

「記号過程を内包した動的適応システム設計論の新展開」特集号

展 望

記号過程を内包した動的適応システムの設計論
— つくる設計論から育てる設計論へ —

榎木 哲夫*

1. はじめに

『人間は、宇宙、動物界、そして人間自身に関する連続的な領域の中に位置づけられることになる。人間はもはや、自分の周囲の世界から切り離された存在ではない。人間がこの状況を受け入れることさえできれば、人間は他の存在者達と調和するということが、ここにはある重要な意味がある。』

これはブルーズ・マズリッシュ著「第四の境界：人間—機械進化論」[1]の序論からの一節である。第一の境界は地球が宇宙の中心ではなく大きな宇宙系のほんの一小部分であることを解き明かしたコペルニクス、第二の境界は人間と動物界のものとの間の境界を取り払ったダーウィンの業績、そして第三の境界はフロイトによる自我の境界で心的な病と心的な健康状態との連続性を指している。そしてこれに引き続く第四の境界が人間と機械の境界である。同氏の言う「人間と機械」の関係は、「人間と技術」あるいは「人間と人工物」さらに「生命体と人工物」の関係に敷衍化して捉えることができるが、これらの境界を克服し、両者を連続的な関係体と捉えたうえで共生していくためのシステム設計論を構築するには、どのようなパラダイム転換が求められるのだろうか。

伝統的な自然科学に基づく科学技術は、自然の認識とコントロールに大きく貢献してきたといえる。しかしこのような考え方の延長に、自然と社会・人間との「調和・共生」への道があるわけではない。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が十分であるとはいえない。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はいるものの、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というジレンマをもたらしている。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、いま求められているのは、「ヒト（生体）を要素として含むダイナミックなシステム」の設計論の確立である。この系は、第一に、個々の要素となるものが単なるモノではなく、認知を行う主体であって周囲環境との関係が不可分であること、第二にこのような複数の要素群が相互作用をなすこと、第三に認知主体が常に新しい認識の循環を作り出すことで環境に適応している、という三点があげられる。このような系の設計論としては、自律的な主体（ヒト、ロボット、細胞）が、他者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、伝達し、秩序が組織化される仕組みを解明することで、外部からは境界条件のみを与え、あとはシステムを構成する主体群の固有のダイナミクスに沿わせて適応を実現すること、いわば『過度に設計しないシステムの設計論』の確立である。

以上の要請を背景に、動的適応システムの新たな設計論として、人工物が媒介する人間行動の変容の要因を記号過程・記号現象（セミオーシス）に求め、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の解析に基づいた研究が展開されている[2]。以下本稿では、著者が研究代表として進めている科学研究費補助金・学術創成研究（2007～2011年度）「記号過程を内包した動的適応システムの設計論」の概要を示し、人工物が媒介する人間行動の変容の要因を記号過程・記号現象（セミオーシス）として捉える人間—機械—環境系の設計論について概説し、従来の「つくる設計論」から「育てる設計論」へのパラダイムシフトの必要性について展望する。

2. セミオーシス

セミオーシスは、ヒト（あるいは生命体）の認識活動を組み込んだ複雑な関係性を捉えるための原理である。セミオーシスを唱えたC. S. パースは、「記号、あるいは表象体とは、ある観点もしくはある能力において、誰かに対して何かの代わりとなるものである。それは誰かに話しかける。つまり、その人の心の中に同等の記号、あるいはさらに発展した記号を創り出す。それが創り出す記号を、私は最初の記号の解釈項と呼ぶ。記号はその対象である何ものかの代わりとなる。」という定義を与えている[3]。その本質は、実体（対象）

* 京都大学 大学院 工学研究科

Key Words: interface design, human-machine systems, human environment systems, autonomous robot, semiosis.

の代わりになるものが記号であって、記号内容と記号表現の間の関係であり、前者が現実世界を、後者が主体によって認識される世界を形作ることになる。ただし従来の自然科学のように、「実体」が「記号」との二項関係で完結してしまうのではなく、両者の結び付きが恣意的であることが特徴で、この間の二項関係を決めているのが「解釈項」という第三項の働きになる。

三項関係のうちのどれが欠けても記号にはならない。外界に対して物理的に正確な因果関係で結ばれて認知し反応する系、つまり、解釈の自由度のない機械では、情報工学、物理学の問題となり主体性は排除されてきた。これに対して、記号作用は人間や生物の主体性から生まれる。人間や生物は、物理環境のうちに生きる場を、意味の世界として組織できる主体的な存在であり、意味の次元において多くの可能性の中からそれに反応する仕方を選択することで生を営む。

記号過程に立脚することで、設計対象物の固有の「実体的特性」の設計のみに注目する従来の機械論的設計論に代わり、「関係的特性」に根差したシステム設計論の構築の道が拓かれる。構造に対して固定的な機能を二項関係として対応づける設計ではなく、第三の要素としての上位の合目的系や人為的な制約条件の加わった中で、もともとの二項関係のあり方が質的に変化するようなシステムの設計・制御に関する新しい学術領域の創成が可能になる。

記号過程の本質は「意味作用」と「伝達」であり、その構成原理は以下の三つの点に集約できる。

2.1 内部モデル構成原理

記号過程とは、行為や知覚の能力を有する主体が、自らを取り巻く外界や他者との相互作用に対して主体的に意味づけ、価値づけ、自らの棲む世界として秩序化していく過程である。ここでの記号は環境を主体的に意味付けるための「内部モデル」であり、適応は相互作用の集積に応じて自律的な個体の内部では常にダイナミックに内部状態が作り替えられる過程である。外部から教師信号が与えられるまでもなく、当初はランダムに近い形で集められた経験の集積が、無秩序状態に陥ることなく、統合された全体として内部で維持され、これに主体自らが「意味」を付与していくことで、環境に適応し、さらに他者とのコミュニケーションならびにより高次な社会行動が可能になる。

2.2 二重分節構造と2種類の関係性

記号過程とは『「意味」を微分することである』といわれる[4]。本来、無限定な環境に対して、主体はその記号過程を介して環境を「分ける」ための「分節化」を行っている。実世界で遭遇する本来未分節の現象に対して、分節を形式的単位として、その組合せによってかたちと意味が生みだされる。一般に最小の分節をかたちづくる形式的単位それ自体には意味はなく、それらの組合せ

によって、かたちが生まれ、そのかたちが「記号」として意味をもつことになる。これが二重分節の原理である。たとえば人間の言語は、意味をもった単位（単語、語彙素）を多数必要とするが、それらは少数の種類の、意味をもたない音素の組合せによって作られている。同様のことが、運動、建築物や都市、物語、作業という対象においても、これらを読み解き、理解し、生成するに際して、同種の構造が成り立っている。また川出によれば、この原理は、生物系においてもはたらいっている[5]。蛋白質、核酸、多糖質などの高分子は、言語での意味単位に相当し、膨大な数の種類が存在するが、それらは少数の種類の低分子素材の組合せで作られている。認知主体は、このような二重分節の原理が支配する「記号構造」を通して外界を眺めることで、一見無限定に見える世界の中に、類似と差異（あるいは不変と共変）による要素間の相互規定の関係、分節化された全体とこれを構成する部分との有機的な関係を介して秩序を見いだすことができる。記号間の関係のうち、全体と部分を規定するのが記号間の連合関係を表す範列（パラディグム）の関係である。一方、一つの記号の実現の次につづく記号の実現の系列を指定している結合関係が連辞（サンタグム）の関係である。言語の世界では、それぞれが、セマンティクス（意味論）とシンタクティクス（統語論）に対応する。

2.3 共感を創出する複数の記号過程の相互作用場

記号は、複数主体による活動を「媒介」するものでもある。ヒトは身体を持っているがゆえに他者と切り離された個別的な存在であると同時に、その同じ身体を通して他者と通じる共同的存在でもある。コミュニケーションにおいては、語り手と聞き手とが音声や身振りといった記号を使うことによって結びつけられている。記号表現と記号内容の関係は、排他的な一对一の固定的対応ではないがゆえに、主体的な働きによって既成コードの拘束を破り、外に対して開かれ新しい情報を取り込み、より豊かなコードのもとに動的にコミュニケーションの体系が創り上げられていく。このような外部に対する「開いた」過程こそが、人を育てる過程の根幹にあると考える。

以下では上述のような記号過程における基本原理を、諸分野における設計課題について、より具体的に考えてみる。

3. 環境適応行動の記号過程

3.1 行動生成における記号過程

未知の環境下で安定な行動を行うことや、未知の対象に対して的確な操作を行うに際して、行動主体の内部で行われている記号過程は、環境や対象の変動に対する適応を実現するうえで重要な役割を果たす。近年、生理学における実験的研究の進展とともに神経筋骨格モデルに基づくシミュレーション研究によって、ヒトや動物の運動制御機構に関する要素概念の実体論的な解明とともに、

それらを統合した運動制御システムのシステム論的な理解が進んでいる [6]。なかでも、歩行は、変動する未知環境の中で、厳しい物理拘束のもと、外界の環境変動（ゆらぎ）に対する恒常性あるいはロバスト性 (stability) と積極的なゆらぎ (variability) という相補的な応答を実現している行動である。

歩行運動は、中枢神経系と身体の筋骨格系、物理的環境の三つの系が関わるシステムとしてモデル化される。歩行を含むヒトや動物の全身運動では、中枢神経系の指令のもとで、たとえば筋繊維の活性化レベルにおいては、その置かれた環境に対応した筋シナジーが形成され、活性化することで環境に適応した運動が実現される。土屋らの研究では、中枢神経系はタスクに依存して組織化される運動学シナジーと筋シナジーを通して筋の時間的・空間的な活性を制御していることを明らかにしており、異なる歩行速度や歩行面の傾斜角において得られた多点運動計測技術を駆使した歩行の時空間構造について解析している。そこでは、運動中に持続的に見られる関節の活動パターン（動かし方）である運動学シナジーには違いが見られるが、それが駆動されるタイミングの時間パターンについては統計的な違いが見られないことを明らかにしている [6]。また同じ環境下で得られた二つの運動学シナジーおよび時間パターンは、一般的に被験者が変わっても大きな違いは見られないことがわかっている。骨格系の運動に連動する筋活動にシナジーが見受けられることは、ヒトや動物が運動出力に際してモジュール構造（型）を用いて運動を生成していることを示唆している。また要素の個別的運動の上に形成される組織化された運動パターンを介して環境適応機能が実現されているという事実は、生体のさまざまな階層で普遍的に見られる現象でもある。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運動の時空間構造を内部モデルとして外界を記号化することで内面化しており、一方その内部モデルによる筋骨格系への運動指令のタイミング調整によって、外界と一体化した運動の生成メカニズムを実現している。これは、行動主体が環境変動を擾乱と捉えてこれからの影響を排除するという立場ではなく、環境変動を検知してそれへの応答を内部モデルとして形成することで意味を与えている（環境を主体化している）点で、従来の行動制御の立場に対して特異な点である。

3.2 行動観察の記号過程

主体が行為者となる行動生成の記号過程に代わり、主体が行為の観察者となる場合の記号過程について考える。われわれの身体は、意図するかしないに関わらず、常に何かを表すサインを外に向けて送っており、実際、他者の運動の観察からはさまざまな意味を見いだすことができる（主体を環境化できる能力）。

ヒトの動作認識および意図理解を目的とした研究が盛んに行われている。一般に、身体の主要部位のみの動き

を示した光点群から動作を識別できることはバイオロジカル・モーションの研究としてよく知られており、動作には個人に依存しない不変構造としての型が内在する [7]。一方、光点群の運動のみからでも動作者の性別、個性が推定可能であるということは、運動自体に個体群や個体ごとの差異が含まれており、観察者はそれを認識（カテゴリー認知）に利用している。これらのことから、個人の動作は動作の種別に固有であり、個人間で普遍的に共通する類似成分と、性別、個性、環境などにより変化する差異成分が畳みこまれることによって形成されていると考えられる。

キネマティクスの観察により得られる情報は位置、速度、姿勢など長さや時間の次元をもつ物理量である。いかにしてこれらの情報から、質量の次元をもつダイナミクスの情報を特定するかという問題は KSD (Kinematics Specification to Dynamics) の問題とよばれている [8]。たとえば、砂の入った箱を台に運ぶ人の動きを点群の動画として示すと、観察者はその箱の重さをかなりの精度で見極めることができる。ダイナミクスの情報はキネマティクスの観察からは直接的には獲得できないが、人間はたとえ認識対象となる運動についてのモデルに関する知識がなくとも、キネマティクス観察よりダイナミクス情報を抽出できることが知られている。

KSD の中でも、身体と外部環境との力学的相互作用が身体のキネマティクスからどのように特定されているかについての知見はまだ得られていない。著者らのグループでは、観察した動作における身体特定部位の運動間の連合を表す協応構造（運動シナジー）が、行為者身体と外部環境との力学的相互作用の特定に重要な役割を果たすと考えている [9]。協応構造は身体各部位における動作変化点の同期や連鎖など出現タイミング構造に現れる。すなわち他者によって表出される動作には、観察者によって意味付けが可能な記号構造が内在しており、この構造を読み解くことで、観察者は行為者の動作の認識や意図の理解につなげている。著者らのグループでは、協応構造を表現するために適した動作変化点の抽出法と抽出した動作変化点の出現タイミング構造から協応構造を取り出す手法を開発し、さらに抽出した協応構造を環境変化に応じて変化する共変部分と不変な不変部分に分解し、被験者実験により協応構造の共変部分が観察者の力学的相互作用の推定に必要であることを確認している。実験からは、協応構造の空間的不変部分のみからでは重量推定を行うことはできず、時間的な構造がダイナミクスの推定に大きく寄与していることを明らかにしている。

3.3 パントマイムにみる記号過程

ところで、動作の生成と観察が、それぞれ別の主体の内部で閉じて実行される限りにおいては、双方の対象に対する意味作用は互いに独立して行われるのみであり、両者は完全な一致を見るものではない。しかしながら、行為者

と観察者の共同作業の場で、表出される運動の意図を正確に観察者の側に伝えるための意味伝達の媒体としての運動という役割も確かに存在する。たとえば、パントマイムという技芸がある。パントマイムは演技をする行為者が、動きの手がかりに対して、それが何を意図した動きであるのかを観察者となる他者に伝えるための社会的な「表現行為」である。パントマイムとしての動作は、行為者個人に閉じて振る舞う際の行為と一致するわけではなく、それはある種のデフォルメされた行為となるのが通例であるが、そこには行為者の観察者視点に立った意味理解が前提となる。著者らの研究グループでは、このようなパントマイムの生成アルゴリズムを開発している[10]。まず観察されるさまざまな動作の試行の時系列から、特異値分解の新たな数理的手法を開発して特定行為に共通する類似構造を同定し、いずれの動作要素が意味を伝えるための必須のものになるかについての特異特徴を抽出したうえで、その差異を顕在化させ動作として生成するものである。

パントマイムという技芸を成立させているのは、前掲のヒトの動作に内包される二重分節原理である。一連の連続的行為系列を分節化し、個々の動作の意味を捉えて理解する認識活動であることは、言語でいうならば、記号素から単語、そして文のレベルでの理解に対応する。そしてより上位の構造、すなわち言語での談話に相当するレベル、いわば物語性を伴った意味をも含めて観察者に伝えるための技芸である点も、言語と運動が類似の記号構造に立脚していることを裏付ける。

このような言語や運動の領域を超えて、より普遍的な理解の原理に迫ろうとする研究領域に「認知文法 (cognitive grammar)」の研究がある[11]。認知文法においては、言語に特化しない心的能力、たとえば、単純な要素を組合せて複雑な構造を構成することや、ある状況を異なったレベルの抽象性でもってとらえることのできる、言語特有でない一般的な認知能力を体系化するための理論である。Talmy はある力とその力を遮るバリアからなる物理的世界を想定する動力学 (force dynamics) の観点から、人間による状況のイメージ化 (記号化) が物理的な因果関係のモデルに基づいて行われるとして、その体系化を行っている[12]。前掲の動作理解における力学的相互作用の認識の重要性とも符合する。

4. 人間機械系の記号過程

前節では、運動の行為者と観察者の共同行為を例に、それぞれの主体内部で行われている記号過程の擦り合わせの重要性について例示したが、このことはヒトの歩行や運動観察以外の問題においてもすべからずあてはまる。

たとえば、人間機械系における記号過程に着目する。生産現場においては、ロボットと人間作業者の協調作業が求められる場面が増えてきているが、ここでのロボットには、物理的な作業環境の変動に加え、パートナーと

なる人間作業者の違いによる変動に対しても柔軟に適応できる能力が求められる。たとえば、自動組み立てラインにおいて、エンジンやフロントガラスなどの重量物を搬送しシャシに組付ける作業において、パワーアシスト機能を有するロボットと人間作業者の協調で行うことが目指されている。しかし現状では、ヒトの側がロボットに対して合わせるという単方向的な協調形態に留まっており、ヒトがロボットを育て、ロボットがヒトを育てるといった双方向的な協調を実現するまでには至っていない。ロボット側・人間側の双方での記号過程は、もちろん一致を見るものではないが、物理的相互作用を通じて双方が検出可能な他者の運動の手がかりを記号と捉え、それに対する解釈の擦り合わせを双方が能動的に行うことで、円滑な協調作業が実現されることが見込まれる。このためには共有される作業 (タスク) についての共通理解が必要となるが、ここにも前述の範列と連辞の記号構造が内包されている[13]。

さらに設計者と利用者の記号過程の交錯する場合は、インタフェース設計においても同様である。対象システムが複雑化し、各種の自動化機能が組み込まれた機械では、これをどのように使わせるかについて、設計者はそのメッセージをインタフェースとして具現化して利用者に提示することになる。たとえば、自家用車の運転を考えると、オートマ車の出現とともに、操作のためのシフトレバーはそれまでの変速機を操作するための機能から、運転モードを切り替えるためのスイッチの機能に変化した。運転モードを切り替えさせるという設計者の意図が反映されたインタフェースにより、運転者はその操作の意味を理解することができた。ところが、近年の自家用車には、さまざまな自動運転のモードが用意されてきており、運転者にはそれぞれのモードの差異や、各モードで行う入力操作に対して車両挙動がどう応答するかについてのユーザ理解が追いつかなくなり、誤認識をもたらすという問題が生じ始めている。ここでは、設計者が利用者の記号過程を知ることが必須である。利用者の記号過程とは、ブラックボックス化した対象に対して、自らの操作を行いそれに対する応答を経験することで、対象システムの動作原理についての内部モデルを構築することにほかならない。利用者は入出力応答の類似と差異の構造から、異なるモードの存在を記号として認識し、さらに各モードによる記号の実現に引き続いてどのような記号の実現の系列が引き続くのかについてのモード遷移に関する記号構造を構成する。設計者の意図した使い方と、ユーザが自ら体得する使い方の間の齟齬を明らかにするために、利用者の記号過程についてのシミュレーションを行うことで事前に十分な解析を行い、利用者の認識過誤の生起が危ぶまれる場合には、インタフェースの改良設計にフィードバックできる仕組みを構築しなければならない。

著者らのグループでは、これまでに、計算論的神経科

学や機械学習の領域で提案されているモジュール型学習機構を拡張したモデルを構築し、多モードを有するACC (Adaptive Cruise Control) 機能を搭載したドライビングシミュレータを用いた被験者実験とユーザのモード認識についての計算論モデルにより、モード認識過程についての構成論的理解を試みている [14]。実際にユーザの運転履歴から学習を行い、各モードの入出力応答のダイナミクスの複数内部モデルとモード遷移則をハイブリッド・ダイナミカルシステムとして獲得学習するものである。本研究では実際のユーザの認知実験とシミュレーションの比較を通して、モード認識に表示系やモード遷移則、実際のモードのダイナミクスがどのように影響するかを詳細かつ網羅的に分析することができる。

同様のことは、家電機器のインタフェースについても同様である。設計者がインタフェースに託した機器を操作させるための意図と、利用者が表示される情報から解釈する内容とは往々にして齟齬をもたらす。コミュニケーション・ブレイクダウン (communicative breakdown) とよばれる記号過程の交錯である [15]。著者らのグループでは、本概念に基づいて、多機能を有する電子機器のメニューシステムの分析・問題点の抽出方法を開発している [16]。

5. 人間環境系の記号過程と組織的集合活動の設計論

前節で述べた人間—機械系の設計論は、人間—環境系の設計論に拡張される。建築・都市設計の特徴は、設計対象の中に生活者が含まれている点であり、「(彼らの)記号過程を内包した適応環境」として生活環境を設計することが必須となる。人間—環境系の設計では、人工物を単体として眺めることはせず、人工物はいつも他の人工物、周囲の自然環境、社会文化環境などと関連づけられており、決して孤立しては存在し得ない。その代表例としてあげられるのが「街並み」の景観形成である。街並みは人々の生活の舞台となる街路を形成し、豊かな意味を表現するが、そのベースになっているのが前述した範列と連辞の関係で規定される記号構造である。門内は、街並みを多種多様な記号が重なり合う一つの生きた全体を構成するテキストとして解釈する研究に従事し、日本各地に残る伝統的街並みをテキストとして解釈する「街並み記号論」(semiotics of townscape) を展開している [17]。街並みを構成する個々の家屋の建築様式 (色彩・素材・テクスチャなどの特徴、屋根・格子などの形態的要素やその集合状態、妻入り・平入りといった形式や住居の配列規則など) に内包される記号構造に基づいて、形成される景観のレベルをテキストとして解釈している。歴史的な連続性をもって展開され維持されている街並みには、情景に類似性を生み出すコネクタと差異性やゆらぎを生み出すシフタが内包されており、それらが対立・

融合しながら、ルーズな連結性と一定のリズムが組み込まれている。さらに、街並みを歩いて眼前に展開されるダイナミカルな情景の心地よさを解析することで、景観と人々の相互作用により生じる記号群の織りなすテキスト (タウンテキストチャ) について明らかにしている。

さらに人間—環境系としての景観・環境を設計するためには、単に設計された建築物の集合体や生活者個人の行為を超えて、そこに関与するさまざまな関連主体、すなわち地域の住民、設計者、事業者、行政、専門家を含めた集合的活動を展開することが不可欠であり、個人的な行為を超えて、集合的活動の展開に向けた適切な「ガバナンス」(governance) の実践が求められる。価値観の異なる主体が協働して豊かな意味を生成していく過程を異なる関連主体の記号過程の連鎖として捉えることで、多様な主体が関わる意思決定や合意形成を含むマネジメントのあり方についての示唆を得ることができる。ここでの設計の対象はモノとしての建築物や街並みだけではなく、関与するヒトの認識がどのように変容していくかを含めた設計論への拡張である。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過程 [18] や、組織過誤をもたらす組織行動の変容過程 [19] についての記号論的分析が進められている。

さまざまな分野についての記号過程について言及してきたが、そこに通底する共通の支配原理である記号過程の二重分節原理は、細胞組織のような生命体においても認められている。言語にせよ運動にせよ建築物にせよ、そして細胞組織にせよ、そこには事前に辞書的に定義された記号素の集合やその統語則によって世界を分節しているのではなく、記号素 (語彙素) の集合がその使用者にとっての世界 (意味論的世界) を形作っているという点が重要である。そしてその意味は、語自体から発生するものではなく、他の語との差異・系全体との関係によって決まるものである。川出は、生命記号論の中で、サイトカイン・ホルモン分子が細胞間通信系における語彙素に相当することを述べており、各分子がそれぞれ意味をもった単位ではあるが、その意味すなわち生理的な機能は、文脈すなわち標的細胞の分化状態・生理状態や他の信号分子の有無などによって変わってくるとしている [5]。まさに生物とは、記号・記号作用を方法として、物理環境のうちに生きる場を意味の世界として組織する主体的な存在であり、周りの世界から意味を汲み取り、創造して、多くの可能性の中からそれに反応する仕方を選択している。このことから、生体の反応は二項関係ではなく、第三の要素として細胞などの生物組織あるいは人為的な制約条件の加わった三項関係であることが帰結される。そしてこの事実から、生体の機能的組織の設計を人為的に行うためには、生体内外の環境を設計することによって、生体組織自身の自己言及的な意味解釈の多様性を維持しながら、元来細胞がもっていた組織的關係を失わせることなく、自己組織的に「機能」を育成す

るという新しい「生体環境設計」の概念が導かれることになる [20].

6. さいごに

変容する動的な設計論としては、進化型設計の概念がある。変異と自然選択という機械論的な過程によって説明される進化をもとにした概念であるが、これに対して記号過程を内包した設計論では、主体の能動的な意味作用を前提とする考え方であり、環境からの選択圧のみによらない主体的な変化に駆動された進化や、無方向の変異によらない方向性をもった進化を意図している点が異なる。本稿で述べてきたように、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）を解明することで、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を確立することは、現代の社会において喫緊の研究課題であると考えられる。

末尾ながら、本稿の内容は、著者が研究代表として進めている科学研究費補助金・学術創成研究（2007～2011年度）「記号過程を内包した動的適応システムの設計論」での成果に基づくものである。同プロジェクトに参画頂いている京都大学・同志社大学・立命館大学・神戸大学の関係諸氏に謝意を表します。

(2010年8月16日受付)

参考文献

- [1] B. マズリッシュ (吉岡訳): 第四の境界: 人間—機械進化論, ジャストシステム (1996)
- [2] 榎木: 記号過程を内包した動的適応システムの設計論; 学術創成研究 研究成果報告書 (平成19年度～平成22年度) (2010)
- [3] C. S. Peirce: *Collected Papers of Charles Sanders Peirce*, The Belknap press of Harvard University Press, 第2巻228節.
- [4] 石田: 意味のエコロジーとは何か; UP, No. 377, 東京大学出版会 (2004)
- [5] 川出: 生物記号論: 主体性の生物学, 京都大学学術出版会 (2006)
- [6] 土屋, 青井, 船戸: 環境適応機能を有する歩行ロボットの構成論; システム/制御/情報, 本特集号 pp. 418–424 (2010)
- [7] G. Johansson: Visual perception of biological motion and a model for its analysis; *Perception and Psychophysics*, 14, pp. 201–211 (1973)
- [8] S. Runeson and G. Frykholm: Kinematic specification of dynamics as an informational basis for person and action perception: expectation gender recognition, and deceptive intention; *Journal of Experimental Psychology: General*, 112, pp. 585–615 (1983)
- [9] 中西: 動作認識の記号過程—記号の解釈系と生成系の

構成のための方法論; システム/制御/情報, 本特集号 pp. 425–432 (2010)

- [10] T. Sawaragi: Semiotic design of human-machine and human-environment systems; *Preprints of the 11th IFAC/IFIP/IFORS/IEA Symposium on Analysis, Design, and Evaluation of Human-Machine Systems*—Université de Valenciennes et du Hainaut Cambrésis (2010)
- [11] 山梨: 認知文法論 (日本語研究叢書 (第2期第1巻)), ひつじ書房 (1995)
- [12] L. Talmy: *Toward a Cognitive Semantics—Volume 1: Concept Structuring Systems*, MIT Press (2000)
- [13] 堀口, 水山: 組立ロボットへの作業教示の記号過程; システム/制御/情報, 本特集号 pp. 405–410 (2010)
- [14] 田中, 谷口, 堀口, 中西, 榎木: 自動化機械に対するユーザの複数内部モデルの構成過程; 第19回 自律分散システム・シンポジウム, pp. 97–102 (2006)
- [15] C. S. de Souza: *The Semiotic Engineering of Human-Computer Interaction*, MIT Press (2005)
- [16] 堀口, 黒田, 中西, 榎木, 井上, 松浦: 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文誌, Vol. 10, No. 3, pp. 21–33 (2009)
- [17] 門内: 人間—環境系としての生活環境の設計における創発システムの記号論; システム/制御/情報, 第49巻, 第12号, pp. 469–475 (2005)
- [18] 門内, 前川: 集合的活動としての景観まちづくりの方法論: コミュニティ・ガバナンスに基づく町並みの景観形成に関する研究 その1; 2010年度日本建築学会大会, 学術講演会・建築デザイン発表会, pp. 409–410 (2010)
- [19] 榎木, 塚本, 堀口, 中西: 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, Vol. 1, No. 2, pp. 106–114 (2007)
- [20] 富田: 機能設計から生体環境設計へ: 「安心」を育てる科学と医療, 丸善 (2005)

著者略歴

さ 榎 木 哲 夫 (正会員)



1983年京都大学大学院工学研究科精密工学専攻修士課程修了, 1986年同大学院博士課程指導認定退学。同年京都大学工学部精密工学教室助手, 1994年同大学院工学研究科精密工学専攻助教授, 2002年同教授, 2010年京都大学理事補 (研究・国際担当), 現在に至る。その間, 1991–92年米国スタンフォード大学客員研究員。現在, 人間—機械共存環境下での協調システムの設計・解析と知的支援ならびにインタラクション設計などに関する研究に従事。京都大学工学博士。計測自動制御学会論文賞 (1989, 1991), 著述賞 (1992), 2006年度システム制御情報学会学会賞論文賞, ヒューマンインタフェース学会論文賞 (2002, 2010) などを受賞。社団法人日本国際学生技術研修協会 (イアエステ) 理事 (京都大学代表)。過去に, ヒューマンインタフェース学会会長, 横断型基幹科学技術研究団体連合 (横幹連合) 理事, 計測自動制御学会関西支部長, IEEE SMC 日本支部支部長, システム制御情報学会理事, 日本情報知能ファジィ学会理事, ほかを歴任。