

最近の自然科学

田邊
元

序

現代文明の物質的方面が、最近の自然科学の進歩に負うこと如何に多きかは今特に言う必要もない。古人が夢想だもせざりし諸種の発見、発明に由り、昔ペイコンが「知識は権力なり」と云つた言葉を其まに、人間が自然を支配すること今日の如きは未だ嘗て^{かつ}あらざる所である。併し^{しか}ながら斯^かかる驚くべき自然力の利用駆使は決して基礎無くして出来たものではない。人は自然を使役する前に其秘密を^{あは}発いて、其真相を知得することを要する。実地応用の偉大なる結果は、他方に精緻^{しんすい}深遠なる純理的研究を豫想する。而して^{しじう}此等の研究は又必ずしも利用厚生の効果如何に^{かかわ}拘らず、真理の体現として其自身に価値を有すること、宛^{あたか}も芸術品の如きものであつて、最近の科学研究が産み出した所の自然観こそは、彼の応用方面の驚くべきにも優り、其偉大なる体系、其細緻なる理論に、吾人をして感嘆の情禁ぜざらしむるものがある。併し^{しか}ながら自然科学は万能では無い。其認識には限界がある。吾人は其偉大なる成果を知ると同時に、それが抛つて立つ所の基礎方法を明にし、其意義限界を^{つまびらか}詳にしなければならぬ。余は本書に於て先ず最近の自然科学の理論的研究を略叙し、科学的自然観の大体を述べ、之を哲学の見地より批判して其意義を明にし、以て一般教養を求めらるる人士が、現代文明の一大要素たる、自然科学の何物たるかを理解するの一助に供せんことを試みた。善き意味に於ての通俗的一般的ということは、余が本書に於て第一に留意した所である。

併し^{しか}余は同時に本書を科学の専攻者と哲学の研究者との座右に呈したいと思う。余が第三章より第五章ま

でに述べた最近物理学の理論の大体は、長岡半太郎、水野敏之丞、本多光太郎、桑木或雄^{あやお}、愛知敬一、石原純諸教授の著書、講義、論文、及びポアンカレ、プランク、シュスター、ホイーザム等諸氏の論著から摘録概括したものであつて、専門の科学者諸君に示すべきものでは無い。而して^{しやう}此等の知識を基礎として試みた第六章、第七章の自然科学の認識批判も、余の知識の不足、不精確な為めに、正鵠^{せいこく}を失するものの甚だ多いことを恐れる。併^{しか}しながら其等の缺点にも拘^{かか}らず、自然科学者諸君が自己の従事せらるる所の研究の意味を反省し、其認識の価値、限界に関して批判的の眼を向けらるるに至る機会を供するという程の用には立つかと思ふ。勿論^{もちろん}余は余の未熟な見解を以て諸君に教えるという如きことを僭^{けん}するものでは無い。唯往々にして見る所の科学者の独断、偏見を去り、一層広い立場から自己の専門を眺めるといふ態度を、幾分^{いくぶん}にても諸君に紹介することが出来れば余の望は足るのである。

哲学を研究するものが自然科学の知識を有しなければならぬということは常に口にせられる所であつて、又實際哲学研究者の多くが常に念とする所である。併^{しか}しながら最近に発達して、哲学上重大の意味を含んで居る所の自然科学の理論を大体なりとも知了するといふことは一通りならぬ難事である。専門科学者の論著は容易に就くべからず、通俗の書は最近の根本的な理論に触れて居るものが少い。余の如きも此困難に悩まされること久しいものであつた。今余が此書に於て試みた所の最近物理学の理論の叙述は全く前記諸氏の賜であつて（此機会に於て余は特に余に講義の聴聞を許された本多教授と、余の質問に一々親切な指教を与えられた石原教授とに対して感謝の意を表したいと思ふ）、而も^{しか}余の知らずして其意を誤り伝えて居る事無きを保し得ざるものである。併^{しか}余は此等の部分に於て出来得る限り周囲^{しやうぐわい}の注意を以て、余の理解し得たる範圍に於て、哲学上重要な意味を有する所の理論を、統一的自然観の見地よりなるべく簡明に、理解し易く述べること

を努めた。我国は勿論西洋に於ても斯かる目的を以て書かれた書籍の極めて少き今日、此不十分なる叙述も従来哲学研究者の多くが感ぜられた要求の幾分を充たすに足るかと思う。若し夫れ終の二章に述べた所の自然科学の哲学的批判は、哲学叢書的一篇たる本書の性質上全体の中心的位置を占むるものなるに拘らず、余の研究の未熟と、通俗を主とする目的の爲めに、重大の問題を軽々に論断し、説いて詳ならず、語つて精しからず、到底哲学者諸君の批判を仰ぐに足るものでない。唯此書に述べた所の不完全なる説論も、余が知識哲学の唯一の正常なる立脚地と信ずる所の、カントの先験論をフェノメノロギー（現象）に由て改造発展し、論理主義に直観、体験の基礎を与え、単なる価値の理想主義に対し、實在根拠を発見するという見地に立つものなることを一言したい。其詳細の研究に至つては、余が畢生の業として成を他日に期するものである。

大正四（一九一五）年十月

仙台にて
田邊 元

緒論

此書題して『最近の自然科学』という、一見すれば其目的とする所、最近自然科学の発達を叙し、各分科に於ける現在の状態を概観するにあるが如く思われるかも知れぬ。併しかしながら斯か様な科学の鳥目観という如きものは、特に哲学の業と称すべき理由がない。哲学叢書的一篇（岩波書店発行「哲学叢書」全一二巻の第二編として一九一五年に刊行された）として、此書が哲学的文献の一たらん事を期する以上は、其目的とする所単に自然科学研究の成果を集しゅう排たい列れいするといふ事ではなくして、其外に特に哲学的の意義を有するものがなければならぬ。詳しくいえば此書の目的は最近自然科学の哲学的考察と名くべきものである。然しからば其意味は如何なるものであろうか。之を明にするには先ず科学と哲学との關係を知る必要がある。

物質的自然界の諸種の現象を研究するに、夫々所謂自然科学の諸科があり、又精神現象の研究に心理学を始め、普通に所謂精神科学の名の下に包括せられて居る所の諸科学がある以上は、此外に科学的認識を得る事を目的とする研究というものはあり得ないように思われる。實際科学者の中には人間の知識は全く特殊科学に盡きて居る、其外に哲学という如きものはあり得ない、古来哲学と称せられて居るものは科学と同様の確固たる認識ではなくして、詩歌と同じく空想の産物たる概念詩といふべきもの、或は宗教の如く信仰の範囲に属するものであると考えて居る人もある。此主張は實際根柢の全然無いものではない。哲学の過去を顧みると此臆断に裏書するような事が少くないのである。今簡単に従来哲学の内容が如何なるものであつたかを

述べるならば、古代に於ては哲学も科学も判然たる區別なく、凡て直接の實用を目的とせずして純粹の究理心を満足する事を目的とする研究が皆哲学と称せられて居たのである。語原に遡れば哲学の原語 *gynaoologia* は *gynao* (愛) と *oologia* (知) との二語の結合に由て生じたものであつて、愛知、求知の意味である。即ち真理の愛慕によつて促さるる學術研究は皆哲学と稱して差支ないのであつて、畢竟學問という程の意味である。

希臘の哲學者プラトン ギリシア Platon (427-347 v. Chr.) に「幾何學及び他の哲學」の語あり、同じくアリストテレス 紀元前 Aristoteles (384-322 v. Chr.) は物理学 (物質界を研究する學問という広い意味に於ての) を哲学の一部と考えた。然るに漸次特殊の科學は夫々特有の名稱を以て呼ばれることになり、各々獨立して一般に哲學の名を冠せられることがなくなり、唯アリストテレスの「第一哲學」と呼んだもののみが此名稱を保持する事になつた。これは個々の科學が吾人の經驗する現象の學たるに對し、現象の基礎となる實在の根本原理を明にする研究を意味するのであつて、プラトンが哲學の主要問題と考へたのも此に外ならない。此が特殊科學と區別せられた哲學の初であつて、所謂形而上學に外ならぬ (形而上學の原語 *Metaphysik* は「物理学の後」という義で、アリストテレスの遺著の編纂せられる際、前述の「第一哲學」が物理学の次に置かれ、『物理学の後の書』と命名せられた所から起り、形而下の經驗的自然界を超越して、其基礎となる形而上的な根本原理の學を意味するようになったのである)。ヨーロッパ 歐羅巴中世の哲學は大体に於て宛も宗教の奴碑と稱すべき状態に在つて、基督教的の信條を疑うべからざる終極の真理とし、之に理性を満足さする如き説明を与え、或は信條相互の調和を計つて組織的の體系を構成する事を其職としたのであるから、哲學は即ち神學に外ならず、而して其外に經驗的事實を根拠とする自由な科學的研究と稱すべきものは殆ど此時代には認められなかつたのである。文芸復興時代以後、近世に於ては經驗科學新に勃興し、自然現象の研究隆盛となつたが、哲學は之に對し、現象

ならぬ實在の根本原理の学として対立し、哲学は即ち形而上学を意味して居たのである。然るに十八世紀の終に出たカント Kant (1724-1804) が真理の意義、科学的認識の基礎を批判し、数学、自然科学を可能ならしむる認識の原理を明にすると同時に、此等の学の関する所の經驗を超越する實在は、それを認識すると標榜する所の所謂形而上学に由て到達し得るものでなく、唯道德の豫想として信仰の上からのみ其真相を掴むことが出来るものなる事を説き、科学のみならず道德、芸術、宗教等凡て人間の理想的産物の基礎根柢を明にする事を試みた。是に由て古代に於ける如く科学と同じ対象を要求する哲学の無用なる事は勿論、科学と異なる対象を要求する所の、現象に対する實在の認識としての哲学（形而上学）なるものも否定せられることとなつたのである。其結果斯かる意味に於ての哲学は、或は感情の要求に基くもの、或は信仰に属するものであるという意見が勢力を占めるようになったのも正当の事といひ得るのである。特に十九世紀後の自然科学者が哲学の認識たる事を拒み、之を独断、空想の産物と見做すのは、カント以後に現れて一時非常の勢力を占めた所の、十九世紀初に於ける独逸唯心論の哲学者、殊にシェリング Schelling (1775-1854)、ヘーゲル Hegel (1770-1831) というような人々が自然科学を軽蔑し、自然界の現象に関してまで、自然科学の堅実なる研究の結果を無視したような空想的の原理を立てて、自然哲学なるものを組織したのに激して、反動的に哲学の無用有害を唱えるに至つたという歴史的の事情があるのである。此反動的傾向は十九世紀の前半に始まつて後半に及び、今日迄全く其跡を潜めたという事は出来ない。然らば哲学は科学の外に、後者と同様の普遍的妥当性を有する必然的な真理の認識として立つ事は出来ないものであろうか。否カントの始めた科学批判というものが哲学の眞の職分として吾人の前に存在するのである。カントの業は囊に述べたように科学批判に止まらずして、一般に人文の理想的産物の基礎を明にする批判哲学 (Kritische Philosophie) の建設にあつたのである。

が、今主として特殊科学に關係して考える時、吾人は科学に對立する哲学の職分として科学批判を承認しなければならぬのである。

然らば謂う所の科学批判とは果して如何なるものであろうか。經驗的事実を与件とする所の經驗科学は其研究を始めるに先だつて、已に經驗の可能なる事を豫想して居る。即ち空間の或場所に或時間上の出来事として起る所の現象の体系を、個々の科学者に特有なものでなく、如何なる科学者にも經驗せらるべき共通な研究の對象として仮定することに由り、始めて科学は其研究の材料を得るのである。併しながら此様な現象の經驗というのは如何にして可能であらうか。常識は一定の実在なるものが吾人の精神に對立し、精神は之を模写すること宛も鏡が物を映す如くにして經驗が成立するのであると信じて居るが、少しく反省を加えるならば、却て吾人は經驗を離れて、之に對立する実在の世界という如きものを知る道の無い事は直に明となる。然らば吾人が世界というのは如何なる意味を有するものであろうか。其經驗は如何にして成立するか。又經驗世界の中に物質界と精神界というような對立を生ずるのは如何なる理由に基くか。即ち一般に經驗の可能根拠、其意味如何ということが先ず第一に吾人に對して問題となる。次に科学は此等の与えられたものと仮定せられて居る所の經驗的事実を材料として、其目的に應じて種々の手續を加えて所謂科学的認識を得るのであるが、其場合に於て科学者は単に其自然の能力に従つて業を進め、一々自己の研究の結果が如何なる意味を有するかを反省しない。然も其研究の結果は実在する世界に當嵌まる客觀的の認識であつて、単に自己の意見に止まらず、何人も之を承認すべき普遍的の効驗性を有するものであると信じて居る。即ち科学は一個人の私有財産でなく、人類の文明が産出する公共財産であつて、何人も其価値を認むべき真理の体现であると信じて居るのである。併しながら科学的認識の真理というのは果して如何なる事を意味するのであろうか。

常識の立脚地では宛も経験あつかがそれと独立な実在の模写であるが如くに、又科学的認識も経験的事実を模写するものであつて、それは矢張実在の真相を写し出すものであると信ぜられて居る。これは果して是認せらるべきものであろうか。斯かかる信念は如何なる根拠を有するか。抑も科学的認識は如何なる意義、価値を有するものであろうか。凡すべて斯か様な問題が吾人に対して起り来るのである。而して此問題に答えるに當つては又科学が最初与えられた同一の経験に施す所の手續の如何に従つて、研究の成果が違つた意味を有することになるから、科学と称せられるものの中にも其研究の方法に由て種類を異にするものが生ずる訳であつて、科学を其経験に対する関係、之に対し施す方法の上から（従つて此方法を手段とする目的の上から）分類するといふことが出来る。是に由て科学の諸分科に対し、それが人間の知識体系中に占める位置を指定し、其方面から見た諸科学の意義、価値を明にしなければならぬ。

此様な問題は夫々の特殊科学が最初から仮定して居る所の基礎、方法に関するもの、或は其研究を進めるに当り之に対して顧慮する必要がないような、結果の意味に関する問題である。其故其研究は明に特殊科学の範囲を脱するものである。経験は仮令たとい如何なる根拠に由るにせよ事実として現に成立し、之を科学研究が如何に処置するにせよ、科学は又現に事実上存立して居るのであるから、此等の問題は科学的認識が事実上存在するものと見做みなして其根拠となる論理的の基礎を明にし、それに由て科学的認識の意義価値を決定する事を目的とするのである。斯様に事実上存立する所の科学を其対象とする以上は、此問題の解決は明に特殊科学の範囲以外に属するものでなければならぬ。而もしかこれは科学が事実上成立する為めに論理的の豫想となる基礎を明にし、其成果の意義を知ろうとするものであるから、個々の特殊科学以外に吾人の研究を要求する問題たることを認めなければならぬ。而して其解決は単なる想像や信仰に由るのでなく、嚴密な論理に由る

のであるから一個の学を成すものといわなければならぬ。これこそ特殊科学以外に存して学的認識たらん事を期する哲学の眞の職分である。哲学が科学に対立する一個の学として存在すべき理由は此処に存する。前に述べた哲学の内容の変遷中、カントが創始したと云つた所の科学批判とは即ち此の如きものを謂うのである。此処にいう批判とは、科学の学説を批判して其優劣を決定するという意味ではない。科学の学説の優劣興廢は科学自身の範圍内で行われる事であつて、哲学が外部から之を左右するというようなことは決して出ない。哲学は斯かる不当な要求を敢てするものではないのである。嘗ては哲学が科学の上に立つものとして斯様な不当の企を試みた事があるけれども、其結果は哲学が科学の蔑視を受けるに止まつた。現今の哲学は一層謙遜な態度を以て、科学が其自身の立脚地から為す所を凡て事実として受け取り、然る後其根拠を明にし、其意義を批判しようと欲するのである。批判という意味は、科学者は多くの仮定を置いて研究を始め、其研究の結果に關しても常識的に其意義価値を信じて、之に對し疑問を懐くことをしなないという意味に於て独断的であるのに對し、斯かる假定を明にし、其根拠を探つて、之に由り科学的認識の意義価値を決定し、其標榜する所の眞理の要求を批判しようとすることを指すのである。此意味に於ての科学批判が哲学（知識哲学）の職分なのである。

今述べたように哲学が科学的認識批判の学として特殊科学以外に存在する理由のある事は、科学者自身の傾向が實際に之を証明して居る。十九世紀の後半以来科学者の中に自己の専攻する科学の如何なる目的を有し、如何なる根拠に立ち、其研究の成果が如何なる意義価値を有するかということにつきて批判的研究を行う人が少からず現れるようになり、今日に於ては科学者殊に数学者、物理学者には、多少自己の研究に關し批判的の考慮を向けない人は少ないと云つても差支ないような状態である。ポアンカレ Poincaré (1854-1912)、マッ

ハ Mach (1838-1916) の如き人は此傾向を代表する最も有力な学者であつて、彼等は科学者たると同時に哲学者という名を以て呼ばれる所の人である。其研究は専門の哲学者に対して最も貴重な材料を供給し、之を啓発する所が甚だ多い。是れ其科学研究の真相を理解する点に於て、到底科学者ならぬ哲学者の及ばざる長所を有するからである。斯くして一度は科学者に由て、科学に反対するもの、或は少くとも之に對し何等密接の關係無き、よそよそしきものと認められた所の哲学が、今や科学者自ら科学と相俟つて吾人の認識全体を組織的に構成統一するに必要なものと認める所の研究となつた。事実上よりいえば前に述べた如く、科学の存在があつて後に哲学は其批判的研究の対象を得るのであるから、これは歴史的、時間的に科学に後れるものであるが、論理的の關係よりいえば、科学は其假定となる根拠があつて始めて正当に成立することが出来るのであるから、原理上、概念上からいえば却て哲学の方が科学の前に来るものといふことが出来る。特殊科学以外に哲學的研究の必要なることは最早疑を容れる餘地が無い。

科学と哲学との關係が略右の如くであるとするとするならば、今此書の目的とする所の最近の自然科学の哲學的考察というのが、果して如何なるものであるかも容易に推知することが出来るであらう。曩に一般に科学の材料として假定せられる所の經驗の可能根拠如何が、認識批判としての哲学の第一の問題と認められることを述べたが、これは必ずしも自然科学に限らず、一般に經驗的科学成立の最初の豫想となるものであつて、所謂認識論の根本問題を成す。今特に自然科学の哲學的考察に於ては之に深入することなく、一般認識論の研究の結果を必要の程度に於て借りれば足りる。特に自然科学の基礎を論ずるには、先ず自然科学の認識が如何なる特色を有し、如何なる目的を追求するかを明にし、其目的を達する為めに經驗に對して施す所の手續方法を詳にし、其が如何なる根拠ありて可能となるかを探究することによつて、其到達する所の研究の結果が有

する意義、価値を批判することが必要である。斯様な科学研究が用いる所の方法、手續に関する哲学的の研究を、一般認識論に対して特に方法論 (Methodology, Methodenlehre) と称するが、今吾人が此書に於て採る所の考察の立脚地は方法論的と称するのが最も適當であろう。斯様な方法論的の見地から、最近の自然科学が旧時の研究に対して有する所の特色を考え、一般に自然科学的認識の本性から見てそれが如何なる意義を有するかを明にし、新しき学説の依つて立つ所の概念、原理の意味を理解しようというのが吾人の目的である。此様な研究に対しては現代の自然科学は実に独特な意味を有することを認めなければならぬ。何人も現代に於ける科学研究の応用が、如何に驚くべき影響を人類の生活に与えたかを知つて居るであろう。然し現代の自然科学の偉大なる進歩は、斯様な応用の方面にのみ現れて居るのではない。驚くべき応用に導く所の発見は、又多くは理論的研究に対しても新しき刺激となり、新方向を指定するものである。現代の自然科学は他方に於て従来に類例なきまでに深き自然認識の根本問題に触れ、旧時の自然観と全然別種の面目を呈する所の、物理学者自身の所謂革命的^{いむゆる}思想を産出して居る。哲学の批判的研究に対しても、今日の自然科学の進歩は真に重要な材料を豊富に供給する事殆ど未曾有といつてよい。自然科学者の中から哲学的研究をする人が輩出するといふのも、此間の消息を語るものではあるまいか。

此書の目的とする所が以上の如く哲学的(方法論的)の見地から最近の自然科学を考察することにあるとすれば、吾人の業が自然科学の最近の研究を単に排列、叙述するというのではないことは当然である。自然科学の研究の成果を蒐集排列してもそれは何等哲学的の意味を要求することは出来ぬ。吾人は先ず一般に自然科学の認識が如何なる特色を有するか、其本性は如何なるものであるかを論じ、其方法となり、根拠となる所の如何なるものなるかを明にして、此見地より見て重要な根本的意義ある研究の結果を選択、叙述しなければならぬ。

らぬ。此立脚地より見て枝葉の位置に在るような自然科学中の部門に於ける学説は、吾人は一々之を顧慮することは出来ぬ。又根本的の意義を有する部門に於ても、哲学的に重要ならぬ理論は、たとひ仮令それが實際の応用等に於て如何程興味を有するものであるにせよ、吾人は之を叙述する必要が無い。吾人の常に顧慮する所は、自然科学の認識の本性を理解するに對し重要な意義を有する研究の成果ということである。此標準に由て自然科学の諸分科中に、吾人が採つて以て考察の対象とすべきものを選び、其範圍に於ける学説の変遷を同じ見地から叙述し、最近の研究が提供する所の重要な結果を説いて、其哲学的の意義を明にし、それに由てひるがえ翻つて自然科学の一般の意義価値を理解しなければならぬ。これが吾人の此書に於て目的とする所である。若し之に由て読者が、自然科学の最近の發達を哲学的に理解することに幾分なりとも貢獻することが出来れば、則ち此書の使命は果された訳である。

終に一言読者の注意を乞ふ必要のあるのは、今此緒論に於て述べた所は、専ら自然科学に對する關係という方面から見ての哲学の面目である、哲学は此方面のみに盡きて居ると主張するのではないという事である。囊さきにも云つたように科学批判は哲学の一部であつて、哲学は科学批判に限るといふのでは無い。カントの始めた批判哲学は、科学の批判に止まる訳ではないのである。科学以外にも人間文明の理想を體現する産物として道德、芸術、宗教という如きものがある。此等何れも科学が真という理想を體現する如く、善、美、円満というような理想を體現するものであつて、それが普遍的に承認せらるべき絶対価値の要求を含む点に於て科学と一致して居る。従つて此等に対しても其要求の根柢を明にする批判的研究がなければならぬのであつて、其等の研究は皆哲学の一部門を成すものである。科学批判としての知識哲学は、一般に批判の学としての哲学の一部門に過ぎない。知識哲学のみを哲学とする事は今日に於ては承認せられて居らぬ。此等の

点に關しては本叢書の哲学概論(宮本和吉著『哲学概論』(哲
学叢書)第三編一九二六年)が充分に説明を与えることと思ふけれども、誤解を防ぐ
ためにこれだけの事を附言して置く。而して此書に論ずる所は知識哲学中でも特に自然科学の認識に關する
もののみに限るから、若しリップス Lips がクノ・フィッシャー八十の誕辰を祝する為めに出版された『廿世
紀初頭之哲学』(Die Philosophie im Beginn des zwanzigsten Jahrhunderts, 1908) 中の一篇として公にした所の
『自然哲学』(Naturphilosophie)と題する論文に従つて、自然哲学という名称を古来の慣習となつて居るよう
に「自然の哲学」(自然現象の基礎となる形而上学的原理を研究する学という意味、斯かるものの不可能なる
ことは已すでに上に述べた)と解せずして、「自然科学の哲学」(自然科学の基礎となる認識論的方法論的原理を研
究する学という意味)と解するならば、吾人の目的は自然哲学的研究にあるというのが適當であらう。其意味
に於ての自然哲学は知識哲学の一部であつて、固もとより哲学の全部では無い。然しかしながらそれは哲学の重要な
一分科として、本叢書的一篇を占めることが出来るのである。

特殊の問題に關する参考書は其都度挙げて置いたが、一般的なものの中簡明易解にして最も重要な二三を此処に記して置こう。
科学方法論が一般認識論を豫想することは已に緒論に述べた所である。読者は本書を繙く前に本叢書第一篇紀平(正)学士の『認
識論』を一読する必要がある。尚原著では少くともカントの Prolegomena (桑木(巖)博士、天野(貞)学士共訳『カント哲学序
説』)は読まなければならぬ。最近の認識論、自然科学方法論ではカント派の学者ナトルプ Natrop (Die logischen Grundlagen der
exakten Wissenschaften) カッシーラー Cassirer (Substanzbegriff und Funktionsbegriff) 等の書物が最も重要なものであるが、其理
解には充分の素養を要する。英吉利の数学者にして哲学者なるラッセル Russell の著書 Scientific Method in Philosophy, Problems
of Philosophy も一般知識哲学の書物として参考に値する。

科学者の著述で最も著しいものは疑も無く緒論に述べたポアンカレの諸著である。氏の科学批判に關するものは次の四つである
が、第一が最も詳細にして包括的、体系的、第二は第一になき新しき科学の理論をも論じ、包括的にして興味最も豊に、且つ比較的

易解である。第三、第四は最近の特殊問題を論じて詳細ではあるが、包括的ではない。殊に第四は左様である。其書名下の如し。1. La Science et l'Hypothèse (林^(一)鶴) 理学博士邦訳『科学と臆説』Wissenschaft und Hypothese, ii. v. Lindemann ; Science and Hypothesis, tr. by Halsted) 2. La Valeur de la Science (Der Wert der Wissenschaft, ii. v. Weber ; The Value of Science, tr. by Halsted) 3. Science et Méthode (Wissenschaft und Methode, ii. v. Lindemann ; Science and Method, tr. Halsted ; 前文十三書の英訳は The Foundations of Science の一冊に纏められ居る) 4. Dernières Pensées (Letzte Gedanken, ii. v. Lichteneker)。

尚緒論に述べた物理学者にして哲学者たるマッハの思想の概要は其『力学史』Die Mechanik in ihrer Entwicklung (The Science of Mechanics, tr. by McCormack) の終の章で知ることが出来る。氏の詳細の哲学説は Erkenntnis und Irrtum に収められ居る。氏と似た立脚地から科学の基礎に関する批判的研究を試みたものにピヤソン Pearson の著 The Grammar of Science がある。此派の学説を知るに便利である(此書は旧版一冊であつたのが、一九一一年の新版は二巻に分れ、第一巻は物理学、第二巻は生物学の基礎を論ずる(第二巻は未だ刊行せられて居らぬようである)。著者は数学から生物測定学 Biometry、優良種学 Eugenics の研究に入り、多方面の学者である。第一巻の終には物理学者 Whetham の手に成る最近の物理学に現れた新学説の梗概をも添えてある)。

目次

序

緒論

一 自然科学の特色

一 自然科学の目的・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

二 自然科学の方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

三 自然科学的認識の代表者としての物理学・・・・・・・・・・

四 自然科学と生命及び精神・・・・・・・・・・・・・・・・・・

二 近世の機械的自然観

一 ガリレイ・ニュートンの物理学・・・・・・・・・・・・・・・・・・

39 39 34 30 26 21 21 6 3

| | | |
|------------------|------------------|-----|
| 二 | 化学に於ける原子説 | 44 |
| 三 | 光及び電磁氣の理論と機械的自然觀 | 48 |
| 四 | エネルギー恒存則と機械觀 | 54 |
| 三 電氣物質觀 | | |
| 一 | 真空放電及び電子 | 61 |
| 二 | ラジウムと物質の変脱 | 64 |
| 三 | 物質の電氣的構造 | 68 |
| 四 新力学 | | |
| 一 | 電磁的質量 | 76 |
| 二 | ローレンツ仮説 | 79 |
| 三 | 運動の絶対相對に関する従来の理論 | 82 |
| 四 | 相對性原理 | 88 |
| 五 | 運動原則と万有引力の新しき理論 | 95 |
| 五 不連続的自然觀 | | |
| 一 | 電氣力学的自然觀の不連続性 | 101 |

二 量子論

103

六 現代自然観の哲学的批判

一 時空の相対性

108

二 実体としてのエネルギー（附、エネルギー一元論）

113

三 連続観と原子観

120

四 機械観と電磁観

125

七 自然科学的認識の意義

一 法則

131

二 仮説

143

三 自然科学と実在

150

四 自然科学と理想主義

160

第一章 自然科学の特色

一 自然科学の目的

吾々が科学的の研究を始めるに先だつて、仮定して居る所の経験世界というのは如何なるものであるかというに、先ず時間の上から見れば過去に始無く未来に終も無い無限の経過を有し、空間の方からいえば何れの方角にも際限の無い無限の延長を有する連続体である。固^{もと}より吾々が個人として実際に経験する所は、時間的にも空間的にも甚だ狭く限られた範圍を脱することは出来ぬけれども、現に自己が経験すると否とに拘^{かかわ}らず、経験せんと欲すれば何時にても経験せられ得るものとして無限の経過延長を有する経験世界なるものが仮定せられて居るのである。扱^{さて}此経験世界の中に存在する所の事物は、形状、大小、性質に於て千差万別であつて、然^{しか}も刹那、刹那に之を変じて止むことが無い。仮^{たと}令^い普通に不変恒常と認めて居るものも、一層精細に観察すれば時々刻々に変化すること知られ、粗^そ笨^{ほん}な吾々の感覚には一樣等質と思わるる所のものも、精密な機械を以て観察すれば、驚くべき多様異質の相を呈する。此様な世界に於ては全然同一という物は存在せず、全く同じという事件は決して起らないのである。約言すれば吾人が所謂^い経験世界と名ける所のは、性質的に云つても、延長の大小、強度の強弱という分量上の見地から考えても、無限の差別を有して、無限の時間、

空間に拡がる多様な連続体を形造るものであると云わなければならぬ。

此様に無限に多様な内容を持つ経験世界を、有限な吾人の力を以て其儘認識するということが到底出来難いのは今更縷説を要しない。吾人は唯此経験の要素中から或ものだけを選び出し、之を研究の対象とする外無い。其故科学研究は先ず其初に當つて事実の選択ということを行い、之に由て無限に多様な経験を其目的に應じて単純化するのである。此点から見て已に科学的の認識が、経験的事実を其儘模写するものでないということとは明白にして疑う餘地が無い。リツカート(リツケ) Robert が力説したように、認識は模写でなくして、改造であり、単純化である。

科学の認識が経験の模写でなく単純化であるとすれば、科学研究の第一着手として事実の選択ということが必要ならぬこと右の如くであるが、其選択の方法に二通りある。是に由て経験科学中に二つの大種別を生ずる。二様の方法とは、一は個々の対象に特有な、其個性を表わすような事実を選択すること、他はなるべく多くの対象に共通な普遍的事実を選択することはである。吾々は特に自己に対して興味ある事物、他の語を以て言えば、吾人が認める所の或価値に重要な関係のあるような対象、例えば或人物とか或国家とかいう如きものに就ては、其等の人物なり国家なりが、他の人物なり、国家なりと異なる其に独特な性質、即ち其等のものの個性を明に知ることを欲し、其等の人物なり、国家なりに関する経験を形造る要素の中から、特に此目的に適う要素のみを選択して之を研究の材料とするのである。或人の行動、或国家の事件等の中から、特に其人、其国の個性を表わすようなものを選択して認識すれば、其人の伝記、其国の歴史というものが出来るであろう。今日ウィンデルバント Windelband、リツカートなどというような人に由て代表せられる所の所謂独逸いわれるドイツの西南学派なるものは、此様に経験的对象の個性を明にすることを以て歴史（或は一般に文化科

学 (Kulturwissenschaften) の特徴であると唱える一派である。^① 果して歴史 (或は文化科学) の本領が此所謂個性的認識に盡きるかどうかは猶異論のあることであつて、^② 更に深き研究を必要とするのであるが、兎に角吾人の知識に、此様な事物の個性を明にすることを目的とするもののあること、従つて之に應ずる科学的研究がなければならぬ事だけは否定出来ない。これに対し経験の要素の中から或特殊の対象の特徴を表わすというのでなく、多くの対象に共通な普遍的意味を持つ要素を選び出して、事物の普遍的な性質を明にしようとするのが自然科学である。此場合に於ては吾々の研究の対象となるのは、或事物が吾人の認める価値の実現に対し積極的に之を幫助し、或は消極的に之を妨礙する重要な關係を有するが為めでなくして、唯其要素が他の同類の事実と共通の普遍的意味を存するが為めである。自然科学の対象は其自身に価値の差を有しない平等的なものであつて、普遍的な対象の一实例に過ぎない。其独特の個性に由るのでなく、唯其普遍的意味に由て科学研究の対象となるのである。約言すれば自然科学は普遍的の認識を目的とする。個性的と普遍的、これが吾々の認識の二大別であつて、之に應じて経験的事実の選択が行われると考えられる。

註

- (1) 西南学派の主張する科学分類の問題に就て詳細を知ろうと思ふ読者は、西田(幾多)博士著『思索と体験』中の論文「自然科学と歴史学」、及余の旧稿「自然科学対精神科学、文化科学」(雑誌『心理研究』三八・三九・四〇号所載)を参照された。原著ではウインデルバントの論文 Geschichte und Naturwissenschaft (氏の著 Präludien II. 所載)、リッカートの著 Kulturwissenschaft und Naturwissenschaft. 氏の論文 Geschichtsphilosophie (前出 Die Philosophie im Beginn d. XX. Jh. 所載)が簡にして要を得て居る。リッカートの大著 Die Grenzen der naturwissenschaftlichen Begriffsbildung. 氏の研究を最も詳細に述べた著名な書物である。

- (2) 此派の説の難点に就ては、大塚(保)博士が「リッケルトの歴史科学説の批評」と題する講演(『哲学雑誌』三四一号所載)に之を指摘批評せられた。

此二種の認識は科学研究に先だつ常識の段階に於ても已に現れて居る。科学的の認識は本来常識と全く異なる種類のものでなくして、後者を継承して之を發展せしめ、完全ならしめたものである。其故科学研究の二種に対応する萌芽を常識の中に発見することが出来るのは当然の事といわなければならぬ。吾々は日常生活の必要上言語を用いるが、此は無限に多様な経験要素の中から共通なるものだけ引き出し、之を統一して構成した所の概念の代表的記号である。例えば吾々が實際に経験する所の人間は千差万別、決して同一なるものは無いが、それにも拘らず如何なる人間に関する経験にも含まれて、甲の人間をも乙の人間をも皆共に人間たらしむる所の共通な普遍的要素が存在する。此普遍的要素を抽象して人間という概念が生じ、「人間」という語に由て代表せられるのである。吾々の認識は皆此様な概念に由て成立し、言語に言表わされるのであるが、其本性上から言語の用法に二種を分つことが出来る。今吾々が特に自分に密接の興味ある人物に関して有する知識、説話は、固より普遍的の意味を有する概念に由て成立し、言語に言表わされるのであるけれども、其目的とする所は一般に人間としての普遍の事実を表わすのでなくして、其特殊の人物の個性を明にするに より、一つ一つ離れては普遍的の意味を有する概念を独特の方法に結合することに由て、個性的の認識をあらわすのである。例えば斯様な認識、説話に前述の人間という言葉を用いるならば、之に種々の他の語が適当に結び付けられて、特に今認識しようとする人間に特有な個性を表わすように限定せられるのである。此様な言語の用法が伝記、歴史、文化科学等の常識の段階に於ける萌芽というべきものである。之に反し斯かる個性を表わすことを目的とするのでなく、単に多くの事物に共通な経験要素の関係を明にするために言語が用いられるのも亦常識生活の事実である。例えば人間という語が特に某々の人間を表わすために用いられるのではなく、一般人間の通有性を指し、人間の人間たる所を表わすために用いられる場合はそれである。實際生活の

行動を支配する知識としては、此種の一般的認識が重を為すのであつて、単に知識といへば寧ろ此方面のみが主として考えられる位である。これが自然科学の普遍的認識の萌芽と見るべきものである。

然らば此様な科学研究に先だつ常識の段階に於ける認識と、科学的認識との別は如何なる点に存するか。前者が発達して後者となる為めには如何なる性質を得て来なければならぬかというに、其は次の二点に要約することが出来ると思う。科学的認識の特徴は第一組織的 (Systematic) なること、第二方法的 (Methodical) なること是れである。組織的というのは全体を形造る部分が互に矛盾せざるのみならず、相聯絡支持して一の有機的関係を保ち、一部は他部を俟つて成立し、或部を変改すれば全部が左右せらるる如き関係に結合せられることを謂うのである。常識的認識は斯様な関係に統一せられて居らぬ。唯断片的の知識が並び存するのみである。然るに科学に於ては此が組織的全体に統一せられ、有機的関係に結合せられる。固より常識と雖も全然組織性を缺く訳ではなく、科学も凡て完全に之を有する訳ではないが、之を以て両者を分つ特徴の第一と考へることが出来る。扨此組織性は認識の成果に就ての特徴であるが、之と関聯して斯かる成果に達する過程の方面から見て、科学と常識との差別が方法的であるかないかという点に存するのである。常識の段階に於ては認識は単に偶然の事情に従つて得られる儘に得るのであるが、科学的認識に於ては目的を意識し、其目的に応ずる如き計画を立てて認識を求め、一定の秩序を追いて目的に到達せんとする。即ち認識の獲得に論理的に組織せられた一定の方法を適用することを方法的というのである。科学は其過程が方法的であるから、其成果が組織的となるのである。科学を論ずるに際しては、其方法というものは非常に重要な意義を有するものとなる。科学が単に主観的の一家言でなく、必然的の意味を有し、何人も承認すべき普遍的の効驗性を有する真理という価値を要求する所の客観的認識であるというのも、其方法が斯かる要求に正当の権利を与え

るものたるに由て始めて可能となるのである。吾人の研究の立脚地が方法論的であるということをも囊に述べたが、其は即ち科学の用いる方法の批判的意味を考察の標準とすることに外ならない。

今述べた常識と科学との相違は前記の認識の二種に対して当嵌まるのであるが、此書に於て吾人が研究するのは、個性的認識でなくして、普遍的認識たる自然科学である。次に吾人は科学の方法という見地から、自然科学の認識の性質を更に一層詳細に考究して見なければならぬ。

二 自然科学の方法

前節に於て吾々は自然科学の認識が、経験の無限に多様な要素の中から共通の要素を抽象し、普遍的概念を以て之を表わし、斯かる概念に由て経験を単純化し、而して其様な概念を以て普遍的要素の普遍的関係を表わす所謂普遍的的作用にあることを述べた。此様に経験の普遍的要素を求める為めには、先ず経験を分析して、之を出来得る限り単純な要素に還元しなければならぬ。単純な要素にして始めて多くの経験に共通な内容となることが出来るのであって、又単純なる要素程多くの経験に共通な成素となり得る訳である。普遍的認識は経験の分析(Analysis)を豫想する。自然科学の認識が先ず分析から始まらなければならぬのは此理由に由るのである。併しながらこれは自然科学に於て始めて現れることではなくして、已に常識の段階に於て行われて居るのである。日常生活に於て吾人の行動を導くには、経験の細点を一々顧慮する必要は無いのであって、唯類似した経験の中に存する共通の要素の普遍的な関係さえ知れば足りるのである。已に吾人が普通に経験と唱えて居るものが、実は経験の全部を指すのでなく、實際生活に足りる程度に於て単純化せら

れた結果を指して居るのである。吾人は特に科学研究に於て有意的な分析を行い普遍化を為す前に、常識に於て已に分析に基く普遍化を施して居る。科学研究は之を承けて、常識の分析、普遍化に由て構成した概念の内容の不定曖昧なるを確定明瞭ならしめんがために、更に精密な分析を施し、或普遍的要素を抽象して明確な内容を持った科学的概念を構成する。定義 (Definition) というのは斯様な概念の内容を明瞭に規定することに外ならない。定義に由て或概念の本質的内容を形造る要素が明にせられるのである。而して斯様な科学的概念を用いれば、経験の或範圍に属する対象を、其無限に多様な内容にも拘らず、或要素の有無、相違等に由て若干の種類に分類し、其分類を重ねて対象を系統的に配列することが出来る。此系統的分類 (Classification) には固より個々の事物を精密に観察、分析することが必要であるが、其は対象の分類に目標となる性質を明にし、其性質の如何により同類のものを一の概念に總括する準備に過ぎない。斯様な共通の徴表を内容とする概念を以て、夫々同類の事物の性質を言表わすのを記述 (Description, Beschreibung) という所から、記述的科學 (Descriptive science, Beschreibende Wissenschaft) なる名称を生じ、動物学、植物学、鉱物学の如き所謂博物学に属する諸科學が此名の下に總括せられて居る。併し此処に記述というのは単に個々の事物の性質を其儘記述するのではなくして、多様な事物の中から共通の性質を概括して、其等の事物を系統的に分類することを終極の目的とするのであるから、ヴント Wundt が用いる系統的科學 Systematische Wissenschaft という名の方が、此等の諸科學の本領を一層適切に表わすと云わなければならぬ。⁽¹⁾

註

(1) ヴントの科學分類法につきは桑木^(翼) 文学博士著『哲學綱要』及び前掲の余の旧稿参照、氏の説を直接に知るには Einleitung in die Philosophie 及び Logik, II を看よ。

記述的科学（或は系統的科学）は固より其自身として価値を有するものである。併しながら自然科学の目的たる普遍的認識という見地から考えて、自然科学が此種の科学に終極し、其業が記述、分類に盡きるということの出来ないのも明白である。元來記述といひ分類といへば、其当嵌まるのは實際経験せられた事例の範圍以上に出でることは出来ない。此相對的普遍の制限を脱して、無條件的に普遍的認識に達しようと思へば、単に經驗的事實を概括するのみでなく、要素の必然的な關係を表わす所の命題即ち法則（Law, Gesetz）を立て、此法則の实例として個々の事實を理解するという域に達しなければならぬ。此様に吾人が實際經驗する有限の特殊な实例から、絶對的に普遍的必然の關係を表わすと認められる一般命題に達することを、論理学の用語で帰納（Induktion）と称して居るが、自然科学は其本性上、法則の帰納という所に達しなければならぬ。個々の特殊の經驗は其を言表わす命題が一般的な法則より斯くあらざるべからずと推論せられること、即ち所謂法則より演繹（deduce, Deduktion）せらるることによつて完全に理解せられるのである。然るに法則は更に一層普遍的な命題から演繹せられ得ることを要求し、斯くして一層普遍的な法則を求めのみならず、實際には經驗せられないような内容を以て構成せられた所の概念を含む命題、即ち仮説（Hypothesis）なるものが立せられるようになる。仮説と法則との相違は、後者が實際の經驗から帰納せられたものたるに對し、前者は實際に經驗し得ざる内容を有する概念を含み、単に法則を一層普遍的な命題から演繹して、其相互の關係を明にして、之を統一するという目的の爲めに構成せられた命題であるという点に存する。畢竟仮説の構成は全く自然科学の普遍的認識を求めると要求の発現に外ならぬ。

普遍的の法則、仮説から特殊の事實を演繹して其根拠を明にすることを説明（Explanation, Erklärung）といふ。其故自然科学の認識は所謂説明的科学（Explicative science, Erklärende Wissenschaft）を俟つて始めて完結

するといわなければならぬ。既に動物学、植物学の如き所謂記述的いわゆる科学に於ても、単に記述分類に止まらずして、種の起原を説明する為めに生物の進化に関する法則などが立てられ、必然的普遍的な関係が求められて居る。生物学というのは主として此方面の研究を動物、植物に拘こたわりなく行う所の分科を指すのである。其等の法則を更に一層普遍的な法則から導き出そうとすれば、順次生理学、化学、物理学というような所謂説明的いわゆる科学に進まなければならぬ。而して初は法則を立てるといっても、其法則の内容を成す所の概念は何れも実際の経験を分析して其から抽象したものであるが、漸次に吾々の五感のみを以て経験し得ない要素（例えば生理学に於ける顕微鏡に由て始めて認めることの出来る細胞の如き）から、進んでは如何にしても吾人の経験に現れることの出来ぬ要素（例えば物理学、化学に於ける分子、原子、電子の如き）を立するに至る。此様に實際経験することの出来ぬ要素の関係を言表わす命題が、法則と區別して仮説と名けられること今述べた如くである。自然科学の認識は此処こゝに到つて始めて究極するのである。自然科学の普遍的認識は實際に経験せられた事実を単に概括、記述することに始まり、漸次に實際経験しない所の要素を含む普遍的認識たる法則、仮説の定立に進む。説明とは實際経験せられたる事実を、斯かかる普遍的の法則、仮説から演繹的に理解することに外ならない。其故記述と説明とは相対立するものでなく、元来自然科学的認識の發達の段階を異にする程度の差別に基づく方法といわなければならぬ。又實際自然科学の諸分科は此両方を含むのであって、唯其用ゆる重要な方法の如何により、或は記述的しきじてき科学といい、或は説明的せいてき科学と称せられるに過ぎない。而して記述を主とする科学は勿論吾人の知識の要求を満足する限り其自身に価値あるものであって、他の所謂説明的せいてき科学の豫備段階と考えることは出来ない。併しかしながら自然科学の認識の本性上から見れば、決してそれで終極自足したものでなくして、更に根本的普遍的の立脚地からの研究を豫想するといわなければならぬ。即ち論

理的の關係に於ては單なる記述からは是非とも法則、仮説の定立、其に基く説明に進まなければならぬものと考へて差支さしつかえ無い。自然科学の理想は斯か様な普遍的の法則、仮説を組合せて、凡すべての具体的な經驗を此から演繹的に説明し得る如き体系を組織することである。其種々な手続は畢竟之に達する為め的手段に外ならない。

三 自然科学的認識の代表者としての物理学

前節に於て自然科学的認識の論理的順序を概説して、記述的科学から説明的科学に至り、單なる經驗の概括から法則、仮説の定立に進む所以ゆえんを述べたが、今少し詳細に其關係を考へて見たいと思う。記述的科学と呼ばれる所の動物学植物学の如きに於ては、主として動植物の分類の標準となる特徴を概括的に記述し、又一般生物学の名の下に、其類、種の分化を支配する法則を發見することを努めて居るのであるが、生物学は一方に於ては解剖学的に形態の構造を明にすると同時に、他方に於て生理学的に生活過程の法則を發見しなければならぬ。而して形態の研究も單なる記述に止まらず、其構成の由来を尋ねるには矢張生理的に生活過程の進行上から之を理解することを要する。即ち生物学は其基礎的部門として生理学を豫想する。此学に於ては夫々それぞれ特異の性質的差別を有する生物が、細胞という比較的一様な要素に分解せられ、其結合の關係に由て種々の形態を取るものと見做みなされる上に、又細胞の作用の複合に由て複雑な生物の作用が理解せられようとして居る。此様に生理学が細胞に由て生物の千差万別なる形態、作用を理解するということは、自然科学の特色たる普遍的認識の最も著しい一実例と認めることが出来る。併しかしながら細胞は未だ全く性質の差別を無くしたものである。細胞としての共通の性質以外に夫々独特それぞれの差別を具えて居る。生理学は更に此細胞を分析して化学

的の成分を明にし、其終極の要素を化学的原子に帰し、原子の結合分離に因る化学的变化を以て生理作用の基礎とする。此に至つて非常に複雑多様な生物の現象も、大約八十個の元素の關係に帰することとなり、其等の化学的現象の普遍的意義が非常に著明となる。而して一方生物現象ならぬ所謂無機界の現象も、亦直ちに物理的变化に還元せられるものと、特に物質其物の变化に関する化学的变化に還元せられるものとの両種に分れる、於此有機、無機の両界を通じて、自然現象は凡て物理学及び化学の普遍的な要素と其關係とに帰することとなり、自然科学の認識は此に至つて窮極する如くに見える。

物理学と化学とは右の如くにして今より暫らく前までは自然科学の二つの終極的な説明的部門として認められたのであるが、化学が物質の最終普遍要素と見做す元素の原子なるものは、夫々の元素に就て猶性質上の相違を有するものであつて、それを以て真に一樣的な普遍要素に達したといふことは未だ出来ない。然るに最近の物理学は電子なる終極要素を以て、更に此等の性質上の相違ある原子を置換し、真に一樣的な普遍要素の数量上の關係を以て凡ての自然現象を説明しようとする。於此従来物理的变化は物質の性質其物に關せざる变化、化学的变化は物質其物の变化といわれて居た區別は廃され、物質其物の变化も亦物理的に理解せられることとなり、化学は更に物理学の基礎の上に立つこととなり、終局に於ては化学は物理学に對立するものでなくなつた。今日化学の理論を取扱ふ所謂「物理化学」(Physical chemistry)なる部門は、其名の示す如く実は方法論上物理学の一部分に外ならない。斯くして自然科学の認識は物理学に於て其極致に達するといわなければならぬ。固より物理学の与える自然現象の説明は、實際の経験に現れない假説的要素を以て構成した理論に基づくのであるから、其は実験物理学の範圍に属するものでなく、理論物理学に属することは言う迄も無い。此理論物理学の理論を以てすれば、嘗て物理学よりも一層秘奥の自然の要素を探ると見做された化学

の根本的な理論も説明せられ、自然現象の認識は此に至つて終極することとなる。此意味に於て理論物理学は自然科学の極致ということが出来るのである。自然科学の認識の特色を理解し、現今の状態を知るにも理論物理学を其代表者として採らなければならぬという理由は此処にある。固より諸他の自然科学は物理学の準備段階としてではなく、其自身として価値を有するものであつて、之を物理学に従属せしむることの不当なるは言を俟たぬ。諸々の自然科学は夫々其対象の特質に依じて独特の職分を有するのであつて、其存在を無視することなどは勿論出来ないのである。唯自然科学の認識の本領を考へて、之を最も完全に發揮するものとして、自然科学全体の上から論理上終極的位置を占めるものが理論物理学であるといふのである。自然科学の構成する自然観は所謂物理学的世界形象 (Physikalisches Weltbild) に於て完全するといふのである。理論物理学の理論を離れては諸他の自然科学は其統一の根柢を失うといふのである。

然らば物理学の、而して又諸他の自然科学の法則或は仮説の内容を成す必然普遍の關係といふのは如何なるものであろうか。其は即ち所謂因果の關係である。此因果關係の何たるかを詳論するのは後章の任務であるが、今物理学が自然科学の代表者であるといふことを述べたのに因みて一言注意を加えて置きたいと思う。常識に於て吾人は原因、結果といふ概念を用い、甲の出来事が乙の出来事を生ずるといふことを言つて居る。併しながら吾人の實際に経験するのは原因となる出来事と結果となる出来事、及び両者が時間上相繼いで起るといふことに過ぎない。前者が後者を生ずるといふ關係其物は経験することの出来るものではなくして、吾人が思惟に由て構成するものである。唯斯様な二つの出来事の随伴して経験せられるのが、吾人の随意に左右し得る偶然的のものでなくして、必然的なものであるといふ意味を持つとき、吾人は其關係を因果と名け、前件を原因、後件を結果と称するのである。因果とは畢竟出来事の必然繼起關係に外ならぬ。此が一般に自

然科学の求める法則の主たる内容を成す所のものである。生物学から生理学、化学を経て物理学に至るまで、皆経験の或要素と或要素とが因果の必然的關係を有するものとして其關係を明にすることを努める。此關係に結び付けられる所の要素を漸次一樣な終極的要素に還元し、性質的の差別を數量的の差に歸し、同時に關係をも數量的に精密に規定することが自然科学の系統を通じて發揮せられる所の傾向である。性質的の差別は之を其儘概括統一することが出来ぬけれども、數量的の差別は變數に由て統一し、其相互の關係は函數に由て嚴密に規定せられる。これが自然科学の認識に対し其本性上数学の応用が必須缺くべからざるものとなる所以である。理論物理学は最も完全に斯かる方法を実現して居る点から見、自然科学の認識の特色を代表するものと認められるのである。其他の科学の理論は其学の範圍に於ては終極的のものであつても、物理学の見地から更に之を説明することが出来る限り、自然科学的認識という一般の立場から見終極的ではない。従つて其理論に變化が起つても前後何れも同一の物理学の理論から説明せられるならば、方法論上、哲学上には重要な意味を持たないと云わなければならぬ。此に反して物理学の理論は其が自然科学の認識の最も根本的なるものとして、其變革は夫々哲学上重要な意味を有し、自然科学的認識の本性上から之を理解することが必要となる。此様な訳で吾人が哲学上から自然科学の認識を批判し、最近の自然科学を考察する場合には主として物理学を対象とすれば足りるのである。殊に前世紀の終から現今に至る迄に現れた物理学の新理論は非常に根本的のものであつて、旧時の理論に比し、自然認識の根柢に対し深き意味を有する變革を含んで居る。之を理解すれば本書に於て吾人が目的とする最近自然科学の哲学的意義を明にするに略遺憾があるまい。是れ余が主として、最近の物理学の理論のみを叙述して、其他の自然科学を殆ど度外視する理由である。右の如く物理学の問題とする所が他の自然科学に比して根本的であるために、従つて常識と相距ること最も遠く、

殊に其研究の缺くべからざる手段として用いられる所の数学は専門外の者に対して難解なるが為めに、物理学の理論を理解するの困難は他の諸科学の研究の結果を理解するの困難に比して同日にして語るべくもない。而して又仮令之を理解するも数学的の言表わし方を離れて之を叙述することは殆ど不可能に属する。余が次に述べんとする所も最も簡略なる概要に止まらざるを得ない。

四 自然科学と生命及び精神

前節に於て自然科学の代表者として物理学を採るのは如何なる意味に於てであるかを説くに際し、生物に關する研究、即ち生物学、生理学等の如きものも、生物を比較的單純なる要素、細胞に歸し、其活動を細胞の作用の合成に由て理解し、更に之を化学的の原子の結合、分離に基く化学変化を以て説明すべき所以を述べた。此点から考えて、生物学生理学の理論も自然科学的認識の方法を哲學的に批判するといふ立脚地から見て特別の考察を要求する理由の無いものと考えられるのである。併しながら生物の活動、生命の過程が斯かる自然科学的方法に由て完全に認識し得られるかどうかといふことは別の問題に属する。前に述べたような自然科学の特色を成す普遍的認識という見地から見れば、生命に關する研究も此様に細胞、原子、或は電子と漸次に性質上の差別の少い單純一樣な要素に還元せられ、其作用相互の因果的關係に由て之を説明する外に道が無いのである。此点から考えて生物の現象を説明する為めに、因果關係と対立する目的原理という如きものを立て、生物の活動は或時間上の前件に対し必然或後件が定まるといふ因果の關係に規定せられるものでなく、之を左右することの出来る生活力というものが、基礎となるのであると考ふる所の活力論 (Vitalismus)

という如きものは、自然科学の研究からは許すべからざる独断的仮定である。自然科学の求める法則は無條件的な普遍的効驗性を要求するものであつて、或現象の経験があれば必然に他の現象が随伴しなければならぬという因果的の關係を其中心とするのである。然るに之を左右することの出来る特別な生活力という如きものを仮定するのは、即ち自然科学的研究を断念することに外ならない。目的ということを生物の活動に就て言うならば、因果の關係を必然的普遍的なものと認めて、唯或原因に対する結果が生物の個体なり種族なりを維持することに参与したという意味に於てのみ許さるべきである。因果關係の外に現象の進行を規定するものとして「合目的」という如きことを言うことは出来ないのである。ダーウィン Darwin (1809-1882) の進化論の中心思想を成す適者生存、自然淘汰という原理が、生物学の方法に対して新時代を劃する重要な意義を有する所以は、生物界の現象を説明するのに因果法以外の目的原理という如きものの不必要なることを示した点に存する。氏以後生物の趨異、遺伝に関する研究は、益々旧時代の活力論の立脚地から離れて因果的の説明を貫徹することを努め、生活現象も一般の物質現象を支配するエネルギー恒存則の支配を受けるものであるという思想と、生活現象を化学的变化に帰せんとする生理化学の發達と相俟つて、着々其効を挙げつつある。固より生活現象が非常に複雑なるものである為めに、未だ人為的に生活物質を造ることは出来ないけれども、研究が此方向に向わなければならぬことは已に實際に示されて居ると云つて差支無い。生活現象の特色たる新陳代謝も、生物の特徴たる再生、蕃殖も之を化学的、物理的の現象に還元することが、今日の科学者の現に採る所の方法である。遺伝に関するメンデル Mendel (1822-1884) の精密な研究、最近の發達に係かる統計的な生物測定学 (Biometry) の如きは、数量的な化学や物理学の研究法を生物学に適用しようとする著しき試と云わなければならぬ。此点から考えて生物学を科学方法論の見地から特別に取扱う必要は認められな

い。今日異説紛々として未だ統一する所を知らない進化に關する法則の如き、此学の範圍内に於て如何程重大なる意義を有するものなるにせよ、自然科学の認識という方法論上の見地から考へて特別の考察を要求する理由は無い。更に其等の還元せらるべき化学、物理学に比しては根本的關係を持つものではないのである。従つて吾人は特に生物学を顧慮することなく、已に前に述べたように物理学を以て自然科学の代表者として科学方法論上の研究をして差支無い。

併しながら生活現象、生命の事実が、自然科学的方法に由て完全に其真相を吾人に示すかどうかという問題に就ては別に考へなければならぬ。自然科学の立脚地からする認識は上述の如き方法を取らなければならぬのであるが、ベルグソン Bergson の如き人の考に由れば、生活活動は純粹の物質現象の如く単に断片的な個々の要素の結合、集積として完全に理解出来るものでなく、分つべからざる原本的の「生の躍動」なるものがあつて始めて可能となる。此は自然科学的の認識の達する能わざる直観の範圍に属するものであつて、哲学の研究すべきものであるといふ。^① 一体吾々の経験の中に生活現象と無機物質の現象と區別せられるのは如何なる根拠に基づくかという事は、経験の成立を批判的に研究する場合に明にしなければならぬ重要な問題である。之を解決して始めて生命の事実が経験の中に於て占める位置、其無機物質に対する關係を知り、其事實を自然科学的認識以外の方法にて認識し得るか否かも決定することが出来る。併し吾人は今之に立入ることは出来ぬ。従つて生活活動が自然科学的方法で完全に認識せられるかせられないかといふことは当面の議論の範圍外に置く外ないのであるが、兎に角自然科学的方法は上記の如き立脚地に於て其研究を進める外に道が無いことは、仮令ベルグソンの如き人と雖も之を認めるのである。其故吾人は氏等の説の如く生物の活動を完全に理解することが哲学の職分に属するか否かに拘らず、自然科学的方法を批判しようとする場合に

は生物学を別に考える必要が無いことだけは断定して差支無い。近時の生物学者中新活力論 (Neovitalismus) を唱える人々は所謂機械論 (Mechanismus) に反対し、生物現象が物理的・化学的の機械的作用に帰することが出来ないという所から、別に生命という原理を立てるのであるが、此等の人々も旧時の活力論と異り、実は生物現象を機械論と反対するものと主張するのでなく、唯其限界以上の原理の必要なることを説くのであるから、寧ろ生命の原理は形而上学的の仮定としない限り、単に一時的 (Provisorisch) の意味を有するものと認め、自然科学の方法としては物理的、化学的の説明を極致と言つてよからう。

註

(1) ベルグソン J. Evolution Créatrice (金子、桂井両氏邦訳『創造的進化』) 参照。

殊に生物学よりも一層其科学としての方法に疑点の多く、其真相が充分明にせられて居ないのは所謂精神科学、其基礎と認められる心理学である。常識の立脚地からいえば経験の中に物質的の現象と精神現象と劃然区別せられて対立し、何等疑を挟む餘地も無いように思われるけれども、少し深く考えて見ると、此両者の区別というのが果して如何なるものなるかは、非常に困難な問題を成すことが容易に知られる。之を研究して経験の中に如何にして両者の区別が成立するかを明にすることに由て、初めて所謂精神現象を研究する心理学の対象、方法の如何なるものであるかも分るのであるが、此は非常に根本的な研究を要するのであつて、今日猶未だ充分明確に解決せられて居らぬ。或は心理学を以て自然科学と対立する精神科学の基礎的部門とするもの (ヴント) 或は心理学を以て自然科学の一とし、自然科学に対しては精神科学でなく文化科学を対立せしめるもの (リツカート)、或は心理学を以て全然此等の経験科学と別種の方法に基く認識と考えるもの (ナトルプ Natopp) 等があつて、⁽¹⁾ 此問題の解決は将来の哲学の重要な仕事といわなければならぬ。兎に角所謂

精神現象に就いても前述の如き自然科学的方法に従つて之を単純な要素に分析し、其因果的關係を明にする法則を求める所の研究が可能なのであつて、其が現に心理学（個人的及社会的）と称せられるものの主要なる内容を形造ることは否定出来ない。併し其基礎、方法に關しては猶特別の研究を要するのであつて、今之を論ずることは到底不可能である。本叢書中上野（直）昭学士の『精神科学（『精神科学の基本問題』題 哲学叢書第八編）』が此問題に就いて充分なる解釈を与えられることと信ずる。其故余は此書に於て全く精神科学の何たるか、心理学の如何なるものなるかを措いて問わず、常識の採る所に従つて精神と物質との區別が知られて居るものと豫定し、物質的空間の自然現象を対象とする自然科学のみを考察の対象とするのである。即ち普通に自然科学といわれて居る名称を其儘襲用して、物的自然科学のみを考えようと思う。其意味に於ての自然科学が已に述べたような理由に由て主として物理学に代表せられるに由り、次章に於て其根本的な理論の發展を叙し、其哲学的意義を明にして、自然科学の認識の何たるかを理解することを試み度いと思う。

註

- (1) ヴントの説は殆ど其著の何れに於ても窺うことが出来る。特ニ Logik III, Grundzüge der physiologischen Psychologie, III に詳しい。リッカートの説は前掲の書に由て知られる。ナトルプの思想は Allgemeine Psychologie nach kritischer Methode, I に詳説せられて居る。三者の概要は前掲の余の旧稿にも述べてある。

第二章 近世の機械的自然観

一 ガリレイ・ニュートンの物理学

現代物理学の根本思想を理解し、其哲学的の意味を知るには、吾々は先ずそれが従来の理論と如何なる相違を有するか、發達の傾向の本来如何なるものなるかを知るために、一般に近世物理学の進歩を回顧して見なければならぬ。

中世の基督教キリスト會が崇めて唯一の哲學者としたアリストテレスは万学の祖と稱せられる人であつて、古代希臘の哲學者中最も多く自然科学の知識に富み、之を哲学の組織に利用した人である。併しかしながら彼は經驗的事實を重すべきこと、事實より帰納して原理に達すべきことを説いたにも拘からず、真に經驗事實から法則を帰納するという近世自然科学研究の精神は之を充分に理解せず、哲学的独断に由て立てた原理から、演繹に由て自然の現象を説明しようとした痕跡は蔽もうことは出来ぬ。近代的な自然科学の研究は教會とアリストテレスとから解放せられ、自然を神の立場、若しくは人間の立場からでなく、自然其物の立場から理解せんとする文芸復興期の自然哲學者に始まるのである。其代表者は即ちガリレイ Galilei (1564-1642) である。近世の科学研究法を創始した人として屢々英吉利のしばしばイギリス Bacon (1561-1626) が挙げられるけれども、彼の唱えた帰納法

は単なる抽象の方法に止まり、近代の数学的な法則の見方には達して居らぬ。ガリレイこそ真に新しき自然科学研究法の創始者と目せらるべきものである。況や彼自ら其方法を用いて挙げた所の研究の結果は、科学の歴史に於て不朽の意義を有するものなる点に於て、ベイコンが唯新学の精神を唱道したに止まり、科学者として何等積極的の事業を有せざると同日に語るべからざる者がある。

ガリレイは先ず従来の学者が自然を研究するにアリストテレス論理学の三段論法に由るの誤謬なるを指摘し、真理が唯自然其物の中に含まれること、吾人は唯自然の忠実なる観察に由てのみ之に到達し得ることを主張した。併しながら単に経験を抽象的な普遍概念に概括するということのみに由ては、自然の真相を明にすることは出来ぬ。ガリレイに従えば自然は数学の記号にて記されたる書物である。吾人は先ず経験を分析して之を計量し得べき単純な要素に還元しなければならぬ。然るに實際吾人が経験するものは常に非常に複雑であつて、特に研究しようとする事実の外に種々なる随伴の事実が之に附着して居る。之を除いてなるべく研究すべき事実を純粹に経験する為めには、人為の方法を以て自然に起る経験の事情を変更することが必要である。これが実験(Experiment)の目的とする所であつて、之に由て自然に起る事実の単なる観察を補助し、普遍的要素の発見に到達することが出来る。ガリレイは此観察、実験に由て、経験の単純なる要素に達する方法を分解的方法(Methodo resolutivo)と名けた。此方法は他方に於て、其達し得た所の終極の単純要素の数学的関係を計算に由て算出したものが、実験の事実と一致しなければならぬことを豫想する。即ち近代の自然科学に所謂検証(verification)が可能なることを要求する。此検証は分解的方法に由て達した単純要素を数学的に結合して、其関係が実験と一致し得ることを確めるのである。ガリレイは之を合成的方法(Methodo compositivo)と称し、分解的方法は合成的方法を俟つて其結果の確實を保証し得ると見た。扱此二つの方法に

由てガリレイは物質界の終極の単純なる要素として、古代のデモクリトス Demokritos (460-370 v. Chr.) が説いたと同じような單元(原子)を立てた。此は性質上の差別の無い、唯幾何学的の形状大小等、分量的差別のみを有するものである。経験せられる自然界の現象は此單元の運動の複合に外ならぬ。真に存在する所のもは單元と、無限の空間に於ける其運動と、唯これのみである。吾人の経験に現れる自然界の性質的差別は、吾人の感覚に基く主観の状態である。感覺的性質は主観的の意味を有するに止まり、真に客観的の存在を有するものではない。実在は数学に由てのみ規定し得べき關係に結合せられた單元に外ならない。

ガリレイに従えば性質的の差別、変化は主観的であつて、眞の客観的実在は單元と其運動とであるが、單元は決して生滅することの無い恒久的存在を有するものである。自然界の変化は其運動の変化に外ならない。併し^{しか}ながら運動も亦其自身では自ら変化するものでない。他の運動に影響せられざる限り運動、静止の状態は永久不変のものである。これが彼の名に由て唱えられる有名な惰性律 (Law of inertia, Trägheitsprinzip) である。此原理に由れば運動状態の変化は他の運動状態の変化に因つて起る結果であつて、後者は前者の原因である。此運動の二つの状態間の相互の函数的關係が因果律に外ならぬ(函数的關係とは平易に言えば、一の量の數値が変化するに依じて他の量が一々之に対応して或値を取り、随伴的に規定せられる數量上の關係を指すのである)。自然科学の目的は此運動の函数的關係、即ち因果の必然的關係を明にすることである。終極の單元其物は吾人の思惟の終極の仮定となるものであつて、吾人はそれを直接に知ることが出来ない。科学の本領は斯^かかる終極の実体を認識することではなくして、其相互の關係、即ち其運動の函数的關係を明にすることである。自然科学は終極の実体を認識しよう^かと欲する形而上学から離脱することに由て、確固たる客観的の認識を得ることが出来るのである。斯^か様な終極の実体の何たるかを措^おいて問わず、唯其相互關係のみを明

にする認識の相対性ということは、自然科学の弱点というよりも寧ろ強味むじというべきものである。自然科学は最早もはや従来の哲学が仮定する如き自然の「隠れたる力」の何たるかを問うものでなくして、唯経験に現れる運動の数量的關係を明にするものである。約言すれば自然の因果的の法則を発見することが其目的である。

大要略右ほぼの如きガリレイの自然觀を、前章に述べた自然科学的認識の本質と対比するならば、如何に著しい一致が両者の間に発見せられるであろう。近代の自然科学が彼から始まるということの不当でない所以ゆえんは容易に分る。ガリレイの分解的方法に由て経験の終極的要素を求め、其要素の性質は経験すべからざるものと、仮説的に之を規定し、其相互の函数的關係を法則として立し、其法則の結合に由て逆に経験的事実の成立を合成的方法に由り理解するというのは、自然科学的認識の本質を道破したものである。最近の最も偉大な科学者の一人ポアンカレが、自然科学の研究の対象とする唯一の客觀的實在は、法則の形に現れる所の宇宙の調和的關係に外ならないとい①、現代の盛名ある物理学者プランク Planck が、物理学的世界形象の特徴を説明して、経験の中から感覚とい②う様な人間的の要素を捨離して、個人の経験の如何に拘かかわらない概念を以て世界形象を構成するにありとい②う如き、何れもガリレイの精神に外ならないのである。彼以後の自然科学の本流は全く彼の跡を追うと云つて可い。唯仮定する所の終極要素を如何に規定するかということ、従つて其函数的關係を如何なる状態の間の關係と解するかという此二個の点に於て、後代の自然觀は種々に變化して居るのである。ガリレイ自身の立脚地は終極の要素として唯幾何学的の形状、大小等の差別のみを有し、性質上の相違を有せざる单元を採り、其機械的なる運動の函数關係に自然現象を還元しようとしたのであるから、機械的原子論 (Mechanical atomism) と称すべきものである。此立脚地はニュートンの物理学に由て精密にせられ、最近まで自然科学界を風靡して来た立脚地である。吾人はニュートンより始めて漸次此方向の自然觀を叙述しなければならぬ。

註

- (1) ポアンカレの La Valeur de la science (科学の価値) 参照。
- (2) プランクの説 Die Einheit des physikalischen Weltbildes (邦訳余の旧稿『哲学雑誌』三二二、三二四、三一五号所載「物理学的世界形象の統一」) 参照。

ニュートン Newton (1642-1727) の人文史上に於ける意義は単に万有引力の発見者ということのみに盡きては居らぬ。寧ろガリレイの創始した近代的自然科学の研究法を實際に遂行して、将来の科学研究の模範となつた点に彼の重大なる意義が存するといふべきであろう。彼は其著『光学』の末尾に物理学的研究の目的方法を明晰に言表わし、重力の本質の何たるか、其作用の如何なる内的性質に基くかは物理学の関する所でなく、唯其相互の函数的關係を、凡ての事實に通ずる普遍的の自然法として表わすのが此学の本領である、アリストテレス学派、スコラ学派 (Scholastics) の人々が採る所の、物の隠れたる性質という如きものは科学研究を沮害する有害無益の仮定である、斯かる性質に顧慮することなく、唯現象より二三の一般的運動原理を導き出し、仮令其原理の根源は知られなくても、此から物体の属性、作用が演繹せられれば科学研究の目的は達せられるのであるといふ意味の事を述べて居る。彼の科学研究の近代的精神は、有名なる彼の語「吾は仮説を作らず」 Hypotheses non Fingo にも窺ふことが出来ると思ふ。彼は此精神に基き、ガリレイと同時代の独逸の大天文学者ケプラー Kepler (1571-1630) が発見した所の、遊星の軌道は楕円であつて其焦点の一に太陽が位置するといふ法則 (第一法則) と、ガリレイの惰性律 (慣性の法則)、即ち一の物体は外力に作用せられざる限り直線的等速運動を継続するという原理の關係を考え、遊星が太陽の周圍に曲線運動をなし、又衛星が遊星の周圍に曲線運動をなすには如何なる加速度を受けなければならぬかを研究し、而して此加速度はガリレイが発見した自由落下の法

則の根柢となる重力の加速度と本性を同じうするものであろうという思想に導かれて、遂に万有引力の理論を唱えるに至ったのである。二つの物体が其各の質量の相乗積に正比例し、相互の距離の平方に逆比例する力を及ぼし合うという此万有引力の原則は、太陽系に関する千古の疑問を解決する關鍵となつたのである。ニュートンは又、ガリレイ以来の力学の原則を確立して、所謂ニュートンの運動の三法則を立て、物理学に於ける力の概念を定め、力の平行四辺形の法則を表明し、原動反動(作用反)相等の原理を掲げ出した。此等の理論は皆後代の機械的自然觀の基礎を成すものであつて、所謂ガリレイ・ニュートンの力学は最近に至る迄、全物理学の根柢となり、科学的自然觀の模範と認められたものである。殊に彼が後代彼の説を祖述した者の解釈と異り、二つの物体の牽引力は両者の間の空虚な空間を伝わるものであるという遠隔作用 (Action at a distance, Fernwirkung) の思想を排して、引力は中間の不可秤 (imponderable) な微分子の衝突に由て伝播するもの、而して一の物体の及ぼす引力は其を構成する原子の各の及ぼす力の總和に外ならぬと解したことは、後の分子物理学の最初の基礎となり、機械的原子論の基礎を固くするに与つて大なる力あるものであつた。自然科学者の世界觀が久しい間ガリレイ・ニュートンの物理学に基く機械的原子論の方向を追うたのも偶然ではない。

二 化学に於ける原子説

前節に於てガリレイ・ニュートンの物理学と機械的原子論の關係を述べたが、固より機械的原子論が確固不動のものとして直ただちに一般に承認せられた訳ではない。先ずニュートンの唱道した万有引力の如何なるものなるかに關して異論があつた。ニュートン自身は引力が全く何等の媒介者もなしに空虚な空間を伝播するこ

とが出来るといふことを疑い、物体と物体との間に秤るべからざる媒質があつて、其微粒子の衝突に因る接觸作用に由て引力は伝わると考えたのであるが、彼の後継者は却て空虚の空間を伝わる所謂遠隔作用を以てニュートンの引力説の真意を得たるものとし、ニュートン説は即ち遠隔作用を及ぼす引力として世に伝わるようになった。然るに空間を此の如く自然現象の實質と考える思想は、一転すれば空間其物を以て物質と見做す思想となる。既にデカルト Descartes (1596-1650)、スピノザ Spinoza (1632-1677) の如き哲学者が物質即ち延長と見たのは著明な事実であるが、自然科学者の方に於ても遠隔作用に伴う困難を感ずる人々は、何等の物質も無い空間を力が伝わるというのは実は仮現であつて、其実は空間が吾人の感覚に認知せられない物質なのであると考え、空間即ち物質であるという説に傾いた。此説は物質を以て空虚な空間に隔てられて個々分離して存在する単元から成立すると考える所の原子論に対し、物質連続説 (Hypothesis of Continuity) を成すものであつて、其帰結は当然原子論の非連続的思想を排さなければならぬこととなる。然るに此連続説に対し障礙となつたのは音響の如き振動現象の説明の困難といふこともあるけれども、其最も著しいのは化学の方面に於ける原子説の確立であつた。

元来原子論其物は甚だ古い起原を有するのであつて、之を組織的に建設したのは希臘のデモクリトスである。彼は一切の生成変化を機械的過程に帰し、個々の事物の相違は之を形造る原子の形状、大小、相互の關係の相違に由つて生ずるものとした。原子は更に之を分割すべからざる単元であるといふ所から Atoma (不可分割者) と名けられたのである。此思想はアリストテレス以後の哲学者エピクロス Epikuros (341-270 v. Ch.) に由て継承せられ、中世を経て文艺复兴期に入り、当時の自然哲学者にも採用せられたのである。而して世界の現象を凡て原子の機械的運動に帰し、其一定の關係が即ち自然法に外ならぬといふ思想が、ガリレイの自

然觀の基礎を成せることも已に述べた如くである。併しながら此等の原子論は初は実験上の根拠に立つといふよりも、寧ろ認識の本性上から要求せられて独断的に立てられた根本原理という方が適當なのであつて、之に対する実験上の根拠は全く近世の実験的研究に由て与えられたのである。此原子の概念を始めて化学に採用し、中世の錬金術(Alchemie)を離れて近代的な化学研究を創始したのはニュートンと同時代に出た英吉利の化学者ボイル Boyle (1626-1691) である。併しながら彼の考えた原子は猶全く古代のエピクロスイギリスの跡を追うものであつて、夫々形状を異にし、相互の衝突、激動に由て集合離散し、以て化学変化を生ずる。其結合は二つの原子の凹凸の適合、分離は他の一層よく適合する原子の爲めに起るといふように考えた。此古代的な原子の考え方をニュートンの引力説に由て改造し、新しき原子説を唱えたのが同じく英吉利イギリスの化学者であつたドルトン Dalton (1766-1844) である。通常ドルトンの原子説 (Atomic theory, Atomistik) と唱えられるのは之に由る。彼の考えは原子は形状に於ては一樣なものであつて、古代の原子の如く凹凸起伏を有し、之に由て相結合する如きものではない。其結合は所謂化学的親和力と名ける引力に由るのである。而して相異なる物質の原子の相違は、従来思惟せられたる如くに形状の差違でなくして、重量の相違である。原子は夫々固有の原子量を有し、而して一の物質の原子は他の物質の原子と簡單なる割合を以て結合し、相結合する重量に規則正しき關係を保持するといふ。斯くて彼は彼の知れる最小の原子量を有する故を以て水素の原子量を単位として、之に対する約二十種の物質の原子量を、一八〇三年に發表した所の最初の論文に記載した。此原子量の説がドルトンの原子説の最も重要な特徴であつて、之に由て古代の原子論は化学に其跡を潜め、新しき化学的原子説が茲に確立せられることとなつたのである。蓋し古代の原子の考え方の如く其形状に相違を求め、凹凸の接合に由て結合が起るといふような説は、全然經驗的の根拠の無い想像的の仮説に過ぎない。其數量的

の關係を精密に規定するという如きことも全く不可能に属する。然るに之を重量の差に歸し、ニュートンの引力に類似した親和力を以て其結合を説明するということは、精密な数量的の研究に路を開いたものであつて、非常に大なる進歩といわなければならぬ。

ドルトンの原子説の出た後久しからずして、新なる発見は更に重要な学説の唱道を促すに至つた。ゲイリュサック Gay-Lussac (1778-1852) が一八〇八年に種々の気体は等しい温度と氣圧の下に於て簡単な容積の割合を以て化合すること、而して其結果生ずる化合物の容積は又其成分たる気体の容積に対し簡單なる比を有することを発見するに及んで、理論家は皆此発見に考察を向け、終にアヴォガドロ Avogadro (1776-1856) の分子説 (Molecular theory) が之を説明するものとして提出せられることとなつた。彼は一八一一年、凡ての氣體が圧と温度とに対し、又化合に於て何れも一樣の態度を執るといふことは、等温、等圧の下に於て種々の氣體が同容積に同数の微粒子を含むといふことを仮定するのでなければ説明出来ぬといふことを唱えた。此微粒子が即ち分子である。アヴォガドロは此分子説を矛盾なく組織するには、単に化合物の気体の分子が數個の原子より成るのみならず、元素の気体の分子も亦數個の原子より成ると見做さなければならぬことを認め、物体の終極要素は分子であつて、此分子は若干の原子より成り、原子は唯化学變化に際してのみ獨立に現れ、其結合を変じて分子の構造を變化する所の、物質其物の終極要素なのであると考へた。

今述べた原子説に基き、或物体の性質を変ぜずして分割し得る極限が分子であつて、分子は相互相牽く凝集力なるものに由り物体を形造る。氣體、液体、固体の別は此凝集力と分子の激動との割合が異なるために生ずるのである。相異なる物体の分子は夫々固有のものであつて、其性質を異にし、分子量を異にする。此分子が終極要素となつて起る所の自然界の現象は何れも物理的變化であるが此分子其物を更に分割すれば此處に物質其

物の変化を生じ、其終極要素として数十種の原子に達する。分子は此等の原子の若干より成るものであつて、其成素たる原子の特性、其数、及び結合の比例如何に由つて無数の相異なる物質の分子が生ずる。此原子を終極要素とする物質其物の変化が化学変化である。凡そ自然界の現象は皆此物理変化と化学変化とに帰するものであるというのが当時の自然観であつた。

所謂物理的变化に属する分子相互の運動、其牽引、反撥の力等は質点の質量と其運動關係とに由て説明せられる限り、機械観 (Mechanism) の見地に立つて之を理解し得るものであるが、原子の化学的親和力 (Chemical affinity, Chemische Verwandtschaft) なるものは、単に原子の質量即ち原子量と、其距離とに基く機械的の力として理解することが困難である。殊に所謂同質異性体 (Isomerism) の現象、即ち全然同種、同数の原子より成立しながら、其物理的性質を全く異にする二個の化合物の存在するというようなことは、到底原子の親和力を単に一樣な機械的の力と解する機械的説明では理解すべくもない。於此ベルツェリウス Berzelius の如く之を電気力に帰するもの、或はリービッヒ Liebig の如く「二つの化合物が一の新しき化合物に結合する時、其要素の存する状態に關しては吾人は何物をも知らない」とするものが現れた。十九世紀初の仏蘭西の物理学者は、多くは原子を空間的延長を有する物質的の微粒子とする必要無く、単に牽引反撥の力の中心とすれば充分なることを洞察した。此等の化学的变化を単なる機械的の物理的变化と區別し、ガリレイ・ニュートンの物理学に於ける力のみを以て理解し得ずとする思想は、やがて来るべき機械的自然観の没落を豫報する一兆候とも見ることが出来る。

三 光及び電磁氣の理論と機械的自然観

往時の学者は光の本体を以て、発光体が発する光素 (Light corpuscle) と名くる微小なる粒子が眼に入りて視神経を刺戟する為めに、光の感覚が生ずるのであると考えた。之を粒子説 (Corpuscular theory) といひ発射説 (Emission theory) と称する。ニュートンの採つたのも此発射説であつて、当時の学者の多くは之に賛同した。然るに当時すて已にホイヘンス Huygens (1629-1695) は之に反対して波動説 (Wave theory, Undulationstheorie) を提出し、光は弾性的な媒質中に生ずる波動であると唱えた。此説は十八世紀を通じて殆ど全く之を顧みるものもなかつたのであるが、十九世紀の初英吉利イギリスの青年医師ヤング Thomas Young (1773-1829) 此波動説を採り、光の干渉の事実に明確なる証拠を得て、一八〇一年の『光及色の理論』 (Theory of Light and Colour) に於て此説を確立した。透明な薄層の表面から反射せられる白色光線は、分解せられて、種々の色彩を表わすことは夙つとに知られた事実であるが、彼は此が単にニュートンの唱えた白色光線が各種の光素の集合であるといふことのみを以てしては説明すべからざることであつて、波動説に由てのみ説明せられ得るものなることを覺つた。光線が薄き硝子板ガラスに進入するとき其一半は上面より反射せられ、他の一半は下面より反射せられるに下面より反射する光線は硝子の実質を通過するに当り進行の速度を減少する為めに、再び上面に出ずるに際して其一部は前の一部と干渉して中和せられ、白色光線の中一部は消滅する為めに残部は白色を呈せずして各種の色彩を現わすのである。此干渉、中和という事実は光を波動と考へるのでなければ理解することの出来ぬものであるといふのがヤングの考である。已すてに波動という以上は此波動を為す所の何物かが無ければならぬ。此は空気ではない。何故ならば天外無窮の恒星間に於ては仮令たとひ空気があるとしても、極めて稀薄であつて言うに足らぬものだからである。空気よりも一層微妙にして、直接吾人の感知することの出来ぬ、あらゆる空間に瀰漫びまんして、凡ての透明体は勿論不透明体の実質中にも充満するものがあるのでなければならぬ。

此微妙不可捉の或物を名けてヤングは光エーテル (Luminiferous ether, Lichtäther) と称した。

ホイヘンスの考えた波動は音波の如く縦振動であったが、フレネル Fresnel (1788-1827) の偏光に関する実験は光線の縦波振動でないことを証明し、ヤングも横波説を唱え、爾後諸種の研究は全く此横波説を確立した。光は発光体の分子振動がエーテルに起す所の横波の波動であるというのが波動説の要点である(縦波とは分子の振動の方向と波動の進行する方向と同一なるもの、横波とは分子の振動が波動進行の方向に直角なるものをいうのである)。然るに一般流動体即ち気体、液体には横波を生ずることが出来なく、横波は唯固体に於てのみ生じ得るものであるということは一様に確証せられた事実である。而して振動は固より其振動体の弾性なることを必要とするから、光エーテルは弾性の固体でなければならぬこととなる。然るに天体は斯様なエーテルの大海中を何等の抵抗も受けずに運動して居るとすれば、光エーテルは固体でありながら認知せられるような抵抗を与えないものでなければならぬ。此様な無抵抗の、即ち摩擦のない固体という概念は、先ず光エーテルに伴う最初の困難となった。

次に固体の弾性論を光エーテルに応用しようとするれば、別に縦波の存在を承認しなければならなくなる。然るに如何なる実験を以てしても斯かる縦波の存在は認めることが出来ぬ(後に説くように今日の万有引力論は、エーテルの縦波を以て万有引力と考えて居るのであるが、此は其後の精密なる研究、独創なる理論の導く所の結論として生じた仮説であつて、固より當時に於ては豫想だにせられなかつたものである)。此困難を解決する道は唯エーテルの圧縮性を無限小とするか、無限大とするかの何れか一つである。此も亦エーテルの概念に伴う困難であつた。

斯様にエーテルを弾性の固体であつて、無限に大なる或は無限に小なる圧縮性を有し、少しの摩擦も無い所

の媒質であるとし、光は其エーテル分子の振動に基く横波であるというのが光の機械的説明の窮極である。斯かるエーテルが困難なく思惟し得られるならば、光を一種の物質分子の運動に帰することが出来る訳である。實際機械的自然觀に支配せられる物理学者は此方向に努力を絶たなかつたのである。然るに電気、磁氣に關する理論は更に全く新しい見解を光の理論に提出せしめることとなり、此問題を一層普遍にして困難なる立場に移すこととなつた。

十八世紀の中葉にフランクリン Franklin (1706-1790) が電氣を以て一の稀薄にして運動の円滑なる流体とし、此流体の微分子が互に反撥する者であるという仮定から電氣の現象を説明しようとした所の所謂電氣流体説 (Fluid theory) の粗笨にして、学者の要求を満たすに足らぬことが感知せられるようになってからも、電氣其物の何たるかに就ては久しい間何等確固たる見解が提出せらるることなくして過ぎたのである。十八世紀の末に伊太利のガルヴァニ Galvani (1737-1798) が発見した所謂ガルヴァニズムなるものが、旧來の摩擦電氣と同種のものであるということは十九世紀の初に一般に承認せられ、又英吉利のデーヴィー Davy (1778-1829) 等の研究に由てニュートンの万有引力として理解することの困難な化学的親和力も、電氣引力と同一なることが確立せられるに至つた。更に一八一九年丁抹のエルステット Ørsted (1777-1851) が、磁針の周圍に通じた電流の爲めに磁針が偏倚することを発見して以來、仏蘭西のアンペール Ampère (1775-1863) 等の研究に由て電磁二方の關係が決定せられ、仏のアラゴ Arago (1786-1853) は一八二五年電氣の誘導に由て随意に磁力の発生し得られることを証明し、更に英のファラデー Faraday (1791-1867) は逆に磁氣に由て電氣を誘発し得ることを示した。而して彼は諸種の実験に由て凡ての物体が多少磁氣に感応すること、光線と雖も偏光現象に於て見る如く磁氣に感ずるものなること、又電氣力と化学親和力との相交換し得べきことを発見し、光、

化学変化、電気、磁気の現象の終つひに同一原力の発現であつて、其変換には一定の数量的關係がなければならぬことを説くに至つた。ファラデーはニュートン其他の物理学者と同じく所謂遠隔作用いわゆるなるものを排斥し、電気、磁気的作用は媒質の変化に基き、其中に生成せられる所謂力線いゝゆるに由て起ると主張し、而して此媒質が光線及び輻射熱の活動に対する媒質たる光エーテルと同一なるべき所以ゆゑんを論じた。此ファラデーの実験上の研究に数学の計算を適用して確固たる理論の基礎を立てたのがマクスウェル Maxwell (1831-1879) である。彼は光の現象を吾人の感覚に知られる如き物体の性質を有する媒質（即ち弾性エーテル）に由て説明し得るとしても、電気作用は斯かかる媒質の能よく説明する所でないという困難を認め、逆に電気作用を伝達する媒質の如何なる性質を有しなければならぬかを研究し、其結果斯かかる電磁作用の媒質が光と全く同一の速度を以て其波動を伝播でんぱすることを発見し、電磁作用を説明する媒質は同時に光の現象を説明するに足ることを明にして、光の電磁説 (Electromagnetic theory) の基礎を確立することが出来た。此思想の根柢に横わる特に注意すべき点てんてんは、電磁作用が時間を要せず瞬間的に伝わるものでなくして、其伝播でんぱに一定の時間を要するということである。其伝播でんぱの速度が光の伝達と同一である以上は、光と電磁現象とが同一の媒質エーテルに起因するものであるということは、科学研究の自然の傾向に由て要求せられる所でなければならぬ。

電磁作用が光線伝播でんぱと同じ速度を有する波動に由て伝播でんぱするものであるというマクスウェルの理論は、ドイツの物理学者ヘルムホルツ Helmholtz (1821-1894) の注意する所となり、其德通しつうに由てヘルツ Hertz (1837-1894) の実験が成し遂げられた。ヘルツは二個の金属棒の端に金属の球を附した振動子 (Oscillator) を感応コイルの、両極に連絡し、其間に火花放電をさせ、別に検波器 (Wave-detector) と称する円形状導線の両端に金属球を附け其間に少し許の間隙を存するものを用い、其振動週期を振動子の週期と一致させる。今之を振動子の近傍

種々の位置に置くときは、振動子から出た電波が検波器を共鳴させ、其中に共鳴的電気振動を生じ、其間隙に小なる火花を発して電波の存在を証明する（今日偉大なる実用上の効果を挙げて居る所の無線電信は、全く此実験を大規模に行うものに過ぎない）。又ヘルツは二個の金属製の抛物体の鏡面を用いて電波を集め、其反射屈折の全く光波と同一の法則に従うことを実験し、尚電波の偏り、干渉等をも実験した。所謂ヘルツ波と称するのは即ち此電波の謂であつて、マクスウェルの理論は茲にヘルツの実験に由り確証せられ、光の電磁説は確固たる基礎を得ることとなつた。此説に由れば光も電磁作用も共に電磁力の週期的變化を傳播する波動現象であつて、電磁現象と光現象との相違は唯其波動の波長、振動数の相違に過ぎないという。光の圧力というような、一見不可思議な現象が実験せられるようになったのも光を以て電磁力の週期的に傳播するものと考えれば当然の事であつて、已にマクスウェルは理論上から之を豫言して置いたのである。

斯くしてフレネルの立てた光の理論は凡てマクスウェルの電磁氣の理論から理解せられることとなり、光エーテルは今や光、電磁氣の媒質たる更に普遍的の意義を有するものとなつた、之に由り若し光の機械的説明を固守しようと欲するならば、其は更に一層普遍的な光、電磁氣の機械的説明という形を取らなければならぬ。然るに光エーテルの性質の機械的説明に伴う困難は、此問題の一般化に由て軽減せられる所ではなくして、反対に複雑となり、重大となるのである。ケルヴィン卿 Lord Kelvin (1824-1907) の如き人を始めとし、多くの物理学者はエーテルの構造に關して腦漿を絞つたけれども、終に満足な結果は得られず、エーテル中に於ける電氣力学的現象を、質点の運動に基く機械的の仮説を以て説明することは殆ど不可能なることを承認しなければならぬことが知られた。然るに若しもマクスウェルの理論に従つて、電氣力学の根本を形造る所謂マクスウェル・ヘルツの微分方程式を基礎として採用するならば、光、電磁氣の現象は凡て簡単に精密に説明する

ことが出来る。此が、プランクの云つたように、自由エーテル中に起る電気力学的現象に対しマクスウェル・ヘルツの微分方程式が精密に当嵌まることを承認すれば、其機械的説明は断念しなければならぬという信念を物理学者の間に盛ならしめた所以である。機械的自然観は光の電磁説に由て其根柢を覆されたといつても不可ではない。此が現代の電気力学的自然観 (Electrodynamical view of nature) に移る橋梁を成すものである。

四 エネルギー恒存則と機械観

自然の統一的説明に最も大なる貢献をなし、自然科学的世界観の根柢を形造つたものは十九世紀の前半に確立せられたエネルギー恒存則 (Principle of Conservation of Energy) である。これが又一時機械的自然観を幫助して最後の飛躍を試みしめる一勢力となつた。

エネルギー恒存則の唱道に最初の根柢を与えたものは英吉利のジュール Joule (1818-1889)、独逸のマイヤー R. Mayer (1814-1878) の発見した熱の仕事当量のことである。既に十八世紀の終にラムフォード Count Rumford、デイヴィの如き人は運動が變じて熱となることを発見したのであるが、此思想を継承してジュールは自家の工夫に成る装置を用い、熱量と仕事との間に数量上の關係を確定した。マイヤーは熱帯地方の患者を医療するに際して、患者の静脈血が温帯、寒帯に於けるよりも紅色に富むということを発見し、其原因を追究して熱帯に於ては他帯に於けるよりも、体温の保存の爲めに起る血中の酸化作用が少いたためであると断定した。之を端緒として人体も外界の諸力に依頼する機械に外ならない、消費する所の一定量の材料の酸化に対しては一定量の熱を生ずるに止まり、生活作用に由て無から熱を生ずる如きは不可能に属することを結論し、熱と仕

事との間に一定の当量関係のあることを確定した。而して彼は嘗に当量関係のみならず、進んで或瞬間に熱であつたものが次の瞬間には仕事となり、又其逆も同様に事実として現れると信じ、同一の力が種々の形態に現れるけれども、其總量は不増、不減のもの、所謂原因と結果といふのは此恒等の關係を保つ力の発現形式に外ならないと主張して、今日のエネルギー恒存則を簡明に唱道した。而して此等の思想を大成し、後代に最も大なる影響を及ぼしたのは疑も無くヘルムホルツのエネルギー恒存論である。此曠世の大物理学者は一八四七年 *Über die Erhaltung der Kraft* (科学名著集第一篇、荒木(吉次) 理学士邦訳『力の保存に就て』) の論文に於て、先ず運動エネルギーと位置のエネルギーとの当量關係を明にして、エネルギーの不生、不滅なることを論じ、古来多くの人の頭腦を悩ました永久運動の不可能なるを断定し、更に進んで熱、電気、磁氣の現象に於ける仕事当量の理論を説述して、自然界に於て作用し得べき力の總量は不変なることを確定した。宇宙の凡ての現象は唯力の諸種の形態に由て起るものであつて、力は其形態を變ずるけれども、之を創生し、或は減盡することは出来るものでないということがこれに由て確定せられることとなつた。此処に所謂力とは今日の物理学がエネルギーと名けるものであつて、今日の物理学で謂う力とエネルギーとは明確に區別せられて居ること読者の知る如くである。之を通俗的に云うならば力は仕事の原因、エネルギーは仕事をする能力といつてもよからう。

自然科学的世界觀の歴史を通じて、エネルギー恒存則に比すべき広汎な概括は殆ど他に無いと云つても差支無い。此原理の確立以後の物理学は、ケルヴィンが一八九五年に、「予は過去五十年間エネルギーの本性に關して何等の新しい事を学ばず」と言つた程に、此原則を基礎に安置して、特殊問題の研究に汲々たる有様であつた。エネルギーは元來力学の範圍に於て、運動する物体から得られた概念である。今エネルギー恒存則

の端緒となつた熱と機械の仕事との轉換といふことも、熱を分子の振動と考える熱機械論 (Mechanical theory of heat, mechanische Wärmetheorie) の仮定の上に立つものであつて、ヘルムホルツの論文が示す如く、エネルギー恒存則は畢竟古くから力学の範囲で認められた、運動エネルギーと潜状エネルギー (位置のエネルギー) との總和の不変といふことの一般化とも見られるようなものであつた。従つて凡ての自然界の現象を終極要素たる物質原子 (化学的原子に限らず広き意味にていふ) の運動に還元せんとする機械的自然観は、此原則に由て大なる保証を得たるが如き観を呈し、此原則の発見当時は、殆どこれと機械的自然観とは同一視せられる程であつた。畢竟これはプランクが言うように、機械的自然観が完全に成就するならば、凡てのエネルギーは機械的運動的のものとなり、容易にエネルギー原則を此立脚地から演繹することが出来るからである。併しながらエネルギー恒存則の教える所は、凡ての現象を通じてエネルギーなる量が恒常に維持せられることのみである。エネルギー其物の性質が如何なるものであるかに就ては何事をも語るものでない。物質の微粒子の運動として理解することの出来ぬ電気、磁気、光の現象についてエネルギー恒存則を承認するには、エネルギーの概念を運動する物体と分離し、此原則を機械観と明に區別することの必要が生ずる。前に述べたマクスウェル・ヘルツの確立した光の電磁説に由れば、光は物質に類似する所の属性を賦与せられたエーテルの機械的な弾性的波動でなくして、電磁力の週期的変動に因る波動である。通俗的にいへば物の波でなくして力の波である。此場合にはエネルギーは物質分子の運動に基く機械的エネルギーでなくして、電磁力の為す仕事に由て測られる電磁的エネルギーである。凡てのエネルギーを機械的のエネルギーに帰せうとすることは不可能の試なることが知られ、電磁的エネルギーなるものが却て根本的なものであると認められるようになって、機械的自然観は電磁的自然観に代わられることとなつたのである。エネルギー恒存則は斯くして機

械観から離れて、電磁観に由り理解せられることとなる。

機械的自然観を真の意味に於て幫助したものは寧ろ気体運動論 (Kinetic theory of gas) である。此は化学界に於て承認せられたアヴォガドロの分子説と、熱運動論との結合に由て生れ出たものである。デーヴィー已に温度の変化に伴う物質の変化に関する研究から、熱を以て物体分子の間に存する振動の顕現であるとし、凡ての物体が多少の温度を有する以上は、必ず其分子は永久振動の状態になければならないと考えたのであるが、エネルギー恒存則の確立するに及び、此思想は一般に承認せられ、独逸のクラウジウス Clausius (1822-1888)、英吉利のマクスウェル等の研究に由り、所謂気体運動論なるものが勃興するに至つた。気体の圧力を気体分子の衝撃に起因するとする説は、已に十八世紀の初から唱えられたのであるが、今や熱も亦分子運動のエネルギーに外ならぬことが承認せられ、気体の分子は驚くべき大速度を以て断えず運動するものであるという仮定の上に、気体の密度、圧力、温度に関する諸定律を演繹し、更に進んでは分子の大きさをも此仮説から測定するに至つた。ケルヴィンの比較に依れば、フットボールの球程の大きさの水球を地球の大きさに拡大する時、其分子は弾丸より小ならず、フットボールの球より大ならず、分子の大きさは直径一センチメートルの千万分の一と一億分の一との間にあるという。

熱機械論に対し一見障礙となり、従つて気体運動論に困難を与うる如き観を呈したものは熱力学の第二法則である。所謂熱力学の第一法則たる、熱はエネルギーの一形態であつて、機械の仕事との間に一定の当量関係があるというエネルギー恒存の原則が、自然を支配する最も普遍的原理に拡張せられる重要な意義を有することは已に上に述べた如くであるが、此は現象の推移を通じて保たれる関係を道破するに止まり、現象推移の方向に關しては何等教える所が無い。然るにクラウジウスが熱力学の第二法則と名けた所のは、自然

界の現象の起る方向を教える点に於て独特の意義を持つ。此法則に由れば熱は高温度の物体から低温度の物体へは自ら移ることが出来るけれども、低温の物体から高温の物体へ自ら移ることは不可能である。即ち熱の現象は機械的の現象の如く可逆的 (reversible) でなくして、不可逆的 (irreversible) である。其結果凡ての機械的の仕事は之を完全に熱に変ずることが出来るけれども、熱は其が機械的の仕事に変ぜられる時、必ず一部分は低温の物体に移る故に、之を完全に機械的の仕事に変ずることが出来ない。自然界の現象は機械的の仕事に利用し得べき所謂自由エネルギーの漸次減少する如き方向に進行する^①のである。此法則の結果として我等の宇宙は仮令其エネルギーの總量は不変であつても、ケルヴィンが示した如く漸次其動力を消磨して、終に或一定の時期には人類の生息するに適しないような状態に達しなければならぬこととなる。然るに熱機械論、原子論の立脚地から考えれば、熱も亦分子の運動エネルギーであるから、此が機械的の仕事の如くに可逆的でなく、全部還元出来ないということは解すべからざることの如くに思われる。實際マクスウェルの考えた魔 (demon) の如きものがあつて、分子の運動を支配することが出来るならば、熱も可逆的の現象となる訳なのである。此は熱機械論、原子論と如何に調和し得るか。ボルツマン Boltzmann (1844-1906) は其畢生の努力に由て統計的方法を用い、却て熱機械論、原子論の上から、始めて熱力学の第二法則の説明し得る所以を示した。其理論は到底此処に述べることは出来ないが、物理学に対する功の偉大なる永久の意義を有するものといわなければならぬ。

註

(1) 熱力学第二法則は、物理学に於てはエントロピー Entropy 増加の法則としても言表わされる。物体が標準状態より或る状態に達する時、其経過の任意の段階の絶対温度を T とし、其温度にて出入する熱量を Q とすれば、 $M \int \frac{Q}{T}$ なる抽象的の量を其状態に於けるエントロピーと称する。或系統の現象は常に其系統のエントロピーの總和が増加するような方向に起るといのである。

然し今は斯様な専門的な概念に由らずに、易解を旨として本文の如くに言表わした。唯念の爲め此エントロピーという名称だけを此処に記して置こうと思う。

此等の結果を總収して機械的原子論の最後の偉大なる自然觀を構成しようと思つたのはヘルツ其人である。彼の力学 (Die Principien der Mechanik) はプランクの言つたように、現在の物理学というよりも将来の物理学、或は一種の物理学的信仰告白ともいふべきものであつて、終極の單純一様な質点の運動に由て一切の自然現象を機械的に説明する計画を立て、其徹底せる立脚地、其美わしき調和的の組織は人をして嘆賞禁ぜざらしむるものがある。彼はヘルムホルツの認めた運動エネルギーと潜状エネルギー、又機械的エネルギーと電磁的エネルギー、化学的エネルギー、熱エネルギーとの區別を没し、在る所のものは唯可視的物質、或は不可視的物質の運動エネルギーのみ。諸種のエネルギーは唯其質点の位置、速度等に由て生ずる差別に過ぎない。其が何れも運動エネルギーたる点に於ては全く同一である。自然界の現象は畢竟惰性を有する物質の運動に帰すると考え、時間、空間、質量という二つの根本概念を基礎として、形式的、数学的にいと美わしき力学体系の組織を試みたのである。

ヘルツの力学は斯学の精華ともいふべきものであるけれども、仔細に之を驗すればプランクの言う如く、ヘルツ自身も恐らく感じて居たと思われるように種々の困難を解決したものでなくして、唯之を實驗の到達し得ざる範圍に押し遣つたとも云うべきものである。彼は光、電磁氣の如き彼の所謂不可視の運動を説明することを全く試みなかつた。而して其試は彼以後今日に至るまで何等の進歩を見ない。却て物理学の發達はヘルツの指定した方向、否一般に機械觀と異なる他の方向を取つて進んだのである。此が現代の自然觀の特色を成す所の電磁觀である。今や凡ての自然現象を物体の運動に基く機械的過程として理解することは断念せ

られ、電磁力なるものを根本的のもの^{みな}と見做し、凡ての現象を^{すべ}（所謂機械的の物体の運動現象をも）^{いわゆる}それから理解しようと試みるのである。吾人はガリレイ以来近代を通じて発達した機械的自然観の概要を略叙し、今ヘルツの力学に於て其終極に達した故に、次に章を改めて現代の自然科学的世界観の基礎を成す実験上の事実と、それに基づく理論とを比較的精細に叙述しようと思う。

本章に屢々引用したプランクの論は、氏の講演 *Die Stellung der gegenwärtigen Physik zur mechanischen Naturanschauung*（桑木^{（或）}雄）理学士邦訳『東洋学芸雑誌』三五二、三五三号所載「力学的自然観に対する新物理学の位置」）に依る。

第三章 電氣物質觀

一 真空放電及び電子

マクスウエル・ヘルツの微分方程式に由て、電氣現象を支配する法則は根本的に明になつたけれども、電氣其物の本質に至つては何等知られる所が無かつた。此問題は他の実験上の事実から意外な解決を与えられることとなつたのである。其実験といふのは真空放電に関するものである。

フランクリンが電光の起るのは空中電氣の陰陽兩態が中和するに基くことを発見したのは人口に膾炙する所であつて、此電光の現象が、感応コイルの兩極に結ばれた金属製の棒の兩端に起る放電現象と同一のものなることは、今日知らぬ人はあるまい。今金属棒の兩端を或距離に保ち、其周囲を硝子器にて被い、硝子と棒との間を封じて空氣の漏れないようにし、然る後硝子器内の空氣を排除して真空を作り、斯くして棒の兩端即ち陰陽兩極の間に放電を行えば、此處に真空放電の現象を得る。其真空の完全の度合如何に由り種々の不可思議な事実が現れて来るのである。硝子器中の空氣を少しも排除しない場合に於ては其火花は電光の如く線状をなすことは言う迄も無いが、空氣ポンプを以て漸次器中の空氣を排除し、所謂ガイスレル管 (Geister tube) と稱するものに達すれば、通常の圧力の場合の如く線状の火花をなさずして、管内の大部分に亘り美しい光を

発する。先ず陰極の周囲の暗黒部に次ぎて陰光 (Negative glow) と称する微光部があり、次に第二の暗黒部を隔てて陽光 (Positive glow) と称する光輝部がある。此は明暗が鱗状をなして交代する部分であつて、其一端は陽極に達するのである。此ガイスレル管の空気を一層稀薄にし、而もそれに応じて放電を可能ならしむるように電圧を高めて行けば、鱗状の光は漸次減少して遂に全く消滅するようになる。管内の圧力が此程度に達した時が即ちクルックス管 (Crookes tube) と名けられるのである。此クルックス管に於ては最早管内には光輝を見ないけれども、陰極に面する硝子管が美麗な蛍光を発するという著しい現象が現れる。此研究に先鞭を着けた英吉利の物理学者クルックスは、之を以て陰極から発する放射線の為めであるとし、之を陰極線 (Cathode ray) と称し、其性質を研究して次の如き不可思議な結果を得た。一、陰極線は磁力の作用を受けて方向を變ずる。二、陰極線は陰電気を帯びる為めに互に反撥する。三、陰極線は管中に硝子の小管を以て製した軌道を横え、其上に雲母の薄片を羽とする小車を置けば、其進む方向に此小車を廻走させるという機械的作用を行う。四、陰極線は燐光を発する物体に當つて其燐光 (前記の蛍光とは化学作用をなす線の當る時其為めに発する物質特有の光、今言う燐光とは其入射線の作用の止んだ後まで継続する線をいう) を喚起する。五、陰極線は焦点に集中し、又熱作用を生ずる。六、陰極線の通路に物体を置けば其投影を生ずる。

此様な不可思議な現象を呈する陰極線をクルックスが一八七九年に発見した時には、彼は之を普通の気体、液体、固体の何れとも全く異なるものであるという理由を以て、「物質の第四態」 (Forth state of matter) と称した。彼が此物質の第四態を以て陰電気を帯びた微粒子と考へたのは、実に後の電子論の先驅をなすものであつて、非常な卓見といわなければならぬ。

此思想を承けて帯電球の運動に関する斬新な理論的研究から、真空放電の説明を試みたのはトムソン (T.

Thomson である。彼の研究に由れば電気を帯びた一の球が一定の速度を以て直線運動をすれば、電力は勿論もちろん磁力をも生ずるのであつて、其大きさは速度と共に増大するものであるという。トムソンは此考に基き、かの所謂陰極線いわゆるなるものは、陰電気を帯ぶる微粒子であつて、それが強大なる運動エネルギーを以て管壁に衝突する結果蛍光を発するのであろうと推断した。後一八九七年に至つてトムソンは其微粒子の荷電量 e と、其質量 m との比即ち e/m を測定し、翌年 e のみを測定した。此等の値はトムソンの外多くの学者も研究したのであつて、其結果は必ずしも一致しないけれども、大凡 $e = 3.1 \times 10^{-10}$ 静電単位 C.G.S. (最近の測定は 4.68×10^{-10} 静電単位 C.G.S. と見られる。これから其微粒子の質量を計算すると、水素原子の質量の $\frac{1}{1700}$ となる。是に由て物質原子中最小の原子量を有する水素原子より遙に小なるものが在ることとなり、原子は更に分つべからざる物質の終極要素であるという従来の思想は根柢から覆らざるを得ないこととなつた。此陰電気を帯ぶる微粒子を電子 (Electron) というのである。

電子論 (Electron theory) の考を採用すれば、クルックスの発見した陰極線は陰極から高速度を以て射出せられる電子の群に外ならない。レナード Lenard は陰極線を受ける壁に薄きアルミニウムの板を張り、之を通して此線を管外に取出すことが出来た。之をレナード線 (Lenard ray) という。

真空管に於て陰極線が金属の面に衝突すると其面から著しい特性を有する放射線を発する。此はロエントヒエン (Roentgen) が一八九五年に発見した所謂 X 線 (X ray) である。此線は蛍光体に蛍光を発せしめ、写真作用をなし、又其通路に於ける気体を電解する作用を有する。殊に著しいのは今日誰も知るように、通常の光線に対して不透明な物体と雖も、密度の小なるものは能く之を通過するということである。然し X 線は磁場や電場の作用を受けることはない。此事實は X 線が陰極線の如く電子の集合でないことを示して居る。さり

としてこれは勿論通常の光線ではない。然らば其本質は何かといえ、ストークス Stokes (1819-1903)、トムソン等は陰極放射線を組織する電子が、クルックス管の管壁に衝突して急劇に停止せんとする際に起る一の電磁的弧波の如きものであらうと考へたのであるが、最近二三年の研究に由れば、通常の光の波長の一万分の一に当る程小なる波長のエーテル横波と推定せられて居る。

真空管の陰極として数多の小孔を穿つた板を用いると、陰極から見て陽極と反対の側に一種の放射線が進行することが知られる。若し管内に稀薄な気体が残留するときは、此放射線の通路に黄金色の光芒を認める。此がゴールドスタイン Goldstein の一八八六年に発見した陽極線 (Positive ray) 或はカナル線 (Canal ray) と称するものである。陽極線は陽電気を帯びた、原子と同程度の大きさの粒子より成るものであつて、磁気、電氣の爲めに陰極線と反対の作用を受けることが発見せられた。

右の如くにしてクルックスの始めた真空放電の研究は電子なる概念を導き、通常物質と異なる或物の存在を推定せしむるに至つたのであるが、これと物質との関係、電子と原子、分子との関係如何という問題を解決して、電氣物質觀を確定せしむるには尚次の諸多の実験に俟たなければならなかつた。

二 ラジウムと物質の変脱

ロエントヒエンがX線を発見した時、其が何物であらうかという疑問は一時学者の争つて論究する所となつた。而して慧眼の学者はX線の有する諸性質は真空放電に起因する放射線に限るのでなく、他方面に於てX線と同様の作用を生ずる物体、或は之を生ぜしむる方法があるやうと想像した。仏蘭西のベクレル Becquerel は

ロェントヒェンの本の実験に於て、X線の発起するのは陰極線が硝子管壁に衝突して燐光を發する所からである。と云う理由に由り、X線と燐光或は螢光の發現とは相伴うものである。と考へ、種々の燐光体、螢光体を研究し、其結果一八九六年ウラニウム(Uranium)化合物から一種の放射線の出ることを發見した。此がベクレル線(Bequerel ray)である。此ウラニウムの放射線は氣體を電離し、写真的、及び螢光的作用を有する。此等の性質を放射能(Radioactivity)という。又それはX線に比しては極めて微弱であるけれども不透明体を通過する。然し仔細に驗すると此ベクレル線はX線よりも複雑であつて、X線と共通の性質もあるけれども、磁力に感ずる点などに於てX線と異なることがある。ウラニウムは諸元素中最高原子量を有するものであるが、X線に酷似する性質は高原子量の元素に固有なものではないかという考から、シュミット Schmidt は第二の最高原子量を有するトリウム Thorium 化合物を驗して同様の性質を發見した。次で一八九八年キュリー Curie 夫妻はピッチブレンド(Pitchblende)と稱するウラニウムを含有する鉱物から、化学的方法に由て放射能の顯著な二種の新しき物質を發見し、之にポロニウム(Polonium)、ラジウム(Radium)の名を与へた。就中ラジウムは放射能最も大きく、ウラニウムに比すると百万倍に及ぶ。但し、ピッチブレンドの中に含有せられるラジウムの量は極めて微少であつて、一瓦のラジウムを得るには数噸の鉱石を要するという。此様な微量の放射物質を檢するに最も鋭敏な方法は其電離作用に由ることである。ベクレルが最初想像した、放射能と燐光とが不可離の關係があるという考は誤つて居たのであつて、燐光を發するものは必ずしも放射能を有する訳ではない。放射物が燐光を發する物体を刺衝して之を發せしむるに止まる。是れベクレルをしてラジウム發見の名譽を荷う能わざらしめ、電離檢索の法を用いたキュリー夫人をして名を成さしめた所以である。

電離作用及び電力、磁力の及ぼす影響に由てラジウムの放射能を研究すると、ラジウムを始め一般に放射能

ある物質の発する放射線に三種あることが知られる。之をアルファ α 、ベータ β 、ガンマ γ という。

α 線は磁場及び電場のために屈曲を受けるものであつて、其方向から考えて陽電氣を帯ぶる粒子なることが分る。其荷電量は電子荷電の二倍であつて、其質量は水素原子の四倍、即ちヘリウムの原子と同一である。其氣体を電離する作用は非常に顕著であつて、例えば α 線が空氣中を通過する際、其が電離作用を失うまでに生ずる陰陽イオン Ion の数は、一個の α 粒子に対し約九方に及ぶ。 α 線は物質を透す透過度極めて小さく、雲母の薄片は紙片の如きものも能く之を遮る。空氣中に於てさえ僅に數^{ミリメートル}を通過し得るに過ぎない。是は其質量が割合に大きい為めである。写真板に対する作用も割合に小さい。此の粒子が物質内部から表面に達するまでに衝突に由つて其運動のエネルギーを失い熱を生ずることが、放射物質の温度が其周囲より常に稍高い^{やや}原因と考えられる。

β 線も亦磁場、電場のために屈曲を受けるものであつて、其方向が α 線と反対な所から、陰電氣を帯びた粒子なることが分る。其速度は $v \approx 1.5 \times 10^9 \sim 2.85 \times 10^{10} \text{ cm/sec}$ 。又其 $e-m$ は陰極線の $e-m$ に等しい。是に由つて β 粒子は電子と同一物だということが知られる。唯陰極線に於けるよりも一般に其速度の大きいのが違う点である。 β 粒子は α 粒子に比して運動のエネルギーが小さい所から、氣体を電離する作用は小さいけれども、其質量が著しく小さくして速度は却て大なる為め透過度は大きい。雲母の薄片又は金箔の如きは自由に β 線を透す。尚 β 線の写真及び蛍光作用は α 線よりも遙かに大きい。

γ 線はX線と同様の性質を有するものであつて、全く磁力、電力の作用を受けぬ。恐らく此はX線と同一物であつて、 β 粒子の逸出に伴う電磁的波動であろうと想像せられた。此線の透過度は β 線 α 線に比し固より著しく大きい。

放射物質に著しいことはラザーフォード Rutherford 等の研究に由て知れた様に、絶えず放射線を発すると同時に他の物質に変脱 (disintegrate, disintegration) するということである。例えばラジウムは α 粒子を放出してラディウム・エマナチオン Radium Emanation (ラジウム・エマナチオンは放射能の大なる気体であるが、他の元素と化合することは出来ぬ) となり、ラジウム・エマナチオンは更に α 粒子を放出して Radium A となり、此も α 粒子を放出して Radium B となり、此は β 粒子を放出して Radium C、更に此は α β γ を発して Radium D となる。Radium D は其儘 Radium E₁ となり、又 Radium E₂ となり、Radium E₂ は β γ を放出して終に Radium G となる。Radium F はキュリーの発見したポロニウムと同一物である。Radium G は其原子量二〇六であつて鉛と同一であり、又鉛が實際放射物質と相伴うて存在することはよく知られた事実なる所から、Radium G は鉛と同一物であらうという説がある。ラジウムより系統的に生ずる此等の生成物は夫々特有の放射線を有するものであつて、其各種の作用も亦同じくないのであるけれども、此等は凡て一団となつて存在するのであるから、通常ラジウムに就いて吾人が測定する作用は、其団体としての合成作用といわなければならぬ。放射能が本の値の半に減ずる時間を放射物質の半壽命 (Half period)、本の値の $\frac{1}{e}$ 即ち約卅七パーセントに減衰する時間を平均壽命 (Mean life) と称するが、諸階の放射物質の壽命は非常に著しい相違を有する。ラディウム自身は半壽命一七五七年 (一六〇年) であるのに、ラジウム・エマナチオンは二・九日 (三・六日)、Radium A は僅に三分である。而してラジウムの全系譜を推算しても其平均壽命は二千年を出でない。然るに地球が星雲の状態を離れて今日の形態に変わつてからでも、已に数千万年を越えることは地質学上からも、物理学上からも推定せられる所である。若し此推定が正しいとすれば、ラジウムは地球の生成より数千万年を経た今日迄には全く変脱し盡して、現存することが出来ぬ訳である。於此ラジウムには更に先祖があると

ということが想像せられる。而して幾多の研究に由りウラニウムがそれであるということが略認められている。物質の放射能は化学作用に於て見るように、温度の如き物理的状态に由て影響せられることが全く無い。又放射物質が元素の状態にあると、化合物の状態にあるとに由ても変化を受けることが無い。此事實は放射能を説明するに、レーザーフォードやソッディ Soddy 等をして、次の如き説を採るに至らしめた所以である。放射能は原子に特有の性質であつて、之に伴うエネルギーは凡て原子の内部に存在するものでなければならぬ。放射物質 (Radioactive substance) というのは其原子の一定の部分が不断崩壊せずに居られない程に不安定な物質であつて、此崩壊が行われる間エネルギーを放出して、放射能を現わすのである。此崩壊は殆ど常に α 或は β 粒子の放出を伴い、恐らく之に由て惹起せられるものであろう。放射能は畢竟原子の不安定に起因する崩壊に基き、安定なる物質に至つて崩壊は止み、放射能は消滅する。変脱の結果順次に原子量を減じて行くことは此原子崩壊の結果に外ならぬ。今日一般に承認せられる如く此説が正しいものである以上は、最早原子は其名の意味する如く「不可分者」ではない。原子は更に α 粒子、 β 粒子に相当する陽粒子 (Positive corpuscle)、陰電子 (Negative electron) から構成(中性子は一九二〇年にラザフォードが予言したもので、本書発刊当時には知られていなかった)せられているものであつて、其中に巨大なエネルギーを蔵し、其成素の一部が崩壊することに由て、大なるエネルギーを放出して放射能を呈するものといわなければならぬ。

三 物質の電氣的構造

物質観に必要な仮定として其終極要素を成して居た所の原子は、今や放射能の発見に由て其限界を超越する微粒子より成立することが知られ、今日の物質観は原子を棄てて電子といい、微粒子 (Corpuscle) といひ、

或はクルックスの所謂第四態いわゆるにある要素なるものを終極の要素と認めなければならぬこととなつた。

原子が電気を帯ぶるものであるという見解は、夙もとに電気分解 (Electrolysis) の現象を説明する為めに必要なものと認められていた。塩類及び酸類の如き電解質の溶液中に、電池の両極に連絡する極板を浸せば、溶液中に電流が通ずるといふ事實は、電解質の溶液に於ては分子の或ものは陽電気を帯びた部分、即ち陽イオンと、之と等量の陰電気を帯びた部分、即ち陰イオンとに分れて存在すると考えることを要求する。此状態が電離 (Ionisation) である。此等のイオンは溶液中に於て断えず運動し、他の分子又はイオンと衝突するものであつて、此が為めに中性の分子を電離し、新にイオンを作り、或は異種のイオンと結合して新に中性の分子を作らなければならない。此両作用平均する為めに溶液は定常の状態に在る。其が極板の為に電位差を与えられれば、陽イオンは電気力の方向に動かされて陰極板に集り、陰イオンは反対の方向に動かされて陽極板に集り、此電気の移動のために電流が通ずるのである。ファラデーの電解に関する法則は各元素イオンに一定の電量のあることを示し、水素のイオンは $e = 3 \times 10^{-10}$ 静電単位 C.G.S.なることを明かにした。又気体は通常最良なる絶縁体であるけれども、陰極線或は X 線に触れると電離の状態に移り絶縁性を失う。即ち陰陽イオンが分離して氣中に浮遊するのである。其帯電量を測ると水素イオンに固有なるものと同一の値を得る。然しかるにラジウムの β 線を構成する陰電子に就きて之を測定すると、全然同一の荷電のあることが明にせられた。此等の事實からトムソンは彼の実験的研究の結果を概括して、原子は多数の微粒子より成る、此等の微粒子は相互相等しく、其質量は低圧に於ける気体の陰イオンの質量と同一である、普通の原子に於ては此微粒子の集合は中和の組織を形造る、気体の帯電は原子の或ものが崩壊して微粒子を分離するに基くのであると主張した。原子の電子的構成に有力なる根拠を与えたのはゼーマン効果 (Zeeman effect) である。太陽の光線がプリズムを通過

すれば諸色に分れてスペクトル Spectrum を生ずることは何人も知る著明な事実であるが、其理は太陽の白色光線は諸種のエーテル波動より成る、然るにプリズムを通過する時、波長の長きものほど透明体内に入りて其速度を減ぜられることが少く、波長短きもの程其減ぜられることが多い結果、紫色は最も多く屈折せられ、赤色は最も少く、他の色は其中間に位し、尚写真に感ずる紫外線、熱の輻射たる赤外線を両端に置いて、一列の色帯が生ずるのである。スペクトルは光源が一定数の単色より成るときは其数だけの輝線より成る。之を輝線スペクトルという。若し光源が凡ての色を含む時は各色に対する細隙の像が屈折率の順に並列して、連続スペクトルを生ずるのである。若し光線が或一定数の単色を缺くときは之に相当する位置に黒線を生ずる。之を吸収スペクトル(連続スペクトルをもつ光や電磁波が物質を透過したとき、物質に特有な波長領域が吸収されて、一部が欠けたか弱められたスペクトル)という。実験上の結果に由ると、高温度の気体は輝線スペクトルを生じ、高温度の固体、液体は連続スペクトルを生ずる。日光のスペクトルは多数の黒線を有する吸収スペクトルであつて、此等の黒線を Fraunhofer's lines というのである。輝線スペクトル及び吸収スペクトルは物質特有のものであるから、物質の蒸気を作つて其スペクトルを見れば、其物質内に如何なる元素を含有するかを知ることが出来る。これがスペクトル分析の原理である。此法に由れば太陽を始め恒星を組成する元素の何たるかが容易に知られる。

今輝線スペクトルを生ずる如き光源を強き磁極の間に置けば、各輝線は一般に数個の線に分れる。最も簡単な場合には二線又は三線に分れるのである。此現象をゼーマン効果という。此は原子内に磁力の作用を受ける電子が存在し、其が磁場の影響に由てスペクトルに変化を呈すると考える外無い。已に電磁波と光波とが同一のものであることは光の電磁説に由て確定せられたことである。此考に基き光源の発する光、其スペクトルを説明すれば如何なることになるであろうか。光は物質原子の内に存する電子の振動に由つて生ずる

エーテル波動に外ならぬ。例えば物質を熱するに従つて分子の運動盛となり、相互に衝突することも亦多くなる。其結果原子内の電子の運動も亦激烈となり、斯く振動の速度を増した電子は四囲のエーテルに振動を及ぼすことも激しくなり、所謂輻射熱なるものを生ずる。尚其振動盛となれば、赤熱せられて赤色に相等する波動を出し、進んで黄熱せられ、遂に白熱せられる。白熱せられた物体は各種の波長を有するエーテル波動を出し、又紫外線をも伴うに至るのである。光或は一般に輻射線は、電子の振動のエネルギーがエーテルに移つて生じたエーテルの波動に外ならない。而して電磁波も亦電子の振動に基くエーテル波動であるから、光波と電磁波とは本質上全く同一のものである。唯光波の電磁波と異なる所は其波長が著しく小さいことである。此処に注意を要することは、エーテル波動といふのは已に述べた如く、エーテルなる一種の物質的媒介者の機械的な波動ではなく、其中に於ける力の波動的伝播を指すということである。エーテルは単に電磁力伝播の媒介者たるに過ぎない。之に物質的の属性を附与し、機械的作用をなす如くに解するのは已に廃棄せられた機械観の立脚地である。両者は明白に区別しなければならぬ。次に種々の物質が夫々特有のスペクトルを有するといふのは、電子が原子内に於て行ふ軌道運動の速度が一定して居る為め、一定のエーテル波動を發して輝線スペクトルを生ずるに由るのである。若し光源が磁力に作用せられるときは、それを構成する原子内の電子は磁力の為に影響せられて、其生ずる光波に変化を及ぼし、所謂ゼーマン効果^{いわゆる}を現わすのである。其細点の説明を紹介することは出来ぬが、ゼーマンは之を精密に研究し、実験と理論と相俟つて其真相を明にし、此方面から $e - m$ を測定して、陰極線の場合に於ける測定と同一の結果を得た。これは実に物質の原子が一樣に電子を含有することを確証する最も有力な事実である。

此等の実験上の結果を綜合して、一九〇四年遂にトムソンは原子の構造に関する理論的研究を公にし、同時

に我長岡半太郎博士も亦原子の構造に關し、ポアンカレの推稱したような優れた特色のある新説(中央に正電荷を帯びた原子核があり、その周りを負電荷を帯びた電子がリンドグ状に回っている土星型の原子モデル)を提出せられた。此等の説を詳細に説くことは此書の企及せざる所であるが、何れも原子を以て若干の陰電子が一定の軌道に沿いて周行する系統とし、此等の電子と中和する陽粒子(子陽)を外囲に(トムソン)或は中核に(長岡博士)仮定するのである。電子が平衡の系統を組織し得る為めには其数及び配置に一定の規則がある。トムソンは之を以て化学者の重視する所謂週期律(いわゆる)(Periodic law)を説明し得ると考えた。週期律というのは元素を其原子量の順序に配列すれば、其性質は一定数(八個)を隔てて循環するという法則である(即ち八番目八番目に来る元素が類似の性質を有することである)。此は一八六四年初めてニウランヅ Newlands が八度法(Law of Octaves)の名の下に唱え、後一八六九年露西亜(ロシア)のメンデレフ Mendelejew (1834-1907) 週期律の名を冠して之に精確な根拠を与えたものである。今此法則は原子は電子の一定数の配列と考えるとき、比較的容易に其理由を説明することが出来る。一の原子を構成する電子の数が一定の割合を以て増しても、其配列が類似した系統をなし得ることは当然のことであつて、其等の系統に相応する原子を有する元素の性質が類似することは、其電子的構造の方から理解せられるのである。斯くして週期律の根拠は電子論に由て説明することが出来る。而して是(しよ)に由り従来の原子説に於ては元素の原子は性質上の相異を有するものと認められて居たのが、今や全く同様の電子が唯其数と配置との相異に由て種々の元素を構成することとなり、自然科学的認識の特色たる性質的差別を数量的差別に歸して、普遍的の認識を得るといふ要求が最も完全に充たされることとなつたのである。此元素の差別の相対化は放射物質の変脱に由て明にせられたウラニウム、ラジウム、ヘリウムの関係等に関する実験上の事実をも、自然的のものとして容易に理解せしめる。計算の結果に由れば、軌道を疾走する電子の中で外部に在るものは、其配列の有様により甚だ不安定な状態

にあつて、容易に外輪のものが原子外に逸し去ろうとすることがある（宛も太陽系に於ける彗星の如くに）。其様に原子から逸脱した電子は之に隣接する原子に附着する。偕て電子は陰電気を帯ぶるものであるから、今迄中和して居た原子は之を失つたために平衡を失つて陽電気を帯び、反対に電子を受けた原子は過剰の陰電気の為に全体として陰電気を帯びることとなる。斯様に陰陽両電気を荷う二原子若しくは三原子以上が互に吸引して一の塊を作つたものが、化合物若しくは元素の分子である。原子内に於ける電子配置の状況によつて、其電子の或ものを失い易きものを陽性原子と名け、反対に他の電子を收容して安定の状態を保つものを陰性原子という。同じ原子でも状態により、近傍にある他の原子の收容力の多少によつて其失う電子の数は必ずしも一定しない。此割合が原子価 (valence) の基礎となる。此様な原子の中に存在する所謂束縛電子 (Bound electron) の外に、電子は又自由電子 (Free electron) として存在し得るのであつて、導体というのは此自由電子が自由に分子間に運動するもの、不導体は此自由電子が分子内に拘束せられて其運動の範囲が極めて狭小なるものをいうのである。

一電子の電氣量は常に一定したものであつて、吾人の知る最小極限である。即ち此電氣量は更に之を細分することが出来ぬもの、如何なる場合にも電氣量は其整数倍で表わされるものである。此陰電子と中和して原子の平衡を保つ陽粒子 (陽子) に就ては今日吾人は確實なる知識を持たない。唯電子に比して其質量の著しく大きいこと、及び其電氣量と電子の電氣量とは、其比が簡単な整数であることが知られて居るだけである。要するに電氣は連続的のものでなく、粒子的のものであるということだけは今日疑う餘地が無いと云つて差支無い。物質は斯かる電氣粒子の或配置にて構成せられたものであるというのが、電氣物質觀の根本思想である。物質の電氣的構成から物質の磁性も簡単に説明が出来る。吾人が電流と名けるものは電子が導体内を運動

する現象をいうのであるが、円形電流は扁平なる磁石と同じ作用をなすことが実験上知られて居る。今原子内に存する束縛電子が高速度を以て円形の軌道を運動するとすれば、各々小磁石の作用をなす筈である。一分子内に此様な電子が若干あるとすれば、其軌道の配置によつて一分子としての磁気の強さに夫々差異がある訳である。而して普通の場合には分子磁石の方向全く不規則であつて、各分子の磁気作用互に相消し、全体としては磁気を現わさないのであるが、強き磁場の影響を受ければ分子磁石は方向を回転して、多少同方向を取り、磁力を現わす。物質の磁性は之を構成する電子の運動に基くのであつて、電気を離れて磁気なるものが別にあるのではない。

以上の如く考えると、物質の終極要素を電子として、輻射熱、光、電気、磁気の現象は凡て比較的簡単に説明することが出来る。而して電子とは電気の最小量であつて、更に之を分割することの出来ない電気微粒子の謂である。斯の如きものを物質の終極要素と考えるならば、従来の自然観の基礎となつた機械観は其根柢を奪われたといわなければならぬ。何故ならば機械観の根本特徴というのは物質の質点を終極要素とし、其中心に作用する力に由て起る運動を以て一切の自然現象を説明しようとするのにある。物質の終極要素を単に運動の主体たる質点でなく、電気の微粒子とし、物質は却て其複雑なる構成の成果と見做すことになれば、自然現象の基礎は物質の運動でなくして電気の作用である。其解釈は単なる機械的の力学観でなくして電気力学観でなければならぬ。光、電磁気の現象は機械的説明を到底救うべからざる難局に陥らしめることは前章に述べた。今や電子論の発達は逆に機械的説明を許さざる電気を終極要素として、これから凡ての自然現象の説明を試みるという方向を取るに至つた。然らば此電気力学的立脚地から見て所謂機械的現象たる物質の運動は如何に解釈せられるか。これが従来の自然観に対して一大革命を齎したといわれる所の新力学の試

みんとする所である。これに由て従来凡ての自然現象の説明の基礎と認められて居た所のニウトン力学は、
却て新しき立脚地に立つ新力学から演繹せられることとなる。

本章に関しては長岡(半太)博士著『ラヂウムと電気物質観』、水野(敏之)博士著『電子論』、J. J. Thomson, Electricity and Matter; —, Corpuscular Theory of Matter; Schuster, The Progress of Physics 1875–1908; Gibson, Scientific Ideas of Today (広部(一)理学士訳『今日の科学思想』)等参照。

第四章 新力学

一 電磁的質量

電流が金属線を流れるときは其周囲に磁場を作る。電流の強さが増す時は其磁場の強さも増され、同時に其反作用として金属線内に此電流の動電力と反対する所謂自己感応 (Self-induction) の動電力が生ずるといふことは、古くから知られて居る事実である。扱電子の運動は即ち一の電流 (否一般に電流といふのが電子群の運動なのである) と見做されるのであるから、其周囲に磁場を伴うことは言う迄も無い。而して電子の荷電量は一定して居るから、此場合にいう電流の強さは電子の速度に比例するものである。其故電子が其速度を増す場合には亦電流に於ける自己感応の動電力に相当する一の力が存在しなければならぬ。これは宛も旧来の力学に於て、一の物質が其速度を変ずるときに仮定せられる惰性の力と全く同様のものである。物質の惰性的質量 (慣性質量) (Inertial mass) は斯くして其速度変化の難易を測る量として導入せられて居る様に、電子にも亦其相伴う所の電磁場に因る一の惰性的質量を考へることが出来る。之を物体の重量を測るに用いられる惰性的質量と區別する為めに、外観的又は電磁的質量 (Apparent or electro-magnetic mass) と名ける。初めて此考を導いたのはトムソンであつて、其は一八八一年の事であつた。物質の惰性的質量は一定不変のものでな

ければならないということはニュートン以来人の疑わぬ所であつて、寧ろ力学上の公理と認められて来たものである。然るにトムソン等の理論からすれば、電磁的質量は速度の大なる程大きくなければならぬ。電子の質量が右の如きものであつて、電子を含有する物質の質量の一部が亦斯様に速度により変ずるものならば、従来認められた、物質が不生不滅であるという原則は、其根柢を覆されることとならなければならぬ。実験上已にカウフマン Kaufmann はラジウムの β 線を構成する電子が、速度に由り質量を變ずることを示すのに成功し、而して其電子の質量の大部分が電磁的質量より成ることを結論した。其後アブラハム Abraham はカウフマンの実験に顧みて電子を純粹に電磁的根柢の上に論究し、これが其運動方向に加速度を受ける時と、運動に垂直な方向に加速度を受ける時とで惰性的質量を異にすべきことを結論し、由て所謂縦質量 (Longitudinal mass) と横質量 (Transversal mass) とを計算した。縦質量とは運動方向に加速度を受ける時に現れる質量を指し、横質量とは之に垂直なる方向に加速度を受けるとき現れる質量をいうのである。ラジウム β 線の電磁場に於ける彎曲から発見せられた電子の質量は、其運動の方向に直角の加速度を受ける場合であるから、横質量でなければならぬ。此事実に基づきカウフマンは更に其装置を改良し、実験を繰返して、アブラハムの計算と比較し、遂に電子の質量は純粹に電磁的のものであるということを一九〇二年に報告した。

今日陽粒子(陽子)につきては吾人は何等詳細な実験上の知識を有しないけれども、吾人の概括的要求からいえば已に原子が主として電子から成立し、此が物質の主要素であるというならば、ラヴオアジエの原理 (Lavoisier's Principle) として久しく承認せられた所の物質恒存の原理なるものは廃棄せられなければならぬ。物質の主要素たる電子の質量が全く電磁的であるならば、物質の質量も亦恐らく左様であろう。物質の質量というのはそれを組成する電子の電磁的質量の總和でなければならぬ。従つて質量は其物質の運動の速度に由つて異なる

のみならず、それに作用する加速度の方向に由つても異ると考えなければならぬ。而して此結論は假令物質を構成する陽粒子(子陽)に電磁的ならぬ機械的質量を認めるとしても、後節に於て知られるように、所謂ローレンツ収縮の為に脱れることは出来なくなる。

於此(ここにおいて) ニュートンの力学は電気物質觀の立脚地から見れば其根柢を失うといわなければならぬ。彼の学説の基礎を成す、質量が不変なものであるという假定は今や其根柢を覆されたから、其上に力学を組織するといふことは不可能である。殊に機械的自然觀の最後のものとして前に述べたヘルツの力学に於ける如く、質量を最終要素として自然觀を構成することは全く断念しなければならぬこととなつた。従来の機械的自然觀は此新しき質量の見解に由り、其理論的基礎の重要な支柱を失うことになつたと云わなければならぬ。

併し(しか)ながら此(ここ) 処に注意を要することは、ニュートン力学が其理論上の基礎を失つたということと、其實際的の効驗性を全く失つたということとを同一視してはならぬことである。質量不変の原理が廢棄せられる以上、ニュートン力学が理論上完全なものでないといふことは避くべからざる結論である。併し(しか)ながら今日迄其効驗性が疑われることなく、唯陰極線とか放射線とかいふような特異な現象について始めて其が實驗と一致しないということが發見せられたという事実に由ても知られる如く、自然界の現象中ニュートン力学と矛盾するようなものは非常に少数の特異な現象に限るのである。カウフマンの實驗は光の速度と匹敵し得る程度の速度を有する電子の運動に関するものである。斯(か)様な高速度を有する物質に関して始めて質量が速度に由つて差異を呈し、受ける加速度の方向に由て相違を現わすのである。而も此場合(しか)に於てさえ質量の変化は約半パーセントに過ぎない。地球が太陽の周囲を回轉する速度に対してさえ一万分の一パーセントを越さない。況(い)や斯(か)様な程度に達しない日常吾人が經驗する自然現象の説明には、ニュートン力学は其實際上の効驗性を

依然として保持するのである。唯吾人が斯様な實際上の効果如何を離れて、絶対的妥當を要求する理論的研究の範圍に進入するとき、ニュートン力学の基礎は覆され、機械的自然觀は其根柢を失つたといわなければならなくなるのである。

二 ローレンツ仮説

質量問題に由てニュートン力学、従つて旧来の機械的自然觀の根柢が崩れたのに次で、更に他の方面から力学の改造を促すような一大変革が惹起された。それはエーテルと物体との相對的運動の問題である。地球を囲むエーテルが地球と共に運動するかどうかという問題に就て提出せられた学説に二つある。一はストークス Stokes が一八四五年に提出したものであつて、それに由れば地球を囲むエーテルは地球と共に運動し、地球表面の各点に於て地球とエーテルとの速度は全く同一であるといふのである。此説はエーテルを通常の気体の如く圧縮し得るものとする仮定に導く。何故ならばエーテルが全く圧縮し得ないものであるとするならば、^{しばしば}屢々流体力学に於て論ぜられるように、其中に運動する球の表面に於てエーテルの滑動が全く無いということが出来なくなるからである。然るに若しエーテルを圧縮し得るものとするならば、これに依りて伝えられる光は横波でなく縦波でなければならぬ。此等の困難は第二の説たるフレネルの説に由つてのみ避けることが出来る。フレネルは已に^{すて}一八一八年アラゴーに送つた私信の中に、エーテルが地球の運動に少しも^{あずか}与らないと想像しなければならぬことを述べて居る。此フレネルの説に實驗上の根柢を与えるものは光の光行差 (Aberration) 及びドップラー効果 (Doppler effect) である。光の光行差といふのは、恒星から光が地上の觀測

者に達する場合に、光線は地球の運動の方向と反対の方向に一定の傾きを生ずることをいうのである。宛あたかも雨滴が垂直に降下するとき、地上を歩む人が傘を幾分前方に傾けなければ全身を保護することが出来ぬ様なものである。此現象はエーテルが地球と共に運動するとしては到底理解することは出来ぬ。静止するエーテル中に光が起るものと考えなければならぬ。次にドップラー効果というのは、光源と観察者とが相對運動をなす時、波長と振動数とに変化を生ずることをいうのである。例えば恒星が非常に大速度で地球に近づく場合には、吾人の受ける光波の数は増加し波長は縮小することとなる。此ドップラー効果も亦エーテルが地球に対して静止するものとしてのみ理解することが出来る。

此様に地球及び天体が、静止するエーテル中を運動するものであるということを一般的に考えて、ローレンツ Lorentz は電子論上から、物体を電子に由て構成せられたものとして、電磁的光学的現象を説明する場合に、エーテルは全く空間に静止し、物体は此空間中に於て絶対運動をなすものであるとういうことを想像した。若し果して此説の如く地球が静止するエーテルに対して運動するものならば、吾人は地球のエーテルに對する速度を知ることが出来なければならぬ。之を確めるために已すでに多くの実験が企てられ、一八八一年には亞米利加アメリカで有名なマイケルソン Michelson の実験がなされた。彼は若しエーテルが静止するならば、地球の運動の方向に沿える光の伝播でんぱの速度と、之と直角の方向に於けるものとに相違が無ければならぬということに注意し、此差を彼は光の干渉に由て決定しようとしたのである。一八八七年には彼はモーレイ Morley と共に其実験を更に大規模に繰返した。然し其結果は全然当初の豫想に反し否定的に終り、地球はエーテルに對して速度を有せず、エーテル空間に於ける地球の絶対運動を示すべき事実の無いことを結論しなければならぬこととなった。此が有名なマイケルソン・モーレイの実験と称せられるものであつて、物理学の革新に對し

重大なる意義を有するものである。

マイケルソン・モーレイの実験は、静止するエーテル内に地球が運動するのではなくして、地球の周囲のエーテルが地球と共に運動し、両者の間には速度の差が無いということを経論しなければならぬように思わしめる。併ししかながらこゝにおいて翻つて考えると、光の光行差の事実は到底エーテル運動説を合理的に建設することを許すものでない。於此一九〇四年ローレンツ（及びフィッツジェラルド Fitz-Gerald）は極めて大胆なる仮定を敢てするに至つた。これに由ると凡てすべの物体は（之を組成する分子及び電子も）エーテルに対する絶対運動の方向に、其速度に対する一定の比を以て短縮するものであるという。例えば静止せる場合に球形をなす物体は、運動する場合に運動の方向に扁平なる楕円体となる。殊に其運動の速度が光の速度と等しくなる場合には、物体の運動方向に沿える長さは零となるため全く扁平な板面となり、之より以上の速度は遂に実験せられることが出来ぬこととなる。此仮定は一見すると非常に大胆であつて、独断的なように思われるけれども、電子論は必ずしも之に根拠を与えないのではない。計算上の結果に由ると、電子がエーテル内を飛行する時は、其周囲の力線の配布は電子が静止する場合の如く四方一様でなく、運動の方向と直角の方向に於ては力線が稠密ちゆうみつとなり、運動の方向に於ては稀薄となる故に、物質の原子を電子の集合みと見做せば、此力線の配布の變化の為に電子の排列其物にも変化を及ぼし、原子が運動の方向に扁平となることは吾人の想像し得ることなのである。之をローレンツ収縮と名ける。

併ししかながら此様な根拠があるにも拘らずかか、ローレンツの仮説が学者をして之に賛成を与えることを躊躇せしめたのは、それが理論上の一大缺陷を含んで居たからである。氏の説に由れば物体の形状は速度に係するものであるというが、其速度というのは絶対速度、即ち静止せるエーテルに対する速度を意味するのである。

然るに斯様な速度は唯思惟し得られるのみで、何等の方法に由ても観測し得べからざるものであるということとは、実験の結果動かすことの出来ぬ事実である。従つて又物体の固有なる形状と其変形の度ということも、終に何等の意味を有せざるものとなり終らなければならぬ。否エーテルに対する物体の速度を思惟するということも、遂に其根拠の無いことを承認しなければならぬであらう。何故ならば、凡ての光学上の現象は物質の存在しない空間に於てはエーテルが全然等質でなければならぬことを示す。従つてエーテルの或る部分と他の部分とを区別すべき何等の境界もあり得ない。仮令エーテルに境界があるとしても吾人は之を知ることが出来ぬ。其故斯様なエーテルの如何なる位置に物体が在るかを誰が知ることが出来ようか。エーテルに対する速度というのは畢竟吾人が知ることの出来ぬ絶対速度の別名に外ならない。其故此エーテル問題の難問は、物体の絶対運動は到底エーテルに由ても確定し得ざるものであること、吾人の知り得る自然現象は凡て物体の相対的運動に支配せられて居るものであるということを示すと云つてよい。これが相対性原理の根本の思想を成すものであつて、*Minkowski* の次の語は明白に此の精神を言表わして居る。曰く「エーテルは、一定の等速度を以て運動する質点系に就て此の質点系の観測者が為した観測の結果が、絶対的に静止せる（エーテルに対して）質点系に就て此質点系内の観測者が為した結果と数字的に全然合一するような性質を持つて居るのである」と。

三 運動の絶対相対に関する従来理論

前節に述べたエーテル問題の帰結に由て促された所の相対性原理の何たるかを述べる前に、一般に運動の

絶対、相對に關する従来の思想を一瞥することを便利と信ずる。

吾人の静止、運動に關する經驗が相對的なることは已に日常生活の事實が示す所であつて疑を容れない（汽車の窓より眺むる自然の疾走するが如く見ゆることを想起せよ）。併しながら科学としての力学を建設するに此相對運動のみを以て足りりとすべきか、或は物体相互の相對運動 (Relative motion) 以外に、空間其物に對す所謂絶対運動 (Absolute motion) を承認すべきではないかということとは、ニュートン以来學者の論議を費す所であつた。

ニュートン已に囊に述べたガリレイの感覺的經驗は假想であつて、思惟に基く數學的の認識が實在であるという、哲學上所謂反省的實在論 (Reflective realism) と稱する立脚地を承けて、時間、空間、運動についても相對的、假想的、經驗的のに對し、絶対的、真實的、數學的のものを立て、吾人が感官に由て知る所の時間、空間、運動は全く相對的であるけれども、此は假現的のものに過ぎない。絶対的、真實的、數學的の時間は、其自身他を俟たずして、其本性上一様に経過し、絶対的空間は其本性上他のものに關係なく常に恒常不動に存する。相對的空間は絶対的空間の可動な一部分であつて、其測度となるものである。絶対運動は即ち絶対的空間の或位置から他の位置に物体の運動することを謂うのである。日常生活に於ては吾人は其代に相對的空間、相對的運動を用いるのであるけれども、自然科学に於ては感覺から抽象することを要するのであるから、絶対的時間、空間、運動を論ずべきであると主張した。而してニュートンは絶対的静止、絶対的進行運動は吾人の感官に由て之を認識することは出来ないけれども、絶対回轉運動のみは、水桶を回轉するとき水面が遠心力の爲め凹凸を生ずることに由て、認識出来ると信じたのである。此がニュートンの絶対運動論である。

ニュートンの認識論上の立脚地は、吾人の經驗する所を以て其儘客觀的實在を模写するものなりとする常

識の素朴的實在論 (Naive realism) を脱して居る。然し感覺的經驗は仮現であつて、数学的思惟は實在の真相を示す、實在は吾人の認識を離れて模写の対象として存在すると考える点に於て、依然独断的であつて、所謂認識模写説 (Abbildungstheorie) なるものを脱して居らぬ。彼が水桶の実験に由て絶対回轉運動を認識することが出来るというのも、マッハが其『力学史』に評して居る様に、桶の縁に対する水の相対的回轉は何等の認め得べき遠心力を生じないのに、地球及び天体に対する水の相対的回轉運動は遠心力を現わすという様にも解釈することが出来る。之に由て絶対空間に対する運動が認識せられると結論することは出来ないのである。吾人が經驗的に認識し得るのは相對運動のみである。而して吾人の經驗を離れて實在界なるものが空間的に存在し、之を数学的思惟に由て認識出来るというのは、畢竟吾人の思惟した概念を投射、重複して、之を實在とする形而上学的独断である。カントに始まる批判哲学の立脚地に立つならば、吾人の經驗的認識を離れて別に空間的實在なるものが独立自存するということは出来ないのである。直接に与えられた所謂直接經驗 (直観) を、其中に含む所の、思惟に対する拘束力に従い、思惟が構成する結果が認識の対象たる客観世界である。此外に之を離れて實在は無い。空間というのは此思惟の構成が従う所の綜合の形式の一つである。直観の内容を一樣等方的な連続的媒介者に由て、配列する其の媒介者が空間である。其根拠は思惟の構成に在りて思惟は直観の含蓄する要求を充たすに足る範圍に於て構成を行う。三次元の連続的なユークリッド的空間は、直観の内面的要求に従う思惟の構成の産物として生ずるものである。(カントが空間を直観的形式として全然思惟と独立なもの、又其形式が空間の次元や其他の性質に関して完成的、必然的に定まったものであると考へたのは今日の認識論者の採らざる所である。空間も其構成は思惟に俟つもの、唯思惟は其構成を行うのに直観の中に内面的に含蓄せられた要求に従うのである)。已に空間が斯様に經驗の内容を組織統一する

形式である以上、それが相対的なることは論を俟たない。ニュートンの反対者であつたライプニッツ Leibniz (1646-1716) は、猶カント以前の唯理論的哲学者であつて、批判的立脚地に立つものではないけれども、彼が空間を其自身に於て存在するものでなく、唯相対的位置の關係に過ぎないと見たのは正当である。若し夫れカント及びカント派の如く、空間を以て感覺内容を組織する形式とすれば、空間的規定が相対的なことは当然のことである。何故ならば組織とか構成とかいうのは要素の關係を規定することであつて、關係は其本性上相対的なものだからである。組織せらるべき内容を離れて空間というものが完成した容器の如くに実在するのでない以上は、絶対的空間の実在ということは無意味である。従つて之に對する絶対的位置、絶対的運動と云ふような概念も実在性の無いものといわなければならぬ。吾人の認識するは相対的な時間、空間の規定に制限せられた世界であつて、其中に起る運動は凡て相對運動である。

然らば右の如き批判的の立脚地に於て絶対運動というものは全然意味の無いものであろうか。否直に斯く結論することは出来ぬ。經驗的認識の対象は相対的の形式に内容を排列したものであるけれども、其排列、構成の終極的結果を理想的に思惟することは出来る。一層具体的に云うならば、吾人の思惟は空間的の世界を構成するのに直觀の内面的要求に従つて、全然相対的な關係に内容を排列するのであつて、凡ての内容を排列し盡した空間全体というものを構成することは出来ない。空間的構成は思惟の本性上何処迄も其構成を續けて、相対的の關係を離脱することが出来ないものである。終極完成した空間というものに到達することは其概念の本性上不可能である。然るにそれにも拘わらず、吾人は他方に於て此到達することの出来ない成果を理想として思惟することが出来る。これは勿論實際に實現することは出来ないものであるから普通の概念ではない。然も思惟は又其本性上、当然斯かる理想的成果を思い浮べる能力がある。カントが概念 (Begriff) と

區別して理念 (Idee) と名けたのは此様なものである。絶対空間は理念として思惟することが出来る。凡ての相対的な空間關係を其中に包含する唯一の不動な絶対空間が、斯くして思惟の対象となる。ニュートンの誤は斯かる理念を直に實在の模写と独断した点にある。之を単なる思惟の対象として認めることは何等の不都合が無い。カール・ノイマン (Carl Neumann) のアルファ体 (Körper α) の真意は斯かる理念としての絶対空間に関するものでなければならぬ。

ニュートン力学の基礎を成す惰性の原則に由れば、物体が全然他の物体の影響を受けない時は一様な直線運動をなすという。今空間に唯一の物体があるとすれば、恰もそれは此原則の要求する條件を充たす訳である。併し斯様な空間に於ては何処も一様であつて識別すべき点が無いから、其中に起る運動が一様であるか、直線的であるかということも認識することが出来ない。従つて惰性律も、何等か運動を決定する標準となり、示標となるものが無ければ無意味とならざるを得ない。於此ノイマンは α 体なるものを導入し、これは普通の物体でなく、引力等の作用を及ぼさず、唯絶対空間の何処かに位し、剛体であつて形を変ぜず、之に固定せられた三つの軸が凡ての位置の変化を識別する標準となるものであるとした。今此ノイマンの α 体なるものが絶対空間に實在するものであるとするならば、此はニュートンの立脚地と同じく全然独断的形而上学的なものといわなければならない。併し翻つて考えるならばニュートン力学の惰性律なるものが、実は自然界の現象を其儘表わす自然法でなくして、之を理解する為めに思惟の本性上設けた假定というべきもの、即ち或理想的の場合を仮想して、其時に於ける關係を陳述するものに過ぎない。其様にノイマンの α 体も實在物でなく、唯思惟の産物として仮設的のものと考えらば、充分其存在の理由を解することが出来る。實在する絶対空間に於てでなく、理念としての絶対空間に位置を占める不変不動の坐標軸の支持者としてそれが思惟せら

れるならば不可なる理由は無い。彼が其仮設的のものなることを明言し、後 α 体の名を α 軸系 (Axensystem) と改めたのに徴すれば、彼の真意が此処に在ったことは観取することが出来る。彼の立脚地はニュートンの独断的實在論 (Dogmatic realism) ではなくして批判的觀念論 (Critical idealism) に在りと云つてよからう。

ノイマンの α 体が批判的觀念論の立脚地に由て是認せらるべきことは今述べた如くであるが、それが已に經驗的認識の範圍に於ては實現する能わざる理念としての絶対空間を豫想する仮設的のものたる以上は、其上に立つ所の力学は単に抽象的、形式的の意味を持つものに止まらなければならぬ事は言う迄も無いことである。宛も幾何学が實際吾人の經驗する空間を離れて、単に形式的の思惟の構成に由る理想的産物としての空間を論ずる如く、 α 体に基く絶対運動論も亦抽象的、形式的の力学に属さなければならぬ。自然現象を研究する物理学の一部でなくして、単に其一般的な仮説的理論基礎を供するに過ぎない。寧ろ幾何学が数学の一分科であるというと同じ意味に於て数学の一分科ともいふべき抽象的力学の論ずる所でなければならぬ。理念としての α 体を許しても、之を實際の自然現象を認識するに用いようとすれば、それを經驗的空間の或相對的位置に定置しなければならぬ。然し之を何処に定置するかということは全然随意である。換言すれば吾人が經驗的な自然現象を認識するに際しては、唯随意な坐標系を便宜上仮定して、之に係させて自然界の運動を記述する外無いということになる。斯くして α 体なるものは經驗的の科学たる物理学に於ては全く重大な意味を持たぬ無用の仮定となつてしまふ。これが凡ての認識を經驗的事実に限り、經驗に係無き概念や仮説を排斥しようとする実証論的なマツハが斯かる仮定に反対する理由である。併しながら単に經驗的事実を対象とする經驗的科學の外に、純粹に經驗の形式のみを論ずる数学なる一大部門が存在することを認めるならば、其一分科として時間、空間、運動の形式上の關係を論ずる力学 (或は嚴密に云えば純粹運動学) を設立し、其

公準として α 体の如きものを立てることは差支さしかえ無いといわなければならぬ。マツハの主張は、物理学の一部として実際に経験せられる自然界の運動を記述することを目的とする力学に就てのみ妥当である。

前節に述べたローレンツの電子論は電子のエーテルに対する運動が認識出来るのであるが、エーテルは其自身には認識せられないものであるから、畢竟ひっきやう絶対的に静止する一様なるエーテルに対する相対的の運動というのは、絶対運動というのと全く同じことである。此は到底許すべからざる仮定である。此難関を救うために、従来の運動相対論に於て未だ顧慮せられて居なかつた時間の測定ということを精細に考えて新しき解釈を試みようとするのが相対性原理である。

四 相対性原理

ローレンツの運動物体短縮説を認めるならば、長さの測定に用いられる所の尺度も、運動する体系に於ては測るべき物体と同様の短縮を受けるから、従来幾何学が論ずるような物体の絶対的の大きさや形状を知ることとは不可能となる。又啻ただに空間的測定のみならず、時間の測定に於ても従来の運動学の意味するような「絶対」時というものは知ることとは出来ぬことになる（此処こゝにいう「絶対」とは前節に述べたニュートンの力学に云うが如き一般的の意味に於て絶対的に存在する時間、空間を指すのではない。これは全く測定上の意味を持たぬ、其自身に於て存在すると考えられた時間、空間を謂うのであるが、今謂いう所は測定の上に就て云うのであつて、経験的な、従つて其限り相対的なる時空に就て、其測定が其体系の運動、静止と独立なのを絶対的と称するのである）。何故ならば吾人が時を測るには勿論もちろん精密な時計を用うるのであるが、此時計の調整は下の

如き方法に由て行われる。今二人の観測者 A B が時計を調整する場合には、光の信号を交換する。光は勿論^{もちろん}伝播^{でんぱ}に若干の時間を要するものであるから、B が A の信号を見るのは其信号の発せられたと同時になくして若干時間後である。今 A が其時計の零時のとき信号を発し、B が自分の時計の t のとき之を認め、又 B が自己の時計の零時のとき信号を発して A が自分の時計の t' のときに之を認めたとするならば、 $\frac{t+t'}{2}$ が真に光の AB を通過するに要する時間であつて、一方は、他方が其時計の示す時刻より $\frac{t-t'}{2}$ だけ後に其信号を受けるように調整すればよい訳である。然るに此時計の調整の方法は光が A から B に達すると、B から A に達するとは全く同一時間を要するということを仮定して居る。其故 A B が静止して居る場合には正しいけれども、然らざる場合には此調整の方法は真の同時を与えることは出来ぬ。今 A B が共に A から B への方向に等しい速度で進行して居るとすれば、A から発した信号を B が受けるのは今の方法で定めた時間よりも長く、反対に B から発した信号を A が受ける時間は之よりも短くなければならぬ。併し^{しか}吾人は A B が果して光に対して如何なる運動をなすかを決定すべき手段を持たない。A B の観測者は自己が光エーテルに対し如何なる運動をなすかを知らぬのである。従つて上記の方法に由て時計の調整をなす外に道が無い。併し^{しか}其結果両者の時計の示す所は真の時でなくして、唯其時計の位置に關係する時を示すばかりである。これがローレンツの局所時 (Ortzeit) と名ける所のものである。

ローレンツは此局所時と運動物体短縮の仮説とを以て電子論を完成しようとしたのであるが、運動物体の短縮説には前に述べたような絶対運動承認という難点が潜むことを認め、之と同一の結果を缺点の無い仮定から導き、又ローレンツの時間の相対性に関する思想を更に一般的な立脚地に置こうとして提出せられたの

がアインシュタイン Einstein の相対性原理 (Relativitätsprinzip, Principle of relativity) である。一九〇五年此説の発表せられた時には学界の耳目これがために聳動せられ、革命的思想として是非の論囂々たるものがあつた。此原理は次の二箇條の前提を根拠として立てられたものである。

- 一、一の静止する体系に於ける物理的現象を支配する法則は、之に対し互に等速度を以て一様に直線的に行する他の運動体系に全然適用せられる (相対性の仮定)。
- 二、光の速度は光源及び観測者の運動に全く無関係であつて、常に一定不変の値を有するものである (光速不変の仮定)。

此等の仮定に基いてアインシュタインは長さ及び時間の相対的の定義を与えた。長さや時間はニュートン力学に由れば物体の運動に由つて影響せられるものではないけれども、相対性原理に従えば斯かる絶対的の定義は不可能である。アインシュタインの定義は複雑な数学的計算に基くものであつて、今それを詳述することは出来ぬ。^① 唯其結果の大体を述べるに止めなければならぬ。

註

(1) 水野(敏之)博士著『電子論』につき其簡単にせられた演繹を参照せよ。

一、今 O_1 と O_2 という二人の観測者が各々 O_1 系 O_2 系という体系に居り、而して O_2 は O_1 に対して速度 u を以て等速進行運動をして居ると仮定する。其時には静止系 O_1 に於ける時の単位 T_1 は、運動系に於ける時の同名の単位 T_2 よりも小へ、 $T_1 = T_2 \sqrt{1 - \left(\frac{u}{c}\right)^2}$ という関係を有する。但し c は光の速度毎秒三十万キロメートルを表わす。

即ち O_1 から見ると O_2 の時計は遅れて、其時間は長過ぎる如くに思われ、 O_1 の一秒は O_2 の一秒より短く $\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}$ 秒に当る。ローレンツの局所時は或体系と運動を共にせざる観測者から見た相對時間に外ならない。

二、静止する体系から測定すると、運動系の運動の方向に於ける長さは短くなる。即ち運動系に於ける一センチメートルは静止系に於ける一センチメートルよりも短く $\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}$ に当る。これはローレンツ、フィッツジェラルドの収縮 (Lorentz-FitzGerald Contraction) に相当する。

これに由てローレンツが薄弱な基礎の上に大胆に設定した仮定は今や一層根本的な理論上の根拠を得るに至つた。

相対性原理から導き出される結果には甚だ特異なものがある。其最も著しいのは、如何なる物体の速度も光の速度を越えることは出来ぬ、光の速度は凡てのあり得べき速度の最大なるものであるという事である。今或物体に毎秒 v の速度を生ずる如き力が引続き作用すれば、一秒の終には其物体は v の速度を得る。此物体と同一の速度を其第一秒の終に有する観測者 (即ち其瞬間には其物体と相對的静止の位置に在る観測者) から見れば、第二秒の終には物体は v の速度を得る。之を以て物体は二秒間に $2v$ の速度を得たのであると考えるのが従来 of 力学である。併しこれは観測者が運動して居ても静止して居ても観測には關係が無い、時は観測者の運動静止と獨立の絶對的意義を有すと仮定するときのみ許されることである。然るに相対性原理に由り、観測者が物体に対し静止するか運動するかに従つて、時の測定に變化を生ずるならば、速度の観測も亦變化しなければならぬ。静止する観測者には運動する観測者の謂う一秒は長過ぎるのであつて、然も運動する物体の長さは静止する観測者には短く見えるのであるから、前述の場合に於ても二秒の終に物体の有する速度は

静止する観察者には20でなくして、之より小さく測定せられなければならぬ。今Aなる観察者がBなる観察者に対し二十万キロメートルの速度を有する時、Bに対しBと同じ方向に二十万キロメートルの速度を有するCなる物体の速度は、Aから見るとニュートン力学の主張するように四十万キロメートルと見え、三十万キロメートル以下にしか見えないのである。如何なる場合と雖も物体の速度は光の速度三十万キロメートルを越える事は出来ない。初速度が大なれば大なる程其物体の得る所の加速度は小となり、如何に大なる力が如何程長き時間作用しても、光速度を越える速度は生ずることが出来ぬこととなる。此結果は囊に電氣物質観の方面から物体の質量（惰性的質量）は速度の大なる程大となると云つた結果と一致するものであつて、相対性原理の上からも物体の質量は其運動の速度と共に増大することとなる。若し光速度と同一に達するならば、如何なる力を以ても之に加速度を与えることが出来ないようになり、質量は無限となる。此と長さの変化に因る所の形状の変化とを併せ考へるならば更に奇怪な結果を生ずる。即ち光と同じ速度を以て運動する球体は其立体性を失つて影の如き平面となりながら、其質量は無限大となるのである。已に質量が無限大なる以上はそれより大なる質量は思惟する能わざる限り、光の速度は速度の絶対的極大でなければならぬことも当然である。

光速度が凡ての物体の運動速度の極限であつて、絶対的の意味を有するということは一見甚だ独断的な仮定のように思われるけれども、吾人の時なるものが其測定する対象の運動の速度に由て如何に驚くべき結果を生ずるかを示す次の仮想的実験を参考すれば吾人は其意味を推知することが出来よう。ポアンカレはフラマリオン Flammation が仮想したルーメン Lumen 実験を引いて之を實証しようとした。ルーメン（羅匈語光の義）は光の速度よりも尚大なる毎秒四十万キロメートルの歩度を有する仮想的旅行者である。今彼が歴史上

の大事事件たるセダン Sedan の戦争の終、即ち一八七〇年九月一日の午後七時頃に、奈破崙三世ナポレオンの降伏を見、死傷算無き戦場を一望して此地球を出発し、天空に向つて疾走すると仮定する。然る時は第一秒の終には其一秒内に地球から反射して来た光線は勿論もちろん、前の一秒の終に地球を発した光線をも空中で追越すこととなり、而してしこう此等の光線と接触する毎に其光線の反射して来た所の現象を知覚し、一時間の終には戦争より二十分前の現象を知覚することとなる。此様にして進むと、ルーメンは一八七〇年九月一日に戦争の終を、而してしこう二日後に戦争の始を見ることになり、セダンの戦争に大軍の進撃したのは仏蘭西軍フランスが捕虜になつたのよりも後に起つたのであるということが疑無い経験となる。又彼は其二日の間に起つた事件の系列を全然吾々とは反対の順序に経験すること、宛も活動写真あたか(画映)を逆に写して観るようなものである。唯活動写真の場合には吾々は所謂真実いわゆるの出来事を見て居るために、之を人間の悪戯と感ずるけれども、ルーメンの場合にはこれが唯一の経験であつて、彼の運動や知覚が時間の連続函数であると同様に、連続的な戦争の開展なのである。其過程は死傷者が起立して聯隊、大隊に集合するに始まり、目標と反対の方向に砲丸が砲身の中に後退するというような事実を経て、開戦の為に軍隊が後方へ進軍するに終る。若しルーメンにして尚此疾走を銀河に向つて続けるならば、戦争の後に宣戦を、又其後に奈破崙三世ナポレオンの巴里パリに於ける榮華を経験することとなるであろう。ルーメンは啻にただ斯く時の順序を吾々と逆に経験するのみならず、因果の關係をも吾々と反対に経験し、吾人の原因を結果となし、吾人の結果を原因として、事件の満足な説明を与え得たものと信ずるであらう。又若しルーメンの速度が光と全く同一であるならば、彼に対しては凡てすべの現象は静止固定したものとなり、時の推移というものは経験せられなくなる。若し彼の速度が光よりも小さくして然もしか甚だ之に近い時には、彼に対しては吾人の一日が何世紀に亘るものとして経験せられるということもあり得るのである。

此仮想的実験に由て分るように、吾人の経験する時は全く吾人の観察すべき現象の光に対する速度に由て定まるのであつて、若し此速度を光に等しいとし、或は之より大とするならば、現象の時間上に於ける一定の順序というものは全く失われてしまう。吾人が時間、空間に於ける現象の観察、測定に光を用いなければならぬ限り、光の速度を絶対的のものとし、之を最大の速度と見做さなければならぬ。然も此様な仮定の下に測定せられる時は、其測定の対象の運動状態に關してのみ意味を有するものであつて、之を離れた絶対的の時というものは全く無意味である。約言すれば時は其体系の空間的の位置に關してのみ意味があるのであつて、時間は空間を離れることは出来ぬ。吾人が自然界の現象を記述するに用いる x, y, z, t という四つの定変数 (Parameters) は相関的の意味を持ったものである。これに由りミンコウスキー Minkowski (1864-1909) は x, y, z, t なる数の系統に由て定められる時空点を世界点 (Weltpunkt) と名け、此世界点の集合を以て世界 (Welt) とし、空間其物、時間其物は独立の意味無き影の如きものであつて、吾人の知覚の対象は常に時空の結合せられた「世界」の現象でなければならぬと主張した。氏の数学的天才は此様に考へた時間を、虚数を用いた適当な単位で表わすことに由り、之を空間の三次元と全く対称的に取扱ひ得ることを示し、之に由て相対性原理及び之から導かれる電磁気学上の關係を、極めて斉然たる数学的の公式に表わし、或坐標系から之に對し運動する他の坐標系に移ることは、宛も空間的の方向を異にする坐標軸を有する他の坐標系に移るのと全く相等的であることを示した。而して空間の三次元と時間の一次元との間に成立つ關係は、偶然にも非ユークリッドの四次元幾何学に於けるものと一致した所から、氏の一九〇八年の「空間及び時間」(Raum und Zeit) と題する講演は数学者の興味をも動かし、一世の注意を惹いたのである。

相対性原理から導き出される多くの驚くべき結論は学者をして其大胆に驚駭の念を禁ぜざらしめ、殊に旧時

代の傾向の物理学者等は実験上の根拠確實ならざる事実の上に空想的の仮説を構成するものとして、之に対し懐疑の眼を瞠つたのである。今日も未だ此原理は学界の定説といふことの出来ないものであつて、将来実験上の確証に由て其位置を決定せらるべきものである。併しながら大体の傾向は此原理の承認に向つて居ると見て差支無い。本より永久不変の真理といふ如きものは経験科学の仮説として庶幾することは出来ぬ。相對性原理も亦他の一層完全なる原理によつて代わられることは固より期待しなければならぬ所である。併しながら仮令其場合に於ても、初め相對性原理の有力な代表者であつて、最近に至り之を棄てたアブラハムが云うように、「空間、時間の概念の批判に対する歴史的の功労者たる」ことは否定することは出来ぬ。吾人は此原理に由て従来注意せられなかつた吾人の認識の相對性の一面を教えられ、哲学上重要な考察の材料を供給せられたことを認めなければなるまい。此原理の哲學的意義に關しては更に後章に略説するであらう。

五 運動原則と万有引力の新しき理論

従来の力学が依つて立つ所の基礎はニュートンの運動の三法則であつて、其研究の骨子となるものは万有引力の法則に外ならぬ。然るに今や電子論、相對性原理等は、此等の原理、法則の妥當に制限を加え、一層普遍的な新しき基礎の上に力学を構成せざるべからざることを示した。其新力学の特色は、其が旧力学の如何なる点に變改を加えることを要求するかを考察することに由て最も好く示されると思う。

先ずニュートンの運動の三根本原理の第一は惰性律である。物体は他の力に由て作用せられざる限り、其静止、運動の状態を變化するものでないというのが其趣意である。此原理其物は新力学に於ても否定せられる

ことは無い。併し此原理の中に含まれて居る所の運動、静止という概念は、相対性原理に由て全く相対的の意味しか有することが出来ぬものであると確定せられ、又此原理に由て測られる所の物体の質量は決して絶対の意味を有するものでなく、其運動の状態に依存するものである、物体の観察者に対する相対的の速度が大ならば大なる程其質量は大きく、速度が光の速度と等しくなれば物体の質量は無限に増すこととなる。光が凡ての現象に現れ得る速度の極限である。旧来のニュートン力学は光の速度を無限大と仮定した場合にのみ当嵌まる。実際に起る自然界の現象に対しては其妥当性を失う。旧力学に於て惰性律と結び付く質量不変の原理は新力学に於ては廃棄せられなければならぬ。

ニュートンの運動律の第二は力の合成に関するものであつて、一の物体に力が作用する場合には、其物体の状態如何に拘らず、其力の大きさに比例する加速度を、其力の作用する方向に受けるといのである。然るに此原理は相対性原理に由て全然否定せられる。運動する物体が受ける加速度、即ち速度の変化は、其物体が現在在する所の其方向に於ける速度に由て相違するのであつて、現在の速度が大ならば大なる程、同一の力に対して其受ける所の変化は小さくなる。或物体に対し同一の方向に如何程大なる力を如何程長き時間作用させても、其物体は決して光の速度を越える所の速度に達することは出来ぬ。旧来の力学で考えるように、物体の速度は其静止の状態から或力を或時間作用せしめて v の速度を得るならば、其力を n 回同じ時間作用させると nv になるといふことが出来ない。物体は其現在の速度が大ならば大なる程惰性的質量を増大するがために、速度の増す割合、即ち加速度は漸次減少するのである。ニュートンの運動の第二原則は新力学に於ては成立することが出来ぬ。

ニュートンの運動原則の第三は原動(用_作)、反動(用_{反作})の相等に関するものであつて、一の物体が他の物体に

作用を及ぼすときは、それと同じ大きさで方向の反対な反作用を他の物体から受けるということを教える。然るに一の電子が他の電子に作用を及ぼすことを考えるに、其二つの電子の間には此原則が其儘当嵌まらないことが知られる。一の原子の運動は其周囲のエーテルを攪拌して、光の速度と等しい速度を持った電磁波を四方に生ずる。而して此電磁波が他の静止せる電子の周囲に到達すれば之を運動せしめるのである。然るに吾人はエーテルの振動なるものを観察することは出来ぬ。観察し得るものは唯電子のみであるとすれば、電子と電子との間の原動と反動とが等しいということは如何にしていい得るであろう。又仮令媒介者たるエーテルの状態を観察することが出来るとして、エーテルを伝わる間にエネルギーが他に逃逸することが無く（此は実験に基く推測に反するけれども）、第二の電子がエーテルに及ぼす反動が第一の電子に、最初其与えた作用と方向が反対で大きさが等しい作用を及ぼすと仮定しても、原動と反動とは旧力学の教える如く同時に起るものではない。何故ならばエーテルを通じて一の電子の作用が他の電子に影響するのは、光の速度を以て伝播する電磁波に由るのであつて、有限な速さを以て行われるのであるから、反動は必ず原動よりも若干時間後れなければならぬ。又電子とエーテルとの間に旧時の意味の原動、反動を考えようとしても、旧力学の教える所と事情が異なることを認めなければならぬ。今ヘルツ振動子を抛物面鏡の焦点に固定し、それから電磁波を発射するようにすれば、それは皆鏡面に反射せられて同一の方向を取り、振動子はエネルギーを一定の方向に発射することとなる。其場合計算の結果に由れば、振動子は反動を受けること宛も大砲が砲丸を発射する場合に於ける如きものがある。大砲の場合には原動、反動相等の原理の当然の結果として、大砲の砲丸に及ぼす原動に等しい大きさの反動を砲丸が大砲に及ぼすのである。然るに今電子が電磁波を発射する場合を考えるに、発射せられるものはニュートン力学の要求するような砲丸の如き物質でなくして、エネルギーであり、従

来の意味に於ては何等の質量を有するものではない。エネルギーが反動を及ぼすということは旧力学から見れば無意味である。其故たとひ仮令エーテルの波動を考へることにしても、吾人は旧力学の原動、反動等の原理を維持することは出来ぬこととなる。

今や以上の如くニュートンの運動原則は何れも其儘では承認することの出来ぬ、絶対の普遍性を缺くものとなつてしまつた。新しい力学は一層普遍的な完全な基礎の上に立てられなければならぬ。併しかしながら此理由を以て旧力学は全然価値を失ひ、何等の妥当性をも有しないものになつたと考へるのは大なる誤謬である。ニュートン力学の基礎を動かす最も根本的な事実ともいふべき、物質の質量が変化するということは、已すでに述べた通り光の速度に近い大速度を以て運動する物体に就いてのみ起ることである。光速度に比して甚だ小なる速度を有する地球上の普通の物体の運動を支配するものとしては、旧力学を以て充分足りるとすべきである。物理学上の或特異な現象を理解するには新力学の法則が旧力学の其れに比して一層便利なることは争われぬけれども、単に両者を比較するときには前者が後者に比して遙に簡単なことは明白である。吾人は簡単な旧力学の法則を以て理解し得る地球上普通の自然現象の説明には、之を採つて差支さしつかえ無いこと疑を容れない。それが妥当なる範圍に於て實際上の価値を失わないことは承認しなくてはならぬ。唯ニュートン力学が従来信ぜられたように理論上絶対完全の真理であつて、永遠に確固不動のものであるということが出来ないことを注意すればよいのである。

ニュートン力学の最も光輝ある産物として、宇宙の神秘とも称すべき天体運動の現象を説明せんとするものは実に万有引力の法則である。二つの質量間の簡單なる交互作用の法則に由て万有の神秘をあばき、其理論に指導せられて新なる天体海王星が一八四六年発見(一八四六年)せられたという事實は、此法則の絶対的確實を信ぜしむるの

も無理が無い。併し二個の相離れた物体が何等の媒介者なくして互に直接に作用を及ぼし合うということは、吾人の理性に対して少なからぬ困難な要求である。ファラデーの炯眼に洞観せられ、マクスウェルの理論に完成せられた電磁場の研究は、同一の思想を引力の場合にも及ぼして、重力の場という概念を啓発せしめずには置かぬものである。電磁現象の説明から一般の新力学の研究に入り、相対論の建設に力を盡した所のアイNSTAイン、アブラハム等の人々は進んで万有引力の説明に心を傾け、エーテルに起り得べき二種の波動中電磁的現象が純粹の横波たるに對し、他の真空に起る万有引力の現象が縦波を形造つて空間を伝播するものであるという仮定に基き、万有引力の説明に成功した。而して此理論に由れば万有引力も亦光と同一の速度を以て伝播せられるものであつて、其場の有様は光の速度の変化に關係することとなる。これに由りアイNSTAインは一九一一年以後前に述べた彼の首唱に係る相対論を改めて、光の速度を不変でなく可變的であると考え、アブラハムは其難点を察して却て相対論を棄てて新しき万有引力論を組織せんとした。此等の研究は最近のものに屬し、種々の異説並び存するのであつて、到底其詳細を述べることは出来ない。併しながら旧力学の枢軸ともいうべき万有引力の法則さえ今や電磁的立脚地に立つ新力学に由て新なる基礎に移され、物理学の自然觀が全く面目を改めつつあることは此簡單なる叙述に由ても略ぼ之を髣髴することが出来ると信ずる。今や従来の意味に於ける力学でなくして、新に電氣力学 (Electrodynamics) が自然説明の一般的基礎となつた。仮令吾人が普通に經驗する物質現象を近似的に説明するにニュートン力学が依然として其實際的の効果を維持すること已に述べた如くであるにせよ、理論的には其絶対的の妥当を失い、電氣力学的の基礎の上に改造を受けなければならぬというのが現代の物理学研究が齎した最大の変革である。

本章に述べた所に就ては水野(丞敏之)博士の『電子論』及び愛知(一敬)桑木(雄或)石原(純)諸博士の雑誌『現代之科学』『理学界』『物理学校雑誌』に載せられた諸論文等を参照すべし。ポアンカレの諸著、プランクの講演、ホイーザムの著 Modern Physical Ideas (Chap. X of "The Grammar of Science" by Pearson) 等も参考すべし。

第五章 不連続的自然観

一 電気力学的自然観の不連続性

光及び電磁気の現象が機械的の説明を容さないということが、機械的自然観の超えることの出来ぬ限界を物理学者に知らしめたことは已に説いた所である。今や前二章に述べた如く、最近の傾向は電気力学観を根柢に置き、却て機械観の基礎となるニュートン力学を電気力学的に改造するというにある。機械観の特色は不変の質量を有する質点の其質量及び相互の距離にのみ依存する力に由て起る運動を自然現象の終極の要素とし、其複合に一切の現象を帰せうとする所に存する。然るに今や物質は終極のものでなく、其質量は絶対的意味を有するものでないということが分つた。然らば物質に代つて自然現象の終極要素となるものは何かといえ、其は電気である。物質の終極要素と認められて居た所の原子は、放射能の研究から従来の意味を失つて、電子の体系に帰せられることになり、電子が物質の終極要素となる。電子は其運動に由てエーテルを攪拌し、其が波動として四方に伝播する。光、輻射熱及び電磁気の現象は皆此エーテルの波動に基くのである。化学変化は物質原子間に於ける電子の移動に外ならない。凡ての自然現象は所謂物理的たる^{いわゆる}と化学的たる^{すべ}とを問わず、電子を終局の要素とし其結合、運動等に還元せられる。単なる機械的現象、物体の運動と雖も此電

氣力学的立脚地から理解せられなければならぬ。自然現象を規定する時間、空間の測定も此見地から由来する制限を受けなければならぬこととなった。旧力学の缺点是之を顧慮しなかつたことに存するのである。

機械観に由れば物質の有するエネルギーの全量は運動エネルギーと内部的エネルギーとから合成せられたものであつて、運動のエネルギーは其物体の内部の状態とは無関係に、単に其運動の速度のみに由て定まると考えられたのであるが、今や此説は維持することが出来なくなつた。何故ならば物体は常に或有限量のエネルギーを輻射熱の形に於て含んで居る。然るにハーゼンエール Haseenhil 等の研究に由れば、輻射エネルギーは之を包むものと共に運動状態に置かれるとき、其運動エネルギーと内部のエネルギーとは別々に分けて考へることが出来ぬということが知られたからである。又輻射エネルギーが電磁的質量を有し、此質量は温度に關係することも知られた。然らば即ち之を含む物体の全質量も単に速度に由て変るのみでなく、温度に由ても変るものといわなければならぬ。所謂物体の運動は決して単に之を機械的に理解し得るものでなく、常にエネルギー移動の場を考へて電力学的にのみ解釈されなければならぬことが之に由て示されるのである。

此様に自然の終極要素として電子が活動し、其エネルギーを伝える伝播の場として重要な役前を演ずる所のエーテルなるものは如何なるものであろうか。旧力学の機械観に大なる困難を与えたエーテルは、新しき電力学観に於ては如何なる位置を占めるであらうか。これは電子と独立な実体であらうか。現今の自然観は旧時の自然観が物質とエーテルとの二元論であつた如く、電気とエーテルとの二元論であらうか。否エーテルは電気と独立な実体的なものでなくして、電気作用の場に過ぎない。エーテルを旧時の機械観に於ける如く、理想的流体の一種として物質の類推に由り規定しようとする試は、今日の物理学者の全く排する所である。エーテルは単に万有引力や電磁力の場として、一定の速度を以てエネルギーを伝播する媒質としての意

味しか持たぬ。其中に存する唯一の物理的実体はエネルギーであつて、エネルギーは物質を囲む空間に斯か
 る力の場を考へるときのみ其存在を許されるのである。而して其力は即ち電子に由来する電氣力に淵源する。
 換言すればエーテルとは単にエネルギー存在の場、即ち物理的空間の別名に過ぎない。エーテルなる実体が
 存在するという考は全く無用の仮定となつた。是れ相對論を唱へる物理学者がエーテル無用論を主張し、物
 理学的空間なる名称を以て之に代えようとする所以である。

今日電氣力学的自然觀が已に完成したといふことは固より言うことは出来ぬ。殊に陽粒子(陽子)の何たるか
 に至つては吾人は殆ど多くを知らぬのである。併しながらこれも亦電子と同じく力の中心であつて、其量以
 下には分割する事の出来ぬ力の単位を代表することだけは確かである。其故電氣力学觀の教へる所は、畢竟
 自然の終極要素は電氣力(正反對の)の不可分的單位たる電氣粒子であるといふに在る。陽粒子(陽子)にせよ
 陰電子にせよ何れも力の中心としての意味しか持たぬ。然も其力は機械的自然觀の根柢を成した所のニュー
 トンの引力の法則に支配せられる機械的の力でなく、マクスウェル・ヘルツの微分方程式に由て規定せられる
 電氣力である。斯かる力の單位の存在を示す中心が陽粒子(陽子)或は陰電子である。此力は此單位の整数倍に
 於てのみ存在することが出来るので、連続的に之を無限に分割することは出来ぬ。宛も原子が不連続的な物
 質の分割の終極要素である如く、電子、陽粒子(陽子)が不連続的な電氣力の分割の極限である。換言すれば此
 は電氣力の原子である。今日の電氣力学觀は、旧時代の機械觀の物質的原子論に対し、力的原子論と云うべき
 ものである。

二 量子論

今日の自然觀の終極要素は電気微粒子であつて、其立脚地は力的原子論というべきものたること前節に述べた如くである。電気は電子より小なる量に於て存在することは出来ぬ。電子の整数倍に於てのみ存在し得るものである。斯様に或種類の量の單元たる終極の量を素量或は量子(單、Quantum 複、英 Quanta 独 Quanten)と称するならば、電子は電気の素量である。電気量は或値より連続的に遞減して零に達することが出来るという従来の思想は廃棄せられて、電子の荷電量たる素量以下に分つことは出来ぬ、電気は必ず其整数倍に於てでなければ存在せぬものと認められることになつたのである。従来の物質原子は物質の素量であつたが、電子は電気の素量となつた。斯様に自然の實質の終極要素が素量であるという思想は必ずしも新しいものではないが、今日素量説或は量子説(Theory of quanta, Quantentheorie)という名称を以て呼ばれる所ものは、實質の素量でなしに、作用にも素量があるということを中心とする説である。従来實質に原子の如き素量があつて、更に之を分割することが出来ないということとは認められたのであるが、斯^かかる單元を以て成立する所の實質的な物体の作用其物は連続的であつて、無限に分ち得るもの、即ち作用には素量が無いと考えられて居たのである。然るに最近の研究に由れば作用にも素量があるのであつて、或作用に於て現れるエネルギーには素量があり、其より小き部分に於ては存在することが出来ぬ。作用も亦連続的に起るものでなくして、断絶的に起るものであるという考が勢力を得つつある。此作用の不連続觀、エネルギー原子論ともいふべきものが量子説である。此思想は光を始め一般に輻射エネルギーの研究から起つたのである。

高温度にある固体に於ては、其内部の分子が活潑な不規則運動をして居ることは一般に承認せられた仮説である。其結果分子内の電子も亦激しい振動をなし、其エネルギーが電気力を波動的に四方に伝播^{でんぱ}し、エーテルに電波を生ずるから、高温度にある物体からは断えず種々の波長、従つて振動数を有する電波が周囲のエー

テルに輻射せられることとなる。然るに此輻射の源となる物質分子の運動は全く不規則なるものである。これが直にエーテルの波動を起すものならば、エーテルは凡ての種類すべの波を伝播でんぱするから、輻射の電波も不規則なものとならなければならぬ。然るにエーテルに起る輻射波は一定の波長、振動数を有する規則正しいものである。於此こゝにおいてプランクは物質運動のエネルギーがエーテル波動のエネルギーに転ずる為めの媒介者が無ければならぬと考え、高温度の物体の内部には種々の週期の共振器 (Resonator) が存在し、其等の共振器は自己の週期に一致する分子の運動にのみ共振して、それに応ずる電波を輻射する者であると想像した。此プランクの所謂共振器を電子と考え、電子は夫々一定の週期を有する振動をなすのであつて、自己の週期に一致する運動をなすに足るエネルギーを得て始めてエーテルに電波を輻射するものと考えれば、容易に今述べた事実を説明することが出来る。此様な共振器と考えられた電子の放出するエネルギーの量は、必ず其電子の振動数に相当する単元、又は其整数倍に於てのみ存在するのであつて、それより細かく分つことは出来ぬ。即ち電子が放出する輻射エネルギーには素量があつて、唯其整数倍に於てのみ存在し得るのであるから、此エネルギーは連続的に増減することの出来るものでなく、種々の素量の倍数としてのみ増減し得るものである。これがプランクのエネルギー量子 (Energiequanten) の説であるが、若し此様に輻射エネルギーに素量が存在するものならば、電波と同じくエネルギーの輻射波動たる光も、亦一定の素量から成立するといふことは当然起るべき考である。アインシュタインの光量子 (Lichtquanten) 説は之に基いて立てられたものである。此説によると光が或一点から四方へ伝播でんぱするとき、従来考えられたようにエネルギーが、光源の周囲に均等に配布せられるのではなく、有限のエネルギー量子が空間の局所局所を宛も散弾を放つた如くに前進するのである。此量子には如何なる場合にも更に細かく分たれることはなく、他の物質に吸収せられる場合にも其儘吸収せら

れるということになる。

此量子説に実験上の根拠を与える事實は所謂光電効果 (Photo-electric effect) と名けるものである。ヘルツは金属板に紫外線 (写真作用を及ぼす化学的輻射線) を投射すれば、其金属板の表面が陽電気を帯びることを発見した。其原因は紫外線の作用に由て陰電子が板の表面から逸出する為めに、板の表面は陽電気を帯ぶることとなるのである。之を光電効果という。此場合に著しいことは、此効果が現れる速度は、放射する線の振動数に関係し、其数が一定の値を超過しなければ、如何に長時間之を照しても何等の効果を認めることが出来ぬということである。これは紫外線の有する光子が、電子を逸出せしむるに足る程の大きさでなければ光電効果が現われぬのであつて、之に達しない光を如何程長時間放射しても、光の振動は非常に短い時間しか連続することが出来ないから、エネルギーの總和が此効果を生ずるに足る程の値に達することが出来ないのである。而して此効果の現出が振動数にのみ関係するということ事實は、光子が光の振動数に由て定まるといふ考によく一致するのである。

量子説は決して今日完成せられたものでなく、有力な反対者もあり、寧ろ将来の研究に俟つべき学説である。其前途には昔の光素説に伴つて居た、光の干渉現象を説明するの困難というような障害が横わつて居るのであるけれども、今日已に幾多の方面に應用せられて効果を挙げ、原子の構造等に関しても一道の光明を与えて居る。兎に角自然の行動が連続的でなくして断絶的であるといふことは、従来の自然觀を根柢から覆すものといわなければならぬ。「自然は飛躍をなせず」 (Natura non facit saltus) といふことは昔から一般に信ぜられた教條であつて、近代自然觀の基礎を成すニュートンの力学も亦之に基き、運動の或状態、或は一般に宇宙の或状態は直ぐ前の状態に由てのみ定まるもの、自然の現象は連続的に推移するものであると考へたのである。

然るに若し此作用の不連続を主張する量子説なるものが、凡ての自然現象を通じて行われるものであると承認せられることになれば、自然は常に飛躍的に活動するものであるということになり、ポアンカレも云うように微分方程式の適用を理論上不可能ならしめる訳である。これは従来の自然観に比して著しい変化といわなければならぬ。

量子説に就ては長岡(半太)博士の『東洋学芸雑誌』四〇五号に掲載せられた「量子論の梗概」、ポアンカレの *Dernières Pensées* 中の *Théorie des Quanta*、及びプランクの講演 *Neue Bahnen der physikalischen Erkenntnis* (中村精二博士邦訳『東洋学芸雑誌』三九七、三九八号所載「物理学的知識の新経路」) 等参照。

第六章 現代自然觀の哲學的批判

一 時空の相對性

前數章に於て、現代の自然觀に対し基礎的意味を有する實驗上の事實と、理論上の新學說とを略叙した。此章に於ては此等の新研究に基く自然觀の哲學的意義を考察して、自然科学的認識の真相を明にする準備としたいと思う。

先ず現代の物理学の發達が齎した所の自然觀の大變革にして、哲學的に最も重要な意義を有するものは何であるかといえ、第一に相對性原理に由て主張せられる所の時間空間の相對性である。次には現代の自然觀と旧時のそれとを區別する根本的差別をなす所の、自然現象の實體に就ての思想の變化である。一層具體的にいうならば、旧時の機械的自然觀は、初め物質を以て凡ての現象を通じて恒常に存続する所の不生不滅の實體と考え、其運動に基く機械的の結合組織の變化に由て一切の現象が起ると主張したのである。然るにエネルギー恒存則の發見以来、物質の代りにエネルギーなるものが恒存的の實體と見做されるようになり、殊に現代の物理学に於ては物質の質量は變化的のものと認められることになったので、之を實體と見做すことは最早不可能となり、エネルギー實體説が今日の電氣力学的自然觀に必要なものとなった。而も其エネルギー

ギーは従来の自然観に於ける如く機械的のものでなく、電磁的なることを特色とする。物質を実体とし、機械的運動を凡ての自然現象の基礎とするか、エネルギーを実体として之を電磁的に解するかは哲学的見地から見て少からず重要な相違といわなければならぬ。吾人は其意味を明に理解したいと思う。次に現代自然観に重要な特色となるのは、凡て連続観を捨てて原子論を貫徹しようとする傾向である。物質原子の概念は非常に古いものであるけれども、作用の原子観は全く現代物理学の新説である。此様な原子論が哲学上如何なる意味を有するかということは、吾人の是非とも考究すべき問題である。而して吾人は之に關聯して物理学に於ける数学の応用に就ても少しく考えて見度いと思う。終りに吾人は此等の特色を有する今日の自然観の立脚地たる電磁観の一般的意味を明にしなければならぬ。

此等の問題を批判的立脚地から考察して、始めて吾々は自然科学的認識の眞の意味を概括的に理解することが出来るであろう。斯くして現代の自然科学に関する哲学的の研究を終わるつもりである。

先ず此節に於ては時空の相対性を考えて見よう。絶対的の時間、空間、運動が唯数学の一分科と考えらるべき抽象的力学の対象となる理念としてのみ承認せられ得ること、吾人の經驗的認識に基く物理的自然観に於ては、時、空、運動は何処までも相対的でなければならぬことは已に前に述べた所である。今此節に於ては現代自然観に基礎的位置を占めんとしつつある所の相対性原理の哲学的意味を簡単に批評しようと思うのである。

相対性原理の特色は、従来注意せられなかつた所の、時の規定が其系統の運動即ち空間の規定に制約せられ、光の速度に依存するという事である。空間の規定、従つて運動の認識が經驗的自然界に於ては全く相対的なものであつて、絶対的意味を有せざることは已に古き相対論の教える所である。時間の規定も亦時間のみを範圍に於て相対的の意味しか持たぬことは、同じく古き相対論の承認する所である。唯時間の決定に其体系

の運動状態、即ち空間的規定を顧慮しなければならぬこと、即ち時間の規定は空間の規定に依存してのみ意味を有することが今日の相対論の特色である。或系統に於ける出来事の時間的規定は其系統に於て（或は其系統に対し相互静止の關係にある系統に対して）のみ妥当であつて、之に対し相対的の運動の關係にある系統に対しては妥当でない。静止する系統から運動する系統に移れば、同名の時間は $\sqrt{1 - \left(\frac{u}{c}\right)^2}$ の割合で長くなる。而して此時間の変化は上の關係が示す如く、単に其系統の相対的速度 u に由て定まるのみならず、凡ての場合に共通なりという光の速度に制約せられるものである。此様に時間の測定が系統の運動状態と光の速度とに關係し、而して空間的の長さの測定は時の同時を定め得ることに由て始めて可能となる所から、空間的の測定も亦系統の運動状態、光の速度に制約せられ、従つて運動の規定も其關係せしめられる系統の運動状態及び光の速度に依存することとなり、其結果ミンコウスキーの言う如く、吾人知覚の対象は常に場所と時との結合であつて、時を離れて場所を認め、場処を離れて時を認めることは誰にも出来なくなるのである。

今日謂う所の相対性原理なるものが、右の如きものであるとするならば、吾人は容易に其哲學的意味を判定することが出来よう。これは決して或物理学者が声を大にして呼号する如き、吾人の想像に餘る程大胆な革命的思想という事は出来ない。寧ろ批判哲學の立脚地から見るとすれば、ナトルプの言う様に当然豫想せらるべき自然な変革ともいふべきものである。實際時なるものを主觀の構成を離れ、經驗と獨立に其自身に存在する川の流の如きものとするならば、其進行が前述のポアンカレのルーメン實驗に於ける如く、或は逆になり或は静止するというようなことは、吾人の想像にも及ばぬ怪異といわなければならぬ。併しながら時を以て主觀が經驗を組織統一して、自然界なるものを構成する形式と考えるならば、其形式に排列せらるる内容が事情に由て或は逆となり、或は進行が静止となるといふような事は左迄驚くべきことではないのである。相

対性原理は此事情に注意して、吾人の経験が統一的の確定した意味を有し得る為めには、此原理が言表わす如き関係が成立たなければならぬ。それに由てのみ時の逆行、静止というような経験の錯乱が避けられることを教えるのである。従来吾人が現象の時の先後同時を定めるのに与ることを注意せずに居た事項が、新に注意せられるようになった結果、其事項の如何に由て斯様な現在の経験と異なる場合も想像せられるのであつて、それを除いて時的規定に一義的の意味を与えるために相対性原理が唱えられたのである。其事項というのは、吾人が時の測定をするのに光に依る外無いのであつて、吾人の自然界を経験するのに視覚というものが終極の決定要素を成す限り、其制限を脱することの出来ぬ所の光の速度如何ということである。従来は此事項に注意しなかつた結果、時を決定するのに全く其系統の運動状態如何を顧慮する必要がないと考えて居たのである。然るにこれが新に注意せられるようになり、而してエーテルに対する運動は経験せられず、光の速度は如何なる系統に対しても同一のものであるということを想像せしむる実験上の根拠から、此原理が唱道せられるようになった訳である。固より此原理が実験上の事実を満足に説明する唯一のものであるかどうかは容易に決することは出来ぬ。凡ての仮説の場合に然る如く、其は有効仮説(作業仮説)(Working Hypothesis)として準備的のものという意味を脱することは出来ず、現に今日猶反対者もあるのであるけれども、兎に角其意義は左迄怪しむべきものでなく、時間を経験の構成形式と解する批判哲学の立脚地から見ても、其構成に与る要素が新しく注意せられるようになった結果として、当然豫想せらるべき進歩と見ることが出来るのである。相対性原理は時という経験の形式其物に関するのではなくして、此形式に構成せらるる内容に関するものである。時間上同時といふ前後といふ概念は依然として其意味を保持する。唯如何なる内容を同時とし、或は前又は後として現象界を構成すべきかに就きて、規定的の意味ある新しい事実を教えるに止まる。時という概念其

物が此原理に由て顛倒する如くにいうのは物理学者の妄断と云わなければならぬ。

光の速度が自然界に現るべき最大の速度であつて、之を超過する速度は不可能である、光速度が（仮令最近の研究に由て、其自身では可變的であると認められるにせよ）自然界の絶対的常数であるという思想も、一見すると甚だ不可思議に思われる。自然界なるものを素朴實在論的に、經驗を超越し、主觀の構成を離れて、完成されたものとして独立自存すると考えるならば、斯かる思想は到底人を首肯せしめ得ないであろう。併しながら批判哲学の立脚地を採り、自然界なるものは吾人の經驗の概念的構成の産物であるとし、吾人の現在の体制上視覚を客觀的經驗構成の主たる要素と認め、吾人の經驗的測定が光に依る外無いことを考えるならば、光が自然界の構成に對して一種獨特の絶対的意義を有し、之より大なる速度を自然界に承認することが不可能なる所以も理解せられると思う。何故ならば、若しも光の速度に等しく、又は之より大なる速度の可能なることを許すとすれば、ルーメン實驗の示す如く時間的經驗内容の一義的な構成は不可能となり、前後同時ということは一定した普遍的の意味を持つ事が出来なくなる。而して其結果自然科学的認識の基礎となる因果關係も其意味を失わなければならぬ。然るに斯かる世界に於ては光速度より大なる速度の測定も不可能となり、却て矛盾に陥らざるを得なくなる。其故吾人が光を以て經驗の終極的な媒介者と認める以上は、經驗が一定の普遍的意味を有する為めに、これが最大の速度を有するものであると考へなければならぬ。光の速度が最大であるというのは、吾人の經驗的自然界に對してである。これは自然界が素朴實在論の信ずる如く物其自身の世界でなくして、經驗構成の産物であるという批判的觀念論の主張に裏書するものと云つてよい。勿論吾人は光以上の速度をも単に想像することは出来るのであつて、斯かる速度を有する媒質が時間の測定に使用せられるようなことがあるならば、現在の光速度という制限が廢棄せられることはポアンカレも注意した

如くである。併ししか斯様かような場合に於ても、時の測定は經驗的方法に依る外無く、それが若干の速度を有する合図に由らなければならぬ以上は、ナトルプが言う通り依然として他の形に於ける相対性の制限を脱することは出来ぬ。此原理の永久的な意義は、此經驗的時空の批判的意義を教える点に存するのである。ニュートンの力学は之を注意しなかつた点に於て自然界の現象に完全に妥当となることが出来ぬ。光速度を無限大とした極限の場合を規定するに過ぎない。若し之を以て抽象的な力学の法則を与えるものとするならば、それは幾何学と同様の妥当性を保持することが出来る。前に述べた理念としての絶対的な時間、空間、運動を対象とする抽象的な力学は、斯かかる經驗の制約を離れて存立し得べきものである。唯これと經驗的自然界の認識とを混同するに至つて幾多の誤謬が生ずるのである。相対性原理は従来の時空運動相対論が未だ注意しなかつた事項を注意して、經驗的現象界の規定を一層精密に成就せんが為めの新なる理論として吾人は其意義を理解し得ると思う。此原理も畢竟ひつきよう或種の実験上の事実に基づく、經驗的認識の一般相対性の或形態を言表わすものと考えなければならぬ。それが果して終極的のものと認めらるべきかどうかは、唯将来の実験に由てのみ決定せられ得るものである。

二 実体としてのエネルギー（附、エネルギー一元論）

自然科学の認識が千差万別の現象を分析して普遍的要素に還元し、斯かかる普遍的要素の恒常必然の關係を法則、仮説として掲げ出すことに由て、普遍的の認識に達せんことを求めるのが其特色であることは第一章に述べた所である。然るに吾人が分析の結果漸次普遍的要素を求めて行けば、終ついに終極の要素に達し、此要素は

自ら不生不滅、何等の変化を受くる事なく、唯形態、配分の關係に由て千態万様の現象を生ずるといふ結果に到達しなければならぬ。斯かよう様に自らは不變化に恒常性を維持し、唯其形態、配分の変化に由て現象の差別變化を生ずと考へられたものを哲學的の語で実体 (Substance) と稱する。古き自然觀に於ては物質はラヴオアジエの原理に由て不生不滅、恒常不變なものであつて、これが自然現象の実体であると認められて居た。然しかるに最近の物理学に於ては物質は終極の要素でなく、其量は決して不變的な恒常性を有するものでないことが知られ、之に代つて、ジュール、マイヤー、ヘルムホルツの名に結び付くエネルギー恒存則が教える所に由り、エネルギーが新に実体の位置を占めることとなつたのである。今日の電氣力学觀に由れば力の源は電氣力にあるのであるが、此電氣力に基くエネルギーすべが凡ての現象を通じて不生不滅恒常の実体と認められるのが、最近の自然觀の根本思想であると云つてよい。

經驗的現象を漸次一樣普遍な要素に還元する自然科学の認識は、其本性上終極的の普遍要素として不變恒常の実体なるものを立て、凡ての現象すべの差別變化を其形態に歸する。此は畢竟差別の中に同一を求め、變化を通じて恒常を認めんとする、思惟の同一法に基く客觀的認識成立の根本條件の一である。併しかしながら物質が終極の実体であるか、或はエネルギーが実体であるかという様な問題は、決して単に經驗を離れた思惟に由て決し得べきものではない。斯かる問題を思辨に由て解釈しようとするのは所謂いわゆる自然哲學の弊であつた。吾人は自然科学を離れ、思辨に由て自然觀を構成するという如き思想を全然排斥しなければならぬ。自然に関する認識は自然科学に始終する。哲學は唯其成果の意味を理解せんが為めに、其認識の假定する基礎、方法を明にするのを職分としなければならぬ。而して自然科学の認識は思辨に由らず、先ず經驗を唯一の根拠として之を概念的の普遍的認識に構成して行くのである。其故実体として物質を採るべきか、エネルギーを採る

べきかということとは、経験から帰納した法則や、之を統一する仮説の傾向に由て定まるのであつて、其最後の根拠は経験に在るのである。物理学の進歩は物質が終極の要素でないことを示す実験的事実に由り、而して其質量が不変であり得ないという理論に基き、物質を恒常不変の実体と認めることを廃するようになり、而して他方にエネルギーなるものが凡ての現象を通じて恒常不変に保たれるということが実験と理論と相俟つて明にせられた結果、これが実体の位置を占める事になつたのである。而して物質の代にエネルギーを恒常の実体と認めることは、他方に於て実体と共に科学的認識成立の根本条件の一たる因果 (Causality) なるもの、の真意義を明にすることを得しめる。ニュートン以来力を以て物体の状態を変化せんと努める原因と定義し、素朴的に物体の運動を起す所の何物かが存在し、これが原因となつて生ずる運動を結果と考えたのである。一の静止する球に他の運動する球が衝突して後者が新に運動を始めれば、前者に存する力が原因となつて此結果を生ずると考えた。然るにヒューム Hume (1711-1776) の鋭利なる批評に由て、吾人が実際に経験するのは両球の運動静止の状態に止まり、其間に存する因果の關係と称する如きものは直接に経験し得ざるものなる事が明かにせられて以来、因果の概念は素朴的独断的な意味を失ひ、殊に十九世紀の後半マッハ、キルヒホッフ Kirchhoff (1824-1887) 等の人々に由て独断的、神秘的な、力とか原因とかいふ概念が物理学から一掃せられた結果、因果は単に出来事の必然的な継起關係を表わす概念に過ぎぬ事となつた。殊に数学的には因果は或体系の時間上相継いで起る状態の函数的關係と認められる。斯く考えれば、一方に於ては状態の変化する間に因果關係が要求せられる他方に於て、其変化を通じて形態を変化する何物かが恒常性を維持することが要求せられるのは、同一法に支配せられる思惟の本性上必然的なことである。而してエネルギーを実体とすれば、エネルギーは恒常的であつて其形態が種々に変化して種々の作用を現わし、其各段階を通じて函数的關係

が保たれるものとして、実体と因果と相伴つて完全に其意義を發揮することが出来る。例えは物体を摩擦すれば熱が発生するという時には、摩擦という機械的作用は原因であつて、熱の発生という作用は其結果であると考えられるのであるが、摩擦の機械的仕事と発生する熱量との間に当量的の關係が存し、両者を通じてエネルギーなる実体の總量は不変に保たれ、両者は同一エネルギーの相異なる形態であるということが分るのである。これは物質を実体と考へては到底言うことの出来ぬものであつて、此点から見てエネルギーを実体と見做す今日の自然觀は、旧時の物質を実体と見做す見解に比し一層よく思惟の本性に適合し、其意味に於て一段の進歩を示すものなることを否定し難い。

然しながら此處に注意すべきことは、物質にせよ、エネルギーにせよ、実体なるものは物理学の構成した概念であつて、經驗的事実が存在すると同じ意味に於て存在するとはいふべからざることである。物質を終極の実体と認めるといふことは、一見すると吾人が實際に經驗する所の物質的内容が其儘不変の実体であると主張する如くに思われるけれども、併しガリレイ、否古代の原子論も注意した如く、吾人の經驗するのは物質其物でなくして、其感覺的属性を成す所の内容のみである。此等を離れて物質なるものを吾人が經驗することとは出来ぬのである。恒常不変の実体としての物質というのは、斯かる經驗的内容の統一者として思惟に由り構成せられた概念であり、其量の恒常不変という如きことは数字的計算の結果として推定せられたものである。或は物質の終極要素たる原子は、仮令吾人の現在の感覺に由て知覚することは出来ないでも、若し充分に精密の感覺を以てするならば經驗し得べきもの、其意味に於て經驗的事物と同じ様に實際存在するものであつて、従つて実体としての物質が其等の原子の總和として存在するのではないかという疑があるかも知れぬ。成程原子は機械觀の要求に由り經驗的物体の比論に由て思惟せられるのであるが、全く仮説的のもので

あるからそれを経験出来るとか経験出来ないかということは少しも考えられては居らぬ。併し仮に吾人の感覚が充分精密になり、個々の原子を経験することが出来ると想像しても、斯^かかる原子は直ちに不変恒常の実体としての物質と同一視することは出来ない。原子の總量が恒常不変であるというようなことは到底経験の及ばざる所である。其故実体としての物質が経験されたとは云われない。実体としての物質というのは、吾人の直接経験する所の現象を、吾人が自然科学の立脚地から統一的に認識する為めに立てた概念であつて、其統一の基礎となる關係を表わすものに過ぎない。此様に実体が経験的事物と異り自然科学の構成を可能ならしめる概念に止まるということは、今日のエネルギーを実体とする立脚地に於ては一層明白に觀取することが出来る。吾人は決してエネルギーを直接に経験することは無い。オストワルド Ostwald の如き人は、吾人は物質を直接に経験しないけれども、エネルギーを直接に経験する。感覚は即ち外界と吾人の感官との間に於けるエネルギーの移動に由て生ずるものであるというけれども、感覚がエネルギーの移動に由て起るといふのは已^{すで}に自然科学の推論の結果であつて、吾人の直接に経験する所の感覚はエネルギーではない、色彩なり、手触りなりの感覚に過ぎない。斯^か様な實際直接に経験する所を、吾人が普遍的な單純要素の普遍恒常な關係に由て理解せんとする自然科学の研究が、エネルギーというような概念を構成するのである。エネルギーは先づ力学に於ては、物体の運動静止の状態を變化する仕事を成す所の能力として定義せられるのであるが、吾人が経験するのは運動静止の状態、其變化のみである。之を成す能力という如きものは経験の範圍外である。エネルギー其物の何たるかは吾人は経験することは出来ぬ。それは唯抽象、計算、推理の産物である。斯^か様なエネルギーを以て一切の自然現象を通じて恒常に保存せられる実体と考えるのは、全く科学的認識の思惟が構成する理論に過ぎない。今日の量子説に於てエネルギーが宛^{あた}も物質の微粒子の如き状態に於て伝播^{でんぱ}するな

どという時は、如何にも勢力なるものが吾人の經驗的事物と同様の意味に於て存在する如くに見えるけれども、これは全く吾人が視覚的經驗の比論を用い、機械的模型に由て思惟するのを便とする結果、斯^かかる比論的の言表わしを借りるのであつて、其真意は全く概念上に止まることを忘れてはならないのである。勿論^{もちろん}物理学者が實際其研究を行うに際しては一々之を注意することなく、宛^{あた}も吾人の直接に經驗する事物と同様に存在するものの如くに考へて計算、推論を行うのは差支^{さしか}無い。これが吾人に自然な一般的傾向なのだからである。唯其意義を批判的に考へるならば右に述べた如きものであることを念頭に置けばよいのである。實際物理学者にして自己の業を哲学的に批判する人は、皆此様な意義を承認して居ると思われる。

科学的自然觀の基礎となる実体の意義が上の如くなることを知れば、自然科学者の或者が主張する所の唯物論 (Materialism)、或はエネルギー論 (Energetic theory) の如き形而上学が、果して如何なる価値を有するかを容易に理解することが出来よう。物質なりエネルギーなりを実体とするのは夫々^{それぞれ}科学的に正当の根拠を有する見解である。併^{しか}しながら此等の実体なるものは、吾人の經驗中時間、空間に起る所の物的自然現象と名ける所のものを、恒常普遍の要素の恒常普遍的なる關係として理解せんとする自然科学的思惟の構成に与^{あず}ける根本概念であるから、之を實際經驗上の根拠の無い範圍に運用し、之を以て物的自然より一層根本的なる、又は一層広汎なる一切經驗の根柢と認める如きことの不可なるは言を俟^またぬ所である。例えば吾人の經驗中精神現象と名けて居るものは、決して之を物質的要素、原子の如きものに分解し、其機械的關係に由てそれを理解することは出来ぬ。斯^かくして理解し得るのは神経、脳髓に於ける精神現象と随伴する生理的現象、即ち物質現象の一種に外ならぬ。脳髓、神経の物質現象と精神現象とは別種のものたることは、經驗の直接に吾人に示す所である。物質現象の理論を以て精神現象をも説明し得たりとし、物質を以て一切經驗の終極要素としよう

とする唯物論が不当なるものたることは明白である。近時オストワルドに由て、唯物論に代わるべき科学的哲学として主張せられる所のエネルギー論の如きも、亦同様の缺点を脱れぬ。オストワルドに由れば唯物論が終極要素として仮定する所の物質なるものは、到底其本性を知ることの出来ぬものである。吾々は物質を経験することは無い。吾々が実際に経験するのは感覚と外界とのエネルギーの差に対する感官の反応であつて、エネルギー以外には何物をも認めることは出来ぬ。エネルギーこそ唯一の實在である。吾々が生活現象と名けるものも、定常的に或エネルギーの形態が他の形態に変ぜられる作用であつて、定常的のエネルギーの流れとも称すべきものである。尚彼は意識も亦神経エネルギーの特殊な形態に外ならぬと主張し、エネルギーを終極の實在として一切の現象を説明せんとするエネルギー一元論 (Energy-monism) とも称すべき哲学を立てたのである。併しかしながらエネルギーは本来物的自然界を科学的に理解せんが為めに作られた概念であつて、これは精神現象に対して其儘適用することの出来ないものである。或は之を変化して精神現象の認識に於ける或要素を表わすことにしても、エネルギーが実体として採用せられる理由となる所の、其恒常不変の數量を維持するというようなことは、精神現象の範圍に於ては証明すべくもない。之を以て一切の経験を統一的に理解する基礎概念とするに足らないことは容易に知られる。加しかのみならず之已に述べた様にエネルギーは物理学の構成した概念であつて、其表わすものが凡ての自然現象を通じて其數値を一定に維持する所から実体と認められるのであるが、之を以て直接に経験せられる所の實在 (Reality) とするのは独断である。オストワルドはエネルギーが吾人に直接に経験せられるというけれども、實際吾々が経験するのはエネルギーではない。運動なり、熱なり、音なり、光なりの経験はエネルギーの経験であるということが出来ぬ。エネルギーは此等の現象を通じて數量上恒常に維持せられる關係を表わす概念として、此等の経験を統一する為めに科学

が構成したものに過ぎない。エネルギーを経験し得ざることは物質を経験し得ざるが如くである。若し実在が吾人の直接経験し得るものでなければならぬというならば、勿論エネルギーを直に実在とすることは出来まい。余は後に述べる様な立脚地から、エネルギーが実在の一面に含まれる關係を表わすものとして実在的の意味を有することを認める。併し此が実在其物であつて、物理学の定義する如きものとして存在するのであると考えることは出来ぬ。エネルギー論は最近の科学研究の結果を採用して、自然科学的の認識に一層忠実となり、唯物論の粗笨を脱するという長所があるけれども、概念を以て直に実在の模写とし、關係概念としての実体を現象の基礎たる実在と同一視する形而上学的独断たるに至つては兩者全く同様といわなければならぬ。唯物論、エネルギー論という様な科学者の形而上学は、科学者が其本来の立脚地を忘れ、事実を無視して不当の思辨を逞くする結果陥る所の独断の産物である。

三 連続観と原子観

物質を終極の実体とし、其部分の運動に由て自然の現象を理解せんとする機械観が、物質の構造を連続的とせずして、不連続的なる原子の集合と考えたのはガリレイ以来の事実である。其間に他方にエーテルと名ける秤量することの出来ぬ連続的実体が仮定せられ、ケルヴィンの如きは其エーテル中に於ける渦輪 (Vortex ring) を以て、物質の原子が有する諸性質を説明せんとする所謂渦動説 (Vortex theory) を唱えたのであるけれども、大体に於ては原子論が物質観の根柢をなして居たことは著明な事実である。此は物理学的認識の本性から容易に理解せられる事であつて、吾人の経験する所の千差万別の性質的差別ある現象を、單純にして、一

様同質なるものに還元し、而もそれから一切の性質的差別ある現象を演繹しようとするならば、それを原子的に分割せられたるものとし、数量的差別を之に認めて、其排列の關係即ち位置運動に、現象の凡ての性質的差別を帰する外無いのである。物質的原子論は自然科学的認識の本性に由て機械觀が要求した所の思想と云つても不可ではあるまい。仮令エーテルという連続的の不可秤媒質を仮定しても、それを機械的模型に由て思惟しようとするれば、又自ら原子的構造を之に与えることを脱れなかつたろう。機械觀は畢竟原子論に終始すると云つても差支無いと思う。

殊に此原子觀が最近の物理学に於て一層深い方法論的意義を有するに至つたのは、氣體運動論、熱力学の範圍に始められた所の統計的考察の發達に由つてである。曩に熱力学の第二法則なるものは熱現象の推移の方向を表わすものであると言つたが、今自然に於ける一の物理的状态が他の物理的状态に移り行くということは、数学の語を用いれば、前の状態よりも後の状態の方が大なる確度 (Probability) を有することである。例えば熱が高温度の物体より低温度の物体に伝わるのは、温度平均の状態が温度不平均の状態よりも一層大なる確度を有するからであると云わなければならぬ。然るに一の事實が起る確度は、同様の事情の下に起り得べき凡ての場合の數に關係して測られるのである。物理的状态に於ては此種々の場合に相当するものを區別し、之を一定の完全數に表わすことは連続体では不可能であつて、不連続な單元から成立つと考えるなければならぬ。熱を機械的の運動に帰するには、之を連続的の物体の運動と考えることが出来ぬこと勿論である。斯かる運動は熱でなくして物体全体の運動たる機械的現象である。これと區別せられる運動現象に熱を還元するには、物体を連続体とせず微分子から成立するものとし、而して此等の分子が凡て同一の運動を均斉に行うのでなくして、個々無秩序に運動する、其平均の効果が熱として現れるのであると考えなければならぬ。これが原子

的の見方に由て顕微鏡的に考察する必要の起る所以なのである。而して斯かる不連続的の体系を考へて始めて其確度を計算し、其最大なる場合が実際に起るものといふことを知り得るのである。即ち斯様な統計的の考察、確度論 (Theory of probability) の計算は原子論の基礎の上に於てでなければ不可能である。これがボルツマンの思想を継承してプランクが原子論を唱道する理由である。此考へ方は固より単に熱力学、気体運動論に限るものでなく、他の範圍にも適用せられる。今日量子説として作用の不連続を主張するプランク等の理論には矢張此方法論上の根柢がある。作用の不連続といふのは、其作用をなす所の体系の構造が、或一定の単位の倍数としてでなければ作用をなすことが出来ぬ如き有様になつて居るものと解すべきであらう。例えば輻射をなす所の高熱の物体に於ては、其源となる電子が或作用量子より以下のエネルギーに相当する作用をなすことが出来ないのである。此作用量子に対して又統計的、確度論的の考察が適用せられること宛も物質分子に関する如くである。固より凡ての現象の物理学的説明が原子論でなければならぬといふのではない。連続論を以て簡単に説明し得る事実も少くはない。併し如何にしても原子論的方法に由らなければ其終極の説明をなすことの出来ぬような事実があり、而して連続的の見方は原子論に対して、顕微鏡的の見方に対する肉眼的の見方として、後者の立脚地から説明することが出来るとするならば、原子論的方法が物理学の根本的な考へ方といふことは承認しなければなるまい。唯此処に問題となるのは、實質的要素を原子論的に考へるということに已に久しい間所謂物質原子論に由て馴致せられたところであるが、最近の量子説に現れた作用の原子論は、ポアンカレもいふように従来理論物理学研究の基礎となつて居る所の、現象の起る方法を規定する法則を、微分方程式に由て示すといふことを不可能にする恐は無いかといふことである。一般に数学の解析 (Analysis) が嚴密な連続概念の上に立ち、微分方程式も一般に連続函数の範圍に於て可能なるものなることは

事実である。然しながら物理学上の現象は仮令量子論の唱道せられる以前、連続的と認められて居た時でも、其所謂連続の概念は決して数学の解析が豫想する数学的連続の要求する所を完全に充たすものではなかつたのである。旧時に於ては数学も連続というような概念を精密に分析することなく、宛も物理学の基礎となる感覚的経験と同じく、単に感覚的直観を以てそれを代表せしめたのである。其様な場合に於ては物理学的の連続と数学的の連続とは一致すると云うことが出来たであろう。併しながら近代の厳密なる数学は思惟の分析を出来得る限り遂行し、直観的の連続を思惟の無限の過程に由て定義せんとして居る。これは却て物理学の連続と異なるものである。ポアンカレの簡明な言表わし方に従えば、物理学的連続というのはAとCとが経験上区別せられる同一種類の二つの量であつて、其間にBという、AともCとも区別せられぬような量が位する時、 $A = B$, $B = C$, $A < C$ というのが其公式である。然るにこれは数学の論理からいえば到底不可能なことであつて、それは $A < B$, $B < C$, $A < C$ でなければならぬ。此過程を限も無く続け、二つの区別し得べき数の間に相互区別し得る無限に多くの数を挿入し得る如き系統を数学的の連続というのである。斯様な数連続があつて始めて一般に微分方程式も厳密に成立するのである。然し物理学の範囲には無限とか無限小とかいうものは実際に現れることは無い。其取扱う所は常に有限である。従つて斯様な連続は物理学の測定の及ばぬ範囲であつて、物理学の測定、それに基く法則は数学の眼から見れば全く近似的のものに止まり、厳密な意味を有するものでは無い。従来連続観が採用せられたと云つても、其所謂連続は実は数学の意味での連続でなく、直観的、物理学的連続に過ぎない。それに直に数学の連続を適用して素朴的に其妥当を信じたのである。即ち所謂連続観の立脚地と雖も、数学の意味に於ては完全に連続性を保持しては居なかつたのであつて、厳密に言えば数学の適用の妥当は畢竟近似的のみに保証せられて居たので

ある。其故量子説に於て不連続觀が唱えられるとしても、其近似の誤差が經驗の範圍以下から經驗の範圍に移されたというだけで、全然数学の適用が不可能にされるとは云われまい。数学は依然として或程度の近似的の妥当性を有し、其不連続の爲めに生ずる誤差は計算に由て補正することが出来るであらう。兎に角作用を連続的と見るか、不連続的と見るかは実験上の根拠に由るのであって、寧ろ前記の数学的連続と物理学の連続との対比を顧みれば、經驗的認識の制限上物理学に於ては不連続觀を豫想すべき理由があるとも思われる。

此問題の序ついでに一言したいと思うことは、一般に数学を物理学の研究に應用するということは如何なる根拠の上に立つかということである。数学は其発達の跡を辿つて見ると、實際生活上の問題を解く必要に由て起つたものであつて、少し進んでは實際生活のみならず、經驗的の自然科学、殊に物理学の問題を解く爲めに発達したことが少くないのである。ニュートンの微積分の發明の如きも運動の問題を研究する必要上に其動機を有することは一般に知られた著名な事実である。今日進歩した数学の場合に於ても、猶新なほしき定理の発見等が物理学の問題を解くということに促されるのは必ずしも珍しくない。併しかしながら此事実上の理由を以て数学が其成立に論理上經驗的科学的の存立、或は一般に經驗の可能という事を豫想するものであると考えるのは全然誤謬である。数学は其論理上の豫想としては經驗を必要とするものではなく、其自身独立な根拠を有する。其基礎となるのは吾人の思惟其物である。經驗の成立するに豫想せられこそすれ、自らは經驗を豫想するものでない所の所謂先驗的思惟いひゆる(Apriorische Denken)の根本的形式に基く概念、公理の上に、演繹、論証の体系を立てたものが数学である。其数学の命題はそれが經驗に適用せらるると否とに拘こだわりなく、其真理としての効驗性は經驗との一致に存せず、論理的に矛盾無く思惟せられることに存するのである。即ち先驗的思惟の自律が数学の真理の基礎を成す。斯かかる数学の命題が經驗の理解に適用せられ、經驗的自然科学の研究

の機関となるのは、数学が経験に基くからでなくして、逆に経験が数学の対象となる先験的思惟を豫想するからである。已すでに日常生活の経験に於ても、空間、時間とか数とかに關する数学的思惟は、其初期の形に於て豫想せられて居る。これが科学的研究の段階に達しては、漸次に数学的嚴密な形に改められて行くのである。数学の認識は単に先験的思惟の形式を論ずるものであるから、全く抽象的である。此抽象的の思惟の形式に實際の経験が与える所の内容を当嵌めて、物理学は其業を進めるのである。併しかしながら何処迄も経験を以て最終の根拠としなければならぬ所の物理学に於ては、経験の實質に關係する測定が、到底数学の嚴密な概念と完全に一致し得ないということとは当然脱れない。例えば単に概念上抽象的には如何に小き差違を有する二つの数も區別し得るけれども、實際経験に於ては如何程精密な機械を用いても觀測には限界があり、其限界以下の差異を有する二つの量は實際上區別が出来ない。其故物理学上の測定は如何程精密であつても、数学の眼から見れば畢竟ひつきよう近似値に過ぎないのであつて、之を与件とする計算に基く法則は、終つひに数学的嚴密に達するものではない。是れ物理学者が数学を適用するに當つて、常に高次の微分を切捨てるということを行つて自ら怪しまぬ所以ゆゑんである。吾人の感覺の識別には限界があり、此感覺的経験を終極の根拠とするのが一般經驗科学、従つて物理学の特色であるとするならば其認識が終つひに数学的には近似的なることを脱することが出来ないのは当然である。物理学を数学に化せうとするのは、抽象的の形式科学と實質的の經驗科学との差別を無視した要求といわなければならぬ。

四 機械觀と電磁觀

第二節に於て余は現代の物理学が実体として物質の代りにエネルギーを採る所以を述べたが、単にこれだけでは未だ現代の自然観の特色を表わすことは出来ぬ。何故ならばエネルギー恒存則は今日の電気物質観より前に設定せられたのであつて、其初に於ては前に述べた様に、誤つて機械的自然観の幫助者と見做され、エネルギーの本性は機械的なものと解せられたのである。然るに今日エネルギーを不変の実体と認める場合には、当時思惟せられた如くそれは機械的エネルギーを根本とし、之に帰せらるべきものと考えるのでなく、電磁的エネルギーを根本的のものと考えなければならぬからである。現代の自然観の特色は旧時の機械観に対する電磁観に在る。機械観に於ては凡てのエネルギーの形態は終に運動のエネルギーに帰せらるべきものであつて、若しエネルギーを仕事の能力と考えるならば、其仕事は機械的の仕事を意味し、原因となる力はニュートンの万有引力の法則に従う中心力である。然るに今日の電磁観に従えば力の本性は元來電磁的のものである。万有引力も亦電磁的に理解せられるのであつて、凡ての仕事は根本に於て皆電磁力に帰せられなければならぬ。エネルギーも従つて其本性は電磁的のものであると考えなければならぬのである。此機械観と電磁観との別は哲学の立脚地から見て如何なる意味を有するであらうか。

機械観（力学観）が自然科学の進歩に貢献したことの偉大なるは容易に語り盡し得ざるものがある。吾々の視覚に訴え、空間的に規定せられる幾何学的形象を有する物体の体系を思惟し、其要素間に働く力の作用に由て起る運動に凡ての現象を還元するということは、自然の神秘を発き、之を支配せんとする近代科学の指針であつた。視覚が経験の最も有力な要素であり、自然界が視覚の与件を主とする空間的形式を有する以上は、幾何学的形象を有する物体の運動系統として自然を理解することは最も明晰と精密とを確保し得る所以であつて、分子とか原子とかいふような不可経験の要素が導入せられても、物質の比論により空間的物体として思惟

せられたのである。エーテルの如きものさえ、物体の比論に由て解せられようとしたことは已に述べた如くである。所謂力学的模型 (Mechanical model) を構成することが物理学の説明の極致と考えられたのも無理はない。其故光現象、電磁気作用の説明、エーテルの規定に伴う困難が認められた時でも、物理学者は如何にかして此等を説明し得るような力学的模型の案出に腐心したのである。併しながら其苦心も徒勞に属し、却て電磁作用を根本的のものと認めれば、物体の機械的作用、其原因となる力も説明出来ることが認められるに至つて、遂に機械觀は断念せられて電磁觀が之に代つたのである。前者に於ては力は唯物体運動の原因として其間に作用すると認められ、物体と力とは別々のものであつたが、電磁觀に由れば電磁力が根本的のものであつて、其中心が電子である。電子が物体を構成する終極要素であつて、物質間に働く力というものも実は終極には電磁力に歸すべきものであると考えられるから、物質も力も電子なる電磁力の中心に還元せられたと云つてもよい。此意味に於て電磁觀は機械觀よりも統一的説明に於て一步を抽きこんでると認めなければならぬ。

殊に電子論が物質原子論に比して、自然科学の認識の本性上著しい進歩を示すと云うべき点は、原子の性質的相異が一樣な電子の数量的差別に歸せられたことである。物質の千差万別なるに比して、約八十個の元素の原子(二〇一三年現
在、一一八個)が終極の物質要素と認められたのは、非常な単純化、普遍化であるけれども、猶相異なる元素の原子は、夫々特異の性質を有するものとして互に對立する点に於て、未だ統一的説明が完全したといふことは出来ぬ。然るに今日の電子論は凡ての原子の構成要素を一樣な電子と陽粒子(子陽)とに歸し、其数と排列との数学的差別に由て原子の性質的差別を置換せんとする。これは自然科学の認識の普遍的統一的見地より見て、物質原子論に比し著しい進歩といわなければならぬ。固より原子の電子的構造が全く一定の理論に達したといふことは今日出来ないのであつて、殊に陽粒子(子陽)の性質猶曖昧なる点は将来の研究に俟たなければ

ばならぬのであるが、兎に角電子論は物理学の認識を或意味に於て殆ど極点に達せしめるものとして、著しい特色を有することを認めなければならぬ。

今日迄に提出せられて居る電子の模型に於ては、電子の形状が球と仮想せられて居る点等に於て猶物質の比論を免れないようであるけれども、併しこれは唯吾人の写象に便する為めに用いるのであって、電子の形というのは普通の物体の形状というのとは趣を異にするものと考えなければならぬ。電子の質量は全く電磁力の結果であるとするならば、之に物体の性質を附与する事は出来ぬ。単に電磁力の中心と認め、其形状の如きも其中心より発する力線の排列に帰するものと考えべきであろう。これは吾人の写象には甚だ困難であつて、尚陽電子（陽電子の発見は一九三二年で本書刊行当時には発見されて見されていない。おそらく陽子のことと思われる）の方が充分物質の性質を脱却して電気力的に規定せられて居らぬ為め、物質原子の電子的構造の如きも未だ純粹になつて居るとはいうことが出来ぬけれども、兎に角電磁力を以て凡ての自然現象の終極要素と考え、其原子的発現の中心を電子と称するのであると考えなければならぬ。而して更に注意すべきことは、此電磁力なるものは或電子なるものが宛も吾々が球を投げる如くに電磁力を放出するというようなものでなく、電子を中心として其周囲の空間即ち電磁場の或状態に起因するものであると考えられることである。ファラデーが力線 (Line of force)、力の場 (Field of force) という思想を提出してから、これは一般に採用せられた考である。これに由れば自然現象は畢竟物理学的空间（之をエーテルと名けても、エーテルに唯場としての役目のみを与える限りは畢竟物理学的空间の謂に外ならない）に於けるエネルギー配合の或状態に帰するということになる。此に至つて自然科学の代表者としての物理学の特色は最も完全に發揮せられ、不変恒常にして一様なるものの配合の数量的差別変化に由て、一切の自然現象が理解せられることになるといわなければならぬ。

右の如くに考えて見ると、哲学的に言つて、現代の電磁觀（電氣力学觀）が旧時の機械觀（力学觀）に比して重大なる進歩を意味することは否定することが出来ぬ。勿論電子が終極の要素であつて、電磁力が力の基礎である、エネルギーは根本に於て電磁的のものでなければならぬという様なことは、吾々が絶対的には断定するを得ざる所である。科学の進歩が永久止む時の無いものである限り、更に之に代わるべき仮説が提出せられるということも勿論豫想しなければならぬ。併しながら物理学的自然觀の發達を辿つて現代の電磁觀の意味を考えるならば、それが吾々の自然科学的認識の本性と認める所のものから見て当に進むべき道を進みつつあるもの、殊に最近に至つて重大なる飛躍的進歩を示して居ることは否定出来ないと思う。吾々は偉大なる科学者の頭腦の産出した自然觀の如何に雄大にして而も細緻なるかを讚嘆せざるを得ない。

併しながら同時に吾人の忘れてならぬことは此自然觀は畢竟自然科学の構成した概念の体系であつて、其が認識を離れて独立に存する物其自身を模写するものであると考えることは出来ぬということである。已に前節に述べた如く、エネルギーは經驗を統一する關係概念であつて、吾人はそれを經驗することは出来ぬ。其本体の何たるかを数量的の定義を離れて知ろうとしてもそれは全く無意味である。それが經驗的对象と同じ意味に於て実在するというようなことは勿論言ひ得ないのである。エネルギーの根本が電磁的であつて、電氣力が自然現象の中心を成すと云つても、吾人は電氣、電氣力なるものを經驗することは出来ない。吾人が經驗するのは電磁的作用のみであつて、之を惹起する原因たる電氣力は經驗の対象でなく、經驗を統一する爲めに構成せられた概念なのである。電氣の本体が何かという様な問に対しては、物理学は唯其作用を規定するマクスウェル・ヘルツの微分方程式を以て答える以外に答え方は無い。已に機械觀の時代に於てキルヒホッフ、マツハの如き人は力の非經驗的であるという理由を以て其概念の使用を排したが、今日の電氣力学觀

に於ては却かえつて電気力という概念が缺くべからざる重要なものと認められて居ることは、一見すると独断的立脚地の復活の如く見えるけれども、実は必ずしも左様ではない。電気力も決して神秘的な所謂「隠れたる力」ではなく、場の方程式に由て定義せられる関係概念に外ならない。電気といい、エネルギーといい、科学的自然観を構成する関係概念たる以外に超經驗的の实在を模写する如きものではないのである。吾人が疑わんと欲して疑う事の出来ぬ真の实在は、直接に經驗せられる所のものより外には無い。電気力もエネルギーも之を根源とする科学的認識の構成の産物である。併しかし斯かく言う意味は此等が単に科学者の任意に作ったものであつて、何等の意味に於ても實在に關係の無いものであるというのではない。科学の認識は實在に對立して之を模写するものではないが、其科学的認識其物が實在に根源を有し、實在が己自身の一面を發揚する自己顯現の過程である。其意味に於て科学的認識の構成する概念は實在の模写ではないが、實在を指示する標号である。電気という概念に對応する實在が存在するのではないが、此の概念の構成に實在の自己顯現の力が現れて居る。而しして實在は無限の發展なるが故に、時代を追うて科学の進歩に従い種々の概念に自己を現すのである。實在は科学的認識に模写せらるべく、其外に對立するものでなくして、科学全体の進歩的過程の内に之を通じて含まれるのである。此等の科学的認識一般の意義に關しては更に章を改めて詳説したいと思う。

第七章 自然科学的認識の意義

一 法則

前章に於て現代物理学の理論が哲学的に如何なる意義を有するかを説いた。此最後の章に於ては以上述べた所を回顧して、一般に自然科学的認識の意義を考えたいと思う。

自然科学の認識に於て中心の位置を占めるものは疑も無く法則である。第一章に述べた如く自然科学の中には記述分類を主とする所の部門もあり、それは斯^かかるものとして価値を有するのであるけれども、自然科学全体の上から見、自然科学的認識の本性から考えて、其等の部門は終極のものでなくして、法則を発見する部門を俟^まつて始めて確固たる基礎を得る。法則が自然科学の認識の真髄であつて、物理学が自然科学の系統中に代表的の位置を占めるのも、それが現象の終極的な法則を発見する部門だからに由るのである。自然科学の認識の価値を明にし、其標榜する所の真理の如何なるものなるかを知るには、吾々は先ず法則の意味を充分に理解しなければならぬ。

自然科学の特色をなす所の普遍的認識は已^{すで}に常識の段階に於て其萌芽を發し、無限に複雑多様な経験の中から、共通な要素のみを言語に標号し、其等の共通な要素の共通な関係を説話文章に言い表わすにあることは

明白な事実である。科学的の記述というのは、定義に由て厳密に規定せられた明晰分明な概念を以て之を行うことに外ならない。併しながら此様に記述をなす所の一般的の命題は、未だ科学の法則が要求する所の資格を備えて居るものではない。記述に於ては其共通の要素、一般の關係というのも単に吾人が実際に経験した内容を抽象したものであつて、実際に経験しない場合をも含み、無條件的に普遍の關係を表わし、単に某々の場合に斯様斯様であつたといふのでなくして必然斯くなければならぬといふことを意味するのではない。勿論單なる記述と雖も実は斯かる要求に対する傾向を含蓄して居ることは事實であるけれども、法則に於ける如く之を缺くべからざる資格として明白に標榜して居るのでは無い。唯將來法則に確定せられる豫備の段階として斯様な要求を含蓄するに止まるのである。記述分類を主とする所の所謂系統的科學たる動物學、植物學、鉱物學等の命題は主として斯様なものであつて、此等の科學に於て作られる所の命題は専ら實際に觀察した实例に就て、其性質作用を記述、比較、分類するに止まり、無條件的に普遍的な、斯くあらざるべからざる必然の關係を表わすといふことは云い得ないのである。此場合に於ても實際は觀察する所の個体を以て其種の代表者と見做すといふようなことが行われるから、矢張經驗の範圍を越えて普遍性を含蓄するともいわれるけれども、明瞭に普遍性と必然性とを要求として備えて居るものではないのである。之を其缺くべからざる資格として明に意味して居るのは即ち法則の特色である。法則は決して単に實際經驗した所の事例に於て、或關係が成立して居ることを比較概括して表わすものではない。未だ經驗せられてない場合にも某々の内容が經驗せられれば、必ず他の某々の内容が經驗せられなければならぬといふことを、必然的普遍的に表わして居る。法則の意味は其効驗性の範圍が經驗を超越して絶対的の普遍性を要求し、斯くあらざるべからずといふ必然性を標榜する所に存する。

然らば吾々は如何にして實際経験した所の特殊の認識から、法則の要求する様な絶対的普遍の結果に達することが出来るであろうか。論理学の用語に従えば特殊の命題を与えられた前提とし、これから普遍的命題を結論することを帰納と称するのであるが、吾々が経験から法則を帰納する根拠は何処に存するのであるか。一般に帰納法の根拠は自然の斉一 (Uniformity of nature) ということであると考えられて居る。帰納法の価値を高調して、其方法の詳細なる研究に由り論理学に不朽の名を留めたミル J. S. Mill (1806-1873) も、自然の経過の斉一ということを経納の終極の根拠として挙げ、之を公理と称した。吾々が若干の特殊な事実を経験したに過ぎないのに、其等の経験に含まれる所の要素の関係を以て絶対的に普遍の意味を有するものであると結論し、之を法則として立てることは、自然界は整齐を保つものであつて、決して不秩序、無規律なものでない、或要素と或要素とが或場合に随伴して経験せられるならば、其関係は他の類似した要素の間にも存するのであつて、一の場合を實際に経験すれば之を将来一般の場合に推広めて普遍的な意味があるものと認めて差支無い。自然界が斉一であるから吾々は特殊の経験から一般の法則を発見することが出来るのであるという。

此自然の斉一という考は正当であつて、勿論非難すべき理由は無いが、併しミルの如く、これも亦経験から帰納せられた結果であるというのは循環論である。帰納の根拠となる此公理が成立する為めに、帰納を豫想するというのは循環論でなくて何であろう。吾々は自然の斉一ということを経納の根拠とするならば、これは帰納に由らず、経験に先だつて他の方面から獲得せられたものと考えなければならぬ。而もこれは到底一層普遍的な命題から演繹に由て論証することは出来るものでない。然らば其基礎は何処に存するのであるか。今一層精細に之を考えて見なければならぬ。元来自然というものが吾人の経験と全く独立に存在し、吾人が之を認識するというのは宛も鏡が物を映す如くにして模写するのである、其自然界は斉一で規則正しいもので

あるから、吾々は或特殊な場合だけ経験すれば一般の場合を推定することが出来るのであるという考は、全然素朴的なものであつて、常識を満足させることは出来ても哲学的の要求を満足させるには足りない。何故ならば、若し自然が認識と対立して存するものであるとするならば、吾々は如何にしてそれが斉一だということを知り得るであろうか。それは唯ミルが排斥したような吾々の本能的な信念に過ぎないのであるか、或は何等かそれには吾人を首肯せしむるに足る理由があるのであるかというような疑問は、抑えんと欲して抑えることの出来ぬものである。哲学の批評的立脚地から更に自然の斉一ということの根拠を求めざるを得ない。一体自然というのは常識の立脚地では、吾人の認識を離れて已に完成した統一として吾々の周囲に存在するものであつて、認識は唯之を模写するのであると信ぜられて居るが、実は左様なものでは無い。吾々が直接に体験する所謂直観なるものは、ベルグソンがいうような、其内容が互に融入して何処に境界も無い純粹に持続的なものであつて、勿論何等論理的の規定を現わして居らない、吾々の言語に言表わすことも出来ないようなものである。斯様な直観が其自身の中に含蓄せられる所の内面的の関係を顕在的にし、自己の内面的發展に由て時間、空間其他の形式に従つて論理的の規定を表わして始めて経験が成立するのである。之を思惟が経験を構成するという。自然界は斯くして成立するのであるから、之を経験を離れて完成したものということは出来ない。自然は経験の根柢となる思惟の構成に由て成立するのである。従つて其斉一というようなことも、実は之を構成する思惟が一定の法則に従つて居るといふことに歸する。多趣多様な直観から経験が成立つ場合に、其関係を規定し、之を構成する思惟が一定の法則に従うから、仮令種々の異なる内容であっても共通な關係的形式を持つことが出来る。これが自然の斉一の第一の根柢である。其故批判的に考えれば自然が斉一だから法則が可能であるということの基礎には、思惟の法則が自然を斉一ならしめること、即ち

思惟の法則が自然界を齊一に構成するに由て自然法なるものが発見せられるのであるということがある。自然法の根拠は、却て經驗的自然を構成する思惟の法則に求めなければならぬ。然らば思惟の法則其物は如何なる根拠があるか。思惟も人間の心理作用であるならば、其法則が一定して居るといふのは矢張自然の齊一の結果であろう（精神作用も広い意味の自然現象の一部とすれば）。其故今述べたことは全く循環論であつて、自然の齊一を思惟の法則から説明することは出来まいという疑があるかも知れない。併し実は左様ではない。此問題を詳論するのは認識論の範圍に属することであるが、今要点だけを述べれば、此処に謂う所の思惟とは吾々個人の精神現象としての思惟作用を指すのでは無い。斯様な精神作用は疑も無く広い意味の自然現象とも言われるのであつて、其法則は實際の經驗から帰納して心理学が発見する所の法則である。それは広い意味で一種の自然法と見做されるものである。併し今謂う所の思惟は斯様な思惟の作用でなくして、思惟の意味を指すのである。吾々は已に議論をする以上、真理が實際存在して、之を認識することが出来るものであると豫想して居る。其認識の可能なる為めには吾々は思惟が一定の意味を有するものであつて、誰が何時考へても其様に思惟しなければならぬものであるということ承認して居る訳である。若し斯かるものを認めなければ、議論すること、疑問を提出することさえ無意味に歸する。斯様な思惟の意味をして意味たらしむるものは決して思惟作用の心理的法則でなく、思惟の意味に関する規範である。必然従わざるを得ざる不可不(Müssen)の自然的法則でなくして、認識を可能ならしめるのに従わなければならぬ不許不(Sollen)の規範的法則である。これは心理学の法則でなくして、論理学のそれである。論理法は如何なる認識にせよ、認識たらんが為めに承認しなければならぬものであつて、自然法の根拠も亦之に淵源するのである。但し此処に注意して置く必要のあることは、自然法の根拠が論理法に在るといふのは、自然法が形式論理の法則から演繹せら

れるというのではない。アリストテレスの三段論法から自然の法則を導き出そうとすることの無益なるを認め、自然を研究するに自然其物に拠らなければならぬことを主張したのが近世の自然科学研究の根本特徴たることは前に述べた。今言うのは此科学研究の精神を否定して、時代錯誤の主張をするのでは無い。此処に謂う論理法とは形式論理の法則を指すのでなく、カントの批判哲学に始まる所の、経験をして可能ならしむる為めに豫想せられる先験的思惟の規範的法則、即ち超越的論理 (Transcendental Logic) の法則を指すのである。此法則を表わす形式を認識論上の用語で範疇 (Kategorie) と称するのに従えば、自然の斉一、従つて自然科学の法則の根拠は範疇にあるといわなければならぬ。カントの所謂「悟性は其法則を自然から汲み取るのではなくして、之を自然に指定する」というのは此意味である。約言すれば思惟が自然の立法者だと云わなければならぬ。勿論範疇が自然法の根拠となるというのも、個々の具体的な自然の法則が斯かる範疇から定まるというのでなく、具体的自然法は夫々實際の経験から内容の規定を得るのであるが、一般に自然法が成立する形式上の根拠、所謂自然の形式的斉一が斯かる先験的思惟の規範的法則たる範疇に根拠を持つというのである。併しながら単に思惟の範疇が経験を可能ならしめるということのみでは、未だ自然の斉一を理解するに充分でない。範疇は純粹の形式であつて、そのみを対象とすれば抽象的形式の学たる数学 (幾何学、抽象的力学等をも含む最も広き意味に於て) しか成立することは出来ぬ。若し之に独断的な假定を加えて自然の認識を得ようとすれば、其結果は所謂自然哲学の独断空想に外ならなくなる。範疇は唯経験の構成に一定の形式あることを教えるに止まる。例えば最も簡單なる例として、気体の圧力を変化すれば容積は之に反比例して変化するという Boyle の法則を取つて考えるに、圧力の変化と容積の変化とが相随伴して直接経験をせられる所から、前者を原因、後者を其結果として、圧力の変化は容積の変化を生ずるといふ因果的關係、而もそれ

が如何なる場合にも当嵌まる必然的關係と思惟するのは、經驗の構成に与る因果という範疇に其根拠を有するのである。併し因果の範疇は一定の時間的繼起の關係にある經驗内容を構成する形式であるから、直に此法則を教えることは出来ぬ。氣體の圧力と容積という二つの要素の間に反比例という關係に由て規定せられる因果的關係の存在することは、單なる因果の範疇の外に、此函数的規定と結び付けられる、氣體の圧力、容積というような概念の示す内容が与えられなければならぬ。併しながら若し吾人が實際に經驗するのが唯或特殊の氣體の圧力、容積、或場合の具體的の關係のみであるとしたならば、これが斯かる普遍概念に表わされて、法則の内容となるのは如何にして可能であるか。單に一般的な形式たる範疇の外に之を具體的に規定する關係と、其關係の項となる普遍要素が無ければ法則は成立することは出来ぬ。實際に經驗せられるのが若干の特殊な場合に限られるのに、それが無條件的に普遍的な因果關係の代表者であると思惟せられるのは、經驗の中に之を可能ならしむる普遍的の意味が含まれて居なければならぬ。否更に深く考えるならば、全く同一の内容というものは決して二つ無い。夫々独自の相を備えた直觀に構成せられる場合に、普遍的な範疇の形式を取るということが、已に唯一独自の直觀の各内容の中に、普遍の意味を含蓄して居るといふことを必然要求する。これが無ければ到底範疇の形式が普遍的であるといふことさえ不可解となり終らざるを得ない。況や具體的の經驗内容が夫々特殊でありながら、普遍的の意味を有するといふには、經驗其物に普遍的な意味が含蓄せられるのでなければならぬ。前記の法則が発見せられる為めには、特殊の氣體の圧力と容積とが一定の關係を有するといふことが、單に其場合に經驗せられる特殊の氣體というより以上の普遍的な意味を有するものでなければならぬ。実は特殊の圧力と容積との關係は、「一般的な氣體の圧力と容積との關係」という様なものがあつて始めて成立つのである。フッサール Husserl の云う如く或色を経験する場合には

「色一般」という様なものが基礎を成すのであると考へなければならぬ。吾々が特殊の経験と名けて居るのは、一般的な或物が己自身を發展して顕現する特殊相と見なければならぬ。宛も数学の函数が種々の値を取りながら、其等の値は全く孤立したものでなく、普遍的な函数関係という法則の限定であると同じく、一般的或物が其發展の間に己自身を限定する結果が特殊の経験となるのである。範疇が或特殊の内容を得るのも、実は最も普遍的な一般者たる範疇が、己自身を限定して特殊の内容に現れることである。範疇は其に対し相對的普遍たる法則の内容を成す普遍を通じて、具體的の経験に現れる。法則というのは即ち此相對的一般者を論理的に表わす判断に外ならぬ。特殊の経験から法則を帰納するというのは、特殊の経験を通じて此一般者を求める思惟の過程である。此一般者は特殊に由て成立するものでなく、却て特殊が此一般者に由て可能となるのである。若し特殊のみが与えられるものならば、吾人は到底与えられた特殊、経験せられた少数の事例を超えて絶対的無條件的の普遍というようなものに到達することは出来ぬ。斯様な考え方では法則の意義を理解し、其帰納の根拠を説明することは不可能である。然らずして普遍的一般者が己自身を限定することに由り、特殊が経験せられると思惟することに由てのみ、法則の帰納ということが理解せられる。吾々は特殊の経験を通じて之に現れる一般者を認識する其結果が法則となるのである。

註

(1) フッサールの説、氏の著 Logische Untersuchungen II. 1. 参照。

斯く言えばとて素より法則の意味する普遍が特殊と離れて存在すると主張するのでは無い。吾々は特殊を離れて普遍の存在を云々する道は全く無いのである。唯上の主張の要点とする所は、論理上特殊があつて普遍があるのでなく、普遍があつて特殊があるのであるという意味に於て、普遍が特殊を可能ならしむる基礎、

特殊に先だつ根本的のものであるというのである。吾々は此基礎的な普遍的一般者を知るには特殊の経験に由る外無い。従つて若しも或経験から真として帰納せられた法則の意味する普遍的関係も、若しそれが将来の経験と矛盾し、如何にしても之を調和的に理解することが出来ないような場合には、其法則は誤つて居たものとして廃棄せられなければならぬ。法則の真というのは其意味する所の普遍的な関係が将来如何なる場合にも類似の経験に於て繰返され、幾回にても無限に反覆せられるという事に外ならない。即ち所謂永久の経験可能 (Permanent possibility of experience) と云うことが法則の真ということの意味である。法則は経験に一致するから真理であるという、其一致とは同類の経験に其法則の意味する普遍的関係が常に含まれることである。若し同類の経験に含まれぬような内容を持つならば、其法則は誤謬であつて、普遍性を要求することが出来ないのである。経験科学に於て検証 (Verification) ということが重きを成すのは、法則の真理性を保証する唯一の方法だからである。併しながら法則の普遍性というものは検証に由つて保証せられるけれども之に由て生ぜられるものではない。検証は仮令如何程多く繰返えされても、終に有限の回数を越えることは出来ぬ。到底法則の無條件的な普遍性其物を検証することは出来ないのである。即ち検証は法則の真理性を保証するものではあるけれども、之を生じ出すものではなく、後者は法則其物に初から含蓄せられるのである。或回数迄の経験では普遍性は存在せず、或数以上の回数の経験に由て普遍性が生ずるといふ如きものではないのであつて、経験は一回でも已に普遍的の意味を有するのである。唯之を発見し、確めるのに回数が多きことを要するのである。実際科学者は最初の発見に於て已に将来の法則を豫想するのである。普遍は特殊に先だつて成立するのであつて、特殊の堆積に由て生ぜられるのではない。唯吾々は一回乃至数回の経験に由ては其含む普遍を発見するのに困難であり、或は精密に認識することが不可能なるがために、経験の反覆、検証

ということが必要なのである。無限に豊富な内容を持つ経験の普遍的関係を明にするのであるから、それが常に検証に由て保証せられることを要するのは怪しむに足らぬ。之を怪しむのは普遍が特殊と離れて存するという古風な形而上学的独断と、今主張する所の説とを明に区別せぬ為めである。繰返して云う、経験との一致、永久の反覆可能が普遍的法則の真ということの意味である。斯様に法則は凡ての経験を通じて其根柢に保たれる所の普遍的関係を表わすものであるとすれば、帰納の根柢となる自然の斉一ということは、複雑多様な経験に現れる所の現象が、普遍的一般者を基礎に持つということに外ならぬ。同一の普遍者が同一性を維持し、何時誰が思惟しても其自身に同一なものでなければならぬというのは、思惟の根本原理たる同一法 (Principle of Identity) の要求であつて、仮令何時如何なる場所に現れても同一なるものでなければならぬという要求により、同類の現象が同一の法則に支配せられるということが出来るのである。法則の主たる内容を成す因果関係に就て云うならば、相等しき原因には或等しき結果が無ければならぬという要求を含んで居るが、此要求は相異なる時に相異なる場所につつても、同類の現象ならば他の同類の現象と因果の必然関係を有しなければならぬということに外ならぬ。 $f(a_0, b_0)$ という函数的関係が或 t_0 の時に、或は $f(a_1, b_1)$ 等という関係が t_1 、 t_2 等という若干の分離した時に経験せられれば、時間の制限を離れて常に $f(a, b)$ が成立するというのである。如何にしてそれが可能であるかといえば、実は $f(a_0, b_0)$ 、 $f(a_1, b_1)$ 等は同一なる普遍者 $f(a, b)$ の限定であつて、 $f(a, b)$ が自己の同一を維持しなければならぬということは、此は思惟の根本原理、同一法の要求だからである。自然界が思惟の構成に基くものとすれば、同一法は単なる論理の法則にあらずして自然界の根本原理、自然の斉一の根柢である。

十九世紀の後半以後科学界に現れた所の、経験のみを重んずる所謂実証論的 (positivistic) の思想に支配せ

られる科学者は、法則を以て単に知覚を簡単に分類概括する方式とし、人間が便宜上作為したものであつて、其普遍性というのも人間の知覚能力、反省思惟の能力が略一様であるから保たれるのに過ぎないと考えて居る。然し此様な立脚地は、先ず第一に超個人的な経験の意味と個人的な経験の作用とを混同して、後者を以て物理的事実と誤認し、其概括に由て法則を得ると考えて居る。それでは法則が、それを人が思惟すると思惟せざるとに拘らず成立するものであるという意味を到底理解することが出来ない。第二に法則が實際の知覚を分類概括するに過ぎないというのは、多くの科学者の法則に対して要求する絶対的の普遍性、必然性というものを無視した主張である。法則は此考に従えば極めて少数の経験から概括せられて、単に将来も恐らく当嵌まるならんと想像せられた知覚作用の法式ということになつてしまふ。併しながら若し法則が其様なものならば、此等の論者が重んずる所の、それが事實の豫想を可能ならしめるといふことの根拠は何処に在るか。それは単なる想像に止まらざるを得まい。第三に、此立脚地から見れば此等の主張其物が亦吾々の経験事實の概括的な陳述であるから、唯人間の知覚、思惟の作用が各人略共通ならんといふ豫想の上に立つ想像に止まり、何人も承認すべきものとして主張することは出来ぬ。従つて斯かる立脚地では凡ての主張が皆「恐らく然らん」といふ蓋然性しか持たぬこととなり、唯自己の信ずる如くに信ずる外無いといふ一種の知識上の虚無主義に陥らざるを得ない。これは到底科学の基礎を理解する道ではあり得ない。批判主義の哲学者のいう通り、徹底した実証論は科学の否定である。吾々は法則を以て経験の特殊相に現れる基礎的一般者を意味するものとしてのみ、其真相を理解することが出来る。ポアンカレが一方に於て科学の仮說的要素を明細に指摘して、科学に含まるる人為性を高調しながら、法則を以て科学者の作為を離れた客観的のものであつて、宇宙の調和を現す實在的なものと考え、多くの実証論者と趣を異にする所のあることは、氏の科学者とし

ての偉大と相俟^まつて注意すべき点であると思う。

右の如くに考えるならば、吾人は自然科学の認識の本領が単なる記述にあらずして説明にあるということも容易に理解せられると思う。記述とは単に特殊の経験の内容の関係を概括して言表わすものであつて、法則に達せざるものである。然^{しか}るに吾人は特殊の経験の有する関係と雖^{いへど}も、それを通して現れる普遍の關係から理解することを要求するに由り、無條件的に普遍な法則から限定に由て之を演繹し、凡^{すべ}ての個々特殊の實際経験を法則の結合に由て精密に規定せんとする。これが説明に外ならない。而^して説明の基礎となる法則の主たる内容を成す所の因果といふのは、已^{すで}に述べたように経験を構成する思惟の範疇であつて、時間的に継起する内容の必然的な函数關係を意味するものと解すれば、何等の独断も含んで居らぬ。然^{しか}るに前に挙げた所のキルヒホッフ、マツハ、ピアソン等の人々は、独断の力の概念、因果の概念を斥ける結果、説明といふことをも排斥し、物理学の業は記述にありとし、法則に於て経験的事実を概括記述することに盡きると主張する。所謂^{いわゆる}記述学派 (Descriptive School) の名はこれから起つたのである。併^{しか}しながら因果といふ、説明といふ概念は必ずしも独断的であるとは限らぬ。吾人が上來說くように解するならば、批判的に是認せらるべきものである。否^す已^でに述べた如く単なる経験の記述は科学的認識の廃棄に陥ることを免れないのであつて、吾人は到底之に賛することは出来ぬ。吾人の認識の要求は、個々特殊の事実を、一般的の法則の適当な組合せに由て演繹的に説明することが出来るに至つて、始めて満足せられるのである。即ち科学の科学たる特色は単なる記述に由て「如何に」(How)を知らしめるのでなくして、一般的法則からの演繹に由て「何故に」(Why)を教えるに至つて完全に發揮せられるのである。独断として排斥すべき説明とは、唯其「何故に」の根拠を全然経験を離れた形而上学的原理に求めるものに限る。経験其物を可能ならしむる所の一般的關係を法則とし、之に由て特殊経験事実の何故^{しか}に然^るやを説明する立脚地は何の独断をも含むものではない。⁽¹⁾

(1) 説明と記載の問題に関しては桑木(雄)理学博士の論文「説明と記載」(『理学界』四卷一号)、「物理学上認識の問題」(『理学界』九卷九号)、及び余の旧稿「物理学的認識に於ける記載の意義」(『哲学雑誌』三一九号)参照。

二 仮説

法則の意味は略前節に述べた所で理解出来ると信ずるが、法則と共に科学の理論を成す所の仮説というものは如何なる意味を有するであろうか。

仮説の法則と異なる特色は、後者が経験的事実から帰納せられたるものであり、従つて永久に経験に還元し得ることを其重要な性質とするに對し、前者は経験と直接に關係なく、経験に由て其真を保証することが出来ぬという点にある。然らば如何なる目的を以て斯様な仮説が立てられるかといえ、それは法則を統一し組織立てる為めである。法則相互の間にも普通の度合を異にするものがあつて、比較的特殊な法則は比較的普遍的な法則に概括せられるのが自然科学の本性から来る自然の要求であるが、経験から帰納せられた法則のみでは、夫々分立して相互の關係を附けることが出来ないという缺点を脱することは出来ぬ。それを實際経験せられない概念を導入して、相互の關係を附し、今迄分離孤立して居た現象を聯絡せしめ、一層統一的な基礎からして演繹説明する為めに立せられる命題が仮説である。光の電磁説は今迄關係の無かつた光の法則と電磁現象の法則とを同一の根柢から演繹し、電子的物質觀は凡ての物質現象を電子の一元に帰する如きは最も顯著な仮説の実例である。而して仮説は啻に既得の法則を統一して経験的事実を分類組織するばかりでなく、

それは同時に将来の實驗を示唆して新しい經驗的事実の発見、法則の獲得を可能にする。マクスウェルの立てた光の電磁説はヘルツの實驗を促して電磁波の発見を指導するものとなったのである。仮説は過去より将来に亘つて經驗を統一し、法則を組織立てるものであつて、科学の理論の重要な部分である。ニュートンの有名な Hypotheses non fingo (吾は仮説を作らず) の宣言以来、經驗を重んじ、事實に忠実ならんとする精神は無用の仮説を立てることを排斥し、出来得る限り之を少からしめようとするのが近代の自然科学の傾向であるが、全然仮説を立しないということは事実上行われないことであつて、ニュートン自身が已に種々の仮説を立てた事は隠れもないことである。否自然科学が特殊の範圍の事實に関する法則の集團でなく、其組織統一せられた体系を以て或現象の全範圍を認識しようとするものならば、仮説なしには其成立は不可能である。仮説の排すべきはそれが經驗的事実を推曲げ、或は經驗的法則の代に其權威を主張し、又は無用の場合に単に想像に基いて立てられる為めである。屢々説いた前世紀末に科学界を風靡した實証論的傾向は、仮説を排して科学の業を単に經驗的事実を法則に概括するに止めようと努めるけれども、それは到底実行出来るものでなく、却て現世紀の初から今日に至るまでの物理学の傾向は之に反して仮説的の方面に非常に著しい飛躍を試み、已に述べたような自然に関する理論の重大なる変革を齎したのである。若し単に特殊の時に實際起る經驗のみを科学に許すとするならば、仮説どころか法則さえ立てることは出来ない。普遍的ということは已に經驗の超越だからである。ポアンカレが、凡ての普遍化は仮説であると道破したのは至言といわなければならぬ。法則は其普遍性を要求する為めに、個々の經驗作用を超越するとしても、それは常に經驗に還元し得るといふ可能性に由て、所謂仮説が經驗を超越するのと同視することが出来ぬ特色を有する。此に反し仮説は經驗に驗證することの出来ぬ概念を含むのが其特色である。其故吾人は仮説を經驗に由て確めるといふことは出

来ぬ。法則の如く経験との一致と云うことに由て其真理を定義することは不可能である。それにも拘らず仮説は経験に由て否定せられることはある。元來仮説は経験を統一組織する為めに立てられる命題である。論理学の用語に従えば、仮説は数個の法則を演繹し得る一般的前提となるものである。然るに前提が与えられる時導き出される結論は必然的一義的に確定したものであるけれども、結論が与えられる時にはそれに対する前提は幾つも想像することが出来るのであつて、何れが必然ということは出来ない。今経験から得た法則を導き得るといふ理由を以て、或仮説が必然真なるものであるということは出来ぬ。他にも同様の役をする仮説が可能なのである。其故経験を以て仮説の真を確めることは出来ない。然るに若しもそれから導かれる所の結論が虚偽であるならば、其前提は如何なるものであつても誤つて居るといわなければならぬ。経験に矛盾するような命題を結論として生ずる所の仮説は必然廃棄せられなければならぬのである。是れ経験が仮説を確証することは出来ないにも拘らず、之を否定することは出来る理由である。古來科学の理論の変遷と云うものは、皆從來知られなかつた経験的事実が知られるようになり、其結果法則が変化するに伴つて、其演繹の前提となる仮説が改廃せられることに由て起つたのである。機械的自然観は物質の運動現象は固より、熱、音響の現象等を充分に統一説明し得る仮説であつたけれども、電磁気の現象に至つて其限界が示された。然るに電磁的自然観は此等一切を統一して同じ基礎から凡てを説明することが出来るから、前者に代つて現代の自然観の根本仮説となつたのである。新しい経験的事実が現れ、新しい法則が発見せられても、猶これと調和し得るような仮説は即ち所謂好い仮説を成すのである。

然らば同じ経験的法則を演繹統一するのに数個の仮説が可能である場合に何れが採用せられるかといへば、其選択の標準は簡単にして便利ということである。今述べたように法則からは必然的に或仮説が定められるので

ないから、科学者は成るべく簡単に多くの經驗的法則を統一組織することの出来るような仮説を便利として採用する。ポアンカレが言つて居る通り、プロトレメウス（プロトレマ）Ptolemaeusの天動説もコペルニクス Copernicusの地動説も、經驗の上から其真偽を決定することは出来ぬ。何故ならば吾人は絶対空間に於ける運動静止を經驗することが出来ぬのであるから、地球が回転するという主張も地球が静止するという主張も絶対的には同様に無意味である。天体と吾々との相対的の位置の変化を經驗するということから、何れか一方の主張を確めるということは不可能に属する。両者の主張は何れも經驗の事実でなくして仮説に止まるのである。然らば一方の古きものが今日捨てられて、他方の新しきものが採用せられて居るのは如何なる理由に由るかといへば、それは天動説は吾々が實際に經驗する事実や、其法則を簡単に統一して説明することが出来ないのに反し、地動説が之を能くするからに外ならない。其意味に於て後者は真であつて前者は偽であるということが出来るのである。此場合に真といひ偽といひのは、法則の場合に於ける如く經驗的事実との一致不一致に由て決せられる如きものではないのである。ポアンカレが此説を公にした時、仏蘭西人の間に、ポアンカレがプロトレメウス（プロトレマ）の天動説を復活して、昔羅馬教会がガリレイを罰したのに対し正当の理由を与えたと解した如きは、全く此等の仮説の真の意味を知らない結果といわなければならぬ。氏のいうように、地球が回転するというのは地球が回転すると仮定する方が便利であるという主張と全く同じ意味である。

斯様に仮説が自由選択を許すものであつて、經驗から必然的に定まるものでなく、単に簡単便利という如き標準に由て採用せられるものであるとすれば、それが法則の如く客観的なものでなく、主観的なものであるという疑は脱れることが出来ぬ。昔は仮説が仮説として認められずに法則と同一視せられる傾向があつたのであつて、今日も猶没批評的の人々の間には此誤解がある。今述べた天動説、地動説に就いての思想等も其結果

である。然るに科学の基礎に対する批判を重んずる所の新時代の科学者は、凡て科学に於ける人為的要素に注意するのであつて、仮説に於て殊に其人為性を高調し、其主観的意味を力説して居る。此等の人に從えば仮説には真偽という客観的の別があるものではなく、唯便利不便という主観的の区別が認められるばかりであるという。今此問題を少しく考えて見なければならぬ。仮説に自由選択の餘地があつて、簡便便利という標準に從つて、若干の可能なるものの中から或ものが選択採用せられるということは、已に述べた様に仮説の本性に基くことであつて否定することの出来ない事実である。然し已に簡便便利というような標準と雖も、之を認めて選択をすることであれば、科学の理論は種々の随意な体系の並立を容すというのでなく、一に歸する傾向を有するということ認めなければならぬ。何故ならば若干の可能なる仮説があつても、其何れを選ぶかは科学者の好悪に由るのでなくして、最も簡便便利なるものという、何人も認める共通の標準に由て選択するのだからである。若しさもなくて唯随意に或仮説を採用して科学の体系を組織するということになれば、古来仮説を対立せしめ、其優劣を争うというようなことは無意味といわなければならぬ。已に科学者が互に自説を主張するということが、理論の歸一、仮説の統一を豫想して居る。而して實際に於ける科学進歩の歴史は常に理論の歸一という傾向を明に示して居る以上は、仮説も亦簡便便利という標準に由て一定すべきものといわなければならぬ。其意味に於て真という客観的の価値を之に認めて差支無い。幾何学に於てはユークリッド幾何学 (Euclidian geometry) の外に、ロバチエウスキ Lobatchewskij (1793-1856) の立てたのと、リーマン Riemann (1826-1866) の立てたのと、二つの非ユークリッド幾何学 (NonEuclidian geometry) が成立し、何れも真理と認められて居るが、幾何学 (一般に数学) は唯抽象的形式を対象とするものであつて、純粹に吾々の思惟が此形式を構成する方法のみを考えれば、此三つの幾何学の差別を来す公理は何れも可能であつて、思

惟の本性上から其優劣を定めることが出来ない。唯經驗的空間に何れが適合するかを決する場合に、直觀の性質上からユークリッドの公理が特別の位置を占めるようになるのである。其故此等の幾何学の各体系は、斯様な公理の系統を採用すれば、斯様な定理が演繹せられて此幾何学が組織せられるという、吾々の思维の一般的な仮言的論証の体系を示すものである。各体系に於て相応する定理は互に矛盾しても、何れも其体系の中に於て真理なのである。然るに經驗科学、殊に物理学に於ては、数学の如く、初に公理に相当する仮説を定めて、それから定理に相当する法則を演繹するのでなく、先ず初に法則が発見せられて仮説に遡るのである。而して其法則は經驗に由て全然一義的に定まるものであつて、定理の相矛盾するものが公理の如何に由て並び存することが出来る如きものでない。此法則に対して並立という如き事をいうことは許されない。其故仮令此等の法則を演繹する前提となる仮説自身には選択の餘地があるにしても、幾何学の相異なる体系が並立するから物理学にも相異なる体系が並び存するということは言い得ない。而して事実上自然科学の趨勢は常に統一的な理論を求めて、其目的の爲めに科学者が互に力を併せて居るといふことを認めざるを得ないのであるから、仮説も亦統一的の傾向を有するといわなければならぬ。若し仮説は随意に選択し得るから、相異なる物理学の体系が並び存して差支無いのであると主張する人があれば、吾々は之を論理上から反駁することは出来ぬ。唯事実上それが實際の研究に適応しないということを示すより外無い。唯感覺的經驗のみを事実とし、之を概括する科学の理論は人為的、便宜的なものであるということを中心とするマツハに反対して、物理学の作る世界形象が統一せられ、理論が人間的の要素を漸次に脱却して、万人共通の体系に達することが斯学の趨勢であつて、これが科学研究者の精神に存する信念であると主張するプランクの説は、實際の事実によく一致すると認めなければならぬ。簡單便利という標準に由て仮説を選択する場合にも、其標準に従つても

従わなくてもよい、人々の随意であるとは科学者は考えて居らぬ。此標準に適應するものは採用せらるべき (Sollen) ものであると考へて居る。此「べき」の意識に理論の帰一が保証せられるのである。而して注意すべき重要なことは、此場合にいう簡便利という標準は普通に考えられる如く主観的な曖昧なものでなくして、客観的に一定した論理上の意味を有するものであるということである。或法則を演繹統一するに必要にして充分なる (necessary and sufficient) 仮説は常に一定して居る。単に充分なる仮説は多くあつても、必要にして充分なるものは一つしか無い。これに由て經驗的法則を統一組織して、普遍的妥当性を有する論理的な理論の体系を構成しようというのが科学の本性である。斯かる必要にして充分なる仮説を最も簡單にして便利なるものとして採用するのである。簡便利というのは全く論理的の意味であつて、科学の法則を演繹して之を組織統一するに必要にして且充分であるという意味に外ならない。思惟以外の目的に対する効果を意味するのでなく、全然認識の要求、思惟の規範に基くものである。

此様に考へて見るならば、仮説の真というのは法則の如く經驗との一致 (永久に經驗に還元し得ること) ということでなくして、法則を論理的に統一組織するに必要且充分という意味である。然し己に其真が個人的好悪随意に左右せられない、超個人的な規範に存する以上は、其真理としての価値は決して主観的なものという事は出来ぬ。自由選択の餘地があるという点からいへば、人為的、主観的のようであるが、実は科学を以て主観的ならぬ、何人も承認すべき認識の体系であるということとを認めると同時に、仮説の人為的とか主観的とかいう点は消失して、当然採用せらるべきものは全く一定して来るのである。若し仮説を人為的、主観的であるとするならば、科学の体系其物も主観的となり、何人も承認すべき真理の体现ということとは出来なくなる。実証主義の科学者には此様な立脚地に甘んずる人もあるのであるが、これは真に科学進歩の趨勢を理解

せぬ結果であつて、徹底すれば科学を否定し、自己の主張さえ自家撞着に陥ることを脱れないのである（次節参照）。法則も此等の人の考うる如く経験事実の単なる概括でなく、直接経験を根源として思惟の構成したものであるが、仮説は更に其構成の歩を進め、法則を統一する為めに思惟に由て定立せられるのである。而して其思惟は個人的主観的な思惟作用でなく、科学の過程に現れる超個人的客観的の意味を持った思惟である。吾々は科学其物を以て実在が内面的に発展して己自身を顕現する過程であると解するならば、仮説も亦実在に根拠を有するものといふことが出来る。仮説は法則の如く経験に直接に現れる実在の標号といふことは出来ないが、斯かる法則を基礎として、科学的認識といふ実在の自己顕現の過程に現れる成果として矢張実在に根ざすものである。それが或規範に由て一義的に確定した意味を有するというのは、実在の内面的発展の原理が規範となつて活らき、実在は之に由て科学の統一的体系を自己の一面の顕現として生ずるからである。仮説が法則に關係を附し、それに由て又将来の觀察、実験を指導することが出来るとするならば、それが実在的の意味を有することを認めなければならぬ。仮説が科学の作るものであるというのは事実であるが、其科学が実在自身の自己顕現とするならば、仮説も亦実在的の意味を有することは容易に承認せられるであろう。尚此点は次節を俟つて一層明にせられると思う。

三 自然科学と実在

前節に於て自然科学の理論の主要素たる法則と仮説との意味を説いた。此等に由て成立する科学の意味も略理解せられたと思うが、今は概括的に其要領を述べて置きたいと思う。

認識論の教える所に由れば、経験は實在の模写でない。経験的認識は實在する物其自身を鏡が物を映ずる如くに模写するのではない。吾人は経験的認識に対立する物其自身なるものの存在さえも知らないのである。真に實在するものは吾人が直接に体験する所の直観内容である。而してこれは経験的認識に対立する物其自身でなく、経験の根源として之に内在するものである。経験は此直観内容の中に含蓄せられる内面的關係が、直観の自発自展に由て顕現せられ、論理的に構成せられる成果である。其意味に於て経験は直観の自発自展の結果生ずる産物であつて、従つて又實在の顕現である。而して實在は経験の背後に在るのでなく、経験の中に活き、其根源の原理として顕現に己自身を現わすのである。科学的認識というのは更に経験の分化発展に由り、其一方面が論理的に一層進んで構成せられた産物に外ならない。従つてこれも亦實在の模写でなくして、實在の一面の自己顕現である。如何なる意味に於ても模写主義の認識論 (Abbildungstheorie) というものは排斥しなければならぬ。主観と客観とを鏡と物体との如く固定した対立と考え、個人の精神と外界とを之に配して、両者を初から分離対立するものとするから模写主義の認識論が起る。主観と客観との別は固定したものでなく、全く相対的なものであつて、實在の分化発展する際に現れる契機に外ならない。主観は個人精神でなくして (個人精神と規定せられたものは已に客観であつて主観でない) 認識の豫想となる未だ何等の規定を受けない原経験の過程其物を指すのである。之に対し統一構成せられるものが客観であつて、経験的事実はこれに外ならない。客観的対象は経験を離れて与えられるものでなく、唯経験に於てのみ現れるものである。而して法則が其一般的關係を表わすというのは、其経験的事実の根柢となる普遍的要素關係を論理的に構成することであつて、経験の模写ではなく、其開展である。普遍の法則は単に事實を思惟に於て模写するのではなくして、経験的事実の一面として直観せられながら、経験に於て論理的顕在的に構成せられて居な

い一般的の要素關係を顯現することである。個々事實の經驗は斯か^かる一般的な要素と其關係とがあつて可能となるのであつて、前者は後者の限定と考へなければならぬ。此基礎的なる一般者を表わすのが法則である。仮説に至つてはそれが實際に經驗せられない要素を含む為め、經驗に直接關係が無いけれども、科学的思惟として現れる實在の發展の産物であつて、終に或統一的の世界形象に導くものと考えることが出来る。固^もよりこれは理想に止まり、仮説は勿論法則^もも常に變化して、古きもの斃れ新しきものに代ることを免れないのであるが、これは科学の認識に自己を顯現する所の實在が無限に豊富な内容を發展するものであつて、静止固定したものでなく、常に流動止まざる所の過程だからである、古き理論が廃棄せられる場合にも、それは全然其痕跡を留めぬように棄て去られるのでなく、姿を變じて新しき理論に保留せられて居る。それが變化更代するのは不完全で部分的であることが知られるからである。絶対の誤謬なるものは論理の規範に由て思惟せられたものにある筈が無い。唯偏局せられて一部分の真理を表わすに止まるから、誤謬として一層完全なるものに代わられるのである。科学が常に進歩して止まざる無限の過程であるのは、それが無限の流動發展たる實在の己自身を内から發展して顯現する所の一の現れだからである。

實在が經驗に由て始めて認識せられ、又科学に由て一層其各方面の認識が精確に表わされるということは、屢々^{しばしば}述べた如く經驗なり科学なりが認識に由て實在を模写するということではない。實在は經驗と科学とを離れて固定したものとして之に対立するのではなく、經驗も科学も實在其物の内面的發展なのである。實在が此等に対立するというのは實在を静止固定した物其自身とし、認識を以て之を映写する鏡の如くに考へる模写主義の認識論の謬見である。認識は實在發展の一面である。實在は不斷の發展であるが、其發展は断絶無き連続であつて、常に内面的に統一を保ちつつ發展するから、變化しながら一の實在を成すのである。是

れ直観に由て知られる實在の真相である。此直観せられる實在の内面的の關係が顯現する過程が經驗であつて、更にそれが普遍化という特殊の方面に發展せられ、顯現することによつて自然科学的認識が成立するのである。其故自然科学の認識がそれに対立する實在の模写であるというようなことは無意味と云わなければならぬ。科学的認識は實在の自己顯現の或一面の過程であつて、成果たる科学の理論は實在が自己を現わす一の姿である。此の如きことを云えば或はそれは空想的の独断である、科学は個人の精神に成立する産物ではないかという非難があるかも知れない。然し^{しか}一体個人の精神というのは如何なるものであろうか。之を明細に説明するのは本書の範圍外であつて、今企及する所ではないが、科学の意味を理解するに必要な範圍でいうならば、個人の精神というのは直観せられる内容の一部を経験に於て統一構成した成果であつて、直観其物に個人的とか、精神的とかいう制限は全く無いのである。此等は物質的自然界と同じ様に、直観が經驗に於て構成統一せられて始めて生ずるのであつて、共に實在の一面である。經驗の中に此等のものの対立が出来るのであるから、經驗其物は超個人的な實在の顯現だといわなければならぬ。經驗を個人の精神に成立すると考へるのは經驗の意味を誤解するのである。經驗は誰が考へても考へなくても存在する所の意味を體現して居る。それが經驗的事実と名けられる所以^{ゆえん}である。個人の精神に成立するというのは斯^か様な意味を體現する作用を其意味から離し、反省に由て他の關係から統一する時に始めて出来る規定である。原經驗の意味は斯^かなる制限を受けるのではない。科学の理論も此經驗の一面の發展であつて、實在の自己顯現たる限り亦斯^か様な制限を有するものではない。科学が何人も承認すべき超個人的の普遍的効驗性を要求する根柢は全く此^こ処にある。科学の理論はそれを認識する人間の知力の成り立ちに關係せず、又それを人間が認識すると否^かとに拘^からず、經驗の根柢となる所の實在の内的關係たる不変の原理、近世数学の語でいへば Invariant を表わす者で

ある。即ち昔のプラトンのイデヤが真理の誠の意味である。固より原経験から離れることの比較的多い仮説に於ては自由選択という様な餘地があるけれ共、前節に述べた様に科学者の確信は其超個人的の妥当性、実在性を認めると云つて差支無い。

右の如く考えると吾人は今日多くの科学者の思想を支配する所のマツハの実証論なるものに賛することが出来ない。マツハに従えば実在する所のものは唯感覚のみである。吾人が物質と名け精神と称するものも亦此感覚の或結合關係に外ならない。物理学の認識は思惟が物的自然界を形造る感覺的経験を模写することであつて、其際繁雜を避け生活行動の指導に充分なる範圍に於てなるべく思惟を経済するように、概念を以て概括的に模写するのである（これがマツハの思惟經濟 Denkökonomie の説である）。法則は即ち其産物である。仮説は唯将来の觀察実験を指導する為めに作る全然便宜的のものであつて、科学は積極的事実のみを其唯一の基礎としなければならぬというのである。併しながら先ず此マツハの説の第一の缺点是感覺のみを以て実在とすることである。プランクを始め多くの人が攻撃する如くに、感覺が個人的のものであつて客觀的の意味を有しないということは必ずしも言うことは出来ぬ。感覺其物は別に個人的という様な制限を有する者ではないのであつて、之を個人的と制限するには更に其直接に体験せられる感覺の一方面を抽象して、之を或關係に於て統一することを要するのである。マツハが感覺を以て客觀的とするのは不正當であるということはお出来ない（感覺という心理学の与える名称が斯かる意味を表わすに適當であるか否かは別の問題である）。余がマツハの缺点と言うのは斯様な点でなくして、却てマツハの直接に経験する積極的事実のみを認識の根拠とする精神が完全に發揮せられて居らぬ点に存する。感覺は直接に体験せられる内容を具体的に表わすものでなく、具体的直接体験を分析し、之に含まれる凡ての關係を離れて孤立せしめた抽象的の要素に外ならな

い。然るに直接に体験せられる事實は斯かる孤立した要素の集合でなくして、ベルグソンの所謂純粹持續の姿に融合して、内面的の關係に統一せられた一の体系をなすものである。若し真に事實を重んずるならば、感覺という様な抽象的なものでなくして、具體的の生きた体験を取らなければならぬ。さもなければ認識の内容を成す關係というものは不可能となる。マッハが空間や時間をも亦一種の感覺に帰せうとするのは、畢竟此等の關係の成立を説く困難に打克とうとする窮策に外ならぬ。併し吾人は空間や時間の感覺は持たぬ。此等は原体験の内面的關係に基く構成の形式に外ならない。物理学の認識の基礎となる「事實」なるものは単に感覺の集合ではなく、其思惟的構成の産物である。其形式は感覺という孤立的要素のみから理解することは出来ぬ。具體的の原体験が内面的に發展して之を顕現すると見なければならぬ。マッハの立脚地は心理的分析の抽象の結果を以て、認識の基礎を明にしようとする不可能の企図といわなければならぬ。第二にマッハが感覺のみを實在とし、科学の理論は之を思想に於て模写し、實際經驗の代用となり、思惟の經濟を計ることを其本性とするものであるという説は物理学の發達と適合しない。固より科学の起原を説明するものとしては、氏のいう所は多くの事実上の根拠を有し、或程度迄正当と認めなければならぬけれども、プランクが主張する如く、物理学の理論が漸次に感覺的要素を排除し（而して感覺の排除ということは一般的認識を求める自然科学の本性上から来る当然の要求なのである）、非感覺的な概念の数量的關係に凡ての現象を還元しようとするのは、感覺を思惟に於て模写することを以て科学の本分とするマッハの説とは根本の精神に於て一致しない。仮に時間、空間の如きものがマッハの考える如く感覺せられるとしても、感覺は性質的なもので数量的ではない。其故時間、空間の数量的規定を主内容とする物理学の法則は、感覺的經驗を直に思想に於て模写するということとは出来ぬ。思惟の構成に由て始めて成立するのである。感覺的經驗は科学の出発点となる

けれども、之を模写、代理するということのみを以て科学の業を理解することは出来ぬ。科学的認識の心理的起原を説明するに思惟経済説は妥当であるとしても、之に由て物理学の理論の本性を理解することは出来ない。前に述べた物理学の理論の発達を通観するならば、思惟の構成が其自身の規範に由て活らくことを認めざるを得ない。マッハの実証論は科学の起原を説明するに足るとしても、其意義を完全に理解せしめることは出来ぬ。それは寧ろ實際の科学研究の精神に反するといわなければならない。マッハの思惟経済説から見れば、それが無い方が思惟を経済する如き理論が少くないのではあるまいか。マッハの反対者プランクが物理学の構成する世界形象を以て實在的のものとする實在論的主張には、猶實在を之に対する科学的認識が模写すると考えるのではないかという疑を起させる点があるけれども、兎に角感覺の排除、擬人主義の脱離に由て統一的な世界形象に到達することを物理学的認識の本分と認める点は正当と云わなければならない。

註

(1) プランクの説は第二章に挙げた氏の講演 *Die Einheit des physikalischen Weltbildes* を参照すべし。

以上述べた様な理由に由て、科学の要求する「真」というのは、實在が内面的に發展して自己を顕現する過程としての意味に存するといわなければならない。實在が無限の發展であつて、其發展の一面が認識である。其發展の目的に適い實在の一面を顕現することが完全であればある程其認識が真なのである。真理は實在其物に根柢を有するのであつて、其価値は吾々に対する利用にあるのでなく、其自身に存するのである。之を理想価値と称する。真理は實在の模写でなく、實在が己自身を現わす其顕現である。而して其實在の真相が静止固定でなく無限の流動發展であるから、経験科学の真理も永久不変に止まるものでなく、常に其内容を変ずるけれども、然し其實在に対する關係から見て人間の左右することの出来ぬ絶対的なものである。科学の研究

は斯^かかる絶対の真理を実現する無限の過程なのである。真理の内容の変化するということは決して其意味の絶対性に矛盾することは無い。實在を静止固定したものと考えるから、変化する認識は真理でないと思われるのであるけれども、實在其物を流動發展的なものとすれば、真理の内容は変じつつ然^しかもそれが實在に根拠を有する絶対的のものと考えることが出来る。

然^{しか}るに最近の傾向ともいふべき、科学の人為性を高調する立脚地にある人々は、真理を以て吾人の作るものであつて吾人の目的を充たす限り価値を有するものとし、其絶対性を否定して相対的のものたることを力説する。斯^かかる立脚地の人々に従えば科学は其自身に価値を有するものでなく、人間の實際行動を指導するから価値を得るのである。生物は其活動に際し、過去の経験を記憶することが無ければ、其個体を維持し種族を保存するのに困難である。然^{しか}るに無限に多様な経験を一々記憶するということとは出来ない。他の生物に於ては此は単なる習慣的行動の開通というような形に蓄積せられて居るに過ぎないが、人間に於ては思惟なるものが發達して、概念に由り類似の経験を概括し、概念的認識を以て経験を統一する。斯^かくして将来の行動を適当に指導することが出来るのである。これが科学の起原である。科学の真理というのは實際行動に便すること、即ち實用に外ならぬという。其故此の立脚地を一般に實用主義 (Pragmatism) と稱するのである。^①此説に従えば科学の真理は到底實在に根拠を持つて絶対的の意味を有するなどということとは出来ぬ。全く人間に対して便利であるという相対的の意味しか無いものであるということになる。此様な説は經驗的事実のみを重んずる実証論的傾向 (前述のマツハ等の立脚地) と結び付いて、少からぬ勢力を有するのであるが、吾人は到底之を以て真理の正当なる解釈と見做^{みな}すことは出来ぬ。第一に此様な立脚地が科学の起原と其根拠とを同一視して居るのが根本の誤解である。吾人も認識が實際行動の必要に促されて發達することを否定しない。如

何なる科学も其初は何等かの実用上の効果を目的にする常識の認識から発達したものに相違無い。併しなから斯様な発生を促す事情と、科学の根拠其物とは別のものである。如何なる事情に促されて発生したるにせよ、其外的の事情を脱離して其自身の活動を目的とするに至つて始めて論理的の体系に構成せられて、真理を理想とする、まことの科学が成立するのである。科学に限らず道德にせよ、芸術にせよ、所謂人文の理想的産物なるものは、其発生の起原に遡れば何れも何等か自然の必要に促されたものに相違無い。併しなから此等の必要を脱却して其自身を目的とする過程により、其自身に価値ある産物を生じて始めて其等の理想的産物たる面目を發揮するのである。発生の起原と、理想的の価値を體現する其根拠とは全く区別しなければならぬ。実在は種々の姿に發展すべき内面的の要求を持つて居る。それが種々の理想である。然し此理想が吾人の人間精神と称する一局面を通じて実現せらるるに當つて、人間の實際需用という様な機会に促されるのに過ぎない。これは発生に対する機会となるけれども、其根拠となり、実在全体の上より見ての意味を説明するものとはならない。科学研究の起る機会と其本来の根拠とは区別しなければならぬ。従つて又其発生の機会に於て目的となつた実用ということと、実在に根拠を有する其過程のまことの価値たる真理ということとを同一視することは出来ない。若し単に実用ということが科学本来の価値ならば、実用の無い現代の多くの理論は科学の邪道に入つた結果生じた無用の産物と考えなければならぬ。数学の如き科学に於ては全然経験に実証し得ざる、従つて其本性上到底実用の見込無き理論が重要な位置を占めて居る。経験科学と雖も物理学の最近の発達が生出した上記の理論の多くは、全く実用の希望無き、経験に還元せられぬ仮説的のものである。若し実用が科学の理論たる要件であるとするならば、此等のものは科学の理論でないといわなければならなくなる。それにも拘らず科学者はそれが真理として価値あるものなることを信じて研究に一生を捧げる

のである。實用という様なことを以て科学の真理と解することは到底出来ない。第二に實用を以て真理の標準とし、科学的認識唯一の価値と考えることは、其自身一種の矛盾を犯すといわなければならぬ。何故ならば斯かる主張を為す人々は、其所謂實用主義なるものが哲学上の真理として、何人も承認すべきものであると信ずればこそ、之を反対の説に對して主張するのである。然るに若し真理の標準が實用であるということならば、實用主義の真理なることも、其主張の實用に由て証明せられなければならぬ。而して實用主義に従えば、實用は相対的であつて絶対的の意味を有するものでない。其故實用主義の主張も亦絶対的の意味を有するものでなく、単に斯く考えるのが実用上便利であるというに過ぎないこととなる。併しながらそれでは此説を他の説に對立させて之を主張するということは無意味と云わなければならぬ。絶対的の真理を否定する相対論も、其相対論の真なることを主張しようと思えば、絶対的の真理を許さなければならなくなる。實用主義も實用主義の真たることを主張するには、単なる實用以上の絶対価値を認めなければならぬ。斯様な訳で實用主義、相対論というものは到底科学の意味を理解する所以でないことが分る。吾人は其内容の変遷止む時無きに拘らず、科学を以て統一的の世界観を構成し、實在が自己を顕現する過程としての意味を發揮することを理想とする、其自身に価値ある理想的産物と認めなければならぬ。科学の認識は与えられるものではなく、作られるものである、科学は畢竟人間の科学であるというものは或意味に於て真理である。併し科学を作る意志はロイス Royce の所謂「其生命の普遍にして、其形式の絶対的に、其法則は同時に論理、倫理、經驗の統一、其他生命をして意味あらしむる凡てのもの法の法則となる如き意志」である、人間は此大意志の一の現れに過ぎないということを考えるならば、科学が實在の自己顕現であつて、其内容を変化しつつも絶対的の意味を有するという余の主張は容易に理解せられるであらう。

註

(1) 実証論、実用主義に関しては桑木(巖)文学博士著『現代思潮十講』を参照すべし。又実用主義の相対論を否定して「絶対的実用主義」(Absolute Pragmatism)を主張するロイスの説は、其議論精透一読の値あるものである。氏の著 William James and Other Essays の中に収められた The Problem of Truth in the light of recent Discussion の一篇が其である。

四 自然科学と理想主義

自然科学者の中には其専攻する科学研究の方法を以て凡ての事物に臨むのみならず、其以外の認識の方法は無いという様に考へて居る人が少くない。人間も自然科学の眼より見れば一個の生物として何等の価値の差別無き自然物である。其行動は全く物的因果の關係に縛せられて、何等の意味に於ても自由無きものとなる。これが凡ての個性を度外視して、価値の別を没し、唯普遍的なるものの普遍的關係を目的とし、個物を類の実例と見做す自然科学的認識の本性上当然な人間の觀方である。其故若し此様な自然科学的方法が人間觀察の唯一の方法であるならば、それに基づく人生觀は広い意味に於ての自然主義であつて、人間も全く自然の一対象として、其行動は他の自然現象と同じく、自然科学の法則が教えるより以上の意味を有せざるものとなる。若し此立脚地に於て何等か価値の差別というものを認めようとするならば、生物学者が生物の行動を説明する場合に用ゆる所の、個体や種族を維持せんとする本能を仮定し、此個体種族の維持に貢獻するものが人間に対し唯一の価値あるものであつて、科学も芸術も道德も皆此目的の爲めに自然に生ぜられたものであるという外無い。實際自然科学者の中には自然科学の意義を考慮することも無く、其科学研究の態度を直に人

生觀に適用し、斯かよう様な説を採る人も少くないのである。勿論もちろん斯かよう様な自然主義的人生觀が直に不健全であるとか、危険であるとかいうことは出来ない。偏狭な宗教家や倫理学者に倣なつて斯かかる批評を敢てすることは吾人の思も寄らぬ所である。今は自然科学の根柢、意義から考えて、斯かかる人生觀を批評し、科学の意味の正当な解釈より見て採るべき人生觀の方向を示唆したいと思うのである。

今述べた様な自然科学的の人生の觀方が可能であるということは勿論もちろん否定することは出来ない。實際自然科学の一部門たる生物学の見地から人間を觀察するならば、斯かような方法が唯一の正当なるものであつて、昔し宗教上の独断に支配せられた時代などに行われた如く、人間を一種特別な不可思議のものとし、之を觀察するに、特別の原理を以てしようとするのは全然非科学的な態度である。自然の立脚地から人間を觀察するに至つて始めて人間に関する自然科学が発達したことは争うべからざる事實である。併しかしながら斯かような觀方は自然科学の立脚地からの人間の觀方であつて、これが唯一の人生の觀察方法であるということは出来ぬ。自然科学的研究法は或仮定の下に行われるのであつて、他の仮定の下には別種の觀察の方法があり、若し人生觀なるものが一方に偏せる抽象的のものでなく、人生を具体的に出来得る限り有りの儘に觀ようとするものであるならば、斯かかる自然科学の研究を以て直ただちに人生の事實全体を具体的に示すものであると云うことが出来ぬのは明かであろう。今一層詳細に言うならば、先ず第一に科学の方法は何れも經驗の事實に選択を施し、抽象を加えて、其対象を作るものであるということに注意しなければならぬ。自然科学の特色は此選択に当り、事物の個性を度外視し、唯共通普遍の關係ということを標準にして、其認識を行うのにある。従つて人間を觀察するにも、其個性に由て或価値を有するものであると見ずして、人間という生物の種の実例として之を觀察し、其行動は種として共通に持つと仮定せられた本能という如きものに由り、必然的に決定せられると考える

のである。其故自然科学の方法からは価値とか理想とかいうものが理解せられないのは当然である。これは其認識の本性上、初から度外視せられて居るのである。然るに自然科学の方法で研究せられないものは實際に存在しないものであるという事は固より言うことは出来ぬ。否實際の経験に於ては吾人は価値の別とか理想の体現とかいうことを経験して居る。現に吾人が第一章に於て一寸述べた様に、今日科学方法論上最も注意すべきものと認められて居る所のリツカートの説に従えば、経験の事実を、理想を体現するものとして（或は理想の体現を妨礙するものとして）夫々価値に關係あるものと見做し、斯くして其個性を明にすることを目的とする歴史学又は文化科学という如きものが存在するのである。斯かる科学が如何なるものであるにせよ、兎に角価値とか理想とかを含むのが直接に経験せられる事実である。其を抽象して唯普遍性を認識しようとする自然科学的方法が、唯一の科学研究の方法であるというのは、独断的な主張といわなければならぬ。自然科学の方法は経験の或見方であり、其取扱う対象は抽象の産物である。従つて此立脚地からする観方を以て人生の具体的な真相を觀んとする人生觀であるというのが到底正当でないことは明かであろう。

次に自然科学が価値を度外視し、事実の普遍必然の關係を認識することを目的とする立脚地からは、到底自然科学自身の根柢を完全に理解することが出来ぬという著しい事実がある。然るに自然科学の研究も亦人生に於ける事実であることは固より明白であるから、之を理解することの出来ぬ人生觀は勿論人生觀たる価値が無いといわなければならぬ。自然科学的の考え方を以て自然科学の基礎、其認識する真理の意味を理解しようとするれば、前節に述べた所の実用主義が代表する如く、科学研究を以て生物の種としての人類に対し、其個体なり種族なりの維持に必要なものとして、自然的に発達したものであるというより以上の事は言い得ない。然るに斯かる自然科学の觀方を真理として主張することが、已に科学を単に自然の産物として考へる

ことを不可能ならしめる。若し真理が斯様な自然的に発生した認識の性質であるに止まるならば、それは何人も承認すべきものであるという普遍的妥当性を要求することは出来ぬ。之を承認しないものがあるならば、それは何等かの原因に由て必然斯くあるのであるから、之を虚偽として価値の別を附し、排斥するということが出来ない訳である。若し又人間の本性上承認することが必然なものであるというならば、其主張は如何なる根拠を有するか。これも亦斯く考えるのが人性の必然であるという循環論に陥るか、或は其主張者が単に斯く考えるという主観的意見に墮する外はない。何れにせよ自然主義の真理の解釈は、真理の価値たることを理解せしめ得ない。而してそれは何処迄も相對論を脱れることが出来ないものであつて、若し自然科学の意義を正當に理解し、其真理の何たるかを知らうと欲するならば、それが理想を體現するものであるということを確認しなければならなくなる。自然科学は自然科学の根拠を理解することが出来ないということは、一見パラドックスの如くにして、実は疑うべからざる事実と云わなければならぬ。自然科学が自然科学たらんが爲めには、其立脚地から認識することの出来ぬ理想を認めなければならぬ。此理想は科学研究の間に思惟が従わなければならぬ所の不許不の規範として現れるのであつて、之を認めなければ認識を断念し、主張、論議、疑問というようなことを廃さなければならぬこととなる。此不許不の承認に由て始めて或人が或時に思惟すると否とに拘らず、普遍的に妥當なる客観的認識が成立するのである。

科学の根柢に存して之を可能ならしむる所の規範は固よりそれが吾々に意識せられるのでなければ實際規範となることは出来ぬ。即ちそれは吾人の理想として吾人の活動を支配するものでなければならぬ。自然科学を理解する爲めには人間を単に自然科学の取扱う自然物としてでなく、理想を實現せんとする存在者と考へることが必要となる。而して其理想が個人としての吾々の經驗的思惟作用を超越し、之に對し命令するも

のとして現れる所に此理想体现の成果たる科学の客観性が成立つのである。理想は斯様かように吾々に意識せられながら、吾々を超越するものであるというのは、吾々の個人精神というのは直観の小さ一面の統一に過ぎぬものであつて、直観其物は何等個人精神というような制限を受けざる實在の直接顕現であり、其直観の内面的発展の進行が即ち理想であると解する時、容易に其真相を理解することが出来る。屢々しばしば言つた如く、實在は唯直観に於て現れる。之を外にして實在は無い。然るに實在は静止固定したものでなく、不断連続の活動發展である。内から自発自展して止むことの無い過程である。其發展の内面的關係を理想というのである。此内面的關係が思惟に由て顕在的に実現せられるのが認識であつて、其顕現の要求が規範として思惟を規定し、不許不として意識せられるのである。認識が個人精神に成立つというのは、其思惟の作用を或關係から統一限定すれば個人精神という規定を受けることをいうのであつて、斯く見れば規範は個人精神を超越する實在の個人精神に対する命令といわれる。然し他方しかからいえば個人も實在の一の現れに外ならない。實在が其内面的發展を実現する為に個人精神に現れるのであつて、規範は實在其自身の自ら己を規定する自律 (Autonomy) の命令である。此意味に於て實在は自由なるもの、人間も其一の現れとして之と歸一する限り自由なるものである。人間は内面的發展を生命とする實在の一顕現として理想的の個体であり、其目的は自然科学が仮定するような自然的本能の満足ということではなく理想を実現することに外ならない。理想とは科学の体现する真のみならず、道德の体现する善、芸術の体现する美、宗教の体现する円満 (實在の一面でなく全体としての實在を体现して之と一になるという意味に於て) である。此等何れも實在發展の内に含まれる意味であつて、人間は之を実現する理想的活動に自己を捧げるのが其本分である。實在を離れて個人の小なる我を終極の要素と考えることは出来ぬ。個人は大實在の一の現れである。小我を實在に侵入し、其真、善、美、円満の理想

を實現することに貢獻するのを人間の使命と感じなければならぬ。自然科学者は實用という様なことを全然脱離して、只管真理の探究に身を捧げ、小なる我見を捨てて敬虔な心を以て實在の一面たる自然と一になることに由て、其科学者としての自分を全くすることが出来る。自然科学の可能を理解する為めに、人間の活動も理想主義の見地から觀察することが要求せられる。所謂自然的の活動が抽象的なものであつて、具体的に直観に由て知られる所の意味という見地から考える時、其等が何れも理想の實現に与るものとなり、人間は理想を實現する實在の一部分であるということが帰結せられる。自然科学が自然主義的の人生觀を伴うのは、自然科学の眞の意義が理解せられない結果であつて、若し之を理解するならば、却て自然科学を超越する理想主義の人生觀が、自然科学の必然の豫想たることが知られるであろう。

此様に考へるならば科学が他の理想的産物たる道德、宗教等と本性上矛盾するという様な疑も、全然根拠の無いことが明かとなる。若し自然科学の方法を唯一の人生の觀方とし、自然主義を正當なる人生觀とするならば、宗教は幻想であり、道德は功利の手段、芸術は本能的快樂の機関という様なことになり、眞の宗教や道德、芸術の意味は理解せられる餘地が無くなるであろう。併しながら理想主義の立脚地に立ち、科学を以て「眞」の理想を體現する産物と考え、「眞」以外に善、美、円満等の理想を認めるならば、道德も芸術も宗教も夫々科学と同等の根拠があることを承認しなければならぬ。古来宗教と科学とが矛盾するという考から、科学者は宗教を幻想とし、宗教家は科学者を危険視する如きは、全く其等のものの根柢と範圍とを明に理解しない結果である。宗教が科学と同じく經驗的自然に関する認識を提供しようとするのは自己の範圍を忘れるものであつて、自然の認識は自然科学以外に与える事は出来ぬ。宗教は其真理を承認しなければならぬ。併し自然科学が自然科学に由て認識せられざるものは凡て架空幻想であるというならば、亦それは越権であつて、己に自

然科学其物の可能に理想とか価値とかいうような、自然科学的に認識せられないものを認めなければならぬことを忘れたのである。科学の理想たる真以外に他の理想的価値があつて、夫々之を体現するものとして道德、芸術、宗教が存し、宗教は実在の一の現れたる人性の根本に基礎を有すること、科学と同様なることを承認しなければならぬ。斯様な理想主義の人生觀に於てのみ科学の可能が理解せられるのである。而して此等の一般人文の理想的産物が如何なる根拠に立つかは即ち、直觀の真相を探らんとする現象学 (Phänomenologie) を基礎とする哲学の諸部門に由て教えられなければならぬ。これは本叢書の他の諸篇の目的とする所である。余は自然科学の意味を現代の發達に即して概説したので、今や読者に別を告げようと思う。

- 『田邊元全集』第二卷（筑摩書房、一九六七年二月、第二刷）所収。
- 旧かな遣いは新かな遣いに、旧漢字は新漢字に改めたが、旧漢字の一部はそのままにした。
- 読みやすさのために、適宜振り仮名をつけた。
- 理解を助けるために割注をつけた。
- カタカナの人名・地名は通行のものにした。
- PDF化にはL^AT_EX 2_εでタイプセッティングを行い、dvi_{ps}dfxを使用した。

科学の古典文献の電子図書館「科学図書館」

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

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

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

を御覧いただくか、書き込みください。