

第I部

複雑系

1 「複雑系とは/複雑系私的序説」

3

1.1 間近い複雑系科学の誕生

「複雑系」は社会・人間・生態系・生物などを、ひとまとめにして考えるときに便利なことばである、という程度にとりあえず考えていただきたい⁴⁵。いずれも、「多数の多様な要素が局所的な相互作用により大域的な制御なしに形成する統一体」とみることが可能だ。有機体・自己組織系という言葉が用いられたこともあった。

「複雑系」という言葉の使い方は研究者ごとに違うが、複雑系研究を標榜する人たちの間には共通した認識や心情がある。たとえば、今までの正統的自然科学は複雑系の「全体的秩序」の理解に成功していないだけでなく、適切に記述することもできていない、という認識がその一つである。

もう少し積極的なものとしては、「複雑なものを複雑なまま捉えたい」という金子邦彦のことば [18] に表現されている心情がある。これを分析すれば

³以下は、1994年当時の私の複雑系観を書いたもので「数学セミナー 1994年8月号」に掲載された。修正は意図的に字句表現にとどめた。脚注もそのときに付けたものである。今回追加した注は*印をつけてある。

⁴「複雑系」はかなり流行語となっているが、流行すれば廃れるのは明白で不愉快なことである。ところで、「複雑」がしばしば強調されるが、「系」が意味の核であることはいうまでもない。「系」は「システム」の訳語である。「システム」は「あるものをシステムとしてみる」という言い方のなかでしか正当な意味をもたないと思われる。一方、複雑さも私たちの認識のありかたを別にして意味があるわけではない。「複雑系」は良い日本語とは言えないが、私たちと存在との係わりかたが問題の根底にあるテーマに科学が直面していることを明示している点では、かなり適切なことばであると感じている。

⁵*システム、ということば自身に、全体は部分からなるが寄せ集めではない、という含意があるので、すでに形式世界とその外との両方を含んでいるともいえる。津田一郎がいうように、システムは「定義できない」。しかし、一方では、システムという言い方は、対象を整合的に捕らえようという意図に基づいている。したがって、生命系という言葉ですら、すでに生命を形式世界の中のことによって把握しよう、という意図が入ってしまっているように感じる。社会システムでも同様だ。この言葉にも、社会を人間が構成するなんらかの構造体として見る視点が入り込んでいるように感じる。

- 人間は複雑なものの直観を個人的に形成できる
- その直観を単純化・形式化はできない
- しかしその直観を共有できる形で表現はできる

ということになるのか。

もう一つの共通認識は、コンピュータが複雑系科学成立の契機となる、というものだ。コンピュータがどのような契機となるかについての考えは人によって大きく違うが、棚上げされてきた「複雑系」をテーマとした自然科学的研究が可能である、と意識されるようになった主なきっかけは、コンピュータの爆発的な発展にあったことには間違いない。それだけではない。大規模ソフトウェア開発・分散並列プロセス設計という実際の問題において、コンピュータサイエンスは複雑系科学とほとんど同様の諸問題に直面していると思われる。

上のような共通心情があるにもかかわらず、複雑系研究はパーソナルな性格を呈している⁶。なにを目指せばよいかについての公的見解などというものはまだない。しかし、なくて当然と私は考えたい。複雑系科学のように創設期の学問においては、共通の漠然とした問題意識を明確な問題として結晶させていくことが取り組むべき問題の主要成分の一つなのだ。

複雑系像がぼやけてくるとき立ち帰る私の原点は、「人間はどういう複雑系か？」が適切な問となるような意味を「複雑系」は持たなければならないという考えである。

人間は、地球上に見られるものなかで余りに特殊なために、その全体像を明確に浮かび上がらせる適切な背景が見あたらない。「人間はどういうXか？」を実質的な問にしようとするとき、Xの部分に代入すべきものが見あたらない。たとえば、「人間はどういう生物か？」という問いかたがよくされるが、この問が人間の本質に迫れるとは思えない。生物学の諸概念で人間を記述しようとしても、人間の特性は戯画的にしか

⁶以前、著名な数学者から「数学はパーソナルなものである」ということばを聞き感銘を受けたことがある。また、マイケル・ポランニー [37] は精密科学がふつう考えられているのとは裏腹に、詳述不能なパーソナルな知に支えられていることを示している。複雑系研究では、パーソナルな因子がよりいっそう大きな役割を果たすことは当然であり、なにが問題かという難問を個人ごとに解決し自分の価値観を形成しなければならない。

表せないように思われる⁷

このように、複雑系を人間の背景を成すものとして考えたいので、社会や生態系のような全体的複雑系よりも人間や生物などの個別的な複雑系⁸⁹を中心に考えたい。

ところで、私自身の複雑系との関わりの出発点は創発性の謎であった。多数の多様な要素が局所的な相互作用により大域的な制御なしに統一体を形成することがどのようにして可能なのか、という問い¹⁰である。

創発性に似た雰囲気を持つものとして力学系¹¹のアトラクタという概念がある。

力学系の枠組では、対象の「状態」を明確に設定し、状態が時間とともに変化する仕方を明確に規定することにより対象を記述する。状態は何か、状態の変化の規則は何か、これらを定めることは、自然科学の発見の結果を表現する形式のなかで中心的なものである。

具体的な力学系の個々の軌道（状態変化の系列）の振る舞いは、ある程度発展した後に、ある種のパターンを持つようになる。このようなパターンが初期の状態によらない場合には、アトラクタを持つと言われる。カオス研究をとおして、アトラクタは無尽蔵な多様性を持つことが明らかになってきた。個々の力学系のアトラクタについての情報（有無・大きさ等）はその力学系の遷移規則のどこにも見いだせない点が、アトラクタの「創発性」ともいえる。

脳を神経回路網という力学系（ないし確率過程）としてみることにより、脳の機能創発の一部を概念的に理解する努力が多数の人々によってなされており、固

⁷*この主張はいまは納得できない。人間は極めて特別な生命のあらわれであるが、やはり、核を「特別」におくのではなく「生命のあらわれ」という点に置かなければ正しい全体像は得られないように感じる。現代の歪みの多くは、これを逆転させているために、生じているような気さえする。

⁸ここで、個別複雑系が全体的複雑系と違う点を2つ挙げよう。一つは個別複雑系がはっきりとした「体」を持つことである。個別的複雑系の「体」が分析する前に私たちに与えられているのとは対照的に、社会や国などの複雑系の「体」は間接的に構成的に与えられるにすぎないし、その与えられかたには唯一性や必然性はない。もう一つは、社会システムなどの全体的複雑系と違って個別的な複雑系の主な活動はほかの複雑系との相互認識と相互作用とにある点である。

⁹*第二部で議論することだが、社会や生態系を理論的に捕捉するとき「以下同様に」という言葉への依存度が高い。

¹⁰*この創発性の捕らえかたは第二部で述べるように擬似問題である。なにが問われているかが不定なのに「いかに」が問われているからである。

¹¹力学系は dynamical system の訳語であるが、文字通り訳せば「動的系」というべきもので、現代の力学系理論は動的なものを捉える普遍的な概念装置となっている。

定点・周期軌道などの単純なアトラクタの概念に基づいても、重要な知見が多く得られている。さらに、最近では、カオス力学系からの知見¹²により、脳内のダイナミクスについての数学的概念は少しずつレパートリーが増えつつある。これは、日常言語では複雑な表現になってしまふようなことの一部は簡明に記述できるようになる可能性があることを示していると考えたい。

しかし、脳を力学系の枠組みによって捉えようとするとかやっかいなことがある。それは、脳を記述する数学的構造は力学系ではないことだ。というのは脳を力学系として記述しようとする、どのニューロンの次の状態も他のニューロンのあり方によって定められないといけなく、実際には多くのニューロン（たとえば視覚神経）は、明らかに環境の影響を受けてしまうからだ。こういう脳のような構造はオートマトン（ないし、開いた力学系）¹³と呼ばれている。

アトラクタなどの概念は力学系にしか意味がないので、オートマトンである脳には使うことができない。環境をオートマトンとして記述し、さらに脳との相互作用を決めることにより、脳と環境という2つのオートマトンを結合して力学系を構成することではじめてアトラクタなどの概念に意味が生じるのである。動物の高速で的確な動作は、「脳+環境」という大きな力学系のアトラクタを解析することで大半は理解できると思っている（易しくはないが）¹⁴

しかし、認識や言語などの、ヒトの脳の高次機能の理解を目指すときは「脳+環境」という閉じた力学系を設定することはできない。なぜなら、高次機能が係わる環境の様相は、他の高等動物の挙動や思惑であるが、それは力学系的な言葉で言いようがないものである。そういった個体の挙動を実現する動作をグレイレベルの動画として表現して脳に入力したとしても、

¹²*カオス遍歴が顕著な例である。

¹³*これは、状態空間 X と入力信号空間 S と、入力に依存した遷移規則 $F: X \times S \rightarrow X$ からなる数学的構造である。入力 $s \in S$ ごとに遷移規則 $F_s: X \rightarrow X$ があり、これが一般に s に依存するという言い方もできる。すると、その挙動は入力系列を指定しなければ決まらない、つまり、環境の作用を決めない限り挙動が決まらないような構造になっている。

¹⁴*この意味で、脳を力学系によって考えるということは自動的にアフォーダンスの視点が入っているともしよう。この際、環境と独立な脳の性質を考えることが無意味なのとまったく同じ理由で、脳から独立な環境のアフォーダンスを考えることも無意味である、とすることができる。ただし、アフォーダンスを力学系の文脈で考えるのは矮小化であることは言うまでもない。

それによって脳が意味のある反応を示すことを言うには、その挙動をそういう動画で実現したという研究者の意図に言及しなければならないのである¹⁵。

結局、脳を理解するのに不可欠な、脳を取り巻く日常世界の記述には、力学系とは全く異質な記述(日常的記述)が不可欠なのだ。このように、相互に還元できないような複数の異質な記述法が必要となることを、複雑系記述の特性であると考えたい。

こういったことは、複雑系を「適切に」記述¹⁶するにはどうしたらよいかという問題を考えていかなければならないことを示しているが、これは焦点がはっきりしない問題である。

1.2 意味世界の多重秩序

複雑系の記述について考える手がかりとして、図1を見て頂きたい。ものごとを説明したり理解したりする背景には広大な意味の世界¹⁷がある。この意味の世界には物質的秩序・生命的秩序・人間的秩序¹⁸という独立した秩序がある¹⁹。たとえば、心・精神・文化などの意味は人間的秩序に属し、成長・適応・進化などの意味は生命的秩序に属し、分子・気体・DNAなどの意味は物質的秩序に属す。(後述するが、人間的秩序は生命的秩序のひとつの表現であるとも考えられる。しかし、これは還元主義的言明のように誤解されかねない。)

私たちの日常生活は人間的意味秩序に基づいた世界で営まれており、日常的には人間的秩序に属する意味がもっともわかりやすい。擬人法が説明としてとても有効なことがそれを示している。そして、生命的・物質的の順に意味が不明確になる。一方、自然科学的認識からみれば物質的秩序がもっとも明快で、生命的・人間的の順に不明瞭さを増す。

自然科学は、物質的秩序を土台に生命的秩序・人間

的秩序を解きあかそうと努めてきた。これは、日常的世界 → 文化的世界 → 科学的宇宙 → 日常的世界という道をたどろうとすることだ。日常的世界の一部として文化的な部分があり、その中に科学者の研究生活があるが、そこにはじめて科学的宇宙というものがあらわれる。それを通して人間についてなんらかの知見が得られるとしても、それは出発点であった日常世界にもどったわけではないという自明なことを忘れがちだ。科学的人間観は深い日常的人間観に取って替わるような性格のものではないことは当然すぎるのだが、科学的人間像は日常的人間観に個人的にも社会的にも大きな影響を与えるだけに、強調しておいてよいことであろう。

1.3 多重記述系を要する複雑系

さて、意味秩序の複数性²⁰の視点から複雑系を眺めてみたときに特筆すべきことは、単一の意味秩序の中で複雑系を理解しようとしてもうまく行かないということだ。記述の段階ですら複数の意味秩序に基づく必要がある。

複雑系のもつ複雑性や創発性は意味秩序の複数性の視点からみることにより一つの解釈を与えることができるように思う。

創発性は複数の意味秩序系の相互還元不能性のことではないか²¹。ある意味秩序においては明快な表現をもたないことがらが別の意味秩序系では単純な記述を持ち、この逆の事情も起こっているとき、この2つの記述系は相互還元不能であるという。一方がマイクロな物質的意味の記述系で、他方がマクロなパターンという人間的意味の記述系のときに、この還元不能性は創発性と呼ばれていると考えられる。創発性を問題とするには2つの記述系がないといけない。心身問題でいえば、脳という記述系と心という記述系である。

¹⁵*これは内部観測に近い視点と言えよう。

¹⁶*この時点では「記述」が複雑系研究の出発点・基盤となる、と漠然と考えていたように思う。記述自身も内部観測の結果として得られるもので、記述があってから研究が始まるわけではない。

¹⁷*メルロポンティのいう意味の世界は、言語ゲームに近い要素も含まれているが、静的な色彩が強い。

¹⁸ここで、「人間的秩序」とは、「ヒューマンな規則」といったような語感があるが、そうではなく、人間の人間としてのありかたに関する諸概念の織りなす織物のことを意味する。

¹⁹これについての深い議論をメルロ・ポンティ[27, 第3章]は展開している。

²⁰「意味秩序」やその「記述系」の概念はもっと吟味を要すると感じている。

²¹*これは実在論的な立場からは自然な見方である。ある「詳記不能な実在」(非言語的基底 [10, p188])があり、それを記述する種々の記述法があり、それぞれの記述法ごとの実在の分節化があり、記述法Pの分節化では自然な概念は記述法Qの分節化からは不可思議なものに見える、それは記述法Qでは創発的なものと捉えらえる、という考えである。この考えでは創発は全く認識だけに属する問題になってしまう。内部観測理論では「対象を記述する」という捉え方そのものが意味を失い上のような創発の捕らえ方は無意味となる(第四章参照)。

また、各意味秩序がそれぞれ固有の複雑性概念を伴っていることは重要な点である²²。複雑系の「複雑性」に重要性があるのは、記述系Aでは複雑なのに記述系Bでは明確な記述をもっているというような事態があるからだ。単に複雑であること自身に意義があるとは私には思えない²³。

複雑系は複数の意味秩序にまたがるという視点はまた、複雑系を「要素+相互作用」として捉えることを基本とすることにも疑問を投げかける。物質的意味秩序のもとではこの捉えかたは自然な出発点となるが、人間的意味秩序のもとでは複雑系はまず統一体として私たちの意識に現れている。要素の集まりとしての記述と統一体としての記述との間には、創発性という研究課題を設定してしまう以前に見つめ直さなければならぬ深淵がある。統一体を要素の集まりとして記述することに帰着させることも、逆に要素を統一体の分析から派生するものとして2次的なものともみなすことも、いずれも単独では適切ではなく、この両視点からみればじめて複雑系の像が立体的に浮かび上がってくる。

ところで、生命的意味を持つ記述は物質的意味を持つ記述に還元できる、という考えは今でも自然科学の公式見解だと思うが、これがいかに誤っているかをポランニー [37] がことばを尽くして語っている。その中で次の2点は説得力がある。

- 力学系の枠組(因果的説明方式)の土台は数値データの組による対象記述だが、この記述はわれわれが知りたいと思うことを何一つ語らない。
- 力学系の枠組では、生命的意味をもつ現象の謎の所在が初期データ・境界データに移る²⁴。

²²*内部観測理論では対象と主観という言い方すら意味がない様相下で、裁断により対象と呼ばれるものが構成されると考える。そのとき、裁断で捨て去られたものは、本来捨て去れないものであるために切り出した対象の方に様々な影を落とす、それが複雑性である。この意味で、生命の本質が複雑性にあるという言い方はある種の真理を含んでいる、生命を何らかの対象と見たときに行う裁断において捨てられたもの(生命)が複雑性として対象に現れる、という点で。

²³主に物質的ないし生命的意味秩序に関する複雑さが複雑系研究の関心をひいているが、人間的秩序のもとでの複雑さもこれから科学の対象として考えていく必要がある。

²⁴このことは、例えば万能チューリング機械という離散力学系を例に取って考えるとわかりやすい。計算できることはすべてチューリング機械の動作をとおして実現できる(チャーチ仮説)。さらに、チューリング機械の中に万能なものがあると、構造は単純でありながらどのようなチューリング機械の動作もまねすることができる。

1.4 人間の一記述系としての脳

複数の意味秩序にもとづく以上の見かたは、脳についての考えかたの見直しを迫るように思う。

私は長い間、脳は複雑系であると考えてきたが、最近になって、人間こそが複雑系であり脳はその一つの記述系を与えるものとして考えるのが適切ではないかと思うようになった。

人間を物質的意味のなかで捉えようとするときに、脳という特異なものが眼につく。脳は、その実物を見たいと思うひとは滅多にいないほどに気味悪く日常的には無縁なものだが、専門家の印象深い報告から人間の人間的ありかたに重大な関わりを持つことがわかっているために、脳という記述系により人間のすべてをいずれば記述できるのではないか、という考えが一般に広がっているように感じるが、これは錯覚である。私自身のうちにもこの錯覚はなかなか払拭できるようなものでなく根強く生き残っている。

しかし、物質的意味ないし生命的意味だけで話をすませようすると、脳を有意義に記述することすらできないと思う。脳を、それが納められている人間についての日常的な記述をぬきに語ろうとすると、不思議で無意味でしかし美しいパターンを示すものを前にして神秘感に浸っているしかないのではないかと私には思われる。脳が人間についての独特の記述法を与える一方、日常的な人間的意味が脳を記述するのに不可欠だ、と感る²⁵。

たとえば、脳波・単一ニューロンの活動パターン・最近の種々のCTスキャン図は一つの客観的人間記述を与える。しかし、物質的秩序ではこのような明確な記述法を持つ脳損傷なども、人間的意味秩序からすれば記述しようもないほど複雑なこととして現れる。一方人間的秩序からすれば単純なこと、たとえば歌をう

その方法は、まねの対象となるチューリング機械の構造を記述するデータを最初に与えることによる。ここで留意すべきことは、この万能性ゆえに、チューリング機械の構造をとおしての計算の記述によっては、各計算の「構造」を捉えることができない点である。計算の意味はチューリング機械(力学系)の背景をなす意味秩序には属さない。事実、初期データすなわちプログラムの構造の研究は「ソフトウェア科学」という活発な学問分野の主要な困難な課題となっている。

²⁵クリプキ [22] は「痛み」をある神経繊維の特定な状態と同一視することはできないということを深い議論によって主張している。また、ライルの「心の概念」(邦訳:みすず書房)では、自然科学で通常なんの吟味もせずに用いている「心」の概念(いわゆる folk psychology)の数々の根源的思違いが克明に正当に指摘されている。

たうというようなことでも、脳によって捉えようとするれば絶望的なほど錯綜したことになる。

しかし、以上のこと、すなわち人間についての日常的記述と脳的記述の相互還元不可能性を忘れないならば、脳による人間記述は、ふつうの日常的記述には隠れている側面を発見するきっかけを与えるという重要な役割を果たしていく。

1.5 複雑系認識の「適切さ」

さて、複雑系の科学の大きな障害になることと思われることは、複雑系がはてしない多様性をもつことだ。具体的複雑系は、強い個性・強い履歴依存性を持つているために、芸術的表現の対象にはなっても、科学で要求されると思われる普遍的な認識・精密な記述・因果的説明の対象にはならないように見える。

ここで、科学的認識の本質は何であるかを再考する必要がある。物理学の現象認識には普遍性・精密性が要求される。しかしこれらは物質的意味の記述に要求されるものであって、ほかの意味秩序の記述系にそのまま要求できるかどうかは明かではない。むしろ生物学的意味・人間的意味を記述する方法には別の適切さの概念があるように思う²⁶

自然科学のなかでも、生物学は長い間複雑系と取りくんできた。生物学は物理学とは別様の独特の適切さの感覚をもっている。分子生物学はそういったものを捨てさろうとしているように見えるが、生物学の重要性はその伝統的な感性のなかにこそあるように門外漢の私には思える。

複雑系の生命的意味・人間的意味の記述法の適切さとは何なのか？これは複雑系研究の最初の課題の中でも重要なものであると私は思う。新しい記述法を模索することにより適切さの新しい基準が徐々に明確になっていくことを願っている。

1.6 自然言語

ところで、複雑系の記述法としては自然言語という万能なものがある。自然言語は多様性を記述するのに

²⁶ 不可謬性と精密さ・正確さを区別しなければならないことをオースティン [1] は説いている。

とても適している。人間のふつうの関心事は人間や動物などの複雑系だから、日常的記述系である自然言語が多様な複雑系をいくらかでも詳しく記述できるのも当然と思われる。しかし自然言語の表現の持つ無限の自由さは欠点でもある。

数理論理学の分野で、記述系のインフォーマルな性質として、十分性と忠実性の概念が使われている [3, 第5章3節]。十分性は記述の対象についてのあらゆる概念・議論・結果がその記述系で表現できることを意味し、忠実性はその記述系におけるどのような記述も、記述対象に関して有意味であることをいう。自然言語は十分ではあるが忠実性を欠くために、底なしの空論におちいる危険性をはらんだ記述系になっていると言えよう²⁷。

このために自然言語を適切に使うことは至難のわざとなっている。オースティンは「言語と行為」(邦訳: 大修館)で日常言語の不適切な使い方の驚くような多様性を暴くことで、自然言語の使い方の適切さの問題の深さを示した。オースティンが発見した新しい知的大陸の探索は複雑系の理解と深くかかわっていくと感じている。

このような自然言語の危険性を避けるためには、十分性と忠実性を持った記述系を探すことが複雑系研究にとって重要であると思われる²⁸。

1.7 複雑系科学における数学の使命

数学は複雑系とどういう係わりをもつのかということについて最後に少し触れておきたい。

数学は、物質的意味秩序の十分かつ忠実な記述系を与える。自然科学の成立以来、その主要な記述系として数学は特異な役割を果たすと共に、その役割をとおして数学自身も大きく成長した。

生命的・人間的意味秩序にたいしても数学が適切な記述法を与えることができたならば、それは複雑系の科学の発展に大きく寄与すると思われる。複雑系の科

²⁷ 自然言語が必要以上に見える十分性をもつことは人間の本質と関連する重要な事実であり、自然言語の理解は複雑系研究が迂回できない課題の一つであると感じている。

²⁸ *この十分性という概念こそが実在論の中核であり、生命を完全に隠べいするものであることを郡司から指摘された。その指摘の意味がわかるまでに長い時間がかかったが、それが内部観測を理解する第一歩となった。

学において数学が担う主要な役割はここにあると私は信じている。これについては高橋陽一郎の次のことばが簡にして意を尽くしていると感じる。

数学は、物の新しい見かたを提供し、複雑な現象の新しい記述法を提供する。既成のものが使えなくなったとき、最後に頼りになるものが数学である [41]。

数学がこのような使命を果たしていくだろうという楽観を私のなかで支えているものを2つ挙げておこう。

その一つは、数学は長い歴史を持った学問であるということだ。自然科学の誕生よりもはるか以前に、日常的空間（私には人間的意味秩序にも属すると思われる空間）に関して幾何学という適切なく（すなわち、十分かつ忠実な）記述系を作りあげた実績がある²⁹。

もう一つの支えは私にとってはもう少し有力なものだ。それは、「複雑系の数学的解明」という空想を私が追う途中で、予想していなかったような意義を持つ数学に出会ってきたことだ。とくに超準数学³⁰・非有基的集合論³¹・算法³²は私に安心感を少なからず与えた。それなしでは非本質的複雑さを伴って間接的にしか表現できなかったことが、これらによつて的確に簡潔に表現できるようになると私は感じている。

複雑系と潜在的に関連する中身の濃い種々の数学があること知り [42] 私自身の「空想」が少しは夢に近くなってきた気持ちがしているが、この夢をどのように日常的な研究生活に結びつけていけばよいのかは、私にはいまだにむずかしい問題だ³³。「汝の車を星に繋

²⁹このことについてはゲルファントの京都賞受賞講演を見よ。

³⁰超準数学は無限小について語る方法として知られている。微積分への新しいアプローチを与えるというような面が強調されているが、無限小の領域で組合わせたプロセスが行われる生命系の記述法をも潜在的には与えていると思う。内的集合論による定式化については後で取り上げる。

³¹非有基的集合論は集合論の変種である。自分自身を含む集合は20世紀後半になって数学界から姿を消していたが、これを復活させることにより相互認識のような循環の様相をもつ状況を簡明に記述することができるようになった。

³²算法は計算機科学のなかで分散プロセス記述の努力のなかから産み出されている種々の数学的枠組の一つであるが、プロセス間のリンク（つながり）自身を基本的なデータとしリンク自身をリンクを通してプロセス間でやりとりするという描像にもとづいており、これまでとはまったく違うようなことを考えることが可能になったという印象を受ける。

³³複雑系研究に取り組み始めた当初、数学者であることにこだわってはならないと思ったが、数学者であることは、こだわるか否かで変化するようなことではないことを知った。これは職業が思考様式に与える影響という一般的な現象によるのか、あるいは単に私の融通性のなさ・保守性の現れに過ぎないかわからない。しかし、こ

げ」というエマーソンのことばがあるが [38]、複雑系という星に数学的研究という車をつなぎ続けるのは私にはなかなか平々坦々とはいかない。しかし、この実在する星への遥かな道を形成していくのに必要な自由で無尽蔵な生産力を現代数学は獲得したと私は信じている。その生産力はこのような星に向けてこそほんとうに発揮されるのではないか。

これはひょっとして数学という学問の思考様式のユニークな特性のためかもしれない、そうすれば数学者どのようにであれ複雑系と取り組めば数学者としての独自の役割をおのずと果たせるのではないが、これが私のもう一つの楽観である。