を離れた特殊な概念の学であると云われる。そしてそれがまた物理学が基礎的科學となる所以である。これに反してある物質自身を対象とすればその物理的化學的性質の外にその産地や製法や応用や經濟価値やあらゆる事が問題となる。

かくのごとく個々の物体を中心として性質を記載するのは物理学の仕事でなく逆に概念を中心として物体を整理するのがそれである。

性質を抽象してこれを対象として考うる時に考うべき事は第一にその性質の段階的差別である。例えば比重ならばその大きさの次序的排列が考へられる。色ならばその色の種類の外になお補和度の

段階が考えられる。音ならば強度、高度の外に音色が考えられる。しかしかくのごとき段階次序を分析してこれを記載するだけでは物理の仕事はまだわずかに始まるか始まらないかの程度である。

これらの性質の段階のうちでも比重のごときものは容易に数量的に表わされ得る。何となればそれは空間と質量という最も基本的な力学的の量に直接関係しているから、吾人の力学的物理学において最も簡単な次序的表現を得るのは当然の事である。しかししも吾人の物理の出発点において例えばプランクが提出せるごとく電気や Wirkungs (用) の素量やが基本的量として取られたとし、また人間がこれらを直観し得るとき存在であったとしたら、比重なるものは恐ろしく非直観的な分りにくい量であったに相違ない。

音のごときものも直観的には物体の性質と考えられ得る、例えば鐘の音のごときも鐘が打たれる時にこの性質を現わす事あたかも舌出人形が押えられて舌を出す亜類と同一視する事も出来る。それにもかかわらずその音は音色や高度や強度は立派に区別され得るに相違ない。先ず音の高低が発音体の幾何的延長と関係ある事は容易に認められる。絃の音や笛の音の高低は古代から絃や笛の長さによって次序的に排列されていた。しかし同一音を発する異なる絃の長さの関係は分らない。今日の物理学の意味で、音の何物たるかを知らずとも先ずこれだけの事は出来る。次に注意深い観察者には音が多数の場合に物体の振動と密接な関係のある事に気が付くだろう。そしてそういう場合の音の強度として直観されるものは振動体の振幅の大小と関係する事が注意される。従って直観的の次序の代りに振幅による数的次序が置き換えられる。既に音が振動と関係ある事が分ればそれが一定時間における振動数の区別が考えられそれが実験によって振動体の延長と結び付けられる事に

よつて高度が振動数と結び付けられる。そうする事によつてあらゆる種類の発音体について振動数さえ同一ならば皆同一高度の音として聞かれるという事が発見される。次にはまた振動数が同一でもその振動の様式の差で音色の差が起るといふ事が発見される。音に関する知識がこの程度まで進めば音というものはもう箇々の振動体を離れて一般物体の振動として数量的に規定され得るものとなる。これによつて音に関する直観的な概念が数学的運動学的の概念に翻訳された事になる。すなわち音色や高低のごとき直観的には何の關係も考え難い概念が極めて明白な物理学のものに変化するのである。尤も絃と笛くらいで試験しただけではこれだけではまだすべての音が物体の振動によるかどうかは分らないが、ありとあらゆる音について試験した後これが確かめられるのである。しかしこれだけを知つたのではまだ大いなる疑問が残る、すなわち振動が音だとすればそれがどうして耳に感ずるかといふ事である、それについて媒質の問題が起り物体の振動が媒質の波動を生じそれが一定速度で伝わる事なども次第に分つて来る。次いで振動体の振動が如何にして起るかを考えると弾性の問題が起りかくして物理学の一部たる音響学が起る。

もう一つの例として色の事を考えてみよう。例えばここに赤い紙と赤い石がある、両方とも同じ色をしている。また青い紙と青い石があつてこれも同じである。そうしてみると色といふ性質は物体の性質ではあるがしかし物体から離れて直観され得るものである事が分る。今これらの紙と石を暗室へ持つて行くと色は全く認められなくなる。暗室の窓の一部を開いて赤硝子をはめると室は明るくなるが赤い紙と石は赤く見えるのに青い紙と石は黒くしか見えない。このような実験によつて物体の色は時と場合によつて定まる事が分る。物の固有の色と考えられるものは昼間またはある燈

の下で示す色を意味するに過ぎない。すなわち光と称するあるものに曝さらされて初めて現われる性質である事が分る、このある物を光と名づける、太陽の光などは白光と名づける。ニュートンは太陽光を暗室に導きこの白色光線の一束がプリズムを通ると拡がってスペクトラムを生ずる事を発見した、そしてこれを再び逆にプリズムに通すと元の日光になる処から、白光は種々の色より組成されているという考えでこの現象を説明しました物体の色を説明せんとした。あらゆる色はスペクトラムの光の配合によって定まるといふ考えはその時以来同様であるが、しかし人間の網膜は必ずしもスペクトルの色々に相当する独立な器官を具そなえているわけでないから種々な色の光の混合したものに對する色彩の感覺はその組成要素から推定する事が出来ない。それで theory of colour sensation としてむしろ生理学の問題となるのである。物理学の問題としてはむしろスペクトルの各色の差別は如何なる物質的物理的差別によるかが問題になるのである。プリズムを通過するまでは混じていた各色がプリズムを通った後に色によって進行の方向を異にするがために分散し、赤色は少なく紫色は多く屈折されたと考えればその差は何によって起るかという事を考えるとすぐに一体光は何物かという問題に逢着ほうちやく（でく）せざるを得ない。

昔は吾人の眼から何物かが飛び出しそれが物体に当る時に物体が認められるといふ考えもあつた。「穴のあくほど見詰める」といふ言葉にもそのような考えが含まれている。今日から考えればむしろ可笑おかしいようであるが物理学の發達しない時代の考えとしては少しも無理のない考えである。私が眼を閉じると物体は私には見えないが外の眼をあいている人には見える。しかし皆の人が眼を閉じれば誰にも見えない。これだけの事を説明するにはかくのごとき學說でも充分である。しかし昼見

えるものが夜になると眼をあけても見えなくなり、穴の中が暗かったり、炬火たなまつを持って行けばそこがまた明るくなる事などを説明するためにはこれでは少し不便になる。すなわち私の眼から飛び出すある物が時刻により、また場所によってあるいは出たり出なかつたりすると考えなければならぬ。しかし太陽や炬火たなまつがあると私の眼からこの「ある物」が飛び出すと考えれば別に不都合はない訳である。すなわち今日発光体と名づける物はその不思議な威力によって吾人の眼に作用するとすればよいのである。更に進んで太陽や燈火によって生ずる影の多様な変化や色彩の異同をもこの考えで説明せんとすると吾人の眼は一層複雑神秘な作用をする物になる。かくのごとく考える事によって吾人の眼は非常に複雑な万象その物と同じくほとんどつかまえ処のないものになってしまう。そう考えていけない理由はまだない。しかし例えたとばあるガスの混合物を日向ひなたへおくと爆発する、この場合皆が眼を閉じていてもいなくても同様な結果が起るとすると、もうこの説の困難は到底打ちかつ事の出来ないものになってしまう。

これに反して「物体の方からある物が飛んで来て眼にはいる」と考えたらどうであろう。この考えで上のような場合を考えてみると先まず発光体としからざる物体との区別が出来る。前のような考えでも無論これに相当する区別は出来るが、前いちぢと著しく異なる点は吾人の眼が前の場合のごとき複雑な作用をする必要がなくなる事である。眼には無関係に「ある物」すなわち「光」が来ていると考えれば前に挙げたガスの爆発のごとき現象も不思議でなくなる。発光体でない物体は発光体の光を受けて更に二次的に光を出すと考えれば明暗の差別も分る。影や反射などの現象からやがて幾何光学が発達し始める。そうなればもう光の現象は人間の眼に関係なく考えられ眼はただその証人とし

て役立つに過ぎない。

かくのごとき幾何光学的現象のみを取扱とりあつかう間は光は発光体と他物とを結ぶ線と考えてもよい、別に運動に關した考えは含まれなくてもよい。しかし以上の考えからともかくも方向を有するものであつてそして空間を通過して吾人にある報告を与えるものであるという事から自然に光の進行性という事が他の類例から想像される。この事は影が片側に来る事からも確かめられる。この進行するものは何であるか、例たとえば発光体から微粒子のごときものが急速度で射出されているであろうというような事が考えられる。ニュートンもこのような考えであつた。もしそうであるとすればその速度が計られるはずである。ガリレイは實際それを計ろうとしたが失敗した、しかしそれは速度が非常に大きいためと考えればよいので微粒子発散説に対する致命的反証とはならなかつた。ともかくもニュートンはこの仮説によつて論理的矛盾もなくまた経験とも衝突する事なくして當時に知られたあらゆる光の現象を説明する事が出来た。ここに説明というのは、媒質中における微粒子の運動を数学的に規定する事によつて光の現象をそれから演繹えんえきする事が出来たのである。しかしニュートンの説が一般に承認された傍かたわらで彼の同時代のハイゲンスはこれに反して光は音響のごとき縦波であると考えた。ニュートンは音波に陰影のない事から考えてこの考えを否定したが廻折や干渉の現象は明らかに波動説に有利であつた。その後偏光の現象から横波説が確かめられ、終ついにフレネルによつて弾性的横波説が完成された事、その後電磁波が現われそれがローレンツによつて完全せられると同時にアインシュタインによつてエーテルから解放されるまでの歴史は多くの読者の知る処であろうから略する。

物性に関する素朴的な古人の考えから今日の物理学的言説に達した経路を上述のごとき例によって考えてみれば、自ずから物理学の目的や方法を覚る事が出来る。すなわち感覚的に認知される性質が先ず<sup>※</sup>感覚に關係せざる対象、音光のごときものに引き直される。すなわち人間との交渉をはなれて物と物の間の關係と見做す<sup>みな</sup>。次にこれらの対象が何等かの数量的な差別によって次序的に配列される（音ならば絃の長さや光ならば先ず<sup>※</sup>屈折率の相違によって）。これらの差別が運動学的力学的な差別によって云い換えられる（振動の要素や粒子の速度等）。そうする事によってあらゆる現象の云い現わしは力学的数式の形で与えられようとする。すなわち質量と空間と時間との手段で云い現わされようとするのである。この傾向は更に電磁気学の方面にも入り込んでマクスウェルの理論を導いた。十九世紀の物理は主としてかくのごとき力学的自然觀であった。その後電氣に関する研究の急激な進歩によっていわゆる電氣物質觀が盛んになったが、それも物質というものを電氣に置き換えただけで物理学全体を通じての力学的取扱いは依然として変らない。力学の基礎がすべて等量關係であるからこれらの結果もやはり等量關係の記載である、こういう意味で物理学の問題はHowである。

熱の現象も同様にして寒熱の感覺は物体の膨脹で置き換えられ、熱の概念から物質の比熱が生れ、その傳導が数学的に計算された。物体エネルギーの考えが押しひろめられて熱力学が組立てられた物質分子の不規則運動に歸せられ、固体の場合には音響学的振動と關聯<sup>かんれん</sup>された。輻射熱は分子の荷電の振動によって生ずる電磁波と考えらるる事によって光波と同一のものになってしまった。X線もこの頃になってやはり同種の波動であると考えられるようになった。

静電的と動電的として區別された現象は荷電という概念とその運動の相の差に歸せられた。始

めは独立の現象と考えられた磁気が電気と密接の關係のある事を示す種々の現象が実験されて後に電場や磁場の關係が力学的の言葉で云い現わされるようになった。後にはローレンツによってすべが電子の運動によって記載されるようになった。

毛管現象や流体内部摩擦やその他の物性についても同様な事が云われる。いつでも經驗的事実から歸納的に、これを綜合するに便宜な概念が作られる。これは出発点としては大抵直觀的に得られるが発達以後は次第に解析的抽象的なもの(例ポテンシアル)、それを数量的に規定し、他の概念との量的關係において普遍的な數式を求め、かくて得られたものが各種現象のそれぞれに對する方則である。かくのごとき方則個々の間に何等かの統一を求め、更に簡單なる方則に概括するためにはそこにある假説が必要になる。光と熱は感覺的には全く別な現象で光には光の方則熱には熱の方則があればそれでよい訳であるが、物理学はかくのごとき實驗的の個々の方則の並列では満足しない。もしこれら方則の間に橋がかかって數多の方則が一つの方則に纏められればその結果は知識の整理という經濟的効果の外になお個々の方則の信用の度をも増す訳である。そういう事の出来るために必要な假説は必ずしも單義的でなく色々な可能な假説が考えられるがそれらを一々適用させてみて他のすべての方面の現象と何等の矛盾もなければその假説は一種の事實として認められるのである。

臆説と假説と直接に確かめられざる事實の間にはあらゆる段階があつて、その間の區別や定義は困難である。しかし現在假説として認められている多くのものはある一面の事實を説明するには好都合であるが他方面に對しては未だ適用されない。しかしそれが不可能という証拠のないものである。最近までは分子原子說のごとき假説と考えられマツハのごときも思考經濟の方便と考えてい



た。今日でもそう考えて悪いという証明は困難であるが、しかし輓近(最近)に到って、小数分子の關係するいわゆる paucimolecular 現象ブラウン運動や $\alpha$ 粒の発射等の現象が知られてからは分子原子のみならず電子の実在という事はあたかも茶碗や机の実在と同格とはゆかぬともコレラ菌やアミーバに近い処まで引上げられたと考えられる。しかし電子の形状や原子内部の構造等についての諸家の考えは未だ仮説の域を脱しないものである。

箇々の方面の事実が箇々の方則に纏められたものは確かに事実の記載である。あらゆる可視物体の運動から帰納された運動方則はあらゆる箇々の運動を引くるめた経済的な記載である。これによって遊星に関する方則や落下の方則や振子の方則を別々に述べる代りになる。しかし物体の如何なる機巧によって、この方則通りの運動が起るか少しも分らない。こういう意味で云えばこの方則は How? の答で Why? の答ではない。しかし振子の運動週期がその長さの平方根に比例するという事実をニュートンの方則から演繹せられるという事について云えばこれは Why? の答解であると云っても差支えはない。しかしまた強いて How? だと主張したければしても勿論悪くはない。一般方則の中に箇々の方則が含まれている、その含まれ方が問題になるからである。

熱に関する現象を分子説から説明しようという場合は少しちがう。分子説がまだ仮説の範囲を脱しない時代においてはこの説明には一つの仮説を要する。表面の現象を分子の運動に導く How の経路に、一つの不安な橋が掛かっているのである。一般に物理学をはなれて考えてみると、ある出来事に対して Why? とどう疑問は How? とどうちがうか。最も区別の明白な場合から考えてみると例えば太郎が犬を打ったとする。Why? 「何故打ったか」という問に対しては「悪戯をするから」とか

「癩しやくに触ったから」とか答える。そこにはいわゆる動機の問題がある。道徳的ないし感情的の規準があつて打つか打たぬかの二つの一つを選んだのである。Howを「どうして打った」と解釈すればこれには打つまでの事件の経過が問題になる。その答には太郎の意思の自由にならない幾多の副条件が混入している。次に犬の頭へ石垣が崩れかかった場合に「何故犬が死んだか」という問題に対して「石が落ちたから」と答える。また「どうして死んだ」に対しても「石が落ちたから」と答える。しかし前者では「未完」

## 附録 自然現象の予報

自然現象の科学的予報については、学者と世俗との間に意志の疎通を欠くため、往々に種々の物議を醸す事あり。また個々の場合における予報の可能の程度等に関しては、学者自身の間にも意見は必ずしも一定せざる事多し。左の一篇は、一般に予報の可能なるための条件や、その可能の範圍程度並びにその実用的価値の標準等につきて卑見を述べ、先覚者の示教を仰ぐと同時に、また一面には学者と世俗との間に存する誤解の溝渠を埋むる端緒ともなさんとするものなり。元来この種の問題の論議は勢い抽象的に傾くが故に、外観上往々形而上的空論と混同さるる虞あり。科学者にしてかくのごとき問題に容喙する者は、その本分を忘れて邪路に陥る者として非難さるる事あり。しかれども實際は科学者が科学の領域を踏み外す危険を防止するためには、時にこれらの反省的考察が却つて必要なるべし。特に予報の問題のごとき場合においては然りと信ず。余が不敏を顧みずここに二、三の問題を提起して批判を仰ぐ所因もまたこれに外ならず。ただ徒らに冗漫の辞を羅列して問題の要旨に触るるを得ざるは深く自ら慚はざる所なり。これに依つて先覚諸氏の示教に接する機を得ば実に望外の幸いなり。

### 一

ある自然現象の科学的予報と云えば、その現象を限定すべき原因条件を知りて、該現象の起ると否

とを定め、またその起り方を推測する事なり。これは如何なる場合に如何なる程度まで可能なりや。この問題が直ちにまた一般科学の成立に関する基礎問題に聯関する事は明らかなり。しかし因果律の解釈や、認識論学者の取扱うごとき問題は、余のここに云為うんいすべき所にあらず。ただ物理学上の立場より卑近なる考察を試むべし。厳密なる意味において「物理的孤立系」なるものが存せず、すなわち「万物相関」という見方よりすれば、一つの現象を限定すべき原因条件の数はほとんど無限なるべし。それにかかわらず現に物理学のごときものの成立し、且つ実際に応用され得るは如何いかん。これは要するに適当に選ばれたる有限の独立変数にてある程度までいわゆる原因を代表し、いわゆる方則によりて結果の一部を予報し得るに依る。これにはいわゆる原因と称するものの概念の抽象選択の仕方が問題となる。これは結局経験によつて定まるものにして、原因の分析という事自身が既に経験的方則の存在を予想する事は明らかなり。物理的科学発展の歴史に溯さかのぼれば、到る処かくのごとき方則の予想によつて原因の分析、すなわち最も便宜なる独立変数の析出に勉つとめたる痕跡を見出し得べし。しかしこの試みが成効して今日の物理的自然科学となれり。力学における力、質量等のごとき、熱力学における温度エントロピーのごときこれなり。これらの概念と定義とが方則の云い表わしと切り離し難きはこのためなり。物理的自然現象を限定すべき条件等がすべてこれらの有限なる独立変数にて代表され得るや否やは別問題として、現在の物理学的科学の程度において、従来の方法によりて予報をなし得る範囲は如何なるべきかが当面の問題なり。

先ず従来の既知方則の普遍なる事を仮定せば、すべての主要条件が与えらるれば結果は定まると考えらる。しかしながら実際の自然現象を予報せんとする場合に、この現象を定むべき主要条件を

遺漏なく分析する事は必ずしも容易ならず。故に各種原因の重要な度を比較して、影響の些少なるものを度外視し、いわゆる「近似」を求むるを常とす。しかしてこれら原因の取捨の程度に依じて種々の程度の近似を得るものと思う。この方法は物理的の科学者が日常使用する所にして、学者にとりてはおそらく自明的の方法なるも、世人一般に対しては必ずしも然らず。学者と素人との意思の疎通せざる第一の素因は既にここに胚胎す。学者は科学を成立さす必要上、自然界に或る秩序方則の存在を予想す。従つてある現象を定むる因子中より第一にいわゆる偶発的突発的なるものを分離して考うれども、世人はこの区別に慣れず。一例を挙げれば、学者は掌中の球を机上に落す時これが垂直に落下すべしと予言す。しかるに偶然窓より強き風が吹き込みて球が横に外れたりとせよ。俗人の眼より見ればこの予言は外れたりと云う外なかるべし。しかし学者は初め不言裡に「かくのごとき風なき時は」という前提をなしいたるなり。この前提が実用上無謀ならざる事は数回同じ実験を繰返す時は必ずから明らかなるべきも、とにかくここに予言者と被予言者との期待に一種の齟齬そごあるを認め得べし。

次には近似の意義に関する意見の齟齬が問題となる。学者が第一次近似をもって甘んずる時、世人は却つて第二次近似あるいは数学的の精確を期待する場合もあり。これは後に詳説する天気予報の場合において特に著し。かくのごとき見解と期待との相違より生ずる物議は世人一般の科学的知識の向上とともに減ずるは勿論なれども、一方学者の側においても、科学者の自然に対する見方が必ずしも自明的、先験的ならざる事を十分に自覚して、しかる後世人に対する必要もあるべし。(この点は、単に予報のみの問題に限らず一般科学教育を施す人の注意すべき点なるべしと信ず。中学校にて始めて物理学を学ぶ際に

「何故にかくのごとく考えざるべからざるか」との疑問が暗々裡に学生の脳裡に起りて何人もこれが解決を与えざるが故に、力と云い、質量と云い、仕事と云うがごとき言葉は、あたかも別世界の言葉のごとく聞え、しかもこれらの考えが先験的必然のものなるにかかわらず自分はこれを理解し得ずとの悲観を懐いだかしむる傾向あり。世人一般の科学に対する理解と興味とを増進するには、少なくとも中等教育において科学的認識論方法論の初歩を授くるも無用にはあらざるべし。」

## 二

さて従来の科学の立場より考えて、すべての主要原因が与えられたりと仮定すれば結果は常に單義的ユニクに確定すべきか。これはやや注意深き考慮を要する問題なり。

いわゆる精密科学においても吾人は偶然と名づくるものを許容す。これ一般に部分的の無知を意味す。すなわち条件をことごとく知らざる事を意味す。いかなる測定をなす際にも直接間接に定得る数量の最後の桁には偶然が随伴す。多くの世人は精密科学の語に誤られてこの点を忘却するを常とす。

一層偶然いちじうの著しき場合は、例えば鉛筆せんぱんを尖端にて直立せしめ、これがいずれの方向に倒るるかという場合、あるいは賽さいを投げて何点が現わるるかというごとき場合なり。これらの場合においても、もしすべての条件がどこまでも精しく与えられおれば結果は必ず單義的に定まるべしというがいわゆる科学的定数論者の立場なり。これはおそらく大多数の科学者の首肯しゆこん（うな）する所なるべし。しかし実際にはこれらのすべての条件が知り難き故に結果の單義性は問題となる。

抽象的、数学的に考うれば複義性なる函数は無数に存在す。例えばファン・デル・ワールス (Johannes

Didrik van der Waals, 1837-1923)等の理論に従えば、ガス体の圧を与うればその体積には三種の可能ある事となる。この理論の当否は問わざるも、抽象的にこの事は可能なるべし。今かくのごとき場合にも天然現象は必ず単義的に起るとすれば、それは如何なる理由によるべきか。ここに「安定度」とか「公算」とかいう言葉が科学者の脳裡に浮ぶべし。ここに吾人は科学と形而上学との間の際どき境界線に逢着すべし。熱力学にエントロピーの觀念の導入され、またエントロピーと公算との結合を見るに至りし消息もまたここに至つて自ずから首肯さるべし。

安定や公算の意味に関する議論はしばらく措き、種々の可能法ある場合におのの公算を比較する時、吾人の経験はその中の一つが特に大なるべしと期待せしむる傾向を有す。實際多くの場合にこの期待は吾人を欺かず。しかれども予報という事に聯関して重大なる問題はそれが「常に然るか」という事なり。

単義性という言葉にも種々の意味あり。数学的絶対的の単義性といえ、一はどこまでも一にて二は必ず二なるべし。しかし自然現象に偶然を許容すれば吾人の当面の問題は公算的単義性なり。すなわち公算曲線の山が唯一なりやという事が刻下の問題なり。さてすべての場合にこれは唯一なりや。然らざる場合は一般には多数あるべし。例えば馬の鞍の形をなせる曲面の背筋の midpoint より球を転下すれば、球の経路には二条の最大公算を有するものあるべし。またある時間内に降れる雨滴の大きさを験する時は、その大きさの公算曲線には数箇の山を見出すべし。これらの場合を総括するに、いずれもかつてポアンカレの述べしごとく「原因の微分的変化が結果の有限変化を生ずる場合」に当るを見る。自然現象予報の可能程度を論ずる際に忘るべからざる標準の一つはここに係る。後

に更に実地問題につきて述ぶる事とせん。

次に原因を定むる独立変数と称するものの性質が問題となる。変数が長さ、時間、あるいはこれらの合成によりて得らるるものならば比較的簡單なれども、例えば物体の温度、荷電等のごとき性質のものが与えられたりとせよ。もし物体の内部構造等に立ち入らざるマクロスコピック（巨視）の見方よりすれば、これらの量は直ちに物体の状態を単義的に指定すれども、これに反し分子説、電子説の立場よりミクロスコピック（微視）の眼にて見れば、これらの量にては物体の内部状況は単義的には指定されずほとんど無限に複義的にして、吾人の知り得るは実にただその統計的単義性に外ならず。この場合に単に温度を与えても各分子箇々の運動を予報すべくもあらず。

例えばまた過飽和の状態にある溶液より結晶が析出する場合のごとき、これがいつ結晶を始め、また結晶の心核が如何に分布さるべきかを精密に予報せんとする時、単に温度従つて過飽和度を知るのみにては的の見込は極めて小なるべし。ただ吾人は過飽和度の増加に伴うて結晶析出を期待する公算を増す事を知り、また結晶中心の数につきても公算的にある期待をなす事を得るに過ぎず。しかるにもし人間以上の官能を有するいわゆるマクスウェルの魔のごときものありて、分子一つ一つの排置運動を認めその運動や結合の方則を知りて計算するを得ば、少なくとも吾人が日蝕を予報するくらいの確かさをもってこれらの現象を予報するを得べし。

### 三二

今天然の起る現象を予報せんとする際に感ずる第一の困難は、その現象を限定すべき条件の複雑



多様な事なり。

実験室において行う簡単な実験においてはこれら条件を人為的に支配し制限し得る便あり。しかも最も簡単なデモンストレーションの実験においてすら、用意の周到ならざるため、条件のただ一つを看過すれば実験の結果は全く予期に反する事あるは吾人の往々経験する所なり。これらの失敗に際して実験者当人は、必要条件を具備すれば、結果は予期に合すべきを信ずるが故にあえて惑う事なしとするも、いまだ科学的の思弁に慣れず原因条件の分析を知らざる一般観者は不満を禁ずる能わざるべし。また場合により実験の結果が半あるいは部分的に予期に合すれば、実験者たる学者はその適合せる部分だけを抽出して自己の所説を確かむれども、かくのごとき抽象的分析に慣らされざる世俗は了解に苦しむ事もあるべし。

かくのごとき困難は天然現象の場合に最も著しかるべし。試みに先ず<sup>※</sup>天気予報の場合を考えん。

太古の時代より天気予報の試みは行われたれども、分析的科学の発達せざりし時代には、天気を限定すと考えられし条件、あるいは独立変数が極めて乱雑なる非科学的のものなりしなり。尤も雲の形状運動や、風向、気温のごとき今日のいわゆる気象要素と名づくるものの表示に抛りたる事もあれど、同時にまた動物の挙動や人間の生理状態のごとき総合的の表現をも材料としたり。かくのごとき材料も場合によりてはあえて非科学的とは称し難きも、とにかく物理学的方法を応用する場合の独立変数としては不適當なるものなりしなり。今日の気象学においていわゆる気象要素と称するものはこれに反して物理学の基礎の上に設定されたものにして、これらを材料とせる予報は純然たる物理学的の予報に外ならず。従つて<sup>したが</sup>物理学上の予報につきて感ぜらるる困難もまた同時に随伴し、こ

とに条件の多数なるためにその困難は一層増加すべし。かくのごとき場合にはいわゆる主要条件の選択が重要なは既に述べたるがごとし。現今の物理学的気象学の立場より考えて、今日のいわゆる要素の数は大体において理論上主要の項を悉したりと考えらる。しかるに実用上の問題は如何なる程度までこれらの要素を実測し得るかという事なり。測候所の数には限りあり、観測の範囲、回数にも限定あり。特に高層観測のごとき一層この限定を受くる事甚だし。それにもかかわらず現に天気予報がその科学的価値を認められ、實際上ある程度まで成効しおるは如何なる理由によるべきか。数十里、数百里を距てたる測候所の観測を材料として吾人はいわゆる等温線、等圧線を描き、あるいは風の流線の大勢を認定す。この際吾人の行為に裏書きする根拠はいずこにありやというに、第一にこれら要素の空間的時分的分布が規則正しきという事なり。換言すれば、これら要素の時間的空間的微分係数が小なりという事なり。これが小なる時に等温線や等圧線は有意義となり、これに物理学上の方則が応用さるるなり。

今鋭敏なる熱電堆をもつて気温を測定する時は、如何なる場合にも一尺を距てたる二点の温度は一般に同じからず。この差は数秒あるいは数分の不定なる週期をもつて急激に変化するを見出すべし。すなわち小規模、短週期の変化を特に注意すれば上の微分係数は決して小ならず。かくのごとき眼より見れば、実際の等温線は大小無数の波状凹凸を有しこれが寸時も止まらず蠢動せるものと考えざるべからず。かくのごとき状態を精密に予報する事はいかなる気むずかしき世人もあえて望まざるべし。しかし今少しく規模を大きくして一村、一市街の幅員と同程度なる等温線の凹凸やその時間的变化となれば、既に世人の利害に直接間接の交渉を生ずるに至る事あり。積雲の集団があ

る時間内にある村の上を多く過ぐるか少なくとも過ぐるかは、時にはその村民にとりてはかなり重大なる場合もあるべし。小区域の驟雨が某市街を通過するか、その近郊のみを過ぐるかはその市民にとりては無差別にはあらず。しかれどもかくのごとき小規模の現象の予報をなし得るためには、(この予報が可能としても) 少なくとも測候所の数を現在の数百倍数千倍に増加せざるべからず。

現在の天気予報はかくのごとき要求を充たすためのものにあらず。各測候所の平均領域の幅員に比して微細なる変化は度外視し、定時観測期間の長さに比して急激なる変化をも省略して近似的等温線あるいは等圧線を引くに過ぎず。例えば土地山川の高低図を作る際に、道路の小凹凸、山腹の小さき崖崩れを省略するに同じ。これを省くとも鉄道運河の大体の設計にはなんらの支障を生ずる事なかるべし。これに反して荷車を挽く労働者には道路の小凹凸は無意味にあらず。墓地の選定をなさんとする人には山腹の崖崩れは問題となるべし。

世人の天気予報に対する誤解と不平は畢竟この点に係る。二十万分の一の地図を手にして道路の小凹凸を索め、物体の温度を知りてその分子各箇の運動を知らんとすると同様なる誤解に起因す。

#### 四

次に地震予報の問題に移りて考えん。地震の予報は果して可能なりや。天気予報と同じ意味において可能なりや。

地震が如何にして起るやは今もなお一つの疑問なれども、ともかくも地殻内部における弾性的平衡が破るる時に起る現象なるがごとし。これが起ると否とを定むべき条件につきては吾人いまだ多

くを知らず。すなわち天氣の場合における氣象要素のごときものがいまだ明らかに分析されず。この点においても既に天氣の場合と趣を異にするを見る。

地殻の歪みが漸次蓄積して不安定の状態に達せる時、適當なる第二次原因例えば氣圧の変化のごときものが働けば地震を誘発する事は疑いなきもののごとし。故に一方において地殻の歪みを測知し、また一方においては主要なる第二次原因を知悉するを得れば地震の予報は可能なるらしく思わる。この期待は如何なる程度まで実現されべきか。

地下の歪みの程度を測知する事はある程度までは可能なるべく、また主なる第二次原因を知る事も可能なるべし。今仮りにこれらがすべて知られたりと仮定せよ。

更に事柄を簡単にするため、地殻の弱点はただ一箇所に止まり、地震が起るとせば必ずその点に起るものと仮定せん。且つまた第二次原因の作用は毫も履歴効果を有せず、すなわち単に現在の状況のみによりて事柄が定まると仮定せん。かくのごとき理想的の場合においても地震の突発する「時刻」を予報する事はかなり困難なるべし。何となれば、この場合は前に述べし過飽和溶液の晶出のごとく、現象の発生は吾人の測知し得るマクロスコピックの状態よりは、むしろ吾人にとりては偶然なるミクロスコピックの状態に依りて定まると考えらるるが故なり。換言すればマクロスコピックなる原因の微分的変化は結果の有限なる変化を生ずるが故なり。この場合は重量を加えて糸を引き切る場合に類す。しかしともかくも歪みが増すに従つて現象の発生を期待する公算の増加するは勿論にて、従つて歪みがある程度に達するまでは現象は起らずと安心すべき根拠を与うべし。この場合に当り、時とともに現象の発生に対する期待の増加する状況を示す線が与えられたりとせよ。しかしてこの曲

線の傾斜が甚だ緩やかにして十年二十年あるいは人間一代の間に著しき変化を示さぬごときものならば如何なるべきか。この場合には箇々の人間にとりての予報の実用的価値は極めて少なかるべし。次に上の仮想的の場合において現象の発生する時期がある程度まで知られたりと仮定せよ。この場合に起る地震の強弱の度を如何ほどまで予知し得べきか。単に糸を引き切る場合ならば簡単なれども、地殻のごとき場合には破壊の起り方には種々の等級あるべし。破壊がただ一回に終らず、数回の段階的变化によるとすれば、これらの推移中に歪みの変化は複雑に起り、場合によりては毎回地震の強度は微弱なる事もあるべく、また時にはその中に強震を生ずる事もあるべし。かくのごとき差別が偶然的局部的の異同に支配されるとせば、広区域にわたるマクロスコピックの平均状態を知るのみにては信憑すべき実用的の予報は不可能に近し。

上記のごとき地殻の弱点が一箇所に止まらず、多数に分布されいる場合には更に困難なり。この場合には第一にこれらの分布を知り、またすべての弱点に対する歪の限界値を知り、同時にすべての弱点における歪の刻々の現状を知るを要す。仮りにこれらが知られたりとするも、多数の弱点が同時に不安定に近づく時、そのいずれが先ず変化を始むべきかはいわゆる偶然の決する所なるべし。この場合においても予報の意味は世人の期待と甚だしく離反すべし。

実際の地殻においてはその弱点の分布は必ずしも簡単ならず、しかもおのおのの弱点は相互に独立ならず、なんらかの関係を有すべく、特に一層事柄を複雑にするは、地殻岩石の弾性履歴効果の著しき事なり。これらがことごとく知られたりとするも、現象の性質上、原因の微分的変化に対して、結果の変化は有限にして且つその単義性も明らかならず。具体的に云えば地這り等がある限界内に

止まれば、それだけにて止むも、少しにてもこれを超ゆれば他の弱点の破壊を誘起して更に大なる變動を起す事もあるべく、その際如何なる弱点が誘発さるるやはまた偶然的なる地下の局部的構造によると考えらる。

かくのごとき場合に普通の簡單なる公算論の結果を応用せんとするには至大の注意を要する事は明らかなるべし。

## 五

予報の可能不可能という事は、考え方によればあまりに無意味なる言葉なり。例えば今月中少なくとも各一回の雨天と微震あるべしというごとき予報は何人も百発百中の成效を期して宣言するを得べし。ここに問題となるは予報の実用的価値を定むべき標準なり。

予報によりて直接間接に利便を感じべき人間の精神的物質的状态は時並びに空間とともに変化しつつあり。従つて自然界のある状態がその人間に有利なるか不利なるかは時と場所とによりて変化する。例えば水草を追つて移牧する未開人にとりては時とともに利害の係る土地の範圍を移動す。また一つの都府の市民というごとき抽象的の団体を考うる時はその要素たる各個人とは独立に時とともに不変なる標準も考えらるれども、一般には必ずしも然らず。例えば一般の東京市民にとりては、夜半の小雨はあえて利害を感じざるべきも昼間の雨には無頓着ならず。また平日一般の日本国民は京都市の晴雨に対しては冷淡なるも、御大典当時は必ずしも然らざるべし。

数学的の言葉を借りて云えば、各個人、市民、あるいは国民がある現象に対して利害を感じる範圍

は時間と空間とより組成されたる四元空間中において、ある面にて囲まれたる部分にて示す事を得べし。この部分は単独なる場合も、数箇なる場合もあるべし。

自然現象の予報もまた同様に、時と空間のある範囲内に指定する時に始めて意義あるものとなる。例えば明日中某々地方に降雨あるべしというがごとし。これらの予報が普通世人にとりて実用的価値を有するための条件は、思うに「その現象のために利害を感じべき個人あるいは団体の利害を感じる範囲領域の大きさに対して、予報の指定する範囲の大きさが比較的大ならず、且つ前者に対する後者の位置の公算的变化の範囲の小さな事」なり。

具体的の例を挙げれば、東京市民にとりては「明日正午まで京浜地方西北の風晴」と云い、あるいは「本日午後驟雨模様あり」というがごときは多数の世人に有用有意義なり。またもし「一週間内は東海道の大部分に降雨あるべし」との予報をなし得たりとせば、東京市民にとりては極めて漠然たる印象を与うべし。これ予報の範囲が東京市民の日常生活上雨に関して利害を感じる範囲に比してあまりに大なるが故なり。しかれども連日雨に渴する東海道の農民にとりては、この予報は非常の福音たるに相違なかるべし。

次に地震の場合は如何。もし仮りに「来る六、七月の頃、東京地方に破壊的地震あるべし」との予報が科学的になし得られたりと仮定せよ。これが十分の公算を有する事が明らかになれば、市民は十分の覚悟をもって変に備うべし。次に「今後五十年内に日本南海岸のうち一部分に強震あるべし」という事がよほど確実なりと仮定せよ。この予報は各箇の市民にとりては幾分漠然たる予言者の声を聞くがごとき思いあるべし。五十年は個人の生命に対してあまりに短からず。その間に個人の生命

も住所も如何になるべきか明らかならざるなり。しかれども日本政府の眼より見れば五十年は決して長からず、南海岸は邦土の一部分なり。この予報がなし得らるれば、これによりて国家が享くべき直接間接の利益は少なからざるべし。

噴火の場合もこれに同じ。仮りに科学的に信憑すべき根拠よりして、来る六十年ないし七十年間に某火山系に活動を予期し得るとせば、個人に対してはともかく、一県一道の為政者にとりては多大の参考となるべし。

予報者と被予報者との意志の疎通せざる手近き原因は、予報の指定する範囲と被予報者の利害範囲の大きさの相違と、その公算的不整合を許容する程度の差異に帰すべしと思わる。

最後に卑近なる例を挙げて所説を補わん。木の葉をつたい歩く蟻にとりては一粒一粒の雨滴の落つる範囲を方数ミリメートルの内に指定する事が必要なれども、吾人人間には多くの場合にただ雨量と称する統計的の数量が知らるれば十分なり。

## 六

以上述べたる所にに基づき、また現在科学の進歩程度に鑑みて天気予報と地震予報とを対照すれば、その間の多大の差異あるを認めざるを得ず。

現在の気象観測制度をもつてすれば各気象区域における大体の天氣の推移を予知する事は十分可能にして、観測の範囲の拡張につれて的公算を増すべしと考えらる。しかれども毎平方里における雨量の異同を予言するがごときは望み難かるべし。



地震の場合においては、いまだ気象要素に相当すべき条件さえ明白ならず。従つて解析的方法を取るべき材料いまだ具備せず。これらが一通り具備したる暁においても、現象の偶然性を除く程度まで精しくこれを知悉する困難は現象の性質上甚だ大なるべし。かくのごとき場合には公算論の指示する統計的方法を取る外なかるべきも、公算が変数の連続函数なりと断定し難く、また最大公算を有する場合が唯一ならざる場合には特別に慎重なる考慮を要すべし。

地震予報をして天気予報のごとき程度まで有効ならしむるには如何なる方向に研究を進むべきかは重要な問題なり。物理学上の問題としては、地殻岩石の弾性に関する各種の実験のごときは極めて肝要なるべし。一方においては統計的にいわゆる第二次原因の分析を試むるも有益なり。けれども統計に信頼するためには統計の基礎を固むる必要あるべし。普通公算論の適用さるる簡単な場合においても、場合の数が小なる時は自然の表現は理論の指示する所と大なる懸隔を示す事あり。これも忘るべからざる事なり。なお一般弾性体の破壊に関してその弱点の分布や相互の影響あるいは破壊の段階的進歩に関する実験的研究を行い、破壊という現象に関するならかの新しき方則を発見する事も必ずしも不可能ならざるべし。すなわち従来普通に考うるごとく、弾性体を等質なるものと考えず複雑なる組織体と考えて、その内部における弱点の分布の状況等に関し全く新しき考えよりして実験的研究を積むも無用にあらざるべきか。

- 寺田寅彦著「物理学序説」(『寺田寅彦全集 第十卷』岩波書店、一九九七所収。)
- 寺田寅彦著「附録 自然現象の予報」(『寺田寅彦全集 第五卷』岩波書店、一九九七所収。)
- 読みやすさのために、適宜振り仮名を追加した。
- 理解を助けるために割注をつけた。
- 地名・人名のカタカナ表記はなるべく通行のものに改めたが、一部は底本のままにした。
- PDF化には $\text{\LaTeX}$ 2 $\epsilon$ をタイプセッティングを行い、 $\text{\dvipdfmx}$ 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.ac.uk/~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/munehiromeda/bbs>