講演

会長就任にあたって
――産業構造の大変革と技術者――

Message from the President：Industrial Revolution in 21st Century

伊澤達夫

1. はじめに

このたび会員の皆様のご推挙により90年の長い歴史を持つ電子情報通信学会の会長に就任することになり，光栄に思うと同時にその責任の重さを痛感している．私自身，研究開発，研究所管理運営，会社経営など多岐にわたる業務を経験してきたが，いずれも不十分な結果に終わっており，このような歴史と伝統のある組織の長としての資格があるか幾分疑問にも感じている．しかしながら，お引き受けした以上，歴代会長・役員・会員の皆様が築き上げてきた学会を今日のように変化の激しい社会環境に適合するよう変革させるために全力を尽くすつもりであり，皆様の御支援をお願いする次第である．

さて，日本の経済は長年のデフレを脱して大きく飛躍する兆候が見られ，電子・情報産業界にも明るさが見えてきた．しかしながら，大学では理工系学部の人気は低く，特に電子情報通信系の学科は不人気で定員割れを起している大学もあるという状況にある．日本では，いわゆる“ゆとり教育”の是正や科学技術関係予算の増強などが進められているが，これらの施策が理科離れにどのくらい効果があるかは明確ではない．

もっともこの傾向は，先進国ではどこでも発生している現象で，多くの国々でその対策が採られている．特に，米国の理科離れは深刻のようであり，NSF や National Academies が多くの勧告やレポートを出している．それらは，米国の長期的な繁栄と安全保障のために科学技術で世界的なリーダーの位置を確保し続けることは必須のことであり，科学・技術・数学(STEM)の初等教育(K-12)に政府が投資するよう強く勧告している．先進国でこのような理科離れが進んでいる原因について断片的には新聞等で報道されているが，全ぼうを把握することは容易でない．幸い，米国では上述のレポートなどのほか幾つかの著作も出版されているので，これらも参考にして現状を概観するとともに，我々は何をすべきかについて愚見を述べてみたい．

2. 産業構造の変化

日本では電気電子情報系の学科の人気が落ち困惑している状況であるが，米国では大学入学者の5％しか理工系学科に行かないという深刻な状況にある．この値は，ヨーロッパの12％，日本の20％，中国の40％に比べればいかに小さいか分かる．米国のハイテク製品のシェアは1980年から2001年の間に31％から18％まで下がり，一方，中国，韓国などアジアの発展途上国は7％から25％まで伸びたという[1]．このような数字から技術系の職場が米国で魅力的でなくなっていることは容易に想像できる．

多くの製造業が賃金の安い国に製造拠点を移している

伊澤達夫　正員：フェロー　NTT エレクトロニクス株式会社
E-mail　izawa@hqs.nel.co.jp
Tatsuo IZAWA, Fellow (NTT Electronics Corporation, Musashino-shi, 180-0006 Japan).
電子情報通信学会誌　Vol.89 No.7 pp.573-578 2006年7月

ことはよく知られていることである．10万円のデスクトップパソコンの出現に驚いたのはつい最近のことであるが，近ごろは更に半分以下の値段になっている．このように工業製品の値段が短期間のうちに低下する現象は，従来余りなかったことである．LSIのように性能が年々向上してゆく製品は，性能の向上とともに値段の下落が早かったが，近ごろはあらゆる工業製品の値段が急速に下落するとともに商品寿命も短くなっている．

工業製品の値段の推移を調べることは容易ではないが，新聞に報道されたHDDの値段の推移を見てもその実態が理解できる．60GByteの2.5インチハードディスク駆動装置は，2004年初め140ドルであったのが2006年初めには70ドルと2年間で半値になっている．かつては，LSIなどごく限られた製品のみがこのような価格低減を示していたが，最近ではあらゆるハイテク製品が年率20～30％程度の価格低下を起しているといっても過言でない．

したがって，企業は製造コストの低い立地を探さなければ生き延びられないのである．値段変動の少ない製品は，既に下限値まで値段が下がり利益率が極端に低い製品か，他社では容易に類似製品を作ることのできないブランド品に限られるのである．このような状況から抜け出すために技術者は，付加価値の高い独自性のある新製品を次から次へと開発し続けなければならなくなっている．

しかしながら，このような現象は製造業に限ったことではなくなっている[(2)]．データ処理サービス大手EDSは2005年198億ドルの売上げがあったが利益率は，わずか0.8％であった．インドの同業社INFOSYSは，15億ドルと売上げは少ないが利益率は27％に上りEDSを大幅に上回るし，売上高成長率も44％と非常に大きい．株価時価総額もINFOSYSが成長性を買われて200億ドルとEDSより60億ドルも高いのである．

この例のようにソフトウェア関連産業がインドで発展しているということはよく知られているが，データ処理・ソフト産業に限らず最近はあらゆる仕事が好立地条件の国に移され，利用者はそれをほとんど意識せずに使っている[(3)～(5)]．税務申告書の作成，レントゲン写真やMRIの画像の判定，経済を中心とした新聞記事の作成，銀行証券会社の調査部門で行われている企業評価，コールセンターやヘルプデスクなど各種サービス業も海外に移転されている．更にインドの病院では最新の設備と米国で教育を受けた医者が高度医療を必要とする患者を海外から受け入れ繁盛しているという．また，海外移転が容易ではないと思われていた，土木建設業でも海外移転が始まっているという．このような事例から分かるように基本的にはあらゆる産業がコストパフォーマンスの良い地域に移転しているというのが現状である．

日本では言葉の障壁があり，サービス産業を含め多くの産業が米国ほど海外移転されていないが，今後更に促進されると思われる．

3．産業構造変化の要因

産業の海外移転が急速に進められた原因は，グローバルな通信網の大容量化と低コスト化，計算機ハード・ソフトの低コスト化と標準化，インターネット，物流網の発展などの技術的要因と移転先労働者の教育レベルと向上心の高さなどが考えられる．もちろん，この中でも情報通信の発展は産業海外移転の主要な原因である．

1995 年ごろから始まったインターネットの一般利用は通信トラヒック急増の要因とされ，光ファイバ通信技術は単にビットレートを上げるだけでは不十分になり，波長多重通信技術が開発され，光ファイバ一本の通信容量は 10Gbit/s から 1Tbit/s 程度まで急拡大した．通信だけでなくパソコンやサーバの高性能化・低価格化，OS やアプリケーションソフトの標準化により，少ない設備投資で先進国と同じ作業環境を発展途上国に作ることができるようになっている．

技術面だけでなく米国の投資活動も状況を変えた．1997 ～ 2000 年にかけて通信トラヒックは今後当分の間急増するという仮説のもとに大洋横断海底ケーブルや大陸横断ケーブルが多量に敷設され，世界の通信網の伝送容量は需要の数十倍にもなってしまった．当然のことであるが誤った仮説に基づいた fiber-optic bubble は簡単にはじけ，2001 年以降光ケーブル敷設に投資した多くの会社が破たんした．その投資総額は余り定かでないが，1 兆ドルにのぼるといわれている[(4)]．破たんした会社を安価で買収しグローバル通信サービスを提供する会社の出現や過当競争により長距離通信サービス料金は急激に低下した．

このような情報通信技術の進展と過激な投資活動の結果，人的資源や社会インフラが一定レベル以上の国には先進国と同じ産業基盤を低コストで設備できるようになり，産業の流動性は急激に促進された．この結果，これまで先端技術関連産業が限られた国の企業との競争であったのが，多くの発展途上国も含めた競争に変質しつつある．

4．日本の科学技術研究開発

産業構造の変化に対応するために先進国は，科学技術開発や教育に多額の予算を使い新規産業を開拓し豊かな国作りをしようと考えている．図 1 は，主要国の科学技術研究費を購買力平価で示したもので，最近の中国の拡大は注目に値する．

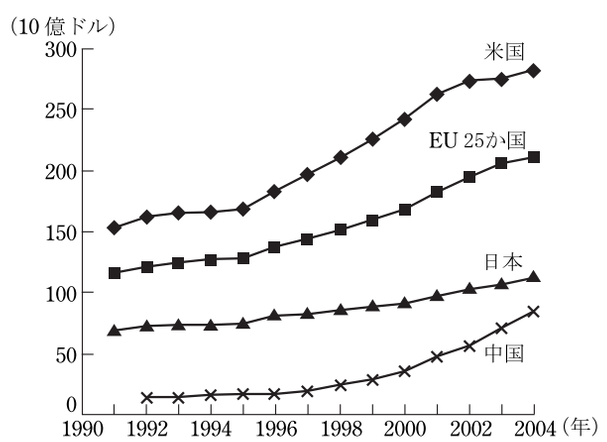

図 1　主要国の研究開発費（購買力平価換算値）　（出典：OECD Main Science and Technology Indicators）

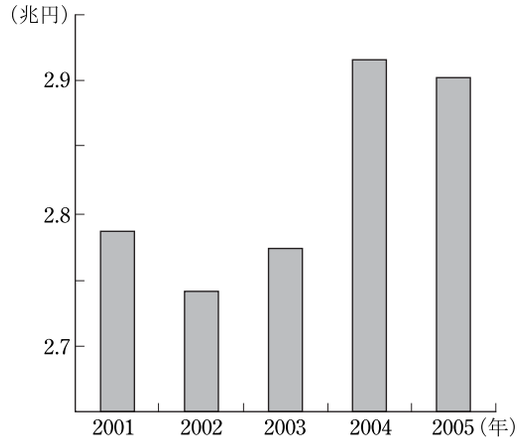

図 2　日本の電機メーカーの研究開発費　総合電機 3 社，情報通信 2 社，家電 3 社，電子部品 3 社が Annual Report で発表している研究開発費の合計総額．

日本では，科学技術基本法が制定され平成 8 年から平成 12 年度に至る第 1 次科学技術基本計画では，17 兆円を超える政府研究開発投資が行われた．平成 17 年度で終了した第 2 次計画では，24 兆円の目標には達しなかったもののライフサイエンス，情報通信，環境，ナノテクノロジー・材料に重点を置き優先的資源配分がなされ研究開発が促進された．本年 3 月 28 日に閣議決定した三次計画では社会・国民に支持され，成果を還元する科学技術と人材育成と競争的環境の重視を基本姿勢として今後 5 年間で 25 兆円投入する予定である．

平成 16 年度の日本の科学技術研究費は，総務省の統計によれば 16.9 兆円で GDP の 3.4％にあたり，このうち 11.8 兆円が企業で，5.1 兆円が大学その他公的機関で使われたという．企業で使われた研究費の中で，情報通信機械器具工業，電子部品・デバイス工業，電子応用・電気計測器工業，情報通信業など本学会に関係深い企業の研究費は 3.7 兆円に達し，他産業に比べ多くの研究費が使われている．念のため，総合電機 3 社，情報通信 2 社，家電 3 社，電子部品 3 社，計 11 社の研究開発費総額を調べてみると図 2 に示すように最近 5 年間は 2.7 ～ 2.9 兆円で厳しい不況を経ているにもかかわらず 5％程度の変動の範囲にあり，最近は増加傾向にある．このような数字から分かるように電子情報通信産業は，日本経済のけん引役になっているのである．

学生が科学技術に関心を持たない理由は，関連業界が不況で厳しいからだという話も聞くが，情報通信業や電気機器業の生涯給料が比較的上位にあることを見ると，見当外れのようにも思える．むしろ，いわゆる“ゆとり教育”で理系教科の授業時間が減少したために興味を持つきっかけが薄れたためではなかろうか．もっとも，これを実証することは難しい．理由を詮索するよりも米国

のように現状を冷静に分析し具体的な対策を立てることが肝要であろう．

5．米国の研究技術開発と教育

米国は鉄鋼や家電品などかつては主要産業であったものが衰退しても新しい産業が創出されれば現在の繁栄と安全保障は維持できると考え，科学技術研究費の拡大を図ってきた．かつて高名だった会社がこの半世紀の間に消滅している例は幾つもあるが，一方でこの四半世紀の間に出現した巨大企業も多いことは驚嘆に値する．このような実態が米国産業政策を表しているといえる．

米国の研究費総額は2,850億ドル（2003年）で日本の2倍以上になる．2006会計年度の連邦政府の研究開発投資[6]は1,350億ドルで，このうち570億ドルがnon-defense R&DとしてNSF，DHS，DOE，NASA，DOC，NIHなどで使われている．バイオ・メディカル関係ではNIHが年間280億ドルもの予算を使って研究開発を支援しているが，この結果この分野の優秀な研究者が米国に集まり，ヨーロッパの医薬品メーカなども米国に研究所を移しているところが少なくない．この分野ではOffshoringとは逆のInshoringが米国で起っているのである．

もちろんすべてが順調にいっているわけでない．上院議員L. Alexanderのレポート[1]によれば，“米国政府は1993年から2001年にかけて数十億ドルをハイブリッドカー開発のために拠出した．この開発はBig Threeによって主導され，米国に工場を持っていたトヨタ，ホンダ，日産は加入を希望したが認められなかった．しかし現在アメリカの道路を走っているハイブリッドカーはほとんどがトヨタ，ホンダである．”といった失敗談もあるが，米国が新しい産業で主導的な地位を築くための努力は大変なものである．

教育については，National Academiesは，2006年初めに米国の継続的繁栄のための施策として三つの具体的な提言[7]～[10]をしている．その第1は，1万人の優秀な教員志望学生に奨学金（2万ドル／年）を出すなど初等理科学教育教員の質向上を図ること，第2に，200人の優秀な若手研究者に50万ドルの研究資金を5年間にわたって出すなど基礎研究を支援すること，第3に海外研究技術者のビザ取得の改善や米国人学生への奨学金支給などによって，米国の研究開発環境が世界で最も魅力的になるようにすることなどを提言している．大統領府や上院はこの提言を受けてNSFの研究費増額(7.9％)や高等学校教育改善(3.8億ドル)のために予算を組んだとのことである．

このほか，2020年ごろの人口構造など社会科学的要因を分析し，技術者のあるべき姿，教育などについても幾つかの提案がなされている．例えば，現在不法移民問題で話題になっているヒスパニック系住民の教育を勧告している．ヒスパニック系住民は，現在全国民の14％で平均年齢も27歳と若いが，20年以内に25％を占めるようになり米国産業労働力の中心的存在になるという．そこで，ヒスパニック系青少年の理科学教育に投資を求める勧告も出ている．

6．技術者に求められること

T. Friedmanが言っているように“世界はFlat”[2]になり，あらゆる産業が最適の場所を求めて移動するようになった．このような状況が進展すると，先進国は新しい製品・サービスを生み出さなければその生活レベルを維持，向上させることはできなくなる．個人レベルで考えても一定の訓練・教育を受ければできるような仕事の賃金は，世界中どこでも平準化していくから，少しでも特技を持たなければ賃金は上がらない．イチロー，ビル・ゲイツ，セルゲイ・ブリンなどの特別な人を除けば，他人がやらないあるいは他人ではできないといった代替不可能な仕事をする能力を持たなければ自分の仕事はいつか海外移転してしまうのである．当然のことであるが，このような状況は技術者に限らずあらゆる職業について当てはまることである．

代替不可能な能力を開発することは，普通の人間にとってかなり困難なことに思えるが，技術の世界では必ずしも難しいことではない．最初に開発した人は特許権などで守られるからである．例えば，我々が使っているパソコンのマウスは初めボール式のものが考案されパソコンとのインタフェースは，非常に改善された．しかし使っているうちにごみが付着しうまく機能しなくなるので掃除をする必要がある．この煩わしさを解決しようとHP社の技術者が考案したのが光学式マウスである．不便なことを見つけ出し解決することは代替不可能な能力であり，新しいビジネスの開拓につながる．

これさえ解決できれば新技術が開発できるということもあろう．今から25年ほど前のことであるが光導波路の研究をしていたとき，隣の研究室で厚いシリコン酸化膜を加工できる技術が開発されたという話を聞いた．この技術は光導波路の作成に利用できると思い立ち，試作してみると理想的なものができることが分かった．それまで拡散で作っていたが加工精度が不十分で使い物にならなかった．LSIの新しい加工技術を利用することによって数μmの膜厚の酸化膜を垂直に精度良く加工することができ，再現性良く部品を製造することが可能となった．この種の導波路を使った光回路部品は実用的なものになり今では広く使われている．この例は偶然遭遇した技術によって新しい技術が開発された例であるが，このようなことを積極的に推し進めれば，差別化された新技術が生まれよう．このように，ある技術を完成させ

るために必要な要素技術を見いだし，結合させることも代替不可能な能力であり新しいビジネスにつながる．

夢を描くことも代替不可能な能力の一つである．先に述べたハイブリッドカーのように技術的な検討に裏打ちされた明確な達成目標を掲げ研究開発を支援する管理能力も重要である．インターネットの開発事例からも分かるように明確な目標を掲げた夢を描くことは新しい技術を開拓する上で欠かせない手法である．DOD の研究公募にはこのような形態をとるものが多いが，我々も取り入れるべき手法であろう．

天才ならばこれらの作業をすべて一人でこなすのであろう．レオナルド・ダ・ビンチは，旅行するとき常に手帳を持参して思い付いたことを記述している．その中にはクレーンや滑車を使った道具が種々描かれている．兵器か城塞建築についての思い付きを書きとめたものであろう．我々技術者も思い付きをメモすることが多いが，それが完成に至ることは少ない．研究に没頭していると不便なことに気がつかないこともあるし，着想を得ても一つの要素が欠けているために消えてゆくものも多い．産業が情報通信技術で大転換し始めているのであれば，科学技術開発にも新しい手法を導入できないだろうか．

7．学会の現状と役割

最近5年間，本会の会員数は，2000年の40,000人をピークにその後逓減の一途をたどっているが，図3に示すように大学などの教育機関に所属する会員は，着実に増加している．大学などに属する正員は10,000人で，1,000人弱増加しており，学生員も含めると2,500人も増加している．一方企業に所属する会員は，4,300人も減少している．2001年以降のいわゆるITバブル崩壊の影響で産業界にいる技術者が受けた傷が大きいことは理解できるが，最近になっても毎年1,000人近い会員が退会する実態を見ると大きな問題である．

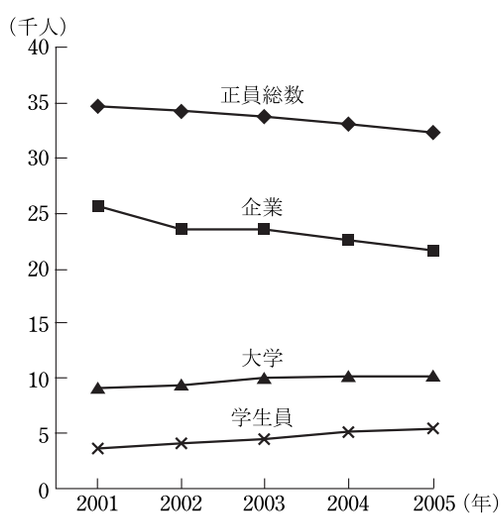

図3　本会会員数推移

ちなみに，大学の会員は，韓国に比べれば少ない．本年3月に開催された総合大会で行われた大韓電子工学会（IEEK）成会長の講演によれば，IEEKの会員数は27,000人で，最近5年間で5,000人も増加している．IEEKの大学職員会員数は，本会のそれよりも5,000人も多く，会員数は急速に増加している．

学会の入会目的の一つは論文発表であるから，大学人が増えるのは自然の成り行きである．もちろん海外の学会や国内の関連学会との競争もあるが，本会は，投稿から出版にかかる時間を極力短くしている効果もあって論文を発表する場としては高く評価されている．採録論文数は，2001年の2,350件から2005年の2,740件へと17％も増加している.会員数はこの間減少しているから，論文数の増加は目覚ましいものがある．研究会制度も若手研究者の研さんの場として効果的であり，当初は13～17であった研究会が最近では68まで増えており，研究者間の交流の場として有効に利用されているあかしにもなっている．

しかし，論文を余り投稿しない会員は，何を期待して入会するのであろうか．かつては論文誌に目を通し，研究会などを聴講することによって自分の専門分野の動向を把握できた．最近は，専門分野が細分化され変化も早いので単独の学会から得られる最先端の情報にはおのずと限界がある．Webや商業誌・業界誌からも有用な情報が断片的ではあるが入手できる．このような状況を考えれば，最先端の技術分野や異分野の総合的解説記事や講演など技術者の生涯教育に期待を寄せる向きも多かろう．

企業にいる技術者は，魅力的な機能を持ち他社製品や既存の商品と違った特徴のある新商品の開拓に日夜頭を悩ませている．学会の活動がこのような業務に少しでも助けになれば，企業に就職した会員は積極的に学会活動に参加するであろう．

突飛な提案かもしれないが，研究開発のきっかけとなる“不便なこと”，“解決できずに困っていること”，“こんなことができたら素晴らしいのだがといった夢”などを登録しておき，それを閲覧・議論する場が提供できたら企業の研究技術者が積極的に参加しないであろうか．特に異分野の研究技術者との交流は大きな効果が期待できる．大企業の中にはこのような体制が組織され効率良く研究開発が進められているかもしれないが，多くの場合十分な相談相手がおらず研究開発の端緒が消えてしまうことが多いのではなかろうか．もちろん，知的所有権の問題や所属企業に対する守秘義務など解決すべき多くの問題も内在しているが，新しい交流の場の提供もこれからの学会に求められるかもしれない．

8. おわりに

幾つかの著作が指摘しているように，21 世紀初頭に起ったこのような産業構造の変革は，15 世紀以降に航海術の進展で起った産業構造の変革にも対比できる大きな変化だといわれている．航海技術に代り情報通信技術が変革の主な原因であるが，技術者や学会はその変化を断片的には認識しつつも全体像を把握することなく過ごしているのが実情であろう．しかし，変革が着実に進んでいる現状を見ると，技術者はその行動様式を積極的に変革する努力が必要である．

"Flat" な世界では，企業や国といった組織よりも技術者個人の能力，特に他人と違う独自性のある存在感が重要となる．周囲の人と同じであることによって安心感を持つ日本人の特性を破棄し，人と違うことを進めることに高い価値観を持つ社会に変えるため学会の機能を少しでも変革してゆきたいと思っている．

（平成 18 年 5 月 15 日受付）

文　献

（1） L. Alexander, "The next big surprise," National Academy of Eng., The Bridge, vol.35, no.3, pp.13-16, Fall 2005.

（2） R. Hira, "Impacts and trends of offshoring engineering tasks and jobs," National Academy of Eng., The Bridge, vol.35, no.3, pp.22-27, Fall 2005.

（3） W.A. Wulf, "A disturbing mosaic," National Academy of Eng., The Bridge, vol.35, no.3, pp.28-32, Fall 2005.

（4） T.L. Friedman, The World is Flat, Farrar, Straus and Giroux, 2005.

（5） C. Prestowitz, "東西逆転", 柴田裕之(訳), NHK 出版, 2006.

（6） J. Dawson, "Basic science funding flat, as war, deficit, and hurricane recovery squeeze federal budget," Phys. Today, pp.28-30, Jan. 2006.

（7） "Rising above the gathering storm : energizing and employing america for a brighter economic future," National Academies, Feb. 2006.

（8） "The engineers in 2020," National Academies, May 14, 2004.

（9） "Educating the engineers in 2020," National Academies, 2005.

（10） M. Kenney and R. Dossani, "Offshoring and the future of U.S. engineering," National Academy of Eng., The Bridge, pp.5-12, Fall 2005.