

私は地震學の本質的研究について以上に言葉を費しましたが、更に地震學を地球物理學の一分科と見做した上で、その使命目的についてこゝに一言しなければなりません。

地震學は地震なる現象そのものを研究するものでありますが、併し地震現象は私たちの地球表面に於ける一つの彈性振動現象に外ならないのです。若し之れだけに止まるなら、地震の研究は彈性學の一應用例に外ならなくなるでせう。併し地震は地球上の一現象たるに於て、私たちは更に之を地球そのものの研究に導かななくてはなりません。斯様にして始めて地震學は一つの目的對象を有するのです。近代に於て私たちは地球全般の物理的狀態を研究するものを、地球物理學と稱して、天體物理學及び天體力學と對比し、之等を合せて宇宙物理學となす様に系統立て、居ます。然うすれば地球物理學のなかには、地質及び地理學、地震學、火

山學、海洋學、氣象學等が數へられ、尙ほ又地球磁氣並びに電氣極光その他の現象の研究が之に包含されるのです。之等は互に相俟つて地震の狀態を明らかにするものですが、このうちで地震學は地球體內を傳播する力學的現象を取り扱ふものでありますから、之によつて私たちが地球内部を奥深く覗ふことが出来る點に於て特に重要な使命を帯びるものであります。

地球内部の狀態に關する想像説はやはり従來地質學に於て行はれてゐましたがそれは事實的證據をもたない推察に過ぎませんでした。之に反して地震學に於ては地震波の速度によつてその内部の性質を判斷することが出来るのです。地震波の速度が地面からの深さに従つて増し、波動の徑路は屈折の法則に従つて彎曲し且つ一般にその凸凹せる側を地球内部の方に向けることは、既に一八八八年に獨逸のシュミットによつて推斷せられました。後にペンドルフ（一九〇五年及

び一九〇六年）及びウィーヘルト（一九〇七年）の研究によつてこの方法で地球内部の状態を知ることの出来るのが明らかにせられました。爾後この研究は漸次進められてゐますが、その結果によれば、縦波並びに横波の速度は地面の近處では夫々毎秒七、一七キロ及び四、〇一キロの値をもつのに反し、深さ千二百メートル以下では急激に増加して夫々一一、八〇及び六、五九となり、それから徐々に増加して二千四百五十メートルの深さで夫々一三、二九及び七、三二に達し、更に二千九百メートルまでは稍減するだけで略ぼ一定ですがそこで俄かに八、五〇及び四、七二に減少し、更に地球中心に於ては一一、一〇及び六、一五なる値に再び増加します。即ち大體に於て地球内部には地面から深さ千二百メートル並びに二千九百メートルの場處に不連続の層が存在してゐます。表面は勿論岩石層ですが、中間の層では縦波と横波との比が丁度鐵及び鋼のそれに相當してゐます。

恐らくはそこには鐵鑛石があるので、更に地球の中心核には鐵、ニッケル、コバルト自身が存在するものであると考へられます。之等は各層の密度及び彈性率を計算することによつて推論せられるのであつて、中間層以下にあつては壓力の増すために壓縮率著しく減することが實際に示されるのは興味あることです。

地球内部に於ける不連続層は尙ほ詳細の研究によれば甚だ多様複雑であつて、數多く現はれるのです。それ故地球内部が熱のために溶融せる液體状態にあると云ふ様な昔日の想像はよほ之によつて改められなければならぬでせう。なせなら地球内部は横波としての地震波が通過するためにはそれは形狀彈性をもつて居り、従つて一つの固體でなければなりません。

「そんな馬鹿なことがあるものか。地球内部は數千度の熱に遇つて液體になつてゐるではないか。」

と云はれるかも知れませんが、そこには絶大の壓力の加はつてゐることを考に取らなくてはなりません。然う云ふ状態では私達が地面上で經驗してゐるのとはまるで異つたものになつてゐるのです。現に地殻の密度が凡そ三、四なるに對し中間層のそれは六、〇、核の密度は九、二と計算せられてゐます。密度の大きいのは鐵が謂はゆる液にはならないで、尙ほ固體の状態を保つてゐるからでせう。勿論液體とか固體とかは名まへの付けやうでございとも構はないかも知れませんが、今日私たちはそれらを形狀彈性のあるかないかによつて、即ち原子が一定の平衡位置を保つてゐるかどうかによつて區別しやうと思ひます。昔、光の彈性論の行はれた場合にも、その媒質たるエーテルが形狀彈性をもつと云ふ意味で固體と解されたことがありました。「そんなことは無理だ」と云ふ通俗の見解に對して、ロード・ケルヴィンは通常の例をもつてエーテルの性質を推すことの非を説き示しま

した。エーテルの彈性的性質は今私たちの頭から取り去られるやうにはなりませんが、地球内部の性質はやはり一つの異常状態にあるのです。私たちは自分の理解を只理論的にそこに導いてゆかなければならないので、私達の地上經驗を濫りにその儘移してはいけません。

地震波は深い地球内部ばかりでなく、地面に近い状態をも私たちに教へ示します。たとへば大陸地層と海洋地層との相違がどんなものであるかは、やはり地震波の相異から推論されます。タムスやアングンハイステルなどと云ふ人は最近に（一九二二年）兩地層を通る横波の平均速度を計算して、海洋地層の方が大陸地層よりも大きな値を與へることを見出し、物理學的性質に於て前者がより深い地層に近づいてゐると結論しました。之は恐らく地球發展の過程を考察するに對して地質學的事實と相待つて味あることでせう。尙ほ又地震波の週期が上記の兩地層

地震學の本質とその現時の缺陷について

で異なつて居るのは、その厚さを異にするために固有振動の異なるに依るものではないかと想像せられます。この固有振動なるものは恐らく亦常に絶えない微動を地殻に與へるものであつて、それが氣壓變化によつて惹き起されてゐるとも考へられます。之等に關聯する多くの問題は悉く地震學者の研究を待つて、今私たちの前にあらはれてゐるのです。日下部博士が更に地震波の速度の觀測から地層中の歪力分布を計算し、之を地震豫測に應用することの可能であることを説かれたのも、たゞへその實測は極めて困難であるにしても、理論的に興味ある問題です。地震波は尙ほ地球表面を數回廻つてゆきます。固よりその強さはエネルギー吸收のために著しく弱められ、地球を一週すれば最初の強さの一萬分の一程度に過ぎなくなりませんが、之を觀測するならば、それから觀測地點と震央との距離を計算することが出来るでせう。地球の一週に要する時間は略ぼ三時間四分の一です。

又斯様な場合に震央と正反對な地球表面の場所即ち反震央地點には再び震動の焦點が形づくられて強さを増すわけです。

ともかく私達は地震波の種々の研究によつて、私たちが直接に見透すことの出來ない地球内部の状態を知ることが可能にせられるのです。地震はこの意味で私達に取つて地球内部への派遣使節なのであります。之が存在するお蔭で、私たちはどれ程自らが住まつてゐる地球そのものの有様を明らかにすることが出来るでせうか。地震學者否地球物理學者は自分の研究のために、地震現象を一つの有効な實驗としなければならぬでせう。

地震の災害をうけた人たちに取つて、それは一つの恐るべき呪はしい現象であります。けれどもその恐ろしさ呪はしさはこの災害を避ける手段を知らないために起るのであつて地震それ自らはどこまでも之に關しない一つの自然現象です。

地殻が物質として弾性を有する以上、之は必ず伴つて起らなければならぬ事柄なのです。しかも物質の弾性なるものは私たち人間の生活に取つてどれ程大切な有益な役に立つてゐるかは既に測り知られないであります。これを利用するものに取つて自然は感謝の泉をつくるのです。利用を知らないで自然を呪つてはなりません。昔は地震と共に恐怖を感じた雷は今その災害を避ける方法を充分に知ることによつて、殆んど世人から忘れられやうとしてゐます。將來になつたなら私たちは雷のエネルギーを電力供給の一部に利用することが出来るかも知れません。同様に若し地震の震害を豫防することが出来たなら、地震は却つて前述のやうに私達の眼を地球の内奥に開かせる好個の現象に外ならなくなるでせう。地球内部にどんな未知の世界があるか、之を詳かにすることは、亦同時に地震の原因を尋ねて之が災害を防止する最も徹底的の方法であるのです。私たちは併し氣長

く待たなければなりません。目前の災禍のもとに絶望し若くは焦つてはいけません。私たちの研究はまだ極めて最初の端緒を開いたに過ぎないので。希はくは我が國に於ても從來殆ど顧みられなかつたこの根本的の地球物理學的研究に指を染むるものあらんことを。私は之を私の熱愛する將來の眞摯な學徒に向つて敢て提言しやうと思ふのです。

八

遙かな理想を最後に廻して、すべてが先づ目前の手段をはからなければならぬ現時の社會生活に取つて、私の上に述べた言葉は餘りに冷靜に過ぎたかも知れません。けれども私は人間の理想が私たちの心を飽くまでも至高に導き、却つて之を勵まして無限の慰安を與へることを信するものです。宗教も藝術もまた恐ら

くは斯様なものであるのでせう。災後に於て私は私たちの精神生活に取つて特に之等のものの必要であるのを感じないわけにはゆきません。只私は之と同時に決して應急の災害防止を無視しやうとするものではありません。『どうしたら震災をなるべく軽減することが出来るであらうか』。之は応用地震學の一つの緊急な問題です。純正科學としての地震學は勿論地震現象そのものを研究し、又地球物理學の一部として地球の物理的状態を研究すればそれでいゝのです。之れ以外のものは科學の實社會に對する應用であるわけです。我が日本のやうな地震國では寧ろこの必要に迫られて、今日まで我が國の學者によつてなされた多くの研究は大部分この応用地震學に屬するものでありました。

應用地震學の問題としては種々ありませうが、要するに地震豫知と建築物に關するものが最も主なるものでありませう。地震豫知については既に最初に述べた

通り地震の原因が完全に判らないうちは不可能であつて、之は最も困難とする處であります。若し私たちが種々の地層状態について充分の觀測をなすことが出来るならば、少くとも或る種類の地震に對するあり得べき變化を豫想することが出来るかも知れません。現在に於ては殆ど之等の觀測装置を缺いてゐると云つてもよいのですから、この儘でそれが出来ると思はれません。只之に對する充分なる費用と觀測努力とを惜まないやうにすることがせひとも必要です。私は今度の災害復興費の一部が之に投せられてもいゝものであることを切實に思はなければなりません。

建築物に關する問題は前者に比べて比較的容易です。震災を防止するためには先づ建設せらるべき場處の選擇を要します。地盤の性質に應じて同一の地震がどれ程の震度をもつかは、地震學的考察と相待つて、より精細に研究することが

出来るでせう。この場合に注意すべきことは、震度は單にその地點の地質のみに依るのではなくて、尙ほ周圍の地質分布に關することです、之は波動の反射屈折に基づく種々の可能な場合を考慮せられなければなりません。この點で地質學者が單に局部的に地盤の強弱を検する場合と趣を異にする必要があるのです。

建築物そのものの耐震度については、次の二つの考察が根本的に大切です。第一は建築物全體若くはその一部の固有振動週期が地震波の週期と一致するかどうかと云ふことです。若し之が一致するならば振動は著しく強められるでせう。尤も地震毎に週期を異にし、又同一の地震でも種々週期の異なる振動を含みますから、若し建築物の固有振動の週期が地震波動のそれと充分遠ざかり得ないならば、せめて最も強大な振動のそれに成るべく遠くすることが必要になるであります。第二には建築物の構造破壊に與かる力は、振動の振幅によるのではなくて、その

加速度によると云ふことです。地面の動き方の大きな地震があつてもそれが急激に起らなければ即ち週期が大きければ、破壊力は少なくなるわけです。それ故謂はゆる大地震かごうかは振動の大小ではなくて、加速度の大小に依るのです、之等の事情は學術的には明らかなことですが、往々素人の誤解があるやうですから、こゝに一言した次第です。

地震に附隨する海嘯及び火災に關する研究、並びに之等の災時に於ける避難處置等も亦考究せられなければならないものでせうが、今は省きます。

今度の地震が災害を逞くしたと云ふ點で、科學の力を疑ふやうな人たちもあるのを見ますが、それがたとへ現在の應用科學を意味するとしましても、私たちの實際生活が既に普遍的に存在してゐる應用科學的知識にさへ尙ほ甚だかなつてゐないものであることを知つたならば、この故に科學を云々することは出来ない筈

であると思ひます。況して地震學のやうな新らしい研究であり、特に又その對象目的たる地震現象が實驗をゆるされない極めて複雑なものである以上、今日に於て私たち人間の文化を見限るといふやうなことは餘りに早急に過ぎるものです。地球が生成せられて以來、幾億年を経たか判りませんが、その間に地震は恐らく絶えず起つてゐたこととせう。之に對して私たちの十年二十年の研究は比較にも何もならない短い期間です。私たちの地震學が現在に於て尙ほ方法及び結果についてどれ程な缺陷をもつてゐやうとも、それは少しも耻ぢるに足らないものです。私たちは今後靜かにその研究を續けてゆけばよいのでせう。

「震災豫防調査會は、あれは宜しく震災調査會と改稱したらよいではないか」と云ふやうな蔭口を私はよく聞いたことがありました。實際に今日の有様ではそれはなほ震災豫防に到らないで單に震災の調査に過ぎないかも知れません。けれどもそれも今は止むを得ない事情であると云はなくてはなりません。只私がこの機會に敢て言ふことがゆるされるならば、たとへ震災豫防と云ふやうな應用を目的としてゐるにしても、やはり地震に關する本質的な研究がその基礎として必要であるといふ見解をいつも研究者の頭におかなければならないことです。そして之が爲には地震に對する純粹の物理學的又は力學的研究が大切であるのです。従來その研究態度の相違から地震學者の間に多少の相隔たる處が果してなかつたでありませうか。私は私の尊敬する研究者たちがもつと寛容な心をもつて相互の態度を理解し且つお互ひに協力せられんことを切望して止まないのです。

私はこの一文に於て地震學がどんなものであるか、又現時の研究がどんな程度であるかの大要をもの語らうとしました。私たちの周圍の都市町村至る處に大震後の破壊的慘狀が尙ほ目撃せられ、或るものはそこに寂しく悲しい生活を送り、

地震學の本質とその現時の缺陷について

又或るものは之が復興に焦慮苦惱する際に、かやうな地震に關する知識は一應は知つておいてもらふ絶好の機會であることを私は思ふからです。私はこの文の最後に於て我國の地震學研究に貢獻せられた諸學者、故關谷博士、大森博士、並びに現時熱心に研究に従事せられる今村、志田、中村の諸博士に尊敬を捧げることが私の嬉しい義務であると信じます。

地震は豫知し得べきや

・ 昨年の大地震はまだ私たちの腦裏に新らしく残つてゐます。燒跡に立てられたトタン屋根の假家が白く冬の陽に照らされてゐるのを見ると、當時のいろ／＼の慘事を思ひ出さずにはゐられません。さうして一般の人達がそれと共に知りたいことは、地震が果して豫知し得べきものであるかどうかと云ふ事です。多くの地震學者は之に答へて恐らくは斯う云ふでせう。

「地震は科學的に豫知し得べき筈のものです。只今日の地震學が未だ充分に發達してゐないために、現在ではそれが不可能であると云ふに過ぎません。」
それならば、この豫知と云ふことは果してどの程度に可能なものでありませう

か。少くとも私達が之に信頼して生活を安全にすることが出来るでせうか。尙ほまたそれはいつになつたら出来ることとせうか。この問題が寧ろ私達に取つて必要なのです。實際、豫知と云ふにもいろいろの程度があります。天體の現象のうちで特に太陽系に屬する星の運動は殆ど精密に、私たちに知られてゐます。それです。それから私達は、日蝕や月蝕が、將來いつ起るか云ふこと、また過去にいつ起つたかと云ふことを、現在の太陽と地球との位置からいつても計算することが出来ます。しかもそれは何年何月何日の何時何分何秒と云ふことまでほど精確に判るので。之はまことに驚くべきことに相違ありません。之に反して天氣豫報の如きは一二日の以前に於て大體の天氣を豫知することが出来るだけです。しかもそれすら屢々實際と外づれるとは私たちが日常の経験で能く知つてゐる通りです。之は太陽系の運動が甚だ簡単な法則に従つて行はれ、他から之を變化せしめるや

うな事情が殆ど存在しないのに反し、毎日の天氣を支配する原因は極めて複雑であつて、低氣壓の進行徑路やその速度などが豫想外の影響によつて變化するからです。よくこんな話を私達は耳にします。一年中の晴天の日と雨天の日の割合は大體に統計的に容易に見出すことが出来ます。この割合は地方によつて違ふでせうが、例へば百日のうち七十日は晴天であるとし、私達は天候變化に對する何の物理的知識なしに、いつも明日の天氣は晴であると豫言したとしますと、それは百分の七十の割合で適中することになるでせう。ところが一方で毎日の天候變化の様を研究し、その原因を尋ねて豫報を發した場合に、その適中率は却つて之に劣ることさへあります。これでは氣象臺の天氣豫報などは馬鹿らしいではないかと云ふ人があるなら、それは甚だ間違つてゐます。なせなら、毎日晴と豫言する場合には、それはいくらか偶然に適中することが多くとも、之を決

地震は豫知し得べきや

して科學的な方法と云ふことは出来ません。筭竹に依る易占と同じことであつて、適中したと云ふ事柄自身に少しの科學的價值もないのです。之に反して氣象臺の豫報はたとへそれが適中しない場合ですら、若しなせ適中しなかつたかの理由を尋ねて不測の原因を知ることが出来ること云ふ處に價值——この場合には固より消極的のものでありますが——を見出すことが出来るのです。そして更に精細な研究を経さへすれば、もつと遙かに精確に豫報することの可能を見るであります。併しどんなに之が進歩しても或る日の天候を數ヶ月も數年も以前に豫知することは恐らく不可能です。なせなら、この期間内に變化するあらゆる條件を私たちは到底追究することは出来ないからです。

私はそこで地震について之を比較しながら考へて見ませう。天氣は地面上の大氣の變化に應じて變るのに反して、地震は地面下の地層中に於ける或る變化に依

つて起る現象です。大氣は氣體ですから、そのなかの流動が自在に起り、水蒸氣の蒸發、凝結、移動などが常に急激に具つ頻繁に起りますから、之等の一々の原因をさう長期間に亘つて探ることが出来ないのです。之が精細な長期天氣豫報を不可能とする所以なのであります。ところが地震の場合には地殼が固體である上に、内部は強大な壓を受けてゐますから、それ程自由に變化を起すことは出来ません。たとひ壓の不平均が何等かの原因によつて内部に生じ、地殼の一部は無理な不安定な状態に置かれてあつても、それは長年月に亘つて徐々に積もつて壓の差が或る値に達するまでは、その儘であることが出来ます。之れ大地震が數十年又は數百年を隔て、起る所以であつて、私達は地震の豫報に對しては斯様な長期間をもつてすることが出来、又之を望まなければならぬ所以なのです。けれども一方に大氣内の種々の状態はいつも之を比較的容易に觀測することが出来るに

反し、地殻内の状況を私たちには直接に覗ふことが出来ないのは、地震豫知をして天気豫知とは比較にならない困難なものとする所以なのです。私たちはどうして之を観測したらいいのでせうか。之が地震豫知に取つて最も大切な問題であることは直ぐに判りませう。

實際今日の地震學なるものは、この點に關してはまだ一遺憾な處が多いのです。これ迄地震學者は過去の地震の統計を取つて、將來を推すより外はなかつたのでした。それは丁度晴天が百分の七十の割合で過去に起つたから、今後百日の間にも七十日の晴天があるだらうと豫測するのと同じことです。併しそれはたくさんさんの平均の上での事柄であつて、決して今日から數へた百日間の實際をあらはすではありません。それが偶々雨期に出遇つたなら、七十日どころかその半分の晴天もないかも知れないのです。地震にだつても、この雨期に相當するやうな

地震活動期がないとは限りません。又毎日の天氣の統計は數年に亙るならば、かなり數多くの平均が得られます。けれども數百年とか數十年とかに一回起る大地震に對しては、歴史的記録を集めてもそれ程數多くが得られはしません。さう云ふ場合には統計學上の平均の意味は殆ど價値を失つてゐるのです。ところがそんな材料によつてより外は將來の地震豫想をもつことの出来ない今日の地震學はどれ程憐れなものであるかは想像されませう。私たちは亦地震學者から次の様な言葉をも聞きました。

「何々の地方は既に數回の大地震を経てゐるから、少くとも今後暫らくは大地震は起るまい」

と、之は丁度私たち素人か、

「もう今日で幾日間雨天が続いたから、明日はきつと晴れるだらう」

と云ふのに全く等しいのです。氣象學者はそんなことを今日云つてはゐられない筈です。

けふまで停滞してゐた低氣壓が動いて行くことが観測されたから、それによつて天氣が恢復すると云ふなら、それは科學的な豫報と云ふべきでせう。大地震が起らぬことを豫報するためには、大地震の原因が取り去られたと云ふことの観測に依らなくてはならない筈です、この観測なしに、單に過去の地震回数から之を豫斷することは素人の言葉であつて、地震學者の云ふべきことではないと私は思ひます。若し醫者が患者の顔も見ないで

「君ももう幾日間病臥したから、多分この上續くことはあるまい」

と云つたら、その診察はどれ程不確かでありませうか。若しまた

「人間の平均壽命は幾歳だから、お前も今年も死ぬかも知れない」

とでも云つたなら、それを醫學的診察と名づけることが出来るでせうか。今日の地震學はまだどれ程も本當の地震學に這入つてはゐないので。大地震の豫知が出来なかつたと云つて、それは少しも驚くに足りない事柄でなければなりません。

それから、本當の地震學は何を研究しなくてはならないのでせうか。それは醫學者が人體を研究して謂はゆる病理を明らかにするやうに、地震學者は地球そのものを研究して、地殻に於ける安定缺陷を探さなくてはならないのです。併しここには非常な困難の伴ふことを見ないわけにはゆきません。人體は解剖を行つてその内部を調べる事が出来ますが、地球を解剖することは全然不可能です。それですから病氣を診察するに脈搏を測り、體溫を見、打診を行ふと云ふやうな方法に依頼するより外なくなります。近頃はエツキス線などを用ひて直接に體内の

地震は豫知し得べきや

或る變化を診ることも出来るやうになりました。これなどは極めて興味ある有効な方法と云はなくてはなりません。人體の代りに地球で云ひますと、脈搏は丁度地殻の振動に相當します。地殻は固いものですが、それでも實際に月の引力などに影響されて海水の潮汐と共に多少の振動を起すのです。之は地殻の状態によつて局部的に幾分變化するのでせうから之と地震との關係を精細に研究することは有益であると思はれます。體温は地熱に相當します。地熱の變化はやはり地震とよほど關係すると思はれますから、之の觀測も極めて大切です。只地球表面の温度は太陽によつて直接に著しく影響せられるので、之を避けて純粹に地熱を測ることは困難ですが、必ずしも望まれないことではありません。火山はこの地熱に依るものであつて、丁度皮膚に於ける腫物のやうなものです。通常の地震は之と直接には關係しません。私たちは固より火山の状態をも相伴つて研究し

なければならぬのです。更に打診を行ふと云ふことは地球に對しては非常な力が必要です。私たちが只その代りに自然に起る地震をもつて之に代へなければなりません。ところが地震は私たちの求める場處に起るものではありませんから、勝手に實驗的な結果を得るわけにはゆきません。けれども他方に地震は一つの場合から遠い處まで到達するものであつて、若し充分に精密な地震計をもつて觀測するならば、相當な地震は地球面の到る處で感ずることが出来ます。そればかりでなく地震の震動は地球の内部をも貫徹して擴がるものでありますから、之を精細に研究するならば、私たちの見ることの出来ない内部の状態をさへ推知することが出来るのです。それは丁度エックス線が人體内部を透視するのと同様であります。ですから地震そのものは實に地震學者に取つて得難い貴重な材料なのです。之を出来るだけ完全に觀測すること、又種々の異つた場處で

することが大切です。この目的のために今日の地震計は尙ほ甚だ改善せられ、又多くの観測所の設置せられることは極めて必要なことからです。

さて地震によつて地球を打診し、又脈搏體温などを測つた上で、地殻の病源がいつ地震を發生するかと云ふ判断を下すなら、それがどんな程度に可能でありませうか。醫者が肺病患者を診断して現在の病症を殆ど完全に知り得たとしても、この患者がいつ死ぬかと云ふことは容易に断言することは出来ません。病氣がわるければ遠からぬうちに死ぬと云ふぐらゐは豫測されませうが、何月何日に死ぬと云ふことはとても判りません。その経過を見て愈々危篤になつた場合でさへ、今日か明日が危ないと云ふだけのこと、日月蝕のやうに、何時何分まで豫知することは不可能です。地震でもさうであつて、若し私たちが地殻内の不安定状態を確めることが出来たとしても、それが果して何月何日に地震を起す様になる

かはとても判らないでせう。只いつか近いうちにさうなると云ふことだけが豫知されるに過ぎません。私たちがたとへば繩とかゴム紐とかの両端を引張つたとしても、だん／＼に力を増してゆけば引き切れると云ふことは想像されます。けれども刻々に力のかゝり具合を調べたとしても、いつ引き切れるかを断言することは容易に出来ません。まして地殻内の複雑な状態はそれ程はつきりとは到底知ることが出来ないのを思へば地震豫報のむづかしいことを想像するに餘りがあります。ですから私は、地震學が進んだならば、上に云うた程度に於て地震豫知は可能になることを信じます。けれどもそれは時日を限つて地震の發生を豫報すると云ふ有様にはとてもなるまいと云ふことを考へます。これは地震なる現象の性質上仕方のないことではないかと思ふのです。只「近いうちに」と云ふことが、凡そ數年を意味するか又は數ヶ月を意味するかと云ふ程度はやがて何等かの確實

地震は豫知し得べきや

な根據によつて推測されるやうになるかも知れませんが、それまでに私たちが尙ほどれ程待たねばならないかは遽かに云ふことは出来ません。ともかく地震豫知に關しては私達はまだまだ數段の進歩的知識を準備しなければならぬのです。私達はこの問題について努力すると共に、一方に地震災害に對する充分の防止方法を講じなければならぬことは、近く最も苦い經驗をもつた我が國人の誰しも悟つたことでせう。それにも拘らず復興事業が種々の社會的事情——經濟や政爭的事由——のために左右せられて今日に於てさへ甚だ不満足を感ずる程度にか實行せられないのは嘆かほしい次第です。それは決して一時的のものではなく、従つて單に現在の事情だけを考慮してなすべきものではないと私は思ひます。私達は之に對してあらゆる努力を惜まずに、將來の禍運に備へなくてはならないのでありませう。

相對性原理の話

けむりの色

私はまづ相對性といふことを出来るだけ判り易い言葉でお話して見ませう。

ほの／＼と青じろい夕煙の立つてゐるのを私たちが眺めてゐると想像してごらんなさい。そのときに私達は煙の向ふにある家の屋根に夕陽のあたつてゐるのを見出すでせう。煙はこの夕日を反射して私たちに青じろく見えるのです。若し向ふの家のなかからこの煙を見る人があつたなら、それは寧ろもや／＼と黒ずんで見えたでもありませう。

私たちが夕煙を青じろいと云ふのも、また向ふの家の人と同じ煙を黒いと見るのも、何れも本當であつて決して間違ひではありません。その結果がちがふのはめいめいの判断の立場が異ふからです。一方は反射光で煙のいろを判断し他方は透過光で之を判断するからです。

もの事の判断はその立場によりて異なることがこれで判るでせう。それが即ちその事がらの相対性なのです。

私たちが自分の顔を平面の鏡にうつして見ると、左右がとり違つて見えます。右頬にほくろのある人はそれが鏡像の顔から云へば左頬になるでせう。また平面の鏡の代りに凸面や凹面の鏡を用ひると私たちの顔は妙に歪んであらはれます。同じ顔でも之をどうして見るかと云ふ判断の立場によりて、やはり異つて見えるのです。

判断の立場の相違によるもの事の相対性はどこにも在ることであつて、いろいろな場合を想像してごらんになるのは興味あることだと思ひます。

兩つの場合

判断の相違と云ふことは今述べた通りどんな場合にもあるのですが、それらの判断の立場をお互ひに較べてゆきますと、それらが全く同等なものであるか、又はその間に何かの程度の差別があつて、そのうちの或る特別な一つの場合が基準におかれる理由をもつてあらうかと云ふことが、考慮せられなくてはなりません。前に述べた例のうちで、顔の形につきましては、いろ／＼な鏡に映つた像だけに限るとすれば、私たちはどの鏡を選ばなくては本當の像が出来ないと云ふ理由を見出すことは出来ません。平面でも凹面でも凸面でも像をつくと云ふ上から

はみんな同等の権利をもつてゐます。けれども顔を鏡にうつすと云ふこと、鏡なしに直接に見ると云ふことの間には顔の形の判断に對して或る程度の相異を認めます。つまり私たちは後者の判断をその本當の形により多く相當するものとしてゆるすことが出来ますから、そこに絶対の基準が與へられるわけです。そして鏡像の顔がこれと違ふのは鏡面の反射の模様によるものと解することが出来るでせう。

これに反して煙のいろの場合には青じろく見えるのも黒ずんで見えるのも、どちらが本當の色であるか云ふ基準を與へるわけにゆきません。すべてのものゝ色はそれから来る光によるのであつて、その物に固着した性質ではないからです。それで物體の色と云ふことに關してはこの意味でどこまでも相對性が成り立つわけです。

きらめく星

空間内の方向についてもその通りです。

地面の上に立つて私たちが上とか下とかを區別しましても、その判断は決して絶対のものではありません。地球の裏側にゐる人から云へばそれはまるで反對であつて私たちの下方と稱する方向を伸ばせば、向ふ側の地面に立つてゐる人にはそれは上方なのです。しかもそのどちらの判断も、空間のなかの本當の方向と云ふやうなものを決める基準にはならないこと明かです。地球自身が廻轉してゐることを考へ合せますと、めいめいの上下の方向はやはり一定でなくて始終變つてゐるのですから。

ところがこゝに面倒な問題が起ります。

方向がまるで相対的のものなら地球が軸のまわりに廻轉してゐると云ふことも絶対の判断ではあり得ないのであらうかと云ふ疑ひがあるでせう。

地球の自轉を決定するには、空間のなかに少しも方向を變へない目標がなく
てはならないわけです。そしてそれが實際あるならば空間のなかのすべての方向
を絶対に決めることが出来はしないでせうか。

夜、天空を見ると遠くに燦めく恒星がたくさんにあることが判ります。通常私
たちは恒星同士的位置の關係が變ることを認めません。それですから私たちはそ
れらの恒星によりて方向を知ることが出来るわけで、之を方向の絶対の基準に取
らうとしてゐます。けれども恒星全體が空間のなかで廻轉してゐるかどうか、そ
こまでの判断は只星の光を見てゐただけではどうしても出来ません。
廻轉を決めるもう一つの方法は廻轉物體にあらはれる物理的な作用を觀測する

ことです。桶に水を入れてそれをくるくると廻せば水面のまんなかで凹みます。
これは遠心力がはたらいて、水を桶の周邊へ追ひやるからです。この遠心力がは
たらくのは即ち水が空間のなかで絶対廻轉をしてゐるからであると考えられるの
です。地球もずっと昔には固まらない流體であつたと想像せられてゐますが、さ
う云ふ状態にあつた場合に絶対廻轉をすると、流體は完全な球の形をとらずに、
遠心力のために扁平な楕圓體になります。現に地球が南北極の方向に扁平になつ
てゐるのはこの爲めであると考えられてゐます。

それならばこの絶対廻轉は果して本當に空間のなかに起り得るものであらうか
どうか、この問題はなかくむづかしいもので、廣く運動と云ふことから考へて
ゆかなくてはなりません。

船にゐる人

運動も速さが變らない限り相對的であることは始終私たちの經驗する處です。私たちは自分の部屋のなかでちつと座つてゐれば、ちつとも動いてゐないと判断しますけれども、若し地球の外に立つて之を見てゐたなら、地球と一緒に動いてゐるにちがひありません。しかも地球が太陽のまはりを動いてゐる速さは一秒三十キロメートルと云ふ速さです。それは普通の汽車の一千數百倍もはやいのです。そんなたいした速さで空間を走つてゐると云ふことを地球上の誰が直接に感じ得るでせうか。私たち自身の立場からは決してさう云ふ判断は下し得ないので

しづがに航行してゐる船の甲板のうへにゐても同じことが經驗されます。船から陸岸を見れば、岸が船の後方へ動いてゆくやうに見えるでせう。また甲板の上で球

を眞上に投げれば、船が動いてゐても球は元の處に落ちて來ます。

同じわけで私たちが輕氣球で眞上に地面を離れて高空にのぼつても、其儘降りれば元の地上の點に降りるのです。高空に昇つてゐるうちに地球が廻れば、私たちが只輕氣球で昇降するだけで地球一周が出来るなど、考へるのは、それこそ痴人の夢といふものです。

運動の速さの判断が相對的であることは勿論ですが、今述べましたやうな球の運動とか輕氣球のことを能く考へて見ますと、そこに大切な事がらが含まれてゐます。それはどんな立場から見てもこの球の運動の法則は變らないと云ふことです。船の上にある人も動いてゐる地球の上にある人も、眞上に投上げた球が鋭直に再び同じ足許に落ちると云ふのがそれです。この運動の法則が變らないといふことが、各々の立場が全く相對的であることを裏書するのです。何故ならば、若

しこの運動に差違があらはれたとしたなら、即ち船の速さとか地球の速さとかに關係して球がちがつた場所に落ちるとしたなら、私たちはその各々の立場を差別して、そのうちのどれかゞ空間に絶対に静止してゐると云ふやうなことを見出すことが出来るに相違ないからです。ところが實際にそんなことはないといひます。私たちはそれらの判断の立場をみんな同等と見なせるのです。只球の運動だけを見てゐるなら、私たちはたとへ船の甲板にゐやうとも又は地面上に立つてゐやうとも、自分が空間をどんなかの速さで動いてゐるかゝは少しも判らないのです。動いてゐないといひ主張したとても現に運動を論ずるに少しも差支はありません。船が動いてゐるといふのは陸岸に對して相對的に云ふのであり、地球が動いてゐるといふのは太陽や恒星に對して云ふのです。これが運動の相對性といふことの意味なのです。

地球と太陽

それならば謂はゆる地中心説とか天中心説とかの正否を論ずるのは何に據るのでせう。地球を中心にして考へれば天體は光に對して動き廻つてゐます。けれどもあのコペルニクス以來、私たちは太陽のまはりや地球が廻ると考へる方が「正しい」と云ひます。それは何故でせう。

この事を私は少し詳しく説明したいのですが、その餘裕がこゝにはありませんから、只私たちの見方が何に據るか云ふことを答へますと、それはガリレイやニュートンの立てた力學の法則によるのです。その法則は私たちに特別の判断の立場のみをゆるすので、それ以外の立場に於て運動を説明するには、自分が前の立場とちがつた處にゐると云ふことを考慮にとらなくてはならなくなるのです。

特別の立場といふのは一切の物體の質量の中心といふ點に對して靜止してゐるか若くは之に對し只一樣な速さで動いてゐる場合だけを指すのです。なせ斯やうな立場だけがゆるされるかと云ふことは、實は力學の難かしい疑問であるのですが、ともかく私たちは然う云ふ制限をおけば運動の法則が簡單になるといふことを認めてゐたのです。この特別な立場をその他のものと區別すると云ふことが運動の完全な相對性を失はせて、或る意味の絶對をそこに生むやうに考へられた所以なのであります。

さきに述べましたやうに、絶對廻轉がゆるされると云ふのも、畢竟この特別な立場のみが私たちの取るべきものと決められるからなのです。逆に云へば廻轉現象に於ける力の關係を説明するために、私たちはこの立場から見た廻轉を絶對とするのが都合がよいと云ふ意味になります。なせならばそこには自然の力の外に

廻轉のための遠心力といふものが起るとして、物體の變形を説明することが出来るからです。

けれども運動の相對性を完全に主張しやうとしたマツハと云ふやうな人の意見では、この特別の立場と云ふものが生れて來るのは、やはり只恒星全體が空間に存在するために之に相對的に決定せられたのに過ぎないのであつて、私たちは之がために空間のなかの絶對の立場をもつやうに餘儀なくされたのではないと云ふのです。即ち恒星を度外視した空間に特別の立場が與へられるのではなく、從つて絶對廻轉などと云ふのも、恒星に對する相對的廻轉を示すに過ぎないとせられました。

エーテル

ところがこの力學の問題の外に、又別の方面から運動の相對性の問題が持ちあがりました。それは光に關してです。

船の甲板のうへで球の運動を見てゐたのでは、船の陸岸や海岸に對する運動は判りません。併し船の上から水面に起る波動の模様を見てゐたなら、船が動いてゆくことを見出すに困難はないでせう。恰度それと同様なことが地球の運動についても云はれます。地面上で、球を投げても地球の運動は判りませんが、船を圍む水と同じやうな役目をするものが若し地球のまはりにあつたなら、波動を起してその運動を知ることが出来るわけです。それは謂はゆるエーテルであつて、光はそのなかの波動と考へられてゐたのでした。つまりエーテルのなかに光を送れば、その波動の進み方によりて地球の運動が判るわけです。

エーテルがどんなものかと云ふことはいろいろ研究されましたが、光を傳へる

外には、私たちに直接に感觸されないものですから、光の波動の性質からさまざまな關係がエーテルについて想像されました。エーテルに關するものがたりを述べますと随分ふしぎな事がらがたくさんあります。エーテルは眼に見えないし、物體が動いても抵抗もしないのに、それが固體の性質をもたなければならぬとか、物體の運動に伴つて少しの擾動をも受けないとか、私たちの常識からの理解に苦しむやうなこともあるのですが、それも光の現象を説明するためには已むを得ないことゝせられました。ともかくエーテルは動かすに空間を占め充たしてゐるとしますと、それが絶對空間を私たちに示すものではないかと考へられました。若しエーテルのなかを地球がどれだけの速さで動いてゐると云ふことが光の實驗で判るものならば、私たちは少くとも光に關しては、エーテルに對して靜止してゐると云ふ立場と、運動してゐると云ふ立場とを區別しなくてはならぬようになります。

運動の相対性がこゝでは成り立ちません。

そこでこの問題を解決する目的で多くの光の實驗が行はれました。けれどもどんな實驗からも、エーテルのなかの地球の運動を少しも示さなかつたのです。恰度球を見て地球の運動が判らないのと同じやうでした。光の波動を、水の波動と比較して見るごしますご之は寧ろ豫期に反した驚異を結果しました。併し船の周圍の水の存在は私たちにはつきりとした既定の事實であるに反して、地球の周圍にエーテルがあるかないかは、光の實驗を措いては決められない事がらであつたのです。ともかくも光の實驗は地球の運動の相対性に味方をしたのでした。

時間と空間

エーテルの問題はこゝに非常な困難を起しました。エーテルを捨て、しまつて



は光の波動を説明するのに苦しむご云ふ執着心から、光の實驗が示した結果をどう解釋したらよいかご云ふことに悶えたのです。併しこゝに敢然としてエーテルを捨て、運動の相対性を維持しやうとしたのがアインシュタインであつたのです。「球の運動ばかりでなく、光の進み方を見ても、又はその外の物理現象を見ても、私たちはそれらの観測からして自分が空間のなかでどんな速さで動いてゐるかを決して知ることが出来ない」と云ふのがアインシュタインの立てた相対性原理なのです。つまりそれらの現象の法則はどの立場から見ても皆同じであつて差別はないと云ふことです。この差別を與へるであらうやうなエーテルごか絶対空間ごか云ふものは存在しないものである、少くとも私たちの認識には這入り得ないものであるご云ふのが此原理が言はうとする處なのです。

これで見事に相対性原理は立てられましたご併しそこにはエーテル若くは絶

對空間の否定の外に、云はゞ非常な犠牲が拂はれてゐます。この犠牲を敢てした處がアインシュタインの仕事の最も偉大なる、且私たちの思想への深い影響をもつ所以なのであります。それは時間と空間との觀念に對する變革です。

時間や空間が私たちの主觀形式に止まるものならば、それが自然に於ける經驗的事實によりて左右される筈のものではありませんまいと、斯う云ふ様に私たちは從來考へてゐました。けれども、もつと廣い可能性を準備しておきますと、自然の經驗的事實を都合よく私たちの理解に適合させるために、時間や空間の形式をも變改してゆかなくてはならないのです。併しこれ程な事はアインシュタイン以前には恐らく誰も考へ及ばなかつたのでした。またたとひ想像はしても、實際その必要をもたなかつたのです。ところが相對性原理は之を私たちに教へて、時間や空間に對する見解を著るしく動かすやうになりました。これはまことに驚くべき

發見であること云はねばなりません。

物指の長さ

アインシュタインの理論は、先づ光の速さがどんな運動状態にある觀測者から見ても變らないこと云ふことを要求しました。これは前に述べた光の實驗に合致する處のものであります。然しこの要求を果すためには、相對的に運動する二人の觀測者の測る時間の長さ、及び空間の大きさは異らなければなりません。従つて又同時刻と判斷する種々の出來事は或る觀測者に對してのみ然うであるのであつて、之と相對的に動いてゐる人にはもはや同時刻ではなくなりません。アインシュタインがこの原理を初めて公けにしたのは一九〇五年であつて、私たちはそれからもう十七年餘を経過してゐると考へてゐますが、地球以外にあつて非常に速く動いてゐる

星の上から之を見たなら、まだ幾らも時日を経てゐないと判断するでもありません。時計の進みも、物指の長さも皆めい／＼の判断によりてちがふことになるのです。是等のふしぎな事がらはアインシュタインの以前に既にローレンツの論じたものでありましたが、アインシュタインは相対性原理によりてその正常な意味を私たちに教へたのです。いろ／＼な場所で時間をきめるのは時計を合せておく必要のあること、そして之がためには或る信號を交換しなければならぬこと、また物指の長さはさう云ふ時計で同時刻的に測らなくてはならないことを説き、信號の傳達の速さについて相対的の判断しかゆるされない以上は、それらの時間及空間に對する判断もすべて相対的であるべきことを示しました。之は判断の相対性から云つて當然のことではなかりません。

アインシュタインの理論は光より速い現象や運動の實在を否定します。光より速

く走つたならと云ふことは一つの在り得ない假想に過ぎないので。そのごきには時間の前後の順序の逆になるやうな判断が可能にされるのですが、然しそれは私たちのすべての經驗に最も明かに反することがらであるからです。

時間及空間に關する是等の關係はすべてみごとな數學的の式によりて云ひあらはされてゐます。それは數學を解するものに取りていかにも自然な美しさを感じさせ、この理論の根據の深さを示すものであります。この點で數學者ミンコフスキーがアインシュタインの理論を整頓した功勞を私たちは記憶しなければなりません。

判断の立場

アインシュタインは更に運動の完全な相対性を保たせるやうに、自然法則を改め

ました。前に述べました速さの變る運動や廻轉運動などはこゝではすべて絶對の意味を失つて、判斷の立場に對する相對的のものとなつてしまひます。ガリレイやニュートンの立てた力學に於てゆるされてゐる特別の立場と云ふものが、獨り正當な權利をもつものではなくて、その外のどんな立場もゆるされることになつたのです。これを果すためにアインシュタインは力の大きさの絶對性を捨て、しまひました。力はやはり判斷の立場を異にするに従つて大きさを變へるものとし、ました。そして廻轉の際にあらはれる遠心力の如きものをも彼は一種の萬有引力として解したのです。

この結果としてニュートンの引力の法則などもつとずつと廣い見解のもとに包含されてしまふことになつたのです。そして是等の萬有引力のあらはれるのは、私たちの判斷の立場によりて物體の周圍の空間に或る歪みを起すやうになるため

であるとし、ました。この理論のお蔭でニュートンの法則では説明の出來なかつた微細な點まで能く事實と一致するやうになつたのです。かの有名な日蝕觀測で證明せられた光線屈曲の現象などもアインシュタインがこの理論の結果として豫言したものであります。

アインシュタインの理論からの大きな驚くべき歸結として宇宙空間の有限性が導かれると云はれてゐます。これも誤解があつてはいけません。或る適當な判斷の立場から測れば宇宙が有限の體積をとると云ふ意味です。そしてさう云ふ立場は勿論正しいとしてゆるされ得るものゝ一つなのであります。空間や時間の測り方に並に大きさはみんな判斷の立場によつて相異なるのですから。そこでは一つの直線の長さはもう無限大ではありません。丁度地球表面上に於ける緯度線に沿うて西へくと進めば、いつの間にか東の方から元の地點に戻つて來るやうに、宇宙

空間でもそれと同様なことがあらはれるのです。

偉大な功績

運動の相対性の主張は、私たちが絶対空間を認識し得ない限り、寧ろ當然のことであること云はなくてはならないかも知れません。けれどもこの相対性の主張のもとに一つの理論を立てるには、どんな運動状態にある観測者に對しても自然法則が同様になるやうにすることが出来なくてはなりません。之を實際なし遂げた處がアインシュタインの偉大なる功績なのです。之がためには空間や時間に對する觀念を全く變革することが餘儀なくされました。そして多くの驚くべき關係を私たちに持ち來しました。これが相対性理論なるものゝ異常なる影響に對して私たちが聳目する所以なのです。相対性理論の眞髓をつかまうとする人たちはこの點

を忘れてはなりません。

ほんとうにこれ程大きな、そして私たちの眼をさまさせた理論は物理学の歴史に於て恐らく他に類例を見出すことは出来ないでせう。哲學者は自然の認識といふことに關して、又空間時間觀念に對してそれらが深く認識の結果と見なされてゐた自然法則そのものゝ論理的形式と交渉をもつてゐることを覺らせられました。斯やうな點から見て相対性理論がどんなに意味ぶかいものであるかを知ることが出来るでせう。

相対性理論の内容は數學を解するもののみ完全に知ることが出来るのです。けれどもそれがどんなものであるかと云ふこと、並に何故にそれが私たちに大切であるかと云ふことは、以上の説明によりて幾分を了解せられるであらうと思ひます。この篇の目的はそれに止めますが、尙ほ立ち入つてこの理論に就いて知ら

うとせられる方々はそれ／＼の書物を見て頂きたいことを希望します。

物質原子の秘則

アインスタイン教授が我が國に來られたのは丁度一年以前のことでしたが、そのときかの偉大な相対性原理に對して興味をもち、自然に對する驚異を新たにした人たちは、もうそれ等を忘れたかの如くに自然科学に背を向けてゐるのを見ますと私はなせ日本人たちが、さうも氣が飽き易いかを慨かすにはゐられません。謂はゆるジアリズムに取つては、始終眼先きを換へてゆくことが必要であるかも知れません。けれども一般の人たちがすべてそれに引きずられて、あちらを向きこちらを向きしてゐたのでは、遂に得る處なくして終りはしますまいか。社會現實の問題はその時々變つてゆくものではありますが、併しそれらも社會科學

としては今少しく永續すべき筈です。況して宗教や哲學や自然科学や藝術の問題はあらゆる時代と民族とを超越した永遠に亘るものであります。私たち人間はどれ程深く之等に潜入してもまだ足りないのです。勿論各の専門家でないものはそれらの或るものばかりに携はることは出来ないのですし、又或る程度までいろいろな方面にわたつて常識を養ふ必要はあるのですが、併しいつも之等を聴くことに興味を保ち、又それを或る程度まで理解して人生と自然との問題に觸れることをよろこびとしなければならぬでせう。

特に私は自然科学に對して尙ほ一層より深い注意をもつべきことを世人に求めたいと思ひます。なせなら、自然科学は私たちの經驗に基礎づけられたものであり、そして科學的經驗の異常な増加に伴つてなされる近時の發展は實に驚くべきものがあるのであつて、一日を之から遠ざかれば既にその新發見を逸すると云つ

てよいくらゐるのです。恐らくは他の宗教、哲學、藝術などの問題のなかで、自然科学ほどこの數十年の間に面目を一新してしまつたものはありますまい。しかも他のものが人間の精神作用と密接に關聯するだけに、その種々の發展に對して多少の豫察がゆるされる可能性をもつてゐるに反し、自然科学は私たちの全く新しい經驗に依つて發展するものであるがために、そこには嘗て夢想だもされなかつた新しい原理や法則を將來するのであります。私たちは之を知ることには多大な驚異を感ずると共に、又他のいろ／＼な考察に對して極めて裨益ある参考として役だたせることが出来ます。蓋し人生のすべての事柄が亦自然の原理に順應することをもつて最上とすべきであるからです。たとへば私たちが相對性原理によつてどれ程深く教へられたかは、之を解し得た人たちの一様に經驗したところでもありません。現に哲學に於ける認識論上の諸問題は之がために或考察を附加し

若くは變改しなければならぬものがあつたのでした。それですから自然科学は、それ自身の形に於て、並にその他に對する關係に於て、始終私たちの注意を向けられなければならないところのものであると私は思ひます。恐らくは自然科学は私たちの最も精確なる知識のあらゆる根本を提示するものであることが出来るでせう。私はこの意味に於てそれを一般者に語りたいと思ふのです。

アインシュタインの相對性原理と共に、現世紀に於て見出された最大の原理として、私は物質原子の一つの秘則を擧げたいと思ひます。相對性原理は物質現象の全般に亘る一つの新しい原理であつて、之が確立された結果として私たちは電氣や萬有引力の法則を精確に知ることが出来、尙ほ之等の力を物質の根本性質としてその由來を空間並に時間との相互關聯に求むることが出来たのでした。之に對立して後者は個々の物質原子の構成に與かる法則を明かにしたものであつて、ご

んな種類の物質が自然に實在しなければならぬか、又何故に物質が斯く／＼のものに限定せられるかと云ふ根本的理由を私達に示すところのものであります。それですから、その意味の重要な點に於て決して前者に劣らないものであつて、私たちが數千年來求めて得られなかつた物質生成の神秘は之によつて扉を啓かれたと云つてよいのでせう。

この物質原子の秘則は謂はゆる量子論としてあらはれたものであつて、獨逸ベルリン大學のプランク教授が研究した輻射の理論にその萌芽を發し、現に丁抹コーペンハーゲン大學の教授であるポールによつて始めて原子構造の理論に應用せられてから數段の進歩を遂げて終に原子内に秘藏せられてゐた驚くべき種々の機構を明かにすることが出来るやうになつたのでした。併し相對性理論が一つの卓越せる思想によつて直に解かれたのに反し、原子理論は多くの精緻なる實驗的研

究によつて原子の内奥に行はれてゐる事實を先づ知らなければならなかつたために、そして之等に對する漸次的の解釋に依てその進歩の方向を推察しなければならなかつたために、多くの學者の協力と多くの年月の経過とに待たなければならなかつたのでした。しかもその最も重要な部分が相對性理論と共に歐洲大戰中に獨逸の諸學者の手によつて開拓されたことを顧みますと、私たちは多大の感想なしにはゐられないのです。

すべての物質の原子が陽電氣をもつた中核と陰電氣をもつた謂はゆる電子とから成り立つてゐることは、既に以前から知られてゐました。電子の質量は核に比べて非常に小さなものであり、原子の質量は主として核に歸せられるものであることも實驗的事實として知られました。そして恐らくは種々の物質原子の核は單一なものではなくて、やはり一定の成分から構成せられてゐるものであることは、

放射性物質の核から電子やヘリウム原子核が飛び出す事實から想像されます。若し私たちが陽電氣核の最も單一なものとして水素の原子核を假定するならば、その他の物質の原子核は水素原子核と電子との集合體として見做されなければならなかつたでせう。しかも私たちが電子の質量を微小として度外視することが出来る以上、すべての物質の原子核の質量、従つてその原子量なるものは何故に大體に於て水素のそのの整数倍にならないのでせうか。この疑問は核構成の理論に取つて極めて重要なものでありましたが、近時英國のアストンの研究によつて全く解決せらるるやうになりました。即ち今日まで單一の物質であると思はれてゐた多くの元素は、化學的及び光學的性質を等しうする數種の原子の混合物であることが發見せられたのでした。之等の原子の各の核は何れも水素原子核の數個と電子の數個とから成り立つものでありますが、その陽陰兩電氣量の差が丁度同一

のものとなるために、化学的性質などを等しくするのであつて私たちは之等の原子を互に同性體であると名づけます。この発見によつて私たちは今日ではすべての物質原子を単一な水素の原子核即ちプロトンと名づけられるものとそうして他方に電子との二者の結合によつて構成することの可能性を確實にすることが出来たのでした。この構成に關して、はたらくところの一つの特別な原理としては即ち量子理論を認めなければならなかつたのでした。

原子が陽陰兩電氣の所持者の結合から成つてゐることが知られて以來、既に原子構成の理論は、私たちの力學並に電氣力學の法則から導き出さうとして試みられました。私たちは先づ核それ自身の構成を措いて、原子内における核と電子との配置を求めることを必要としました。なせなら、核の構造は原子量の外に單に放射性を支配することを私たちは知つてゐるに過ぎないのに反し、その周圍の電

子の配置は化学的、光學的その他の私たちが經驗する原子の多くの性質を決定するものであるからです。私たちは併し種々の試みの後に遂に私たちの既知の法則だけでは、原子の性質が何故に極めて微細な點までもいつも一定してゐなければならぬかと云ふ理由を見出すことが出来なかつたのです。あなたがたはいろいろな原子が發する光を分析して謂はゆるスペクトル線を検するとき、その數百乃至數千に達する線かいかに一定のものを示すかに驚くでせう。それは果して何をもの語り何を話すのでせうか。「今日私たちがスペクトルの言葉から聽くところのものは、原子の實際の周邊音樂であり、整數的關係の交響、あらゆる方面に増大せる序次と調律とであります。」さう、量子論への貢獻者ゾムマーフェルド教授は彼の著書の序文において述べてゐます。實際にこの驚くべきスペクトルの言葉を解するものは私たちが嘗て直接に感覺し得る物質に對しては經驗することの出来

なかつた量子論の外にはなかつたのです。「これは自然が奏するところの神秘的な楽器であり、そのリズムによつて自然は原子並に核の構造を規約するものである」とゾムマーフェルドは亦そこに云つてゐます。

量子、それは本當に私たちに取つて最も獨創的な概念でなければなりません。恐らくは物理学の歴史が遭逢した數百年の経過に於て唯一のものであるでせう。なせなら私たちはすべての物理的對象物を取り得る變化の過程をいつも連續的であると思惟することが出来たのにひとり原子の構成に與かる電子は之によつて連續的な移動がゆるされないからであります。核をめぐる電子を私達は單に力の關係からしては、丁度太陽をめぐる惑星の如くに考へることが出来たのでした。たとへばその様な惑星の一つとしての私たちの地球は現在太陽から隔つてゐる距離を變じて、もつと太陽に近づかうとも若くは之から遠ざからうとも、そこ

に新しい軌道が求め得られるにちがひないことは、私たちの力学の教へるところなのです。ところが之に反して、原子核をめぐる電子の軌道を私たちは隨處に求めることは決して出来ません。電子が實際に取り得る軌道の形ち並に大いさは、核を取り圍む無數の網細工のやうに限定されてゐて、決してそれ以外に逸出することはゆるされません。之れ電子運動に關する或る「作用量」なるものが常に一定の量子の整数倍になるやうに規定されるからです。實際にこれ程な微小な機構が原子の内奥に存在して、始めてかのスペクトル線の繊細な音楽が奏せられるのであつて、しかも空間以外に一つの目じるしをも私たちに示さないこの網細工は丁度樂器の裏にかくされた金屬線のやうなものでありませう。

それならば、自然はこの量子の秘則に従つて私たちに果してどんな物質を與へ得たのでせうか。若くは種々の物質がどうして自然に生成せられたのでせうか。

以前私たちは地上に種々の物質を発見して先づその性質を攻究することに専らでありました。けれども私たちの見出した物質以外に果してどれ程の物質が自然に存在するであらうかどうか、又既に発見せられたものが抑も自然に可能であるところの物質の大多数に相當してゐるかどうかについては近時の原子理論の發展による外には全く解釋の緒をさへ求め得られなかつたのでした。今私たちが之等の問題を論ずることの出来るのを、たとへば數年以前までの物理学を學んだ人たちが見たならば、恐らく今更にその進歩の異常なることに思新なものがあるでせう。

私たちはその外の元素について大體に種々の性質を知つてゐるので、之等を説明することの出来るやうに原子の構造、即ち原子核の周りの電子の配置を決定しなければなりません。之は極めて困難な問題ではありますが、ボールが最近に量子論を應用して之が解決に殆ど成功したことは、まことに偉大な功績であると云

はなければなりません。私はこゝにその内容を審かに述べることは出来ません。併し彼の理論は要するに、原子核をめぐる電子の軌道を量子則に従つて論定しやうとしたのであつて、之によつて種々の元素の性質が理論的によく導き出され得ることは極めて興味深いところですが、元素の化學的性質が週期的に變るといふことは勿論、併しその週期の進むに従つてその間に多小の相異のあらはれて來ることなども説明し得られるのは著しいことです。特に鐵屬元素が強い磁氣的性質を帯びる理由、稀土屬元素が特異の化學的性質を示すことなどが、この理論から推察せられるに至つては、最も注目し得る事柄でなければなりません。私は之等の點でボールの理論のどれ程意味深いかを感じずにはられません。光及びエツキス線のスペクトルがこの理論を支持することに力あることも固より云ふまでもないことであつたのでした。

以上私の概叙するところによつて、物質原子の構造が今日どの程度まで明かになつたかを視ふことができるであります。抑々核が電子と結びついて、どんな物質が生成せられるであらうかと云ふことは、このボールの理論の究極に於て完全に解決せられるものでありませう。私は自然科学の一つの成果を説いてこゝに至るとき、それがいかに自然の神秘と面接するかの點に於て、さすがにその深い意味を悟らなければなりません。私たちはいま物質の根源を尋ねて殆どその最奥に達しやうとしてゐます。固よりその更に進むべきところは盡きないでせうけれども、併し私たちが久しく求めてゐた多くの問題の解決がかなりの程度に於て望まれるやうになりました。物理學と對立してゐた化學や鑛物學はいま既にその基礎を之等の原子理論に求めなければならぬやうになりました。すべての物質科學は斯様にして統一されたのでした。私たちが更にこれから進むべき途は生命の

本質と、その物質に對する關係でなければなりません。その上で私たちは最後に生物における意志及び感情のあらはれを根本的に論究しなければならぬのであると私は思ひます。固より之等の問題に關しては、物質科學に於けるよりも遙に大きな困難を含むことは豫想するに難くないところであつて、いつになつてそこに到達し得べきかさへ判りません。けれども私は上述のやうな物質原子の秘則が見出されたことも、またそれらの第一歩であることを思ひます。

少しく顧みますと、先世紀の初めに化學に於て始めて物質の原子及び分子なるものが一つの假説として導き入れられて以來、氣體の運動學的分子論並にそのブラウン運動への應用によつて、分子の實在が確證せられるやうになり、一方に先世紀の末における電子の發見によつて、更に原子構造の問題に立ち入るやうになり、遂にすべての物質をして陽陰二元の電氣粒子の結合として解し、そこにど

んな物質が生成すべきかと云ふことに及んだのです。之等の問題に關する私たちの知識の發展は近時に於てどれ程著しいものであつたかは、私のこの短い叙述からでも想察されるでせう。併しながら又一方にその研究者たちが科學への敬虔な獻心と、その發見の喜悅に對する激勵とに充たされて、しかもどれ程の努力と苦心とを費したかを思ふと、私たちは之に對して最も眞摯なる尊敬を感じなければなりません。我が量子論の創立者たるプランク教授が一九二〇年の夏、ストックホルムに於けるノーベル受賞の講演に於て述べた次の言葉を私は私のこの文の最後に引用しておきたいと思ひます。

「私が今は既に二十年を經過した時期、即ち物理學的作用量子の概念と大いさが現在せる經驗事實の範圍から始めて脱殻しやうとして、そして屢々ゆき惱んだ長い途をとほつて終ひにその殻を取り去ることができた時期を顧みるならば、私

には今日この全發展が偶有名なゲーテの言葉「人間が努力する限り彼は迷ふ」と云ふ句に對する新しい説例としてあらはれるやうに思はれます。そして熱心な研究者の緊張味あふれた精神上の仕事は、若し彼が屢々著しい事實によつて、あらゆる彼の斜めな且つ横向きの歩みの最後に當つて終ひにそれでも眞實に對して少くとも確實な一步を踏み出すことが出来ること云ふしつかりした證據を手に攫まなかつたのであらうならば、根本に於て無駄に且つ希望なしに見えたでありませう。避難い假定は、それがたとへ久しく或る効果に對しての保證をもたないとは云へ、勿論一定の目的への追従であつて、之が光輝力は最初の不成功によつては曇らされはしないでせう。」

私は上に物質原子の化學的性質が核の陽電氣量に依ることを述べました。この陽電氣量はその周圍にある電子の數と共に一定の單位をもつて増すものでありま

すから、順次之を一つ宛増す以外に私たちは元素の種類をより多くはもつことの出来ないこと明かです。又之が或る程度まで増せば核の構造が不安定になつて自然的破壊を起し、謂はゆる放射性物質を生ずるものでありますから、私たちはもはやそれ以上幾ばくの元素の實在し得ないことを想像することができません。私たちは現に水素原子核の陽電氣量を1と數へて、最高の元素ウラニウムに於て之が92になることを知りました。即ちこの意味で私達は九十二個の元素、若くは之を超える一二の元素より外には異つた物質の自然に存在し得ないことを結論することが出来るのです。たゞに地球上ばかりではなく、たとへば離れた天體に於ても、私たちの自然則の同様に成り立つ限り然うでなければなりません。併しこゝに一つの元素として數へたものゝなかには、まだ同性體として原子そのものゝ異つたものがたくさんに存在することは、やはり上に説明した通りです。之等の

同性體の數がどれ程あり得るかは、原子核の構造を完全に明かにしないうちには判りません。そして之は尙ほ將來の研究に待たなければならぬのです。

ところで上の九十二個の元素のうちで現在私たちに知られてゐないところのものは僅に五個しかないことは寧ろ著しいことです。

慣性について

—

慣性若くは惰性といふ言葉は物体の運動の變化に對する抵抗をいひあらはしたものであることは、多くの人の知つてゐる處であると思ひます。

物体を動かし出さうとする場合に、物体の重さの大小によりて之に抵抗する大きさのちがふことは、昔から普通に知られてゐましたが、物体の慣性なるものを一つの法則の形でいひあらはすことの出來たのは、ガリレイです。

ガリレイがどうしてかやうな法則に達したかは極めて興味ある事からです。何

慣性について

故なれば丁度ガリレイの當時は今日の私たちの科学的考察の始められた時代であつて、彼の研究方法がその以前の希臘哲學の影響をうけた先驗的思考によるものは截然とちがつて来て、すべてを事實によりてのみ判断してゆかうとする態度が明らかに加つてゐるからです。しかもガリレイの法則が示すところの事實、力のはたらかない物體はその一様な運動を永久に續けると云ふやうなことは、私たちの直接の經驗に於ては、常に之を妨げる他の抵抗摩擦などの存在のために、あらはれて來ないのです。普通に説明せられてゐるやうに、ごく滑らかな平面の机のうへに、やはりごく滑らかな小さな球をころがしたなら、その運動はいつまでも續くであらうと云ふことは、或る程度まで實現せられるかも知れませんが、併し私たちの實際取り扱ふ材料をつかつて之をどんなに滑らかにしたとて、摩擦の全くないものは出來ませんから、この事實のみから球が果して永久に運動をつ

どけるものかどうかを原理的に斷言するには、尙ほ幾分の不安さのあることを免かれないでありませう。この疑をとり除くには私たちはもう一度他の方面から同じことを成る程と歸結し得るやうにしなければなりません。ガリレイは果してどんな風にして之に達し得たでありませうか。これは今日の私たちにとりて歴史的に興味のあることでもあり、又原理的法則の發見の考察として有益な事がらでもあるのです。

二

一體私たちが事實を實驗すると云ひましても、何をどう云ふ風にして實驗するかと云ふ目あてがなくてはならないのです。そこには私たちは或る本能的經驗若くは思考からして、今實驗すべき事がらどんな風に起るであらうかと云ふこと

慣性について

に對する推量をつくる必要があります。そのうへで之を實驗したうへで、この推量を確めるか、若くは之を變化するか、又は之を否定するか、の事實的根據を得るのです。天才はおのづからにしてその正しい推量をつくること出来るのを私たちは多くの過去の歴史において見る事が出来ます。

ガリレイは先づ物體の自由落下の運動を研究して、それが一定の加速度をもつて起ることを見出した後に、斜面の上の物體の落下を考へました。そして或る斜面に沿うて物體の落下して得た最終速度は、物體が自由に斜面の高さだけの距離を落下した場合に得る最終速度と同じであることを推量しました。彼はこの事を次のやうな考察から導いたのでした。

物體が自由に落下するとその速度は落下時間に比例して増します。この落下により得ただけの速度を逆に上方に向けて物體に與へるならば、物體は上に昇つ

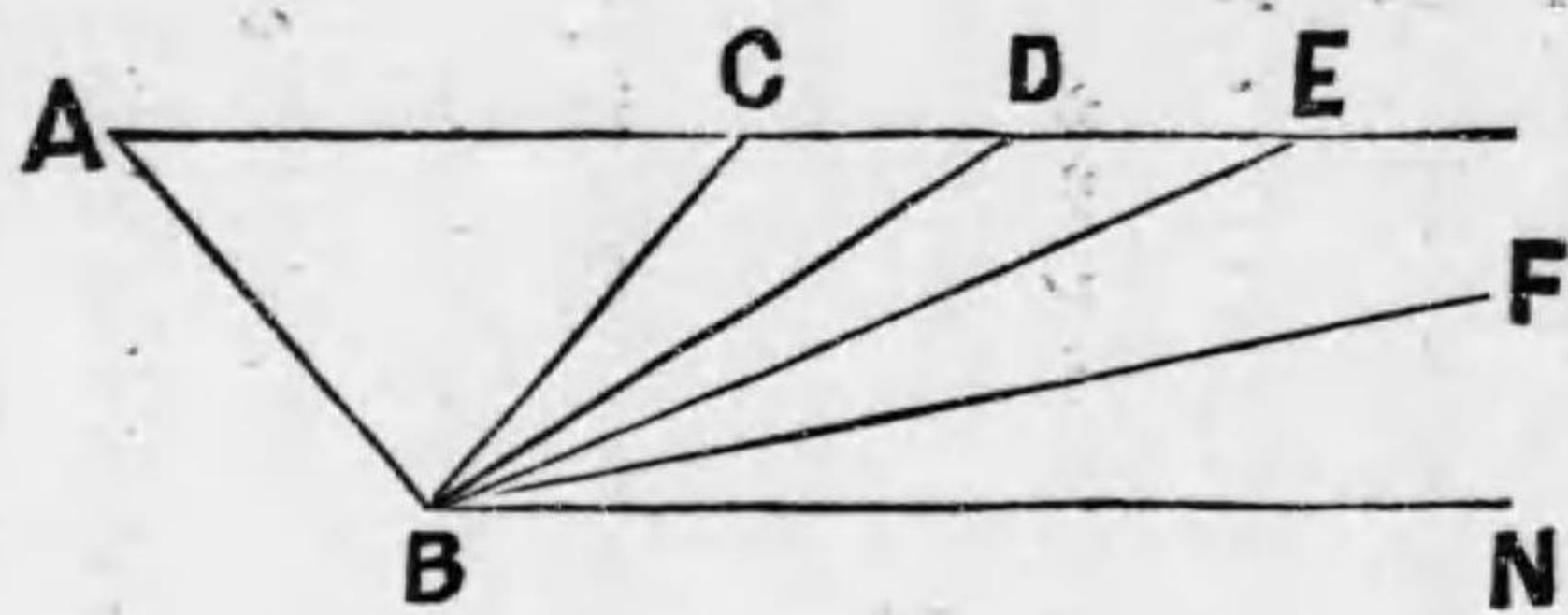
てゆきませんが、丁度その運動は前の落下の鏡像に等しいわけで、従つてその速度は落下時間に比例して減じてゆきます。それですから落下と同じ距離だけ上昇すれば、その速度は零にならなければなりません。つまり物體は落下により得た速度によりて、丁度それが落下したと同じ高さまで昇ることが出来るのです。ところで今度は物體が斜面に沿うて落ちて或る速度を得たならば、そしてその速度をもつて傾きの異なつた斜面の上を昇らせたとき、若し前に落下した高さよりももつと高く昇ることが出来たとしてもしたならば、私たちは物體をその重さによりて高處へ揚げるのと同様の結果を得るのであつたでせう。重い物體はそれ自身で高まることはなく却つて降下する傾向のみをもつといふことが事實であるならば、今假定したやうなことは起り得ない筈です。即ち斜面上を落ちて得た速度は單にその鉛直の高さのみに關して、斜面の傾きには關しないのでなければなりません。

慣性について

せん。従つてこの速度は斜面の高さだけを自由に落下した際に得た速度と相等しいと云ふことが結論せられます。

ガリレイはこの推量をそのままにはしないで、之を實驗によりて確かめやうとしました。彼は摩擦を避けるために、斜面の代りに、振子を用ひました。振子の球は之が落下し始められた高さと同じだけ向う側へ昇つてまた戻つて來ます。振子を壁に沿うて振らせ、その支持點の眞下の種々の適當な距離に釘をさしておきますと、振子の糸は鉛直の位置まで來て後にこの釘で支へられ、以後はこの釘を新しい支持點として振動します。この場合糸の振る長さが短くなる爲めに球の運動は恰も傾の多い斜面を上ると同様に起りますが、併しその上昇の終極點はやはり最初の落下點と同じであることが容易に實驗せられます。

ガリレイはこの結果から重要な慣性の法則へ達したのでした。彼は或る斜面AB



慣性について

を落下した物體を考へ、そこで得た落下速度をもつて更に之を他の斜面BCの上に沿うて昇らせました。その上昇の高さは丁度最初の斜面の落下の高さと同じでなければならぬことは、上述の事實から明らかです。従つてAから落ちて來たとすれば、丁度それと同じ高さのCまで達する筈です。ところでBCの代りに更に傾きの少ない斜面BDをおき、之に沿うて物體を上らせれば、その達する點Dの高さはやはりAと同じですから、物體はBEに沿うては速度の減じ方が遅く、且つ遠い距離に達するわけです。かやうにして斜面の傾きをだん／＼減らしてゆけばBE, BFなどに沿うて上るに従つて、だん／＼速度の減り方も少なく且つ遠くまでゆくでせう。そして最後に水平面BNに

沿うて動かしたとすれば、速度の減り方も全く零になり、即ち一様な速さで無限の遠方まで達するにちがひありません。これが謂はゆる慣性の法則の内容をつくるのです。

以上のガリレイの議論をよく考へて見ますと、彼がいかに自然的に慣性の法則に達し得たかに就いて、寧ろ深く驚かされるであります。

三

ガリレイの慣性の法則を土臺にして、ニュートンが一般の運動の法則をつくり得たことに就いては、私はこゝに多くの言葉を費す必要を見ないであらうと思ひます。併し慣性の法則に對しては、それを嚴格に解しやうとするときに、或る疑問に衝き當らなければならぬのです。

運動はすべて相對的のものであるといふことは、恐らく單に運動學的には認められなくてはなりません。何故なれば運動は物體の位置の時間的變化として解せられ、しかも物體の位置は他の基準體なしには決定することが出来ないからです。従つて物體の運動をいひあらはすためには、先づ私たちがどこに基準體を取るかをきめておかなければなりません。それならば、ガリレイの法則に謂はゆる一様な運動とは、何を基準體として選んだ場合を意味してゐるのであらうか。これがその疑問の焦點なのです。

ガリレイがその法則を見出した経路を考へてみますと、その運動といふのは、明らかに地面上の運動を意味してゐます。併し地面上で實驗的にゆるされる運動は、何れも或る短い時間、短い距離に限られてゐて、その法則の示すやうな無限に續く運動は實際には不可能なのであります。それですからかやうな原理的の運

慣性について

動をそのまま、地面に對するものとは解するわけにゆきません。現に地球は天體に對して移動及び廻轉を行つてゐます。そして地球上で長時間繼續する運動、たとへばフーコー振子の如きものに對しては、この地球自身の運動を考慮に取らなくてはなりません。それならばほんとうの基準體をどこに取つたら宜いのでせうか。

ニウトンはその運動の法則を太陽系内の諸惑星に應用するに當りて、その基準體を遠い天體即ち恒星系に選り、惑星は若し之に力がはたらかなかつたなら、この恒星系に對して一樣な運動を續けること、丁度地上の物體が地球に對して然うであるのと同様であると假定しました。太陽系の運動はなる程之れで解けるであらうませう。それは丁度地面上の運動が地球に對して云はれてゐたのと同様に、そしてそれが實驗と一致することが、その範圍に於て示されるのと同様に。けれどもそれはまだ私たちの疑問に對する最後の解答であり得ないこと明らかです。何

故ならば恒星系それ自身が絶対靜止にあるとはまだそのなかに保證せられてはゐないからです。

私たちはこの種類の問題に關しては充分に警戒しなくてはなりません。マツハの注意したやうに、若し私たちが物體の運動に關して、現に私たちが天體に關して經驗的に知つてゐるよりもつと多くを知つてゐると主張しやうとするなら、私たちは一つの不正直を負はなくてはならないのでせう。それですから、物體が空間のなかで一樣な運動を續けると云ふことを若し私たちが要求するならば、私たちは經驗的に知り得る全宇宙を考へなくてはなりません。この見解のもとに私たちの疑問はごう解決せらるべきであるかを少し考へてみませう。

全宇宙に假に只二つの物體しかなくつたとしたなら、之等の運動に對してニウトンの法則が成り立つために、私たちはどこに基準體を取らなければならぬで

慣性について

せうか。私たちは之に對する答を作用と反作用との相等の原理から容易に得られるでせう。即ちこの基準體は二つの物體の重心（質量の中心）に結びつけられるか、若くは之に對して一樣の速さの移動をするものであればよいのです。コペルニクスの中中心説が成り立つと云ふ意味も之に外ならないのでせう。太陽系の運動を論ずるのには、その全重心を基準體にとることが、力學法則を成り立たせる所以なのです。

私たちの觀察する幾らかの物體のみが全宇宙の唯一の存在ならば、それで問題は解決されるでもありません。又たとへ他に物體があらうともそれからの影響が全く無視され得る程に小さければ、實際上の目的には之を見遁がしても差支へはありませんまい。けれども力學の法則の原理的の意味を論ずる場合には他の物體の存在を考へずにおくわけにはゆかない筈です。若し然うであるならば全宇宙の物

體の重心なるものを想像し、之に對して私たちの力學の法則を關係させなくてはならないのでありませう。併し全宇宙の物體の重心と云ふものが果して一定にどこかに與へられるものであらうかどうかと云ふ疑が尙ほこゝに残されます。そしてそれが定まるべきものであるとしても私たちは實際その位置を實驗的に決定する手段をもちません。さうすれば力學の法則は實際上常に近似的にのみ成り立つとしなければならぬのでせうか。

四

之等の疑問は甚だ困難なものとして力學に提出されました。十九世紀に於て力學の原理が多く論究せられた後に、以上の問題に對してもいろいろの見解があらはれました。

慣性について

ストライプツは絶対の移動運動は無意味であるけれども、廻轉運動は絶対に決めることの出来ることなし、従つて絶対廻轉のない物體を私たちは基準として選ぶことが出来ることしました。

廻轉が絶対のものであることは、既にニュートンが論じた處であつて、その有名な水桶の實驗によりて之を證明したのでした。水桶の實驗といふのは、水桶を糸でつるし、糸を振つて充分の撻りをかけた後、之を離すと水桶は糸の撻りの戻るに従つて廻轉します。この廻轉は漸次桶のなかの水に傳はつて水も廻轉し出してその表面の眞中が凹みます。それ故この水面の變化は水の桶に對する相對的廻轉によるのではなくて、却つて空間に於ける絶対廻轉によらなければならぬといふニュートンは考へました。このニュートンの實驗の外に、廻轉によりて謂はゆる遠心力のあらはれること又フーコー振子の實驗のごとき、皆物體の絶対廻轉を示すもの

とせられました。

この論に反對して運動をどこまでも相對的のものであると主張したのはマツハでありました。水桶の實驗に於ける水の廻轉、フーコー振子に於ける地球の廻轉は決して絶対のものではなくて、他の天體に對する之等のものの相對的廻轉を意味するに過ぎないのであつて、水桶を固定してその代りに天體を廻轉させたときに遠心力が水にあらはれないことを意味するのではないと主張しました。

このマツハの考へに近いのはランゲの論でした。彼は慣性法則の成り立つ基準體の決定を次のやうに決めやうとしました。

三つの質點 P_1 、 P_2 、 P_3 を同一点から同時に自由に投げ出します。その或る時刻に於ける位置を全く任意に選んだ空間點 Q と結びつけますと、 G_1 、 G_2 、 G_3 なる直線を得ます。之等の直線は三面角をつくりますが、今この角の形を固定しておい

慣性について

で、只その位置を適當に變へて、いつも P_1 が G_1 の上にあり P_2 が G_2 の上に、 P_3 が G_3 の上に進むやうにします。さうすればこの三直線は基準體の座標軸と見なすことが出来るのであつて、さう決めた上は之に對して他の自由に動く質點は一直線に一樣な運動をするのでせう。

この決定は原理的には正しいものであつても、併し實際上には役だちません。實際にはやはり天體の存在が私たちの慣性の法則を支配するものであるでせうから。併しランゲも亦現在に於て實際上の基準體としては天體を選ぶより外はないことを認め、只この事がもつと天文觀測の精密になるに従つてもはや充分の近似であり得なくなつたなら、そのとき彼の前述の原理によりて新らしい基準座標系が求められるであらうことを述べてゐます。

ノイマンはこの基準體の代表物體として或る天體「アルファ」なるものの存在

を假定しました。併しかやうな理想的な天體が實在的に存在すべきものかどうかは、恐らくだれも知ることが出来ません。

斯様にして慣性の法則は力學に於て最も簡單な且つ最初の原理でありながら、非常に困難の問題を含んでゐるのです。最近になりましたアインシュタインの一般相對性理論は再びこの問題に觸れました。しかもそれは全く異つた方面からして純粹に運動の相對性を主張したのです。私は今之をこゝに説いてゐる餘裕をもちませんけれども、ニュートンの法則に對する見解を全く變更し、力の大きさを相對的に變ずるものと解釋して最も一般にこの古來の難問題を解いたことは更に驚異に値ひすると云つてよいであります。

五

慣性について

物体の慣性を數量的に云ひあらはす量としては、質量が考へられ、之はニュウトンの法則によりて物体にはたらく力と之によりて起された加速度との比であることが知られてゐます。併し質量は只一つの物体について決定せられるものではありません。質量を完全に定義するには、是非とも二つの物体の相互の作用を観察する必要があります。即ち之等がお互に力を及ぼしてそれぞれ加速度を得たならば、この加速度の逆比が二つの物体の質量の比に等しいのです。それですから宇宙に只一つの物があつたとき、之が幾らの質量をもつかと云ふことは恐らくは無意味でありませう。

質量は各の物体に固有なものと考へられてゐましたが、電氣を有する物体の電磁的質量が見出されてから、之は物体の速度に關することが結論せられ、次で電子の速い運動によりて實驗的に確められました。今日ではすべての質量は速度に

關係し、しかも單純に一つの數量で與へられるものではなくて、運動の方向に關して異つてゐます。即ち力と加速度とを運動の方向に沿うて射影したものの比と、之と直角に射影したものの比とは異つてゐるので、前者を縦質量、後者を横質量と名づけます。

質量は斯やうに複雑な量であつて、必ずしも物体に固有のものではなくなり、今日の力學ではその基礎的の量の意味を失ひましたが、併し物体の速度の無限に小さい場合の質量の極限は常に一定の値をもつてゐるので、之がやはり一つの基礎量として取り扱はれます。私たちは之を物体の静質量と名づけます。

アインシュタインの相對性理論による新らしい力學では、静質量は常にエネルギー（静質量）に比例します。又逆にエネルギーのある處には必ず一定の静質量を伴ふものと考へられます。光が空間を傳はる場合にはエネルギーの流れがありまし

慣性について

て、従つてそれは一定の静質量、即ち一定の慣性をもつてゐると解することが出來ます。此の關係によりてエネルギー恒存の法則が、質量恒存の法則と同一に歸着せしめられることは著しいことであると云はなくてはなりません。

慣性によりて定められる質量の外に、重さによりて定められる質量があります。この二つは昔の力學では勿論同一のものとして取り扱はれてゐたのですが、併し電磁的質量が速度に關係すると云ふやうな事柄から考へて、その両者がいつも同じであるかごうかは疑問に屬します。この問題はやはり一般相對性理論によりて解されました。そして少くとも静質量に就いては兩者の根本的に同一であることが判りました。

之等の質量の問題に關しては、只これだけの簡単な記述だけでは甚だもの足りないのですが、それを詳しく説明することはこの一篇中では出來ませんから、只慣性と云ふことに關係して、質量概念の變化を總括して述べることに止めておきます。

『反相対性理論について』を讀みて

土井氏に答ふ

—

土井不曇君

あなたが本紙上（東京日々）において先に私に宛て書かれたことに對しては、私は自分の言葉を重んずる上からして、また世間の人たちの誤解をさげさせたいといふ心からして、こゝにお答へする責任を感じます。若しあなたのあの文がなかつたなら、私はあなたの議論について再び言葉を重ねやうとはしなかつたでせう。そしてたゞあなたのもつと深い研究がやがてはあなた自身をも私たちの立場

『反相対性理論について』を讀みて

に近づかせるでもあらうことを切望するだけに過ぎなかつたでありませう。

あなたはまづ「例へば相対性理論についても餘り世の中の無批判な騒ぎのうづにまき込まれる前に」といはれます。相対性理論が發表せられてから今日までにどんな批判がどんな人たちによりてどれ程な程度に行はれて来たかは科學の文献に目を通ずるものには能くわかつてゐる事がらです。それを「無批判」とするのはこれを知らないものか若しくはしひてこれに目をふさぐものでなければなりません。若しまたあなたが科學以外の世間に批判を要求せられるなら、それはとてもない間ちがひです。科學理論に對する批判能力はさういふ世間にはかけてゐるのがあたりまへです。それにもかゝはらずあなたが「世の中の無批判」を云々して、自分の議論をさういふ世間に、唯一の正當な批判であるかのやうに紹介せらるゝ態度に對して私は遺憾を感せずにはゐられません。あなたはまづ靜かに自

からをかへりみて、然る後に「無批判な騒ぎ」といふことがたゞしい批判であるかどうかを考へてごらん下さい。「學理に忠實でありたい、眞理を把握したいといふ幹の欲求においてはおなじ心であります」といはれるあなたの言葉を信する上からいへば、私は新聞紙のような世間一般のまへにひろげられるものゝ上においてではなく、もつと専門的な雑誌とか或ひは私信の上で、あなたが私に對して論を盡くされることを私は當然期待してゐたのでした。

次ぎにあなたは私が本年五月數學物理學會所載の論文について申しあげたことに對して、それを「誤解」であるといはれますが、あなたが當時どんなことを自分で考へられてゐようとも、それが未發表のものであつたかぎり、それらを私の考慮しなかつたのが誤解であるといふのはおかしいことではありますまいか。私の指摘したいろ／＼の事實の説明は「近日出版される」著書のうちに立派に論じ盡

『反相対性理論について』を讀みて

くしてあるといはれます。それは結構なことでもありませんが、私があつた時あなたが発表された論文だけについて自分の意見を申し述べたことを、どうしても誤解であると思ふわけにはゆきません。しかもあなたはそこでは私の指摘した事實にいひ及ぼすことが少しもなしに、すぐに、アインシュタインの理論は「虚偽の假定の上に立つてゐる」とか「同時刻の相対性はナンセンスである」とか述べてゐられます。私はあなたの論文のなかにこれ等の歸結にみちびく何等の論理もないことを注意したのでした。さうしてその論文のをはりにアンデルセンのおとぎばなしが叮嚀に長々と引用されてありましたので、私はそれがせめてあなたの類推論理かとも見ちがへました。あなたの説明によればそれはあなたの美しい詩的な「心にフトうかんだまで」をしるされたのださうです。若し私に誤解があつたとしたなら、このおとぎばなしに關してだけです。

二

私があなたに説明を望んだ事實は分光學的ニ重星やマジヨラナの實驗や電子の質量の速度による變化や、そればかりではありません。あなたの理論が「一般相対性理論に少しもふれてゐない」ことを申しました。このこたへはあなたの近著にも見あたらないやうです。恐らくあなたの「大自然の美に魅せられた」お考へのなかにはそれは見のがして足りることであつたのかも知れません。自分に都合のいゝ論理だけで、ともかくも「相対性理論を否定して」さへしまへば、それでみんながなる程と思ふにちがひない、否たとへ今のおまつり騒ぎの時代にはいれられずとも、そこに「永遠の眞理」があることさげんでおけばよいとお思ひになるのでせうか。

「けれども起たねばならぬ。身は既に學理に献げてある筈だ。……かぎりある人の身の一生がかぎりなきいのちの眞理の手のうちにもてあそばされることも、思へばまた免れぬ數であるか。こひねがはくば眞理よ、美よ、どこしへにわが心に光として力としていきよ」などといふ言葉をよし私たちがあなたの口づから聞かないでも、かへつて咄々たる寡黙のなかにおのづから論理さへそなはつてゐれば、私たちのたれがそれを眞理として見なすことを否むものがあつたでせうか。私たちはその純眞な論理のみを科學において要求してゐるのです。その外に幾ばくの美しい詩があらうとも、それはその人の科學理論を補足するには何の役にも立たないものです。併しあなたの別の御心配についてはたしかに御安心なさい。私たちは決して人間の美しい仕事としての詩をたつとぶことにおいて、必ずしもあなたに及ばないものではありませんから。

私のこのやうな言葉が少しでもいひ過ぎてゐることがあつたとしたなら、私はあなたのまへにおゆるしを願ふのを惜むものではありません。あなたの著書などを若し眼にしなかつたなら、たとへあなたの意見がたま／＼私たちと一致しなかつたにしろ、それをあなたの眞摯な研究の結果として尊敬せずにはゐなかつたであります。併し私はあなたの著書のなかのおほくの言葉を少くとも敬虔な學徒の謙虚な態度から出たものとはどうしても思ふわけにゆかないことを深くかなしむのです。あなたから見て、たとへアインシュタインの理論が間ちがつた邪説であるにしろ、またこれを信ずる人たちがどんなにあやまりを重ねたものと見えるにしろ、おほくのさういふ先蹤に對してあなたの發せられた言葉はどんなものであつたでせう。

「わざ／＼事新しく光速度恒數などといふ假定を案じ出して、珍妙な理論を立て、

『反相對性理論について』を讀みて

哲學的先天的概念を破壊してまでも、あくまで理屈をコジ付けて頑張るのには、何かさういふ人々の心をまごはして……」(土井氏著書三〇二頁)

「眞剣眞面目な學理を玩具か何かのやうにもてあそび、益々面白半分騒ぎまわるばかりであつた。」(同書三一三頁)

「それでもなほアインスタインは、そして彼れの亞流の人々は、一つの假定を以て真空中の光りの傳播速度を……一定不變の絶對の恒數であれご命令するのであらうか。それは餘りにさゝやかな存在の人の子の大それた僭越であり美しい大自然に對する冒瀆である。」(同書三二五頁)

「一世一代のおまつり騒ぎにかつぎあげられて得意に見えるアインスタインの實は中心不安と煩悶とがたえないことは、彼れの假定を理由づけやうとして如何にシドロモドロの論が彼れの講演ごとに現れ、或ひは彼の理論の亞流者の著書を推

薦し、その他意味をなさない天文學者の論文を麗々しく引照し、殊に昨年なども、彼の假定の正否について決定的結論の出やうのないことは忽ち人の氣のつくやうなくだらぬ實驗さへ提案するなどを以て、ほど想像されるであらう。」(同書三七二頁)

私はものすきにこれ等を引用したい氣はありません。たゞあなたがもう一度靜かに落ちついてこのやうな言葉を読みかへされるとき、どんな感じがするかを伺ひたいのです。私はこれらもまたあなたの詩的の心から出たものか、またはあなたの論理の一部に屬すべきものであるか判断を差しひかへたいからであります。

三

あなたがその著書のなかでなされたいろ／＼な説明がどれ程な根據をもつてゐ

『反相對性理論について』を讀みて

るか、またごんか背理をふくんではゐないか、それらに對しての私一個の意見を今ここに述べるのには、それが適當の場所でないことを私は感じます。私はそれで別に『思想』十二月號（大正十一年）の紙上でそれらの論の幾分をあきらかにしたいつもりです。

たゞあなたの理論の全體について一言をこゝに加へさせていたゞきませう。『私は私の理論を反相對性理論としてアインシュタインの理論に對比すべきものとして發表してゐるのではありませぬ。ではなくつてアインシュタインの理論は否定されなくてはならぬ、そしてそのかはりかくかくの理論をとるべきであることなへてゐるのであります』とあなたはいはれましたが、併し能くよく考へてごらん下さい。一つの物理學理論が否定されるためにはそれが經驗的事實と矛盾することが證明されなければなりません。この矛盾を示さずに、たゞ理論が解しにくいから

これを否定するといくら執拗に主張しても、それは否定論として何の權威をもたぬものではありませんまい。あなたの著書のページのいたる所に相對性理論の否定なる言葉がいたづらに繰りかへし並べられてゐるにもかゝはらず、アインシュタインの理論が事實と背反することがごこにも示されてゐないのでありませんか。光速度恒數の假定をあなたはひごくのろつてゐられます。しかもそれは事實と矛盾するがためではなく、單に解し難い理論をうむからであるやうに見えます。分光學的二重星の事實は斯うも解釋が出來るとお教へになりました。私はその解釋を極はめて不自然な、特にエネルギーの惰性等に關してゆるし得ない假定を餘儀なくされるものであると思ひますけれども、假にそれをゆるすとしても、それは一つの別の解釋を提示したゞけで、これがために光速度恒數の假定があやまりであるといふ結論はちつとも出てこない筈です。つまりあなたの相對性理論の否

『反相對性理論について』を讀みて

定はいくら自分で否定の言葉をおかさねになつたところで、少しも否定を意味してゐないのはあきらかです。あなたはたゞ大聲をもつて世間の人たちをおどかさうとなさるのではありませんまい。若しさうなら、いたづらな否定の言葉を差しひかへて、もつと自分の信ずるところに従つて忠實に研究をおつゞけになるがよいと思ひます。私はアインシュタインの理論の否定の証明をあなたのお書きになつたものゝなかに見出だすことの出来ないかぎり、たかだかあなたの反相對性理論をアインシュタインの對比すべき一つの理論として見なさうとしたのでした。それも勿論すべての既知の事實の説明が完成されての上の事がらなのです。これだけのことは充分はつきりといへることであると私はどこまでも斷言いたします。

あなたが新しい著書のなかで述べられてゐる説明に對して私は勿論首肯することは出来ません。そのなかには前後相容れない種々の矛盾をさへふくんでゐるこ

思ひます。背理といふことはかやうな論理の矛盾に對していはるべき事がらなのです。これに反しましてあなたがその著書において「相對性理論の背理」なる一章に述べられてゐる事がらは少しも論理の矛盾に關してはゐません。たゞアインシュタインの理論からみちびかれることが、むかしの力學的相對論から見ておかしいものであることを指摘されたに過ぎません。けれどもそれは餘りに當然のことであつて、恐らくあなたの立派な説明を待つまでもないことなのです。さういふ立場から解釋してごれ程アインシュタインの理論が不思議に見えるからといつて、それだけでこの理論と事實との一致を塵ほども否定するわけにゆかないことは、恐らくあなたと雖も御承知になるでせう。アインシュタインの理論が事實との一致以外に、深い認識論的價值をもち得ることは、既におほくの人の認めてゐる所です。あなたの説明の餘りに偏狹であることは自分で靜かに反省してごらんになればや

『反相對性理論について』を讀みて

がておのづからわかることとせう。若しさうでないといふなら、その頑迷さを私たちははやごうすることも出来ません。時がそれをおのづからに葬つてくれるでせう。

304

あなたは自分ひとりが大自然の美をつかみ真理にふれるものであるといふ風に専横恣して、或ひはガリレイの受けた迫害を説き、或ひはアルキメデスの熱狂せる態度に例を取つてゐられます。私はあなたの真摯のさけびを諒ごしませう。希くはあなたが自分の述べてゐられる論理に對してなほ一層の明晰なる分析を惜しまれざらんことを。私たちおたがひはみんな真理の探究者なのです。たれがそのたゞしい論理を斥けることを理由なしにするでせう。私は切實にあなたに對してその矯激な言葉をつゝしまれんことを敢て忠言したいと思ひます。

最後に、私のこの一文があなたのお心を少しでも傷つくるやうでしたら、それ

は私のまごゝろの上からではなく、たゞいひ足りない言葉の上からであることを思つていただゞいて、おゆるしを願ひたいと思ひます。あなたにより深い研鑽をいのりながらこの筆を擱きます。(大正十一年十月十八日)

305

新刊

大正十三年七月廿五日印 刷
大正十三年七月廿九日第一刷發行

現代の自然科学
定價壹圓六拾錢

版權所有

著者	千葉縣保田町
著者	石原純
發行者	東京市神田區南神保町十六
發行者	岩波茂雄
印刷者	東京市神田區西小川町二ノ五
印刷者	津村福章



株式會社一國印刷所

發行所

東京市神田區南神保町

岩波書店

電話四谷二九七三番
振替東京二六二四〇番

15829
あ

<p>通俗科學 叢書第一編 テレル 現代の自然科學 石原 純著 定價四六 送料書留一四 廿七錢</p>	<p>通俗科學 叢書第二編 現代の自然科學 石原 純著 定價四六 送料書留一四 廿七錢</p>	<p>アイン ス 相對性原理講話 桑田 芳雄 譯 定價四六 送料書留一四 廿七錢</p>	<p>地 震 講 話 今村 明恒 著 定價四六 送料書留一四 廿七錢</p>	<p>信仰 物理 黃 道 吉 日日下部四郎 太著 定價四六 送料書留一四 廿七錢</p>	<p>原 子 の 構 造 石竹 原 純 潔 著 定價四六 送料書留一四 廿七錢</p>	<p>動 物 學 講 義 阿部 余四男 著 定價四六 送料書留一四 廿七錢</p>
<p>店 書 波 岩</p>						

終