

内部観測のまえに

浦上大輔

1

内部観測のテーマの1つは「生命とは何か？」です。でも、正直に言う、私はこの問いに対して簡単に答えることはできません。しかも、簡単に答えてなるものかという意地みたいなものがあります。それではラチがあかないので少し問いを変更して、「生命と機械の違いは何か」について考えてみましょう。しかし、ただちに「生命と機械に本質的な違いは無い」と反論されそうです。生物学や物理学といった自然科学は何世紀も前からそのことを証明し続けてきたと。これに再反論することは容易なことではなさそうです。しかし、それではそもそも機械とは何なのでしょうか？ 現代的には、「機械」よりも「システム」という言葉の方がより便利で一般かもしれません。システムについては後から議論します。ここではまず「機械とは何か」について丁寧に考えてみたいと思います。我々の議論を迂遠に感じるかもしれませんが。少し結論を予告しておく、我々の議論は、「生命と機械の違いは本質ではなく方法だ」ということを明らかにしていくことになります。

2

機械とは何かという問いに答える1つの方法は、具体例を列挙することです。時計、自転車、電話、パソコン、ドアノブ、ウォシュレット、キッチン、蛇口、水道、照明、インターネット、結婚相談所。今挙げた例の幾つかは機械と呼ぶことに異論があるかもしれませんが。機械の具体例を列挙するためには、何が機械で何が機械ではないかを区別する基準、全ての機械に共通する性質を知る必要があります。そのような何かは「本質」と呼ばれたりもします。機械の本質は何か？ 我々はこの問いに直接は答えません。我々の議論はこの問いを迂回します。それは、「生命と機械に本質的な違いは無い」という主張に直接的には反論しないことに呼応します。機械の本質を考える代わりに、機械のある意味における否定、「機械が壊れているとはどういう事態か」を考えることにします。

3

例えば自動販売機。お金を入れてボタンを押すと缶コーヒーとお釣りが出てきます。しかし、ときとして缶コーヒーやお釣りが出てこない場合があります。そのときは、その自動販売機は「壊れている」とみなされます。壊れているとはどういうことでしょうか？ 壊れているとは、「機械を使う人あるいは機械を設計した人の意図」に沿っていない振る舞いをしたということですか。そして、それには「機械的な原因があるはずだ」ということです。例えば、つり銭の出口に何かが入り掛かっているというように。議論をまとめると、機械が壊れているとは「機械が使用者の意図に沿っていない振る舞いをした場合は機械的な原因があるはずだ」ということになりす。しかしこれは、少しわざと循環的な表現を試してみました。「機械的な原因」という言い回しはもう少し別のものに変更できそうです。ここで暗に比較している、あるいは否定しているのは「機械の意図」です。自動販売機からつり銭が出てこなくても、それは自動販売機がいわゆるわざとそうしている訳ではないということです。使用者には意図があり、機械には意図がない。機械が壊れているという事態で明らかになるのはこの対立軸です。

4

機械が壊れているという事態において「機械の意図」はないとして、では何があるのでしょうか？「機械的な…」という循環的な表現を避けるのであれば、「どこかの部分が壊れているはずだ」と言い換えることができるかもしれません。しかし、それでは今度は「壊れている」という表現が循環的になってしまいます。循環を避ける有効な方法は

「還元」です。「機械が壊れているという事態」を還元していくと「物理的な原因があるはずだ」ということになるのでしよう。では「物理的」とはどういう意味でしょうか？「物理的」とは「物理法則に従って」ということです。物理法則とは具体的には「運動法則」のことです。したがって、機械が壊れているという事態は「使用者の意図には反しているが、運動法則には従っている」ということです。ここで前提となっていることは、「機械はモノからできている」ということです。自動販売機という全体は多数の部品に、極論すると膨大な数の分子に分解できるということです。自動販売機という全体は機械として使用者の意図に沿ったり反したりするが、モノという部分の集まりとしては常に運動法則に従っている。機械とは何かを説明する際に、このような部分と全体の関係は本質的です。機械は「使用者の意図」と「運動法則に従うモノの集まり」という2つの階層に分けることができす。そして議論をもう一步進めて、この2つの階層こそが実在するものだとみなすのであれば、その中間に位置する機械は実在しないとさえ言えてしまいそうです。

5

少し結論を先取りしてしまいました。「機械は実在しない」とはどういう意味か、もう少し丁寧に考えてみましょう。「実在しない」とは、状況によって、あるいは解釈によって「存在したり」「存在しなかったり」することだと、とりあえず言い換えることができるでしょう。機械が機械として存在する、逆にいうと、機械が壊れているかどうかは、使用者あるいは設計者の意図によります。自動販売機からつり銭が出てこなくても、それは「つり銭をだましてとってやろう」と

いう設計者の意図に沿ったものかもしれませんが。あるいは、「釣りは
いらぬよ」という使用者の意図に沿ったものかもしれませんが。自動
販売機を数台並べて、喫煙スペースを作るということも可能です。こ
のとき、自動販売機はただの壁として使用されています。このように
自動販売機は「自動販売機」として存在したり存在しなかったりしま
す。このような意味で、「自動販売機」は実在しないと言えます。
一方で、使用者の意図に関わりなく「モノの集まり」としての自動販
売機は存在します。状況や解釈がどのように変化しても、自動販売機
は「モノの集まり」としては運動法則に従っているように思えます。
そのような意味で、「モノの集まり」は実在すると言えます。

6

それでは、「使用者の意図」は実在するのでしょうか？ これまで
の議論で「意図」という言葉を特に説明なく使ってきました。意図と
いう言葉に近い意味を持つ言葉として思いつくのは「目的」という言
葉です。目的という言葉は自然科学にとってなじみのない、あるいは
排除してきた言葉です。意図や目的は使用者の心の中にとりかかりと存
在するのでしょうか？ 先ほどの議論によると、意図は状況によって
コロコロと変化するように思えます。また、状況によって意図が変化
するのか、意図によって状況が変化するのか、その関係は双方向的で
す。このように双方向的な関係は「文脈」という言葉でぴったりと言
い表せそうです。さらに、意図は「使用者の意図」なのか「設計者の
意図」なのかも曖昧です。設計者と使用者の「コミュニケーション」
の中に意図は存在するということができるかもしれませんが。しかし、
文脈やコミュニケーションは実在するものというより、ものごとの様

子を言い合わず言葉です。文脈やコミュニケーションを下支えする実
体、それはしばしば「社会」と呼ばれます。これまでの議論のとりあ
えずの結論は、「社会が実在する」ということになります。

7

ここまでの議論を整理すると次のような階層性が明らかになりま
す。

社会—機械—モノ

そして、実在するのは「機械」ではなく、階層の両端に位置する「社会」
と「モノ」だというのが、機械をめぐる議論の結論です。この結論に
異議があるかもしれませんが。我々の議論に不十分な点は多々あったで
しょう。しかし、この結論において重要なことは正しさより利便さで
す。「モノ」と「社会」という2つの階層が実在するとみなすことには、
方法論としての利便性があります。なぜなら、「モノ」について考え
ているときは、とりあえず「社会」については考えなくていいからで
す。逆に、「社会」について考えているときは「モノ」について考え
る必要がありません。「モノ」について考える学問は自然科学です。「社
会」について考える学問は社会科学です。「モノ」と「社会」の対比
をより鮮明にする言葉を使うなら、「社会」を「コト」と言い換えて
もいいかもしれません。「コト」について考える学問は人文科学と言っ
ていいでしょう。科学とは「物事を分けて考えることだ」と良くいわ
れますが、もともと原初的な分離は「モノ」と「コト」の分離、自然
科学と社会科学あるいは人文科学の分離なのかもしれません。

階層を巧妙に分離すること。できあがった階層性に基づいてものごとを理解すること。それが「機械」についての議論から導きだされた方法です。我々の議論は「機械とは何か」という問から出発しましたが、「機械とはものごとに対する一つの見方、理解の方法だ」と考えることもできそうです。そのように考えると、「生命と機械に本質的な違いは無い」という主張はいささか性急のように思えます。「生命」と「機械」の違いは「本質」ではなく理解の「方法」にあるのではないのでしょうか？ 「生命」にも固有の理解の方法があるのでないのでしょうか？ 生命固有の理解の方法を考えるための補助線として、まずは「機械」についての議論から導きだされた階層性を「生命」に当てあてはめるとどうなるでしょうか？ 「生命」と似た言葉に「生物」という言葉があります。生物とは「生きている」「モノ」です。しかし、「生きている」とはなかなか捉えどころのない概念です。それはちょうど機械において「意図」が捉えどころのなかったことに似ています。そこで、機械における「意図」と同様に、「生きている」というコトを「社会」に置き換えて考えます。生物における「社会」とは「自然選択」のことです。生命を「自然選択」と「モノ」に分けて考える。そのメリットは、モノ、たとえば「タンパク質」について考えているときは、「生きている」とはどういうことか考えなくてよいということとです。生きているかどうかは自然選択の結果ということになります。タンパク質は運動法則に従います。一方、自然選択は運動法則の範囲外です。運動法則で扱える対象とそうでない対象に巧妙に階層を分離したこと

が、ここでは本質的です。「機械」を理解するための階層性を「生命」に当てはめた結果、次のような階層性が明らかになりました。

自然選択—生命—モノ

そして、実在するのは「生命」ではなく「モノ」と「自然選択」であるとみなすことが、「生命」を「機械」として理解する方法です。したがって、この階層性に異論を唱えることが、生命固有の理解の方法を考える指針になるでしょう。

9

近年、「自然選択」は不要だという提案がなされています。「自己組織化」という概念がそれです。モノとモノとの「相互作用」をしつかり記述してやれば、それだけで進化や発生などの生命現象を理解できるという考えです。言い換えると、モノが従う「運動法則」を十分な精度で記述できれば、「自然選択」という運動法則とは異質な説明原理は不要だというわけです。自己組織化は自然選択を否定しているという意味で、上記の階層性に異論を唱えています。したがって、自己組織化は生命を理解するための方法となりそうです。しかし、自己組織化は生命を理解するための方法として十分ではありません。自然選択などの「社会」が不要だという考えは、以前からあります。「社会」はそれを構成する「モノ」の総和にすぎないという考えです。言葉を変えると、「全体」は「部分」の総和だという主張です。このような主張は、我々の機械をめぐる議論からすれば本末転倒です。我々の議論では、「機械」から「意図」という捉えどころのないものを引きはが

すために、「社会」という全体を導入したのでした。同様に、「生命」から「生きている」ということを分離するために「自然選択」を導入したのでした。その結果、残ったのが「モノ」という部分です。言い換えると、「部分」が部分として成立するために「全体」が導入されたのです。したがって、「全体」は「部分」の総和だという考えは本末転倒です。そもそも「総和」とは何を意味しているのでしょうか？ 素朴に考えると、1つ1つを数えつつ「全体」を見渡すことです。「全体」を否定したつもりが「総和」という操作に「全体」が忍び込んでいくように思えます。自己組織化の立場からすると、総和とは相互作用のことです。相互作用とは近いモノ同士が互い影響を与え合うことです。相互作用は、全体性とは無縁の局所的な操作のように思えます。しかし、そこには相互作用を完結させるもの、簡単にいうと相互作用の端、境界をどうするかという問題が潜んでいます。それは「境界条件」とよばれます。境界条件とは、全体性の最も一般的な形式の1つです。

10

境界条件が同定されると、モノとモノとの相互作用は運動法則の一部に組み込むことが可能になります。したがって、「運動法則」と「境界条件」という新たな階層性が明らかになります。「運動法則」と「境界条件」に分離して記述するという方法が、科学で最も普遍に使われている理解の方法です。自己組織化もこの範疇に入ります。我々は、「機械とは何か」という議論を通じて、この方法論に辿り着きました。機械をより一般化したものを「システム」と呼ぶことができます。システムとは「複数の構成要素が相互作用することにより全体として機能

を持つもの」です。機械における構成要素はモノですが、システムにおける構成要素はより抽象的なものでもかまいません。相互作用は境界条件が同定されると運動法則に組み込まれます。全体としての機能は境界条件が同定されると一意に定義されます。したがって、システムとは次のように「運動法則と境界条件に分離して記述できるもの」と言えます。

境界条件—システム—運動法則

対象によつては運動法則が目的関数の最適化であったり、境界条件の一部を入力と出力と呼んだりしますが、基本的な構造は変わりません。システムという視点では、機械も生命も社会も違いがないと言えます。「生命システム」という言葉もあります。それでもなお、生命が機械でもなくシステムでもないとするればどのような方法で理解すればよいのでしょうか？ 繰り返しますが、システムとは運動法則と境界条件に分離して記述できるものです。したがって、**逆に、「運動法則」と「境界条件」の分離を前提しないような方法が「生命」を理解する方法として有効ではないでしょうか？**これが我々の議論のひとまずの結論です。そして、運動法則と境界条件が完全には分離できないような様相とは、まさに「内部観測」のことです。

11

運動法則と境界条件が分離できないような様相が、なぜ「内部観測」と呼ばれるのでしょうか？ それがどのように「観測」と関係しているのでしょうか？ 運動法則と境界条件のうち、通常の観測（とりあ

えず外部観測と呼びましょう)において観測できるものは境界条件です。一方、運動法則それ自体は観測できるものではありません。外部観測においては、観測できるもの≡境界条件で、観測できないもの≡運動法則です。外部観測における観測できるもの／できないもの分離は、境界条件／運動法則の分離を前提としています。この前提すなわち外部観測が成立する条件に対する異論が内部観測です。内部観測においては、「境界条件≡観測できるもの」という前提を疑いなしに受け入れることができます。内部観測では境界条件を理論においてさえ完全には同定することができません。そして、境界条件が決められないということには、「観測されるもの」と「観測するもの」の境界さえも決められないことをはらんでいます。つまり、観測するものは観測されるものの「外」に存在するという前提を疑いなしに受けられることができます。このような意味で、「運動法則と境界条件が分離できないような様相」が「内部観測」と呼ばれているのです

12

観測は「実験」における出来事です。一方、運動法則と境界条件の分離は「理論」における出来事です。そして、内部観測では、理論においてさえ境界条件を完全には同定することができないのです。この「理論においてさえ」という点が重要です。「理論においてさえ」とは「実験においてはもちろんのこと」という意味を含んでいます。ここでは、「理論」と「実験」の関係を問題にしています。もう一步踏み込むと「科学」と「工学」の関係が問題となります。我々の議論のまとめとして、この点について考えたいと思います。

13

運動法則と境界条件の分離は「理論」と「実験」の分離に呼応します。実験においては観測の精度や範囲の制限があるので、外部観測の立場でも境界条件を完全に同定することはできません。また、外部観測の立場では運動法則は直接的には観測できないものです。運動法則は理論的なもので、それを実験において完全に同定することはできません。実践的には理論と実験が互い補完し合うように、運動法則と境界条件はその不完全さを互いに補い合う関係にあります。「境界条件を観測して運動法則に代入して計算した境界条件と観測した境界条件を比較することにより運動法則を更新して…」というループが形成されます。下記のように、運動法則と境界条件の分離を前提として二者をグルグル回してループを形成することが外部観測の基づく「科学」の方法論です。

境界条件

運動法則



そして、このようなループは「工学」においても共通するものです。たとえばミサイルで飛行機を撃墜するとき、ミサイルと飛行機の位置と速度や気象条件などが境界条件となります。それらを運動法則で予測しつつ絶えず観測することにより誤差を修正して、ミサイルと飛行機の位置を一致させることで目的が達成されます。科学においては科学者が非明示的に介入することによりループが形成されるのに対して、工学ではより明示的に運動法則と境界条件のループ構造が研究の対象となります。むしろ工学においてこそ、運動法則と境界条件のループはその威力を発揮するのです。「科学」と「工学」のこのよう

な共通点は注目すべきことです。一般的には、中立的な真理の探究としての科学が先にあつて、工学は科学の応用だとされますが、どちらが先か議論の余地がありそうです。工学とは「社会の役に立つモノを作る」ことであるということができよう。我々の議論は「機械とは何か」から出発して、「モノ」と「社会」を両者が互いに無視できるように引き離すことが科学の方法論だという結論を得たのでした。我々の議論からすると工学は奇跡的に思われます。なぜなら、両者を互いに無視できるまで引き離した「モノ」と「社会」をもう一度くつつけようとしているのですから。「モノ」と「社会」のくつつけ方が工学に携わる人間の裁量に委ねられているのであれば、人間の影響力があまりにも大きいように思えます。あるいは工学が奇跡的というより、はじめから「役に立つ」という視点を見越して巧妙に「モノ」と「社会」を分離したのかもしれない。「役に立つ」という言葉を「制御する」と言い換えて、「モノ」と「社会」を「運動法則」と「境界条件」と言い換えるならば、その主張は説得的です。運動法則と境界条件の分離を前提しつつ両者をグルグル回してループを形成することは、まさに「制御する」ということです。運動法則と境界条件の分離は「制御」のための理解の方法です。したがって、運動法則と境界条件の分離を前提としない理解の方法は「制御」とは異なる立場へと繋がっているはず。あえて言葉にするならば、それは世界の「内」で「共に生きる」ことです。運動法則と境界条件の分離を前提としない理解の方法、すなわち生命のための理解の方法は、「制御」から「共生」へという大きな転換をもたらすものです。なんだか文明論のようになってしまう。少し風呂敷を広げすぎたようです。しかし、機械ではなく生命を理解しようという我々の議論は、文明論のような大きなテーマにつながっていると私は感じています。

本稿は、二〇一二年と二〇一三年に東京工科大学の大学院生を対象として開講された講義『内部観測入門』（全7回）の第1回のテキストとして配布したものを加筆・修正したものである。講義用のテキストとしては、本稿の最後に以下のような文章が付け加えられる。

議論の後半にかけて「相互作用」や「運動法則」、「境界条件」といった少し抽象的だと感じるかもしれない概念が登場しました。これらの概念に十分なイメージを持たない人には、我々の議論は具体性に欠けたふわふわとしたものに感じたかもしれません。この講義では、「セルオートマトン」を題材として、これらの抽象的な概念を具体的に説明していきます。セルオートマトンは自己組織化の代表的な数理モデルです。この講義では、セルオートマトンを批判的に取り上げます。セルオートマトンは生命のモデルとして何が不足しているのか、その不足を補うためにどのような数理的構造が必要かなどを明らかにしていくこととなります。また、我々の議論は、運動法則と境界条件の分離を否定的に捉えたものの、それに代わる理解の形式を積極的に示したわけではないと感じたかもしれません。この講義では、運動法則と境界条件の分離を前提としない理解の形式のヒントとして、「束論」と呼ばれる数学的構造を取り上げます。束論を援用することにより、運動法則と境界条件の分離を前提としつつグルグル回すという形式とは異なる形式を提案します。セルオートマトンと束論を

組み合わせることにより、我々の議論はより具体的で、より遠くまで展開することが可能になります。

本稿では本文中で文献を引用するというスタイルをとらなかつたが、松野孝一郎氏と郡司へぎオ幸夫氏の複数の著作にくわえて、先日、船橋で逝去された木田元氏の『反哲学史』を議論の参考にしている。

浦上 大輔（うらがみ だいすけ）

日本大学生産工学部数情報工学科助教。神戸大学大学院自然科学研究科博士後期課程修了。博士（理学）。専門は複雑系科学。趣味はマンガ鑑賞。現在、新刊が出ると必ず購入するマンガは『イムリ』『乙嫁語り』『ヒストリエ』『ヴィンランド・サガ』『センゴク』『自殺島』『デストロイアンドレポリューション』『キングダム』『東京喰種トーキョーグール』『亜人』『へうげもの』『バカボン』『ドロヘドロ』『デモクラティア』『ゴルゴ13』『進撃の巨人』『達人伝』など。マンガの影響で、羊肉を食べることはまっている。

