

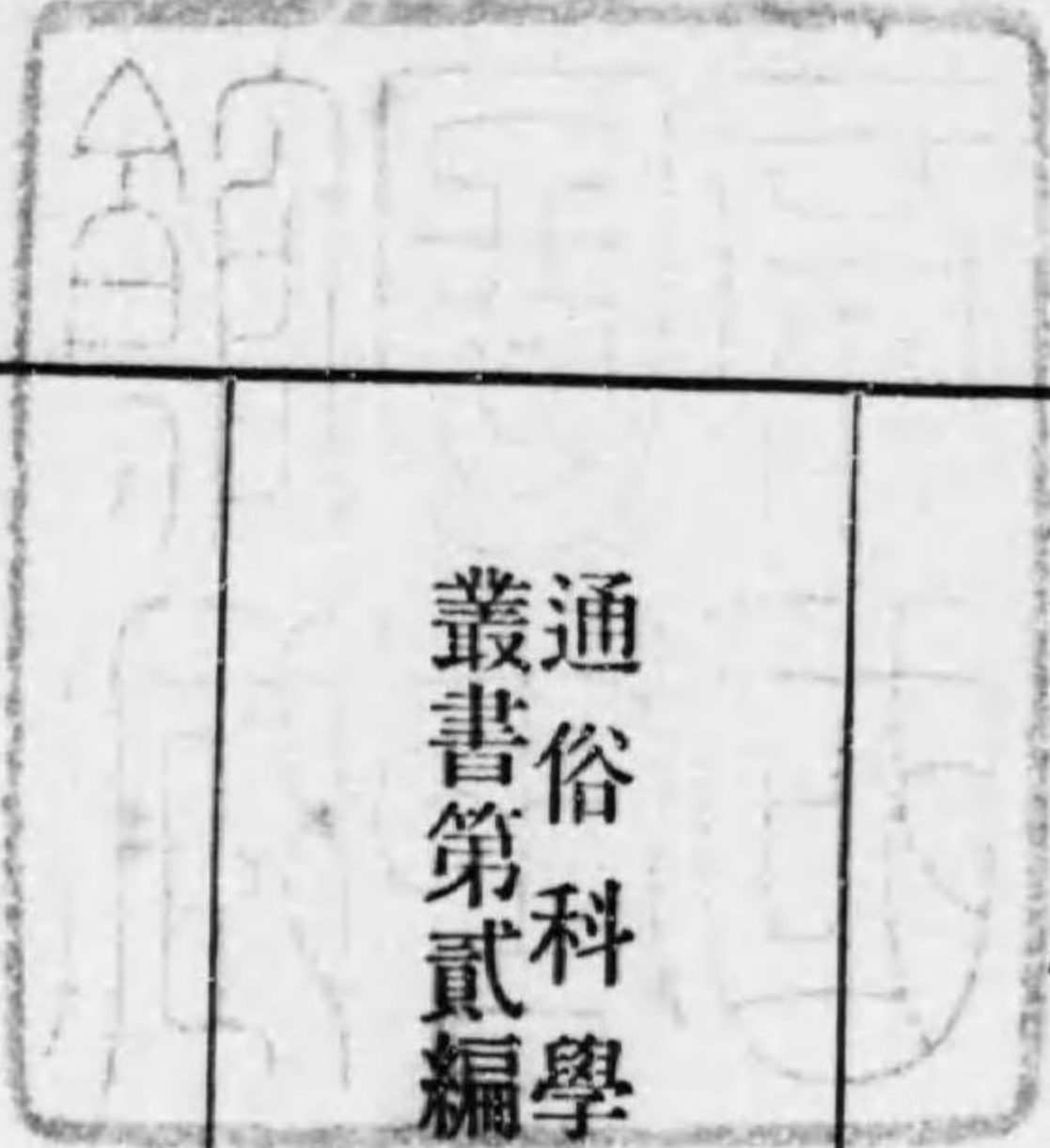
505
22

9 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10¹⁹ 1 2 3 4 5

始



25829
あ



石原

純著

通俗科學
叢書第貳編

現代の自然科學

岩波書店刊行

大正
13. 8. 1
内交

序

本書のなかで「現代の自然科学」と題する部分は、同じ題目のもとに昨年十二月千葉冬季大學で講演したところの内容を含んでゐます。今之を出版するに當りまして、私はその講演の筆記を基礎とし、不足な箇所を補つて三分の二ばかりを書きなほしました。要は自然科学の本當の意味がどんなものであるかを明らかにしやうとしたものであつて、謂はゞ自然科学の概論なのです。私は主として之を一般の人たちに語らうとしたのですから、細微な點に立ち入らずにすませた處もあり、その點で不完全さを免がれませんでしたが、併し一方にそれだけ難解のもの避け得たつもりです。

序

「科學の常識化」と題する後半は、私が近時諸方の新聞や雑誌に書き載せたものを集めたものであつて、科學の常識化の主旨を説き、併せて種々の問題を常識的に説明しやうとしたものです。一昨年来喧傳せられた相對性原理の話や、昨年起つた大地震に關する諸問題や、近時著しい發展をなせる原子の多少の知識などをこゝに包含することは、讀者の或る參考にもなるであらませう。

大正十三年六月二十五日

著者

目次

⊗ 現代の自然科学	一頁
一 自然科学の本質	一
序言	一
自然科学的概念	五
必然的因果則	一八
自然科学の普遍性	二八
二 自然科学の發達	三四
希臘形而上學と近代科學との相異	三四
目次	

目次

感覺的經驗……………四
 事實記載の科學的價值……………五一
 假説の法則化及び原理化……………六〇
 理論の認識論的價值……………六六
 世界形像……………七
 三 現代の自然科學に於ける世界形像……………七四
 對象の種類……………七四
 一般原理及び法則……………八三
 對象の特性並びに成立原理……………九五
 四 自然科學と人生……………一〇三
 〇 實用上の價值……………一〇三

方法上の價值……………一〇七
 理想上の價值……………一二三

科學の常識化

〇 科學の常識化……………一二五
 地震と科學教育……………一三三
 地震學の本質とその現時の缺陷について……………一五三
 地震は豫知し得べきや……………二〇九
 相對性原理の話……………二二三
 物質原子の秘則……………二四九
 慣性について……………二六九

目次

505-22

現代の自然科学

目次

「反相対性理論について」を讀みて土井氏に答ふ……………一九二

一、自然科学の本質

序言

本日は自然科学といふものの本質に就いて、極平易に、一通りのお話をしたいと思います。

一たい自然科学の問題が今日の意味で研究されるやうになりましたのは、我々人間の歴史に、まだ比較的新しいことでありまして、殊に日本におきましては時日も極めて短く、西洋文明が輸入される以前は、自然科学といふものは殆ど全くなかつたのでした。維新以前に於て、數學などにつきましては多少見るべきものがないではありませんでしたけれど、徳川時代などは、誰か一つの數學を研究

しましても、それは一つの秘傳として、一般の人には教へないでかくして置くやうな有様でありましたので、一般の興味をひくこともなく、又實用にも供せられずに終りました。

學問といへばそんな風に取り扱はれる傾きがあつたので、自然科学などは、全く無かつたといつてもよいので、従つて、さういふ方面の理解も、一般にゆきわたらなかつたといはねばなりません。

幸ひにして、現代では、自然科学の必要であることが一般に感せられ、各々専門家の間に研究せられるやうになつたのは、誠に喜ばしいことであります。しかし、こまかい事項になりますと、専門家が一生を費して研究しても足りないのではありません、一般の人々にとつては、之をすつかり知り、また理解することは逆も望まれぬことであります。けれども自然科学は、抑も何を取り扱ふものである

か、どんな價值をもつかといふこと位は、誰でも知つて置く必要がありません。

一たい自然科学といふものは、これまた我々人間の文化の一つの仕事でありますから、すべての人が人間として之を理解しておかなければならないものであつて、それに就いてこゝにお話をするのも、多少皆様の御参考になることと思ひます。

先刻も申しましたやうに、我が國で自然科学の論じられましたのは、まだ新しいことではありますが、最近に於て、我々は比較的多くその問題に接するやうになりました。

恰度今年の今頃、アインシュタイン教授が我が國に來られました、かの驚くべき「相對性原理」を講義されました時には、一般の人々が、誰しもそれはどんなものか知りたいといふ氣持を持つたこと、思ひます。そしてその説が、何かしら

我々がこれ迄自然科学と思つてゐたものとは、多少違つたものであるかのやうに、考へられた方も多からうと思ひます。それに就きましても、尙ほ更ら自然科学がどういふものであるかをお話して見たいと思ふのです。

勿論自然科学は、我々人間が生活するのに都合のいゝ方法、便利な機械などをつくらうとして研究した結果、おのづから發達して來たものであります。我々は物理学や化學の發明が今日の文明施設の多くを齎らしたことについてこゝに言葉を費す違もないくらゐです。また最近の大地震についても、地震學がもつと發達せねばならぬ、それがもつと發達してゐたなら、あの慘害もいくらか少かつたではなからうかと思はれたのでした。之は勿論のことではありますが、併しそれらは自然科学を直接に我々の生活に役立たせたところの結果であつて、つまり、すべて自然科学の應用なのであります。ところが自然科学そのものは之等の應用とは

別のものであつて、たとへこの様な應用、即ち我々の生活に對して有り難い御利益がなくとも自然科学の意味は別に成立しなくてはならないものなのです。そこで私は自然科学とは何であるか、まづこの自然科学の本質に就いて最初にお話ししたいと存じます。

然し、あまり細かい説明を申しますとむづかしくなりますので、皆様のお叱言を喰ふといけませんから、今日は極大體のことを申上て置きたいと思ひます。

自然科学的概念

自然科学の骨組となつてゐるものは何かといひますと、それは科學的概念といふものであります。しかしこの科學的概念といふものははじめから我々が持つてゐるといふわけにはゆかないのであります。

我々が自然に接する時には、感覚をはたらかせて、それから種々の事柄を受け入れるのでありますが、さうして自然に於ける種々な関係を知りました上で、その中から科学的の概念といふものがとり出されるのであります。

自然科学的概念が何かといふ根本の問題は、非常に難しい問題ですが、我々は先づ自然の中に起る現象の中で或る一つの対象を捉むとします。たとへば物體といふのも一つの対象にはちがひありません。併し物體とは何であるかと云ふことが完全に判きりと云ひあらはされないうちは之は自然科学的概念とはなりません。物體は重さを持つてゐると云ふことがわかれば、そして重さと云ふことはたとへば天秤で比べられる斯くくの性質であると判きり定められるならば、そこで始めて重さが科学的概念になり、重さを持つてゐると云ふことが物體の必然的の性質になるのです。けれども重さをもつものは物體に限ると云ふことが知られ

ないうちは、重さで物體の概念を規定するわけにはゆきません。

色と云ふ感覚があると、そのなかでまた赤とか、青とかいふのは、斯様々々のものであると云ふ判然とした関係がわかつた上で、始めてそれらの色に對する概念が定まるのです。はじめ我々が眼で赤といふ感じをもつたとき、その感覚によつて得られた「赤」はまだ科学的概念にはなりません。なせかと云ひますと、赤といふことが、眼の感覚である限りに於ては、自分のみで感ずる赤と、他人の感ずる赤とが、果して同じであるか、同じでないかは、それだけでは決してわかりません。我々の感覚は、個性的にみな異つてゐるものであります。それですから感覚に依る事柄は、決して普遍的なものではありません。従つてまだほんとうに科学的概念であるわけには行かないのです。

自然科学的概念はすべて普遍的でなければなりません。即ち誰が見ても、どん

な人が判断しても同一の事柄であると云ふことが確かでない限りはなりません。之がためにはそこに感覚的分子がはひつてはならないのであつて、之を全然取り除く必要があるのです。たとへば赤ならば、その赤が、誰がみても赤であるとして、必然的に一致するやうな概念でなくてはならないのです。

つまり今日の自然科学では、さういふ個々の感覚的の相違がとり去られて、誰がみても同一に歸着するものを取り出して、その間の關係を求めるのであります。その結果は誰も疑ふことの出来ない確實なものになるのでせう。即ち單に赤い感じのするものが自然科学的の赤ではないのです。それなら何が赤であるかといふと、それは物理学を少し學ばれた方はすでに御承知のことでありませう。つまり赤といふのは、光のもつてゐる振動數によるので、一秒間にどれ程振動すると云ふことで定まるのです。どれ程の振動が赤、どれだけの振動が青とさきめる。さう

決めた上では、誰がみても同じことで、この人の赤と、あの人の赤と、異なる心配はないのであります。即ち光の色をその振動數に歸着させれば、そこにはもう感覚的要素は少しもはひつて來ないことになります。さういふ工合に、すべて自然科学的概念の中には感覚は全く取り去られてゐるのです。これが自然科学の大切な性質であつて、純粹に感覚の世界のなかに限られてゐる藝術と對比してまるで異つた範圍に屬することがわかりませう。

それならば、一たいさういふやうな概念——感覚を入れないで作つた自然科学の根本となる概念——は、どうして作られるかといふことが先づ問題にされなくてはなりません。

感覚で經驗したところのものから感覚的要素を全然取り除けると云ふことは一體困難な仕事であつて、これは勿論一いきに行ふわけにはゆきません。それには

先づ最初に大體の概念をこしらへておいて、之等の間にどんな関係があるかを見出し、これを法則といたします。法則は勿論或る適當な形であらはされることを我々は豫想してゐるのであつて、さうなるやうに成るべく簡単な概念を抽象してゆかなければならないのです。併し最初からこのやうにつくつた概念が完全なものであるとは限りません。それがいいかわるいかは、あとでまた精密に法則をしらべて見て、その上で判断してみなければなりません。そして法則の如何を正すと同時に之に含まれてゐる概念をも査定しなければなりません。さうした手續は、何の場合にも必要なのですが、殊に自然科学に於ては、最も大切な仕事なのであります。

譬へば、物體の重さといふ概念ははじめはその物體を手を持つてみて、之に感ずる力からきめるわけですが、しかしそれでは重さといふものを精確にきめるに

は不十分であります。手に感ずる力の工合は、同じ物體に對してもある時には重いと感じ、ある時には軽いと感じ、疲れた時などは殊に重いと感ずるものです。つまり手に感じた重さと云ふだけでは、感覺的要素が主となりますから、この人の感じた「重さ」と、他の人の感じた「重さ」とでは、それぞれ違つた関係が出来て、甚だ不定のものになるわけであります。尙ほまた實際に手に載せられないやうな大きな物體の重さをどうして知ることが出来るかも判りません。地球の重さなどと云ふものは、どうして測られるか、またどんな意味をもつかさへわかりません。

そこで、先づほんどうの重さ——誰にでも同じやうに考へられる重さ——をきめるのには、どうしても手に感ずる力の大きさと云ふうちから、ともかくも感覺的要素を取り除かねばなりません。我々はそこで、重さといふのは、地球が物體

を引つ張る力だと考へるのであります。

しかし、「重さ」はまだそれだけでは、判然と云ひ盡されてゐない點があります。譬へば、こゝに一つの物體があるとして、これは若干の重さをもつてゐますが、我々はこの物體を水の中へ入れると軽くなると云ひます。それは物體に働く地球の重力の外に、水の浮力が働くから軽くなるのです。同じ様に空氣の中においても實は空氣の浮力があるから、いくら軽くなるわけです。

さうすると、通常云ふところの重さのなかには、地球の力ばかりではなく、周圍から受ける力もはひつてゐるのであつて、従つて物體がどんなものなかにあるかといふことで、一々違つた重さといふものがあらはれてくることがわかります。地球の力の外にかう云ふ周圍からの力を附け加へたものを重さとするか、又は純粹に地球の力ばかりを云ふか、それはどちらでも勝手であつて、名稱はどう

でもいゝのですが、地球の力だけを重さと考へてゐながら、物體を水の中に入れて重さが減ると云ふのは不都合な話です。

とにかく、かうして重さといふことに就いても、最初はぼんやりした概念として出來たものが、この時にはかう、あの時にはあゝと、いろ／＼な事情のもとに考へてゆきますと、抑も重さをどう定めるかと云ふこと、即ちその完全な概念は後からわかつて來るのです。だから重さの定義のなかに周圍から受ける力を加へるか、又は地球の力だけを取るか、いづれかを正確に定めておく必要があります。通常それはあまり注意しないで取扱はれてゐる場合が多いが、ほんとうは區別せねばならないのです。始めからいろ／＼の事情を區別することは困難であります。が、いろ／＼な關係を究めてゆく中に、それがその重さかといふことが、終に判つてくるのであります。もう一步詳しく立ち入つて云ひますと、物體の重さ

と云ふ概念のなかには、地球が物体を引張る力の外に、地球が自轉運動をする結果としての遠心力もはひつてゐるのです。また地球の重さと云ふやうな言葉をつかふときには、尙ほ別にその意味をはつきり定めなくてはいけません。

さて、今度は物体の重さに關係した、質量といふ概念を考へて見ませう。質量といふことも、大分難かしい問題ですが、(註、質量を物質の量であるなどと説明するのは、さう云ふことが、すこしもはつきりした概念をもたないのですから。)一たいどんなものを質量と名づけるかに就いては、物体の運動に關するいろ／＼な法則がわかつてからでなくては、それを完全に定義することは出来ません。結局それは、すべての法則をしらべてからの上にきまることで、この意味では概念の定義は終局の問題です。

が、併し最初は大體の概念をつかむ必要があります。もと物体の質量はその惰性の大きさを示す言葉として用ひられるので、物体に固有なものと考へられました。

それで例へば、物体に或る力を加へて、之を動かした時にどれほど速く動き出すか、即ち物体の得た加速度を測り、力と加速度との割合をとります。同じ力を加へても、容易に動き出す物体と、さうでない物体とあるわけで、それは惰性の小さいのと大きいのに依るのであります。それですから、力と加速度との割合をこれば、この惰性を測ることにもなるでせう。かうして測つた割合を質量と名づけたところで、之が抑も物体に固有なものであるかどうかは、最初からはわかりません。力と加速度とはいつも比例するものであると云ふ法則が成り立つならば、その割合はいつも一定になるでせうが、この法則は實驗的に精密に調べる必要があるのです。昔のニュートンの立てた法則では實際にこのことが成り立ち、従つて質量は物体に固有なものになつたのですが、近頃の研究によれば、之は間違ひで、寧ろ速さによつて質量が増すものであると云ふことになりました。尤もこの質量の定義のなか

にはもう一つ力と云ふ概念が關係してゐるので、力とは何であるかと云ふことも同時に定められなくてはならないのです。この點に關する詳しいことはこゝでは省きますが、ともかく質量の完全な概念はかやうな法則が精密にわからないうちは、出來ないので。質量は物體に歸屬する量であるから之が物體の動く速さによつて變るといふ事は、不都合であるに抗辯する人もあるでせうが、我々の認むべき處は、物體に或る力を加へればどんな加速度で動くかと云ふことであつて、そのとき力と加速度との割合がどうなるかを素直にあらはすより外はないのです。抗辯する人はこの割合を質量としないで、もつと別の——どこまでも物體に固有な——量を探せばいゝのでせうが、併しそんな量が抑も存在するかどうかは、やはり最初からはわからないので、物體の運動に關する法則を知つた上でなくてはなりません。畢竟、我々がその法則を見出したところで、そこにあらはれるどの

量が質量といふ概念として適當であるかと云ふ問題の外には正當な意味がないのです。

斯くの如く、自然科学的概念は自然現象に對して作られるものでありますから、其等の概念は、現象を云ひあらはす法則と相待つて、都合よく定められて行かねばなりません。そこに感覺的要素がとり去られると共に、また法則それ自身が都合のいゝ形式に——我々の理解に最も適するやうな——なるやうに、種々の量の概念をも定める必要があるのです。つまり概念といふものは、はじめから定まるのではなく、法則によつてだんだん純化され、最後に、法則と相俟つて、決まるのであります。

現象を純粹に數量的に取り扱はない生物學のやうなものでは、まだこの階段に達しないのですが、既に物理學などでは、以上の意味がはつきりとしてゐます。

必然的因果則

○そこで今度は、法則とは何か、といふことになります。

自然現象の中に、私達が種々な法則を求めることの出来るのは、通常現象が謂はゆる「因果性」をもつてゐるためであるとせられてゐます。即ち一定の原因があれば一定の結果があり、その間の關係を表はすものが「因果律」であると云はれます。が、こゝに、我々の考へねばならぬ、一つの大切な事柄があります。

それは、原因とか結果とか云ふことは何であるかといふことです。原因、結果とは、一寸考へるとその上説明せずとも判りきつたことのやうですが、少し深く考へてゆくと、何だかわからないといふ疑ひを、誰しも持つことでありませう。譬へば、茲に一本の木があつて、風に吹かれて折れたとします。さうすると最

初は、風の吹いたことが原因で、木の折れたことが結果であるといふことに少しも疑ひがないやうでもあります。又こゝに私の手に持つてゐるコップは手を離せば落ちる。これはつまりコップを地球が引つぱるから落ちるのであつて、重力が原因で、コップの落ちることが結果であるといひます。いかにも正しいやうです。

しかし、私はこゝでもつと深く、果してそれで間違つてはゐないかと考へたいのです。何も強ひてこの上理屈をいはなくても、間違ひではないぢやないかと諸君は云はれるかもしれません。しかし、物が下へ落ちるといふことは、力が働いたからであるから、それが原因であつて、落ちたことが結果であると云ひましても、實はそれは結局同じことを原因と結果と云ふ二様の言葉でいつてゐるのではありませんか。この物が落ちるから力が働いたといふことがわかるので、落ちなければ力の存在は判らぬ。だから、若し強ひて云ふならば、落ちるといふこと

が原因で、力が働いたといふことが結果であるともいへませう。實際力のはたらくのと物の落ちるのとどちらが先でどちらが後であるか判りません。又落ちるのは地球が引くのであるといひますが、引つばるといふことと、引つばられるといふことは、相対的の話で實際どつちが引つばるのだから、どつちが引つばられるのだからわかりません。物を地球が引くのか、物が地球を引くのか、それはどちらでもいゝので、只両方で近寄つて來たと云ふのが事實なのです。つまり、地球が引つばることゝ、コップが落ちることゝは、同じことなのです。どちらが原因で、どちらが結果であるかこれだけではさつぱり判つたものではありません。

又前の問題でもさうです。風が吹いて木が倒れたのだから、木が風にぶつつかつて折れたのだからやはり判りません。どちらがぶつつかつたのか、それはやはり相對的のものです。さうすると、風が吹いたのが原因で、木の折れたのが結果であ

るのだから、木の折れたのが原因で、風の吹いたのが結果だから、これもわからなくなつてしまひます。

両手の掌をうてばどつちがどつちへぶつつかつたのだからわからないのと同じです。みんなわかつたやうな顔をしてゐるのは本質的な關係を考へないからです。それなら何故一般の人々は原因結果がわかつたやうに思ふか。それはかういふわけからであらうと思はれます。

今こゝに或るゴム球があるとします。この一部を押せばへこむでせう。さうすると、押したのが原因で、へこんだのが結果であるといはれます。

しかし、それははじめから、つまり球を押す前に、我々が之を押さうとする意志がはたらいてゐるのです。行爲の前に、意志が頭の中で働いてゐるから、押すことが原因で、へこむことが結果であると考へられるのです。實は押すのとへこ

むのとは時間的に同時に起るにも拘らず、押さうとする意志はその以前に在るからです。二人が撲りあつても、撲る方にはこいつを撲つてやらうといふ意志があるから、片方が撲つて(原因)片方が撲られた(結果)といふことになるのです。

然し、さつきの、木が風に吹かれて折れたことでは、木が風によつつかつたのだから、風が木によつつかつたのだから、風には意志はないのですからこの様な人間の行爲以外の自然現象ではどちらが原因かが區別出来なくなります。只木や風のこととも、意志をもつて行つた行爲と同じやうに解釋するならば、そこで始めて原因結果と區別してもいゝやうになるのです。ゴム球の場合には、我々がそれを押すまいと思へば、押さなくてもすむことです。それを押したからへこんだといへば、押すことが原因となるのです。そこで風が吹いたから木が折れた。もしそれは風が、一つこれを吹いて折つてやらうといふ意志をもつてやつたのな

ら明らかに風の吹いたことが原因で、折れたことが結果であるといへませう。然し、自然現象では我々の行爲に於けるのとちがつて、さういふ意志をまるで取り除けてしまへば、やはり原因結果が區別できなくなるでせう。

又或る一つの事柄が先に起る。或る他のことがそれに續いてあとから必然的に起ると云ふとき、先に起つた方が原因で、後から起つた方が結果であるといひます。それなら、晝の次に夜がくる。夜の次には晝が来る。そしてそれは必然的に起る。そこで晝は夜の原因で、夜は又晝の原因であるかと云ひますと、我々はやつぱり然うは云ひません。そのとき我々は

「晝や夜のほんとうの原因は、地球の廻轉といふことである。」

と斯う答へるにちがひありません。つまり地球の廻轉が先づ存在し、その結果として夜と晝とが起るのであると考へてゐます。

ところがまた、一方から考へると、地球が廻ると云ふことと、晝と夜とが出来ると云ふこととは、これもやはり同じことをいつてゐるに過ぎないのであります。その上尙ほ考へて見ると、地球の廻轉が原因なのか、太陽から光のくるのが原因なのか、これもわからないであります。太陽の光が晝と夜との原因であるといふのも之れまた一つの言ひ表はし方にちがひないのです。

こゝでもその原因とか、結果とかの判断に當つては、やはり暗々裏に我々が意志を入れて考へてゐるところがあるのです。誰かがその力で、地球を廻轉させるとか、止めるとかが自由にやれるならば、晝夜が出来るのは地球を廻轉させたからで、之に反して廻轉を止めてしまへば晝夜の現象もなくなつてしまふわけですから、そこで廻轉が晝夜の原因であると云ふことになります。

ですが地球の廻轉は、人間の力でどうにもならないことであるのは、わかり切

つたことです。又、一方に太陽の光を遮り止めることが出来れば夜も晝もなくなる。だから太陽の光が晝夜を起す原因であるといはれるとすれば、これも或る意志が關係してゐるのであります。つまり、原因結果を區別するのは、結局我々の或る單なる考へ方であつて、これを除いてしまつて純粹に事實だけを見るならば、そこに本質的には區別のないものであることがわかりませう。

ともかく我々は自然現象に或る關係を見出し、それを數式で表はすことは出来るが、原因とか結果とかいふことを區別するのは、この關係の一つの解釋の仕方に過ぎないのです。結局、原因結果は自然現象それ自身の中には存在しないのです。そこに人間の意志を假想して、暗々裏に原因結果をわけるのです。斯う云ふ關係が因果則に外ならないので、さうすれば因果則とはいふものの、實はこれが原因で、これが結果であつてもいゝので、そんなことには頓着なく、とにかく、自然

現象の中には、常に成りたつところの或る関係があるといふことを、我々は認めればよいのです。

この関係を云ひ表はしたものが即ち法則であります。この全體を因果則と名づけるのは、便宜上の問題に過ぎません。因果則の本體は、即ちたゞ單なる「関係」であります。

が、しかしその関係は、いつも或る數式（函數的關係）で表はされるものであります。つまり我々は、自然現象から取り出した諸概念の中に、數學的論理をあらはめるといふことに歸着いたします。

數學といふものは、御承知の通り、一つの論理の形式であります。一たい數學で取り扱ふものは何でもいゝのであつて、數學では數を取扱ふといひますが、數といふものは自然現象の様に實在してゐるものではありません。一つの抽象概念

なのです。そして數と數との間の関係は、公理ではじめから決められるものであります。數學の成り立つのは、先づ公理をつくつて、そこからかやうかやうと論理的に導き出される結果であります。

又數の外に、數學の一分科であるところの幾何學では、點だの線だの、面だのといふものを取り扱ひ、之等は實在のもののように一寸思はれますが、併しそれも我々の見てゐる實際の點や線や面をその儘示すのではありません。點とか線とか面とか云ふのは、幾何學でやはり或る公理を満足するところの「考へられるもの」であります。ですからそれが實際にどんな形をもつてゐやうが、この公理に従ふものでありさへすれば、何でもよいのです。今日の純粹の數學では斯う考へてゐるのであります。

かくかくのことを假定すれば、かくかくのことが出てくると計算してゆく、そ

れが数学の形式なのであります。それは吾々の論理の一つの表はれに外ならないものです。

自然科学の法則即ちいろいろな概念間の関係に於て、その論理があてはまる時は、之を数学の式で表はすことが出来るやうになるのです。そこで自然科学の仕事は、数学に於て拵へられた論理的關係に、自然現象の概念をあてはめてみて、どんな法則が出来るかを見ることなのです。そして之によつて自然の關係由來を我々の頭のなかで解釋していかうとするのに外ならないのです。

自然科学の普遍性

自然現象のなかに発見された關係が、この様にして数学の論理にあてはめることが出来るといふ所に、自然科学なるものの成立する理由が存するのであります。

我々の頭のなかで純粹に抽象的につくり上げた論理の形式が、丁度自然現象をいひ表はすのに適當してゐると云ふことは、實に驚異すべき一大事實ではありますまいか。この驚くべき事實を認めることの出来るのは、即ち自然科学の賜ものであると云はなくてはなりません。

今假りに我々と全然違つた論理をもつところの一つの生物がどこかにゐて、やはり自然現象をみて、自分等のもつてゐる論理と同じ論理で成り立つてゐるといふならば、そこには我々のつくる自然科学とはまるでちがつたものが出来るわけですが、それは到底我々には想像されないことです。

つまり我々人間の論理の他に、どんな論理が可能であるかは、想像することは出来ませんが、兎に角、我々のもつてゐる論理は、すべての時代、すべての民族を通じて我々人間に普遍的なものであると云ふことは、我々の認めてゐるところ

です。尤もこの事がらははじめから認容される筈のものではないかも知れませんが、即ち形而上的には必ずしも論定されることであるかどうかわかりませんが、今日迄数学や自然科学が成立してゐるといふ經驗的事實から考へて、それは至當のことであると信せられるのであります。こゝに自然科学の普遍性といふことが亦依存するのであります。

即ち現代人の考へるものも、數萬年後の人が考へることも、同じでなければなりません。従つてまた自然科学の永遠性といふこともこの意味で云はれるのです。假に、火星に生物が居て、それが若し我々と同じ論理形式を持つてゐるとしたならば、やはり同じ自然科学をもたねばなりません。自然科学が、斯くの如くすべての人に普遍であるといふことは、最も重大なことであります。

然し、「現在」の自然科学は、その儘で絶対のもの、唯一のものではありません。

我々が自然現象を観察する結果はいつでも近似的であることを免かれませんが、そんなに精密さを盡さうとしてもそれは不可能です。又あらゆる細微なもの、若くはあらゆる廣汎なものに亘りて観察することも出来ません。従つてその範圍で得られた自然現象間の關係が果して絶対に正當であるか否かと云ふ問題はいつになつても完全には解決されずに残るものです。それですから、法則や之の解釋についてはいつても或る程度の疑問があつて、或る場合には二様にも三様にも考へられることがあります。

しかし、かう考へてもいふ、あゝ考へてもいふといふのは、我々がまだ過渡の状況にあるからであつて、必ずしも究極に於て之が存在するのではないと思はれます。どこまでも進んでゆくうちには、自然科学の内容は遂に唯一のものに到着しなければならぬ。つまり自然科学は常に時代と共に變つては行くが、終には

ある一つの究極に到達するといつてもいいでせう。

斯様に解するならば、自然科学で與へられるものが眞理であるといふのは、今いつた様に、その法則が普遍的であり、且つ唯一のものであつて、違つた解釋を許さぬといふことに歸着するのです、これで始めて自然科学が眞であり、絶對であるといふことが出来るのであります。

この事に關しては多少の議論もあるので、或る一つの自然現象に對して違つた幾様の解釋も立つてはないかといふ疑ひは、いつまでたつても絶えないのも事實でありませう。だが、またさうでないかもしれないといふ論もたつのですから、結局、これも形而上學的には水かけ論に過ぎません。だから、我々はそんな無意味な論は捨てなければならぬと思ひます。

自然科学の成立に關しては、吾々は今日迄の經驗を第一に参考にせねばなりま

せん。第二には、その成立の場合、我々の理想に對してごちらの解釋が適切であるかを考へねばなりません。一つの自然現象に對して、新しい説が出るこゝ、これで前の説がこはされる。さういふことがあると、いかにも自然科学があやふやなやうに思はれますが、自然科学の全體の系統といふものに對して、我々はそれが唯一のものでありたいと思ふのは寧ろ當然でなくてはなりません。そして眞理の絶對性を認めるところに、私はこれが自然科学以外の、宗教的な考へ方と、密接に相聯絡してゐることを思ふのです。

我々の意志をはたらかして、或る宗教的な絶對眞理を求めやうとしても、宗教的眞理はそれだけでは安立されるものではありません。めいめいの考へ方が元來直觀的には違ふのですから、いづれが眞か判断するのに困難になるわけです。こゝに我々は迷へる羊とならなくてはなりません。

之に反して、我々の最も普遍的な論理に依頼する自然科学は、真なるものを最も具體的にあらはしてゐるので、之は誰が判断しても一致すべき筈のものであり、一般的に最もわかり易いものでなければなりません。世界に真理の存在することは恐らくは之によつて最も明瞭に示されるでせう。従つて、さういふ意味に於て、宗教的な「神」のあらはれを、我々は自然に於てみる事が出来るのです。自然科学の本質は、かやうにあらねばならぬと思ひます。

二、自然科学の發達

希臘形而上學と近代科學との相異

次に、自然科学の發達に就いて、ざつと述べてみたいと思ひます。

自然科学の芽生えた時代は、御承知の通り遠く希臘時代の文明にあつたものであります。最初は我々が今見て解釋しやうと考へてゐる自然現象を、自分達——我々人間の生活に、役立てやうとして發達したのであります。しかし、希臘時代の文明に於きましては、自然がどんなものであるかを探求するよりは、寧ろ自然哲學の方が重んじられたのでした。自然科学者の中には、哲學の問題を取り扱つた者が多いのであります。

即ちその時代には、自然現象をそのまま見やうとするのではなくて、その中の「意味」を知らうとすることに、多く頭が向いてゐたのです。彼等は、自然をほんと深く知らないうちに、一見眼のまへにあらはれてゐる種々な現象を、すぐ早合點する傾向がありました。

さうした例は到る處で見受けられます。即ちアリストートルなどがあらゆる物質を構成する元素として空氣、水、土、火を假定したやうなことも、物質を本當に分析して見たのでも何でもなく、只稍々普遍的に見えるものを取つて來て、すぐに物質をさう云ふ元素から出來てゐると解釋しやうとしたのでした。

また譬へば、物體をそれ自身放置し運動させたなら、どう動くであらうかと云ふ問題に對して、その事實に就て實驗して見ないで、單に頭のなかで考へて見て、之に答へやうとしました。いろ／＼な動く道を想像してみたところで、すべての線のうち圓が一番完全な性質をもつたものである。それ故物體の最も自然的な運動は圓形の軌道を取らなくてはならないとしました。實際に果して物體がさう動くものであるかどうかは傍に措いて、ともかく我々の理屈をつくり上げやうとする。つまり**獨斷的**であつたのです。この獨斷的と云ふことは今日の自然科学では

最も禁物なのです。しかし現在でも、我々は知らず／＼のうちにかなり獨斷的な思考に陥り易いのですが、これは嚴密に注意しなくてはなりません。

物體の重さについても、我々は之を地球の引力に歸しやうとするわけですが、昔はこの引力の關係などはまだ判らなかつたので、單に、重い物體は常に下方の位置に、又軽い物體はいつも上方の位置にあるべき筈のものであると獨斷的に物體の性質を定めてしまつたのです。上とか下とか云ふことが意味をもつてゐる空間の範圍では之でも幾分の事實を云ひあらはすかも知れませんが、それでは本當に徹底した云ひ方でないことは、今日の諸君は既に御承知のこととせう。尤もこの問題は前に引きました例とはちがつて、幾分でも事實に相當した處があつたので、後に之はエネルギーの概念として發達するやうになつたのでした。

⑥ 事實の如何を見ないで、すべて獨斷的に解釋すると云ふことは、一つの解釋に

落ちつくだけであつて、それ以上決して發達することが出来ません。

近代自然科学の精神は實に昔のギリシャ文明時代の自然に對する獨斷から離れて、之に存在する事實を求めやうとした處にあるのです。我々の力學の基礎をつくつたガリレイやニュートンはこの意味で近代科學の先驅者であつたのでした。ガリレイは物體が「いかに」斜面上を落ちるかを實驗的に研究して、惰性の法則や落下の法則をこれから引き出すことが出来ました。すべての物體がどう云ふ風に變化するか、他物體とどんな關係にあるか。之等の自然に於けるあらゆる變化關係を出来るだけ精密に觀測し、その上で自然がどんな有様にあるかを解釋しやうとするのが、我々の近代自然科学なのです。

ですから、昔は物質を見れば、物質とは何であるかをすぐに聞かうとしました。電氣と云へば、すぐに電氣とは何ぞと云ふことを問題にします。自然科学の何も

のであるかを知らない人たちは、今でも斯う云ふ風に聞きにがるものです。電氣とは何だといくら尋ねたとしても、それは到底わかるものではありません。一體こゝで云ふわかれるとか、わからぬとか云ふ意味からして突きとめてゆかなくてはならないのでせう。

「電氣とは水のやうな液體様やうのもので、物質のなかを流動する」

と答へたとて、それは、たかゞ電氣のもつてゐる一つの性質を水で類推するに過ぎないので。電氣と水とはちがつたものである以上、その上の性質を述べるなら、まるで相互にちがつたものになるのです。只素人は水の様だと云はれれば、水の場合に一番見慣れてゐる流動性を思ひ浮べて、電氣もそのやうなものか知らんと想像し易くなるまでのことです。電氣に關する本質的な知識は類推だけでは決して進められるものではありません。

エーテルとは何であるかと云ふ問題は十九世紀頃最も盛に尋ねられました。エーテルに關するたくさんの實驗的研究の結果はそれを非常にふしぎなものにしてしまひました。稀薄な密度をもつてゐる點から云へば、氣體のやうでもあり、形狀彈性をもつてゐる點から云へば、固體のやうでもあり、それにも拘らず、他の物體は自由自在にこのエーテルのなかを突き抜けることが出來、しかもそれによつてエーテルは少しも動かされません。また光のやうな横波ばかりがエーテルのなかで起つて、音のやうな縦波は起らないと云ふことからして、エーテルは完全な收縮性をもつてゐるとも考へられました、(拙著「エーテルと相對性原理の話」參照)。こんないろ／＼な性質は我々の知つてゐる他の何ものも有つことの出來ないものです。これがエーテルを我々に取つて最もふしぎな物としたのでした。

ところが、當時の英國の物理學者ロード・ケルヴィンが我々に教へてくれた通

りに、實はエーテルほど我々によく解つてゐる物質はないと云はなければならなかつたのでした。我々は只エーテルが我々の見慣れてゐる水や空氣やその外の我々の周圍にある物質とちがつてゐるから、之をふしぎだと思ふのであるが、それなら一體水や空氣がどんなものであるかを我々が知つてゐるかと申しますと、なる程その一通りの外觀は知つてはゐるが、それが果してどんな變化を起すか、又水の分子や、空氣の分子がどんな秘密を含んでゐるか、まだ／＼決して解つてはゐないのです。之に反してエーテルの性質は上に述べましたやうな研究によつて、最も單純なものとして、その本質的な關係をかなりに能く知つてゐると云はなくてはならないでせう。之が一番よくわかつてゐるものでなくて何でせう。もつと複雑な一般の物質は却つて我々にはわかつてゐないものなのです。

たとへば一人の人間をつかまへて、之は何ものであるかと聞いたところで、そ

の人の名まへとか職業とかを知つただけでは、決してその人間がどんな氣質や能力をもつてゐるか一向にわかりはしません。人を知るには、その人がどんな場合に何をしたかを一々審らかに観察しなくてはならなかつたのでせう。その上で人間の個性や本質がわかつて来るのです。

要するに、近代の自然科学は、先づ自然現象として存在する事實を最も忠實に観察すると云ふことに、知識の根原をおくのです。昔の形而上學が、單に我々の思惟の上から或る理屈をつくつて、斯うなければならぬと最初から定めてかゝるのとは、まるでちがふわけです。そこにはこの獨斷的理屈以上に知識の向上はあり得ないのですが、之に反して我々が謙虛に自然に對するとき、我々の思はぬ發見が續々と湧いて来るのです。近代科學の異常な發達が、どれ程かやうな發見に依つて出來あがつたかを顧みますと、實に驚くべきものがあらうと思ひます。

感覺的經驗

自然の事實を観察するには、我々はどうしても、我々の感覺をもつて自然に接し、それから得た經驗を綜合しなくてはなりません。ところが我々の感覺と云ふものは、既に最初に述べましたやうに、自然科学的に完全なものではなく、いろいろな缺陷をもつてゐます。缺陷の種類を擧げて見ると次のやうなものです。

一、個性の相違。感覺は個人々々によつてちがつてゐます。甲の人と乙の人とは同じ物を見ても形や大いさをちがつて判断するでせう。望遠鏡をのぞいて、星が望遠鏡内に張つた線に合致する時刻を記すやうな場合に、出來るだけの注意をもつて行つても、やはり人によつてちがつた結果が出るのです。或る人はどうも星が線を通り過ぎてから合致したと氣がつかます。通り過ぎたと思ふわけでは

なくても、ごうも時刻を遅れて判断する傾向があるのです。又他の人はまだ星が来ないうちに、既に線に達したと思つてしまふのがあります。これでは時刻が早過ぎることになります。こんなことは意識的にやるわけではないが、人々の癖によつて幾分の相違は免がれないのです。斯う云ふのを観測の個人的誤差と云ひますが、之によつて經驗的結果は客觀的に十分な精密さを望まれません。

二、錯覺。人間の感覺はいつも一定なものではなく、いろいろな状況によつて異つて來るものです。平常な有様にあるときは大體一定しますが、特殊な場合に
出遇ふとさうゆかないのです。自分の手が冷めたいときには湯に浸けた感じがばかに熱く感じたり、また疲れたときなどはそれ程でないものを大層重く感じたりします。物の形なんかでも近所に他の物があつたり、模様がついてゐたりすると、眼の錯覺を起すことは能く知られたところでは、いろいろ嚴密に注意すれば錯覺

はかなり廣い範圍に亘りて存在するやうに思はれます。

三、感覺の限界。我々の感覺はすべて或る有限な程度の刺激に應じて、その機能をはたらかせることが出来るものであつて、従つていつも或る限界のなかだけで正しいのです。餘りに度を外づれるともうその正確さはあてにならなくなりま
す。ところが自然科学的事實の観測は理想的には無限の精密さを要求するものですから、そこにどうしても幾らかの間隔が出来るわけです。たとへば物指で物の長さを測るやうな場合に、物指の目盛りは耗とか分とか云ふ處までしか引いてありません。それ以下の半ばの長さは目分量で讀むにしても、極めて大體の程度に過ぎないわけです。肉眼の代りに顯微鏡でも見れば、もつと細かくわかるわけですが、それにもやはり或る限界があることは勿論です。その外にもう一つ大切な事柄がこゝに關聯してゐます。それは顯微鏡で見たとすれば、物體の端は

却つて一直線をつくつてゐないで、はげしい凹凸を發見するでせう。そしてどこを物の長さとして測つたらいゝか判らなくなつてしまひます。つまりこの場合に我々の云ふ物體の長さは、肉眼で見た程度で解されてゐる概念であるので、その場合には一定のものであるけれども、顯微鏡的の程度に進むと、物體のどの部分の長さとして云ふことまで立ち入らなくてはならないのです。こんな具合で、多くの自然科学的概念のうちには、それ自身のなかに既に感覺の程度を考に入れてつくられてゐるものがありますから、観測を細かく進めると概念の内容をも變へなくてはならない場合も出て來るのです。

ともかく我々の感覺は以上に述べたやうな不完全さをもつてゐますから、先づ第一には観測の方法を考察してなるべくその缺陷を除くやうに努めなくてはなりません。たとへば溫度を測るのに寒暖計を用ひると云ふことは、直接に我々の溫

覺をもつてするのが不精確であるために、間接に寒暖計内の水銀の膨脹を利用してその目盛を読む視覺をもつて代へたわけであります。斯うした視覺に移すことは多くの科學的實驗で行はれてゐるのです。電氣のやうなものは我々は直接に之を感ずるところの感覺器官を缺いてゐますが、やはり間接にその種々な効果から観測を行ふのです。

けれどもこの様な注意をして出來るだけの精確さを期しても、やはり上に述べたやうな理由でその観測の結果にはいつも多少の誤差のあることは免がれませぬ。そしていろいろの人の行つた實驗や、又同じ人でも何度も繰返して測定をすると、どうしても同じものに對して幾らかづつの外づれをもつて來て、結果が全然一致することはありません。私はこゝに一つの實際の例を引いて見ませう。

電子の電氣量と質量との比は物質に關する最も根本的な大切な量の一つとして

現在の物理学では之を出来るだけの精密さで測らうとしてゐます。尤もこの量は電子が或る速さで動くと變ることが確められました。電子の静止してゐる場合の大きさに計算しなほすと、それが一定になる筈です。この測定實驗はいろいろな人によつて行はれましたが、一九一三年にギンテル・ノイマンと云ふ人が獨逸のブレスラウ大學で行つた實驗の結果を次に挙げます。彼はラヂウムから射出されるβ線電子について實驗しましたが、電子の速さがいろいろありますから、之等について一々測つたのです。次の表のうちで v_0 とあるのは、電子の速さと光の（真空中の）速さとの割合です。光は一定の速さをもつてゐますから、これで電子の速さがわかります。 $\frac{e}{m_0}$ とあるのは、之等の電子について電氣量(e)と質量(m)との割合を測つたものを、電子の静止せる場合に計算しなほしたものです。電氣量は電磁單位を用ひ、質量はグラムを單位にした數です。

$\frac{v}{c}$	$\frac{e}{m_0}$
0,39152	1,767.10 ⁷
0,39179	1,763
0,48712	1,769
0,48913	1,764
0,50650	1,755
0,50732	1,778
0,59059	1,765
0,59150	1,751
0,60178	1,762
0,60624	1,765
0,60979	1,766
0,61040	1,761
0,61301	1,769
0,65308	1,766
0,65308	1,753
0,65391	1,754
0,65426	1,754
0,68998	1,764
0,70065	1,763
0,70347	1,795
0,70897	1,757
0,71830	1,761
0,79058	1,797
0,79440	1,757
0,80085	1,802
0,80730	1,794

さて之れだけの結果から、 $\frac{e}{m_0}$ の眞の値は何であるかを引き出すのにどうしたらよいかと云ふ問題が起ります。之は甚だ大切な問題であつて、一般に誤差に關する議論をこゝに述べてゐるには餘りに時間がかゝりますから、省いておきますが、ともかくもかなり面倒な數學的の考察が必要です。その上でも我々は「眞」の

値と云ふことの意味を制限しなくてはならないわけです。我々は本當にまちがいのない値と云ふものを得るわけにはゆかないかも知れません。せいゝ、數學的に「最も確らしい」値を計算することが出来るだけです。これが眞の値にどれだけ近いかは測定實驗や誤差を調べる以外に、別に後に述べる「理論」をも考慮して判定しなければならぬのです。

通常たくさんの測定の結果から確らしい値を引き出すには、それらの平均を取ります。尤も個々の結果に測定上の誤差のはひり方を判断して、平均値のなかへ與かる「重さ」をつけることもあります。こゝに取つた例では e の全體の平均は $1,767.10^7$ となりますが、ノイマンは第一及第二の値には半分の重さを附し、又點線で劃した處から以下の値を不精確として取り除けて平均を取り

$$\frac{e}{m_0} = 1,765.10^7$$

といふ結果を得ました。それでも勿論最後の桁の數字には或る不確さがあるので

同じ量に對していろいろの人の行つた測定の結果を挙げますと、次の通りです。

測定者	年號	$\frac{e}{m_0}$
A. H. Bucherer	1909	1,766.10 ⁷
K. Wolz	1909	1,770 "
J. Malassez	1911	1,769 "
A. Bestelmeyer	1911	1,766 "
Alberti	1912	1,756 "
G. Neumann	1913	1,765 "

之等の値の平均は再び $1,767.10^7$ となります。

要するに自然科学に於ける「眞」と云ふものは出来る限り個々の感覺に依存し

ないものとして求められてはゐるのですが、それでも尙ほこゝに説いた意味で全然之から離れざることは出来ないのです、それは我々に取つて止むを得ないので、この點を我々は理論によつて補ひ、そして始めて究極的價値に到達することが出来るのです。

事實記載の科學的價値

近代自然科学の精神は先づ自然の事實がいかに起るか云ふことを我々が観測するのにあること、またこの観測の結果には出来るだけ感覺的主觀を取り去つて客觀的に精確さを保たせやうとすることを、上に述べたのでした。ところで斯やうな事實のうちに謂はゆる因果關係を見るわけでありませんが、併し因果と云ふことは必ずしも自然の事實のなかにそれが原因、それが結果と定まつてゐるわけ

はなく、只我々の思考の上のことであつて、實際の事實のうちには一定の關係が存在するのに過ぎないと云ふことも私は既にお話しました。つまり之れだけのことを約めて云ひますと、我々は自然科学に於て、何々は何ものであるかと尋ねるのでもなく、また何々の事はなせ起るかと問ふのでもなく、即ち物ごとを決して「説明」しやうとするのではなく、却つてそれがいかにあらはれ、どう變化するかを見ればよいのであつて、即ち事實を「記載」するのに過ぎないのです。昔は事實を説明するのが自然科学だと思はれてゐたのですが、そこにはギリシヤ時代の形而上學の名残が含まれてゐたので、それがだん／＼に説明ではなくて記載であると云ふ見方に代つて來たのでした。

萬有引力とは何であるかと云ふやうな説明は近代の自然科学にはないのであつて、只萬有引力はどうはたらるか云ふことを知ればよいのです。引力の原因と

云ふやうなことは畢竟無意味な問であることを悟らなくてははいけません。ニュートンが

「私は假説をつくらない」(Hypotheses non fingo)と云つた有名な言葉も多分この意味に解釋すべきものであると思ひます。彼は萬有引力が物體間の距離の二乗に逆比例すると云ふあの重大な法則を見出して、それで十分であるとしたのでした。

けれども我々はこゝにもう一步を進める必要があるのです。科學は單に事實を記載するだけで果していいのであらうか。云ひ換へれば、事實を記載すると云ふことに果してそれだけの價值が伴ふものであらうか。我々はこの問題をもつと突きつめて考へて見なくてはなりません。

これに對しては私は先づ次のことを注意したいと思ひます。我々が事實の記載

を解する事がらのうちにもいろいろのものがあつて、たゞへば、水は無色透明で味も臭もないと云ふ事實を云ひあらはしたとすれば、之も一つの事實記載でありませう。ですが、これだけの断片的な事實には科學的の價值はありません。この水の性質が他の物質の性質と對比されて、その上で何等か水の本質的な關係を導き出すのに役だつとしたならば、そのとき始めてこの事實に或る科學的價值が伴つて來るのです。

丁度、我々は歴史上で有名な人物、たゞへば豊臣秀吉といふやうな人間を觀察して、その身丈の高さや、體重がどれ程あつたかと云ふやうな事實を調べても、この断片的な事實だけでは歴史的の價值がないのと同様です。秀吉が當時の社會に對していかなる關係をもち、時代にどんな影響を及ぼしたかを考察して、始めて秀吉の事蹟そのものに歴史的の價值があらはれるのでせう。

ところが我々は歴史ではそんな断片的な事実の記載に出遇はないのに拘らず、却つて科学ではそれがかなり普通になつてゐる場合のあるのは、寧ろ驚くべきことである。私は思ひます。化学書を見ると、水素や酸素が無色透明であるとか、無味無臭であるとか、金、銀、鉛に鹽酸をはたらかせると、どうなるとか、さう云ふ断片的の事實記載に充たされて居ます。植物の書物には花瓣が赤いとか白いとか、雄蕊雌蕊が幾つあるとか、やはり單なる断片的事實ばかりが多いのです。さうしてかやうな事實を暗記することが科学であるかのやうに教へられます。これは何といふ誤解であるでせう。

尤もどんな断片的の事實といへども、之等はそのものゝ何等かの性質のあらはれである點に於て、科學的研究の素材として役立たないとは限りません。この意味で科學研究者に取りてはそれらの事實も必要であるかも知れません。けれど之

等は科學の成果として何の價値をもつてゐないのです。科學はこんな事實を知ることであるとするのは大間違ひです。博識になるために我々は科學を學ぶのではありません。

抑も我々が自然科学に於て事實記載を行ふのは何のためであるか。我々はこゝに少しく考を進めなければならぬのです。自然科学は多くの断片的事實のうち、に何等かの關係を見出して之を系統立てゆくのです。全體の事實が一つの體系に纏め上げられることを望むのです。この關係が自然法則として我々に認められるのであります。ですから、事實記載はこの目的にかなふものであつて、始めて科學的價値が生ずるわけです。我々が多くの断片的事實を關係づけて或る法則に達するとき、この法則自身の内容はやはり一つの事實記載であります。が、前に述べた個々の断片的の事實の記載よりも一段高級のものでなければなりません。

即ち自然科学のなす處は、どこまでも事實記載には相違ないが、併し我々はより高級なる事實記載の階段に踏み進まなければならぬのです。こゝに科學的價値の生れることを悟ることが出来るでせう。

温度が上れば寒暖計の水銀が上る。つまり膨脹することがわかります。我々はすべての物体が熱によつて膨脹するところの法則を、之等の事實から見出すことが出来ます。この法則は即ち熱による物体の形状變化の事實を記載したものにならないわけですが、併し單なる斷片的のそれよりも一段高いものであります。けれど我々はまだそれで止まるわけにゆきません。即ち物体が熱によつて膨脹したときに、その内部でどんな事實が起つてゐるか。膨脹とはいかなる内部状態に相當するものであるか。斯う云ふ問題に進んでゆく必要があるのです。我々はこゝで單なる外見的の事實から、隠れた内部的の事實へと深く立ち入るのです。通

常このことを、

①「物体はなせ熱によつて膨脹するか」

といふ理由に對する解答、即ち膨脹の「原因」として云ひあらはしますが、私に前に因果について説明しましたやうに、それはやはり事實記載に過ぎないのです。物体の分子が温度高まるに従つて運動を盛にして、その各の平衡位置の平均を離隔すると、斯う我々は云ふでせう。それも我々の眼には見えませんが、併し間接に確かめることの出来る事實であるとしなくてはなりません。このやうな事實を見出して分子の運動といふやうな事によつて、温度の高まることも、膨脹も、又その外物体のあらはす種々の現象、たとへば融解とか蒸發とかいふことをも、同時に記載することが出来るならば、これは更に段階の高い科學的價値をもつた事實記載になるのです。

假説の法則化及び原理化

上に述べたやうな事實記載に達するには、さう一息にゆくわけにはゆきません。分子などと云ふ概念をもち出しても、分子は我々が眼で見るともゆかず、その一粒を手で探るわけにもゆきませんから、最初はそれか果して事實であるかどうかはわかりません。何の動きも見えない氣體の内部で、分子が一秒間に數百メートルの速さで動くなどと云ふことは、とてもすぐ事實として承認するわけにゆかないのです。ですから、それがしつかり確められないうちは、分子などといふものゝ存在は一つの假説であること云ふことになるのです。

近代の自然科学が單に外見的に見える事實ばかりでなく、もつと内部的な事實の發見に導かうとしたときに、我々はこの假説なるものを必要としたのでした。

假説をつくつて事實を「説明」するといふ思想はこゝに結び付いてゐたのです。

酸素と水素と化合して水になる。そしてそれがいつも一定の量の割合でしか起らない。かう云ふ化學的事實が分子及び原子の假説をつくり出したのであることは、諸君も御承知でせう。この場合には分子や原子は、只さう云ふものが存在すると假に思考すれば、化合の事實がよく解釋説明がつくと云ふ意味のものに外ならなかつたのです。それは顯微鏡で見てもどうしても見えないのです。顯微鏡のレンズ自身だつて、やつぱりそれと同様な分子や原子から出來てゐるんですから。つまり分子や原子は我々の感覺では直接に知ることはできません。若し感覺に觸れ得るものだけが實在のものであるなら、分子や原子はいつまで経つても假説的存在であるにちがひありません。

ところが自然科学ではその究極に於て寧ろ感覺を取り去らなくてはならないの

を私は既に申しました。少くとも直接の感覚にのみ頼つてゐてはならないのです。鏡に映る像は眼には見えるけれども、それが實在でないことは誰も知つてゐます。分子や原子は直接には見ることも捉むことも出来ませんが、併しそれでも實在してゐることが間接にわかるのです。光が物體に當つて散らされるのは、即ち分子のやうな小さな粒があるからです。又空気を器のなかに壓縮して壓を感ずるのは、その分子が衝突するからです。こんな證據はだんぐといろくろくな事實から擧げられるやうになりました。

只化學的事實からばかりなら、分子や原子は假說的存在に過ぎないと主張されるかも知れません。現に有名な化學者であつたオストワルドの如きは、比較的近年までさう考へてゐたのでした。けれども分子による新らしい現象（ブラウン運動など）や、電子に關するいろくろくな事實などがたくさんに發見され、その理論

が極めてはつきりと出来あがつた今日では、さすがの彼も之等を實在として認めなくてはゐられないのでした。

既に假說的存在が實在として認められるやうになり、之に關する理論がつくられたなら、その理論の内容、即ちこの新實在に於けるいろくろくな關係は、事實を云ひあらはすものとして一つの自然法則になるのです。こゝに假説の法則化といふ一つの階段が踏まれるわけです。

近頃出ました量子説のやうなものは、今世紀の始めプランクといふ獨逸の學者によつて一つの假説として提出されたのですが、今ではもう原子間の現象に與かる最も大切な法則として見做されるやうになりました。

假説としてあらはれる場合には、それがまだ説明上の一つの試みといふやうな程度であるために、或る複雑な現象に於ては單に性質的に取り扱はれるものもあ

ります。けれどもそれがだんぐに事實上の法則としてあらはされるやうになるには、どうしても數量的に確定された關係にならなければなりません。たとへば生物學に於けるダーウインの遺傳説の如きはまた性質的なものであり、一つの假説であることを免かれないのですが、それが事實的法則になるには、遺傳的要素が明らかに分析せられ、どんな條件のもとにどれ程の分量が必ず遺傳するだけでも云ふやうな數量的關係としてあらはされるやうになるのでせう。勿論物質に比較して生物現象は遙かに複雑なものですから、こんな關係は容易には見出されず、また關係それ自身も驚くべき複雑なものになるかも知れません。

法則の外に我々はよく原理といふ言葉を用ひますが、この兩者の間に根本的な差別があるわけではありません。たとへば我々がエネルギー恒存の事實を云ひあらはすに當つて、之をエネルギー恒存の法則とも云ひ、エネルギー恒存の原理と

も云ひます。それはどちらに限つたことはなく、一つには習慣的な云ひ方もあるのですが、大體に於て特殊の物質やエネルギーに關係したものでなく、一般に通じて成り立つものであるから、之をエネルギー原理と名づけるやうに傾いてゐます。

併しこの外に、原理と稱せられる種類の法則には、單に事實を云ひあらはすと云ふのでなくて、最初から斯うあるべきものであると云ふ或る理論的根據が豫想されてゐるやうに思はれます。勿論、自然科学の理論と云ふものは、形而上學的の要求を満足することによつて定まるのではありません。それは最後にやはり事實記載に歸着すべき筈のものでありますが、我々はまだ十分にその事實を知り得ない場合に、形而上學的に或る關係を豫想することがあるのです。エネルギーは恒存するであらうと云ふことがこの意味で豫想せられ、さうして一方でかやうな恒存すべき量をエネルギーと稱すると云ふことになる、エネルギー恒存は、そ

れがどこまでも成り立つ筈の関係であるわけで、我々はかやうな意味で、之を單なる法則と云ふよりは、特別に原理としてあらはさうとするのです。

實際エネルギーはもと力學で考へられたものでしたが、之が恒存を成り立たせるために、後から熱や光や電氣のエネルギーなどが考に取られるやうになつたのでした。斯うなると、エネルギー恒存の原理は、事實によつて試められるといふよりも、何か事實以上の根據があるのではないかと云ふ疑ひも起るわけです。ですが、エネルギーが恒存すると云ふことも、尙ほまた斯やうな恒存すべき量が求められると云ふことも、やはり自然に於ける一つの事實なのであつて、それは最初から確定されてゐるのではありません。その事實がまだ完全に證明されないうちは、エネルギー原理はやはり一つの假説であると言はなければなりません。力學的現象や熱や光や電氣や化學的現象やについて之が實驗的に證明された上で、

始めて我々は之を原理として認めることが出来るのです。こゝに同様に假説の原理化があるわけです。原理として確定されるに到らない以前のこの種のものを特に假定的原理(Postulate)と云ふこともあります。單なる假説よりも幾分の理論的根據をもつといふ意味からです。

さて、かうして自然科学が発達するに伴つて、種々な法則や原理が出来あがりますから、さう云ふものを既に知つてゐる我々が、或る現象を觀察して、それはこれ／＼の既知の法則に依るのであると解するならば、こゝに自然現象の説明と云ふ言葉が用ひられてよいわけでしょう。自然科学に於ける説明といふのはこの意味であつて、自然法則が事實記載であるといふ意味とよく差別して心得なければなりません。

理論の認識論的価値

自然科学に於ては、自然に於ける事實を記載するのであるが、我々がたゞ感覚に觸れた外見的の事實その儘を記載するのではなくて、もう一段深く立ち入つて、隠れた内部にあるものを記載するのであることは、上來述べた通りです。ところで我々は之を感覚によつてでなく何によつて知るかと申しますと、それは我々の認識によるに外ならないのです。分子や原子は感覚上の實在ではなく寧ろ認識上の實在と云ふべきでありませう。エネルギーなども勿論さうです。

そこで斯やうな奥深い認識をつくれれば、更に之等によつていろ／＼な變化が起つた上で、現に我々が見得る現象がどうしてあらはれるかと云ふことを理由づける必要があります。否我々は實は逆にこの理由をたゞつてその最奥の認識に到達したのでした。が、ともかくこの理由づける筋道を稱して、自然科学の理論とい

ふのです。

分子論とか原子論とか云ふのは、分子や原子に斯く／＼の法則が成り立つならば、それから組み立てられてゐる物體にこんな現象が結果すると云ふことを導き出すところの理論なのです。それですから、かやうな理論は即ち數學的演繹を主體とすることになります。けれども自然科学的理論としては、この數學的演繹は、その歸結としての現象的事實をその基礎たる最初の假定的法則又は原理と結びつける役目をするだけのものであつて、寧ろ大切な點は第一に、理論の歸結が事實と完全に一致すること、第二に理論の基礎が認識論的にどんな意味をもち得るかを明らかにすることです。

自然科学の理論の基礎はさう勝手に立てるわけにはゆきません。つまり形而上學的に強ひることは決して出来ないのです。それはどこまでも事實が結果し得

るやうな理論でなくてはならないからです。理論の正否は只之によつて判断されるのです。かやうな理論の基礎は併し認識論の上から見て、最も妥當であるべき或る意味をもつことが屢々経験されました。之が自然そのものに深い哲學的解釋を施し得る根據を與へるのです。即ち自然科学の理論は認識論的價值をもつてゐると云はなければなりません。

かやうな理論の認識論的價值は、近ごろ立てられたアインシュタインの相對性理論によつて最も著しく認められたのでした（拙著「相對性原理」又は「物理學の基礎的諸問題」参照）。それがたゞに認識論的に豫期されるものばかりでなく、我々は實に自然の事實からして、それなしには到底容易に想ひ到ることの出来ないやうな關係をも明らかにすることが出来るのです。之等の點を考慮しますと、認識論自身に取つて亦自然科学の深い理論がどれ程大切であるかをも悟ることができ

るでせう。

世界形像

自然科学のこの階段に進んで來ますと、我々は自然現象を支配するいろ／＼な法則や原理が、認識論的に却つて極めて簡単な整然とした一つの體系に統一されることわかつて來ます。かやうな體系を名づけて我々は世界形像と云ふのです。世界形像のなかへは、個々の自然現象はその儘の生なまな有様ではひつてゐるのではなく、之が全く認識によつて精練されて、その背後にある形としてあらはれるのです。我々は理論の筋道をたゞることによつて、世界形像のなかから、あらゆる現象を引き出すことが出来るでせう。

世界形像を完成することは、それ故我々の自然科学の最後の目的であります。

たとへばこゝに世界ちゆうのあらゆる書物が與へられたとします。我々は先づ之等の書物を整理して、種類分けにし、之が目録をつくりまします。さうしなければ數萬冊の書物があつても何の役にも立たなければ、また何の意味もなさないでせう。目録には書物の題目や著者や年代を記するのが通常です。書物を探すだけの目的なら先づこれでいゝかもわかりません。併しそれだけでは科學をつくるわけにはゆかないのです。

自然現象の場合でも我々が動物學や植物學で、動植物の分類をなし、有機化學で化合物の成分を見出し、鑛物學で結晶の分類をするのは丁度之に類似したものです。この分類の仕事は自然科学の階段から云へば最も初期のものに屬するわけです。

一步進んで我々は書物の内容目録をつくることが出来まします。さうしてどんな事

項は何々の書物に出てゐると云ふことのわかるやうな内容索引が次に出来上がりまします。之は自然科学で云へば、いろ／＼な現象の法則を立てることに相當するでせう。我々は更に書物のなかの事項の時代的地理的民族的關係を考へ、人間の種々の文化的の仕事について、そのあらはれの意味を考へることが出来まします。斯様にしてこゝからも文化科學が生れ得るのです。そしてこの意味で整頓された全内容目録が即ち我々の世界形像に相當するのです。

自然科学の世界形像は、我々の普遍的認識が生んだところのものであり、自然の眞の姿を最も核心的に捉んだものです。それは最高級の意味での實在でなければなりません。かやうなものが、いかに嚴肅に、いかに整齊完美であるかは、既に之が研究に従ふものゝ推察し得る處であると思ひます。勿論、我々は今日に於て完全な世界形像を知らないばかりでなく、恐らくそれには無限の遠い路を歩ま

なければならぬのでせうが、併し既に我々の先蹤たる多くの學者の異常なる努力は世界形像の一部のどんなものであるかを我々に示すに十分であつたのです。自然と我々の認識との間にどんな関係をもつかをも之に基づいて考慮することは亦極めて重要であり且つ興味あることでせう。

三、現代の自然科学に於ける世界形像

対象の種類

現代の自然科学で我々はどんな世界形像をもつてゐるかといふことに就いては勿論詳しいことはお話しは出来ません。それには自然科学のすべての分科につい

て一通りの内容を見なくてはなりませんから、到底出来ないことですが、極めて大梗をつまんで見ることは必ずしも無益ではないかも知れません。なせと云ひますと、我々が自然科学をならふ場合には通常物理学とか化学とか鉱物学とか動物学とかこまかく分けて、その個々の内容を學んでゆきますから、却つて全體に通じた有様を見直すことが出来なくなつてしまふからです。

そこでこゝには自然科学の世界形像といふ點から見て之をお話して見ませう。先づ第一に我々は世界形像のなかへはひる対象の種類について考へなくてはなりません。つまり自然科学で取り扱ふ対象は外見的にはいろいろありますが、之を分析して世界形像をつくる際には、それらは結局どんなものに歸着されるかと云ふことです。

我々は先づ生物が他の無生物と異つてゐる特質をもつてゐることを知つてゐま

す。併し生物に於ける生命現象の本質は今日のところではまだはつきりしないのであつて、況して之に關する數量的法則は殆ど立てることが出来ないのですから、私が上に説明した意味の理論もなく、従つて世界形像のなかへはひる生物的要素が何であるかを我々は知ることが出来ないのです。今日の生物學者は生物的細胞を特種のものとして取り扱つてゐます。けれども細胞をつくる物質はやはり恐らく他の無生物に於ける物質と同一のものでありませう。さうすれば、物質の外に何等かの生物的要素があつて細胞の生命を現するのでありませうか。之が何であるかは遂に決定的には答へられないのです。その様なわけで私はこゝでは世界形像を單に純粹の物質について述べると云ふことに制限されるのです。

物質はすべて分子及び原子からつくられてゐることは、既に一般に信せられてゐる處です。固體（結晶）としてはすべての物質が原子の或る整列をなしてゐま

すが、液體及び氣體では、その種類によつて原子が單獨で存在するものもあり（一原子的）、又は原子が數個相集まつて分子をつくるもの（多原子的）もあります。

原子にはその化學的及び光學的性質を異にするものが若干あります。最も軽い水素から、最も重いウラニウムまでの間に我々は九十二個の異つた原子の可能であることを知りました。そのうち今日實際に発見されてゐないものは僅かに五個に過ぎません。我々はこの原子に水素から始まつて順次に原子番號なるものを附してゐます。すべての物質は之等の原子の結合によつて出來てゐるわけで、謂はゆる元素は特に同一種の原子だけから出來てゐる物質を云ふのです。

ところが化學的及び光學的性質を同じうする原子、即ち一定の原子番號に相當するもののなかに、他の性質即ち質量若くは放射性を異にするたくさん原子の存在することが最近に発見されました。つまり之等は今までは同一の元素に屬す

ると思つてゐた物質が實は異つた性質のものに分たれると云ふことになるのです。之等を通常同性體 (Isotope) と呼んでゐます。その實異つたものではあるけれども、元素を差別するのに主として與かる化學的性質が同じであること云ふ意味からです。ですから、今までの元素といふ言葉をその儘つかへば、それは九十二個であるが、實際もつと嚴密に分てば異つた原子の種類はもつと非常にたくさん在るわけで、どれ程あるか之は現在まだはつきりしてゐません。

原子はそれ自身單體ではなくて、尙ほ多くの電氣を帯びた小さな粒に分たれるといふことも今日既に確められてゐる處です。即ち陽電氣をもつた一つの核と、陰電氣をもつた多くの電子とから出來て居り、電子は核の周りに廻つてゐます。こゝで著しいことはどんな原子にはひつてゐる電子でも、それらはすべて全く同一の質量と電氣量とをもつてゐることです。

原子全體では電氣的に中性になるわけですから、核の電氣量は周圍にある電子全體のそれと同一であつて、只陰の代りに陽であるだけの違ひです。それ故我々は電氣量の絶對値に關してはいつも電子一個の電氣量を單位にして之の整数倍で云ひあらはすことが出來ます。しかも丁度核の電氣量をこの單位であらはした整数は、周圍の電子の數に等しく、且つ之はさきに申しました原子番號に等しいことが判りました。これで原子番號と云ふものの理論的意味が定まり、又原子が九十二個あると云ふことの科學的意味もわかつた次第です。

電子の質量は核に比べては非常に小さいものであつて、數千分の一に過ぎませんから、原子全體の質量は即ち核のそれであると云つてもよいのです。ところで原子の質量はその同性體をすつかり分析して個々に測れば、いつも水素原子の質量の略ぼ整数倍であることがわかりました。之は原子の核が一般に水素の原子核

と電子とから構成せられてゐると云ふ結論を與へるのです。この兩者の數の差引が丁度原子番號に等しくなるわけです。

斯様に考へて來ますと、すべての物質を構成する要素は、單に二つであつて、即ち、陽電氣素量たる水素原子核と、陰電氣素量たる電子とであります。電子 (Electron) に對して前者を陽子 (Proton) と云ひます。この兩要素の性質が我々の世界形像の根本に横はつて、之からあらゆる物質の現象が引き出されるのです。何といふ巧妙な自然ではありませんか。

併し我々がこゝに見通がしてならない、もう二つの對象が我々の世界形像に在るのです。それは即ち空間と時間とであります。空間と時間とを對象などは變な云ひ方ではないかと諸君は云はれるかも知れません。實際空間と時間とは認識論に於ても論せられ、カントは之を経験以前に存在するところの直觀の先驗的形

式として解したのでした。勿論、空間時間觀念の主要な部分は確かにさうでもありませうが、併しその全體の性質はやはり經驗的法則によつて定まるものであることが、アインシュタインの相對性理論によつて明らかにされたのでした。

先驗的な數學的對象としての空間は一義的なものではなくてそこにはいろいろの種類の空間が可能であることは、既に我々の幾何學で近時明かになつたことでした。即ち我々が常識的に考へてゐるユークリッド空間の外に、之と性質を異にしたところの非ユークリッド空間なるものがあります。そこには空間の種々の歪みが丁度我々が面の種々の歪みを考へると同様に可能であつたのでした。ところで實在の空間がそのうちのどれに屬するかと云ふ問題が起ります。それは從來はユークリッド空間であるとせられてゐましたが、なせ然うでなければならぬかと云ふ形而上學的の理由は遂に求められないのです。さうすれば之はやはり經驗

的に定めるより外ないのでせう。

アインシュタインの相対性理論では、空間と共に時間が亦我々の経験の對象となるのです。物質的現象は或る場處に起ると同時に、何時と云ふ時刻が指定されなければなりません。つまり現象は、空間の三次元と時間の一次元とを融合した一つの四次元綜合體のなかで定まるのです。この綜合體をミンコフスキーは世界と名づけ、そのなかで空間と時間とは各獨自的存在ではなくて、却つて常に相結合してあらはれるものであることを論じました（拙著「相対性原理」参照）。

以前の物理学では我々は物質と共に、真空を充たすところのエーテルなる媒質を、物理學的對象と考へました。けれども物質の存在がともかくも或る手段をもつて感覺によつて判断することが出来るに反し、エーテルは遂にさう云ふ性質をあらはさないのです。この點でエーテルは物質とは異つたものでなければなり

ません。物質の基本的要素が陽子及び電子に歸せられるに反し、エーテルはどこまでも連續體として考へられました。そこで相対性理論ではエーテルを否定して空間そのものに歸着させ、尙ほ一般的にして、四次元の世界をもつて之に代へたのでした。エーテルが物理學的對象となると同じ意味で、世界、即ち空間及び時間やはり一つの對象となるのです。

一般原理及び法則

以上述べた世界形像に於ける對象間に成り立つ原理又は法則は、最も一般的な基礎的なものとして見られます。

第一に相対性原理は、空間及び時間に關してその相対性を主張するものです。我々は即ち空間及び時間から成る世界の一點を絶對的に指定することが出来ない

ばかりでなく、その各の長さ、即ち空間それ自らの長さ、時間それ自らの長さを決定することも出来ません。之等は観測者（即ち座標系）の運動状態によつて異なるのです。只絶対なるものは空間時間を融合した世界線の長さだけです。

物質の存在は世界に於て亦一つの絶対です。即ちその質量（密度）並びに電氣量は絶対に決定せられます。けれども物質は獨自的に世界に在るのではありませぬ。即ち物質の存在は同時に世界空間の或る絶対的特徴即ち歪み（曲率）によつて決定せられます。つまり物質と世界空間とはお互に必然的に結びついてゐるのであつて、物質が在るから世界が歪むのか、世界が歪むから物質をそこに藏してゐるのか、どちらが先とか後とか云ふことはないのです。世界形像に於ける之等の對象はこの意味でお互に密接に連關してゐるわけです。

この連關があるからこそ、物質がその周囲の空間へ作用を及ぼすことが出来るのです。力をはたらかせるとか、光を輻射するとかはさう云ふ種類の作用に外ならないので、そしてこの理由で空間は物質の作用の媒質ともなることが出来るのです。

物質の要素たる陽子又は電子がその周囲にはたらかせる力は、萬有引力と電氣力とであると我々は考へてゐます。之れ以外の力があるかどうかは判らないので、我々の現在の經驗はこの二つに歸してゐるわけです。そのうちで陽子又は電子のやうな小さな粒では萬有引力は殆ど考へにはひらない程小さく、いつも電氣力だけが眼につきまます。光が出るのもこの電氣力の振動が波動として傳はるのであると解されます。萬有引力は大きな物質の塊りになつて始めて相當な作用としてあらはれます。

第二はエネルギー原理です。エネルギーにいろいろな種類があるが、それが相

變化する場合に、その全量がいつも恒存一定であることを主張するのが、この原理であります。

エネルギーの種類としては、普通に力學的エネルギーや、熱、光、電氣及び化學的エネルギーなどを數へるわけですが、我々の世界形像に於ては、その根本のものとして陽子及び電子のエネルギー並びに世界空間のエネルギーが擧げられなければなりません。

陽子及び電子はその運動のためのエネルギーをもつことが出来ます。又萬有引力及び電氣力の所有者として之等の力のポテンシアル・エネルギーをもちます。そして前に述べました世界空間との連關、云ひ換へれば之等の力線が空間のなかに走つてゐることによつて、之は亦世界空間のエネルギーとも見られるわけであつて、それが或る場合に輻射として空間内の獨立なエネルギーともなることが出

來ます。光は即ちそのうちの一種に外ならないわけです。化學的エネルギーは恐らく原子間の電氣的エネルギーであり、又熱は分子又は原子の運動エネルギーとして解されてゐます。

エネルギーの外に、もう一つ大切な量は、運動量です。之もやはりエネルギーと同様に恒存すると云ふ法則が立てられました。運動量は最初力學的に定義せられ、質量と速度とを乗じたものとされましたが、之れだけでは恒存の法則が成り立たなくなる場合があります。たとへば光を或る物體にあてると、光壓と云ふものがあつて、物體を押しますから、物體は動き出すことも出来ます。こゝでは物體は運動量を得たわけです。併しそれがどこから來たか。若し運動量が恒存するならば、物體に之が與へられただけ他に減つてゐる處がなくてはなりません。即ち我々は光にも運動量があると考へなくてはならないのです。光は電氣的エネル

ギーをもつてゐると同時に電氣的運動量をもつと云はれるのです。

エネルギーとか運動量とか云ふのは何であるかと云ふ質問をよく素人は出しませんが、それはかやうな恒存の量が存在してゐて、それを云ふのであると答へるより外はないのでせう。エネルギーの方はまだ何だか判つたやうな氣もし、それが實體であるとか云ふやうなことも云はれますが、さて併しそれは感覺的對象でないために直接には呑みこむことが出来ません。仕事をする能力あるものはエネルギーをもつてゐると云つたところで、仕事と云ふことはやはり判らないのです。運動量に至りてはそれが恒存するといふ意味が尙ほ直觀的にわかりにくいかも知れません。畢竟之等は法則に支配される事實をすつかり見た上で、之から抽象的に認識されるのであります。

エネルギーと運動量とが恒存するといふことは、極めて一般的の原理でありま

すが、併し相對性原理から見ると、之等の量は絶對のものではなく、觀測者の運動状態による相對的の量なのです。之は運動エネルギーとか運動量とか云ふものを考へて見れば容易にわかるでせう。之に代る絶對の法則は即ち最小作用の原理なのです。しかもこの原理のなかにはエネルギーと運動量との兩恒存則が同時に包容されるものであると云ふことを、我々は相對性理論によつて知ることができました。

最小作用の原理は實にこの點で最高の自然法則なのであります。こゝで云ふ作用なる概念は、エネルギーや運動量よりも一層了解しにくいものです。之を能く呑み込むには、多少數學的の説明も必要になるわけですが、こゝではそれに立ち入るわけにゆきません。ともかく或る作用と云ふ量が存在して、我々はこの量のいろ／＼な變化に相當する現象を想像することは出来ませんが、實在の自然現象

は常に之が最小（又は最大）になるやうにあらはれると云ふことが主張されるのです。

空間で物體を自由に動かせば、最小距離の路即ち直線を通るでせう。之に力のはたらけば曲りますが、しかもそれは力のために歪みをもつた空間内の最小距離なのです。光の徑路なども斯様であることは比較的容易にわかります。そして之等は同時に作用の最小であることに相當してゐるのです。

最小（又は最大）と云ふことは、許され得る値のうちの極限のものです。自然現象がかやうな一つの極限原理によつて定まると云ふことは、實はよほど我々の味ふべき處であると思ひます。恒存、即ち不生不滅といふことも著しい事實ですが、我々は更に極限といふことにより根本的な意味を感じなければなりません。なせなら、恒存に關しては、その全體がどれ程の量をもつと云ふ理由が更に附隨

しなくてはならないのですが、極限といふ方には、それだけで十分の意味を完成するからです。

この極限原理がもう一つの一般原理としてあらはれるのは、更に我々の興味を惹きます。それは即ち非可逆的現象に關するエントロピー増大の原理です。

一體自然現象のうちには可逆的、即ち逆にすることの出来るものと、非可逆的、即ち逆にならないものとの差別が起るのは、どうしてであるかと云ふ問題は、甚だむづかしい、併し重大な問題として提出されました。物體の運動などは勿論之を逆に動かすことも出来る點で可逆的なものです。ところが熱の現象はさうゆきません。熱は温度の高い方から低い方に自然に移りますが、その逆は自然には起らないのです。無理に人為的に移すとしても、その際きつと他のどこかでもつと餘計に熱を費消してゐるのです。このことから、我々はエネルギーが全體とし

て恒存するにも拘らずその利用價值（即ち變化の可能性）がだん／＼に減すると云ふことを見ました。そして之を或るエントロピーなる量が常に増大するやうにしか自然現象は起らないものであるとして數學的に云ひあらはすことが出来ました。之が即ちエントロピー増大の原理（又は熱力學第二主則）と名づけるものなのです。つまりエントロピーが最大の極限値をとると云ふことがこゝにもあらはれるのです。

最小作用の原理と、エントロピー増大の原理との關係をもつと詳しく考察すること、特に我々の世界形像の要素的單體たる陽子や電子や、又原子や分子がすべて可逆的現象のみを起すのに、なせそれらの集合體たる物質に非可逆的現象があらはれるかと云ふことについては、よほどおもしろい事柄があるわけですが、私はやはり今それに立ち入つてゐる暇をもちませんし、またエントロピーと云ふや

うな概念は、一層呑みこみにくいものであることも知つてゐますから、それを省きませう。

だが、之はボルツマンの立てた理論に依るものであつて、彼は物體のなかに無數にたくさんある分子の集群は無秩序な状態をとる間に、それが常に最も確からしい状態分布に赴く傾向があることを指摘し、こゝに現象が一方の方向にのみ起る非可逆的の理由を求め、エントロピーなる量を數學的に規定することが出来たのでした。この発見は實に自然科学にとりて大切なものであると云はなければなりません。

以上述べた外に、もう一つ重要な一般原理は、最近に輻射現象に於てプランクによつて発見せられ、原子構造の理論にポールによつて應用せられて、異常な成功を結果した量子法則であります。最小作用の原理によつて、物質現象に對し作

用と云ふ量が極めて大切であることを知つた我々は、こゝに亦作用なる量は無限に小さく分けることが出来ないものであつて、却つて自然現象に於てはいつも一定な小さな單位量の倍数になつてあらはれると云ふことを見出すのです。我々はこの素量を作用量子と名づけます。

この量子法則は今日までの経験によれば、單に週期的循環過程にのみあらはれるやうであります。しかし之が實に原子構成の根本をなしてゐるのです。最小作用の原理から、エネルギー及び運動量恒存の法則が出るやうに、作用量子の法則から、亦エネルギー量子則や、廻轉運動量の量子則が出ます。之等の關係は原子の場合に始めてあらはれるのであつて、大きな物體を取り扱つてゐるうちには我々が全然知らなかつたことでもありますから、エネルギーや運動量の如きはごこまでも小さく分けられるやうに考へ、連続的に變るものと思つてゐたのが、こゝに

然うでないことの判つたのに對し、實に大きな驚きを感じた次第でありました。けれどもこの法則の発見によつて、從來殆ど理論的に探ることの出来なかつた複雑な光のスペクトルやその他たくさんの要素的現象の起因が明らかに我々の眼の前に持ち出されたことについては、今更に自然の機構の巧妙なのに感嘆しなければならぬのでした。

對象の特性並びに成立原理

一般原理はすべての對象を總括するもので、謂はゞ横に之をつらねるものです。そこで今度はそのうちで種々の對象が成立する理由、即ち之等を縦に築き上げる所以を考究すれば、こゝに各の對象はその特性をもつて世界形像をつくることになるのです。

先づ空間及び時間の融合體である世界については、物質と密接に連關することを既に申しました。つまり物質の配置がわかればそれで世界の性質も一定の數學的關係で定まるのです。アインシュタインは、世界にあるすべての物質がそのなかに平均に散らされた場合に、世界は一つの四次元の圓柱體をつくり、時間は圓柱の軸に沿うて無限に流れると共に、之に垂直な斷面をなす空間は三次元の球をなすことを論じました。

この關係は少しく多次元の幾何學に通じないかわかりにくいかも知れませんが我々が普通の二次元の球面を考へると同様にして、之をもう一次元増して三次元の球なるものを想像すればよいのです。球ですからどこまで行つても端がなくて、却つて眞直ぐに進めばやがてもとの點に戻つて來ます。さう云ふと何だか球の外縁と云ふものを考へたくなつて困りますが、球全體が三次元の空間なのであつて、

球の外と云ふのはもう三次元のなか即ち空間のなかではなく、何か知らぬ第四次元のものなのです。勿論空間が球體をなしてゐることを直觀的に見やうとするには、我々はその第四次元の或る方向即ち空間の外に眼をおいて見なくてはならないのです。どうせ之等は實際の直觀を超越した、併し認識のなかに存在することなのです。

さて、この三次元の球空間の半徑は、空間内にある物質の全體の質量に比例するものであることも、アインシュタインによつて示されました。それ故、物質のまゝでない空間をこゝに假に想像したとすれば、その球半徑は零であるわけですから、空間内容が同時になくなるわけです。之は空間成立のために物質がどんな役目をしてゐるかを、極めて徹底的に云ひあらはしたものであると思はれます。

次に物質につきましては、その究極的要素であるところの陽子と電子とから考

へなくてはなりません。この両者が一つは陽電気、他は陰電気をもつてゐて、その電氣量が相等しいに拘らず、その質量が著しく異つてゐると云ふことの意味、即ちその根本原理はまだ我々にわかつてゐません。恐らく最小作用の原理のなかに何等かの形でそれがあらはされ得るかも知れませんが、我々は今日ともかく之を一つの基礎的事實として承認しておくより外はないのです。

さて、陽子と電子との集合によつて我々の知つてゐるあらゆる物質が生れて來るのです。水素でも酸素でも鐵でも金でもみんな同一の法則によつて出來上つて來るので、しかもこの集合がどんな物質を構成するかと云ふことも、ちやんと一義的に定まつてゐるわけです。昔、我々が化學と云ふものを研究し始めたのは、一つの物質を化して他の物質をつくり出さうと云ふ實用的な目的からでありました。鉛を化して金としやうと云ふことなどが、そこでは想像されたのでした。今

日我々は理論上では既に之を或る程度まで實行することが出来るのです。即ち鉛や金に限らず、すべての物質の成立原理を與へることが出来るのです。

之がためには先づ原子の核がつくらなくてはなりません。水素原子の核は陽子それ自身であるとせられてゐますが、他の原子では陽子と電子との或る數が集まつて、一定の法則で核をつくるのです。この法則は今日まだ我々に知られてはゐませんが、多分やはり量子則又は之と同様なもので支配されてゐるらしく思はれます。

核が出來上つたところで、その周圍に更に電子が附着します。電子の數は核の陽電氣素量の數即ち原子番號と等しいことは既にお話した通りです。水素ならば一個、次のヘリウムならば二個、酸素ならば八個と云ふ様に進むわけです。電子は勿論核に引かれますから、或る距離を隔て、靜止してゐるわけにはゆきません。

丁度太陽のまはりに地球や他の惑星が周廻するやうに、或る軌道を描いてまはるのです。ところがその軌道も勝手な場處にあるわけにはゆかないので、曩に申しました量子法則に従つて確定するのであります。

量子法則はそれ故物質の成立原理に與かるものとして非常に大切なものであることがわかりませう。物質の個々の性質を研究する化學も礦物學も、又物理學のなかに數へられてゐる謂はゆる物性論も、みんなこの物質の成立原理に間接に到達しやうとする階段であつたと見られます。それが光の輻射論から出發し、そのスペクトルの研究から得られた量子法則によつて大部分解決されるやうになつたことは、實に驚くべき偉大な業績であると謂はなければなりません。化學や物性論は今之を試めし補ふところの一面に外ならないやうになりました。化學や礦物學を物理學と引離して學ぶと云ふことは、理論上からは今は無意味のことでは

なければなりません。化學で徒らにHやOの符號を教へ、面倒な化學方程式を暗記させて、之を嫌厭せしめることは、實用上の目的の外に、どれ程の効果があるかを深く考慮しなければならぬと思ひます。自然は我々にもつとく興味ある事實を啓示してゐるではありませんか。

我々の世界形像は、かやうにして物質の成立を理解し、且つそれがどんな性質をもつかをも、この成立原理からの歸結として導き出さうとしてゐるのです。なせヘリウムやネオンやアルゴンなどが化學的に不活潑な氣體としてあらはれるか。なせ炭素は非常に多くの有機化合物をつくるか。なせ金や銀や銅は金屬としての特性を示すか。なせ鐵やニッケルは強い磁氣性を帯びるか。なせラヂウムやウラニウムは放射性をもつか。之等一切の物質の特性の起る理由は、皆我々の成立原理のなかに求められなくてはならないのです。何といふ驚くべきことではないで

せうか。今までの化学や物性論やは、この現時の世界形像に對して寧ろ隔世の感があるでもありません。

最初に申しましたやうに、我々は更に進んで生物細胞の成立原理を研究し、その生命なる一大特性の意味を解することによつて我々の世界形像を完成しなければなりません。尙ほ我々はそこに單に生命と云ふことばかりでなく、謂はゆる高等の生物に於てその特質たる意志現象のあらはれる所以を研究しなければなりません。之等の問題の解決はどんなに困難に、どんなに遠いものであるかはわかりませんが、併しそこに自然の最高なる機構が秘されてゐるのです。今は只之を將來の研究のプログラムとして見ておくより仕方はありません。

四、自然科学と人生

實用上の價值

最後に私は自然科学の人生に對する關係をお話して、この講演を終りたいと思ひます。

自然科学の發達は、自然物を我々が實用に供し、之を都合よく用ひると云ふ目的によつて、著しく促がされたのでした。鉛を化して金にしようとする謂はゆる煉金術は勿論成功しなかつたけれど、それは化学を生んだ母であつたのです。重い物を動かすのに車や挺子を用ひたことから力学が起り、鏡で物を映すことから、凹凸面鏡やレンズをつくつて光学の發達が促がされ、その他熱や電氣や磁氣が多

くの新しい實用的發明と共にどんなに科學的知識の進歩に與かつて來たかは一々擧げる違のない程です。尙ほまた多くの動植物がどれ程多く人間の生活に必要であり、いろ／＼な衣食住の常用品となり、又種々の物質が器具、裝飾物としてあらゆる利用をもち又藥品として我々の生命を救うてゐるかを考へたなら、自然科学の實用の大きいことは今更ながら驚くべきところでなければなりません。

けれども之等の實用は、それが人生に取つて非常に有益であり必要であり、それなしには人生の存在が全然保證されない程のものではありませんが、併し之はどこまでも自然科学の應用なのであつて、自然科学そのものの本來の仕事ではないことを知らなくてはなりません。勿論、我々はこの應用のためだけでも自然科学を必要としたではありません。併しそれがためには自然科学の理論をそれ程深く進めることは要らないと速断したかも知れません。少くとも相對性理論や量子論は

無駄な骨折であることせられたかも知れませんが、自然科学はその應用のためだけに存立するのではなく、たとへ應用が一つもないと假想しても——それは不可能な想像であるかも知れないが——自然科学の本來の使命は別にあるのです。丁度繪畫が裝飾に役立たなくとも、別に藝術としての使命を持つて居り、又悲しいことや恐ろしいことでも、小説や劇として立派に成り立つのと同様です。

そればかりでなく、實用として自然科学を應用する場合にでも、本當は自然科学のすべての意味が深くわかつてゐなくてはならないことを我々は屢々感ずるのです。物質文明なるものの弊がよく攻撃せられ、惹いて科學をさへ呪ふ聲のあるのは、皆誤まつた應用から來るのであると思ひます。自然科学の本質はどんなことがあつても攻撃せられ呪はるべきものではないからです。

人間は一つの應用に對して利便を見出すと、之を實用に供することに餘りに急

であり、餘りに焦燥つて、他を深く顧みる餘裕をもたないのです。大都會をつつて、むやみに多數の人間が狭い地面に無理に押し込みます。我れも他人もその恩惠利便に浴しないのは、非常な損であるやうにして、大都會を限りなく膨脹させやうとします。どうしてそこに自然への背反が起らないですむでせう。道路煙突の塵煙が漲つて健康を害し、頻繁な交通事故が人命を奪ひ、經濟的逼迫が生活を脅威するやうになるのは自然の結果でなければなりません。かやうにして、物質文明は謂はゆる人間の小智慧が生んだ一つの病態に過ぎないことになります。我々はもつと深く自然と人間との健全なる交渉状態について省慮しなければなりません。自然科学はあらゆる事情に關して自然の調和の眞の状態を我々に示してくれるであります。宇宙の物質が悉く一點に集中したなら、世界空間はどうなるでせう。そして物質はその存在を保證されるでせうか。自然科学を應用するに

當つて、我々は更に深く且つ完全に自然科学を知悉しなくてはならないことを感じていゝ筈です。然うでない者は、之を應用する本當の資格を缺くと云はなければなりません。

方法上の價值

次に自然科学が他の目的に對する手段的方法として價值づけられる場合を考へて見ませう。

第一に自然科学を研究するためには、自然の現象を精細に觀察して、事實的關係を見出さなくてはなりません。それ故我々は之によつて觀察の精緻といふことを習慣づけられる利益があります。見落しなく公平にすべてを觀察し判斷するといふことが、自然科学によつて得られるわけです。又感覺及び感情による影響を

出来るだけ除外して、観察を普遍的にするといふことが自然科学研究に際して重んじられなければなりません。

かやうな態度はすべて人生の事實に對しても或る程度まで必要であつて、之によつて理性の發達に資することは出来ます。只之が極端に走るときには、我々は藝術感を失つた冷たい人間となり、その公平さが却つて或る科學的偏狹を持ち來すやうになることがあるので、それについては戒めなければなりません。畢竟この弊は事物を自然科学的に見る場合と、藝術的に見る場合とを正當に判断しないで、平生の習慣によつて一方に傾くからです。我々人間としては勿論その兩方面を適當に具へなければならぬ筈であるのに、近代の人間はその専門化のために一方にのみ傾き過ぎるのであると思ひます。之はよほど注意ぶかくなければならない處ですが、私は勿論それを自然科学發達の弊とすることは出来ません。

欠

欠

科學の常識化

私たちがしたしく最近の科學における一つの驚異であつたところの相對性理論の創立者アインシュタイン教授をむかへ、その深奥な講演を聞いたのは大正十一年の末のことでした。一般の人たちはわからぬながらも科學の最高の理論がもたらすところの幽玄至妙な或ものに耳を敬てすにはあせんでした。これについで大正十二年の下半期には未曾有の大震災で關東地方の慘狀は極度に達し、人心は非常な恐怖を感じて、多少でも地震そのものについて注目をおこたらぬやうになりました。これ等の異常な出來事はともかくも私たちをして科學に近づかせる機會をつくつたにちがひありません。今後どのやうな事柄がまた私たちの

まへに現れるかわかりませんが、私たちの人生にいつも科学が大切なものであることを痛感させられる場合はかなりにあることであらうと思はれます。

由來わが國には自然科学の發達が極はめて少ないのでした。明治維新前にあつては純正科学としては、數學に多少のかへりみるべきものがあつた外、全然存在しなかつたといつてもよい程です。近時に至つて漸く諸方面の専門學者が歐米の諸學者と共に研究の歩を進めるやうになつたことは、よろこばしいことには相違ありませんが、併し大體から見てもそれさへ未だ比較にならぬ程少數なのです。まして世間一般者の科学的常識に至つては、私はその餘りにとばしいことにおどろかなくてはならないのです。

科学的常識は私たちになせそれ程必要なのでせうか。それは將來科学のある部門を専攻する學徒に取つて必要なばかりでなく、そもく科学が人生及び社會に

對する意味をもつことにおいて大切なのであります。私たちの日常生活が科学によつて裨益せられるところの多大なのは言葉をつひやすまでもありますまい。併しそれは科学の一つの應用に過ぎないのです。そもく科学なるものを私たちは何ゆゑに所有するのでせうか。その應用なしには科学は果して無用の贅物に過ぎないのでせうか。私はこれに對して一般の人たちの正當な理解を望まずにはゐられません。そしてこの理解そのものが科学の常識化の第一の問題であると思ひます。近時専門學は益々深く進むに従つて、これに與かる人たちは必然に知識の範圍をせばめられるやうにかたむきます。この結果は科学の或部門の専門學者にありてすら、科学そのものゝ人生に對する意味を省思するいとまをかいて、これがためにいたづらに枝葉に没頭するやうにさへなるのを免れません。私は科学の常識化なることが、一般に對して、特に普通教育において、有効に説かれなく

てはならないのを切に感じます。

科学の根本が論理及び数学を包含する形式科学並びにこれによつてなり立つ自然科学（精神科学をふくめて）に存することはいふまでもありません。人間がその全組織を形作り作らうとする社会はいつも自然に準據しなければならぬ点において、社会科学はその種々の原理において自然科学を参考するのが正當であると思ひます。つまり自然科学は私たちに自然の普遍論理的状態を示すものであつて、そのなかにいかにおごろくべき幽玄な必然的關係が嚴密して存在するかを教へるのです。これを知ることがは實に私たち人間に取つて最大のよろこびであり感謝でなければなりません。この様にして得られた自然に對する驚異の念は即ち最も直接に宗教における神の觀念とむすびつくものであつて、しかも一切の迷信を除去した正當な宗教心は常にこれによつて涵養せられなくてはならないもので

あり、また同時に私たち人間の有する論理の普遍妥當性をかへりみることは、いろ／＼な哲學的、宗教的またその他の一さいの思索を進める上において最も適切に役だつてもありません。この意味において自然科学はすべての人にとつて大切なのです。科学の常識化に際して最もわすれてならないことは、この點でなければならぬと思ひます。

それですから此意味での科学の常識化は決して單なる通俗化ではありません。即ち専門的にはむづかしい事がらを單にわかりやすく説明すればそれでいゝといふものではありません。どんなに平易な言葉で、またはおもしろい譬喩でもひいていはゆる「通俗的に」述べたてられたところで、微細な自然の事實そのまゝでは、科学の意味を知り、自然乃至宇宙の解釋に進むために、一般の素人には何の役にも立ちません、たとへば、或植物の花弁がいくつあつて、どんな形をしてゐると

か、その雄蕊が幾つあるとか、または一つの動物の形態がどんなであるとか、或は酸素や窒素が無味無臭であり、無色透明であるとか、どんな化合物をつくるとか、氣體の壓や溫度の關係がどうであるとか、これ等一々の事實はそれを獨立に見なしただけでは何の價值もないのです。科學の記述が往々無味乾燥におちいるのはたゞこれ等の事實を書き立て、記憶を強制しやうとするからです。この弊を救ふために譬喩を用ひて藝術的に色づけることは、記憶をたやすくする手段としては有効でありませうが、併しかやうな自然の斷片的事實そのものゝなかに科學が存在するといふ思想はごこまでもあやまりであることをささどらなくてはなりません。

いろいろな經驗または實驗によつて得られた自然の事實に關する知識はそれがどんなに精細であり普遍的であつても、個々の斷片のまゝでは科學をつくること

は出来ません。かやうなものは科學の素材に過ぎないのであつて、専門學者はこれ等のおほくの素材を集め、そのなかから或る關係を引出して科學の理論を立てるのです。この理論なしには素材はつひに何の役をもしません。それですから科學の常識化にあつて、科學理論の構成を示すための一個の「例」として、その素材たる自然的事實をまづ知らしめることはいゝでせう。けれども理論を述べる目的を無視して、または一つの理論に直接に必要なでもないやうな事實だけを列挙して、これを科學的記載であると誤解するに至つては、私は大いにその不當なるゆゑを責めなければならぬと思ひます。

科學の理論は一つの秩序だつた統一的關係であつて、その包含する範圍を増せばます程、そこに複雑なる論理的過程を経て、私たちに自然の奥深さを啓示するものです。相對性理論が物理的現象と時間及び空間との關係を説き、進んで時間

空間的世界の性質を論じて全宇宙の理論的構成に至ることなどは、誰人がこれを聞いても無限の興味をわかせる、自然の至妙なる關係に讚嘆せずにはゐられないところのものであつて、科學を無味乾燥であると思惟してゐた皮相的觀察者に一驚を喫せしめずにはおこなかつたことであらう。たゞ不幸にして理論が高尙に進むに従つて、論理的過程として難解な數學を用ひなくてはならなくなり、一般の人たちには單にその輪廓を示すより外は出来ないことになるのです。併しそれは常識化としてやむを得ないことであるばかりでなく、そも／＼常識化の本質は理論の眞髓をつゝむ輪廓を示すことに存するのであると思ひます。この輪廓によつて理論の理解を可能ならしめるためには、勿論適當な手段が考案せられなければならぬのでせう。常識化を試みる場合の苦心はこゝにあるのです。私は屢々譬喩や類推の方法が行はれるのを見ますが、これ等にあつては譬喩若しくは類推そのものに

興味をひかれることのおほいと共に、類推の成立つ制限を越えて、本來の理論から逸脱する危険の伴ふことをわすれてはならないと思ひます。

ともかくも科學の理論は單なる自然の事實の記載と異なつて、それ自身すでに誰れ人にも興味を引き起し、自然の深い意味を感せしめる筈のものであります。これを感じない人があるとすれば、人間として自然のなかに生きることの價値を自覺し得ないものです。光りのスペクトルや、電子の諸現象や、化學的事實が、いかにして原子内部の機構をあきらかにし、諸物質がいかにして自然に存在するかといふことを解釋し得たならば、私たちははじめて自然の整齊完美せる姿に接してそのまへにおのづからあたまを垂れずにはゐられないのです。この理論——それは最新の物理學がすでに到達したところのものであります——に立ち入ることなしに、徒らにスペクトルの現象や化學式を記憶暗誦することは私たちの一般人生に取つて

果して何の必要があるでせうか。現時の科学教育がどれ程誤つてゐるかは恐らく思ひなかに過ぎるでせう。

物質現象の理論が今日かなりの程度に進んでゐるのにくらべては、生物現象の理論はなほ極はめて蒙昧の域にあることは事實です。けれども動植物體における生理作用の機構や、その分化遺傳の現象の如きは、やはり私たちのすでに驚異にあたひするものを與へるに足りません。かやうな根本理論に無關係な一々の生物個體の性質形態の羅列は私たちを倦怠せしめる外何にも役だちません。この倦怠を除くために屢々實物標本によつてこれを教へるといふことが行はれてゐるやうですけれども、私はこのやうな羅列を科学ではないと斷言してはゞかりません。實物標本に接する利益は通常見られない珍奇なるものを實見するといふこと、即ち經驗を豊富にし得るといふことの外に、精緻なる觀察方法を修練するといふ意味

もありません。併しかやうな經驗や修練は専門的研究に従事する階段として必要なのであつて、それはどこまでも科学的常識とは差別せられなければなりません。私は普通教育においてその主眼とする常識養成の外に、多少の専門的素養に資するやう心がけることを決して否定するものではありません。なせなら、すべての人は將來いづれかの仕事に専門的に従はなければならぬものであるからです。けれども現時において實際に動植物標本の如きものが斯様な意味で取扱はれてゐるでせうか。私は甚だこれを疑はしく思ふのです。恐らくはそれらを觀察することが常識科学であるかの如く誤られてゐるはしないであらうかを私はおそれるのです。専門學者がその學術の通俗化を試みる場合に、こまかくした亂雑な事實をわかりやすい言葉で述べさへすればよいと思ひ誤つてゐるものが、かなりにおほいやうです。單なる博識が決して科学の常識化ではないのです。常識はむしろ種

々の専門學がもたらしたところのものを、必要な最小限度に純化したものでなければなりません。自然を解釋するための科學理論をわかりやすくするために必要な最小の素材的事實が語られ、ばそれでよいのです。専門者は自分がこれに通ずることのおほいために、とかく知らず／＼のうちに不用の素材をまで物語らうとします。これを聞くものに取つてはそれはいたづらに記憶を混亂せしめる外に何の役にも立たないばかりでなく、寧ろわづらはしさを感じてこれをいとふやうになります。今日中學校などの生徒で化學公式の暗記によつて化學そのものを嫌厭しないものが幾人あるでせう。その暗記を強要するための試験に至つては、私はよくも斯ほごな馬鹿げたことが平氣で行はれてゐることにおどろかなくてはなりません。科學の正當なる常識化といふ問題は今日極はめて大切なものであることを私は切に思ひます。

私は以上に主として科學理論の意味について論じました。それは科學にとつてもとより本質的なものでありますが、その外に科學はその日常生活への應用において人生に對する意味をもつことは、また考慮せられなければならないところであります。實際歴史的に科學の發達をたづねますと、かやうな應用的効果の需要にうながされたものがはなはだおほいのです。私たちの衣食住に關する諸問題、その他諸般の實生活に關する諸問題はいふまでもなくことごとく科學の應用を必要とするのですが、更に私たちの藝術の表現手段並びにその保存に關してもまた科學に待たなくてはならないことを思へば、その實用の今更に多大なことを反省することが出来るでせう。これを十分に知らしめることそれ自身が科學の常識化の一面でなければならぬと私は思ひます。

この目的のためにどんな方法がえらばなければならないかについては、やは

り慎重に考究する必要があることと思ひます。諸般の應用に關してはそれ／＼専門的研究が存在するのであつて、常識はより深くこれに立ち入ることを要しないでありませう。私は常識においてはその現在の應用範圍をやや秩序立て、あきらかにすると共に、日常最もおほく接觸するところのものについてや、深く説明すればいゝと思つてゐます。しかもこれが過大に失すれば記憶の錯雜を起してその効果を薄くすることを慮からなくてはなりません。それゆゑこゝには説明そのものに他の興味を附隨せしめることもおほくの場合に必要なでせう。これ等の點は私の前に述べた科學の本質的理論に對するとは全く趣を異にするのです。

最後に私は科學的新研究が社會に向つて發表せられる場合について一言を費したいと思ひます。この事は直接に科學の常識化ではなくて、社會的事實の一つに過ぎないものではありませんけれども、科學そのものに對して社會が注意を向ける

機會をつくることにおいて間接にこれに關聯するでありませう。そして若しこの新研究が科學の理論を進めるに貢獻するものであるか、または日常生活に多少の影響を及ぼすものであつたなら、即ち常識のなかに取り入れらるべき點において、なほまたそれが目前にあらはれたといふ事實において、社會はこれに興味をもちひいて更に新しい研究をすゝめる機運をうみ出すことが出來ます。科學の常識化とその専門的研究とはかやうな社會的事實を媒として關聯するのです。けれども常識はこの新研究の價值に對して批判能力をもちません。それゆゑたとひ新研究があやまつたものであり、無價値なものであつても、これを正當に批判することなしにうけ入れる危險があります。この場合に學者はこの新研究において誤謬をなしたといふことには罪をもたないわけですが、併しこれを直接に社會に發表して世をまよはしたといふ點で罪せられなければなりません。ましてそれが或意味

で宣傳的に行はれるやうな場合には、それはまことにゆるすべからざるものです。學術的研究の發表はそれゆゑいつも學界において、少くとも他の學者を對象としてなされなければなりません。その上で社會に影響を及ぼすことについては、それは研究者の直接の責任ではないわけです。私は醫藥の發見などが屢々宣傳的に社會に公にせられるのを見てまゆをひそめずにはをられません。また種々の醫療品などが科學的に極めて無稽な事實を羅列して、しかも専門語を用ひることによつて世人に何等か學術的根據をもつかのやうに誤信せしめて、公々然と大廣告をひろげてゐるのに對し、おほくの醫學者が世人に親切にそのあやまりをたゞすことなく傍觀してゐることを私は甚だ遺憾に感せずにはゐられません。それが多少の迷信的効果をもつといふことは少しも默過の責をふさぐにあたひしないと私は思ひます。醫療のことは日常生活に最も緊要な一つのものであります。これに對して科學

の正當なる常識化をはかるのは極めて必要なことです。彼れ等は常識的に健康法を説くと共に、世をまよはすところの一大事實を見のがしてはなりません。電氣的裝置を有しない器具が何ゆゑに電氣的効果を及ぼし得るでせうか。いはゆるデア・マグネチズムとは如何なるものであるか。更にそれがどんな醫療的効果をもちでせうか。紫外線とはどんなものであるか。その外種々の名稱の藥品がどのやうな効果を有するか。私はこれ等の一切の正當な説明を、良心ある醫學者諸氏に求めたいと思ひます。科學の常識化を念慮する親切な人たちは果して今の世人に對してこれ等の説明を必要と感じられないのでせうか。

私はこゝに科學の常識化をや、嚴格に論じました。實際には併しこれより幾分廣い意味の通俗化が望まれる場合もありませう。なせなら、たとひ常識には必要でなくとも、やはり珍奇な事實を聞くことは好奇的満足をみたし、若しくは自然

の神秘を直感し、または新しい研究心を刺戟するために役だつてありませうから。けれどもそこにはまた神秘をあやまつていたづらに奇蹟的現象を求めて科學から逸脱することもないではありません。私はこれに對してもまたすべての人が科學的常識の何であるかを正當に理解することの必要なのを感じます。

地震と科學教育

あの大きな地震におびやかされた後で二ヶ月餘りもたつた今でさへ、時々氣味わるく餘震がやつて來て私たちの心をはつとさせます。そして震災でみじめに失はれた町々を目にするたびに私たちには地震といふことが當分はあたまを去りまします。ましてその災害を直接にひごくかうむつた人たちに取つてはなほ更のことです。地震を思ふにつけて、それがやみ難い自然現象であるといふこと、その災禍をどうして豫防若くは廻避することが出来るかといふことが私たちのあたまにかびます。或人たちは今度の災害をみて人間の科學といふやうなものは自然の大威力のまへに一顧の價値もないものだといひました。科學がどんなに發達

しやうごもより大きな地震の起るといふことをどうにも左右することの出来ないのは恐らくは事實でありませう。さうすれば人間はいつまでもその災禍を多少でも受けなくてはならないわけです。けれどもそれがために科学が果して価値がないといへるでせうか。世上の人たち、特にわが國の現在の一般の人たちは科学なるものに對して餘りに無理解であるのを私はこの際に強く感せずにはゐられません。

私はあの大地震後に、屢々大地震再來のうはさがつたへられるのに出あひました。「今夜の何時にまた大地震がくるさうだ」とか、「明日の何時に云々」とか、さういふことが如何にも眞實らしく、いかにも根據あるらしく口々につたへられて、まだ不安の絶えない人々の恐怖の念をそつてゐるのでした。殊に私の今すんでゐる小さな田舎の町では、そのうはさがいつも私の説であるとしてつたへられる

のでした。たれかがいたづらにそんなことをいひ出すのが、漸次本當のやうにつたはるのかも知れませんが、私はかへつて人からさういふうはさを知らせられたり、路傍の人から直接に聞かされたりして、喫驚し當惑せずにはゐられませんでした。現時の地震學の幼稚な程度では決して嚴格な學術的根據をもつて地震を豫報することは出来るものではないといふことくらゐは、小學教育を受けた人なら知つてゐてもいゝ筈だと思ひますが、よしそれをおいて常識的に判断しても、大地震の再來がわかるくらゐなら、なせ最初の大地震がわからなかつたかくらゐのことはたれしも推斷される筈であると思ひます。どうも非常の際にはすべての人に常識をさへ期待することの出来ないものだといふことはこの一事でも推知されるやうです。鮮人襲來騒ぎなどもその常識缺如の一例になるわけです。けれども、ところがすつと後で、大地震から一月近くもたつたころのことでしたらうか。東

京の或新聞記者がわざわざ「たづねてこられて、「この町へ来たら先生が地震を豫言されたといふことを聞いて、これは面白いことだと思つて、御説をうかゞひにまゐりました」といはれるのです。これには私も改めて恐縮するより外はありませんでした。自分もそんな學者になつたものだと思ひながらも、地震學の性質を練かへし説明しました。「餘震は氣壓變化や潮汐によつて誘發されることはあり得るでせうが、それがいつ起るなどは豫報出来るものではない」といひましたら、その記者は失望の態で歸つてゆきました。ごうも普通教育あたりで、地震の原因なごをすつかり見て来たやうに餘りに確定的に説明してゐるといふ様な弊もありはしないかと私は思ひます。地震がごうして起るかといふことはまだ現在では、可能的な想像をするだけで、その判然とした證據を私たちがにぎつて言つてゐるのではないのです。こんな點も教育上大いに注意する必要があるはしまいかと思ひます。

ます。

地震再來のうはさは地方ばかりではないと見えて、東京あたりでも随分行はれたやうです。私の實際聞いたのは十月四五日ごろの夜半過ぎ午前何時かにかなり強い餘震のあつた後で、もう一度大きいのがくるといふうはさが立つて、しかもそれが或町々では警察から自警團を経て各戸につたへられたとかで、あかつきの寒さにたへながら一時間餘りも戸外にゐたといふ知人の話です。こんな事もあるのですから、淺草觀音の御利益がたゞへられるのも無理もないのでせう。氣象臺の藤原博士は「淺草の觀音に緣故のものだけが選擇的に焼け残り、間にまじつてをつた仲店などは焼けたといふ。若し事實とすればそれは矢張り御利益による事としてわれ／＼はうや／＼しく引下がるより外はない」といつてをられますが、私はそれが同博士の世間へ對する一種の皮肉であるか、若しくは眞摯なる氏の宗

教的意識からであるか、解釋に苦しむのです。観音の堂宇が焼けるとか焼けないとかは宗教的信仰に對して全然無關係でなければならぬことは勿論です。可燃物質の焼け得ることは、丁度人間の肉體が死滅せずにはゐないのと同様に疑ふことの出来ない經驗的事實です。不思議に焼け残つたといふことで、宗教的崇拜の價値があるとするなら、私はそれを一つの偶像崇拜であるとするに躊躇しませぬ。迷信から離脱した眞の宗教的核心はそんなものであつてはならないので、私たちの景仰する宗教的奇蹟は微妙なる自然法則そのものでなくてはならないと私は信じます。宗教の眞髓は斯様にして科學と相むすびつくべきものでありませう。勿論私たちは今日の科學で説明することの出来ない事實をたくさんにもつてゐます。それは現象の複雑なためにそれを一々分析解釋することの出来ないのによるか、または充分觀察のゆきとどかないことによるか、若しくは私たちの未知の法

則がふくまれてゐるかにあるでせう。地震はもとよりですが、毎日の天氣豫報さへ完全にゆかないのはそのためです。観音の堂宇が焼けなかつたことが、若しその御利益によるとするなら、毎日の天氣を豫報するにも寧ろその御利益に祈願した方がよくはありますまいか。私は観音の焼けなかつた御利益なるものは、即ち自然法則そのものに外ならないと思ひます。

大地震の豫言はまた屢々或程度の宗教的臭味をもつて行はれてゐます。それがあたらなかつた場合にはそのまゝ人々にはわすれられてしまふし、偶然にもあつた場合には何かの神秘的な内容をふくむかの様に注目せられるのですから、そんな豫言の行はれるのも不思議はないかも知れません。でも私にはさういふ豫言が、いつも既に科學的に明確である事實に對してはあらはれないで、まだ科學的に充分知ることの出来ないことに對してばかりはゞをきかせるやうに思はれるの

です。たとへば日蝕がいつあらはれるといふ様なことは今日私たちにちやんとわかつてゐることですのに、これを豫言的にいひあてやうとすることは、いはゆる豫言者たちには自分の言葉の神秘性を證するためになせ用ひられないのでせうか。私はそれらの人を全然邪推的に見やうとのみはしますまい。またすべてをかるがるしく見過ごさうとはしますまい。或人が凶事のまへに何かの豫感をもつといふことはあり得ることでもありません。けれども私たちはその際なほよく深く考へなければなりません。この豫感なるものと將來せる凶事とは果して必然的にむすびつけられるのであるかごうか。客觀的に見て私はそのことが頗る疑はしい場合がおほくはないかと思ひます。これ等のことが實際に神秘性をもつて人々のあたまにしみ込むのは、いづれもその凶事の起つた後のことであつて、その際に或る變兆が凶事の豫感として求められ斷せられるのです。その變兆が果して凶事のためであつたのか、またはその他の注意されない出來事のために存してゐたのかは、やはりわからないのです。この兩者をむすびつけて考へることが寧ろ最も容易な解釋であり、そして同時に宗教感にともなふ自然の神秘性を認容しようとする欲求を満足せしめる最も手早い道であるからではないかと私は思ひます。本當の事情はもつとく複雑に入り込んでゐて、直接には關係のない兩者が偶然に前後してあらはれたのかも知れません。偶然といふのは決して科學的に理由のないといふ意味ではなくて、現象の起る理由は勿論あるのですが、私たちがそれを追隨するには餘りに遠方までたごらなくてはならないといふに外ならないのです。ともかくも實際に直接の關係があるものならば、それは科學的に追隨し得る可能性をもつてゐることはゆるされるでせう。ですから究意的には私たちに取つて、變兆と凶事とが一見何の關係もないといふことが不思議なのではなくて、却てどんな

めであつたのか、またはその他の注意されない出來事のために存してゐたのかは、やはりわからないのです。この兩者をむすびつけて考へることが寧ろ最も容易な解釋であり、そして同時に宗教感にともなふ自然の神秘性を認容しようとする欲求を満足せしめる最も手早い道であるからではないかと私は思ひます。本當の事情はもつとく複雑に入り込んでゐて、直接には關係のない兩者が偶然に前後してあらはれたのかも知れません。偶然といふのは決して科學的に理由のないといふ意味ではなくて、現象の起る理由は勿論あるのですが、私たちがそれを追隨するには餘りに遠方までたごらなくてはならないといふに外ならないのです。ともかくも實際に直接の關係があるものならば、それは科學的に追隨し得る可能性をもつてゐることはゆるされるでせう。ですから究意的には私たちに取つて、變兆と凶事とが一見何の關係もないといふことが不思議なのではなくて、却てどんな

ことも必然的な関係をもつてあらはれるといふ事實の方が寧ろ不思議なのではありませんまいか。

こんなことを考へながら私は科學の本當の意味が一般の人たちに存外に理解されてゐないことを感せずにはゐられません。科學の法則や應用をまなびながら科學の意味を知らない人もたくさんにある様です。科學教育は今世間で行はれてゐるやうに、たゞ引力の法則がどうであるとか、物質の性質がどうであるとかを教へればいゝのであると思つてはなりません。専門的に科學の研究またはこれに關する仕事に従はないかぎり、一々の法則や公式は學校を出ればやがてはわすれてしまふのが當然です。若しこれ等を記憶させやうとするだけが科學教育であるのなら、それは少くとも普通教育として無意味のものであり、これを學ぶだけの時間は無駄に費されてゐるといはなければなりません。私は科學を教へる以上、少

くともその意味を理解させるにつとめなければならぬと思ひます。一々の法則や何かはその材料としての役目をもつてゐるので、常識に必要なもの以外は、必ずしも一通りをしかも専門的な順序で注入する必要はないと思ひます。中等教育や高等普通教育の教科が、單に専門の教科を簡易にしたものに過ぎないといふ現今のあり様は私の最も不満に思ふところです。

それですから通常の人たちが地震學に對する常識をもつてゐないといふことも答めるに足らないかも知れません。なせなら物理學とか化學とかいふものは教科のなかに存在してゐても、地震學などといふものはそこにまるでないからです。けれど地震が自然現象の一つとして私たちの生活に無視することの出来ない、否今度のやうな大惨虐を逞うするものである以上、常識として普通教育のいづれもにこれに關する多少の知識が缺けてゐてはならないのでせう。一體普通教育にお

ける自然科学を物理学とか化学とかいつて分けるのが間ちがつてゐるのです。専門教育としてはそのやうな分科が必要になり、従つて地震學はまた通常の物理学から分岐することになるのですが、さうなつた物理学をそのまま簡易にして普通教育で教へるものですから、地震などは迷子になつてしまふのです。地震が地殻における弾性波動の現象であるといふこと、並びにこれに關する幾らかの事實は常識として教へておく必要があると思ふのです。

現在の地震學がどんなものであるかといふ大體の見當はやはり常識的に私たちの知つてゐなければならぬことです。それが缺けてゐるからこそ私の上に述べたやうなことが地震に際して起こるのです。このごろ新聞の噂種を讀んでゐましたら、こんな記事にぶつかりました。氣象臺の中村博士のもとへは震災後頻々として脅迫狀がまひ込む。あの大地震が豫報できぬくらゐなら早速職をやめてしま

へど。こんなことは無名者の面白半分は無責任さからよくなされることでもありません。若し眞面目なものがあるとするなら、それは現在では地震の豫報の不可能であることを解しない無知の所爲であるといはなければなりません。地震の原因が嚴確には學術的に知られないものであり、またその推察的原因に相當する變象を觀測する機關が極めて不充分であるといふぐらゐは、やはり常識的に知つてゐてもらひたいものです。地震學はまだ幼稚なものであつて、その原因や發生の時機に關する眞の學説は存在しないといつてよいのでせう。或新聞の「近事片々」には、私が大森、今村博士の學説をくつがへす論文を發表するなどと書いてありましたが、こんでもないことです。私は素より地震學を専攻するものではありません。たゞ併し地震學のどんなものであるか知らぬは解してをり、従つてそこにはくつがへされる程の學説すら存在しないことは知つてゐます。そ

して物理学を研究してゐるといふ點で、私は一步進んで地震の研究のためにはどんな事が大切であるかを論じて専門學者の参考に供するだけの意見はもつことが出来ると思ひます。そしてこの様なことだけは、一般が地震に特別の注意を向けてゐる今日の機會にこれを示して地震學の現状をあきらかならしめ、あはせてその研究を進めるために公けにしておきたいと思ふのです。地震學研究の費用などが極めて制限されてゐる現在のあり様に對してその幾分の擴張に資し、またこの研究に従事する學者の極めて少ない際にせめてはその有効な協力を切望するからであります。

私はこの機會になほ一言しませう。地震は恐怖すべきものであつて、地上に地震を絶たせたいといふことは、恐らく苦しい經驗をなめた人たちの思ふところであります。けれども地震は私たち人間の力で阻止することの出来ない自然現象

です。どうしてそんな思むべき現象が自然に存在するのでせうか。このことは自然の存在が人間に對する深い意味を思考する場合に考慮せられることかと思ひます。今度の災害を天譴だと解するやうな人のあつたのもこれに關聯してゐるでもありません。併し一つの自然現象が人間に天災としてはたらくかどうかは、人間のこれに處する方法に依存するのであつて、それが思想の根本に關係するなどいふことは勿論ありますまい。地震は防止することは出来ないでも、これが及ばず災害を出来るだけ減少することが科學的に可能であるのはうたがひもないことです。私のこゝでいはうとするのは、そも／＼人間に災害だけをもたらして何の利益もない現象が自然に存在し得るかどうかといふことです。有毒物も適宜に用ふれば私たちになくてならない藥品となることが出来るでせう。地震と關係の深い火山現象でもそのおかげで温泉がわき出づるのです。恐らくは人間に對して意

味の無い自然物や自然現象はないかも知れません。私たちが無用と思ふのは、ただその利用の方法を知らないからでもありません。それならばこの恐ろしい地震はごうでせうか。

現在の地震學はまだ幼稚ながら、併し地震を既に科學的にはなほだ有用なものとて研究に進んでゐるのです。地震の波動は地球のごこへでも到達してゆきます。それはたゞ表面をつたはるばかりでなく、地球の内部を貫徹して進みます。丁度光りの波動が宇宙の空間をつたはつて、おほくの星の世界を私たちに示現するやうに、地震の波は私たちの見すかし得ない地球の内部にどんな物質がどんな状態で存在するかを私たちに知らせてくれる唯一の現象なのであります。むかしの想像ごほりな熱したごろ／＼な液體や氣體ではないことがこれのおかげで私たちに示されました。つまり地震はそんな内奥のあり様を見とゞけて來てくれる大

切な私たちの使者となることが出来るのです。若し地震などがなかつたら、地球の内部は永久に私たちに秘せられてゐるかも知れません。だれも地球を打ち割つてそのなかを検することは出来ませんし、また打ち割つてしまへば、現在の状況とは非常にちがつたものになつてしまふでせう。ですから地震は地球研究のためには重要な役目をもつてゐるあり難い現象です。そしてまた地球の内部の状態をよく知悉するといふことは、一方に地震の起る原因をも探究してその醸す災害を防止するためにも根本的に必要であることは申すまでもありません。

ともかくも地震について科學的に深く研究することは、私たちに取つて純學術的にもまた實生活上にもはなほだ必要なことなのです。そしてこの様の意味はやはり科學教育で一般に教へておかなくてはならないのであらうと思ひます。私はこの地震を機として人々が幾分でも科學に對する眼をひらき、その大切なことを

自覺すると同時に、科學教育の方法についてもその當事者において反省するところあらんことを希望せずにゐられません。

この稿を書いてゐるときに私は丁度大森博士の訃に接しました。博士が多年わが國の地震學に貢献せられ從來殆ど一人でその研究をつゞけられたことを思つて悼惜の情にたへない次第です。殊に今度の地震を海外にゐて聞き知られ、歸朝と同時にその災害の跡をもしたしく見るこゝが出来ずにおもい病床につかれたことは博士自身に取つてもごんなに遺憾であつたかわかりません。博士の研究による地震帶の事實やその他のおほくの業績は、地震學としてはなほ甚だ端緒に過ぎないものであるとはいへ、既往の地震學史において極めてたふといものとして記憶されるでせう。私は東京の地震學教室における研究が博士の遺業をついで益々盛んになると共に、あらたに地震學の根本的な研究とその設備とが充分に興されん

ことを望んでやまないのです。忌憚なくいへば特に後者においては私はその教室の甚だ寂寥なることを感せずにはゐられなかつたのでした。地震の物理學的研究がもつと進められるために、そこには更に多數の學者と設備とが存在しなければならぬことを私はいつも感ずるのでした。大森博士のもとにこれ等に從事する年若い人たちが少くとも數人はゐなければならぬ筈でした。私はこれについて過去の事情を云々することはしまい。たゞ併しこの機會において、博士の後繼が特にこの意味で心を用ひられんこと、並びに政府若しくは社會がこれに必要な資力を供給せんことを熱心にさげばすにゐられません。たゞひ帝都復興が企てられやうとも、この用意なしには、再び危機に遭遇することがあるかも知れません。いはんや物質的復興がどんなに立派に出來あがらうとも、それは或る意味において一つの學術的發見には如かないのです。なせなら後者は私たち人間の心に共有

な寶として永遠に残り得るものであるからです。帝都復興に關して軍事當局者は類に航空攻撃豫防の方法を説かれるやうです。現時の世界の狀勢においてそれは或ひは考慮する必要があるかも知れませんが、併しそれは決して私たちの望ましいものではありません。私たちは寧ろこれよりはるかに強い程度において、私たち人間のすべてが望ましい仕事をかへりみる必要がありはしますまいか。しかもそれは前者に要する費用のうちのいふに足らない一部分をもつて餘るのです。科學的研究、そしてこれにともなふ科學教育、私はこれをそれ／＼の當事者並に一般社會の切實なる考慮にまかしたいと思ひます。

地震學の本質とその 現時の缺陷について

地震の恐ろしさは聞き知つてゐても、それを實際に經驗した人は今まで恐らくは少なかつたことでせう。私は幼時よく祖母から安政の大地震のことを聞かされたのを覚えてゐます。そして大地震には地割れが恐ろしいから竹藪など地中に根を張つてゐる場所へ逃げるがいと教へられました。でも外へ逃げ出す程な地震には殆ど遇ひませんでした。濃尾の大地震のあつた前年に一年間ばかり私の一家が名古屋地方に移つたことがありましたが、それにも遇はずに東京へ歸つてしま

地震學の本質とその現時の缺陷について

ひきました。後で一高時代の友達で岐阜の人がありましたが、その濃尾大地震の危ない經驗から一寸の地震でもすぐさま外へどび出す習慣をもつやうになつたと始終云つてゐました。それでも私が出遇ふ地震はいつも「地震だな」と思ひためらつて居る間に止んでしまふのでした。東京にゐたらいつかしら大地震に出遇ふにちがひないと、私は東京を遠く離れながら然う思つてゐたこともありません。今度の地震でも私は不用意に最初はちき止みさうなものだと躊躇してゐましたが、ちよつとひごさうなので立ち上つて縁側までゆき、又「もう止みはしまいか」と考へてゐるうちに、激しい揺れが來たので今度はむちゆうでどび出しました。それでもまだ家がつぶれる程にならうとは思ひませんでしたのに、私とその表でと轉んでゐる間にその家はばらばらに摧け落ちてしまつたのでした。殆ど瞬時的に烈しい潰れた音を聞いたきりで、後は周圍からがらりと云ふ騒音がつゞくの

耳にしました。私はそのとき始めて、「これはとんだことになつた、大地震が來た」と云ふ感じを得ました。そして何となしに不安な恐怖が湧いたのでした。

今度の地震に遇つた誰しもが多分一度は感じたこととせう。

「あの日蝕や月蝕が豫めちやんと判るやうに、又せめても毎日の天氣豫報がまだ不充分ながらも出されるやうに、若しこんな地震が豫知されることが出來たならば、さうして現在地震學と云ふものが成り立つてゐることを聞くと、すぐそれが實際に役立つのを思つて、地震學を呪ふに至るものさへあつたでせう。引いてはすべての人間の科學が自然の威力のまへに餘りに頼るに足りない慘めなものだと叫ぶ聲をさへ私は到る處に見るのでした。この慘狀を眼にした人たちに取つてそれは或は止むを得ない感想であつたかも知れませんが、併し私はかやうな言葉をどこまでも私たちの科學を眞に理解し従つて地震學なるものゝ本質を知るもの

發するそれではないことを信ずるものです。それがために私は地震學がどんなものであるか、又現時に於てどんな状態にあるかを一般の人達のまへに説明して、その將來に多くの希望を繋がしめたいと思ふのです。本當に科學は私たちの忍耐ある努力によつて建設を待つてゐるのです。地震學はいつの日にかは私たちに恐るべき地震の發生を豫知させてくれるでせう。それにしても私はその研究の益々精緻に且つ正確になることと、一般の人達が之を誤なく理解するに至ることとを切望せずにはゐられません。國家若くは社會としては之が研究のために更に多くの費用を惜まないことが必要です。今度の地震による直接並びに間接の損害が巨億にのぼり、一つの戦争のそれよりも遙かに洪大なるを思つたなら、その研究のために費すところの如きは眞に言ふに足らないものであることを顧みるに充分でありますまいか。試みに現時の地震學教室並びに震災豫防調査會の費用をた

とへば航空軍備のために要するものと比較してごらん下さい。恐らくは思ひ半ばに過ぎるものがあるでせう、それによつて幾分でも地震學の研究が進められるならば、一つの國家又は社會のみではなく、私たちすべての人間の幸です。況んや亦人間の文化的所産たる純正科學の進歩をも之によつて期することが出来るのでありますまいか。それが完全されぬうちに人々は徒らに地震學者を責めてはならないと共に、又地震學者等は各その襟懷を拓いて協力事に當らなければならぬのを感じます。

二

昔から日本には地震がかなり數多くあつたので、地震を豫知すると云ふことに關してもいろいろな言説が行なはれてゐました。併し地震を感覺的に豫知するた

地震學の本質とその現時の缺陷について

めにはいづれにしても、地震の直接の誘因若くはその前兆を感得するより外に方法のないことは明らかなことです。誘因としては主として氣象の或る状態が想像されなければなりません。地殻は大氣の壓をうけて之と平衡してゐるのであつて、之が變化するに従つて必ずしも地殻の動搖が起らないとは云へないことは、容易に想像することが出来るでせう。即ち氣壓の時間的傾度の甚だしいときに地震が誘發せられることはあり得るわけです。昔の人も地震の際の天候に對して注意を拂ひ、蒸し暑い日に地震が起るとも云ひ、又安政の記録などには

「茲に十月二日はひねもす空曇り、小雨そぼふり、巳中刻頃また巽にあたりて虹の如くその長さ十丈程なるすぐの氣たつ。夜は殊に寒くして空はれたり」
 とも載つてありますが、果して氣壓傾度が地震に關係してゐるかどうかは之では解りません。同じ記録に元録地震の際の話を引いて

「老人の曰、星ひきく見え冬暖かなる年は地震あるものぞとて、家にかすがひ打ち繩からげなごして置きけるに果してその大地震ありしとぞ。こゝに思ひあたれることこそあれ。頃年冬暖かにして寒中雪ふること稀なり。また今年夏入初めより巽にあたりて大いなる星出づ。その光甚だしく人々怪しみ思へり。」

と出てゐます。秋の地震が既にその前の冬の氣候に影響してゐると云ふことは確かではありません。恐らく地震のあつたために何か異變を求めて冬の溫暖や星の出現を之が前兆として強ひて結びつけたのでせう。

氣壓傾度が地震の誘因となり得る可能性はあるとしても、之がいつも地震を起すとは限りません。地震は地殻内の變化ですから、私たちは寧ろ地象の或る異常状態を求めなければなりません。安政の大地震の際に、淺草藏前の或る眼鏡屋の店先におかれた大磁石に、それまで吸ひついてゐた鐵釘がみんな落ちてしまつ

地震學の本質とその現時の缺陷について

たのをその主人が不審に思つてゐるごまもなく地震が来たご云ふ話が傳へられてゐます。これが地球磁氣の變化によるものとすれば、地殻内に何等か壓力の變化が起ることによつて然う云ふ局部的な現象があらはれないとは云へないかも知れません。之は若し事實であつたごするなら極めて興味ある事柄ではありますが、併し地殻の異常な變化が必ずしも磁氣的變化をそれ程著しく伴ふものでもなく又地球磁氣の變象が寧ろ他の原因によるごが多いのを思へば、之れで地震を豫知することは不可能でもありません。

地震の前兆として又屢々井戸の水が濁り、又は海水が著しく退くと云ふやうなごが傳へられます。安政の地震の折、本所邊の屋敷にゐた家中がその朝井戸の水の濁つて汐氣のあるに氣づいて地震の兆ごなし、土藏のなかに預け置いた荷物を返してもらつて、尙ほそのよし振れまはつたご云ふ話があります。井戸の水の

濁るごは恐らく地面に既に相當の震動が起るか若くはその他の或る變化がなくはなりません。今度の地震でも私の住居の井戸は大震後すぐに白く濁つて不透明になりました。併し地震の以前にご程濁るかは頗る疑はしいごで、況して震源地を離れた場處ではそれは考へ難いであります。海水が退くごは海底に震源を有し、そこで或る變化が行はれた場合にあり得るごでせう。明治五年濱田の地震の際には、その半時間以前から潮が著しく干いて魚を手捕りにするごが出来たと云ふごですが、之が果して土地隆起によるものであり、そして土地隆起が地震ご直接に關聯してゐたものとすれば、之は正當な地震の前兆ごとして見られるごもあります。けれども土地隆起それ自身は極めて徐々に起るもので、然うでない場合には力學的に考へて何等微動もなしに起るとは思はれません。若し微動があらはれるごするならばそれは別に前震ごとしても感じ得たごでせう。

今度の地震にも三浦半島で海水の著しく干いたのを大震前に見たと云ふ話がありますが私はそれを疑ひます。三浦半島と同様に數尺の隆起を生じた房州地方では然う云ふ話を聞きませんし、却つて大震後數分で多少の津浪を見、又は場處によつては幾分の海水の浸入を見た後、すぐにそれが退いてしまつて舊に歸らなかつたと云ふのが事實であるらしく思はれます。海面の陸地に對する變化は檢潮器の記録によつて正確に知られるわけですが、その異常の状態に對しては氣壓の變化の影響もあるのですから、それだけが地震のためであるかは、氣壓状態と比較して審かに檢しなければなりません。

この外に地震の前兆としては雉が鳴くとか、鯰が騒ぐとか、鼠族が居を移すとか、種々の動物の異變を知ることが云ひ傳へられてゐます。動物の感覺が極めて鋭敏であるのは事實でせうが、之等が地震を感知するには、やはり氣象とか前震

とかに依らなければなりません。前震を最も鋭敏に感知することは甚だ必要なことですが、私たちは之を動物の動作によるよりも、もつと直接に適當な装置によつてなすことが出来るでせう。

地震の前兆として數へ擧げられたものは以上のやうにたくさんありますが、私たちが之を自然の現象の間に探し求めてゐるうちは原始的であること云はなければなりません。しかも現時ですらもそれが屢行はれ話されてゐる程に一般民衆の地震に關する知識は原始的なのです。私たちは寧ろ適切に設備せられた人爲的装置を用ひて之が觀測を行はなければなりません。こゝに地震學が始まるのです。

三

地震學は極めて新らしいものであつて、従つて私たちのもつてゐる近代科學の

地震學の本質とその現時の缺陷について

うちでも甚だ幼稚な有様にあることを知らなければなりません。

近代地震學の先驅として私たちは先づ地震の歴史的記録を調査し、それらの地震の程度、狀況、並びに年代的及び地方的分布を研究しました。これでどんな地震がどの地方に何時起つたかを知ることが出来、次に起り得る地震のために經驗的な參考材料をつくる事が出来るでせう。これとても一八五〇年代に佛國のグレイによつて端緒を始められたのであることを思へばそれらの知識さへまだ新しいものであることが判ります。

私たちは起因の明かでない同種の現象が多數繰返して起る場合に、之が統計をつくりて次に之が再び起らうとする確度を計算することが出来ます。同一の地方に何年目に大地震があつたかを調べて之が平均年数を求めたなら、次の同じ平均年数の間に一度はまた大地震が来るであらうと云ふ豫想は、確度論の範圍に於て

正當でなければなりません。多くの人間の壽命を統計して、どれ程の年齢の人がその一年間に死亡する確度を私たちは同様に計算することが出来ます。生命保險なるものはこの確度論の結果を根據として安全に成り立つことが出来ます。只地震の場合には人間の數ほど多くの經驗をもたない點に於て確度からの外づれが多いわけでありますが、若し充分な材料が與へられるならば、之に依つて震災保險の如きものは成立し得るでせう。けれどもこの種の統計方法に於ては、個々の事象の直接起因を全く無視してゐるのですから、實際にそれが起るかどうかの豫言としては全く無價値のものであることは云ふまでもないことです。壯年の人の死亡確度はどれ程少ないとしても、或る個人の生命状態をそれは決して云ひあらはすことは出来ません。同様にこれまで多く地震の被害をうけなかつた土地に突然に地震が起らないとは、少くとも統計的には斷することは出来ないのです。

それですから私たちは地震について記録的に研究する場合に於てでも、どうしても單なる統計的方法を一步踏み超えて進まなければ無意味になります。この意味で先づ地震の震源地と想像せられる場處の分布を見出すことが大切になります。固より昔の不完全な記録によつて震源地の正確な位置を決定することは頗る困難で且つ誤り易いものではありませんけれども、その大體を推量することによつて満足するより外はありますまい。ともかく斯様な方法によつて地震の震源地となり易い地帯を見出すことが出来ます。之を通常地震帯と稱してゐるので、我が國に於ける地震帯は大體に於て大森博士等の研究によつて既に知られる様になりました。

併しながらこの地震帯の發見が單に以上の記録的方法に依るものであるならばこれまた一つの統計的確定を示すに過ぎないことは明らかです。地震帯上の地點

が實際に震源地となり得るかどうかは、少くとも地層構造上の理由若くは火山脈との或る關係が明らかにせられなくてはなりません。尤も地震の生起は逆に地震帯が地層構造上の或る弱點を示すものであると云ふ假定に導くことが出来ます。地震學者は更にこの假定のうへに次の假定を附加しました。即ちこの弱點に沿うて地層の或る不安定が存在し、之が地震の生起毎に安定の状態に導かれるのである。斯様にして地震帯上に震源が既往に分布されたならば新らしい地震は起るまいと云ひ、震源が間隔をおいてその中間に缺除すれば、そこに將來地震が起るであらうと豫言されてゐます。今村博士が曩に相模灣海底の震源地たり得ることを指摘して將來の東京の大地震を豫想し、大森博士がこの説を否定されたと云ふのも、要するに地震帯上の震源分布の判斷の僅小な相違に過ぎなかつたでありませう。更に今村博士が今度の大地震の不幸にも自説に適合したことを諸處に發表せ

地震學の本質とその現時の缺陷について

られると共に、

「また今回の大地震は我が太平洋側に於て海岸線に略並行する大地震帯に属するのであるが……大抵勢力も消耗せられたやうにも見えるし、またたとへ一步を譲つて餘力がなほ存在するとしても、東京からの距離が遠くなるため無害となること、去る六月二日の地震に於て経験した通りである。右の如き理由によつて今後は大地震なかるべしとの結論を生ずるわけである。」

この今村博士の最後の文は固より學術的の範圍のものではなくて、一般社會に公表せられたものでありますから、地震學者としての社會に對する責任を顧慮せられたところがあつたのに違ひありません。大震後、人心不安の際に「今後大地震なかるべし」この幾分の豫想でもが地震學者の口から示されるならばそれは

靜穩に歸らしめるために極めて効果多いことであつたでせう。之に反して平常に在つては「今後五十年位の内にはどんな地震が再び襲來することを覺悟し」と統計的にでさへも云うておく方が一般者を戒めるに對して甚だ適切であることが認められます。若し併し嚴格にその學術的根據を論ずることが許されるならば、上に引用した様な結論は確實な前提を缺いた單なる推測であるに過ぎないと謂はなければなりません。私はこゝに世俗の或る豫言者若くは占者の例を引かうとは思ひません。さうでなくとも一般の常識者が自分の經驗から地震の有無を豫想するに對して、今村博士等の言葉が或る學術的色彩ある假定を媒とする以外に多くの異なつた處のないのを見ないわけにはゆきません。この假定が學術的に價値あるものとなるためには、何等かの學術的方法によつて證明されなくてはなりません。それが單に統計的歸結であつては不充分です。たとへば或る人が始終病

氣に惱まされてゐるとしませう。病弱のものは身體機關の或る缺陷があることを考へられますから、他の健康者に對比された場合に、彼がより早く死亡するでもあらうことが豫想されるでせう。けれどもその人が果して早く死亡するかどうかは、單に病氣の統計によつては決定されないものであつて、現在の病患が病理的にどんなものであるかが知られない間は、その早死を學術的に豫言する事は出来ません。之と同様に一つの地層が弱いと經驗せられても、それだけでそこに破壊的地震が起るかどうかは學術的には決して斷言せられてはならないのです。寧ろその地層の現在の状態がどんな力學的不安定を保持するかが先づ知られてゐなければなりません。之を知らうとする研究の階段に於て始めて私たちの正當な地震學が始まるのです。地震學が地層の力學的研究に到達しない間はまだその豫備時代に過ぎないと云はなければなりません。

誤解を避けるために私はこゝに附言します。私は以上に於て必ずしも今村博士の公表せられた言葉を咎めやうとしたのではありません、却つてそれは一般社會に對しては機宜に適したものであつたことをさへ認めやうと思ひます。けれども同時に私はそれは決して嚴肅なる科學的論據に依つたものでないことを一般の人達に理解せしめたいと思ふのです。なせなら私は彼等が地震學のどんなものであるかを正當に解することを望むからです。若しこの意味で遺憾とする處が指摘せられるとすれば、それは今村博士が地震學の幼稚であることを一言して、その意見が必ずしも正確な科學的必然性をもつたものでないのを注意せられることになつたことでありました。

四

私は以上に於て地震記録の考察が地震學の豫備的研究であつて、正當にその固有の科學的研究の範圍に屬すべきものでないことを説きました。なせなら之等の記録は必ずしも科學的觀察に基づいたものでないからです。それならば地震學の本質は果して何によつて形づくられるのでせうか。

謂ふまでもなく地震は地殼の或る範圍から起された震動であつて、之が諸方に震動として傳播するのです。私たちは地殼内部にどんな状態が存在してその震動の原因となつてゐるかを直接に見ることは出来ません。只地面上に於て之を觀測することによつて寧ろ地殼の震動状態とその構造を推知しなければならぬのです。この場合に固より地質學的考察が必要であることは明らかです。けれども地質學的知識はやはり地表面の状態からの推測に基づくものです。之に反して地震の震動は却つて直接に震源そのものの力學的現象を傳へ、若くは地質學的に容

易に到達し難い大洋底の状態なども知らしめる點に於て、之に超ゆる材料をさへ提供します。私たちはそれ故先づ地震波動の模様を審かに觀測研究しなければなりません。

近代地震學は實にこの地震波動觀測の可能性を明らかにし、之が機械的裝置を老案せられたことに於て始まつたのであります。今日地震計と稱へられるものは即ちこの裝置であります。地震計は振子を地面に固定的に結びつけ之と共に振動し得るやうにすればよいのです。只振子は自分の固有振動を同時に惹き起しますから、之を地面の震動から引き離すために適當な裝置によつて固有振動を沮止しなければなりません。又地面の震動は種々の方向に起りますから、通常之を東西及び南北の水平方向と上下の方向とに分ち、前者は通常の鉛錘振子により、後者は錘をゼンマイでつるして鉛直方向にのみ振動し得る様にせるものによつて記す

地震學の本質とその現時の缺陷について

ことが出来ます。水平動地震計は一八八〇年我が東京大學に招聘せられてゐたユ
ーイング博士によつて、又上下動地震計はもと佛國のグレイの創意せるものをユ
ーイング博士の改良することによつて完成されました。現在用ひられてゐる多く
の地震計は原理的には之を踏襲したものです、只稍異なつてゐるのは後に獨逸の
ウイーヘルト教授が非常に重い物體の惰性を利用して極めて微細なる震動をも數
千倍の大いさに記すことの出来る地震計をつくつたことです。この場合には震動
を單に機械的に記す代りに、電磁氣的に記録して更に之を光學的に廓大して見る
ことも出来ます。

地震計によつて記録せられた地震波動は私たちに地震に關する正確な科學的材
料を與へます。私たちは之を分析することによつて、震源並びに地震波動の通過
せる地層の模様を知ることが出来るでもありません。それは丁度私達が光を分析

してその光源の性質を知り、又は之を通過せる媒質の關係を求めることが出来る
のと同様です。光と地震波動との相違は前者が物質原子内の電子によつて起され
る電磁的波動なるに反し、後者は地殻内に起される彈性的波動であることです。
この兩者の性質を理論的に對比しながら、私たちが地震計記録に向つたならば、
恐らくは地震波動の物語る種々の内容を悟ることが出来るであります。分光學
は私たちに既に宇宙の極めて遠い果にある星の物質的構成をも推知させ又物質原
子の驚くべき微妙な機構をさへも或る程度まで明らかにしました。私たちは地震
波動の精細なる分析によつて震源の有様や地球内部の構造をも明らかにし得るの
日が來ないごうして言へるでせうか。只分光學の近時の異常な進歩に比べて、
地震學は日尙ほ甚だ淺く、且つ實驗的研究の容易でないためにその進歩の充分で
ないのも止むを得ない次第なのです。けれども地震學の將來はこの點に眼を向け

ることによつて必ずしも悲観すべきものでないことを想はなければなりません。

五

地震波動と光波との比較は私たちに先づ最も興味ある事柄を教へます。光波は電磁的振動でありますから、之は常に横波を形づくります。即ち媒質の振動方向は波動の進む方向に對して垂直であります。ところが地震波は弾性的振動であつて、しかもそれが固体中に起るものでありますから、そこには縦波並びに横波が存在するのです。前者は媒質の弾性的膨脹及び壓縮を傳へるものであつて、その振動の方向に波動が擴がり、後者は媒質の弾性的歪みを傳へるものであつて、波動の進む方向に垂直な振動を起します。しかも之等兩波動は一定の物質内に於て傳播速度を異にしますから、そして通常縦波の速度は横波のそれよりも大きいので

ですから、私たちは地震計記録にこの兩種の震動の含まれ、且つ最初に縦波を、次に横波を感じることを見出すでせう。この事實は實際に露國のガリチンが一九〇九年乃至一九一一年の論文で明らかにした處であつて、彼は縦波並びに横波の最初の振動の方向によつて地殻移動の方向を推知し、尙ほ横波の振動平面が震源、観測地及び地球中心の三點を含む主平面となす角度をも計算し得ることを示しました。

通常は縦波を私たちは微動として感じ、横波をより強い地震主要動として感ずるものですから、最初縦波のみが到着して横波の來ない間は、地震計は微弱な振動を記録します。初期微動と名づけるものが之れであります。若し私たちが縦波と横波との速度を知つて居り、そして尙ほ初期微動の繼續時間を測つたならば、それから私たちは震源と観測地點との距離を計算することが出来るわけでありま

地震學の本質とその現時の缺陷について

せう。丁度電光を見た後に雷鳴を聞いて、その間の経過時間を測るならば光と音響との速度の値から電光の發した場處への距離を計算し得るのと同様であります。今日通常行はれてゐる震源地推測なるものは最初の縦波によつてその方向を知りこの初期微動による計算によつてその距離を見出すものなのです。

世間の一般の人たちは屢々新聞紙上などに大學の地震學教室と中央氣象臺との震源地争ひと云ふやうなことを見るとすぐに兩者の學說の相違を想像して、そのどちらが勝つてゐるかなどと云ふことを、半ば興味的に又批判的に話し合ふやうです。けれども之は地震學に對する無識を表明する外に何の意味もありません。震源地推測の方法は大學でも氣象臺でも少しも異つてはゐないので、その間に學說の扞格は存在しないのです。只地震計の感じ方によつて最初の振動や初期微動の時間を測ることの困難があるために、多少の相違は免がれないのであつて、今

村博士も言はれた様に、「この位の差違をもつて震源あらそひと名づけるならば、この争ひは氣象臺と大學とを待たず、疾くの昔、大學内の地震計同士で震源争ひをやつてゐるわけである」と云つてもよいのです。時には地震計の見誤りもないではありますまい。この九月一日の氣象臺の揭示板に

「只今の地震は午前十一時五十八分四十四秒六の發震にして震源は東京の北々東約十七八里の地點にあるものの如し」

とせられたのは方向を正反對に判じ誤つたものでした。勿論その後（十一日）の發表には

「震央地點は熱海の東方約三十キロ、大島との中間に位し、大島の北十四度西で約二十五キロを離れた相模灘の最深部に位置してゐる」

としてあります。地震後、咄嗟の際に公表すると云ふやうな社會的意味を考慮し

たなら、多少の誤は恕さなければならぬかも知れません。

之を措いて、若し學術的に正確に震源を決定しやうとするならば、私たちはそこに多大の困難のあることを見通がしてはなりません。

第一には右の方法で計算されたものは、震源と観測地點との距離であるとするも、之は直ちに地平面上の震源位置即ち謂はゆる震央地點までの距離とは一致しません。之を知るためには正しく震源の方向を推定して、それが地下どれ程の深さに存在するかを計算しなければなりません。勿論深さの影響を避けるには震源に近い観測地點に於けるよりも、比較的之に遠い場處に於ける記録に依る方がよいわけです。又遠い観測地では初期微動時間が長くなるのでその観測誤差も少なくなるでせう。震央地點の決定には之等をすべて参考に取らなくてはなりません。今度の地震では東京大學で二十六里餘、大阪測候所で三百四十六キロ、神戸海洋

氣象臺で三百九十八キロなる距離を得てゐます。之等が略ぼ相模灘までの距離を與へることは、震央地點の大體を想像するに足りるものです。

第二には震源への方向に對しても尙ほ考察する必要があります。地震波の波面垂線はその通過する媒質が一樣であるならば一直線に進行する筈でありますけれども、若しその間に地質的の著しい相違があるならば、そこで屈折せられることは、光線などと同様です。それですから震源から観測地點への経路を異にするに従つて、特に後者の局部的地質によつて方向を變ずることがありますから、單に一地點での観測によつては震源の方向を必ずしも正確に決定することは出来ません。今度の地震に關して京都大學の志田博士は京都の外、岐阜、津、神戸、大阪、潮岬、濱松等の關西測候所並びに松本、長野、前橋、水戸、一關等の測候所をも参照して、震央を相模馬入川の右岸厚木の西小田原の北と推定されました。之は

地震學の本質とその現時の缺陷について

東京大學並びに氣象臺の推定に比べて多少北方に偏してゐる様ですけれども、尙ほ精細なる調査に依らなければ、いづれかを決定することは困難でありませう。

第三に縦波並びに横波の速度はやはり同様に途中の地質に關係してゐるのであつて、その地質的構造が明らかでない限り實は正確に知られてゐないのです。只私たちは地殻岩石の平均弾性を測つて地震波の速度を假定するより外はありません。ですから、震源が餘りに近い場合には特種の地質の影響をうけて實際の速度が上の假定平均速度と多く外づれることもあるでせう。従つてやはりこの點でも各地の觀測を參考する必要があるのです。

第四に尙ほ震源なるものは必ずしも一地點ではなくて、却つて或る廣い範圍に亘ることが多いのです。この場合には或る一定の觀測地に達する地震波は先づ之に最も近い震源の部分から發せられたものでありませう。それ故震源範圍を決定

するには更に別の考慮を要するわけであつて各所の觀測結果が簡單に震央地點を定むることの出來ないのも之に依ることが亦屢あるのです、震源範圍が狭く且つ地下に淺いならば、震央地點を隔てるに従つて震度が漸次弱まるのが常ですが、之に反し震源範圍の廣く且つ深い場合にはその眞上なる地平面上の震央に相當する部分が尙ほ一層廣くなり、かなり相距つた地點がやはり同様に強い震度をもつでせう。それ故震源範圍を定めるには私たちは地上で同様の震度をもつた場處を連結して謂はゆる等震線を形づくり、之を震源の廣さ並びに深さの判斷に供へなければなりません。併しこの際震度の大いさは著しく地上の局部地質に關係しますから、私たちはこゝにも亦よほどの困難を経験しなければなりません。

以上の考察によつて、震源位置の研究には既に充分多くの場處に於ける觀測が存在しなければならぬこと、並びに精細なる地震學的研究と相俟たねばならぬ

いことを諒解することが出来るでせう。顧りみて現在それが尙ほ甚だ不充分であるのを思へば、震源がさう容易に決定せられないのも亦止むを得ない次第です。

六

私たちは單に地震の震源位置を決定してそれで満足することは決して出来ません。一般の素人は或る地震がどこで起つたかと云ふことに興味を感じ、若しそれが完全に決定せられ答へられれば、それで事柄が終つたやうに思ふ處があります。震源地争ひなど云ふことが喧傳せられるのもそのためではないかと思はれます。併し學術的には震源地がどこであると云ふことよりも、もつと大切な問題がたくさんにあるのです。たとへば震源のどんな状態がその地震を惹き起したか、若くは地震によつてどんな變化がそこに現はれたかと云ふ様な力學の問題は地震の原

因を尋ねるのに極めて大切なのです。

地震の原因については現時に至るまで既に種々の假説がつくられてはゐますがそれは單に地質學的知識から推察、想像せられたものに過ぎないのであつて、私たちはいつまでも之に満足することは出来ません。寧ろ進んで個々の地震記録それ自身からこの原因を探り求める方法を考究してゆかなければなりません。私は多くの教科書などに又今度の地震後にあらはれた一般の雜誌の上に、地震の原因なるものが既に明瞭に判りきつてゐるものゝ如くに記されてゐるのを見て、一般の人々がそれを盲信するのを危ぶまずに居られません。そして私は現時の地震學がそれらを決定する事實的根拠を與へるに足りないものであることを明らかにしなければならぬのを信じます。地震原因の考究問題は尙ほすべて將來に屬するものであつて、決して既往のものではないのです。

たとへば地質學者の或る人たちの書いてゐるのを見ますと、地球が冷却してゆくために地殻よりも内側が収縮し、地殻との間に空隙を生じ地殻は重力のために落ち込むことによつて地震が発生すると云ひ、又岩石が水蝕のために溶かされて空隙を生じ地震の原因になることもあると云ひます。併し之等は或る可能の場合を想像したまでであつて、いつ何處の地震が之を示すかといふ證據はありません。又現に地球が冷えて収縮してゆくと云ふ假説も、ラヂウムの熱放散の現象などが發見せられて以來、頗る疑はしいものとせられてゐます。この外に火山的原因によつて起るといふ地震もありますが、水蒸氣や熔岩を出した火山坑の通路が閉塞されたとき之を破つて通路をつくる際に地震を起すと云ひ若くは火山作用そのものが地殻中に存在して潜火山的活動を起すと云ふのなども、果して如何なる事情のもとに熔岩の通路が塞がれるか、又どんな場合に潜火山的地震が起るかはや

はり判らないと云はなければなりません。要するにそれらの説明は極めて不徹底な想像たるを免がれないのです。

地震の原因に關して斯様な曖昧な状況にあるに際して、志田博士の近時の研究は少くとも私たちに震源に於ける力學的狀態を暗示する一つの途を示す上に甚だ興味のあることであると私は思ひます。即ち博士は種々の地點に於ける觀測から次の事實を發見されました。

各地に於ける縦波の最初の動き方を見ると震源に向つて引かれるものと、震源と反對方向に押されるものがあります。その分布は震央地點に關して凡そ一定であつて、丁度引くと押すこの地點の岐れる境界線を引いて見るとそれは震央地點でお互に直角に交はる二つの直線になります。即ちこの二線に挟まれた四つの象限は交互に震源に對して引かれ、及び押されるのです。この結果は力學的に考へ

て境界線と四十五度に、引きの方向に横たはる裂罅でなければなりません。

この事實は近時の種々の地震に於て大體證明されて來ましたが、今度の地震の場合にも各測候所の觀測のうち京都、大阪、神戸、岐阜、津、濱松、潮岬、松本は西方にあつて、又水戸は東方にあつて孰れも、震源から反對に斜に突き上げられ、その中間北方に位置する長野、前橋、一關は震源に向つて斜に引き下げられる結果を得てゐます。即ち兩者の境界線の一つは松本と長野とを分つて房州突端に達するものも、もう一つは之と略ぼ直角をなして水戸と一關とを分つて更に伊豆を中斷する線であります。従つて震源では凡そ南北に亘つた裂罅を生じたこと云ふことになります。

この地震記録と共に、若し震央地の周圍の海岸各地に於ける海水面の運動が正確に記録せられてゐたならば、以上の事實と相俟つてその結論を尙ほ一層合理的にすることが出來たであらう。海水に關しては今度の地震についてやはり京都の松山博士が言ひ及ぼされましたが、檢潮器の正確な記録によつて之を證することの出來ないのは遺憾であると思ひます。

この種の研究は、まだ震源に於ける力學的狀況を探るに對しての端緒に外ならないのでありますが、從來單に想像を描くに過ぎなかつたものを、明確に事實の上から導き出すと云ふ點に於てともかく一段の進歩と云はなければなりません。

私は更に地震學の研究が、單に地震波の初動にのみ終始するものではなく、進んで地震波の分析に赴かなければならないものであることを信じます。光に關する研究はスペクトル分析によつて著しく發展しました。地震波の波長は極めて大なるものであつて、之を直接に光のやうに分析することは容易ではありませんが、併し私は地震波を地面と接觸せる他の適當な媒質内に進行せしめて之が分析を行

地震學の本質とその現時の缺陷について

ふことを必ずしも不可能ではあるまいと思ひます。地震波は勿論單一の縦波と横波とから成り立つてゐるものではありません。その縦波と横波とは震源並びに通過せる媒質によつて種々のものを複雑に含んでゐます。若しそれらを分析して各の強さなどを知ることが出来たなら、私たちは地震波に對して現在よりもどれ程多くの知識を得られるかは想像に餘るでせう。斯様に見ますと、地震學なるものはまだ漸く今日に始まらうとするのであつて、その將來に於ける研究問題の極めて多大であることを推察することが出来るでせう。

私はこゝに地震波の研究の特に必要且つ重大なるものであるために主として之に就いて述べましたが、地震學の問題は固より之に止まらないのです。地震波の研究によつて震源状態を推知すると共に、たとへば深井を鑿掘して、地下の溫度變化及び壓力分布を測定し之によつて火山的影響若くは地層構造上の力學的平衡状態が常に時間的にどう變つてゐるかを注意しなければなりません。又深井内に於ける地球磁氣及び重力の強さを測りて、之が徐々の變化に注意することも大切です。之等は地震の原因探究に必要なこと共に、又地震豫知のために極めて有効であらうと推測されます。海水面の水準觀測等も亦同様でありませう。更に一方では地殻を構成する岩石土質の彈性を研究して、それらによつて構成せられた地層を地震波の通過する模様を豫め知らなければなりません。岩石彈性の研究は曩に東北大學の日下部博士によつてなされたことがありましたが、地殻の物理學的性質は地質學にも必要なことであつて、私は更にこの種の研究の興らんことも望んで止みません。

七