

我が国の半導体産業とイノベーション  
ーイノベーション経営研究会報告書ー

日本政策投資銀行 設備投資研究所  
イノベーション経営研究会  
事務局  
渡辺 孝  
藤川 信夫

まえがき

イノベーション経営研究会は、我が国の製造業に関し、ブレイクスル - 型技術開発の担い手としての半導体産業をファクトファインディングの材料として採り上げ、一般的にいわれてきている積み上げ改良技術の優位とブレイクスル - 型技術開発の弱さという論点について、主としてそこに内在する組織・人材・経営面でのメカニズムを分析・理解し、現在及び将来の課題を整理・検討することを目的とし、平成12年9月以降2年度にわたり、日本政策投資銀行設備投資研究所において開催したものである。

座長には、麗澤大学宮川公男教授（一橋大学名誉教授）に御就任頂いている。

主として半導体産業の発展の経緯、技術開発における現状と課題、今後のビジネスモデル等に焦点を当て、ソニ - 等のファクトファインディングも行った。

本研究会報告書は、2年間の各外部講師の講義録要約、及び研究会メンバ - 他の先生方の論文を中心にとりまとめたものである。今後の我が国のイノベーション経営等のあり方についての示唆となれば幸いである。残された課題、新たに検討すべき課題も多いが、今後の議論に委ねたい。なお、文中のコメントは、研究会事務局の渡辺、藤川が挿入したものであり、外部講師、研究会メンバ - の先生方の見解を示すものではなく、またいずれも日本政策投資銀行あるいは設備投資研究所の見解を示すものではないことをお断りしておく。

研究会の運営、研究報告書とりまとめに当たり、座長及び内外の委員の方々、快く御講演を引き受けていただいた外部講師の先生方には大変ご協力いただいた。深く御礼申し上げます。

平成15年3月

日本政策投資銀行 設備投資研究所

イノベーション経営研究会

事務局

研究顧問 渡辺 孝

主任研究員 藤川 信夫

# イノベーション経営研究会委員

(敬称略、順不同)

## 1. 委嘱委員

宮川 公男(座長)	麗澤大学国際経済学部教授、一橋大学名誉教授 当研究所特別顧問
宮原 諄二	一橋大学イノベーション研究センター教授
禿(かむろ)節史	(有)光和技术研究所社長
沼上 幹	一橋大学大学院商学研究科教授
青島 矢一	一橋大学イノベーション研究センター助教授
軽部 大	一橋大学イノベーション研究センター助教授

## 2. 設備投資研究所・委員

稲葉 陽二	設備投資研究所 所長
武見 浩充	設備投資研究所 副所長
大岡 哲	前設備投資研究所 審議役
渡辺 孝	設備投資研究所 研究顧問(事務局)
藤川 信夫	設備投資研究所 主任研究員(事務局)

## 行内委員・オブザーバー

相沢 収	産業・技術部 部長(当時)
堀之内 博一	環境・エネルギー部 部長
安藤 時彦	九州支店長(当時 情報通信部 部長)

その他、調査部、審査部、政策企画部、新規事業部、地方開発部、財団法人日本経済研究所、株式会社日本インテリジェントトラストなど、関連部署。

目次	ページ
まえがき	
巻頭言	
宮川 公男 麗澤大学国際経済学部教授・一橋大学名誉教授 当研究所特別顧問・イノベーション経営研究会座長	----- 1
第1章 日本の半導体産業の現況と課題	----- 3
. 我が国半導体産業の過去、現在、未来	
日本の半導体産業におけるイノベーション経営を実践するための提言	----- 4
禿 節文 有限会社光和技术研究所 代表取締役社長	
. 半導体産業の動向と将来展望	----- 25
牧本 次生 ソニー株式会社 顧問.	
. 世界半導体産業のビジネスモデルについて	----- 31
海野 陽一 半導体産業研究所 所長代行	
日本の半導体産業が抱える課題	----- 46
青島 矢一 一橋大学イノベーション研究センター 助教授	
パネル討論「わが国の製造業空洞化にどう対処するか」	----- 54
安井 敏雄 ソレクトロン・ジャパン株式会社 代表取締役社長	
第2章 日本の半導体産業のイノベーションの課題	----- 63
. 日本の半導体技術開発におけるこれまでと今後の課題	----- 63
桜井 貴康 東京大学生産技術研究所 所長	
. 日本の半導体産業におけるイノベーションの課題	----- 71
大見 忠広 東北大学未来科学技術共同研究センター 教授	



・技術の階層から見た日本の半導体産業のこれまでと今後 -----	79
藤村 修三 一橋大学イノベーション研究センター 客員教授	

### 第3章 日本のイノベーション環境と課題

・ネットワーク時代の半導体産業 ビジネスモデルと研究開発モデル -----	90
西村 吉雄 日経 BP 編集委員	

・日本の技術革新システムの再検討 液晶ディスプレイの技術革新史から学ぶ -----	101
沼上 幹 一橋大学大学院商学研究科 教授	

技術革新スペクトラムとバイリンガル -----	112
沼上 幹 一橋大学大学院商学研究科 教授	

商品開発における新しい流れ -----	126
宮原 諄二 一橋大学イノベーション研究センター 教授	

日本企業の経営課題：戦略再構築の必要性 -----	135
軽部 大 一橋大学イノベーション研究センター 助教授	

## 巻頭言

麗澤大学国際経済学部教授・一橋大学名誉教授

当研究所特別顧問・イノベーション経営研究会座長

宮川 公男

「失われた10年」という言葉で表現された1990年代を経て21世紀に入って2年余りを経過した今もなお、わが国の経済の閉塞感は消滅することなく持続している。この執拗な閉塞感をもたらしたものは何なのか。そしてそれから脱け出す途はどのようにして拓けるのか。本報告書はこのような問題意識のもとに、わが国の産業および企業に求められているイノベーションをテーマとして行われた研究会の記録である。

1970年代から80年代にかけて、例えば自動車産業のような伝統的産業においてフォードイズムからトヨタイズムへというようなパラダイム転換に成功したわが国製造業の隆盛は、製造業のあり方について世界的に問題を提起し、特にアメリカにおいてはMITによる有名な研究プロジェクトの報告書 Made In America をはじめ多くの研究が生まれた。そのような諸研究はアメリカ製造業の国際競争力の回復に向けて大きな刺激になったと考えられている。

これに対して、80年代後半のバブル経済のユーフォリアの中で忍び寄る国際競争力の劣化に鈍感であったわが国産業の多くは90年代に入ってからバブル崩壊に適切な戦略的対応の途を見出せずに苦しんでいるように見える。そのような苦しみを味わっている産業の一つの典型が半導体産業である。日本の半導体産業の世界での出荷シェアは1987年まで上昇し続け、52%のピークに達したが、その後急速な減少に転じ、93年にはアメリカに、そして98年には韓国、台湾など日本を除くアジア諸国および欧州諸国にもシェアを抜かれている。

そこで本研究会では、半導体産業に主要な焦点をおき、わが国半導体産業の首位転落がどのような要因によってもたらされたか、そしてそのさらなる凋落を喰い止め、さらには再生・強化をはかるためには何が必要かを、求められているイノベーションという観点から考究してみようとしたのである。半導体産業は自動車や家電などもっと歴史の技術進歩や市場の変化のスピードの速さにおいて大きく異なり、そして研究開発集約度の高い産業である。また半導体は「産業の米」ともいわれるようなその遍在（ユビキタス）性から、半導体産業には特定産業に偏らず他の多くの産業との関連性がきわめて高いという重要な特質がある。このような特質から半導体産業にはさまざまなイノベーションの可能性が内包されている。すなわち技術的には回路やデバイスの設計、材料、処理・加工プロセス、組み立てというような要素分析的視点から、微細化技術、実装技術、アナログ技術、デジタル技術のような技術領域的側面、標準化、モジュール化、システム化といった技術戦略的観点など、相互関連的あるいは重層的なさまざまな視点があり、論者によってどのような視点を強調するかが異なり、そしてイノベーションへの処方箋も異なってくる。また経営戦略の側面についても、垂直統合、アウトソーシング、戦略的提携、競争ポジションニ

ング、人材戦略、産学連携などにおける多くの選択肢が念頭におかれなければならない。

本研究会に委員あるいは講師として貢献して頂いた方々の提示された観点多様性は、以上のような半導体産業の持つ複雑さや動態性を反映したものであり、本報告書の読者は、その多様性の中からイノベーションの方向性について独自の視点を模索するための貴重な示唆を得ることができるであろう。

イノベーションはどのようにして生まれるのか。またどのようにすれば生み出すことができるのか。イノベーションのための環境づくりはどのようにすればよいか。これらが本研究会での問いかけであったが、いうまでもなく答えは単純ではない。そもそも単純な処方箋で実現するようなものはイノベーションとはいえないからである。

しかしながら、本研究会で共通の認識として確認されたことの中には以下のようなことがある。

- (1) 当然のことながら、イノベーションの推進者は人であるが、重要な役割をはたすのは科学および技術の世界の複数の言語を操れる人、すなわちバイリンガルあるいはマルチリンガルな人である。そして異領域間での問題意識、問題へのアプローチ、そして研究成果や技術開発成果の交配を促進するというような役割をはたせる人である。
- (2) このようにイノベーションは異質なものの支配によって生まれることが多いことから、異質なものを相互に排除しあうことのないような環境およびカルチャーがなければならない。この点ではわが国の企業、研究機関、大学などの組織には一般的に横並び経営とかモノカルチャー的風土が交配していることが多く、それをいかに打破するかが問題である。
- (3) 今日その必要性が強調されている産学官の連携は以上のような問題にも対応するものであるが、連携のあり方についてのさまざまな問題の中で人材の流動性をどのように確保するかということが基本的に重要である。そしてその場合に、新しい着想、発明、開発などの評価とそのシステムが適切なものでなければならない。適切な評価の欠如が流動性を阻害する最大の要因だからである。
- (4) イノベーションの生成がどのようなプロセスをとるかについては、リニア・モデルではなく、試行錯誤とフィードバックを含んだスパイラルなモデルがあてはまるであろう。そこには性格の異なる複数の場が介在し、それぞれに適した場のマネジメントがなければならない。

本研究会では全体を総括するセッションを持ったわけではないし、またたとえそれを持ったとしても単純な要約は望めなかったであろう。本報告書の読者にはそれぞれの立場から自らの琴線に最も触れるものをつかんで頂ければと思う。本報告書の中にそのようなものが数多く含まれているという評価が頂けるならばわれわれにとって大きな喜びである。

## 第1章 日本の半導体産業の現況と課題

日本の半導体産業は、1980年代の世界での一人勝ち状況から、1990年代後半での停滞時期まで、20年と掛からない間に様変わりとなってしまった。この急激な変化が何故起こり、日本の半導体企業はどのように対応したのか。イノベーションとの関係で考えると、日本の問題はどこにあるのか。はじめにも述べたように、この研究会を発足した頃は、日本の半導体産業はかなり根本的な問題を抱えている、これを例題にイノベーションと経営の関係を考えると、何か基本的問題をとらえることができるに違いない、という状況にあった。しかし、研究会が終了することには、DRAM中心に、日本の半導体メーカーは未だかつてない危機的状況を迎えるに至ってしまった。正直言って、予想はあったが、これほど早く危機がくるとは思わなかった。

確かに危機は顕在化し、日本の隆盛の象徴のような存在である半導体産業が、未来に向けた力強い萌芽も見えない状況に至ったことは、日本経済全体の沈滞ムードを助長しているといえる。未来が描けない理由は、本質的問題がどこにあるかに関し、多くの関係者によるコンセンサスがないからに違いない。また、このことは日本のイノベーションのあり方における問題を内包している。国際的なイノベーション競争の中で、少なくとも半導体産業に関しては、日本のイノベーション環境がどこかで問題を抱えているからに違いない。

イノベーション環境、とりわけ、経営との関係を見るのがこの研究会の趣旨であるが、経営といっても、単に企業の経営のみではなく、国の政策までを含めた経営論も視野に入れて考えたい。

この章で紹介する3人の講師は、過去、企業において半導体産業において中心的役割を担ってきた技術者である。それぞれの講師に、日本半導体産業の問題点を、その歴史的視点も踏まえ講義していただいた。講義の時期は、危機が顕在化する直前から直後に至る時期であり、微妙に講義の内容がその影響を受けていると思われるが、基本的部分の認識に変化はないものと思う。

最初の禿氏は元シャープ、2番目の牧野氏は元日立製作所、最後の海野氏は東芝である。また、研究会メンバーである青島氏、並びにソレクトロン・ジャパン株式会社代表取締役社長安井氏の研究論文を紹介する。大変示唆に富むものである。

・我が国半導体産業の過去、現在、未来

講師：禿 節史（有）光和技术研究所社長

平成12年12月11日および13年1月16日講演

上記講義を、その後の動きも含め論文として書き上げて頂いたので、以下に示すのは、禿氏が平成15年1月に書き上げた論文である。

## 1. はじめに

我が国のエレクトロニクス産業とりわけ半導体産業は、1980年代に米国を凌ぐほどの大躍進を遂げ、まさに日本の世紀が到来するかのような感を呈していた。ところが、1990年代に入ると一転して、日本の半導体産業は衰退の一途を辿ることになる。

この1990年代の日本半導体産業の状況を評して「失われた10年」という言葉を何度も耳にするようになったが、21世紀に入ってもその衰退傾向は衰える気配すらない。バブル崩壊と軌を一にして、日本全体の衰退とともに、日本の半導体産業も急速に競争力が低下していった。

日本全体の衰退傾向については既に多くの議論があるが、その中でも次の指摘は非常に的を得たものであると思われるので紹介する。

京都大学教授の中西輝政氏は、『大国の興亡』を著したポール・ケネディ教授の言葉として、次のように紹介している<sup>1)</sup>。

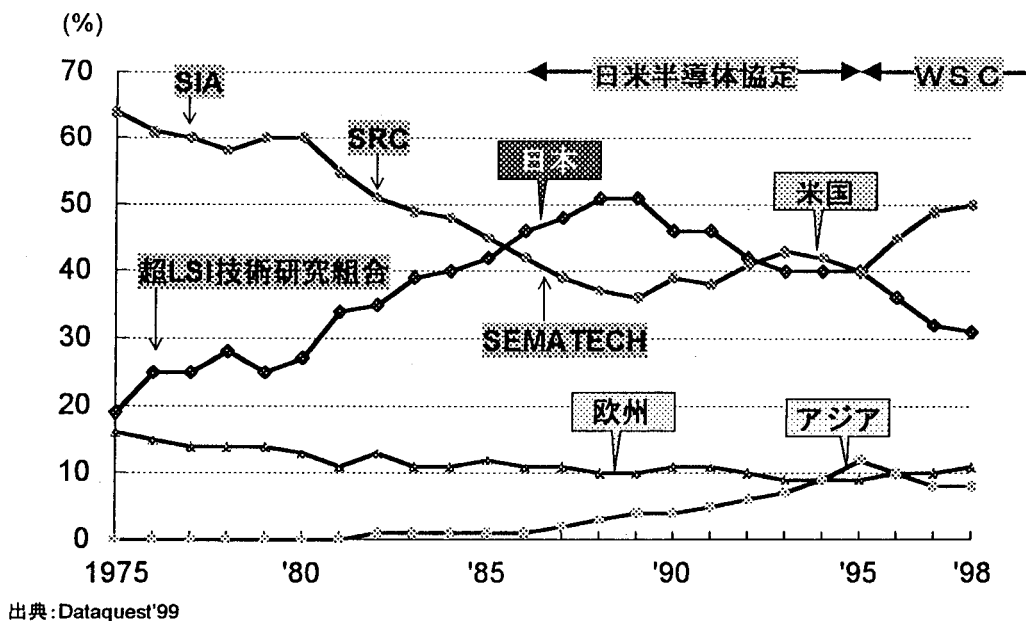


図1 メーカー国別世界半導体出荷シェア

<sup>1)</sup> 中西輝政、「なぜ国家は衰亡するのか」、PHP新書、1998.

『ケネディ教授は、今日の日本の「衰退」の根本的原因は、政治のリーダーシップの喪失とともに、80年代以降の日本と日本人が、明確な「国家目標」をなくし、現在の不調に陥ってもなお、国民が分裂を続け、改革に必須の「国民的結束」を欠いている点にある、と指摘した。』

この文章において「日本」や「国家」という文字の代わりに「日本の半導体産業」とか「大手半導体メーカ」といった文字を入れ替えて読んでそのまま通用すると同時に、この文章には日本全体の復活とともに日本の半導体産業復活へのヒントが含まれていると考えられる。

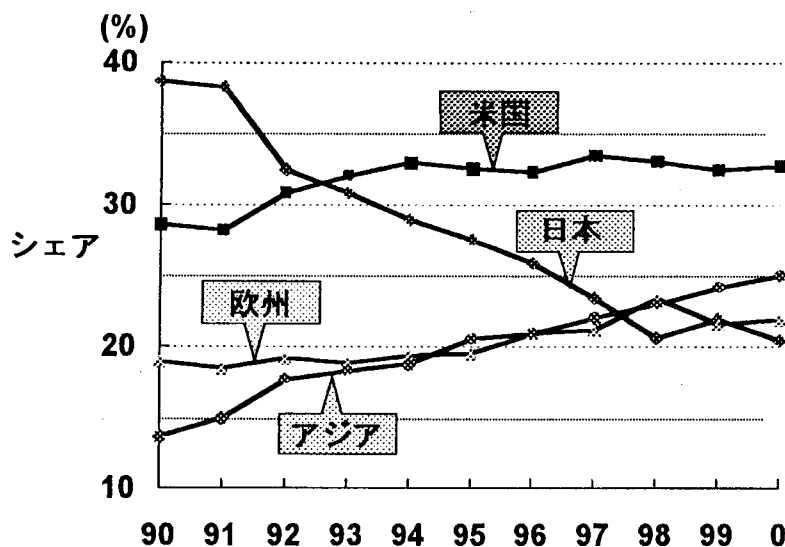
我が国の半導体産業の推移を鳥瞰するには図1のメーカ国別世界半導体出荷シェアが便利である。「超LSI技術研究組合(垂井康夫所長、1976~1980)」の成功を契機として、日本の半導体産業が勢いづきその出荷シェアは1987年に至るまで上がり続け、ついには52%のシェアを獲得するまでになった。しかし、その時点を頂点として日本のシェアは減少を続けている。

一方、米国は1988年の37%を底にして再び勢いを盛り返し、米国の半導体シェアは増加を続けている。さらに、日本を除くアジアも徐々にそのシェアを伸ばしつつある。つまり、日本だけがシェアを落とし、日本の落としたシェアを喰って他の地域のシェアが伸びている図式である。

## 2. 我が国の半導体産業が抱える問題点

### 2.1 半導体市場としての日本のシェア低下

図2は、地域別の半導体市場シェアを示している。日本は半導体の市場として、1980年代半ばから1990年代初めにかけてはほぼ40%台のシェアを維持していた。



出典: WSTS 99/10, 日立

図2 地域別半導体市場シェア

しかし、1990年代に入ると同時に日本の市場シェアはどんどん下がり始め、現在では20%以下になっている。それに引き換え、欧州及びアジア（日本を除く）の半導体市場シェアはどんどん伸びており、ついには1998年を境に日本の市場シェアを抜いてしまった。つまり、半導体を使用する側のエレクトロニクス産業も日本から海外へ急速に移っていることが分かる。

アセンブリを中心としたエレクトロニクス産業が人件費の安いアジアに移って行き、日本でのエレクトロニクス産業の衰退する傾向が半導体産業の衰退と共に大きな問題点としてクローズアップされてきた。

しかし、一方で、アジアに比べて必ずしも人件費が安いわけではない欧州においても半導体市場シェアが上昇傾向を示している点は注目すべきである。

## 2.2 高コスト体質

図3は、1999年における日本と米国、韓国、台湾との半導体生産コストを比較した非常に貴重なデータである<sup>2)</sup>。同じ数量のDRAMを生産するのに要するコストを、人件費、研究開発費、間接費とに分けて、日本の費用を100とした場合について他の3カ国の費用と比較している。

図から、人件費、研究開発費、間接費のどれを取ってもすべての費用で日本のほうが高くなっていることがわかる。これまでも、人件費の面では日本は韓国や台湾に比べて不利であると言われていたが、米国に対しても日本の方が高コスト体質になっていることが明白に示されている。

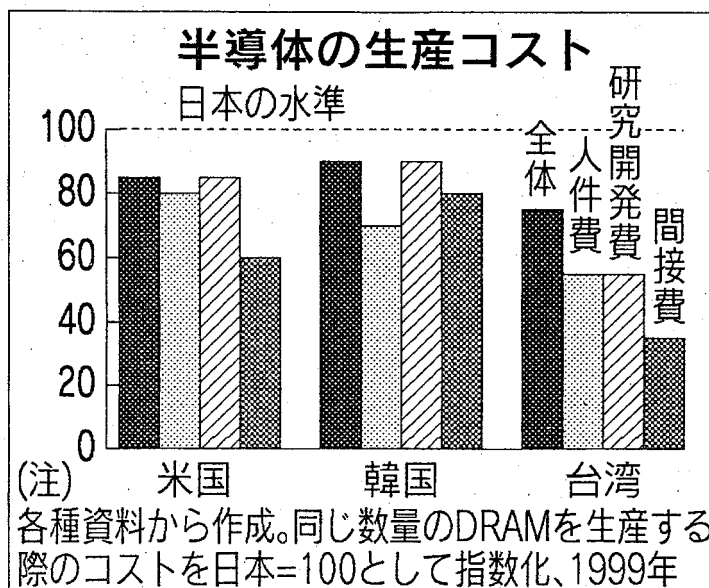


図3 半導体の生産コスト比較<sup>2)</sup>

<sup>2)</sup> 「競争力の研究」 日本経済新聞 (2002年1月23日朝刊) 2002.

### 2.3 企業戦略の欠如による混乱

1980年代において日本の半導体産業が躍進した最大の原動力は、日本の半導体メーカーがDRAMに注力した点であることに関しては異論の無いところである。それに続く1990年代に日本の半導体産業が韓国や台湾との競争において負けた大きな原因の一つがDRAMに対する取組みの誤りが指摘される。つまり、何が何でもDRAMという考えが、日本の半導体産業を躍進させ、その後衰退への道を歩ませることになった。

#### (1) DRAMによるシリコンサイクル

図4は過去30年間における半導体市場の伸びを示している。年によって成長率に変化はあるが、年平均成長率は15%の右肩上がりの傾きを示している。

図5はDRAMとDRAM以外の半導体デバイスについての市場の変化を示している。

DRAM市場は年毎の変動が非常に大きく、それに比べてDRAM以外の半導体デバイスの市場変化は非常になだらかである。つまり、DRAM市場には、供給と需要のアンバランスから生じる所謂シリコンサイクルが顕著に表れている。従って、供給<需要の時には、DRAMの品不足が生じて、高価格で取引が行われ、半導体メーカーは大きな利益を手にすることができる。反対に、供給>需要の時には、DRAMに品余りを生じ、DRAM単価は極端に安くなり、場合によっては原価割れを生じる。この結果、半導体メーカーはたいへんな損害を被ることになる。

つまり、DRAMビジネスには大きな変動がつきものであり、DRAMのシリコンサイクルが、1980年代には日本半導体産業にとって有利に働き、1990年代には不利に働いたということである。

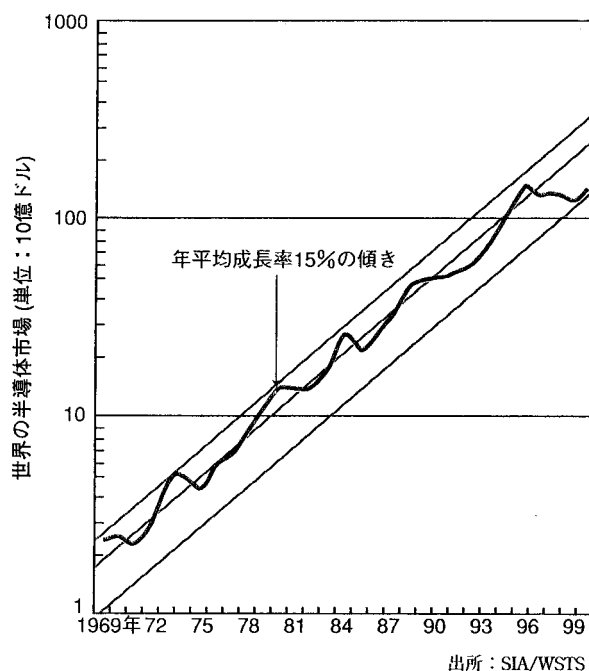


図4 世界の半導体市場の変化



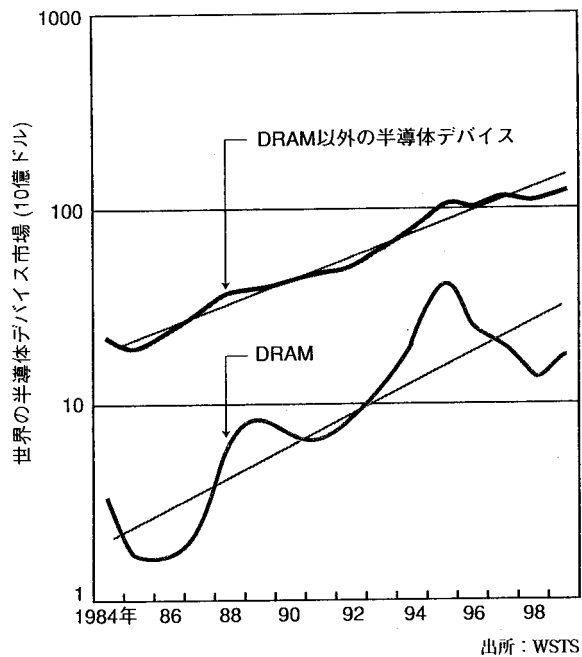


図5 DRAMとDRAM以外の半導体デバイスの市場変化

## (2) 日本企業が相次いでDRAMから撤退

インテルは日本企業との競争に負けてDRAM事業から1985年に撤退した。インテルとともにDRAMの初期からDRAM開発の先頭に立ってきたTIも、DRAM事業を米マイクロン・テクノロジーズへ売却してDRAM事業から撤退することを1998年に発表した。

インテルとTIがそれぞれDRAM事業から撤退を決めた1985年と1998年は、図5で見るとDRAM市場のシリコンサイクルにおけるまさにどん底であったことが分かる。

そして、図5には表れていないが、2000年はDRAMの好景気に沸いたが、2001年にはその揺り戻しのような大きな落ち込みがあった。このようなDRAM市場の大変動に対していつもは動きの遅い日本の半導体企業も一斉に慌しい動きを見せている。

1999年12月に、NEC(50%出資)と日立製作所(50%出資)は両社のDRAM開発、製造、販売を分離して、DRAMに関する合弁会社「NEC日立メモリ」を設立し、2000年4月から事業を開始した。2000年9月には「エルピーダメモリ」と社名を変更。日本で唯一のDRAM専業メーカーとなった。

さらにNECは、DRAM以外の半導体部門を本体から分離して、2002年11月に「NECエレクトロニクス」を設立した。

東芝は、汎用DRAMの製造・販売から撤退することを2001年12月に発表し、2002年4月に米マイクロン・テクノロジーズにDRAM事業を売却し、DRAM事業から撤退した。

富士通も1998年末にDRAM事業から撤退した。

三菱電機は、1998年1月に米国にある DRAM 主力工場の閉鎖を発表し、1998年2月には 256M ビット DRAM への投資を中止し、汎用 DRAM 事業から撤退する方針を発表した。2003年3月には DRAM 事業をエルピーダメモリに移管する予定である。

以上、紹介したように日本の半導体メーカーは、DRAM 専門メーカーのエルピーダメモリだけを残して、汎用 DRAM 事業から全社が撤退することになる。

DRAM 事業ではないが、日立（55%出資）と三菱電機(45%出資)はフラッシュメモリも含めたシステム LSI 事業を統合して、2003年4月に年商 7,000 億円～9,000 億円規模の共同出資会社「ルネサス テクノロジ」(資本金 500 億円)を設立する。統合する事業規模で見れば、日立的半導体売上の約 8 割、三菱電機の約 6 割にあたり、事実上の両社における半導体事業の統合と見られている。

一方、東芝と富士通も、次世代製品の共同開発と生産を行う売上高 1 兆円規模の半導体連合を目指すという話もあるが、実態はまだ明確ではない<sup>3)</sup>。

図 6 に国内半導体メーカーの提携関係図を示す。

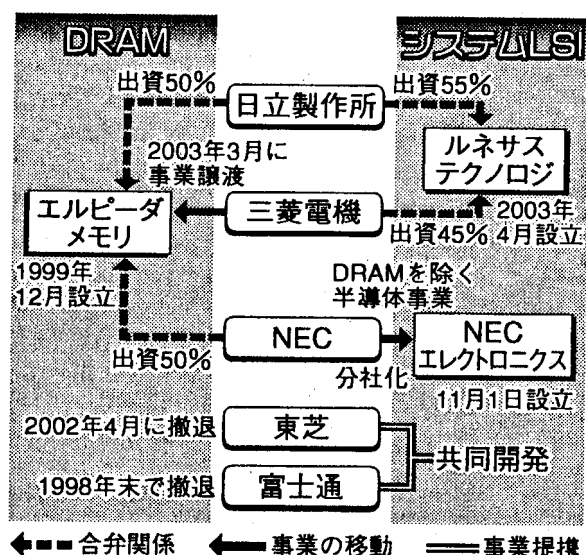


図 6 国内半導体メーカーの提携関係図<sup>4)</sup>

更に驚くべきニュースがある。日本半導体の一人負け克服策として、2002年7月、経済産業省主導で 90nm プロセス技術のプラットフォームを構築するために半導体メーカー 11 社の共同出資による運営会社「先端 SoC 基盤技術開発 ASPLA(Advanced SoC Platform Corp.)」が設立された。国費 315 億円を使って NEC の相模原事業所に試作ラインを構築する。いまさら 90nm プロセス技術でもないのに、NEC に対する公的資金の注入との見方も一部にはある。参加するのは、NEC、東芝、日立製作所、三菱電機、富士通、松下電器産業、ソニー、シャープ、三洋電機、沖電気工業、ロームの 11 社。

3) 「東芝・富士通 半導体で提携」、日本経済新聞 (2002年3月21日朝刊) 2002。

4) 「半導体再編スタート」、読売新聞 (2002年11月2日朝刊) 2002。

### 3 . 日本半導体産業の 1980 年代と 1990 年代の比較

日本の半導体産業が強さを発揮していた 1980 年代と衰退を始めた 1990 年代とを比較・検討することにより、日本の半導体産業が抱えている問題点を明確にするとともに、その問題点を克服するための方策が見えてくるであろう。

その中で大きな役割を演じたのがやはり DRAM である。DRAM における世界市場での日本のシェアは、1980 年代末に約 90% であったが、2000 年には 19% (図 7) になった。

以降は、DRAM にスポットを当てて検討を進める。

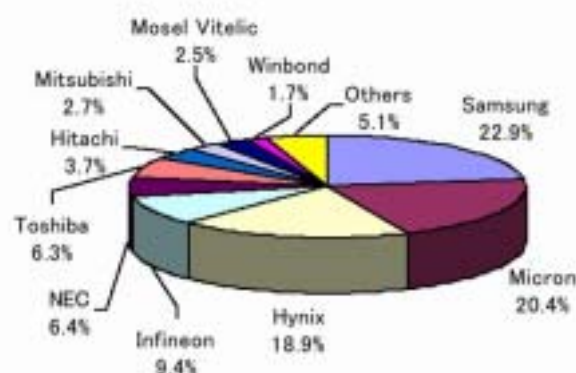


図 7 2000 年の世界 DRAM 市場ベンダー別売上シェア (IDC Japan 5/2001) <sup>5)</sup>

## 4 . DRAM の歴史的経過

### 4 . 1 DRAM の発明から基本仕様の決定

DRAM は、1970 年にインテルによって発明され、1 k ビットの DRAM が世界で初めて製品化された。その時の製造プロセスは PMOS(P-channel Metal Oxide Semiconductor)であり、メモリセルは 3 個のトランジスタによる回路構成であった。

1973 年、TI は 1 個のトランジスタと 1 個のコンデンサで構成した DRAM 用メモリセルを発明し、4 k ビットの DRAM を開発した。以後、このメモリセルの基本構成が現在に至るまで引き継がれている (余談ながら、このメモリセルを発明したのは、TI の日本人設計技術者の喜田川儀久氏である)。

その後、モステックという米国の会社が、DRAM のアドレスバスを多重化し、パッケージのアドレス信号線の本数を半分にした 16 k ビットの DRAM を開発した。これ以降は、このアドレスバス方式が DRAM の標準的な方式として定着した。

ここに至って、DRAM の基本要素は全て完成したとあってよい。この後はデザインルールの縮小、製造プロセス技術の変化、及び回路構成等に種々の改良が加えられたが、これらの改良は必ずしも DRAM の本質的なものではなかった。

<sup>5)</sup> <http://www.watch.impress.co.jp/pc/docs/article/20010530/idc.htm>

製造プロセスの面では、インテルが初めて DRAM を発明したときは PMOS プロセス技術を使用していたが、その後 NMOS(N-channel Metal Oxide Semiconductor)プロセス技術へと移り、その中でもまずエンハンスメント(E)型トランジスタだけのプロセス技術が使用され、その後、デプレッション(D)型トランジスタも併用したいわゆる E/D 型 NMOS プロセス技術となり、更にその後 CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)プロセス技術へと変化していった。

DRAM という全く新しい概念と製品を作り出したのは米国のベンチャー企業インテルであり、それに対して大きな改良を加えたのも米国企業の TI とモステックであった。

結果として、1970 年代における DRAM 製品の覇者は、1 k ビット DRAM では発明者のインテルであり、4 k ビット DRAM では新しいメモリセルを発明した TI であり、16 k ビット DRAM ではモステックであった。つまり、新しい技術的発明なり大幅な技術的ジャンプを行ったものが覇者の地位を得ているという、実に当たり前の事実がある。

この時点で DRAM に関する本質的な基本要素が確立したわけで、以後は言ってみれば部分的改良に過ぎない。ここに至って日本人の得意とする領域となり、64 k ビット DRAM 以降は日本の半導体メーカーが DRAM 製造の主役として登場する。それが 1980 年代とピッタリと一致したわけである。

半導体には、ラーニング・カーブ<sup>(注)</sup>という経験則が有り、これによれば累積生産量を 4 倍にすればコストはほぼ半分になるわけで、大量生産をすればするほどコストが下がり、競争力が強化され、利益が大きくなる。その結果として、大規模な設備投資を行い、DRAM の大量生産を行う競争が繰り広げられた。

#### 4.2 DRAM の覇者

インテル、TI、モステックといった米国半導体 3 社の努力によって、DRAM の基本仕様が 1970 年代にはほぼ決まった。こうして目標設定が出来上がった 1980 年代には、今度は日本メーカーの独壇場となった。

64k ビット DRAM では NEC が覇者となり、256k ビット DRAM では日立製作所が第 1 位になった。1M ビット DRAM では、それまでの NMOS プロセスから CMOS プロセスに発展させた製品を満を持して投入した東芝が覇者となった。まさに、日本半導体産業の黄金時代である。

この間に、DRAM の発明者であり最初の 1 k ビット DRAM を開発したインテルが、日本メーカーとの競争に負けて 1985 年に DRAM 事業から撤退したのは、一つの象徴的な出来事であった。

ところが 1990 年代に入ると、にわかに状況が変化した。4M ビット DRAM では韓国

---

(注) ラーニング・カーブ(習熟曲線)：1960 年に、ボストンコンサルタント・グループが、半導体のコスト分析を行っている際に見つけた「IC の累積生産量が 2 倍になるとコストは 27.6% 低下する」という経験則。

の三星がその覇者に踊り出た。その後、16M ビット DRAM では米国マイクロン・テクノロジーが頭角を表し、64M ビットと 256M ビット DRAM においてはまたもや三星が DRAM の覇者となった。

つまり 1980 年代には DRAM の生産において日本の半導体メーカーが優位を保っていたが、1990 年代以降では DRAM の覇者は日本の半導体メーカーから韓国や米国の半導体メーカーへと移っていった。

表1 DRAM の覇者

年 代	ビット数	覇 者	主要応用分野
1970年代	1 k	インテル	メインフレーム
	4 k	T I	
	16 k	モステック	
1980年代	64 k	NEC	業務用コンピュータ
	256 k	日 立	
	1 M	東 芝	
1990年代	4 M	三 星	パーソナルコンピュータ
	16 M	マイクロン	
	64 M	三 星	
2000年代	256 M	三 星	

## 5 . DRAM の覇者が移っていった理由

日本の半導体メーカーが優勢であった 1980 年代と三星やマイクロン・テクノロジーが覇者となった 1990 年代では何が違うのか。細かい点については色々と意見のあるところであるが、ここでは次の 2 点に絞って述べる。

### (1) DRAM 市場の変化：

1980 年代における主な DRAM 市場は業務用コンピュータが中心であった。この分野では価格も重要ではあるが、それ以上に重要なのが品質である。日本メーカーが DRAM の品質を高めるために払った努力は凄まじいものがあり、日本人の潔癖性とも合ったこともあり、TQC 運動も重要な働きをした結果として、日本製の DRAM は高品質を実現した。

しかし、1990 年代に入ると、DRAM の主要な市場が業務用コンピュータからパーソナル・コンピュータへと急速に移っていった。つまり DRAM の市場に変化が起こった。この市場では、過剰品質は無用の長物であり、安い方が勝つ。結果として、韓国の三星や米マイクロン・テクノロジーが頭角を現した。三星は人件費等の低さを武器に、マイクロン・テクノロジーは米国式の合理主義で、日本メーカーを凌駕した。

## (2) プロセス技術の移転：

1980年代までは、半導体のプロセス技術は熟練したプロセス技術者の頭の中にあっ  
た。このプロセス技術者が指導して製造装置を作らせ、出来た製造装置を実際に使って  
評価し、さらに改良を進めるというサイクルを繰り返しながらそのプロセス技術者のノ  
ウハウを製造装置へ組み込みながら使いこなしてきた。

ところが、1990年代に入ると状況が変化した。製造プロセスの微細化に伴って、製  
造装置の開発にかかる時間と費用がうなぎのぼりになり、作った製造装置を大量に販売  
しないと収支が合わなくなってきた。その結果、米アプライド・マテリアルズのような  
飛びぬけた製造装置メーカーが出てきた。アプライド・マテリアルズの作る製造装置には、  
プロセス技術者のノウハウが既に組み込まれており、三星やマイクロン・テクノロジー  
ズがアプライド・マテリアルズの装置を購入すれば同時にノウハウも一緒に付いて来た。

さらに日本メーカーでは、社内の測定データを外部に提供することは絶対と  
いってよいほど有り得ない事であった。しかし、三星は、アプライド・マテリアルズの製造装置を  
試験的に使用することによって、その製造装置の評価を積極的に行い、その評価データ  
をアプライド・マテリアルズへどんどんフィードバックして、半導体メーカーと製造装置  
メーカーが協力して製造装置の完成度を高めていくという、ポジティブなフィードバック  
を実現した。

## 6 . DRAM にみる衰退モデル

日本の半導体メーカーは、DRAM 事業によって 1980 年代には大成功を収めたが、1990  
年代に入ると急速に衰退の道を進むことになった。しかも、日本の半導体メーカーの大部  
分は今日に至るまでその本当の理由を理解できなくて、右往左往しているの  
ように見える。しかも、本当の理由が理解できていないために、的確な対応が打ち出せず  
にいる。

DRAM を通してみた日本半導体メーカーの共倒れのパターンを分かり易く整理すると  
図 8 のようになる。

日本の半導体メーカーは、全員が横並びで雪崩を打って DRAM 事業に参入し、日本の

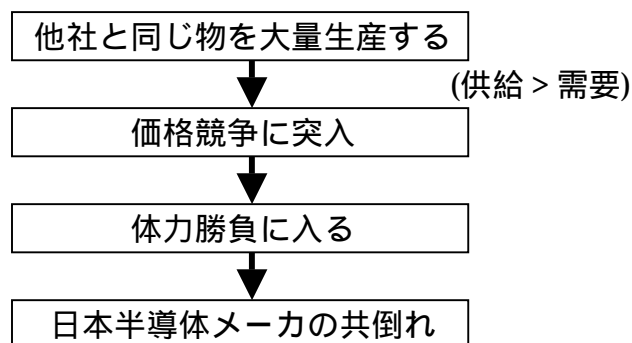


図 8 DRAM にみる日本半導体メーカーの共倒れのパターン

半導体メーカー同士が DRAM 事業において共倒れ状況を演じている。

大量生産によりコストが下がり、競争力が強化され、利益が大きくなることはレーニン・カーブの経験則から分かっているため、「DRAM 事業 = 大量生産」という図式になる。全メーカーが大規模な DRAM 工場を建設し、大量生産に走るために、大規模工場の稼働とともに DRAM の生産量が一気に増大する。一方、必要な需要量は徐々にしか変化せず、しばしば DRAM の供給量が需要量を超えてしまい、値崩れが起こる。

日本メーカー同士の場合には、共倒れの状態になり、競争相手が韓国メーカーである場合には、図 3 に示したように価格競争力に劣る日本メーカーが先に倒れ、価格競争力に優れた韓国メーカーが勝ち残ることになる。

日本の半導体メーカーは、DRAM 事業に依存する割合が大きすぎるとの指摘はしばしばあったが、横並び体質が強くて独自の戦略が立てられないために、何の対策も打てずに 1990 年代を過ごしてしまった。

図 9 は 1996 年から 1998 年までの 3 年間ににおける国内大手 5 社の DRAM 売上比率の変化を示している。1996 年での DRAM 売上比率は 30 ~ 40% もあり、1998 年には 25 ~ 32% へと少し減少している。しかし、1998 年は DRAM 不況の年であり、メーカーが意識して DRAM の売上比率を下げたのではなく、自動的に下がったというのが実態である。

図 9 には、同時に白丸印で DRAM 売上比率の世界平均も示されているが、常に国内大手 5 社のそれよりも低い。

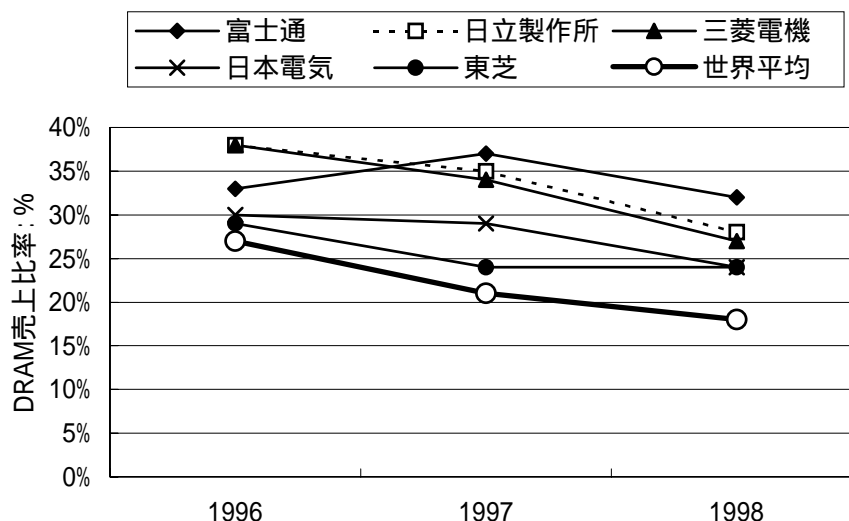


図 9 国内半導体大手 5 社の DRAM 売上比率 (1996 ~ 1998)

一方、図 10 は世界の製品別半導体市場規模を示しているが、図から分かる通り、DRAM、SRAM、フラッシュメモリ等を含む MOS メモリ全体でも半導体市場に占める割合は 18%

～25%程度である。この数字から見れば、先ほどの国内半導体大手5社のDRAM比率が高い過ぎることは一目瞭然である。

つまり、国内半導体メーカーがDRAM事業に固執しなければならない理由は何も無く、それ以外の特徴を持った半導体デバイスを開発・製造すればよいのである。国内半導体メーカーの開発技術者と製造現場はそれを成し遂げるだけの十分な能力を持っている。それが出来ない最大のネックを経営トップに求めるのは酷であろうか。

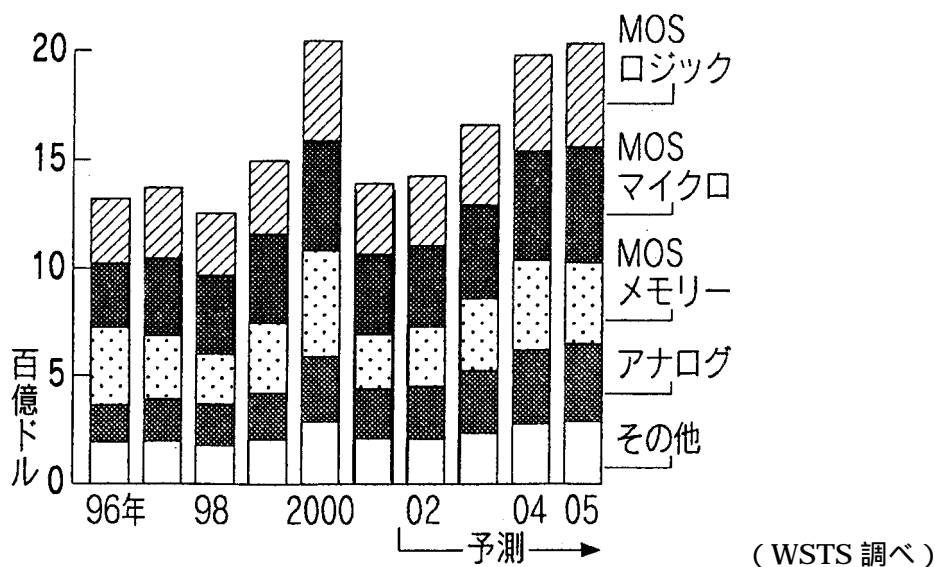


図10 世界の製品別半導体市場規模<sup>6)</sup>

証券アナリストと称する人達や企業の格付け会社からの圧力を受けて、日本の半導体メーカーも1990年代末から2002年にかけて幾つかのリストラクチャと称するものを発表した。しかし、その発表されたリストラクチャ案の中身は単に従業員の整理だけである。そして現在の日本では、「リストラクチャ=首切り」という感覚になってしまっている。更に悲しいことには、「リストラクチャ」と称する「整理」で、企業は人件費を浮かすつもりであったが、それと引換えに多くの有能な人材が流出していった。人の能力を評価できない悲しさである。

さらに2001年から2002年にかけて行われているのは、DRAM事業からの撤退というこれまでの日本メーカーには見られなかったかなり思い切った決断がある。しかし、これも日本の半導体メーカーが独自の判断でDRAM事業からの撤退を決断したのであればそれなりに評価できるがそうではない。他社がやるから当社もといった従来型の横並び発想に過ぎない。

その結果、インテルがDRAM事業から撤退してマイクロプロセッサに特化し、TI

<sup>6)</sup> 「今年の半導体世界市場、出荷額2.3%増に」、日経産業新聞(2002年10月30日朝刊) 2002.



が DRAM 事業から撤退して DSP やミックスドシグナル製品に特化したように、日本の半導体メーカーが DRAM 事業を撤退してどうするのかといった各社の戦略が全く見えてこない。

## 7. 躍進への提言

これまでは、DRAM 事業を中心にして日本の半導体産業が辿ってきた道筋を大まかに概観してみた。そこで得た結論は、日本の半導体メーカーの大部分は独自の発想を持たず、DRAM という狭い分野の商品にこだわり、お上の意向を窺い、国内同業他社を横目で見ながら単なる横並び経営しかしてこなかったという点に尽きる。

これを踏まえて、今後、日本の半導体産業が再び躍進を遂げるために、直ぐにでも実行できる提言を次の4点にまとめた。

- (1) 異能を生かす
- (2) 社内ユーザとの二人三脚
- (3) カンタム・ジャンプへの挑戦
- (4) 外部からの視点の導入

### 7.1 異能を生かす

現在も行われているかどうかは知らないが、日本の学校では「前へならえ」とか「右へならえ」というのが当たり前のように行われてきた。幼い時からこのような団体訓練を受けてきた者にとって、軍隊やマスゲームのような団体行動には向くが、個性を発揮することには不向きとなる。

これまで、日本の企業での新入社員採用は、いわゆる良い学生だけを採用し、変わった学生は極力採用しないように努力してきた。企業に採用されてからでも、上司に異論を述べる者は遠ざけられ、上司に黙って付いて行く者は可愛がられるということもある。

筆者は、半導体関連の技術コンサルタントを行っている関係から、多くの半導体関係の企業を見てきたが、総務部や人事部が権力をもっている企業は押しなべて現場の活力が低いように思われる。その中でも、絵に書いたような例があるので、参考のために紹介する(但し、関係者に迷惑にならないように仮名にさせていただく)。

筆者が個人的によく知っている A 社の IC 設計技術者 S 氏のことである。S 氏はすばらしい発想と設計能力の持ち主で、優れた IC の設計をいくつも行っていった。ところが、S 氏は A 社の総務部や人事部から見ると彼らの尺度に合わない人物のようであった。確かに少し変わってはいるが A 社の総務部や人事部が大騒ぎをするほどの問題ではないと筆者には思われた。S 氏の上司は彼の能力をよく理解していて、S 氏の庇護者になっていたが、この上司が他の部門へ異動すると総務部や人事部の圧力が強まりごたごたが始まった。そこで嫌気のさした S 氏は A 社を辞めて、自分で設計会社を作ってしまった

た。今はやりのファブレス設計ベンチャー企業である。そうすると、今までA社に注文を出していた数社は、A社への注文を止めてS氏の始めたベンチャー企業に注文を出すようになった。つまり、これらの会社は、それまでもA社に注文を出していたのではなく、A社にいるS氏に注文を出していたことになる。この例では、異能を生かせなかった例であるが、異能を生かした例もあるので紹介する。

1997年3月、ソニー社内で新規事業の発掘を行っていた「ニュービジネス企画開発部」に、石田健蔵氏と黒木義博氏の二人から「サッカーや踊りのできるエンターテイメント用の二足ロボットを作りたい」という新しい事業の提案が出てきた。この二人はそれまで工場で産業用ロボットの開発に従事していた。当時は、組立てロボットを使った自動化が主流であって、工場では組立てロボットがラインの端から端まで並んでいた。ソニーはある程度まで自動化が進むと今度は一人の作業者が人手によって一台の製品を全部組み立てるセル方式へと移っていた。二人は自動化の将来性に不安を感じ、全く新しい分野への展開を求め、「エンターテイメント用の二足ロボット」の開発を提案したのである。

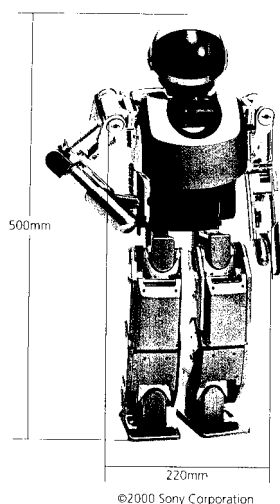


図 1 1 パラパラを踊るソニーの二足ロボット SDR-3X<sup>7)</sup>

二人は、母校である早稲田大学の高西淳夫教授の協力を得て、3年半という短期間で二人の夢を実現した。2000年11月に横浜で開催されたロボット博覧会「ROBODEX2000」では、ホンダの人型二足歩行ロボット「ASIMO」とともに華々しく登場したパラパラを踊るソニーの二足ロボット「RSD-3X」はこうして誕生した(図11)。

もっとも、多くの神話に彩られたソニーも必ずしもバラ色ではない。米 Business Week 誌は2002年3月11日号で、辛口の評価をしている<sup>8)</sup>。『同社は「トリニトロンテレビ」や

<sup>7)</sup> 日経メカニカル、日経デザイン編、「RoBolution (ロボリユーション) 人型二足歩行タイプが開くロボット産業革命」、日経 BP 社、2001。

<sup>8)</sup> 「[Business Week] 優良企業ではあるけれど、ソニーの未来は明るいか」、日経ビジネ

「ウォークマン」といった大型商品を開発し何度も変革してきたが、ソニーの名高いエンジニアたちは 1980 年代以降、革新的な開発はほとんど遂げていない。優れたデザインの「バイオ」は日本の消費者向けパソコン市場の 30%以上を占めるものの、中核技術はあくまで“ウインテル”で、とても技術革新とは呼べない。ゲーム分野ではソニーは任天堂を追隨。ロボットの「アイボ」は斬新とはいえ、99 年 6 月以来の累積販売台数は 11 万台にとどまっている。』

生まれ。ここで述べたいことは、異能を積極的に生かす仕組みを企業内に作る努力が必要であるという点である。少なくとも、異能を排除する企業風土を無くさなければ、その企業の未来は暗いものになるし、同時に日本の将来も暗い。

当たり前人間が、当たり前製品を作ったところで、他社との差別化は無理である。発想が普通の人間と違う異能だけが他社に無い全く新しいものを生み出せるのである。積極的に異能を生かす仕組みを社内に作る事が重要である。

## 7.2 社内ユーザとの二人三脚

日本の半導体メーカーには半導体専門メーカーは少なく、多くは電機メーカーの一部門である。例えば、日本の大手半導体メーカー 5 社である NEC、東芝、日立製作所、富士通、及び三菱電機の名前を見たとき、それぞれの企業のイメージが湧いてくると思う。つまり、それぞれの会社はそれぞれの特徴をもった大手電機メーカーであり、5 社がそろって同じものを作っているわけではない。これを半導体事業部門から見れば、社内に各社それぞれ違った事業ドメインをもったユーザがいることになる。社外のユーザとは違って、社内ユーザは必要であれば極秘の情報でも出してもらえるので新商品開発時には非常に有利である。

筆者はかつてシャープ(株)に在籍していた関係から、シャープでの例で紹介してみたい。

1969 年、シャープでは米ロックウエル社に製造を依頼して電卓用 MOS LSI を作り、世界で初めて MOS LSI を民生用に使った電卓 (QT-8D) を開発した。シャープでは、この電卓用 MOS LSI を自社で製造するために、1970 年に半導体工場を立ち上げた。つまり、社内ユーザである電卓事業部の製品を作るために半導体事業を立ち上げたのである。

その後も、社内ユーザの声を聞き、社内ユーザと二人三脚で事業展開を行ってきた。筆者自身の例で恐縮であるが、マスク ROM について簡単に紹介してみたい。

シャープは 1977 年に日本初の日本語ワードプロセッサの試作に成功し、その年の事務機器の展示会「ビジネスショー 1977」において発表・展示した。その 2 年後の 1979 年に、最初の製品 (書院 WD-3000) を発売した。シャープはその日本語ワードプロセッサの文字フォントを記憶するためのメモリとして PROM(Programmable Read Only

Memory)を使用していた。記憶させるデータは PROM に電氣的に書き込むが、消去する場合にはパッケージの上部についた石英ガラスの窓を通して紫外線を照射する。

ところが、PROM に保存している文字フォントが化ける、つまり PROM の記憶データが勝手に変化する症状がごく少数ながら発生した。商品事業部では新しい PROM と交換することで対応していたが、このような問題を根本的に解決するために、PROM からマスク ROM へ切り替えることになり、筆者へマスク ROM の開発が依頼された。このときのマスク ROM は、当時の最先端であった NMOS プロセス技術の 64 k ビットである<sup>9)</sup>。

相前後して、シャープで携帯型の電子翻訳機（商品名：IQ-3000、発売：1979 年）を作るようになった。ここで問題になったのは、膨大な辞書用データをどのようにして実現するかということであった。前にも述べたように、当時のマスク ROM の最先端は、NMOS プロセス技術での 64 k ビットであった。しかし、商品事業部は、低消費電力化のために CMOS プロセス技術にして、メモリ容量は当時の市場にある製品の 2 倍の 128 k ビットを要求してきた。

同じデータ容量のメモリを設計しても、CMOS プロセス技術で作る場合には NMOS プロセス技術の約 1.5 倍ほどのチップ面積を必要とする。その上に、商品事業部が要求する集積ビット数は市場製品の 2 倍である。単純に計算しても当時の NMOS プロセス技術の 64 k ビット・マスク ROM に比べて、約 3 倍のチップ面積を必要とする計算であった。従って、従来の設計手法の延長線上では実現不可能であることは明白であった。そこで「直並列 ROM セル構造(Serial-parallel ROM cell structure)」と命名した新しいマスク ROM 構造を発明して、商品事業部の要求を実現した<sup>10)</sup>。この携帯型電子翻訳機 IQ-3000 の後継機として、1981 年には CMOS プロセスの 256 k ビット・マスク ROM<sup>11)</sup>を搭載した音声電訳機 IQ-5000 が発売された。

この全く新しい「直並列 ROM セル構造」の発明で、シャープはマスク ROM の分野では世界の最先端を走ることができ、結果として、マスク ROM 生産量は世界一となり、「マスク ROM のシャープ」とさえ云われるまでになった。筆者もシャープと社会に対して、少しは貢献できたのではないかと密かに自負している。

話を元に戻すと、日本における大部分の半導体事業メーカーといえども、大手電機メーカーの一部門であり、その他の部門として商品事業部があるわけで、このような商品事業

---

<sup>9)</sup> S. Kamuro, et al., "64k DSA ROM," IEEE Journal of Solid-State Circuits, Vol.SC-15, No.2, pp.253-254, April 1980.

<sup>10)</sup> S. Kamuro, et al., "High Density CMOS Read Only Memories for a Handheld Electronics Language Translator," IEEE Transaction on Consumer Electronics, Vol.CE-27, No.4, pp.605-611, November 1981.

<sup>11)</sup> S. Kamuro, et al., "A 256k ROM Fabricated Using n-Well CMOS Process Technology," IEEE Journal of Solid-State Circuits, Vol.SC-17, No.4, pp.723-726, August 1982.

部と二人三脚で新しい半導体を開発していくことが非常に重要である。商品事業部がユニークな商品を開発・製造しているならば、そのための半導体を作れば当然その半導体製品はユニークなものになるであろう。又逆に、ユニークな半導体製品を作ることによって、ユニークな最終商品が出来上がることにもなる。ここに日本の半導体メーカーの生きる道があり、存在意義がある。

一つの例として筆者の拙い経験を述べたが、その他の優れた例としては、松下電器産業のDVD用LSI、デジタルTV用LSI、三洋電機のデジタルカメラ用LSI、ソニーのプレイステーション2用LSI(グラフィックス・シンセサイザ)と東芝と共同開発の128ビットCPU(エモーション・エンジン)などを挙げるができる。

最初は自社製品用の専用LSIであるが、上の例に挙げたLSIは、ソニーのプレイステーション2用LSI以外は全て外販の方向に進んでいる。このように、本体事業の特徴や強み生かした半導体開発こそが日本の半導体メーカーの生きる道である。結果として、特徴のあるLSIを開発することになり、他社との差別化が実現でき、存在意義が出てくる。

ところが、今、多くの日本の大手半導体メーカーでは半導体事業だけを本体から切り離す動きがある。このような動きは、単なるトカゲの尻尾切りであり、全く将来展望が望めない愚行であると思えない。

### 7.3 カンタム・ジャンプへの挑戦

図12(a)はよく計画書に見られるグラフである。横軸に時間(月、年、等)を取り、縦軸に売上高、処理速度、メモリ容量、ビット数、などの性能指数をとる。

このグラフの意味は、過去の結果をもとに将来もその延長線上に乗ると仮定して、単に外挿しているだけである。つまり、将来も過去と同じような状況が続くと考えているが、ドッグ・イヤーと呼ばれるように急速な変化が当たり前になった現在では当てはまらないし、それ以上に、自らが変化を作り出すという気概が全く感じられない。

図12(b)は、カンタム・ジャンプのあるグラフである。先に紹介したNMOSプロセス技術の64kビット・マスクROMの時代に、CMOSプロセス技術の128kビット・マスクROMを作った例は、ほんの少しのジャンプに過ぎないがこの一つの例であろう。

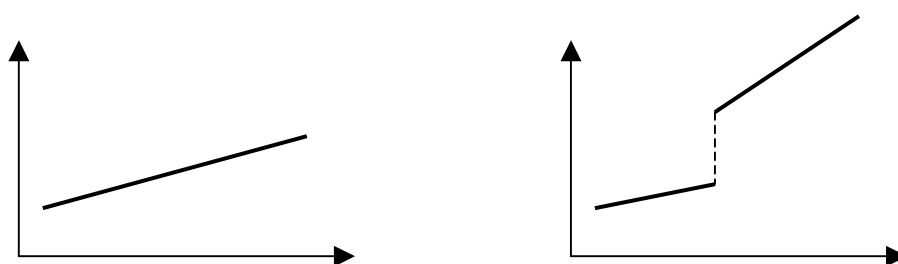


図12 (a) カンタム・ジャンプのないグラフ (b) カンタム・ジャンプのあるグラフ

ここで強調したい点は、社内にカンタム・ジャンプに挑戦するような気概を作り上げることの重要性である。例えば、図12(a)のようなグラフが部下から上程されてくれば、トップは「カンタム・ジャンプが無いではないか！」と喋りつき返すぐらいでなければいけない。これを何度も繰り返すうちに、担当者もカンタム・ジャンプを意識するし、徐々にではあるがカンタム・ジャンプへの挑戦が始まる。

例えば、任天堂が作り上げた「ファミコン」は、その名前の由来がファミリー・コンピュータであるように、当初のハードウェアはコンピュータそのものであった。当時、国内でのパーソナル・コンピュータの大手はNECであり、「PC98」の全盛期であった。

多分、NECの社内では図12(a)のようなグラフが書かれていたのではないかと想像されるが、「PC98」をゲーム機にしようとは誰も考えなかった。否、思いついて提案した社員がいたとしても「PC98」の大躍進の前には、そのような声もかき消されたことであろう。

つまり、「PC98」をゲーム機にしようとする図12(a)のような一枚のグラフには書けないので、別の座標軸のグラフを書く必要がある。これが本当のカンタム・ジャンプである。

#### 7.4 外部からの視点の導入

大手企業は多くの優秀なスタッフを抱えていて、外部の力などを活用する気は全く無いのが実情であろう。それで問題が解決すれば幸いであるが、多くの場合は将に「井の中の蛙」そのものである。井戸の外を覗こうとも思わなければ、その努力もしない。

これまでは、お上の意向を察し、国内同業他社の動きを見ながら小手先の努力をしてきた。ところが困ったことに、最近ではお上の意向に陰りを見せ始めた。これはまずいということで、それでも自分自身で考えることはしないで、今度は米国の企業格付け会社の意向や証券アナリストと称される人々の意向に沿ったりストラテジを発表することになった。

本気になって自社を立て直すのであれば、これまでの権威やコチコチに固まった社内組織（元々は、目的遂行のために組織は作られたが、出来上がった組織が新しい動きを閉じ込める）では何も出来ないことはハッキリしている。外部からの視点を導入して、自社に適した方向を見出す必要がある。

具体例を示した方が理解しやすいと思われるので、筆者の例を紹介する。それは或る企業のトップに対するアドバイザーの仕事である。アドバイザーといっても、仕事の中心はトップの話を時間を掛けて聞くだけである。ただ、時々トップが語る内容で不明な点について質問をする。こういう会話を続ける間に、トップの頭の中が整理されて、考えがまとまっていく。ここで重要なことは、こうしてまとまった考えは、他人から教えられたり押し付けられたものではなく、トップの頭で自ら考えた結果である点である。

企業のトップは、社内において下からの意見はよく聞かなければならないが、決して下に相談をしてはいけないし、迷いとか弱みを見せてはいけない。その意味において、トップは孤独である。自分で決断し、しかもその結果に対して責任を負わなければならない。そこで、口は固いが気軽に相談できる相談相手を持つことは、企業のトップにとって不可欠ともいえる。

どのような方法であれ、外部からの視点を導入する必要がある、そのための仕組みを社内に組織として組み込むことがますます重要となる。

## 8 . むすび

日本において半導体事業を行っている多くは大手電機メーカーの一部門であり、そこに働く従業員の数やその家族のことを考えると、日本の半導体産業の更なる頑張りを願わずにはいられない。

自社の置かれた状況をよく理解し、他社との違いを把握して、自社の強みを発揮できる独自の戦略を立て、それぞれの分野において勝者となるべく努力されることを期待して本稿を書いた。

日本の半導体産業が、「誰もやっていないからやらない。皆がやっているからやろう。」の思考から、「誰もやっていないならやろう！」の思考へ変化することを心から願っている。

\*\*\*\*\*

### 1. 半導体製造装置の内製と装置専門メーカー

国のプロジェクトである超LSI研究会の最大の成功は、ステッパー（注）であると言われるが、研究会の主力企業であった半導体メーカーはこのステッパーは生産していない。主力企業はその他の装置を内製化し、独自技術を育て成長したが、それが今では行きすぎたワンセット主義として、逆に足枷となっている。

日本メーカーは、技術ノウハウが漏れることを極度に恐れた。A社は、競争関係にあるB社の装置関連メーカーには絶対に発注しない。色の付いていない東京エレクトロンとか米国のアプライド・マテリアルに自社の不足分を依頼する。

米国の業界競争力再建を目指した組織SEMATECの落とし子であるアプライド・マテリアルは、製造工程の標準化をして合理化した。DRAM専門のマイクロンは設計情報を装置メーカーにオープンにし、装置メーカーとの共存を計っている。

自社技術が最高であるという各企業の思いこみが、柔軟性を失わせた要因のひとつであろう。

（注）半導体製造工程の最初の工程で、設計図をレンズに通して焼き付ける露光装置のことで、日本のメーカーであるキャノン、ニコンは世界シェアを急激に伸ばし、今でも世界的メーカーの地位を失っていない。

### 2. 技術戦略立案 - 「選択と集中」 -

日本のメーカーが強かったのは、高信頼性のある汎用大型コンピューター用のLSIであったが、次第にパソコン用の信頼性/価格の比率がもんだとなってきた。日本はパソコン用でも従来の高品質を追求し続けるが、これはどういう意志決定でそのようなことになったか。想定としては、自分たちが作り上げてきた技術の世界を守りたいという意識が強く働いた、ということであろう。

また、インテルはDRAMから撤退しMPUにシフトしたが、これはそのころの規模が小さく、日本にDRAMで負けた以上、そうするより途がなかったということで、何も選択と集中という成功事例ではない。日本企業は大企業であり、撤退することが必ずしも正解とは限らない。問題は、不況になると撤退を口にし、ロジック半導体(AISC)にシフトするといいいながら、未だに明確なシフトができない経営戦略にあるのではなかろうか。

### 3. 半導体戦争と政府の対応

日米の半導体戦争といわれた時期に、日本は国家戦略的な方向を見失ってしまった。ただひたすら、米国からの攻撃を耐えることになり、この間に米国は力を蓄えていた。



#### 4．大手企業とベンチャー企業の連携

日本のメーカーは他社の技術を信頼しない。これは、ベンチャー企業の技術に関しても同じであり、ソニーのような例外を除き、他社技術の採用を極度にいやがる。多分、採用して失敗すると責任問題となるために、採用しないのが無難であるという、最初のユーザーにはなりたくない企業内カルチャーが、それさせていると思われる。結果的に、良ければ積極的受け入れる海外のメーカーに出遅れることになる。かつ、これでは日本にベンチャー企業は育たない。

#### 5．TQCの今

かつて、日本は下からの積み上げの品質向上に努め、高信頼性の確保にも貢献してきたが、この伝統は工場現場サイドでは失われつつある。TQCの結果、コスト無視となり競争力上の問題となったということもあるが、それより深刻なのは、現場の問題を見て見ぬふりをする状況が出始めてきたというところにある。これはISOやシックスシグマなどの問題とも別である。

#### 6．応用製品設計・半導体設計・半導体製造

従来、設計から製造まで自社内で完結できることが競争力の基礎でもあった。自社が使用する最終製品のパソコンや家電向けに自社の半導体を使うことができた。しかし、半導体ではないが、各種エレクトロニクス部品のアウトソーシングがひとつのビジネスモデルとなり、世界的にEMSという形態が主流となってきた。半導体もファウンドリーを始め、変化してきている。日本のメーカーは、そのようなものを自社で賄い、何をアウトソースするかの解が見えてこない。松下電器は、これら機能が一体となっているメリットを生かして、DVDのLSIを成功させた。分離すれば旨いくということでもない。今後のデバイス構造は立体化する。このときファウンドリーでは限界があり、設計/製造の緊密な関係が求められる。

単純なビジネスモデルはなく、各メーカーが何をビジョンとするかに掛かっている。日本のメーカーは、自社内に多くの分散した技術ソースを持っている。本来は、技術の流れが変わったときに、その分散性が力を発揮することになるはずである。

#### 7．袋小路

自社内に技術を囲い込むことに熱心で、ノウハウの流出を恐れた。このために、自社内組織で研究を完結させ、日本メーカーは公共財生産をしなかつた。これでは、ベンチャー企業も育たないし、産官学の共同研究コンソーシアムも動かないし、大学の技術も育たない。ある研究会メンバーは、「これでは全く暗いシナリオしか浮かばない。これでは困ってしまう。」という感想を述べた。

## ．半導体産業の動向と将来展望

講師：牧本次生 ソニー（株）顧問

平成13年6月27日講演

### 1．半導体産業の推移

(1) 電子産業と半導体産業とは、概ね比例関係を保ってきているが、比例係数は現在の15%から今後は2割～3割へと大きくなり、電子産業が今後の牽引役であり、基盤として半導体が支えている。概ね、電子産業の市場規模は100兆円、半導体産業は20兆円である。

半導体産業は、規模的には指数関数的に伸びてきている。1990年からの実績をみると、1990年から95年には非常に伸張している。96年になって変調を来たし、98年まで3年間低迷した。99年から2000年にかけてまた飛躍的に伸びている。

しかし、2001年はまた不況となり、予測値と実績値との乖離幅でいえば、今回の不況は非常に深刻である。

全世界で見れば、GDP比で電子産業3.4%、半導体0.6%、日本は各4.2%、0.9%である。

(2) 日本では、1970年代から80年代はアナログの民生機器需要で半導体が伸張したが、90年代にはパソコンの時代となって地盤沈下している。

21世紀には、半導体の技術革新との相乗効果で、携帯電話に代表されるデジタル情報家電の需要が増大していくことが予想され、情報分野(IT、E-コマ - スなど)、通信分野、自動車(カ - ナビ、ITS、無公害車など)において波及効果が生じ、理想的なノマディック社会の実現が図られることが想定される。

日本にとって、70年代は躍進の時代、80年代は慢心、90年代は迷走、そして21世紀は再建の時代となっていく。

### 2．ポストPC時代とデジタル革命第2波

パソコンがリード役として果たしていた時代は終わり、これからはネットワークなどの時代で、ポストPCの時代といえる。

Analog wave、First digital wave、Second digital wave の3つの波で動きを表すことができ、各々TVとVCR、PC、Digital consumer・Network が牽引する。

そしてそこに使われた半導体は、アナログではマイクロコントロ - ラ - 、パイポ - ラ IC、デジタル第1波ではインテルのマイクロプロセッサ - とマイクロソフトのOS あわせてWintel、デジタル第2波では新しいMPUをベースにしたシステムオンチップ(SOC)がこれから出てくることが予想される。

ライスタイルも、これによってアナログでは大量情報の共有化が起こり、デジタル第1波ではダウンサイジング、更にデジタル第2波ではノマディック・ライフスタイル、クリーンな環境が想定される。

こうした3つの波によって、パソコン時代において日本から米国への競争力シフトがおき、デジタル第2波ではWintelという支配構造はないのもう一度日本にも復権のチャンスがある。

パソコンとデジタルセルラーの出荷比をみると、1997年に逆転が起こり、現在ではデジタルセルラーが約5億個、パソコンが1億5000万個くらいである。2005年にはデジタルセルラーが約12億個、パソコンが2億5000万個くらいで、金額ベースでもセルラーの方が大きくなっていくとみられる。

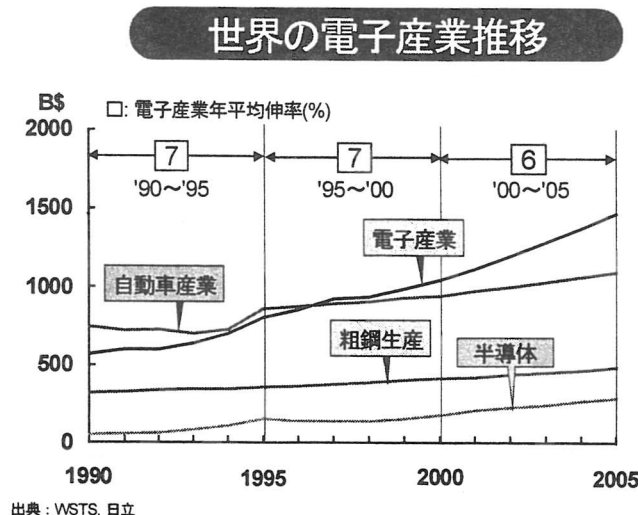
マーケット予測をみると、デジタルコンシューマの中ではセルラー、CD-ROM、DVD、デジタルプレーヤー、H/PC、デジタルテレビなどが大きくなり、半導体を牽引していくとみられる。

### 3. 我が国の競争力

IMDの報告書によれば、日本の競争力は1993年から低下し、米国よりもはるか下位におかれている。競争力低下の原因としては、産業界の問題に加え、大学教育、英語能力の低水準など、国全体の問題が挙げられる。

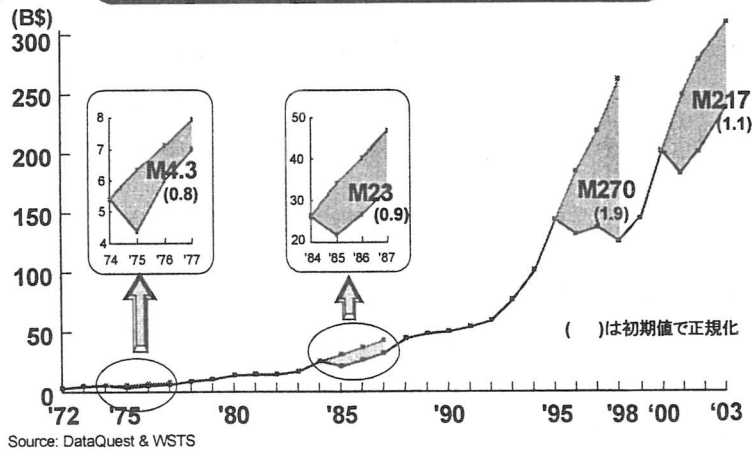
日本は80年代にアナログで勝ち過ぎたので、デジタルへ戻ろうとしても戻れなかった。21世紀に入って、日本はもう一度チャンスが生まれていることを認識すべきであり、この点に国の総力を上げるべきである。

表：ソニー

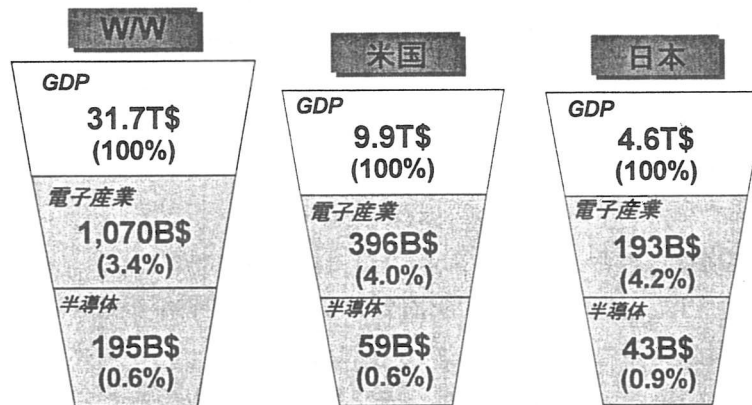


表：ソニー

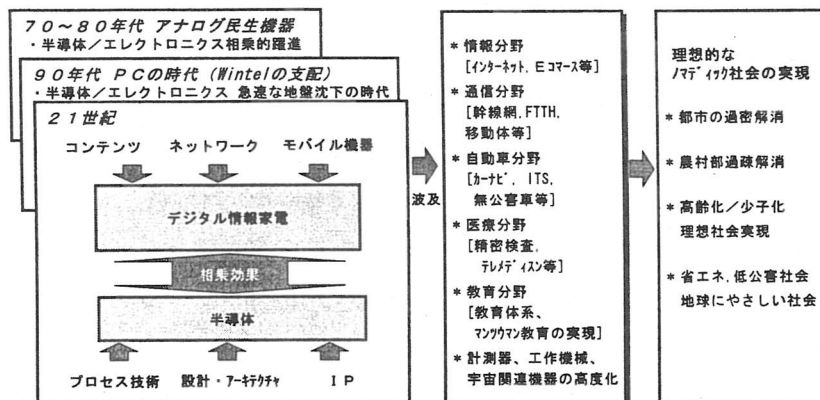
### 半導体不況のマグニチュード



### 電子産業の位置づけ (2000)



### 日本電子産業の推移と将来展望



#### 4. 新世紀における半導体の技術展開

ノマディック時代におけるポ - タブル端末、電子機器の Figure of Merit をみると、なるべく小さなサイズと安いコストで、消費電力も非常に小さい形で、インテリジェンスの高いツ - ルを実現する、ということが、技術開発の目標になってくる。

##### (1) SOC の立ち上がり

こうした Figure of Merit を上げるためのアプロ - チとしては、今後の 10 年間のポイントとして SOC があり、2010 年には、半導体の市場規模の 7 - 8 割が SOC になるとみられる。

ソニ - における SOC、DRAM、LOGIC の混載状況を見ると、非常に早いスピ - ドで SOC 化が進行していくことが予想される。

Ship Year	1995	1996	1999	2000
Application	8mm Cam-Coder	MD	3D-Graphlcs Engine	3D-Graphlcs Engine
Process	0.5 $\mu$ m	0.35 $\mu$ m	0.25 $\mu$ m	0.18 $\mu$ m
DRAM	512Kbit	2Mbit	32Mbit	256Mbit
Logic	50KG	200KG	1500KG	2000KG

##### (2) 実装技術の革新

実装技術については、パッケ - ジ小形化(ピンピッチの間隔が小さくなる)、ウエハレベルパッケ - ジング(製品実装の大きさが 1 / 10 位になる) ス - パ - コネクト(異なるチップを並べて相互配線する)によって、腕時計型のデジタルカメラを作ることができるようになる。

##### (3) 微細化技術の進展

微細化技術については、ロ - ドマップが示されており、今日の 180-130 ナノメ - トルから、2010-15 年には 35 ナノメ - トルへと進んでいくことが予想される。

一番のキ - は、リソグラフィ - (露光技術のツ - ル)であり、次に F2 レ - ザ - (フッ素レ - ザ - )が進められている。問題は価格が高くなっていることである。

そこで、LEEPL(Low Energy Beam Proximity Lithography)のコンソ - シアム(注)13 社が作られた。電子工学系がシンプルで、低加速、面積が小さく低コスト等のメリットがある。但し、マスク技術の難易度が高く、現在この点で研究を進めている。

(注)新しい露光方式であり、内海氏個人が特許化し、東京精密がサポートして、LEEPL 社を設立。これにソニーがジョインして、形成されたコンソーシアム。

##### (4) 不揮発性メモリ -

コアメモリーが 1970 年代に半導体メモリーに変わったが、電源を切るとコアメモリーは記

憶しているのに、半導体は忘れるため、不揮発性メモリ - の開発が課題であった。この点で、21 世紀に入り、FRAM(強誘電体を使う方法)、MRAM (磁気を使う方法)の技術開発が進められている。

読むスピード、書くスピードが上がり、又パソコンの再立ち上げが瞬時でできるなどシステム面で画期的な改善が可能となる。

## 5 . 今後の展望

今後大きなインパクトが生じる分野としては、コンピュータの能力アップ、言葉のバリア、人工五感・人工頭脳、ネットワーク・アクセス、ノマディックツール等であり、これらに貢献していくことが半導体の技術革新であり、21 世紀における情報化社会を支える基盤技術となる。

五感、頭脳	動向	実現時期
聴覚	埋め込みトランスパー、人工蝸牛殻	2003年
視覚	人工網膜	2010年
嗅覚	匂い分子センサー	2005年
触覚	マイクロマシン圧力センサー	ロボット用として実用化
味覚	香りシミュレーター	初期研究段階
人工頭脳	ニューラルネットワークチップ	2035年

\*\*\*\*\*

### 1. LEEP Lについて

一個人の発明にまず一企業が賛同し、それにソニーが賛同し、13社のコンソーシアムとなり、露光技術がメインではないこともあり、露光メーカーは参画しない、等きわめてユニークな研究スタイルとなっている。

西村氏の言う「この指とまれ」方式（第3章で紹介）であり、従来のどちらかという護送船団方式的ではない新しい仕組みと言い得る。その正否はともかく、意志決定の早い企業がコアとなり、スピード感を重要視している。日本でも、このようなモデルが成立するのは、将来に向けての明るい展望と思われる。

### 2. 企業カルチャー

企業には、その生まれ、オリジンを基盤とする独自カルチャーがある。多角化でいろんな事業を手がけるとしても、どこかでそのカルチャーに影響される。その一番の理由は、伝統的カルチャーを体得した人材が意志決定者となるところにある。

議論では明示的にはならなかったが、ラジカルなイノベーションが新規参入企業からもたらされることが多い事実と符合する面がある。

### 3. IMD

日本は1990年代この順位を下げ続けてきている。これはその評価機関がそう言っているだけで、気にすることもないとは思うが、その一つの理由に英語の問題があると思われる。グローバル化への対応の遅れも、この英語力の問題もある。

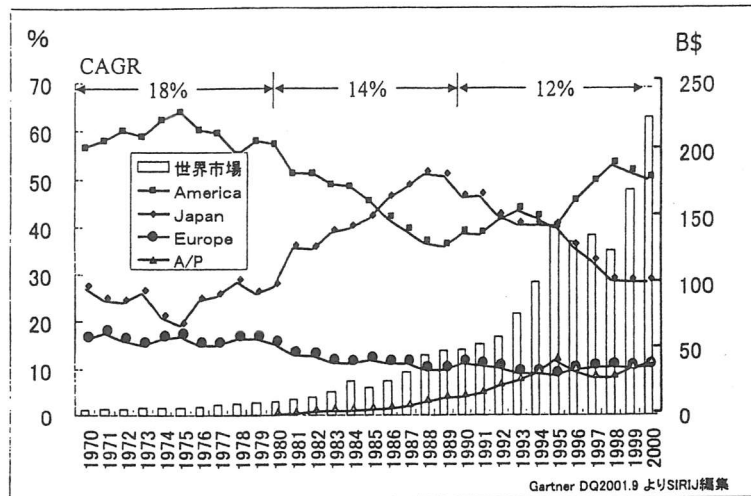
教育のあり方が、昔から変わっていない。

Ⅲ. 日本半導体産業のビジネスモデルについて  
 講師：海野陽一 半導体産業研究所 所長代行  
 平成13年12月17日講演

1. 世界半導体産業の変遷

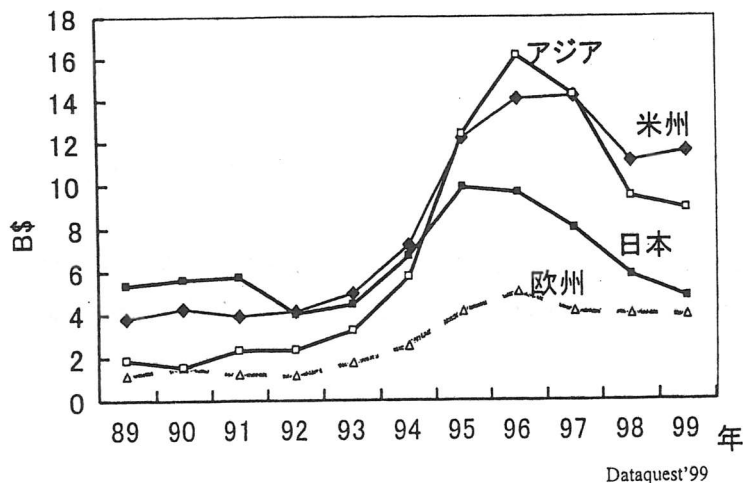
1980年代半ばを境に、日本の勢いが急激に低下し、米国が急速に回復して日本を抜き去っている。欧州はステディに平行状態であるが、アジア地区が1990年代に入ってから著しい成長をしている。米国はこの間いろんな政策を絡めて手を打って来ており、米国の産業のストラクチャー、ビジネスモデルが大きく変化してきている。一方、日本は変化しきれていない。

世界半導体企業シェア



地域別半導体の設備投資トレンドをみても、同様の傾向にあり、日本としては1995年くらいから先行きの見通しがなくなり投資が減ってきている。

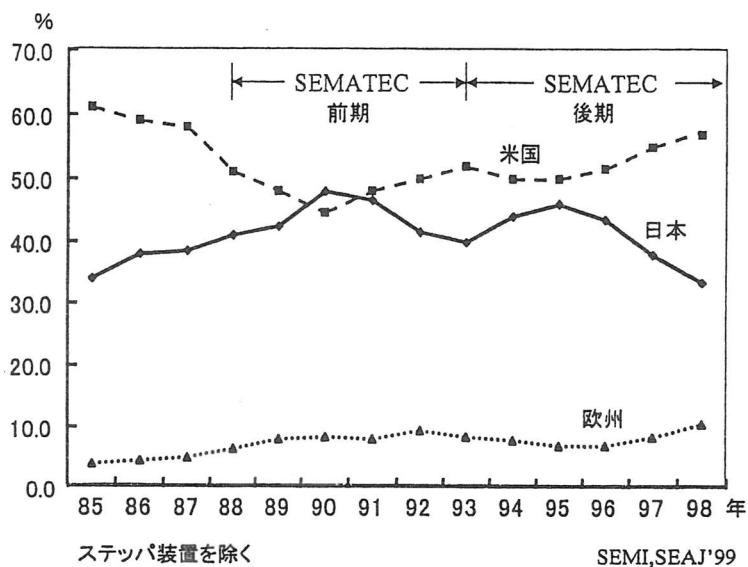
地域別半導体設備投資





半導体装置産業をみても、日本の市場は 1990 年まで順調に成長を続けてきたが、米国は新体制を整備し SEMATEC という組織を作り、国家資金でプロセス技術・装置開発に対してコンソーシアム組織による開発を開始した。前期でプロセス、装置標準化の問題について注力し、日本を抜き去っている。後期では更にアプライドマテリアルを中心に合従連衡してシェアを増やしている。但し、ステッパーという露光のキー技術については、まだ日本が圧倒的な優位にある。

## 日本の装置産業シェア



## 2. 21 世紀の不況の状況

### (1) 日本の状況

代表的な 2 社の動向をみると、予想以上の総崩れ状態であり、特に DRAM の値崩れの影響が大きい。また IT 不況、中でも携帯電話関係の悪化に引っ張られて悪くなってきている。

### (2) 米国の状況

米国では、パソコン関係ではインテルは一層の微細化を加速し、他社の振り切りを画策している。

DRAM ではマイクロンは、市場の寡占化で DRAM 価格の安定化を指向している。品種を絞り込み、集中に成功し復活した TI は、IT 不況の影響で業績が低下している。

(3) 欧州の状況

ST マイクロ、インフィニオン(シーメンスから独立)、フィリップスセミコンダクターの3社間で棲み分けが進んでおり、不況の影響は残るが EU のサポートも厚く安定した状態にある。

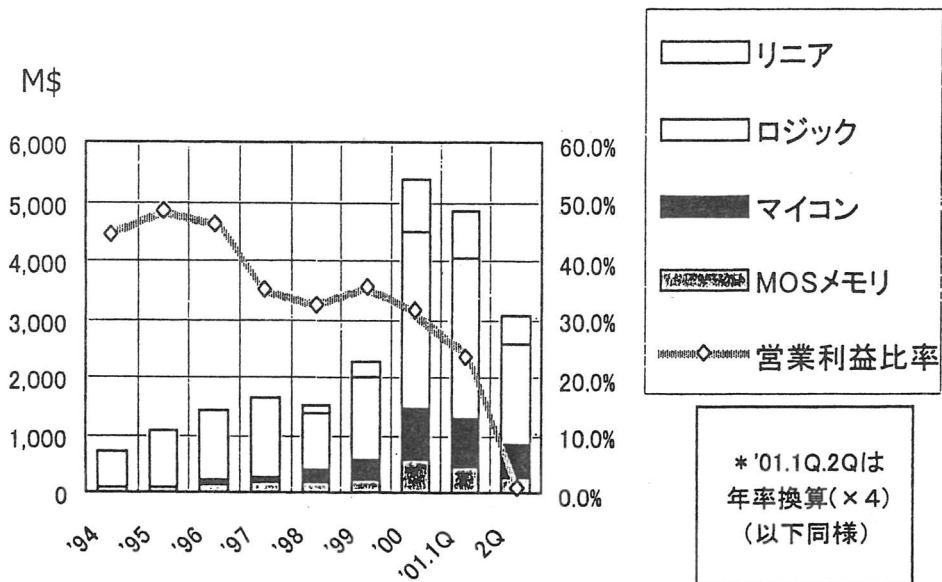
(4) 韓国の状況

三星が DRAM でトップを占めており、DRAM の寡占化を目指す方向にある。

(5) 台湾の状況

TSMC、UMC が新ビジネスモデルで成功し、工場稼働率が 40%-60%と低水準でも利益が出る状況にあるとされる。日本では、90%がブレイクイーブンポイントとされ、大きな格差がある。

### TSMC半導体販売高・営業利益率推移



以上の世界主要メーカーの動向と日本メーカーを比較すると、日本メーカーがすべての品目をカバーしているのに対し、海外メーカーは戦略にターゲットを定め、高い利益率の確保を目標にしてきている。

### 3. 日本の半導体産業の弱点

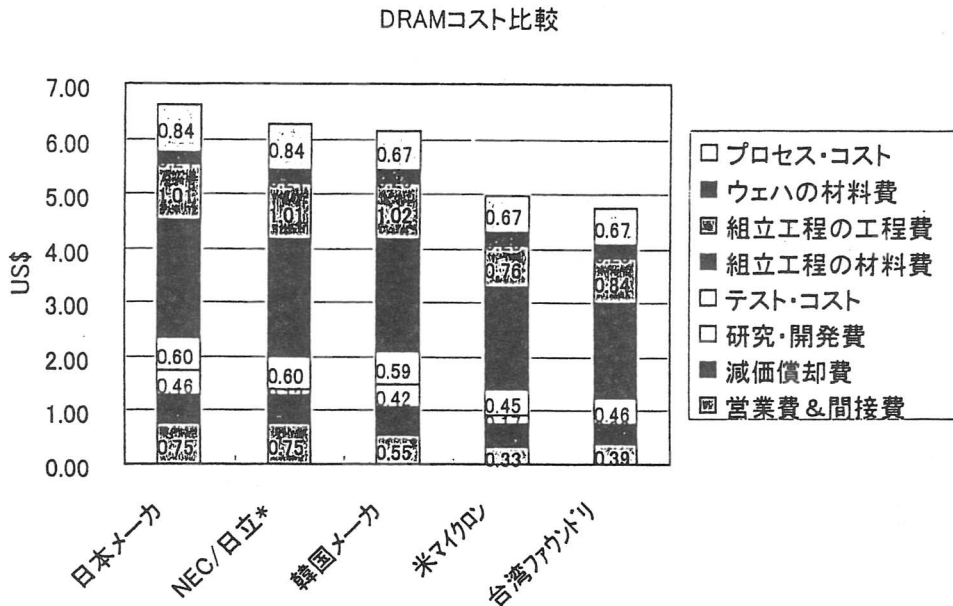
#### (1) 生産コスト力

DRAM 売上と製造原価比較を行うと、日本はコストが高く、特に営業費・間接費、償却費の負担が大きい。

DRAM売上と製造原価比較		
DRAM売上 (128MbDRAM)	DRAM売上	製造原価
三星	6630M \$	3.5 <sup>ドル</sup>
マイクロン	5911M \$	3.2 <sup>ドル</sup>
ハイニックス	2470M \$	4.5 <sup>ドル</sup>
インフィニオン	2713M \$	3.5 <sup>ドル</sup>
NEC	1838M \$	4.1 <sup>ドル</sup>
東芝	1821M \$	4.1 <sup>ドル</sup>
日立	1083M \$	4.1 <sup>ドル</sup>

(売上は、IDC、製造原価は東洋経済の推定)

### 日米亜DRAMコスト要因比較



(2) 幅広い製品分野

IT 時代をリードできる製品が不足し、また日本の半導体メーカーが、殆ど全ての製品を手がけ、同じ分野、同じ地域で競合していることに一因がある。分野的に特化できていない。

(3) 技術者当たりの売上高

他方で、開発技術者と総人員当たりの売上高では、差はあるが日本企業も健闘している。

(4) 低い利益率の一因

重要なファクターとして、半導体事業における地域税制の比較がある。公表ベース以上に実効税率は日本は高い水準にあるとみられる。

半導体事業における地域税制比較				
	日本	欧州	台湾	米国
税引前利益	100億円	100億円	100億円	100億円
公表実効税率	42.9%	33.0%	20.0%	40.8%
税引後利益	57億円	67億円	80億円	59億円

100億円を仮定

実例

2000年決算からみた各社実効税率 (単位 M\$)				
	日本(R社)	欧州(STM)	台湾(TSMC)	米国(TI)
売上げ	3,301.1	7,764.4	4,828.7	11,875.0
税引き前利益	1,186.0	1,829.4	1,854.4	4,578.0
税引き後利益	694.9	1,454.3	1,891.2	2,087.0
実効税率	41.4%	20.5%	2.0%	32.6%

\*金額は、各社2000年決算資料、Yahoo FinanceよりSIRIJ作成 (M\$ 124円 / \$)

・実効税率を100億円あたりの利益に適用すれば、

	日本	欧州	台湾	米国
税引後利益	58億円	79億円	102億円	67億円
実効 - 公表	1億円	12億円	22億円	8億円

4. 日本の半導体産業の反省

以上をまとめて、日本の半導体産業の反省について考えてみると以下の通りとなる。

(1) DRAM の敗因

設備投資を怠ったことと、コスト対応力の乏しさである。

(2) 日本半導体企業のコスト高

管理費・間接費・労力の面でコスト高になっている。

(3) 総合電気メーカーとしての百貨店方式

資源の分散、ドングリの背比べになっており、集中と選択の観点から経営面での努力が必要である。

(4) 人員当たり売上高の低迷

日本の商慣習もあり、販売・顧客サポート経費が大きい。

(5) 税制で大きな差異がある

単純な公式の税率に比し、実質的には海外の半導体産業が受けているメリットはかなり大きいと考えられる。

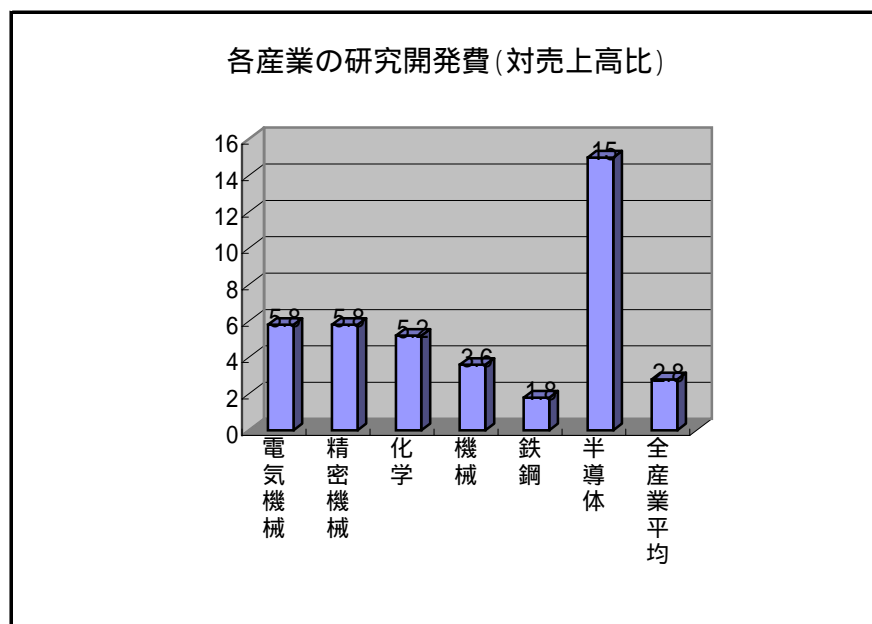
5. 日本の半導体産業の技術力

次に、日本の半導体産業の技術力についてみていきたい。開発投資の負担が増大しているが、コンソ - シアム結成などの経営面での努力によって今後上手く海外メ - カ - に伍していくことが可能になるものとみられる。

(1) 研究開発投資

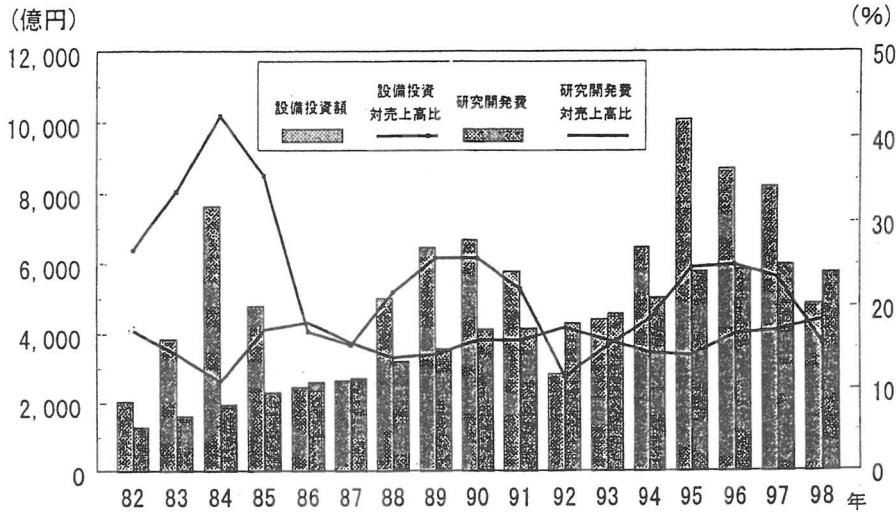
半導体産業に関しては、開発競争が加速し、研究開発投資の対売上高比は 15%に達しており(1998 年以前の 5 年間)、他産業に比し圧倒的に高い。( p 2 3 8 - 6 表切り張り )

設備投資に関しては、波を打っており、近年低下傾向にあるが、研究開発投資負担はなお増加傾向にある。日本でコンソ - シアムの動きが出てきた理由の 1 つである。



# 日本の半導体産業の問題点

—設備投資・研究開発費と対売上高比の推移—

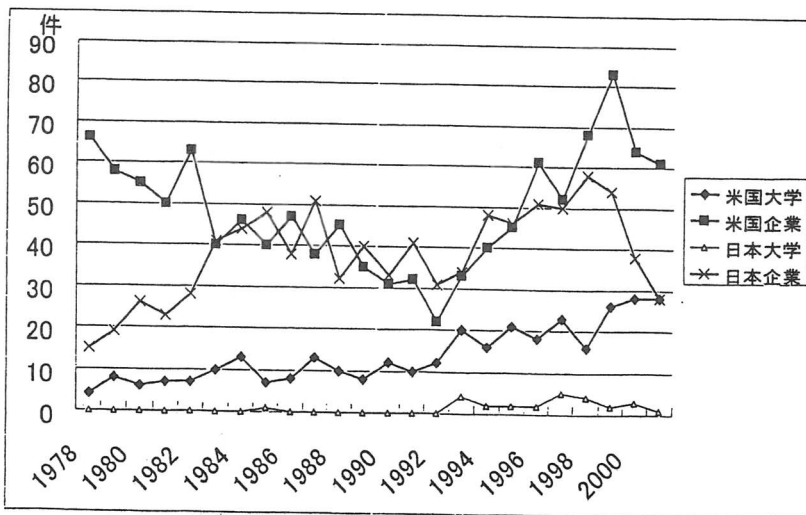


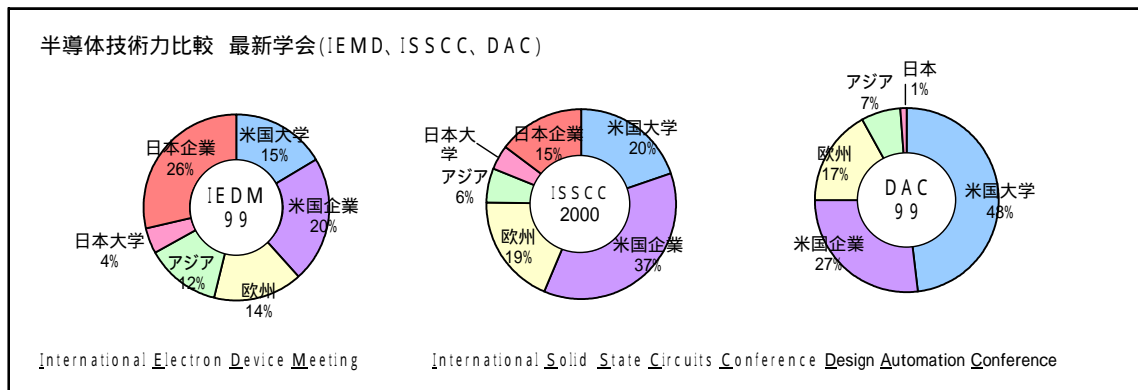
12社:NEC,日立,富士通,東芝,三菱,松下電子, 20社:日立グループ,ソニー,新日本無線,東光ノベーション経営研究会 (出所:通産省12社調べ)

## (2) 主要学会論文数

ISSCCにおける論文採択率をみると、日本は健闘しているものの低下傾向にあり、米国では企業の落ち込みを大学がカバーしているのに比し、日本では大学が落ち込みをカバーし切れていない。また、IEDM(基礎研究分野)、ISSCC(システム、アプリケーション分野)、DAC(設計分野)の3分野について、一方でアジアのシェアが増加している。

## 日米 企業・大学ISSCC論文採択率推移





設計分野について、米国の大学が強く、日本は弱い状態である。プロセス技術については、日本が健闘しているが、台湾が増加している。(3) 分野別特許数

システム LSI 関係の米国の特許をみると、通信関係に注力してきている。日本は、映像関係の特許が高い。

システム LSI 関係の特許は、かつては日本が強かったが、1998 年からインテグレートしたシステム特許が米国は増加している。

#### (4) 日本の半導体産業の技術力についてまとめ

##### 開発投資の負担増

開発投資の負担が大きくなり、開発コンソ - シアムにより共同で開発を行う方向にある。

又、米国の大学の論文投稿数に比し、日本の増加が少なく、Akademia の活用を考えていなくてはならない。

##### 特許力

プロセス技術については日本が優位にあるが、設計分野では米国が圧倒している。

##### 開発技術者

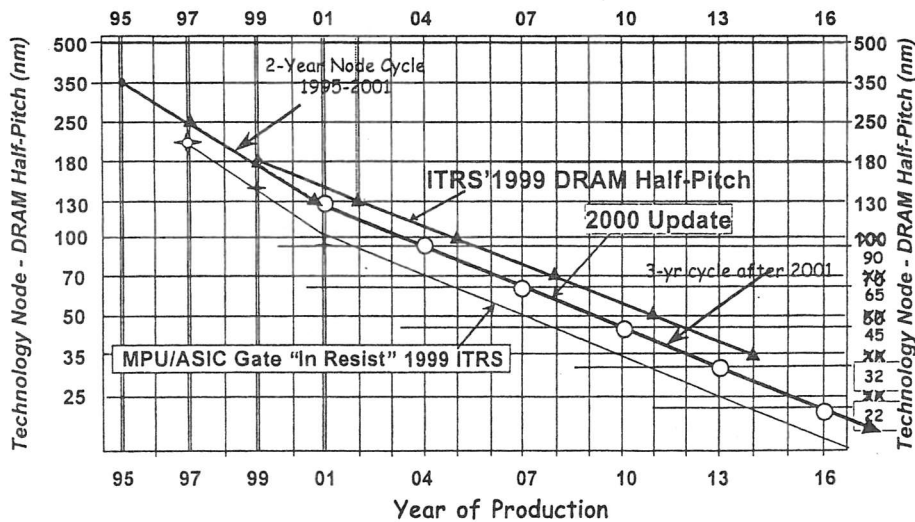
企業の技術者は多いが、同じ分野での競争が激しく、効率が悪い。

## 6. 日本における技術開発の取り組み

### (1) 国際半導体技術ロードマップにおける加速

2001年の国際半導体技術ロードマップ(1999年作成)によると、3年で1世代の微細化が進んでいる。微細化を進めるインテル主導であり、常に前倒して進む傾向にある。2001年では最先端テクノロジーは0.13ミクロンが相場になっている。2002-2003年には0.1ミクロンの技術開発になる予想で、1社ではもはやできない状況にある。

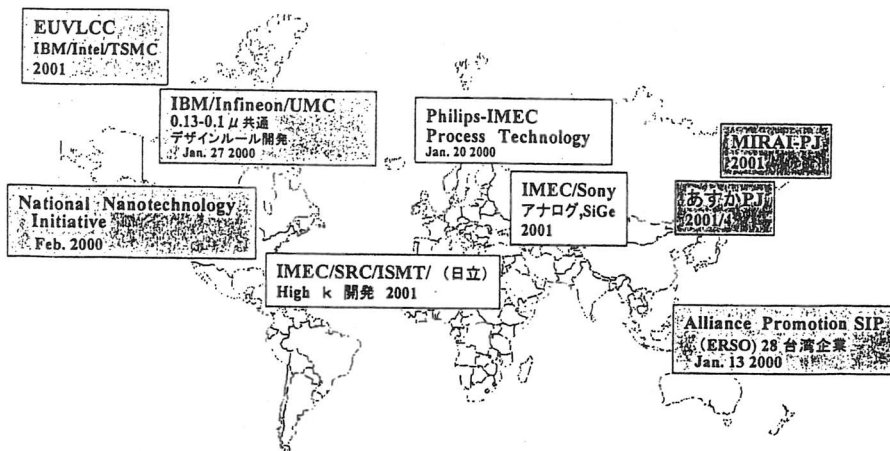
国際半導体技術ロードマップにおける加速



(出所:STRJ)

そこで最近では世界中で半導体技術共同開発が進められるようになってきている。

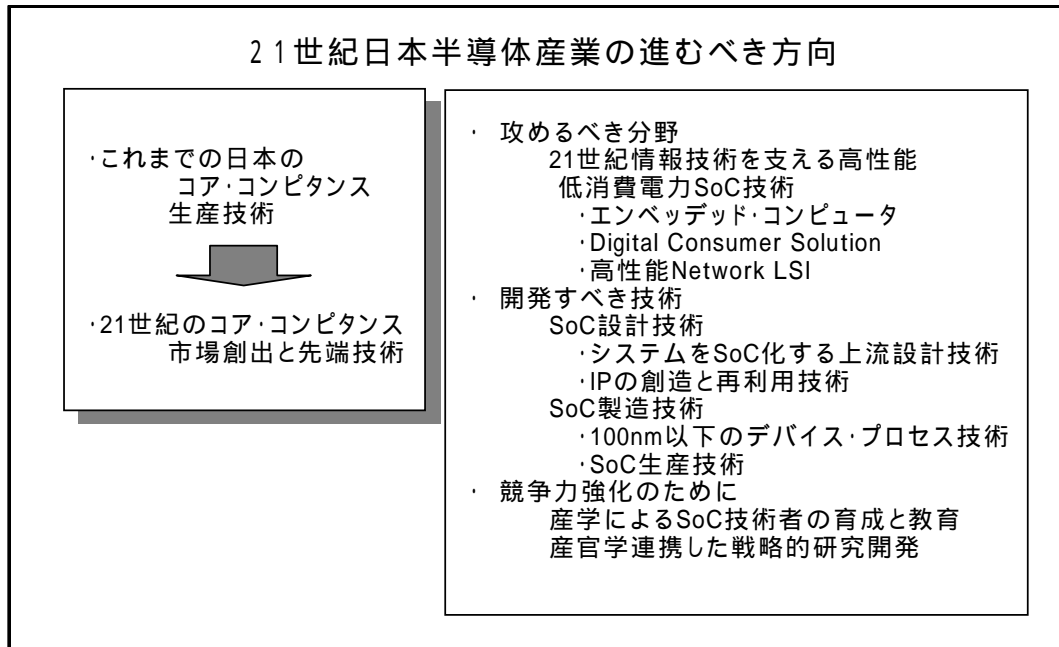
### 最近の半導体技術共同開発状況





( 2 ) 21 世紀日本半導体産業の進むべき方向

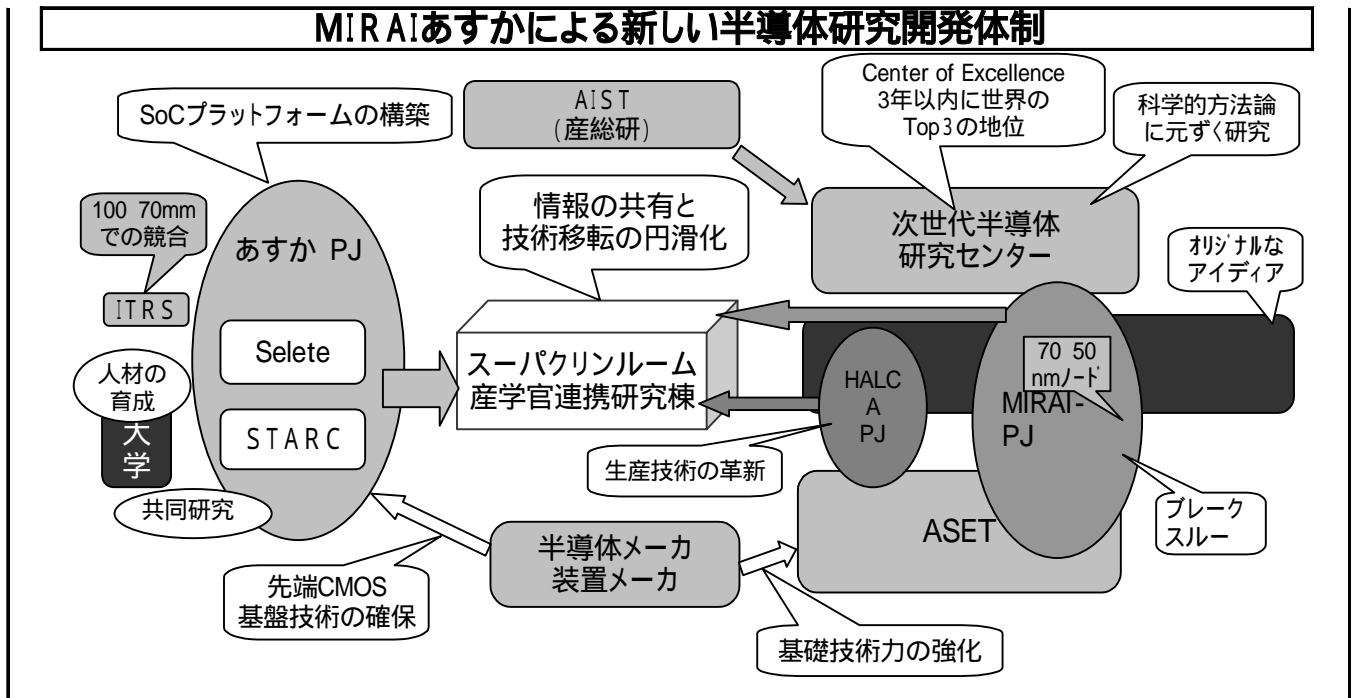
21 世紀日本半導体産業の進むべき方向としては、以下の表の通りである。



( 3 ) プロジェクト「あすか」

SOC 開発の共通基盤技術の研究開発、最先端の技術の壁を共同克服することを目的にプロジェクト「あすか」が発足している(2001 年 4 月～2006 年 3 月)。開発組織として、(株)半導体先端テクノロジーズ(Selete)、(株)半導体理工学研究センター (STARC)の 2 つがある。Selete は、プロセス関係の先端技術開発を行い、STARC は大学からテ - マを募って研究開発を行う組織である。参加企業は 11 社である。研究開発費は Selete が 700 億円、STARC が 140 億円(各 5 年間)、人員はそれぞれ約 250 人、約 100 人となっている。

プロジェクト あすか (Asuka)	
期 間	2001年4月～2006年3月
内 容	100nm～70nm SoC技術の確立
企画推進	(社)電子情報技術協会(JEITA) 半導体幹部会
開発組織	(株)半導体先端テクノロジーズ(Selete) (株)半導体理工学研究センター(STARC)
参加企業	富士通、日立、松下、三菱、NEC、沖 ローム、三星、三洋、シャープ、ソニー、 セイコーエプソン、東芝
目 的	SOC開発の共通基盤技術の構築 半導体の最先端、共通基盤技術の研究開発 世界Topとなる技術開発 最先端の技術の「壁」の共同克服 国研、大学などとの交流・連携を強化の窓口 半導体の基礎的・基盤的技術の推進と確立 人材の育成支援 関連業界、海外コンソーシアムとの協調・連携



## 7. 新しいビジネスモデルと日本の対応

(1) 従来の日本の半導体企業のような垂直統合型半導体企業(IDM)に対して、最近では製造主体のファウンドリ企業や、設計中心のファブレス(ベンチャー-)企業のような、水平分業型の半導体企業が出現している。

従来は、総合的な半導体メーカーがプロセス技術、LSI製造技術も全部握っていたが、最近では装置メーカーがプロセス技術の蓄積を有し、また設計のツールも進化したため、こうしたファウンドリビジネスなどが成り立つようになっている。

Micron(DRAM特化)、TSMC(ファウンドリ特化)、Cisco(通信特化)、C-Cube(設計のみ)などは、かなりの高利益率を挙げている。

ファブレス企業は、不況時も成長率が高い。ファブレス企業は、今後はPC、PC周辺機器から通信分野へ需要がシフトしていき、最先端の高利益率分野をターゲットにしていくことになる。

### (2) 国内の企業間連携

1999年6月のNEC、日立のDRAM提携、2001年3月の東芝、IBM、ソニーのロジック関係におけるMPU(Cell)研究開発提携、などの国内の企業間連携が増加している。

## 国内における企業間の連携

NEC	99/6DRAM提携	東芝	01/3MPU(cell)研究開発
日立		IBM	
東芝	00/5 0.13、0.11 μ DRAM共同開発	ソニー	
富士通		東芝	01/50.1,0.07 μ 技術共同開発
Winbond		ソニー	
三菱	0.13,0.1eDRAM 製造技術	日立	合併会社トレセンティ
松下		UMC	
シャープ	0/11大容量 Flash共同開発	IBM	01/6合併会社設立
Winbond		セイコーエプソ	

(3) 中国のIC前工程工場建設の動向をみると、日本の1つのFABの2倍の規模の生産能力を持つSMIC、GSMCといった工場の稼働が予想されている。2004年以降は、世界の半導体工場の分布が大きく変わっていくことが予想される。

### 中国IC前工程口上(0.25 μ文下)

企業名	都市	工場名	プロセス (μm)	ウエーハ径 (mm)	生産能力 (枚/月)	稼働時期
中芯国際集成电路製造(上海) (SMIC)	上海	FAB1	0.35~0.25	200	4万	02年2Q
	上海	FAB2	0.25~0.18	200	4万	02年
	上海	FAB3	0.18~0.15	200	4万	04年以降
	上海	FAB4	0.18~0.15	300	4万	04年以降
上海宏力半導体製造 (GSMC)	上海	FAB1	0.35~0.25	200	4万~5万	02年3Q
	上海	FAB2	0.25~0.18	200	4万~5万	
	上海	FAB3	0.18~0.13	300	5万	04年以降
	上海	FAB4	0.18~0.13	300	5万	04年以降
上海華虹NEC電子	上海		0.35~0.24	200	3万	99年2月
モトローラ(中国)電子	天津		0.25	200	2万	01年
北京華夏半導体製造(HSMC)	北京		0.35~0.25	200	2万5千	02~03年
首鋼日電電子	北京	FAB2	0.25	150	1万2千	02年初

### SMICとGSMC

項目		SMIC	GSMC
企業形態		台湾メーカ、富士通 中国高威公司、中国北大青島の コンソーシアム形式の合併企業	江沢民の息子 江錦恒氏と 台湾プラスチック・王永慶氏の息 王文洋氏による合併企業 出資比率は各々50%
FAB1	投資金額	15億米ドル	16.3億米ドル
	ウエーハ径	8インチ	8インチ
	プロセス	0.25 μm	0.25 μm
	生産能力	4万枚/月	4~5万枚/月
	稼働時期	2002年5月頃	2002年7月頃
	工場長	元TSMC工場長	元UMC
	その他		沖電気が技術供与

( 4 ) 21 世紀の日本の半導体産業の方向性

今後の日本の半導体産業としては、以下の方向性で進めていくことが必要となる。

従来の携帯電話、ゲーム機器、DVD、デジタルテレビなどに替わる、新たな固有の半導体アプリケーションの積極的開拓を行う。

デファクトスタンダード、プラットフォームになるような共通の技術開発を行い、経営の効率化を推進する。

あすか / Selete / Starc の連携強化による開発を促進する。

教育システムの拡充、人材流動化により人材を確保する。

ベンチャー - 企業の育成施策を確立する。

競合諸国並みの優遇税制により、国際競争力の確保を図る。

\*\*\*\*\*

日本の半導体技術を背負ってきた講師には申し訳ないほどに、何故、日本は苦境に立たされてしまったに関し、厳しい議論がなされた。もちろん、責任追及ではないものの、講師にとっては責められているような立場ではあったと思う。しかし、かなり率直に議論していただき、その結果を下記のような論点をにまとめることができる。もちろん、これは講師の意見ではなく、研究会メンバーが感じ取ったものであり、講師から見れば納得のいかない部分があることをお断りしたい。

### 1. 製品特化型戦略と総合型

かつての日本でも、新しいLSIを市場に出すと、考えられないくらいの利益率を達成した。しかし、利益は他の半導体部門や、他の事業部門に配分される。半導体市況の波の中で、儲かったときに設備を增強し、利益を留保し、市況が悪いときの備えができない。特化型のビジネスの強さは、市況の波をかぶりにくくするのと、利益留保のかたちがとれる。

このことは、論理的にはわかっていることであり、何故、経営戦略をそのように切り替えられないのか、あるいは切り替えが遅くなってしまっているのか、研究会メンバーの感想としては、理解しがたい部分である。

### 2. 高い損益分岐点

「日米垂DRAMコスト要因比較」の図において、仮想的な数字であるが、固定費算出はフル稼働状況を前提にしている。フル稼働で差が出るということは、やはり固定費問題となる。

不況になると安値受注合戦となるのが、半導体産業宿命であるが、日本では特に、工場を動かすことが何より重要との方針をとってきた。

### 3. 生産工程の標準化と独自ルール・研究のワンセット主義

アプライド・マテリアルは、工程の標準化をし、この標準にあわせてくれる顧客を囲い込んでいった。技術的に高度というより、そういう考え方が日本との差となってきた。

アプライドから見ると、日本のメーカーは、提供する標準を使わないで装置の改造を頼むことになる。そのために装置は高くなる。日本の各社は、生産性を上げるためには、どうしてもこうしなければならないというような技術的信念を持って、これを変える気はなかった。

研究開発でも、米国では大学などがかなりの貢献をし、いわば知的公共財を活用しているのに対し、日本では多くを自社内で賄い、かつ、全品目をそろえる戦略であるがために、各社は技術者不足という状況に陥り、コスト圧迫要因ともなっていた。研究開発の分散投資となっていた。

現在はその辺の反省もあり、従来なら絶対に一緒にはやる気はなかったところとも協力

する等、研究協力のあり方が変わりつつある。

#### 4．産業と国の政策

米国での SEMATEC 立ち上げのように、大統領直轄のセミコンダクター・テクノロジー・カウンセルという戦略的組織がある。

日本にも総合科学技術会議があるが、全分野を対象としており、技術開発・産業政策に関しもっと特定のテーマに絞った特別な組織が必要であろう。

#### <あしがき>

事務局としての感想は、日本の半導体産業の地盤沈下は、半導体の技術戦略の問題ではなく、経営戦略の問題、政策の問題である、ということを上記の議論は示している、というものである。

## 1 日本企業の戦略的課題

今から 20 年ほど前、米国経済は深刻な不況にあえいでいた。そのような中、不況の原因として、税制や金融政策の失敗、競争を妨げる規制の存在、OPEC による石油価格のコントロール、開発途上国への生産シフトなど、様々なマクロ要因が議論されていた。

それに対して、ハーバード・ビジネス・スクールの研究者たちが強調したのは「マネジメントの失敗」であった。「米国経済低迷の背後にあるのは企業競争力の低下である。その責任の多くはマネジメントにある」というのが、そこでの基本的な主張であった。マクロの経済的要因よりも、マイクロレベルの企業経営のあり方そのものに本質的な問題が隠されているという考え方である。

20 数年前の米国の状況は、現在の日本の状況によく似ている。確かに、土地・金融政策の失敗、政府による様々な規制、中国を代表とするアジア諸国の台頭、産業への動機付けに乏しい税制などが、不況を長引かせているように見える。だから、政治家を含めた多くの専門家たちが、金融政策、規制緩和、税制改革などのあり方について、日夜議論を続けている。

もちろんそうしたマクロ政策の効果を否定するものではない。しかし、研究対象として日頃から企業を観察している立場からすると、問題の多くが、企業経営のマイクロレベルにあることを強く感じる。企業の再生なくしては日本経済の再生はないように思える。

一般に、日本企業の競争力低下の原因を考えると、以下の4つの領域にわけて整理するとわかりやすい。

### 日本企業の競争力低下に関わる 4 つの領域

- 競争がないため競争力がない【ケース 1: 競争の欠如】
- 競争があるけど競争力がない
  - モノやサービスをつくる内的な能力は優れているけれど、それを利益に結びつける戦略に欠けている。【ケース 2: 戦略の欠如】
  - モノやサービスをつくる従来の能力が環境に適合しない。【ケース 3: 能力のミスマッチ】
  - モノやサービスをつくる従来の能力自体が失われている。【ケース 4: 能力の低下】

第1は、「競争がないゆえに競争力がない」ケースである。規制産業を想定すればわかりやすい。現在まさに問題となっている銀行業の他、証券、建設・土木、公益事業、大学なども、この領域にあてはまる。この場合、その実行可能性はさておき、処方箋を見出すことはそれほど難しくない。競争を促進することが、すべての問題を一挙に解決してしまうわけではないけれど

も、有力な手段となるからである。政府の政策もこの領域に焦点を当てているようである。しかしながら、半導体産業はこのケースにはあてはまらない。日本の半導体企業は以前から熾烈な国際競争にさらされてきた。それは今も変わらない。それにも関わらずここ 10 年の間に急速に競争力を失ってきた。日本経済の問題を競争政策だけで解決することはできないのである。

一方、「競争があるのに競争力を失ってきた」のには3つの場合がある。1つは、優れた製品やサービスを創造し、それを効率よく生産する能力には優れているけれども、その能力を経済的利益にうまく転換できない場合である。これらの場合の多くは、「戦略の欠如」に起因する。

半導体産業を含めて、家電商品、化学材料、工作機械といった産業で、モノづくりという意味ではまだまだ優れているのに、なかなか利益が出ない企業がある。デジタルカメラやプラズマテレビなど、技術的な先端領域で日本企業が世界的に市場を占有している産業は、今でも存在する。しかし、そうした領域であっても、長い間利益を出せない状況が見受けられる。「いいものを安くつくっても儲からない」という問題に陥っているのである。

競争があるのに競争力を失ってきた 2 つ目のケースは、環境の変化によって、日本の強みであったモノやサービスをつくり出す能力が有効ではなくなった場合である。80 年代、日本企業はその効率的なモノづくりの能力で世界を先導していた。ところが 90 年代にはいって、その相対的優位性はいくつかの産業領域で失われていった。他国の企業が日本企業から学んだことが1つの理由ではある。しかしながら、90年代に急速に進展したデジタル化という環境変化もこれに関わっている。

自動車産業にみられるように、日本企業の1つの強みは、様々な要素技術やコンポーネントを統合して高い品質の商品を効率的に生み出す「すりあわせの能力」にあるといわれてきた(藤本、2001)。ところが、商品がデジタル化されると、モノづくりの微妙なすりあわせの重要性は、相対的に低下する。パソコンのように、デジタル信号でつなぎ合わせられた要素部品の集合体として製品が構成されるようになると、生産における製品全体としての統合の必要性が減少する。いわゆるモジュール化が起きる。既定のインターフェイスに沿ってモジュールを単純に組み合わせることで、十分機能する製品ができてしまうようになる。こうなると、日本企業がこれまで得意としてきたような最終製品のモノづくりの強みは、顧客に価値をもたらさなくなってしまう。

製品のモジュール化が進むと、自社内に全て取り込んで統合的にモノづくりをするよりは、組織の境界を越えて多様なプレーヤーと協働することの効果は、相対的に高まってくる。この点でも、従来の日本企業のモノづくりのあり方が、不適合をおこす可能性がある。

最後に、「競争があるのに競争力を失ってきた」第3のケースは、80 年代に日本企業の強みといわれてきたモノづくりの良さ自体が失われているケースである。これは深刻な問題である。以下で議論するように、半導体産業においてもこうした現象がみられている。

## 2. 日本の半導体産業の抱える問題

以上、日本の産業が抱える問題を大きく 4 つの領域に整理して議論してきたが、日本の半



導体産業に特定しても、「競争の欠如」を除いた3つの領域のそれぞれに対応した問題を抱えてきたと考えられる。

## 2.1 戦略の欠如

競争戦略は一般に「内」に注目するものと「外」に注目するものに分けることができる(青島・加藤、2003)。前者は、企業利益の源泉を企業内部に蓄積される独自の経営資源に求める戦略で、他社に対する差別化要因となるような技術や人に対する長期的な投資を伴うものである。コアコンピテンス経営と呼ばれるものはこの範疇にはいる。それに対して、「外」に注目する戦略というのは、利益の源泉を自社内の独自資源ではなく、事業のポジショニングや他社との駆け引きのうまさなどに求めるものである。こうした分類に沿うなら、日本企業の戦略は「内」にバイアスがかかりすぎ、相対的に「外」を軽視してきたように思われる。それゆえ良いものをつくっても利益にならないという問題を抱えてきた。

「外」に注目した戦略という点から日本の半導体の問題を整理すると、「投資タイミングの悪さ」と「ポジショニングのまずさ」を指摘することができる。

90年代に入って、半導体製造に関するノウハウの多くが、製造装置に体现されるようになると、デバイスメーカーのビジネスは投機的要素を帯びるようになる。特に DRAM のようなコモディティ商品の事業では、需給をいかに正確に把握して、タイミング良く先行投資を行うのが鍵となった。この点で日本企業の対応は、海外企業と大きく差があったといわざるを得ない。

日本の大手半導体メーカーは、「景気の良いときに投資をして契機の悪いときには投資を抑える」、という行動をほぼ横並びで共有してきた。その結果、日本企業に見られがちな意思決定の遅さも相まって、新規ラインが立ち上がる頃には景気が後退してしまい、供給過剰による大幅な価格下落を導くこととなった。逆に景気が上向くときには、他社に需要を奪われてしまうという結果をもたらした。こうした中、一貫して強気の投資を行ってきた韓国の三星が DRAM 市場を支配することとなった。

戦略上の第2の問題は、ポジショニングの問題である。インテル(MPU)やTI(DSP)は、コモディティ化を避けて自社デバイスへの囲い込み行くと同時に、他の補完デバイスの競争を促進することで自社への利益配分を大きくすることに成功してきた。例えばインテルは、マイクロソフトとともに Wintel 陣営を固めると同時に、パソコンの構成部品である DRAM など他のデバイスの標準化に関与することによって、それらの価格低下を促してきた。その結果、パソコンの価格は急速に下落して MPU への需要は増え、しかも高い利益率を維持することもできた。日本企業は、インテルが設定したゲームの上で戦わされてきたともいえる。

また、90年代後半以降、台湾のファウンダーは、ロジック IC の量産技術へ特化することによってその競争力を向上させてきた。彼らは、標準プロセスを一般に公開することによって、設計活動と生産活動を切り離すことに成功した。主にシリコンバレーで活動する設計者は、生産プロセスのことを考えることなく設計に専念することができるようになった。こうなると、相変わらずプロセス技術に比重を置きながら、設計と生産の両方を社内に抱える日本企業は、競争上

の優位性を失ってしまう。単なるコスト高のメーカーになってしまう。日本企業の多くは、産業構造の変化に合わせて、臨機応変に自社の位置づけを変化させることができなかつたのである。

以上まとめると、日本の半導体企業の多くは、DRAMの投資競争で遅れをとり、MPUへの注力には欠け、プロセス技術から量産技術への焦点化にも遅れた。誤解を恐れずに言うなら、どこにどのタイミングで資源を配分するのか、という戦略的意思決定に欠けていたのが、90年代の日本半導体メーカーの特徴であった。

## 2.2 戦略が欠如した理由

では、なぜ戦略の欠如と呼べるような現象が起きたのか。厳密な議論はできないが、いくつかの推論は可能である。第1に、日本の大手半導体メーカーが多角化企業であったことが関係しているかもしれない。日本の大手半導体メーカーにおける半導体事業部長のほとんどが半導体事業以外の出身者であったということもあり、他事業の論理が半導体事業運営に持ち込まれた可能性は高い。半導体事業は、投資額の大きさといい、投資の振れ幅といい、他の事業には見られない特殊な意思決定と行動が必要となる事業である。半導体事業の経験の乏しいマネジメントがどこまでこの特殊性を理解できたのか、という点では疑問が生じる。

また多角化企業であれば、当然、他の事業の業績が、半導体事業への投資に影響を与えることになる。このことが機動的な投資の足かせになったのかもしれない。さらに、多角化企業の場合には、デバイスで儲けるのかセットで儲けるのかという微妙な判断を迫られることになる。自社製品のためのデバイスなのか、一般市場向けのデバイスなのかによって、とるべき行動は異なってくる。スタンスの置き方が明確でないと、中途半端な戦略をとることになりかねない。最後に、多角化した大規模企業であることによる意思決定ラインの長さが問題になった可能性もある。日本企業の意思決定が海外企業に比べて遅いことはしばしば指摘される場所であるが、半導体事業ではその遅さが致命的となる。

第2に、組織の固定性や成功による組織の慣性が、適切な戦略シフトを妨げた可能性がある。半導体の製造ノウハウの多くが製造装置に体现されるようになるにつれて、付加価値の所在は、プロセス技術から、一方ではシステム設計へと、他方では量産技術へと移行した<sup>1</sup>。ところが、80年代に米国を追い抜いた成功体験は、プロセス技術が重視される、もしくは、プロセスと設計の一体化が重視されるDRAM市場での体験であった。この成功体験ゆえ、人の配置換えの難しさや労働市場の流動性の低さなども関わって、産業構造の変化に対して鈍感になったのかもしれない。

第3に、日米半導体協定の影響をあげることができる。日米半導体協定が締結されて以降、日本の半導体メーカーは積極的な投資行動にでにくくなった。こうした状況では長期的な投資よりも短期的な高収益を求めるようになることが自然である。結果として、多くの新規参入の機会を創出してしまったと考えられる。

---

<sup>1</sup> しかし90nmレベルの微細化に伴って、再びプロセス技術の重要性が高まってくると予測される。

### 2.3 能力のミスマッチ

日本の半導体産業の競争力低下の原因として、次に、80年代に指摘された日本企業の強みの多くが、技術環境の進展とともに、競争優位の源泉足りえなくなった、もしくは既存の能力が足かせになった点を指摘することができる。

80年代に日本の自動車や家電、半導体といった領域で日本企業が世界市場で頭角を現すようになると、米国を中心に様々な研究者が日本企業の競争力の源泉を明らかにしようと調査・研究を行った。半導体産業について指摘されたことは例えば以下のような点である。

- 機能横断的コラボレーション
- 装置サプライヤーとの密な関係（装置メーカーによる顧客密着）
- 卓越した生産現場のスキル
- ハードウェアのエンジニアリングスキル
- 多品種展開による生産設備の転用

これらの要因は、必ずしも半導体産業だけではなく、80年代に競争力を高めた日本企業を特徴づける要因として指摘されてきたものである。

ところが、半導体産業における技術環境の変化は、これらの日本企業のかつての強みを縮小したり、またある場合には逆にそれを弱みに変えたりする効果をもった。

半導体産業における技術環境の変化を引き起こした主たる原因は、極限レベルでの微細化の追求である。藤村（2001）が指摘するように、半導体に要求される性能が加速度的に厳しくなるにしたがって、克服すべき限界は、実行限界から装置限界、さらに物理限界へと進展してきたのである。

要求性能の向上は、半導体製造プロセスにおける最適化の範囲の拡大をもたらしてきた。従来であれば、個々に最適化されたスタンドアロンの装置を購入して、個々のデバイスメーカーのエンジニアがプロセスを構築することが可能であったものが、より上流の、装置を開発する段階から装置や材料間のマッチング考慮して最適化を図らなければ要求される性能を実現できないレベルになってきた。各装置に割り振る「バジェット」に余裕がなくなってしまったのである。さらにこうした上流段階での最適化は、製造現場の暗黙のノウハウではなく、原理にさかのぼった科学的な知識の必要性を増大させることになる。

特定の企業がこうした変化に対応する1つの方法は、材料から装置、デバイスまでの全てを垂直統合した巨大企業になることだが、投資額を考えれば、それは極めて非現実的である。代わって重要となるのが、装置メーカー、材料メーカー、デバイスメーカーが一同に介してプロセスを最適化するような共同の「場」である。ところが日本はこうした場にかけていた。かつては超LSI研究組合が話題になったが、日米半導体協定以後は、政府主導のコンソーシアムも控えられてきた。

そもそも、日本企業の強みと言われたものは、企業内部での機能横断的統合能力であり、

また関連装置メーカーとの相対的で一種閉鎖的な協同関係であった。そこでは、異なるプロセスをもつデバイスメーカー向けにそれぞれカスタマイズした装置が提供される傾向があった。しかし、微細化がさらに進むと、全体プロセスの最適化を高次元で実現するために、ジェネリックな技術開発の下に、装置メーカーから材料メーカー、デバイスメーカーを含む様々なメーカーのもつ知識が融合する必要性が生じる。日本企業はかならずしもそうしたやり方に馴染みがない。従来の相対関係は、その足かせになってきたかもしれない。

欧州にはユニークな共同の場がある。IMEC である。IMEC は 1984 年に、ベルギーのルーバン大学のマイクロエレクトロニクス研究室が独立してできた民間の研究所である。専任スタッフ 840 人、ゲスト研究者や企業からの派遣を含めると 1200 人に上る研究者をかかえる。当初は、フランダース政府 60% 民間 40% の資金で始まったが、現時点では、全体の 76% が民間からの資金である。この IMEC で最もユニークなのが IIAP (Industrial Affiliation Program) と呼ばれる、コンソーシアム型の共同研究プログラムである。

IIAP では、例えば 193nm プロセスといったように外部効果の高いジェネリックなテーマが設定され、このテーマのもとデバイスメーカー、装置メーカー、材料メーカーが集まる。契約は飽くまでも IMEC と参加企業との間のバイラテラルなものである。参加企業の技術者は IMEC に常駐して研究を行う。IMEC では、特定のプロセスステップに競合する装置メーカー入れ込まないようにしたり、様々な契約形態を柔軟に使いこなしたりすることによって、異なる利害をもった企業の実質的な協同を可能にしている。

このように微細化は、高次のプロセス最適化を実現するために、従来の企業の境界を越えた、より広範囲のコラボレーションを要求することになる。しかしこれは日本企業が従来もっていた能力と必ずしも一致しない。科学的知識を体系化するレベルでの共同となれば、特にそうである。

また、最適化の範囲が拡大するのに対応して、開発・生産の上流レベルで装置、材料、プロセスのマッチングをはかるためには、一方でプロセスを複数のモジュールに分解して把握することも必要となる。分解できないと、統合活動があまりに複雑となり処理しきれなくなってしまうからである。そのためには、プロセス全体をあらためて把握する能力が必要となる。積み上げ的なプロセス開発をする傾向にあった日本企業はこの点でも不利になるかもしれない。

また、半導体や半導体製造装置におけるモノづくりが高度になっていくと、現場の有能な技能者が、問題を解決できなくなる可能性がある。現象をより科学的に捉えないと適切な解決法を導けなくなっているからである。例えば、半導体露光装置の生産で、かつては現場の組立工がおこなっていた配管の引き回しでさえ、その微妙な影響を制御するため、今ではエンジニアがシミュレーションをした上で決めているという(中馬・青島、2001)。こうなってくると、いかに技術者や研究者の知識を現場に還流させるかが重要となるのであるが、日本企業のように現場の能力が高かった企業では、こうした対応に後れがちになるのは自然かもしれない。

さらに、微細化の進展は、半導体の製造装置や製造プロセスにおけるソフトウェアの役割をますます増大させている。ハードウェアエンジニアを中心に開発を進めてきた日本の半導体製造装置メーカーやデバイスメーカーはこの点でも克服すべき課題を抱えている。

#### 2.4 能力の低下

日本の半導体企業の国際競争力の低下を環境変化のせいだけにするのは適切でない。80年代に日本企業の強みといわれてきたモノづくりの「良い」側面が、実は、近年に失われつつあるのではないかという議論がある(もしくは、もともと、そうした強みなど存在しなかったのかもしれない)。例えば、中馬(2002)は、台湾のファウンドリーメーカーであるUMCの日本子会社UMCJの調査を通じて、生産現場とエンジニアとの密接な関係、目に見える管理、現場の労働者のスキルアップや動機付けの仕組みなど、かつて日本企業の強さの源泉といわれた、いわゆるトヨタ生産方式の諸要因が、日本の大手半導体企業ではなく、この台湾子会社で見られることを報告している。これ以外にも、STマイクロンのサンディエゴ工場や台湾のTSMCなどの例を通じて、かつての日本的な特徴がむしろ海外メーカーにおいて見られることも指摘している。

実際に台湾のTSMCを訪問すると、大卒エリートのプロセスエンジニアや装置エンジニアが交代制で勤務しており、夜中にプロセスがとまっても1時間以内には復旧させるようになっている。また装置エンジニアは製造現場のことを「カスタマー」と呼び、如何にカスタマーを満足させるかを最優先で考えている。いわゆる「自工程はお客さま」である。

また、かつては装置メーカーとデバイスメーカーの二人三脚が競争力の源泉と言われてきたけれども、90年代以降はむしろ、日本のデバイスメーカーは装置メーカーに自社プロセスを公開しなかった(最近は変化している)。そのことが、装置メーカーの競争力に少なからず影響を与えてきたのではないかと思われる。この点、日本のデバイスメーカーからプロセス情報を得ることができなかつたので、手探りで開発を進めざるを得なかつたという装置メーカーの発言もある。海外のデバイスメーカーの中には、自社の量産ラインを使用させて材料メーカーにテストをさせているケースも多いという。

最後に、しばしば指摘されることであるが、製造現場のスキルの低下も心配される。請負や派遣工の割合が増大する中で、モノづくりのノウハウの伝承がなかなか難しくなっている。海外ではこうした問題に対処するためにも、高度なCIMの活用を進めている企業がある。日本でのCIMを活用する企業はあるが、まだまだ遅れている企業もあるようである。そもそも現場の能力に依存してきたため、CIMへも転換が遅れてきたのではないかと推測される。能力あるゆえの弱みである。

### 3. おわりに

以上、日本の半導体産業の抱える課題を、「戦略の欠如」、「能力のミスマッチ」、「能力の低下」という3つの領域に分けて整理してきた。最後に簡単にそれらに課題を克服する方向性だけを簡単に指摘しておきたい。

「戦略の欠如」から脱却するには、まず多角化企業のしがらみから逃れるのが1つの手である。その意味では、分社化と外部からの資本調達という方向が考えられる。これは実際に、エルピーダに代表されるように、現在進行している現象である。そこでは、親会社から受ける、資源配分上の影響をなるべく小さくすることが必要だと思われる。

続いて、儲かる構造を構築するために付加価値の配分パターンを理解する必要がある。その上で儲かる場所に自社を位置づける。もしくは、他社のつくったゲームで争うのではなく、自分でゲームをつくる。例えば、最近東芝は DRAM から撤退して、NAND 型のフラッシュメモリへの集中的に投資をしている。NAND 型のフラッシュメモリは携帯電話の大容量化で期待されると同時に、世界で東芝と三星、サンディスクの 3 社しか供給者がいない。よいポジションである。また、東芝からすれば、カメラつき携帯電話市場の拡大に積極的に努めることも、デバイスビジネス(フラッシュ)を支える有効な戦略となりえるはずである。

「能力のミスマッチ」を克服するには、材料、装置、プロセスを含んだ、企業の枠を越えたコラボレーションの仕組み構築する必要がある。最近スタートした MIRAI や HALKA にその期待がかかっている。そこでは、利害の異なる参加者を糾合するための適切なインセンティブメカニズムの構築が必要となると思われる。また、人材という点では、企業の境界をこえてプロセスを最適化するために、プロセス、装置、材料を一通り理解したインテグレーター的な人材を育てる必要がある。またソフトウェアエンジニアを優遇することも必要かもしれない。ある程度、産業間の人材の流動性が必要であろうが、それがあまり望めないときには、業界を越えた知識のやり取りを恒常的におこなう制度や仕組みが必要になるかもしれない。

「能力の低下」に対する処方箋は、「基本にかえる」ことである。あらためて、開発、技術、製造の間の組織的な統合・融合を図ること、また、現場での問題解決能力を高める教育システムの構築、現場の動機付けを高めるための CIM の活用、またそれを補完する金銭的なインセンティブといったことが考慮される点だと思う。

#### 参考文献

- 青島矢一・加藤俊彦(2003)『競争戦略論』東洋経済新報社
- 中馬宏之(2002)「UMS ジャパンの強さを分析:半導体版「トヨタ生産方式」を实践か?」『日経マイクロデバイス』2002年12月号, p.64-71.
- 中馬宏之・青島矢一(2002)「半導体露光装置産業の競争力はなぜ低下したか:コラボレーションとアウトソーシングの可能性」伊藤秀史編著『日本企業変革期の選択』東洋経済新報社
- 藤本隆宏(2001)「アーキテクチャの産業論」藤本・武石・青島編著『ビジネスアーキテクチャ』所収、有斐閣

続いて、ソレクトロン・ジャパン株式会社の安井氏の論文を掲載する。これは別途研究会であるブ  
ロダクション・ニューパラダイム研究会にて講師として講演いただいたものである。

## パネル討論「わが国の製造業空洞化にどう対処するか」

～EMS の立場から～

ソレクトロン・ジャパン株式会社  
代表取締役社長 安井 敏雄

### 1. 序に代えて

2000年10月18日ソニーがソレクトロンに2工場を売却譲渡する発表を行って以  
来、“EMS”（エレクトロニクス・マニュファクチャリング・サービス）という言葉が日本  
の電子メーカーや産業界に大なり小なりのインパクトを与えつつテレビを始め新聞・雑誌  
で取り上げられた。

日本に大きく紹介されたのはこのときが初めてであるが EMS は決して新しいものではな  
い。この業界を創出したと言われるソレクトロンは1976年シリコンバレーにベンチャ  
ーとして生まれ、80年代、90年代を通しアメリカで飛躍・成長した。製造のアウトソーシ  
ングが根付くのは雇用や社会システム上難しいと言われたヨーロッパでも90年代半ばか  
ら展開され、日本においても展開されつつある。“失われた10年”と言われる90年代を  
経験した日本は過剰設備、過剰人員、良質で教育レベルの高い、でも高賃金な Workforce  
とともに製造業での変革が要求されている。さらに最近、世界の生産基地として脚光を浴  
びている中国の成長にあって日本という国レベルでの戦略的位置付の思考と実行が盛んで  
ある。

世界第二の経済大国、特にハイテク中心に電子産業のリーダーシップの強い製造立国日本  
において日本の製造業の空洞化とEMS がもたらす意味を考えてみたい。

### 2. EMS の生い立ちとビジネスモデルの変遷

ソレクトロンはEMS 業界を創出したといわれているが歴史的にはシリコンバレーで、ベン  
チャー企業として1970年代電子基板の“下請けモデル”からスタート、その後順調に成長  
し、特にIT不況のおこる2001年初め迄、年率50%以上の伸びを示し2兆円規模に迄なっ  
た。（2001年8月期）。そのビジネスモデルの変遷は顧客の要求とともに進化しつづけ、  
いわゆるサプライチェーンの川上（設計支援、プロトタイプ試作）から川下（配送、保守修  
理）、部品調達など現在も大きく拡充を続けている

EMS のサービス機能や目的とするところはまだ十分に理解されていないことが多い。その  
成長過程をビジネスモデルの進化・変遷とともに述べることで EMS が何かということと、  
および欧米の所謂ハイテクの電子総合メーカーが如何に EMS と共に変革してきたかとい  
う事を理解して頂きたい。

70年代-- いわゆる“加工賃・下請けモデル”

顧客メーカーより部品支給与を受け、EMS が労働力を提供。IBM 大型磁気ディスク装置 3  
380などの電子基板実装から始まる。

80年代-- 部品自己調達のターンキー・モデル

ソレクトロンが生産設備を自己調達し、製造プロセス改善を重視しつつ運営。メーカーに  
代わって部品調達を行い売上に計上する。この時期幹部から社員全員が日夜品質管理手法  
や「改善」活動を日本から学んだ。

90年代 - - パソコン、携帯電話さらにネットワーク製品などのシステム製品の組立てを行い最終ユーザーへ直送。又、メーカーの設計を支援する為の新製品導入センター（NPI）サービスを始める。

2000年代 - - メモリー回路設計や出荷後の修理・保守さらにはコールセンターなどサービスを拡充。設計 設計支援 量産 修理・保守さらには販売支援まで含めた End-to-End の SCM（サプライ・チェーン・マネジメント）の機能を目指す。

こうしたモデルの発展とともに、売上は図1）に示すように伸びてきた。88年から13年間で約200倍の成長を果たしている。（2002年度は現在9ヶ月までの実績だが、IT不況を受け大幅に減収の見込み）

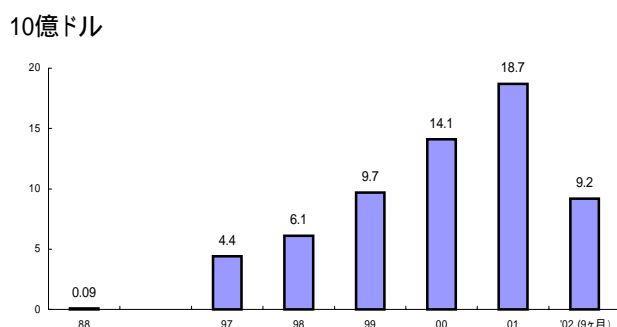


図1) ソレクトロン売上推移 (8月期決算)

図2)には最近の主要顧客メーカーと、又どのような製品群のサービス提供をしてきたかをまとめてみた。

顧客メーカーとの関係			
IBM	23年	Cisco	7年
HP	21年	Nortel	6年
Agilent Tec	21年	Ericsson	
5年			
Sun Micro	14年	Lucent	4年
Dell	11年	Alcatel	4年
Motorola	7年		

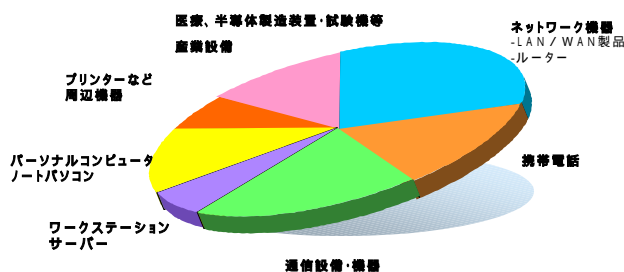




図2) ソレクトロン製品群と主要顧客リスト

又、サービスをする拠点も世界的に60ヶ所以上展開している。

- \* 北米 - - カリフォルニア州ミルピタス、テキサス、マサチューセッツ、ノースカロライナなど。
- \* 南米 - - メキシコ、ブラジルなど。
- \* ヨーロッパ - - フランス、スコットランド、ドイツ、東欧(ルーマニア、ハンガリー)など。
- \* アジア - - 中国(蘇州、深 、上海)、シンガポール、マレーシア、インドネシア、台湾、インド
- \* 日本 - - 東京、湘南 NPI センター、宮城県中新田、茨城 BTO/CTO センター、福島県郡山保守・修理センターなど

では、メーカーにとってEMSのメリットとはなにか、図3)によって説明したい。

典型的な総合電子メーカーの組織や機能・体制を例にとる。R&D、商品企画、設計、試作、量産試作、製造プロセス開発、場合によっては資金準備、用地買収、工場建設を経て自社工場の開設運営、そして物流配送、顧客開発、販売、製品の保守・修理と何から何まで一貫自社、或は子会社、系列または協力会社といった“垂直統合モデル”で行っている。欧米メーカーも従来こうした形態で運用されていたが、EMSを利用することでEMSと共に経営改革を行ってきた。

メーカーはEMSメーカーに生産委託などを行うことで“製品の企画・製品開発”に集中し、そして自社の“マーケティングと販売”に注力する。

それによってメーカーはその経営資源の効率的利用ができ、“製品開発”や“販売拡大”など“スピード”と“集中”ができる。一方、EMSメーカーは複数メーカーから受託運用することで“製造の専門メーカー”としてスケールメリットを生かしつつ設備稼働、品質向上、コスト削減など生産性向上に集中する。

(こうしたEMSに似たモデルは台湾のTSMCやUMCなど半導体のシリコン・ファンダリーでもみられるが、EMSそのものは電子機器の組立てサービスである。)

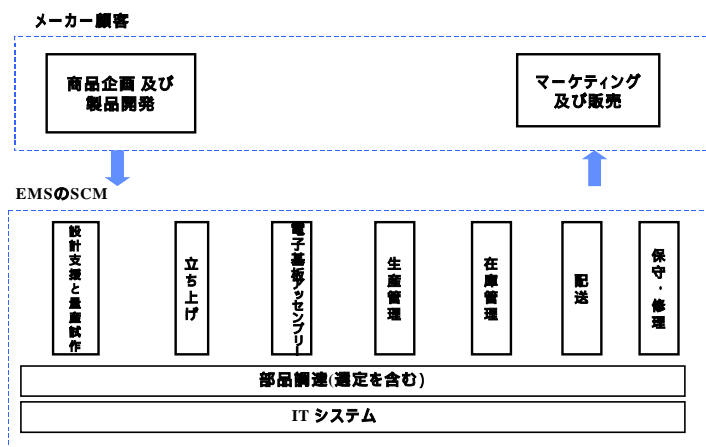


図3) EMSのビジネスモデル

要約するとメーカーからみたEMSを利用するメリットは次のようになる。

- \* “タイムツウマーケット”と“タイムツウボリューム”(開発から量産・販売へのサイクル短縮)
  - 製品寿命は短く商品開発競争は激化する中ですばやいグローバルでの試作と量産の達成ができる。
- \* 経済性
  - コアコンピテンス重点思考の達成を資産の有効利用や資金(キャッシュ)の有効利用と共にコスト削減しつつリスク回避もできる。
- \* テクノロジー
  - EMSのプロセス・製造技術力の利用によって技術の進化の複雑化・困難化への対応ができ、設備機械の耐用年数待たずして技術対応に陳腐化させない。

### 3. EMSの現状と将来

現在もEMSはそのモデルを進化・成長させている。1つは既に述べたそのSCMサービス機能の拡充であり、もう1つは扱う製品群である。図4)に示すようにパソコン・サーバーを中心としたコンピュータ・データシステムからネットワーク系通信、そして今後、自動車など産業分野や、日本・韓国が世界的にリードするコンシューマー、家電製品と伸びてきている。

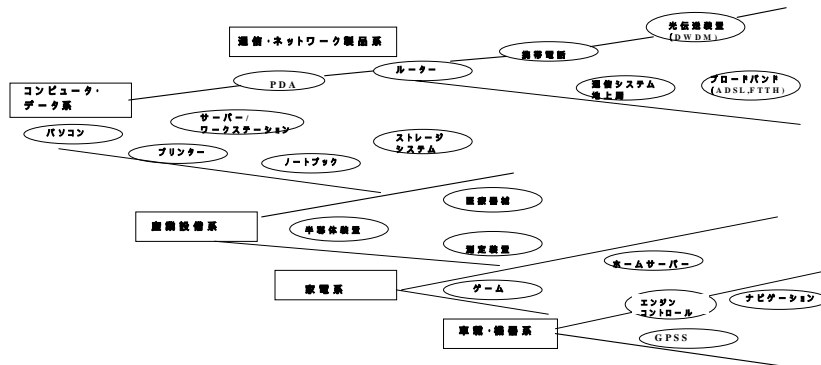


図4) EMS製品群の進化・成長

こうした拡充をベースに電子機器のみの製造に限ってもその市場の8~9%の伸びに対し、EMS市場は例えば99年の約\$60B規模から2004年の約\$200B、年率30%弱で伸びるとされる調査報告もある。(Technology Forecasters, Inc/Solelectron). 設計サービスや保守・修理さらには販売支援やコールセンター迄含めるとさらに大きな市場が望まれている。

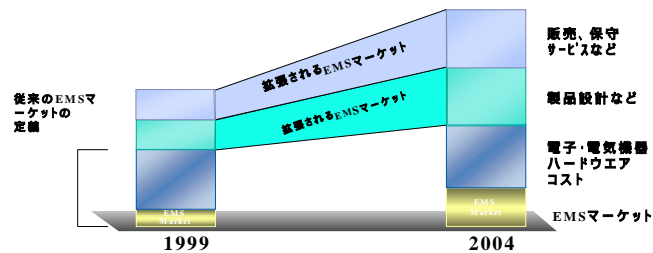


図5) EMSマーケットの市場予測

#### 4. “空洞化”とEMSについて

最近“空洞化”なる言葉がよく言われている。特に中国が“世界の工場”として位置付けられ大きく注目されるようになり、日系企業が中国に進出し工場を持ち日本国内の工場から移管されたり、新規生産活動が中国で行われ中国市場で消費されたり、又日本に逆輸入されたりする事をことを指している。

労賃の安い、そして投資スケールの大きい将来の市場規模をもつ中国などへの国内工場から移管、そして雇用の縮小を“空洞化”と言うなら、むしろこの機をとらえて日本の製造メーカーは積極的に構造改革せざるを得ないし、又するべきと思う。現に戦略的・戦術的問わず進行していると思う。中国を“脅威”ととらえ“悲観”したり、あるいは“虚像”として楽観的に見つめ直し、国内に回帰させるなど各々に応じ実行されよう。

今特に日本の製造業にとって、次のような軸足を改めて考えることが大切なことと思う。

- 1) いかにか品質の良いものを安く、つまり“どう作るか”のみならず“何を作るか”を Top Priority におく意思変換が大切と思う。従来の商品の一線横並び護送船団的な発送はしてられない。新規の革新的な独自商品を開発し続けることが非常に重要。
- 2) “グローバルに競争力のあるどんな商品を開発するか”についてはスキルとタレント、そしてトップの意思決定とリスク・テイクがなければならない。従来往々にして物作りの国日本では軽視されがちな世界に目を向けた商品の企画要員の人材開発から欧米との交流、マーケットに熟知した人も必要なら現地の人やマーケット部門を育て使いこなす術も必要である。
- 3) 社内の経営資源は有限であるわけで生産についても何を Core に、何を EMS に Outsource するのか、そして、何を国内で、何を国外にするのか決めるのが第一。
- 4) 中国への空洞化は「生産」の移管を消極的にとらえるのではなく、中国の市場開拓と対に考え、中国とも“すみわけ”を考えつつ“共生”を目指すべきで、中国が1.3億の人口を抱える巨大な市場になること、そして2年～5年の日本の製造力との Gap を保ちつつ追いついてくるのは間違いない。

さて、ここで誤解があってはいけないので、少しEMSについて次のことを説明したい。

EMSは電子機器に関する種々のサービス事業を行っているが目下以下の事業には積極的に取り組んでいない。

- 1) 半導体 (DRAM, ASIC, Flash, Laser, Fiber など) や液晶ディスプレイあるいは部品そのもの...但し、後工程のパッケージ、Test/組立て、液晶ディスプレイのバックライト付きモジュール組立て、通信の光モジュール部品 (トランスジューサー、リンクなど) 除く。
- 2) HDD そのもの  
ヘッドやディスク基板は除いても電子基板やフレキシブルケーブル実装などは行っている。
- 3) 自動車 (エンジンやボディなど) の製造そのもの
- 4) ソフトウェア (OS や DataBase など)

従って “何でもかんでも EMS へ Outsource” などは間違っている。又、日本の製造メーカーは今垂直統合から Core Competency をベースに “集中” と “選択” を行っているが、ここで、“製造メーカー” と “量産” や “生産活動” とは別であって混同してはいけない。

電子機器分野において、以上の 1) ~ 4) から判るように、

- A. いくつかの分野 (半導体や液晶など) R&D とプロセス開発、設備開発を一体化している前工程事業は別の EMS モデルになるう。
- B. 従来日本の強みといわれた冶具・工具などの “匠の世界” は当然素材やナノテクノロジー等で残るだろうし、残すべきだけ目指す応用用途がどんどん変わってきているので、視野の転換も重要である。
- C. VCR, CD, DVD, HDD など “メカトロニクス” といわれた機械と電子の “組み合わせ技術” も依然重要だが、“デジタル技術” の進捗展開で目下応用ビジネスサイズが小さくなっている。
- D. アナログ技術もスキルや経験が非常に稀有になっているが、本来貴重な技術であり、C. 同様、デジタル技術にビジネス領域が押されてきている。応用分野の更なる展開が望まれる。

以上をまとめると：

日本の品質重視のシステムや生産革新の活力・実績は世界一であり、大切なことは変わらない。しかし、以上に述べたように明らかに電子機器においてはデジタル化の結果、半導体や部品を電子基板に実装する技術からシステム組立ての事業は大きくなっている。

日本の製造メーカーの構造変換、あるいは空洞化に EMS は以下の様に大きく貢献できるのではないかと思う。

欧米では既に 1980 年代からメーカーは生産工場をアメリカ国外に移したがメーカー機能を存続させるどころか、MPU のインテル、AMD、HDD の Seagate、Maxtor、Western Digital、DRAM のマイクロン・テクノロジー、パソコン/サーバーの Dell、Compaq、IBM、Sun Micro、ネットワーク製品の Cisco など、そして今でこそ通信不況の Impact を受けているが、Motorola、Lucent、Nortel、ヨーロッパでも Nokia、Ericsson など世界企業としてリーダーシップを逆に強固にしている。

今、これらの会社の多くが我々の EMS パートナー企業である事を考えると改めて欧米企業のメーカーの経営改革は EMS を上手く使ってきたし、又、EMS を成長させてきた歴史とも言える。

日本のメーカーがどちらかといえば垂直統合組織で日本人及び日本国内の拠点主義からEMSをパートナーとする事で“グローバルな開発、製造、販売体制”にいち早く変換する必要の中で既に“あるもの”“存在するもの”EMSを使ってスピードよく転換するものも1つの解と思う。

一方、日本国内では、ベンチャーや企業内新規事業開発などで資金の小さな時、EMSの“NPIセンターサービス”を利用して新製品の試作、テストマーケット、少量生産など、市場投入を効率よく出来る。又、SI始め種々ビジネス拡張に際してもEMSのBTO/CTO、保守/修理センター、コールセンターなどの顧客サービスを強化・補完できる。つまり、国内の需要創出に貢献できる。

表1)にEMSの果たせる役割についてまとめた。

表1) メーカーの垂直統合組織・機能から、グローバルな開発・製造・販売体制へ  
- EMSの果たせる役割の例 -

メーカー機能	EMSの提供できるサービス	期待される効果
・研究開発	プロトタイプやLCD, 半導体など部品開発での基板組立、テストマーケット用、少量生産	-商品開発の確定 -Risk軽減
・商品企画	同上	同上
・製品開発、設計	”メーカー設計部門”近くに試作、量産設計部品選定、立上げ支援などのNPI(新製品導入)センター	-商品開発のスピード化 -リソース低減 -コスト低減提案
・製造技術の開発、改善	”メーカー”と協業して品質、コスト改善又、立上げなど、EMSの量産工場のNPI部門と協業	-品質、工程数削減、歩留まりコスト向上
・量産立上げと工場運営	コスト理由(中国、東欧、南米、東南アジア)であれ消費者ニーズ(アメリカ、ヨーロッパ、中国)であれ、最適地での量産工場を提供	-低コスト -現地マネジメントによる運用 -工場資産なし
・販売企画と営業活動	消費者地域でのBTO/CTO、マーケットセンター、保守・修繕センター及び顧客支援の為にコールセンター	-消費地での品質管理向上 -迅速で柔軟な需給対応 -販路拡大

## 5. まとめ

EMS あるいはソレクtronがその実績とも日本の製造メーカーあるいは製造業界に提起してきた事はいくつかあると思う。

1. 日本に馴染み深い「下請け」概念から出発したベンチャーだが、いち早く別離し、単に Q/C/D を中心にしたコストセンターの運営から脱皮し製造サービス業、あるいはトータルサプライチェーンを提供しプロフィットセンター経営にして業界を確立したこと。
2. これらは欧米の一流メーカーが垂直統合組織で R&D 企画から市場の保守・修理迄行っていたモデルから、メーカーが機能の中心と転換を経営資源で行う結果簡単な量産を EMS にアウトソースする事で“中抜き”の組織になった。(IBM, エリクソン、ノートル、又、シスコやサンマイクロはもともとこれに近く... )。
3. これらのメーカーの狙うところは3つ
  - 1) 商品開発及びその市場投入を早くできるように。
  - 2) グローバルな視野で商品のマーケット拡大を狙う。
  - 3) 経営資本とくに Asset を出来るだけ小さくもち資本効率を有効に
4. 日本でも付加価値を求め、より高度な知識産業やナノテック・バイオテクノロジー等の先端技術に変換するようになると否応なくこのモデルは大なり小なり生じてくる。雇用の問題もあるので、その変換のスピードこそ異なれ早晩おこると思われる。付加価値の少ない単純組立てなどは“デジタル化”の普及に伴い中国などのローコスト地域での生産は加速せざるを得ない。
5. 中国への空洞化についても、積極的に EMS を利用し、日本のメーカーにもよりグローバル企業として世界に拠点を有効にもつ開発、製造、販売体制の再構築に利用して欲しいと思うし、又、EMS は貢献できると思う。

## 6. おわりに

製造メーカーの変革に伴ういろいろな面で制度改革や側面からの支援・整備が国の構造改革の一分野として望まれる。グローバルな競争力を増す為に、規制の緩和や先端科学・技術の推進、税の仕組み(連結納税、法人税率、優遇措置など)から産学協同、パテントシステムなど、諮問や答申がおおくなされている。しかし、一番大切なのは“人”特に“雇用の問題”であろう。メーカーがビジネスを創出・伸長させ、需要を創出させ製造要員も吸収又は転換していくのが基本である。又、そのパートナー、例えば EMS なども吸収できるのが望ましいが国境を越えて人員の全てを移動はできないので問題は依然残る。(一企業ながらソレクtronがかってベトナムからのポートピュルをミルピタスで多数社員として雇用し仕事の機会を与えていたことを思い出した。)

メーカー主導の変換であってもセーフティネットの整備、専門教育、訓練学校の充実、一つの会社に縛られずにモビリティがある年金システム、ベンチャー投資家が少ない中“サラリーマン社長と銀行の間接融資”に縛られないベンチャー企業システムなど、この1年新聞に飛び交う言葉が本来10年前に計画的に討議されているべきだったのかと思う。

一方目下アメリカ旅行先でこのペンを取っているが強いと言われたアメリカは本当にあったのかと思われている。もしそうだとしたらそれは誰の為のものだったのだろうか。2年前の IT バブル崩壊から多発テロ、その後の不況、そして今再びエンロンやワールドコム不正会計疑惑などの嵐の中のハイテク産業だが本当に“人にやさしい社会のシステム”

ム”は存在していたのかと。貧富差の増大と福祉の貧困など…。日本でも構造改革と雇用対策問題は“明るい日本の未来”の明確な定義と、迅速を要する実行のバランスを改めて訴えているように思えてならない。

(2002年7月記)

= Reference =

日本の中で物作りのアウトソーシングはどう受け入れられているのだろうか？日本能率協会の「物作りのアウトソーシングに関する調査」を参考までに引用させて頂く。

全国優良製造業（上場企業）の生産計画・生産技術・生産管理部門のマネージャー100名の回答

1) <u>外部委託した経験</u>	82%
2) <u>外部委託先は？</u>	
資本関係のない国内企業	74%
資本参加率が50%超の国内企業	45%
資本参加率が50%超の海外企業	37%
資本関係のない海外企業	27%
資本参加率が50%以下の国内企業	17%
3) <u>委託するプロセス</u>	
量産	97%
試作	35%
資材調達	34%
開発・設計	32%
4) <u>委託の目的は何か？</u>	
コスト低減	83%
需要変動への対応	42%
時間を節約	26%
自社にはない技術・設備	24%
5) <u>委託の際に直面する重要な問題・課題は何か？</u>	
品質の維持が難しくなる	61%
社内の技術・技能が低下する	45%
技術・情報の漏洩	37%
社内労働力に余剰が生じる	34%
管理業務が複雑化する	33%
6) <u>委託した仕事に従事していた人の処遇はどうしたか？</u>	
他工場へ配置転換する	42%
教育を実施し職種転換を行う	42%
委託先に転属（転籍）する	23%
7) <u>今後の方向</u>	
さらに拡大	68%
現状と同程度	20%
いずれ下火	5%

## 第2章 日本半導体産業のイノベーションの課題

前章では、半導体産業の課題などを、業界に属する研究者から講義していただき、基本的問題点の抽出をした。この章では、大学に關係する研究者から、つまり日本の半導体業界を、アカデミックな視点からどう見るか、イノベーションに關連して、どこに課題が存在しているかを確認する。

・日本の半導体技術開発（主として回路設計技術）におけるこれまでと今後の課題

講師：桜井貴康 東京大学生産技術研究所教授

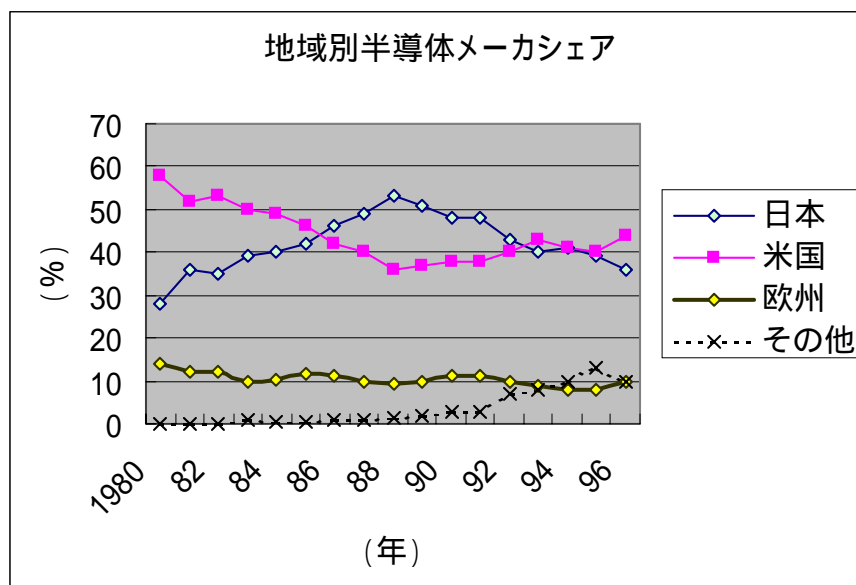
平成13年2月20日講演

### 1. 半導体を取り巻く環境

(1) 電子産業の伸びに較べて半導体の伸びが高く、電子システムの中で半導体の占める割合が非常に高くなっている。

今後も、グローバルにみれば、需要は右肩上がりである。内容は、DRAM 中心の Mos Memory の伸びが減少し、MOS のマイクロプロセッサ - (パソコンの CPU、デジタル過程のロジックなど) が伸張する。これは、日本も同じである。

(2) 地域別には、日本が1988年にピークを迎えてから徐々に右肩下がりとなってきている。1995年には、米国に抜かれている。





## 2. 技術的な3つの危機

(1) 産業界は、どんどん小さなものを作るようになってきている。小さくすれば性能もよくなり、安くなるというのが半導体の特色で、微細化が進んできている。

一方で、問題点も出てきている。

1つは、消費電力の危機で、右肩上がりでパワ - デンシティが増し、このため今後電力を小さくする技術が必要となり、そこにビジネスチャンスがある。

2つは、配線が耐えられないという問題で、個々のトランジスタは動いても、LSI 中のコミュニケーションに齟齬を来すことになる。現在 7 層のものが開発中であるが、将来は 10 層となり、複雑な配線となる。開発の成否が配線で決まることになる。配線については、いろいろな問題が山積している。

3つは、複雑なものを製品化するためにどうやって設計しテストしていくか、いう問題である。複雑さの危機で、デザインの複雑さはうなぎ登りであり、設計能力が追いついていない。このため、設計の再利用と共有で、問題解決を図ることになる。

(2) 現在、LSI 業界はシステム L S I を指向していくことでほぼ合意している。しかし、問題点も見えてきた。

「System-in-package」について説明する。「EETIMS」と言う米国の業界紙に、「日本が言っている System-on-chip (システム LSI) は失敗するだろう」という記事が第一面のトップに書かれた。すなわち日本は一生懸命システム LSI をやっているが、新手的 System-in-package の方が主流になるというような社説が出てきた。日本の各社が求めているシステム LSI の問題点を書いているわけだが、実はシステム LSI を作ろうとすると非常にコストが高いのだ。

例えば、インテルの CPU は誰でも使いたい、インテルが IP として誰でも使っていいデザインデータを皆に上げるなどと言う事は考えられない。今まではボードでインテルのチップを使っていたものをシステム LSI にしようと思った途端に出来ないということになる。今までのボードのものが LSI になるという標語はいいのだが、実はそんなことは出来ない。

次に「Technologies integrated on a chip」について説明する。LSI というのはちょうど版画の様に何枚も何枚もマスクというものを重ねて作り上げていくのであるが、今一番ベーシックなロジックと呼ばれている部分だと十数枚から 20 枚位のマスクを重ねて作っている。それだけでも大変なコストである。これに例えばダイナミックラム(DRAM)、いわゆる産業の米と言われているものを同時に作り込みたいという事になれば、プラス 4 ~ 5 つマスクといって刷る工程が増える。それと共に、最近の電池をなくしても記憶が消えない FeRAM という IC カードをもう 1 個積み込もうとすると、又 4 ~ 5 枚増える。この上

Chemical sensors や、バイオチップ、光学、マイクロマシン等が入ってくると全体で何十層も増え、ワンチップを作るためのコストはどんどん増加するので、この辺に限界がある。電子システムを全部半導体につけるのが良いのか、という大きな反省点がある。

次に「Issues in System-on-Chip」について説明する。その他にも、技術的に一緒に出来ない問題がたくさんある。例えば、米国のベンチャーが良いデザインの IP を持っていて、それをお客様に供給する際、それを使って何か不具合があっては困るので、自分の工場で1度作って本当に動くかどうかチェックしておかなければならない。しかし IP をテストするコストは相当量で、それが頭金としてかかってしまう。その上、商品棚に飾る為のエンジニアリングコストや人のコストもかかる。しかも、出来上がってもお客様は使ってくれないかもしれない。この辺がシステム LSI ビジネスの嫌らしいところで、ビジネス上はなかなかリスクを伴うビジネスになっている。そういう幾つかの問題点が出てきた。

次に「Silicon MEMS microphone」について説明する。1つは MEMS というマイクロマシンみたいなものであり、同じシリコンであるが作り方が全然違う。これはシリコンのマイクロホンというものであり 0.1mm 位の三角形のものである。今売り出されているコマースシャルのマイクロホンより良い性能が出るそうである。こういうマイクロホンがチップの上に組み立てられている。最近聞いた話では、マイクロタービンといって、マイクロマシンでタービンを作ってガソリンを入れると、マッチ箱位の大きさで発電機が出来る。電池の代わりにガソリンで発電するマイクロマシンになると、ライターのように毎回少し燃料を入れると、自分で回って発電してくれるという電池を開発中だそうであるが、そういういろいろなマイクロマシンの技術がある。これもなかなか LSI と相性が悪くて、一緒にするには非常にコストがかかる。

次に「SoC vs SiP」について説明する。そういう問題があって、別々のチップの方が良いのではないかと EETIMS も言っているが、結局、System in a Package が最近1つのキーワードになっている。色々なチップを一気に作り込むのではなく、適正な規模で分割してそれを組み上げる。実装というところで解決した方が良いという流れがある。

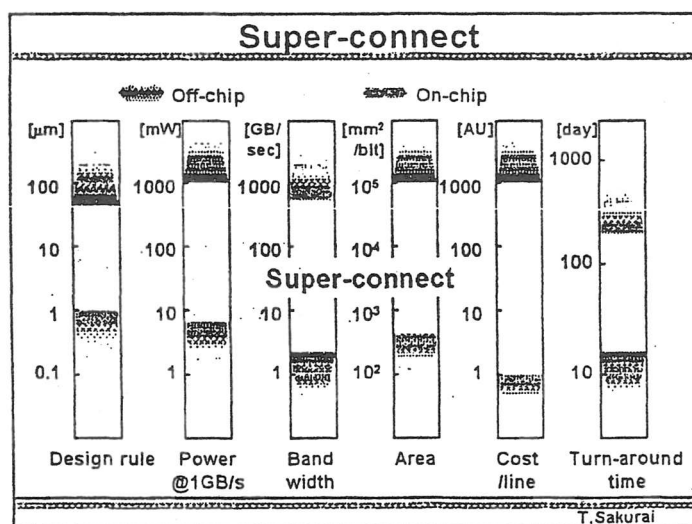
次に「3D System Integration Ezampl」について説明する。これは今月のはじめにあった国際会議で、日本の North Corporation というベンチャーが発表するということで大変話題を呼んだものである。こういうチップを非常に薄いインターポーザーと呼ばれているものにくっつけてこれをコネクトする、三次元実装ということである。ボードになると大きいし性能も落ちるが、こういう格好で機能も性能も実装密度も高めるような技術も一方で出てきているということである。LSI で全ての問題を解決するのはかなり無理がある。先程述べた厚い配線層は、LSI の中ではなかなか難しいが、この部分で電力を供給してもらう。今度はチップを設計している時に、このインターポーザー自身も同時に設計する。LSI とパッケージみたいなものを同時にデザインするという様にしないと良いシステムは出来ない。それが1つはビジネスの様相を変えるのではないかと思うのである。何れにしても、こういう様な技術が立ち上がっている。実はここが 1mm があると LSI を 8 枚積めるそうである。

そうすると例えばメモリスティックの容量が一気に8倍になる。LSI だけで8倍にしようと思うと、10年程待たなければいけないが、実装と一緒にすると直ぐに8倍の容量が可能になるという事で、LSI で全てを解決するにはどうも無理があるということである。

次に「Super-connect technology」について説明する。これは設計ルールというものが、どの位の細かさを扱うかという事である。LSI の上は大体1ミクロン以下のものを扱うが、パッケージになると数十ミクロン以上ということである。数十倍の差があるわけだが、ここに技術の真空地帯があり、これがある為に LSI は非常に高性能であるが、外に出ると突然性能が悪くなりパワーが増す。

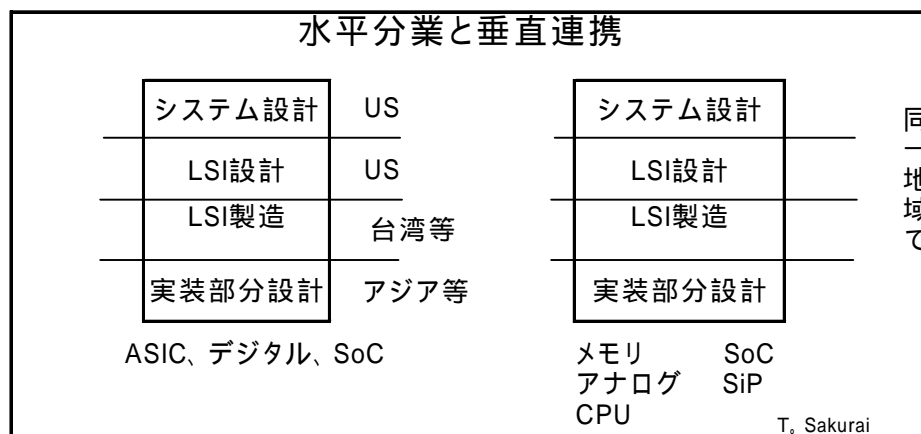
次に「Super-connect」について説明する。設計ルールは、当然オフチップと数十倍の差がある。パワーも 100 倍程差がある。性能、コスト、ターンアラウンドもオフチップの方が速いという様に、数十倍、数百倍のギャップがあるという事である。これをカバーする一般の技術のことを、最近「Super-connect (スパーコネクト)」という名前と呼ぶ事が多い。1つの技術体系が新たに生まれつつある。これが1つの具現化であり、スーパーコネクトという様な動きによって、LSI の問題を解いて行くと共に、電子システムとして性能が良いものが出る様になっている。

次に「Assembly & Packaging」について説明する。「ITRA」という本に「製品開発において実装及びパッケージが、いわゆる、差別化要因と認識され始めた。LSI は誰でも出来る。どちらかと言うと、差別化要因は実装とか、パッケージングである。これを一体化して最終電子システムとして、どういうのが提供できるかと言う方が、最終システムとしては余程大きい。」ということが書かれている。ある意味代弁しているのではないかと思われるが、LSI だけではなかなか差別化が取れなくなってきたという事になる。



### 3. 水平分業と垂直連携

(1) 日本の大企業は垂直連携で LSI の仕事をしているが、世界的には水平分業である。LSI の設計、システム設計を分け、LSI 製造は海外で行い、アセンブリ - は韓国へ持って行く。非常にコストミニマムで、競争力のあるのもができる。これが世界のスタンダ - ドになりつつある。しかし、日本がこれをやっても、コストは台湾にかなわない。



インテルではプロセッサ、TI はデジタルシグナルプロセッサを作っているが、水平分業はしていない。システム設計、LSI の設計、製造、実装を全部自分の会社で行って、付加価値を付けている。LSI で成功しているところは、垂直連携で利益を出していることが多い。

日本が水平分業を進めたところで勝つスト - リ - は見えてこない。新しい実装の展開、製造との繋がりの深まり、などから今後は同一地域内で連携をとり、より高い差別化を図っていくことが重要となる。

#### (2) LSI In 2014

15 年後の LSI を想定すると、現在よりも 1 / 5 の細い配線、30 倍くらいのトランジスタ、DRAM は 1 テラ、周波数は 10 倍以上の 17 ギガとなることが予想される。低電力、電力供給や信号を外から送るワイヤレス化の 2 つがキ - の技術となる。

### 4. 人材の確保

ヒトが重要であり、日本のリソ - スは限られている。既に大学院では、半数以上が留学生であり、広く世界のリソ - スにアクセスしていくための仕組み作り(ビザ、永住権など)が必要となる。

短期で帰国しても、日本に IP(知的財産権)を残してくれればよく、また日本人にテクノロジ - ・トランスファ - が起こってもよい。

## 5 . まとめ

LSI としては消費電力、配線、複雑さ、の 3 つの危機があり、これを乗り越えることによって、そこにビジネスチャンスがある。

実装に新たな動きがあり、水平分業から垂直分業へ移ることによって、差別化を図っていく。

低電力とワイヤレス化が、LSI の大きな新分野創出の鍵となる。

人材確保はアキレス腱であり、外国人技術者の移入促進が必要である。

\*\*\*\*\*

## 1. パラダイムシフトとビジネスモデル変化

少し前まで、日本メーカーはゲイトアレー・ビジネス（エイシック・ビジネス）<sup>(注)</sup>というのが得意であり、大きなシェアを持っていたが、この方法が様変わりし、最初から配線も含め設計してしまうセルベースという方式に変わってしまった。このため、シェアはIBMやAT&Tに奪われてしまった。

常に成功者にはとどまらず、すぐに新しい技術の流れに晒されている。技術の変化、ビジネスモデルの変化は、現場では見えるが、企業の戦略として変えるのに時間が掛かる。

（注）トランジスタの位置をあらかじめ決めて製造しておき、顧客のアプリケーション仕様ごとにチップを作り、顧客が配線をする配線をする。

## 2. 独自性を競う競争と、みんなで同じテーマで競争する違い

何故か日本の企業は、みんなが同じテーマで競争すると安心するらしい。かつて、デジタルテレビ用のMPEG2のチップ化競争に20社が参入し、2社が生き残った。はじめから2～3社しか残らない競争に、大企業がみんな参画する。現在も、ワイヤレスにするために必要なBluetoothという企画のチップ化競争が起きている。これも同じ。海外の企業は、他社が始めると、違うことをして独自性を求める。

多分、次のようなシナリオであろう。現場は意味がないと思っていても、企業トップが、競争相手が始めると不安となり、「何故、我が社は取り組まないのか？」と質問する。現場は、仕方ないので、もう手掛けています、と答える。

System LSI が、日本の半導体業界の救世主のように言われてしまったのは、誰かがそれビジョンだと言って、みんながそうってしまった。科学的 / 技術的多様性は無視され、同じ思考法が主流となってしまう。

## 3. System-in-Package の実装技術と全体設計ビジョン

もっとも大きな問題は、全体を広い視野で見たビジョンを示すリーダーがいないこと。狭い範囲では、きわめて優秀な人材がそろっているが、その異彩者が集まってソリューションを見いだすことはとてもできる環境にはない。

大企業の技術者は、かなり広い範囲の技術を見ており、ビジョンを持ちうる立場にあるが、持ったとしてもその企業にとどまる限り、その発想を生かすことができない。スピン・オフしなければ実現しない。ノースはその一つの事例であろう。シーズは大企業のもたくさんあるはずであるが、それを実現する道筋がない。ベンチャー企業の役割もこのビジョンを示す点で、大きい。

また、ビジョンがあり、実行に移れば、それを実現するための製造に関する（たとえば

10 μの穴をあけたり加工する)コア技術などは、日本の得意芸であるが、それが発揮できないでいる。

#### 4. 国際人材の受け入れ

工学部の大学院では半分が留学生で占められている。日本の学生に質が落ちたわけではなく、気質が変わってしまった。指示したことは良くできるが、自分で発想することができない。知能指数の問題ではなく、ガッツみたいな要素が欠けている。

外国からの学生は、問題意識を持って、少しばかり頭が良くなくても、多くの勉強の中で新しいことを考える気概を持ってくる。

日本も、もっとこのような人材を積極的に活用しないと、新しいことができなくなるという雰囲気である。制度的に、これを進める政策などが緊急に必要であろう。

## ．日本の半導体産業におけるイノベーションの課題

講師：大見忠広 東北大学未来科学技術共同研究センター教授

平成13年3月13日講演

### 1．21世紀グローバルネットワーク時代

資本、技術、情報がインターネット型ネットワークを通じて瞬時に駆けめぐり、適確な判断力、スピード豊かな決断、実行が求められる時代である。

グローバルネットワーク時代を支える技術としては、情報通信半導体(ソフト・半導体・通信網)になる。主役は、パソコンからデジタルネットワーク情報家電に移行していくが、顧客の好みは激しく変化するため、最重要課題として、顧客ニーズ瞬時製品化技術の創出が重要となる。そのためには、ソフトウェアアクセラレータ(ソフトの超短期間開発：従来の数1/10)、ソフトを具現化するプロセッサの同時並行設計、半導体プロセッサの超短時間生産方式が求められる。これによって、半導体産業が、一括投資型産業から段階投資型産業へ、平屋建てLSIから超高層(3次元)LSIになっていく。

### 2．グローバルネットワーク時代の我が国の戦略

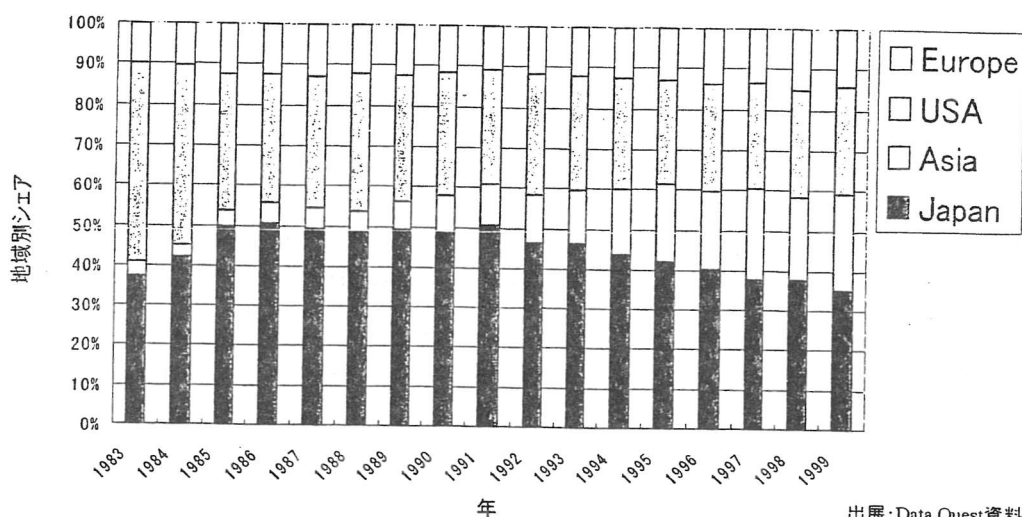
(1) 携帯電話の需要で我が国の半導体産業は好況を呈していたが、日本の成長率は、世界の半分以下であり、設備投資格差も拡大している。

世界の半導体シェアをみると、日本は最近低下しているが、1996年以降日米の科学技術・産業政策の差が顕在化している。日本は、変化を嫌う傾向があるのに対し、米国は産学官の連携を強め1988年SEMATECHをスタートさせ製造技術の研究を進める他、10年計画、総額6億ドルの予算で1998年よりFCRP(Focus Center Research Program)をスタートし、将来技術を担う大学の強化を図っている。

(2) 世界の地域別Siウエハ販売量シェアをみると、日本はシェアが1995年以降半減し、しかしウエハシェアは2割減で、製品付加価値低下がみられる。他方、米国は逆に高付加価値の傾向にある。



## 世界の地域別Siウェーハ販売量シェア



出展: Data Quest資料  
 日本: 半導体製品出荷シェアは95年以降半減だがウェーハシェアは2割減⇒製品付加価値低下  
 米国: 半導体製品出荷シェアは増加しているがウェーハシェアは横ばい⇒製品付加価値高

(3) 現状認識としては、SOC(System On a Chip)で、ワンチップが巨大なシステム性能を備えるようになり、小型・計量・超低消費電力システムで超高性能化を狙うと、全てのものが理論限界に設計される。これを超低価格で製造するには、大学の専門別特化による研究開発能力強化が必要となる。

### 3. 産学官連携の必然性

#### (1) 大学と企業の役割

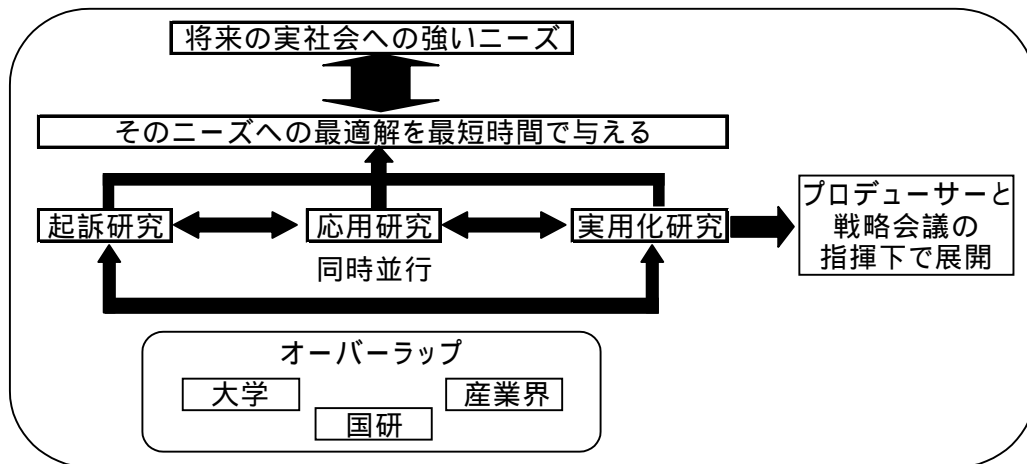
企業は、顧客への供給義務を負っており、拘束されるため技術体系の転換に対応できない。他方、大学はパラダイムシフトを伴う、新技術創出が可能であり、今後は大学の自助努力促進、大学に民間が提供した研究費相当以上の額を政府が支援する制度の確立が必要である。

#### (2) 科学技術創造立国創出の要件

従来は、日本での発明は米国等で認められてからでないと日本で評価されないという、ブーメラン現象があったが、これと決別し、新しい着想・発明の評価者システムの創出が必要となる。

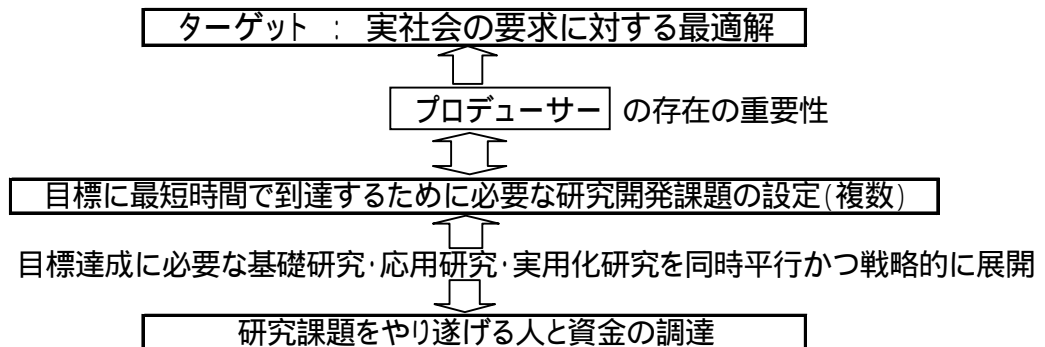
そのためには、研究開発新産業創出体制を実社会の要求に対する最適解を与えるために必要なことを同時並行的に実施していき、その場合プロデューサの存在が重要となる。

産官学連携の必然性  
研究開発新産業創出体制



→ 実社会のニーズに最適解を与えるために必要なことは同時平行的にすべて実践する

産官学連携の必然性  
新しい研究開発体制



5年後、10年後、20年後の実社会要求  
(社会構造、産業構造)を洞察・予見する  
能力を持った人材(プロデューサー)

4. マイクロ波高密度プラズマ装置の開発によって新たに切り拓かれる半導体産業・ディスプレイ産業

(1) 短期的

- ・トランジスタのしきい値電圧がばらつかない製造技術:0.5Vの電圧等の低電源電圧化で、数十分の1の低消費電力化、携帯システム。
- ・0.10ミクロン、0.07ミクロン世代までSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>ゲート絶縁膜で可能。
- ・書き換え回数が十分多く、書き込み電圧5VのFlashメモリ。
- ・高性能多結晶シリコン薄膜トランジスタ(TFT)ディスプレイ

( 2 ) 中長期的

- ・トランジスタ製造工程にプラズマプロセスの導入：全工程の 600℃ 以下への低温化。
- ・三次元立体構造トランジスタの導入。
- ・超高層三次元立体積層型 LSI。
- ・(110)面、(111)面等全ての面方位のウェ - ハに LSI 製造可能に。

( 3 ) マイクロ波励起 Kr / O<sub>2</sub> プラズマを用いたシリコン直接酸化

あらゆる面方位のシリコンに均一な高品質酸化膜・窒化膜を形成可能になる。三次元構造のトランジスタを実現、割れにくい面方位を持った薄いウェ - ハが使用可能となる。

( 4 ) (100)面 Balanced CMOS - (110)面側壁をも使用した四角形トランジスタ -

消費電力が少ないので、CMOS という回路を LSI で作っているが、バランスが悪く、この構造を使って上手く面を選んでいくと、完全にバランスのとれた CMOS を作ることができる。

( 5 ) 5 入力 NAND、NOR 回路

バランスのとれた CMOS を作ると、現在の回路に比し、半分以下の面積ですむようになる。

## 5 . 日本半導体産業復活のための革新的新技術開発

ソフトウェア。システム LSI の設計期間の超短時間化。

あらゆる面方位のシリコンに LSI を製造可能に。

トランジスタしきい値電圧をばらつかせない超低消費電力高性能 LSI 製造技術。

段階投資型半導体生産ライン。

顧客のニーズに瞬時に対応できる超短時間半導体製造技術確立。

省スペース・省エネルギー・環境対応生産技術。

・ 21 世紀型顧客瞬時製品化対応新生産方式の創出としては、従来型の大規模生産システムでなく、トータルシステム制御技術が必要である。

## 6 . システムの開発期間を長期化させている要因

システムの開発期間を長期化させている要因としては、検証に最も時間が費やされており、特にミスの許されないシステム、大規模システムほど検証に時間がかかる。いかに検証期間を短期間化するかが鍵である。

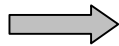
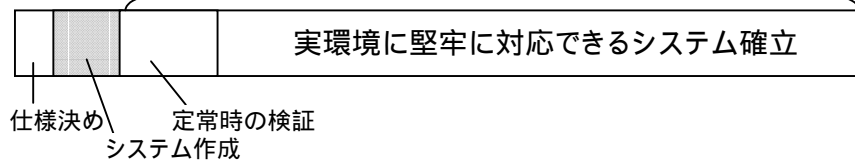
## システム開発期間を長期化させている要因

システム開発では、

- ・「検証」に最も長い時間が費やされている。
- ・「ミスの許されないシステム」や「大規模なシステム」ほど検証に時間がかかる。

システム開発期間に占める作業の割合

システムの検証

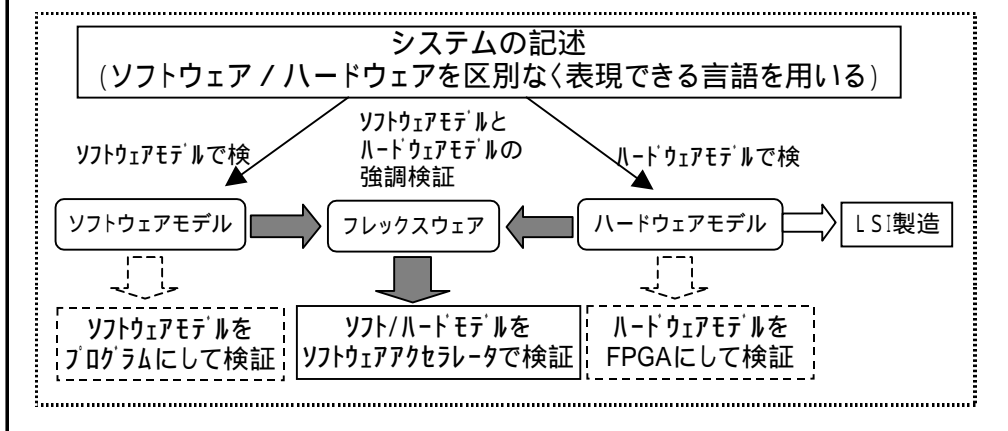


いかにしてシステムの検証期間を短期間化するかが「鍵」

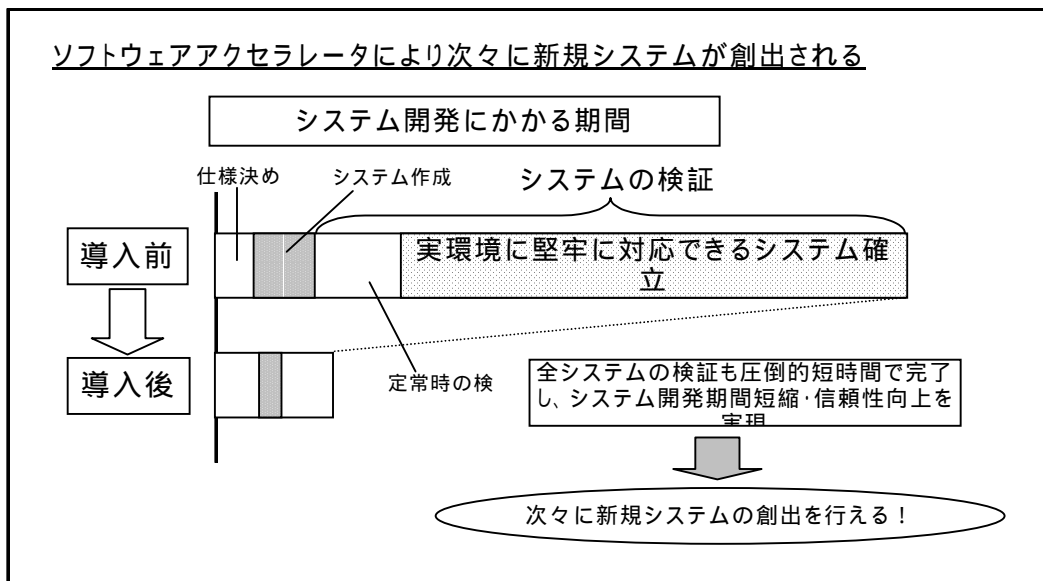
今後は、超短期間化・高効率化されたシステム開発(設計・検証)環境が要求されていくことになる。ソフト/ハードウェアモデルを、新方式としてフレキシブルプロセッサボードを用いたソフトウェアアクセラレータで検証することが想定される。これによって高速、小型化・安価、短時間検証が可能となる。

## 超短期間化・高効率化されたシステム開発(設計・検証)環境

- 要求事項
- ・システム全体の設計(記述)、検証環境
  - ・短期間での設計
  - ・品質(検証性)が高い



ソフトウェアアクセラレータにより、次々に新規システムが創出されることになる。



21世紀型顧客瞬時製品化対応新生産方式の効果としては、高性能システム LSI とトータルシステムが超短期間(2週間)で加速的に高性能化される。

7. 高収益型小規模超短期間半導体生産ラインを実現する 16 の技術 - 重点開発課題 -

東北大学未来科学技術共同研究センターで、企業からの寄付で研究施設を作って、高収益型小規模超短期間半導体生産ラインを実現するための以下の重点開発課題に取り組んでいる。

**高収益型小規模超短期間半導体生産ラインを実現する16の技術**  
重点開発課題

- 1.複数のプロセスが1台で行えるプロセスチャンバを備えた製造装置技術:小規模生産
- 2.装置ごとの差がなく、メンテナンスの前後で性能が全く変化しない製造装置技術:装置価格・納期低減、生産性向上
- 3.全ての微細化世代(0.25~0.035 $\mu$ m)に対応できる製造装置技術(露光技術は別):寿命のきわめて長い生産ライン
- 4.1原子層目から原子の成分比を完全に制御できる超高精度製造装置技術
- 5.金属汚染、基盤表面損傷やトランジスタ性能バラツキを一切伴わない高密度プラズマ装置技術
- 6.気液混合型レジスト除去技術(O<sub>2</sub>プラズマアッシング不用:金属汚染なし)
- 7.シリコン結晶のすべての面方位にトランジスタ製造を可能にする生産技術(3次元構造トランジスタ超LSI)
- 8.高誘電率ゲート絶縁膜トランジスタ超LSI製産技術(HfO<sub>2</sub>orZrO<sub>2</sub>/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>)
- 9.原子状水素(H\*)シンタ技術(窒化膜ゲート用シンタ技術)
- 10.半導体工場面積を1/3以下に低減する3次元立体化クラスタツールによる生産ライン技術
- 11.3次元構造超LSI製造技術
- 12.可能な限り薄い厚さのウェハを使った超LSI生産
- 13.水分や有機物を一切含まないクリーンな乾燥空気中のシリコン基盤の保管・運搬技術
- 14.装置価格半減・超超寿命・超低ランニングコスト・連続発光エキシマレーザーリソグラフィ技術
- 15.高生産性・低加速電子ビーム描写装置
- 16.完全な再現性を有するプロセス技術:  
プロセスのCPUシュミレーション技術の実現による試作を必要としない生産技術

システム・アルゴリズム・アーキテクチャ・回路・デバイス・プロセス・装置・部品・材料・計測・制御一体融合化 →

- ・2,500枚/月、250m<sup>2</sup>、60億円のライン
- ・フルカスタム情報家電用プロセッサ超短時間生産
- ・知的機能を備えたヒューマンインターフェイス

## 8 . 可能な限り薄い厚さのウエ - ハを使った超 LSI 生産

単結晶シリコンを薄いウエ - ハにすることは大変な技術であり、例えば 200mm 直径のウエ - ハを作るときに、およそ 1 個の単結晶シリコンとして 100 キロ引き上げるが、大体 1m の長さで、これから 1000 枚のウエ - ハを作っている。

現状のシリコンプロセス工程では、(100)面方位のシリコンにしか良質な MOS トランジスタを形成できないが、へき開しやすく約 9 / 10 のシリコンを粉にして捨てている。

これが、割れにくい面方位を持った薄いウエ - ハの加工技術であれば、どの面方位にも良質な MOS トランジスタを形成でき、1 万枚作ることが可能となる。

この結果、全世界で 25 億 kwh の電力削減、250 億円の電力費削減、48 万 t の CO2 排出削減(火力発電所換算)が可能となる。更に、高効率低価格太陽電池の実現も可能となり、エネルギー - ・ヒ - トアイランド対策にも資する。

## 9 . これからの半導体製造技術

一括投資型半導体産業から段階投資型半導体産業へ

小型フレキシブル生産ライン

ト - タル低温化プロセス(600 以下)

トランジスタしきい値をばらつかせない超低消費電力高性能 LSI 製造技術

徹底した省資源・省エネルギー - 対応生産技術(工場面積を 1 / 3 以下に)

完全なる環境対策(使用済みガス・純水・薬品の完全回収再利用技術)

東北大学の未来情報社会創製産官学連携研究館において、ソフトウェアアクセラレ - タ、プロセスシミュレ - タ、小型フレキシブル生産の技術融合一体化によって、試作を必要としない超短時間完全制御生産システム技術の構築を行っていく。

\*\*\*\*\*

### 1. 組織の閉鎖性と人材の流動性

日本企業は新技術を積極的に受け入れていく風土を持たない。その技術の有効性を理解する技術者がいたとしても、現時点の意志決定者は1980年代のよき時代に活躍した人達であり、現在の世界的な大競争時代におけるイノベーションへの取り組みができない。

また、外部からの人材を登用する仕組みではなく、先輩が後輩に伝授するために、たまたま優秀な人材があるラインで能力を発揮し、その部分は優れた工程となったとしても、全体を見ると大学生と幼稚園生が同居するようなものになってしまう。人材が流動的な社会は、技術の伝搬が早く、ベストとはいかないまでもある程度のレベルが達成される。

同じ釜の飯を食ってきたトップは、部下にクールな指示は出せない。

現在のように、大きな転換をしていかなければならないときには、やはり海外など外部の人材をトップマネジメントに入れていくしかないように思われる。

### 2. 横並び経営

新しい技術を積極的に採用しないのは、横並び経営の典型である。どこかの企業が採用するのを見ている。結果的に皆がならみ合って新しい技術を使わない。モノカルチャーでは、独自の発想に基づくビジネスは生まれにくい。

### 3. 大学の平等主義マネジメント

大学の中も問題が多い。産学連携といっても、ある教授が大型のプロジェクトを特定企業と始めると、その企業に非協力的となる教授が出てくる。足の引っ張り合いがフェアでないやり方で行われる。大学の先生は皆が結果平等でなければならない。

フェアな競争原理がないと、技術は進歩しないが、研究者に差をつけることを回避する。研究室に学生を所属させるが、同じ人数にしようとして、学生の希望より研究室の都合が優先されることなどは、この時代において話にならない。

\*\*\*\*\*

以上のように、現状の日本は、企業のマネジメントも、大学のマネジメントも、転換期の時代にマッチしない、危機的状況にある。この認識を広く共有しない限り、イノベーションはおきにくい。優れた発明があったとしても、それを技術のレベルに引き上げることができない。

前節での桜井教授の講義後の議論でも、同様の議論が多く、相当に袋小路にはまってしまっているのが、絶望的にまで印象に残る。

・技術の階層から見た日本の半導体産業のこれまでと今後  
 藤村修三 一橋大学イノベーション研究センター客員教授  
 平成14年4月23日講演

1. 日本企業と米国企業の DRAM 工程別コストの比較

トータルコストでは、米国1チップ当たり3.8ドル、日本5.2ドルとなっており、日本は1.4ドルの格差があるが、特にオバヘッド関連のコストが米国0.7ドル、日本1.2ドルと差が大きい。オバヘッドコストの中身は、主に研究開発コスト、営業コストである。) こうした研究開発の効率が悪いことから、各大手企業の研究所が縮小されてきている。

日本企業vs米国企業DRAM工程別コスト比較

		日本A社	米国Z社
Design rules(um)		0.18	0.18
Front end	Wafer Size(inch)	8	8
	Number of masks(Units)	20-25	15-18
	Wafer Cost(\$)	1280	1120
	Die Size(mm2)	39	38
	Gross Die(Units)	780	890
	Front-end Yield	76%	76%
	Net Die at Front-end(Units)	593	676
	Cost/Die at Front-end(\$)	2.2	1.7
Assembly	Assembly Cost/Die(\$)	0.5	0.4
	Assembly Cost(\$)	296	271
	Assembly Yield	98%	98%
	Net Die at Assembly(Units)	581	663
Test	Test Cost/Die(\$)	0.9	0.7
	Test Cost(\$)	523	464
	Test Yield	95%	95%
	Net Die at Test(Units)	552	630
Others (Marketing Packing Shipment)	Others Cost/Die(\$)	0.2	0.1
	Others Cost(\$)	110	63
	Others Yield	99%	99%
	Net Die at Others(Units)	546	623
Breakeven(\$)	Total Cost(\$)	2210	1918
	Good Die/Wafer(Units)	546	623
	Final Yield	70%	70%
	Direct Cost/Die(\$)	4.0	3.1
	Overhead(\$)	1.2	0.7
		5.2	3.8

チップサイズが近い日米のDRAMメーカーでコスト比較。  
 ファイナルYieldを70%と仮定。  
 OVERHEADが日本企業と米国企業では倍近く違う。  
 マスク枚数の違い大きい。かつてのYield格差は現在では消滅。

出典：経済産業省経済産業研究所

「平成12年度 我が国産業の国際競争力に関する調査研究」

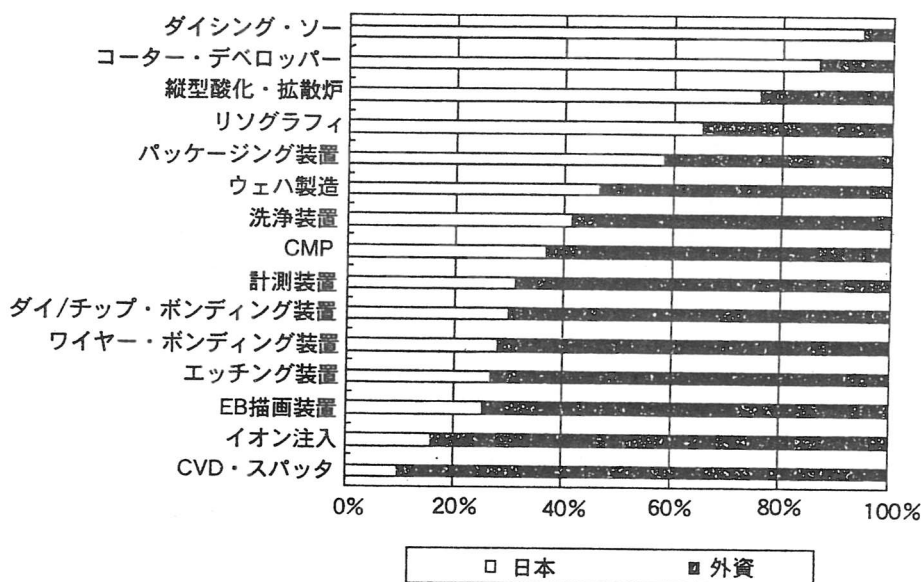


## 2. 主要半導体製造装置における日本のシェア

技術の中身として、主要半導体製造装置における日本のシェアをみると、ダイシング・ソー、縦型酸化・拡散炉、リソグラフィなどでは、日本はかなり強い。

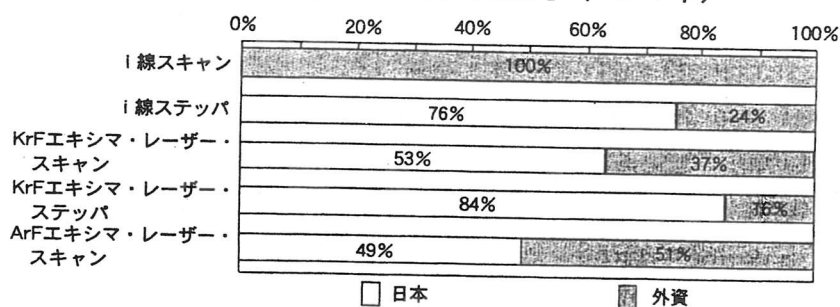
しかし、露光装置、熱処理装置をとってみると、進んだ技術であればあるほど、日本は劣勢に陥りつつある。

### 主要半導体製造装置における日本のシェア（1999年）



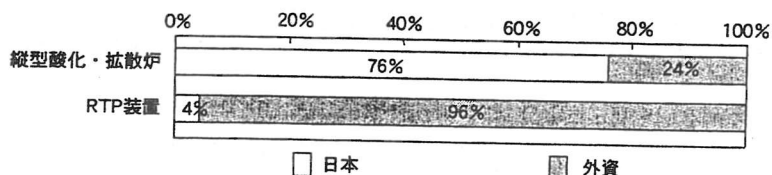
出典) 日経B P

### 露光装置の金額別シェア構成比（1999年）



出典) 日経B P 「世界半導体製造装置・試験/検査装置市場」

### 熱処理装置の金額別シェア構成比（1999年）



出典) 日経B P 「世界半導体製造装置・試験/検査装置市場」

### 3 . 国際競争力研究会アンケート調査

研究開発面での設計と試作実証スピード、即ち開発スピードに関しては、米国、台湾、韓国に比し、日本は明らかに遅れており、開発サイクルが遅いと日本企業は自覚している。しかし、それに対して具体的行動を行っていない。

### 4 . 二極分化か垂直統合か

従来、半導体製造装置が進歩してくれば、最新鋭の装置を購入すれば半導体へ進出でき、こうした世界的な水平分業体制を上手く利用して急成長したのが、台湾のファンドリ - である、といわれてきた。

一方でインテルのアンディ・グローブは、基盤的な半導体技術では、高性能マイクロプロセッサ - を作ることはできず、基礎となるシリコン技術に合わせて最先端ア - キテクチャ - を調整することが必要となる。また、最大の性能を得るために、マイクロア - キテクチャ - にシリコン技術を調整しなくてはならない。即ち、プロセス技術にデバイス構造をマッチングさせる必要性を唱えている。

### 5 . これまでにおこったこと

16K 時代から現在の 64M 時代までを概観すると、16M 時代には日本の衰退ぶりがはっきりし、CMP(ケミカル・メカニカル・ポリシング)という新プロセスが出てくる。64M 時代では、台湾勢の DRAM 市場での躍進がみられ、AMAT 社がト - タル・ソリューション提供を標榜し、装置分野では約半数のシェアをとってきている。

DRAMにおいて今まで起こった顕著な変化としては、製造装置の高度化(64K 以降)、デバイス構造の多様化(4M 以降)、新素材の登場(64M 以降)であり、装置の変化からデバイス構造の変化、素材の変化という流れになっている。

1.6K	日本の半不導体メーカーの本格的DRAM市場進出 超LSI研究組合	プラズマ装置の普及開始 装置の自動化
6.4K	DRAM出荷量上位に 日本メーカー多数	RIE、イオン注入、 メタル・スパッタ等の登場
2.56K	日本製DRAMが 市場の80%以上を占有 <u>インテルDRAMから撤退</u> SMATECH本格稼働	ステッパー、プラズマDVDの登場 枚様式装置の登場
1M	韓国デバイス・メーカーの DRAM市場進出	<u>クラスター装置の登場</u> <u>装置内製からの撤退</u> <u>スタック・キャパシタ</u> <u>トレンチ・キャパシタの登場</u>
4M	三星が出荷量No.1となる	i線ステッパーの普及 装置メーカーの寡占化進む
1.6M	DRAM出荷量上位に4社に 日本はNECのみ	KrFエキシマ・ステッパーの普及 CMPの普及
6.4M	台湾勢のDRAM市場での躍進	<u>AMAT社トータル・ソリューション</u> <u>提供を標榜</u> <u>Cu配線、LOW K材料の本格化</u>

### DRAMにおいて今までに起こった顕著な変化

1. 製造装置の高度化（6.4K以降）  
Stepper, Plasma, Equipment, Sputter, Implanter, etc  
ManualからAuto controlへ  
Stand aloneからCluster toolへ
2. デバイス構造の多様化（4M以降）  
プレーナー型からスタック型、トレンチ型へ
3. 新材料の登場（6.4M以降）  
Cu配線、Low K材料、ゲート絶縁材

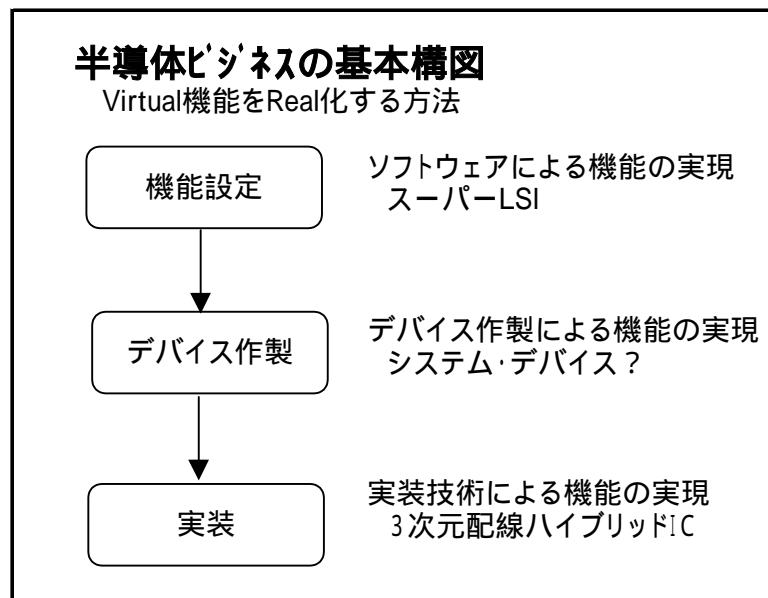
## 6 . 半導体ビジネスの基本構図

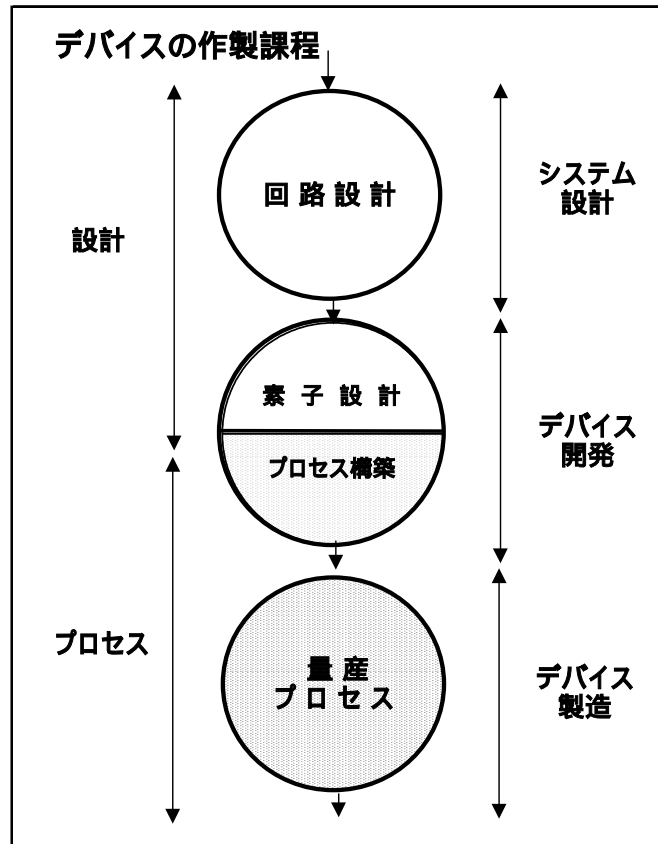
### ( 1 ) 半導体産業の特徴

・ 設計されたバ - チャル機能をデバイスとしてリアル化する方法である。

機能設定 (ソフトウェアによる機能の実現 ス - パ - L S I )、 デバイス作製 (システム・デバイス)、 実装 ( 3次元配線・ハイブリッド化 ) に分けられる。このうち、デバイス作製過程については、回路設計 (システム設計) 素子設計・プロセス構築 (デバイス開発)、 量産プロセス (デバイス構造) からなっているが、付加価値は回路設計か、量産プロセスにある。汎用プロセスとなり、従来日本が力を入れてきたオ - バ - ヘッドコスト部分が重荷になってきつつある。

- ・ 技術の進歩が低速化した部分は、コスト競争化する。
- ・ デバイス製造プロセスの開発は、システム化技術である。





(2) 考えなくてはいけないこと

どこで機能 (Virtual Concept) を構造 (Real Structure) に変換するのか。

プロセス技術とは何か。

装置導入により最先端プロセスは本当に手に入るのか。

7. 我が国に半導体産業が残る決定要因

・ 高い値段 (高付加価値) を実現できるか = 顧客創造

・ 安いコスト (低コスト) をそれなりに実現できるか = 総体としてのボリューム - ムゾーン

(単純生産) は中国へ。

・ 俊敏性 = スピ - ドと対リスク柔軟性

再編問題を越えた構造変革が必要。

各時代の特徴のまとめを行うと、以下の通りである。

#### **～16K時代のまとめ**

1. ユニット・プロセスは互いにほぼ独立であり、ベスト・ユニット・プロセスの集合がトータルプロセスであった。
2. 製造現場でのプロセス処理条件の調整能力が生産性を決定した。
3. 技術者はユニット・プロセス実行のためのノウハウに精通していることが望まれた。
4. 装置の多くはマニュアル制御であり、装置メーカーに求められたのは高い機械的信頼性と装置の安さであった。

#### **64K～16Mのまとめ**

##### **前半(64K～256K)**

1. ユニット・プロセス間の干渉が増え、処理モジュール単位でのトータル・プロセス構築が必要となった。
2. 実行限界は装置限界に近づき、新しいプロセス(縮小投影露光、RIE、メタル、スパッター等)が登場した。その結果、装置の改造、改良能力が競争力の鍵となった。
3. 基礎的プロセス研究部門の技術者がプロセスと装置の橋渡しとなった。また、その一形態として内製装置が現れた。

#### **64K～16Mのまとめ**

##### **後半(1M～16M)**

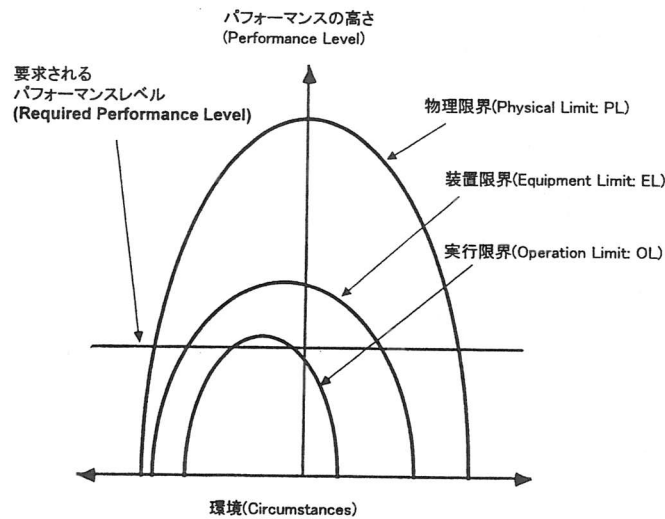
1. スタックド・キャパシター、トレンチ・キャパシターが現れ、プロセスや装置に対する判断基準が多様化した。
2. 処理モジュールを実行するためのクラスター装置が登場。装置開発コストが急騰し、内製装置は採算に合わなくなった。
3. 装置メーカーの寡占化が進み、処理モジュールのオープン化が進んだ。
4. デバイス・メーカーの製造ライン技術者にとって装置がブラック・ボックス化した。

#### **64M時代のまとめ**

1. 装置限界が物理限界に近づいた。その結果、装置購入後のプロセス最適化が困難になった。また、物理限界更新を意図しCuやLOW K材料など新材料が登場した。
2. ユニット・プロセスの物理限界選択による機能モジュール単位でのトータル・プロセス構築が必要となった。
3. 装置は、機能モジュールに対応するために、ネット・ワーク型クラスター装置への進化が求められる。
4. デバイス・メーカー、装置メーカーを問わず、技術者にはデバイスの機能、プロセスの物理限界、装置限界に対する理解が求められるようになった。

## 8. 技術構造の3階層

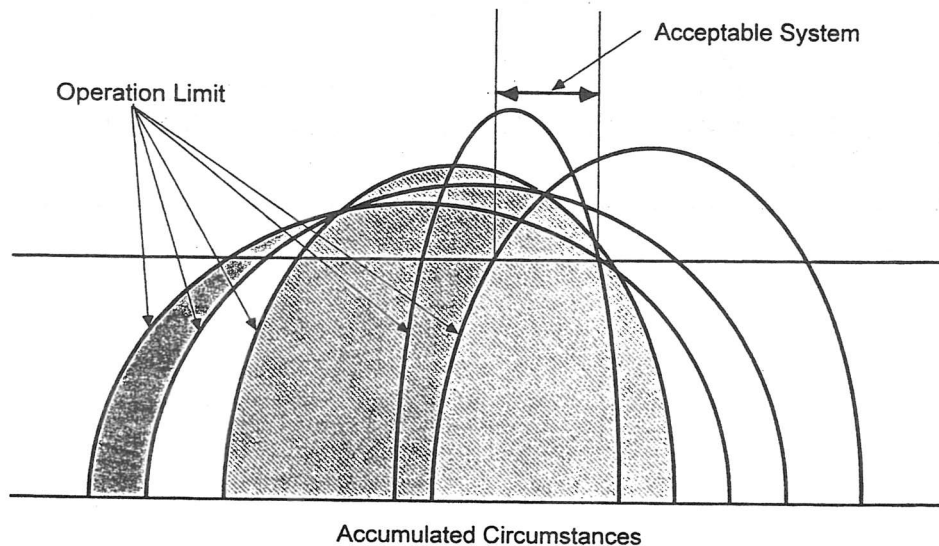
技術構造として3階層がある。1つは、物理限界であり、理論的境界である。2つは、装置限界で、装置による境界である。更にその内側に、実行限界があり、ある技術を使用するときのパラメーターの設定で実行限界の位置や形が決まる。このパラメーターを上手く設定できることが技能であり、これによって特性がいろいろ異なっていく。実際に使う場合の最高のパフォーマンスというのは、装置限界である。こういう技術の階層は、全てのプロセスにある。



## 9. 複数のモジュールからなるシステム

いろんなプロセスがあって、各プロセスの実行限界が重なり合った部分が要求されるパフォーマンスレベルを満たしていれば、システムとして成り立つことになる。(システム成立領域) 横軸は、各プロセスに対しての余裕度であり、半導体では歩留まりに効いてくる。

### *Image of integrated modules*



## 10．実行限界が競争力を決める技術構造

実行限界が競争力を決める技術構造としては、要求されるパフォーマンスのレベルが低く、物理限界、装置限界に余裕があり、実行限界の位置や形を変更することでシステム成立領域が得られる。例えば16キロビットメモリの時代は、プロセスを決めた後で実行限界を調整しシステム成立領域を確保することが可能であった。それゆえ、ほとんどのプロセスは独立であった。即ち、プロセスの処理条件の設定が生産性を決めていた。

パフォーマンスレベルが上がってきてパラメータ設定が装置の上限に近くなると、例えば64Kになると、プロセスの稼働幅が狭くなり、処理モジュール単位で新しいプロセス技術、即ち装置限界を向上させることが必要になってくる。そのため、現場の五感で体得した調整ノウハウでなく、装置自体を理解する必要が出てくる。

更に進むと、装置、パラメータの最適セッティングだけでなく、余裕度を増やすために物理限界を変えていくが必要になる。

## 11．処理モジュールと機能モジュール

処理モジュールは物理・化学的手段で評価できるが、機能モジュールではそうした必然性がない。この場合、そのプロセスを機能単位でどう分けるかは設計者とか思想による。最終的なデバイスの構造、種類による。その結果、中央集権から、分散処理型になる。

結局、64メガ以降になると、新しい物理限界が勝負を決める。材料その他を変えて、物理限界を構築しなくてはならない。更に、機能モジュール単位でそのプロセスがいいか悪いかを考えないと、最終的なマージンを確保できたことにならない。

## 12．技術の進化

要約すると、要求されるパフォーマンスレベルが上がってきて、実行限界が物理限界に接近した（高度化）。それに伴い、装置限界、実行限界の可動域が減少し、複雑化が起こった。この打破のためには、物理限界更新能力強化が必要である（高度化への対処）。また日本の半導体メカは、新プロセス、新材料を見つける能力、システムとして加える能力が乏しく、負けるようになってきた。このため、システム化方法論の開発も重要となる（複雑化への対処）。

物理限界の勝負になると、選択の時点で最適なものを選ぶ必要があり、取り敢えず選んでみて後から装置改造、条件設定変更をすることができなくなってきた。

それなのに、日本の半導体メカは研究所から工場へ人員を移す、という逆の動きをしてきた。



量子力学的な人間、総合研究所が必要になってきている。

米国では、買収、外部ベンチャー - によって新しい知識を導入している。日本は、その買うための能力を身につけていない。

### 1 3 . 企業の現状認識と問題点

企業が技術的に遅れつつある中身として、複雑化、高度化への対応不足が挙げられる。機能モジュールでアウトプットすること、物理限界をいかに更新するか、が技術的課題である。

( 1 ) 機能モジュールでアウトプットするためには、技術のキャラクタリゼ - ション、機能モジュールが設定できているか、が重要である。

( 2 ) 物理限界の更新についての問題点は、従来は技術のキャラクタリゼ - ションがされていないために、どの物理限界を更新すればいいのか、というストラテジ - ができていない。物理限界自体が産業界で理解されていない。また、基礎研究側でも、産業界との時空がそもそも異なっている構図を知らない。

即ち、産業界では、実行限界 = 装置の原理から、物理限界 = 基礎の理論を考えることを基礎的と表現する。しかし、大学では制約がかかる方向を応用と呼び、少ない方向を基礎とする。基礎と応用の定義が異なることが多いこのため、産業界では、装置の改造と条件出しでパフォ - マンスがあがることに注力していた。

### 1 4 . 物理限界を更新するためには

物理限界を更新するためには、更新しようとする技術の技術構造の把握、基礎的知識の把握、機能モジュールとしてのアウトプットなどが求められる。

装置化、機能モジュールとしてのアウトプットに関し、日本のエンジニアは理論を知らない。またプロセス自体のキャラクタリゼ - ションを分かってない。

後で変更できないため、物理限界がきたことによる機能モジュールとしてのアウトプットを、最初から構築しなくてはいけない。しかし、日本にはその検証の場、社会的ハ - ドウエアがない。病根は深い。日本では、物理学が殆ど意識されていない。科学と技術の共鳴の場、意識改革が必要である。

\*\*\*\*\*

議論の焦点は、日本では物理限界を見極めその限界を打破するという、研究サイクルができていない。企業は実行限界・装置限界の打破を研究と思い、大学は無限界の中で理論をかけようとする。つまり、お互いに、研究しているスタンスの違いすら認識していない。

物理限界を打破する研究環境を構築するためには、現実に壁に突き当たっている装置環境を理解し、どこに物理限界が存在するかを、企業側研究者と大学側研究者が共有するところから始めなければならない。

共有の製造環境を目の前に起き、企業が具体的ターゲットデバイスを開示し、どこ焦点を絞れば問題を解決できるかを、それぞれの立場で検討する環境である。

日本では、当然例外的なこともあるが、一般的には、企業研究者は企業に入って、まず、装置のボタン押し方を一生懸命覚える。よほど勉強しないと、その装置が行っている物理的事項を理解できない。大学の先生は、企業が使っている装置の詳細な構造を知らない。先生が悪いのではなく、企業が開示しないからである。このような歴史を持ってきた研究環境の中で、産学が連携する「場」を構築することはきわめてハードルの高い事業である。

第3章で紹介する、沼上氏の講義に出てくる「パイリンガル」、つまり科学と技術の両方を会得した人材が、イノベーションに不可欠であるが、この人材が育つ場所が日本にはない。

米国では、SEMATEC がひとつの事例であるが、大学など基礎研究組織と企業の研究現場を、研究者が行ったり来たりする。日本でも、企業の研究者が大学に移ることがあるが、それは物理限界を追求することに専心したいからであるが、企業にとっては関係の薄い「上がり」であり、連携ではない。大学に移れば現場的装置の環境から離れなければならない。

\*\*\*\*\*

事務局側としては、どうも産と学が切り離れてしまっている原因は、企業側の「大学に何ができるか？、理屈ではものは作れない」という奢りというか傲慢さが存在しているためではなからうか、という感想を持った。産学連携のかけ声とは裏腹に、現実の連携の前提条件は深刻なまでに満たされていない。このコミュニケーションギャップを埋めるトリガーは、企業の秘密主義、ワンセット主義、横並びで閉鎖的な状況を、オープンにしていくなマネジメント転換が求められている。

心配なことは、そのような転換を果たす前に、企業側の産業基盤が貧弱になってしまうことである。

### 第3章 日本のイノベーション環境と課題

第1章で半導体企業に属して、開発現場を経験した講師の話を読み、第2章で大学での研究開発をしている立場の講師の話を読んだ。この章では、半導体業界には属さない講師から、今後のイノベーションの方向性や問題点などの講義を紹介する。

・ネットワーク時代の半導体産業 ビジネスモデルと研究開発モデル

講師：西村吉雄 日系BP編集委員

平成13年7月10日講演

#### 1. ネットワーク時代の産業構造 - タテからヨコへ -

(1) パソコン時代からネットワーク時代へ

( ) 1990年代(日本の失われた10年間)はパソコン時代であり、WINTELアーキテクチャも本質的にはネットワーク指向ではなかった。

半導体のチップ構成 = MPU + DRAM + 周辺チップ

2000年代はネットワーク時代である。

チップ構成 = ネットワーク回路 + プロセッサ + 様々なメモリ (中心と周辺の逆転)

( ) 日本はネットワーク時代になった場合、モバイルが全てを飲み込んでいく力を持っている。携帯電話のiモードなどがITをアクセスするツールとなっているし、ハードディスクを持たないで軽くしておき、ネットワークから必要なときに取り込んでいく形とみることもできる。

今後携帯電話は、交換機を経由せず、インターネット・プロトコル無線でサーバに行き、その先はITを利用する形で、無線によるIT電話や各種情報サービスの推断となる可能性がある。

米国は携帯電話では遅れており、その分モバイルIPネットワークで先を行こうとしている。

日本の財産は、iモードが開いた東アジアの若者のネットワーク文化である。

( ) ネットワークがあらゆる活動のインフラとなり、社外との連携・協力の支援が図られ、クロズな垂直統合構造(タテ型)からオープンな多層水平展開構造(ヨコ型)へと転換が図られていくことになる。

#### ヨコ型への転換のインパクト

- ・他社との連携・協力が必要
- ・小さな会社の不利が少ない
- ・社外への情報発信が不可欠
- ・ネットワークの果たす役割が大きくなる
- ・標準インターフェースの確立が必要



( ) システム LSI は、一般には設計 - 製造統合には向かない、といえる。これは、システム LSI は特定用途向けの他品種少量生産になりやすく、このため汎用性が要求されることになること、システム LSI の設計は多様な顧客へのソリューション提供であること、無理に設計と製造が統合しているよりは、ファブレス + ファンドリが一般には有利であること、等のためである。

この点から、DRAM の様な汎用製品が統合メ - カ - には向いているといえるが、しかし現在日本の企業は一斉に DRAM 比率を減らしてシステム LSI に移行する方向にある。

( ) 但し、こうしたことは装置が安くなれば状況は一変する。即ち、ファウンドリのビジネス・モデルの背景には装置価格急騰があるため、償却のためのライン稼働への圧力が減少し、多品種少量生産にも取り組みやすくなる。

( ) システム LSI チップのオ - プン化が今後は進められる。

#### IPライブラリを備えたファウンドリの魅力

- ・そのファウンドリに発注すれば、IPの動作・相互接続が保証される  
大手ファウンドリのプロセスがデファクト・スタンダード(プラットフォーム)になる可能性
- ・チップ設計者は、個々のIPプロバイダとの交換から解放される

IP(Intellectual Property)ライブラリをファウンドリが備えるようになり、大手ファウンドリのプロセスがデファクト・スタンダードになる可能性が出てくる。これによって、チップ設計者は、個々の IP プロバイダとの交渉から解放される。

ファウンドリが設計サ - ビスまで含めた総合ソリューションサ - ビスまで提供できるようになる。但し、自社ブランドは持たず、サ - ビス業に徹する方向である。

( ) モバイル・ネットワ - ク機器がプラットフォームになる可能性が生じる。即ち、機器レベルにシステム LSI のインタ - フェイスを集約することで、モバイル・ネットワ - ク機器やデジタル情報家電がシステム LSI の事実上のプラットフォームになり、これが日本発のデファクト・スタンダードになる可能性がある。

### 3 . リニア・モデルから「この指とまれ」モデルへ

( ) ネットワ - ク外部性

ネットワ - ク機器は 1 人で持っても役に立たず、ネットワ - ク製品の効用はユ - ザ - 数の 2 乗に比例する。同様にハ - ドとソフトの間で、インタ - フェイスを挟んで見合っている場合にも、このネットワ - ク外部性がある。

コンピュータ業界のように、ヨコ型になってくると、ハ - ドウェアと OS の関係でも外部性がおこってくる。例えばハ - ドとソフトがインタ - フェイスを通して見合っているとこ

るでは、OS 向けにアプリケーション・ソフトを企業が作成し、その OS の入ったパソコンを買わざるを得なくなる。これが WINTEL が勝ってきた理由の 1 つである。

( ) 知識集約的産業における収穫逓増の原理

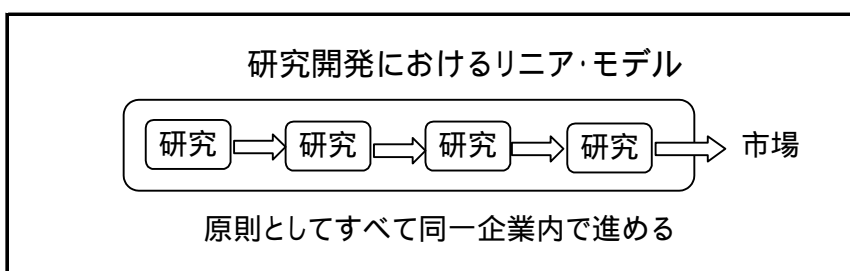
ネットワーク外部性(インタ - フェイスを通してのハードとソフトを含む)は一種の収穫逓増をもたらすことになる。自社製品のインタ - フェイスを公開し、他社が補完製品を開発してくれることを促す、自社製品を巡って知識集積の輪の組織化に成功した企業には周囲の企業が付加価値を付けてくれることになる。即ち、「この指とまれ」モデルである。

「この指とまれ」モデルの特徴

- ・アイデアを公開、「賛同するもの、この指とまれ」と呼びかける  
——「知的集積の輪の組織化」を目指す
- ・研究開発がマーケティングと標準形成を兼ねる
- ・ベンチャー企業が主導権をとることが多い  
- 社外への情報公開に大企業は消極的(ハンコがたくさん要る)
- ・特許などの知的資産も隠さずに交換し合う(クロス・ライセンス)

デファクト・スタンダードを形成するための活動でもあり、研究開発プロセス自身がマーケティングと標準形成を兼ねている形でネットワーク時代はことが進んでいく。

この場合、従来型のリニア・モデル(研究、開発、生産、販売を全部自社で行う)は上手く機能しない。



#### 4. 中央研究所時代の終焉

##### ( ) 米国産業界における研究開発戦略の変遷

「この指とまれ」モデルの実現には、中央研究所という存在は都合が悪くなってきている。歴史的にはリニア・モデルと中央研究所はセットであり、全て同じ企業の中で行っていた。米国産業界における研究開発戦略の変遷をみてもナイロン、トランジスタの開発においてリニア・モデルと中央研究所の隆盛が築かれていった。

##### 米国産業界における研究開発戦略の変遷

年代	大企業の役割	技術革新の担い手	研究開発
～1920	サービス業的	個人発明家	外部化
1920～1980	製造業的	大企業の中央研究所	内部化
1980～	サービス業的	ベンチャー+大学	外部化

- ・ナイロンが中央研究所とリニア・モデルの時代の基盤を招く
- ・トランジスタが中央研究所の時代の黄金時代を招く
- ・日本企業の中央研究所は米国の黄金時代がモデル

##### 米国産業界における知的資産の役割変遷

年代	技術革新の担い手	特許など知的資産の役割
～1920	個人発明家	売る(licensing)
1920～1980	大企業の中央研究所	自社で作る(proprietary)
1980～	ベンチャー+大学	交換し合う(licensing)

- ・個人発明家(エジソンなど)は特許を売って収入を得ていた
- ・ナイロンが「特許でつくる」時代を開く
- ・企業に他から特許をかうつもりがないと、大学特許に経済的意味はな

##### ( ) 中央研究所時代の特徴は、以下の通り。

原則として同じ企業の内部で全部行う。

研究開発の大部分を社外に隠し、先行者利益を確保する。

リニア・モデルの背景には技術に対する科学優位主義があり、上流の基礎研究ほど偉いという価値観が潜んでいる。

研究費請求原理としても、リニア・モデルは好都合である。

##### ( ) 研究と開発は違う

ネットワ-ク時代では「この指とまれ」モデルが隆盛となることが見込まれ、研究と開発は違うことが認識されるようになる。両者を担う組織が同じ会社に属する必要はないことになる。又、開発は企業に不可欠だが、研究はそうとはいえない。

## 5. 「知」と「技術・産業」 - 長い分離の時代を経て連携へ

( ) 研究分野については、大学へ期待していく要素が高まってくることになるが、欧米では1980年前後に大学の役割が歴史的に転換している。教育と研究に加え、新産業や雇用の創出が期待され、大学の「知」をアントルブルヌールが事業化・集積していくことになる。大学とアントルブルヌールの結合である。

米国における産学協同の推移をみると、1980年にバイドール法が制定され、連邦政府資金に基づく知的資産であっても当該大学に帰属させることができるようになった。同時期にタテからヨコへの産業構造転換が進み、他組織との連携・協力への抵抗がなくなってくるようになり、今の産学連携の構造へ繋がってくる。これに伴い、米国の大学の技術移転収入も増加してくる。

### 1980年前後に欧米では大学の役割が歴史的に転換

- ・教育と研究に加え、新産業や雇用の創出に大学を期待
  - 科学優位の伝統の根拠、西欧社会にとっては画期的な転換

- ・大学から民間企業への技術移転が原動力
  - 1980年にバイドール法が成立
    - ・特許などを扱う部門(TLO)を大学が新設
  - 大学向けの半導体チップ試作サービスが続々設立される
    - ・MOSIS(米 1980)、CMP(仏 1981)など

- ・日本で同様の転換が起こるのは1990年代末
  - 大学からの技術移転促進法(1998)、VDEC(日 1996)

### 産学連携の場からベンチャー - 企業: 「知」とアントルブルヌールの結合

- ・スーパーターが知らなかったアントルブルヌールと大学の新結合

- ・大学の「知」をアントルブルヌールが事業化  
(大学人自身がアントルブルヌールである場合も珍しくない)

- ・知とアントルブルヌールの集積の場が、大学を中心にして世界各地に続々誕生



### 米国における産学共同の推移

- ・1980年以前は米国でも産学共同は不活発
  - 米国の大学の研究費は直接間接に軍からのものが多かった
  - 産業界は中央研究所による自前主義が主流(NIH症候群が健在)
- ・1980年にバイ・ドール法 (Bayh - Dole Act)を制定
  - 連邦政府資金に基づく知的資産であっても当該大学に帰属させる
- ・同時期に産業界・社会の状況が変わる
  - 冷戦構造の終焉 軍事費の削減
  - 世界市場における競争が激化
  - タテからヨコへの産業構造転換が進む
  - 他の組織との連携・協力を抵抗がなくなる(NIH症候群からの脱却)

( ) 一方で日本をみると、欧米が大学を産学連携の場に引きずり出し産業的な仕事を大学へさせようとしていた時期に、基礎研究ブームとしてリニアモデルの再評価の様なことをやっていた。

現在は日本も産学連携、ベンチャー・待望の大合唱を行っており、ようやく世界とフェーズが合ったわけである。

### バブルに振り回された日本の研究開発(1)

- ・1980年代後半に産官学あげて基礎研究ブーム
  - 「キャッチアップは終わった、さあこれからは基礎研究だ」(リニア・モデル)
  - 欧米からの「基礎研究ただのり」批判
  - 通産省は傘下の研究所に基礎研究指向を強要
- ・1990年代半ば以降、政策は産業指向に急転回
  - 振り回されて悲惨な状態になっている国立研究所が少なくない
- ・科学技術基本法 / 同基本計画の内部不整合
  - 基礎研究指向の計画に産業指向政策を接ぎ木

### バブルに振り回された日本の研究開発(2)

- ・1980年代後半: 企業も基礎研究を拡充
  - 大学頼むに足らず ノーベル賞指向の研究も企業が担う
  - 世界の趨勢と逆
- ・1990年代: 急速に基礎研究を縮小
  - 研究開発のアウトソーシングも始まる
  - 世界の趨勢と一致(ただしあまりに急降下)
- ・産官学あげて産学連携とベンチャー待望の大合唱
  - 新産業とそれに基づく雇用の創出を大学に期待し始める

( ) 具体的な産学連携に伴っての、今後の提案としては以下の通りである。

最も有効な技術移転は人の移転である。産学連携プロジェクトへ参加した大学院学生がその経験と成果を持って企業に移れば最も有効な技術移転のはずである。

そうなると研究費に人件費を含めていかななくてはならない。

大学院学生、特に博士課程の学生に報酬を支払わなくてはならない。

論文博士制度の存在のために、大学院博士課程に元気のある人間が行く必然性が低い。

#### 最も有効な技術移転は人の移転

- ・産学共同研究の成果を移転するうえで、最も有効なのは、今も昔も研究者の移動である。
- ・たとえば産学共同研究プロジェクトに参加した大学院学生が、その研究経験と成果を持って企業に就職することが、最も有効な技術移転のはず。
- ・企業から産学共同研究に派遣された研究員が、成果と新しい文化を企業に持ち帰ることも、別の意味での重要な技術移転だろう。

#### 研究費に人件費を含めるべき

- ・プロジェクトにふさわしい研究者を結集できるかが、研究の政否を決める。研究するのは人であって、装置ではない。
- ・研究者を集めるには研究者に人件費を払わなければならない。  
「研究者」に人件費を含めるべきである。
- ・現在、国立大学や国立研究所では、研究費と人件費は別建。研究費は単年度、人件費は終身雇用(定員はプロジェクトとは無関係)が前提。
- ・プロジェクト研究費に人件費を含めると、雇用は必然的に期間限定となる。  
長く勤めないと不利になる諸制度の改革が必要。

#### 大学院学生に報酬を払うべき

- ・大学院生(少なくとも博士課程の学生)に報酬を払うべきである。  
博士課程の学生に報酬を払わないのは世界でまれ
- ・博士課程学生の報酬は研究活動への対価でなければならない。  
研究とは別のアルバイトへの対価や、奨学金とは区別すべきである。
- ・企業提供の研究費から、大学院生の報酬を出せるようにすべきである。

( ) 「学生さんをもらえば十分だった時代」は終焉し、その意味で日本の大学は、解体と再構築が進行中である。

又、価値観の面でも連携・協力スタイルの変化がみられる。即ち「小異を捨てて大同につく」(目的・価値観が同じ・一致団結・垂直統合・クロ - ズド・ピラミッド型・命令 - 服従) から「大異を認めて小同で協力」(目的・価値観が違う・自立分散・水平展開・オ - プン・ネットワーク型・得意技の持ち寄り)への転換である。企業は利潤追求が目的であるが、大学は異なり、産学連携ではこうしたことが前提となる。

\*\*\*\*\*

## 1. ビジネスモデル 日本メーカーすべてに共通する未来への道筋はない

日本の半導体企業の今後の方向性としては、ファウンドリへの道、最先端可能ではない道（2番手技術で設備は安い）、システムLSIに焦点を絞る、キラー・アプリケーションで最先端統合型（インテル&テキサス・インスツルメント指向）などが想定されるが、それぞれに問題がある。

巨大資本でファウンドリ企業を設立して、優秀な技術者群を集めてしまう。しかし、すでにファウンドリ・ビジネスモデルは、中国の台頭と共に岐路にさしかかってきている。

2番手製造技術に依拠するのは、やはりニッチ、特殊用途など大規模企業がチャレンジする局面はない。

システムLSIは、そもそも戦略上の問題を抱えている。

キラー・アプリケーションによる寡占戦略は、もうすでに手遅れかもしれない。

現在の企業が、その延長線上でビジネス転換するとしても、生き残っていくことはきわめて難しい。

## 2. 「この指とまれ」方式の課題

中央研究所を抱えるリニアモデルは、すでに色あせてしまっている。これに代わる方式としての「この指とまれ」はやや飛躍があり、この指となるアイデアにただ乗りする企業が現れれば、呼びかけ損となる。さらにこの指を信用すべきかどうかの吟味ができずに、リスクをかける企業が現れない等も問題もある。特に、閉鎖的技術開発環境を追求してきた日本の半導体産業からの距離は遠い。しかし、今後のオープンな開発体制が求められる中で、代わるソリューションは今のところない。

新しい動きもある。第1章のLEEPLや、第2章の大見教授プロジェクトなどはこれに類する。予めプレーヤーが決まっており、コンセンサスを形成して、護送船団的にプロジェクトを組む従来型は通用しないのは事実だろう。

## 3. 小規模企業あるいはベンチャー企業の位置づけ

技術の進展と共に、新しいビジネスモデルも生まれてきている。FPGA（プログラム可能なLSIを込み込んだ回路設計）は、少量多品種のLSI向きであり、ベンチャー企業などにもチャンスがある。

## 4. 技術者教育のコスト・ベネフィット

文系の学部と工学部では、授業料が違い、かつドクターコースまで納めるとなると、その費用は著しく高い。にも拘わらず、企業に勤めて給料があまり変わらないとしたら、い

ったい誰が工学部において技術者や研究者になろうとするのだろうか。

国の方針として、技術者や研究者を育てなくていいというのなら問題ないが、国の産業のフロンティはますます弱体化する。

世界的見て、工学高等教育を個人の負担に任せている国は、日本ぐらいではなかろうか。

日本の技術革新システムの再検討 - 液晶ディスプレイの技術革新史から学ぶ -

沼上幹 一橋大学大学院商学研究科教授

平成12年11月6日講演

また、研究会メンバーとして、別途、論文を作成していただいたので、合わせてこの項で紹介する。論文では、科学ヘヒトとカネを投入しても、新しい市場を創出するようなイノベーションには結びつかない、科学者や技術者を市場指向にすればイノベーションが頻発するということはない、という技術革新研究者では常識になっている事実を、マスコミや行政などが理解していない現状を指摘し、何がホントに求められているかを力説している。これは第1章、第2章で紹介した講師の問題意識と共有される概念である。

1990年代半ば頃から、日本のシステムは全部だめだということが延々言われてきた。長期雇用もだめ、固定的な取引関係もだめ、現場の積み上げ的なこともだめ、アメリカ型は何でも良いと言うことが新聞等で活発に議論されてきた。その種の議論の余波というか、一つの典型がやはり技術革新の系統の話にも出てくる。日本の企業システムは、長期安定的な雇用関係、固定的な取引関係、積み上げ的な技術革新(「技術革新」と「積み上げの」という言葉を付けるのは、ある種、語義矛盾であると言う人がいるかもしれないが、我々の業界では、インクリメンタル・イノベーションとラディカル・イノベーションは、一応、分けて考えることになっている)には向いている。これが1980年代半ば頃の日本の国際競争力を非常に強めてきたと認識されている。

ところが、バブル崩壊以後の長びく不況の中で、どうもこの積み上げ的な技術革新はだめなのではないかと言われるようになってきた。私自身の根本的な認識では、メーカーが悪くてバブル崩壊以後不況に入ったわけではなく、金融の調整過程がこういう不況を生んでいるのであって、何もメーカーまで反省する必要はなかったのではないかと思うが、何故か多くのイノベーション研究者も、これからはラディカルな技術革新が必要である、それには長期安定的な関係は全部だめで、柔軟な関係をつくらなければいけないという論調が、いまだにかなり強いのではないかと思う。

1960年代の末頃には、アメリカ・ヨーロッパが圧倒的に研究開発力があつた。しかも、一番初めに商品化されて以来、日本は、どちらかという二番手で出て行ったという感じだったわけだが、1970年代の前半には生産面でも急速にキャッチアップを遂げる。当時アメリカには信頼性の低い液晶ディスプレイしかなかったのに対して、日本ではかなり初期の段階から高信頼性のディスプレイが出回るようになった。

産業としては70年代の前半にキャッチアップしていくわけだが、決定的な転機は80年代の初頭くらいに起こった。正確には79、80、81年あたりだが、一番表向きに、劇的に出てくるのが81年頃だ。この時点で日本の日立、シャープ、セイコーエプソン、それと旭硝子と三菱電機のジョイントベンチャーであるオクトレックスの4社が全世界のほぼ90何%

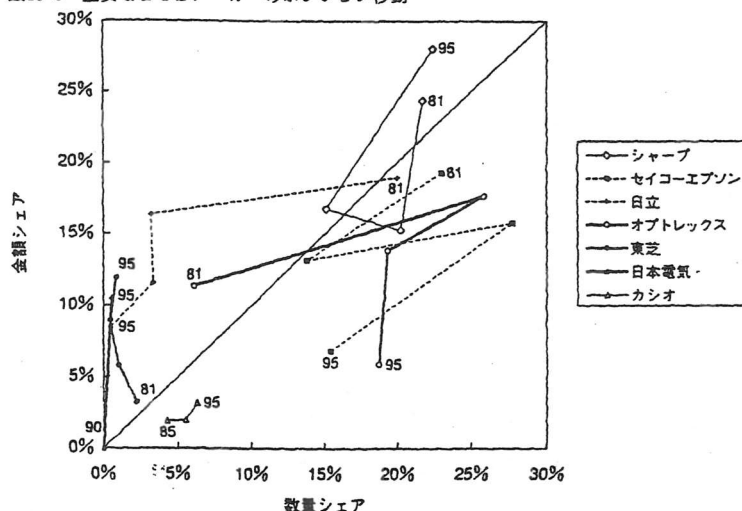
のシェアを握っていた。逆に言うと、アメリカの最大手であったペックマンという会社が、ほぼ上位のちょっとしたものを除いて撤退するとか、ヨーロッパのフィリップスとブランウンボビリンのジョイントベンチャーであるビデレックという会社もやはり撤退するというような、全世界的な撤退が起こり、日本の一人勝ちの状態が80年代の初めから始まった。

それ以後、典型的に重要なポイントは80年代の半ば以降、スーパー・ツイスティグ・ネマティックという今あまり見ないが、黄色い地に黒い字が出るとか、緑の地に黒い字が出るという視野角の非常に狭い、見にくいディスプレイが出始め、それが今度、色が取れて透明で白地に青といったディスプレイに変わったということだ。これによって東芝のダイナブックの初めの機種はSTNを使っている。少々見にくいディスプレイだが、それが大幅に情報容量を高めたディスプレイとして出てきて、その結果、市場が大規模に拡大した。この時点で、量産能力を持っていたのは日本企業しかないという状況で、ぶっちぎりで勝ちまくっている。更に、80年代の一番末くらいから90年代の頭、91、92年あたりが一番ピークだが、TFTへの取り組みでも、日本企業はまた圧倒的に早いタイミングで出て行き、その結果、現在のような状況になっている。但し、最近の不況で日本企業は投資余力がなく、その分台湾メーカー等に技術協力をして投資をさせたり、或いは韓国もTFTに対して相当大規模な投資をしているので、現状では日本の一人勝ちというより、台湾・韓国でも急速にキャッチアップを遂げているが、私が本を書いた時点では、殆ど日本の独壇場という状況だったわけである。但し、発明の数はそれほど多くはない。大体こういうのが液晶ディスプレイ産業の基本的な特徴である。

市場規模は96年頃で1兆円だったと思うが、その後まだ増えていると思うので、ここ1~2年の数字を追いかけていないが、もう2兆円位になるのではないかと思う。

主要なメーカーは、初期は先程述べたようにシャープ、セイコーエプソン、日立、オプトレックスの4柱である。

図13-6 主要なLCDメーカーのポジション移動



(注) 図14-4(a)~(d)のデータに基づいて著者が作成。

これは横軸に数量のシェアを取って、縦軸に金額のシェアを取った図だが、初期の 81 というポイントだけ見ていくと、シャープ、セイコーエプソン、日立、オプトレックスの 4 社でかなりのシェアを取っていたが、その後、95 年はシャープがもの凄く良い。それ以外は、数は全然作っていないが、もの凄く高いものばかり作っている会社(東芝、日本電気)が、急速にシェアを上げてきている。これは大体の発展経路を示しているが、日本電気とか東芝は、下の方のセグメントを殆ど持たずに、上の方の大きなセグメントだけで市場シェアを上げている。

日本とアメリカを比較する時に、やってはいけない比較が幾つかある。その典型的なものを多くの人達がいっぱい犯してくれていて、それが私にとっては、有り難いといえば有り難いわけだが、これが世の中の混乱のもとになっている。

一つ目は、時間枠の長さについて随分間違っただ話をしているということだ。ラディカルな技術革新を得意とするシステムと、インクリメンタルな技術革新を得意とするシステムは一単純に言うと次のようになる。

現時点で見ると、インクリメンタルな技術革新はやはりラディカルなものには勝てないという結論になってしまう。ある一発打った時点で、日本とアメリカを比べるとアメリカの方が良いという結論が出てしまう。ただ、これを 15 年とか 20 年とか、もうちょっと時間枠を長く取って見ると大差がない。システムとしてどちらが良いということは必ずしも言えない。そういう偏った考え方にならないということである。しかも、技術革新というのは、蓄積がもの凄くものをいってくる世界である。多くの人々が日本はつい最近まで後進国だったということを忘れていて、その辺はミステークをしているという点も指摘しなければいけないと思う。

二つ目は、空間的な比較可能性といているが、日本企業 1 社とアメリカ企業 1 社を比較して良いのかということである。経営学者は、往々にして日本企業 1 社とアメリカ企業 1 社を比較するわけだが、本当にこんなことをして良いのかと言うと、結構難しい問題がある。私が調べた液晶ディスプレイ業界に関して言うと、日本企業は偏狭開発から大量生産まで全部自分でやる。アメリカの液晶ディスプレイメーカーは、全部一気通貫でやったところは殆どない。これは深刻に違うわけである。

アメリカはどうなっているかと言うと、有名な大きい会社は AT&T、IBM、ゼロックスがある。液晶ディスプレイの研究開発に関しては、IBM と東芝がディスプレイテクノロジーインクというのを作ったわけだが、その時点まで世界でも有数の研究開発スタッフを抱えていた。ゼロックスも自分のところでは参入する予定は一切ないが、自分達のところで使う部品だから、研究開発だけは最高にやっておくというような基準を持って、研究開発だけはずっとしている。しかし、一切市場には出てこない。その他ウェスチングハウス、RCA、ヒューズ・エア・クラフトといった結構大きい会社があるが、ヒューズ・エア・クラフトは、液晶を使ってフォログラフを出して、戦闘機の空中に浮かんで計器が見える、下げなくても計器板が見えるというのをしたりするので、これは特殊な用途だが、こう



というのはちょっと出たりしても、長期でやることはなくてすぐ売ったりする。そこから飛び出した人達はベンチャー企業をいっぱい作る。このベンチャー企業が途中で成り立たなくなると、それを TI とかインテルといった半導体会社が、それを買収して大量生産に結びつけていくという流れが典型的に見られる。

そういう意味では、本当に日本企業 1 社とアメリカ企業 1 社を比べられるのか、RCA と日立を比べて良いのかと凄く悩んでしまう問題があり、これは技術革新のシステム全体を、きちんと比較しないといけないというのが一つ目の比較分析の問題点としてあげることができる。既存の議論は、ずっとそういう問題点を抱えてきた。

ついでに言うと、日本では初期に発明を生み出したところ、三菱電機、日立、東芝はエレクトロニクス系の会社である。松下も参入がすごく遅れたが、初期にはすごく発明が出ており、エレクトロニクス系の会社である。ウォッチ電卓メーカーというのは、それほど発明はなくて、とにかく生産する方に努力を集中している。ところが 70 年代後半位からウォッチ電卓メーカーも、大幅に発明の能力を高めて行って生産している。どこの会社も一気通貫でやっているということである。

これを発売のカテゴリーで見ていくと、ウォッチ電卓メーカーは始めからたくさん発売するわけだが、エレクトロニクス系のメーカーも初期の段階で必ず事業化に取り組んでくる。そういう意味で発明に特化した企業とか、事業化に特化した企業は日本の場合には見られない、というのが特徴的なところである。その結果、始めに述べたように、この二つを単純に企業間比較して良いのだろうかというような問題がある。それを指摘しておきたい。

その次に、長期安定的なシステムのメリットを三つ程述べたい。まず第一に日本は長期安定的でアメリカは短期流動的である、というのは比較的単純に分かるだろうと思うが、先程の参入・退出の頻度を見ても、取引相手の数・流動性を見ると、日本は非常に明確な長期相対取引である。

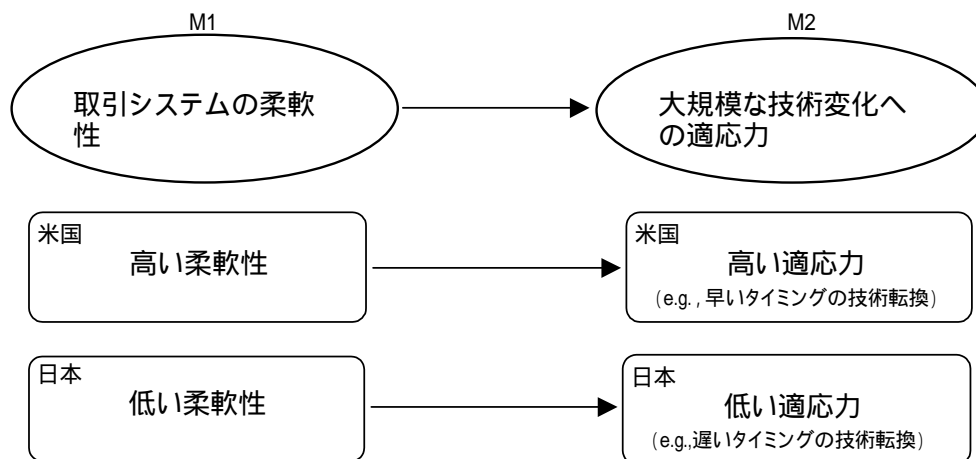
次が取引関係である。おもしろいのはセイコーエプソンとカシオはウォッチで戦争しているわけだが、同時に、70 年代はセイコーエプソンは、カシオ計算機の電卓用液晶ディスプレイの供給の最大手だったわけである。そういう非常に複雑な取引関係がある。しかし、これは全部かなり長期相対取引だ。数年から長いところでは 10 年以上にわたって取引関係が続くという、かなり長期相対取引が続いていた。これに対して、アメリカのベックマンという最大手の会社は、1 年間で 85%のお客さんが入れ替わる位、非常に短期的な取引関係を結んでいたと言われている。

また、技術者の流動性について見ると、日本では技術者があまり流動していなかった。流動している会社も若干有るが、流動したのは非常に珍しい。それに比べてアメリカでは、有名な技術者に会いたいと思って手紙を書いても、その会社にいないとか、その会社はもう無いということで、そもそもインタビューが難しいという状況がある。何人かの人にインタビューしたが、3つ4つ会社を変わっているというのが普通に起こっている現象である。

そういう意味では、日本が長期安定的でアメリカが短期流動的であるというのは、確かにその通りである。それでは、その状況下でどういう問題がアメリカに生じて、どういうメリットが日本に生まれたのかということを書きたい。

一つは、柔軟性の罨ということである。これは柔軟な取引システムは、柔軟であるが故に生み出した新しい事業の種を、結局、自分達で潰す可能性があるということだ。一般的には、取引のシステムが柔軟であれば大規模な技術変化への適応力は高い筈だ。従って、アメリカは高い柔軟性を持っているから、例えば、早く新しい技術に転換できる筈である。日本は柔軟性が低いので、タイミングが遅くなってしまうのではないかという議論が、世の中で観察されたりするわけだが、液晶ディスプレイ業界に関していうと、本当にそのまま簡単にこういう事が言えるかということ、必ずしも言えないという状況がある。

取引システムの柔軟性 と 大規模な技術変化への適応力  
に関して一般的に抱かれているイメージ



この議論のインプリケーションを、一つ二つ上げておくと、第一は、柔軟なシステムは柔軟であるが故に、生み出した新技術は同時に短期の利益をかつさらって行こうとするから、長期合理的な技術を圧殺してしまう。そういう現象が起こり得るということである。第二は、通産のプロジェクトが、よくこれが成功したとか、あれは成功しないとか、いろいろなことを言われているが、これは成功しなくても良いのではないか。ある最先端の技術について、この系統は上手く行きそうだとか、上手く行きそうでないというアナウンスの効果さえあれば、多くの会社が、その方向にある程度共通の設備投資をして行くことによって、長期合理的な技術に外部効果をつくり出して行くということが十分起こり得るので、技術開発成果自体が成功しなくても良い、情報を十分に利用可能にしておけば良いという考え方ができる。それから、発展途上国は、市場経済化を先にしろというような議論が良く出てくるが、これは違うのではないかという議論もここで一応示唆している。

第二の長期安定的なシステムのメリットは、重複のある分業ということである。液晶デ

スプレーに関して、初期には多くの会社が非常に困ったことに直面した。それはどういうことかということ、液晶の材料は有機化合物である。有機化合物を 2 枚のガラス基盤の間に入れて電圧をかけて、液晶の分子をある種部品のように扱う。電圧を掛けて分子をパタパタさせて表示するわけだ。こういうような形で、電子部品に有機化合物が用いられるのは、多分、液晶が最初の例だろうと言われているが、その為にいろいろな新しい現象が出てきたりする。或いは、有機化合物の純度はどういうものなのかという事について、いろいろな問題が出てきたりする。その結果、皆いろいろなことに努力を開始した。

どういう形で多くの曖昧性とか問題が解決されていったのかと言うと、セルのメーカーと材料をミックスするメーカーと、最終的に単体を開発する欧州の材料メーカー(ドイツのエーメルク、スイスのホックマン・アンド・ロッシュ)が、材料の基本特許を随分多く持っていたわけである。それに対して、日本の会社(チツソ、大日本インキ)が、この中間に入る形で、両者のコミュニケーションを調整していく。そういう取引システムが初期に形成されたわけである。要するに、日本の電気メーカーは、材料を入れてみたら上手く動かない。これは材料メーカーが出してきた商品が悪いという言い方をするわけである。何が悪いかわかかっていなかった。欧州の材料メーカーからすると液晶材料の抵抗値を上げろといわれても、有機材料に抵抗値等という項目はないと文句を言って返してくるとか、そういういざこざが沢山あった。ディックとチツソが中間に入って、それを解消していったわけだが、その間にセルメーカーの側も液晶材料の単体を自分で合成する。液晶は何種類かブレンドして入れるわけだが、そのブレンドまで含めて、或いはセルを入れての評価まで、材料メーカーもやっていくようになる。ある意味で活動が非常に重複していくわけである。これによって、両方が強みのある部分をちゃんと出しつつ、コミュニケーションがきちんとできるという取引システムができあがっていくのである。

その中で、とりわけ興味深いのは、物性物理学系の議論で、フランクの弾性定数の理論というのがあるらしい。理論的な概念としては、1950 年代に液晶にもそれが応用できるという話が出ていたわけだが、ドイツ人はこれを測定できる機械を作っていくわけである。これはドイツでは、マックス・プランクが一番基礎研究寄り、産業界との中間寄りにフランクフォर्ट・インスティテュートというのがあって、フライブルグにある研究所の人が、弾性定数を測定する装置を開発していく。ここで出てくるいろいろな知見が、その後、日本の液晶ディスプレイの設計に、もの凄くメリットが出てくるのである。そういう示唆が得られる。

日本は何をやったかということ、これはどこの会社も殆ど同じ様にやるわけだが、会社内で 1 センチ四方の標準セルというのを作るのである。ギャップ圧をどの位にして、ハイコンをどういう風にしてというのを決めていって、新しく作られた材料について、そのデータを標準セルで測定する。全く同じセルで測定するので、そのデータが蓄積されてくる。だから、大上段に構えた方向はないけれど、かなり体系的にデータが蓄積するという努力を日本企業はやって行く。言ってみれば、トンネルを両側から掘っているという感じであ

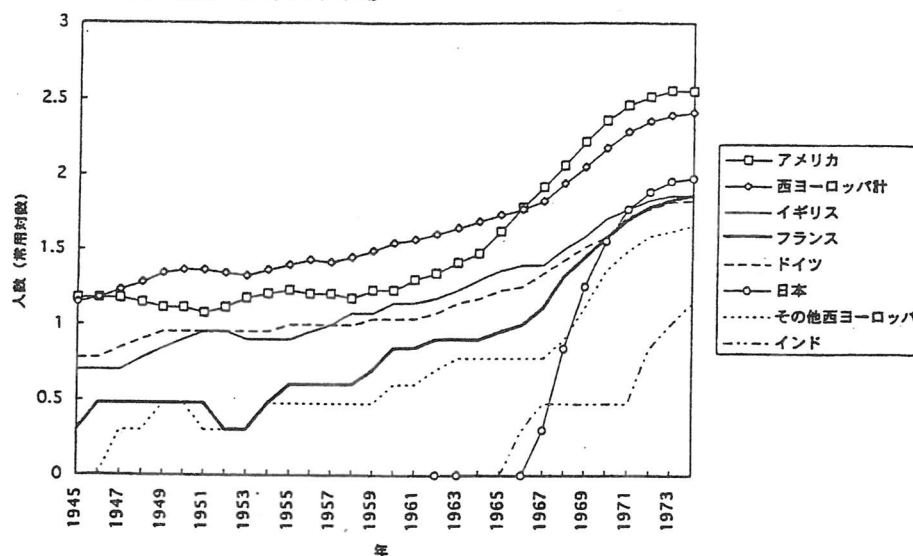
る。これが最近では、結構きれいに結びついているので、それで上手くいくようになったわけである。しかも日本は、こうやって作った標準セルは、ある意味で社内秘だが、これを特定の関係のある材料メーカーに貸与して、向こうで評価してから持ってこさせる。お互いにコミュニケーションを早くする為の仕組みをいっぱい作っていくのだ。こういう様なやり方をして、次々に新規のディスプレイ開発をスピードアップしていくということが、日本で行なわれたわけである。これが日本のディスプレイメーカーと材料メーカーの間に見られる重複のある分野である。こういうのもやはり長期相対取引でないと、なかなかできるものではない。取引コストアプローチからごく普通に出てくる様な話と違う議論が幾つかある。

第一は、非常に曖昧性の高い高度の技術分野では、両者が同じ活動を共有してやる部分を作ってやる事によって、無駄ではあるが、それによる曖昧性の解消ができて、コミュニケーションがスムーズにいくという事である。第二は、具体的なテストデバイスを共有して行く事が、研究開発力を高めていく重要なポイントになるのではないかという事である。三つ目は、どうして普通の会社が、ベーシックサイエンスの部分の研究開発をやらなければいけないのかという議論があるわけだが、サイエンスの世界では、取引コストを削減する知見がいろいろ出てくるので、サイエンティストをちゃんと抱えているところは、何か問題があった時にも、同じサイエンスベースで問題を解消できる。ところが、サイエンスを抱えていないところは、複合技術領域で他社と共同するのが結構難しいという話である。だから、そういうことをするために企業は基礎研究をきちんとする。基礎研究をやるというより、サイエンティストをちゃんと飼っておくことが重要であるということだ。

第三の長期相対取引の話は、社内で同時に長期に開発をしているスタッフをずっと抱え続けて、最先端の部分をやっている人と、大量生産をやっている部分の人を相互作用させると、いろいろメリットがあるということだ。要するに、大量生産というのは、多数のデータを使った数が非常に多い調査をやっているのと殆ど同じである。実験室でやっている研究開発というのは、少量のサンプルをいろいろな角度からいじっているということだ。これが両方相互作用すると、少量のモデル分析のところでは見えてこなかった様な例外事象が、大量生産すると見えてくるという事があったり、そこで気付いて、また次世代の技術開発が進むということがあったりする。

主要な発明は、基本的に 60 年代末から 70 年の頭くらい迄に集中するので、確かに欧州・アメリカが多い。少なくとも液晶ディスプレイの業界に関して、日本は、この発明がどうして少なかったのかという事を説明する上では、蓄積が重要だと言う事を申し上げないといけない。

図7-2 各国の現役液晶研究者数推移



これは液晶の現役研究者の数の推移である。初期はドイツが多い。これはその後でアメリカに抜かれていくわけだが、その時点での現役の研究者の層の厚みを推測して出すと、この様な感じになる。ヨーロッパは、西ヨーロッパを足すと凄い数になる。ヨーロッパ全体で、液晶の会議を独自に開いたりするので、研究者の間ではヨーロッパは一つだという感覚がある。一応、こう取っていくとかなり多い。それに比べて、日本はずっと少ない。液晶をやっていた大学も殆どなかった筈である。ヨーロッパは、1889年から液晶の研究を始めて、細々とでもずっと研究が続いてきたのに対して、日本では殆ど研究されていなかった。むしろド素人がよくぞここまでやったと誉めるべき現象である。どうして発明が出なかったのかと言うと、これはシステムがおかしいという様な話ではなく、そもそも人材の層の厚みが違うという事だ。

もう一つは、科学について結構誤解があるということである。これはトーマス・アレンというアメリカの有名なテクノロジーマネジメントの先生の話だが、科学は言語でコード化された情報をインプットして、言語でコード化された情報をアウトプットにしている、それに比べると技術者は、ある程度言語でコード化された情報をインプットするが、最終的に出すのは、物理的なモノコード化された情報である。従って、サイエンスは、どちらかと言うと簡単に情報が伝達してしまうが、エンジニアリングの方はなかなか情報が伝わらない部分があるということである。

従って、類似の話として、技術は暗黙知が多くて科学は明示知の体系である。だから科学はフリーライドできるが、技術はなかなかフリーライドできないという話が出てくるわけだが、文献をちゃんと読んで人間からすると、この議論は根本的におかしい。そもそもプランニは、明示知の体系だと思われていたサイエンスの世界でも、明示知だけではなくて暗黙知が大事である。その部分が世代を経るごとに伝承され蓄積されていくことが重要である。それをちゃんと認識しないといけないといったわけである。私の感覚では日本のサイエンスは歴史がまだそれ程無い。とりわけ化学系はかなり暗黙知の部分が多くて、

簡単には追いつかないのではないかと思う。世代を超えて、勘の良い化学の人を蓄積してつくっていくことが必要だろうと思っている。世代を経る事による理解は段々深まっていくという意味では、日本から科学の業績等があまり出てこないのは、或いは、科学に近いところの発明があまり出てこないのは、システムの問題というよりは、歴史的な浅さの問題もいっぱいあるだろうということ、指摘しておきたいと思う。

それでもなお、科学と技術の間に問題があるとすると、それは一体何か。それでバイリンガルという話をするわけである。ケルカーという人の「ハンドブック」というのが全部で15章ある。顕微鏡による解析とか化学的組成とか、ガスクロマトグラフィー、ニュークレアマグネティックとか、液晶と関係している液晶のハンドブックがある。この中で、どういう章にどういうふうに書いているかということを見ていくと、2章の「化学的組成」と14章の「技術的応用」というところが技術寄り、その他はかなりサイエンス寄りの話ばかりである。日本は技術的応用のところのシェアが結構高く、アメリカはどこのシェアも万遍なく高い。

各技術者を見ていくと、最初に液晶を発明したハイノレマイヤーは第4章に論文があり、第14章「テクニカル・アプリケーション」にも論文があって、アメリカ特許もあれば「アドバンスド・ケミストリーシリーズ」とか、「アプライド・フィジクスレターズ」といった比較的普通の雑誌にもいっぱい論文がある。これを年毎にどういうパターンで発表していったのかというのをプロットしていくと、このようになる。要するに、テクニカル・アプリケーション以外の非常にベーシックな部分でも貢献のある人である。

もう一人の京都賞を取ったイギリスのジョージ・グレイという先生は、1章・2章・6章・7章・11章・14章・15章、こんなにサイトされていて、西ドイツ特許もあつたり、その他いろいろな雑誌に論文を書いている。この人が一番始めのTN型のディスプレイ用の安定した室温液晶、シアノ・ビフェニール(サイアノ・バイフェラル)を発明した人で、これがあつたが故に、液晶がかなり重要な工業製品として発展していくわけである。

これに対して、日本のスター研究者の一人、セイコーエプソンの山崎氏のサイトされているものを見ると、2章と14章に日本の公開特許があるのみである。論文が無いという事だ。

チツソの犬飼さんのを見るとドイツ特許と日本の特許しかない。日本の方で有名な人は、大体特許文献しか引用されていない。ヨーロッパ・アメリカで有名な人は、特許もあるけどそれ以外もいっぱいある。

それに着目して、特許も論文もある人、特許しかない人、全然テクニカル・アプリケーションに関係ない人の層を、各国別に何%ずつ各国内で配分されているかというのを取ってみた。

応用の可能性もあるけれどもサイエンスの文献しかない人達、サイエンスの文献とパテントと両方持っている人、パテント+基礎理論系に業績を持っている人、パテントも取っていて、しかも基礎理論系ではなくてアプリケーション系の章にしかサイトされていない人、パ

テントしか取っていない人というふうに分類して、大体サイエンスサイドから開発サイドへ至るように人材の分布を示してみると、日本は圧倒的にこの部分が多くて、こちらの分布が少ない。ヨーロッパ・アメリカはこういう形になっている。アメリカは若干この部分が多いという状況になっていて、実際その部分に発明を生み出した人達が結構多かったりする。これはそのままだと分かりにくいし、人数的にもゼロが出てきてしまうところがあるので、真ん中3つを1つに纏めてみるとどういうふうな分布になるか。(後掲図2)

イギリスとフランスは綺麗に右下に下りる直線になって、アメリカとドイツは、真ん中が結構厚く存在してこの後下がっている。日本はこういうふうになっている。ただ、ここが多いか少ないかというのは、その後産業が発達したかしなかったかということの原因でもあり結果でもある。両方あるので、ここが少ないこと自体それほど重視するわけではないが、重要なのは、このバイリンガルではないかと思っているわけである。日本はこの後、更に生産の現場のエンジニアもいるので、多分ここに大量にいるのだろうと思うが、サイエンスのことも分かり、自分でもパテントを取るというように、両方できる人の層がある程度いることがその国の発明創出能力に、随分関係しているのではないかというのが私の基本的な仮説である。従って、この部分がある程度深めて厚くすることが、今後重要になるのではないかということである。

今迄サイエンスにお金を投資してもなかなか発明が出てこないとか、産業化がなかなか進まないということがずっと言われてきた。例えば、アメリカは最先端の軍事技術にサイエンスの業績が何年前から入っているかという、一番近いのでも20年前である。これはすぐには結びつかない、そういう意味でサイエンスに金を掛けても仕様がないうわけだが、こっちに金を掛けてもなかなか流れて行かない最大の理由は、おそらく人間と人間の行為の連鎖が、どこかで切れているのではないかということである。だから、それをくっつけてやれば良い。それをくっつけてあげるのが両方の世界で活躍できるようなタイプの人達で、液晶の場合にも、その種のバイリンガルのような人達がいるということである。しかし、バイリンガルというのは、トータルで見るとそれ程いっぱい必要ではなさそうである。だから、雇用制度を全般的にいじる程のことは無いだろうとは思いますが、こういうのが活躍できるような仕組みを幾つか考えることは必要ではないかというのが、ここでの議論である。

\*\*\*\*\*

## 1. ラディカルかインクリメンタルか

そもそもイノベーションを二つに分ける意味がどの程度あるか疑問である。改良の積み重ねが集積し、経済的にインパクトのある技術体系となった場合もあり、スター的な人物が発明する場合もある。また、20年も30年も前の科学的知見を技術に結びつけることも多い。重要なのは、日本では、液晶ディスプレイのケースでも見られるように、企業名の陰に個人が隠れ、また、出世街道からはずれてしまう、昇進という意味では報われない状況がある事実ではなからうか。このために、余計にラディカルなイノベーションが少なく見える面もある。

## 2. バイリンガルが育つ環境

科学と技術のバイリンガルの議論をする前に、サイエンスの成熟度を考える必要がある。

液晶研究は20世紀の初頭から始まり、もう100年も研究してきている。日本は1970年代からです。日本は海外の主流のものしか紹介してこない。液晶は非主流だったから、日本は手をつけていない。過剰に海外の流行に左右される傾向があるということ。企業でも、国がメインテーマにしたものを追求する傾向がある。つまり、このようなテーマ設定をしていること自体に、日本のサイエンスの後進性があるということであろう。

サイエンスの蓄積がないところでバイリンガルといっても、現実的には無理がある。液晶ディスプレイのケースでは、日本は生産技術と開発のバイリンガルであり、ここでは発明が花開いたが、サイエンス的論文にはならず特許中心的になる。

(第2章で紹介した藤村氏の講義に出てくる、科学と技術の「場」の設定は、日本では相当に困難な状況にある。しかし、これが実現しない限り、上記のバイリンガルは生まれない。最も恐れるのは、「場」が生まれる前に、発展途上国といわれた国々に超されてしまうことではないだろうか。残されている時間がない中での袋小路を強く感じた。)



## 1. はじめに

長引く不況の中で、日本の科学技術政策に関する議論や企業の技術戦略に関する議論は大きな混乱を続けてきたように思われる。科学と技術とビジネスという長い連鎖が、必ずしも政策当局の意図通りに動いてくれないにもかかわらず、多くの国民の過剰な期待と過剰な予算が科学・技術の領域に流れ込んできている。その結果、大量の資金が特定の科学や技術に流れ込んだり、技術者たちに市場志向になれという無理なプレッシャーがかかったりしている。要するに、いろいろな部分でちぐはぐな政策が、ちぐはぐに動いていて、全体像が見えていない、という状況なのである。

科学技術政策について考える場合でも、それを前提として企業経営を考える場合でも、さらにはそれらを念頭に置きながら、企業への融資を行なう場合でも、われわれは大きな見取り図をもっていないとならないであろう。科学・技術・市場という大きな全体像の中で、何が生じうるのか、何をすればこの大きな全体像がダイナミックに発展していくのか、といったことを視野に入れておく必要があるのである。

本稿はまずその全体像について語り、その上で科学・技術・市場という連鎖がダイナミックに発展するために必要な要件について議論をしていくことを目指している。そのまま放置しておけばなかなかダイナミックに動いてはくれない科学・技術・市場という連鎖も、その所々に異質なものを連結する工夫をしていけば、うまく動き始める可能性があることが主張される。とりわけ今日の日本社会において、単に科学技術の領域にカネを投資するというよりも、異質なものを融合する領域を選んで重点的に投資したり、異質なものを融合する能力をもつ人材が育つ領域を重視した政策をとることが最も重要なのではないかと、というのが本稿の基本的な主張である。

## 2. つむじ曲がりの技術革新スペクトラム

イノベーションという活動が科学と技術と市場というひとつの連続体を形成していると考えると多様な問題を整理する上で便利である。もちろん、必ずしも科学 技術 市場という順序に沿ってそのまま知識が直線的に流れているわけではないのだが、それでも大別して3つの大きな活動分野がある程度分かれていて、しかも科学と技術とか、技術と市場といった界面に知識の流れを創り出してやることで、イノベーションを促進できるというイメージを伝えるためにも、科学・技術・市場という連続体を念頭に置いておくことに意味がある。

この一連の活動を技術革新スペクトラムと呼ぶならば、ひとつの国家が技術戦略を立案するということは、技術革新スペクトラムのどの分野にどの程度のヒト・モノ・カネを投入するのかを決め、これらの間にうまい連携がとれるようにする仕組みを考え、これらの

人材を次々と連鎖的に育成できるようにするメカニズムを工夫する，ということになるであろう．企業や金融機関など，国民経済の中で活躍する個々の経済主体は，この技術革新スペクトラムの現状と，国の（暗黙の）技術戦略を読みながら，自らの合理的な選択を行なっていると考えれば良いであろう．

技術革新スペクトラムは，科学 技術 市場というように矢印で結びつけられて論じられることが多く，それ故に川上の科学から川下の市場へと知識がうまく流れていく錯覚を人々に植え付けることもある．それ故に「まず科学に資源投入し，そこで生みだされたアイデアで技術が刺激され，市場へとイノベーションが最終的に押し出されるはずだ」とか，「技術者や科学者を市場志向に変えれば，市場にインパクトを与えるようなイノベーションが活性化されるに違いない」と言った単純素朴な信念がマスコミや官僚の世界に蔓延してしまう．しかし，問題はそれほど単純ではない．技術革新スペクトラムはつむじ曲がりの行為連鎖システムなのである．

まず第1に，科学へヒトとカネを投入しても，そこで生み出された成果がそのまま技術へと流れ，最終的に新しい市場を生み出すようなイノベーションに結実するという経路は通常は成り立たない．技術革新研究者にとって，これは既に常識であり，改めて主張するのが恥ずかしいくらいであるが，マスコミや官僚の世界では必ずしも常識ではないように思われる．だが，たとえばハイテク兵器のような軍需においてすら，活用されている科学的知見は発見から20年以上経過しているという報告もある(Sherwin and Isenson, 1967)．この数字から素朴に見積もれば，民需の領域に科学的知見が到達するには数十年から100年かかってしまうはずである．もちろん科学的な知見が民需の領域に流れ込むのに高々10年や20年程度という領域も無いわけではないだろう．その点については別途考察が必要である．科学と技術が例外的に密接に結びついて発達している領域を注意深く観察し，その知見をうまく生かしていくのでないかぎり，一般には，そのまま放っておけば，科学的知見は簡単には技術や市場へ流れていかないのである．

第2に，科学者や技術者を市場志向にすればイノベーションが頻発するようになるなどと信じている技術革新研究者も皆無といってよいだろう．市場が技術革新を方向付けるといふ主張は，消費者主権を信じる人々の耳に心地よく響くかもしれない．国民全員が投資家の立場には立てないが，消費者の立場には立てるから，「最終的には市場に奉仕することが科学者・技術者の使命である」という言い方は「民主的」にも見えたりする．しかし，技術革新スペクトラムのうち，市場を強調し，技術や科学までも市場に敏感に反応するように変革することが技術革新を促進する，などという考え方は，現時点の技術革新研究者たちは誰も信じていないと言っても過言ではない．

なぜなら，最終消費者は技術に関して知識をもたず，どの技術が将来的にもっともポテンシャルが高いかといったことを評価してモノを買っているわけではないからである．最終消費者市場は現時点でのパフォーマンスの高い技術を選好してしまい，一部の革新的技術者たちの間で注目されている技術に対して「購買という支援」が与えられるとは限らな

いのである。売上が立たない革新的技術は、たとえもし2～3年の赤字に耐えておけば、その後はすばらしい展開が待っていたとしても、市場経済の中では死滅する可能性が高い。「技術的には優れていたのに、ビジネスにならなかった」という技術はこれまでも数え切れないほど存在してきたのである。その意味では、技術革新を促進しようと考えれば、最終的には市場が必要でありながらも、ある時点では市場の気まぐれや採算に関する厳しい評価から若干独立した環境を持ってはならない、ということになる。何もかもすべてが市場と連動するようになれば、長期的には優れた技術が、短期的な業績不振の結果として死滅していくという問題を避けられないのである。むしろ、技術者や科学者を市場志向に変革し、彼（女）らを比較的短期志向の市場圧力にさらすならば、中長期的に望ましい技術が淘汰されてしまい、結局は国民生活の向上という目標が達成できなくなってしまう。

だが、実際の所、国立研究所や国立大学などを独立行政法人という形態に変革し、そうすることで市場から得られるインセンティブに敏感に反応する組織にすればイノベーションを促進できる、という素朴な議論が、少なくとも表向きは声高に主張されている。この主張を展開している人々が学習が足りないか、もしくは自分でも信じていない表向きのウソの論理を声高に主張することで世論を欺いているか、いずれかということになる。

もちろんこれまでの国立研究所や国立大学が、現状のままで良いと主張するつもりはない。学問・研究の自由というコトバや、研究のための研究、科学のための科学という「美しい目標」追求を楯にして、現実には何も真面目に実行していないフリーライダーを多数その内部にかばってきたことも事実であろう。その何も貢献しないフリーライダーたちを維持するほど余裕がない時代が到来し、それ故に、その停滞した組織にカツを入れるべく、既存の組織から、より成果を明示的に示さなくてはならない組織へと変革する必要があることも十分に理解は可能である。だから、これまでのような「親方日の丸方式」の国立研究所や国立大学を他の形態に変革すること自体は妥当でもであろう。しかし、変革を行なう際にウソの大義名分を持ち出すことは大きな間違いである。そのようなウソによって大衆を欺く政策を官僚たちが遂行し続けるかぎり、日本国民の社会科学的な推論能力の地力が上がらず、その結果として、社会運営上の知恵が社会全体に浸透しなくなってしまうからである。

### 3. 科学と技術をつなぐ

さて、科学への直接的な資源投入が科学業績の向上に直接効果をもつか否かについても、一筋縄ではいかない問題が潜んでいる。というのも、先に述べたように、科学的知見がそのまま技術へと流れ、市場にインパクトを及ぼしていくという経路は通常は成立していないからである。しかし、科学と技術がまったくの没交渉である訳ではない。当たり前のことだが、否定されているのは、直接的な知識の移転と活用が行なわれるとか、科学が技術を規定するといった直線的・直接的な関係が自然に生じるということであって、両者に何らかの関係が

存在すること全般が否定されている訳ではない (Kline, 1990)。

たとえば技術史家のコンスタントは、科学の領域において、ある特定の技術システムが近い将来ボトルネックに到達しうることが示され、その科学者たちの業績によって技術者たちの信念が改変されるという経路で科学が技術に影響を及ぼすことがあると主張している (Constant, 1973)。コンスタントはターボジェット・エンジンの開発がその典型例だと言う。彼によれば、ターボジェット・エンジンの開発は、プロペラ・エンジンが実際に何らかの問題に直面してから創始されたものではなく、プロペラ・エンジンの問題に直面するよりもずっと前の時点で創始されている。その理由は、プロペラ・エンジンの飛行機が高空を飛行する上で速度の限界に到達することを科学者たちが理論的予測として主張したために、その主張に耳を傾けた技術者たちがターボジェット・エンジンの開発へと注意の焦点を移行させ、ターボジェット・エンジンの開発を創始したからである。つまり、技術者たちがまだ現実目の前の問題としてボトルネックに直面していなくても、科学的な知見によって先取りされた問題 (presumptive anomaly) が示されることで、技術革新活動が方向づけられるのである。

理論的な限界が示されたから他の方式の探索が創始されたという上のストーリーは、しかし、科学的知識が直接技術を向上させた、というタイプのストーリーに較べると、ずっと間接的な関係をイメージさせる。しかし、科学と技術の相互作用は、このようなやや間接的なものばかりではない。科学者と技術者がより密接な相互作用によって相互に刺激を与え合うケースもある。ここではこのメカニズムを2つ紹介しておくことにしよう。

#### (1) 応用科学による科学と技術の媒介

技術は、科学とは独立に問題解決活動を行なっている過程で科学者にとっても興味深い問題に直面し、その問題を科学者たちに提示することで科学者たちが活発に研究を開始することがある (Brooks, 1994)。研究開発組織の実証研究で有名なMITスローン・スクールのトーマス・アレンは、このような領域を技術プル科学 (“technology-pull” science) と呼んでいる (Allen, 1988)。スタンフォード大学の経済史家ローゼンバーグは、むしろこのような技術プル科学こそが新しい知見を豊富に生み出す科学の本来の姿であると考えている (Rosenberg, 1990)。

ローゼンバーグによれば、新たな科学分野が創造されたり、重要な基礎研究の成果が得られるのは、「科学のための科学」や「基礎研究のための基礎研究」を遂行していたからではなく、むしろ特定の産業における具体的な問題を解決しようと努力したからである。たとえばパスツールはフランスのワイン産業のために発酵と腐敗に関連した問題を研究していた。この問題を解決する過程の副産物としてパスツールは細菌学を創り出したのである。また、カルノーも、そもそも熱力学を創造しようとして狙って創ったというよりも、当初は蒸気エンジンの効率をいかにして高めるかという、応用問題に取り組んでおり、その問題解決活動を通じて熱力学を副産物として創始することになったのである。

産業界が抱えている問題を根本に遡って原理的に解決しようという活動の中から、優れた基礎科学的業績が生み出されてくる、という経路は一般的に成り立つとローゼンバーグ&ネルソンは主張する。彼らは、アメリカにおける大学も、そもそも科学のための科学を遂行することで傑出した成果を生み出してきたものではない、と主張する(Rosenberg and Nelson, 1994)。ローゼンバーグ&ネルソンよれば、アメリカの大学はもともと地元の産業界が直面する問題を、より一般的な視点から研究し、そうすることで科学的な知見を生み出す力を付けていったのである。現在でもアメリカの大学で優れた知見が数多く生み出されている領域は、コンピュータ科学とか腫瘍学などの、その本質からして応用問題解決に志向している応用科学なのだと言われ主張する。

ところが第2次大戦後の巨大科学の時代(The Age of Big Science)に、連邦政府から巨額の資金が防衛と医療の領域に流入し、多くの大学人は基礎研究こそ大学の行なうべきことであると信じるようになった、というのである。ローゼンバーグ&ネルソンは、科学のための科学という態度も、またその反対に産業界に対する貢献に過度に熱意を燃やす態度も、どちらもアメリカの大学が世界における地位を高めていったプロセスについて誤解に満ちているものだという。応用分野をもちつつ、研究者の貢献が商業ベースでは直接的には生み出されないような領域、すなわち応用科学とエンジニアリング・サイエンスの領域こそ大学で行なう科学的研究だと主張するのである。

このローゼンバーグ&ネルソンの主張は今日の日本の状況を目にすると示唆的である。というのも、現時点における日本の国立大学は文部省の指導の下に産業界とのつながりを困難にさせられてきたと共に、安定した財政支援を受けてきたために、「地元の産業界が直面している応用問題を科学的に解明する」という志向性を十分に発達させることなく過ごしてきたと思われるからである。「研究のための研究」、「科学のための科学」といった美しい名目をうたい、それを理由として産業界への直接的な貢献が無いことを正当化しつつ、その実、科学的業績自体も何らめぼしいものが上がっていないという現状を無反省のまま過ごしてきた。それ故に、多くの日本の国立大学は、今後の国立大学法人化(独立行政法人化の国立大学バージョン)を機会に既存の路線を大幅に変更して産学連携を活発化させるべく強い期待が向けられている。このこと自体はローゼンバーグ&ネルソンの主張からすれば、産業界にとってのみならず、日本の大学における科学的業績の産出にとっても、望ましい変化である可能性が高い。応用科学は、一方で産業界の問題を解決し、他方で新たな基礎科学分野を創設するほどの科学的業績を生み出す可能性があるからだ。しかし、この産学連携の強化についても、ある程度のバランスを考慮しなければならないこともまたローゼンバーグ&ネルソンは示唆している。重要なことは、応用問題を一般的な視点から解明することであって、一般的な視点を欠いて応用問題の解決のみに専念するようになるとしたら、単に企業の研究の下請けをしていることになってしまうからである。この点に留意しつつ、日本の国立大学の工学部が産業界との連携を深め、次々と日本の科学的業績と技術成果を高めていくことが望まれる。

## (2) 実験科学による科学と技術の媒介

科学と技術の相互作用が、計測機器のハードとソフトの開発において生じるのだという主張も存在する (De Solla Price, 1984a; Rosenberg, 1992)。デソーラ・プライスは、科学と技術が共に発展するような場合は、計測機器のハードとソフトの開発なのだと主張する。彼は、一方では科学も技術も、通常科学 (normal science) として、また通常技術 (normal technology) として互いにそれぞれ独自の進化を遂げていくという面を認めながらも、同時に、両者は互いに刺激を与え合って急速に発展する局面をもつことがある、という。

科学と技術を密接に結びつけるものは、新しい計測機器等 (instruments) のような用具の開発である。ガリレオにとっての望遠鏡やダーウィンにとってのビーグル号などが、実は科学にとっても技術にとっても大きな革命を生み出す契機となるのだ、とデソーラ・プライスは主張する。この主張は、科学革命をパラダイム・シフトとして捉える科学史家トーマス・クーンの主張とコントラストをなしている。というのも、クーンのストーリーでは、いくつかの変則 (anomaly) に直面し、それを説明できずにフラストレーションを抱いた頭の良い科学者が観念の世界で革命を起こすのが科学革命である。だが、デソーラ・プライスの考える科学革命はむしろ、熟練工や技術者が工夫して創造した計測機器をおもちゃのようにして遊ぶ科学者たちが、新たなものを見だし、新たな現象を見てしまったが故に新たな科学分野が生まれてくるのである。

彼の主張が最も典型的に表われているのは、ガリレオの望遠鏡と科学革命の事例であろう (De Solla Price, 1984b)。低地地方で発明され、当初は軍用の用具としてメディチ家に売り込まれた望遠鏡を、測定器具の製作と教育に携わっていた当時のガリレオが活用したのである。ガリレオはこの望遠鏡を用いて新しい世界を発見し、その結果、科学革命が生じた。とデソーラ・プライスは言う。話はここで終わらない。実は、ガリレオが望遠鏡を使うことで生み出された科学革命によって、望遠鏡製造業が活況を呈し、その製造に関する熟練が発達していくことになったのである。こうして、この望遠鏡を製造する熟練工たちが次に顕微鏡を創造し、それがまた細胞や精子の発見をもたらすという発展につながっていくのである。

デソーラ・プライスの主張は、おそらく今日の日本における科学技術政策を立案している人々が必ずしも認識していない問題を指摘しているという点で注目に値する。というのも、計測技術や評価技術というものは、本質的に重要な知識体系であるにもかかわらず、計測技術・評価技術自体は多くの場合表面に出てきて注目されることがないからである。実際、今日の日本は多様なハイテク産業が多数存在し、注目されているけれども、その背後でさらに高度な計測技術が発達しているはずだということをことさらに主張している論者はほとんど存在せず、さらにはその計測技術という視点からすべての業界を捉え直し、日本の科学・技術発展のシナリオを描くという議論は皆無であると言っても良い。だが、たとえば何層にも形成される今日の集積回路を歩留まり良く生産するためには、形成された各層の平坦度の測定が必要とされる。この平坦度の測定技術はおそらく他分野にも応用が利くであろうし、

逆に新たな科学的知見がその平坦度を安価に測定する方法として応用されていくというプロセスが今後も生じていく可能性がある。おそらく業界として見ると、極めて多数の中小企業から形成される計測技術を、全体として育成するための仕組みの登場を期待したい。

#### 4. 科学と技術を媒介する個人

上で議論してきたように、応用科学や計測方法論など、科学と技術の領域を連結するメカニズムとして注目すべき領域がある。こういった領域をいくつか重点的に選択して強化したり、その領域に存在する中小企業には優先的に資金提供するような政策が必要であろう。だが、ここでどのような領域を政策上ピックアップしたとしても、実際に科学的な分野と技術的な分野を連結するのは人間の行為である。それ故、両者を結びつける行為者の行為と機能にも十分に注目を払っておかなければならない。

これまで科学と技術を結びつける個人に関して主張されてきたことをひとことでまとめれば、科学・技術の世界の複数言語を操れることが重要だということであろう。つまり科学語と技術語とか、化学語と物理語など、異なる分野の言語を話せる人を、ここではバイリンガルと呼んでおこう。バイリンガルこそが、複数の分野を結びつける上で有効な働きを行なうと共に、個々の領域でも高い成果を達成するカギとなる技術者・科学者なのである。

たとえば、ペルツは11個の研究開発機関(5つの企業研究所と5つの政府研究所、1つの大学の7学部)に勤務する合計1,300人の技術者・科学者等を調査し、成果の高い技術者・科学者の特徴を図1のように示している(Pelz, 1988)。彼は、科学者たちが遂行する機能を基礎研究・応用研究・製品工程改良・製品工程発明・技術サービスという5つの機能に分類した上で、これらの機能をいくつ果たしている人が高い成果を達成しているのかを分析している。その結果、図1に示されるように、技術者たちは数が多いほど高い成果を達成し、研究や開発の領域に従事している博士号取得者たちは4つの機能を同時に果たしている場合に高いパフォーマンスに結びついているとペルツは主張している。ペルツは、「有効な科学者は、手短かに言えば、彼らの努力を純粋科学の世界に限っている訳でもないし、応用の世界に限っている訳でもなく、その両方で活発に活動しているのである」と述べている。

大学から産業界への直接的な人的技術移転についても、類似の知見が得られている。ロバーツはマサチューセッツ工科大学の研究所からスピノフした企業等を調査した結果、同大学の研究所と企業の両方に同時にパートタイムで所属していた人々ほど、直接的な移転を行なっているという知見を提示している(Roberts, 1991)。ロバーツはこれらの知見を基に、企業と大学の両方に同時に所属できるような人事制度が重要であることを主張している。

また必ずしも科学と技術を媒介するという役割ではないけれども、企業内の研究開発プロジェクトと企業外の研究成果や技術成果などを媒介する個人の役割はゲートキーパー(gatekeeper)とか境界連結役割(boundary-spanning role)などの名称で経営学の中では呼ばれてきている(Allen, 1988b; Tushman, 1988)。企業の研究所などで行なわれる研究開発プロジェクトは、その組織内固有のローカルな目的を目指した活動であり、その組織外を

図1 ペルツの研究

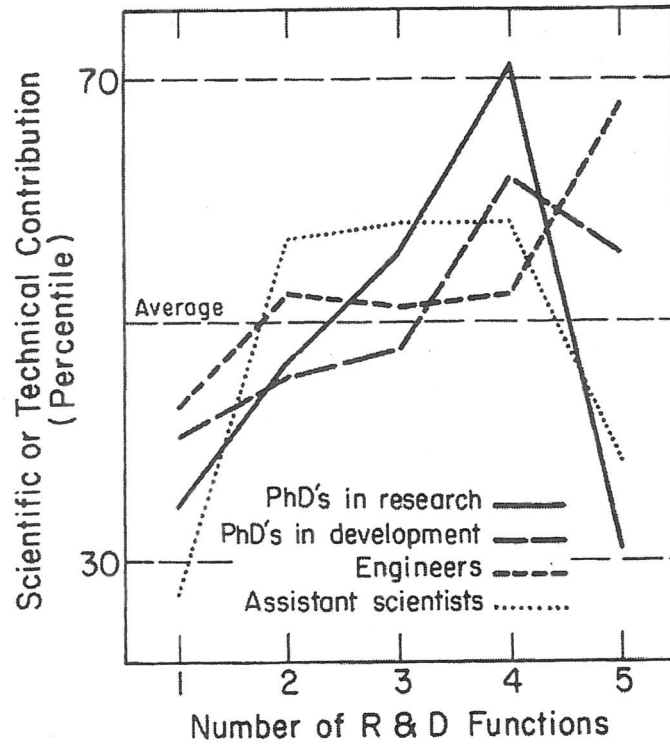


FIGURE 1. Graph Showing That the More Numerous Were the R&D Functions, up to Four, Performed by Ph.D.'s and Assistant Scientists in Development-oriented and Research-oriented Laboratories, the Higher Was Their Scientific or Technical Contribution as Judged by Colleagues; Engineers Did Best When They Had Five R&D Functions



流れている、より一般性の高い情報をそのまま全プロジェクト・メンバーが直接獲得して持ち込むことは必ずしもプロジェクト遂行にとって効率的ではない。それ故、特定の情報の番人が一般性の高い情報を収集して、そのうち適切なものをプロジェクト・メンバーに伝達し、そうでないものを伝達しない、という2段階の情報伝達を行なう方が効率的なのである。この情報の番人が技術的ゲートキーパーである。このようなゲートキーパーの役割を果たす人々は平均的な技術者に較べると、より多くの難解な文献を読んでいて、企業外の技術者たちと長期的な関係を構築している、といった特徴をもつと報告されている (Allen, 1977; 1988b)。

こういったバイリンガルが重要であるという示唆は、筆者が自ら行なった研究でも得られている。図2にそれを示唆する液晶関連の調査結果が示されている (沼上, 1999)。1976年までに出版された液晶関係の特許や論文などをベースに主要な研究者を分類し、国別にどのようなタイプの人材にどの程度の割合が割かれてきたが描かれている。実際にはより詳細な分類法を用いているのだが、ラフに言うならば、特許しか取っていない人を開発技術者に分類し、科学的業績しかない人を純粋科学者に分類し、科学的業績と技術的応用に関連する業績の両方を持っている人をバイリンガルに分類している。

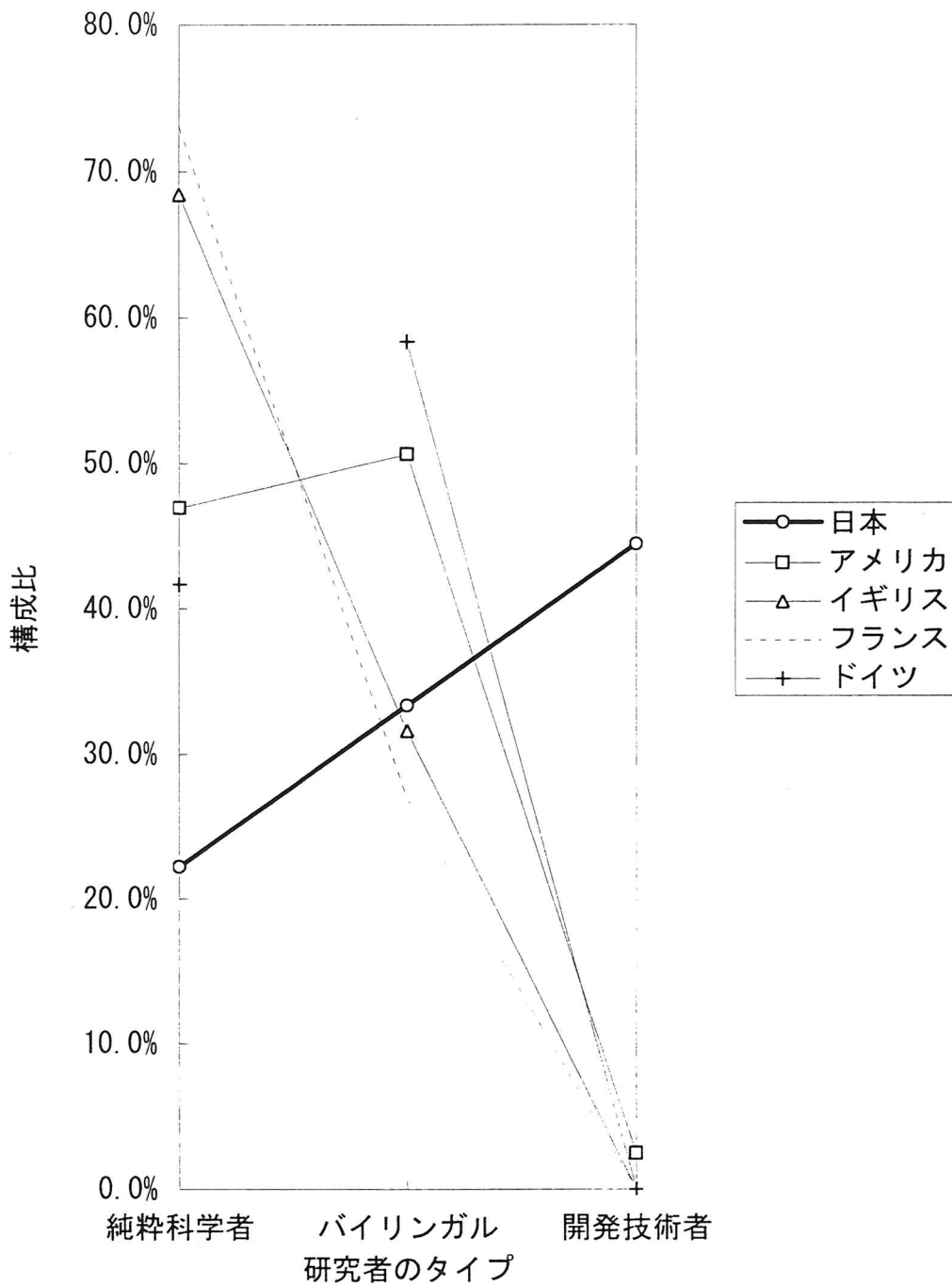
図の示すところは明確である。液晶に関する科学業績は生みだしているが技術の領域に弱いイギリスやフランスでは純粋科学者から開発技術者にかけて明確な右下がりの分布になっており、逆に当時発明創出や科学業績が弱く、技術的に急速に欧米にキャッチアップしていた日本では右上がりになっている。1970年代半ば頃まで、優れた科学業績と多数の発明を生みだしたアメリカ(デバイス)とドイツ(液晶材料)は、バイリンガルの人材が日・英・仏に較べて厚くなっている。図の基礎になっているデータが70年代半ばまでなので、現在の液晶ディスプレイの技術に関しては、日本でもバイリンガルが相当数増えていて、この図とは様相が変わっているに違いない。しかし、それでもイノベーションやブレイクスルーにはバイリンガル層の厚みが重要な貢献をするのではないかと、という示唆そのものは今でも成立するだろう。

## 5. おわりに：界面が美味しい

応用科学や計測技術、バイリンガルといったイノベーションにとって重要な貢献を行ないそうなキーワードに共通に流れている特徴は、異質なものの界面(インターフェース)であろう。科学が急速な進歩を開始する切っ掛けも、技術が爆発的に進歩する契機も、産業が急成長を開始する初めの一歩も、どうやらそのすべてに界面の連結が絡んでいるようだ。

たとえば前に挙げたデソーラ・プライスは他の場所でプトレマイオスの天動説が、やはり異質なものの融合から創り出された偉業だったと主張している (De Solla Price, 1975)。今日ではコペルニクスとケプラーの地動説によって淘汰された「誤った学説」の典型のように思われているが、紀元後140年頃にプトレマイオスが創り上げた数理天文学は、その時代が古かったことを考えると極めて偉大な科学的業績だったことは間違いない。その数理天文

図2 液晶ディスプレイに関連する科学者・技術者の各国分布



学の特徴は、一方に美しい幾何学的な宇宙の理解があると共に、他方でその予測の数値的正確性の点でも優れたものであった。実際、コペルニクスの行なった計算の変更によって、却って予測精度が落ちてしまったことは有名である。デソーラ・プライスによれば、美しい幾何学的な宇宙の理解そのものはギリシャの天文学から受け継いだ遺産だが、ギリシャには数値計算の伝統が無かったという。この詳細な数値計算の伝統は、紀元前2～3世紀頃のバビロニア天文学の特徴だったのだという。両者は同じ現象に対して異なるアプローチを取っていた。ヘレニズム期のギリシャは図形的な理解が傑出していたのに対し、バビロニアは数値計算のテクニックを高度に進化させていった。ギリシャ人は2の平方根が無理数であることを証明したら満足していたのに対し、バビロニア人は小数点以下何桁までも正確に計算していたのである。

バビロニアの文明とヘレニズムとはかなり長い間、それぞれ独立した進歩を遂げていた。数値的理解と図形的理解の2つの文明が出会い、融合していくのは、アレキサンダー大王の遠征故である。「まったく同じ問題に関心を持ち、おそらくその処理に関して若干成功していた科学の最終結果であり、しかも火星のものと同じくらい自分たちの科学とは異質なもので取り組むのは極度にエキサイティングだったに違いない」(p.15)とデソーラ・プライスは述べている。

このように、同じ問題に異なるアプローチを行なっている人々が、それぞれ別々に別れているというケースは、実は今日でも多く見られるのではないだろうか。もちろん既に地理的に離れていて没交渉であるということは現代ではないであろうが、専門分野が離れているために、実は同じ問題を違うアプローチで解いていて、没交渉であるという人々は多数いてもおかしくない。あるいはそのような、実は同じ問題なのだ気づく能力のある人が少ないのかも知れない。

おそらく今日の日本における技術革新のマネジメントで最も欠けている要素のひとつは、この異質な分野の界面をつなぐことのできる人々であろう。専門分化した科学の諸領域をまたがる界面ばかりでなく、科学と技術、技術とマーケティング、金融と技術などなど、日本には多様な界面が、互いにうまく連結できないままに放置されているように思われる。これが連結されない限り、技術革新スペクトラムのどこかに資源投入しても、うまくイノベーションが生み出されてこないのである。今の日本に必要なことは、むしろ意図的にバイリンガルが生み出されてくるような部分を創り、そこにカネを投入することであろう。今後、この多様なバイリンガルを育成できるキャリア・パスをどのように創り上げ、次世代のエースをどのように育成していくのが、どのような組織にとっても重要な課題になっていくに違いない。技術革新スペクトラムに見られる多様な断層・界面が次々に融合し、新たなダイナミズムを日本経済が回復することを願ってやまない。

## 参考文献

- Allen, Thomas J., *Managing the Flow of Technology: Technology Transfer and the Dissemination of Technological Information within the R&D Organization*, Cambridge, MA: MIT Press, 1977.
- Allen, Thomas J., "Distinguishing Engineers from Scientists," in Katz, Ralph (Ed.), *Managing Professionals in Innovative Organizations: A Collection of Readings*, Cambridge, MA: Ballinger, 1988, pp. 3-18.
- Brooks, Harvey, "The Relationship between Science and Technology," *Research Policy*, Vol. 23, 1994, pp. 477-486.
- Constant, II, Edward W., "A Model for Technological Change Applied to the Turbojet Revolution," *Technology and Culture*, Vol. 14, 1973, pp. 553-572.
- De Solla Price, Derek J., *Science since Babylon (Enlarged Edition)*, New Haven: Yale University Press, 1975.
- De Solla Price, Derek, "The Science/Technology Relationship, the Craft of Experimental Science, and Policy for the Improvement of High Technology Innovation," *Research Policy*, Vol. 13, 1984a, pp. 3-20.
- De Solla Price, Derek, "Notes towards a Philosophy of the Science/Technology Interaction," in Laudan, Rachel (Ed.), *The Nature of Technological Knowledge*, Dordrecht, Holland: D. Riedel, 1984b, pp. 147-162.
- Kline, Stephen J., *Innovation Systems in Japan and the United States: Cultural Bases, Implications for Competitiveness*, Stanford, CA: Stanford University Press, 1990. (嶋原文七訳『イノベーション・スタイル：日米の社会技術システム変革の相違』アグネ承風社, 1992.)
- 沼上幹『液晶ディスプレイの技術革新史：行為連鎖システムとしての技術』白桃書房, 1999.
- Pelz, Donald C., "Creative Tensions in the Research and Development Climate," in Katz, Ralph (Ed.), *Managing Professionals in Innovative Organizations: A Collection of Readings*, Cambridge, MA: Ballinger, 1988, pp. 37-48.
- Roberts, Edward B., "The Technological Base of the New Enterprise," *Research Policy*, Vol. 20, 1991, pp. 283-298.
- Rosenberg, Nathan, "Why Do Firms Do Basic Research (with Their Own Money)?" *Research Policy*, Vol. 19, 1990, pp. 165-174.
- Rosenberg, Nathan, "Scientific Instrumentation and University Research," *Research Policy*, Vol. 21, 1992, pp. 381-390.
- Rosenberg, Nathan, and Richard R. Nelson, "American Universities and Technical Advance

in Industry," *Research Policy*, Vol. 23, No. 3, 1994, pp. 323-348.

Sherwin, Chalmers W., and Raymond S. Isenson, "Project Hindsight: A Defense Department Study of the Utility of Research," *Science*, June 1967, pp. 1571-1577.

## ・経営戦略再構築とイノベーション

研究会メンバーである宮原氏と軽部氏の論文を紹介する。

宮原氏は、イノベーションのための「創造の場」と「商品の場」の違いを明確に区別・理解するところからイノベーション経営が始まるとする。特に、「創造の場」のマネジメントに適した人材をマネージャーに据える必要があると主張する。

軽部氏は、直接的にはイノベーションを論じてはいないが、代表的日本企業の1980年代、1990年代の労働生産性を、一人当たり売上高、付加価値率に分解して、企業経営を分析している。1980年代において既に付加価値率の低下は起きており、「失われた10年」ではなく、もっと以前から課題はあったと、結論的付けている。これはとりもなおさず、イノベーション経営が行われてこなかったことを示すものであり、例外的企業は存在するものの、多くの企業の経営戦略再構築が求められていることを示している。

### 概要

キャッチアップに励んできた多くの日本企業はフロントランナーとなった今、悩んでいる。これまでと違ってニーズが潜在化したためである。さらに創造的な商品開発が成功する確率は、技術コンセプトからのアプローチよりも商品コンセプトからのアプローチの方が高くなって来ている。求められていることは、まず最初に将来に向かう創造的な商品コンセプトを創り出すことである。その際に重要なことは現場にいるメンバー自身が主体となってコンセプトを構想することである。

仮説としてのコンセプトを作り商品に仕上げる一連の活動は創造のプロセスである。それは 1) アブダクションによる仮説の形成、2) 演繹的推論による仮説の一般化、3) 帰納的推論による仮説の検証との三つのステップを踏む。商品開発の現場では、従来慣れ親しんだ「商品化の場」に加え、新たに「創造の場」を必要とするようになった。この二つの「場」では、イノベーションの定義も、組織のパラダイムも、必要とする人材のメンタリティも違う。この違いを理解したイノベーション・マネジメントが真のイノベーション創生に重要となろう。

### (1) モノ作りの進化

今日の消費社会におけるモノ作りの発端はヘンリー・フォード(1863-1947)によるプロセス・イノベーションによって作られたと言って過言ではない。彼は専門化された組織による分業化を徹底させると同時に、標準化された互換部品を徹底的に多用し、ベルトコンベアによる流れ作業による組み立て工程を作り上げ、大衆自動車である T 型フォードを製造した。このモノ作りの特徴は均一な品質の商品を低価格で大衆に供給する事であった。このイノベーションによって、1908 年に 850 ドルであった T 型フォードは 1924 年には 290 ドルまでに低下し、それまで金持ちのおもちゃであった自動車を大衆の足にしたのである。

ヘンリー・フォードによるこのイノベーションは他の多くの商品のモノ作りに大きな影響を与えた。商品の新規な単なる製造方法という枠を越えて、その考え方は人々の生活や社会、経済に大きなインパクトを与えた。その意味でこのイノベーションは“フォードイズム(Fordism)”と呼ばれている。

大衆消費社会がまだ未成熟の時代では市場のニーズは明確であった。良い商品を低価格で供給すれば、大きな市場を開拓することができた。以前はなくて済ませることが出来た高嶺の花であった商品も、消費者の意識が変化することによって、なくてはならない必需品に変化した。明らかに意識的な「欲求」が一般の人々の間に市場ニーズとして生まれていった。このような状況の中では、商品を市場に押し込む、いわばプロダクト・ドリブン(Product Driven)の考え方が支配的

になる。市場の個別のニーズに応じて品質を向上させたり、品種を増やすことはコスト・アップを招く。これは大衆のニーズに合わない。“フォーディズム”においては、コストと品質は対立するものと考えられた。

“フォーディズム”は普遍的なモノ作りの考え方として定着していった。しかしながら、種々の商品が大量に市場に出回るにつれて、消費社会先進国の大衆と呼ばれてきた人たちの意識は次第に変わり始めた。大衆というひとかたまりの存在ではなく、他人とは違う品質や品種を要求する意識的な「欲望」を持った個別の集団やグループが市場に生まれ始めたのである。コストも品質も要求するような市場への変化である。品質とコストは対立するとの“フォーディズム”的な考え方では解決が不可能であった。

この新たな市場のニーズを実現させるモノ作りの方法として、1970年代になって“トヨタイズム(Toyotism)”が登場した。トヨタのカンバン方式と小集団の品質管理運動に代表される日本生まれのこの考え方はそれまでの“フォーディズム”の限界を突破するプロセス・イノベーションとなり、世界に波及していった。トヨタイズムは市場ニーズに合う多様な品質の商品を作り出すいわばマーケット・ドリブン(Market Driven)の考え方を重視している。組織的には同時並行的に柔軟な業務運用を行い、市場ニーズに適合した差別性のある高い品質でかつ多品種の商品を低コストで少量生産する事を可能にしたのである。日本はこのイノベーションによって、モノ作りで一躍世界の頂点に立った。高度成長の時代が続いた。

## (2)モノ作りの新たな局面

日本の多くの企業は現在不況にあえいでいる。好況な企業であっても、これまでのやり方とこれからはどうも違うとの悩みを持っている。例えば、市場調査してもニーズがわからなくなった、技術が市場を引っ張らなくなった、新たに自ら商品コンセプトを創造しなければならなくなったとの認識である。明治以来、欧米へのキャッチアップに励んできた日本の産業界は真のフロンランナーがこれまで悩んできた局面にやっとたどり着いたと言える。

“フォーディズム”が機能していた社会では消費者の明らかに意識的な「欲求」があった。また“トヨタイズム”が機能していた社会にも、消費者には明らかに意識的な「欲求」があった。いずれの場合もニーズは顕在化していて、商品を作る側は消費者が何を欲するかを読めたのである。プロダクト・ドリブンであろうが、マーケット・ドリブンであろうが、売れる商品を作ることが出来た。しかし現在、商品を作る側はもちろんのこと消費者自身も商品に対する「欲望」が明確に何であるかがわからなくなった。わかっていることは市場で求められる商品が価格から品質へ、そして文化や社会に深く結びついた個人の内面的な価値へと変化したとの認識である。消費者の「欲望」は自分でも気づかない無意識下に隠れ、市場ニーズは潜在化したのである。潜在化した市場ニーズを満たす商品開発はいかに行われるべきか。

創造的商品の開発を行うに際して二つのアプローチがある。技術コンセプトから始まるアプローチと商品コンセプトから始まるアプローチである。企業、特に技術を競争の基礎におく企業のイノベーションの源泉はその企業の「技術の核」となる革新的技術の創出である。「技術の核」



が持つべき基本的な要素は、1) 従来技術よりも「優位性」の高い技術であること、2) その技術自身を深耕できる「発展性」を持つ技術であること、3) 様々な分野に適用できる「汎用性」のある技術であること の3つの観点が特に重要である。これらの条件のすべてを十分に満たす技術はその企業を支える「技術の核」として企業の中に蓄積されていき、経営戦略の重要な要になっていく。

技術コンセプトからのアプローチでは、科学や技術の流れを洞察し、将来どのような「技術の核」が存在しなければならないかを構想する。このコンセプトに沿って「優位性」があり「汎用性」があり「発展性」のある革新技術を創り出す。そしてその革新技術によって初めて可能になる創造的商品を作り上げる。まず「技術ありき」であり、帰納論的な商品開発アプローチである。結果としてリニアモデルに近い開発プロセスをとることになる。このアプローチはしばしば長期の開発期間を必要とし、ハイリスクではあるが、それが成功した場合は大きなイノベーションとして実を結び、ハイリターンが得られる可能性が高い。新たに創り出した革新的技術はその企業の核となる技術に加えられ、派生的に多くの商品に適用され、新たな市場を作っていく原動力になる。

一方、商品コンセプトからのアプローチでは、時代の流れ、市場の流れを洞察し、将来のニーズを満たすであろう創造的商品コンセプトを構想する。そのコンセプトを実現するに必要な核となる革新技術を創り出す。核となる技術を自ら開発するのではなく、他社から導入してもいい。共同開発でもいい。それはその企業の競争戦略の問題である。そしてその革新的技術と周辺技術を集大成して創造的商品コンセプトを実際の商品として実現する。すなわち、まず「商品ありき」であり、演繹論的な商品開発アプローチである。結果としてチェーン・リンクト・モデルに近い開発プロセスをとることになる。

技術コンセプトからの帰納的アプローチと商品コンセプトからの演繹的アプローチとでは、結果として革新的な技術が開発されたとしても、そのアプローチにおける論理プロセスが全く異なることに留意すべきである。多くの企業はこの二つのアプローチの違いを認識していないか、認識していたとしてもどちらをとるべきか悩んでいる。

このような状況の中であって、さらに商品開発のマネジメントの現場には時間軸の異なるジレンマが存在するようになった。その一つは研究開発に対して短期的な収益性を追求せよとする圧力である。技術が成熟し、市場がグローバル化し、ニーズが多様化して、企業間の競争がかつてないほどに激化している現状がその背景にある。それまで聖域であった研究開発を裸にし、その投資効率を上げるように証券市場からはますます圧力がかかる。企業経営者としては証券市場の意向を無視することはますますできなくなっている。時間をかけて創造的な技術を開発する時間的余裕はない、早くモノを作れとの圧力である。例えば電気機械系産業分野の特徴である組立型商品の開発サイクルは著しく短くなってきている。

しかし一方で、長期的視野に立った研究への投資はますます重要であるとの圧力もまたかかっている。基礎的な創造的な研究開発によって革新的な技術が生じれば、その技術は広い汎用性を持っているために多くの商品開発への応用が期待でき、新しい市場創造ができるとの期待である。ハイリスクでは

あっても、ハイリターンが期待できる。例えば科学に近い領域から得られる成果によって商品化がしばしば行われるような化学素材系産業分野では長期的な研究開発による創造的な技術への期待は大きい。さらにこのイノベーションは成果の公共的性格によって広く社会への貢献も可能である。しかし従来のような単純なリアモデルによる商品開発プロセスの成功する確率が低くなってきているのもまた事実である。

この短期であるか、長期であるかとの商品開発における時間軸のジレンマは本質的な二律背反の問題ではない。なぜならば、その創造的な商品コンセプトが既存の技術の効果的な組み合わせで可能であれば、比較的短期的に創造的な商品の開発が可能になる。またその創造的な商品コンセプトの実現に新たな創造的な技術開発が必要であっても、商品コンセプトが明確であれば何を開発すべきかとの技術課題が具体的レベルで焦点化される。この焦点化が重要である。商品コンセプトが不明確な場合よりも創造的な技術の開発期間は短縮される。ジレンマを解決するためには、いかに創造的な商品コンセプトを創り出すことができるかどうかにかかっている。

ニーズが潜在化し、お手本がなくなった今日の状況にあって、創造的な商品コンセプトを創り出すにはどうしたらいいのであろうか。その基本は実に単純である。一つは社会、経済、技術の潮流、そして人口構造の変化を洞察することである。二つ目は市場に飛び込んでユーザーの情感を感じ取ることであり、三つ目はユーザーと共に商品や技術を創ることである。基本は単純であっても、その具体策は実に難しい。しかし仮説を創造することによって見えないものが見えてくる。

潜在ニーズを求める商品開発の本質は、試行錯誤しながら真の目的に向かって近づいていくことである。「創造のプロセス」に基づいた商品開発のステップは推論の3つの形式、すなわちアブダクション、演繹的推論、帰納的推論に基づいた次のようなプロセスを経て行われる。

【アブダクションによる仮説の形成】

創造的な商品コンセプトを創る

【演繹的推論による仮説の一般化】

必要な技術を創り、モデルにまとめる

【帰納的推論による仮説の検証】

市場と対話する

商品に仕上げる

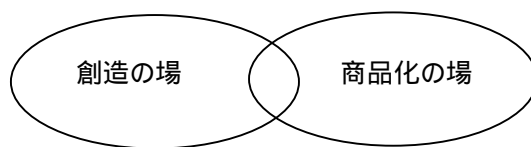
創造的な商品コンセプトを創るための教科書的なお手本はない。「創造のプロセス」に従って、試行錯誤しながら、スパイラルに真の仮説に近づいて行くことになる。

### (3) 商品開発の二つの「場」

商品開発部門には市場を学習し技術を学習しながらそのサイクルを繰り返すことによって不確実性の高い未来をより確実なものに変えていく機能が求められている。技術を開発し商品として形を整えるまでの商品開発プロセスは一般に“研究開発”と呼ばれている。全米科学財団によれば「研究開発とは、科学・技術における基礎的・応用的研究(research)と、プロトタイプ(試作品)・過程の設計(design)ならびに開発(development)の諸段階」と定義されている。

しかしながら「研究開発」との言葉はあいまいである。“開発”においても“研究”は行われているのではないかとのおやふやさは常につきまとう。また“研究”と“開発”の関係が階層的なのか、時系列的なのか、並列的なのか、人によって解釈が違う。研究と開発を区別して「研究・開発」などと表されたりすることもある。さらに“研究”は“開発”や“製造”の上位にあって、“開発”や“製造”よりも価値が高いとの誤った認識もしばしばなされている。商品開発の現場を“研究”と“開発”の二つに分けることは混乱を招き、本質を見失う。

この混乱を避けるために、また実態に即して、企業における商品開発を「創造のプロセス」に基づいた二つの「場」に分けて考えたい。創造的な商品コンセプトを創り出し、それを実現するための革新技術を創り出す「創造の場」と、そこで生み出された革新的な技術あるいは他の様々な技術を適用して商品に仕上げる「商品化の場」である。技術軸で見ると「創造の場」はどちらかと言えば科学の領域の方向に存在し、「商品化の場」はどちらかと言えば市場領域の方向に存在している。しかしこのことは「創造の場」で作られた技術を「商品化の場」で商品化するという商品開発の単純なリアモデルを意味してはいない。商品開発プロセスにはパラダイムが異なる素過程として二つの「場」が明らかに存在しているのである。従来の「研究開発」との言葉はパラダイムの異なるこれらの二つの「場」を意味していなかった。パラダイムが異なるということはそれぞれの「場」を意味する。



これら二つの「場」は現在多くの企業で企画部門、研究部門、開発部門というように組織的に分離されて存在する場合もあるし、一つの組織の中に混在している場合もある。また空間的に分離しているのではなく、例えば一人の技術者、あるいは複数の技術者がこの二つの「場」を同時に担っている場合もある。企業によっては、その企業の理念や経営戦略により二つの「場」を同時にマネジメントしている場合もあるし、どちらか一方を行っている場合もある。例えば“研究型”企業として新技術の創出のみを行う企業や、新技術はアウトソーシングして商品化のみを行う企業もある。

## 「創造の場」

「創造の場」におけるイノベーションの定義は「商品化の場」とは異なっている。個々の創造的技術者は「イノベーションとは従来の常識を変革し、新しい常識を作り上げること」と考えている。ここで言う常識とは、その人の、その分野の、その集団の、その時点の、その時代の支配的なものの見方や考え方である。結果として経済的成果が得られる場合もあろうが、得られないで失敗する場合もあり得る。失敗した技術も新たな技術創出のための重要な資産と考えている。創造的技術者のメンタリティは芸術家に近い。

「創造の場」はその企業にとって将来のコア・コンピタンスとなる技術や商品コンセプトの方向性を決める「戦略志向の場」である。視点は「あした、あさって」の将来におかれ、「何をすべきか、解決するのか」との「質」が求められる。重要なのはHOWではなく、WHATである。定量的と言うよりもむしろ定性的な判断がより重要になる。その活動は企業の将来の成長のための保険と言ってもよい。試行錯誤や失敗も許される。創出すべき技術の範囲についてのコンセプトを明確にして、専門職務毎に技術者を集めたタスクフォース活動を行ったり、技術者の自主性に応じた柔軟な商品開発マネジメントが必要になる。

「創造の場」では、特に創造のプロセスにおける「アブダクションによる仮説の形成」と「演繹的推論による仮説の一般化」のステップが求められている。特に創造のきっかけを作る「アブダクションによる仮説の形成」が重要である。そこでは創造的な個人が重要な働きをしている。彼のその論理は「アブダクション」であり、交流分析(Transaction Analysis, TA)<sup>1</sup>で言う「子供」の自我状態がそれを支えている。特に何にでも興味を持ち好奇心の旺盛な「自由な子供」の存在が不可欠である。しかしながら「子供」のみでは「場」が発散し、混乱する。「理性的な大人」を同時に配置し、「自由な子供」との共同体制が必要である。

---

交流分析：パーソナリティを理解するには心理学的アプローチが必要である。交流分析(TA)は1957年、フロイト派精神分析の流れをくむエリック・バーンが提唱した方法論である。この分析の考え方は人がどのような心理的な構造になっているのかを「自我状態モデル」で説明する。自我状態とは個人がとる心理的な立場のいろいろで、現象的に観察可能なものである。つまり交流分析(TA)はその人の言葉・行動・表情などの情報から自我状態を分析できるとの臨床的な長所がある。

交流分析(TA)では、人は基本構造として3つの自我状態を持っていると理解する。すなわち「親」(Parent, P)としての自分、「大人」(Adult, A)としての自分、そして「子供」(Child, C)としての自分である。これをPACモデルという。「親」の自我状態とは父親や母親、あるいはその代わりをつとめた人の言動を見たり聞いたりしているうちに関心の中に取り込み、同じように考えたり、感じたり、行動している状態である。「親とはこういうもの」とか「子供を育てるとはこういうもの」と学んだり、感じ取ってきたものから成り立っている。時には空想により取り入れたものもある。「大人」の自我状態とは現実の場面に対して情報を集め事実を吟味したり、現実的に物事を処置したりして、感情を混じえずに理知的に行動したり考えたりしている状態である。「子供」の自我状態とは子供の頃と同じように本能的、自由奔放に、情緒的に振る舞ったり、考えたり、感じたり、行動している状態である。子供の頃に限定されず、大人になってから得たものもある。

日本の教育システムは「理性的な大人」を大量に作りだし、「自由な子供」を積極的には作り出さなかった。通常、商品開発部門の人材は「理性的な大人」が多く「自由な子供」の数は少ない。しかし「自由な子供」は組織の中に必ず存在している。創造の芽は組織の中に隠されている。商品開発マネジャーは日常の商品開発活動における技術者の言動を観察したり、心理分析手法によってそのような「自由な子供」を選び出し、資質を吟味し、「創造の場」に重点的に配置することが求められる。この「場」では実験や思考によって得られる黙示的な情報が飛び交い、その情報がさらに「場」における創造を促進する。このような暗黙知を共有する仕組みを作ること、「創造の場」を理解できるマネジャーを育て、配置することが必要であろう。

### 「商品化の場」

一方、「商品化の場」においては、「イノベーションとは経済的成果を目指す革新」でなければならない。「創造の場」におけるイノベーションの定義とは大きく違う。革新的、新しいことでありさえすれば何でもよいというのではない。確実な技術で、確実に経済的成果を目指さなければならない。より市場での成功が厳密に考慮されねばならない局面にあるのである。従ってやるべき仕事がさらに具体的に限定される。性能、歩留まり、コスト、精度、安全性などの「量」がきびしく要求される。何をするかとの WHAT よりも、どのようにやるかとの HOW が重要であり、定性的と言うよりもむしろ定量的な判断がより重要になる。

「商品化の場」の視点は「今、きょう」におかれる。残されている時間は少ない。その時間の中で「いかに確実に作り出すか、いかにうまくやるか」が求められる。「商品化の場」は「戦略志向」と言うよりも「戦術志向の場」である。その活動に対して失敗は許されない。投入される研究資源の量も多く、失敗した場合の損失が著しく大きいからである。組織も専門職務内容に従って分業化したり、厳密な階層構造に変えて、確実に業務遂行できる工夫が必要になる。技術者の自由度も「創造の場」よりも少なくなっていく。

「商品化の場」では、主として創造のプロセスにおける「演繹的推論による仮説の一般化」と「帰納的推論による仮説の検証」のステップが求められている。この「場」は、現実の変化に対応した柔軟な開発活動の原動力になる「理性的な大人」が主演者である。同時に「親」の存在もまた不可欠である。特に商品に要求される仕様や設計のルールなどを厳密に守る「批判的な親」は「商品化の場」の発散を防ぐために不可欠である。

### (4) 創造的な商品開発を目指して

日本がこれまで行ってきたキャッチアップ型企業の成功には前提条件があった。それは市場ニーズが顕在化していて、商品やそれを実現する技術にお手本があったことである。ニーズが顕在化していたことにより、モノ作りを行う際の目標を明確化しやすく、従ってプロセスを定型化・共有化しやすいとのメリットが生まれた。先進国諸国の過去から現在の市場の変化を知れば、近い将来に同じことが日本にも起こると確信できた。市場調査も、市場におけるフィージビリティテストも本質的には不要だった。

ニーズが明確な商品開発のプロセスは実にシンプルである。仮説としてのニーズ(新たな商品コンセ

プト)を自ら作る必要はなかった。明らかなニーズに従って何をすべきかを決め、それに必要な技術を作り、あるいは既存の技術を集め、商品に仕上げる「商品化の場」だけがあればよかった。失敗の確率が低く、コストもかからない間違いのないプロセスであった。当然ながら効率的な商品開発を行うことが可能になり、フロントランナーとの距離を次第に縮め、そして追いつくことができた。

フロントランナーの一員となった現在の多くの日本企業に求められているものは、市場にはまだ存在していない潜在的な商品の創造的なコンセプトを作ることである。あらゆる企業は創造的な商品を生み出したいと願っている。イノベーションを起こして企業の発展と社会への貢献を願っている。そのような願いを実現するためには、商品開発の「場」は「創造の場」と「商品化の場」の二つの「場」から構成されていなければならない。「商品化の場」の前に存在する「創造の場」が新たに不可欠になったのである。「商品化の場」のみに慣れ親しんできた多くの日本企業にとって、新たな「創造の場」の導入はこれまでにほとんど経験したことのない局面となる。「創造のプロセス」で言えば、アブダクションによって仮説としてのニーズ(商品コンセプト)を創り出し、次に演繹的推論によってその仮説を具体的な形で一般化するステップである。暗黙知となっている仮説を多くの人たちが理解できるようにモデルの形で形式知化するステップと言ってもよい。

それぞれの「場」は明らかにイノベーションの定義が異なり、組織のパラダイムが異なっている。それぞれの「場」に応じたマネジメントが必要になる。例えば「創造の場」に適した技術者は「商品化の場」に適しているとは限らない。逆に「商品化の場」に適した技術者は「創造の場」に適しているとは限らないのである。人はそれぞれのパーソナリティに応じて、創造のプロセスにおける得意なステップを各々持っているからである。多くの企業は、特に大企業ではその商品開発組織の中に「創造の場」と「商品化の場」を併せ持っていることが多い。しかしキャッチアップ型商品開発に慣れ親しんできた従来の商品開発マネジメントはこの二つの「場」を明確に区別して来なかった。

「創造の場」のマネジメントは、組織の構成員に対して自由度を持たせるリラックス・マネジメントが基本である。加えて、より望ましい情報や機会があったらそれをとらえて変針しうる機敏さを持つチャンス・マネジメントが必要である。しかしながら既存の企業には現在その企業を支えている主力商品がある。金のなる木としてのその商品の改良やコストダウンは至上命令である。優秀な人材を投入し、多大な資金を投入しなければならない。時間的な余裕はない。手を抜いてはならないこのような状況においては、組織全体として「商品化の場」のマネジメントが趨勢となる。トップがいかにイノベーションの創生に対して理解があろうと、商品化の場のマネジメントは、商品化のための種々のルールや市場からの種々の制約のもとに行われるストレス・マネジメントが基本である。加えて、危険を回避し、失敗を未然に防ぐための種々の施策が行われるリスク・マネジメントが不可欠となる。「商品化の場」は必ず成功しなければならない「場」でもあるからである。結果として、創造的な商品開発に不可欠な「創造の場」のリラックス・マネジメントやチャンス・マネジメントを実施しにくい現象が生じる。既存企業における「商品化の場」は「創造の場」の主演者となりうる人たちの活動を押さえつける結果となる。彼らの多く

は研究や技術の開発は好きだが、商品の製造や経営は得意でない人たちである。既存企業の商品開発マネジメントはこのような矛盾を本質的に抱えている。

一方、いわゆるベンチャー企業は基本的に「商品化の場」のマネジメントを行ってはいない。「創造の場」のマネジメントだけである。目指すのは将来であり、守るべき既存商品の「金のなる木」を持っていないからである。もちろん将来に対する不安はあろう。彼らはいわゆる合理的な根拠が無くても自分の事業に自信を持ち、現状に満足せず不安定な環境を望んでいて、ある意味では社会不適合を起こしている人間である（日本経済新聞 1998/10/14）。しかし彼らにとって「イノベーションとは従来の常識を変革し、新しい常識を作り上げること」である。リスクをチャンスととらえ、そのストレスをリラックスに変えていくメンタリティこそが、ベンチャーのベンチャーたるパーソナリティなのである。逆にベンチャー企業の最大の障害は既存企業と違って成熟した「商品化の場」がなく、それに適した人材を持っていないことである。

既存企業の中にあって「商品化の場」と「創造の場」のマネジメントの矛盾を解決するにはどうしたらいいのであろうか。矛盾は、同じ組織風土の中で「創造の場」と「商品化の場」を両立させようとするところから生まれる。必要なことは「創造の場」を既存の「商品化の場」のパラダイムから明確に分離することである。もしも理解あるトップならば「創造の場」をトップに直結させる組織構造にしてもいい。子会社として分離してもいい。

現在、ニーズが潜在化し、多くの企業が何をすべきかわからないとの状況に陥っている。創造的商品の開発がより有効に行われるためには、商品開発プロセスにおける「創造の場」と「商品化の場」の違いを理解し、それに適した人材とそのマネジメントが不可欠である。「創造の場」は「創造の場」を理解できるマネジャーのもとにマネジメントされなければならない。そのような人材は組織の中に必ず存在する。「創造の場」を構成するメンバーは既存の組織の中から、あるいは他の企業から、「創造の場」に適した者を選び出すことが重要である。自ら提案し事業化に向かっておそれず行動した実績や、実績が無くてもその人物の心理的なパーソナリティ分析によって「創造の場」に適した候補者を選び出すことは可能である。

## 1. はじめに

「失われた10年」という言葉が端的に表すように、光り輝いた1970年代及び1980年代とは対照的に、1990年代は日本経済にとって長期的な停滞の時代であった。バブル崩壊後の長引く不況の中で、多くの日本企業がまた業績低迷にあえいでいる。バブルの崩壊が契機となって、日本企業の業績が低下、低迷しているかのごとくである。それに伴い1980年代に展開された日本の企業システムや経営スタイルに対する極めて高い評価が、1990年代に入って大きな修正を迫られることとなっている。

日本の企業システムや経営スタイルは、現在でさえもうまく機能していると言えるのだろうか。あるいは、もともと日本の企業システムや経営スタイルには本質的な問題があって、1990年代にその問題が顕在化したのだろうか。それとも、1990年代の競争環境の変化によって、それらは機能不全を起こしているのだろうか。

近年の日本企業の業績低迷や競争力の低下に伴い、様々な議論が展開されている。それらの議論は、論者が注目する原因の違いによって、大きくは3つの見方に分けることができるだろう。

第1の見方は、いわゆる「バブル崩壊」以降のマクロ的な経済環境にその主要因を求めるものである。大まかに言えば、「90年前後の金融政策に代表されるマクロ経済政策の失敗により、日本企業の業績低迷が生じた」という因果図式を前提とする見方である。「失われた10年」という言葉に象徴されるように、最も一般に共有されている見方だといってよい。例えば、公定歩合は1989年から1990年にかけて2.5%から6%に段階的ながら急激に引き上げられ、1990年をピークに株価が、1991年には地価が暴落した<sup>1</sup>。橋本（2001）は、バブル崩壊後のキャピタル・ロスが株式と土地の合計で1000兆円を超え、当時のGDPの2年分をゆうに越えたと試算している。しかし、このような急激な金融引締め策は、このとき初めてだったわけではない。二度の石油ショック後の1973年と1979年にはより短期間に公定歩合の急激な引き上げがなされている。このことからしても金融引締め策のみにその原因を求めるのも当然のことながら十分ではない<sup>2</sup>。

第2の見方は、日本企業における制度的慣行にその主要因を求めるものである。そこでは、長期雇用や年功序列的な賃金体系に代表される雇用制度や、株主を軽視する傾向にある企業統治制度といった要因が具体的な問題として挙げられている。いわば、1990年代の競争環境の変化に

<sup>1</sup> 1989年5月31日に公定歩合はそれまでの2.5%から0.75%引き上げられて、3.25%となり、1990年8月30日に6%に引き上げられた(456日間)。

<sup>2</sup> 1973年4月2日時点で5%だった公定歩合は、同年12月22日には9%まで引き上げられた(206日間)。また、1978年3月16日時点で3.5%だった公定歩合は、1980年3月19日には9%まで引き上げられた(337日間)。



よって、日本の企業システムや経営スタイルは前時代的であり、新たな環境に対して機能不全を起こしているという見方である。これら二つの見方は、問題としている要因自体は異なるものの、個々の企業が直接的に統制することが難しい要因に、問題の原点を求める点で共通している。

それに対し、第3の見方は、個々の企業における意思決定や戦略といった企業内部にその主要因を求める見方である。近年、そのような視点から日本企業の問題点を指摘する議論がようやく展開されつつある（延岡，2002；三品，2002；Porter，1996，2000）。本稿では、この第3の見方に立脚することによって、日本企業の業績低下、低迷の問題を検討する。

その理由の一つは、基本的な視点の置き方にある。企業経営を論じる際に、自社が統制不能な要因によって業績低迷がもたらされたとだけ考えるのであれば、経営戦略や組織設計を議論することの意義は、きわめて限定的である。もちろんマクロ政策や制度的要因は企業経営と無関係ではない。しかしながら、外部環境が企業のパフォーマンスを規定するという図式を前提とするのであれば、企業や経営者の主体性を過小評価することになる。実際には、企業や経営者の意思決定は、環境によって制約される側面は否定できないものの、他方で、新たな競争環境を主体的に作り出すという側面も持っている。

また、バブル崩壊後の1990年代初頭に、突如として日本企業の業績は悪化したのではないということをここで強調しておく必要がある。一般的なイメージとは違って、日本企業の業績悪化の兆候はすでに1980年代初頭に見出すことができる。問題のタネは既に蒔かれており、1990年代にそれが顕在化したのである。

本稿では、個別企業（自動車・電機）を対象とした付加価値分析を中心として、日本企業が近年抱える問題に関して議論を展開する。本稿で最終的に主張される結論を先取りすると、次の4点に要約することができる。つまり、

- (1) 個別企業レベルにおいても、橋本(2002)が「利益圧縮メカニズム」と指摘する、労働分配率の上昇が企業の利益を低下させる傾向が観察される。
- (2) その直接的理由は、労働分配率の上昇のみならず、他方で労働生産性が伸び悩んでいることにもその理由がある。
- (3) 労働生産性を分解した2つの指標（一人当たり実質売上高と売上高付加価値率）を経時的に追うと、各社の動きは労働生産性向上について2つの異なる成長パターンに分けることができる。ひとつは付加価値率の低下を規模拡大によって補う形で労働生産性を向上させてきたパターン。もうひとつは、付加価値率を維持・向上し、それと同時に売上規模拡大を実現することによって労働生産性を向上させてきたパターンである。
- (4) 2つの成長パターンの相違は、事業戦略の有効性低下に対する対処方法という、自社の戦略的対応の相違から出現している可能性がある。

## 2. 問題の所在：日本企業全体のパフォーマンス低下

上述の外部環境に主眼を置く2つの見方に立脚することは、単に「見方の違い」だけではなく、

事実関係からも必ずしも妥当ではない。この点について、簡単に検討しておこう。まず、90年代の経済政策に日本企業のパフォーマンス悪化の主要因を求める、第1の見方から確認してみることにしよう。図表1は、製造業・非製造業を含んだ日本企業全体の利益率の推移を示したものである（データは財務省「法人企業統計」）。たしかに、90年代の日本企業全体で見た場合、90年代の絶対的な利益水準は80年代と比べて落ち込んでいる。しかしながら、相対的な水準を示す経営指標で見ると、日本企業のパフォーマンスは90年以前から、変調を来していたことが明らかとなる。

たとえば、日本企業全体で見た場合、経営指標の基本とされるROA（総資本営業利益率）は、はるか以前である60年代から今日に至るまで、上下動を繰り返しながらも、トレンドとしては低下している。また、総資本回転率にしても、1981年を頂点として、1993年まで低下を続け、それ以降は低迷している。図表2は製造業の利益率の推移を示し、図表3は非製造業の利益率の推移を示したものであるが、基本的な傾向に相違はない。つまり、総資本回転率はすでに1981年に低下をはじめ、1990年代初頭にはROS（売上高利益率）も急激に低下したため、結果としてROAが90年代に急低下した。ROAの低下とは、利益額の増加以上に総資本の増加が大きかったことを意味し、総資本回転率の低下とは、売上の増加以上に総資本の増加が大きかったことを意味する。使う資本は増えてもそれ以上のペースで利益や売上が伸びない、そのような兆候がすでに1980年代初頭に見られていたのである。

つまり、一般的な印象とは異なり、90年代の日本企業は、80年代までの状況から一転して、突如おかしくなったわけではないのである。「バブル崩壊」以降、絶対的な利益額が大きく下落したりすることで、日本企業が抱えてきた問題が顕在化したにすぎず、そのタネはじつは以前から蒔かれていた。「バブル崩壊」主要因説は、単純でわかりやすい説明ではあるけれども、表面的な事実を目を奪われた結果のように見える。

第2の「制度的慣行」要因説のうち、企業統治に主眼を向ける議論については、その根拠が薄弱であることは比較的わかりやすい。一つには、三品(2002)が指摘するように、日本企業の間業績格差が存在することを説明し得ないことがある。そもそも、この種の議論において、企業統治システムとパフォーマンスの間の規定関係は、メカニズムとして印象論以上に明確にされることはない。それに対して、雇用制度については、若干の検討の余地がある。日本企業を取り巻く雇用慣行が企業経営に大きな負荷となっていることは、容易に確認できるからである。

この点を顕著に示すものとして、人件費負担の増加を挙げることができる。90年代に入り、日本企業全体において一人当りの付加価値額である労働生産性は停滞している一方で、人件費は増加傾向にあり、労働分配率（総人件費／付加価値）は大幅に上昇している（伊丹ほか、2002）。例えば、法人企業統計によれば、1990年に67%だった労働分配率は、1999年には75%まで上昇している。企業側の取り分である利益は、付加価値から人件費などを引いた残余であることから、付加価値全体が低迷しているのであれば、従業員と企業（日本企業の特徴から、必ずしも株主ではない）の間で、奪い合いになる。そこで、従業員側への分配増大によって、企業側に残る利益が減少してしまう。

労働分配率の上昇による利益率低下という現象は、橋本(2002)によって「利益圧縮メカニズム」と呼ばれている。橋本は、「資本主義システムの根幹にかかわる問題」としてこの現象に着目し、賃下げを含む雇用制度の再検討を提起した。また、実際に日本企業はこの問題への対応策を展開し始めている。たとえば、ベースアップ凍結や成果主義の導入といった雇用慣行をめぐる昨今の動きの多くは、表向きの理由はともあれ、直接的には、各企業が現実的に直面する人件費の負荷の是正を目指したものだといってよい。

付加価値が低迷している状況において、その動きとは無関係のように、従業員に対する分配が行われるのは、たしかに大きな問題である。付加価値の低迷が、マクロ環境の悪化によるもので、個々の企業にとっては与件にすぎないと考えるのであれば、この問題だけに対処すればよい。しかしながら、実現された付加価値の分配だけが、企業経営者が対処すべき問題ではない。個々の企業の存在意義は、インプットから内部で価値を付加することによって、新たなアウトプットを生み出すことにある。この点を前提とすれば、各企業にとって、付加価値の増減は外部環境から与えられる結果というよりも、主体的に解決すべき問題である。また、人件費が付加価値構成項目の中で最大かつ固定的な項目であることは、30年以上にわたり変動していない。むしろ与件であったのは、付加価値全体ではなく人件費である。この点から考えても、90年代に入ってから利益の変動要因を従業員への配分問題のみに還元しようとする見方や政策は、妥当ではないだろう。

そこで、以下で焦点を当てるのは、労働分配率の分子である従業員への分配でなく、分母である付加価値の問題である。付加価値は、個々の企業にとって本当に統制不能な与件なのだろうか。個別企業の問題に帰することができるのであれば、どこに課題があるのだろうか。以下では、電機と自動車という日本経済を牽引してきた2大産業を対象として、各企業の動向を具体的にみることで、これらの問題を検討していきたい。

### 3. 自動車・電機産業の分析

#### 3.1 自動車・電機企業の概況

ここでの分析対象は、自動車（乗用車を中心）8社（対象年度の途中から上場した三菱自動車工業を除く）と電機11社の1970年度から1999年度の単独決算である。連結ではなく単独データを扱う理由は、長期にわたる傾向を観察するためである。また、決算期の変更時には必要に応じて年率換算を施し、データを実質化する際には90年基準のGDPデフレーターを用いている。

まず各社の実質付加価値総額を年代別に見ていくと、全体的には増加傾向にあったことがわかる。自動車では、90年代に大幅な赤字決算を記録した日産自動車、マツダ、富士重工業の3社のみが付加価値を減らしており、電機では日立製作所が80年代から90年代にかけてほぼ横這いであるが、残りの企業は総額ベースでは増加している。

他方、営業利益（実質換算総額）を見てみると、様相は変わってくる。80年代から90年代にかけて総額が、自動車では増加した企業と減少した企業が4社ずつになっており、電機ではシャープとキヤノンを除く9社が減少している。90年代の日本企業に対する一般的なイメージに近

いのは、この営業利益の動向であろう。

付加価値総額が増加しているのに対して、営業利益総額が減少傾向にある。この点は、「制度的慣行」要因説に従えば、「利益圧縮メカニズム」が機能したためということになる。実際に、各社の労働分配率を見てみると、企業ごとに傾向は異なるものの、90年代に入って労働分配率が増加する傾向にある。自動車では、スズキを除くすべての企業で労働分配率は増加している。トヨタ自動車は絶対的には低い水準にあるが、それでも90年代には10%近く増加している。電機でも、キヤノンと沖電気を除くすべての企業において、労働分配率は増加している。

それでは、利益の減少は、ヒトへの配分が「過剰」に行われた結果からもたらされており、まず是正すべきなのは、この点だと考えてよいのだろうか。この問題を考えるために、労働（付加価値）生産性を見ておこう。労働生産性とは、付加価値総額を従業員数で割った値である。ここでは、年代別の動向を見るために、デフレーターで実質化した上で、算術平均をとっている。この結果からは、全般として、労働生産性自体は必ずしも悪化しておらず、上昇傾向にある企業が少なくないことがわかる。自動車では、90年代に大幅に業績を悪化させた日産、マツダ、富士重工と、90年代前半の業績が過去と比べて芳しくなかったトヨタが低下させているが、残りの4社は上昇している。また、トヨタは、もともとの絶対値が高いことに加えて、小幅の低下にとどまっている。電機に至っては、松下電器を除いては、上昇基調にある。

この労働生産性の動向からいえるのは、個々の従業員がもたらす付加価値自体はそれほど低下しておらず、意外に多くの企業において、増加傾向も見受けられることである。労働生産性は様々な要因によって変動するために、従業員の貢献度合いを直接示すわけではないけれども、この指標を見る限りでは、利益低下の原因である「従業員悪玉説」が必ずしも支持されないのである。とりわけ電機については、営業利益の動向に表れているように、90年代に業績を悪化させている企業が多く見受けられるにもかかわらず、労働生産性は増加傾向にある。この点は、もう少し検討する余地がある。

### 3.2 売上高付加価値率と一人あたり売上高の動きで見た企業間の差異

労働生産性の動向について、付加価値率と一人あたり売上高という二つの指標から、さらに分析を進めていく。この二つの指標を見る理由は、労働生産性（付加価値／従業員数）が付加価値率（付加価値／売上高）と一人あたり売上高（売上高／従業員数）の積だということにある。つまり、ヒトという側面から見た場合に、付加価値率と一人あたり売上高という二つの要因によって、労働生産性は影響を受ける。

ここでは、付加価値率を横軸に、一人あたり売上高を縦軸にとり、各企業における30年間(70年度から99年度)の推移を見てみることにする。二つの指標の積が労働生産性になることから、ある点とそのX座標、Y座標、ならびに原点の4点から構成される長方形の面積が労働生産性を表すことになる。したがって、2時点間の労働生産性の増減は、それぞれの長方形の面積の差によって示される。

この図を各社について描いた場合、企業間の差が明確に現れる。労働生産性が低下している場

合はもちろんのこと、労働生産性が上昇している場合でも、その要因が企業間で異なるのである。たとえば、図表4には、松下電器、ソニー、シャープ、三洋電機の家電4社のグラフが描かれている。ここで、松下は蛇行しながらも、大きくは左上に向けて点が移動している。つまり、松下では、基本的には付加価値率が上昇することなく、一人あたり売上高を上げる方向で、推移している。ソニーも、多少は付加価値率の上下動がありながらも、松下に似た左上への動きを見せている。それに対して、シャープは右上、つまり付加価値率の上昇と一人あたり売上高の双方を上げる方向に推移している。分社化政策の関係からか、一人あたり売上高は松下やソニーほどは高くないものの、傾向として横軸に関して逆の動きをしているのである。三洋は少し異なり、80年代中頃に東京三洋を合併した際に付加価値率が上昇した後は、基本的には付加価値率を維持しながら、縦軸方向に垂直移動に近い形で移動している。通信系で松下やソニーに近い動きを見せるのは、日本電気と富士通である。また、日立、東芝、三菱電機の総合電機3社は、90年代半ばまでは緩やかに、90年代後半には大きく、左上方向に付加価値率を下げ的方向に向かっている。

自動車でも、同様の動きが見受けられる(図表5参照)。大手4社のうち、松下やソニーに似た動きをするのは、日産とマツダである。それに対し、トヨタと本田の動きは異なる。トヨタは基本的には垂直移動をしており、90年代前半の不調期に付加価値率を落とすが、90年代後半には再度付加価値率を上げている。また、本田は80年頃までは左上方向に向かっていたが、80年代には一定の付加価値率で上下動を繰り返し、90年代後半からはシャープと同様に、右上に進んでいる。

これらをまとめると、この図上でのポジティブな動きというのが、大きくは2つのパターンに分けられることになる。一つは、右上方向、つまり2つの指標のいずれも上げる動きである。第二に、一人あたり売上高を上げながら、付加価値率を漸減していく左上方向への動きである。この他に、トヨタのように、付加価値率を一定として、上に上昇させる動きもある。ただし、付加価値率がある程度の期間にわたり一定であるということは、その維持に向けた企業活動が有効に機能していることが考えられることから、第一の右上方向への動きにより近いパターンを描いていると考えることができる。

### 3.3 事業戦略の有効性と事業活動の効率性

以上から、ヒトの側面から労働生産性を構成する付加価値率と一人あたり売上高の変動に関して、異なる2つのパターンが観察されることが、わかった。これらのパターンが示唆する問題を分析するために、まずは付加価値率と一人あたり売上高が持つ意味をそれぞれ考えておきたい。

付加価値率とは、定義から、自社が販売する財・サービスのうち、自社の事業活動で付加される要素の割合を金銭的価値で示したものである。自社の事業活動が一員として参加する一連の「価値連鎖(value chain)」(Porter, 1985; Grant, 1998)において、自社が占める割合だと言い換えることもできる。そのために、付加価値率が高いということは、第一に垂直統合の度合いを示すことになる(Barney, 1997)。垂直統合によって自社の事業範囲が広ければ、それだけ付加価値率は上

昇することになる。

その一方で、自社が獲得する金銭的な付加価値は垂直統合の高低だけから、規定されるわけではない。競争戦略論が一般に示唆するように、一連の価値連鎖で生じた付加価値をどの事業主体がどれだけ獲得するのは、産業構造ないし資源の独自性の有無から生じる交渉力によっても、大きく左右される。つまり、垂直統合度と独立という意味で狭義の競争戦略が有効に機能することでも、付加価値率は上昇することになる。

垂直統合と狭義の競争戦略の有効性という一見異なる二つの側面をまとめると、付加価値率とは、事業活動における当該企業の「支配性」を示していることになる。また、付加価値率が垂直統合と事業戦略を通じた「支配性」を示していることになると、この指標は当該企業の「事業システム」(加護野, 1999) と呼ばれる、より広義でかつ本質的な事業戦略の有効性を代理していることにもなる。「どのような事業領域を設定して、そこでいかなる方法で事業活動を展開するのか」という戦略的発想に基づいて実現された結果が、付加価値率として現れるからである。

他方、一人あたり売上高は、直接的にはヒトの側面から見た事業活動の効率性の指標としてとらえることができる。厳密な意味で物的生産性を扱うには、売上高ではなく生産数量を基準とする指標から考察するのが望ましいのかもしれない。しかし、分析対象となる企業は純粋に単一製品を生産・販売していないために、正確な数量を測定できないことから、ここでは一人あたり売上高で代理することになる。

横軸の付加価値率が広義の事業戦略の有効性を、縦軸の一人あたり売上高がヒトの面での事業活動の効率性をそれぞれ代理するのであれば、図上を右上方向に移動するパターンは事業戦略が有効に機能すると共に、内部での効率化も進められているという、企業にとって望ましい状況が生じているといえる。その一方で、左上方向に移動するパターンは、内部での効率化は進められている一方で、従来の事業戦略の有効性が継続的に低下している状況だということになる。つまり、以上のように変数を解釈すると、左上方向への移動が長期間にわたり生じているのであれば、当該企業は事業活動において大きな問題を抱える状況にあると言える。事業戦略の有効性低下に対して手を打たないままに、効率化のみが図られているからである。

左上方向への移動でも特に問題なのは、事業戦略の有効性低下が大きな問題が生じつつあることを認識しながらも、効率化によって代替的に問題を解決しようとしている場合である。効率化は事業戦略と連動して実現することも可能であり、それが望ましいであろう。その一方で、戦略と切り離して、組織内部だけの問題としても処理可能である。たとえば、それまで10人で行っていた作業を7人でまかなうといったことは、戦略的な必然性を伴わずとも実行できる。このような場合、「効率化のための効率化」によって、根本的な問題の原因に手を付けることなく、迂回的な解決を図ろうとすることになる。

組織内部の問題として処理される効率化は、必ずしも企業が完全に統制できない事業戦略の再構築よりも、一般にははるかに簡単に展開可能である。したがって、まずは組織内部の効率化から着手しようとする状況は、容易に想像できる。しかも、組織内部での効率化は、事業活動の展開において必要なものでもある。



しかしながら、事業戦略の再構築を実現することなく、効率化で代替しようとする方策は、長期間にわたりその有効性を持続できるわけではない。当然のことながら、企業が事業活動を展開する理由は、財・サービスを外部に販売するためであり、その方法が事業戦略である。事業戦略と連動することなく、内部の効率化を推し進めていけば、本来解決すべき問題は解消されぬまま、過剰在庫を抱えたり、縮小均衡に陥ったりといった形で、限界に突き当たることになる。

左上方向に移動している企業を具体的に見てみると、この推論が的外れではないことが、理解できるだろう。自動車産業で言えば、外資導入以降の日産やマツダが取り組み、苦闘しているのは、専ら事業戦略の再構築である。電機産業でも、同様の現象が推察できる。松下電器では、強力な流通網などを背景とする従来の事業戦略の有効性が長年低下していながら、根本的な問題解決には至っていないとされる。その結果、近年では左上方向から左下方向へと向かう、効率化の限界を示すような、企業の動きとしては最悪のパターンさえ見受けられる。ソニーでも、見かけの戦略的展開の派手さとは異なり、主力製品であるAV機器の収益性低下が大きな問題だとされる。同社は新たな時代の事業戦略を模索しているものの、それが収益に貢献するほどの再構築に結びついていないようである。

#### 4. まとめ：戦略再構築の必要性

前節までの分析から、日本企業の苦境は事業戦略の再構築を十分に実現できていないことから生じていることが、明らかになった。もちろん外部環境が安定的で良好であることにこしたことはない。しかし、すべての企業が一律に苦況に陥っているわけではなく、厳しい外部環境の中でも、優れたパフォーマンスを実現している日本企業も存在している。例えば、多くのエレクトロニクスメーカーが業績低迷にあえぐ中で、キヤノンやロームは好業績を維持している一例である。これらの企業は、一人当たり売上高を伸ばすとともに、売上高付加価値率を維持・上昇させている。多くの企業にとって主体的に解決すべき課題は残されているのである。環境要因の変動も含めて直面する解決を図る責務は、企業側にある。

その一方で、企業は外部環境の悪化を傍観しているわけでもない。多くの日本企業の問題は、主体的な努力をしないことではなく、それが過度に効率化に向けられている点にあるようなのである。この点で、日本企業は効率志向が強すぎ、戦略的思考が希薄だとするPorter(1997)の指摘は、あながち間違いではない。

ただし、なぜ効率志向を追求しがちなのかという問題に関しては、もう少し検討が必要であろう。「利益圧縮メカニズム」の解消という問題は、制度的な外部環境の問題だけではなく、実現した成果をステイクホルダー間でいかに分配するかという問題でもある。そこでは、「パイ」を自力でいかに獲得するかという問題意識は希薄である。これ以外にも、雇用をはじめとするヒトにかかわる問題が議論され、実際に様々な取り組みがなされている。しかし、先に見た効率化の限界に端的に見られるように、組織内部での問題解決は苦境からの脱出の一時的な手段にはなるが、根本的な問題解決につながるわけではないのである。優れた戦略とは、単なる効率化追求のみでも、事業戦略の有効性確保のみでもない。たしかに、双方は短期的にはトレードオフの関係

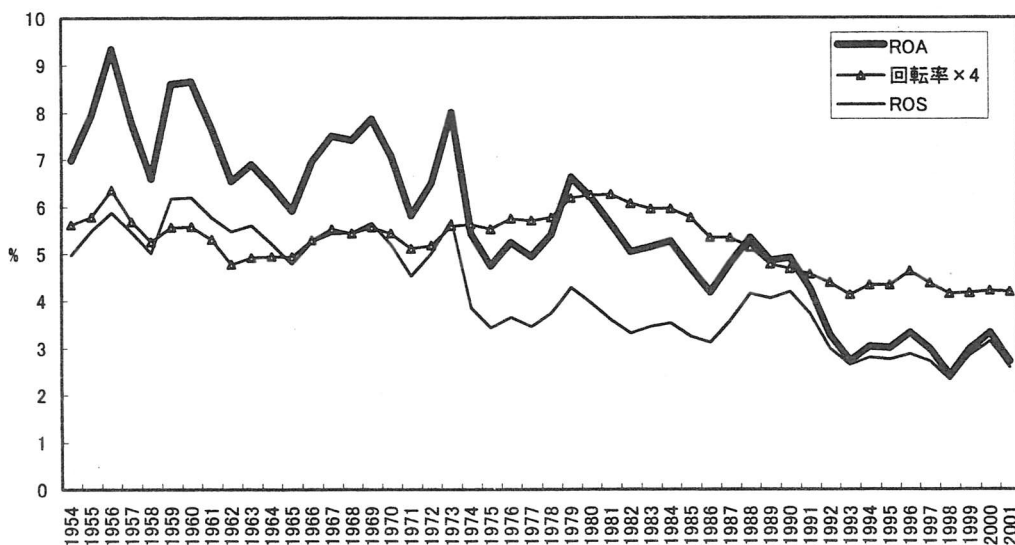
にありうるものの、長期的には双方を同時に実現していくものであると思われる。

戦略の再構築を押し進める上で、現時点で必要とされているのは、事業戦略の有効性に眼を向けることであり、効率化追求によって蓄積された経営資源をいかに事業戦略の有効性確保にどのように活かすべきか、という点にあると考えられる。

図表1 日本企業(全産業)の利益率の推移

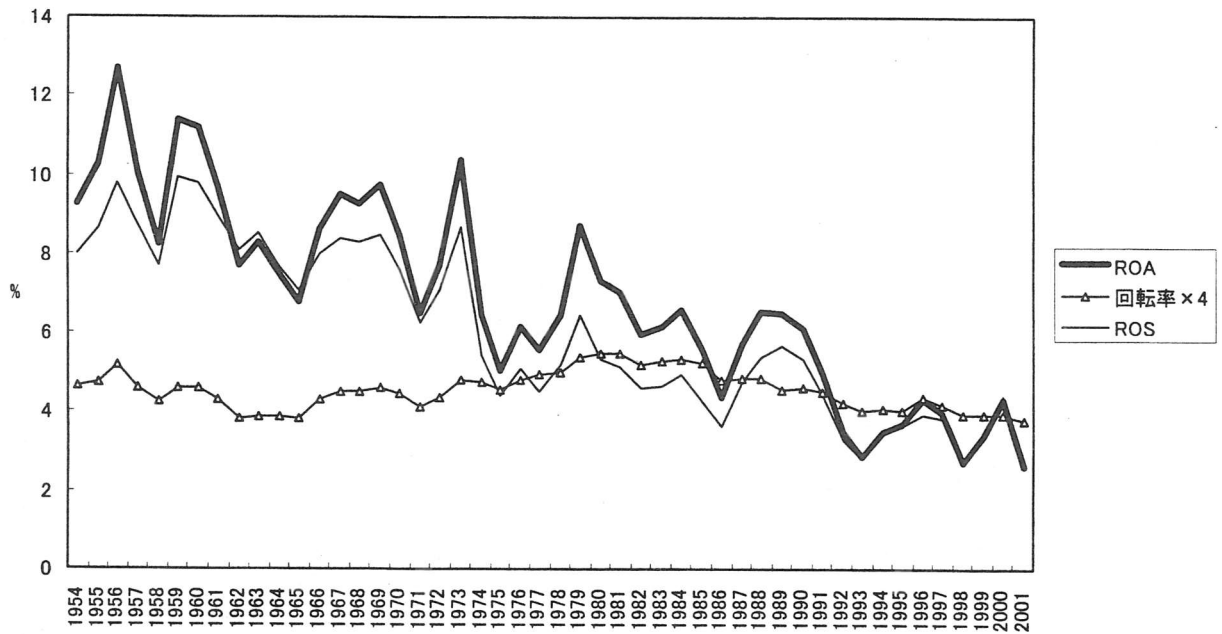
出所:財務省「法人企業統計」

ROA: 総資産営業利益率 ROS: 売上高営業利益率

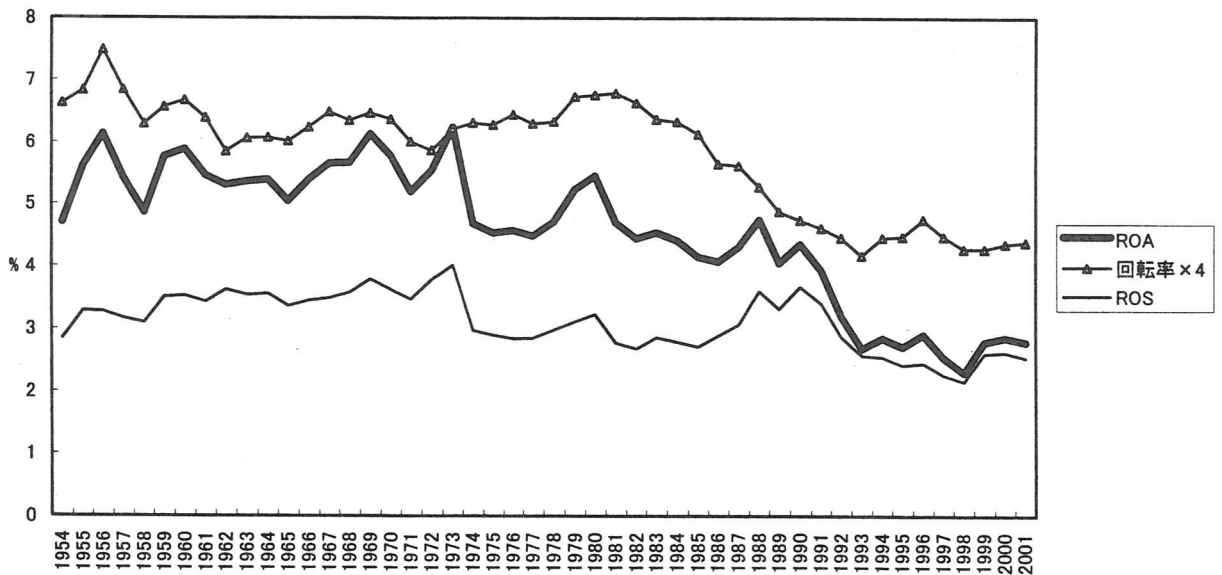




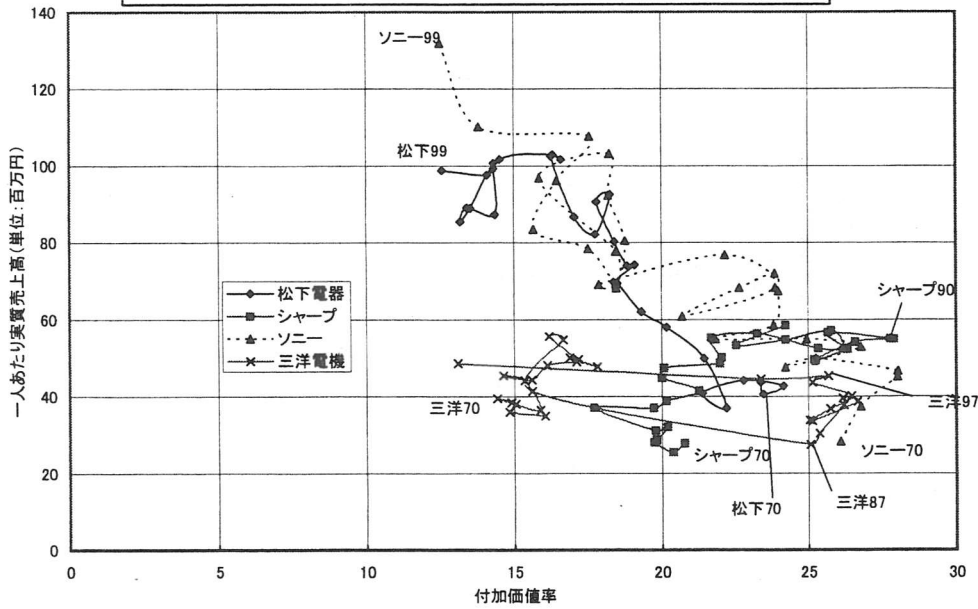
図表2 日本企業(製造業)の利益率の推移  
出所:図表1に同じ



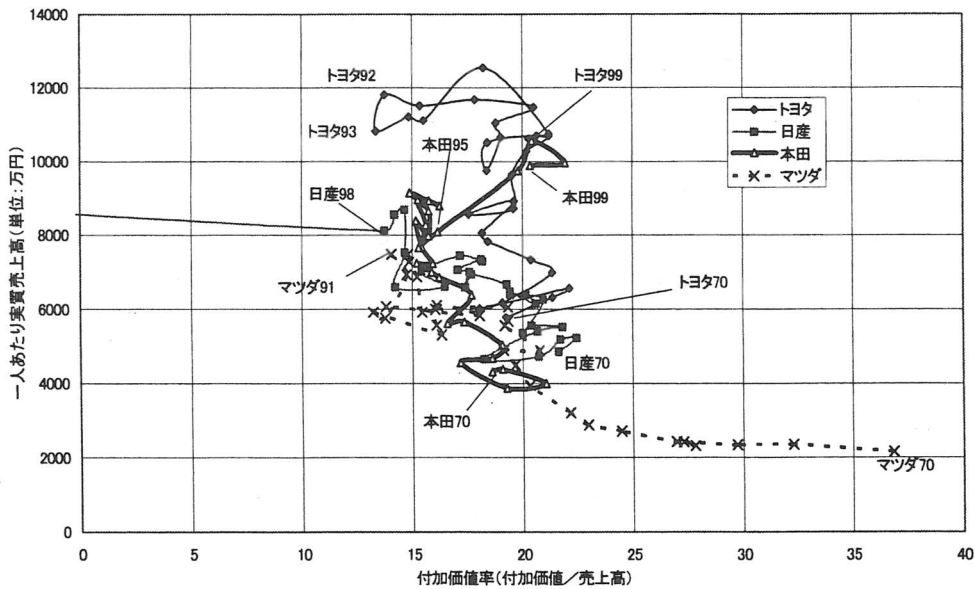
図表3 日本企業(非製造業)の利益率の推移  
出所:図表1に同じ



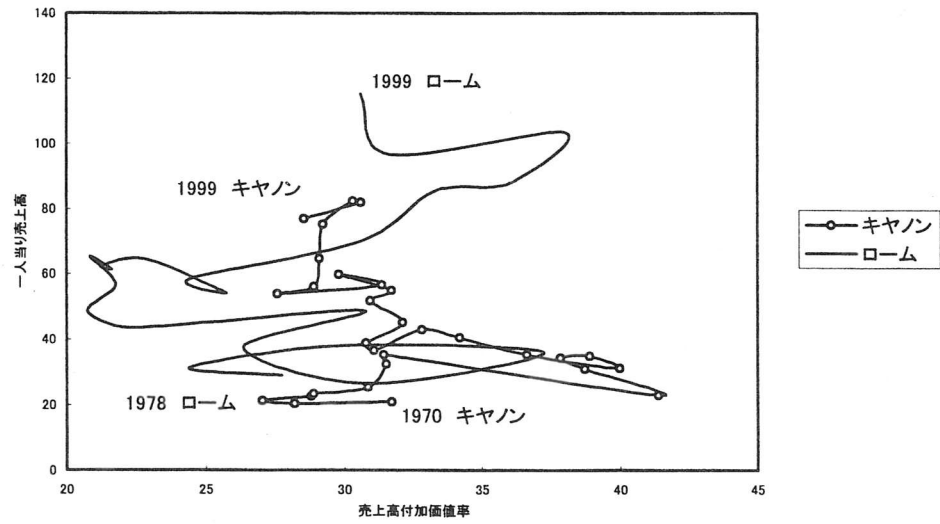
図表4 家電4社 付加価値率×一人当たり売上高(1970-1999)



図表5 自動車大手4社 付加価値率×一人当たり売上高(1970-1999)



図表6 キヤノンとローム



参考文献

Barney, J. B. (1996) *Gaining and Sustaining Competitive Advantage*. Addison-Wesley.

Grant, R. M. (1998) *Contemporary Strategy Analysis (3rd ed.)* Blackwell.

橋本寿朗(2002)『デフレの進行をどう読むか』岩波書店.

伊丹敬之・一橋 MBA 戦略ワークショップ(2002)『企業戦略白書 I』東洋経済新報社.

加護野忠男(1999)『<競争優位>のシステム』PHP 研究所.

軽部大・加藤俊彦(2002)「日本企業の『戦略』再考」2003 年度組織学会年次大会

三品和広(2002)「企業戦略の不全症」『一橋ビジネスレビュー』50 巻 1 号.

延岡健太郎「日本企業の戦略的意思決定能力と競争力」『一橋ビジネスレビュー』50 巻 1 号 東洋経済新報社 24-39 頁 2002 年夏号

Porter, M. (1985) *Competitive Advantage*. Free Press.

Porter, M. (1996) "What is Strategy?" *Harvard Business Review*. November-December.

Porter, M. (2000) *Can Japan Compete?* Palgrave Macmillan.

## 経済経営研究目録

(昭和 55 年 7 月より平成 15 年 3 月まで)

巻・号 (掲載年月)

### ◇経済一般理論・実証◇

今後のエネルギー価格と成長径路の選択	VOL. 1-1 (55. 7)
—期待されるエネルギーから資本への代替—	
貯蓄のライフ・サイクル仮説とその検証	VOL. 2-3 (57. 1)
為替レートのミスアラインメントと日米製造業の国際競争力	VOL. 9-1 (63. 7)
レーガノミックスの乗数分析	VOL. 10-1 (1. 5)
日米独製造業の国際競争力比較	VOL. 12-1 (3. 6)
—実質実効為替レートを利用した要因分析—	
現金収支分析の新技法	VOL. 16-3 (7. 11)
日米経済と国際競争	VOL. 20-4 (12. 3)
経済の情報化と IT の経済効果	VOL. 22-1 (13. 11)

### ◇設備投資◇

設備投資研究'80	VOL. 2-2 (56. 7)
—投資行動分析の新しい視角—	
時系列モデルの更新投資への適用	VOL. 3-2 (57. 7)
税制と設備投資	VOL. 3-3 (57. 7)
—調整費用、合理的期待形成を含む投資関数による推定—	
設備投資研究'81	VOL. 3-4 (57. 7)
—研究開発投資の経済的効果—	
投資促進施策の諸類型とその効果分析	VOL. 4-1 (58. 7)
設備投資研究'82	VOL. 4-2 (58. 7)
—調整過程における新たな企業行動—	
設備投資研究'84	VOL. 5-1 (59. 7)
—変貌する研究開発投資と設備投資—	
設備投資研究'85	VOL. 6-4 (60. 9)
—主要国の設備投資とわが国における R&D 投資の構造的特色—	
設備投資の決定要因	VOL. 6-5 (61. 3)
—各理論の実証比較と VAR モデルの適用—	

設備の償却率について	VOL. 9-3 (63. 9)
-わが国建設機械の計測例-	
我が国の設備機器リース	VOL. 9-5 (1. 3)
-その特性と成長要因-	
土地評価とトービンの $q$ /Multiple $q$ の計測	VOL. 10-3 (1. 10)
設備投資と資金調達	VOL. 11-4 (3. 2)
-連立方程式モデルによる推計-	
大都市圏私鉄の設備投資について	VOL. 12-3 (3. 8)
鉄道運賃・収支と設備投資	VOL. 13-2 (4. 7)
大都市私鉄の投資と公的助成	VOL. 14-1 (5. 4)
-地方鉄道補助法とその評価-	
大都市私鉄の運賃改定とその過程の研究	VOL. 15-1 (6. 12)
-1945~1965年-	
大都市私鉄の運賃改定とその過程の研究	VOL. 16-2 (7. 11)
-1966~1984年-	
大都市私鉄の運賃改定とその過程の研究	VOL. 16-6 (8. 1)
-1985~1995年-	

◇金融・財政◇

資本市場に於ける企業の資金調達	VOL. 1-2 (55. 10)
-発行制度と資金コスト-	
債券格付に関する研究	VOL. 2-1 (56. 7)
金融市場の理論的考察	VOL. 5-2 (59. 7)
アメリカの公的金融	VOL. 6-1 (60. 7)
-フェデラル・ファイナンス・バンクと住宅金融-	
西ドイツの金融自由化と銀行収益および金融制度の安定	VOL. 6-2 (60. 7)
西ドイツの公的金融	
-その規模と特徴-	
アメリカの金融自由化と預金保険制度	VOL. 6-3 (60. 6)
アメリカの金融システムの特徴と規制緩和	VOL. 7-1 (61. 10)
クラウドディング・アウトについての研究	VOL. 8-1 (62. 11)
-国債発行の国内貯蓄および金融仲介への影響-	

公的部門の金融活動	VOL. 9-4 (63. 10)
-米国での動きとわが国との対比-	
金融構造の変化について	VOL. 10-2 (1. 8)
貯蓄・投資と金利機能	VOL. 11-1 (2. 6)
資産価格変動とマクロ経済構造	VOL. 11-2 (2. 7)
Asset Bubble のミクロ的基礎	VOL. 11-3 (2. 12)
メインバンクの実証分析	VOL. 12-4 (4. 3)
アメリカの金融制度改革における銀行隔離論	VOL. 13-1 (4. 6)
国際機関投資家の新潮流	VOL. 16-4 (7. 9)
なぜ日本は深刻な金融危機を迎えたのか	VOL. 19-1 (10. 9)
-ガバナンス構造の展望-	
アメリカ連邦政府の行政改革	VOL. 20-1 (11. 6)
-GPRA を中心にして-	
ドル・ペッグ下における金融危機と通貨危機	VOL. 20-3 (11. 8)
メインバンク関係は企業経営の効率化に貢献したか	VOL. 21-1 (12. 8)
-製造業に関する実証研究-	
非対称情報下の投資と資金調達	VOL. 23-3 (15. 2)
-負債満期の選択-	
-投資非効率と企業の規模-	
 ◇資源・環境◇	
エネルギー問題に関する理論および実証のサーベイ	VOL. 1-3 (56. 2)
 ◇会計・企業・財務◇	
ビジネス・リスクと資本構成	VOL. 3-1 (57. 4)
企業における情報行動の分析	VOL. 7-2 (62. 3)
-職場における情報行動に関する調査報告-	
日本主要企業の資本構成	VOL. 12-2 (3. 7)
企業のリストラクチャリングについて	VOL. 16-1 (7. 5)
日米医療 NPO (非営利組織) の経済分析	VOL. 17-2 (9. 3)
連結決算 20 年のデータで見る日本企業の資本収益性低下	VOL. 18-2 (10. 3)
バブル崩壊後の企業財務の推移と課題	VOL. 18-3 (10. 3)

## 利益操作の研究

－不当な財務報告に関する考察－ VOL. 23-4 (15. 2)

## 日本の製造業

－長期データに基づく収益力の再検証－ VOL. 23-5 (15. 3)

商法改正後の新しいコーポレート・ガバナンスと企業経営 VOL. 23-6 (15. 3)

－社外取締役、監査役会など米国型機構、従来型機構の検討を中心として－

## ◇産業構造・労働◇

産業調整問題に関する理論および実証 VOL. 3-5 (57. 8)

日本の労働市場と失業 VOL. 9-2 (63. 8)

－ミスマッチと女子労働供給の実証分析－

戦間期日本における農工間賃金格差 VOL. 19-3 (10. 12)

偏向的技術進歩と日本製造業の雇用・賃金 VOL. 20-2 (11. 6)

－コンピュータ投資にみる技術進歩の影響－

グローバル化と労働市場 VOL. 21-2 (12. 11)

－日本の製造業のケース－

貿易と雇用 VOL. 23-1 (14. 11)

－グローバル化の産業と地域への影響－

我が国製造業の打開策を探る VOL. 23-2 (14. 11)

－プロダクション・ニューパラダイム研究会報告書－

我が国の半導体産業とイノベーション VOL. 23-7 (15. 3)

－イノベーション経営研究会報告書－

## ◇地域政策◇

首都圏を中心としたハイテクゾーンの現状と将来 VOL. 6-6 (61. 3)

新しい町づくりの試みサステイナブル・コミュニティ VOL. 16-5 (7. 10)

－真のベター・クオリティ・オブ・ライフを求めて－

アジアにおける地域の国際ネットワーク化試論 VOL. 17-1 (9. 3)

－ネットワークの理論的考察とその応用としてのアジア重層ネットワーク構想－

地域間所得移転と経済成長 VOL. 18-1 (10. 3)

地域・目的別社会資本ストックの経済効果 VOL. 19-2 (10. 11)

－公共投資の最適配分に関する実証的分析－