

相對性理論をめぐる認識論的諸問題 (承前)

近 藤 洋 逸

九

本節以下に於ては相對性理論がもたらした時間空間概念への寄與、時間空間概念と物質との聯關の問題、即ち物理學と幾何學との關聯の問題に與へた意義に就て考察する。

新カント學派のカッシラーは此問題に就て彼の著「*Einsteinischen Relativitätstheorie*」の第五、第六の兩章に於て詳細に論じ、カント主義を相對性理論の時空概念のうち貫徹しようとしてゐる。彼の意見をあらかじめ要約するならば、——相對性理論が採用したリーマン空間がカントのユークリッド的空間論を破壊したことを認めながら、しかも時間空間のアプリオリの性格を保持するために、時間空間から相對性理論の時空論が直接に結び

付いたところのその計量的性質を抜きとつて、これを經驗的實在の側にうつし、残された抽象的なトポロギッシュな時間空間の規定（これに對しては相對性理論は餘り多くの變革を與へなかつた）にアプリオリの性格を負はせ、これによつてカントの先驗的觀念論を保持しようとしたことである。かくして空間時間の本質から計量といふ具體的關係がとり去られ、抽象と具體との、形式と内容との絶對的分裂が行はれる。第二に、リーマン幾何學が相對性理論の本質的武器となつたことから、物理學の幾何學化を導きだし、これによつて彼の觀念論の形式性に典據を與へようとしたことである。

カッシラーは言ふ——「物理學の如何なる構成に於ても、われわれは概念の二つの相異なる組を、相互に區別

しなければならぬ。一群の概念は純粹に順序形式そのものに關し、他はこの形式に入りこむ内容に關する。一つは物理學が用ゐる結合の普遍的な圖式をあらはし、他は物理學的『對象』が特色付けられるところの、實存物の特殊な規定と性質に關する。この際に純粹な形式概念に關しては、これらは、個別的な物理學的表象のあらゆる變轉にも拘らず、相對的に固定した單位として動かぬようである。物理學の體系概念のあらゆる差別と矛盾に於て、時間と空間とは最後の相合致する基本的諸單位として際立つてゐる。これらは、この意味に於ても物理學に對する眞のアプリオリであり、科學としてその可能性の前提を形成すると思はれる(五八頁)*。

* E. Cassirer, Zur Einsteinschen Relativitätstheorie, S. 38.
以上斷りなき限りカッシーラーからの引用文の頁数は本書のそれである。

以上のカッシーラーの意見は、形式的觀念論の實に典型的な時間空間論である。

われわれにとつては内容と形式との區別は相對的な正

當性をもつてはゐるが、然しカッシーラーに於て特徴的なのは、この差別が絶對化され、内容が經驗に由來するに反して、形式はアプリオリとして、主觀のうちに源泉をもつてゐることである。かくて基本的な形式としての時間空間にはアプリオリと形式的主觀性とが背負ひこまされる。このことは、以下に述べるカッシーラーの所論の理解のキイともなると思ふので、冗長を厭はず述べたのである。

カッシーラーは上記の引用に引續いて、時間空間と物質に關するカント、ヘルツ等の業績を要領よく紹介する(五八一—五九頁)。ヘルツが時間空間と質量マッセのみから力學を構成しようとしたのは周知のことである。

更にカッシーラーは『自然』の統一の概念を史實に據つて検討しながら(五九頁以下)、其處に二元論が自己を主張してゐることを見出す。『自然』に就て始めて統一的概念を樹立したのはギリシャの原子論者たちであるが、彼等に於ては、自然は有と非有との對立の上につきまきあけられた。この二元論はデカルトに於て延長といふ幾何學的

概念に統一され、謂はゞ幾何學主義があらはれたのである。然しこの方法的プログラムの遂行されることなく、ニュートンに於ては再び空間と物質との二元論が最も鮮かに描き出された(六〇頁)。

ところで現代物理學ではどうであらうか。カッシラーによると「これは——内容的にはないが、方法的見地に於ては——再びデカルトへの道を行んでゐるようである(六一頁)。果してさうであらうか。

カッシラーは、現代物理學に於ては「物質」と「空間」の二元論が止揚され、兩者はもはや物理學的客觀概念の相異なる組に屬すのではなくなり、「物質」と「空虚な空間」との中間に中間概念として「場」が登場して來たと言つてゐる(六一頁)。

周知の如くエーテルは電磁現象の傳播のメデイウムとして考へられたのであるが、當初ホイヘンス、フレネル等によつてその性質とされてゐた力學的性質は、アラディ・マックスウェルの電磁氣論の發展のために、次第にとり去られ、ローレンツに於ては絶對靜止といふ性

質のみが歸せられたが、これも特殊相對性理論によつて否定され、かくてエーテルから完全に力學的運動概念が剝奪された。エーテルは時間を通じて個別的に追跡される如き粒子から成立するとは考へられなくなつたのである。(ヴィルはこれをエーテルの非實體性と呼んでゐる)かくしてエーテルは電磁場のうちに解消された。それは場の強さを性質としてもち、マックスウェルの方程式であらはされた。

ところで一般相對性理論の出現と共に、あらたにエーテルは惰性の場として、萬有引力(重力)の場として登場する。

アインスタインは言ふ——「この理論に従へば、個々の時間空間點の周圍に於ける空間時間連續體の計量的性質は種々異つてゐて、この領域の外部にある物質によつて伴つて限定される。この様に物指と時計との相互關係が空間時間的に變るといふこと、並びに『空虚なる空間』が物理的關係に於て一様でも、また等向的でもないとの認識、従つてわれわれはその状態を十個の函數、即ち萬有

引カポテンシャル^{ポテンシャル}などで記載しなければならぬことは、空間が物理的に空虚なものであるといふ見解を恐らく、究局的に除去した。これによつて然しまたエーテル概念は再び明かな内容、勿論光の力學的波動論のエーテルのそれとは遙かに異つた内容に到達した。一般相對性理論のエーテルは、それ自身あらゆる力學的並びに運動學的性質をもたぬが、然し力學的(及び電磁氣的)の事象を共に決定するところの一つの媒質である(傍點引用者)。

以上に於て最も注目すべきことは、エーテルが惰性及び萬有引力場であり、この場は時間空間の計量的性質を決定し、しかもこの場の性状は更に物質の分布状態によつて規定されることである。

アインスタインは斯うも言つてゐる——[※]「萬有引力ポテンシャルなしには空間もなく、また空間の部分もない。何故ならば、これは空間にその計量的性質を與へるものであつて、これなしには空間はそもそも思考され得ないのである。」

※ アインスタイン、「エーテルと相對性理論」(一九二〇年)

春秋社大思想全集第四八卷一一二頁。

※ アインスタイン、同右、一一三頁。

ところで上述の如く、カッシラーは「物質」と「空虚な空間」との單なる中間概念として「場」を登場させてゐるが、こゝで最も注意すべきことは、この二元性の止揚に於ていづれが基調的モメントなるかといふ重要な問題が無視されてゐることである。だがカッシラーが現代物理学のデカルト性を云々するところから想像すると、かの二元の統一も空間を基底としての統一であらう。ところで上述のアインスタインからの引用に於て明白な如く、この「統一」はまつたく事態の誤解にはかならない。

次に問題となるのは物質と場との關係である。電磁氣學の發展により、電磁氣粒子は電磁場の單なる特異點と解釋されるに至つたことは周知の事實である。更に相對性理論によつて萬有引力場の出現に着目したG・ミーは重力と電磁氣が唯一の根本的實在であり、しかも物質の粒子は重力電磁場の *Energieladungen* と考へたのである。カッシラーもフアラディを引用しながら、力の場が物質の

上に支持されるのではなく、その逆であると強調してゐる(六一頁)。

然し物質が場の特異点であることは、物質が場と相異し、これに解消し切れぬことを暗示してはゐないか。この暗示は遂に量子論によつて現實となつた。

ヴイルによると新量子論の發展によつて次の如き變革が起つた。^{*}——量子論は電磁波の他に物質波を新しく加へた。これはシュレーディンガーの波動函數 ψ であらばされ、パウリとディラックによると、これはスカラーではなく、多數の成分をもつた量である。物質波の存在は電子波の實驗で確められた。そして古典的な場の物理學の範圍では、状態量 ψ 、物質場は、重力、電磁氣以外の第三のものとして導入されねばならない。スペクトルにあらはれる ψ の數學的變換の性質から物質場は重力にも電磁氣にも歸着されない。

第二の變革は、場の方程式の徹底的に新しい解釋である。即ち Intension の概念を確率性でおきかへたのである。この確率的解釋によつて自然の粒子的、アスペクトが

正しいとされるに至つた。

* Weyl, Geometrie und Physik. (Naturwiss. 19. Jahrg. Heft. 3. S. 51.)

かくして新量子論の進展と共に、電磁氣、物質等の粒子的見解が根強く主張されだしたのである。また最近の中性子の發見は、物質構造論の舊電氣力學への還元の可能性を示唆してゐる。

いづれにせよカッシラーの想像する如く簡單には「場の物理學」の制覇は不可能である。この問題の決定は物理學それ自身の發展によつて解決されるべきものであり、認識論的には二義的な問題である。

認識論的に重要であるのは、場が空虚な空間ではなく、物理的存在性をもち、客觀的實在の一つの運動形態であることである。そして場によつて、空間が物質化され、幾何學的性質が物質そのものによつて決定される形式となり、かくて相對性理論に於ては、カッシラーの意見とは反對に、『幾何學が物質化』したのである。

以上の如き相對性理論のもつ反主觀主義的傾向はカッ

シラーでは完全に抹殺されてゐる。「これ(相對性理論：筆者)にとつては、『空虚な』空間と空間を充實する實體——これを物質と呼ぼうが、或はエーテルと言はうが——との間の實在的な差別は遂になくなつた。何となればそれは兩モメントを方法論的規定の同一の作用で以て包括するから」とカッシラーは言つてゐる(六二頁)。即ち、彼は特殊相對性理論にあらはれる空間乃至見掛上の力の世界、所謂 homotoidal space と物質の分布された重力場との間のリアルな區別を無視してゐる。しかも空間と物質との統一が方法論的規定といふ主觀的形式のうちに於てなされてゐるのである。

またカッシラーの次の言葉——「かくして同じ規定が、一方では四次元の測度空間メスラウムの計量的性質を、他方では重力場の物理的性質を特徴付け、表現する。量メサの時間空間的可變性と、かゝる場の出現とは、表現に於てのみ相異するエキバレントな假定である」(六二頁)——では、物質的關係がメトリックと完全に同格におかれ、かくて前者による後者の決定はまつたく度外視されてゐる。

このことから當然にも彼にとつては「それ(相對性理論……筆者)はもはや空間、力、及び物質を相互に區別された物理學的對象一般としては認識せず、それにとつては一定の函數的關聯の統一のみが存在し、これはわれわれがこれを表示する基準系の如何に従つて相異なる特徴付けを得る」(六二—六三頁)のである。即ちカッシラーに於ては、函數的關聯といふ便利な折衷的言辭にかくれて、これらの相關聯させられる諸モメントのいつれが基本的であるかの設問がシャット・アウトされてゐる。それに函數的關係は、彼にとつては、主觀的論理的機能ファンクツィオンと、主觀的形式と、不可離の關係におかれてゐるだけに、折衷性が主觀主義の側面に傾斜するのは不可避であらう。

更にカッシラーは「すべてのダイナミクはいまやますます純粹なるメトリックに解消すべく努力してゐる」とさへ言ふ(六三頁)。そしてヴィールの形式主義的表現——「すべての物理學的現象は Weismetric の外化である」——を引用して、自己の主張の裏付けとしてゐる(六三頁)。

* Weyl, Raum, Zeit, Materie. 3. Aufl. S. 244.

以上に於て既に斷片的ながら相對性理論の時空論の新カント的解釋がうかがはれるが、カッシラーが彼の著「Zur Einsteinschen Relativitätstheorie」の第五章の全體を「先驗的觀念論の時間空間概念と相對性理論」の標題のもとに述べてゐるその全面的展開は、形式主義の與へる最も典型的な相對性理論の時空概念の究明であらう。彼はこれの時空概念が先驗的觀念論のその一範例となることを全力的に論證しようとするのである。

先づ「相對性理論が展開する時間及び空間の根本的意見は經驗的空間と經驗的時間の理論であり、純粹空間及び純粹時間の理論ではない」(七五頁)。かくて先驗哲學の論ずる純粹な時間空間は、相對性理論の經驗的時間空間から峻別される。そして此意見には多くの哲學者たち(ナトルプ、ヘーニクスブルト、フリッシュエアイゼンケラー、ゼリエン等)の賛意があり、誰しもそれには異議はないであらうとカッシラーは言つてゐる(七五頁)。だがわれわれにはここに疑義がある。われわれにとつては、「純粹な」時間空間の概念なるものありや。これに

就ては後に述べるであらう。

カッシラーは言ふ——「然し先驗哲學は先づ第一に時間又は空間の實在性——これが形而上學的意味に、或は物理的意味に於て與へられようと——とは無關係であり、われわれの經驗的認識の全構成に對する兩概念の客觀的意味を問ふのである。それは空間と時間を、もはや物としてではなく、『認識の源泉』としてみる。それは、其等のうちに如何なる仕方にか存在し、そして實驗と觀察によつて捕へることの出来る獨立の對象ではなく、『經驗の可能性の條件』、實驗と觀察の可能の條件であり、これ自身はもはや物的仕方では直觀され得ない。空間及び時間の如く對象の定立を始めて可能ならしめるところのものは、われわれにとつては、個別的對象として他から區別されて與へられることは出来ない。何となれば、可能なる經驗の『形式』——直觀の形式及び純粹悟性概念の形式——は、決してわれわれに向つて實在的な經驗の内容、内容としてはあらはれないから。むしろ此形式の『客觀性』が表現され表示される唯一の可能なる仕方は、それ

が、われわれが必然性と普遍性の價値を承認しなければならぬ一定の判斷に導くことである……兩者〔時間及び空間……引用者〕の絶對的な物的對應物を求めるものは、影を捕へようとするものだ。何となれば、その『存在』は、われわれが幾何學又は算術學、數學的乃至經驗的物、理學と呼ぶ判斷の複合體に對してもつてゐる意味と機能のうちにあるから〔七七—七八頁〕。

かくの如きが先驗哲學の時空論の要領である。何よりもその特色は、時間空間を純粹な形式として、その經驗的な實在的な根據を拒否し、實在の具體的内容から絶對的に峻別するところにある。しかも形式は直觀乃至悟性の、即ち主觀の形式とされる。

だが斯かる主張は相對性理論の時空論と矛盾しないであらうか。カッシラーは時間空間に、經驗的と純粹との差別を設けて、相對性理論は前者にのみ、哲學は後者にのみ關與するとするが、これも疑問であるが、更にまたカッシラーの謂ふところの『純粹な時間空間が果して經驗的實在性を持たぬものかどうか。これに就ても後に述

べるであらう。

カッシラーの絶對時空の否定も、この觀念論的立場からなされるのは言ふまでもない。即ちこの立場によつてその實在性を剝奪され、觀念性を賦與された時間空間は、ニュートンのな存在する時間空間ではないからである。然し乍らかくの如く時空を先驗的形式として經驗から峻別することは、或意味に於て、時空を具體的なるものから孤立する結果として、かへつて絶對主義に陥る危険がある。周知のことであるが、カントに於ては形式の固定が顯著にあらはれ、彼の時空論の最も弱い一環であるが、カッシラーもこの缺陷に着目して、形式の生成を主張し、これによつて形式の靜止固定化を防止しようとはしてゐる。「勿論この場合『形式』はまさしく能動的な、眞に創造的なモメントをあらはしてゐるのであるから、硬直した形式としてではなく、活きた活動的な形式として把握されねばならない〔七八頁〕。

だが形式の創造的生成即ち自己生成とは何か。内容の變轉自身に規定されざる形式の轉換は如何にして可能で

あらうか。残念ながらカッシラーからは、この最も重要な問題に對しては首肯するに足る解答を得ることは出来なかつた。『相對性理論は純粹數學と物理學との間の豫定調和にしがみつく』(八七頁)と言ふカッシラーであるから、彼は形式の運動と内容のそれとの間に神秘的な豫定調和でも想定してゐるのであらう。

然し形式の變轉を説きながらも、形式を内容から絶對的に峻別するカッシラーは、必然的に形式の固定化に向はざるを得ない。例へば彼は次の如く述べてゐる——「空間と時間との兩者は、それによつて凡ての感性的に知覺されたものが、並存(Nebeneinander)と繼起(Nacheinander)の一定の關係に指定せられるところの精神の固定した法則、結合の圖式を意味するにすぎぬ」(七八頁)。

さて前に觸れた絶對時空の先驗主義的批判であるが、これは絶對時空の完全な反駁とはなり得ないであらう。熟知の如く、絶對時空はニュートンに於ては、特殊座標系であると同時に、それは物質から區別され惰性或遠心力を惹起する物理的原因として、獨立な物理的實在性を

もつとされてゐた。ところでカッシラー流の時空の觀念論的解釋は、後者の否定にはなるが、前者、即ち特殊座標系の存在如何を決定するだけの力を持つてはゐない。實にアインスタインは、經驗のみがその決定を與へると言つてゐる。[#]

ところで相對性理論では、ニュートンの時空論のもつ兩缺點はいづれも完全に克服された。まづ相對性理論に於ては時空が物質それ自身の形式として物質自身によつて規定されるのであるから、それを獨立な物理的原因とすることは不可能なのである。次に特殊座標系の否定は、マイケルソン・モーレイの實驗による靜止エーテルの否定、惰性系の非現實性、重方惰力の相等原理等のために實證的に否定された。しかもこの否定こそ相對性理論の上臺となり發足點ともなつた。

* Einstein, 'Über die spezielle und allgemeine Relativitätstheorie', S. 41.

上記の如き立場をとるカッシラーは、『相對性理論によつて時間空間から『物理的對象性の最後の殘餘』が除かれ

た」といふアインスタインの有名な言葉をまつたく自己流的に解釋して(即ち時間空間が、實在性一般を失つたとして)、「この理論(相對性理論……筆者)は此處に於てた批判的觀念論の觀點に、最も確定的な適用と貫徹を、經驗科學の内部に於てなしとけた」(七九頁)と言つてゐるのは當然であらう。

だがアインスタインは言つてゐる——。一般相對性理論は「空間が物理的に空虚なものであるとの見解を恐らく究局的に除去してしまつた」*と。また前節に與へたわれわれの分析からも、右に述べたカッシーラの解釋がまつたく事態の轉倒的理解であることは明かであらう。ニュートンの時空及び特殊座標系を否定した相對性理論の時空は、物質自身によつて規定されるそれ自身の形式であり、物質と不可分の内面的統一にあるが、同時に他方に於ては時空座標の變換による對象のアスペクトの變化の意味に於ける時空の對象に對する外面性も承認されてゐる。だがこの外面性は座標變換によるテンズル計算で止揚される。かくの如く相對性理論にては、この外面性

とかの内面性との統一に於て、時空と物質とは物質を基礎として不可分にながつてゐるのである。

* アインスタイン、「エーテルと相對性理論」(春秋社大思想全集)、一二二頁。

周知の如く先驗的觀念論は一個の折衷主義である。それは時空をアプリアリナ形式として經驗の内容から峻別しておきながら、他方に於ては(事實に強要されて)兩者の結合を云々しなければならぬのである。それにとつては時空はあくまで經驗内容の形式であり、この内容から「切離された形式の存存はカントにとつては主觀的意味に於ても、客觀の意味に於ても、存在しない」(七九頁)。だがかくの如く統一を云々するとしても、この形式が主觀的形式として主觀のうちに源泉を持つアプリアリナであり、決して客觀自身によつて決定されるそれ自體の形式ではないことをわれわれは飽くまで注意しなければならぬ。故にカッシーラが如何に内容と形式との不可離を強調しようとも、この統一は、神の行ふ豫定調和、又はこれの論理的變形たる先驗的主觀の神祕な力による外

的結合、に終らざるを得ないのである。

特に時間の測定に關して「個々の經驗的對象及び過程の時刻の規定は、絶對時間に對する現象の關係に據つて得られるのではなく、逆に現象相互が時間自體に於けるその位置をきめる。そして時間的順序に於けるその位置を必然的ならしめねばならぬ」(七九—八〇頁)と語るカッシラーは、明かに時間の實在性に對して一步の讓歩を與へてゐる。だが斯くの如く現象相互の關係によつて時刻が定まるのであるならば、時間をアプリアリな直觀形式として、實在自身から切離すことは不可能ではないか。實在する現象相互の關係のために時刻が決定されるならば、時間はその實在する現象そのものの形式である。かくてカッシラーは、内容への、具體的なるものへの讓歩のあまり、遂に自己の原則、自己の出發點と矛盾する結論に達するのである。

更にカッシラーは、カントに據りつゝ、時間規定の統一性のために悟性の規則をもち出して來て「悟性の規則によつてのみ諸現象の現存は、時間關係に従ふ綜合的統

一を獲得し得る」(八〇頁)と言つてゐるが、これは上記の矛盾を増大するばかりであらう。時間規定(時刻)が現象自體の形式であるならば、それに觀念的な悟性の規則を外部から強制することは不可能であり不合理であらう。主觀的な悟性の形式は如何なる根據で現象に適用されるか。それは實のところ、悟性の形式自身が客觀自體の形式の把握されたものであるからではないか。

ところで上記の矛盾は、事實のもつ迫力によるカッシラーの實在への讓歩と彼の哲學である形式的觀念論との背離にもとづいてゐるが、このことは彼の哲學の脆弱性と折衷性を自ら曝露したものであらう。

空間に關するカッシラーの意見も同様の矛盾を含んでゐる。彼は云ふ——「カントの言葉で『純粹直觀』と呼ばれる共存(Besamman)のかの先天的形式は、彼が明確に強調してゐる如く、……經驗のうちに示され得る物理的作用の全體によつてのみ、われわれに對して經驗的に認識可能である」(八〇頁)。即ちカッシラーによると共存は實在自身の形式ではなく、主觀に座をもつ先天的形式

なのであるが、しかしこの形式は物理的作用の全體によつてのみ認識可能であるから、換言すれば物理的作用全體の形式としてのみ認識されるのであるから、この形式を物質の世界から切離して主觀のうちにその源泉を求めることは不可能ではないか。その形式が物理的作用の全體に於て、經驗的にのみ認識され得るならば、いつたいその形式の先天性を認識させるところのものは何であり、また何故に可能であるのか。また必然なのか。そもそも先天的形式は經驗的なわれわれによつて何故に可能であるのか。等々。かくの如き一般的疑問を提示するこゝとが出来るが、此等の哲學の一般問題は他に譲るとして、此處ではたゞ次のことを留意しておきたい。

形式的觀念論者が先天性を形式に與へるのは、形式の普遍性に發してゐる。彼等のテーゼによると、經驗的具體的な實在はたゞ特殊の個體のであり、普遍性を含まないのである。彼等は實在をそれ自身から普遍性を剝奪し、かくて實在そのものうちにおける具體と抽象との、特殊と普遍との統一の認識を不可能ならしめる。然し斯か

る形式主義は既にヘーゲルに於て克服されたところのものである。

「カッシーラーが先天的と考へる並存なる形式も、客觀自身の相互關係の形式の一つであり、それであるからこそ、それは「物理的作用の全體に於てのみ經驗的に認識される」のである。その形式に主觀的刻印を押す必要は何處にも存在しない。だが或はこれに對して、物の並存を認識するためには、並存一般を、並存の形式を、前提するから、この前提である並存そのものは先天的であると抗議するかも知れない。

然し斯かる抗議は、經驗によつて始めて經驗の内容そのものが發生するのではないこと、それは經驗とは獨立な客觀自身の認識であり、そして並存の形式も實は客觀自身の存在形式であるからこそ經驗の前提たり得ることを、完全に無視してゐる。

かくてこれらを無視する形式主義者カッシーラーにとつては「物體界の空間的秩序は、われわれにとつては、換言すれば、斯かるものとしては決して直接的に感性的に與

へられるものではなく、それは思想の構成の結果である
……」(八〇—八二頁)

だからまた彼に於ては、相對原理も「悟性が經驗の解釋の際に研究の規範ノルムとして假説的に使用する」(八二頁)ものとなるのは當然であらう。(この原理の實在の根據については既に述べた。)

また彼は絶對の時空を否定しながらも(既述)、しかも他方に於ては形式主義者らしく、それを何等かの形で保持しようとする。即ち絶對時空を「客觀的對象に就ての概念ではなく、それに於ける凡ての運動を單に相對的なものとして觀察する規則として役立つ理念」(八三頁)であると言ふ。このことは形式主義者がたどりつくところの境地(絶對性)を指すものとして興味がある。

だがすべての運動が相對的であり、特殊座標系の存在しないことは、カッシラーが考へる如くに、上述の「理念」から來る論理的要求から導出され得るものではない。これは「經驗のみが決定する」(アインSTEIN)。

* Einstein, 'Über die spezielle und allg. Relativitätstheorie.

相對性理論をめぐる認識論的諸問題

三二

熟知の如くカッシラーはマールブルク學派に屬する。

故に彼に於ては、カントの純粹直觀はカント的に受働的な感性の形式としてではなく、構成的方法として、方法的前提として、轉釋されてゐる。然し乍ら相對性理論の時空概念が主觀的形式か否かの課題に當面するわれわれにとつては、その形式が受働的か否かはひとまつ問題のそとにおくことが出来るだらう。

さて上述の如く並存、繼起に先天性を與へるカッシラーは、これらの形式の集中するところの相合(Koinzidenz)の概念のうちに「一般相對性理論がカントに於て『純粹直觀』の名稱をもつところの、かの方法的前提を内含的に承認しなければならぬ點」(八四頁)を認識するのは自然の論法であらう。「その點は、それ一般相對性理論……筆者」が凡ての自然法則の内容と形式を究局的に歸着せしめるところの『相合』の概念のうちにある」(八四頁)。

ところでこのすべての自然法則の基礎に横はる『相合』の概念は主觀的形式であらうか。

カッシラーは言ふ(八四頁)——個別的事象はその時空座標^{time, space coordinates}、等々で表示され、そして物理學が自然現象の本質として教へるものは、斯かる點の相合乃至は相會^{meeting}に就ての命題として表されるのである。物理的時空はかくして作られる。蓋し時空的集合體とは斯かる對應(相合)の總體であるからと。

こゝで彼は個別的な事象を點と考へてゐるが、これには相當の注意が肝要である。個別的な事象はあくまでも物質の運動の一斷面であり、それは決して點として他から隔絶されて存在するものではないのであるが、斯かる個別的な事象を點狀に考へることは、これを外面的に結び付ける爲に「對應」の語の導入を餘儀なくする、そしてこの事は、物質の運動そのものを靜止した場面に截斷し、この斷面のみが、この靜的事象のみが物理的對象なりと考へさせる危険を孕んでゐる。これはカント主義、實證主義が感覺的なるものをアトム狀に考へることと軌を一にし、實に同一の危険を含んでゐる。特に「對應」は原子性と外面性を最も濃厚に表現してゐる事に注意すべきである。

だが斷面はどこまでも流動する物質の運動の斷面であることに留意して、われわれはアトムスミスへの轉落を防がねばならない。實在をアトム狀に制限して考へるところとは、このアトムの事象を結合する關係形式をその外部に、主觀に由來するものとする形式主義を必然的に誘發するからである。

だがわれわれにとつては、前節にも述べた如く、相合は實在する物理的作用の近接性の別の表現である。こゝには主觀による外的對應を云々する餘地はなく、事象と事象との直接の、または場を通じての間接の客觀的作用が存在するのみ。

ところがカッシラーは相合に對して哲學者と物理學者とは相異なる態度をとると言つて、彼獨自の相合の哲學的解釋を與へる(八四頁)——「物理學者にとつて、彼が『空間』及び『時間』と名付けるところのものは、彼が個々の點の法則的對應の結果として得るところの具體的な可測的^{measurable}集合體である。これに反して、哲學者にとつては、空間と時間とは形式及び^{モディイ}樣態以外のものを意味するのではな

く、故にまさしくこの對應自身の前提を意味するのである。これらは、彼にとつては、對應から結果するのではなく、まさしくこの對應であり、これの基本的方向である。

共存及び並存バイサムシ、ネーベンインアンシの觀點のもとに於ける、または繼起ナハアインシの觀點のもとにおける對應——これが、彼が空

間及び時間のもとに、『直觀の形式』として理解するところのものである（八四—八五頁）。また彼は『共存の可能性』を空間、『繼起の可能性』を時間とも言つてゐる（八五頁）。そして「かゝる點の『相會』は、われわれが空間と呼ぶところのかの共存の可能性及びわれわれが時間と呼ぶところのかの繼起の可能性を既に基礎におくときのみ、理解し得べき意味を得るのである（八五頁）と。

かくてカッシャーによると、一般相對性理論の基本概念である『相合』の基礎には共存及び繼起の形式による對應が横はり、このものこそ『純粹直觀の形式』としての時間空間なのである。故に相對性理論の基礎に先驗的觀念論があることになるのは當然であらう。

右に述べたカッシャーの「純粹直觀」で特徴的であるの

相對性理論をめぐる認識論的諸問題

は、カントに於ける純粹直觀のもつユークリッド的性質及び計量的性質が捨象されて、共存、繼起などの極めて抽象的なトポロギッシュな規定、非計量的關係のみが理解されてゐることである。更に重大なる點は、——そしてこれは形式的觀念論の共通の特色であるが——共存、繼起等を直觀の形式として客觀自身から隔離してゐることである。

だがこの抽象的普遍的規定を彼は何故に客觀それ自身の規定としないのであらうか、これはまさしくカッシャーを始め形式的觀念論者特有のテーゼ——『經驗的即特殊的』、『アブリオリ即普遍』といふドグマに由來してゐる。それは感覺的所與を點狀と考へ、それに外的に直觀乃至思惟の形式を與へて始めて認識が成立すると主張する認識論に發してゐる。然し近年に於ける形態心理學にまつまでもなく、感覺を點狀に個別的に考へることこそ、全體的な統一的な感性的經驗からの人工的抽象の結果にすぎないのである。

われわれにとつては上述の『共存』といふ抽象的關係

は、客觀自身の相互の接近状態からその客觀のもつ質的量的特性を捨象して、接近の形態のみを抽出して、表現したものにほかならない。勿論『共存』自身が獨立して存在してゐるわけではない。ヘーゲルによれば抽象的規定は常に具體的個別的規定と統一されてゐる。かくして『共存』は常に具體的な客觀相互の接近の状態を表示するものとして、具體的規定と統一されて存在する。特殊は普遍を、普遍は特殊を相互に前提し、根據として持つてゐる。然るにカッシーラに於てはこの一方のみ、即ち特殊が普遍を前提する側面のみを抽象して、しかも普遍即アプリアオリのテーゼを附加して、共存及び繼起の純粹直觀性をひき出して來るのである。^{*}

* これらのトポロギッシュな時空規定の實在的根據については、本節以前に既に述べた。

ところで抽象性と具體性との關係は、アインスタイン自身に於ては如何に理解されてゐるであらうか。彼は言ふ——「概念は物理學者に對しては、概念が成立するか否かを見出す可能性が具體の場合に與へられたとき始め

て存在する。」^{*}物理學者アインスタインに於ては當然にも抽象と具體との統一が要求されてゐる。故に例へば同時性の概念も、その測定の方法が與へられて始めて意味をもつとされるのである。だがこれとは反對にカッシーラにあつては「具體的なものがそれなしには考へられず、理解され得ないものは、最後のな理念的な規定である」(八六頁)とされ、かくして抽象性は直ちに理念と宣告されると共に、しかも具體に對する抽象の前提性のみが一方的に誇張されてゐる。

* Einstein, Über die spezielle und allgemeine Relativitätstheorie, S. 14.

以上の如く抽象と具體との二世界性を主張するカッシーラは當然にもトポロギッシュな結合の形式としての時空から具體的な測定を絶對的に隔離する。「それ」認識論……「引用者」が結合及び順序形式として意味するところのものは、測定によつて始めて創造されるのではなく、それは測定に於て、そして測定によつてたゞ一層精細に規定され、一定の内容で充されるにすぎぬ(八八頁)。即ち

抽象的な時空形式の測定に對する根據性のみが一方的に強調され、そして觀念的に獨存する前者に對して後者が單に補足され、内容が外部から持ち込まれると彼は考へてゐる。

然し既に特殊相對性理論の際に述べたが、時間的前後關係が光の速度恒常といふ測定的事象を基礎として考へられたことを想起する必要がある。また一般相對性理論に於ても、光速度の最高速といふ極限的な性質（測定的性質）は保存され、かの理論の中軸とされる。

故に時間空間の實在的なトポロギッシュな規定と測定との關係には、カッシラーの想像する如く、後者の前者に對する依存性のみでなく、逆の關係もある。兩者は相互に他を根據として持ち、統一されてゐるのである。そしてこの統一によつてトポロギッシュな抽象的關係が單なる抽象的可能性の域を脱して、現實の事象の規定となる。しかもこの統一の基礎は、——既に述べた如く時間空間のトポロギッシュな性質の基底に實在の因果關係、相互作用があることから容易に分るが——この因果作

用、相互作用なのである。測定がこれを前提することは勿論であるから。だがこれらの事情をカッシラーは完全に抹殺してゐる。

さて相合に關するカッシラーの注意は興味がある。彼によると「相合は同一性を意味すべきではなく、合一であると共に他面に於ては區別である」（八五頁）。相合とは相異なる世界線に同一の點が屬することであるから、然しこのデアレクテイッシュな規定も、カッシラーにあつては、純粹直觀による多様の統一といふ主觀の綜合作用に基けられてゐることを看過してはならない（八五頁）。このカッシラーの結論も上述の如き形式的觀念論に由來する。だがわれわれにとつては相合に於けるデアレクテイックは、實在そのものの運動のもつ同一性と差別性ととの統一の状態なのである。

カッシラーの謂ふ相對性理論の時間空間概念の先驗的基礎付けとは以上の如きものである。それはまったく形式と内容との、抽象と具體との、普遍と特殊との絶對的分離の上に立つ形式主義的解釋であるが、然るに相對性

理論は、これまでの分析からも明かな如く、上記の對立的規定の統一の上のみ成立し、それを本質としてゐるのである。カッシーラーの「基礎付」げに於ける混亂と矛盾もまつたく以上の如き事情に發してゐる。

十

周知の如く相對性理論は非ユークリッド幾何學の現實性を示した。

既に非ユークリッド幾何學の創始者達は實驗觀測によつて現實の空間の性質を認識しようとした。精密な測定によつて、邊の大なる三角形に於て内角の和が二直角と異なることを知るならば、われわれの現實の空間に於ては非ユークリッド幾何學が成立すると考へたのである。例へばロバチエウスキーは三角形 E_1E_2S の邊 E_1E_2 を地球の軌道の直徑、角頂 S をシリウスにおいた三角形の内角を測定して、われわれの空間の曲率を認識しようと企圖したことは有名である。勿論その曲率の小なるために實驗の誤差の範圍以下に落ちて積極的な結果は得られなかつたが、然し彼の企圖したところのものは明白であらう。

ガウスもやはり實驗的證明を企てたと傳へられてゐる。^{*}

* M. Schlick, Raum und Zeit in der gegenwärtigen Phys.
Stk. 1922, S. 40.

ところが斯様な企圖は、カッシーラーに依ると方法論的に基本的な誤謬を犯してゐるとして、彼はH・ポアンカレを援用しつゝ、論をすゝめてゐる。——「すべての測定は空間自身に關するものではなく、常に經驗的に與へられたもの、空間内の物理的なもののみ關係する。故に如何なる實驗も純粹幾何學が基礎におく觀念的な形象に就て、直線及び圓に就て何事かをわれわれに教へることは不可能である。それがわれわれに與へるものは常に物質的なものや過程の諸關係に就ての知識にすぎない。故に幾何學の諸命題は經驗によつて確められもせず、また反駁されもしない。如何なる經驗もユークリッドの公準と矛盾しないだらう。何となれば或經驗がわれわれに一定の非常に大なる三角形の内角の和の偏差を示し得るとき、この事實の概念的再現が幾何學の公理を變へる必要は少しもなく、そして根本的に方法的にも變へる

ことは出来ない。寧ろ物理的物體に就ての一定の假説を變へればよい。われわれが眞實に經驗したであらうものは空間の他の構造ではなく、光の傳播が嚴密には直進しないことをわれわれに教へる光學の新しい法則であらう(九九頁)。故に「幾何學に於ける經驗論に理性的意義を結びつけることは不可能である」と(九九頁)。

以上の如くカッシャーは幾何學を現實から絶對的に峻別するのであるから、この現實にかの無縁なユークリッド幾何學を適用するといふことは、この幾何學が専ら矛盾のない體系の形成し、且つ經驗の可能な條件のミニマムを満足する體系のうち最も簡單なものであるといふにほかならない。かくして無矛盾性に於て論理的に同格な諸幾何學も、經驗科學の基礎付けに對する效果に於ては、相異なるものがある。これまでユークリッド幾何學に與へられた例外的地位も、經驗に對する關係に於て保證されてゐた。この幾何學は單に經驗と矛盾しないばかりでなく、經驗の Grundstiftung に關與し、現實の認識に對して、眞の且つ唯一の可能性の根據とされたのである。

ところがアインシュタインの重力論に於ては逆轉が起り、非ユークリッド幾何學が現實的であり、ユークリッド空間は單なる抽象的可能性になりさがつたのである。この逆轉の事實を疑ふことは出来ない。だが「問題はこの事實に與へらるべき解釋である」(一〇〇頁)とカッシャーは言つてゐる。然らば彼はこれに向つて如何なる解釋を與へたであらうか。――

相對性理論によつて「或空間が、それがユークリッド的であれ、非ユークリッド的であれ、實在的であるとの主張は、われわれに對しては如何なる意味をも失つた」とカッシャーは言ふ(一〇一頁)。「相對原理によつて空間から『物理的對象性の最後の剩餘』が除去された」(一〇一頁)からである。「たゞ相異なる計量關係が物理的集合體の内部に於て、空間時間と物理的實在的對象とのかの不可分の相關關係――これが相對性理論に於ける最後の所與であるが――の内部に於て、示されるのみ。そしてこの計量關係は非ユークリッド幾何學の言語に於て、その最も簡單な精確な數學的表現を見出すことが主張さ

れる(二〇一頁)。

だが勿論この言葉はユークリッド幾何學のそれと全く同様に「純粹に觀念的で記號的」(二〇二頁)である。しかも「そのみがあらはすことが出来、そしてあらはさうと努める現實性は、物のそれではなくて、法則及び關係のそれである。そして認識論的に問題となるのはたゞ次の一つである——非ユークリッド幾何學の記號と時空的『事象』の經驗的集合體との間に、一義的な關係と對應がつかられるか否か。物理學がこの問ひを肯定的に答へれば、認識批判はそれを否定する何等の理由も、何等の權利をも持たない。何となればそれがすべての物理的理論の條件として主張する空間の『アプリオリ』は……空間の一定の個別的構造に關する主張を含むものではなく、既に線素の一般概念のうちに……表示されたかの『空間性一般』の機能にのみ關する」(二〇二頁)とカッシーラーは言ふ。

然し乍ら相對性理論のために空間から物理的對象性の最後の剩餘が除去されたとの主張からカッシーラーは空間の觀念性を導來するが、これは正當であらうか。

これに就ては前節に於て既に述べたが、重要な論點であるから、こゝでいま一度繰返しておかう。

相對性理論はニュートンの絶對空間を否定したが、これは空間を物質、時間から孤立せる存在とすることを否定し、物質のそれ自身によつて規定される形式としたことであり、決してこの形式としての空間の實在性を拒否したのではない。

また相對性理論は實驗に支持されつゝ、特殊座標系を否定したが、これはまた座標系の客觀自身に對する外面性を示してゐる。だがこの外面性も對象である客觀の空間的性質そのものを否認することではなく、客觀に對して外的におかれた座標系が、客觀の空間的性質を全面的に把握し得ないことにほかならないのである。かくて全面的認識のためには、座標變換によるあらゆる可能なる座標系からの把握が必要である。これによつてのみ對象の不變乃至共變な空間的關係が把握される。例へば普通の意味の空間的距離は共變ベクトルとして、即ち座標變換とまつたく同一の變換を受ける量として客觀的に規定

される。變換の法則自身が與へられるからである。要するに空間的關係は、座標變換によつてあらゆる座標系に對する關係をもつこととなり、こゝに却つてその本質が認識されるのである。

従つて座標系の同格を宣告する相對性理論は空間の對象性を剝奪するのではなく、たゞその孤立性絕對性を否定するのみ。實に線素 δs のうちに空間座標は不可缺のモメントとして含まれてゐるではないか。

カッシラーは或量が座標變換で變化することから、その量の觀念性を歸結したのであらうが、これはまつたく座標變換の本質の誤解である。

さて前述のカッシラーからの引用に於て彼は幾何學を純粹に觀念的な記號として、それと物的實在との内的聯繫を斷ち切り、従つてまた幾何學の適用される實在は物ではなく法則であり關係（しかもこれはカッシラーに於ては觀念的に理解される）であるとし、かくて認識論的に意味のあるのは、幾何學と經驗的事象の集合體との間に一義的對應（對應は外的!!）があるか否かにすぎないと

言つてゐる。

勿論、幾何學的概念、例へば球と現實に存在する球狀物體とは完全に同一であるのではないが、然しながらカッシラーの如くに兩者をまつたく切離して、それらの單なる外的對應に満足すべきであらうか。

カッシラーは言ふ——「幾何學の形象はユークリッド的にせよ、非ユークリッド的にせよ、それは現存在^{レグザン}の世界に於ては、何處にも直接的な對應物をもたない。それは物理的に物のうちに存在もしないし、同じく心理的にわれわれの『表象』のうちに存在するのでもなく、すべてそれらの『存在』^{ザイン}、即ちその妥當及び眞理値は、その觀念的意味にある」（一〇二頁）。

幾何學と經驗的實在とは「原則的に混同されず、交換され得ない」（一〇二頁）。

「かくしてわれわれが純粹幾何學の或命題に對して許す應用の可能性も、實にまた觀念的幾何學的集合體の要素と經驗的集合體の要素とが、或仕方で直接に相蔽ふことにあるのでは決してない。斯様な感性的直接的合同の代

りに、むしろ複雑な完全に媒介された關係的聯關があらはれねばならない。純粹幾何學の點、直線、平面の意味するところのものに對しては、感性的感覺と表象の世界の内部には、如何なる模像も對應もない。『經驗的なるもの』と理念的なるものとの或程度の相似性さへも、より大なる、又はより小なる偏差をも、嚴密には語り得ない。何となれば兩者はまさしく相異なる種屬に屬するから（一〇二頁）。

然らばこの相異なる本質をもつ兩系列を結合するものは何かといへば、例の『對應』であり、しかもその對應には正確性と完全性とに於て程度の差別があると彼は言ふ（一〇二頁）。

そして「個々の幾何學的眞理又は個々の公理、例へば平行線公理は、決して個々の經驗と比較されるのではなく、一定の公理系の全體のみを、われわれは物理的經驗の全體に對して對應させることが出来る」（一〇二頁）。

若しこの對應が不成功であつたならば、まづ測定に入りこんでくる複雑な物理的條件を考察して、適當に物理法

則を變へる。これによつても對應が不成功ならば幾何學の體系を變へる。そして「かゝる變更を妨げるものは原則的に存在しない。何となれば、われわれは幾何學の公理を所與の實在性の模像とすることなく、それを純粹に觀念的で構成的な指定と考へるから」（一〇三頁）。

故にまた「經驗は幾何學の公理を基礎付けることはなく、それに相異なる論理的に可能なる諸體系——この各々は自己自身に於て嚴密に合理的に基礎付けられてゐる——としての其等のうちから具體的使用に對して、現象の解釋に對して、一定の選擇を行ふのみである」（一〇三頁）。

以上、冗長な引用を敢てしたが、これが幾何學のアプロオリ説の常用の論法と、見本と考へたからである。

だがわれわれはこの意見にくみすることは出来ない。先づ現實の物體の空間的關係と幾何學的概念との關係を考へてみる。例へば大きなない點、幅をもたぬ線、厚みのない面などは現實に存在しないことは言ふまでもない。然しながら、だからと言つて、幾何學的線と、われ

われが現實に描く線とは、カッシラーが考へる如くに、しかく完全に無縁なものではない。實のところ幾何學的な形態の概念は、まつたく外界から取り來つたものである。そしてわれわれが幾何學的觀念に到達するためには、既に現實の物質的形態が存在し、それがわれわれによつて比較されねばならない。

勿論、現實から幾何學的觀念に達するためには多くの思惟の媒介が必要である。先づ現實の物質に於て、その質的内容的側面が捨象され、その外的な關係である空間的關係のみが注目される。例へば球體から、それを形成する物質が捨象される。かくして得られた現實の空間關係から更に副次的條件が除去される。即ち研究さるべき空間的關係に應じて、それに對して非本質的なる條件が捨象される。例へば現實の點からは、その位置にのみ注目することによつて、その大きさが捨象され、現實の線からはその線狀性質のみが抽出されて幅は捨象される等々。

以上の如く多數の抽象過程を経て、われわれは抽象的

な幾何學的觀念に到達する。^{*}

また例へば日常のわれわれの世界から物質的内容が捨象され、空間的關係のみが抽出されるならば3次元ユークリッド空間を、また重力場からの抽象によつて或種のリーマン空間を得る。カッシラーが『空間性一般』としてアプリオリと考へる『共存』といふトポロギッシュな形式も、現實の相接する諸物體の關係からの抽象にすぎないのである。

* 幾何學の公理の經驗的起源に就ては

Helmholtz, 'Über den Ursprung und die Bedeutung der geometrischen Axiome' (Schriften zur Erkenntnistheorie, 1921) 参照。

次にリーマン幾何學の中心となる線素 ds に就て考へてみる。 ds は勿論不變である。この幾何學の特質は微小域ではピタゴラスの定理が成立し、ユークリッド空間となることである。リーマンは「曲線の長さが位置に無關係で、從つてすべての曲線は互ひに長さを比べ得る」こと、及び「2次の量を考へにいれぬ限り線素の點全體が同じ微小な變移を受けても線素の長さは變らぬ」こと

を、「量 Σ 」の各成分 $\{x^i\}$ のこと……筆者」が全部同じ
比だけ大きくなれば線素も亦同じ比だけ變る」ことを Σ
の二次微分形式

$$ds^2 = g_{\mu\nu} dx^\mu dx^\nu$$

の前提とし、この形式がこれらの條件を満足する最も簡
單なるものとしてゐる。

* Vgl. R. Riemann, Über die Hypothesen, welche der
Riemannsche Geometrie zu Grunde liegen. (Habilitationsschrift am
10. Juni 1854 vor der Göttinger philosophischen Fakultät), II, 1.

アインシュタインによると右の假定は微小域に於ては次
の如き假定を含んでゐる。第一には剛體の自由可動性。
第二には剛體の配置關係は物體の質、並にその場所の變
化に無關係であり、従つて一度重ね合ふ様に持ち來し得
る二つの線分は常に且つ到る處で重ね合される。* 第一の
假定は明かに重力場に於て成立する。第二の假定は以下
に述べる如き事情からその成立が保證される。

* Einstein, Vier Vorlesungen über Relativitätstheorie, S. 3.

Σ を不變とおき得るのは(既に簡單に述べたが、いま

一度繰返すならば)、アインシュタインによると次の如くで
ある。——

「若し二つの距離が一度いづれかの場所で等しいと認め
られたならば、それらは何時でもまた如何なる場所でも
等しい。實用的なユークリッド幾何學ばかりでなく、猶
ほまたそれに次いで一般化された實用的なりーマン幾何
學、従つてまた一般相對性理論はこの假定にもとづいて
ゐる。この假定の至當であることを示す經驗根據のうち
で私は唯一つを述べてみる。眞空中で傳播する現象は各
々の局所時の間隔に對して一つの距離、即ち相當する光
の經路を決定し、そしてまた逆に光の經路は局所時の間
隔を決定する。相對性理論ではさきに距離に對して設け
た假定がまた時計の時間間隔に對しても成立しなけれ
ばならないといふことは、これと關聯してゐる。その場
合には次の如くに言ひ表はすことが出来る。二つの理想
的の時計が何れかの場所で(そこで二つは直接に隣接し
ておかれてゐるが)相等しい速さで進むならば、それら
は相互に一致した場所にある限り、何時また何處で比べ

られても、それとは全く無關係に常に等しく進んでゆく。この法則が若し自然の時計に對して妥當しなかつたとしたら、同じ化學元素の箇々の原子の固有振動数は、經驗の示す如くに精密に相互に一致することはあり得なかつたであらう。明瞭なスペクトル線の存在するといふ事實は、實用幾何學の上述の基礎法則に對する確かな經驗的根據である。これに基いてわれわれは四次元の空間時間連續體のリーマンの意味に於ける測法に就て意味深く語り得る。此の連續體がユークリッド的であるか、又は一般のリーマンの仕方によつて、若しくは更に異つた他の仕方によつて構成されるかといふ問題は、此處で採用された見地からすれば、固有の物理學的問題であつて、それは經驗によつて解答されねばならぬ。……實際上の剛體の配置法則が、考へられた空間時間的範圍の狭ければ狭いほど益々ユークリッド幾何のそれと一致するようになるならば、そのときにリーマン幾何學は成立するであらう。」

* Einstein, Geometric und Erfahrung, S. 9-10.

相對性理論をめぐる認識論的諸問題

故に重力場の線素 ds を不變とし、その計量の基準を二次微分形式とするのも、まづたく當の實在そのものの性質（スペクトル線の明瞭な形、微小域でユークリッド幾何が成立すること等）に深く根ざしてゐるのであり、其處には、悟性の恣意は、對應の外面性は存在しない。ライヘンバッハも線素の二次形式が重力場に適用されるか否かを、現實の經驗により決定されるとしてゐる。

$$ds^2 = g_{\alpha\beta} dx^\alpha dx^\beta \text{ Invariant} \quad (1)$$

この不變なスカラ量を便宜上單位1とする。簡單のため二次元の曲面を考へる。 ds を1とするには多くの方法がある。まづ集合體（重力場）内の一點Pで單位の棒を自由に廻轉するも同一の ds^2 となることを求めれば ds^2 は一義的にきまる。最初に棒を線 $ds^2 = g_{11} dx^1 dx^1$ 上におくと $ds^2 = g_{11} dx^1 dx^1$ となり(1)は $ds^2 = g_{11} dx^1 dx^1$ だから ds はきまる。次に斜の對稱の方向に棒をおけば $ds^2 = g_{11} dx^1 dx^1 + g_{22} dx^2 dx^2$ が決定される。かくして定まつた ds が單位尺度のすべての位置に對して $ds^2 = g_{\alpha\beta} dx^\alpha dx^\beta$ を充足することは(定義ではなく)明かな真理であるが、これが現實に成立するか否かは勿論經

驗によつて決める。若しこれが不成立ならば微小域で成立するか否かをたしかめる。即ち棒を小とすると従つて上記の事實が逐次近似的に成立するか否かを現實に於て吟味するのである。若しこれも不成立ならば、われわれは四次微分形式

$$K^4 = \text{Spacet} \cdot d^4x^1 d^4x^2 d^4x^3 d^4x^4 \quad (2)$$

と考へる。2次から4次へとうつると係数の個数が多くなるから、多數の條件に適應することが出来る。即ち彈力的となる。然しわれわれが比較的に非彈力的な二次形式ですまし得るのは、當の對象そのものの持つ性質による。測度物體メASUREが微小域ではユークリッド的であるからだ。

* Reichenbach, Philosophie der Raum-Zeit-Lehre, S. 286-

287.

以上の如く抽象の原物(物理學の對象、例へば重力場)と抽象の産物(例へば幾何學、特にリーマン幾何學)との間には、カッシラーの言ふ如き單なる外的對應ではなく、本質的つながりをもつ對應がある。それは抽象を媒介とする近似的把握である。

カッシラーは兩者の關聯を簡單に對應(外的な!!)と言ひ切つてしまふが、何故にわれわれは現實の球體に幾何學の球を對應せしめ、他の物體を對應させないのか。それの必然性の根據に就てカッシラーは何ごとも語らない。また既述の如くカッシラーは對應に精密性と完全性の度合ひがある(一〇二—一〇三頁)と言ふが、何故にこの程度の差が生ずるか。これに就ても彼は何の答へもない。そもそも本質的に無縁な兩者(カッシラーによると)を、何故に對應させ得るか。われわれにとつては對應が可能なるためには、兩者の間に本質的關係がなければならぬだらう。構造に於て相通するものがなければならぬ。

また相對性理論によつて幾何學はユークリッドからリーマンへの變更を餘儀なくされたが、この變更を惹起した迫力は何處から生じたか。本質的に無縁な筈の(カッシラーから見ると)幾何學と自然界との間に何處に一が他を變更する力を生じ得るのか。彼は現實の空間關係は幾何學の選擇を與へるのみと言ふが(一〇三頁)、何故に

選擇が可能なりや、これらに就て彼は何等の肯定に値する解答を與へない。あるひはポアンカレ流に、結果が簡單であるからと答へるかも知れないが、然らば結果が簡單となるのは何故か、簡單を惹起するものは何かと、われわれは問ひたい。だが概念の世界と現實とを無關係に切離す限りは、これらの解答は不可能であらう。

さてカッシラーは「空間性」一般として並存といふ形式を擧げ、これのみをアプリアリな直觀形式としたことは既に述べた。これは相對性理論によつて歸結された現實の空間の計量關係の經驗的性質が、計量關係の先天性をユークリッド幾何學を墨守しつゝ主張したカント主義に打撃を與へたことを考慮したからであつた。かくてアプリアリの範圍が縮小された。然しカッシラーがアプリアリの孤壘として頑強に固守する「並存」も、既述の如く、思惟によつて現實の物體の接近状態から物體の凡ての質を捨象して生じた單なるエレメント間の接近状態である。それは現實の空間的關係の一面の抽象によつて認識されるが、それは抽象的であるとて實在性を失つたイ

デルなものではなく、その原物は現實のうちにある。故にわれわれにとつてはカッシラーの「空間性」は實在的なるものとして計量關係と同一の世界にあり、かくて始めて兩者の統一もあり得る。これは線素の式に於て見られる。これに含まれる座標分 x^1, x^2, x^3 は事象に番號を附ける(トポロギッシュ!!)ものとしてカッシラーの「並存」の性質を持ち、 g_{ik} は計量關係の決定因子である。そしてこの兩側面は g_{ik} に於て美事に統一されてゐる。

だが前者をアプリアリの天上界に、後者を經驗の現世におくカッシラーにとつては、兩者の統一は、如何なる努力を試みようとも、單なる外的なつぎ合せ以上のものとなることは不可能であらう。

さてユークリッド幾何學は曲率零の空間として極めて特徴的な簡單な幾何學であることは周知のことである。それに於てはすべての位置や量の徹底的な相對性がある。

このユークリッド空間をカントはアプリアリとしたが、カッシラーも物理的空間の非ユークリッド性を承認

しながらも、他方に於ては何等かの意味でユークリッド空間が空間の本質であることを導きたいのは新カント學派の彼としては當然のことであらう。彼は前述のポアンカレのテーゼ(すべての物理學的實驗測定は空間の本質には無關係であり、それは空間に於ける物理的なるものみに關係する)を援用して「同質なユークリッド空間の抽象(又はもつとくまう言へば純粹な機能)は相對性理論によつても如何なる仕方に於ても搖がされず……」(一〇六頁)と、また相對性理論によるユークリッドからリーマンへの「計量關係の變化はまさしく空間の計算にではなく、重力場によつて規定される物指と時計の物理的關係の計算に關する」(一〇六頁)とも言つてゐる。

以上のポアンカレ・カッシラーの理論には正當な一面をもつてゐる。抽象としてのユークリッド幾何學の空間と相對性理論の物理的空間との差別を主張してゐる點に於て、抽象としての幾何學の空間は、抽象の資格に於て、抽象的な無矛盾の體系の意義に於て、原物である物理的空間とは、存在性に於て相異つてゐる。ところがポアン

カレ・カッシラーはこの差別のみを誇張し、しかも空間を幾何學的空間に制限してゐる如き語調が見受けられる(例へば右に述べたユークリッド「幾何學」の空間は相對性理論によつて搖がされず。またリーマン幾何學は重力場によつて規定された物指と時計との物理的關係にのみ關すると宣言することによつて重力場内の物體の空間的關係を空間的でなく、物理的であると主張してゐる。)と共に他方に於てはポアンカレのテーゼ「空間に於ける物理的なるもの」を云々することから判斷すれば物理的空間をも空間と呼んでゐる。こゝに重大なる混亂がある。

如何なるものを空間と呼ぶかは人の任意であらうが、そして空間を幾何學のそれに局限することも結構であるが、然し幾何學の空間は無矛盾な抽象的な形式體系であると共に、既述の如く現實の物質の空間關係(物理的空間)からの抽象による普遍化と形式化の産物であるからには、幾何學の空間の生みの母胎として物理的空間をも空間と呼ぶのは充分根據のあることである。

われわれは幾何學的空間と物理的空間との内的聯繫を

認めると同時に、その差別を、抽象の原物と産物との資格に於て、認める。故に相對性理論によつて無矛盾な形式體系としての、抽象物としてのユークリッド幾何學が否定されたのではなく、たゞその現實性が否定されたのである。

ところで上記のポアンカレ・カッシラー説に於ける混亂は重大なる危険をはらんでゐる。それはポアンカレの言ふ「空間に於ける物理的なるもの」とこの空間(勿論、物理的空間)とを絶對的に隔絶する。このことはリーマン幾何學が空間に關せず、物理的なるものみに關すると言ふ上記のカッシラーの言葉に明白にあらはされてゐる。かくて絶對空間を否定して出發したカッシラーは物理的空間が物質の存在形式であることを否定して空間の抽象性に固執するのあまりに物理的空間を物質と切離すところの「空間の絶對性」におちこんでしまつた。

だがわれわれにとつては純粹な空間自身は重力場には存在しない。重力場内の物體の空間關係は物理的である。しかもこれまでの分析からも明かであるが、相對性理論

は重力場内の物體の空間的關係を時間的關係と共に物質の基礎の上に不可分に統一した。そしてこの時空物質の集合體の抽象的表現がリーマン空間となるのである。重力場に於ては重力と無關係な、それから隔絶された空間的關係は存在しない。この相對性理論のもたらした科學的事實を前にして猶も空間自體の抽象に固執することは全くの無意味であると共に上述の如き重大なる危険を含んでゐる。

われわれにとつてはユークリッドからリーマンへの進展は勿論幾何學の體系自身に於ても重大なる發展であるが、相對性理論のもたらした成果からも明かな如く物理的空間自身に強烈な變革を與へた。カッシラーはユークリッドからリーマンへの進歩が空間に無關係であると言ふが、われわれにとつては、この進展は空間自身に關與する。幾何學的空間の意味に於ても物理的空間の意味に於ても。

だがカッシラーにとつては空間關係と現實の物質(例へば固體物指や光線)を測定の基準におくこととは本質

的に無關係であり偶然的である。空間が客觀自體の存在形式であることを否定する彼としては當然のことであらう。故に彼が如何なる自然の物體が剛體であるかを決定するにはユークリッド的な直線の概念が必要であると言つても(二〇七頁)、驚くにはあたらぬ。然し純粹に觀念的な概念「直線」を以て如何にしてこれと無縁な(カッシラーに依ると)現實の物體の直線性を判定し得るか。これは不可能なことである。

カッシラーは、現實の時間空間的性質が全く現實の物體相互の關係によつてのみ、相互の比較によつてのみ決定されるところの、物體そのものの存在形式であること、この事實(相對性理論が雄辯に物語つた)を理解しないのである。かくして既記の如き混亂と誤謬が惹起する。

以上の如く純粹空間の抽象に固執するカッシラーは當然にも相對性理論の空間からも存在性を剝奪して、經驗材料の整理のための單なる方法に轉化する。——「空間の問題は相對性理論のうちでは凡て存在論的意味を喪失してしまつた。存在問題の代りに純粹な方法論的問題があ

らはれる(二〇八頁)。故にまた「相對性理論は、一定の物理的集合體の表示に種々の計量規定、即ち種々の幾何學の概念の言葉を適用する可能性又は必然性に就て純粹に方法的に論ずる(二〇九頁)とて、彼は相對性理論をも方法論主義の範例にしてしまふ。

方法論主義に於ては、言ふまでもな形式(II方法)の内容に對する優位が主張される。——「元來はまつたく純數學的思辨の内在的進歩から、幾何學の基礎に横はる假説の觀念的變革から生じた思想が、いまや自然法則がそ、ぎこまれる形式として直ちに役立つ。以前には非ユークリッド空間の計量的性質の表示として提示された同じ函數が重力場の方程式を生ずる。かくてこの方程式はこれの提示のためには新しき未知の力、特に遠隔力の導入を必要とせず、これは普遍的な計量の前提の規定及び特殊化から導出される(一一〇頁、傍點引用者)。即ち純思辨的に先天的に考案された概念の體系であるリーマン幾何學がまつ存在して、これから純粹に論理的に相對性理論の物理的法則が産出されると言ふのである。

かくてカッシーラーに於てはリーマンの幾何學上に於ける變革の基礎にあつた現實的なるものへの顧慮が無視されてゐる。だがクラインも言ふ如く——「リーマンは重力、光、電氣の作用を傳播する連續的なもの^{***}で以つて充滿された空間を考へる。彼は到るところで過程の時間的擴がりの表象をもつてゐる」。そしてこれと同じ思想はガウスからウェーバーへの私信にも見られると傳へられてゐる。斯くの如く空間を物質の運動と不可分に統一されたものとする思潮が非ユークリッド幾何學を、リーマン幾何學を産出したのではあるまいか。勿論、平行線公理をめぐる證明可能の論理的問題が非ユークリッド幾何學の生誕の一動機となつたことは否定出來ぬが、だが非ユークリッド幾何學の現實の空間に於ける成否を實證せんとしたロバチエウスキー、ガウス等の企圖は、現實の空間への顧慮が、物質の存在形式としての空間の思想が、發展の重大なる因子であつたことを物語つてゐる。リーマンの有名な就職講演(一八五四年)からもこのことが明瞭にうかゞはれるのである。

相對性理論をめぐる認識論的諸問題

彼は言ふ——「幾何學の有する假定が無小限の範圍に於て成立するかといふ問題は、空間の計量關係の内部的根據を求めると關聯してゐる。この問題——これは空間の研究に對して恐らく未だ考慮に容れられてゐないであらうが——に於ては、先に述べた注意、即ち不連續ディスクリートな集合體では計量關係の原理は既に此の集合體の概念自身の中に含まれてゐるが、だが連續的集合體に於ては何處からか何かゞそれに加はらねばならぬといふ注意が適用される。かくて空間の基礎に横はる實在なるものが、不連續な集合體をなすか、然らざれば計量關係の基礎は外部からそれに作用する拘束力の中に求めらねばならぬ。現象に對して經驗によつて保證されてゐた從來の見解——即ちニュートンが根據付けた見解——から一歩進めて此様な見解を、その見解によつて説明出來ぬ事實によつて促進されながら漸次に作り變へるときにのみ、かの二つの問題の解決が見出されるのである。此處で爲した様に一般的概念から出發する研究は、この勞作が概念の制限によつて邪魔されず、事物の聯關の認識の進歩が

傳統的な先入見によつて妨害されぬことにのみ役立つのである。このことは幾何學の範圍を越えて他の科學の領域、物理學の領域に導いて行く（傍點筆者）。

かくてリーマンに於ては空間の形式が實在のうちに内部的根據をもち、このうちに計量關係の最後の基礎が求められてゐる。そして空間問題の發展と解決の基礎をニュートンの物理學の變革、勿論觀念的ではなく事實に促進されての變革に看とつてゐる。これは六十年餘をへだて、アインシュタインによつて實現されたが、リーマンの天才的洞察には驚くべきものがある。また彼は一般觀念から出發することの意義を、特殊概念のもつ制限の排除と傳統的先入見の除去のうちに認めてゐる。そこには些かのアプリアオリスムスも見出し得ない。

然しカッシラトは以上のリーマンの思想をヘルバルト的リアリズムとして退け、これに對して得意のコペルニクス的轉廻を施す。「實在的なるものが空間の實在根據^{レテアル}ではなくて、空間は觀念根據として實在認識の構成と進展のうちにあはれる」（二二頁）と。だが、この「轉廻」は全く事態の本質の逆轉であり、誤解である。幾何學と現實との二世界説のカッシラーにとつては兩者の統一

に根據をおくリーマンは全く不可解のものであらう。

われわれにとつては幾何學の空間は、物質の存在形式たる現實の物理的空間から抽象され、普遍化されたものであるから、計量關係が究局的には現實の構造によつて決定されることは當然のことであらう。右に述べたリーマンの思想は、このわれわれの見解に絶大の支持を、根據を與へる。

リーマンの天才的思想の源泉は何處にあつたか。——これは科學史の興味あるテーマであるが、いま此處で次の如き主張を提出するのは、これまでの分析の成果から判斷して單なる牽強附會ではないであらう。——リーマンの新幾何學創造は、「幾何學の基礎に物理學をおき、空間關係を物理的力によつて規定されるところの實在そのものの形式とした」ことから、有力な根據と源泉をひきだしたと。事實、彼リーマンはウェーバーと共に數多の物理學の實驗を行つてゐたのである。

* F. Klein, Vorlesungen über die Entwicklung der Mathematik im 19. Jh. Bd. I, S. 251.

** B. Riemann, Über die Hypothesen usw. 1854. III, 5. 雜

註「數學」に前田氏の譯あり。

一九三七・一〇・三〇（未完）