

大学における技術者教育私論

野本 謙作

1. Science and Art of

英語の辞書で Naval Architecture を引くと “Science and Art of Designing and Constructing Ships” と書いてある。Art はこの場合「芸術」というよりは「技能」とか、「職人芸」などの言葉に翻訳されるべきもので、それは体系的な理論ではなしに経験と伝統と訓練、それにながしかの直感にもとづく物作りの実技の意味であろう。頭の使い方としては analysis よりは synthesis に大きく傾斜している。

歴史的に見ればこの要素はエンジニアの高等教育を、学問の府である総合大学 (university) の理系教育と区別する根拠であったように見える。文化的に後発のアメリカ合衆国や日本では違うけれどもヨーロッパの高等教育の主流は今でも総合大学に工学部を置くことは少なく、少数精鋭にして大規模の工科大学 (technische hochschule/ tekniska hogskola/ école supérieure de technique など、英名は technological university が普通) で高資質、高資格のエンジニアの養成を行っているのはその名残りと思われる。

名残りと言ったが、20 世紀の 100 年間に技術者の高等教育の中に占める “Art” の要素が減少の一途をたどったことは誰の目にも明らかである。早い話が工学部の学科分けを見ても、造船のように製品別の分け方は影を潜め、応用化学や電子工学のように自然科学の応用分野別の考え方がますます多くなってきている。後者の世界で “Art” の居場所があるかどうか心もとない気もする。

こうなったのは自然科学やその応用部門の知見が進んだ結果、それまでは経験と直感に頼るほかなかった技術的判断を体系的な理論にもとづく計算や大規模な実験設備の供給するデータを使うことができるようになったからであろう。こうなれば造船も science and art of などと時代後れのことは言わずに、流体力学や構造力学、溶接冶金学などに “分社化” して生き残りを図るか、という考えもある。それもひとつの選択肢か



菱垣廻船の棟梁がたと

も知れないが、さてほんとにそれでいいのか、と言うのがこの小論の出発点である。

2. エンジニアの感性

米海軍の高名な造船官が「舵の設計は science ではなくて art である」と一抹の自嘲をこめて書いたのはそんなに古い話ではない。当時は軍艦の舵面積の決定とか、舵輪郭形状の選択などに当たって明確な指針を与える理論も実験資料も無いに等しかった。だから彼は舵の設計は経験と直感に頼るしかないと割り切り、そして嘆いたのであろう。

今ではそのような技術資料は豊富にあると言ってよいだろう。舵模型の水槽試験結果や数値流体力学の計算には事欠かないし、旋回操縦運動のシミュレーション計算もできる。ところがその資料を持ち理論を理解していれば、彼が経験と勘だけで描いた舵と同等あるいはそれ以上の舵が設計できる保証はあるだろうか。現場を知っている技術者ならそんなに楽観的にはなれないだろう。それなら何が足りないのか、どこに問題があるのか。このあたりにエンジニアの高等教育は science だけではいけないのではないかと考えさせられる理由がある。

大切なのはエンジニアの感性とでも呼ぶべきものの、もっと端的に言えば職人氣質のようなものか

と思う。少々の飛躍を恐れずいうならば、それは自分で工夫し、自分で手を動かして物を作り出すことに喜びを見出す性向から生まれる。ついですが、この行為は頭脳の使い方としては科学の研究とは微妙に、しかし基本的なところでかけ離れた面もあると私は感じている。たとえば実験物理の人たちやいわゆる水槽（船型試験水槽）の虫を不眠不休の献身に駆り立てるのは科学の探究心よりは実はこの衝動ではないかと思うことがある。そんな心理分析はさておき、物心つくころに生まれたこの物作りへの性向や衝動が失敗や訓練を重ねながら成長し、最後にはその人の仕事とも結びついてエンジニア的感覚とか感性が出来るのである。一人ひとりの学生の中にそのような資質の芽を見出し、それを十分に育てることは、いわゆる工学の各分野の教育、訓練とともに大学における技術者の教育の重要な機能ではないだろうか。ヨーロッパの高等教育の本流において工学教育を総合大学から切り離しているのは単なる過去の遺産とだけは言えないかも知れない。

これに対して大学では科学の必要部門について十分な教育ができていればよい、それを実地に応用して設計や生産に携わることは社会に出てから身に付くものだという議論がある。それもある程度までほんとだと思ふし、個々の具体的な手順や能力についてはまったくその通りだろう。しかしここでいうエンジニアの感性、資質の問題は個人の生き方、性向の基本に関わることだから離陸の段階でその骨格はできているべきである。第一、上の議論は science の方ばかり見ていて、それをどう使うかということ、それは実はもう一方の art の方に大きく関係していると思うのだが、それが落ちていないだろうか。その意味で science and art of. . . . は造船に限らず、工学一般に現在でも成り立つことのように私には思えてくる。

3. 学生たちをもっと実験室へ

ここまでの話を一応納得していただいたとして具体的な話題に移ろう。そうすると私は本来造船屋だし、幸いにしてこの小論の読者の多数も造船屋だからお互いに慣れ親しんだこの畑の話を取り上げてよいだろう。

学生の素質はもちろん千差万別だが、私の見るところ工学部へ入ってくる学生の相当多数は大なり小なりエンジニアの資質の芽を持っている。それを育てるにはまず自分の手を動かして物を作り、



物に触れる経験を持つことだ。それももう大学まで来ているのだから、できれば専門学科に関係するもの、船舶の学生なら船に関係する物がよいと思う。大学には船型試験水槽をはじめ、この目的にもってこいの実験室があるのだから、卒業論文まで待たずにもっと低学年から学生が実験室や工作室に出入りできる手段を講じることはできないものか。先生や技官の方々も実験室は100%研究のための施設だとは考えずに、正直言ってそれだけ手間はかかるけれども学生たちを生き生きしたエンジニアに育てるためにもこれらの設備を活用していただくわけに行かないだろうか。

具体的には、専門学科の実験の初歩みたいなものも結構だが、私はもっと学生たちの自発的な遊びの要素を取り入れることで彼らの身の入れ方がずっと違うことを知っている。すでにある程度は実行されていることだが、学生の手で人力推進とか、そのほか面白い着想のボートや模型船などを作るのは非常によい。これをもっと広く、そして継続的、システムティックに行えないものか。この分野では長崎総合科学大学や金沢工業大学などの私立大学が一步先んじているかも知れない。国公立でももっと力を入れてよいと思う。もちろん卒業の単位にも算入する方法を考えるべきである。

先生がたも学生たちのそんな仕事に関心を持っていただき、専門家の立場から良い知恵を出してやったり、こんなことにもいづらか趣味のある先生なら時には仲間に入って一緒に工作したり船を走らせてみたりするのはいい気晴らしになるだろう。そんな経験を通じてできる先生と学生の生身の接触、それも多かれ少なかれ専門学科の内容にも関係しているそれが2年次、3年次の段階でできると学生のやる気はまったく違ってくるはずだ。そんな暇はないとか言わずに、できるところ

から少しづつでもやっていただきたいと思う。

学年が進むにしたがってこのような活動がだんだんと正課の講義と関連づけられ、最後の仕上げが学生たちの自発的な卒論になるようにできれば理想的だ。ついでながら卒論、修論の実験離れは近年の憂うべき傾向で、これについては項を改めて触れるつもりだ。とにかく自分の頭と手を動かして物や機械に密着した時間を持つことがエンジニアの感性を磨く唯一最良の手段であり、この感性なくしては多くの工学上の知識、能力も宝の持ち腐れになってしまう。持ち腐れどころか、講義の内容が頭の中を素通りして学生たちの身に付かないおそれさえ大きい。

そんな誤解はされないと思うけれども念のために付け加えると、私は模型飛行機や船のおもちゃで学生を遊ばせればそれでよいと言っているのではない。今の工学教育の中にそんな要素があまりに少ないために、本来ならば胸がわくわくするくらい面白いはずの専門学科の講義が多くの学生にとって無味乾燥になっているのはもったいないと言っているのだ。仕事でも勉強でも、面白くなければ人間は本当に身を入れることはできないものだ。

最後にごく現場的な問題をひとつ。最近の学生は驚くほど工具の使い方を知らない人がいる。おそらく彼らの育ってきた環境、学校もだし遊びの面でもノコギリもカンナも手にしたことがなかったのだろう。今までも卒業研究で実験を始めると、それくらいの道具は見よう見真似ですぐ使えるようにはなっていたようだが、私は1年次くらいにごく簡単でいいから一通りの工作の実習があつていいと思う。さきに述べた遊びの要素の強い模型船の工作などの時間を最初に組み込むのはいい考えだ。作業の安全面からも必要最小限の手ほどきは必要だろう。ノコギリ、カンナ、ノミ、キリ、ゲンノウ（金槌）の使い方、金工では万力、ヤスリ、ポンチ、カネノコ、ハンマーなどの手工具と電気ドリルなどの簡単な手持ち電動工具、それにできればボール盤と旋盤の初歩くらいまではやっておきたい。大体、工学部を出ながらこれくらいの道具を正式に習ったことがないというのはどうかと思う。

4. 学者の養成

ここまで筆を進めて来て、ひとつ疑問がある。



さきに学生の素質は千差万別と言ったが、中には今提唱しているようなやり方にあまり向かない学生がいても不思議ではない。私の接した学生や友人のなかにも思い当たる人たちがいる。彼らは一般に頭がよく、そして具象的な物の世界よりも抽象の世界に向かう性向を持っているように見える。手先の不器用な傾向があり、なおのこと模型作りや実験は苦手だろうと思う。彼らは普通の意味での技術屋には多分向いていないだろうけれども、所を得れば基礎研究の畑ですぐれた仕事をする可能性を秘めている。こんな学生を見つけ出し、手塩にかけて育てることはその分野の発展に非常に大切で、大学の最も重要な機能だという考えさえあるかも知れない。

しかし私は直感的にそれは無理だと思う。本当の英才は自分で育つものであつて、横から手出して作ったり、育てたりできるものではないからだ。それも皮肉なことに、順境においてよりも逆境において育つ事が多い。余計な手出しはしない方がよい。お分かりのように私は英才教育なるものに甚だ懐疑的なのだ。

だから話を戻して言うと、そのような素質の学生にとっても実験室や工作室で物や機械に直面することは無駄な経験や時間の浪費ではない。それは彼らの視野を広げ、異なる価値観の理解を助けるだろう。彼らが自分の不器用さに劣等感を持ったとしても、それはいい栄養になるはずだ。それで潰れるくらいなら本物ではなかったということだけのことだ。ついでに付け加えると、彼らと反対の極にある性向、具象的な物を見ないと納得できないのは頭が悪いとは言えない。この差は頭の良し悪しではなくて、頭の質の違いだと思う。

率直に言って大学の先生には具象よりも抽象に向かう系統の人が多くなる現状だから、なおのこ

と、この傾向の再生産を繰り返すことになり勝ちだ。それはその分野の発展どころか、むしろその衰退に役立つことさえあるのではないだろうか。

最近私はひとりの工学部の学生と話す機会があった。彼は地方で小さな造船所を営んでいる家庭で育ち、研究開発から設計、続いて工作製造までの一貫した過程をエンジニアの仕事と思いこんでいた。ところが3年次が終わろうとしても設計や工作の授業は無いに等しい。割り切れなさを感じた彼がひとりの先生にその疑問を語ったところ、それなら君は来るところを間違えたのではないか、ここは研究をするところで工作や製造はおろか、設計の仕事にも私はあまり関心がないと言われたという。読者諸賢はどう考えられるだろうか。

5. コンピューターの功罪

大阪大学船型試験水槽はかつて日本一の稼働日数を誇っていた。日曜祭日はおろか、年末年始の休みさえ、空いているとなると実験割り当て日数の足りないグループが予約を入れてくるので年間300日をはるかに越える状況だった。それが最近では年間60~70日というから目を覆うばかりの変化である。研究の範囲が多様化して実験に風洞も使えるし、小回りの効く特殊水槽などもできているが、最大の理由は卒論、修論の実験離れであろう。

コンピューターが非常に強力な道具であることはいままでもない。今ではそれなしに卒業論文のひとつも書けないのは当然であろう。しかし強力な道具はそれが強力であるだけに一方ではいくつかの危険や落とし穴を持っていることにも注意しなければならない。とりわけ、これから多かれ少なかれ理系の仕事に飛び立とうとする人たちにはコンピューターの使い方とともにその落とし穴の危険も理解しておいてもらうことは今日の大学教育で大切なことではないかと思う。

ひとつの問題は本来道具であるコンピューターがその強力さの故に、自然現象を分析し、そのメカニズムを理解しようとする人間の行為に割り込んできて、人間と自然の間を疎遠にしてしまう傾向である。どんなに十分な条件を設定し、精密な計算をしても、計算に写された自然は自然そのものではない。所詮はこういう前提で計算するところになると言っているに過ぎない。それが計算の過程やテクニックが余りにぼう大であり、また結果が余りにそれらしく上手に表現されるものだから、

計算結果を自然そのものだと錯覚しかねない。ここで重大な疎外が起こる。

この誤りに陥らないためにはどうすればよいか。それはいつも自然に直面していること、船で言えば実船試運転の結果や模型船の運動の態様や、実際の船体に起こった損傷などから目を離さない態度であろう。そしてそれらが計算結果でどのように解釈できるか、どこが食い違っているか、それをいつも振り返っていなければならない。このように考えると、卒論や修論にしても、もっと実験との組み合わせが大切だと思う。virtual realityは所詮virtualでしかない。私も長年実験で飯を食ったから知っているが、実験はきつくて、往々にして顔や手は真っ黒になるし、そのくせなかなか思ったように行かない。計算だけで済めばその方が楽に決まっている。しかしそれではやはりいけないと思う。それに最後に実験がうまく行って、計算との対応がくっきりと出てきたり、あるいは理論の落ちが見つかったりしたときの達成感はずばらしい。なるべく大ぜいの学生、院生諸君にこれを味わってほしいと願う。

コンピューターのもうひとつの大きな危険は現象の本質を見抜く洞察を妨げる面があることだ。これは意外に思われるかも知れないが、やはり本当だと思う。コンピューターを使う解析では往々にして早い段階で事柄を数値化してしまう。そして関与する多くの要素を大小を問わず、また非線形の項もそのまま取り込んで、いわば力任せに数値で答えを出してしまう。それは個々の問題については疑わしい近似を排して正確な答えを与えているのだが、一方この過程で人間の頭脳はどれくらい関与しているだろうか。事柄の本質を見抜く行為は人間の頭脳によってのみ可能なのだが。

コンピューターのない時代にはこんな力任せの計算は出来ないから、なんとか現象を単純化して、なるべく後の方まで数式で取り扱うことができるよう工夫しなければならなかった。例えば船体構造を1フレームスペースだけ輪切りにしたものを考え、静水圧や貨物の重量、構造の自重などをその輪切りのリングに沿って分布させ、肋骨や梁の強度などを計算する、いわゆる横強度計算があった。これはもちろん場所によっては随分粗い近似にはなるわけだが、一方肋骨や梁などの横方向部材にはたらく荷重や応力の基本についてはまことに明晰な理解を与えるように思う。現在のFEM解析とくらべるとコンピューターの威力とともに

その隠れた落とし穴が見えないだろうか。

船の運動力学では運動方程式と呼ばれる連立微分方程式を解かねばならないが、原則的に解ける方程式は常係数線型だけである。運動に関与する力は厳密には線型ではないが、色々な考慮のもとに線型で近似できることが多い。こうして船の運動の線型解析は成功し多くの知見をもたらした。ここでも問題を解くための単純化の過程で使われた頭脳労働の貢献を見ることができる。現在では数々の非線型項を付加した運動方程式を数値積分してより精確で広汎なモードにわたる運動を求めることは容易であるが、最初からすべての要素を取り込む数値解法を取り、線型解析の頭脳労働を省略していたとするとこの分野の我々の知見はどうだったであろうか。

こうして考えて来ると、コンピューターの問題点はその使い方の問題だと言ってよいだろう。使い方を誤らなければこんな凄い道具はない。凄いだけにうっかりするとまずいことになる危険を秘めている。現実にはコンピューターが個々の現象を精密に記述する数値の洪水を吐き出し続ける一方で、現象の本質的な理解がなおざりになっていることはよくあるのではないだろうか。端的に言うならば、コンピューターを使うことで頭の使い惜しみをしてはいけないと言うことかと思う。

6. 工場実習について

ここまで書いたところで造船所の会員の方から工場実習についても触れるべきでは、という指摘を受けた。確かにこの小論の文脈において工場実習を考えることは当を得ていると思う。

工場実習はおそらく数十年くらい前までは造船とかぎらず、機械、電気、土木などの学科でも広く行われていたと思う。欧州、とくにゲルマン系の国では今もかなりあるのではないだろうか。Science か Art かといえば実習は明らかに Art の方だから、工学教育の中でのこの要素の退潮に伴ってだんだんと影が薄くなり、わが国では造船関係の学科にわずかに残ることになったのであろうか。しかし私は工場実習には今でも三つの大きな効果があると思うのでなるべく大ぜいの学生が参加するようにしたいものだと考えている。

まず船という実物に、それも圧倒的な迫力で直面できることは大きい。それはひよわで虚ろな virtual reality などは吹き飛ばしてしまうだけのもの

を持っている。次にはすでに述べたところの、手と頭を同時に動かす「もの作り」の経験である。この意味で工場実習ではいわゆるテーマ実習よりも、養成工と一緒に溶接の初歩を習ったり、線状加熱の手伝いをさせてもらったりの現場実習が望ましいと思う。

三番目に学生たちが肌身で感じとって来る、そして非常に大切な事柄がある。それは現場の作業者たちとの人間的な接触である。学生にとってこの人たちはそれまであまり身近な存在ではなかったことも多いと思うが、この人たちの思考や行動の形式、その価値観などに汗と騒音のさなかで触れる経験は貴重である。私自身を振り返ってみても、これらの作業者や船大工、また実験装置の注文に応じてくれた職人たちからどんなに多くのことを学んだか計り知れないものがある。それはもちろん単なる技術の問題に止まらない。このことは本小論の本筋からは少し外れるかも知れないが、工場実習に関連して見落としてはならない要素だと思う。

7. おわりに

この小論が産業の第一線に活躍される方々、また大学で日々その仕事に心を砕いてられる先生方、そして学生諸君の間でも大学におけるエンジニアの教育という大きな問題に関する議論をしていただくきっかけになれば誠に嬉しいと存じます。

著者プロフィール

野本 謙作

1925 年生
愛媛県松山市出身
最終学歴：
九州帝国大学工学部造船学科
1949 年 九州大学大学院
特別研究生前期修了
1949 年 大阪大学工学部
助手、同講師、
助教授を経て
1970 年 広島大学教授、船体運動力学講座担当
1973 年 大阪大学教授、船体運動力学講座担当
1983 年 IMO 世界海事大学教授
1984 年 船舶操縦性の数学モデルの研究にコロンブス
賞国際部門金賞
1987 年 世界海事大学退官、大阪大学名誉教授
1980 年—現在
帆走ヨット「春一番 II」に乗じ北欧、日本各地を巡航、帆船史の資料を探索



野本謙作先生の技術者教育私論について

(金 士洙)

工学教育に於いて実験と実習を強調した野本私論に全く同感です。実験・実習は学生達に、物の本質を体感させると共に立体的に理解させて、現実的な問題に対する興味を湧かせます。

工学教育に携わる教員自身の間では、以前から工学教育に於ける実験と実習の重要性が理解されて強調されてきましたが、実際にはそれほど実行されていませんでした。これには種々の理由がありますが、その中で重要なものに次の事があります。それは造船工学教育の責任者である大学教授自身が、自分は学者であって技術者ではないという意識構造を持っていることです。特に韓国と日本に於いては、造船工学を学術的なものと技術的なものに分けて、大学では学術的なもの現場では技術的なものを取り扱うのだと考えています。従って技術的なものを除いて学術的なもののみを取り扱う大学で、実習と実験を強調して実行しても、それは有効な造船技術に繋がらないでしょう。

現実的な問題に有効な興味を湧かせる造船技術者教育には、学者意識だけでなく技術者意識を持った教育担当者が重要であろうと思います。

大学の造船学科の名称を英語で表わす場合全ての大学で、marine engineering や naval engineering ではなくて、naval architecture としています。これは造船工学は本質的に engineering よりは architecture に近いことを意味しています。辞書によると、architecture は “art or practice of designing and building structures especially habitat structures in accordance with principles determined by aesthetic and practical or material consideration” とあります。即ち、造船工学教育では芸術性と実用性又は技能性が要求されます。そして創造的設計が重要です。実際に全ての造船工学科で教育の主流を設計に置いているのはこの為であろうと思います。

機械工学関係者は造船工学を機械工学の小さな一分野だと考えています。彼等は韓国の造船業が世界一になったのは機械工学関係者が汗を流して働いた結果だと自負しているようです。実際には多くの造船技術者達が機械工業の現場で、適応しながら核心的な業務を遂行しています。これに反して機械工学関係者達が造船の核心業務を遂行し

ている例はありません。造船技術者達の創造的頭脳活動により得られた設計が、生産現場で技能を得て製品化されます。その生産過程に於いて相当部分の機械工学的知識が共有されているだけです。造船技術者達の創造的頭脳活動の基となる創意力を啓発する為には、体験教育が必要です。設計活動を実用化を前提とした芸術的創作に昇華させる為には多様な実験と実習が必要です。

近年著しく発達した電算機のおかげで問題を簡単に理想化して線形理論によって現象に忠実に直接計算する数理的処理方法が実用化され、更に仮想的取り扱い迄が可能になってきました。数多くのソフトウェアを利用して設計と生産の効率化が為されました。これらは設計者の創意力の発展には役立たず、逆にソフトウェアの単純使用により設計者はソフトウェアの持っている限界に止まる心配があります。

architecture を唱えながらも engineer を教育する工学部の枠内で時代の流れによって、science に近づく教育をしているのが、現在の造船技術者教育であると思われます。大学教育が産業界が要求している技術者像に焦点を合わせていないので、産業界と大学の間には緊密な連携が取れていません。造船技術者の教育を担当している大学は、architecture の教育か、engineering か或いは science の教育にするか深く考えて、世界の造船需用の相当部分を責任持って供給する韓国の造船業界が必要とする人材を養成するよう教育方針を決定する必要があると思われます。

特に最近注目すべき事は、学問だけではなく全ての事が激しく変化している事です。大学に於ける技術者教育もその激しい変化に合う教育プログラムにすべきです。最近の著しい変化のうち次の2点に特に注目すべきです。

最近の若者達は現場で働くよりも座って楽に仕事をするのが好きです。例えば、電算機で仕事をする事を好みます。従ってそれを主として専門のやる気と興味を引き起こす為には、専門分野全般の科目に電算機を組み込んだ教育プログラムにするのが良いと思います。

もう一つの点は、最近の若者達は先端技術に興味を持っています。造船工学科に於いても今迄の造船関係主要科目の他に、最近の先端技術に関連する機関・航海・艤装等の自動化関係の科目に時

間の比重を置くのが良いと思います。そして一通りの基礎概念を理解するような教育プログラムを開発して新しい造船技術者を育てて、彼等が主導権を持ってその方面の専門家達と共同研究をすれば、専門家独自によるよりも効果的な技術開発が出来ます。それは専門家達よりも造船技術者の方がこの方面の情報や全般的な流れを良く把握しているからです。

著者プロフィール

金 士 洙

1935年生

東京都豊島区出身

最終学歴：

国立釜山水産大学造船科

1961年 国立釜山水産大学

大学院造船専攻

修士修了

1961年 大韓造船公社

1966年 釜山大学校工科大学教授

1969年 大阪大学工学部 研究員

1971年 釜山大学にて工学博士を取得

1979年 東京大学工学部 客員教授

1984年 Stevens institute of technology 客員教授

2001年 釜山大学校名誉教授

