これからの工学教育における教養のあり方

A Perspective on Liberal Arts in the Engineering Education

稲葉 武司^{※1}

Takeshi INABA

A recent report by the Ministry of Education and Science has pointed out the importance of the Liberal Arts in the College Education. Based on some of the suggestions in the report this article retrospect to the relationship of the Engineering Education and the Liberal Arts in earlier days of modern Japan, then prospect the futuristic relationship between the tow educational category.

Keywords : Engineering Education, Liberal Arts, Information Technology, Serendipity

キーワード：工学教育，教養，情報技術，セレンディピティ

1. はじめに

我が国の工学教育は、明治政府のお雇い外国人ヘンリー・ダイヤーを抜きにして語ることはできない。西洋の工業技術の習得は明治政府の最重要課題であり、そのための教育機関である工部省工学寮にグラスゴー出身の科学者・教育者ダイヤーは明治6年6月都検(教頭)として赴任した。25歳の若さであったという。

工学寮は明治10年にヨーロッパの工科大学を参考に工部大学校に改組されるが、基礎から専門まで系統的で近代的な工学教育課程を組立て、研究と実務が融合した当時の世界のトップレベルと言っても良いほどの高等教育機関にまでに工部大学校を育てたのは彼の功績だと言われている。その延長上に我が国の技術力と工学教育の今日があると言っても過言ではない。

この時代の学生たちは教師のもてる全てを吸い尽くすように学んだに違いない。それにはダイヤーを筆頭とする外国人科学者・教育者たちの知識と彼らの使命感と信条のような人格的なものまでも含まれていたはずである。教える者と教えられる者の究極の姿である。

工部大学校の第一期卒業生は23名であった。彼らは工学のスーパー・エリートであると同時に、科学・技術のみならず広く確かな世界観をもつ社会の先導者、また教養ある専門家として人々の敬愛と信頼を集め今日にその名を残す人が多い。

この出発点に基づく工学教育の伝統こそが今日の我が国の経済と技術を大国といわれるまでに築き上げた原動力である。しかし、現代科学技術の高度化と細分化という流れに対応しなくてはならない工学教育にとって、以前のように総合的な教育力を発揮することは困難になってきた。科学技術の高度化と細分化とは

部分の方向の拡散化と発達の加速化にほかならない。それは今日の工学教育にも反映され、教える者と学ぶ者が互いの目的を一つにする努力を押し流し、知識や技術を学ぶことと人格形成の結びつきは薄れるばかりである。

中央教育審議会は答申「新しい時代における教養教育の在り方について」(平成14年2月21日)の中でこう言っている。「科学技術の発達の速さに我々の精神世界が置き去りにされる、新たな人間疎外とも言うべき状況も生じている」。この人間疎外の克服に関して提言はさらにこう述べている。「個人として、社会として、また、国として、より確かな存立基盤を打ち立てていくことが求められている。そのためには、我々や我々の形作る社会が現在どのような地点に立っているのかを見極めた上で、今後どのような目標に向かって進むべきかを考え、目標の実現のために主体的に行動していくことが必要であり、その原動力こそ新しい時代に求められる「教養」である」と考える。

この文言の趣旨をふまえて、これから教養が工学教育の中でどのような場所を占めるようになるかを探してみたい。

2. 教養の発展段階

評論家山崎和正氏は論文「「教養の危機」を超えて」(This is 読売, 1999. 3)の中で「教養人はまずものを考える人であり、考えることをとおして、情緒や道徳感情を含めた人格の全体を訓練する人だといえる」とのべている。また、歴史・社会学者阿部謹也氏は著書「「教養」とは何か」(新潮社, 1997)の中で、教養があるとは、「自分が社会の中でどのような位置にあり、社会のために何ができるかを知っている状態、あるいはそれを知ろうと努力している状況」と述べている。

人は物心つくとき、自分自身と他人について、自分が

平成 19 年 10 月 12 日受付

※1 日本建築学会建築教育委員会委員長

暮らしている場所と周囲について、現在・過去・未来について考えるようになる。幼い子供のときからそうして考えた結果が自分の人格と周囲を考える基盤になる。教養とは生きるために欠かせない人間固有の能力であり、発達するものだと考えてよい。

教養は身につけるものと言われるが、教養のある子供という言葉は意味をなさない。しかし、教養は青年期そして一人の社会人として自立するときに重要な意味を持つようになる。

山崎正和のいう「考える」について心理学者マズローの欲求段階説をあてはめてみると、幼い時期の日常的な衣食住と生理的なことがらを考えるのは第一段階といえよう。そして第2段階、家族や友達に愛される、愛することを考えてみるようになる。第3段階は、自分の存在を考えて認知されることに関心をもち、自分の能力や可能性を考えてみる、思春期から青年期である。

特に自分の能力や可能性というものは社会との関わりを無視できないから、この時期は阿部謹也の言う「自分が社会の中でどのような位置にあり、社会のために何ができるかを知っている状態、あるいはそれを知ろうと努力している状況」を考え始める時期にあたるので、教養という意識も芽生える。

続いて、自尊心や名誉を意識し、「自己実現」について考える第4、5段階があり、最後に第6段階「自己超越」、すなわち今までの自分の全人格を改めて超えようとする。人により差があるものの、これらの段階を越えるたびに教養は豊かになるのが普通である。

子どものときから教養教育が始まることについては中教審の提言も次のように述べている。「したがって、教養教育の在り方を検討するに当たっては、高等教育だけでなく、初等中等教育も含めた学校の教育活動全体、しつけを含めた幼児期からの家庭教育、一定の目標を持って教育的配慮の下に行われる学校外での様々な活動、主体的学習や社会生活における様々な体験を通じて、生涯にわたっていかに教養を身に付けていくかを考える必要がある」。

このように教養を能力と習熟そして発達段階という観点からとらえてみると、教養があるとはこの能力が本人の努力と教育によって十分に発達していること、教養がないとはこの能力の発達に遅れや障害を疑うと言うように、教養教育にも認知的な発達障害をあてはめたり、習熟度を評価するための標準化された物差しを用いたりすることが可能であろう。すなわち、教養にも発達や習熟の段階性や水準を設定し比較することは特に不合理ではない。

3. 工学の中の教養

「人はパンのみにて生きるにあらず」と言う一方で、パンがなくては生きられないのも事実である。教養が

教養教育という言葉で語られるとき、教育が近代的な経済社会では投資の対象である有価物に分類されることから、ここでは教養の経済的な側面にも焦点を当ててみたい。

経済学者ベッカーは教育の無い人に比べ教育がある人は生産的な能力が高いという理論、「人的資本論」によりノーベル経済学賞を受賞した。人は教育により知識や技術を習得して労働生産性を高める、すなわちより大きな人的資本を獲得する。近代経済国家では富の75%を占めると考えられる人的資本には知識、技術のほかに健康も含まれている。彼の理論により、今日では多くの人が教育や健康を投資の対象とすることが普通のことになっている。

教育を投資とみなす考え方に立つと、かけた費用・時間、すなわち学歴と受け取る生涯年収でその投資効率を比較することができ、高学歴が圧倒的に有利な結果になる。幼少からスポーツや芸能の特別な才能をのばす教育も学歴とは別な人的資本を蓄積する方法であるが、就学率が高い先進工業国では大学など高等教育を受けることがもっとも一般的である。その先の企業内教育や継続教育は多様化と先端化がすすむ経済と技術に通用する人的資本を確保するため企業や国の負担で行われるが、最近では個人の自己管理と自己責任の問題とされ、それを生涯学習と呼ぶようになった。

大学を最高学府と呼ぶのは、学校教育を人的資本の蓄積過程としてみた場合、大学はその最終段階になるからだと言えないこともない。我々は大学教育を文系と理系、自然・社会・人文などのように思考態度や学術対象によって分けているが、それを選択するときは学問を志向する心の陰で、投資効率という物差しでみる目も働いている。

ベッカーの理論は大学教育の費用を特に専門系科目とか教養系科目に分けることはしていない。前節で述べたように教養も計量化できるので、仮にこの二つの費目があるとすれば、前者は直接的経済効果、後者は間接経済効果に関わるものとして、その配分比は大学教育に対する投資効果を計算すること、すなわち役に立つ科目と立たない科目の数値化さえも可能である。

計算こそしないが、費用と教科目の関係は文系と理系では理系が、また特に法定資格に関わる学術部門ほど強く意識されている。工学の場合は例えば、「工学とは数学と自然科学を基礎とし、ときには人文社会科学の知見を用いて、公共の安全、健康、福祉のために有用な事物や快適な環境を構築することを目的とする学問である。」(工学における教育プログラムに関する検討委員会1998)という定義が教科目に軽重のあることを暗に示している。

今日の技術革新の加速、専門化、細分化の進行は専門科目の基礎的な部分に波及するため、重い科目のための時間の確保が軽い科目を圧迫する。その状況を冒

頭に挙げた山崎正和は的確に説明している。「大学では教養教育の必要性が漠然と信じられていて、実は今日では教養の体系も諸学を基礎づける知識も確定できていないのだ、という危機感がない。どれだけの講座を設け、何を必修科目にするかという論拠も揺らいだという自覚がなく、ただ伝統にしたがって授業が開講されている。」

工学教育では、その必要性が漠然と信じられているだけの教養は役に立つ科目の主張に対して反論する術もなくその場所を明け渡し続けてきた。その結果、工学は数学や自然科学ばかりになってしまい、肝心の人間のために有用な人工物をつくるときの核となる安全、健康、福祉、遊び、安らぎといった重要な概念を学び身につける時間、即ち教養は姿を消した。

工学全体の有用性にはゆとりのない硬直性が際立つようになり、工学教育の生み出す人的資本はかえって評価を低めることになった。すなわち社会がそれを卒業生の専門的な資質の低下とみなすまでになったのである。

4. 情報技術と教養

インターネット上でポピュラーな百科事典Wikipediaは工学を次のように定義している。「工学（こうがく、engineering）は、科学、特に自然科学の蓄積を利用して、実用的で社会の利益となるような手法・技術を発見し、製品などを発明することを主な研究目的とする学問の総称である。」

工学の中核にあるのは既存の知識を目的に応じて連結して新しいものを生み出す発見と発明であり、その初期作業は今も昔も蓄積された知識の総体から必要とする部分を取り出すこと、すなわち文献検索である。その普遍的かつ古典的な手法は図書館へ行き、膨大な書籍の中から、目的の数行を見つけ出すことである。

今日の情報技術の発達はだれもがインターネットの検索エンジンを活用することで膨大な知識データベースにアクセスして必要な情報を瞬時に取り出すことを可能にしている。キーワードによる文字列検索はその最も基本的で初歩的な方法である。検索エンジン是一个のキーワードから無数と言ってもよいウェブページのインデックスを提示する。しかしそれらが探している人の目的とどのような関係にあるかは不明である。検索結果はそのエンジン独自の提示ルールによって配列されるのでその順位は検索する側の関心とも無関係である。

これを解決するため開発された連想検索は、検索された情報をいくつもの相関性でまとめてみせる、ある意味で人間の脳の働きを代行するようにさえなっている。これまでは検索といえば文字列検索であったが、最近は図形、色彩、音声の単独または組み合わせた知覚機能の情報のデータベース検索も可能である。

情報技術は工学にとっても重要であり専門的な情報収集、高度な技術計算を行うのに欠かせない。そればかりではなく、発見と発明という工学のもっとも中心的な営みの核になる「ひらめき」を逃さない能力、すなわちセレンディピティ（serendipity）にとっても非常に有効であることが分かっている。

工学におけるセレンディピティは、与えられた時間と物的人的資源の範囲内で、求められた目的をユニークな形で達成するのに不可欠と言ってよい能力である。人工物をつくるとき、求められた機能を満足して目的を達成する過程を研究することが工学の役割であるとする、そこでは数学や物理学など以外に、人のために有用な人工物としての安全、健康、福祉、遊び、安らぎといった、感覚的で数値化しにくい要素も当然対象になる。したがってセレンディピティが十分働くためには工学の教育課程でもこれらの要素をできる限りカバーしておくが必要になる。言い換えると、教養課程とは豊富な検索キーワードを蓄積する課程なのである。

工学にとって最近の発達した情報検索技術は、膨大な知識データベースから必要な情報を収集する手段として不可欠であることはいうまでもない。しかし探し出された情報それ自体も無数にあるため、その選択が目的達成を左右することになる。

検索により電腦空間から取り出された情報群は人の脳を刺激して脳内に対応する情報群が呼び起こされる。この二組の間に「思わぬチャンスを逃さない能力」であるセレンディピティが発明や発見に結びつく可能性の高い情報のペアを見つけ出す、すなわち“ひらめく”のである。それは偶然とも言えるかもしれないが、ひらめきは人と機械の相互作用の結果なのである。

言い換えると、ひらめきの能力を発揮するには、人の脳内にある程度の関連性のある情報が蓄積されていなくてはならない。このとき脳内の知の部分占める教養の役割には大きなものがある。ひらめきは無から発生することはない。そうでなければひらめきは単なる運の問題にすぎないことになる。主人公はあくまで人であり、人の意志である。

5. 教養とひらめき

人がつくるものには物体にせよシステムにせよ実在する前に、構想とか設計という段階がある。ひらめきが最も求められるのがこの段階である。ひらめきは文字どおり瞬間的であり一度とらえ損なうと再現する可能性が低い。手早く的確にひらめきをとらえ定着する最も典型的な方法の一つがスケッチである。習熟するには絶え間ない努力と訓練を重ねなくてはならない。

従来スケッチは絵画の写生と同一視され、その教育は絵画教育と混同される傾向がある。しかし、絵画の写生が自分の外にある対象を描くものに対して、ひらめ

きのスケッチは脳内の表象すなわちイメージを視覚化するという特別な性質があり、デザイン・スケッチとかスキマティック・ドローイングと呼んで区別する。

絵画でも抽象的な作品の場合は現実とは無関係な制作者の内面の表出を画面に落とし込んだものがある。同じようにイメージの描写といっても、デザイン・スケッチの場合は、その寸法、材質、性能などの、いわゆる仕様諸元が現実と近接していきはならない。そうでなければ、スケッチから基本設計そして実施設計へと向かって最終的な人工物として実現することがない。

自動車の場合で分かるように、仕様にはエンジンや電気系統のような機械関係、冷暖房のような居住関係、音響、シート、色、外形など様々な要素がある。車の設計を完成させるということは、これらの項目の対立関係、優先関係を図面上でトレードオフにより調整し、モデル・シミュレーションを経てバランスのとれた卓越性を確保することに他ならない。その際設計者には自動車の工学的知識はいうまでもないが、その上に自然、社会、人文、生命などにまたがる豊かな教養があってはじめて、より完成度の高い車ができあがる。

情報技術を活用した設計支援ツールとしてのCADは、単に製図作業の能率を上げるだけでなく、今ではデザイン・スケッチのツールとして人の脳の働きを代行するまでになってきた。自動車は一般的なものでもその部品数は3万点以上あると言われるが、車の設計とは基本的にそれらの部品の記憶を前提とした組み合わせ作業である。与えられた条件にしたがって既製の部品を組み合わせるだけでも無数のバリエーションが生まれる。しかしそれでは創造的な設計として評価されることはない。

今日では部品の記憶はコンピュータのメモリーに納められ、その組み合わせは瞬時に幾通りもディスプレイの上に示すことができるだけでなく、バーチャルなシミュレーションも可能である。しかし卓越した設計、創造的な設計には、部品の組み合わせを決めるときにも、無数の組み合わせ結果から完成車の原型を選び出すときにもひらめきがなくてはならない。言い換えれば、専門知識だけでは機械以上の設計はできない。

設計の初期段階で盛んに行う情報検索という認識行為においても、設計という創造行為においても重要なセレンディピティは、豊かな専門知識と教養そして倦むことのない努力があってはじめて発揮される。古人はそれを「99%の努力と1%のひらめき」と言い表してきた。さすがに最近では、この99と1という割合を専門科目と教養科目の時間数と誤解している工学カリキュラムは少なくなってきた。

このように工学の本質であるものづくり、そのための知の収集とそれを組み合わせて創造していく設計をトータルな目でみると、人と機械の関係が単純なコ

ミュニケーションを越えたコラボレーションの時代の工学においては教養がいかに大切であるかが理解できるはずである。

今後は、知覚センサーを搭載した機械の知覚機能による情報のやりとりをするセンサーネットワークに人間が主体的に参加するのは当然のことになる。それはこれまでの工学では考えられなかった知覚機能の情報、すなわち人の身体感覚の処理が工学教育のどのプロセスにとっても具体的な課題となであろうこと、また工学教育のカリキュラムを大きく書きかえるであろうことを予感させる。

6. おわりに

人的資本という用語は21世紀の教育を考えるときのキーワードの一つである。特にバブル経済破綻以後の1990年代の我が国の経済的な停滞を「失われた10年」と呼び国をあげてその回復を模索する中でこの言葉は脚光あびた。資源の少ない日本が国際競争で有利なのは人的資本であり、「人的資本」のみが利潤の源泉になるという認識である。そこからどのように日本の将来を論じても行き着くところは教育にならざるをえない。

著名な教育オピニオンリーダーとおぼしき人たち「日本の教育を考える10人委員会」の次のコメント(<http://10nin-iinkai.net/>)はその象徴と言ってもよいだろう。

「1990年代は「失われた10年」と言われるが、最大の遺失物は何だったのかと問われれば、それは「人的資本の劣化」だと言えるだろう。その意味で、ブレア英首相にならって、いま優先すべき政策課題は「一にも、二にも、三にも教育だ」と私たちもまた言いたい。日本経済が長期停滞に陥った主たる原因の一つは人的資本の劣化であった、と私たちは考える。その劣化を食い止め、それを反転させるには、高等教育の改善・充実を図ることも重要であるが、とりわけ義務教育の優れた水準を維持し、そのさらなる改善・充実を図ることが肝要である。」

この発言の趣旨は理解できるだけでなく肯定できる面もあるが、一方でそれだけでよいのかという疑問も湧く。商品生産を基本とする資本主義経済がもつ教育の商品化に対する懸念である。教育が成績至上主義に落ち入り、それは前に指摘したように学校の中で役に立つ科目が役に立たない科目を押しやる現象を生み、その結果が教育における教養の危機を招いたのではなかったか。

教養は、豊富な知識と経験、洞察力、理解力、判断力によって自分の意志と行為をコントロールする力になる。教養のある人は、自分だけに頼らず他人の知識や経験も自分のものとして柔軟にとりこむ思慮分別、すなわち他から学ぶことの大切さを知り、謙虚である

がゆえに、その姿と言葉が周囲の尊敬や信頼を集める。

どのような未来であれ、人がこのような徳を失ったらどのような社会になるかを想像してみたい。このことを大多数の人が直感的に感じているのは事実であろう。今日多くの大学が取り組み始めた教育改革に、教養教育と専門教育に境界を設けない教育プログラムというコンセプトが明確になってきたのはその証左と考えたい。

文部科学省による「特色ある大学教育支援プログラム」に採択されたプログラムの中には「教養」をテーマにしたものが多い。専門の壁を高く保って教育水準を維持してきた工学の分野でも、できるだけ専門と教養を総体としたカリキュラムを組み立てる努力が見られる。

このとき、教養は専門と同じように役に立つと言うのはよいが、「人的資本」、「投資効果」という言葉に振り回されないようにして欲しいものである。以前であれば、ドストエフスキーやカフカの作中の人物の不安を自分に投影するのは青年期に特有のことであったが、情報技術の発達が今ではこの不安そして疎外感を

小学生の心の中にさえ植え付けている。

中央教育審議会の答申にある「科学技術の発達の速さに我々の精神世界が置き去りにされる、新たな人間疎外とも言うべき状況も生じている」という言葉の意味を考え、それをこれから教育改革の特に教養のあり方を考えるときの共通した視座にしたいものである。

著者紹介

稲葉 武司

所 属 建築と子どもたちネットワーク
学 歴 1963年東京芸術大学美術学部建築科卒業
職 歴 1973年法政大学工学部講師
1974年東京芸術大学美術学部講師
1977年共立女子大学家政学部助教授
2004年共立女子大学退職
専 門 建築設計，設計能力開発
現 在 日本建築学会建築教育委員会委員長