

人間の心理学における二つの原型

イズライル・モイセーヴィッチ・ゲルファント

本講演は私にとって重要なものです。講義を行う機会と名誉を与えてくださったことにたいへん感謝しております。というのは、特に私の専門である数学、生物学のどちらでもない講義をする機会は少ないからです。このような機会はこれまで私の人生の中でわずか2、3回しかありませんでした。そしてまた、京都で話をするのはこれが2度目です。京都は大好きな町で、半年前に来たときにも非常に深い印象を受けました。

ある優れた哲学者が、日本文化の重要な特徴の一つは、古いものを忘れず捨てず、新しいものを吸収するところだと言っていますが、京都はこの言葉を実際に表している町ではないでしょうか。

私は目新しいことをお話ししようとしているわけではありません。しかしこの講演は、考えを熟考して書きとどめ、何年もの間いつも思い巡らせていた考えのいくつかを、もっとはっきりと表現するための良い口実となりました。これらの考えは、数学、細胞生物学、神経生理学の研究をしているとき、いつも頭にありましたし、また、人工知能、システム分析、情報科学、認知科学、その他その正確な意味もそれらの違い（仮にあるとして）も言えない、たくさんの異なった名前をもつ重要な領域で仕事をしているときもそうでした。この領域での私の仕事の最も重要なものは、サイバネティックスという分野で、若くして亡くなった友人のツァイトリンと共著で書いた古い論文と、過去10年から15年にわたって医者達と共にした研究と言えましょう。それは常に特殊な医学の問題に関したもので、その問題を解決しながら、私たちは医者を助けようと努力しました。

このようなことについて話そうとする勇気をもちえたのは、猫と軟体動物の循環運動のメカニズムの研究とか、細胞生物学における実験的研究といった、異なった領域で調査を行う中で開発した構造的アプローチと原理が、非常に似通っていたからです。もちろんこれは偶然ではありません。まったく異なった生命システムに共通する一般原理が存在するように思われます。このような生

命システムの原理を見つけることは容易ではありません。というのは、それは暗い部屋に座って存在の原理といったものを考えるようなものだからです。だから私達は、実際にあるシステムの研究からこの原理を引き出す努力をしなければなりません。この問題について考えるときは、逆行して研究したいと思えます。つまり、終わりから始めたい。最近この話の準備をしているときにはっきりと理解できた事柄から始めたいと思うのです。

そもそもの始まりから、人間の中に組み込まれた二つの原型（アーキタイプ）があると私は考えています。この二つの原型は二元的なものであり、この二元性は両者間の矛盾によって生じたものであります。人間や社会の心理学においては、この矛盾を二つの観念、すなわち聡明さと知恵の対立と呼んでいます。

第一の原型では、人間は生命有機体の進化において相対的に高いところに到達できたもの、すなわち“創造物の至上の栄光”と見なされています。この観念は広く行きわたっており、テクノロジーや生物学、医学などのめざましい成功によって具体的に示されつつあります。平均寿命は延びました。現在は過去よりも、もっとたくさんの人達を養うことができます。さらに自動車によって（ファックスや人工衛星などによってもですが）距離が離れていても大抵のところと連絡を取り合えることは素晴らしいことですし、このやむことなく避けようもない一步一步の動き、もしくは進歩といったものは、多くの人の中にある人間の理解力（あるいは知性）は類まれなものだという信念を強化し、促進します。テクノロジーと科学の進歩は、人間が創造物の最高の栄光であるということの証拠になります。

第二の原型においては、人間はすべての命ある自然の一部であり、そこから切り離すことのできないものです。たとえできたとしても、それはほんの一次的なものであり、このような分離には限界があることを理解している場合にだけ可能です。これが、聡明さと知恵の違いを作っている点だと思われれます。私達が生命システムについて知っていることはほんのわずかであり、小さな部分部分の理解では、たとえその部分がたいへん立派なもの（たとえば遺伝暗号）であっても、全体像を推察し、考えることはほとんど絶望的です。

私達は人間の知性の強大さを賛え、時には崇拜さえしてしまうことに慣れてしまっており、この強大さと第一の原型とを同一視しています。しかしこの第一のアプローチが唯一のものであるということに関しては疑問があります。ちょっとした例を挙げてみましょう。遺伝病が広がるかどうかは近似した遺伝子

型を持つ人達、血の濃い親戚同士の結婚にかかっています。それがわかったのは遺伝学、遺伝暗号などのめざましい発展のおかげです。しかし、それよりもっと賞賛に値すべきことがあります。すなわち、人間は何千年も前に、遺伝学の知識もなしに、ただただ一般的な直感だけで、あの複雑な結婚についてのルールを生み出したのです。この結婚のルールは、遺伝学のルールに沿うものであり、私の知るかぎり、現代の遺伝学の見地からいって誤りは一つもありません。このような例はいくらでも無限に挙げることができます。もちろんこの例は、これが第一の原型ではないということを示しています。結婚のルールを公式化するには知恵が必須でした。たしかに知性も必要ではありましたが、それは感受性の鋭い人間の知性でした。

このような例はたくさんあります。というのは人間の文化、科学などの発展はこの二つの原型の相互作用と結びついているからです。調和のとれた進化を正しく理解できるかどうかは、二つの原型を理解し、両者間の相互作用（あるいは正しい関係）を理解することにかかっています。そこにはバランスがなければならず、どちらの方向にであれ、このバランスを乱すことは、人間に、また社会そのものに、病的な発達をもたらすことになるでしょう。

第一の原型の不均衡、すなわち“至上の栄光”のアプローチという方向での不均衡にはいろいろな名前をつけることができるでしょうが、最も明確で、しかしおそらく最も狭義の解釈の一つは、“テクノクラート”という言葉や“テクノクラシー”という概念でしょう。それはまた、すべての生命システムに対する“数学的アプローチ”と呼んでもいいでしょう。これは、経済においてであれ、患者の治療においてであれ、あるいは心理学の行動主義においてであれ、現実のシステムよりも数学的なモデルが優先されることを意味します。

これに対する反応として、別の種類の極端が発達しました。すなわちすべての進歩を拒否する、あるいは進歩は害であると主張するというもので、テクノクラシーの過剰と極端さに対して、多くの人々が当然持っている概念が反映したものです。私は数学者として、長い間この二元性には限界があると考えてきました。というのは、ちょっと見ただけでは数学は第一の原型の典型に見えるからです。しかし、これはもぐらのように盲目の見解を表しているのではないのでしょうか。鷹のように鋭く見通す目から見れば、数学は第二の原型にも属していることは明らかです。おそらくこのような考えを発展させることはとても魅力的で、これだけを別に話しても十分意義があるでしょう。なぜなら今、数

学の分野でルネサンスが起こっており、前述の二つの傾向がどのように表現されているのか、それらが19世紀後半から20世紀前半にかけての数学の発展にどのように影響を与えてきたかを、高いところから見るべき時なのです。今から10年ないし15年後には、それはもっと有用になるでしょう。なぜなら、数学はその頃には今のものとはかなり違ったものになるでしょう。また、今からお話する理由にもよるのです。

世界化（グローバリゼーション）

現代の世界がもつ最も著しい特徴の一つは、地域の問題を世界的な問題にしてしまうという、この驚くべき世界化（グローバリゼーション）です。テクノロジーと、いわゆる精密科学の進歩は、随分前に始まり、多くの分野においては信じられないほどの成功を収めました。自動車、飛行機、いろいろな種類の電気通信は、地球の大きさに対する私達の主観的概念を著しく縮小し、事実上世界を、すべての地域が等しく互いに依存しあう、統一された一つのシステムに変えてしまったのです。結果として、論理的かつテクノクラートの発達（第一の原型）と生活の精神面（第二の原型）との間に不均衡が起り、この不均衡は増大しつつあります。そして、人類自身の存続をも脅かし始めているのです。

この増加し続ける不均衡の理由の一つは、まさしく第一の原型の発展、すなわちテクノロジーの発達が世界化の基盤として働いてきたという事実であります。たとえば第一の原型に関連する言語は、すでに均一になっています。自動車やテレビ、飛行機、電信といった言葉は、国際的になっています。しかしながら第二の原型の言語である概念言語は、まだばらばらで進歩がありません。また、私達はまだ基本的な人間の価値を言語によって表現する手段を開発していません。簡単に言えば、私達はまだ基本的な人間の価値を世界的な規模でコミュニケーションすることができないということです。このように世界化が不均衡に発達した結果、恐ろしい危険が提示されています。つまり、テクノロジーが世界的に統一された方向へと動き出している一方で、我々みんなが共有する人間の価値の表現は未発達のままなのです。

今述べたように、現代のテクノロジーは世界を一つの統一されたシステムに変化させました。食物生産とエネルギー供給は膨大に増加してきました。しかし、私達が直面する“永遠の”問題のどれか一つでも解決されただろうかと自

問しなければなりません。結局生物界（生命有機体の世界）のすべてのものは、相互につながっているのです。生物学の進歩、例えば抗生物質の発見などのおかげで、私達は性病の問題は解決することができました。それがバースコントロール産業の出現とあいまって、いわゆる性革命につながりました。しかしバクテリア以外にもウイルスがいます。私はなにも神が人類をエイズで罰しているというつもりはありませんが、私達の目の前には恐るべき危険があり、そのことを私達は不注意にもまた無謀にも軽く見すぎているのです。

ある新聞漫画で、町を歩いている人を描いたものを思い出します。彼の頭の中にこんな考えが浮かんでいます。「早寝早起き……早朝ジョギング……タバコと酒は健康に悪い……」。ところがちょうどそのときに、一方では、ビルの30階から、スチールボックスが今にも彼の頭上に落ちてこようとしているのです。

少し時間の単位を変えて、スチールボックスが今から15年ないし20年で頭の上に落ちてくると考えてみましょう。そうするとこれは、現代世界がどのように動いているかということと言い替えたものになるでしょう。エイズウイルスが成長する潜伏期間は5年から7年で、1日ではありません。潜伏成長期のこのタイムスパンを心理学的に評価したり、きっちり把握することはできません。その結果私達もすべての政府も、犯罪的で不注意なやり方で行動しているのです。

エイズの問題を選んだのはほんの一例にすぎません。エイズの問題や、その他の深刻な問題を解決するためには、第一と第二の原型の両方に関して統一されたアプローチをとることが求められる、と言ったほうがいいでしょう。

ここでもう一つ触れたい問題は、人間の攻撃性に関するものです。人類は信じられないほどの進歩を遂げて、国家間の論争や意見の不一致が今までにない大きさに達しました。他の社会と戦争をしている社会はすべて、お互いを滅ぼすだけでなく全人類をも絶滅させるに十分な手段を持っています。もちろん誰もが理解していることですが、この問題には二つの面があります。何よりもまず、物理学とテクノロジーの発達は、一般に文化の発展に非常に大きな影を投げかけてきました。第二に人類は、個人であれ、集団であれ、その攻撃性を減じるということになると、依然無関心で、鈍感な（怠惰ともいえる）ままです。人類の鈍感な性質に直面して、個人の深層心理学的構造の探究と人間社会の研究に全力を尽くす、賞やメダルを受け取ることを超越して全力を尽くすことが、科学者の道義上の責任となります。そしてこのような研究に関する問題におい

ては、テクノクラートのやり方は特に危険です。

ところで、心理学を研究するとき、次のような問いが自然に沸き上がってきます。科学と呼ばれる領域は、本当に人間の心の深い本性を明らかにすることができるのか。あるいは心理学の探究は単に文学的形式でのみ書き留められるべきものか。ある限られた意味では、ドストエフスキーの作品はまさにこのようなものと考えられるでしょう。

私の述べた世界的な問題は、他の問題と同様に、人類にとってたいへん重要であり、私達がどうしてもその解決を見いださねばならないものです。このためには、私達はお互いを理解しなければならないし（共通言語を話せるようにならなければなりません）、それがなければ人類は滅亡してしまうでしょう。私達はこの点において、コミュニケーション言語の問題にいきつくのです。

「適切な言語」

重要な概念の一つは、「適切な言語」という概念です。二つの原型の存在について、そしてこの二つの原型の存在が引き起こす二元性について、また私達が二つの原型のどちらか一方によって制限されることは望ましくなく、許容できるものでないということについて今まですでに述べてきました。この二つの原型の間に起こる矛盾は人工的な手段によって取り除かれると考えるべきではありません。これらは、世界を認識する上での二つの異なった方法なのです。これらは人類の始まりから人類に組み込まれたものであり、共存するべく義務づけられているのです。適切な言語ならば、両者の共存を助けることができるでしょう。

なぜ適切な言語が必要なのかということについて、私の考えでは二つの理由があります。一つは、先に述べた世界化によって、異なる伝統や文化などを持つ様々な地域が、相互に作用し、コミュニケーションを持つようになったからです。私が適切な言語と呼ぶものがなければ、生じてくる誤解は危険なものです。もう一つの理由は、この矛盾が様々な地域の間や異なる民族間だけで起こるのではなく、二つの原型の間にも存在するということです。第一の原型はより多くの可能性を持っているために、第二の原型は抑圧されることになるでしょう。もちろん、人間の二つの側面を表すこの原型を統一することは、どんな適切な言語にも無理なことでしょうが、少なくとも二つの原型に相互作用とコミュニケーションの可能性を与えることでしょう。

この講演では、適切な言語という概念について少し説明してみたいと思います。よくあることですが、私達は、ある状況を適切に描写する言語が存在しないということを考えないことがよくあります。例えば、論理的で一見したところ矛盾のない記述が説得力を持つことがよくあります。このように論理や説得力のある魅力を悪の目的に使用した例が、歴史にはたくさんあります。このような場合、正しくない、あるいは不適切な言語によって説得されたのだということ、私達は簡単に忘れていくのです。

このことを示すために、非常にわかりやすいパロディーをお話しましょう。ホラふき男爵のお話の中に、猟犬の物語があります。男爵の語るところによると、その犬は猟に長けた犬だったので、死んでもなおその皮で作ったジャケットを着て猟にでると、ジャケットが男爵を獲物のところへ引っ張って行き、獲物に近づくとジャケットからボタンが落ち、それが獲物に当たって撃ち殺した、というのです。「ご自分の目で確かめられますよ」と男爵は聞き手に言います。「ジャケットには、ボタンが一つも残っていないのです！」

人類が適切な言語を開発しておれば、論理は完全にうまく働きます。しかし論理がこの適切な言語を開発せねばならないのなら、論理は無力です。このような言語の開発は、論理的手段を踏めばできるというものではないのです。たしかに良識は必要です。良医が患者の治療をするとき、決して脳の模型を本物の脳に代用したり、また心臓と神経系の模型を本物の心臓と神経系の代用にしたりはできないように、適切な言語の開発においては良識を働かさなければなりません。しかし、実際にはあちらこちらで代用が生じる可能性があります。私達が犯してしまう過ちは、適切な言語という概念を見落としてしまうということで、これは現代テクノクラート思考の欠陥です。

私は、医者達と共にした仕事を振り返って、共同で作業を行って基本概念を定式化するために、数学者は医者にわかる言語で医者に話をする必要があり、そのためには彼が研究している医学的なことを理解しなければならないということに気づきました。少なくともこれらの基本概念は、限られた意味においてはありますが、将来の論理的な枠組みや、実験的な検証の基盤として実際に役に立つと思います。

私達は、個々の患者についての適切な叙述を与えてくれるアンケートを用いるシステムを開発する必要に迫られました。そうして私達は、このようなアンケートを実用化する特別な方法を開発したのです。このアンケートは、二つの

条件を満たさなければなりません。(1) 簡潔であること(簡潔さは適切な言語の必要条件です)。(2) できるだけ、患者について幅広い適切な描写を提供すること。

このアンケートを開発し、その適切性を検証する(かなり多くの患者を使って)過程で、この特殊なケースにおいてではありますが、適切な言語の基礎となった言葉(概念)を作り出したのです。狭い領域の疾病に関したものはいいながら、このアンケートの作成には、相当な時間、少なくとも数年はかかっています。

このテーマについてももう少し詳しいことを知りたい方に、『医者と数学者の共同作業に関する概略、モスクワ、1989』という本をお薦めします。これは私がB・I・ローゼンフェルトとM・A・シフリンと共同で書いたものです。

この骨の折れる周到な仕事は、数人の友人や学生達の熱意と献身的な努力がなければ成しえなかったということをつけ加えておきたいと思います。

適切な論理を定式化するためには、実際の状況の描写が貧困にならないような言語がなければなりません。このテクノクラート時代において、初めにある基本原理を疑いもしないということは、恐ろしいことです。しかし、ほんの些細なモデルであれ、洗練されたモデルであれ、上記の原理がそれを構築する基礎になったときは、このモデルは自然現象そのものの完全な代替物と見なされます。そしてモデルが良くなればなるほどその実際の適用には向かなくなり、実際「初期原理」を手っとり早くつかまなければ、というプレッシャーが、適用の可能性を越えてモデルを用いるように仕向けるのです。

適切な言語を開発することによって、ある程度までは、二つの原型の矛盾を乗り越えることができます。適切な言語の助けによって、すべての主要な(直感的なものも含めて)第二原型の概念は、さらに論理的に分析していくための対象に変型することができます。少なくとも第一の原型だけでなく、とりわけ第二の原型に対して統一された研究方法によって、この分析に使用可能な事物の役割や価値を理解することは、可能だと思います。ここで重要なのは、適切な言語のおかげで、論理構造が直感的かつ美的に理解可能になるということです。その結果、これはもっと重要なことなのですが、適切な言語それ自体が、この論理構造が適合の範囲を越えて用いられてきたかどうかを検証する可能性を持つということになります。

数学の中の適切な言語

さて、科学史に目を向けるならば、おそらくユークリッド幾何学が、最も美しく素晴らしい適切な言語の見本にふさわしいと思われます。実際人間は、常にこの世界の空間的な関係を示すためのモデルを作り出すという問題に対処しなければなりません。この課題はユークリッド以前には、単に“Look（見よ）”という標語のもとで絵を描くという方法でしか行われませんでした。ユークリッド幾何学の言語は、生まれてから約2,000年経っていますが、今も欠くべからざるものとなっており、すべての教科書は、この定式化された問題、とりわけこの世界の空間的な関係を理解するのに適切なこの言語で書かれているのです。ユークリッドの公理と今日私達が現代の（ヒルベルトらによる）公理幾何学に関して理解しているものとは、厳しく区別しなければなりません。

例えばユークリッドは、現代数学の見地からすると、意味をなさない公理を持っています。「点は長さも幅ももたない対象である」。さて、適切な言語の見地からは（例えば、医者との仕事のときに作りだした規則ですが）、この公理は次のように明確化されることとなります。すなわち、あなたが話している対象が何なのか、他人に正確に理解してもらえるようなやり方で、点という概念を説明しなければなりません。要するに、この概念について論議している二人のどちらにも同じイメージを生じさせるような方法で、行わなければならないということです。

基本的な業績の一つは、ヒルベルトによるもので、その中で彼は現代論理学と現代数学の見地から、ユークリッドの公理を純化し、それに対する私達の理解を非常に明確にする方法を示しています。彼は、意味をなさないものは（例えば現代論理学の見地からみて上記の公理は意味をなしません）すべて排除し、公理を実際的に欠点のないものになるように構築しました。公理幾何学は、論理的で矛盾のない枠組みの中におかれました。これはコンピューターの研究では測り知れないほど貴重なものでした。このように見ていくと、ヒルベルトの論文は、コンピューターに関する論文の先駆けとしてふさわしいものときえ言えるでしょう。というのは、どの例においても彼は形式にのっとりた法則を書いており、それは、望まれればコンピューターに与えることもできるものであるからです。

ヒルベルトによれば、どんなものでもそれらの関係についての公理が満たされれば、点や平面、もしくは空間と呼ぶことができます。これは科学にとって

偉大な業績です。点を平面、平面を点と呼んでもよい(射影幾何学においては)。このことは二元性を説明しています。しかしこれは、幾何学の構造の問題とはまったく異なった問題です。

主な事柄に関して、ユークリッド幾何学は今日でもかなり満足できるものです。50年間の教職の経験に基づいて、私はこう言うのです。学校の幾何学の教科書には、形式論理に関するかぎり、たくさんの欠陥があります。すべてが証明されているわけではないし、証明を必要とする事実とそうでないものとを区別するための厳格な基準もありません。しかし適切な言語のおかげで、次のようなことが起こります。もっとも、どうしてそうなるのか、私は、ほとんど説明できないのですが。「どのようにしたら厳密な証明を与えることができるのですか」と何人かの学生に尋ねてみるとしましょう。その場合、全国各地から返ってくる答えは、多かれ少なかれ一致しています。これは人から人へ再生可能なある種の紳士協定の結果であり、医学畑で仕事をしているときよく言うような“病院次第だ”というようなことは決してありません。

もちろん、学生がユークリッド幾何学を学んだ後に、その学生を数学者として訓練したいと思うならば、次の段階へ行かねばなりません。すなわち、論理的で矛盾のないシステムとして幾何学を理解させるという段階です。ところで、この次の段階は、ある意味では今までコンピューター用の正確なデータだけを使ってきた現代のプログラマーの段階でもあります。ここでの主な仕事は、周りの空間とその中で生きることに対する直感的な感情を表現するための適切な言語を持ち、この直感的感情と幾何学の構造とを対応させる道を見いだすことです。

20世紀の数学においては、適切な言語がしばしば公理的アプローチによって獲得されるという事実にも注意しましょう。20世紀以前は、公理的アプローチは(現実の/まれな)出来事であり、いくつかの場合に、基本的な事項に関して(例えば幾何学、群の公理など)用いられただけでしたが、今では、すでに述べたように、公理的アプローチに非常に頻繁に用いることに慣れっこなっています。小さな例を挙げましょう。才能ある数学者のグロタンディクは、代数幾何学でトレースという概念を用いました。しかしトレースの公式を構築する代わりに、彼は公理系を提示したのです。

この問題について最後にいくつか述べましょう。数学は、物理学や力学などの発達にますます欠かせないものになってきています。物理学の領域では、数

学言語はますます適切なものとなりました。なぜたくさんの数学者が数学を、生物学や心理学、経済学、社会学などと結びつけたがるのかは、極めて理解しやすいことです。それは、潜在意識の中で彼らは、数学はこれらの他の学問分野の発達にも有用だということを理解しているからなのです。数学的言語は、もちろん、物理学などの技術に適切なものでありますが、すべてのものが数学的構造を持つと主張することは絶対に危険なことだという用心の言葉が必要です。先に述べた生物学などの領域における優れた数学者の経験というものは非常に重要ですが、それは数学者が、数学を適用しようとしている領域に対する理解と感情とともに良識を持ち合わせているという条件つきでのことです。例えば、犯人の顔のモンタージュを作り上げる（構成する）という例を考えてみましょう。いくつか適切な質問をし、その後で顔を描き、それから犯人がどんな人物かを知ることさえできるでしょう。そしてこのような手続きのほうが、人間の頭部全体の座標をとる努力よりもずっと良い方法であることは明白です。

構造化

もう一つの重要な概念は、構造化と構造的アプローチです。構造的アプローチという概念の中では構造単位、つまり単子（モナード）が基本レベルとなります。構造単位にはいろいろな名前がついています。神経生理学ではこの概念は、有名なロシアのN・A・ベルンシュタインによって紹介され、“共同作用”という名のもとにツァイトリンと私によって発展を遂げました。細胞生物学では構造単位の典型的な例は細胞であり、神経生理学では、運動を担う一群の細胞ということになります。例えば脊髄の中のあるひと組の神経細胞は、移動する、ひっかく、といった循環運動を担っています。シー・エンゼルと呼ばれる軟体動物の場合、たった数十（20～60）の神経細胞だけで循環運動を受け持つが、同じ運動を猫が行うときは、膨大な量の神経細胞が必要だということは実に興味深いことです。しかしどちらの場合も、これらの神経細胞の相互作用のスキーム（もしくはシステム）は同じなのです。参考文献として、ユー・I・アルシャフスキーとI・M・ゲルファントとG・N・オルロフスキーによる『小脳とリズムカルな運動』（シュプリンガー出版社、“脳機能の研究”、第13巻、1984）という本をお薦めします。

構造単位は三つの条件を満たさなければなりません。

- (1) 構造単位の内的構造は、外界との相互作用のありかたよりもずっと複雑で

ある。

(2) 構造単位の一部は、構造単位ではない。

(3a) 削除の原理。構造単位の機能しない部分は、例えば進化の過程において、除去される。

(3b) 過剰の原理。構造単位の中で機能しない部分は、構造単位内部にジョブ（仕事）を見つけようとする。

生物学、社会学などの中に、1、2、3aのタイプや1、2、3bのタイプの興味深い例がたくさんあります。細胞の例でいえば、細胞の内的構造は他の細胞と相互作用するやり方に比べてずっと精巧であり、細胞の一部は細胞ではありません（条件2）から、条件1と2が満たされます。さて条件3a、条件3bについては、同じ構造単位が無脊椎動物と脊椎動物の両方で、どのように見られるのかということを比較するのが興味深いでしょう。

すべての要素がもともと所与の構造を持っている無脊椎動物の場合にあてはまる削除の原理（3a）と、脊椎動物にあてはまる過剰の原理（3b）との違いを見ることは、たいへん興味深いことです。脊椎動物は過剰の原理を持っていますから、構造単位のすべての要素がジョブを持とうとしているという条件を満たしているわけです。これゆえに、未だ予想されたことのない機能も可能となるのです。この過剰の原理（3b）には、第二の原理へのヒントがあるように思われます。

今言ったことを示すために、次のような類推を許していただきたい。ある問題を解決するために一つのグループが作られたと想像しましょう。その問題は上手に述べられていて、その中の原理はすべてよく知られているものばかりです。例えば自動車の新しいモデルを改良する、といった問題です。この場合、このグループのすべてのメンバーが明確な課題を受け持ち、みんながなんらかの定まった機能を果たします。さて今度は、別の種類の問題を解決しなければならぬグループがあると想像しましょう。ここの問題は曖昧で、きちんと述べられていません。例えばまったく異なる原理で働く新しいタイプのコンピューターを作るといった問題です。この場合過剰の原理が絶対に必要です。このグループのメンバーは活動的で才能ある人達でなければなりません。それぞれが自分のジョブを見つけなければならないのです（3b）。このグループからは、

予期できないような解決方法を期待することができます。

数学者の責任

数学者の第一の責任は、数学での経験、ことに20世紀の数学の経験を用いて科学と社会の異なった領域のために、適切な言語を構築する可能性を広げることです。第一歩は、先に述べたように、生命システム、すなわち生物学、経済学、心理学といった様々な面のための言語と構造を見つけることです。私は楽観主義者ですから、この、まだ非常に遅れている領域の中で多くのことがなされるであろう、特にこのコンピューター時代にはそれが可能であろうと信じています。コンピューターの普及がゆっくりと、しかし確実に、数学者の心理を変え、彼らが定式化されていない生命システムへと向かっていくのを助けることでしょう。

しかしすでに述べたように、もっと重い責任は、厳密な数学的・論理的システムを、その適合性を越えて危険に、不注意に用いることに抵抗することにあるかもしれません。時間がないのでここでは詳しくは述べませんが、この講演の第一草稿では、たしかこれが最も重要なポイントだったということを、もう一度言っておきたいと思います。これに関する例はたくさんありましたし、おそらくこれに関する特別な講演をするべきでしょう。なぜなら、数学者だけがこのテクノロジーの時代に、数学の愚かな使用の危険性を減じることができるからなのです。

数学からどんな新しいことが起きてくるか

これについて二つ述べたいと思います。一番目はとても古いもので、数学では後回しになってきたもの、すなわち組み合わせ論です。二番目は、量子重力との関連で、空間に関する私達の概念に、ラジカルな変化が起こるに違いないということです。

世界的な問題のための適切な言語

医学の具体的な問題に対する適切な言語を開発するのにどれほど時間がかかったかについては、すでに説明しました。おそらく私には、世界的な問題のための適切な言語（一つか、あるいは複数の）を見いださねばならないと主張する勇気が欠けているのでしょう。しかしすべての人間の問題の世界化が、異な

った社会構造に適用できるような言語を発達させることを絶対的に必要としています。私は自分の経験から、これがどれほど気の遠くなるような困難な仕事であるかをよく理解しています。ただ私にわかるのは、この言語にはある種の重要な言葉、例えば“意識”のような言葉があり、人間の生の絶対的な価値、精神的な価値への尊敬、自然への敬意、そして人間の世界的問題を解決する手段として戦争を用いることへの拒否などが含まれているということだけです。しかしこのような適切な言語なしには、現代の世界の問題はどれも解決できません。そして適切な言語がなければ、社会および科学と文化の調和ある均衡がかかっている二つの原型の二元性は理解できません。

日本文化について

稲盛財団の京都賞の理想は、私がこの話の中で、自分の経験を用いて説明を試みた考えに非常に近いものだと、私は理解しています。