

公開用サンプル 1

以下の文章は、湯川秀樹の「現代科学と人間」岩波書店刊（昭和 32 年 9 月）より抜粋したものである。これを読み、その下の問いに答えよ。

[文]

科学と道徳

(1a) 科学者が科学者らしくあるということは、あることが真実であるか否かという判断を、(1b) できるだけ他の価値判断から分離し、前者について明確な結論を出すために努力を集中することであると考えられてきた。他の価値判断の中で最も注意深く分離されてきたのは、何等かの道徳的基準を前提とする善か悪かの価値判断であったように思われる。もちろん、そういう道徳的基準は、それ自身独立したものではなく、どういう宗教や主義を背景に持つかによって違っていた。科学が進歩してゆくためには、科学者が真理探究の努力の過程において、できるだけ他の価値判断、特に道徳的判断による擾乱を排除することが確かに必要であったし、また有効であった。そして過去においてそうであったと同様に、これから先も上のような意味で、科学者が科学者らしくある必要性に変わりはないであろう。

しかしこのことは、必ずしも(2) 科学者が科学者らしくありさえすれば、それで充分だということを意味してはいない。広い意味での自然科学の両極端に位する数学と医学という二つの場合をとって見ると、この間の事情は直ちに明白になる。医学の側では医学的知識・技術の拡大・進歩のための努力と同時に、知識や技術を病気の治療や健康の増進に貢献する方向だけに応用する努力と注意がなされてきた。そこでは人道的な考慮という一種の道徳的判断が常に加えられてきたのである。これに反して純粋数学の例では、論理的矛盾の有無という価値判断だけで充分でなかったとしても、そこに付け加わってくるのは道徳的判断ではなく、むしろ数学的体系がエレガントであるかどうかというような美的判断であった。

この両端の中間に位する自然科学の様々な分野に属する科学者のそれぞれが、この問題を自分なりに処理してきたに違いないのであるが、少なくとも表面的には、概して無関心であるように見えた。というよりもむしろ、初めに述べたような意味で科学者が科学者らしくあることによって、人間社会の一員としての責任が十分果たされるという考え方の方が支配的であったように思われた。特に自然現象に関する最も基礎的な研究を担当する純粋物理学者の間では、社会的責任などということは考えず、ひたすら真理のために真理を探究するのが、最も尊敬すべき態度だと認められてきたのである。実際、私自身も原子力の実用性が問題となるまでは、それでよいと思っていた。私のような理論物理学者が理論物理学者らしくあるために、真実か否かの判断以外につけ加えるべきものがあるとなれば、それは純粋数学者の場合と同じ様な美的判断であると思っていた。ということは、人間らしく生きてゆくために必要な道徳的判断は、それとは一応分離できることを意味していた。分離してもよいと判定する最も有力な理由は、

ある学者が理論物理学を研究することと、他の多くの人々の生命や健康との間に、何のつながりもないように見えていたことである。

それ以後今日までの間に、私どもの考え方は変わらざるを得なくなった。原子物理学の研究と多くの人々の生命や健康との間に、どんなに間接な仕方であろうと、とにかくつながりがあることを否定できなくなってきたからである。もっとも著しい例は、人間の日常生活とは非常に縁遠い研究だと思われていたアインシュタインの相対性理論が、あらゆる原子力の研究に共通する基本原理の一つであることがわかったことであろう。医者の仕事は直接、患者の健康や生命と結びついていた。それ故に、それは昔から仁術でなければならなかった。今や原子物理学の研究は、間接的であるにしても、一人の医者の診察を受ける患者の数とは比較にならない多数の人々の生命と関係を持ち得ることになったのである。少し大げさにいえば、「人類の存続」とさえ関係を持ち得ることになったのである。(3) 科学者が科学者であるために必要な価値判断と、その人が人間らしくあるために必要な価値判断とを、完全には分離できないことが明白となったのである。

こういうことは、日本の科学者の大多数にとって最早や自明のことであろう。問題は世界中の科学者、特に強大な国々の科学者が、それを自明のことと考へ、またそういう考え方に立脚して、科学者としてまた人間として行動するかどうかにある。根本の考え方は同じであっても、それを行動にどこまで反映さすかは、その科学者のおかれた立場によって相当違ってくるであろう。誰でも人に説教されることを好まない。科学者もまた例外ではない。更に科学者は人に説教することをも好まない。それは科学者が科学者らしくあることを妨げると考えられるからである。真理のために真理を探究することだけに、自分の全精力を集中し得たならば、どんなに幸福であろうか。こういう気持ちは純粋な科学を研究する真面目な科学者のほとんどすべてに共通する所のものであろう。しかしそれは最早や昨日の夢である。

アインシュタインが死ぬ少し前に「もし自分が生まれ変ってきたなら、科学者にならないで商人か鉛管工になりたい」と言った言葉には色々な意味が含まれているであろうが、そこには彼の高遠な理想から余りにへだたった現実に対する嘆息のひびきがあることは確かである。昨日の夢はもう二度と戻ってこないのであろうか。私たちは絶望してはならない。最近になって、色々な国の科学者の中から、私どもを勇気づける声が起こってきたのを見逃してはならない。私どもはこういう声が少しずつでも大きくなってゆくのを期待してよいのではなかろうか。パグウォッシュの科学者会議から発せられた声はまだ小さくまた穏やかすぎるかも知れない。しかしそれは、世界中の科学者がはげましあい、また科学者以外の人々に良い影響を与えることによって、直接たると間接たるとを問わず、科学が人類の幸福のためにのみ奉仕するようになる日を一日でも早くするために、いささかなりとも貢献したいという気持ちの現れである。いつの日か、私ども純粋の科学者に、ふたたび真理のための真理の探究だけに努力を集中できるという幸福な夢が戻ってくるのを、私はひそかに、そして切に望んでいるのである。

[問] 以下の問いの【Ⅰ】、【Ⅱ】については、答案用紙を分けて解答せよ。

【Ⅰ】青色の印のある答案用紙に記入すること

(1) 下線(1a)と(1b)について。「科学者が科学者らしくあること」として、著者は、真理の探究をめざすことを上げている。「できるだけ他の価値判断から分離し」とあるように、すべての価値判断から無関係に科学的命題についての真・偽の判断を下すことは、可能だろうか？これについては、可能であるとする立場と、不可能であるとする立場の、双方があり得る。これら双方の立場の主張の理由・根拠を説明せよ。

(2) 下線(2)について。物理学者である著者が、「科学者が科学者らしくある必要性に変わりはない」としながらも、「科学者が科学者らしくありさえすれば、それで充分だということの意味してはいない」と考えるに至った理由を説明せよ。

(3) 現代において、「科学者が科学者らしくある必要性」をより強く求められると考えられる研究分野と、科学者の「社会的責任」の重さがより強調される研究分野にはそれぞれどのような特徴があるか。問題文中に示された分野以外の具体例を挙げて説明せよ。

【 II 】 赤色の印のある答案用紙に記入すること

(1) 下線(3)について。ここで述べられている著者の主張について、自分自身の考えを述べよ。

(2) 広域システム科学系に入学後に行いたいと考えている研究分野について、以下の小問に答えよ。

(a) 研究を遂行する上で必要となる主要な方法論を3つ挙げて、まずそれぞれを簡潔に説明せよ。

(b) それらの方法論は、「あることが真実であるか否かという価値判断」をする上で十分に有効なものであるか否かについて考察せよ。

公開用サンプル 2

次の文章は、Allen and Starr (1982) の著書『階層性：自然界の複雑性に関する展望』の序文の一部である。これを読んで、その下の問いに答えよ。

[文]

さまざまな努力がきわだって実を結んできた科学技術の分野がある。物理学や電子工学がそうである。生化学者も、タンパク質などの物質を急速に解明してきた。一方、成果が容易にあげられなかった分野もある。献身的努力と知力が同じように注がれてきたにも関わらず、未だに解明のメドが立たない分野である。生態学はそのような分野の一つである。解明が進まない理由が何なのかは、依然として明らかではない。生態学は若い学問だから、というのは理由になっていないだろう。というのは、20 世紀になったばかりの頃、草原に関する理解の方がタンパク質の理解よりも進んでいたからだ。他に理由があるに違いない。

ワインバーグ(1975)は、(1a)少数の要素からなるシンプルな系 (以下、「少数系」と呼ぶ) と (1b)極めて多数の要素からなるシンプルな系 (以下、「大数系」と呼ぶ) を区別することで、一般的な系を扱う際の考え方を述べている。前者のグループは、微分方程式系で適切に扱えるもので、例えば、惑星系の運動などである。後者は、統計的なアプローチをすることで、個々の要素の値を平均値などに置き換えて扱えるもので、例えば、気体の法則などである。もちろん、この場合でも、計算手段も統計的手法も、要素間の相互連関（個々の実体の定式化であれ、平均化に基づく計算であれ）が複雑性を増すにつれて、急速に解析的に扱えなくなる限界に直面する。

どちらのアプローチを使っても最初からうまく行かない 3 番目に分類できる系があり、これを、ワインバーグは(2)中程度の数の要素からなる系 (以下、「中数系」と呼ぶ) と名づけた。中数系は、その挙動を平均化して記述するには要素が少な過ぎ、かといって、要素ごとの挙動を表す方程式を扱うには要素数が多過ぎる、という系である。例を上げるとするならば、金属を単分子の厚さの膜にまで薄くしたときが、これに当たる。こうなると、この金属の超箔シートは、もはや、膨大な数の原子があらゆる方向に並んでいて平均化が有効である塊としての金属の、通常の性質を失う。金属の単分子膜において、原子数は中途半端に少ないので、それらの振る舞いは際立ってユニークである。しかし同時に、原子の挙動を一つずつ定式化するには原子数がまだ多過ぎるという状態にある。このような中数系を解明するには、少数系や大数系とは全く別のアプローチを必要とする。対象をシステムとしてみる思考がそれである。このシステム思考のアイデアは、大数系や少数系にも同様に適用可能なのだが、それらは、中数系に対して、特に有効な方法論になる（ごく限られているにしても）ということが重要である。

要素間の関係が複雑になるにつれて、これらの中数系はとて解析的には扱えなくなる。要素間の複雑な相互作用を伴う中数系の例としては、人間の日々の行動、思考プロセス、細胞全体の挙動、あるいは、生物群集などが上げられる。解明が進んでいない後進的の分野では、こう

した複雑な中数系に遭遇することが日常茶飯である。生態学がその典型であろう。

この本の目的は、中数系の範疇に分類される領域の奥深くにパラシュート降下を試みることである。そう聞くと、これは Anzio（注：イタリアの地名）の再来か、へたをすると Arnhem（注：オランダの地名、Anzio とともに、第2次大戦で連合軍が襲撃をかけた戦地として有名）になったり、さもなくば、袋小路に入り込むのではと、心配するかもしれない。しかし、ここでは新しい視点を導入するのである。それは、(3)複雑性それ自身をきちんと受容するということである。

我々のモデル（それらのほとんどは階層的であることが要求されるが）の持つ複雑性に適切な説明を与えるために、我々は、(A)系の内部に存在する異なるレベル間に働く相互作用と密接に関わるものとして、最も重要なのが複雑性であることを示すことになる。(4)階層性の存在を取り入れてモデル化することで、初めて明瞭になるパターンがあり、観察が容易になることから、そこには何か規則めいたものがあることが示唆される。階層性を考慮することで理解されるのは、振る舞いの応答速度を決める時定数（注：過渡応答が起こる典型的な時間尺度）の違いによって、上位の階層が下位の階層の要素を様々な程度に抑制し、制御するような、相互の結びつきのあるシステムである。その相互依存性については、後に考察することにしよう。

生物学においては、一般に、大きなスケールの構造物や系ほど、その振舞いはゆっくりしている。時には、下位の階層は、上位の階層の中に入れ子状態（nested）になって、全体として上位の階層を作り上げることがあるし（細胞と組織の関係）、また時には、入れ子になっていない場合もある（食物連鎖の餌とその消費者の上下関係）。入れ子になっている場合もそうでない場合も、複雑性は、作用する要素とおしの非線形性と非対称性から生じる。もっとも、その要素も環境から同様に影響されるが、しかし環境はより高次の階層であり、それが影響を及ぼす要素そのものよりも、ゆっくり応答する性質を持つ。全ての階層的な系においては、制約を受ける下位の要素間の動的な相互作用に伴う複雑性があるのである。

[問] 以下の問いの【Ⅰ】、【Ⅱ】については、答案用紙を分けて解答せよ。

【Ⅰ】青色の印のある答案用紙に記入すること

(1) 下線(1a)と下線(1b)について。自分の身近な分野で、少数系と大数系の具体例を上げ、そのように考える理由を、それらの成り立ちまで遡って説明せよ。

(2) 下線(2)について。自分の身近な分野で、中数系の具体例を上げ、それがなぜ中数系と考えられるか、その成り立ちから説明せよ。ただし、本文中に出ている例を述べてはいけない。

(3) 下線(3)について。「複雑性それ自身をきちんと受容すること」とは、具体的にどのような態度を意味するのかを説明せよ。

(4) 下線(4)について。「階層性を使ってモデル化することにより初めて明瞭になるパターン」とあるが、本文全体の趣旨に照らして、階層性を持つ系を、階層性を認識してモデル化することはなぜ重要なのかを説明せよ。

【 II 】 赤色の印のある答案用紙に記入すること

(1) 二重下線 (A) について。下の階層の構成から上の階層の振る舞いを説明するスタイルを、ボトムアップ・アプローチと呼ぶ。逆に、上の階層の振る舞いはそれ以下の階層の構成を決めていると考え、上位のほうから下位を見る説明スタイルを、トップダウン・アプローチと呼ぶ。自分の身近な分野で、両方のアプローチによる研究例を1つずつ上げて、それぞれのアプローチがどのような理解を目指したものを解説せよ。ただし、実際に行われた研究事例でなくて、独自に考案した例でもよい。

(2) 本文全体の趣旨に鑑み、広域システム科学系に入学して取り組みたい分野において、少数系、大数系、中数系の、いずれのシステムで研究に興味があるかを、以下の手順で解説せよ。

- (a) まず、興味ある対象を述べよ。
- (b) それを、この 3 種類のシステムのどれに当てはめて、どういう問題を研究してみたいかについて述べよ。
- (c) そこには、階層性がどのように関係するか、を述べよ。

公開用サンプル3

以下の文章は、因果律と人間の自由意志に関するマックス・プランク (Max Planck) の『科学はどこへ向かうのか?』(約70年前に書かれた)の一部である。これを読んで、その下の問いに答えよ。

[文]

古来、大きな謎があった。いったい人間の自由意志の存在は、人間が確固とした自然法則に従って存在している宇宙の一部であるという事実と、どのように折り合いを付けられるのか、というものである。

この人間の存在に関わる二つの事柄は論理的には両立できないように思われる。すなわち、私たちは、自然現象が因果関係に従っているという事実を知っている。これこそが、すべての科学研究に欠くことのできない前提となっている。それは、自然界を物理的に扱う科学のみならず、心理学のような精神に関わる科学に関しても、である。さらに、すべての現象にはゆるぎのない因果的系列があるという考え方は、私たちの日常生活における行動に秩序をもたらす源泉になっている。ところが一方で、私たちは私たちの思考や意志が、究極的にはその因果的な秩序に従っていないという、直接的でしかも否定できない意識をも持っている。私たちは意識の上で、どのような場合にでも、これをするのか、あるいはその代わりにあれをするのかを、私たちが決められることを知っている。そして、このことから直ちに導かれるのは、人間は一般的に自分自身の行動に責任があるということである。それが、人間の持つ尊厳性の基礎になっている。

その人間の尊厳性と因果律とは、どのようにして両立できるのであろうか。一人一人の人間は私たちの住んでいる世界の一部である。宇宙における全ての事象が、自然界の秩序である因果関係の連鎖の中に組み込まれているのであれば、人間の意志に基づく行動は、その自然界の秩序からどうやって独立することができるのだろうか。因果関係の原理はすべてに適用可能なのだろうか。それともそうではないのか。もし適用できないとすれば、その適用範囲はどこまでであり、普遍的に思われるその法則に従うのが一部で、他の部分が従わないのは、なぜなのであろうか。

あらゆる文明社会において、哲学者や思想家がこの問題に挑み、数え切れないほどの解決法を提案してきた。私はここにさらに何かを付け加えようというつもりはない。この問題に言及するのは、現在、この問題が科学の世界で議論されているからである。因果律が物理科学のある種の研究分野に適用できないという説に基づいて、様々な結論が導かれることにより、古くからの議論が未だかつてないほどに再燃しているのである。

人類が宇宙の中における自らの位置について考え始めて以来、様々な考えが提案されたが、**(4) 現在ほど因果関係の問題が解決に近づいてきている時代はなかった。** もちろん問題の性格からして、完全な最終解決が不可能であることは認めなくてはならないのだが。ところで、現

段階で議論に加わっている人は少なくとも問題の基本的性格に対しては一致した認識を持っているだろう、と考えるかもしれない。しかしながら、本当のところはそうではない。現在、議論になっているのは、問題そのものだけでなく、そこに含まれる基本的概念自体にも疑問が呈されているのである。例えば、因果関係概念自体の意味、人間の知識の範囲で考えられる認識論的問題、感覚的に把握される物事と感覚では把握できない物事の違い、といった事柄である。基本的な問題に関するこうした論争が、混乱に拍車をかけている。

この論争に関わる人々を、大雑把に2派に分けることができる。一つは、知識の進歩という観点からこの問題を捉える人たちで、厳密な因果関係が、精神活動の分野も含めて科学研究においては不可欠な足場であると考え。この考え方の論理的な帰結は、私たちは人間の活動を普遍的な因果関係の及ばない例外として扱うことはできない、ということである。二番目は、精神的にも倫理的にも優れた種である人類が、因果関係の鉄の規律に支配された無生物的な機械的存在であるというのは、不当に価値を貶めるものだという立場から、人間の行動や人間の尊厳性に関心を持つ人達である。第二の立場の思想家にとって、自由意志は人間の持つ最高の特質なのである。したがって、彼らによれば、因果律は精神世界からは排除されており、少なくとも、人間の意識による精神的活動に適用されないと考えなくてはならないのである。

この極端な考え方をする2派の間には、多くの思想家がいる。彼らは2つの派の言い分にそれぞれ一理あると考える。論理的な正当性をも倫理的な正当性をも、否定しない。彼らの認識では、精神科学において、因果律が科学研究の基礎として無生物世界の境界の遙か彼方にまで押し広げて適用され、有効な結果をもたらしていると見なしている。したがって、因果律が精神世界で果たした役割を否定しない。とはいえ、精神世界のどこかに境界を設けて、その境界線の向こうに人間の自由意志を囲い込もうとするのではあるが。

両極端の2派に与みしない人々の中に、物理科学への因果律の一律な適用に反対する人がいることに触れなくてはならない。彼らは、因果律は量子論に関わる自然現象には適用されないと考える。しかし、こう考える科学者のほとんどは、因果律そのものの普遍性に疑問を呈しているわけではない。とはいえ、そうした態度があることについては記しておかなくてはならないであろう。というのも、学派といったものを形成しているわけではないが、ある傾向を示しているからである。そして、この傾向が、自然界の出来事の自発性について語ろうとする啓蒙家によって利用されてきているため、科学界と真面目に考える一般の人との間のコミュニケーションを透明状態にするという観点からは、この傾向について触れておく価値があるのである。

この論争自体については、もし物理科学の研究に影響するものでなければ、物理学者には関心のないものであったろう。しかし、(1)この議論は科学研究遂行の基本に影響するものである。因果関係の基本的概念が正しくなければ、それに基づいて得られた結論に信頼性を持たせることができるであろうか。このように、この議論は自然科学の主張する信頼性の問題に影響するものである。それ故に、私は物理学者としてこれをここで議論しようとしており、可能であれば、私の述べることで物理学がその信頼性の寄り所とする根拠を明確にできたら、と思っている。

最初に、問題を一般的な観点から考えてみよう。「因果関係の法則」という表現の基礎にある概念の意味はなんだろうか。日常生活において、「原因」を考えるのは普通のことである。

そして、日常茶飯のこととして、原因というのは、何かを説明するにあたって最も単純な概念である。常識や日常経験から、すべての物事は他の物事から生み出される、ということを私たちは知っている。目の前で起こったことについて述べるときに、それは何か別のものの影響で起こったのであり、その別のもののことを原因と呼ぶ。そのとき同時に、いくつかの原因がその結果をもたらしたかも知れないことも認識している。一方で、結果自身がこれから起こる事象の原因になるかも知れないことも分かっている。

(2)原因の分からない事象や身近な原因に帰せられない事象に出会った場合には、どうであろうか。あらゆる時点でのあらゆる事象には、それを引き起こした原因がなくてはならないというのは、絶対に必要なことであろうか。なんらかの場合、事象は絶対的にそれ自身で生じたり、他の一切のものと無関係である、と考えることは、論理的な矛盾を引き起こすであろうか。もちろん、その答は否である。原因を説明できない事象を「考え出す」ことは簡単だからである。そのような場合、私たちは奇跡であるとか、不思議な現象だとか、魔法だといったりする。不思議の国を舞台とする文学が存在するという単純な事実の存在だけでも、厳密な因果関係の概念は、人間の思考にとっては必要なものではないことを証明している。人間の頭脳では、世界のあらゆる出来事が脈絡なく起きている、と考えることも可能である。私たちは、明日はいつもと違って太陽が西から上るかもしれないと考えることができる。既知の自然法則に反する自然界の奇跡が起こるかも知れない、と考えることもできる。例えば、現実の世界では起こらない事であるが、ナイアガラの滝が上向きに流れる光景を考えることができる。私は、今現在私がこの文章を書いている書斎のドアがひとりでに開き、歴史上の人物が私の部屋に入ってきて机のそばに立つという事を考えることもできる。現実の世界では、そうしたことがらを述べることは馬鹿げたことで、日常の論理によれば、そうしたことは不可能な事だとなる。しかし、私たちは(3a)この種の不可能性と、たとえば「四角い丸」だとか「何かの部分はその全体よりも大きい」とかの(3b)論理的な不可能との区別をはっきりさせなくてはならない。というのも、そのような事柄を考えたとこで、内部的な矛盾を含んでいる限り、正しく考えることができないからである。私たちは、部分やその部分を含む全体を考えることはできるが、全体よりも大きい部分というものを考えることはできない。この種の不可能性は人間の思考自身の中に生まれつき存在するものであるが、一方で、因果関係にとらわれないで起こる事柄を考えること自体は、論理的には首尾一貫している。

こうして、一つの重要な事実が明白になってきた。つまり、(4)現実世界の「因果関係の法則」の妥当性は、抽象的な論理からは判定できない問題だ、ということである。しかし、逆のことが様々に言われるかも知れないが、現実には人間の思考の及ぶ広大な世界の中の特別で小さな一部でしかないのである。たとえ、私たちの想像力がなんらかの実体験にきっかけを持つとしても、そのことは正しい。実際のところ、経験はあらゆる思考の出発点である。しかし、私たちは、思考によって現実を越えたところに進むことのできる能力を持っている。こうした想像的知性がなければ、詩も音楽も絵画も生まれなかったであろう。それは人間の持つ高貴な才能であり、日常生活の重みに押し潰されそうになったり、それに耐えられなくなったときに、思考の中で軽やかな世界へ浮揚させる力となるのである。

(5)厳密な意味での科学的研究が想像的知性の創造力なくしては達成できないという点で、芸

術世界の作品と科学の成果は類似している。人間は、自分の知っている因果関係に反する事象や存在条件について考えることができなければ、新しい概念を生み出すことで科学の世界を豊かにすることはできないであろう。因果関係の及ぶ範囲を越えて思考できるからこそ、仮説を立てる際にも、研究によって導かれる結果を統一するにあたって、不可欠なものなのである。仮説を生み出すのはこの想像力である。そのあとで、実験により仮説が試されることになる。調べられた現象の背後にある自然法則を見出すためには、実験によって得られた結果を再構成することで、理論の基礎を作りあげなければならない。こうした研究がさらに想像力を呼び起こし、そこで得られた法則に対して、最終的なテストをするために、さらなる実験が行われるのである。

科学的な頭脳が、なんらか結論を出そうとしているとき、現実の因果関係の範囲を越えたところで起こる事柄を想像することの必要性を示すために、簡単な例を考えてみよう。光線が遠方の星から私たちのところにやってきているとしてみよう。あるいは、近くの電灯からやってきていると考えてもよい。その光線は、私たちの目に到達する前に、空気やガラスや水などの様々な密度や物性の透明な物質を通過してくるとしよう。その光は、光源を出て観測者の目に到達するまでに、どのような経路をとるであろうか。一般的に言えば、それは直線とは限らない。光が異なる媒体を通過するとき、光は屈折することでその方向を変える。水の中に立てられた棒の場合によく知られた現象である。棒から目に到達する光は水面で折れ曲がっている。遠方からくる光の場合も同じで、光が通過してくるさまざま異なる物質によって屈折されている。したがって、その道筋は、媒質の数と密度に応じてジグザグに曲がっている。大気は高度に応じて屈折率が異なるので、大気を通過する光の道筋も不規則である。

それでは、光の通過する道筋を知るための公式を出すことはできるのだろうか。可能である。答えは明白である。それは自然界の素晴らしい法則であり、それによれば、遠方の光源を出た光線は、様々な道筋の中で、観測者の目に最短時間で到達する道筋を選ぶのである。そのとき異なる媒質では異なる速度で通過する、という事実が考慮される。これは「最短時間の原理」と呼ばれる。これは科学研究において非常に有用な原理である。しかし、私たちが光の通過する道筋として、現実には通過しない道筋、つまりは因果的には不可能な他の道筋を想像できないとした場合には、その原理は無意味になってしまう。なぜなら、現実の光が他の道筋を通ることはないのだから。私たちが想像する別の道筋は全て脳の中の抽象的な空間でのみ可能な道筋である。それらは現実の世界では不可能なものなのである。あたかも、光はある種の知性を持ち、最短時間で通過するべしという原理に則って行動しているかのようなのである。したがって、光は、最短経路をたどらざるをえず、他の道筋を選んで遠まわりをしたりすることはない。

自然科学の中には、他にも同様なことがある。たとえば、仮想運動というものは、動力学の法則に従わないため、因果関係的には不可能な運動である。しかしこうした空想的な構築物は理論の上では極めて重要な役割を果たしている。そうしたものは科学研究や理論構築においての「思考の道具」として使用されている。したがって、それらは思考自身の法則には矛盾していないのである。

因果律が、人間の思考過程においては決して必要な要素ではないと考えられるならば、現実

世界における因果律の妥当性の問題へのアプローチの仕方が明らかになる。ここで初めて、「因果関係」という言葉で何が意味されているかを問うことにしよう。その言葉は、時間的に次々に生起する事柄間の関係を意味しているであろう。しかし、私たちは直ちに、この関係は事柄自身に内包されているのか、あるいは、想像力の産物なのかという問いを發することができ。人類は、この因果関係という概念を現実世界における必要性によって生み出したのではないだろうか。そしてそのあとで、人間はこの原理に厳密に規制されてしまうとすると、人生が耐えられないものとなってしまふことに気づいたのではないだろうか。私たちはここでこの問題に対する様々な哲学的側面を議論する必要はないであろう。私たちの現在の目的にとっては、(B)事象間の因果的關係が絶対的に完全なもので常に保持されるのか、あるいは世界にはこの連鎖の中に組み込まれないものがあるのか、を問うことの方がずっと重要である。

[問] 以下の問いの【 I 】, 【 II 】については、答案用紙を分けて解答せよ。

【 I 】 青色の印のある答案用紙に記入すること

(1) 下線(1)について。「科学研究遂行の基本」とはどのような条件か？簡潔に説明せよ。

(2) 下線(2)について。ここでいう「分からない」に照らして、では、「分かる」とはどういうことかを説明せよ。

(3) 下線(3a)と(3b)について。(3a)の「この種の不可能性」と、(3b)の「論理的な不可能性」との違いを、前後の趣旨に沿って説明せよ。

(4) 下線(4)について。「抽象的な論理からは判定できない」とあるが、では、どうすれば「因果關係の法則」の判定が可能となるだろうか？ 文章全体の趣旨に照らして説明せよ。

(5) 下線(5)について。科学と芸術は一見すると極めてかけ離れた営みのように見えるが、Planck がここで言おうとしていることを簡潔に説明せよ。

【 II 】 赤色の印のある答案用紙に記入すること

二重下線(A)と二重下線(B)について。この文章が書かれた 70 年前と比べて、この間に、目覚ましい科学や技術の進歩があるにもかかわらず、(A)について言うならば、問題は依然として未解決であるように思われる。これから大学院に進学して、科学や技術そのものや、それを基礎とした応用分野で研究をしていく諸君の立場からして、(B)の文脈に添って、研究したい分野と関連させて、広域システム科学系の大学院に入学する目的を詳しく述べよ。