

科学研究費補助金（学術創成研究費）公表用資料  
〔研究進捗評価用〕

平成19年度採択分

平成22年4月27日現在

研究課題名（和文）記号過程を内包した動的適応システムの設計論

研究課題名（英文）Design Theory for Dynamical Systems with Semiosis

研究代表者

Sawaragi Tetsuo

氏名（ふりがなをローマ字で記入） 榎木 哲夫

所属研究機関・部局・職 京都大学・工学研究科・教授



推薦の観点：創造的・革新的・学際的学問領域を創成する研究

研究の概要：複雑なシステムの中におかれたヒトや生体は、自らを取り巻くところの環境や社会を能動的に意味づけ、価値づけ、自らの棲む世界として秩序化していくことができる。本研究課題では、このような自律的主体の「多様性の生成と選択」の機構を「記号過程」に求め、記号の生成・利用のダイナミズムの観点から、生体細胞から環境適応機械（ロボット）、社会組織に亘る様々なレベルにおける適応システムの同型性を見だし、個々のシステム要素が外部・内部の物理的環境との相互作用を介して機能が形成される一般的過程に迫る。これにより従来の「つくる設計論」に代わり、持続性社会実現に向けた「育てる設計論」の確立を目指す。

研究分野：システム工学

科研費の分科・細目：機械工学・知能機械学・機械システム

キーワード：ホムティクス、人間機械システム、バイオメカニクス、自律分散システム、複雑系

### 1. 研究開始当初の背景

現代の設計では、設計者と生活者、設計者と利用者の立場が分離し、創出した人工物がいかなる帰結をもたらしているかについての配慮に欠けている。生産現場においては、情報技術を活用したスキルのデータベース化やロボットによる自動化が進められているものの、それは熟練者育成や作業者の意味理解を促すことに逆行する。また今日の細胞の人為的改変・合成のための技術の進歩が目覚ましいが、人工の容器の中での細胞は細胞自身の自律性が失われ、元来細胞がもっていた環境世界・社会との見えないリンクを喪失させたまま人間の欲求に合わせて作動する機械と同じ設計原理が適用されようとしている。これらの問題を背景に、システムが人を育て、人がシステムを育てる相互主導性を担保できるシステムの設計論の確立が求められる。

### 2. 研究の目的

目的をもって生きる存在としての自律的な主体（人、ロボット、細胞）が、物質の世界にありながら、他者主体を含む環境との相互作用を通して、意味の世界を創出して伝達する仕組み（記号過程）を解明し、工学的な構成論を展開する。そして、環境を多様化の進行する範囲の境界条件として使い、その条件下で対象が固有に有するダイナミクスに

沿って適応させていくことのできるシステムの設計論を確立する。

### 3. 研究の方法

自律ロボット、生物（ヒト）の歩行、人間機械系、人間-ロボット系、人間環境系、神経ネットワーク、生体環境設計、生産現場での組織的知識創造、の諸分野において、各々の自律的行動主体の適応行動と他主体を含む環境との相互作用を「記号過程」として捉え、生体やヒトの認識行動の主体が、内部・外部との相互作用を経て動的に関係生成を行う過程と、この記号が使われる際の解釈用法のゆらぎによるダイナミズムを明らかにする。そして、数理モデル構築に基づく構成論的アプローチ、システム工学的手法による記号過程の解析手法の開発、ならびにヒトの実践共同体でのフィールド観察、等に基づいて、それぞれの分野における記号過程の類似と差異を明らかにし、記号過程を内包した人工物システムの設計論として確立する。

### 4. これまでの成果

#### (1) 観察による動作認識の記号過程

動作認識は、行為者・観察者双方の記号過程が交錯する場での活動として捉えることができる。本研究では、運動認識における記号現象の多層性をモデル化するために、観察される身体部位の光点時系列を、階層的な記号

のネットワークとして記述した。さらに人間の表出する身体動作には限られた数の「動作素」が共有されており、個々の動きはその中から選択された動作素の変形・結合によって「基本動作」として実現されている仕組み(二重分節構造)を明らかにした。このようなヒトの表出する動作についての類似と差異の構造に着目し、動作認識の記号過程について、分節による同化作用と差異作用を機械的に実現するための手法を開発した。

### (2) 環境適応ロボットの記号過程

本研究では、変動する未知環境の中で、厳しい物理拘束のもと、適応的行動を実時間で実現できる人工物システム(ロボット)の構成原理を明らかにした。外部環境との相互作用を通して自己組織的に主体内部に機能を内部モデルとして生成し、予測し得ない外部変動に対して、内部に埋め込まれている運動パターンの中から適切な運動パターンを実時間で選択・実現する機能を持った運動制御系の設計原理を明らかにした。また作業系列の分節化による記号過程を内包した折り紙ロボットを実機で実現したほか、小型無人航空機(エアロボット)を対象として、非線形性・非定常性をもつ環境のもとでロバスタな飛行が可能となることを確認した[1]。

### (3) 適応環境の記号論

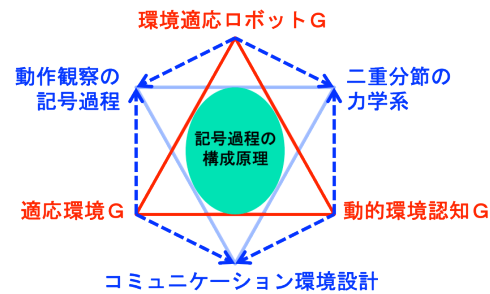
本研究では、記号過程を内包する適応環境を設計するとともに、個人の記号過程が、集合的活動として展開される際の「場」のデザイン手法を開発した。設計の対象を街並みや景観に拡張し、ミクロ・マクロの記号過程の交錯する場の設計論を展開し、住民参加の協働設計の方法論を確立した。また、複雑な自動化機械を用いる作業環境について、作業者の記号過程の観点から明らかにし、ユーザ・インタフェースとして実現した[2]。さらに、生産活動としての人間による改善活動を対象として、個人や共同体の中での解釈の変遷の過程と、組織におけるルールや分業との関係から、変化を起こす個人と組織が相互に関係しながら変化する過程の分析手法を開発した[3]。

### (4) 動的環境認知の記号過程

本研究では、言語と動作、生体細胞の組織化において通底する二重分節構造の有用性を構成論的に明らかにすると同時に、その数理モデルを構築することで、集団における記号系の創発と組織分化の構成論[4]、非分節インタラクティブな相互作用を通じたロボットの模倣によるジェスチャ獲得に関する研究を遂行した。またニューロン間の同期発火と、神経ネットワークのマクロ・ダイナミクス間の関係を理論モデルにより構築し、複数の特徴の組合せで表わされる概念刺激を与えた際に、独立特徴ごとの領野形成を可

能にし、特徴の組み合わせによる意味の分散表現が自動的に生成できる学習モデルを提案した[4]。

以上に述べた研究成果の相互の関係について下図に示す。



### 5. 今後の計画

「育てる設計論」を具現化するものとして、ロボットに代表される人工物の対象では、主体性が埋め込まれ、常に遭遇する変動に対して、適応的に自己内部での自己組織化(自律性)とヒトとの関係(社会性)の様態を変えていける能力を有する機械システムを実現する。一方、個体としての主体が集団としての社会に媒介された適応性を獲得していく問題対象では、コミュニティ・ガバナンスとエンパワメントとの関係を実証的かつ構成論的に明らかにする。いずれも設計因子として、内発的動機付けとゆらぎとしての自発的の発生源、二者間対話の過程の収束メカニズムの解明が鍵となる。

### 6. これまでの発表論文等(受賞等も含む)

- (1) 中西弘明, 金田さやか, 榎本哲夫, 堀口由貴男, 自律型無人ヘリコプタの環境適応方位制御, 計測自動制御学会論文集, 46(1), 8-15, 2010
- (2) 堀口由貴男, 黒田祐至, 中西弘明, 榎本哲夫, 井上剛, 松浦聡, コミュニケーション齟齬に着目したメニュー体系の設計, ヒューマンインタフェース学会論誌, 10(3), 21-33, 2008 (ヒューマンインタフェース学会論文賞受賞論文)
- (3) 榎本哲夫, 塚本智司, 堀口由貴男, 中西弘明, 組織活動における作業変容の記号論的プロセス分析, 横幹, 1(2), 106-114, 2007
- (4) Tadahiro Taniguchi, Kazuma Tabuchi, and Tetsuo Sawaragi, Adaptive Design of Role Differentiation by Division of Reward Function in Multi-agent Reinforcement Learning, SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration (JCMSI), 3(1), 26-34, 2010 など

ホームページ等

<http://www.syn.me.kyoto-u.ac.jp/semiosis/index.html>