

## 《小特集》

生命的設計原理としての「場所」<sup>1)</sup>

三宅美博\*

**ABSTRACT** Design principle from internal viewpoint is proposed as "Basho." Based on this framework, conventional design in artificial system is regarded as that of external viewpoint. In this report, this new approach is tried to realize in human-robot cooperation system.

## 1. はじめに

「生きる」ということは「生かされる」ということである。両者が分けられない関係として相互に関わり合っているところに生命の本質がある。生きているわたしとの関わりをとおして生成する現在として、世界におけるわたしが生まれてくるのである。つまり、わたしはわたしだけの生を生きているのではない。わたしは他者との出会いの中で時々刻々と生成され続けているのである。このような生命(わたし)の内側からみた関係的、生成的、そして開かれた世界の在り方を「場所」と呼ぶことにする。本レポートでは、このような視点から、現代社会における人間と人工システムの関係を探えなおし、さらに人工システムに対して人間が「設計する」という態度そのものを捉えなおしてみたいと思う。

## 2. 「場所」について

## 2.1 出会い

なぜわたしは「場所」に関心を持つようになったのか。それは、わたしがわたしという生命の自律性を理解したいと強く思っていたことが大きいと思う。そして、それを科学的に解析し表現するために生物学からスタートした。最初の研究テーマは、粘菌の走性をモデル系として、その情報統合メカニズムを実験的に調べることであった。そして、それを通して自律性の問題に接近したいと思った。ただし、そのアプローチは客観的でなければならず、わたしと対象としての生物

は分離され、対象への関与を最大限排除するように求められた。研究成果として格別の評価を受ける論文を書けたわけではない。しかし、そのころに得た最大の収穫は、「これが自律性だ! と発見したとたんに、それは単なるアルゴリズムになってしまう」という根本的な矛盾に気づいたことだったと思う。なぜ、その仕組みを発見し記述することによって生命は命を失ってしまうのか? これは、自律性という生成的現象を前にしたとき、対象として外側から捉え表現する方法の限界を如実に示しているように思われた。しかし、その当時、この問題にどのように切り込めばいいのかわからず、ただただ悩んでいただけだった。

ちょうどその頃、わたしの所属が工学系に移動したことから、技術的アプローチに段々と関心が向かった。そこには「設計」と「使用」という人間に開かれた表現方法があった。この行為的な表現が、科学としての生物学における閉塞感との大きい違いだった。科学における人間の位置は観察者だから、人間と切り離れた形で対象それ自体に関する理論やモデルを構築することを目指す。しかし、技術における人間の位置は設計者であり使用者であり、人間と人工システムの出会いの「場所」を無視してそのシステムを語ることはできない。それは言い換えれば、技術は意味や機能が生成する生命としての世界に根ざしているということである。つまり、自律性とは何かを観察者として外側から記述するのではなく、設計し使用するという人間と対象を分けない行為的サイクルのなかで生成的に表現することが可能ではないかと考えたのである。つまり、生命(わたし)の内側からしか生命的生成の問題にはアプローチし得ないということになる。

わたしが観察者として振舞うから、自律性が閉じてしまうのである。「場所」という立場から見れば、これは対象の属性として閉じているのではなく、観察者

"Basho" as Design Principle. By Yoshihiro Miyake (Dept. of Computational Intelligence and Systems Science, Interdisciplinary Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology).

\*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

という切離され閉じた枠組みの中から対象を捉えようとすることに起因している。つまり、原因はこちらからの関わりかたの中にあるということである。そこで、わたしは、行為的に関わることによって生命（わたし）の内側から自律性を表現することの重要性を考え始めた。そのような内側からの視点に立つと、生命（わたし）は急に開かれて見えてくる。言い方をかえれば、生命（わたし）を自己不完結であるがゆえに絶対的に開かれており、「場所」という在り方を通して関係生成的に規定されるということになる。これは視点の外から内への根本的な転換であった。ここに行為的表現としての技術に基づき、そこから自律性という生成の問題にアクセスすることがスタートした。本レポートで設計の問題を取り上げるのも、このようなわたしの歴史性からである。

## 2.2 「場所」という在り方

ここで「場所」の基本的な論理形式について簡単にまとめておこう。ここまでの説明からも明らかのように、「場所」とは生命（わたし）の内側からみたときの、関係的、生成的、そして開かれた世界の在り方である。重要なことは、意識に現れてくる対象化された実在物として世界を捉えるのではないということである。むしろ、その意識という自他分離的な在り方を可能たらしめている、その生成プロセスにおける自他非分離的な在り方を含めた論理形式を模索しているのである。このような立場に立つと、対象を認識し対象を制御するという基本的フレームワークさえ捨象しなければならない。むしろわれわれにとって可能であるのは関係の生成だけである。そのこと自体が認識であり制御であり、さらには自己の生成なのである。したがって関係を生成できない領域はわたしにとって存在しない意味づけられていない世界ということになる。ここに生命としてのわたしが開かれることを運命づけられている基盤があり自己不完結であるということの根拠がある。すべては生命（わたし）における不可能を認めることから始まるのである。

この問題は自己の在り方に関する問いでもある。木村がしばしば引用するキルケゴールの言葉「関係が関係に關係する」は、このことをよく言い当てている<sup>2)</sup>。ただしここで言われている関係は実体的な意味での関係ではなく極めて生成的なものとして捉えなければならない。これは清水の言葉を用いれば「場所的自己言及」というかたちで簡潔に表現することが可能である<sup>3)</sup>。そこで、ここでは清水の自己言及とその「2中心モデル」いう切り口を参考にして、わたしの視点か

らこの問題の論理形式を整理しておきたい。その場合、生命（わたし）をその内側から捉えることがすべてのスタートである。ここさえクリアされればすべてのことが自然と理解されてくる。ただ注意しておきたいことは、内側からみているかのような外側からの視点とは明確な区別をしておくことが重要であるということである。いま直面している問題を、たとえば部分情報問題や不完全情報問題として捉えてしまえば、結果的に外側から見ていることと何ら差がなくなってしまう。生成的に世界を捉えるということは、徹底的に内側立つということである。わたしという自己の在り方にまで立ち帰ってすべてを捉えなおしてみることによって、はじめて開かれた生成的な世界が出現してくる。

自己言及という自己の在り方は常識的にはパラドックスという問題につながる。形式論理学におけるクレタ人の嘘つきパラドックスは非常に有名である。そのため自己言及には否定的な意味が付与され、解消されるべきものとして位置づけられてきた。これはヒルベルトの形式主義などにその典型を見ることができ。また、ゲーデルの不完全性定理のように、形式の中に徹底して内在することでそのパラドックスを暴き、逆にその積極的な意味に目をむけさせる取り組みもあった。しかし、内側からの視点に立てば、このような問題すら疑似問題であることが明らかになる。なぜならば、形式論理自体が対象化された外側からみた世界の問題だからである。言い方をかえれば、自己言及を対象化し実体化するから形式的パラドックスを引き起こすのである。だからこそ、ここでは「場所」における行為的な関係生成としての内側からみた自己言及の重要性を訴えているのである。このような立場を誤解されると本レポートのすべての議論が不毛のものとなる。

以下では生成の論理形成として、自己言及における2中心モデルを考えることにしよう。ただし、ここでいうモデルとは対象としてのモデルではない。自己不完結であるわたしが「場所」における自己言及を通して、行為的にわたしを理解する上での、道具としてのモデルであることに注意しなければならない。このような前提を踏まえた上であれば、わたしの視点から以下のような説明をすることが可能である。

まず、すべてに先立つ前提は自己不完結性である。ただし、この自己不完結性とは確率的な意味での不確定性ではないことに注意する必要がある。確率とは、あらかじめ事象の集合が規定された後に成立する測度

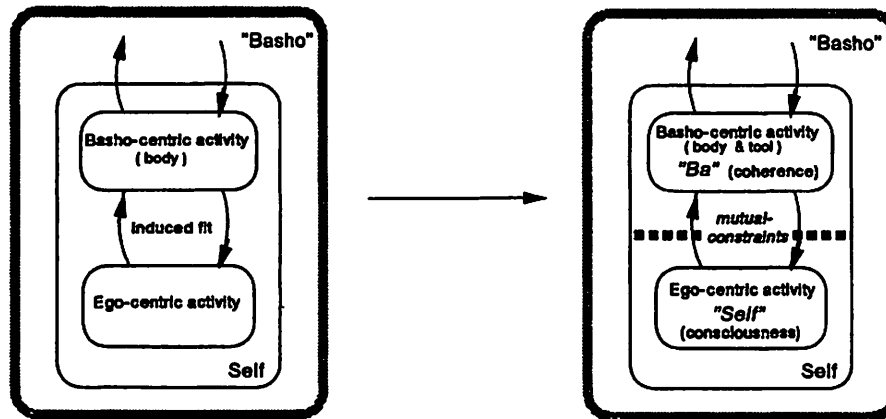


図1 場所の2中心モデル

であり、対象化された世界をベースにしている。少なくとも完結した論理的閉包から生成の可能性がないことは明らかだろう。ここでいう自己不完結とは、意識化される世界における「自己」を生成するはたらきとしての自己中心的是たらきにおいて、その自己生成をそれ自身だけでは規定できないということを意味している。したがって、この自己不完結性を限定して自己を生成させるには何らかの拘束条件が必要になる。これを生成させるはたらきを場所中心的是たらきと呼ぶことにする。ここに2中心モデルの必然性がある。つまり、2中心モデルの本質は、自己中心的是たらきとして意識化される世界の内側だけでは自己は生成できないということである。そして、世界の内側における全ての知的体系は自己分離形式としての主語論理ではないのであって、生成のためには世界を包摂する場所に対する論理形成としての述語論理が必要であるということである。そして、この場所中心的是たらきが可能になるためには、場所中心的是たらきが開かれる必要があり、それは「身体」とおして達成されることになる。その意味で場所中心的是たらきとは「身体」のはたらきのことであり、世界における自己にとっての世界の外側としての他者との行為的な関わり合いを可能にする、一種の道具としてのはたらきである。ただし、ここでいう「身体」とは内側からみた身体ということであり、対象化された物体としての身体ではないことに注意しなければならない。そして、この「身体」が、他者との行為的な関わりの中かで身体的コヒーレンスを生成することが場所中心的是たらきにおいて「場」を生成することになる。そして、これらの自己

中心的是たらきと場所中心的是たらきという2つの異なる論理のあいだでの相互言及として自己言及サイクルが構成される。この循環的ダイナミクスを相互誘導合致と呼び、その結果として、これら2つの中心のあいだに境界が生成することが可能となる。それは自己中心的是たらき側からみたときの「自己」の生成の拘束条件ということであり、さらに、それは場所中心的是たらき側からみたときの「場」の生成の拘束条件ということになる。つまり、2中心のあいだにおける境界としての拘束条件は「相互拘束条件」と呼び得るものである。これを図1にまとめておく。このとき、誘導合致をとおして拘束条件の生成の仕方を規定するルールが当然必要であり、それを「ルール生成ルール」と呼ぶ。そして、これが生成する「自己」としての多様性とその共有される基底としての統合性を可能にする普遍性を持つと仮定する。

### 3. 設計という問題の中で

#### 3.1 「場」における設計

ここでは設計という問題を「場所」としての在り方から捉えなおしてみよう。一般に、工学において設計するということは人工システムに対して設計者が全ての情報を観測可能であり制御可能であることと見做される。このような立場は吉川の一般設計学をはじめ暗黙の前提として受け入れられているように思われる<sup>4)</sup>。しかし、神としての設計者とその設計対象という自他分離的な態度の中からは、何ものも生成しえないことはこれまでの説明からも自明であろう。設計が論理的オペレーションを越えて生成、さらには創造と呼ばれ

る領域に到達するためには、「設計する」ということは「設計される」ことであることを深く捉える必要がある。人間が「場所」という在り方を通してしか他者と出会えないのであるとすれば、これは必然的な要請である。同じ意味において「使用する」ということと「使用される」ことを分けることもできないと思われる。これらの背景にあるのは、人間における自己不完結性である。もし、人間が完全であれば創造は必要ないものである。最初から完全なるものを作成できるから。つまり、創造という意味で設計を捉えるということは、人間における不可能ということ認めることである。原理的な不可能を背負いつつも歩み続けるしかない人間の営みを認めることである。このような意味において、「創造的世界の創造的要素として制作的・創造的なる所に、我々の真の自己というものがあるのである。」という、西田の言葉の意味を深く噛みしめる必要があるだろう<sup>9)</sup>。

「場所」における設計ということをもう少し考えてみよう。設計という以上何らかの目的を人工システムに対して仮定する必要があると思うことは当然だろう。しかし、よく考えてみると、目的をあらかじめ設定するということが自分が人間と人工システムのあいだでの自他分離的な世界に根ざしていることがわかる。したがって、システムにあらかじめ目的を持たせるか否かという問いは、システムが人間と自他分離的に定義されるのか否かという問いにはほぼ等しくなる。つまり、通常の意味における設計とは、ここで主張しようとしている「場所」という在り方と基本的に相入れないのである。したがって、本レポートの最初にも述べたように、設計するという態度そのものを捉えなおさなければいけないということになる。それは、目的をあらかじめ規定しない設計とは何かを問うことであり、さらに、自己不完結性を前提とした設計とは何かを問うことである。ここからすべてを考え始める必要があるだろう。

この問題に対処する上での重要なヒントが「道具」という身体化された人工システムにあると思われる。ただし、道具と設計者によって設計されていることは間違いない。では、どのようにこの問題に対応しているのだろうか。ポイントは、その中に人間が入って身体的に関わることによって、はじめて人間にとって完結されるシステムになるということである。先にも説明したように、「場所」という在り方においては自己中心的是たらきの自己不完結性が根幹にある。それを完結させるための場所中心的是たらきを実現する

ために身体が用いられる。身体とは他者に出会うための道具である。したがって、道具が自己にとって身体化されるためには、誘導合致を経て道具が身体化された領域に入らなければならない。つまり、道具は設計者にとっても使用者にとっても、もともと他者なのだ。それが結果として身体化され道具になるのである。したがって、道具において目的は規定されるのではなく人間との関係において生成する。しかも、身体であるという意味で、他者に対して常に開かれつつづけている。このような形で設計を捉え直すことは、論理的完結性が前提される現状の設計原理からの本質的な転換になるだろう。そして、このような不完結性を前提としてはじめて設計者と使用者が道具をとおして「場」を共有できる可能性が生じる。そこでは「設計」ということと「使用」ということを分けることは意味をなさないように思われる。

非常に簡単な例として、一本の包丁があったとする。この包丁はそれ自体では明確な目的をもたない。それを使う人間との関係において初めて目的が規定される。そして、人間の身体の一部となることで、実に様々な機能を生成してくれる。切る、刻む、砕く、さらには武器としての使用すら可能である。包丁そのものは決して生成的ではない。しかし、それを人間が使用することによって、その人間にとっての世界が生成している。そして使う人を育ててくれる。包丁を作った人間は、その包丁を使う人間における生成を記述してはいない。しかし、その設計者が内的に体験したであろう生成的世界を、その使用者は疑似的に追体験できている。さらに、新しい使用方法を使用者自身が発見することで、その使用者は設計者としてすらその包丁と関わるのが可能になっている。こういうかたちで生成の局面を行為的に表現することが、人工システムを設計するという局面において有効ではないかということである。このようなアプローチは、アートに近いものである。しかし、これが論理を捨象した単なる過去への回帰であってはならない。

### 3.2 設計における現況

このような目で見たと、現状での人工システムの設計はどうなっているだろう。人工システムはもともと道具という形態の「場所」的システムであったと考えられる。たとえば上記の包丁などがその典型例である。しかし、最近になって知能が付きはじめ、身体から遊離したものとして機能が突的に規定されるようになった。ともすると人工システムにおける近年の知能化の流れのなかで、このような基本的な視点が失

われかかっており、知能化が身体化と逆行する方向性ではないかと思われる。たとえば、コンピュータソフトやAV機器などにおける多機能化という進み方である。ノーマンの誰のためのデザインという本にはこのような多くの例が取り上げられている<sup>9)</sup>。これらの人工システムはわれわれにとって本当に使いやすいのであろうか。ほんとうに信頼できるものだろうか。むしろ昔ながらの道具にあたたかさを感じるのは、わたしだけではないだろう。今こそ、人間にとって人工システムとは何のためのものであるかを深く捉えなおさなければならない。

これまでの人工システム、特に知的システムにおいて用いられてきた設計方法は以下のようにまとめられるだろう。それは、まず最初に、設計者がシステムと環境を分離した上で、環境のとりうる状態とシステムの応答に関する事象の集合を規定する。そして、次に、それらの間での写像関係を規定するアルゴリズムあるいはモデルを導入し、さらにそれを評価する測定を規定することによって明示的にシステムの機能を構築するのである。たとえば、人工知能研究におけるエキスパート・システムがその一例として適切だろう。しかし、このような知識ベースのアプローチは結果的に行き詰まってしまった。その原因として、小林の意見によれば、モデルとして組み込まれるべき知識を設計者自身があらかじめ持っていないという発見があったという<sup>7)</sup>。このことは非常に示唆的である。つまり人間は設計と使用を繰り返しながら「場所」において情報を生成しているにも関わらず、これまでの設計原理はあらかじめ完全な情報を要求するのである。

このような自他分離的な設計方法が優先されてきた背景には大量生産という経済形態があり、その結果として、設計者と使用者の乖離という一種の「場所」の破壊が進行してしまっただと考えられる。設計者側は、機械の論理としての知能性にもとづいて外側からシステムを構築していく。一方、使用者はふつうの人間であるから、生命の論理としての身体性にもとづいて内側から対応する。したがって、必然的にインターフェースに矛盾が集中する。設計者側では、使用者からの多様な要求にこたえるために例外処理が際限なく増えて行き、その一方で、使用者側は、そのためにシステムが複雑すぎて使いこなせなくなる。そして、分厚くて読みきれないソフトウェアのマニュアルやボタンが山のようにあるビデオリモコンなどが出現することになる。そして、このような設計思想が社会の基盤を支える人工システムにも広く用いられ、巨大システム

のブラックボックス化と随弱化は現代社会の切実な問題である。さらに、これらの人工物環境が人間のところに及ぼす影響を考えたとき、これはもはや社会的病理と呼びうる状況に至っていると考えられる。

もし、このまま放置したらどのようなことが起こるであろうか。おそらく人工システムと使用者の関係も外側から規定される関係になると思われる。つまり、人工システムに対して受け身にしか対応できない受動的な人間が増えてくるものと予想される。言い換えれば、人工物環境によって人間の創造性が蝕まれるということである。これは社会設計の問題でもあるだろう。したがって、一番重要なことは、インターフェースではなく設計原理そのものに対する視点である。つまり、対象として外側から人工システムを捉えるからインターフェースが出現するのである。その意味でインターフェースの問題とは一種の疑似問題である。重要なことは、人間との関係において機能を生成するものとして人工システムを位置づけるということになる。したがって、人工システムの設計原理を生命的な生成の原理に近づける必要がある。そして、このような「場所」に支えられた人工物環境においてはじめて、人間を育ててくれる人工システムとなることが可能になる。そして創造性を育ててくれるのである。これは、人工システムと人間の関係における「場所」の回復ということである。

#### 4. 「場所」的設計へむけて

##### 4.1 できることとできないこと

では、「場所」的設計という立場に立ったとき、われわれにとって何をすることが意味をもつのだろうか。設計者と使用者が一致している場合には問題はないが、異なる設計者と使用者のあいだではどうすれば道具としての人工システムを共有できるのだろうか。この問題の根幹には、内側からの視点と外側からの視点の対立がある。つまり、内側からの視点と内側からの視点の外側からの表現は異なるカテゴリーの問題として捉えられなければならないということである。そして、両者を混同することが問題の本質を最も隠蔽してしまうことになるだろう。そして、このような原理的な不可能を認めた上で、どうすれば内側から「場所」を共有できるのかという問題に取り組みねばならない。ここで、わたしは不完結性設計の一形態としての「自己言及的設計」を提案したい。

そして、わたしは自己言及モデルの自己言及的構築をとおして、設計原理としての「場所」を理解し表現

することをめざしたい。しかし、上にも述べたように、内側からみた自己言及と自己言及モデルは本質的に異なるカテゴリーに属するものであるから、自己言及モデルの構築を自己言及的に行なうしか方法がない。つまり、道具としての自己言及モデルを使用することによって他者と出会い、それを身体化することによって新たな道具としての自己言及モデルを獲得するという自己言及サイクルを実践することである。さらに、この自己言及モデルと自己言及的に関わることでできる使用者がこの自己言及モデルを理解できる可能性がある。したがって、結論としては「自己言及モデルを自己言及的に構成する」という形式において道具としての自己言及モデルを設計し設計されるということになる。そして、このようなアプローチがわれわれにおける可能性の限界である。

これは大きくわけて2つのプロセスから構成される。ひとつは、わたしの自己中心的はたらきが場所中心的はたらきの拘束条件としての人工システムという形で内的自己言及を外的に表現することである。これは、自己中心的はたらきから場所中心的はたらきへの作用に対応する。もうひとつは、その結果、自己言及モデルとしての人工システムが身体化されることによって自己中心的はたらきの拘束条件を生成することである。これは、場所中心的はたらきから自己中心的はたらきへの作用に対応する。そして、両プロセスを自己言及的に実践するところに設計原理としての「場所」の特徴がある。そして、この自己言及サイクルが、普遍的なルール生成ルールによって規定されていることが、他者との出会いを可能にさせてくれると考えられる。このような意味で、設計者と使用者の関係においても自己言及をとおして「場」を共有することによって、道具を共有できるようになる。このようなプロセスを経て生成される人工システムは、設計することによって自分を育ててくれ、使用することによって自分を育ててくれる人工システムとなることが期待される。

わたしの場合、このような自己言及的設計は、人間(わたし)と共存するロボットの構築の中で実行されている。前者のプロセスとしては群ロボットにおける自己言及モデルとして、後者のプロセスとしては人間(わたし)とその群ロボットの共存系における「場」の生成として研究を行なっている。そして、両方のプロセスを連続され、わたしの自己言及サイクルとして実践している。自己言及とは、わたしから他者への関わり方の問題であるから原理的にはこれで充分である

と考えられる。しかし、わたしの場合は、内省だけに頼るのではなく実際の生物の観察をとおして自己言及モデルへアクセスするアプローチも採用している。それは、道具としての自己言及モデルの構築が、このアプローチの最重要課題となるからである。一般的な意味において、わたしがわたしの自己言及を対象化して捉えることは誤謬を伴いやすい。そこで、わたしの自己言及のメタファーとして生物において観察される現象の解析を通して、自己言及を対象としてモデル化することが有効である。具体的には、これまでのわたしの歴史性から、粘菌における形態形成をモデル系として用いている。

#### 4.2 生物から学ぶこと<sup>1)</sup>

わたしは、自己言及の基本的構造をわたしのメタファーとしての生物の自己言及から学んでいる。特に、粘菌(Physarum)というアメーバ状生物の走性における環境適応的な形態形成に注目している。粘菌では、図2に示すように、その一部分に刺激が与えられると、それによって形態が再構築される。つまり、個体の各部分の機能はあらかじめ固定されておらず、しかも、その部分の状況だけで規定されるのではないのである。したがって、それらのグローバルな相互関係がリアルタイムに生成される必要がある。このことから、粘菌を構成する各部分は一種の自己不完結な状況におかれており、その不完結性を限定するために「場」を生成し自己言及的に自己設計していると解釈することが可能である。

そこで、このプロセスを実験的に解析してみた。その結果として、以下のような説明が可能である。まず、この生物は構造的には、ゲル状の原形質からなるチューブ状の構造とその中を流れるゾル状の原形質から構成されていた。前者が外質、後者が内質とよばれる。このチューブ状の構造は軸方向に相似形であることから、これをサブシステムの集合として分散系とみなせば、各サブシステムは外質系と内質系の2つの領域から構成されることになる。外質系はゲル状であり形態としての機能表現をそのサブシステムだけで決められていないという意味で自己不完結性を有している。そして、それを限定する「場」の役割を内質系が担っていると考えられる。

このとき両者を区別して観察することによって、内質系は周期2~3分の細胞内化学リズムを有し、隣接する同様のサブシステムとの間で相互引き込みを生じさせることがわかった。これはサブシステムの持つ一種の身体性に対応している。その引き込みの結果、リ



図2 粘菌の走性

ズムのコヒーレンスとしての「場」が内質系に生成し、それが位相勾配ベクトルとして各サブシステムの外質系の形態生成を拘束した。この位相勾配は個々のサブシステムの分散システム全体の中での相対的な位置関係を表現していた。つまり、個々のサブシステムは直接的には隣接システムからの情報しか得られないが、「場」の情報としてサブシステムという部分の中に分散システム全体が映され、それに基づいてサブシステムごとに拘束条件が生成され、外質系の形態としての機能表現が限定される。このように、内質系におけるコヒーレンス生成が外質系における形態生成を時間的に先行し、しかも外質系の自己不完結性を限定するという意味において、それは一種の仮説的拘束条件の役割をはたしていると考えられる。

ただし、外質系の形態が生成されるにつれて内質系におけるコヒーレンスは一旦崩壊しはじめる。そして、その後、再びコヒーレンスの生成を開始することもわかった。そのときは、それまでに生成された外質系の構造がその内質系におけるコヒーレンス生成の拘束条件としてはたっていた。また環境はコヒーレンス生成に対して変調という形で拘束をかけている。環境が好ましい方向へ変化するときは振動数が上昇し、逆に、好ましくない方向へ変化のときは減少する。このような、外質系における形態生成と内質系におけるコヒーレンス生成が周期1~2時間程度で交互に繰り返されることによって、内質系と外質系が相互に拘束しあう構造ができていた。そして、最終的には、このような自己言及サイクルを繰り返すことによって、個々のサブシステムでは、他のサブシステムや環境との関係としての「場所」的性質と、そのサブシステム

自身の自己同一的性質の相互浸透としての相互誘導合致させ、相互拘束条件の生成がなされるものと考えられる。

このように、粘菌においては、自己不完結性を有する外質系と「場」を生成する内質系という論理レベルの異なる2中心間での自己言及サイクルが重要である。この2つの系を、自己中心的是たらきと場所中心的是たらきに対応させると、先に説明した「場所」という在り方の具体的な自己言及モデルを与えているものと見做すことが可能である。

#### 4.3 自己言及的に設計すること<sup>9),10)</sup>

一方、自己言及的に人工システムを設計するアプローチにおける自己言及モデルとしては粘菌から学んだモデルを用いている。ただし、最終的に人間との身体的な相互作用が可能な人工システムとしてのロボットという形式に注目する。そのため、粘菌のモデルにおける個々のサブシステムを個々のロボットに対応づけ、群ロボットと人間の共存系における自己言及的設計の可能性を探っている。ここで人間はロボットに対して設計者かつ使用者として関わることになる。そして、この設計プロセスを便宜上2つに分け、群ロボットにおける自己言及モデルの研究と、その群ロボットと人間(わたし)の共存系における「場」の生成の研究を連鎖させ実行している。

まず、自己言及モデルの構築では、図3のように、粘菌の形態形成との類似性から歩行ロボット群におけるその相対位置に応じたグループ編成の実現を試みた。このとき、個々のロボットは2階層からなり、一つはロボットの身体としての場所中心系であり、それは隣接するロボットの歩行リズムとの相互引き込みを

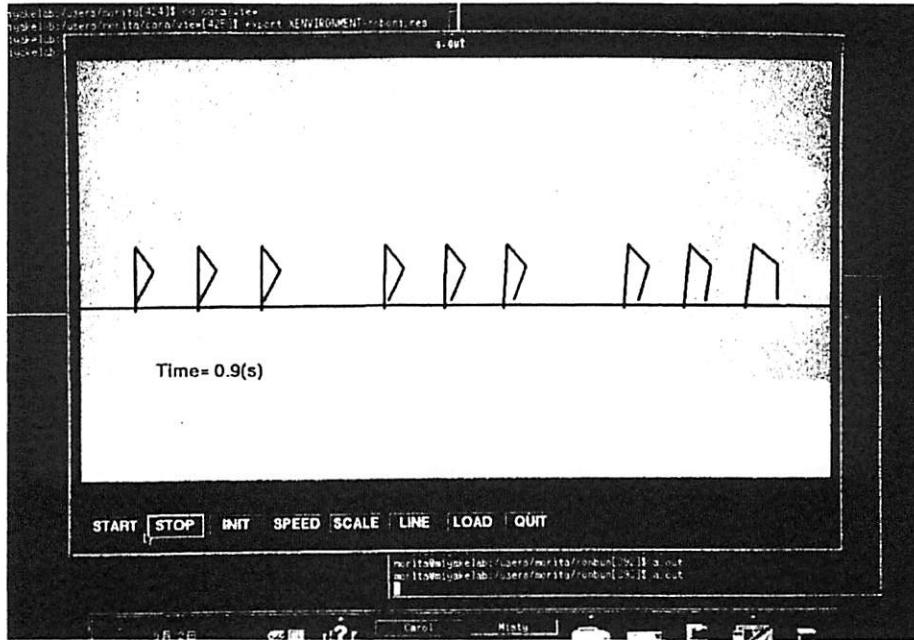


図3 群ロボット

通して身体的コヒーレンスとしての「場」を生成する。隣り合って人と歩いたときに歩行リズムが自然と同調した経験をもつ人は多いと思われるが、それに対応する身体的はたらきである。もう一方は、それとの関係から拘束条件を生成し、結果として歩行パターンを限定する自己中心系である。個々のロボットは直接的に隣接するロボットとしか相互作用しないため、それだけでは自分が集団内のどの位置にいるのかがわからず、歩行パターンの限定における一種の自己不完結性を生じてしまう。しかし、歩行リズムの相互引き込みを通してコヒーレンスとしての「場」が生成し相対位置に関する情報が得られ、それを拘束条件とすることで個々のロボットの自己中心系において歩行パターンが限定されグループ編成が可能になるのである。この自己言及モデルの特徴は、状況に応じてリアルタイムに「場」が生成されることで、たとえば、ロボット数としてのグループサイズ変更等に際しても自発的にグループ編成パターンがスケールリングされることが示された。

具体的に、ロボットの場所中心系としては、神経系と筋骨格系の相互作用を通して多様な歩行パターンを自己組織できる多足の2足歩行モデルを用いている<sup>11)</sup>。

また、この歩行リズムの相互引き込みをとおしてコヒーレンスを実現するために、ロボットの足の接地タイミングをパルス信号として、隣接ロボットの対応した神経系に入力している。一方、ロボットの自己中心系としては、隣接するロボットとの足の接地タイミングの時間差を位相勾配とみなし場所中心系に対する拘束条件を生成するはたらきとした。そのとき、位相勾配の大きさは粘菌の場合と同様、ロボット間の相対的位置関係を示す情報を表現していた。そこでこれを拘束条件として神経系定常入力を通して歩行パターン、特に歩幅を限定することによって、ロボット相互の距離を調節しグループ編成としての機能分散を実現した。

次に、人間と群ロボットの共存系における「場」の生成であるが、上記の群ロボットに人間(わたし)を参加させる必要がある。そのためには、シミュレーション的に実現されている上記のシステムと実世界の人間が相互作用することが必要である。そこで、図4のようにワークステーションを複数台用い、それぞれを1台ずつのロボットに対応させシミュレーションの実時間化を実現した。さらに、人間の歩行運動における足の接地タイミングをロボットモデルの神経系に入力し、ロボットの歩行運動における足の接地タイミング



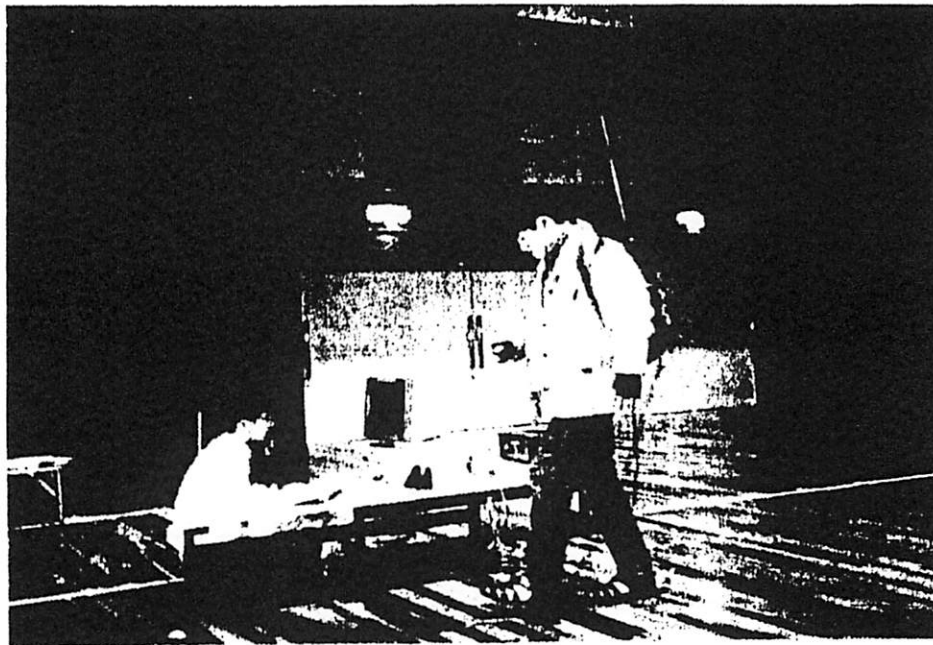
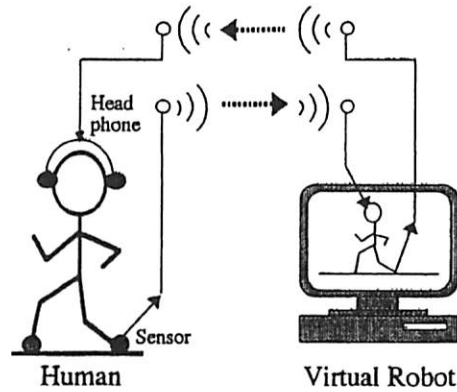


図4 人間とロボットの共存

を音として合成し、人間に聞かせた。このような実験システムを用いることで、人間は仮想空間中にシミュレートされるロボットシステムと歩行リズムを介した身体的相互作用をすることが可能になる。

この実験システムを用いて、歩行リズムを介した人間とロボット間での身体的コヒーレンスとしての「場」の生成の可能性を調べた。その結果、図5に示すように、相互作用を開始する前までは両者の固有周期が異なっている。しかし、相互作用を始めると相互引き込みが生じ、周期差が大きすぎない場合には、そのほぼ

中間的な周期で同調し位相勾配もほぼ安定に生成した。このことは人間を含む場合でもロボット側において「場」を生成できる可能性を示している。さらに人間側においても、同様の位相勾配の知覚が可能であった。したがって、上記の自己言及モデルの範疇において、人間はそのサブシステムとして参加することが可能になっていることが示された。

しかし、特に興味深いことは、この実験においてロボットといっしょに歩くことによって、ロボットに一種の感情的な愛着をもってしまおうということである。

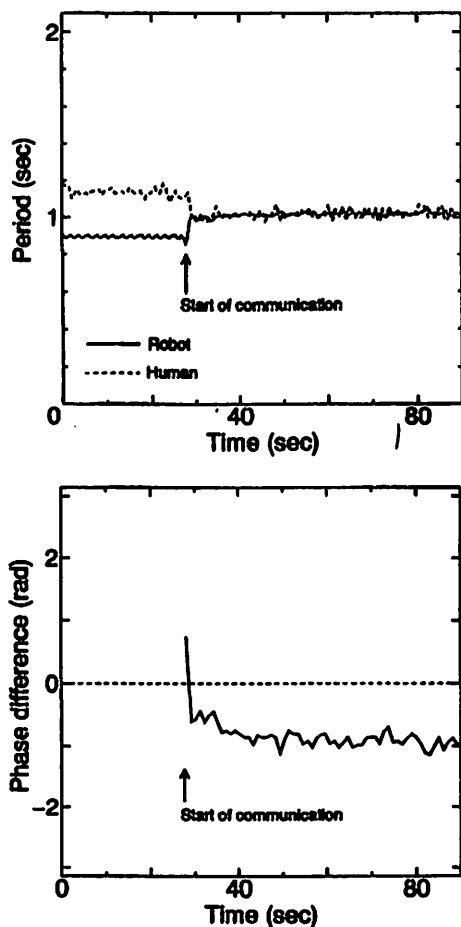


図5 身体的コヒーレンス

この実験を初めて行った時の学生である外川君は、このロボットのことをいつも「あいつ」と呼んでいたことを今でも印象深く覚えている。わたしも同じような体験をした。このことは人間（わたし）の内側において他者との出会いを可能にする「場」が生成される可能性を示唆している。そして、さらに人間が腕を曲げるなど自分の身体の構造を変えることによって人間側の歩行リズムの固有周期を変化させ、人間側から、ロボットの「場」の生成に介入することも可能になっている。このように、システムの内側から自他分離できない形で人間（わたし）が設計プロセスに関与できている。もしそうであれば、それは自己言及的設計を構成する自己言及サイクルの入口にやっと到達できたことになる。

## 5. まとめ

本レポートでは設計という問題を「場所」としての在り方から捉えなおしてみたわけであるが、設計が創造と呼ばれる領域に到達するためには、「設計する」ということは「設計される」ことであることを深く捉える必要がある。人間が「場所」という在り方を通してしか他者との出会いとしての生成の局面に立ち会えないのであるとすれば、これは必然的な要請である。これらの背景にあるのは、人間における自己不完結性である。もし、人間が完全であれば創造は必要ないからである。つまり、創造という意味で設計を捉えるということは、人間における不可能を認めることである。原理的な不可能を背負いつつも歩み続けるしかない人間の営みを認めることである。だから結果的に、設計することによって自分を育ててくれるし、使用することによって自分を育ててくれるのである。したがって、ここでは「自己言及モデルを自己言及的に構成する」という形式で設計し設計されることを提案した。そして、これを実践することに意義があるのである。結局、設計するということは使用するということであり、それは生きるということとほとんど同義である。われわれが生き生かされるのと同じ意味で道具を設計し使用するのである。

最後に、本レポートでわたしが説明したことを本当の意味で理解してもらうために、ひとつの実験を試みよう。つぎの文章は本レポートの冒頭の文章である。いま一度読んでもらいたい。全く同じ文章であるにも関わらず、この文章がしてあなたに別の世界を生成させていることがわかるだろうか？「場所」における出会いとは、そのようなものである。このような生きられる世界における設計という問題を捉えなおしてみたいのである。

「生きる」ということは「生かされる」ということである。両者が分けられない関係として相互に関わり合っているところに生命の本質がある。生きているわたしとの関わりをとおして生成する現在として、世界におけるわたしが生まれてくるのである。つまり、わたしはわたしだけの生を生きているのではない。わたしは他者との出会いの中で時々刻々と生成され続けているのである。このような生命（わたし）の内側からみた関係的、生成的、そして開かれた世界の在り方を「場所」と呼ぶことにする。本レポートでは、このような視点から、現代社会における人間と人工システムとの関係を捉えなおし、さらに人工システムに対して人

間が「設計する」という態度そのものを捉えなおしてみたいと思う。

### 謝辞

「場」に関する特集の機会を与えてくださったシミュレーション学会の方々に感謝いたします。また、この研究をこれまで支えてきてくれた金沢工大三宅研究室の多くの学生さんに感謝します。

### 参考文献

- 1) 三宅：1996年11月29日～12月3日まで「場とシントビ」日独シンポジウムが東京で開催された。ここでのレポートは、そのときの発表内容をまとめたものである。
- 2) 木村：時間と自己，中公新書（1982），心の病理を考える，岩波新書（1994）ほか
- 3) 清水：生命と場所，NTT出版（1992），生命知としての場の論理，中公新書（1996）ほか
- 4) 吉川：テクノグローブ，工業調査会（1993）
- 5) 西田：西田幾多郎全集，9巻，62頁，岩波書店（1965）
- 6) ノーマン：誰のためのデザイン？ 新曜社（1990）
- 7) 小林：私信，「創発システムを設計する」シンポジウム，大阪（1996）
- 8) Miyake, Y., Yano, M. & Shimizu, H.: Relationship between endoplasmic and ectoplasmic oscillations during chemotaxis of *Physarum polycephalum*, *Protoplasma*, 162, 175/181 (1991), Miyake, Y., Tabata, S., Murakami, H., Yano, M. & Shimizu, H.: Environment-dependent positional information field in chemotaxis of *Physarum plasmodium*, *J. Theor. Biol.*, 178, 341/353 (1996), 三宅：位置情報「場」と生命的自律性——粘菌の走性における環境適応的パターン形成——，*数理科学*，394，56/63 (1996) ほか
- 9) Miyake, Y., Taga, G., Ohto, Y., Yamaguchi, Y. & Shimizu, H.: Mutual-entrainment-based-communication-field in distributed autonomous robotic system. In: *Distributed Autonomous Robotic Systems* (Asama H., eds), Springer-Verlag, 310/321 (1994), 三宅：知的マルチエージェントの機能分散と自己言及，計測と制御，35-7, 540/544 (1996) ほか
- 10) Miyake, Y. & Shimizu, H.: Mutual entrainment based human-robot communication field. *Proc. of 3rd. IEEE Int. Workshop on Robot and Human Communication*, Nagoya, Japan, 118/123 (1994), 三宅：生命的自律性から「場」の設計へ——ヒューマンサポートロボットの構築へむけて——，*Humanistic Science*，2-4，2/6 (1996) ほか
- 11) Taga, G., Yamaguchi, Y. & Shimizu, H.: Self-organization control of bipedal locomotion by neural oscillators in unpredictable environment, *Biol. Cybern.*, 65, 147/159 (1991) ほか