

物理学序説

寺田寅彦

目次

第一篇 緒論	1
第一章 学問の起源、言語と道具	1
第二章 哲学と科学	6
第三章 自己と自己以外	10
第四章 物質科学と生物科学	12
第五章 物理学 物質科学の根拠としての	14
第六章 数学との関係	17
第二篇 物理学の対象	21
第一章 物理学	21
第二章 物理学の対象	22
第三章 実在	24
第四章 感覚	39

第五章	数と空間時間	53
第六章	物質とその性質	65
第七章	因果律	69
第八章	偶然	77
第三篇	物理学の目的とその方法	82
第一章	物理	82

第一篇 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っ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っ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っ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選び出し抽象して石という一種の類概念 (Gattungsbegriff) 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うような動作の中に共通なものを抽象してそこに「切る」という動詞が出来、あるいは「堅い」という形容詞が生れる。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つて聯合されて一つの原始的の自然方則が認められ、だんだんに色々の因果関係などが認められていわ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観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へば不思議ではあるまいか。そういう事の可能な所以は一体万象その物に内存しているのであつて吾々はただ、猿が木の実を拾うように拾い出すだけのものであろうか。それともそのような秩序や理法が人間に備わつてい

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観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柢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覚なり情緒なりの結合から抽象や組織によつて知覚表象を得、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である。換言すれば言葉に含まれ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じょうせつついても社会は癡狂院ていきやういんかバベルの塔のそれであつて、個人間には何等の交渉もないものになってしまう。言語が出来た事によつて人々の経験や知識は互いに交換されて伝播でんぱし普遍化される。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つ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じふほうのごときものであつて、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ひきだ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おいて論じない。

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、その根柢

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の運動がケプレルの方則で整頓されたときものである。かくする事によつて一見思い自由に自由行動を取つていられ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つ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の重力の方則によつて更に概括され、林檎の落つるのも、振子の振動するの、潮汐の干満も天体の運動もこと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つているのであるが、しかしこの進歩を逆に行つた時に果して何処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になる。またそれを詮索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つ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ャや東洋に發達したものはあらゆる学問といふ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ともかくも人間が自然や人間界において經驗する變転極らない森羅万象は人間の有限な能力を提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慾求に協つたためには、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えないくらいである。

不思議な事には人間には経験的知識の構成あずかに与る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。如何なる状態でこのような人間の努力が發展して来たかという事は哲学史に譲らなければならぬが、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の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ャの哲学者が非科学的すなわち経験的実証的方法によらずして先験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。こ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みのがすべからざる事実である。吾人は古代すなわちギリシャ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ャ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、古代ギリシャの哲学史を繕ひもとく事によつて多大な暗示に逢着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いと分つ説もある。これもあまり明確な目標ではない。例えば蜘蛛が網を張り蜂が巣を作るがとき、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かな事である。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 の石垣のとき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ーンからストア、スコラと流れて行つた。心界方面の哲学と基督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 Galilei 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區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……」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が直接間接にいわゆる道具器械の御蔭を蒙つていな

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っ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*。

* 自分はいわゆる唯名論(nominalism)の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。

こついう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るものである。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^{いま}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。そして普遍的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^{てんびん}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、かくして言葉が分れ離れると同時にそれらのもの相互の関係も明らかになって来る。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。物質的科学家としていうところの眞は比較的簡単なものである。いづ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歸納した命題を得、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ふ場合に始めて眞と認められる。従つてそれは普遍的眞と称せられるが畢竟は「吾人の経験の及ぶ範囲にて」といふ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眞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眞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家としても例えばポアンカレのごとく「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」といふ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つ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ゐ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が付かなかつた例えば「光線は真空中を直線的に進行す」といふような方則ですらも今日ではアインシュタインの理論が英国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眞実性はあまり絶對的なものでない事が分るのである。

一度物質的科学的の範囲を離れて精神界に入るとこの眞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、もう一層眞の捉え所が困難になる。絶對的の眞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。眞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眞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断にも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る。それで近世の哲学者ヘーゲルのご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。また近來は真を遠く暗き処に求むる經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つて吾々の足を入れ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つ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實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実性に対して少し深く考え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め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つ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に長足の進歩をするではないかと論ずる極端な實用主義者があつたらどうかといつと、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來の

学者の哲学的思索に源を發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搜つて行くとヘルツの電波実験がある。これはフアラデー、マクスウェルの電場觀に帰着するがこれはまた英独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搜るともう既にギリシャ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ず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、いずれもこの「型」の所有者であつた事が分る。それらの人が自覺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 Einstein その他の相対率原理のごとき、もしすべての科学者が常識的の時と空間に満足していたら何の日にか問題になつたであらう。尤も今日ではこの原理が吾人の実用上に何等の效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、応用の有無は予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関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。電子の運動に関するその応用を考え、電子に関する知識が実用と聯関する事だけを考へても明らかであると思つ。

与えられた公式によつて橋梁やダイナモを設計し、あるいはレンズの曲率を計算するだけを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学生は哲

学的の思索にある時間を費やし、古いにしへからの学者の考えを学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

吾人が事物に対した時における心的状態を考えてみる。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えると急にこの渾然こんぜん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」は手で触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っている事が分るだろう。もう一步進んでそういう「自分A」を一つの認識の対象として見ている、もう一つの「自分B」も考えられるだろう、その時はAは所知者でBは能知者だと考えられる。そういう風に考えると一体能知者たる自分は何処どこに居るか。自分の手や足は平生は自分と一つになっているが、一度び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。こつこつ問題に対する答は哲学の問題である。有名な Cogito ergo sum と云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つと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ふ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つと、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ふ事である。すなわち所知者はかりを抽出してそれらの間の普遍的關係を論じる

というのである。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も更に生命というものに関係を持たない所知物を探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つ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外されてしまつて、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ふ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び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っている時に物差と私の眼や手が器械になつて計っ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と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う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る私と物差とを引くるめて、長さを計っている私を全体として見た時にそんな事をしてる私という人間や

その行為が如何なる意味や価値をもっているかという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。もつ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、ただここに大い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^{どこ}までも自分の困^{かた}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^{つか}まえにくい不安定で時と場合により変化し殊^{こと}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学に馴れたものからは容易に想像される。次には感覚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学で取扱うとき個々に独立した觀念でなく縦横に錯綜したものである。物理学者にして始めて心理学の書を見る時に起る感じは實際そうしたものである。心理学上の実験と称するものに類するものを物理学上で求むれば例えば紐糸のごときものの延長を実験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 などと称する時間的前後に關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実験心理学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学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。

次に生物の生理学は如何なる地位を占めるものであるか、一方において生理学は心理学と接觸する、殊に感覺に關する神経系統の問題がそうである。心理的現象と生理的器關の化学的变化なども研究される、また一面進化論には直ちに哲学の問題に結びつく。生物学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ここでもそれが物理解学に対する關係から考えてみようと思う。生物学が単独な個体の記載的學問から進んで分類学に入る。そ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学的の問題が起る。そして生物を單なる機械として取扱っているうちは物理や化学の応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歸着する。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。この一見單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單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へば物質原子のごときものはもはやあまり簡單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。そして同じ酸素原子と稱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ったようなものを存していると考えなければならぬ根拠がある。かくの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ろうか、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。後のこと空想も急に否定し去る事は困難なることと見える。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ことと見える事がある。物質界では second law of thermodynamics によってあらゆる差別が取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 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つてではない。もし上の空想が当たつたとしても生命の不思議を細胞から原子に移したといつて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つと物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自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。

Loeb 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い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る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気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気の研究になる。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自ずから通有なものが出て来る。すなわちAなる具体的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体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砕かれ砕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。

こついつ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。更に簡単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らう。

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つて来たのであるがかくのごとき判然たる區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と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都合が悪い。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れるべき運命となつたのである。

物質的科学的内に数えらるべきものは枚挙に暇ないほどある。天文学、気象学、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学的問題は物理学の問題であり最も科学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学的進展は一に物理化学を摂取する程度によつて定まるものであるつとつという事は疑いもない事である。

第六章 数学との関係

物理学と他の科学との関係を述べるに當つて一言付け加えておくべきは数学との関係である。

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学と称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にして起つたものかという事は六かしい問題である。人間の認識の最も最初に遡つて考えてみねばならない。吾人の意識が渾沌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つ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両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す事によつてあらゆる整数は出来る訳である。

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柢（こんち）に膠着（こうかく）したものである。従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らう。

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な意味をこれに附随して考えられた。シナやアラビアでも数は道徳や芸術と種々な形で聯関されて来た。ピタゴラスおよびその弟子の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徳上の概念例えば正義友情のごときものすら、その本質は数の關係によつ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關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、それがだんだんに變形され拡張されて分数や無理数や終（つい）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つ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關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（どこ）までも分析して行つ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つ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つ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^{もちろん}これとても経験の側から幾多の助けを仮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発点と矛盾する事はありません。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應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のであるが、問題が複雑になつ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つて得た結果を應用する場合に出発点を忘却して、結果を無限な処に應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應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つて与えられたる量を計るという事によつてその量はその中に含む単位量の数によつて代表される。しかる後にかくのごとくして得た数に数学を應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つて得た数には若干の誤差が附随している。従つ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かまど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ひっきやう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。(面白い一例をあげれば 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じまんし、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ぬ訳である。しかしこれも理論仮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ごみょうに陥る。)

実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 Airy が液体力学で波の breaking を説明せんとして失敗したごときそれである。

なお物理学の tool 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、それを物理学に応用する時に起る限定の必要を注意するに止めておく。

第二篇 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つ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つ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^{おもむ}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^もっている。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^{もつと}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^{こんとん}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。それで少なくとも物理学を生きたる知識として、人生に対して何等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つという立場からそれを見直す事が必要であろうと思う。そうでないとたとえ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言葉で定めるといふのは無理な事は明らかである。ある英国の小学生に紳士というものの定義を聞いたら「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。

* Physics とつうのは Aristoteles の哲学を整理したアンドロニコスにより metaphysics すなわち物理以上学に対して形而下学の意味で用いられた経験的科學の意味に用いられた。あるいはエピクロスによつては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。前の意味では格物学と云つ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、イデアや神や、あらゆる人間の観念として現われいやく苛く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はことごとく物と云われない。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 となる資料のときものがあると考えてそれを物と呼び、そのとき物の形相、属性、相互関係、変化など俗にいわれる現象はかくの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つて観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か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つ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つて規定される「事」であることにも思われる。かくのごとき問題は実は少しも窮極的な答解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」の観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ない。単に西洋のみならずシナやインドの哲学史を背景とし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當な事でもあり、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、また当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^{*}をおき、そこから出発する事によつて發達を遂げ得たものである。

* 仮定といっ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。架空な夢幻のごときものや、得体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^レというのはそれが個々の人間にのみ特有なものでなく、不具者や狂人でない普通な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樓閣はもう実在でない。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覺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、實際自分が目撃しないけれどもそれは従来しばしば多くの人によつ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。(實際これを論じた学者さえあるにはあつた。)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つ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つても、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云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らう。(こゝ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あごほねからして原人なる 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であらう。また例えば地質学のごときものの困難が想像さるるであらう。)

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、こういう素朴的な考え方で行けば通例物体と称するものの実在であり、種々な屬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。しかももう少しばかり立入って考えて行くと、例えば暗室の中へ這入って光のない場合の身辺を考え、あるいは盲になつた事を考え、あるいは赤い色で照らされた身辺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らう。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對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に認める一つの物体の觀念はその対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う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。感覺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と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へあるいは経験を超えた理によると考へるものもあつた。あるいはまた普遍的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覺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ろくいずれも相対的の真理であつてそのいず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へ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基督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、もう一度新たに出發しようとした。天が下に新しきものなして結局は昔からの潮流をつづけておつた。実在に対する考へもやはり唯心的なもの唯物的なもの、經驗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。

近代の始めに当ってコペルニクスが教会から物質界の研究が解放される緒を開きGalileiの仕事によって始められた経験的数学的な仕事^カが力学の発生を促しつつあった間に醸^かされつつあった科学的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っ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の学者の中にはRoger Bacon(1294)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「束」を計っ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英国に同姓の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関係の外は何も知り得ず、その範囲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いる。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idola^{*}(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^お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ろう。

* idola……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Baconと同時代でその対立となるのは主理的数学的なDescartes(1596-1650)である。甲が英国人で乙が仏国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いる。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いるのである。

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つと、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つた。かくのご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。かくのごくして彼はこの考えを力学光学に押し広めた。彼の特徴は material universe が mechanical に説明されるといふ事、action at distance の否定からエーテルを考えエーテル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る。現代の科学は Bacon と Descartes の結婚によつて産み出されたものと見てもよい。

Descartes 以後における實在に関する考え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 *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ブニッツである。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えた。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実在の簡單なる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つてそれらの段階によつて世界が成立する。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ふ事を論じそれらの単子の働きて世界は一定の必然な推移をするといふ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瓦斯論のごときもので分子の数が無限に大きくなつ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す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。それが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歩踏み出すのである。

ライプニッツの対偶であつたニュートンの実在に対する態度は 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実在と見た事を示し、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 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「とき形而上学的で先験的な「本来の觀念」の「ときものは信ずべからず」として破壊し、私の意識も神から授かった「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 に分った。すなわちデカルトが「本来の我」から数学的演繹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(マタ)の自体は分らぬ。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。而して物体ニツクについて認められる性質には二種あつ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。

Locke の後に来る George Berkeley (1685-1753) は、ロックの実体なるものの無意味を認め、認識の対象たる性質の背後に不可知的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 (Ess 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實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 David Hume(1711-1776)がまた突きくずしてしまった。彼は精神自身も感覚の集合にしてしまった。すべての観念というのは外的なり内的なりの経験が繰り返されて出来た弱い impression の模倣だとした。そこには精神とか神とか云って吾人の経験以上の纏まと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。(Hume 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、これが發達史の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経験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の態度を代表し、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發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 Kant 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 Kant の仕事を略述してみようと思つ。Kant は人間の思惟のあらゆる方面にわたつて、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スズメした人である。彼がこの点に哲学の任務のある事に着眼したのは、従来の学者のごとく認識の価値の標準をその仮定的な認識の發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つ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るまたはロック等心理学的にしるにかくそつ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えた。それがためには何か無条件的必然的に妥当と考えるべきものの前提となる把とまえ所が必要である。そのようなものが何処どこにあるかと捜した結果、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徳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えは成り立たない。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はないのである。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え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 Kant の研究方法に通有する問題は「アプリアリ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。アプリアリとは経験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てもない。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發する事によって造つた批評哲学の体系は monumental なものである。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つた。Poincaré）、次に自然科学に關しては時空間数のこときものは經驗によつて

得られたる概念でなくて却^{かえ}つて経験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経験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ところでは問題にしくてもよい）ている事。吾々の思维の形式たるこれらの形式にはめて始めて始めて現象の認識が成り立つので、それが当^{はま}て嵌^{はま}る限りに於いて實在的なものは考えられる。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^{ひつじきやう}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^{じゆんらい}のいわゆ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^{ゆえん}はまだ出来ない。これに加えて更に悟性^{ごせい}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わゆる範疇^{はんちゆう}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。）Kant はかくのご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圍を限定し、その範圍において真に自然科学といふ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^{はんちゆう}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。

* 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非個人的な組織が出来得る所以^{ゆえん}を人間精神作用の根柢にある先驗的統覚 (die transzendentale Apperzeption) と呼ぶものに歸した。これによっ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。

Kant はかくの「*Ja*」と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學的な領分を与える事につとめて道德や信仰の問題を論じた。

かくのごとく科學者から見れば Kant は科學の領域を明白に制定し、また科學的知識の意義を定めたと云つてもよいのである。これらの事は全く新しいものではなくても從來から考えられ論ぜられていたものが整理された觀がある。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。時代によつて professional philosopher の間に Kant 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當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ゐる以上絶對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、従つてその反對者や後繼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 Georg Wilhelm Friedrich Hegel (1770-1830) が現われた。彼はカントのごとく科學者でなかつたためもあるが、彼の哲學の中には科學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稱する神的精神が必然的に發展して行く活動的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發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つたような場合、ともかくも彼の言葉は吾々としてはあまり切實な感を与えない。尤もこの自然觀もそれだけで見れば実はそれほど Kant などと別なものではないが、哲學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ゐるのである。彼の哲學の效果はむしろ人文的方面において見るべきである。しかし知らず知らず Kant の流れを汲んでゐる吾々科學者も時々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のである。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の實在の考えやシュウペンハウアーの感覺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 Auguste Comte (1798-1857) が彼の實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、第三が實証科学の時代であるとした。彼の實証と称するは、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。従つ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ないが、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 Kirchhoff や Mach を通して科学界を風靡ふうびした。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。) Comte はいわゆる實証科学を数学、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。

英国で John Stuart Mill (1806-1873) もまた實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いものである。その他の Spencer が進化論の考えを基礎とした綜合哲学のごときも英国におけるベーコン以来の思想の集成であり諸科学の綜合として興味ある事も注意しておく。

James や Schiller による pragmatism には客観的の真理なく、人間要求の実現するため環境に適應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つて決するといふ立場である。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關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 Eucken や Bergson のご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起一伏が続行されるであらう。

以上は科学的に考えられる物や事の普遍的事実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之間に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つて直観的親知的に認むるものが同様な実在性をもつ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で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つた。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、物体の区別される關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が性質が作用かというつと、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つ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つてその力を及ぼす主体として何物かの存在を想わせた。また何か神的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つという考えがある事が覗うかがわれる。ニュートンが科学者として

の大き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ならぬようになった。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ャ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する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。尤もそのよつ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、ポテンシャルやポインティングベクトルや、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 Mach の云つよつに吾人の思索を簡単にするためのすなわち思索経済

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のものでなければそれを使っ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いと思つものである。もし果して然らば物理学の所得たる電子等も未だ決して絶対的確實な實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應じ、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や範疇や、便利を枠とし尺度としてそれに應じるように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。そこに科学的事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するものがあると考えまゝ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み難い。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 覚

思惟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。もしこれがなかつたら自己は暗闇であらう。一個の石塊と選ぶ事はあるまい。感覚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い。この点に重きを置き過ぎると感覚の外に実在はない、感覚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い。「人は万物の尺度なり」と云つた感覚論者プロタゴラスの言葉は解釈次第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つ。

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覚せしむる第六感を数える事も出来る。

視感に眼による。昔は眼から何かが飛び出して物に当たる時に見えると考えた時代もあつた。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で眼瞼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と称する凹処に生ずる。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つて眼球を貫き左右の眼の分が交つ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は不完全なる 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。詳しく云えば二次的の外界の 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、自分の位置を変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、自分に位置の変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二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つて有用であるかは云つまでもないが、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感的空間を有しない。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、ここではあまり縁がないから略する。聴感に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かんによって内耳の卵らん円えん窓そうに伝えられる。この振動が蝸牛かきゅうかく殻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。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

的振動体に応ずるからである。それはとにかく、聴感も発音体から出る波動を感じるものである限り、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主要点は、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なくともいたために直線的の進行をすると考え難くまた反射によつ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の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變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関係する電磁波と耳に関する弾性縦波とに煎じ詰められた事も偶然でないのに気が付くであらう。

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す。こゝういう性質から「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触する事によりて起るいわゆる「近官」と区別される。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瓦斯の瀰散は波動のごとき幾何学的なもので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、嗅領と称する処

にある嗅細胞に瓦斯が化学的作用を生じるために感ぜられると考えられる。(しかし必ずしも瓦斯でなく液でもいという説もある。)

味覚は口腔内で主として舌の面^ニにその上面にある三種の乳頭と称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^{かんさんくかん}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關係するから最も *secusal* 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^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^は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^はというのは放電に伴うオゾンの香である。)

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關した感^覚や耳石によって起る加速度に關する感^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面に相応し、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なる度までこの感官が役立つ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、相対原理の与つるごとく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に聯関してゐ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もここにあら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區別せられる。これは例え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つたものである。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関係もなくなつ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。盲人にあつてはその空間は主にこれによつ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摸索し得る空間の延長は至つて小さなものであるから従つて盲人が自分の廻りに云わば携へ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つても、また上の内耳の有機感覚はあつても極めて loose なものでなければならぬ。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。

* 盲人の世界については (Pierre Valley, Le Monde des aveugles) を見よ。

次に狭義の皮膚の触感は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。(例えば冷点は寒さだけ感じず熱さや、痛さは感じない。冷点温点は皮膚の衣服で蔽おほわれる部分に多く、圧点は露出して物に触れる事の多い部分にある。そして掌てのひら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ゐ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。) 圧感は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。従つ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ぬものである。例えば風を感じても空気の存在を忘れるが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、のごとき屬性に関する言葉は最初はいずれもこの圧感はに関するものである。寒熱の感はは元は物理的状态の最主要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にもなるものであるために漸次物理学から追い退けられて、熱の機械観が取つて代つた。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学の進歩はよほど違つた道をとつたかも知れない。最後に痛感はこれが快不快と直接関係する限り、心理学の領分にはいつて物理学とは縁が薄い。

さて以上の諸感覚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に当てはめるためにあらゆるものを測定をに帰する必要が起つた。測定とは後に述べるごとく長さや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器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った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つたというのが理想である。こつなつてしまつ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原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を放逐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ょ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自然の過程の帰結であつて、除去され放逐されたものは影であり幻であると観す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。Kantのごとくこの形式は経験以前のものと考え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つたとすればそれは何を意味するであろう。ちよつと考えるとこれで見覚の實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的実在が人間を離れた絶対な実在であると思つのはまだ早過ぎる。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、絶対に非人間的実在を証するものとは思われない。科学で得られるものは結局科学的実在に過ぎない。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ってい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 Mach 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た意識マク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単純化を行う、また感覚の不充分を過去の経験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。この作用なくば感覚はあつてもそれはただ写真や絵の反古ほこの堆積に過ぎないだろう。この知覚作用が感覚を処理する過程は吾人の認識の機巧であり従つ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しいわゆる悟性によつて更に第二次の整理、選択、簡化、補充作用を行つ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つ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覚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ものはず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ってい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変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つたりする例は沢山ある。

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しいちがった点が種々ある。空間知覚は感覚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のの同時比較が行われ得るのでこ

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することく思われるが、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に、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対する期待緊張がその出来事の現出によつ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。つまり科学的事実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あるのである。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う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つ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で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非常な面倒な形に換算されなければならない。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ない。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る。

* 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。こうなってしまうば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い、つまり幾何学的な量になってしまふ。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ウスキーの世界で時が $\sqrt{1-v^2/c^2}$ 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つた以上、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ふ。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の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現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つ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。そしてエントロピーをもつてあらゆる変化の進行に際し決して減ずる事なく、不断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つ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 t と物理的なエントロピーに分たれたとも見る事が出来よう。もし世界が entropy の増大によつ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 によつ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る。Bergson のごときその一人であつた。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」と云つた。そして Kant が空間的な時間を知的認識の形式と考えたに対し、直観的認識の根本形式として純粹継続 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のである。

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。かくする事によつて時は連続的な数

学的の量となる。しかるに一方主観的の「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つ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。かくのごくなる事によつ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闕いさいという。聴覚では $\frac{1}{40}$ — $\frac{1}{80}$ 秒である。星の子午線経過を観測する時、望遠鏡の視野で星の悌おもかげ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対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観時間と客観時間の差は科学者の注意すべき錯覚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れは怪しくなる。吾人の視野において特別注意をもつて直視される部分は割合に狭いものである。例えば書物をあけて見ている時でも一度に眼に見えて纏つかまったものとして把つかま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つまでにはどうしても何遍もその字画の線をどうにかいう順序にたどつ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つ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闕内に完了される。それには無論記憶によつて感覚の一部分が機となつ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

に帰つ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^{もちろん}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や時の延長との間には知らず知らず一種の聯想が起つて来るに相違ない。すなわち吾人の時の觀念が空間と關係されてい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つて考える時には如何に密接に相纏繞^{てんじょう}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初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覚の要素であると考えられ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覚の分解によって生じたものである。(アリストテレースは時は運動の附屬物で動ける物体のある所のみあり、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覚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。こゝろ考えて来ると時間や空間はただ運動を表わす便宜的座標に過ぎなくなり、この運動をreferするための座標軸は無数に可能になり、それらのおおの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*。

* 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るか。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。長い短いという觀念は数に関せず考え得る。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 100000 でもあり得る。しかし異なる沢山の棒を比較する際にこれらの長短の段階を何等か普遍的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をある整数例えば 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。これは分り切つた事であるが、このような必要からして 1 の subdivision が起つて数の考えが拡張され始め、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る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つ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えば衣食住の需要に応ずる物の過不足の詳しく知識の必要、従つて起る物品の交換売買のごとき事柄から起るであろう。しかしもつと立入つ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

間知覚に關係して来ると思ふのである。人間がある連続的に起つてゐる感覺的現象に注意する時に吾人の注意してゐ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むのである。これは日常の経験からも人の知る処である。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と聯關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へる。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つてゐるかと思はれる。それが内臓の有機的感觉や環境に起るあらゆる律動的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なるものであるか。如何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、その両者間の關係等は極めて自然的な、吾人の日常經驗と調和させやすいものである事は明らかであつた。しかしユークリッド幾何学が先驗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發して行けばあとは嚴密な論理の筋道をたどつて一つの空間が出来上がる。この出發点が不都合であるという理窟は何にも見当らない。(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つ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つた。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情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える必要が起る。しかしアインシュタインの考えたごとく情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え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^{まちまち}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つて始めて迷夢が一掃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えないのである。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ゐ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え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。吾人の従来学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、少し懐疑的な思索をする人には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つたのである。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つた。水星内部に存する未知の遊星のためとも考えにくかつたのでこれは一つの疑問になつ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に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さかさまに見て行く事が出来ると云った。これは面白い話ではあるが果してそういつ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へだ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つ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つたら、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發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かえ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うならその代りにある天体を考え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が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え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えの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つていなければ工合が悪いの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つた。光の電磁説の世になつてもエーテルの仮想はいつも難儀な問題の種になつた。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つた。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關係が分らず、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つ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つた、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つた。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つた差異は起らないのであるが、電子のごときもの实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と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つ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關係を最も根本的に考えてみたのである。従来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つて自分の世界のみならず他の世界の上にな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ずれか一方例えば吾人の親子兄弟のいる方の甲の世界に負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ない。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いで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

$$\frac{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} T}{\alpha}$$

を得る。また鬼人が α 秒ごとに光を出すのを地球で見ているとすればその間隔は

$$T \left(\frac{\alpha}{\alpha + 1} \right)$$

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つて異なつ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。従つて双方で測つ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つ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つているとするより外に道はない。そして地球が見て鬼の時計がちがつているといふ同じ言葉で鬼は地球のが違つ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對運動の場合に、そのいずれが静止せるかによつ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いかもこれに及ぶ偶力によつて知らるるはずであるのにトラウトン・ノーブルの實驗ではこれが認められない。Lorentz は既にマイケルソン・モーレーの實驗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つたのであるが、これがアインシュタインによつて一般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思ふし、その考えに適合して相對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たうちは色々の厄介な、手がかりのつかない問題が起つた。しかしそれは大抵ローレンツによつて電子論から説明された。しかるにマイケルソン・モーレーの實驗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対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対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。そうすると地球に対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。両つの系の間に何の交渉も起らない。うちはいいが両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両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おいて光の外はない。

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・モーレーの示すごとく全く恒同であると考え外はない。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 prototype (原型) 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 test を行うあらゆる方法は直接間に光の直線的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つ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のである。吾人の空間の骨格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つ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つ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甲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観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

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

に当たるとすれば、すなわちこの割で鬼の時計が遅れて行くとすれば一先ず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

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

であり鬼が受取る合図の間隔は

$$\frac{T}{K \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)}$$

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 $K = \infty$ となり地球から見て鬼の時計は止つてしまふ。このような考えを更に押し進めて行つて、この世界で距離 l を距つる二つの時計が合つていてと考えられる時にこれを甲から見ると合つていないといふ一見不思議な結果が得られる。すなわちこ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、このメートルは甲が見て自分の単位より短く測られるといふ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ふ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ふ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へ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実際少なくと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 がそふであり、畢竟エネルギーすなわち物質である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ふと思つたのである。

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當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。すなわち惰性を与ふ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関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関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とはや直線でなくなる。すなわち光の屈曲を起すと考えるに相応する。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つ。

空間の際は限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ければそうである。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 Mach や Pearson や Poincaré 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間の区分をし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なる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かそのような事の有無が験され得るような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い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の考えはある座標とその 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った。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なる点にも同等であるという事に帰着する。このよつな考えで entropy は整数で現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こ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つである。もしそつであるとするれば光の伝播てんぱにも何かそつ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つである。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つな考えがもし可能であつたら何等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つのである。(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つて、現象は物質の形相変化や關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。人智の開發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らう。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。タレースが水、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、またヘー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える考え方に応

じる。またプラトー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。エムペドクレースは火風水土の四元素を考え後世の化学的要素の源となっている。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えたり、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* (熱気) と称する物質的なものを考えたりしたのやこの種の考えは勿論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ボ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れるといふ考えや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う考えにも通じている。エピクロスは原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ックのいわゆる第一性質と第二性質の元祖とも云われる。(31頁参照。)

力学において考えられる質量の惰性や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ー、ニュートンを経マッ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ッハの『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つたものであつて、その要求の眼鏡を通して世界を見、その要求に應ずるように自然界を掘りくずして行つて掘り当てたものがすなわち物質の質量であつたのである。一見この要求に反することき場合の起つた時には、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。しかるに電子論の發展の結果質量が運動によつ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觀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つ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らぬ。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。一方で瓦斯体のごときものは固体とちがつて判然たる境界を認め難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ぶ事はないのである。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えている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している。あるいは瓦斯論におけるごとく分子に解体して考えなければすくなくその分子の大きさや形が問題になるのである。

固液氣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。特に完全剛体の考えが吾人の空間觀念に密接に結ばれているの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、現今においてはごとく分子ないし電子数や配置や運動に關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ゐる。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ゐるのである。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ゐる。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たくつ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ざる外はないと思われる事柄は枚挙する暇いとまのないほどである。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っ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とまつた觀念の対立が出来るかという問題が起る。同じ原因と称するものが繰返され得るかという問題が起る。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く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う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

いう考えが籠っている。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」でもライブ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う考え方もある。この考え方はある意味では因果の関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へ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、果あつ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に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英国へも発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瀰散した。それで物理学の問題には Why? はなくて How? だけであるという事がもて囃は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。このような考え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。

しかし吾人の考う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観念である。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えた方が妥当である。それで何等かの道を通れば任意の二つのもの間に因果の径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、桶屋が喜ぶという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戦の原因をそのような網の中に鎖すなわち必然な径路を求めるためには網系の若干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系を切つてよいかという事が問題にならなければならない。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系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。

アリストテレー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りその動因は重力だと云えば、それは物質の性質によるのである。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えたに過ぎないので、運動と重力との間に時間的の差異はない。すなわち前来の意味で因果ではなくて、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つ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つ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つて圧力や磁場の検査を行わなければならない。すなわち觀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。直接表面に現われ觀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。こつ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區別を認める事が出来るであらう。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肘いても差支えはない。条件と現象と云つてもよい。しかし俗に因果と称する語にはこの種の関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つ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ろ第二次第三次の結び玉を伝つ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區別のある事は明らかであらう。更に例を挙げ

ば、林檎^{りんご}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、それほどで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^{こと}殊にその近所にある質量の排置が変ればその林檎^{りんご}の運動は影響されるかも知れない。(否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^{りんご}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^{りんご}を横取りするとき事柄は場合によって起つたり起らなかつたりする。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^{ごうぜん}の方則^{ほうそく}(78頁参照)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関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ふ経験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^{かさん}的^{てき}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ごとき場合(かくのごとき場合はいくらかも考えられる)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捜るのが目的であり仕事であつたのである。例えばもし甲が乙に及ぼす重力が丙によつ

て変るがご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っている。

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くないという事がなかつたらどうであるう。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周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つたらどうであるう。あるいは棒や尺度の長さが過去の取扱いの歴史によつて著しく変るものであつたらどうであるう。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のである。而してまた特殊の現象に例え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がごとき物理的原因あるいは条件を見出しこれによつ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単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遁げてい

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つ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そごは両者の認める因果の定義の齟齬そご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総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ウィ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えの外に置いてい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、素人の意味で的中しないのはやはりここに帰因するのである。

以上の所説によつ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ふ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葉を答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らうがそれは形式上やはり等量関係に直されていると思つ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ブの大きさが変り弾性が變つて運動が變る
ごとき事があるが、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
結果の变化を生じたとも云われるように思われるが、熱の变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^{かえ}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
擦や空気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のもの
の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^{もつと}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気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。

機会因が人間や動物の意思に係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。しかしまた機会因と称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関する問題には箇々の分子原子の運動を知り難い。例えば瓦斯論におけるごとく分子相互の衝突を考つ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駆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ルミニスト流の考え方ではこの場合電子の逸力「出」を起すべき能作因は常に内在し、ただ放射がある不可知な媒介者によつて機会因として導入せられるときに必然に起ると考ふるであらう。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らう。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ぬ。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捕えていない。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、ブートルーのごとく吾人のあらゆる知識は蓋然のみと云っても不都合はない。

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。伝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え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ぬ。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っ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や測量家の得た実測材料を整理し「最も確からしき値」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

子構造を考うる必要が起ると、もはやすべての問題に偶然の入り込む事を拒み難くなった。マクスウェル、ボルツマン等の瓦斯論ガスに関する研究や、ギブスの概括的な統計力学が発展された。輻射の源が分子的になれば従つて輻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。その他天文や気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。殊こと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らう。

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つ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つ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みな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ひ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、どちらが出るか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ふ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さ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ない。理由を知らぬといふ事は理由のないといふ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かといふ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の形像が反証する。

金米糖こんべんとう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わんきよく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るが、それはこの種の問題の研究法が発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。^{**}

* これは山脈の生成や、生物の胚の發生に應用される。

** 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ま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こと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あ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つのである。

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対率論的解釈は非常に興味ある事である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Machの『力学』に纏められたガリレー、ニュートンの古典的力学からマクスウェル、ヘルツ以後の力学的電氣觀に移り、ローレンツ、アブラハム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。そして元来は感覚から出来しめつたいした物理的実在が次第に感覚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ってまたある意味から云って人間に帰った事を認めるであろう*。

* Planck その他は authoropomorphism (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れる恐れを防ぐために著者は特に感覚と空間時間との関係を取り立てて見たのである。

第三篇 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つたが、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。従来の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情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 of 質量なるものは速度によつ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第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つ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つ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総合して比重と他性質との間の関係を求むるがごとき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ふる時に考ふ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秩序的排列が考えられる。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數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學的の量に直接關係しているから、吾人の力學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。しかしもしも吾人の物理の出発点において例えば Planck が提出せるごとく電氣や Wirkung 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ごとき存在であつたとしたら、比重なるものは恐ろしく非直觀的な分りにくい量であつたに相違ない。

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つ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。従つ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つ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的のものに変化するのである。尤ももつと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に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う事である、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。次いでは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う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ガラス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つ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つ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えているわけでは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覚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* としてむしる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る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つた後に色によつ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つて起るかといふ事を考えるとすぐに一体光は何物かといふ問題に逢着せざるを得ない。

昔は吾人の眼から何物かが飛び出しそれが物体に当た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る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学説でも充分である。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、炬火たい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い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。しかし例えばある瓦斯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瓦斯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っ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出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。Newton もこのような考えであった。もしそうであるとするればその速度が計られるはずである。ガリレー は実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った。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当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らで彼の同時代のハイゲンズ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 Lorentz 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つて考えてみれば、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。次にこれらの対象が何等かの数量的な差別によつ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屈折率の相違によつて)。これらの差別が運動学的力学的な差別によつて云い換えられる(振動の要素や粒子の速度等)。そうする事によつ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エルの理論を導いた。十九世紀の物理は主としてかくのごとき力学的自然観であった。その後電気に関する研究の急激な進歩によっていわゆる電気物質観が盛んになったが、それも物質というものを電気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関係であるからこれらの結果もやはり等量関係の記載である、こつと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覚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、その伝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帰せられ、固体の場合には音響学的振動と関聯された。放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つて光波と同一のものになつてしまつた。X線もこの頃になつ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つてすべてが電子の運動によつ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(例ポテンシャル)、それを數量的に規定し、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対する方則である。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仮説が必要になる。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実験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数多あまたの方則が一つの方則に纏まとめられればその結果は知識の整理という経済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仮説は必ずしも単義的でなく色々の可能な仮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仮説は一種の事実として認められるのである。

臆説と仮説と直接に確かめられざる事実の間にはあらゆる段階があつて、その間の区別や定義は困難である。しかし現在仮説として認められている多くのものはある一方面的事実を説明するには好都合であるが他方面に対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説のごとき仮説と考えられマツハのごときも思考経済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、しかし輓ばん近きんに到つて、少数分子の關係するいわゆる paucimolecular 現象ブラウン運動や α 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實在という事はあたかも茶碗や机の實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まと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。これによつ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つて、この方則通りの運動が起るか少しも分らない。こつこつ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ふ事実をニュートンの方則から演繹せられるといふ事について云えばこれは Why? の答解であると云つても差支えはない。しかしまた強いて How? だと主張したければしても勿論たふし悪くはない。

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? という疑問は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「悪戯いたずらをするから」とか「癩しかくに触ったから」とか答える。そこにはいわゆる動機の問題がある。道徳の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」

• 『寺田寅彦全集』第十卷（一九九七年九月、岩波書店）所収。

• 底本には振り仮名が付いているが、読みやすさのために、さらに振り仮名をつけた。底本と新たに付した振り仮名とを区別していない。

• PDF化には \LaTeX 2 ϵ でタイプセッティングを行い、`dvipdfmx`を使用した。

科学の古典文献の電子図書館「科学図書館」

<http://fomalhaut.web.infoseek.co.jp/sciencelib.html>

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

「科学図書館掲示板」

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

を御覧いただくか、書き込みください。