

工学教育におけるデザインと倫理

Design and Ethics in Engineering Education

瀬口昌久

名古屋工業大学大学院工学研究科

ながれ領域

Masahisa SEGUCHI

Nagoya Institute of Technology

Nagare College

【Key words】

1. エンジニアリングデザイン (Engineering Design)
2. 工学教育 (Engineering Education)
3. コミュニケーションスキル (Communication Skills)
4. STS (Science and Technology Studies)

【概要】

アメリカの工学教育におけるエンジニアリングデザイン教育の取り組み例を紹介し、エンジニアリングデザインがコミュニケーションスキルや技術者倫理の教育と同時期に取り組まれていることを指摘する。次に従来の技術者の分業モデルを批判してエンジニアリングデザインと倫理の内的連関を指摘するAnke van Gorp とIbo van de Poelの主張とその批判を検討する。最後にデザインと倫理の歴史的素描を踏まえ、新しい技術者像を見すえた工学教育の必要性を論じる¹⁾。

1. イントロダクション

—アメリカのエンジニアリングデザイン教育の取り組みから

2005年にポーランドのシレジア工科大学で開催されたInternational Conference on Engineering Educationには、世界50カ国から約400名の参加

1) 拙論は、中部高等学術研究所共同研究会の第3回「高等教育アウトカムズ研究フォーラム」(2006年3月3日開催)で「エンジニアリングデザインと技術者倫理」というタイトルで行なった研究発表の内容を書き直したものである。発表の機会を与えてくださった長島昭中部高等学術研究所所長をはじめ、研究会に参加して有益なご質疑を下された参加者の皆様に心よりの感謝を申し上げる。

者があり、326の論文が寄せられ44の平行セッションが開かれた。そのセッションの一つに「工学教育における倫理的要素 (Elements of Ethics in Engineering Education)」があり、筆者もそこで発表を行なった²⁾。このカンファレンスでは技術者倫理教育への取り組みと共に、様々なセッションのなかでエンジニアリングデザインを取り上げた発表が目を惹いた。論文タイトルにエンジニアリングデザインを含むものだけでも10編以上ある。最初にそのなかからエンジニアリングデザインの代表的な例として、ニュージャージー工科大学のFreshman Engineering Designコースの短い歴史とその成果についての報告³⁾を紹介する。

ニュージャージー工科大学のエンジニアリングデザインコースの歴史は三段階に分けられる。1993年にエンジニアリングデザインコースが開始された時点では、コースの半分の内容はCADの教育が占めていた。第二期の1997年から、エンジニアリングデザイン教育と工学デザイン教育の協力関係が始まってコース受講者も多くなる。まだこの段階ではコースにはコンピューターサイエンスが入っており、第二期は狭い意味でのエンジニアリングデザイン、人文社会科学的な内容、コンピューターサイエンスの三つの部分から構成されていた。第三期の2004年からは、コンピューターサイエンスがなくなり、エンジニアリングデザインと人文社会科学との連携が中心になっている。コースのアウトカムズとして、エンジニアリングデザインコースをとった学生は、とらない学生よりも各教科のグレードが平均0.12ポイント(4点満点中)、率にして3%上昇したという。最も顕著なのは学生の卒業率の上昇である。コースをとった学生の卒業率が54.1%になり、とらない学生の卒業率36.6%を大きく上回っている。

このニュージャージー工科大学のエンジニアリングデザインコースの特徴を以下にあげる。

- ・3年生や4年生ではなくて、1年生を対象にしている。
- ・チームワークとコミュニケーションスキルに焦点を当てて、ライティン

2) Seguchi and Ohkusa(2006).

3) Carpinelli et al (2005).

グとプレゼンテーションが入っている。

- ・少人数クラスである。1クラスが15人から20人であり、さらに3人単位のグループに分けるという形でクラスを運営している。
- ・Freshman Humanities Courseとの連携をはかる。エンジニアリングデザインの一つのセクションや問題に対応したHumanitiesのコースを割り当て、密接に関連したテーマを人文社会系でも扱うようにする。
- ・open-ended design problemsの解決を課題に出す。例として、緊急のライティングシステム、交通信号のコントローラー、化学物質の製造過程のプロセスの見直し、様々な機械のデバイスを作ることなどを自由課題として与え、各グループに解決させる。

学生にとってこのコースのメリットは何か。一つには実際にグループ作業に参加ができ、他の学生との出会いを楽しむ場になっていることである。しかし最も重要なことは、1年生の時から工学の楽しさに触れることができることにある。つまり、ハイスクールから上がってきたばかりの1年生は、工学についてほとんど何も知らない段階で、まず数学や物理などの難しい科目に直面しなければならない。そのような教科の難しさに挫折して、工学をあきらめてしまう者が多い。しかし、このコースを受講することによって、1年生の段階で工学の楽しさを知ることが学生のモチベーションを高め、卒業にまでつながっていくことになる。さらに、一般に工学部の学生にはライティングやプレゼンテーションを嫌う傾向がみられるが、彼らはこのコースの中で、エンジニアとしてのコミュニケーション能力の大切さ、重要性を学ぶことができるようになる。このコースを取ることは、以上のような大きなメリットがあると報告されていた。

重要なことは、このようなコースの改訂や教育改善が、ニュージャージー工科大学の単独の取り組みではないことである。ニュージャージー工科大学の教育改革は、「ゲートウェイ工学教育連盟 (Gateway Engineering Education Coalition)」のサポートを受けて進められている。この連盟は、ハイテク教育をいち早く取り入れたことでも有名なドレクセル大学を筆頭校にして、七つの大学が工学教育に関して連携を結び、全米科学財団からサポートも受けて工学教育の改革をはかっている。表1は、Gateway Coalitionのウ

ウェブからの引用であるが⁴⁾、この連盟のなかの大学で、1年生対象のエンジニアリングデザインを受講した学生の数字を示している。1992年にはわずか140人であったが、1997年には2,100人、1999年には2,500人、2000年には3,000人、2002年の段階では4,000人近くになっている。このグラフによると、エンジニアリングデザインが大学教育として一般的になって大きく広がってきたのは、実は1997年ぐらいからだということがわかる。

表 1

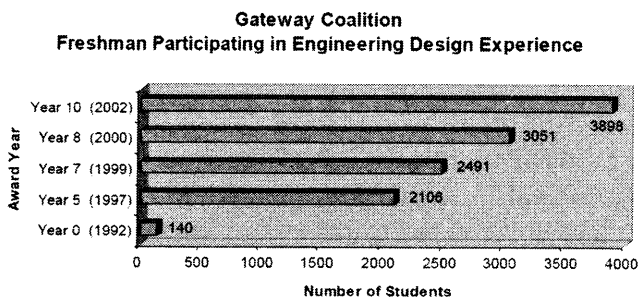
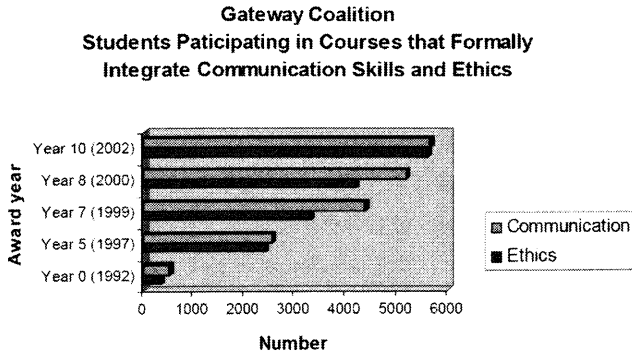


表 2 は、やはり Gateway Coalition のウェブからの引用であるが、この Gateway Coalition 加盟大学の学生がコミュニケーションスキルと倫理のコースにどれだけ参加したかを示すグラフである。やはり、1992年の段階では少ない。それが、1997年以降に大きく増加している。これらのグラフから言えることは、エンジニアリングデザインとコミュニケーション能力や技術者倫理という、JABEE が工学教育に必要としている三つの課題は、アメリカにおいても、実は1997年前後から一般化して広がってきたことがうかがわれることである。つまり、1990年代の半ばまでは、アメリカもこれらの分野の教育に組織的には取り組んではいなかったと推察される。

4) URLは以下参照。 <http://www.gatewaycoalition.org/>

表2



ゲートウェイ工学教育連盟の取り組みに見られるアメリカのエンジニアリングデザイン教育の特徴をまとめておこう。まず第一に、日本の卒業研究とは根本的に内容が異なり、フレッシュマンを対象としている。第二に、エンジニアリングデザイン教育のなかで、技術者としてのコミュニケーション能力が開発されている。第三に、エンジニアリングデザイン教育は、コミュニケーション能力の開発と技術者倫理教育と共に、ほぼ同時期に発展普及したものと考えられる。JABEEでは、エンジニアリングデザイン教育は、ワシントンアコードのオブザーバーからの指摘を受けて、2005年1月の「認定・審査の手順と方法」の改訂によって後から評価に組み入れられた経緯をもつ⁵⁾。しかし、アメリカの工学教育においては、エンジニアリングデザイン、コミュニケーション能力、技術者倫理の教育は、いわば三位一体として組織的に取り組まれているように思われる。つまり、これからの技術者像はいかにあるべきかという議論がまずあって、その実現のためにこれら三つの教科を組み入れた教育改善が図られているとみなすことができるだろう。

5) 瀬口(2005).

2. エンジニアリングデザインと技術者倫理

エンジニアリングデザイン，コミュニケーション能力，技術者倫理の三つが，技術者にとって不可欠であるということは，一人の技術者の営みにおいて，それらが一体的に働くと思定されていることを意味すると考えられる。このことに関連して，技術者の業務の視点からエンジニアリングデザインと技術者倫理の密接な内的関係を主張しているAnke van GorpとIbo van de Poelの主張を取り上げたい。彼らの主張はオランダのデルフト工科大学でのエンジニアリングデザインと技術者倫理の教育実践に基づくものである。

Gorp & Poelは，デザインプロセスには二つの倫理的アスペクトがあり，一つはデザインの要件（requirements）とクライテリアを決定する場面，もう一つは異なるクライテリア相互の間でのトレードオフが受け入れ可能かどうかを考える場面であるとする。つまり，一般的に受容されている価値とか規範，例えば安全性やプライバシーが危険にさらされる場合や，デザインにかかわる異なるエンジニアの規範や価値が互いに衝突する場合に倫理的アスペクトは問題となる。

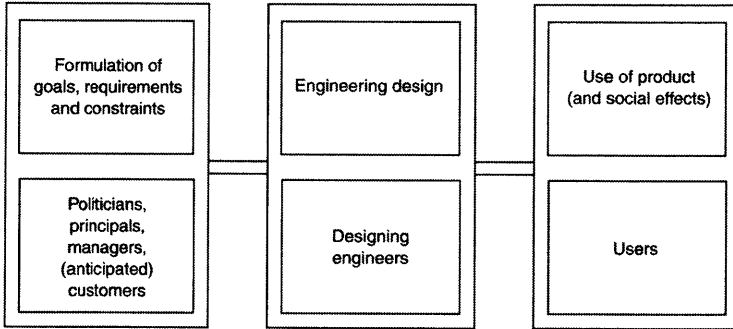
この論文では，安全性と経済性のトレードオフがおこなわれた事例として，ヘラルド・オブ・フリーエンタープライズ号沈没事件が取り上げられている。1987年，ベルギー沖でフェリーが港を出てすぐに沈没し，188名の死者を出した。原因はローディングドアの閉め忘れである。副甲板長が居眠りをして閉め忘れ，閉め忘れを示す警告ランプがなくブリッジも気がつかずに，車を積みこむためのドアを開けたまま出港して，そこから海水が入って短時間で船が沈没した事件である。この事故では，ヒューマンエラーだけではなく，船のデザイン自体にも構造上の問題があったことが指摘された。船のデザイナーたちは，この船の構造だと海水がデッキに入った場合には回復する時間はほとんどなく，すぐに不安定になって沈没してしまう設計だということがわかっていたのである。実は国際海事機関（IMO=International Maritime Organization）も，既に1981年の段階でこの種のRoRo（roll-on/roll-off）タイプのフェリーのカーデッキに海水が入れば急速に沈没するという危険性を知っていた。さらに，その簡単な解決方法もあった。それはデッキに隔壁を設置することである。そうすれば急に浸水してしまう危険性は解決できること

がわかっていた。しかし、IMOはその問題を解決するための法整備をとらなかったのである。IMOが制定する法は、それを受け入れた政府のみが履行するという仕組みになっている。それゆえ条約を新しく制定するときには、できるだけ多くの政府がその条約を受け入れることを可能にする必要がある。一方、船舶会社はコストを考えるので、もしもIMOの条約を守るのに多額のコストがかかるなら、IMOの条約を批准していない国の国籍で船を運航するような決定を下すことになる。IMOとしても安全要求を厳しくするのが難しく、IMOにはデザイン要件を法で厳しくできない状況がある。この事例に関しては、IMO、保険会社、格付会社、造船業者、船舶会社といった五つの関係者のそれぞれが自分たちのコストを考えて、有効な安全対策を打ち出すことができなかった。保険会社や格付会社も、船体の構造とか船体の寿命とかに関しては格付の査定をするが、乗客の安全性を格付の審査対象には入れていないからである。一般に、デザイン要件を決定することがデザインプロセスの第一段階だと考えられる。その第一段階では、技術者以外の他の関係者が、デザイン要件やデザインのクライテリアを明確化する役割を担うのが普通である。このヘラルド号の場合には、各国政府とIMOが安全要件を形づくった。経済的要件を考える場合には、造船業者の顧客が重要な役割を果たす。しかし、デザイン要件の決定には技術者は入っていなかったのである。

こうした問題の根本には、デザイン要件の決定から技術者を排除するような分業モデルがあることをGorp & Poelは指摘する。技術者はデザインの要件、クライテリア、目標に関わるべきではないと主張する論者が実際に多くいる。技術者の仕事は、ある要件、クライテリア、目標が与えられたときに、その最適な解決法を技術的に見出すことであると彼らは主張する。要するに、技術者は、技術的にどうすれば与えられた要件に対して最適な解決ができるかを決めるだけであって、目標を定めるものではないとみなす考え方である。この考えは、図1に示されたGorp & Poelの論文の「労働の分業」を前提にしている。政治家、経営者、依頼人、顧客が、要件やクライテリアや目標を決めるのであって、技術者はそれらを満たす可能な技術的解決を見出すものである。だから、技術者の仕事は倫理的には中立だとみなされる。目的とか要件とか必要とかというものは、政治家、経営者、依頼者、顧客が決めるのであって、それがエンジニアのところに送られてきて、エンジニアは最適な方

法を考える。そして、最後がユーザーである。これらがそれぞれ独立した分業の形になっているというモデルである。

図1 エンジニアリングデザインに関する分業



Gorp & Poellは、この分業モデルを二つの点で批判した。一つは、製品のデザインはある使用形態を奨励し、別の使用形態を妨げるような仕方でおこなわれるのであるから、あるテクノロジーがデザインされる方法は、いかにしてその技術が使用されるか、あるいはいかなる結果を生み出すかという問題と常に関わるという点である。これは技術が価値中立ではなく価値負荷的であるという考え方に基づいている。もう一つは、技術者が安全性に関する要件が十分ではないと疑う正当な倫理的理由を持つ場合があるという点である。先のヘラルド号事件の場合では、設計者はこのデザインでは船が危険だということがわかっていた。技術者は、安全性を重要な、プロフェッショナルな責任とみなしている。技術者の倫理綱領は公衆の安全性の遵守を規定しているので、技術者は、法律が要求する以上に安全性に対し重い責任を負っているのだと考えることができる。それゆえ技術者には、安全性に対して法律よりももっと厳格な、もっと厳しい要求が課せられているのであり、技術者は設計において本来その要求を満たすことを目指さねばならないことになる。

また一般に、デザイン問題は悪い仕方で構造化されていることが多いと指摘されている。N. Crossのよく読まれている著作で2000年には第三版が出版

されている *Engineering Design Methods* では、エンジニアリングデザインには次のような問題点があると指摘されている⁶⁾。第一に、問題の明確な定式化、フォーミュレーションがなされていないことが多い。デザインの一体何が問題なのかが明確に定式化されていない。第二に、定式化された問題が首尾一貫していないことが多い。第三に、問題の定式化そのものが、実は解決に依存している。つまり、最初に解決方法があって、そこから逆に定式化をおこなわれることが多い。第四に、提案された解決が問題を理解する手段になっている。解決の方法から問題を理解して、解決方法によって問題がわかっていくということ、つまり、問題を明確にとらえて解決法をつくることがおこなわれていないことの裏返しである。最後の第五に、問題についての明確な解決がないことである。

デザインはこのように問題点を数多く含むので、Gorp & Poel はデザイン要件の形成にもエンジニアがかかわる必要があると主張する。デザイン要件の定式化は、デザインプロセスの間において、その過程において進行していく活動だととらえることができる。デザイン要件は、デザインプロセスの過程で修正され再定式化される。最初に設定されたクライテリアに対して、エンジニアが技術的な観点から危険性を指摘したり、派生する問題点を指摘したりすることによって、クライテリア自体、ゴール自体を変えていく可能性がある。エンジニアは、デザインプロセスにおいて重要な役割を果たすことができ、よりよい結果を生み出すことができる。デザイン要件の修正のプロセスにおいてこそ、倫理的に適切な選択が可能になっていくのだと考えられるのである。

この Gorp & Poel の論文から導かれる中間総括として、以下の四点をあげることができる。第一に、エンジニアリングデザインというのは、倫理的にニュートラルなものではない。第二に、設計の要件や目標、クライテリアを定めるデザインプロセスに技術者が関わっていく必要があること、また科学技術が社会に与える影響がますます大きくなる今後、そのような要請が大きくなっていく可能性がある。第三に、異なるクライテリアをトレードオフするときに、倫理、たとえば安全性とかサステイナビリティなどの要件が考慮されるべきである。つまり、エンジニアリングデザインの中で倫理的な要素

6) Cross(2000), pp.14-15.

が考慮されるべきである。第四に、したがってエンジニアリングデザイン教育には、倫理的・政治的要素の導入も必要であるということになる。

3. エンジニアリングデザインに技術者倫理を 組み入れることへの批判とその検討

しかし、倫理的要素を取り込むGorp & Poelのエンジニアリングデザインのモデルや技術者倫理の考え方に対しては、批判的な異なる見解があるので、この節では主な批判を取り上げて検討する。

A. Grunwaldは、エンジニアが技術開発において倫理的に考察しなければならない状況に立たされる場合もあるが、工学技術の多くのケースは、通常のビジネスと同様に分類されるべきであり、技術倫理的考察の必要はないと主張した⁷⁾。なぜなら、工学技術が通常のビジネスとして分類される場合には、ある規範的なフレームワークが存在するからである。それはプラグマティックに完全であること (Pragmatic completeness), 限定的な一貫性をもつこと (Local consistency), 曖昧でないこと (Unambiguity), 関係者に受けいられていること (Acceptance), 実際に遵守されていること (Observance) という五つの条件を満たした枠組みである。その規範的枠組みは、行政の規制や技術上の規準や標準および倫理綱領などの社会的規制によって与えられる義務によって成り立っているとされる。

またこれに先立ってD. Maffinは、一般にエンジニアリングデザインの考察でよく使われているモデルを批判し、デザインプロセスがそれぞれの企業の状況やプロジェクトのコンテキストによって大きな影響を受けていることにもっと注意を払うべきであると主張している⁸⁾。彼はエンジニアリングデザインのモデルを次の二つに分類している。

タイプA：一つの最初の解決法が生まれ出され、開発され、評価される。もし、それがある点で不十分であると証明されれば、修正されるか、別の一つの解決法が探られる。

7) Grunwald(2001).

8) Maffin(1998).

タイプB：複数の解決法のアイデアが出され、段階的な開発、分析、評価を通して、望ましい解決法が選択される。

Maffinは、タイプBがエンジニアリングデザインのモデルとして一般に推奨されているアプローチであるが、彼が行なったイギリスの企業の聞き取り調査に基づけば、厳しいリードタイムなどの圧力があって、新たな技術革新を行なう場合でなければ、多くの場合にはタイプAか、あるいはAとBを組み合わせたタイプのエンジニアリングデザインが使用されていることを指摘している。それではMaffinやGrunwaldが述べるように、Gorp & Poelが用いた倫理的考察を必要とするようなエンジニアリングデザインのモデルはかなり特殊なケースであって、通常のエンジニアリングデザインには倫理的考察は必要ないのだろうか。

Poel & Gorpは、W.G. Vincentiのノーマルデザインとラディカルデザインの区別、デザインのヒエラルキーの考え方をを用いてGrunwaldに反駁を試みている⁹⁾。Vincentiによれば¹⁰⁾、デザインのヒエラルキーが低くなるほど自由度がなくなり外的制約が増大し、またラディカルなデザイン（タイプBに近い）よりもノーマルなデザイン（タイプAに近い）の方が、外的制約は大きいとされる。Gorp & Poelは、たとえ自由度が低く外的制約が大きいとされるノーマルで低いレベルのデザインにおいても、倫理的反省が必要であると次のように主張している。たしかに多くの状況においては、現にある規準や規定が、デザインの決定や計算をいかに行なうべきかを規定することになる。しかしながら、たとえば設計段階で事故のシナリオをどこまで組み込むかといったように、完全には規定されえない決定が存在している。さらに、異なる規準や標準や要件が、とくにそれらが顧客によって与えられた場合には、互いに衝突することの方が普通である。また、Grunwaldが述べたような規範的な枠組みが一般的に受け入れられるかは疑わしい。たとえば、きわめて有毒なシアン化水素酸を用いたある設備がある村の近くに建設される場合、その設備の所有者はそれが環境基準や規制を満たしているので安全であると主張するが、その村の自治体や住民は、たとえその設備が環境基準を満たして

9) Poel & Gorp(2006).

10) Vincenti(1992).

いても安全性を疑うような場合がある。だから現にある規範的枠組みが完全であること、またそれにアクセスできることには疑問の余地がある。そして、たとえそのような規範的枠組みが一般的に受け入れられている場合でさえ、設計者が既定の安全基準や標準を上回る必要を感じる場合もある。以上のようにデザインにおいて外的な制約が大きいことは、倫理的考察をする必要性を設計者から必ずしも取り除きはしない。現にある外的制約が⁸⁾、Grunwaldが述べた条件を満たす規範的枠組みを形成するとは限らない。どれほど外的制約が厳しい場合であっても、デザインにおいては倫理的判断の余地があると考えられるだろう。

Poel & Gorpたちデルフト工科大学を中心とする技術者倫理の考え方に対する別の批判は、技術者倫理教育に長年の貢献をしてきたM. Davisによってなされている¹¹⁾。Davisは、技術者倫理教育への批判、つまりこれまでの技術者教育は技術者個人の倫理的判断についての教育に終始していて、組織の文化や法的環境などの社会的コンテキストについては教育内容に含めていないとする批判に対し、反論を述べるなかでデルフト工科大学のPoelたちを批判している。Davisによれば、彼らはテクノロジーの倫理（あるいはテクノロジー・アセスメント）と技術者倫理を区別しておらず、建築家やインダストリアル・デザイナーや政策アナリストまでもエンジニアと呼び、工学がテクノロジーを実現する顕著な方法であると考えていない。「アメリカンスタイルの技術者倫理」を批判する彼らは、科学技術社会論（STS=Science and Technology Studies）から出発している。STSの分野は個人の意思決定にはこれまでほとんど関心を示してこなかったし、STS研究者の関心は政策に集中してきた。しかし、技術者倫理を学ぶ学生は、ある朝の10時30分に生じた問題に対して、社会的なあるいは組織的な規模での解決を待つ十分な時間をもつことなく、数時間後には個人的な決定を下さなければならない状況におかれるのである。デルフト工科大学のSTSをベースにするグループは、技術者倫理にとって最も重要な個人の意思決定を軽視し、現在の技術者倫理教育にも含まれている歴史や社会学や法律などの要素を、あたかもそれらが欠けているかのよう¹²⁾に過大に強調し、また必要以上に一般的な倫理学理論に大き

11) Davis(2006).

な比重をかけすぎているというのがDavisの展開した批判の要旨である。

とくにアメリカではSTSの潮流とは別個に技術者倫理が発展してきた歴史を思えば、技術者倫理を応用倫理学の一つとして社会的に位置づけることに邁進してきたDavisの不満は理解できなくもない。「社会的倫理を欠いた個人的倫理は力がない」と断言するPoelたちの結論¹²⁾は、技術者の個人の倫理的判断を高める技術者倫理の基礎やアイデンティティをも揺るがしかねないと危惧されるだろう。

しかし、Poelたちは、アメリカ型の技術者倫理を一方的に批判しているのではなく、これまで別々の事業として進められてきた技術者倫理とSTSが、互いから学ぶことが多くあると主張している¹³⁾。彼らによればSTSの洞察によって、技術者倫理がテクノロジーのブラックボックスを開けることに役立つ、逆に、技術者倫理がSTSの規範的貧弱さを克服させることに役立つ可能性がある。これまで技術者倫理は、大事故のケーススタディについて焦点を当て、エンジニアの責任ある行動や内部告発によってその事故が防げたことを示唆してきた。だが、これは技術開発のプロセスの内的なダイナミクスよりも、そのプロセスの結果に焦点を当てるという意味で、テクノロジーに対する外在主義的なアプローチである。これに対してSTSは、明白に規範的で倫理的な議論をすることを避けるという点で不足があった。倫理的な問題が日常的なレベルで生じるエンジニアリングデザインは、技術者倫理とSTSの洞察が実り豊かに結合する領域ではないか。技術者倫理においては外在主義からより内在主義的なアプローチへ、STSにおいては記述的説明から規範へとそれぞれのパースペクティブが変更されることによって二つの領域の結合が求められている、というのがPoelたちの主張である。

技術者倫理がテクノロジーをブラックボックスにしてきたというPoelの主張については、筆者は必ずしも賛成できない。日本の技術者倫理教育についてみても、技術士会の精力的な取り組みが示すように¹⁴⁾、技術の発展プロセスの渦中にある技術者が主体的に技術の営みを社会的な視点をふまえて倫理的に検討することが行なわれているからである。しかし、技術者倫理とSTS

12) Devon and Poel(2004), p.468.

13) Poel and Verbeek(2006).

14) たとえば、日本技術士会中部支部は「ETの会（技術者倫理研究会）」を2005年5月に結成して活発な研究活動を展開し、『技術倫理と社会』（2006年4月）を創刊している。

が相互に学びあうことが重要であるというPoelのその主張には賛成できる。日本ではおそらく幸運なことに、技術者倫理（工学倫理）とSTSが比較的早い段階から協力関係を保ちながら発展してきた。二つの領域にまたがって研究を行ってきた研究者も少なくはなく、科学技術社会論学会というSTSの学会の大会企画のなかに工学倫理や技術者倫理教育のセッションがもたれ、STSの手法を技術者倫理に生かす方法も提起されてきている¹⁵⁾。そして、とりわけてエンジニアリングデザインの領域は、Poelが言うように技術者倫理とSTSとが、互いの知識や手法を分かち合うことによって、社会的に技術と倫理の関係を強固にしていける重要なフィールドとなるように思われる。われわれが問題にしてきたデザインという営みそのものが、社会と個人の倫理性というものと歴史的に深く結びついているからでもある。そこで次節はデザインと倫理の歴史的関係について、ごく簡潔に概観しておきたい。

4. 技術にかかわるデザインと倫理の歴史的関係の素描

エンジニアリングデザインという言葉そのものが日本語としてどのように訳されるのかもまだ一般的には定着していないように思われる¹⁶⁾。その一つは、「デザイン」という言葉が多義的に使われているためでもある。そもそもデザインとはいったい何か。英語の“design”は、フランス語“*désigner*”という言葉に由来し、それはラテン語の“*designare*”という言葉に起源をもつ。そのラテン語の語義は、「指示する、表示する、規定する」ことにあり、そこから「秩序立てる、整理する」という意味をもつ。英語の“design”は、16世紀から使われ始め、*Oxford English Dictionary*によれば1593年に使われ

15) 札野 (2002), 杉原 (2004)。

16) 2005年9月に開催された「土木工学におけるEngineering Design教育 ～産学協働によるこれからの技術者教育～」で、日下部治東京工業大学教授は次のように述べている。「それらの要素をproject-based learning形式でグループ学習を通じて身につけるものがEngineering Designと理解されるが、それらの意味と内容を包括的にあらわすEngineering Designそのものを的確に表現する日本語は見当たらない。(中略) 建築デザイン、工業デザインという言葉のデザインは意匠を強く意識させ、設計コンサルタントなどで用いられるDesignは設計計算と施工図面の作成とのイメージを持つ。まずは、大学・産業界を含めて、Engineering Designの適切な名称と、その意味する概念を共有することから始める必要がある」(<http://www.jsce.or.jp/committee/kenc/sub/Taikai050907.pdf>)。

た用例が最も古く、“design”が“plan”とか“scheme”という意味で使われている。シェークスピアも同じような意味で“design”という言葉を使っている。その後、“design”は建物の装飾を指す言葉として用いられるようになる。工業製品の設計について“design”という言葉が使用されるのは、19世紀になってからであると出原は次のように指摘している¹⁷⁾。

「工業製品の設計という意味でdesignという言葉が使われ出すのはかなりおそく、産業革命以降のことであった。それは、19世紀になって、工業製品を美化するために装飾模様が用いられるようになってからのことで、この装飾模様を描くことを意味したdesignという言葉が、やがて工業製品を設計するエンジニアたちの間でも使われるようになった。」

この“design”という語を、明治期においてどのような日本語に訳すかは難題であり、結局、「設計」「図案」「意匠」という三つの言葉に訳し分けられた。そのため「デザイン」というと、「設計」を指すのか、「図案」を指すのか、「意匠」を指すのか混乱が生じることになった。

さて、産業革命がデザインに大きな変化をもたらしたことを受けて、近代のデザイン運動が19世紀のイギリスで始まった。産業革命によって生み出された新しい工業製品は、それまで使い慣れてきた、職人たちが作ってきた伝統的な製品とは異なっていた。1851年にロンドンで第1回の万国博覧会が開かれ、工場生産された部品を組み立てるような仕方で会場の建物も建設され、機能主義的で安価で実用性の高い製品が紹介された。「インダストリアルデザイン」という考え方が使われたのはこの時である。これに対して、1870年頃にはウィリアム・モリスたちに代表されるもう一つのデザイン運動が活発になってくる。アーツ・アンド・クラフト運動である。このデザイン運動は、産業革命がもたらした工業化社会の大量生産された機械製品やインダストリアルデザインで作られた粗悪なデザインには耐えられないという形で起こったのである。アーツ・アンド・クラフト運動は、その後、より一般化された形でアール・ヌーボーなどの運動を引き起こす。モリスたちのデザインの世界はある意味では貴族主義的な世界であるが、それが次第に大衆化してア

17) 出原 (1992), p.28.

ル・ヌーボーという形をとったとみなすこともできる。1925年にパリで現代装飾・工業美術国際展が開催され、この美術展の名前にちなんでアール・デコと呼ばれるようになるデザインが、より工業製品に適合するよう変貌をとげて発展する。このようなデザイン運動は、世界各地に様々な形で広がり、ドイツでは、第一次世界大戦後のワイマール社会民主主義政府が、美術工芸学校として建てたバウハウスに結実する。バウハウスは、その後まもなくナチス閉鎖されるという歴史をたどり、わずか14年間しか存在しないが、その後の20世紀のデザイン運動に大きな影響を与えた。また日本にも世界のデザイン運動に呼応する動きがある。1920年代から1930年代にかけて、柳宗悦などに代表される民芸運動が起こり、1926年に日本民芸美術館設立趣旨が発表された。民衆の生活の中の日常工芸の美を再発見するという運動である。それは世界的に波及したデザイン運動の流れの極東における一つの波立ちのように思われる。別の地域でも同じように美しい波が立ち現われ、たとえばスウェーデンでは、現在もスウェーデン家具のメッカといわれているカール・マルムステン・スクールという学校が1930年に設立されている。それは自然のフォルムと農家に見られる伝統的家具の美しさの発見をかかげており、民芸と同じようなデザイン運動が同時代に世界各地で起きたことの証の一つであろう。20世紀のデザインを原研哉は次のように総括している¹⁸⁾。

「ジョン・ラスキンやウィリアム・モリスが種子をはぐくみ、20世紀初頭の芸術運動が土壌を耕し、結果として、ドイツのバウハウスという形でデザインは簡潔な双葉を開いた。(中略)20世紀の後半、世界には経済の力によって強力なドライブが加えられる。デザインは経済に強引に牽引されていく。(中略)デザインの概念は、少なからず理想主義的な社会倫理を前提として考えられてきた経緯があり、それは純粹であるほどに、経済原理の強力な磁場の中では、その理想を貫く力が弱かった。」

ここで重要なことは、近代のデザイン概念が、理想主義的な社会倫理を前提にしているという原の指摘である。バウハウスを作ったのは民主的なワイマール政府であり、ウィリアム・モリスは理想に燃えた社会主義者であり、

18) 原(2003), pp.8-9.

柳宗悦が気骨のあるリベラリストであったことは単なる偶然とは思われない。つまり、デザインという営みには、何らかの理想像をかかげ、理想に基づく目標を設定することが含まれるために、デザインと倫理とは本質的に関わりをもつのだと考えることができるだろう。しかしながら、デザインは倫理的な側面を本来は持っていたが、原が指摘するように、20世紀の後半にかけて実際は、経済資源としてのデザインという考えが中心になる。つまり、デザインの差異化という機能が活用されるようになる。消費への欲望は新奇性によって鼓舞される。モデルチェンジ、スタイルチェンジで「今日あるものを明日は古く見せる」販売戦略によって消費者の欲望を刺激するためにデザインは用いられてきたのである。

大規模大量生産・大量消費型社会は、消費生活の豊かさ、貧困からの脱却を実現してきたが、しかし、原が指摘したように消費への欲望を刺激するデザインの使い方は、生活の質的向上という観点から考え直してゆく必要があるだろう。それは原が専門とするグラフィックデザインの世界にとどまらず、エンジニアリングデザインやデザイン全般を見直す必要性にもつながるように思われる。その意味で、生活大国のスウェーデンが2005年を「デザイン年」として定め、国をあげての取り組みのなかで示したデザインの次のような考え方は示唆的である¹⁹⁾。

「デザインは、ガラス製品や家具、携帯電話などのためにだけ必要なものではなく、遊び場や道路、マシンやドリル、労働予定表や工程ラインなどにも存在するものです。デザインは、独立した普遍的な手段ではありませんが、デザインを使うことによって根本的な変化をもたらすことが可能になります。いら立ちは知識欲に、失望は満足に、孤独は近寄りやすさに、疎外は所属に、環境問題は開発のチャンスに変わるかもしれません。」

このようなデザインの考え方に立てば、エンジニアリングデザインがデザイ

19) 以下の引用は日本のスウェーデン大使館ホームページ (URLは以下参照) に掲載されていた。 http://www.swedenabroad.com/pages/start_4324.asp

2006年現在では、2005年のデザイン年の案内はウェブ上では見られない。2005年デザイン年の英語の公式ホームページは以下のURL参照。2006年3月最終確認。

<http://www.designaret.se/wlt/E5828919-0916-4E5F-9CDF-CB0B188B4FE3.wlt>

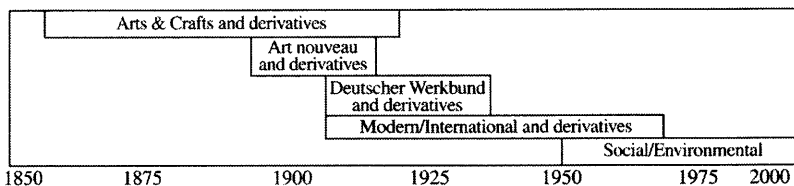
ンである限り、人間の生活の質を高め、人間がよりよく生きることを追求するという本来の意味における倫理性を含むことになる。

そして、今後の高度な情報化社会の進展もデザインの必要性を促進していくことが予想される。Broadbent & Crossは、これまでのデザイン運動を考察し（図2は彼らの論文からの引用）、今後の「情報化時代のバウハウス」の到来を予見し、情報化時代のデザイン教育について次のような予測を述べている²⁰⁾。

- ・デザインが、社会により深く根づき、他の専門分野にとって重要なものになるにつれて、新しい形態の実践が生じてきている。
- ・デザインが複雑化し、ユーザーが関わるようになるため、共同制作的なデザインがますます優勢になっていく。
- ・バーチャルリアリティや広播性(pervasiveness)といったテクノロジーの発展がデザイン教育に強い影響を与えるようになる。
- ・急速な社会文化的変化によって、デザインの生涯教育が必要となる。

Broadbent & Crossが主張するように、高度情報化社会の進展が、ユーザーをまきこんだ共同制作的なデザインを生み出し、技術の新しい形態の実践が生まれることによって、デザインが社会により深く根ざし、デザインが他の専門領域にとってもより重要なものになっていくと考えられる。このようなデザインの歴史的社会的文脈のなかにエンジニアリングデザインを位置づけるときに、その教育の重要性がより明確に認識されることになるだろう。

図2 1850年以降のデザイン運動



20) Broadbent and Cross(2003). 図2はp.441の引用。

5. むすびに

科学技術が社会に及ぼす影響が決定的な力と重要性をもつ今日において、Gorp & Poelが示したように、エンジニアの旧来の分業のモデルでは、技術の安全性の確保やサステナビリティの実現に貢献することはもはや難しい状況になってきている。技術者が、デザイン要件を策定するエンジニアリングデザインの最初の段階から、依頼者やユーザーとの密接なコミュニケーションをとって、そのプロセスに参加することが求められる。また、高度情報化社会における技術革新のスピードがきわめて早く、もはや大学で学んだ一つの専門分野だけの知識で、技術者として生涯をおくることはできないだろう。他分野の知識を吸収して、他の技術者と共同して新しい技術分野を開拓していくことが求められている。技術者には、他の技術者や異なる専門分野の者たちと、コミュニケーションを充実させていくことがこれまで以上に必要となる。したがって、求められる新しい技術者像は、ユーザーや公衆や他の技術者との豊かなコミュニケーションを紡ぎだし、製品の安全性やサステナビリティに配慮できる倫理的な技術者である。それは技術者に対するきわめて高度な要求かもしれない。しかし、イントロダクションで紹介したように、アメリカの工学教育がエンジニアリングデザイン、コミュニケーション能力、技術者倫理をいわば三位一体の教育改革として取り組んできた実践は、単に工学教育の国際的同等性の確保という点だけではなくて、日本の工学教育がどのような技術者像を描いているかをわれわれに問いかけている。将来のありべき技術者像を描くことによって、カリキュラム全体を設計するような工学教育の改革が求められている。

[文献]

- ・ Anke van Gorp and Ibo van de Poel (2001) , Ethical Considerations in Engineering Design Processes, *IEEE Technology and Society Magazine*, vol.20, no.3, 15-22.
- ・ Broadbent J.A. and Cross, N.(2003), Design education in the information age, *Journal of Engineering Design*, vol.14, no.4,439-446.
- ・ Carpinelli,J.D., Perna,A.J. and Hanesian,D. (2005), Best Practices in Freshman Engineering Design at the New Jersey Institute of Technology, *Proceedings of*

- the International Conference on Engineering Education ICEE 2005*, vol.1, 525-528.
- Cross, N. (1989), *Engineering Design Methods*, Chichester, UK: Wiley.
 - Cross, N. (2000), *Engineering Design Methods*, 3rd ed., Chichester, UK: Wiley.
 - Davis, M.(2006), Engineering Ethics, Individuals, and Organizations, *Science and Engineering Ethics*,12,223-231.
 - Devon, R. and Ibo van de Poel (2004), Design Ethics: The Social Ethics Paradigm, *International Journal of Engineering Education*, vol.20, no.3, 461-469.
 - Grunwald, A.(2001), The Application of Ethics to Engineering and the Engineer's Moral Responsibility: Perspectives for a Research Agenda, *Science and Engineering Ethics*,7, 415-428.
 - Ibo van de Poel and Verbeek, P. P. (2006), Ethics and Engineering Design, *Science, Technology, & Human Values*, vol.31. no.3, 223-236.
 - Ibo van de Poel and Anke van Gorp (2006),The Need for Ethical Reflection in Engineering Design, *Science, Technology, & Human Values*, vol.31, no.3, 333-360.
 - Maffin, D.(1998), Engineering Design Models: context, theory and practice, *Journal of Engineering Design*, vol.9, no.4,315-327.
 - Vincenti, W.G.(1992),Engineering knowledge, type of design, and level of hierarchy, in *Technological development and science in the industrial age*, ed. P. Kroes and M.Bakker,17-34, Dordrecht, the Netherlands:Kluwer.
 - *Oxford English Dictionary* (1989), 2nd edition, Oxford.
 - Seguchi, M. and Ohkusa, T. (2006), Universal Design and its Relevance to Engineering Ethics, in *Innovations 2006: World Innovations in Engineering Education and Research*, ed. W. Aung (et al), 257-264.
 - 杉原桂太(2004)：「なぜ技術者倫理教育にSTSが必要か」,『科学技術社会論研究』 vol.3, 21-37.
 - 瀬口昌久(2005)：「エンジニアリングデザインの倫理的課題のアプローチ」,『技術倫理研究』, 2, 21-35.
 - 出原栄一(1992)：『日本のデザイン運動』, ぺりかん社.
 - 原研哉(2003)：『デザインのデザイン』, 岩波書店.
 - 札幌野順(2002)：「科学技術倫理の諸相とトランス・ディシプリナリティ」『科学技術社会論研究』 vol.1, 204-210.

* 本稿は平成18年度科学研究補助金基盤研究（C）の成果の一部である。

* URLの確認は2006年3月31日