

508
4

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 $\frac{18}{10}$ 1 2 3 4 5

始



508-4

文 學 博 士 金 筑 子 水 監 修

新 學 藝 講 座

第 一 編

科 學 概 論

平 林 初 之 輔 著

東 京

春 秋 社 版

大 正

11. 8. 14

內 交

總序

新學藝講座の開始に臨み編輯上責任の地位に立つた私は、講座組織の本質に關して、これまで採り來つた又はこれから採らんとしつゝある方針に就いて簡單に一言したい。

本學藝講座の開設に關しては、私は普通の刊行物とは異なる少なくとも三の大なる而して有益な方針を是認し、此の三大方針に従つて、飽まで本講座を有意義有益な事業たらしめんことを期してゐる。

第一方針は本講座を特に新學藝講座と名づけた所以に關する。特に新學藝と打出したのは、決して漫然新奇を銜ふとか、又は出版上の政策に基づくとかいふやうなわけではない。寧ろそこには一層眞率な深い意味が有る。先づ本講座は決してたゞ新奇を競ふとか、流行を追ふとかいふたぐひの片々たるものでないことを承知されたい。單に軽い意味で流行のみを追ふ者は、やがてまた流行のため追ひのけられる所以で、斯くの如きは決して本講座の目的でない。然かもまた他の一面から觀れば、一般文化の進歩と共に、有らゆる學藝は日に月に進歩して停止するところを知らない。各種學藝の研究法に於ても、將たまた其の研究對象に於ても、二十世紀の學藝は全然十九世紀のものとは面目を新にせんとしてゐる。それは單に社會學

や經濟學や國家學や法理學等に於て眞であるばかりでなく、各種の自然科學に於ても、歴史學に於ても、將た倫理哲學、藝術哲學、宗教哲學等あらゆる哲學の方面に涉つても、すべて眞であると斷言される。二十世紀新學藝の氣運は今や勃然として大に起こらんとする概がある。故に本講座は常に此の新興の氣運に注目し、すべて舊習舊慣を捨て、専ら二十世紀新學藝の精神を解説し、咀嚼し發揮せんことを根本方針としたい。本講座の學科目を考察されたならば、讀者は容易に此の根本方針を會得されるであらう。本講座は既定十二科目の外、更に進んで有らゆる學藝の解説發揮を試みようとするのであるから、讀者は漸を追つてますます此の根本方針を理解されるであらう。故に二十世紀新學藝の精神を會得し、其の意味に於て時勢と共に進んで己まないといふが本講座の目的であり又理想である。私は廣く讀書社會に向つて大方が本講座をして、此の目的と理想とを實現せしめるやう贊助されんことを深く要求する。これ蓋し決して單純容易な事業ではないからである。

第二方針として私は本講座を飽まで大學擴張事業といふ眞面目なものたらしめたい。如何に新興の學藝を材料としても、單に簡單な事柄を簡單に平易に叙説するだけでは、まだ眞の學藝講座とは言はれない。大學講座に於て採用されるやうな高尚複雑な學藝が一層平易な一層理解しやすく且一層普及ししやすい形式に於て解説され普及されることは、今日の如き新學藝發生の時代に於ては最も望ましく且最も適切な事業である。本講座が如何なる程度ま

で此の目的を實現し得るか、は今日尙疑問であるが、目的とし理想として邁進せんと欲するところは、どこまでも此の大學擴張の精神に外ならない。故に本講座の書物が、形に於ては單純であり、紙數に於ても甚しく制限されてゐるが、其の割合には内容が高尚であり複雑であることは、單に配列された學科目を觀られたゞけでも明白である。本編『科學概論』を初として『希臘文藝史』『社會思潮』『最近宗教觀』『最近美學』『人文地理學』等すべてが此の事を證明してゐる。此等高尚複雑な最近學藝をば本講座が果たして如何なる程度まで平易に理解しやうい形に於て實現し得るか、各執筆家の用意と苦心の存する點である。本講座が果たして多少なりとも此の大目的を實現し得たらんには、それは單に本講座の面目であるばかりでなく、また實に新學藝普及の事業に與かつたものと言はなければならぬ。すなはち本講座は此の點に於て出来るだけの努力と奮勵とを致さんとする所以である。

第三方針としては本講座は大成の曉に於ては、一種完成した形に於ての高尚な『學藝百科字典』でありたい。斯くの如きは固より一朝一夕にして遂げられる容易な業でない。有らゆる方面に於ける有らゆる新學藝が本講座に登されるにあらざれば、遂に斯かる目的を實現し得たとは言はれない。然かも本講座は、幸ひに讀書社會の翼贊を得るに於ては、既定發表の學藝の外更に進んで各方面に涉つて最新知識を紹介することに最善の努力を致したい。故に本講座の學科目を最初から蒐集されたならば、讀者諸君は漸次學藝百科字典を實現する便宜を

有する。すなはち本講座に従事する編輯者執筆者は、此の大方針をも十分深く念頭に置いて、斯かる目的の實現に向つて最善の努力を盡さんとする所以である。

大正十一年四月

金子 筑 水

は し が き

此の小冊子の目的は、科學とは何ぞやといふ問題を一般讀者のためにできるだけ平易に説明することにある。此の目的のために私は最初或る一冊の書物を選んで、それを解説的に講述するのが最も安全だと思つた。けれどもそれには適當な書物がなく、且つその事業が極めて難事業であり、就中、平易といふ第一の目的が到底達せられないことを知つた。

そこで私は、大體に於て二三の書物によりつゝ、参考し得るものは悉く参考して、當初の目的を達するに如かずと考へた。専門的知識のない、従つて科學に對して一家の見解をもち得ない私にとつて、この企圖が齎した最大の不便は、全體に亘る統一といふことであつた。この困難を救ふために私は科學批評に關する部分では主としてポアンカレ Henri Poincaré の著書によりて教へられた立場をとることにきめたが、もとよりそれは徹底できなかった。

全體の排列、順序等については田邊博士の科學概論に負うところ最も多く、J. A. Thomson の Introduction to Science をも多少参考した。個々の問題に就いては Poincaré の La Science et l'hypothèse, La Valeur de la Science, La Science et la Méthode, Dernière pensée の他、前にあげた二書以外では田邊博士の「最近の自然科學」、桑木（或）博士の諸著、石原博士の諸著、桑木（嚴）博士の哲學に關する諸著及び Shuang 氏の編輯した

は し が き

“Lectures on the method of Science”の中の諸家の論文、Karl PearsonのGrammar of Science等に負ふところが多く、最近の問題を述べたところでも桑本(或)、石原、田邊諸博士及びアインシュタインの著書を専ら参考した。

本書の目的は科學に關する最も初歩の綜合概念を専門家でない一般讀者に與へるにある。しかも紙數が極めて局限されてゐるので詳しいことは述べられず、私の理解の不十分の爲に不明瞭な箇所、或は間違つた箇所もあるに相違ないと思ふが、訂正してゐる時間がないのは遺憾である。尙一般科學に關して一層専門的に研究せんとする人は上記の諸著特に田邊博士の「科學概論」を一讀されんことを希望する。

田端にて

平林初之輔

目次

緒論

第一章 科學的眞理……………四

第二章 經 驗……………一一

 (一) 實在論、觀念論、批判論 (二) 時間、空間、及び因果律、

第三章 科學の目的……………一五

 (一) 事實の選擇 (二) 科學と常識 (三) 科學的法則

第四章 科學の分類……………二〇

 (一) 科學分類の歴史 (二) 最近の科學分類説

第五章 科學の方法……………二五

 (一) 類推、歸納、演繹 (二) 觀察と實驗 (三) 記述科學と説明科學 (四) 科學と想像力

第六章 數學と自然科學……………四五

 (一) 數學的眞理の相對性 (二) 幾何學の基礎 (三) 物理的連續と數學的連續 (四) 數學的自然科學



科學概論

平林初之輔著

目次

二

(五) 理論物理學と特殊科學

第七章 法則と假説…………… 四

(一) 法則の歸納 (二) 假説の意味

第八章 科學と文明…………… 六

(一) 科學と物質文明 (二) 科學と精神文明

第九章 科學の價值…………… 七

(一) 科學の爲めの科學 (二) 科學の限界 (三) 科學の客觀的價值

第十章 最近科學の概観…………… 八

(一) 機械的物理学 (二) エーテルの假説 (三) エネルギー恒存則 (四) 電子論 (五) 量子論

第十一章 相對性原理…………… 九

(一) 絕對運動論 (二) 時間及び空間の相對性 (三) 一般的相對性原理



緒論

科学の目的は真理の探究以外にあり得ない。然らば科学的真理とは何か。これが本書で答へんとするとこの問題である。科学的真理の確實性に對しては種々の獨斷説と懷疑説とがある。これを批判する爲めには吾々は最も根本的な第一歩から検査してかゝらねばならぬ。科学的真理のよつてもつてたつ基礎、或は科学的真理探究の出発点を吟味しなければならぬ。思考の根本法則がそれである。けれども吾々の意識には思考以前の狀態がある。これが直観である。

一切の經驗科学は經驗の上に成りたつ。そこで吾々は經驗とは何であるか。如何にして經驗が成立するかを考究する必要がある。經驗は時間空間の框に規定され、因果律によりて構成される。經驗から科学が成立するとしても經驗そのものは科学ではない。科学は經驗的事實を選択しこれを體系に組織し、法則をつくる。科学と常識との區別は體系的といふ點に存する。

次に諸種の科学の關係を明かにして、科学的知識の本質を理解するためには科学の分類を明確にしなければならぬ。近世科学の發達はその研究方法の確立に俟つ。故に科学的認識の特色を明かにするためには科学の方法を研究しなければならぬ。方法論は近世科学理論の中心問題と言ふも過言でないのである。

数学は形式科学である。これは一切の經驗科学から區別されなければならない。併しながら数学的推理は純然

たる形式論理によるか。幾何學の根本原理は先天的のものか。これ等の疑問は周到なる注意を要求する。數學がトートロジーに歸せざる限り第一の疑問に對しては否と答へなければならぬ。非ユークリッド幾何學の可能は第二の疑問にも否定的回答を與へる。然らばこれ等は經驗的知識か。之に對する回答も否である。數學の應用は近世科學進歩の原動力であつた。數學と科學との關係はそれのみに止まらない。自然科學は究極要素の數量關係を規定する數學的自然科學に進んでその絶對終極の確實性を把握する。これが理論物理學である。

科學の最後の目的は法則の歸納である。法則の歸納は如何にして可能であるか。歸納された法則が如何にして確實性を有するか。科學は法則の歸納をもつて終るか。假説とは何か。假説が約束であるとは如何なる意味か。これ等の問題は理論物理學の批判の中で最も興味ある部分に屬する。

次に科學が人文に與へた効用、文明に與へた影響を一瞥しなければならぬ。このことは科學は畢竟實用をはなれて意味なく價值なきものではないかとの迷妄に導く。そこで、科學の爲めの科學を高唱して科學獨立の意味を有する所以を明かにしなければならぬ。けれども吾々は早急にも科學萬能の夢を追うてはならない。科學は一定の限界を有する。その限界の外に於ては科學は全然無力である。併しそれは科學の罪ではない。またその缺點でもない。科學は萬能を標榜するものでないからその限界外に於ける一切の非難に對して何等の責任をもたない。しかも猶ほ科學はその限界内に於ても幾多の懷疑の對象となり易い要素を具へてゐる。しかし科學的真理、即ち事物の間に一定の關係の存すること、その認識が積極的意義を有することを疑ふは人生の否定に等しい。意識の外に何等かの實在を求めざればやまざる人、それは遂に科學的精神を理解する能はざる人である。科學の價

値は意識の中に限られてゐる。併しながら意識以外には何物もないから、それが吾々の有する一切であり、無限である筈ではないか。

科學概論の諸問題を理解する爲めには近世理論科學の一斑を知ることが便利である。そのみならず、近世科學の理論はこれを獨立に見ても人間の知力の精華を窺せしむる効がある。殊に舊き理論科學が廢墟をのこして倒れ新理論がこれに代らんとする最近の物理學界の革命的形勢は、政治上のそれの如く興味をそよめるものがある。この革命界の大立物は相對性原理である。相對性原理の名は今や津々浦々までも喧傳されてゐる。けれどもその内容の一斑をも知るものは甚だ少い。これに對しても簡単な輪廓的説明が必要であるやうに思はれる。

以上は私が本書に於て試みんとする企圖の概要である。今日吾國の讀書階級に最も缺乏せるものは科學的知識である。もとよりこの小冊子はこの要求の一部分をも満すに足りない。けれども如何なる方面に活動する人たるを問はず、科學に對する一般的の理解を有することは必要である。私は本書に於て何等積極的の新知識を讀者に與へることも出来ないことを知る。併しながらそれは最初から私の志すところではない。たゞ一層深き、或は多少専門的研究への小さな橋渡しとなれば本書の任務は完る。

第一章 科學的眞理

一、科學的眞理に對する獨斷說と懷疑說

科學的眞理は一見疑ふべからざる確實性をもつてゐるやうに見える。殊にその應用方面に於て人文史上に放つた燦然たる光輝は科學の基礎が磐石の如きものであることを疑ひの餘地なからしむるやうに思はれる。

けれども一度び科學發達の歴史を回顧すると一の學說が起つたかと思ふと直ちに他の學說に代られ、科學の歴史はかくの如き廢物となつた學說の累々たる死屍をもつて覆はれてゐることを見出す。如何に堅牢と見える眞理もその短命なること驚くべきを見出す。ことに最近アインシュタイン Albert Einstein により提唱された相對性原理の學說により、從來人類の最大の知識とされ、從來の力學物理學の根底をなしてゐた萬有引力の法則がその缺陷を暴露するに及んで、科學的眞理の確實性に對する不信は益々増大するの觀がある。

此の二つの觀方、即ち科學的眞理に對する絕對的の信任と、これに對する絕對的の不信とは、如何にして生ずるか。若しこれが絕對的の信任を値するものならば、科學發達史は單なる眞理の發見及び附加の歴史でなければならぬ筈である。然るに科學發達史は往々にして最も根本的な學說の廢棄變改を餘儀なくせしめた。又若し科學的眞理が不常定まりなきものであつて、廢棄された學說が凡て虚偽であつたとしたならば、何故にそれが人文史上に赫灼たる効績を垂れたか。從來の學說が凡て虚偽であるとするれば今日のそれも亦虚偽でなければならぬ。かくし

て結局科學の歴史は虚偽の交代の歴史に過ぎなかつたか。

かゝる獨斷說と懷疑說とは、科學的眞理といふものに對する解釋の相違から來ることは明かである。前者が科學的眞理と見做してゐるものと、後者が科學的眞理と見做してゐるものとが同じものでないことが明白である。だから吾々は先づ第一に科學的眞理とは何ぞやといふ問題を決定しなければならぬ。この問題が、この書物に於ける吾々の出發點であると同時に、これに對する回答はこの書物全體の任務でもあるのである。

二、思考の根本法則

科學的眞理は普遍的必然的の認識でなければならぬ。それではかゝる認識は如何にして成立するかといふに、それ以前に一の條件を豫想する。それは凡ての人が共通の精神組織をもつてゐるといふ條件である。これを豫想しない限り、科學的知識即ち客觀的認識は成立しない。甲は二二が四を眞理とするが乙には二二が六が眞理であるかも知れなかつたり、丙は $\sqrt{1}$ と考へるが丁は $\sqrt{10}$ と考へるといふ風に凡ての人の思考に一定の標準がないとすれば科學は成立し得ない。そこで吾々は、凡ての人の思考には一定の標準があることを第一に豫想しなければならぬ。この豫想條件が思考の根本法則と稱するものである。これは證明することの不可能な、即ちこれを證明する爲めにはそれ自身によらなければならぬところの一切の思考のよるべき規範である。

形式論理學では普通、思考の根本法則として次の四つをあけてゐる。

一、同一律、Law of Identity

二、矛盾律、Law of Contradiction

三、排中律、Law of Excluded middle

四、充足理由律、Law of Sufficient Reason

同一律は「AはAである」といふ形式で現はされる。これはAといふ思考の對象は何時如何なる場合にもAであるといふ原理である。たとへば人は人であるといふことは、たとひその人が老人であらうと小兒であらうと、黒人であらうと白人であらうと、男であらうと女であらうと常に一定の意味をもつてなければならぬ。若し人が或る場合には人でなくなるといふやうなことになる、思考は成立しない。従つて科學は成立しないのである。

矛盾律は「AはAならざるものではない」といふ形式で現はされる。これは同一律と同じことを別の方面から言ひ表はしたもので、前者が肯定的思考の基礎となるに對し、後者は否定的思考の基礎となる。「人は人である」といふのが同一律であるとすれば「人は人ならざるものではない」といふのが矛盾律である。若し人は人であると同時に人ならざるものであるといふことを許したら思考作用は一步も進むことは出来ない。尤も人は人であると同時に脊椎動物であるといふことは出来る。併しこれは思考の内容或は實質に關する判断であつて、思考の法則は決して内容には立ち入らない。純然たる形式である。従つて形式に於ては人は脊椎動物であるといふ断定は同一律にも矛盾律にも矛盾するものではないのである。

排中律は「AはBか非Bかである」といふ形式であらはされる。人は白色人種か非白色人種かであるかいつれかであつて、その中間のものではあり得ないといふのである。これも亦思考の内容には入つて行けば白人種と黒人種との混血兒の如きは白人種でもないし、非白人種でもないからその中間にはいると言へる。けれども形式上はさういふことは許されない。白人種といふものに定義を下して白人の父母から生れた人と假定すると、混血兒は一方の親が白人でないから白人とは言へない。又、白人の血統を有する人と假定すると混血兒は明かに白人にはいる。そこで形式上依然としてこれが思考の根本原則となるのである。

充足理由律は、ライブニッツ (Gottfried wilhelm Leibniz (1646—1716)) がはじめて思考の根本原則として唱へたものであつて、思考には必らず充分な理由がなければならぬことを言つたものである。吾々が推理作用によりて、既知の知識から未知の知識をひきだすためには是非とも此の原理によらなければならぬ。思考は單に孤立した關係を規定するのみならず、發展するものである。その發展には論理的關係がなければならぬ。或る思考は一の論理的理由から生じた論理的歸結でなければならぬ。「馬は哺乳動物である」「鯨は哺乳動物である」といふ二つの判断を並べて見てもこれは思考の發展とは言へない。「哺乳動物は胎生で仔を乳で育てる脊椎動物である」といふ普遍的な判断があつて(但しこれは動物學上正確な定義ではない)、次に馬も鯨も胎生であり、子を乳で育てるといふ新しい特殊の判断がある場合、この特殊の判断を普遍的判断に結合することによつて、はじめて思考が發展する。かゝる思考の發展を演繹推論といふ。而して充足理由律は演繹推論の基礎となるものである。

形式論理學でいふ思考の法則は以上の四つである。けれども嚴密な認識論の見地から科學を批判せんとするにあつては形式論理學だけでは不十分たるを免れぬ。充足理由律は普遍が特殊の理由となることを教へるが、如

何にして普遍的判斷が特殊的判斷の理由となるか。形式論理學はこれに對して解答は與へないでこれを豫想してゐる。しかもこれを明にしないと科學的認識の眞の意味を知ることが出来ない。かゝる理由から、田邊博士の如きは〔科學概論〕六九頁）コーエン Hermann Cohen (1842—1918) がその論理學の基礎とした根元律 *Prinzip des Ursprungs* をあけてその缺を補つてゐるのである。根元律といふのは充足理由律の他に存するものではない。たゞ理由律に形式論理が與へるより以上の意味を與へたものである。即ち形式論理學で普遍といふのは特殊概念から抽象概括した概念であつて、抽象が進めは進む程概念の外延は大きくなりこれに反比例して概念の内包は小さくなるのであるが、普遍が特殊の理由となり得る爲めには、普遍の中に特殊の一部分が含まれてゐるのではなく、特殊の全體が含まれてゐるとしなければならない。例へば赤青といふやうな特殊の色は色一般といふものがあつて、それが青とも赤ともなるのであると見なければならぬ。かゝる普遍は抽象的なものではなくて普遍的なものであると同時に具體的なものであり、特殊の一部の概念ではなくて特殊の全體に貫通するものである。かくの如く理由といふ意味を根元と解することにより充足理由律の意味は明かとなるのであつて、根元律は充足理由律の眞の意味を明かにしたものであると言へるのである。

以上は科學的認識に限らず、常識の段階に於ても、凡そ一切の推理作用が豫想する根本の原則である。けれども吾々の意識には思考以前の狀態即ち直觀がある。科學の用具は推理のみではなくて、直觀といふ大切な用具があると説くものがある。故に科學的眞理の認識論的基礎を論ずるに方りては直觀の性質を明かにしてをく必要がある。

三、推理と直觀

ポアンカレは「科學の價值」の本文の冒頭に於て數學者に、二種の相反せる傾向があることを指摘してゐる。一は有名な築城家ヴァン・Vanban (1633—1707) の戦法のやうな手堅い方法をもつて一歩々々と眞理に内簿するものであり、他は大膽な前衛騎兵隊の神速な作戦をもつて勝を一氣に制せんとするやうな奇襲により眞理を把握せんとする方法である。前者は論理であり後者は直觀である。

彼は、此の二つの傾向は教育による差ではなくて天性に基くものであるとし、數學の基礎には論理と直觀の二要素があることを主張した。これは一般科學に於ても眞理である。

前に私は思考の根本法則について略述したが、吾々の認識には思考とならない部分、或は思考以前の狀態がある。思考は吾々の精神作用の中で、餘程人爲的加工を受けたいはゞ精製品であつて、この精製品の素材となるべきもの、吾々の意識に與へられる直接のものがある。これが即ち直觀である。思考及びこれに基く推理は、かくの如く人爲的加工を受けるものであるから、實在の眞の姿即ち絶對をうつすに堪ふるものではない。吾々が實在を認知する唯一の方法は直觀であるといふ思想がベルグソン Henri Bergson の形而上學の根底をなす主張である。

然らば直觀の内容は何か。ベルグソンによれば吾々の意識に直接與へられるものは、凡てが性質的の相違をもつてゐる。例へば大小といふやうな量的の相違も直觀の内容に於ては純然たる性質的の相違である。又同じ赤い

花を見てゐてもこれを一貫した同じ赤であるとするのは思考であつて、直観に於ては赤の内容は刻々に變つてゐる。併しそれは内面的に連続してゐる。これがベルグソンの所謂純粹持續 *durée pure* である。而してこの持續は不斷に發展して新しいものを創造する。これがベルグソンの所謂創造的進化 *évolution créatrice* である。かくの如く思考以前の意識状態を吾々は如何にして知り得るかといふに、ベルグソンの言うやうに、それは普通の心理學によりてではない。普通の心理學は自然科学と同じく經驗の上に成立する。しかも直観は經驗以前のものである。經驗の素材である。ドイツ・オーストリア學派の所謂體驗 *Erlebnis* である。これは直観の内面的關係を具體的に逆の方面に溯るところの意識の學即ち先驗心理學によりてのみ明かにすることができると言はれてゐる。

直観はポアンカレが言つたやうに心的傾向として吾々の思考作用にあらはれるものであるけれども、それは直接に科學的認識を成立せしめる用具とはならない。科學の用具は推理作用或は思考作用である。ポアンカレが此の二つの心的要素を數學者に認めたのは傾向としてあつて、直観から數學の全體系が出来上るといふ意味ではないのである。常識的の用語によれば人間従つて數學者の心のはたらしき方に総合的と分析的との二つの傾向があることを認めたのに他ならない。

推理は概念によりて行はれる。そして前にのべた思考の根本法則に支配される。従つて科學の取扱ふ世界は概念の世界である。換言すれば經驗の世界である。これに對するのが直観内容たる直接經驗、或は體驗の世界である。而して經驗世界の普遍的認識、これが即ち科學的知識或は科學的真理に外ならぬ。

第二章 經驗

一、實在論、觀念論、批判論、

科學的真理とは經驗世界の普遍的認識であると言つたが、これではまだその意味が明かになつてゐない。これを明かにするためには經驗世界とは何であるかを知らねばならぬ。

經驗世界とは言ふまでもなく吾々が日常見、聞き、觸つてゐる感覺にあらはれた世界である。しかしながらこれ等の感覺は本來ばらばらの孤立したものである筈なのに、吾々の經驗する世界は統一された世界である。それは思考作用によつて孤立の感覺が統一されてゐるからである。經驗は思考なしには成立しない。

常識に於ては、吾々は吾々の經驗する世界を唯一のあり得べき世界であると考へてゐる。即ちそれは吾々の感覺や思考から獨立した客觀的存在であると考へてゐる。所が一步進んで考へると事情が一變する。眼を瞑ると吾々は事物の色も形も見ない。手で觸つて見なければ堅いとか柔かいとか平滑だとか粗糲たとかいふこともない。耳をふさぐと一切の音が消えてしまふ。そこで吾々が經驗する世界はすべて感覺から成つてゐるものではなくからうかといふ疑ひがをこつてくる。前者を素朴實在論 *Naïve Realism* といひ、後者を觀念論 *Idealism* と唱へる。

觀念論によれば吾々の知識は宇宙の實在とは別箇の全然主觀的なものとならねばならぬ。このことは或る意味で今日では殆んど疑ふものがないと言つていい。若し科學の對象とする經驗世界が吾々の主觀からはなれた純客

觀的存在であるならば、科學的眞理の探究を吾々の意識に求める企ては無意味でなければならぬ。吾々のもつてゐる知識、吾々の周圍の世界が、吾々の意識内容以外のものであるならば吾々はこれを知る手段をもたない。意識外のものを吾々が認識するといふことは考へることすら出来ぬ。何となれば一切の認識は意識内に成立するのだから。

ところで吾々の意識内容は全然主觀的のものである。甲の意識内容と乙の意識内容とが同じであるか違つてゐるかといふことは到底知るよしが無い。しかも科學的眞理は普遍的認識であることを特色とする。しからば如何にして主觀的の意識内容に此の普遍性は生ずるか？ かういふ見地から吾々の知識の普遍性が如何にして生ずるかを究明せんとするのが批判論の態度である。併しながら、この小冊子で知識哲學の詳細にはいつて論ずることは不可能である。吾々は經驗世界は吾々の意識にあらはれた世界であるといふことを知り、これが如何にして客觀的妥當性を有する科學的知識となるかを順序を追うて明かにしてゆくことで満足しなければならぬ。

二、時間、空間及び因果律

經驗は直觀が思考作用によりて統一構成されたものであるといつたが、それと同時に直觀は經驗となる刹那に於て、これは時間と空間の形式に従ひ、同時に因果律の規定を受ける。これらの要素をはなれて如何なる經驗も成立しない。

吾々の經驗する世界が統一された自然界として顯現するのは、自然その物に統一がある爲めではなくて、吾々の

思考作用に統一がある爲めである。とは言へ、これは自然界の統一が形式論理から演繹せられるといふ意味ではない。自然の統一の基礎となる論理は、かくの如き形式論理ではなくて、經驗を可能ならしめる所の先驗論理の法則である。カント Emmanuel Kant (1724—1804) の所謂範疇 Kategorie である。勿論これは範疇が個々の自然法則を規定するといふ意味ではなく、個々の自然法則を成立せしめる形式的基礎となるといふ意味である。此の意味に於てのみ、批判哲學の立場から思考が自然の立法者となると言へるのである。

經驗を成立せしめる形式的基礎として普通時間、空間、及び因果律があげられてゐる。時間は現在を中心として過去と未來とへ無限に擴がつてゐる。これは客觀的に存在する物か？ 若し時間が所謂物であるならば直觀内容であらねばならぬ。然るに直觀には過去、現在、未來の區別はない。直觀は常に内面的に發展する現在である。これに思考の作用が加はつて經驗となる時はじめて現在に過去と未來との境界となり、時間が生ずる。斯くの如く時間は、直觀内容を相繼いで起る對象の先後の關係として構成する思考の形式即ち範疇である。吾々の感覺が經驗に構成される爲めに缺くべからざる形式である。

ところが直覺は發展的純粹持續であると同時に、發展の一断面は複雑な要素の内面的統一である。これを對象の並存關係に統一して經驗を構成する思考の形式が空間である。かくて直觀が思考によりて經驗に構成される時に時間空間の形式に従ふこと、即ち吾々の經驗する自然現象が悉く時間空間の中にあることがわかつた。

けれども凡てのものが時間と空間の中に排列されたゞけでは經驗はまだ統一的に構成されてはゐない。自然現象は變化してゐる。この變化が必然的因果關係に統一されねば經驗世界とはならない。刻々の變化が因果の系列

にをかれな限り、吾々は變化といふことさへも知ることが出来ぬ。従つて經驗は成立しないのである。然らば因果關係とは何であるかといふに、それは思考の法則たる充足理由律の要求に基いて連続的に生起する物の状態を必然的に結びつけることなのである。

此の因果律は後に説く説明科學成立の根據となるものであつて、自然科學の理想は經驗世界を必然的因果の關係によりて説明することである。

以上によりて私は自然科學がその研究の對象として假定してゐるところの經驗世界、即ち自然の意味を略ぼ了解した。さうして自然界は吾々の意識の外に獨立して存在し、吾々の主觀は鏡の如くこれを模寫するのであるといふ獨斷説の妄を破つた。けれどもこゝに意識といひ、主觀といふのは個人的、心理學的のものではなく經驗に先だつものである故に、自然界は吾々個々人の意識が消滅すると同時に消滅するが如きものでないことを銘記しなければならぬ。

科學の研究に方りては自然即ち經驗世界を吾々の意識より獨立したものと假定して毫も差支ないのであつて、實際また、凡ての科學者はさう假定してゐるのである。

第三章 科學の目的

一、事實の選擇

前章に於て吾々は科學がその研究の對象とする經驗世界の意味をしらべて見た。次に科學はこの經驗世界を如何にせんとするか、換言すれば科學の目的は何であるかといふ問題を考究しなければならぬ。

科學の目的は一言にしてつくせば科學的眞理の探究である。けれども吾々はまだ科學的眞理の本質を明かにしてゐない。これを明かにするためには科學の目的をもう少し具體的にしらべて見なければならぬ。これを明かにすることによりて自然科學に對する懷疑と獨斷、並に各方面の精神文化からの科學に對する批難と不平は悉く科學の目的に關する誤解から生じてゐることを吾々は發見するであらう。

科學研究の第一の目的は經驗世界の觀察である。併しながら經驗世界の内容は無限に複雑である。若し科學者が無限の壽命を與へられてゐるならばこれ等を全部觀察することが出来るであらうが、それは科學者に與へられてゐない。そこで事實の單純化或は選擇といふことが必要となる。ところが科學的眞理に對する懷疑論者或は偶然論者は事實は科學者がこしらへたものであるといふ。少くも科學的事實は科學者がこしらへたものであるといふ。ポアンカレが「科學の價值」に於て駁撃してゐるル・ロア Le Roy の如きはその一人である。けれども此の見解は間違つてゐる。ル・ロアの言ふ、粗笨な事實 *le fait brut* と科學的事實 *le fait scientifique* との境界はど

にあるか？ その境界はボアンカレが指摘したやうに存しないのである。科學と常識とは本質上異つた二つのものではなく、ハクスレー Thomas H. Huxley が言つたやうに「科學は洗鍊され組織された常識」に他ならぬのである。常識が自然に存在する事實に關する知識で、科學は人工的事實に關する知識であるといふ觀方は成立しない。

故にル・ロアが事實をこしらへるといふのは事實を選択することに他ならぬのである。然らば事實の選擇といふことは可能か、それは如何なる標準によりて行はれるか？

ボアンカレは「科學と方法」の第一章「事實の選擇」Le choix de Faits に於て大要次の如く述べてゐる。

藝術の爲の藝術を否定したトルストイは科學の爲めの科學は無稽だと言つた。事實の数は無数だから到底これを残りなく知ることは出来ぬから人生に有用であるといふ見地から事實を選択すべきであるか。ボアンカレはこれを否定してゐる。然らば事實の選擇は何によりて行はれ如何にして行はれるか。ボアンカレはかう答へてゐる。第一に多くの事實は反覆する。若し吾々の住んでゐる自然界が六十の化學元素からなつてゐる代りに六百億の元素から成つてゐるこの六百億の元素がほゞ同じくらいの割合で分布されてゐるとしたらどうだらう。一つの小石を拾つてもそれがこれまでに知られてゐる知識では解することが出来ず、一般に新しい現象に面接する度に吾々は生れたばかりの小兒の如く無知であるだらう。ところが幸にも吾々の經驗する世界には統一がある。こゝに事實の選擇が可能となるのである。

第二に反覆する事實とは何か？ それは單純な事實である。複雑な事實には無数の偶然の要素が結合してゐるからである。

然らば第三に單純な事實は何處にあるか？ 學者はこれを無限大と無限小の兩極端に求める。天文學と物理學とがそれである。星と星との間の距離は非常に大であつて、星は一つの點の如く見え、その性質的差別は消えてしまふから、天文學の事實は單純なのである。これに反して物理學は凡ての物理現象を微小な性質的區別のない單位に還元するからこれまた單純となる。然るに生物學の單位は細胞であり、社會學の單位は人であるといふ風に漸次複雑になつていつて、科學本來の要求に遠ざかる。それが歴史になるとたゞ一回しか起らないから益々單純な事實といふ要求に遠ざかつてゆく。一般に自然科學と歴史學との區別はこの點に存するのであつて、自然科學が普遍的認識を目的とするに反し歴史は個別的認識を目的とすると稱せらるゝ所以もこゝにある。

二、科學と常識

科學と常識との關係は前に一寸述べてをいたが、科學の目的を理解する爲めにはそれを今少し詳しく説明して置く必要がある。一般に科學と常識とは相反するものゝやうに思はれてゐる。併しながらそれは一體どういふ意味であるか。吾々は科學者でなくとも日常生活に大して不便を感じない。若し常識が科學に反したものだとするならばかゝることがあり得るだらうか？ 常識は太陽が東から出て西に没するといふ。科學は地球が自轉する爲めに太陽が地球の周圍を廻轉するやうに見えるのだと言ふ。これは一見相反してゐるやうに思はれる。けれどもこれは科學が常識と異つた眞理をあらはしてゐるのではなくて常識を組織的に現はしてゐるからに過ぎない。太

陽が東から出て西に没するといふ常識もそれ自身に於ては決して虚偽ではなく眞理である。たゞそれでは科學の要求する組織的、統一的宇宙の説明に不便である。ポアンカレが指摘したやうに太陽が地球の周圍を廻るとするのと、地球が太陽の周圍を廻るとするのは、どちらが眞理かといふ問題ではなくどちらが便利かといふ問題である。若し太陽が地球の周圍を廻るとして一切の天體運動がより簡単に説明できるとすれば科學者は直ちにこれを採用するに相違ない。現に絶對運動の認識を不可能とする相對性原理の發見により、地球が太陽の周圍を廻るとするといふことの意味は非常に變つて來た。故に科學的眞理は組織的といふ點に於て常識と區別せられるのみであつて常識以外に科學の體系があるわけではないのである。

それでは組織的とは何かといふに甲の知識と乙の知識とが何等の聯絡もなく、或は相矛盾したりしてゐないことである。全體が統一されて互に矛盾せず互に聯絡してゐることである。かゝる統一的關係に構成されない知識は科學といふことは出來ない。若し全然新しい事實が發見されて、これが從來の科學の組織的關係に編入することができないとすれば、これを包容する新しい組織をたてなければならぬ。これが科學理論の變改であつて、或る人はこれを科學の破産と呼んだ。併し科學の破産といふことの意味は後にもつと詳細に説明する必要がある。

三、科學的法則

科學の目的は第一に事實の選擇にあること、常識を組織的に構成することにあることを大體述べたが、その結果として生ずるものが法則である。故に科學の目的は法則の發見をもつて終ると言はねばならぬ。従つて科學的

眞理は法則によつて表はされてゐることになるのである。

法則とは何であるか？ それは一言にしてつくせば科學が要求する普遍的必然的の認識の表現である。科學の目的は互に相聯絡する法則の網をもつて自然界を覆ふことである。けれども吾々はまだ法則の意味を述べる段階に達してゐない。又吾々が如何にして法則に達するかを述べる段階にも達してゐない。科學には種々の種類があり、それに應じて法則の意味が異り、研究の方法が異つて來る。狹義の科學即ち自然科學に於ける法則を統一してその究極的の骨組を示すもの、物理的世界の全建築を窺知させるものは理論物理學であるが、そのことを論ずる前に吾々は科學の分類、並に科學の方法について一應考察する必要がある。然らざれば吾々は科學的眞理の究極の意味を知ることができないのである。

第四章 科學の分類

一、科學分類の歴史

科學を分類する爲めには分類の標準とすべきものがなければならぬ。然らば何を標準として科學を分類するが便利であるか、或は正當であるか。これに就いては今尙學者の意見が完全に一致してゐるわけではない。だから私は、これが眞の分類法であると言つて一つのきまつた見本を提示するわけにはいかない。私のなし得ることは古代から今日に至るまでの代表的の科學分類法を擧げてその長短を批評指摘することのみである。

古來から種々の標準による種々の科學分類法が提出された。プラトーン Platon (429—347 B. C.) は分類の標準として心理學を採用した。そして人間の心理作用を大體に於て理智と感情と意志とに分ちその各に對應する基本科學を設け、科學は一切のその項目の下に隸屬すべきものであるとした。これに反してアリストテレス Aristoteles (384—322 B. C.) は分類の標準を科學の目的如何にをいた。そして理論的實際的創造的の三部門に科學を分類した。當時の科學は極めて幼稚なものであつて科學といふ名稱さへもなく、學問といふ位の漠然たる名稱の下に一切の知識が包括され、當時の哲學者は概ね一人で萬學をさめてゐたために、かゝる不完全な分類法も當時の學者に不便を感じしむるに至らず、其の後中世の長い間の知的沈滯時代を通じて、科學分類に關しては何等の新しい説も提唱されなかつた。

ところが學問復興期 Renaissance に至つて、知識が解放さるゝと共に、凡ゆる學問特に自然科學が急激な發達を遂ぐるに及んで、プラトーンやアリストテレスの分類法は到底その用をなさなくなつた。主觀的な心理作用や學問の目的を標準とする分類法は不自然たるを免れなくなつた。もう少し客觀的要素を加味した分類法が必要となつて來た。此の要求を充す爲めに生れたものがフランシス・ベーコン Francis Bacon (1561—1625) の分類法である。これが眞の科學即ち近世科學の分類法として提出された最初のものである。

ベーコンは一切の學問を三部門に大別した。それは即ち歴史學 History 詩學 Poesy 及び哲學或は理學 Philo-sophy or The Science である。而して史學を更に人類史と自然史とに大別し、哲學或は理學を神學、自然學、人類學に大別し更にこれを特殊科學に細別した。けれども彼もまたプラトーンの影響を全然脱することができないで、此の分類を心理的根據から出發し、當時の心理學が人間の知識作用を記憶 memory 想像 imagination 理性 reason に三大別してゐるところから、歴史學は記憶に基く學問であり、詩學は想像に基く學問であり、哲學或は理學は推理に基く學問であるとした。そこでベーコンの科學分類表を圖表して見ると次の如くなる(括弧内はこれに對應する心理的作用を示す)。

學問(知識)	詩學(想像)	人類史
		自然史
歴史學(記憶)		

神學
哲學或は理學(推理) 自然學
人類學

ところで、人間の知的作用を記憶、想像、推理等の獨立したものに分つことが甚だ曖昧であることは暫く不問に附するとしても、此等の心理作用に對立する、或はこれに基く科學がそれなく成立すると思つたのは重大な謬見である。たとへば想像をもととして詩學が成立するといふが如きは到底許すべからざる謬見であり、歴史が純然たる記憶の學問であると言ふが如きも明白な誤謬である。

けれども彼の分類法は當時勃興した諸種の科學に一の系統を與へた點に於てその價值が認められなければならぬ。「各種の科學は一つの角に於て合する別々の線のやうなものではなくて、一つの幹に於て合する枝のやうなものである」といふ彼の言は後の科學分類の燈明臺となつたものであることは認めなければならぬ。故に後世フランスの百科辭書編纂者ダランベール d'Alambert (1717—1783) も大體に於てバイコンの分類を襲用し、たゞ詩學を藝術として科學の領域から排除し、數學を自然學の中にいれる等二三の修正を加へたのみであつた。斯くの如くバイコンの分類法は大體に於て十九世紀まで維持された。けれども前に述べた如く、此の分類法も根本に於て主觀的心理學的基礎に基くものであつて科學の分類法として全く標準を譯まつてゐた爲め、次第にその缺點を暴露し、一方實證科學の長足の進歩により、純然たる客觀的根據から、研究の對象をもとめた分類法が提唱さるゝに至つた。イギリスの倫理學者ベンサム Bentham (1748—1832) フランスの數學者アンドレ・マリ

ー・アンペール André marie Ampère (1775—1866) がエーデンの植物學者カアル・フォン・リンネ Karl von Linné (1741—1783) の植物二分法の暗示をうけ、科學を物質科學と精神科學とに大別し、此の二大系統の下に諸種の科學を隸屬せしめたのは研究の對象を標準とした最初の客觀的分類法であつたと言へる。特に精神科學の中に歴史學、言語學、法律學、經濟學等を獨立の科學として認めたことは此の分類法の大きな手柄であつた。而して此の二分法は後に説くドイツの心理學者ヴィルヘルム・ヴント Wilhelm Wundt (1832—1920) の科學分類法に大なる影響を與へ彼の手によりて完成されたのである。けれどもベンサム、アンペール等の分類法はあまりにリンネの植物分類法に捉はれ、その爲めに強いて二分法を徹底させんとしたあまり、全然存在しない科學をも假定してこれに名稱を附するといふやうな自縛自縛に陥つた。

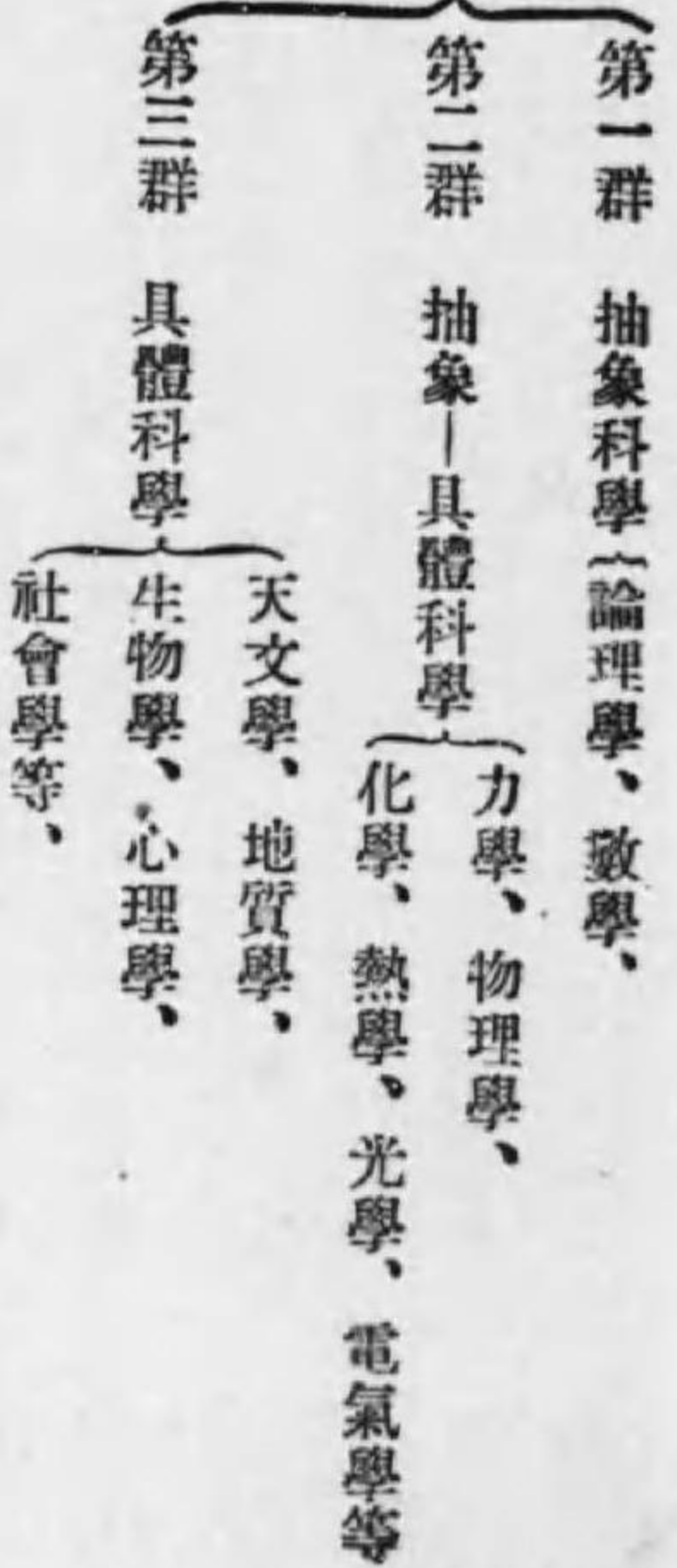
ベンサム、アンペール等と同じく研究の對象を標準とする科學分類法を唱道した人にフランスの哲學者オーギュスト・コント Auguste Comte (1798—1857) がある。

コントは一八三〇年に出版した「實證哲學講義」Cours de Philosophie Positive に於て科學分類に關する意見を述べてゐるが、それによると彼はベンサム等の二分法を排し、種々の特殊科學はそんな風に截然と二つの系統に分離されたものではなく一貫した直線的系列をなしてゐるものであると主張し、先づ一般的な單純なものからはじまつて漸次特殊的な複雑なものに至る六つの基本科學を認めた。これをその順序によりて記すと、數學、天文學、物理學、化學、生物學、社會學である。これが有名な彼の科學の系統 Hiérarchie des sciences である。この他に彼は最高の科學として道德學を認め、この系統は、同時に、單純より複雑に向つてゆく人文進化の階段を示す

ものであるとした。彼の説も當時の思想界に廣汎な影響を與へた。殊に社會學を一個獨立の基本科學と認められた點は偉大なる功績であると言はねばならぬ。けれども彼の科學分類法も幾多の難點を藏してゐる。たとへば天文學を獨立の基本科學として物理學及び化學と引き離した如き、或は數學の如き形式科學を化學生物學等の記述科學と同列に置いた如き、毫も相互の關係に必然性を認めることが出來ないのである。

その他コントが一般的と抽象的、特殊のと具體的を混同してゐる點、及び心理學を閑却してこれを生物學の一部門としてゐる點を批難して、コントの分類を修正或は變改した人はイギリスの哲學者ハアバート・スペンサー Herbert Spencer (1820—1903) である。

スペンサーの分類法の特色は、コントが一般的より特殊のへ系統をつくつたに對し、抽象科學と具體科學とを峻別した點にある。彼の見解によれば、抽象科學とは科學的記述の様式或は方法を取扱ふ科學であり、具體科學とは事實を事實として取扱ふところのものである。その他に兩者の中間に該當するもの即ち抽象——具體科學といふものを彼は設けた。これは事實を要素に還元して研究するものである。換言すれば第一は形式の法則であり、第二は産物の法則であり、第三は要素の法則である。論理學及び數學は抽象科學に屬し、天文學、地質學、生物學、心理學、社會學は具體科學に屬し、力學、物理學、化學は抽象——具體科學に屬する。かくの如く彼は一切の科學を三つの群 Group に分けた。これを判り易いやうに圖表にすると次の如くなる。



スペンサーの分類は、たしかに諸科學の性質を明かにしたといへる。併しながら抽象的具體的といふ標準は甚だ漠然としたものであり、且つトムソン J. A. Thomson が指摘したやうに何故に力學物理學等を抽象具體科學としたか、又、熱學、光學等を何故物理學に含ませずにと同列にをいたか等不明瞭な點が極めて多い。

以上は近世までの科學分類の歴史の一斑である。これを通觀すると、ギリシヤ時代から近世初期へかけては専ら主觀的心理作用を標準として科學の分類が行はれた。ところが、近世に至つて實證科學の勃興と共に、科學の分派は益々多岐に亘り、且つ方法論並に心理學の發達の爲めに心理作用に基く科學分類法並にアリストテレス風の目的論的分類法を維持することの不可能なることがわかり、ペイコン以後の分類は悉く研究の對象を標準とするに至つた。けれども以上に述べた分類は、その都度當時の思想界に著しい貢獻をなし、今日の科學分類法にも少からぬ影響を與へてゐるものもあるけれども、そのまゝ、今日承認されてゐるものは一つもないのである。即ち凡てが歴史的價值を有するのみであると言つて差支へない。

二、最近の科學分類説

それでは今日では如何なる科學分類法が採用されてゐるかといふに、前にも述べた通り、一定の説はないのである。抑も科學分類の事業は哲學の領域に屬するものであり、従つて見方の相異によつて變るのである。今日の科學分類は何ぞやといふ質問は、今日の哲學説は何ぞやといふ質問と同じくらい漠然としてゐる。だから吾々には矢張り、今日勢力をもつてゐる代表説の二三を列舉してそれを批評註解する以外のこととはできない。

今日勢力をもつてゐる科學分類法には大體三通りあると私は思ふ。第一は純粹な科學者側の説、第二は認識論上心理主義を奉ずる哲學者の説、第三は論理を主とする一派の説である。故に私は第一の例としてカール・ピアソン Karl Pearson の分類法を、第二の例としてヴントの分類法を、第三の例としてハインリヒ・リツカート Heinrich Rickert の分類法を挙げやうと思ふ。

ピアソンは其の著「科學入門」Grammar of Science に於て彼の科學分類に關する意見を述べてゐる。それによると彼は先づ第一に一切の科學を抽象科學と具體科學とに分類し、前者には論理學及び其の他の方法論、並に數學とその分科（統計學をも含む）を入れ、後者を更に無機物を研究の對象とする物理科學と有機體を研究の對象とする生物學とに分つてゐる。抽象科學は知識の方法に關する科學であり、具體科學は知識の内容に關する科學である。

次にピアソンは具體科學の内の物理科學を精密科學 precise science と概要科學 synoptic science とに分類して、

ゐる。簡單に言へば、精密な法則をたてることのできるものが前者に屬し、然らざるものが後者に屬する。天文學の如きは前者に屬し、氣象學の如きは後者に屬する。けれども科學の進歩と共に凡ての現象が漸次法則的に説明できるやうになりつゝある。故に精密科學の領域は漸次擴大し、概要科學の領域は漸次狭まりつゝある。これを圖表すれば次の如くである。

一、精密物理科學、

イ、エーテル物理學（熱學、光學、電氣學、磁氣學等）

ロ、原子物理學（理論化學、スペクトル分析學等）

ハ、分子物理學（彈性學、音響學、結晶學、液體力學、氣體運動學等）

ニ、團塊物理學（力學、星學等）

二、概要物理科學、

化學、鑛物學、地質學、地理學、氣象學、地球及び天體進化論、

生物學はピアソンによると生物の空間的分布を取扱ふ生物地理學等と、生物の時間的系列を取扱ふ發育及び變化の研究とに分れる。此の中で一回限りの變化を研究するものが生物史即ち進化論で、反覆する變化を研究するのが狹義の生物學である。この狹義の生物學は、更に a、形態及び構造を研究する形態學、解剖學、組織學等、b、發育及び生殖を研究する發生學、性的進化學、遺傳學等、c、機能及び行動を研究する生理學、心理學に分れ、心理學の内人間の集團を研究するものが社會學となり、倫理學、政治學、法律學等は社會學に屬することになる。

尙ほビヤソンは抽象科學と具體科學との間にこれを聯結する應用數學を、物理科學と廣義の生物學との間に兩者を聯結する生物學的物理學 Bio-physics を、いて全科學を統一せんとし、これら二種の聯結科學が完成された時こそヘルムホルツ von Helmholtz (1821—1894) の豫言が實現され、一切の自然現象が運動の法則によりて説明されるであらうが、その時代は今では無限の距離にあると言つてゐる。

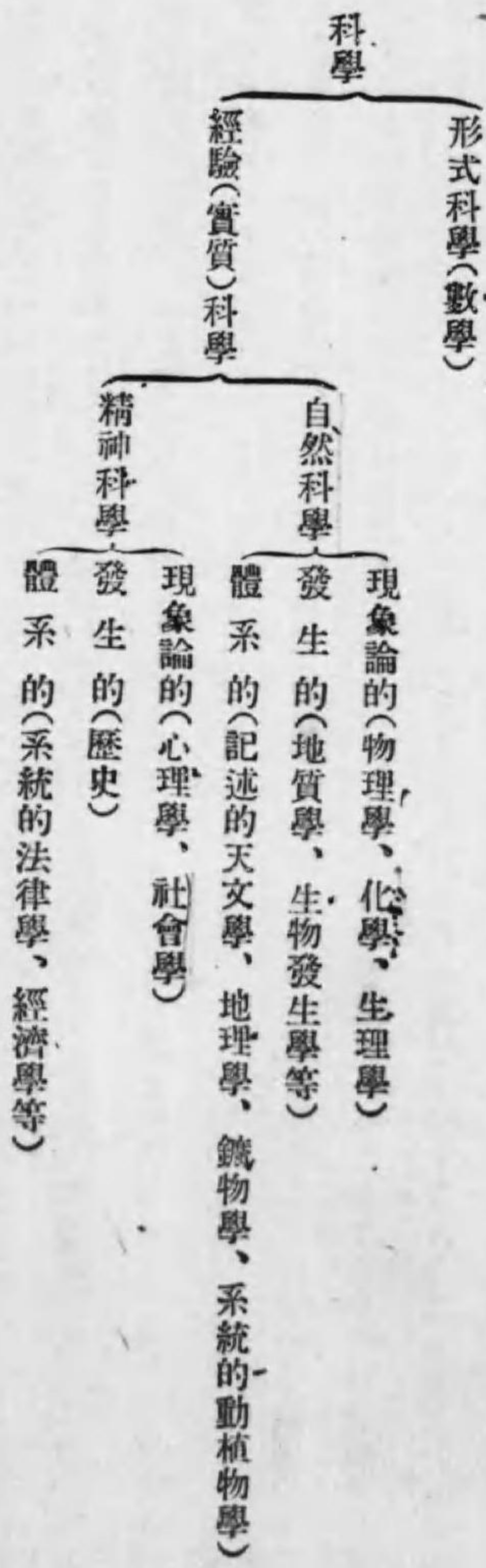
ピアソンの分類はその規模が極めて雄大であつて、諸科學の研究對象の關係を餘程明かにしてゐるけれども、認識論的基礎が極めて薄弱である爲めに相互の關係の必然性が缺如してゐる。科學の本質が論理上吾々の認識にありとすれば、その分類も認識論に基礎を、かねばならぬ。こゝに哲學者側から科學分類に關する意見が提出される理由があるのである。

ヴントはその大著「論理學」第二卷 Logik II. に於て科學分類に關する意見を發表してゐる。ヴントの科學分類史上に於ける効績は、先づ、數學を形式科學として經驗的實質科學から引き離した點にある。勿論數學は歴史的には經驗から生じたかも知れない。計算の必要から算術が生じ、測地の必要から幾何學が生じたかも知れないけれども、數學的眞理は經驗と無關係である。非ユークリッド幾何學の取扱ふ空間は吾々の經驗する空間ではない。虚數の如きは經驗世界の計算には用をなさぬ。これに反して一切の經驗的實質科學は數學によりて規定される。故に數學を先驗的、形式科學として實質科學より分離したのはヴントの卓見と言はねばならぬ。

次に彼は經驗的實質科學を、その對象によりて自然科學 Naturwissenschaften と精神科學 Geisteswissenschaften とに分つた。此の分類は今日最も廣く行はれてゐるものであつて、自然科學は經驗の内容を認識主觀から引き離し

間接的に客觀として研究するもので、精神科學は經驗を認識主觀に即して直接に研究するものである。

更にヴントは此の科學の二大種類を各々現象論的、發生的、體系的に分つた。現象論的といふのは現象（自然及び精神の）の作用を研究してこれを説明するものであり、體系的といふのは、既に生じたもの（自然的或は人爲的）を體系的に排列記述するものである。而して兩者の中間に位して自然及び精神の産物の發達を研究するものが發生的科學である。以上の分類を圖表すると次の如くである。



ヴントの分類の特色は既に述べた通り、從來自然科學と同一視されてゐた數學を形式科學として分離した點であるが、その他論理學、倫理學、美學等を科學から除外して哲學の領土へ偏入したことも注意しなければならぬ。けれども後に最も問題をひきこしたのには心理學を精神科學の基礎として自然科學から分離した點にある。元來ヴントの科學分類法は、從來の分類法があまりに人爲的に流れてゐたのを非としてもつと自然的な分類を

する必要から試みられたものであつて、その爲めに彼は實際に存在する科學は悉く網羅し、實際に存在しない假想上の科學を強いて設けないことを眼目とし、分類の標準は、諸科學の研究の對象とその方法とによらんとしたものである。此の分類は從來の分類法の中で最も完備したものであつて、殊に彼の主張した精神科學と自然科學との區別の如きは今日尙廣く行はれてゐるのである。

けれども彼の分類法の唯一の論理的缺陷は科學の研究の對象と、研究の方法とを分類の標準に混用した點である。そこで此の點から反對説が生ずるのは無理もないわけである。而して反對説は自ら二通りにわかれる。即ち分類の標準を研究の對象のみとすべしとの説と方法のみによるべしとの説とである。リール Riehl 一派は前者を代表しヴインデルバンド Windelband (1800—1914) 及びリツカート一派は後者を代表する。

リールの意見によると科學の區別はその對象にのみ存するのであつて、方法としては唯一の論理があるのみである。この方法は自然科學に於て採用され發達して來たものであつて精神科學にもこれを敷衍適用すればいゝので精神科學に特殊の方法といふものはない。故に方法を標準として科學を分類することは出来ないといふのである。けれども對象を標準とする分類法は從來幾度か試みられてその都度缺陷を暴露したものであつて、リールの説を採用することはヴントによりて與へられた科學分類の新しい萌芽を殺すことになる。そこでリールと全く正反對の立場から科學の分類は全く方法のみによらねばならぬことを唱道したのが前に述べたヴインデルバンド及びリツカートの一派である。

ヴインデルバンド等の意見は要するに科學の對象の差別を認めないで、一切の科學は同一の對象を異つた見方から研究してゐるに過ぎぬといふにある。今ヴインデルバンドの科學分類に關する所説の梗概をあけると左の通りである。

從來の科學分類は凡て形而上學的見地から行はれ、對象にのみ差別を認めて研究方法の差別を認めず、従つて各時代の思潮に動かされて其の當時に勢力のある特殊科學の方法を採用し、その結果或る時代には幾何學を理想とし、或る時代には機械觀を理想とし、最近には進化論的方法が歡迎されてゐる。けれどもかかる分類は形而上學の名残であるから、これを排し、全然方法の差別を標準として科學を分類しなければならぬ。然る時は經驗科學を自然科學と精神科學とに分つのは謬りである。物を自然と精神とに分つのは古い形而上學の轍をふんだもので極めて曖昧である。心理學の如きはヴントはこれを精神科學の基礎としてゐるけれども、これを方法より見る時は法律學歴史學等と大いに趣きを異にしてゐる。何となれば心理學は精神現象を取扱ふものであるけれどもその研究方法は普遍的法則の發見を目的とするものであつて自然科學の方法と何等選ぶところがない、然るに他の精神科學は同じく精神現象を研究するものではあるが、それをたゞ一回限り起る特殊の現象として研究する。その模範的のものが歴史である。自然科學の目的は法則をたてることであり、歴史の目的は特殊の事實を具體的に記述することである。即ち前者は立法的 Nomothetisch であり、後者は個性記述的 Idiographisch である。以上はヴインデルバンドの科學分類に關する意見の梗概である。

リツカートはヴインデルバンドの見解を祖述しこれを大成した。彼は一八九八年に公けにした「文化科學と自然科學」Kulturwissenschaft und Naturwissenschaft 其の他の著書に於て彼の科學分類に關する見解を述べてゐる

彼の見解は殆んどヴィンデルバンドの説と同じであるが、これに論理的根據を提供して二種の經驗科學の特色を明瞭にした點は彼の効績といはねばならぬ。

科學の目的が普遍的法則によりて個々の事實を説明するにあること、その第一段階として事實の選擇が必要であることは前章に述べたがヴィンデルバンドによれば此の特色は自然科學のみに關することであつて歴史の目的は普遍的法則をたてることではなく特殊の事實の記述である。けれども歴史と言へども凡ゆる歴史的事實を悉く記載するわけにはゆかない。矢張り第一段階として選擇が必要である。此の點に關してフランスの文學者アナトール・フランス Anatole France の如きは歴史的事實が無限であるといふ事實から科學としての歴史は成立しない、歴史的事實の選擇はすべて偶然であるといふのである。ところがリツカートによると、歴史的事實の選擇は特殊の個性を最もよくあらはすもの、即ち價値を標準とするのである。故に歴史がその編纂者の異なるに従つて記述が全然異つたものとならないのは價値によるといはねばならぬ。こゝに於て此の價値は客觀性を帯びて來る。これをリツカートは文化價値 Kulturwert と名づけこれを研究する科學を文化科學 Kulturwissenschaft とした。かくの如き見地から彼はヴィンデルバンドと同じく、心理學を没價値的法則を求めらる科學として自然科學に編入し、自然科學に對立するものは精神科學ではなくて、歴史學、法律學、言語學、經濟學等を含む文化科學であるとするのである。

リツカートの科學分類は方法を標準とした最も論理的な分類法であるけれども、まだ完全無缺であるとは言へない。假に文化科學と自然科學との別を認るとしてもその細部に於ける曖昧は依然として除去されないのであつて、科學分類は今尙ほ哲學上の懸案として殘されてゐるものゝ一つである。吾が國では田邊博士が「科學概論」に於てリツカートの説をもととしてこれに多少の修正を加へ、ヴントの説を加味して極めて包括的な分類を試みてゐる。

第五章 科學の方法

一、類推、歸納、演繹

前章に於て科學が自然科學と文化科學とに大別されることを述べたが、文化科學の特色に關しては今尙ほ學界の輿論が一定してゐるわけでないから、これは吾々の論議の範圍から除外し、普遍的法則の構成を目的とする自然科學のみに研究の範圍を限定しなければならぬ。

さて一切の科學は、此の目的に達する爲めには一定の論理に従はねばならぬ。これを推理といふ。

推理には三通りある。第一は特殊より特殊に進む類推 Analogical reasoning であり、第二は特殊より一般に進む歸納 Inductive reasoning であり、第三は一般より特殊に進む演繹 Deductive reasoning である。

甲の物體にもこの物體にも重さがある。故に丙の物體にも重さがあると結論するのは類推である。地質學者は地球の生成の歴史を研究するに際し、今日の現象から數百萬年前の現象を推究する。これは類推の一例である。ダーウイン Charles Darwin (1809—1882) が飼鳩の變種を観察して、種の起源にまで溯つたのも類推の一例である。かくの如く類推は科學研究に廣く用ゐられる推理の方法であるけれども、それだけではまだ、疑ふべからざる確實な眞理とはならぬ。何となれば今日の事情と太古の事情とが同一であるといふことは證明することが出来ないからである。

歸納法はフランシス・ベーコンがはじめて自然研究の方法として唱道し、これをアリストテレスの演繹法に對して「新しい道具」Novum Organum と稱したものである。これは甲の物體にも重さがある故に一切の物體には重さがあるといふ風に特殊の事實から一般的原理に到達する方法であつて、普遍的法則の發見を目的とする自然科學の研究に最も重要なものであり、近世科學の發達は悉くこの方法に負ふと言つて可い。ガリレイ Galileo Galilei (1564—1642) が平滑な盆を傾けて、その上を球を轉がして落し、その轉け落ちる時間と、轉け落ちた距離とを測定して、物體落下の距離はそれに要する時間の二乗に等しいといふ原理を發見し、若し或る物體が一秒間に約十六呎の距離を落ちるすれば二秒間には六十四呎、三秒間には百四十四呎、四秒間には二百五十六呎の距離を落ちるといふ結論に達した如きは歸納法の一例である。併しながら歸納法によりて到達した原理はそれ自身に於てはまだ確實だとは言へぬ。たゞ蓋然に達するのみである。而して往々にして誤謬に導く。故にこれは演繹によりて檢證しなければならぬ。

演繹は一に三段論法 Syllogism といふ。それは凡ての物體は重さを有する、故に甲の物體も重さを有する(一)を分析すると甲は物體である、故に甲は重さを有する(二)といふ形式で現はされる。法則は演繹的法則となりてはじめて普遍的必然的の法則となり、その眞理は絶対無條件となる。併しながら演繹は矢張り經驗から出發し、歸納法によりてその前提を獲得しなければならぬ。前提が確實であつてはじめて結論が確實となるのであるから經驗科學に於てははじめから超經驗的な大前提を設けるときは當然結論は虚偽となるのである。たとへばアリストテレスが、星は永遠の存在であるからその運動は永遠の運動でなければならぬ。然るに唯一の永遠運動は圓運

動である。故に星は圓運動をなし地球の周圍を廻轉すると結論したのは前提の誤りから生じた結論の謬りの一例である。これに反し演繹が普遍的眞理をあらはす場合には前提は常に經驗より得たものである。海王星が発見されたのはかくの如き前提からであつた。慧星の通過や、日蝕月蝕等が豫言されるのもこの種の演繹的推理によるのである。アインシュタインは星から地球に達する光は太陽附近を通過する時その引力により一、七五秒の角度で屈曲するといふ計算をたて、その眞理なることが一九一九年の日蝕の際、僅少の實驗誤差をもつて確かめられた。これは演繹的推理の模範的の例であつて、思考の勝利とまで宣傳されたが、この推理の前提となつたアインシュタインの法則も最初から超經驗的思考によりて創造されたものではないのである。トマス・ケイス Thomas Case が言ふやうに一切の推理は經驗に初まつて經驗を超越する。故にポアンカレの言の如く一切の科學は經驗から出發するのである。歸納法は演繹法を俟ち、演繹法は歸納法をまちて有効となるのである。

二、觀察と實驗

觀察と實驗とは自然科學全體を通じてその研究の基礎となるものである。觀察とは意識的に經驗に注意を集注することである。たゞ漫然と經驗するのでなく、一定の目的をもつて注意深く經驗することである。

科學上の偉大なる発見は悉く綿密な觀察に端を發する。ニュウトンが林檎の落ちるのを見て、それに不思議を抱いたのが端となつて萬有引力の法則に到着した如きはその一例である。ロバート・マイヤー Robert Mayer がエネルギー説を大成したものは、彼が一八四〇年の夏ジャヴァ Java に醫者をしてゐた時、患者の靜脈血が不思議に鮮紅色を呈してゐるのに不審を抱いたのがはじまりで、それから熱帶地方の人は寒い地方の人よりも僅少の酸化で體温が維持できるから靜脈血が澄んでゐるのであるとの結論に達し、遂に熱の機械説、ひいて一般エネルギー説に到達したものであることである。

觀察が一定の目的をもつて自然現象に注意を集注することであるに反し、實驗は一定の目的を以て人爲的に或る事情を生起させてこれを觀察することであつて、その差は自然のまゝを觀察するのと人爲的に加工したものを觀察するとの點にある。科學者が實驗室の中で自然現象を研究するのがこれである。

何故實驗の必要があるかといふに、第一に時間の經濟である。自然にまかせてをけば非常に長くかゝる現象を極めて短時間に實驗することが出来る。それと同時に自然現象としては熱帶地方にしか起らぬ現象を温帶若しくは寒帶で實驗することが出来るといふ風に場所の困難を救ふこともできる。次に最も大切なことは事情を單純化する事である。自然現象としては極めて複雑なる事情の下にしか起らぬことを實驗に於ては、本質的ならざる事情を除外して、簡單に明確にこれを觀察することが出来る。故に假説或は法則の檢證には缺くべからざる方法である。又人體の病菌の研究とか人間の胎兒の研究の如く直接その實物について研究することの困難な場合に他の動物をもつてこれに代へることができるといふ便利もある。

二三の實例をあけると、フォン・ジーボルトは、豚や牛等の内臓に寄生する一種の寄生虫は人間に寄生する條虫の幼いものであると信じ、大膽にもこれを嚥下したところが、實際條虫に罹つたのでそれが眞理であることが證明された。

またハーヴェイ Harvey (1578—1658) は一六二八年に血液循環説を唱へ、血液は心臓から動脈系に流れ込み、静脈系から心臓に歸つてくるものであることを心臓の構造や機能によりて證明した。それは論理的には疑ふ餘地が無かつたのであるが、當時顯微鏡が無かつたので、如何にして動脈の細管から静脈の細管へ血液が移つてゆかといふことがわからなかつた。その爲めに彼の存命中には彼の學説は學界に採用されなかつた。ところが一六六一年にマルピギー Malpighi (1628—1694) は蛙の肺臓を實驗して、透明な毛細管によりて動脈の血液が静脈へ移つてゆくことを觀測し、遂にハーヴェイの説の眞理であつたことが證明されたのである。

科學研究の手續として觀察と實驗とは凡ての科學に必要な方法であるが、その他これに附隨する手續として、研究材料の蒐集、その測定及び排列、その分拆等がある。けれども此等は自明の理として省略する。

三、記述學と説明科學

自然科學はその方法上の段階から記述科學 descriptive science と説明科學 explanatory science とにわかれる。

前に科學的知識は體系的、普遍的知識であるといつたが、この中で主として體系的知識の段階に止まるものが説明科學であり、進んで普遍的法則の樹立にまで達するものが説明科學である。又ヴントの科學分類に於て現象論的科學といふのは略ぼこゝで言ふ説明科學にあたり、體系的科學といふのははゞ記述科學にあたる。實例をもつて言へば動物學、植物學等は記述科學にあたり、物理學は説明科學にあたる。

此の區別は本質的の區別ではなく、方法上の段階に過ぎない。故に純粹に記述のみに終始する科學はなく、且

つ記述科學は常により高度の説明科學の結論を論理的に豫想してゐる。こゝで論理的といふ言葉に注意する必要がある。何となれば事實上記述科學が先に發達して漸次説明科學に達したといふわけでもなく、それと反對に先づ説明科學を十分に修得した上でなければ記述科學が理解できぬといふわけでもない。此等の科學は事實上獨立に發達してゐるのであるが、論理的に見る時は記述科學は説明科學をまつて科學本來の目的たる絶対無條件の普遍的知識に達するといふのである。

さて、それでは記述とは何か？ それは自然現象を片つ端から記述してゆくことではない。それは不可能なことである。科學の目的が第一に事實の選擇にあることは前に述べたが、選擇といふことは一つの種類である。分類とは個々の對象を、其の類似に従ひ、共通の屬性を有するに従つて普遍的な類概念に統一し、更にその類概念の共通の屬性に従つて一層普遍的な類概念に統一して、個々の對象を斯くの如き特殊と普遍との關係系列に組織することである。たとへば犬を研究の對象とする場合に吾々は個々の犬について一々觀察と實驗を行ふことはできない。それは個々の犬の有する共通の屬性によりて統一された一般的の犬について一々觀察と實驗を行ふことより個々の犬はその大きさ、毛色、耳の長さ、足の長さ、眼の大きさといふ風に觀察してゆけば一として同じものはない。けれどもこれ等の個性は自然科學の對象とはならない。たゞ内臓、骨格、形態、生理等の大體の本質的の類似點のみを統一した犬一般なるものが科學研究の對象となる犬となるのである。

概念には内包 intension と外延 extension との二方面がある。内包とは概念の含んでる意味即ち共通的本質的の性質であり、外延とは概念の包括する範圍である。そこで分類によりて統一された對象、前の例で言へば個々

の犬は概念の外延であつて、それに共通の屬性、即ち個々の犬に共通の性質は概念の内包を形成する表象である。記述とは此の共通の屬性を命題として表すこと、即ち概念の内包を明かにすることである。然るにかくの如く概念の内包を明瞭正確に規定して概念の意味を明かにすることを定義 *definition* と言ふ。故に記述の目的は畢竟定義にありと言はねばならぬ。併しながら記述の目的とする定義は唯名論的定義ではない。唯名論的定義は普通の辭書にある語義である。然るに記述はその精密を期する爲めには進んで量的或は數的關係の測定をも包み、對象によりては數學的公式或は圖形をも必要とする。

中世の名目論 *Nominalism* は概念は實在せざる名目に過ぎぬと主張し、ポアンカレが駁撃した實用主義者のル・ロアは科學は科學者がこしらへた記號の系統に過ぎないと主張した。併しながら認識論から出發して來た吾々には實在といふ觀念は残されてゐない。若し吾々が實在を云々するとすればそれはカントが經驗世界と對立された「物それ自身」の如きものでなくて、經驗世界に顯現する何物かであればならぬ。故に概念が此の意味に於ける實在でないことは無論である。併しながら、概念が名目に過ぎないとか、或は科學者の選舉したる事實（即ち概念）が科學者が任意に創造或は選擇したものであるといふが如きは科學の本質を明かにしないもの、言いはねばならぬ。この點は後に稍詳しく説明する筈である。

さて科學の中には以上の如き記述を職能とするものがある。動物學、植物學、礦物學の如きがそれである。これを記述科學といふのである。記述科學は畢竟前に述べたやうな方法によりて經驗を普遍化することに他ならぬ。經驗の構成が直觀の普遍化であると同じく、記述科學に於ける記述は個々の經驗の普遍化であり、組織化である。

記述科學は、もとよりそれ自身に於て意義を有する。けれども科學の要求する絶対無條件の普遍的法則の樹立の爲めには、今一段の普遍化を必要とする。それは一切の現象を純然たる没價値的要素に還元してその因果關係によりてこれを説明することである。かくの如き因果的説明を目的とするものが説明科學である。此の因果關係をあらはしたものが法則である。故に説明科學の目的はかくの如き法則を發見し、それによりて個々の事實を演繹的に説明することである。従つて説明科學が齎らす普遍的法則は過去の一切の事實を説明し得るのみでなく、未來の事實をも豫言する。彗星の軌道、日蝕、月蝕の如きその例である。もとより記述科學と説明科學との間には判然たる區別があるわけではなく、動物學植物學等にも説明の部分があり、物理學特に化學の如きには記述的部分が極めて多い。たとへば生物に無數の變種があること、それが進化によつて生じたものであるといふことは舊くから知られてゐた。然るにこれを因果の關係によりて説明することは出来なかつたが、ダーウインはこれを自然淘汰、適者生存の法則によりて説明せんとした。ダーウインの進化論が完全無缺の眞理であるとは言へないが、少くも彼によりて生物學が一步説明科學の域に踏みこんだことは認めなければならぬ。又ケプレル *Kepler* は火星の軌道が楕圓形であることを證明し、進んで遊星の軌道がすべて楕圓形であることを證明した。しかしこれだけではまだ記述の域を脱したとは言へない。然るにニュウトンは萬有引力の法則からこの因果關係を説明した。こゝに至つてはじめて説明科學となつたと言へる。

以上の例によりて記述科學と説明科學との意味は大體にわかつたこと、思ふが、説明科學の目的とする法則については今少しく説明を要するが、これは後章に譲つて、次に、想像力が科學の研究に如何なる位置を占めてゐる

るかを見やう。

四、科學と想像力

科學と想像力、一見これ位不似合な組合せはないだらう。それは推理以外に科學研究の方法はあり得ないからだ。併しながら想像力が科學研究に如何なる役割を演じてゐるかを検査するとき、吾々はその結果に驚嘆せざるを得ないのである。私は次にゴッチ教授 Gotch の *On some Aspects of the Scientific Method* の中から、この問題を論じた一節を抜萃して見やうと思ふ。ゴッチは從來の偉大なる科學上の発見の例をひいて想像力が如何に重大な役割を演じてゐるかを示してゐる。

ゴッチは次の如く言ふ。余はニュウトンの萬有引力の法則即ち宇宙間の各物體は他の物體に對して引力を有し、引力はその作用する物體との間の距離の二乗に比例するといふ説は、一の歸納法、想像力に恵まれたる獨創的科學者の考へであると思ふ。チンダル Tyndal (1820—1893) の言によればニュウトンが林檎の落ちるのを見て、それを天體の運動に及ぼしたのは想像力の飛躍である、何となれば此の法則は全宇宙に適用されるものだからである。

光エーテルの假説は疑ひもなく想像力のこしらへた概念である。此の假説は一六八二年はじめてイギリスの物理學者フック Hooke (1635—1703) によりて暗示され、一六九〇年オランダの物理學者ハイゲンス Huyghens (1629—1695) によりて完成された。この假説によると、宇宙は普く一の媒質をもつて滿されてゐる。それはあ

らゆる物質の中へも入りこんでゐて、その性質は、普通の粗笨な物體と異り、重さがなく、物體の通過に何等の抵抗をも與へない。しかもこの媒質の中には不斷の動亂が起つてゐる。即ち非常な速力をもつて凡ゆる方向へエーテルの波動が傳はつてゐる。これは全然想像の產物であるけれども、これによりて光、熱、電氣其の他の現象が因果的に説明し得る爲めに科學的妥當性をもつてゐるのである。又、エネルギー恒存則の端緒がマイヤーに與へられたことは前に述べたが、この法則の如きも想像力の產物である。即ちエネルギーは其の運動様式によりて、熱となり、光となり、電氣となり、化學現象となり、引力となる。又油がつきてランプの灯が消える如く、石が地上まで落つれば静止する如く、一見エネルギーの運動が静止するが、これはエネルギーが消滅したのではなく、單に様式を変えたのであつて宇宙間のエネルギーの總量は少しも増減生滅せず、たゞその運動様式の變化によりて凡ゆる現象が起るのである。

かくの如き思想は一見科學者のそれよりも寧ろ詩人のそれであるやうに見える。ウワーツワース Wordsworth (1770—1850) はカレイの海岸を漫歩しながら謳つた。

静けく、自由なる、美しき夕べ、
 聖なる時は、息もせで禮拜する
 尼僧の如く静かに、
 天日は音もなく沈みゆき

やさしき空は海を抱擁す、

聴け！ 天地の偉大なる存在は目覺め、

永遠の運動をもつて

永久に盡きざる雷の如き響きをたつ。

詩人の想像と科學者の想像、そこには一脈の共通點が存するではないか。近世の天文學者の想像する宇宙は、詩聖ホーマーの想像的宇宙の堂宇を遙か彼方に越へてゐる。物質にして物質にあらず、五官を超越し、しかもあらゆる自然現象説明の祕鍵を握れるエーテルの如き存在物や、瞬く間に力となり、光となり、熱となり、電氣となるエネルギーの如き變幻自在なる怪物は天才詩人のいかなる想像にも劣らぬものがある。しかもそれが確乎たる存在理由に裏つけられた拔きさしならぬ想像の産物であることを知る時、近世科學の理論的建築の宏大と精緻とは、吾々をして讚嘆措く能はざらしめるものがある。

第六章 數學と自然科學

一、數學的眞理の絶對性

「科學の分類」の章に於て、吾々は數學を形式科學として、經驗科學から除外した。併しながら數學的眞理の絶對確實性がどこにあるかといふ點については吾々は屢々誤解してゐる。たとへばユークリッド空間の上に成立するユークリッド幾何學を唯一の可能なる先驗的幾何學であると想像するが如きである。

一般に數學は一切の經驗科學に適用されてゐるが、逆に經驗は數學に何等の内容をも供給する力がない。これ數學を純粹形式科學として經驗科學より分離しなければならぬ所以である。實に數學的眞理は一切の經驗に先ち、經驗をもつてその眞偽を検證することは出来ないのである。然らば數學的眞理は唯一の先驗的根本原理からひきださるゝ論理の系列に過ぎないか。若し然るとせば明晰な論理的頭腦を有する人は悉く數學者でなければならぬ筈である (Berkeley, Mysticism in Modern Mathematics)。また數學的推理の本質が、かくの如く演繹的であるとすれば、ポアンカレの指摘したやうに、近代數學は何故に古代ギリシヤの哲學者に知られなかつたか？ 私は次に數學的推理の本質及び數學と自然科學との關係について、ポアンカレの「科學と假説」の最初の二章の梗概を抜萃してをかうと思ふ。

數學の可能は一見解決し難き矛盾のやうに見える。若し數學が演繹的のものでないとすれば數學の絶對嚴密性

は何處から来るか。これに反して若し數學が演繹的であるとすれば演繹は何等本元的に新しいものを附加しないから數學は畢竟同義異語反覆に歸し、凡ゆる數學の命題は「甲は甲なり」といふ論理法に歸するか。ポアンカレは先づかくの如き疑問から出發してゐる。

若し或る定理がある數につきて眞理であるとせばこれが普遍的眞理であることを證明する爲めには該定理が一つにつき二に就き、三に就き其他の數につきても眞理であることを無數の三段論法の反覆によりて示さねばならぬ。併しながら、斯くの如き無數の演繹の反覆は不可能である。しかも無數の反覆によらざる限り凡ての數に適用すべき普遍的定理には達しない。又數學的眞理の確實性は經驗から來るものでもない。經驗は如何にこれを積み重ねても有限なる一部分の數につきて或る定理が眞であるといふことを示すに止まる。かくの如く、論理も經驗も數學的眞理の絕對確實性を證明することは出來ぬ。従つて數學的眞理こそ、カントの所謂先驗的綜合判斷の眞の模範である。これによりて數學的歸納法が可能となるのであるとポアンカレは言ふ。然らば數學的歸納法とは何かといふと、それは一の行爲が一度可能である時はそれと同一の行爲は無限に反覆することができると考へる精神の力に基くものであつて、吾々は此の能力を直覺してゐる。これは自然科学に於ける歸納法と極めて酷似してゐるけれども自然科学に於ける歸納法は自然界に法則があるといふ信念を基礎としてゐるから常に不確實であるが、數學的歸納法は、精神そのもの、性質の肯定であるから必然的に吾々に與へられてゐるものである。故にそれは絕對確實性を有するのである。數學の可能的基礎は數學的歸納法にある。ポアンカレはこんな風に考へるのである。これに對してはもとより異論がある。イギリスの數學者フツセル Bertrand Russell の如きは、數學の

命題は根本概念の定義から演繹せられるから演繹的、解析的であるといふ。又吾が國の田邊博士の如きは、ポアンカレの主張するが如き數學の基礎に横はる純粹形式直観は、論理の根本原則の基礎に横はる直観と同じであるから論理と對立するものではないといふ。吾々はたゞ數學の基礎に關して之等の異つた見方があるといふことを知るだけで満足しなければならぬ。而してその何れをとるも數學的眞理が經驗に先つものであるといふことには疑問の餘地がない。

二、幾何學の基礎

幾何學は若干の證明する能はざる公理の基礎の上に立つ演繹的科學である。此の公理の中には「同一の量に等しき二つの量は相等し」といふ如きものがあるがこれは幾何學に特有の命題ではなく先天的分析判斷である。ところがその他に幾何學のみに特有の公理がある。「二點を通過する直線は唯一つあるのみ」「直線は二點間の最短距離である」「一點を通過し、一の直線に平行する直線は唯一つあるのみ」等がこれである。右の内第三公理を證明せんとして多くの人が頭腦を悩ましたが、遂にロシアの數學者ロバチエヴスキー Lobachevskij (1793—1856) 等は此の證明が不可能であることを證明し、「一點を通過し一の直線と交又せざる直線は無數にある」といふ命題を假定し、それより定理を演繹して、ユークリッド幾何學と同じく論理の矛盾なき幾何學の一體系をたてた。その後リーマン Liemann (1826—1866) は更にロバチエヴスキーの幾何學とも異なる他の幾何學の體系をうちたてた。これ等を非ユークリッド幾何學といふのである。若しカントの言つた如く、幾何學の公理が先天的綜合判斷

であるとせば、如何にして非ユークリッド幾何學が可能であるか？ それは明かに先天的綜合判斷ではない。然らばそれは經驗的眞理かといふと、例へば理想的の幾何學直線、或は圓周といふ如きものを吾々は經驗することが出来ない。故に幾何學的公理は先天的綜合判斷でもなく、經驗的眞理でもない。これは約束 Convention である。故にユークリッド幾何學と非ユークリッド幾何學と何れが眞理であるかと問ふのはメートル法とその他の度量衡と何れが眞であるかと問ふのと一般である。

以上はボアンカレの所説の要約であるが、後に説く如く彼は、眞偽の判斷の代りに便不便の別をもつてしてゐる。この一見實用論的見解に對しては、約束にも何等かの先天的意義がないかと問ふ人もある。又彼はユークリッド幾何學の對象とする空間の性質を連續、無限、三次元、等質 isotrope (一點を過ぐる凡ての直線が等勢なること)とし、これに反して表象的空間 (espace représentatif (知覺的空間の意)) は三次元、等質、イソトロプ等の性質を有しないと主張し、吾々と異つた世界にある動物が幾何學をつくるとせば、彼等の幾何學的空間は吾等のそれと異なるべきを説き、ユークリッド空間が先天的空間でないことを示してゐる。

以上によつて吾々は數學の基礎をほゞ明かにすることができた。けれども私の目的は數學がその起源及び發達を經驗に負ふに拘はらず、その眞理が經驗に先だつものであることを示せば足りる。幾何學の基礎が約束に支へられてゐることについては、假説を論ずる章に於てその意義を詳く説明するであらう。

三、物理的連續と數學的連續

數學が先驗的形式科學であることを明かにするために今一つ物理學的連續と數學的連續とについて考察しよう。

數學的連續とは何であるか。先づ整數列をとりて、隣接せる二つの數例へば1と2との間に一つ或は二つ以上の中間數を挿入し、更にその間に中間數を挿入し、順次これを反覆して無限に至り、無限數の項を得る。これが分數或は有理數である。けれどもこれだけではまだ不十分で、此の無限數に達した項の間に更に無理數を挿入する。これが數學的連續である。

此の數學的連續の概念は經驗からひき出されたものであらうか。若し然りとすれば經驗によりて與へられた吾々の感覺は測定し得る筈である。感覺は刺激の對數に比例するといふフェヒネル Fechner (1801—1887) の法則はこれを肯定したものである。けれどもこれを仔細に検査すると、全然反對の結論に到達する。例へば十瓦の重さを有するAと十一瓦の重さを有するBとは同一の感覺を與へ、且つこのBと十二瓦の重さを有するCとも同じ感覺を與へるとする。然るにA (十瓦)とC (十二瓦)とは容易に區別することが出来るといふ場合がある。その時には

$$A=B, B=0, A>0$$

となる。これをボアンカレは物理學的連續の公式といふ。これは明かに論理の根本原則に矛盾してゐる。けれども經驗はこれを區別することができないのである。たとひ十瓦と十一瓦と區別はできて十瓦と十瓦百分一の重さとは到到區別し得ぬ。長さについてもさうである。吾々は一分と二分とは容易に區別できる。けれども一分

と一分百分の一とは區別できない。顕微鏡の助けを借りるとそれは出来るかも知れないが一分と一分十萬分の一との區別はできない。如何に精密な顕微鏡をもつてしても必らずこの限界を推し進めるだけでこれを越えることは不可能である。従つて經驗的事物の數學的測定は常に近似であつて、遂に絶対確實に達することはできぬ。これは數學的連続の概念即ち數學的量は精神の創造したものであつて經驗からひき出されたものでないこと、即ち一般的に言へば數學が經驗に先つものであることを示すものである。

けれどもポアンカレの言をもつてすれば、精神は記號を創造する能力をもつてゐる。故に數學的連續を構成した。數學的連續とは記號の特殊の體系に他ならぬ。精神の力は、一切の矛盾を避けんとする必要以外には何物にも制限されない。けれども精神は、經驗が理由を供しない限りはこの力を用ゐない。この理由は粗笨な感覺から抽出した物理學的連續の概念である。此の概念が導く矛盾から脱する爲めに吾々は益々複雑な記號の體系を想像することを餘儀なくされる。

數學と物理學とは相俟つて發達してゆく。

四、數學的自然科學

自然科學の目的が普遍的法則の樹立にある以上、それは個々人によりて内容を異にする感覺的要素を法則の内容から排除し、これに代ふるに、この感覺に對應する物理現象の數理的要素をもつてしなければならぬ。即ち經驗の普遍化の極致は經驗の數學化でなければならぬ。數學的自然科學の目的は、こゝに存する。プランク Planck

が感覺の排除といふのはこの意味である。一切の自然科學は經驗から出發し、經驗を數學的要素に還元し、その函數關係を普遍的なるものとして立てる。

これをはじめて認められたものはガリレイである。彼によれば自然は數學の記號をもつて記された書物である。彼は科學の目的は、經驗を抽象的概念に概括することのみでなく、經驗を分析して、これを數學的に計量し得る性質上の區別なき一様等質の要素に還元するにありとし、これを發見する方法を分析的方法を名づけた。又かくして得たる究極的要素の數學的關係が經驗的事實に一致するか否かを檢證するのが構成的方法と稱するものである。此方法によりて主觀的な性質的差別や變化を分析して、没性質的な要素とその運動とに歸し、これによりて一切の物理現象を究極的に説明すべしと主張した。自然科學の最後の仕上げとしてこの職務を擔當するものが理論物理學である。故に理論物理學は科學的認識の完成者であつて、論理上自然科學の最高最終の地位を占むるものである。理論物理學によりて、種々の法則は最終的の假説に統一されて、物理的世界の建築はこゝに終りをつけるのである。法則及び假説については吾々は章を改めてその意義を説明する必要がある。その前に理論物理學と特殊科學との關係を今少しく説明してをかうと思ふ。

五、特殊科學と理論物理學

一切の自然科學が、その認識の論理的段階により、大體記述科學と説明科學とに區別されること、並に説明科學は法則及び假説の定立により統一的物理的世界を形成するに至つて終局に達すること、この終局に位するも

のが理論物理學であることは前に述べた。

今記述科學の一例として動物學を例にとる。動物學の主要なる部分は動物學各論と稱する分類學である。次に形態學及び解剖學等に轉するもその特色は記述の域を脱しない。進んで組織學、特に細胞學に至ると普遍化は非常に高度に達するけれども依然説明の領域には入らない。ところが生理學に至るとはじめて説明がはいつてくる。けれども生理現象は生物のみに限られてゐるので自然科學を網羅してゐないと同時に生理學が物理化學特に後者を豫想してゐることがわかつて来る。即ち生理現象の大部分は化學の現象に歸著する。

次に化學に轉すると面目は一變する。そこでは直接物理學に屬する現象(例へば運動の如き)を除外し、無機物と有機物との兩界に跨り、あらゆる物質が約八十の元素に還元され、一切の物質現象が此等元素の關係に歸してしまふ。人體の構造は若干元素の結合に歸し、あらゆる生理作用も若干元素の離合集散の關係に歸するのみならず、無機界の現象の極めて多くが化學元素の關係によりて説明できる。例へばダイヤモンドは炭素の結晶體となり、空氣は酸素窒素其の他の元素の複合物となり、水は酸素と水素との一定の化合物といふことになる。けれども前にも言つた如く自然界には化學現象以外に運動、電氣、熱、光等の現象がある。尙化學現象のみをとりても、八十の元素はそれ〴〵性質を異にしたものであつて、自然科學が究極の理想とする汎性質的普遍要素に達したとは言へない。

ところが最近の物理學は原子説に代りて電子を以てこの究極的要素とし、純然たる性質の差別なき此の電子の數量的關係をもつて一切の自然現象が説明されることとなつた。こゝに於て自然現象を化學現象と物理現象とに

別つ舊來の觀方は廢せられ化學は物理學の基礎の上に置かれることとなり、物理學こそ自然現象の全體を包括する説明を與へるものとなつて來た。此の物理學の法則は前にも言つた通り假説によりて統一される。然るに假説は經驗を超越してゐる。故にヘルムホルツの所謂自然の數學的説明、プランクのいふ物理學的世界形象 *Physikalische Weltbild* を論ずるものは實驗物理學でなくて理論物理學であるといはねばならぬ。此の意味に於て理論物理學が論理上自然科學的認識の終局に位すると言へるのである。

第七章 法則と假説

一、法則の歸納

自然科学の中には記述及び分類を主とする所謂記述科學もあるけれども、自然科学的認識は論理上法則の發見をもつて終極する説明科學にあることは屢々説明した。而してこの説明科學の最高に位し、従つて一切の自然化學を理論的に統括するものが理論物理學であることも前章に説いた通りである。

然らば科學がその發見を目的とする法則とは何であるか。法則とは認識對象の普遍的必然的關係を表はし、既に經驗された事實のみならず、未だ經驗されない認識を支配する命題である。然るにかかる法則は記述科學に於ても達せられる。たとへば、ボアンカレの例によれば、燐が四十四度で熔解するといふのは一の法則である。しかし四十四度で熔解しないで其の他の屬性は悉く燐と同一の物質が發見されても、それには別の名稱を與へればいゝわけだから、この法則の眞理は依然失はれない。

又物體は自由落下の際には時間の二乗に比例する距離を通過するといふときも、若し距離と時間の二乗と比例しない場合があれば、これは落下が自由でなかつたとすれば、この法則は眞理を維持し得られる。けれどもかかる法則は、普通に定義と稱するものであつて、科學がこゝに止まるならば、それは畢竟記述科學であつて、説明科學とは言はれない。而して法則はその豫言の力を失ふわけである。かくの如き定義と眞の法則とを混同するところから唯名論的懷疑主義が生ずる。

けれども説明科學の要求する眞の法則は、單に、既に經驗した事物の間に或る關係が成立してゐることを概括して表すもののみでなく、未だ經驗しない場合にも、一定の條件の下に一定の結果が起るといふ普遍的關係を表はす。即ち法則の効力は經驗の範圍を越へて絶對的普遍性を有し、常に斯くあらざるべからずといふ必然性を有する。前にあげた例をもつてすれば、燐といふ代りに、斯くくの屬性を有する物體は四十四度で熔解するとすれば、これはもはや定義ではなく法則となる。定義の場合では、四十四度で熔解しないものには別の名稱を與へればすむが、法則の場合には、法則の指定する如き屬性を有しながら四十四度で熔解しない物體がある場合にはその法則が虚偽であるといふことになる。法則が單なる名稱の定義でなくて、普遍的、必然的關係の表白であるといふことはこの例をもつてもわかると思ふ。

特殊の經驗から、かくの如き普遍的法則をひき出すことを歸納といふことは前にのべた。然らば如何にして法則の歸納が可能であるか。ミル John Stuart Mill (1806-1873) は歸納法の根據を自然の齊一 Uniformity of Nature にありとした。實際自然の齊一といふことは法則の歸納を可能ならしむる根據であり、従つて科學成立の根據である。若し八十の原子の代りに八萬の原子があつたとしたら化學は不可能であらう。凡ての天體が一定の引力を有する代りに、或るものは引力を有せず、更に或るものは二倍の割合の引力を有するとしたら物理學は不可能であらう。凡ての人間が悉く根本的に異つた骨格を有し、生理作用をもつてゐたとしたら生理學も不可能となるであらう。歸納法の根據、更に廣く言へば一切の普遍化の根據は自然の齊一にありと言はねばならぬ。

アンカレの言つたやうに、人間は奇蹟によりて神がその存在を顯現することを願ふけれども、奇蹟がかつて起らないといふことこそ永久の奇蹟である。

この自然の齊一調和を最もよく吾々に示すものは天體である。ポアンカレによれば、法則の存在を吾々に教へたものは第一に星學である。初めて多少注意して天空を観察したカルデア人は、天空に散在する星の群は無秩序な雜然たる集團ではなくて、訓練された軍隊であると見た。彼等は此の訓練の規則は知らなかつたけれども星夜の調和ある眺めは、彼等に整齊の感じを與へるには十分であつた。この規則はヒバルク、プトレメウス、コペルニクス、ケプラー等が次々に認知し、遂にニュートンが一切の自然法則の中で、最も古く、最も精密、最も簡單にして最も普遍的な法則を教へたことは語るまでもないことである。

星學が教へる此の宇宙の調和は、吾々に地球上の一見無秩序の裡にも調和があることを教へたのである。ポアンカレによれば、若し人間が土星のやうに密雲に蔽はれた天體に住み天空に存する整然たる秩序を見なかつたらば、複雑な地球上の現象の裡に吾々は混沌と偶然のみを見たであらう。

星學の暗示はこれのみに止まらない。吾々は、吾々の発見した自然法則が、人間がつくる法律の如く地方的のものであつて、日本の法律がイギリスでは妥當でない如く、吾々の知る法則は宇宙の一隅、即ち地球上或は太陽系内に於ては眞理であつてもそれ以外に出づれば虚偽となるかも知れないといふ疑問を抱くことが出来る。それと同時に若し場所の異につれて法則が變化するとすればそれは時間によりても變化するかもしれない疑ふのも當然である。かゝる疑ひに對して答へたものも又星學である。即ち双星 *soiling doubles* を觀察するとそれは

圓錐曲線を描く。故に望遠鏡の達する限りに於ては、ニュートンの法則に従ふ範圍の限界に達しないのである。

其他、ポアンカレは、法則が簡單であること、外觀の信するに足りないこと、大なる數を恐れないこと、自然が人間の直接の利用の爲めに存するものでないことを教へたものが星學であることを述べてゐる。併し吾々はいでは單に、自然の齊一を直接に吾々に示すものが星學であることを指摘すれば足りる。

併しながら、自然が齊一だから法則が可能であるといふことの基礎には、思考の法則が自然を齊一に構成して見せる。観るるといふことが横つてゐることは前に述べた通りである。然らばかくの如き思考の法則の基礎は如何。吾々は特殊の經驗から直ちに法則に飛躍する。林檎の落つることから萬有引力への飛躍が如何にして可能であるか？

吾々は法則の適用さるゝ場合を悉く經驗してから法則を歸納するのではない。またそれでは法則ではない。法則は特殊の集合ではなくて特殊から直ちに一般へ飛び移る。こゝに於て論理上普遍は特殊に先だつと言へる。既に述べた具體的普遍或は一般者を豫想しなければ歸納法の可能は遂に吾々には知られないことになるのである。

けれども、この普遍的一般者を知る爲には、吾々は特殊の經驗による他はない。故に或る特殊の經驗から歸納された法則が、其の後の經驗と矛盾する場合には、その法則は虚偽としてこれを棄てなければならぬ。それは普遍的一般者が時と共に變つたり、幾通りもあつたりするわけではなく、以前の法則が眞の法則でなかつたことを意味する。法則が眞であるといふことは、その法則の表は普遍的關係が幾度びも繰返され得るといふことである。それは經驗と一致するといふことによりてのみ知られる。法則の眞を保證する唯一の方法は檢證である。檢證はもとより法則の普遍性を生むものではない。幾度檢證を重ねても、檢證の度數によりて普遍性は増すもので

9. 自然が齊一に構成して見せる。観るるといふことが横つてゐることは前に述べた通りである。然らばかくの如き思考の法則の基礎は如何。吾々は特殊の經驗から直ちに法則に飛躍する。林檎の落つることから萬有引力への飛躍が如何にして可能であるか？

ないからである。併し、誤謬を防ぐ方法として吾々は檢證、即ち法則を経験に適用すること以外の方法をもたぬのである。

此等の法則の内容をなすものは原因結果の法則でなければならぬ。然らば物理學上の原因結果の法則とは何であるか。

吾々は前に述べた如く法則の可能根據として自然の齊一を假定或は要求する。自然の齊一は、これを時間的に見る時は、自然は同一事情の下には同一現象を繰り返すといふことである。けれども吾々は或る現象の起る事情を悉く知ることが出来ない。シリウス星も物體の落下に全然無關係だと言へないからである。また假令これを知悉し得るとしてもそれと全然同一の事情を反覆させるといふことは一層不可能である。故に精確に言へば、自然の齊一といふことは、自然は類似の事情の下には類似の現象を繰り返すといふ意味に他ならぬ。併しながら類似とは如何なる意味か。

たとへば林檎が地上に落ちるといふのは如何なる事情によるかといふ問に對して、林檎が熟してゐたからといふ答へも事實である。又風が吹いたからといふ答へも事實である。支へるものがなかつたからといふ答へも事實である。その中でニュウトンが特に地球の引力によると推定したのは何故であるか。それは全く科學者の任意に過ぎないか。若し任意が法則に許されるならば法則の必然性は如何に解すべきか。前の三つの答へはたゞ二つの現象の繼起を記述したばかりである。それは思考の根本法則たる充足理由律を満足せしむるものではない。風は吹いたけれども、林檎はたゞ一つだけしか落ちなかつたとすると、林檎の落ちる爲めには風以外の原因が無けれ

ばならぬ。林檎が熟してゐたからといふ答はどうかといふに矢張り熟した林檎が全部落ちるといふわけでもなし熟しない林檎も落ちる場合がある。するとこれも亦普遍的意味をもつてゐないことがわかる。次に支へるものが無かつたからといふ答へは普遍性を有するやうに思はれる。何となれば空氣よりも重い物體は支へる物なしに空中に静止してゐることは出来ないからである。實際こゝまで来れば非常な普遍化である。けれども前にあげた例のとほり、これは生物は進化するといふ思想と同じであつて、何故にといふ吾々の要求を満足せしむるものではない。即ちこれは單なる記載であつて原因結果に關せしめた説明ではない。最後にこれを引力に關係せしめて、地球に引力がある以上、すべての物體は地上に落下せざるを得ないと説明してはじめて必然性を帯びて來ると同時に、太陽や星や月が落ちない理由が説明される。

けれども科學者の中には原因といふ觀念を自然科學から排除せんとする一派がある。それは經驗のみを過重視する科學者の一派で、經驗世界の現象の繼起は、唯だ現象が繼起するといふ事實で、二つの現象が常に繼起すればこれを習慣上因果關係と考へるけれども因果關係なるものは決して經驗されるものではないと考へるのである。

マッハ Mach (1838—1916)、キルヒホフ Kirchhoff (1824—1887) 等はその代表者で、これを記述學派と稱する。マッハは因果とは感覺の函数的關係を表はすために、思考の經濟の目的によりて創つた思想の產物でありと言ひ、キルヒホフは、運動の原因が力であるとの説を排し、力は經驗できないものであるから、力學は力といふやうな概念を去りて、唯だ經驗される運動を最も完全且つ簡單に記述するを本分とする主張した。併しながら斯かる説を徹底すると、自然の齊一といふことも偶然となり、科學的認識の不可能宣明に終らなければならぬ。吾

々は因果の形式は經驗構成の際に充足理由の原理によりて先驗的に吾々に與へられたもので、自然の齊一を豫想してこれを自然現象にあてはめたものが科學の法則であると解してをかうと思ふ。

二、假説の意味

法則を假説によりて統一して、物理的世界を一の建築に組織することが科學の最後の目的であると言つたが、こゝでは進んで假説とは何ぞやといふ問題を少しく述べて置かうと思ふ。

法則は一般に經驗から歸納される。従つてこれを經驗に還元すること、即ち經驗的事實に適用することが出来る。假説はこれに反して經驗から歸納されたものでなく従つて經驗によりてその眞偽を檢することができない。假説が法則と異なる根本の區別はこの點にあるのである。

一切の科學は經驗から出發する。従つて經驗に還元されないやうな要素は却つて科學の發達を阻害し、その眞理の體系を亂すやうに思はれる。假説といふやうなもの、存在はわざ／＼科學の基礎を不安定にしてゐるやうに思はれる。經驗的事實ばかりで科學を構成してゆけば科學の立言はすべて積極的意義を有してくるやうに思はれる。現にニュウトンは、「余は假説は造らない」Hypotheses non fingo. と言つて、無用の假説を立てることを排斥し、經驗的事實を重んずべきことを主張した。

然るに科學が假説を含んでゐるのは何故か。それは前にも言つたとほり種々の法則を統一し、これを包括的に相互關聯せしめる爲めである。何故にそんな必要があるかといふと吾々は因果の關係を究極まで徹底させんとす

る要求をもつてゐる。故に物理學の命題を深く研究して見ると必ず最後に假説に支へられてゐる部分を見出す。それ以上に因果の鎖を辿ることの出来ない終極點を見出す。たとへばエーテルとか、エネルギーとか電子とかいふものがそれである。吾々は如何に精密な顯微鏡をもつてもエーテルや電子やエネルギーを見ることは出来ない。それは經驗的事實ではなくて科學者が假定したものだからである。

併しながらこの假定は偶然にされるものではない。科學者は各自任意に假説を採用するわけにはゆかない。その假説は或る一定の必要を滿すものでなければならぬ。それは種々の法則を互に矛盾せず、抵觸しないやうに聯結する必要である。たとへば物理的作用は何等媒質なき虚空を傳はることはできない。然るに遠き星から數百年を費して地球に光が到着するのは何故か。光はその光源を出發してから地球に到着するまでには、その間の時間は空間の何處かに支持されて旅行してゐなければならぬ。かゝる要求を滿すものとして宇宙は遍滿なくエーテルをもつて填充されてゐるものであるとの假説が生ずるのである。然るにエーテルは吾々の經驗し得る物、たとへば空氣の如きものであるとしては物理學の他の要求と矛盾して來る。そこでエーテルには非物質的の種々の性質が附與されて、物理學の定律との抵觸が避けてあるのである。

假説の模範的の例はこれを幾何學に見る。幾何學の第一原理はどこから來るか。それは論理によりて與へられたものでないことは、ユークリッド幾何學の外に非ユークリッド幾何學が成立することと證せられる。またそれが經驗より生じたものでないことは、吾々の經驗する空間は幾何學的空間と異なることで證せられる。故にそれは假説といはねばならぬ。ポアンカレはこれを約束といふのである。經驗科學にもかくの如き約束は多い。たとへ

ば地球が太陽の周圍をまはるといふのは經驗をもつてこれを知ることが出来ない。従つてこれは約束である。

併しながら經驗的法則を統一する假説は一つに限らない。幾つもあり得るのである。然るに一つの假説が採用されて他が廢棄せられる理由は何であるか。ポアンカレはこれに答ふるに簡單、便利の二條件を擧げるのである。絶對空間の認識が不可能であるとすれば、ブトレメウスの天動説もコペルニクスの地動説もどちらが眞理であるとも言へないのである。地球を靜止したものとして力學をたてることもできるし、地球を動くものとして力學を構成することもできるわけである。然るに後の説が勝利を得たのは簡單であるからに他ならぬ。經驗的法則を簡單に統一して假説の任務を果すことができるからに他ならぬ。またユークリッド幾何學と非ユークリッド幾何學ともどちらが眞であるといふわけにはいかない。前者が廣く採用されてゐるのは、吾々の經驗する固體の性質に適合してゐるから、即ち便利だからに他ならぬ。

かくの如くある假説が採用されるのはそれが眞理だからではなく便利だからである。換言すれば、經驗と一致するからではなく法則を簡單に統一し得るからである。併しながら此の便利とか簡單とかいふことは、法則と矛盾しないといふ條件に於てなればならぬ。法則と矛盾する時、假説は存立の意味を失つて來る。さうして新しい假説がこれに代るのである。

科學に對する懷疑論の多くはこの假説をあまりに重大視し、科學の基礎は假説にありと信じて、假説の倒塌が直ちに科學の破産を意味すると考へるからによる。又科學に對する獨斷論も假説を重要視する點に於て前者と共通である。たゞ後者は假説が約束であることを忘れて、これが直ちに實在を示すものだと輕信する點にある。オ

ストワルド Ostwald の如きは感覺は吾々の感官と外界との間に於けるエネルギーの移動によりて生ずるものであるからエネルギーは經驗的實在だとしてエネルギー一元論といふ形而上學を打ちたたてた。併しながら、エネルギーの移動によりて感覺が生ずるといふのは科學的推理によりて假定したことであつて、吾々はエネルギーもその移動も經驗することは出来ないのである。従つてこれは經驗的事實でもなく、況んや實體でもない。

けれども吾々は假説が、便利と簡單との標準によりて選まれた約束であるとしても、その人爲性をあまりに誇張してはならない。或る意味から言へば一切の普遍化は凡て假説である。何となればそれは經驗を離れてゐるからである。科學に材料を供するものは經驗である。併しポアンカレの巧妙な比喻を借りると、家屋をつくるものは煉瓦である。けれども單なる煉瓦の堆積は家屋ではない。科學が普遍化である限り吾々は科學から假説を取り除くことはできない。それは煉瓦がそれ自身に動いて家を造らないのと同じである。假説の交代變遷は免れない。併しそれは征服することはできないのである。

假説に眞偽の別がないとすれば假説の交代は何を意味するか。何故に昨日まで生命を有してゐた假説が突如として今日廢棄されるか。このことをよく考へて見ると簡單便利といふ標準が決して任意のものでないことがわかる。何故かといふと、これは假説が二つ以上並存するを許さないことを示してゐるからである。科學の世界には群雄割據的のアーキーは許されないのである。賢明なる元首によりて萬機が總攬される世界國家こそ、科學の模範を示すものである。それと同時に假説に眞偽の區別がなくてしかも交代するといふことは、その交代が、家屋を破壊して新たな家屋を建て直すやうなものではなく、有機體の不斷の發育の如きものであることを示す。

廢棄された假説は直ちにその生命を失ふのではなく、新しき假説の中に包含されるのである。フレネル Frenel (1788—1827) は光をエーテルの運動に歸したが、その後マクスウェル Maxwell (1831—1879) は電磁作用の研究によりて光は流れだとし電磁作用をも含む一層廣汎な光の説明をうちたてた。けれどもそれがためにフレネルの理論が効力を失つたといふわけでなく、フレネルの理論はマクスウェルの理論に含まれてゐるのである。而して効力を少しも失はないのである。また最近アインスタインの相對性原理によりてニュウトンの萬有引力の理論が廢棄されたと言へ、ニュウトンの理論はたゞ一層廣き理論に含まれたといふばかりで、アインスタインの出現によりて俄に効力を失つたわけではないのである。

眞の假説と偽の假説といふ區別はないけれどもよき假説と悪しき假説との別はある。よき假説とは既知の法則を遺漏なく包括し得るものである。故にある假説が、ある事實を包括し得ないとすれば、その假説はやがて他の假説に代られる運命をもつてゐるといはねばならぬ。また、既知の事實は一切これを説明し得るに拘らず、未知の事實の發見によりて假説が變改を餘儀なくされることは屢々ある。ラヂウムの發見が機械的力學に最後のとゞめをさした如きはその一例である。

一般に科學は一方に於て新事實、新現象、新法則の發見によりて、その内容を益々複雑にし富ましてゆくと同時に、絶えず概括によりてこれを統一してゆく。前者が實驗科學であり、後者が理論科學である。ボアンカレは例の巧妙な比喻をもつて次の如く述べてゐる。

科學を絶へず發展してゆく圖書館に比較することを余に許して貰ひたい。館主は圖書購入費として不十分な費

用しかもつてゐない。故に館主は費用を濫費しないやうに努力せねばならぬ。購入品の負擔者は實驗物理學である。故に圖書館の内容を富ますものは實驗物理學のみである。數學的物理学(理論物理学)に至つては、その任務はカタログの整理にある。たとひカタログが如何に立派に整理されたとして、圖書館の内容は豊富になるわけではない。併しそれによりて閱覽人をして此の内容を利用せしめることに役立つ。

吾々はこの比喻により、理論物理学が論理上科學の最高に位するとは言へ、科學の内容の發展は實驗科學に依たなければならぬことを記憶すれば十分である。

第八章 科學と文明

一、科學と物質文明

文明とは人間の文化的活動及びその所産の總稱である。人間の活動には精神的活動と物質的活動とがある。従つて常識的見解に従へば文明は精神文明と物質文明とにわかれる。哲學、藝術、宗教、政治等は前者に屬し、産業、交通等は後者に屬する。この中で科學と最も密接な關係を有するものは後者である。

近世の人文史上に於ける最も眼覺ましき偉觀は物質文明の驚くべき進歩である。而して物質文明の進歩は常に科學の進歩と平行してゐる。近代文明は實に科學的文明であるといつても過言でないのである。然らば科學は如何にして物質文明を促進し得るか。それは科學の實地應用の結果である。吾々が今日日常使用してゐる最も客細な日用品と雖も、その背後には深遠なる科學理論がかくされてゐる。近世國家に於ける驚くべき富の増加、生産力の増大は悉く科學の賜物である。星學と蒸氣機關の發明は航海業の發達を促進して商業の革命を齎し、同じ蒸氣機關の發明は機械工業の發達を促進して産業革命を誘致した。近世市民社會の發達は資本家的生産制度に依り資本制度の確立はこれを科學におうてゐる。即ち科學進歩の段階に應じて、家内工業、手工業が製造業に變り、次いで大産業が勃興して、資本を少數者の手中に集積せしめ、百萬長者と無產賃銀勞働者との二大陣營に刻々分裂しつゝある近代の資本家社會が生れたのである。

科學の進歩による富の増加が如何に大なるかについて一例をあけて見ると無政府主義學者、クロボトキン¹⁾ Kropotkin は「パンの略取」といふ書物の中で次の如く述べてゐる。「アメリカの廣大なる平原では、各百人が、強大なる機械の助けをかりて、數ヶ月間に、一萬の人間を一ヶ年間支ふるに十分なる小麥を産出することが出来る……産業に於ける奇蹟は更に顯著なるものがある。即ち百人の織工は、近世的機械の協力によりて、一萬の人間に二ヶ年間着せるだけの被服を生産することができる。管理の行き届いた炭坑では百人の坑夫は毎年嚴寒の地に於て一萬の家庭を暖めるに十分なる燃料を供給する。而して吾々は最近二回迄も、フランス國民の日常の事業に何等の支障をも與へることなしに、數ヶ月の内に、パリに驚くべき都市が湧き上つて來た光景を目撃した（一八八九年及び一九〇〇年のパリ萬國博覽會を指す）。クロボトキンがこの文章を書いてから二十年を経過した今日では數字は更に驚くべき高に達してゐることは想像するに難くはない。而して吾々は東京の市中に於て、數ヶ月の内に上野の山から不忍池畔一帯に亘る小都會の出現（平和博覽會）を目のあたり目撃してゐるのである。

かくの如く近代生活の中心問題ともいふべき産業方面に及ぼした科學の影響は頗る大であるが、其の他科學が實際生活に與へる効用は枚擧に遑ない程である。一例をあけると星學は航海業に便益を與へる外、測量家、地圖作製家の指針となり、地球表面の各地に正確な時間を知らせる。醸造、染色、石鹼の製造等は化學理論に先だつて行はれてゐるが、化學理論の完成と共に驚くべき化學工業の進歩が實現した。空中窒素の醸造業に於ける効用藍の生産等はその一例である。物理學方面に於ては電信、電話、無線電信、飛行機、電車等の發明が人文に齎した効用をあけるだけで十分である。生物學の効用は、細菌學や生理學が醫學、衛生、藥物學等に與へた影響をあ

ければ足りる。

ウォーレンス Alfred Russel Wallace は、その著「驚くべき世紀」Wonderful Century に於て、十九世紀と十八世紀以前との科學上の發明を比較し、十九世紀に於ける第一流の有用なる發明品十三に對し、十八世紀以前のそれは五に過ぎないと言つてゐる。即ち十九世紀に於ける主要發明品として彼は鐵道、汽船、電信、電話、摩擦マツチ、瓦斯燈、電氣燈、寫眞、蓄音器、レントゲン光線、スペクトル分析、癩劑、防腐劑等をあげ十八世紀以前の發明品としては、望遠鏡、印刷機、航海用羅針盤、アラビア數字、アルファベット文字の五つをあげ、これに蒸汽機關と寒暖計とを附加しても七つに過ぎないといつてゐる。この比較はトムソンが指摘したやうに、多少十九世紀に寛大である。けれども、科學の加速度的進歩と、それが人文に及ぼす効用とはこの例を見ても明らかである。更にこれを二十世紀の最初の二十年と比較すれば、この二十年に於ける科學の進歩は十九世紀以前の全歴史期間にも匹敵するであらう。その發明品の一端をあげても、無線電信、無線電話、飛行機、飛行船、ラヂウム、活動寫眞等從來の大發明に匹敵するもの枚舉に遑なき有様である。ただこれ等發明品の多くが人類一般の福祉の増進とならずして、多く戰爭の爲めに使用されて殺人の武器となり、資本家の爲めに壟斷されて搾取の具となつてゐることは事實である。けれどもこれは科學そのもの、罪ではなくて社會組織の缺陷によることは言はずして明かである。

かくの如く科學の目的は一見實際上の効用にあるかの觀を呈してゐると同時に、その發達の起原に溯ると、同じく實際上の必要に刺戟されておこつたものであることを發見する。實際は常に理論に先つて存在するのである

ケイスは最も抽象的な數學さへ具體的經驗から生れたものであるとてかう言つてゐる。「人間は手足の指を數へる經驗から算術をはじめ、手足の大きさを計る經驗から幾何學をはじめた。彼はついでこれ等の具體的の物を標準として他の物を測る。幾何學 Geometry」といふ言葉は土地の測定といふ意味である。エデプト最古の數學書、即ち假紀元前一七〇〇年頃に書かれたアーメス Ames のパ、イラス紙に記された書物には、ピラミッド（三角塔）やオペリスク（方尖塔）が測量してあるが、抽象的な表面積の測定に進む前に、先づ固體を取扱つてゐる。要するに數學は歴史的には經驗によりて達し得る具體的物體からはじまり、漸次具體から抽象に進み、抽象的算術の單位、抽象的幾何學の點に進んでゐるのである。此の具體より抽象への分析を完成し、數學を分析から綜合へ變へたものは古代ギリシヤ人である。數學を歴史的、發生的に考究するときケイスの説は眞理であると言はねばならぬ。また、ブランフォード Branford は科學と職業との關係について興味ある觀察をしてゐる。その概要は次の如くである。

一切の理論、一切の知識、一切の科學はもと職業上の學問から發生した。銀冶が物理學者であり、農夫及び家畜飼ひが植物學者であり、獵師が動物學者であり、水夫が地理學者であるといふ風であつた。科學は空中に浮んでゐるものでない。繁雜な日常の業務から離れて獨自の神祕的發達をとけるものではない。科學は昔も今も、自己の仕事を巧みにやらうとする人間の慾望及び努力から生れてゐるのである。人間の進歩の一大條件は實にこの科學と職業との相互關係によるのである。一例をあげると、モンジュ Monge といふ人は一七五〇年頃フランスの貧しい行商人の家に生れた。彼が故郷の町でつくつた建築案が或る機關大佐の目にとまつて、彼は士官學校へ

入學を許されそこで製圖、測量等を學んだ。その頃彼は築城計畫が凡て面倒な算術の計算で行はれてゐるのを見て、これに代る幾何學的方法を案出した。はじめは上官はこれに眼もくれなかつたが、一度びこれを驗して見ると、それが從來の方法に優つてゐることが明白となつた。これが幾何學の一分科としてその後多大な効用を及ぼした應用立體幾何學であつたのである。その後モンジュはこれを研究してたゞに實用方面に甚大な便利を與へたと同時に數學そのものにも寄與するところがあつたのである。ブランフォードの以上の見方も又、科學を發生的歴史的に見るとき眞理たるを失はない。

物質文明と科學との關係は以上にあけた例に就いても明かである。併しながらこの科學の實用的効果に幻惑すると、その爲に科學の理論的意味を誤解する虞れがある。吾々は次章に於て此の問題を論ずるであらうが今は方面を轉じて科學と精神文明との關係に一瞥を與へやうと思ふ。

二、科學と精神文明

科學が物質文明に與へた燦然たる光輝から目を轉じて、これが精神文明に與へた影響を見ると、そこにも同様の奇蹟が展開されてゐることを見出す。精神文明の如何なる方面に於ても、科學的といふ一語は絶大の權威をもつて吾々に臨んでゐる。科學的教育、科學的宗教、科學的記憶法、科學的經營法、科學的社會主義、科學的演出法、科學的描寫、實に科學の向ふ所敵なき概がある。學藝復興期から今日へかけて、科學は凡ゆる精神文明の王國に戰を挑み、悉くこれを雌伏せしめた。科學の歴史は常勝將軍大ナポレオンの歴史に勞鬱たるものがある。

科學は先づ宗教を征服した。學藝復興は、神學を精神界の帝王たる地位から引きづりをろし、その上に理性をうち立てた。教會は眞理の最高審判所ではなくなつた。さうして遂に宗教自身の中に改革の氣運をつくらせた。宗教改革、新教の勃興は、宗教の理性に對する讓歩であつたことは言ふまでもない。科學の精神はベイコンが言つたやうに偶像の破壊である。然るに宗教は偶像の下に人間の知的活動を隷屬させやうとした。そこに争闘の起るのは己むを得なかつたのである。けれども教會は科學者を處刑し、書物を焼き、新人の口を緘することはできても、眞理を覆ひかくすことは出来なかつた。そこに科學の強味があつた。遂に教權と科學との争闘が科學の全勝に終つたのは當然である。又科學以前に於ては、人間の宗教心に關聯した迷信が、人間の活動の少からぬ部分を支配してゐた。これを征伐したのも科學であつた。日本の傳説によると地震は地下の大鯨が寝返りをうつ爲めに生じ、雷は天上の鬼が太鼓を打つてまはるのだと解されてゐた。地質學氣象學電氣學はその然らざる所以を説明した。星占は星學によりてかはられた。けれども理性を以て説明し得る限界に常に反理性が假定される。エーテルの假説の如きが他日人知の幼稚を例證するために用ゐられる時代が來ないとうして斷言ができやう。吾々は合理的知識の限界を益々擴げてゆくことはできる。けれども遂にこれを撤廢することは出來ないのである。かう見てくると迷信と科學との境界は知識擴張史の一定の段階を示すものだと云へる。それでは宗教と科學とは本質的に相矛盾すべきものか。宗教と科學とは永久の戰をつゞけてゆくべきものか。若しさうだとしたならば人間に宗教的信仰と科學的究理との二種の精神作用があることそれ自身が矛盾でなければならぬ。宗教は科學を否定し、科學は宗教を否定するとしたら人間の活動は悉く積極的意味を失つて來る。かゝる懷疑の維持すべからざ

ることは、科學の眞理が疑ふべからざる確實性をもつて吾々に與へられる事實が證明してゐる。宗教がこれを否定するとすればそれは宗教の獨斷である。五圓札二枚はどこへいつても十圓として通用する。この數學的眞理を宗教が否定するといふ意味が獨斷以外の何物でもないことは容易に觀取し得られるのである。それと同時に宗教の立場にたつて考へると人間が超自然的信仰を有することに對して、科學がこれに挑戰するとしたらどうか。科學は經驗世界に於ては賢明な獨裁君主であるが、超經驗世界に於ては嬰兒の力も、たないではないか。かくして吾々は重要な眞理に到達したやうに思はれる。科學と宗教とは天上と地上に入り亂れて争闘すべきものではなくて、各々一定の限界に踏み止るべきものだといふ眞理である。ウイリヤム・ジエームス William James (1892—1910) はかう言つてゐる。「宗教は人間の歴史に於て少からぬ意味をもつてゐる。……所謂自然の秩序は經驗世界を構成するものであつて、それは全宇宙の一部に過ぎない。この可見の世界の彼方に不可見の世界が擴がつてゐる。吾々は此の世界に就いては今何等積極的に知ることはないが、吾々の現世の生活の眞の意味はこの可見の世界と不可見の世界との關係に存する。人間の宗教的信仰の本質は、余にとつては、自然界の謎の説明がそこで發見されるやうな、何等かの不可見の世界が存在するといふ信仰を意味する」(The Will to Believe)

次に科學が哲學及び藝術に與へた影響を考へて見やう。併しこゝでも哲學藝術が科學と同じ領土の上で入り亂れて闘ふべきものであるといふ觀念を吾々は捨てなければならぬ。そのことの意味は、後に「科學の限界」を論ずる際に詳しく説明するつもりであるから、今はたゞかゝる先入見を捨て、科學も哲學も藝術もそれ々の限界を有することを知つてをくだけで十分である。

古代から進世まで哲學の問題は種々變遷して來たけれども、その大體の特色は實體論的であつたと言へる。學藝復興期の理性尊重の風潮の影響を受けて理性哲學が生れ、その後實證科學の發達につれて哲學もその影響を受けた。イギリスの經驗哲學がこれである。ニュウトンの大發見と呼應して哲學界にもカントの批判哲學が生れた。カントによりて實體論は哲學の領土から驅逐されて、知識の批評が哲學の中心問題となつた。しかもその内容を供するものは常に自然科學であつた。物理學や幾何學の根本原理を彼は先天的綜合判斷の模範としてあけてゐたが、その後の科學の進歩はその然らざる所以を明かにした。ダーウインの進化論も亦哲學に影響を與へずにはなかつた。ニイチエ Friedrich Nietzsche (1844—1900) やスペンサーの哲學説がそれである。ヘッケル Haeckel はダーウインの進化論の影響をうけて動物と植物とを一元に歸してモネラといふ生物の原體を案出し、生物と無生物とをズプスタンツといふ一元に歸し、有名な一元哲學をたてた。またエネルギー説の影響をうけたオストワルト Ostwald はエネルギーこそ自然の終局の經驗的要素であつて、精神現象もエネルギーの一形態に過ぎぬとしエネルギー一元論を唱へた。かくの如く科學上の大變革は常に哲學説の革命を隣伴した。それが科學と哲學との限界の混同から望ましからぬ結果に終つたことがあつたとは言へ、科學が哲學を獨斷的から批判的へと導いてきたことは争はれぬ。相對性原理は今や時間空間運動等に關する哲學者の考へに新たなる革命を齎さんとしてゐる。

藝術と科學とは、一見全然正反對のものゝやうに見える。けれども藝術も亦科學の影響に超然たることはできなかつた。近代文藝の端を發した自然主義乃至寫實主義が自然科學の方法を描寫法に採用したものであることは

何人も知つてゐるところである。テイヌ Hippolyte Taine (1828—1893) はこれをイギリス文學史に採用した。ブ
リウンチエール Ferdinand Bruniere (1849—1906) は進化論の見地から文學史を解釋した。ゾラは科學の方法を
小説の描寫に採用した。描寫法の革命は同時に題材の革命をも伴つた。詩も繪畫も彫刻も音楽も、その題材は昔
は荒唐無稽なものであつた。それが漸次事實に題材を求めらるやうになつた。神から王公へ王公から貴族へ、貴族
から平民へと藝術の題材は擴張された。今では工場の中にも、貧民窟にも藝術家は美を發見するやうになつた。
その他道德も科學の影響をうけた。政治も法律も戦争も科學の影響をうけた。物質文明と精神文明との兩界に
跨りて、科學はあらゆる方面に革命を迫つた。かくの如く科學が人間生活に莫大な効用を齎したところから、科
學の目的は實用にあるといふ思想が生じた。實用以外に科學の意味はないといふ思想が生じた。數學は計算測量
に役立つことによりてのみ意味を有し、電氣學は電車、電信を供することによりてのみ意義を有するといふ思想
が生じた。吾々は最後にこの思想の正否を検しなければならぬ。

第九章 科學の價值

一、科學の爲めの科學

科學はたゞそれが人間生活に有用なるがためにのみ意味を有するか。有用といふことを離れて科學の價值はな
いか。此の問題は最も興味ある問題である。私はこゝでも先づボアンカレの説をきかうと思ふ。彼は「科學の價
値」の「天文學」といふ章の下で次の如く述べてゐる。

「政府と議會とは天文學を最も費用のかゝる科學と思ふに相違ない。最小の機械も數十萬フランを償し、日蝕月
蝕のある度に臨時支出を要する。しかもそれは何の爲めかといふと非常に遠距離にある星の爲めである。選舉戰
には全然關係なく且つ將來も決して關係ないやうに思はれる星の爲めである。政治家がかゝる費用を支出するの
は彼等が一片理想主義の遺物を保有し、偉大なるものに對する漠然たる本能を保有してゐるからに相違ない。實
際彼等はそのために誹謗されたと余は信ずる。だから彼等をはけまし、彼等の本能が彼等を欺かざること、此の
理想主義が彼等を欺かざることを示すのは徒爾でなからう。

かくの如く冒頭してボアンカレは天文學の有用にして無益にあらざる所以を力説してゐる。併しながらそれが
有用であるといふのは海軍のためや、航海のために役にたつたといふ意味ではなく、彼の言葉を借りると、「吾々
をして吾々自身を超越せしめるが故に有用なのであり、偉大にして美はしいが故に有用なのである」特に「天文

Henri Poincaré
de Roy

科學のその
批評のその

學は吾々をして自然を理解せしめ、他の直接に有用な諸種の科學の研究を容易ならしめる故に「有用なのである。一般人は、すぐ眼先の役にたつことが科學の目的だと信じてゐる。日常生活に應用されることに科學の價值が存するのであると信じてゐる。そして人體の病氣にも關係のない細菌の研究や、幾百光年も距たつてゐる星の研究に没頭してゐる學者の迂遠を羨ふ。原子の構造がどうか、赤の色が一秒間に百萬の四億倍の回数振動するとか、何億年前の地球がどうかであつたとかいふ研究は、實際吾々の日常生活に何等の交渉もよたない。特に非ユークリッド幾何學とか虚數とかいふ數學は地面の測量にも金錢の勘定にも一向關係がない。然るに學者は何故にこれを研究するか、學者はたゞ眞理を探究するのである。それが人間に直接有用であらうと無用であらうと彼等の關知する所ではない。これを人間生活に應用するのは別箇の事業である。應用科學といふ名稱を學者が嫌うのはそのためであつて、科學と科學の應用とは全然別物なのである。

トルストイは科學者は實地の應用に鑑みて科學の對象を選択せずに、偶然にまかせて選擇すると批難した。彼によれば人生の爲めの科學こそ價值があるので、人生と獨立した言はず科學の爲めの科學には價值がないのである。併し吾々は此の問題を一層深く考察する必要がある。實地の應用に鑑みて科學研究の對象を選択するとは何を意味するか。例へばこゝに人口過剰の結果一般的食糧の不足がこつたとすると大地や空氣から食糧が生産されたら非常に有益である。そこで學者は研究對象として大地及び空氣を**選むこと**になる。併しながら準備なしに大地をいじくりまはしたとてそれは研究にはならず泥んや科學にはならぬ。科學的研究は實地應用とは無關係なそれ自身の理論的體系による以外にはなされない。

歴史的に見れば凡ての科學は實用上の目的から發達してゐる。併し科學は發達しながらそれ自身の理論的體系をつくつた。それは實地の應用とは直接には全然無關係なものである。實地應用といふことを標準にする時科學の爲めの科學は存在の意味を失ひ、科學そのものさへも成立しなくなる。科學者が或る原理を發見するのは特殊の實地應用を目的としてゐる。一つの原理が、生産を増加し人間の肉體的勞働を軽減する方面に應用される、それが殺人の武器に應用されるも科學者自身の關知せざるところである。けれども實際に於ては科學の原理は大部分何等か人生に實用的貢獻をなしてゐる。加之今日まだ何等實用的價值を有しない原理も他日これが實用的價值を獲得して來ることは容易に期待できる。ニュウトンが林檎の落るのを見て地球の引力に想到した時、彼は今日の如き物理學の應用を豫想しなかつたに相違ない。科學者は原理の發見に没頭する。實用家はそれから出發して有用な機械を發明する。一人の學者がこれを兼ねることはあつても兩者の目的は全然別種のものである。常識より見れば荒唐無稽に見える相對性原理の發見者アインシュタインと發明界の巨人エヂソン Edison とを比較すると實用といふ方面から見ればアインシュタインは到底エヂソンの脚下にもよれない。併しながら科學者としてエヂソンよりもアインシュタインを上に置く人があるだらう。此の意味に於て科學は科學の爲めの科學であつて人生の爲めの科學ではない。しかも實用といふことを廣い意味に解すると科學の爲めの科學こそ同時に人生の爲めの科學としても偉大であることを示してゐる。

カール・ピアソンは自己の經驗から次の如き興味ある事實を語つてゐる。「余は十六年間技師の養成に従事したが、今日斯界に於て優秀な地位を占めてゐる人は、その頃自分の職業に役に立ちさうな事實や式ばかり記憶しや

うとあせつてゐた人ではなくて、方法に注意を拂ひ、式よりも證明に思考を費し、役に立ちさうな事實を集めることよりも、面倒な専門研究に興味をもつてゐた人である。……職業教育は觀察し思考することを教へるにあらざる云々」これによつて見ると眞に人生に役立つものは、實用的知識ではなくて原理そのものだと言へるのである。又スチヴンソン J. J. Stephenson は「純粹科學の世界に與へた貢獻」といふ論文で、世人が科學の實用方面にのみ幻惑されてその理論的價値を等閑視してゐることを批難し、「産業進歩の根底は、大部分實用を無視し、殆んどそんなことに注意しない純粹科學者によりて敷かれた、……第一歩を踏み出すものは研究家で、それによりて發明家が發明するのである」と。

このことは歴史の事實を見れば明かである。ファラデーは一八二五年にベンジン（石油精）を發見し、ミッチェルリヒ Mitscherlich は九年後それがベンジン酸からとれることを發見した。この二人の化學者は、この透明な可燃性の液體が他日驚くべき實用的價値を示すとは夢想だもしなかつた。然るにその合成物はその後非常に廣く實地に應用され、前世紀末にドイツだけでベンジン工場に働いてゐる職工の数が十五萬に達したとのことである。蒸汽機關、電信、電話、發電機等が、當時の理論科學から生れたものであることは今更言を俟たぬ。一八五三年ウィリアム・トムソン William Thomson が哲學雜誌 Philosophical Magazine に發表した一論文は電波振動の理論の端緒となつたが、その中に無線電信の基礎がひそんでゐたことは當時何人も豫想しなかつたであらう。

科學者は眞理を探究するものであるから、如何なる眞理も何等かの應用に耐へるといふことは信じられる。たとへば應用が科學の目的でないことは以上の説明でわかつたことと思ふ。けれども科學者の活動、眞理の探究も人生及び社會と没交渉だとは言へない。コントが言つたやうに「知識は豫見であり、豫見は力である。」この意味に於て「科學のための科學は同時に人生の爲めの科學」である。科學の原理が如何に有害な方面に應用されやうともそれは科學の罪ではない。毒瓦斯や潜水艇が幾百萬の人類の生命を奪うとも吾々はその爲めに化學や物理學を人生に有害だと信すべきではない。その責任者は別にあるのである。

二、科學の限界

自然科學が物質文明と精神文明との分野に亘りて暴君の如き權威をふるつてゐるところから、科學に對する迷妄が不知不識の裡に近代人の精神に巢くふてきたのは無理もない次第である。これ等の人々は科學は一切のものを解決する。哲學も藝術も宗教も存在の餘地を失つてしまつたと信するのである。かゝる議論を稱して科學萬能論といふのである。

併しながらかゝる議論の支持すべからざることは少しく批判の眼を開けばすぐにわかる。シエークスピアはハムレットに言はせてゐる。「ホレーシヨ君、天と地とは、君の哲學で夢想されてゐるものよりも、もつと澤山のことがあるよ」と。ゲーテはファウストに嘆じさせる。「俺は哲學も法律も醫學も、どうでもよい神學さへも端から端まで一生懸命に學んだが、學問のもちぐされで、こゝにたつてゐる俺は、もとのとほりの馬鹿で一向賢くはなつてゐない。」科學が人生問題の全部の解決者でないことはこれ等大詩人の言葉が最もよく表はしてゐる。

時間的にも空間的にも吾々の知識の達し得る範圍は無限の宇宙に比ぶべくもない。星學は非常に遠距離にある

星の存在とその運動さへも知らせるけれども、地球に最近の火星や月の表面の現象さへも知らせることは出来ぬ。望遠鏡は距離を短縮するけれども無限の距離に比すれば肉眼と望遠鏡との差は無に等しい。かくの如く吾々の科學的知識は時間的にも空間的にも限界をもつてゐる。

けれども吾々は科學の限界を無限の時間と無限の空間の彼方にまで探しに出かける必要はない。最も手近なところで科學は陸へあがつた魚のやうに無力となる。それは精神だ。デュ・ボア・レイモン du Bois Reymond (1818—1896) は物質の起源、運動の起源、生命の起源等を世界の七不思議として科學的知識の限界とした。けれども吾々は必ずしも起源まで溯らなく²⁴精神現象そのものを科學的に説明することはできない。勿論、生理學、心理學等は協力してこの方面に於ける科學の限界を突破しやうとしてゐる。けれども超弩級艦をこしらへることの出来る科學が一匹の虱をこしらへることが出来ないところを見れば、まが限界は突破されてゐないやうに見える。かつてラ・メトリー La Mettrie (1709—1751) は人間は機械であると唱へ、ヘッケルは前に述べたやうな一元論をとなへて物質と精神とを一元的に説明しやうと企てた。今日に於ても生命及び精神現象を機械的に自然科學の方法をもつて説明する爲めに凡ゆる努力が拂はれてゐる。それはもとより徒勞ではない。このことに就いては本講座の別冊「生物學の根本問題」に於て詳しく述べるつもりである。けれども科學的研究は結局因果の關係以上に出づることは出来ない。それを超へるともはや科學の領土ではないのである。

かくの如く科學的認識はその有効範圍が無限ではなくて限られた範圍内である。しかも人間の精神活動は科學の基礎となる知識作用のみに限られてゐない。その他に感情及び意志の作用がある。そこはまた科學とは別天地である。藝術、宗教、道德等の世界がそこに展開される。前章に述べたとほり科學はこれ等の世界に少なからぬ影響を與へてゐる。併し、藝術や道德の本質を如何ともすることはできない。美學は美を定義し、倫理學は善の分析をする。しかし美學は藝術を創造しない。倫理學は行爲を生まない。こゝにも亦科學の限界がある。アナトール・フランスは、科學が地球の周圍が幾らあるとか、太陽の大きさが幾らだとかを教へてもそんなことは親子の愛をどうすることも出来ない。地球は人間が苦しんだり愛しあつたりするには十分の廣さをもつてゐるといふやうな意味のことを言つたが、この言は科學萬能主義に對する有力なる鐵槌である。科學は萬能ではない。吾々は科學以外の天地をもつてゐる。そこでは因果の法則も効力を失ひエネルギー恒存則も何等の意義をなさないのである。

最後に今一つ科學の限界の最も重要なものをあけてをかねばならぬ。以上にあけた限界はいづれも科學の外廓をなす限界であるが次にあけるのは科學自身の、言はば科學の底をなす限界である。即ち科學的知識の確實性に關する限界である。科學的認識がどこまで有効であるかといふ限界でなく、科學的認識がそれ自身に於てどの程度まで堅牢であるかといふ限界である。この點に對して科學の根底に鋭い批評を加へたものは實用主義 Pragmatism である。實用主義の主張は科學的眞理は實用的結果を有するといふ一語に要約される。即ち、絕對眞理といふ觀念を追ひ拂つて眞理の相對性を強調するのである。けれどもこの説を徹底せんとすれば眞理は個人的なものであるといふことにならざるを得ぬ。併し實用論者は眞理が個人的のものになることを極力避けやうとしてゐる。そして實用主義者に屬する或る人(シラーの如き)は眞理は社會の多數の人が認めるから眞理であると唱へた。

けれども多數は普遍を生むものではない。多數が認めるから真理ではなく、真理だから多數が之れを認めるのだと絶対論者は説く。私が屢々ひいたボアンカレの如きも實用主義的傾向の人として絶対論者から批難されたことがある。だからこの問題について私は彼自身の説くところを聞かうと思ふ。

三、科學の客觀的價值

實用主義の承認は科學の客觀性を否認して相對性、偶然性を許すものである。科學上の假説が人爲的なものであるとし、そこには眞といふことは無く便利があるのみだと主張して一見相對論に墮したかの觀あるボアンカレは再轉して科學の客觀的價值を辯護してゐる。實用主義者ジエームスをして言はしむれば、「偉大なるボアンカレも間一髪といふところで實用主義を逸した」のである。併しながらボアンカレが實用主義を逸したのは、彼の偉大に對する取理であるか、それとも彼の偉大を増すものであるかは容易に斷定できぬ。私は次に彼の説くところを摘録して、その判斷を讀者諸君に一任しやうと思ふ。

ボアンカレによれば、吾々の棲む世界の客觀性を吾々に保證するものは、此の世界が吾々と、他の思考者とに共通であるといふことである。客觀性の第一條件は、客觀的なものは多くの人々の精神に共通であり、従つて一人から他人に傳達されねばならぬといふことである。ところで他人の感覺は吾々に對し、永遠に閉された世界である。自分が赤と呼ぶ感覺が隣人が赤と呼ぶ感覺に等しいかどうかを檢證する手段を吾々はもたない。さくらんぼとけしの花とは自分にはAといふ色の感覺を與へ隣人にはBといふ色の感覺を與へ、同時に植物の葉が自分に

はBといふ色の感覺を隣人にはAといふ色の感覺を與へると假定する。すると此の假定が眞であるとしても吾々はこれを確かめることは出来ない。何となれば自分はAを赤と言ひ、隣人はこれを緑と言ふに反し、自分はBを緑と言ひ隣人はこれを赤と言ふからである。けれども内容性質の如何にか、はらず、さくらんぼとけしの花とが自分にも隣人にも共通の感覺を與へ、二人ともこれを赤と呼んでゐることだけは確實である。かくの如く感覺或は感覺の性質は互に傳達することは出来ないけれども、感覺間の關係はさうでない。故にこの關係にこそ客觀性があると言へるのである。かくの如き見地から見れば、客觀的なものは性質の無い純粹の關係なのである。換言すれば談話によりて他人に傳達し得るもの、理解し得るもののみが客觀的價值を有するのである。

然らば科學とは何であるか。科學は關係の體系に他ならぬ。吾々は外界の事物を對象と呼んで爲る。この對象は單なる感覺の集合ではなくて恒久的に結合された集合である故に對象となり、一時的の假現でなくなるのである。この結合のみが此等の事物に於ける客觀的なものである。而してこの結合は關係に外ならぬ。故に吾々が科學の客觀的價值如何と問ふのは科學が事實の本性を教へるか否かといふ意味ではなく、科學が事物の眞の關係を教へるか否かといふ意味である。科學の理論が、熱、電氣、生命等の本質の何たるやを吾々に教へんと標榜するならばそれは失敗するに決つてゐる。たゞ問題となるのは第二の方である。即ち科學が事物の眞の關係を教へるか否かといふ問題である。

この問題は、科學の教へる事物間の關係が果して恒久的のものであるか、吾々の子孫の間にも維持されるかといふ疑問に要約される。然るに一見すれば、科學の理論はその存續すること僅に一日に過ぎず、日毎に廢墟とな

りて累積し、今日生じて明日流行し明後日は古くさくなり、その翌日は老朽し、翌々日は忘却されるやうに見える。けれどもこれを仔細に點檢すれば、かくの如く生滅常ならざるものは科學の中の一部分に過ぎない。而してその一部分は事物の本性の何たるやを吾々に教へんとする部分である。他の部分即ち眞の關係を示す部分は前後を一貫して存續し、形を變へて新しい理論の中に現はれる。フレネルは光が運動であると教へた。マクスウェルは光は流れであると唱へた。けれどもマクスウェルの流れの間にはフレネルの運動の間に存すると同一の關係が残存してゐる。此の關係にこそ科學の客觀性は存するのである。

尤も吾々が一度び確實だと思つた結合がさうでなかつたこともある。此の場合には明かに吾々は誤謬に陥つてゐたのである。併し大多數の結合は今尙ほ存續し、將來も存續するであらうと思はれる。その客觀性は外界の對象の客觀性と同じである。吾々は明日は太陽が西から上るとは信じない。現在まで綠色であつた木の葉が次の瞬間には突然赤色になると信じない。今日二階から落せば地上に落ちた物體が明日からは落ちなくなつて宙に止まつてゐるだらうとは信じない。かくの如き結合、關係の客觀性は同時に科學理論の客觀性である。何となれば、それは一層微細精緻なる關係を吾々に示すものに他ならぬからである。此の意味に於て事物間の關係こそ唯一の實在であると言へる。一言にしてつくせば、唯一の客觀的實在は事物間の關係である。世界の調和はこゝから生ずる。此の關係、この調和はもとよりこれを思考し、感知する精神を離れて理解することはできぬ。けれどもそれは現在も將來も凡ての思考者に共通だから客觀的なのである。

吾々は既に意識以外に實在の世界はないことを知つた。ポアンカレの「科學の價值」の最後の一節は同時にこ

の章の最後の一節でなければならぬ。

「思考にあらざるものは凡て純粹の虛無である。何となれば、吾々は思考だけしか思考することが出來ず、吾々が事物に就いて語る爲めに用ふる言語は思想のみしか説明することが出來ぬからである。故に思考以外に他のものがあるといふのは無意味の主張である。

然るに——時を信するものにとりては不思議な矛盾であるか——地質學史は吾々に、人生はその前後に横はる死せる二つの永遠の間の短い挿話に過ぎぬこと、しかして此の挿話の中に於ても意識的思考は、過去に於ても將來に於ても一瞬間しか續かないことを吾々に示す。思考は長き夜の中の一閃光である。

併し此の閃光が一切である。」

吾々は吾々の一切の活動が意識以外に出ることのできないことを窮屈がる必要はない。意識以外に何物かありと思ふのは迷妄である。意識が一切である。

第十章 最近科學の概観

一、機械的物理学

前章までに於て科學に對する一般的問題即ち科學概論に於て取り扱ふべき問題は略ぼ盡きたと思ふから、本章に於ては最近に於ける自然科學理論の發達をその最も顯著なものについて二三例證しやうと思ふ。勿論自然科學といつても各特殊科學に於ける最新の學說をあけるといふやうなことはできもしないし、又それでは科學概論の一章としての意味をもなさぬ。故に次に述べんとするのは、論理的に自然科學の頂點に位する理論物理学に於ける理論であることは論を俟たぬ。ところで最近の理論物理学を極く表面だけでも理解する爲めには、ガリレイにより創始され、ニュウトンによりて大成された機械的物理学を一通り知つておく必要がある。

ガリレイが自然科學研究法の創始者であることは既に述べたとほりである。その研究法によりて彼は物質世界の究極の要素として、性質的の差別なく、幾何學的の形狀とか大小とかの量的の差別のみを有する原子をたて、經驗世界の現象は、この原子の運動に外ならぬ。宇宙間に眞に存在するものはこの原子とその運動のみであると唱へた。もとより自然界には種々の性質的差別がある。けれどもこれはすべて感覺上の差別に過ぎない。而して感覺的差別は主觀的差別に外ならぬ。眞の客觀的存在は數學的關係に結合された原子以外の何物でもないのである。

この原子は決して増減生滅することなき永久の存在であつて自然界に起る諸種の現象はこの原子の運動の複合である。けれども運動もまた他の運動に影響されない限りはそれ自身に變化するものではない。運動、静止の状態は永久不變なものであつて、一の運動狀態の變化は他の運動狀態の變化によるものである。これが有名なガリレイの惰性律 Law of Inertia と稱するものである。普通この原理は「外力の影響を受けない物體は静止或は等速直線運動を持續す」といふ形式で表はされてゐる。この原理に従へば運動の變化は他の運動の變化によりて起るのであつて、兩者間の函數的關係が因果律である。自然科學は此の函數的關係即ち因果關係を明かにすることである。而して宇宙の究極の原子は吾々が概念として假定するものであつて經驗的存在物ではないのである。従つて科學の目的は原子なる實體の認識ではなくて、その關係の認識である。換言すれば因果の法則の發見である。以上はガリレイの機械的自然觀の一斑であるが、それが如何に現代の物理学者の理論に髣髴たるかは前章にのべたボアンカンの所説と比較して見ればわかる。彼をもつて近世自然科學の鼻祖とするのは洵に故ありと言ふべしである。

ガリレイに發した近世自然科學の精神を體し、その方法を實行して眞に近世物理学の基礎を大成したものはアイザック・ニュウトンである。彼はガリレイの思想を繼承して、科學から形而上學的の假定を排し、専ら經驗に基いてその物理学をうちたてた。「吾は假說を作らぬ」といふ語は彼の科學研究の態度を最も明瞭に語るものである。尤もこゝで假說といふのは科學研究の障礙となる形而上學的假說の意であることは言ふまでもない。かくの如き嚴正なる科學的精神に基いて彼は、ケプラーが發見した原理即ち遊星の軌道は楕圓形であつて、その中點の一に

太陽があるといふ法則と、物體は外力の影響を受けざる限り静止或は等速直線運動を持続するといふガリレイの慣性律との關係を考究して、遊星が太陽の周圍に曲線運動をなし衛星が遊星の周圍に曲線運動をする爲めには如何なる加速度を受けねばならぬか、この加速度はガリレイが発見した物體の自由落下の法則によるのではなからうかと疑問を進め、遂に、二つの物體は質量の相乗積に正比例し、距離の二乗に反比例する力をもつて互に牽引しあふといふ萬有引力の法則を発見するに至つた。此の法則は今では小學生さへも常識として知つてゐる太陽系の運動を明かにし、人知發達史上に一新紀元を劃したものである。その他物理学の根柢となれる力の平行四邊形の法則、作用反作用相等の法則等も彼の發見にかゝるものであつて、最近まで物理学の基礎となつた所謂ガリレイ・ニュウトン力学は彼によつて完成されたのである。

二、エーテルの假説

エーテルとは如何なるものであるか。抑もそれは存在するか。かゝる問が無意味であることは讀者の既に知るところである。ボアンカレの立場にたちて關係のみが實在であるとするとする時、はじめて吾々はエーテルの實在性を云々することが出来る。それ以外の意味に於て、宇宙間に充滿し物質の内部にも限なく透入してゐるエーテルの實在性を云々することは全く徒勞であると言はねばならぬ。

然らばエーテルと云ふ觀念はどうして物理学に導入されたか。ニュウトンは萬有引力の法則を唱へるにあつて、引力が何等の媒介者もなしに、空虚な空間を傳はることができるといふことを疑問とし、物體と物體との

間には一種の媒質があつて、その微粒子が衝突接觸して引力が傳はるのであると考へた。その後の學者にも引力が空虚の空間を傳はるといふことに不審を抱いて、空間は實は感覺をもつて感知することのできない物質であると考へるものがあつた。光に對してもこれと似た説が信じられてゐる。即ち光は發光體から發する光素 *light corpuscle* といふ微粒子が眼に入つて、視神經を刺戟する爲めに吾々がこれを感知するのであると信じられてゐた。ニュウトンの如きもさう信じてゐたのである。ところが前にのべたハイゲンスは光は彈性を有する媒質の中に起る波動であると主張した。これがエーテル説の萌芽である。

ハイゲンスの説は當時何人にも顧られなかつたが、その後、トマス・ヤング *Thomas Young (1773—1829)* によりて此の説は採用された。光が波動であるとすればそこに波動するものがなければならぬ。それは空氣ではあり得ない。何となれば空氣は地球の周圍の近距離をとりまいてゐるに過ぎぬからである。また硝子の如き透明體は容易に光を通すからそれは固體の中にも滲透してゐるものでなければならぬ。そこでヤングは、これを空氣よりも一層精緻なもので固體の内部をも含む全空間に充滿してゐるものであると考へ、これを光エーテルと名づけた。ハイゲンスは光の波動は一般の氣體や液體の波動と同じく分子の振動の方向に進む波動即ち縦波であると考へたが、ヤングはこれを横波であると唱へ、フレネルの偏光の實驗によりて横波説は確かめられた。ところが横波を生ずるものは固體のみであるからエーテルは固體の性質を有するものと假定しなければならぬ。同時に振動をするものは彈性を有しなければならぬからエーテルは彈性を有せる固體と假定しなければならぬ。しかも天體がその中を何等の抵抗をも受けずに運動する以上はエーテルは摩擦のない無抵抗の固體であるとしな

ければならぬ。エーテルにつきまると困難はそれのみでない。固體の彈性論を光エーテルに應用せんとすれば、縦波の存在を承認しなければならぬのであるが、かゝる縦波は如何なる實驗にも現れぬ。そこでこの困難を切りぬける爲めにはエーテルの壓縮性を無限小或は無限大としなければならぬ。かくの如き單に思考のみで考へることのできる性質をエーテルに考へてはじめて光のエーテル波動説が支持されるやうになつたのである。

ところがこれで光現象だけは説明できたが新たな困難が別の方面から起つて來た。それは電磁氣の現象で、電磁氣の現象は到底光エーテルの如き性質をもつた媒質では説明できないことがわかつた。然るにファラデー等の研究によりて、電氣と磁氣とが互に誘導しあふこと、及び光や化學の親和力も同一の原力であつて、電磁氣の作用を説明する媒質たるエーテルは同時に光現象をも説明することが明かになつた。この説の確固たる理論に完成されたものがマクスウエルの光の電磁説或は流動説である。こゝに於て問題となるのは此の光と電磁とを共通に説明するエーテルが如何なるものかといふことであるが、これに對して拂はれた學者の努力は凡て水泡に歸し、自然現象の機械的説明に遂に斷念されたのである。

その後電子論が確立され、電氣力學が機械力學に取つて代るに及んでエーテルに對する概念は甚しき變革を蒙つた。舊力學に於てはエーテルと物質とが對立してゐた。ところが新力學ではエーテルは電子と獨立したものはなくなつた。エーテルはたゞ電氣作用即ち物理作用の場に過ぎないと見られるやうになつた。エネルギーの存在するための場即ち物理的空間と見られるやうになつた。而して最近に唱道された相對性原理によりて、エーテルの觀念は全く廢棄されたのである。

三、エネルギー恒存則

エネルギー恒存則は自然科學の歴史を通じて最も大なる概括であり、最も大なる革命であつた。この一大原則の發見に對する貢獻者はイギリスのジュール Joule (1818—1889) 及びドイツのマイヤーであり、これを大成したのはドイツの碩學ヘルムホルツである。ジュールは實驗によりて熱と仕事との間に一定の數量關係が存在することを證明し、マイヤーは前に述べた如く、南洋に滞在し中患者の靜脈血が赤色に富んでゐるといふ事實から研究を進めて、熱と仕事との間に一定の數量關係の存すること、熱は仕事となり、仕事は熱となり共に同一の力が異つた形態をとつて現はれたものに過ぎないこと、而してその力の總和は増減生滅せざることを唱道した。凡ての新學説と同じくマイヤーの熱力學も當時の學者の顧るところとならなかつた。

ヘルムホルツもその頃からこれと獨立に此の大問題の研究に没頭してゐたが、遂に一八四七年七月二十一日ユ・ボア・レイモンを介してベルリン物理學會に於て有名な「力の保存に就いて」*über die Erhaltung der Kraft* といふ講演をした。その時彼はまだ軍醫上りの二十五歳の青年であつたのである。彼は先づ、物理學研究の大方針をかゝけ、「物理學の問題は先づ自然界に於ける箇々の作用を普遍的の規則に従はせ得るやうな諸法則を探究し、一度これが得られたならば、逆に、これによりて自然現象を決定し得るにある……之等の規則を探究するのは實驗物理學の役目であつて、理論物理學の役目は、自然現象の見える作用から未知の原因を發見すること、即ち因果律に従つて原因を探ることである。これをなすに必要缺くべからざるものにして、且つ吾々に許されてゐる原

則は自然界に起る變化には十分な原因が存しなければならぬといふ原理である……理論科學の最終の目的は自然界に於ける諸現象の不變的原因を發見することである。」と喝破し、かくの如き理論科學は力學の一問題に歸する所以を説明し、熱たると電氣たると磁氣たるとを問はず、化學、生理學に於ける諸現象も悉く、力學に於て古くから知られてゐたエネルギーの定理によりて概括し得る所以を明快に説明し、多くの學者を苦しめた永久運動の不可能を主張し、當時學界の難問として未解決のままに残されてゐた多くの問題に一々明快な斷案を下した。實に一介の書生の大膽な斷案によりて當時の學界は驚倒せしめられたのである。彼のいふ力 *force* は今日の物理學でいふエネルギーの意であつて、熱、電氣、磁氣等の現象の間には當量關係が存し、自然界に於ける力即ちエネルギーの總量は不生不滅不變であるといふのがエネルギー恒存則の要點であるのである。

エネルギー恒存則が一度び唱道され、學界に承認されるや、此の原則は物理學の基礎として安置され、學界はこの大法則の傘下に糾合されて特殊問題の研究に餘念がなかつた。ついでヘルツ *Herz* (1857—1894) はヘルムホルツが認めた諸種のエネルギーの區別を没して、これを唯一の運動エネルギーに歸し、自然界の現象は惰性を有する物質の運動に歸するとして整然たる統一的力學をうちたてた。けれども光の電磁説がエーテルの概念を一とした如く、エネルギーの概念も物質の運動としては解することが出来なくなり、一層普遍的な電磁エネルギーとして理解さるゝに至つたのである。力學はこゝに面目を一新したのである。

四、電子論

物質が一樣等質の原子からなつてゐるといふ思想はガリレイによりて唱道されたが、原子が如何なるものであるかについてはじめて科學的説明を試みたのはイギリスの化學者ドールトン *Dalton* (1766—1844) であつた。彼の唱ふるところによると原子は形狀に於ては同一であつて、たゞ重量のみを異にするものである。この原子の重量を原子量と稱した。而して彼は最小の原子量を有する水素のそれを單位として、諸種の物質の原子量は極めて單純な數學的關係を有することを發見し、これ等の原子はニュウトンの引力に似たる化學親和力によりて結合してゐるものであるとの説を唱へた。凡ての物質はかくの如き原子から成るものであつて原子こそたゞ重量の差のみを有する不可分の究極要素であると考へた。この考へはアヴォガドロ *Avogadro* (1776—1856) の分子説によりて確かめられ、分子は性質的の差別を變化しない範圍に於ける物體の終極要素であり、それは若干の原子の結合によりてなるものであるとされ、分子を單位とする、即ち物質の性質に關係なき變化が物理現象であり、今日では約八十の原子を終極要素とする分子の變化が化學的變化であると信ぜらるゝに至つた。この説によると物理的變化は物質の質點の質量と其の運動とによりて機械的に説明されるのであつて、ガリレイ・ニュウトン力學に確固たる基礎を與へることになるのであるが、化學的親和力の如き現象は到底理解することができない。従つて、物理學は化學の限界を突破することができなくなり、所謂物理現象と化學現象との聯絡は絶たれることになるのである。

此の難問を解決したものが電子論 *Electron theory* である。電子論の發見に至るまでの手續は極めて複雑なものであつて、こゝに詳述してゐる邊はない。真空放電の實驗、ラヂウム放射能の研究等がこの大發見を導く橋

梁となつたものであるといふことだけを指摘するにとどめて置く。電子論の根本思想は、從來物質の終極要素とされてゐた原子は不可分のものではなく、更に電子といふ微粒子からなるといふにある。これはラヂウムが變脱の結果次第にその原子量を減じてゆくことによりて確かめられた。放射能といふのは原子の一部分が斷えず崩壊してエネルギーを放出する現象であつて、ラヂウムの如き放射物質はかくの如き原子の不安定な物質に外ならぬのである。而して原子の崩壊の極限が電子なのである。

一の電子の電氣量は常に一定してゐるものであつて、これ以上に分割できない極小量である。故に如何なる電氣量も一電子の電氣量の整数倍で表はされる。凡ての物質はこの電子といふ微粒子の配置によりて構成せられてゐるのである。物質が電氣によりて構成されてゐるとすれば物質の磁性もまた容易に説明されるのである。即ち物質の磁性は、物質を構成する電子の運動によるのであつて、電氣と磁氣とは別のものではなくなり、熱、光、電氣、磁氣等の現象は極めて簡単に説明できることとなる。

從來の物理学は物質の質點に作用する力によりて起る運動をもつて凡ゆる自然現象を説明せんとしたのであるが、電子論によると物質の終極要素は運動の主體たる質點ではなく電子となり、物理現象は物質の運動ではなくて電氣作用であるといふことになつた。こゝに於て、機械的運動をもつて説明することのできなかつた、電氣、磁氣、光等の現象は、電子を終局要素とする電磁力学から理解されることとなり、力学は危機を通過して一新面目を帯びてきたのである。而してガリレイ・ニュウトン力学の根底に横はる質量不變の假定は、電磁的質量の導入によりて根底を失ひ、ニュウトン力学の理論的根據はこゝに破綻を示すに至つたのである。

五、量子論

物質が不可分の究極要素からなつてゐるといふ思想は、古くは原子論、近くは電子論の主張するところである。これに對して作用即ちエネルギーも連続的なものでなく不可分の單位即ち量子 *quanta* からなつてゐるものと主張するのが量子論 *Hypothesis of quanta* である。この説は最近プランクによりて唱道されたものである。ポアンカレは「最後の思索集」*Dernière Pensées* の一章に於てプランクの説を批評してゐるが、その冒頭に舊力学が顛覆の危期に迫つてゐることをあげ、第一に此の大膽な企圖としてローレンツ *Lorentz* の相對性原理をひき、第二に量子論をあげて「吾々はもはや單に力学の微分方程式が修正を餘儀なくせらるゝか否かを疑問とするばかりでなく、運動の法則が微分方程式で説明され得るか否かをも疑問とせねばならなくなつた。これニュウトン以來の自然科学界に於ける最大の革命である。ニュウトンの天才は、或る運動系統の状態、更に一般的に言へば宇宙の状態は、その直前の状態にのみ依據するものであることを洞察した。尤もこの考へはニュウトンの創意ではなく、古代人及びスコラ學派の思想にも見出される。即ち彼等は「自然は飛躍せず」*Natura non facit saltus* と言つてゐる。……ところが此の根本觀念が今日問題とされてゐるのである。自然法則に、外見的ではなく、本質的の不連續を導入しなければならぬか否かが疑問とされてゐるのである云々」と述べてゐる。

此のエネルギー原子論ともいふべき、作用の不連續觀は光その他一般放射エネルギーの研究に端を發したものである。即ち一般に高温の固体では其の内部の分子が活潑な不規則運動をなし、従つて分子内の電子も活潑な

不規則運動をなしてゐる。故にこれがエーテルの波動を起して電波が生ずるとすれば電波は不規則なものでなければならぬ筈である。然るにそれは一定の波長と振動数を有する規則正しい波動である。どうしてさうなるであらうか。プランクはこれに對し、高温度の物體の内部には種々の週期を有する無数の小さい協振器 *résonateur* があつて、各々その週期に一致する分子の運動にのみ協振し、それに應ずる電波を輻射するものであると想像した。即ち、物體の温度が高くなると、この協振器はエネルギーを獲得して振動をはじめ、電波を輻射するのであると想像した。そこでこの協振器は連続的でなく、不連続的に迅速な飛躍によりて *par sauts brusques* エネルギーを獲得し或はこれを失ふものであつて、その有するエネルギーは常に一定量の倍数でなければならぬといふことになる。この協振器を電子と考へ、電子はそれ〴〵一定の週期を有する振動をなし、その週期に一致する運動をなすに足るエネルギーを獲得してはじめてエーテルに電波を輻射するものであるとすれば前述のことは容易に理解できる。かくの如く、電子の放散するエネルギーの分量は連続的のものではなくて一定量の整数倍であつて、この一定量はそれ以上に分割することはできないのである。これが即ちエネルギー量子である。光も亦電波と同様にエネルギーの輻射波動であるから、物體が高温となり、電子が一定のエネルギーを獲得して振動するとその結果が光となるのであつて、アインシュタインの光量子説はこのことを唱道したものである。かくの如き作用の不連続説が自然現象全體に行はれてゐることゝなれば、連續觀に基く從來の力學はこゝにも破綻を示して、ボアンカレが指摘した如く力學は微分方程式の適用を許さなくなるであらう。

以上は近世自然科學がガリレイ・ニュウトンの力學に發し、しかも此の力學が遂に種々の方面より一大危機に當

面するに至つた迄の重要な理論の變遷の一斑である。もとよりこれはかゝる小冊子の一章をもつてつくし得べき問題でないのである。邦文で書かれたるものゝ中で此の問題に關し一層詳細に知りたいたいと思ふ讀者には田邊博士の「最近の自然科學」一巻をお勧めする。

第十一章 相對性原理

一、絕對運動論

物理學の理論は最近非常な進歩をとけたがその根本となつてゐるニュウトン力學は猶最近までその生命を維持してゐた。尤も電磁現象の研究に導かれた電子論は質量は速度によりて變ることを説き從來の質量不變の原則を搖がしその他の諸發見と相俟つてニュウトン力學の根底は漸次動搖を強めてゆき、ボアンカレ其の他の科學者をして屢々物理學の革命を豫見せしめたが、未だニュウトン物理學に代る包括的原則をたてるものはなかつた。然るに最近に至つてニュウトン力學の缺陷を殆んど充し、以上の新現象を包括的に説明するに足る一層普遍的な原理が唱道さるゝに至つた。これ即ちアインシュタインの唱へる相對性原理 Principle of relativity である。勿論相對性原理は非常に複雑な數學の過程によりて達せられた深遠な學說であつて、到底吾々の如き初學者がその原理を究めることは出來ないのであるが、今や物理學界のみならず、あらゆる學界を通じて世界的の聲名を博してゐるアインシュタインの學說の外廓だけでも知つておくことは常識的必要であると言へる。

電子論の唱ふる電氣物質觀と相俟つて、最近ニュウトン力學の根底を動搖せしめたものはエーテルと物體との相對運動の問題である。エーテルが宇宙間に充滿してゐる媒質であることは前に述べたとほりである。この假定は物體が靜止してゐる分には別に不都合はないのであるが、運動してゐる物體を考へると物體內のエーテルは物體と共に運動するか或はエーテルは靜止してゐる物體だけが運動するか、又物體が運動する際にその周圍のエーテルに如何なる攪亂がをこるか等の疑問が生じて來る。物體內のエーテルも物體と共に運動するとすれば困難は多少緩和されるやうに見えるけれども、これはフィゾー Fizeau の實驗によつて否定されて又顧るものなく地球の周圍のエーテルが地球と共に運動するとの説は光の光行差等の事實に矛盾するため支持できなくなつた。光行差といふのは、光が恒星から地球上の觀察者に達する場合に、光線が地球の運動と反對の方向に傾きを生ずることである。此の現象はエーテルが靜止してゐるとしなければ理解することができないのである。

そこでローレンツはエーテルは全然靜止し地球及びその他の天體、一般的に物體が靜止してゐるエーテルの中を運動してゐるのであると想像した。この説は多くの疑問を解決することができたが、若しさうであるとすると物體のエーテルに對する絕對運動の速度を光學上の實驗によりて知ることができざる筈である。即ち地球の運動の方向に光が往復する場合には、往きに要する時間と歸りに要する時間とは差がある筈で、この差を知れば地球のエーテルに對する絕對速度がわかる勘定になる。ところがアメリカの理學者マイケルソン Michelson 及びモレー Morey は十分な設備をして、大規模に此の實驗を行つたが、その結果は失敗に歸し、地球はエーテルに對して速度を有せず、エーテルに對する地球の絕對運動を知ることが不可能であるとの結論に終つた。

こゝに於て光の光行差等の事實はエーテルが地球と共に運動するといふ説を不可能とし、マイケルソン、モレー等の實驗は地球が靜止せるエーテルの中を運動するのであるといふ説を不可能にし、此の問題は迷宮に入つたかの觀を呈した。イギリスの頭學ケルヴィン卿 Lord Kelvin (1824—1904) はこれを物理學理論に於ける十九

世紀暗雲と稱した程である。此の困難を解決する爲めにローレンツは一の大膽な假説をたてた。即ち、物體及びこれを構成する分子及び電子はエーテルに對する絶対運動の方向に、その速度に對する一定の比例をもつて收縮するといふ假説がそれである。例へば静止せる時に球狀の物體は運動する場合には運動する方向に扁平な楕圓形になり、速度が光の速度と同一になればその厚さは零となつて全く厚さのない板のやうになるといふのである。これは、ローレンツが窮餘の假説として採用したものであつて、此の問題を解決する要求にはかなつてゐたがこの假定が既に絶対運動を假定してゐるので理論上不徹底をまぬがなかつた。この難問に對する解答として一九〇五年アイスタインはローレンツの動體收縮説に代ふるに時間及び空間の相對性を以てし、ローレンツの説を理論的に確かめた。これが彼の特殊相對性原理である。

二、時間及空間の相對性

アイNSTEINの唱道した特殊相對性原理は如何なるものであるか。それは二つの假定を基礎としてゐる。即ち静止する體系に於ける物理的現象を支配する法則は、この體系に對し等速直線運動をなす他の運動體系に適用されるといふ假定と、光の速度は光源と観測者との運動に關せず常に一定不變であるといふ假定とである。

光の速度三十萬キロメートルが一定不變の常數であつて如何なる物體の速度もこれを越ゆることの出来ない限界であるといふことはボアンカレが「科學の價値」で述べてゐるルーメンの實驗によりて面白く示されてゐる。ルーメンといふのは光といふ意味で一秒四十萬キロメートルの速力を有する想像的の旅行者である。若しルーメ

ンが一八七〇年九月一日の午後七時即ちセダンの戦争が終つてナポレオン三世が降伏する有様を見ながら地球を出發して一秒四十萬キロメートルの速力で天空に飛翔したとすると、ルーメンは途中で漸次地球から反射して來た光を追ひ越して、一時間の後には二十分前の現象を見ることになる。そして死者は起立して後退し、彈丸は死傷兵の傷口から銃口へ歸り、凡ての現象が全然逆になつてくるのである。又若しルーメンが光と等しい三十萬キロメートルの速度を有する時は一切の現象は静止して變化はなくなり、測定上の時は消滅し、ルーメンの速力が二十九萬九千キロメートルといふ風に光の速力よりも僅かに小であるとすれば、一日の現象は數年に亘るものとして經驗されるであらうといふのがボアンカレの想像である。

ところで物理學に於ける時間の測定、空間に於ける現象の測定には光を用ゐなければならぬから、光の速度を最大絶対のものとしなければならぬのである。初めの速度が大きければ大きい程加速度が小さくなり如何に大きな力が作用しても光の速度を越えることはできないのである。従つて時の測定は、測定の對象の運動狀態に關してのみ意味を有することとなり時間と空間とは密接不離のものとなつてくる。これをアイNSTEIN自身の例をもつていふと、若しA、B兩地點を通過する線路の上を非常に長い列車がAからBの方向に一定の速度をもつて直線に進行してゐると假定すると線路から見ると、AとBとで同時に起つた現象例へば電光が列車の中から見るとBの方がAの方より先に起つたことになるのであつて、静止式は等速直線運動をなす各體系に對し時間はそれぞれ相對的となるのである。これを空間の方から考へると、前の例により線路の二點A、Bの距離と列車から見た或る時間tに列車がそこを通過する列車内のA、Bの距離とは普通同じ長さであると考へられてゐるのであるがt

といふ時間が既に相対的な意味しかもつてゐないからA BとA' B'とが必ずしも同じだとは言へないのである。かくの如く時間と空間とはそれぞれ絶対の意味を失ひ、運動體系に相対的にのみ定まることになるのである。かくて舊力學が假定してゐる二つの原則即ち二つの事件の間の時間は物體（體系）の運動状態と無關係であるとの假定及び、剛體の二點間の距離は體系の運動状態と無關係であるといふ假定は廢棄され、時間も空間も相対的の意味しかもたなくなるのである。次にアインシュタインの特殊相対性原理の有する今一つの特色はエーテルを無用にし運動體系のエーテルに對する速度を零とし、凡ての體系に通ずる光は自立的に傳播するとしたことである。尙舊力學では距離を隔て、同時に作用するものはないと信じられてゐたが、相対性原理は光の速度を絶対とするこゝとによりて光と等しき速度を有する作用は同時であることになつた。

特殊相対性原理は大體以上の如きものであるが、これによりてマクスウェル・ローレンツの電氣力學は確固たる基礎を與へられかつこれによりて單純化された。而して從來學界の疑問とされてゐた、エーテルに對する地球の絶対運動如何の問題、光行差の現象等は明快に説明され、電氣力學に於て從來特殊の假説によりて説明されてゐた陰極線及びベータ線も相対性原理によりて包括的に説明さるゝに至つた。これに反しニュウトン・ガリレイの舊力學は修正を餘儀なくされた。尤もこの修正は光速度に比してあまりに小でない高速度の運動の法則にしか實際には影響しない。かゝる高速度を有するものは電子とイオンとだけであつてその他の場合には變化が極めて少いから實地には觀測できず、従つてニュウトン力學は大部分維持されるのである。その後ミンコフスキー Min-
Kowsky (1864-1909) といふ數學者は、時間と空間との間に以上述べたやうな密接な關係があるところから、空

間の三次元 x, y, z と時間 t を加へて四次元の世界 M_4 を考へ出し、自然現象はこの時間空間の結合された世界の現象に外ならぬとした。「今後吾々は時間と空間とを別々に考へることは出來ないだらう」といふ言葉は彼の名な言葉となつてゐる。

三、一般的相対性原理

アインシュタインが一九〇五年に發表した特殊相対性原理は、ガリレイ體系即ち等速直線運動をなす運動體系の運動の相対性を主張するに限られてゐたのであるが、その後研究を重ねて一九一六年遂にこれを凡ゆる加速運動に推し、これを一般的相対性原理と名づけた。

舊力學はニュウトンの運動の三法則の一なるガリレイの惰性率から出發したものであり、惰性律は互に等速直線運動をなすガリレイ運動體系にのみ妥當であつて其の他の體系にはあてはまらないのである。従つて舊力學及び特殊相対性原理に於ては、何れも自然法則のあてはまる運動状態と、これがあてはまらない運動状態とが區別されることになる。けれども論理的頭腦を有する人はかゝる不徹底には満足し得ない。何故にある運動状態が選ばれて他の運動状態が捨てられるかを疑問とする。マツハヤポアンカレは夙に此の疑問を抱いて力學は新しい基礎から出發しなければならぬことを唱道したのである。而して此等の人々が可能を豫想した新力學を數學的物理學の理論として完成したのがアインシュタインの一般的相対性原理なのである。アインシュタインが此の原理に到達した筋道は非常に複雑であるからその結果だけをいふと、如何なる加速運動をしてゐる體系でも、その上におこ

る自然現象を観察したのでは、其の體系の運動を認知することはできない。即ち如何なる體系の運動も相対的であるといふのである。

然らば一般的相対性原理は從來の力學に如何なる變化を與へるかといふと、それはニュウトン以來物理學の根底となつてゐた萬有引力の法則に重大な變化を與へるのである。磁石が鐵を吸引するのはその周圍に磁氣の場があるためであると同じく、石を投げるとそれが地上に落下するのは地球の周圍に引力の場があるからであるといはれてゐる。この引力の場には著しい特色がある。それは引力のみの作用を受ける物體はその性質に關係なく一定の加速度を受けるといふことである。そこで、等速直線運動をするガリレイ體系に對して等速直線運動をする物體が引力の場では曲線運動になるといふことは平凡な事實であるが、舊力學では光といふものをこの場合勸定に入れなかつた。ところが光はエネルギーである。して見るとエネルギーには惰性即ち質量があるから従つて重量がある。併し光の速度は非常に大であるから、光が引力によりて屈曲されるとしても非常に強大な引力でなければその屈曲が観察できる程度に達しないが、アインスタインは星から來る光が太陽附近を通過する時にはその屈曲が一・七秒になるから、この時には観察できると計算した。これを觀察するには皆既日蝕の時でなければならぬから、皆既日蝕の際にはそれが觀察できると豫言したのである。そこで一九一九年五月十九日の日蝕の際にアリカ及び南アメリカの赤道附近で觀測した結果實驗誤差六パーセント以内でアインスタインの豫言が證明されたのである。これが當時科學界の革命として喧傳された事實なのである。

猶この外に一般的相対性原理によりて舊力學が千古の疑問として解決し得なかつた水星の近日點移動の現象が

説明された。水星の近日點が一世紀に四十三秒移動するといふ事實はニュウトンの引力説では、單にそれを説明するだけの爲に設けられた不合理な假説によりて説明されてゐたが、相対性原理は、それが凡ての遊星の軌道に共通の現象であるが他の遊星に於てはその移動が極めて微細である爲めに觀察できないのであることを明かにした。

其の他アインスタインは、宇宙は有限にして無限 finite and unbounded なるリーマンの三次元球狀宇宙であることを唱へた。即ち空間と物質とは密接な關係を有し、物質のある空間即ち引力の場に於ては空間は歪んで球狀となり、かゝる空間は有限であつて、その曲率半徑は宇宙間の物質の總量に比例し、物質の分布が一樣でないから各部分で不整な球狀をなすこと、物質がなくなれば半徑は零になること等を主張した。

要するに一般的相対性原理は、絶對運動の認識が絶對に不可能であつて、運動はたゞ相対的にのみ認識せられること、如何なる運動をしてゐるとせらるゝ物體も、その物體の上から觀察する時は、その運動の方向も速度も動いてゐるか否かさへも認識する能はざることを唱へたものである。ガリレイ・ニュウトンの舊力學では遠心力によりて地球の自轉が知り得るとしたのであるが、相対性原理に於ては地球の自轉も公轉も到底知るによしなく、従つて時間も空間も相対的となり、運動體系の異なるにつれて尺度も時間も異つてくることとなるのである。

科學概論(完)

大正十一年四月廿八日印刷
大正十一年五月二十六日發行

定價金壹圓

新學藝講座
第一編
科學概論

著作者
發行者
印刷者
印刷所

平林初之輔
神田豐總
東京市神田區表神保町十番地
小島爲吉
東京牛久早稻田町三六二
早稻田印刷株式會社
東京牛久早稻田町三六二

發行所

東京市神田區表神保町十番地

春秋社

電話東京二四八六一番
電話神田二一三八番

新學藝講座

文學博士 金子筑水氏 監修・第一期刊行全十二冊

春期	科學概論	平林初之輔編	秋期	近代思想家の宗教觀	伊達保美編
講	トルストイまで	木村毅編	講	最近美學	村松正俊編
座	希臘文藝史	柳田泉編	座	最近生物學	平林初之輔編
夏期	海洋の研究	宮原知久編	冬期	最近文藝思潮	宮島新三郎編
講	最近社會思潮	平林初之輔編	講	神祕主義	小野實編
座	新文學論	木村毅編	座	人文地理學	小田内通敏編

▽發行大正十一年四月第一卷發行、爾後毎月一、二卷宛發行・十二月完結
 ▽定期一冊壹圓。會員には規定の割引を以て提供す
 ▽會員以外の注文は十二冊前金申込拾圓八拾錢、六冊前金申込五圓七拾錢
 ▽送料は凡て一冊六錢宛申受く

308
4

終