

# 哲學研究

第二百六號

第十八卷  
第六號

## 新物理學的的自然像に於ける實證主義

(試論)

下村寅太郎

(I)

「近代」科學は先づ「自然科學」として成立した。その場合「自然」なる概念は常に一般にその本質としては「外的なるもの」「對象的なるもの」を意味した。デカルトに於ける意識の世界と延長の世界との二元論的區別對立、又はロック以來の「第一性質」「第二性質」の區別がこの自然觀に照應することは云ふ迄もない。此處に主觀と獨立なる客觀としての自然が定立され、人間的要素の混入せざる純粹に客觀的なる自然の把握が要求される。それ故近代自然科學はひたすら主觀の立場からの概念的思辨を排し、専ら自然に即かんとする。かくの如き傾向の下に豫想される自然は言ふまでもな

く觀察者としての人間から完全に獨立なる所謂實在的、外界である。かゝる自然に對する認識は勿論概念的思辨や心的直観によつては不可能であり、専ら自然に關する經驗的事實に俟たねばならない。近代科學を特色付ける所の實證的、經驗的方法がこれによつて成り立つ。かゝる意味に於て近代自然科學に於ては先づ實在論と實證主義とは內的必然的に關聯をもつてゐた。Positivismus に於けるその das Positive は固より、經驗的所與を意味してゐたにせよ、主觀的觀念論者に於ける如く、必しもそれが客觀に關する、經驗的所與であることを否定するものではない。唯だ實證主義は専ら直接の所與の現實的事實に就き、凡ゆる概念的形而上學的思辨による超越界の想定を否定するものであつて、近代の近代科學の、力強き事實感を表白する。能ふ限り主觀に於ける構想を棄て、假設を作らざること、を理念とする近代科學の意圖がこれより生じる。近代科學の方法が經驗的となる所以である。従てかくの如き實證主義は近代自然科學の正統的立場であると云はねばならぬ。

かくして實證測定、數學を方法とするガリレイの方法が近代自然科學の方法となる。近代自然科學に於ける自然像の諸の徵表はすべてこれによつて導出される。實驗測定の對象としての自然は専ら量的自然に外ならず、或は、認識批判的に言つて、

量的自然への還元である。従てその認識目標は自然の概念的「形相」でなく普遍的「法則」である。専ら普遍的なる法則であり、従て機械論的、非目的論的である。専ら普遍性の見地の下に、一般に量的なるものに於て客観性が認められ、従て質的なるものの量化が中心問題となる。こゝに數學の導入、數學的表現が自然科学の要求に對して最も十全的なるものとなり、「自然は數學的記號によつて書かれて居り、」數學の適用される程、科學性を増す」といふ見解が成り立つ。此處に數學的自然科学、殊に理論物理學が近代自然科学の代表者となる。かゝる根本的傾向の下に自然の「齊一性」が要請され、「實體性」「因果性」が自然の根本的範疇となる。自然は自ら外的自然となる。「外面性」が近代自然科学的自然像の特性である。それ故、自然或は物體界はデカルトに於て先づ「延長」として規定された。それは聽てガリレイ的自然觀の哲學的基礎付けであつた。

言ふ迄もなくデカルトに於ては、精神に對して外、界なる物體界の本質は「延長」にあり、空間そのものである。物的現象はすべて空間的變容としての運動であり、又かゝるものとして解さるべきであり、物理學は幾何學に歸せしめられる。然し物體の本質が單に延長性に止るならば、偶因論者が徹底せしめた如く、精神の物體に對する作

用は勿論、物體が物體に作用する運動の如きものも解し得なくなるであらう。それ故、力や質量の概念が導入されざるを得ず、従てニュウトン物理学の體系は時間・空間・力質量を各、獨立なる原理としてゐる。然し「力」なる概念は本來、人間の内的體驗に基づく。物理学の方法としての實驗測定が専ら量化の方法である限り、専らそれは事物の外面化を目指すものであり、量化され外面化され得るものに關してのみ物理学的存在性が付與されるとすれば、かゝる物理学的存在の間には唯だ外的關係のみしか認め得られず、固より「力」の關係は認め得べくもない。それ故因果律もかゝる力の概念を離れて單なる函數關係に還元される。それ故漸時、加速度的原因としての「力」が排され、「エネルギー」概念がこれに當てられ、時間・空間・質量・エネルギーを以て力学の原理となすに到り、ヘルツに到つて更に「力」或は「エネルギー」を除去して、時間・空間・質量の三者を相互に獨立なる基本概念としてその體系を組織しやうとしたが、(Die Prinzipien der Mechanik, 1894.) 猶ほこれは「將來の物理学」と目されるに止つた。然し最後に相對性理論に於て、これらの各原理はその獨立性を失ひ、時空的四次元世界の一契機に解消する。その完成たる「統一的場の理論」に於ては、物質の力学、光学、電磁氣力学なる物理学の全分野がすべて單一的場の構造として統一され、此處に物理学の幾何學化

が完成される。相對性理論が古典的物理学の完成者といふ意味をもつ所以である。右の如き自然科学の傾向は外面化、對象化の立場である。然し乍ら、かゝる自然像を成立せしめた近代自然科学の方法の根柢となるものは實證主義である。自然科学に於ける數學的方法も單なる數學的演繹でなく、觀察實驗の事實に即する。寧ろこの經驗的事實に對する主觀的個人的解釋の介入を忌んで専ら事實の事實性に即せんとする動機に基いて、主觀的個人的要素より獨立と解されたる、從て、客觀的實在性をもつと解されたる數學化が要求されたのである。數學の適用は自然科学的方法の動機に於ては、唯理論にあるのでなく、經驗的實證主義に基づく。從てこの場合、謂はゞ數學的實在論とも云ふべきものが基礎に存してゐる。この場合の數學は量の學としての數學である。數學と感性的經驗との原理的異質性は看却されて居り、das Positive は「客觀の事實」であり、それ故にこそ感性的要素の除去が客觀への接近と解され得た。數學の物理学への適用が如何にして可能であるかのカント認識論の問題は數學と das Positive との原理的區別の自覺に基づく。カント以前に於ては、何らかの意味に於て兩者の豫定調和が前提されてゐた。das Positive の意義の變更はカントに根ざすと言ふべきである。——それ故一應その志向に於ては近代自然科学

學は終始實證主義であり、事實又前代の凡ゆる學問と對蹠的立場に立たしめるものは常に唯だこれであつた。その全發展中一貫して渝らない立場はこの如何なる理論と雖も經驗的事實による檢證なしには嚴乎として價值を拒もうとするこの實證的精神に外ならない。然しその後の自然科學の發展はその成立の際に於けるその哲學——外面性の哲學を前提し、或は寧ろこれを假定として、益々科學的となり、一般的には哲學と離れ「自然科學的事實」が眞の事實、即ち實在的事實であるか否かの問題や反省を離れて、専らこれを假定してかゝる事實を事實として一路その行程を辿つたために、却て一面的にはあるがその直線的發展を全くし得た。従て同時に又、この實證主義が一つの哲學——不斷的反省であることから離れて、自然科學の假定となつたために、その實證主義に於ける *Das Positive* の意味が哲學的反省をうける機會に乏しく、その内容が固定され、それが一つの哲學として主張される場合屢却てそれは *Negativismus* に陥た。自然科學者自身の間に斯學の認識に關するプランク的とマツハ的との對立も結局これに起因する。一方では感覺的要素の脫離程「實在」に近付くと考へられ、他方に於ては事實は感覺的事實に制限される故、凡ゆる超越的對象を否定しやうとする。我々は今、これに對しガリレイ的自然觀の基礎付けとして

のデカルトの方法の困難を想起する。<sup>(註1)</sup>

今、實證主義の基礎が反省される場合、當然上述のアボリヤが成立する。質的區別の量的差違への還元、即ち「内」の「外」化が、主觀的個人的要素の除去であり、擬人觀よりの脱却が直ちに實在性への接近(ブランク)を意味するならば、本來實證主義に於けるその das Positive が經驗的所與であり、直接には感性的知覺であるとされる限り、それは却て positiv でなく negativ なるものを志向すると言はねばならないであらう。それ故實證主義が本來の意味に於て positiv であるためには却て『感覺は物體の Symbol でなく、物體が感覺の Symbol である、世界の眞の要素は物ではなく感覺である』といふマツハの思想が實證主義の名の下に成立し得ねばならないであらう。各實證主義的に經驗的所與に即すると考へられ乍ら、一方ではその排除が、他方では單にそれの肯定が要求される。一方では感覺が單に「内的」なるものとして却けられ、單に「外的」なるものが實在的として求められ、他方では單に「内的」或は「内在」なるもの(感覺のみが positiv として要求される。(マツハの思想をこの様に公式化することは問題であらう。マツハに於ては、單に「外的」でも「内的」でもない「中性的な」要素の複合の仕方の相違によつて、物理現象、心理現象、身體現象の區別が成立する。然し感覺を以て世界の

「要素」とし、要素の複合の外に積極的に「外界」を否認するからには一應右の如く解釋し得ねばならぬ。(前掲書四七八頁參照。)

かゝる事態は、古典的物理学の方法の基礎に存する假定、或はその古き哲學——素朴的實證主義が、從て、その *das Positive* の再反省が要求される。量的なるもの直に實在的客觀的なるものであり、質的感覺的要素の除去が直ちに實在への接近を意味するといふ思想は獨斷的である。この思想は新らしく實證的に反省されねばならぬ。マツハの批判的實證主義は素朴的であるにせよ、自然科学の重要な基礎的反省に貢獻すべき理由があり、古典的物理学の完成者たるアインシュタインが却て自らマツハの徒となすところに、自ら古典的自然觀の完成者にして同時に新自然觀の先驅となる所以がある。——然しマツハに於ては「要素」の複合の仕方の相違によつて物理的現象や心理學的現象の區別が成立する。實在的存在を完全に否定する一元論である。從て自然科学に於ける所謂外面化は要素の結合のある種の仕方に外ならない。從て特にいかなるものが實體で、いかなるものがその現象であるかの如き區別も問題も存し得ない。それ故『方學は物理学の一側面であつて、決して基礎ではない。』<sup>(4)</sup>然しかゝる立場に於ては、*das Positive* は固より單に感性的所與と言はるべきもので



はないであらう。主観もなく客観もなく、單なる事實(要素)の自らなる結合、分離が存するといふ外ない。かくの如き立場に於ては、所謂「思惟經濟」は固より、凡そ何らかの意味に於ける主観の能動的活動を豫想する科學或は科學的方法是意味をなさないであらう。物理學に於ける數學の適用の如きものも、數學が精神の自由性を根柢とするものである故、この立場からは理解し難きものとなるであらう。結局思惟經濟といふ如き自然論的生物學的原理による外ないであらう。然し何れの立場に立つにせよ、*das Positive* はそれ自身としては内的契機と外的契機乃至内的或は外的となる契機を含むことが承認されてゐる。即ち一方に於ては、それを排除することによつて、實在的外的となるものと言ふ意味に於て、他方では、それ自身の要素の結合如何によつて内的と外的とに別れる如きものといふ意味に於て、兩契機を含んでゐる。それ故實證主義に於て志向される *das Positive* は、單に排除さるべき内的なるものでなく、同様に單なる中性的事實でもない。單なる主観の事實又は主観に關する事實ではなく、常に主観に於ける事實である。従て何らかの意味に於ける他者、即ち客観の事實である。同時に又それは單なる客観的事實でなく、經驗せられたる事實——主観に於ける事實である。事實は常に經驗せられたる事實であり、經驗は常に客観

に關する經驗である。それ故、實證主義に於ける *das Positive* は單に主觀的なる感覺にあるのでなく、寧ろ却て主觀に於ける自然の自己啓示である。單に內的或は外的なるものでなく、內的にして外的なるものでなければならぬ。このことは單に兩契機の何れか一方を除去することによつて「自然」に到達し得るといふ思想を否定する。従て、プランクに於てもマツハに於ても獨斷的に豫想されるところの物的と心的、外と内との區別、事實の外面化の可能性——従て又古典的な自然科學的方法としての量化の可能性に付いての原理的制限が自覺されねばならぬ。これが新らしき課題である。主觀と客觀との二元的對立、或はその限界が新らしき問題である。我々は眼を通じて見、耳を通して聞く。然し目が見、耳が聞くのではなく、目や耳は〇で目である。近代の實驗觀測の機械裝置の驚くべき進歩は、我々に確かに及ぶ所の遠く、到る所の精なる「眼」を與へた。近代科學の Organ は單なる肉眼ではない。我々が顯微鏡をのぞく時それは一つの Organ である。近代科學に於ける觀測主觀は眞に巨大な Organism である。(5) もし Organ が主觀に屬する主觀の尖端であるならば、近代科學に於ける主觀の觸手の先端は正に遠く且つ微細である。もし觀測に於ける機械を身體の延長と解し得るならば、今日の我々の身體は巨大にして且精巧なる身體

となることは固より明かであり、抑、かゝる身體の限界は何處に存するであらうか。身體が主觀に屬すると共に客觀に屬するものと考へ得る限り、この問題は當然意味をもつべきである。けれど測定は物體である尺度と、測らるべき物體との對應又は一致である故、測定は同時に身體の擴張を意味せねばならぬ。我々が單に觀想的に自然を思念する丈でなく、實踐的に、身體及びその延長たる機械を驅使して測定觀測する限り、この主觀の行爲の中には常に自然が參與して居り、自然は常に主觀の契機となり、逆に主觀は常に自然の契機となつてゐる。既に見られたる自然は主觀的客觀的自然である。そうでない場合の主觀そのもの、自然そのものは單に抽象の所産に過ぎない。この兩契機の對立の綜合を明に要求するものが「新物理學である。——「實在的外界」としての自然に對立する主觀の存在が必然的に自然像に契機として入り込むこと、従て純粹に客觀的、な自然認識には原理的制限があること、又、單に客觀をして客觀たらしめる形式的原理としての主觀でなく、客觀に對する主觀の現實的積極的な關與或は能作が原理的に必然的なることを、物理學的理論の内部から自覺せしめられることとなつた。新物理學は素朴的實證論と批判的實證論とを綜合した謂はゞ辨證法的實證論の上に立つ。もしこの言葉が奇であるならば實證主義が辨

證法的に展開したものと解し得るであらう。

この小論は今日危機に在る統一的自然像の問題に關聯して古典的・自然像から新物理學的自然像への展開の一面を内在的に實證論的・視點から側光を與へようとする。それは又「新科學の論理學の建設への準備ともなるであらう。

(II)

ガリレイ・ニュウトンの古典的物理學の體系は近代科學の模範として今世紀の初めに到るまで殆ど完成の觀を呈してゐた。然るに最近に到つて、これに對して更に二つの——相對性論的及び量子論的物理學が事實上對立してゐる。古典的理論に對する新理論の成立は、古典的理論の根本範疇、從てそれに豫想される「自然法則」從て「自然概念」そのものの對立を意味せねばならぬ。それ故、三種の物理學の存立が事實である限り、この對立は我々の統一的自然像に對する危機、でなければならぬ。これら三者の相違・關聯及びその統一は課せられたる問題でなければならぬ。

然し我々は一應、これら三つの相對立する理論をその妥當領域を區別することによつて相調和せしめ得るでもあらう。相對性理論に於ては、周知の如く、光速度が中心的意義を占める。毎秒三十萬軒といふ如き高速度が實際に我々の日常的經驗

に效果的に關與することは事實上稀れである。相對性理論と古典的理論との相違が經驗的事實に現はれるのは主として光速度を單位とする如き天體現象或は特殊な實驗室的裝置に於てである。従て日常的な所謂「人間的近傍」に於ては兩理論の相違は事實としては認め得られない程度である。實際又、相對性理論の公式に於ける光速度を無限大とする時、古典的物理学の法則が得られることは周知の如くである。古典的理論は相對性理論に對して近似的である。或はそれに對して特殊な場合を形成するものである。

量子物理学も亦、確に古典的、相對性論的の何れとも異なる法則を立てる。然し、量子論に於て中心的位置を占める量——所謂プランク常數  $h$  は  $6.625 \times 10^{-34}$  と云ふ如き高度の顯微鏡的小量である。かくの如き微小な量が中心となる世界は固より我々の日常の「人間的近傍」の謂は、肉眼的「世界」とは隔絶してゐる。かゝる顯微鏡の世界に肉眼的な古典的法則がそのまま適用されないとしても、近似的にはその妥當が認められることは明である。上述の  $h$  を零と見做す時、古典的法則を得ることも周知の如くである。

それ故、古典的物理学の領域は、人間的近傍に限られ、大宇宙的世界や顯微鏡的世界

に於ては、異なる法則が成立するけれども、然し乍ら他方に於て、古典的理論は全然誤謬であるのでなく、これら兩世界に對し近似的に妥當するものとすれば、これら三種の物理學の對立は一應、その物理的領域を區別し、制限することによつて各、同時的存立が可能となるでもあらう。

然し乍ら問題はこれによつて解決されたのではなく、寧ろその點から始まる。本來、自然なる概念は一様性質的無差別がその特色であつた。自然の法則が齊一性であることが近代自然科學の根本觀であつた。圓運動の存する天上界と直線運動しか存せざる地上界とを區別し、異種の法則を認めたと例へばアリストテレスに於て代表される如くギリシヤ的宇宙觀に對して、天上と地上と無差別に同一の運動の法則が成立すること、世界の齊一性を主張するところに、近代自然觀の出發點があつた筈である。それ故、今、自然法則がその各領域に於て異るとすれば正さしく近代自然科學の破綻を意味しないであらうか。三種の物理學の關聯が依然として我々の課題である所以である。

右の如き物理學の對立が現はれた動機は、直接には、新らしき事實の發見に基く。然し固より單なる新事實の發見に止らず、それを機縁として今日まで蔽はれてゐた

古典的理論に於ける缺陷が暴露されたのによる。即ち自然科学の理念に對する古典的方法乃至概念の不十全さの暴露である。古典的體系は單に要求であつて、その充實ではなかつたのである。我々はこれを明にすることによつて始めて新物理学を基礎付け、物理学の自然像の統一を期待し得るであらう。この問題は必然的に古典的物理学の方法、殊にその概念構成に對する根本的反省を促す。

近代自然科学は先づ外部化の方法から始まる。

近代自然科学の先驅をなすコペルニクスの地動説の歴史的意義が單に天文学上の一理論たるに止らない理由は、天體の世界と地上の世界とを同一の法則によつて支配されるところ「齊一的自然」の發見として、近代的自然觀そのものの端緒をなす點に存する。かゝる自然觀に基づき、具體的に方法的に自然科学を樹立したものが云ふ迄もなくガリレイであり、その組織者がニュウトンである。ガリレイの所謂分析的及び綜合的方法は近代自然科学の方法を模範的に公式化せるものであつて、今日に於てもその根本方針に於ては變改さるべきものを有しない。——先づ經驗的現象を觀察し、これを測定し得べきものに分析し、例へば物體落下の現象を測定し得べきもの、即ち落下の距離、時間、速度等に分析し、然る後、これらの分析測定された各項を綜

合し、それらの間に最も簡単な函數的關係を組織し、これを實驗によつて檢證し、實驗と一致しない時には更にこれに一致するまで補正する。それがガリレイの方法であることは周知のことである。處で或るものを測定することは固よりそれが量的なるものであることを豫想する。批判的に云へば、それは量化することである。量化は客觀化を意味する。即ち比較を許さない主觀的な質的相違を比較し得べき量的差違に還元することである。そのため個人的主觀的と考へられる感官的内容が能ふ限り排除される。單なる量的なるもの相互の間に函數的關係を實驗に即して立するには、所謂目的論的想定を許さない。機械的原理のみしか認められない。その意味に於て「假設を作らず、自然は數學的言語で書かれてゐる」のである。その意味に於て何ら人間の主觀的要素は介在しないし、介在するを許さない。その意味に於て「自然そのもの」に即する。人間的主觀的な目的論的解釋を離れることによつて自然そのものの本性を知らうとする。自然現象の *Wann* でなく *Wie* のみを考察する。自然の「説明」でなく「記述」を目標とする。かくの如きものが、而してかくの如くして成立したものが、近代自然科学である。

かくの如く、終始經驗的事實に即し、これを「測定」即ち量化の立場から記述する自然



科學の理念は、我々の一切の經驗を量化し、普遍的法則によつて統一することである。換言すれば、かゝる普遍的法則に基き、單に量的規定によつて自然の記述が悉くされることである。具體的に言へば、全自然現象を一の機械的な量的過程として悉くこれを運動現象に歸せしめることである。かくして此處に自然科學の根本範疇として、量化されたる自然としての「物質」概念が豫料される。かくの如き「物質の世界」即ち「自然」の概念に「齊一性」「實體性」「因果必然性」が歸せられるのは當然であるであらう。かやうにして想定された性質上一様なる「物質」及びその要素たる「質點」の運動の法則が「自然の法則」となる。

以上の如き理念と方法と範疇とを以て構成されたるものが所謂古典的物理学である。その體系は所謂『運動の三法則』によつて組織され、この單純なる普遍法則から機械的に天體現象を含むすべての自然現象を統一したものであつて誠に「古典的」の名に價ひした。實際十九世紀の終りに到るまでは殆ど完成と認められ、唯だ部分的に補修されるに止つた。

然らばかくの如き古典的理論に對し新物理学が出現せざるを得ぬ理由は何處に

存するか。

自然科學の方法が上述の如く觀察實驗數學的方法にあり、事物の概念的「形相」でなく普遍的「法則」を求め、「直観」でなく「實驗」に訴へる處に近代科學の古代の學問に對する特異性があるとするならば、總じてその基本概念はこの方法に即して構成されねばならない。概念の形成は言ふまでもなく經驗を媒介とする思惟の豫料である。概念の内容は經驗を超越した普遍性をもつけれども、然し概念の内實は常に經驗に即して形成される。然らざる時その概念は空虚となる。古典的物理学の基礎概念が我々の肉眼的經驗に即する限り、豫め既に顯微鏡的な原子的經驗に對する制限が豫想さるべきである。概念は常にその土臺として、それに對應する經驗を豫想する。實證主義は正さしく常にこれを志向標榜するものである。それ故、近代自然科學が實證主義を立場として、觀察實驗から出發し、測定を方法とするならば、その根本的立場に忠實なる限り、その概念構成に於ても常に實證主義的でないければならない。具體的に言へば、物理学の概念形成は常に測定、操作を規定するものでなければならぬ。<sup>(6)</sup>測定の手續きを規定することによつて始めてその概念は物理學的、概念となると言ひ得るであらう。それ故、實際、物理学の概念、例へばエネルギーや質量の如き

概念は單なる名目的定義でなく、それを測定する手續きの規定であり、又、その限りに於て物理學的概念となる。處で自然科學の方法が觀察測定であり、従てその基礎となる根本的概念は言ふまでもなく時間空間である。然しこれらの概念が物理學的概念となるためにはこれを測定する手續きの規定がなければ未だ眞に物理學的概念となり得ない。同様に、質的に一樣なるものとしての物質及び質點もそれ自身としては未だ單なる概念的豫料であり、要求である。單にかゝる物質が假定的に想定されるに止らず、現實的に物理學的に意味を有するか否かは豫め決定されてゐない。然るにそれにも係らず、ニュウトンに於て、或はそれ以後に於ても、このことが必ずしも自覺されてゐず、却て素朴的に實在論的にこれが獨斷されてゐた。實在論は本來彼等の立脚地であつたが、しかし同時にその實在性は實證的にのみ立言さるべきであつた。然るにその實證的手續きの不徹底に、即ち、單なる概念的豫料に止り乍らこれを物理學的概念とした點に彼等の缺陷がある。それ故ニュウトンに於ては、時間も空間も絶對的時間及び空間であつた。即ち觀測者の状態の如何に係らず、測定の手續き如何に係らず一義の意味を有する時間及び空間であつた。——これらの時間・空間・質點の基礎概念を實證主義的に批判徹底せしめる處に新物理學成立の動

機が存し、更に、時間空間的規定そのものの徹底的批判が新物理学建設の端緒となるのである。新物理学の先驅は言ふまでもなく相対性理論である。古典的物理学に於ける物質の概念及びその法則、及びこれらを成立せしめる絶對的時間空間の體系中に盛り切れざるものの出現は結局その體系そのものの抽象性を意味する。凡ゆる古典的基礎に立つ彌縫の失敗の結果古典的概念そのものの反省に歸る處に新物理学の出發點があつた。量化測定を根本方法とする物理学にとつて根本的反省は量化測定の操作手續きへの反省に外ならない。その反省が時間空間の測定操作に及び、之を徹底的に改鑄せんとした點に於て最も根柢的であり、相対性理論が依て以て根本的變革を惹起した所以である。

### (III)

相対性理論(7)の出發點であり、又その中心であつたのは「場」の理論である。その端緒となつたのは云ふまでもなく電磁氣の「場」の理論である。古典的物理学の組織は前述の如く、質的に一樣なる物質を規定し、その要素たる、一定不變の質量を有する質點を考へ、かゝる物質粒子の運動によつて全自然現象を解釋しやうとした。然るにかゝる力學的統制を阻むものが光波の現象である。周知の如く光は干涉、廻折の現象

を呈し、これは物質粒子の運動として解し得ず、空間の「波動状態」としてのみ解し得られる。然るにこれを波動とする時には古典的物理觀に從て、波動の媒介たる一定の物理的條件を具備した新らしき物質としてのエーテルが想定されねばならなかつた。かゝる二元的物質を一元的に統一せんとする努力、即ちエーテルを物質粒子の運動として力學的に解釋しやうとする努力は、努められたに係らず成功しなかつた。更に電磁氣の現象も亦波動と認められるに及んでエーテルの物理學的意義は更に大なる重要性を加へたが、それにも係らず、その物理學的存在を實證する手段がなく、最後に所謂マイケルソン・モウリイの實驗は決定的にエーテルの非實證性を明にした。かやうな思想過程が終に「場」の概念に導く。「場」の概念は言ふまでもなく最初アラダイによつて「電氣の場」として導入された。マックスウェルの所謂「光の電磁波説」は光を速かに振動する電磁氣の「場」より成ることを論證した。ヘルツが更にこの電磁波の存在を實驗的に確立した。こゝに「場」そのものが最後の物理學的存在であるといふ思想が建設される「動機」が洞察される。——かゝる「場」の理論を完成したものが相對性理論である。

エーテルは、すべてのものを貫通し空間全體を充すもの、何處に於ても取り除き難

きものと考へられてゐた。然らばエーテルと空間そのものとを同一のものとして考へていゝではないか。こゝに到り得なかつた理由は、すべての存在を空間に於ける物的粒子の運動として解しやうとする古典的物理学の立場そのものであつた。本來すべての現象を一樣な量的差別しか有しない「物質」の運動に還元せんと努め乍らその物質概念そのものが内容的に固定されたため却てその本來の立場を裏切る二種の物質を許すに到つたのである。もしかくの如く異種物質たるエーテルを否定してエーテルを空間そのものと解するならば、空間そのものが最早や單に空、虚、な空間でなく、物理學的實在そのものとなる。光や電磁氣は空間の波動状態に外ならず、言はゞ空間それ自身によつて行はれる力學的過程である。かやうに空、間、に、於、て、演じられてゐた物理學的現象を空、間、そ、の、もの、の、事、象、とするには、換言すれば「場」の性質とするには、空間そのものの概念を根本的に變改せねばならない。空間に於ける現象、例へば光、電磁氣、重力等の現象を空間そのものの諸形態として認め得る様な空間概念が構成されねばならない。かゝる空間は固定した、その意味に於て絶對的な空間であり得ない。實驗の示す如き觀察者の状態如何に係らず光速不變と見得る如き性質を有たねばならない。従て、從來の力學に於ける速度の合成の法則と矛盾す

る法則を許容する如き空間とならねばならぬ。即ち光速度を絶對とする如き運動法則の成立する空間とならねばならない。かゝる空間は時間と相關的な意味を有するものとならねばならない。このことは同時に又時間そのものを相對化するものととなる。——此處に時間空間の相對性が確立される。時間及び空間が各相對的であるのみでなく、空間と時間とが獨立でなく相關的であることが確立される。こゝに始めて時間空間が實證的方法に基いて規定されたのである。かくの如き自然像がミンコフスキイによつて時間を虚數單位にとる四次元連續體として數學的に定式化され得たのである。かくの如き相對性が凡ゆる状態の觀測者に要請される時——物理學に於ける觀測者の状態とは結局運動状態に悉きる——即ち、單に互に等速運動をなす觀測者に對しては、なく、加速運動をなす觀測者に對しても要求される時、所謂「一般相對性理論」が成立する。此處に於て重力の現象は一個の加速運動である故、重力の現象も亦、この一般理論に於て單に空間そのものの事象として空間の一歪曲に歸せしめられる。かゝる一般的理論に於ける所謂重力の場としての空間は非ユウクリツド的なりイマン的空間となる。時間と空間とが相關的であり、同時性も一般に異なる場所に於ては一義性をもたない故に一般に空間上有限の距離に在る

各觀測者に對してはその觀測の結果に普遍性が立せられないために、微分的に限りなく接近せる近傍を考へ、かゝる近傍の計量的性質として種々の現象を解釋する。

相對性理論のかゝる理論の歸結として物理學的理論並びに概念に過多の變改を齎らすことは明である。蓋し、物理學が自然の量化であり、量化は結局に於ては單なる時空的規定への還元である故、今、時空的規定の相對性が原理的に確立されるとすれば、それは同時に「量」の相對化であり、全物理學に互つて「剛體」形「距離」直線「不變質量」等の根本概念は悉く共變的 (kovariant) に相對化される。而してこれによつて同時に從來獨立と認められてゐた諸種の根本概念の間に等價性が確立される。惰性的質量と重力的質量運動量とエネルギー、エネルギーと質量等々。而してこれらの諸概念の統一化によつて、所謂物體の實體性は解消せしめられることになるであらう。質量はもはや物體の特有の量ではない。世界空間の場の一性質である。

更に空間現象としての電磁氣力の作用をも同一の「場」の一性質に還元しやうとするものが最近の所謂一元的場の理論 (Die einheitliche Feldtheorie, 1926) である。アインシュタインはこれをユウクリッド幾何學とリイマン幾何學との中間者、即ち遠隔平行性を許すリイマン幾何學——具象的に云へば、平行線あるも平行四邊形なき幾何



學——を建設することによつて成就したと言はれる。もしこの理論が成功したとすれば、當初の課題は果された譯である。此處に物理學的に、重力も電磁氣力も凡ゆる「力」が解消されて幾何學化されることとなる。「力」なる概念は本來人間中心の概念である。「力」の本性はその内部性である。この概念の脱却は外化客觀化的實證主義物理學の重要な課題であつた。統一的場の理論は正さしく相對性理論の最後の完成であるのみならず古典的物理學の完成である。當初、質點の力學を以て全物理學の統一的組織を企てた古典的理論が成功せず、この物質の力學と並んで光學と電磁氣力學の三分科が對立することとなつたが、光學と電磁氣學とが先づ統一され、今やこの電磁氣力學と物質力學とが場の理論に於て統一せしめられ、全物理學は此處に「世界幾何學」となる。古典的物理學は自然を物質の運動に還元しやうとしたが、相對性理論的物理學はこれを非物質的な場に還元する。從來の物理觀に於ては物質が存在であるに對して空間は物質の存在の場所として却て無であつた。今や却て空間が物理學的實在として成立し、この空間の計量的性質として萬有引力や電磁氣力の現象が解せられ、從て物質の本質たる質量はこの空間に所屬し、物質は唯だこの空間の各一中心としてその實體性を解消する。今日相對性理論に残されたる問題

は更に他の物質の諸性質を「場」の方程式より演繹することである。

右の如き相對性理論が物理學の方法、並びに物理學的自然像に對して如何なる意義を有し、いかなる變革を及ぼしたか、考察されねばならぬ。先づ第一には物理學的基礎概念の根本的な實證主義的反省である。先づ物質概念に於て、通常の物質に對する異種物質としてのエーテルの概念を實證主義的に反省し、エーテルを空間そのものに解消することによつてエーテルと所謂物質との二元性を克服しやうとした。而して空間規定が絕對的でなく、又時間規定をその契機とすること、並にその逆をも明にすることによつてこれを成し遂げた。單に空間のみならず時間規定も相對的であり、而も常に空間と相關的であるといふ認識はまことに革新的である。時間はそのそれぞれの場所に固有である。「今」は常に「此處」と結付いて居る。「此處」は「今」に常に結合してのみ意味がある。概念的には時間空間は分離して意味を有し得るとしても、物理學的には時間そのもの、空間そのものとしては現實の意味を有しないこととなる。「物理學的には」といふ意味は實證的には、といふ意味である。即ち實證的に觀察測定する立場からは時間空間が相對的相關ののである。相對性理論の方法論的意義は時空を實證的立場から規定した處にある。一般に物理學的概念を實證的

に規定する手續き、即ち測定の方法から規定したことである。實證主義的な物理学の立場の自覺、徹底である。「今」は「此處」に於て、「此處」は「今」に於て始めて充實した意味をもつ。即ち「今」の「此處」に立つことに依て物理学は始めて實證的な物理学の立場に立つ。眞の實證的な測定、觀測がこゝに可能となる。單なる空間性時間性——それはアプリアリである——は未だ現實的な物理学的時空であり得ない。現實的な時空は實證的に測定する方法を明にする場合に始めて把握し得る。而してその結果、時空が相關的であり、「此處」が常に「今」に於て、「今」は常に「此處」に於て充實した意味をもつ、即ち「今」の「此處」に於て始めて充實した意味をもつとすれば、それは、觀察測定を方法とする實證的な物理学をして眞に實證主義的に徹底せしめるものである。觀察測定をして單なる思辨觀想たらしめないものは、「此處」の「今」に於て可能なる實踐的態度に外ならないからである。

同時にこれに依て、絶對的な時間空間に於て表はされてゐた自然の絶對的な實在性は——少くとも自然像の絶對性は、否定される。物理学的空間が時間を含む四次元空間であり、それが相對的——觀測者の運動の状態に相對的である故に、物理学的自然像は觀測者の立場に相關的に種々の Deformation を蒙らねばならない。このこ

とは即ち凡ゆる觀測者に對して同一な固定した對象——一般に自然は現實的に存し得ないことを意味する。即ち對象は常にある觀測者に對しての對象であることを要求する。例へば、物理學的には、何人にとつても直線である様な直線は存し得ない。結論として我々の自然像は必然的に主觀の立脚地を豫想し、その意味に於て主觀の契機を含む。このことは單に我々が觀測測定之裝置や感覺の粗笨等のために生じる單に主觀的な Deformation といふ意味ではない。我々は觀測測定によつてのみ實證的 Positiv に對象を把握し得、而もその把握が主觀の立脚地に制約され、何人に對しても同一なる如き自然は存しない。唯だ何人に對しても等價なる對象が存するのみである。換言すれば各人の立脚地に應じて夫々異なる可變者に於ける Invariant が存し得るのみである。

右の如き事態は同時に物理學と幾何學との關係にも重大な歸結を齎らす。物理現象の生起の場としての自然空間はその固定性を否定されもはや一義的にアプリアリに決定し得ない故に一定の幾何學との結合は保證されない。等質等方的なユウクリッド的空間と我々の物理學的空間との一義的結合は否定される。ユウクリッド幾何學は一個の論理的體系であり、一個の可能的空間であり得ても、それが特に

我々の物理學的空間を表はすといふ保證はない。それが我々にとつて直觀的であり、表象し易いといふことは直に現實性をもつといふことではない。かくの如き固定した定形の空間模型をアプリオリに決定し得る根據はない。ユウクリッド幾何學が *die eine Geometrie* たることを否定され、却て非ユウクリッド幾何學の特別な場合であることは、<sup>(8)</sup> 數學的には既に早く確立されてゐる所である。或る幾何學と物理學的經驗との結合が豫め決定されて居り、その意味に於てその幾何學が實在性もち、他は單に思惟による假構であるといふ思想は、物理學的對象——自然が豫め固定した形態をもつことを豫想してゐるものであつて、今その豫想が否定されることに依てある特別な幾何學との一義的なアプリオリな結合も亦否定されねばならない。今日に於ては一般に數學は單に論理的可能を唯一の制約とする論理的體系であり、従て何らか現實的内容との關聯をもつ直觀形式に拘束されない。従て又現實的存在との一義的な對應は全然含蓄されてゐない。いかなる數學を適用するかはいかなる公理體系を採るかである。物理學に於ても今や、觀測者の立場に獨立なる對象の固定した定形的な像が否定され、觀測者に相關的な對象規定のみが現實的である故、かくの如き關係を満足せしめる數學が要求される。固定した「量の學」としての數

學はこれを充たし得ない。單なる量の學たるに止らず、論理的可能を原理とする近代の公理主義的數學を要求する。論理的可能は必ずしも存在に係らざる思惟の豫料に基づき、思惟の豫料は結局は實踐の志向的意志に歸する故に、量の數學が謂はゞ存在の數學たるに對し、新時代の數學は作用の數學である。かゝる數學の躍進に物理學も亦對應する。換言すれば同一の新科學の論理學が根柢に存すると云はねばならない。このこと並びに數學と物理學との關係については、量子論の考察に於て一層重要となるであらう。

今、相對性理論に於て殘された物理學的問題、その根本的なるものとして、物質が常に原子或は電子、陽子の如き一定の最小量の形で現はれるといふ事實の演繹、換言すれば、原子をも場の一構造として演繹する問題を措いて、相對性理論そのものの立場が何故に新物理學の先驅であつて猶ほ未だ新物理學の確立たり得ないかの理由が考察されねばならない。相對性理論は、量化を方法とする自然科學の最も根本的な概念たる時間空間を實證的に規定することによつて、時空の相關性に到達し、我々が實證的立場に立つ限り、時空規定は我々の立脚地に依存し、從てその對象は一般に

「今の此處」に制約されることとなる。従て觀測する立場そのものが對象の中に契機として含まれることとなる。自然は主觀的客觀的の共變的契機を含むこととなる。然し、各「此處の今」に在る觀測者の差異を通じて根柢に横はる不變者としての嚴密な自然法則の存立が實證的な吟味を得ずに承認されてゐる。相對性理論に於ては古典的概念の殆どすべてが止揚されたに係らず、古典的な「自然」の概念——決定論的普遍的法則の世界としての「自然」が支持されてゐる。即ち、觀測する主觀の「立脚地」が自覺されてゐる丈であつて、その立脚地に立つての觀測そのものの、顧慮が缺けてゐる。即ち測定する手續きによる更に根本的な主觀の介入が測定に原理的制限をなすことが自覺されてゐない。此處では時空の規定の物理學的手續きによる主觀の能動性が反省されてゐるが、未だ對象の法則——殊に因果律——の認識の手續の反省に達してゐない。眞に實證的な「此處の今」の立場の能動性は單に、此處と今とを決める丈に止らず、それによつて對象に干渉する。即ち對象の形成に與かる。「此處の今」の立場に立つ時、その立場からの自然は常に個別的、性格をもたねばならない。各の「此處の今」から他の「此處の今」への變換に於て不變者が存することは何ら實證的に保證されない。否、實證的である限り、個々の對象しか存しない。而も猶ほ其處に何らかの

不變者が存するのは、それは「此處の今」の立場の不變性、換言すれば主觀の測定の實踐の無限に反復可能による不變である。謂はゞ對象的普遍でなく作用的普遍である。存在としての普遍でなく、主觀の活動の可能性に對する信念による普遍である。かゝる普遍は固より必然的普遍でなく統計的普遍である。統計的法則は、本來不規則にして、無限に反復可能なる事象に係はり、<sup>(9)</sup>その一定數値は事象そのものになく主觀との關聯に於て決定されるからである。自然科學的法則による豫言——例へば天文學上のその如きも別にこれの反證とならないであらう。その豫言に關する確率の粗大如何の問題にすぎない。<sup>(10)</sup>然しこの問題に直接に當面するものは別途から物質そのものの分析に進んだ量子論である。

## (IV)

自然現象を最後の不可分的物質粒子 atom に還元し、これの合成を以て物的現象全般を理解しやうと言ふ原子論は古代以來存續してゐる。然し近代の原子論の特色は、古代のそれが専ら思辨的假設であつたのに反して、徹頭徹尾實證的であり、今日に於ては、實驗方法の異常な發展により、原子の存在はもはや單なる假設でなく、寧ろ今日の問題は原子の内部構造である。<sup>(11)</sup>——放射能元素、陰極線、 $\alpha$ 線の研究より、原子自



身が更に電子及び陽子(最近には更に中性子が發見さる)よりの合成であることが發見せられ、一般に原子の構造は正の電荷をもつ核と負の電荷をもつ電子より成ると解せられた。かゝる原子の構造に古典的力學の原理が適用され、太陽系に於ける如く、電子が核の周圍を廻轉するものと類推され、それに對して嚴密な因果性が想定された。然し實際上、個々の原子に就てこれを規定することは困難である故、大量の平均的觀察たる統計的方法が採られた。物理學に於ける統計的考察法は既に熱力學に於て顯著な成功を見たことは周知の事である。處で、上述の如く原子の内部構造に關する我々の知識はすべて、原子より出る光のスペクトルによる。原子がある情況によつて出す光は各種の原子に獨特である。今これらの原子より出る光の性質が個々の原子内に於ける關係によつて規定されるものとすれば、光の電磁氣説に従ひ、この光の振動數(即ち色)は原子内の電子の運動を示すものと解せられる。然りとすればスペクトルに現はれる特に明瞭なスペクトル線の出現は、連續性を基礎とする従來の力學から理解することは出來ない。こゝにプランクの所謂「作用量子」(Wirkungsquantum)の概念の導入が不可避的となる。プランクの量子説は、言ふまでもなく、振動數  $n$  の凡ゆる輻射のエネルギー(從て又作用)は常に有限の一定量  $hn$  の整数倍に

於て放射され又は吸収されると言ふにある。此處に  $h$  は所謂プランク常數で  $6.55 \times 10^{-34}$  (erg) である。即ち任意の振動數に應じて任意の輻射エネルギーは存せず、エネルギーには  $hn$  なる一定の素量が存し、その不可分的であることを意味する。換言すれば輻射は非連續的であることを意味する。更にこの理論を積極的に支持する事實は所謂「光電効果」である。——光を磨いた金屬面に當てるとその表面から電子が逸出する。その場合、逸出する電子のエネルギーは光の強さに關係せず唯だその振動數  $n$  に比例する。即ち  $E = hn$ 。このことは光が量子的性質を有するとして始めて解し得ることである。それに對してアインシュタインは「光はその光の振動數が  $n$  である場合  $hn$  なるエネルギー粒子より成る」ことを假定することによつて之を理解し得るとした「光量子假設」。この理論は更に「コムプトン効果」の發見によつて立證された。——X線を物質に當てると、その振動數が減少し、又その際、種々なる速度の電子が飛出す現象を言ふ。これは光量子と電子とが衝突し、電子は光量子からエネルギーを受け、運動を起すに由るとして解釋することが出来る。——かくの如き光電効果やコムプトン効果は光の粒子性を意味せねばならぬ。然るに光の干涉、廻折の現象は從來よつて以て光に波動性が歸せられたものである。此處に光は粒子的に

して波動的と云ふ矛盾した性格をもつこととなる。同時に又本來粒子的なる電子が廻折現象を呈すること、即ち波動性を有することが發見され (Davisson-Germer, Thomson, Rupp, 菊地博士の實驗、物質粒子そのものも亦粒子性と波動性ととの二重性格を有することが明になつた。

これらの事態に對して構成されたる理論として大體三つの原理的對立が存する。

一 Bohr, (Sommerfeld) の原子模型論

二 de Broglie, (Schrödinger) の波動力學

三 Heisenberg, (Dirac) の量子力學

(一) ボーアの原子論は、古典的力學に基いて原子模型を考へ、プランクの作用量子の概念をこの原子の構造論に導入しやうとするにある。これに従へば原子内の電子の廻轉軌道は、その電子が外部からエネルギーを吸収して、エネルギー水準が  $E_1, E_2, E_3$  の整数倍に變る時、突然飛躍して大なる軌道に移り、これを失ふ時又突然小なる軌道へ飛躍し、古典的力學に於ける如き任意の軌道をとる得ない。原子の状態の變化は連續的でなく非連續的である。――

然し我々の原子構造に關する知識はすべて原子のスペクトルに基く。即ち原子の吸收又は放出する光であり、從て我々が原子に就て知り得ることは常に原子の變化に關するものであつて、從て、その周圍に何ら異變なき平常の状態に關しては何ら知り得ないのである。宛も貿易港から出入する人や物資からその國內の狀態を伺はんとするが如きである。ボーアの理論は直接に觀察し得る以上のものを含み、古典的理論即ち粗大現象の法則を原子現象に類推的模型的に擬するものであり、又現に實驗上の種々の量子論的事實はかゝる模型を許さないものとなつた。

(二)電子が粒子性と波動性との二重性格を有し、光も亦同様に二重性格をもち、他方、古典的力學の模型による原子構造論も破綻すると言ふことは、古典的理論の法則及び概念の制限を示すものでなければならぬ。それ故問題は根本概念の根本的變革に遡らねばならないであらう。これに對し、上述の事實と古典的理論との調和を求めやうとしたものがド・ブロイ、シュレディンガアの「波動力學」である。ド・ブロイの出發點は光の傳播と物體の運動の法則との類似に着目し、「物質波」なる概念を導入して、波動概念と粒子概念との調和を求める。この理論に從へば、「粒子」は極く振動數の差の小なる「波」の群團(所謂 Wave-packet)である。勿論この物質波の概念は作用量子が根

本的役割を演じる如き原子現象に制限され、從て通常の光や物質の概念に付せられる性質をもつものでなく、古典的理論に於ける如き因果性を適用することも出来ないものである。從て物質波の概念の導入も實は唯名的にすぎず、單に原子現象を支配する統計的法則の定式化に外ならない。結局實質的には古典的概念の制限、因果的法則の斷念となる。それ故、依然として古典的概念や理論との調和を意圖することを止め、全然古典的概念を捨て、専ら實證的に、直接に實驗によつて觀測し得る量のみを根據にして實驗的事實に適合する如き新らしき演算法則(乘法の交換法則)の成立しないマトリックス理論を設定して、所謂「量子力學」を建設するハイゼンベルクの立場は、より徹底的なるものと考へねばならないであらう。

(三) ハイゼンベルクはポウアの如き直接に觀察し得ない原子模型や電子軌道の概念を捨て、波動粒子の概念にも依らず、直接に觀測し得る量——觀測されたる原子に特有なスペクトルの振動數、強度及び觀測に基いて原子に歸せらるべきエネルギー水準のみに立脚して、これらの量に相應する記號式を作り、全然抽象的に演算法を規定し、これを以て觀測された量の間との關係と比較し、一致せしめる様な理論を構成した。此處では全然、古典的理論に於ける如き直觀的な意味や解釋は試みられないし、

又試み得ない。けだし、古典的理論の諸概念は本來日常的經驗の對象たる粗大な現象に由來する。かゝる日常的經驗を絶した原子現象に於て從來の概念が適用し得ないことは期待し得ることであつて、原子現象に波動性と粒子性なる二重性矛盾した性質の現はれるのは實はこれらの概念の制限を意味する。原子現象に於ては粒子を波動として、又波動を粒子として解することが出来るが、同時に又その理論的限界がある。<sup>(12)</sup> 従てそれは量子現象の範疇として不十分となる。かやうに原子現象は我々の粗大な現象に關する日常的直觀的性質を越えたものとして、實證的には、それは單に形式的に數學的に表現される外ないのである。それ故ハイゼンベルクに於ては、原子物理學は、原子の構造、や本質、の如きものは問題でない、唯だ觀察實驗に現はれたる組織のみが問題である。<sup>(13)</sup> シュレディンガアの波動力學とハイゼンベルクの量子力學とが數學的には等價であることが明にされてゐるけれども、その物理學的方法の上から見て重大な差異が認められる。寧ろこのことは波動力學が實質的には量子力學に歸すべきことを示す。この立場に立ち得ないのは未だ實證的に忠實でなく、未だ古典的概念やモデルに拘泥するものである。物理學が究極に於て數學的方法を採る限り、而して數學は必ずしも直觀的であることを要しないのである。

から、物理學の理論が直觀的性質を持たないとしてもそれは問題ではない。

ハイゼンベルクの方法が實證主義の徹底として模範的であるが、物理學的認識そのものに對してより重大な否、最も重大な意味をもつものは、それより導出されたる所謂「不定性關係」若しくは「不定性原理」(Die Unbestimmtheitsrelation, das Unbestimmtheitsprinzip)である。

既にプランクの作用量子の導入は通常の自然記述を特色付ける連續性に反して、原子現象の記述に於ける非連續性を導入することを意味する。このことは原子現象の個々の過程に對する嚴密な因果的記述を斷念せしめ、單に確率的考察のみを可能ならしめる。原子現象の觀察に於て常に何處に於ても現はれる $h$ がその源をなす。これを理論的に基礎付けるものがハイゼンベルクの不定性原理である。即ち彼は $h$ は我々が觀測することによつて不可避的に觀測される對象に影響を及ぼすことによる測定の正確さの限界であることを明にした。——『位置と運動量、或は時間とエネルギーの如き、二つの基準的共軛量は同時に正確に測定し得ず、その不可避的不定性の程度は、各の測定の不定性の積作用量子 $h$ である。』これ不定性原理で

ある。換言すれば我々の観測に於て一個の粒子は位置或は速度をもち得る。然しそれは嚴密なる意味に於てその兩者をもち得ぬことを意味する。即ち一方の測定が必然的に他方の測定に干渉し、従て一方が完全に正確であれば、他方は完全に不正確となる。かゝる不定性が不可避的に我々の測定に存するならば、我々は原子現象に就ては唯だ確率的な記述しか出來ない。我々の物理學的法則は統計的性質のものとなり、單なる平均法則となる。

此處で重要なことはこの不定性が單に我々の測定に於ける感覺や實驗裝置の不完全に基くものでなく、理論的原理的なそれである。單なる感覺や裝置による實際上の不定性ならば從來と雖も認められてゐたが、然しその場合、理論的には、感覺や裝置を更に精緻にすることによつて、その不定性を無限に減少せしめ得ることが確信されてゐた。従て嚴密な測定規定の理論的制限は自覺されてゐない。不定性原理の最も重大な點はこれを、原理的に観測實驗する立場そのものに含まれる制限、即ち測定することそのことが對象に影響することによる不定性であることを明にした點にある。位置を測定することそのことが速度の測定に干渉する。——このことは換言すれば嚴密な因果律の否定である。因果律は、物理學的に規定すれば、ある時刻に於



ける質點の位置及び速度を正確に測定するならば、それ以後の質點の狀態を完全に計算し得るといふにある。然るにこの前提は不定性原理によつて否定される。因果律そのものは論理的に妥當であつても、物理學的には空虛である。<sup>(15)</sup>恰もユウクリッド幾何等と我々の物理的空間との關係の如くである。前者は直接に後者を現はすものではない。因果律は、不定性の限界内に於て、即ち $h$ を無視する範圍内に於て、蓋然的に成り立つ。 $h$ は極めて小なる數量である。然し無限に小ではない。従て本來自然科學に於て物質を微粒子より成ると解してゐるならば、古典的物理學的因果律は單に粗大現象に關する限り妥當性をもつものであつて、單に外見上の嚴密性に止ることとなる。決定論的因果必然的自然像は崩壊することとなる。自然科學にとつてこれ以上重大なる變革は考へ得られない。勿論ハイゼンベルクによつて量子論の問題が決して完了されたのではないことは云ふまでもなく、極めて多くの問題が残されてゐることは周知の如くである。然しハイゼンベルクの新量子論によつて既に物理學の根本原理或は方法が自覺的に確立されたと云はねばならないであらう。<sup>(16)</sup>それ故、こゝに到達された立場から自然科學本來の方法にして又その立場そのものたる實證主義及びその立場からの自然像が如何なる面目を呈するか

考察されねばならぬ。

ハイゼンベルクの不定性關係は、單なる偶然的な一つの實驗的事實として基準的共軌量の同時的測定的不定性を意味すべきでなく、一方の測定が必然的に他方の測定に干渉することによる不定性であることが理解されねばならぬ。即ち物理學的實證的に測定の立場に立つ限り、位置或は速度を有するものはある、然しこれら兩者を同時に共有するものは存しないことを意味する。このことは物理學的對象として位置及び速度を有する質點、從て一般に時間空間的規定を有する如き物——一般に「物體」の像を否定することである。測定する主觀に對し獨立な固定的固形の物體形像を不可能にする。敢てこれを求めるならば、主觀の干渉による——一方の測定が他方の測定に干渉することによる一定の不定性を免れ得ない。それ故坐標と運動量との同時的統一を有する物質粒子の如き古典的概念はこの不定性關係の限界内に於てのみ妥當する。それ故寧ろ不定性原理は却て古典的理論の限界であり、その範圍内に於てその理論を守る原理である。從て一般に物理學は嚴密に實證的立場に立つ限り、その對象として絶對的不變者としての自然像を否定する。嚴密

な「此處の今」の實證的立場からは、相對性理論に於ける如きかゝる相對的立場を通じての絶對的不變者を規定することは許されない。唯だ「此處の今」の反復の可能性のみが主張され得る。「此處の今」の繰り返しである故、それは非連續的でなければならぬ。「此處の今」の反復——それは主觀的自我的能動的活動に外ならない。これは正さしく主觀的自我的實踐的行動に於て自證され得る所のものである。従て不變者は自然に於ける不變者でなく、主觀の自己活動の無限的可能性に對する確信としての不變の外にない。物理學の法則が統計的法則性をもち、不決定性をもつのはこれに基く。量子論に於ける非連續性は物そのものに於ける非連續性でなく、「此處の今」に於て在る主觀の介入によるそれである。従て主觀性客觀性の二重性を有するものは光に限らない。ボーアの比喩の如く暗中に模索する杖も既に二重性をもつ<sup>(17)</sup>。道具或は機械が身體の延長と解されるならば、道具となるもの光に止らず、物皆然りと言はねばならぬ。

自然科學は固「自然の科學」として、その方法として實證主義をとり、觀察實驗測定を方法とした。自然科學は自然の實證的記述を期した。實證主義は本來自然への忠

實であり、das Positive は「自然」を意味した。従て自然科学は本來、自然とこれを觀測記述する主觀との對立を前提した。然し所謂自然は具體的實證的には經驗に於て、經驗を俟つて、始めて把握される事實の外にない。而してこの事實に於て嘗てなされた如く第一性質、第二性質を區別し前者を對象的自然の性質に歸せしめるのは獨斷である。この事實そのものもそれ自身固定したものでなく、我々の行爲によつて多様になり、豊富になる。加之、眞に事實と云はるべきものは眞に個性的なるものである。實證的にはこれを內的或は外的と云ひ得ない。それ故、物理學が觀測實驗を方法としてもそれは實證的には第一性質が量的であるが故にではなく、唯だこの Postivの質的多様の量的一様化を意圖するに外ならぬ。それ故「das Positiveの學」としては自然科学は成立し得ない。自然科学は寧ろ「自然化の學」である。das Positive は內的にして外的である。又かくの如きものとしてのみ作用や働きが存し得るであらう。問題は自然化が少くとも原理的に無制限に可能であるかにある。而して量子論によつてその原理的制限が明にされたのである。逆に言へばその制限の存することは das Positive に量化し難きものの存することを意味する。而してこのことは更に觀測實驗がその對象に干渉し影響することに基き、更にその根柢に於ては觀測す

るものと観測されるものとの區別の困難を意味し、das Positive が主觀的にして客觀的なる契機を含むことによる。

實證的物理学の方法は先づ何らかの根本假設の上に經驗的事實の觀察測定から始められる。測定には勿論理論が豫想される。然し理論は常に測定の理論である。一般に物理学に於ける理論構成も概念形成も測定手續きの規定である。もし物理学の方法が實證的であり、その理論が常に實證的檢證を要求するならば、かゝる物理学の理想の一は、理論の根柢に存し、從て實驗的檢證によつて保證し得ないところの假設を能ふ限り減少せしめることにあると云ひ得る。その意味に於て物理学の進歩は假設の縮小——實證性の遂行である。而してこれに對して新物理学がいかにかに貢獻したかは既に明であらう。繰り返し述べた如く新量子論は遺憾なく實證主義的である。ハイゼンベルクの方法は上述の如く、直接に觀測實驗に現はれるものを根據にし、而して原子現象が我々の日常的經驗を超えた性質を有する故に、本來日常的人間的近傍の經驗の立場から構成された古典的物理学の概念に據り得ず、從てその意味に於て非具象的形式的な數學的概念に求め、而も古典的理論に比すべき整備した數學的表現の體系に成功した。加之この新量子論の物理学的全體に對する意

義は單に右の如き原子現象に對する理論記述に止らず、實證主義的徹底による物理學的原理の批判によつて、宛も相對性理論に於て諸原理の變革統一化が行はれ得たよりも更に深く、物理學の實證性への統一化が企圖され得る點にある。而してそれは消極的には、古典的自然觀の否定即ち古典的物理學的理論乃至自然記述の原理的制限の自覺であるが、積極的には、新自然觀の建設であり、無假定への、哲學への、接近である。

右の如き狀況は物理學に適用される數學の意義に就ても重要な示唆を與へる。das Positive の “Natur” が單なる量に存せず、單に固定的定形的な像による類推を許さない故、物理學に於ける數學の適用も、das Positive の性格が量的なるが故でなく、測定量化する主觀の側面の意味をも持たねばならない。従て單なる對象的量的關係の數學ならざる作用的關係の數學が要求されねばならない。而して古代の數學が「數の學」として謂は、對象的存在の數學たるに對し「作用の數學」自由性の數學とも特色付け得べき近代の代數學的數學がこの任に堪へ得るであらう。現實性を有せず單に論理的可能しか有せざるものと見做されてゐた公理主義的數學の現實性の理解に對する路がこれより開かれるであらう。

我々はこれらの狀況を通して自然科學本來の立場たる實證的方法が素朴的な古典的實證主義から眞の實證主義に到るべき路を見出し得るであらう。我々は既述の諸點を要約的に概観して一應の展望を期待する。――

古典的理論に於ては觀測されたる事實はそのまゝでとにかく對象の事實であつた。それ故にこそ「我は假設を作らずと自負し得た。換言すれば、對象と觀察とが獨立に存在し、從て觀測が對象に影響を及ぼさず、對象は觀測に對して全然獨立であることが前提されてゐる。而も實際上避け得ない觀察の制限が存するとしてもそのために生じる距りを無限に減少せしめることを阻む制限は理論的には考へられてゐない。從てその場合には觀測に對する（從て主觀に對する）對象の謂はゞ絶對的な超越性が豫想されてゐる。かくの如き絶對的に超越的なものとしての自然の認識が可能であり、「事實」として、これを認識批判的に考へたものがカントの認識論である。かくの如き自然認識が可能とされる限り、認識批判的には、かゝる認識の對象の制約は對象の認識の制約と解せられる外に路はない。その限り批判哲學は必然的に觀念論となる。古典的物理学の素朴的實在論の認識論がカント哲學である。その故にこそその「自然」は普遍的法則の支配する限りの決定論的世界であり、主觀は單

に形式的なる意識一般であつた。

かくの如き古典的物理学に於ては對象は主觀に對し純粹に獨立超越的であり、主觀はそれに對して單に受動的である。それ故主觀的要素の脱却程客觀的實在に接近すると解されるのである。この立場に於ては對象の超越性は素朴的に前提されて居り、主觀は單に受動的消極的である。それ故この立場の實證主義は素朴的或は消極的實證主義と名付け得るでもあらう。固よりそれは名目的にも矛盾を含んでゐる。實證主義に於けるこの素朴性、消極性を破る所に新物理学の意義がある。即ち主觀的契機の積極性の自覺である。固よりいかに對象の超越性即ち外在性を前提するにせよ、觀察實驗そのものは必然的に主觀を豫想し、從て常に主觀的契機の介在は必然的であることは自明のことであるが、古典的方法に於てはこの主觀的契機を原理的には無視し得べきことを要請してゐた。單に客觀的なる認識を要求してゐた。新物理学はそれを否定する。相對性理論が始めて時間空間の測定に於て、その測定に測定者即ち主觀の立脚地の必然的に含まるべきこと、從て測定されたるものの中に主觀的契機の必然的存在を自覺した。しかしそれにも係らず、否寧ろその故に、かゝる主觀的相對的測定に係りなき普遍的絶對的な自然像を想定してゐた。



その意味に於て依然として主觀と客觀との峻別獨立が前提されて居り、主觀の相對性を通じて絶對的な客觀の認識が要請されてゐる。従て對象の測定者を相對化し、各自の立場を承認し、別に特權を認めないと云ふ丈である。時空測定に於ける各自の主觀の獨自の立場は顧慮されたが、然し未だその各自獨自の立場そのものより觀測される對象及びその測定そのものの批判に及んでゐない。相對化されたるものは單に主觀であつて客觀ではない。この理論に於ては自然は嚴密な四次元連續體であり、嚴密な因果性が成立せしめられ完結的であるのも之による。それ故、單に時間空間の測定する主觀に對する相對性に止らず、對象そのものが測定する主觀に對して相對的であることにまで到り、更に主觀の立場の單なる相對化に止らず、眞に個別化に到つて始めて徹底するのである。相對性理論の實證主義は猶ほ古典的物理学の素朴性を完全に脱却してゐない。寧ろ唯だその整合的完成である。これに對し主觀的契機の眞の積極性、従て又客觀の相對性を自覺したものが量子論でなければならぬ。固より物理学的主觀である故に測定主觀である。従てこのことは測定が積極的に對象に關與し、影響することである。觀測されたるものは對象そのものでなく、主觀の契機が必然的に含入され、従て對象の觀測そのものの嚴密性の限界が存

在する。屢々反復した如くその制限は主觀の側に於ける不備によるのではなく觀測することそのことによる。宛も心理學的內省に於ける主觀と客觀との限界の不明の如くである。<sup>(18)</sup>その觀察に於て兩者の嚴密な分離は不可能である。從來豫想されてゐた測定の嚴密さは主觀の測定と獨立な對象を假定せねばならない。それは對象の測定に於ける主觀性の全然的消去を意味する。然し眞に獨立なるものであるならばこれを別な主觀が測定すると云ふ如きことは不可能である。それ故、その立場に於ては寧ろ主觀は對象に對立するものでなく對象に對し殆ど無に等しきものを意味せねばならなかつた筈である。そして又實際それが可能でありとし、これを要請してゐた。今やそれが不可能であることが明になつたのである。處で本來、實證主義は das Positive に即し、觀察實驗を方法とした。今や das Positive は單に對象的な或は、單に主觀的なものでなく、働くことによつて存在し、把握され、而もそれに關聯して形態を形成する。従て常にそれが凡そ positiv である限り、兩契機が對立し、對立的に結合されてゐるのである。物理學的對象たる自然は單に客觀的な自然ではない。けだし、測定することは單に對象を觀想的に見ることではない。對象に對する身體的働きかけである。測定は物に物を對比せしめ同一化する手續きである。身

體及び身體的延長たる器械により測定されたる對象——物理學的對象は、それ故、身體的延長の一部となつたもの、從て又主觀によつて切りとられ、形成された對象である。實證主義の觀測測定の立場に立つ限りその對象は常にこの性格をもつ。實證主義の積極性が此處に存する。觀測測定は單に獨立な對象相互の客觀規定の如くであり乍ら、單に客觀的でなく客觀的主觀的となる。而もそれは單に感覺の如き主觀的要素を含むといふ如き表面的なものでなく、自然像の組織そのものを形成する。自然は定形を有しない。それ故自然は最初考へられた如く單に外的なるものではなく、又全然外面化し難きものである。量子論に於て明になつた如く、時空的に表現し難きものをもつ所以である。かくの如きものは唯だ働くことによつてのみ把握される。かくの如きものは、かゝる對象そのものとして、主觀性を抽象して把握されることは不可能である。觀測實驗に於て對象に問ひかけることによつて、對象をして答へしめる。答へは問ひ方に規定される。答へには必然的に問ひが含まれてゐる。單に見ることによつては、なく、觀測することによつて、即ち働きかけることによつて、對象の實在性に觸れ得る。事實感は其處に初めて成立する。事實感は最も直接な個體性に於て成り立つ。換言すれば實踐に於て成り立つ。實踐に於て單なる表象

の世界の外に出で得る。實證は個體性に於ける實踐である。それによつて始めてその所期する所の實在的對象の把握が可能となる。然しそれによつて把握されたる對象はその限りあくまで個別性をもつ。然しとにかくそれは實在的である。その要求する普遍妥當性は、觀測の、即ち實踐の、無限の反復性への憑依或は信念に存する。それは通常考へられてゐる如き單なる素朴的實在への憑依ではない。實踐の可能性の信憑である。唯だその普遍性が抽象的であるのはその實踐が量的測定、沒價值的觀測によるからである。かくの如きものが近代自然科學の本質をなす實證主義の意味でなければならぬ。かくの如きものとして始めて強き現實的事實に立脚する近代科學の精神が理解され得るであらう。新物理學は量子論を動機として實證主義のこれらの諸契機を悉く自覺した。眞の徹底した實證主義は主觀の單なる相對化に止らず、眞に個別化に到らねばならない。相對性理論に於て確立された此處の今の立場は實證的には相對的でなく個別的でなければならぬ。而してかくの如き立場から測定されたる物理學的自然は單に客觀的單に決定論的ではあり得ない。單に客觀的な自然科學は不可能であり、却てそれは單に觀念的な自然科學に墮するであらう。物理學的自然は専ら不定的な確率論的法則界である。物

理學的自然是外化されたる das Positive である。das Positive そのものは全體者である。従てかゝる物理學的自然是常に内的なるものと結付いてゐる故に一定の恒常的な外的形態を持ち得ない。従て時空的形像に盛り悉し得ないのである。かくの如き自然は單に實證的に觀察される外ない。實證的にとは此處の今の立場から——實踐的行爲の立場から觀察することである。自然科学はこれを測定即ち量的に觀察する。然し量化することは定形化することではない。等價性の定立である。時空的形像への還元が不可能なる故幾何學的表现では足りず直觀的具象的時空的なるものを離れて新物理學が代數學的となる所以である。

かくして最初三つの物理學的世界像として對立せしめられたものは實證主義の立場から如何に位置付けられ、統一さるべきかは既に明かであるであらう。

(註)

註(1) 直接の意識事實から出發する方法と幾何學的方法との對立。即ち外界の實在性を直接の意識事實と同一の確實性を以て立言せんとした場合、神の存在の證明を媒介として所謂眞理の全體としての神の誠實に信賴する外なかつた。處で神の存在の證明の方法は當初の直接の意識事實からの方法とは異なる。或は少くとも、これをも直接の意識事實の中に含ましめるには、當初の意識事實の概念を擴張せねばならない。——この方法に於ける二契機即ち事實に即する方法と數學的方法とが分離して、大陸の唯理論と英國の經驗論とを生ぜしめることは周知のことである。カントに於けるこの綜合は我々に重要な指

示を興へる。カントに於て始めて自然科学は正當なる基礎付けをうけた。

- (5) M. Planck, Positivismus und reale Aussewelt. 1931. S. 13—17.
- (6) E. Mach, Die Mechanik in ihrer Entwicklung. 8. Aufl. S. 459.
- (7) *ibid.* S. 485.
- (8) Aristoteles に於ける有機體の概念を参照。殊に E. Hoffmann, Geschichte der antiken Philosophie (in Dessours "Lehrbuch der Philosophie") S. 188 f.
- (9) vgl. P. W. Bridgman, The Logic of modern Physics. (1928)
- (10) 相對性理論の最も深き哲學的洞察、殊にこれらの中にあつた身體性の思想に就ては田邊教授の論文、朝永博士遷厝記念論文『綜合と超越』及び『圖式「時間」から圖式「世界」へ』(『哲學研究第二百六號』)を参照。
- (11) 曲率零なる場合。但し一般に零と數との關係が種々重要な問題を含む如く、この問題も亦猶ほ詳細な考察を要する。
- (12) vgl. R. v. Mises, Kausale und statistische Gesetzmässigkeit in der Physik. "Naturwissenschaft" 18, 1930.
- (13) A. S. Eddington, Nature of physical World. p. 147 ff; p. 300.
- (14) 原子物理学の最近の情勢に就る経路に於ては N. Bohr, Atomtheorie und Naturbeschreibung (1931) 繪り W. Heisenberg, Die Entwicklung der Quantentheorie. 1918—1928. (Naturwissenschaft "Planck-Hefte 17, Heft 26, 1929.) を参照。
- (15) W. Heisenberg, Die physikalischen Prinzipien der Quantentheorie. 1926. 2. u. 3. Kapitel.
- (16) Derselbe, Kausalsgesetz und Quantenmechanik. (, Erkenntnis " Band 2, Heft 2—3, 1931. S. 182.)
- (17) 不定性原理に於て相對性原理以上の重要性を認め、これの意義を最も力説する者に例へばハイゼンブレン(上掲書)がある。
- (18) Heisenberg, Kausalsgesetz u. Quantenmechanik. S. 175 ff.
- (19) 量子論の數學的定式化に付いてはその後アトラックの所謂 Transformationtheory に於て一層發展せしめられてゐる。然し量子論そのものの方法や、原理的に付ては特に新らしいものを認め得ないであらう。

(17) N. Bohr, Wirkungsquantum und Naturbeschreibung. (德語 S. 64.)

(18) N. Bohr, Die Atomtheorie und die Prinzipien der Naturbeschreibung. (德語 S. 76.)