

生命と複雑系

Ver 1.21

辻下 徹

平成10年5月7日

目次

0 序	1	3.2.1 形式世界のもつパラドクス . . .	17
第 I 部 複雑系	3	3.2.2 プラス・クワスの懐疑論	19
1 「複雑系とは/複雑系私的序説」	3	3.2.3 プラス・クワス 議論の意義 . .	22
1.1 間近い複雑系科学の誕生	3	3.2.4 ウィトゲンシュタインによる「解 決」	23
1.2 意味世界の多重秩序	5	3.2.5 「複雑システム」と高次元圏論	24
1.3 多重記述系を要する複雑系	5	3.2.6 内的集合論	25
1.4 人間の一記述系としての脳	6	3.3 複雑系研究と生命理解	26
1.5 複雑系認識の「適切さ」	7	3.3.1 知性と知恵	26
1.6 自然言語	7	3.3.2 狭義複雑系論の根源的限界 . . .	26
1.7 複雑系科学における数学の使命	7	3.3.3 複雑系の構成的アプローチにつ いて	27
2 自己創出系としての複雑系記述	9	4 内部観測:形式世界の外に立つ観測	28
2.1 複雑系記述の基底概念	9	4.1 「内部観測」とは	28
2.2 相互作用(プロセス)論の基本的様相 .	10	4.2 内部観測としての研究	29
2.3 相互作用に基づく複雑系論:自己創出系 の吟味	10	4.3 複雑と錯綜	29
2.4 相互作用のきっかけ	11	4.4 いまある創発性	30
2.5 統一体	12	4.5 形式世界の利用:隠喩から契機へ	30
2.6 演繹的有向ハイパーグラフ	13	4.6 郡司の数理モデルの要点	31
第 II 部 生命	16	4.7 チュー空間による内部観測の描写 . . .	32
3 形式世界とその外	16	4.7.1 チュー空間の概念	32
3.1 形式世界とは	16	4.7.2 分析例	34
3.2 形式世界の外への契機	17	4.8 結び	36

0 序

複雑系研究者の気持ちの中には、複雑な機構の理解という動機と、生命やこころの理解という動機とが、不可分に混じり合っている、と私には思われる。しかし、内部観測の視点が見いだされたことにより、複雑な機構として生命を理解し、脳の機能として心を理解しようとすることは的外れな試みであるだけでなく、むしろ生命の本質的な側面を隠蔽してしまうような試みであることがかなり明確になってきたと私は感じている（この点が第二部の主題となる）。

生命の複雑機構としての側面の数理解的研究は、現在の方法の延長上でも予想外の知見・新概念・新理論が今後見いだされ大きく発展していくことはまちがいない、科学的好奇心にとってだけでなく医学との関係ではその発展は測りしれない重要性を持つことはいくら強調しても過ぎるということはない。

こういう研究には「生命は生命以外のもので理解できる」や「心は脳の機能である」という作業仮説は不可欠である。しかし、科学研究の場では単なる作業仮説でしかないものが、科学研究以外の場では科学の進歩の根底をなす「科学的真理」として無意識のうちに迷信されてしまっていることに戦慄を感じる。最近の複雑系ブームにより「複雑系」が「よくわからないもの」と同義語になってしまったいま、複雑系という言葉の中にある複雑機構と生命とを分離し、複雑系の科学で何が可能で何が本質的に不可能かを冷静に吟味する作業が必要であると思うようになった¹。

私自身は、生き物や心に見られる全体性というものが数理解科学でどう扱われていないのか、扱うとすればそれは一体どういうものか、という素朴な疑問から複雑系的な問題に関わるようになった。しかし、そもそも科学や数学で扱えるようなものではないかもしれない、という伏流が意識の中を流れ続けてきた。生

き物は数理解科学で扱えるものではないことが何らかの意味で明確にわかるという形の解決でもよいとも思ってきた。「内部観測」はその種の解決を与えているように感じているが、それは終わりというよりは初めであるような解決であろう。

この小論は3つの部分に分かれている。

最初の部分は4年前に複雑系²の問題点について考察したものをそのまま再掲したものである。これを書いた時点では、脳の数理解的理解は不定な日常環境の数理解的定式化という作業が不可欠であること、そしてこの作業は的外れな作業であること、に気付いて私自身としては複雑系研究の方向を見失っていたといっただけよい。「高次機能」がその延長線上に望めないことは明らかであったが複雑機構としての脳の理解は数理解的な問題としては意味があり、そういう方向を続ければよいだろうと考えていた。

その方向の試みの一つとして、オートポイエシスの構想をどこまで数理解的に表現できるか分析を試みたものが第二章の内容である。オートポイエシスの構想は新しい複雑機構概念を含んでおり、それが数理解的にはどういうことを明確にしたかった。分析はまだ途中の段階であるが、コンピュータサイエンスの分散プロセス理論とオートポイエシス理論とは共通する問題をもっていることがはっきりした。この方向で今後数理解的にやるべきことは数多くある。

しかし、複雑機構自身を研究するということは、当初の、生命や心の科学的理解という私自身の問題意識の中途半端な放棄にほかならない。中途半端というのはだめならばどうしてだめかということが明確にしたいというのが私の当初の問題でもあったからだ。この問題は郡司ペギオ幸夫の生命論が明解にしつつあると私は考えている。第三・四章では、わたし自身がわかった範囲でその解決の整理を試みた。

¹同様な見地から大野 [35] は「複雑系研究」を基礎生物学と捉え質の高い考察を展開している。「複雑」という言葉の含意を反省すると、真に複雑な系の本質は生物現象に由来すると考えなくてはならない。「複雑系」の研究とは基礎生物学なのだ。したがって、「複雑系」を研究したいならば、非生物系の人々はもっとまじめに生物系を研究する要こそあれ、生物系の人々が他に目を奪われる必要はない。(中略)生物学者と非生物学者、特に数理解系の科学者との密接な協働は21世紀の自然科学のために必要であるが、それを可能にするために、双方が協力して「数理解科学者のための生物学の体系的教科書」をつくることは実現可能な第一歩ではないだろうか。」と主張し具体的な豊かな提案が挙げられている。内部観測的な視座は明示的にはなっていないが潜在している。

²「複雑系」を第二節以降では「複雑な機構」の意味に限定して使っているが、第一章では生命と複雑な機構の双方を意味するような使い方をしている。

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系」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ない深淵がある。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次的なもののみならず、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ア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まれてきた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。

2 自己創出系としての複雑系記述

複雑な機構としての複雑系を数学的に記述する方法は、広義の力学系である。しかし、後で述べるように、力学系は状態概念に基づいているために、問題となっていることには無関係な同期という作業を強要されてしまうという不便がある。この同期は便宜上のものと心得ていても、知らないうちに考え方にバイアスを与えずにはおかない。

以下、力学系に替わる数学的定式化の試みの一例として、オートポイエシス論をとりあげ、その構成素概念を「相互作用そのものとしてのプロセス」として記述し、産出機構にともなう閉域という概念を、演繹的ハイパーダイグラフの枠組を通して明確にする。

2.1 複雑系記述の基底概念

状態概念の不適切性 生物のような複雑なシステムについて論じるとき、数理科学のいままでの枠組が不適切となる場合が多い。従来の枠組では全体を収める形式化が前提とされているからである。有効性を失う概念の典型例が「状態」であり、最初に述べたように、それに基づく力学系・確率過程論の強力な豊かな枠組ですらその有効性の範囲は限られている³⁴。

細胞の物理化学的構造の記述とそれらの相互関係の記述によって生命系は原理的には完全に記述され、ただ、変数が多すぎるために実際にはそれらの現在値を観測することはできず状態は確定できない、だから力学系は有効ではない、と考えられている。しかし、状態概念の意義が疑問視される真の理由は観測不可能性にあるわけではない。生命系では各部分の具体的作動はその近くの部分の様子だけで決まること、また、ある中枢がすべての部分を支配しているわけではないということ、この2点が生命系記述に全域的状态概念を用いることは的外れであることを示している。

基底概念の局所性要請 いま述べたように、生き物の存在様式に合った記述法の基底概念は局所的なものであることが好ましい。「局所的」の意味は、直接的な相互作用がおよぶ範囲内、ということができる。した

³⁴[43] で、動的な系を記述する枠組みとして力学系・時系列・遷移系を比較吟味した

がって「直接的な相互作用」をまず指定することが生命系記述の出発点となる。

そこでまず、作用という概念の吟味から始めよう。

「作用」を作用主体および被作用対象から切り離して基礎概念として展開することは、はたして可能であろうか？これは本来動きのあることを凍結して対象としてとらえることを求めることになる。

作用の抽象的取り扱いの可能性 作用を受ける対象を捨象して作用について論ずることは数学では古くからなされている。特に変換群から「何の変換か」という点を捨象して群の概念が確立した時点で、作用を被作用対象から切り離し作用同志の合成（2つの作用を続けると新しい作用が合成される）という様相だけに基づいて実質的な研究が可能ながわかり、抽象代数学が発展した。さらに圏論の発達により変換（作用対象と作用結果が同一な作用）以外の一般的な作用についても被作用対象への言及は最小限にとどめて論ずることができるようになった。

作用の相互作用 作用どうしは合成という自然な相互作用を持つ。それにより作用の集まり自身が完結した世界を成す。さらに、この閉じた世界の中で作用は他の作用との関係で特徴付けられてしまう。このことは、作用がプリミティブな存在であって作用対象は作用から分化したものだ、という見方が可能なことを暗示している。³⁵

圏論は、他の作用との合成を通して作用の実質が決まるという側面を出発点として取り入れた枠組みである。圏論では、作用（射と呼ばれる）の「合成」は何か他のものから決まるのではなく我々が自由に設定できる。この設定は結合法則（3個以上の作用の合成はどのような順番に合成しても同じになる）に拘束されるが、その拘束は強いものではなく設定の仕方には大きな任意性が残されている。

³⁵作用が他の作用との関係で捕捉できることは圏論では米田の補題として明確に表現され、圏論の様々な場面で不可欠な役割を果たしている。

2.2 相互作用 (プロセス) 論の基本的様相

合成の規定が作用自身の規定に入っている数学的枠組はいろいろとあるので、作用概念のみに基づいて作用について議論することは可能である。そういう枠組で最も自然で深く研究されているものとしてラムダ算法がある。しかし、2つのラムダ項が相互作用するとき作用主体・被作用対象の役割が確定するので生命系での相互作用としてはラムダ算法は適切な描像を与えない。

生物ではふつうと思われる、作用主体と被作用対象とが区別できない相互作用という概念は数学的にどのように表現できるであろうか。

相互作用の相互作用 具体的な相互作用の様態は瞬間的なものから持続的なものまで様々である。その様態を捨象したときに残るものは複数の相互作用どうしの結合の変化のみといってよい。これは、いくつかの相互作用に対してそれらの連鎖および共同作用等の結果生じる変化を取り出したものである。その一例が前節で述べた作用の合成である。

ここで、相互作用の相互作用という不必要な言葉上の自己参照を一旦避けるために、上で相互作用と呼んでいたものをプロセスとよぶことにする。すなわちプロセスは具体的な相互作用を抽象化したものとする。

相互作用としてのプロセス概念 「プロセス」は広く用いられる言葉なのでどういう意味で用いるかを明確にしておく必要がある。

ここで使う「プロセス」の意味を適切に例示するものとしてはデーモンと呼ばれるプログラム(を実行させているもの)がある。デーモンはワークステーションのメモリーに常駐し絶えず活動していて他のプロセスとデータの様々なやりとりをするプロセスである。この場合そのプロセスはプロトコル(他のプロセスとのデータのやりとりの手順)によって規定される。

この意味で、プロセスを相互作用そのものと考えすることは唐突ではない。相互作用を相互作用概念だけで規定しようとするとき、相互作用が他の相互作用とどのように相互作用するかだけに基いて規定することになるが、これはプロセスをプロトコルによって規定するというプロセス理論の基本的な考えと同じ構造を

持っている。

以上の考察から、相互作用をプロセスと呼ぶことによって暗黙の内に新しい意味を導入してしまう恐れは余りないであろう。

プロセスのインタフェース プロセス同志の相互作用はなんらかの作用点を通してなされる。「作用点」は作用対象の名残りといえるが、その内容を捨象しその「タイプ」のみを問題とする。この作用点をインタフェースと呼ぼう。

各プロセスタイプはいくつかのインタフェースを持つ。インタフェース自身もいくつかのタイプにわかれる。インタフェースタイプは相補的な対をなし、プロセスどうしは相補的なタイプを持つインタフェースを通して相互作用し新たなプロセスを生じる。³⁶

2.3 相互作用に基づく複雑系論:自己創出系の吟味

相互作用を基礎概念として論じる数学的枠組は研究されており、それに基づいて生命系について論ずる可能性があることはわかった。しかしそれはどのような論じ方になるのであろうか?

このことを考察するときのヒントが自己創出系(オートポイエイス)の思想にある[31]。

自己創出機構の分析 自己創出で用いられる「産出」という概念は、「作用」とどのように関係するのであろうか?

自己創出の機構の特徴づけとして次がよく引用される。

オートポイエイス・システムとは、構成素が構成素を産出するという産出過程のネットワークとして、有機的に構成されたシステムである。このとき、構成素は次のような特徴を持つ、

(AP1) 構成素は変換(変形および破壊)と相互作用をつうじて自己を産出するプ

³⁶上記のような様相を捉える数学的な枠組としては、相互作用の幾何学、 算法、作用算法、作用網などがある。これらは数学的な深さがあり今後の発展が期待される。

プロセスのネットワークを絶えず再生産し実現する

(AP2) 構成素はネットワーク(システム)を空間に具体的な単位体として構成し、また空間内において構成素はネットワークが実現する位相的領域を特定することによってみずからが存在する [21]。

この規定であいまいな点は、「プロセスのネットワーク」という用語である。これは相互作用の場を与えるという意味があり二番目の「位相領域」という用語と切り離せない。これらの因子は数学的には冗長に見える。

まず自己創出機構の構成素の本質だけをとりだし次のように定式化してみよう。

構成素は、他の構成素と相互作用して変形・破壊・再構築される。そのような構成素の「集まり」が相互作用の進行によって維持される時、その集まりを自己創出系呼ぶ。

構成素の本質が他の構成素を産出する(構成する)ということそのものであるという(自己創出の機構の鍵となっている)様相の形式的表現を以下考察する。これは、自己創出機構の構想に出現する様々な選択肢からの適切な選択には必要な前提となると思われる。

まず注意すべき点は構成素自身がなんらかの複合体であると想定する必要があることだ。もしも構成素が分割不能なものであれば、その破壊・産出を一気に行わざるを得ないシステムの作用は魔術的な作用ということになる。別言すれば分割不能と想定した構成素の相互作用は観測者の立場から現象的に記述するしかなくなる。(これは自己創出系の意図、観測者を排除した生命理論を構築するという意図からすれば困ることである)

従って、構成素を何等かの形式によって表現する枠組においては、その形式は、どういう構成素とどういう状況でどのように作用するかについての条件や規定を含まなければならない。極端にいえばその表現形式が他の構成素との作用の指定そのものとなってもよい。

プロセスを構成素とするシステム 前節の議論を振り返るとプロセス(=相互作用)は、他のプロセスの相

互作用によって決められ、まさに自己創出系における構成素を特徴づける性質をそなえている。

ほかの構成素の分解・変形・再構成することが構成素の作用である、ということを示的に記述できる枠組は多くはないがある。ラムダ算に相当する表現力を持つプロセス理論(相互作用理論)としては、 π -計算 [28]、相互作用算 [29]、相互作用結合子 [24] などがある。

2.4 相互作用のきっかけ

前節では構成素をプロセスとして形式化した、すなわち他の構成素との相互作用における挙動によって構成素を規定した。それではこの構成素概念に基づいて自己創出系はどのように論じられるのか?すなわち構成素のどのような集まりをシステムと考え、それらの相互作用はどのような機構を通して発現するのか?これを以下考察しよう。

構成素の結合から派生するネットワーク 自己創出系における構成素同志の相互作用の仕方はセルオートマトンの場合とは異なり新たに規定する必要はなかった。相互作用の仕方こそが構成素自身を規定するものだったからである。しかし実際に相互作用が生じるには構成素同志の「出会い」「結合」とでも呼ぶべき契機が必要である。これを提供するものとしてネットワーク(自己創出システムの機構)は理解される。

構成素の形式化はこの契機の記述を許すようなものでなければならない。

相互作用の実現契機の記述 相互作用を実現させる契機として最も簡明なものは「出会い」である。相互作用可能な構成素同志が出会うことによりそれらが相互作用すると考える。

この考え方、ほとんど自明な考え方は様々に形式化される。その中でも次のようなものが典型である。あらゆる出会いのパターンを想定しその全体を状態空間と考える。そして、新たな出会いの発生を、単に非決定的な遷移可能性として、あるいは確率を付与して確率的な遷移として、表現する。もしもネットワークの性質を狭めたいときは可能な出会いのパターンに何等かの制約を要請する。

しかし、この結合パターンを状態空間とする遷移系や確率過程として自創系を考察することは数学的研究課題としては成立するが、複雑系を論じるときに適切な方向というわけではない。というのは全域状態というものを導入してしまうからである。

Chemical abstract machine [4] の枠組は出会いパターンの全体には明示的には言及せず枠組におけるプロセス集合の作動としてそれを取り入れる。すなわち、構成素の無構造な集合を考え、その中の勝手な2要素同志が相互作用する機会を与えられと想定する。こうすることによりネットワークの問題は構成素同志の相互作用の仕方に帰着される。

インタフェースの特異性と修飾 このようにネットワークの構造を明示的に記述せずにネットワークについて議論を進めることが可能である。この場合にはシステム作動の鍵となることは構成素はインタフェースを持つと想定する所であろう。このインタフェースの特異性を深めることにより出会いの恣意性(非決定性)による岐路はネットワークの骨格を変化させるほどのものではないように想定することができると予想される。

さらに、構成素のもつ複数インタフェースの修飾という概念を導入することにより、ほかの構成素との相互作用の特定度がさらに高まる³⁷。

前述の枠組に共通する特徴は、複数プロセスを相互作用可能な状況におくとき(これを並列合成するという)、複数インターフェースを通してプロセス間でさまざまな相互作用が生じそれぞれのプロセス自身が変形・消滅・生成されそれに伴いネットワーク構造自身が変化する、という様相が表現できることである。ここには相互作用の局所性・分散性・非決定性も自然に現れる。

2.5 統一体

自己創出論における統一体概念 自己創出系論における統一体という概念は「閉域」として比較的明確な内容を持つように見える。

従来のシステム論では統一体を成すことの定義は「全体の整合的な挙動」という概念に基づいているが、

³⁷線形論理の種々の論理演算はそういう修飾法を与えていると見なせる

「整合性」は観測者に強く依存している。それに対して自己創出系論では自己維持(循環)という概念により統一体を規定しているために観測者への依存性は少し減っている³⁸

もう少し形式的に統一体を述べることを試みてみよう。構成素のタイプ³⁹のいくつかの集まり T があって、そのいずれかのタイプを持つ実際の構成素達の集まりが様々な出会いを契機として起こる相互作用を通して存続するとき、これを統一体と呼ぶことにしよう。これは、タイプの集まりへの実際の統一体の影のようなものである。

その際、 T に属するタイプ(これを T -タイプと呼ぶ)を持つ構成素同志の相互作用から生じる構成素は T タイプを持つことが要請される。これがまさに「閉域」の定義といってよい。しかし、非 T タイプの構成素(外部)との相互作用があることは許容されるだけでなく、その非 T タイプの構成素がなければ存続できないような閉域も統一体と呼ばれることから除外されない。さらに、 T タイプの構成素と非 T タイプの構成素との相互作用の結果非 T タイプの構成素が生ずることがあってもよい。

この統一体概念は、「挙動の整合性」の場合とは異なり観測者とは独立に定義されている。構成素のタイプの集合 T を指定し T タイプを持つ構成素の集まりが存続するときはその T タイプの構成素の集まりが統一体をなすと呼ばれるが、これは T に関する強い制約であり、観測者が勝手に決めることができるものではない。

一般になんらかの相互作用による産出系があるとき様々な閉域が生じるが、その閉域の相互関係は大きな多様性をもっている。その様相は閉包作用素 = 閉集合族 束の一般論で明確に表現できる。これについては2.6節で簡単に説明する。

統一体分裂と合体 T タイプの構成素の集まりが2つの統一体をなすことも可能である。そのみでなく、

³⁸郡司によるオートボイエシス批判の一つは「循環」によって統一体をとらえようとするのは観測者を排除することにはならず、むしろ形式世界に生命を収めてしまうことになる、という点にある([9, 1994.9p154])

³⁹個々の構成素について述べることは構成素数が莫大であることから学問の言説となることはありえないが、各タイプの構成素の個数(濃度)を考えることは可能だ、それがペトリネット(線形論理)の枠組みとなる。

一つの統一体が構成素の相互作用の進行に伴い2つの統一体を成すに到ることも有り得る。細胞の分裂はその典型例である。

2つの統一体が同じ T タイプの構成素から成るものである場合は融合する可能性も常にある。なんらかの遮断によらない限りこの可能性はなくならないと思われるが、遮断という概念は「境界はシステム自身が区切る」というオートポイエシスの構想と相容れないように思われる。現実にも細胞は融合することがある。

遮断はシステムの作動の中で生じる動的な様相の一つである。これは構成素の結合の状況によって実現されていると考えることができるが、今後検討を要する困難な問題の一つである。

高階の自創系 / 相互浸透 細胞 / 多細胞生物、神経系 / 有機体、の関係を如何に語るかは自己創出系論の大きな岐路となる。たとえばマツラナ等は、前者を自己創出系の構造的結合として、後者は自己創出系の一部を基盤とする新たな構成素群が構成する自己創出系として、考える。さらに、有機体が神経系という自己創出系と構造的に結合することによって新たな相互作用のモードを獲得し、新たな構成素の役割を果たして更に高階の自己創出系が形成されるとマツラナ等は捉える。

ここに作用的閉域の階層性の概念が出てくるが、河本 [21] はこのような階層性を批判し相互浸透というルーマンの発想を整備している。

なお、自己創出系における認識等に相当する自己言及的な側面を持つ作動を論ずるには、神経系と生体の関係の場合のように、自立した自己創出系を成す部分とそれを含む自己創出系とが相互浸透しているといった設定が必要になると思われる。すなわち、自己言及は構成素と全体との関係という設定で語れる様相ではなく、少なくとも1階の自己創出系とそれを含む自己創出系との構造的結合の様相として語らなければならないと思われる。

しかしいずれも、これまで述べたプロセス = 構成素という形式化に基づいてどのように論ずればよいか、私には見通せない。

結び

後半で議論するように生命をオートポイエシス的なものであれ、何らかの形式的なシステムで捉えられるとすることは、内部観測の視点からすれば的外なものとなる。しかし生命理解を脇におけば、自己創出系論はシステム記述の新しい枠組を与えている点でも重要だ。プロセス = 構成素という自己創出系の定式化は計算科学における分散系研究と相接しており数学的にも深い理論へと発展する可能性をもったものといえよう。

2.6 演繹的有向ハイパーグラフ

ここでは「複数のものが共同して他のものを生成する」という言葉の使い方を明確にする簡単な数学的構造を説明したい ([14])。「影響を与える」、「情報を伝える」、「制御する」、「支配する」も同じ数学的構造に従う「文法」⁴⁰を持っている。

この構造は閉包作用素・演繹的有向ハイパーグラフ・束ラベル付き集合・Moore 族・単純推論系などの、様々な同値な定式化が可能である⁴¹ [12]。

有向ハイパーグラフによる定式化では、要素間の相互関係は

$$(1) \quad a_1, a_2, \dots, a_n \rightarrow b$$

という記号に基づいて記述される。ここで、 a_1, \dots, a_n, b は、システムの構成素ないし構成素タイプをあらわし、上の記号を次のような関係の速記法と考える。

- 構成素 a_1, \dots, a_n は構成素 b を支配する。
- 分子 a_1, \dots, a_n は分子 b を生成する。
- イベント a_1, \dots, a_n が起こればイベント b が起こる。

⁴⁰ ウィトゲンシュタインがしばしば使う意味での「文法」。いくつかの特定な言葉の群の「文法」を考えると、それらがどのように使われるかを意味的なものも含めて見つめるということである。たとえば、数学でいえば各々の公理系がいくつかの言葉の集まりに一つの文法を与えている、というような意味合で「文法」がつかわれている。

⁴¹ *要素が競合する場合は、少し弱い構造(最大元のない束)を考えることになる。これも、生命系理解のためには基礎的な構造の一つである。

- イベント a_1, \dots, a_n がすべて起こらない限りイベント b は起こらない。
- 命題 a_1, \dots, a_n から命題 b が推論される。

上のような関係は演繹的有向ハイパーグラフとなる。

演繹的有向ハイパーグラフの定義 X をシステムの構成素の集まりとする。(1) のような関係のいくつかの集まりを有向ハイパーグラフと呼び、その要素である(1) のようなものをハイパー辺 (あるいは生成) と呼ぶ。 a_1, \dots, a_n と、 b を各々関係 (1) の仮定・結論とよぶ。(1) が有向ハイパーグラフ Γ の要素であるとき、 a_1, \dots, a_n は Γ の下で b を定める (あるいは生成する) ということにする。しばしば Γ への言及は省く。

たとえば図 3 の左を見て頂きたい。これは 3 つの頂点 a, b, c と 2 つのハイパー辺

$$\begin{aligned} b, c &\rightarrow a \\ a &\rightarrow b \end{aligned}$$

を含む有向ハイパーグラフである。この有向ハイパーグラフの下では、 b, c が a を生成するが、一方 a は b を生成する。従って、 c がいつもあるときは a, b は互いに他を生成することができる。

有向ハイパーグラフが次の条件を満たすとき、これを演繹的であるという。

- (H1) どの要素 a も自分自身を生成する。
- (H2) a_1, \dots, a_n が b を生成しているならば、どのタイプ a についても、 a, a_1, \dots, a_n は b を生成する。
- (H3) 推移性: Γ_i が b_i を生成し ($i = 1, \dots, n$)、さらに b_1, \dots, b_n が c を生成するならば、 $\Gamma_1, \Gamma_2, \dots, \Gamma_n$ の全体から c が生成される。

以上の条件は “ \rightarrow ” の解釈として、上であげた例のどれであっても明らかに成り立っている。

閉包作用素 X 上に演繹的有向ハイパーグラフ \rightarrow の構造が与えられると、閉包作用素と呼ばれる操作 C がべき集合 $\text{pow}(X)$ に定義される:すなわち X に入っているタイプの集まり A から生成できるものを全部集めたものを CA と定める。すると明らかに

(C11) $A \subseteq CA$ (A のそれぞれのタイプは自分自身を生成できるから⁴²。)

(C12) $A \subseteq B \Rightarrow CA \subseteq CB$ (「材料が増えれば、作れるものも増える」)、

(C13) $CCA = CA$ (A から作れるものを全部集めたものを材料にしてできるものは A から直接作れる。)

が成り立つ。これらの条件を満たすような操作を閉包作用素と呼ぶ。これにさらに $C(A \cup B) = CA \cup CB$ という線形性の条件を追加すると X 上の位相構造となる。この場合は、材料を合わせてそこから生成されるものを考えても、どちらかの材料だけから生成できてしまうということになり、要するに A と B という材料の集まりを合わせても特に新しいことは何も起こらないという意味で「線形」である。しかし、一般に線形でない閉包作用素の方が多い⁴³。

Moore 族 閉作用素の固定点を閉集合と呼ぶ。材料の集まりが閉じているというのは、それから何も新しいタイプのものは作られないことをいう。

閉集合と閉集合の交わりは閉集合となることは明らかであろう。一般に集合の部分集合の集まり A が交わりで閉じているとき、つまり、その集まりに入っている 2 つの部分集合を勝手にとってもその共通部分はまた A に入っているとき、 A は Moore 族 (\cap 演算で閉じた集合族) という。上記の対応により閉作用素と Moore 族 とは 1 対 1 に対応することがわかる。

束 A は meet 束になっている。束の概念は数学のいたるところに出現するが、また、日常的な概念にいつも潜伏している身近な数学的構造である。この概念は便利なものなので少し詳しく説明しておこう。束の定義は

- 大小関係 \leq を持つ、ただし、数の大小関係と違って、勝手な 2 要素が比較できるとは限らない。しかし、 $a \leq b, b \leq c$ ならば $a \leq c$ は成り立ち、また $a \leq b, b \leq a$ ならば $a = b$ となる。

⁴²これは生成についていえば強すぎる条件である。

⁴³線形代数を学んだことがある読者ならば、線形空間の部分集合に対して、それが張る部分空間を対応させる操作を習ったと思うが、それが非線形な閉包作用素の典型例である。

- 最小元(どの元よりも小さい元)と最大元がある。
- どの2つの要素 a, b も上限 $a \vee b$ と下限 $a \wedge b$ を持つ。

上限 $a \vee b$ は次の性質を満たすもの

- a, b の両方よりも大きい。
- a, b の両方よりも大きい他の要素 c があればそれは、 $a \vee b$ よりも大きい。

である。大小関係を会社の上下関係として解釈すれば、2社員 a, b の共通の上司の中で、最も身近な上司が一人だけいる場合にその上司を2人の上限といい $a \vee b$ と書くことになる。もちろん、必ずしもそういう上司が唯一人であるとは限らないから、いつも上限があるわけではない。図2で、左の図では a, b の共通の上司は c, d, e だが、 c も d も a, b に最も近いものとなっているので上限である上司はいない。しかし、右では、共通の上司が e, c なので、最も近い上司 $e = a \vee b$ がいる。

同様に、2人の共通の部下の中で最も偉い部下がいる場合はその部下が下限であり $a \wedge b$ と書かれる。

束ラベル付き集合 V の各元に束 L の要素でラベルをつけると、束の要素 l ごとに、ラベルが l 以下の元を集めてくると部分集合 A_l が定まる。この全体は V 上の Moore 族となる。ラベルとして使われたものの全体が L を上限という作用で生成するようにすれば、束ラベル付き集合と Moore 族とは1対1に対応する。

たとえば、 V は国民の集合、 L は議員の集合とし、議員には順序関係が入っていて束となっているとする。各国民は一人の議員を支持しているとする。このとき、 A_l は議員 l またはその議員が長となっている派閥内議員のどれかを支持者する国民を集めたものである。従って、議員 l は自分の直接的支持者だけでなく自分の派閥内議員の支持者も動員できるということになる。

図3、4は、上の表し方を2つの演繹的有向ハイパーグラフについて表示したものである。図4は、 b または d に a が加われば全体が生成される。また $\{c, d, b\}$ は閉域であるが、外部のもの a と相互作用する有りさまが現れている。また a 自身は、自分だけでは $\{a, c\}$ という閉域しか生成しないが、他の助けがあれば全体を生成してしまう。

三タイプの構成素の生成関係の分類 X が3個の元しかない場合でも、 X 上の閉包作用素は、13個ある(図5)。これは当時学部4年生であった松尾和雅によって分類されたものである。これは、コヒーレンス(部分間の相互関係)の分類として見るほうが有益かもしれない。最上部はどの部分も独立に動いている状況で、最下部はすべてが相互ロックして挙動している状況(つまり a, b, c のいずれも全体を支配している状況)である。この下にはすべてが凍結して動かない状況もあるが省略してある。

四タイプ構成素の生成関係の変化の筋書 4タイプ構成素の生成関係は186種類ある[12]。この場合、各部分が独立している状況から、すべてが互いに決めてしまうコヒーレントな状況までの変化の筋書きは無数とっていいほど多いが、各ステップでどのような変化が起こるかは樋口証によって明らかにされた[12]。その筋書きの一例を図6、7に挙げておこう[14]。

第II部

生命

第二部では郡司が提案している生命への新しいアプローチ [9] の紹介を試みる。

以下、生命の持つ「予想外」という様相を軸にして論じる⁴⁴。

「予想外」を形式化することはむずかしい。今後起こる「予想外」のことは決して思い浮かべることはできず（できれば予想外ではない）、すでに起きた「予想外」のことは予想できたと思えないからだ。ある事が起こる前と後で世界観や信念が変わってしまうことが「予想外」の本質である。「予想外」は稀に起こることではない。例えば、人と知り合いになったとき、その人と知り合う前後で世界像は全く変わってしまうのであるが、それは余りに日常的なので気付かないだけである。同時に2つの世界像を持っていないために世界像の変化は余程工夫しないと気付くことができないのである。

ここでは形式世界という概念⁴⁵を使って「予想外」へのアプローチを試みた。まず、「予想外」の理解を不可能にする实在論を形式世界という概念を使って分析する。その後で、形式世界を意識させる、实在論のパラドクスとプラス・クワスの懐疑論とを取り上げた。さらに、形式世界の外に立つ内部観測について考察し、チュー空間による内部観測の基礎概念の説明を試みた。

⁴⁴以下の議論では「予想外」が生命の不可欠な様相であるという立場を取る。これは認識論的な色彩の濃い立場であり必ずしも最適なものではないが、これがきっかけとなって郡司の生命論がわかりはじめたという個人的経緯があるので、入り口としては悪くないと思われる。ここでは、この立場自身の是非を論ずることよりも、その立場はどういうものを明確にすることに焦点を当てた、というのはこの立場がどういふものかというのは容易には納得できないからである、少なくとも私には予想もしなかった立場であった。なお「予想外」は「生命とは時間の別称である」という [9, 1994.9 p142] の冒頭の文に一つの明瞭な輪郭を与える。

⁴⁵「客観世界」の方がわかりやすいのであるが、この言葉には「客観世界」が「实在」と不分離であるとの語感があるので適切ではない。実は「特殊な言語ゲーム」 [9, 1994.11p368-381] という概念がより適切なのであるが「言語ゲーム」はワイトゲンシュタインの探究 [48] をゆっくり読まない限り誤解を誘発する語感があるのでここでは避けた。

3 形式世界とその他

郡司の生命論の要点の一つである实在論批判を最初に取り上げる⁴⁶。初めて聞くと不可解なこの主張は形式世界という概念を入れることで少し考えやすくなる：あらゆることを形式世界に納められるとする考えが实在論であり、实在論批判は形式世界がすべてではないという主張と考えることができる。しかし、ここで使う「形式世界」は、数学的理論だけでなく物理的世界や社会等しばしば現実そのものと思ってしまうようなものまで指すことを了解して頂かないと上の説明はほとんど意味をなさない。

3.1 形式世界とは

以下「形式世界」により、語る者が自分と切り離れたと考える物事の総体を指す。これを「客観世界」さらに極端には「世界」と言ってもよいかもしいがこれらの言葉には「現実」と切り離せないようなニュアンスがあるのでこの小論の目的には適してはいない。しかし場合によっては使った。典型的なものが数学的理論、物理学の描く宇宙や教科書に載っている社会などである。しかし、普通に考えている現実には形式世界である。そのことを悟るのは容易ではない。

たとえば「自分の複製ができれば一体自分の意識はどうなるのだろうか」という思考実験が意味があると思うときは客観世界がすべてと思っていると言える。自分を複製するという概念は、自分と同じものを再構成できるくらいに詳細に物理的（あるいは社会的）に自分は記述できてしまえろと考えることが前提となっているのである。つまり、自分は「物理的記述」で完全に捕捉できるという考えである。物理的記述が数学

⁴⁶郡司の生命論の鍵となるのは、「实在」と「存在」の区別である。「实在論の基底は、論者をして、「語り尽くせない何か物が、語り尽くせない何か物を発見した基底の中で構成される」方法を採用して初めて顕在するのである。他方存在は、発見する際の基底を無効にする地平にある」（文献 [9, 1995.4 p310]）。郡司の「存在」と同様のものを「不可分な实在」、「非言語的基底」などという呼び方をする場合もあるが、いずれも否定形を用いたもので認識論的な枠組の概念となってしまうやすく、例えば客観的世界というようなことと混同されてしまうので適切ではない。郡司が「存在者について直接語ることは殆ど不可能」（文献 [9, 1994.11 p359]）といっているのは、直接に語るとは認識論的な外れな議論になってしまうことが避けられないからだ。なお、津田一郎はしばしば「根拠が必要だ」と主張するが、その「根拠」は理論的な認識論的な根拠ではなく研究行為の根拠であり、それは郡司のいう「存在」と違わない、と私には思われる。

的形式を用いていることを考えれば、これは自分が数学的に記述できるというほとんどナンセンスに近い主張になる。しかしこれがナンセンスとふつうは感じないのは實在論がいかに深く無意識下に埋め込まれているかを示すものである。

一般に、「違うものが全く同じである」という文に意味があると思っているとき、また2つの異なるものが比較できると思っているときは形式世界が「現実」そのもののように見えてしまっている時である。

形式世界が自分から切り離されたものであることと、その全体を見渡せる（考察の対象とできる）ということとは同じことである。極端にいうと全貌が何らかのしかたで把握できると思えるものはすべて形式世界であるといってもよい。

見渡せるということは知的に見渡せるということに限るとさらにわかりやすいであろう。この場合は「見渡せる」は「整合的」と言い直すことができる。ある主張とその否定とが同時に証明されるという事態はないとき、その世界は整合的であるという。ある主張の真偽は、それを誰がいつどういう順に検分しても同じであるという想定である。きのうはPだったがきょうはPではないということもなく、また、A氏が調べたらPなのにB氏が調べたらPではないということもないということが整合的ということである。こうして、調べ方に依存しない真偽概念が成立する。

形式世界としての世界は、支配・管理に便利だ。

形式化・抽象化することは、暴力的な権力とは遠いように一般的には思われがちですが、抽象化して形式化して行くということは即権力なんです、実は。[33, p152]

形式世界としての世界では、やりたいことがあればそれが可能かどうか、可能ならばどこで何をすればいいか、などが一目瞭然なのである。自分や世界を十分知り尽くせば、あとは何の迷いもなく計画に沿って安心して行動ができるという世界である。

しかし、形式世界には「予想外」を入れる隙間はない。人間にとって（数学的理論のような小さな）形式世界ですら予想外の様相をもつが、これは予想外を形式世界の中に表現したことにほならない。「予想外」を

形式的に把握はできない。従って「予想外」を生命の標とする立場に立てば、生命は形式的には把握できないということが、少し性急すぎるが結論される。

3.2 形式世界の外への契機

「生命を見る」には形式世界の外に出なければならぬ。しかし、形式世界は世界そのものと見える場合もあるために、そこから知的考察だけで出るのは容易ではない。しかし道がないわけではない。

積極的内容には乏しいが、論理的な議論を通して納得できるものとしては、形式世界が世界そのものと考えることから生じるパラドクスに注目するものがある（cf. §3.2.1）。ラッセルのパラドクスやゲーデルの不完全性定理はその象徴である⁴⁷。しかし、もっと本質的な方法がクリプキによるプラス・クワスの懐疑論にある（cf. §3.2.2）。

実際には自分一人で「形式世界」から出ることは不可能である。「他者」によって初めて「世界 = 形式世界」から外に出る可能性が生じる。以下書くこともいろいろな人との対話の一コマと位置付けない限り、単に一つの形式世界の中の話しに過ぎない。

3.2.1 形式世界のもつパラドクス

比例式「客観世界:生命 = 集合論:数学」は以下の議論をわかりやすくする。集合論は数学の基礎という位置付けをされている。現代数学の研究結果だけでなく、行われている数学的議論も公理的集合論によって表現されると思われる。実際、具体的な数学の断片を持ってくれば、それを集合論で表現することは容易でなくとも可能である。

ラッセルのパラドクス 集合論はコトをモノに変えてしまう機構である。

集合がモノであるという見方はピンとこないかもしれないが、人間の抽象能力の本質とさえいえる見方だ。足場として数や点などの素材となるモノがあるが、点

⁴⁷「ゲーデル・エッシャー・バッハ」[13]は、この道を通して生命や知に迫ろうとした。そこで仄めかされている、絶えずシステムを越え続ける active system という概念には、形式世界では知性は捉えられないという思いが現れているが、それを構成しようというスタンスは堅持されている。

の全体や数の全体のような明確に指定できる「集まり」も一つのモノと考えてしまおうというのがコントロールが発見した方法である。この何でも無いような見方が驚くような効用を持つことをヒルベルトは見抜いた。実際、今世紀数学の歩みからそれはかなり正しかったことがわかっていて、集合は数学では空気と同じように重要なものとなっている。

集合論では、どの性質についても、その性質を持つモノ全体の集まり(外延)を考えることができる。これは内包性公理と呼ばれコトをモノとして考える集合論の基となる考え方をそのまま表したものである。ところがこれは次のような周知のパラドクスをひき起す。

自分自身を含まないという性質(これを非循環的と言おう)を取りあげる。すると、非循環的な集合の全体の集合 U を考えることができる。ところが U が非循環的であることと U が非循環的でないことが論理同値となってしまうのである。

なぜか? U が非循環的ということは、 U が U に含まれないということだが、 U に含まれないということは、(U はまさに非循環的なものを集めたものであることを思い起こせば) U が非循環的でないということにほかならないからである。

この論法を少し眺めてみて騙されたような感じを受けなかったらどうか。集合 U を構成する段階で収集していた集合の中には、そのとき構成されつつあった U が入っているはずがない。ところが、構成した後になって、それが U に入っているかどうかを問うている。これはどう考えても無意味である⁴⁸。その無意味な問いに意味があると仮定したのだから矛盾くらいできて当然とも言える。

こういう議論は通常は悪質な詭弁として忌避されるような類いのものである。ところが、数学では構成されたものは無時間的に存在するものとして扱う。ラッセルのパラドクスの「原因」は、もともと時間的な側面がある構成を無時間的な形式世界に納めてしまうという、常識外れの数学の様式にあるといつてよい。

ラッセルはこの詭弁を避けることに力を投入した。ラッセルだけでなく多くの数学者はこのパラドクスを忌むべきものと考え、克服しようとしてきた。この矛

⁴⁸ こういった側面を産む定義は非可述的 (impredicative) であるといわれている。“非可述的定義が要求するのはこれから作られるべき観念が属している観念の集合を組み合わせて、その当の観念を構成するということである [8, p69]”

盾から数学の本体を「守る」ことに専念した人たちの努力により、今では内包性公理に轡をはめるというアドホックな形ではあるが集合論は「救われた」ことになっている。

コントロールの無限 ラッセルのパラドクスを忌むべきものと考えなかった数学者がいた。それが集合論を創始したコントロール自身であった。

集合論を産み出し、それ故に数学界から追放され「精神を病んだ」と伝えられているコントロール自身はこのパラドクスをどのように感じたのであろうか? 私自身は最近まで、このパラドクスに彼が意気消沈したものと思っていたが、じつはまったく逆で、ほぼ同じ時期にラッセルのパラドクスと似たパラドクスを発見したことに歓喜していたことを示す手紙がある ([38])。

私は厳密に、実無限よりも大きな種はないことを証明した。有限と無限とをすべて凌駕するものはもはや「種」ではないのである。それは、その中にすべてが含まれている、単一で完全に不可分な単一体であり、その中に人智には不可解な「絶対者」も含まれている [6]。

論理的整合性という、いわば官僚的ともいうべきものは、コントロールにとっては二次的なものでしかなかったことが読み取れる。

ゲーデルの数学観 ラッセルは自分のパラドクスを回避するために悪循環原理⁴⁹を提唱したが、ゲーデルはこれを分析し、それは数学でふつうに使われている議論のかなりを排除してしまうことを指摘し、悪循環原理がそのままでは害があることを危惧していた [8]。

この分析の中で意外なことも述べている。

第一の形の悪循環原理は、論理学と数学の対象、特に命題やクラス、観念などに対して構成主義的な(あるいは唯名論的な)立場をとったときのみ当てはまるように思われる。[8, p68]

この第一の形の悪循環原理は数学の重要な部分を破壊するものとして誤りであるとゲーデルは主張して

⁴⁹ 悪循環回避原理というべき原理

いるので、結果的には構成主義的な立場を否定していることになる。

コーエンによって連続体仮説⁵⁰の独立性が証明された後も、ゲーデルが連続体仮説の真偽は決まっているという立場を取りつづけたことは有名である。このことは私には長い間理解できなかつたのであるが、「アイデア」の实在表明は形式世界への不信感の一表現でもあることに最近気づいた。コーエンの結果は、ツェルメロ・フレンケルの集合論という形式世界に数学が納まってしまうという前提の上での連続体仮説の解決なのだが、数学は形式世界（構成可能な世界）では納まらないという考えに立てば、連続体仮説の問題は終わっていないという考えは自然なものである。

数学が形式的に把握できるというヒルベルトの考えはゲーデルにとっては腑に落ちない考えであったことは、かれの不完全性定理が、まさに、その考えを破壊するために意図的に⁵¹探されたものであったことからわかる。

私が考えているメタ数学的な諸結果は、唯一つの基本的な事実のいろいろな側面に過ぎない。その事実とは、数学の incompleteness (完全には形式化できないこと)、あるいは、inexhaustibility (汲み尽くせないこと) とでも呼ぶべきことである [7]。

incompleteness や inexhaustibility は形式世界には納まらないことを的確に表現する言葉と思われる。

实在論のパラドクス 以上の考察は、数学内の形式世界に関連しており、わかりやすい。しかし、これを宇宙と意識との関係に移すと途端に見えにくくなる。なぜなら形式世界はここでは宇宙そのものと見えている

⁵⁰ 集合の大きさは有限の場合の個数に相当する濃度と呼ばれるもので測られるが、濃度は数と同様にいわば一列に並べられる。連続体仮説とは、自然数の濃度の次に大きな濃度が実数の濃度である、という仮説である。これはコーエンによって、集合論の公理（ツェルメロ・フレンケルの公理系）と独立であることが証明された。つまり、連続体仮説が成立つとしても成立たないとしても矛盾はしないということがわかつたのである。

⁵¹ 数理論理学者林晋に指摘されたことであるがゲーデルはヒルベルトの第2問題（実数の公理系の無矛盾性問題）に取り組む過程で不完全性定理に遭遇した史実がある（「ゲーデル再考」（ハオ・ワン著、土屋俊他訳、産業図書 1995 p86）。しかし、一方では（これも林に負うが）不完全性の可能性は彼だけでなく（ブラウアーはもちろぬ）ベルナイス・ポスト・フィンズラー・フォンノイマン・ウィーナーなど）多くの人が予感していた。形式系への関わりで特異だったのはゲーデルではなくヒルベルトだったようである。

からである。宇宙が形式世界であることを知的に納得するためにゲーデルの不完全性定理の証明の議論を応用してみよう。

「考えている自分も宇宙の中にいる」という当たり前の文には整合的な意味がつけられないことが次の議論からわかる。

宇宙が自分の意識もすべて含むとする⁵²。仮定から、自分のどの考え X も意識の一部なので世界内のある事象 $[X]$ に対応する。すると、世界の事象についての性質 P も、当然これは自分の考えの特殊なものであるから、世界内のある事象 $[P]$ に対応する。この事象 $[P]$ 自身が性質 P を持たないとき、性質 P は自己否定的であると呼ぶことにしよう。さて、自己否定的という性質 Q は自己否定的か、ということを考えてみる。すると、自己否定的であることと自己否定的でないこととが論理同値となり矛盾が生じる。実際、 Q が自己否定的であることは、それに対応する事象 $[Q]$ は Q を満たさないということだが、これは、 Q が自己否定的でない、ということの意味する。

これは、自分も含めた世界という考え方を整合的に記述することができないということ、少々戯画的議論ではあるが、かなり明確に示すものである。これは实在論のパラドクスというべきものの一例である。観測者を込めた世界は形式世界として記述できない。

3.2.2 プラス・クワスの懐疑論

以上の議論は、形式世界の外があるということを含めざるを得ないが、いったいその外は何なのかということについてはやはり何も知らせてくれない。

言語活動は形式世界とその外との関係を調べることができる場で、何も隠れてはいない。この場において、縫い目がないように見える宇宙がつぎはぎの形式世界でしかないありさまを執拗に照らし出そうとしたのがウイトゲンシュタインの探究であったように思える。彼は生命の現れとして知性を見詰めようとしたのだ、と言えないだろうか。

⁵² この矛盾はゲーデルの不完全性定理の証明や、ラッセルのパラドクスと「同型」である。またこの系として、心は脳の機能であることから矛盾がでることもわかる、というのは上の議論では、ある人が考えることが世界の何かと対応する、ということだけから矛盾が出たので、それを脳の中の何かに対応する、というように制限しても、矛盾がでることに変わりはない。

しかし、探究自身は形式世界の外へ向かうものであったとしても「探究の軌跡」は思想として形式世界に納まってしまい形式世界の外は示しえない。言語活動において生命的なものをウィトゲンシュタインが発見しても、それは読者があらためて自分で発見しなければならないものであり、しかも一度発見すればよいというものでもなくそのつど再発見しなければならないようなものに違いない。

ウィトゲンシュタインの言説の核心を一点に絞って、明確にしようと試みたのがクリプキのプラス・クワスの懐疑論である。

これは、ウィトゲンシュタインの次ぎの一節を徹底的に掘り下げたものである。

われわれのパラドクスは、ある規則がいかなる行動のしかたも決定できないであろうということ、なぜなら、どのような行動のしかたもその規則と一致させることができるから、ということであった。その答えは、どのような行動のしかたも規則と一致させることができるのなら、矛盾させることもできる、ということであった。それゆえ、ここには、一致も矛盾も存在しないのであろう [48, §201]。

いままでにしたことの無い足し算というものを考え、それを、たとえばこれまでは 57 以下の数同志しか足し算をしたことがないとして、いま新たに「68 プラス 57」を考えたとする。

私が「68 プラス 57」のような問題に対し、ある特定の答えを出すとき、私は、その答えを正当化することは出来ない [23, p40]。

その議論はおおよそ次ぎのように進む⁵³。68 プラス 57 は 125 と私が答えると、ある懐疑論者が来て、なぜ 57 でなくて 125 なのか、と問う。 x, y のいずれも 57 より小さければ $x \oplus y = x + y$ そうでないときは $x \oplus y = 5$ となる演算クワス \oplus をいままでプラスといいながらやっていたのだと彼が主張するとき、反論できない。

初めからプラスの明確なアルゴリズムを周到に注意深く指定しておけば、「68 プラス 57 は 125」を正当化できそうである。しかし、どんなに周到に準備しても

⁵³ 最初の原稿での説明がクリプキの議論の本質を捕らえていないことを、角田 [45, 1998.3.4] に指摘された。

実はそういうことは決してではないというのがプラスクワスの議論の骨子である。今度は「アルゴリズムの適用」というところで、懐疑論者は意地悪を言えるのである。

たとえば、十進法による計算を

- (a) 2つの数を右端を揃えて上下にならべて書く。
- (b) 右端から順に上下の1桁の数を加える。ただし、前の桁に繰り上がりがあれば、次ぎの桁の計算結果に1を加える。

として与えたとする。このとき「だらべて書く」を2数が57以下のときは普通に並べて書くが、そうでないときは上に5を書き、下に0を書くことと定義しそれを「ならべて書く」に置き換えた「びゅつ進法による加算」を持ち出すことが可能だ。ほかにいくらでも揚げ足をとられてしまうのである。⁵⁴

こうしてやがて、自分が今までやってきたやりかたを適用しただけ思った自分の計算「68 プラス 57 は 125」には何の根拠もなかったことに気付かされる、ということになる。つまり「これまで従ってきた規則を適用した」が意味をなさないことに気付くことになる。さらに同じ議論により、そもそも「なんらかの規則に従って何かをする」にも意味が全くないことに気付かされるということになる。

こうしてクリプキは

何らかの語で何らかの事を意味している、といった事はあり得ないのである。語について我々が行う新しい状況での適用は、全て、正当化とか根拠があつての事ではなく、暗黒の中における跳躍なのである。いかなる現在の意図も、我々がしようとするいかなる事とも適合するように、解釈され得るのであり、したがってここには、適合も不適合も存在し得ない。[23, p108]

という異様な主張に到達する⁵⁵。一見するとネガティ

⁵⁴ これはルイス・キャロルによる有名な無限後退と同じ構造をしている [13, Ch1]。

⁵⁵ 角田 [45, 1998.1.30] が指摘したように、実はクリプキのプラス・クワスの懐疑論自身の意義も不定さを残している。郡司 [11, 1998.3.11] によれば、クリプキの懐疑論自身がクリプキの懐疑論に適用されて明確な意味を失うという点にクリプキの真意があり、それを通して懐疑論すら根拠をもたないほど無根拠性は根源的であることが体験される、という。この視点はプラス・クワスの懐疑論の新しい帰結であるように感じる。

ヴなこの主張の中に驚くような積極的なものがある。

「暗黙の了解」の崩壊 以上により、今までしたことがない二数の足し算をした結果が正しいとか正しくないとかいうことには意味がないことがわかった。しかしそれは異様な結論である⁵⁶。その結論を支えているもの、それは懐疑論者による奇抜なクワスの発案である。上の結論が異様に映るわけを分析するには、クワスが出される前後の状況をよく見る必要がある。

まず重要なのは、懐疑論者がクワスを持ち出す以前には自分のプラスの計算は正当としか思えなかったことである。それどころかこのプラスの計算だけでなくあらゆる二数のプラスの計算には「正しい答え」があり、自分はそれを計算できると考えていたわけである。これはプラスの実在論といえよう。この実在論がプラスクワス議論を異様に思わせる最初の因子である。

もう一つ重要なのは、具体的クワスを出されたときに、確かにそういう計算でも文句は言えないがそんなクワスは不自然でそれが排除されるのは暗黙の了解・常識だった、と思ってしまう点である。これは創発したものの「瞬間的時間溯行現象」とでも言うべきものである。暗黙の了解・常識といった概念が実在論を守る働きをするのである。『規則に従って何かをする』ということには意味がないという指摘に対し、いや規則はあるが暗黙の了解や常識で足りないところを補うことは当然必要だ、という言い方で反駁するのである。しかし上で見たように「暗黙の了解」はクワスが出た時に「はっきり言わなかったが前からそんなものは排除されていた」という「後だし」の議論としてしか使えない空虚な言葉である⁵⁷。これを明確に照らし出したのがプラスクワスの議論である。

「以下同様」 数学の議論の中ではプラスの意味は確定していると思えるのはなぜだろうか？それは「以下同様」という言葉で意味が確定するという約束（数学的帰納法が使えるという約束）の上に数学的議論が成

⁵⁶「ウィトゲンシュタインのパラドックス」という言い方はこれが異様であること、実際に言語が有効に使われていることと矛盾すること、に焦点を当てる。そして、これが異様に見えることを分析することを通して、通常了解されている言語像とは全くことなる言語像が発見されるのである (§3.2.4)。

⁵⁷しかしこれが空虚であると悟ることは容易ではない。日常では「常識」はその欠除を非難するときに用いられるほど意識の根底にあるからだ。

立しているからに過ぎない。数学的にプラスが確定できることは数学的議論の約束から来るのである。

極端に言えば、「以下同様に」でものごとが確定することが形式世界の印であるとさえ言える。これはまた見渡せるということの別の意味でもある。

「以下同様に」で、ものごとが確定すると考えることは、どの数も次の数があることから自然数を産み出し、どの「ここ」の近くにも他の場所があることから宇宙空間を産み出し、いつも自分には知らない人がいることから社会を産み出す。今よりちょっと先があるだけしか確かでないが、以下同様に続くと考えると人生全体が生成される。こうして生成される「人生」は形式世界に属する。

プラス・クワスの議論は「以下同様に」がいつも不定性を残して、それによって「すべての」場合に何かが確定できるような性格のものではないということを示すのに成功している。この点を考慮に入ると、世界そのものと見えていた形式世界がすべてではないことが明らかになる。形式世界とは「以下同様に」で何かが確定する世界に他ならないからだ。

理論的可能性と実際的可能性 しばしば使われる

[A] 理論的には可能だが実際にはできない。

[B] 理論的には不可能だが実際にはできる。

という2つの表現を用いて、プラスクワスの議論の重要な側面を表現することができる。[A]は「プラスの規則の確定」を主語とし、[B]は「クワスの創発」を主語としていると考えてよい。

表現 [A] は

[A 1] 実際にはできないが理論的には可能だ。

[A 2] 理論的に可能なのになぜ実際にはできないのか。

という表現をとることがある。[A 1] は形式世界での見事な理論を擁護するときによく用いられるし、[A 2] は現実が理想通りいかないときに現実を非難するときによくつかわれる。いずれも形式世界を重視する考えの表明といえる。

同様に表現 [B] も

[B 1] 理論的には不可能なはずなのに実際にはうまくいっている。

[B 2] 実際にはうまくいっているが理論的には不可能だ。

という表現をとることがあり、前者は理論家の絶望感と生命のたくましさを表し、後者は生命が形式化しようがないことの表明となっている。いずれも、形式世界への不信が表現されている。

二つの無限 「無限」には2つの意味がある。いつも一歩先があるという意味と、一歩先へ進むことを続けられる、という意味とである。この2つの意味の違いはなにか？これまでの考察で、後者は「以下同様」に依存していることがわかる。この意味で、後者の無限は形式世界を前提とした虚構であり、前者が「無限」の実質だといってよい。しかしこれは「予想外」そのものであり結局生命そのものであるとさえいえるものだ。柄谷が論じる「無限」[17, 第6章. 無限と無限定]はこの意味の無限だと思われる。

この無限は通常の量的な 有限 / 無限 とは何の関係もなくなる。たとえば、人口は 有限 だが社会は無限である。どんなにたくさんの人を個人的に知っていても、いつも知らない人がいて新しく知り合いになる(いつも一歩先がある)ということが起こる、というのはまさに無限の様相そのものである。人口が有限であるということはこの無限の様相にくらべれば何の実質もない主張である。ダビデが人口調査をして神に罰せられたという記事が旧約聖書にあるが⁵⁸、人口調査により社会を形式世界に収納しようとする意図がきわめて危険なものを孕んでいることを当時の預言者は知っていたと考えられる。

3.2.3 プラス・クワス 議論の意義

言語の局所性と規範性 プラスの意味が確定できないのに、実際の生活では何の問題もなく有効に使われる。しかし、たいいていは有効に使われるが、予想外の「誤解」⁵⁹が起こる可能性は払拭できるものでなく、「誤解」がおこるとプラスが不定性を残していたことが

判明する、ということまで述べてきた。

このことはプラスだけでなく言語一般の様相でもある。それぞれのことはあらゆる状況で明確に決まったふうに見えるのが理想であると普通は考えるが、プラス・クワスの議論により言葉の確定した「意味」というものがありえないことは先に述べた通りである。

これを正確にいうと言語は局所性と規範性を持つ、ということになる。

プラスの意味を、時間と場所によらないようように決めようとする努力はすべて破たんする、それが「プラス」の局所性である。今ここで新たな二数のプラスを計算するばあい、そのやり方には、プラスのどんな明示的な規則を持ってきても、驚くような不定性が残っているが、それにも関わらず自分自身その不定性をなんなく飛び越えて計算をしてしまう。計算結果の正誤には意味はないがふつうは「正しい答え」と判断される。しかし、その計算自身が行った不定性の解消自身はその後は同じ計算に対しては規範的な効果を持つ。

なお計算結果に正誤はないのだが「唐突で無い」という点は重要なように思われる。勝手な結果を出してよいのではなく、前からその規則に従っていたとさえ思えるような新しさが必要だ。つまり予想外では無かったと思えてしまうようなものしか問題にならないのである。この点を度外視するのが「規約主義」⁶⁰である。

不定性をもつ言葉の有効性 ここから、明確な規定のない区別や不定性を持つことばなどが有効である、という不思議な側面が明るみに出てくる。

ここでは、「数学的」という言葉を少し考えてみたい。プラスクワスの議論により「数学的」の意味を確定することはできないことがわかった。しかし、その不定性はどういうことを考えてみたいのである。

数学者以外の人考える「数学的」なやり方は、計算したり論理的に議論したり作図したりすることのようだ。「数式」を使うことが「数学的」ということと同一視されることさえしばしばある。

しかし、数学者が留意することの一つは(個人的な研究生生活は行為の世界であり比較することは不可能なものなので触れようがないので公的に見える部分だけ

⁵⁸サムエル記下 24、歴代誌上 21

⁵⁹プラスクワスの議論は誤解という概念自身を無効にしていることはいままでもない。

⁶⁰言葉の使い方は使うものが勝手に約束として決められる、という立場。規約主義と傾性主義については本シリーズ「内部観測」p107の郡司による脚注を見よ。

を問題にすると)言葉や図形や記号などを使うときはそれをどのように使うかということを確認するという点にある。数学的議論も日常的な言語の中で行われるのであるから、すべての言葉の意味を確定しようというようなことはしない。少数の言葉を専門用語として選び出していねいに使うのである。用語をていねいに使うことを強調したいときは公理主義的な表現をとる。図形をていねいに使うことを形式的にいうことはそれほど容易ではない。

数学的な語り方の特徴が言葉にある意味でていねいに使うという点にあるのだとすると永井均のいう「哲学的な語り方」[32, p111-112]との間に明確な境界はないように思う⁶¹。さらに数学研究の一局面では詩的な表現でさえ数学的な語り方であることは可能であろう。

語り方が数学的かどうかということは明確に決めることはできないと言ったが、唐突に万葉集を持ってきてこれが数学的な議論だといってもそれは無意味だ。不定性はあるがほとんど確定しているかのように感じるといふこと、それが「数学的」に関する規範性であり、ほとんど確定しているかのように感じるが予想外の不定性が残っていること、それが「数学的」の局所性=不定性であり、それが新しい「数学的」の創発を可能にするのである⁶²。

新しい「数学的」の創発の大きな例としてはカントールの集合論があるが、もう少し小さい例としては、ヒルベルトによる一般の群に対する基本不変式⁶³の存在証明がある。それ以前の不変式論では、具体的な基本不変式を構成することだけが存在定理の証明であった。しかしヒルベルトは、存在しないとすると矛盾するので存在するという議論で、その存在が証明できたと宣言したのである。これは、当時の不変式研究家に「それは神学だ」といわせるほど受け入れがたかったものであったそうだが、今では大学の数学科3年の代数学ではその議論は必修事項の一つとなっている。こういう構成抜き存在証明は、構成による存在証明とくら

⁶¹この小論では論じなかったが、永井の「独在論」は私には郡司の生命論を独特の仕方でも照らし出した。

⁶²少しくどくなるが、プラスクワスの不定性と「自由度がある」という意味の不定性とは明確に区別しなければならない。自由度があるということは、許される範囲が指定されて、その中でどれでもよい、という不定性であり、範囲は確定している。それに対して、プラス・クワスの懐疑論にあらわれる不定性は、一見すると自由度は全くないようなところにある未知の不定性であり、これは形式世界では直接には表現できない。

⁶³高校で習う対称式は対称群に対する不変式で、この場合は基本対称式が基本不変式となる。

べて数学的内容が乏しいことは言うまでもなく、この点を忘れてしまうと問題点の多い創発ではある。しかし、この点を忘れさえしなければこの創発は数学を豊かにしたものとして評価される、この創発のもたらした数学的議論の自由度はかなり大きからである。

「生命を数学的に語る」ということが何を意味するか確定はできない。しかし「生命を詩的に語る」ということとは明らかに違う何かがある。予想外な「数学的」は、数学がなくならない限り、毎日それぞれの数学者の研究行為の中で生じていて、あるときにはそれが大きな創発として表面に現れてくる。プラスクワスの懐疑論が明示しているこういう描像には明るさを感じる。

推移律としての「以下同様に」「以下同様に」は、関係が推移性を持つという表現をとることが多い。「a と b が同じ」($a = b$)は

$$a = b \quad b = c \Rightarrow a = c$$

という性質を満たす。これは、一般の2項関係についても意味のあるもので推移性という。

どの関係も間接的関係というものが伴っている。たとえば、親子関係には、先祖子孫という間接的関係があり、これは推移的である。数学では、先祖子孫関係は親子関係の推移的閉包であると言う。

推移的閉包の操作は数学のいたるところで空気ように使われる。もしもこの操作を認めないならば、ただちの窒息してしまうような感じがする。しかし、この操作が許されることこそが形式世界の目印とさえいえるのである。

3.2.4 ウィトゲンシュタインによる「解決」

先にものべたが、クリプキ[23]は、プラス・クワスの議論を解決すべきパラドクスとして提出している。というのは言語が有効に使われていることの通常の根拠(言葉には意味があってそれで言語行為が成立つという根拠)が破壊されてしまったから、言葉が実際には何の問題もなく使われているというのは謎めいていることになるからである。クリプキはウィトゲンシュタインがこの問題に対して提出している解決(言語ゲーム)は、この懐疑論と分離できると主張している。

彼が問題提起において成し遂げた事は、それ自身において独自の価値を有しており、彼自身が与えた解答とその結果としての反私的言語論の価値とは独立である [23, p117]。

郡司が発見した生命への新しいアプローチの基盤をなす言語の局所性と規範性は、プラス・クワスの懐疑論の新しい帰結であるとも考えられる。この小論ではこの帰結の方に重点をおいているので、ウィトゲンシュタインの「解決」は簡単に説明するにとどめる。

ウィトゲンシュタイン以前は、言語の有効性はそれが正しいか否か（真理条件）の視点から考察されていたが、それは無意味な視点であることがプラス・クワスの議論で明らかになった。それに対してウィトゲンシュタインが与えた解決は、言語はそれがどういう状況でどういう有効性があるのか（言明可能条件）を分析することで理解される、というものである。

ある人がある事を意味している、という言明を正当化するに必要なものの全ては、（一）その言明が正当に行われ得るところの、大まかにでも特定し得る状況が存在し、そして、（二）そのような状況の下でその言明が行われる言語ゲームが、我々の生活の中である役割を有していることである [23, p151]。

例えば「プラスを規則に従って計算できる」という言い方ができるのは、多くの人がプラスの計算において同じ結果を出せるという「生物学的」事実が先にあって、それが「規則に従ってプラスを計算できる」という言い方を有効にすると考えるのである。

我々はみな、アディションという概念を同じ仕方で把握しているがゆえに、「 $68 + 57$ 」に対して 125 と答えるのである、とか、我々はみな、アディションという共通の概念を共有しているがゆえに、特定のアディションの問題に対して共通の答えを共有するのである、とか言う説明を与えることは、出来ないのである。（中略）むしろ事態は逆で、我々は相互に、我々は「 $+$ 」でもってアディションを意味している、と言い合うことを許しているという事は、我々は一般に計算結果において一致している、というどうしようもない生の

事実によって支えられている「言語ゲーム」の一部なのである [23, p188-9]。

これが「規則に従ってプラスを計算する」の言明可能条件を明確にする、ということなのである。これにより、プラスクワスの懐疑論がもたらした結論の異様さが、懐疑論に由来するのではなく我々の言語観の誤りに由来していたことが明確になって問題は「解決」されたことになる。

3.2.5 「複雑システム」と高次元圏論

生命を複雑システムとしてとらえるという考えの基盤には、生物の諸要素とそれらの局所的相互作用を決めることにより対象を構成できる、という前提がある。諸要素と相互作用によってまず対象は完全に捕捉される、しかし、その挙動は諸要素と相互作用をいくら眺めていても想像できない側面を持ち、それは「創発」的な挙動としてみなければいけない、というように話が進む。

しかし、この話は要素間の関係の「推移律」を基礎にしているので、プラスクワスの懐疑論により、それで生命の全体の存在が確定するわけではない。複雑システムという形式が、要素とその局所的相互作用で何かが与えられるということを出発点⁶⁴とするものならば、生命を複雑システムとして考えることは的外れなことになる。

この主張をもう少し説明しよう。複雑システムという言い方には

要素Aと要素Bが直接的相互作用をもち、要素Bと要素Cとが直接的相互作用を持つとき、要素Aと要素Cはその直接的相互作用を通して間接的な（しかし確定する）相互作用をもつ。以下同様に、全体の各部分は様々な間接的な相互作用を持ち、それにより、全体がまとまった挙動を示す

⁶⁴金子・津田達が主張している構成的アプローチは一見するとそういう主張と思われるのだが「記述不安定性」というキーワードで実在論的なモデルをめざしてはいけなことを明確にしているように思われる。「構成的アプローチ」 (§3.3.3) の意味はまだ限定されておらず意外な構成的アプローチがあり得ると考えている。数学的な枠組みの構成も（計算機実験に相当するものはその枠組みの中で数学的議論を展開してみるという時間のかかるものだが）その範囲にはいると私は思っている。

という描像がある。しかし、この言い方は相互作用は内容を持つという重要な因子を捨象している。相互作用の内容に言及しながら上を詳しく言うと、

要素Aと要素Bが相互作用Pをもち、要素Bと要素Cが相互作用Qを持つとき、要素Aと要素Cはその相互作用P、Qを「合成した」間接的な(しかし確定する)相互作用Rをもつ。以下同様に、全体の各部分は様々な間接的な相互作用を持ち、それにより、全体がまとまった確定した(しかし研究者には謎めいた)挙動Xを示す

というようになり、隠されていた相互作用の合成という因子が表面にあらわれる。相互作用を外延的に考える場合(すなわち作用の効果だけしか考えない場合)には合成の意味は確定する。しかし、相互作用は持続するものである以上「作用の効果」は人工的にしか取り出せない代物なのである。こうして、2相互作用の合成概念が自動的に確定するものではないことが明らかになる。つまり、作用の合成法もシステム規定に不可欠な成分となる。

そうすると、要素・相互作用・相互作用の合成法、という三概念がシステム構成に不可欠となり、相互作用の合成法にも明示的に言及しつつ

要素Aと要素Bが相互作用Pをもち、要素Bと要素Cが相互作用Qを持つとき、要素Aと要素Cはその相互作用P、Qを合成方式Sにより合成した相互作用Rをもつ。以下同様に、全体の各部分は様々な間接的な相互作用を持ち、それにより、全体がまとまった挙動Xを示す。

という言い方をしなければならなくなる。

ところがこれで話が終わるわけではない。今度は、合成方式の合成という事態が現れてくる。方式の合成は意味が確定するように思えるが、合成方式自身も生身を持つものとするれば、その合成の仕方にも不定性(自由度)は残っている。以下同様である。こうして無限後退に陥いる。

これは、いま急速に進展している高次元圏論が正面から取り組んでいる問題そのものといってよい⁶⁵。生

⁶⁵[44]に高次元圏について簡単な解説を書いた。

命機械の秘密をとらえようとするならば、少なくとも高次元圏論程度の枠組みは不可欠ではないか。しかし高次元圏論で表現できる「不定性」は、あくまで「自由度が残っている」という意味の不定性であるから、生命を高次元圏論の中でとらえることはできない。しかし、新しい型の自由度概念を提供する高次元圏論は契機としてのモデル (§4.5) を作る時に有効な形式を提供することが期待される。

3.2.6 内的集合論

プラス・クワスの議論は概念には明確な境界はないが有効に使われることを明確に示した、ということ述べてきた。そして、境界が確定していないからこそ、ことばが新しい意味を孕み得るということ述べてきた。

境界が確定していないが区別はあるということ考える手がかりとなる数学の語り方(余り知られていない語り方)があるので簡単に紹介しておこう。19世紀前半にコーシーが微積分学に整合性を与えることに成功して以来、無限小はコーシーの方法にはなじまないために日陰者であったが、1960年代にロビンソンが超準解析の方法を見い出して、無限小の量を整合的に扱うことができるようになった。この議論を数学のすべての分野にも使えるように整備したものがネルソンによる内的集合論である。これは、通常の集合論に「ふつうの」という形容詞を付け加えた数学である。その際「ふつうの」という言葉を専門用語としていないに使う、つまり、その使い方を決める公理を与える。その公理の中では、ラッセルのパラドックスを避けるために制限がついていた内包性公理にさらに制限を加える:「ふつうの」という形容詞を使った性質から集合を作ることを許さないのである。

例えば、ふつうの数の全体は集合ではなく、ふつうでない数の全体も集合ではない。さもないと、ふつうでない数の最小数 m というものが考えられてしまうので矛盾してしまう、というのは $m-1$ はふつうの数なので、それに1を加えた m もふつうの数になるが、一方では m はふつうの数ではなかったのだ。

「ふつう」という言葉の解釈はいろいろあり得る。例えば、人間が数えることができる自然数を「ふつうの自然数」の意味とすると、ちょうど内的集合論の公理が満たされる。このとき、人間には到達できない数

は有限だがふつうではない数となる。

このように、「境界がない概念」をていねいに（厳密に）使うことにより、無限小のような矛盾を孕んだ概念に市民権を与えることが可能なのである⁶⁶。

3.3 複雑系研究と生命理解

複雑系研究には、複雑系を形式世界に属する枠組みと考えるものがある。こういう「狭義複雑系論」を通して「予想外なことの生起」としての生命を理解することはありえないことを確認したい。

3.3.1 知性と知恵

知恵と知性との違いは、形式世界の外があると思うか否かにある。形式世界は「宇宙」そのものを含んでいてそれを把握することはできない、その一部を極めるのにも一生は不十分であるほど豊かな深いものだ。しかし、形式世界がそれほどまでに広大深遠であるということと、それがすべてであるそれで十分だと考えることは違う次元のことである。人智が尽くせない広大な世界であるにもかかわらず形式世界はプラス・クワスの議論に耐えない仮構的な世界でしかないのである。

複雑システムという問題設定には2つのものが基底に潜んでいる。一つはシステムという言葉に込められた「生命が知性の範囲で捕まえられるはずだ」という知性の当然の自負であり、もう一つは複雑という言葉にこめられた「生命は形式世界には納まりそうにない」という知恵のささやきである。この自負とささやきとが両立しないのに共存できているのは、知恵のささやきを「今までに構成してきた形式世界には生命は納まりそうではない」という形に修正しているからだ。ここに、生命を捕らえる新しい形式世界を構成できないかという複雑系研究の基調となる問題意識が成立する。

3.3.2 狭義複雑系論の根源的限界

複雑系による生命へのアプローチの中には、生命を形式世界の中で捉えられるということの大前提とするものがあるということは今述べた。これを狭義複雑系論と呼ぼう。これは生命へのアプローチとして適切ではない。というのは、形式世界のもつ完結した様相は生命と異質なものであるからである。「複雑系の個性」は形式世界で決して捕捉できない「予想外」という生命系の特性はせいぜい「決まった選択肢内の不確定性」としてしかとらえられない。

この点をもう少し詳しくのべよう。複雑系概念の背景にある意図は、要素と要素間の局所的相互作用だけのデータだけから全体の秩序が生じる、そういう事象のメカニズムを知りたいという点にある。要素の性質や相互作用の性質はどのようなものであれ、それ以外のものは一切持ち込まずに全体的なことを語ってしまいたいという立場である。複雑系が要素還元主義ではないという主張は、全体の性質を要素の性質に直接還元はしないというだけで、対象そのものは要素とその相互作用によって与えられてしまうと考える点は要素還元主義である。

ここで困る点は、そのモデルのあらゆる可能な挙動はあらかじめ数学的に与えられてしまっているという点だ。これは、そのモデルが形式空間（この場合は全く普通の数学的空間）に納まってしまっていることを意味する。したがって、狭義複雑系論の背景には生命系の特徴がこの数学的対象の何らかの属性としてとらえられるという考えかたがあることになる。すなわち、生命系を形式世界の中で把握できるという考え方にそれは基づいている。

これまで述べたことにより、これは外的外れである。ある複雑系が生命そのものであるという理論的主張はあり得ない。一つの複雑系の挙動は、枚挙され尽くしているからだ。そこには「予想外」という様相が入り込む隙間はない。（もちろん、その複雑系が世界と相互作用をするという形式をとる場合には、世界自身が持つ生きた様相を反映して「予想外」の様相を持つに到るように見えるが、その複雑系への世界のあらゆる可能な入力は一原理的には数え上げられている。）

しかし複雑系研究は狭義複雑系論を目指すものだけではない。

⁶⁶しかし整合的に語れることが数学的に語ることの主成分であるわけではない

3.3.3 複雑系の構成的アプローチについて

金子邦彦・津田一郎・池上高志等は複雑系の「構成的アプローチ」を提唱している [20]。それは狭義複雑系とは異なる視座を明確に持っているがそれは明示されていない。

生命の「構成的アプローチ」の意義は、新概念や新理論を構成する以外に生命を理解することはできない、という主張にあると思われる。新しい酒は新しい皮袋にもならないといけないという主張である。

数学には、この意味の構成的アプローチしかない。しかしゲーデルが強く主張しているように、数学的対象を構成する立場は数学の貧困化をもたらす [8]。構成されるのは数学的対象についての新しい概念であり理論である。数学の理論は先行する理論にはなかったものであり、まさに新たに構成されたもの（発見ともいう）といってよい。

これと同じ様に、構成されるべきは生命を理解するための理論（契機としてのモデル §4.5）であって生命そのものではない。生命を構成する・世界を構成するという方向は狭義複雑系論そのものであり「構成的アプローチ」の誤解ではないかとわたしは考えている。その方向の背景には、作られたものは現実の生命ではないが生命の本質を含んでいるという考えがある。これは、生命の本質がある種の構成されたモデル（それは明らかに数学的なモデル）で捉えられるという主張を含んでいる。しかし、生命の本質はそういう形式的モデルからはみ出るといふところにあることを示唆するこれまでの議論はその主張が適切ではないことを明瞭に示していると私には思われる。

結合格子モデルは「構成的アプローチ」の象徴とされるものであるが、そこで構成されたのは種々の生命的現象の本質ではなく例えば「時空間欠性を持つカオス遍歴」という概念であるといふべきではないか。その点で、結合格子モデルは生命への不可欠な新しい契機を与えていると私は感じている。

生命は今まで人間が手にしてきた概念や理論では捉えられない。全く新しい（契機としての）形式世界（概念や理論や概念）が必要である。いままでないものをいわば我々側に探すのであるからそれは構成ということになる。それが、構成的アプローチの意義だと私は思う。

こう考えると、構成的立場が生命論にとって不可欠なものであるとしても構成すべきものは生命や生命の本質であったりしてはならないことになる。金子達の構成しているモデルは人工生命を目標しているのだろうか？ そうではないことは金子が

複雑系においてはモデルはどんなに「現実」を考慮しても十分ということはありませんし、逆にどんな「現実」から逃げようとしても逃れられないという性質を持つ ([19])

と言い「複眼的思考」という言葉により単一のモデルで世界を捕らえるわけにはいかないことを強調していることから明らかだ。

ただ、ここで気になる点は「モデルを使い分けている研究者」が理論の外にあるということだ。「複眼的思考」の強調は諸モデルの使い分けということに生命を捕らえる本質があるということを暗に示唆し、生命自身はどのモデルにもないということも主張しているように思われる。これは狭義複雑系理論を明確に否定する一方、研究者の生命にしか生命が求められないということを暗に主張していることになるようにも思われる。この主張を複雑系を論じるときに明示的に取り込むことを目指すのが次説でのべる内部観測の主眼ともいえる。

構成的立場は、構成すべきものが生命ではなく生命への契機（新しい概念・理論・語り口）であるという点をもっと強調すべきである。とはいえ、計算機という人類が手にした新しい武器、人間の想像力を大きく広げこれからも新しい仕方で広げるであろう武器、これを「構成的アプローチ」の中核として強調することは純粋に方法的な視点に限れば極めて有効な主張である。

4 内部観測:形式世界の外に立つ観測

形式世界は生命すら含んでしまいそうに見えるにも関わらず、生命とは無縁なものである、ということをもっと明確にすることを試みよう。無縁であるといっても、形式世界を使って生命を見つめることは可能であり、そうすることが形式世界の外にたつことになる。内部観測は形式世界の外に立ち続けることそのものともいえる⁶⁷。内部観測の結果は形式世界を変ぼうさせるが、結果自身は変ぼうした形式世界に飲み込まれてしまう。

内部観測自身をそのまま形式化することはできないが、それを明確にする視線を与える形式は無数にあると思われる。以下、内部観測について注意をいくつかしたあとでチュー空間という一つの数学的枠組みを用意し郡司の生命論の一部を表現する試みを行った。

4.1 「内部観測」とは

この言葉の原点は物質どうしは不定性をもつ観測を行って相互作用しているという松野による描像である [25, p45]。物質世界の内部で観測が起こっているという描像から、内部観測という言葉が生まれたと思われる。ここには宇宙全体という言い方を不要とする新しい定式化の模索の始まりがある。

この由来を知らないと「内部観測」という言葉を誤解してしまいやすい。

たとえば「内部を観測する」や「内部から観測する」という意味かと思ってしまう。前者は論外であるが、後者では対象の身になって考えるというような意味あいになりかねない。いずれも、いま問題にしようとしている「内部観測」とは関係がない。後者はやや関係はある。

生き物が観察をしている、という言い方は研究者を捨象して意味をもつものではない。研究者は自分自身が観察すること無関係に生物が行っている観察というものを理解することはできない。こういったこ

とを通常は生物の立場になって考えるという言い方をする。

これは内部観測に近いが微妙にズレている。「いきものがする認識はいきものの中に立って見ないとわからない」ということではなく、「生き物が認識する」という言葉には生き物の中に立って見るということ以外の意味が与えられない」ということを言うのが内部観測の考えである。

もちろん、観測を意図的に対象に押し込めることで、内部観測という描像が現れるのではない。事態は逆だ。例えば、我々は「チョウが花の蜜を吸う」という言明に対し、ここには観測者は一切入り込まず、客観的な言明足り得ると思いがちである。しかし、「蜜を吸う」という記号表現一つとっても、我々が我々の感覚で理解する 蜜を吸うこと なくして、「蜜を吸う」を決して理解できない。[10, p108]

いま述べたことは「脳」についても当てはまる。「脳が何かを認識している」という言葉は、脳の中に自分を置いて、すなわち、その脳を持っている人に自分になってみるという心的操作を話者がすること以外の意味は持ちえない⁶⁸。

また、池上 [16] のモデルの核となる「いきものの自己記述」を考えよう。「記述」はその読み方(使用)を持ってこないという意味がないので、生物の中で「記述」と呼ばれる差異と相互作用する、差異と過程とがあることを前提としている。その差異と相互作用の過程でしかないものを「記述」であるという主張、さらに、その差異が対象系の複製過程に特別な役割を果たしているということを「自己記述」と呼ぶことは、研究者自身の理解の仕方そのものに他ならないということになる。「生物がもつ自己の記述」というのは、研究者の内部観測である、ということが出来る。これにより「自己記述」という概念が有効に使われ始めることになる。

ところで、郡司の「要素間の相互作用が内部観測である」という言い方には先に述べたような誤解の余地

⁶⁷人工物で最も複雑系の名に相応しい現代の通信ネットワークの設計という行為においてユーザの環境超越性が「見えていない」という下川信祐 [39] の主張がある。環境超越性の本質は「環境 = 形式世界」の外に立つことであり内部観測そのものと言えないだろうか。

⁶⁸これが、神経生理学者がいつも悩まされるという「ホームクロスの誤り」の本性ではないか。彼等は、知覚の説明においてどうしても最後に感覚を見ている「小人」を脳内に想定してしまいたくなる誘惑に勝とうと努力している。しかし、知覚を「機械的な言葉」だけで表現できるはずはない。

がない。

ある対象の過程、例えばタンパク質の相互作用を規則として同定する観測過程であります。同定された刹那、対象であるタンパク質と観測過程とが分離されるのです。対象が同定される以前、それでも我々は、観測者と対象という言葉を用いますが、これは便宜上見かけ上の分離です。(中略)ここから、我々が通常対象レベルにあると考える相互作用・過程を、観測過程と呼ばざるを得ないのです。これが内部観測です [34, p58]。

内部観測では、観測対象についての予断がないこと、対象が何かということさえ確定していないこと、観測結果が自分に属するのか対象に属するのかがわからない、さらに、観測結果が何かということについても定かではない、そういった様相がある。

内部観測者による経験生成、構成を結果の統整に陥ることなく、曲がりなりにも記述可能とする者を内部記述者と呼ぶとき、この内部記述者にとっての記述対象は、対象として存在しながらも、事前にその対象は特定されてはいない [26, p81]。

現実の観測は、すべて内部観測でもある。猿を使った実験をした場合、猿と実験者は仲良くなるそうである。論文に掲載されるわずかな研究成果の周りに、その猿との無数の思い出が実験者の心に残ると想像される。それが内部観測の様相を象徴していると思われる。

4.2 内部観測としての研究

ここで、別の角度から説明すると、観測が行為であるという点が重要だ。たとえば、観測を認識に置き換えて「内部認識」とすると、認識行為の結果得られる認識内容という側面が前面に出てしまう。

行為という面を保存して言い換えてみると、内部研究という言葉があり得る。観測よりも研究の方が数学者にはなじみやすい言葉なので、これで説明してみよう。「内部研究」の印は

- 研究の全貌は見通せないこと(これは当然の状況だ)
- 研究結果が予測できないこと
- 研究結果が研究対象に属するのか研究者に属するのか、その結果を理解する者に属するのかが区別できないこと

ということになる。3番目はかなり異様な状況であるが、実際の学問における研究結果とその理解のあり方には、大かれ少なかれまさにこういう面がある⁶⁹。このシリーズの他の巻に研究のこの様相を指摘する言明が複数ある。

モデルや理論を理解するという過程もまた内部観測過程である。そこには命がけの、しかし規範的な跳躍がある [10, p160]。

Bという人に手渡し、Cという人に手渡す際に、BとCが見る見方というのは違うのだということを最初から認めないといけないような現象を相手にし始めているのではないかという気がしています [15, p160]。

4.3 複雑と錯綜

少し唐突に聞こえるかもしれないが、「複雑」と「錯綜」との区別は内部観測と関係がある。ただし、どちらを内部観測の様相に結びつけるかは、人によって違う。

たとえば、金子邦彦では、「錯綜」は形式世界に納まっているが単にまだ説明されていないことを意味し、「複雑」は「全体」と「部分」が相互規定しているようなものを意味する [20, p8] が、こういう循環は複雑系は形式世界に整合的に納められないものであるという主張が含まれていると考えられる。

一方塩沢由典の言説では逆に、複雑という言葉は階層性などの概念によって形式的に把握できるような対象を意味し、「錯綜」が研究者自身も含んだ複雑な状況、ということを目指すのに用いられている。すなわち、

⁶⁹結果は 読む者の理解も含むということは郡司も強調している点である。このことは角田の「数学論文」の概念 [46] にも明確に出ている、論文を読む研究者の理解も数学論文の主要な成分である、読者を捨象して客観的に成立する数学的論文などないという、考えである。この考え方は数学の論文が必ずしも数学的体裁を取る必要はないというラディカルな主張も含んでいる。

塩沢の「錯綜」は、内部観測の様相を指すのに用いられているとよい。塩沢はかねてより、対象の複雑さ・行動主体にとっての複雑さ・研究者にとっての複雑さ、という3つの複雑さの側面を強調している [40, p188] が、後の2者は「複雑さ」が(全体を見通せないという)内部観測そのものと結びついているという洞察であると思われる。「複雑さの中での主体の行動」の視点は「物質が行う不定な観測」と同型の概念構造を意味し、これは内部観測理論の別のわかりやすい切り口になると思われる。

言葉の意味合いは逆転しているにせよ「複雑系は、研究対象が整合的形式系としてまず与えられて困難はその分析にある、というように研究できるものではない」という点での認識は共通していると私は考えたい。

4.4 いまある創発性

創発性の核心は「予想外」のことが起こることだが、この「予想外」なるものは本質的に理解をすり抜けるところをもつということを何度も述べてきた。

これを理解するには「いまあるが過去に予想外であったにちがいないもの」を通して、いわば「過去から現在」を理解するのではなく、「現在から未来」を理解するのだから、形式世界で「現在から未来」を理解する仕方は現在を過去に・未来を現在に置き換える方法しかない。そこには「予想外」が入りえない。すでに知っていることを、他の知っていることで説明しようということに過ぎない。

通常、すでに起こった「予想外」のこの説明が創発の問題とされる。たとえば、生命の発生・DNAの出現・細胞の出現・多細胞生物の出現・言語の出現などの問題は過去の「予想外」なので、少し乱暴な言い方だがパズルの「予想外」でしかなくなっている。つまり「生命」が「非生命」から生まれるメカニズムの探究は「知的には想像がつかないが現にそうなった以上何か不思議なメカニズムがあるはずだ、それを見い出そう」というものである。つまり生命発生の前後では何も基盤となる世界(=形式世界)は変化せず、単に同じ基盤の上で何かが起こったという問題設定になっている⁷⁰。

⁷⁰ 誤解のないように言うが、そういう探究が生命を直に捕らえることになるというわけではないとしても学問の性質上それが生命へ

郡司は過去の特別な「創発」そのものを問題とするのではない。むしろ「過去の特別な「創発」そのもの」という言い方の前提となっている事態を明らかにする。それによって「創発」が擬似問題の形式でしか表現できない真正な問題であること、それが擬似的解決としかいようがない解決が得られたとき、問題が真正に解かれていること、そして生々しい「創発」がそこに生じていることを、発見した。

4.5 形式世界の利用: 隠喩から契機へ

形式世界が生命と無関係なのは、形式世界の中に生命が写し取ろうとする場合である。しかし、生命の尽きることのない予想外の様相を見つめるために形式世界を使うことは可能であり、使わなければ見つめることは困難である。

実在論的ではない形式世界の使い方は隠喩・アナロジーに過ぎないとして自然科学では退けられるが、それは故ないことではない。というのは、この使い方には、思考や探索を終わらせてしまうという決定的な欠陥があるからだ。わからなかいものと既知のものとのアナロジーがみつかり、それでわかったような気になり安心して終わってしまうという危険が大きいのである。

形式世界を契機として使うことのポイントは、いわば、隠喩やアナロジーを思考や探索の終点としてではなく出発点と考えるところにある⁷¹。何か予想外のことに遭遇したときに、注意を固定するために隠喩を用いる⁷²。隠喩により注意が固定できると、なぞめいていたものに対して新しい洞察が生まれ、それが時には別の隠喩=契機を与える。⁷³しかし、隠喩の役割はあくまで注意の固定にしかない。

郡司自身は契機について

言明可能条件を言及する装置、それが契機である [9, 1995.4 p309]。

と述べているが、この意味は §3.2.4 を考慮すれば次のアプローチの中核となる困難で重要な探究であることはいうまでもない。ここで言っていることは単に、その探究によりいずれは生命が究極的にわかるはずだという主張は強すぎることにはすぎない。

⁷¹ 金子の「触媒としてのモデル」も同様の考えであろう。

⁷² 擬似問題も同様な働きをする

⁷³ 津田が解釈学的循環で言おうとするのはこういうことであろう。

ように言い換えられるであろう。なんらかの議論をする場合に、そこで使われる用語系（例えば生物に関する議論では、生命・機械・観測・相互作用・創発・起源等々）の「意味の確定」を追求する限り無意味な水掛け論と対立に陥る危険性が大きい。しかし、その用語系がどのような状況を想定すれば有効に働くかという問題に移行することにより、いわば、物理学研究の基盤をなしていると考えられる「概念の操作的定義」を普遍化した方法があらわれる。郡司のいう「契機としてのモデル」は、通常使われている用語系に対してそれが有効に使える場を提供するもの、ということができるであろう。これは用語系が研究の場においてどのように使われているかという点も視野に入れることである（cf. §4.7.2）。内部観測理論は、科学外部のこととして通常インフォーマルにしか語ってはいけないものとされる側面を捨象してしまうと、フォーマルに用いられている科学の用語系の有効性を理解できないという主張を含む。そして、そういう捨象が生物に関して今後見出ししていかなければならない諸概念の自由度を著しく制限してしまうと主張する⁷⁴。

契機は数理的なものである必要はなく [9] は様々な契機を構成してみせている。その際に用いられている、概念の置換と分解という工夫 [9, 1995年4月号 p313] は有効である。ここではその簡単な応用例を図8に書いてみた。

形式世界に納めることはできない存在への基本的契機として図Aを郡司は出発点とする。ここでは、これを図Bのように置換する。数学理論とそれを研究する数学者、そして、数学理論が扱う数学的对象というものがあらわれる。しかしこの図Bはまだ形式世界には入っていない、数学者という生き物が入っているからだ。形式世界で理解するために、それに近い数学理論を図Aと同様に分解して図Cのような例ができる。ここでは、数論・無矛盾性・数だけになり形式世界に納まったことになる。ゲーデル数⁷⁵により数論のすべてが数にコード化される、ここでは数がいわば物理的宇宙

⁷⁴カオスは生命への明瞭な契機を与えている。カオス研究を通して津田が「記述不安定性」という生命の核心に迫る用語を発見できたのはカオスが生命への極めてよい契機となっていることの証明であると考えられる。

⁷⁵論理式は普通文字列で表されるが、これをさらに徹底して数で表すこともできる。その数のことを論理式のゲーデル数という。論理式だけでなく、証明自身も数で表現される。このコード化により理論の外部のインフォーマルな概念が数論内部の形式的概念として表現される。

宙や脳と同じ役割を果たしている。このことからゲーデル文⁷⁶が現れ、それをういて数論の不完全性が証明される。その証明をさらにコード化することで数論の無矛盾性は数論では証明できないことまで証明されてしまう。こうして、無矛盾性が数論という形式系では捕らえられないということが示され、もともとの普遍を理解する一つの契機を提供する。

4.6 郡司の数理モデルの要点

郡司は契機としての数理モデルもいくつか提出している。それらの数理モデルの主眼は、モデルを運ぶ時間がベルグソンの時間となることだ、と言えないだろうか。もっと具体的にいえば、モデルは次の2点に留意して構成されていると思われる。

- 各動作に「予想外のことが出現する」様相を与える。別の言い方をすれば、各部分の「意味」にはいつも不定性が残っているようにする、つまり、相互作用の規則は完全には決まっていないようにする。
- 「一ステップの動作前後でシステムそのものありかたが変わってしまう」という様相を入れる。多くのモデルでは、各部分が、起こったことにもとづき「概念体系」を修正して、「不定性」のありかたを変更する。

前者は実際のプログラムではランダムさをどこかに入れることになるが、それをどのように入れるかが命となる。外乱のモデルとしてランダムを使うならば、単に予想されるものの中の不定性しか意味しない。「予想できない不定さ」の様相を実現するようにランダムを入れる方法はかなり工夫がいるようである。⁷⁷

後者は、研究者をモデルに明示的に入れることに他ならない。

こうして、「生命過程」において各ステップで「微少な予想外のこと」が出現し系のあり様が微少に変貌す

⁷⁶解釈すると自分は証明できないということの意味するような命題。このような命題を構成して不完全性定理が証明される。

⁷⁷この点はダーウィニズムでも同じだという反論がある [36] が、ダーウィニズムに基づくモデルでは何らかの形態空間を決めてその中で稀な複雑形態をいかに発見するかという技術的な数学的問題になっていて、ランダムに入れ方の工夫は技術的なものに過ぎないのに対し、郡司の場合は概念的レベルの工夫である点が質的に違くと私には思われる。

るという用語を実行的にする、契機としてのモデルが構成される。こういったモデルは実在論的なモデルではありえない。系を記述する概念体系自身が各時点ごとに変化しているという言い方を実行的にすることを的に絞ったモデルだからだ。

モデルのシミュレーションではときどき大局的イベント（概念系が全体的に同じになる状態）を示すがすぐにそれは壊れる。これにより、研究者の世界観・概念系の局所性と規範性について議論することを可能にする契機を与えることに成功している。

その大局的イベントが「微少なイベント」からいかに生じるかということは問題としない。それは、数学者には数学的な問題にはなるがこのモデルの使い方からすれば無意味な探索となるからだ。

4.7 チュー空間による内部観測の描写

4.7.1 チュー空間の概念

ここでは、チュー空間を用いて内部観測のさまざまな側面を照らしてみたい。別言すれば、内部観測への契機としてチュー空間を使うことを試みる。

新たな経験をしたとき、経験が増えたという量的な変化がおきるだけでなく概念体系全体の構造が変化するという様相が見える描像を得ることに焦点を置く。新たな経験がどのように発生するのか、ということはいくつかは問題にしない。

基本概念 チュー空間⁷⁸は、二つの集合 X 、 S とその間の関係⁷⁹ R の3つのものからなる。 X の要素 x が S の要素 s と R -関係にあるとき、つまり $\langle x, s \rangle \in R$ であるとき、

$$x \models s$$

と書く（cf. 図9）。

何の変哲もないこのチュー空間を次のように考えて使う。ある人を一人想定する。

- X の要素はその人の経験を表す。
- S の要素はその人の持つ概念（経験の性質）を表す。
- $x \models s$ は、経験 x が性質 s を持つことを表す。

以下、

- 経験 x が性質 s を持つか否か

という言い方だけが有効であると考え、経験や概念とは何か、経験がある性質をもつということはどういうことか、また、それはどのように判断されるのか等々のさまざまな問題は今は意図的に不問に伏して考えるのである⁸⁰

一つの経験 x に合うとその人が考える性質の全体を S_x と表す。また、いくつかの経験の集まり Y に対

⁷⁸チュー空間は M. Barr が着想し、大学院生であった Chu に与えた課題であり、任意の autonomous category から *-autonomous category を構成する方法となっている。*-autonomous category が線形論理の主要部分のモデルになっていることから、線形論理研究の発展とともにチュー空間は重要な役割を果たしつつある。それだけでなく、Pratt の率いるスタンフォード大学計算機科学科はチュー空間を研究の基盤として据えている。（これについてはホームページ <http://boole.stanford.edu/chuguide.html> がある。）

なお、この枠組みは独立にいくつかの学派で研究されていて、有名なものは1982年に Wille が提唱した形式的概念解析 (Formal Concept analysis) でチュー空間は「文脈」と命名されておりダルムシュタットの研究グループが活発に研究している [5]。また、Barwise は分散系における情報の流れの研究で、この構造を「分類」と呼んで基礎概念として理論を展開している [2]。この小論の文脈に限ればダルムシュタットのグループの展開の方が近いが、数学的な研究としてはチュー空間の方が射程が長いように感じるので、この名前を使った。

⁷⁹数学では、「関係」も技術的な用語で、単に直積集合 $X \times S = \{ (x, s) \mid x \in X, s \in S \}$ の部分集合の別名である。これは §3.2.1 で述べた、外延的な考え方の表れである。つまり、関係というコトを関係を満たすものの集まりというモノと同一視するのである。

⁸⁰このように問題とする言葉のいくつかを固定し、しばらくはその言葉達だけに基づいて議論をし、問題を孕むそれ以外の多くの言葉は問題にはしない、というのがウイトゲンシュタインが発見した「言語ゲームの方法」ではないかと思う。そこには数学的な議論と似ている面がある。

してその中の経験が共通に持つ性質の全体を S_Y と表す⁸¹⁸²。

全く同じように、ある性質 s を持つ経験の全体を X_s と表し、性質の集まり(これを述語とよぶ) T に対しては、その中のどの性質も満たす経験の全体を X_T と表す(図9参照)。

さて経験の集まり F が経験 y を連想させる、という言い方は、

F 中の経験が共通に持つ性質をすべて y が満たすこと、

を意味するものとする。 F が連想させる経験の全体を \bar{F} とかき、 F の連想集合と呼ぶ。 F の要素は当然 F によって連想されるから、 \bar{F} は一般に F よりも大きな集合となる。

性質の集まり T が性質 s を帰結するとは、

T の性質をすべて持つ経験は性質 s を満たす

ことと定義する。 T から帰結される性質の全体を \bar{T} とかき、 T の帰結集合と呼ぶ。 T 中の性質は当然 T から帰結されるので、 T の帰結集合は T を含む。ある性質の集まり T が有効であるとは T の性質をすべて満たす経験が存在することとする。

すべての性質を持つような経験(とらえどころのない経験)がないとすると、有効な性質集合 T に対しては、そこから帰結されない性質がある。

経験集合をその連想集合に対応させる操作と、性質集合をその帰結集合に対応させる操作とは、§2.6 で述べた閉包作用素となる、

ある経験集合 F に入っていない経験が F から連想されることはないとき、 F は閉じているという。すなわち F が閉じているとは $\bar{F} = F$ ということである。同様に、概念集合 T が閉じている、というのは、それに入っていない概念は T から帰結されないこととする。

その人にとって「経験の安定した分節」とは閉じた経験集合のこととし、その人にとって「安定した複合

⁸¹ S_Y は $S_y (y \in Y)$ の共通部分である。これは Y の極集合という呼び名がある。

⁸²これらは、その人自身が意識できるものであるという見方もできるし、性質全体を見渡すことはできないと思えば、いま議論している私たちにしか意味のないものであるという見方もできる。

概念」とは、閉じた概念集合のこととする。安定した経験集合が世界のその人による分節化を与え、安定した複合概念がその人の概念の組織化を表わすと考えることにする。

経験の安定した分節全体と、安定した複合概念全体とは、共に完備束と呼ばれる構造を持ち、さらに互いに相手を完全に決めていることがわかる。チュー空間を内部観測について語るときの土台とするとき、これが重要な役割を果たす。このことを次節でもう少し説明しよう。

世界観 安定した経験集合 F, G があるとき、その共通部分 $F \cap G$ も安定している。⁸³

安定した経験集合の全体 \mathcal{X} はこうして §2.6 で説明した完備束の構造を持つ。もう少し詳しくいうと、集まりの大小関係を順序関係として採用すると、この集合から要素のいくつか(すなわちいくつかの閉経験集合)をとってきたばあいに、その共通部分もまた \mathcal{X} 中にあるので、それが下限となり、 \mathcal{X} は下半束と呼ばれるものとなる。すべての経験集合というものはもちろん閉じていることから、自動的に上限がどの部分集合にもあることがわかる。⁸⁴この完備束を世界像と呼ぶ。

同様に安定した概念集合の全体 \mathcal{S} も完備束となる。これを概念体系と呼ぶ。

実は、これらの2つの完備束がガロア対応と呼ばれる自然な対応で反同型となっているのである。もう少し詳しくいうと、閉じた経験集合 F にその極集合 S_F を対応させ、閉じた概念集合 T にその極集合 X_T を対応させると、 \mathcal{S} に包含関係の順序を逆転した順序

$$P \leq Q \stackrel{def}{\iff} P \supseteq Q$$

を入れた場合に、順序同型がえられる。すなわち、

1. $P \leq Q$ と $X_P \subseteq X_Q$ が同値
2. $P \wedge Q$ は $X_P \wedge X_Q$ に対応し、
3. $P \vee Q$ は $X_P \vee X_Q$ に対応する⁸⁵。

⁸³それが連想させる経験は、 F によっても連想されるし、 G によっても連想されるので、 F, G が閉じていることから、 F, G の双方の中にあることになり従って $F \cap G$ 中にある。つまり、 $F \cap G$ 以外の経験が $F \cap G$ から連想されることはない。ゆえに $F \cap G$ も閉じている。

⁸⁴ $\bigvee_i F_i = \bigwedge \{ F \mid F \supseteq F_i \forall i \}$ で与えられる。

⁸⁵ $P \wedge Q = P \cup Q, X_P \wedge X_Q = X_P \cap X_Q, P \vee Q = \overline{P \wedge Q}, X_P \vee X_Q = \overline{X_P \cap X_Q}$ である

こうして、上で述べたこと、経験の安定な分節化(世界像)である完備束 \mathcal{X} と、安定した複合概念の体系(概念体系)である S とは全く同じ構造となる、ということがわかる。以下、この同型な完備束の組 (\mathcal{X}, S) を世界観と呼ぶ。

論理の特徴 チュー空間は、上で述べたように概念の間に帰結関係を与える:性質 a, b, c が性質 d を帰結するというのを、 a, b, c を満たす経験は性質 d を持つこととして定義した。これは、日常生活で普通に行われている推論の一つに近い。性質 a, b, c が満たされるいくつかの一般的な経験をいろいろ想起してみて、そのいずれの経験についてもある性質 d が成り立っているとき、 a, b, c から d が成り立つ、ということの思いつく。

論理演算としては $a \wedge b$ は通常の意味と同じものとなる。しかし $a \vee b$ は少し意味が違う。これは a か b のいずれかの性質を持つ、という意味で普通考えるが、この意味で定まる経験の集まり $X_a \cup X_b$ は一般には安定していなく、その閉包

$$\overline{X_a \cup X_b} = X_F$$

を与える F が、 $a \vee b$ となる。場合によっては、 $a \vee b = S$ となってしまう、 a, b は両立しないこともあり得る。

否定演算は意味がないと考える。「同時に想起できること」ということを基盤において話をすすめる場合には、 X_a の補集合は当人がいま思いつく範囲で a を満たさないものというだけのものになり、それが安定なものかどうかはわからない。つまり ある性質 a を満たさない経験全体というものは、いま想起できない経験については言及しようがない、という点を考えてとき意味を失う。

しかし、 a ではないという経験の全体に何か積極的な直観が伴う場合もあり得る。その場合 X_b が X_a の補集合の閉包となるような複合概念 b があり、この b は a の一つの否定とみなすことができる。 $b \vee a$ は当然 S となるが、 $b \wedge a$ が空集合となるかどうかわからない、つまり a とその否定 b の双方を満たす経験があるかもしれない。

4.7.2 分析例

この枠組みを使って次を考えてみたい。

- 経験の忘却と想起による世界観の変動
- 言葉の忘却と想起による世界観の変動
- 擬似問題と擬似的解決
- 動物の概念獲得という概念

その際、チュー空間に若干の付加的構造を入れることになる。

経験の想起と忘却による「概念体系」の変動 人がある時点で思い浮かべられる経験の全体は、実際にその人が経験したもののなかのごく一部だけである。しかも、その部分は刻々と動いている。このことは、当人が意識するか否かにかかわらず、刻々と違った世界観の下で生活していることを帰結する。この点をチュー空間で表現してみよう。

ここでは、

- 当人の経験全体は変化はしない⁸⁶、
- 当人にとって「ある時点で想起可能な経験」の全体 X_o は経験全体 X のごく一部である、
- 概念全体はその人にとっても不変である、

とする。これは、議論している我々にしか見えないチュー空間 (X, S, \models) が定める超越的「世界観」 (\mathcal{X}, S) の他に、「当人がその時抱いてしまう世界観」という言い方が可能となり、それがチュー空間 (X_o, S, \models) がきめる世界観 (\mathcal{X}_o, S_o) として表現できる。

要点は X_o が変化するとき世界像 \mathcal{X}_o の変化と同時に、概念系 S_o も変化してしまうことである。

ここで起こる変化は大雑把にいうと次のようになる。いま、ある時刻では思い出せなかった経験 x が突如思い出されるとしよう。すると、 x が持つ性質の全体 S_x が生じる。これが、安定した概念集合であれば、すなわち S_o の要素であれば概念体系に何も変化はおこらず、 x は S_o の極集合である安定な経験集合の典型例として把握されて世界像にも変化はおこらない。

⁸⁶ここでは我々が超越的位置にいる

しかし、 x を思い出す直前までは S_x が不安定であった場合には、この想起により複合概念 S_x が安定化して概念系に加わり、他の安定した複合概念を派生的に産み出しながら、概念系を大きく変化させてしまう。それとともに、直前には見分けられなかった経験まで見分けられるようになる。顕著な変化としては、同義語でしかなかった二つの複合概念が z の出現で違った意味に分歧することがある。

上の議論は、今まで念頭にあった経験を失念してしまうときに生じる変化も照らし出す。忘れてしまった経験を z とすると、安定した複合概念 S_z を支えているのが z だけの場合⁸⁷、それが概念体系 S_o から脱落する。その脱落は、他の安定した複合概念も不安定化させて、概念体系を大きく退化させてしまう危険性がある。これまで区別できていた経験の違いが、わからなくなってしまうこともある。

言葉の忘却と想起による世界像の変動 一方では、経験だけでなく当人がある時点で動員しうる概念（ここではこれを「ことば」と同一視する）も、その人が潜在的に知っている概念の中でほんとうに一部だけである（これはその時点で努力すれば思い浮かべられだろいう言葉も含めてもそうである）。そこで、今度は前節とは逆に X は固定し S を動かしてみよう。数学的にはまったく同じ内容であるが、いま議論している文脈ではかなり別の内容を持つ。

ある時点でその人が思い浮かぶ概念の全体を S_o とする。このとき、やはりチュー空間 (X, S_o, \models) から、世界観である束対 (\mathcal{X}_o, S_o) が各時刻ごとに定まる。

この場合には、ある概念 s を突如思い出したとき、それに対応する経験の全体 X_s が、他の概念では固定できていなかったとすると、世界の気付いていなかった分節ができるようになることになる。その新しい分節は、他の分節も詳細化するので、世界像はより詳細に明確に変化する。しかし、一方では、ある概念が失念されるとき、同等の概念が他にないとき世界の分節は少し曖昧となる。

なお、説明を簡明にするために、経験と概念の変化を別々に取り扱ったが、本来はそれを同時に考える方がよりよい照明となる。

⁸⁷すなわち、念頭にある経験の一つの集まり F によって S_F としては表されないという場合

擬似問題と擬似的解決 ある2経験 x, y を初めて同時に考えてみると関係があるという直観を持ったがそれがどういう関係かを考えると混乱する、というような場合がある。その混乱は $x \vee y = X_o$ と表現できる。これはどういう有効な複合概念 T を持ってきても x が y のいずれかは T に合わない、ということである。このとき、 x, y が共通してもつ性質は何かという問いは今の概念体系 S_o には答えがないので擬似問題となる。

しかし、 x, y 用に新しい言葉 s を導入し、 x, y は共に性質 s を持つ、と言えば解決したように見える。これにより、 x, y の間の関係についての直観が言葉として表現できるようになり、それによって問題は解決したように思えるのである。

新しい言葉 s の添加と、 x, y を性質 s を満たすものと決めることにより、新しい世界観が得られ、そこでは問題は解消されてしまう。これは郡司によって擬似的解決と呼ばれている様相である。

この際、 x, y 以外の経験が性質 s を持つかどうか、ということが決まると思える点が肝心である。そうでないと、規約主義的な誤解が生じてしまう。問題が新語 s で解決されたと思われるということは、この新語を満たす経験はどれかということがあまり問題でないということをも意味するといつてよい。

擬似問題は無意味なものではない。そこには真正の問題がある。片鱗を掴んだだけの直観（いまの場合でいえば x, y の間にあるこれまで着目されていなかった予想外の類似性）を安定させるにはどうすればよいか、という問題である。その問題を表現するには擬似問題の形式（今までの概念体系の中でこの類似性はどのように理解できるかという的外れの形式）をとるしかない。真正問題は新しい言葉の導入によってしか解決されず、その解決は、当初問題設定の基盤となっていた概念体系まで変えてしまうようなものなのである。

上の擬似的解決は次の点で規範的である。

- 上で、新しい性質 s を持つ経験は何か、をきめる X_s という集合のとり方には、 x, y を含むという弱い制約しかないにもかかわらず、それを適切と思われるというだけの理由で選んでしまう。
- その選択結果がその後の世界観（概念構造）を決めてしまう。

動物の概念獲得の分析 「動物がある概念を獲得した」という実験家の主張を郡司は分析して「動物の概念獲得」とその概念が実験家によって獲得されたこととは区別できないことを、圏論を用いた分析を通して主張している。しかし、その分析はチュー空間を用いた方がわかりやすいと思われる。

今、鳥による視覚像の形概念の学習実験を考える。このとき、みせる図はスクリーンの点の集合の部分集合と考えることができる。こういう図の全体を X とする。3角形概念 s を「学習したか否か」を調べるには、対照概念ごとに図形のある集まりをみせて調べる。考え得る対照概念をすべて集めたものを S_0 とするとき、実験で行われることは次のように考えることができる。

ある実験家 E はチュー空間 (X, S, \models) を持っているとする。 S は E 自身が持っている図形概念のすべてである。ここから、概念束 $C = (X, S)$ が定まる。さて適当な有限個の図の集まり X_0 を選んでチュー空間 (X_0, S, \models) の定める概念束⁸⁸ C_0 が C と同型であるように選ぶ。

$$(*) \quad C_0 \simeq C$$

このとき、 E は X_0 にすべてのタイプの図形が用意されていると考える。

さて、この図形の有限個の集まりを使って、啄むか否かで鳥のチュー空間を確認する。もしも丁度 $X_s \cap X_0$ の絵だけを啄んだとき、鳥は3角形概念を学習した、ということが出来る。3角形概念だけを問題にしているようだが、実は、実験家が知っているすべての図形概念が関与している。もしも、鳥が啄んだものが X_0 の中で別の図形概念に対応していた場合には、鳥はその別の概念を学んでしまったといい、さらに、何の図形概念にも対応しない啄みかたを示した場合には、図形概念を何も学ばなかったと E は主張する。この主張を支えているのが、(*)である。つまり、 X_0 には E にとって識別可能な図形概念を分離できるサンプルがすべて用意されていることである。

このとき、鳥が学習したか否かは、 $C_0 \simeq C$ というサンプルの取り方に依存している。しかし、「(*)のようないサンプルがとれた」ということと「鳥が図形概念を学習したという言い方が出来る」ということ

⁸⁸これは先に世界観と呼んだものだが、ここでは言葉が合わない

は分離できないのである。これが、一見客観的な響きのある「鳥が図形概念を学習した」ということが内部観測であることの意味である。

しかし、この分析が「動物による図形概念の学習」という概念が無意味なことを示している(あるいは示そうとしている)と考えるならばそれは誤解である。同型(*)を構成することは自明ではなくそこに実験の鍵となる技術的な困難があり、それに基づく上の概念は有効なものなのである。ただ、その有効であるということはどういう点に於いて成立しているか、ということを確認することが内部観測理論の関心の一つであると考える。

その他の使用 チュー空間の使い方はまだ数多くある。

これまでの設定では、 X, S 自身は変化するが、 \models 自身は不変であるとしていた。しかし \models 自身が変化するという因子を導入することも有効である。この場合にも概念束自身が変化することもしないこともあり得る。この場合には、言語に相当するものが正しいかどうかは本人には検知され得ない。 \models の変化は気づくすべはないために、知ることができない。これが私的言語における言葉の意味が確定し得ないことの、一つの様相である。

対話を考える場合には、2つのチュー空間 (X_1, S_1, \models_1) 、 (X_2, S_2, \models_2) を考えて、話者の経験部分と概念部分の相互の関係を設定することになる。両者の世界観は異なるが、それが会話を通して相互に影響を与え合うこと、また両者が一緒になって持つ世界観、などを考える原初的契機を構成することは可能かもしれない。

4.8 結び

第二部では、郡司の生命論の一部を「予想外」という点を基盤にして考察した。ここでの考察を箇条書にしてまとめておこう。

1. 語る者と分離して想定される種々ものを「形式世界」という言葉によって中立的に表現した。
2. 実在論を「世界 = 形式世界」として表現し、ラッセルのパラドクスとその変奏によりそれが整合的ではないことを説明した。

3. さらに、「以下同様に」で何かが確定すると考えられる世界は形式世界であることをプラス・クワスの懐疑論を通して説明した。
4. プラス・クワスの議論の理解には「暗黙の了解」の働きを知ることが鍵である、すなわち
 - PQ1 クラスが出るまではプラスの意味が確定していると思われていたこと、
 - PQ2 「馬鹿々々しい」クラスが出たとき、それを排除する暗黙の了解があったとしか思えないこと、
 - PQ3 クラスが出るに暗黙の了解を明示的にできることがプラスの真の意味を明確にすることのように思ってしまう
 という点を見つめることが必要である。
5. 言語の局所性と規範性。[PQ1] にもかかわらずプラスが確定してはいなかったということがプラスの局所性を表し [PQ2-3] はプラスの規範性を表す。
6. 新しい概念の創発を必要とする真性問題と、新概念の創発という真性解決が起こった時に、それは、疑似問題の発生と擬似的解決という形式を取るしかない。このことはチュー空間によって了解できる。
7. 創発は、「生命の発生」や「精神の発生」などの「過去に起きた大事件」にあるのではなく、生命の日常的なあり方そのものである。それを捉えることを目ざさない限り生命に向けた理論にはならない。
8. 生命の理解には、既にある理論や概念を適用するのではなく、新しい理論・モデルを構成しなければならない。
9. しかし、構成されるべきものは、契機であって対象ではない。
10. 研究者という生命の表れが生命をみつめる、というが「内部観測」の本質である⁸⁹。

ここで論じたことは郡司による生命論の入り口に相当するものでしかない。この小論で興味をもたれたかまたは郡司自身による論説 [9, 10] を直接学ばれることを勧めたい⁹⁰

⁸⁹ 「内部観測を考えると"X"と信じられていた対象を X と変えてやることなのである。」([10, p110])

⁹⁰ 校正時の補足に書いたが、生命が形式を縮退するという郡司の生命論の核となる部分は、ほとんど何も触れなかった。文献 [9] は郡司の生命論の全貌を知るよい手がかりとなる。

生命科学と数学

数学と生命科学との相性は悪いともいえるし良いともいえる。

相性が悪いのは、数学は形式化から始まるという様式を表面上取っていることだ。まず、対象や問題が何らかの意味で確定した上で、その正体はなんだろうか、という形式をとることが多い。それは数学研究の最終段階であるという言い方すらできるような研究の状況もあるが、それはどのような学問にも共通する研究という行為一般の様相であって、数学自身の特徴はやはり何らかの意味で思考対象を明確に固定できるとすることにある。この意味で数学は生命科学とは相性が悪い。

しかし、生命は生命として扱おうとすると、つまり、金子の言葉を「生命的なものを生命的なまま理解したい」と解釈した立場をとると、何か既知のものに還元することなしに生命自身を見つめるという作業になるが、こういう理解の仕方は数学では日常的なものである。この点では数学と生命科学とは相性が良い。

最初にも書いたが、複雑系科学は2つの異なる方向に分岐しつつあると私には思われる。しかし、いずれの展開においても新しい「数学的」が創発して数学自身が豊かになる可能性は高い。それが、数学が複雑系科学において重要な役割を果たしていくということの意味であろう。

最後にウィトゲンシュタインから引用したい。

ハーディは、哲学を、数学ないし科学の確固たる実質を取り巻く装飾、あるいは雰囲気として捉えている。こうした諸学が一方にあり、他方に哲学があり、それらが部屋の必需品と装飾のように考えられている。ハーディの考えているのは哲学的意見にほかならない。それに対して、私は、哲学とは思考を明晰にする活動であると考えている [47]

数学も思考を明晰にする活動である。言葉だけで議論しようとする混乱するようなことを、簡単な数学的構造を導入するだけで明確な議論になることは、数学者の立場から見ると多い。しかし、数学的構造自身が何かを明晰にするのではなく、数学的構造を使うことが何かを明晰にするのである。その点では数学的構

造は自然言語を少し豊かにする程度のものでしかない、それほどに自然言語は根源的であるといえる。最後に、ウィトゲンシュタインの言葉をもう一つ引用して終わりたい。

このことのためにこれらの言語が完全でない、と言いたいのであれば、われわれの言語が完全であるか否か、-化学記号の体系や微積分の記号が併合される前に、われわれの言語が完全であったか否か、を問え。なぜなら、これらの記号体系は、いわば、われわれの言語の郊外になっているからである。(どのくらいの家々、どのくらいの街々があると、都市が都市になりはじめるのか。)われわれの言語は、これを一つの古都とみなすことができる。路地や広場、古い家や新しい家、さまざまな時代に建てまされた家々から成る一つの錯綜物であって、これが、まっすぐできちんとした街路と同じ形の家々から成る、一群の新開地によってとりかまれているのである [48, §18]。

謝辞 第一部の内容に関しては田中俊一氏との対話から陰に陽に強く影響を受けている。第二章は下川信祐氏から河本氏によるオートポイエシスの新しい展開があることを知らされたことがきっかけとなった。第二部は 1997 年度に北大数学科で行っている観測志向理論勉強会の活動を通してこれまでにわかったことをまとめたものである。院生の畠山元彦・黒田茂・森秀夫諸氏には発表や議論で多くの示唆を受けた。郡司ペギオ幸夫氏 [11] と角田秀一郎氏 [45] にはプラスクワスの議論・内部観測について多くの示唆を受けた。津田一郎氏との刺激的な対話はこの小論をまとめる動機を与えてくれた。また草稿に対する大野克嗣氏の鋭い批判 [36] は論点を明確にするのに役立った。他にも多くの方々との議論から教えられることが多かった。これらの方々に深く感謝したい。

校正時の補足

複雑系研究の現状について

予備知識の全くない読者に対しては、この試論が複雑系研究の現状についてかなり片寄ったイメージを与える恐れがあるので、蛇足かもしれないが次の点を強調しておきたい。複雑系研究の核の形成は、津田・金子・池上等を中心として、物理学者が生物理解へ全く新しい真剣な取り組み(構成的アプローチ)を展開してきたことによる。この展開は、計算機実験という新探索法がもたらしたモデル形成のこれまでにない自由度と多様性を駆使したものとなっている。この取り組み自身についてはこのシリーズの他の巻をはじめ既に一般向けにも多くが語られているので、ここではいわばその対極にある、郡司による生命系への革命的と筆者には思われるアプローチに焦点を当てて論を進めてみた。私の理解はまだ核心にまで到達していないが、生命の本質を表す不定性(予想外)そのものが何であるかは郡司による概念分析を通して私は初めて理解でき、それを通して物理学者達による上述の取り組みの意義の深さが私に明らかになってきたのである。

ワークショップ「生物の内と外」に出席して

松野が企画した「生物の内と外」のワークショップ(1998.4.1-4)に参加し、この試論を書いた時点には視野になかった重要なことをいくつか気付かされた。原稿を書き直す時間はないため原稿では触れられなかった部分について簡単に触れて置きたい。

生命と形式 形式として生命を理解することはできない、ということはこの小論では力説したのであるが、ある意味ではそれは誰でも納得するようなことでもある。これは、郡司の生命論で論じられている、生命と形式の深い関係の半面でしかない。生命自身は局所的なところで形式を構成・生成して、その形式の正当性を吟味するようなこともせずに、それを次の行為の足場として使ってしまう。この様相が規範性の意味であった。郡司はこれを縮退と呼んで生命論の核としているものである。しかし、その形式が行為の足場であり続けるわけではない。プラス・クワスの議論で出てきた

ような形式の持つ根源的不定性（無根拠性）がその形式を不安定化させ、新たな形式の形成（縮退）を可能にする。

郡司によれば、プラスクワスのパラドクスの意義は、それにより意味や規則が無効となり言語ゲームという有効な視点が得られたということにあるのではない。そうではなく、このパラドクスにより意味という形式が不安定化したあとで言語ゲームという新たな形式が縮退することで、その無気味なパラドクスがなんなく解決されてしまうという議論全体の動き自身が、生命（と言語ゲーム）のよいモデルとなっている、と考えるのである。これはプラス・クワスの議論自身が難解であった私には、すぐには視野に納められないほど振幅の大きな議論である。

不定性 第二部で「予想外」を中心に議論したが、複雑系と真剣に取り組んでいる多くの人は、表現は違うにしても、まさに「予想外」の体験を如何に了解するかということに取り組んでいるということを確認できた (cf. [49])。カオスが多くの研究者を魅了したのは、まさにカオスが「予想外」のこれまでにない適切な契機を提供していたからに他ならない。

郡司が導入した「不確定性」（決まった選択肢の中のいずれかがわかっていないという不確定性・数学的には一つ上のレベルの記述を使えば何かが確定している）と「不定性」（どのようなレベルでも確定しない不定さ）の明確な区別はこの論点の核を明確にしたと思われる。たとえば、確率過程やカオス（に限らず形式的なモデル）では「不確定性」しかなく、不定性を直に提供しているものと考えてはいけないことがわかる。

内部観測 第4節で書いたことは内部観測の表面的な側面でしかなく、そういう（単なる主客不分離の主張と区別がはっきりしないような）ことを内部観測論が主に問題にしているのではないということがわかった。整合的な記述の段階では姿を消してしまうが、物質過程も含む様々な現実の諸過程に、観測（と行為）としかいようのないものが厳然としてありこれが過程の根底をなす。この様相に目を凝らすと世界の違った姿が見えてくるよう思われる。生物界全体を見渡して記述しようとするれば適応・選択・進化・多様性などの大きな用語が有効に働く。しかし、個々の生き物は、日々

の活動において他の種族と生き残りをかけて戦っているわけではない。生物界全体の知的地図を作るのではなく、個々の生き物の日々の活動そのものが何であるかを明らかにしようとするれば内部観測論は不可欠となると思われる。

参考文献

- [1] オースティン「知覚の言語(センスとセンシビリア)」けい草書房.
- [2] J. Barwise and J. Seligman. Information flow in distributed systems. to appear in the C.U.P. series "Tracts in theoretical computer science",1996.
- [3] Beeson M.J. Foundations of constructive Mathematics, Springer 1980.
- [4] Berry, The chemical abstract machine. Theoretical computer science 96 (1992), 217-248.
- [5] B.A.Davey and H.A.Priestley. Introduction to lattices and order. Cambridge Univ. Press 1990, ISBN 0-521-36584-8.
- [6] J.W.Dauben. Georg Cantor, His mathematics and philosophy of the infinite, Princeton Univ Press 1979.
- [7] Godel,K. Some basic theorems on the foundations of mathematics and their philosophical implications, 1951(ロドリゲス・コンスエグラ編(好田順治訳)「ゲーデル未刊哲学論稿」青土社一九九七年).
- [8] ゲーデル「ラッセルの数理論理学」飯田隆編「リーディングズ、数学の哲学、ゲーデル以後」p57-119.
- [9] 郡司ペギオ幸夫「生命と時間、そして原生-計算と存在論的観測」現代思想 1994.9(142-163),1994.11(359-382),1994.12(313-330),1995.4(308-339),1995.5(254-267),1995.8(218-264),1995.12(254-267),1996.6(325-335),1996.9(156-181),1996.11(256-287).
- [10] 郡司ペギオ幸夫「適応能と内部観測-含意という時間」,「複雑系の科学と現代思想 - 内部観測」p98-231,1997.
- [11] 郡司ペギオ幸夫、私信 1996-1998.
- [12] A. Higuchi. Lattices of closure operators, to appear in Discrete Mathematics.
- [13] D.R. Hofstadter. Godel, Escher, Bach: An eternal golden braid. Harvest Press, 1979.
- [14] A. Higuchi, K. Matsuo and T. Tsujishtia. Deductive hyperdigraphs, A method of describing diversity of coherence, preprint 1997.
- [15] 池田研介「物理学とカオス」,「複雑系の科学と現代思想 - カオス」p 7-49, 青土社 1997.
- [16] 池上高志「複雑系における多様性の問題」複雑系札幌研究会 1998.1.
- [17] 柄谷行人「探究 II」講談社 1989.
- [18] 複雑系研究会をめぐる e-mail 討論、物性研究 59-3、1992.
- [19] 金子邦彦・津田一郎「複雑系のカオス的シナリオ」朝倉 1996.
- [20] 金子邦彦「複雑系/カオス的シナリオから生命的シナリオへ」.「複雑系の科学と現代思想-生命システム」青土社 1997.
- [21] 河本英夫. オ - トポイエ - シス第三世代システム. 青土社 1995.
- [22] ソール A. クリプキ(八木沢敬他訳)「名指しと必然性」産業図書,1985.
- [23] ソール A. クリプキ(黒崎宏訳)「ウイトゲンシュタインのパラドックス」産業図書,1983.

- [24] Yves Lafont. Interaction combinators. preprint July 1995.
- [25] 松野孝一郎「内からの眺め」複雑系の科学と現代思想 - 内部観測 p8-50, 1997.
- [26] 松野孝一郎「統整を超える構成」複雑系の科学と現代思想 - 内部観測 p51-96, 1997.
- [27] メルロ・ポンティ「行動の構造」みすず書房.
- [28] Robin Milner. The polyadic pi-calculus: a tutorial.
(["http://theory.doc.ic.ac.uk:80/tfm/papers/MilnerR/ppi.ps.Z"](http://theory.doc.ic.ac.uk:80/tfm/papers/MilnerR/ppi.ps.Z)).
- [29] Robin Milner. Calculi for Interaction, preprint April 1995.
(["http://theory.doc.ic.ac.uk/imported/MilnerR/ac9.ps.gz"](http://theory.doc.ic.ac.uk/imported/MilnerR/ac9.ps.gz))
- [30] Humberto Maturana and Francisco J. Varela. Autopoiesis:Autopoiesis and cognition. Reidel 1980.
- [31] ウンベルト・マトウラ - ナ、フランシスコ・バレ - ラ (管 啓次郎訳)「知恵の樹」. 朝日出版社 1987. ISBN 4-255-87028-4.
- [32] 永井均「<子ども>のための哲学」講談社 1996.
- [33] 西垣通「信仰と知」『ビオス』1,1995. ISBN 4-88679-300-2.
- [34] 大澤真幸・郡司ベギオ - 幸夫「生命と内部観測」, 現代思想 1996.9月号,p52-78.
- [35] 大野克嗣. 「生物学としての「複雑系研究」」DCC 10周年記念1997,(Y. Oono. Complex systems study as biology. to appear in International Journal of Modern Physics B, Vol 12 (1998).)
- [36] 大野克嗣. 私信 1998.3
- [37] マイケル・ボランニー (長尾史郎訳)「個人的知識」ハーベスト社 1985, ISBN 4-938551-00-4.
- [38] 志賀浩二. 私信 1976-1997.
- [39] 下川信祐「通信ネットワークのデザインにおける形式的記述(数学)の束縛」複雑系札幌研究会 1998.1.
- [40] 塩沢由典「複雑系経済学入門」. 生産性出版 1997.
- [41] 高橋陽一郎他「大学からみた高校までの数学」桐陰 Vol.31, 4-25, 1993.
- [42] 田中俊一. 私信 1986-1998.
- [43] 辻下徹「複雑系の動的挙動の記述法」, 応用物理 Vol 64(2),126-132,1995.
- [44] 辻下徹「複雑系の数理-高次元圏論への招待」Computer Today, 1998.5月号, p25-35.
- [45] 角田秀一郎 . 私信, 1998.1-3.
- [46] 角田秀一郎 . 「二つの系と自分」複雑系札幌研究会一九八一年一月 .
(["http://fcs.math.sci.hokudai.ac.jp/kaken/kibanB/doc/tsunoda.pdf"](http://fcs.math.sci.hokudai.ac.jp/kaken/kibanB/doc/tsunoda.pdf))
- [47] アリス・アンブローズ編 (野矢茂樹訳)「ウィトゲンシュタインの講義。ケンブリッジ 1932-1935年」.
- [48] ウィトゲンシュタイン (藤本隆志訳)「哲学探究」. 大修館書店 1976.
- [49] 相澤洋二「複雑系への視点」電子情報通信学会誌 80巻11号(一九九七)1209-1214.

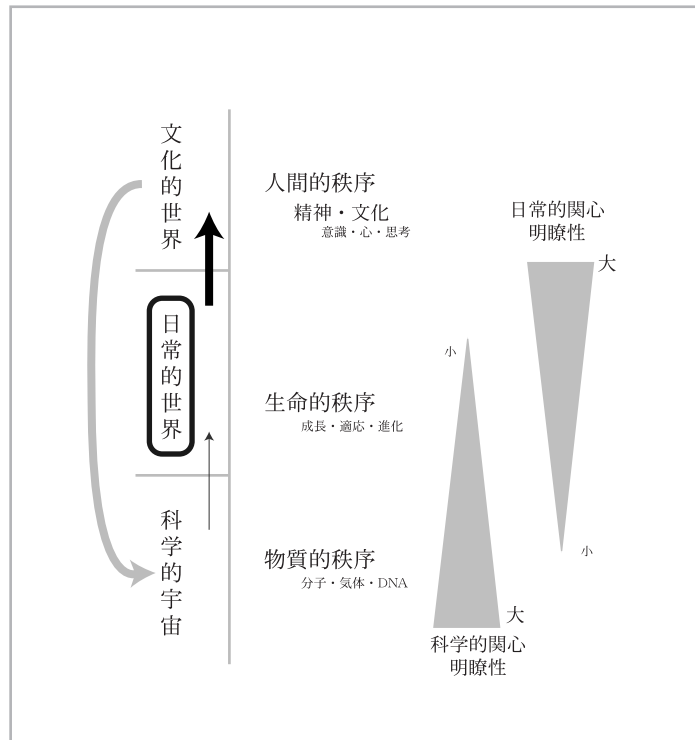


図 1: 意味世界の多重秩序

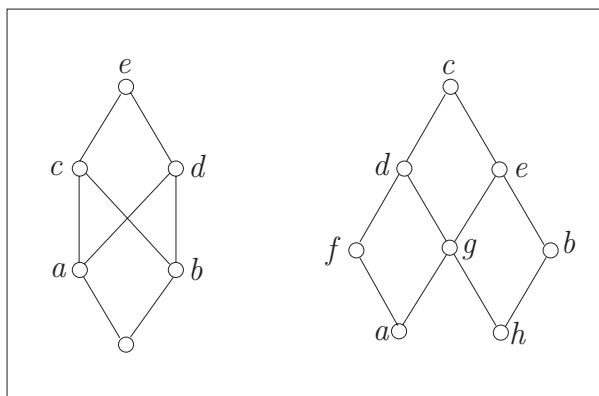


図 2: 左図で a, b の上限はない。右図では a, e の上限は e である。

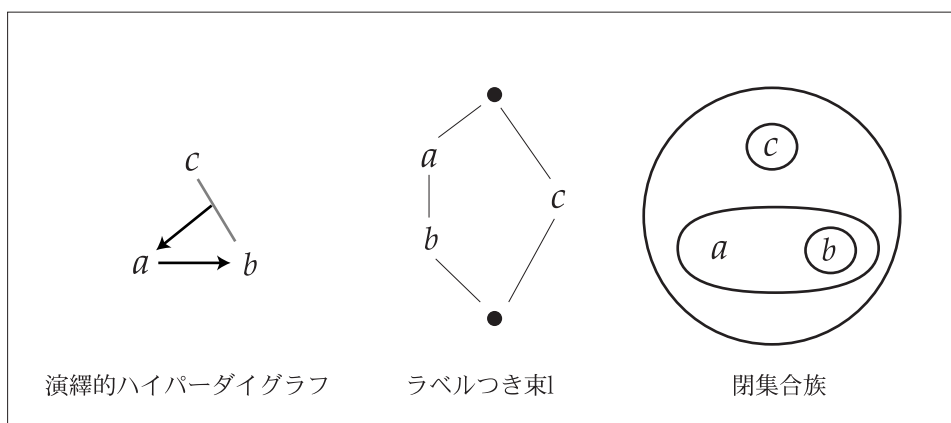


図 3: 演繹的ハイパーダイグラフ G_1 の図示

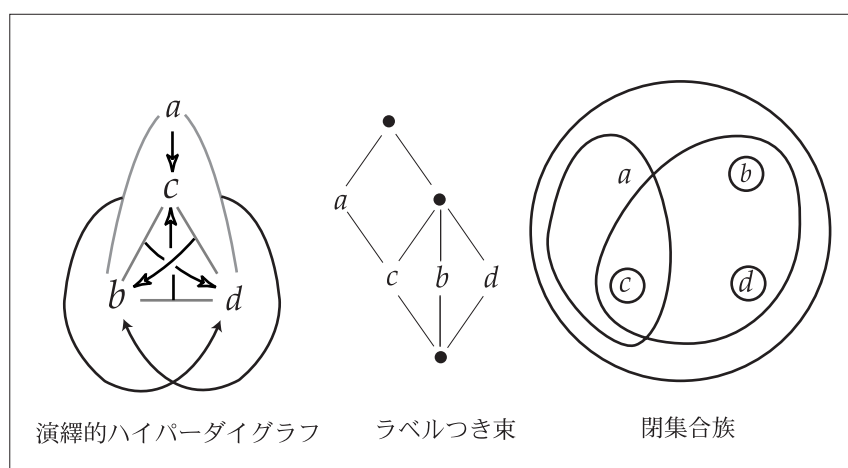


図 4: 演繹的ハイパーダイグラフ G_2 の図示. a がある場合には、 b, d はそれぞれ全体を生成できる。また c, b, d の内のどの 2 つも他を生成できる。

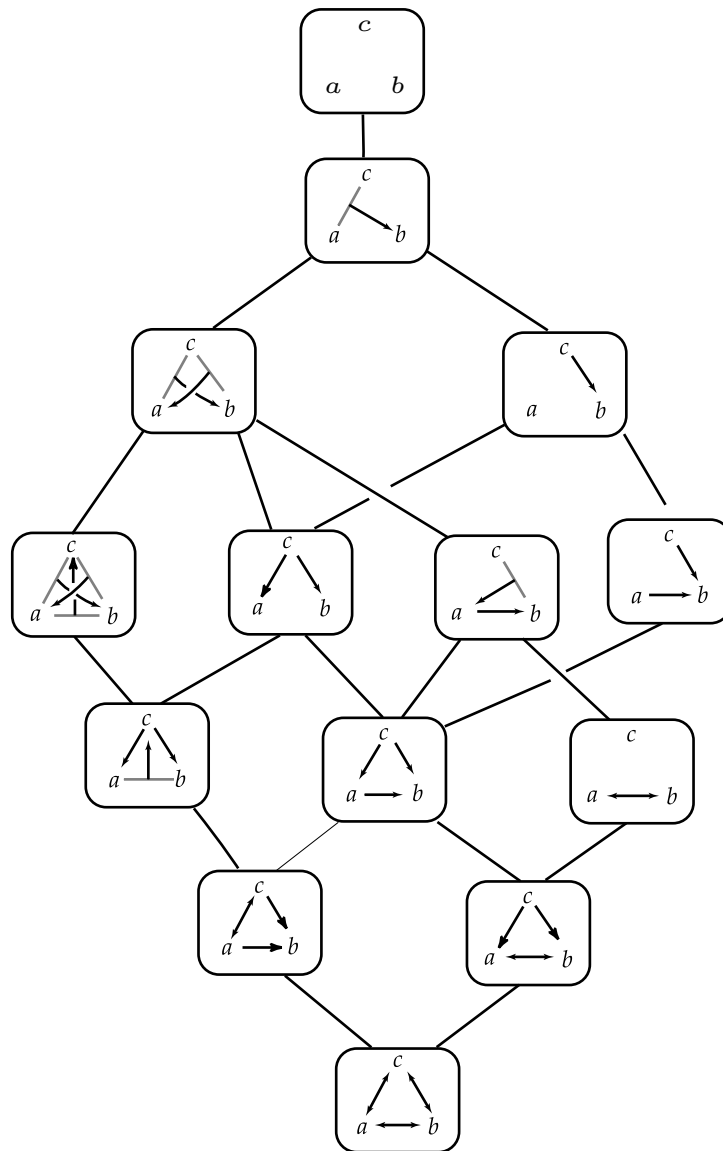


図 5: 3 タイプの構成素の生成関係の一覧. 下へ行く程、生成力の度合いが強くなる。最下のタイプは、どの構成素も単独で全体を生成する。この図では空集合は閉であるもの（構成素が空から湧き出すことはないもの）だけを書いてある。

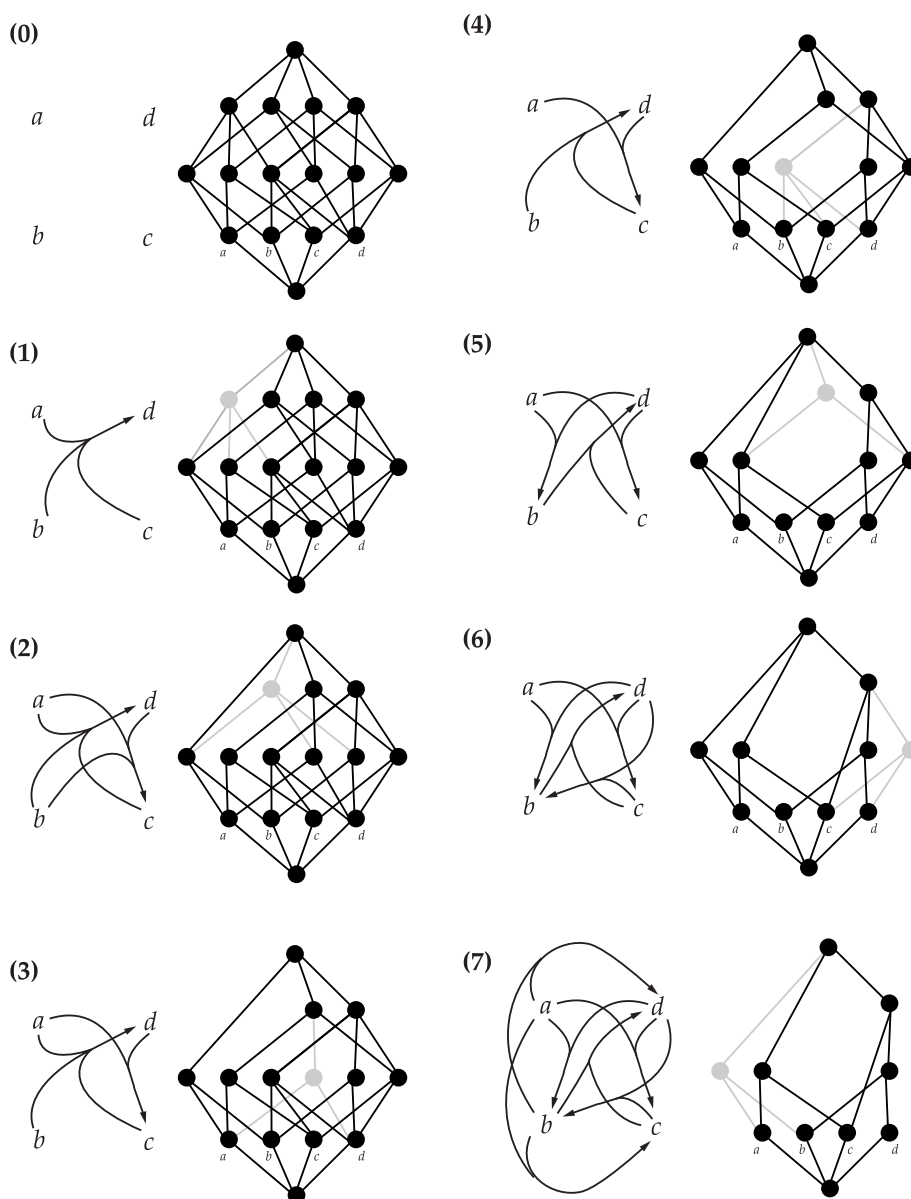


図 6: 4 成分間の関数関係の変化例-1.(0) は成分がすべて独立な場合で、順に従属性が増加する。各図の左はハイパー有向グラフによる図示、右はラベル付き束による表示である。右の束の黒丸が閉集合に対応する。各ステップで右の束の黒丸が一つ減る、すなわち閉集合が一つずつ減る。実際の変化では閉域が一度に複数消滅したり生成したりするが、それは一つずつ変化するものとして捕らえることができる。(6) 辺りから、ラベル付き束の表示が力を発揮する。変化の一部を説明すると、(0 → 1) では a, b, c が一緒に d を支配するようになる、(1 → 2) では a, b, d が一緒に c を支配するようになる、(2 → 3) では a, d だけで c を支配するようになる、(5 → 6) では a, d が全体を支配するようになる、(10 → 11) では a が単独で全体を支配するようになる。

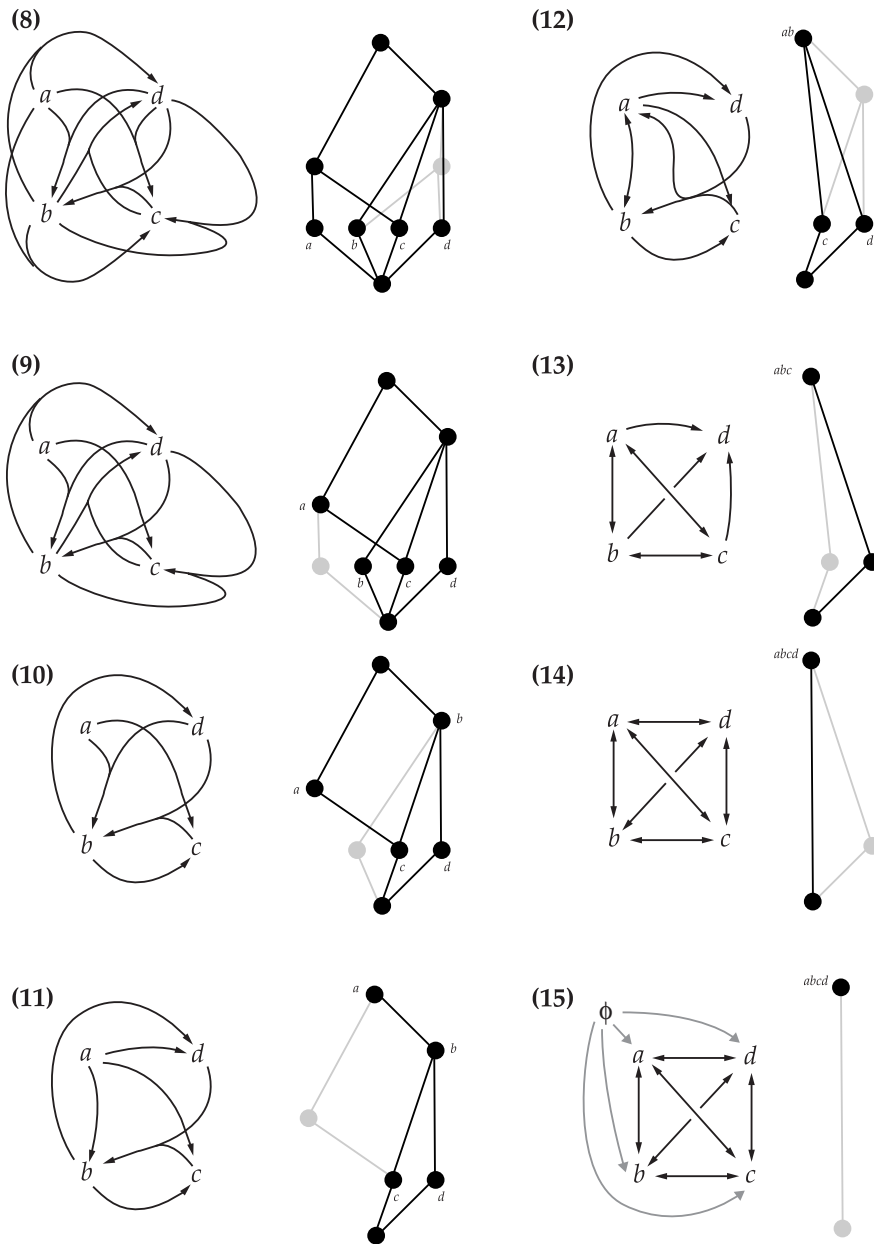


図 7: 4 成分の関数関係の変化例-2. (15) はすべての成分が凍結した状態。

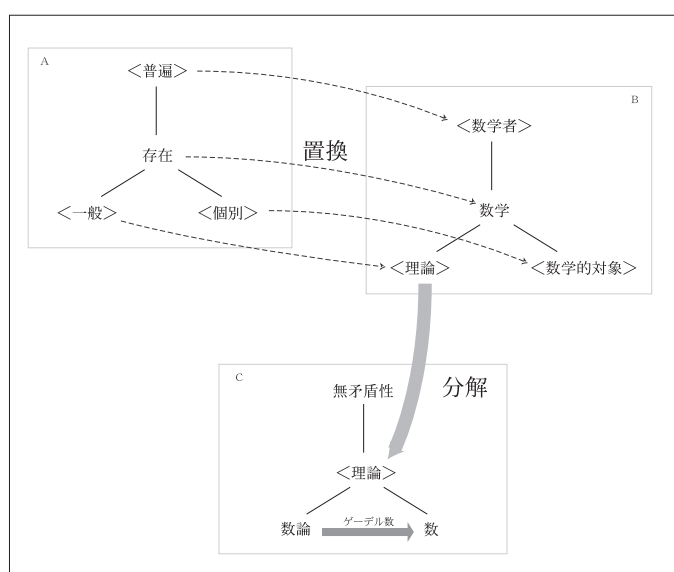


図 8: 分解と置換の例. 存在を捕らえるとき、普遍・一般・個別という 3 契機を同時に考えることが有効である。それを数学を通して考えるときは、数学者が普遍を・理論が一般・数学的対象が個別の契機となる。さらに、これを形式世界で考えるために、数学者を無矛盾性に・理論を数論に・数学的対象を整数に置き換える。ゲーデルの第 2 不完全定理は、無矛盾性が数論では示せないことを示す。こうして、この形式世界が閉じていないということを了解する契機を得る。

