

電子産業における日米逆転

新 井 光 吉

I はじめに

II 電子産業の特質

III 米国電子産業の興隆と成熟

[1] 概観

[2] 第1期 生成期

[3] 第2期 発展期

[4] 第3期 成熟期

IV 日本の挑戦

[1] 日本電子産業の発展

[2] 民生用電子機器

[3] コンピュータ

[4] IC（集積回路）

V むすび

I はじめに

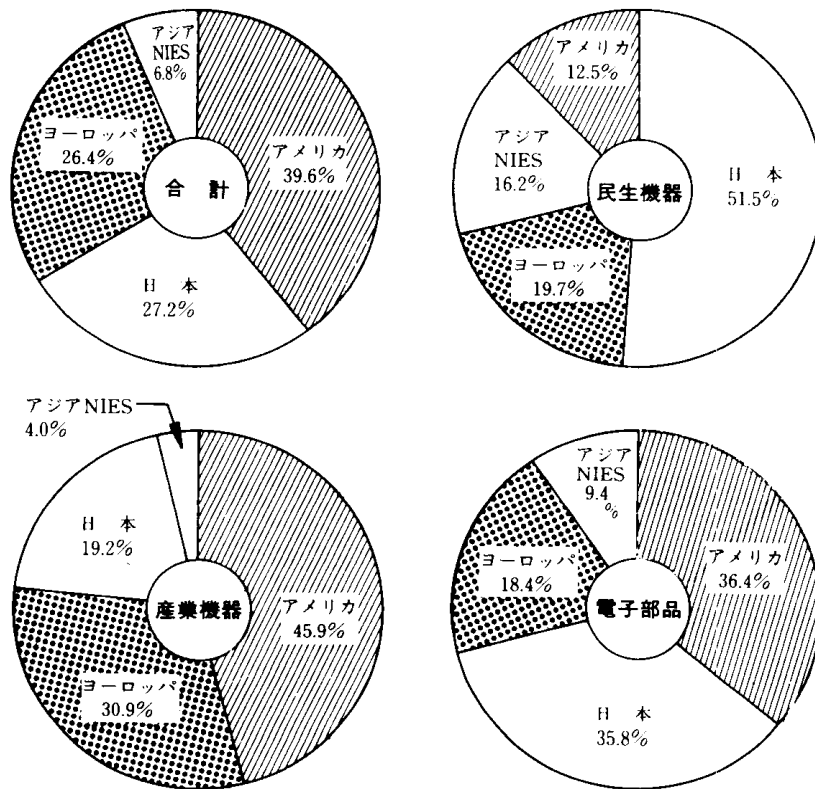
失敗の最たるものは、それを何1つ自覚しないことだそうである。思うに、この言葉ほど戦後のアメリカ産業史の姿を雄弁に物語っているものはあるまい。何故ならば、60年代以来、アメリカは繊維、鉄鋼、家電、自動車、工作機械などの産業で次々に競争力を失い、その原因に対する真摯な究明すら試みず、有効な対策も講ぜぬまま、徒に保護主義に訴え、なす術

もなく衰退に身を委ねてしまったからである。そして今また半導体産業においても日米の地位が逆転し、コンピュータを含む電子産業全般の競争力すら深刻な危機に陥っている。しかも将来における先進国間の経済力の差は半導体技術を発展させ、設計・生産する能力に依存している。もし半導体産業で主導力を失えば、アメリカは戦後優位を維持してきた多くの先端技術分野で国際競争力を喪失することになるだろう。

無論、斯かる状況はアメリカの産業構造や技術的連関における電子産業の重要性に思いを馳せる時、由々しき事態となる。というのは電子産業の世界市場は88年現在、7700億ドル（1ドル＝130円で100兆円）に達し、コンピュータ、電気通信、電子工学を含む「コンピュータロニクス」市場は1兆ドル（130兆円）にも上る巨大市場だからである。然るに70年代末以降、アメリカは電子産業の基盤である半導体産業で日本との競争に敗北しつつある。即ち、日本企業は世界半導体市場で78年の24%から86年末の46%へとシェアを大幅に上昇させ、60%から43%へとシェアを低下させた米企業を圧倒するに至った。また87年に日本企業は世界半導体市場でトップ・スリーを独占し、10位以内に6社も入っている。こうして日本企業は高品質・低コストで大量生産する生産技術を武器に、市場規模の大きい半導体分野を支配し、高収益を得ているのである。今や日本企業は世界最大のマイクロエレクトロニクス（ME）市場へと成長した国内市場を基盤として電子産業におけるアメリカの主導権を脅かしつつあると言える。

周知の如く日本の電子産業は戦後に急速な発展を遂げた産業であり、50年頃には製造業生産額の2%を占めるにすぎなかったが、その後急速に発展し76年に繊維を追い抜き、82年には鉄鋼をも凌駕し、自動車に次ぐ産業に押し上がった。それ同時に国際的地位も飛躍的に高まり、今や日本は電子機器における「世界の供給基地」となっている。即ち、第1図の如く日本は87年に世界電子機器生産の27%を占め、40%のアメリカには劣るが、26%のECを上回っている。特に民生用電子機器では、日本は世界生産の

電子産業における日米逆転



(資料)『電子工業年鑑』1989年版

第1図 日本電子工業の国際的地位(1987年)

51%を占め、電子部品でも36%を占めてアメリカと並ぶ地位にある。また世界輸出に占めるシェアでは、日本は85年に電子機器の28%を占め、21%のアメリカを圧倒し、産業用電子機器では21%を占め、26%のアメリカを下回るが、民生用電子機器では60%、電子部品でも21%をしめて世界一となっている。斯くの如く日本は電子産業の競争力においてアメリカを逆転しつつあるといつてよい。

そこで、本稿の目的は電子産業における日米逆転の過程と原因を解明することにある。まず、日米両国の電子産業の発展過程を分析し、しかる後にアメリカが弱体化し、日本が競争力を強め得た原因を検討する。無論、論点の中心は半導体産業におかれるが、これはME時代の電子産業という研究対象の性格にも由来しているのである。

II 電子産業の特質

〔1〕 IC技術

周知の如くIC（集積回路）発明以降の電子産業の発展はME革命と呼ばれている。ICはあらゆる機器に組み込まれ、画期的で高性能な新製品を次々と生み出している。ICは小型化，軽量化，高機能化，低価格化，信頼性，エネルギー制御機能などのメリットを持ち，資源やエネルギーの制約という新しい経済環境に極めて適合的な技術である。¹⁾それ故，電子産業の基礎はICを中心とした半導体産業にあると言える。即ち，産業のコメという言葉に象徴されるように半導体は電子産業の要であり，半導体を制するものは電子産業を制し，延いては産業そのものを制するといっても過言ではない。

無論，半導体の要はDRAM（記憶保持動作が必要な随時書き込み読み出しメモリー）にあり，DRAMこそが中核品目であると同時に技術牽引製品でもあると考えられる。²⁾というのはDRAMは売上高最大の品目であるが故に重要な収益源であると同時に，長期操業を可能にして生産工程や品質管理過程を点検し改善する上で極めて有益だからである。³⁾また他の多くの半導体と比べても比較的簡単な製品なので，新技術の開発に利用できる格好の対象ともなっている。そこで，最先端技術は必ず，まずDRAMに採用される。DRAMの進歩が先行しこれにSRAM（記憶保持動作が不要な随時書き込み読み出しメモリー）など他の新世代製品が追随するのである。

だから，もしDRAMで優位に立てれば，半導体全般においても優位を占めることができるという訳である。事実，日本企業は80年代半ばまでにメモリー支配をテコとしてより高性能な製品の生産にも進出し，IC全体を支配するに至った。と同時にRAM，延いては半導体の優位を維持するためには，家電製品など民生用市場を掌握しておくことが不可欠である。⁴⁾

それに加えて，半導体には生産と売上が倍増するごとに原価が20～30%

低下するという経験曲線が存在している。つまり半導体，特に RAM はスケール・メリットが大きく，量産技術に優れた日本にとって有利な製品といえるのである。⁵⁾

[2] ME 革命

ところで，46年に開発された世界最初のデジタル電子計算機は使用真空管 1 万 8800 本，消費電力 140 キロワット，全重量 30 トンと巨大であったが，現在のマイコンの 20 分の 1 程度の演算能力しか持たず，30 分に 1 回の割合で故障するほど信頼性が低かったと言う。しかしコンピュータ技術が真空管からトランジスタ，IC に基盤を移すと共に，小型化，高速化，高信頼化，低価格化といった特徴がフルに発揮され始めた。その結果，コンピュータは僅か 4 半世紀の間に演算速度を每秒百回から一千万回まで 5 ケタも向上させ，演算当たりのコストを 4 ケタも引き下げたのである。このコンピュータの進化はまさに ME 革命の産物と言える。⁶⁾

しかも IC 技術の革新は急速かつ継続的に進展しつつある。DRAM の例でいえば，70 年に 1 キロビットの製品が出現して以来，4，16，64，256 キロビットとほぼ 3 年で 4 倍の割合で容量を増大させ，86 年には 1 メガビットが登場している。無論，斯かる集積度の向上は主として微細加工技術とデバイス構造の改善によって実現された。一般に IC を設計する場合，トランジスタの形はそのままに保ち，縦，横，高さの寸法を比例的に縮小すると特性が向上する。例えば，寸法を 2 分の 1 にすれば，特性はその 3 乗に逆比例して 8 倍も向上する。なぜならば寸法が小さければ，それに要する電圧や電流が少なくて済み，電子が動く距離と時間も短くて済むからである。つまり小さいからこそ，情報を取り扱う機能をより速くより少ない電力で実現できるという訳である。

さらに IC は単位機能当たり価格が急速に低下するという利点を持っている。経験的に DRAM はどんな容量のものでも量産最盛期になると 3 ド

ル近くまで下がり、やがて1.5ドル付近に到達して安定するという傾向がある。その結果、容量が4倍ずつ上がる世代交替ごとに単位機能（ビット）当たりの価格が4分の1に下がることになる。過去15年ほどの間にDRAMの容量はほぼ3ケタ向上したから、ビット当たり価格は千分の1にさがったことになる。このような「価格破壊力」がIC需要の裾野を限りなく拡大し、ME革命を推進しているのである。⁷⁾

無論、IC需要が急増する背景には次のような要因がある。第1に、電子応用機器は新しい機能や機構を付加することにより年々高度化しており、それに伴ってIC使用量が激増する。第2に、ICの高集積化に伴う小型化、高機能化、低価格化などの利点はニーズに対応した新製品の設計や生産に新たな可能性を開き、数多くの新製品を創出した。その結果、ICは単なる素子や部品の集合からシステム化へと機能面での飛躍的な向上が図られた。例えば、32ビットMPU（マイクロプロセッサ）は30万素子前後の集積度を持ち、高水準言語やOS（基本ソフト）などのオンチップ化、つまりソフトのハード化（ファームウェア化）を可能にした。第3に、ME革命が真に革命たる所以は、製造技術の革新と製品技術の革新が同時並行的に進展している点にある。例えば、機械と電子の結合によって創出されたメカトロニクス製品は機械系を再生させる直接的な牽引力となったのである。このように電子産業の発展は製造技術の革新と製品技術の革新との相乗作用によって維持されており、個別的技術のライフサイクルは短いが、1つの技術的成果が自己増殖的に次の技術を生み出すダイナミズムに富むという性格を持っている。⁸⁾

〔3〕 部品産業

電子産業の競争力は各種部品の開発供給能力や、セットメーカーと部品メーカーとの協力体制に大きく依存している。例えば、VTR開発の場合、多種多様な部品を供給し得る部品産業が日本に存在していたことが、初期

の試行錯誤を切り抜け、急速な立ち上がりと多くの企業の参入を可能にしたのである。つまり日本の優れた部品産業の存在が日本企業による VTR 生産の世界的独占をもたらしたのである。これに対してアメリカが民生用電子機器で競争力を失った理由は、開発・量産に必要な部品を迅速に低コストかつ高品質で供給してくれる部品産業の基盤を喪失してしまっていたからである。つまり国際的優位を占める部品産業の存在が電子産業の優位を決定すると言ってよい。⁹⁾

また電子機器は様々な部品技術の融合を必要としている。例えば、VTRの開発には電子技術と精密機械技術を高度に融合させ、1つの機械として統合することが不可欠である。しかもVTRは高品質と小型化を実現する精密加工と同時に、市場拡大を可能にする量産化を必要としている。結局、VTRやファクシミリにおける日本の成功は電子と機械の融合、精密と量産の融合が非常にうまく行った結果だと言える。以上のような技術的特性と優れた部品産業の存在が日本企業による新製品の開発や開発期間の短縮を可能にしているのである。¹⁰⁾

Ⅲ 米国電子産業の興隆と成熟

〔1〕 概観

周知の如く米国電子産業はベル研究所による48年のトランジスタ発明とTI（テキサスインストルメント）やフェアチャイルドによる59年の集積回路開発から70年代末まで、圧倒的な技術的優位と世界的な市場支配を維持してきた。かかる発展の歴史を振り返って見ると、第1期はトランジスタ技術が中心で、単に真空管の代替機能を持つにすぎなかったから、電子産業全体へのインパクトはそれほど大きくはなかった。即ち、トランジスタは真空管と同じ機能をより効果的に果たすが、それが組み込まれる製品を根本的に変革するものとはいえなかった。しかも小型化・高品質・信頼性を

重視する軍需用R&D計画が製品設計の方向を規定し、政府調達（軍需・宇宙）が有利な初期市場を提供するなど、政策の影響が大きかった。これに促されて新規参入が相次ぎ、軍事市場以外へも新技術が普及していった。無論、国防・宇宙需要は半導体に対する直接的な刺激を与えたが、米国市場に特有な構造的要因も重要な影響を及ぼした。AT&TやIBMなど巨大企業の半導体市場参入に対する反トラスト規制、潤沢なベンチャ・キャピタルの存在、技術者の頻繁な転職、トランジスタやIC技術の寛大な開放などの要因が新規参入や熾烈な競争に特徴付けられた市場環境を創出したのである。¹⁾次に第2期は半導体技術の向上により、電気機械機能の多くが電子回路で代替可能となった時期である。特に成長の牽引力となったのはコンピュータ産業であった。IC設計技術の進歩によって、基本ロジック・チップやコンピュータ・サブシステムの単一チップ化が可能となった。その結果、IC生産が急増し、メインフレームやミニコン市場の急成長がもたらされた。このコンピュータや産業用の需要はIC生産への新規参入を急増させ、66年から72年に30社以上が参入するに至った。

第3期は、バイポーラICからMOS（金属酸化シリコン）ICへの転換、LSIやマイクロプロセッサ（MPU）の出現によって市場に大きな変化が見られた。特にLSIは製品の性格を根本的に変化させた。即ち、素子の高集積化によって、以前には電子システムの基本的機能と考えられていたものをチップに組み込むことが可能となった。その代表的なものが71年にインテル社によって発明されたMPUである。というのもMPUはコスト削減や性能向上を目的とした代替的用途を超えて新たな発展段階をもたらしたからだ。斯くの如くLSIはICメモリー、民生用機器、電気通信、MPUやマイコンなどの応用分野に新しい市場を創出し、多数の新規参入を助長し、コストと性能をめぐる競争を激化させたのである。そこで、次にこの時期区分を踏まえて米国電子産業の発展過程を検討することにしよう。

〔2〕 第1期 生成期

(1) 反トラスト政策

言うまでもなく米国技術史において、AT&Tのベル研究所ほど重要な役割を果たした機関は存在しない。³⁾例えば、半導体、レーザー、コンピュータなどのハイテク産業における米国の優位はベル研の研究と人材の基礎の上に立脚しているといっても過言ではない。ベル研は第二次大戦中に陸海軍や国防研究委員会のために約2000の研究開発計画に従事し、レーダーや通信システムを開発した。また49～59年の10年間に、ベル研やウェスタン・エレクトリック社(AT&Tの製造部門)は政府研究費の48%を供与されたのである。

一方、戦後の反トラスト政策はベル研で開発された技術の商業化に大きな影響を与えた。AT&Tは49年に司法省による反トラスト提訴に直面し、以後56年まで新技術の使用権を寛大に供与する政策を採った。また56年の示談条件に従って、傘下のウェスタン・エレクトリック社も全既存特許を国内企業に無料で供与し、将来の特許も合理的な価格で供与することを義務付けられた。かくしてAT&Tは分割を免れたが、電気通信や国防・宇宙を除く分野への参入を禁止され、電気通信における独占的地位をテコとして関連市場で独占的地位を築いたり、ベル研で開発された技術の特許の有効期間中に独占することを阻止された。⁴⁾ベル研の研究開発面での重要性はトランジスタ開発からIC開発までの期間に半導体分野で339以上の特許(全米半導体特許の25%以上)を取得した点を考えれば、思い半ばに過ぎよう。しかもベル研の重要性は技術開発における主導力のみならずウェスタン・エレクトリック(WE)社との一体的関係にあった。即ち、ベル研はWE社からのフィードバックを通じて製品や生産技術を開発し、生産し易さを大幅に改善して半導体デバイスの生産コストを劇的に削減したのである。無論、ベル研の研究成果は急速に他の企業へと普及し、米国電子産業の発展を促進した。というのも反トラスト政策がベル研に基本技術を広

く公開させ、国内研究基盤の多様化と技術の改善・応用を促す競争圧力と誘引を作り出したからである。

(2) ベル研の貢献

さて、ベル研は50年代に半導体技術に関するシンポジウムを頻繁に開催した。このうち最も重要なのはシリコン拡散、酸化物被膜などWE社の主要技術特許65件に関する56年のシンポジウムであった。というのもシリコン拡散と酸化物被膜の2つの技術が半導体構成部品の大量生産を可能にし、生産コストの低下と性能・信頼性の向上を実現した結果、半導体産業は急成長期に入ることができたからである。無論、ベル研の基本特許やノウハウの開放も50年代後半に半導体産業を大躍進させる原動力となった。

ベル研究所員の離職率が高かったことも、50年代の半導体市場への新規参入を人材面から助長した。また前述の反トラスト訴訟の示談に基づき、WE社は商業用電気通信用以外の半導体を生産できなかったのも、新規参入の機会が開かれていた。斯くの如くベル研は特許開放、シンポジウム、研究員の転職などを通じて技術を広く普及させ、米国電子産業の発展を加速させた。例えば、米国の半導体生産は52～59年に約2000万ドルから3万9000万ドルへと激増した。またこの間に半導体企業数も5社から34社に増加し、59年の半導体生産の63%が50年代に新規参入した企業によって占められるに至ったのである。⁵⁾ 60年までに半導体生産に参入した企業は真空管の大手企業（RCA, GE, ウェスチングハウスなど）であったが、やがてTI（テキサス・インスツルメント）、モトローラ、ヒューズ、フェアチャイルドなどのような独立系企業がベンチャー・キャピタルの支援を受けながら、売上と製品・製造特許の両者で主導権を握る。

(3) 軍需の影響

周知の如くアメリカの半導体技術は50年代から60年代にかけて軍需に

よって大きな影響を被った。日欧では民生用向けゲルマニウム・トランジスタが需要の中心であったのに対して、アメリカでは小型化・高性能・高信頼性といった軍需用途に適合的なシリコン・トランジスタが支配的であったのである。しかも真空管時代に電子部品を支配していた大手電子機器企業はトランジスタやICの時代になるとほとんどが撤退し、代わって新規参入企業が半導体市場を支配するに至った。⁶⁾

無論、半導体研究開発に対しては強力な政府助成がなされた。例えば、生産準備契約に基づき、試験用生産ラインの建設資金が民間企業に供与され、投資リスクの軽減と生産技術の向上に大きな成果を上げた。政府助成の最も著名な例は58年、国防総省によるモトローラとTIを含む半導体12社との4000万ドルのトランジスタ生産契約であった。この場合、工学的設計・開発コスト（56年に1400万ドル）は政府負担、工場・設備資金はメーカー負担とされた。そこで、企業側は製品の一部を割増価格で購入する政府保証と引き換えに、政府調達予定数量の10～12倍のトランジスタを製造し得る生産設備の建設に同意した。因みに国防総省調査によれば、直接・間接の政府半導体開発助成は58～59年に半導体産業のR&D総額の23～25%に達すると推定されている。⁷⁾ところで、国防総省は50年代初頭から次世代防衛兵器（ミサイル・システム）用半導体の小型化と信頼性向上に取り組んでいた。そこで、58年にTIがICを開発すると、国防資金はIC開発に重点的に振り向けられることになった。IC開発は直接的な政府助成なしに行なわれたが、59年6月、空軍が国防用IC開発のために100万ドル以上の援助をTIに供与した。⁸⁾この政府助成が半導体生成期の技術進歩を促進し、参入障壁を引き下げる一方で、割増価格での軍需調達が牽引力となって最先端ICの商業的利用と市場開拓を可能にした。また軍需向け生産が増大するにつれて、経験曲線効果から単位コストが下落し、数年の内にIC価格は産業用市場、次いで民生用市場に浸透し得るに十分なまで下落したのである。

第1表 国防・宇宙向け半導体・IC需要

(単位：100万ドル, %)

	半 導 体		I C	
	生産額	国防・宇宙の 占める比率	生産額	国防の占め る比率
1955	40	38		
1956	90	36		
1957	151	36		
1958	210	39		
1959	396	45		
1960	542	48		
1961	565	39		
1962	575	39	4	100
1963	610	35	16	94
1964	676	28	41	85
1965	884	28	79	72
1966	1,123	27	148	53
1967	1,107	27	228	43
1968	1,159	25	312	37

(資料) Borrus, *op. cit.*, PP. 71-72, 第4-6, 第4-7表より作成。

一方、国防需要は半導体の産業構造にも大きな影響を与えた。例えば、59年には半導体売上高の63%、軍需用売上高の69%が新規参入企業によって占められた。TIやフェアチャイルドのような半導体専門企業にとって、軍需用売上は初期の製品開発と市場での生き残りのために非常に重要であった。というのも軍需は第1表の如く民間分野でトランジスタと競争するにはICがあまりにも高すぎた時期に大きな市場を提供したからである。例えば、63～65年に国防総省とNASA（国家航空宇宙局）はICを大量

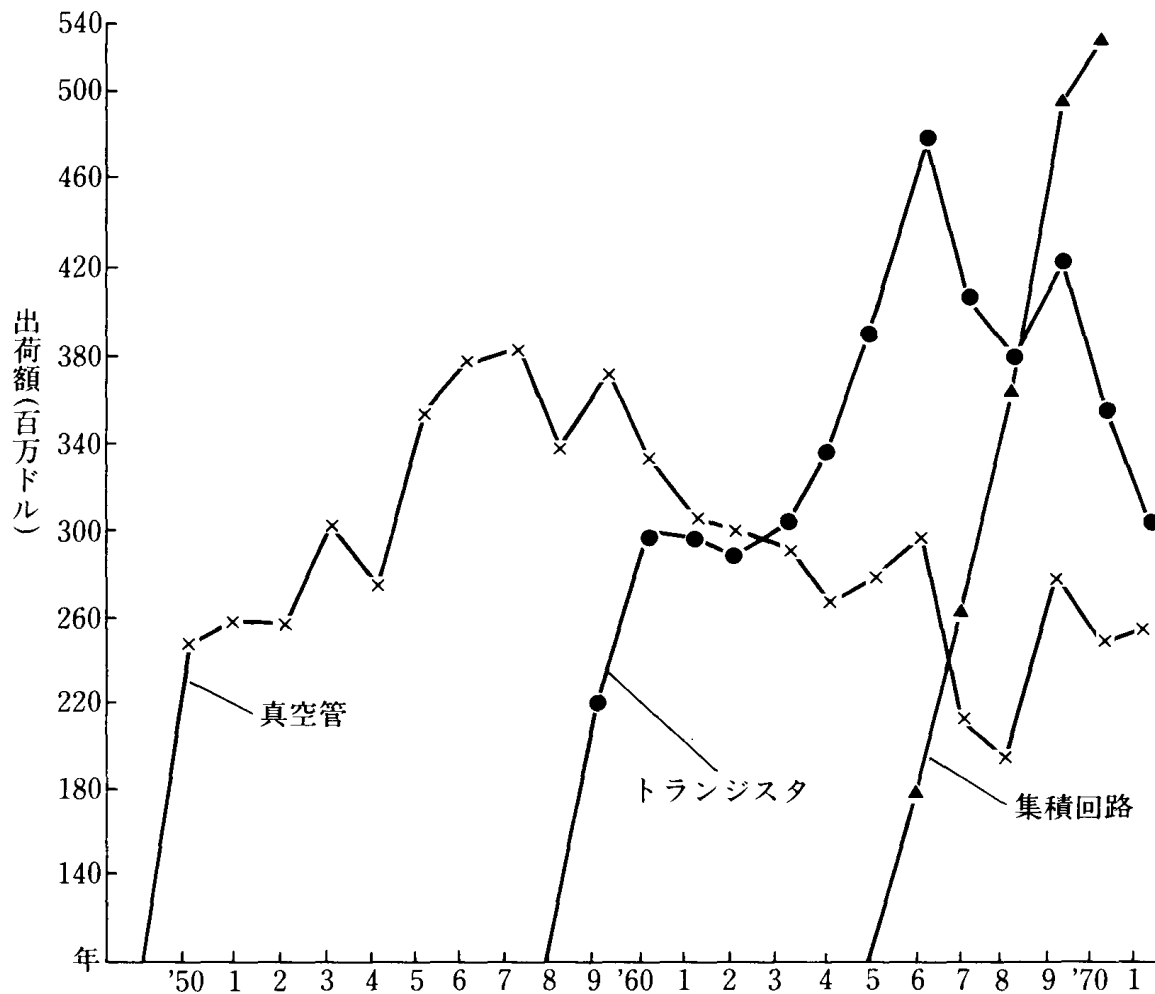
に使用する14の調達契約（最も著名なのはミニットマン巡航システムとアポロ宇宙船誘導コンピュータ）を行なった。特にIC開発を先導した新規企業2社、TI（ミニットマンII）とフェアチャイルド（アポロ）は各々主要な下請契約者となった。また国防・宇宙へのIC利用が急増するに伴って、モトローラのような中堅企業もIC生産を拡大し、ウェスチングハウスやRCAのような既存企業もIC生産の経験を積むことができたのである。

さらに軍需が技術の企業間普及を促進した点も重要である。例えば、トランジスタやICの場合のように国防総省資金によって開発された製品や製造方法は、国防総省が無料使用の包括的特許を取得した。この包括特許は政府自身、政府契約の履行に関係する政府契約者ないし下請契約者、政府資金の提供を受ける計画と関係する者、に対して特許の自由使用を規定していた。つまり国防研究開発計画は国防契約企業間の特許プールの如き機能を持っていたと言えよう。¹⁰⁾

〔3〕 第2期 発展期

(1) コンピュータ市場の発展

60年代後半に入ると、第2図の如くアメリカのIC産業は急成長し、電子部品に占めるシェアも67年に真空管を超え、69年にはトランジスタを凌駕するに至った。コンピュータや産業用機器の企業も60年代初頭にはICに対して甚だ冷淡であったが、この頃から需要を急増させた。¹¹⁾ ICはSSI（100ビット以下、小規模集積回路）の登場以降、69年にMSI（100～1Kビット、中規模集積回路）、70年代初頭にLSI（1K～100Kビット、大規模集積回路）、80年代初頭にVLSI（64K～1Mビット、超LSI）と急速に容量を増大させた。そして容量が増大するに伴って、回路の性能も飛躍的に向上した。というのは高集積化によって素子間のスペースが小さくなり、素子間の信号パルスの走行時間が短くなるから、回路の小型化により速度が速くなると同時に電力消費も少なくなるからである。つまり、ICメーカーは



(資料)『電子工業年鑑』1973年版47頁。

第2図 電子部品の交替(米国)

年々歳々より安い値段でより大きな容量，より優れた性能のICを提供することができるようになったのである。その結果，第2表のように政府需要は65年には国内IC売上高の55%を占めていたが，74年には20%に低下し，一方，コンピュータと産業用が44%から66%を占めるに至った。この情報化時代の到来によってIC産業は軍需による保護から脱皮し，膨大な商業市場に成長の基盤を移したのである。

第2表 米国IC市場の構成

(単位：%)

	1962	1965	1969	1974	1978
政 府	100	55	36	20	10
コンピュータ	0	35	44	36	37
産 業 用	0	9	16	30	37
民 生 用	0	1	4	15	15

(資料) Borrus, *op. cit.*, P.73

ところで、60年代のコンピュータ産業の発展は、絶えざる速度や信頼性の向上と持続的な小型化や価格低下を実現する能力に依存していたが、その鍵を握っていたのがIC技術の向上であった。因みに50年代には真空管の信頼性が低かったので、コンピュータのトランジスタ化が急速に進展した。だが、このトランジスタ化は信頼性や速度の向上という利点を持つ反面、組立・部品接続コストの上昇という欠点を伴っていた。¹²⁾ とはいえコンピュータの新モデル開発には巨額のコストと4年以上の開発期間が必要とされたので、敢えてICを組み込もうとする企業は存在しなかった。無論、IBMが64年に新しいコンピュータの主要ラインとして発表したシステム360にも、ICロジックは搭載されていなかった。にもかかわらずこの360シリーズは小型から大型までの全機種を単一のOS（オペレーション・システム）で操作し互換性を持たせるという革命的なコンセプトを含んでおり、商業的に大成功を収め、既存のすべてのコンピュータを陳腐化させるに至った。¹³⁾

そこで、これに対抗するため競争会社はICロジックに着目し始めた。即ち、60年代後半にICの価格が劇的に低下し（第3表）、複雑な回路設計が可能となった結果、RCA、ユニバック、バローズなど各社は競ってICを搭載し、IBMシステム360に匹敵する性能を持つと同時に小型で高速の低

価格機種を発売した。¹⁴⁾ また新興のデジタル・イクイップメントも65年に大型機の大きさを10万ドルを割り、IBM大型機に匹敵する性能を持つミニコンを発表した。このためIBMも時の勢には勝てず、全機種のICロジック化に踏み切った。さらにTIやフェアチャイルドの如きICメーカーが低価格でICロジックを供給したことも、コンピュータへの参入障壁を大幅に引き下げた。特にミニコンは70年代にかけて激烈な競争が展開される高成長市場となった。斯くしてIC市場はようやく国防・宇宙需要から脱却し、新しいコンピュータ需要を中心に発展することになる。

第3表 米国におけるトランジスタ，集積回路の平均単価の推移

(単位：ドル)

	トランジスタ			集積回路		
	ゲルマニウム	シリコン	計	デジタル	リニア	計
1954	3.56	23.95	3.89			
1955	2.88	20.44	3.36			
1956	2.34	19.94	2.91			
1957	1.85	17.81	2.43			
1958	1.79	15.57	2.40			
1959	1.96	14.53	2.70			
1960	1.70	11.27	2.36			
1961	1.14	7.48	1.57			
1962	0.82	4.39	1.21			
1963	0.69	2.65	1.02			
1964	0.57	1.46	0.83	17.35	30.00	18.50
1965	0.50	0.86	0.66	7.28	28.83	8.33
1966	0.45	0.64	0.56	4.34	13.39	5.05
1967	0.43	0.58	0.53	2.98	6.18	3.32
1968	0.41	0.44	0.43	2.17	3.35	2.33
1969	0.37	0.37	0.37	1.58	2.22	1.67
1970	0.41	0.38	0.38	1.42	1.86	1.49
1971	0.46	0.33	0.34	1.22	1.48	1.27

(資料) 『電子工学年鑑』1973年版50頁。

(注) 平均単価とは出荷全額/出荷数量である。

(2) カスタム化への対応

無論、IC ロジックは潜在的なコンピュータ市場の一部をなすにすぎない。デジタル機器はデータを操作する論理回路と同時にデータを蓄えて置く記憶装置を必要としている。しかしIC メモリーは磁気コア・メモリーと比べて10分の1の大きさで遥かに高速だが、60年代を通じて価格が2～3倍と割高だったために容易に普及しなかった。そこで、コア・メモリー価格に匹敵する1K・RAMが71年、これを下回る4K・RAMが73年に発売されるに至って、メモリーを中心とするIC市場が急速に拡大する。

この2つのデジタルIC（ロジック、メモリー）に加えて、60年代末にはリニア（アナログ）ICが登場した。リニアICは伝統的な電子回路機能（タイマー、無線発信機、可聴周波増幅器など）を果たす集積回路で、コンピュータ以外の広汎な電子装置分野に急速に応用されることになった¹⁵⁾。例えば、ラジオ受信機のような伝統的製品から電子医療器具のような新製品に至るあらゆる分野にICが進出して行ったのである。

だが、それと同時に60年代末から特定用途向けIC（ASIC）に対する需要が増加し始め、設計費用の増大と経験曲線の利点喪失を招く恐れが生じた。その結果、ICメーカーは、設計や生産のコストを削減し、低価格を可能にし得るだけの十分なASIC市場を見込めるかどうかという問題に直面したのである。だが、この問題は汎用LSIとシステム化の2つの方向で解決されることになった。まず、爆発的な売行とMOS技術の向上によって、カスタム市場と看做されていた電卓、電子腕時計、ICメモリーがMOS・ICに対する大規模な市場を提供するに至った。電卓や電子腕時計はME革命を一般消費者にまで拡大し、あらゆる市場の中でも最大の消費者市場を開拓することによって大量生産を可能にした。またインテルが開発したMPUはPROM（プログラム可能な読み出し専用メモリー）をプログラムすることにより各種用途向けに特別に仕様することができるようにした。斯くしてICメーカーは市場規模が小さくコスト高を招く悪循環を打破

し、広汎な新しい用途と市場を開拓することができるようになったのである。¹⁶⁾

この新しい市場機会を利用して、既存企業から独立した経営者や技術者によって新設された企業が続々と市場に参入するに至った。この新規参入の波は極めて競争的な産業構造を作り出した。例えば、65年に4大専門メーカーが半導体全出荷額の69%を占めていたが、72年には53%までシェアを低下させた。大企業8社のシェアも91%から67%に低下している。この激烈な競争が価格低下と技術進歩を生み出す活力となっていた。

〔4〕 第3期 成熟期

(1) LSI時代

この時期の電子産業の発展はICの高集積化、即ちLSI技術に依存していた。特にMOS技術は初期のICを支配してきたバイポーラ技術と比べてコストと容量の面で技術的優位を持つことが明らかになった。バイポーラ型は高速だが、消費電力が大きく、量産性・集積度とも難しいのに対して、MOS型は速度では劣るものの、低消費電力、高集積度、高い量産性などの特徴を有していた。前者はスピードを追求するコンピュータ用、後者は安価で低消費電力を必須とする電卓・時計などの民生用に最適と言える（第4表）。¹⁷⁾ともかくこのMOS技術は市場に新しい機会をもたらすことになったのである。因みに66～72年に新規参入した30社では73年のIC売上高の85%がMOS型で占められ、一方、66年以前に設立された企業では35%のみがMOS型であったと言う。特にポケット電卓、デジタル時計、コンピュータ主要記憶装置でMOS型の使用が激増し、その売上高は70年の4500万ドルから75年の4億2800万ドルへと急増し、デジタル・バイポーラ型の売上高を凌駕するに至った。¹⁸⁾

第4表 ICの特徴と主な用途

	分 類		特 徴	主 な 用 途
半 導 体 I C	バイポーラ	ディジタル	高速, 高信頼性	コンピュータ (CPU, 周辺端末) 計測機器, 制御機器 高速メモリー等
		リニア	低雑音, 低ドリフト	TV, ステレオ等 ラジオ, カメラ等
	モ ス		高集積化, 低価格, 高入力インピーダンス	電卓, 時計 端末機器 メモリー等
混 成 I C	厚	膜	低価格, 高出力	TV, ステレオ, ラジオ, カメラ, 時計
	薄	膜	高精度	ポケットベル等 通信機器, プッシュホン等

(資料)『電子工業年鑑』1980年版822頁。

ところで、MOS・IC需要の急増は民生用機器、コンピュータ主要記憶装置、マイクロプロセッサの3つの市場分野から生じた。まず、民生用IC需要は電卓や時計を中心に69年の3000万ドルから75年の3億ドルまで増加し、IC市場全体に占めるシェアも4%から15%以上に高まったのである。しかし電卓分野の勝者は無論、日本企業であった。米半導体専門企業は日本の垂直統合企業との競争において資金不足などの脆弱性を抱えていた。しかもこの日本の勝利は川下分野統合によってその脆弱性を補おうとする米専門企業の意欲を消沈させた。結局、米専門企業は、MPUが若干の第2のチャンスを与えたものの、多角化の試みを放棄するに至った。いずれにせよ70年代後半に日本企業が電卓産業の支配権を掌握すると、電卓用IC生産の主導権も日本企業によって握られることになる。それ故、70年代半ばに民生用電子機器の基盤が失われなかったならば、米国はMEにおける主導権を決して失うことはなかったであろうと思われるのである。

またコンピュータ主要記憶装置へのMOS・IC利用も大規模なIC市場を

創出した。MOS・ICメモリーの売上高は71年の6000万ドルから76年に5億ドル、79年に12億9000万ドルへと激増した。この躍進の契機は70年のインテルによる1K・DRAMの開発であったが、それ以降の急成長はRAMの集積度向上とコスト低下の結果であった。記憶蓄積能力が70年の1Kから73年の4K、76年の16K、79年の64Kと急速に高まる一方で、記憶蓄積価格はビット当たり約1セントから0.05セントへ低下した。というのも累積生産高が倍増するごとに総原価が20～30%減少する経験曲線が半導体産業には存在しているからである。¹⁹⁾

さらに71年のインテルによるMPU開発は様々な製品や生産に画期的なME革命もたらした。MPUはコンピュータCPU（中央処理装置）をワン・チップ化し、プログラムによって特定用途に適合し得るようにした汎用チップであったので、新しい有望な市場を創出した。無論、市場規模ではMPUは周辺装置や入出力装置より小さく、ICメモリー市場（RAM, ROM, PROM, EPROM）の1/2にすぎなかったが、その出現は半導体外販市場の新たな競争激化と価格下落を惹起した。例えば、標準8ビット単一チップマイコン（コントロール・プログラム、クロック発振機、入出力機能、RAM機能をROMに組み込んだMPUチップ）は80年に8～5ドルまで下落し、ハードウェア・コストの低下から広汎な応用分野へと急速に普及し始めたのである。

だが、初期のMPUはコンピュータ言語（機械言語）でプログラムされていたので、ソフトウェア・コストを高価なものにした。例えば、16ビット・マイコン用ソフトウェアは80年まで設計コスト全体の50～90%も占めていた。そこで、ICメーカーは、高水準言語PASCALに基づく16ビット・マイコンを供給したり、また従来ソフトウェアでなされていたものをハードウェアで行うことによりこれに対応しようとした。このファームウェア化により、MPUメーカーは新製品販売市場における最大の問題を克服することができたのである。一方、ソフトウェア開発重視によって、

ICメーカーは電子機器会社との密接な関係を築き、川下分野への多角化を図った。さらにLSIの登場によりチップのシステム化が進んだので、電子機器会社もIC設計を戦略的に重視せざるを得なくなった。その結果、72～79年に電子機器会社は直接IC生産に進出したり既存専門企業を買収することにより、ICの設計・生産を目指した上流への多角化を図ったのである。因みに専門企業買収では外国企業が主役であったが、社内消費用IC生産への進出では国内大手ユーザーが中心であったという。²⁰⁾

(2) 工場の海外移転

ところで、国内市場の競争激化は米半導体企業の海外直接投資に拍車をかけることになった。この海外直接投資には海外組立工場と販売拠点との2つのタイプがあった。前者は対米逆輸出や第三国市場向け輸出を目的に、低廉な現地労働力を利用して米国製部品を組み立てるために東南アジアやラテン・アメリカに設置された。一方、後者は主にECの高関税の影響を軽減し、現地ユーザーのニーズに適応した回路設計を行うためにヨーロッパに設置された。

まず、工場の海外移転はIC生産工程の中で最も労働集約的な工程の労働コストを削減しようとする積極的な対応であった。それは60年代半ばに香港に組立工場を開設したフェアチャイルドを以て嚆矢となす。ICの生産工程にはシリコン・ウェハーに無数の微細な素子を作り込む前工程と、ウェハーに作り込まれたチップを切り離しリードフレームに固定して配線を施しICとして完成し検査して出荷するまでの後工程とがある。²¹⁾ また経験効果に伴う原価低減を犠牲にせず両工程を分離でき、しかも東南アジアの発展途上国と米国との間に相当の賃金格差があったので、後工程を海外移転させる経済的誘因が強く働いた(第5表)。例えば、東南アジアやラテン・アメリカの安い労働力を利用すれば、IC製造コスト全体を50%も引き下げることができたと言われる。²²⁾

第5表 海外の主要ICメーカーと組立工場等の世界展開

アメリカ A.M. D A.M.S. G.I.C. I.B.M. I.T.T. L.P.I. M.M. M.P.S. N.C.R. R.C.A. S.S.S. T.E.C. インターシル インテル シグネテックス ツリコニクス シリコンゼネラル ゼネラル・エレクトリック (GE) テキサス・インスツルメント (TI) テレダイン ナショナル・セミコンダクター (NS) ハリス フェアチャイルド フロンティア モステック	モトローラ モンサント ユニバック レイセオン レティコン ロックウェル 他	フランス IBM TI 他	シグネテックス フェアチャイルド モトローラ 他	フィリッピン AMS インテル シリコニクス TI NS モトローラ ロックウェル 他
	カナダ TI フェアチャイルド モトローラ 他	西ドイツ AMS IBM ITT MM NCR シリコンゼネラル TI NS モトローラ 他	香港 GIC NCR RCA シリコニクス GE TI テレダイン NS フェアチャイルド モトローラ 他	マレーシア TI NS モステック モトローラ ロックウェル 他
	メキシコ N.C.R. モトローラ ロックウェル 他	オランダ TI フィリップス 他	台湾 AMD AMS GIC LPI インテル シグネテックス TI ロッソウェル 他	シンガポール インターシル TI NS フェアチャイルド モトローラ 他
	イギリス GIC MM NCR シグネテックス TI NS フェアチャイルド モトローラ 他	ブラジル I.B.M. TI 他	インドネシア フェアチャイルド	セイロン AMD シグネックス NS 他
	イタリア TEC TI 他	韓国 AMD AMS KMS KTK MM RCA		

(資料)『電子工業年鑑』1980年834頁。対日輸出を行っている地域と立地するメーカーのリスト。

無論、海外直接投資のタイミングと立地はアメリカの政策によっても左右された。まず、63年の米国関税表改正により米国製部品の一部または全部を使って組み立てられる輸入品は海外付加価値分のみが課税されることになった。その結果、関税軽減から工場の海外移転が激増し、同様の優遇措置を受けられない外国製品に対して米企業はコスト競争力を高めることができたのである。これに加えて、メキシコ、台湾、シンガポール、マレーシア、韓国などの政府は67年に各種租税優遇措置を実施して海外からの直接投資を促進しようとした。だが、米企業の海外工場移転は低廉な労働力利用が主因であり、後者は二義的であったと言える。

一方、ヨーロッパへの販売拠点設置は市場開拓が主目的であった。その背景として、規模の大きなヨーロッパ市場の魅力、ECの高関税障壁、米

企業に対する英仏政府の現地化要求、システム化に伴うユーザーとのチップ設計協力の必要性などの要因が強く働いた。米ICメーカーによる対欧直接投資は70年代前半に増加し、74年に米企業はEC内に46カ所以上の販売拠点を設置し、そのうち少なくとも18カ所では生産活動も行っていた。斯くして米企業はヨーロッパで強力な地位を築くことができたのである。

同じ要因は対日投資にも作用していたが、78年以前では強力な特許を所有するTIのみが日本に100%所有製造子会社を設立する許可を得たにすぎない。そこで、他の米企業はIC輸入に対する12%の従価関税を回避するために、東南アジア発展途上国の海外組立工場を対日輸出基地として利用した。というのは発展途上国に立地する子会社からの対日輸出は免税とされたからである。しかし回路素子200個以上のICは75年まで許可制であった。その結果、米企業は技術や生産における優位をテコに日本市場での強力な地位を築くことができなかった。しかも76年の自由化によって、先端ICに対する輸入割当制度が廃止される一方で、発展途上国の米子会社からの輸入が対米輸入として扱われるに至ったため、東南アジアの組立工場からの対日輸出は著しく不利になった。そこで、参入が困難な日本市場に対しては、米企業は日本企業に技術特許を供与することによって収益を上げようとしたのである。²³⁾

以上のように米ICメーカーは国内で前工程を実施することにより規模の経済と経験曲線効果を享受する一方で、ラテン・アメリカや東南アジアに後工程を移転することにより労働コストを削減することができた。無論、これは対日競争が激化する以前は、非常に賢明で経済的に合理的な生産体制であったと言える。だが、皮肉なことにこの一見合理的な生産体制そのものが逆に80年代初頭に日本との競争、IC生産の技術的变化、市場のニーズに対する米企業の対応力を脆弱化させたのである。工場の海外移転はIC生産工程全体を統合化し、自動化する実験を試みる機会を奪ってしまった。しかも80年代に組立や検査コストが大幅に上昇し、生産コストが

工場段階での節約によって決するようになった時、それを活用する機会を持ち得なくしてしまったのである。²⁴⁾

IV 日本の挑戦

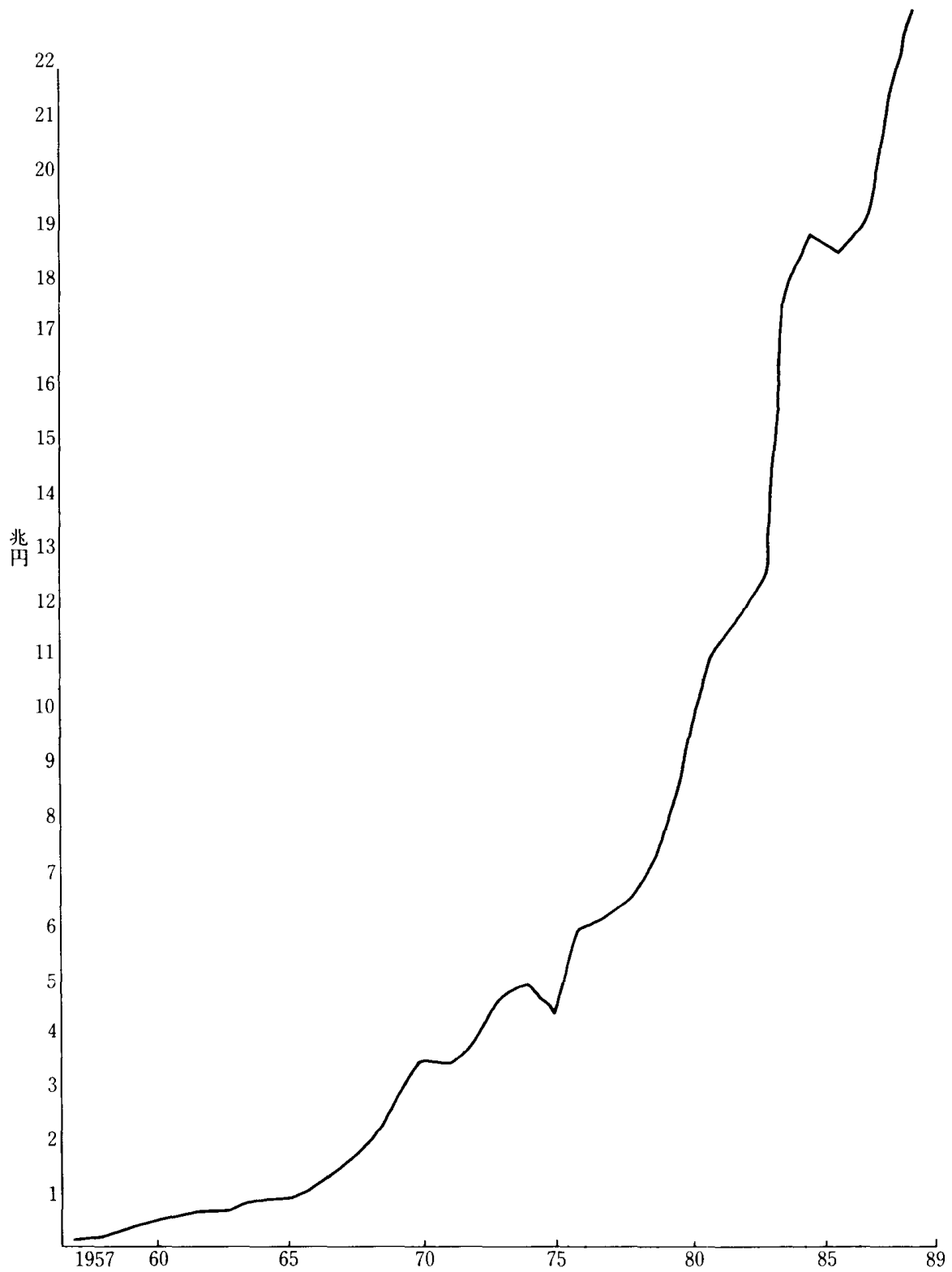
[1] 日本電子産業の発展

電気機械（電子・電機）産業は88年に全製造業生産額の17%を占め、同12%を占める自動車と並んで日本を代表する産業である。このうち電子産業は55年には未だ電気機械産業の42%を占めるにすぎなかったが、60年に51%と過半を超え、以後70年63%、80年67%、85年76%と圧倒的なシェアを占めるに至った。¹⁾ 無論、電子産業は多様な製品から構成されており、一般に民生用電子、産業用電子、電子部品の3つの部門に分類される。民生用電子はVTR、カラーテレビ、オーディオなど、産業用電子は通信機器（電話・交換機）、コンピュータ及び周辺機器など、そして電子部品は半導体、集積回路、電子管などからなっている。

ところで、日本の電子産業は戦前以来の電気通信分野での長い歴史にもかかわらず比較的地味な存在であった。この電子産業が1つの産業分野として注目されるようになった契機は、50年代半ばのトランジスタの生産開始と59年のトランジスタ・ラジオ受信機の輸出開始であった。一方、51年に民間放送、53年にテレビ放送が開始されたことにより民生用電子機器需要が増大することになった。特に59年以降、テレビ受信機需要が急増し、テレビブーム時代が到来すると共に、第3図の如く電子産業はようやく発展の緒に就いた。この民間消費ブームとトランジスタ・ラジオ輸出（59年に電子機器・部品輸出の75%）を基盤として、電子産業は輸出産業としての地位も確立するに至るのである。²⁾

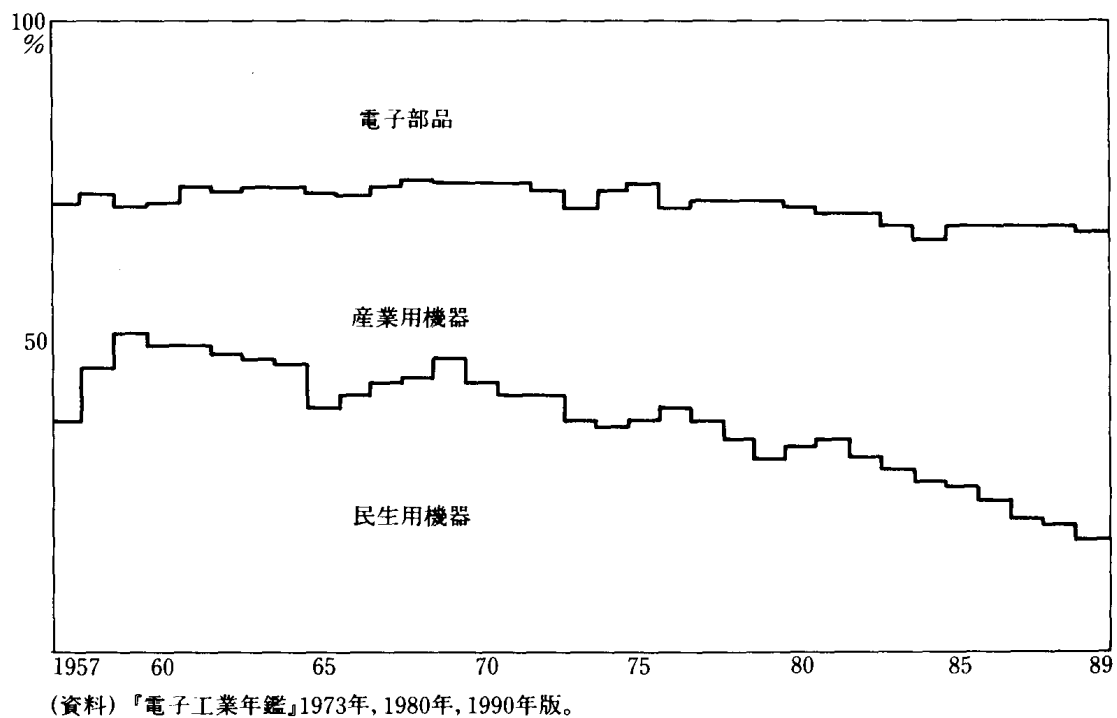
この電子産業の発展は第4図のように民生用電子機器の高成長によって支えられていた。70年代初頭の石油危機まで民生用電子機器は電子産業生

電子産業における日米逆転

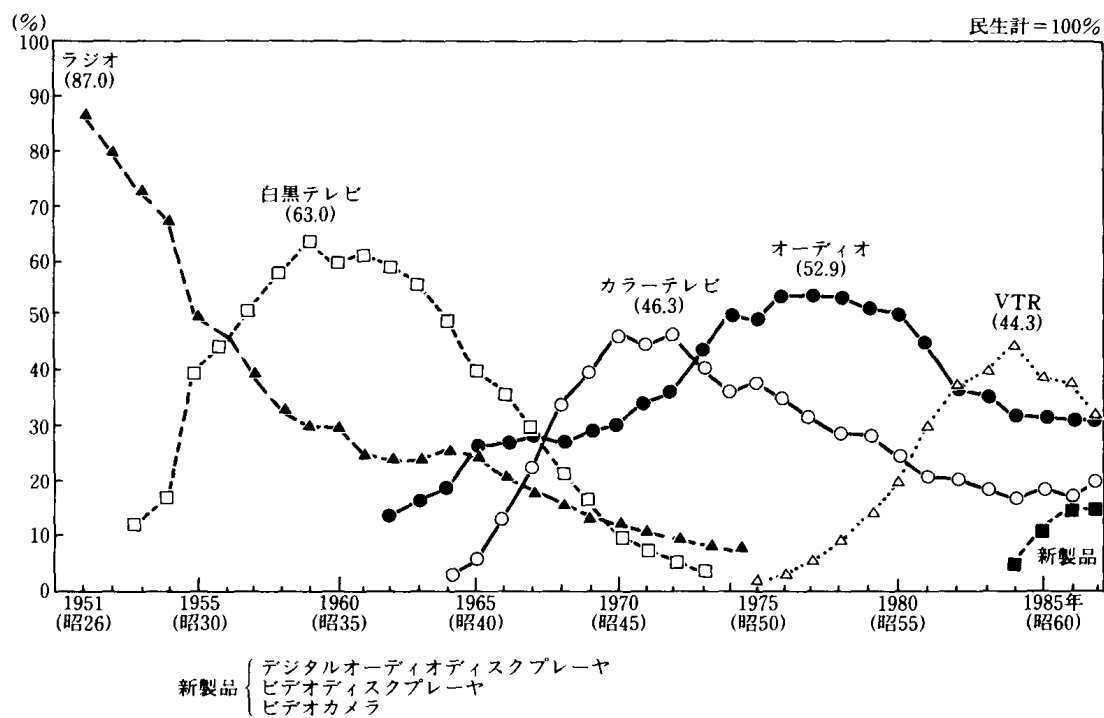


(資料)『電子工業年鑑』1973年, 1980年, 1990年各版。

第3図 日本電子工業の生産額



第4図 日本電子工業の部門別生産構成(%)



(資料)『電子工業年鑑』1989年版。

第5図 主要民生用電子機器生産構成比推移

産額の 4 割以上（59年から64年までは45%以上）を占めていた。無論、その中身を見ると、第 5 図のように50年代前半はラジオ、50年代後半から60年代前半は白黒テレビ、60年代後半から70年代初頭はカラーテレビ、その後80年代初頭までの10年間はオーディオ、80年代初頭以降は VTR と主役が交替している。

また産業用電子機器は60～61年の設備投資ブームによる工業計器の生産拡大、61～63年の電子計算機の本格的国産化、66～70年有線・無線通信機の普及などにより徐々に比重を高め、74年に民生用電子機器を凌駕し、オーディオの急成長により76年に抜き返されるが、78年に再逆転する。その後も、電子計算機は急成長を遂げ、89年に電子産業の25%を占めて中心的位置に就き、産業用電子機器も48%を占めるに至った。

さらに電子部品では68年頃からICが生産されるようになり、低価格、低消費電力、高信頼性、小型化などの利点を活かして急速に生産を拡大した。日本企業は高性能で米企業が圧倒的強味を握るバイポーラ型よりもむしろ新タイプで製造し易い MOS 型 IC を戦略的に選択した。MOS 型はバイポーラ型に比べて速度などの性能面では劣るものの、コストダウンの可能性が高く量産向きで、消費電力も少ないことから、ラジオ、テレビなどの民生用電子機器に最適の IC であった。軍需の欠如から日本企業は民生用 MOS 型 IC を中心に発展せざるを得なかったが、IC 需要拡大の先導的役割を果たしたのが電卓とカラーテレビであった。³⁾特に66年にシャープによって開発された IC 電卓は IC 需要の中心となった。70年代に入ると、民生用分野では電卓の他に、時計、カメラ、オーディオなどに需要が拡大したが、電子計算機や計測器などの産業用電子機器も IC 需要を増大させ、今や民生用需要を凌駕している。

電子産業は70年代の 2 度の石油危機と85年以降の円高を速やかに乗り切る一方で、情報化時代の進展と共に、産業用電子機器とそれを支える電子部品を中心に発展しつつある。80年代の電子産業の生産と輸出は第 6 表と

第6表 日本の電子工業生産額

(単位：億円)

機 種		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
民 生 用 電 子	V T R	5628	10868	12850	15140	20900	18893	16594	12427	12079	11366
	カ ラ ー テ レ ビ	7119	7390	6831	6846	7558	8971	7238	7651	8229	8087
	ビ デ オ カ メ ラ	—	—	878	1150	1549	3544	4172	4830	6451	(a)
	テ ー プ レ コ ー ダ	8685	10121	8413	8562	9697	9240	7706	6848	7410	8205
	ス テ レ オ セ ッ ト	930	995	680	619	643	923	1538	1888	2062	1809
	コ ン ポ ー ネ ン ト	4984	5125	3513	4148	4471	5060	4645	3862	3910	3201
	ラ ジ オ 受 信 機	977	1039	990	998	990	1042	929	845	790	(a)
	そ の 他	998	1147	908	872	1382	1444	1524	1358	1675	(a)
計	29321	36685	35064	38336	47190	49116	44347	39709	42606	41563	
産 業 用 電 子	有 線 通 信 機 器	6019	7018	8014	9388	11562	13264	13388	15586	17715	18088
	無 線 通 信 機 器	3801	4455	4798	5371	5991	6387	6627	7388	8259	8892
	電 子 応 用 装 置	14648	16503	19490	23911	34679	40206	45593	50272	58002	65523
	う ち 、 電 子 計 算 機	11778	13517	16237	19533	29149	33788	39204	44080	50541	57000
	電 子 計 測 器	3152	3592	3938	4249	5145	5820	4816	4807	5807	6513
	事 務 用 機 械	6339	6572	6782	7934	9332	10464	8845	8200	8887	10200
	計	33960	38170	43021	50853	66709	76141	79267	86251	98670	109216
電 子 部 品	一 般 電 子 部 品	14502	17966	19206	22725	28511	29127	29161	29965	31663	31955
	能 動 部 品	12269	15025	15911	20130	31694	30625	29380	30917	37929	42598
	電 子 管	3629	4353	3965	4529	5851	6528	6052	6049	6784	6781
	半 導 体 素 子	2938	3784	3597	4207	6104	5679	5526	5618	6285	6537
	集 積 回 路	5702	6888	8349	11396	19739	18418	17802	19250	24860	29280
	液 晶 素 子	—	343	429	435	437	519	635	857	1019	1454
計	26671	33334	35546	43291	60642	60270	59176	61739	70611	76007	
合 計		90053	108189	113631	132480	174541	185527	182791	187699	211887	226785

(出所)『電子工業年鑑』, 1989年は見込み。(a)不明

第7表の如き推移となっている。そこで、次に日本が如何にしてアメリカに追い付き、追い越したかを民生用（電卓、カラーテレビ、VTR）、コンピュータ、ICについて検討してみよう。

[2] 民生用電子機器

かつて民生用電子産業はアメリカの牙城であった。然るに今や民生用電子産業は外国との競争によって事実上米国内から消失してしまった技術革新の激しい高成長産業の典型的な例となっている。例えば、米企業の国内市場シェアは50年代初頭の100%から80年代後半の5%まで縮小した。その結果、民生用電子機器の貿易赤字は86年には110億ドルに達し、このうち

第7表 日本の電子工業輸出額

(単位：億円)

機 種		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
民 生 用 電 子	V T R	4436	8535	10794	12608	16207	15841	12492	8583	7823
	カ ラ ー テ レ ビ	2849	3569	3336	3252	4289	6077	2725	1995	1779
	ビ テ オ カ メ ラ	—	—	1127	1270	1891	2865	3397	3778	4771
	テ ー プ レ コ ー ダ	7482	8168	7043	7359	8309	7957	6169	4783	3647
	ス テ レ オ セ ッ ト	621	675	461	435	489	373	302	207	397
	コ ン ポ ー ネ ン ト	3380	3414	2287	2434	2806	3490	3167	2933	2659
	ラ ジ オ 受 信 機	674	739	604	471	486	564	323	249	182
	そ の 他	1029	904	554	466	476	888	835	644	820
	計	20471	26004	26206	28295	34954	38055	29409	23172	22078
産 業 用 電 子	有 線 通 信 機 器	897	1250	1968	2230	2652	3288	2958	4012	5726
	無 線 通 信 機 器	1891	2978	2101	2101	2495	2791	2400	2508	2521
	電 子 応 用 装 置	1960	2906	4577	8265	12804	13192	14000	15296	16146
	う ち 、 電 子 計 算 機	1234	1965	3431	6795	10866	11056	12177	13603	14613
	電 気 計 測 器	1046	1255	1517	1868	2332	2728	2530	1914	1278
	事 務 用 機 械	4697	5050	5117	5445	6608	7190	5489	4967	4210
	計	10491	13439	15281	19908	26892	29189	27375	28697	29883
電 子 部 品	一 般 電 子 部 品	9390	11419	12573	14883	18551	18262	18330	21851	22989
	能 動 部 品	5228	5866	6681	8865	13805	11446	10637	12061	15793
	電 子 管	1660	1960	1751	1981	2365	2441	2282	2646	3005
	半 導 体 素 子	632	732	700	869	1204	1148	1161	1314	1688
	集 積 回 路	1833	1996	2851	4238	7768	5818	5231	5924	8457
	液 晶 素 子	1104	1178	1378	1777	2468	2039	1962	2177	2643
	計	14618	17285	19254	23748	32356	29708	28967	33913	38782
合 計		45580	56728	60741	71951	94202	96951	85751	85782	90743

(出所)「電子工業年鑑」

74%が対日赤字であった。これは米企業が他の有利な事業へと転進し、民生用電子産業から自発的に撤退したためである。米企業はまず簡単な製品の手作業による組立を外国企業に委託し、次いで部品製造、最後に機器全体の製造を委託して製造を放棄した後、研究開発、経営管理、販売からも撤退してしまった。製品についてもラジオ、オーディオ、テレビ、VTR、ビデオ・カメラと次々に撤退していったのである。⁴⁾

(1) ICの需要先としての電卓

周知の如く半導体産業における日米逆転の一因は、日本が電卓を開発したからだと言われている。もし電卓がアメリカで誕生していれば、アメリ

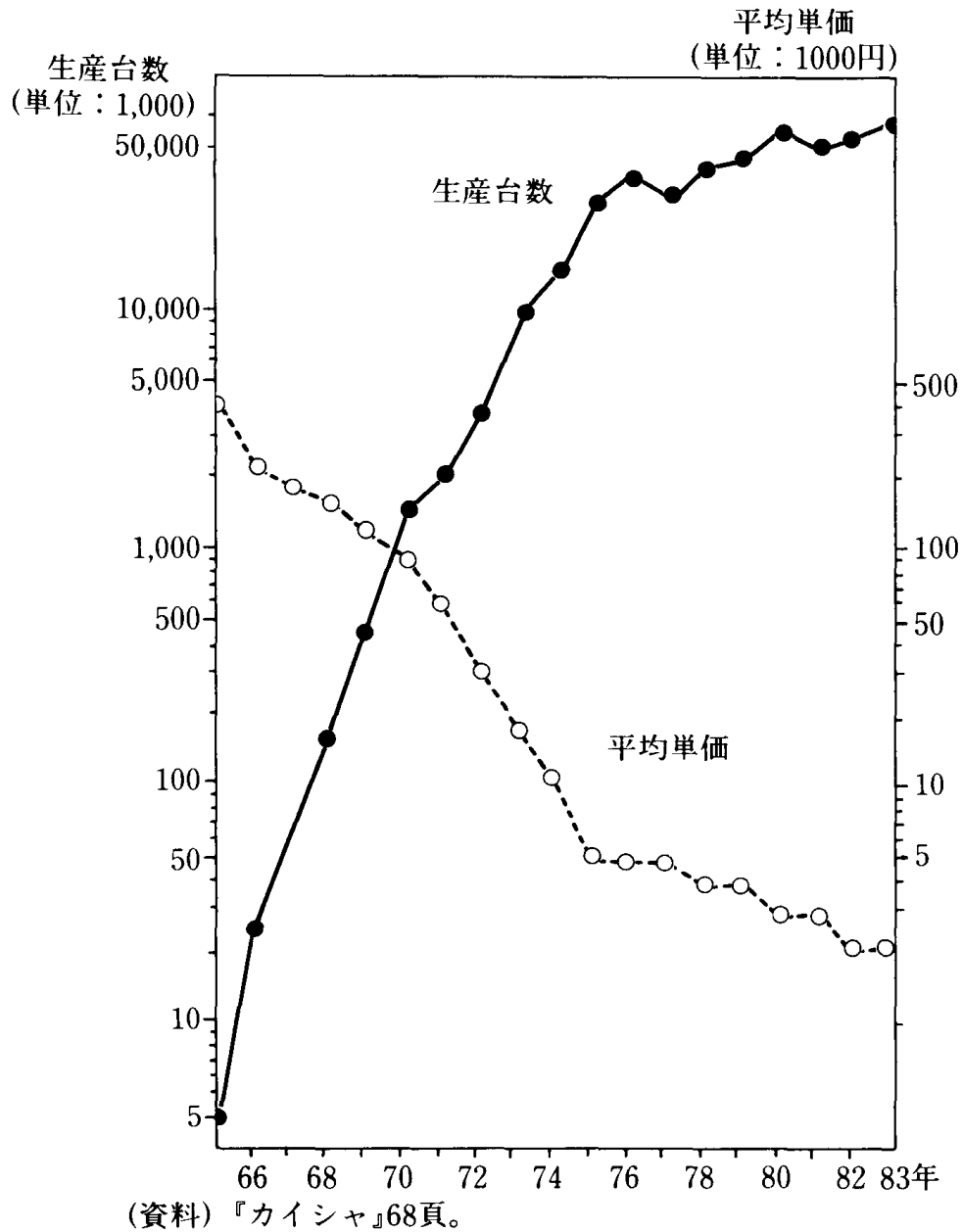
カはあらゆる半導体技術で圧倒的な優位に立ち、日本に追い上げられることもなかったに違いないとさえ思われるのである。

さて、64年3月にシャープ（当時は早川電機）とソニーが世界初のトランジスタ電卓を発表して以来、その小型化、低価格化が急速に進展するに至った。⁵⁾ 次いでシャープは電卓のIC化に乗り出し、66年1月にバイポーラIC145個を使ったIC電卓を試作し、67年2月には実用機（IC28個使用）の発売に漕ぎ着けた。だが、第1号機に使用されたバイポーラ型は高集積化に限度があり、小型化を指向する電卓には不向きであった。一方、MOS・ICは高集積化が容易で、電卓には最適だったが、実用化の段階に至らず、学界でも否定的な意見が支配的だった。そこで、シャープは技術的に先行していた日本電気と日立にMOS・ICの開発を依頼し、67年12月にMOS・IC電卓の第1号機を完成させた。この電卓はMOS・IC35個を使用し、4キロと軽量で、値段も23万円と、バイポーラ電卓より10万円も安く、本格的な「電卓戦争」の引金となった。⁶⁾

これに対して、電卓の出現により瀕死の打撃を被ったカシオ計算機（機械式計算機の最大手）も65年9月のトランジスタ電卓開発を皮切りに、次々と新製品を市場に送り出して対抗した。その結果、鎬を削るような電卓メーカー間の熾烈な競争が展開され、コンピュータ用ICで細々と食いつないでいた半導体企業に大規模な民生用IC市場を提供することになったのである。一方、シャープはLSI化による電卓の小型・低価格化を図るために、日立、日本電気、三菱電機にLSIの開発と生産を依頼したが、3社は開発には応じたものの、生産については断ってきた。ようやくアメリカのロックウェル社から電卓用LSIの開発と供給を受け、シャープは69年3月にMOS・LSI電卓の第1号機を発売する。これはLSI4個とIC1個を使用し、価格も9万9800円と初めて10万円の大台を割る画期的なものだった（第6図）。⁷⁾

だが、これを契機に国内電卓メーカーがシャープに追随して一斉にIC

電子産業における日米逆転



第 6 図 日本の電卓生産

の対米輸入に飛びついたため、米国製ICが日本市場にどっと流入し、忽ち電卓用IC、LSIの90%近くを奪ってしまったので、日本の半導体企業は重大な窮地に陥った。⁸⁾ 電卓市場は第8、第9表の如く半導体企業の売上と消費市場の両面で重要なことから事態は甚だ深刻であった。無論、日本企業も70年以降、LSI生産設備への投資を実施し、必死に防戦に努めたが、開

第8表 IC需要分野別シェア

(%)

歴 年	45	46
コンピュータ関連機器	30	28
そ の 他	11	12
産 業 用 計	41	40
電 卓	47	40
テ レ ビ	7	11
そ の 他	5	9
民 生 用 計	59	60
計	100	100

(資料)『電子工業年鑑』
1973年, 828頁。

第9表 ICの売上高比率(日本の半導体メーカー)

(単位：%)

	44年	45年	46年
電 子 計 算 機, 同 端 末	28.6	35.0	36.1
通 信 機 器	2.4	6.8	14.0
テレビ, ラジオ, ステレオ	7.5	9.9	20.3
電 卓	53.4	42.2	28.3
そ の 他(楽 器 な ど)	—	0.4	13
計	100%	100%	100%

(資料)『電子工業年鑑』1973年, 829頁。

発力、技術力、資金力に彼我の差がありすぎて、事態の好転は望めなかった。

にもかかわらず突然の異変がこの窮地を救った。即ち、71年に安い米国製ICを組み込んだ電卓にトラブルが続出し、電卓メーカーは大量のクレームと返品を抱え、パニックに陥った。これらの米国製ICは主として東南アジアの低賃金国で生産されたものである。米ICメーカーは低賃金国に工場を建設する際、低コストに重点を置き、品質管理への配慮を怠ったので、製造過程でのミスや欠陥要因（ゴミ、キズ、汚れ）を事前に排除することができず、不良品の大量発生を招いた。このトラブルは1年足らずで終息したが、この騒動の中で倒産や業績悪化に陥る企業が続出した反面、日本製ICを使っていた電卓メーカーは逆に業績を大幅に拡大した。その典型がカシオ計算機で、72年8月、販売価格1万2800円のミニ電卓を発売し、10カ月で10万台を販売し、誰もが1台持てる電卓の新時代を切り開いた。⁹⁾当初はオモチャのようなものと馬鹿にしていた他の電卓メーカーもようやく電卓の大衆化という新しい潮流に気づき、本腰を入れるに至り、安い米国製ICの氾濫で低迷を続けていた日本の半導体企業は完全に蘇生した（この間のIC、LSI価格下落は第10表）。つまり国内で開発された電卓は立ち後れていた日本の半導体産業に唯一で巨大な市場を提供し、ICからLSIへの迅速な移行を可能にした救世主であったと言える。¹⁰⁾

尚、電子腕時計について付言すれば、これも日本のセイコーグループが69年に世界で初めて開発したものである。セイコーは電子腕時計に最適な低消費電力のCMOS（相補型金属酸化膜半導体）の開発を大手半導体企業に依頼したが、電子腕時計の将来性が不確定であるため、断られた。そこで、米ICメーカーに依頼したところ、69年に納入されたCMOS・ICは半分以上が不良品という電卓と同様の問題に直面した。止むを得ず71年から自社生産に踏み切ったが、予想以上に高い歩留り率を達成し、73年にはLSIを開発し、さらに超LSIメーカーとして活躍することになった。¹¹⁾無論、電子腕時計も初期のIC需要の重要な一翼を担ったことは言うまでもない。

第10表 電卓用MOS・ICについてのICの値下がり状況

		<i>SSI</i>	<i>LSI</i>	電車1台当りの IC使用量
42年	上	100	—	65
	下	69	—	
43年	上	62	—	
	下	58	—	
44年	上	53	—	
	下	47	—	
45年	上	38	—	35
	下	31	100	6(<i>LSI</i>)
46年	上	23	68	4
	下	17	43	2
47年	上	—	35	1

(資料) 『電子工業年鑑』1973年, 828頁。

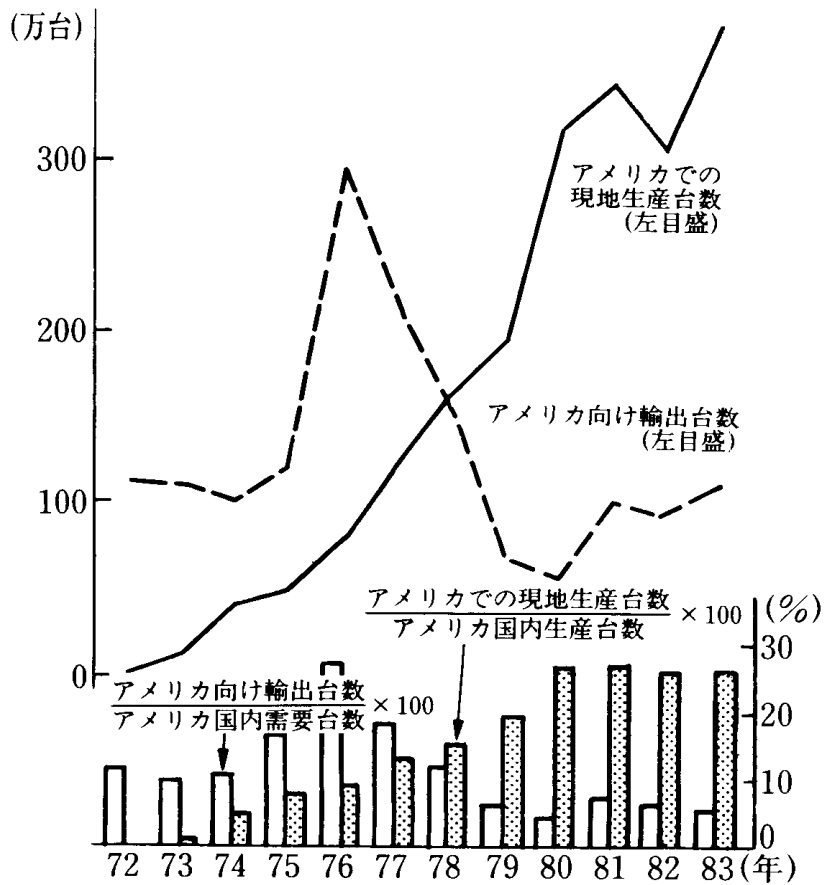
注 1. *SSI*は42年上=100

2. *LSI*は45年下=100

(2) カラーテレビ (CTV)

さて、64年にアメリカがカラーテレビ (CTV) を100万台も生産していたのに対して、日本はたった数千台を生産するにすぎなかった。だが、日本は56年以降、産業政策を積極的に展開し、この分野で急速なキャッチ・アップを展開した。即ち、日本製CTVは70年までに米国市場の17%を占め、77年には37% (世界市場の42%) に達した。その結果、日本企業は対米輸出自主規制 (輸出枠175万台) を強いられたが、現地生産への転換を図り、82年においても38%のシェアを占めたのである (図7)。既に67年以降、米企業は生産費節減のためにメキシコや台湾に製造工場を建設していたが、この日本製CTVの氾濫に直面して低賃金国への工場移転に拍車を

電子産業における日米逆転



- 注) ①左目盛は、カラーテレビのアメリカ向け輸出、アメリカの現地生産のそれぞれの台数。
 ②右目盛は、わが国からの輸出、わが国企業によるアメリカ現地生産のそれぞれの台数のシェア。
 ③(アメリカ国内需要台数) = (アメリカ国内生産台数) + (輸入台数) - (輸出台数)

(資料) 板垣前掲67頁。

第7図 米国カラーテレビ市場における日本製品のシェア

掛けた。一方、この熾烈な競争に耐えかねた米企業はCTV部門から陸続と撤退し、60年の27社から70年17社、80年代初め5社と激減し、現在CTVを生産しているのはゼニス1社のみである。¹²⁾

振り返って見れば、米企業が利益の多い高価な大型テレビ市場に固執している間に、日本企業は米国の大規模小売店を通じてプライベート・ブランドによる小型・低価格のテレビ販売に乗り出し、米国市場に橋頭堡を築

いた。また日本企業は69年の日立を皮切りに、70年初頭までに全メーカーがCTVの完全トランジスタ化を実現した。しかも、これと相前後して日本企業は71年までにCTVの9割を完全IC化し、信頼性の向上と製造コストの大幅削減を達成した。一方、米企業はようやく72年にRCAとゼニス¹³⁾が完全トランジスタ化モデルを発売したが、米国製CTVのソリッドステート（トランジスタ、IC）化は72年25%、73年51%、76年100%と日本に比べてかなり遅れるに至った。この技術的劣位は、米企業が当面のコストを重視するのに対して、日本企業が品質や性能面での優位性を重視し、市場シェアの拡大を通じた量産効果によってコストを回収しようとした結果と言える。無論、日本企業は重要な輸出品であるCTVの小型化・軽量化によって輸送コストを削減できる上に、社内の半導体部門と設計段階から協力できるなどソリッドステート化を進める際のメリットもあった。

ところで、日本企業はコスト優位性、製品の高品質、販売・流通戦略な

第11表 19インチカラーテレビのコスト比較(1979年現在)

	アメリカ 生 産 者	日本国内で生産 された日本製品		アメリカ国内で生 産された日本製品	
		低コスト 生 産 者	高コスト 生 産 者	低コスト 生 産 者	高コスト 生 産 者
購 入 部 品					
ブラウン管	\$ 62	\$ 57	\$ 58	\$ 66	\$ 66
そ の 他	89	62	71	67	74
全 部 品	\$ 151	\$ 119	\$ 129	\$ 133	\$ 140
人件費及び変動費	32	24	29	23	28
固定費(販売・流通コストを除く)	41	31	37	29	36
品質コストペナルティ	—	—	—	3	3
小 計	\$ 224	\$ 174	\$ 195	\$ 188	\$ 207
運賃, 関税, 保険	6	25	25	6	6
販売・流通前総コスト	\$ 230	\$ 199	\$ 220	\$ 194	\$ 213
優 位 性	\$ 2	\$ 31	\$ 10	\$ 36	\$ 17

(資料) マガジナー&ライヒ前掲書145頁。

どの面から優位を確立した。そこで、コスト優位性から見ると、第11表のように日本企業は米企業に対して工場出荷段階で5～20%のコスト優位性を持っていた。これには、少ない部品点数、単一プリント基板の採用、自動化、精密な機械部品技術、垂直的に統合された企業構造などの要因が寄与していた。78年時点で日本製CTVは部品点数が380～493個で、平均600個の米国製をかなり下回り、材料コストと組立時間を節約している。無論、それはIC化の急速な進展とICの高集積化、部品の複合化、回路設計技術の進歩などの結果である。また日本製CTVは複数の基板を使う米国製とは違って単一の基板を使用し、組立工程数や検査時間を少なくして、受像機の信頼度を高め、製品の欠陥を最小限にしている。さらに自動挿入機械（部品自動挿入化率は日本65～80%、米国40%）、自動移送機械、ロボットを多用し、労働力の節約、検査の自動化、製品の信頼性向上を実現していた。だが、最も重要なコスト優位要因は、日本の大手企業が社内でICを生産しながら、部品メーカーとも密接な関係を維持し、部品点数の少ない高性能の基板を設計している点にある。高精度・低不良率の部品を低価格・納期厳守で供給し得る部品産業が存在したが故に、日本企業は製品技術の革新と高度な自動化装置の導入が可能だったのである。しかも日本の部品企業は家電メーカーからの厳しい要求や技術援助、または共同開発を通して世界有数の技術力を蓄積したのである。¹⁴⁾

次にテレビ受像機の信頼性も日本に優位をもたらした。これは品質管理方法の差に由来するもので、日本企業が事前や製造工程中の欠陥防止を重視しているのに対して、米企業は事後検査による欠陥発見を基本としている。そのため、日本企業では現場作業員、技術者が一致協力して問題解決に当たるのに対して、米企業では専門の検査員のみが解決に当たっていた。また日本企業は綿密な事前検査、部品メーカーとの緊密な調整、納入部品の性能検査による欠陥率ゼロ（ZD）などに精力を注いでいたが、米企業は一定の欠陥を許容するAQL（許容品質水準）を採用していた。以上の結

果、日本企業はより低いコストでより高い品質を実現できたのである。

最後に日本企業は巧みな販売・流通戦略を採用して米国市場で成功を収めた。米企業が大型CTVの生産を中心としていたのに対して、日本企業はニッチ市場である小型ポータブル型や卓上型を主力としていた。また日本企業は参入の難しい既存の流通経路を避け、OEM生産によるプライベート・ラベル方式の販売と大規模なディスカウント・ストアやチェーン・ストアを通して米市場へ浸透して行ったのである。¹⁵⁾

70年代初頭に日本企業は賃金の急激な上昇、円高、石油危機など相次ぐ困難に直面したが、徹底的な合理化努力と積極的な投資活動により、70年代後半にはCTVのコストと品質の両面で優位を確立するに至った。¹⁶⁾ しかも米国のテレビ需要は従来のコンソル型から卓上・ポータブル型に大きく変化した。¹⁷⁾ その結果、日本からの輸入が激増し、苦境に立った米企業は政府に救済を求める一方、安い労働力を求めて海外への工場移転を行なった。しかし米CTV企業を保護するために取られた77年の市場秩序維持協定(OMA)は国内産業の競争力強化にはほとんど寄与しなかった。即ち、日本企業は対米直接投資や迂回輸出を加速化して輸出規制を空洞化させ、一方、米企業は益々海外生産に拍車を掛けたからである。斯くして米企業は家電製品の「最後の砦」を喪失することにより、次世代家電製品の開発に必要な技術力や資本力を蓄積できなくなり、また高賃金に対応しつつ国内で高付加価値製品を生産する能力をも喪失したのである。¹⁸⁾

(3) VTR

周知のようにVTRがアメリカで開発されたのはテレビ放送の時差対策のためであった。だが、53年にRCAが完成した試作機はバカでかい上に録画時間もたった4分にすぎなかった。そこで、56年にアンペックス社が回転ヘッド式の実用機を発表すると、RCAその他はあっさりと撤退し、同社が放送局用VTRを独占するに至った。次いでアンペックス社は70年

にカラー・ビデオを60分記録できるカートリッジ式の録画・再生システムであるインスタビジョンを発表したが、量産化に失敗し、価格より品質が重視されリスクの少ない放送用市場に事業を集中するに至った。その結果、同社は小さなニッチ市場へと追いやられることになった。¹⁹⁾

無論、70年代初期に多くの米企業がVTR開発を試みたが、結局は失敗に帰し相次いで撤退するに至った。RCAも77年に研究・開発プロジェクトを放棄し、日本ビクターからVHSのライセンスを買い、自社仕様によって日本でVTRを生産することにした。だが、RCAのように自社の設計能力を維持した例は稀で、ゼニスやGEのように日本の設計によるVTRをOEMで供給を受ける企業がほとんどだった。RCAはまたVTR開発を放棄した後、ビデオディスク・プレーヤーの開発に集中し、製造コストをVTRの半分にすべく努力したが、日欧企業採用のレーザー・ディスク技術ではなく、ピック・アップ技術（コンデンサーと針を使用）を採用したため、技術的困難から発売が大幅に遅れた。というのも微細加工技術が弱体な上に、製品設計グループと製造グループとの間の連携が希薄だったからである。しかもその間にVTR価格が販売量の激増と共に急速に低下したので、ビデオ・ディスク市場の存立は不可能になった。その結果、多大の損失を被ったRCAは87年にGEに買収され、民生用電子機器部門をフランスのトムソンに転売されるに至った。斯くして激烈な市場競争の中で、米企業は次々と民生用電子機器産業を喪失して行ったのである。²⁰⁾

一方、日本では60年にビクターがアンペックス社製より高性能の放送局用カラーVTRを開発し、次第に開発目標を家庭用小型VTRへと転換した。70年にソニー、松下、ビクターの3社がU規格のカラーVTRを発売するが、業務用の需要が多少あったものの膨大な赤字を累積した。だが、76年にビクターがVHS方式を開発し、市販するに及んで、家庭用VTRはようやく普及期を迎えるに至った。ソニーも75年にベーターマックス方式を発売してVHSに先行したが、録画時間が1時間と半分にすぎず、自社方式

のファミリー作り戦略にも失敗したことから劣勢に陥ったのである。

では、VTR開発競争で先行していた米企業が脱落し、日本企業のみが成功を収めた理由は何だろうか。日本企業の多くはソニーとビクターによるVTR開発の成功に追随して陸續と参入し激烈な競争を生き抜いたが、欧米企業は自社開発を断念し、日本企業の軍門に下った。斯くして70年代後半には日本企業がVTRで独占体制を確立したのである。

さて、VTRは磁気記録によってテープに電気信号を記録して再生する機械で、いわばテープレコーダーを複雑精密化させたものと言える。既に50年代後半に日本企業はテープレコーダー産業で米企業を圧倒し、国際的優位を確立した。テープレコーダーは磁気テープ記録技術に立脚し、小型化・低価格化により放送局用から家庭用の大量市場へと発展したという点でVTRと共通点を持っていた。しかも放送局用で先行した米企業が家庭用で追撃したソニーと松下電器に敗北するという同様の経過を辿った。というのも両産業の間には技術的蓄積、人材、部品供給体制などの面で波及効果が存在するからだ。無論、テレビ産業も同様の波及効果を持っていた。即ち、テレビで蓄積された画像やビデオ信号の技術が重要役割を果たし、テレビ回路のIC化による高集積化と工程数削減もVTRの小型化に多大の貢献をしたのである。結局、VTRはテープレコーダーとテレビの融合商品であったから、70年代にこの2つの産業を制覇した日本企業が家庭用VTRの開発で成功したのは至極当然であったと言える。因みにVTR開発に成功したソニーと松下電器はいずれもテープレコーダーとテレビの主力企業であったが、外国でこの両方を生産している企業はフィリップスのみ²¹⁾だった。

またVTRは走行系、ヘッド、信号処理、テープなど多種多様な約3000点の部品を必要とする総合電子製品であった。それ故、日本企業が家庭用VTRの量産化に成功したのは十分な部品供給体制が整備されていたからである。日本のVTR世界制覇を可能にしたのは部品産業の開発・生産能

力であった。部品企業はVTRメーカーと密接な協力関係と多角的供給関係を維持することにより、迅速な開発と量産化、新規参入を可能にした。一方、米企業が家庭用VTRの開発に失敗した理由は、70年代に開発と量産に必要な部品を迅速に低コストかつ高品質で供給し得る民生用電子部品産業を喪失してしまっていたことにある。

さらに日本では部品技術の融合が極めて円滑に行なわれた。VTRは信号処理や磁気記録など電子技術部分と走行系など精密機械技術部分からなっている。従って、電子技術と精密機械技術を高度に融合させ、1つの機械として統合させなければVTRの開発は不可能である。特に家庭用VTRは小型化と高品質を実現するために高度の精密加工を必要とする一方で、量産化による価格低下を図らなければならない。つまりVTRは電子技術と精密機械技術、精密加工・組立と量産技術をスムーズに融合することが不可欠であった。無論、それには技術者と現場労働者の積極的な参加と協力が不可欠であった。一方、米企業は大量生産の経験を欠き、量産と精密加工の融合を図ることができなかったのである。

斯くして日本企業はVTRという大規模な電子機器市場で世界を制覇し、部品、精密加工、量産などの分野で益々競争力を強め、電子産業全体に対する多大な波及効果を享受するに至ったのである。²²⁾

[3] コンピュータ

日本のコンピュータ産業は米国よりもほぼ10年遅れて出発し、58年頃から本格的な生産が開始された。そのために技術的な後れは如何ともし難く、外国技術の積極的な導入が不可欠であった。特に発展を妨げていたIBMの基本特許が60年に日本企業15社との技術提携によって開放されるに及んで、最大の障害が除去された（システム及びマシンは5％、構成部品は1％のロイヤリティで特許の使用可能）。これを契機に61～64年に外国企業との技術提携が相次いだ。²³⁾ 無論、初期のコンピュータ産業は政府

の振興策や電電公社との共同開発によって発展が促進された。例えば、57年の電子工業振興臨時措置法は57～70年の間に電子計算機の研究に補助金交付約17億円、電子計算機製造企業の合理化に開銀融資約26億円を行なった。また61年には日本電子計算機会社（JECC）が国産コンピュータ拡販のためにレンタル販売に必要な資金を調達する目的で国の支援により設立された。さらに62年には富士通、日電、沖電気の3社が電子計算機技術研究組合を作り、コンピュータ分野で初めて政府援助を受けた共同研究開発体制をスタートさせた。とはいえ、60年代前半までのコンピュータ市場は高速計算機能を利用した大量定型業務処理や科学技術計算を主体とする使い方が主流であったのである。

64年にIBMが360シリーズを発売すると、早くも翌年には日本電気、富士通、日立が対抗機を発表するなど、日本企業も急速に実力を付けてきた。だが、それと共にコンピュータ市場の開放を要求する外圧が益々強まった。自由化が必至の情勢下で、国産メーカーは長期にわたる多額の開発投資や未経験の事業展開（販売、ソフトウェア・システムサポート、保守等）に伴う巨額の資金需要のために巨額の赤字を抱え、IBMなどの外国勢と互角に戦える態勢になく、早急にその力を付ける必要があった。その結果、66～71年に約100億円の全額国庫負担による「超高性能電子計算機システム開発計画」が実施されるに至った。その結果、日本のコンピュータ技術は大幅に向上し欧米との格差を急速に縮小させたのである。

しかし、71年にコンピュータの部分自由化が決定され、70年代は国産メーカーにとって試練の時代となる。そこで、71年に電子計算機等開発促進補助金制度が設けられ、これを基に国産メーカーのグループ化が図られ、72年夏、日立―富士通、日電―東芝、三菱電機―沖電気の3つの技術研究組合がスタートし、開発資金の50%補助を足場に70年に発表された「IBM 370シリーズ」に対するキャッチ・アップが急速に推進された。政府が約690億円を投入したこのプロジェクトは日立―富士通のMシリー

ズ、日電―東芝のACOSシリーズ、三菱電機のCOSMOシリーズとしてそれぞれ結実し、コンピュータ本体の輸入・資本の自由化が始る75年末に何とか間に合った。その成果として最上位機のひとつM190はIBMの超大型機370-168の処理速度を2～3倍上回るなど大成功を収めた。斯くして国産メーカーはハードウェア（コンピュータ本体）技術ではIBMを抜くに至ったのである。また70年代に入って、コンピュータは1兆円産業に成長し、国産各社も採算に載り、産業基盤を確立するに至った。一方、ユーザー層もレベルが向上し、ハード、ソフト両面の性能を向上させたシステムを構築して用途を飛躍的に拡大させた。無論、日本企業はソフトウェア面では依然として脆弱であったが、欧米の大手企業がIBMとの競争に敗れ、撤退や合併・提携に追い込まれる中で、主要日本企業6社はともかく生き残ることができたのである。²⁴⁾

しかも76～80年に次世代コンピュータ開発に不可欠な最先端半導体の技術開発を目的とする超LSIプロジェクトが総事業費720億円（うち300億円が国庫負担）で実施され、微細加工技術などの面で大成功を収めた。その一方で、国産企業のグループ化が推進され、コンピュータ総合研究所（富士通、日立、三菱電機）、日電東芝情報システムの2グループに分れて積極的な技術先取り作戦が展開された。80年代に入ると、スーパーコンピュータ、第5世代コンピュータなどの研究開発プロジェクトが実施され、国産メーカーはハードウェアを中心にIBMに対抗し得るだけの力を備えるに至った。90年における次世代汎用コンピュータ発表の経緯はその間の事情を如実に物語っている。即ち、日本企業は従来IBMの新機種発表の状況を見た上で対抗機種を出していたが、今回は日立を先頭に、日本電気、富士通がそれぞれ各時点での世界最高性能機を発表しIBMに先行して発表した。このことは、今までIBMを追撃する立場にあった日本企業が半導体技術の中核とするハードウェア技術のみならず、IBM互換ソフトウェアの開発技術についてもIBMに追い付いたという自信の程を示すものと言えよ

う。IBM以外の米国企業が汎用機市場から脱落しつつある一方で、日本企業は着実に技術力を向上させ、コンピュータにおける技術力のシンボルである超大型汎用機市場ではIBMと日本企業3社の競合といった図式が確立されつつあるのである。²⁵⁾

ところで、コンピュータは当初、事務用を主体に科学技術計算用を加えたデジタル型汎用機の市場を中心としていたが、半導体等の技術進歩や需要の多様化に促されて、各種のコンピュータが出現した。即ち、60年に米ディジタル・イクイップメント社（DEC）によって発表されたミニコンは、日本でも70年に登場し年率10%の勢いで成長を続けた。無論、70年代前半までは汎用（超大型、メインフレーム）コンピュータの優位は動かなかったが、71年のインテル社によるマイクロプロセッサ（MPU）の発売は、新たな時代の出現を予告していた。MPUは従来の論理LSIより汎用性に優れ、体積が極めて小さく格安な上に一人前のコンピュータ能力を備えていたから、メモリー・チップや周辺チップと組み合わせたパソコン（PC）を75年に出現させた。そして77年にはアップル・コンピュータ社によって誰でもすぐに使えるようなパソコンが発表される。このパソコンの登場によって始めてコンピュータはユーザーを一般大衆にまで拡大し、大量生産＝大量販売の時代に突入したのである。日本でも79年に日本電気が国産初のパソコン9801を発売し、これに他の企業が追随するに至った。²⁶⁾

さらに中・小型コンピュータの機能やコストパフォーマンスが向上するに伴って、汎用機からオフコン、ワークステーションやパソコンへの市場の移動が始った。このダウンサイジング（小型化）はアメリカでより進んでいる。中・小型コンピュータの処理能力の大幅な向上や分散処理機能の充実などにより、ユーザーはダウンサイジングへの傾斜に一層の拍車を掛けている（第12表）。²⁷⁾ その結果、汎用コンピュータは益々用途を限定されざるを得ないので、オープンシステム化に基づく異機種接続により機能分担を図り、汎用機の特徴を生かせる分野に特化して生き残りを図っている。

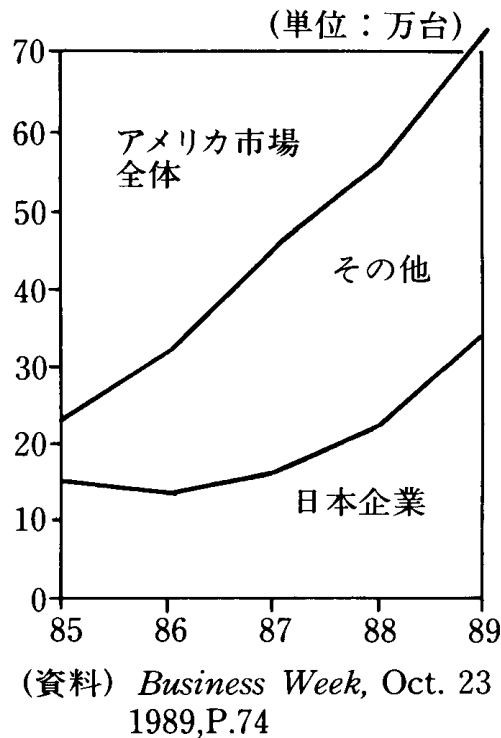
第12表 情報処理産業の国内市場規模の推移

上段 売上(百億円), 中段 成長率(%), 下段 シェア(%)

	87年度	88年度	89年度	90年度
汎用コンピュータ	209	231	252	252
	26.9	10.6	9.0	0.2
	35.0	32.6	30.5	27.0
オフコン	71	84	94	103
	4.6	17.6	11.9	9.7
	11.9	11.8	11.3	11.0
ミニコン, エンジニアリングワークステーション	30	38	47	54
	17.9	25.4	23.4	15.8
	5.1	5.4	5.7	5.8
パソコン, オフィスワークステーション	71	88	105	124
	19.1	23.2	20.3	17.4
	11.8	12.4	12.7	13.2
情報サービス産業	216	268	329	403
	18.3	23.6	23.0	22.4
	36.2	37.8	39.8	43.0
総合計	598	708	827	936
	19.3	18.4	16.8	13.2

(資料)『電子工業年鑑』1991年版, 269頁。

一方、ダウンサイジングにより高成長を続けるワークステーションやパソコンでは、日本のみが供給できる重要構成部品や一般部品が増えつつあり、日本企業の競争力が一段と強まる可能性がある。例えば、主記憶装置RAMは80年代初頭に日本製が米国製に取って代わり、90年代の世界のコンピュータはほとんどが日本製レーザービーム・プリンターを搭載するであろうと予想される。またノート型パソコンやラップトップ型パソコンの重要構成部品である液晶ディスプレイや薄型ディスクドライブも供給し得るのは日本企業のみである。²⁸⁾ そのため近年、ラップトップを中心にパソコンの対米輸出が拡大している(第8図)。一方、ダウンサイジングに立ち



第8図 アメリカのラップトップ市場

後れた超優良企業IBMは89年以降、収益が悪化し、90年に創業以来初めて
1万人の人員削減に追い込まれ、凋落傾向を見せ始めている。²⁹⁾

[4] IC（集積回路）

アメリカのIC産業が軍需に支えられて順調な発展を遂げた一方で、軍需を欠く日本では、ようやく66年に至って日本電気が本格的にIC事業に乗り出した。それ故、日本のIC生産額は68年ではアメリカの僅か1割にすぎなかった。然るに既述の如く60年代末以降、IC電卓が急成長を遂げ、日本企業のIC生産を促すことになった。その結果、日本企業は小型・軽量化に不可欠な高集積化に優れるMOS型ICで競争力を蓄積することになる。一方、米企業は外部のノイズやショックに弱いMOS型ICを非実用的と看做していた。というのもアメリカのIC生産はほとんどが軍用で、信頼性が最優先されたので、MOS型ICに対しては極めて冷淡だったからである。³⁰⁾

だが、69～70年頃にLSIが出現すると共に、MOSメモリーの生産が世界的に急増するに至った。折りしも通産省の超高速電子計算機研究プロジェクトでMOSメモリーを担当することになった日本電気は、メモリーのトップ・メーカーであるインテルのPチャンネルとは異なるNチャンネルの開発を目指すことになった。Pチャンネルは演算速度が遅い反面、生産技術が簡単で生産費も安い。一方、Nチャンネルは演算速度が速く集積度を高めやすい反面、多大な技術的困難を伴っていた。しかし日本電気は、量産すればNとPのコスト差もなくなるとして、演算速度の速いNチャンネルを選択し、72年にNMOS型1Kメモリー、74年にNMOS型4Kメモリー（インテルやTIのものと互換性）を発表した。しかも品質や信頼性を向上させるために製造工程の自動化や品質管理を徹底させた。即ち、自動化に関しては、71年に自動化推進部とCAD（コンピュータを使った設計）部を設置し、工場の海外移転によってコスト削減を図ろうとして不良品を頻発させてしまった米企業の轍を踏まぬよう、本格的に自動化を推進した。また品質管理に関しては、TQC（全社的品質管理）に加えて、世界で初めて空気中の塵を最小限に抑える作業場を作るなど清浄度管理を実施した。これらの成果に基づいて、日本電気は歩留りの良い製造技術を確立し、世界最高水準の品質を維持できるようになった。その結果、日本電気の4Kメモリーは高品質のため日米市場でベストセラーとなったのである。³¹⁾

さらに、MPUが71年にインテルによって開発されると、72年に日本電気も独自にMPUを開発し、当初は社内用に、73年以降は市販も開始した。最初は4ビットで電子キャッシュレジスタ用がほとんどであったが、やがて家電製品全般に搭載されるようになった。しかし8ビットMPUになると、米企業に大きく引き離される至った。4ビットのユーザーは日本の家電メーカーが中心で、相互の信頼関係からセカンドソース（2次供給者）を必要としなかった。一方、8ビットMPUは当時、国内需要がほとんどなく、対米輸出もセカンドソースを持たぬことから著しく困難であった。

そこで、日本企業は8ビットMPUについては米企業のセカンドソース路線を採り、日本電気もインテルのセカンドソース生産に甘んじた。だが、16ビットや32ビットの時代になると、日本電気はVシリーズを発表して独自路線に復帰し、日米市場にセカンドソースを持つに至ったのである。日立や東芝もまた日本政府が組織したトロン計画に基づき高性能MPUを完成しつつある。斯くして86年までに米企業は強固な支配を維持してきたMPU, MCU（マイコン）、周辺機器などの分野でも深刻な挑戦にさらされることになったのである。

ところで、74年にICの製品輸入と資本が自由化されるが、70～74年頃までの日本企業は高品質のLSIを生産できず、電卓用LSIは米半導体企業から調達するしかなかった。然るに自由化後、米国製LSIの不良品問題が頻発し、日本市場におけるアメリカのシェアはむしろ逆に低下した。というのも軍需用ICは大量に作ってその中から選り抜きのものを納入し、残りの不良品にも明細があれば代金が支払われたので、軍需用を中心とする米企業は不良品や材料の無駄を排除する努力をしなかったからである。そのためコストに厳しい民生用の生産はどうしても雑にならざるを得なかった。これに対して日本企業は製造中に品質を作り込む努力を積み重ねて行った。無論、日本企業の民生用指向も大きな成果を生み出した。電卓や電子時計などの民生用電子機器はICに大規模な市場を提供した。そのため70年代に労働コストが上昇した時、日本企業は生産能力拡大や自動化によって単位コストと欠陥率を削減し、米企業の技術的優位を完全に相殺することができた。つまり、日本企業は民生用指向により70年代末までに資本集約的大量生産体制と低コスト・高品質戦略を確立し、国際競争力を強化したのである。³²⁾

しかも日本企業は70年代末までに民生用ICからコンピュータや電気通信用ICへと製品の転換を遂げた。特に76～80年の超LSI研究組合は70年代末の半導体・コンピュータ企業の競争力を強化させる上で重要な役割を果

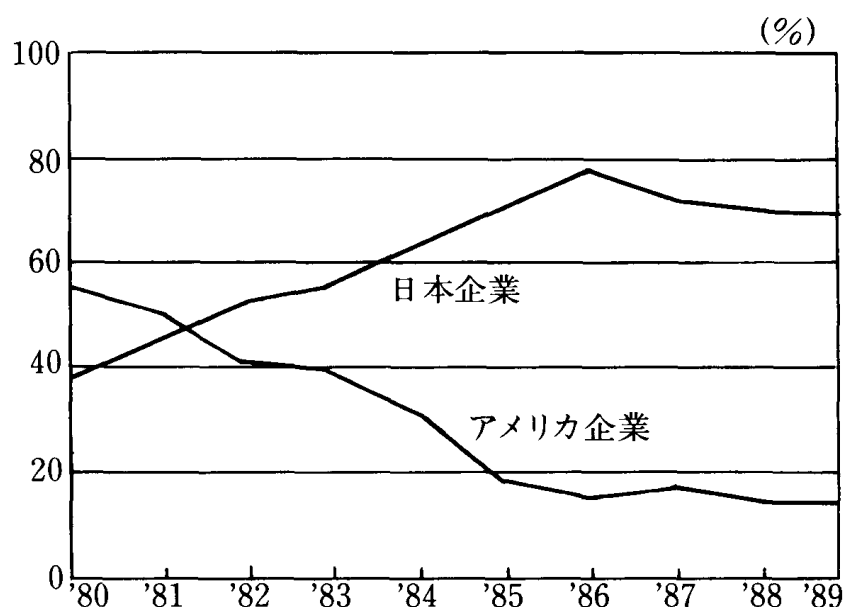
した。無論、対米輸出がその成長を促進する手段として活用された。76年以前には米国の大手流通業者はマージンが低く、メモリーやMPUデバイスを大量かつ持続的に供給し得ない日本企業との取引を敬遠した。だが、日本企業が技術と生産能力を高めると共に状況は一変する。日本電気、富士通、日立、東芝の各社は米国内に広範な流通網を構築し、78年のメモリー需要急増の好機を掴み、80年に米国IC市場の8%を占めるに至った（76年は僅か1%）。

そのため70年代末に日本の対米メモリー輸出をめぐって日米半導体戦争が勃発した。78年に4Kと16KのDRAMがビット当たり価格で同額となった結果、16K・DRAM需要が激増する。またIBMもコンピュータの新シリーズ4300の爆発的ヒットに伴うメモリー不足を解消するため、16K・DRAMを外販市場から大量に調達した。その結果、米国は深刻なメモリー不足に陥った。これは75年の景気後退期に米専門企業が生産能力の拡大を抑制し、その後も慎重な投資態度を堅持したためである。一方、日本企業は供給余力を背景に輸出攻勢を掛け、79年末までに米国16k市場の43%を占めるに至った。何故ならば、生産の自動化は能率向上のみならず、品質と歩留りの向上をもたらし、米国市場への参入を容易にしたからである。³³⁾ 日本企業は81~82年の景気後退期にも64K・DRAMの能力拡張投資を継続し、81~82年に最先端の64K・DRAMで世界市場の67~69%、16K・SRAMで約95%を掌握したのである。因みに64Kは日本企業が米専門企業に対して優位に立った最初のICデバイスであった。一方、モトローラとTIを除く米企業は苦境に陥り、インテルは64Kから撤退し、ナショナル・セミコンダクターは沖電気からの技術導入に踏み切らざるを得なかったのである。

以上の如く猛烈な生産拡大と自動化により日本企業は米企業よりも急速に経験曲線を引き下げ、コストと価格を低下させた。この熾烈な価格競争は市場での地位を早急に確立する必要に迫られていた2番手メーカーの三

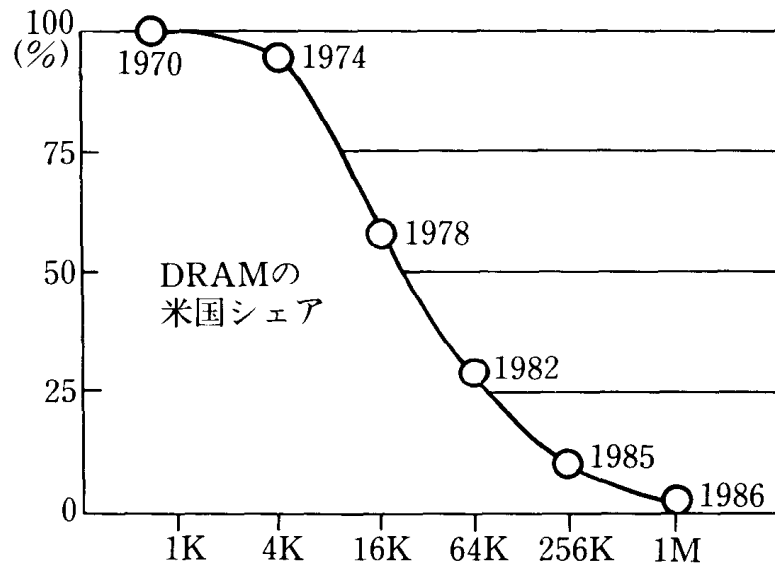
菱電機と沖電気によって先導された。即ち、両社は64Kの価格を16Kの4倍弱に設定し、その需要交替を強行したのである。日本企業は相次いで生産設備を16Kから64Kに転換し、米企業の予想を遥かに上回る急速な世代交替を推進した。83年に米専門企業が64Kに本格参入した後にも、日本企業は経験曲線効果と大量生産により主導的地位を維持することができたのである（第9図）。

斯くして日本企業は86年までに DRAM 及び SRAM 市場を支配するに至った。即ち、日本企業は DRAM 市場の70%（256Kの90%，64Kの55%），SRAM市場の50%（64Kの75%，16Kの50%）を占めた。また日本企業はIBM, AT&TとTIを除く米企業より迅速に1メガ・ビットDRAMを導入し、TIのみがIC外販市場で競争し得る状況にある（第10図）。日本企業は既に83年までにMOSメモリー全体の世界市場を制覇した。しかも日本企業はDRAMの製品寿命を大幅に圧縮させた。需要停滞期における日本企業の積極的な投資活動の結果、TIとマイクロン・テクノロジーな



（資料） *Business Week*, Oct.23,1989,P.70

第9図 世界DRAM市場



(資料) ハイテク戦略研究会『米国の技術戦略』67頁。

第10図 DRAMの米国シェアの推移

第13表 DRAMメーカー数の推移

年	DRAMのレベル	米 国	日 本
1970	1K	14	8
1974	4K	15	6
1978	16K	12	6
1982	64K	5	6
1985	256K	3	7
1986	1M	3	7

(資料) 『米国の技術戦略』67頁。

どを除く米専門企業は256K世代の出現と共にDRAM市場から完全に撤退し、ニッチ市場へと追いやられたのである(第13表)。だが、例えば、小規模ながら急成長のEEPROM市場などでも、垂直統合された日本企業が投資に本腰を入れれば、米企業の優位は風前の灯となろう。³⁴⁾ EPROMでも日本企業はコストすれすれ、あるいはコスト以下の価格戦略に採り、128K市場で83年の1%から85年の60%へとシェアを拡大し、256K市場で

第14表 世界の半導体メーカーの売上高(1989年)

(単位：100万ドル)

順位	社 名	売上高
1	日本電気	4,964
2	東 芝	4,889
3	日立製作所	3,930
4	モトローラ	3,322
5	富士通	2,941
6	テキサス・インスツルメンツ (TI)	2,787
7	三菱電機	2,629
8	インテル	2,440
9	松下電子工業	1,871
10	フィリップス	1,690

(資料) ハイテク戦略研究会『日米の技術競争力』42頁。

第15表 半導体製造装置メーカー上位10社売上高(100万ドル)

1979年	1988年
①フェアチャイルド・テスト・システムズ・グループ(米)	ニコン(日)
②パーキン・エルマー(米)	東京エレクトロン(日)
③アプライド・マテリアルズ(米)	アドバンテスト(日)
④GCA(米)	アプライド・マテリアルズ(米)
⑤テラダイン(米)	ゼネラル・シグナル(米)
⑥バリアン・アソシエイツ(米)	キヤノン(日)
⑦テクトロニクス(米)	バリアン・アソシエイツ(米)
⑧イートン(米)	パーキン・エルマー(米)
⑨K & S(米)	テラダイン(米)
⑩バルザースAG	LTX(米)

(資料) 『日本経済新聞』1990年12月11日号。

第16表 半導体関連技術の日米比較

物 質	日本がリード	日米は同水準	米国がリード
シリコン製品			
DRAMs	◀		
SRAMs	◀		
EPROMs		●	
マイクロプロセッサ			◀
カスタムプロダクト			◀
バイポーラ	◀		
非シリコン製品			
メモリー	◀		
論理回路	◀		
リニア			●
光電子部品	◀		
ヘテロ構造部品	◀		
材料			
シリコン	◀		
ガリウム・ヒ素	◀		
加工装置			
オプティカルリソグラフィ		◀	
電子ビームリソグラフィ			◀
X線リソグラフィ		◀	
イオン注入			
真空蒸着		●	
拡散		●	
熱処理等	◀		
組立		●	
パッケージ	◀		
テスト	◀		
コンピューター支援設計(CAE)		●	
コンピューター支援製作(CAM)		◀	

(資料) 『米国の技術戦略』68頁。

注) ▶ 米国の立場が上昇中 ● 米国の立場が横ばい

◀ 米国の立場が劣下中

第17表 アメリカと日本の64K・DRAMコスト比較

A. ウェハ・コストの構成要素 (ウェハ1枚当たりドル)		
	アメリカ	日本
1. 原材料費	\$ 32	\$ 49
2. 資本費 (減価償却)	29	37
3. 人件費	24	20
合 計	\$ 85	\$ 106
日本ウェハ・コスト÷アメリカ=1.25		
B. 工場コストの決定要因		
	アメリカ	日本
1. ウェハ・プロセスコスト	\$ 85	\$ 106
2. ウェハ・プロセス歩留まり	80%	95%
3. 良品ウェハ1枚当たりコスト	\$ 106	\$ 112
4. チップサイズ(mil ²)	35100	38600
ウェハ1枚当たり理論収量	313	280
5. ウェハ・検査コスト	\$ 14	\$ 12
テスト済みウェハ1枚当たりコスト	\$ 120	\$ 124
6. ウェハ検査歩留まり	40%	52%
7. 良品チップ数	125	146
8. 良品チップ1個当たりコスト	\$ 0.96	\$ 0.85
9. 組立てコスト	\$ 0.20	\$ 0.40
10. 組立て歩留まり	90%	95%
11. 組立て完了品1個当たりコスト	\$ 1.40	\$ 1.32
12. 最終検査コスト	\$ 0.20	\$ 0.20
13. 最終検査歩留まり	80%	80%
14. 最終製品1個当たり工場コスト	\$ 2.00	\$ 1.90
15. 累積歩留まり	23%	38%
良品数	72	106
16. 粗利益	45%	40%
17. 最終売価	\$ 3.64	\$ 3.17
18. 総収益	\$ 262	\$ 336

(資料) 『日本の脅威, アメリカの選択』393頁。

も83年第3四半期までに20%のシェアを確保したのである。

今や日本企業は第14表の如く世界半導体企業の上位を独占している。この圧倒的優位の背後には第15表のような半導体製造装置産業における日本企業の目覚ましい台頭と米企業の弱体化があった。³⁵⁾ しかも第16表のように半導体関連技術の多くでアメリカを逆転し、益々優位を強めている。そこで、最後に第17表を参考にして、64K・DRAMの日米コスト差(82年頃)を比較して見よう。日本企業は厳格な純度基準を採用しているため原材料費が高く、高度の自動化のために資本費も高い。また良品チップ1個当たりの総コストは日本企業1.9ドル、米企業2ドルと僅かな差にすぎない。しかし米企業の平均総歩留り率は40~50%で、日本企業の60%以上よりかなり低い。その結果、日本企業は同一の公称生産能力と総費用の工場において、米企業の場合よりも約50%も多い良品チップを得、50%も多い総収入を上げている。つまり米企業は同数の良品チップを生産するために40%も多く³⁶⁾の投資を実施しなければならなかったのである。

V むすび

世界のハイテク市場における日本のシェアはアメリカの後退を尻目に急増している。アメリカ電子産業はこれまで世界一の地位を維持してきたが、91年に日本に逆転され、その後も第18表の如く差が拡大するものと思われる。実際、アメリカの対日ハイテク赤字は円高にもかかわらず85年の175億ドルから90年の182億ドルへと増加した。またアメリカが開拓した分野であるデータ処理やOA機器でも、アメリカの世界市場シェアは84年の51%から89年の21%へと縮小し、逆に日本のシェアは14%から32%へと激増している。更に世界電子機器市場における日本のシェアは85~89年に22%から31%に高まった一方で、アメリカのシェアは65%から51%へと減少したのである。

第18表 世界の電子工業の地域・国別生産予測

	生産 (100万ドル)			
	1988	1992	1995	2000
世界計	549,237	741,208	935,307	1,423,688
日本	160,682	212,856	265,911	400,634
アジア計	59,266	92,813	124,156	199,793
韓国	17,050	27,981	38,117	62,811
台湾	11,453	17,795	23,537	37,438
香港	3,578	5,059	6,255	8,877
シンガポール	9,590	14,815	19,424	30,086
その他アジア	17,595	27,163	36,824	60,582
アメリカ	162,603	210,164	260,753	388,819
西欧計	117,590	156,442	194,344	287,843
西ドイツ	30,259	39,829	49,465	73,752
フランス	19,808	25,268	30,776	44,571
イギリス	20,057	26,925	33,687	50,791
その他西欧	47,466	64,420	80,417	118,728
その他計	49,096	68,933	90,143	146,599

(資料)『電子工業年鑑』1991年版, 135頁。

無論、半導体産業でもアメリカが80年代に世界市場におけるシェアを57%から40%に低下させる一方で、日本は27%から47%へとシェアを上昇させた。この日米逆転は第1に日本企業による旺盛な投資の結果であった。日本企業は80年代初頭に設備投資額で米専業企業を凌駕し、R&D支出でもほぼ並ぶに至り、急速に競争力を高めた。日本の垂直統合企業は米専業企業が投資抑制を強いられる需要停滞期にも積極的に投資することによって海外市場でのシェアを拡大して行った。例えば、74～76年の旺盛な投資は70年代末に米国市場への参入を、また80～83年の投資は日本企業のメモリー制覇を可能にしたのである。というのも最先端ICの開発には生産現場からの反復的なフィードバックを可能にするような累積的設備投資が不可欠だからである。日本企業は累積的投資と生産経験の蓄積によって工程

技術における主導的地位を獲得したが、米企業は工程技術と製造技術の面で劣位に陥り、半導体分野の多くで競争力を喪失するに至った。²⁾

第2に日本の半導体需要は高機能チップを必要としない民生用電子機器市場によって先導された。日本企業は電卓や電子時計にLSIを搭載することにより月に何百万個もの需要を創出し、その結果、劇的なコスト低減と品質向上を実現した。一方、米企業は軍用や宇宙開発に依存していたため月産数万個の需要しかなく、日本に後れを取るようになった。³⁾無論、日本でも84年までに民生用需要の比重は目立って低下し、EPROM、MPU、マイコン、周辺装置などの高機能チップの需要が増大している。これはコンピュータ、電気通信、産業用機器、自動車用電子機器などの分野で日本の競争力が高まった結果とも言える。しかも日本企業の強みは今や世界最大の半導体市場となった国内市場を完全に支配していることにある。

第3に日本はクリーン化技術や自動化の面でも優れていた。即ち、日本企業はクリーン化技術の優位によって64Kでアメリカに追い付き、256Kで抜き去り、1Mで完全に差を付けるに至ったのである。また日本企業は自動化の推進により能率向上と同時に高品質・高歩留りを実現した。一方、米企業は低賃金労働を求めて海外へ工場を移転したため、自動化を遅らせ、不良品問題を惹起させた。

第4に総合電子製品（例えばVTR）における成功は十分な部品供給体制が不可欠であった。日本の成功の鍵は強力な部品産業の存在とその電子機器メーカーとの協力体制にあったと言われる。一方、アメリカでは家電製品からの相次ぐ撤退の結果、部品供給体制が崩壊し、開発と量産に必要な部品を迅速に低コスト・高品質で確保することが不可能となってしまったのである。

如上の要因に基づき、日本企業は半導体を支配し、電子産業における日米逆転を遂行しつつある。だが、電子産業、就中MEは将来の経済的福祉や安全保障に深刻な影響を及ぼさざるを得ない。しかも高機能チップは

益々システム化し、システムの革新はチップの段階で生じるようになりつつある。従って、チップの技術的優位を失えば、半導体や電子技術に係わる人的・技術的資源の基盤をも解体させてしまう恐れがある。無論、コンピュータ、電気通信、産業用機器、民生用電子機器などの分野の競争力は半導体技術を独自の用途に臨機応変に活用する能力に依存している。もし米国半導体産業が更に弱体化するならば、日本企業が半導体の開発と量産を支配し、国内利用を優先して高品質の製品を作り、電子機器市場全体をも支配することになるだろう。その結果、日米間の経済摩擦は益々深刻化する恐れがある。無論、その一方では、日米半導体企業間の提携などを通じた産業協力も進んでおり、国際的な合従連衡が進展するものと思われる。いずれにせよ今日の状況は電子産業における日米逆転が惹起しつつある現象と言えるのである。

- 注II 1) 牧野昇『衰亡と繁栄』講談社文庫，114－127頁。志村幸雄『IC産業大戦争』ダイヤモンド社，1979年，40－44頁。
- 2) C.V.Prestowitz, *Trading Places*, 1988. 國弘正雄訳『日米逆転』ダイヤモンド社，1988年，60頁。
- 3) M.G.Borras, *Competing For Control: America's Stake in Microelectronics*, 1988. p.17, 161. DRAM撤退後，米企業にとってEPROMが同様の役割を果たしているという。(Ibid., p.175)
- 4) F.Warshofsky, *The Chip War*, 1989. 青木榮一訳『チップウォー』経済界，1991年，25頁。民生用電子機器産業は企業が大量生産方式を習得する絶好の場所だと言われる(MIT, *Made in America*, 1989. MIT産業生産性調査委員会，依田直也訳『Made in America』草思社，1990年，40－41頁)。
- 5) プレストウィッツ前掲書61－63頁。伊藤元重『ゼミナール国際経済入門』日本経済新聞社，1989年，260－261頁。
- 6) 日本経済新聞社編『新・産業論』日本経済新聞社，1987年，7頁。小林宏治『C&Cモダン・コミュニケーション』サイマル出版，1985年，72－73頁。
- 7) 牧野前掲書119－121頁。
- 8) 日本経済新聞社編前掲書12－13頁。
- 9) 伊丹敬之編『日本のVTR産業なぜ世界を制覇できたのか』NTT出版，1989年(以下伊丹1と略記)，8－10，140－157頁。

10) 同上書10-12, 161-187頁。

注III 1) Borrus, *op.cit.*, pp.53-54

2) *Ibid.*, p.55.

3) J.Bernstein, *Three Degrees Above Zero*, 1984. 長沢光男訳『ベル研 AT&Tの頭脳集団』HBJ出版局, 1987年を参照。

4) R.Sobel, *The Struggle For The Future:IBM and The Japanese Challenge*, 1986. 羽林泰・中山淳訳『IBM vs. JAPAN』ダイナミックセラーズ, 1986年, 92-95頁。AT&Tは長年の研究と実績にもかかわらず外販目的のコンピュータ開発を禁止され, トランジスタ生産への投資も自由に行えなかったため, トランジスタの発明者でもあるショックレーはベル研を飛び出した (*Ibid.* pp.94-95, メル・ホロビッチ「企業戦略とテクノロジー・マネジメントの変化」, 土屋守章編『技術革新と経営戦略』日本経済新聞社, 1986年, 187頁)。MIT産業生産性調査委員会前掲書149頁。長谷川俊明『競争社会アメリカ』中公新書, 1991年, 40-42頁。

5) Borrus, *op.cit.*, pp.59-60.

6) RCAやGEなど大手真空管メーカーは代替技術である半導体市場では成功せず, TIやフェアチャイルドなど新規参入企業に取って代わられた (S.S.Cohen and J. Zysman, *Manufacturing Matters*, 1987.p.92)。これをプロダクティヴィティ・ディレンマという視点から取り上げているものとしてW.J.Abernathy, *The Productivity Dilemma*, 1978,P.73を参照。MIT産業生産性調査委員会前掲書352-354頁。

7) Borrus, *op.cit.*, pp.63-70.

8) T.R.Reid, *The Chip*, 1984. 鈴木主税, 石川渉訳『チップに組み込め!』草思社, 1986年, 159-163頁。後に空軍広報部は「集積回路の開発は, あらまし, アメリカ空軍の想像力に富む積極的なリーダーシップの物語である」とこの援助を自賛した (同上書162頁)。

9) 同上書159頁。1964年に至るまで対政府売上は集積回路全部を占め, その後数年間も連邦政府が依然としてICの最大の買手であった (同上書159頁)。MIT産業生産性調査委員会前掲書349-350頁。

10) Borrus, *op.cit.*, pp.70-73.

11) リード前掲書167-169頁。

12) 同上書17-18頁。しかもトランジスターは未だ特性が安定せず, 工場での歩留り率も極端に低く, 量産が困難であった (中川靖造『東芝の半導体戦略』(以下, 中川1と略記)ダイヤモンド社, 1989年, 26-34頁)。

13) リード前掲書170-171頁。脇英世『IBM 20世紀最後の戦略』講談社文庫, 第4章。松井幹雄『エレクトロニクス』日本経済新聞社, 1987年, 162-163頁。IBMシステム360の大成功とその意義についてはS.T.McClellan, *The*

Coming Computer Industry Shakeout, 1984. 旭化成2001年プロジェクト訳『コンピュータ産業の大波乱』講談社, 1985年, 88-89頁。360シリーズはハイブリッド（混成型）ICを使っていた（中川靖造『ドキュメント・日本の半導体開発』（以下中川2と略記）ダイヤモンド社, 1981年, 187頁）。R.T.DeIamarter, *Big Blue*, 1986. 青木榮一訳『ビッグブルー』日本経済新聞社, 1987年, 81-89頁。

- 14) IBM360シリーズは混成集積回路を用いていたにすぎないが、例えばRCAは完全な半導体集積回路を採用した機種を発表した（北正満『IBMの挑戦』共立出版, 1978年, 50-52頁）。
- 15) リード前掲書172-174頁。
- 16) Borrus, *op.cit.*, pp.77-78. リード前掲書188-194頁。
- 17) 石坂誠一, 杉上孝二『半導体』通商産業調査会, 1984年, 16-19頁。
- 18) Borrus, *op.cit.*, pp.79-82
- 19) *Ibid.*, p.83
- 20) *Ibid.*, pp.84-85.
- 21) 佐々木隆雄「IC産業の日米競争と日本企業の対米投資」, 佐々木隆雄・絵所秀紀編『日本電子産業の海外進出』法政大学出版局, 1987年, 第3章, 87-88頁。
- 22) Borrus, *op.cit.*, p.88. 例えば, 1973年のMOS・ICの製造コストはシンガポールで組み立てられれば, デバイス当たり1.45ドルであったが, 米国で組み立てられると3.00ドルであった (*Ibid.*, .88)。
- 23) *Ibid.*, pp.89-90.
- 24) Cohen and Zysman, *op.cit.*, pp.96-99. 工場海外移転と自動化を巡る日米の対応の相違については同書を参照のこと。唐津一『空洞化するアメリカ産業への直言』PH P研究所, 66-74頁。ウォーショフスキー前掲書112-114頁。

注IV 1) 1980年代の日本の電子工業については拙稿「1990年代の電子産業」, 機械振興協会経済研究所編『日本機械産業の現況と90年代の行方』1990年, 第2章第2節を参照。

- 2) 『電子工業年鑑』1973年, 53-64頁, 1988年, 43-50頁。金森久雄・西岡幸一『マイクロエレクトロニクス革命』第4章。
- 3) 中川2, 141-148, 188-192頁。
- 4) MIT産業生産性調査委員会前掲書301頁。
- 5) 中川2, 180-182頁。森谷正規『技術開発の昭和史』朝日文庫, 163頁。志村前掲書45-47頁。シャープが開発した電卓第1号は卓上に乗る, トランジスタやダイオードを4000個も使い, 重さは25キロ, 価格は53万5000円もしたが, 内外でたちまち大評判となった。電卓そのものは1962年にイギリスの会社によって発表されたものが世界初であったが, これはトランジスタ

ではなくMT管を使っていた（森谷163頁，中川2,180頁）。

- 6) 中川2,186-189頁。67年頃からIC化が進展すると，部品点数が一気に1,000点前後（うちICは約50個）に下がり，さらに69年にはLSIの導入によって60点（うちLSIは4個）足らずに減り，80年頃にはLSIが1個に集約され，部品点数は全部合せても5点にすぎなかった。80年頃の液晶表示カード電卓を電卓第一号と比較すると，使用電子部品で1,040分の1，消費電力150万分の1，容積1,650分の1，重量1,650分の1になる（志村前掲書45頁）。
- 7) 中川2,190-194頁。森谷前掲書164-165頁。志村前掲書45頁。日本企業3社は歩留り率が悪く，採算に合わないとして，冒険を回避した。一方，アメリカ企業は「軍用に追われ，手がまわりかねる」として断り，ロックウェル社のみが引き受けた（中川2,191-192）。
- 8) 中川2,198頁。中川1,73頁。電卓用IC市場における米国のシェアは1971年でも42%を占め，LSIに限れば依然70%以上に達した（『電子工業年鑑』1973年，829頁）。またこれはNASAが軍事用しか需要がなく，LSIの生産を手控えていた有力な米企業がシャープとロックウェルの商談成立を契機に，争ってLSI生産に乗り出した結果である（中川2,196頁）。
- 9) 中川2,203-207頁。当時の電卓は1機種月産3~4000台，ヒット商品でも7~8000台であった（同上書，205頁）。電卓市場の高成長の波に乗じて積極的に生産を拡大し，シェアを36%にも伸ばした（J.C.Abegglen and G.Stalk, KAISHA, 1985，植山周一郎訳『カイシャ』講談社，1986年，68頁）。
- 10) IC市場に占める電卓需要は73年36%，75年34%と依然として高かった（志村前掲書30頁）。
- 11) 志村前掲書48-52頁。森谷前掲書166-169頁。セイコーの成功は生産技術がICの要であり，必ずしも電子技術が中心ではないという教訓を残した（同上書169頁）。アメリカでもTIなど半導体や時計メーカーが電子腕時計市場に参入したが，1981年のTIの撤退を最後に全企業が撤退した（桑田耕太郎/新託純二郎「脱成熟の経営戦略」，土屋編前掲書，第9章）。
- 12) B.Bellon, *The Decline of the American Economy*. 1988, pp.60-61.; I.C.Magaziner & B.R.Robert, *Minding America's Business: Decline and Rise of American Economy*, 『アメリカの挑戦』東洋経済新報社，1984年，143-144頁。1977年の世界市場におけるシェアは10%未満であった（同上書143頁）。「電子・電機産業の中期展望」，『興銀調査』第237号，1988年，No.3.68頁。
- 13) J.Zysman and L.Tyron eds., *American Industry in International Competition: Government Policies and Corporate Strategies*, 1983. 國則守生他訳『日米産業競争の潮流』理工図書，1990年，第2章。板垣博「カ

- ラーテレビ産業の海外進出」佐々木隆雄・絵所秀紀編前掲書，第2章。
- 14) マガジーナ&ライヒ前掲書144-148頁。
 - 15) 小倉和夫『日米経済摩擦』（改定版），朝日文庫，167頁。
 - 16) 日本製CTVの平均輸出単価は1973年の195ドルから1975年の185ドルへと低下し，20インチ型テレビの消費電力は300Wから80Wまで低下した（小倉前掲書165頁）。
 - 17) これはCTVが低所得層まで普及した結果である（小倉前掲書166頁）。ポータブル型と卓上型は1965年12%，1975年68%，1980年78%と比重が増大した（板垣前掲41頁，表2を参照）。
 - 18) 海外での生産拠点確保という道をとったことは，米国内の生産方法の合理化，経営の合理化による輸入品との競争を最初からあきらめたことを意味する（小倉前掲書163頁）。
 - 19) MIT産業生産性調査委員会前掲書312-315頁。中川靖造『日本の磁気記録開発』ダイヤモンド社，1984年，110-111頁。伊丹1,2-3頁。
 - 20) 森谷前掲書175-180頁。
 - 21) 伊丹1,5-7頁。
 - 22) 同上書8-12，31-33頁。
 - 23) 日立とRCA，三菱電機とTRW，日本電気とハネウェル，沖電気とスペリーランド・ユニバック，東芝とGE，松下電器とフィリップスがそれぞれ提携した（那野比古『日米コンピュータ戦争』日本経済新聞社，1982年，145-146頁）。『電子工業年鑑』1973年度版，241-250頁。
 - 24) 友田政富「コンピュータ」（『日本機械産業の現況と90年代の行方』機械振興協会経済研究所，第2章第3節）。W.H.Davidson, *The Amazing Race*, 1984, 筑紫哲也監訳『コンピュータ・ウォーズ』ダイヤモンド社，1984年，197-199頁。
 - 25) 『電子工業年鑑』1991年度版，267頁。富士通は西独シーメンス，日立は西独コンパレックスと伊オリベッティ，日本電気は仏ブルヘ超大型汎用機をOEM供給している。また米ユニシスへは日立がCPU（中央演算処理装置）を供給している（同上書267頁）。
 - 26) 『電子工業年鑑』1991年度版，339-340頁。栗田昭平『コンピュータ』（改定版），日本経済新聞社，1989年，15-18頁。尚，これとほぼ時を同じくして高速演算能力を有するスーパー・コンピュータが登場した（友田前掲145頁）。
 - 27) 例えば，今まで1億円の汎用コンピュータで処理していたものを500万円のオフコン10台で分散処理し，これにより運用コスト，運用の手間，システム開発コスト等を削減するといったことが起きている（『電子工業年鑑』1991年度版，268頁）。『日本経済新聞』1991年3月30日号。
 - 28) ラップトップでは日本企業はアジアや米国の競争会社より優位にある。

ラップトップの重要技術のすべて（バッテリー、スクリーン、ディスクドライブ）が日本に握られているという（*Business Week*, Oct.23, 1989, p.74）。牧野昇/三菱総合研究所『全予測90年代の世界』ダイヤモンド社、1990年、140-143頁。

- 29) 『日本経済新聞』1991年4月11,12日, 5月13日号。
- 30) 森谷前掲書203-210頁。D.Okimoto eds., *Competitive Edge: The Semiconductor Industry in the U. S. and Japan*, 土屋正雄訳『日米半導体競争』中央公論社、1985年、21-25頁。伊丹敬之編『逆転のダイナミズム』NTT出版、1988年（以下伊丹2と略記）、72-75頁。尚、日本電気は真空管メーカーであるが故にトランジスタで乗り遅れ、トランジスタで成功したソニーはICに乗り遅れた。米企業はバイポーラで成功したため、またインテルはPチャンネル・メモリーで成功したため、Nチャンネルに乗り遅れたと言う（同上書76頁）。
- 31) 伊丹2,232-233頁。柳田邦男『日本の逆転した日』講談社、1981年、10-48頁。中川2,207-211頁。
- 32) Borrus, *op.cit.*, pp.144-145.唐津前掲書、71-74頁。
- 33) 80年、ワシントンの半導体セミナーで半導体ユーザーのヒューレット・パッカード社のアンダーソンが図表を示しながら「米国製ICは日本製に比べて5-10倍故障する」ことを証明した。また82年1月の『ビジネスウィーク』誌は国防省に納入している米国製半導体製品は市販品の3-5倍の価格なのにメーカーが品質についてごまかしをやっていることを暴露した（唐津一「決着のついた日米半導体戦争」、G.ピリスキー/B.ウタル著、高榎堯『日本を叩け！』ダイヤモンド社、1982年、198-199頁、柳田前掲書6-10頁）。
- 34) Borrus, *op.cit.*, pp.174-175.尚、米企業が小規模な半導体外販企業であった一方で、日本は垂直統合企業で長期的戦略を採り得るだけの財源と販売力を持っていた（MIT産業生産性調査委員会前掲書348頁）。
- 35) 『日本経済新聞』1990年12月11日号。今や米企業も日本製半導体製造装置に大きく依存するに至っており、米企業や米政府は日本が半導体製造装置を「売り渋り」していると非難している（『日本経済新聞』1991年5月8日号）。半導体製造装置の世界市場シェアは80-89年に米企業が75%から49%へ減少し、日本企業は18%から39%へ上昇した。特にステッパー（逐次移動露光装置）では、89年に日本企業の74%に対して米企業は15%にすぎなかった（『朝日新聞』1991年5月16日号）。
- 36) B.R.Scott and G.C.Lodge, *U.S. Competitiveness in the World Economy*, 1985. 岡本秀昭監訳『日本の脅威、アメリカの選択』第1部、光文社、1987年、389-392頁。

注V 1) *Fortune*, May 6, 1991, pp.41-42.

- 2) Borrus, *op.cit.*, pp.22.
- 3) 唐津一『生産大国ニッポンの挑戦』実業之日本社，1988年，39－41頁。