

解説

# 共創システムと無限定性

## —安心な社会システムの回復をめざして—

Co-creation System and Indefiniteness  
—Recovery of Trustfulness in Social System—

執筆者プロフィール



三宅 美博  
Yoshihiro MIYAKE

1983年東京大学薬学部卒業, 1989年同大学院薬学系研究科博士課程修了(薬学博士), 金沢工業大学講師, 助教授を経て, 1996年より現職. 1999年よりミュンヘン大学医学的心理学研究所客員教授併任

○研究・専門テーマは, 共創システム, コミュニケーション科学, 認知神経科学, 自己組織システム

○東京工業大学助教授 大学院総合理工学研究科 知能システム科学専攻  
(〒226-8502 横浜市緑区長津田町4259/  
E-mail: miyake@dis.titech.ac.jp)

### 複雑な環境としての無限定性

生命システムに対する最も基本的な問いの一つは、「有限の複雑さしか持たない生物が、無限の複雑さを持つ環境の中で、どうして生きてゆくことができるのだろうか?」というものであろう<sup>(1)</sup>。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、最初に複雑さとは何かという点について考えてみるのが重要になる。

まず気づくことは複雑さとは相対的な概念であるということである。なぜならシステム自身の複雑さと環境の複雑さの相互関係によって決定されるからである。単純なシステムにとっては、いかなる環境も複雑に映るであろうが、複雑なシステムにとっては必ずしもそうではない。これはアシュビーの必要多様性の法則と言われており、複雑な環境に適応していくためには、システム自体がその環境に適応できるだけの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、人間個人の振舞いも社会システムのダイナミクスも急速に複雑化し、それは拡大の一途である。場の状況を読めないキレる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など、数多くの事例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や誰も否定できないであろう。このように、我々の生活を取りまく環境が人間の能力と無関係に急速に複雑化しており、多くのひとびとが先の読めない不安な状況におかれている。

このような状況に対処する上で、複雑さを二つに分けて考えてみるのが有効であろう。ひとつは不確定性であり、もうひとつは無限定性である<sup>(1)</sup>。不確定性とは確率的な複雑さに関連している。そこでは状態の集合が確定されており、それぞれの状態の出現を確率的に定義することができる。一方、無限定性は状態そのものが確定されない状況である。状態の存在そのものが問題になるような状況と言えるであろう。前者については、統計に基づくさまざまなモデル推定や予測がなされてきた。しかし、後者においては、このような統計学的手法が必ずしも有効ではない。

この無限定性という状況は、答を求めようとすればするほど答が見つからなくなるタイプの複雑性である。それは人間や社会という環境そのものの複雑さに加えて、自己という認知的システムがその環境の一部として包摂されていることによって生じる、自己言及的な複雑さが背景にあるからである。ここでは自己に対する循環の中で時々刻々と新しい状態が生み出されることになる。しかも、それによって生じる無限の複雑さに対応するためには、その未来に対応するための無限のソリューションを準備しなければならない。これを有限の能力しかもたない人間が達成することはほとんど不可能であろう。かくしてひとびとは深く思い悩むことになる。

人間にとって最大の無限定性は、人間であり社会であり、その中で生きてゆく我々の自己言及である。このような無限的な状況に対処するための予測能力こそが、人類の進化の過程で獲得されてきたコミュニケーション能力の基盤にあり、それこそが現代社会において最も必要とされているものであろう。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システムの研究がいま不可欠である。共創システムが対象としている領域は、このように生命システムの最も基本的な問題領域である。



### 自己言及と拘束条件の生成

これまでのシステム科学は、いずれも不確定性という意味での複雑性をターゲットにしてきたと言えるであろう。したがってシステムの状態空間が確定されており、そこでの状態遷移が確率過程として記述可能なプロセスに限定されていた。もちろん実際の環境変動は、このような癖のよいものばかりではないから、状況をいくつかに分類してハイブリッド系として構成する場合も多かったように思われる。

このような従来型システムの特徴は、環境の複雑さに比

例してシステムの複雑さが増大する点にある。しかし、最初にも述べたように生命システムは有限であり、このような戦略は不確定な環境だけに限定したとしても、必ずどこかで限界にぶつかるであろう。これはフレーム問題とも呼ばれてきた。まして無限定な環境に対応することは不可能である。たとえば、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を考えれば、このような限界がすでに現実のものとなっていることが容易に理解できるであろう。

では、なぜこのような限界にぶつかるのであろうか。それは従来型のシステムにおいては、システムと環境を分離し、環境のモデルをシステム内部に表現するという表象主義が基盤にあったからである。これでは複雑な環境におかれたシステムが、複雑な内部モデル表現を持たねばならないことは自明であろう。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、その限界を克服し、無限定な複雑さに対応できるシステムを構築することがいま求められている。

ここで無限定な状況に対処するシステムの例を考察してみよう。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。このような極限の状態が無限定であることは容易に想像がつくであろう。たった一度のミスで生死が決まる場において、システムの状態を前もって定義することはできないし、その状態遷移を確率的に定義することも不可能である。では、どのような対応がなされてきたのであろうか。

戦国時代までの兵法の中心は、敵を自他分離的にとらえ、得意技で一方的に勝つ武術としての殺人刀（さつにんとう）であった。これに対して柳生新陰流では、敵を自他非分離にとらえ、その敵と場を共有した上で、場の拘束条件としてのシナリオ生成で敵に勝つことが実現されてきた。つまり自己に勝つことにおいて敵に勝つのである。これを活人剣（かつにんけん）という。これは無限定な状況においても、必ず敵に勝つことができる剣術であると言われている<sup>(2)</sup>。

無限定な状況を自他分離的にとらえている限りでは、環境は無限定なままである。しかし、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には場が自己組織され、結果的に無限定な環境の自由度が圧縮されることになる。そして、このような場を拘束条件としてシナリオを創出し環境変動を予測するのである。たとえば隙を作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、それによって相手と共に運動の自由度を圧縮した上で、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。このように自他非分離システムであることが無限定性に対処するうえで本質的に重要である。

この基本的構造は図1のようにまとめられる。まず、個としてのシステムは、個の集団としての環境との間に相互作用を介して場を生成する。次に、個々のシステムはその場を拘束条件としてシナリオを生成する。そして、そのシナリオに基づいて個が場に作用し再び場を変化させる。このような場を介する自己言及プロセスを介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のである。これは場の自己言及といい、自他非分離システムの基本的な構造であり、しかも生命システムに広く観察される普遍的なダイナミクスである<sup>(2)</sup>。

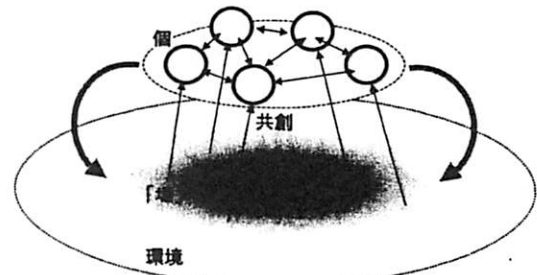


図1 共創システム

このように無限定な状況において、場の生成を介して、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。これは生命システムにおけるコミュニケーションの基礎的モデルであり、場的な相互予測システムということもできる<sup>(3)(4)</sup>。これは安心感を創出するための信じられるシステムにとって不可欠な構造である。

### 3 未来を共創するシステム

このような場を介する自己言及的な予測という問題提起が、メタファーを越えて実質的に意味を持つためには、一つの明白な心理学的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、認知的にとらえられる時間の間に存在するズレである。これは運動系と認知系のダイナミックな連関によって生み出される「いま」という予測的な時間感覚への入口にもなっている。

我々は同期タッピング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音刺激に同期させてボタンを押すタスクであり、被験者にはできるだけ音のタイミングに合わせて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同調関係の間にズレ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の出るタイミングと異なっている。しかも指の運動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ズレが存在することを意味している。さらに、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、認知的な「いま」が創出されることを示唆している。そして、この認知的な「いま」が運動制御を介して再び身体的場の生成に作用していることも予想される。しかも、この「いま」は点ではなく、未来の方向に向かって拡がりを持つ幅のある時間領域であることもわかる。

このように共創というシステムにおいては、認知的に意味づけられた領域だけではなく、それを包摂する身体的相互作用の場を同時に考慮することが重要である。これは場の自己言及における二重性とよばれる<sup>(2)</sup>。

この実験において、我々は、ワーキングメモリが負の非

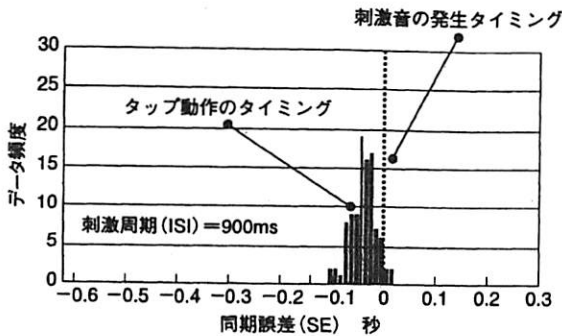


図2 負の非同期現象

同期現象に及ぼす影響を評価することで、認知される時間と身体化される時間を分離し、それらの相互関係を解析することを進めている<sup>(9)(6)</sup>。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を計測した。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有無によって、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のである。つまり、ワーキングメモリから影響を受けない自動的(身体的)タイミング機構と、影響を受ける認知的機構が共存していることが示されている。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予測システムの存在を強く示唆するものである。

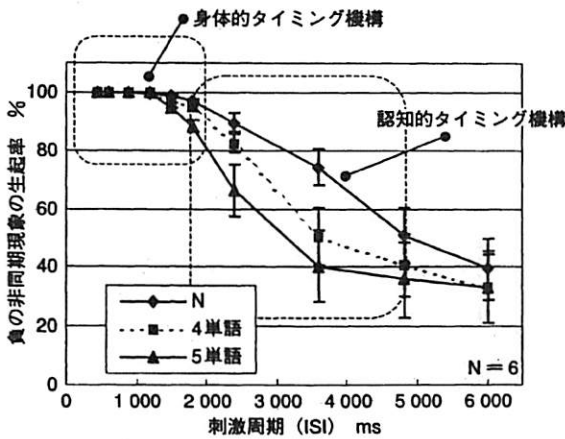


図3 二重化されたタイミング機構

そこで、それぞれのタイミング機構を分離し同期誤差の時系列解析を行ったところ、前者の身体的機構は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。つまり力学系としても二重化されていることが明らかになったのである<sup>(7)</sup>。さらに、それぞれの過程における脳活動のイメージングを行ったところ、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も示されつつある。

このような知見に基づいて、現状では、2人の被験者間での協調タッピングについて時系列解析モデル推定を行っている<sup>(4)</sup>。この実験課題は、一方の被験者のタップが音刺激として他方の被験者に伝えられるクロスフィードバック系として構成されている。ここでは上記の二重化さ

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おり、相互予測に基づく「いま」という時間感覚の共有過程が明らかにされつつある。一方は引込み(エントレンメント)を中心とするリアルタイム性の強い相互作用であり、もう一方は履歴性の強い相互作用である。前者が身体的機構に対応し、後者が認知的機構に対応する。このように協調タッピングへ拡張することで、未来としての場を共有しつつ「いま」を共創するシステムを構築できるものと期待している。

さらに上記のモデルに基づいて共創型インタフェースの開発にも取り組んでいる。特に、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。これは上記の協調タッピングを歩行運動に拡張した形式になっている。これはウォークメイト(Walk-Mate)と呼ばれるシステムであり、二重化されたタイミング機構によって歩行のタイミングを相互適応させる中で、「いま」という時間を共有させるシステムである<sup>(9)(10)</sup>。



図4 共創型インタフェース

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テーションにおける臨床的有効性の評価も進行中である<sup>(11)</sup>。これ以外にも対話コミュニケーションにおける「間(ま)」の解析<sup>(12)</sup>や、音楽アンサンブル支援システムの開発<sup>(13)</sup>など、さまざまな応用への取組みがなされている。



## 社会から期待される共創

このような基礎的研究で明らかにされたことは、「いま」という時間感覚は揺らぎを持っており、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。

したがって、人間の集団において相互に協力し合うことが可能であるとすれば、この創出される「いま」が共創されなければならない。そのためには場の共有が不可欠である。この場を共有できるからこそ、ひとびとが未来のシナリオを共有し、互いに信頼し安心して生活という即興劇を演じることができるのである。この構造は、社会的コミュニケーションにおける安心感や信頼感の創出など、多くの共創的局面に適用することが期待される。

結局、これまでのように自他分離型システムに基づいて

社会システムの安全性を高めることは、ひとびとの不安をあおることになっているのかもしれない。いくら分厚い危機管理マニュアルを作成したところで、想定外の事態は必ず生じるからである。これは基本的に人を信じない不信感に基づくシステムであり、その延長上に安心はないであろう。一方、自他非分離システムとしての共創の立場は、それとは完全に逆である。場を介して無限定性を抑制し信頼感を高めることで安心を実現するのである。

実際、共創という在り方には、社会の多方面から関心が寄せられている。たとえば Google 検索に共創という言葉をかけると、ヒット数が 28 万件も現れるほどの状況である。この背景には、社会の信頼性や安全性を脅かす無限定な事態が、家庭、学校、会社など身近な領域で頻発していることが挙げられる。そして、その出口が見えない漠然とした不安感の中で、新しいパラダイムを模索する気持ちがはたらいっているのであろう。

確かに現代社会ではさまざまなシステムが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弱体化し、コミュニケーションの場としてのコンテキストが共有できにくくなっている。この帰結として、場よりも個を重視する力の論理が優先され、共創よりも競争が蔓延しているのである。ドラ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、社会システム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限定なシステムになってしまうからである。

## 5 自他分離を越えて

では、このような状況の生じた原因はどこにあるのだろうか。そして共創システムには何ができるのであろうか。まず原因の側からたどってみよう。そうすると近代の合理主義あるいは科学という知に到達するように思われる。確かに、近代の社会的発展を支えてきたのは科学と、その応用としての技術であり、それらは多くの福音をもたらしてくれた。しかし、その輝きが強まれば強まるほど、それと同時に生じる影の部分からも目をそらすわけにはゆかない。

科学という在り方の基盤には自他の分離がある。科学は、存在の問題を排除するために、すでに存在していることが確実と思われる客観的なものだけを研究対象として限定したのである。こうして存在という自己言及の問題に触れないことによって、科学の自他分離的な研究法が確立された。しかし、これは客観性という衣装をまといつつも、その裏側には対象の存在を疑わない姿勢、つまり自己の絶対性を前提にしているのである。つまり、自己が一方的に他者を決めるという意味において、科学という知は力の論理に基づいていると言えるであろう。力によって世界を支配するという考え方である。このような信念は、システム論においては制御という在り方に対応する。制御する側と制御される側に分離し、意のままに対象を操るということである。ここに共創はない。

力を志向する科学技術は、ひとびとの生活にも浸透しつつあり、近年ではコミュニケーションや社会制度に関わる領域での拡張が著しい。たとえばインターネットのような IT メディアは急速に整備されつつあり、その上で展開する

e コマースや e ガバメントなど、過剰ともいえる社会の自他分離的システム化が進行しつつある。これらのシステムは客観的な記号化された情報を共有する上では大きい可能性を秘めているメディアであるが、一方において情報を統合し創造するための場づくりの技術、つまり人と人をつなぐ自他非分離の技術としてはどれほど有効であろうか。

結局、我々は科学という信念にとらわれ過ぎているのであろう。この自他分離という立場にとどまる限り、環境は常にシステムの外側に位置することになってしまう。これは自己を創出する場そのものをなくしてしまうことと同義である。そして、我々は無限定な世界に放り出されてしまうのである。場という衣をはがされた裸の個であり、未来を共創することのできない無秩序な集団である。このような状況の中で、人を信じられることや人と共存できることに基づく社会的安心が求められている。ここに自他非分離の場づくりを志向する共創システムの必然性がある。

## 6 おわりに

社会における場が弱体化し無限定化する中で、生活の現場から安心や安全を回復するための変革が生じつつある。その中で、社会的な共創を可能にする新しいシステムが求められている。システムと環境を分離することではじめて成立する自他分離型システムの限界に、ひとびとが気づき始めているのであろう。そして、このような大きな流れの中で、共創という自他非分離な在り方を介して、システムと環境の関係は新たなステージに踏み込むことになるであろう。それが生命としての共創システムである。

最後になったが、共創システムはまだ生まれたばかりの研究領域である<sup>(4)</sup>。このような人間と社会の場づくりを志向するシステム論と技術の将来に、今後ともご理解とご支援をいただければ幸いである。

(原稿受付 2006 年 2 月 8 日)

### ●文 献

- (1) 清水 博, 新版 生命と場所 創造する生命の原理, (1999), NTT 出版.
- (2) 清水 博, 生命知としての場の論理, (1996), 中公新書.
- (3) 清水 博・久米是志・三輪敬之・三宅美博, 場と共創, (2000), NTT 出版.
- (4) 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), (2004), 78-108, 培風館.
- (5) Miyake, Y., Onishi, Y. and Poppel, E., Two Types of Anticipation in Synchronous Tapping, *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, 64 (2004), 415-426.
- (6) 三宅美博・大西洋平・エルンスト・ベッセル, 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誌, 38-12 (2002), 1114-1122.
- (7) 小松知章・三宅美博, 同期タッピング課題における非同期的な時間発展, 計測自動制御学会論文誌, 41-8 (2005), 518-526.
- (8) 今 貴・三宅美博, 協同タッピングにおける相互同期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, 7-4 (2005), 61-70.
- (9) 三宅美博・宮川 逸・田村幸雄, 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誌, 37-11 (2001), 1087-1096.
- (10) 武藤 剛・三宅美博, 人間-人間協調歩行系における共創出プロセスの解析, 計測自動制御学会論文誌, 40-5 (2004), 554-562.
- (11) 高梨善也・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誌, 39-1 (2003), 74-81.
- (12) 三宅美博・辰日勇臣・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誌, 40-6 (2004), 670-678.
- (13) 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誌, 41-8 (2005), 702-711.
- (14) 計測自動制御学会・共創システム部会, <http://www.co-creation.jp>