

クロモ シーリス

特279

388

特279-388



*76W10996 *

相対性原理の話

理学博士

石原 純

東京三省堂 大阪

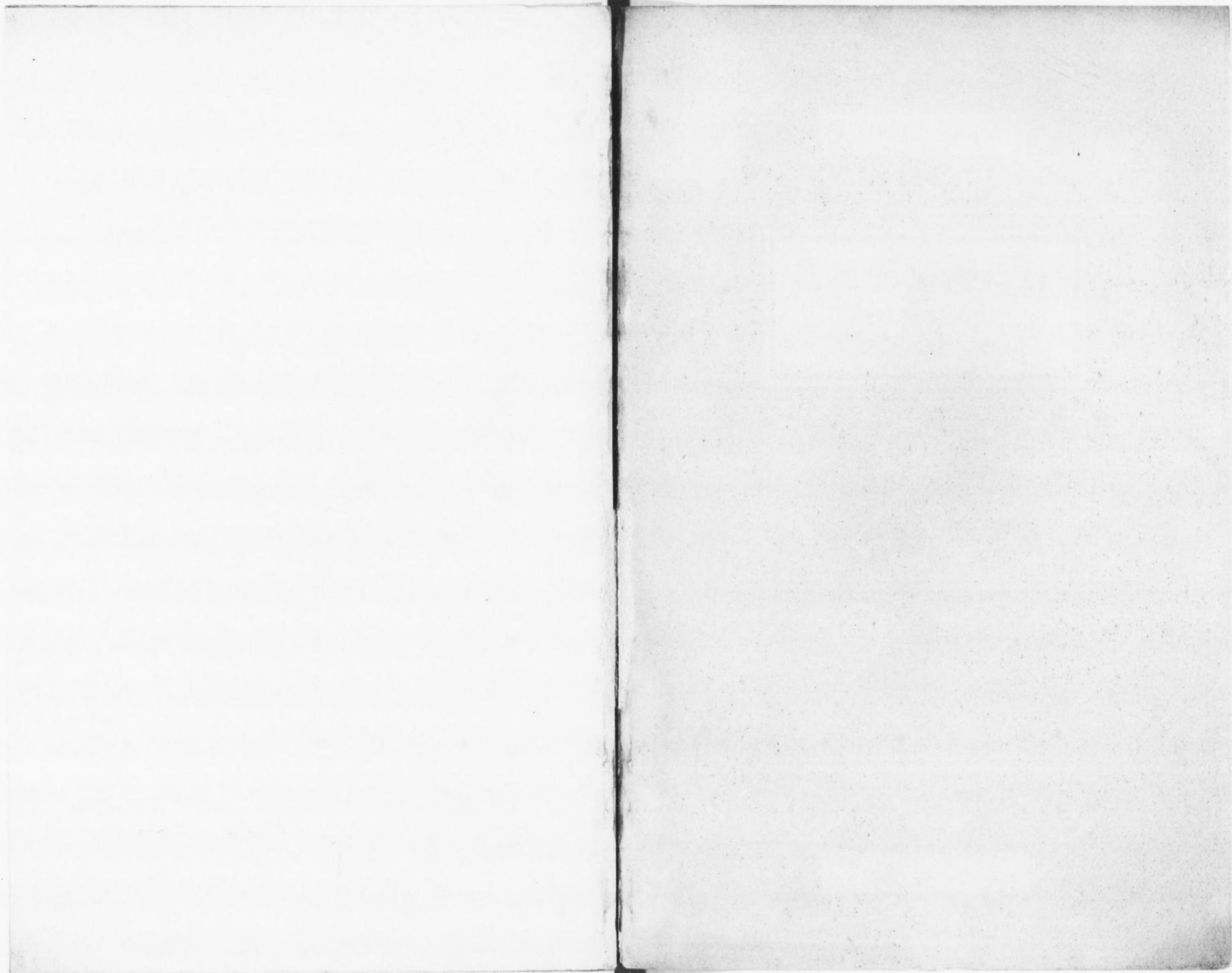


始



3

24



クロモシーリス

相對性原理の話

理學博士

石原純



東京 昭省堂 大阪



アインシュタイン夫妻

相対性原理の話

目次

一	時間と空間.....	一
二	位置及び運動の相対性.....	六
三	光の速さ.....	二一
四	ローレンツの理論.....	二六
五	アインシュタインの最初の理論.....	一九
六	時計迷論.....	二五
七	光速不変と数学.....	三二
八	一般相対性と力学.....	三六

76W10996



九	萬有引力……………	四〇
一〇	光線の屈曲……………	四五
一一	宇宙論……………	五〇
一二	萬有引力と電磁氣力との關係……………	五三
一三	アインシュタインの人となる迄……………	六九

目次終

相對性原理の話

理學博士 石原純

一 時間と空間

我々が生きて呼吸してゐる以上、誰でもそこに時間の経過を意識することができるので、また自分の肉體と周圍の物體との間には、どんな際にも或る空間的關係の存在することが考へられます。自然のあらゆる物體がどんな風に配列せられるかをあらはす一般様式が空間なのであり、またそれらの物體の間に起る一切の出來事を、時間によつて一定の前後關係のなかに秩序立て、ゆくことができるわけです。時間と空間と云ふのはこのやうな役目をもつたものであり、哲學的に云ふならば、我々の直觀に内在する形式なのであつ

て、それのお蔭で我々は一切の経験を形づくることのできるやうなものです。何事を云ひあらはすにしても、たとへはつきりと時間や空間がそこに云はれてゐなくとも、経験が事實的である限りは、この形式を離れることはできないのです。

けれども我々の個々の直観に内在してゐる時間や空間の觀念は、その儘では同一の普遍的概念として取り扱はれるわけにゆきません。たとへば我々が夢のなかで意識する時間経過や空間的關係を、現實に意識するそれらと直接にくらべることのできないのは云ふまでもないでせう。實際に一晚の夢でありながら數年の出來事を見ることもありますし、また非常に遠い場處までも行つたりすることも屢々です。その外夢でなくとも、退屈でもした場合には時間を長く感じ、歩き疲れたりすれば同じ路でも遠く思ふこともあります。さう云ふ判断はすべて我々の心理状態に關係するのですから一定であるわけにゆきませんが、之を離れて客觀的の事象を考へる場合には、そこに全く普遍的な時間と空間との存在を思惟することができずあります。自然科学的に行はれるすべての出來事は、この普遍的な

時間と空間との形式のなかに認識されるものでなければなりません。

さて、このやうな時間と空間とはどうして決定せられるかと云ひますと、勿論各人の意識とは獨立に科學的方法によつてするより外ありませんが、此等は實際生活の場合にも用ひられるために、屢々意識上の時間や空間とその性質を混同せられ、哲學的に之を考へる場合にも誤解を生ずることのあるのは注意すべきことです。時間について云へば、過去とか現在とか未來と云ふやうな概念は誰でも有つてゐるのですが、併し現在と云ふ瞬間を科學的に嚴密に決めるには、正確な時計を用意しておいて、その時計面のどんな時刻と云ふことでこれを云ひあらはさなくてはなりません。ところが、いろいろな場處にある時計について之を行ふには、豫めそれらを正しく合はせておかなければならないのですし、そして之がためには何等かの現象によつて離れた場處に信號を往復させる必要があるのです。我々はこの場合に信號がどんな速さで傳はるかを考へて見なければならなかつたでせう。なぜなら、若し信號が一方から他方に傳はる速さと、その逆に傳はる速さとが異つ

てゐるとしたなら、さう云ふ相異を知つておかない以上、兩處の時計を嚴密に合せることが出来ないからです。

又空間の長さは一定の物指で測ればいゝと云つてしまへば簡単ですが、併しこの場合にもよく考へて見ると、それ程簡單にはゆきません。例へば一メートルの物指で測つて見て、その兩端と合致する二點間の距離は一メートルであることは確ですが、この二點がそれぞれ物指の兩端と合致すると云ふことは、同時に觀測されなければならなかつたのです。

この同時的と云ふ條件を除いてしまへば距離は決定されません。なぜなら、若し物指が動いてゝも居れば、その一端が空間の或る點と合致した後に、他端は適當な時刻に隨意の點と合致させることができたでありませう。

このやうに空間内の二點で同時性を決定するには、信號がどんな速さで傳はるかを知らなければならぬし、また空間内の二點の距離を測るには、その二點に於ける同時的判斷

を要すると云ふ事實は、時間及び空間の關係が物理的現象に對して全く獨立のものでないことを示すのです。どんな信號を用ひるにしても、その速さは一つの物理的法則として始めて定まるのであるからです。ところで我々が從來に於て時間や空間を單に意識的に考へて居た場合には、それ自身に先驗的に、即ち他の物理現象などとは無關係に、與へられて居るものと信じてゐたのであつて、多くの哲學者なども、この見解を固持してゐたのです。が、アインシュタインによつて始めて上の關係が明らかにせられ、その有名な相對性原理に於て新しい時間及び空間の定義が下されたのでした。相對性原理が物理學的に極めて重要な意味をもつばかりでなく、哲學的にも種々の論議を醸し、引いては一般の世間にまで喧傳せられるに至つたのは、實にこのやうな内容をもつてゐるからでありました。誰も彼もがその奇異な言説に耳を傾け、さうした物理学の理論の由來するところを知らうとしたのも無理はないのでした。

二 位置及び運動の相対性

さて、相対性原理なるものがどんな風にして生れ出たかを説明する前に、私は先づ位置と運動との兩概念の相対性をここに明らかにしておかなければなりません。

一體位置と云ふことは空間の一點を標しづけることですが、これを云ひあらはすためには何等かの標準者がなければなりません。電燈が部屋の天井に下つてゐると云へば、電燈の位置は天井を標準に取つて云ひあらはされてゐるのです。飛行機が地上千メートルの高さに飛んでゐると云へば、地面が標準になつてその位置が示されてゐます。東京天文臺が東經一三九度三二分、北緯三五度四〇分にあると云ふ時には、その位置は地球の表面で經度零度の子午線（イギリスのグリーンニツチ天文臺を通過するもの）及び赤道を基準としてあらはされてゐます。星の位置を天球の上で記す場合なども同様です。すべてこのやうに或る標準體を借りなければ、空間内の位置は云ひあらはされないのであつて、この意味で位

置は絶対的ではなく、相対的であると云はなければなりません。

又方向は二點の位置を結びつけて決定されるものですが、地球の表面で東西とか南北とかの方向を云ひ、或は之に對して上下の方向を定める場合には、地球が大きな球體である限り相対的であることも、今日では誰も認めてゐるでせう。只天球の上では我々が観測するとほり多くの恒星はその相対的の位置を殆んど變へないばかりでなく、又地球の軸も大體に於ていつも北極星の方向を指してゐるのです。この事實が天空に於ける方向を絶対的に示すやうに考へられてゐますけれども、之とても、昔時地球が球體であることを知られずに、地面を平面的な絶対の存在と思惟してゐた時分に東西南北や上下の方向が絶対的であると信ぜられてゐたのと同様であるかも知れないのであつて、若し十分長い年數を隔て、観測された際に、恒星の相互の位置が現在とまるで變つてゐたとしたなら、もはや、どの方向が變らない絶対的のものであるかを判断することができなくなつてしまつたでせう。その上ではすべての方向もやはり相対的でしかあり得ないのです。

次に運動は位置の時間的変化でありますから、位置が相対的である限り、運動も亦さうでなければなりません。汽車が動くとか、建物が動かないと云ふのは地面に對しての話であつて、若し地球が太陽に對して動いてゐることを考へに入れるならば、我々が家の中で少しも動かないと思つてゐる間に、地球軌道の上で非常な距離を旅行してゐるわけです。我々は今日の正午から明日の正午までの間にこの意味で凡そ二百六十萬キロメートルと云ふたいした路程を經過してゐるのです。どうして動かないどころの騒ぎではありませんまい。我々の地球を標準にしてこそ、凡ての天體は天空を廻つてゐるのです。それと同様に、自分が室のなかで踊り出したとすれば、自分を標準にしては周囲の世界がみんな踊り動いてゐると云ふわけです。單に運動と云ふ概念の上から云へば、それはこのやうにどこまでも相対的なのです。

併しこんな風に云へば、それは空論に走つてゐると批難されるにちがひありません。それなら上の議論のうちでどこがわるいのかと問ひ返さなくてはなりません。まあ、少し

落ちついて事實を見ることにしませう。

なる程我々は地球の上にてその動くことを少しも感じられません。そして現に昔は天體だけがその廻りを動くのであると信じてゐました。只コペルニクスの地動説以來、太陽を中心にして惑星が動くのであると考へて、その運行の法則を立てることができたのでした。またよく停車場で二つの汽車が並んでゐるとき、その一方に乗つてゐて、向ふの汽車なりこちらの汽車なりが靜かに動きだすと、實際にどちらが動いたのかわからないことがあります。暫らく見てゐるうちに自分の方が揺れだしたり、又は窓外の他の建物や地面の動くのを見て、やつと自分の方が動いて居るのだと氣づく事があります。こんな時には運動が相対的であると感ずると共に、それでも最後にはどちらが動いてゐるか云ふ絶對的判断の與へられるのが至極當り前のやうに考へてゐるのです。自分が動かないものなら、何も我々は汽車に乗りはしなかつたからです。

さてこのやうな運動の絶對的判断はどうして出てくるのでせうか。それは一口に云へ

ば、運動の法則によるのです。運動の法則と云ふのは、ガリレイやニュートンが我々に教へてくれたのであつて、一般に

力が物體にはたらけば運動の速さが變る

と云ふことをあらはしたものです。汽車が動きだしたり、がたがたと揺れたりするのは之に力が働くからであつて、その場合に單に運動が相對的であるからと云つて、力の働かない周圍の地面などが、自分に對して動き出したのだと云つてはいけないと云ふことになるのです。それで、つまり運動の法則を是認するならば、運動の速さの變化は絶對でなければならぬと云ふことになります。併しその場合にでも、速さの變らない運動だけは相對的であると考へて少しも差支へありません。

そこで、運動の相對性に關する問題は次の二通りに分けて考へられるわけです。

一、速さの變らない運動（等速運動）は、運動の法則から云つても完全に相對的であるが、實際の場合に果してそれで差支へないかどうか。

二、速さの變る運動（不等速又は加速運動）は、單に運動の概念から相對的であるが、何故に運動の法則では之を絶對的としなければならぬか。之を判斷する標準體はどこに存するか。相對性原理は實にこの二つの問題に答へようとするものであると云つてよいでせう。

三 光の速さ

速さの變らない運動は理論上では相對的であると見てよいのですが、併し實際に我々は恒星の相對的の位置の變化を見ないので、それらを動かかないと考へるならば、之を運動の絶對的標準と見て、之に對してすべての運動を云ひあらはすことが出来るでせう。現に天文学で、我々の太陽系が幾らの速さで動いてゐると云ふことなどは、この意味で云はれて居るのです。

ところで、もう一つの恒星とは全く別のもので運動の絶對的標準に取ることのできるや

うに思はれるものがあるのです。それは光を傳へる媒質として假定されたエーテルであります。光はホイヘンス以來一種の彈性波動として見做され、その示す諸現象、即ち反射の屈折を始め、干涉、廻折、偏りなどは、波動の特質によつて能く説明せられました。之が横波であると云ふ事實は、媒質としてのエーテルによほど特異の性質を歸しなければならぬやうにさせました。なぜなら、エーテルは天體間の何ものも認められない空間をさへ、光を傳へるために充滿してゐなければならぬ程のものであるのに、一方では彈性横波を形づくるために固體と同様の性質をもたなくてはならなかつたからです。この外に物體が動く場合にその周囲のエーテルと一緒に動かされるかどうかと云ふやうな問題も、解決に困難でありましたし、更に後になつてはイギリスのマクスウェルによつて、光の電磁波とは全く同一の性質をもつ波動であることが明らかにせられて、エーテルは單に光の媒質だけではなく、電磁氣の媒質でもなければならぬとせられるやうになりました。このやうな色々の運命を経て、とうとうエーテルは普通の物質とは全く比較することのできない

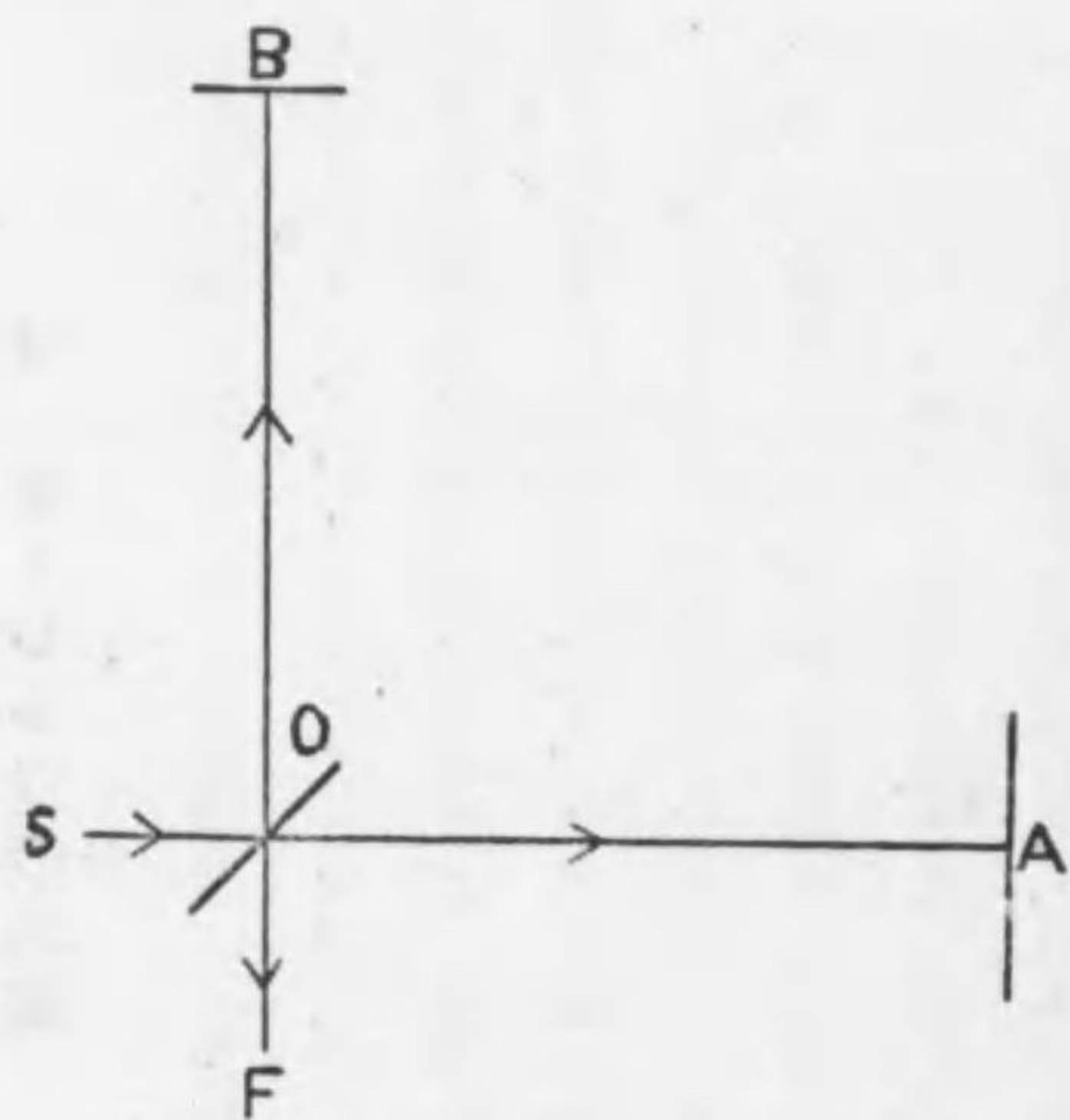
ものとして、そして物體の内部でもどこでもの空間を充たし、物體がその中で動いても少しも攪亂せられることのないものとさへ考へられるやうになりました。それが物質以外の何ものであるかについては、かやうにして益々疑惑のなかに閉ぢられるわけですが、併しもし全く不動のエーテルが存在するならば、ともかくも之を運動の絶對的標準とすることが出来る筈であります。

ところで、光がエーテルの中を傳はるには一定の速さ、それは非常に速いけれども或る有限な速さをもつてすることが、始めて一六七五年にデンマークのレーメルによつて觀測せられて以來、漸次種々の方法でその速さの精密の測定が行はれ、殆んど毎秒三十萬キロメートルであることが見出されました。併しこの速さに關しては、少なくとも等速運動の相對性が成り立つ以上、エーテルに靜止してゐると考へられた觀測者に對する値と、之に對して動いてゐる觀測者に對するものと異なつてゐなければならぬ筈です。丁度汽車の速さを地面に靜止して居るものから測つた場合と、動きながら測つた場合と異なつてゐる

のと同様です。そこで地球が太陽の周囲を廻つてゐると、その上で我々が地球の運動の方向に光を送つた場合と、之に垂直の方向に送つた場合とで、光の速さが實際に異なるであらうかどうかを實驗して見る必要があります。若しその速さの相異が實驗的に見出されるならば、我々はそれから地球のメートルに對する運動の速さを計算することができたでもありません。そしてこれこそ地球の絶対運動を示すものであるとも見られませう。

この目的で多くの實驗が十九世紀の後半に行はれました。そのうちで最も精密度の大きなものは、アメリカのマイケルソンが一八八一年に行つたものですが、その結果がまだ十分でなかつたために、更に一八八七年にモーレーと共にこれを繰り返してみたのです。

左圖の様な装置で、一つの光源Sから出た光の一部を斜に置いた硝子板Oを透してOAの方向に、又Oで反射した一部を之と垂直なOBの方向に送り、A及びBの鏡で反射させ、再び舊の路を通つて硝子板OによつてFの方向に重なり送らしめ、望遠鏡でその兩方の光の干涉を見るやうに装置したのでした。OA及びOBのそれぞれが地球の運動の方向に置れた場合



に、干涉の縞は互に他に對してすらなければならなかつたのです。ところが、驚くべきことには實驗の結果は殆んどそのやうな變化を示すことがなく、つまり光がどの方向に送られても、その速さを變へないと云ふことが證據立てられました。この事實は實驗者の豫期に反したばかりでなく、抑も運動の相對性についてどう解釋したらよいかに關し、大きな迷路を物理學の上に形づくつたのでした。そしてこの光の速さに對する謎は元來簡單のやうに見えながら、意外にも解き難いものであることが感ぜられました。

四 ローレンツの理論

この問題について多くの物理学者が頭脳をなやました間に、イギリスのフィッツ・ジェラルドとオランダのローレンツとは獨立に一致した解釋に到着しました。即ちマイケルソンの實驗の結果を成り立たせるには、運動物体が或る割合だけ運動の方向に於ける長さを短縮すればよいと云ふのです。この短縮の割合は速さの大きい程大きくて、光の速さに等しくなれば、長さが零になつてしまふと云ふやうなものです。我々が地球上で長さを測れば、すべての物体がこのやうに短縮すると共に、之を測る物指自身も同じ割合で短くなつてゐるから、その變化を少しも認めることはないのですが、エーテルに靜止してゐる物指で測つたとすれば短縮があらはれるわけなのです。それで光がこの方向に進めば、相對的にその速さは變つてゐるけれども、路程の短縮のために之を往復する時間が、丁度速さの變らないのと同様の結果を呈するやうになることができます。

この解釋は數學的に形式立てられて、極めて巧妙に事實を説明することができましたけれども、併し單に運動のために物体が短縮するのは從來の力學上の見地からしては満足せられないのでした。なぜなら、物体が形體を變へるには、それだけの力の作用を必要とする筈であるのに、單なる等速運動ではこのやうな力が生ずるとは考へられないからです。おまけにどんな物体でも速く動いて光の速さに等しくなると、運動の方向の長さが零になつて、全く扁平な形になつてしまふとは、我々の常識に反した事柄でなければなりません。したがつてこの説明は多くの人々に容易に信ぜられなかつたのでした。

けれどもこゝで云ふ常識とは何んであるかについて我々はもつともよく反省してみなければなりません。運動によつて形體が變らないと云ふ常識は、たかだか我々の日常經驗する運動に關してであつて、それは光の速さなどに比べれば極めて微小の速さしかもたないばかりでなく、誰も運動しながらの物体の長さを直接に測つた者はないのですし、それらの場合に、大體眼で見た上で變らないと云ふことを敷衍したものに外ならないので

す。實際に物體に十分の速さを與へて見て、そして精密に之を測つて見たらどうであるかを少しも斷言するわけにはゆかなかつたでせう。かやうに見れば、マイケルソンの實驗こそ、即ちこれに對する最も精密な實驗なのだと言はなければなりません。更に力の點に關しては、ローレンツは物體の構成要素が電子であると云ふ事實の根據の上に立つて、物體の形體を決定する力も亦電子間に働く電磁氣力でなければならぬとし、そして電磁氣力は明らかに運動の速さによつて大きさを變へるものであるから、物體の形體の變化するのも亦當然でなければならぬと主張しました。ともかくも長さの短縮の假定はこのやうにして相當に深い理由を見出すことが出来たのでした。

併しローレンツの理論は之に止まりませんでした。光が地球上でやはり同じ速さで進むやうに見えるためには、一方で長さの短縮を假定すると同時に、之を通過する時間が變らなければなりません。ローレンツはこのために運動體の上での時計は、エーテルに靜止するものに對してその進み方を異にするものでなければならぬとなし、しかも理論上之を計

算すれば場處によつて時刻を異にするやうになりますから、かやうな時計の示す時刻を局所時と名づけました。之はやはり従來の時計概念から云へば甚だ不思議なものゝやうに見えるかもしれませんが、こゝに既にアインシュタインの相對性原理を生むだけの要素を胚胎してゐたのでした。即ちローレンツの理論でエーテルに靜止した觀測者を假想し、地球上の觀測者は之に對して運動してゐたために空間の長さや時間の進みを前者とは異つて判斷してゐたのであつて、之によつて光の速さが地球でも變つて見えないのであると解しました。これはマイケルソンの實驗を安全に説明するために必要にせられたのでしたけれども、たゞエーテルをどこまでも絶対靜止のものと假定した點で、運動の相對性を徹底させることができなかったのです。

五 アインシュタインの最初の理論

ローレンツの理論は一八九五年に出しましたが、局所時の如き觀念を導き入れて之を完成

したのは一九〇四年でありました。丁度之がスイスの若い物理學者アインシュタインの明晰な頭腦を啓發して、その翌年に相對性原理に關する最初の論文を書かせました。實に今世紀の劈頭に於ける最も顯著な業績であつたのでしたが、その當時はこれに注目する人も存外になかなかつたのでした。

アインシュタインの理論は、一口に云へば、ローレンツの理論を新らしく解釋し代へたに過ぎなかつたのであつて、その數學的公式の如きは、殆んどすべてその儘ローレンツの論文にも見出されるものでありました。けれどもそこに含まれる思想に至つては、千古に絶する卓見と云はなければならなかつたでせう。彼は先づどこまでも運動の相對性を確立させやうとしました。地球上から見ても、エーテルから見ても、光の速さが變らないと云ふことは、寧ろ地球のエーテルに對する運動を、實驗的に表はさないと云ふことになるが、之は丁度地球上の觀測者に取つて、地球自身の運動を感じさせないと云ふ點で運動の相對性に甚だ都合のいゝ事實でなければなりません。更にこのやうにしてエーテルに對す

る地球の運動が全然事實の上にはあらはれないとするならば、その運動の標準體としてのエーテルは、もはや全く不必要に歸するわけであつて、我々はその性質を想描することに於て多くの無理に遭遇しなければならなかつたエーテルなるものを、我々の頭腦から抹殺してしまつても少しも差支へないであります。アインシュタインは之等の見地からして、その理論を次の二つの原理に基づいて立てやうとしました。

一 互ひに等速運動をしてゐる觀測者に對しては自然法則はすべて同様の形であらはれる(相對性原理)。

二 光の速さはどの觀測者に對しても一定である(光速不變の原理)

前者は先づ光の進行をあらはす方程式、從つてマクスウエルの電磁的理論によつて此の基礎となる電気及び磁氣の法則が、どの觀測者に對しても同様になるやうに假定することで満足せられ、後者はその數式に於て光速を一定にすれば成立するのでありますが、之がために互ひに等速運動をする二人の觀測者の判斷する空間と時間との關係は、一方を基準

にすれば、丁度ローレンツの理論で之をエーテルに静止したものと假定した場合に、他方は之に對して動いてゐる観測者のそれと同じになるのです。只アインシュタインの場合には、どちらが静止しどちらが運動してゐると云ふ根本的の區別はないのであつて、どちらでも一方を基準に取つたとき、他方が之に相對的に動いてゐると云ふに過ぎません。

アインシュタインはこの論文で始めて、私が最初に説明したやうな時間と空間との意味を明らかにしました。そして互ひに相對的に動いてゐる二人の観測者については、同時性を決定するために光を信號として送り用ひた際、常に光速不變の原理が成り立つやうにしなければならぬと云ふのが、アインシュタインの主張なのでした。これは勿論マイケルソンの實驗の結果に適合させるためであります。時間と空間との一般的な意味から云へば、信號としてなぜ光を用ひなければならぬかと云ふことが、往々疑問の焦點になるやうに思はれます。若し光の代りに他の物理現象をこの場合に用ひたなら時間や空間の關係が變つてくるであらうし、それならばどうして我々が光を特別に選び出す必要があるのか

あらうかと云ふ點が十分に解らないやうにも思はれます。哲學を學んだやうな人達が相對性原理を本當に理解し得ないことの屢々あるのも、この疑問などに拘つてゐるためではないかと想像されなくてもありません。

これに對しては、自然科学の法則がすべてさうである通り、我々は單に議論を行つてゐるのではなくて、事實をも語つてゐるのに過ぎないのであると答へなければなりません。つまり物理現象のうちで、光だけが特別にすべての観測者に對して同じ速さを持つと云ふことが、一つの經驗的事實なのです。他の現象では観測者の運動状態によつて速さを異にするのであつて、それが精確に知られてさへれば、勿論之を信號として用ひて、時間や空間の大いさの關係を規定しても差支へないのですが、それは畢竟光の速さが同じになると云ふ事實と矛盾してはならないものであることがわかりませう。さうすれば我々が最初から簡單に光を信號として選ぶことの出来る理由も肯づけらるであらうませう。

そればかりでなく、尙認識論的に之等の事實を考へて見ましても、現在に於て我々が純

粹空間を傳達する現象として知つてゐるのは、光以外には電磁氣及び萬有引力の作用だけしかありませんし、そのうちで電磁氣現象は光と全く同一のものであり、従つてその速さも同じであることは、マクスウェルによつて示され、又萬有引力も後にアインシュタインの理論の發展によつてやはり光と同じ速さで傳はることが明らかになつた以上、光の速さと云ふものは決して偶然の大いさではなく、却つて本質的に我々の時間や空間と關聯してゐるところの唯一の普遍的速度であることが十分に理解されるわけです。この意味でアインシュタインが光を信號として選んだことは寧ろ至當のものであり、且つ實は我々がそれ以外の方法をもたなかつたのであると云つてもよいのでせう。そして從來先驗的にのみ規定されると思はれてゐた時間や空間が、このやうな普遍的な物理現象に依存して始めてその測度を決定し得られると云ふことを我々に啓示するに至つたのは、實にアインシュタインの理論が認識論に取つて重大な意味を持つてゐることを示すものであります。

六 時計迷論

A おい、B君、君はあの昔の浦島の話を知つてゐるだらうね。

B あたりまへさ。ありや、日本のすばらしい傳説ぢやないか。あれは、君、近頃有名なアインシュタインの相對性原理を豫言してゐるやうなものだからね。よく世間では日本に科學者が無いなんて、悲觀してゐるがね。實際アインシュタインは日本には生れなかつたかも知れんが、さう落膽したもんぢやないよ。浦島の傳説作者を見たまへ。あれはアインシュタイン以上ぢやないか、アインシュタインが二十世紀になつて漸く氣づいたことを、ちやんと千何百年も前に話してゐるぢやないか。ヨーロッパの人達は今ごろ相對性原理に吃驚してゐるが、我々は何もそんなに驚くにはあたらないね。

A B君、僕は君のそんな氣焔を聞かうと思つて、浦島の話を持ち出したんぢやないんだがね。まあ、もう少しゆつくり僕の云ふことを聞いてくれたまへ。

B 我輩の尊敬するA先生の御説かね。いや、謹聴しよう。

A そりや有難い。實は僕もあの相対性原理を大分研究して見たんだが、どうもすつかり腑に落ちない點があるんだ。アインシュタインの説によると、運動してゐる人のもつてゐる時計は、静止してゐる時計よりも遅く進むつて云ふことになるのだがね。それなら假にすばらしい速さで動いてゐる人は、丁度龍宮に住んでゐる浦島と同じ譯で、時間の經つのが自分の時計ではさつぱり分らないのだから、又數年しか經つてゐないと思つて故國の土を踏むと、そこではもう數百年も經つてゐると云ふことが、實際に見られるかも知れないのだ。――

B だから、浦島の傳説作者はちやんとその事實をもつてゐるんぢやないか。

A まあ待ちたまへ。そこまでは僕もわかるでしょう。だがね、相対性原理を研究して見ると、それだけで濟みはしないんだよ。この原理では、運動はどこまでも相対的だつて云ふぢやないか。それなら、浦島がまだ若くて歸つて來たのに故國の人達はもう何代も過ぎて、昔の浦島の友達なんかは死んでしまつてゐるのは、どう云ふわけだね。相対的であ

るなら、浦島の方から見れば、故國の人間達は自分に對して動いてゐるんだから、時計の進みも遅いわけであるし、浦島自身が數年を経過したと思つてゐる間に、故國では却つて數日間しか經過しないと見なければならぬ筈ぢやないか。それなのに、もう何代か後の孫の時代になつてゐるとは變な話にちがひない。いくら浦島がはつと思つて急に白髮の翁になつたとしても、故國で死んだ人間を呼びかへして見せるわけにはゆかないのだ。どうだね。浦島の傳説作者にはこの關係がわかるかね。

B は、あ、大分話がむづかしくなつてしまつた。學者の本領はこんな處を考へる點にあるわけだね。傳説作者は詩人だからそんな處までは理窟を並べやしないんだ。僕も相対性原理を聞いて、浦島の話をつくりだと思つたが、なる程、今の君の議論を聞いて見ると、さうばかりも片づけられなくなつてしまつたやうだね。浦島を現實にもう一度生かして見て聞いて見なくちやなるまいかね。は、は………。

A いや、浦島にや、やつぱりこんな理窟はわかりはしまいよ。第一、傳説的な人間を

もう一度我々の前に呼んで来るなんて、科學的にはとても出来はしないんだ。

B なる程ね。それちや、向ふに居るC君に尋ねたらどうだい。

A 僕の云つたことは、普通の物理學者だつてなかなか答へてはくれはしない。だから僕は自分で考へて見たんだがね。どうもむづかしくつて迷つてしまつたんだ。でも、あのC君なら何んとか適當な解釋を持つてゐるかも知れないよ。あの人は學者仲間でも非常に深く考へてゐる人だからね。さうだ、B君、ちよつと呼んでくれたまへ。

B おーい、C君。

C なんだね、そんな大きな聲して。

B 今、A君が相對性原理の時計迷論といふやつを持つて來て論じてゐる處なんだがね。どうも君の智慧を借りなくては、わからないと云ふんだ。ちよつと、お仲間になつてくれまいか。

C 僕にわかることなら、聞いてくれ給へ。

A 今、浦島の話で議論を持ち出したんだが、浦島が數年經つて故國に歸つて見ると、そこの人達が數百年を經過したと考へてゐるのは、相對性理論の運動時計の關係で解釋できるとした處で、逆に浦島の方から見れば、自分の數年は故國での數日にしか當らないから、何代もの孫が其處にゐるなんて、をかした話じやないか。君はこの矛盾をどう解いてくれるかね。

C いや、それはちよつと誰でもまごつく問題なのだ。僕も最初はわからなかつたが、よくよく考へて見ると、矛盾は取り除けられる筈なんだ。相對性から云へば、浦島自身が數年を經過したと思つても、故國では數日しか經つてゐないのが本當なのだ。故國の人達に取つては、浦島の友達の數代の孫の眼に、まだ若い浦島が歸つて來たやうに見へるかも知れんが、浦島の眼には故國で實際數日しか經たないうちに、もう自分が故國の土を踏んだと考へてしまつてゐるわけなんだ。つまり故國の人が浦島が歸つたのと同時の出來事であると判斷してゐるのは、數百年の後なのであるが、浦島に取つては自分の歸つたのと同時の出

來事と見えるのは、故國での數日後の有様に外ならないわけだ。そのときの故國人の有様や言葉が浦島には歸國當時に見え聞えるわけであつて、數百年後の故國人の噂さは浦島がなほ數萬年も生きなくては聞かれなかつたのだらう。この關係は全く相對的にしか起らないのであつて、ともかく同時の判断が兩者でちがふと云ふことを考へなくちやいけないよ。

A ばかに面倒な關係だね。だが、君の話でよほど僕にもわかりかけて來た。

B いや、我輩には依然として浦島の傳説以上に茫漠たるものだ。やつぱり玉手箱の内容は掴むことのできないのが真相なのかね。

A さうでもあるまい。僕はもつと考へて玉手箱を覗き込んで見よう。自然の眞實が本當にその中に隠れてゐるんだ。さうにちがひないよ。

C 君の云ふ通りだ。玉手箱から立ち上る煙を押し除けてその深い内容を見透すには、我々はどこまでも考へてゆかなくてはならない。相對性理論は自然の不思議な謎を我々に解いてくれるものだ。

七 光速不変と數學

アインシュタインの理論が時間や空間に對して新らしい概念を我々に持ち來し、その結果に對していかにも奇異の感をさへ懐かせるのは、之が根據となつてゐる光速不變の原理によるものであることを忘れてはなりません。私はこの原理が我々の常識から云つて不思議に考へられる理由を次に少しく通俗的に説明して見ませう。

我々が汽車の走るのに對して之と同じ方向に追ひかけながらその速さを測つたとすれば、地面に静止して測つた汽車の速さよりも自分の追ひかけてゐる速さだけ減じて見えるのが當然です。汽車の速さを10、追ひかける速さを1とするなら相對的の速さは

$$10 - 1 = 9$$

でなければなりません。又我々が同じ速さで汽車と反對の方向に走つたなら、その相對的の速さは

$$10 + 1 = 11$$

です。ところが、汽車の代りに光の速さを10であるとし、右と同じことを行つたとするならば、運動観測者に對しての光の相対的速度が變らなないと云ふ事實は、上式の代りに

$$10 - 1 = 10$$

$$10 + 1 = 10$$

を要求するでせう。こんな式は通常の數學ではゆるされない事柄であつて、我々は少なくともこの場合の數學的記號を通常の意味とはちがつたやうに解釋しなければなりません。併しさうした上でさへ、ともかくも之と類似の關係が成り立つやうに數學を形づくること
が果してできるでせうか。それが出来れば、明らかに光速不變の原理を立てることも出来
なかつた筈であるからです。

ところで幸なことには、我々は數學を純粹に思惟的に發展させることができたのでし
た。上のやうな要求がこれまでは實際に起されなかつたとは云へ、數學者は豫めそのやう

な要求が存在したならばと云ふことを假想したかのやうに、さう云ふ數學を我々のために
準備しておいてくれました。我々はそれを用ひて容易に光速不變の原理を満足させること
が出来るのです。

畢竟上の場合に我々の要求すべき處は、光速に他のどんな速さを加へても又減じても、
その結果がやはり光速に等しいと云ふことです。我々の普通の數學ではこんなことは不可
能と考へられますが、それでも光速に有限な數を與へる代りに、之を無限大(∞)とした
ならば、

$$S - 1 = S$$

$$S + 1 = S$$

と云ふやうな式は當然成り立つことが知られるでせう。即ち我々の望む處は、

通常、無限大なる數の有する役目を或る有限な數(光速)に對して與へる

と云ふ點にあるのです、この目的を達するためには、我々は上の「 $10 - 1$ 」や「 $10 + 1$ 」の代

りに、通常の數學的記號を用ひるならば、

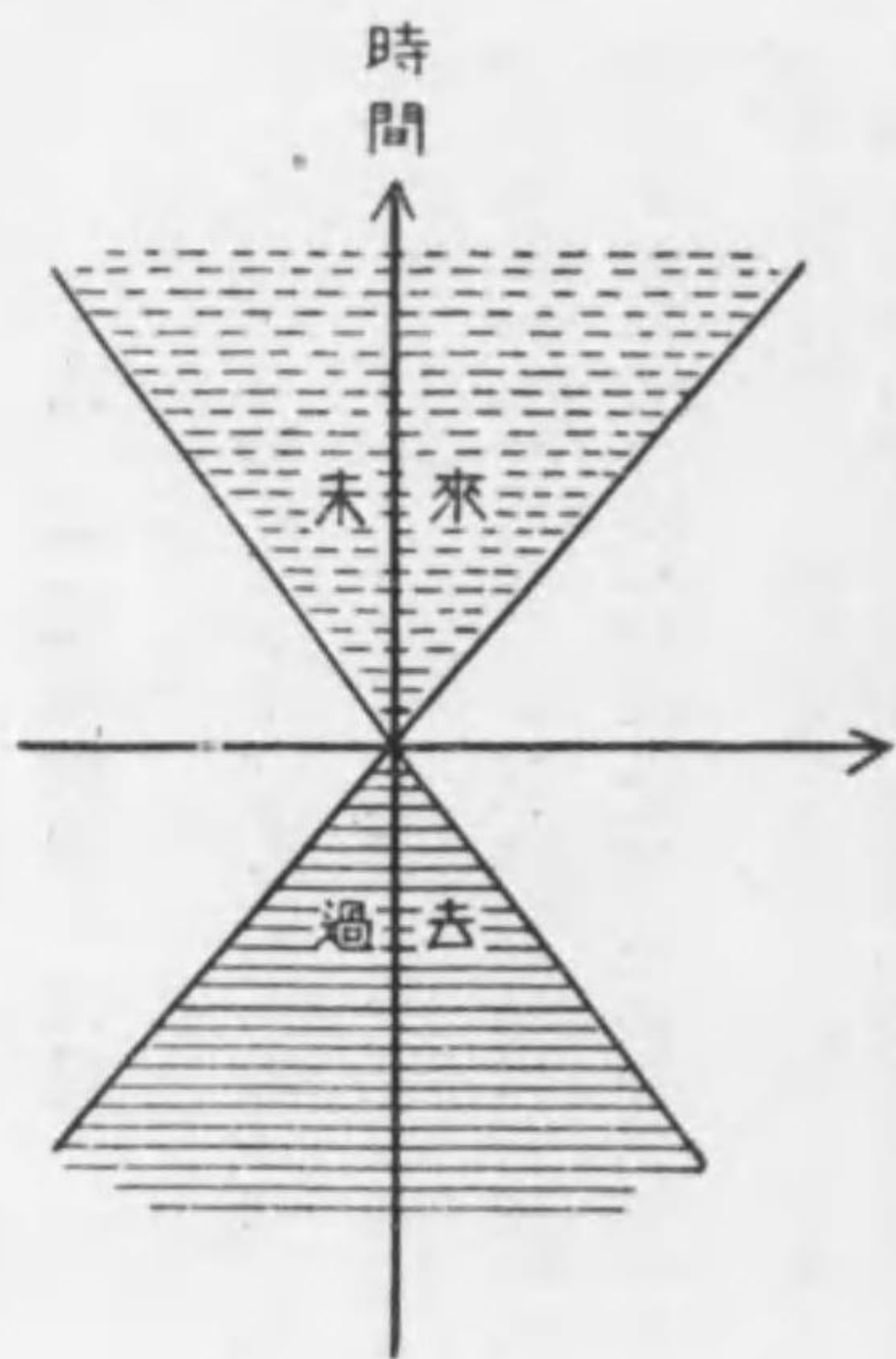
$$\frac{10-1}{1-1} = 10$$

$$\frac{1-1}{10} = 10$$

$$\frac{10+1}{1+1} = 10$$

を置き換へればよかつたのでした。アインシュタインの理論から云へば、時間と空間との速度の異なるために、もとの10や1がその儘の大きさに測られないで、このやうな變化を呈するのだとも見られます。

丁度このやうな數學は、内容的に非ユークリッド幾何學として知られてゐるものに相當するのであつて、相對性理論と之との密接な關係の存在することは、始めて一九〇七年にミンコフスキーと云ふ數學者によつて明らかにされました。彼は空間の三次元と時間の一次元とを合せて、四次元の幾何學體を想像し、このなかで相對性原理を満足させるために



は、之が一つの非ユークリッド的の性質をもつたものであればよいことを示し、種々の物理的關係を非常にみごとに幾何學的關係で云ひあらはすことに成功しました。彼の意見に

依れば、一つの物體の認識には先づそれが何時何處にあるかを云ふ必要があるのであつて、時間と空間とは獨立のものでなく、互ひに相待つて一つの「物理的世界」を形づくつてゐると云ふのです。そして運動の相對性はこの世界の幾何學によつて云ひあらはされることを説明しました。このミンコフスキーの説明によ

つて始めてアインシュタインの理論はその特異的な性質を解りよくせられ、著しく一般の注意を惹くやうになりました。私は茲でこの極めて興味ある幾何學的の關係にまで立ち入

つてお話しするだけの餘裕をもつてゐませんが、相対性原理の確立に對するミンコフスキーの功勞を述べたいと思つて之に云ひ及ぼしたのでした。

八 一般相対性と力學

一九〇五年のアインシュタインの理論は、單に等速運動の相対性に關するものでありましたが、アインシュタインは更に之を擴張しようとして努力を續けてゆきました。そして十年後の一九一五年に至つて、始めて任意の運動の相対性に對する理論を完成し、之を一般相対性理論と名づけました。それで以前のものを之に對して特殊相対性理論と云ふのです。

速さの變る運動は運動の法則から見ても絶對的であることを前に述べましたが、さて之を判斷する標準體が何であるかと云ふことは、從來の力學で一つの問題とされてゐました。實際上には天文學などで恒星を動かないと見做し、之を標準に取ることが出來ますが、併

し理論上恒星の存在がこのやうな絶對的標準を與へると云ふことは、困難に思はれます。なぜなら、我々は物體に力が働らかなければ靜止又は等速運動を續けると云ふことを、運動の第一法則即ち惰性の法則によつて事實として認めはするものゝ、かやうな靜止や等速運動の標準體が恒星でなければならぬと云ふことは、法則自身のなかに少しも云ひあらはされてゐないからです。

この困難は認識論上の問題として、既に十九世紀の間に論議せられ、有名な批判學者であつたマッハの如きは、認識論的には運動はどうしても相對的でなければならぬことを強調しました。けれども之を相對的に成り立たせるやうにするには、運動の法則をどう變へたらいかと云ふことは、更に一層の困難を感じしめたので、誰も之に手をつけるわけにはゆかなかつたのです。

ところでアインシュタインはやはりこの問題を深く考究し、先づ物體の重さの相對的であることに氣づいたのでした。實際に我々は地球上で自分の身體や他の物體が一定の重さ

を持つことを経験しますが、高い處からとび下りでもすれば、身體が空中に懸つてゐる間は、その重みを感じなかつたでもありません。エレベーターで下降し始める際に、すつと身體が軽く浮く様に思ふのも同様の事實なのです。つまり或る加速的な運動をしながら判断すれば、重さが異つてくるのです。即ち重さは観測者の運動の立場に相對的な量であると思ふことが出来ます。

アインシュタインは尙ほ次のやうな例を示しました。地球やその他の天體から十分遠く離れた場處に、我々が一つの閉じられた實驗室を想像して見ますと、そこでは重力もその他の力も働いてゐませんから、すべての物體はこの室内の空間に自由に懸つてゐることが出来ます。今この室全體を床から天井の方向に向つて或る加速度をもつて動かすならば、室内の観測者は、その空間に懸つてゐるすべての物體が、床に向つて同一の加速度で落ちることを見るでありませう。それは丁度我々が地球上の空間で、重力の作用のもとに経験するところの現象と全く同一であります。即ち観測者が運動の立場を變へたために、この

室内に重力の場があらはれたのだと云つても、少しも差支へない筈です。そして以前には重さを持つてゐなかつた物體が、みんな重さを有するやうになつたと云ふことが出来ます。重さの相對性は之によつて一層明らかに知られるでせう。

更に今想像した實驗室内に、天井から糸でつるした物體があつたとすれば、室全體が加速度をもつて動きだした時、この物體は、糸に引きずられて同じ様に動き出すでせう。我は物體の惰性が運動に抵抗して糸を引張るのだと云ふでせうけれども、實驗室内の観測者に取つては、それは物體が重さを生じたために糸を引張るのだと判断されるではありません。このやうに見れば、物體の惰性と重さとは、同一の事實を異つた運動の立場から見たものに過ぎないことがわかります。

由來、我々は力學で物體の質量は運動の法則に従つてその惰性的抵抗によつて定義し、同じ物體の重さは之にはたらく重力の大きさによつて定義してゐるのですが、この二つの異つた量が常に相比例してゐると云ふ著しい事實に對しては何の理由をも歸する事が出来

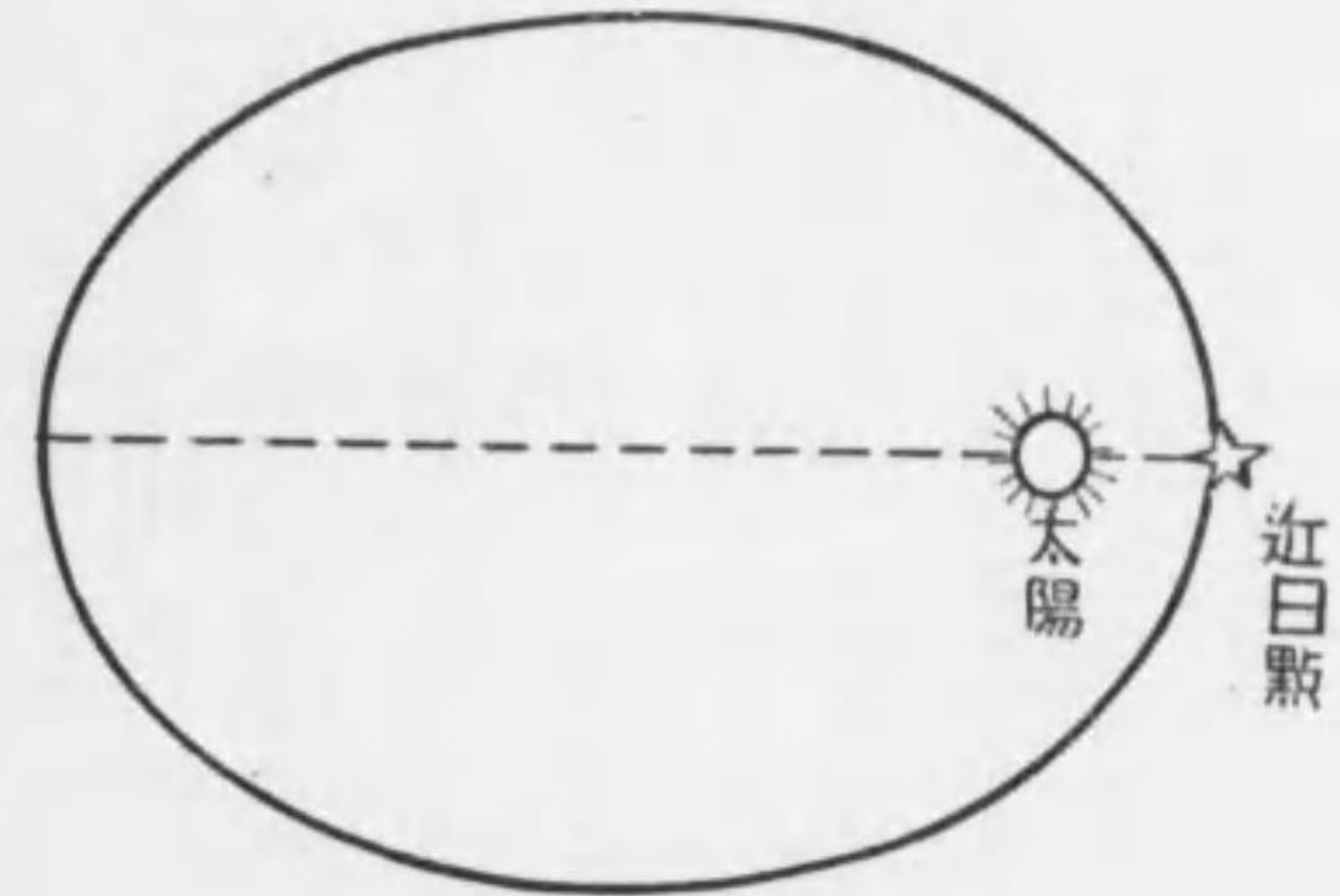
ませんでした。ところが、上に述べたアインシュタインの説明は、この二つの量が同一でなければならぬことを理論的に示すのであつて、これだけでも我々に取つて興味深い事柄でなければなりません。

その上にこの理論は運動をすべて相対的であると見なすのであつて、只我々が一つの立場から、之に對して加速的な運動をなす他の立場に移る場合には、之に相應した重力の場をその空間に導き入れ、ばよいと云ふことになります。この考察に基づいて、我々は一般相対性の假定のもとに力學を立てることができるのであります。アインシュタインの理論は實に之を我々に示してくれたのでした。

九 萬有引力

萬有引力がニュートンによつて發見せられ、彼の名を不朽にしたところのものであることは、誰しも知つてゐるところであります。ニュートンが十七世紀時代に當時の天體觀測の結

果に基づいて立てたところの引力の法則は、爾後天文學に於て應用せられ、或は未知の惑星の發見に導き、或は彗星の軌道の計畫に役立ち、又日蝕や月蝕の生起を豫言せしめ、精確な曆を我々に與へてくれました。併しこの法則が果して絶対に正しいものであるかどうかについては、それから二百餘年の間殆んど何の理論的判斷をも之に下す事ができませんでした。實際の天體觀測上では、いつもこの法則の大體に於て滿足的に成立することを示してはしましたが、或る場合に多少の事實との相異が見出されなくてもなかつたのであつて、その中で最も著しいものは、水星の軌道に關する觀測なのです。水星は惑星の中で太陽に最も近いもので、その軌道も他の惑星に比べて一番扁平な楕圓形をなしてゐますが、他の惑星からの作用を取り除いて見ても、この楕圓軌道が長い年數のうちにくらかづ、位置を換へて行くことが觀測せられるのです。太陽は楕圓の焦點にあります、軌道上で之に最も近い點を近日點と名づけるのであつて、軌道の位置の變化はこの近日點がどれ程づゝ動いて行くかによつてあらはされます。アメリカの天文學者のニウカムが計算した處で



惑 星 の 軌 道

は、水星の近日点の移動は角度で云ひ表はして毎百年に $43''$ 秒なのでした。これは随分小さな数ではありませんが、ともかくこれだけがニュートンの法則で説明の出来ない運動なのです。天文学者は之に對して種々の解釋を提出はしましたが、何れも十分と云ふ程度には至らなかつたのです。

さて、アインシュタインは一般相対性によつて重力の場の變ることを説明したのでしたが、重力は地球の萬有引力に外ならないのであつて、一般にどんな萬有引力の場でも、少なくともその微小な範圍を考へるならば、適當に運動の立場を轉換することによつて之を消滅させることも出来ますし、又逆に何もない空間に

萬有引力の場を實現させることもできるわけです。そこでアインシュタインは、實際の物體から起る萬有引力の場が時間空間的のどんな性質によつて實現されるかを數學的に考究し、こゝに新たに萬有引力の理論を立てることができたのでした。これについては詳しい説明をこゝに掲げることができませんけれども、要するに空間に對して極めて一般的な幾何學的考察を施さなければならぬのであつて、その空間は從來我々の假定してゐたやうなユークリッド空間ではなく、却つて或る曲率をもつた一般空間でなければならぬのでした。

この空間の曲率と云ふことはどうも我々には考へ難くて困ります。我々は二次元の面の場合の例で之を想像するより外はありません。面のうちで平面は曲率をもたないものであり、球面は一定の曲率をもつものであることを知つてゐるでせう。球面は三次元の體を取り圍んでゐるものですが、之と同じやうに三次元の空間がどこも一定の曲率をもつならば、或る四次元の幾何學體を取り圍んで居るわけなのです。面が曲つてゐるかどうかを見るに

は、面以外に頸を出して始めてわかるのであつて、我々の三次元空間が曲つてゐるかどうかは、我々が空間以外に頸を突き出すことができない限り、直覺的には見られないのが當然です。どうも困つた事が始つたのですが、ともかく我々は頭のなかでそれを想像して見なくてはならなかつたのでした。このやうな一般的な幾何學は非ユークリッド幾何學が發展した後に、リーマンと云ふ數學者によつて十分に論ぜられたのでした。併しその當時はこのやうな空間は、單に數學者の物好きな思考を満足するに過ぎないやうに見えましたが、圖らずもそれがアインシュタインによつて實在の空間の性質として導き入れられるに至つたのは、人間の思惟と自然との微妙な關係に對して實に興味深い點であります。

さて、アインシュタインの立てた萬有引力の理論は、二つの物體間の引力に對して大體にニュートンの法則と一致することが證明されるばかりでなく、驚くべきことにはニュートンの法則で説明のできなかつた水星の近日點の移動を當然に結果するのでした。しかもその數値を計算するに至つて、ニウカムが觀測上から見出した値と全く一致したと云ふこと

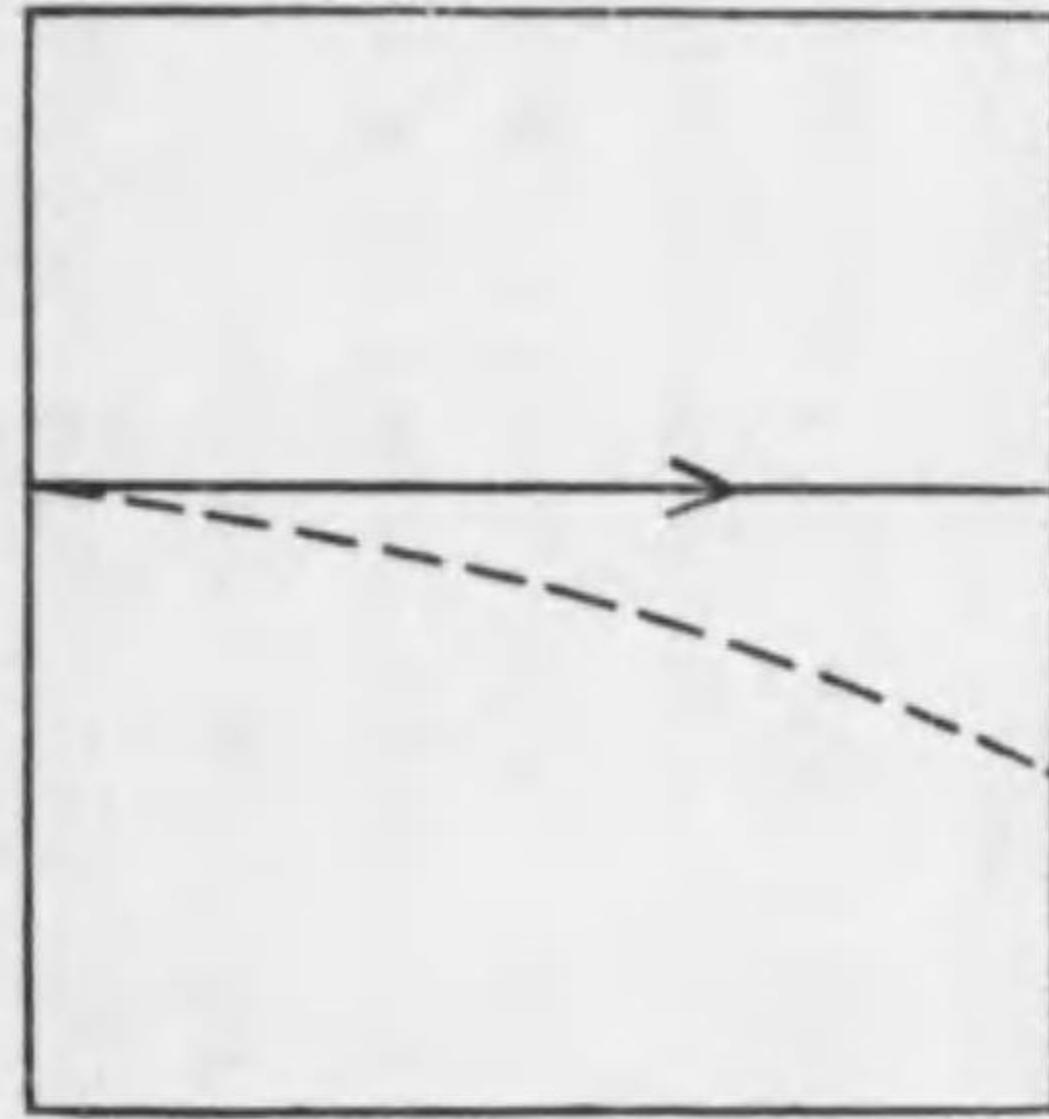
は、實にこの理論の物理學的に價値のあることを既に十分に示すものであります。物理學の理論の勝利は何を措いてもこの事實との一致に歸著せしめなければなりません。その上にアインシュタインの理論は重要な認識論上の問題をも我々にすつかり解いてくれます。之に代るものが果してどこにあるでせう。人々は單にこの理論が珍奇に見えると云ふ理由で之を斥けてはなりません。それだけにこの理論こそ創見的な驚くべきものなのです。

一〇 光線の屈曲

光が眞空の中では直線的に進むと云ふことは、疑ひもない事實として信ぜられてゐました。光線が常に二點間の最短距離を通過することは一般的の原理として恐らく必然的のことであつたでせう。ところが、この原理を承認したとしてもアインシュタインの萬有引力論が要求するやうに、空間がユークリッド的でなく、却つて曲率をもつてゐることが事實

であるとするならば、さう云ふ空間内の最短距離は必ずしも通常の曲線ではなくて或る曲線をなすでありませう。丁度球面上の二點を結ぶ最短距離はこの二點を通る大圓になるのと同様です。そんなわけで、實際に萬有引力の場を通る光線が屈曲しなければならぬ

ことはアインシュタインによつて理論的に豫言されたのでした。



ては、光線が進むに従つて、床の方に曲つてゆくやうに見えるにちがひありません（圖上の點線が之を示します）。ところで室内の観測者はこの際そこに重力の場が起つたと判断す

るのでありますから、光線の屈曲も亦當然この重力のためであると見做すより外はないのです。そして重力は床の方に向いてゐますから、光線の屈曲の向きも亦之と一致することがわかるでせう。

アインシュタインは星から來る光線が太陽の傍を通過する場合に、太陽の萬有引力によつて曲げられることを論じ、その大きさを計算しました。この際光線の以前の方向と後の方向とのつくる角度は 1.75 秒でなければなりません。ところでこのやうな光線屈曲が果して實際に起るであらうかどうかは、實に一般相対性の理論に取つて極めて重要な事實的檢證であるばかりでなく、單に實際上の現象としても興味あるものでなければなりません。けれども之を觀測するためにはよほど精密の方法を必要とすることは云ふまでもないのでした。その上に通常は太陽の近傍にある星を見ることができませんから、我々は日蝕の機會を待たなければなりません。光線屈曲の檢證はこのやうにして日蝕觀測に附隨する重要な仕事として見做されるやうになりました。



さて併し、我々が此處で歴史的に見通がすことの出来ないのは、一九一四年に始つたヨーロッパの大戦争であります。アインシュタインの理論の完成された一九一五年はこの戦争の最も酷な時でありまして、ドイツでは學國の兵をもつて四方に戦つてゐたのであることを忘れてはなりません。アインシュ

タインはやはり當時ドイツに居ましたけれども、幸に國籍を異にして居たために辛じて研究室に止まる事が出来たのでした。併しその發表した論文が各國の學者に一般に知れた

のは、このやうな事情のために恐らく一二年後に遅らされたのです。そして多くの學者に始めて驚異の目を見張らされたのでした。それでも日蝕觀測によつてこの理論の正否をためすと云ふことはすぐには望まれません。漸く一九一八年に至つて休戰條約が結ばれるに及んで、英國の學界が先づ之の重要であることに注目し、翌年五月にアフリカ及び南アフリカの地方で觀られる日蝕の際に、エドワートン等數名の天文學者を派遣してその觀測に従はせたのでした。そして同年の末に至つてこの觀測の結果が全くアインシュタインの理論と一致することがイギリスで發表せられたときに、始めて異常な世界の視聽をそこに集中せしめました。新聞や雑誌がこれを報道するに従つて、忽ち世界の隅々にまで相對性原理が喧傳せられ、爾後數年に亘つて異常な衝動を一般に與へたことは、恐らく我がの記憶に止つてゐることでありませう。科學界に於てこれ程な出來事は極めて稀であつたにちがひありません。ダーウィンの進化論やラチウムの發見などが稍々之に類する衝動を持つたと云つてもよいかも知れませんが、併し認識論上にまで亘つた根本的な概念改革

の如きをもたらした點で、相對性原理に過ぎるものはなかつたのでした。一九二二年の暮に我々の尊敬するアルベルト・アインシュタイン教授が親しく我國にまで來訪せられて、その高遠な學說を通俗的に教へられたことも亦我々に取つて忘れることのできない事柄です。

一一 宇宙論

アインシュタインは一般相對性の理論を完成した後に、更に一九一八年に之を擴張して我々の宇宙空間の問題を論じました。既に述べた通りに從來の力學が絕對靜止の空間を假定する事は、恒星の世界を絕對靜止の標準體と見做す事と何の理論的關係をも求める事が出来ないのです。尤も我々の宇宙空間の限界がはつきりと知られてゐて、若しくは少なくともそれが十分に考へられて、その中にある總ての星の質量の中心が一定に決まるとするならば、力學の上でこれを絕對靜止の標準に取る事ができてもありません。けれども我々は實際に宇宙が我々の望遠鏡で望み得る範圍以外にどこまで續くかを知りません

し、又どこまで空間の限界に到達するであらうと云ふやうな、理論的理由を想像することさへできないのです。して見ると、恒星の世界だつて無限に續いて居るかも知れませんし、そしてその質量の中心などと云ふものが一定されるかどうかは全くわからないのです。このやうな宇宙の限界のやうな問題は到底從來の我々の科學的知識からは推論することのできないものであると思はれてゐたのですが、アインシュタインの理論が我々をして之にまで觸れしめると云ふことは、今更に一層の驚異を感じしめずにはおかないでせう。アインシュタインの理論は運動の完全な相對性を許す點で絕對靜止の問題を消滅せしめてしまひますが、これと同時に一定の質量を含んでゐる宇宙空間の形體を自然に決定せせると云ふ點で、非常な興味を我々に示すものです。なぜなら、この理論によれば空間の性質は質量の分布によつて決定せられるものであるからです。今宇宙の大體の形體を想像するため、假にすべての星の質量が宇宙空間に一樣に分布せられたと假定して見ませう。この假定は空間の續いてゐる限り星がそのなかに存在してゐるとすれば、さほど不當なも

のではないのであつて、丁度地球の大體の形状を見るために山や海を平滑にならしてしまふと假定するのと同様なものでありませう。さうすれば宇宙空間はどこでも一樣な質量を持つてゐますから、従つて到る處一定の曲率を持つわけであつて、この場合に空間は丁度二次元の球面に相當した三次元の球空間を形づくるのです。我々は通常の球面の上で最短距離の線を引いてゆくと、それはどこまで行つて終ると云ふことなく續いてゆきますが、遂には球面を一周して再び元の點に戻ることを知つてゐます。従つてその線の全體の長さを、亦球の全面積も有限の値となるでせう。之と同様に、我々が宇宙空間のなかで一定の方向に線を延ばして行けば、それは決して終端を示さないけれども、遂には元の點に戻るやうなものであり、その全體の長さや球空間の體積はたとへどんなに大きくとも有限のものとなるのです。宇宙空間は限界なしにそれ自身閉ぢてゐると云ふことが出来ます。このやうな宇宙構造は決して我々の夢想によつて描かれたものではなく、一つの驚くべき科學理論の結果として示されたところのものであつて、若し我々が宇宙間にあるあらゆる星の

全體の質量を推定することが出来るならば、それによつて宇宙空間の大きさをさへ計算し得るのであります。

我々の科學は最初我々の限られた感覺をもつて、その周圍の事物を知ることによつて出發したものにちがひないので、そして之等の經驗を集めて法則を立てたのに過ぎないので、併し我々は思惟の作用によつて理論なるものを構成するときに、そこにはまことに想像することのできない深い自然の姿を現はすことが出来るのです。直接の感覺ではとても思ひ及ばない世界が我々の眼の前におかれるやうになります。原子や電子などの細微な世界も、その一つであります。又アインシュタインの理論から示される、かやうな宇宙構造の如きは、なんと云ふすばらしい壯大なものではありますまいか。我々が今日に於てこのやうな理論を聞くことのできるさへ、一つの幸であると感じなければなりません。

一一 萬有引力と電磁氣力との關係

A 世の中もだんだん面白くなつて来るね、まあ、政治家のいざこざなんかは我々にはどうでも構やしないが、科學の急速な進歩は實にすばらしい見ものだ。ラジオが何處でも聞けるやうになつたかと思ふと、もう電送寫眞が始つたり、映畫放送なんかへ行はれやうとしてゐる。何でも今度のアインシュタインの新學說では、引力絶縁が出来て、我々が引力を感じないで空中を歩いたり、月世界までも樂に行けるやうになるかもしれないと云ふぢやないか。生命を大事に長くするに限る。こんな事を知るだけでも生きがひがあるよ。

B まあ、ちよつと待つてくれ給へ。科學の進歩を讚美するのはいいがね。今の話の引力絶縁なんかは生憎さううまくは出来さうもないよ。それが出来た日には、地球や月の軌道を變へることだつて難かしい事でもなくなるかも知れないし、昔アルキメデイスの云つたやうに、「一本の挺子で地球を動かして見せる」ことも、もう珍らしくもなくなるわけだが。……

A 併し、現にアメリカのシエルドン博士がさう云つてゐるさうだ。アインシュタイン

の發見は引力と電磁氣と同じものであることを證明したのださうだが、して見ると、電氣や磁氣を絶縁することができる以上、將來には引力の絶縁も決して架空的ではないと云つて、今にも實現しさうな説を吐いて居るんだ。

B は、あ、そりや少し早まり過ぎた議論だと思ふ。博士だつて何だつて、その議論が理窟に合はなきや何なりやしない。

A 君はまたどうしてさう偉いことを云ふね。引力絶縁が出来ないとしても云ふ立派な理由があるのかね。

B さうだ。我々が電氣の作用をどうして絶縁することが出来るのか、まあ、そこをはずきりと考へて見たまへ。例へば陽電氣を持つたものが此處にあるとして、その周圍をすつかりと金屬で取り圍むと、金屬の内面には陰電氣が感應する。物理學で説明する通りに、この場合には陽電氣から出發した電氣指力線と云ふものが全部金屬内面の陰電氣で終ることになるのだ。つまり内部にある陽電氣の直接の作用はこの指力線のとゞく處までしか達

しない。だから、我々が之を金屬で包んでしまへば、作用はそのため絶縁せられてしまつて外部にはとどかないことになる。そこで、若し萬有引力が電氣と同じ力だと假定しても、物體から出る引力の指力線と云ふものを或る場處で斷ち切つてしまふのには、電氣の感應に相當するやうな質量の感應とでも云ふ現象が現はれなければならないと思はれるけれども、我々はさう云ふ事實を未だ曾て知らない。おまけに通常の質量とは反對の負質量とでも云ふものゝ存在を経験したことはない。質量がいつも正であると云ふことは指力線がどこまでも續いて行き、どの質量の間にもつながることを意味するのである。アインシュタインがどんな理論を立てたからと云つて、この事實を否定するわけにはゆかない。事實を正當に云ひあらはすのが科學の正しい理論なんだから。

A なる程、さう説明され、ば引力絶縁なんて出來さうもなくなつてしまふ。アメリカの學者なんて、いゝ加減のもんだね。

B アメリカだつて相當な學者はあるがね、ともかく引力絶縁だけは失敗さ。だが、そ

んな話のお蔭でアインシュタインの難しい理論にもみんなが耳を傾けるやうになるとすれば、それも一種の効能があると云ふものかな。

A いや實際だ。僕なんか大いにその一人なんで、アインシュタインの學說と云つたつて、どうせ譯のわからない數學式の行列なんだらうけれども、それでも非常に興味を感じた譯さ。

B 神や佛がどんなものか、本當には誰にもわからないが、先づお寺や教會の壯嚴な空氣に浸ると、何となく有難い氣持になつて、お經を唱へたり祈禱を捧げるやうな菩提心起すと同じわけだ。でも、いゝ加減な偶像を神さまだと思ひ誤つてはいけない。之は用心すべきことじゃあるまいか。

A 全くさうに違ひないんだが、普通人にはその偶像を見わけにくいのだ。

B それに何か御利益があると云つて神佛に參拜する程、ばかげたものはない。宗教の本質がそんな處にないのは少し考へればわかるだらうと思ふが、科學でもその通りで、引

力絶縁が出来るとか、出来ないとか云つて、アインシュタインの理論の價値は少しも増減しはしない。それは一つの真理として成り立つてゐるんだ。

A 僕だつてそれ位のことには承知してゐる。それはともかく、それなら一體その理論と云ふのはどう云ふものか、我々にわかるだけの説明をしてくれないか。

B いや僕だつて實は今度の論文と云ふのを見ないんだから、本當のことは話せない。でも、以前の論文から大體のことは推察できるし、又例のベルリンからニューヨークに電報で送つたと云ふアインシュタインの解説だけは數日前に見ることが出来たから、その程度にだけはわかつてゐる。

A 勿論、それで結構だ。どうせ数式ばかり見られたつて、我々には何のことやらわかりはしないんだから、却つていゝかも知れない。時にその電報にされたと云ふ解説文と云ふのは長いものかね。

A 何しろあの細かい西洋新聞の文字で一面全體に載つてゐるんだから、語數だつて隨

分あると思ふ。東京朝日の特電にあつた通りに、アインシュタインの奥さんが、それを電報で送るんだと聞いて、「まあ無駄な金を使ふものですね」と云つたと云ふ話も當然のことだ。

A 大西洋を船で越えたつて今じや幾日もかゝりやしないのに。實際今のジャーナリズムも馬鹿々々しいぢやないか。自分の營業上の利益だとさへ云へば、何でもやりかねないね。政治家が黨利のためにばかり議論したり、議會で亂暴をやらすのも同じことだ。だから、僕もそんなことが嫌ひになるので、君に科學の話でも聞く方がどれぐらゐ愉快かわからない。

B 新聞屋が自分の利益をはかるのは勝手だが、そのために學者にまで迷惑をかけて平氣でゐるのはけしからんね。アインシュタイン博士だつて、世間のうるさいのに氣をくさらせて假家を探してゐるつて云ふぢやないか。

A 今世の中にそんなことを責めたつて仕方がないよ。それより肝腎の新學説を話して

くれ給へ。

B 一番短い言葉に約めて云へば、まあ斯うであらう。十五年前に出来上つた一般相対性理論では、萬有引力を空間の歪みで説明することが出来たのだが、今度は電磁氣力をも同じ空間の歪みであらはすことに成功したのだ。

A 空間の歪みと云ふのがどうも我々には本當に腑に落ちない。歪んでる有様が何とかして見えないものかしら。

B それは出来ない。面の歪みなら我々にも見ることが出来るのだが、それはつまり二次元の面の外から之を眺めてゐるからの話で、空間の歪みを眼に見るにはどうしても我々の頭を三次元の外につき出して見る必要がある。

A は、は、は、は。三次元の外まで頭を突き出した日にや人間はおしまいだ。

B ．だから、本當に頭を突き出すんぢやない。頭腦の中で考へだけを突き出させるんだ。つまり二次元の場合の例を擴張して、之を推察するのだ。數學の上では二次元の場合にそ

の歪みをあらはす數式を作つて置いて、それから次元數を増して同じ事をやればいゝんだから、單に推察ではなくて論理的に正確にやることが出来る。それが數學の強みで、我々はそれに依頼して始めて自然の神祕を解くことが出来るのだ。アインシュタンの理論では、實に三次元空間の歪みを考へるばかりでなくて、空間の三次元と時間の一次元とで形づくつた四次元の連續體(世界)を考へてゐるのだ。そしてこのなかで始めて我々は實在の關係を整然たる形式であらはすことのできるのがわかつたのだ。それが相対性理論の特質だと云つてもいゝだらう。

A 四次元となつちや尙更わからない。だが、なぜ空間と時間とをさう一緒にする必要があるんだね。カントの哲學から云へば、空間と時間とは我々の經驗を云ひあらはすための先驗的形式であつて、それはまるで別々のものにちがひないんだ。

B 物理学でも以前はさう云ふ考へ方でよかつたんだが、アインシュタインの最初の理論、つまり特殊相対性理論で既に、二つの離れた場所の同時刻と云ふやうなことが絶對的

には決まらないで、観測者の運動状態によると云ふことが論ぜられてから、空間と時間との間に常に密接な関係のあることがわかり、観測者の立場に無關係な實在的の現象が上に云つた空間時間の結合體である四次元の連續體のなかで數學的に一定不變式であらばされることが見出されたのだ。併しこの四次元體も單にそのなかで現象が不變にあらはれると云ふだけなら、一つの道具であり舞臺であるに過ぎないのだが、更に進んで萬有引力や電磁氣力がこの四次元體自身の歪みとして成り立つたり、従つて之等の力の源泉と考へられる物質が純粹に四次元體そのものに依存すると云ふことになれば、それが即ち我々の實在一切であり、これ以外に實在は何もないことになるのだ。なんとすばらしい結論ぢやないか。

A うん、さすがに深い理論だ。すると我々人間の身體だつて空間時間そのものに外ならないと云ふことになるね。

B さうだ。人間が空間時間のなかに生るんぢやなくて、空間時間連續體の或る變形が

人間をつくるんだと云つてしまつてもよいだらう。

A 實に愉快な結論だね。我々の身體も一切淨化し盡してしまふ氣がする。科學の理論もこゝまでゆけば、本當の宗教と合致してしまふと僕は思ふ。有り難い、なむあみだ佛。

B まあまぢたまへ。我々はまだそこまでゆかないんだ。もう少し新學說の話をしなきゃならないだらう。

A さうだつて、餘りいゝ氣持に話に乗つてしまつて、こちらから忘れてしまつた。さあ、續けてくれたまへ。

B ところでアインシュタインは萬有引力と同時に電磁氣力をも同じく空間の歪みとしてあらはすのは、さういう風に歪むことのできるやうな空間、否四次元連續體を考へ出さなきゃならなかつたのだ。萬有引力の場合にはそれはリーマン空間の性質で間に合つたのだが、電磁氣力を一緒に入れるには、新しい性質の空間が必要だつたのである。そこで色々工風してそれに適當な幾何學的性質をもつた空間を發見することができたと云ふ

のが抑も今度の新學説の出來上つた由來なんだ。

A なる程、さう聞いて見れば裏面のからくりがはつきりする。せつかく成佛してしまひさうになつたのに、ちと細工がありさうだな。

B 細工と云つちやいけない。我々はどこまでも自然を「發見」しようと思つて、之を手の先でこしらへ上げるわけぢやない。いくら細工したつて、そんな描へ物ぢやどつかに不都合が起つてくる。自然はもつとく、巧妙に出來てゐるんだ。只我々は最初からその本當のからくりを知らないから、頭腦のなかで色々の試煉を必要とするんだ。空間の性質にしたつて、昔はユークリッド幾何學ですつかりその關係をあらはすことができる。と信じてゐたのだが、それは今から見れば一切の物質を取り除いてしまつた抽象の空間だつたのだ。しかも物質を取り除くなんて、空間を物質の容れ物のやうに考へてゐればこそ、それも當り前のこと、信じて平氣でゐたんだが、一體宇宙の空間の外に物質を追ひだしてしまふことなんか出来るものぢやない。さつきの話の三次元の外に頭を突き出すのと同じ

事を考への上だけの抽象としては可能かも知れないが、現實の自然を對象とする物理學ではそれは出來ない。まして前に話した結論のやうに、空間が物質の容れ場ぢやなくて、却つて空間時間の變形そのものが物質としてあらはれると云ふやうな思想から見れば、物質を取り除くなんて不都合千萬の話になる。そこで物質の存在する空間の性質が何だと云ふことを探し出さねばならないのだ。そして之はユークリッド空間でも、リーマン空間でもなく、一種の新らしい幾何學の成立する空間（アインシュタイン空間とでも名づけたらいいだらう）だと云ふことが發見されたわけさ。

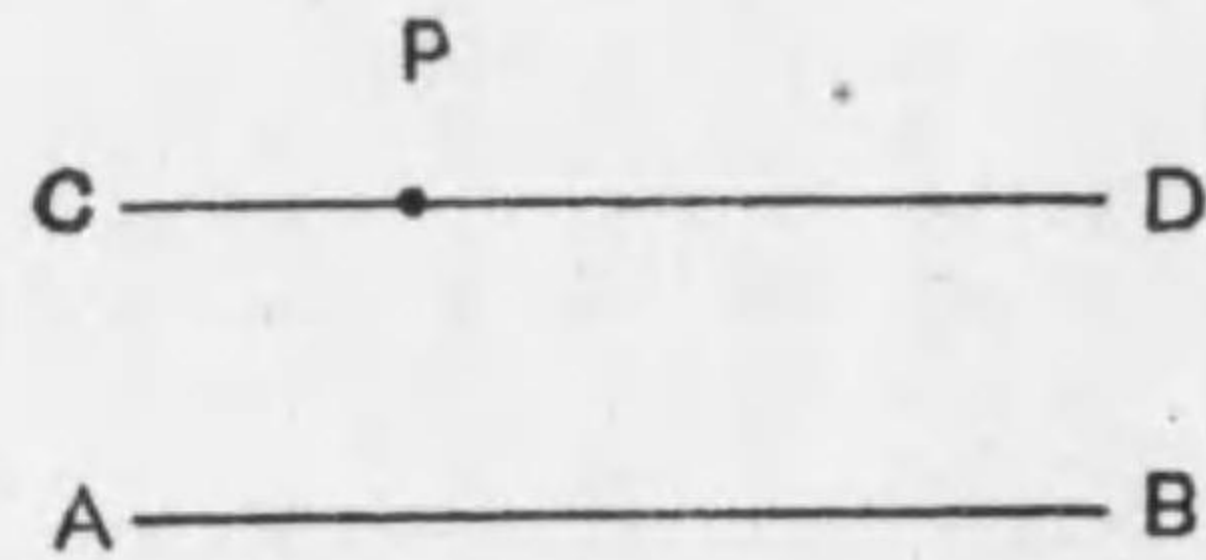
A 話がだいたいぶ難かしくなつて來たぜ、新らしい幾何學と云ふのはどんなものだね。

B わかり易いやうに二次元の面の上の關係でちよつと説明しよう。ユークリッド幾何學では誰でも知つてゐる平行の公理と云ふものがある。ABと云ふ一つの直線が與へられてゐれば、この直線以外の一つの點Pを通つてABに平行な直線(CD)は一本あつて、唯一本に限ると云ふのがそれだ。併しこれは必ずしも一本に限らなかつてよささうなものだと云

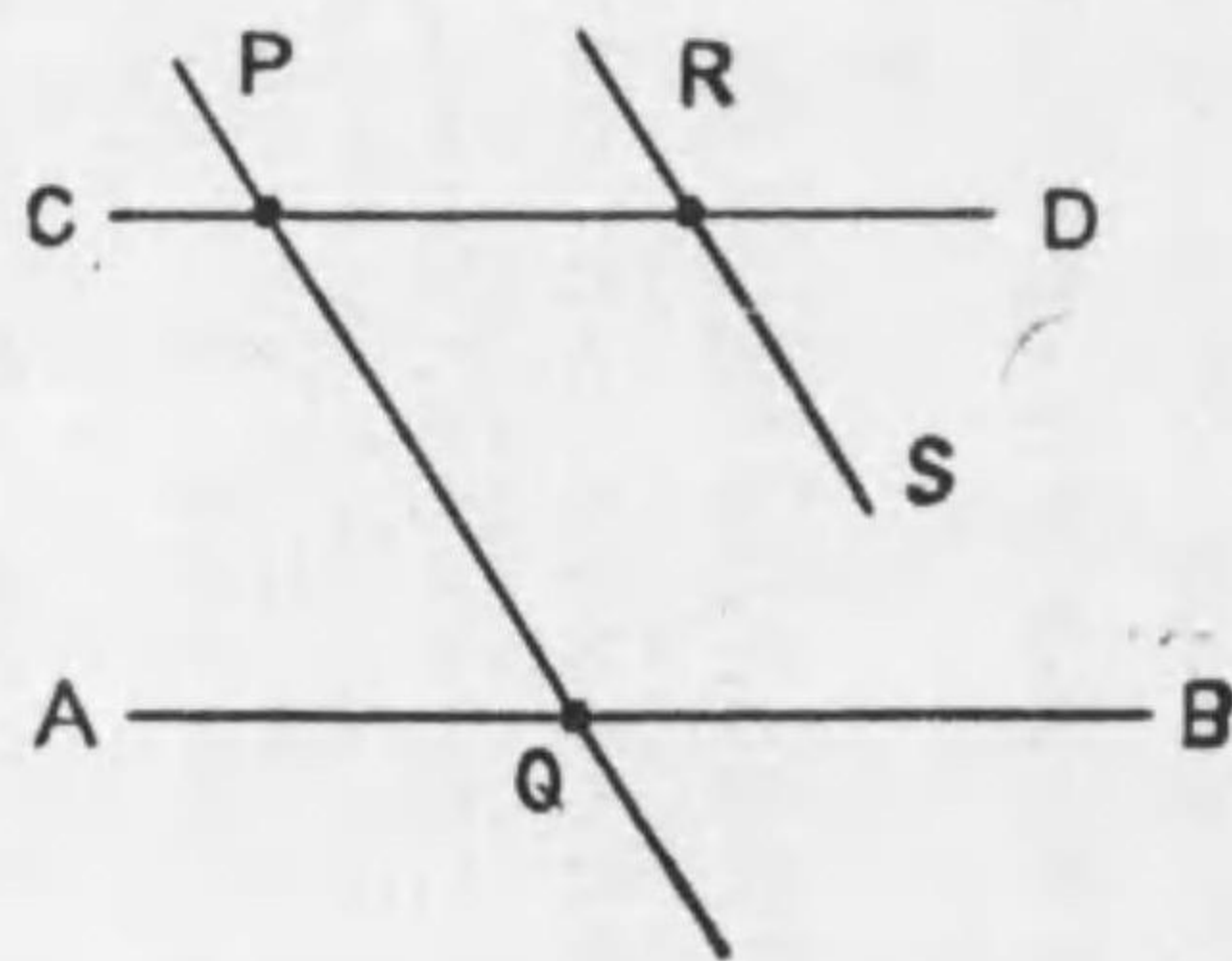
ふので、それから論理を推し進めて行つて新らしい幾何學が出来上つたのだ。有名なロバチエフスキー・ボリアイの非ユークリッド幾何學だつたのだが、之をもつと一般に押し擴めたのが即ちリーマン幾何學なのだ。だから、リーマン幾何學では之を通る平行線が何本でも無數に存在する。アインシュタインの幾何學では再び平行線を一本に限るとしてしまつた。だが、すべての關係はユークリッド幾何學と同じではない。二つの平行線AB、CDの上にそれぞれ一點Q、Rを取つて之を結びつけ、CDの上の他の點から直線PQに平行にRSを引けば、之はユークリッド幾何學ではきつと、ABと何處かで交はるに違ひないけれども、アインシュタインの幾何學ではRSは必らずしもABに交はらないと云ふのである。

A おいB君、僕が知らないからと云つて、餘り勝手な熱を吹いちや困るぜ、平行線が無數にあると云ふのも變だが、RSがABに交はらないなんて、そんな圖は第一どうしたつて描けやしないぢやないか、世の中ちや理を非に曲げることもないわけぢやないが、僕は幾何學なんて、塵ほどもそんなことをしないもんだと、今までむやみに神聖視してゐたんだ

ね。



B だからさ、それは公理なので、證明とはちがふんだ。幾何學は一度公理を決めたら、それから出發して非常に嚴格な論理で押し進むのだ。併し公理をどう決めるかは我々の勝手なんだから。他の公理と矛盾しない限りに於て少しも差支へないことぢやないか、理を非に曲げるなんて、幾何學者はそんなことはちつともしてやしない。



變だとか變でないとかは、頭の考へ方がそれに慣れないのと慣れるとの相違に過ぎないん

だよ。

A どうもわからなくなつてしまつた。ちと迷宮入りの観があるけれど、まあ、僕見たいな頭の悪い連中は幾何學者の云ふことに従はなくちやなるまい。

B ともかくいろんな幾何學が考へられるわけなんだが、そのうちで實在の空間がどんな幾何學をもつかと云ふことは、哲學上の空虚だけからはどうしたつてわかりやしない。どうしても深く自然を研究して、その現象を最も能く云ひあらはすことのできるやうに我々は空間を形式づけなければならなかつたのだ。アインシュタインの幾何學はその要求に應ずるやうなものとして發見されたのだと解釋すればよいだらう。

A 大いにわかつた。自然科学は何しろ奥深い處に進んだものだね。それを思ふと我々人間の頭腦もさすがに頼もしくなつて来る。引力絶縁なんかもうどうだつて構はない。それが自然の理にかなふものなら早晩できやうし、君が説明したやうにさうでないのなら、我々は別の方法を考へればいゝんだ。自然の本質を捉へてそれをすつかり理解するのは、

我々人間が自然の創造に參與するやうなものでこれ程愉快なことはない。また暇があつたら、もう少しゆつくりと君の話聞かう。なにしろ僕は科學の話がだんだん好きになつて来る。

B ではさよなら。

A さよなら有難う。

一三 アインシュタインの人となる迄

アレキサンダー・モスコフスキーといふ人がアインシュタインとの對話を基にして、彼の生立ちや性格や相対性理論を説明した書物があります。著者は獨逸の一戯作者に過ぎぬけれど、かなり學識もあるらしく、アインシュタイン自身も或る程度まで能く書いてあるとか云つてゐるさうです。それでその事歴を書いてある部分を抄出してみます。



アインシュタイン塔

物理的のものであつたと云ふことだけです。彼の父は或る時、寢床に這入つてゐた彼にお

アインシュタインの生涯の歴史はウルムに始まります。そこは獨逸に於ける最も高い建

築のある處です。私はウルムの寺院の望樓に登つて、アルベルトの幼時についての概観を得たく思ふでもありませんが、併しそれは駄目です。その水平線上には何も見えません。

只彼が一八七九年の三月に此處で生れたことが知られるだけです。そして記すべきことゝ云へば、最初にこの子供の注意を惹いたものが、既に

もちやのつもりで羅針盤を見せましたら、五歳の子供は驚いて、その磁針の振動するのを不思議がりました。意識の奥底に眠つてゐる知識慾が、どんなものであつたかはこれでも能く判りませう。今日のアインシュタインにとつては、その心理上の體驗を回想するのは明らかに強い意味を持つてゐるでせう。彼にはきつと之が外のどんな物理的の事からよりも、一番強く幼い頃の印象を生々と浮べさせるに違ひありません。羅針盤、さうしていつも只この羅針盤なのです。この器械が彼に無言の啓示として話しかけ、彼を電磁氣の方へ引きつけ、そして十數年後になつて始めて、その研究を成功させたに違ひないからです。

彼の父は快活な樂天的な人であつて、生活上にも面白く暮して餘り努力もしない方でしたが、その頃、家族と一緒にウルムからミュンヘンへと移つて参りました。こゝで家族は廣々とした田園の中に立つてゐる、ちよつとした小さな家屋に入りました。それは子供心に素朴な感じを湧かさせたことでした。若し都會の石造家屋の中におかれたなら、幼い人達にまるでかう云ふ世界は閉ぢられてゐたのでせうに。こゝでは自然が彼に氣息を吹きか



幼 年 時 代

け、恰も眼醒めてゆく春の初めに際して、彼の心に深い歡びを滴らせました。黙りがちの中にも、或る敏感さをもつて、彼は自分を嬉しくそれに委ねてゐたのでした。空氣と香との中に又樹叢や花芽の中に得られた素朴な印象によつて養はれたり、又家庭や學校での教育の影響によつて強められたりして、宗教的の感動が漸く彼に目醒めて來ました。家庭の中では、儀式ぶつた教養があつたわけではありませぬ。けれども、その外に彼は同時に猶太教並にカトリック教の教育を受

にはあらはれませんでした。彼の氣質は沈黙がちにものを考へる方で、夢想的な神祕をもつて貫かれた宿命觀に傾いてゐたので、周囲の刺戟に活潑に應ずると云ふやうなこともありませんでした。何でも緩くりと躊躇らひながら臆病に物事に應じ、奥深い敬虔な心持でいそしました。口重な、そして成績も普通な程度で、誰も特別な天才と思ふものはありませんでした。もつと小さい時分には、どうも餘りに並み外れてゐはしないかと両親が心配した程、遅く口をきゝ出した位であつたのですから、八歳になつた頃でも全く内氣な、ぐづぐづした引込み勝ちな子供であつて、學校へ行く路にもそちらこちらを彷徨ひ歩きながら、どうすると云ふ當てもなしに夢想に耽つてゐたりしました。餘りに病的な程正直好きのやうに見えましたから、みんなが彼に愚直者さんと云ふ綽名をつけました。その當時こんな病的だと思はれたのも、今から見れば本質的な犯し難い性質のあらはれに外ならなかつたのでせう。人間として學者としてのアインシュタインを知つて居るものは、誰でもその幼時の病的な氣質を、思想のもの堅い健全さの豫徴として肯くことが出来るでせう。

早くから彼には音楽を愛好する心が芽えました。彼はいろいろな歌を神の榮の如くに思つて、いつも自分だけに口の中で低く歌つたりしてゐましたが、聲をだすことは何となしに両親に對してさへ羞恥しく感じたのでした。音楽や田園や宗教が一緒になつて、彼の頭の中で融け合ひ、かう云ふ感じの痕跡を消ゆることなく滲みつけました。家庭では猶太教で、それから學校ではカトリック教で育て上げられたのですが、彼は信仰心に疑を懐いたこともなく、聖書を讀むにしてもそれを批判的に説明して欲しいと云ふやうな要求も起すことなく、只それを素朴的に尊い體驗として自分に承け容れようと思ひました。

痛ましい内感的な強迫がやがて起らずにはゐなかつたのです。猶太人の子供は學校にはいくらかもゐませんでした。丁度その時分擴がつてゐた反猶太熱が學校の中の講壇や腰掛へまでも入り込んで来て、小さなアルベルトの上にもその迸りを蒙らせました。彼は生れて始めて強迫と云ふものを感じ、至純な感情の絃に不調和に衝き當るものゝあるのを知つたのです。そしてその内氣さで不正の前に立たされ、正當防衛をしなければならなかつた

爲に、もとあれ程弱い臆病な性質の中にも、いくらかの抵抗心や獨立心を起すやうになりました。

學校での成績はいつも普通で、人並に及第するだけのことで、特別な才能はちつともあらはれなかつたばかりでなく、特に言語記憶に關しては覺束なさを示してゐました。彼は十歳まで小學校に通ひましたが、そこでの教育法はこの國に普通な軍隊的なやり方で、むやみに酷しかつたのです。「追憶は唯一の天國であつて、そこから私達は追放され得るものではないと云ふ言葉も、アインシュタインの小學時代の追憶には何の反響をも見出さないでせう。彼はそれをたびたび私の前で擴げましたけれど、天國的の餘響はちつとも見えませんでした。苦味走つた皮肉で彼は云ふのでした。「これらの教師達は下士官氣質を持つてゐました。——それからギムナジウムでの教師たちは、少しはよくなつて少尉氣質になりました。」

小學の次に育てられたのは、ミュンヘンのライトボルド・ギムナジウムでしたが、そこ

の思出にはいくらかの懐しみある響が聞きとれます。けれども、それも只個人的に關した追憶に止るだけで、全體としてはやはり心持の好い聖歌にはなりません。彼の話によりますと、一人々々の教師達に親しみを感じても、學校の精神からは甚く吹き襲はれるやうな嫌な氣持を持ったと云ふことです。その後よほど改良はされましたが、その監獄みたいなところは、當時の學生にとつて勿論苦痛であつたので、このギムナジウム時代にアインシュタインは人爲的な機能を輕蔑するやうになり、彼に強ひられた無精神的な機械的な勉強法を卑めるやうになりました。この灰色の圖様の中に、明るい光點のやうに數人の教師達の人格があらはれました。その中で、ルエスと云ふ先生は十四歳の彼に一生懸命に古典時代の美しさを説き聞かせました。アインシュタインは現在では人道的の教養理想を未來の學校に對して強く制限させようとしてゐますが、併し彼がこの先生やそれからの影響を話し出すと、その言葉には古典に對する尊敬が生き生きと響き、時としては希臘の歴史や文學に對して激しい爆發的の親愛さをもあらはすことさへあります。古代への眼を開かせたば

かりではありませんでした。その同じ先生から導かれて、彼は郷國の詩文學へも自らを養ひ、「ヘルマン及びドロテア」を讀んですつかりゲーテに魅せられました。かう云ふ詩を彼は科外的に教はつたので、それは模型的教育の砂漠の中に於てのオアシスであり、知識に渴いてゐる子どもの魂に對する保養所でもあつたのでした。

私はこゝで話を二年程前に立ち戻して、一つの目立つた體驗に就いて記さなくてはなりません。彼は始めて初等數學をならひ出して驚異を感じました。それは學校の課業といふやうな意味ではなく、まるでそれと違つた魔術みたやうな謎を含んだ學問としてあつて、そのいろいろな問題にはつきりした解答を與へることが、彼の心に歡びを起させたのでした。彼は計算に達者であつたわけでもなく、また數式を扱ふことも能くは知らなかつたのですが、それでも最初からうまい問題の解き手でありました。正式ではなくとも上手に廻り道をしてはそれを試み、そして最後の目的に達してひどく欣び勵まされました。技師をして同じミュンヘンに住んでゐた叔父のヤコブ・アインシュタインと云ふ人がありました

が、或る時彼に特別に變つた問題を出しました。彼は「代數」と云ふ名を聞き知つてゐましたので、之は多分それで解くことが出来るのではないかと想像しました。ところが、叔父が云ひ聞かせるのには「代數など云ふものは、ずるい計算術だよ、何でも知らないものを云ひおいて、それを知つて居るやうな顔で取扱つて、その關係をちやんと書き、後からその云を定めるのだ。」と云ふのでしたが、これだけ聞いて子供はすっかり合點してしまひました。そして代數の書物を買つて来て、自分ひとりでもうやら理解するまで讀んで、問題を解くことが出来るやうになりました。それから又いつでしか、叔父のヤコブは彼にピタゴラスの定理を話したことがありました。その定理の説明は聞かなかつたのですが、彼はそれを頭腦に入れて、どうも證明なしでは氣がすまなくなり、どうにかして自分で之を考へ足さうとしました。それは勿論 α を搜し出すあの「ずるい計算」とは別のもので、寧ろこんな幼い時分にはもつと難しく感ずる幾何學の才能が要るのでした。アルベルトは三週間ばかりと云ふものは、一生懸命にピタゴラスの中に浸り込んでゐましたが、とうとう(直

角の頂點から斜邊へ垂線を引いて)相似三角形の考へにたどり付いて、望み通りにこの定理を證明することが出来たのでした。そしてそれは昔に知られたものではあつたにしても、彼にとつては最初の発見のよろこびであつたのです。その證明を彼が見出したと云ふことは、この若年の沈思者に生長しつゝある鋭敏さを示すものでありました。

彼がベルンシュタインの大きな科學的な通俗書を知つた時に、彼は再び一つの世界があらはれたのです。この書物は今ではもうすっかり時代後れのものであり、多くの人達の眼には似而非科學的な古本としか映らなくなつてゐるばかりでなく、それが實際先世紀の五十年代のもので、書いてある材料も古いものですから、アインシュタインの子供の時代さへも、既に微臭い傾きがあつたには違ひありませんが、併しその中には小説のやうな風に面白く物理、天文、化學などの珍らしい話が澤山に入つてゐますから、子供のアインシュタインにとつては、その自然に對する好奇心や想像力をそゝるに足る恰好の書物でもあつたのでした。

他の地平線を再び彼に開いたものは、ピュツヒネルの「力及び物理」と云ふ書物でした。これはつまらない本でしたけれど、彼はまだそんなことを見通すことは出来なかつたので、只無批判にそれに驚かされておりました。それと共に彼は初等面積測量法の書物をも読んで、その中の澤山の幾何學上の問題に親しみ、僅かの時日でそれもすつかり解答してしまひました。學校の課程とはまるで離れて解析幾何學や微積分學の難しい中にまで入つてゆくと、そこに寧ろ惹きつけられるやうな心酔を生じておりました。リニューブセンの教科書をも手に入れて、その手引に満足を感じたりしました。彼の中學友達等が全等定理や小數分數などの水溜りの中に立つてがつかりしてゐる中に、彼はもう微積分學の大洋の中の自由な泳ぎ手として進むことが出来たのでした。さう云ふ彼の練達は隠されてはゐずに、すぐに皆に知れ亙り、その數學教師などもこの十五歳の子供に大學程度の學力があると云つた位でした。

こんな早熟な學才のためではありませんでしたが、豫想しない事情が起つて生活上の變

化があつた爲めに、彼は途中で學校を退きました。丁度一八九四年でしたが、そのとき彼の両親たちが伊太利へ移住することになつたからです。今まで育つて來た土地を去ることに對しての別離の悲しみに就いては記す程のこともなく、却つて彼はルイトポルドの學校を離れるのをうれしく思ひ、ミラノに住んで生活が變つても懷郷の悲哀を感じることに楽しむことが出来ました。ともかくも彼はミュンヘンの學校での壓制をかなりに不満に感じてゐたのです。自分ひとりで數學には興味を得るやうにはなりましたが、また十二歳ばかりの早い頃から音樂を好むやうな多幸を具へてはゐましたが、外部からの壓迫に對する反抗や苦痛などが、その年齢に相當した無邪氣な心を阻む力として彼の上に働いたことは事實なのです。この桎梏が今漸く外されたのでした。そして水門が開放されて堰き止められてゐた生命の快樂が流れてたのでした。南國の太陽や、風景や、伊太利の情趣や、美術や、それらが自由に市街の上に並べ見せられて、嘗て彼が夢見てゐた光景を實現せしめておりました。彼が目撃したり體感したりするところの一切は、今まで見慣れてゐたものと

は違つて、彼は自然及び人間の事物の本當の意味を語らせ、彼の靈性を抑壓から解放させるものでありました。

こゝにゐたのは半年ばかりの期間に過ぎなかつたので、彼は學校へも行かず、全く自由に文學などに親しんだり、諸方へ遠足に出たりして暮しました。彼は自分獨りでバヱイアからアプニ山脈を踏えて、ジュネーヴに歩いたこともありました。その間山岳の崇高な氣分に撃たれたり、また下層民を見て深い同情を起しもしました。彼はそこから尙ほ伊太利のリヴィーラに旅をつゞけましたが、ベツクリンの繪を見るやうな其の刺戟強い色彩は忘れることの出来ないものでした。そして彼は頂の方に向いてツアラツウストラを想ひ出してゐたに違ひありません。

あらゆる喜びと空想とに充ちてゐた伊太利の體驗は、併し短いエピソードに過ぎませんでした。アインシュタインは職業上の目的を思ひ浮べて、新しい遍歴に出かける決心を致しました。そして瑞西に来て、チューリツヒのポリテクニクムで數學と物理學とを學ぼうと

企てましたが、最初からすぐとそこに入學が出来やうとは思ひませんでした。入學の條件として記載自然科學と近世語學との科目の試験があつたのに、彼はまだその資格を持つてはゐなかつたからです。彼はアールラウに行つて州立學校に入り、そこで特殊な方法に従つて彼の知識を養ふことが出来ました。この模範學校は獨逸のレアル・ギムナジウムとほぼ同程度のものですが、現在でもアインシュタインは其の學校の組織を賞めてゐます。そこでは、ルイトポルドの學校兵營に於ける權柄づくの鞭の響を思ひ出すやうなことはまるでなく、圓滑に彼は成熟することが出来ました。そしてその後でチューリツヒのポリテクニクムの門戸が彼に開かれるやうになりました。

彼が將軍杖をその背囊に負ふてゐたことは、彼自らには意識されずに居たに違ひありません。けれども、私達は振り返つて見て驚愕に値する事柄にぶつかるとは、既にアールラウの學生時代に問題の根源が横はり、その當時に可能であつた研究の圏内におかれてゐたと云ふことです。彼は未だ發見者ではありませんでしたが、併し十六歳の青年と

して求めてゐたものは、既に彼の後年の發見の範圍に衝き入つてゐたのでした。こゝではさう云ふことを單に書き留めておくだけにして、彼の發育の解析には立ち入りませぬ。何故なら、私たちはその中間項をどうして搜し出したらいゝか判りませぬ。つまり一人の若い州立學校の學生をまだ全く閉ざれてゐた物理學に接觸させるやうに導いた思想の跳躍を知悉することが出来ないからです。彼の考究した問題と云ふのは運動物體の光學でした。詳しく云へばエーテルに相對的に動いてゐる物體からの光の發射に關したものでした。そこに後になつて、世界形像の變革にまでも導かねばならなかつた程な大きな思想群の本源があつたのです。若し或る傳記著者があつて、相對性理論の始源はその時代にまで遡つてゐると書いたとしても、その人は何も客觀的に偽りを主張したのではないであります。

こんな思想飛行の高さにまでは、この若い人の個性的な野心は昂まりませんでした。そしてもう力に充ちた翼は充分羽ばたきし得たのに拘らず、尙やはり地面に匍つてゐたので

す。彼は學校教師にならうと思ひ、これを目的にして彼の希望を高く張りつめさせることが出来ると思つてゐました。それは教師の位置に對して尊敬を持つてゐたからでもありません。チューリッヒの高等工業學校には師範科があつたので、アインシュタインはそこで十七歳から二十一歳まで學んで、そして長腰掛に坐る代りに講壇の上に立つことが出来、若い教師として小さな範圍の中で多幸に働かうと云ふだけの考へですつかり満足してゐたのでした。

けれども、いつも彼は生活上豊かでもないながらに、併し世間の潮流の中に生存の闘争をなすには堪へられないやうな感じをもつてゐました。人間同志の間柄で、暴々しい力を見せて、虚偽の名譽に飾られて、こんな闘ひをすることは彼にはひどく厭な恐しいことであり、力に對するに力を以つてするといふやうな氣にはとてもなれませんでした。それですから、彼の理想と云つても、最初は極く僅かばかりの生活の資を得ればいゝと思つてゐたのに過ぎませぬ。種々の方面から、彼に物理學又は數學の教授の許で助手の位置を得る

やうに世話されましたが、どう云ふ理由かは判りませんが、どこへ行つても断られてしまひました。また中學教師の望みも、履歴の上からの難點があつて充されなかつたのです。それと云ふのも、先づ第一に彼は瑞西人ではなく、ミラノに住んで以來は剩さへ戸籍法の上で、「無国籍」になつてゐたのであり、また次に彼には「個人關係」が缺けてゐたので、どうもそれ無しには少くとも當時瑞西ではかなりの有力者に對してさへ自由の路が與へられなかつたのでした。けれども保護者をもたない彼はどこかで自分の手で日々の糧を得る必要がありました。両親とは始終便りをしてはゐましたが、物質上の補助をもらふことは出来なかつたので、間もなくシャッフハウゼンやベルンに行つて、私教師となつて貧しいながらに過ごしました。

彼の慰みは只自分の獨立心にしたよることでした。そしてどこまでも自由の本能によつて本質的なものを自身の中に求めやうと努めました。チューリツヒの學生時代にもポリテクニクムの講義に追隨せず、勝手に家の中で理論物理学の研究に耽る方が多かつたので

す。そして、キルヒホッフやヘルムホルツ、ヘルツ、ボルツマン、ドルーデなどの論著に深く入り込みました。話は前後しますが、彼はこんな研究をしてゐる間に、やはり同じ方面に勵んでゐた一人の異性を見出しました。それは南スラブの女學生でしたが、その人と一九〇三年になつて結婚しました。併し數年後に別れて、更にすつと後で従妹のエルゼ・アインシュタインとベルリンで結婚しました。彼女は快活な知識のある人で、いま家庭の幸福を理想的に保つてゐます。

一九〇一年になつて、彼は瑞西に五年間在住した結果でチューリツヒの市民権を得たので、漸く物質上の困窮から逃れる見込が立ちました。彼の大學での同窓であつたマーセル・グロスマンが非常に盡力してくれて、彼を瑞西の特許局の長官であつたハルレルに推薦しました。アインシュタインはその役所で一九〇二年から一九〇九年まで技師を勤め、特許出願品の豫備審査を行つてゐましたが、この地位にゐたお蔭で彼は工業のかなり広い範圍に亘つての素養を得ることが出来ました。「發見」と云ふことの意味をひたむきに主張す

る人には、アインシュタインがそんな長い年月の間、「発見」の領域に従事してゐたことは恐らく知られないでせう。けれどもこの兩範圍は共通にいゝ頭腦を持つてゐる點で、お互に連關してゐるのです。そしてアインシュタイン自身さへも實際にそれを示すことを大切と考へてゐます。彼にとつては特許局で得た知識と、それから同時代にその卓越した腦力をあらはした理論的の仕事との間に確かな關係が存するに違ひありません。

この職業の半ばであつた一九〇五年に、暴雨の中に電光の閃めきが現はれました。彼の精神は多年隠れ積つた蘊蓄から續々と公けにせられました。尤も一個人の發育のさう云ふある一段落よりか、その以前の準備時代の方が、私たちに意味多いものには違ひありませんが、ともかくこゝで、それが成熟に達したと云つてもよいのです。そして物理學の上にガリレイ及びニュートンの遺産を完成するやうに現はれました。こゝには彼が凡て一九〇五年に物理學年報(Anna en der Physik)に発表した論文の題目だけを記させよう。「光の發生と變化とに關する手段的見解に就て」「物體の惰性はそのエネルギー内容に關するかど

うか」「熱の分子運動論から要求せられて、静止流體內に浮游せる微粒にあらはれる運動に就て」、それから最も大切なものとして「運動物體の電氣力學に就て」と云ふのがあります。この最後のは特殊相對性の最も基礎的な理論を含んだものです。それから尙この年にドクトル論文として「分子の大きさの新しい決定」も出しました。

これは皆科學史上に残るべき仕事であります。併し斯ういふ仕事のはつきりした價值が認められるまでには、勿論尙久しい時間を要しました。つまり之等の論文の中には、まだ暫く理解されずにゐた個々の寶が入つてゐたと云つてもよいでせう。この若い研究者に對して親切な且つ理解ある注意を向けたものは殆んどありませんでしたけれど、その中で彼は當時既に有名な物理學者であつたマックス・プランクから——その時まではまるで個人的に知らない間柄でしたが——特別な心からの手紙を受取りました。その手紙は「運動物體の電氣力學に就て」の彼の論文に對する惠まれた反響であつて、實に後になつて波瀾のやうに彼に襲ひかゝつたあらゆる賞讃の中で最初の辭令であり、前驅者でした。

彼は大學の講師になりたいと望みましたが、ベルンでその資格を得るには再び困難を感じました。それに専心に努めることが出来たなら恐らく何でもないことでしたせうが、さう行かなかつたからです。それでも遂にベルンで教職が用意されるやうになつた時に——彼はほんの僅かの間さう装つてゐましたが——チューリッヒが望み通りの手をひろげて彼を迎へました。彼はそこで一九〇九年に大學助教になつて理論物理学を擔當したので、間もなく聽講生も集つて参りました。それにも拘らず、彼は最初には幾分か以前のお役所仕事の香氣な静かな中に、或る程度まで周圍から離れて感じ得たのを懐しく思ひ出すことを免れませんでした。一九一一年に新たにブラーグ大學の正教授に招かれ、物質上の報酬もよかつた爲にその方へ赴きましたが、一九一二年の秋にはまたチューリッヒへ戻つてポリテクニクムの教授となり、一九一四年の春になつて強い北方の磁石の力の場に導かれて行きました。彼はスプレー河邊に住んで、それ以來私達の中に滯まつてゐます。國家的には瑞西人であり、精神的には世界公民であり、官職の上ではベルリン^{フッケー}學士院の會員として

大學の講座を持つてゐました。此處で彼はその相対性の理論を、一九〇七年に源を發した萬有引力論の著大な擴張と共に完成させました。それを完成するためには非常な骨折をして八年も費したのです。世界をしてこの理論のあらゆる歸結を完全に見究めさせるには恐らく尙幾世紀もかゝることせう。

何故ならば、それが爲には思想上の慣習に打ち勝たなければなりませんから、それはすぐれた頭腦にあつてすら、その傳統的な權利として入り込んでゐるものを取りのけるのは容易なことではないのです。同じ物理学の第一人者の中に數へられるアンリー・ポアンカレでもまだ一九一〇年頃、アインシュタインの新しい力学を承認するにはかなりの努力が要ると云つた程です。彼がその疑念を全くなくす迄には尙年月を要したに相違ありませんでした。けれども勿論その後には彼は旗を翻してアインシュタインの幕營に移りました。アインシュタインがチューリッヒの教授の職に就いた時に、ポアンカレはあのラヂウム^{ラヂウム}の發見者のキュリー夫人と一緒にそれを祝しました。その祝賀の奏曲の一節をこゝに共鳴

しながら記してみませう。

「アインシュタイン氏は」とその時偉大なポアンカレが書きました。「私は今までに知つた中の最も創造的な精神をもつた一人です。まだ年の若いのに拘らず、彼はもう現時の第一流の學者の中でも最も高い尊敬に値する人です。私たちが特別に彼に於て驚くべきことは、彼が容易に新しい考慮に自分を向けて、そこからいろいろな結論を得ると云ふことです。彼は古典的な原理に自分を粘着させておかずに、寧ろ或る物理学の問題に出逢ふ毎に考へ得られるあらゆる可能性を見まします。彼の頭腦の中でそれがすぐと新しい現象の豫察となつてしまひ、日々の經驗的事實に現はれるかどうかを考へます。……どんな價値をアインシュタイン氏が現はすであらうかは將來益々示されるでせう。彼を自分の處に繋ぐことを知つてゐる學校は、この若い偉人との連結の爲めに名譽を贏ち得ることは確かであると云はれます。」

以上はモスコフスキーの書いたものでありますが、そこに記された通りにアインシュタ

インは一九一四年ベルリン大學に招聘されてから翌年一般相対性原理論を完成したのでした。當時は歐洲大戰中であつたが、大戰後一九一九年イギリスの日蝕觀測隊によつてこの理論の結果が確められてから、その名聲が俄かに世界的に擴まりました。一九二二年の冬には我國にも來朝せられて各地に講演を行はれたことは、尙ほ我々の記憶する處であります。そしてその後も引續きベルリン大學に教授の職を取り、カイザー・ウィルヘルム研究所の物理部長を兼ねて研究を續けられてゐますが、昨年更に相対性理論を擴張して、重力と電磁氣力との一切を包括する統一的の場の理論を發表して、彼の理論の窮極するところの偉大なる歸結を示したことも、學界に對する非常なる貢獻と云はなければなりません。一九二一年には學者の最大名譽と認められるノーベル賞を得、又各國の學會に於ても競つて名譽會員として教授を遇してゐることなど、教授の驚嘆すべき功績を想へば當然の事柄に過ぎません。

相對性原理の話 終



スリーシモロク

<p>發行所</p> <p>東京市神田區 通神保町 株式 三省堂</p> <p>大阪府西區 阿波座下通 株式 三省堂大阪支店</p>	<p>印刷所</p> <p>東京市外濠田 株式 三省堂蒲田工場</p>	<p>印刷者</p> <p>東京市神田區通神保町一番地 株式 三省堂 代表者 龜井實雄</p>	<p>著者</p> <p>石原純</p>
--	---	---	----------------------

昭和六年一月廿九日印刷
昭和六年二月一日發行

相對性原理の話
定價金二十五錢

(本製田蒲)

！よ見を座講識常堂省三！りあに、こ庫寶の識知

高層建築	電送寫眞	硝子の知識	自動車の知識	人造絹糸と「セルロイド」	石油の常識	トイキ	ジャズ音楽	大衆文藝學	三民主義	笑の叢書	素質型と其の心理學的診斷	支那勞農階級の生活	最近のソヴェートロシア	胃腸病の話	肛門病の話	扁桃腺の話	中耳炎の話	胃潰瘍の話	スホーツと衛生	乳兒の營養方法と小兒の糞便	淋疾の話	動脈硬化と血壓	天平工藝の研究	漆とその工藝的應用	歐米美術工藝小觀	最近の寫眞術	染織物の常識
岸田日出刀	丹羽保次郎	難波元弘	三木吉平	厚木勝基	小林久平	門倉則之	鹽入龜輔	木村毅	岡部三郎	廣瀬哲士	内田勇三郎	後藤幹太郎	昇 譯	吾妻俊夫	石井吉五郎	高木 慎	石井 正	平野啓司	小笠原道生	内村良二	萩原省三	上條秀介	六角紫水	澤口信一	豐泉益三	窪田彌壽治	西山博太郎
二〇	二〇	二〇	二〇	二五	二〇	三〇	二〇	近刊	二五	二〇	三〇	二五	二五	近刊	二〇	二〇	二〇	二五	二五	二〇	二〇	二〇	二〇	二〇	二〇	二〇	二〇
潜水艦の話	飛行機の母	航空機	フオーードシステム	農村の行方	廣告ピラミッド商店廣告術	飾窓の照明法	電氣サイン及看板照明	賣上本位の陳列裝飾	小賣商店の新らしい經營法	魚の味と選み方	近代生活の家具と裝飾	着物の流行と織物	小住宅の洋風裝飾	壺所の設計と設備	森林と社會	日 本 酒	天然色寫眞	流星と和漢	藥草と和漢藥	藝 星 話	相對性原理の話	朝 顔 話	海 苔 と 昆 布	性 遺 傳	水力の利用と水カタービン	都市交通と地下鐵道	著 者
海軍協會	山縣保二郎	木村秀政	中島 武	荒木東一郎	小野武夫	清水正巳	關 重 廣	田坂素夫	中里研三	清水正巳	木村金太郎	木 繪 恕 一	鹿島英二	山本秀太郎	櫻井省吾	鈴木徳二	佐藤嘉徳	鎌田彌壽治	神田 清	劉米達夫	神田 茂	石原 純	今井喜孝	船田三郎	松田秀雄	宮城音五郎	野坂相如
二五	二五	二五	二〇	近刊	三〇	三〇	二〇	二〇	二〇	三〇	二〇	二〇	二〇	二〇	二〇	二〇	二五	二〇	三〇	二〇	二五	三〇	二五	二〇	二五	二〇	三〇
<p>堂 省 三 式株 五五五一三京東替振 下臺河駿區田神市京東 店本支 〇〇三一八阪大替振 通下座波阿區西市阪大 店</p>																											

終

