

相對性理論をめぐる認識論的諸問題 (承前)

近 藤 洋 逸

四

前節で相對原理をめぐる認識論的問題を概観した。と

ころで時空の同質性の原理は相對原理の確立と聯關して成立したのである。ギリシャ物理學の「場所」^{オルト}の理論がま

づ加利レイに依つて「立場」^{スタンドオルト}へ、座標系へと止揚され、か

くして時間空間の同質性原理は確立の第一歩を踏み出したといつてよい。これに引續き加利レイからニュートンへと物理學が進展することに依つて、時間空間は絕對時間、絕對空間にまで一樣化され同質化された。然しなほ

それが惰性及び遠心力の原因と考へられたことは、時間空間を物質と隔て、外部に定立するものであるから、時間空間の完全な同質性の確保を妨害したといはねばならない。だがC・ノイマン、マッハ等に於てニュートン力學の原理が反省されるに及んで、物質から獨立した物理

的性質が時間空間から剝奪され、かくて時間空間の同質性は更に新しき段階に到達した。

時間空間の同質性原理の本質は、その「原理」の叙述からも明かな如く、時間空間を物質そのものの形式とするところにある。時間空間は同質化のために無内容になると同時に、他方に於てそれは無内容となることに依つて却つて物質自身の形式として物質そのものに不可分に密着させられるのである。^①

① この原理に就ては次節に於て簡單乍ら觸れるつもりである。

時間空間同質性原理に關する哲學者達の認識論的分析には見るべきものが無いから、直ちに光速度恒常則に關する考察にうつることとする。

先づ新カント主義者カッシーラから始める。カッシーラ

一はゲーテの言葉を引用して、既に述べた力學と電磁氣學の統一につきまとふ困難の解決を相對性理論は「問題を要請に轉化させる」ことに依つて得たと言つてゐる。

(三〇—三二頁)^①。即ち彼は光速度恒常則は思惟の一つの要請であると宣言するのである。だが若しこの要請が眞に單なる理論の要求であつて、現實的根據なきものであるならば、かゝる光速度恒常則を一原則とする相對性理論は原理のアブリアオリ性を、形式の非實在性を主張する批判的觀念論の有力な一典據となるであらう。故に光速度恒常則の吟味は、相對性理論の認識論的分析にとつて甚だ重要である。阿部良夫氏は光速度恒常則を分析して次の如く述べてゐる。^②

(a) 光速度は光源の速度に無關係。

(b) 光速度は位置及び傳播の方向に無關係。

(c) 光速度は座標系(但し慣性系)に無關係。

さて、われ／＼にとつてはこの各々の主張には以下に述べる如く夫々リアルな根據があるのである。

(a) には無數の實驗的支持がある。ド・ジッターの二重星の光速度に關する研究(一九一三年)、R・トルマン

の太陽を光源とする實驗(一九一〇年)、地上に光源をとつた精密な實驗としてマイケルソンの實驗及びQ・マヂヨラナの實驗(一九一八年)がある。いづれも(a)の主張を裏書きした。

(b)に關してもリアルな根據が存在する。先づ阿部氏に據つて(b)を解説する。光速度が位置及び傳播の方向に無關係であることは、空間の同質性からは導出されない。例へば二個の帶電體A Bのみが宇宙内に存在し、その位置は或方法で定められたと假定し、Aが座標系の原點に、Bがx軸上の2の點にあるとき、x軸上で $\frac{1}{2}$ の點の物理的狀態は、Aが點 $(\frac{1}{2}, \frac{1}{2})$ 、Bが點 $(\frac{1}{2}, \frac{1}{2})$ にあるときのP點 $(\frac{1}{2}, \frac{1}{2})$ のそれと同一である。即ち物質、電氣等が分布されてゐるとき、任意の點の物理的狀態はこの點がこれらの物に對する相對的位置だけできまり、これらの全體としての位置方向には無關係であることが空間の同質性である。故に此原理は右記の例に於て、電場の狀態が、A B間に於けると、A Bより遠い場所に於けると同一であると主張するのではない。然るに(b)の主張する光速度の方向位置に關する無關係性は、例へば

A B間に於ても、またA Bの遠方に於ても、一般に云へばその點の電場磁場及び熱的狀態、またその附近の物質、電子等の分布如何にかゝはらず(但し萬有引力を除外して)、たゞ眞空でさへあれば光速度が一定であることである。換言すると光速度は眞空と萬有引力の除外を條件とすれば他の如何なる物理的狀態に對しても獨立であることである。そしてこれは實驗に依り證明されてゐる。

われ／＼は以上のことから光が空間そのものとびつたりと結合されてゐることをみるのである。光速度を變化せしめる萬有引力は、一般相對性理論(後に述べる)で説明されたところによると、加速度運動、即ち物質の運動の空間的規定と密接なる關係があるが、このことから光速度が空間性と本質的關聯をもつことを知る。そしてこゝに光速度の特性があることをわれ／＼は銘記しなねばならない。

- ① Cassirer, Zur Einsteinschen Relativitätstheorie 参照、以下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を示す。

② 相對性理論(岩波書店)

相對性理論をめぐる認識論的諸問題

然し此處で注意すべきは光速度が往路に於けると、反射された後の復路に於けると同一であることは實驗によつては證明されないことである。光速度に關係する實驗はすべて(例へばマイケルソン・モーレイの實驗)往路と復路に於ける光速度の平均値にのみかゝはつてゐるからである。^③だがこの理由で光速度恒常則を單なる思惟の要請とのみ考へてよいであらうか。

① Eddington, Mathematical theory of relativity, 2nd. ed. p. 19.
往路のみの、又は復路のみの光速度測定のためには、光源と反射點とに於ける同時刻をまづ定めねばならぬ。ところでこの同時性そのものは光信號を用ゐて定義されるのであるからこゝに循環論が生ずる。故に片道のみの光速度なるものは原理的に不可測であることを認めねばならない。然しそれにも拘らず光速度恒常則は單なる思惟の要請以上のものを含んでゐる。

先づわれ／＼は往路と復路に於ける光速度に相違を惹起せしむべき物理的原因が存在しないことを知らねばならない。

また右に述べた如く、光は空間そのものへ不可離に結

合されてゐる。それは真空中をも傳播し、萬有引力の除外と真空とを條件とすれば光速度は變化しない。かくの如く光と密接に結び付いた空間に於て、往路と復路の光速度が相異なることを想定するのは物理的に無意味である。若し光速度に差異ありとすれば、この差異を實際に檢證する物理的手段を見出さねばならぬが、ところが光にまさつて空間的で且つ普遍的な現象は存在しないからである。實のところ往路と復路に於ける光速度恒常は光速度を計量の標準とすることにほかならない。しかもそれは右に述べた光のもつ特有の性質に基礎付けられてのことである。

光速度恒常則が若し單なる思惟の約束であるならば、例へば音波を以て標準とすることも可能であらう。然し音波は真空中を傳播しない根本的弱點をもつてゐる。更にそれは「測度單位の物理的同一性原理」^①を破壊する。

この原理の示すものは次のことである。いま一つの棒が二つの座標系 S 及び S' のなかに之に相對的に全く同一の物理的條件のもとに、例へばすべての力の作用を出来る限り避けて持ち來されるときに、それがどちらも同じ

長さであらはすことである。 S にて長さ l の靜止の固體物指は、勿論 S' にても、若しそれがそこに靜止して居り、且つ他の物理的關係(重力、方向、電場、磁場等)が S' に於て出來るだけ S に於けると同一であるならば、やはり l の長さを持つのである。全く之と同様のことが時計に就ても言へる。

① Born, Die Relativitätstheorie Einsteins. S. 181.

この原理は何も特異のものではない。それは日常の經驗、科學的實驗に於て常に見られてゐる事實の表現にほかならない。われ／＼が長さ、時間の單位を決定するときにはこの原理に示されてゐる手續を常に踏んでゐる。

またこの原理を單なる規約としその必然性を否定することは物理的に無意味であることも知らねばならない。若し S と S' に於ける單位の差異ありとすれば、この差異を實際に檢證すべき物理的手段があるべきであるが若しかゝる手段があるとすれば、それは S にてその單位と合致する物體を S' にうつして S' の單位と比較する方法以外には存在しない。ところでこのことはかの原理そのものを前提してゐるのである。

この「測度單位の物理的同一性原理」は「時空同質性原理」が同一系内の物理的同一性を示してゐるに對して、相異なる系の間に成立する物理的同一性を表示してゐる。故に前者は後者の或意味に於ける本質的擴張と言ひ得るであらう。

此處で注意すべきことは S にて 1 なる物指が S に對し運動する S' からも 1 と測定されることを「測度單位の物理的同一性原理」が要求してゐるのではないことである。ローレンツ變換式(後に述べる)からも明かな如く S' からは 1 よりも短く測られるのである。しかもこれは物指そのものの物理的構造の變化に由るのではなく、座標系の相對運動と測度單位との統一の結果なのである。

さて音信號による時空計量の場合にはこの物理的同一性原理が成立しない。いま海上に一つの運搬船列を考へる。即ち一つの曳船汽船 A によつて綱索で曳かれてゐる二隻の荷船 B 、 C があるとす。そして A 、 B と B 、 C 間の綱索を等長にする。このとき各船上の時計を比較するため B から發した音響信號が夫々 A 、 C に到達した時刻を A 、 C の時計の同時刻とする。ところがこの方法で定められた時空の計量の單位は通常の固體物指及び通常の時計で測

つた時空の單位と等しくならないのである。前者は航走してゐる各船上で、その速度によつて異なるばかりでなく、なほ船の横方向の長さの單位は縦の方向のそれと異つてくるのである。^①

① ホルン、前掲書一八一頁參照。

要するに光速度恒常則に依る時空計量法と固體物指及び通常の時計を以てする計量法とは完全に一致するのであつて、(これは音信號では不可能であるが)この特異の客觀的事情こそ光速度を恒常とすることの一つの有力な客觀的根據である。

右の事態をエディントンは次の如く述べてゐる。^①相對的に靜止せる相異なる場所の同時刻規定には、相等しき結果をもち、しかも全く相異なる性質の二方法がある。

(i) 時計を微小速度で移動して兩場所の同時刻を定める。

(ii) 任意の線に沿ふての光の前進速度と後進速度が相等しい。

① エディントン、前掲書二九頁。

この全く相異つた二つの測時法が全く同一のローレン

ツ變換式(しかも c の値まで一致する)を與へることは驚くべきであり、エディントン⁽¹⁾はこれを偶然の一致としてその理由を説明してゐないが、この合致の事實は客觀的に深い根據を持つてゐるのではあるまいか。方法(i)は時計とそれの速度の統一から生ずる新事態を、變化を極小とすることである。即ち速度と週期運動(時計の)の統一から生ずる事情、即ち週期運動が速度を媒介として現象することから生ずる變化を、この被媒介性を極小とすることに依つてミニマムとすることにほかならない。勿論、速度を媒介とすることによつて固體物指や時計に物理的變化が起ると言ふのではない。たゞそれらは或座標系に對する速度と統一され、媒介されることに依つてそれらの現象形態が變化するのである。故に測度單位と相對的靜止にある觀測者にとつては何の變化も認められない。かくして方法(i)は速度から生ずる影響を極小とすることによつて測度單位を純粹な形態に於て把握しようといふのである。言ふまでもなく微小速度であるから速度零ではない。速度との聯關を可能な限り排除しながら、しかも自己のうちに(いはゞ速度との極微的關係として)

保有してゐるのである。そして斯様な純粹なしかも他方に於て不純な形態に於て把握された固體及び週期運動を測度の單位と考へる方法は、客觀原理を核心に(しかも反對性統一の形態に於て、即ち速度を排除しつゝ保持してゐる)含んでゐるのである。故に(i)も(ii)も(iii)に就ては既に述べた)も客觀性自體をケルンとしてゐると言はねばならない。即ち兩方法は客觀原理を背景として聯關し合つてゐる。

以上の如く客觀的な方法(i)が(ii)と合致する(客觀性を背景として)ことは、光速度恒常則にリアルな根據と異常の理論的強味を與へるものである。

かくして(b)のリアルな根據が保證された。

最後の(c)であるが、これを安部氏は相對性の要求から形式的に天下りの的に導出してゐるが、これは些か事態の誤解に導く危險をもつてゐる。既にマイケルソン・モレーの實驗からも明かな如くエーテルが否定されたからこそ慣性系が同格化相對化され、相對原理が貫徹しかくして(c)は(a)と本質的に同一になるのである。相對性の適用は天下りの形式的なものではなく、第三節

に述べた如くりアルな根據をもつてゐる。

光が計量の基準となる客觀的理由としては以上に述べた如く、その空間性及び固體物指と時計に對する特性等々があけられるが、なほ光の傳播が最速の運動であるといふ極限的性質が光を基準とすることの一つの根據であることも忘れてはならないであらう。

以上の如く光速度恒常則は客觀的理由をもつてゐる。

それはわれ／＼が實在の世界で現實に行つてゐる固體物指と時計による時間空間の計量法（同一棒、同一時計を先づ座標系 S で、次に座標系 S' に移して長さと時間の決定に用ゐる）と本質的に一致することに於て單なる要請の性格を脱してゐるのである。アインシュタインの時空計量法、光速度恒常則は實に單なる規約の立場を越えて實在の物體に就ての現實的認識なのである。

カッシーラーは光速度恒常則を要請にひきさけたが、クラウスはこの原理は誤謬であると斷罪する。^①このアインシュタインの恒常則は明かに前相對論的恒常則とは根本的に異つてゐて、物理學的法則としては不合理である。何となればそれ（前相對論的恒常則）は光速度を或他の等速

併進運動の速度と比較したときの光速度との差異が光速度に等しかるべし！^②など、要求しないから。」^③「それ（光速度恒常則）は自然法則ではない。」

- ① 光源の速度に光速度が依存しない事。前述の(a)に當る。
② Kraus, Fiktion und Hypothese in der Einsteinschen Relativitätstheorie (Ann. d. Philos. Bd. II. H. 3. 1921). S. 368.

クラウスはマイケルソン・モーレーの實驗が慣性系を完全に相對化したことを、少しも理解してゐない。また^④のプラス記號は數學的計算とすれば矛盾であるが、このプラスはライヘンバッハの指摘する如く、物理的現象、即ち光と時計と固體物指との物理的關係を示すものであつて單純な計算ではない。このプラス記號を數學的プラスに翻譯すると有名なアインシュタインの速度の加法々則

$$\frac{u+v}{1+\frac{uv}{c^2}} = w$$

となる。 u, v は加へらるべき速度。 w は合成の結果の速度、 c は光速度。 u, v とすれば w となる。

ところでこのライヘンバッハ^②はカッシラーと同様に光速恒常則は物理的認識でなく、矛盾なしに定義し得るもの、即ち要請にすぎぬとする。これの批判はカッシラーの場合と同様である。

① Reichenbach, Der gegenwärtige Stand der Relativitätsdiskussion. Logos. X. 1921/22. S. 322.

② Reichenbach, Philosophie der Raum-Zeit-Lehre. S. 237.

① ヘップナーは光速恒常則とは「光速度はすべての計算や方程式に於てそれが絶対的定量であるかの如くに扱はるべし」とのことであるといふ。そしてそれに假構の宣告を與へる。だがこれが全く恒常則の實質的内容を無視した誤解であることは細説を要しないであらう。

① Hopfner, Versuch einer Analyse der math. u. physikalischen Fiktionen in der Einsteinschen Relativitätstheorie. (Ann. d. Philos. Bd. II.)

五

前節では特殊相對性理論の三原理の個別的吟味を與へたが、次にこれらの三原理の間の聯關を考察しよう。

相對原理は周知の如くもともと力學の領域に發生した

のであり、そして客觀原理がその本質であつた。此相對原理が電磁氣學へ浸透を始めると共に危機が發生した。周知のことであるがこれの打開を與へたものはほかならぬアインシュタインであつた。

前節に述べた如くこの相對原理の發展は同時に他面に於ては時間空間の同質性原理の進展を必然的に隨伴したのである。相對原理が客觀の實質へと志向するに對して、時空の同質性原理は客觀の形式への認識の浸透の成果であつた。對象がそれ自體に於て認識される（相對原理の貫徹）と共に、對象自身とは隔絶して獨自の存在を保持するものとされてゐた時間空間がその獨立性、孤立性を喪失して、對象自身の形式として對象へと密着されたのが、時空同質原理の示すところのものである。故に兩原理（相對原理と時空同質性原理）は客觀原理を中心として統一されてゐる。即ち客觀原理は相對原理の本質をなす（前に述べた）と共に、時空同質性原理の基礎でもある。蓋しこの原理（時空同質性原理）の言表からも明白であるが、この原理に於ては、同様の物質は空間に於ける位置方向の如何、時間點の如何に關りなく同一の運動形

態を保ち同じ結果を生ずることが、換言すれば客觀自體の獨立性統一性が表示されてゐるからである（客觀原理の貫徹）。しかもこの時空同質性原理の外觀からは、時間空間が物質から遊離されつゝあるかの如く考へられるのであるが、然し事態はまさに逆の方向へ、即ち時間空間を物質自身の形式とする。實のところ物質から切離された時空は完全に同質的、従つて無差別的である（これを時空同質性原理は主張する）が故に現實的認識の對象たり得ないのである。故にこの同質的時空が認識の對象として意義を獲得するのはまさしく對象自體の形式となる限りに於てゝある。かくして同一物質には同一の時空形式が存在する。時空同質性原理の主張するものはまさしく右の事態なのである。故にこの原理を客觀原理が貫徹してゐることはまことに明々白々のことである。

光速度恒常則は電磁氣學に由來してゐるが、この原理は時空の物質の形式化への具體的手段を與へる。光線は直線として物質の幾何學的關係のエレメントを與へ、また同時刻決定の手段をも與へるからである。勿論この光速度恒常則は電磁氣學の實驗の成果に基いてゐるのであ

るから、客觀原理からは自由ではあり得ない。光速度恒常則は時空の物質への近迫を、それらの不可離の統一を強要するのであるが、之に對して時空同質性原理は内面的には時空の物質への近迫を必然的ならしめながらも、なほそれにも拘らず外面的には時空の無内容化、いはゞ或意味での非物質化を強調してゐる。そしてこの二原理は、客觀原理を本質的モメントとする相對原理を基底として統一される。即ち相對原理を中心として兩原理は結合されて、有名なローレンツ・アインシュタインの變換式を生ずるのである。

以上が三原理の統一の形態のスケッチであるが、この統一の結果であるローレンツ・アインシュタインの變換式からの成果として最も注目すべきものは同時性の相對化である。二つの惰性系 $K(x, y, z, t)$, $K'(x', y', z', t')$ が x 軸 x' 軸を共有し、この軸に沿ふて K' が K に對して v の速度で運動するとし、時間 t, t' の原點が合致したときシンクロナイズする。するとローレンツ・アインシュタイン變換は、

$$\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v_x^2}{c^2}}} \cdot \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v_y^2}{c^2}}} \cdot \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v_z^2}{c^2}}}$$

である。 c は光速速度。この式の分析から明かであるがこれまでアブリオリとして絶對的に信奉されてゐた絶對時間へは、は光速速度 c が無限大となつたとき、即ち v が c に比較して非常に小なる場合にのみ成立するところの特別の場合にだけ許されることになつた。右に記した時間の變換式からも明かな如く $\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ であり、同時刻は惰性系の如何によつて變化する。またこの變換式から導出される結果として、 K から見ると K' の物指が短縮して現象し、時計は遅れる。 K' から K を見ても同様に K の物指が短縮し、時計が遅れて現象する。かくしてローレンツの固有時間及びローレンツ短縮^{ローレンツ短縮}がアインスタインに於ては合理的にリアルな根據から導出される。そして以上の如き不可思議な成果も座標系の間の相對運動と固體物指及び時計乃至光との間に成立する特有の客觀的關聯の表れであるが、これに對する哲學者達の意見をきくこととする。

假構主義者クラウスによるとアインスタインの同時性概念は矛盾律を搖すこととなる。「Bに對して同時でないものがAに對して同時であり得るならば、矛盾律が失はれ、かくて論理學はその客觀的妥當性を失ふ。何となれば矛盾律は端的に一般に何ものも同時的であつて同時的でないことはあり得ないことを意味するからである」(三三六頁)②。此困難を克服する試みは「理論の重みを哲學的領域から數學的なるものに移し、もとの所謂『特殊相對性理論』では數學の通常の補助手段である假構が、補助の假構が假説に轉釋されるために、異常の仕方で引用されてゐることを示さうとするのであるが、私が講演したい解釋の試みもこの解釋に歸着するのである。私は他のひとが既に始めたものを此處で續けるにすぎない」(三三七頁)。

ライヘンバッハはこのクラウスの意見を次の如く批判する——「相對性理論にとつては『同時的』は『右』及び『左』と同じく相對的概念であり、従つて論理學の動搖など問題ではない」(三三五頁)②。然しこの批評は何故に同時性概念が相對的であるかの必然性を説明してゐないの

は批判として些か不充分である。相異なる場所の同時刻の決定には其等の場所を連結する物理的現象が必要であること、且つこの現象、例へば光の傳播速度が有限であり、而て各慣性系に對しては光源の速度如何に關らず一定速度 c をもつ等々のリアルな物理的性質のために、慣性系相互の運動狀態に依存する同時性の相對性が必然となることを指摘すべきである。

なほライヘンバッハは同時性の假構化を批判してゐるが、これは適評である——「彼(クラウス)がそれにもかゝらず此同時性に有用なる假構の性質を負はすのは奇妙である。若しアインスタインの同時性が偽であれば、それは物理學者によつて假構としても確かに承認され得ないであらう。」^③

クラウスの同時性曲解の原因は彼の心理的アプリアリズムスにあるだらう。即ち日常の意識に自明なるものを直ちにアプリアリとするドグマによる。このドグマは彼の相對性理論觀の全般を通じて彼の無理解の因をなしてゐるのである。彼に於ては感覺から概念への認識の複雑な展開の道程が少しも理解されてゐない。

① O. Kraus, Fiktion und Hypothese in der Einsteinschen Relativitätstheorie. (Ann. der Philos. Bd. II. Heft 3. 1921).
以下断りなき限りクラウスからの引用文の頁數は本論文のそれを示す。

② Reichenbach, Der gegenwärtige Stand der Relativitätsdiskussion. Logos. X. 1921/22.

③ ライヘンバッハ、前掲論文三三五頁。

アインスタインの同時性を假構と宣告するクラウスは當然にも、アインスタインの時間の規定は時間の本質に關するものではなく、即ち「概念分析の意味での定義ではなく」^①、便宜的な時間の測定に關するものにすぎないとする。「同時性の概念は事柄の本性からして、如何なる仕方(例へば光の信號で)われ^②が同時性を經驗的に定め得るかの問ひに先行せねばならぬ」^③と。

だがアインスタインが概念分析に自己を局限しなかつたところに彼の成功の因があつたのである。いつたい概念分析とは何か、過去の經驗から獲得された概念の内容を析出するにすぎぬではないか、だからそこから積極的なオリヂナルなものは期待出来ない。勿論アインスタイ

ンとて同時性概念に關する舊來の經驗を全面的に否認したのではない。これは同一場所に於ける同時性として彼の時間論のうちに保持されてゐる。彼が同時性に關する過去の認識の所産を土臺として一步を進めたところに彼の成功があつたのである。

① クラウス、前掲書三四八頁。

② クラウス、前掲書三四九—三五〇頁。

またクラウスが時間の概念分析を時間測定の前に引離して持つて行くことは時間の本質から測定を除去する誤を犯すことゝなる。彼は「測度の概念は測らるべき何ものかの概念を前提する」^①と言つてゐる。彼の謂ふところの測らるべき時間そのものが如何なるものであるか不明であるが、善意に解してトボロギッシュな前後關係（過去、現在、未來）のみの存在する時間と考へられるが、然しこの計量拔きの時間は抽象的な時間の規定性として一應の存在の權利を持つてはゐるが、それが現實の具體的世界の時間となるには計量と必然的に統一されねばならない。精密な科學的實驗に登場する時間は常に計量的規定を含んでゐる。

① クラウス、前掲論文三五〇頁。

しかも尙ほ注意すべきはアインスタインの時間論はトボロギッシュな時間の規定にも大きな寄與をなしてゐることである。即ち彼は所謂ミンコウスキー世界の間に於ては時間的前後の關係が座標系の如何に依つて變化すること、そしてリアルな因果關係、相互作用に依つて連結された現象のみに一義的なトボロギッシュな時間の規定が與へられること（これは過去圈、未來圈の區分としてあらはれる）を明かしたのである。かくして抽象的な時間の前後の規定、クラウスの謂ふところの時間の概念分析的な規定、時間のアプリアリ的性質もアインスタインに依つて物質、そのものの因果關係の土臺の上にひきもどされ、基礎付けられ、現實化されたのである。かくの如くアインスタインが時間を實在そのものの形式とすることによつてその具體的な計量關係に與へた變革は當然にもその抽象的なトボロギッシュな規定にも重大なる寄與をなしたけたのである。抽象と具體との統一が此處にも美事に顯れてゐる。時間の内容は經驗により、實驗により豊富にされて行く。アインスタインの時間論は

その最もよき例である。またこのことは時間が單なる主觀の形式ではなく、レアリテートそのものの形式であることを物語つてゐる。

ローレンツ變換式の表現されてゐる同時刻の相對化を全く假構化してその本質を理解し得ないクラウスは、この變換式から導出される所謂 Längenverkürzung (物體の長さはそれに對して運動する觀測者から見れば靜止觀測者に對する長さよりも短くなる) 及び Uhrendverzerrung (時間の讀みはそれに對して運動する觀測者から見ると靜止觀測者に對する讀みよりも遅れる) を曲解するのは當然であらう。彼は相互に等速運動する慣性系が測定單位に變化を與へることを理解し得ない。例へば「單なる距離の變化の速度が如何にしてこの兩物體又はそれらの一つに物理的作用を與へるのか？」兩慣性系間の「空虚な中間」は「空虚な空間」であり、かゝる非實在的なものの變化が何故に物理的變化を與へるのか等々、これは「驚異中の驚異」である。^①即ち彼に於ては時計の遅れ及び固體物指の變化が直ちに物體の構造的變化と考へられ、これは不可解であるときめつけられてゐるので

あるが、然し前にも述べた如くこの變化は慣性系の相對運動と時計及び固體物指乃至光の特性とのリアルな統一、相互關係から生ずるのであるが、決して物指や時計の構造的變化を起すのではない。この統一の特有の性質が認識されない限り、かの「變化」は彼にとつては永久の不可思議であらう。クラウスは既に特殊相對性理論の核心である光速度恒常則を „Ingeborene“ と宣言してその無理解を暴露してゐるからには、アインシュタインの時空論に「假構性」を強要するのを見出したとて驚くにはあたらな

いであらう。

① クラウス、前掲論文三五七頁

② クラウス、前掲論文三五九頁

かくしてクラウスは相對性理論から認識としての意義を剝奪して假構であるとするのであるが、その認識論的根據は要するに「同時性の相對化が矛盾性の廢棄」^①であり、このことが主觀主義に導くといふところにある。

この彼の誤解は遙かに相對原理及び光速度恒常則に對する彼の無理解にまでさかのほることが出来る。われわれにあつては相對性理論に依る時間の相對化が主觀主義を

結果するものでないことは第一、同時性の相對化が主觀の作用からの歸結ではなく、前述の如く慣性系の運動、光速度恒常等々の物理現象そのものの客觀的性質から強要される、第二に時間空間の相對化は却つて力學電磁力學への相對原理の貫徹、即ち客觀原理の成立の結果であるから、まさしく主觀主義の反對物なのである。故にクラウスの心配は杞憂にすぎない。

① クラウス、前掲論文三五九頁

② 本稿第三節第四節參照

マッハの弟子H・ディングラーが反相對性理論者であることは既に述べたが、彼の同時性の理論も全く反相對性理論を以て一貫されてゐる。^①ディングラーは相異なる場所の同時刻を時計の運搬で以て定義する。即ち同一場所と比較して同じ進みをもつ時計の相異なる場所への運搬によつて、それらの場所相互の同時性と定めるのである。そして彼はこの主張の前提として「時計の單なる運搬によつてはその進みは變らぬ」と宣言し、これは彼の哲學の獨特の原理たる *Eindeutigkeit* の原理又は *Weak-prinzip* から必然的に成立すると(一八頁)。然しライヘン

バッハも言ふ如く、^②唯一箇の時計の進みの變化云々は無意味であり、他の時計との比較によつて始めて進みの變化は意味をもつ。故にディングラーの意見は善意に解釋するとライヘンバッハの述べる如く「同じ場所で近接して同じ進みを持つ二つの時計は異つた道を通つて他の場所へ移るとき其處で再び同時的である」とならう。ところが相對性理論はこの命題が偽であることを實證した。ディングラーの誤解は時計と時計との相對運動に依つて時計そのものの構造の變化は起らぬが、然し乍ら或系の時計をこれに對して運動狀態にある他の系から認識する場合にはその媒介として座標系間の客觀的な相對運動が必然的に入り込んで來ること、これに依つて時計の讀みが變化することを見落してゐることに發してゐる。ところでこの一見すると背理的に感ずるアインシュタインの時間論は既に述べた如く確證的な三原理からの必然的歸結であり、また周知の如く(後に述べる)更にこれから導出される諸結果は速度に依る質量の變化として、等に實驗的に證明されてゐるのである。かくして物の本質への認識の深化は、現象の表面にとゞまる常識に依つて得た法

則(これがあるものはアプリオリと呼ぶ)を破壊し止揚するものであることをわれわれは此處に於ても知る。ディングラーの誇稱する原理もつまりは常識の概括化の結果にすぎず、これへの無制限の固執は認識の進展の妨害となることを、われわれは彼の相對性理論「批判」から否應なしに見出すのである。

① H. Dingler, Kritische Bemerkungen zu den Grundlagen der Relativitätstheorie. (Physik. Zeitschr. 21. Jahrg. S. 668—675, 1920) 以下で「別刷」を用ゐる、断りなき限りディングラーからの引用文の頁数は本論文別刷のそれである。

② ライヘンバッハ、前掲ロコス所載の論文、三八二頁、及び H. Reichenbach, Relativitätstheorie und absolute Transportzeit (Zeitschr. für Physik. Bd. 9, 1922. S. 111—117) 参照。

さて時計の運搬に依る時間規定を一義的とするには、その運搬速度を微小にした場合である。かくして得た相異なる場所の同時刻からローレンツ變換式を得ることはエディントンの名著 “Mathematical theory of relativity.” Chap. I に於て説明されてゐる。

ディングラーの上述の獨特の「原理」に依る時間論は更に彼の所謂「物理現象の時間空間に對する獨立性原理」を以て補強される。即ち彼に依ると、アインスタインの光信號による同時刻決定から生ずる同時性が座標系の運動状態に依存することは、彼の所謂時計運搬に依る自然的な時間の規定を無視した結果であつて、かくして物理現象の時空に對する獨立性の原理を破壊する誤を犯してゐると。そして「この原理の不成立は何等かの仕方で證明されてゐるのではなくて全く任意の假定にすぎない」(二頁)と斷言してゐる。

然し乍らこの議論の第一の誤は、時計の微小速度運搬に依る同時刻の決定がローレンツ變換に導くことを認識してゐないことにある。次に、ディングラーは彼特有の「獨立性原理」を以て時間空間を完全に現實の物理現象から遊離し隔絶し、ニュートンの絶對時空を信奉してゐることである。だがこれまでのわれわれの時空分析からも明かなことであるが、時空の規定が現實の物理現象から全く獨立に決定されることは不可能であり、そして現實

の現象から隔絶された時空は無内容で認識の現實的對象たり得ないのであるから、眞實の時空は物質自身の形式たらざるを得ないのである。故に物體の運動狀態によつてこれの形式である時空の規定に變化を生じてもわれわれにとつては何等の不可思議でもないのであるが。そしてこの時空が物質の運動自身の形式であることを最も鮮明に主張しこのテーゼの有効さを實證したのが相對性理論なのであるが。だがデイングラの頭腦に刻みこまれた「獨立性原理」は彼をして以上の事態を完全に理解の彼岸に追ひやるのである。

デイングラの「獨立性原理」と特殊相對性理論の原理である既述の「時空の同質性原理」とは嚴密に區別しなければならぬ。後者は、同一系内で同一の實驗條件のもとでは相異なる場所、時刻にても同一の結果を與へることを確認するのである。この場合には觀測者は實驗の場所に在る。即ち觀測者と實驗の行はれる系とは同一の運動狀態にある。同質性原理はたゞ以上のことを主張する。然し觀測者がそれに對して運動する他の系の時計、物指を見る場合の如くに、觀測者と觀測される系とが同

一運動狀態にないときは、この運動狀態の相違、及びこの相違を越えて觀測者にその對象をもたらずに必要な媒介物、例へば光の物理的特殊性（光速度コンスタント）乃至時計と物指の運搬速度との關係が時計、物指の讀みに變化を與へる。このことを認識したのがほかならぬアインスタインその人であるが、かくして時空規定が系の運動狀態に基いて決定されることを知つたのである。かくの如く「時空同質性原理」によつて時空は無内容となるが、却つてこのためにそれは對象自身の形式となることが相對性理論の展開を通じて明かとされた。これに反してデイングラの「獨立性原理」は時空を物質から完全に切離して、永久にその無縁を宣告するのである。こゝに同質性原理との本質的相違がある。デイングラの「原理」このニュートンの時空論はアインスタインによつてまさに實證的に克服されたものであつた。

以上と密接に關聯した問題であるが、デイングラは光速度恒常則を誤解してゐる。彼は剛體と時計を以てしては光速度の恒常性はあり得ないと言ふ（二三頁）。だが既述の如くこの原理は單なる思恒の要請ではなく巨大

な實驗の蓄積に基いて樹立された客觀的眞實である。この原理をも虚偽と考へるディングラーのことであるから相對性理論を架空的なりとするのは當然であらう。

次にライヘンバッハ^①にうつる。彼によると相對性理論が時間認識に及ぼした變革は時間のうちに對應定義の恣意性があることを示したところにあると(一三四頁)。時間の測定は時間分(Zeitsnecke)に導き、これは更に時間の一樣性(Gleichförmigkeit)の問題となる。即ち彼は時間測定に於ける對應定義として、第一に時間單位の確立、第二に同一場所に於ける相續く時間分の合同に關し、第三に相異なる場所に於ける時間分の合同をあげてゐる(一四七頁)。いづれも對應定義であるから恣意的であると彼は主張する。例へば第二の場合であるが、相續く時間分の同一であるか否かは認識されず、ある實在の物を指示して始めて定義されるのであるが、彼によるとこの指示はまさしく對應定義であるが故に任意的であり、従つてこの指示に依つて導かれる如何なる時間定義も任意であり、従つて同格なりと言ふのである。即ち彼は對應定義の恣意性を絶對的に誇張して、こゝから時間測定を

任意的なものとする。然しながら彼も認める如く、時間の測定は物質の運動の同一状態の回歸に基礎をおいてゐる(一三七頁)。例へば振子時計。また慣性法則を用ゐて同一の長さを物體が慣性運動するに要する時間を合同なりとして時間を測ることも可能である。いづれの場合にも時間の單位は物質の同一運動状態のうへに基礎をおいてきめられる。例へば振子の振動の廻期を以て、また地球の廻轉の週期を以て、時間の單位がきめられる。従つてまた同一場所に於ける相續く時間分の合同も、同一運動状態の認識を基礎として規定されるのである。そこには思惟の單なる恣意性は許されない。

次に第三の相異なる場所の同時刻の決定には時計の微速移動或は光信號を用ゐるが、前者は速度との媒介の關係から生ずる時間測定の變化を微小化してこれによつて運動状態を同一に保ち、後者は光速度の恒常性に基いて同時刻を決定する。いづれの場合にも客觀原理が、即ち物質運動の統一性(即ち同一の物質的條件のもとでは同一の運動状態を呈す)が貫いてゐる。そして時間はこの對象自身の運動の一形式として認識されてゐる。即ち同

一の物質運動には同一の時間が形式として存在するのである。このことは單なる假説ではなく、われわれの現實の測時法を述べたまで、ある。こゝにも恣意性は存在しない。

自然時計による測時法、力學の法則に基く測時法（情性運動又は週期運動を用ゐる）、光の運動を用ゐる測時法等が自然科学で用ゐられてゐるが、これらはいづれも右述の如き客觀原理に基く測時法であることは簡單な分析で明かとなるからそれらの説明は省略する。

ところでライヘンバッハは以上の如き數多の測時法をいづれも對應定義と見做し、従つて恣意的假說的のものであるとする。然るに彼にとつて驚くべきことには此等の科學的測時法がすべて同一の *Notionat* に到達するのである。彼はこれを單なる偶然な經驗的事實として何等の説明をも加へてゐない（一三九頁）。彼の如き對應定義論者からはこの説明は不可能なことであらう。蓋し恣意的と考へられた相互に無縁な諸定義の間に調和があるとしても、それは全く外的偶然的のものであらうから。だが彼が説明を放棄してゐるかの事實こそ、各測時法の

基礎に統一的な基礎があることを、即ち客觀原理の存在し貫徹してゐることを物語つてゐるのである。時間を物質の運動、自體の形式として把握し、従つて同一の運動狀態に同一の時間分を、同一の時間形式を認識することによつて、始めてわれわれは右の事實を理解し得るであらう。

① Reichenbach, Philosophie der Raum-Zeit-Lehre. 參照。

以下ライヘンバッハからの引用文の頁數は斷りなき限り本書のそれを示す。

以上の如くライヘンバッハは測時法に無制限に任意性を導入するために、時間と物質との必然的關聯を見失ひ兩者を隔絶することとなるのである。ディングラーは時間を物質から切離して固定したために相對性理論を理解し得なかつたのであるが、ライヘンバッハはまさしくそれと正反對に時間の規定に無制限に可變性を導入した結果として時間と物質運動との必然的關聯を逸し、また逆に言へば物質と時間とを形而上學的に峻別したために時間に無制限的恣意性を導入した。こゝに彼の根本的誤謬があるが、出發點に於て對立する兩極にあるライヘンバ

ッハとデイングラが時間と物質運動とを分離して、これの統一を(但し後者を基底としての統一)理解しないことに於ては軌を一にしてゐることは反極の合致としてまことに興味がある。

以上の如くライヘンバッハの對應定義論的時間論によると、時間分の合同は恣意的であるから、同一の物質の運動状態にも相異なる時間分を與へ得るが、然らばこの時間分の相異は何に依つて生ずるかとわれわれは問ひたい。彼はそれは定義であるから證明不能なりと答へるであらうが、然し差異を生ずべき物理的フックターが存在しないとところに相違を、時間分の差異を考へることは、第一にそれは全くの考へ込み、空想であり、科學的に無意味であり、第二にそれは物質から時間を遊離するから誤謬でもある。

故にライヘンバッハが相對性理論の特色として對應定義性を擧げてゐることにわれわれは極力反對する。却つて相對性理論は測度單位及び座標系の對象に對する外面性から來る(或程度の)恣意性をもテンズル計算を用ゐて克服したところにその特色がある。

最後にカッシラーに就て考察する。彼によるとアインスタインの時間論の革新的なるものは、座標系内の測定値が座標系自身の運動に依存せしめられたことであり、これに依つて決定的前進がなしとけられたと(三二頁)。そしてこの成功が單なる實驗の累積によつて達成されたのではなく、物理的基本概念の批判的改造に基くものであると(三三頁)。以上の指摘は美事であるが、然しながらこの「批判的改造」の認識論的意味を充分にはカッシラーはひき出してゐない。時間空間の概念はアインスタインに於て如何なる仕方で改造されたか。

① E. Cassirer, Zur Einsteinschen Relativitätstheorie. 参照。以下斷りなき限りカッシラーからの引用文の頁数は本書のそれを示す。

既に簡単に述べたが、相對性理論の時間概念の特色は、物質の運動と時間との統一を、しかも前者を基底としての統一を、徹底的に理論の全般にわたつて貫徹したところにある。即ち相異なる場所の同時刻決定に、その場所を連絡する物理的現象が必要であること、そして此手段として光を用ゐるときはこれの物理的特性が時間規定の

本質に入り込むこと、また時計と實體物指の微速移動によるならばこの運搬速度と此等の測度單位との統一の物理的特性が時間規定に本質的モメントとして入り込むことを認識したのである。これまで既に同一場所に於ける相續く同一時間分の決定に週期運動が用ゐられ、この運動形態そのものの形式として時間は暗黙のうちに認識されてゐたのであるが、アインシュタインはこの時間の物質の形式化を更に相異なる場所の同時刻規定にまで押し進めた。

しかもこのことから時間と空間との不可分の統一が知られたのである。ローレンツ變換式に於ては時間座標の規定に空間座標が、空間座標の規定に時間座標が本質的モメントとして見出されることを想起せよ。相對性理論によつて「今後空間それ自身及び時間それ自身は全く陰影の中に隠れ失はれて、ひとりその兩者の或結合のみが獨自性を保つと言はねばならない」(ミンコウスキー)。然しこの有名な言葉をわれわれは次の章句「物質を基礎として、しかもそれ自身の形式として時空は不可分に統一された」を以て補ふべきであらう。残念ながらカッシラ

ーではこの統一の基底が全く看過されてゐる。

時間に關する以上の分析は主としてその計量的側面であるが、時間の計量以前の、謂はゞそのトポロギッシュな規定に就て簡單に述べよう。時間のトポロギッシュな規定とは、同一場所に於ける時間の系列性、即ち時間に於ける前後の關係である。これは因果關係に依つて決定される、事象 E_1 が事象 E_2 の結果であるならば E_1 は E_2 より時間的に後である。かくして時間の方向もきまる。

何となれば E_1 が E_2 の原因であるならば、 E_1 に於ける微小なる變化は E_2 に於ける微小なる變化をひき起すが、これに反して E_2 に於ける微小變化は E_1 に變化を與へないからである。これをライヘンバッハは Kennzeichen-Prinzip と呼び、これによつて規定される時間の規定をそのトポロギッシュな對應定義と稱してゐる(一六一—一六四頁)。此處で彼は得意の對應定義を持ち出してゐるが、然し此處には對應定義の恣意性の入りこむ餘地は存在しない。われわれにとつて重要なことは、客觀自身の因果關係にもとづいて時間系列が決定されることである。この最も抽象的な時間規定も對象それ自身の形式として、對

象自身に基いて決定されるのである。

此處で注意すべきは E_1 が E_2 の原因であることは、 E_1 に依つて E_2 の成立が制約され、 E_1 が E_2 を惹起することであつて、單なる E_1 と E_2 との外的對應關係ではない。然るに或哲學者(例へば前にも述べたベッツォルド)にとつては因果關係とは事象の一意的な函數的對應關係にすぎないのである。換言すると因果關係は思惟の形式によつて外的に諸事象を一意的に結合し對應することにすぎない。故に彼にとつては、「現象の背後にあつて作用する力」の如き概念は形而上學的概念であつて無意味である。かくしてローレンツ收縮をひき起す原因は何かなど、問ふことは無意義であり、それはたゞ相對運動の函數として示せば充分であるとベッツォルドは言ふ。

ベッツォルドの先達ヒュームによるまでもなく、一定の自然現象の單なる規則的な交替反覆のみでは因果性の存在を眞實には保證し得ないことは勿論である。Post hoc だからとしてPropter hoc とはならない。

だが因果性(これは相互作用からの抽象であるが)は人間の實踐を媒介として認識される。例へば摩擦によつて

熱を得ることから、摩擦といふ力學的運動と熱現象との因果的聯關を知る。われわれは一定の物質的諸條件を與へることによつて一定の所期の現象を精確に再生産し、その現象の方向規模をも豫め決定し得るのである。かくの如くしてわれわれは因果性の表象に到達する。そしてまた一定の運動形態が他の一定の運動形態へと變轉することが、その因果的聯關が認識される。この事實の認識を基礎としてエネルギー保存則等々の法則が把握され、また此等の法則の認識を通じて物質の相互作用、因果關係がその科學的内容を豊富にして行つたことは科學史の教へるところである。故に因果關係はベッツォルドの考へる如くに事象の外的な函數的關係ではないのである。

勿論ローレンツ收縮は摩擦に依り熱を發する如き簡單な因果關係ではないが、然しこれは既述の如く力學と電磁氣學との聯關に制約されて惹起する事象にほかならない。そこには外的恣意的な對應ではなく、内的な必然的聯關が存在してゐる。

六

われわれは以上に於て特殊相對性理論の一般的特徴の認識論的分析を與へた。特殊相對性理論は力學と電磁氣學との矛盾の統一を通じて確立された。即ち客觀性を本質的モメントとする相對原理を中軸として、時空同質性原理と光速度恒常則を綜合しつゝ、自己を展開して行つたのである。その認識論的特色はリァリテイの本質への認識の深化、リァリテイを基礎としての相對立する諸規定の統一の把握（相對原理の電磁氣學への浸透、電磁氣學と力學との統一等）である。前節までの拙い叙述のうち以上に上の點を強調したが、なほ論じ殘された問題としてエーテルの問題と、特殊相對性理論が力學電磁氣學へ持ち込んだ重要な結果を一瞥したい。

アインシュタインの理論はエーテルを否定したとよく言はれてゐるが、果してエーテルは否定されて無となつたのであらうか、エーテルの難點と呼ばれるものは電磁現象の場としてのエーテルに力學的モデルを擬したところにあるのではないか。例へばフレネルはエーテルを彈性

的媒質とした。斯様なエーテルではその各點Pが各瞬間tに於て一定の空間點Pに存在すること、又同一のエーテル部分が再認識され、從つて靜止と運動が區別され絶對運動が認識されることは當然である。この性格をヴァイルに倣つてエーテルの實體性 (Substantialität) と呼んでおく。光の媒質としてのエーテルの彈性的性質 (フレネル) はやがてフンラデー、マックスウエル、ヘルツ等に依り光から力學的性質が剝奪されることに依つて克服され、かくて光は電磁化されたが、しかもローレンツが靜止エーテルを考へ、ヘルツがエーテルと物質との *Mischung* を主張したことは、エーテルを電磁的としながらも、なほもそれに力學的モデルに由來した實體性を實驗的確定なしに與へてゐたことを物語つてゐる。ところでマイケルソン・モーレイの實驗が否認したものはエーテルのこの實體性にすぎない。かくてこの非實驗的性格を削除されたエーテルは電磁場となり、マックスウエル・ヘルツの電磁場の方程式に依つて把握されるものとして依然として存在する。故にエーテルの力學化を固執し、乃至は反對にエーテルそのものがアインシュタインに依つて無と

なつたと考へる者は、エーテルが全く新しき物質の存在形態であることを認識せず、かくて物質の多様な形態を洞察し得ぬ形式主義者である。この形式主義者は一方に於てはエーテルの實體性に愛着するのあまり、これを否認する相對性理論を背理的とする(P・レナード)、或は逆に相對性理論のためにエーテルを無となし、その客觀的性質を剝奪する。カッシーラーは後者に近い。彼はエーテル史のなから物、實體の概念の崩壊と、機能^{フンクシオン}形式概念の勝利をひき出す。こゝで注意が必要である。カッシーラーは物、實體の概念のもとに舊來の物理學的性質(力學的性質)を考へると同時にリアリズムの主張する認識からの對象の獨立性をも意味せしめ、前者の瓦壊を以て直ちに後者の崩壊を結論する。そして機能理論(機能は純粹形式として思惟のうちに源泉をもつ)の勝利を誇るのである。だがエーテルはマックスウェル、ヘルツの電磁方程式で把握される物質の新しき運動形態にはかない。故にそれはリアリズムの主張する對象性と毫も矛盾するところはないのである。

相對原理は相對性理論の核心であるが、これが思惟の

要諦ではなく、對象の本質に深き根據をもち、その表現であることは、その武器テンズル計算が持ち込んだ成果からも明瞭である。マックスウェルの六箇の方程式は唯二箇のテンズル方程式で書かれる。また此方程式のローレンツ變換から電場と磁場との完全な統一が知られる。電氣力と磁氣力の區別は絶對的のものではなく、テンズル^Ⅱの六箇の成分とされた。また電磁エネルギー・インプルス・テンズル^Ⅲの微分方程式はエネルギー保存則と運動量保存則とを統一した。また力學への特殊相對原理の貫徹によつて同じくエネルギー保存則と運動量保存則が統一された。更に質量が速度に依存することが歸結され、かくてこれまで物體に固定され恒常物と考へられた質量も相對原理の貫徹のために物體の運動狀態に依存することが明かとされた。これは周知の如くカウフマンが電子の質量に關する實驗(一九〇六年)で確證した。また從來相互に無縁とされてゐたエネルギーと質量が統一され、後者は前者の抽象的な表現形態と考へられるに至つた。そしてエネルギーの惰性法則に於て質量不變法則とエネルギー保存法則とが完全に一つの事實

110
とされたのである。

以上の如く相對原理は全く驚異すべき成果を擧げた。これもまたその原理が單なる思惟の要諦ではなく、實に對象の本質そのものの把握の上に立つてゐたからである。

① H. Weyl, Relativitätstheorie auf der Naturforschersammlung in Bad Nauheim (Jahresb. d. Deut. Math. Ver. Bd. 32. 1920—22. S. 59.)

② E. Cassirer, Zur Einsteinschen Relativitätstheorie. S. 71.

アインスタイン、ミンコウスキー等が完成した特殊相對性理論はやがてアインスタイン、グロースマン等によつて一般相對性理論へと擴張され、新しき重力の理論を産み出した(一九一五年)。これに關する認識論的分析は項を改めて述べる。(未完) (一九三七、九、二八)