

## 「生命」における設計

三宅美博 (東工大)

### Design in Life

Yoshihiro MIYAKE (Tokyo Inst. Tech.)

#### 1 はじめに

わたしがワークステーションを使い始めた頃のことを紹介しよう。はじめて計算機が搬入されたときに驚いたのは、そのマニュアルの厚さだった。まとめて80センチメートルくらいはあっただろうか。どこから読み始めていいのか全く見当もつかない始末だった。困り果ててしまったわたしはメーカーに電話してその使い方を聞いてみた。その時かえてきたのが「マニュアルを読まれましたか？ よくマニュアルをお読みになった上で再度ご連絡ください。」というマニュアル的答えだったのだ。これはコンピューター分野に限定された話ではない。むしろ、多くの人工システムにおいて、それは社会的な制度も含めて、類似の問題が発生している。この根幹には設計原理の問題があり、さらに恐ろしいのは上記の電話の対応からもわかるように、それに携わる人間の傍観者的な態度なのだ。人工システムがわれわれの生きている環境そのものであるという現状を思うとき、いまこそ設計原理が人間との関係において、そして「生命」との関係において捉えなおされなければならないのだ。ここでは、それに向けたわたしの小さな実践を紹介しよう(1)。

いまここで「生命」という言葉を使用するには理由がある。それは「生物」という対象化された生の捉え方を乗り越える必要があると考えるからである。生を対象としてわたしから切り離して捉えるから、上記の例のように、生がマニュアル化されてしまうのである。ここにこそ、「生命」という、わたしとの関係において捉えられた生の様式に注目しなければならない必然性がある。それは、わたしの内側から観た世界の生成的な在り方であり、わたしと他者との出会いを通して生成する関係の現在において、逆にその関係の内側におけるわたしが再帰的に生成される世界の在り方である。つまり、わたしは生きているのではなく、わたしは他者との出会いにおいて生き生かされ、その中でわれわれへと包摂されて行くのである。「生命」における設計とは、このようなわたしと人工システムの間で境界が生成される行為であり、わたしはわれわれに対して、そして、われわれは未来に対して、その責任を担うために境界を創ることになる。だからこそ、設計は新たな行為を生み出すための「意欲」を与えてくれるのだ。永遠に完結には至らない営みではあるが、それこそが、われわれにおいてわたしが生き生かされるということなのだ。わたしは、このような形式として現れてくる「生命」を規範として、設計するという態度そのものを捉えなおしてみようと思う。

本稿では、以下、わたしの実践をふまえた形で説明がなされていく。その意味では、ここに書かれていることは思想ではない。しかし、「生命」という在り方は、わたしとの関係において内側から生成的に世界を捉えることであるから、これは必然的であるようにも思われる。最初に、わたしがこれまで研究に用いてきた粘菌 (*Physarum*) という生物を通して「生命」という在り方の論理形式が考察されることになる。それは、メタファー的モデルとして用いられることによって、わたしの身体を介してわれわれへと「開かれた自己言及」と、その「2中心モデル」として形式化される(2)。そして、それは設計という問題を通して実践的に理解され表現されることになる。そこでは、わたしの身体を介して自己言及モデルとしての人工システムを自己言及的に設計し、その人工システムを介してわれわれにおける自己言及を実現するという設計原理が提案される。最後に、そのような原理に基づいて、わたしの研究グループが構築しつつある歩行介助ロボットを紹介する。そこでは、わたしとロボットにおいて相互適応という形式で境界の生成が体験され、さらに、その体験がわれわれにおいても共有されることを知る。

#### 2 「生命」という在り方

## 2. 1 出会い

「生命」について語るためには、まず、わたしとの出会いから語り始めなければならない。わたしの場合、「生命」という在り方に関心を持つようになったのは、自律性や主体性という生命特有の現象を理解したいと強く思っていたことが大きいと思う。わたしが最初に選んだ研究テーマは、粘菌における形態形成をモデル系として、環境からの刺激が意味的に統合されるメカニズムを調べることであった。粘菌によって意味づけられる環境とは、人間中心の視点から、生物側の視点も含めたわれわれという視点への転換をねらったものであり、自律性の問題に向けて大いなる一歩を進めるはずであった。実際、対象としての生物の情報統合プロセスにわたしが介入することによって、対象としての在り方を越えてその意味的領域に触れることをめざした。これは、ある意味で人間と生物のコミュニケーションをめざした研究であり非常に先見性があったといえる。しかし、それは科学としての生物学の中に接地されなければならなかった。その結果として、意味の問題は刺激への接近と逃避という便宜上二分された形態変化との関係において扱われることになり、それとの因果性において情報統合の仕組みが解析された。

このような実験上の境界を設定することによって、その中でいくつかのメカニズムを明らかにすることができた。しかし、そのころ得た最大の収穫は、あらかじめ設定された枠組みの中にとどまっている限り、「『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であった。わたしは、わたしと粘菌の間にいくつもの人為的な境界を設定することによって、対象としての粘菌における情報統合の仕組みを解析し表現することが可能になった。しかし、そのことがして「生命」としての粘菌からその命を奪い去ってしまったのである。科学では法則とかメカニズムという境界の内側に実体的価値がおかれている。「生命」とはその境界を越えていく行為であり、それを境界として語ることは難しい。つまり科学を境界の内にとどめるのか、あるいはその生成も含めて科学とするのかという問題である。人間の活動としての科学の在り方に注目すれば問題はないのかもしれないが、もしそうであるとすれば、科学を実践する人間はその境界の生成を含めて科学しなければならないことになる。

このような問題の入口にいた頃、わたしは所属を技術系に変えた。そこには設計と使用というわれわれ人間に開かれた表現方法があった。この行為的な「知」の在り方が、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基本的には観測者だから、あらかじめ設定された境界のもとで、わたし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めざす。しかし、技術におけるわたしの位置は設計者であり使用者であり、わたしと人工システムとの出会い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」としての在り方に根ざしているということである。つまり、自律性とは何かを境界の外側から対象として記述するのではなく、設計し使用するという行為の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。そして、このような枠組みの中でのみ、境界そのものについて語る事が可能になるように思われた。

言い換えれば、わたしが観測者として自分を境界の外側に置くから自律性が閉じてしまうのである。

「生命」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、観測者という切離された立場から対象を捉えようとするに起因している。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、行為を通して「生命」において自律性を表現することを考え始めた。そのような内側からの視点に立つと、わたしという「生命」は急に開かれてくる。わたしという「生命」の在り方に対して、わたし自身が傍観者的であり機械的でさえあり続けなければならない科学の持つ矛盾が垣間見えたような気がした。つまり、わたしは「生命」という在り方を通してしか、わたしたりえないのである。これは視点の外から内への根本的な転換であった。ここに行動的アプローチとして技術を用い、そこにおける設計という問題を通して、自律性という境界生成の問題に接近する歩みがスタートした。

## 2. 2 その論理形式

ここで「生命」という在り方の論理形式を整理しておこう。重要な点は、わたしの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、その意識という分節化され

た世界における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。以下ではその論理形式を捉えるために、粘菌という生物を通して「生命」へ接近することから始めよう。このとき粘菌は、最初に科学的研究の対象として解析される。しかし結果的に、それは視点の外側から内側への移動によって、わたしにおける「生命」のメタファー的モデルとして用いられることになる。つまり、ここでいうモデルとは対象としてのモデルではない。わたしが「生命」としての在り方を理解する上での「道具」としてのモデルである。このような前提を踏まえた上であれば、以下のような説明が可能である。

まず、粘菌の紹介からはじめよう。この生物はカビの一種であり、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形成された、一辺が十センチメートルにも及ぶ巨大な個体である。脳や神経系のように特別に分化した集中処理系を持たないにも関わらず、扇形の一個体として統御された形態形成を実現している。しかもそれを維持ながら移動するのである。非常にやわらかいアメーバ状の生物であり全ての部分が運動能力を持つことを考えたとき、積極的に統合するはたらきがなければこのようなことは決して起こらない。そこで、わたしは粘菌の一部分に刺激を与え、その刺激に応じて形態が再構築されるプロセスに着目してきた(3)。図1の場合であれば、えさとしての刺激( $\Delta$ )を扇形の末尾に与えることで、それまでの先端部分が尾部化し尾部が先端化している。このプロセスで特に注目してほしいことは、個体の各部分の形態はあらかじめ固定されていないということである。しかも、結果的に定まってくる各部分の形態は、その部分の局所的な状況だけでは規定されておらず、部分間の相互関係から規定されているということである。人間のように高度の分化とその固定化をもって成立する動物とは異なり、非分化に基づく脱中心化とリアルタイム化という戦略を積極的に取っていることが伺える。そこでは、身体を実体化させ中枢と末梢を構成する人間において最も見えにくい、境界生成そのものに付随する性質が見えてくるはずである。これこそ、わたしが「生命」のメタファーとして最も捉えたいところなのだ。

このように個体としての形態は状況に応じて融通無碍に変化するのだが、ただ一つ保存される構造上の分化がある。それは、図2に示すように、扇形の形態を構成するひも状原形質のネットワークであり、それ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の二つから構成されている。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の多様な可能性を内在させているように思われた。一方、内質系はゾル状であり、その往復原形質流動を通してサブシステム間での関係生成における多様な可能性を内在させているように思われた。そこで、この2つの領域の内部状態を近似的に分けて観測できるようにし、それらの相互の関わり合いを解析した。

その結果、両者は交互に拘束し合う形でそれらの可能性を相互限定していることがわかってきた。特に、内質系には周期2~3分の化学リズムが観察され、それは隣接するサブシステムの内質系との間でお互いに同調し合いコヒーレントな状態を生成していた。これは相互引き込みと呼ばれるが、そのような自他非分離な相互作用によってリズムの間の位相関係が固定された。そして、その位相関係に表現されたサブシステム間での関係が外質系における形態の生成を拘束した。しかし、内質系のコヒーレント状態は周期1~2時間程度で生成と崩壊を繰り返しており、それが崩壊したあとと再生成するプロセスにおいては、逆に外質系における形態が内質系のコヒーレント状態の生成を拘束していた。ただし、ここでいう相互拘束を内質系から外質系あるいは外質系から内質系への因果的作用として捉えてはならない。むしろ、両者間での相互作用的なものであることに注意しなければならない。それは内質と外質はゾル-ゲル変換によって互換であり、両者の界面は厳密な意味では固定化されていないからである。そして、これら一連のはたらきの結果、個体というシステム全体として適切であるように、各サブシステムにおける形態上の分化が進行した。このことは、相互拘束サイクルの在り方を規定する何らかの共有されるルールが、あらかじめ粘菌に内在していることを意味している。

このような科学的知見を、われわれにおける「生命」としての在り方からメタファーとして捉えてみることにする。ここまでは粘菌という生物を見てきたわけであるが、ここからは粘菌を通してわたしを観るのである。ここで視点が外側から内側に変化していることに注意しなければならない。以下では粘菌全体を一種のわれわれとして捉え、その上で一つのサブシステムにわたしを対応付けて考えてみることにする。

そうすると、ここで明らかにされたメカニズムは、われわれに包摂されたわたしの在り方に関する構造でもある。それさえ認められれば、外質系がわたしにおける意識生成を担うはたらきに対応し、内質系が身体を通して他者との関係生成を担うはたらきに対応し、両者間での相互拘束プロセスが自己言及サイクルに対応することになるだろう。ただし、粘菌において内質と外質の界面が互換であることと対応し、この2つのはたらきを実体化されたものと捉えてはいけない。その意味でも、ここでは「はたらき」と呼んでおり、意識と身体を二分しているのではない。そこで以下では、われわれに包摂されるわたしにおける「生命」という在り方の論理形式として、図3のような、2つの異なるはたらきの相互拘束として構成される自己言及モデルを考えることにしよう。特に、清水の提案している「2中心モデル」とそこにおける「開かれた自己言及」の立場を参考にして、ここでの結果の解釈を試みてみようと思う(2)。

まず、すべてに先立つ前提は、わたしにおいて世界を生成させる自己言及サイクルである。しかし、対象化された世界における自己言及は、一種のトートロジーとしての時間停止へと至りパラドックスを発生させてしまう。例えば、わたしがわたしの行為を含めてそれを対象として記述する状況を考えてみよう。確かに、記述することによって記述されたわたしはそれを記述したいまのわたしではない。その意味でこのサイクルが永遠に持続しそうに思われる。しかし、固定された境界内部におけるこのようなサイクルは必ず不動点に収束してしまうのである。つまり、ここからわたしにおける他者としての未来は生まれてこない。その意味において時間が停止してしまうのである。このことは、意識生成的はたらきにおいて意識化される世界の内側だけでは、わたしを生成できないことを意味している。そして、意識生成の外側において、他者との関係生成に向かって開かれたはたらきが必要であり、少なくとも2つの異なるはたらきの間で自己言及されなければならない。ここに「2中心モデル」の論理的必然性がある。つまり、意識の世界における全ての「知」は表象的關係性に関する自他分離の論理でしかないのであって、生成のためには意識の世界を包摂する身体的關係性に関する自他非分離の論理が必要であるということでもある。これを「開かれた自己言及」と呼んでいる。ここにおいて開かれたはたらきとは身体的はたらきのことであり、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もある。むろん、ここでいう身体とは内側から観た身体であり対象化された身体ではない。そして、この身体が、他者と相互引き込みを通して、身体的コヒーレンスとしての関係を生成することになる。

ただし、この自己言及サイクルを2つのはたらき間での因果的作用の連関と見做してはいけない。もし、そのような対象化した捉え方をすれば、それは再び意識の世界に囚われていることになる。そうではなく、2つのはたらき間における境界生成のプロセスと見なければならぬ。したがって、それは意識生成的はたらき側からみたときの拘束条件ということであると同時に、身体的はたらき側からみたときの拘束条件ということでもある。つまり、2つのはたらき間の境界とは一方が他方を拘束するという拘束条件ではなく、むしろ「相互拘束条件」である。そして、このような意味での境界の生成の仕方を規定するルールが「ルール生成ルール」と呼ばれる。それは、わたしにおける「開かれた自己言及」サイクルが、結果として、われわれに包摂されるためのルールである。これが、われわれにおいて生成する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と仮定している。そして、このような枠組みの中で、わたしにおける可能性としての「不完結性」という概念が導入されることになる。これを理解する上で確率的な意味での不確定性と比較することが有効である。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であり、境界生成後の対象化され分節化された世界をベースにしている。ここでいう「不完結性」とは、このような事象の集合としての世界が生成する以前の、境界がまだ定まっていない状態のことである。そして、この「不完結性」からスタートして「2中心モデル」と「開かれた自己言及」の中で境界が生成するプロセスとして、「生命」という在り方を捉えることになる。

このような内側からの捉え方において注意しなければならないことは、わたしにおける世界の生成が結果としての独我論につながらないようにすることである。ここに、わたしにおける他者との出会いだけでなく、われわれにおける出会いとして「生命」を捉えなければならない必然性がある。そこでは人間だけでなく広く生物を通して「生命」を学ぶ態度も求められるだろう。粘菌から学ぶ意義もここにある。もし、わたしがわたしという「生命」において生成するだけであれば、それは境界の固定化に伴う時間停止さえ生み出してしまう可能性がある。私における「生命」という枠組みだけでは、境界を越えるために行う「意欲」が生まれて来ないからである。少なくとも、わたしの生物的な死によって時間が停止する

ことは確実となる。したがって、わたしという「生命」はさらに開かれねばならず、わたしはわれわれとしてわたしを包摂する開かれた「生命」において生成されなければならないのだ。すべては、死をも含めた意味でのわたしにおける不可能を認めることから始まる。そのことは、生を絶対化することによって生じる死への絶望ではなく、むしろ、わたしにおける「生命」を駆り立てる「意欲」としてはたらくことになるだろう。ここに、「ルール生成ルール」の必然性がある。

### 3 設計という問題の中で

#### 3.1 「生命」における設計

ここでは設計という問題を「生命」としての在り方から捉えなおしてみよう。「術」としてのアートの領域にあった設計を操作可能な世界に導いたのはサイバネティクスの功績であろうと考えられる。そこで最大の成果はフィードバック制御を確立したことであり、その根幹は制御する側と制御される側を明確に分離することにあった。その結果、生体の運動制御のループは、観測と制御という2つの因果関係に分解され、それらの加算という形式において定式化された。これは、生体の運動を、その外側から因果的に説明する方法にこだわっているためである。ここに、目と頭と手をモデルとしている人間中心主義の影をみることができる。このような流れの上で、設計は制御の逆問題として構成され、一般に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ようになっていった。さらに、同じサイバネティクスの中において、設計を一種の最適化問題という形式化された領域において捉え、変分法を用いることによって設計する方法も確立されていった。

しかし、上記のように測度が明確に定義された有限の状態空間内では、何もかも生成されないことはこれまでの説明からも明らかであろう。このような因果性に基づく描像は、生成というできごとを後付的に理解し操作するために用いられる論理装置である。したがって、いま、このような因果的描像を絶対化してはならない。このことが設計における境界を実体化するのであるから。だからこそ、境界が生まれてくるプロセスそのものを含めて考察することが重要であり、そのためには設計者を設計の中に含まなければならないことが理解されるだろう。ここにおいて初めてわれわれは「生命」に出会うのである。つまり、設計者とその設計対象を分ける自他分離的な態度の中では、設計が論理的操作を越えて生成、さらには創造と呼ばれる領域に到達することはできない。だからこそ「設計する」ということは「設計される」ということでなければならないのだ。われわれ人間が「生命」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。そして、この背景にあるのは人間における不可能である。もし人間が完全であれば創造は必要ないものである。それは最初から完全なるものを構成できるから。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われわれ人間の営みを認めることである。

ただ、ここでの取り組みが設計という行為の本来の姿を語るだけであれば、それがアートの領域に放置されていた頃と何ら変わらない。いま重要なことは、設計という行為を「生命」の論理形式において明らかにし、それを表現する新しい方法論を開発することである。しかし、通常の意味における設計は、ここで主張しようとしている「生命」という在り方と根本的に相入れないのである。なぜなら、人工システムに目的をあらかじめ設定するということが自体が、境界をあらかじめ設定することと等しく、それは人間と人工システムの間での自他分離の世界に根ざしているからである。したがって、いま重要なことは、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、「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。むしろ、「道具」として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、人間との身体的な関わり合いの中でシステムが完結されるということである。先にも説明したように、「生命」という在り方においては「不完結性」が根幹にある。それを完結により近づけるために身体を通してわたしを開き、2つのはたらきの間での自己言及を通して境界を生成するのである。このとき身体とは他者に出会うための一種の「道具」である。したがって、人工シ

システムが自己にとって身体化されるためには、自己言及を経てそれが身体化された領域に入らなければならない。つまり、人工システム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」において目的は完結していない。使用する人間との関係において生成する。しかも、身体的であるという意味で、他者に対して常に開かれつづけている。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」を通してわれわれとしての「生命」を共有できる可能性が生じるのである。

非常に簡単な例として、一本の包丁があったとしよう。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定まってくる。そして、その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、その人間との関係において機能の世界が生成している。そして使う人を育ててくれる。包丁を制作した人間は、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、その使用者は使用するという行為を通して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ことが可能になっている。こういう形で境界生成を行為的に表現することが、人工システムの設計において有効ではないかということである。このような実践を重視する行為的アプローチは、設計本来の姿であるアートに回帰しているようにも見える。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ず、そのためにも「生命」という在り方の論理形式を踏まえる必要がある。

### 3. 2 設計における現況

では、現状で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は「道具」という形態の「生命的システムであったと考えられる。例えば上記の包丁などがその典型例である。しかし、近年、論理的完結性に基づく知能化が重視されており、システムの機能は身体のはたらきから遊離し実体的に規定されるようになってきている。そして、人工システムにおける基本的な在り方が見失われかかっており、知能化という身体化と逆行する方向性に囚われているのではないと思われる。例えば、コンピュータソフトやAV機器などにおける過剰なまでの多機能化という進み方である。さらに、これは機械の領域にとどまらず、制度を含めた社会設計の領域においても同様である。縦割りの弊害が著しい官僚機構や学校教育における膨大なカリキュラムなど挙げればきりがないだろう。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。むしろ昔ながらの「道具」的システムに愛着を感じるのは、わたしだけではないだろう。いまや人工システムとは、われわれの生きている環境そのものである以上、人間にとっての人工システムの在り方を捉えなおすことを躊躇してはならない。

このような立場から、知能化の中心にある人工知能の領域における設計原理の現状を整理しておくことは有用だろう。そこでは、まず、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ことから始まる。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度を規定することによって自己完結的にシステムを構築するのである。例えば、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いるように見える。そして、その原因として、機械に組み込まれるべき知識を人間のエキスパートがあらかじめ持っていないという発見があった。このことは非常に示唆的である。つまり人間は人工システムの設計と使用を繰り返しながら、「生命」という在り方において情報を生成しているにも関わらず、エキスパートシステムはあらかじめ完全な情報を要求するのである。そして、このような困難への反省から行動ベースという方向性が生まれてきた。このアプローチでは、ロボットという身体をもつシステムと環境の関わり合いの中で、世界をモデル化せず実世界そのものの中で自他非分離的に機能を実現している。これはある意味で身体的重要性に着目した方向性であるが、ここでいう身体とはロボットが環境に関わる上での対象化された身体であり、その中に設計者や使用者の身体は直接的には関わらない。

このような境界の実体化としての自他分離的な設計方法が優先されてきた背景には、大量生産と大量消

費という経済形態があり、それらの結果として、設計者と使用者の乖離という「生命」的在り方の破壊が進行してしまったと考えられる。設計者は、対象化された世界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「生命」としての在り方にもとづいて内側から身体的に対応しようとする。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。かくして、分厚くて読みきれないマニュアルやボタンが山のようにある家電製品などが出現することになる。そして人々のところがそこから離れていく。さらに、このような設計原理が社会システムにおいても広く用いられており、国際社会の動きにすばやく対応しきれない官僚機構や、落ちこぼれを大量に生み出す教育システムのことなどを考えるとき、もはや社会的病態と呼ぶる状況に至っているようにも思われる。

このような事態を招いた根本的な原因が、自他分離に基づく設計とそれに起因する境界の実体化にあることは明らかであろう。われわれが何のためにその境界を生成したのかを忘れ、そして、その境界が生まれるプロセスそのものを忘れていたのである。さらに言えば、設計原理がそれを忘れさせるのである。確かに、設計においてわれわれは境界を創っている。しかし、それは設計という行為の中で仮設されたかりそめの境界であったはずである。したがって、われわれがそれを実体化し絶対化することほど愚かなことはない。わたしはわれわれに対して、そして、われわれは未来に対して、その責任を受け入れるために設計において境界を創っているのだ。だからこそ、それは新たな行為を生み出すための「意欲」を与えてくれるのだ。もし、現状での設計原理を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。そして、自己から切り放されたものとして世界を捉える非常に傍観的な生き方が主流になるであろう。そのような生き方からは、われわれの世界へ参加し、そしてわれわれの未来についての責任を担う「意欲」は生まれにくいであろう。したがって、いまこそ、人工システムとわれわれ人間の関係における「生命」的在り方の回復が必要である。

#### 4 「生命」的设计へむけて

##### 4.1 できることとできないこと

では、「生命」的设计という立場に立ったとき、われわれにとって何が可能になるのだろうか。いま、すべての「知」が、対象として記述されたものの中でしか表現できないのであれば、ここで取り組もうとしていることはほとんど絶望的に思われる。それは、わたしが科学としての生物学を通して「生命」に接近しようとした状況に似ている。この問題の根幹には、わたしという「生命」の内側から世界を生成的に捉える視点と、そのように生成された世界を対象として、外側から捉える視点の対立があるように思われる。これは自他非分離と自他分離の対立でもある。そして、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。むしろ、その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、外側からの表現でしかない人工システムが、どうすれば内側からの「生命」としての在り方に接地されるのかという問題に取り組まなければならない。ここが「生命」的设计へ向けてのスタートラインになる。

この問題の構造を考えるためには、なぜ設計において境界は実体化されてしまうのか、そこから捉えなおさなければならない。「生命」としての在り方からすれば、実体化された境界において世界を捉えることは、意識生成的はたらきにおいて生成した世界を後付け的に見ていることに相当する。意識という自他分離的な分節化された世界の中であってのみ対象としての記述が可能であり、因果性に基づく世界の理解と操作が可能になるのである。現状での設計原理が、この意識の世界に基盤をおいていることは明らかである。いうなれば1中心モデルとでも呼ぶうる状態である。しかるに、いまわれわれは「2中心モデル」に立っている。そして、「不完結性」を前提にしなければ「生命」という在り方には接近できないことに気づいた。そうであるとすれば、まず問われるべき問題は、記述に伴う境界の確定という原理的限界とそれから「不完結性」への接続のされかたであろう。この問題をどのように越えるかという点において、全

での問題はここへ縮約されてくる。そして、これに対するわたしの答えは、ただ一つしかない。それは、わたしという「生命」の在り方の内において「生命」という在り方を設計し表現するということである。そして、それをわれわれへと開くことである。「生命」としての生成的在り方を可能たらしめているものが、わたしにおける「不完結性」であるのだとすれば、これは必然的な要請である。この立場からみれば、わたしにおける身体の役割が重要であることに容易に気づく。それは「生命」の内側と外側の重なりあう領域にあり、「道具」という形式においてこの身体的はたらきを実現できる可能性がある。具体的には、図4のように、身体を持つ自己言及モデルとして構成される人工システムを、わたしの自己言及の中に位置づけるといふ、二重の自己言及サイクルをもって擬似的に実現可能であるように思われる。

まず、人工システム側としては、「2中心モデル」に基づく自己言及モデルとして構成されることになる。ただし、わたしにおける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問題であるから、自己言及モデルとして構築される人工システムが擬似的な自己言及を実現することにとどまるのは当然である。それは身体を持つシステムとして構成されることによって、わたしに対して擬似的に開かれた不完結なシステムとなる。ただし、それは身体的はたらきが相互作用する他者における身体が、その人工システムにおいてあらかじめ規定されていないという意味である。その人工システムの持つ身体的はたらきが、それにとって他者であるわたしの身体との間での相互引き込みを通してコヒーレント状態を生成し、それが人工システムの意識生成的はたらきを拘束する。さらに、それが身体的はたらきにおける関係生成を拘束する。こうして、人工システムの擬似的自己言及サイクルの中にわたしが位置づけられることになる。

一方、わたしの側としては、このような人工システムと2通りの関係を持つことになる。ひとつは人工システムをわたしにとっての他者として捉える関係であり、もうひとつはわたしの身体として捉える関係である。前者の関係は、わたしの自己言及が人工システムの自己言及モデルと並列な関係におかれ、2つの自己言及サイクルが身体的はたらきを通して接続されている状況に対応する。このとき、わたしは人工システムの擬似的自己言及サイクルの中に位置づけられるのみならず、わたしの自己言及サイクルの中にも人工システムが生成的に位置づけられることになる。後者の関係では、人工システムは身体的はたらきを通してわたしの身体に一体化されており、これは「道具」という在り方に対応する。このとき「道具」としての人工システムは、わたしの自己言及サイクルの中に入れ子のように位置づけられることになる。これが二重の自己言及サイクルと呼ばれる状況に対応する。このとき、人工システムはわたしの身体の一部として、わたしの意識生成的はたらきから拘束を受けることになる。それは、人工システム側からみれば、その擬似的「ルール生成ルール」を規定されることに相当する。そして、わたしの自己言及サイクルの中において、人工システムがわたしの身体の一部として適切な身体的関係に収束するように、人工システム側の擬似的「ルール生成ルール」が作用する。この擬似的「ルール生成ルール」を定めるわたしの自己言及サイクルは「ルール生成ルール」に基礎づけられている。このことが、わたしにとっての「道具」がわれわれの「道具」へと包摂されることを可能にしてくれる。そして、このような自己言及モデルと自己言及的に関わることでできる人間が、結果として、この人工システムを設計し使用することが可能になる。これは教育という形式に近い設計手法であり、より広くはコミュニケーションの問題として捉えられるべきだろう。このとき、「設計する」とことと「設計される」ことは分けられない関係にあり、「設計する」とことと「使用する」ことも分けられない関係になる。こうして結論としては、「自己言及モデルを自己言及的に構成する」という二重の自己言及サイクルにおいて、自己言及モデルとしての人工システムを設計しそれをわれわれへと開くということになる。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。

#### 4. 2 自己言及モデルを自己言及的に構築すること

わたしの場合、このようなアプローチは、わたしと共存するロボットの構築の中で実践されている(4)。特に、高齢者や身障者の歩行介助ロボットを構築するという具体的な問題の中において、ロボットと人間が歩調を合わせて一緒に歩くことの実現をめざしている。ここでロボットという人工システムを用いる理由は、それが身体を持ち、わたしの身体的はたらきと相互作用できるからである。自己言及モデルとして構築されたロボットにおいて、その身体的相互作用を通してわたしがその擬似的自己言及サイクルの中に



参加することが可能になる。それはわたしの自己言及サイクル側からみれば、わたしの身体の一部としての「道具」のはたらきをする領域にあたる。そして、そのようなロボットとわたしの共存系における二重の自己言及サイクルの中で「生命」的設計を実現できる可能性を探っている。

まず、ロボットにおける自己言及モデルとしては、「2中心モデル」を用いておりロボットは2階層から構成される。一つはロボットの身体系であり、それはわたしの歩行リズムとの相互引き込みを通してコヒーレント状態としての位相関係を生成する。それは、ロボットと人間の内部状態の相互関係を表現している。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、それに対応するはたらきである。もう一方は、その位相関係から拘束され、結果として両者が歩調を合わせて歩けるように歩行パターンを限定する意識生成的はたらきである。具体的に、ロボットの身体的はたらきとしては、人間の2足歩行モデルを用い、それを数値シミュレーションすることによって仮想的に実現している。また、この歩行リズムの相互引き込みを実現するために、足の接地タイミングをパルス信号として人間とロボットの間で相互に入力しあえるようにした。特に、図5に示すように、人間の歩行運動における足の接地タイミングをセンサーで検出しロボットに入力し、逆にロボットの歩行運動における足の接地タイミング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と歩行リズムを介した身体的相互作用が可能になる。一方、ロボットの意識生成的はたらきは、様々な歩行パターンに対応する有限の状態空間とそこでの遷移ルールから構成され、その遷移ルールの重みが身体的はたらきからの拘束にしたがって変化するようにした。ここでは、歩行介助ロボットとして構築しているので、ロボットと人間の歩行リズム間での身体的コヒーレント状態を事後的に評価することによって、状態遷移ルールの重み付けを変化させた。これはロボットと人間の分けられない身体的関係を前提にした、内側からの関係のかつ生成的な評価方法になっている。そして、状態空間において、そのようなルールのもとで定まる状態が、ロボットの身体的はたらきに拘束をかけることになる。そして、このような相互拘束の仕方が、この人工システムにおける擬似的「ルール生成ルール」に対応する。

つぎに、実際にわたしがこのロボットと一緒に歩くことを通して、わたしの自己言及サイクルをロボットの自己言及モデルと接続し、ロボットに埋め込んだ擬似的「ルール生成ルール」を体験してみた。その結果、歩行パターンが両者間で異なっても、身体的相互作用を始めると相互引き込みが生じコヒーレント状態が生成された。それぞれに固有の歩行周期は相互に接近し、一致し、さらに位相関係も安定化された。そして、その位相関係に基づいて相互に自己言及することで、ロボット側の歩行パターンと人間側の歩行パターンが相互適応的に変化した。特に人間の片足に重りをつけ左右の足の歩行パターンを非対称にした場合を図6に示す。このときロボット側は左右対称にしてある。両者の相互適応を経て、ロボット側の歩行パターンが左右非対称になるだけでなく、人間側の歩行パターンの非対称性が緩和された。このことは、一緒に歩くことで歩行パターンが相互に浸透しあい、結果として人間側の歩行パターンが健常化されることを意味している。実際、このように左右非対称性が緩和されることによって、安心して歩けるようになった。主観的表現ではあるが「来た！」という感じ、あるいは「時間の流れが変わる」という感じである。このことは、わたしの意識生成的はたらきにおいて新たな境界が生成されたことを意味している。おそらく、実際のリハビリの局面において、人間が人間を介助することの重要性はこのような点にあるものと思われる。ここでの結果は、ロボットがわたしの自己言及サイクルにおいて身体化されていることを意味している。もしそうであれば、わたしは二重の自己言及サイクルの中における自己言及的設計の入口にやっと到達できたことになる。

このような「生命」的設計に基づいて構築された人工システムは、それが、わたしからわれわれへと開かれる局面においてその重要性を顕現する。特に、高齢者や身障者という歩行において障害を有する人々にこのロボットを使用してもらうことで、その障害が緩和されるという形式において生成の局面が体験される。障害という一種の境界を実体化して捉えていた人々が、ロボットの使用を通してそれが単なる思い込みであったことに気づき、自ら行為することによって少しでも健康な状態に至れることを自覚する。そうすれば、これこそ境界の実体化という問題から解放されたことになる。また、このような人々が健康に歩けるようになって社会へ積極的に参加するようになれば、これまで高齢者問題などと言われていた問題が、実は疑似問題であったことを多くの人々が理解するであろう。高齢者とか身障者と名づけ特定の境界

の中に閉じ込めるのではなく、むしろ彼らを開くことこそが福祉であることを理解するであろう。そうすれば、この問題に限らず、われわれが世界を理解し設計する上で、仮設する境界を実体化するという形式で多くの社会的問題を構成していたことに人々は気づくであろう。そのように名づけることで問題をつくってきた多くの人々に、真の問題の所在を明らかにするであろう。そして、このような世界観に到達した人々は、思い込みというリアリティーに囚われることをやめ、行為することの重要性に目覚めるだろう。そして、われわれがわれわれに対して参加し、責任を担い、さらに生きる「意欲」を与えられることになるだろう。そうすれば、わたしにおける「生命」は、われわれという開かれた「生命」の中において充実したものになると思う。これが、わたしが主張している「生命」的設計を実践することの最も重要な点である。

## 5 おわりに

本稿では、わたしという「生命」における世界の生成的な在り方を、「設計」という問題を縦糸として、「2中心モデル」と「開かれた自己言及」サイクルを横糸として説明してきた。しかし、なぜ、わたしはそのように世界を生成するのかという問いに対しては、それだけでは決して答えられない。わたしを創造へとかき立て、わたしをわれわれへの責任に目覚めさせ、そして、わたしにそのような「意欲」を溢れ出させてくれるものは何なのだろうか。これこそ「ルール生成ルール」に込められたところである。そして、それは、わたしにおける「生命」という在り方をこえて、われわれにおける「生命」という在り方の中でしか接近できない問題であるように思われる。それは生を絶対化するのではなく、かといって死を絶対化するでもない世界の在り方に深く関わっている。そして、いまこそ、このような視点からわれわれ人間にとっての「知」の在り方を再検討すべきであろう(5)。

## 註

(1) 実践という姿勢からすると本稿は仮の境界にすぎない。生成する「いま」は、<http://www.myk.dis.titech.ac.jp> を参照せよ。

(2) 清水博 生命知としての場の論理、中公新書(1996)、生命と場所、N T T出版(1992) ほか

(3) 三宅美博 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, No. 394, pp. 56-63 (1996)、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)、Miyake, Y., Yano, M., Tanaka, H. & Shimizu, H. Entrainment to external  $Ca^{2+}$  oscillation in ionophore-treated *Physarum plasmodium*. *Cell Struct. Funct.* 17: 371-375 (1992)、Miyake, Y., Yano, M. & Shimizu, H. Relationship between endoplasmic and ectoplasmic oscillations during chemotaxis of *Physarum polycephalum*. *Protoplasma* 162: 175-181 (1991) ほか

(4) 三宅美博 生命的設計原理としての「場所」(小特集:場と設計)・シミュレーション, Vol. 15, No. 4, pp. 247-257 (1996)、三宅美博 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, Vol. 35, No. 7, pp. 540-544 (1996)、Miyake, Y. & Shimizu, H. Mutual entrainment based human-robot communication field. *Proc. of 3rd. IEEE Int. Workshop on Robot and Human Communication, Nagoya, Japan*, pp. 118-123 (1994)、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, pp. 310-321 (1994)、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

(5) この活動に参加してくれた金沢工業大学の仲間に、そして、いま参加している東京工業大学の仲間に心より感謝する。

(みやけ よしひろ・生物物理学/ロボティクス)

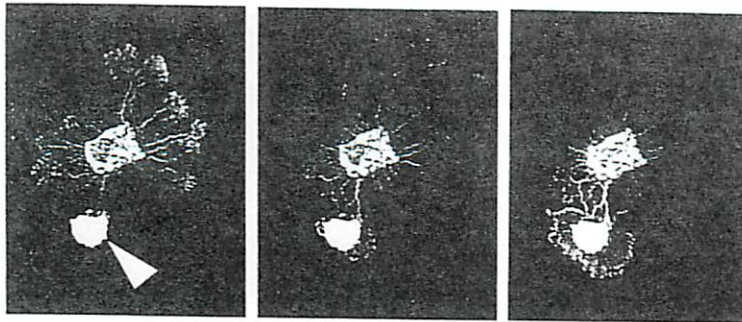


図 1

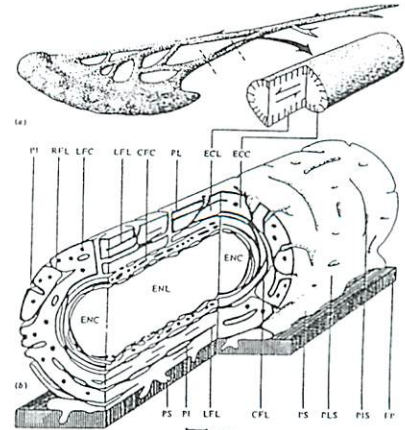


図 2

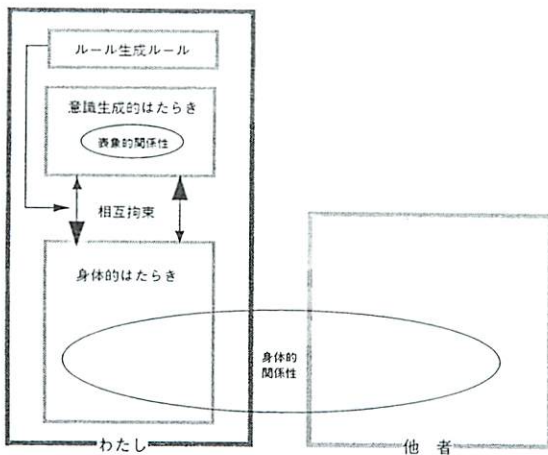


図 3

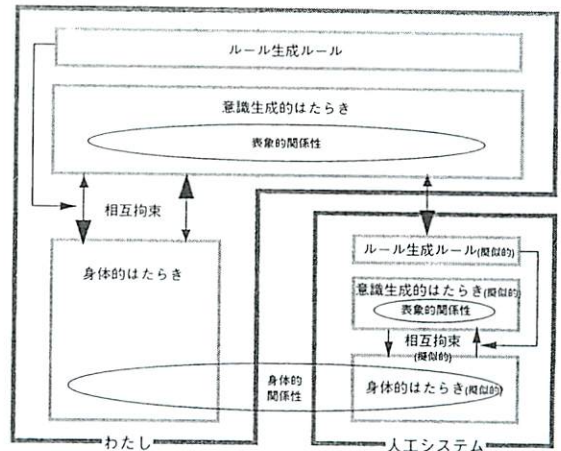


図 4

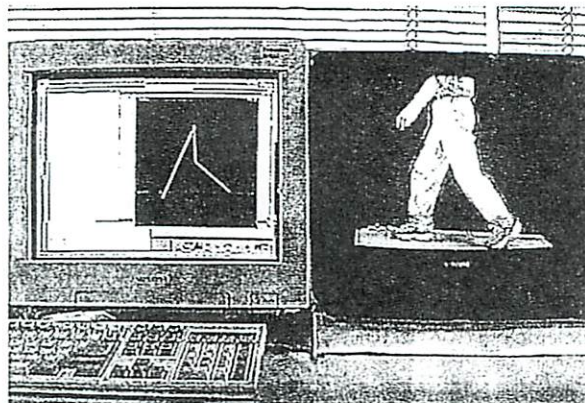
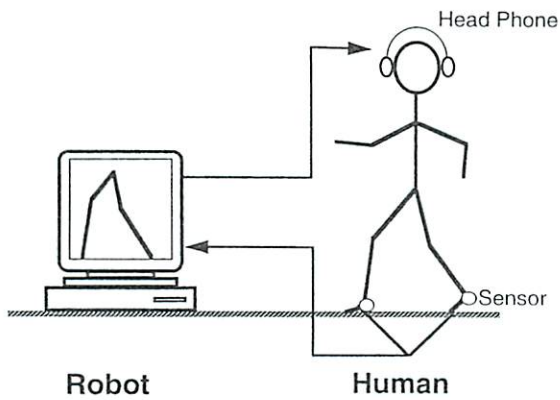


図 5

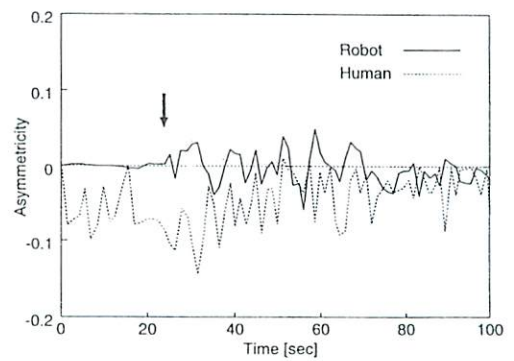
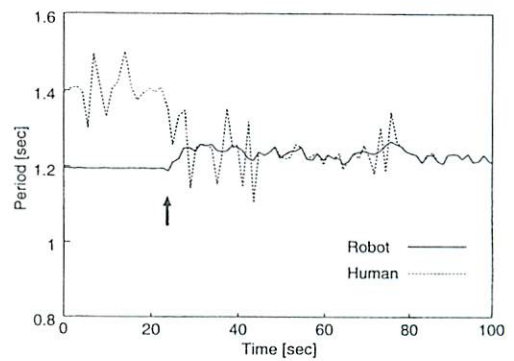


図 6