

知識論にもとづく工学倫理

『工学倫理の条件』 pp.85-91 2002年11月30日 晃洋書房
関西大学 齊藤了文
saiton@ipcku.kansai-u.ac.jp

4/15/02 執筆

エンジニアは、人工物を作るという意味で、医者や弁護士という古くからの専門家とは違った仕事をしている。そのため、工学に関わる倫理的問題を考えるためには、工学という知識の姿を知る必要がある。工学者、エンジニアは、彼らなりの専門的知識を使って社会に貢献している。しかし、その貢献が、実は貢献になっていなかったり、普通の人々に被害を与えたりすると、倫理的問題が生じる。だからこそ、エンジニアの知識の姿を知った上で、どのような倫理行動が可能になるかを考えなければならない。

科学と工学

科学的な真理をつきつめることによって、安全で信頼のおける社会ができるといえるだろうか？現代のように科学技術が進んだ社会でも、時々事故が起こったりするのはなぜだろうか？

ガリレオは、近代科学成立の重要な偉人である。彼は落体の法則を発見し、塔の上から重さの違う玉を同時に落として、落下には重さが無関係だという実験をしたということである。しかし、彼は著書『新科学対話』において、有名な運動の理論を提示する以外に、少し変わった問題を扱っている。それは、現在では、規模の問題とか、縮尺効果 scale effect と呼ばれる問題と関わる材料力学の問題である。

壁から柱が横に一本突き出ているのを想像してみよう（これを片持ち梁という）。その柱の端にその柱を10本ぐらいつるしたり、人間がぶら下がったりすると、細い柱なら折れるような気がするだろう。それに対して、爪楊枝の端に、爪楊枝を100本つるしても、爪楊枝が折れるような気はしない。これが縮尺効果である。小さな船が波で壊れることはあまりないのに、大きな波に耐える大きな船はなぜ造れないのかという現場での問題（大きな波の上に乗って片持ち梁のような状態になる）を、ガリレオは科学的に考察しようとした。

ここで得られた結論は、材料力学の歴史上最初の理論的な考察だと言われる。これによって、建築や造船などにおいて、どのような強度の材料が必要になるかが理解されることになった。落体の法則によって物体の運動の数学的理解が進んだのと同じである。つまり、自然が示す数学的な法則を手に入れることによって、人類は科学の時代へ入っていったのである。¹

いわば、自然の「真理」を手に入れることによって、我々人間は自然を理解し、自然をコントロールできるようになったと考えられている。実は、科学の知識とは、自然の真理を知ることによって、自然の突発的な現象を予め予測できるという意味で、人間の安全に貢献するものだと考えられていた。いわば、知識の確実性によって（いわば神様なら持って

いるかもしれない世界の真理を手に入れることによって、われわれの生活の安全を確保しようとする試みが、科学的な知識と我々の生活との結びつきと考えられている。

しかし、面白いことに、ガリレオの提出した法則は、厳密には間違っていた。にもかかわらず、設計の指針としてはある程度役立った。実際の建築、造船に用いられる安全率を考慮すると、数倍の違いは隠されてしまうのだ。

実は、工学の知というものは、知識の完全性にのみ依存してはいない。コーエンが「工学の方法」という論文で述べているように、工学の方法論は、問題解決においてヒューリスティックスを使っているというところにある。ヒューリスティックスは解を保証しないが、問題解決のための探索時間を減らすことができる。指針として、科学的知識を使っているのだ。

家を建築する場合でも、木材の強度の詳細が分かってもある程度丈夫な家が出来る必要がある。この場合に、ヒューリスティックスは大きな意味がある。これは、基本的には、工学の知識が、理論的な知識とは違った、「行為の知」という側面を持つということに関わっている。

また、船を設計するときには、構造に関する法則を知ればいだけでなく、様々な理論やデータを総合する必要がある。船底に塗るペイントが環境問題とどう関わるか（各国の規制はどうなっているか）ということを考えて設計を行わなければならない。知識の総合が必要な「設計の知」は、科学的探求の中心となる分析的、解析的な知とは違った方向に展開する必要がある。また、法則を応用する場合には、どのような条件の場合に、適用できるか、そこで他にどのような法則が関与するかを考えないといけない。このように、工学の知は、「総合する知」という側面も持っている。

しかも、ヴィンセンティが述べるようにテクノロジー自身が思想的な成分を持っているということに気づくことも重要である。単に、ハンマーを作るような手仕事、技能が問題ではなく、大きなビルや橋を建てる専門職としてのエンジニアが問題である。エンジニアは、不完全な知識を使って、どのように安全を守るかという非常にやっかいな課題を押しつけられているのだ。

複雑性と設計²

さて、様々な法則が明確になっても、それらを使って現実の問題を解決しようとする、その道のりは遠い。様々な副作用が存在するし、それらをすべて解明することは、時間の面でも資金の面でも、實際上非常に難しい。いわば、複雑なシステムにおいて、安全性を確保することはそれなりに難しい課題である。（そのためにも、安全率などが必要になってくる。）

工学の知識を考える場合のキーワードは、複雑性と設計である³。

まず、複雑さは、實際上、ものづくりを行うために、重要である。事故が起こる場合には、その事故調査は長期間かかっている。これは、破損した部品も含め、関連する部品が膨大

で、事故が起こったメカニズムを明確にするのが簡単ではないことを意味している。3次元CADが現代の設計にとってかなり重要な役割を果たすようになってきたことも、要素の相互作用の問題（干渉の問題）が複雑であることを示している。

明石海峡大橋を作る場合に複雑さと結びつく予測の問題が生じた。橋桁の形を、トラス型と箱型のどちらにするかを決める問題だった。この場合最終的には、これまで実績のあるトラス型を選択して大橋が出来上がった。理論的、実験的にはどちらも同じほど信頼を得ていたはずなのに。⁴

特に、環境の変化、ヒューマン・ファクターは予測が難しい。自動車の走る台数が見積もり以上だったとすると、橋が自動車の重量や振動によって影響を受ける可能性は大きくなる。予め完全には予想を確定できないにもかかわらず、設計することがエンジニアに要求される。

しかも、設計においては、トレードオフということが生じる。たとえば、自動車を考える。その場合、燃費を良くするためには、重量を減らす必要がある。しかし、車体重量を減らすと、その分衝突安全性が減ることになりかねない。だからといって、新しい強化プラスチックを開発してそれを使うなら、資金が更に必要になるかもしれない、また廃プラスチックが環境に対して負荷をかけることになるかもしれない。ここで出てきた、燃費、衝突安全性、資金、環境といった様々な制約をうまく考慮しないと、よい設計はできない。しかし、それぞれの制約は、一方を重視すると他方がおろそかにされるというトレードオフの関係になることも多い。その意味で、単純に設計の最適化ができるわけではない。もちろんそこが、設計者の腕の見せ所でもある。

設計の基本は、様々な制約を考慮しつつ、プロトタイプをつくり、それに基づいて、様々な修正を加えつつ、別の制約も考慮しながら、新たなプロトタイプを作っていくというフィードバック過程である。「設計10年」と言われるほど、エンジニアのプロとなるためには、いわゆる「科学者」になるのとは別の、重要な知識を身につける必要があるのだ。

エンジニアの倫理

すると、このような人工物を作るエンジニアは、どのようなことに配慮して行為すべきであろうか。これが、倫理的な問題設定である。

倫理規範の中心は、「人に迷惑をかけてはいけない」というものである。エンジニアにとっては、少なくとも、事故を起こすような設計、製造を行ってはいけない。これが倫理規範の中心となるであろう。

もちろん、通常エンジニアは、毎日CADの画面を見て過ごすかもしれない、機械や試験管を相手に研究を続けているかもしれない。このような生活をしていると、倫理というような他人との人間関係の問題は、何の関係もないと思ってしまうかもしれない。

しかし、研究、開発によって出来上がった製品は、売られる（売れないと在庫になって企業は倒産するかもしれない）。すると、製品の消費者、使用者が存在することになる。エンジニアは、直接的には機械を作り、化学物質を研究開発している（人工物を相手にしてい

る)のであるが、間接的には、消費者と呼ばれる多くの人々に影響を与えている。そして、消費者に対する悪い影響、事故、故障、副作用が起これば、そこに、「人を傷つける」とか、「人をだます」と似た倫理的問題が生じてくる。従って、事故を起こさない設計ができるかどうか、エンジニアにとっての倫理問題の中心となる。

ただ、難しいのは、以上で述べたように複雑性が関わっており、しかも現代では孤立した発明家は存在できず、チームで設計、開発をしなければならない(つまり、企業に勤める)状況にあるということである。(従って、企業内での人間関係の倫理も関係する。)

特に、現代ではエンジニアが外国で仕事をする機会が増えている。このとき、単に日本の大学の工学部を出たというだけでは、外国ではプロとして認められない。そのために、エンジニアとしての認定が行われるようになってきている。また、現代では終身雇用ではなくなっている。優れたエンジニアは、自分の専門性を中心にして、企業を渡り歩くような時代になっているかもしれない。このような状況は、ものづくりに責任を持つエンジニアが、失敗の責任を企業の陰に隠れて避けることも難しくしている。その意味で、自律的なエンジニアが出てくるにつれて、倫理的責任も意識する必要が出てくる。

以下、設計との関連で、エンジニアの倫理を考える場合に特徴的な論点を3つ提示する。第一に、製品、人工物に媒介された倫理の特異性である。

人工物は、設計者の手を離れて独自に使われる。従って、事故が起こってもそれは、製品の使い方が悪かったためかも知れず、運搬の時の問題だったり、経営者がお金をけちったために粗悪な材料しか使えなかったためかもしれない。事故が起こるには様々な原因が考えられるが、製品の研究をし、設計開発するのは基本的には工学者、エンジニアだと考えられるので、その点でエンジニアの責任は重大である。

ただ、設計の制約といっても分野によって考慮すべき事柄は異なっている。

機械：人工物を作った場合に、その人工物は、見知らぬ人が使う可能性がある。つまり、設計者の意図しない使い方がされることを考慮しないとイケない。

化学：人間に対する影響が問題だが、人間という複雑系に対するリスク評価が難しい。

情報：情報そのものは、解釈者を必要とする。その意味で、情報の生産者の意図通りには使われないことも多い。しかも、エンジニアはコンピュータを作ることに関わるにしても、コンピュータは汎用で、「万能」なので、使用者の好きなように使える。

このようなことを考えて、工学倫理の理解を進めるためには、それぞれの分野独特の問題も考えてみる必要がある。

第二のポイント⁵を理解するための背景は次のようなものである。倫理的に何が正しいかは、基本的にはたいていの人には分かっている。その上で、どのように行動すべきかを考えねばならない。たいていの人間関係の問題は、様々な価値観のからみあいによって問題が複雑になっている。これが、問題である。

例えば、デートの約束は守らなければならない。しかし、行く途中で困った様子で捜し物をしていて人を見かけた。この場合、「約束を守る」という規範と「困っている人を助ける」

という規範の2つが生じ、どちらも大切な倫理規範である。そして、一方を重視すると、他方が軽視されることになる。しかも、どう判断するにしても、早く判断しないと何の意味もなくなってしまふ。(最善の方法を3年かけて発見しても、その時点では、関係者は誰もいなくなる。)

実は、このような問題設定は、設計における多数の制約間のトレードオフの問題と非常に類似している。このように見ていくと、設計的考えを理解することによって、倫理的な判断力が養えるということが分かってくる。設計が合理的な行為であるのと同じように、価値観に関わる倫理的判断も、ある程度は合理的に下すことができる。

第三のポイントは、制度設計に関わる。

工学は一般に、シミュレーションをしたり、理論的探究をしたりして、安全性を確保しようとしている。しかし、それだけでは安全性の完全な確保は難しい。だから、たとえば、フェイル・セーフや安全率をとることによって、不確実な情報に何とか対処しようとしている。

しかしそのような工学内部の方法論だけでは、社会全体の安全は確保されないと考えて、安全性の確保は別の仕方でも行われている。たとえば、自動車に関しても、信号システムや救急車の配備、また被害者の生活の保障のための保険や損害賠償法なども存在している。これらが集まって、社会の安全は確保されている。このとき、制度までも理解するようになることが必要である。

おわりに

エンジニアのプロとして生きていこうとすると、まず、エンジニアという知的職業の独自性を理解しないといけない。物理学や化学でノーベル賞をもらった人はもちろん偉いが、工学は別の方向で非常に知的な営みなのである。

次に、エンジニアは人工物を作るという非常に特別な仕事をしている。だから、人に迷惑をかけてはいけない、という倫理規範が、エンジニアにとっては、「正しい設計」を行うということに収斂する。しかし、人工物の設計自体は様々な困難を含んでいる。だからこそ、様々な制約に配慮し、それらを総合的に扱う能力を高めていかねばならない。最終的には、人文、社会的な知識、制度の理解までも拡大することが、倫理的なエンジニアとして必要になるのだ。

1 以上の論点は、『橋はなぜ落ちるのか?』ペトロフスキ 朝日出版、『材料力学史』J.P.テイモシェンコ 鹿島出版会(1982)、「デカルトの機械論とは何か」齊藤了文 in 『デカルト読本』法政大学出版会などを参照

2 『機械創造学』畑村洋太郎・小野耕三・中尾政之 丸善株式会社(2001)などを参照

3 『ものづくりと複雑系』齊藤了文 講談社 選書メチエ(1998)

4 『NHKスペシャル-テクノパワー 巨大建設の世界2 長大橋への挑戦』NHK テクノパワー・プロジェクト NHK出版(1993)第3章

5 『技術者倫理1』C.ウィットベック みすず書房(2000) 第1章