



人工物工学の提唱

The Creation of New Paradigms for Engineering

吉川 弘之

人工物工学の提唱	1
はじめに	2
1 . 現代の邪悪なるもの	2
2 . 学問における領域性	4
3 . 学問領域内での記述における演繹的形式	8
4 . 学問と行動	9
5 . 検証 - 領域の適性	11
6 . 検証 - 行動の適性	14
7 . 領域の否定 - 人工物工学	19
あとがき	24



はじめに

いつの時代にも、その時代を特徴付けるものがある。その観点から見れば、現在という時点は、科学技術の進歩とその見事な適用により、豊かさについての可能性を、最も信じてよい時代と言えるのかもしれない。

例えば、社会主義国家の崩壊は、主義あるいはそれから導出される制度の論理的破綻を根拠としながら、しかし現象的には生産における効率の差による生活水準の、西側諸国に対する低さが契機となって起こったと考えられる。このことは、人類が地球上のほとんどの地域で、豊かさという尺度の公的な判断基準としての使用を認知する方向へ歩みはじめたことを意味していると言えるであろう。

豊かさを定義することは容易ではないにせよ、少なくとも科学と技術とが、それに主要な貢献をして来たと考えるのが、一般的である。従って、今や科学技術は豊かさの増進という地球上の大目標に向けて、その発展が期待され、またその適用には制約がなくなった。科学技術についての膨大な成果とともに、その適用についての制約が希薄になったことは現在の特徴的な状況である。従って私達は、その帰結としての豊かさの可能性に、大きな期待を寄せることになる。

これから述べることは、科学技術が政治や社会的制度から自由となり、従って最も効率的に、豊かさのために貢献し得る状況に置かれたという前提に立っている。この状況では、科学技術は政治や制度によって方向付けられることがなくなり、自律性を獲得する。ここで新しい問題が生じる。自律性を持った科学技術が、人類にとって正当なものであり続けるためには、それ自身の内に正当性を保証する体系を内蔵することが必要ではないか。人工物工学は、科学技術が自己完結性を獲得するための内蔵装置に関する一つの提案である。

1. 現代の邪悪なるもの

歴史的に言って、科学技術、あるいはもっと古く学問と呼ばれるものは、時代々々の「邪悪なるもの」に対抗し、そして打ち勝って来たのだと考えてよいだろう。古くギリシャの時代の倫理学や論理学は、自己の内にある邪悪な欲望や、社会における虚偽などを見破り、退けるものであった。多様な哲学も、時代の権力と複雑に関係しながらも、それが現代の科学へと結びついて行くものである限り、基本的には人間の尊厳と基本的権利を護って来たと考えてよい。邪悪な支配権力、人種的偏見などを支持する論拠を崩したのも、学問であった。歴史の詳細を見れば数多くの例外を持ちながら、しかし結局はそれらの例外は排除され、学問が人間の平等の権利を保証する基盤であり続けたことを誰も否定しないであろう。結果的に、それは邪悪な精神や制度を排除して来たのである。

自然科学の領域では、学問はより直接的に邪悪なるものを排除するのに有効であった。人々



を他の獣や病原菌から守り、自然の災害を軽減し、またそれらから人命を保護し、安全な行動を可能にした。そして何よりも、快適な生活環境を作り出したのである。権力者や病原菌を追放したのが学問だ、という意味は、学問が、人々の合意し得る内容を持つ伝達可能な知識を形成するもの、という特徴を持っていることを根拠にしている。即ちそれは、局所的な効果だけでなく、地球全体にわたる大きな流れを作り、結果として権力者や病原菌を地球上から消滅させるのに有効だった、という意味である。

学問の体系化も進み、その成果としての知識の伝達も高速化した現在を、邪悪なるものを皆消滅し得た時代と呼んでよいのだろうか。残念ながらそうではない。過去において、時代の邪悪なるものとは、外部から人間に攻撃をかけて来る可視的な敵であった。しかし現在は、外部に敵は不在のまま、しかし多くの困難な問題が地球上には存在しており、それらは現代の邪悪なるものと呼ぶべきである。それらを例示すれば、

- ・人口爆発と食料不足
- ・過剰生産地域と飢餓地域の並存
- ・地球環境破壊事故の大型化民族間の紛争
- ・都市生活における孤独、冷淡、犯罪
- ・新しい病気の発生 貿易摩擦や過当競争

などがある。これらは様々な異なる要因によって生じさせられたものであるが、共通している点がある。それは、いずれも人類が安全と豊かさを求めてきた行為の結果として全く予期していないままに生じて来たもの、という点である。そこには可視的な外部から攻撃をかける敵は存在せず、原因を求めるとすれば、安全と豊かさを求める行為を生み出した人間の意図そのものの中に見出すしかないのではないかという不安を抱かせる状況がある。

確かに、これら一つ一つの問題においてはまた、人類共通の知としての学問に頼りつつ解釈の方法を見出す努力が進行中である。しかし、いずれの場合もその努力は成功しているとは言えず、またその見通しも明るくない。

その困難さが、単に問題が大きいことによるだけなら、時間と費用をかければ解決できると考えて待つこともできよう。しかしそれは楽観的に過ぎるのではないか。もし原因が意図の中にあるのだとしたら、その意図の実現を可能にする知恵を有効に生み出した学問に更に頼ることが果して可能なのだろうか。むしろ従来 of 学問とは、歴史的な外部からの可視的な敵に対抗することを契機として生み出され、その対抗を効率的に行うべく構成されたのだとすれば、伝統的な学問の無前提な適用こそ留保されなければならないと考えられる。

従って、前記のような問題の解決は、解決のために有効な知識を生み出す基礎となる学問自身、あるいは生み出す仕組みについての検証が必要である。学問自身、あるいはそれから知識を生み出す仕組みについての検証と言っても、それは過去の学問の正当性に言及しようという



ものではない。むしろ過去の学問が正当であり続けたことを前提とした上で、前述のような現代の問題を解決することを目標に置いた場合、その正当性をどうすれば維持できるかについて考察を行なおうとするものである。

2. 学問における領域性

学問が、時代々々の邪悪なるものに打ち勝って来たという側面を持つことは、学問の本来の目的が世界の全体を統一的に理解することにあつたにせよ、特定された対象を処理するという実用的な関心と深くかかわっていたことを意味し、従って結果的に、実用的な視点と関係付けられた領域がその内に生成して来たと考えられる。

近代以降の科学の成立においては、このことがさらに顕著であり、実用的な視点の多様性に対応して多数の領域が生み出された。人文学、政治学、法学、経済学、そして自然科学や工学がある。これらの領域が成立した動機を実用と呼ぶことには抵抗があろう。しかしそれを機能、すなわち人間にとっての意味と解釈して広義に使うことにしよう。後述するように、領域そのものの成立は機能的あるいは実用的視点を根拠としながら、しかしこれらの科学においては実用、すなわち各視点内での行動原理を生み出す、という目的に直接応える形式をとらないのが大きな特徴である。そこでは、選択された視点に立って、対象世界を統合的に理解することが主な目的とされる。

そして、この理解という目的のもとでは、領域分割が極めて有効に作用した。まず理論体系を統合的に、しかも簡潔に立てることを可能にし、結果的にディシプリンを成立させ教育あるいは知識の拡散を効率化させるとともに、領域内での研究の型を定式化して、その学問分野の発展を高速化する。例えば自然科学では物質の構造と挙動という視点のもとで、物質世界の理解を深めるための数々の理論が生み出された。経済学では経済現象を対象として、特定の型の理論が次々と生み出されている。人間にとっての機能的意味で対象を切り出すと、その部分が統合的に理解しやすくなるのは何故か。これは不思議な問題であるが、ここでは一応それを認めて話を進めることにしよう。

もちろん、これらの学問を通じた理解は、対応する領域での実用、すなわち目的実現のための行動にたいしても有効である。新しい物質を作り出すためには自然科学から得られる知識が必要であり、また有効な経済政策を立案するためには経済学から得られる知識が必要である。しかし創出や政策そのものは、これら学問の主要部分を構成するわけではなく、それらを行う人は学問の外部に居て、学問から得られる知識を応用するもの、と位置付けられる。

ここで、前述のような現代の諸問題に最も深く関わっていると考えられるものの一つとして、工学を考えてみよう。工学もまた、他の領域と同じく実用的視点を契機として成立したものである。その視点とは「ものをつくる」すなわち技術である。工学は技術に体系を与える科学で



あると言うこともできる。

注意すべきことは、工学はものをつくる人間の行為を対象として、それを統合的に理解するための理論を作る場として領域化したのではないことである。この点は屢々誤解を持たれるので強調しておきたいが、後発科学としての工学もまた、他の科学領域と同じように、既に存在するもの、従って工学の場合は「つくられたもの」によって領域化が行なわれ、そのつくられたものを統合的に理解するための理論がその主要部分をなすのである。従ってつくる人は学問の外に置かれ、知識の応用者であり、その行為は工学の対象とはならなかった。

しかしながら、技術という極めて多数の実用的行為者をそのうちに持つ分野を対象とする工学は、他の領域にくらべて実用からの影響は当然大きかったと考えられる。その影響は学問の形式に対してよりは、領域分割に対して著るしかった。すなわち、あくまで理論の目標はつくられたものの統合的理解、という形式は崩さずに、しかもその応用が容易であることに強い要請があったと思われる。そのためには、つくられたものの範囲を狭くすることが有効である。

ここでは、学問の究極の目的としての世界全体の理解という問題は棚上げして、統合的理解を可能にする体系が持つ、高い教育効率や研究効率、また知識伝達容易性などに力点をおきつつ応用容易性を増すために、つくられたものの特定によって、その都度領域を生み出して行ったのである。

例えば時計があれば時計学、橋があれば橋学が生まれる。呼び名はともかく、そこには過去においてつくられたもののコレクションと、作動原理が中心に記述されている。原理の詳細化によって、異なる種類のものの作動原理の間に共通性が見いだされると、それは複数の種類のつくられたものを含む新しい領域を生成するが、基本的には古い領域も消滅せず維持される。

このようにして、工学においては、つくられたもの人間にとっての意味、すなわち機能の視点によってまず領域が生み出されるが、それらからいくつかの領域を統合する共通領域も形成された。現在の工学を形成する諸領域において、機械工学、電気工学、金属工学などは、多くの領域の共通部分として成立して来たもので、その適用範囲が広く、従って工学教育においては基幹的であるとされる。一方、航空工学、造船工学などは、機能の視点が陽に維持されている領域である。最近生まれた原子力工学などのように、新しい領域がつねに成立し続けている。

領域を細分することで、領域内理論群の統合化が容易になり、しかも理論が簡単化することを理由として同一領域内での部分領域も成立する。これは実用の世界における専門技術者の分業とも対応してほとんど際限なく行われると言っても過言ではない。例えば機械工学においては、機構学、機械運動学、熱力学、軸受学、歯車学などがある。いずれも機械に関する理論を持つが、機構学は機械を剛体部品集合と考え、かつ質量、摩擦ともに無視したときの形状と運動の関係を扱い、機械運動学は質量を考慮に入れる。一方機械振動学というのがあるが、これは質量、変形、摩擦などを考えるが、形状は考慮しない、という具合であって、実用世界で有



用な視点があるとそこに一つの学が成立する。もちろんその場合、実用の視点で理解に必要な精度に対応して近似が行われていることを忘れてはならない。

これらの領域に特徴的なこととして、各領域内における理論体系の整合性すなわち無矛盾性があることは既に指摘した。しかしここでさらに重要なことに言及しなければならない。それは領域間の関係に関することである。

異なる領域に属する理論の間に整合性は要求されない、というのがその重要なことである。そもそも視点というのは、異なる視点の間で起こる事象が少なくとも人間にとって意味を持つ機能としては相互に独立、という条件下で歴史的に成立したものなのであろう。従って、視点を契機として作られた領域では、異なる領域に属する事象は互いに独立というのは自然である。

このことはもう少し詳しく考察しておく必要がある。例えば前述した機械工学において、機械の運動を剛体部品仮定に基づいて解く機構学も、変形部品仮定に基づいて解く振動学も、実は対象としている機械は同一である。すなわち同じ機械を、異なる視点で見るときに、異なる領域の理論がそれぞれ適用され、各領域固有の事象としてそれぞれの理解が得られるが、それらの理解は独立である。例えばある機械に機構学の理論を適用した結果、その機械のある部品は楕円運動をするものと理解される。ところが振動学の理論を適用すると、その機械の、その同一の部品が、振幅百分の一ミリメートル、振動数50ヘルツで振動することが理解される。機構学では振動は無視され、振動学では楕円運動は無視される。

人間は、ある対象を理解しようとするとき、まず最初に視点を定める。特定の視点を選択するのであるが、それが他の視点と独立であることには意味がある。一つの視点では、その視点固有の面しか理解できないが、次々と視点を変えることによって理解を深めて行く、という行為を考えると、その視点に対応して成立した領域が、相互に完全に独立であれば、理解を深めるために最も効率がよい、と一応考えてよかろう。従って、厳密には独立でないにせよ、基本的に独立と言える領域を生成して来た学問は、対象を理解するという目的から考えれば、十分に高い効率を達成していると言ってよいであろう。

領域間の独立、あるいは無関係性は、機械工学の中の部分領域間の例よりも顕著である。例えば材料の性質を視点とする領域に、材料力学や電気工学があるが、前者の公的知識としてのフックの法則と、後者のそれとしてのオームの法則との間の関係は、工学のどの領域でも扱うことがない。

このようなことは、工学に限られているわけではない。政治学と経済学、医学と薬学などは、それぞれほとんど同じ対象存在を持ちながら、理論間の関係が問われることは少ない。学問の中心を自認する物理学ですら、同じ対象を扱う化学との関係についてはあまり歯切れがよくないようである。

同一の対象を異なる視点で見ることによって学問領域が成立するという関係には、以上に述



べたように機能的関心が変わることによって生じる視点群とは異なるものがあることをここで指摘しておくべきであろう。それは、一般にミクロ、マクロと呼ばれる視点である。例えば経済学にはミクロ経済学とマクロ経済学があり、経済現象を作り出す最小単位と考えられる人間の挙動を根拠として経済を理解しようとするのがミクロ経済学である。一方マクロ経済学では、経済現象を、国家、世界などの大きな範囲で切って、その範囲で表れる諸現象を可能な限り少ない変数の数で説明する体系を作ろうとする。そのとき本来経済現象を担っている個々の人間の挙動が陽に現れないことが多い。このことは一見不思議なようであるが、実はすべての学問領域で、このような、理解体系における要素の大きさについての指定が体系の独自性を決定するという事実がある。

例えば、生命現象を理解するために飛躍的に貢献したと考えられる分子生物学は、生命現象を考える上で最も有効な要素の単位は分子である、というドグマを持っていると考えてよい。それは、過去における解剖学が、単位を器官、組織、そして細胞までに止めていたことにより持つ理解の限界を、大きく越えることを可能にした。

このような、要素の大きさの指定を、視点における「粒度」とよんでおけば、粒度の重要性が大きいことは容易に理解される。しかも粒度は小さければより深い理解が得られるというわけのものでもないのは注目すべきことである。

物理学では、観測精度の向上とその分野の発展とが並行しており、従って人間が手にする物体を最初の粒度として、その粒度の微小化をもって学問の進歩とする歴史を持っている。現在それは素粒子の究極に挑戦中と言われるが、それは理解のための視点の粒度が究極に達することを含意しているとも言える。

もっとも素粒子の究極が理解されたからと言って、人間が何故このような形をしているのかという自然科学上極めて基礎的な問題が解かれるとは誰も考えない。恐らく科学は、この粒度については非常に複雑な関係をその中に待っていると思われるが、そのことはほとんど明らかにされていないと言うべきであろう。

しかしながら、現実の学問においては、この粒度の指定が重要であることは十分認識されており、しかも学問の内容を決定的にすることから言って先鋭的な話題である。このように各領域における粒度の持つ意味は多様であることが認識されてはいるものの一般的な傾向が論じられているわけではない。

上述のように、粒度も含めて領域は極めて多く成立しており、しかも新しい領域が成立し続けている。既に述べたように、領域の成立は基本的には機能的あるいは実用的視点の発生に対応しているから、この領域増殖は視点の拡大を意味しており、したがって増殖は当然のことである。この結果起こる問題については後述するが、次節では各領域における学問の形式上の特徴について述べよう。



3 . 学問領域内での記述における演繹的形式

一つの領域を形成していると認知された学問には、多くの記述が含まれる。その記述にはその領域の本質にかかわる基本的問題についての記述や、現実に生起していることの説明の記述などさまざまなものが含まれる。ここで、本質にかかわる基礎的記述が最小化されて、例えば数個の「法則（あるいは公理）」として記述され、他の記述がすべてこれらの法則を使って証明可能な命題に整理されたとき、なおそれらの命題群がその領域の成立の根拠となった視点に含まれる現実問題を全部（現実には大部分）説明し得るとき、その領域の成熟度が高いと、我々は考えるのである。

このとき、前述したような領域の独立性は、その領域に必要ないくつかの法則が、他のどの領域にも含まれないときに、完全である。前節に述べた工学におけるつくられたものの機能に依拠して成立した領域などはその意味では独立性は低い。しかし、共通化によって成立した機械工学などでは独立性が高い。

一つの典型として、ニュートンの『プリンキピア』を考えよう。ここでは物体の力による運動という視点を定め、目前のりんごの果の落下も、遠い天体の運動も、3つの法則（等速運動、加速度、作用反作用）によって説明可能であることを示したのである。と言うよりも、我々が観察することのできるすべての運動についての記述は、それが真であることを3つの法則を使って証明できることを示したのであった。

ここで問題にするのは『プリンキピア』における記述の形式である。同書では、用語についての若干の定義の後に、3法則が突然述べられる。その記述はわずか1頁である。ところがそれ以後の数百頁には、その法則によって証明される命題が書かれているのであって、その記述は演繹の形式である。3法則と独立の知見、たとえば例外的観察事実などは一切登場しない。即ち、そこには無前提に法則が与えられ、後は演繹的論理によって無誤謬の記述が続けられて、それらが物体の運動を理解することのすべてなのである。もちろんこの形式は『プリンキピア』が最初ではなく、ユークリッド幾何学に遡るものである。そして数学の世界では、公理が与えられ多くの定理が公理によって証明される形で記述されるのが一般である。これらはいずれも十分な独立性をもった成熟度の高い分野であると言える。

このことは必ずしも自然科学独自のことでないように思われる。例えばソシュールに始まる現代言語学を見ればこのことは明らかである。ソシュールの思想の記録としての『一般言語学講義』には、言語に対する視点の定め方に始まり、多くの基礎的記述が含まれるが、とてもここで言う意味での成熟度が高いとは言えない。しかし、後に続く多くの研究者が成熟度を高めて行き、その記述が演繹的になって行く。しかしその過程でソシュールの選定した視点を狭めることを避けられず、結果的に言語理論の説明能力が低下する。

このことは、ニュートンの力学でも同じである。例外を含まない成熟した力学理論としての



ニュートン力学は、今から考えれば視点の限定によって可能だったのであり、観測法の向上によって、いいかえれば視点の拡大によって説明能力の不足が明らかとなり、結果として新しい力学を生むこととなる。ここで学問の記述形式についての単純なモデルを作っておくことにしよう。まず実用的視点を出発点として視点が覆う範囲を定める。すると最初は、その視点に含まれると考えられる事実の集合が学問領域を形成する。事実とは実験結果であったり、文献学的な収集であったりする。次第に事実の分類が進み、共通法則が抽出され、共通法則は集約されて行く。遂に数個の基本法則によってその視点のもとで観測される事実がすべて説明されるような形に成熟化する。このとき、記述は演繹論理の形式に従っている。これを可能にするのが、数個の基本法則の導出であり、これはアブダクション（仮説形成）と呼ばれる推論によって行われる。

この形式は、視点の定め方と、基本法則の選定という部分を除けば、基本的な構造は誰がやっても同じになるという特徴をもっていると考えられる。逆に言えば、学問とは公的なものでなければならず、従って主観性を極力排除して客観的なものであることが要求されるが、それがこの形式によって可能になっているということでもある。またこのことは、学問が個人でなく、複数の人間の協力によって進歩し得ることの根拠をも与えている。しかし、基本法則の導出がアブダクションによるという点には、検討すべき重要な点が含まれている。これについては五節以下で検証を行うことにしよう。

4 . 学問と行動

前節までに、学問の特徴として、領域性と記述の演繹性とに触れたのであった。この両者を持つ結果として、学問は重要な性格を獲得することになる。第一に学問が公共性を持つことになる。これは、それから生み出される知識が、立場によらず誰にでも理解可能なものになるという意味である。もちろん、基礎となる基本法則には主観性が入り得るが、それが明示されることにより、立場性の判断は容易となる。

領域の限定により、整合的理論体系が生み出され、それにより理解が容易になることを通じて教育効率、研究効率が向上する。とくに、領域が実用的視点と対応することにより、社会的に有用な専門家の教育を容易にする。

これらの性格をまとめて言えば、学問とは明解に特定された視点において、対象にたいして公共的な理解を得ることを可能にする体系である、ということになる。

ところが、この特徴が一方で限界を作り出す。第一は、すでに述べたように、学問は人々にとって行動の指針を直接与える形式の記述を持っていない、という点に関係するものである。このことが、学問が公共的性格を持つための条件であることを明かにしたが、具体的行動において個人を規制するような公共的規定を作ることは学問本来の目的でもないし、またあっては



ならないことであろう。公共性は対象理解に限定すべきであるし、事実、限定されている。

そこで次のような問題を検討することが重要な課題となる。すなわち、学問が時代の邪悪なるものに対抗すべく領域成立し、しかもそれが有効に作用して邪悪なるものに打ち勝ってきたのだとすれば、学問自身に行動規範が明示されていない以上、一体誰が、そしてどのようにして学問を使ったのか、という問題である。

結論的に言えば、行動した者は、学問を作った者と同一者では必ずしもなかった。もちろん学問的専門家が、自ら作った学問を使って行動することはあり得るが、それは一人二役というべきもので、行動は学問の必然的帰結ではない。言い換えれば、具体的行動の一つ一つは、演繹的記述の中には現れて来ない、あるいは表わせないということである。

一つの例を考えよう。人類が病原菌の攻撃を受けている状態を考える。ここで、
(病原菌の付着した食物を食べると病気になる)

という事実が認識されているとする。そしてまた、

(食物を放置すると、病原菌が増殖する)

という事実も認識されたとする。すると演繹的記述としての学問体系のなかでは、

(放置した食物を食べれば病気になる)

が導出される。前二者が法則であるとするれば、最後のものは具体的に観測可能な事実を表現する命題であって、しかも演繹的体系の中で真であることが証明されている。学問とはこのような命題の集合である。そしてそれ以上のものではなく、従って具体的行動の指針は陽には書かれてはいない。

ところが、この学問を学んで行動を起こそうとする者が居る。それはもともとこの領域を成立させる根拠であった、人間の病気からの解放という課題そのものが行動の動機である。不思議なことに、その行動者は学問の外に居ることは既に述べた。

(放置した食物は食べない)

は一つの具体的行動であるが、これが学問の中に指示されることはない。なぜかと言えばそれは演繹的に導出されるものではないからである。事実、病気からの解放のためには、

(加熱し病原菌をゼロにし、そのまま密閉する)

(食物を乾燥して病原菌の増殖を止める)

など、おそらく無数の方法が存在していて、それらの方法はこの学問体系の中の演繹的帰結ではない。現実には、干物、缶詰、燻製、冷凍など、食物保存の方法は多くある。さて、演繹的帰結ではないが、これらの方法は十分学問内容を利用していること、あるいは学問の中に述べられていることを知ることで方法導出が容易になることが理解されるであろう。

ここで、このような演繹的体系として成熟している学問から行動を生み出す行為が、一般的に存在することを認識する必要がある。前述のような有用な方法を、唯単に書き並べたとすれ



ば、それは単なるマニュアル、またはハウツーものと呼ばれるものに過ぎない。しかしそれを導出する一般的方法は、論理の分野で言えばアブダクション(仮説形成)であって、三節で触れたように学問の成立過程においても重要な役割を果たす方法である。

さて、前述のように演繹体系の中に含み得ない行動の指示は、実は学問分野を生み出す契機となった視点が定められたときに提示された主要な課題への、一つの回答である。この回答は学問の中心部分である演繹体系の外で、アブダクションによって行われる。それを行う者は学者すなわち学問専門家ではなく、政策立案者、政治家、法律家、建築家、技術者、発明家などの行動的専門家、あるいは毎日を行動している一般の人である。この事実は、学問が実用的課題について有効性を発揮する仕組みを表しているが、この仕組みについての検討が必要なのである。

5 . 検証 - 領域の適性

一節で述べた検証を、今までに明らかにした学問の特徴、領域性と演繹性ともとづいて行うことにしよう。問題をこの二つに絞ったとはいえ、この検証は膨大な作業であり、各学問分野の固有性にもとづく特殊性を忘れて単に一般的に論じるだけでは問題の本質を見失うであろうし、かと言って各分野の固有性に言及することは筆者の能力を遥かに越えている。従ってここでは、領域性と演繹性という面に限って言えば一般性が十分に保持できると期待しつつ、主として工学の視点から考察を進めることにしよう。

一節に挙げた、現代の邪悪なるものの特徴は、外部から人間生活に侵入して来る敵ではなく、過去における人間の諸努力と複雑に関係しつつ、結果として予期しないものが生じた、という点である。しかも過去における諸努力とは、時代々々の邪悪なるものに打ち勝つべく善意を背景として行われたものであって、そこに可視的な邪悪性を特定することが困難であるという点が深刻である。

一方現象的に見れば、これらの問題は多くの領域に関わる内容をその内に含んでいる。例えば地球環境破壊は、直接的には消費エネルギーと廃棄物質との帰結である。しかし、かつての公害問題と本質的に異なる点として、そこに特定の産業、技術などの原因を明示的に指摘することはできず、恐らく多くの原因の総合的結果であると考えられることがある。しかも、このような状況を生み出す過程を考えて見れば、物質、エネルギーという側面に限定しても科学、金属、電気、機械、エネルギー工学などがすべて関連するのは当然として、都市構造、輸送系などの社会的側面、さらには経済体制、政治体制すべてが複雑に関係し、特に行動を起こそうとするときは、すべての領域に関連して考えなければならないと、まず、考える必要があると言ってよいほど、複雑な問題なのである。

この状況を見ていると、一つの疑問が生じてくる。問題をこれほど複雑に見せるのは、そもそも問題解決のために我々が手にしている学問領域がこれらの問題に対して不適合であること



が原因なのではないか、という疑問である。過去の学問領域区分は陳腐化したのではないか。

少なくとも過去において、学問が実用的視点を契機として成立したことを背景として、成熟化した学問はその視点における行動を生み出すことに有効であった。新しい問題が生じるたびに新しい学問を成立させ、我々は世界についての理解を深化するとともに、学問の外部にはあるが、それに十分支持されたものとしての行動の規範を作って行った。それが何故、現代の問題ではうまく作動しないのであろうか。この問題は次のように整理することができる。

重要な問題として、現代を特徴づける有限性が指摘されねばならない。人間の行為は、過去においては、自然に存在するものの中にある敵が対象であった。自然には人間存在も含む。敵に打ち勝つ人間の行為は、人間に快適性をもたらすが、自然を含む環境の改変は人間の周辺の極く一部に止まり、環境全体から見れば無視できる微量である。しかし次第にその部分が肥大化すると、空間、資源の限界につき当たる。一方生産量の増大速度が消費量の増大速度を凌駕すると、マーケットの有限性、さらには人間の欲望の有限性が顕在化して来る。

自然全体から見て改変が微量であった時には、個々の改変、すなわち個々の人間の行為は、行為自身あるいは結果ともに、別のもものと交絡することはなかった。そこには独立性が保たれていた。このことが、理解の、そして行動を生み出す根拠としての学問が、問題別に独立であることの有効性を支持していたと考えられる。しかし有限性が相互作用を生み出す。象徴的に言えば、空間の有限性は、米作農地を作るか自動車工場を建てるかの選択を生じさせることにより、両者の間に関係を生み出すのである。

重要なことは、この有限性は、人間が邪悪なるものに打ち勝つための、局所的で相互独立に行った行為の集積の結果として現れたものであるということである。過去における無限の環境対有限の改変という関係は、改変部分の増大によって崩れ、改変した部分が独自の、人間にとって予期し得なかったものとして人間に新しい型の攻撃をかける。

ここで第二の、更に本質的な問題が現れることになる。それは改変部分とは人間が意図し、計画し、実施したのもであって、いかにそれが大きくなったとしても、人間にとって理解可能で、従って打ち勝つための行動規範も既に手にしているはず、という前提が、実は成立しない、しかも論理的に成立しないという事実があることである。従って人間への新しい攻撃は、決して偶然ではない。

このことは、既に述べたアブダクションの中にその原因を求めることになる。

アブダクション(仮説形式)については、チャールス・サンダース・パースがその重要性を指摘し、詳細な検討を行ったものである。パースはまたレトロダクション(遡源推理)とも呼んでいるが、演繹でもなく帰納でもないこの推論の重要性は、簡単に次のように言える。

ある観察事実があるとする。その事実は、ある法則が存在しているならば、よく説明できるとする。このとき、観察事実から法則を推論するのがアブダクションである。例えばニュー



トン力学で言えば、物体の落下、天体運動、釣合いなど、多くの観察事実を統一的に説明するための3つの法則が、アブダクションによって導出されたのである。従ってパースは、学問の進歩にとってアブダクションは中心的存在だとしたのであった。この法則の導出は、観察を多くすればするほど量的な確信度の上がる帰納とはべつのものである。

不思議なことに、この最も重要なアブダクションについて、すなわちニュートンがその3法則をどのように導出したかについては、『プリンキピア』には一切記述がない。しかし一方ですでに述べたように、学問の演繹性から言ってこれは当然のことである。少なくとも自然科学、あるいは工学では、領域成立にとって最も基本的な基本法則が導出される過程については詳述しないのが一般的である。これはパースも述べているように、アブダクションは人間の基本能力であると考えられるにも拘らず、何故それが人間にとって可能なのかは必ずしも明かでないことによる。パースによれば、物体の運動を説明する可能な基本法則の組の数は組合せ数的であり、無作意に探していても、有効な法則の組を見付けすることはほとんど確率ゼロである。しかし現実には学問領域の創造者達は、遥に高い効率で、ほとんど最適な基本則を推論してしまう。そしてその推論の根拠についても、過程についても殆ど説明できない。説明するとしても自叙伝にしかならない。

ニュートンが3法則を、アブダクションによって推論し、それが大成功だったとしても、それをもってアブダクションがいつも成功することを保証しているとは言えるわけではない。ニュートンに至る前に、数々の試みがあったし、その多くは失敗であり、一部はニュートンの成功に寄与したのであろう。しかし一方、試みを確率的に行って行けば、いわば帰納的に正しい法則に到達するのではないという事実も、また自明なのであり、ここにアブダクションが固有の推論機構として重視されなければならない理由があると思われる。

このように、確率的でもなく、決定論的過程でもなく、しかもそれを行った本人すら、自分自身の過程を記述できない推論機構であるアブダクションとは何であろうか。これは現在の学問の状況から言って、とてつもなく困難な問題のように思える。パース自身ですら、この問題を彼の理論体系の中に明示的に位置付けたとは思えない。パースは、人間が自然の一部であり、自然と本質的に調和している存在であることがその根拠であるという立場をとっていると言われている。とすれば、アブダクションを導くものは、いわば美的感覚ということになる。その結果、学問的体系において、その中心に置かれる公理や法則は、それに至る過程で実験や論理的考察などの大いに科学的な手段を活用しているにせよ、少なくとも最後の、法則の表現を決定する最も重要な段階では、その学問を創出した者の美的感覚、すなわち非科学的根拠が作動していることになる。

このことは、学問の体系において、公理や法則は体系の外で作られるべきものであり、公理や体系自身は体系の周辺にしか置くことができないという結果を生む。事実、学問はその体



系が科学的であり続けるために、公理や法則にそのような処遇しか与えていない。

従って私達の学問とは、少数の優れた体系創出者達の美的感覚に大いに依拠しつつ、その全体系を張っている、ということになる。この事実を認めることは、心持よいことである。

さて、本節の最初に述べた、現代の邪悪なるものを眼前にして感じる学問体系陳腐化への怖れと、この心持よさを対置することが、検証作業の中心に置かれると考えることにしよう。

やや牽強附会なやり方で始めるとすれば、このようなことになる。法則の採用とは、視点の決定によって漠然と抽出された対象集合に確定的な枠を与え、学問領域を確定することである。これが時代の優れた人々の美的感覚に支えられているとすれば、それらの学問領域は時代と調和的である。

しかし、一たび認知された学問領域は固定的であり、従ってそれは視点の社会化を生むことになる。視点の社会化は、多くの面で人間活動の効率化を生み、近代社会の成立をうながし、現代の豊かな社会への進展に大きく寄与してきたものではあるが、それはあくまで固定による効率化である。

もし、本節の始めに述べたように、現代の邪悪なるものが、過去において無限性近似が許されていた諸要因の有限性への全面的移行によって、従来独立であったものが交絡を始めてしまったことを原因として生起しているのだとすれば、無限性環境における領域独立化を前提として、体系内の整合性最大化を誘導する美的感覚が、現代においては必ずしも成立しない、すなわちもはや美的でない、ということなるのではないだろうか。

6 . 検証 - 行動の適性

ふたたび一節に述べた検証を、ここでは学問によって支持される行動の適性という観点から行うことにしよう。

社会的、あるいは自然的な諸要因の有限性への移行によって、学問領域を成立させている公理や法則の不適合が生起しているとすれば、そのことから直接、その領域が支持する行動が不適となる可能性が帰結されるというのが五節の結論であった。

しかし、この他律的な要因を根拠とする帰結より、もっと重要な問題が行動の本質の中に存在していることが本節の課題である。

行動の論理的構造がアブダクションであるというのが、その課題の中心である。

五節に述べたように、パースに従って法則の導出や公理の選定をアブダクションであると理解したが、実はこれらの法則や公理を前提とする演繹体系に支持される行動がまた、アブダクションなのである。学問領域内のすべてを決定する公理や法則であるのに、その導出が学問の外に置かれ、また本来の学問成立の動機であった行動規範が、学問体系の中に置かれることを許されないという事実は、両者ともにアブダクションであることを理由としている。そしてこ



れは、単なる偶然ではなく、学問成立の重要な根拠をなしており、従って現在我々が手にしている学問というものを強く性格付けていることを忘れてはならない。これについては次節に述べよう。

さて、行動の論理的構造が課題である。ここで行動とは広い意味をもたせてよいが、常識的に、行動するものにとって意味が理解されている行動を対象とすることにしよう。しかも、行動そのものと言うよりは、行動の選択が問題とされる。法律を制定したり、小説を制作したり、経済政策を策定したり、研究用実験装置を開発したり、新薬を発明したり、自動車を設計したり、今晚の夕食をきめたりするのは行動であろう。もちろんこれらの意味が現実に発現するのは、それに続く狭義の行動、法律の適用や、小説が出版され読者に読まれるあるいは自動車の製造、使用などが必要なことは言うまでもなく、それらがまた独自性をもつ行動ではあるが、ここではその点については問題にせず、法律おける制定と適用をまとめて行動と呼び、それと行動を支える学問との関係を考察することにしよう。

ここでも工学をを例にとるなら、工学と製品設計との関係は典型的な例である。四節に述べた細菌から人々を護るための燻製の例に戻って言えば、学問は一つなのに行動は複数の可能性があることになる。これはアブダクションの特徴であるが、この点につき、やや詳細な考察を加えよう。

アブダクションとは、五節に述べたように、一連の観測事実が一見無関係に存在するとき、そこに一つの新しい基本的考え方、すなわち仮説を導入すると、それらの事実が矛盾なく説明され、理解されるような仮説形成の推論のことであった。そしてまた、この仮説は事実が生起することについて予測能力をもつ。

ここで、行動、あるいは行動の内容についての決定の行為もアブダクションであることを理解する必要がある。

一つの例として住宅を設計する場合を考えよう。施主は家族構成を基本とし、住み方に関する方針があり、その他様々な希望を持っている。また、土地の状況や資金などの条件を聞いた上、自分の持っている建築に関する知識、すなわち施主の期待を適える方法、建築技術についての知識、建築法規などを十分に生かしながら、一軒の住宅を創出する。この創出が行動である。

さて、このような創出が可能なのは、施主の希望が建築家に理解されていることが重要な条件である。現実には、この理解は施主の表現した希望を越えて、建築家の経験に基づく施主の特徴に関する理解も含む。しかし、建築家が理解したという点に重点を置くなら、施主側の希望や条件は表現可能と考えてよいであろう。そしてまた、創出された住宅が、現実の家として施工され機能するとすれば、この創出結果もまた表現可能でなければならない。

ここには二つの表現がある。そして両者の関係は、後者の表現が真であるとき、前者の表現が真になる、というものである。



この場合の言葉でいえば、後者の表現が真とは、住宅が現実設計者の設計指示の通りに作られていることであり、前者の表現が真とは、施主の希望がすべて満たされたということである。

これは論理の形式で言えばアブダクションである。すなわち、施主の希望や条件は一つの切り取られた視点であって領域を構成し、その領域に現れるすべてのものを無矛盾に説明、この場合は機能的発現ということであるが、それを可能にする一つの仮説としての家がある。従って住宅の創出という行動がアブダクションなのである。

希望が領域で、家が法則というのは一見奇異に感じられるが、表現間の論理的关系が同型であるという点のみに着目して得られる結論であって、法則が演繹によって現実を説明ないし予測するということと、家が人の働きかけによって満足する機能を発現するという現実上の差異はここでは問題でない。この論理的な類似性によって、本節で述べた学問領域と同型の問題が発生する。

第一は領域の独立性の問題である。ここでは施主が抱いた希望が切り取られた視点であるが、より一般的に行動に対する動機と呼べば、法律制定では秩序形成、小説制作では表現欲求、経済政策策定では安定市場形成、実験装置開発では理論検証、新薬発明では疾病治癒、設計では機能的要求などが動機である。そして現実には、例えば法律にしても、今対象となっている特定の問題に関して秩序を形成したいと考えるのであって、個々の行動の動機は、きわめて限定的なのが一般である。

そして深刻なことは、個々の動機は独立に述べられ、異なる動機の間については原則として問題にしないことが許される、あるいは関係を論じる体系的手段がないということである。多極分散促進法と総合設計制度との関係を論じることはほとんど絶望的である。

このように、個々の行動においては、学問体系成立の問題として現れた領域間の独立性の問題がきわめて先鋭的に現れる。繰返して言えば、前説で述べた学問領域が作る体系の不適合が、体系創出の最も重要な法則の決定過程としてのアブダクションを原因として起こることに加え、そのようにして創出された領域を背景としつつ成立する行動規範、あるいは行動そのものが、またアブダクションであることによって領域独立性の特徴が二重に強化されて出現するのである。

するとここでは、現代の邪悪なるものに対抗するものとして、現在の学問領域が必ずしも十分でなくなったのではないかという怖れが、更に拡大し、学問領域体系によって限定された行動がまたアブダクションであることにより、積極的に邪悪なるものを作り出して行く図式が見えてくることになる。

前説に述べたように、このことは環境の有限化によって現実の現象となるのであるが、実は人間行動の本質として、潜在的には内在していたという点が問題の深刻さを示している。

ここでも技術の例を考察しよう。すべての技術的産物は、設計という思考的行為を経て、設



計の結果が製造を起動し、現実的存在としての産物が出現する。このとき、設計という行動の動機は機能的要求である。乗用車は便利な移動や運搬という機能的要求が動機である。化学プラントは目的とする物質の製造、モータは電気エネルギーの力学エネルギーへの変換、ファクシミリは高速な文書の運搬というように、すべての要求機能が先行する。

そしてこれらの要求機能は、少なくとも一つのを設計する場面では単独で記述され、他の要求機能との関係は論じられない。その当然の帰結として、多くの種類の技術的産物が有限環境で出会うとき、そこには何等の整合性も期待できないことになる。このことは、機械工学におけるフックの法則と、電気工学におけるオームの法則とがなんらの関係を持たなくてもよいことと同じ論理的根拠を持つ。

この個々の産物が相互の整合性の不十分な状態のまま使用に供されて行くことの結果は、明かである。空間の有限性という側面では、廃棄物の捨て場の不足、自動車の駐車場不足や交通渋滞、家庭用機器の増加による住居空間の狭隘化などが起こるが、これは個々の設計が、切り出された視点を根拠にして構成される要求機能に対し、局所最適性を目標にして行われることから不可避免的に生じる大域的不適性の例である。

地球環境破壊も、もちろん有限性と関係がある。この場合は放出物質や放出エネルギーが、総合的な影響を本来安定な系としての自然に不安定化をもたらすのであって、これも局所最適性にもとづく個別行動が、大域的な問題を発生させる典型的な例である。

地球上の地域的な飢餓問題も、これもまた空間の有限性により自由に豊かな環境へ移動することが不可能となった現代の状況の被害者の問題である。そして同時に、現代において豊かさを獲得するための技術そのものが、決してすべての地球の人々に有効とは言えず、技術的産物が一部地域に集中してしまうことがこの問題の解決を困難にしている。

第二の問題はアブダクションに随伴して起こるものである。上述のように、第一の問題はアブダクションの性質上、領域限定が技術的産物、そして恐らく技術以外の制度や政策に対しても、現実世界での作動における異なる産物間の矛盾を引き起こすというものであった。それに対し、第二の問題は領域内の矛盾ということもできる。

切り出された視点が作る行動のための領域は必ずしも十分に限定されていない。その結果それを動機とする行動、すなわちその領域記述を真とする行動は一つに限らない。これは、パスが述べたように、与えられた領域を説明する仮説が一つに限らないことに対応している。

技術の場合では、このことは要求に対する解が一つに定まらないこととして現れる。一人の施主が二人の建築家に同じ依頼をしても、全く異なる設計図を引く可能性が大きい。

この解の多義性は要求である領域の性質によってきめられる。例えば何か液体の容器を設計する場合を考えよう。この場合、要求としての視点の限定は、容れられるものの種類に関する範囲と、容れ方、すなわち容量や注入方法、容器の移動法などの性質についての明示的な範囲



の指定とによって決められる。この両者の範囲が狭ければそれだけ視点は限定的である。限定的であればあるほど解の多義性は減るが、それでも現実的には解は一意には定まらない。

この例において解が一意に定まらない理由は、要求としての視点の限定が、実は特定の学問領域内で行われるからである。今の容器の場合は、前述のように主として流体力学、機械力学、反応化学などの領域が関係する。しかし容器を構成する材料の電気的性質は関係しないと考えらるであろう。従ってこの場合は前述の第一の問題に帰着する。

この「関係しない」部分は設計の自由度と言われ、設計作業の中ではむしろ設計を容易にするものと考えられている。しかし、この非限定部分が容器を実際に使ったときにどのような機能を発揮するかについては不問に付されることになる。

このような「関係しない」部分は異領域にのみ現れるわけではなく、視点に取り入れられた領域内でも存在するのが一般的である。それは、要求というものは関心のある側面のみにおいて表明される、という本質的性質に由来するもので、この場合「関係しない」側面は同一の学問領域内にも現れる。このことが、第一の問題に帰着し得ない第二の問題が存在する積極的理由である。例えば住宅に用いられる柱は、強度が主要な要求であって、弾性変形に対する剛性はとりあえず関係がない。

さて、このようにさまざまな理由で生じる関係しない側面を現実的には何らかの根拠で、あるいは恣意的に決定しながら、技術的産物が出現するのである。その結果、前述のように同一の要求を満たす複数種類の産物が設計され、製造されて世の中に出て行く。

ここで重要なことは、それらの産物は使用者による使用を通じてその最適性の確認が行われ、いくつかの種類は選択によって消滅して行くことである。これは選択あるいは淘汰が技術的産物の歴史的展開に重要な働きを持つと言い換えてもよい。

これをまた、論理的構造の類似性という点から見れば、学問における仮説が、演繹を適用しつつ事実と照合されることによって検証されて行くことに対応する。学問の場合、事実は経験や実験によって観察され、これに耐えることが仮説の妥当性を強化して行くことになる。一方、技術的産物は使用されることによって選択を受け、社会的に生き残って行く。

この選択は前述の分析に従えば二つの側面で行われることになる。第一は要求が満足されている程度であり、第二は、関係しない部分による潜在機能の発現において、使用者に負の効果を与える程度が小さい方がよい、という尺度である。

アブダクションである行動が不可避的に関係しない部分を随伴してしまうとすれば、この使用による選択は、人間の発明した素晴らしい、そして必要不可欠な装置である。しかし問題は選択の速さである。選択の速さが十分でないとき、随伴する潜在機能の負の効果は無視できないほどに増大する。



7. 領域の否定 - 人工物工学

現代の邪悪なるものが生起してくること、およびそれに対抗する有力な方法を生み出すことに困難があることの重要な原因の一つとして、視点の限定を契機とする独立領域の成立があるとするば、その困難を解決するためには、視点の限定のない「領域」を作り出すことが必要だ、というのは直観的帰結である。しかし、限定しないのに、果して領域と呼べるものが生み出されるのか、この帰結には少なくとも表現上の矛盾が含まれており、慎重な検討を必要とする。

学問全体を論じることは問題が大き過ぎる。従ってここでも工学を一つの例として考えることにする。すると我々の課題は、「領域の存在を否定した工学」を樹立することである。機械、電気、材料などと言った領域を認めない、あるいはどの視点も取り入れることの可能な工学である。従ってそれは、工学において各領域が対象とするものすべてを対象とする。すべての対象とは人工物である。そこで、この領域の存在を否定した工学を「人工物工学」と呼ぶ。

ここで指摘しておくべきことは、人工物工学は既存の領域工学の単なる総和ではないという点である。総和を考えれば確かにすべての人工物を対象とすることにはなるが、少なくともそれは一人の人間が学び得る量を越えており、その意味で一つの工学と呼んでもあまり意味はない。さらに重要なことは、そのような総和、全体を直観するための固有の方法を想定することができず、従ってそれは「学」と呼ぶのにふさわしくない。

しかし、領域存在を否定した、と言いながら、結局それはもう一つの領域を付け加え、領域の数を増やしたに過ぎないのではないか、という疑問には慎重に答えなければならないであろう。それが単なる付加でなく、領域化した工学が本質的に持ち、かつ従来の領域化の原則に依拠する限り決して見ることのできない面を見せてくれるようなものでなければならない、というのが人工物工学の目標である。もちろんこれを一つの領域と呼んでもよいが、そのとき領域という言葉の意味は拡大する。

さて、このような人工物工学の輪郭を明かにして行くのが本節の目的であるが、まず前節までに述べた問題を整理することから始めることにする。

製品設計や製造の技術領域で、「メカトロニクス」という言葉がある。これは一つの装置の中に、力学的作動部分と情報処理や通信を行う部分とが渾然一体となって構成され高度な機能を発揮するもの、すなわちメカニズムとエレクトロニクスが融合したものを意味する和製の造語である。

機械装置に情報処理を行う計算機が融合された歴史は古く、1950年代に鉄鋼産業が圧延装置等に導入したのが実用的適用の最初である。圧延機械の作業に関する諸量を検出し、それを計算して機械にフィードバックする予測制御のシステムであるが、当時は計算機も大きく空調も必要としたため、計算機は別室に置かれ、圧延機の制御装置との間が電線で結ばれている形式の統合である。



このとき、機械設計者は圧延装置を設計し、情報処理技術者は計算システムを設計し、その間の統合は制御情報の世界においてのみ行われるのであって、その部分は両者にとって理解可能であり、それぞれ相手のシステム全体は理解の必要がない、いわばブラックボックスであってよかった。

しかし計算機が小型化し、機械装置のすぐ傍、あるいは内部に入り込んでくると事情が変わる。すなわち機械の形状や、機械が作り出す環境などから、計算機は直接影響を受けることになり、両設計は相互の理解が不可避的となる。それどころか、同一部分が力学的機能と情報機能とを同時に受け持つようなことも起こってくる。このように、従来異なる領域に区分されていた対象が融合状態になることにより、メカトロニクス設計は異領域の専門家の、伝統的な意味での協力では不十分となる。すなわち、設計という行動のアブダクションにおいて、異なる専門家の知的活動が同期して進行しなければならない。このことは、アブダクションの作動原理が不明であるために大きな困難を生じることになる。

現実には、メカトロニクス設計では、機械、情報処理の純粋な専門家の協力を言うよりは設計者の中に、両分野を十分に理解し、両知識を適用できるものが含まれていることが必要なことなのである。

この例を、前節に述べた領域化によって生起する問題との関連で考えてみよう。現在、多くの機器がメカトロニクスの要素を持つようになっている状況を見ると、領域化は、特定領域の体系的知識を適用して製品を設計するという積極的な場面ですでに、不十分なものになりつつあることが理解される。この場合、機械工学と電子工学あるいは情報処理を統一した体系としての単一の領域は存在しないから、そのような教育を受けた専門家もいない。従って前述の、両者を理解する設計者とは、当面の製品にかかわる部分を中心としながら、作業を通じて自らの専門領域に他の知識を導入することによって、多領域にわたって作動する「自前の体系」を創出したと言ってよいであろう。

このような現実を見ると、数々の領域から送り出される製品や排出物を作る人工環境において、有限性が原因となって生じるそれらのあいだの交絡を体系的に理解し、対策を作っていくことの困難さが容易に理解できる。この交絡が現在の環境問題を特徴付けているとすれば、環境問題を対象とする専門家は現在存在していない。そのような専門家が、メカトロニクスの場合のように対象を目の前にしつつ自前の体系を作ることによって生まれ得るとしても、それでは地球環境破壊を予測し、破壊が出現する前に対策を立てなければならぬ現代の緊急な課題を解くことは出来ない。そこには「本質的な手遅れ」が存在する。

しかし、この本質的な手遅れを解くための手掛りがやはり前述の例の中に存在すると考えるべきであろう。それは両方の領域の知識を駆使する自前の体系が、それは記述できず、また本人すら表現できないとしても、少なくとも経験を通して暗に成立していると考えられるからで



ある。記述できないものを体系と呼ぶことには抵抗があるが、この経験豊かな設計者は、設計という行動に於いて、機械設計者が機械工学の体系を背景としてアブダクションを行うのと同じに、機械と電気の融合した設計結果を、あたかも背後に両領域が融合した体系があるかのようによアブダクションによって生み出すのである。

この事実を次のように解釈する。それは、メカトロニクス設計者が、少なくとも与えられた要求機能に対する解答としての設計解を生み出し得るのは、背後に融合体系が存在するか、あるいは体系の一部知識を有効に選択し適用する方法を身につけていて、融合体系と等価な働きを可能にしている、ということである。このことから人工物工学の研究の進め方について、一つの方向が見えてくる。それは、少なくとも行動に対して等価な有効性をもつ融合体系を明確にすることである。メカトロニクスの場合、それは機械工学と電子工学とを、単なる総和でなく統合した体系を作ることである。

このこと自体は領域を新しく作ることに他ならず、しかもその領域は今までに述べた視点限定を根拠とする領域と同質である。しかし、この研究分野の目標は、既に領域化された複数領域の統合という過程を実例を用いて実証的に調べることによって、領域成立の本質を理解するとともに、環境問題のように、多数領域の知識が不可欠と考えられる課題における行動の指針を得ようとするものである。

この観点に立つ人工物工学研究の一つとして、マイクロマシンの研究が取り上げられようとしている。マイクロマシンは、極く微小な寸法の、独立して走行し機能する機械の総称であって、現在豊富な応用分野を持つものと期待を寄せられ、多くの研究が行われ始めた。しかしここで言うマイクロマシンの研究は、規制された微小空間という拘束の中で、複雑な機能を発現する機械を作ろうとするとき、機構、流体系、電子系、機能材料、それにソフトウェアなどの多様な要素をその空間の中に「つめ込む」ことが必要であり、そのためには各要素は必然的に交絡し合い、その要素も既存の単独領域のみによっては挙動記述ができなくなった状態における機械の研究、ということの意味しており、従ってこの研究から多数の領域が同じに作動する現象がもつ一般的な問題が明かにされることが期待される。

また、マイクロマシンの設計問題を考えると、小さな空間につめ込むというこの機械の特徴は、従来の機械にくらべて、一つ余計な設計要求を与えられたことになっている。恐らく有限性が顕著になった環境における設計は、無限性の条件のもとでの設計より、少なくとも一つ設計の自由度が減っていると考えられ、その意味でもこの設計は一つの象徴と考えてよい。

このように、すでに領域化が完成した複数の領域を、各領域で得られた知識を十分に生かしながら統合する実証的な研究を、人工物工学における実験的研究と呼ぶことにしよう。それでは人工物工学の理論的研究とはどのようなものであろうか。

恐らくそれは、現代の学問を特徴付けるアブダクションの機作そのものを中心とする研究に



ならざるを得ない。アブダクションは、視点限定に根拠を与える公理や法則を生み出し、また領域知識を背景として人工物を創出するのであったが、その仕組みが明かにされておらず、そのことが原因で現代の邪悪なるものが生起している可能性があるとするれば、その仕組みの理解は重要なことである。このことは、領域成立の本質的手遅れと、製品の市場淘汰における時間遅れとを統一的に理解する作業も含むことになる。

アブダクションは人間にとって、新しい知識を生み出し、しかも新しい環境をも生み出す有益で、しかも人間を特徴付ける能力である。それに対する理論的研究を始めるに際し、どのような枠組を設定するのがよいのであろうか。

比喩的に言えば、アブダクションの世界は生物の世界である。生物にとって与えられた世界とは、地域的差異があるにせよ、地球という極めて限定された条件で特徴付けられている。しかし、その同じ環境には存在可能な生物種として何百万種が生存する。地球という、条件が限定された視点で、種が可能な解として生み出される。その過程はあたかもアブダクションである。しかし生まれて来た各種は相互に独立あるいは無矛盾では存在し得ず、食の連鎖と言うような、相互依存あるいは相互否定を成立させることによって始めて、地球全体としての平衡的な状態に到達する。

学問の世界においても、製品の世界においても、損失の少ない良好な食の連鎖を確立することが必要である。良好とは、戦争、民族優位意識、経済過当競争などの邪悪な相互否定なしに平衡を達成する、という意味である。

恐らく、そのためにはアブダクションそのものが、目標としての平衡と相互作用を持ちつつ行われることが必要条件となる。パースが考えたように、アブダクションは人間存在そのものを根拠としていわば本能に依拠しつつ、自らの過程についての明示的意識なしに行われるのがその本質であるとしても、今後はできるだけその過程を明示的に示し、全体的平衡への道の設定を行うことが必要となる。

この条件を考えると、人工物工学には知識の利用に関する体系という面がなければならないことが理解される。領域工学は、限定された視点のもとでの豊富な知識を、演繹体系として提供してくれる。しかしその体系内で表現された知識は、そのままに行動に適用出来るとは限らない。例えば卵焼きを作るとき、関係する領域知識として熱伝達、熱伝導、対流、蛋白固化などの、さまざまな専門知識があるはずである。しかし、おいしい卵焼きを作るというアブダクションとしての行動において、これらの知識がそのまま作動するわけではない。この簡単な例でわかるように、アブダクションに必要な知識の表現と、領域工学での知識表現との間には、内容が同じなのに表現形式の大幅な差異が存在している。しかもアブダクションでは、固有に表現された知識の利用手順という、領域工学では扱わない問題も存在する。

先に述べた平衡という点から見れば、どのような領域知識が、どこで、どのように使われた



かによって全体の平衡が影響を受ける。従って、この知識利用の過程を理解することが、良好な平衡状態への道を拓くことの必要条件となるであろう。

このように考えると、人工物工学における理論とは、知識適用過程についての理論と言うこともできる。領域工学が対象の性質についての知識を体系的に生む、いわば事実理論であるのに対し、人工物工学理論は、それを適用することにかかわる過程理論である、と言ってもよい。このようにして、人工物工学が従来領域体系に単なる一領域を付加するものではないことが理解される。

過程理論という視点は、人工知能の研究分野には明かに見出されるが、そこでは領域工学との関連が主題として取上げられていないために問題の設定は、今ここで考えている立場から言うとも必ずしも明白ではない。筆者の考えでは、人工物工学は一般設計学の問題設定と多くの共通性を持つが、人工知能分野との関連も深くなるものと予想される。

さて、人工物工学が知識の過程理論という側面を強く持つとすれば、その応用分野として、知識のマネジメントという分野があり得ることになる。この場合、知識は必ずしも学問として体系化されたものでなく、日常的な行動を通して獲得されるものも含む。

ここで重要な点を指摘しておかなければならない。まず、知識のマネジメントが現実に行われているという点に注目する。個人の行動において、また集団の行動において、知識のマネジメントは日常的に行われている。

ここでも工学領域で考えれば、膨大な製造を行う産業において、恐らく生産という観点で効率的な知識のマネジメントが行われているはずである。そして、そこで扱われる知識は、勿論学問として体系化されたものもあるが、それ以外においしい卵焼きのように、行動に便利のように再編されたものもある。さらに、学問としてはまだ扱われていないものもある。

指摘すべき重要な点とは、この最後の、学問として扱われていない知識が行動を通じて生み出されているという事実である。パースの指摘のように、真の知識の生産はアブダクションにあるとすれば、このことは当然のことである。さらに、このように行動を通して生み出される知識などをマネジメントによって有効に利用する行動もまた、実は未だ成立していない過程理論の素材としての知識を生み出していると考えられる。

歴史的に見ても、このことは一般的である。例えば構造力学は、橋や建造物を作る知識を体系化したものであり、流体力学は水車の技術から生み出された。

今、人工物工学において過程理論を確立しようとするなら、構造力学が成立する前に行われていた橋や建造物を作り出すための知識を参照することを通じて構造力学が成立した歴史にならない、膨大な量の製品を作り出すだけでなく、膨大な量の知識をも生み出しているであろう産業を、重要な知識源と考える必要がある。その知識は体系化されておらず、形式的にはおいしい卵焼きのための知識と同型であることもあろう。それをプリミティブな知識と呼べば、人工



物工学において、これらを素材として、体系的知識がいかにアブダクションに有効な知識表現へと再編されるかという点についての一般的知見をも含む過程理論の確立を目標とする、という研究方法もあり得ることになる。

現在、生産技術の国際共同研究として我が国の提案で発足しようとしているIMSプログラム（知的生産システム研究計画）は、その中に、産業で生み出され浮遊しているプリミティブな知識を素材として、過程理論の一つとしての製造学を確立することも設定されている。従ってIMSプログラムは、人工物工学のフィールド研究という面も持っているのである。

あとがき

来年度、東京大学に、学内共同教育研究センターとして、人工物工学研究センターが設立される予定である。この聞きなれない名前のセンターが実現の段階に至るまでには、多くの議論があった。しかし東京大学、学術審議会、文部省の多くの方々の前向きな理解に支えられ、ここまで来ることが出来た。計画者の一人としてここから謝意を表したい。

発足後、このセンターでどのような研究が行われるかは、もちろんセンターの構成員が自主的に決めて行くことである。ただ計画者の一人として、人工物工学という名前が表す概念とともに、やや大げさに言えば工学の将来という視点に立って、その理論的枠組の概略をまとめてみたいと考えたことが動機でこの小文を書くことになった。

問題は大きく、この小文では工学の特徴としての、領域分化とアブダクションという視点からしか論じることができなかったが、出来ることなら、この議論が発展して、「人工環境学」とでも呼ぶべき分野が成立するのではないかと、期待している。文中でも述べたように、恐らくその作業は多くの学問分野の人々の協力が必要であり、筆者が一人で考えていてもどうしようもないのも、もちろんである。従って、環境学という、既存の領域を越えた学問に夢をもつ一人の、工学分野の人間からのささやかな問いかけ、とこの小文を理解頂ければ幸である。

人工物工学という名前は、センターを計画する過程で多くの人々の議論を経て落ち着いたものである。人工物科学という名前も挙がったが、これはH・A・サイモン教授の著書名である。問題の対象という意味では、同著と共通する部分が少ないが、動機、想定される理論的枠組み、目標などがすべて同著と異なるセンターの名前としてはふさわしくないと考えられた。そして何よりも、このセンターは、工学の中で最も工学らしい、製品やシステムを総合することを主題としている人々の努力によって、長年かかって作られて来た構想が基本になっているという事実を反映するために、工学と称することに意義があると考えているのである。

（東京大学 吉川弘之 1992年4月「イリウム」掲載）