

 ユーロパリア89ジャパン

# 科学・技術シンポジウム講演録

( I )

財団法人 **本田財団**

 ユーロパリア89ジャパン

## 科学・技術シンポジウム

1989年9月～10月

( I )  
ツールーズ  
ヴァレーゼ

共催 (財) 本田財団  
EC委員会ジョイント・リサーチ・センター  
FNRS



海外での日本紹介イベントとしては最大規模と言われた「ユーロパリア89ジャパン」は既にご承知のとおり、予想以上の成功を収め、3カ月にわたるその会期を終了致しました。

本田財団の設立者であります本田宗一郎が、ユーロパリア日本委員会会長に任ぜられ、本田財団もその事務局機能の支援、並びに催事の一環としての科学技術に関するシンポジウムの主催でユーロパリアに参画してまいりました。

シンポジウムは、ブラッセル、ツールズ、ヴァレーゼ、ベルリン、リスボン、ブラッセルと場所をかえ、内外のスピーカーは延べ70人、オーガナイザーもブラッセルはFNRS (NATIONAL FUND FOR SCIENTIFIC RESEARCH)、他4都市はEC委員会のジョイント・リサーチ・センターとの共催という、規模、運営の面で従来のディスカバリーズ・シンポジウムとは趣の異なるものとなりました。このため、運営上の難しさもありましたが、実施にあたっては参加いただいた皆様には温かいご理解とご協力をいただき、ほぼ一ヶ月の間に6回にわたるシンポジウムを完了させることが出来ました。ここにあらためて御礼申し上げる次第であります。

公式のプロシーディングは現地側事務局で現在作成中ではありますが、今回それとは別に、日本側スピーカーの皆様よりいただいております日本語原稿をもとにまとめたものを発行することと致しました。尚、事前の原稿がなく、直接スピーチされた先生方につきましては、公式のプロシーディングを待って、今回は割愛させていただきましたことご了承の程お願い申し上げます。

1990年2月

本田財団 事務局

# 目 次

日本のイノベーション	近藤 次郎 …… 1 (日本学術会議会長)
日本型技術革新——その特質と役割	白根 禮吉 …… 8 (電気通信科学財団 理事長)
イノベーションに挑戦する日本の中小企業	中村秀一郎 …… 15 (多摩大学教授)
CULTURE DINAMIX 「和風」と「洋風」	菊竹 清訓 …… 20 (建築家)
情報産業とイノベーション	小島 章伸 …… 24 (株式会社QUICK 社長)
公的資源に関する報告——国民的健康面からの考察	古川 俊之 …… 33 (東京大学医学部 医用電子研究施設 教授)
文化、技術、リスクと地球環境	安藤 淳平 …… 53 (中央大学理工学部 教授)
あるシステム・リスクとその対策 (要旨)	寺野 寿郎 …… 61 (法政大学工学部 教授)
地球環境問題への対応	茅 陽一 …… 63 (東京大学工学部 教授)

(肩書はシンポジウム開催時のものを使用させていただきました。)

# 日本のイノベーション

日本学術会議会長 近藤次郎

## 1. 序説 (introduction)

日本は1945年8月15日、無条件降伏を受諾して、ここに第二次世界大戦は終了した。これは日本の歴史始まって以来のことである。

戦後我が国は技術の導入を開始し、1950～1978年の28年間に合計76億6,000万ドルの外貨を支払って、29,599件の外国の新技术を導入するとともに、総額100億ドルあまりの外貨を支払って新しい技術・プラントの導入を行い、さらに導入された技術を国内に普及させるために約300億ドルの費用をあててきた。このほか、わが国は合計2,000社におよぶ外国との合弁企業を設立し、これを通じて一般のルートでは入手できない最新の技術を吸収してきた。

わが国は1955年から60年代までの間にライセンス購入のため21億5,000万ドルを支払い、その普及・研究費として総額60億ドルを投入した。これらの特許を發明するのに外国が必要とした研究・設計費用は、直接的なものや間接的なものを含めて1,800～2,000億ドルにのぼるものとみられている。すなわち、わが国では自力で開発するのに較べて5%程度の技術導入費で大きな成果を得たというのである。

この15年間でわが国の工業生産総額の伸び率の32%は導入技術によるもので、この部分の額は技術導入に要した費用の10倍に達しているという。これは、中国の雑誌『紅旗』の1985年の第2号に中国国務院副秘書長の顧明氏が寄稿したもので引用したのであって、顧明氏はわが国のじょうずな技術導入を学ぶべきであると述べている。この数字が正しいかどうかの根拠はわからないが、しかし外国人からわが国の経済繁栄の原因の多くが輸入技術によっているとみられていることは、どうもたしかなようである。

その後40年、日本は敗戦の灰の中から立ち上がり、経済力では世界第1位の地位にまで発展した。すなわち、日本は40年の間に途上国から先進国への道を進んだ。

何故この様な奇跡が実現したのか。これは日本人にとっても説明が困難である。しいてあげるならば、国民性、平和憲法の下での戦争放棄、政策の一貫性、イノベーションが上げられる。

### (a) 国民性

日本の国土は狭く、四面海に囲まれている日本人の起原については諸説があり、

また多くの民族がアジア大陸等からこの国に流入したことは明らかであるが、海洋に面しているため民族の移動が困難であるので、長い間に異人種が次第に同一化してきている。日本人の子供は両親と同じ様に黒い瞳と黒い髪を持ち、モンゴリアンブルーという斑点が赤ちゃんのお尻にあることは生まれる前から予言することができる。

日本は本来農耕を中心とした国であって、隣の人と同じ時に田植をし、同じ頃に刈り取る、共同体をつくって、生活してきた。このため独創よりは調和を重んじ、幼い頃より隣の人と同じ様に振る舞うことを教え込まれてきた。

また、日本は地震や津波や台風などの自然災害をしばしば受けており、その上、木と紙でつくられた家屋に住んでいるので、人はその一生を終われば、自然にかえり、あとにその存在に跡形を残さないようにするのが古代の日本人のライフ・スタイル、生きざまであった。

一方において、子女の教育には伝統的に熱心で、現在でも大学受験のために課外の塾などで勉強させるものが多い。この結果、大学への志望が極めて多く、大学がせまき門になっている。

戦前は大学の数が全国で46であったが、現在はその数が468に増加し、これに約500の高等専門学校を加えたのが高等教育施設である。高等教育の普及のために日本人の大学進学率は国民の37%以上に達しており、文盲率はほとんど0%に近い。

日本は大学間に格差があるという認識の下に特定の大学に入学するために厳しい競争があるものの一般にエリート教育は行われておらず、少なくとも文部省の政策としては国立大学は均等に取扱われている。大学の数が増え、現在は大学生200万人といわれているようにその質は必ずしも高くはないけれども国民の10人中4人までが大学教育を受けているということは注目に値する。

#### (b) 平和憲法

日本では平和憲法が戦後、1974年に制定され、その中で戦争放棄が宣言されている。これは国家の方策としては世界に例を見ないものであり、日本の特色である。その結果、日本は軍備のためにその経済力をさくことを最少におさえて、専ら経済発展に専念することができた。

日本で製造された製品は国民の間に流通し、成功を収めた後、大量に海外に輸出されるようになった。その結果、貿易は黒字となり、日本人は時にエコノミックアニマルと呼ばれて避難されるようになった。

#### (c) 政策の一貫性

日本は戦後ではまず食料の確保を第一とし、そのために農地改革や肥料などの増産に力を入れた。まず炭坑を回復して、石炭を増産し、水力発電所を増設したりして、エネルギーの確保に努めると共に海外から大量の石油や天然ガスなどを輸入した。次いで、鉄鋼業、化学工業、造船、自動車、エレクトロニクスと次々に産業の重点を移した。しかしながら、日本の政治は戦後一貫して、保守政権が

続いており、通産省や大蔵省、経済企画庁などが指導して国民の経済活動を制約し、政策の一貫性が保たれた。また、縦割行政と非難されながらも文部省とも横の連絡を保って、国民の必要に応じて、医学、工学、経済学等の学部が次々に充実していた。

## 2. イノベーション

日本は自由経済の社会で厳しい競争を行っているが、自ら技術革新の努力もしている。

企業のイノベーションを支えるインフラストラクチャーとして、工学教育の重視があげられる。表は日本と英国の学位取得者の比較であるが、日本では工学が突出しており、理学よりは工学の方が大勢の卒業者を出している。

日本と英国の分野別学部卒、大学院卒の比率 (%)

		理	工	農	医
日本	BA, MA	11.2	60.7	11.8	16.3
	Dr.	11.1	18.5	7.5	63.0
イギリス	BA	46.1	33.6	3.3	17.1
	MA, Dr.	48.2	32.6	5.5	13.7

日本の大学制度は1873年に始まったものであるが、その設立の最初は、法学部、文学部、工学部、医学部であった。日本の開国した1853年はルネッサンスより数世紀後であり、また、産業革命からも200年後であったので、そこで外国の技術を取り入れることが大きな目標となった。したがって、ヨーロッパ諸国のように工学教育を総合大学の外に置き、時にはこれを専門教育と見て、一段低いものとするようなことは日本では行われなかった。

### (a) 民生品中心の開発

日本は軍事産業の結果（スピニアウト）を民需用に応用することは期待できないので、戦争放棄の憲法の中で、最初から民需用の製品を中心に開発してきている。しかしながら、現在では材料からエレクトロニクスまでいわゆるハイテクといわれるものについては民需と軍需との間の区別が極めてうすくなっている。これは別の見方をすれば、優秀な武器を製造した技術のスピニアウトを待って、それを民需に適応するよりも最初から民需を目標として生産を行なう方が直接的で少なくとも産業の振興のためには近道であるといえよう。

このために日本では不確定要素の多い民需品の開発のために最優秀の頭脳や技術を集中することができる。一方で、軍事産業のインセンティブがあると、どうしても安定的な国家投資がそこに集中するために優秀な頭脳や技術が軍事に集まり、このために民需の開発が遅れがちになる。しかしこれは当然のことである。

(b) 企業への依存心、良好な労使関係。

日本では終身雇用制度が普及しており、一旦就職が決まると安定して、定年まで、その企業に就職できる。このため、企業への依存心が極めて強く、良好な労使関係が保たれている。一方では経営者も従業員の企業内教育を積極的に採用した。ここでは昇進は年功序列的に行われる一方、日本で企業内において、必要な技術を環境の変化に応じ、習得できるように配慮している。

品質管理でも全員参加が容易に実現し、職場ごとにQCサークル活動と称する日本独特の活動が見られる。これは就業時間外に自発的に職場で改善を諮る活動である。また、命令系統として縦の上下関係だけでなく、情報伝達のネットワークとして横の関係が重視される。これは組織図の中においてもその通りで部門間の協調関係が良好になっている。

ボトム・アップということが主張され、優秀な提案はトップがこれを取り上げ、全社が一体となった意志決定が容易に行われる。このようにして全員参加の経営が実現するのである。

(c) 品質第一主義

日本には原材料がない。しかしながら世界の各国から最良の原料を自由に選択することができる。例えば、鉄鋼石を例にあげると、もし国内に鉱山があるとすると地元選出の政治家は外国から購入原料を購入することに反対するであろうが、そのようなことは日本では起こりえない。また、世界経済の動きを敏感に反映して、品質と価格の上で最良の選択をすることができる。

次に良質な労働力が得られる。これは大学の卒業生といえども製造のラインに配置されたり、また高等な教育が普及しているので労働力が均質で優秀である。

特に工程の改良は日本の最も得意とするところで無駄を少なくして、良質な製品をつくることのできる。

且て、日本の製品は安価な労働賃金に支えられて、品質は良くないが値段が安いといわれていたが、現在は工程の無駄を省いて値段を下げ、良質で安価な製品を大量に提供することが可能になった。

(d) 経営管理

企業の体質は著しく改善され、日本では経営者と労働者との間に階級的な対立がない上、例えば、品質管理は経営管理の革命的な着想である。“TQC is a thought of revolution in management-Kaoru Ishikawa”が唱えられている。

消費者の（needs）にあわせた製造をすることが企業においては重点として、捕らえられている。これは経営の方針やあるいは技術革命が先行して、それに合わせて製品がつくられるのではなくて、つねに市場の（needs）を（feedback）して、それによって設計や製品企画が行われる。そのためには工学部の卒業生がセールス・デパートメントにも大勢配属されていて、これらの人達が設計室に的確な情報のfeedbackを行っているからである。

さらに進んでneedsを開発することも行われている。例えば、walkmanという

携帯用ステレオ・テーププレイヤーによれば町の騒音の中やあるいは通勤、通学の混雑の中でモーツァルトの名曲を聴くことができる。ヨーロッパの人達はこのような音楽は劇場や演奏会などのそれに相応しい雰囲気が必要であると考えているが、エレクトロニクスの発達によって、SONYのwalkmanが生み出された。このような新製品が成功を収めると次々に競争者が現れて、さらに便利で小型なものがつくられ、大量生産と競争によって価格が引き下げられるために普及がますます広がる結果になる。日本人は同一性であるので流行に極めて敏感であって、普及が早い。この他、例えば、カメラが不要なフィルムなども最近開発されたが、これも市場のニーズにフィードバックしたというよりもむしろ新しい着想が先行して、それによってニーズが引き起こされる結果になっている。このようなことは例をあげれば切りがない。

### 3. 日本の将来

21世紀に向かって、社会の情勢は急速に動いている。日本の経済や科学技術がどのようになっていくかを予測し、また、それに対して、日本がとるべき道を考えてみたい。

#### (a) 社会の変化

日本の人口は1945年には7千万であったが、現在ではそのほぼ倍に近い1億2千万になった。これは出生率が増加したのではなくて、主として、日本の寿命が伸びたからである、すなわち、1945年には男子の平均寿命は50歳、女子は55歳であったが、1987年ではそれぞれ80歳と85歳になった。このようにして、ほぼ40年の間に平均寿命が30年も伸びた。現在では日本人口の中に占める65歳以上の高齢者の割合は11%程度である。2010年頃はその割合が20%近くに達するものと予測される。このようにして、日本の人口はこれ以上に増加せず、高齢化が進んでいる。このことは若年労働者が不足することを意味する。

この労働力不足を解消するために日本の高い経済力と高賃金に魅力を感じて、近隣諸国から日本に外国人の数が急速に増加しつつある。同時に日本では労働力の不足を補うために建設業やサービス業などで外国人労働者を積極的に雇用する傾向がみえている。これに加えて、航空交通の拡大などのために日本の国民が多様化する傾向にある。そこで企業の労使関係、終身雇用制も変化しつつある。これにまた、企業の海外進出も伴って、日本人が長期に亘って海外に移住して、経済活動を行うことも次第に盛んになってきている。このような家庭で生まれた日本人は帰国しても日本の社会体制、教育、就職、その他の点で日本の社会体制になじむことは容易ではない。そこで好むと好まざるにかかわらず、国際化に伴って価値観が多様化してきている。このことは日本の労資関係に大きな影響をあたえるものと考えられる。

#### (b) 世界の政治環境の変化

1990年代に向かって、世界の状況は急速に変化しつつある。日本は昭和天皇が

亡くなられて、新しい平成の時代に入ったが、米国とカナダとは関税障壁を排除して一体化し、1992年にはヨーロッパ共同市場ができようとしている。

最近では本年ゴルバチョフ書記長が中国を訪問して、30年ぶりに中ソ関係が改善された。しかしながら、本年6月の北京の事態は暗い影を落とした。

一方において、NIES (Newly Industrializing Economies) 諸国は急速に経済的に発展している。これらの諸国では技術導入及び低賃金に支えられて、急速に経済成長をしているが、日本との格差がまだ大きいので、少なくとも近い将来にこれらの国の発展が日本の脅威となるとは考えられない。むしろ、我が国は近隣の近代化やその経済発展を支援して第3の経済協力圏を形成するように努力すべきであろう。

この場合に日本に最も近い朝鮮半島の政治情勢、特に北朝鮮の政治、軍事の動向には重大な関心がある。

また一方では、北米、南米、オーストラリア、フィリピン、台湾、日本及びミクロネシア諸国を含む太平洋圏の経済協力の問題も重要である。特に日本とアメリカとは経済と軍事の両面において、緊密な関係にあるが、1990年代には米国の貿易額は対ヨーロッパよりも対アジア圏に向けて極めて増大するので日米両国の経済的な摩擦の大きな問題が今後も長く続くものと思われる。それは東芝機械のココム違反事件や半導体、FSX共同開発、自動車電話問題などはその例である。

それに加えて、日本では戦後長く続いた保守政権がリクルートスキャンダルで大きく揺れている。国民もそのために新しい政権に交替することを待ち望んでいるように思える。

#### (c) 基礎科学研究重視

日本は長い間、製造行程を改良して、貿易を拡大することによって、その経済を強化してきた。しかしながら、イノベーションの基礎となる人類の知的ストックに対する貢献が十分ではないといわれている。

確かに日本のR&DはGNPの2.8%を占めるに対し、国民所得の拡大に伴ってその総額が金額的にはアメリカに次いで大きな額となったが、その大部分は民間支出である。政府の支出は20%にしかすぎない。その半分は政府所属の研究機関に配分されるので、最終的に大学における基礎研究に配分される額は極めて少ないものになっている。加えるに前述のように大学の数が増加したために一人当たりの研究費は極めて低く、基礎研究の大きな支障になっている。

一方では、大型加速器、核融合研究、宇宙開発などいわゆる大型基礎研究が国際協力によって、次々に進められているので、その協力のためにも大きな金額を必要とする。

そこで最近、日本の企業では企業自身が基礎研究所をつくり、いわゆる多目的の科学的興味を追求する基礎研究所をつくるという傾向が見られる。例えば、製鉄工場が筑波学園都市に生物学の研究所をつくることなどがその例である。しかしながら、その場でもなお完全に多目的研究資源のために費用が景気変動にかか

ならず、継続的に大規模な基礎研究を指示する能力があるかどうかはまだ確かではない。

(d) 人間の科学

さて、20世紀には飛行機の発達、原子爆弾開発、月着陸を含む宇宙開発、DNA組替え技術などバイオテクノロジー、高温超伝導の発展など目覚ましい発展が行われ、先進国においては経済競争の結果として、経済力が大きくなった。

しかしながら一方では、地球の環境が悪化し、また第2次大戦後も200を超える地域戦争が各地域で発生している。また、経済的に極めて高い生活水準を享受している国民があるかと思えば、飢餓のために死者が大勢でている貧しい国もある。

確かに科学技術の著しい進歩は人間の生活を豊かにしたが、世界平和や人類の幸福がそれによって増進したと単純にはいわれない。

科学の発達は人類の幸福をもたらすものであるが、それと同時に国民間や国際間の格差を増大する傾向にある。

また一方では、試験管ベビーとか、心臓移植などの医療技術の発達に伴う倫理の問題も発生してきている。

そこで、日本学術会議では高度医療技術と社会、地球環境と気象変動、地域紛争と国際平和などの特別委員会を設けて、これらの対策を検討すると同時にさらに進んで、人間の科学 (Integrated Science for Human Beings) の特別委員会を最近設置して、科学技術の本来あるべき姿を探究しようとしている。日本が今後進むべき道は1つは過去40年間に日本が経験した経済成長の秘訣を世界の諸国に伝えて、諸国間の格差を解消すると共にさらに有限な地球上に爆発する人口増加をいかにして安定させかつ維持していくかという持続的繁栄の道を世界の人々と共に探索することである。

日本の企業は現在は多国籍化して、他の国の経済発展の役に立つ。その国の国民から支持されるように努力している。今や21世紀に向かって、国家や人種の違いを越えて、人類共通の繁栄と世界の平和のために尽くすのが、我が国ならず世界の科学者の責任であると考えられる。

# 日本型技術革新

## — その特質と役割

電気通信科学財団 理事長 白根禮吉

本論はすくなくとも産業技術において長い間の後発キャッチアップ型からいくつかの分野で先頭リーディング型に変わった日本の技術革新についてその特質を述べ、またグローバルな見地から日本の現在ならびに将来の役割を展望してみることとしたい。

### 1. 日本型技術革新の特質

#### 1-1. 民需民生主導

先端技術の開発に於いて、40年にわたり専ら民需民生用にむけて推進してきたという日本の歴史は世界の技術開発史にも類例のないことであった。

国家の存亡をかけた軍事や覇権主義、国家威信といった強力なモチベーションがはたらいた技術開発プロジェクトから画期的な先端技術が生まれ、その成果がやがてスピノフという形で民需民生技術にデフュージョンする — といったパターンが先進国に共通のこととされてきたからである。

一方において、米国の安全保障の傘のもとで日本は民需民生にしばって技術開発をしたとする只乗り論や、技術導入によって後追いの効率の良さを発揮したという隙間論がある。日米間の貿易摩擦と技術摩擦の底には常にこの批判が存在し、アンフェアというレッテルがはられてきた。

その当否はしばらく置いて、本論では日本の技術革新の特質をできるだけ客観的にいくつかの角度から記述してみることとしたい。

敗戦後の復興から重化学工業化の推進と貿易立国への途をひたすら走った日本は、早くから欧米先進諸国との間で貿易摩擦に直面することとなった。繊維、鉄鋼製品からやがてテレビを始めとする家電製品、自動車などであり、今日のマイクロエレクトロニクスや半導体などの先端技術に至る深刻な貿易摩擦、技術摩擦そして遂には文化摩擦とも呼ばれる状況に到達している。

しかし、ここで注目すべきことは、半導体問題に至ってこれまでの摩擦とは大きな性格の差異が認められる点である。

第一は繊維、鉄鋼、自動車などすでに早くから欧米では成熟産業となっていた分野にあとから参入し、後発のメリットをフルに発揮して旧秩序や体制に楔を打ち込んできたという隙間論とはいささか異なることである。

半導体やマイクロエレクトロニクスは欧米諸国と横にならんだ先端開発分野であり、システム・オン・ワンチップの設計思想を含めて日本が民需民生用の基本アイデアの創出など先頭集団の一つとして挑戦した領域だからである。

第二にはミクロン単位の超精密加工技術を含め、半導体におけるその周辺技術の総合化はまさしく生産技術の先端を走るものであり、デュアル・ユース・テクノロジーと呼ばれるとおり、むしろ民需用技術でありながら逆に軍需へとスピノンできるレベルに到達していることである。

このことは明らかに先端技術開発の新しい領域を創造したものと言えよう。

## 1-2. 高密度島国社会

インダストライゼーション、モータリゼーション、アーバナイゼーションの三つをきわめて短期間に急激に達成したという意味で日本列島に比肩する地域は地球上にもまだないと言ってよい。日本はまさしく未来実験国として高度工業化ないしは近代化の加速試験のモデルの役割を担ったのである。

資源・原材料をもたず、周辺に分業すべき相手をもたない辺境の国として、技術もまた自給自足のオールラウンド体制をとらざるを得なかった。そして、臨海に集積された工業コンビナートからの排煙、廃液、自動車の排気ガス、都市の過密問題など公害列島と呼ばれる状況が現出することとなった。

1960年代は、これらの環境破壊や公害問題が大きなショックとなって住民運動を多発させ、その強力な社会需要を背景として公害防止のシステム開発また自動車の厳しい排ガス規制技術の開発を促進させることとなった。今日SO<sub>x</sub>やNO<sub>x</sub>などの大気汚染度が先進国の中で最も低位水準となったのは、その成果である。

続いて1970年代は日本にとって石油ショックが最大の課題となった。ほとんど100%輸入の工業先進国として10数倍の石油価格の値上がりは致命的ともいえる打撃と考えられた。一時的な混乱はおこったものの、産業界を中心とした省資源エネルギーの努力によって、このショックもまた短期間に吸収できたのは一般の予想を覆すものとなった。生産プロセスへのメカトロニクスやコンピューター制御技術の導入が加速され、このショックを踏み台にして、この期間に日本産業の生産性向上が大きく達成されたのである。

さらに、1980年代は近隣アジアにおけるNIES（新興工業経済群）諸国の追い上げと米国を先頭とするジャパン・バッシング、そして1985年のG 5プラザ合意を契機とした急激な円高と三つのショックが加わることとなった。

いずれも、国内に資源をもたない国として海外から原材料を輸入し、付加価値製品を輸出するという、日本の伝統的な垂直分業による貿易立国の基調を大きく揺るがすショックである。

内需拡大と現地生産への転換努力が、これらのショックを吸収する最適な戦略として強力に進められたことは言うまでもない。

その具体的効果を示すには貿易における製品輸入の急増がある。日本の輸入

構造の特徴として原材料輸入が圧倒的に大きく、製品輸入はわずかに29%という比率が永く続いてきたが、1987年度には44%に急増し、1988年3月には遂に50%に到達している。

かくて、貿易における垂直分業から水平分業の時代へと急速に変身しつつあることは評価すべき事実である。

円高の影響も大きいにせよ、ノミナルには経済大国となった日本はもはや後発で辺境の島国としての利点を享受する時代は遠く過ぎ去っており、ボーダレス・エコノミーと呼ばれる時代の日本の新しい役割を明確に認識することが求められている。

### 1-3. 情報化への指向

技術文明の重心が物質エネルギーを中心としたこれまでの時代から、広義の情報や生命現象に移行するとする論は1963年に発表された梅棹忠夫氏の論文が世界でも最も早い卓見であった。表題は「情報産業論」であったが、文化人類学と生物学を専門とする氏の論は、平易な表現の中に時代の流れを鋭く洞察したユニークな情報文明論として評価できよう。

直接、間接にその後の日本における未来論、とりわけ情報化社会論の展開に大きな影響を与えたが、近年の情報関連先端技術やバイオ・テクノロジーの進展とともに、産業界をも巻き込む日本の長期的な目標設定に大きく寄与するものとなった。

梅棹氏の提起した論が広く日本で受け入れられたのは、日本のおかれた環境条件に適合していたことがまずあげられよう。公害問題や石油ショックに最も強烈に直面した体験から地球の物理的空間開発の有限性が共通の認識となった。そして人類にとって挑戦すべきフロンティアは、まだまだ無限に可能性が広がる情報空間や知的空間の拡大にあることを知ったからである。

産業技術をリードする先端分野として航空・宇宙開発、海洋開発、原子力開発などの巨大プロジェクトは現代でも欧米での主流となっている。一方において石油ショックや円高で追い詰められた日本の産業技術は省資源、省エネルギーに強く指向し、また非価格競争分野として超精密技術を開発した。さらには多様化した市場ニーズに対応する多品種生産の自動化技術などの新しい領域に挑戦する課題から情報技術の支援をフルに利用することを学んだ。

近代科学技術から新しい先端科学技術への移行は、日本の最も得意とする先端技術の分野から着実に進められ、しかもその推進力はマイクロエレクトロニクスやメカトロニクスなどの情報技術の採用から生まれることとなった。

### 1-4. 文化と技術の共生

技術が成熟し社会に定着するには、その社会の文化や伝統を色濃く反映したものでなければならない。日本の技術も例外ではない。

丹精を込め精緻さを求めた日本文化のもう一つの特徴は、言葉で表現すれば“市井文化”という点である。日本の近代文化の一つとして江戸文化をあげ

てみると、この傾向が明らかに認められる。歌舞伎、浮世絵、俳諧をはじめ様々の芸事はいずれも庶民の生活の中で洗練を重ね現代に受け継がれたものである。支配者や知的エリートによるトップダウンの市民教育という形で育てた文化とは違い、ボトムアップ型の街から生まれた文字通りの庶民文化が中心となっていることが注目される。

日本の生産現場における作業員を中心としたQCサークル活動や中間管理層の積極的な経営参加の姿勢は、この文化的伝統に深く関わり生産技術と経営の効率化に大きく寄与するものとなった。

日本文化の第三の特徴として、相異なるものの共生という社会的知恵を身につけていることをあげておきたい。

たとえば理性と感性、科学と芸術、人間と技術、集団と個人といった二元論的に言えば相対立する概念にも連続性をもたせた共生の思考様式を巧みに取り込んできた。

近年の先端技術開発においてもこの伝統が受け継がれていることは興味深い。具体例としては、1976年から1980年にわたって超LSI技術開発の研究組合が組織されたが、これは日本独特の共同開発方式として内外の注目を集めた。自由競争市場の中で激しい競争を演じてきたメーカー各社から100名以上の研究者が集まり共同研究チームを構成した。そして、1985年までに1メガビットのメモリー素子を開発する目標をたて、必要な応用開発に協力し、見事な成果を達成した。つまり競争と協調の両立が可能となったのである。

この前例を引継ぎ1979年から1985年までは同じ方式によって、オプトエレクトロニクスと光通信 (Optical Communication) のプロジェクトが展開され、また1981年から1991年の長期にわたる新機能素子 (New functional devices) 開発のプロジェクトも進行中である。

## 2. 国際的役割

### 2-1. グローバリズムとリジョナリズム

1988年の世界貿易は前年同期と比較して上期7%、下期9.5%の上昇を遂げたと報告されている。これは言うまでもなく世界全体の好景気によるものであり、まだ暫くは好況が持続するとの予測もあって世界はますますボーダレスエコノミーの方向を押し進めるものと考えられる。

しかし、日本と西独の貿易黒字と米国の貿易赤字といった不均衡問題は依然として続き、貿易摩擦とその背景としての技術摩擦は新しい保護主義の台頭を促している点が懸念される。

とりわけ、極めて短期間に金融大国、経済大国に急浮上した日本の対応策が適切に打たれるかどうか、好むと好まざるとにかかわらず世界の経済に大きな影響を及ぼすことはもはや否定できない事実となっている。

内需の一層の拡大、先進諸国への直接投資、ODAなどによる発展途上国へ

の資金還流、国際通貨基金（IMF）への出資比率の引上げなど更に積極的な取りくみを進めることは当然の施策である。

ボーダレスエコノミーからハイテクを中心とするボーダレステクノロジーの時代というグローバル化の傾向が急速に進む一方で、先進国間のブロック化の動きはこれと逆行する危険性をはらんでいる。なかでも1992年のEC統合と米加自由貿易協定への動きは新しい保護主義の高まりを促し、世界経済を縮小均衡に陥らせる恐れがある。

これはとりもなおさず、日本の孤立化をもたらすものともなるので、経済のみならず、先端技術開発におけるグローバル化は日本の国際的役割としてますます緊急な宿題となる。

超伝導技術の国際協力による開発を目指して日本に設立されたISTEC（International Superconductivity Technology Center）などは、国際間の競争と協調の両立という新しい時代の開発理念を実現する先行例になるものと期待される。

## 2-2. アジア太平洋圏の発展

アジア太平洋圏の発展が注目されている。この地域に包含されるのは、日本、アジアNIES（韓国・台湾・香港・シンガポール）、ASEAN諸国（フィリピン・マレーシア・タイ・インドネシア）である。

確かにEC統合や米加自由貿易協定などのブロック化の傾向に刺激をうけて、アジア太平洋地域の結束を強めようとする新たなブロック化、ないしは地域主義（リージョナリズム）の動きと受けとられる面もある。しかし、前者のブロック化とは異なる特色をもった新しい経済圏の概念を提起している点が重要である。

第一に前者のブロック化があくまでも、地理的にも密着した先進工業国間の水平連合体であるのに対して、後者は先進圏から中進圏、さらには発展途上圏を含む多様性をもった経済圏となっていることである。

第二には単なる多様性だけではなく、同時に発展と変革の大きな可能性を内蔵した連続的傾斜型の地域と考えられることである。

このような状況は、1960年代の半ば頃から急速に台頭したNIES地域の発展によって実現された。

非ユーラシア系の国として、またアジア太平洋地域の国として唯一の工業先進国と位置づけられてきた日本も、もはや孤独な国ではないという事実である。

日本の近代化の成功については内外の専門家による分析が多くあるが、それらに共通した基本条件として三つのことが指摘されている。

ひとつは農地改革をはじめ、税制などによって富の平均化がドラスティックに達成され、市民レベルの購買力の増大が国内市場を大きく発展させたことである。

ふたつには、敗戦後の財閥解体をきっかけとして、日本における企業の資本

と経営の分離が進み経営の近代化に大きく寄与したことである。

そして三番目は、労働運動の解放からさまざまな体験と学習を経て民主的経営が次第に確立され、資本主義というよりは人本主義とも呼ぶべき日本型経営方式を身につけたことである。

明治維新から120年の変革の歩みと言うよりも、敗戦後40年の大きな社会改革が日本の先進化を加速させたことは言うまでもない。これらの事実が先行モデルとして他のアジア諸国に注目され“ルックイースト”という言葉通り、それぞれの近代化に勇気と自信を持たせるものとなった。

NIES諸国の台頭によって、その日本へのブーメラン効果が大きな問題とそれつつも、むしろそれは覚悟の上で、工程や製品の分業化、日本企業のアジア地域での生産拠点の確立、非価格競争分野の開発など日本の産業構造の変革にも大きく役立つこととなり、アジア太平洋地域の相補型水平分業が成立しはじめてきた。

さまざまな発展段階や文化をもった地球上の諸地域の将来にとって、アジア太平洋圏の協力関係は普遍的で貴重なモデル実験を提供してくれる。

### 2-3. テクノ・アメニティへの挑戦

一般市民の生活やニーズとはかけ離れた形で進められてきた巨大な技術開発プロジェクトへの反省から、米国においてTechnology Assesment (TA) の考え方が生まれた。1960年代の末に下院の科学研究開発小委員会が提案し、やがて立法府に直結した組織としてTA局が設置され今日に至っている。

日本でもTAの導入が検討されたが、一部の県単位の環境アセスメント法として実現されるに止まっている。これは日米の先端技術の性格の違いから自然の帰結でそうなったと理解される。

たしかに世界的に1960年代までの先端技術開発の目標は、宇宙開発などのExplosion型（外への拡大）を主流としてきた。やがて1970年代の後半から1980年に入って人間の生活や生命現象を含むImplosion型（内への展開）に重点が移行してきたものと考えられる。この意味では日本の技術開発は早くから後者のタイプに比重がおかれてきたと言ってよい。

しかし、この視点に立っても、日本の先端技術開発の姿勢には多くの問題が残されている。第一に民間企業の技術開発を中心とするため基礎研究が欠落し、また経済目的にかたよった短期的な開発になっていること。第二には日本のための、日本人だけによるアウトルキー型開発が中心となってきたが、世界を視野に入れて、開かれた国際協力体制への重点移行を急速に進めなければならないことである。

Implosion型の開発テーマとして、日本がすぐにも挑戦すべきものは、食糧問題、環境汚染問題を始め、居住環境やオフィス環境などの身近な問題である。また国際的な協力を要する大きな課題としては、新しい居住空間としての海上都市や新交通システムの開発がある。

これらのプロジェクトに共通する基本理念としては、テクノ・アメニティの追求ということになり、本田財団が早くから提唱しているエコ・テクノロジーの概念にもそのまま当てはまるものとなっている。

一般に、日本の科学技術は基礎研究に弱く、開発研究の段階で優れた能力を発揮するといわれている。また、個々の要素技術には強いがそれらの要素技術を総合化して新しいシステムを構築するシステム開発能力が低いとの評価もある。確かに後発の国とは言いながら、日本生まれの全く新しいオリジナルな技術も産業もほとんどないということは事実として認めざるを得ない。これらの評価がはたして今後もそのまま続くか否かはまだ相当の年月をかけて見守る必要があるだろう。

しかし、テクノ・アメニティという視点に立って既存の技術や産業を再評価しパラダイムを設定したときに、日本の担うべき役割はきわめて大きいものとなる。例えば、中国と印度をあわせて20億人をこえるスケールの地球に従来型の近代化をあてはめたときに、テクノ・アメニティからの発想はきわめて重要な意味をもってくる。

そしてそのインフラ・ストラクチュアづくりに世界の知恵を結集することが求められる。

今日先端技術の最先進国に成長して確固たる地位を築いている米国も、かつて科学技術の領域でヨーロッパからの移植と模倣によるフリーライダーの時代があった。日本も欧米のあとを追い掛けて、たゆまぬ努力が続けられてきたが、恐らくフリーライダーの時代を越えて日本から生み出すべき創造的な先端技術のフロンティアはインプロージョン型のテクノ・アメニティの視点に立った開発領域となろう。

# イノベーションに 挑戦する日本の中小企業

多摩大学教授 中村秀一郎

## 1. 先端技術産業における適度規模の多様化

先端技術産業、エレクトロニクス、バイオテクノロジー、ニューマテリアル — における研究開発、新製品開発の担い手は、一般に大企業であると信じられている。だが、現代産業社会における高度な社会的分業の確立と、成熟した市場経済システムのもとでは事態は単純ではないのである。

先端技術産業は、重化学工業が資本集約性を特徴としていたのに対して、知識集約性に基づいている。その規模は必ずしも巨大ではなく、その適度規模は多様化する傾向にある。

今日、鉄鋼の最新一貫プラントを建設する費用は1兆円を超えるという。これに対し、半導体最新プラントは300億円の水準にあり、そのカスタム生産型プラントなら、100億円未満で実現可能という。石油化学とバイオテクノロジーとを比較しても、同じことが言えよう。

バイオテクノロジーの領域で独創的な開発成果 — 遺伝子組み替え技術とは異質の、ネズミ科の小動物ハムスターを利用する、ヒト細胞大量増殖技術と細胞融合技術の開発により、インターフェロンの量産を達成する — をあげている中堅企業・林原が、60年代半ばに旧来のでん粉加工工業を脱皮し、でん粉化学という新しいコンセプトによって、生物化学に企業の未来を求めたのは、この分野が石油化学のように巨大資本や巨大プラントを必要としないことが前提となっていたのである。

## 2. 半導体産業を支える中小企業

半導体産業は、今日では大企業の本拠地である。しかも、半導体製造技術は、そのメーカーのものというよりは、多くのベンチャービジネス — 小企業からスタートした研究開発力をよりどころにする企業 — によって支えられているのである。半導体ウエハー切断装置のディスコ、その組立て工程のワイヤーボンダー自動機器の新川、検査装置のタケダ理研といった、既に知名度の高い企業とともに、半導体生産コストに占める検査コスト上昇傾向に対応して、この分野にさらに特化したベンチャービジネス群。フォトマスク欠陥検査装置の日本自動制御、LSIメモリーテストシステムのミナト・エレクトロニクスなどの企業が出現してきてい

る。このような半導体関連産業におけるベンチャービジネスの群生は、次のような理由に基づく。

まず第一に半導体メーカーは、半導体そのものの製品開発と、生産技術開発に集中しており、その製造、検査工程の自動化機器開発のための余力に乏しい。仮に、その開発を手がけたとしても、社内用機器開発投資の回収は極めて困難である。

第二に、半導体治工具生産技術（新川）、電子計測技術（ミナト）、工業用テレビカメラの設計技術（日本自動制御）など、それぞれの専門分野で独自の開発力を持ち、かつ開発スピードと製品納期の早さをよりどころにする企業群が、このマーケットに参入したからである。

第三に、これらの企業が独立の企業として発展することを可能としたのは、半導体産業そのものが寡占型の産業であっても、急激の技術進歩の過程にあるために競争が激しく、その生産・検査機器の革新が不可欠であり、この過程を通じてこれらの企業群が独自のノウハウの蓄積を達成したからである。

先端技術産業の際立った特徴の一つは、そのメーカーよりもユーザー側から優れた開発成果が多く出現するという事実にある。例えば、メカトロニクス警備システムはエレクトロニクス・メーカーではなく、ベンチャービジネスからスタートしたガードマンによる警備会社で、安全産業というコンセプトを創造したセコムによって開発されている。このシステムのかなめとなるコントローラー・センサーは、基本的には社内設計・製作によるものとなっている。その理由はメカトロメーカーの発想は、ハードからの発想によるもので、警備のニーズとは必ずしも適合していない。エンド・ユーザーのニーズの的確な把握に基づき、メーカーの先端技術をいかに利用するかが、警備システム高度化の鍵であるというのである。この企業は、侵入者の行動を妨害する警備ロボット、発生した火災を食い止め、二次災害を防止する消火ロボット、盗難を未然に防止する組立式金庫など、先端技術を駆使した技術開発を着実に進めている。先端技術への、その多様なニーズに対して、生産者志向の強い大企業よりも、中小規模、ユーザー・ニーズに適應力のある中小規模の企業のほうが、むしろ適合しやすいという状況が生まれているのである。

これと同様に、外国語翻訳システム（コンピュータ・ソフトウェア）は電算機メーカーではなく、翻訳業者であるブラビス・インターナショナルによって、84年に完成され商品化されたが、16ビット・パソコンで利用し得る先駆的な人工知能ともいえるこのシステムが、ブラビスによって開発されたのは、翻訳業の経験に根差すその設計思想——「原文をほとんど参照せずに、校訂できる品質を持つ、下訳を生成するシステム開発」によるところが大きいのである。

### 3. 固有技術と先端技術を結合する中小企業

先端技術産業が、それぞれの固有技術を生かし、そのニーズにこたえる中小企

業群によって支えられていることは注目に値する。先に上げた半導体切断装置のディスコは、その典型例である。この企業は、もともとやすりをつくる中小企業であったが、その技術を高度化し、人間の髪の毛を縦に三等分できるやすりを開発したことが、この企業の存在理由なのである。また、メッキメーカー野毛電機は、ICリードフレームメッキ、25ミクロン（毛髪の3分の1の太さ）の金・アルミのボンディングワイヤーの生産に特化しているが、半導体メーカーに先行して4メガ対策に取り組むこの企業は、単なるメッキ屋ではない。もはや、購入することができない生産設備・治工具の設計製作能力を持ち、オペレーションについても、あたかも病院の点滴のようなメッキ液の安定を図るシステムを備え、純水づくりが決め手となる製品の洗浄、さらに、乾燥のためのクラスD度の無塵ルーム、地震対策完璧の排水処理施設等を備えている。このレベルの工場では、品質保証が売りものとなるだけに、品質管理に思い切った投資を行っているだけでなく、専門化された測定技術のノウハウの充実を図っている。

バイオテクノロジー関連産業にも、この型の企業が生まれている。自然条件に依存した寒天製造を装置産業に脱皮させ、粉末、錠剤寒天を開発した伊那食品は、その技術を展開してバイオテクノロジーにとって不可欠な細菌のベースである培地に利用される寒天は、高純度製品であることを要求されるが、伊那はこれを満たし得る寒天メーカーであり、製品高度化のための装置開発力を持っている。食用寒天1キログラム3,500円に対して、高純度寒天（精製アガロース）は10グラム3,500円。高付加価値製品なのである。

#### 4. 先端技術産業におけるベンチャービジネスの進路

欧米でもそうであるように、日本においても先端技術産業でベンチャービジネスが群生する傾向がある。その理由は、第一に、イノベーションの名に値する新製品開発に際して、規模の経済の利点を生かす範囲が縮小し始めたことであろう。今日では、先端技術情報は科学技術知識の普及とともに、大学、大企業、大規模研究組織の枠組みをオーバーフローする傾向が強く、これらの組織による情報独占が崩壊する傾向にある。新しい技術進歩の成果は、小企業でも十分に利用可能である。それどころか、市場の潜在的な要求と、新技術の成果を速やかに、かつ効率的に結びつけて新製品のない新企業が適しているケースが増加してきているのである。

第二に、既成大企業の研究開発体制がイノベーションに必ずしも適合しないことである。大企業がイノベーションを遂行するためには、その担い手として新しい機会に情熱をもって献身するリーダーが不可欠であるが、そのような人材は一般に大規模組織からは生まれにくい。そればかりか、その行動は職を賭す決意を必要とする、極めてリスクの大きいものである。

とはいえ、ベンチャービジネスが研究開発力をよりどころにして成長を続けることは、実際には容易ではない。きょうのハイテクはあすのローテクとなるから

であり、そのためにベンチャービジネスが、その成長のためには大企業との共生を図ることが不可欠となってきている。

1973年創業のベンチャービジネス。ロジック・システム・インターナショナル(以下LSI)の展開過程は、このプロセスを鮮やかに示している。三菱電機をスピノフした石田芳氏によって創業されたこの企業は、77年フランスのディーラーの求めに応じて、卓上に置ける小型コンピュータをサンコ(SANCO)というブランドで開発。フランスの教育庁に学生教育用のコンピュータとして採用され、ヨーロッパ市場でかなりのシェアを獲得した。この企業はパソコンという言葉のないころにパソコンをつくっていたのである。だが石田氏は、このパソコンの将来に魅力とともに懸念を持ったという。そして、このことはやがて現実となった。つまり、ハイテクだったものが――マイクロプロセッサだけでなく、OSもマイクロソフトから発売される。周辺部分もLSI1個でできるといったふうに――ハイテクでなくなり、パソコンは販売力と部品調達力、資金力が決め手の分野となった。しかもIBMの進出によって、IBMとその互換機の時代が変わり、価格競争の世界に変わってしまったからである。LSIはここでパソコンを特注品に絞り、コンピュータと通信との結合。すなわちネットワーク・システムに新しい事業機会を開拓し始めたのである。

83年、LSIはNTTからの研究プロジェクトの依頼をきっかけとして、ここから得たノウハウによりネットワーク・プロセッサの開発を達成することになる。このプロセッサは、当時3,000万円クラスのミニコンで行われていたネットワークの通信機能を小型化、軽量化、低価格化するものであった。この利用により、異なるメーカーのホスト・コンピュータやノード・コンピュータ、各種端末が1本のデジタル・ネットワーク・システムに統合されることになり、回線料、設備費とも大幅な節約が可能になった。LSIは大手通信・コンピュータメーカーと並んで、マルチ・メディア統合デジタル・システムを設計、構築する能力を持つに至った上、ユーザーサイドからメインフレームを含む各種機材を自由に選択し得る技術的なポジションを確保したのである。

さらに88年、石田氏はNTT及び大手コンピュータ・ユーザー(トヨタ自動車、日本信販、その他地方の有力企業)との連合により、新しい情報・通信システムの設計構築会社インフォネックスを設立した。このような、NTTとコンピュータ通信ユーザー側の大企業との連合による企業づくりは、ハイテク・ベンチャーとして大企業との共生を追求する戦略展開の当然の帰結なのである。つまり、電信電話会社NTTとユーザー側の大企業との共生によって、コンピュータ通信関連の新事業分野を定着、拡大させる。そしてLSIそのものはシステム・インテグレーターとして、ハードウェアの開発、製作能力をあわせ持ち、かつその技術評価力によって独自の新しい商社機能の発揮を目指す。そこには、これからのハイテク企業の成長路線が鮮やかに先取りされているのである。

## 5. イノベーションを促進する新産業組織

形成されつつある新しい産業社会 — イノベーションを積極的に生かす、より人間化された産業社会は、先のケースに見られるように産業組織のネットワーク型展開を促している。

それは、重化学工業化とマス・マーケティング時代に成熟を遂げた、規模の経済性発揮を目標とする、大企業を頂点とする一点集中型のピラミッド型産業組織と本質的に異なっている。すなわち、多様化するニーズへの対応のために、業種の枠組みを越えて、その個性の確立を目指す企業群は、みずからの経営資源の独自性を深めるために、外部資源との交流を深めざるを得ないが、それは連結の経済性 — 大企業主導型のインテグレーションなどとは全く異質の、自立した主体性のある多様な規模の企業の緩やかな連結によるネットワーク形成・相互に外部資源の積極的活用による相乗効果の実現に向かわざるを得ないからである。

ネットワーキングの本格的な展開のためには、フォーラム型の科学技術、文化を包摂する情報交流組織の形成が不可欠である。だが、内外の先発企業に対して後発企業がイミテーションを繰り返すといった、独創性ある事業コンセプトを尊重しない。また、下請け関係に象徴されるような、小規模企業に対して、その技術ノウハウを評価せず、一方的な要求を押しつける取り引き態度の克服なくして、実りある情報交換は不可能である。

今日、国際化のもとで日本企業、特に大企業は知的所有権の尊重と、「品位と知性を持つ競争」(野中郁次郎)が求められている。このような環境のもとで、初めてオリジナルな情報を尊重する人間関係が生まれ、真の情報交流が可能となり、そこで新しい情報の創造も可能となるであろう。産業組織のネットワーク展開こそ、90年代のイノベーションの基盤なのである。

# CULTURE DINAMIX

## 「和風」と「洋風」

建築家 菊竹清訓

### 1. 居住様式の変化

私はCulture Dinamixというテーマで、居住環境の問題に日本がどう取り組んできたか、そしてどう取り組んでいるかを述べ、居住様式のイノベーションのメカニズムから観察してみたい。

では何故居住様式を取り上げるかといえば、まず、私が建築家でありその専門領域にいるからである。

そして居住環境は、物的条件のみならず、文化を表現するものである。

そういう居住環境を取り上げれば、技術革新の問題をトータルな視野で展望することができることになる。

すなわち、技術革新は、究極的に文化に波及し、居住様式に表れてくるというのが、私のここでのコメントである。

### 2. 居住様式にみられる文化

居住環境のイノベーションを文化形成としてみれば、日本では「ミックス」文化と呼び、文化間の刺激が新しい文化形の重要な条件であった。

それは、わが国だけでなく、ギリシャ・ローマ、そしてアメリカが良い例である。そこでは、どれだけ包括力があり、柔軟性があり解放的であるかということが問題で、他の文化をエキゾチシズムやロマンティシズムあるいは排他的に見ていては、次世代の居住様式の創造力は生まれてこないのではないか。相互に刺激し合い、交流し、吸収し合うなかで、新しい文化が生まれてきているというのが、わが国の歴史の教訓である。

### 3. 併存と結合

千数百年にわたって、外来文化を受容し、摂取し、更新してきた日本は文化的に価値を併存させる社会である。

これは文化の総合に価値を置く社会からみると、まるで混乱と映るかもしれない。しかし、居住様式の食生活においても、和食、フランス料理、中華料理、アメリカ料理、等バラエティに富み、衣服でも、和服・洋服、宗教も、神道・仏教・キリスト教などが併存し、社会的年中行事のなかに組込まれて、違和感・排他性

が無い。いずれやがて世代が変わり、技術革新による影響で生活が変わり、人間性からみた妥当性の検証をうけながら、ゆるやかにそれらの組み合わせの内容や構造が変わって、徐々に調和ある、併存の居住様式として作り出されてゆくであろう。

#### 4. 二つの居住様式（和風と洋風）

居住様式の摸索で、今日わが国ですぐに気付くことがある。

それは伝統の「和風」と外来の「洋風」という二つの様式が併存していることである。わが国の建築家は、殆どすべて、この二つの様式を設計することができる。二つの調和をこころみている。

これは単なる伝統や保守主義者が多いというだけでなく、生活者の経験を通じて環境を変えていくというわが国の生活者参加型の様式形成の歴史でいえば、伝統と現代という二つの様式の併存には100年オーダーの時間がかかるということであろう。

#### 5. 理想とする様式の変化

私の見解では、居住様式は時代と共に変化するものであり、事実それを代表する世界の住宅の理想は、変化してきている。

誤解を恐れず単純化していえば、17世紀はスペイン様式、18世紀は英国のチェーダー様式、19世紀はフランス・ルイ様式、そして20世紀はアメリカ・コロニアル様式に変わっている。

居住様式に、政治・産業・経済・文化・芸術・伝統が微妙に作用し、作りだされた様式は世界に伝播し、その影響を与えてきた。

では、21世紀の様式はどこから作り出すか。世界各地にみられる現代化は、それぞれの伝統と関係の中で、どこがより魅力のある普遍的な様式を生み出すか、極めて興味深いゲームである。

つまり、EC・アメリカ・日本それぞれ、居住環境に対する独自の取り組みであり、新しい居住様式のゲームに参加している。

#### 6. Japanese Styleの特徴

ここで日本型居住様式：「和風」について、その特徴をあげてみると

- (1) 温暖な気候からくる自然にたいする考えかたは、寒帯や熱帯とは全く違って、自然こそ人間にとっての理想実現のモデルであり、植物さえ、自然適応で人間を先導するものといった、限りなく自然に接近し、懐に入ることがを望み、立居振舞も価値観も自然を模範とする思想的背景をもっている。

こうした考え方にたてば、開放というより、自然への同一化というほうが正しい。

庭は、戸外ではなく、室内でもない、一つの居住環境として扱われる。

(2) 美しく変化する四季への建具による対応がある。気候が一定であれば、対応の仕方も一種類ですむが、春夏秋冬の変化に対応するにはいろいろな工夫がある。その一つが多様な建具で、雨戸・ガラス戸・アミ戸・障子・襖、というように数種類の建具を組み合わせて、外部と内部のコントロールをしている。これは多様な生活に対しても同様である。

(3) 傾斜屋根と土壁

これは多湿・多雨で、雨量が年間1500ミリもありかつ湿度が高く、日変化量が大きい場合、完全な屋根の水切りと、庇の出、それに、豊富な調湿機能を持つインテリア材料の採用が必要である。

瓦・木材・土壁・畳は、これらの条件を極めてよく満たしていた。

そして湿度調節には、通風と換気が最も有効・確実な方法である。

これは寒帯ヨーロッパの乾燥地帯では理解困難な点かもしれない。

(4) 耐災害、とりわけ火災・地震・風水害にたいして、強靱であることが必要であるが、しかし必要以上の耐久力は求めない。

住宅は人間の生涯と同じ耐久力をもち、ほどよく建替えればいい。

とくに新家族が、自分の家を自分たちのために建てることに大きな意味を与え、誰かが建て、住んだ家に入ることは、「宿借り」として、最高と思われていない。

(5) 生活者の希望で、増改移築が自由にできるシステムをもっていること。これが江戸時代には実現しており、これは今日ヨーロッパで発達しているシステム建築ときわめて類似している。解体組立てが自由にできるジョイントや部材の統一によって、建築部品の再利用、資源の有効利用が計られて来た。何より生活者中心に、そのニーズの実現が容易にできる居住様式であった。

こういう「和風」建築は、つぎの2つの居住様式をつくり出している。

その第一は、全く建築の素人の生活者が、自分の家にたいする希望を、簡単な方法で伝達でき、容易に増改移築していること。

即ち専門家としての建築家をすべて必要としなかったし、建築家の代わりに大工ができたし、このために生活者のニーズ情報を、生産・建設サイドに的確にフィードバックできた。

こうして生活者全体の環境づくりが実現し、ポルトガルやスペインの宣教師の、日本についての記録にみられるように、16世紀には簡素・清潔な美しい居住環境が、西欧の人々の眼にとまった。

その第二は、居住の部屋を特化することがなかったのもので、生活者の選択と判断で、自由に転用したり、棲み分けたりして生活ができた。

機能を特化すると、それに従った生活は楽であるが、変化がなくなり、教養に応じて、リビング、パターンを変えることが難しい。

限られたスペースをゆったりと暮らすには、昼間開放し、夜建具で区画する方法はすぐれた一つの解決であり、利点となっている。

## 7. Future Trend

こういう「和風」の魅力にとりつかれた建築家は、ヨーロッパにも少なくないと私は思っている。ドイツのブルーノ・タウトやグロピウス、バルセロナパビリオンをつくったミース、アールヌーボーの運動、そしてアメリカのライトやグリーン・グリーンやノイトラなどがそれである。

同時に「洋風」の主として技術に憧れた日本の建築家も多い。レンガ造りの住宅や、財閥のスペイン風住宅、英国風住宅、そして作家 三島由紀夫のフランス風住宅、サラリーマン・大衆のアメリカ風住宅などがそれである。今日、若い建築家たちは国境を越えて、相互影響を強めあっているように思われる。

もはやフランスにとって、日本はおそらく単なるロマンティシズムの対象ではなくなっている。同じように日本にとってもフランスは、かつての芸術の花開くあこがれの国から、次第に同じ世代の新しい様式を目指すコンペティターとして映っている。そのために「カルチャー・ダイナミックス」が、キー・コンセプトとなってきた。わが国では異なる二つのトレンドがあって、これをどう乗り越えるかが課題である。一つは機能主義であり、一つは空間主義である。一方は洋風建築がめざしてきた道であり。他方は和風建築がめざしてきた道であり、ここでのテーマの変化への「アプローチ」の問題である。

この問題に答えることなしに、地球上に予測されているアビタ・クライシスに立向かうことは、居住環境を単に量的に満たすにとどまらず、文化の基盤として、それぞれの伝統に根ざした各地域の真の居住様式のイノベーションのためにどうするか、このためより深い文化交流と技術協力が必要であることは間違いない。

# 情報産業とイノベーション

株式会社QUICK 社長 小島章伸

## 1. はじめに

あと10数年で21世紀を迎えようとしております。果して、21世紀とは一体どのような社会となるのでしょうか。産業は、そして私達の生活はどのように変化していくのでしょうか。大変関心のもたれるところです。

現在、日本は工業化社会から高度情報化社会へ移行する過渡期にあるといわれております。

この高度情報化社会を支える大きな柱は、もちろんコンピュータであり、情報通信ネットワークであり、また情報サービスを含めた情報産業であると思います。そして、情報化の進展にともなって、インフラの整備という面で、こうした情報産業への投資も年々飛躍的に拡大し、わが国をはじめ、世界経済を牽引するリーディング・インダストリとしての期待も大きなものがあります。

本日は、こうした高度情報化社会を支える情報産業とイノベーションについて、とりわけ私どもがサービスの対象としております金融市場の情報革命と技術革新についてお話をしたいと思っております。

## 2. コンピュータと情報通信ネットワークの発達

私は1960年から63年まで日本経済新聞社の特派員としてニューヨークに駐在しておりましたが、そのころ初めて情報産業を (Information Industry) という言葉が聞かれるようになりました。同じように日本でも1963年に、梅棹忠夫氏<sup>うめさおただお</sup>が「情報産業論」という論文の中で使っております。

当時の日本は、まだ重厚長大の高度経済成長がピークにさしかかろうとするところで、すでにその時期に脱工業化社会としての情報化社会を予兆されていた、ということで驚ろかされます。

その後、ハーバード大学のダニエル・ベル教授<sup>\*1</sup>の「脱工業化社会の到来」という著書による情報社会論やトフラーの「第3の波」<sup>\*2</sup>など、一連の未来学とあわせて反響を呼び、にぎやかに議論されたことは皆様もご存知の通りです。

このようにして、この四半世紀の間に「情報」という言葉は、すっかり我々の日常生活の中に定着してしまいました。

私どもの会社は、全世界の金融市場の関係者に金融市況やニュースをサービス

するという仕事をしているわけですが、「情報」という言葉は大変不思議な言葉だと思えます。

それぞれ使う人や立場、あるいは使われる場所や環境によって内容が異なるといったように、多様な意味あいとイメージをもっています。また、ノーバート・ウィナーの言葉を借りれば、「情報はモノでもなければ、エネルギーでもない」ということにもなります。

なるほど、モノとの比較においても、情報を取引した場合は、返品がきかないという取引の不可逆性やコピーの容易性、さらには情報の利用者によって価値が異なるという意味で一物一価の原則が成り立たない、といった特異な性格があります。

しかし、情報をビジネスで生かした例としては、皆様もご存知かもしれませんが、古くは19世紀におけるイギリスのロスチャイルド家のワーテルローの戦いやスエズ運河株の取引で情報網が大活躍して、大きな利益を得たという有名な話があります。

日本でも、通信の発達していない戦国時代に、敵状を知るための情報活動や、江戸時代にすでに世の中の出来事を帳面に書き込んで、情報を売るといった新聞のはしりともいえるべき商売をしていたという記録が残されています。

このように、昔から情報が重要な役割を果たしてきたわけですが、なぜ今日、情報化社会といわれるぐらい情報が重要な役割を果たすようになってきたのか、何が要因かということです。

それは、一口でいえば情報が実は大変な価値をもっていることに気づいた人が増えたからでしょう。情報が意思決定に不可欠になってきたとか、情報が商品として価値をもってきたということでしょう。

そして、やはり技術革新によって情報が大量に生み出し、迅速にかつ簡便に利用できるようになったことが大きな要因です。

その一つがコンピュータの発達であり、もう一つは情報通信ネットワークの発達であると思えます。

コンピュータの発達については、ご説明する必要もないわけですが、1945年に真空管を使ったENIAC（エニアック）が開発されてからトランジター、ICを経て、現在の超LSIまでなんと、たったの45年ぐらいしかたっていませんが、その間処理能力やスピードの点で飛躍的な発達をとげました。

利用分野にいたしましても、当初は巨大な宇宙開発や軍事などの科学技術分野の利用から始まり、次いで企業の経営効率化のための利用、さらには医療や交通管制などの社会システム、そして今日では家庭や個人ベースの大衆利用へと変化してきました。

そして、この間、コンピュータの性能は倍々と向上し、逆に形状はますます小型化してきました。

私どもが10年前に利用していた大型コンピュータといわれていたものが、同じ性能のもので今日ではパーソナルコンピュータとかワークステーションと呼ばれるように机の上ののるぐらいに小さくなり、また使い易くなっています。さらにいえば、自動車や家電製品にまでコンピュータが組み込まれており、特別コンピュータを意識することなく、日常生活の中に浸透してきております。

一方、情報通信ネットワークの発達については、何と云っても電話の普及が急速に進んだことにあり、これにより回線網の基盤が早い時期にでき上がり、通信網とコンピュータが結合してデータ伝送ができる情報通信ネットワークが形成されたということです。

コンピュータと通信ネットワークの結合について、日本では1977年に日本電気の小林宏治氏が「C & C」というコンピュータとコミュニケーションが融合する意味の造語を提唱されました。

その翌年の1978年には、フランスにおいてテレマティーク (Télé-matique) という、電気通信 (Télé-Communication) と情報 (Informatiqu.) を合成した考え方を大統領に報告されています。

アメリカでは、コンピュータとコミュニケーションの合成語として、コミュニケーション (Communication) という言葉が使われています。

そして、1980年11月にはジュネーブで開催されたCCITTの第7回総会でISDN (Integrated Service Digital Network) という新しい概念が提示されました。

このISDNは、従来の音声、データ、画像などの個別のネットワークをデジタル方式で統合化し、伝送品質、効率を高めるもので、これからの通信ネットワークの主役にと各国とも力を入れているものです。

通信ネットワーク技術は、1930年代のPCM (Pulse Code Modulation) の発明にはじまり、その後の半導体技術の進歩によって、LSIの適用によりPCM によるデジタル伝送は、これまでのアナログ伝送に十分経済的にも対抗できるようになりました。

さらに今日では、光ファイバー伝送技術の開発によってデジタル伝送分野は飛躍的に拡大してまいりました。

日本では、ISDNは「INS」(Information Network System) という名称でNTT日本電信電話会社が1979年9月に計画を発表し、84年9月から86年3月までモデル地区で実験を実施、1988年4月から「INS ネット64」として、サービスが開始されました。

これにより、例えばファクシミリの送信時間が30秒から4秒に短縮されたり、モノクロ写真の伝送が12秒かかっていたものが、カラー写真でも1秒しかかからなくなるほど、高速性、高品質性が大いに改善されました。

さらに、今年6月からは容量を拡大し、新たにアップした「INS ネット1500」

のサービスが開始されております。このINS 1500はINS 64とくらべて、20倍を超える伝送速度をもっているためテレビ電話が可能となるなど、大量データでも短時間で送れるため今後はテレビ会議やデジタル多機能電話などへの利用が期待されています。

日本のこのような計画に対して、各国でもそれぞれ取り組み方は異なりますが、電話情報と企業データなどが総合された1つのデジタル網によってサービスされるISDN計画が積極的に推進されています。

さらに日本では、21世紀をにらんで早くもUICN (Universal and Intelligent Communication Network ; 総合知的通信網) という構想が提唱され、例えば自動翻訳電話など広帯域ISDNに知的技術が融合したサービスを提供するビジョンが出されています。

こうしたUICNが構築される頃には、バイオテクノロジーの通信への応用、光コンピュータや三次元テレビなどの実現が予想されており、21世紀の通信インフラストラクチャとして期待に大きなものがあります。

\* 1 Daniel Bell, THE COMING OF POST-INDUSTRIAL SOCIETY.

\* 2 Alvin Toffler, THE THIRD WAVE.

### 3. 衛星通信利用の進展

わが国では、今年相次いで民間衛星が打ち上げられ、今年末までには合計4個の衛星が通信サービスを開始します。これまでは国の衛星通信だけで、その用途や利用者にも制限がありましたが、この民間衛星により、ビジネスの分野に自由に利用できるようになったわけで、すでにテレビ会議や教育、中古車のオークションなどの利用が具体化しています。

衛星通信の先進国である米国では、スーパーマーケットの利用で米国の流通業界を一変させたといわれています。また、米国では、都市型CATVやビジネス・テレビジョン、あるいはサテライト・ニュース・ギャザリング (SNG) サービスなどが実施され、いわゆる衛星通信の特徴である回線設定の容易性や大容量映像伝送などをフルに生かしたサービスが効果を上げています。

まもなく、わが国でもオフィスビルや屋上に衛星アンテナが林立する光景が当たりまえになる日も近いことでしょう。

このように情報通信ネットワークが、空に衛星通信があり、地上や海底には光ファイバーが敷かれ、デジタル技術をベースとしたC & Cができ上がってきますと、キーボードから入力された情報は一瞬にして光となって地球を回ることになります。

### 4. 新聞とコンピュータ

コンピュータと情報通信ネットワークの発達によって、情報サービス分野でも新しいビジネスチャンスが増えてきております。

例えば、私が以前勤めておりました新聞社などのマスコミは、情報産業の代表とされておりましたが、今では新聞はオールドメディアの代表とさえいわれるようになってまいりました。

しかし、新聞の分野にもすでに、10数年前からコンピュータが導入されております。ニュースを伝える手段が、紙だけではなくニュースメディアと呼ばれるコンピュータ端末が使用されるようになって、再び脚光を浴びるようになってきました。

このことについて少しお話してみましよう。

日本の新聞制作上、コンピュータの導入が遅れた理由としては、日本語処理にあります。アルファベットとくらべ、漢字、かな混じりの日本語がコンピュータになじまなかったという大きなネックがありました。通常、アルファベットは1バイトで表わされるものが、漢字では2バイト必要となり、また漢字フォントの作成も簡単ではなかったということです。

したがって、長い間、日本の新聞社では、ホットタイプといわれる鉛の活字を手拾いしては印刷してきました。

しかし、約11年ほど前になりますが、私がおりました日本経済新聞社が日本で初めて、新聞の製版工程にコンピュータを導入し、いわゆるCTSといわれるコールドタイプのシステム化を完成させました。

すなわち、記者が記事を書く→オペレータがワープロで記事をコンピュータに入力する→校閲やレイアウトもコンピュータ端末で画面を見ながらキー操作で指示を行う→でき上がった紙面をフィルムにしてアルミ版に焼きつけて印刷機にかけて新聞にする。

しかも、最初の記者が記事を書くプロセスも、最近では携帯型の日本語ワープロの普及で直接、取材先から入力して送信することができるようになってきました。もちろん、日本国内だけではなく、現に海外の特派員からの記事がこの型で送られてきます。タイプライターでローマ字原稿を書き、電報局に走った私の時代がウソのようです。まさに今昔の感というところです。

このことによって、時間が極端に短縮され、スピードアップが図られ、また鉛や熱い火を使うことがなくなり、現物の重労働から解放されたといった大きなメリットがあります。

しかしなんととっても、このCTS化の最大のメリットは、記事がすべてコンピュータの中にインプットされ、データベース化されたということです。

蓄積された記事は、過去の出来事でも、いつでも、どこからでも回線と端末があれば自由に検索ができますし、データベースとしての利用範囲が広がったということです。

すなわち、先ほど少しふれましたように、ニュースの媒体は、単にペーパーだけではなく、いわゆる電子メディアとして、コンピュータ端末や電光表示ボードなどで、ニュースが発生の都度、リアルタイムで見ることができるということ

す。

日本経済新聞社では、このことを「メディアミックス」と称して、一時期からいろんな媒体にサービスを始めました。もちろん私どものリアルタイム・サービスのQUICK端末をはじめ、パソコン端末向けの日経テレコン・サービス、電光表示ボード向け日経ニュースボード、さらにはキャプテン、文字多重放送、CA TVなどへも流しています。

現在、私どもQUICKやロイター、テレレートなどの情報ベンダーは、市場情報の数値データ以外にこのニュース・サービスが重要なファクターになってきております。

特に、金融市場の価格形成にとっては、世界で起こっているさまざまなニュースが直接影響を与えるようになっていきます。例えば、ブッシュ大統領の発言や日本銀行総裁の一言一言が為替市場や証券市場に大きなインパクトを与えています。

したがって、最近の取材合戦も熾烈をきわめ、金融当局の記者会見がある場合、今までは記者会見が終わってから、おもむろに記事を書いていたものが、今では、会見中の途中経過を時々刻々と送稿するようになっていきます。それが、各情報ベンダーのグローバル・ネットワークを通じて、世界各地のトレーダーに伝達され、直ちに市場価格に反映されるということが現実になっております。

このようにグローバルにネット化された情報システムでは、各国で発生した事象が、その国で直接影響が出るのではなく、その前に他の国の市場で反応がでることすら、現実には発生します。それはどうして起こるかと申しますと、時差の関係で当該国のマーケットが閉じた後で、ニュースが発生しますと海外の開いているマーケットで先に反応し、影響が出ることもあるためです。

このようなことが発生しますと、各市場の担当者は当然、その国のマーケットだけをウォッチしては大きな損失をこうむることになります。翌日のマーケットのオープンを待つだけでは損失をカバーすることはできないわけで、必然的に海外のオープンしているマーケットでヘッジをかけることになります。

したがって、金融機関のグローバル化は進み、24時間どこでも取引できる体制へと進展していくわけです。

グローバル取引の進展は、自国内の取引時間の制約を受けないで、各国のマーケットを自由に選んで取引できるため、裁定取引などによる収益機会の拡大や流動性リスクの回避のチャンスが増大するなど、新たなビジネスチャンスを与えます。

一方、逆に24時間中、為替変動などのリスクにさらされるなど、さまざまなリスクを負うことにもなります。このリスクに対応するために、スワップ取引やオプション、フューチャーといったコンピュータを駆使したリスクヘッジの手法が開発され、グローバル取引を一層複雑にさせています。

## 5. 金融市場の新武装

ところで、最近の証券会社や銀行などのトレーディングルームをご覧になった方はおられるでしょうか。最近のトレーディングルームは完全に最新の電子メディアやシステム機器で装備されています。

各トレーダーの机の前には、顧客と瞬時につながるワンタッチ電話はもちろんのこと、私どもQUICKやロイター、テレレートなどの情報ベンダーから流されてくる価格情報やニュースをウォッチするディスプレイ端末が整然と並んでおり、壁面には一覧表示の株価ボードや指標ボード、あるいはニュースボードが音もなく新しい情報に更新しています。

数年前までは、QUICK、ロイター、テレレートなどの各ベンダー毎の端末やブローカー端末、あるいは自社端末がところ狭しと山のように積み上げられていましたが、現在では1台のディスプレイ端末で、各ベンダーの情報が切り替えられたり、あるいは1つの画面をマルチスクリーンにして複数のベンダー情報を一緒に表示できるようになりました。そのために、以前のように端末が山積みされることはなくなりました。

しかし、先ほどご紹介しましたように、先物やオプション取引となると、取引手法が大変複雑になってきたため、裁定取引などは高速に高度な分析をしないと瞬間瞬間の判断ができなくなってきております。

そのため、ある社ではロケットの科学者を引き抜いて、科学技術計算や宇宙開発に使用するようなスーパーコンピュータを導入したり、エンジニアリング・ワークステーションを端末に使用したりして、高度な数学的分析手法を駆使して取引に使っています。

また、端末間やコンピュータ間をLAN (Local Area Network) で接続して、分散化を図ったり、またバックオフィス業務と連動させてポートフォリオ管理をリアルタイムに処理しているところもあります。

また、コンピュータ技術の進歩によって、今まで考えられなかったようなことも可能になってきました。

例えば、人工知能技術の発達により、ニューラルネットワーク (神経回路網) とか、ファジイといった技術が金融市場でも注目されるようになってきました。

ニューラルネットワークというのは、人間の脳の神経細胞網のことで、ファジイとはあいまいさを定量化して処理しようというものです。なぜこのような研究が必要になってきたかと申しますと、今までのコンピュータ技術は0と1の世界でしかなく、処理形態も直列的な処理しかできません。この方法では、今以上に高速処理したり、人間の発想と同じやり方に近づくことは困難です。

そこで、できるだけ人間に近づけるコンピュータということで、市場に並列的な処理が可能な第5世代コンピュータやニューロコンピュータが考え出されました。また今まで0か1の判断しかできなかったものを、0と1の間でも定量的に

処理することが可能になったわけです。今まで黒と白の区分しかできなかったものが、グレーとか、やや黒といったものまで取扱えることになり、当然応用範囲も広がるわけです。

現在金融界で、すでに為替や株価の予測、あるいは値上がりしそうな銘柄選定などにこのような理論を応用したシステムが開発されつつあります。

一方、個人投資家向けのサービスも、最近では家庭にしながら株価やチャートの問い合わせから、株式注文までできるようになっています。

皆様、「ファミコン」あるいは「ニンテンドウ」という言葉をご存知でしょうか。

そうです。子供達がテレビゲームに夢中になって使っているファミリーコンピュータと呼ばれているものです。

日本では、このファミコンが回線で、それぞれ取引先の証券会社のコンピュータと接続されて、株価をみたり、株式の注文などの取引に利用されております。

日本の家庭では、お父さんと子供の間でファミコンの奪い合いが起こるといふ珍現象が生まれています。このほか、ビデオテックスという、テレビと一般電話回線を利用したシステム、日本ではキャプテンシステム、英国ではプレステル、仏国ではミニテルとかテレテルと呼んでいます、フランスではすでに400万台以上が使われています。

さらに、VAN (Value Added Network) の普及で多くのパソコン・ネットワークが、グローバルに形成され、情報の輪が急速に広がっております。

このようにみてまいりますと、あたかも自動車が大衆のものになった時点で、工業化社会が成熟段階に入ったと判断されたように、情報化社会もいよいよ本格的な段階に入ったといえるでしょう。

## 6. おわりに

21世紀に向けた技術革新の潮流は、引き続き情報関連を中心に展開していくことでありましょう。そして今後ともこれらの分野から新しい技術が次々に創り出され、経済なり社会を質的に変換していくものと予想されます。

しかし、情報化が進めば進むほど、そこにはより人間的で使い易い、より安全なシステムの開発が必要となっていくでありましょう。

私ども情報サービス会社の立場からも、考えなければならない点としては、情報化とか、高度情報化社会の到来といった場合、どうしても情報の量的な増大がイコール情報化社会と見がちですが、技術革新の側面のみでみてしまうと大きな誤解となります。むしろ少ない情報でよりよい意思決定ができるか、といった情報の効率化が本当の意味での情報化社会だと思います。

テレビのチャンネル数が増えました。新聞のページ数が増えましたといった情報の量的拡大が続いております。しかし、誰でも満足させようとする情報は、誰

をも満足させないということにもなりかねません。真の情報化社会とは、大量の情報の中からの的確に自分の必要とする情報を選別する力も必要となってくるでしょう。

また、情報化の進展は社会生活に与える影響も大きくなり、プライバシーの問題やシステムのリスクマネジメントなども重要な課題となるでしょう。

そして、私ども情報をサービスする側も、情報の受け手の身になって、信頼性の高い、高品質の情報のサービスに努力していきたいと思います。

# 公的資源に関する報告

## ——国民的健康面からの考察——

東京大学医学部 医用電子研究施設 教授 古川俊之

本日は主に、人間社会に対する信頼性の評価の尺度、及び基準について、お話したいと思います。人類の生存ならびに、地球環境全体に対して利益をなす研究、技術開発を行うことは、現代の科学者に課せられた最も重要な課題の一つであり、又遠未来に互って課せられた責任でもあります。宇宙飛行が可能になり、多くの人々が、地球は限られた天然資源を持つ、小さな宇宙船にすぎない事に気がついたのです。

これまでにも、未来世界の様々な予測モデルが作られてきました。その一つの例として、ローマ・クラブによる予測では、天然資源の不足により世界が将来危機に曝される事を強調しております。最近は、二酸化炭素の蓄積による近年の大気温度の上昇によって、海面が上昇したり、農業に悪影響が及ぼされるといった危険な徴候が警告されています。しかし私は、まったく反対の地球が第二氷河期への道を進んできているという警告、つまり、大気温度の下降が強く警告されていた事実をも指摘したいと思います。私は、地球的問題のように巨大な事象を研究するには、シンプルで且つ現実的なモデルが必要であると考えておりますが、モデルが多ければ多い程、未来の予想が理解し易くなるのは、言うまでもない事です。

ここでは、二つの例を挙げてお話したいと思います。これらは共に、統計学的分析の適用に関連したもので、社会的な問題に対し、その複雑な原因と結果を分析するために、数学的モデルを適用しました。

そこで皆さんには、数学的、又は理論的な方法による分析から、きたるべき未来について、正しい認識と予測を行うという私の提案の意図を御理解頂きたいと思えます。さらに強調したいのは、予期せぬ変革を察知するために、社会指標をはじめとする指標の動きを注意深く観察し続ける必要があるということです。

### 1) 社会指標のクラスター分析

現在の世界における社会指標の集落分析を見ると、健康状態と経済、及び情報レベルとの間には、密接な関係があることが分かります。言い換えれば、国民の平均余命は、その国の経済がどれだけ発展しているかと言うことだけでなく、情報がどれだけ豊富に得られるかによって左右されるということです。

クラスター分析についてお話する前に、相関関係分析について触れたいと思います。データについては、日本総理府統計局発行年鑑より抜き出したもので、1975年度の調査に基づくものです。

対象項目としては、通常、社会経済状況、及び健康事情に関する資料に、記載されているものを抜粋しました。ここでは、60の項目について調べておりますが、その中には、男女別の平均余命、人口密度、出生率、粗死亡率、幼児死亡率、特異的病因死亡率、一人当たりの国内総生産、一人当たりの国民所得、住民1000人当たりの日刊新聞発行部数、国内総生産に対する社会保障費、一人当たりの電気エネルギー生産量、などが含まれております。

調査に当たっては、平均余命の明らかな国について、出来る限り多くの国を対象とし、66カ国を選びました。

## 1. 相関関係分析

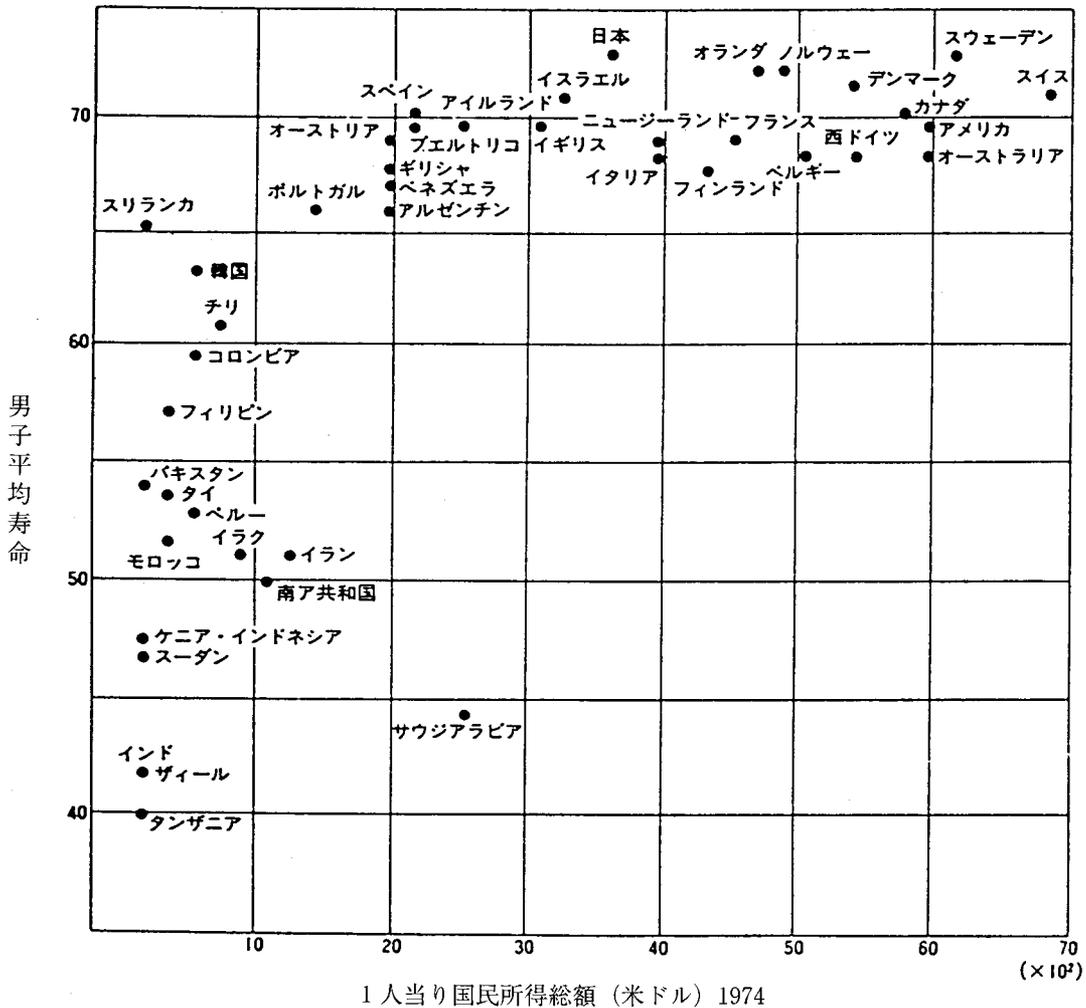
まず60項目に渡る変数について、相関関係分析を行いました。しかし中には、国によって記載がない項目もあります。例えば、一人当たりの国民所得については東ヨーロッパ諸国、及びソ連のデータが抜けております。そこで、データ欠落による分析への影響を避ける為に、対変数消去法を適用致しました。これは、ある特定の項目について、その相関係数を求める場合に、対象となる国の双方共にデータがある項目についてのみ分析を行うという方法です。

この分析の結果では、個々の項目間には、これまでの文献で指摘されていたよりも、ずっと複雑な関連性があることが分かりました。平均余命については、一人当たりの国民所得との相関係数よりも、栄養状態、教育、及び情報量との相関係数の方が高いことが、指摘されます。またこの平均余命については、病床一台当たりの人口数、及び医師一人当たりの人口数との関係よりも一人当たりの国民所得との関連性の方が大きいことも分かりました。死亡率に関しては、病床一台当たりの人口数、及び医師一人当たりの人口数との関連性が非常に高いことが分かりました。それとは対照的に、幼児死亡率に関しては、平均余命と同じ結果が現れました。言い換えれば、幼児死亡率は、その国の栄養状態、教育水準、及び情報量との関連性が非常に高いことが分かったということです。出生率については、栄養摂取状態が貧困で、経済水準が低い国ほど高く、病床一台当たりの人口数、及び医師一人当たりの人口数との関連性はあまり高くないようです。

さらに押し進んだ調査を行う為に、いくつかのクロス集計分析結果をお見せしたいと思います。クロス集計分析は、記述疫学において最も基本的で頻用される方法です。ここでは、健康指数を求めるのに、出生時平均寿命、死亡率、及び出生率を取り上げました。

ここでは、出生時平均寿命と社会経済指数の関連性についてお話したいと思います。

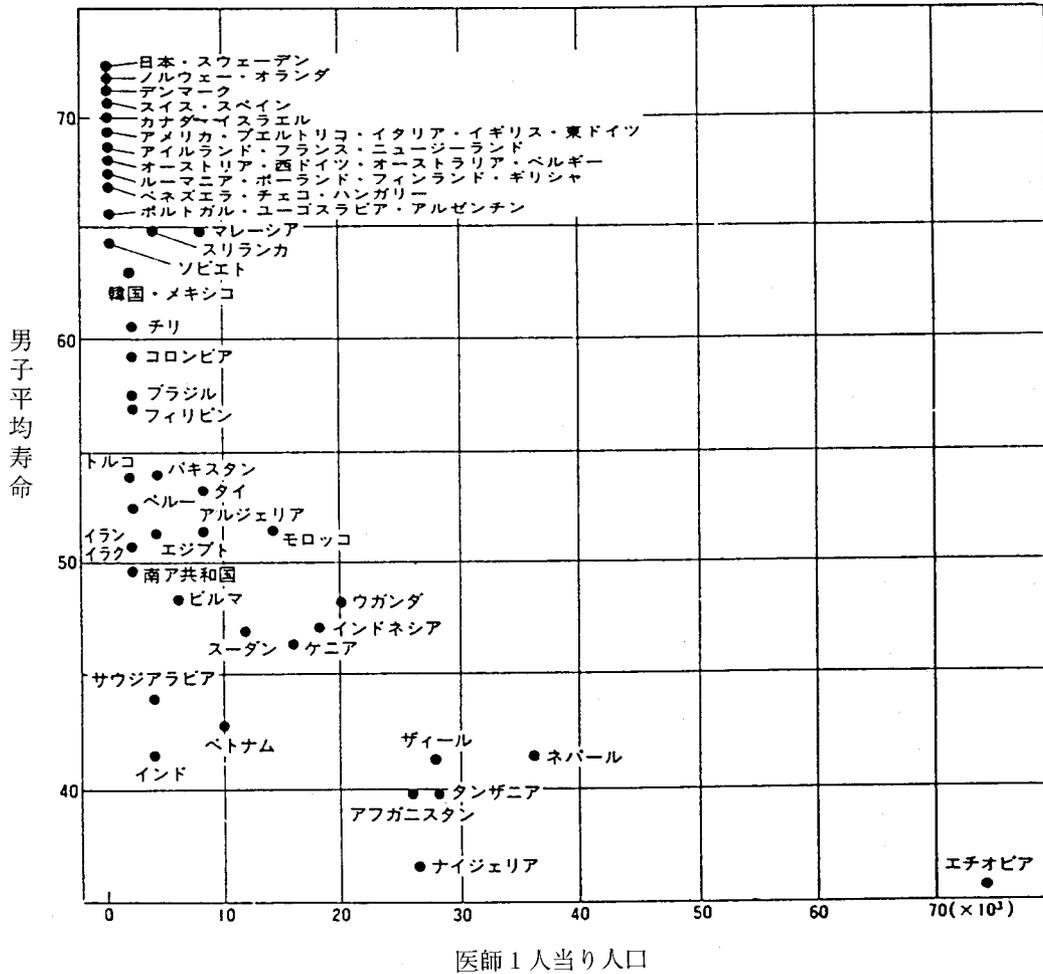
一人当たりの国民所得が、先進工業国では高く、発展途上国では低いのは当然



男子平均寿命と国民1人当り所得 N=44 r=0.735

のことであります。この平均寿命、及び一人当たりの国民所得をクロス集計したグラフを見ると、指数関数的な曲線を描いていますが、これは仮に双方の間に緊密な関連性があつたにしても、見かけの相関係数は低いであろうことを示すものです。このグラフには、注目すべき点が幾つかあります。一般的な見地から見れば、国民所得が増える程、平均寿命は長くなると考えられます。実際一人当たりの国民所得が、1500ドルの水準に達するまでの平均寿命は、驚く程の上昇曲線を描きます。その後は、一人当たりの国民所得が増えても、平均寿命の上昇はなだらかになります。

このグラフから推測すると、近い将来には、先進国の平均寿命が90歳台に到着するであろうと思われませんが、その後は長期に亘ってあまり変化なく移行するものと思われま。石油やダイヤモンドの産出国、例えばサウジアラビア、南アフリカ、イラン等の国では、一人当たりの国民所得が同等の水準にある他の国に比べ、平均寿命は短いという結果が見られます。これとは逆に、日本、オランダ、スリランカ等の国々の平均寿命は、一人当たりの国民所得が同レベルの他の国々

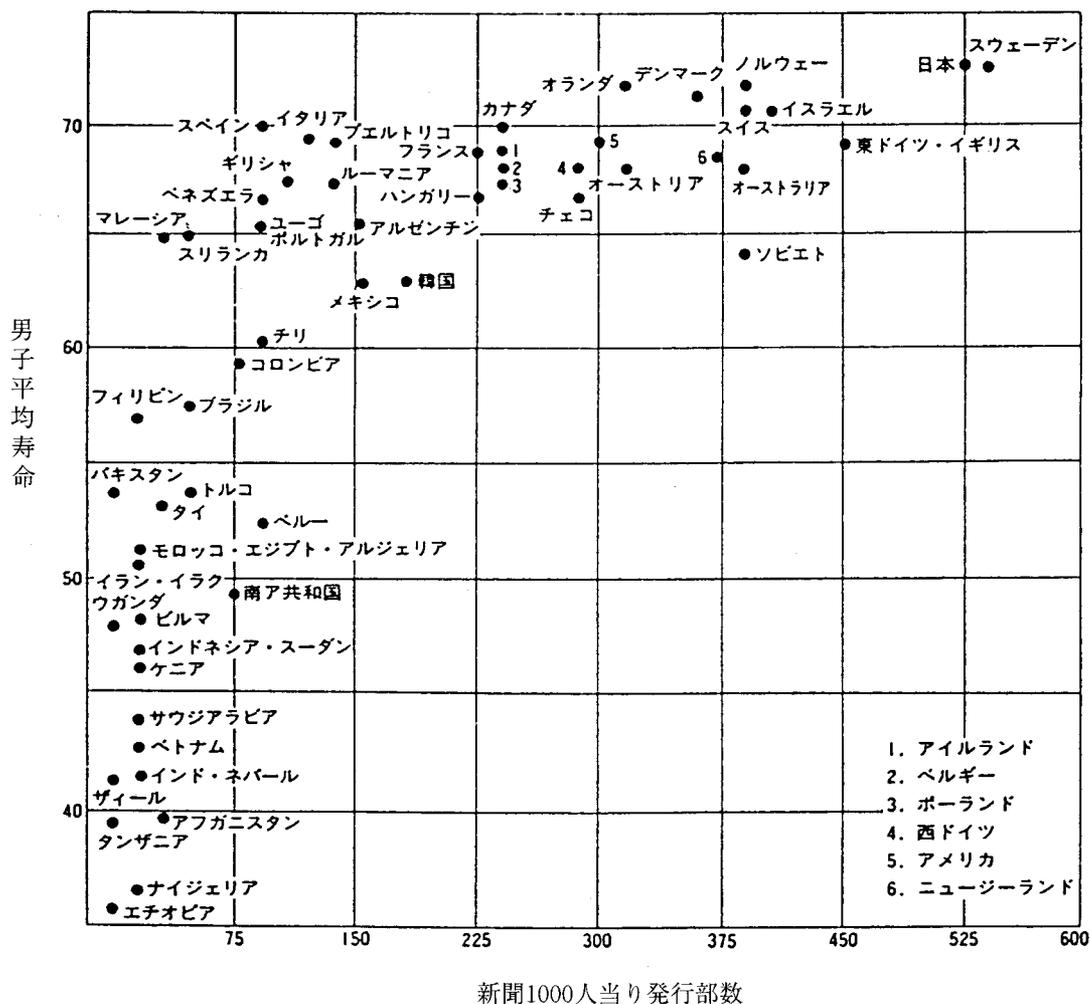


男子平均寿命と医師1人当り人口 N=64 r=0.714

の平均寿命に比べ長いことがわかります。前者の平均寿命が相対的に短い国々については、その要因として、急激な国民所得の増大が、社会的、政治的不均衡をもたらしたことにあって考えられます。後者の相対的に平均寿命が長い国々については、「稠密性」という共通性がある、つまり国土が狭く、人口密度が高く、資源、及び資産の密度も高いといったことが挙げられます。

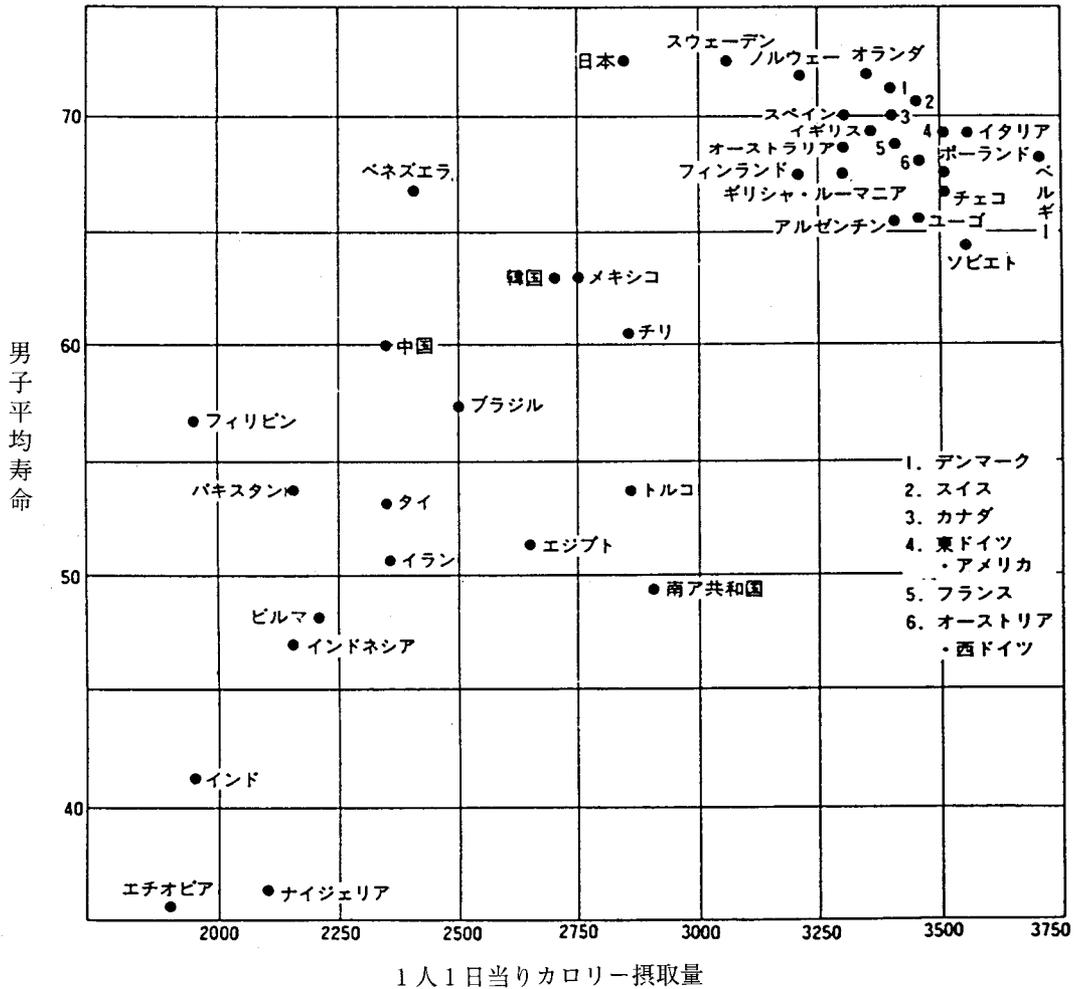
これは、平均寿命と、医師一人当たりの人口数との関係を示したのですが、発展途上国と、先進国との間で、その分布にはっきりとした違いが見られます。すなわち最大の要因としては、医師一人当たりの人口数の相違が上げられます。医師一人当たりの人口数が同じでも他の国々に比べて平均寿命が短い国には、2つのタイプがあります。一つは経済が急激に発展し、それに伴い病院や教育施設が次々と設立され、医師の数も増えたにも関わらず、それらに対する住民の意識や習慣が伴わず、最新の医療システムを効果的に活用するに到っていないものです。このタイプに属する国々では、健康に関する教育の充実、及び健康に対する

意識を高めることによって、平均寿命を延ばすことが可能であると考えられます。もう一つのタイプは、その国の社会的および経済的な仕組みは既に発達しており、又近代的医療システムも一般的に利用されているが、社会的緊張、食習慣、過酷な自然環境等の要因によって、平均寿命が延び悩んでいる国ということが出来ます。他の研究結果にも指摘されるように、経済水準が高くなり、医療施設が充実し、医師の数が増えたからと言って、それが平均寿命を延ばすことには直接つながらないというのは、先に示した結果からもお分かりのことと思います。



日刊新聞の配布部数を知る事は、その国の情報流通、知識レベル、言い換えれば、その国の社会的、文化的レベルを把握するのに大変役に立ちます。ここでも、日刊新聞の配布部数と、平均寿命は指数関数的な曲線で、配布部数が増えるに従い、平均寿命が延びる傾向を示しております。多国語を使用する国々においては、一言語を用いる他国に比べ、社会経済水準が同等でも、新聞の配布部数が多いの

は当然のことです。ソ連や、インドでは日刊新聞の配布部数が多いのにも関わらず、平均寿命が短いのですが、これらの国は典型的な多国語国家です。



男子平均寿命と国民1人1日当りカロリー摂取量 N=43 r=0.824

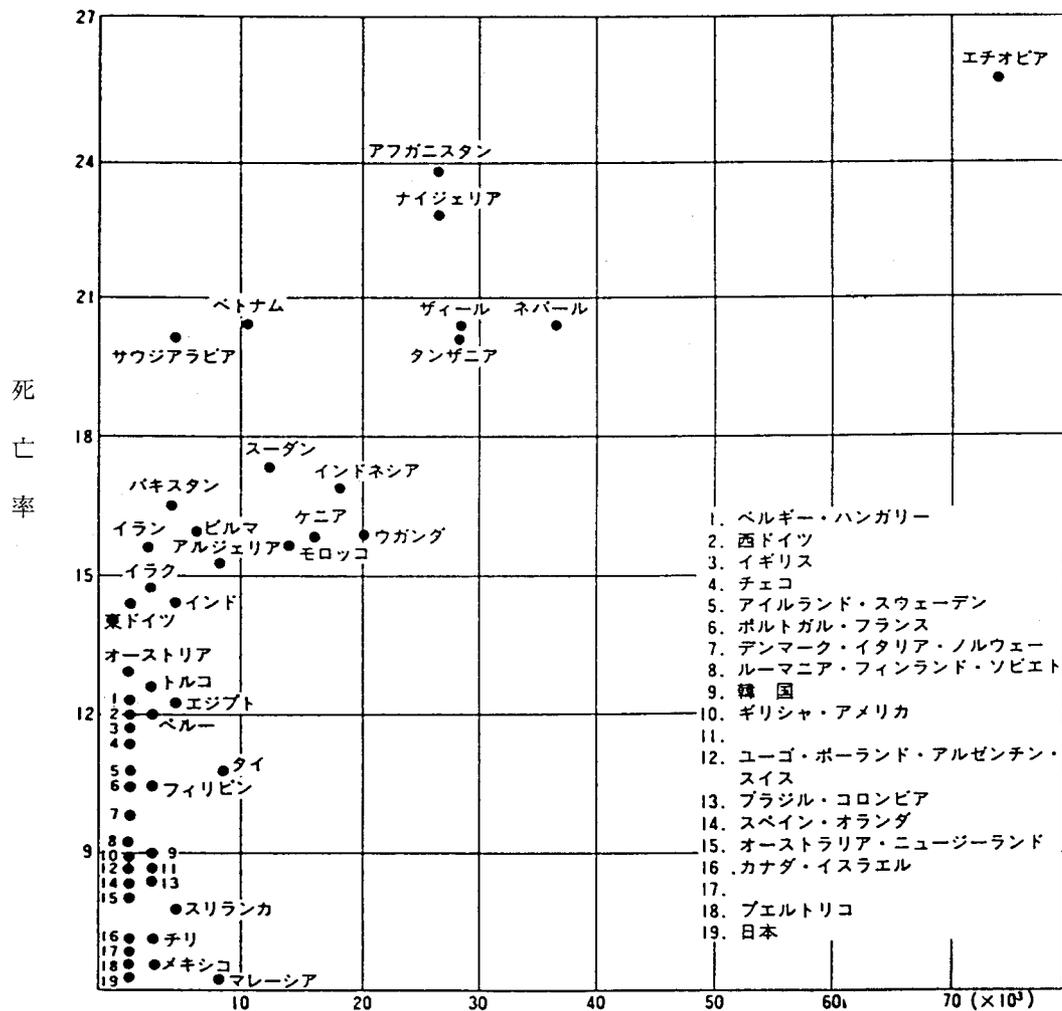
上記三者の関係を見ると、一種の指数関数的曲線、或いは飽和曲線を描いております。この非線形性によって、これら三者間の相関係数を単純に計算すると相関性が低くなることが考えられます。一日当たりの一人分のカロリー摂取量との関係はまた別の様相を呈しており、特に発展途上国では、明らかな直線性が示されております。

前にも申しましたように、平均寿命は、一人当たりの国民所得と深い関係があります。従って、ここでお見せするような直線性は、予測どおりであります。ここで注目したいのは、日本とスウェーデンでは、カロリー摂取量が比較的少ないにも関わらず、平均寿命が長く、それに比べてソ連、アルゼンチン、南アフリカでは、カロリー摂取量が比較的多く、平均寿命が短いという点です。

ここでは、死亡率と、社会経済指数の関係についてご説明致します。

一般的には、死亡率と、医療施設数や医療従事者数のレベルとの間には密接な関係があると考えられております。

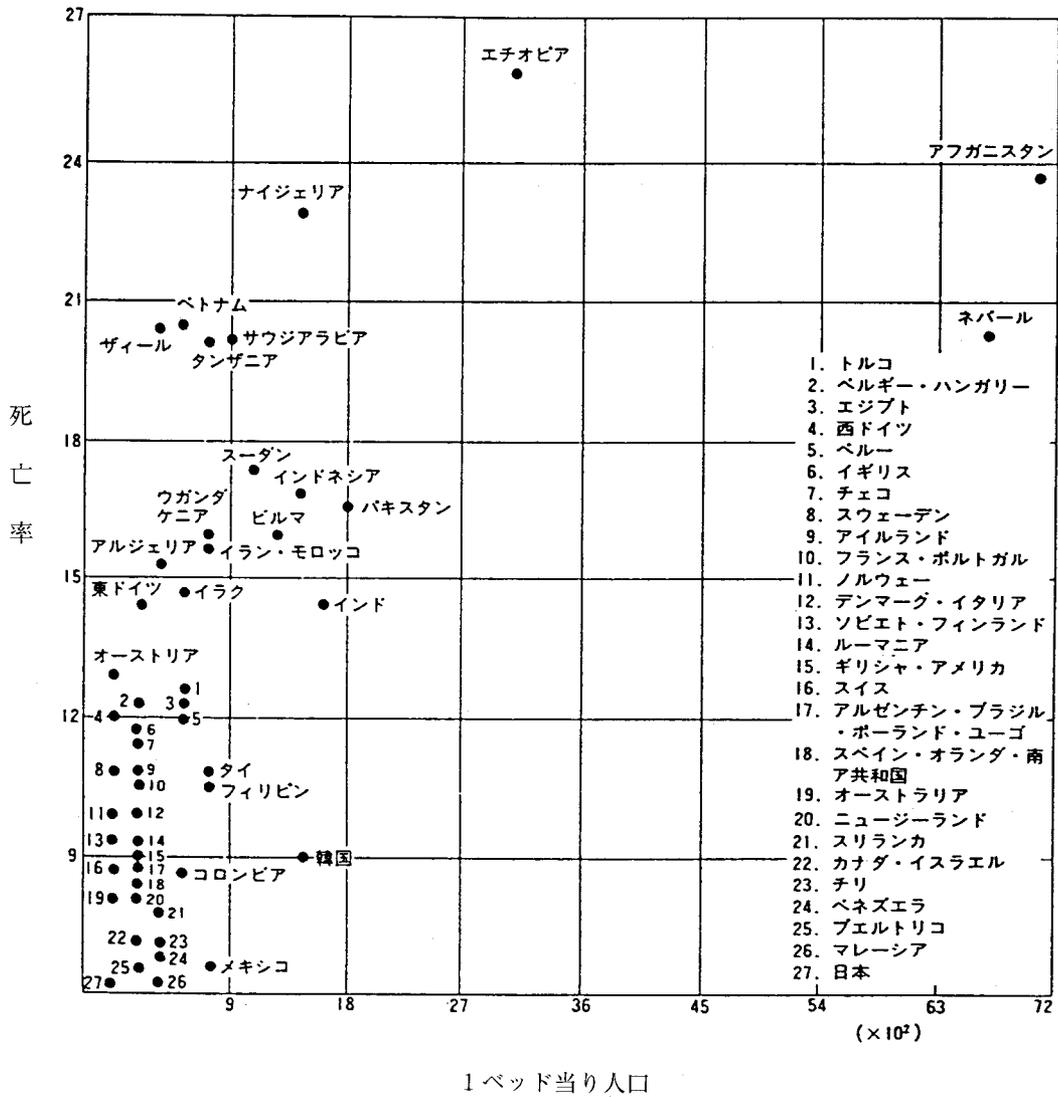
死亡率のレベルに関しては、先進国と発展途上国とでは、明白な相違があります。つまり、先進国においては、高齢者層が占める割合の増加により死亡率が高くなるのに対し、発展途上国においては、乳幼児死亡率の割合が高いということです。医師一人当たりの人口数とのクロス集計の結果にも、また注目すべき点が見受けられました。産油国幾つかでは、医療従事者数が多いにも関わらず、死亡率は依然高いという事実です。



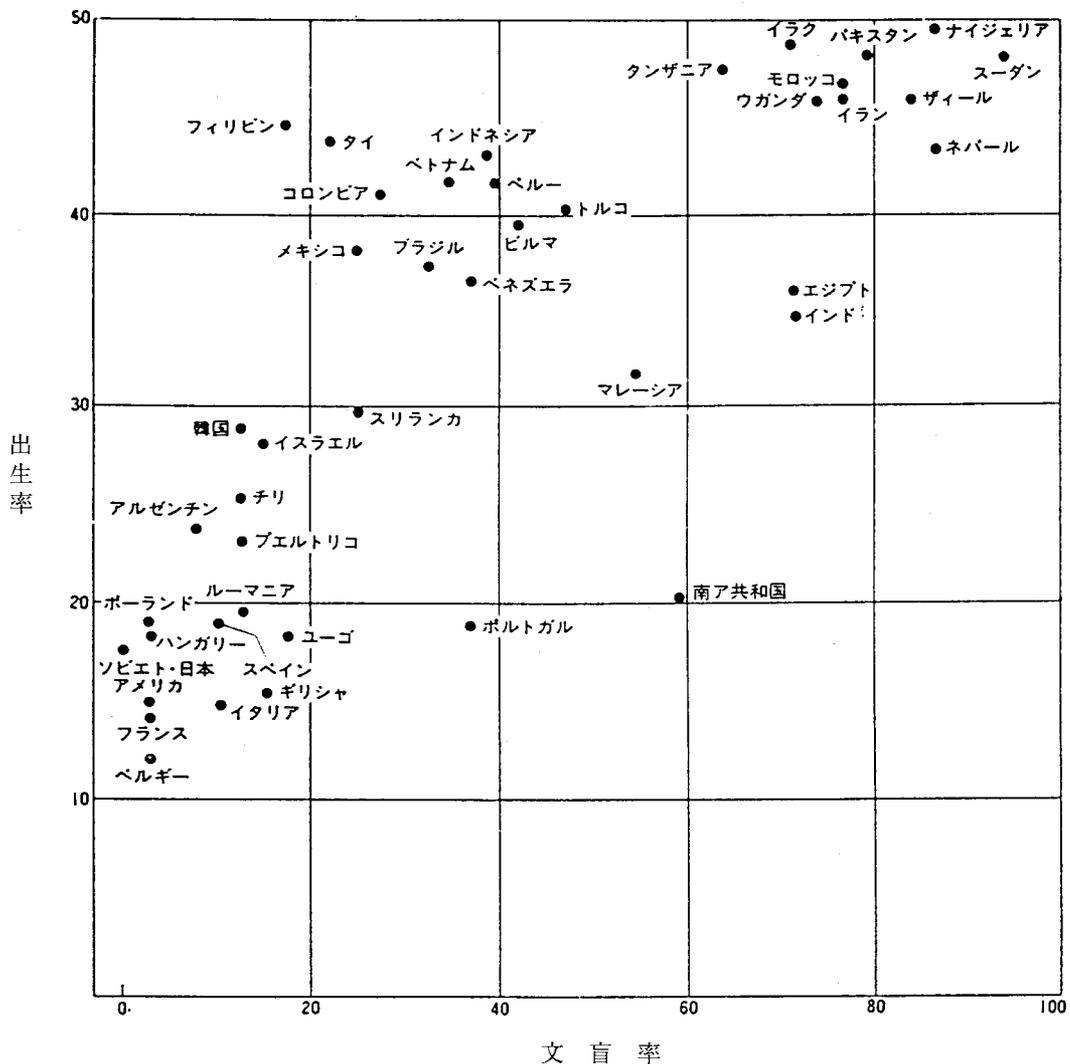
医師1人当り人口

死亡率と医師1人当り人口 N=64 r=0.768

前回と同様に、ここでは、病院病床数が多いにも関わらず、死亡率が高い例について示しました。サウジアラビアとナイジェリアは、その代表的な国です。ここでは又、医療施設は非常に良く整っているのに、平均寿命が短いという傾向も見られます。その代表的な国として、南アフリカと、メキシコが挙げられます。出生率と社会経済指数との関係についてご説明致します。



発展途上国での人口が増加の一途をたどっている事に関しては、今や世界的に深刻な問題となっております。出生率は社会的水準と密接な関係がありますが、出生率と文盲率との関係をグラフ化したところ、予想通りに、双方は比例関係にあることが分かりました。

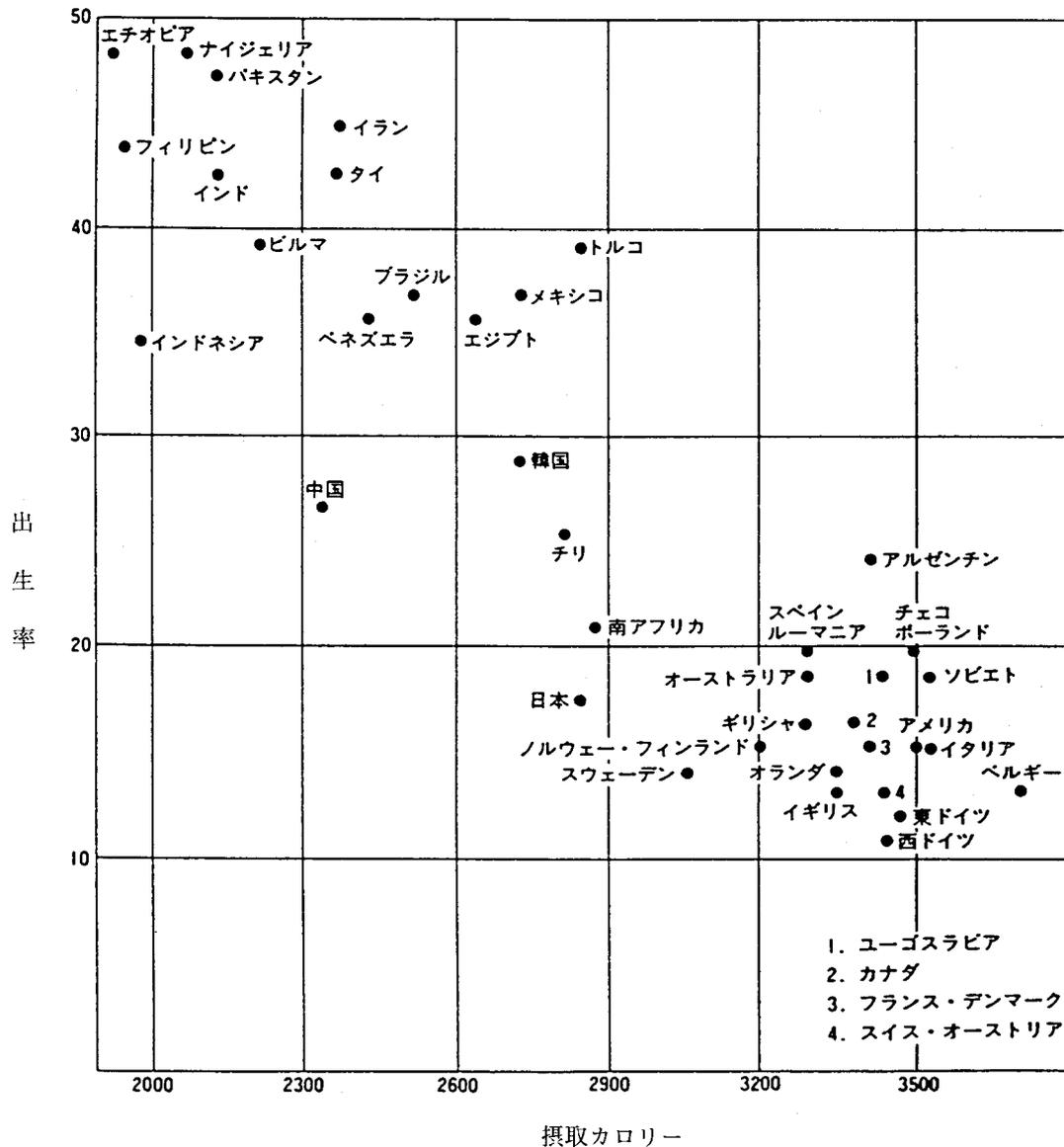


出生率と文盲率 N=45 r=0.788

出生率とカロリー摂取量との関係は、さらに密接な比例関係にあることが分かります。この中には、フィリピン、タイ等に見られるように、文盲率は低いのに、出生率が高い国があります。出生率は、その国の住民の宗教や慣習等、教育を施すことによっても、簡単には変わりようのない要因と深く関連している、と言われております。南アフリカでは、文盲率が高い割には、出生率が低くなっております。これは、黒人系の出生率の調査データが不十分である為と思われる。

時間の都合上、ここでは主成分分析を省略させて頂き、クラスター分析についてお話ししたいと思います。

クラスター分析も又、相互関係を調査する為の一つの方法です。この方法の特徴は、各項目の類似度を客観的に計算して分類に便利な樹木図にあらわすという点で、この分類結果の解釈は基本的には、分析を行う者の主観的判断でなされます。この分析を行う際には、対変数消去法によって算出された相関係数を用いて、

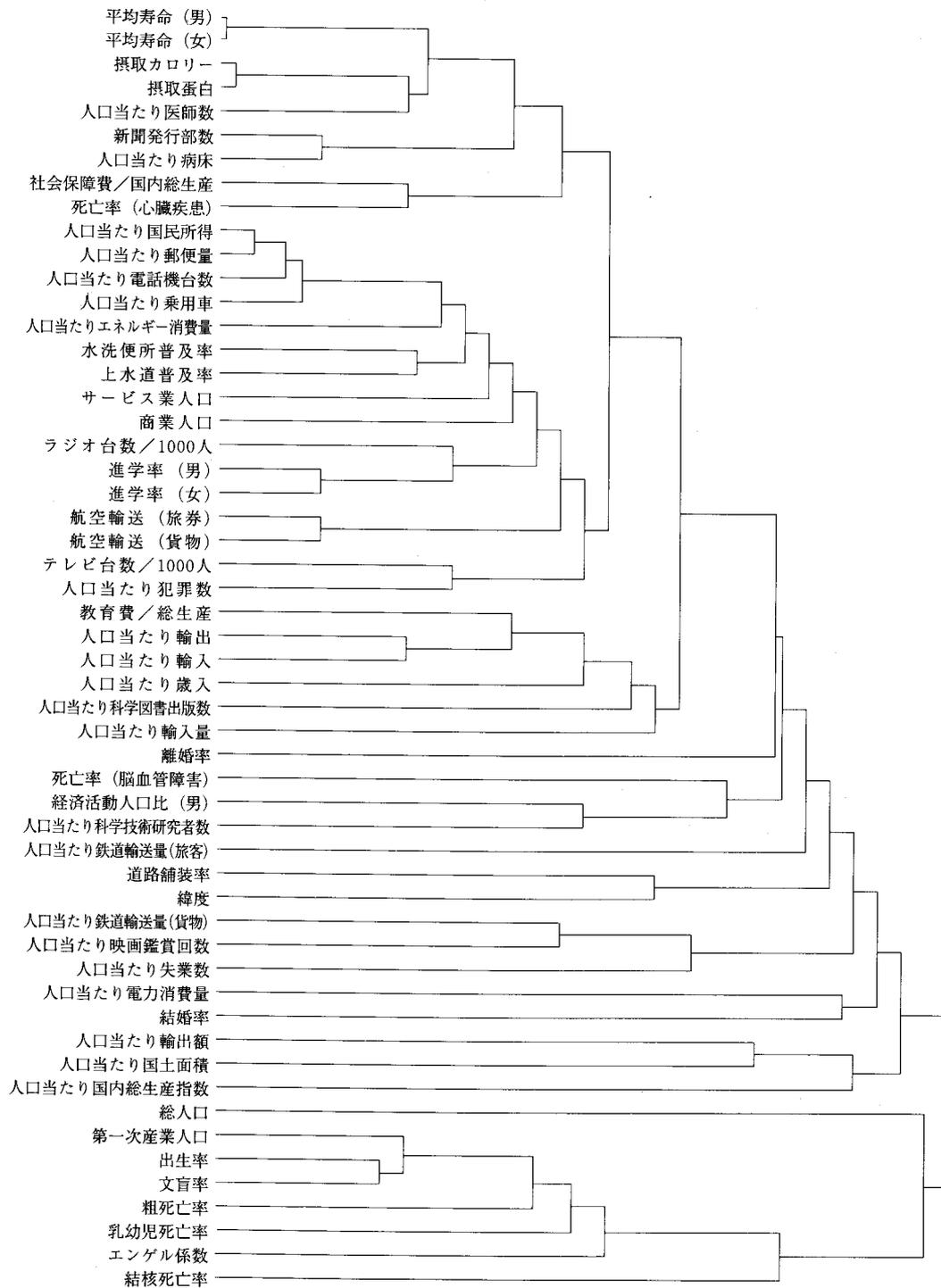


出生率と国民1人当たり摂取カロリー N=43 r=0.902

類似度を求めます。対象項目については、前にお話しました「相関関係分析」と同様です。

ご覧の樹木図のような結果となりました。一番目のクラスターのグループは、平均寿命、一日当たりの摂取カロリー、及び蛋白質の摂取量、医師一人当たりの人口、病院病床1床当たりの人口数、住民1000人当たりの日刊新聞発行部数、国内総生産に対する社会保障費、及び心臓病による死亡率が含まれております。このクラスターを、「平均寿命群」と呼ぶことと致します。

二番目のクラスターには、一人当たりの国民所得、一人当たりの使用電話台数、一人当たりの車保有台数、一人当たりのテレビ受像機保有数、一人当たりのエネルギー消費量、公務、及び公益事業に携わる人口の割合、水道、及び水洗トイレの備わっている住宅の率、一人当たりの犯罪件数、一人当たりの郵便物運搬機関



社会指標のクラスター分析

の数、が含まれております。このグループを、「サービス・情報群」と呼ぶことと致します。

ここには、前に示した一番目と二番目のクラスターと類似しているものの、規模はもっと小さなクラスターが見られます。注目して頂きたいのはこのクラスターに、粗死亡率、幼児死亡率、出生率、エンゲル指数、結核死亡率、農業及び漁業

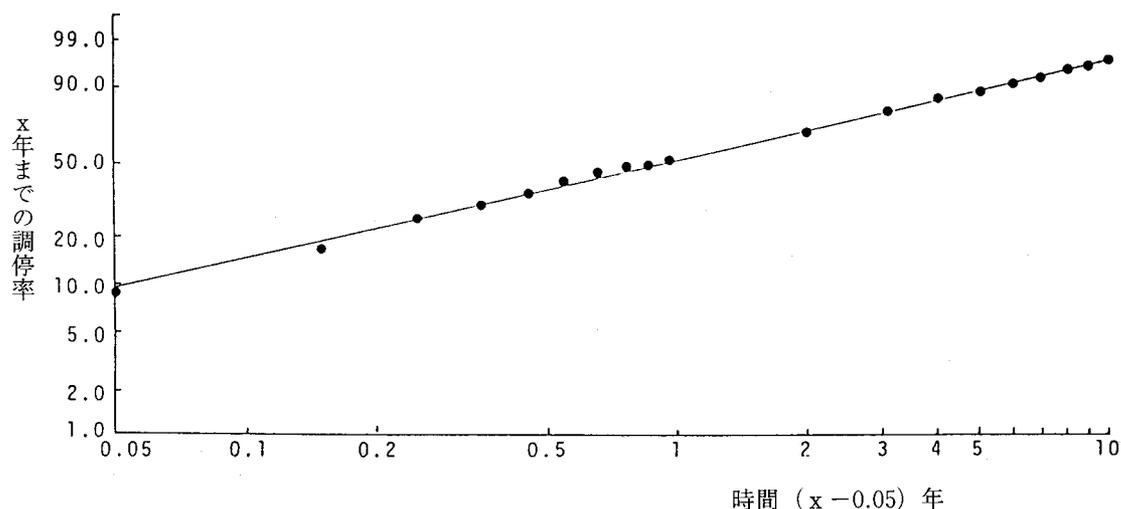
に携わる人口の割合、が含まれていることです。またこのクラスターは、母集団の大きさにも関連しています。要するに「公衆衛生指数群」が、このクラスターに集約されています。類似度の計算においては、相関係数を用いた為、一番目のクラスターと、最後のクラスターには寿命と死という正反対のふるまいを呈するものと推測されました。

なお、1960年代と1970年代の社会指標分析の比較も試みました。クラスター分析の結果では、この10年間に於いてはどの項目に関してもクラスターの基本的構造に大きな変化は見られませんでした。このように同じ指標を用いて比較、分析を行うことは、大変意義のあることだと思われます。これにより、国家の経年的変化を調べることが可能ですし、発展途上国における政治的な変動による影響をチェックしてみるのも興味あることではないかと思われます。先進国についても同様の調査を行い、たとえば大規模な工業活動によって新しく引き起こされた環境破壊の影響を把握するなど、大変意義のあることと思われます。

## 2. 現代社会に対する信頼性の評価について

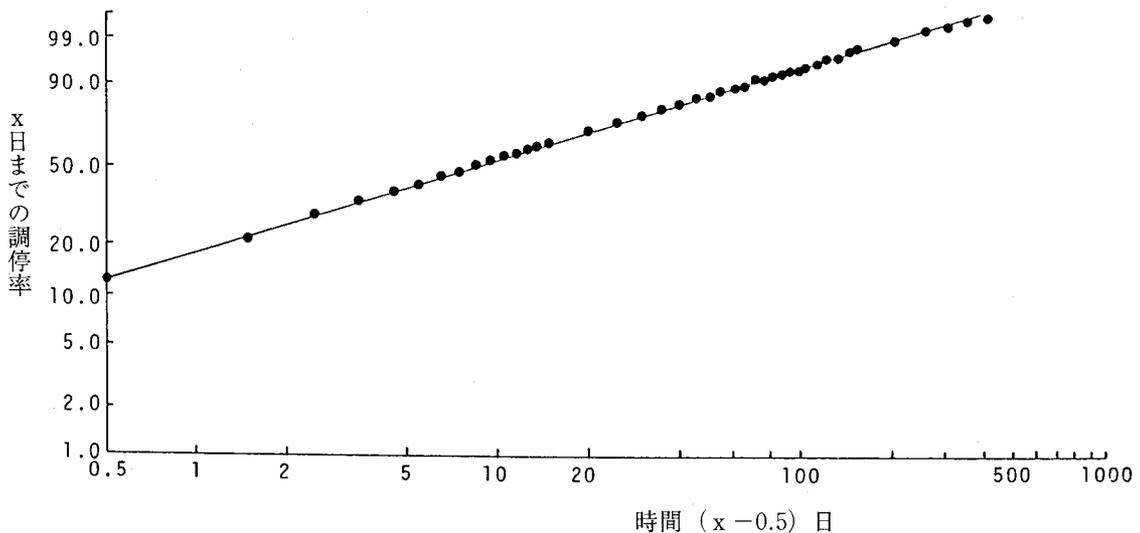
時間経過とともに解決に到るような社会的事象について、それらの規則性を適切な統計的モデルで記述することが可能です。これまでも多く報告されていますが、全ての社会的事象は、その解決を妨げる要素が常に変動する蓋然性モデルと見なされるかもしれません。ワイブル分布に代表されるような、極小値の非対称分布は類似の集団事象に対して、時間経過の曲線を描くこととなります。例えば、戦争や、ストライキの期間は、ワイブル分布関数によって表すことが出来ます。

戦争 (リチャードソンによる)



1968年に、ホーバスは、ワイブル分布によって戦争継続期間の記述統計もまた可能であることを見出しました。ホーバスは、戦争の規模を戦争中の死者数の対数をとってマグニチュードと定義し、マグニチュードが2.5以上の戦争については、初期故障モードに従って終戦へつながる事、つまり休戦の可能性は、戦争勃発直後が最も高く、時間の経過に伴って、単調減少するということを発見しました。戦争そのものは、古典的な様式から、最近は無差別ゲリラ攻撃やテロリズムへと様相を変えてきていますが、このような新しい形式での戦争においても、その規則性を見出す必要があると信じて疑わないものであります。

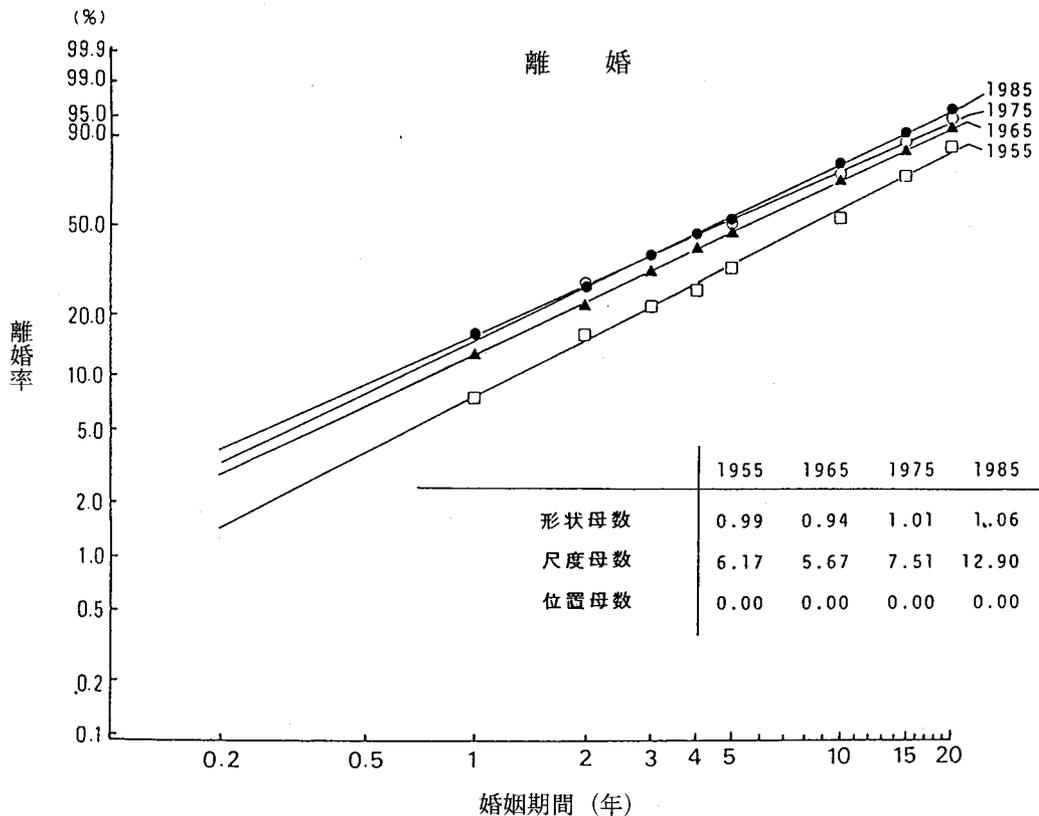
ストライキ (B.L.S.DATA,1961)



ストライキとは、資本家と労働者との間で資本の再分配を巡って繰り広げられる闘争であります。従って、ストライキによってもたらされる事象は、戦争によるものに酷似していると言えます。ホーバスは、ストライキの期間中については、その故障期間を確率変数としてワイブル分布に当てはめることができることを発見しました。後に、日本の慶応大学の教授であり、社会学者の印東教授がホーバスのデータをもとに、ストライキの瞬間解決を計算し、ストライキの解決が急激に落ち込む時期について示唆しています。印東教授は、ストライキはその勃発より2カ月以内に解決交渉が成立されるべきで、それ以上に長引くと流砂のように危険で油断のならない事態に発展してしまう恐れがあるという指摘をしています。

離婚は、いわゆる結婚生活の崩壊であります。印東教授は、離婚はワイブル分布関数初期故障モードに従う可能性に言及しています。しかし、私の計算による

と、離婚の故障モードは、ワイブル分布の偶発故障モードに追従しているのが確かなことです。加えて、時代による形状パラメータの変化は全く見られません。新聞報道によると最近では、長い結婚生活を経た上で離婚をする老年の夫婦が増えているということです。この老年夫婦の離婚の理由は、一つ屋根の下で耐えて暮らしてきた期間が長い結果と考えられるものです。

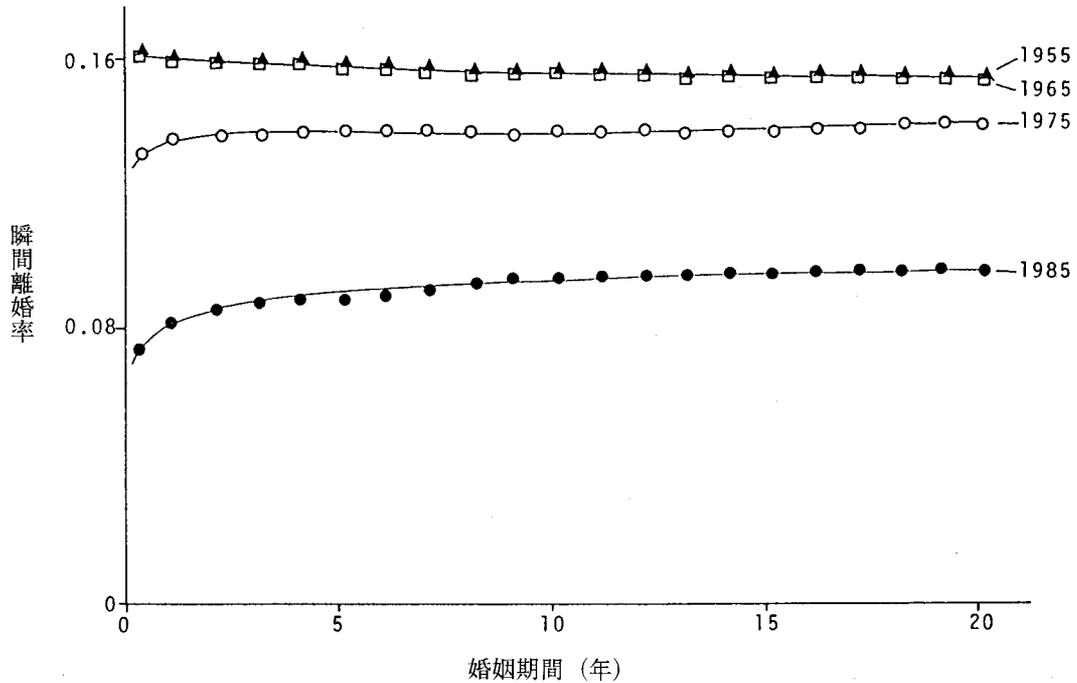


瞬間離婚率は、年々急激に減少しつつあります。これは、仮に社会環境が悪い方へと向かったならば、離婚率はそれにつれて上昇することを暗示した興味深い問題点です。

瞬間離婚率と申しましたが、これは、尺度パラメータの数値に反映されております。すなわち、この観点からは近年上昇が著しいということです。尺度パラメータが事象の寿命と関連性があることから考えて、結婚生活の安定性、もしくは結婚生活における信頼性が確実に高まってきたことになづけます。

これから本論である人間の寿命についての問題の解析について申し述べます。年齢階級別死亡率の描く曲線は、工学的信頼性の見地から見た機械類、及び人工的装置の故障によく似通ったものがあります。乳幼児死亡率がことの外高い性質については、機械、及び装置において初期故障率が高いことに酷似しております。10歳から20歳までの年代層の死亡率が低いことは、最も製品が安定している時期

### 瞬間離婚率

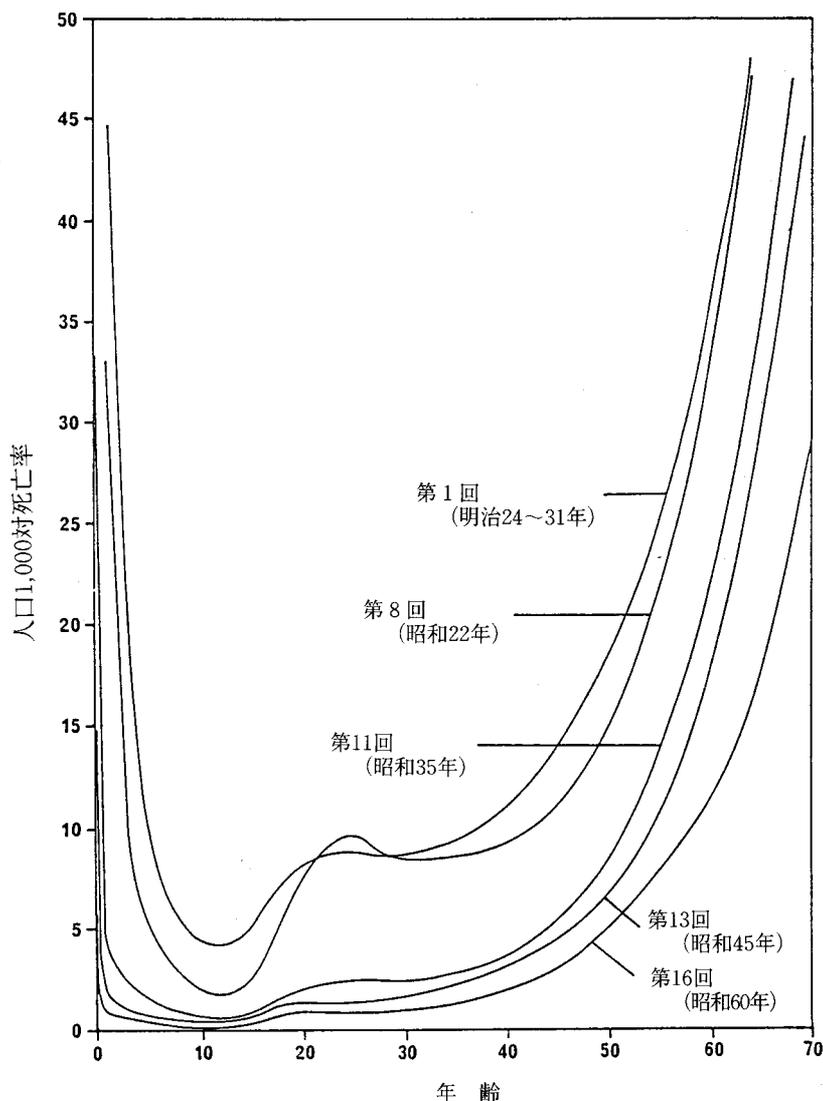


に偶発的にのみ故障が発生するので、故障率が低いことによく似ております。機械や部品は、長期間の使用により摩耗すると、廃棄、あるいは交換されることとなります。40歳以上の人間の死亡率は、生理学上では老衰とされていますが、これは機器で言うところの摩耗故障に相当するものです。機器に見られる故障率は、バスタブ曲線を示しますが、これは人間の場合の（幼児期、青年期、老年期に分類される）年代層別死亡率の描く曲線と酷似しております。

人間の年齢階級別死亡率の、ワイブル分布関数による分析を試みました。幸い日本は、人種的単一国家と見なされ、栄養摂取水準、生活水準、医療施設、福祉においては、国民すべてに対して均等に高いレベルにあります。従って、日本人に関しては、年齢階級別死亡率は、混合ワイブル分布により表すことが容易であると考えられます。

パラメーターの推定と、ワイブルモデルの妥当性を確認する為には、ワイブル確率紙を用いて、推定計算を行う事から始めます。これは、指数関数モデルを用いたピーリング分析に類似した方法です。次に、非線形最小二乗法を用いて、ワイブルモデルの正確な解を求める段階へと進みました。そこで皆さんには、過去100年間におけるワイブルモデルの特性パラメーターの総合的変動についてお見せしたいと思います。

男子の年齢階級別死亡率曲線の経次推移

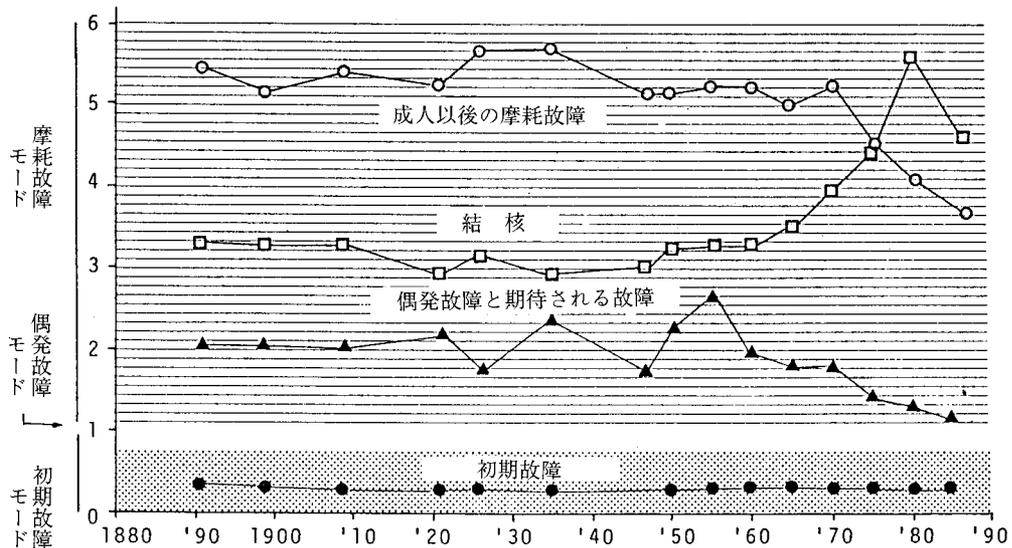


日本の生命表分析のワイブル特性値の推移

	I	II	III	IV	V	VI	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI
$P_1$	0.34	0.32	0.33	0.34	0.30	0.25	0.23	0.15	0.10	0.07	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01
$P_2$	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.07	0.05	0.03	0.03	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
$P_3$	0.32	0.27	0.34	0.30	0.31	0.25	0.37	0.35	0.31	0.36	0.26	0.31	0.18	0.13	0.08
$P_4$	0.30	0.38	0.30	0.33	0.36	0.43	0.33	0.47	0.55	0.55	0.67	0.64	0.78	0.84	0.89
$m_1$	0.29	0.26	0.24	0.22	0.26	0.26	0.27	0.27	0.28	0.27	0.25	0.27	0.28	0.28	0.29
$m_2$	3.36	3.29	3.32	2.84	3.12	2.84	3.02	3.20	3.28	3.30	3.52	3.95	4.48	5.65	4.60
$m_3$	2.05	2.04	2.00	2.25	1.69	2.43	1.69	2.33	2.70	1.92	1.79	1.81	1.52	1.34	1.12
$m_4$	5.47	5.13	5.48	5.26	5.70	5.73	5.13	5.12	5.21	5.25	4.93	5.38	4.50	4.11	3.76
$t_{01}$	1.34	1.10	1.10	1.11	1.17	1.13	1.45	1.89	1.92	1.79	1.70	1.96	2.05	2.16	2.36
$t_{02}$	$5.17 \times 10^3$	$5.00 \times 10^3$	$4.27 \times 10^3$	$1.05 \times 10^3$	$2.82 \times 10^3$	$2.00 \times 10^3$	$3.76 \times 10^3$	$1.29 \times 10^4$	$2.62 \times 10^4$	$3.70 \times 10^5$	$1.08 \times 10^5$	$5.27 \times 10^3$	$8.49 \times 10^2$	$1.11 \times 10^9$	$3.28 \times 10^8$
$t_{03}$	$2.66 \times 10^3$	$2.21 \times 10^3$	$3.00 \times 10^3$	$5.99 \times 10^3$	$6.88 \times 10^3$	$8.50 \times 10^3$	$8.62 \times 10^3$	$1.34 \times 10^4$	$8.57 \times 10^3$	$4.47 \times 10^3$	$2.77 \times 10^3$	$3.50 \times 10^3$	$9.27 \times 10^2$	$4.57 \times 10^7$	$1.42 \times 10^5$
$t_{04}$	$1.58 \times 10^3$	$4.05 \times 10^3$	$1.47 \times 10^3$	$5.77 \times 10^3$	$3.45 \times 10^3$	$6.88 \times 10^3$	$1.73 \times 10^3$	$2.86 \times 10^3$	$4.82 \times 10^3$	$5.30 \times 10^3$	$1.77 \times 10^3$	$1.54 \times 10^3$	$4.26 \times 10^2$	$1.19 \times 10^7$	$3.40 \times 10^5$
$\gamma_1$	0.80	0.79	0.78	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
$\gamma_2$	9.90	8.68	9.84	9.19	9.42	9.49	9.00	9.65	9.70	9.99	9.99	9.99	1.00	1.49	2.00
$\gamma_3$	$1.39 \times 10$	$1.38 \times 10$	9.72	$1.48 \times 10$	$1.68 \times 10$	$1.67 \times 10$	$1.56 \times 10$	$1.41 \times 10$	$1.31 \times 10$	$1.37 \times 10$	$1.25 \times 10$	$1.36 \times 10$	$1.36 \times 10$	$1.49 \times 10$	$1.57 \times 10$
$\gamma_4$	$2.38 \times 10$	$2.50 \times 10$	$2.20 \times 10$	$2.31 \times 10$	$2.16 \times 10$	$2.92 \times 10$	$2.81 \times 10$	$2.78 \times 10$	$2.69 \times 10$	$2.80 \times 10$	$2.46 \times 10$	$2.94 \times 10$	$2.94 \times 10$	$2.94 \times 10$	$3.08 \times 10$

	分配係数	形状母数	尺度母数	位置母数
$P_1$	初期故障	$m_1$ 初期故障	$t_{01}$ 初期故障	$\gamma_1$ 初期故障
$P_2$	結核	$m_2$ 結核	$t_{02}$ 結核	$\gamma_2$ 結核
$P_3$	偶発故障	$m_3$ 偶発故障	$t_{03}$ 偶発故障	$\gamma_3$ 偶発故障
$P_4$	摩耗故障	$m_4$ 摩耗故障	$t_{04}$ 摩耗故障	$\gamma_4$ 摩耗故障

### 形状母数の経次推移

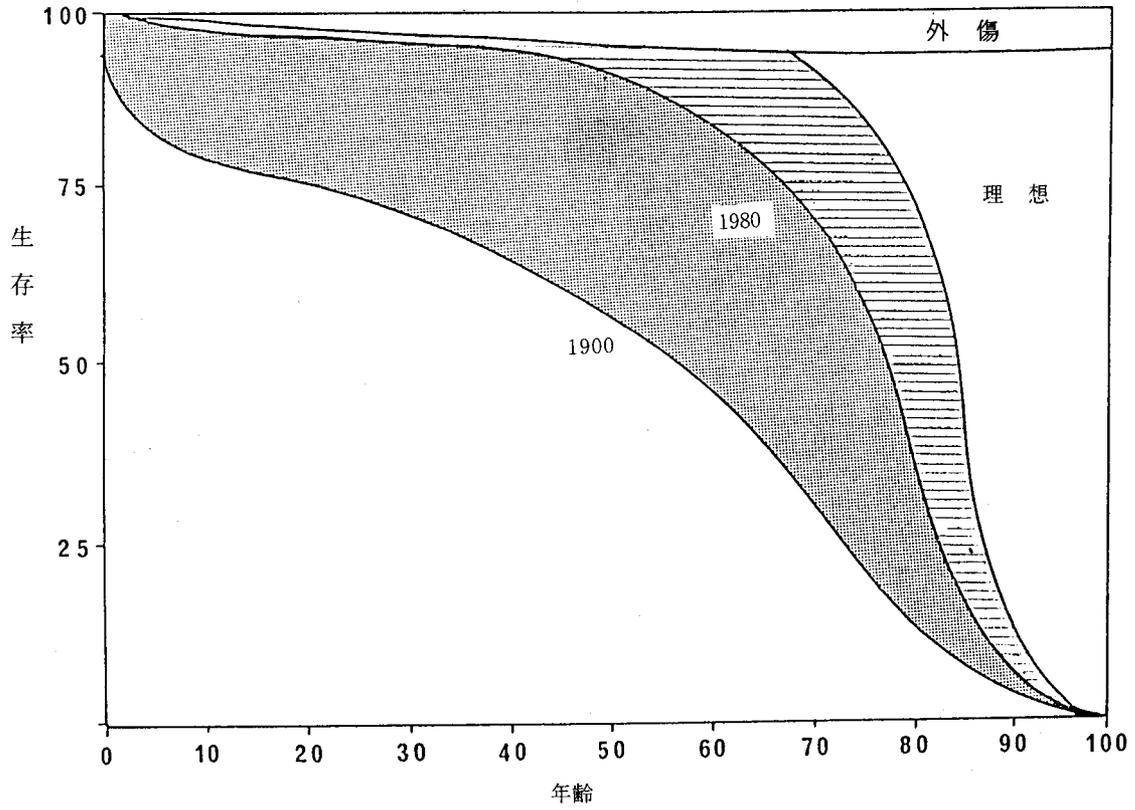


このスライドでは、人間の年齢階級別死亡率曲線を混合ワイブル関数で表した場合の形状パラメーターを示します。予想通り乳幼児期における急激に減少する死亡率の成分は、典型的な初期故障モードと一致しております。この時期における形状パラメーターは、過去100年間で変化を示してはおりません。従って、基本的な分子機械設計、つまり出生時の人体の構造には（過去100年間）変化がなかったと言えるわけです。工学的な見地からするとこれは、出荷時の機械の品質が均一に管理されている状態を意味します。

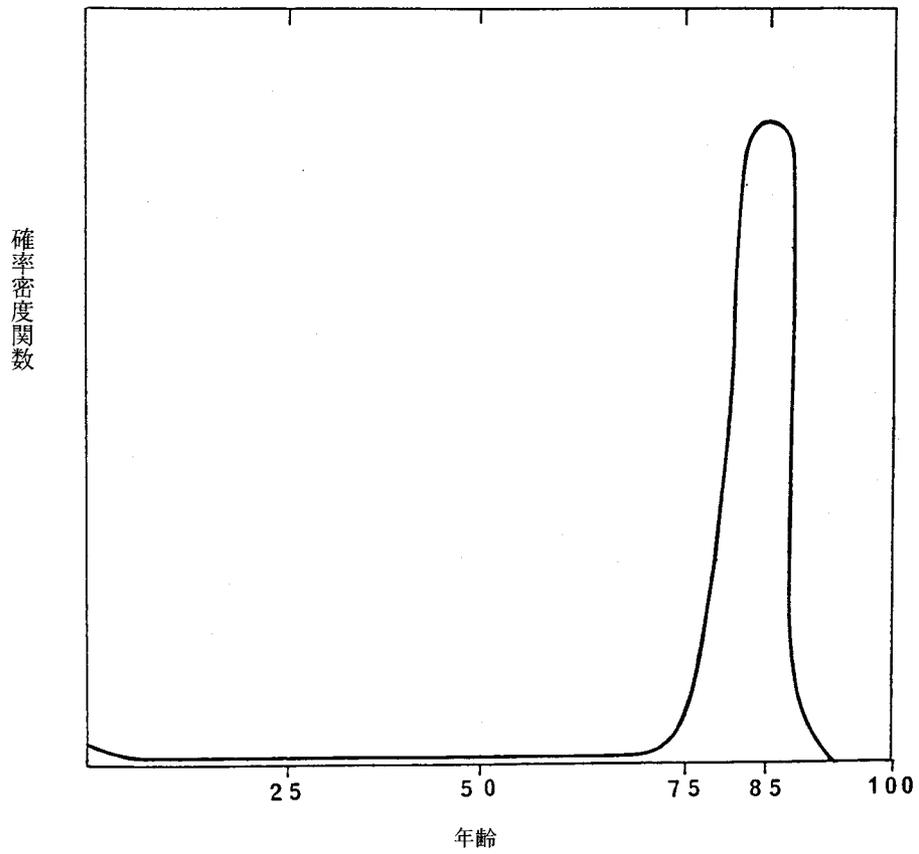
青少年期における死亡率が、機器に見られる偶発故障に対応するであろうことはまた、予測されていたことでもあります。しかし実際には、この世代における形状パラメーターは、1.0以上の値を示しており、過去にはかなり高い率で発生していた疾病の感染により、いわゆる摩耗故障現象が、この世代にも存在したことを意味しております。近年においては、青少年期の形状パラメーターは、ほとんど1.0の値に近付き、これははじめの段階での仮説の妥当性を反映しています。

結核は、昔は恐れられていた病気ではありましたが、現在はそうではありません。形状パラメーターは、5.0以上を示しており、ガウス分布に見られるような、尖鋭な分布曲線を呈しております。

いわゆる平均寿命とは、生命力が失われるまでの時間であります。40歳を過ぎてからの指数関数的な死亡率の増加は、人間の平均寿命を規定する決定的な要素であります。形状パラメーターは、およそ5.0ですが、これが1960年頃から減少してきており、現在はおよそ4.0の値を示しております。全ての人間の寿命は、医学が進歩すれば同じになるといった理想が描かれて来ましたが、これが実現すれば、生存曲線は、人間として与えられた天寿を全うする時点で、直角を描くこととなります。摩耗故障モードによる死亡の分散（ばらつき）が大きくなるとは考



アメリカの生命表の経次推移 (Friesによる)

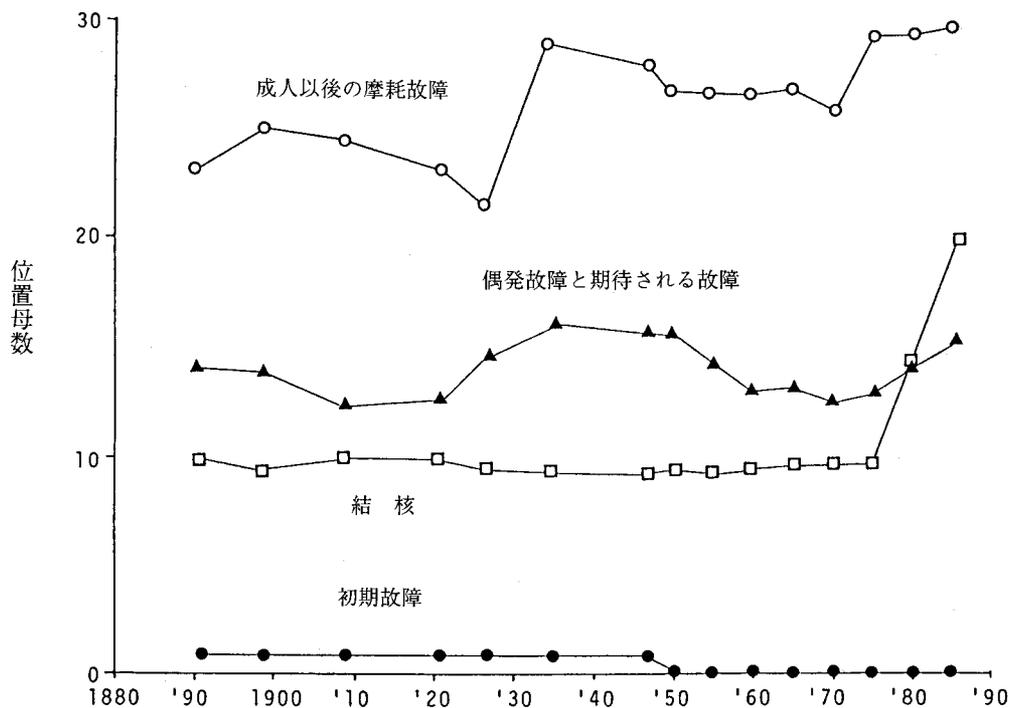


理想的な確率密度関数 (Friesによる)

えられません。現代医学は、例えば脳卒中、心臓血管病、癌等の成人病による死亡率の減少を図ろうと努力を重ねております。その結果として、寿命が長くなったとすれば、摩耗故障モードは、ばらつきの少ない、より高勾配の分布となって現れるであろうと予測されたのです。ところが、私の分析では、それとは反対の結果が現れてしまいました。従って、差し迫った危機を乗り越えたところで新たに、さらに治療が困難な疾病が出てきて、それが死につながる、という仮説を立てるのを余儀なくされているのです。人間は、天寿で死ぬのではなく、疾病で死ぬ運命にあると言った方が的確なのかもしれません。現代医学に発展によって、乳幼児死亡率、及び青少年期層の死亡率は減少させることが出来ました。しかし、前にも申し上げたように、乳幼児期における初期故障モードには変化がありません。そこで私は、医学における研究と調査の新しい目標として、出生以前の過程を解明していく必要があると考えます。老化の過程について研究することも、同じく重要な課題であると考えます。

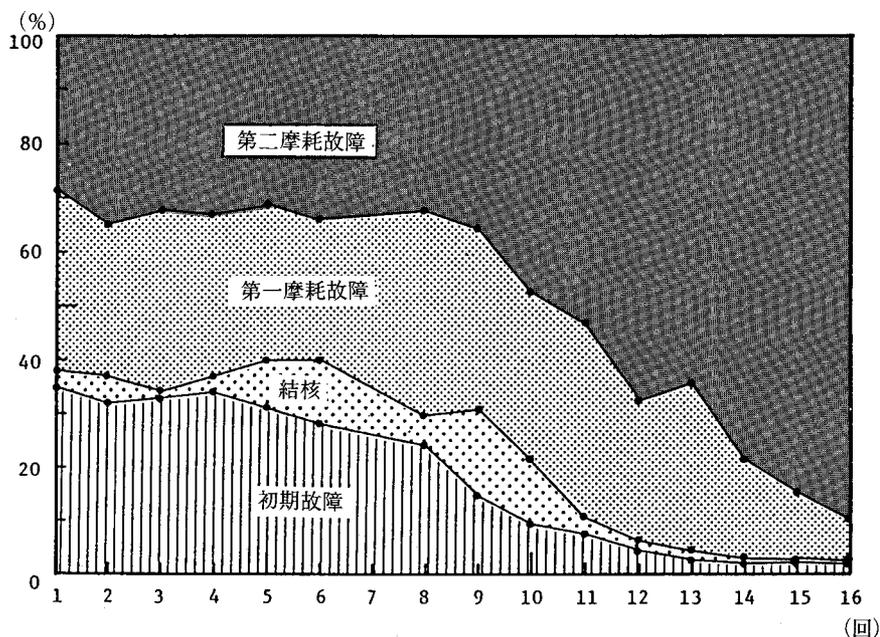
位置パラメーターの変動に関しては、詳しい説明は省いて、手短にお話したいと思います。これによると、幼児期における初期故障モードの位置パラメーターは、殆ど0を示しております。青少年期の偶発故障モードによる死亡の位置パラメーターは、15歳位のところに位置し、この年代では、幹細胞がまだ成熟しきっていない状態であることを示しております。摩耗故障モードによる死亡の位置パラメーターが、30歳以前の位置で見られることは、予期しなかった事実でありま

位置母数の経次推移



す。しかし、幹細胞の分裂能力が無くなって15年を過ぎてから、幹細胞の衰退が始まったとするならば、これは何も驚くことではないのです。

寿命のワイブル分析における混合比係数の年次推移



過去100年の間で目覚ましい変化が現れたものは、ワイブル分布の混合率です。初期故障モードによる死亡の混合率に関しては、最も著しい下降を示しております。第二次世界大戦の終結までは、初期故障モードによる死亡の混合率は、およそ3分の1でした。残りの3分の2を偶発故障モードによる死亡と、摩耗故障モードによる死亡とが同じ割合で占めておりました。しかし今日ではこの混合率は、初期故障モードによる死亡が、1パーセントに満たないものとなり、偶発故障モードによる死亡は8パーセントを占め、全体の89パーセント以上を摩耗故障モードによる死亡が占める、といった具合に変わってきております。

現代世界に対する信頼性を評価するのに、幾つかの社会的、福祉的事象に関して用いられた各ワイブル分布の特性パラメータの算出を試みました。

皆さんにお配りした今回の報告についての要旨の中に述べてありますように、多くの知識人は、地球上の大災害、公害、農業への悪影響、大気温度の上昇、等に対し強く警告を発しております。私達は、このような手厳しい指摘に対して、冷静なる判断を行う為に、先に申し上げたモデルを含み、さらに多くの基準について考察していかなければならないと思う次第であります。

# 文化、技術、リスクと地球環境

中央大学理工学部 教授 安藤淳平

はじめに

世界の急速な工業化と人口の増加により、地球環境が大きな困難に見舞われています。この問題とその解決には日本が深く関係すると思います。日本は1960年代の急速な工業発展の際にひどい汚染を経験し、フランスのGeorges Friedmannはその著書「技術と人間」<sup>注1</sup>の中で、当時の日本を憂うべきモデルと書いています。その後日本は汚染防止に成果を挙げただけでなく、一層の発展とエネルギー節約にも成功しました。1983年には米国のJeremy Rifkinは、その著書「エントロピー」<sup>注2</sup>の中で日本を望ましいモデルとし、地球のエントロピーは増大を続けるので、これによる破滅を防ぐためには、エネルギー消費を抑制して精神の高揚を計る東洋の思想や宗教に学ぶ必要があると述べています。

現在の日本は西洋化していますが、伝統的なものも残しています。地球の将来を考える場合、現在の世界で支配的な西欧の文化と、伝統的な東洋あるいは日本の文化とを比較考察することは意味があると思います。私は化学者で大気汚染防止技術を専攻しており、文化の問題の専門ではありませんが、今回のシンポジウムのテーマのリスクに関して、文化や宗教にも関連して考えを述べさせていただきたいと思います。このような重要な問題についてのシンポジウムを企画し、私達を招いて下さったE C Joint Research Centerおよび本田財団に敬意と謝意を表します。

リスクに関しての日本文化の特質

リスクという言葉はもともと日本語にはありません。これはリスクの観念が日本で発達しなかったことに関係があると思います。日本人はもともと情緒的であって科学的ではなく、気候温暖な島国で昔から自然を大切に安全第一の平和な生活を送ってきました。近頃は欧米の影響を受け、リスクも論議されますが、日本語がないので英語のままリスクとっています。他方、日本語には自然の美しさや微妙な人間の心理、感情などを表す言葉で西欧にないものが多くあり、文化の違いを示しています。

西洋の文明は自然の征服を目指し、東洋の文明は自然との調和を目指すと言われます。これは古代の人々の生活が、西洋では遊牧を主とし、日本や東南アジア

では農耕を主としてきたことと関係があると思います。日本では自然は人間に危害を加えるより恩恵を与えるものと考えられてきました。日本の神話にはギリシャの神話と同様、多数の神が出てきます。この神たちは人間や動物を助け、ギリシャ神話の神たちのように気に入らない人間をすぐに殺すようなことはありません。

インドに生まれ中国を経て日本に伝わった仏教と、中東に生まれヨーロッパからアメリカに広まったキリスト教を較べても、考え方の違いが見られます。仏教の教えの根本は、人間が迷いから目覚めてBuddhaになることです。Buddhaとは2300年前のインドの王子のように、悟りを開いて人々を救う境地に到達した人のことです。人間はあらゆる迷妄によって覆われていますが、正しい考えと正しい行いによってこの迷妄を取り去れば誰でもBuddhaになれる可能性を持っています。

Buddhaは人間を救いますが、裁くことはありません。仏教は人間の向上に役立つものであれば他の宗教をも容認するので、異教徒を滅ぼすために仏教の名において戦争をしたことはありません。右の頬を打たれたら左の頬を向けなさいというキリストの教えは、キリスト教徒よりも仏教徒によって実践されているように感じます。

日本の文化は、6世紀に中国から伝わった仏教の影響を受け、文学や芸術を中心として発展しました。11世紀に女流作家によって書かれた長編恋愛小説「源氏物語」は、現在でも世界の恋愛小説の最高峰として、諸外国で翻訳出版されています。

ノーベル文学賞を受けた日本の作家は、川端康成が受賞講演で述べたように、雪と月は花とともに日本人にとって美しいものの代表であり、自然を愛し、自然の中に溶け込んでこれと一体になろうとすることが伝統的な日本の心です。日本人は仏教を日本人の心情に合うような形として受入れました。すなわち、仏教は日本に入ると厳しい戒律や徹底した論理的思考は希薄になり、直感的、心情的な面が強調されました。自然と一体になるということは、自己を超える偉大なもの、すなわちBuddhaに帰依するという考え方が強まりました。

日本人は他人に対しても融和的で、他人の非を強く責めることは余りしません。個々の人間の善悪の判断は相対的であり、長い目で、あるいは異なった立場から見ると何が善で何が悪だか簡単には言えないという仏教的な感覚が日本人には強いように感じます。利益か不利益かも長い目で見ると一概には言えません。また、利益を考えて行動するよりは、その時その時の自然な心に従って行動することが良いとされ、リスクと利益とを天秤にかけて判断して行動するというような習慣は日常生活には余りありません。

日本の文化は17世紀の中頃以後200年余りの鎖国で大きな影響を受けました。鎖国をしたのは当時アジアに進出していたヨーロッパ諸国との間のトラブルを避けるためです。当時の政府は国を治めるのに好都合なものとして、中国から伝わった儒教を普及させました。儒教は君主に対する忠義と両親に対する孝行とを最高

の道徳とします。君子危うきに近寄らずという教えがあります。望むものを手に入れるには、積極的に計画を立てて行動するより、周囲の環境を整えて待つという風潮が強まり、これは現在でも日本人の特質になっています。

日本では徳川時代に鎖国を含んで300年間平和が続き、この間に商業や文芸が発展し教育が普及しましたが、世界の大勢に大きく遅れました。1868年から外国と交際を再開し、欧米の進歩に驚き、これに追い付くために科学技術や文化を学び、仏教を近代化の妨げとして排斥しました。そして軍隊を強化して中国やロシアと戦って領土を拡張し、遂に第2次世界大戦に突入しました。このような無謀な行動をとったのは、急いで欧米諸国に追い付こうとした焦り、riskに対する合理的判断の欠如などとともに、平和を求める仏教の心を失ったことも一因と思います。

日本は敗戦後の悲惨な状態にあっても社会秩序が保たれて人々が懸命に働いたために急速に立ち直りましたが、これには鎖国時代からの教育や道徳が役立っていると思います。職場では与えられた仕事を真面目に行っていれば年功序列で地位が上がるので、自分で新しい仕事を考えて取り組むことは多くありません。また従来は、日本で新しい技術を開発するよりも、外国から技術を買うほうが安全だとの考えが主流でした。このような状況は最近では変化し、独創的な科学技術の開発やriskyな新しいビジネスも生まれています。

日本では年長の人のお多くは無宗教で、戦後からの経済再建のために夢中に働き、働き過ぎの批判を受けています。儒教的な規律主義は日本では急速に減退しており、個人主義が発達しています。若年層は人生の目標が定まらず、宗教に関心を持つ人や、開発途上国でボランティア活動をしたりする人が増えています。儒教的な規律主義は韓国でも経済発展の支えになってきましたが、今ではやはり崩れかけているようです。

### 科学技術とリスク

新しい科学技術を実用化するに際しては、リスクを評価し、危険性が少なく成功した場合の効果が大きければ実行に移す。そして科学技術によって人類に好都合のように自然を改変していく。これが西欧的な考え方で現在の世界の主流であり、科学技術の発展に寄与してきました。しかしリスク評価にも科学技術自身にも問題があります。

リスクの評価は、保険会社が自動車保険を扱う場合のように、従来から多数の例があるような場合には高い信頼性が得られますが、新しい科学技術の実用化の場合には全く予期しなかった事態が起きるので、リスク評価は信頼できません。フロンによるオゾン層の破壊はいい例です。原子炉の安全のためには、多くの専門家が集まってあらゆる事故を想定して対策をたて、安全装置を付けますが、それでも予想外の事故がしばしば起こることは周知のとおりです。また、リスクの評価が可能なのは短期の将来についてであって、遠い将来のことは誰にも解りません。

第二次世界大戦の後の日本の場合は、貧しさからの脱却のため急速な工業化を進め、予期しないひどい汚染を経験しました。そこでその防止に高度の対策を取り、硫黄酸化物を除去するための脱硫設備は1600基、窒素酸化物を除去する脱硝設備は350基も作り、これらは世界中の他の国々の設備の合計よりも多い数です。この努力で大気はきれいになり、これでよいと思ったら、今度は炭酸ガスの増加がもっと大きな問題になりました。脱硫や脱硝の設備の運転はエネルギーを消費し、炭酸ガスの増加を加速します。

医薬の抗生物質や農薬の殺虫剤は最初は効果を発揮しますが、まもなく細菌や虫に抵抗性ができるので、つぎつぎに新しい強力な薬剤の開発が必要で、人体や動物への悪影響が問題になっています。

西洋的な科学主義はこのように技術の欠点を別の技術で補いますが、つぎつぎに新たな問題を生じます。これに対して、自然と人間との調和をめざす東洋的な考え方があります。医学では、西洋医学以外に昔からの中国医学、漢方があり、これは病気に対する人間の自然の治癒力や心の影響を重視し、心身の機能を回復させることによって病気を治すことが基本といわれます。薬も薬草などを用い、効果は温和で、副作用は大きくありません。殺虫剤でも、天然の除虫菊から作ったものは昔から使われ、虫の抵抗性も人体への悪影響もほとんどありません。私は合成医薬や農薬の使用に反対ではありませんが、西洋の科学技術も自然の生態系や人間の自然の治癒力をもっと重視することによって一層向上するのではないかと思います。

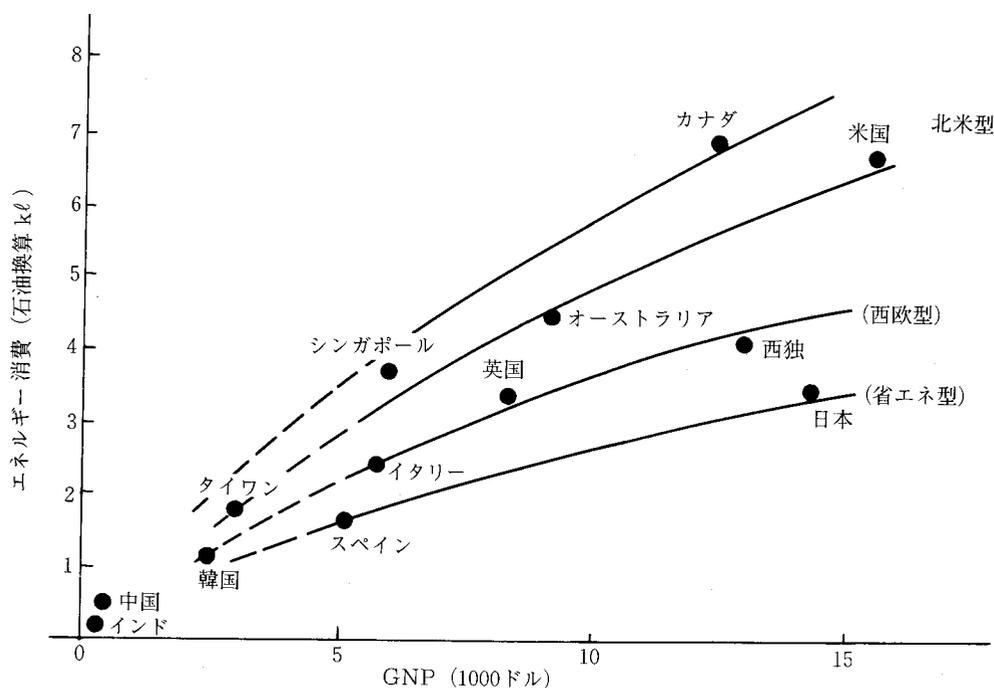
科学技術の発展に関するさらに根本的な問題として、地球の環境容量や資源の限界などの問題があります。このなかには、人間の英知で突破できるものとできないものがあると思います。たとえば、鉱物資源の中では、銅の不足が心配でしたが、これは最近の光ファイバーの発展で解消しました。また、酸性雨や光化学スモッグが科学技術で抑制できることは日本が証明しました。しかし、炭酸ガスによる地球の温暖化を防ぐことができるか、エネルギーの将来はどうなるかは大問題ですし、エントロピー増大の法則は破ることはできません。

炭酸ガスの増加を抑えるために、太陽エネルギーや原子力の使用が考えられます。しかし、太陽エネルギーなどの自然エネルギーは密度が小さいので、その使用には限界があります。原子力も本格的に利用するには、高速増殖炉の開発が不可欠ですが、増殖炉は危険性の極めて大きいプルトニウムを多量に扱います。石炭や石油の燃焼ガスから炭酸ガスを除去する考えもありますが、炭酸ガスは硫黄酸化物や窒素酸化物の数百倍も出るので、これを除去すること実際上不可能だとおもいます。

これらの問題の解決に関しても自然は偉大な能力を持っており、これを活用すべきです。硫黄酸化物や窒素酸化物は大気中の濃度が高過ぎなければ植物の栄養素として利用されます。炭酸ガスの濃度が増すと植物の炭酸ガス吸収速度も増すので、森林など植物の育成で炭酸ガスをある程度抑制できると思います。地球で

は水が地表で蒸発し大気の上層の低温部で凝縮することによって熱を放出しており、気温が上がれば水の循環速度が増すので、熱の発生をある限度にとどめれば熱汚染を防ぐことは可能だと思います。地球の浄化はこの様な自然の能力に頼るべきで、燃焼ガスから炭酸ガスを除去するための大規模な設備を作って多量のエネルギー物資を消費するようなことは愚かだと思います。

いずれにしてもエネルギー節約が大切です。第一図には、各国の国民一人当たりの年間のエネルギー消費量とGNPの関係を示します。日本はGNPでは米国と共に最高ですが、エネルギー消費は米国の半分、西ドイツの70%程度です。これは無駄使いをしない伝統的習慣と、石油危機以後のエネルギー節約の努力によります。しかし、日本程度のエネルギー節約ではまだ不十分です、第三世界の人々がエネルギーを日本人の半分程度使い始めたら、地球環境はたちまち危機に陥ると思います。日本もっとエネルギーを節約すべきです。



第一図 各国の年間一人あたりのGNPとエネルギー消費 (1986)

日本では都市ごみの70%が焼却され、これによって1年間に発生する炭酸ガスは石炭1000万トン相当に達します。世界的にも都市ごみの焼却が盛んになっています。紙類、プラスチック、ゴム、ガラス、金属などを分類して集め、これらを再生することが望ましいと思います。このような試みはしばしばなされますがあまり成功しません。大きな理由は分別収集がうまくできないからです。成功させるためには、家庭の一人一人の協力が必要で、この必要性は次第に高まるでしょう。

日本は大気汚染防止、エネルギー節約などの成果を挙げていますが、他面では

世界の工業化の推進力となって、地球環境に大きなプラスとマイナスをもたらしています。貿易の黒字が多すぎると国際的に非難されていますが、黒字になったのは十数年前からで、欧米諸国とは違って富の蓄積はまだほとんどありません。最近では外国援助に力を入れ、援助資金額は世界一になりました。しかしもっと本質的な文化や経済の在り方について反省が要るでしょう。

### 生活、宗教とリスク

現在のような急速な成長を続ければ人類は資源欠乏、熱汚染、異常気象などで遠からぬ将来破局を迎える可能性が大です。キリスト教では神に背いた人々は最後の審判で罰せられて破滅します。これは避けられないのでしょうか。それとRifkinが言うように東洋の宗教は何らかの救いになりえるのでしょうか。

私は第2次世界大戦が終わる前後の混乱期に大学生で、悩みが多く、しばしば禅宗の寺に通って座禅をしました。戦争中は、人間どうしが殺し合うということに悩みました。戦後は食料が著しく不足し、政府によって割り当てられるわずかな食料では全く足りず、闇市で食料を手に入れて食べることに罪の意識を持ちました。つぎには動物を殺して食べることを含めて、人間の行為はすべて罪悪のようには思われました。いろいろ考えたり本を読んだりして解決しようとしたのですが、ますます罪悪感にとらわれて苦しみました。これはおそらく神経症とかノイローゼといわれる症状だったと思います。

座禅の目的は雑念を捨てて悟りを開くことだと言われます。しかし雑念を捨てようとするのと一掃雑念にとらわれました。これは丁度、池に波が立っているとき、波を消そうとして手で水に触れればますます波が立つのと同じです。自然に任せればいつか波は消えますが、自分の心を自然に任せようと努めれば、心が乱れます。心が平静になるのは座禅の時でなく、何かの仕事に夢中になっているときです。

こういう悩みや迷いを数年間続けているうちに、自分の中に自我を超えた大きな何物かがあることを感じるようになりました。それはもしかするとすべての存在に通じる、宇宙の法則のようなものかも知れません。そして人間は一生苦しみながら生きて行かざるを得ないという覚悟ができました。

私の行った禅寺では、収入は主に毎週一回町の中を托鉢して歩くことによっていました。托鉢には、その寺の僧侶10名ほどと、私のような参加者数名とが、20メートルくらいずつ、間隔を置いて一列になり、時々「ほう、ほう」と叫んでいます。「ほう」とは法、すなわちBuddhaによって説かれた真実の教えのことです。こうしてゆっくり歩いていると、家の人が出てきて米や野菜をくれます。私が受け取って感謝のつもりで頭を下げたら、一人の僧から厳しく叱られました。われわれは町の人々に法を授けるために歩いており、人々はそれに感謝して施しをくれるのだから、頭を下げる必要はない、と。その言葉の本当の意味は、もっと修業を積んで、人々に法を説くことのできる人物になれということだったと思

います。禅寺での修行は精神的に大きなリスクがあります。

禅寺の食事は粗末なもので、一粒の米も一片の野菜も無駄にしません。これは単なる節約でなくて、一木一草にいたるまで生命を持つので尊重しなければいけないという仏教の考えによります。物質的に貧しくても、すべての生命の幸福を願い、心の豊かさを増すことによって充実した生活を送ることが仏教の教えです。欧米でも日本でも、経済的に恵まれながら精神不安に悩む人が増えています。金持ちが天国にはいるのはらくだが針の目を通るより難しいとキリストも教えています。

旧約聖書では神は人間に、動物を支配し食料とせよ、と教えていますが、仏教では動物を殺すことは本来罪悪です。戒律の厳しいビルマなどの僧侶は、虫も殺さないように注意します。実際には人間は動物を全く殺さずに生きて行くことは困難ですが、人間が生きるために必要でも殺すことは正当化されるのではなく、止むを得ないこととして受け止めます。

遺伝子の組み替えで自然に存在しない動物を作り上げることは、仏教の立場からは良いとは言えません。植物の合成にも問題があります。炭酸ガス問題を解決するために、成育の極めて速い植物を合成して多量に育成し、資源として利用する試験が始まっています。しかし、合成された動植物は何万年もの歴史を経て生態系のバランスの中で育ったものとは異なるので、急速に繁殖すると、生態系に大きな影響が出ると思います。また、米国で2倍の収穫が挙がるとして騒がれたスーパーコーンのように、病虫害や天候不順でたちまち全滅するというような事態も起こりえます。

合成医薬の場合、安全試験を経て発売されても大きな害を生じることがしばしばありますが、合成動植物の場合は予想外の被害が起こり得るだけでなく、繁殖を始めたら抑止することは困難です。動植物の合成の際には、有害なものができるとう繁殖させないように管理しますが、事故で外部へ出て繁殖することはありえます。この点は高速増殖炉の危険と同じです。増殖炉では有害で危険なプルトニウムを多量に生産し、これが事故で外部に出ることが心配されてます。現実には、原子炉の核燃料の一部が紛失した例はすでにくつかあります。原子力の危険性の最大のもは核戦争ですが、有害な生物を作って他国を攻撃するということもあり得ます。重大な危険物はなるべく扱わないほうがいいと思います。19世紀末の地球の人口は10億に過ぎず、その4割はヨーロッパに住み、石油はまだほとんど使用されておらず、地球は大きな発展の余地を残しています。自由競争は発展の原動力でした。しかし急速な科学技術の発展と人口の増加で、現在は既に地球の限界が見え始めています。数百年、数千年先の子孫のことを考えれば、先進国ではさらに大幅にエネルギー資源を節約し、各国とも人口増加を抑制することが必要になると思います。

いまや文明から文化へ、競争から協調へと転換すべき時です。豊かな国々では、さらに富や便利さやスピードに熱中するのではなく、精神文化の充実を求め、貧し

い国が豊かになることを心掛け、人類の長期的な平和共存をはかるべきです。長期的には、人類は太陽と植物による、今よりも少ないエネルギーで、ライフスタイルを変えて生活する必要があると思います。文化の根底には宗教が必要で、仏教も重要です。仏教はすべての生命の幸福を求め、他の優れた宗教とも共存できるからです。

この方向は日本で16世紀から19世紀まで300年間平和が続いた徳川時代に似ています。現在の地球は当時の日本と比べると人口は170倍、土地面積は400倍ですが、徳川時代に日本の端から端まで馬を走らせて数日かかったのが、いまではジェット機で一日余りで地球を一周できます。徳川時代は階級社会でしたが、社会的栄誉は貴族階級に、権力は武士階級に、経済力は市民階級にあり、これがうまくバランスして教育や文化が広く普及しました。現在の地球でも、さまざまな民族がそれぞれの文化や経済を持って共存共栄し、ゆっくりと前進することが望ましいと思います。

しかし、物質文明の急速な発展に熱中してきた人類にはこのような方向転換はむずかしそうです。EC委員会も国際的協力の下に核融合炉の開発、遺伝子の組み替えによる動植物の改変、高度の電子計算機の開発などを推進する方向をとっています<sup>注3</sup>。人類は第一次産業革命以来、科学技術の発展に伴う困難をその英知によって乗り越えてきました。しかし、いままで乗り越えることができたのは地球環境に余裕があったことも関係していると思います。今回初めて遭遇する地球環境の限界は克服できるでしょうか。地球からの脱出も語られますが、脱出できるとしてもごく一部の人に限られ、そのために多大のエネルギーや物資を消費し、地球に残る大多数の人にとっては大きなマイナスだと思います。どちらの道を歩むのか、人類は選択を迫られています。

ご静聴を感謝します。

#### 引用文献

注1 Georges Friedmann, Sept Etudes sur l'Homme et la Technique (1966)

注2 Jeremy Rifkin, Entropy (1980)

注3 P. M. Fasella, The International Dimension of Scientific and Technological Research: Prospects and Perspectives, Honda Foundation Report No. 59 (1988)

# あるシステム・リスクと その対策（要旨）

法政大学工学部教授 寺野寿郎

リスクを原因別に分けると、自然災害のようにその発生をコントロールできないものと、航空機やプラントの事故のように、技術の進歩によってある程度リスクを減少できるものがある。このほかにもう一つ、人間が他人を害するリスクがある。これも人為的なものと言えるが、心の問題が入ってくるので防ぐのは難しい。文明の発達によってリスクのあるものは減少したが、逆にこれまでなかった新しいリスク生まれてきた。

日本人は農耕民族であり、生活が自然の影響を受けやすかったことと、仏教の影響による無常観とから、すべてのリスクを運命として受け入れる気持ちが強い。これは同時にリスクは永久に続くものではなく、しばらく辛抱していれば、また、良い日がめぐってくるという楽天的な気分にも通じる。そのために、日本人はリスクに対しても積極的に取り組む姿勢がない。リスクに対処しなければならない場合でも、根本問題から解決しようとするのではなく、一時しのぎの場当たりの対策しか考えないという体質をもっている。

これは現実的な態度であり、学問でいえば理学より工学に近い思考法である。また、そのためにあまり強烈な自己主張はせず、妥協の精神が旺盛である。この点は論理を重視し、現実と妥協しないヨーロッパ人の考え方と大きく違っている。

このように程度の差はあるが、一般に人間は防ぐ方法のないリスクは運命的なものと考え、対抗的な行動をとらない。また、自分の感覚で検知できないようなリスクにも対応しない。したがって、あるリスクが問題になるのはそれが一般に認識されており、なおかつ、それを防ぐ方法があると思われる場合だけである。最近、システム・リスクが取り上げられるようになったのはその意味で非常な進歩である。

ここで言うシステム・リスクとは人間が人間に加えるリスクの一つであるが、人間の利益を目的として作られた組織的活動が逆に人間の利益を損なうようなものを言う。そのリスクは間接的で、長期にわたって広範囲に影響する場合が多く、感覚だけでは検知できないのが普通である。また、利害が共存するので単純な方法では解決できない。たとえば、公害は人間の生活を豊かにするはずの技術がもたらした副次的なリスクであり、また、社会における各種の差別は社会維持のために作られた制度や習慣が個人に与える害である。これらはシステム・リスクの

一種である。

筆者はシステム・リスクのうちで、これまであまり議論されていない二つの問題を取りあげ、その影響と対策についてシステム工学の見地から考察したい。その一つは社会のシステム化に伴うもので、合理化を求める社会がゆき着くところに起こる。システム化の本来の姿は分業と総合とがうまく組み合わさって働くことにあるが、現在のシステム化では総合の問題が忘れられており、そのために新しいリスクを生じている。昨年、東京湾で起きた潜水艦と遊覧船との衝突事故はその典型的な例である。

もう一つの問題は人口知能の発達によってもたらされる人間の総合判断力の弱体化である。エキスパート・システムと呼ばれるものは熟練者の知識をルールの形でコンピュータに入れておき、初心者や質問に応じてそれらを組み合わせて適切な答えを出すものである。これは、ある意味で人間の思考の自動化であり、大きな問題をはらんでいる。すなわち、もっとレベルの高い思考をするための自動化ならよいが、悪くすると何も考えないでコンピュータに盲従する人間を養成することになりかねない。昨年10月ニューヨーク、シカゴの取引場で起きた株の大暴落はそれを暗示している。

以上のシステム・リスクに対処するためにはマクロ・システム工学という考え方が必要である。

# ＜地球環境問題への対応＞

東京大学工学部 教授 茅 陽一

最近1、2年、地球環境問題、中でも地球大気に関する問題が今後人類の直面する大きな問題として世界的な論議の対象となっている。本論文では、この問題の持つ特徴をもとに、これ迄の環境問題と対比しながらどのような対応の姿勢がのぞまれるかを論じてみたい。

## 1. 地球大気環境問題の特性

1980年代になって、地球大気に関する環境問題が広く論議されるようになってきた。具体的には酸性雨、成層圏オゾン層の破壊、温暖化の3つである。これらの問題は、その影響が国境に無差別に広がり、しかもその問題の主原因が先進諸国にあるという点で共通している。

だが、これらの問題を一つ一つ眺めてみるとその特性にはかなりの差があることに気づく。このことを簡単にまとめたのが下の表である。

	酸性雨	成層圏オゾン	温暖化
現象の時定数	年以下	80～100年	100～1000年
不確定性			
現象メカニズム	○	○	△
自然・社会影響	○～△	○	△～×
影響の大きさ	中	中	きわめて大
対策の困難さ	小	小～中	きわめて大

まず第一の点は、現象、あるいはその慣性の時間的な長さの差である。酸性雨の場合、その影響となる生態系（魚、森林など）の慣性は大きいですが、硫黄酸化物、窒素酸化物という汚染源から酸性雨の降下に至るまでの時間はきわめて短い。言い換えると、汚染源からの発生が停止すれば殆どただちに酸性雨の降下はなくなるとみてよく、この点は従来の公害問題の多くと共通した性格を有している。

しかし、他の2つの問題はこれとかなり特性が異なる。成層圏オゾンの場合、その破壊の原因と目されているフロンは、その化学的安定性のために対流圏では殆ど分解せず、やがて成層圏に到達しオゾン層の破壊を引き起こす。フロンの大

気中での寿命は80から100年とみられ、きわめて長い。このために、たとえ今フロンの大気への排出を一切なくしたとしてもオゾン層が回復するにはなお多くの年月を要することになる。

そして温暖化は、これ以上に問題が複雑である。温暖化は温室効果ガスの大気中濃度の増大がその主たる原因と考えられているが、温室効果ガスの中心である炭酸ガスをとると、化石燃料消費から発生する年間約50億炭素トンのうち、ほぼ半分は大気中に残留する計算になる。しかし、現在でも何処にどのようなメカニズムでどれだけの量が吸収されているのかは、必ずしも明確でない（いわゆるmissing sinkの問題）。そして、仮に化石燃料の使用を取り止めたとしても、ただちに大気中の炭酸ガス濃度は以前のレベルに復するわけではなく、100年以上の長い時定数のゆるやかなプロセスを経るものと考えられる。したがって、温室効果による温暖化は人間の寿命を考えると半ば非可逆的なプロセスとみてもよい。

このように、酸性雨と異なり、他の2つの問題は充分問題の内容を解明してから手を打つ、という対応は誤りで、不確定な側面はあってもあらかじめ対応策を打たねばならないという性格をもっている。

第二に注目すべき点は問題に関する知識の不足、すなわち不確定性である。もともと環境問題には大なり小なり不確定性がつきまとう。もっとも多いのは発生源と結果ないし影響の間の因果関係で、日本の水俣病やカネミ油障害で因果関係の有無が長い間裁判で争われたのは今でも記憶に新しい。

酸性雨の場合、森林への影響が常に問題となるが、そのメカニズムについては今なお議論が多い。土壌の酸化、土壌内の塩類の溶解、窒素分の過剰供給などいくつかの原因があげられているが、酸性雨と無関係な大気中オゾンの増加が光合成を妨げ、それが森林に被害を与えている、との説もある。おそらくは、これらの諸要因が複合しているのであろうが、このような因果関係に関する不確定性が、関連諸国の対応を遅らせていたことは否定出来ない。

しかし、より大きな問題は温暖化の場合で、ここでいくつかの側面で不確定性が存在する。先にふれたmissing sinkもその一つだが、更に、現実の状況そのものについても不確実さが存在する。物理的に言えば温室効果が存在することははっきりしているのだが、今問題となっている程度の温室効果ガスの増加（二酸化炭素の場合前世紀のレベルに比し約25%）が温暖化をもたらしていることを科学的に証明することは難しい。たしかに世界の平均気温データは過去100年で0.6℃程度上昇しており、数量モデルのシミュレーションの結果とは大よそ対応する。だが、この程度だと、自然の気候変動による温暖化と温室効果の影響を分別することはなかなかむずかしい。このように、現実には温室効果により温暖化が起きている、と言い切ることは現段階では困難なのである。

だが、温暖化において更に重要なのは、今後何が起るか、という将来予測における不確定性である。これについては、米国を中心にいくつかの大型のモデルが作られ、予測が行われているが、現状では世界の平均気温についてはある程度確

度の高い予測が出来そうなものの、地域毎、たとえば日本の東京周辺、といった地域の気温や降雨の予測はかなり誤差が大きいとみられる。(米国エネルギー省の報告でも、諸モデルによる現状のシミュレーションでは、米国中西部の夏の気温についてプラスマイナス数度の誤差が生じている) まして、温暖化に伴う海面位の上昇となると予測はもっと困難で、二酸化炭素濃度の倍増時における上昇は30~120cmと大きな巾をもった数値の形で予測されている。

このように将来影響について不確定性が大きいことは、その対策の立案を著しく困難なものにする。特に温暖化の場合は、対策が高コストにつくとみられるだけに、取扱いがむずかしい。この点は、後にあらためてふれる。

地球環境問題の特性の評価にあたってとり上げるべき対策第三の要因は、問題の与える影響の大きさである。いづれの問題をとっても、その人間社会に与える影響はきわめて大きい。だが、その中でも、温暖化は、人間の生活に直接大きな影響を与えるものとしてきわだっている。地球気候が大きく変化し(たとえば雨量の低下)、農作物の収穫が激減したり、水源の確保が困難になったりすれば、その地域での居住そのものがおびやかされることになる。海面位がメートルのオーダーの上昇を示すならば、先進国は海岸の護岸に巨大な費用を要するであろうし、発達途上国の低地に住む人々(例えばガンジス、ナイルのデルタ地帯)は土地を失うという事態に立至ることとなる。しかもこうした影響は、特定地域でなく、世界全体に及ぶ。

第四の要因は、対策の困難性である。どのような環境問題でも、その対策にはコストないし経済的損失を必要とする。酸性雨の場合は脱硫脱硝設備が必要であるし、オゾン層破壊の場合は、フロンにかわる代替品の開発が不可欠である。

それでは温暖化の場合はどうか。この場合は、その主原因と目される二酸化炭素が化石燃料の消費に伴い必然的に排出されるものであり、またその量が一般の廃棄物と比較にならぬほど巨大(世界全体で二百億トン)であるだけに、対策は桁外れに大変で、二酸化炭素の大気中の濃度が殆ど上昇しない程度に迄二酸化炭素の排出を減らす(現状レベルの $\frac{1}{3}$ ~ $\frac{1}{4}$ 程度迄低減することと考えられる)ことは、遠い将来はともかくここ二、三十年の範囲では殆ど不可能とみられる。

地球環境問題への対応を検討するには、以上述べたような様々な側面での特性差を考慮しなくてはならない。

## 2. 自動車公害規制にみる二つの対応姿勢

環境問題への対応の姿勢は、いろいろの分類の仕方はあろうが、次の二つのタイプに分けてみる事が出来る。

- a. 画一規制型
- b. ベストミックス型

この論理の差を具体的に示すために、日本の自動車公害規制を例にとろう。日

本の場合、1970年代に入って光化学スモッグ等窒素酸化物に原因するとみられる公害が激しくなり、産業と自動車の公害規制が大いに議論された。この結果として登場した一つで有名なものがいわゆる“昭和51年規制”で、一般ガソリン使用乗用車の場合には実に、以前のレベルの8%にまでNOX排出レベルを下げることを義務づけたのである。これは当時自動車会社のみならず、日本産業に経済的悪影響を与える、として日本政府内にもかなりの抵抗があった。しかし、結果的には、この規制に対応して各自動車会社が必死の技術努力を行ったため、各社共この規制をクリアすることによって成功した。しかもこの技術努力は、結果的に燃焼技術の改善につながったために、燃費の向上をもたらし、日本車の世界市場における優位性に拍車をかけることとなった。

この昭和51年規制は、NOXによる被害の可能性を大きくみて、これを出来るだけ小さくするための努力に焦点を合わせたもので、タイプaの被害最少努力型の典型ということが出来る。

一方、同じ自動車でも、軽油を燃料としたディーゼルエンジン車の場合は事情が大きく異なる。日本の場合、1950年代に石油製品の軽油などの中間留分が過剰気味だったため、ガソリンに比して、中間留分は税制的に大きく優遇することが法律で定められた。このため、トラックは殆どディーゼル車となって現在に至っている。ところが、ディーゼル車の場合は、ガソリン車と異なりNOX対策が遥かに難しく、これに厳しい公害規制を課することは産業に非常に大きな費用負担を求めることになる。これは、日本の経済発展を著しく阻害することになる。現在迄ディーゼル車のNOX規制は尚進行しているが、その基準の設定はガソリン車に比し遥かに緩やかになっている。このように、ディーゼル車の公害規制の場合は、対策コストの大きさを充分考慮し、対策コストと損害コストの和を最小としようというタイプaと対照的なベストミックス戦略がとられているのである。

### 3. 地球大気環境問題への対応姿勢

さて、地球大気環境問題への対応をみると、酸性雨と成層圏オゾン層破壊の場合は殆ど同じ経過をたどっている。

酸性雨が問題になり出したのは1970年前後から、特にヨーロッパにおいてであるが、対応への最初の合意がなされたのは1979年のことである。この年に国連ヨーロッパ経済委員会 (Economic Commission for Europe) で、はじめて「長距離越境大気汚染物質に関する条約」(Convention on Long Range Trans-Boundary Pollutants) が締結された。この条約は対応の原則のみを定めたものであるが、1985年にはSOX, NOXそれぞれについて具体的排出削減計画を定めた議定書 (protocol) が作成され、加盟各国はこの議定書にしたがって公害物質排出低減の努力を行っている。

一方、成層圏オゾン層破壊の問題は、1974年に米国のRowlandが指摘したのが最初といわれているが、1980年代に入って南極でいわゆるozon holeが発見さ

れるに及び、対応の議論が進み、1985年にはウイーン条約が、そして1987年には元凶とされるフロン排出削減を定めるモントリオール議定書が作られた。

このように、この二問題では、何れも原因とされる公害物質削減目標をかけた国際協約を作る方式がとられている。このように、この二つの問題に対する対応は、明らかにaの画一規制型ということが出来る。

それでは現在問題となっている温暖化問題にはどう対応すべきであろうか。上記のような他の地球大気環境問題の経緯をみると、温暖化に対しても同様にa型の対応をとるべきである。、という考えは当然出てこよう。事実1988年6月カナダのトロントで行われた環境会議“Changing Atmosphere”では、2005年迄に二酸化炭素の排出の20%削減が提言されている。

しかし、温暖化の場合、1章で述べたようにその対策は他の二つの地球大気環境問題にくらべ格段に困難が大きい。主原因と考えられる二酸化炭素の排ガスからの除去・廃棄は現状では殆ど不可能で、エネルギー消費の削減と非化石燃料への転換が対策となるが、いづれも制約が大きく、一定限度以上は不可能である。(詳細は、Y. Kaya et al; A Grand Strategy for Global Warming, Proc, of Tokyo Conference on Global Environment, Sept. 1989参照) 一方において、これも1章で述べたようにその将来影響は不確定性がきわめて大きい。このような状況では、a型の戦略は経済的な損失が必要以上に大きくなるおそれが大きく、むしろb型のベストミックスがのぞましいと思われる。

すなわち、現象の非可逆性を考慮して、省エネルギーや非化石燃料の開発に最大の努力を払うが、温暖化現象に関する不確定性を減ずるための科学研究によってある程度の見通しが得られる迄は、経済的に大きな損失を伴うような方策(たとえば発展途上国、共産圏における石炭利用の大巾な制限)を実行することを避けることとする。

このベストミックス型戦略は、環境保全と経済発展の両立を狙ったもので、その意味では先日のアルシュ・サミットの宣言の姿勢と基本的に同一である。この戦略は、a型に戦略にくらべ生ぬるくみえるが、我々が目標とするのは結局は人間にとってののぞましい環境の維持であり、それを実現するために経済発展が不可欠であることを認識すれば、ベストミックス戦略を援賛することの必然性が理解出来よう。

#### 4. おわりに

一口に地球環境問題と云っても、問題毎にその性格は異なっており、一つの戦略を画一的にすべての問題に適用することはのぞましくない。酸性雨や成層圏オゾン破壊の問題の場合は画一規制型の戦略がとられているが、温暖化問題のベストミックス型の戦略で対処すべきである。今後の地球環境問題の議論においては、このような基本姿勢について各国の合意をとりつけることが何よりもまず重要なことであろう。

# ユーロパリア科学技術シンポジウム参加者

\*印 基調講演者  
(9月27日、28日)

## 1) ブラッセル “セルフ オーガニゼーション”

- \* 1. 鈴木 増雄氏 東京大学理学部教授
- 2. 蔵本 由紀氏 京都大学理学部教授
- 3. 富田 和久氏 京都大学理学部教授
- 4. 津田 一郎氏 九州工業大学情報工学部教授
- 5. 甘利 俊一氏 東京大学工学部教授
- 6. 金子 邦彦氏 東京大学教養学部

## 2) ツールーズ “イノベーション”

(10月9日、10日)

- \* 1. 近藤 次郎氏 日本学術会議会長
- 2. 白根 禮吉氏 電気通信科学財団理事長
- 3. 中村秀一郎氏 多摩大学経営情報学部長
- 4. 菊竹 清訓氏 設計建築事務所主宰
- 5. 小島 章伸氏 (株)QUICK社長

## 3) ヴァレーゼ “リスク”

(10月12日、13日)

- \* 1. 古川 俊之氏 国立大阪病院長 東京大学医学部教授
- 2. 安藤 淳平氏 中央大学理工学部教授
- 3. 寺野 寿郎氏 法政大学工学部教授
- 4. 茅 陽一氏 東京大学工学部教授

## 4) ベルリン “ベーシック・サイエンス”

(10月16日、17日)

- \* 1. 柳瀬 睦男氏 上智大学理工学部教授
- 2. 吉村 融氏 埼玉大学教授
- 3. 村上陽一郎氏 東京大学教養学部教授
- 4. 内田 裕久氏 東海大学工学部助教授

## 5) リスボン “サイエンティフィック・トレーニング”

(10月19日、20日)

- \* 1. 小田 稔氏 理化学研究所理事長
- 2. 西尾 幹二氏 電気通信大学教授
- 3. 斎藤 進六氏 東京工業大学名誉教授
- 4. 杉浦 英男氏 本田技研工業(株)常任相談役

## 6) ブラッセル “ペイン アンド ソサエティ”

(10月26日、27日)

- \* 1. 岡本 道雄氏 科学技術会議議員 京都大学元学長
- 2. 芦津 丈夫氏 京都大学教養学部教授
- 3. 水口 公信氏 千葉大学医学部教授
- 4. 渥美 和彦氏 東京大学名誉教授
- 5. 山室 英男氏 日本放送協会解説委員

発 行 者 仲 井 通 裕

発 行 所 財 団 法 人 本 田 財 団

〒104 東京都中央区八重洲2-6-20

TEL. 東京 03 (274) 5125

 ユーロパリア89ジャパン

# 科学・技術シンポジウム講演録

( II )

財団法人 **本田財団**

 ユーロパリア89ジャパン

# 科学・技術シンポジウム

1989年9月～10月

(II)

ベルリン

リスボン

ブラッセル

共催 (財) 本田財団  
EC委員会ジョイント・リサーチ・センター  
FNRS



ユーロパリア89ジャパン「科学技術シンポジウム」の講演録（Ⅰ）につづき、講演録（Ⅱ）を発行致します。日本側スピーカーの皆様より頂いておりました日本語原稿をもとにまとめたものですが、前回と同様、シンポジウムの際、事前の日本語原稿がなく直接スピーチされた先生方につきましては、現地側作成の公式プロシーディングスを待って、今回は割愛させて頂きました。

尚、ヴァレーゼのシンポジウムに参加された寺野先生につきましては、日本語原稿が準備されていたにも拘わらず、講演録（Ⅰ）に収録されず大変失礼を致しました。遅れ馳せながら今回、掲載させて頂きます。よろしくご了解の程、お願い申し上げます。

1990年12月

本田財団 事務局

# 目 次

ベーシック・サイエンス (基調講演)	柳瀬 陸男 …… 1 (上智大学理工学部 教授)
日本の科学・技術の特徴と問題点	内田 裕久 …… 7 (東海大学工学部 助教授)
日本に於ける科学についての概念と助成・振興への変遷と展望	斎藤 進六 …… 12 (東京工業大学 名誉教授)
企業と科学	杉浦 英男 …… 24 (本田技研工業(株) 常任相談役)
苦痛と社会	岡本 道雄 …… 32 (科学技術会議議員)
痛みと慈悲	芦津 丈夫 …… 36 (京都大学教養部 教授)
末期癌患者の鎮痛治療	水口 公信 …… 47 (千葉大学医学部 教授)
痛みの歴史および医用工学的アプローチ	渥美 和彦 …… 57 (東京大学 名誉教授)
Public Perception on Pain	山室 英男 …… 65 (日本放送協会解説委員)
システム化と情報化のリスク	寺野 寿郎 …… 68 (法政大学工学部 教授)

(肩書はシンポジウム開催時のものを使用させていただきました。)

# ベーシック・サイエンス（基調講演）

上智大学理工学部教授 柳瀬陸男

ご列席の皆様。本日ここBerlinにおいて、Europalia 89 Japanの一環として、日本およびヨーロッパにおける基礎科学でのアプローチに関する講演会を開くことが出来たことは、両文化圏にとって極めて意義のあることであると思います。特にこの会議が、Europaliaという日本をテーマとした更に包括的な各種の催しものの中において行われることは、特別な意味があると思います。それは今日の歴史的な環境において、総ての文化的な現象が、単に地域的な特質をもつのみでなく、その総合的関連において把握することが必須と考えられ、特に今回のテーマとして取り上げられた日本に関しては、残念ながら、日本がヨーロッパに関してもっている関心ないし知識に比べて、ヨーロッパのそれは、それほど普及されているとは考えられないからであります。近来、急激な日本の経済的、技術的な発展を見ながら、そのよって来るところを、更に広く、深く理解しようとするEuropaliaの意図を大変高く評価したいと思います。

さて、このBerlinにおける今回の会議のテーマに関してであります。いつの時代にあっても、文化現象としての科学技術が、その使命を十全に果たすためには、その土台となる基礎科学が、いかに重要な役割をもつかということは、ここに改めて申し上げるまでもないと思います。そしてそのことは、歴史が明らかに証明する所であり、特にヨーロッパにおいて基礎科学の果して来た役割を見れば、明白な事柄だと考えられます。しかし、特別に今日、科学が科学技術という一つの言葉として使われるほど、技術との関係が分ちがたくなって来た状況においては、この基礎科学の重要性に関して、更に根本的な考察の必要性を感じておりましたので、この度、この問題を単に日本だけの問題としてでなく、ヨーロッパとの比較において色々と考えを述べ、又、ヨーロッパ側からのご意見も伺う機会を得た事を心から感謝致します。

さて、日本における基礎科学の歴史、現状並びに将来に向けての展望に関しては、後に他の講演者の方々から詳しく述べられると思いますが、ここで私としては、ヨーロッパとの比較の材料を提供するという意味で、日本の基礎科学の発展の歴史的な環境、及び現在の世界的環境のなかで、日本において基礎科学がどのように評価され促進されて来たかということを一概観したうえで、その現状の困って来るところ、すなわち、基礎科学という一つの分化現象を、推進母体となっている日本国民の基本的な特質、あるいは、その地理的な状況、特徴を考え、そし

て今日以後の比較討論の材料とさせて戴きたいと思います。

まず、日本における基礎科学の発展に関しては、ヨーロッパのそれと全く異なった歴史をもっております。ヨーロッパにおいては、すでにローマ時代以降、Hellenisticな文化の受容の元に、1000年以上に亘る長い歴史をもっているのですが、日本においては、古代、中世を通じて、ごく僅かな受容の期間を除いて、語る可きほどの科学の発展ということは見られません。非常に古い時代にさかのぼれば、中国の古い文化に隣接していたという地理的な状況から、主に、技術的な受容が行われてはいますが、これは、ご承知のように、西欧における意味での基礎科学とは言えない内容のものでありました。僅かに、16世紀において、聖フランシスコザビエルが最初のキリスト教宣教師として上陸し、その後の数10年に亘って、カトリシズムと共に、ヨーロッパの諸文化を伝え、特にその中で、基礎科学、すなわち、当時の最新の自然科学の知識を伝えたという史実があるのみであります。当時、かなり組織だった自然科学の講義が、イエズス会の神学校で教えられていましたけれども、その後、17世紀におけるキリスト教の徹底的な迫害、それにつづく200年に亘る鎖国の為に、ヨーロッパからの自然科学の受容の道は全く閉ざされてしまい、僅かに、オランダとの交易を通じて、しかも、非常に限られた条件の元に伝えられた西欧文化、その中に自然科学の知識が取り入れられたのみであります。そのような状況の後に、19世紀なかばの明治維新以来の急激な近代化の過程において、初めて西欧科学の受容とその発展を見いだすことが出来ます。

明治維新以後の新政府の政策と、江戸時代からの教育の効果、及びその時代の国民一般の努力の精神が相乗された結果、短時間のうちに近代化が実行されたと考えられます。これが日本における基礎科学の受容の概略であります。太平洋戦争という世界的な騒乱を通じて、日本は、苦い経験をへて、廢墟から復興すべき必要に迫られた状況の元で、戦後数10年間の、第二の開国と言われるような状況がつづき、現在に至ったのであります。

ところで、このような日本における基礎科学の受容の、ヨーロッパとの比較における特質とは何かと考えると、それは、元来、日本における基礎科学が、殆ど19世紀半ばまでは存在しなかったということ、その中での僅かな例外は、おそらく和算、すなわち、日本で独自に発達した数学のみではないかと思われまゝ。それにもかかわらず、僅か100年余りの間に、欧米先進国の基礎科学の水準に殆ど追い付いたということが、第二の特徴であります。勿論、その現状を調べてみると、まだまだ、追い付いたと言えるほど、基礎科学が発達したということは言い過ぎかと思ひます。非常に世俗的な意味を含めて言えば、例えば、ノーベル賞の受賞者の数を比較してみますと、その差は明らかであります。それにもかかわらず、もし、他方において、技術の発展の状況を考えると、この点に関しては、基礎科学の場合よりも更に高い水準において、欧米先進諸国の水準に追い付き、ある部分では、それを凌駕しつつあることを、客観的な事実として、認め

ることができるかと思えます。

ここで明らかになるのは、日本における科学技術の特長は、元来、基礎科学なしには発達し得ないはずの技術が、これほど高度の発達を遂げているという点にあります。

第三の状況は、日本における科学技術の中で、特に高度の技術的な水準を必要とする方面において、その発達が著しいという点にあるかと思えます。

さて、以上のような特質について、その根拠は何であろうかという点を、ヨーロッパとの比較において考えてみたいと思えます。

まず、日本は、島国だということであり、すなわち、ヨーロッパのような大陸を基盤とする文化圏ではないという点であります。その点に関して、ヨーロッパに強いて相似点を求めるならば、イギリスということになるのですが、イギリスの場合には、ヨーロッパ大陸があり、その一体性が遥かに緊密であったのに対して、日本とアジア大陸との関係は、それとは異なった状況にありました。勿論、日本とアジア大陸、殊に中国と韓国とは、文化の受容という点について、極めて密接なかかわりあいがあったことは、言うまでもありません。しかし、日本と中国、及び韓国とが、ヨーロッパ文化圏のような、一体化した文化圏を形成して来たということは、歴史的な事実とは言えないと思えます。

今日、西欧に対して、アジア、西欧文化圏に対して、アジア文化圏というような言葉の使い方がなされますが、日本は、日本列島という地域に局在した、特異な一文化圏を形成していると思うのです。そこには、民族的な単一性があり、言語においても、多くの方言をもちながらも、全住民に共通な単一言語を使っているのです。この単一性は、歴史的にも、政治的にも、経済的にも、社会的にも、かなり際立った日本民族の特性を形作っていると思えます。日本の人口が、1億1000万程度であることを考えますと、この文化的、強いて言えば、文明的な諸要素が、この程度の大きさの一国家の中に、単一的に存在して来たことは、かなり特異な現象であると思うのです。

従って、言語に関する問題は、日本の国内においては、殆ど存在しないという点も、注目すべきであると思えます。しかも、島国であるということは、大陸との交流において、大陸における諸民族、諸国家間のようなたやすさを享受できないデメリットがあると同時に、複雑な紛争に巻き込まれないメリットもあったのです。

以上は地理的な環境であります。一方、歴史的な環境として、前にも述べましたように、日本は、文字から始まって、その文化的な要素を、殆ど総て、大陸から採り入れています。従って、日本に於ける文化の特徴は、その受容性にあると言われておりますし、ある場合には、西欧の男性的文化に対して、女性的文化と言われたこともありました。このことは、勿論、ヨーロッパにおいても、当初は、全くローマの支配下にあり、ローマの文化を採り入れ、さかのぼって、Hellenismの文化を採り入れることによって、独自の文化を発展させて来たこと

も、歴史的な事実でありますけれども、違うところは、ヨーロッパでは、科学に関する限り、日本よりもずっとはやくその独自の発展を始めた点にあると思います。余談になりますが、芸術、特に絵画、文学にあっては、逆にかなり早い時代から、大陸から受容した文化の諸要素から独自の発展を遂げ、既に、王朝時代、平安時代に、高度の水準に達していたことに比べて、際立った違いがあると思います。

ここで、思想的な流れについて少し触れておきますと、日本に於ける、体系的な思想の発展は、これも例外なく、まず中国、あるいは韓国からもち来されたものであります。従って、特に中国で発達した儒教的な思想、又、印度に源をもち、中国で発展した仏教的思想に色濃く影響を受けて来ました。哲学に関しても、思弁的よりも、実践的な色彩の濃い点にその特徴があると思います。この点に関して、自然科学が、何故、中国や印度等、古代には優れた文化を誇っていた地域で発達せず、時代的にはむしろ後進的であったヨーロッパで発達したのかという問題と、関わりあいがあると思います。Helenismと、Judeo-Christianityに培われた強固な論理性と、真理に対する徹底的な探求心が、その主要な原因であろうと言うことは、この度の日欧比較の議論にとって、意味のある点であると思います。

次に、地理的、歴史的環境のほかに、民族的特質を考える必要があるとおもいます。前に述べたような、日本が単一民族であるという見方は、実は、単純化した見方であって、元来、太平洋からの海洋民族と、蒙古、中国、韓国等、大陸からの民族、又、東南アジアから、更に僅かであるにしても、西欧からの渡来民族との混淆であることは申すまでもありませんが、この狭い日本列島に住み着き、単一集団として行動する習性をもっていることは疑いを容れません。その方向が、超国家主義、軍国主義に支配されたときの悲劇を、この度の大戦で深く味わされたのであります。

このような民族的特質の他に、特に詳しい分析を行わなくても、すぐに見て取れるような特質を、二三あげてみますと、まず、好奇心という特質であります。この好奇心という特質は、元来、島国に住む国民の特徴であるかも知れません。周りを海に囲まれている島国の人達は、海の彼方に何があるかということ、土俗信仰的な表現から始まって、様々な形でその憧れを表して来ました。日本において、この特徴は、特に強かったのではないか。これは割合に容易に見て取れる特質ではないかと思えます。例えば、16世紀に初めて日本に渡来した、前述の聖フランシスコザビエルは、ローマへの書簡の中で、今までに出会った民族の中で日本人程好奇心に満ちた国民にあつたことがない。私は、朝から晩まで、多くの日本人の訪問を受け、ミサを捧げる暇は愚か、食事を取る暇さえ無いくらいだ。彼らは、あらゆることを聞きたがる。それは、日常生活の細かい事柄から、自然現象の事、宇宙の構造にまで及ぶ。彼らの好奇心は、宗教的な議論においても止まるところを知らないと報告しています。この好奇心については、ヨーロッパの方々は、日本から大量に押し寄せて来る観光客を観察されると、すぐに気付かれ

ることかも知れません。彼らはあらゆるところを見たり、そして写真を撮り、あるいはビデオカメラに収めて国にもって帰り、これらを人々に紹介しその好奇心を満たそうと努力しております。私は日欧のテレビ番組を比較したことがないので確信をもって申し上げられませんが、恐らく日本程世界各国の情報を絶えず放映している国は珍しいのではないかと思います。このことは、決してヨーロッパのひとびとには好奇心が欠けているということではありません。しかし、この日本人の好奇心の強さは、やはり明治以来の急激な近代化の原因をなし、又この好奇心が一度基礎科学の研究に集中されたときは、かなり大きなインパクトになり得るのではないかと思います。

次に、これもしばしば指摘されているところですが、物事に対して思弁的よりも実際の態度を取るという傾向であります。これも日本が、明治以来いち早く西欧の技術を取り入れ、それを実際に当面の日本の至上目標、すなわち、富国強兵に用いたという歴史的事実を見れば、すぐに理解できる事柄だと思います。そして、正にこの点が、日本が基礎科学において欧米の水準に達しているということは出来ない事実の、はっきりした根拠であると思います。勿論、日本にも思弁的学者は存在し、又、それは宗教的にも、思想的にも、自然科学の分野においても見いだすことが出来ます。しかし、日本人が平均的に、思弁的よりも実際の、理論的よりも経験的に傾いているということは、否定出来ないであろうと思います。問題はこの国民的特質が、明治維新以来の至上目標、すなわち富国強兵、又第二次大戦以後の至上目標、すなわち完全に破壊された国土を再建し、民生の安定を図るという至上目標の達成のために発現して来たのか、あるいは、日本民族は、そもそも思弁的な活動には向いていないのかということは、将来の発展を見なければ俄かに断定は出来ないように私には思えます。

ひとつ、ここで申し上げておきたいことは、日本人は非論理的であり、非合理的であるとされている点についてであります。種々の現象を見る限り、日本人は議論よりも相談を、対決よりも妥協を好む等、ヨーロッパのひとびととは異なった行動を取ることは、しばしば指摘される所です。ただ、わたしが指摘しておきたいことは、日本における数学のレベルに関してであります。前に述べたように、日本の数学は和算と言われるのですが、その歴史はかなり古い時代にさかのぼることが出来て、このこと自身、興味をそそる現象です。例えば、関孝和という数学者は、Newton, Leibnitzと同時代の人で、彼らよりも早く、微積分の算法を発見しています。明治の初期に、西欧からいわゆる洋算が持ち込まれ、これを採用するかどうかについて激論が交わされました。その結果、和算のかわりに洋算が全面的に採り入れられるようになりました。以後、日本の数学は、他の学問の分野に比べて、早い速度で欧米の水準に追い付き、今日では学者の量質共に、高いレベルを保っているという事が出来ましょう。国民一般の数学の水準も、かなり高いと言われております。そして、このことが日本の科学技術の発展に寄与している重要な要素のひとつであると思います。

このことは一体何を意味するのか。すなわち、日本人が、きわめて非論理的で、非合理的で、理屈よりも感情に動かされると言われながら、何故、数学のような、極めて論理的な学問を得意とするのか。この点は、日欧の基礎科学の比較の議論において、頭においておくべき問題であると思います。

ヨーロッパの数学の水準については、さかのぼれば、ギリシャ以来の長い伝統をもち、その高さは疑うべくもありません。又、その水準の高さの根拠についても、極めて自然に理解が出来ると思います。しかし、日本の場合にはそのような歴史的、思想的根拠は見いだすことが出来ません。

いずれにしても、好奇心、实际的傾向、特徴的な論理性、これらが日本人のもつ民族的な特質であると申しのべておきたかったのです。

これから、三人の講演者の方々が、色々な面から更に詳しく、基礎科学に関する問題点を、ヨーロッパとの比較において、議論して下さいと思いますので、私のお話しはこの辺で止めておきたいと思います。

ご静聴ありがとうございました。

# 日本の科学・技術の特徴と問題点

東海大学工学部助教授 内田裕久

## 1. 科学・技術と人間の調和

本講演では、私の専門である太陽エネルギー・水素エネルギーの利用開発と材料科学に携わる研究者の視点と、また日本の大学教員の視点から日本の基礎科学へのアプローチと問題点について述べてみたい。

ヨーロッパの産業革命以後もそうであったように、日本でもヨーロッパにおくれること100年あまり、人間にとってすべて善なるものとして著しい技術開発がおこなわれてきた。しかし近年、技術開発がマクロスコピックなものからマイクロスコピックな領域へと進展し、ライフサイエンス、新素材開発、マイクロエレクトロニクス、情報科学の発達は物質的生活ばかりでなく、人間の精神、倫理観、世界観というものにまでかかわるようになってきた。それはわれわれがこれまで観測できなかった、また感覚としてとらえようのなかった世界が科学・技術の進歩により可能となったことである。

たとえば、科学・技術の進歩がもたらした地球汚染環境破壊というデメリットは、地球観測衛星を用いたりリモートセンシング技術とコンピュータ科学の進歩により、グローバルな地球観測情報として解析・確認でき (GLOBAL ENVIRONMENTAL MONITORING SYSTEM)、地球上の砂漠化、植物生態分布、気象状態、海流・海水温度の様子、原子力発電所の事故状況やICBMの基地の存在位置の確認といった情報まで、グローバルで精密な観測が可能になっている。

近年基礎科学研究の重要性が強調される背景には多分に経済力強化という国家的目標がある。しかし重要なことは、科学・技術が人間とあまりにも深く関わってしまっている現代、基礎科学の研究が人間と科学・技術の調和という観点からも充分考慮されなければならないという点である。

ことしの8月に20ヶ国の60の研究機関が参加して開催されたTHE 2ND ASIAN PACIFIC UNIVERSITY & INSTITUTE CONFERENCEでは、グローバルな環境監視への国際協力、大学間の情報ネットワークの設立、大学・研究所間のBILATERAL OR MULTILATERALな共同研究の実行、大学カリキュラムと教員・研究者の交換、経済開発への教育の役割と寄与といった大学・研究機関の果たすべき役割が確認された。

現代は科学・技術の展開、それによる産業・経済活動、人間、そして環境とい

うものがすべてバランスよく調和する必要がある。そのためにはグローバルな視点で科学・技術をとらえる必要がある。この点において、本シンポジウムは非常に有益なものであると考えられる。

2. 日本とヨーロッパの大学教育を比較すると、日本では技術の応用・改良といった工業技術の展開を、ヨーロッパでは基礎科学に重点を置いている様子がみえる。たとえば、理学と工学分野の博士号と修士号学位取得者数を比較してみよう(表1)。

表1 学位(博士号と修士号、ドイツは博士号のみ)取得者数の比較

国 年	イギリス		西ドイツ		日 本	
	1985	1975	1985	1975	1986	1976
理学博士・修士	5600	3764	2894	2307	2993	2158
工学博士・修士	3900	2642	1020	917	11016	6807
学位取得者の比率 理 学/工 学	1. 4	1. 4	2. 8	2. 5	0. 27	0. 32

日本の大学では工学における学位取得数が圧倒的に理学における数を上回っている。一方、ヨーロッパでは逆に伝統的に理学の分野での学位取得者数が多い。大学の学部・学科の分類方法の違いがあるとはいえ、日本とヨーロッパの教育姿勢の違いは明らかである。この関係は過去10年全く変化していない。つまり日本では理学よりも工学、つまり技術応用・改良に独創的なものを見いだすことに重点がおかれた教育が大学で行われてきていることを示すものである。

近年国際競争力を強化しつつある企業では、基礎科学の研究にも重点をおいており、その傾向はこの数年間、理学系コースの修了者、特に大学院コース修了者への民間企業の研究所への就職需要が急激に増加しているという事実にもみられる。

### 3. 日本の科学・技術の特徴

日本が得意とする科学・技術の分野というものにはどのような分野であろうか。先端科学・技術に従事する日本人研究者の意識調査によると、基礎科学—ライフサイエンス、材料科学、情報・電子工学、海洋・地球科学—4分野の研究レベル比較において、日本がヨーロッパに比較して同程度か優れていると意識している分野は、材料科学で同程度、そして情報・電子工学ではより優れているという調査報告結果がある。情報・電子工学の基礎科学研究では日本のレベルはヨーロッパと同等かそれ以上であるとする評価が80%以上もある。

ところが工業特許、技術ノウハウのライセンスの国際的取り引きを示す技術貿易額の収支でみると、全体では輸入超過となっており、技術貿易収支比は0.34であり、イギリス1.08(1986年)、西ドイツ0.49(1987年)、フランス0.56(1986年)の値より低い(表2)。

表2 技術貿易収支比率（日本銀行データに基づく）

国	日本	イギリス	西ドイツ	フランス	USA
技術貿易収支比率	0.34	1.08	0.49	0.56	6.76

1986年には日本は西独、イギリス、フランスからそれぞれ、207億、130億、73億円の技術輸入をしており、逆にわずか78億、76億、59億円の技術輸出しかしていない。対ヨーロッパの技術貿易収支比でも0.51の輸入超過である（表3）。

表3 日本の地域別技術貿易額（IN MILLION YEN）と貿易収支比率

相手国	輸出額	輸入額	輸出額／輸入額比率
USA	57,700	173,800	0.33
西ドイツ	7,800	20,700	0.37
イギリス	7,600	13,000	0.58
フランス	5,900	7,300	0.81
ヨーロッパ	43,598	85,137	0.51

日本が優位であると評価する電気機械工業でも、技術輸出53,000百万円に対して技術輸入91,300百万円であり、対ヨーロッパのみでも、技術輸出8,720百万円、技術輸入が22,560百万円（1986年）と大幅な赤字である。

1981年の国内での自国籍者による特許登録件数をみると、日本42,000件、西ドイツ6,000件、イギリス6,000件、フランス7,000件、USA39,000件となっている。ヨーロッパに比べ日本国内ではきわめて大量の特許登録が行われている。しかしこれを対外国登録件数と対自国登録件数で比較してみると、対外国／対自国の比率は、日本0.45、西ドイツ5、イギリス1.7、フランス1.6、USA1.2となる（表4）。

表4 国外と国内への特許登録件数

国	日本	西ドイツ	イギリス	フランス	USA
国外特許／国内特許の比率	0.45	5	1.7	1.6	1.2

以上のデータは、日本の平均的な産業構造の特徴を示し、日本は外国より基本技術を輸入して、多くの改良技術の特許申請を行い、工業製品を生産・輸入している構造を説明するものである。ここに、技術開発に秀でる日本の科学・技術の特徴がみてとれる。

基礎科学の水準を示す尺度として扱われるノーベル賞受賞者数を比較すると、過去10年間に限っても、米国35人、ドイツ9人、イギリス6人、スウェーデン4人に続き、日本は2名である。また研究費全体に占める基礎研究費の比率は日本0.13、ヨーロッパ0.2であることをみても、日本の基礎科学の分野への取り組みが貧弱であることがわかる。

このような状況では日本も国際的競争力をつけるため、基幹技術となるような独創的な基礎研究の必要性が政府、産業界、大学で叫ばれるようになり、研究環

境の整備推進、国際的研究の交流促進などの計画が提案され、実行され始めている。しかし、実際の研究や教育の現場からみた場合、基礎研究の経験の長いヨーロッパの大学・研究機関に比較して日本にはまだ多くの問題点がある。

#### 4. 日本の大学における人材養成と問題点

1985年の日本の大学進学率は38%で、ヨーロッパの平均値の20%前後（1982年）に比較して高い。また高等学校への進学率が日本の場合ほぼ90%であり、ヨーロッパが50~75%程度であることを考慮すると、日本の大学生数はヨーロッパ各国にくらべ大変多い。1984年には1,843,153人が大学（高等専門学校47,527人と短期大学381,873人は除く。）に在籍しており、このうち学部課程が1,734,080人、大学院課程が65,692人を占める。さらに学部課程のうち、理学部と工学部はそれぞれ58,446人、342,456人であり、全体の24%を理工系学生が占めており、そのうち工学部学生数は85%を占める。

ここで注意しなければならないことは、日本とヨーロッパの大学の制度が違うことである。日本の学部課程でははじめの2年間に教養コースが設置されており、専門教育は実質2-2.5年間しか行われぬ。したがって、日本の学士はドイツのVORDIOLOM, 修士がドイツの大学卒業者DIPLOMと同等に扱われている。したがって学部修了の学士数が修士以上の修了者に比べ圧倒的に多いのが平均的な日本の大学教育の特徴である。

日本の大学の特徴はまた私立大学の数にも現れている。1984年の大学総数460校（短期大学は除く）のうち、国立・公立大学が129校で学生数496,620人、教員数57,227人を有し、私立大学は331校で学生数1,346,533人、教員数53,435人を有している。

戦後の大学進学率の著しい増加は私立大学によってカバーされただけでなく、大量に卒業した工学士が生産現場で手をよごしながら働いてきたことが日本の品質管理を土台とした生産性向上に重要な役割を果たしてきたと思われる。

日本の大学ではいま基礎科学の研究を強化するため、大学の改革が計画・実行されている。特に今日の高度な科学技術の水準を社会が必要としており、4年間の学部課程だけでは教育の時間が不足する。そのため4年間の学部コースと2年乃至5年間の大学院コースを始めからひとつのコースとして勉学する大学院教育を中心とした教育システムが各大学で検討・実施されはじめている。そこには大きく分けて3つの目的がある。第一には、これまでのような学部・学科という分類を越えた複合領域、学際領域での高度な研究が必要になったこと、第二には民間企業の研究者不足を補い、産学の協力関係を強め社会のニーズに合わせること、第三には大学院教育が専門家の養成から高度な職業人の養成も含めた教育内容をあわせもつ必要がでてきたことである。

ただしこれらを具体化するには、大きな障害が日本の制度上存在する。例えば、研究活動の中心的役割を果たす博士課程の学生、ポストドクトラルフェローや非常勤助手といった25~30才の若手研究者への奨学金制度が存在しないこと。彼ら

の生活に対する社会的保障がないこと等、大学の研究活動の現場では大きな障害となっている。したがって、こういった金銭的な生活援助のない若手研究者の処遇は、例えばドイツの大学や研究所でDEUTSCHE FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT, MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT, STIFTUNG VOLKSWAGENWERKといった財団から奨学金を受け取りながら仕事をしている博士課程学生、ポストドクトラルフェロー助手等の処遇状況とは比較にならないほど貧弱なものである。

近年、理工系教育を受けた大学卒業生が、研究開発や製造業ではなく、サービス業へ就職する割合が増加している。独創的研究を推進するうえでも若手の優秀な人材の確保は重要であるが、彼らの研究環境や処遇が現状から急速に改善されないかぎり、基礎科学・技術関連の現場は彼らにとっても魅力のないものになってしまうであろう。

#### 5. 科学・技術の国際交流の現状

科学・技術の交流をめざした国際的な協力体制の現状は、国立試験研究機関の例でみると、日本から海外へ派遣研究者数1,944人に対し、海外からの受け入れ研究者数543人であり、およそ交流とはいえないアンバランスなものである。外国人研究者を受け入れたくとも、政府、民間を問わず外国人研究者を招聘する基金とその募集人員数がきわめて少なく、かつてドイツで長年、教育と研究への支援をいただいたことがある者としては外国人研究者を招聘する際にいつも恥ずかしい思いをする。

また日本で勉学する留学生の現状も到底ヨーロッパとは比較にならない。日本の大学に学ぶ留学生数は約15,000人で、このうち80%の留学生は私費留学であり、20%が日本からなんらかの奨学金を得ている。この状況をヨーロッパと比較すると、フランス110,000人、西ドイツ72,000人、イギリス50,000人で、留学生の絶対数が日本でははるかに少ない。また日本の大学の授業料・生活費はヨーロッパに比べ大変高い上、ヨーロッパのような奨学金を援助する財団や大学はきわめて少ないため日本への留学は非常に困難である。いま日本では外国人留学生や研究者への奨学金制度の早急な充実が要求される。

#### 6. 結 言

かつて日本はヨーロッパから工業技術を取り入れ、それ以来多くの日本人研究者・技術者がヨーロッパでお世話になってきた。その歴史を背景として、今日の工業技術国日本がある。科学・技術の展開と人間の調和をグローバルに考えなければならなくなったいま、お互いの経験を交換し、共有することによる国際的な研究活動と協力体制は、科学・技術の発展と、かけがえのない宇宙地球号のフェールセーフにとってますます重要になってくる。より多くのヨーロッパと日本の人的・研究交流を心から願うものである。

# 日本に於ける科学についての 概念と助成・振興への変遷と展望

東京工業大学名誉教授 齋藤進六

## はじめに

日本が近代科学技術に全面的に接触し、取り入れたのは明治維新（1868）に始まるといってもよいであろう。それまで、日本は徳川幕府のもとに、世界の情報、流通と隔絶された鎖国状態にあって、当時の欧米と並び立つべき科学技術はなかったといえる。しかし、このような状況下から、どうして急速な進歩を遂げることが出来たか。それには先ず江戸時代の学問教育体制に注目しなければならない。それは大きく分けて政治倫理を主とした官公の教育と、経済経営を主とした民間の教育とに分けることが出来る。明治になって外来の科学技術を吸収出来た素地は、この民間の教育体制の中にある。これらは大部分は寺子屋といわれ、所謂「読み・書き・そろばん」が中心となるものであったが、このうち「読み・書き」の教育の普及はリテラシーの能力を高めるに役立ち、「そろばん」は算数計算の能力を開発した。そろばんは、上下二つに仕切られ、可動の珠が上側に1つ、下側に5つあり、この1：5の珠が横に幾列も並べられた手動の計算器で広く巷間に利用され、商取引その他の計算に用いられた。これは現在でも猶、普及し、加減乗除の速度はコンピューターが現れる前の歯車式手動計算器と同等であった。また、これらの和算の発達を支えるものとして、現代の幾何、代数の考え方を取り入れた数学が民間レベルで進歩し、徳川第八代将軍吉宗の頃にまとめられた。シュウキサン拾璣算法は高度な数学が集成されたものであり、また庶民のための実学の書「塵勃記」は寛永10年（1627）に吉田光由の著作として初版が出てから、ベストセラーを続け、遂に類似の算数の著書が四百冊以上も出版された。このような教育の普及の原動力になるものは、江戸時代の後期は経済が武家から離れ、米の経済から貨幣経済に移行すると共に町人の手に渡り、盛んな流通機構が形成されたことによるが、その遠因は封建制下における兵農分離と石高制にあるとされる。すなわち、武士は兵農分離により生産過程から離れ、支配地の生産を米換算の石高により受け取った。このため、支配地には村内自治制と年貢村請制がとられ、いずれも経済的必要上、一定の計算力が強く要求された。

これらは歴史的には貨幣経済の発達に、武士階級が追随できず、経済的に零落して行く過程として認識される。この経済破綻が封建制を急速に終息させ明治の開国を迎えるが、一方、官・公学校の教育と強い封建的倫理観を身につけた高い

教養を持つ武士集団が一斉にその職を失うことにより、そのエネルギーは明治維新の新たな建国に結集される。

### 1) 科学と富国強兵策

日本の科学技術のアプローチを歴史的に探ると、大凡、文部省の設置（1872年）による学制の確立、科学技術から各種技能の研習のための留学生派遣及び欧米の先進的文物を紹介するための博覧会の開催の三つに分けられる。

このうち特筆すべきは、「学制」と同時に発表された「仰せ出され書」の考え方で、徹底した個人主義の立場に立ち、国民の教育の必要性を訴えている。これは、欧米個人主義の強い影響下に起草されたように見えるが、実は藩学などの官公学校などは別として、寺子屋の伝統は、封建主義に固定化された身分制度の下にあっても、学問を学ぶことが必ずしも立身出世のためでなく、人格形成のための教養としての面が強調されていたという背景に負うところが多い。小学校は四年制であったが、第三学年度より理科教育が多く取り入れられ、しかも30～35人制の少人数教育であった。小学校の教育内容については、米国人M・M・スコット（1893～1922）の影響が大きく、掛図と問答を中心に授業され、当時のボストンを中心とする最も新しい教育法が導入された。そして、極めて重要なことは小学校に入学するのに一切身分差別を行わなかったことである。

しかし、このような、現在にも通ずる教育の理念は、次第に高まる富国強兵策に埋没していった。そして、当然の結果として国威昂揚を自覚させるために、1881年には文部省は「小学校教則綱領」を制定し、修身教育を取り入れ、学校教育も亦、軍国主義的色彩をおびるに到った。

「学制」は小学校の上に、中学校、大学をも設けるものであったが、富国強兵策的思想がもっとも早く現れたのは大学であった。日本の大学はもともと国学と漢学を講ずる大学本校から発しているが学術教育行政機関としての機能を併せもっていた。しかし、国学、漢学の主導権争いが激化し、遂に政府はこれを解体して文部省を設け、洋学を講ずる大学南校、洋医学を講ずる大学東校が新設された。またそれに期を同じくして、工部省に工学寮を、司法省に明法寮を設け、此の四つが、それ以降の大学の骨格を形成することになる。しかしながら、科学技術教育の基本方針はグラスゴー大学より派遣されていたH. ダイアー教授の提言が受け入れられ、技術教育を主流とする工学部が先ず設けられた。すなわち、欧米に格差がある科学技術においては、自然科学の研究教育を差しおいても、実用の学である技術を優先すべきというのは、当時の日本の実情および急を要する国力の増強の方針に合致し、1977年、東京大学が医、理、法、文の四学部をもって編成されると同時に、別に工部大学校が設けられ、H. ダイアーは工部大学校長に任ぜられた。また、1881年には技術技能の教育を目的とする東京職工学校が設立された。前者は1886年工学部と改称され東京帝国大学の中に吸収され、後者は東京工業学校、東京高等工業学校と変遷して現在の東京工業大学になる。

しかしながら、これらの歴史を顧みて極めて重要なのは、明治の極めて短い初期にあって、個人を中心とした教育、合理主義的理念の形成が大きく取り上げられたにもかかわらず、忽ち富国強兵策が主流となり、軍国主義的色彩と応用技術導入に傾いて行ったのは、今日の日で、当時のLLDCである日本のみならず、現在なお状況を同じくする国家においては起こりつつあるということである。表1に当時に主なる外人教師を挙げる。表2は現在の中進国の例である。

## 2) 日本に於ける近代科学と技術

日本は世界に魁て工学部をつくり、技術教育と技術の吸収に努めたが、その反面、極めて冷静に相手国を選び、特定の国家に頼らず、自主的に多様化を行っている。例えば表3の如く、英国、フランス、ドイツ、オランダ、アメリカにより、その最も特色あるものを導入しようとしていることが岩倉貝綱の「海外留学生規則案」で伺うことが出来る。そしてこの背景として、徳川幕府の終期において、雄藩の大名に、それぞれ欧米の軍事技術が味方して、ややもすれば分裂国家の状況にもなりかねなかった歴史的反省にあることを付け加えなければならない。いわば、日本が統一国家としての歩みを、これからの諸政策を通じて歩み始めたと解釈出来よう。

では技術優先主義を採った日本は如何なる道程を辿ったであろうか。先ず、今日、猶、不評をかう「模倣」という技術習得の形はキャッチアップの課程で避けることは出来なかった。しかしながら、比較的早い時期に単なる模倣によらず、外来の機械機器に対して独自に工夫を凝らして張りあおうとする傾向も出て来る。すなわち、imitationよりemulationが、その基調にあるが、これは木工細工、からくり、飾り職などが江戸時代に高度な技能水準に達していたからであり、それは明治の特色として先に位置づけた博覧会出品物に強く反映している。

先ず日本に博覧会が公式に行われたのは1871年10月の京都博覧会であるが、同時にそれより規模の小さい大学南校物産局博覧会などが約半年前に開かれている。以後毎年、時には10ヶ所位も博覧会が催され、京都博覧会と名付けたものは1877年、第1回内国勸業博覧会が東京上野公園で開かれるまで毎年行われ、特に遷都により行政府が東京に移された後の京都の再活性をはかる意図も併せて目的とされた。これらは、1867年、未だ幕府の下にあった日本が始めて参加した第二回パリ万国博覧会が如何に大きなカルチャーショックを日本人に与えたかという問題と共に、史家によっては、時あたかもオスマンの改造によって旧きパリより近代のパリに変身したばかりの近代都市の威揚と合理性、便宜性および衛生設備が博覧会に参加した日本人の心に如何なる驚きを与えたかを、当時のLLDCの日本がその劣等感をバネとして猛烈に文明開化に突進せねばならなかった要因の一つとしてもあげている。いわば、第二回パリ万博は日本とヨーロッパの格差が最も開いた時代でもあったわけである。

第一回京都博覧会はこれより僅か四年後に開かれているが、当然それは欧米先

進国の文化の完全な紹介に終わっている。しかし、パリ博の興奮がこれにより日本全国に広がったことは疑いもない。しかし、既述した1877年の第一回内国博覧会では、1873年のウィーン万国博、1876年のフィラデルフィア万国博の見聞も踏まえ、また、1873年に西陣よりフランスに織物伝習生として派遣されていた佐倉、井上らの持ち帰ったジャガード織機などが、主要部を木工品に置きかえられた改良品となって出品されたり、臥雲辰致が木綿糸を手軽に撚るガラ紡機の発明などが受賞している。

そして、これらの技術は更に10年を経て、1887年頃から急速な成長を遂げ西陣、桐生の織産地を発展させた。その他、この第一回博では、フィラデルフィア博で出品されたばかりの縫機の改良、足踏式の糸繰り機および織機、または工部省から本格的旋盤が出品された。猶、豊田佐吉が画期的高速動力機械の特許を得て世界的競争力を得たのは、更に10年を経た1898で、それまでに内国勸業博覧会は四回行われている。

しかし、一方、これらのemulationに日本人を駆り立てたものは一体なんであつたろうか。富国たらんとするも、強兵たらんとするも、技術志向を強化するにはほかならないが、その実用性を単に模倣と止めず、競争に打ち勝たねばならないという使命感も、この中に盛り込まれているのを見逃すわけにはいかない。特に強兵策、すなわち軍事力強化にはそれを必要とする。このような立場から見れば、明治時代の果たしたものは多く軽工業の発展に寄与した技術の進歩であって、軍事用をはじめとする重工業は未だ長い模倣の経過の中にある。

### 3) 重工業……………その挫折と再起

1870年に開設された工部省は工学、鉱山、土木などを司り、鉄道、造船、電信、製鉄などの諸掌を鉄道寮等の名を冠して設け、その殖産興業を努めたが、多少の曲折はあったが順調に発展したのは1872年に初めて新橋・横浜間に開業された鉄道のみで1900年には9980kmに達しているが、長崎、兵庫の造船所、釜石の製鉄所などの雄大な試みは、西南の役の膨大な軍費の支出にも影響され、悉く失敗し、民間に払い下げられ、また堺の蒸気駆動の洋式紡績工場も薩摩藩より受け継いだのが操業に失敗し、1885年の工部省解体の原因となった。この結果、日本の重工業の発達以後しばらく民営に任されるが、長崎造船所は三菱が経営し、1898年に6000トン級の外航用常陸丸を完成し、また釜石の経営にあたった田中製鉄所も順調な発展を見た。この結果、再び官営製鉄所を政府が八幡に操業を開始したのは1901年である。また、日本における自動車生産は1904年に山羽式蒸気機関、1907年内山式ガソリン自動車にはじまる。そして現在の「いすゞ自動車」の前身である東京瓦斯電気工業、石川島自動車、ダット自動車が細々と手造りに近い製造をつづけ、日産自動車、豊田自動車の設立はそれぞれ1933年、1937年になる。この間は専ら陸軍が軍隊輸送用として研究し主力はトラックにあった。日産自動車創業の当時はトラック、バスを併せ、日本の自動車総生産量はやっと年間1000

台であった。

このように、明治の当初に設定した富国強兵策によって、殆ど重工業は支えられ、逸早く独自の道を選び始めた軽工業とは、その発展の路線を異にする。そして、第一次大戦を経て、大艦巨砲主義と航空機への軍事的認識が深まった。これらへのマイルストーンとして再び1914年東京上野公園で催された東京大正博覧会を顧みると、陸海軍の飛行機および15馬力のDAT 1号自動車が展示されている。

今、これらを検討して、日本は軽工業と重工業が、それぞれ異なる発展の道を辿った背景に、もう一つ要因があるのを考えざるを得ない。前者は絹織物などに例を見るごとく、単に内需ばかりでなく重要な輸出用産品でもあったが、後者は軍を主とした内需に支えられた。それ故、海外市場との競争力をつけるために軽工業は早くからemulationの道を選ばざるを得なかったが、重工業は軍事的機密を内にはらんで技術研究が奨励された。

それは第二次大戦に日本を誤って走らせたが如き、強大な技術となったが、特に海軍工廠の技術は優れ、また砲兵工廠の力も見逃せない。そして、これらが軍事技術であったことが、特定の軍需工業のみを繁栄させ、経済政策は農村の疲弊を招くなどの跛行的なもので、これは一層、日本を大陸へ新天地を求める動機を助長したが、軍需産業振興は多くの国家がそうであるように、基礎技術への補助的投資は、その成果を国家が購入するという閉サイクル構造をなし、従って、その中間段階での技術評価に対し、国家あるいは軍は深く参入することが出来た。これは、現在の通産省などの技術投資が直接結びついてないオープンサイクルとは格段の差である。しかし、このように、閉サイクル構造の中で、次第に要望されて来るものは何であろうか。軍は多くの研究生を大学に出向させ、海外遊学の道をとりはじめる。すなわち、次第に技術は、その独自の発展を求める基礎研究に傾斜して行く。第二次大戦中は、総べての大学が半強制的に協力を求められている。造艦、造兵の高級技術将校が国立大学の運営にも参加している。

#### 4) 科学と技術

日本が技術優先の道を選びながら、それによって国力が培養されるに従って、より基本的科学を模索するに到る経過をこれまで述べて来たが、ここで、では日本にとって明治の初期に迎えた科学と技術とは一体何であったろうかを考える必要がある。

まず、当時の日本人にとって、科学と技術とは互いに手を取りあって極めて親密な関係にあるものとして映じた。言葉を換えれば、仲の良い夫婦の如きもの、兄弟の如きものであったろう。すなわち、科学という確固たる学問に根付き開花した豪華な花としての技術の成果に目を見張った。そして、束の間の便法として、ダイアー教授の支持の如く、技術という切り花を移し替えようとした。しかし、科学と技術とは本質的に同じカテゴリーのものではないということを見破ることは出来なかった。何故ならば、この二つの差異と相克はヨーロッパが数世紀に渡っ

て苦しみ解決して来たものであって、科学と宗教との争いを遠くコペルニクスの時代に求めるまでもなく、明治当初より数えれば約一世紀前の産業革命で経験した科学と技術との差異と相克は、それが日本人の目の前に現れた時は、一応の調整を終わって、殆どその気ぶりすら感ぜさせないものであった。

産業革命の時代にあっては、その主役を努めた鉄でさえも、ようやく高温機械に用い得ることが立証されたばかりで、経験的に炭素鋼が造られ、その量産化を木炭製鉄からコークス炉製鉄によって漸く果たし得たばかりであった。そして、それ以前において、人間が用い得た動力は馬、牛などの動物の力、あるいは奴隷による人力そのものの提供のほか、自然界のエネルギーは風力、水力などに限られ、熱エネルギーが工業的に開放されたのはまさにこの時代であった。従って、錬金術師らの経験的ウルケミストリーがあり、幾種類かの元素類似のものは知られていたが、熱力学もなく、整然たる科学的解釈もなく、また鉄、銅などをはじめとする合金学もなかった。いわば、経験的なトライ&エラーの中で自然界は模索され、一方、論理的思惟による自然観は哲学あるいは神学としてあったが、その実証は殆どされていなかった。

しからば、産業革命期を経てどんな事実人間は突きあたったのであろうか。それは、技術は人間が自らの行動範囲を拡大し充実し、自分の思惑のままの行動を遂行するための手段として追求されたにもかかわらず、常に人間の思惑に対立し制限する何等かの法則性が自然界には存在するということである。すなわち、想いは常にカタスタロフィと対応する。しかし、カタスタロフィを迂回する方法が存在するならば、その迷路を辿ることによってカタスタロフィを回避出来る。いわば、自然は常に人間に制約を課しながら、その制約を越える道を示して来た。すなわち、科学がその法則性を人間の要求に従って少しずつその姿を現して来る。

これを要約するならば、自然科学の法則性は、そこに人間が介在しようとしないうちに拘わらず存在するものであり、技術は人間の思惑によって展開されて来たものである。そして、技術は、科学の法則性に従うことによるのみ、その法則性を利用できる。従ってその法則性を探究する科学が、技術の大きな指標になるべきものであるが、技術が漸く科学を利用しはじめた明治の初期においては、一応大体系化された物理、化学、物理化学の定理、規則を学ぶことで、技術への寄与も果たされており、技術の中には多くの未知の現象が、係数、ヘッド差などの実験的数値に繰り込まれ、その内容を疑い吟味するよりも、利用することで、事足りていたというべきであろう。すなわち、日本には、このような事情を背景として、物理も化学も教条的に入って来たと考えらるべきであろう。しかし、当初のこのような受け入れ方は永く日本の教育に大きな影響を与え、極く最近に到っても教条主義が罷り通ることとなる。

##### 5) 日本に於ける科学、日本の科学者

科学そのものに対する日本のアプローチの仕方は上述のごとく甚だ不完全なも

のであった。しかしながら、科学の発達………といっても、大自然の法則性を人間の可能な範囲で理解するに止まるが………は単に技術からの誘因でないという見方もある。それは終局的には、宗教や芸術に対する人間のもつところの永遠を見定めようとする願望といつてよい。そして、この願望の打ち建てて来た世界観は、あるところで科学の求める統一的理論に限りなく近接するが、やはり科学ではない。何故ならば、実証と構造に欠けるからである。このような大掴みの希求を我々は時に善意をもってホリスティックと解釈し、分析に傾き勝ちな現在の科学的認識を批判し矯正しようとするが、科学的世界像は可微分の要素を探つて可積分な構造を求めるものであつて、実証と構造をもたない限り、斯くの如きホリスティック認識は科学でも何でもなし、一種の妥協である。日本における、あるいは東洋におけるホリスティックなものとは、個を包み込み、それを越えたものがあるという永遠への視点を与え、永遠に対して現在を常に危機と観ずるところに行動を発現するという生き方の指標となるもので、方向として科学と同じであるが、科学自身ではない。しかしながら、それ自身科学ではないが、科学的思考の能力に潜在的な必要条件と見る時、明治の当初において、日本国内の科学へのアプローチは不完全であつたにもかかわらず、欧米に機会を得て進出した頭脳は十分に科学的能力を発揮したという事実を枚挙することは出来る。2～3の 카테고리を選んでその代表的例を説明する。

#### a) ヨーロッパで開花した才能

明治の当初より、多くの日本人が欧米に留学した。当時は講師または助教授の身分で留学し、帰朝を待って初めて教授に任ぜられる一種の慣行すら成立していた。そのため留学が一時の資格であるかのごとく、単に遊学し学ぶことのみを努めたものもなしとしないが、初期の留学生は、高い水準の研究に魅せられ、研究に進んでとり組むことが同時に学ぶことであつた。そして、高い水準の研究成果を得ることが出来たものは、いずれも、それぞれの分野の第一人者として優れた指導者に会うことが出来、相互に理解し得たという幸運にも恵まれていた。このカテゴリで一人の人物を挙げるなら血清療法を確立した北里柴三郎であろう。

彼は1852年に九州の熊本に生まれた。明治元年（1868）には16才である。'83年東京帝国大学医学部を32才で卒業、'85年ドイツ留学、ベルリンで生涯の師コッホに出会う。コッホは、言うまでもなく当時の細菌学の世界的権威で、'76年<sup>ヒダツツウ</sup>脾脱疽菌の培養に成功し、'81年、'82年、更に'84年と続けてそれぞれ連鎖状球菌、結核菌、コレラ菌を発見している。北里がコッホの下で与えられた研究は破傷風菌の純培養であつた。その発見は、'84年にニコライエルによってなされていたが、共生細菌まじりの培養しか出来なかつたが、北里は嫌気性であると判断して純培養に成功した。しかし、彼の科学的研究の態度はむしろその後発揮される。彼は破傷風菌の作り出す毒素をろ過分離し、その数万倍の希釈液を動物に注射して次第に抗体をつくらせつつ濃度を増し、その血清の中に免疫性を与えるに成功し、遂に血清療法を確立した。この方法は同門のBehringに踏襲されジフテリア

の血清療法に発展し、Behringと共著の第一報が出るが、これによりBehringのみ第一回ノーベル医学賞に輝くことになる。しかしながら、事実上の血清療法の創始者としての北里の名は欧米に知られ、'92年の日本への帰国に先立ち、ケンブリッジ大学で新設される細菌研究所の所長就任の要望や、米国ペンシルバニア大よりの40万ドルの研究費提供の申し出などとなって現れる。

これは、北里の業績は当然のこととしても、開国したばかりの東洋よりの異邦人に過ぎない彼を、寛大に迎える当時の欧米の活気ある学会の状況をも感ずることの出来る事実である。

北里の帰朝後の彼を迎える日本の態度は、それに反し、如何にも封建的で官僚的である。彼は、当時東大にあって彼より1～2年先輩の緒方正規教授が発見したとする脚気菌の実験に滞欧中に反対する論文を発表したことと、更に北里の滞在延期の手続き問題に絡むコッホと東大医学部との感情の行き違いも加わって、東大でのポストを得られず伝染病研究所を財界の支持を得て創立し、以後、内務省に移されるが、この時も文部省提案の国立伝染病研究所案と衝突し、それに打ち勝ったものの、後年、伝染病研究所が文部省に移管されるという事件が起こり、彼は辞職して遂に私立北里研究所をつくることになる。しかし、終始して北里の率いる伝染病の研究の優位は動かず、その門下から、'97年に赤痢菌を発見した志賀潔などを出している。また、彼自身、'94年にはペスト菌を香港で発見している。

因みに、緒方正規教授による脚気菌発見の問題というのは、同じ東大の三浦守治教授の中毒説と共に支配的で、当時の東大医学部を代表する青山胤通は、北里を圧迫すると同時に、農学の研究者にして農学の教授であった鈴木梅太郎のビタミンB<sub>1</sub>についても反対し、その臨床実験を差し止めた。鈴木は、'96年東大農学部を卒業、1903年留学、ベルリン大エミールフィッシャー教授の下で蛋白質とアミノ酸の研究の指導を受けた。1906年帰朝し、ビタミンB<sub>1</sub>を米ヌカから抽出したのは'10年であったが、微量成分の生体に関与する効用は日本にあっては全く黙殺された。それが陽の目を見るまでにはさらに10年の空白を余儀なくされ、島園順次郎、大森憲太らの実験事実に基づく支持を得たのは'17年、そして'19年に脚気がビタミンB<sub>1</sub>欠乏症であることが公式に認められた。しかも'17年は青山の死去した年である。日本の後進的模倣主義が如何なるものであったか想像にあまりある。

#### b) ジョイントベンチャーに於ける成功

大学、国公立研究所によらず、全く独力で外国の企業と特許実施の契約を行い、それを成功させた例も今日でもそんなに多くの例をあげることは困難である。それを明治の時代に成し遂げられた例として高峰讓吉をあげることができる。彼は北里より6才若く1858年に金沢に生まれている。12才でオランダ語、英語を学ぶために長崎に遊学してより、20才、上京して工部省工学寮の官費生となり応用化学を学ぶまで、大阪にて緒方洪庵の適塾、大阪医学校で医学を、大阪舎蜜学校で

化学を学ぶ。工学寮が東大工学部となり、そこを卒業したのは、'79年で翌年英国グラスゴーに留学している。これまでは普通の学者・研究者の辿った道と略々同じであるが、'89年にニューオリンズ万国博に出張した時を機として、企業家に変身し、その技術力を実際の工業生産に発揮するようになる。まず、彼が出張の折に注目したのは燐鉱石で渋沢、益田らの実業家とはかつて東京人造肥料会社を創設、3年後には特許局次長の官職を辞し、その経営に専心し、後には大日本人造肥料という大企業に成長する基礎をつくるが、'90年に（明治32年）小麦のフスマを原料とした麴の生産の特許を得るに及んで、アメリカのウィスキートラス社（資本金3300万ドル）と契約し渡米、タカミウ・ファーマメント社をつくる。これは実験生産には成功したが親会社の解散及び工場の出火に会い、結果としては失敗し、また自ら大病にかかった。

しかし、この時、彼が実験的に成功していたものは消化剤として今日でも声望の高いジアスターゼの製造法で、'94年特許を得、また自分自身も特許弁理士の資格を得る。これをもってデトロイトの製薬会社パーク・デービスと契約し、その成功によって日米ジョイントベンチャーの成功第1号となり、巨万の富を築くことにもなった。ニューヨークにタカミネ化学研究所を'97年に創立したが、1900年東大薬学専科出身の上中啓三の参加を得てアドレナリンの単結晶の製造に成功し、その位置を確固たるものとした。

高峰はジアスターゼ、アドレナリンといずれも現在に到っても商品価値の高いものの開発に成功したが、晩年は日本人クラブ（The Japan Club）、日本協会（The Japan Society）などを私財を投じて組織し専ら日米友好関係の改善に努力した。それは、彼が既述のニューオリンズ万国博に出張した際に出合った米国人キャロラインと結婚し、両国の深い結び付きの一環ともなったことによるが、より広く彼の目は世界の化学の技術の未来を見通しており、日本に対して国民的化学技術の研究所を創設すべきことを説いた。彼が国民的という意は官に偏せず国民創意によるという極めて民主的主張を掲げている点で注目し価値する。と同時にその規模を当時設立されたロックフェラー研究所にならって1000万円程度としたのは、後に彼の主張を契機として国民的に広がった民意に基づき財団法人「理化学研究所」が資本金734万円で創立されたことと深い関係をもつ。現在の理研の所長は、このシンポジウムに出席されている小田稔博士であるが、同研究所は1917年に創立され、グルタミン酸ソーダを味の素として世に問うた池田菊苗博士が化学部長、また原子の構造も明らかでなかった1903年に土星型モデルを発表した長岡半太郎（阪大初代学長）が物理部長に、鈴木梅太郎が主任研究員として名を連ねている。鈴木門下からはここでもビタミンAビタミンCの抽出などの業績が相次いだ。

以上は、日本全体が未だ封建主義の影響を濃厚に受け、門閥、学閥が発生する一方、富国強兵の政策の路線の中で、基礎研究が殆ど国として顧みられなかった頃、早くも海外を舞台とし、あるいは海外留学で得た学問的態度を貫いて、日本

人の科学への可能性を示した人々のうち、紙数の都合で二つのカテゴリーの代表者のみを紹介したが、最後に述べた理化学研究所は言わばそれらのトライ&エラーの集大成ともいえる。大正から昭和前期の日本の所謂科学主義工業は斯くのごとくして建設されたのである。理研はその強力な研究能力の故に第二次大戦後はサイクロトロンを撤去されたり、多難な歴史をむかえるが、現在は科学技術庁の管轄下であって、再び往年の充実を取り戻そうとしている。

おわりに

これまで、明治初頭にもたらされた科学技術を日本はどのように受け入れたかを歴史的に辿って来た。それはとりもなおさず、その結論として現在の日本は科学と技術を、それぞれ深い相関はあるが、全く別種のカテゴリーにあるものとして認識しはじめているという結論を引き出すことになる。しかし、この認識は必ずしも総べての人達に完全に分離されて受け入れられているとは未だ言い切ることとは出来ないが、少なくとも筆者はそれを断言してはばからない。このような事実の認識に基づいてこそ科学をより基本的な人間にかかわって来るものと信ずる。特に物質の科学と材料工学では、その進展が急速であるため、科学的発見や解釈が直に材料の開発に連なり、また材料の製造工程や測定の中から、直ちに科学上の命題が飛び出して来る。従って、両者はまさに手を握り合い一体化したものと見えるが、これを混同するならば、それより一步踏み出した進歩は期待出来ない。

では、如何に我々はそれを理解し取り扱って行くべきであろうか。これを我々は科学と技術との共鳴現象と名付け、共鳴である以上、両者は別個のものであり、共鳴である以上、それらを仲介するものとして人間の能力開発を重大視している。すなわち、人間の思惑が常に否定されながら、それを乗り越えて行く営みの中に、人間は人間であることの意味を自主的に悟り、自然が自然であったことの法則性に対し常に人間が謙虚であらねばならないことを学ばなくてはならない。エコテクノロジーをここに持ち出すのは全く別の命題として退けられねばならないかも知れないが、技術が今日その環境汚染などを問題視されているのも、技術が独善に走り、大自然の法則性に謙虚でなかったからである。

表1

Foreign Scientists Who Have Contributed to  
Education in Modern Science  
and Technology in Japan

[Glasgow University]

H. Dyer (served as president of the College of Engineering,  
which had been known as the Engineering School until  
1878.)

W. Dixon, T. Grey, T. Watson, T. Alexander, F. Hillhouse, T.  
Strather, J. Perry, W. Ayrton

[Edinburgh University]

D. Marshall, J. Ewing, C. Knott, J. Dixon, W. Renwick

[Royal College of Science]

(\* a combination of the Royal Junior Colleges of  
Mining/Science)

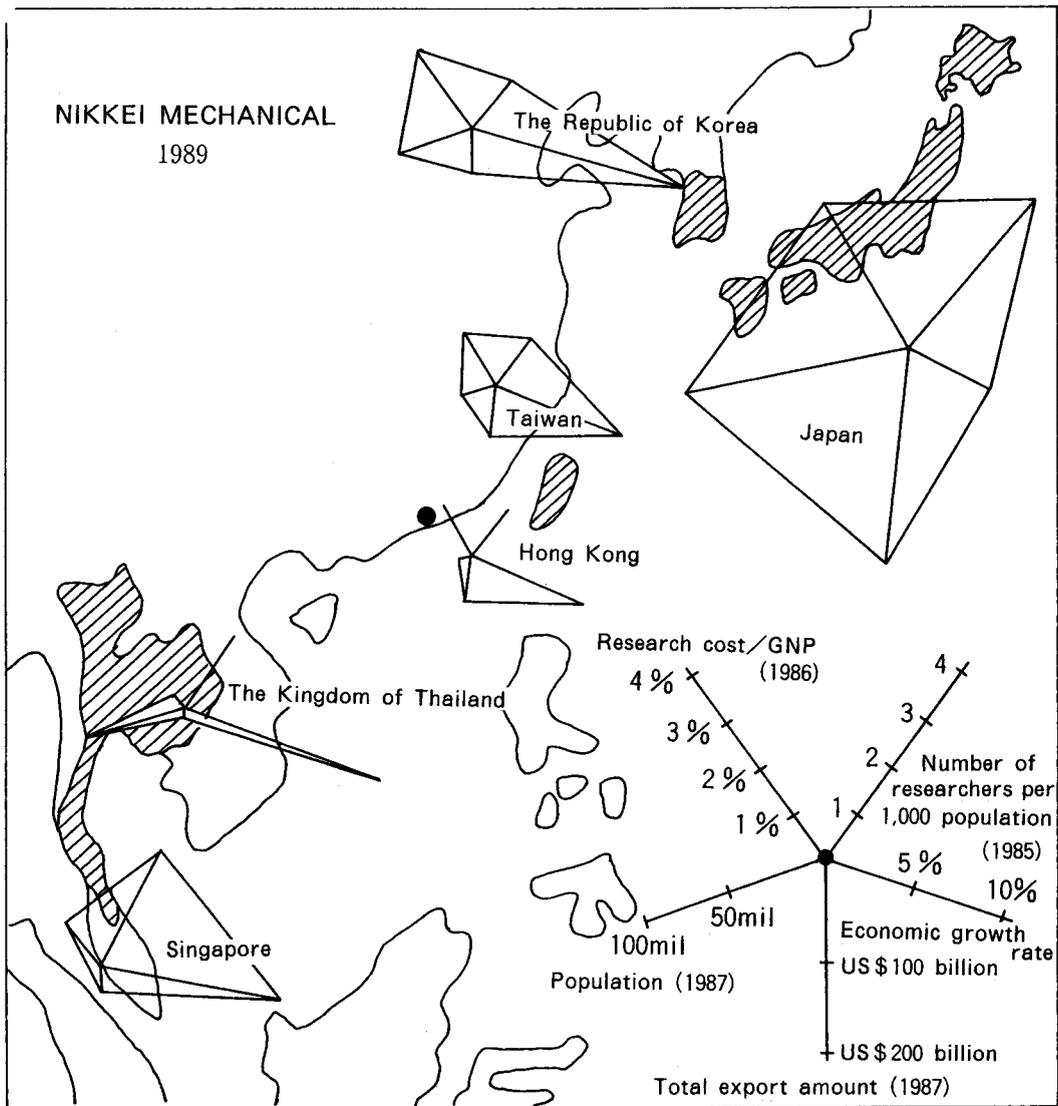
W. Gowland, E. Monday, E. Divers, E. Dillon, J. Milne

[University College, London]

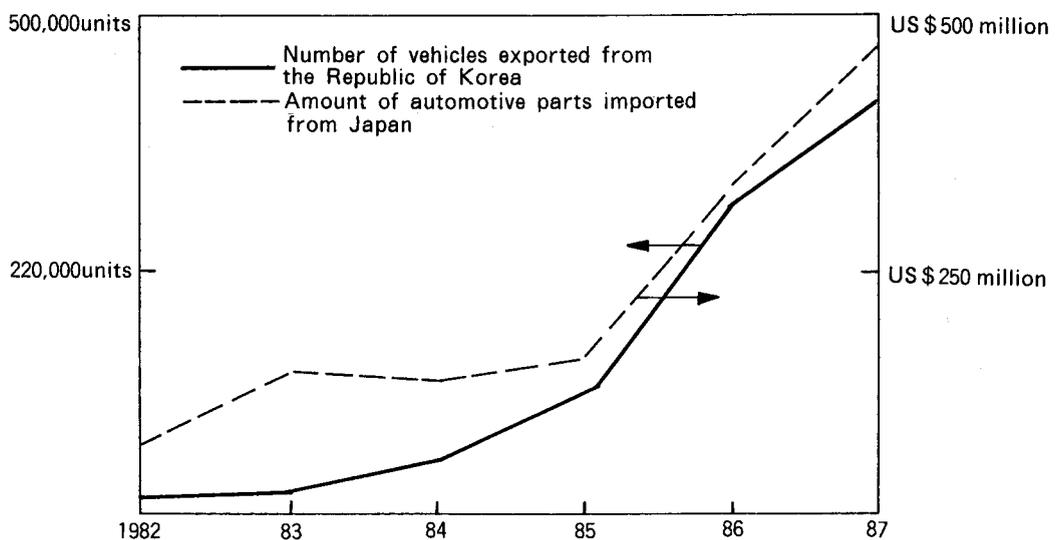
J. Conde, R. Atkinson, J. Manning, P. William

(Note) Most of the persons listed above are Scots or of Scot-  
tish descent.

表 2



●Rapidly Progressing NIES Power



●Number of ehicles from the Republic of Korea and Amount of Automotive Parts Imported from Japan

# 企業と科学

本田技研工業(株)常任相談役 杉浦英男

本日はこのシンポジウムで意見を述べる機会を得て、大変嬉しく思っております。リストからお解りのように、私は日本側のスピーカーの中で唯一人のビジネスマンでありますので、私はその立場から意見を申し述べたいと思います。

science及びscientistという概念の日本における成り立ち、technology,engineeringというものの日本社会における発展の過程、そしてそれらの今後に向かっての問題意識について日本サイドの3人の方々（皆さんはそれぞれ日本における著名な学者達であります）から語られました。

私のこのスピーチは、この2～3 decadsの間における日本の産業、とりわけ第2次産業の分野での競争力の伸長の経緯と、それが内包している、そして将来に向かっての課題について産業人の立場から議論しようとするものであります。そして、その中でこのシンポジウムの共通のテーマである、日本とヨーロッパとのちがいについて浮き彫りにしようと思っております。

何故技術の立場からこの問題を論ずるかといえば、第2次大戦後の時期においては、科学と技術との相克はそれぞれが、歴史的に成り立ってきた過程の歴史の中で初めてといってもよいくらいに影を潜め、更に、お互いがお互いの成果を必要としながら発展を繰り返すという道筋を歩みつつあると私には思われるからであります。その傾向は、現在における地球規模での、環境の問題、エネルギーの問題そして文明の南北格差を埋めていくための技術移転の問題などに極めて顕著に現われてきているように見えます。

Dr.斎藤が論じられたように、技術はその発達過程で、常に人間が自らの行動範囲を拡大し充実し、自らの思惑のままの行動を遂行するための手段として追求されつづけてきました。その発展の歴史を振りかえると、このprocessの中で、いくつかの戦争はその目的が明確で、かつ限定的であったが故に、いくらかの偏りを見せつつも技術という視点で見ると、その進歩に大きな飛躍をもたらしてきました。そして、その成果は戦争に続く何年間かにわたる時期には、大衆のための文明の進展のために拡散し、寄与してきたことも事実であります。とりわけ、第2次世界大戦は、我々の技術の発展に本質的な大きな飛躍をもたらしたといつてよいと思います。そしてその後の世界規模での戦後の復興期における、重

工業、重化学工業を中心とする工業の発達、新しい工業化社会といわれるものを作り出しました。

この段階で、自由経済社会における市場での企業間の激しい競争は技術革新の進行と共に、とりわけ北半球において新しい文明社会を現出させ、多くの人々がその恩恵に浴したことも事実でありました。とくに大量高速輸送手段と情報伝送技術の発達はさまざまな文明の急速な伝播を可能にしその平準化をもたらしたといっても良いでありましょう。

しかし急激で広範囲なこのような文明社会の発展は1960年代から1970年代にかけて大きな歪を露呈し、技術文明に対する不信という形でさまざまな社会的な問題を提起しました。とくにそれは発展のスピードの速かったアメリカと日本とにおいて顕著な現われ方をしたということが出来ます。即ちさまざまな技術成果に対する安全性の論議、この問題を契機としてクローズアップした広範囲の消費者運動、多くの工業地帯における水や空気を中心とする環境汚染、更には自動車排気ガスによる大気汚染問題などがその代表的なものでありました。

工業社会の発展に支えられた文明社会の発展に対するこれらの反作用は、科学の分野における研究の成果に支えられ、お互いに相互作用をもたらして成長してきた技術に対する不信の表現であり、又、自由経済市場において企業がそれぞれの立場で自由に利益を追求していくという今の経済社会に対する反感の表現であると言えます。

そのような大きな流れというのを見るとき、人間が求めてやまない豊かな生活のあり方と自然との調和が如何にあるべきか、あるいはその豊かさを具現するための手段としての技術の発展のさせ方、そして、それとの相互作用を行いながら深められていくべき科学の研究の進展のあり方といったものをもう一度考え直し、今までの歴史の過程に欠落していたものは何であったかを問い直さなければならないと思うのです。そのための新しい観点あるいは哲学として、私達が提唱したのがEco-Technologyでありました。申すまでもなくこの言葉は造語でありまして、EcologyとTechnologyという2つの言葉の造語です。このような観点をもう一度現在の技術社会に、科学の研究のmethodologyの中に導入することによって、新しい発展を期待する——そこに私達の意図がありますし、それはこの2・3年の間に急速に世界的関心の中心になってきた、さまざまな地球環境問題やエネルギーバランスの問題への対応のあり方にも一つのインパクトを与えるものだと考えております。

さて、1973年から起こったいわゆるオイルショックは、エネルギーの需給バランスを大きく崩した結果、世界中の産業に巨大なインパクトを与え、世界的に不況の同時進行という現象をもたらしました。

この不況現象の発生と、これに伴う消費社会の価値観の変化に対して、世界の国々の産業社会の対応のちがいは、極めて顕著でありました。その結果国際的競争力の極端な跛行性と、世界的規模での日本産業の見かけ上の比較優位を生みだし、

通商摩擦がさまざまな分野で顕在化するにいたったことは、御存知の通りです。しかも1985年プラザ合意が生み出した急激なドル価値の低下すらも日本産業は僅か2年のうちにそのショックに対応してしまいました。このような日本の産業のパフォーマンスについて、さまざまな論議がなされます。詳細な議論はこのシンポジウムと直接関係がないので省略しますが、私はこの日本産業のパフォーマンスは3つの主要な要因によって支えられていると考えます。

その第1は、Management Systemです。もう少し表現を変えれば、企業の経営者たちのManagement Philosophyとすることができると思います。企業経営の焦点を、customerのsatisfactionということと従業員たちの活性化に鋭く合わせ、その為のmanagement手法を欧米から導入したり、自ら開発したりして、競争力を練磨し、企業間競争の中で自らの企業の生存を図ってゆこうというpolicyをたて、そして、それを展開してきた企業経営者たちの考え方が第1のポイントに挙げられます。誤解のないように申しあげますが、私は何も日本的経営の特長を際立たせているわけではありません。欧米の産業界でも強い国際競争力をもっている企業は、その企業規模の大小を問わず、殆どこのような経営理念をもっていることを付け加えておきたいと思えます。

第2の要因は、高度に訓練された従業員たちです。とりわけ、日本の製造業では企業内において従業員たちによく考えられた教育が施されます。それは単に技能の訓練ということではなく、物理、数学、化学といった基礎科学をもとにした科学的アプローチというか論理的なアプローチが、極めて初歩的ではありますが、現場で実際、彼等の仕事を教材にして教えこまれるといった方がよいと思えます。そういった論理的アプローチの訓練と全体の仕事の流れの中における彼等の役割の説明とが、とくに近代産業の製造部門の従業員たちをより高度な優秀なものに育てていっていると言うことが出来ます。この段階で重要な事は、知識を如何に与えるかということよりも、若い人達に対して“自分が学ぼうとしているものは何か” “それは何を目的としているか” そして“それを学ぶことによって、自分が属している社会乃至はコミュニティーに、如何に自分は役立てるか” ということを判らせ、次の段階で彼等が具体的な行動に移るように動機づけることであります。

現実の社会生活の中で、seeds探究型基礎研究でない科学、技術の分野においては、彼等に哲学的な創造性を附与することよりも、彼等自身を目的に対して目覚めさせ彼等自身の自発的な行動を起こさせることが何よりも重要な事は言うまでもありません。その過程ではさまざまな形でのhand-on experienceを持っていることは極めて大切であります。

後に述べますように、日本では最近の100年あまりの期間に、欧米の科学・技術の成果を学びとり、欧米の社会が産業革命以後築き上げてきた成果を catch-up

することを目標に、学校の教育の体系も、科学・技術の研究の体系も組み立てられてきたように私は考えています。

そのために大学においては工学部の充実が積極的に行われ、又、日本は日本という資源の少ない人口稠密な国家が世界の先進国に伍していくために、日本それ自身が世界の加工センターであるべく自らを位置づけ、その方向にむかって発展してきました。

結果として日本は世界中のマーケットのneedsにあわせて、さまざまな製品を、品質を高めながら低いコストで作るためのProcess Innovationに、その技術開発の重点を指向してきました。そして、その領域では可成りの成果をあげてきたといえます。

このProcess Innovationを達成する過程では、ひとにぎりの研究者・技術者の研究成果よりも、あらゆる製造現場で“物をつくる”ことに関与する多数の技術者、現場のemployeeたちの無数の改善の成果の累積の方が、はるかに力を発揮してきました。この累積なしではProcess Innovationは達成し得なかったとすることができます。“高度に訓練された従業員たち”と先程申しましたが、彼等は小学校から始まる学校教育の期間で、一般的かつ広範な基礎知識と科学的な基本概念を与えられ、企業社会に入ってからhand-on experienceと活動への動機を与えられて育ってきたということが出来ると思います。

第3のポイントは技術であります。

先程申しましたが、日本は明治以来の僅か100年あまりの間に欧米先進国にcatch-upすべくその工業化の途を歩いてきました。その過程では、どちらかといえばProduct InnovationよりもProcess Innovationの達成の方に力をそそぎ、世界の加工センターとしての役割を持つに到ったわけです。

世界中の多種多様な社会・市場のニーズに適合するように過去開発された数々のseedsその中には製品として人の役に立つ機会を与えられなかったものも含まれるのですが、それらをとりにこみ育成してきたのが、日本の産業社会でありました。いわばseedsを生み出すのとは異なった次元での創造性の所産であったと行って良いでしょう。それは欧米に比べて100年以上の遅れをとりもどすための、必然的な筋道でもありました。この“Process Innovationを達成し得たこと”が、現在の日本産業のパフォーマンスを支える、第3の要素であると思えます。

日本とEC諸国との間に、科学や技術を発展させてゆくためのアプローチ、教育のシステム、そして基礎研究のあり方、応用研究のあり方などについていくらかの明らかな違いが現に存在しているように見えますが、それは先に述べた技術の発達過程における目標のおき方のちがいに大きく依存していると私は考えます。しかし、世界が狭くなり、文明が平準化し、とりわけ情報の伝達技術が発達して相互の価値観のズレがどんどん少なくなっている現在、私たちは新しいアプローチ

を求められていると思います。それは、3つの点に集約されるでありましょう。  
即ち

1. 過去なしとげてきたProcess Innovationの成果を、必要とする人達にtransferし、そこに新しい協調的な競争の場を作ること
2. Product Innovationにむかって新しい努力を展開すること。それによって、新しい価値の創造に寄与すること。そして、そのために、科学技術の基礎研究の場を広げることにより力を更に注いでゆくこと
3. 過去の文明の発展がもたらしたひずみ——とりわけ地球規模での環境問題やエネルギー バランスの問題に対して、過去蓄積してきたProcess Innovationの技術を活用しつつ、科学分野での研究成果と相互作用を行いながらIndustrial Technologyの新しい展開を模索すること

であります。

ここ数年来、とくに1980年以降日本においては研究のために投ぜられる費用の伸びが顕著であります。(図-1) このことは、日本が上に述べたような新しい方向にむかって全体として動き始めていることを物語っています。もっとも現在の状況は、先程述べてきたような我が国の科学および技術の発展の経緯から、欧米のそれと可成、異なっています。その最も顕著なちがいは、研究費の負担における官と民との比率であります。表-1に示されているように日本とアメリカ、ドイツ、フランス、イギリス、イタリアとでは、研究費総額にしめる政府負担割合の数字は、明らかなちがいを示しています。

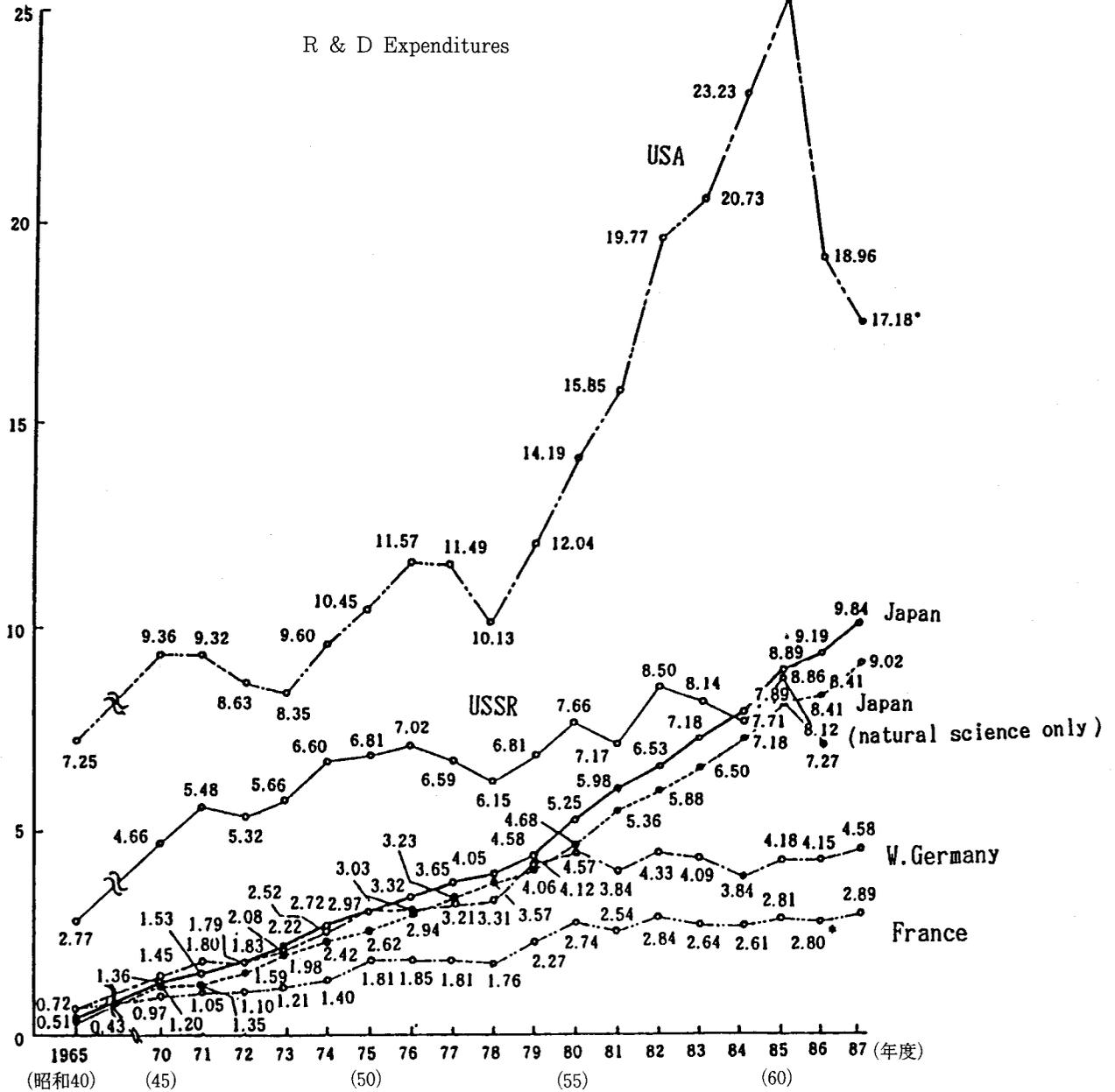
企業における基礎研究は、その殆ど全てが目的基礎研究であって、企業の目標とするところにむかって投資効果を重視しています。大企業でも、その大部分が純粋基礎研究を行うまでのゆとりを持たず、又企業内の研究者にとっては、目的や可能性の明確な研究を行うことが研究者の意欲を伸ばすためにも必要であるという考え方が支配的であるためです。

そういった意味で、純粋基礎研究に重点をおいた研究活動が、国や大学などの公的研究機関の活動として期待される場所でもあります。しかし表-2に示すように、国の科学・技術研究についての予算も年をおって伸びているということは将来に明るい希望をもたせてくれると言ってよいと思います。

以上で、私のスピーチを終わります。本日の私のスピーチはもしかすると厳密な意味では、このシンポジウムの意図するところとは少しずれているかもしれませんが。しかし、ある意味では、今日集まっておられる方々に日本の科学・技術というものを理解していただく為に何かの材料を提供し、今後にもむかって共通の問題提起が出来たとすれば大変幸せであります。

¥ (x 10<sup>12</sup>)

図1. 主要国における研究費の推移



注) 1. 国際比較を行うため、各国とも人文・社会科学を含めている。なお、日本については、内数である自然科学のみの研究費を併せ表示している。  
 2. \*印は推定値、\*印は暫定値である。  
 3. OECDの購買力平価でみた過去3年間の米国の研究費は、85年23.9兆円、86年24.8兆円、87年25.3兆円である。

表1. 主要国の研究費及び研究者数  
R & D Expenditures and Researchers

項目 Item	研究費総額 R & D expenditures		政府負担割合 Government funds	国防研究費を除く 政府負担割合 Government funds excluding defense R & D	対国民総生産比 R&D expenditures as Percent of gross national product (%)	対国民所得比 R&D expenditures as Percent of national income (%)	研究者数 (人) Researchers (Persons)	人口千人当り 研究者数 (人) Researchers per 1,000 population (persons)	研究者1人当り 研究費 (万円) R&D expenditures per researcher (10 thousand yen)
	現地通貨 National Currency	億 円 100 million yen							
日本 Japan	—	81,164	19.4	18.8	2.53	3.19	381,282	3.1	2,129
1986	—	84,150	19.6	19.0	2.52	3.18	405,554	3.3	2,075
1987	—	90,162	19.9	19.3	2.57	3.29	418,337	3.4	2,155
米国 U.S.A.	百万ドル	257,000	47.9	29.4	2.69	3.03	772,700	3.2	3,326
1985	107,757	189,557	48.3	26.3	2.66	3.00	791,100	3.3	2,396
1986	112,497	171,759	48.2	26.8	2.65	3.33	806,200	3.3	2,130
1987*	118,782								
西ドイツ West Germany	百万マルク	41,810	38.4	35.2	2.80	3.19	143,627	2.4	2,911
1985	51,598	41,534	37.5	34.3	2.75	3.13	—	—	—
1986	53,516	45,755	37.7	34.4*	2.81	—	—	—	—
1987	56,860								
フランス France	百万フラン	28,191	53.7	42.2	2.27	2.60	102,336	1.9	2,748
1985	96,198	27,556	46.1	32.5	2.29	2.62	104,953	1.9	2,746
1986	105,917	29,641	43.7	28.9	—	—	—	—	—
1987*	120,200								
イギリス U.K.	百万ポンド	(23,719)	(48.9)	(26.9)	(2.16)	(2.45)	(94,000)	(1.7)	(2,523)
1983	6,583.1	24,486	42.2	17.9	2.22	2.56	89,974	1.6	2,721
1985	7,919.1	21,699	38.5	17.2	2.29	2.70	—	—	—
1986	8,777.8								
ソ連 U.S.S.R.	百万ルーブル	77,114	47.2	—	—	4.85	1,463,800	5.3	527
1984	27,600	88,603	47.0	—	—	4.95	1,491,300	5.4	594
1985	28,600	72,688	48.3	—	—	5.02	1,500,500	5.4	484
1986	29,500								
カナダ Canada	—	8,250	34.0	—	1.39	1.59	75,165	—	1,098
イタリア Italia	—	9,430	52.0	—	1.12	1.26	63,000	1.1	1,497
ブラジル Brazil	—	—	—	—	—	—	32,500	0.3	—
中国 China	—	1,470	—	—	—	0.27	231,050	0.2	1
韓国 Korea	十億ウォン	3,166	19.3	—	1.59	2.03	41,473	1.0	763
1985	1,155	2,913	19.0	—	1.82	2.32	47,042	1.1	619
1986	1,523								
タイ Thailand	百万バーツ	202	64.0	—	0.30	0.33	5,233	0.1	385
1986	3,145								
トルコ Turkey	—	287	—	—	0.24	0.25	7,747	0.2	370
1983	—								

表2. 科学技術関係予算 Budget for Science and Technology  
 3-1 主要国の科学技術関係予算の推移  
 Budget for Science and Technology

国名 Country	項目 Item	年 度 F. Y.	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
日 本 Japan	科学技術関係予算 (億円)		14,031	14,536	14,619	14,838	15,329	16,064	16,623	17,157	18,148
米 国 U.S.A.	科学技術関係予算 (百万ドル)		35,879	35,762	37,667	42,151	47,028	53,143	57,849	62,047	66,733*
西ドイツ West Germany	科学技術関係予算 (百万マルク)		79,113	89,083	89,467	100,109	112,162	128,266	138,650	148,814	158,972
フランス France	科学技術関係予算 (百万フラン)		10,112	11,850	10,587	9,748	10,292	9,954	11,116	13,730*	—
イギリス U.k.	科学技術関係予算 (百万ポンド)		42,438	48,597	56,602	65,511	69,965	74,872	77,508	85,703	—
ソ 連 U.S.S.R.	科学技術関係予算 (億ルーブル)		17,221	18,418	17,637	17,806	18,576	18,216	18,648	17,972	—
			3,506	3,626	3,923	4,263	4,576	4,589	4,809	4,915	—
			15,679	15,881	14,135	13,529	14,148	11,345	11,401	—	—
			107.1	115.5	125.4	130.2	134.5	142.4	142.4	—	—
			32,800	39,420	38,890	36,364	41,656	35,080	—	—	—

注) 1. 総予算の範囲は各国で異なる。

2. 西ドイツは連邦政府予算のみで、州政府がほぼ全額負担する大学における研究費の大部分が含まれていない。

3. ※印は推定値、\*印は暫定値である。  
 資料：日 本 科学技術庁調べ。各年度とも当初予算。1989年度については、政府原案の予算を参考にあげた。  
 米 国 予算書「The Budget of the United States Government 1990」及び「連邦政府予算 Special Analysis」。なお、予算額はoutlays (支出予算) で実績値である。

西ドイツ 連邦研究技術省「Bundesbericht Forschung 1988」  
 フランス 「1987年予算法案附属書」  
 イギリス イギリス政府「Annual Review of Government Funded R&D」  
 ソ 連 ソ連邦閣僚会議附属中央統計局「ソ連国民経済統計年鑑」

# 苦痛と社会

科学技術会議議員 岡本道雄

私が医学生であった頃、ハンセン氏病の患者の指が一部短くなっていることについて、教師はハンセン氏病では皮膚の知覚が犯されるので、傷ついても痛みを感受しない為、指が摩耗するのだと教えたことを印象強く覚えている。

皮膚の知覚では温度感覚は烈しくても冷たくても極度になると痛みとなる。圧覚でも触覚でも同様に強度のものは痛みとして感じる。これによって肉体としての個体は守られていると考えられる。痛覚は肉体にとって砦となって体を守っている。

心はどうか。

私は脳の解剖学者であるので大脳皮質はそれぞれ違った働きを持った多くの分野に分かれていることを知っている。そして、それぞれの大脳皮質は外界からの刺激で成長するものである。

例えば、視覚野は後頭極にあるが、これは目に光が入ることで発育する。

また聴覚野は側頭葉の上面にあるが、これは耳に入る音で成長する。

全身の皮膚の知覚は大脳を中心溝のすぐ後側に上下に帯状を成した後中心回(Gyrus postcentralis)の上に体部位的に(somatotopically)に投射するが、この後中心回を体性知覚野と呼び全身の皮膚の知覚で発育する。

このように、人間の知覚はそれぞれ大脳皮質の一定部位で感じられる訳であるが、これら外界の刺激を総合的に感じとり、又それに対して適当な反応をおこす脳の部位、言うなれば、心と言ったものは何処にあるのであろうか。

これは、実に古くから人間の持った大きい問題であるが、今日尚、明らかになっていない問題である。

しかし、不明であると言っても特に近時のPETやNMRなどの画像診断によって多くの神経学者はそれは大脳皮質の中にあり、特に前頭葉の最も前方の部分がその様な心とか個とか個性といったもののあるところでないかと考えられている。それは実証された訳ではないが、このところ150年程の人脳の損傷などの経験からもおそらくそうでないかと考えられてきておりその部分を「前頭前野」(prefrontal area)と呼んでおり、ちょうどおでこの部分に当たる。この「前頭前野」にはすで述べたような全身のいろいろな知覚が投射してそれを総合するの

で総合野 (integration area) とも呼ばれている。この部分はその様な全身の知覚の総合のみでなく、その個人としての意思の発動とか計画の始動も行うと考えられる。

従って、この部分の発育は全身から受ける知覚によって促進されることは勿論であるがそのほかに、広い意味のpainとして、その精神的な苦しみ、その苦に耐えるとか、苦を避ける工夫をするとか言った個人として、外界の中で存在する心の構えが大きい刺激となる。解剖学生理学的にこの部分は3～4才、7～8才の時、急速に発育すると言われるがこれは、心理的には児童のいわゆる反抗期に当たっている。自己の主張の出る時期であり、この主張に対する壁は一般的にこの部分の基本的な刺激となると考えられる。このような壁によって徐々に個というもの、個性というものが形成されていくのであって、私どもは躰と呼んで、子供の教育の大事な時期としている。これは勿論世界何の国でも同じであろう。私はかつて世界の人類の為につくした偉大な発明、発見者の伝記を調べたところ、勿論例外はあるが、彼等はその成育のこの時期に、それぞれ相当の苦渋にみちた経験をしている。ニュートン、アインシュタイン等である。

発明、発見などの創造には何よりもまず強い個性が要る。生後徐々に鍛えられた個性がある時、一冊の本とか親とか偉い先生とか、知人に逢って建設的な方向への刺激を与えられ、それが後になって自由の世界に解放されて、新しい発想を生み創造の花を咲かせるのである。強い個性から生まれた発想は強い個性でまず現実に照らして実証されて初めて、創造となるのであって、何としても創造の基本と出発は強い個性の確立である。

過般私は戦後初めて政府の教育改革審議会の会長として小学から大学までの教育改革に当たったがその基本的主張は、従来の日本の教育の画一主義の反省の上に、この個性尊重をうたっている。しかし、この観点から考えた時、現代の科学技術文明による豊かな世界は人間の個の確立に対していかんであろうか。一般的に言ってそれは苦を避けて楽を求めるものではないのか。その結果ややもすると人間の諸機能の退化を招いていないか。私はかつて中国の西北のシルクロードに旅したことがあるが、原住民の人々と接して、如何に私どもが視力も平衡感覚も劣っているのかを実感し驚いたことがある。

近時、日本では親や先生の中に、この様なことでは、将来の日本の青少年はどうなるのかと言った心配が拡がっている。外国人の中には明治維新の日本を創った日本人、戦後の復興を担った日本人と只今の日本の若者は違うと指摘している学者もいる。

実際、明治の改革を成功させ日本の近代化を完成したのは徳川封建時代300年の人達であった。キリスト教の一般的でない日本で、その人達の精神的支柱を為していたのは侍の精神の中の道徳的な戦後の日本では封建教養であったと言われる。性も武も否定されている事は言うまでもない。武とは封建性を否定し去っても、尚侍の精神には、仏教、神道、儒教など凡そ東洋文化の精神の粹と言ったも

のを含んでいる。明治の学者新渡部稲造博士によると、それは、義、勇気、礼、誠、名誉、仁、惻隱の心と言った精神的徳目が中心であって、その修業の中心は人生の苦に耐え、己に克つ事であって、窮極は生死一如の気持ちに達することであった。死をおそれぬ精神であった。

経済的に豊かになった日本、文明の成長から成熟に向かった日本、将来高齢化社会を迎える日本と日本人にとって今、一番大切なのはこの様な精神の修業ではないか。

この点日本で只今一番多く用いられるお札の肖像の中、一万円札は文明開化を推進した福沢諭吉であり、五千円札は新渡部稲造であり千円札は東洋と西洋の文化の融合に「言語道断の苦しみをした日本の代表的文学者」夏目漱石である事は面白い。

私はここで日本の封建時代の侍の精神を詳しく述べる十分な知識も時間もないので、その徳目、目標を簡単にふれるに止めその中核が苦に耐え己に克ち生死一如の境地に達することにあることを述べたが、この様な目標をもった修業が日本の昔の侍の昔話ではなくて、現在日本でしかも私の住む京都のお寺で、仏教僧によつて実際行われている有り様を述べたい。

それは、このお話の初めに私は痛みと言うものが、肉体的にも精神的にも個の砦となるものであることを述べたのであるがその痛みの極においては、精神は個を離れて大自然に合一するとか、仏に委ねるとかと言った境地に達するものである事を示す為である。

京都市の東北に高さ800米余の比叡山があり、その上に785年に最澄と呼ぶ偉い僧が建てた延暦寺というお寺がある。このお寺に付属して禅を中心とした若い僧の為の精神道場がある。そこで行われる最も厳しい修業 (Demanding practice) に千日回峰と言って、1000日をかけて比叡山の峰峰を歩き廻る修業があり歩行禅という。比叡山始まって以来この修業に堪えたものは45人よりないが、その成功者は阿闍梨 (あじゃり) と呼ばれ僧として最も傑出したものとして尊敬を受けている。

その詳細を詳しくのべると次のようである。

この千日回峰を行う前にはその僧はまず百日回峰と言う予備試験を受けてお寺の会議で許可を得ていなければならない。そこで健康と精神が考慮される。

千日回峰は始めれば如何なることがあっても、病気でも怪我しても中止はできない。中止する時は死ぬ時である。

従って、その装束は死者と同じような白の着物を着て、素足の草履である。荷物の中心は首吊り用の死出紐 (しでひも) と自害用の短剣を入れている。笠の紐の付け根には六文銭が結びつけてある。これはこの世とあの世の間にあると言われる三途の川の船賃である。頭にはお釈迦様が乗っていたと言われる蓮の葉で作った笠をかぶっている。

毎日、真夜中に自房を出て、普通は比叡山の草深い荒道や岩石の道をお経を唱

えつつ約30キロ歩き朝夕6時にある勤業は欠かせない。

比叡山は京都府と滋賀県をわける山で、北は日本一大きい琵琶湖に面しているので、風の強い時は吹き飛ばされそうになるほか、寒い風の為体は凍え草鞋をはいた足はひびわれがして血が出る程である。

700日目が出た時、「堂入り」と言って最大の難苦業がある。それこそ決死の修業であるので始める前には多くの人が集まりお別れの儀式をやる。それは不動明王をまつた不動堂に入り9日間座禅してお経を1日10遍唱えるのであるが、その間何も食べぬ、水も飲まぬ、眠ってはいけない、横になってもいけない、しかも午前2時、5時と10時に不動堂から200米にある井戸へ仏に供える水を汲みに行かねばならない。この間知覚は益々明澄になると言う。初めは何とかして生きて最後まで修業を達成したと言った気持ちが強く、お経にすがって一刻一刻をさきに送る気持ちでいるのが、その終わりの頃ある日突如として今までの自分の努力に力がぬけて、何ものかに生かされて支えられているので、それに委ね切ったと言った安らかな気持ちになると言う。それは心の体験である。悟りと言うのであろうか。体重は58kgから42kgに減ったと言う。私が今回会った阿闍梨内海俊照氏は57才であるがこの堂入りの前に実はもっと苦しい生死の境をさまよい歩いた体験をしている。

それは、600日目の真夜中2時頃に激しい胃痛と下痢で、歩けなくなったのを辛抱して堪え20時間歩き続け夜12時過ぎ自房に帰り又2時から出発してそれを1週間続け、その朝琵琶湖の見渡せる峰で朝日を浴びてフト不動様に支えられている委ね切った気持ちになったと言う。

この間の食事について一言ふれると、朝食と夕食は大根葉を入れたお粥、生キャベツ、漬物、大根おろし、味噌汁。昼食、御飯、味噌汁、精進揚げ。

尚、この様な苦業を全うした僧は土足参内と言って京都御所を草鞋のまま門に入り明治維新の時の小御所会議のあった大広間で天皇の安泰を祈ることが許されると言う。ここで申した侍の修業も又禅僧の修業も共に自ら進んで人生のpainの極である死と直面する事によって、生死一如と言うか生きるも死ぬもそれは問題でなくその根本に自然と言うか大きい力があって、そのものの流れに沿っている自己と言った気持ちを獲得する事である。

ここで私はpain&societyと言うことを問題としてpainと言うものが初めは肉体的にも精神的にも個の確立に対して一つの大きい役割を持つものであること。更に現代の文明はこの意味では個の確立にとっては困難な状況であることを述べ、しかしそのpainの極である死と言うものに直面するとき、人間は個を絶した大自然と言ったものとの統合を感じるのであろうかということ述べたのである。

そして、現在の日本でこの様な僧の修業に対して大きい関心が持たれている事を伝え私の責を果たしたい。

# 痛みと慈悲

京都大学教養部教授 芦津丈夫

painという言葉の前にするとき、私はまず頭痛や腹痛、あるいは怪我をしたときの痛みのような身体的な痛みを思い起こします。しかしpainが生理的な痛みだけでなく、日本語に心痛という表現もあるように、精神的な痛み、苦しみ、悩みなどをも意味することは言うまでもありません。いずれにしてもpainとは、人間にとって耐えがたい感覚、一刻も早くそこから逃げだしたい苦しい状態であります。

このシンポジウムに与えられたテーマ「痛みと社会」は、それ自体すでに痛みの本質にふれたテーマであるように思われます。たとえば私の歯が痛むとき、その痛みは私自身だけのものだと言えましょう。痛みは歯茎の奥底へ、つまり私自身の内部へと迫って行く感じです。だが痛みは、私を同時に外部に向かわせるのではないのでしょうか。まず私は家族の者に「歯が痛い」という言葉によって自分の苦痛を訴えます。それのみかこの痛みは私を他者のもとへ、すなわち痛みを除去してくれるはずの歯科医のもとへと走らせるのです。この意味で痛みとは、あくまでも私個人のものでありながら、私を外部へと、他者へと向かわせるもの、本来的に「社会」を求めるものだと言えましょう。

反対に、社会の側にも、痛む存在に同情し、その痛みを軽減してやりたいという気持ちが働くことを見落としてはなりません。我が子が痛みで泣きわめくとき、それに心の痛みを覚えない母親はいません。自分の親や子供、身近な存在だけではなく、およそ同胞の苦しみに憐れみを感じることは、人間の自然の情、人間の本性なのであります。ドイツ語にMitleidという言葉がありますが、同情とは本来「痛みを共にする」ことにほかなりません。「自分の痛みは、他人の痛みに関与することを教えてくれる。」これはドイツの詩人ゲーテの言葉であります。<sup>1)</sup>

社会とは人間ひとりだけでは成り立たず、自己と他者、あるいは複数の他者によって成り立つ世界であります。痛みは私を他者へと向かわせる。また私は他者の痛みにも同情を示す。この二つの意味において痛みとは社会性を開くものだといえるのです。

さて、痛みとは耐えがたいものであるときましたが、その耐えがたさはどこにあるのでしょうか。痛みそれ自体の耐えがたさは別として、痛みにとまなう不安や恐怖があります。痛みとは生命の危険信号である。身体の一部が、このま

ま放置しておけば更に大きな危険が来ることを、神経を通して生命体の中枢である脳に伝える現象であります。その最大の危険とは死にほかなりません。不治の病であることを知った患者は、痛みの深化とともに死の恐怖へと駆られ、そのみか死後の自分のあり方までを考えることでありましよう。つまり痛みの耐えがたさの一つは死という未来への不安であり、いわば痛みという現在が未来を先取りする点にあると言えるのです。

第二に、この恐るべき死すらも救いと感じられるような苦痛の形態があります。この場合、痛みの耐えがたさは痛みに終止点がない、どこまで続くかもしれないと感じられる点にあります。ドストエフスキーは獄中で囚人に科せられる「最も恐ろしい刑罰」について語っています。たとえば囚人に、土の山を一つの場所から他の場所に運び、それをまた元の場所に戻して積みなおす、つまり同じ山を築いては壊し、壊しては築くという無意味な、どこまでも続く反復作業を苦役としてあてがうならば、どんな兇悪な犯罪者であっても、数日後には首を吊って死んでしまうであろうと言うのです。<sup>2)</sup>

自殺によって無限の苦しみから解放された囚人は、まだしも幸福だと言える。死の希望すら与えられない場合、かりに死んでも再びこの世に呼び戻されて同じ苦しみを繰り返さねばならないという場合、一体どういうことになるのか。この途方もない苦痛のあり方を示すものとして、古来ヨーロッパや東洋で想像されて来た地獄の責苦があげられましよう。キリスト教の地獄は、有名なダンテの『神曲』(1321年)の地獄篇に描かれています。だが私は、仏教の地獄を紹介する意味もあって、『神曲』に300年以上も先立って日本の高僧、源信げんしんが著わした経典『往生要集』おうじょうようしゅう(985年)を取りあげ、そこに描かれた地獄の相をのぞいてみることにします。ここには地獄における身の毛もよだつ責苦の光景が、きわめてリアルに描かれています。地獄は仏教では「極苦」の世界と呼ばれますが、この「極苦」とは生と死の果てしない反復による苦痛の継続であることが明らかにされるでしょう。<sup>3)</sup>

再生地獄と呼ばれる地獄では、罪人たちが獄卒の鉄棒ではげしく打たれ、身体はこなごなに碎けてしまふとあります。だが涼しい風が吹くと罪人は再び元の姿に復し、またしても鉄棒で打ち碎かれる。この死と再生の反復によって、責苦は永遠に続くのであります。別の地獄では罪人が樹にさかさに吊されて火で焼かれますが、「焼けつきれば、また生きる」とあり、最も深い地底にある地獄では罪人が飢えのために我が身を食べますが、そこにも「食いつくせばまた生まれ、生まれるとまた食べる」と記されています。

ダンテの『神曲』にあっても、おなじく地獄とは「永遠の呵責」の場であるとされています。また地獄の火で燃えつきた罪人が灰のなかより再び元の姿で蘇生するという再生の場面も見出されます。<sup>4)</sup>しかし人間の煩惱と我執の根づよさを強調する仏教にあっては、それを懲らしめる地獄での責苦の形態も、いちだんと徹底した、執拗なものとなりました。残忍な責苦は、罪人を死にいたらしめるに

違いない。だが責苦が一貫するためには、死という終止符があってはならない。そのためには死者を再び生き返らせるという再生のプロセスが不可欠となりました。

以上、痛みの耐えがたさに関して、痛みに伴う二種の恐怖についてお話し致しました。一つは死の恐怖、いつ襲いかかるかもしれない未知の未来に対する恐怖です。もう一つは痛みという現在の耐えがたさ、これが永遠に続くのではないかという恐怖であります。おそらく安楽死の可否が問われるのは、もっぱら後者の苦しみからの解放をめぐってでありましょう。

視点を転じ、痛みを、その治癒という角度から考えてみたいと思います。ここまでは、私はいわば痛む主体の立場に立って痛みを論じて来ました。しかし、そもそも痛みの体験は、痛みを逃れたいという願いと重なり合っている。それゆえ癒すという側面を抜きにして、痛みの全体を捉えることは不可能なのであります。

ここでは癒される者と癒す者という視点を提出してみます。それは医療の場ならば、取りもなおさず病人と医者との関係を論じる視点となることでしょう。文学研究者である私には、これについて語る資格はありません。したがって、むしろ詩人の言葉や文学作品の助けを借りることを、お許し下さい。再びゲーテの作品を取りあげて、話しを進めさせていただきます。取りあげるのはゲーテの有名な戯曲『ファウスト』の一場面、「優雅な土地」(Anmutige Gegend)と題する短い場面であります。<sup>5)</sup>

ここには、眠りによって苦悩と絶望から癒される主人公ファウストの姿が描かれています。心身ともに疲れはてたファウストは、ある夜アルプス山中の草野で深い眠りに陥り、眠りという自然の治癒力によって、過去のすべての苦悶から癒されます。そして目覚めとともに、みずみずしい朝の天地に力づよくよみがえることができたのであります。

まず最初のト書によって、疲労困憊したファウストの眠りを求め、草地に身を横たえるさまが示されます。ついで彼の眠りは、妖精の頭<sup>かしら</sup>アーリエルの歌と、妖精たちの合唱によって表現されるのであります。アーリエルは、眠る不幸な者に憐れみをかける。そして妖精たちに、彼を忘却の流れに浴みをさせ、「焼けつく痛み」を胸から取り除いてやれと命令します。これに応じて妖精たちの合唱が始まる。一同は、夜の自然の推移を美しい詩句で歌い、ファウストに深い眠りをもたらし、これによって彼の痛みを回癒するのです。音楽による救いとも言えましょう。日の出とともに妖精たちは姿を消す。そしてファウストは目覚めます。

目覚めたファウストは、まず足もとに息づく大地に親しく呼びかけます。全身にみなぎる新しい活力、心中に湧きおこる歓喜と生きる意志、自然がほどこしてくれたこの治癒の奇蹟に対して、彼は母なる大地に心からの感謝を捧げたのです。

ファウストをこれほども打ちのめし、憔悴させた苦悶とは何であったのか。それは恋愛の痛手によるもので、その出来事は『ファウスト』の有名なグレートヘン悲劇が示すところであり、ファウストは可憐な町の娘グレートヘンを知り、二人は相思相愛の仲となりました。彼女はファウストに心も身も一切を捧げ、や

がて彼の子供を身ごもります。だが未婚の母となることを恐れ、生まれたばかりの子供を池に沈めて殺してしまう。そして彼女は赤子殺しの罪を問われて逮捕され、死刑を宣告され、断頭台の露と消えていくのです。処刑の前夜、恋人を救出するために牢獄に忍びこんだファウストは、狂乱するグレートヘンをまえにして、「ああ、おれは生まれて来なければよかった！」と絶叫しています。この悲しみに打ちのめされたファウストが、今アルプスの草野に眠りを求めたのであります。

日本のキリスト教徒、偉大な思想家である内村鑑三（1930年没）は、『ファウスト』のこの場面を取りあげ、作者ゲーテを手きびしく批判しています。<sup>6)</sup> ファウストは無垢な娘を誘惑し、破滅させた。この大罪人が眠りによって痛みを癒され、罪に対する懺悔のひとつもなしに苦悩をことごとく忘れ去るとは何事か。この許しがたい行為をファウストに取らせた作者ゲーテは、断じて天国に入ることはできない。せいぜいダンテが『神曲』に描いた、あの「煉獄」行きの存在であると言うのです。

しかしこの解釈は、あまりにも一面的ではないでしょうか。少なくとも内村は、文学における象徴的表現ということを理解していません。眠りにしても、忘却にしても、それは自然の治癒を示す象徴（Symbol）なのであります。ファウストも人間であるかぎり、グレートヘンの死後、悩みに悩み、懺悔に懺悔を重ねたに違いありません。ファウストの眠った「一夜」は、彼が痛みからの回癒のために必要とした長い年月を凝縮し、それを象徴的に表現したものにはすぎないのです。

神を前にしての懺悔、これはキリスト教の偉大な教えである。だが懺悔しても懺悔しつくせない大罪を犯した悪人には、もはや救いの可能性がないのでありましようか。善人悪人を問わず、すべての人間に最後まで残されているものとして、自然の救いがあるはずです。恐怖のどん底に落とされたファウストを救うためには、彼をひとたび仮死状態にまで追いこみ、ここで新しい生命を点火する以外には方法がなかった。この役割を果たすのが妖精によって象徴される慈悲ぶかい自然の治癒力である、とゲーテ自身も語っています。アーリエルも「聖者であれ悪人であれ、不幸な者に憐れみをそそぐ」と歌うように、自然の慈悲とは、善悪という道德の次元を超えて、生きとし生ける者にひとしくそそがれる無限の力なのであります。いかなる名医といえども、自然そのものに癒そうとする意志がなければ、病人を救うことはできません。問題は、なにゆえ自然という全体者に、個々の存在の痛みを癒そうとする意志があるのかということでありましよう。

今「全体」という言葉を使いましたが、「全体と部分」よりなる有機体というものを頭におき、自然にはたらく慈悲の源泉を探ってみたいと思います。トーマス・マンは、病気を「自然からの分離」だとみなしますが、その際、ドイツの19世紀の劇作家フリードリッヒ・ヘッベルの寸言詩<sup>エビグラム</sup>を引用しています。<sup>7)</sup>

君の指が痛むとき、指は身体から離れたのだ。  
そして体液は指の中で別個に巡りはじめる。

だが人間もその通りで、思うに、痛みは神にのみある。

ヘッベルは、痛む指と身体との関係を比喩として、痛む人間と神との関係を語っている。まず、指が痛むとき身体から離れるように、人間は痛むとき神から離れるという意味が汲みとれるでしょう。もう少し解釈を深めるならば、次のように言えるのではないのでしょうか。指が痛むとき、指だけが痛むのではなく、身体全体が痛んでいる。人間が痛むとき、痛んでいるのはひとえに神である。つまり身体全体が指において痛み、神という全体が人間という部分において痛んでいるのであります。

私が指を身体という全体に属する一つの部分、一つの器官 (Organ) だとみなすとき、そこには「有機体」(Organismus) という概念が生かされています。有機体という考えは古代ギリシア以来のものとされます。アリストテレスは自然界を有魂と無魂のものに分けました。そして有魂のものについて、それは器官を有して生きるもの、部分より成り立ち、しかも部分に分割できない一つの全体であると考えたのであります。<sup>8)</sup>

しかし、ここから神と人間との関係をも論じるとなれば、「有機体」という思考の枠を、もっと拡大する必要があります。たとえば自然科学の分野にあっても、アレクシス・カレルは、有機体の器官の働きについてきわめて興味ぶかい見解を示しています。カレルは、1912年にノーベル医学賞を受けたフランスの生理学者であります。一つの器官の境界とは、その解剖学的な形態ではなく、その機能である。器官とは、それが作用する場所にあまねく存在するとされます。それゆえカレルによれば、各器官の作用は有機体の全体に及んでいるから、全ての器官が同時に、同じ場所に存在することになるのです。<sup>9)</sup>

カレルは器官というものを実態 (Substanz) としてよりも、むしろ他との関わり合う機能、全体に開かれた力として把握する新しい見方を提示しているように思われます。この考えによれば、たとえば眼の働きにしても全身に及んでいることになる。また眼は耳や鼻と、手や足と、それのみか内臓とも関わりを有する器官だとされましょう。器官を部分とみなし、個物とみなしてもよい。全体を宇宙、あるいは神と言い換えてもよい。かりに有機体思考の枠を突破することになってもよい。事物の働きと事物間の相互関係を重視するこの考えを徹底させていくところに、きわめてスケールの大きい世界観が生まれて来るように思われるのです。

ふたたび指の痛みに戻ります。指は指の限られた部分にだけではなく、身体の全体に生きている。だから指が痛むとき、当然のことながら身体全体が、指の持ち主である私自身が痛むのであります。これと同じ解釈に立って、ヘッベルは人間の痛みのうちに神の痛みを指摘したのでありましょう。さらに一つの事柄を付け加えておきます。痛む人間は、癒されることを同時に願っている。この治癒を願うからこそ、人間を愛する神も、人間とともに痛むのであります。

さて有機体思考の枠を超えると私が言ったとき、正直なところ私の頭には東洋の哲学、とりわけ仏教の世界観のことが置かれていました。アリストテレスの述べた「有魂のもの」とは有機体だけに限られます。だが仏教にあっては有機と無機との区別は存在しません。「すべての生命に仏性がある」と言われるときも、この生命とは人間、動物、植物だけではなく、山や川や石塊、いわゆる無機物をも意味するものであり、一切の存在が「有情」のもの、すなわち魂を有するものだと言われたのです。さらに仏教にあっては、これらすべての存在物が互いに依存し、関連し合う姿を見きわめることが、悟りに到達するための最も重要な認識だとされます。物と物とが相互に関わり合い、影響を及ぼし合うという不可思議な法則、これが「縁起」の法則にほかなりません。「縁起」とは「原因や機縁によって生起する」ことを意味します。私が痛むとき神も痛むとすれば、このことも仏教的に考えるならば、神と私との不可思議な関連によって生じているのであります。

東洋人であり、仏教徒である私にとっては、全体者として神ではなく仏を考え、「人間の痛むとき仏が痛む」と言い換えた方が、はるかに理解が容易となります。そもそも仏とは生きとし生ける者の痛み、悩み、苦しみを救うために現れ出た存在であるという考えが、われわれの心底に横たわっているからでありましょう。

「仏の痛み」を論じるにあたって、日本の哲学者、北森嘉蔵教授の論文「神の痛みと仏の悲」（1984年）は、私にとってきわめて貴重な指針となりました。<sup>10</sup>「神の痛み」の問題は、北森氏にとってはすでに40年前に発表された著書『神の痛みの神学』（1946年）以来の、大きな関心事であったのです。さて上記の論文には次のようにあります。

旧約聖書の「エレミヤ記」31章・20節には「これもて我が腸痛む」という神エホバの言葉がある。ここには、神の愛に背いた者に対する神の愛が「痛み」として表現されている。神の痛みは愛の現われであるが、真の痛みである。他方、仏教における仏の「悲」、すなわちサンスクリット語のKarunが示すものは「悲しみを抜く」こと、憐れみ、同情を意味するだけで、真の悲しみには達していないのではなかろうか。この疑問が、ある偉大な仏教学者の解釈によって解かれるにいたった。人間と共に悩むアミダ仏のあることを知り、仏の「悲」には「アワレミ」だけでなく、「カナシミ」も含まれていることが明らかにされたからである。これによって、キリスト教と仏教とに共通する絶対者の「痛み」を教えられたと述懐しています。

「エレミヤ記」における神の痛みは、人間の忘恩ゆえにであったとされる。では仏の痛みは、なにゆえであったのか。かりに人間の忘恩が原因であったとしても、その痛みは神の場合とはかなり性質を異にするはずです。なぜなら仏とはキリスト教の神のような万物の創造主、支配者ではなく、万物のうちに、万物とともに最初から存在した包括的な全体者であったからです。

まず「人間と共に悩む」アミダ仏について知る必要があります。しかし私

は「仏の痛み」を論じるに際して、そもそも仏教の出発点に人間の苦悩の認識があったという点から話を始めたいと思います。

人生とは生老病死という四つの苦しみである。いかにしてこの四苦から逃れ、迷いや悩みのない涅槃（<sup>ねはん</sup>nirvana）の境地に入るべきなのか。この根本的な問いかけが、仏教という宗教の出発点でありました。「生」とは生まれることを意味します。この世に生まれるからこそ、人間は老病死という他の苦しみを背負わねばならない。こうして仏教では、人生そのものが苦しみ（pain）であると観察されたのであります。

人間が迷い苦しむのは煩惱と、その根底にある我執（我への執着）によるもので、煩惱に眼をさえぎられて宇宙の真理（dharma）に目覚めないからであるとされます。煩惱は根づよく、断ち切りがたい。たとえ人間が死んでも別な姿で生まれ変わり、煩惱そのものは果てしなく継続する。それゆえ仏教では、古代インドの「輪廻」（<sup>りんね</sup>samsra）の思想にもとづき、この迷う存在は自己の煩惱と業（<sup>ごう</sup>karman）によって地獄、餓鬼、畜生、阿修羅、人間、天という六つの世界を生まれ変わりつつ永遠に巡らねばならぬと信じられて来ました。この六道輪廻の考えには、さきほど私が地獄の責苦について指摘した「最も耐えがたい苦悩」の形態が、またしても無限の反復、悪循環（*circulus vitiosus*）となって現われています。

輪廻の支配を脱する、つまり我執を断ち切るためには、「法」（dharma）に目覚める以外にはない。法とは法則を成り立たせる規範であり、正しい認識のための根拠であり、宇宙の真理であります。そもそも日本語で「ホトケ」とも呼ばれる「ブツ」（buddha）の語は、サンスクリット語で「真理を悟った者」を意味するものであります。歴史上のブッダ、すなわち仏法をはじめて世に説いた人物である釈迦（<sup>しゃか</sup>akyamuni）も、法を悟ることによって仏になったのです。<sup>11)</sup>

この釈迦が最も重んじたのものは縁起（<sup>えんぎ</sup>）の法則でありました。「縁起」とは、すでにお話ししたように、すべての事物が互いに依存し、関係し合って存在しているという原理であります。「AがあるからBがあり、Aが起るからBが起る。AがなければBがなく、AがなくなればBはなくなる。」と説かれました。

およそ世の中に、他から孤立し、それ自体で存在しているようなものは一つとしてありません。たとえば私は親に対しては子供であるが、子供に対しては親である。同じように師に対しては弟子であり、弟子に対しては師である。つまり私は、さまざまな条件下に、さまざまな他者との相互関係のうちに存在しているのであって、どこにも「私」と言えるような実体はないのです。しかも私は、さまざまな条件の変化のもとに刻一刻と変化し、過ぎ去りつつあります。ギリシアの哲学者ヘラクレイトスも「同じ川に、二度入ることはできない」と言ったように、万物は流転します。にもかかわらず同じ「私」があり、同じ「川」があるところと考えると根本的な誤謬があると言えましょう。つまり人間の迷いとは存在しない実体（Substanz）への囚われであり、これを突破しないかぎり人間は煩惱か

ら脱脚できないとされたのです。

だが悟りの成就是容易ではありません。大乘仏教 (Mahyna) はインドから中国を経て日本へと発展し深化されましたが、そこには聖道門と浄土門という二つの異なる立場が現れました。聖なる道を選んだ人々は、さまざまな修業を通して自力によって悟りを得ようとしてきました。たとえばヨーロッパにも知られる禅仏教は、この立場に属します。他方、この世で人間の力によって悟りを開くことは絶対に不可能であり、仏の力によって浄土 (pureland) に生まれ変わる以外に救いは有り得ないことを認識したのが、浄土門に帰依した人々です。この人々の前に姿を現わしたのがアミダ仏にほかなりません。

アミダ (amida) とはサンスクリット語のamitāyusとamitābhaとが一つになったもので、前者は「無限の生命」を、後者は「無限の光」を意味します。生命とは慈悲を示し、光は知恵を示す。つまりアミダ仏とは、無限の慈悲と無限の知恵とを具えた仏なのであります。仏そのものは法の具現者であり、法そのものである。それは色も形もなく、名状することも表象することもできない、あたかもエーテルのような純粋な存在であります。この絶対の世界より、人間のために名をとり、形を示して立ち現われたものがアミダ仏にほかなりません。

アミダ仏は、生きとし生ける者の苦悩に心を痛め、彼らのために悩みや苦しみのない理想の国土である浄土を建立しました。「自分を信じ、浄土に生まれることを願い、自分の名を称えるならば、必ず浄土に救うであろう。」これが、この仏の誓いであります。アミダ仏とは、人間の痛みを完全に癒すために浄土を開き、名とともにこの世に姿を現わし、人間が浄土に生まれ変わるための手だてとして「アミダ仏」の名を差し向けてくれた仏、まさに慈悲から立ち現われた仏なのであります。<sup>12)</sup>

このアミダ仏を信じ、仏の慈悲というものを人間存在の底から体験した人物として、日本仏教史上の最大の指導者のひとり親鸞しんらんがいます。親鸞は1173年に京都の町に生まれ、若くして浄土の教えに帰依し、のちに浄土真宗 (浄土への往生を求める真実の宗派) の開祖者となった人物であります。彼は、時代に及ぼした宗教改革者としての役割、またマルティン・ルターとの思想上での親近性を通して、「日本のルター」とも呼ばれています。<sup>13)</sup>

親鸞の偉大さは、高僧、聖人として仏を説くのではなく、ひとりの迷う人間、平凡な人間として謙虚にアミダ仏の声に耳を傾けたところにあります。彼が強調したのは、人間は修業や学問ではなく、ただ念仏によってのみ救われるということでありました。念仏とは仏を念じ (心に思い)、仏の名を呼ぶことである。ただ「南無アミダ仏」と称えるだけでよいとされます。南無なむとはサンスクリット語のnamas (帰依) を訳したものであり、それゆえ南無アミダ仏とは「アミダ仏にすべてを委ねる」を意味します。わたしが南無アミダ仏と言うとき、私は同時に「アミダ仏にすべてを委ねよ」という仏の呼び声を耳にするのです。

有名な語録『歎異抄たんにしやう』には、親鸞の大胆な信仰告白と、率直な心情の吐露がう

かがわれます。この書物は、弟子の唯円ゆいねんが自分の「耳底にとどまる」、忘れがたい師の言葉を書き残したもので、18の章より成り立っています。<sup>14)</sup>

アミダ仏の約束する極楽浄土は、痛み、悩みの多い人間の誰しものが生まれたいと願う世界でありましょう。だがそれは、あくまでも死後のこと、来世のことである。アミダ仏の救いは、現世の苦しみに対しては無効なのであろうか。まず、この根本的な問いに対する答えが第1章に見出されます。アミダ仏を信じ、浄土への往生を願い、念仏を称えたいと思うとき、すでに私は仏の救いにあずかると言うのです。アミダ仏は、浄土の建立に先だって、念仏する者には、すでにこの世で必ず浄土に行ける身分を保証すると約束している。このことを確信する親鸞は、アミダ仏を信じる者は、念仏するごとに、すでにこの世で浄土の光に照らし出され、アミダ仏の慈悲に包みこまれると説いているのです。

いかに浄土が魅力的であろうとも、浄土行きの前提となる死そのものは人間にとって耐えがたい。そのため、浄土にいそいで行きたくないという気持が人間に起こるのは好ましくないことであるのか。この意味の質問を、唯円があるとき親鸞に投げかけたところ、師はそれを非難するどころか、驚いたことには「親鸞にもその疑問があったが、唯円も同じであったのか」と受けとめています。病気になれば死が不安になり、どこまでも生に執着するのが人間である。これほど煩惱の深いわれわれであるからこそ、アミダ仏は人間に憐れみと悲しみを覚え、浄土への救いを思い立ったのである。それゆえ、この仏の慈悲を一段と深く身に感じ、浄土行きが確実であることを知るべきだ、と親鸞は語るのです。この対話を伝える第9章は、『嘆異抄』のなかでも特に感動的な1章となっています。

最後に、第3章で説かれる「悪人こそ救いの対象である」という親鸞の大胆で深奥な思想にふれておきます。ここでの「悪人」とは、自力による救いの望みが断たれた者、最も煩惱の強いもの、それゆえ最大の痛みをになう人間を意味します。善人にも悪人にも注がれる自然の慈悲については、詩人ゲーテも戯曲『ファウスト』の一場面に描いたところですが、宗教の世界にあっても、悪人すら救われるのだから、なおさらのこと善人は救われるというのが普通の考え方でありましょう。ところで親鸞は「善人でも浄土に往生できるのに、ましてや悪人にできないことがあるか」と言い放ちます。なぜ、この逆説が成り立つのか。それは、救いようのない「悪人」に悲しみを覚えて立ち現われた存在がアミダ仏にほかならないからであります。

ここで「痛み」のテーマに帰ります。以上、私は日本を代表する偉大な宗教家、思想家のひとり親鸞をとおして仏の慈悲というものにふれてみました。アミダ仏がまさに「仏の痛み」の具現者であり、人間の痛みへの憐れみを自己の存在根拠とする仏であることは明らかにされたはずですが。

ついで固体と全体、もしくは痛みと社会という観点を思い起こしてみます。ヘッベルは、指が痛むとき身体が痛み、人間が痛むとき神が痛むと言いました。アミダ仏の心とは、もろもろの存在が苦しむゆえに自分が現われ出るところにありま

す。注目すべきは、個体の痛みの背後には常に大きなMitleidが働いている、つまり「共に痛む」大きな存在があるということです。

痛みとは生命にとっての危険信号である。だが死が生きる者にとって不可避の運命であることは否定できません。問題は、人間が死を前にした場合も、共に痛みつつ回癒を願う全体者を認識することによって、どこまで死の恐怖を超え、どこまで与えられた人生を光で満たしうるかでありましょう。痛みを癒す立場にある人間、たとえば医者や宗教家にしても、痛む者を前にして、まずみずから「共に痛む」者となる必要があります。しかし、それにもまして重要なものが、さらに大きな「共に痛む」存在が自然や全体として、神や仏として背後にあるという認識でありましょう。

仏教において、仏の慈悲は「<sup>だいひ</sup>大悲」とも呼ばれます。この「悲」の文字には「アワレム」と同時に「カナシム」の意味があります。なぜ仏の慈悲が「大きい」とされるのか。それは、仏が「アワレミ」を通して人間の「カナシミ」に関与し、しかもそれをそのまま自己の「カナシミ」と化するからであります。悲しみ、痛む人間にとって、これほど大きな支え、これほど大きな癒しは存在しないことでありましょう。

(注)

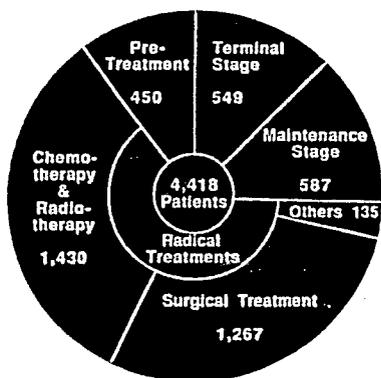
- 1) ゲーテ、「古典形式への接近」に収められた六行詩「不幸は人間を形成し、……」からの引用。Goethe : Gedenkausgabe der Werke, Briefe und Gespräche (Artemis) Bd. 2, S. 132.
- 2) ドストエフスキー『死の家の記録』第1部、第2章。
- 3) 『往生要集』巻上、大文第1の1「地獄」、『源信』石田瑞磨編、岩波書店「日本思想大系」六、1970年、11-29頁参照。
- 4) ダンテ『神曲』、「地獄篇」第24歌、97-105行。
- 5) ゲーテ『ファウスト』第2部、4613-4727行。
- 6) 『ダンテとゲーテ』(1898年)、内村鑑三『宗教と文学』(新潮文庫)1956年、55-75頁。
- 7) Thomas Mann : Goethe und Tolstoi. In : Leiden und Größe der Meister (Fischer Bücherei) S. 56. なおヘッベルのエピグラム「古い秘密」は以下にある。  
Fr. Hebbels Werke (Carl Hanser) Bd. 3, S. 127.
- 8) アリストテレス『靈魂論』(De anima) 第1巻第5章、および第2巻第1章。
- 9) カレルの思想は、音楽学者ツーカーカンドルの次の論文を通して知ることができた。  
Victor Zuckerkandl : Der singende und der sprechende Mensch, Eranos Jahrbuch 1961 (Band 30) S. 272.
- 10) 北森嘉蔵「神の痛みと仏の悲」、『新鸞とキリスト教』門脇佳吉編、創元社、1984年、120-136頁。
- 11) 藺田香勲『有と無——東と西の出会い——』理想社、1965年、106頁。
- 12) 大乘仏典『大無量寿経』には、アミダ仏の浄土建立と成仏の由来が説かれている。そのサンスクリット原典は西紀前に北インドで成立したと推定されるが、3世紀に康僧鎧の手によって訳された漢訳『大無量寿経』は、古来、浄土仏教の根本経典とされている。『浄土三部経』上(大無量寿経)中村 元、早島鏡正、紀野一義訳註、岩波文庫、1963年。
- 13) Johannes Laube : Der Glaubensakt bei Luther und bei Shinran. In : Zeitschrift für Missionswissenschaft und Religionswissenschaft 67, 1983, S. 31-49.  
Takeo Ashizu : Shinran als japanischer Luther—Über das Nembutsu (Joachim Wach—Vorlesungen der Philipps—Universität Marburg). In : Luther und Shinran—Eckhart und Zen, herausgegeben von Martin Kraatz, Köln (E. J. Brill) 1989.

# 末期癌患者の鎮痛治療

千葉大学医学部教授 水口公信

癌患者のもつ痛みは深刻であり、数カ月、ときに年余にわたり持続するので、医療者が鎮痛対策に遅れたり、適切な治療が行なわれないと、患者は人格のある尊厳を保つ日々を送ることは出来ないし、また、医療者は患者との信頼関係を失うことになる。患者の家族は医療者からすでに不治の病気であることを知らされているが、せめて痛みだけは取り除かれることを望んでいる。では我国における癌疼痛対策の現況からのべてみたい。1986年、国立がんセンター病院をはじめ、がん専門病院18施設に入院している癌患者を対象に、鎮痛対策に関するアンケート調査を行った。

図1は全癌症例4,426名を対象に現在行なっている治療内容を示したものである。手術前の癌患者や手術後患者は1,267名、化学療法、放射線療法を受けた患者は1,430名、保存療法中の患者は587名、末期癌患者は549名である。表1は痛みを訴える患者を治療内容別に示したものである。全病期で痛みを訴える患者は1,426名(32.3%)に認められたが、末期状態になると、痛みの患者の発生頻度は増加して378名(68.9%)である。Bonicaは末期癌患者に平均71.6%の発生頻度を報告し、今回のアンケート調査とほぼ一致した。では鎮痛薬がどの程度に効果があったかをみると、表2のように、末期癌では37.8%に鎮痛効果を有するが、全く痛みを取り除く事が出来ないまま死亡する症例は33名(8.7%)である。鎮痛方法とその効果をみると、図2のように、使用頻度は非ステロイド系抗炎症薬で50%、非麻薬系鎮痛薬の筋注・静注は31.9%である。鎮痛効果はそれぞれ40%、55%であった。モルヒネの使用頻度はわずか11.8%に過ぎず、その有効率も40%である。硬膜外モルヒネ注入法の使用頻度は6.1%以上であり、その有効率は60%以上である。このように我国に於ける癌疼痛に対する鎮痛効果は充分でなく、痛みがとれないまま死亡する症例が若干みられる。その現状をまとめると表3の如くである。もっとも指摘された事項は痛みに対する医師の認識不足であり、簡単な、確実な鎮痛方法を知らない、またモルヒネの身体・精神的依存、耐性、耽溺性を恐れて、積極的にモルヒネを使わない医師が多いことである。そのほか医師は患者に必要な以上痛みを我慢させたり、病名、病状の説明が充分に行なわれない、痛みの評価に悩み、精神、心理的対応が出来ないなどであった。著者は図3



(18 Institutions, 157 wards. Pediatric Cancer excluded.)

Fig 1 Main Cancer Treatments

Type of analgesics	No. of patients	Evaluation of pain relief		
		Sufficiently effective	Slightly effective	Ineffective
Nonsteroidal anti-inflammatory drugs (NSAID)	708 (49.6)	600	100	8
Non-narcotic analgesics (I.M. and I.V.)	455 (31.9)	350	100	5
Morphine (P.O. and Suppository)	168 (11.8)	100	60	8
Epidural morphine	87 ( 6.1)	70	15	2
Radiotherapy for analgesia	81 ( 5.7)	60	20	1
Narcotics (I.M. and Hypodermal)	58 ( 4.1)	40	15	3
Chemotherapy for analgesia	39 ( 2.7)	30	8	1
Cocaine (P.O.)	31 ( 2.2)	20	10	1
Hormonal therapy for analgesia	29 ( 2.0)	20	8	1
Nerve block	15 ( 1.1)	10	5	0
Narcotic or anesthetic drug (I.V. and D.I.)	9 ( 0.6)	5	4	0
Others (acupuncture, TENS, autonomic training, etc.)	14 ( 1.0)	10	4	0

Fig 2 analgeric effectes

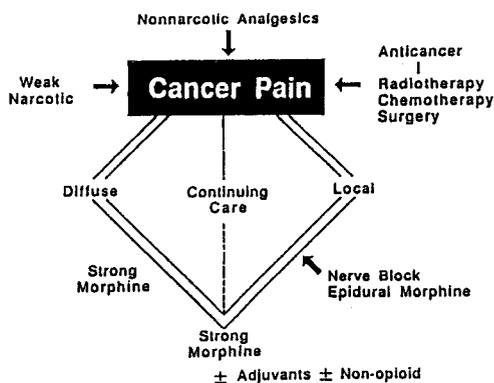


Fig 3 Therapeutic Strategy

Tabl.1 Occurrence of cancer pain in 18 hospitals

	total no. patients studied	patients with pain (%)
Pretreatment	450	53 (11.8)
Radical treatment	2,813	753 (26.8)
Conservative treatment	587	240 (40.9)
Terminal stage	549	378 (68.9)
Others	19	2 (10.5)
<b>Total</b>	<b>4,418</b>	<b>1,426 (32.3)</b>

Tabl.2 Analgesic effect on cancer pain in the 18 hospitals

	Total relief	Partial relief	Unrelieved
Pretreatment	28 (52.8)	22 (41.5)	3 (5.7)
Radical treatment	432 (57.4)	295 (39.2)	26 (3.4)
Conservative treatment	102 (42.5)	132 (55.0)	6 (2.5)
Terminal stage	143 (37.8)	202 (53.4)	33 (8.7)
Others	1 (50.0)	1 (50.0)	0
<b>Total</b>	<b>706 (49.5)</b>	<b>652 (45.8)</b>	<b>68 (4.8)</b>

( ) %

Tabl.3 Reasons for unrelieved pain (may overlap)

1. Insufficient recognition by doctors	24 wards
2. Inability to control pain	11
3. Study of the analgesic method required	7
4. Difficulty in judging and evaluating of pain	6
5. Difficulty in controlling the psychological state	6
6. Insufficient explanation given to the family	5
7. Anxiety about toleranse and addiction to narcotic	5
8. Lack of multidisciplinary care of pain	4
9. Difficulty in narcotics control	3
10. Financial problems	2

Tabl.4 Narcotic Analgesics and Nerve Block (132 cases)

1) Oral Narcotics	16 (12.1%)
2) Epidural Narcotics	35 (26.5%)
3) 1) + 2)	78 (59.0%)
4) Intravenous infusion	15 (11.3%)
5) Nerve Block	21 (15.9%)

(may overlap)

に示すような鎮痛対策の手順を考えています。痛みの原因を取り除くために放射線療法、化学療法、外科療法を実施しながら、同時に積極的に痛みのコントロールを行います。まずはじめに、非ステロイド抗炎症薬、次に弱いモルヒネ、さらに強力なモルヒネの如く、WHOのanalgesic ladderに従って鎮痛治療を実施しております。さらに重要なことは鎮痛効果を増強するクロルプロマジン・ハロペリドール・ステロイド拮抗薬の併用を行います。表4は著者の病院に於ける末期癌患者132名の鎮痛方法と使用頻度を示したものである。モルヒネ経口投与16名(12.1%)、硬膜外モルヒネ注入35名(36.5%)、両者を併用した症例は78名(59%)であり、そのほか、モルヒネ持続点滴15名(11.3%)、腹腔神経叢ブロックを含む神経ブロック21名(15.9%)であり、全例にほぼ満足する鎮痛成績をあげている。とくにモルヒネは出来るだけ経口投与により、痛みが消失するまで増量し、個々の至適量を決定する必要があります。モルヒネは一定時内、規則正しく、服用することが大切であり、また副作用(嘔吐、便秘)に十分な知識をもち、早期に、予防的対応が望まれる。表5は132名の臨床経過を示したものであるが、生存期間は平均3年間、痛み期間は281日である。硬膜外モルヒネ注入期間は56.3日で痛み期間の20%、モルヒネ経口投与期間は91.8日、痛み期間の32.6%に相当する。最近図4に示すような軽量の注入ポンプからモルヒネを硬膜外腔に持続



Tabl.5 Clinical Course

Onset of disease ~ death	957.5 ± 920.7 (days)
Onset of pain ~ death	281.5 ± 375.4 (days)
Epidural infusion	56.3 ± 47.8 (days)
Oral morphine	91.8 ± 143.0 (days)

Tabl.6 Psychological Testing

- 1) Sentence Completion Test
- 2) Baum Test

的に注入し、さらに痛みの強いときには自分でボタンを押すことによって除痛が得られ、在宅の治療も可能になった。

次に癌性疼痛患者の精神面を考えたい。末期癌患者にきびしい痛み悩み、痛みが何時起こる予測出来ない。段々と鎮痛薬の使用量や回数も増え、将来への見通しがつかない、死の恐怖感を抱くようになる。患者は不安、いらだち、不機嫌、表情が暗くなり、絶望感うつ状態に落ち込み、痛みはさらに増悪する。このような状態に陥った患者の気持ちを理解し、受け止め、よりよいケアを行うことは末期癌患者の痛みを取り除く上でも重要課題である。そこで著者は痛みをもつ末期癌患者の内的状況を知るために表6のような文章完成法とバウムテストを行った。文章完成法は最初に一定の刺激語を提示して、そのあと補充して一つの文章を作成させる方法である。バウムテストはクレヨンを用意して1本の樹木を描かせる方法であり、ともに投影法の一つである。対象は国立がんセンター病院、千葉大学医学部附属病院麻酔科で鎮痛対策の依頼を受けた147名である。疾患の内訳は胃癌23名、大腸・直腸癌23名、肺癌19名、泌尿器癌18名、膀胱癌・乳癌ともに11名、その他である。まず「痛みとは」の後をひとことで表現する文章完成法を試みた。表7に示すように「苦しい」、「つらい」、「切ない」、「恐ろしい」、「飛び降りて死にたい」など主観的表現をもって訴える症例は92名(62.3%)でもっとも多い。一方「痛みの半分は肉体の痛み、半分は心の痛み」、「肉体の痛みは耐えられるが、心の痛みは耐えられない」、「天から与えられた試練」、「憎しみの対象」のように痛みを客観的に表現する症例は31名(21%)に認めた。また表現がむずかしい、痛みを測定する計器が欲しいなど無解答例は24名(16.3%)であった。次に主観的、客観的、無解答の痛みの表現がどのような疾患に多いかをみた。表8に示すように、主観的表現は膀胱癌、胃癌、大腸・直腸癌、泌尿器癌のように痛みのコントロールに難渋する症例に頻発し、また40歳代の壮年層に多くみられた。一方、客観的表現は肺癌、白血病によくみられ、無解答は骨肉腫に増加し、若年者や高齢者に多いことが判明した。このように癌患者の痛み表現は疾患や年齢と密接な関係にあると言えよう。

次にバウムテストについて考えてみたい。樹木の全体的印象から3群に分類した。成熟した、しっかりした樹木を描く症例をAとする。次に幼児的、貧弱・退行現象のみられる樹木を描いた症例をBとします。またA、Bの中間に位する樹木を描く症例をCとした。図5は乳癌患者でA群、図6は直腸癌患者のB群、図7は肺癌症例でC群である。表7はA、B、C群の症例数、年齢、性別との関係をみたものである。A群は20例、B群は23例、C群は42例でもっとも多い。年齢をみると、Aは47歳でもっとも若年者、Bは男性に多い。次にバウム所見の分類と文章完成法との関係をみた。「家の人は私」にどの様にみているかの質問に対して表10のように、A、C群の症例は「よく世話をしてくれる」、「感謝している」などpositiveな回答が多い。B群は「家族の援助はよくわからない」など中立的回答が多くなります。「どうしても私は」に対してもAは健康回復、社会復帰へ

Tabl.7 Pain Expression

Subjective expression		Objective expression	
	cases		
Distressing	29	Half somatic, half psychological	7
Hard	27	(Physical pain, tolerable; mental pain, intolerable)	
Intolerable	4		
Oppressive	3	Trial from heaven	4
Dreadful	3	(the price that man must pay)	
Wish to commit suicide	2	Object of hatred	1
		Priority over all others	1
<hr/>		<hr/>	
92 cases (62.3%)		31 cases (21.0%)	
No answer	9		
Hard to express	4		
<hr/>		<hr/>	
24 cases (16.3%)			

Tabl.8 Pain expression and disease

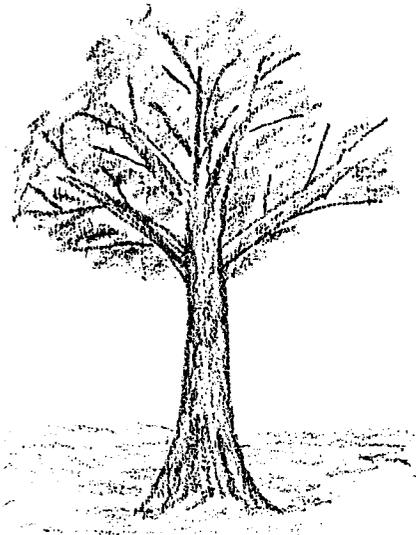
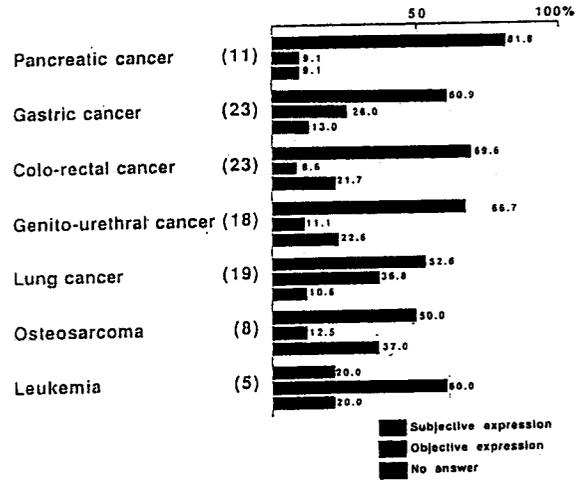


Fig5 Atype (Breast Caucer)

Tabl.9 Baum Patient Types

Group	N	Age (yrs)	Sex
A	20	47.5 ± 11.2	M 11
			F 9
B	23	51.0 ± 10.0	M 19
			F 4
C	42	52.8 ± 11.7	M 25
			F 17

A : Baum with few negative indicators  
 B : Baum with many negative indicators  
 C : Baum with several negative indicators  
 (± S.D.)



Fig6 (Btype) (Rectai cancer)

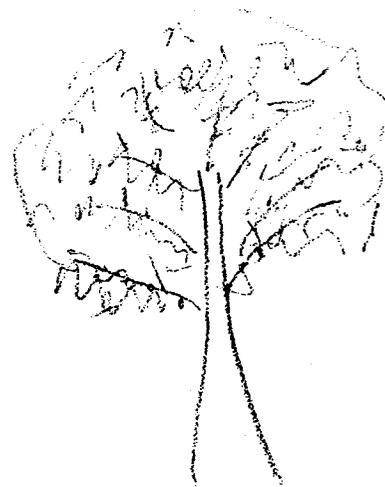
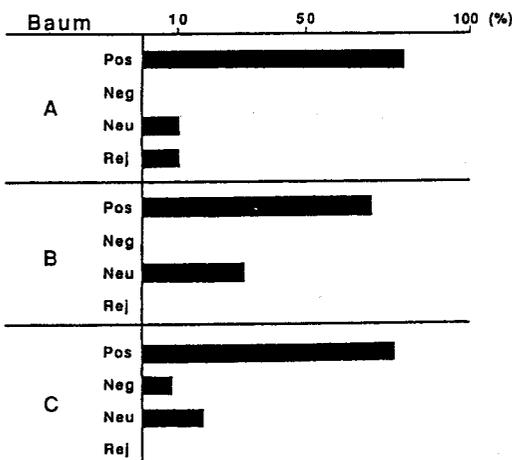


Fig7 (C type) Wnyerncer

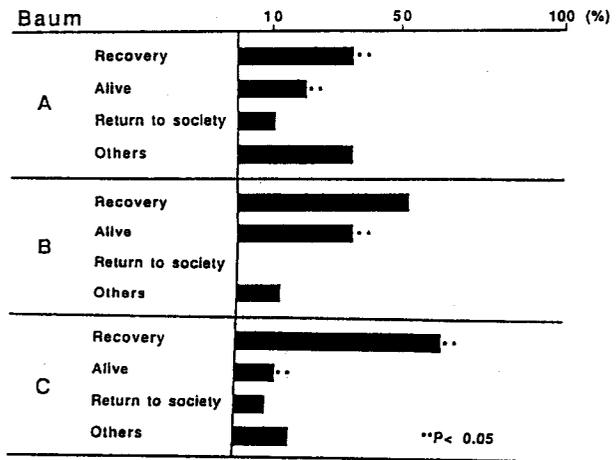
の意欲は乏しく、Bはどうしても生きたい願望、生への執着が強くあらわれ、Cは健康回復の意欲に燃えていることがわかる(表11)。文章完成法で「私の人生は」についてもB群の患者は「今迄よくなかった」、「失敗の連続だった」とnegativeな回答が多い。一方A群の患者は幸せだった、満足な人生だったとのべ、両者の間に有意の差を認めた(表12)。また「死とは」についての質問にもA群は死を受容する言葉を多く認め、B群の患者に比べて有意に死を受容している(表13)。このようにバウムはKockがのべているように無意識下の自我状態をよく反映し、バウム所見は文章完成法からみた心理状態とよく一致している。次に症例を紹介する。

Tabl.10 SCT and Baum (1)



SCT : How does my family see me?

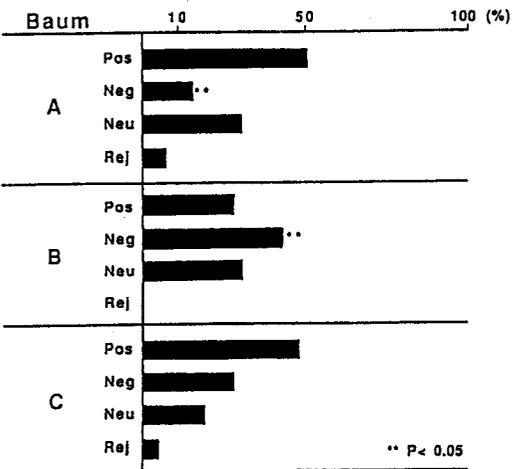
Tabl.11 SCT and Baum (2)



SCT : I will by all means . . . . .

\*\*P< 0.05

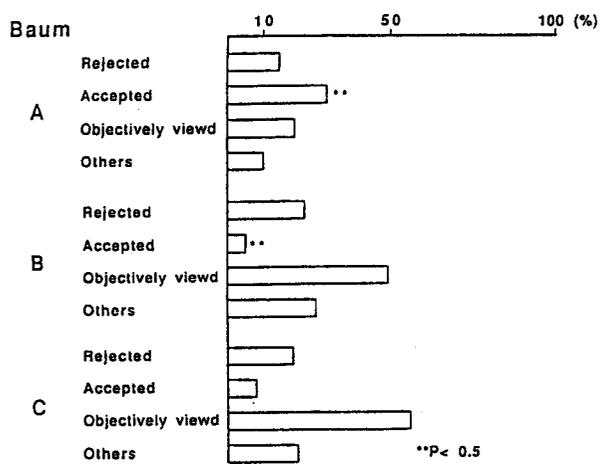
Tabl.12 SCT and Baum (3)



SCT : My life has been . . . . .

\*\* P< 0.05

Tabl.13 SCT and Baum (4)



SCT : Death is . . . . .

\*\*P< 0.5

70歳、男性、後腹膜に浸潤をもたした胃癌患者です。表14に示すように上腹部・脊部痛が激しいため、臥床困難であり、何時も机によりかかっているため、下顎部に褥創が発生した。硬膜外モルヒネ、モルヒネ内服により痛みの軽減を計ることが出来た。その後下血、吐血のため1カ月後に死亡した。死亡1か月前の文章完成法は表15に示すように「私の眠りは」は浅い、だらだらしている。「私を不安にするのは」何もない。「これからは」に対して「平凡で、私にふさわしい静かな人生を送りたい」とのべ、「これまでは」に対して、「我を通すことが多かった」と反省している。「病気になって考えるのは」には何もない、天命を果すことです。「私が気になるのは」には戦友会の幹事の仕事が心配だ。「現在の私の生活は」に対して「今まで私が経験したことのない生活だ」、「それなりに楽しんでいる」と答えている。「生きる」ことにも、権利ではない。義務を果たしたい、「痛みとは、」これほど嫌なものはない、とのべている。バウムテストは図8のよ

Tabl.14 K.I. 70 years old Male Retroperitoneal tumor

1988 Middle of April	Feeling of compression in the stomach and back, pain Appetite decreased, insomnia, weight loss
1 June	Admitted into the First Department of Surgery, Chiba University
15 June	Epidural morphine (2 mg x 2/day) Morphine hydrochloride solution 60 mg/day p.o. Control of pain was possible Thereafter hematemesis, melena
4 August	Death

Tabl.15 SCT K.I. 70 years old Male Retroperitoneal tumor

My sleep is .....	light and restless.
What makes me anxious .....	Nothing.
From now on .....	I wish to live a quiet life which suits me.
Up to now .....	I have usually done what I wanted.
What I thought after I became sick .....	Nothing in particular. I am subject to the will of heaven.
I am anxious about .....	my work as a manager in the Veteran Soldiers Association.
My life at present .....	has not been an experience before but so far is enjoyable.
To live .....	is not a right, but I wish to fulfil my duty.
Pain .....	is more detestable than anything else.

うに、樹木全体のエネルギーを十分に保ち、左側の樹冠の色が濃いのは生への執着が強い事を示し、根がしっかり強調されている。これは不安定を保護しようとする心理的機制が働いているためである。次の症例は60歳男性。膵臓癌の手術後再発、上腹部痛に対して腹腔神経叢ブロック、モルヒネ内服により痛みの軽減に成功した。文章完成法をみると、この表16のように「私を不安にするのは」に対して身体のこと、将来のこと、「これからは」に平凡な暮らし、「病気になって考えることは」に息子の将来の事が心配だ。また「これまでは」に対して自分は今まででたらめな生活をして来たことと反省し、後悔があり、「家の人は私を」にも家の人はよくみてくれないと中立的な回答があり、「時と私は」にも現状を深く考えると嫌になるなど明らかなうつ状態に陥っている。「私が残念なのは」に対しても「妻にやさしくしてやれなかった」、「どうしても私は」にも「ばかになりきれない」、「痛みとは」では気持ちを暗くする、つらいからいけない、と痛みによる

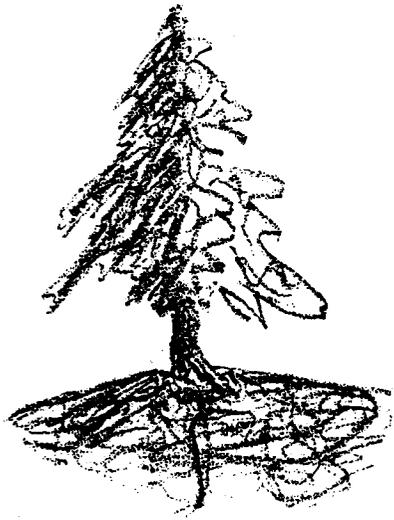


Fig 8 Baum (K.I)

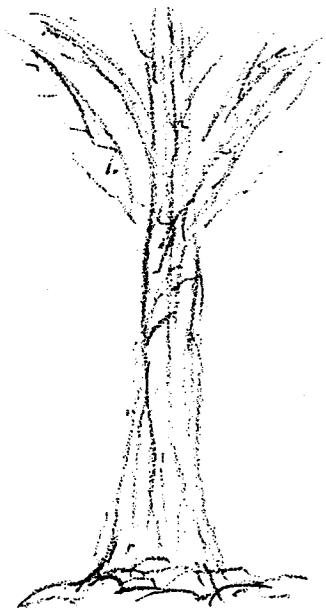


Fig 9 baum (S.H)

精神状態の悪化がみられる。本症例のバウムであるが、乱雑、粗野な樹木で、精神的なエネルギーの停滞がみられた (Fig 9)。

次の症例、55歳、女性。直腸癌再発例、1981年8月、直腸癌根治手術を行ったが、2年後、肛門部痛で再発、放射線療法を行った。痛みは更に増強したため、硬膜外モルヒネ、モルヒネ内服により痛みは軽減したが、骨盤内に10cmの腫瘍が出来た。約2年間在宅治療を続けることができたが1987年1月腎不全と痛み治療のため緊急入院した。3カ月後に死亡した (表17)。痛みのコントロールが出来て在宅治療中に採取した第1回目の文章完成法をみると、「私が気になるのは」留守のこと、「私が残念なのは」には健康が維持できない、「生きることは」に対して家族との別れ、「痛みとは」病気の痛みには耐えられるが、心の痛みには耐えられない、とのべている。2回目の文章完成法では「私の気になるのは」に対

Tabl. 16 SCT S.H. 60 years old Male Pancreatic cancer

My sleep is .....	Sometimes deep and sometimes restless.
What makes me anxious .....	is my body and the future.
From now on .....	an ordinary life.
I am making efforts	so that my son may be happy.
Up to now .....	I have lived disordered.
What I thought after I became sick .....	is that I wish to get better as soon as possible.
Family members ..	do not take care of me very well.
Sometimes I .....	become weary of myself, when I think deeply of myself.
What I regret .....	is that I was not very tender to my wife.
I can never .....	become completely stupid.
To live .....	is serious.
My life .....	is so-so.
Pain .....	dulls my feelings. It is not good, it is difficult.

Tabl. 17 Case 1 K.T. 57 years old Female Recurrence of rectal cancer

Chief complaint: Hip - lumbar pain

Present illness:

In August 1981, Miles operation was performed. Thereafter the recovery was good.

In 1984, there was a local recurrence. Radiotherapy was performed 3 times; Thereafter, pain was complained of in the waist, hip and the ulcerous region.

From August 1985 epidural narcotic infusion, and morphine water p.o. (40 - 60 mg/day) were given. From about December 1986, dysuria, severe tenesmus and also pain becoming severe, resulted in hospitalization in January 1987.

Thereafter, morphine water and morphie drip infusion were increased to 120 and 60 - 120 mg respectively.

Pain decreased slightly, but the patient died on 21 August.

Tabl. 18 SCT of Case 1 K.T./ 57 years old Female Recurrence of rectal cancer

	24 August, 1985	3 February, 1987
Sometimes I .....	become disheartened.	become desperate.
What I am anxious about .....	Is my absence from home.	Is my house and family.
What I regret .....	is that I cannot maintain my health.	Is that my recovery is not more rapid.
My life at present ..	is difficult in tolerating pain.	is far from the state I wish.
Death .....	is a hard parting from my family.	is happy, if I do not regret my life.
To live .....	is to be happy with my family.	is to work.
Pain .....	is close to tolerable considering the disease, but intolerable to the mind.	understood only when one suffers it.

して家のこと、家族の事に集まり、「私が残念なのは」に対してはかばかしくないと病気の悪化を自覚し、「生きることは」にも努力の積み重ねにと変化している。「死とは」にも後悔しない死なら幸せ。「痛み」とは自分になってはじめてわかるものへと気持ちの変化をみた (表18)。同時期のバウムを比較すると図10 a に示すように第1回目は左側のバウムに示すように上方に樹冠が大きく広がり、エネルギーは豊かであり、これ以上上に描けない程であり、樹木の成長が滞っている。挫折感が認められる。図10 b に示すように第2回目は右の樹木のように上から下を見おろす2本の樹木である。1回目と比較してこじんまりとまとまった街路樹でエネルギー低下も認めます。患者さんは確実に近づく死に対してあきらめに似た心境でこの樹木を描いたのではないのでしょうか。



Fig 10 Baum (K.T)



Baum (K.T)

## 結 論

以上我国における末期癌患者の鎮痛治療の現況はいまだ十分な状況にありません。痛み問題はやがて死を迎える我々自身の問題として考えなければなりません。癌患者の痛み治療の目標はつねに痛みからの解放であり、今後の正しい鎮痛対策の普及を期待したい。痛みの治療のほかに患者のトータルケアを考える上では患者の内的状況を的確に把握して個々の症例に則した援助が医療者に切に望まれる。

# 痛みの歴史および 医用工学的アプローチ

東京大学名誉教授 渥美和彦

はしがき

人はがんをおそれる。がんは予後が悪く、根治的な薬がなく、手おくれになると死をまぬがれない。しかも痛みが長く続くからである。すべてのがん患者の50%は痛みを訴え、進行がんになると70%の患者が痛みを苦しむといわれている。

痛みは人間とともに存在し、痛みの歴史は医の歴史であり、痛みは人間社会や文化に大きく影響を受けて移り変わってきたといえる。

1985年、エドウィン・トッド Edwin Tod は、「痛みの歴史的概観」という文章を書いている。それを参考にして、古代から近代に至るまで、人間が痛みについていかに理解し、対応してきたかを述べることにする。

痛みの概念の移り変わりの歴史

原始社会においては、痛みの源は身体の外にあり、悪霊の侵入による仕業と考えられた。そこで、その治療の方法は、外部に向けられ、いわゆるまじないのようなものが行われた。

エジプト時代においては、いまだに解剖学の知識は貧困であった。つまり、心臓が全臓器の上に存在し、脳は無視されて、神経系の知識は全くなかった。

また、痛みの概念は、当時の宗教や魔術にかくれて埋没していたといえる。

インドにおいて、紀元前4千年に、すでに最古の聖典であるリグ・ヴェーダ Rig-Veda がつくられた。驚くべきことにその書の中に、鉱物、植物、動物などから由来する生薬や鎮痛薬などの数百の治療薬が記述されている。

また、有名な外科医サスルタ Susruta（紀元前5百年）は各種の治療法や痛みの経路を知っていたという。

しかし、当時、インドに興った仏教の展開が、残念ながら諸々の科学的発見をおおってしまい、痛みの存在は否定された。

ユーフラテスとチグリス河の領域の豊かな土地にメソポタミアの文明が誕生したが、ここでは文字で記述する技術が実用化し、有名な法律の書ハムラビ Hammurabi 典が記された。数字、天文学、建築などの諸科学は急速に進歩したが、し

かし医学の分野の進歩はみられなかった。

一方、東洋においては黄河のほとりに中国の文明が生まれたが、古代の中国人はユニークな考えをもっていた。それは、人間を宇宙のミクロコスモスとみなし、陽と陰の極のバランスによりすべてが変化すると考えた。

中国の医学の聖典であるネイ・チンNei Chingには、陽（男性、明、熱、積極、強）と陰（女性、暗、冷、消極、弱）、自然の5つの要素（地、水、火、木、金属）と身体の5つの臓器（心・肺・肝・脾・腎）が記されており、自然の法が宇宙と人間とを支配していると述べている。

しかし、脳は単に頭蓋の内部を充たす髄に過ぎず、陽と陰の不調和が特殊な臓器の痛みを引き起こすものとされていた。

ギリシャ文明は、西暦前6世紀にイオニアにおいて生まれたが、ホメロスの詩や神話などに痛みを鎮める薬や治療法などがすでに語られている。

有名なピタゴラスPythagorasの弟子である医師アルクメオンAlcmeon（紀元前5百年）は、脳は知覚の中枢であり、人間の意識調査は脳循環に依存するとしていたが、神経の中の情報の伝達は、ある要素の粒子により行われると考えていた。

哲学者のデモクリトスDemocritus（460～362BC）は、すべての物質は4つの要素（火、空気、地、水）より成り立っており、この元素理論が知覚や痛みの理解に適用された。特に痛みは鋭い粒子の外部からの侵入により、靈魂の原子の正常な静けさを乱すものとされた。

医聖と尊敬されるヒポクラテスHippocrates（460～360BC）は自然の治癒力を信じていたが、人体の生理は4つの要素（熱、冷、湿、乾）のバランスによるとした。

そして、痛みは、健康な身体の中のバランスのとれた自然状態を乱すものであると考えた。

ギリシャ時代においても、いまだ解剖学の知識は乏しかった。しかし、ヒポクラテスの医典には、阿片、マンダラゲなどの鎮痛薬や温熱や冷却による物理療法が記されている。

哲学者プラトーンPlato（427～347BC）は『人体は不滅の靈魂（精神）と死すべき肉体の混合より成る』という基本的な考えをもっていたが、痛みは4元素の侵入により、身体の各部において精神により感知されるとみなしていた。

アリストテレスAristotle（384～322BC）は、医学には精通していなかったが、生物学には興味をもっていたといえる。

彼は、脳は心臓の過熱を防ぐための熱コントロールスポンジの役割を果たしていると考え、心臓の血液の熱が痛みの感覚をコントロールしていると述べている。

アレクサンドリアの時代に、2人の偉大な医師が現れた。一人はヘモフィルスHemophilus（315～280BC）、一人はエラシストラトスErasistratus（310～250BC）である。

ヘモフィルスは、解剖学の父といわれる人であり、人間の屍体解剖の豊富な経

験から、脳こそ運動の感覚とを司る座であると考えた。そして、脳や脊髄、さらに神経などの経路を知っており、人間の精神の座は脳の第4脳室にあると考えた。

一方、実験生理学の創始者であるエラシストラトスは、すでに大脳と小脳との差を知っており、精神は小脳に宿ると考えた。そして、心臓は血液を送る中心的ポンプであるとみなしている。

ローマ時代は、法律、都市、建築、土木などの技術は発達したが、医学の分野では著しい発展はなかった。

当時、ギリシャ人の医師ガレンGalen (130~200AD) は、痛みは意識の最低次元の形であり、生体組織における連続性の解離や体液の急激な騒乱により痛みが起こると考えている。

中世の暗黒時代に入ると、諸々の科学の進歩はすべてその発展を停止したといえる。

痛みはキリスト教の光の中で、精神の浄化と救いのための道具とみなされた。そして、西洋医学の痛みの概念は原始社会のレベルまで崩壊するに至った。

インド、中国、ペルシア、ユダヤ、シリアなどの多彩な影響を受けて、イスラム文明は発達した。

マホメドMahammed (632死亡) が現われ、回教が燎原の火の如く広がった。

特筆すべきことは、ユンディシャプールJundishapurに医学校が創設されていることである。

アビセナAvicenna (980~1063) らが医学のテキストブックをつくったが、その中に体液の変化により起こる15種の痛みが記されており、阿片やマンダラゲなどの鎮痛薬が述べられている。

ルネッサンスの時代に入ると解剖学が医学の一つの支柱としての体系を整え始めた。

ベサリウスVersalius、ユースタキウスEustachiusらが盛んに屍体解剖を行い、人体解剖書というべきDe Humani Corporis Fabrica (1543) が編纂されている。

また有名なレオナルド・ダ・ビンチLeonardo da Vinciは、頭部が切断されても感覚や運動が残るのをみて、精神の座は延髄にあるとしている。

また、パラセルススParacelsusはエーテルが睡眠をもよおすことを知り、アムブロアズ・パレAmbroise Pareは頸動脈の圧迫による麻酔を考案したが、当時、さらに冷却により局所麻酔が得られることも知られていた。

17世紀に入ると、コペルニクスCopernicus、ケプラーKepler、ガリレオGalileoなどの有名な天文学・数学・物理学などの学者が現われ、科学時代が創り出され、近代の扉が開かれた。

一方、医学の分野では、ベルBellとマゲンディMagendieらは脊髄の前角および後角の役割を知っていたし、ウィリアム・ハーヴェー William Harveyは有名

な血液循環の書De Motu Cordis (1628) を発表した。

フォン・ヘルモンツVon Helmontは胃の研究に没頭し、胃に精神の座があり、意識や感情、痛みさえ抑制しているという奇妙な学説を発表している。

しかし、特に化学者らにより、知覚・運動神経におけるインパルスの伝達という正しい考想も述べられている。

デカルトRene Decartesは、精神と身体二元論を構えたが、痛みは神経により脳に伝えられると述べている。

また、松果腺に精神の中枢があり、松果腺から知覚・運動の反応が起こるとしたが、それが、現代の反射弓の概念とつながることとなった。

その後、脳および神経に関する解剖・生理、病理、薬理などの基礎的・臨床的研究がすすめられた。

エルブErbとゴールドシャイダーGoldsheiderは痛みのパターン理論を展開している。

20世紀に入って、ハーディHardy、ウォルフWolff、グーデルGoodell、ビッチャーBeecherらにより、熱や化学的物質による知覚受容器、神経末端におけるプロスタグランジンなどの痛みの薬理学的理解がすすみ、ウォールWallおよびメルザックMelzackらにより、いわゆるゲート理論が展開され、痛みへの科学的理解への研究が一段と飛躍するようになった。

## 痛みの社会経済学

1985年、ヌプリンNuprinペイン報告は、米国人の73%は年間に1回以上の頭痛を経験しているが、背部痛は56%、筋肉痛は53%、関節痛は51%を経験していると報告している。そして、米国において、痛みにより40億日が失われており、これは年間、1人当たり23日の損失であり、フルタイムの勤労者では5.5億日、1人当たり平均5日の損失となっている。

ボニカJ. J. Bonicaは、1987年において勤労者の7億日の損失が痛みのために生じ、その結果、670億ドルが失われたと発表している。その中、偏頭痛によるものは1億360万日であり、90億ドルの損失であるという。

1977年、英国偏頭痛協会は、1,500人のアンケートを行い、男性の17%、女性の21%が偏頭痛のため、年間3～5日間休んでいると報告している。

職業病としての痛みは背部痛が多い。

ボニカによれば、勤労者は背部痛により、2億2,000万日休み、その損失は230億ドルであると述べている。

英国では、医療経済研究所が、1982年において、勤労者の3,300万日が年間に失われ、1億5,600万ポンドの損失であると報告している。

カナダでは74%の勤労者が背部痛で休んでおり、イスラエルでは1,000人の勤労者の年間の背部痛による休日は1,323である。とくに医療従事者でナースの背

部痛が多く、年間75万日の休みとなっている。

また、カナダでは運転手の69%、炭鉱夫の75%が背部痛を訴えていると報告されている。

さらに職業病としては、手根トンネル症候群（スーパーマーケットのチェッカー）、肩痛（造船の溶接工）、胸部痛（ガラスビンメーカー）、頸部痛（バス運転手）などがあげられる。

関節痛も痛みとして重要な疾患である。

英国では勤労者の11%が4肢関節症を病み、年間の関節痛による休日は勤労者の150人に対して580日である。

ボニカによれば、関節痛により年間、2億2千万勤労日、170億ドルが失われているという。

がんの痛みは、人間の病気の中でも最も重要なものである。全がん患者の50%が痛みを訴え、進行がんの70%が痛みを苦しんでいる。

米国の1983年の統計から推定すると、がんで死亡した297,000人、がんで生存中の1,027,000人が痛みを苦しんでいるということになる。

これを1984年の世界のがん患者にあてはめ推測すると、430万人のがん死亡者の中の300万人、がんで生存中の1,600万人、合計で1,900万人が、がんの痛みを苦しんでいるということになる。

これらの痛みを抑制する鎮痛薬の研究としては、薬1億ドルの研究費が投入され、麻薬的鎮痛剤62、非麻薬的鎮痛剤128、偏頭痛薬29、エンケファリン様物質9、抗リウマチ剤97、消炎剤20などが研究されている。

また、世界の1,602社が3,263種の鎮痛剤を売っているが、その中、非麻薬製剤は1,154社で、2,233種におよぶといわれている。

フロスト・スリバンFrost & Sullivan社によれば、世界の鎮痛剤の市場は、1,040億ドルと全体の3.5%であり、その配分は、米国46%、ヨーロッパ35%、アフリカ・オーストラリア・アジアで13%となっている。これを国別にみると米国5%、英国5%、フランス4.4%、西独3%、イタリー2.1%であるが、日本は0.7%と低い。

また、鎮痛剤の1日当たりのコストは、米国0.1ドル、ブラジル0.09ドルであるが、フランス0.28ドル、日本0.38ドルと高い傾向にある。

## 痛みに対する医用工学的アプローチ

### 1. サーモグラフィによる痛みの診断

痛みの測定法として、皮膚などに弱い物理的刺激を与え、その閾値などを測定する方法があるが、理想的な方法がなかった。

最近、赤外線カメラにより皮膚の温度分布を計測するサーモグラフィの方法が、痛みの診断法として検討されるようになってきている。

とくに、痛みの関連するサーモグラフィとしては、炎症、がん、動脈閉塞、血栓性静脈炎、関節炎、リウマチ疾患、筋・骨格症候群、筋・腱膜症候群、神経性疾患、血管神経圧迫症候群、反射性交感神経ジストロフィ、などがあり、心因性痛み症候群の鑑別診断も可能である。

ここに、痛みに関するサーモグラフィ診断の重要性を症例報告により述べてみる。

1982年、ヘンドラーHendler、植松、ロングLongらは224例の心因性痛みの患者の中、交感神経性ジストロフィを含む異常が43例あることをサーモグラフィでみとめている。

1968年、エディケンEdeikenらは、腰部椎間板障害の29例の中、23例にサーモグラムの異常をみとめている。

1982年、ポチャチェフスキーPochaczewskyは、218例の腰痛部椎間板障害の診断で、サーモグラフィの正診率は79%であったが、ミエログラフィは62%であった。1983年、さらにポチャチェフスキーらは43例の同症の診断において、サーモグラフィの正診率は92%、ミエログラフィは85%であると報告している。ミエログラフィに対してサーモグラフィの方法が非侵襲的である点を考えるその診断的価値は大きいという。

1983年、デルウェアDelwareペインのクリニックにおける164例の慢性下部背部痛の診断において、X線C Tの正診率は88%であるのに対して、サーモグラフィは93%であると発表されている。

1983年、同クリニックは、19例の血管神経圧迫症候群において、正診率は、筋電図84%、超音波ドプラー法63%に対して、サーモグラフィは74%であったと発表している。

1981年、ウェクスラーWexlerは、神経根過敏症の診断で、筋電図の正診率は82%、サーモグラフィは93%であったと報告し、サーモグラフィの正診率が高いのは、知覚神経の異常を計測し、運動神経の異常を計測しないからであると述べている。

以上のように、サーモグラフィは、ある種の痛みに対してはすぐれた診断法であるが、その原理が微細な温度の計測にあるので、かなり高度の装置および技術を必要とするが、今より多くの症例数が蓄積されるとともに、他の補助手段や情報処理を利用することにより、痛みの診断の分野に大きく貢献するものと思われる。

## 2. 痛みの治療の医用工学的方法

とくに重症な痛みになると麻薬系の鎮痛剤を使用せざるを得なくなるが、その中毒作用が問題となる。

そこで、とくにがんの痛みに対して、脳・脊髄に外科的操作を加える方法もあるが、非侵襲的な医用工学の技術を応用した方法が期待される。

まず始めに、現在、行われている物理療法について述べ、次いで磁場およびレーザー光線を利用する方法について述べる。

### 3. 痛みの物理療法

これには、冷凍療法、温熱療法、電気刺激、軟組織マッサージ、運動療法などがある。

#### (1) 冷凍療法

冷凍療法は急性および慢性の痛みに適用されるが、その効果は、抹消血管の収縮によるもので、低温における組織活性化をはかるものである。低温の結果、組織代謝、ヒスタミン放出、リンパ造生、毛細管透過性、浮腫発生、神経の伝導速度、抹消知覚感覚活性などすべてが低下する。その効果はゲート理論とも関係するといわれる。禁忌としては、冷却への過敏症、凍傷部位などである。

#### (2) 温熱療法

温熱の効果は、抹消血管を拡張し、血流を増加し、組織代謝を盛んにする。また、筋肉の弛緩、鎮静効果による痛みを減少させる。

禁忌としては、心血管障害、呼吸不全などがある。

#### (3) 電気刺激

経皮電気神経刺激 (TENS) とよばれるもので、電気刺激の振幅、周波数、パルス幅などを変えることによって、知覚神経を刺激するものであるが、ゲート理論の利用も考えられる。

以上は、リハビリテーションの分野において通常に利用されている方法であるが、次に新しい鎮痛法について述べる。

#### (4) 回転磁場刺激法

5,000ガウス以上のサマリウム・コバルトの強力磁石を直径1.5インチの円板の上に2～4個セットし、円板を振動させながら回転することにより、回転磁場をつくることができる。慢性の症例に利用し、60～70%の有効率を得たが、その効果は、二次電流による温熱効果に、さらにある種の電磁的效果があると考えられるが今後の研究が必要である。

#### (5) 低エネルギーレーザー治療

レーザーの医学への応用は、1961年、網膜剥離の光凝固治療の光源としてルビーレーザーが利用されて以来、各種の外科領域および内視鏡の分野に広く利用されてきたが、それらは、炭酸ガス、 $\text{Na}-\text{YAG}$ 、アルゴンなどのレーザーの数10Wという高エネルギーを利用して、生体組織を凝固、炭化、気化蒸散するものであった。

それに対して、最近、数10ミリWという低エネルギーのレーザーを生体に反射し、生体内の化学物質などを活性化し、刺激する生体刺激の方法が検討されている。効果としては、創傷の治癒促進、浮腫の減少、血行の改善、などがみられ、最近、痛みやリウマチへの効果が臨床的に広く報告されるようになった。

レーザーとしては、ヘリウム・ネオンHe-Ne, 半導体レーザーなどが使用され、厳格なダブルブラインドテストも検討されるようになっている。

痛みの治療としては、痛みの部位、あるいは、支配神経に沿って、さらに東洋医学のツボの部位などにレーザー光を照射する。

リウマチ関節の際には、直接に痛む関節に照射すると、痛みのみならず全身のリウマチ症状および検査データの改善がみられることから、いわゆるリモート効果も考えられる。

痛みの効果の評価においては、主観的要素を除去するためにダブルブラインドテストによる検討が好ましい。われわれは、200例の筋・関節痛の症例に対してのダイオードレーザーの効果に対して、厳密なダブルブラインドテストを行ったことがあるが、低エネルギーレーザーの有効性が80%、プラセボ効果が40%で統計学的に有効であると判定したことがある。

痛みの効果の基礎的研究として、核磁気共鳴による組織水の変動、プロスタグランディンに対する効果、神経的伝達への影響、あるいはエンドルフィンの測定などが検討されているが、痛みの抑制のメカニズムの本態については、まだ尚、明らかにされていない。

しかし、低エネルギーレーザーは、生体の際禦機構であるホメオステシスや免疫系などに、情報エネルギーとしての刺激を与えて、生体反応の正常化の方向への活動に寄与するのではないかと考えられる。

# “Public Perception on Pain”

日本放送協会解説委員 山室英男

Painについての研究はこれ迄、おそらく医学の専門家の間では、活発だったと思いますが、今回のColloquiumのように、各分野の人々が参加して議論を交わすことは、珍しい経験ではないか、と思われます。

とくに、Public Perception on Painについて考えるということは、日本のようなHomogeneousな民族の中では、発想としてなかなか浮かんで来ないテーマのように思います。

それは、日本人がお互いに、それぞれの痛みを理解し易いものと信じているからなのかも知れません。と同時に、とくに日本においては、我慢強いということは、伝統的に美德のひとつでありましたから、これ迄、日本においては、医学の専門家以外の、一般の人々は苦痛について真剣に考えた経験も乏しかったと思われます。

去る1月7日、日本の天皇は、十二指腸癌のため87歳で逝去されましたが、1987年9月に手術を受けてから1年3ヶ月の間、痛みを訴えることは殆どありませんでした。これは侍医から聞いた話ですが、医者が、痛みを取除くための有効な措置を採ったのは勿論ですが、と同時に、天皇は、伝統的な日本人のタイプとして、やはり我慢強い人であったことを否定出来ないと思います。それは、感情を表に現すことは、あまり上品なことではなく、感情を出来るだけ内に秘めることを紳士の条件とする、日本的なマナーに従ったものと思われます。

しかし、最近では、日本の社会もだんだん複雑になって来て、年代の差によって、或いは政治的、経済的な立場によって、或いは、人がそれぞれに持って入る“生きがい”の多様性によって、痛みの感覚も多様となって来ているように思います。

痛みについて我々が承知していることは、大変初歩的なことを申すようですが、いくつかの特性があるように思います。その第一は、痛みとは大変個人的なものだということです。それは、肉体的な痛みでも、精神的、心性的痛みでも、個人的なものであっても、他人の痛みは、なかなか判りにくいものであり、また、自分の痛みも他人には判ってもらえないものであります。痛みの特性の第二は、個人的なものですから、痛みについても個人差が激しいということであります。人間にはセンシティブな人と鈍感な人があります。日常的に耐えられる痛みと、耐えられない痛みの個人差も激しいのです。そのうえ、この問題は、我慢強さの間

題、或いは、我慢の限度の個人差の問題でもあります。第三に、痛みの特性は、計量の難しいものだという点であります。この点については、これ迄も、いろいろな研究がなされていますが、まだ見つかっていないようです。つまり、痛みの質と量を、機械によって測定し、痛みの質と量を、数値や記号によって客観的に表示出来ないものだ、という問題で、これは、将来に亘って、大変難しい問題だと考えます。

このように考えて来ると、痛みの問題は、哲学の中の「独我論」(Solipsism)を思い出させます。つまり、他人が何を考えているかを、正確に知ることは絶対に出来ない。自分の考えは自分にしか判らない。判り合うということは、人間には出来ないという考え方であります。

しかし独我論おちいに陥っているのは、私のテーマであるPublic Perception on Painについては、何も語れないのであります。そこで、painを共有するための何らかの手がかりを探してみましょう。ヨーロッパにおいては、特にキリスト教の世界では、Holy Communion(聖餐)という行事があります。これは、Communionという言葉でも明らかなように、神を共有するということだろうと思います。ですから、Communicationとは、情報の共有を意味し、Ex-communication(破門)サークルとは、同じ社会からの追放を意味します。このことは、キリスト教徒以外の、イスラム教徒、ユダヤ教徒、ヒンズー教徒、仏教徒などについても同様のことで、それぞれの信者の間では、それぞれの神に対して、Public Perceptionが存在すると考えることが出来ます。

人類は、古代から中世に至る迄、“相互扶助”でなければ、生きられませんでした。宗教は、その“相互扶助”の要かなめのような役割を果たしていたと思います。そして、それぞれ、神話や民話を共有していたのです。

しかし近代主義(modernism)とは、このシステムを解体したように思います。近代主義とは個別化を意味します。つまり、Public Perception on Painを問題にしなければならないことが、現代社会のPainとなったのであります。

もう少し詳しく見てみると、近代主義は、人間を、ひとりでも生きてゆけるようにしたかも知れませんが、そして近代主義とは、個別化への闘争であった訳ですが、いまや、再びAPARTNESSだけでは生きてゆけないという相互扶助への回帰現象が始まっているのではないのでしょうか。

つまり現代は、強制の思想と個別化の思想が共存(CO-EXIST)している状況ではないかと思えるのです。

もう少し具体的にお話しましょう。これはかなり、現実的で政治的な問題でもあるのですが、例えば、南アフリカやパレスチナにおける人種差別の問題、とくに南アフリカの問題については、日本は、これ迄、国際的な運動が、かなり立ち遅れていると批判を受けて来たのですが、ようやく、国内的にもNELSON MANDELAやTUTU司教の名前がPublicになって来て、APARTHEIDへの関心も高まってきました。

また、ことしの8月の1ヶ月間に、中国人とベトナム人の、いわゆる経済難民が2,000人以上、ボートピープルとして日本に来た問題についても、いまのところ日本人の反応は、80%余りが入国を認めない方がいいのではないか、というのに対し、20%の人々が人道主義的立場と、労働力確保という現実的な考え方、という全く違った理由によって、入国を認めるべきだという意見を表明し、意見が対立しております。

これは、東独から西独へのEXODUSとは、内容がかなり違うとは思いますが、しかし、日本人は、いま、東欧の状況と比べてこの経済難民の取扱いに思想的に苦慮しているところではあります。

更に付け加えれば、地球の環境汚染の問題も、いまや、人類共通のPainの問題だろうと思えます。

ですから、私はいま、Public Perception on Painというテーマでお話しすると、“不平等と貧困”の問題に触れない訳にはゆかないと思うのです。

私は個人的には、やはり、ローマクラブの基本的な思想、つまり、「我々50億の人類は、いま、宇宙船地球号という一隻の小さなボートに乗っている。これを安全に航海させるか、沈没させるか、我々自身の責任で決めることだ」という思想を改めて確認し、拡めることが必要だと考えています。

さて、結論を申し上げます。この迷路に迷い込むようなテーマを前にして、私は、Public Perceptionを分解して考えて見るのがよいと思えます。

まず、世界の現状から見て、諸国家、諸国民が、お互いに100%のPerception on Painを共有することは、まだ不可能であります。

しかし我々は、いま、新しい哲学、つまり新しいCOMMUNEを作り、新しい慣習を創る仕事を始めなければなりません。我々はいまその玄関口に立っています。

そして、その際に、とくに注意しなければならないことは、我々はPerfectな合意を求めるのではなく、80%の合意が達成出来れば、満足しなければならないと言うことです。100%のPerfectな合意が出来なければ、満足出来ないという考え方は、逆に、摩擦と対立を激しくするだけであろうと思えます。

それが、平和的に共存するための条件のように思うのです。そして、その中で、まず、よりよき「慣習」を作ることだと思えます。

この問題は、ロマンチックな手法でなく、プラグマチックな手法で取組まねばなりません。

私は、最後に、アメリカの数学者で哲学者のチャールズ・パース (Charles Peirce) の言葉、つまり「信念の形成とは、習慣の確立に他ならない」という言葉で、私の話を終わりたいと、思います。

# システム化と情報化のリスク

法政大学工学部教授 寺野寿郎

## 1. 日本人のリスク感覚

リスク・アセスメントの手順は「リスクの決定 (determination)」と「リスクの評価 (evaluation)」とからなる。前者はリスクの検知、同定 (identification) [種類、経過、被害、頻度の決定] など客観的な分析である。後者は被害者の被害感や許容限度などの決定や、対抗策の選択などを含み、どちらかと言えばリスクの主観的な捉え方が中心になる。ここでは上記の二つの視点から、ごく一般的に日本人のリスク感覚について述べてみよう。日本は島国であり、山が多く資源に乏しい。日本人は古来、農業を中心に生活を営んできたが、これは自然気象に大きく影響される。すなわち、台風、洪水、かんばつ、冷害などにより1年間の収穫が無に帰することも珍しくない。また、地震による被害も少なくない。これらの天災の生起は人為的にコントロールすることは不可能で、往時は有効な対抗手段もなかった。したがって、日本人にはリスクの存在は認めても、それを積極的になくそうという考えは持たなかったと言える。

上記の天災は大きな被害をもたらすものではあるが、一過性のものであって永続はしない。したがって、じっと我慢をしていれば、間もなく過ぎてしまう。このようなリスクに慣れた人間にとってすべての災害は運命であり、逆らわず受け入れるべきものであるという思想が生まれたのは当然である。さらに仏教の無常観・輪廻・他力本願などの思想はこれをさらに強めた。中世に入ってから土木技術も進み、一部では河川の護岸工事や飢饉の備蓄なども行われたが、全体から見れば特殊な例外であって、大部分の日本人にとって、リスク対策は、たとえ、それが採られた場合でも、リスクが通り過ぎるまでの一時しのぎ的なもので、恒久的な対策を講じる考えもなく、また、余裕もなかったというのが実情であった。

天災のほか人的な災害も勿論あった。戦争による被害や領主による圧政などは人間の力で避けられる種類のリスクである。しかし、歴史の示すところによるとこれらのリスクに対しても日本人は天災と同様に我慢で対応し、少数の例外を除いて自分たちの手で改革しようとはしなかった。これはグループ内での和を重んじ、争いを嫌う国民性によるが、同時に独裁を許し、また、グループ外には反動的につらく当るということにもつながる。

結局、日本人のリスク感覚は非常に情緒的・現実的であって、ヨーロッパの人々のように理念的でないところに特徴がある。これはリスクだけでなく、たとえば、学問の研究にしても基本的に真理を追求することよりも、現実の問題解決に力を注ぐということにつながる。このシンポジウムの一つのテーマになっている基本的科学と技術開発に対する日欧の姿勢の差もこれに基づいていると思う。すなわち、ヨーロッパは理念の追求において優れているが、日本は実用問題の発見と解決に創造力を発揮している。

## 2. システム・リスク

上記のようにリスクに対する日欧の差はあるが、一般に人間は検知できないリスクに対して反応しないのは当然である。人間の感覚は限られたものであるから、非常に大規模で、ゆっくり進行し、また、遠くの地で起こるようなリスクは検知できない。これから述べるシステム・リスクとはそのようなものである。

技術の進歩によってこれまで考えられなかったような大規模なシステムを構築したり、運営したりできるようになった。これによって人間の生活は非常に便利になったが、その反面、社会のいろいろな面で歪みを拡大する結果にもなった。たとえば、環境汚染、事故、天災時の被害、地域による生活レベルの差など、が非常に大きくなっている。この大規模技術の発達によって引き起こされたリスクは人間がかって経験したことのないもので、これをシステム・リスクと呼ぶことにしよう。システム・リスクの特徴としてつぎのようなものが挙げられる。(1)感覚的に検知できない、(2)加害者を特定できにくい、(3)広範囲、かつ、長期的に被害が及ぶ、(4)因果関係が複雑に絡みあっている、(5)評価が多目的でトレードオフ (trade off) 問題になる。

システム・リスクは人為的なものではあるがその決定 (determination) が難しく、少し以前までは天災のように不可制御のリスクと思われていた。これを決定可能にしたのは大規模なシステムの設計手法であるシステム工学が発達したおかげである。理詰めの分析なくしてはシステム・リスクを検知することはできないし、システム・リスクは評価も難しい。特にリスクの受け入れ (acceptance) には心理的な要因が大きな影響をもつ。たとえば、日本では交通事故による年間の死亡者数は約1万人であるが、このリスクに対しては人々はすこぶる鈍感である。一方、航空機の事故やプラントの事故に対しては非常に厳しい態度をとる。これはリスクに慣れの問題が影響していることを示す。

システム・リスクを回避、または減少させるにはやはりシステム工学の力を借りなければならない。なぜならば、システム・リスクの原因は非常に複雑なので、これを回避するには総合的、かつ、組織的な研究が必要だからである。特に対象となっている問題の「情報化」と「システム化」はシステム・リスクを防ぐのに有効な手段である。たとえば、プラント事故を防止するためには、情報を1ヶ所に集めてコンピュータで処理し、異常の兆候を早期に検知したり、事故時の運転

員の処置をルール化しておくことが有効なことは誰しも認めるところである。

ただし、ここで私が指摘したいのは、一見妥当に思える「情報化」「システム化」に伴って別の新しいシステム・リスクが発生する可能性があるということである。これは情報化やシステム化にいろいろなレベルがあることを知らずに、低いレベルの対抗策を万能薬と信じることによって起こる。この誤りはしばしば専門家によって犯されるところに問題の難しさがある。

つぎにこの問題について述べる。

### 3. システム化と情報化に伴うリスク

初めに比較的最近起こった二つの事件について述べよう。一つは昨年7月東京湾で起こった海上自衛隊の潜水艦と釣り舟との衝突事故である。これは横須賀に帰港しようとしていた潜水艦「なだしお」が乗客・船員48人を乗せた「第一富士山丸」と接触し、後者は1分足らずで沈没し、30名の犠牲者をだしたものである。もう一つは1987年10月にニューヨークで起きた「暗黒の月曜日」と呼ばれる株式の大暴落である。これは前週までの最高の高値を更新していた平均株価が一気に15%も下がり、世界中でパニックを起こした。

この二つは全く別種の問題のように見えるが、低位のレベルのシステム化、情報化によって人間の正当な判断が狂わされた点で共通である。

前者の事故は勿論人間の過失が重なって起こったもので、それ自体がシステム・リスクであるが、ここで問題にしたいのはむしろ事故後の潜水艦乗組員の行動である。救助された18人の大部分が付近の民間船によって助けられ、一方の当事者である潜水艦に助けられたのはほんの数名にすぎなかった。これは潜水艦というものものの構造的な特殊性にもよるが、それ以上にこのような事態に対処する行動基準が与えられていなかったことによる。行動基準がないときは人間としての判断があるべきだが、軍隊というシステムに慣らされた隊員にとって上官の命令がない限り、たとえ目のまえで溺れる人がいても個人の判断で行動することはできなかったのである。

軍隊は人間の組織のなかではシステム化が最も進んでおり、行動のルールは明瞭に決められているが、それはあくまで軍事的な目的のためであり、それ以外の問題に対してはよりレベルの高い社会システム、世界システムのルールによって行動をきめるべきである。普通はレベルの低いルールほど具体的、かつ、こまかく決められている。これに反して上位のルールは抽象的であいまいであるから、個人の自由裁量に任される範囲が広い。隊員にとって難しい上位レベルの問題を考えるよりも、はっきりしている下位のルールに従うほうが楽である。

ここで言いたいのはシステム化ということは、グループの行動を合理化する反面、より高いレベルで見れば、個人の思考力を奪って無考えの人間を作りだしているということである。人間が考えることを止めたならばそれはロボットにすぎない。人間の社会がロボットの社会に変わる可能性は空想科学小説の中だけでな

く、社会の複雑化に対処するための合理化という手段の中に潜んでいるのである。

つぎに暗黒の月曜日の問題である。これはその年の初めからほぼ順調に上昇を続けていたニューヨークの株式市場が10月19日に突如として大暴落し、世界中に恐慌を巻き起こした事件である。その背後にはさまざまな理由が潜んでいると思われるが、その一つにコンピュータによるプログラム取引があると言われている。プログラム取引とは投資家があらかじめ株式売買の判定基準を数値としてコンピュータに入れておき、証券取引自動化会社のコンピュータとオンライン回線で結び、売買を自動的に行うものである。

プログラム取引の目的は、先物取引価額と実株価格の差を利用して利益を得る（サヤ取り）ように売買を行うことと、将来の株価の値下がりや予想されるとき先物を売って損失を防ぐことにある。10月16日に株価は下がり始めていたので、損失を防ぐためのプログラム取引が働いて株式が売られ先物が買われた。そのため株価はさらに下がり、悪循環に陥って歯止めがきかなくなったのである。もし、熟練した人間が売買していたならば、プログラム取引のような単純なルールでなく、株価が下がった時にはその裏をかくような作戦も取ったであろうし、それより前に株価の暴落も予測できたであろう、コンピュータに任せて人間は何も考えないという情報システムの欠陥が暴露されたとも言える。

現在、エキスパート・システムと呼ばれる人工知能の研究は非常に進歩しており、難しい問題の判断を人間の熟練者に代わって行えるようになってきた。このような情報化を進めるにはシステム化が必要であり、また、システムの機能も情報化によって一層強化されるのである。

人工知能は人間の過失に基づくリスクを減らすのに有効な手段であるが、この技術が進めば進むほど人間は頭を使う必要がなくなる。実際には人工知能の機能は人間の脳とは大きな違いがあり、人間の判断には経験・常識・感情・直感など、さまざまな思考が総合的に働くのに反して、人工知能の判断はあらかじめ与えられた画一的な知識を単純ルールに従って論理的に組み合わせるだけである。ゆえに、エキスパート・システムの判断は全面的に信用するべきものではなく、それは参考程度にとどめて人間が最終判断を下すべきである。だが、実際には簡便に利用できる人工知能があれば、人間はついそれに頼って自分の判断をやめてしまう可能性が強い。これでは人間がコンピュータを使っているというよりも、人間がコンピュータに使われているといったほうが近い。

結局、システム化も情報化も無思考人間を増やす方向に進んでいる。これは新しいリスクである。これまで指摘されたシステム・リスクが人間を肉体的に減らすものであるのに対して、この新しいリスクは人間を精神的に減らすもので、私はこのほうに大きな危機感をいだいている。

#### 4. ゆとりのあるシステム

システム化も情報化も今後避けることのできない進歩の方向であるとすれば、

これに伴うリスクに対して手をこまねいているしかないのだろうか。私はそうは思わない。最初に述べたようにシステム化の目的にはいろいろなレベルがあり、一段高いレベルに立ってシステム化を進めるならば、その欠点を補い利点を生かしたシステムが実現可能だと思う。それは対象とするシステムを広く考えることで、前の例をとるならば、海上自衛隊という一組織よりも、日本の社会組織を、さらには人類全体を考慮した上でのシステム作りが大切なのである。もし、潜水艦の艦長にこのようなシステム概念があったならば、自衛隊のルールにない事態が生じた時、取るべき行動は明らかであったろう。

後の例についても同様である。株式の取引をコンピュータだけで決める自動取引でなく、最終判断を人間に仰ぐマン・マシン・システムになっていれば、パニックは避けられたであろう。すなわち、上位の情報システムは人間に代わって意思決定をするものではなく、人間の意思決定を有効に支援するものでなければならない。

これから見て上位のシステムは下位のシステムに比べて、ルールがあいまいで、結論に幅があることが分かる。そのため人間が自由裁量できる部分が広い。これは下位のシステムやルール人間の思考の欠点を補うための論理的正確さを追求して作られたが、実際にはきわめて単純な片寄った結論しか出せないことが分かってきたからである。上位システムはきちんとしたルール化ということと、ゆとりのあるということと相矛盾した要求を満たさなければならない。このようなシステムの例は現実には沢山あるが、それを合理的に作れるかどうかが問題である。

幸いにファジィ集合論 (fuzzy sets theory) というそのようなシステムを扱うために作られた理論がある。この理論を用いると、言葉で定性的にしか表せないようなルールをうまく表現できる。それでいながら論理的な構成は厳密で一点のあいまいさも含んでいない。これを用いると複雑であいまいなシステムを分析したり、設計したりすることが自由にできる。これはシステム化・情報化に伴うリスクを避け、しかもその利点を保持したマン・マシン・システムを構築するのに非常に有効な手法である。ファジィ集合論はおそらく今後の情報技術に不可欠の方法論になるであろう。

日本では今年の3月に産・官・学の協同で「国際ファジィ工学研究所 (laboratory for fuzzy engineering～通称L I F E)」を設立した。その目的は従来の人工知能の非人間的な面を除き、人間の思考に近い柔軟な判断のできるコンピュータ・システムを開発することにある。これは人間と競合するものではなく、人間の思考を支援するための人工知能である。ここではヒューマンフレンドリなロボットや意思決定支援システムの研究が行われている。その研究成果はシステム・リスクの問題に対しても必ず役立つものと信じる。

# ユーロパリア科学技術シンポジウム参加者

\*印 基調講演者/肩書はシンポジウム開催時

## 1) ブラッセル “セルフ オーガニゼーション” (9月27日、28日)

- \* 1. 鈴木 増雄氏 東京大学理学部教授
- 2. 蔵本 由紀氏 京都大学理学部教授
- 3. 富田 和久氏 京都大学理学部教授
- 4. 津田 一郎氏 九州工業大学情報工学部教授
- 5. 甘利 俊一氏 東京大学工学部教授
- 6. 金子 邦彦氏 東京大学教養学部

## 2) ツールーズ “イノベーション” (10月9日、10日)

- \* 1. 近藤 次郎氏 日本学術会議会長
- 2. 白根 禮吉氏 電気通信科学財団理事長
- 3. 中村秀一郎氏 多摩大学経営情報学部長
- 4. 菊竹 清訓氏 設計建築事務所主宰
- 5. 小島 章伸氏 (株)QUICK社長

## 3) ヴァレーゼ “リスク” (10月12日、13日)

- \* 1. 古川 俊之氏 国立大阪病院長 東京大学医学部教授
- 2. 安藤 淳平氏 中央大学工学部教授
- 3. 寺野 寿郎氏 法政大学工学部教授
- 4. 茅 陽一氏 東京大学工学部教授

## 4) ベルリン “ベーシック・サイエンス” (10月16日、17日)

- \* 1. 柳瀬 睦男氏 上智大学工学部教授
- 2. 吉村 融氏 埼玉大学教授
- 3. 村上陽一郎氏 東京大学教養学部教授
- 4. 内田 裕久氏 東海大学工学部助教授

## 5) リスボン “サイエンティフィック・トレーニング” (10月19日、20日)

- \* 1. 小田 稔氏 理化学研究所理事長
- 2. 西尾 幹二氏 電気通信大学教授
- 3. 斎藤 進六氏 東京工業大学名誉教授
- 4. 杉浦 英男氏 本田技研工業(株)常任相談役

## 6) ブラッセル “ペイン アンド ソサエティ” (10月26日、27日)

- \* 1. 岡本 道雄氏 科学技術会議議員
- 2. 芦津 丈夫氏 京都大学教養学部教授
- 3. 水口 公信氏 千葉大学医学部教授
- 4. 渥美 和彦氏 東京大学名誉教授
- 5. 山室 英男氏 日本放送協会解説委員

発 行 者 仲 井 通 裕

発 行 所 財 団 法 人 本 田 財 団

〒104 東京都中央区八重洲2-6-20

TEL. 東京 03 (274) 5 1 2 5