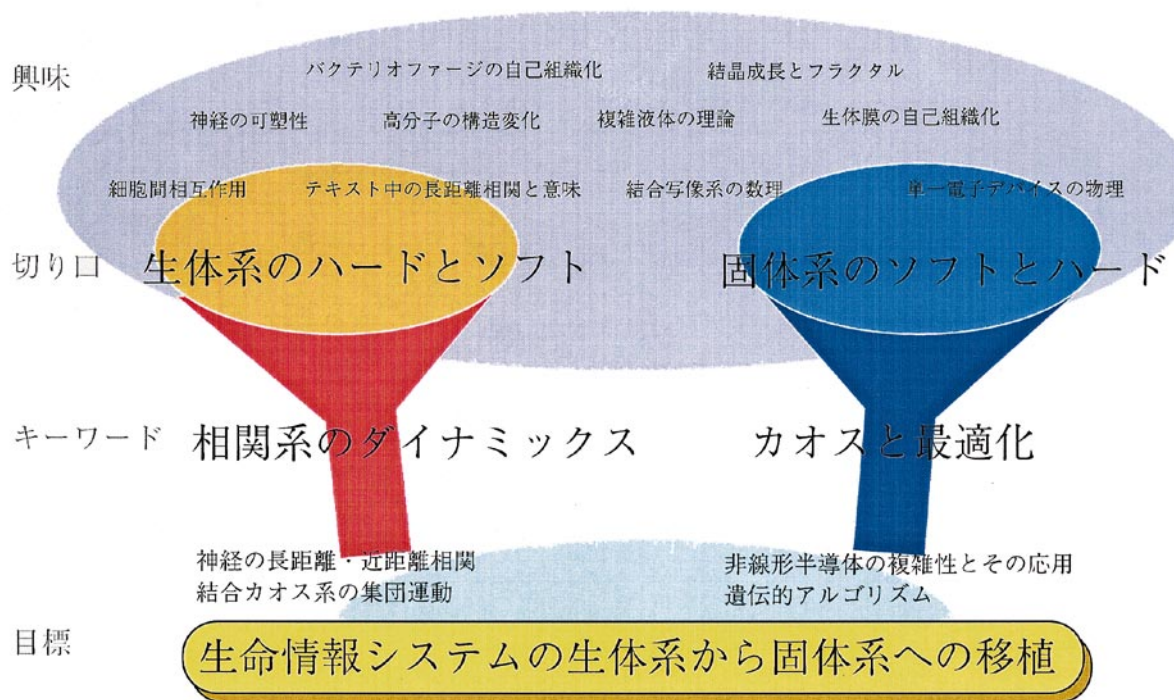


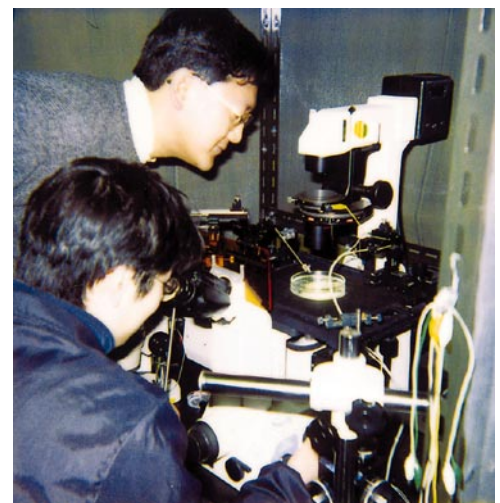
Study of Informative Systems of Lives in Terms of Models of Complex Physical Systems 複雑物理系モデルによる生命情報システムの研究

プロジェクトリーダー 川 村 清
慶應義塾大学 理工学部 教授



1. 研究目的

情報社会をになうのはコンピュータなどの電気回路とソフトウェアです。これらと比べ、生命の中の情報処理システムは遥かに複雑で神秘的です。それは、情報伝達が電気信号と化学反応を巧みに組み合わせ、各細胞がときには自律的に、ときには相互作用をしながら活動しているからです。私たちは、この生命の営みを物理学の諸法則の複合としてとらえて理解しようとしています。私たちの戦略目標は「生命情報システムの固体への移植」です。そのためには、生命で起きていることを観察することから移植先の固体の性質を調べること、そしてそれを結ぶ数理科学としての結合写像、遺伝的アルゴリズムなどの研究を行っています。ここでは、私たちのプロジェクトの中の研究活動の例として、4つの研究テーマを例に挙げて紹介します。



2. 研究の内容

(1) 神経の情報伝達と処理

分子生理学の手法を用いて神経細胞機能を探る研究が飛躍的に進んでいます。それにより、従来ニューラルネットワークの基本素子モデルであった形式ニューロンには取り入れられていない多くの神経機能が明らかになってきています。たとえば、樹状突起でのスパイク発生、NO、COなどの分子状ガスによるシナプス増強、細胞内カルシウムと記憶の関係などです。わたしたちは簡単な神経系を持つ無脊椎動物であるミミズに着目し、神経系の興奮電位による電気的な情報処理と、それを修飾する化学的な情報処理（細胞内カルシウム動員や分子状ガス放出）との関係に注目しています。これにより神経系での近距離・長距離相関系のダイナミクスについてのモデル作りに役立つような知見を得ることを目標としています。

(2) 結合カオス系の集団運動

自然界に遍在する複雑な現象は、多くの要素が互いに影響を及ぼしながら動的に変化するシステムだと考えられます。私たちは、カオス的運動をする素子をたくさん結合した系を調べています。図の非線形素子の並列回路や均一な栄養スープ内の細胞集団のような場合には、要素が持つ変数の平均値を通じた結合でモデル化できます。このような結合カオス系では、様々な集団運動が見られます。集団運動の一例は、要素がいくつかのグループに分かれるクラスター現象です。また、クラスター状態にならずに要素がそれぞれ別々のカオス運動している時でさえ、その平均値が秩序を持った運動を示すことがあります。個々の要素のカオス運動とそれと著しく異なった集団運動とが共存するにシステムの研究は、生命体に見られるような複雑性と秩序の形成の理解のために重要です。

(3) 非線形半導体における複雑性とその応用

生命情報システムの固体への移植先として半導体が考えられます。半導体は、情報社会を担うコンピュータの頭脳として既に使われていますが、最近、半導体の中にはもっと複雑で多様な現象を示すものがあることが分かって来ました。それらは例えば、Ohmの法則のような線形特性とは異なり電圧を大きくすると電流が小さくなるという非線形特性に起因しています。この非線形特性のため、半導体中に電場の多様な時空間パターンが自発的に発生し、それにより多様な電流振動が発生します。そこでまず私たちは、単純な構造をもった単一の半導体素子でも、半導体自身の非線形特性により、簡単な制御でカオスを含む多様な電流振動を発生させ得ると考え、そのような半導体の数値モデルを構築し、コンピュータ・シミュレーションを援用して調べています。

(4) ニューラルネットワークと遺伝的アルゴリズム

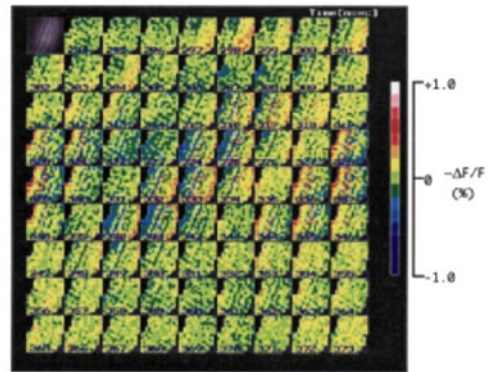
この世の中で一番優れた情報処理システム、それはひとり一つ必ず持っている脳です。そのヒトの脳は、地球上に生命が誕生してから30億年もの長い年月の進化によってできたのです。私たちのグループでは情報工学的アプローチによって、生体の脳の情報処理メカニズムと進化メカニズムの研究を行っています。脳機能については特に記憶に注目し、カオス現象などを利用した新しい連想メモリの研究を行っています。また、進化のメカニズムの工学的実現をめざした研究では、世代や個体、場所など時間と空間の両方を考慮したさまざまなモデルを用いた研究を行い、新しい学習原理の構築をめざしています。最終的には、生物や生命の有する情報処理のエッセンスを次世代の情報処理技術の基盤として利用できるようにすることが目標です。

3. 研究の体制

期 間：1996年10月～2001年3月

構 成：プロジェクトリーダー1名、コアメンバー3名、研究協力者8名（うちポスドクトラルフェロー2名）ほか

実施場所：慶應義塾大学理工学部新川崎サテライトオフィス、岩手大学人文科学部、茨城大学工学部、東京大学大学院総合文化研究科、ソニーコンピュータサイエンス研究所



ミミズ神経の膜電位応答

