

公開シンポジウム
「テクノエシックスの現在」

報告書

2002

北海道大学プロジェクト研究
「科学技術倫理の研究及び教育方法の開発」

工学倫理と認識論

齊藤 了文 (関西大学)

saiton@ipcku.kansai-u.ac.jp

1. 工学の認識論¹

工学の知識をどのように考えるか、そこから倫理をどのように理解するかを考えていく。エンジニアは何を知ることができるのか、ということから、エンジニアは何をするべきかを考えていく。ここでの、ポイントは、「複雑系の考え方」と「設計の考え方」の二つである。以下、それぞれの論点について説明をしていく。

まず、複雑系の考え方ということで、理解するのは、「要素が明確になっても、その相互作用によって何が起こるかを予測することは非常に難しい」という論点である。いわば、複雑なシステムを捉えることは、どのような専門家にも、どのように速いコンピュータでもムリだという当然の論点である。しかし、人工物を含めた世界は複雑系であるために、我々には全く近づけない、というあきらめの境地や、だから非合理の直観に頼らねばならないといったばかげた結論を言いたいわけではない。

例えば、カオス理論が効いてきて、100 万年後の日食の予測はできないと言うことはできる。しかし、数年後の日食の予測は正確にできるということもまた当然なのである。その意味で、科学的な予測を全く排除することはない。ただ、事故というものは、長い因果の鎖のどこかがはずれることによって起こるのであるから、単純には予測できない場面で思わぬ事故が起こりうるのである。

次に、言いたい論点は、工学者は複雑性に対処しようとしているということである。人工物をつくる場合に、工学者は様々な工学理論、工学計算、シミュレーションを駆使する。しかし、例えば、材料の寿命はその製造工程、使用履歴等に依存するために、確定的に予測することはできない。にもかかわらず、そのような材料を使って、ある程度信頼のできる家屋を作るのである。昔から、木材の性質を完璧に理解していたわけでもないにもかかわらず、木造建築が行われてきた。ここで、使用された工学の知の姿は、理論知を極めたものとは違った仕方（理論的な正当化とは違った仕方）で、安心できる人工物をつくるための知だと言える。

ここでは詳論できないが、行為の知、「作る行為の知」としての工学の知の姿を表している。そして、例えば安全率やフェイル・セーフを考えることによって、人工物の安全性や信頼性を高めているのである。

しかも、工学の知は、ある意味で合理的で、しかも蓄積が意味をもつ知である。明石海峡大橋は、100 年前ならば到底建設できなかったということを考えると、この点は理解できるであろう。

次に、設計ということについて考えていくことにする。

様々な制約を考慮することが設計には必要である。しかも、それぞれの制約間のトレードオフを考慮しつつ設計することが重要である。たとえば、自宅を建てる場合でも、居間や寝室の使い心地、水周り

¹ この節の論点については、拙著『(ものづくり)と複雑系』講談社選書メチエを参照

の問題、メンテナンスのしやすさ、全体としての見栄えの良さなど多様な制約を考慮しつつ設計が行われることになる。しかも、居間と書斎と子供部屋のどれをどの程度の大きさにするかといったことについても、トレードオフが存在する。

しかも、実際上あらゆる条件を調べ尽くすことはできないために、建ててしばらくすると、「こうしとけばよかった」と思うことは常に存在する。これが、人工物に関わる複雑性である。ただ、安全性、法規制に関わる問題については、建築士に任せることによってたいていうまく考慮はされることになる。工学の知に関わるフェイル・セーフなどの考え方がここでも使われることになる。

このように工学の知を理解することによって、差し当たり、幾つかの誤解を防ぐことができる。

① 人工物は、人間が作ったものだから、人間が完全にコントロールできる。

この論点に関しては、人間であろうと誰であろうと、複雑なシステムは、作ったものが完全にその詳細を理解している訳ではないという自明の答えがある。チェスの世界チャンピオンを破ったプログラムを作った人は、チャンピオンと試合をして勝てるほど強くはなかった。

② 科学の認識論があれば十分で、工学の認識論は余分だ。

この論点に対しては、科学の理想する知識と工学の知識の相違を明示する必要がある。科学の知識の一つの理想は、客観的真理に近づくというものである。この場合には、科学的知識の相対主義は、脅威になるかもしれない。それに対して、工学の知識は、理論的な整合性は（あればもちろんいいのだが）なくても、実際に使える知識であればいい。ニュートン力学でも量子論でも、ものづくりに役立つ限界内で使っている。

しかも、科学の知識が理論知であるのに対して、工学の知は行為の知であり、状況に応じてどのようにするかを決定する知である。時計を作る場合でも、10年ぐらい使える金属で作れば良くて、永遠に使えるとか、100年もつような金属で作ろうと考える必要はない。普遍的な知識であることが、特に重要な意味を持たないのである。

③ 機械は精密であるために、完全に精密に動く。

この論点については、事故が起こったり、時計が遅れたりするのが良くあることから見て、誤解であることはすぐに分かる。昔の哲学者は精密機械の一つの特徴だけを強調して考えたりしていたが、機械も当然壊れることもあり、材料も劣化していく。その意味で生成消滅する有限的存在であるのは当然である。

④ テクノロジーは効率のみをめざす。

効率を目指すことは、多くの制約のトレードオフにとつてうまく機能するために、なかなか良い方法論である。しかし、機械の信頼性を高めるためには、冗長性が必要である。ロケットでも補助燃料が準備してあるし、飛行機でも複数の油圧系統が備えてある。故障の可能性がある場合には、このような装備は当然である。そして、この冗長性は効率のみを目指すことではない。

部品としての冗長性ではなくて、実験を多数行うことによる信頼性を上げることや、材料の純度を上げるといったやり方で信頼性をあげることも行われている。これも、単純に効率をめざすような考え方はないのは明確である。

以上のような、工学の知識の考え方というのは、実は、われわれ有限な人間の知識のあり方のモデル

として有益だと思われる。

人間はある程度の情報収集しかできず、情報処理能力も限られているにもかかわらず、一応複雑な社会生活をする事ができる。有限な能力をどのようにうまく使って、知的な行為をしているかを考えるのに、工学の知、設計の知が重要な役割を果たしているように思える。

経営学、進化経済学では、制度（ハイエク）やあそび（塩沢由典）、組織（サイモン）によって、限定合理性に対処していると言われている。ただ、工学は、設計ということを明示的に取り出して研究しているということもあり、限定合理性に関わる筋のいい認識論のモデルを示しているように思える。

2. 工学倫理の論点

以下、倫理についての考え方の枠組みだけを述べて、ものづくりにかかわる人間関係を取り出すことにする。

倫理的な規範として「人に迷惑をかけない」というものを取り上げる。

これは、現に生きている人に対しては、「安全性」の問題である。また、将来の人に対しては、「持続可能性」および「事故調査」の問題である。

人工物というものは、それを使うときに故障や事故によって人に迷惑をかけることはダメであろう。エンジニアの責任の中心はそこにあると考えたい。

また将来の人に対しては、資源を浪費しないと言う意味と、有害物質を排出しないという意味を含んで、持続可能性を考慮することが求められる。さらに、複雑な人工物を扱っているということを考えると、事故調査を行い原因を究明することによって、将来も同じ問題が生じないようにすることが、将来の人に対する責任だと考えられる。

人工物の製作にかかわる人は、どれほど心がきれいであっても、事故を起こすようなものをつくればダメだろう。つまり、エンジニアにとって基本となるのは、結果責任であるが、複雑系を扱っているということも含めてこの責任を理解しないといけない。

以上のことをもとにして、人工物をつくるということの特異性を考えにいれないといけない。

まず、人工物を作った人と、それを使う人とが通常分離している。つまり、作ったものが製作者の手を離れて、第三者に被害を及ぼすことがある。ここで、被害を及ぼされた人と人工物の製作者が直接の関係にないことが注目される。

ナイフで人を刺す場合には、被害を及ぼす関係が直接的で責任も分かりやすい。しかし、人工物に関わる場合では、途中に多くの人が介在する。飛行機では、製作者、購入者、メンテナンスをする人、操縦士、乗客など多数の人が介在する。直接の原因とされる人が責任者と言えるかどうかは問題である。

また、人工物は長期間存在するために、作ったものに責任を負うにしても、時空間的に余りにも離れていると、責任を取らせることが実際上できない。ピラミッドの崩壊によってケガをした人は、誰に文句を言えばいいのか。

そして、何度か述べてきたように、設計においては複雑なシステムを扱うということがある。だから、不可欠の要因 *conditio sine qua non* を探しても、実は複雑に絡み合った原因の一つに過ぎないことになる。つまり、どの要因、どの人に対しても、その人がいなければ事故は起こらなかったといえるよう

な要因と見なせるにしても、その要因を取り除くことができるかとか、その要因を除けば今後事故は起こらなくなるということを決定することは難しい。複雑系での原因帰属はどの程度の意味をもつのか。

また、現代の設計、製造においては、チームワークによって行われる。一人で山奥にこもって大発明をする、といったことは考え難い。だから、上司や同僚がいる。そのなかで開発、研究、がすすめられる。このような人々がいるために、倫理的問題が生じてくる。

ものづくりを行う専門家は、複雑性、人工物の特性、チームといった特徴を考えつつ、行動し、その行動の責任をとらねばならない。設計問題は悪構造問題 ill-structured problem だと言われるだけに、なかなか難しい行動が要求されることになる。

専門家はもちろん、全知全能ではない。そして、安全についても、理系の知識だけでなく様々なレベルの知識を必要とする。そのために、経営者の観点も導入してはじめて、マネジメント・エンジニアになることができる。

自動車の安全性は、実験、計算、衝突安全性、シートベルト、信号システム、損害賠償制度、保険制度などの様々な層によって守られている。それらを知った上で、エンジニアは身を処していかなければならない。「正しい」設計は、なかなか難しい。

チームワークに関わる問題点としての、内部告発も、この「正しい」設計とという観点から理解しないと行けない。つまり、正義感を評価するのではなく、第三者の安全にどれほど寄与するかにもとづいて内部告発を理解しなければならない。複雑なシステムに関して、多くの人の見えていない部分の指摘であって、それが上司にうまく伝わらないとすると、それを伝えるシステムの一つとして内部告発を考えなければならないかもしれない。ここには、思い違いなどの様々な問題が存在するために、その点の整備が更に必要となる。

3. 工学倫理の広がり

ここでは2つの論点を取り上げる。

まず、工学倫理と他の専門家倫理とを対比する。

医者や弁護士のような、直接的な対人関係の場合と、事故を起こした人工物を作ったエンジニアのような間接的な対人関係の場合とでは、倫理問題が少し変わってくる。

直接的な場合では、行為の時間に何が起こったかが問題だが、人工物を作る場合には、作った時間での問題だけではなく、その後に持続する人工物が何を起こすかの問題になっている。

直接的な人間関係ならば、説明責任と言うのはわかりやすい。しかし、橋や友人の家のテレビに、つねに取り扱い説明書があつて、それを見ないと使えないようになっていると、それは使いにくい人工物である。

また、人工物は複雑系でだれかれと設計できるようなものではない。

すると、人工物に関しては、パターナリスティックな考慮が、エンジニアに求められることになる。人工物の間接性、複雑性に基づくと、ユーザーの自律性をどの程度認めるべきであるかは難しい問題になる。

生命倫理は、脳死、遺伝子等の新しいテクノロジーと関わる問題を扱わねばならない。情報倫理は、

「もの」でなく「情報」という新たな存在を扱わねばならない。このように、現代の応用倫理は、テクノロジーの進歩と結びつく人間の生活世界とのインターフェイスの問題を扱っている。その意味で、先端が常に問題にされている。

それに対して、工学倫理は、テクノロジーの基本に立ち返って、その哲学的反省から始めようとする。その意味で、応用倫理の基礎としての役割を果たしたいと考えている。しかも、人工物というものの自体が、保守的な対応を要請するものとなっている。冗長度を大きくすること、また、フル・プルーフの考え方は、効率ではなく、単純な技術の高度化でもない。工学におけるオリジナリティは、好奇心のままに新たな機能を求めることだけではなく、メンテナンスの意味もこめた保守的な対応にも存している。工学のこのような知識の姿を理解しつつ、工学倫理を考えていかねばならない。その意味で、工学倫理はテクノロジーについて基本的に考える場合のインフラとして役立つことを望んでいる。

工学倫理が倫理に対して提起する基本問題は、過失の問題である。

事故等の問題は、通常、テロや陰謀によって起こるのではなく、思わぬ副作用によって起こるものである。

過失は、モラルの低下によって起こるかもしれないが、問題はどのようにしてコントロールするかであって、過失を非難することではない。實際上、ヒューマンエラーは統計的現象として存在する。つまり、根性だけで、非難するだけで過失がなくなるわけではない。このときには、非難によって意識を高めるといった方法以外に、例えば入試ミスを防ぐためにマニュアルを作り、それに従う、という対応が効果をもつ場合もある。

私は個人的に、倫理的義務を鞭として使いたくはない。倫理的問題を分析することは必要だとしても、その問題の解決として、人を非難したり、刑罰を与えたりすることが、いい方法であるかどうかは問題である。

だから、因果応報の考え方よりも、未来に対する責任として、事故調査を行い、複雑なシステムを解明することが重要だと考える。事故を減らすという結果を重視する限り、原因究明と、失敗事例のデータベースの収集が必要となる。

我々は、真空中に生きているのではなく、社会の中に生きている。だから、社会の制度を分析する必要がある。(事例によっては市民を取り上げることがいい場合もあっても、多様な事故の全体を取り上げるためには、社会制度分析がまず必要になる。) 制度は、合意の結果だと考えられるからだ。これこそ、将来の人のために積み上げられてきたものであるはずだ。

法は、紛争解決の手段であるだけでなく、社会統制、活動促進、資源配分の手段としても役立っている。したがって、事故に遭った当事者に対する責任だけでなく、事故の起こりにくい制度設計を行うことも、重要な倫理的関心事となる。

まとめ

工学は複雑系に対処しようとしている。

この工学のモデルは、限定合理的な我々の認識モデルとしては優れている。

工学倫理は「正しい」設計をめざす。