

No.69

July 11, 1997



# Information

---

「グローバル化時代の科学技術立国」  
—電子・通信産業の立場から—

日本工学アカデミー情報専門部会研究開発空洞化対策WG

---

日本工学アカデミー

THE ENGINEERING ACADEMY OF JAPAN

(要旨)

## 『グローバル化時代の科学技術立国』

### —電子・通信産業の立場から—

世界の産業活動のグローバル化、ボーダレス化の影響を受けて、日本の製造業の海外進出が活発となり、国内生産が海外生産に振り変わる産業空洞化現象が顕在化しつつある。このような背景の中で製造部門に引き続き研究開発の海外進出も積極的に進められており、研究開発分野にもボーダレス化の波が押し寄せ始めている。第16期電子・通信工学研連では、研究開発の海外進出が研究開発の空洞化に結び付き、日本の将来の科学技術の基盤に重大な影響を与えるのではないかという危機感から、「グローバル化時代の科学技術立国」を今期のテーマとして取り上げ、検討を行った。

具体的な問題へのアプローチの方法として、第1ステップとして、全産業を対象に研究開発拠点の海外進出現象を分析して、その全体像の把握につとめた。第2ステップとして、本研連に関連する「半導体・コンピュータ産業」を取り上げ、アンケート調査をベースに、「グローバル化時代の科学技術立国」の問題点を整理し、その主要課題として、①日本国内技術者の雇用確保、②日本国内での研究開発環境整備の2点を取り上げた。さらに、この課題に対する対策の基本的考え方は、①国際的な競争力を有する成長産業の育成、②国際的に魅力ある研究開発環境の整備の2点であるとの結論に達した。

国際的な競争力を有する成長産業の育成に対する課題については、情報産業分野では、産業規模、日本の産業の方向性、社会ニーズとの合致等の観点から、「マルチメディア産業」を選定した。雇用吸収力確保の観点から「マルチメディア産業」に対する人的および資金のリソースの拡大と集中が必要であることを提言とした。さらに、研究開発グローバル化の問題点である「研究開発のニーズに密着した部分（上流工程）およびソフトウェア研究開発」を日本国内に呼び戻し、デファクト標準を提案し、メガコンペティションに生き残るための技術戦略として「非言語技術に焦点を当てた研究開発」を示した。

また、国際的に魅力ある研究開発環境の整備の課題に対しては、まず低廉な料金で使用できる高速高機能な「研究情報ネットワーク」を国の公的支援のもとで、民間主導で早期に構築することを提言している。さらに、このネットワークを国外にも接続または拡張し、世界的なマルチメディア・サービスのテストベッドを目指した展開を図ることを提言とした。

「グローバル化時代の科学技術立国」を実現するためには、上記のネットワークだけではなく、研究開発をリードし、かつ国際的に通用する人材の育成、および日本の産業に活発なダイナミズムを与える社会の変革も必要である。「創造性」が豊かで強烈な「個性」を有する問題発掘型の人材育成の観点から、「教育／大学の改革」の章を起こして人材育成に必要な項目を提起した。さらに、「社会の変革」については、ネットワーク社会を実現する観点からの規制撤廃（緩和）および人材の流動化の施策についても提言した。

このように、本テーマは研究開発だけでなく、産業、社会構造、教育問題、規制等広範囲な分野に関連し、最終的には社会全体の国際化の議論に到達する。すなわち、今後のグローバル化時代の中で日本の研究開発が発展を維持していくためには、社会全体の国際化が必須な条件であることを示している。今回の提言が踏台となり、21世紀のグローバル化時代の新たな日本像を目指して、この問題に対する検討のさらなる展開を期待するものである。

# 目 次

## グローバル化時代の科学技術立国 ―電子・通信産業の立場―

1. はじめに .....	1
2. 半導体・コンピュータ産業のグローバル化の調査 .....	1
2.1 製造部門の海外進出 .....	1
2.2 研究開発の海外進出 .....	2
3. グローバル化の問題認識 .....	2
3.1 研究開発グローバル化の問題認識 .....	2
3.2 国内技術者雇用確保の量的問題認識 .....	2
3.3 日本の研究開発の質的問題認識 .....	3
3.4 グローバル化時代において国内研究開発ポテンシャルを維持・向上させるための課題 .....	3
4. 情報通信産業の発展と研究開発 .....	3
4.1 マルチメディア産業育成 .....	3
4.2 情報通信産業の雇用規模 .....	4
4.3 リソースの拡大と集中 .....	4
5. 世界的競争力を実現するための研究戦略 .....	4
5.1 非言語技術に焦点を当てた戦略的研究開発 .....	4
5.2 研究情報ネットワーク整備 .....	5
6. 教育／大学の改革 .....	6
7. 社会の変革 .....	7
7.1 規制撤廃（緩和） .....	7
7.2 雇用流動化の促進と活用 .....	8
8. まとめ .....	8
〈参考資料1〉	
研究開発の海外展開に関する調査報告書（半導体コンピュータ関連） .....	12
〈参考資料2〉	
国内電子産業の技術系・研究系雇用に関する基本検討 .....	33

# 「グローバル化時代の科学技術立国」

## —電子・通信産業の立場から—

情報専門部会研究開発空洞化対策WG

### 1. はじめに

世界の産業活動のグローバル化、ボーダレス化の影響を受けて、日本の製造業の海外進出が活発となり、国内生産が海外生産に振り変わる産業空洞化現象が顕在化しつつある。このような背景の中で製造部門に引き続き研究開発の海外進出も積極的に進められており、研究開発分野にもボーダレス化の波が押し寄せ始めている。情報専門部会では、研究開発の海外進出が研究開発の空洞化に結び付き、日本の将来の科学技術の基盤に重大な影響を与えるのではないかという危機感から、日本学術会議 電子・通信工学研連と協力して、「グローバル化時代の科学技術立国」を今期のテーマとして取り上げ検討を行った。

具体的な問題へのアプローチの方法として、第1ステップとして、全産業を対象に研究開発拠点の海外進出現象を分析して、その全体像の把握につとめた<sup>(1)</sup>。第2ステップとして、情報専門部会に関連する「半導体・コンピュータ産業」を取り上げ、アンケート調査をベースに、「グローバル化時代の科学技術立国」の問題点を整理し、その課題として、①日本国内技術者の雇用確保、②日本国内での研究開発環境整備を取り上げた。さらに、この課題に対する検討プロセスの中で、その基本的考え方は、①国際的な競争力を有する産業の育成、②国際的に魅力ある研究開発環境の整備との2点であるとの認識に達した。

本報告は、上記の基本的な考え方の具体化を試みたもので、電子・通信産業分野の立場から、世界的な競争力を有する産業として「マルチメディア産業」を選定し、本産業がメガコンペティションに生き残るための技術として「非言語技術に焦点をあてた研究開発戦略」の提案を示している。さらに、研究開発環境の国際化に関連しては、「研究情報ネットワーク整備」、「人材育成の観点から

の教育改革」、海外に比較して魅力ある条件の整備の観点から「規制撤廃（緩和）等を考慮した社会の変革」について提案している。

上記に示すように、「グローバル化時代の科学技術立国」のテーマは、電子・通信工学の技術論では収まらず、日本の産業、社会構造、教育問題、規制等に関連する社会変革にまで波及し、情報専門部会の専門領域を大幅に越えたものとなった。このため、現在までの検討結果を一試案の形で提言をまとめることにした。我々としてはこの試案を踏台とした、この問題に対する検討のさらなる展開を期待するものである。

### 2. 半導体・コンピュータ産業のグローバル化の調査

電子・通信産業のグローバル化の基本的な傾向を明らかにするために、日本の電子・通信産業／技術を牽引しているコンピュータ・半導体会社の主要10社および主要10大学にアンケート調査をした。以下に電子・通信工学分野の特徴を示す。

#### 2.1 製造部門の海外進出

・半導体及びコンピュータ産業の海外生産比率の平均値は約25%であり、この値は全製造業平均の約2倍であり、グローバル化がより進展していることがわかる（図1）。

・半導体産業については製造は国内、海外に分布しており、半導体の海外生産はMOSメモリーやMOSマイクロにおいて顕著であり海外生産比率50%以上に達する社もある。また、コンピュータ産業では、在来製品であるメインフレームは生産も研究開発も殆ど国内で行われているが、パソコンについては海外生産比率が50%に達する企業もある。

## 2.2 研究開発の海外進出

・半導体及びコンピュータ産業の研究開発の海外進出比率（要員または研究開発費）は現状（96年度）で平均値は約5%、5年後の2000年にはほぼ倍増の9%になると予想されている（図2）。

（「平成7年度 民間企業の研究活動に関する調査」<sup>(2)</sup>によれば、全産業の研究開発拠点の海外進出比率（企業数）は、全産業の平均は約18%であるが、電子・通信分野では約31%となり、研究開発拠点についても、平均以上にグローバル化していることがわかる（図3）。）

・半導体産業の製造に関わる事業活動は国内、海外に分布しており、これを現場で支援する生産密着型の技術開発は事業所に付随する形で現地化している。また、ASIC用CAD（自動設計）に代表される研究開発のニーズに密着した部分（上流工程）を海外に進出させる動きが生じている。

・コンピュータ産業は、在来製品であるメインフレームは生産と同様に研究開発も殆どが国内で行われているが、パソコンについては、研究開発の海外進出率が50%に達する例もある。

・新技術分野（新デバイス開発、認識技術、情報圧縮技術等）については、製造が開始されていないにも関わらず、現在10%程度の研究開発が海外で実施されており、5年後には20%程度の倍増が見込まれている。

・マルチメディアについては研究開発の海外進出意欲は高く、特に米国進出にはきわめて積極的であり、ソフト研究開発の海外展開の指向が強い。

・参考のために各企業の将来予測を示すが、国内外とも繁栄するという楽観的な予測も示されている（図4）。

・グローバル化の調査から得られる電子・通信産業の特徴的な状況として以下の2点が示される。

- (1) 他産業に比較して、製造および研究開発部門の海外進出がより進んでいる。
- (2) 研究開発の上流工程およびソフトウェアの研究開発の海外進出が進められている。

## 3. グローバル化の問題認識

### 3.1 研究開発グローバル化の問題認識

研究開発グローバル化の基本的な問題認識には、製造のグローバル化が国内研究開発ポテンシャルに与えるインパクトを明らかにすることが必要であり、研究開発の海外進出の理由を探ることが重要である。今回の海外進出理由の調査結果の中で、回答の多かった順を示すと以下ようになる（図5）。

- (1) 市場ニーズや現地の生産体制などへの対応に有利である
- (2) 日本とは異なる発想を持つ人材とコミュニティがある
- (3) 人件費が安い
- (4) 情報インフラが整備されている
- (5) 建設費が安い、部品、材料が入手しやすい
- (6) 法的規制や手続き上の問題が少ない

以上から、研究開発グローバル化には、以下に示すように、製造部門と一体となって研究開発部門が海外進出し、国内研究開発技術者の雇用が減少する量的問題と、研究開発の上流工程の海外進出にみられるように、研究開発部門が海外進出し日本が研究ポテンシャルを失ってゆく質的問題の2つが存在することが分かる。

### 3.2 国内技術者雇用確保の量的問題認識

進出理由の(1)は製造の海外進出に伴い当然のことであるが、研究/技術開発の海外進出が国内技術者の雇用の機会を奪う可能性、すなわち量的問題を示唆している。特に、2章の調査結果の中には、海外生産比率が50%を越える産業分野も存在し、この量的な問題が浮き上がってきている。現在、大企業では製造から他部門への要員シフト等の企業努力で雇用を確保しているが、通産省の予測<sup>(3)</sup>によれば、産業構造の転換が進まず「産業空洞化」が進行すれば、1995年から2000年までに製造業の雇用減120万人という衝撃的な分析例も示されている<sup>(3)</sup>。この減少数は製造業全体の雇用者数（1360万人<sup>(13)</sup>）の約9%にあたり、これに比例して研究開発技術者数が減少すると仮定すると、（製

造業関連の研究開発技術者が約35万人なので<sup>(13)</sup>約3.2万人の研究開発技術者の雇用が減少することになる。この雇用規模は、大学院の理工関係の年間の卒業生とほぼ同程度の大きさである。

電子・通信分野の技術者の雇用についても、新規産業への構造変換が全く行われない最悪の場合を想定すると、電子・通信関連の卒業生の約半数程度が就職できなくなる可能性もある。(参考資料2参照)

・具体的な課題としては、国内技術者の雇用確保のためには、高い研究開発ポテンシャルに裏打ちされた、世界的な競争力を有する成長産業を育成する必要がある。

### 3.3 日本の研究開発の質的問題認識

進出理由の(2)以降は日本の研究開発環境の質的問題に対応した理由と考えられ、グローバル化時代の研究開発について重要な示唆を与える。すなわち、質的問題が国内の技術革新力の喪失にむすびつくと、世界の「デ・ファクト・スタンダード」を国内から生み出すことができず、収益の悪化、国内研究開発への投資減少、国内の技術力および産業のさらなる衰退と悪循環のループに入ることになる。さらに、進出理由の(3)、(5)、(6)は、日本の社会構造とも密接に関連しており、規制および慣習に囚われた閉鎖的な社会構造が日本の「高コスト社会」を生み出したことに起因している。

また、先進国の産業にイノベーションを与えてきたのは「ベンチャービジネス」であるが、日本にはこの風土および社会的な枠組みが欠けている。日本の産業構造に新たなダイナミズムを与えるためには、社会構造の変革が最も重要であり、さらには「ベンチャー」にチャレンジする人材の育成も重要となってくる。このように、世界的なグローバル化の中で日本が質的問題を克服し生き延びるためには、もはや技術/産業論のみでは解決できず、教育および社会改革まで含めたトータルな処方が必要なことがわかる。

以上示したように、グローバル化時代に世界で通用する研究開発を進めるには、日本の国内の人的、社会的な研究開発環境を国際的に見て魅力あ

るものとする必要がある。

・具体的な課題としては、研究の上流工程およびソフトウェア研究開発を日本国内で活性化するため、研究環境の整備、人材育成に関連する問題、法的規制等の社会構造の問題を克服する必要がある。

### 3.4 グローバル化時代において国内研究開発ポテンシャルを維持・向上させるための課題

研究開発のグローバル化の問題認識で示された量的および質的問題を克服し、日本国内の研究開発ポテンシャルを維持・向上させるための課題を以下に示す。

#### (a) 国内技術者の雇用確保

- ・雇用確保のために育成すべき産業の選定
- ・世界的な競争力を実現するための研究戦略

#### (b) 国内研究開発環境の整備

- ・高度情報インフラの整備等の国際的に見て魅力ある研究環境の整備
- ・人材育成に関連する問題
- ・法的規制等の社会構造の問題

## 4. 情報通信産業の発展と研究開発

日本の情報通信産業は、我々のアンケート結果に示すように、今後の日本産業を牽引することを期待されている<sup>(14)</sup>(図6)。国内技術者の雇用確保に向けても、今後電子・通信・情報分野で世界的競争力を有する成長産業を産み出す必要がある。

### 4.1 マルチメディア産業の育成

本分野の成長産業として、表1の予想市場規模に示すように「雇用確保に十分な産業規模」を有し、さらに「日本の産業構造変化」「社会ニーズとの合致」およびその社会への影響度を勘案すると、マルチメディア産業が最も有望である。

また、マルチメディア産業は、「二次産業」から「三次産業」への日本の産業構造変化<sup>(15)</sup>に適合し、人間の価値観の多様化に対応したサービスを実現できるので社会ニーズとも合致している。さらに、本技術はネットワーク社会を構築する情報インフラとして、他産業の活性化、ベンチャー育成等に

適した柔軟な社会構造の実現等、今後の社会の発展に貢献できる観点からも大きな可能性を有している。

## 4.2 情報通信産業の雇用規模

通信白書<sup>(6)</sup>によれば、既存の情報通信分野の1994年の国内生産額は88兆円、雇用者数は401万人であり、その成長率は過去5年平均でそれぞれ2.3%と0.6%である。この成長率が2000年まで続くと仮定すると、増加分として12兆円と14万人、つまり2000年の国内生産額は約100兆円、雇用者数は415万人と推定される。通信白書のデータは既存の情報通信分野についてであり、今後期待されるいわゆるマルチメディア産業分は含まれていない。

一方今後期待されるマルチメディア産業について、マルチメディア白書<sup>(15)</sup>によって将来を推定する。マルチメディア産業は、白書によれば94年は1.8兆円、95年は2.6兆円、96年は3.8兆円で年率40%の成長率であり、このまま成長すれば2000年には12兆円の規模となる。これを新産業分野の平均生産性2200万円/人で割り算するとすると、54万人の雇用が新たに創出されることとなる。

これに前記の既存の情報通信分野の雇用者数増を加えあわせると、新規雇用増は68万人となり、マルチメディア産業の成長率が控えめに20%であったとしても、新規雇用増は36万人となる。

## 4.3 リソースの拡大と集中

世界のメガコンペティションに勝ち残る産業を育成するためには、研究開発投資の拡大と集中を行い、人的資産及び資金の効率的な運用を図るべきである。その基本的な考え方は、成熟分野からの資金および人的資産の政策的移行である。研究開発投資と研究開発技術者数の観点から分析を行う。

既存の情報通信分野および新規マルチメディア産業の生産額の2000年までの増加分は上記の推定で24兆円となり、これを生むための新たな研究開発投資は、現在の電子・通信分野の研究開発投資売り上げ高比6%を用いると<sup>(4)</sup>、年1.4兆円となる。現在の情報通信分野の我が国の研究開発投資額は

年2兆円強であり、5割以上の増加が必要である。国際競争力のある産業を育成するためにも、国による減税・融資等の民間企業の研究開発に対する積極的な誘導が望まれる。

一方通信白書によれば、情報通信分野では全従業員に対する研究開発者の比は19%であり、前記68万人の新規雇用を創出するために13万人控えめにみても7万人の新たな研究開発者の増加が必要であり、現在のこの分野の研究開発者数を倍増させなければならない。退職者数を考慮すれば、電子・通信関連の大学卒業者約3万人、大学院卒業者5千人のうち1/3以上が新たに研究開発に従事しなければ、これを達成できないことになる。産業界のニーズに応えるには、大学における新たな研究分野の開拓と、専門毎の定員の再配分及び学生数の増員が必須である。

以上、量的な観点から議論を進めてきたが、雇用の確保を維持してゆくためには、あくまでマルチメディア産業が世界的な競争力を維持していることが前提であり、そのためには、研究開発技術者の質の向上も不可欠であり、8章でこの議論を行う。

## 5. 世界的競争力を実現するための研究戦略

マルチメディア産業が全ての分野で世界レベルを維持することは不可能であり、メガコンペティションに勝ち残るための技術分野の選定必要となる。世界と対等に競争できる分野で技術の拡大を図るためには、以下に述べる理由から、まず非言語技術を中心とした研究開発から出発することを提案する。

### 5.1 非言語技術に焦点を当てた研究開発

技術戦略を考えるに当たっては、日本の技術ポテンシャルの現状を評価しておく必要がある。比較的高い競争力を有しているのは先端的ハードウェア技術、例えば半導体、光通信/無線技術、記憶装置(メモリ)、液晶等であり、テレビ、VTR等の民生用電子機器は競争力をなくし始めている<sup>(8)(9)(10)</sup>。また、ソフトウェア関連では、米国に劣っている分野が多いが<sup>(11)</sup>(表1)、アニメーション

ンおよびゲーム等のエンターテインメント分野で世界に通用する技術を有している。世界に通用する技術は日本語とは直接の関連のない分野である。

このような状況にあるので、技術メガコンペティションに勝ちのこるためには、さしむき日本の強みである半導体、光通信部品および液晶等のハードウェア部分の競争力のさらなる向上と周辺技術領域での競争力の確立、ソフトウェアについては日本語との関連の薄い非言語技術としてネットワーク用ソフトウェア技術、画像コンテンツの作成及び処理技術のさらなる強化を図ることが得策であろう。

さらには、このような研究開発を進めるに当たっては、日本の産業界のみならず、日本の大学がこの技術に関する世界のセンター・オブ・エクサレンス（CEO）になり、海外から多数の研究者が訪門するような魅力ある研究開発環境作りを目指すべきであろう。

今後、重点的に取り組む研究開発分野の一例として、以下の研究開発項目等が考えられる。

- “超”デバイスおよびメモリ技術：半導体産業の競争力およびマルチメディア産業を支える半導体に関する基盤技術を手中に収めるため、量子効果デバイスおよび単電子効果デバイス等を用いた次世代の超高速、超集積度、極超低消費電力の新機能通信デバイスの開発を行う。また、メモリ技術においては、光ディスク等の超大容量化を行い日本のさらなる向上を目指す。
- 光テラビットネットワーク・システム技術：光の特徴を活かした非常に大容量のネットワークを実現させることにより、光通信技術のさらなる向上を図る。さらには、本技術は研究開発環境を向上させる研究情報ネットワークのキー技術とする。
- メディアフリー・ネットワーキング・コンピューティング技術：日本の強みであるネットワーク・ハードウェア技術に加えて、メディアフリーのマルチメディア・プラットフォーム（情報コンセント等）を実現させるネットワーク用ソフトウェア技術（メディア変換／処理／符号化技術、高速通信用ソフト、DB技術、セキュリティ等）の競争力の拡大を目指す。また、コンピュータ

分野においては、アーキテクチャー技術に重点を置いて、技術力の向上を図る。

- サイバー・スペース用多次元メディア技術：日本が現在競争力を有しているマルチメディア関連表示技術（液晶技術、大画面・薄型・超高精細ディスプレイ等）を、サイバー・スペース用の立体・臨場感ディスプレイさらには接触感、体温等の体感用ディスプレイ等に発展させる。
- サイバー・スペース（イメージ）・シミュレータ技術：マルチメディアのコンテンツ／ソフトウェア分野で今後競争力を向上させるべき技術として画像イメージ処理技術がある。この分野と科学技術の融合領域にサイバー・シミュレータ技術（バーチャル・エンバイオロメント等とも呼ばれている）がある。この技術は、最近では医学手術のシミュレータ技術にみられるように、科学技術の進歩に大きなインパクトを与え始めている。さらに、このシミュレーション技術とCG（コンピュータ・グラフィックス）技術の融合により、映画等のエンターテインメント分野でもコンテンツ作成に威力を発揮することが期待できる。
- ビジュアルオブジェクト指向型ソフトウェア技術：上記のシミュレータおよびCG技術に加えて、操作性を徹底的に向上させるビジュアルオブジェクト指向型ソフトウェア技術が必要である。この技術と上記シミュレータ技術を軸に、マルチメディアの大マーケットとして期待されているコンテンツ分野での日本の基盤を築く。

## 5.2 研究情報ネットワーク整備と活用

世界的な競争力を有する産業／技術の育成をバックアップするためには、国際的に魅力ある研究環境を実現する必要がある。この環境を実現するためには、低廉な料金で使用できる高速高機能な国内の研究情報ネットワークの整備が先決である。さらに、世界のネットワークと容易に接続することを可能とし、このネットワークを国外にも張り出してグローバルネットワークを構成することが必須である。その構築に当たっては、競争、機動性、技術変化の激しさ等から民間主導とし、前記の研究開発で得られた技術成果をタイム

りに導入しながら、低廉で高速・高機能な研究情報ネットワークの早期構築を図る。米国のNII構想と同様に国の公的支援（低金利融資、税制優遇等）の対象とする。さらに、大学等に対しては、国がネットワークの運用費等の国家予算等を用いた公的支援を行い、研究者が低廉な価格で使用可能な研究環境を実現させる。

本ネットワークをベースにして、世界をまたにかけたマルチメディアのテスト・ベッドを構築し、国、大学および民間は共同して、以下に示すサービス関連の研究開発を推進する。

- ・ネットワーク応用の先導：国および公共団体は、この研究情報ネットワークの技術をベースにして、先導的に行政マルチメディアネットワーク、教育ネットワーク、防災ネットワーク、公的データベース等を構築する。これにより研究情報ネットワーク開発投資回収の支援、ならびにネットワーク機能の向上を援助する。
- ・ネットワーク社会の基本問題：国はセキュリティ等のネットワーク社会の基本的な問題の研究等を支援する。
- ・国際実験の展開：民間および大学は研究情報ネットワークを用いて国際バーチャルラボの設立を行い、外国人の異なる発想を取り込んだ共同研究の実現の「場」を実現する。当面は研究情報ネットワークを介して規制の少ない外国での国際実験の積極的な展開をすすめ、研究環境の拡大さらには日本のコンテンツおよびハードウェアのデファクト標準化推進の足がかりとする。
- ・社会実験の場の構築：将来的には、本ネットワークをベースに、外国からのマルチメディア技術が日本に集まる社会実験の場を構築し、世界の技術およびサービスの融合の「場」を作り、サービスに関連した研究開発の芽が育成できる環境を日本国内に実現する。

## 6. 教育／大学の改革

研究開発のグローバル化に対応するためには、技術戦略のみならず、その技術を担いかつ国際的に通用する人材の育成が重要である。特に、マルチメディア技術開発においては、今回の大学の委

託研究の調査結果（図7）に示されるように、外国の大学に期待している異なった発想の人材、さらには日本人が不得意とする新たな研究テーマを発見する問題発掘型の人材、『創造性』が豊かで強烈な『個性』を有しかつ『異なる価値観』を許容できる人材の育成が重要になってくる。このような人材育成は、初等・中等教育から視野にいれて、各個人の多様な能力を十分に開花させるような柔軟な教育システムが必要となる。以下に人材育成の観点から必要とされる項目を示す。

- ・問題発掘型の人材の育成：これからの研究開発においては、従来の研究開発パターンである外国から与えられた先行指標を他より早く実現する研究開発ではもはや通用しない。今後は、多様な視点から問題の本質を見極める能力を有する問題発掘型の人材が強くとめられている。このため問題解決型人材を育成してきた偏差値一辺倒の入試制度を改め、広く多様な人材発掘をめざす入試制度の見直し等が求められる。
- ・情報発信型の人材の育成：ネットワーク社会の進展により、個人は直接的に社会に働きかけることができ、そこに活躍の場を見出すことが可能となる。この時、独創性のあるアイデアの主張、共感を引き出すデベートおよびプレゼンテーション能力を有する情報発信型の人材が求められる。このため、初等・中等教育の段階から個性の育成を目指し、幅広い観点から個人の発表の「場」を提供し、コミュニケーション能力の向上を図る。
- ・（人文／社会科学まで考慮した）専門領域の融合と多角化：マルチメディアに必要な技術は多様化しており、従来の自然科学を超えて社会／人文および芸術分野にまで広がっている。このため、従来の専門領域をスクラップ・アンド・ビルドし、マルチメディアに適した新たな領域を確立することが必要となる。またマルチメディア技術の基礎技術を有する人材の育成が重要となる。前記見直しが進まなければ、マルチメディア産業が研究開発技術者を求めて海外進出する現象の加速化が危惧される。
- ・人的交流の促進（異スペクトルの導入）：外国の大学へ期待されている異なった発想、多様な

価値観を日本の大学で実現するためには、異スペクトルを持った人材の登用が必須である。このため、外国人教員のさらなる登用、産業界との積極的な人的交流が重要である。特に、社会ニーズに合致した最先端カリキュラム教育の充実のためには、実社会を経験した人材の登用を図る必要がある。さらに、海外大学との単位の相互認定等を進めて、教育システムの国際化も必要と考えられる。

- **産業界との連携強化と研究成果の評価の確立：**産業界は大学に社会ニーズを提供し、大学はその研究成果を産業界へ積極的移転を行う等、大学と産業界との協調関係は、両者の刺激のみならず産学間のリソースの効率的運用が図れる。さらには、学生に実践的プロジェクトを経験させることにより、学生にベンチャーマインドを育成し、新ビジネスを興せる人材育成も図れる。また、研究成果の公正かつ厳正な評価法の確立も必要であり、これによりタイムリーな研究テーマの選定とリソースの投入を行うことができる。
- **「倫理」「哲学」教育の充実：**「ネットワーク社会」では、個人情報情報の流布、ポルノ、パスワードの不正使用等の新たな問題が出現しており、今後、新たな視野からの「倫理」教育の充実が必要となる。また、「哲学」は、技術と社会がますます融合する中で、人間および社会の問題の本質を考える力を養成するために、特に、技術者にとって必要な教育となっていくであろう。
- **基盤技術教育の重視：**マルチメディア技術は自然科学の領域を越えて発展しようとしており、教育も最先端技術に注目が移り、古典的な基盤技術が忘れさられかねない。しかし、基盤技術教育の見直しを行い、新たな先端技術の創出の観点から基盤技術教育をより充実させることが、日本の技術ポテンシャルを維持する上で重要である。

最後に、国内研究開発環境を国際的に通用するものに変革するためには、国内学会の国際化、国際的にコミュニケーションを図れる実践的英語教育等の視点も重要である。

## 7. 社会の変革

技術のメガコンペティションを勝ち抜くためには、技術戦略、人材の育成のみではなく、日本の産業に活発なダイナミズムを与える社会の変革が望まれる。「産業／研究開発のグローバル化」の背景にあるのは日本社会の「閉鎖性」であり、その打破のためには、規制撤廃等を進めて日本の研究開発環境を海外に比較して魅力あるものにする国際化の視点が重要である。本章ではマルチメディアに関連した議論に限定して、ネットワーク社会を実現する観点からの規制撤廃、社会の変革性をより引き出すための雇用流動化について提言を行う。

### 7.1 規制撤廃（緩和）

マルチメディア技術が活かされない規制の一例を以下に示す。ただし、現在、これらの規制も順次見直しが進められている。

#### (a) 対面必要の規制（マルチメディアの距離の克服が活かされない例）

遠隔医療（医師法等）、遠隔義務教育（学校教育法等）、民事訴訟等のオンライン裁判（民事訴訟法等）、テレビ会議を利用した企業内の取締役会（商法等）、テレコミュニティン（在宅勤務）の実現（労働基準法等）、商取り引きや官庁の申請における本人の確認（対面説明の要求）のマルチメディア化、・医療品、酒のオンライン販売（薬事法等の店舗販売の原則）、不動産および航空券等のオンライン販売（宅地建物取引業法等の取引条件の対面説明）

#### (b) 電子情報の法的有効化規制（電子化文書が活かされない例）

自治体の各種申請のオンライン化または電子的文書の採用（自治省通達等）、経理システムの完全なオンライン化（商法等）、公文書の電子的保存、電子化された処方箋の交付（医師法等）、商取り引きにおける電子化されたデータの有効化（訪問販売法等）、電子取引（EDI）の拡大普及（会計法等）

#### (c) 広告・宣伝の規制（ネットワーク技術が活かされない例）

インターネットによる通販の広告（誇大広告の禁止、訪問販売法）、インターネットによる医薬品、化粧品などの広告（内容のチェック、薬事法）、インターネットによる懸賞広告（額の制限、景表法／独占禁止法）

#### (d)多様なコンテンツの流通の促進に関する著作権について

DB等の著作権適用の見直し、映像ソフト等の二次利用の権利処理体制確立

日本の閉鎖性の改善には、上記の法的規制の撤廃のみならず、既得権益に固執する業界体質の打破の双方が必要である。ネットワーク社会の情報公開機能を活用して、この暗黙の規制システムにメスをいれることも重要である。

### 7.2 雇用流動化の促進と活用

ベンチャー企業の育成、チャレンジングな人材の育成、多彩な人材の育成観点から、上記の規制のみならず人材の流動化の施策も重要である。

- ・フレキシブルな雇用制度：企業において、人材の流動性を促進するための退職金制度等の見直しを始め、任期制、通年採用制、年俸制等のフレキシブルな雇用制度を採用する。
- ・雇用流動化を促進する新規産業の育成制度：新産業の温床となるベンチャー企業育成のため上場規制の緩和、ストックオプション制度、ベンチャー企業に対する優遇施策を促進し、技術イノベーションおよび雇用制度の変革を推進する。
- ・海外交流の促進：異なる発想の人材をより多く日本へ導入する観点から、訪日外国人研究者の優遇施策（大学・国研等の外国研究者の待遇改善）を行う。また日本人研究者の海外滞在を容易にする人事制度、海外派遣制度等の整備を行う。

最後に、社会の変革に重要な事は、法律的な枠組み、人的な枠組みの変革に続いて、社会を構成している人間の価値観（意識）の変革である。社会を変革する全く異なった発想の出現を期待するためには、現在のように構成員がいつも他人と同質であることに安心感を得る社会ではなく、あらゆるスペクトルの情報に対しても耳を閉ざすことなく受け入れることが必要である。すなわち、『異

端を許容出来る社会』に変革し、その中で『ディベート』を通してあらゆる観点から議論し、自らの手でグローバル化時代の未来を構築することが重要である。

### 8. まとめ

当初、「研究開発空洞化」の問題意識からスタートしたが、その検討途上において世界および日本の経済状態は激しく変化し、本問題は、「グローバル化時代の科学技術立国」のあり方として本格的に取り組む必要があるとの認識に大きく変貌した。

本報告では、これらの意識の変化を背景に、「グローバル化時代の科学技術立国」の問題点を整理し、その課題として、①日本国内技術者の雇用確保、②日本国内での研究開発環境整備を取り上げ、その課題に対する対策を示した。さらに、この課題の検討プロセスの中で「グローバル化時代の科学技術立国」の基本的考え方は、①国際的な競争力を有する産業の育成、②国内研究開発環境を国際的に魅力あるものに変革することであるとの認識に達した。

具体的対策として、産業規模、日本の産業の方向性、社会ニーズとの合致等の観点から、「マルチメディア産業」を育成し、「国内の技術者の雇用創出」を目指すことを提案した。さらに、世界的な競争力を有する産業とするために、研究開発グローバル化の問題点である「研究開発のニーズに密着した部分（上流工程）およびソフトウェア研究開発」を日本国内に呼び戻し、メガコンペティションに生き残るための技術戦略として「非言語技術に焦点を当てた研究開発」を試案として示した。また、国際的に魅力ある研究開発環境の整備の論点として、世界的なマルチメディア・サービスのテストベッドを目指した「研究情報ネットワーク整備」、人材育成の観点から「教育の改革」、規制撤廃（緩和）等の「社会の変革」の提言も行った。

本報告では、現在の電子・通信工学の牽引車である半導体産業に対する提言は言及しなかったが、半導体産業は、物理屋が主導権を握っていたハード面の進化から、機能や応用面を重視してより高い付加価値を得るためのパラダイム転換が起きようとしている。このアナロジーは、書物の出版に

あって、印刷技術の時代から、本そのものの出版企画・編集という付加価値にポイントが移行したことになる。これは、ハードウェアからコンテンツへというマルチメディアの進化形態と同一のものである。半導体産業もハードからアプリケーションに移行しつつあるので、本報告の提言が基本コンセプトとして流用できるであろう。

グローバル化時代の研究開発の検討を進めてきたが、この議論は、最終的には社会全体の国際化に到達する。すなわち、研究開発を活性化するためには、価値観の多様化、個人の影響力の拡大、異文化流入の促進等の社会変革を行い、ヒューマニスティックでかつ合理的な社会を実現することが必要である。これは、外国人が日本に住みたいと思える環境と、また若い人が国際人として活躍できる環境の実現することであり、日本の社会自体を国際化し、国際的に受け入れられる社会を築くことである。国際化こそ今後のグローバル化時代の中で日本が生き延びてゆくために必須な条件であろう。

#### (参考文献)

- [1] 日本工学アカデミー 情報専門部会「研究開発空洞化現象は起きるか？」(1996)
- [2] 科学技術庁 科学政策局「平成7年度 民間企業の研究活動に関する調査」(1996)
- [3] 通産省 産業政策局「海外展開戦略に係わる企業調査報告」(1996/11/3)
- [4] 科学技術庁「科学技術白書 平成8年版」(1996)
- [5] 郵政省「通信白書 平成8年版」(1996)
- [6] 通産省「通商白書 平成8年版」(1996)
- [7] 平野「マルチメディアの未来市場予測」DIAMONDハーバード・ビジネス9月号(1994)
- [8] 日経エレクトロニクス「低成長時代に入った国内電子産業、新たな牽引役の模索続く」No.675(1996)
- [9] 科学技術庁「先端科学技術研究者に対する調査」(1995)
- [10] 日経エレクトロニクス「機能の取り込みで先行し、技術を盾に逃げ来る」No.660

(1996)

- [11] Council on Competiveness: "Critical Technology Updates" (1994)
- [12] 三菱総研資料「米国における情報通信分野の研究推進状況に関する調査」(1996/6/4)
- [13] 電波新聞社「電子工業年鑑」(1996)
- [14] 電気通信審議会「21世紀の知的社会への改革に向けて」(1993/5)
- [15] マルチメディア振興協会「マルチメディア白書」(1996)

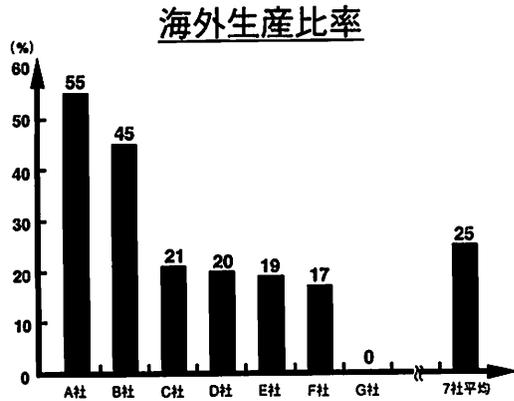


図1 半導体・コンピュータ分野の海外生産比率

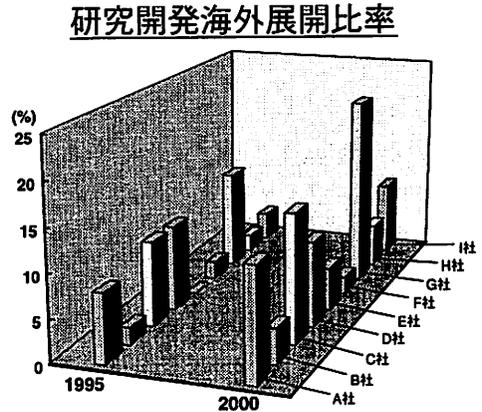


図2 研究開発海外展開比率

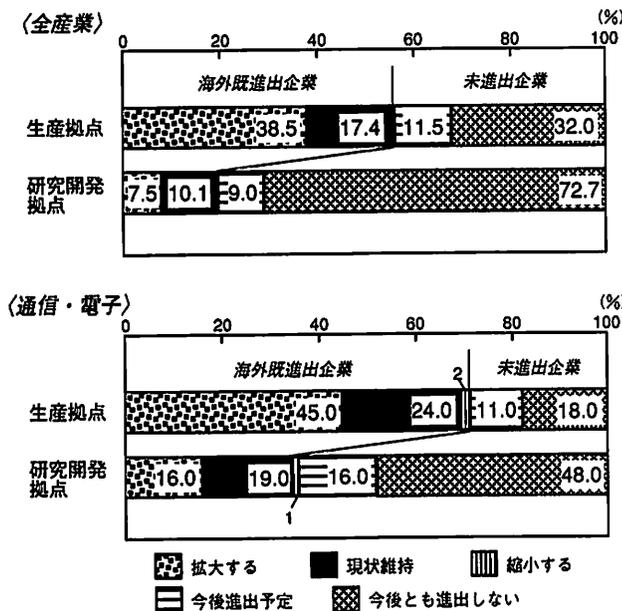


図3 全産業と電子・通信分野の比較

### 研究開発の海外展開が将来国内の空洞化をもたらすか

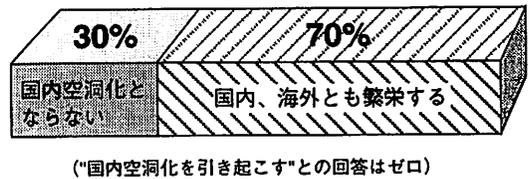


図4 研究開発の海外展開に対する見解

### 海外で研究開発を行う理由

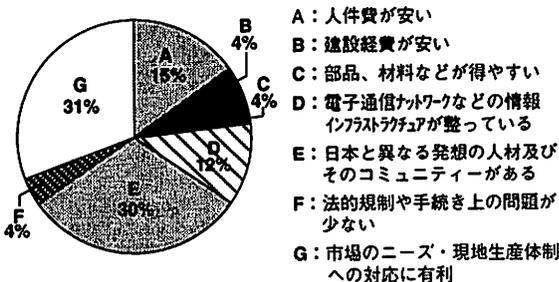


図5 海外で研究開発を行う理由

### 【新規・成長市場の重要分野】

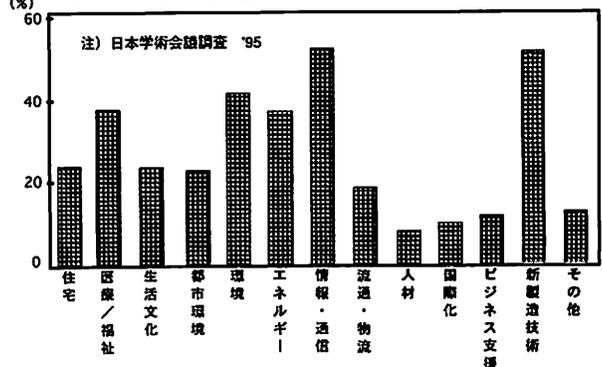
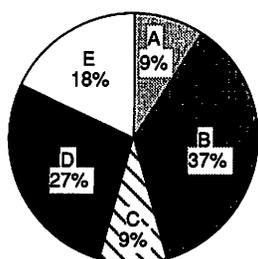


図6 新規成長分野の予測

## 海外大学への委託理由



- A：人件費が安い
- B：日本と異なる発想の人材及びそのコミュニティーがある
- C：市場のニーズ・現地生産体制への対応に有利
- D：余人に代えがたい高い研究能力
- E：大学の技術レベルを見込んで

図7 海外大学への研究委託理由

## 《 マルチメディア市場の予測例 》

予測主体	予測範囲	予測対象		予測年次	市場規模
		サービス	機器		
IBM (92年)	世界		○	1995	190億ﾄﾞﾙ
アップル・コンピュータ (92年)	世界		○	2000	3.3兆ﾄﾞﾙ
データクエスト (92年)	世界		○	1996	60億ﾄﾞﾙ
マッキンゼー & カンパニー (92年)	日本		○	2000	14.4兆円
ニューメディア開発協会 (92年)	日本	○	○	2000	15.3兆円
日本電子機械工業会 (92年)	日本	○	○	2000	57.9兆円
通産省 (新規市場創造'92'93) (94年)	日本	○	○	2000	61~70兆円
日本電子機械工業会 (家庭用マルチメディア市場) (94年)	日本	○	○	2015	17.7兆円
新映像情報産業懇談会 (94年)	日本	○	○	2000	25.4兆円
	日本	○	○	2015	71.0兆円
郵政省 (94年)	日本	○	○	2010	123兆円

出所：94年版 情報通信ハンドブック  
(情報通信総合研究所) のデータの一部追加

表1 マルチメディア市場の予測例

分野	評価結果
ソフトウェア	・全ての分野で米国が優位
コンピュータ	・ハードウェア製造は競争状態 ・その他の分野は全て米国が優位
ヒューマンインターフェース	・全ての分野で米国が優位
データベース	・全ての分野で米国が優位
通信・ネットワーク	・広帯域交換機、デジタルシステム、光ファイバシステムは、競争状態にあるが米国優位に移りつつある ・多重伝送は競争状態
移動端末・システム	・DSP (Digital Signal Processor) は競争状態にあるが米国優位に移りつつある ・周波数利用技術は競争状態 ・送・受信機技術は米国優位にあるが競争状態に移りつつある

出典：Council on Competitiveness (1994)

表2 米国産業の情報通信分野に関する技術評価

## 「研究開発の海外展開に関する調査報告書（半導体コンピュータ関連）」

### まえがき

エレクトロニクスは図1に示すように、これからの発展が期待される産業分野の一つである。図2の統計にもあるように、半導体、コンピュータは電子産業の主力を占めている。これからのマルチメディアと情報化はこの傾向をますます強めるであろう。

さて、企業の生産拠点海外シフト（安価労働市場傾斜、輸出入貿易問題などを含む）に伴い、製造に密着した開発部門、開発に近い研究部門の海外展開は、図3、4に示すように統計上にも表れはじめています。日本の基幹産業の一つである電子・通信産業分野においても、このことは免れ得ない。

1980年代後半の好景気時に作られた海外研究所、現時点でのグローバルオペティマイゼーションとが混在して、企業の研究開発にも構造的な大変革が迫っている。それと平行して、大学における研究の役割、教育の在り方、産業界との関わり方も問われ直されつつある。

そこで半導体、コンピュータをケーススタディとして、研究開発競争力変化の動向を概観するとともに、これにとどまらず起こるであろう産業地盤の変動に対して、国としての施策、将来を担うであろう次世代人材育成への提言を行うことを本WGの目的とする。

このため、本分科会では、1996年6月から8月にかけて、アンケート調査を関連企業及び大学に対して実施し、主要10企業及び6大学からの回答を得て以下のような結果をまとめた。本調査は、半導体・コンピュータに関しての、初めての、かつもっとも詳しい調査であろう。その結果は、半導体・コンピュータ関係の研究開発状況をよく表しており、半導体・コンピュータ関連で、研究開発の競争力変化が起こっているかどうかを判断する貴重な材料を提供するものとなった。本調査をもとに、WGとしての見解をまとめて報告とする。

### 第一章 社業に関するバックグラウンドについて

まず、回答を寄せた企業のアウトラインを把握するために、いくつかの基本的なデータについて質問した。このアンケートが、企業の開発行動という戦略性の高い内容にかかわるものであるため、回答企業が特定されないようにA、B等の匿名とし、項目ごとに順番をランダムにして表示していることをお断りする。A、B等の記号は、図表ごとに入れ替わっている。

図5は、1995年時点の企業の売上額である。いずれも日本を代表するビッグビジネスについて調査していることが読み取れる。社によって、連結の場合と、単独の場合が含まれる。

#### (1-1) 生産の海外依存の現状 (図6)

調査対象となった10社の内、生産の海外依存についてのデータを提供したのは7社であり、海外生産比率を回答したのは5社、半導体部門に関する情報であることを明示したのは2社であった。生産拠点数、または生産額における海外比率は、0～55%に分布しており、7社の単純平均は25.2%である。なお、海外生産を殆ど行っていない1社を除いた平均は29.5%である。

この値をほぼ生産額の比率と見なすと、通産省の調査[1]による1994年の値16%より大きく2000年の予想値の範囲にあり、妥当な値と考えられる。生産額の比率とした理由は、生産拠点を持つ企業数の割合に関する科学技術政策局の調査[2]結果では、全業種で約57%、電気機械器具工業では75%を越えているからである。現状でも生産額の1/4近くが海外に依存していることになり、今後も拡大が予想される。

#### (1-2) 研究開発部門の海外比率 (図7)

研究開発部門の海外依存の比率については、人員比率又は研究開発費比率として回答を求めた。1995年時点の9社の値は0～11.6%であり、平均は5.2%である。前項の海外生産比率についても回

答した4社についての海外における（研究開発／生産）の比率は10～18.2%の間であって、その平均は17.8%である。

2000年における研究開発についての海外比率予測については8社が2～22%の値を示し、その平均は9.3%である。これは、1995年時点の2倍近い拡大が予想されていることになる。

我が国の製造業の研究活動の海外展開は科学技術政策局の調査〔2〕でも、海外拠点を設けている企業の割合は、1987年度調査の15.7%から1995年度の20.3%へと拡大している。その中でも医薬品、自動車と並んで通信・電子・電気計測器工業は最も多いグループに属し35.8%に達している。海外拠点所有企業数の割合は企業規模と共に増え、資本金10～50億円では7.3%、50～100億で15.6%、100～500億で24%、500億以上では41%となっている。

また、上記調査によると、一社あたりの海外拠点数は約2.4カ所であり、設置地域としては、米国が56.8%、欧州が33.6%、アジア NIES が14.8%である。1985年以降で最初に拠点を設けた地域も同じ順となっているが、最近では ASEAN 諸国や中国へも設置が進んでいる。そして、研究開発拠点設置の理由としては、米国と欧州では「海外ニーズに対応した開発、製品改良のため」が最も多く、「技術シーズの探索（基礎研究情報の確保）」が40%以上である。また、「海外の優秀な頭脳の確保・活用」は地域を問わず30%を越えている。研究の内容としては、「現地市場向けの製品開発」：78.3%、「中核技術の開発」：29%、「生産性向上のための研究」：26.3%の順であり、基礎研究とする割合は企業規模と共に大きくなっている。

### （1-3）海外で研究開発を行う理由とそのもたらすもの（図8、9）

研究開発を海外で実施する理由については、8つの理由を示して、複数選択の回答を求めた。最も多い8社が選んだのは、「日本とは異なる発想を持った人材とそのコミュニティーがある」と「市場ニーズや現地生産体制などへの対応に有利である」との2者である。続いて、4社が「人件費が安い」を挙げた。「建設経費が安い」、「部品、材料などが得やすい」と、「法的規制や手続き上の問

題が少ない」とはそれぞれ1社が選んでいる。

研究開発の海外依存の進行がもたらすものについては、研究開発の型として、「A：空洞化を引き起こす」、「B：空洞化は起こらない」、「C：国内、海外ともに繁栄する」、の3者択一の設問を行った。10社の内、空洞化Aを選んだ回答はなく、Bは30%、共栄Cが70%で、楽観的な見通しが優勢である。

「異なる発想を持った人材」と「現地市場ニーズへの対応に有利」の2者が研究開発の海外展開の主たる理由であることは、科学技術政策研究所の調査〔3〕ともほぼ一致する。後者の理由は、現地生産に直接寄与し、当該国に関する知識の獲得に主眼があると見なせる。これに対して、前者は現地生産から基礎的技術に及ぶ総ての研究開発に共通したものであって、日本の人材では得難い発想や思考法、感性などを求めるものである。

一方、研究開発の海外展開がわが国の企業へ与える影響については、7割以上が内外の企業が共存共栄し、3割が研究開発の空洞化は起きないと回答している。両者の差は回答者の希望と現実認識とのずれを表している可能性もある。いずれにせよ、企業活動のグローバリゼーションの中で、研究開発活動における人材活用上の内外ミックスの今後の望ましい形を追求する努力が必要であり、その成否が研究開発の空洞化の帰趨を決める大きな要因となることは確かである。

上述の〔2〕および、海外研究開発の評価に関する科学技術庁調査〔3〕では、海外 R&D の評価については電気機械と医薬品分野で聞き取り調査が行われている。その中では、基礎研究の水準や人材の質における海外優位性が認識されている一方で、海外での生産技術開発には問題があることも明らかにされている。これらのことから考えると、比較的大規模な企業の多い半導体・コンピュータ分野の海外における研究開発では、より基礎的な研究に比重を置いた研究の展開が予想される。

### （1-4）5～10年後の企業活動の予想（図10）

5年後の社業に不安を感じるか、5～10年後の研究・開発に危機感があるか、という設問で、今後の見通しを尋ねた。回答9社の内、社業に不安

ありとしたのは22.2%で、不安なしは3.5倍の77.8%である。これに関するコメントとしては、「半導体の場合は対応策を既に打っている」「不安は皆無ではないが、解決可能」などがあつた。

一方、5～10年後の研究・開発についての危機感に関する質問への回答では、危機感ありが、33.3%、危機感なしはその2倍の66.7%となつた。コメントとしては社業の不安に関するものと同じ2者に加えて、「市場マップの先が読めない」と「研究規模、開発投資ともに拡大」とがあつた。

この結果は（市場の先が読めないというコメントに象徴されるように）単に将来予測の不確実性を反映していると思ふこともできるが、技術競争力の低下に対する潜在的な認識の表れと考えることも可能である。もし、後者が真実に、より近いとすれば、今後の技術進展に対する見通しや、企業の技術戦略のビジョンを確実なものにしていく努力が必要である。

## 第二章 半導体技術分野の研究開発について

### (2-1) 半導体分野における概況

半導体の海外生産はDRAMを中心とするMOSメモリーやMOSマイクロにおいて特に顕著である。回答した1社については、半導体全体として海外生産比率は50%にもなっており、また他の1社においてもMOSメモリーやMOSマイクロで50%を超えるまでになっている。さらに他の1社においては、MOSメモリーの生産は国内のみで、MOSマイクロでの海外生産が50%を超えている。ウェハーなどの半導体材料やバッテリー・FPDなどの基礎技術においては、海外生産の展開は見られない。

国内R&Dは、MOSメモリーを初めとして回答した社のほとんどが実施している。国内のR&Dを実施していないのは1～2社である。但し、CCDについては、国内のR&Dを実施していない会社（海外のR&Dも実施していない）が半数に上る。また、基礎技術については、ウェハー・薬品は半数が実施していない。

拡大を続ける半導体市場の中で、半導体産業は、単なる部品、経済問題の域を出て、各国の政治、

防衛問題として発展しつつある。現実に、台湾、シンガポールなどの東アジア諸国では、国策として半導体産業振興、誘致を実行中である。にも拘わらず、半導体の生産量は世界規模で見れば、まだまだ不足しており、更に、世界的に半導体の生産拠点、工場が林立するものと考えられる。国策もあつて、半導体生産拠点は欧州や東南アジアでむしろ増加していくと考えられる。

### (2-2) 1995年の海外R&D活動（図11、12、13）

半導体技術分野における海外R&Dの比率は極めて小さい。MOSメモリーのうちDRAMで10%（1社）、SRAMで10%（2社）の海外R&Dが実施されている。MOSマイクロでは、プロセッサで10%（2社）、マイコンでは10%、2%（3社）、ペリフェラルでは10%（1社）となっている。アナログデバイスでは1社が4.8%の海外R&Dを実施している。その他の半導体、あるいは基礎技術では海外R&Dは実施されていない。海外R&Dを実施している場合の理由については、特にMOSマイクロやASICでは「日本とは異なる発想」や「市場のニーズや現地生産への対応」の回答が最も多く、米国のマイクロプロセッサ開発に見られるように、日本の技術者とは異なる能力を海外R&Dに期待しているのが分かる。また、「人件費が安い」や「海外生産拠点での実施」の回答もある。

海外R&Dが実施されている場合、将来への影響は、「空洞化とはならない」が33%、「国内・海外ともに繁栄する」67%で、現在実施している海外R&Dが国内の空洞化を引き起こす可能性はない、と認識している。このあたりを少し考えてみたい。

微細加工技術の進歩によって発展してきた半導体は、集積度の向上により、他の部品を取り込み進歩を遂げてきた。半導体技術は、物理屋、材料屋の領域であり、「如何に作るか」が彼らの技術開発の主目的であった。その結果、製造技術、装置技術、信頼性技術、および歩留り技術などが大きく進歩した。

90年代の後半に入って、集積度の向上により、システムLSIの時代になり、半導体のチップの

中にはひとつのシステムが集積化されるようになった。このため、半導体技術はシステム屋の領分となり、「如何に作るか」から「何を作るか」にパラダイムシフトが起こった。半導体技術は製造技術・プロセス技術の開発主体から、アルゴリズム、システムアーキテクチャなどの、従来システム部門、セット部門の仕事へと大きく転換した。

さて、市場対応および生産対応の研究開発では、生産拠点数の増加に対応して、海外展開が加速するものと考えられる。しかし、直ちにそれが国内の空洞化となるという訳ではない。一方、パラダイムシフトした半導体技術、アルゴリズム研究やシステムアーキテクチャ技術などでは、必ずしも国内の空洞化が生じないとはいいい切れない。アルゴリズム研究やシステムアーキテクチャ、あるいはOSも含めたコンピュータ技術などでは、やはり米国に一日の長があり、シリコンバレーを初めとする米国への研究所進出には少なからぬものがある。これらは今後、半導体部門の研究開発と認識され、急速に空洞化が進むと思われる。しかしこれら上流技術は、会社組織的に見ると、システム・アーキテクチャ開発部門の業務領域であるため、半導体の研究開発の空洞化と認識していない可能性がある。

### (2-3) 5年後の海外R&D活動

95年現在の海外R&Dの実施比率は極めて小さいが(最大で15%程度)、2000年に向けて海外R&Dの比率は増加傾向にある。特に顕著なのが、DRAMやSRAMなどのMOSメモリーの分野であり、0%から10%に、あるいは10%から20%への増加傾向が見られる。また、MOSマイクロ分野のマイコンでも、10%から30%への増加が見られる。

さらに、1社のみであるが、MOSメモリーとオプトを除いた半導体分野、および基礎技術分野のバッテリー、FDPの多くの分野で海外R&Dの強化を回答している。その中でも、アナログ分野やディスクリット分野での海外R&D強化を考えているのが、特徴的である。5年後についても、全体から見れば半導体技術の研究開発の海外展開は小さく、研究開発の空洞化は起こらない。

### (2-4) <番外#1> 海外に展開した研究開発の

## 中身について

ここではアンケートに現れない部分を探るため、アンケートの分析とは別に特定の事例を取り上げ、その海外展開の内容を調査・報告する。

### 1. 展開分野

ある企業での調査によると、半導体の分野においては、デバイス関係の研究は国内でクローズしており、将来とも海外に展開する計画は無い。現在、海外で研究開発を行っているのはEDA(Electronic Design Automation、設計自動化)の分野で、しかも機能設計、論理設計等、LSI設計工程の上流部分およびマクロライブラリ整備に関する部分に限られている。すなわち、デバイス設計等、いわゆる“下流”に位置する部分は国内に閉じており、システム設計等デバイスから遠いところに位置する“上流”部分の一部を海外に展開している。これは国内半導体メーカーの全体的な傾向と一致している。

その理由として、デバイス設計、物理レイアウト設計など下流工程の研究開発は日本側のテクノロジーに依存するところが大きく、事業部門との密接な連携が不可欠であり、物理的に距離の離れた海外での活動が難しいことがあげられる。上流工程は下流工程に比べて設計インタフェースの標準化が進み、各機関固有の技術の影響が少ないことがあげられる。

### 2. 海外での研究開発の動機について

この事例における海外展開の動機は以下の3点である。アンケートの項目にある人件費、建設経費、部品材料等は動機とはなっていない。

#### 2.1 人材

まず、メリットとして人材の点があげられる。EDA(CAD)の分野では米国の方が研究が盛んで、研究者人口が多く、優秀な人材を集めやすい。また、日本は修士課程修了者が大半であり、企業に入った後再教育が必要であるが、米国の場合、研究者はPhD取得者がほとんどであり、基礎知識、研究の進め方など、一人前の研究者としての基盤を備えている。大学の授業で、実際のLSI設計を経験し、実務的な知識を有しているものも多い。

#### 2.2 コミュニティ

また、この分野におけるコミュニティとのつな

がりを持っていることも有利である。上記の例では、卒業後も出身大学のつながりを密にしており、夏休みに出身大学の学生(Summer Student)と共同研究を行い、その研究をもとに論文を完成させることもしばしばである。また、研究者間の公式/非公式な情報の流通も盛んで、論文として発表される以前に、他の研究者の研究内容を知っているケースが多い。日本に比べ国際会議で論文審査で有利なところもある。実際、この機関は小人数(10人あまり)にもかかわらず、この分野の代表的な国際会議で毎年日本全体からの投稿に匹敵する数の論文を発表している。

### 2.3 出先機関

日本で開発したシステムを米国で商品化する例はまだ希であるが、将来商品化して米国で販売する場合の、出先機関としての位置づけという点でも重要である。

## 3. 分散研究体制

### 3.1 連携

この事例では研究開発を海外研究部門～日本側研究開発部門～日本側事業部門という3極構造でおこなっている。地理的には分散しているが、相互の連携を密にするため電子メディア等を活用している。特に、電子メール、電子会議システムの果たす役割は大きい。

### 3.2 役割分担

海外と日本の住みわけは、まず、海外研究部門～日本側事業部門では垂直分業を行っている。すなわちプロトタイプ開発までを海外でおこない、その実用化を日本で行う。一方、日本側研究開発部門との間では水平分業となる。下流工程は日本だけで行う。上流工程は海外と日本の両方で行っているが、テーマ毎に互いに補完するよう調整を行っている。

### 3.3 日本側からの見方

#### (1) 研究開発部門の見方

彼らのアイデアの創出からそれを実証するためのプロトタイプ作成までの研究のスピードは非常に速い。そのため、研究成果の利用という点でのメリットはもちろん、日本側の研究者にとって、海外の優秀な研究をパートナー得ることができることで、研究上の良い刺激となっている。また、

彼らを通じて最新の情報を入手できるなどのメリットも大きい。

デメリットとしては、交流を行う上での事務的な負担が増加することがあげられる。

#### (2) 事業部門の見方

事業部門から見た場合は、彼らの研究成果の展開が関心事となる。彼らの日本側の事業に貢献したいという意欲は大きい。そのため、彼らは研究成果の実用化に向けて日本側メンバーとの連携を密に行っており、成果展開は比較的順調に行われている。そのため、事業部門にとってもメリットは非常に大きく、現在では事業部門にとって不可欠な存在になっているとのことである。

一方、事業部門から見た場合、下記の問題点が存在する。

彼らは個人個人が独自のテーマを複数個実行しており、テーマがバラバラである。そのため、論文にはなり得ても、それぞれが小さな成果に留まり、大きな成果に結びつかない恐れがある。これまで、一部テーマでは重点化しているが今後、さらに重点化し大きなテーマ数本に絞ることが必要と見ている。また、同じ理由から、グループ全体としての長期計画が立てづらいという指摘もなされている。

## 4. 日米の文化の比較

よくも悪くも、彼ら(米国)は個人主義である。ソフトウェア開発に関して、日米を比較した場合、米国で、米国人が開発するほうが日本で、日本人が開発するより早く、使いやすく、しかも安くできるというのが一般的である。確かに一定期間に手早く使えるものに纏めるのは米国人のほうが得意であり、その背景の一つに文化の違いがあるといわれる。文化的な側面から日米を比較すると以下ようになる。

米国	日本
個人主義	集団主義
個人のキャリアを重視	組織のために献身
結果を重視	プロセスを重視
おごっぱな文化	箱庭的、匠の文化
大事などころのみ注意	隅々まで配慮

他人の作ったものを 平気で使用	自分で作らないと気 が済まない
リーダーが即断即決	会議で決定
起案不要	ハンコ多数必要

上記、事業部門の感じている問題点は本質的に、このような文化的背景に起因しているとも考えられる。海外の展開は時代の趨勢である。そのため、相互の文化の特性を理解し、お互いに活かす形で役割分担で海外展開をはかることが重要であると考えている。

〈番外終り〉

### 第三章 コンピュータ技術の研究開発について

#### (3-1) コンピュータ分野における概要 (図14)

コンピュータ技術について、関連の活動があると回答したのは7社である。メインフレーム・スーパーコンピュータから、パソコン・携帯端末まで商品によって、3~7社が生産及び、研究開発に携わっている。海外生産については、積極的な社と、ほとんど出ていない社とばらつきが見られる。積極的な社では、パソコンを筆頭に10~50%の海外比率があると回答されている。パソコンなどの小型機の海外生産比率が高い傾向が見られるが、日本語ワープロは国語の特殊性のためか、海外生産の回答はない。各社とも国内のR&Dにはおしなべて積極的であり、国内売上が「0」と回答されている社でも、R&Dを実施しているところがある。この傾向は小型機ほどその傾向が強く、市場参入を狙って開発準備をしていると考えるべきであろう。

一般的特徴を、他の調査と比較したい。科技厅平成7年度調査の中で、通信電子業界における研究開発拠点の海外進出は会社数において33.3%である。進出件数において、コンピュータ業界は6割近い数字であることから、同業平均値の倍近い勢いであることが分かる。

#### (3-2) 海外R&D概要

95年現在、メインフレームの海外R&Dを実施している社は1社に留まるが、ミッドレンジより小型の機種では多数海外R&Dの回答があり、パ

ソコンでは7社中4社が海外R&Dを行っている。海外R&Dの理由は、半導体などと類似の傾向を示す。(図15)「日本と異なる発想」、「市場のニーズや現地生産に対応」とするものが多く、「人件費が安い」がこれに続く。また「海外協業先が実施」という回答があり、企業経営のグローバル化の結果として、R&Dが必然的に海外で行なわれている姿が見える。

#### (3-3) 5年後の予測

5年後の将来予想では、二つの傾向が読み取れる。一つは、現在の海外R&D比率がまだ高くない(0~10%程度)グループで、5年後に10%増、または倍増する海外R&Dを見込んでいる。一方、現在既に50%近くの海外R&Dが行なわれているグループは、5年後もこの比率は変わらないと考えている。

将来予測において、現在の海外R&D比率の高いグループと、現在はまだ高くないグループにおいて、見通しが大きく異なる結果である。この分析は興味深い。現在の海外R&D比率が低いグループのスタンスは、「海外の異能」を求めてR&D進出しようとしており、技術革新の速度が早く、競争が激しい小型機、携帯機などのグループにより顕著にこの傾向が見える。一方海外R&D比率50%超のグループは海外生産拠点、現地協業先が実施主体であり、必要とされる「海外の異能」は取り込み済みと見なされるため、これ以上の海外比率上昇を見込んでいない。これらの海外R&D 50%グループは、先駆者として海外化が飽和した姿と見ることも出来、現在比率の低いグループは近い将来何らかの形で50%ラインに近づくと、増加傾向が止む可能性もある。

リソースの最適配分についての回答が無い。現状認識に関する評価は、アンケートの発出元と、回答者の間で齟齬の生じる可能性がある。例えば、ある新技術分野について、半分のリソースを海外に充てるくらいが、丁度よいと企業が考えているなら、現状は驚くにはあたらない。一方競争場裏にある新分野で、基幹となるべき発想の半分も海外に依存する状況を、危機的と感じるのは大学人に留まらない。

事実として、海外R&D実施による国内R&D

空洞化への危機意識は、今回の回答からは全く見られない。今後のR&Dについて、「内外とも発展」が50%、「将来とも国内空洞化はない」が50%と回答されている。

#### (3-4)〈番外#2〉アンケート追跡調査・分析

海外に展開することのよい面について、少し掘り下げて、パイが大きくなる形の展開なのか、出た分、日本側は減っているのかを分析する

会社の業績によるレイオフが日常的に行われる米国においても、開発エンジニアのレイオフが始まることはその会社は危険信号であると言われている。コンピュータ技術の項目にあるように、技術革新が大きく動いている分野で、50%のR&D勢力が海外にある、または50%を目指して海外比率が増加している開発体制は、仮に国内勢力の減少を伴っていないとしても、大きな問題として認識すべきではなかろうか。にも関わらず、当事者は空洞化を全く意識していない。

全体のバックグラウンドとして海外への展開が空洞化を引き起こす型であるとした回答が全くなかったのだが、「おこさない」が30%に対して「共栄」が倍以上の70%であるということは、国内勢力の比率が相対的に減少しても、パイが大きくなる形で、その規模は減少しないという見通しであることを示唆する。然し、現状維持で満足として国内勢力拡充の機会喪失に甘んじていくなら、やがて日本の産業基盤としての技術革新力が浸食されていくことになる。

半導体、コンピュータが図1、2に示すように電子産業の主力としてますます発展することによりパイは拡大しよう。分野別の集計では半導体では57件の内37%は「おこさない」で63%が「共栄」、コンピュータでは41件の内49%が「おこさない」で51%が「共栄」、新技術開拓分野では49件の内41%が「おこさない」で59%が「共栄」である。日本国籍の企業が研究開発の各フェーズ（独創的な概念の実証フェーズと実用化／製造技術開発フェーズなど）各国で行うようにグローバルに最適化することによって「大競争時代」に優位に立つことはパイの拡大をもたらす。これが国内外の研究開発の「共栄」につながるとすると、このような効果が最も期待できるのが上で「共栄」の比

率が最も高い半導体、次いで新技術開拓分野、コンピュータの順となる。最後のコンピュータ技術やマルチメディア技術においては海外生産比率が少ない、または全く無いにも関わらず純粋な技術開発専担部隊が海外展開を始めており、これらの分野では日本型の粘り強く改良を重ねるやり方の強みが発揮し難いため、今回のアンケートの結果でも国内外の研究開発の「共栄」のシナリオがコンピュータ分野で最も薄いことに反映されているとみてもよい。

ここで指摘しておきたいことは、今回のアンケートの範囲からも、技術開発専担の純粋R&D部隊が既に海外展開を始めており、しかも技術革新の早い競争の激しい領域で起こっている、という事実である。数量的にまだ端緒にあるということは、時間的余裕があるという多少の救いにはなるにせよ、技術開発力の競争力低下は、確実に始まっていると見るべきであろう。この点についてのアンケート回答者の意識は、全く危機として認識されていない。見事にゼロ回答である。

回答者の意識には、企業の国籍に関する捉え方として、日本国籍の企業がその事業基盤の源泉となり中核である研究開発の主要な部分を本拠の日本から国外に移してしまうことは考え難いから空洞化はおこらない、という信念もあるようだ。然し、「大競争時代」に企業が生き残るためには好むと好まざるとにかかわらずグローバルな最適化を余儀なくされるのであり、特に技術革新の早い競争の激しい領域の中でもコンピュータ技術やマルチメディア技術などの分野では国内勢力拡充の基盤が充実するまでの待ったは無い。そうであれば、回答者の信念は、このような競争を通じて生き残り、パイも大きくした上で、少しでも早く国内勢力を拡充したいし、それは今後の努力で実現できる、という信念であろうか。

〈番外2終り〉

## 第四章 新技術開拓分野の研究開発について

今回の調査では、新技術開拓分野を、新技術・基盤技術、半導体デバイス、その他のデバイスならびにプロセスの3つに分類し、それぞれについ

て1995年と5年後のR&Dの海外比率と海外展開の意識調査を6社に対して行なった。現状の売上は各社さほど大きくはない(年間0~100億円)ものの、国内のR&Dは将来に備えて各社まんべんなく行なっているが、海外R&Dにはその比率にばらつきがみられる。特長点を列挙すると、

#### 1) 海外R&Dの比率調査結果

新技術・基盤技術(図17)では、マルチメディア時代を支える画像圧縮・伸長、画像・音声認識、マンマシンインターフェースあるいは3次元グラフィックスなどでは現状の海外比率は0~30%(平均10%)とばらつきはあるものの比較的大きく、5年後にはその比率は増加(平均10~20%)する傾向にある。半導体デバイス(図18)では、海外比率が現状50%という突出点(1社)が単電子デバイスにみられ、その比率は5年後にも変わらないものの、他のデバイスでは増加傾向にある。その他のデバイスやプロセス(図19)については、1社が現状10%で5年後は20%と回答しているが、その他は0あるいは無回答となっている。

#### 2) 海外展開の意識調査

他分野の調査結果と同じように、海外のR&Dが増えるのにそれが「国内の研究空洞化を引き起こす」と回答した社は0である。「空洞化とはならない」、「共存共栄」の回答で占められている。一方海外にR&Dを展開する理由として、「日本とは異なる発想を持った人材とそのコミュニティがある」、「人件費が安い」、「市場のニーズや現地生産体制などへの対応に有利である」が挙げられている。

新技術開拓分野では売上高や従事人員数が前述した半導体やコンピュータのような基幹分野に比べて圧倒的に少ないために、海外比率は上述したように突出点が出たり精度の点で問題が出やすい。敢えてその比率を比較すると、基幹分野の方が新技術開拓分野よりもやや高い。しかし規模の差から見て、人数や研究開発費の絶対値ではその差は広がって基幹分野の方が圧倒的に大きくなるものと思われる。したがって研究の空洞化のきざしは基幹分野が先行する形ですでに現れているとも考えられよう。また海外展開は人と社会の質と効率を求めた結果と分析されるので、回答とは異なる

が、国内の研究空洞化を引き起こす可能性の方が強い。今回のアンケートでは、国内の研究開発がどれだけ魅力と競争力をもっているかの質的実体までは調査できなかったが、もし国内のR&Dの質と効率を抜本的に高めずに安易に海外のR&Dに過度に頼るとすれば、結局国内の研究の空洞化を加速するおそれがあるので留意すべきであろう。

## 第五章 マルチメディアの研究開発について

マルチメディア分野に関するアンケート調査の結果、ほとんどの企業がマルチメディア分野で事業を展開中で、かつ、ハードウェアの開発を行なっている。また、多くの企業で、ソフトウェアの開発も行なっていると答えている。

マルチメディア分野の産業には次のような特徴がある：

- ・グローバル化の影響を受けボーダーレス現象が顕在化しやすい。(図20)
- ・他産業に比べ海外進出に積極的。(図21)
- ・電気、通信分野では、生産拠点での研究開発を目指して、アジアへ進出する傾向がある。一方、情報サービス分野では、「シーズ研究」のため、欧米へ進出する傾向がある。(図22)

### (5-1) マルチメディア分野R&D概要

現在、海外でのハードウェア研究開発比率は、0~5%に留まっているが、研究開発でのネックとして、急激な技術革新、激しい価格競争、開発費の増大、新発想の必要性があげられている。つまり、従来日本が得意としてきた、「じっくりと改良を行なってより良いものを開発する」と言った手法が使えず技術の進展に追従することが困難になっていることが分かる(図23)。また、先端的なハードウェア要素技術を持つてはいるが、情報通信インフラ整備の遅れや各種規制のため、思うように実用化が進まず、将来に対する不安を持っていることも分かる。つまり、基礎技術力に関しては、国内に十分な技術と能力が蓄えられていても、実用化研究は海外で始めざるを得ず、結果的に海外への研究開発のシフトが発生している。

一方、ソフトウェアの海外研究開発比率は、0~20%まで分布しており、ハードウェア同様、人

材不足、市場の不透明性、業界標準の行方など、海外主導の技術の将来動向が読めないことが多くの企業から指摘されている。特にコンテンツの部分に関しては、独創性、芸術性、起業家精神などを持つ人材の不足が挙げられている。現状では、日本がコンテンツ部分での主導権を持っているとはいえない。これは、従来、マルチメディアコンテンツとしてハリウッドに代表される映画などが想定されていたためと思われる。

しかし、ゲームソフトのように個人に密接したコンテンツの日本のレベルは高く、定評のある日本製家電製品に対する評価と根底ではつながっているものと考えられる。従って、マルチメディアコンテンツにおいても高い完成度を持つアニメーションやゲームソフトウェアのような個人向け、あるいは、日本古来の伝統に根差したコンテンツを中心として展開を行えば、今後は、積極的に世界をリード出来る可能性があると考えられる。

アンケートによれば、将来のマルチメディア研究開発に必要な素養や教育としては、ソフトウェア技術者の独創性、教育、芸術と技術センスとの融合、人文系知識、起業家的精神などを挙げる声が多く、すなわちコンテンツ面での素養が強く要求されていることを示している。

日本の産業の将来を考える上で、マルチメディア産業は、他産業の基盤ツールとなる可能性を持ち、その特性を利用することで、都市間格差、距離の克服、ベンチャービジネスや、バーチャルファクトリに代表される社会構造変革の力を秘めている。

このような動きを推進し、研究開発空洞化を抑制するためには、以下のような国の施策が重要であると考えられる：

- ・ハードウェアの分野で、今後も先端的な開発を続け、研究の空洞化を防ぐために、要素技術の実用化を阻んでいる規制の緩和を行なう。
- ・ベンチャービジネスの育成を推進するため、規制緩和と同時に、資本制度の整備等への金融面からの刺激を与え、マルチメディア産業が自立的に成長プロセスに向かうという正のフィードバックが働くようにする。
- ・マルチメディアに係わる技術から文化／芸術

までを融合した教育機会をつくと共に、受験のあり方を変え、与えられた問題を解く能力だけでなく、問題がどこにあるか発掘する能力を有する人材を育成する。

- ・ソフトウェアの分野での発展を進展させるため、アニメーションやゲームなどを生み出す優秀な人材を活用する枠組の作成を行なう。
- ・今後は、一国のみが情報を発信するのではなく、多くの国の多様な情報が行き交う社会となるので、国内外の優秀な能力を集結するための、いわゆるHUB機能の実現を目指す。
- ・マルチメディア環境をより向上させるため、公的資金を用いてデータベースの構築、情報を流通させるためのインフラの整備を行なうとともに、データの再利用を促進するための知的財産権の整備を行なう。
- ・国が率先して、行政、医療福祉などのサービスをマルチメディアインフラ上で提供することで、多くの国民がマルチメディア社会の恩恵を受けられる様にする。

これらにより、日本における研究の空洞化を防ぐのみならず、高い文化レベル、高い資本力、高い平均教育レベル、伝統的な日本文化などの特徴を生かして、今後の発展を考えて行く事が出来ると考える。

## 第六章 大学・企業における教育・研究状況について

半導体・コンピュータ関係分野での研究開発の空洞化の現状についてのアンケート調査結果からは、空洞化の予兆が見られる。今後の空洞化を抑制するために大学など教育研究機関が今後どう対処すべきかについて、調査報告、アンケートデータ、そして委員会で出された意見を基にまとめた。

参考文献〔4〕および〔5〕によると基礎研究といくつかの特定分野の開発において、日本よりも海外で実施する方が有利であるとの判断がなされている。特定分野として、例えば、集積回路の設計が挙げられた。

今回のアンケート調査では、研究所の海外展開の理由として、米国や欧州には、日本とは異なる発想の人材とそのコミュニティがあること、余人

で代えがたい研究能力の人材が得られること、が挙げられている。よりあからさまに言えば、独創的な人材と、専門的に並外れて優秀な人材、が海外に積極的に求められている、と言える。

これに対して、国内でも海外に負けない程にこれらの人材を集めることができるようになれば、海外の研究所と国内の研究所とからの成果が加算そして相乗されて、将来大きな発展を期待することができる。このような発展が期待できるようにするには、特定分野、例えば集積回路設計、の人材育成、そして独創的な人材育成、さらに専門的に並外れて優秀な人材育成を、国内で、今後、これまで以上に促進する必要がある。そうでなければ国内の研究開発が縮小され、海外での研究開発のみが増大することになり、空洞化が進行するものと考えられる。

上記の人材育成要請に対して、大学および企業の教育研究についての今回のアンケートから、大学では、集積回路設計に関わる研究および講義が少ないこと、企業内教育によりこれが補われていることが読み取れる（図24、25）。以前より指摘されてきたこの問題に対して、最近、大学および企業が協力して集積回路設計試作の教育研究体制が整えられつつあり、また大学学部および大学院に集積回路設計までも含めた講義が拡充されてきているが、産業界からはLSI設計教育のさらなる充実が要望されている。急速に進歩する最新のCAD技術などをどのように講義や実習に取り込むか、などをはじめとして検討すべき問題も多く、この検討において産業界と大学との協力は重要である。

さらに、産業界からは、大学での先端LSI研究への継続的な国家的支援を行うべきであるとの指摘がある。参考文献〔6〕では、日本の半導体産業の課題として、高度な設計力・技術開発力を要する製品開発が必要であり、このために、長期にわたり優秀な人材を半導体産業に確保すること、産業界と大学の提携により半導体研究の活性化や独創的なアイデアを創出することが不可欠であることが述べられている。ところが現状では産学のマッチングの度合に問題があり、従来からの産学関係を根底から変え、長期的展望に立ち、相互信

頼の下に協力関係を樹立することが必要であること、そのための仕組みとして産学共同研究推進組織設立が提案されている。

独創的な人材、専門的に並外れて優秀な人材が輩出するように、大学での教育研究あるいはすべてのレベルでの教育の改革が必要であることが文献5に述べられている。独創的な人材育成の必要性は以前から言葉では指摘がなされてきたが、研究開発の海外展開の進行という形で事実として見せつけられていると言えよう。これに対しては、産官学で真剣な議論をする必要がある。

大学改革、例えば、大学院重点化の改革目標にこれらの項目が明確かつ具体的に組み込まれる必要がある。また、この問題は大学入試および大学以前の教育にも関係する。まず、大学入試については、例えば、物理を受験せずに電気・電子工学へ入学が可能という事態が生じているが、これはこのままでよいのか。大学入試で、独創性・個性的な発想を試すことができる設問の可能性はないのか。産業界から大学へ、これらの問題の検討、改善の要望が出されている。次に、高校教育については、例えば、理科・技術の面白さを感じさせ伝える教育、基礎学力と創造性の涵養など、産業界から教育関係者に要望が出されている。

専門的に並外れて優秀な人材育成については、大学としては、全国にいくつかのセンターオブエクセレンス（COE）が制定され、今後実効が挙がってくることを期待される。このような研究を促進するためには、もっと自由に産業界の資金が大学の研究に使えるようにし、また、研究成果は産業界に自由に渡すことができるようにシステムを整備しなければならない。こうすることにより、大学における研究テーマの選択や、研究分野の選定が、世の中の動きに敏感に反応するようになり、結果的によりアクティブな活動が行なわれるようになる（参考文献〔6〕）。

また、人材流動が重要であり、大学は産業界の人材をもっと積極的に登用してはどうか、との指摘が産業界からなされた。大学活動の評価について、社外重役のように産業界から、また、外国の大学・産業界から、評価委員を選んで評価やランク付けをしてもらう、など、より多面的に評価を

受けることを大学に義務付ける提案が産業界からなされた。専門的に並外れて優秀な人材育成については、大学での教育研究の改善と同時に、企業側においても、スペシャリストとしての採用、それに続くスペシャリスト育成、スペシャリストとしての待遇、などにおいて優秀なスペシャリストを魅きつけるための工夫の余地があろう。

今回のアンケート調査で研究所を海外に設置する理由として挙げられた、日本とは異なる発想の人材が得られる、ことについては、外国なのだから日本と異なるのは当然とも言える。どう異なるか、が問題であり、上ではこれを独創性と特定して議論した。もう一つ重要な点として、個人の主体性がある。

主体性を促進させるために、現在、大学では様々な工夫を行っている。大学入試に向けた詰め込み勉強に代表される非主体的行動から、主体的な勉学に切り替えるための転換教育を入学直後の講義に取り入れている。大学改革、教育改革では、既にこのような工夫が凝らされているが、研究開発の空洞化抑止の観点から更に工夫をする必要がある。

## 第七章 大学への委託研究について

### (7-1) 委託状況概要 (図26、27、28、29)

アンケート対象企業のほとんどが委託研究を実施している。国内大学については、一件当たり平均90万円弱程度、海外大学については一件当たり平均1500万円から200万円と幅があるが、平均は約400万円ほどである。委託研究の理由については国内大学については大学の技術レベルをについて研究成果よりリクルートが多く、海外大学については異なった発想、高い研究能力や大学の技術レベルが多い。5年後については、国内大学は現在の延長、海外大学については増加と予想している。

冠講座については国内大学は一件1000万円から2億円、海外大学は1000万円から2億5000万円であり、理由は大学の技術レベル、社会貢献と国内外とも共通である。

5年後については国内外とも減少と予想している。

一件あたりの金額と委託研究の理由から考える

と、国内大学への委託は奨学寄付金が大部分であり、企業にとっては具体的な研究成果を目指したものと言うより、大学とのおつきあいの意味合いが強い。5年後の予想の中で委託研究の理由としてリクルート目的を明示した回答がないという点は、企業が国内大学とのつきあい方を変えようと言う意志の現れかもしれない。海外大学に対しては、一件あたりの委託費用の額の多さと多様さから、具体的な目的を持った研究委託を行っているかと判断できる。また、5年後に明確に件数の増加を予想していることから、企業は海外の大学との関係を広げる、もしくは強める意志を持っているものと見える。これは、国内よりは海外での研究開発への企業の期待が大きいためとみることができ、企業の研究開発の海外へのシフトの可能性を示している。

### (7-2) 委託研究の舞台裏

日本では企業と大学との関係は受託研究や委託研究にたいして奨学寄付金がほぼ10倍の規模と、殆どが奨学寄付金の形で進められてきた。これは、産学共同に対して戦後日本の大学が消極的であり続けたこと、委託研究や受託研究制度に比べて小額ではあるが使い勝手の良い方式であること等による。企業にとって、奨学寄付金は比較的小額を多数の大学・研究室に出すのに適しており、殆どの場合いわば特定大学、特定教授とのお付き合い的性格のものとなっている。企業が大学の研究よりも優秀な卒業生の供給を期待してきたことも、この制度が主体となっている理由と考えられる。

これに対して、海外の大学には優秀な卒業生の供給を期待するという視点は無いので、純粋に研究成果を期待する比重が高くなり、委託研究費も単にお付き合いでない実質的な額になっているものと思われる。

将来について、企業の目的の中からリクルートがなくなっているのは、企業が大学との関係を見直しはじめている現れと見ることができる。第一には情報通信分野や、LSI分野の急速な技術革新と、技術の広がりとの融合の加速などによってもはや企業が必要な研究開発を全て自前で行うことが不可能になっており、基礎的な研究での大学への期待が高まっている。第二には国内の産業構造

を初めとし、製造、流通等のシステムが大幅な見直しを迫られているなかで、企業の人材の資質に対する要求が変わってきている。このような状況の中で、企業にとっては国内と海外という差が本質的な意味を持たず、必要な研究領域に関してアカデミズムでリーダーシップを取っている所との結びつきを強める方向に動いていくと思われる。従って、日本の大学が研究面で世界的なリーダーシップを取れない分野では研究の重心が海外にシフトしていく可能性が高い。

## 第八章 海外大学との契約形態について

### (8-1) 結果の概要 (図30、31)

対象となる大学は欧米が大半で、アジアとオセアニアが一部。契約期間は半年から2年以上まで様々である。研究成果の知的所有権については共有が最も多く、次いで企業に帰属となっている。契約業務については特に問題を感じていない。また、結果についてはほとんど全ての企業が満足している。(図32)

大学の所在地から考えて、研究開発の対象は基礎分野か先端技術分野が主体と考えられる。契約期間の多様さは個々に具体的な成果目標を持った契約が多いことを示しており、結果についての満足度はほぼ期待した成果が得られているものと想像できる。契約事務について特に問題が指摘されていないことから、今後とも具体的な成果目標を持った委託研究や共同研究が進められていくと考えられる。

契約事務などについては米国の大学は専門のスタッフを用意しているので事務的な問題はあまり無いものと思われる。欧米のトップクラスの大学は企業からの資金導入にきわめて熱心で、具体的な内容や研究紹介をもって学長や学部長が企業巡りを行っている。このため日本の企業の欧米大学に対する一種の敷居の高さが大幅に減じており、委託研究や共同研究を進めやすい状況になっている。

## 第九章 国内大学との委託研究阻害要因について

### (9-1) アンケートの概要 (図33)

国内の大学との委託研究の阻害要因と企業が考

えているのは、第一に大学の技術、学術レベル続いて、知的所有権、大学側の対応の仕方等である。成果のフィードバックや契約上の法規制については個別の事情の差により問題視の仕方が異なっている。空洞化対策として国内大学との共同研究や共同開発の推進は有効であるとの判断であるが、全体的としてみたときの大学や企業の技術レベルが低いこと、大学教授の兼業権や人材交流が不十分であること等が課題とされている。

国内の大学については、すでに検討したように、奨学寄付金制度を仲介とした委託研究が大半であり、今までの交流はいわばおつきあいを継続すると言う意味合いが強かったと思われる。企業の側としてはこのような状況からより効果的な共同研究や共同開発を進める方向に進もうとしたとき、一部の有効な共同研究が成立している場合を除いて国内大学の技術力に問題を感じている。企業は、大学や企業の技術力を上げるために、優秀な大学教授の活動の場を広げるための兼業規制の大幅緩和や、閉じられた世界で大学が沈滞することを防ぎ、より活性化するための、相互人材交流や、大学への外国からの優秀な研究者の導入が有効と考えている。

企業が国内大学の技術力に問題を感じているのは、少数の教授・研究室を除いて日本の大学が企業の期待にそえる結果を出せないと評価しているためと思われる。企業にとっては大学が国内にあるか海外にあるかという点は意味を持たなくなりつつあるので、現状が続けば産学共同の重心が海外にシフトしていく可能性が十分にある。国内大学の技術・学術レベルの原因は第一に人材、第二に研究設備・資金である。特に、大学教員の大半を自学出身者で占める、或いは自分の弟子を後継にすえるといった人事の固着は技術革新の激しい先端分野で研究をリードする人材育成には適さない。また、このような同質性は研究者の切磋琢磨の機会を阻害する。様々なバックグラウンドを持った研究者間の相互啓発による研究の活性化をはかるためには国内にとらわれない人材の流動化が必要で、それを阻害している諸規制の緩和と流動化を促進する施策が必要である。

## 第十章 博士課程出身学生の就職状況について

大学のアウトプットたる博士課程出身学生について、いくつかの大学について、その就職状況を調査した。博士課程学生は将来の研究開発を担う重要な人的ソースであり、国の政策もあって留学の数も増加している。博士課程修了者が、日本国内あるいは外国の研究機関へどのように定着しているかを知ることが研究開発現場の吸引力を示すものとして意味があると考え調査した。その結果を以下にまとめた。

### (10-1) アンケートの概要 (図34)

博士課程学生は増加しつつある。回答いただいた5つの大学で、電気・情報系で年間およそ110人。これらは多くの博士課程学生を擁する大学をいくつか含んでいるので、全国の大学について外挿すると、電気情報工学系博士課程修了生は年間約150人前後であろうか。年々増加の様相を呈している。

博士修了生の就職先はこれまで、教育・研究分野へ限られていたと思われがちだが、その就職先は50%強とむしろ企業が多い。即戦力として評価されつつあるのであろう。留学生の就職が日本の研究機関、企業では容易でない。従って、ほとんどの留学生の就職先は帰国あるいは米国など他の国ということにならざるを得ない。しかし、理解のある企業もなくはなく、なかには日本人と同等に扱う所もあり、海外拠点形成へ向けて日本企業の留学生採用の道も開けてきていると思われる。

「博士課程学生は減りつつある、留学生が大半を占めている」と、いうのは10年ほど前の迷信であって、博士課程学生は徐々に増加し、企業への就職が50%を越えつつある。参考までに、ある大学の博士課程学生数の経緯を図35に示す。

国際的にみると、米国、欧州はすでに研究開発の重要な担い手は博士課程修了生が主要な部分を占めている。わが国でもさらにこの傾向が進むと考えられる。

### まとめ

会社の業績によるレイオフが日常的に行われる

米国においても、開発エンジニアのレイオフが始まると、その会社は危険信号であると言われている。コンピュータ技術の項目にあるように、技術革新が大きく動いている分野で、技術項目によっては50%のR&D勢力が海外にある、または50%を目指して海外比率が増加しているものがある開発体制は、仮に国内勢力の減少を伴っていないとしても、大きな問題として認識するべきであろう。にも関わらず、当事者は空洞化を全く意識していない、若しくは問題とは思っていない。

今回のアンケートを通じて、特徴的な事象として浮かび上がった問題点は、ここに述べた、一見矛盾する回答に凝縮して現れていると考えられる。

会社規模の拡大と経営の効率化を求めて海外展開してきた電子産業は、先ずは商品のマーケットとして海外に販路を求め、次に消費地生産の原則や国家間貿易収支バランスにドライブされて生産拠点の海外展開を進めてきた。最後に残ったものが会社の未来を託すべき開発部隊の処遇である。アンケートによると、開発部隊の性格として、生産拠点のサポート組織としてのものと、純粋に技術開発専担の役割とがある。海外展開しているR&Dには、両方の性格の組織が含まれている。半導体の場合もコンピューターの場合も、生産の海外比率が高い場合、生産サポート的な役割の開発部隊が応援団として活動している。この分類に属する開発リソースは言わば生産部隊の間接要員とも考えられ、ある意味では必然的存在とみなされている。一方海外生産比率が低い、または全くしていないのに戦略的に海外R&Dを行っているようなケースは、純粋な技術開発専担部隊と考えられる。商品の存在が見えていない基礎基盤研究分野において、海外展開が活発であることはこうした例と言える。

半導体〈番外#1〉分析によると、デバイス・プロセスに近い分野では海外展開は進んでおらず、開発は国内に閉じている。理由は、生産部隊の主力が国内にいるから、ということである。活発に展開されている海外生産拠点に対しては、国内からサポートしていると解釈される。一方、設計の上流など、ソフト指向の強い部分は、海外の開発が活発で、開発された技術は、どんどん国内に持

ち込まれているという。開発地で主として用いられていると言うことではないようだ。これらを見ると、海外生産比率が高いということが、必ずしも開発の海外展開と直結していないようである。

さて、技術開発力、人的R&Dリソースから見て開発の海外展開が問題となるのは、純粋開発専任部隊の海外展開が顕著になった場合と考えられるが、この〈番外#1〉分析のように、海外生産比率の高低と、開発専任部隊の海外展開とが別個の動機で実行されているとすると、上に記した「開発の海外展開の実態と、当事者の意識とのずれ」の説明は必ずしも簡単ではない。

しかしながら、ここで指摘しておきたいことは、今回のアンケートの範囲からも、技術開発専任の純粋R&D部隊が既に海外展開を始めており、しかも技術革新の早い競争の激しい領域で起こっている、という事実である。数量的にまだ端緒にあるということは、時間的余裕があるという多少の救いにはなるにせよ、技術開発力の競争力低下は、確実に始まっていると見るべきであろう。この点についてのアンケート回答者の意識は、全く危機として認識されていない。見事にゼロ回答である。

先に述べたように、回答者側の認識として、海外R&D比率が、どの位になっている状況を適当と考えているかは、この問題の分析をまとめるについて重要な視点である。しかしながら、基幹産業の主要技術分野において項目によっては50%に達する海外R&Dが現存し、しかも増加基調であるということは、将来に向けての警鐘と受けとめるべき、重大事であろう。

海外展開の理由の約半分が、人材に関する理由とされていることから、教育の問題は重要である。六章に述べてきたように、産学の協力により、人材の育成を適正・多様化する事の重要性は論を待たない。また、大学と企業が分担を進め同一のテーマに共同で取り組む仕組みの積極的推進は、研究開発リソースの効果的活用、産業ニーズへのアカデミズムの迅速な対応、カリキュラムの機動的再編成と言う短期的効用の他に、共同作業を通じた人材雇用流動化の促進、情報交換の活発化によるより柔軟な社会基盤の醸成と言った、副次的長期的効能も期待できる。こうした大学と産業界との

緊密な相互協力ネットワークが構築されることにより、様々な局面での人材登用、リソースの円滑な循環が実現し、結果として海外の人材確保が研究開発海外展開の第一理由であり続ける事態が解消に向かうことを期待できよう。

一方、研究開発の海外展開が内外の共存共栄をもたらし、日本の空洞化は起きないという7割以上の回答が、楽観的に過ぎるという批判があるとすれば、回答者の判断が現状の単純な外挿に頼っている可能性が大きいと推測される場合であろう。半導体分野の記述にあるように、産業構造の変革期にあたり、従来の技術領域（製造プロセスなど）は微動だにしていなくとも、明日を牽引すべき技術領域（搭載すべき機能・ソフトの開発など）の知恵を求めて海外R&Dが展開され始めているのかも知れない。しかも過去の技術観で理解している故に現状を楽観している、と推測されるなら、大いに警鐘を鳴らし、啓蒙に努める必要がある。日本の電子産業が、これまでの牽引車の役割であったがゆえに、これからもそうあり続けることが可能であると、無条件に信じることはあまりに危険が多い。望ましい結果をもたらすために、必要とされる技術領域における彼我の実力の検証作業と、自らの進歩の方向性の確保に加えて、質的变化を伴う革新的な技術展開の可能性を見落とすことなく、今後の方策を真剣に検討する必要がある。

半導体産業におけるパラダイム変化、コンピュータにおける小型化パーソナル化の流れ、通信の発展であるマルチメディア技術の登場と言った産業の潮流は、物理屋の領域であった物作りの進化を基礎に、付加価値が発展し産業が拡大した時代から、機能や応用面の開発による付加価値によって技術が変革、発展、拡大していくと言う、新しい時代への乗り換えに差し掛かっていることは確実である。こうした付加価値の転換による産業構造の変革は、書物の出版において、筆写からグーテンベルグの印刷技術への進歩が重要であった時代から、本そのものの出版企画・編集という付加価値にポイントが移行したことになぞらえて考えることが出来る。

ソフト・コンテンツに主軸を置く産業の展開を展望するなら、出版業の隆盛に範をとって考える

ことも可能である。日本の出版業は、出版点数、出版部数の両方において、世界で一二を競う規模、実績、歴史を誇っている。日本語という、世界の孤児に等しいローカルな言語を背負っているにも関わらず、である。

一方、従来の日本の主流と言われる産業人において、出版業に代表されるようなソフトビジネスを何か四畳半的な内職の延長として一段低く見下してきた過去があるのではないだろうか。人間の根源的な欲求である快適さの追及や知的好奇心の発露、向上心と言ったものを、青臭い書生の議論として退け、十分な議論と場を与えないままに放置してきているのではないだろうか。これからの産業界の変革を乗り越えるために、人間生活の望ましい形態や文化のあり方から出発する、より総合的な検討が今求められる。個人のヒューマニスティックな合理性をベースにして、物事を整理し、快適な社会を構築する努力が重要である。社会の快適度を尺度に、必要な施策によって、新しい発展を目指すべきであろう。

これからの時代に要求される産業の付加価値は、日本にも十分に歴史と伝統の備わった出版業のそれと全く同質のものではないだろうか。多に意を強くして、そして、高い視点で見直すことを忘れずに、新しい分野を切り開いていきたいものである。こうした努力の積み重ねにより、研究開発の海外展開にはバランスフォースとしての逆方向のドライブが必ずや発生し、日本の技術力が真のグローバル化の一翼を担う時代へと進むことであろう。

(参考文献)

- [1] 「機械産業懇談会報告書—戦略的構造改革をめざして—」：通商産業省 機械産業情報局、平成8年3月
- [2] 「民間企業の研究活動に関する調査報告」：科学技術庁 科学技術政策局、平成7年度
- [3] 「日本企業の海外における研究開発のパフォーマンスに関する調査」：科学技術庁 科学技術政策研究所、平成8年2月
- [4] 「NISTEP REPORT No.43 日本企業の

海外における研究開発のパフォーマンスに関する調査」平成8年2月 科学技術庁 科学技術政策研究所 第2調査研究グループ 木場隆夫 p.12, p.15, p.17, p.18, p.23, p.24, p.27, p.28, p.29, p.31, p.33

- [5] 「研究開発空洞化現象は起きるのか？」中間報告 平成7年10月 日本工学アカデミー情報専門部会 p.12-13
- [6] 「半導体産業「創造的研究開発への挑戦」—半導体産業共同研究基金(仮称)の提案—」1995年3月 日本電子機械工業会半導体産業研究所、例えば、要約部分

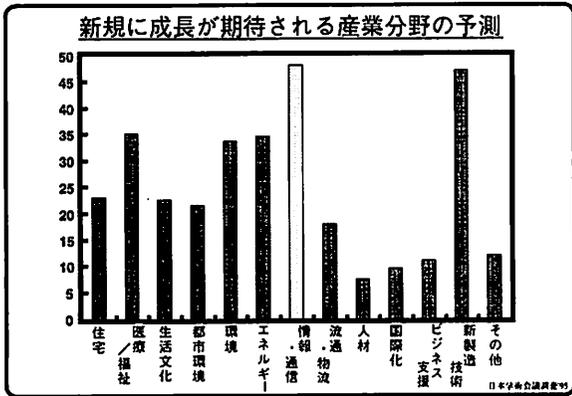


図1 新規成長分野の予測

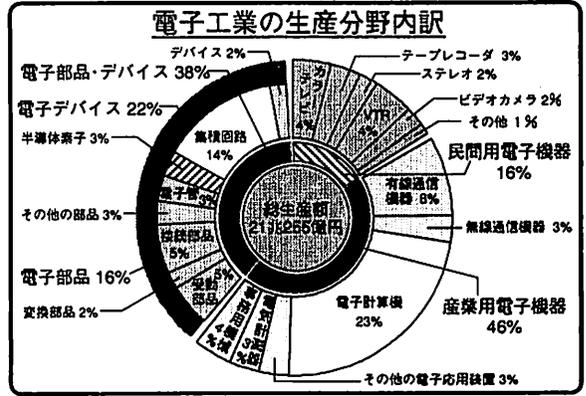


図2 電子工業の生産額内訳 (1995年)

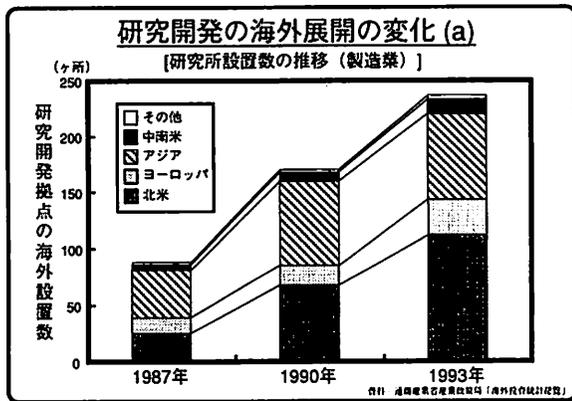


図3 研究開発の海外展開 (研究所設置数)

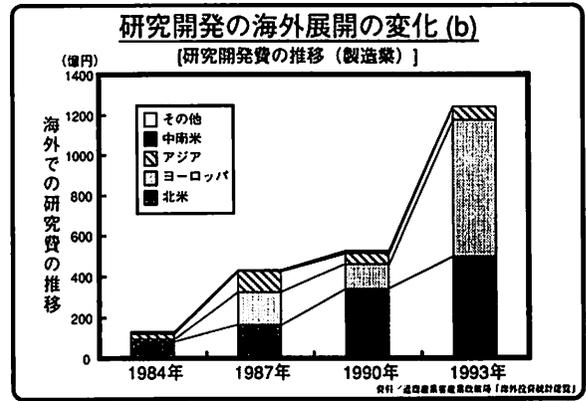


図4 研究開発の海外展開 (研究開発費)

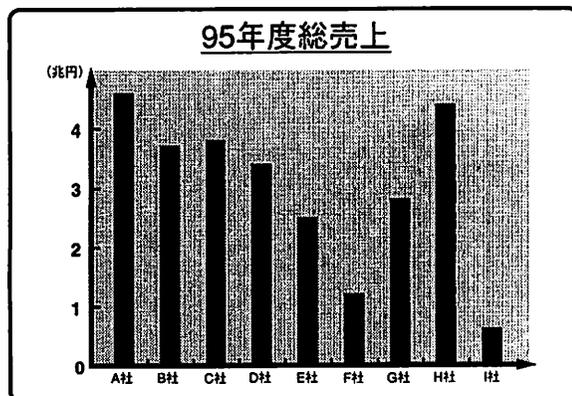


図5 アンケート回答各社の売上(1995年)

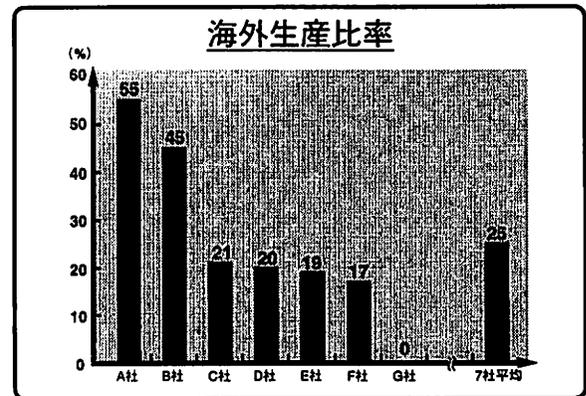


図6 アンケート回答各社の海外生産比率

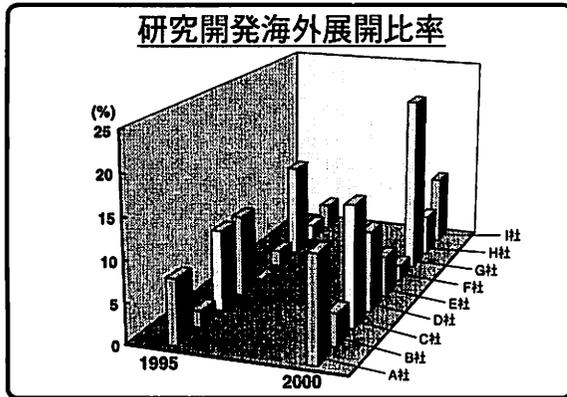


図7 研究開発海外展開比率  
(要員又は費用比)

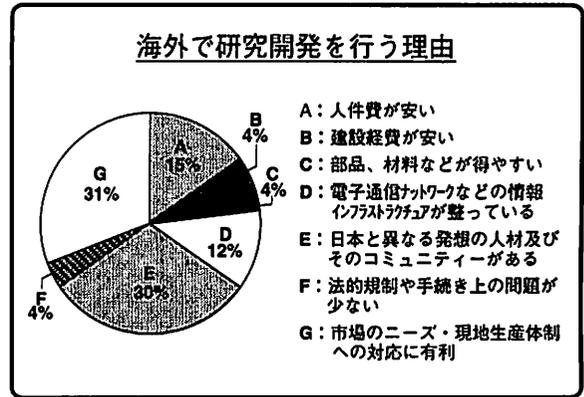


図8 海外で研究開発を行う理由

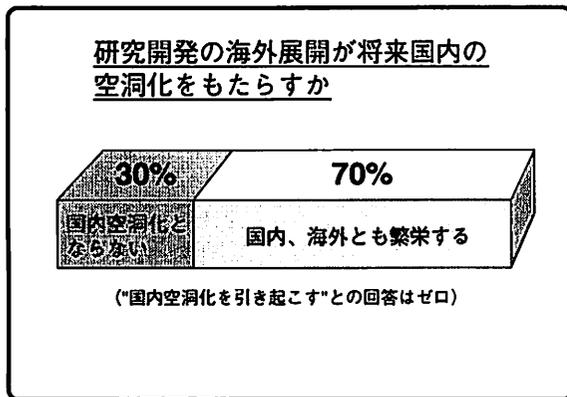


図9 研究開発の海外展開に対する見解

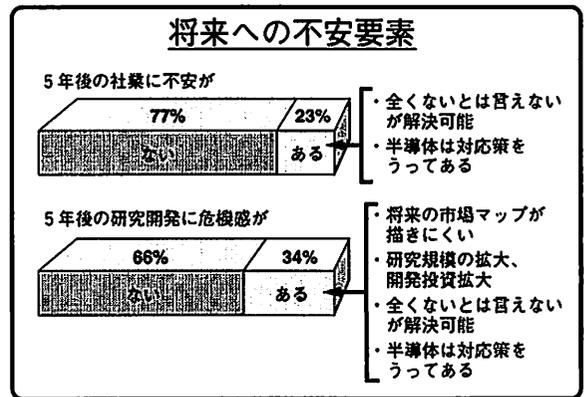


図10 将来への不安要素

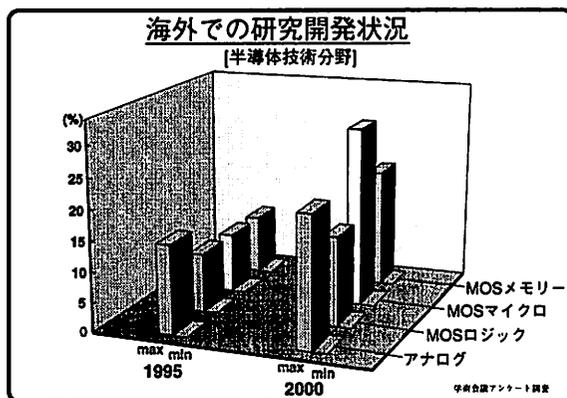


図11 海外での研究開発状況  
(半導体技術)

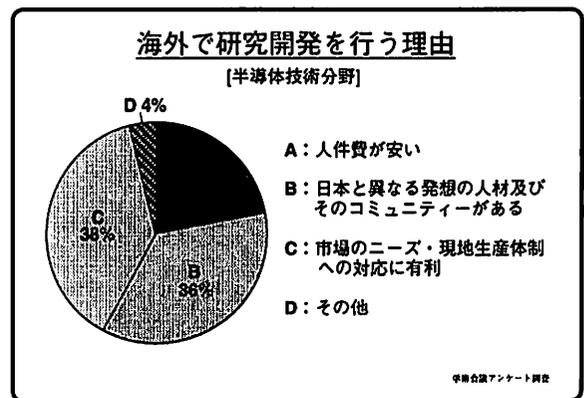


図12 海外での研究開発を行う理由  
(半導体技術)

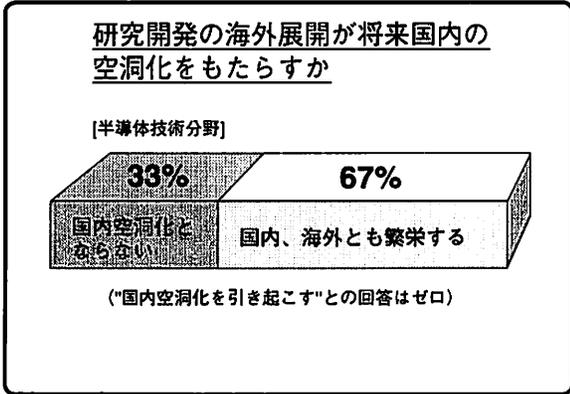


図13 研究開発の海外展開に対する見解 (半導体技術)

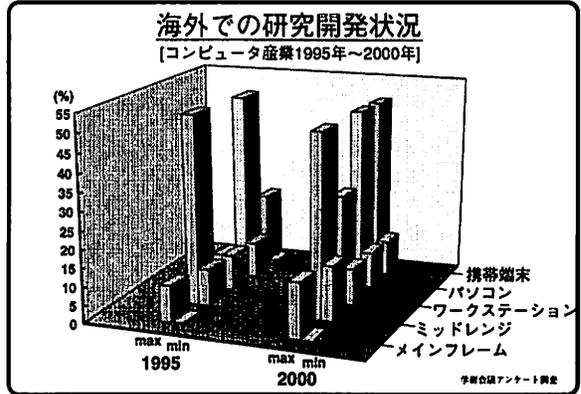


図14 海外での研究開発状況 (コンピュータ技術)

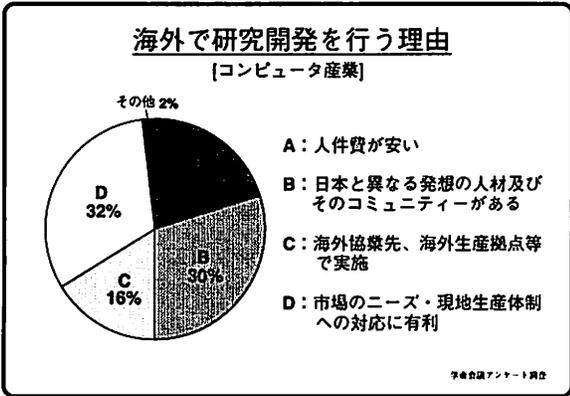


図15 海外で研究開発を行う理由 (コンピュータ技術)

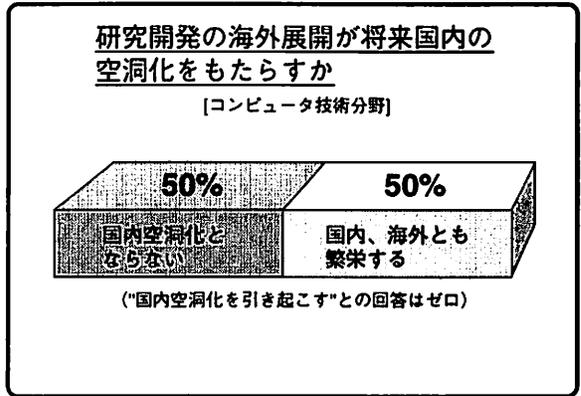


図16 研究開発の海外展開に対する見解 (コンピュータ技術)

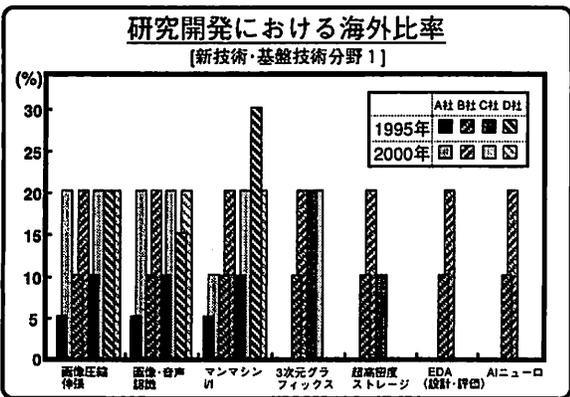


図17 研究開発における海外比率 (新技術・基盤技術 1)

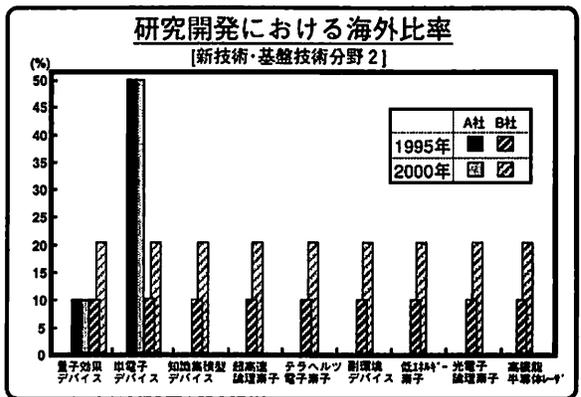


図18 研究開発における海外比率 (新技術・基盤技術 2)

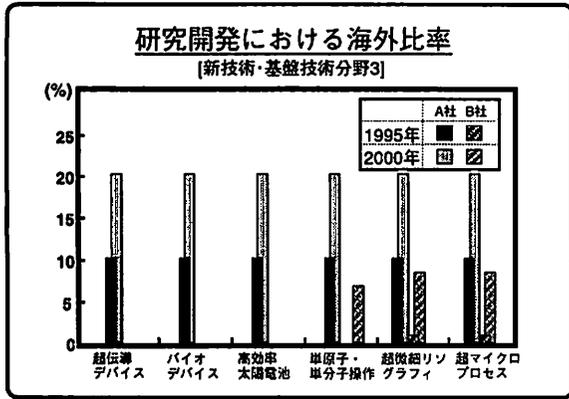


図19 研究開発における海外比率 (新技術・基礎技術3)

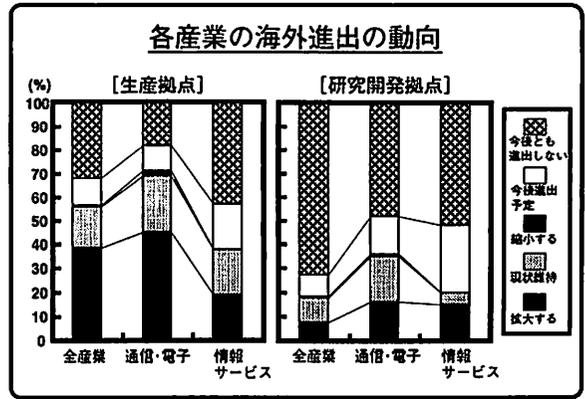


図20 各産業の海外進出の動向

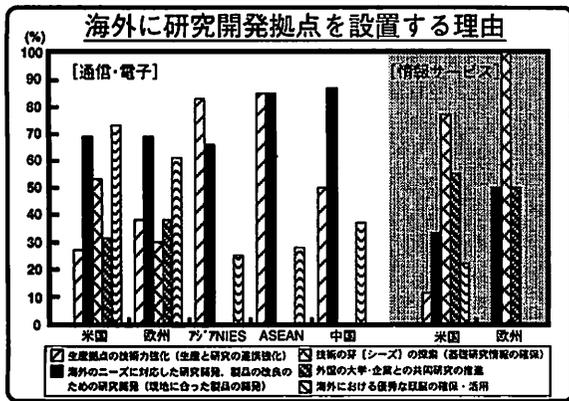


図21 研究開発拠点海外展開の理由

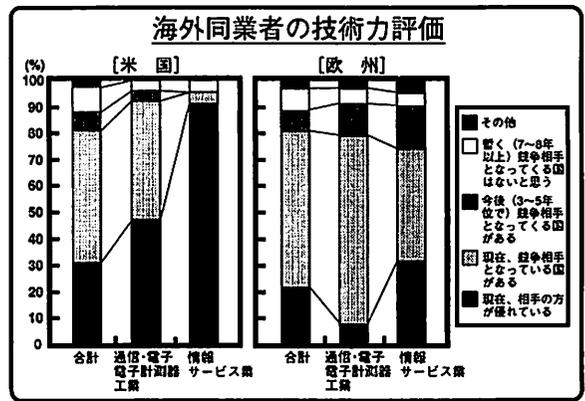


図22 海外同業者の技術力への見解

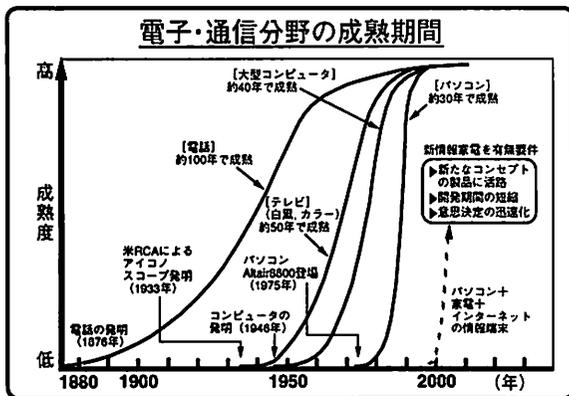


図23 電子・通信分野技術の成熟期間

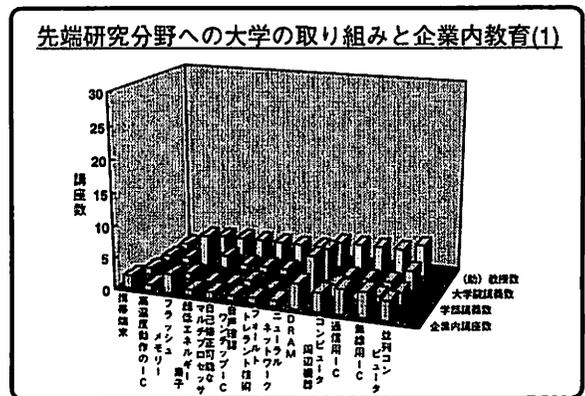


図24 先端研究分野への取り組み状況 (1)

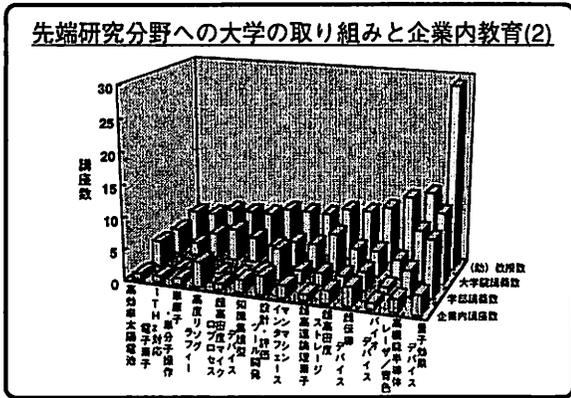


図25 先端研究分野への取り組み状況 (2)

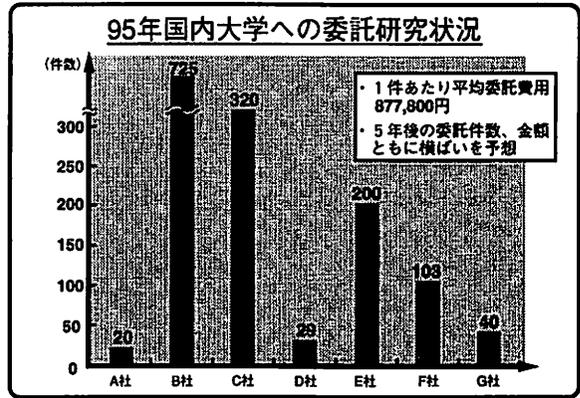


図26 国内大学への委託研究状況 (1995年)

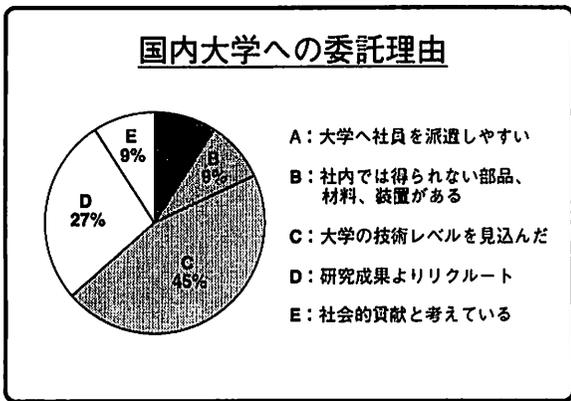


図27 国内大学への委託理由

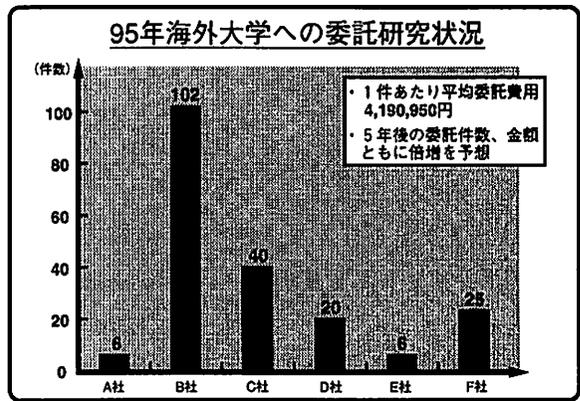


図28 海外大学への委託研究状況 (1995年)

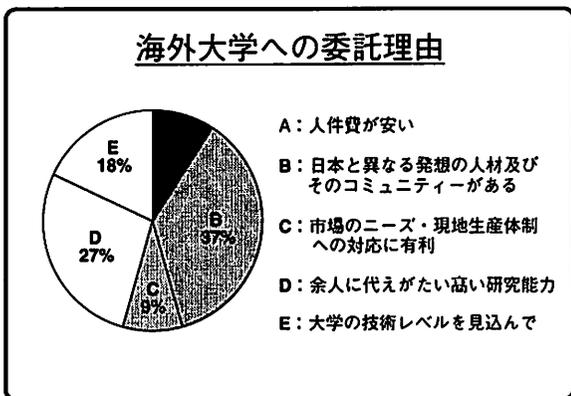


図29 海外大学への委託理由

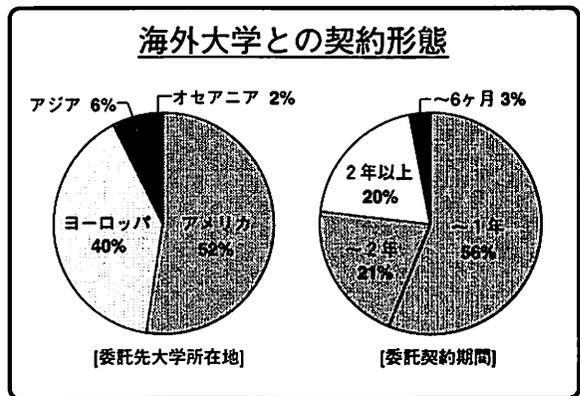


図30 海外大学との委託契約状況 (1)

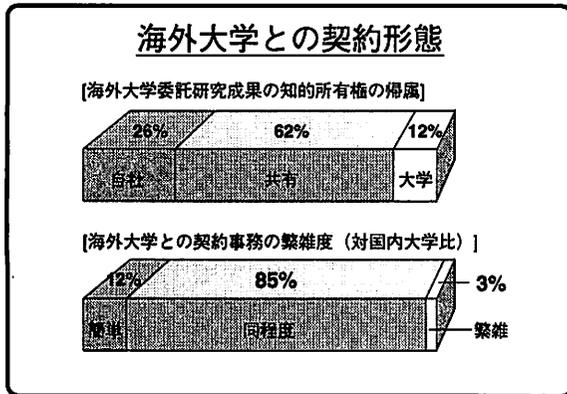


図31 海外大学との委託契約状況 (2)

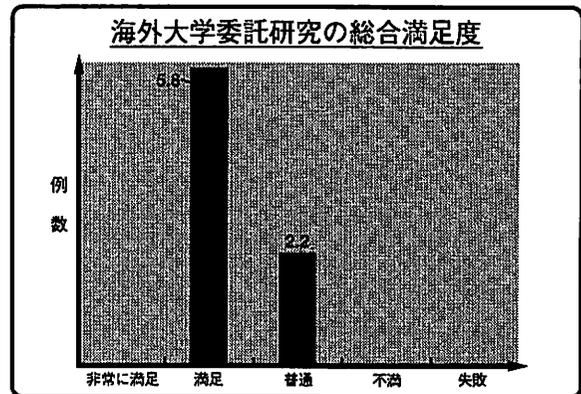


図32 海外大学との委託研究への見解

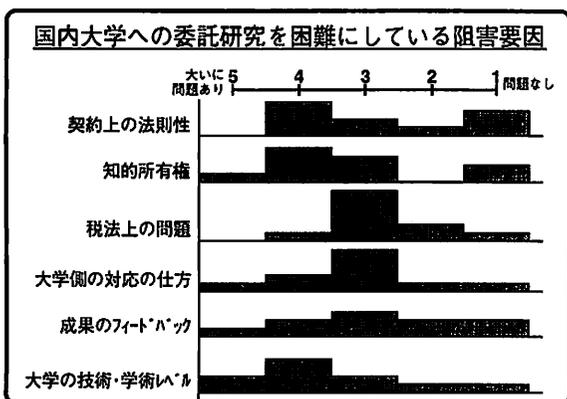


図33 国内大学との委託研究の問題点

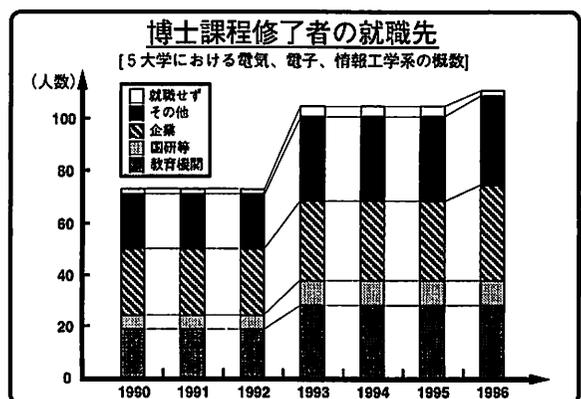


図34 博士課程出身者の進路

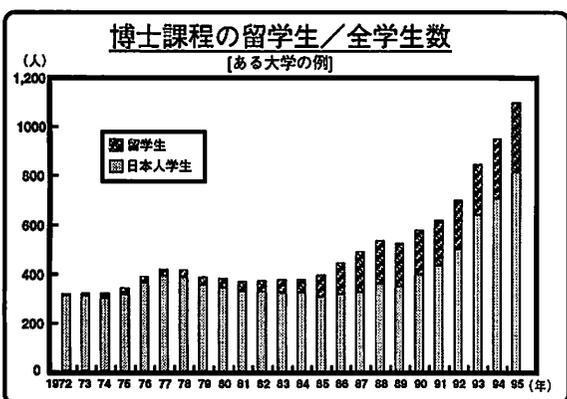


図35 博士課程学生数の推移

## 「国内電子産業の技術系・研究系雇用に関する基本検討」

本資料は、世界的なボーダーレス現象にさらされている国内電子産業について、雇用の観点から議論したものである。具体的には、該産業の将来予測として3種類のケースを想定し、各ケースで今後必要とする技術・研究系雇用数と、大学卒業及び大学院終了者数との関係を検討している。尚、想定した将来予測とは、(1)競争力のある分野への移行がうまく進み、現在の成長率を維持して今後も成長するケース、(2)現状の生産額のまま推移するケース、及び(3)競争力のある分野への移行がうまくいかず、海外生産シフトの影響で現在の成長率を支えている分野の成長がストップするケースの3種類である。

### 1 電気通信工学関係の大学卒業者、大学院終了者数

- 平成12年頃まで、技術系（大学卒業者）として毎年2万5千人程度、研究系（大学院終了者）として約5千人程度の被雇用者が発生する。

#### 【根拠】

・大学及び大学院修士課程入学者数の対前年度比率の推移を図1に示す。電気通信工学科の入学者数は、平成3年～5年（平成7年～9年卒業見込み）の間、約3万1千人から3万5千人強に増加（平均増加率：約3.2%、大学入学者総数に対する比率：約6%）し、平成6年は微減したものの3万3千人以上入学している。この傾向は、工学部全体の入学者数推移と概ね一致しており、他学科との間に特段の差異は無い。但し、大学全体の入学者数の推移と比較すると増加率は若干低く、修学比率として飽和状態に移りつつあると思われる。

・電気通信関連の大学院修士課程入学者数は、平成3年～6年（平成5年～8年終了見込み）の各年で約600～750人ずつ増加し、概ね6千5百人に至っている（大学卒業者数の約2割）。この増加率は工学系全体と比較して若干高い。また博士課程後期への進学者数は概ね6百人程度である。

・図2と3に、高校、大学の進学率推移を示す。高校への進学率は94%と高く、且つ高校卒業者の大学進学率は平成2年以降上昇し、約30%を越えるに至っている。一方、図4の人口ピラミッドから分かるように、大学入学年齢（現役）の人口は平成2年頃に約206万人とピークを迎えており、平成5年では約192万人と減少段階に移っている。それに関わらず、前述のように大学入学者が増加していることは、社会的な高学歴志向の一般化を示すものと考えられる。大学の入学定員枠に左右される可能性があるが、この高学歴志向は当面継続すると思われる。

・上記分析に基づき、将来の被雇用者数を推定する。平成12年ごろまでの大学入学年齢人口は減少するものの150万以上であることから、高校進学率94%、大学進学率35%、電気通信工学科の比率6%より、各年3万人弱が卒業すると推定される。この内、約2割の5千人が大学院に進学するものと推定される。以上から、大学院への進学者を除く電気通信工学科卒業者数約2万5千人、博士課程への進学者を除く大学院卒業生数約5千人を被雇用者数と想定した。

### 2 国内電子産業の総雇用者数

- 雇用として、定年による退職者数を補うための定常的な雇用（以後「サイクル雇用」と呼ぶ）と、研究投資増に対応する新規雇用（以後「単純増雇用」と呼ぶ）の2種類を考慮した。総雇用者数は両者の和とした。

#### 2.1 サイクル雇用

（ケース1）国内生産額が現状の成長率を持続する場合：

技術系として毎年約3万人、内、研究系として毎年約5千人の雇用が発生する。

（ケース2）国内生産額が増加せず一定の場合：

技術系として毎年約1万8千～9千人の雇用に止まる。

（ケース3）現在競争力を有する分野の生産額

増加がストップし、国内生産額が低下する場合：

毎年1万3千人程度の雇用しか発生しない。

#### 【根拠】

・電子機械工業の国内従業員数は、図5に示すように概ね120万人前後で推移している。一方、海外従業員数は毎年着実に増加しており、平成5年には全従業員数のほぼ1/3を占めるに至っている。この傾向は、図9に示す海外生産比率の上昇と合わせ、産業界の海外生産シフトへの影響が雇用の面に波及していることを如実に示すものと考えられる。

・全業種のホワイトカラーの職種別構成比率（図6参照）より、技術専門職の比率は約42%であることから、労働人口は約50万4千人と推定される。また、国内電機産業の研究者数は、図7より平成7年で15万人近くにまで増加していることが分かる。

・60歳定年制の浸透を仮定すると大学卒業者の勤続年数は26～28年である。従って、国内生産額が現状のまま変わらず、従業員数も一定である場合、技術系では概ね毎年1万8千～9千人のサイクル雇用が発生すると考えられる。このうち研究者は、毎年約5千人程度であろう。

・電子機械工業の総従業員数の変化は、国内生産額の変動と連動しており、両者の比率を求めると概ね5.54万人/兆円（一人当たりの生産額：約1千8百万円/人）になる。図8に示すように、平成8年以降の電子産業全体の生産額成長が2%付近（生産額として約4～5千億円増加）を前後すると推定されていることから、先の比率で従業員数も増加すると仮定すると年当たり2万人強の総雇用増加（技術系として9千～1万2千人程度）が期待できる。従って、先のサイクル雇用と合計して、技術系として約2万9千人～3万人の年間雇用が想定される。

・平成5～7年における電子機械工業の生産額の内訳を分析した結果を表1に示す。本表より前項の生産額増加は、主に電子部品の分野で支えられていることがわかる。すなわち、民生用電子機器の分野は海外生産の伸びとともに生産額が低下しており、産業用電子機器でも、増加傾向にあるの

は通信機器と電気計測器、電子計算機本体及び電子計算機を除く電子応用装置のみである。

・機械産業における海外生産比率を図9に示す。電子産業界は既にAV機器を中心とする海外生産へのシフトに伴い、国内製造分野の住み分け/差異化を進めてきた。先に述べた生産額の成長2%は、競争力を有する分野の生産額上層により達成されたものと思われる。そこで、仮に現在競争力を有するこれら分野までも生産の主体が海外に移行して、国内での生産額が頭打ちになった場合の雇用を想定する。はじめに、表1に示す通信機器と電子部品の生産額が平成5年以降一定であったと仮定し、国内生産額の成長率を求めた結果、図8のケース3、すなわち国内生産額が毎年概ね1%程度（額として約2千3百億円）減少していたことが分かった。次に、この低下傾向が将来に亘って継続し国内生産額が減少する場合を想定すると、先の総従業員/生産額比を当てはめることにより、各年の技術系従業員の削減数として約5千人が導かれる。この削減が退職者数の補充数低減により実現されると考えると、前記のサイクル分の一部と相殺されて1万3千人程度の雇用しか発生しない。すなわち、退職による従業員減少が全て補われないケース3では、限られた数の新規雇用しか発生しないこととなる。

## 2.2 単純増雇用

●90年台前半の年6千人強の研究者増が今後とも継続するとは考え難く、研究投資の増加に伴う単純増雇用数は漸次低下する。

#### 【根拠】

・諸外国における研究費の対国民総生産比の推移を図10に示す。日本では平成2年以降概ね3%付近を推移しており、欧米諸外国と比較しても最高の水準にある。また産業別でみると、医薬品工業、化学工業、通信・電子・電気計測器工業、及び電気機械工業の分野で、新しい技術に対する依存度が高く研究投資が大きい傾向がある。

・通信・電子・電気計測器工業、及び電気機械器具工業の売上高に対する研究費比率は、図11に示すように約6%にまで上昇した。尚、研究費比率が最も高い医薬品工業の場合、比率は8～9%を推移している。従って、まだ若干の研究投資増加

の可能性はあるものと考えられる。しかし全従業員数に対する研究費者比率は、図12より通信・電子・電気計測器工業で約12%、電気機械器具工業で8%強に達しており、先の医薬品工業での比率約9%と同等か上回っている。また電機産業における各年の研究投資増加の割合は僅かながら減少傾向にある。

・以上の分析から、医薬品工業並に至った電気・電子関連工業の研究投資は今後飽和傾向を示すと考えられ、従前の単純増雇用は期待できないと思われる。

### 3 結論

以上の分析から、大学及び大学院卒業者に対する産業界の総雇用者数を整理すると、該産業の将来予測別に、以下のように予測される。

[ケース1：国内生産額が現状の成長を持続]  
大学及び大学院卒業者数と雇用者数が拮抗する。

[ケース2：国内生産額が現状のまま変化せず]  
大学卒業者数が、雇用を約1万1千人強上回る。

[ケース3：競争力を有する国内生産額が現状のまま変化せず]  
1万6千人程度の大学卒業者の雇用が、国内電子機器産業界に存在しない。

民生用電子機器で顕著な海外生産シフトが、電子デバイスや通信機器関連に広がると（ケース3）、日本の雇用状況は憂慮すべき状態に陥る危険性がある。従って、現在の技術競争力を維持・拡大するとともに、新規産業の開拓と需要喚起が急務と思われる。

尚、上記の雇用数はあくまで大学卒業者のみを考えた場合であって、高等専門学校や高等学校卒業者を考慮していない。近年、図13に示すように研究補助者の数が減少傾向にあることも合わせ、若年齢層に対する雇用の検討も必要と思われる。

本資料をまとめるにあたり、NTTアクセス網研究所の三川泉氏に、多大な労力を割いていただいたことに感謝します。

### 4 参考文献

文部省：「学校基本調査報告書」

総務庁：「国勢調査報告」

通産省：「工業統計」、「通商白書」

日経BP社：「日経ビジネス」、「日経エレクトロニクス」

科技厅：「科学技術白書」

総務庁：「科学技術研究調査報告」

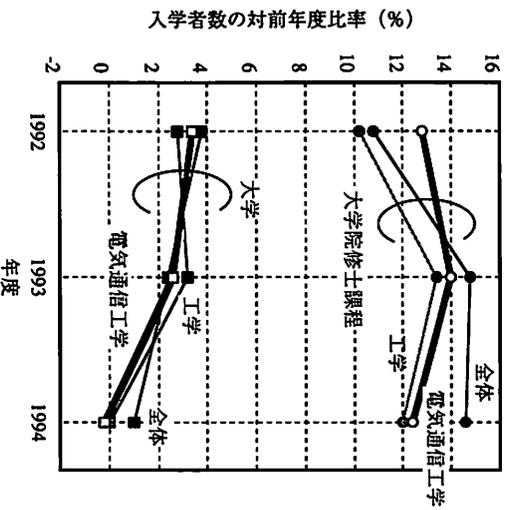


図1 大学、大学院入学者数の推移

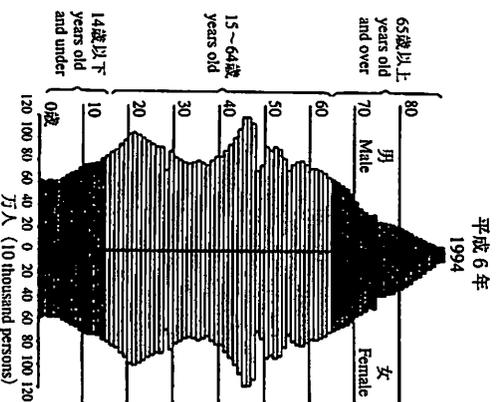
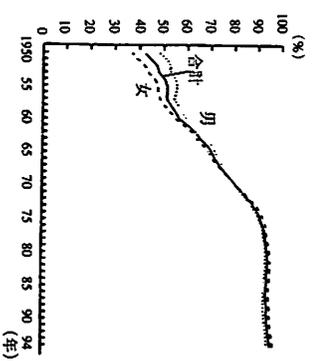
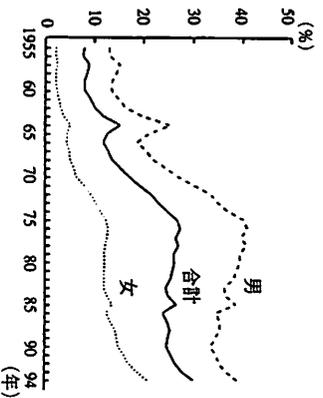
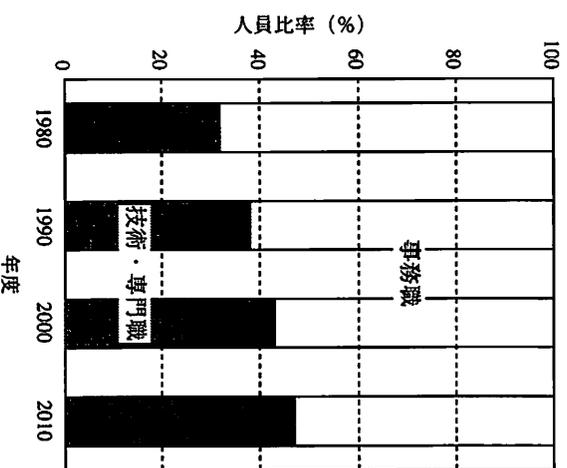
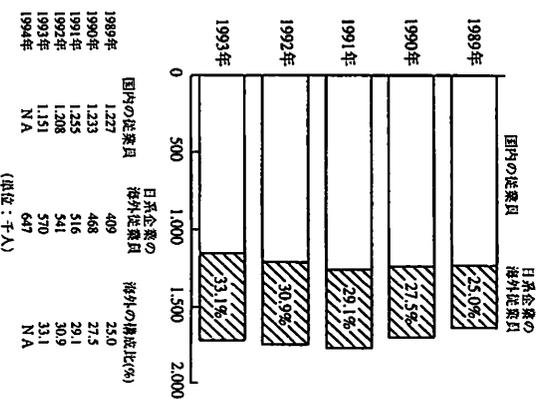


図4 人口ピラミッド



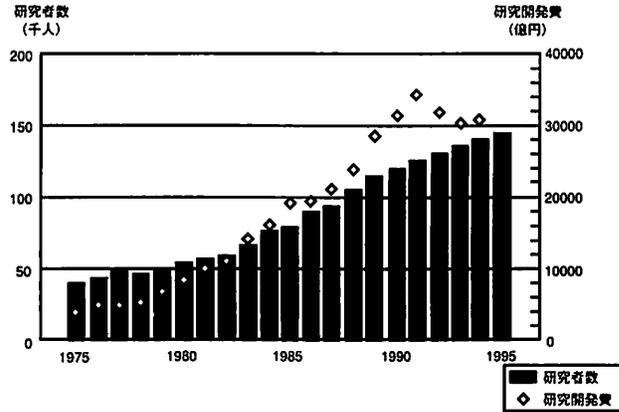


図7 電機産業の研究者数と研究開発費

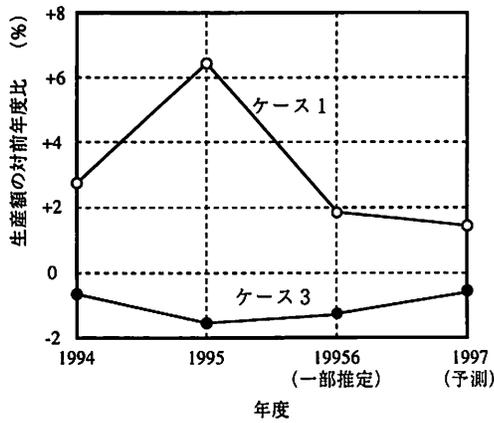
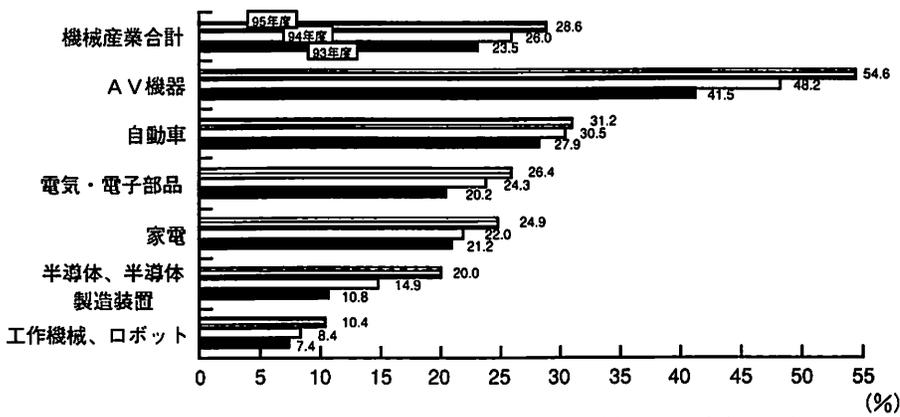


図8 電子産業の生産合計見通し

	生産額の対前年度比			
	1994/ 1993	1995/ 1994	1996/ 1995	1997/ 1996
産業用電子機器	102.7	102.7	110.5	102.2
電子計算機本体	104.1	110.2	108.0	106.4
通信機器	100.6	112.4	123.4	98.8
電気計測器	96.0	121.8	106.7	97.4
民生用電子機器	90.7	87.8	87.0	95.9
電子部品	107.5	112.3	95.8	101.7

表1 分野別の生産金額対前年度比



(備考) 海外生産比率=海外生産額/(国内生産額+海外生産額) なお、95年度は予測値  
(資料) 日本機械輸出組合調査

図9 日本の工作機械その他機械産業の海外生産比率

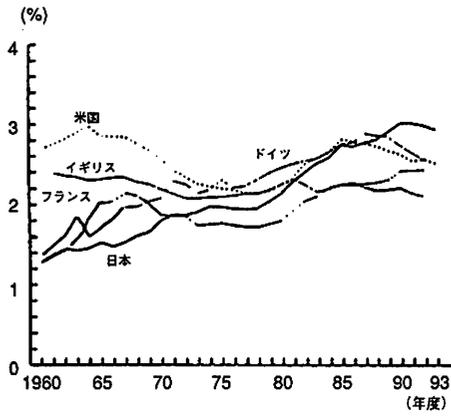


図10 主要各国における研究費の対国民総生産比の推移

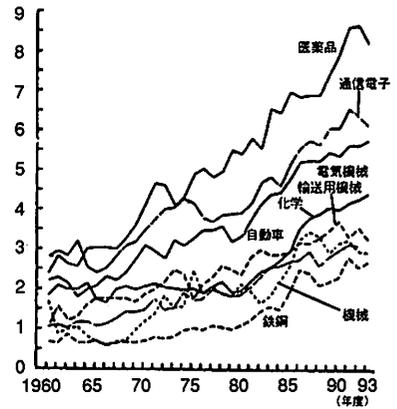


図11 研究費の売上高に対する比率の推移

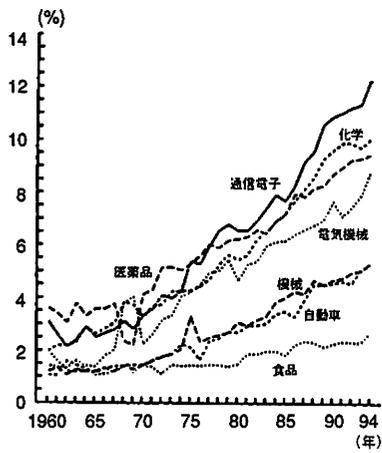


図12 研究者の全従業員数に対する比率

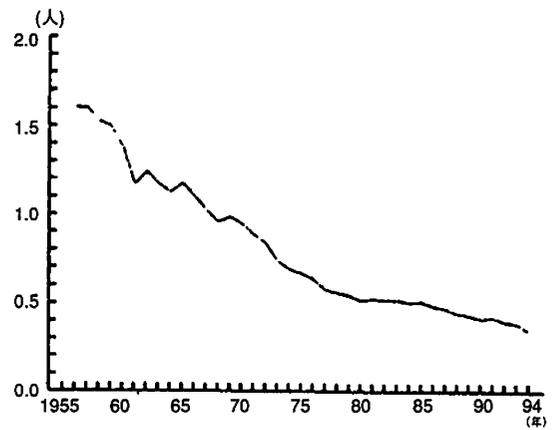


図13 研究者一人当たりの研究補助者及び技能者数の推移

この報告は、日本工学アカデミー情報専門部会 研究開発空洞化対策WGの審議結果をまとめたものである。以下にWGのメンバーを示すが、役職は報告書作成時のものである。

## 日本工学アカデミー情報専門部会

部会長 戸田 巖 (富士通 常務取締役)  
副部会長 青木 利晴 (NTT 常務取締役 研究開発本部長)  
大須賀 節雄 (早稲田大学理工学部 教授)

## 研究開発空洞化対策WG：半導体・コンピュータ分科会

主査 伊賀 健一 (東京工業大学 精密工学研究所長 教授)  
小野 雅敏 (工業技術院 東北工業技術研究所長)  
所 真理雄 (ソニーコンピュータサイエンス研究所 取締役所長)  
香田 正人 (日本IBM アジアパシフィックサービス クロスインダストリープログラム・マネジャー)  
石本 光 (ソニー 中研 材料物性部門課長)  
有信 睦弘 (東芝 システム・ソフトウェア生産技術研究所長)  
伊藤 清男 (日立製作所 中研 主幹研究長)  
久門 耕一 (富士通研究所 システム研究部 主任研究員)  
長野 數利 (松下電器産業 経営企画室 参事)  
古屋 一仁 (東京工業大学工学部教授)  
吉村 猛 (日本電気 C&C研究所 担当部長)  
唐津 治夢 (国際電気通信基礎技術研究所 経営企画部長)

## 研究開発空洞化対策WG：マルチメディア分科会

主査 青木 利晴 (NTT 常務取締役 研究開発本部長)  
石黒 辰雄 (日本電気取締役 支配人)  
坂内 正夫 (東京大学生産技術研究所教授)  
持田 侑宏 (富士通研究所 取締役 マルチメディアシステム研究所長)  
大島 正晃 (松下電器産業 東京通信システム研究所企画室室長)  
藤沢 秀隆 (カシオ計算機 通信技術研究所開発部次長)  
柳町 昭夫 (NHK放送技術研究所 研究主幹)  
上田 繁 (シャープ 通信技術研究所 部長)  
藪田 哲郎 (NTT アクセス網研究所 研究部長)

1997年7月11日

編集  
発行 **日本工学アカデミー**

〒100 東京都千代田区丸の内1-5-1  
新丸ビル4-007

T E L : (03) 3211-2441~2

F A X : (03) 3211-2443