

特集 「繋がり科学」

共創とコミュニケーション

Co-creation and Communication

三宅 美博
Yoshihiro Miyake

東京工業大学大学院総合理工学研究科
Interdisciplinary Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology.
miyake@dis.titech.ac.jp, <http://www.myk.dis.titech.ac.jp/>

Keywords: co-creation, communication, embodiment, duality.

1. はじめに

かつて私は粘菌という生物の環境適応のしくみを研究していたことがある。この生物はカビの一種であるが、胞子が発芽して生まれた微小なアメーバが多数融合して、一辺が十数 cm にも及ぶ巨大なアメーバ体（変形体）を形成する。そして、この変形体は脳や神経系のように特別に機能分化した集中処理系をもたないにもかかわらず、個体内で分散化されたコミュニケーションを介して高度に統御された移動能力を発現し、さまざまな環境に自在に適応できるのである。例えば図 1 のように個体の一部分に刺激を与えると、自らの形態を変化させ個体全体として協調的に刺激に接近する。

極めて自然に見える粘菌の環境適応プロセスであるが、ここで特徴的なことは個体の各部分の機能があらかじめ固定されていないということである。先端部が尾部化したり、その逆も発生する。人間の場合であれば、手や足は常に手や足であり、切断されてもその構造が維持されることを考えれば、ここで発生している事態がいかんにか特殊なことであるかが理解されるであろう。つまりシステムの機能を規定する境界条件がコミュニケーションを介してリアルタイムに生成されており、結果的に発現する機能は、個体と環境の関係および個体内での相互関係から定まるのである。

このように関係性に依存してリアルタイムに機能を創出する粘菌の知能は、人間のように高度な機能分化と、それを支える境界条件の固定化をもって成立する知能とは明らかに異なっている。これは機能分化の非可逆性を

前提にした人間型の知能と、可逆性を前提にした粘菌型の知能として対比できるものであろう。身体の境界を固定化し、中枢と末梢を構成する方向に進化してきた人間において最も見えにくい知能が、粘菌において観察されるのである。私は、このような創出的知能というあり方を粘菌から学ぶことができた。

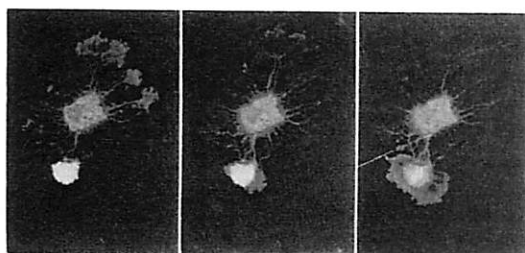
南方熊楠という明治時代の粘菌の研究者も、よく似た問題意識をもっていたようである。彼は、生物を名づけ分類することによって生物を理解しようとする、人間の知能の罫に気づいていた。常に変化し続けるものを、あらかじめ設定された空間の中に還元していく操作の罫である。例えば南方は、「故に多く見れば見るほど、天地間にこれが特に種なりと極印を打ったような品は一つもなく、自然界に属の種のこととは全くなき物と悟るが学問の要諦に候」（『南方熊楠全集』別巻）とまで語っている。これは変化し続ける世界を、そのまま創出的に捉えようとする姿勢である。

ここにあるのは、現代を生きる我々が忘れかけているリアルタイムの知という在り方である。本稿では、人間の社会的コミュニケーションに注目することで、このような知能の創出性について考察する。

2. 不確定性と無限定性

知能の創出的側面を明らかにするうえで基本となる問いは、「有限の複雑さしかもたない人間が、無限の複雑さをもつ環境の中で、どうして生きていくことができるのか？」というものである。この問いかけの意味は極めて深い。そして、これを理解するためには、創出性が必要とされる背景としての「複雑さ」について考察しなければならない。

まず気づくことは、複雑さとは相対的な概念であり、誰にとつての複雑さであるかを指定しない限り、この問いは意味をなさないということである。なぜなら人間の内包する複雑さと環境の複雑さの関係に依存して、人間側に捉えられる環境の複雑さは異なるからである。内包するものが単純な場合には、いかなる環境も複雑に映るであろうが、複雑な場合には必ずしもそうではない。こ



(a) (b) (c)

図 1 粘菌 (Physarum) の環境適応

れはアシュビーの必要多様性の法則といわれ、システムが複雑な環境に適応するためには、システム自体がその環境に対応できるだけの十分な多様性を内包していなければならないと主張する。

しかし、昨今の社会的状況において、我々を取り巻く環境は急速に複雑化し、それは拡大の一途である。場の空気を読めない若者の増大にとどまらず、無差別な凶悪犯罪の増加、さらには肥大化した組織におけるコミュニケーション不全と、それに起因するさまざまな事故やトラブルが日々の新聞を賑わしている。何気なくすれ違った人から、あるいはたまたま乗った電車から、事件や事故に巻き込まれる可能性をいま誰も否定できないであろう。このように社会環境の複雑性が人間の内包する複雑さをはるかに超えており、多くの人々が先の読めない不安な状況に置かれている。

このような状況に対処しなければならない人間の知能を理解するためには、複雑性を二つに分けて考察することが有効であろう。一つは「不確定性」であり、もう一つは「無限定性」である[清水 99]。不確定性とは確率的に定義可能な複雑さに関連している。そこでは発生する状態の集合が前もって確定されており、それぞれの状態の出現を確率的に予測することができるのである。天気予報はその一例となる。一方、無限定性とは状態そのものを前もって確定しきれない事態である。状態の集合そのものが自明ではないような状況といえるであろう。

これはシステムと環境の関係に対応づけて分類することができる。前者の不確定性として複雑性を捉える場合は、システムを環境から分離して定義できることが前提になっている。そのためシステムの取り得る状態があらかじめ定義可能になり、それに及ぼす環境からの影響は揺らぎとして扱われる。これはシステム科学において広く受け入れられてきた手法であり、確率論に基づくさまざまなモデル推定や予測アルゴリズムが研究されてきた。いわゆる探索型の知能はこのタイプである。しかし後者の無限定性として捉える場合には、状況は大きく異なっている。システムと環境の分離が必ずしも可能ではない非分離な状況を前提にしているからである。このような相互干渉性の存在する領域は、これまでシステム科学が避けてきた領域であり、ここでは創出型の知能が不可欠になる。

これはシステムを定義する主体の側からも分類することが可能である。システムとは、システムを定義する主体にとって認知できる領域に対応すると考えられ、このとき不確定性とは、主体にとって認知できる領域のみをシステムとして考慮し、それ以外は無秩序な環境とみなす立場に対応する。

しかし、このような認知的な境界が容易に定まる場合ばかりではない。我々がシステムを考えると、どこまでをシステムとして考慮すべきかを迷うことは多い。少なくとも際限なくシステムを考慮することはできないの

で、現実的にはどこかに境界を設定することになる。また、前もって想定していなかった境界に後から気づくことも少なくない。このように境界の問題も含めて考慮しなければならない状況が、無限定性として捉える複雑さである。つまり無限定性は、システムを定義する主体にとって境界が自明な形では定まらない非分離な状況に対応する。そして、その認知的領域としてのシステムをどのように創出するのかという問題と深く関わっている。ある意味で無限定性は、システムを定義する主体（認知する自己）と定義されるシステム（認知される自己）の循環的關係に関わる複雑性ともいえるであろう。ここでは環境そのものの複雑さだけでなく、自己という認知的システムがそのシステムの一部として不可分な形で包摂されていることによって生じる、自己言及の複雑さも含まれる。

したがって創出的知能を必要とする複雑さは無限定性であり、その背景にある自己というあり方であり、その自己を包摂する社会的コミュニケーションを介する自己言及性である。このようなシステムと環境を分離しきれない状況に対応するための知能が、本章の最初に提起した問いの求めるものであり、コミュニケーションという現象の基盤であり、これこそが現代社会において最も必要とされている能力であろう。このような背景から、無限定性としての複雑性に対処できる創出的知能の研究がいま不可欠である。

3. 「場」と拘束条件の生成

従来型のシステムと知能は、いずれも不確定性という意味での複雑性を対象にしてきたといえるであろう。したがって、境界によって環境から分離することで内部の状態空間を確定し、その状態遷移を記述できるシステムに限定されていた。つまり探索型の知能として構築されてきたのである。そこでは、想定された環境をシステム内部にモデルとして表現する表象主義が基盤にあるため、システムを定義する主体としての設計者は、システムの境界を設定し、あらかじめ想定された環境をシステムの内部状態として作り込むことになる。想定外の事態に遭遇した際には、そのような事態を新たな状態として定義し、さらにシステムに追加する。そしてこれを際限なく繰り返すのである。

このようなシステムにおける知能の特徴は、アシュビーの法則も指摘するように、環境の複雑さに比例してシステムの内包する複雑さが増大する点にある。したがって、システムを環境から分離して定義し、環境との対応関係において知能を構成する限り、必ずどこかでシステムの有限性と環境の無限性の乖離という問題に直面する。最初にも述べたように人間というシステムは物理的に有限であり、このような戦略だけでは必ず限界におつかるからである。これはフレーム問題とも呼ばれてきた。

人工的なシステムの例ではあるが、そのシステムサイズが肥大化する一方の計算機ソフトウェアや企業の危機管理マニュアルを考えれば、このような探索型の知能がすでに限界に到達していることは明らかであろう。

このようにシステムと環境が分離して定義されるシステムを自他分離型のシステムと呼ぶが、その限界を克服するためには、環境の複雑さを無限定性において捉え、創出的に対応できるシステムを構築することが重要である。そこで、ここではそのようなシステムの例について考察してみよう [清水 96]。

具体的に取り上げるのは武術であり、人が命をかけて戦う状況である。このような極限状態が無限定性としての複雑性に対応することは容易に想像されるであろう。たった一度のミスで生死が決まる状況において、システムの取り得る状態を前もって集合として定義することはできないし、まして、その状態遷移を確率的に評価することも無意味である。ここではシステムの境界を時々刻々と創出し続け、そのようなリアルタイムの予測性において秀でた者が勝つことになる。そして、このような状況に対して、人間の知能はどのように対応してきたであろうか。

戦国時代までの兵法の中心は、敵を自他分離的に捉え、得意技で一方向的に勝つ武術としての殺人刀（さつにんとう）であった。これはシステムとしての自己と、環境としての敵に分離して捉える立場（自他分離）であり、探索型の知能に分類される戦い方である。つまり不確定性として捉えられる敵に対しては、得意技で攻め続ければ勝つ確率が高くなるということになる。

これに対して柳生新陰流では、敵を自他非分離に受け入れ、その敵とのコミュニケーションを介して「場」を共有し、「場」におけるシナリオ生成で敵に勝つことが実践されてきた。つまり無限定性としての複雑さにおいて敵を捉え、自他非分離な「場」を介してその無限定性を圧縮し、それに基づいて戦いのシナリオとしての拘束条件をリアルタイムに生成するのである。これを活人剣（かつにんけん）という。これはいかなる状況においても必ず敵に勝つことができる剣術であるといわれている。なお、ここで「場」とは、システムと環境の関係から捉えれば、両者が相互乗入れする非分離な領域において自己組織される関係性であり、さらに、システムを定義する主体から捉えれば、認知される領域の周縁に位置する潜在的な認知（身体性）の領域に対応する。

このとき戦いを、殺人刀のように不確定性としての自他分離的な枠組みで捉えている限り状況は変わらない。しかし、活人剣のようにシステムと環境が自他非分離的に相互作用すれば、環境とシステムの間「場」が自己組織され、結果的に無限定性が圧縮されることになる。そして、このような「場」に基づいてシステムの境界を生成し、シナリオを創出し環境変動を予測できるのである。例えば隙をつくり相手に斬り込ませることで相手と

自他非分離な「場」を生成し、それによって無限定性を圧縮したうえで、こちら側から斬り込むというシナリオも可能になるであろう。

ここではシステム（自己）と環境（他者）を分離できない自他非分離な状況から考えることになる。これが無限定性という複雑性に対応する。そして、自他非分離なコミュニケーションを介して「場」を生成する。そして、この「場」において拘束条件としてのシナリオを生成し、それに基づいて自己と他者が同時に創出されるのである。これがシステムと環境の間での境界の生成に対応する。そして、それに基づいて再び「場」が変化するのである。このように「場」とシステムとして二重化された構造と、その間での自己言及を通して、無限定な状況に対する予測的対応が可能になっている。これは自他非分離型のシステムの基本的な構造であり、しかも人間の創出的知能に観察される普遍的なダイナミクスでもある。

このように無限定な状況において、「場」の自己組織を介して、自己言及的に拘束条件を共同生成するシステムを「共創システム」と呼ぶ。これは自己と他者の同時創出に対応するものであり、システムと環境の同時創出とみなすことも可能である。このような観点からシステムを捉えた立場はこれまで存在しない。共創システムとは、自他非分離なコミュニケーションに基盤を置き、そこに自他が創出されるプロセスを扱う初めての枠組みである。これはシステムの存在を前提にするのではなく、システム自身の境界生成を含む創出的な知能のあり方を主張するものである [三宅 04a, 清水 00]。

4. 未来を共創するシステム

このような自他非分離システムにおける「場」の生成と、それを介する自己言及的な拘束条件の生成という共創システムの基本構造が、メタファーを越えて実質的に意味をもつためには、一つの心理学的な事実を示す必要がある。それはシステムと環境の身体的相互作用を介して自己組織される「場」の生成タイミングと、認知的に捉えられる同時性の中に存在する時間のずれである。

我々は同期タッピング課題というシンプルな心理実験に注目してきた。これは周期的に提示されるリズム音刺激に同期させて指でボタンを押すタスクであり、被験者には音のタイミングに合わせてできるだけ正確にタップするように依頼する。このとき非常に興味深い現象が観察される。それは被験者に経験される認知的な同調感覚と、指運動のタイミングの間に時間的なずれが生じることである。

図2を見ていただきたい。これは横軸が物理的時間であり、点線で示した時刻が音刺激のタイミングである。縦軸はボタンを押した時刻の頻度分布が示されている。認知的には同調しているにもかかわらず、明らかにボタン押しのタイミングが音刺激のタイミングと異なってい

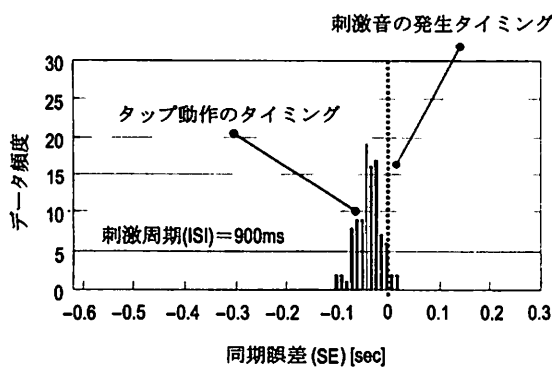


図2 負の非同期現象

る。しかも指の動作タイミングのほうが音の発生に先行しているのである。この現象は負の非同期現象と呼ばれ、認知的同時性と身体的な同時性の間に時間的な前後関係が存在することを意味している。さらに、指の身体的相互作用を介して予測的に生成される「場」を拘束条件として、認知的な「いま」が創出されることも示唆している。しかも、指の運動タイミングの頻度分布に時間的な幅があることから、この「場」は点ではなく、未来の方向に向かって拡がりをもつ時間領域であることもわかる。

基本的に、音の認知は刺激を受容した後に成立するはずであるが、ここでは刺激に先行してボタンを押している。つまり運動指令時に、すでに感覚フィードバックを内的に予測していることになる。つまり認知の生成に先回りする形で、身体感覚レベルで自他非分離なタイミングの同調が実現されており、少し遅れて自他分離的な時間認知が成立するのである。このように認知的に意味づけられた「いま」(自他分離の領域)だけではなく、それに先行する未来としての「場」(自他非分離の領域)を同時に考慮し、二重化された領域間での自己言及を構成することが、共創システムという創出的知能においては重要になる。

なお、このタッピング課題では周期的なリズム音の刺激が用いられており、必ずしも複雑な環境とはいえない。しかし、被験者の認知の外側における自他非分離な状況として生成される身体的な同時性の感覚に基盤をおいていることから、これは無限定性としての複雑性に対応するためのしくみを反映したものと考えられる。実際に、周期的なリズム音ではなく、周期に不規則性を付加した刺激の場合に、ここで観察された傾向が強化されることがすでに確認されている [武藤 07]。

この実験において、我々は認知的過程に深く関与するワーキングメモリがこの予測的現象に及ぼす影響を評価した。そして、認知される時間としての「いま」と身体化される時間としての「場」を分離し、それらの相互関係を解析することを進めている [三宅 02, Miyake 04b]。具体的には、ワーキングメモリを選択的に消費する二重課題法を採用して負の非同期現象の生起率への影響を計測した。つまりワーキングメモリを消費する単語記憶課

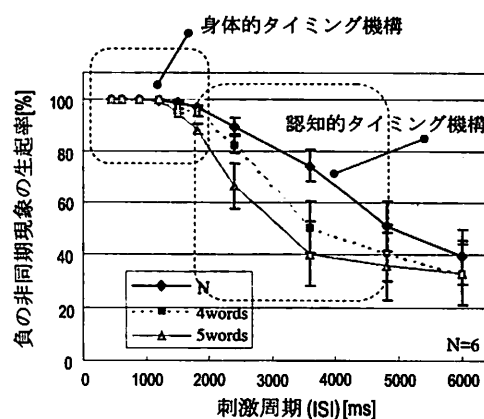


図3 二重化されたタイミング機構

題を遂行しつつ、それと同時に同期タッピング課題を行うのである。

その結果、図3のように、二次課題としての単語記憶課題の共存によって、負の非同期現象の生起率に差が出る領域と出ない領域が観察された。リズム音刺激の周期が1.5秒を下回る速いリズムの状況では二次課題は影響しない、つまりワーキングメモリからの影響が小さいが、それを上回る刺激周期のときには生起率に差が出ている。したがって、ワーキングメモリの影響を受けない身体的(自動的)タイミング機構と、影響を受ける認知的タイミング機構が共存していることが示されたのである。このことは「いま」という時間の創出機構が二重化されていることを意味しており、「場」を介する自己言及的な共創システムとの対応を強く示唆する。

そこで、それぞれのタイミング機構を分離し、音刺激とタップの時間差として定義される同期誤差の時間発展を時系列解析したところ、前者の身体的機構はベキ乗則に従う自己相似性の高いダイナミクスを示し、後者の認知的機構は固有周期性の高いダイナミクスを示した。前者が高い自由度をもつダイナミクスであるのに対して、後者では自由度が圧縮されているのである。このことは両者が異なる力学系から構成されていることを意味しており、ダイナミクスにおいても二重化されていることが明らかになった [小松 05]。さらに同期誤差を人為的に操作することで誤差訂正機構を解析したところ、これも上記と同様に二重化されていることが示された [Takano 07]。また f-MRI を用いて、それぞれのタイミング機構における脳活動のイメージングも行っており、前者は主として小脳に由来し、後者ではそれに前頭前野の活動が加わることが示されつつある。

これらの結果は、「場」の生成を担う自他非分離な身体化された領域と、認知の生成を担う自他分離な領域の間での自己言及を介して、システムと環境の境界がリアルタイムに生成され、無限定な状況に対応していることを強く示唆するものである。

5. コミュニケーションと支援

このような知見に基づいて、共創的コミュニケーションのモデルとして、二人の被験者間での協調タッピングについて分析を進めている [今 05]。この実験課題は、一方の被験者のタップ動作が音刺激として他方の被験者に伝えられ、同様に他方の被験者のタップ動作が音刺激としてフィードバックされるクロスフィードバック系として構成されている。この課題は、先の実験のように一定のリズム音に同調させるものではなく、二人の被験者が相互にリズムを生成しつつ相互にタイミングを同調させる課題であり、無限定性が非常に強い条件になっている。そして、このような課題において初めて、上記の二重化されたタイミング機構の有効性が示されるものと期待している。そして相互予測に基づく「いま」という認知的時間の共創プロセスが明らかにされつつある。

ここでは、二人のタップ動作の時間差として同期誤差が定義され、その時間発展が解析された。その結果、強い相関関係が2種類観察され、上記の二重化されたタイミング機構と対応して2種類の相互作用モデルが推定されている。一方は相互引込み（エントレンメント）を中心とするリアルタイム性の強いダイナミクスであり、もう一方は履歴性の強いダイナミクスである。前者を身体的相互作用を介する「場」の生成機構に対応させ、後者を認知的機構に対応させることが可能である。このように同期タッピングから協調タッピングへ拡張することで、無限定性としての複雑性に対応するための、「場」を介する自己言及の構造が明らかになりつつある。そして、我々は、未来としての「場」を共有しつつ「いま」を共創する共創システムの理論的基盤を構築できるものと期待しているのである。

さらに、この二重化されたダイナミクスのモデル化に基づいて共創的コミュニケーションの支援システムの開発にも取り組んでいる。例えば図4のように、人間と仮想ロボットが足音の交換を介して協調歩行する系を構築している。これは協調タッピングの実験を二人の人間の間での歩行リズムに拡張した形式になっている。このシステムは Walk-Mate と呼ばれ、歩行運動の動作タイミングを人間と仮想ロボットが相互適応させる中で、「いま」という時間を共創するシステムである [三宅 01, 武藤 04]。特に、患者とセラピストの間での歩行リハビリテーションへの応用を進めており、セラピストとの協調の中で得られる安定な歩行運動の生成や機能回復を、患者と仮想ロボットの間で再構成することを目指している。

すでに、協調歩行による人間と仮想ロボットの間での一体感の生成や、歩行運動の安定化など、共創的な特性がいくつか確認されている。さらに片麻痺やパーキンソン病の歩行リハビリにおける臨床的有効性の評価も進行中である [高梨 03]。これ以外にも対話コミュニケーション

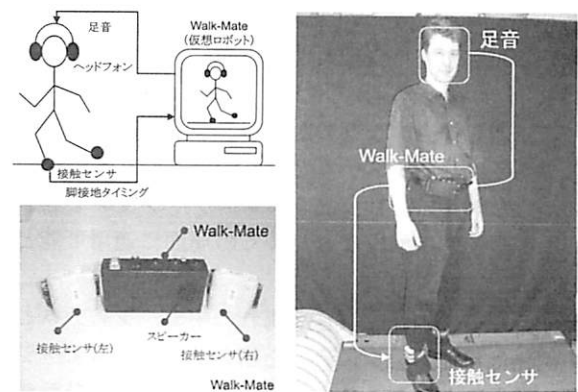


図4 Walk-Mate

ンにおける「間（ま）」の解析 [三宅 04c] やコミュニケーションロボットにおけるその再構成、音楽アンサンブル支援システムの開発 [小林 05] など、さまざまなインタフェースへの応用がなされている。詳細はここでは省略するが、興味をもたれた方は章末の文献リストを参照していただきたい。

このような基礎的研究で明らかにされたことは、「場」の時間感覚は広がりをもっており、それが未来の方向に向かって開かれているということである。そして、未来としての「場」を共有しつつ、我々は共に生きている。ここに信じられるコミュニケーションを支える共創システムの必然性があり、無限定性としての複雑な環境の中で生きていく創出的知能の特徴がある。これは社会を編成し、相互に協力するための社会的知能の在り方とみなすことも可能であろう。

6. 信じられること

いまや社会システムは個へと解体されつつある。そして生活の「場」としてのコミュニティがますますぜい弱化し、社会的なコミュニケーションが徐々に困難になってきている。この結果として、「場」よりも個を重視する力の論理が優先され、共創よりも競争が拡大しているのである。ドレイファスも指摘するように、これは社会的な倫理観や信頼感の低下につながり、社会の機能不全を生じさせる予兆となるものであろう。「場」を喪失した社会は人を信じられない社会であり、個の力のみを頼る無秩序なシステムになってしまうからである。

このように社会における「場」が弱体化している中で、生活の現場から安心や安全を回復するための変革も徐々に始まっている。そして、その中で社会的なコミュニケーションを再生するための新しいシステムのパラダイムが求められているのである。システムと環境を分離することのみ成立する自他分離型システムの限界に、多くの人々が気づき始めているのであろう。

では、いかにすれば人々は協力し合えるのであろうか。そして社会的コミュニケーションを再生できるのであろうか。

うか。もし、それが可能であるとすれば、「場」の共有を介して人々の間で拘束条件が共創されなければならない。「場」を共有できるからこそ未来のシナリオを共有し、互いに信頼し社会的な即興劇を演じることが可能になるからである。共創システムというパラダイムが提起するこのような構造は、社会的コミュニケーションを介する安心感や信頼感の醸成など、多くの局面に適用可能と考えられる。

そして、このような大きな流れの中で、システムと環境の関係は自他分離システムを越えて新たなステージへと踏み込むことになるであろう。それが自他非分離システムとしての共創コミュニケーションである。

7. おわりに

本稿では、探索型と創出型の知能を比較する中で、共創という創出的知能を可能にするシステムの構造について考察した。その結果、共創システムとは、システムと環境が分離されない自他非分離なコミュニケーションに基盤を置き、そこに自他の境界が創出されるプロセスを扱う枠組みであることが指摘された。そして自他非分離な身体化された領域における「場」の生成と、自他分離な認知的領域における境界生成という二重化されたダイナミクスの間での自己言及を介して、システムと環境の境界がリアルタイムに共創されることが示された。さらに、このようなシステムをさまざまなインタフェースに应用することで、社会的な共創コミュニケーションの支援に向けた活動が展開されていることが紹介された。

◇ 参考文献 ◇

- [小林 05] 小林洋平, 三宅美博: 階層化された相互引き込みモデルに基づくアンサンブルシステム, 計測自動制御学会論文集, Vol. 41, No. 8, pp. 702-711 (2005)
 [小松 05] 小松知章, 三宅美博: 同期タッピング課題における非同期量の時間発展, 計測自動制御学会論文集, Vol. 41, No. 6, pp. 518-526 (2005)

- [今 05] 今 誉, 三宅美博: 協調タッピングにおける相互同調過程の解析とモデル化, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 7, No. 4, pp. 61-70 (2005)
 [三宅 01] 三宅美博, 宮川 透, 田村寧健: 共創出コミュニケーションとしての人間-機械系, 計測自動制御学会論文集, Vol. 37, No. 11, pp. 1087-1096 (2001)
 [三宅 02] 三宅美博, 大西洋平, エルンスト・ベッペル: 同期タッピングにおける2つのタイミング予測機構, 計測自動制御学会論文集, Vol. 38, No. 12, pp. 1114-1122 (2002)
 [三宅 04a] 三宅美博: 共創とは何か(分担: 人と人工物の共創システム, 第2章, pp. 79-108), 培風館 (2004)
 [Miyake 04b] Miyake, Y., Onishi, Y. and Poppel, E.: Two types of anticipation in synchronous tapping, *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, Vol. 64, pp. 415-426 (2004)
 [三宅 04c] 三宅美博, 辰巳勇臣, 杉原史郎: 交互発話における発話長と発話間隔の時間的階層性, 計測自動制御学会論文集, Vol. 40, No. 6, pp. 670-678 (2004)
 [武藤 04] 武藤 剛, 三宅美博: 人間-人間協調歩行系における共創プロセスの解析, 計測自動制御学会論文集, Vol. 40, No. 5, pp. 554-562 (2004)
 [武藤 07] 武藤ゆみ子, 三宅美博, エルンスト・ベッペル: 複雑な環境変動における認知を伴うタイミング機構: 環境の複雑性を考慮したインタフェース設計のための基礎的研究, 計測自動制御学会論文集, Vol. 43, No. 11, pp. 989-997 (2007)
 [清水 96] 清水 博: 生命知としての場の論理, 中公新書 (1996)
 [清水 99] 清水 博: 新版生命と場所創造する生命の原理, NTT出版 (1999)
 [清水 00] 清水 博, 久米是志, 三輪敬之, 三宅美博: 場と共創, NTT出版 (2000)
 [高梨 03] 高梨豪也, 三宅美博: 共創型介助ロボット "Walk-Mate" の歩行障害への適用, 計測自動制御学会論文集, Vol. 39, No. 1, pp. 74-81 (2003)
 [Takano 07] Takano, K. and Miyake, Y.: Two types of phase correction mechanism involved in synchronized tapping, *Neurosci. Lett.*, Vol. 417, pp. 196-200 (2007)

2008年8月11日 受理

著者紹介



三宅 美博

1989年東京大学大学院薬学系研究科博士課程修了(薬学博士)。金沢工業大学情報工学科助手、講師、助教授を経て、96年より東京工業大学大学院総合理工学研究科知能システム科学専攻助教授。99年よりミュンヘン大学客員教授併任。主として生命的自律性の研究に従事、生物物理学会、計測自動制御学会、IEEEなどの各会員。