

研究ノート

人工物という視点

齊藤了文

Memorandum on artifacts

Norifumi SAITO

Abstract

I overview some philosophical points of artifacts.

Keywords : intension, value, artifacts

抄 録

これまで人工物について、いろいろ考えてきた。その一つの帰結として、全体の展望を行おうとした。
キーワード：意図、価値、人工物、

はじめに

意図が込められ、価値が込められた人工物。意図の具体化でもあり価値の一種でもある（多様な）制約条件を満たすように、設計が行われている。しかもこれらの制約条件は、トレードオフという関係を含んでいる。技術者は設計をこういう条件の下で行っている。科学の合理性の強調は行われてきたが、以上の見方をすると、テクノロジー、人工物のイメージは少し変わってくる。当然、科学的知識は優れた知識ではあっても、どんな人工物でも作れるとか、いわば完全な人工物が作れる、という見方にはさすがに無理があるというのが、トレードオフを真剣に取った場合の帰結である。

そして、科学法則の予測可能性を強調する（カントはアприオリな総合判断という視点から、認識や世界の在り方を哲学的に理解しようとした）のではなく、実験を通じた再現可能性を強調して科学的知識の在り方を見してみる。

このような視点を以下少し展開し、どういう帰結がありうるかということを示すことにしたい。いわば何かを論証したりするための論文を書こうとするのではなく、あるアイディアの帰結の豊かさを示すことに留まるのがこの論文の特徴となる。

第1章 客観的な自然に、どうして価値が関わるか

物や人工物といった物理的存在に意図のような物理的実体があるとも思えない幽霊が込められているのはいかにして可能か。

例えばデカルトに従うと、精神と物体の二元論に立つために、物体は科学的法則に従って運動する。それに対して、精神は自由だとされる。そして、価値とか意図というのは単純に物理的存在だとも思えない。

すると、私がこの花瓶に高い価値を見出すとすると、それは私の主観的な見方を提起しているだけなのだろうか。このような問題関心を少し深めてみることにする。

物（自然物でも人工物でも）と意図についてちょっとした事例を使って考えて見る¹⁾。

例えば、山歩きの時に落ちている枝を杖として使うことができる。この場合、私は山を歩くという意図がある。そして、落ちていた枝は、山歩きを助けるという仕方を使っている。枝そのものは、私の山歩きの意図の一部として機能しているのだろう。別の枝でも、特に問題はない。もちろん、靴も含めていろいろなものを使って私は山歩きをしている。枝を私が道具として使っているにしても、道具そのものがなければ私の山歩きの意図がなくなってしまうことになるわけでもない。

さて、山歩き用の高価な杖を買うことを考える。もちろん、落ちている枝は使っているうちに折れるかもしれず、ごつごつして手にやさしくないこともある。それと比べると高価な杖はそれなりに機能する。道具としてうまく使える杖は、いろいろな有用な機能を持っている。だからこそ、高いお金を支払うともいえる。

高価な人工物としての杖は、他人への配慮に基づく職人の技能が寄与したり、科学的知識に基づく科学技術を使ったりして、より良いものよりうまく機能するものとなったとみなせる。人工物の設計を通じて、山歩きという私の目的、意図にとって、より良い道具が作られることになる。もちろん山登りという意図は私が持っていて、道具はその機能を高めるためのものだというのが基本である。

もちろん、道具としての自然物にしろ人工物にしろ、物としては私に役立つという見方で捉えられる。つまり、行為するのは、私をはじめとする人間であり、道具といった物は人間が使っているだけである。

ここでさらにいくつかの方向に考えを進めていく。

1) 例えば、富士山の御来光を見るといった仕方では崇高なものを「見る」という観点で価値といったものを理解することがあるが、ここでは普通の人間が「扱える」という意味での物の価値に焦点を当てる。

一つは、物、特に人工物が人間の行為に特徴的な、意図、価値、責任に實際上大きな寄与をしているのではないかということである。

例えば、ローレンス・レッシングが述べているように、家のドアは他人の行為を制限する。勝手に他人の家に侵入できない。法律での規制とは違って、物理的に規制する。このような意味で、人工物そのものが人間の行為を行う場合に大きな機能を果たす。これは当然だ。私の命を守るために、ドアそして家そのものも重要な役割を果たす。

ただこれ以外にも違ったポイントがある。

第2章 作る場面

科学は客観的で普遍的だという特徴づけがなされる。自然物にも価値を求めることがあるが、それは人間の評価に過ぎないように思えるかもしれない。

ただ、人工物に関しては技術者、設計者の意図が普通に入り込んでいる。この側面を考える必要がある。新しい製品を作ろうとする場合に当然に、技術者の意図が入り込んでいる。部品や材料をそのまま並べて置いているわけではない。

ここで考えるべき論点の一つは、技術者は何らかの選択を行った上で設計しているということにある。これは、技術者の意図の発現とみなせるだろう。（選択するという設計者の意図に関わる論点を、以下でさらに見ていくことになる。）

ただ、普遍法則を求める科学者でも、いろいろな試行錯誤をしつつ普遍的な法則を求めているというイメージがある。この場合の試行錯誤のそれぞれが意図の発現だとみなすと、（ものづくりをする技術者と）同じことをやっているように見える。

ここで注目すべきは、「発見の文脈」と「正当化の文脈」の対比である。実際にどのような仕方でも研究を進めようと、いわば自然の真理として何らかの普遍的法則さえ見つければ、そこまでのアイデアとか試行錯誤は努力の現れではあっても、うまくいっていないアイデアは特に大きな意味を持たないだろう。その意味での科学者のアイデアや意図は、うまくいかない場合は特に、大きな意味はないことになる。

ポイントの一つは、普遍的法則といった唯一の真理があるとすると、こういう帰結が生じるということである。

人工物に目を向ける。例えば、科学的研究も大きく進められている自動車でも、唯一の完全な自動車がある、というようにはなっていない。この場合に、人工物の設計において、また研究開発時において、設計者などの人間の選択が実際上大きな意味を持っている

とみなさざるを得ない。多様な選択肢が、それなりに機能しているように見える。

科学に基づいてのみ、つまりいわば機械的に、完全に合理的な人工物が出来上がるというのは、基本的に誤ったイメージとなる。その意味で科学技術が科学的合理主義の権化だとみなすことはさすがに無理がある。(第8章で、科学法則の普遍性と、工学などで使われている科学的知識の在り方の理解の相違について少し考える。自然が普遍的法則に従うことを強調すると、自然法則、自然合理性に従って、物は運動すると主張できるようにしても、意図が「込められている」かどうかはさらに別問題である。)

もちろん、大量生産を想定して、例えば電球の生産のように、品質管理をしっかりとそれを作る場合には、ある種の最適化、合理化を進めることが可能なようにも見える。つまり、多様な人工物のうちある特定の人工物に関しては、さらにある状況下の製造方法に関しては、そういうことが起こりそうに見えるかもしれない。さらに、ある時点ではそういう最適化が可能だと見えるかもしれない²⁾。もちろん当然、その当時の技術水準とか、資源の調達状況とかいった制約条件に依存することになる。すると何らかの仕方で完璧な最適化が可能だとして、完全な合理的人工物が出来上がると主張できても、その背景となる条件が完璧に満たされることはまずない。(製造ラインでも、時々少し違った製品が作られることがある。この場合の、変更管理の最適化は多品種の製品を製造する場合に行われる。万能の機械を使うより、専用の機械を使う方がもともと効率がいいはずだが、作べき製品が変更することもよくあるので、それに対応することも考えなければならない。)

第3章 選択と意思決定

自然の中では、ある法則に従って、運動が行われるかもしれない。例えばもちろん、どのようなものも劣化する。ただ、木片同士を釘を打ち付けてつなぐと、一体化した小さな本棚ができる。釘と木との間に摩擦があって、すぐには外れず、本棚として使える。何年もたつと、釘が錆びて役立たなくなり、木片も腐ることもあるにしても。こういう仕方で、法則をうまく使って、人工物を作ることになる。劣化は起こるにしても、エンターピーは増大するにしても、人間が普通に生活するときには特に気にする必要はない。

2) アマゾンの配送場で品物をピックアップする配送ロボットを見てみると、多くの配送ロボットが配送場内を縦横無尽に動いている。なかなかのスピードで多くの配送ロボットが動いている。これを見ると、自動運転車なんかはすぐに実現できそうに思えるかもしれない。ただ、配送場ではすべてのロボットの位置やスピードが計測されている。そして、ロボットが動く平面に障害物が置かれることもない。ただ、地道では急に飛び出す人など思いがけないことも起こる。それらのトラブルに、リアルタイムに対応することの難しさも考えると、非常に簡単な拡張ではないことが分かる。

ちなみに、太陽は100億年ぐらい経てば赤色巨星になっていって、地球を飲み込むと言われている。この法則を重視すると、地球の環境を守ることは、この時間軸では意味を持たないだろう。例えば地球という物質のすべてをエネルギーに変えて $E=mc^2$ 、他の銀河へ行く宇宙船をどう作ればいいのか、という設計問題が重要になるかもしれない。

一般に、ものづくりは、あらゆる法則や予測を考慮して行うことはもともと難しい。ある想定の下で、ある制約の下での問題解決をするのが工学の試みの基本に存在している。つまり、自然法則やローカルルールは多数あっても、そのうちのどのルールが、今作っている人工物に大きく関係するかを考えて設計を行っている。例えば、(科学的成果である)理科年表や技術基準などを踏まえて(当然このような公的知識だけでは足りない)、どう問題解決をするかがポイントになる。もう一つのポイントは、何が重要であるかを選択することである。(大事故が起こった直後の専門家のコメントは、幾つかの因果的可能性を示しはするが、どのポイントが重要だったかは、現場調査をした上でないと確定しない。)さらにこの価値づけは、自然必然性にもみ縛られてはいない。(例えば、6章を参照)

さて、試作の様子を分かりやすく見せてくれるテレビ番組がある。「魔改造の夜」はその一例となる。技術力を持った複数の企業が、与えられた課題を満たす人工物を作ろうとする。それぞれの企業が、そしてそこにいる技術者たちが様々なアイデアを使って課題を解決している。

このような事例を見ていくと、いくつかのことが分かる。まず第一に、多様な設計解があるということだ。3つの企業が出てくるが、それなりに異なった設計解を提出している。そして、解の候補を探すだけではまだ足りない。第二に、その後の研究開発がさらに重要になるということだ。実際、出来上がった試作品が番組内でうまく動かないことも生じている。こういったトラブルを減らし、さらにゴツゴツした見た目ではなく、洗練された形状に仕上げることが必要になる。番組内の競技場でうまく動くことを目指すだけでなく、それを消費者に提供する製品にまで仕上げようとすると、さらなる研究開発や実験が必要になる。もちろん、安全性や耐久性、信頼性も含めて。

多様な設計解があるということに戻ろう。この基本は、例えば特許制度を見てもわかる。一つしかないやり方は、実際上特許としては認められない³⁾。例えば、ゼロックスの普通紙コピー機が何重にもわたる特許に守られて、それと同じ機能を持つ機械を作ることができないと言われていた時期があった。特許技術はまねが許されない。そして、周辺特

3) カーマーカー特許といういわば数学の公式のようなソフトが特許として認められようとしていた。これは衝撃だった。(『ソフトウェアと知的財産権』佐野稔 岩波科学ライブラリー46 (1997))

許も取ることによって、ゼロックスは、別のやり方でもなかなかマネすることも難しい、様々な仕方の特許を取ってきた。ただ、それに対してキャノンはそのすべての特許技術を避けて、普通紙のコピーが取れる機械を開発した。こういう意味で設計解は一つでないにしても、そのそれぞれの技術の集合体を抜け出るような新しい技術を作り出すことは簡単ではない。特許技術に関してこういう仕方でも技術的に対応することがこれまでも幾度となく行われてきた。

より一般的な技術開発でも同じことが起こっている。

自動車の研究開発でも、エンジンについても、シャーシについても、様々な仕方でも最適化が行われている。どこの企業の技術者も基本的な工学的知識をもっているし、必要なコンピュータやセンサーも使えるのが普通である。それにもかかわらず、ごく普通に多様な自動車が走っている。完全に合理的な、最適化された種類の自動車が作られているわけではない。科学は、自然について完全に合理的な真理を教えてくれる（もちろん魔法のような別種の知識があるとは思えない）にしても、科学的知識を使って唯一の合理的人工物が出来上がる、ことはありえない。

第二のポイントを考える。試作品に留まらず、製品として世に出すためには、研究開発を続けなければならない。例えば薬の研究開発でも、薬の候補化合物が見つかったとしても、それが薬として有用なものだと確認できるには、生体利用率の確認など多数の実験に耐えなければならない。治験とも言われる臨床研究が必要になる。これは実際上コストもかかるし時間もかかる。この段階での研究開発が、実際に役立つために必要になる。しかも、候補となる化学物質が有用な薬となる確率は、昔から千三つと言われていたし、現在ではこの確率がさらに小さくなっているとも言われる。ドクターを持っている研究者が提案する素晴らしいアイデアでもこういうことになっている。

もう一つの例は、自動運転車の公道試験だ。センサーや地図を備えていれば、自動運転車が自立して動けそうだ。ただ、自動車事故も、自動車が増加した時代以来非常に増え、それに対する社会システムとしての道路交通法でも様々な仕方でも改良が加えられるようになってきた⁴⁾。同じように、街中の地道を走る自動車は、様々なトラブルが生じる。それに対応するための事例を見つけ出すために何万キロにわたる公道走行試験が行われる。

このように具体的に使える技術になるためには、現実の状況に、人工物がうまく適応し

4) 科学技術の問題点を補完するために、規制法を含めた社会技術が使われることがある。ただ、科学技術の進む方向は予見できず、ユーザの対応も把握し尽くせないために、徐々に社会システムの改変も行われていく。社会システムをデザインし直すということ、システムのメンテナンスを続ける必要があるということも理解できる。

ているかを見出さなければならない。こういう視点を持って、人工物の設計を理解することが必要だ。人工物を中心に見ると、自然環境（道路と地下の土壌状態）、人工物環境（無線の混信などがある）さらに人工物を使う人間や社会という環境の下で、生き残る必要がある。うまく機能する人工物として、何らかの問題解決に寄与しなければならない。ある意味、生物の環境への適応、生き残りと似ている。ライバル企業同士のお菓子の販売競争とは違った場所でも生き残りが必要となっている。（複雑性に対応できる人工物を作るためには、基礎研究段階での思いもかけないアイデア（いわば自然の深い真理を発見したともみなされる）がポイントになるというよりも、実証実験段階のシステムティックな実験がポイントであるように見える⁵⁾。）

第4章 人工物と責任

意図や責任と人工物との関係についてさらに見ていく。

爆弾を仕掛けて人を殺す場合には、テロリストは当然責任があるが、爆弾そのものに責任があると言っても仕方ない。行為者である人間に責任が帰せられるのが基本だ。ただそれでは済まない場面が生じた。それが製造物責任の問題となる。

ものづくりをする人は、普通、他人を傷つけようとはしていない。でも被害を生じるような事故が起きることがある。この場合、ものづくりをした設計者や技術者が何らかの過失を起こしたのかもしれない。そうだととしても、故意でテロを起こそうとしたのではない。過失だととしても、そんなに大きな責任を帰すのも奇妙だろう。さらに、人工物、製造物は、所有権が技術者から移転しているのが普通だ。所有権はそのものに対するコントロール権を持っていることであるので、技術者に責任を負わせるのは、普通の考えではない。また、所有権の移転は売買契約に従っているので、契約という人間関係の基本的ルールからしても、メーカーや技術者に責任を負わせるのは割と奇妙な仕方での論理展開があると思えない。

このような問題意識の下で製造物責任法を見ていこう。二つの論点に注目する。

まず、アメリカで、この法律を確立する場合に大きなポイントは、責任の移行を人工物に帰したことにある。Henningsen v. Bloomfield Motors, Inc. (N.J.1960) というニュー・ジャージー州最高裁判決がポイントとなった。メーカーの直接の契約者である車を売っているディーラーというより、メーカーとの契約が直接には行われなかった消費者に対して

5) 興味深い事例の分析として、『水車の歴史』T.S. レイノルズ 平凡社（1989）がある。

も製造物の欠陥の責任を負うことができる、という論点である。この場合、「製造者の保証責任は製品とともに随伴し」⁶⁾ という言い方がなされている。

これは例えば欠陥が物理的な因果関係を生じるとか、人工物の中に存在するというだけの話ではない。責任関係が、人工物を通じて移行されるということを述べている。私は自動車をディーラーから買う。つまり直接、メーカーから買うのではない。この場合、メーカーは自動車の保証を契約によって行うが、それは直接的にはディーラーに対してということになる。(一般に私が約束するのは、つまり契約するのは契約相手だけであり、その人に対しては契約上の義務を負う。契約していないそれ以外の人に対して、私が義務を負うことはないのが基本である。すると、ディーラーとの契約があっても、それが自動車を買った人に対する契約ではない場合には、いわゆる欠陥による事故があっても、メーカーが所有者に対して責任を負うことがないのは、普通のことである。ただそれでは欠陥に基づく自動車の製造物責任が消費者に対して負わされなくなる。そのために、以上のHenningsen 裁判の判例で、責任が製品に随伴するという言い方で、ディーラーから消費者に渡された製品の欠陥の責任を、メーカーに帰そうとしている。)

こうしてPL法を判例法で作り上げる時に、人工物に責任が随伴するとされることで、直接の契約関係がなくてもメーカーに責任を負わすことができるような論理構成が行われることになった。物理的因果関係としては物としての「欠陥」が多く所有者のあいだを移動していると見えても、責任までも物に随伴するというのが大きなポイントである。(製造物はいわば「行為者」になったようにも読める⁷⁾。)

さて、第二のポイントは、小型車の安全性に関わるポイントである。小型車の衝突安全性が高級車よりも悪いのは事実であっても、そのためにすべての小型車が欠陥車だと言うのはさすがに奇妙だろう。小型車であっても、公道を走る自動車として、納得のいく安全性が確保されているかということが、設計における技術者の判断力が問題となる。

安全のためにサイズを大きくするしか方法がないとすると、そのコストが受容できないほど大きくなる⁸⁾。こうして、サイズの小さな車を排除するのは消費者の選択の幅を不当に制限する。この意味で小型車が合理的に安全でない、とはいえない。設計の欠陥は一部の特性に注目するだけでなく、自動車そのものの代替設計の不採用によって製品が合理

6) 『アメリカ不法行為法第2版』樋口範雄 弘文堂(2014) p.282

7) こういう仕方で基本的規範(所有権、責任など)も変えられる。生命倫理でも、遺伝子解析や生殖医療の進展の中で、人間理解を含めて、基本的規範も変わってきた。

8) このあたりの論点は、『米国第3次不法行為法リステイメント 製造物責任法』アメリカ法律協会編 木鐸社刊(2001) pp.60-62に依存する。

的に安全でなくなったか、という判断に依存する。技術者、設計者がトレードオフをどう按配するか、その技術力が基本となる。

さらにここでのポイントは、まず部品の欠陥があっても、それらを組み合わせて大きな製品を作った場合の責任は、製品全体の設計者の責任とされる⁹⁾。

ここで扱っているのは、製造上の欠陥（これはすべてメーカーの責任になる）ではなくて、設計上の欠陥である。設計上のトレードオフの按配は、設計者が行うことになる。部品の段階でのトレードオフは、部品に込められた意図を示しているが、全体の製品を作る設計者が最終的にその按配をする人として責任を取るしかない。（人工物の安全という制約の価値を実現するのは、そしてその責任者としては設計者、技術者、メーカーになる。）

アーキテクチャとして人工物に誰かの意図が込められていても、それを責任の一部にするかどうかは問題だった。トレードオフがある場合の決断が問題となっている。（単純に、政治的、個人的趣味の観点から変更したとすると大きな問題だが、トレードオフを通じた副作用までも考慮しなければならないのが、技術者の判断と関わる論点となる。）複雑な製品の設計の場合、軽自動車の場合から考えると、何らかの意図が働いていると言っても、責任という倫理的、法的问题にできるかどうかは問題である。時には社会の中でどう受け入れるかが問題である。

ここには現実の制約が当然ある。物理的に耐久性のある人工物でないとは普通は役立たない。この条件は、いわば目立った特徴だけを取り上げてそれでは足りないこともあることを示している。スーツのオーダーメイドにしても、生地の色やボタンの形を特注しようとするかもしれないが、着崩れしないとか糸がほつれていないという基本は、改めてデザイナーに伝えることはない。

技術的で多様で多量な意図を考慮することは、まず技術者を基本とする専門家でないとは扱えない。そして、副作用の多い場合には、当然過失などはありうる。だからこそ、技術基準などの社会システムが必要になるともいえる¹⁰⁾。

ある意味部品の段階でも多くの制約を満たした多様な設計解がある。そのそれぞれで設計者の意図が実現されていると言える。ただ、それだけでは多くの部品を使う製品の特性は決まらない。もう一度軽自動車を取り上げると、高級車と比べてブレーキの性能が劣っ

9) 日本の製造物責任法の第4条第2項 免責事項において、製造業者が賠償を免れる条件を示している。「当該製造物が他の製造物の部品又は原材料として使用された場合において、その欠陥が専ら当該他の製造物の製造業者が行った設計に関する指示に従ったことにより生じ、かつ、その欠陥が生じたことにつき過失がないこと。」

10) 小澤守『蒸気罐發達史』クラフティヴ電子出版（2023）の第10章でボイラ破裂事故と第三者検査制度についての経緯が詳しく論じられている。

いても、重量が軽いために、ブレーキが少し効きにくくてもそれだけで欠陥品を使っているとは言えない。こういったことを製品を仕上げるために考慮する人が、第一義的には設計者、技術者である。

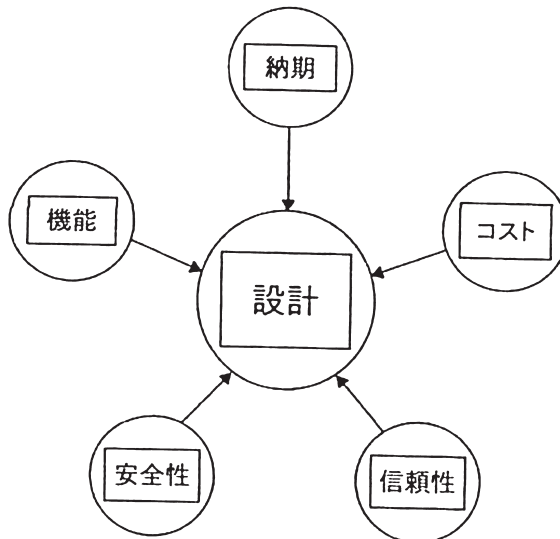
第5章 設計と制約のトレードオフのまとめ

ここで設計と意図、価値について話をまとめておこう。

設計には多様な制約のトレードオフがある。前章でも少し言及したが、ここではより一般的な枠組みを見ていこう¹¹⁾。

設計の制約条件を畑村洋太郎の提示するマンダラを使って理解する。以下の図を見ると、制約のトレードオフに関わる問題が設計解を見つける時にも生じることがよく分かる。

設計の制約条件としては、安全性、機能、信頼性、納期、コストなどがある。これらの条件を満たしつつ設計が行われる。そしてこの場合個別的な制約条件は、設計の意思決定においては、どの条件を重視していくかという価値を提示しているともみなせる。重視するという仕方で、技術者は選択を行っている。より安全を重視した車を作るとか、納期の早い車を求めるとかだ。ただこれらの条件、価値はここに具体的に述べたものだけではな



納期、安全性などが制約条件を表す。

11) 齊藤了文「図解：工学倫理」関西大学『社会学部紀要』第51巻第2号、2020、pp.109-139にいくつかの論点について論じた。

く多様であり、それらのすべてを満たす解は、当然機械的に見つかるわけではない。（以上の論点を人工物の設計、価値、設計者の意思決定の基本の枠組みとして理解する。）

ちなみに、多様な価値の按配は、食事の味をみていくと理解できる。甘味や辛味などの特徴がうまく按配されないと、おいしい料理にはならない。甘さという価値を極限まで突き詰めることがポイントだというより、多様な価値を按配することがポイントだろう。実は人工物の設計においても、ゼロ戦の事例で理解できるように、速度、航続力、戦闘力のすべてを高度に満たす設計を行うことは、非常に困難だった¹²⁾。普通に考えて、速度の出る車は燃費が悪いのは当然だからだ。こういうトレードオフのある条件を満たすことは、単純に味付けの問題を解決するより難しい。思いもかけない副作用が生じるからだ。速度のような価値は重要だとしても、多様な制約条件があったうえで、それを按配することは簡単ではない。

この論点は、科学技術によって何でもできる、とは言えないということを示している。実験室内では、興味深い特性が見つかって、実際上一つの条件を満たせばいい、というのではなく、多数の（しかもトレードオフのある）制約条件を満たさなければならない、ということがポイントになる。大きいことはいいことだ、としてもそこにはトレードオフに由来する副作用、ひずみが存在する。それを制御しようとするのが工学である¹³⁾。制御の設計解も多様であり、もちろん制御のやり方に関してもそれぞれに副作用も存在する。

どの価値がいいかということ、主張の対立点を中心に裁判を典型例として考えるのではなく、それぞれの価値を認めつつ、どう按配するかを考えていくのが工学の設計の姿と言えるだろう。定義を明確にして、論点を明示化することは、人間同士の理解には必要な手続きだろうが、それとは違ったタイプの問題解決の方向をものづくりでは示唆している。

さて、制約条件は価値だという論点に戻ろう。それらの価値のうちどれをどの程度重視するか、どういう選択を行うかを考えている。現実の制約をなくしてしまうと、人工物として成り立たない。また、人工物に含まれる価値は、それぞれトレードオフがある。そして、その基本的価値は、人工物において具体化され仕様になりうる。具体化された仕様においても、トレードオフの関係が含まれている。これらを部材として使うしかないとすると、単純な仕方では目的が達成できない。別の言い方をすると、どの部品、製品もある想定の下である機能を果たす、ということになる。この点の確認が必要になる。

12) 杉田親美『三菱海軍戦闘機設計の真実』国書刊行会（2019）を参照。

13) 中村収三は、「あらゆる近代技術は危険なものを安全に使いこなす知恵だ」という見方で工学倫理を論じている。『技術者による実践的工学倫理』中村収三 共編著 化学同人（2006）初版

機械設計から少し離れて、建築の設計を見てみる。建築では、用強美ということが言われる。これらをうまく按配することが必要とされる。この場合、この3つの価値は、いわばそれぞれ独立な価値だともいえるが、それぞれを強調するとそれなりに副作用が生じる。(すべてをお金で一元的に解釈するのではない。コーヒーのおいしさは、コク、苦み、酸味などいくつかの価値の軸をどのように満たしているかに関わっている。)

このように価値の副作用、トレードオフ関係がある場合には、その按配は単純に機械的にはいかない。それは、「3体問題」と言われる天体の運動の軌跡を求める問題からも理解される。星が一つある。力を加えると等速直線運動をする。2つある。このような双子星の例がある。その運動は何とか解析できる。お互いに引力だけが影響する関係であっても。また地球と月のように、一方がはるかに大きい場合にも、地球の引力の下に月が運動していると、たいていの場合は想定してそれぞれの運動を理解することができる。ただもちろん、月の引力のために大潮が起こるということも知られている。問題は、3つの同じ程度の大きさの恒星があった場合、それぞれに引力しか影響しない場合であっても、それらの運動を示す解析的な解は見つからないことが知られている。影響関係が引力というある意味素朴な関係であっても、3つの質点がある場合には、いわば機械的？に最適解？が見つかりはしない。

この事例を、価値のトレードオフ関係に導入する。お金という価値で一元的にすべてが統一的に理解できると考えるのではなく、3つ以上のある程度独立した価値がある場合には、それぞれの価値を調整し、按配することは困難だろう。ものづくり、設計は、もともとその特徴を持つことになる。

第6章 設計の制約をさらに考える その1 発注者の制約条件

以上で取り上げた設計の制約は、いわば人工物を物理的に実現するための条件だともいえる。さらに考えなければならないのは、これらの制約条件というのは、そのようないわば(第3章で強調してきた)現実の制約以外に、発注者の要求とか、設計者の思想なども実際に関わってくる。つまり消費者の意向に沿わないものを作っても売れない。人工物の設計に消費者の意向が反映されることはもともとそれほど行われていなかったが、現在では「いいね」などの直接的な消費者の意向の調査もできるようになっている。

発注者の要求を強調すると、サービス工学に近くなる。消費者の意向を汲んで、ものづくりをする。ヒューマン・インターフェイスともいえるものが強調される。

自動ブレーキの設計として二種類の設計思想が提案されていた¹⁴⁾。急に止まるというものと、ドライバーにびっくりさせないように止まるというものだった。どのようなタイプのドライバーを想定するかに依存することになる。もちろん、いろいろな人がいる。そして私は一つの自動車を買うだけである。そして、ブレーキだけを中心にして私は自動車を買うわけではない。機能にしても、ハンドルの効き方、エンジンの馬力など様々な要因が、ドライブの安全にかかわってくるのは当然だろう。さらに安全に関して、テスラの車のように、銃に強いものを作っても、修理が難しくなることもありうる¹⁵⁾。修理が難しいと、その点に関わるトラブルが想定される。メーカーは、様々な問題を解決しなければならぬが、それを一つの自動車で実現するという設計を行うしかない。

人工物に随伴する意図であっても、その按配が必要となる。ただ、多様な条件があると、その按配は単純には実現できない¹⁶⁾。

つまり、以上の論及で私が述べていた分析によると、ものづくりでは価値のトレードオフがある。その価値を決める条件が、多様で消費者の欲望だけに従うわけではないというポイントがある。つまり、値段だけがポイントではなく、安全であることに価値を見出す人もいる。ただ安全であっても個人の自由が危険にさらされるのはイヤだと思える人もいる。古くは、イギリスでシートベルトの法的強制に関して多くの議論があったことも知られている。人工物はこのような価値の多様性の下で、最適化が何とか求められる。

もう一つ別の側面がある。現実の制約つまり科学法則にも当然制約される。どんなに環境保護が好きでも、その実現には限度がある。現在の技術水準や資源の制約もある中で、問題解決をするしかない。

科学の理想とかはあっても、人工物は現実の制約の下でしか作れない。安全性についても、環境問題に関しても、単純に科学的理想で動くわけではない。一つの方向を目指すことはできても、常に副作用は存在する。これまでもF1のレースに参入してスピードを目指す自動車会社はあったが、その実現はそんなに簡単ではなかった。

人工物の全体の価値は設計の制約条件として表に出る。ただ、その按配を具体的に実現するための実験データを得るのは難しい。薬の治験でも自動運転車の公道走行テストにお

14) 「安全思想に二つの考え方」『Automotive Technology』2014.7

15) 日本経済新聞電子版 2023/12/23 「テスラのサイバートラック 専門家の目「修理は困難」」

16) お金で測ることができれば、市場での対応が可能になる。これとは違った価値があるということは、ジェイン・ジェイコブズの『市場の倫理 統治の倫理』（日本経済新聞社1998）で商業の倫理と統治の倫理の相違を具体例を通じて提示されていたことを思い出す。ものづくりをする場合の行動倫理は、意思決定や価値の扱いが普通に生活しているときの行動規範とは違っている。その点を明らかにしようとした。

いても、コストも時間もかけてシステマティックな実験を行っている。

第7章 設計の制約をさらに考える その2 ヒエラルキー

意図について、さらに考える。

責任が帰せられる意図が、人工物に随伴するという事になっている。もともと、部品の仕様そのものが意図の（人工物における）具体化だともみなせる。技術基準や JIS、ISO などは、その決定過程も政治的な意図の実現の一部だと見なせることもあるが、出来上がったその基準に従ったものづくりは、ある程度の品質の人工物の作成を可能とする。

一般に、部品から製品へのヒエラルキーがある。部品を組み合わせる大きな製品を作る。部品そのものでも、意図の随伴が起こりうる。その前に、選択が行われている。これらは、製造上の品質保証が行われることによって、ある意味抽象化、理想化されたものに基づいて考えられる。これは、それぞれの製品の仕様としても理解される。そしてその上で、様々な部品が使われている。ただこの複雑さのために、単純にすべてを見通すことはできない。

いわば、大規模なコンピュータプログラムでも、部分のチェックをしたうえで、全体の製品のテストを行うことになる。このテストは、基本的にいわば厳しいテスト（ありえない条件が重なった場合にも、トラブルを起こさないか）が求められる。

その意味で、いわば最終的な製品を作る設計者に責任が負わせられるのは理解できる。ただ、これは難しい。薬でも、様々な試験が行われる。候補物質が見つかったうえでも、それがどの程度利用できるかといったことが調べられる。設計者の指示で試験が行われるが、個別の試験の詳細のどこまでを設計者は個人として理解できるのだろうか。

意図が込められているという論点は、ある想定の下でものづくりがなされるということも示している。つまり価値はある部材の仕様となって実現されている。ヒエラルキーのそれぞれの段階での部品を使って製品が出来上がる。この部品の選択を製品の設計者が行う。（魔改造でも試作の初期には手近な部品で行っている。その部品そのものにトラブルがあれば、改良したり、別の部品を使ったりしている。）意図のヒエラルキーがあるともいえるが、意図の輻輳そのものも普通に起こっている。優れた設計者でも、それなりの限界はある。

結局、複雑性が効くと、めだつた特徴づけだけがポイントではなくなる。つまり、説明という言い方を強調することが難しくなる。ある意味、概観しないと、人間は理解できな

い。多様な仕様に意図は関係するし、違った価値がある。責任は、製品全体に関わる設計者に帰すしかない。ただ、それでも過失や見逃しはありうる。複雑性が効く。（研究開発におけるアイデアよりも、複雑性に対応するシステムティックな実物実験の在り方に私は注目している。）

第8章 科学法則と再現可能性

製品の品質を中心に考えれば、製造の仕方の改良が効く。大量生産がここでの基本となる。品質の良いものを売ることがポイントなら、再現可能性を突き詰めると、様々な実験を通じて成果が得られる。

ただ、現代は人工物の個別化がポイントとなる。私がどのような製品を望んでいるか、あなたはどうか。こういった個別的な製品が求められている場合には、個人の好みについての情報、データが必要になる。発注者の制約条件の明示化である。

さらに興味深いのはメンテナンスの事例だ。自動車にしろ家にしろ、大量生産品を使っても、その使い方は人によって異なる。自動車にしろ、どこでどういう小石をはねるか、そして傷がつくかは、変わってくる。その意味で、人工物は個別化する。そのそれぞれ違った傷に対してメンテナンスをしなければならない。その意味で、人工物を使っていくということを考えると、人工物の個別化が重要な問題となる。何がどう問題かを調べて、それに対応することが必要とされる。

製造時にも、消費者の要望とか、その情報を得ることが必要になる。この意味のデータが必要になる。必要とされる製品は、いわば科学的に正しいものであるだけでは済まない。

自然の物質が動く場合のルールを示しているのが科学法則であろう。基本的な力として、力学的な力や電気的な力などがある。木で棚を作った時にそれがどのようなやり方、そのような重さで落ちるかはそのような力に関わる法則を知るだけでは、すぐには分からない。初期値や境界条件と言われる現状把握も必要になる。そして、その把握に基づいてどのような力がどう働くかを更に考える必要がある。

一般に工学部の機械学部などでは機械力学や材料力学を含めた4力という科目が教えられている。これらの科目の演習問題を通じて、具体的に物を作った時に、それが壊れないかといった様々な課題解決のやり方を学ぶ。力学的な力とか、電磁気による力とかがどう働くかを知るだけでは、もちろんとても人工物を作るための物理的知識としては足りない

い。問題解決をするための物理的知識とはいっても、具体的な練習問題を通じた機械の機能の仕方の理解が基本となる¹⁷⁾。

科学の特質として、科学法則の普遍性、単純化に基づく説明力、予測力が取り上げられることがあるが、いわば真空の中を動く星の運動では理解できるが、具体的な人工物を作る場合の問題解決として科学法則を使っていこうとすると、すぐに予測ができるものではないことが分かる。

さて、これとは違って、個別的な実験における再現可能性が興味深い点を含む。これは、同じやり方をすれば同じ結果が得られるというものだ。たぶん人間の技能なら、野球のピッチャーでも同じ球を投げることは難しい。手作りの茶碗は人ごとにちょっとした違いがある。それがいいともいえる。

心理学でも、再現できることがポイントとなる。ある特定の条件の下で、同じ結果が生じるということが基本である。

大量生産する場合に同じことを繰り返すことによって同じことができることを表現するのが再現可能性だ。もちろん、材料の品質管理ができることが基本となる。いろいろな想定の上に再現可能性は実現される。古くはトランジスタの歩留まりが取り上げられていたように、微細なごみがついてもトラブルが生じる半導体などでは、同じものを作ることも難しかった。

工学系の学会発表でも、実験結果に関して同じことをすれば同じ結果が得られるかという質問は普通に行われる。特許でも、その明細書に書かれた範囲が法的に守られるので、再現可能性がないのは問題である。薬に関しても、同じように多くの人に効くかどうかの問題だった。アレルギーなどの個人的条件にどう対応するかが一つのポイントである。

顔認証でも、コンビニで何がどう売れるかのビッグデータによる分析でも、データを使ってルールを見出している。

ただ実験というのは、ある状況、現状の下で行われる。現状の全体把握は難しい。センサーがあっても大変。コンビニのビッグデータといっても、それだけで済むわけでもない。台風の予測に関して、雨や風のデータも実際上集まっていない。その中で天気の子報が行われている。

例えば、水は空気より重いので、落ちる。雨となる。それは基本的な物理法則となるが、風雨や台風のメカニズムの理解は簡単ではない。単純な科学法則の理解ではなく、現

17) 4力の一つである流体力学に焦点を当てて、「人工物とともに暮らす社会」『科学・技術研究』第12巻1号（2023）pp.3-16で少し論じた。

状のデータの収集が大きい。ローカルな問題に対処することがポイントとなる。温暖化や赤色巨星は大きな問題となりうるが、それだけを考えて生きるとか問題を解決をするというのはどれだけいいのだろうか。

日本ではノーベル賞が基礎研究者に与えられていたこともあって、科学的アイデアの新奇性が特に注目されていた。ただ、テクノロジーでは、思い付き、アイデアだけがポイントではない。また、説明の統一性とか正当化というのも少し違う。研究開発に関わる個別の実験などが重要になる。この点に関しては薬とか自動運転が有力な事例となる。こういう見方を提示してきた。

最後に

工学は複雑系を扱うというのが私の最初のアイデアだった¹⁸⁾。問題解決をする必要がある。結果が見えている必要がある。

これに関しては2つの論点がある。

第一の論点である。個別的な成果は、それなりの条件の下では役立つことが分かっている。それらを合わせて、全体のつながり方は、ガタガタしているが、何とか問題解決につなげていく。これは試作段階の試みを明示化している、魔改造の夜やロボコン、人力飛行機などの事例からも読み取れる。

アイデアが優れていても、それですべてが解決できるわけではない。その後の研究開発の段階が実は複雑系の解決としては重要になる。これは、薬の承認や自動運転の実証実験などでその重要性が取り上げられている。（私としては、科学技術に関して、基礎研究の重要性に焦点をあまり当てていない。事故が起こらないということも含めた、公道試験という実証実験の段階により焦点を当てている。）

もう一つは説明可能性だ。ここでは方向性だけを提示する。

ここで考慮すべき制約条件が複雑な相互作用を生じるということは、問題点の明示化と

18) 個人的なことではあるが、工学という学問が複雑系を扱うという論点を主張したのが、私の（紀要ではない）公開論文だった（齊藤了文「『動く』知識のために－工学と複雑性」『複雑性の海へ』NTT出版（1994）pp.218-233）。私は技術者の発言（流行の思想家の影響もある）などよりも、技術者の行動に近い部分を見ていこうとした。これはある意味技術者にとっては普通のイメージを言語化したに過ぎないであろうが、哲学的なきれいな言葉に依存しすぎないのがいいかと思ってそこに入り込んでいった。それから2、30年経っても私自身同じような主張をしている。進歩がないというか、様々な技術者、工学者と話を続けていって、一応少しずつは見方を深めていった。科学技術の理解については、いわば外国の哲学などの輸入ではなく、自分で考えることが必要だろう。科学技術立国としての日本で技術者が、さらには技術哲学の研究者が自分なりに考えを哲学的に深めることが必要だろう。私自身は自分の見方に思い入れがあるが、現場に基づいた全く違った見方の提案が出てきて、議論が活発になることを願っている。

いった人工物の売買の時点での取扱説明書では対処できない。しかも、ここにフィードバックがあれば、理解を越してしまう。(現在の AI では脳の構造をモデルとしていて、フィードバックがあるために、(いわばニューロンレベルでは) 個別的には単純なルールで動いていても、「何がポイント」であるかは、分からない。例えば、カメラの顔認識でも結果は正しそうだが、実際に何がポイントであるかを言葉で述べることは困難である。)

もう一つ論じたのは、売買の時点での商品の選択とは違った仕方、ものづくりにおけるの制約条件の選択が行われている、ということだった。

説明可能性は、いわば人間しかいない世界で、つまり契約を基本とする人間関係の中心的な概念にはなっているが、それがうまく機能しない場面がここでは重要になる。専門家なら問題が分かっているとして、そのような人間に対して責任を押し付けることも行われている。四色問題という数学の証明でさえ場合分けが多すぎて人間がフォローできないものもある。

テクノロジーはその複雑さ¹⁹⁾のために、科学的知識を大きく使っている、科学的明証性や予測可能性を強調できないことが面白い。

—2024.1.17受稿—

19) 複雑さに大きく注目する設計論が最近公開された。藤田喜久雄『設計論 製品設計からシステムズイノベーションへ』コロナ社 (2023)