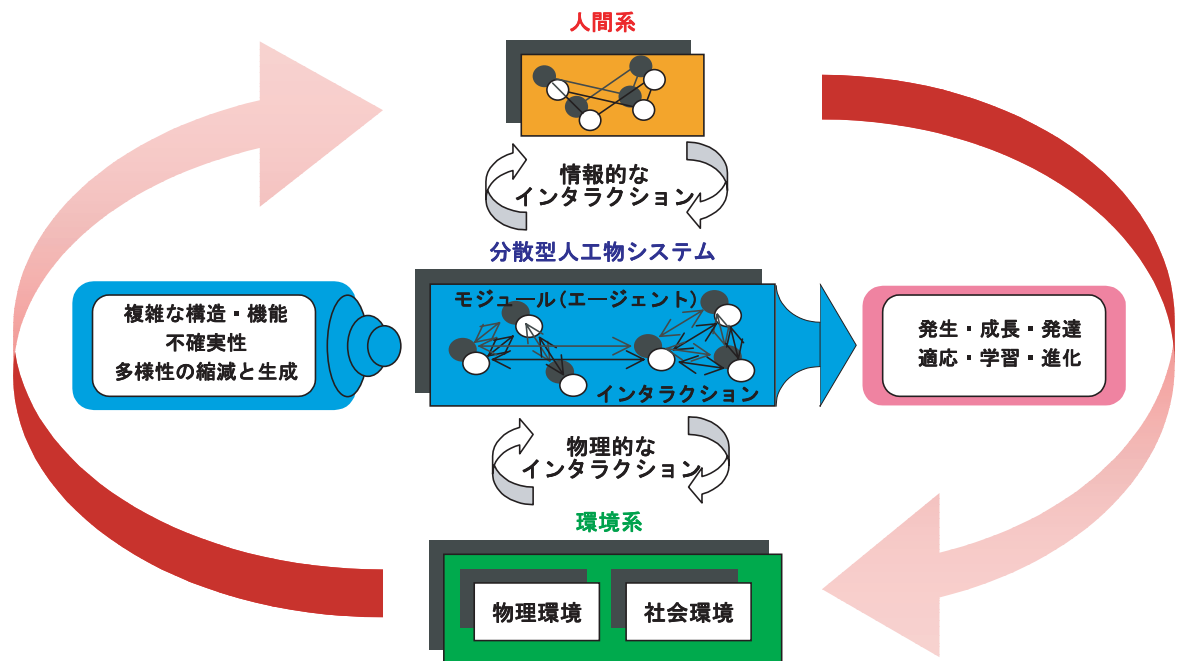


System Theory of Bio-Informatics and its Extension towards Engineering Design Theory 生命情報の数理と工学的設計論への展開



プロジェクトリーダー 片 井 修
京都大学 大学院情報学研究科 教授



1. 研究プロジェクトの概念図

1. 研究の目的

生命体は、他者や環境との間で比較的単純な物理現象として捉えられるレベルから、高度に秩序化された情報現象と見るべきレベルまでに亘る多様なインタラクションを介しつつ、発生、成長、発達、適応、学習、進化といった、今までの工学的なアプローチによるシステム設計論では実現不可能な柔軟なシステム特性を有しています。このような能力の背後にあるのは、高次の冗長性や高自由度を背景とする多様な大域的秩序形成可能な自己組織能の数理であり、これらを工学的に実現するための個体・集団・組織などのユニットレベルを越えた普遍原理の究明が必要とされています。本プロジェクトでは、人工物システムのように複雑な構造・機能を有する対象やその利用・操作に当たる人間をも含む環境下での上記生命現象の原理を解明するとともに、これを知的でかつ外部環境との間に柔軟かつ自己組織的な関係形成を可能とする生命体的なシステムの設計原理まで展開し、その具体的システムコンセプトの提示とそれを具現するシステムやシステム間インタラクションならびにコミュニケーションの実現を目指しています。

2. 研究の内容

(1) 人間—人工物協応場創発論グループ

本グループでは、人間の生命体としての能動性や全体性を回復したインタラクション場の創発的形を促進するべく、実践の場における人間と人工物、環境要因が織りなす相互作用系の中での「関係生成」のダイナミクスと「創発場」の設計原理について研究しています。

1. 人間・環境・インタフェースデバイスの相互作用系の設計と仮想社会における相互学習

本グループではこのような人間と機械の共生場を実験するデバイスとしての高機能化を行ないました。これにより、仮想空間環境に没入しているユーザの両眼の画像の計測処理で、瞳孔径、視点位置やまばたきを実時間で追跡でき、仮想空間環境内での気づきや状況認識・焦点化の実際が計測可能になりました。また、仮想空間環境を生成するソフトウェアではアフォーダンスの概念を適用した新しい人間・環境相互作用シミュレーション生成システムを開発しました(図2)。さらに、仮想現実の学習場での人工教師—人間学習者間インタラクションの実験では、教示戦略や技能伝承の効果的支援設計へ創発原理の展開を行っています。

2. タスク同型性と相互主導性に基づく人間—機械の共適応系の設計

一方人間—機械協調系の設計では、人間にとって真に操作性の高い作業環境の設計指針を人間・機械各々で実施されるタスク構造の同型性に見出し、定性的・定量的両面からアプローチを展開しています(図3)。同型性獲得においては両者の相互主導性を前提にした新規の手がかり探索行為がより確かな相互認識を生出すことを実験で確認しました。今後オペレータとロボットが実時間のインタラクションを通じて相手の個別の機械力学的特性や判断における応答特性に応じて自身の特性を適応的に変化させていく「共適応」に基づく創発的協調原理と環境場設計との関係を明らかにするとともにこの原理を自律分散型生産スケジューラ設計の事例研究に適用します。

(2) 自律行動システム構成論グループ

本グループは、生物の運動の環境に対する適応、及び発達ダイナミクスを動的システム論にもとづいて明らかにすること、及びその知見にもとづき、環境変化に適応して、その運動パターンを自発的に創発・形成する自律行動システムの構成原理を明らかにし、そのハードウェアモデルを開発することを目的としています。

1. 新生児の運動の発達機構の解明

生物の運動として、新生児の手足の自発運動を取り上げ、その運動計測を生後4～5か月の間、継続して行ないます。それらのデータを動的システム論にもとづいて検討し、生物の運動機能の発達、ランダムで機能を持たない系が徐々に組織化され発達するのではなく、生得的に組織化されている系がその発達過程で自由度の凍結と解放を繰り返しながら発達していくという仮説の妥当性を検討します。

2. 自律行動機械システムの構成原理の解明

自律行動機械システムとは、未知な環境の中で行動を通して環境認識を行ない、それにもとづいて与えられた目的を遂行するための行動計画を立て、それに従って行動を行なうシステムであります。自律行動機械システムでは、物理原理に従う機構系と情報原理に従う情報処理系の間に大域的秩序が成立した時、環境に適応的な行動パターンが実現されます(図4)。自律行動機械システムの構成原理を確立するとともに、その成果をもとに自律行動機械システムとして4脚歩行ロボットを取り上げ、ハードウェアモデルを試作し、提案する理論の妥当性を検証します。

3. 研究の体制

期 間：1997年9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2名、研究協力者9名で構成されています。この他、大学院学生が多数本プロジェクトに参加しています。

実施場所：京都大学を中心に、他大学・他研究機関との協力をとりながらプロジェクトを推進しています。

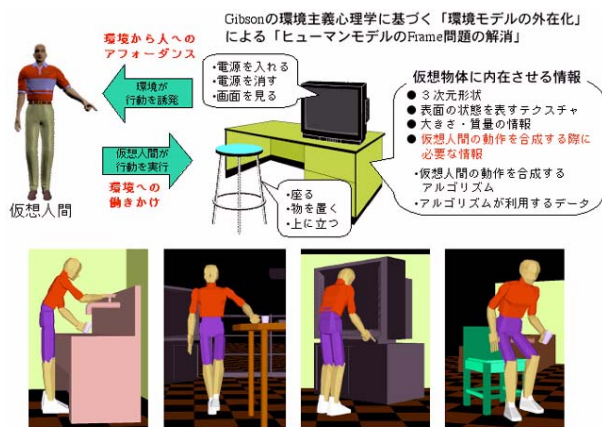


Fig.1

2. アフォーダンスの概念による人間・環境相互作用シミュレーション生成システム

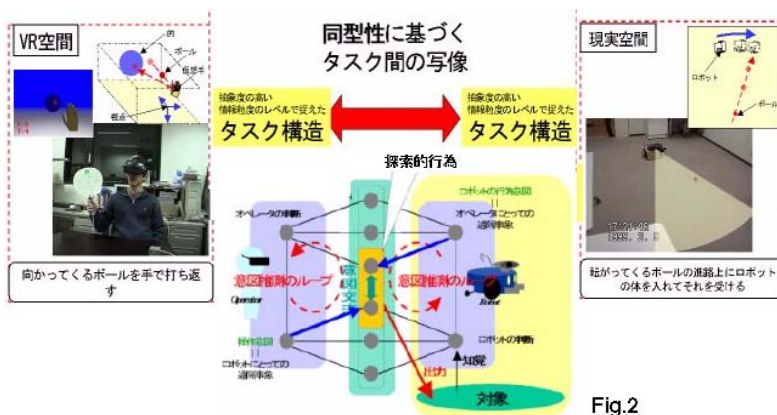
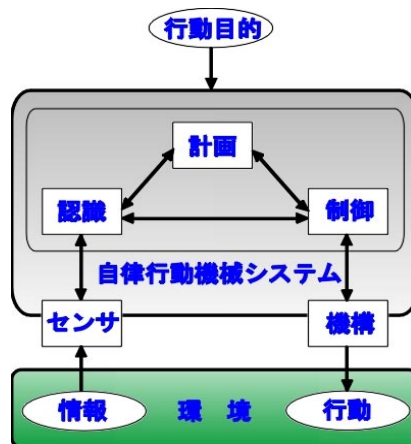


Fig.2

3. タスク同型性と相互主導性に基づく遠隔操作ロボットの共適応系



4. 物理原理と情報原理を繋ぐ自律行動機械の構成