

Construction of Intelligent Systems Possessing System Life

システム生命を有する知的システムの構築

プロジェクトリーダー 吉 田 和 夫
慶應義塾大学 理工学部 教授

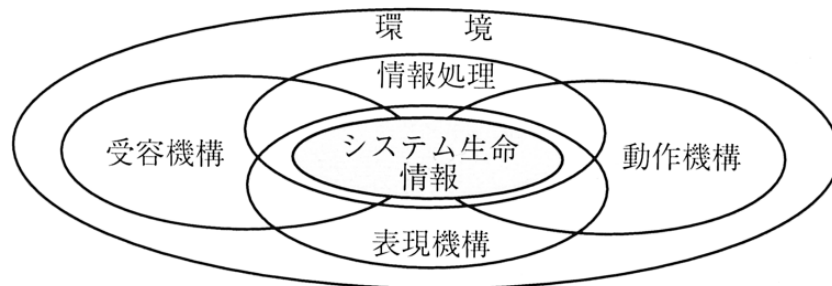


図1 システム生命を有する知的システム

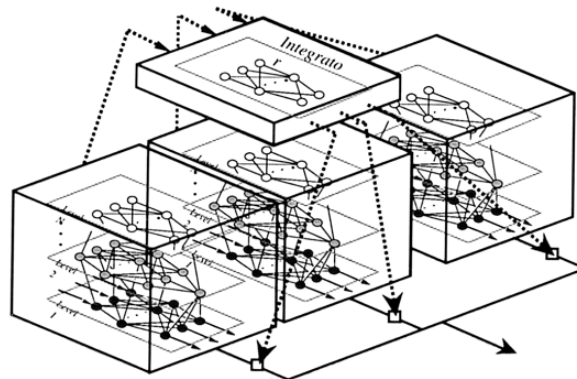


図2 キュービックニューラルネットワークによる知的情報処理の例

1. 研究の目的

21世紀の科学技術では人工物と自然物を切り離して展開することはできず、人工的なシステムと自然的なシステムの相互インタラクションを考慮し、これらの共生を目指した総合的な科学技術の確立が重要である。したがって、自然界に生きるシステムと共有する原理に立つ新しい人工物の「システム生命」という概念が必要であり、その概念に基づいたプロダクトイノベーション技術の確立が必要である。システム生命をもつシステムは、システム生命情報を中心として、受容機構、動作機構、情報処理機構、表現機構のシームレスな融合体として定義され、自然システムを模倣したシステムの創造ではない、真に新たなシステム生命の概念とシステム生命を有するシステムの創造が課題である。

本研究は、システム生命という概念の構築を行うと共に、自己組織化、適応性、リモデリング、自己修復性、冗長性、免疫による自己防御、感情、進化などの機能を有する創発的な知的システムの開発を目的としている。システム生命情報に基づく新しい知的システムは、これまでにない新しい技術や産業を創出する可能性がある。最も重要な点は、環境との適応性と親和性をもつことが可能となる点で、まさにシステムそのものが環境に適応し、リモデリングを行う知的システムとなる可能性をもち、システムが一方向的に機能を発揮して環境を含む全体のバランスを崩すようなことが生じなくなる点である。このようなシステム生命の概念によって、新しいプロダクトイノベーション技術の創造が可能となり、また生体の物理的適応、化学的適応、リモデリングなどの機能を有する人工組織、人工臓器などのバイオケミカルマシンの開発を通して医療技術やバイオテクノロジーの分野にも革新的な新しいイノベーションが可能となる。

2. 研究の内容（代表的なもの）

（1）システム生命コンセプトの構築と表現機構を有する知的制御システムの創造に関する研究

システム生命コンセプトの構築と表現機構を有する知的制御システムの創造に関する研究として、様々なロボット、例えばゲームを行うロボット、宙返り演技を行うロボット、サッカーロボット、建設ロボット、医療ロボットの製作を行っている。次に、予期せぬ状況に対応可能な知的制御の研究として、キュービックニューラルネットワークを発展させ、システム生命情報を定義し、この情報を基本とする知的制御システムの構築を行っている。具体的な研究対象としては、構造物と車両に関する制御機器を扱っている。さらに、移動車輛の知的システム化に関して、多数移動体のシステムの生命情報を有する知的制御システムを構築し、多数移動体の実験モデルによる制御実験を行っている。また自律移動体としては、階層的ナビゲーションシステム、車々間註Mシステムによる協調走行、環境への自律的適応の例題としてニューラルネットワークを用いた適応アルゴリズムの開発と制御実験も行っている。

（2）細胞・組織のバイオメカニクスとリモデリングのシステム生命工学的応用に関する研究

細胞・組織のバイオメカニクスとリモデリングのシステム生命工学的応用に関する研究を行っている。第一に、細胞・組織のリモデリングがどのように生ずるか、とくにそのバイオメカニクスのプロセスの解明を進めている。細胞への力学的刺激の分布を明確にして細胞表面力感知機構を捉える試みを行い、細胞内の微小管の関与などから能動的な物質取り込みのプロセスをさらに明らかにして行く。第二に、細胞・組織の凍結保存を成功させるために、細胞内外の凍結プロセスに関する観測をさらに進めている。具体的には、蛍光色素でラベルしたタンパクを同時に数種類取り込ませ、タンパクの種類や分子翌による取り込みの依存性や取り込みの3次元的な分布、さらに細胞内物質輸送に係わりのある微小管や細胞骨格の変化に関して、共焦点レーザー顕微鏡と原子間力顕微鏡によって、イメージを捉えて解析を行っている。

（3）システムの表現手法に関する研究

システム情報の表現手法に関する研究を行っている。システムのふるまいと設計方針との相互関係、ある使い方をしたときにそのシステムがどのような反応を示すか、といった因果関係などの抽象的な情報を、3次元グラフ構造など、特定のシステムの構成に依存しない方法によって表現する方法を考察している。また、そのようなシステムに対してユーザーがある動作を行なったとき、行なわなかったときに、システムが返す応答が、なぜそのようになるかの因果関係を説明するための表現方法などを検討している。

（4）3次元空間のリアルタイム認識と流動制御が可能なスマートスキンの構築に関する研究

生命システムの情報処理方式を応用した新しい音響感知方法を研究している。3次元空間のリアルタイム認識と流動状況の制御が可能なスマートスキンの構築に関する研究として、コウモリの外耳を再構成し、超音波帯域（20kHz - 150kHz）における伝達関数の方向依存性の測定を行っている。様々な形状を持つ物体に対しアクティブソナーを照射してその反射音の測定を行い、形態情報生成に必要な音響情報の解析を行っている。そのためにリアルタイムで物体からの反射音の情報を処理するシステムを構築している。さらに反射音の情報から物体の空間情報と形態情報へ変換するモデルを作成し、シミュレーションを行っている。カオス・ニューラルネットワークによるオブザーバの概念を用いて、流動場の状態翌開けることをシミュレーションし、情報処理方法を確認し、圧電センサを用いてセンシングシステムを構築している。また、昆虫気流感覚系の機械設計と微弱信号検出装置としての情報論的解析を行っている。

3. 研究の体制

期 間：1997年8月～2002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9名（内ポストドクトラルフェロー1名）ほか

実施場所：慶應義塾大学理工学部、東北大学流体科学研究所、東北大学電子註M研究所

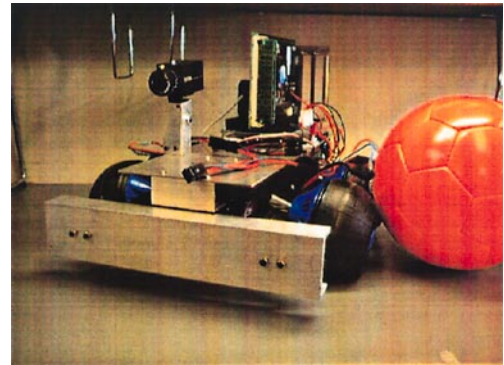


図3 群行動自律ロボットの開発

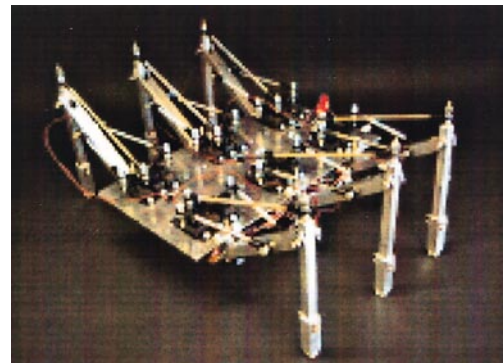


図4 六足歩行ロボット

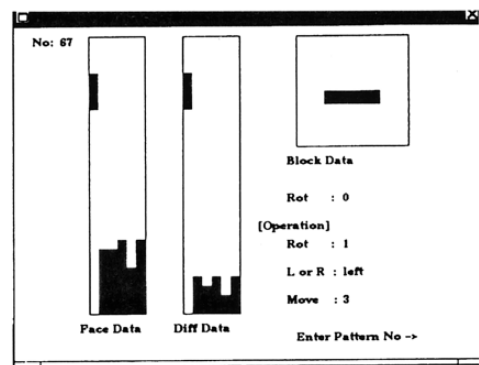


図5 ゲームを行うロボット

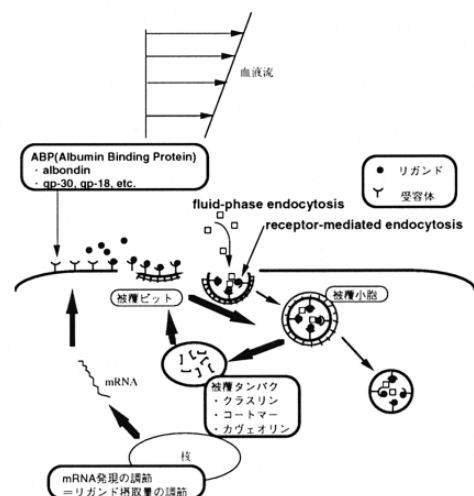


図6 力学的刺激による細胞反応