

## 特 集

### 特集『複雑系の展望 - 複雑系若手の立場から』について

橋本敬 (理化学研究所)

山口明宏 (北海道大学工学部)

山本知幸 (東京大学大学院総合文化研究科<sup>1</sup>)

(1997 年 2 月 12 日受理)

#### はじめに

この特集は橋本・山口・山本の三名が編集を担当しました。まず最初に、この様な貴重な機会を提供して下さった物性研究編集委員会に感謝の意を表します。

我々の問題意識としては、多数の要素から構成され様々な相互作用を行いながら動的に発展する系や、生命や言語といった完全には形式化されえない対象をいかにして理解するべきかを考えています。このよう対象は概して、記述するレベル間の整合性がとれない場合が生じたり、対象の有効な記述が存在するのかという問題を含んでいます。我々は、複雑系という分野はこのよう対象のいくつかの本質的と思える側面を構成的・発見的に捉えるものであると考えています。

我々は 94 年 12 月に統計数理研究所で「動的システムの構築と記述に向けて」と題した研究会を開きました。(この研究会の企画書およびプログラムは付録として巻末に掲載してあります。)ここで中心となったテーマは、タイトルにもあるように「動的に変化する系をいかに捉えるか」ということでした。ある対象を理解しようとする時、これまで行なわれて来た手法は「対象を要素に分解しその要素を理解する。1対1に還元した要素間の関係を理解する。それらを積み上げる事により、より大きな対象を理解する。」という還元論的なものでした。

しかし、複雑な対象となると、本質的に要素に分解できなかつたり、要素間の関係が多対多となっていたり、事象の因果律が多対多となっていることが考えられます。さらに、我々が「動的システム」という名の下に取り組みたいと思っているのは、関係や因果律自体が時間的に発展することにより、扱いが困難になる様な系の理解です。

このような動的システムを理解するためには、これを構築するということが一つの大きな手段(構成的アプローチ)となると考え、そのモデルケースとして、上記の研究会では、機械、生態系、そして力学系というものをとりあげました。

また、1対1の関係の記述を積み上げていっても、動的なものを記述する事は困難なために、記述の方法も問題となります。グラフや表といった視覚的にわかりやすい表現にすることは、理解の大きな助けになるのですが、そこでは時間というものは消失させられています。このような方法は近代の思考方法の特徴であるという講演もあり、越えるべき壁が高いことが強調されてしまった感もあります(高山宏「視覚とその呪縛」)。そして、記述という行為自体が動的性とは相容れないのではないか、という問題も洗い出され、徹底的に推し進めようとするならば、新たな視点を構築しなくてはならないでしょう。

#### 執筆者紹介

上記のように我々は、新しいものやことの見方、認識方法自体を模索しています。そのようなことを行なっていく上では、研究領域を物理学に限定せず、異なる分野での方法論や共通の問題

<sup>1</sup>97 年 4 月から北海道大学理学部

を議論することが大事でしょう。そして、お互いに刺激しあって概念の共生とでもいうような状況が作り出すことができればと考えています。

この特集では編集の橋本、山口、山本に加えて、言語学、経済学、生物学および情報科学の研究者に寄稿をして頂きました。以下に、原稿を依頼した観点とともに、執筆内容の簡単な紹介をいたします。

## 言語

近年、「身体性」というキーワードが認知科学を中心に議論されています。抽象的・形式的に議論されて来た人間の知能や認知という問題を、絶えず変化する環境に埋め込まれ、身体を持つ存在として生物や人間を捉え、その認識を考える枠組です。言語は、絶え間ない状況認識と発話行為の選択の連続によって作り出されるものです。すなわち、人間の動的な認識過程の中における認知能力と不可分なものとして言語を捉えるべきでしょう。

本特集ではこのような立場をとる認知言語学から、横山真樹氏に執筆して頂きました。特にChomskyによる形式的な言語へのアプローチのどの点が人間の言語を理解するために不十分であるかを批判し、さらに認知言語学の立場から実際の言語現象をいかに理解できるかという研究について報告して頂きました。

## 経済

複雑で動的な認識主体である人間のつくる社会システムの一つとして、経済システムがあります。貨幣の生成、その貨幣の流通やさまざまな行為、情報のやりとりを通じて形成される秩序、短期予測と長期予測の不整合から生み出されるシステムの発展という問題は、複雑系の研究対象として理解したいものです。

経済学が、複雑である経済現象をいかに理解しようとしてきたかを歴史的に位置付け、「複雑系としての経済学」を提唱する論文を江頭進氏に寄稿して頂きました。江頭氏はここで、社会発展の研究における生物進化のアナロジーの導入や、社会秩序の生成のみならず、人間の認知的基礎にまでおよぶ視点を導入して経済学を構築しようとした歴史を整理したうえで、実際に、構成論的な手法にもとづいた制度進化の研究の試みについても報告されています。

## 生物

壇一平太氏には、複雑な対象と直接対峙する分子生物学における研究の紹介をしていただきました。脳の神経網の発生過程には非常に多くの遺伝子が介在しており、またその形成には遺伝的にプログラムされた部分のみでなく外部からの刺激による反応の両方が関係しています。このような柔軟かつ複雑なシステムの構造がどう記述されているのか探る試みの現状報告です。時間とともに遺伝子の発現形態が変化しているという現象は、我々にとっても非常に興味深いと思います。

## 情報科学

ここで述べてきたような複雑なシステムを対象とするとき「何をもって対象の記述とするのか」は、本質的に重要な問題となり、その記述の枠組みで対象を記述できるのか、その記述をもって理解した対象像はどのように記述に依存するのかを問いなおす必要性にせまられます。このよう

な問題に関連して後藤謙太郎氏にセルオートマトンを用いた Coupled Map Lattice の記述 (模倣) に関する研究を報告していただきました。ここでロジスティック写像からなる CML の振る舞いを  $2^n$  状態程度のセルオートマトンで模倣できることが定性的に示され、記述としての CML の意味付けを考える上で興味深い結果を与えています。そして佐野彰氏には、簡単な論理構造を学習したニューラルネットワークの結合系に関する研究を報告していただきました。ここでは、ネットワーク間の相互作用が解析され、ネットワークにおける意味構造が議論されています。

なお、橋本は、記号の解釈システムにおける秩序を「コード」として定義し、「コード」の不一致や内的不整合から生じるダイナミクスを、言語的コードと遺伝コードに関してモデル化した研究を報告しています。山本は、生命の機構を捉えるために、今までと違った意味での「機械」というものを考え出そうとしています。実装としての「タイル・オートマトン」、そして基本的志向としてのエッセイの2篇を記事としました。山口は、非線形力学にいかに関与する側面を導入するかという問題に関連して、計算機という記述媒体の中に構成される系の特異な側面を例示し、記事としました。

結果の出た研究もありますが、未完成の段階の研究でも、その四苦八苦しているような現状をもあまり体裁を作らずに記すことにしました。せっかくの機会ですので、研究の現在の雰囲気を残しておけたらと思います。