

日本半導体企業の社内共同開発(1)1960年代 と70年代のコンピュータ用ICの事例

KIM, Yongdo / 金, 容度

(出版者 / Publisher)

法政大学経営学会

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

経営志林 / The Hosei journal of business

(巻 / Volume)

39

(号 / Number)

3

(開始ページ / Start Page)

109

(終了ページ / End Page)

119

(発行年 / Year)

2002-10-30

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00003498>

＜日本半導体企業の社内共同開発（1）＞

－1960年代と70年代のコンピュータ用IC¹の事例－

金 容 度

1. はじめに

（1）問題意識

新聞や雑誌に目を通すと、「総合」という言葉がついている日本の大手企業の問題点を伝える記事が多い。「総合」電子メーカ、「総合」商社、「総合」建設会社（＝ジェネコン）等がその例である。かつて日本の経済発展、高度成長の重要な担い手として、かつ、しばしば組織革新の例としてあげられたこれらの企業が、いまや「問題児」扱いにされている。一企業が過度に多い事業を抱えることによって肥大化し、意思決定及び行動が遅くなり、事業部門間のシナジー効果どころか、有望な事業部門の成長の足枷が社内に存在し、結果的に企業の経営不振が悪化しているというのだ。

逆に、戦後の日本企業の組織上の特徴を、その「スリム」なところに求める議論も多い。すなわち、日本の大手自動車メーカ、「総合」電子メーカは、同業種の米企業より雇用等の面でスリムであり²、それを補完する形で、周辺の企業との取引関係が上手く生かされ、そこに日本企業システムの強みの一端があるとされる。そして、85年からの円高や90年代初からの長期不況の中で、日本企業の中国や東南アジアへの生産移転が加速すると、産業空洞化への危惧とともに、上述の企業間取引の仕組の崩壊に対する懸念の声も高まった。

こうした日本企業についての対照的な二つの主張は、いずれも内製と外注の選択の問題に係っている。スティグラーによれば、市場が拡大するにつれて外注率は上昇する傾向があり、それゆえ、産業の成長期には主要部品の外注が増えていく。逆に、縮小期に入った非成長産業や衰退産業は、かつて外注した部品を内製化したり、企業内の生産物の多様化によって操業度の上昇を図ったりするという³。その上、生産技術（規模の経済、機

密保持）、経営・管理上の便宜（品質管理・在庫管理、関連多角化、新分野多角化）、市場条件（資金必要量、労働必要量、輸送費）なども内製か外注かを定める重要な条件であるといわれる⁴。

ところで、日本の企業間取引の仕組みについては、少なくとも日本国内の論者のほとんどが、今もそのメリットを認めている⁵。むしろ、海外移転等によってこの取引の仕組が崩れることが懸念されてもいる。それと対照的に、「総合」という日本の大企業の特徴は専らなくすべきものとして攻撃されている傾向がある。ほんとうに日本の「総合～」企業の総合たる組織や活動が、かつてから専ら問題点だけを起こしてきたかという、どうもそうはいえなさそうである。もし、そうだとすれば、過去の歴史的な経験を振り返って、関連する事業部を多く抱えた日本の大企業の活動が、該当企業にとってどのようなプラスの面とマイナスの面をもたらしたかを改めて分析し直す必要があろう。

（2）分析対象、及び資料

こうした問題意識から、日本の「総合～」企業の歴史が直ちに分析対象として浮かび上がる。ただし、本稿では、戦後日本の企業システムの長所が最も顕著に現れたのが製造業である点を重視し、まず、冒頭にあげた「総合～」企業の例の中で、総合電子メーカに焦点を絞る。そして、日本の総合電子企業の諸事業の中でも、半導体事業は80年代の成長ぶりがあまりにも輝かしかっただけに、90年代末からの膨大な赤字の持続が同事業への失望感に連なり、ましてや総合電子メーカの業績悪化の主犯にされている。当然、総合電子メーカの経営上の問題点が囁かれる際も、まず、半導体事業の悪い成績が念頭におかれている。そこで、本稿はまず総合電子メーカが抱えている事業、製品

の中で、半導体を軸に議論を進めたい。なお、半導体産業・事業の発展を最も強く規定したのは、その技術進歩であり、また、半導体の技術進歩を

強く規定したのは開発活動であったと思われるので、半導体の開発に焦点を合わせたい。

表1 日米半導体企業のIC社内消費率

単位：%

| 企業名 | 日本 (1978年) | 企業名 | 米 (1974年) | 米 (1978年) |
|------|------------|--------|-----------|-----------|
| NEC | 20 | TI | 8 | 9 |
| 日立 | 28 | IBM | 100 | 100 |
| 東芝 | 31 | モトローラ | 9 | 6 |
| 松下電子 | 57 | FC | 0 | 2 |
| 三菱 | 34 | NSC | 6 | - |
| 東京三洋 | 43 | インテル | 4 | 10 |
| 富士通 | 41 | WE | 100 | 100 |
| ソニー | 75 | RCA | 4 | - |
| 沖電気 | 44 | ロックウェル | 22 | - |

注：米の78年は、半導体の社内消費率。

出所：日本は「日経エレクトロニクス」、1979年5月28日、197頁（原資料はBA ASIA, 1979）；
米は、『電子工業年鑑』1977年版、666頁、及びDosi, G., Technical Change and Industrial Transformation, MacMillan Press, 1984, p.160.

さて、「総合」という言葉に象徴されるように、日本の総合電子メーカーの半導体事業部、あるいは半導体企業⁷は、社内ユーザー事業部への販売、つまり、社内消費が多かった⁸。表1で、この点を確認しておこう。表1をみると、78年に、ソニーの社内消費率は7割を越えており、社内消費率が低い方であるNECも同比率が20%である反面、アメリカの場合は、IBMやWE（ウェスタンエレクトリック）など一部のキャプティブ企業⁹を除く、ほとんどの半導体企業が、10%以下の社内消費率にとどまっていた。従って、「半導体」（とりわけ、IC）の「開発」を中心に、その「総合」たる活動を見ていく上では、社内需要家との共同開発が重要であることが推論できる。これが本稿の分析対象である。

ただし、ICの需要の急伸長に伴い、特に、80年代以降、日本企業のICの社内消費率も低下していく。従って、本稿の分析時期は、ICの社内消費の重要度が高かった60年代と70年代に限定する。

60年代と70年代において、日本のICの重要な需要先は、コンピュータ用、電卓用、家電用、通信機用の4つの分野であったが、後述のように、

そのうち、社内取引が多かったのは、コンピュータ用ICと家電用ICであった。それゆえ、本号と次号で、それぞれコンピュータ用と家電用ICの社内共同開発について検討する¹⁰。そして、この二つの用途を取上げる他の理由もある。その理由とはこうである。これまで日本半導体産業の初期について論じた先行研究の中には、民生用需要のプラス面の役割を評価する立場が目立っている¹¹。しかし、先行研究が見落している点もある。例えば、民生用需要のマイナス面の影響、産業用需要のプラス面の影響、民生用需要と産業用需要の共通点等が検出される可能性が十分ある。そこで、本稿では産業用であるコンピュータ用と、民生用である家電用ICを共に取り扱う。

資料についてであるが、社内需要家との共同開発に直接携わった技術者へのインタビュー記録を主な資料とする¹²。具体的には、コンピュータ用ICの開発については、NECと富士通の関係者へのインタビューの記録、家電用ICの開発については、東芝と松下の関係者へのインタビューの記録に大きく依存する。インタビューにご協力くださったNEC、富士通、東芝、松下の現役・OBの方々に記して感謝の意を表したい。

2. 60年代と70年代のコンピュータ用 IC の取引

日本企業が一斉にコンピュータに IC を導入し始めたのは65年前後であり、その後、日本の IC 需要に占めるコンピュータ用の構成比が高かった。例えば、67年にデジタル電子計算用は81億円で最も大きい需要分野であった¹³。70年代においてもコンピュータ用の需要は全需要の20%~30%の構成比を維持した。このようにコンピュータ用 IC 需要が大きかったのは、主として、他機器に比べ、コンピュータ1台当りの IC 使用個数が多かったことによる。例えば、70年頃のある調査によると、大型コンピュータには、15万個の IC が使われており、中型コンピュータでも、2万~5万個の IC が搭載された¹⁴。また、60年代後半と70年代初頭、コンピュータ用と電子交換機用の両用途の IC を開発した技術者の証言によると、当時、「量的にみると、一つの装置に使われる IC は、コンピュータが圧倒的に多く、1台当りの IC 使用個数が多かった「電子交換機もその比ではな」かったという¹⁵。

しかも、コンピュータ用需要は、IC の集積度向上にも強く影響を与えた。LSI への移行が始まった69年、日本の LSI の需要の99%がコンピュータ用であった。もちろん70年代に入って、電卓用 LSI の需要の急増に伴い、LSI のうちのコンピュータ用の割合は下落していくが、それでも、71年に LSI 需要の28%はコンピュータ向けであった¹⁶。

さて、70年代前半まで、コンピュータ記憶素子としての IC の搭載は、演算・制御素子としての IC の搭載より遅れたので¹⁷、コンピュータ用 IC はほとんどロジック IC であった。そして、当時のロジック IC にはバイポーラ型だけが使用され、MOS 型は使われなかった¹⁸。

他方、コンピュータ用ロジック IC の中、標準品は輸入依存度が高かった。コンピュータ用ロジック IC として多く使われたバイポーラデジタル IC の統計を手がかりにして、この点をもう少し具体的に確認しておこう¹⁹。表2によると、74年、バイポーラデジタル IC のうち半分以上が輸入品である。社内消費を除く、外販市場だけを見ると、3分の2が輸入品であった。とりわけ、当時、バイポーラデジタル IC のうち、TTL という標準ロ

ジック IC が50%の構成比を占めており、この TTL・IC を中心に輸入比率が高かった。この TTL・IC の市場は、60年代末以降米 TI 社によって席巻されていた。例えば、74年頃、TTL・IC 外販市場での TI 社の市場シェアは約50%~60%に至っており²⁰、同社は当時の日本のバイポーラデジタル IC 市場においてもトップシェアを維持していた²¹。

表2 バイポーラデジタル IC の輸入比率 (1974年)

単位：億円、%

| | 国内需要 | 輸入比率 | 外販市場における輸入比率 |
|------------------|--------|------|--------------|
| バイポーラデジタル (ロジック) | 411 | 51 | 67 |
| (メモリ) | 375 | 51 | — |
| | 36 | 56 | — |
| 半導体 IC 合計 | 1, 216 | 32 | 35 |

出所：『電子工業年鑑』1977年版、651~652頁 (原資料は野村総研)。

このようにコンピュータ用の標準ロジック IC において輸入比率が高かった理由として、まず国産 IC の価格競争力の劣位があげられる。しかし、それだけではなく、日本の半導体企業にとって、エンジニアの不足という状況の中で、コンピュータに使われる多くの品種のロジック IC を揃えることが難しかったことも重要な理由であった。例えば、60年代後半の NEC の2200-500コンピュータの開発の際、CTL (Complementary Transistor Logic)・IC の開発が試られたが、IC 技術者の不足のため、結局、7品種の開発に止まり、他の品種は米フェアチャイルド (FC) 社から買わざるをえなかったという²²。また、60年代に、NEC は米ハネウェル社とコンピュータ事業で提携していたが、ハネウェル社が独自仕様の TTL・IC を使用していたため、NEC もこの仕様の TTL・IC の輸入を余儀なくされたといわれる²³。

しかし、輸入標準ロジック IC にトラブルもしばしば発生した。例えば、NEC の場合、既に60年代に輸入汎用ロジック IC が品質・信頼性に問題を起し、それ以降 TTL・IC などの標準ロジック IC を徐々に自社製に切替えつづけた²⁴。それに、日本半導体企業がしだいに生産体制を整備していくことによって、バイポーラ型の標準ロジック IC の輸入比率は下落の傾向を辿った²⁵。

他方、NECの例からすると、ロジックICのうち、自社のコンピュータの特性を出せ、競争力を大きく左右するチップは、できるだけ、社内で開発・生産される傾向が強かった。装着された輸入ICに「問題が起ったら、そのトラブルに対処するしようがな」があったからである²⁷。また、キーになるロジックICの場合、輸入だけでなく、他のICメーカーからの購入も限られたことはいうまでもない。NECの例をとると、もし、富士通、日立など、コンピュータとICの両事業における競争相手からキーになる「部品供給を止められ」る場合、自社のコンピュータが「動かなくなる」という事態を危惧したからである²⁸。富士通も、60年代から半導体素子がコンピュータ開発競争の優劣を決めるという認識が強くなり、かつ、70年代初頭、富士通のコンピュータ事業部がIBM互換路線を決めてからは、先端LSIの開発を一層重要視した²⁹。そのため、70年代の同社は、コンピュータ用の中核のロジックICは全て自社で内製しており、輸入LSIは使わなかった³⁰。

こうした理由で、コンピュータ用ICの社内消費率は高かった。表3を見ると、69、70年、コンピュータ用ICの社内消費率が9割以上であった³¹。また、表4をみると、コンピュータ用ロジックICとしてもっとも多く使われたバイポーラデジタルICが、70年代を通じて高い社内消費率を維持している。例えば、上位4社の半導体企業の場合、72年、バイポーラデジタルIC7割弱を社内で消している。その後、社内消費率はやや低落しているものの、半分以上が社内消費であった。主要9社、あるいは12社にその対象を広げても、ほぼ同じ傾向が現れており、なお、社内消費率の水準は、上位4社のそれを上回っていた。

表3 コンピュータ用ICの社内消費率(金額基準)
単位：%

| | 通常規模 | MSI | LSI |
|-------|------|-----|-----|
| 1969年 | 95 | 100 | 100 |
| 1970年 | 88 | 88 | 97 |

資料：『電子工業年鑑』1970・71年版、595頁から計算。

表4 バイポーラデジタルICの社内消費率

単位：%

| 年度 | 上位4社 | 主要9社 |
|-------|------|------|
| 1972年 | 68.7 | 75.9 |
| 1973年 | 54.3 | 67.1 |
| 1974年 | 56.0 | 70.7 |
| 1975年 | 55.5 | 72.9 |
| 1976年 | 54.6 | 68.9 |
| 1977年 | 50.4 | 52.8 |
| 1978年 | 51.4 | 61.1 |
| 1979年 | - | 47.7 |

注：上位4社は、NEC、日立、東芝、三菱。主要9社欄の77年からは主要12社の数値。

出所：『電子工業年鑑』各年版。

3. 社内の共同開発の実態³²

前述したように、コンピュータ用ロジックICは、社内消費率が高く、その中には、自社のコンピュータの競争力を大きく左右するチップも少なからず、その開発のためには、何らかの形で社内のユーザとの情報交換、もしくは共同作業が不可欠であった。例えば、LSIをコンピュータに導入する場合、ハードウェア的には、LSIを使用する上での発熱処理、電源供給、実装布線などの問題があり、特に、高密度実装を行うことにより、コンピュータの発熱密度が大幅に上昇するという問題が存在していたから、その冷却が大きな課題となった³³。高性能LSIをコンピュータに搭載するには大きな難問を抱えていたのである。この難問の解決のためには、需要家と協力しながら先端プロセスを導入・消化する必要があった。以下では、富士通とNECの事例に即して、60年代と70年代におけるコンピュータ用論理ICの社内共同開発の実態について考察する。

(1) 組織及び人

まず、コンピュータ用LSIの社内共同開発の人及び組織についてであるが、NECの場合は、コンピュータ技術者の一部をIC事業部に移動させる例が多かった。例えば、NECは、66年に集積回路開発本部を設けるに際して、コンピュータ事業部からも兼務あるいは転向の形で技術者を呼んできた。さらに、70年代末にIC事業部内にシス

テム LSI 推進開発本部を新設したときも、コンピュータ事業部から技術者をつれてきた。なお、「集積回路事業部を中心に、コンピュータの人と電子交換機の人とが、顔を合わせて一緒にやったことも、LSI の開発には好影響を与えた。実は、NEC の半導体技術者は既に60年代から社内のコンピュータ技術者及び交換機技術者の両方と交流しており、それが人的な交流という意味で非常に貴重な経験になったとされる。そういう経験があったから、70年代末にシステム LSI 推進開発本部ができたときにも、事業部間に「あまり意識的な障壁をお互いに持たずに」、先端の LSI を共同開発することができたのである。これに対し、富士通の場合、70年代に、コンピュータ用 IC と通信機用 IC の開発の間に人的な交流及び情報交換はなかったという³⁴。企業間の相違点が現われている。

そして、NEC は、大型機 ACOS 用の CML マルチチップパッケージの開発プロジェクトに際して、集積回路事業部長自らが委員長を努めた³⁵。社内コンピュータ向け IC 開発に対する IC 事業部の積極的な姿勢が示される。これも、富士通の例と違う面であった。つまり、富士通で、60年代後半と70年代前半にかけて、コンピュータ事業部の技術リーダーと半導体部門のトップとの間に度重なる意見対立が発生したことがよく知られている³⁶。74年7月の同社の組織改編時には部品工業部内の IC 部門を電子工業部と通信工業部へと移管し、コンピュータ用 IC 開発のための社内の組織的協調が図られた³⁷が、総じて、コンピュータ用 IC の社内共同開発において、富士通より NEC の方が社内の両事業部間の協力や人事的な交流が活発であったということが出来る。

そして、既に触れたとおり、NEC は、70年代末に、IC 事業部内にシステム LSI 推進開発本部を設けたので、コンピュータ用 LSI の社内共同開発もより大規模で、より長期間にかけて行われた。例えば、同本部でのコンピュータ用 LSI の開発には、20人の半導体設計技術者と、コンピュータ事業部からのその2～3倍の技術者が参加する形であった³⁸。

ただし、特定機種のコンピュータ用の IC を共同開発するとき、携わる組織、人数等は、富士通

にせよ、NEC にせよ、大差はなかったと見られる。例えば、70年代の NEC の場合、集積回路事業部回路開発部の「コンピュータ回路設計課」の5人～10人の半導体技術者と、コンピュータ事業部からはほぼ同人数のエンジニアが IC の共同開発に直接参加した。富士通も、半導体側の開発技術部の設計技術者5人前後と、コンピュータ側の回路設計部のほぼ同人数の技術者がそれぞれ窓口になって、技術選択から共同開発の最後まで情報の交換を行いつづけたとされる。他方、両事業部間の情報交換に直接は携わらなかったものの、共同開発に間接的に貢献した技術者も少なくなかった。IC 側では、設計技術者だけでなく、半導体の製造プロセス技術者、テストやパッケージ専門の技術者、信頼性技術者などが加わったうえ、コンピュータ事業部側からも、ソフトウェア、アーキテクチャーを担当する技術者が多く加わったとされる。

(2) 共同開発の進み方及び情報交換

コンピュータ用論理 LSI の共同開発は、大雑把にいつて、「技術選択 (= 決まる方式³⁹ に基づく基本回路の開発、LSI の基本仕様や使用プロセスの決定) ⇒ LSI の回路設計 ⇒ LSI のパターン設計 ⇒ 評価及び修正 ⇒ 機器への装着」という順で行われた。この共同開発の各段階について考察しておこう。

まず、技術選択についてであるが、最初、「コンピュータ事業部のニーズを受けて IC 事業部の方で基本回路の開発を始め」た。基本回路が開発されると、それに基づいて開発目標が決定されたが、開発目標の決定のためには、両事業部の技術者が集まってディスカッションを行った⁴⁰。と同時に、その間には分担作業も進められており⁴¹、例えば、IC 側が基本回路をつくるまで「コンピュータの方は実際の演算ユニットの回路構成を考え」、かつ、IC 側では、基本回路だけでなく、集積度に見合う製造プロセス技術の開発を進めた。その時、IC 側は、できるだけ最新の製造プロセス技術を使って、集積度、消費電力、マクロの配置等を変更しながらシミュレーションを繰り返すという TEG (Test Element Group) の調査を行った。

次に、この調査に使われた自動配線ツールと、TEG 調査の結果であるシミュレーションデータ

が、コンピュータ側に渡され、LSIの回路設計が開始された。半導体技術者の協力を支えにして、コンピュータ事業部の技術者がLSIの仕様をより具体化する作業を担ったのである。もちろん、設計の途中で、IC側に対し改善の要求を行う場合も少なくなかったとされる。

コンピュータ側がLSI回路設計を終えると、その設計図とともに論理データや配置配線データがIC側に渡され⁴²、今度は半導体技術者がパターン設計(=配置配線設計⁴³)を開始した。特に、配線の変更のために、論理データ、配置配線データ、テストデータの間の照合をかける作業がかなり難しかったといわれる⁴⁴。パターン設計が終わると、「論理データや配置配線データを実際のアルミパターンに落として」マスクに「焼き付ける作業」が行われ、エンジニアリング・サンプルが作られた。この「エンジニアリング・サンプルができたなら」、それを「コンピュータ部隊」がテストした。テストで異状が発見されると、サンプルをIC技術者に戻し、修正作業及び情報交換を繰り返した。

開発の期間についてであるが、共同開発の開始から納入まで2年以上がかかった。つまり、最初のプロトタイプの実験装置用LSIの検討から最終的に商品化するコンピュータにLSIが搭載されるまでを一つのスパンとすると、約2年～3年がかかったとされる。具体的に、LSIの基本検討、あるいは技術選択に半年～1年がかかり、また、技術選択からエンジニアリングサンプルの完成まで約1年がかかった上、それを評価し、最終的なコマmercial・サンプルが出るまでまた半年位が所要されたといわれる⁴⁵。

次いで、情報交換については、NEC、富士通ともに、公式的には両事業部の定期的な会議が月1回行われたとされるが、実際にはより頻繁な接触が行われた⁴⁶。つまり、「分担して」作業を進めている「最中でいろいろな問題」や「わからない」ことが「次々に出て」きたので、「仕様を修正」する等、「相互のコミュニケーションが必要で」あった。特に、社内向けコンピュータ用ICの共同開発の場合、IC単体ではなく、ICを装着した機器そのものの信頼性を保証するやり方をとったという。というのも、技術変化が速い上、最先端

のICをコンピュータに導入しなければならず、上記のようなやり方ではないと、コンピュータが完成されたときに、それに使われたIC、あるいはICの製造プロセス技術が既に最先端でなくなるからであった⁴⁷。そして、コンピュータ技術者と半導体技術者が地理的に近接していたことがこうした非定期的、「日常的」な情報交換を容易にしたといわれる。例えば、NECは、両事業部の技術者が同じ玉川工場内にいたので、「日常的」な情報交換が随時行われた。富士通の場合も、両事業部がともに川崎工場にあったので、「頻繁に顔を合わせる」ことができ、非定期的に起る問題点の相談、打合せが容易になった

共同開発の際、LSIの技術的な面の主導権をIC側がとっていたことはいうまでもない。「チップの性能を出すための基本的な条件」についてはIC側が詳しく知っていたからである。他方、共同開発の経験の蓄積によっても半導体技術者のコンピュータについての技術知識が深まることはなかった。すなわち、「コンピュータの性能を上げるためにどういう論理を働かしたかというのは」専らコンピュータ部門に頼っていたので、コンピュータを構成する論理の中身が分からなかったとされる⁴⁸。それに対し、社内の両事業部門の共同開発が何世代のコンピュータ製品にわたって繰り返されることによって、コンピュータ技術者のICについての技術知識は蓄積されていたとみられる。実は、蓄積したLSI技術知識をもとにして、コンピュータ技術者は、他のコンピュータメーカーとの熾烈な性能競争に勝ち抜くために、社内のIC側に対しLSIの開発の「細かいところまで突っ込んで」たとされる⁴⁹。一方、コンピュータ用ロジックLSIの開発が、あくまで新製品のコンピュータの開発の一環であるだけに、IC側は、よほどのことがないかぎり、コンピュータ側の要求を拒むことはなかった。ところが、コンピュータ事業部の要求に従って開発した結果、LSIの製造コストが高くなったり、諸要求間に技術的な面の衝突が起る場合があった。こういった問題点のため、80年代の共同開発の際には、富士通のIC事業部は、LSIの設計に関するより多くの作業をコンピュータ側に委譲した。すなわち、それまではLSIのパターン設計は専ら半導体技術者が担ってきたが、

パターン作成のルール,あるいは,プロセスの条件をIC側が決めて,それ以降のトランジスタの配列の設計作業はコンピュータ技術者が行うようになった。

(3) 開発費

主として,専用の試作ラインをつくるに必要な費用と,共同開発に参加する技術者の人件費から構成される開発費は,納入価格に反映された。まず,NEC内の共同開発の例では,「最終的な全責任はコンピュータの方,あるいは,システムの方がもった」ので,その開発費をもっぱらコンピュータ側が負担する形で納入価格が取決められた⁵⁰。このような開発費の負担方式は,開発されたLSIの外販が容易でなかったことと係る。外販が容易でなかった理由は,大別して二つであった。第1に,共同で開発されたLSIのほとんどは,自社の大型コンピュータ専用の極めて「特殊な」用途のものであった。それゆえ,開発されたLSIの販売拡大は自ずと制限され,コンピュータ用LSIの共同開発にかかる膨大な開発費を償却しきれなかった。そのため,その開発費をコンピュータ側に負担させることが当然のように認識されていた。第2に,社内のコンピュータ事業部にとって,共同開発されたLSIは,コンピュータ市場において「他社との性能差別化のためのキーデバイス」であった。そのため,この「キーデバイス」が他社のコンピュータに使われることを望まなかった。

ただ,共同開発された諸品種のLSIの中で,コンピュータ市場向けのキーデバイスではないものも存在し,そういったチップは,開発後,6ヵ月,あるいは,1年の外販保留期間が経ってから自由以外販できた。実は,これらのICの中には標準品になった例も少なくない。CMOS型のCMT(=Cassette Magnetic Tape)コントローラ,フロッピーディスクコントローラ等がその代表例に当たるが⁵¹,これらのディスク専用,あるいはディスク専用チップは,磁気テープ,プリンター,通信回線等,他のタイプのデバイスとしても使用可能性があった⁵²。一方,これらの標準品ICにおいては,コストダウンの要求も重要であった。実際に,上記のマикроコントローラは高機能を提供する上でのコスト節減の一方法で

あり,かつ,新しいディスクやディスクドライブ用のコントローラのメリットは,機器のコスト制約及び開発資源制約への対応であったといわれる⁵³。主に産業用として使われるICの場合も,低価格,あるいはコストダウンの圧力が強かった例があったのである。

さて,富士通の場合,LSIの開発費負担方式が,NECとやや異なった。すなわち,富士通は,まず開発費の中の相当な金額がコンピュータ部門から半導体部門に支払われた上,試作ライン及び量産ラインの設置にかかる費用は社内の取引価格に上乗せされたといわれる⁵⁴。もちろん,富士通もNECと同様,開発された論理LSIのうちの「キーデバイス」は,「かなり特殊な用途」であり,「特殊なプロセスを使ったり」したので,直ちに外販されにくかった。にもかかわらず,両社の間に,LSIの開発費の負担方式が違うようになった正確な理由は詳らかでない。ただし,一つの手がかりと思われる証言はある。例えば,富士通の場合,共同開発の当初から,開発されたキーデバイスを専ら社内専用のフルカスタムLSIとして使うより,その技術をゲートアレイの設計,製造に使い,他社にも販売できる⁵⁵と判断したといわれる⁵⁶。

4. 評価

(1) 貢献

コンピュータのような技術変化の速い製品に,しかも,その競争力を左右するキーデバイスとして使われるLSIの開発であっただけに,コンピュータ用ICの社内共同開発において最先端のプロセス製造技術がよく使われた⁵⁷。従って,こうした共同開発は,最先端のプロセス技術を吸収する上での重要な梃になり,ICの基礎技術力の底上げを牽引する役割を果たしたといえる⁵⁸。その上,高性能のLSIの開発要求が1回限りではなく,社内のコンピュータ事業部から次々と現れることによって,先端技術が社内に蓄積されると同時に,先端技術の吸収を持続的に指向する姿勢も強く植えつけたといえる⁵⁹。

そして,前述のとおり,共同開発されたコンピュータ用ICの中には,その後,汎用標準品になった例もあって,さらに,NEC,富士通の場合,社

内共同開発されたICが同社のコンピュータ部門に採用されたという事実そのものが、コンピュータ分野以外のICユーザに対して技術面の信頼感、安心感を与えたとされる。それゆえ、社内共同開発の成果がこうしたコンピュータ用以外のユーザにも外販されるケースがあった。

なお、70年代のコンピュータ用論理LSIの開発経験は、80年代以降、その需要が急伸長したASIC(特に、ゲートアレー)の開発力の蓄積にも大きく貢献した⁶⁰。70年代のバイポーラLSIと80年代以降のASICの間には、「論理セルの中身がバイポーラの回路か、CMOSの回路か」という違いはあるものの、「論理セルを敷き詰めておいて、アルミ配線だけで機能を構成する」という点では、「技術的には」「まったく同じ」であったからである⁶¹。

(2) 限界

60年代と70年代にコンピュータ用需要が高い構成比を維持し、そのうち、コンピュータ用論理ICの場合、社内消費率が高かったこと、また、60年代にコンピュータ向けの多かったバイポーラデジタルICの価格が他品種のそれより高かったことは、既に述べたが、これらの要因によって、IC事業の初期の採算に関しては、コンピュータ用需要の役割が少なくなかった。

しかし、社内で共同開発されたコンピュータ用LSIにその対象を限定すると、評価は難しくなる。既に述べたように、一部の品種を除く、共同開発されたキーデバイスは外販が困難であった。また、1機種の大規模コンピュータのために、何百品種のLSIを開発しなければならず、その需要量がほんのわずかである品種のLSIも珍しくなかった。社内という販売面の限界と、多品種少量という生産面の限界がともに存在していたのである。そして、共同開発が必要でない標準ロジックICと比べ、共同開発されたフルカスタムICないしセミカスタムICは、その需要個数が限定されたので、量産経験の蓄積に直接貢献したところは小さかったとみられる。

(3) 通信機用ICの共同開発⁶²との比較

最後に、コンピュータ用と同じく、産業用IC

の重要な需要先であった通信機用ICの開発と、本稿の分析対象であるコンピュータ用ICの共同開発とを比較してみよう。最も大きな相違点は、コンピュータ用ICの共同開発は、旧電電公社(以下、電電と略す)による規定性の強い通信機用と違って、専ら社内の需要家との間に行われたという点である。そこから、通信機用と比べたコンピュータ用LSI開発のメリットとデメリットがもたらされた。まず、メリットについてであるが、電電と比べ、共同開発のパートナーが社内ユーザであることによる情報交換の積極性が存在した。やはり外部のユーザとの共同開発には、IC側として公開を戸惑う類の情報もあるわけであり、電電に対しても例外ではなかった⁶³。これは、社内共同開発の情報交換面のメリットといえよう。また、電電の場合は、装置の「実際の作り方」には、責任を持たなかったし、詳しくもなかった反面、社内のコンピュータ側は、装置の開発だけでなく製造にも詳しく、その製造の最終的な責任をも負わなければならなかった。すなわち、コンピュータの場合、その装置製造の最終責任が社内にあるだけに、共同開発の最終目標さえ決めれば、LSIの開発に際して、自由度をもって先端技術を採用しながらいろいろなプロセス技術にチャレンジすることができた⁶⁴。さらに、コンピュータ用LSIの共同開発に際しては、ユーザ自らが装置を開発・製造した経験を通じてICについてのノウハウ・知識を蓄積していたから、半導体側へのその技術情報フィードバックが可能であるメリットも存在した。

しかしながら、社内のコンピュータ用LSIの共同開発は、電通研のような、ユーザ側の基礎技術者の集団との接触による刺激・技術移転などには恵まれなかった上、電電の基礎技術の蓄積に支えられ運営された認定制度のような厳しいチェックの仕組みは設けられなかった。そして、社内のコンピュータ用LSIの共同開発の対象に関しても、メモリ等は除かれ、電電とDRAMの共同開発が行われたことと対照をなすうえ、共同開発のパートナーが社内に限られることによって、甘えの可能性が常に存在した。

1 ICとは集積回路であり、Integrated Circuitsの

- 略語である。半導体の中には、ICだけでなく、トランジスタ、ダイオード、サイリスタ等の個別半導体も含まれるが、本稿は半導体産業や企業の成長、及び技術発展において、ICが圧倒的に重要であった点に注目して、主な分析対象をICに絞る。
- 2 高度成長期から80年代にかけてその雇用面のスリムさを特徴とする日本の大企業に対し、近年には過剰雇用を抱えているという批判が集中するが、過去の雇用面のスリムさと今の過剰雇用の関係については、まだ解明されていない検討課題が多いように思われる。
 - 3 Stigler, Gerge J., "The Division of Labour Is Limited by the Extent of the Market", *Journal of Political Economy*, LIX No 3 (June 1951), pp.189~190. ただし、最近、汎用・専用技術の相互転換プロセスという視点からすると、市場規模ではなく、技術的学習段階によっても内製・外注の意思決定が左右されるという主張も提起されている(原田勉「汎用・専用技術の相互転換プロセス—日本工作機械産業における技術革新の分析」【国民経済雑誌】(神戸大学), 第177巻第4号, 1998年4月)。
 - 4 尾高煌之助「下請制機械工業論序説」【経済研究】(一橋大学) Vol29 No 3, 1978年7月, 249頁(元の資料は、機械振興協会経済研究所【日米機械工業における内・外製問題に関する調査研究】、1975年, 10~11頁)。
 - 5 ロナルド・ドーア(藤井真人訳)【日本型資本主義と市場主義の衝突:日・独対アングロサクソン】東洋経済新報社, 2001年, 193頁。
 - 6 本稿で総合電子メーカーの半導体事業について議論する上では、主として、「半導体企業」という言葉を使用する。
 - 7 実は、半導体やそれを装着した産業用機器の両方で、需給の両機能を担っていることに、日本の総合電子企業の特徴を見出すこともできる。
 - 8 キャプティブ企業とは、専ら社内消費の目的に半導体事業を行っている企業を指す。
 - 9 ただし、コンピュータ用ICは、ロジック(論理)ICとメモリICと分けられるが、メモリの場合、社内需要家との共同開発の必要性がそれほど高くなかったため、本稿では、論理ICの開発について分析する。
 - 10 例えば、伊丹敬之「逆転のダイナミズム—日米半導体産業の比較研究—」NTT出版, 1988年, 同「日本の半導体産業—なぜ三つの逆転は起こったか—」NTT出版, 1995年; 新井光吉「日・米の電子産業」白桃書房, 1996年; 産業学会編「戦後日本産業史」, 1995年; 大内康則【半導体業界】教育社, 1990年; 志村幸雄・牧野昇【日米技術戦争】日本経済新聞社, 1984年。
 - 11 録音テープとメモに基づいて、インタビュー内容をそのまま記録し、インタビュー本人からの確認・修正を受けて保管している。
 - 12 「日本経済新聞」, 1968年7月15日。
 - 13 九州経済調査協会【我が国電子工業の展開方向と地方分散の実態】(研究報告 No146), 1970年3月, 68頁。
 - 14 NECインタビュー(2000年4月6日): 黒澤敏夫氏。
 - 15 「電子工業年鑑」1970・71年版, 595頁。
 - 16 例えば、70年に開発されたIBMの370シリーズの場合、記憶部の一部がIC化されたものの、制御部のIC化は行われていなかった(『日刊工業新聞』, 1970年9月30日)。
 - 17 NECインタビュー(1999年11月12日): 森野昭彦氏。富士通の場合、70年代を通じて、社内のコンピュータ用ロジックLSIとして開発されたのは、バイポーラ型しかなかったとされる(富士通インタビュー(2001年2月1日): 小川禄太郎氏の追加答弁)。ただし、70年代後半以降、コンピュータの記憶素子としてMOS型ICの需要が急増した結果、80年頃、日本のコンピュータに搭載されたICは、MOS・メモリとバイポーラのロジックICがほぼ半分ずつになった(『電子工業年鑑』1982年版, 668頁)。
 - 18 ただ、80年、バイポーラデジタルのうち、6割弱がコンピュータ用以外に使われたことから、バイポーラデジタルICの統計を直ちにコンピュータ用のロジックICに置換えて解釈するには多少無理がある。しかし、コンピュータ用が同品種のICの41%をも占め、最大の需要先であったことから、大局的には、大きな問題はないように思われる。
 - 19 「電子工業年鑑」1975年版, 837頁; 同1977年版, 651~652頁。
 - 20 「日本経済新聞」, 1974年10月24日。

118 <日本半導体企業の社内共同開発(1)>

- 21 例えば、富士通が74年11月発表した M-190の場合、約200種類のロジック LSI が必要であった上(立石泰則『覇者の誤算(下)』日本経済新聞社、1993年、262~264頁)、同社の M200シリーズ用ロジック IC の MB11K も、約200品種からなっていた(富士通インタビュー(2000年7月22日):小川祿太郎氏)。
- 22 NEC インタビュー(2000年4月6日):黒澤敏夫氏。
- 23 NEC インタビュー(1999年5月12日):清水京造氏;同(1999年6月24日及び1999年8月13日):黒澤敏夫氏;同(2001年2月9日);遠藤征士氏;『電子工業年鑑』1970・71年版、595頁。
- 24 NEC インタビュー(2000年7月18日):清水京造氏。実用化はされなかったものの、NECは、既に63年12月に TTL のゲート回路を試作したことがある(黒澤敏夫『シリコン事始め』日本電気半導体企画室、1997年、79頁)。なお、68年頃、コンピュータ用 CTL・IC を輸入したときも、品質上の問題が起った(NEC インタビュー(1999年6月24日):黒澤敏夫氏;黒澤、前掲『シリコン事始め』、96頁)。
- 25 『電子工業年鑑』1970・71年版、595頁。
- 26 NEC インタビュー(1999年5月12日):清水京造氏。
- 27 もちろん、完全な標準ロジック IC に関しては、大手半導体企業同士の取引が行われた(NEC インタビュー(2000年7月18日):清水京造氏)。
- 28 立石泰則、前掲『覇者の誤算(下)』、107、153、238~240頁;田原総一郎『日本コンピュータの黎明-富士通・池田敏雄の生と死-』文芸春秋、1992年、249頁。
- 29 富士通インタビュー(2001年2月1日):小川祿太郎氏の追加答弁。
- 30 僅かではあるが、60年代後半にも外販が行われた。例えば、NEC の DTL・IC は、社内コンピュータ事業部だけでなく、日立電子、東芝等にも販売された(黒澤、前掲『シリコン事始め』、85頁)。
- 31 ここでの叙述は、とくにことわらない限り、NEC と富士通の関係者とのインタビュー記録、すなわち、NEC インタビュー(1999年8月31日及び2000年7月18日):清水京造氏;同(1999年6月24日及び1999年8月13日):黒澤敏夫氏;富士通インタビュー(2000年7月22日及び2000年8月31日):小川祿太郎氏等に依拠する。
- 32 工業技術院『大型プロジェクトによる超高性能電子計算機』1972年、133、138頁。
- 33 富士通インタビュー(2000年8月31日):小川祿太郎氏。
- 34 NEC 半導体事業グループ『日本経営品質賞への挑戦』生産性出版、1997年、149頁。
- 35 田原、前掲『日本コンピュータの黎明』、227頁。
- 36 富士通『社史Ⅱ』1976年、179~183頁。
- 37 コンピュータ事業部から同本部に移ってきた人も IC についての技術知識を速く習得できたといわれる(NEC インタビュー(2000年7月18日):清水京造氏)。
- 38 どの程度の集積規模の IC を何種類、何個ぐらい使ったら、コンピュータ全体にとって最適かということが方式的な問題である(工業技術院、前掲『超高性能電子計算機』、133頁)。
- 39 LSI の全品種の基本仕様他に、必要に応じ、LSI の個別品種の仕様についてもディスカッションが行われた(NEC インタビュー(2001年3月4日):清水京造氏の追加答弁)。
- 40 分担作業をスタートしてからも、開発の進行につれて、分担のインタフェースの摺り合わせがあったため、相互の頻繁な連絡は続いたとされる(NEC インタビュー(2001年3月4日):清水京造氏の追加答弁)。
- 41 この際、富士通の場合、配置配線データを小さくするために、データは、アルミではなく、グリッドの状態で渡されたという。
- 42 配置配線設計とは、回路設計の結果得られる回路図をもとに回路素子(トランジスタ、抵抗、容量)や機能ブロックの配置を定めるとともに、これら回路素子間の配線経路決定を行うことである(浅田邦博・岡久雄・佐々木元他編『カスタム LSI 応用設計ハンドブック』リアライズ社、1984年、189頁)。
- 43 この作業に基づいて、セル特性表に該当する CLL (Cell Logical Library) も作成されたという。
- 44 全品種の IC のエンジニアリングサンプルが一挙に完成されるわけではなく、月に数品種ずつ開発されたという。必要なロジック IC の品種数が多い故に、個別品種 IC のエンジニアリング・サンプルができたとしても、他の品種の IC が揃わないと、

- 全体的な評価ができないので、他の品種のICの開発を待つ時間が必要であった。
- 45 なお、コンピュータ技術者との打合せを前後にして、半導体事業部内部の設計技術者、製造プロセス技術者、テスト技術者、パッケージ技術者が集まって、ミーティングを行ったという。
- 46 富士通インタビュー（2001年7月31日）：鈴木哲雄氏。
- 47 富士通インタビュー（2000年8月31日）：小川禄太郎氏。
- 48 このような現象は、MB19Kの次に開発されたMB12K、そして、83年に開発されたMB38Kなど、富士通の他の共同開発の事例においても顕著に現れた。
- 49 NEC全社的には、基礎共通技術の研究、新製品の開発研究、新製造技術の開発研究にかかる費用は技術研究費として、現製品の改良研究と製造技術の改良研究は製造原価にそれぞれ反映していた（芝章「当社における研究開発管理について—日本電気の事例—」『産業経理』第40巻第11号、1980年、28頁）。
- 50 社内のコンピュータ事業部は、キーデバイスでない限り、「一般用に売れば、ある程度数が売れるようになると、やはりデバイスが安くなり」、「それより進んだことを自分達が考えればいいというふうに理解してくれた」といわれる（NECインタビュー（2000年7月18日）：清水京造氏）。コンピュータ事業部は、「アプリケーションなど、中味のデバイス以外のところに付加して競争する」こともできるし、「フリーマーケットが出ることによってチップの価格が下がる」ことも「期待し」たからであろう（NECインタビュー（1999年11月12日）：森野昭彦氏）。
- 51 Diz,G. and Brown, M, "Common Chip for Use in Disk and Diskette Controllers", *IBM Journal of Research and Development*, July, 1982, p. 444.
- 52 *ibid*, pp.440~441.
- 53 富士通インタビュー（2001年2月26日）：小川禄太郎氏の追加答弁。これも、共同開発されたフルカスタムLSIの価格が、標準品より高くなる1つの理由である。
- 54 一般的に、ゲートアレーの開発費は、フルカスタムLSIのそれより小さい。例えば、同一の論理機能のものでフルカスタムLSIの開発費と比べ、ゲートアレーは3分の1～6分の1程度の開発費で済む（浅田邦博・岡久雄・佐々木元他編前掲『カスタムLSI応用設計』、35頁）。
- 55 富士通インタビュー（2001年2月26日）：小川禄太郎氏の追加答弁。また、他の理由としては、NECより富士通の方が、社内の両事業部間の組織的な協力や人事的な交流が少なかったこと、また、当時の両社において、半導体事業とコンピュータ事業の相対的な重要度、力関係が異なっていたことなどが考えられる。
- 56 ただし、コンピュータ技術者の要求をそのまま受用することによって、ICのプロセス技術面で問題が起るケースも多かったので、その受用のレベルを適切に制御することも必要であった（富士通インタビュー（2000年7月22日）：小川禄太郎氏）。
- 57 当時富士通の先端のコンピュータ用は、半導体の限界での使い方として代表的なアプリケーションだったとされる（富士通インタビュー（2001年7月31日）：鈴木哲雄氏）。
- 58 なお、70年代のこの専用LSIの開発の仕組みは、その後、外部ユーザとのシステムLSIの開発の仕組みにも繋がったとされる（NECインタビュー（2000年7月18日）：清水京造氏）。90年代後半以降盛んになったシステムLSIの開発の「方式」、そして、「組織」等を前もって70年代のコンピュータ用LSIの社内共同開発で経験した側面もあるのである。
- 59 NECインタビュー（2001年3月4日）：清水京造氏の追加答弁；富士通インタビュー（2000年7月22日）：小川禄太郎氏。
- 60 富士通インタビュー（2001年2月1日）：小川禄太郎氏の追加答弁。
- 61 ここでの通信機用ICの共同開発についての内容は、拙稿「1960～70年代における日本IC産業の発展—通信機用ICの開発における企業間関係と企業内組織間関係—」『経営史学』第35巻第3号、2000年12月に依拠する。
- 62 NECインタビュー（2000年7月18日）：清水京造氏。
- 63 実は、これは、コンピュータ用に限らず、社内共同開発の一般的なメリットともいえる。