

連載主旨

日本の電子産業、特に大手エレクトロニクス・メーカーの衰退に歯止めがかからない。電子産業の生産額は2000年の約26兆円をピークに急減。この10年でほぼ半減した。業績悪化の結果、大手メーカーは構造改革の名の下に事業規模を縮小している。日本の経済成長を支えてきた電子産業は、なぜ、ここまでの事態に陥ったのか。電子立国の再興に光はあるのか。元・日経エレクトロニクス編集長で技術ジャーナリストの西村吉雄氏が、政策・経済のマクロ動向、産業史、電子技術の変遷などの多面的な視点で、凋落の本当の原因を解き明かしていく。

西村 吉雄（にしむら・よしお）技術ジャーナリスト

1942年生まれ。1971年、東京工業大学大学院博士課程修了、工学博士。東京工業大学大学院に在学中の1967～68年、仏モンペリエ大学固体電子工学研究センターに留学。この間、マイクロ波半導体デバイスや半導体レーザーの研究に従事。1971年、日経マグロウヒル社（現在の日経BP社）入社。1979～1990年、『日経エレクトロニクス』編集長。その後、同社で、発行人、調査・開発局長、編集委員などを務める。



2002年、東京大学大学院工学系研究科教授。2003年に同大学を定年退官後、東京工業大学監事、早稲田大学大学院政治学研究科客員教授などを歴任。現在はフリーランスの技術ジャーナリスト。著書に『硅石器時代の技術と文明』『半導体産業のゆくえ』『産学連携』『情報産業論』『科学技術ジャーナリズムはどう実践されるか』『FUKUSHIMA レポート』など。

記事一覧

- **鎖国のときは栄え、開国したら衰退** 市場のグローバル化で精彩を失った日本のパソコン [2014年02月06日]
- **100年ぶりの通信自由化がもたらしたもの** 「自由化」「モバイル」「インターネット」の大波に翻弄された通信市場 [2014年01月23日]
- **分かっていたはずの「地デジ特需」終了** 内需頼みから抜け出せなかったテレビ・メーカー [2014年01月09日]
- **電子立国、2012年の衝撃** 生産はピークの半分以上に減少、貿易収支は赤字へ [2013年12月19日]
- **日本のDRAM、「安すぎる」と非難され、やがて「高すぎて」売れなくなる**

汎用コンピュータの覇権をパソコンで失った理由 2014/02/20 00:00

電子立国、2012年の衝撃

生産はピークの半分以下に減少、貿易収支は赤字へ 2013/12/19 00:00

西村吉雄 = 技術ジャーナリスト

2012年、日本の電子産業は総崩れの様相となった。

| 2

パナソニック、ソニー、シャープの同年3月期の最終赤字額は、3社合計で約1兆6000億円に達する。さらに半導体では、エルピーダメモリもルネサス エレクトロニクスも2012年初頭に経営危機に陥る。エルピーダは会社更正法適用を申請、米 Micron Technology 社に買収された。ルネサスは産業革新機構や自動車会社などによる救済計画が決まる。

国内生産は2000年をピークに急激に衰退

だが日本の電子産業の凋落は2012年に始まったわけではない。日本電子産業の国内生産金額は2000年に約26兆円である。ここをピークとし、2012年には12兆円と半分以下に落ち込んでいる(図1)。10年で半減というペースで国内生産は衰退した。

このような日本の電子産業全体の激しい衰退の原因として、個々の日本企業の経営の失敗、それはあったろう。経営者の責任もあったに違いない。しかしそれだけでは、日本の電子産業の「総崩れ」を説明できない。日本のエレクトロニクス関連企業に共通する失敗があったか。あったとしたら、それは何か。それを考える前に、日本の電子産業の衰退という現象を分解して、はっきりさせたい。

資料：経済産業省機械統計

第1は過去との比較である。かつては盛んだったのに、最近になって衰退した。この現象については連載第1回の本稿で考える。

第2は世界の他地域との比較である。米国の、韓国の、あるいは台湾の電子情報通信産業は元気なのに、なぜ日本の電子情報通信産業は元気がないのか。

第3は他産業との比較である。特に自動車産業との比較がしばしば話題となる。日本の自動車産業は元気なのに、なぜ日本の電子産業は元気がないのか。

本連載「電子立国は、なぜ凋落したか」では、この三つの問いのそれぞれに何らかの答えを出すべく、考えを進めたい。

日本の電子産業の転換点は、むしろ1985年

1990年代初頭にバブル経済が崩壊してから、日本経済は長く低迷する。21世紀に入ってから「失われた20年」を超え、低迷は続く。その起点は通常は1990年である。

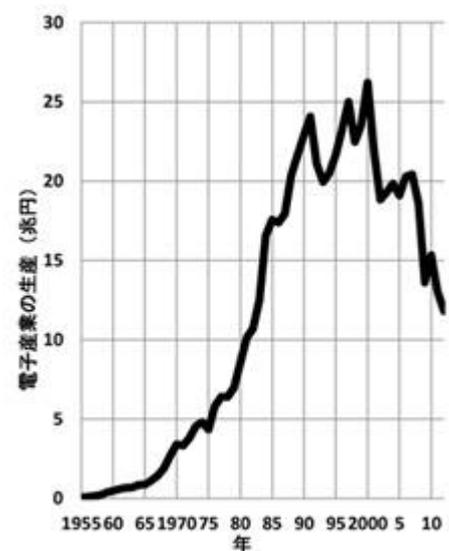


図1 日本電子産業の生産金額推移

[画像のクリックで拡大表示]

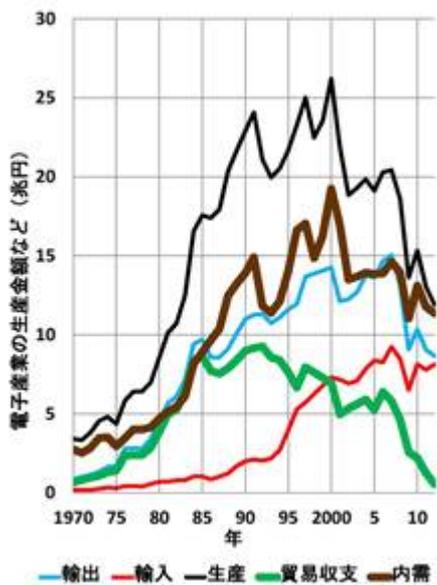


図2 日本電子産業の生産・輸出・輸入・内需・貿易収支の推移

資料：経済産業省機械統計，財務省貿易統計

[画像のクリックで拡大表示]

しかし日本の電子産業の転換点は、むしろ1985年である。1985年以前と以後では、日本の電子産業は構造が違う。この事実を示しているのが図2である。図2は1970年以後の日本電子産業の、「生産」「輸出」「輸入」「内需(生産+輸入-輸出)」「貿易収支(輸出-輸入)」を图示したものである。

1985年以前と以後で一番違っているのは、貿易収支の動向だ。それまで勢いよく伸びていた貿易黒字が、1985年以後には減少に転じる。1985年には9兆円の貿易黒字を達成して外貨の稼ぎ頭だった電子産業、その日本の電子産業の貿易収支は、2012年

には黒字を保ったとはいえ、黒字額はわずか5000億円である。そして2013年の1~6月には、2000億円の赤字を記録するに至る。

1985年以前には、日本の電子製品の第1の輸出先は米国だった。米国は日本の電子製品を冷戦政策に活用する。米国の冷戦政策は1985年に終わる。1985年から始まる急激な円高は、日本の民生用電子機器(テレビや家庭用VTRなど)の輸出を壊滅させた(次回に詳述)。米国の冷戦政策のもと、「輸出で外貨を稼ぐ」を行動指針とした時代、そういう一つの時代は1985年に終わった。

2000年までは内需の伸びが電子産業を牽引

貿易黒字の減少は1985年に始まる。しかし国内生産が同時に減少を始めたわけではない。1985年から2000年までの15年間は、凹凸はあるものの国内生産はかなり伸びた。2000年の生産金額は26兆円を超え、過去最高を記録している。

もう一度、図2を詳しく見てみよう。

1985年以前は生産・輸出・貿易黒字が並行して伸びている。輸入はとるに足りない。輸出や生産に比べると内需(=生産+輸入-輸出)の伸びは鈍い。1970~1985年の15年間の伸びは、生産5倍、輸出11倍、内需3倍である。つまりこの時期、1985年以前は、日本の電子産業は輸出主導で成長していた。

1985年を過ぎると、輸出の伸びが鈍る。輸入が着実に増え始める。結果として貿易黒字が減少傾向となる。1985年から2000年までは、生産も伸びているが、内需の伸びは、いっそう著しい。1985~2000年の15年間の伸びは、生産と輸出が1.5倍だったの対し、内需は2倍である。この間、日本の電子産業は内需主導で成長した。

1985年以後の内需主導の成長は、貿易摩擦対策の観点からも好ましかった。1980年代、日本の電子産業は貿易摩擦に苦しんでいたからである。

1985年から2000年まで、日本経済全体はバブルの熱狂から崩壊、その後の長い低迷と、いわば異常事態となる。ところが電子産業は同じ期間に、輸出主導から内需主導へ、ある意味、健全な構造転換

を進めたとみることができよう。この間、国内生産は、それなりに伸びていた。もちろん 1970～1985 年に比べれば伸び率は低下している。1970～1985 年の 15 年間に日本の電子産業国内生産は 5 倍に成長した。しかし 1985～2000 年の 15 年間の伸びは 1.5 倍である。

生産は 21 世紀に入ってから 10 年で半減

問題は 21 世紀に入ってからである。電子産業の国内生産は激しく落ち込む。2005 年前後には少し持ち直すが、その後さらに減少、2012 年には 12 兆円と、ピークの 26 兆円の半分以上となる。国内で生産するという観点からは、日本の電子産業は急激に凋落した。

日本経済全体はバブル崩壊後、1990 年代初頭からの低迷が続く。GDP（国内総生産）で言えば、それは「ほとんど伸びない」という形である。しかし電子産業は、21 世紀に入ってから急速に落ち込む。それは「10 年で半減」というペースだった。

輸出と輸入の動きは、生産とは違う。輸出は 2000 年を超えて伸び続ける。この輸出の伸びを支えたのは、電子部品の輸出である。部品の輸出が本格的に減り始めるのは 2008 年以後だ。これは米投資銀行の Lehman Brothers Holdings 社の破綻を引き金にした金融危機、いわゆる「リーマン・ショック」後の不況に対応していると考えられる。

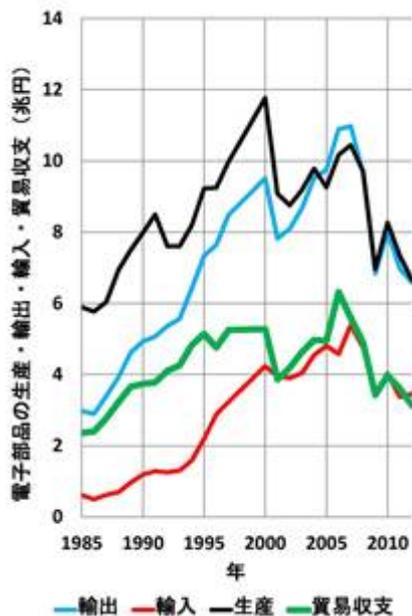


図3 1985年以後の日本の電子部品（電子デバイスを含む）の動向 資料：経済産業省機械統計，財務省貿易統計

[画像のクリックで拡大表示]

実は完成品（電子機器の最終製品）の輸出は、民生用が 1985 年から、産業用は 1990 年から、既に減少が始まっていた。完成品の貿易収支は、民生用も産業用も、既に赤字を経験している。日本の電子産業貿易が辛うじて黒字を維持しているのは、電子部品の輸出が伸びてきたおかげである。

図3 は電子部品の、1985 年以後の動向を表す。2007 年までは輸出が伸び続ける。2007 年の輸出金額 11 兆円は、電子部品輸出の最高記録だ。

問題は 2008 年以後である。きっかけはリーマン・ショックだったかもしれない。しかしその後、何年にもわたって電子部品の生産、輸出、輸入、貿易収支のすべてが縮小している（図3）。電子産業全体も同じ傾向だ（図2）。

ハードウェアは衰退が続く――2010 年代の状況

もう一度、整理する。

第 2 次世界大戦後の日本の電子産業の発展過程は、3 期に時代区分できる。1985 年までは輸出主導で高度成長した。1985～2000 年には内需主導に転換、そこそこ成長した。2000 年以後、国内生産は 10 年で半減というペースの衰退を続けている。ただし電子部品は、2007 年まで生産も輸出もそれなりに伸びた。2008 年以後は、すべてが衰退している。

以上に整理した「電子産業」の生産や輸出入は、ハードウェアに関する統計である。そこで別の統計で、ソフトウェアやコンテンツを含んだ情報通信産業の状況を見ておこう。

図4は、総務省の「ICTの経済分析に関する調査」の結果から、情報通信産業の名目生産金額と、その名目生産金額が名目GDPに占める割合を図示したものである。2000年以後は、どちらも減少傾向にある。とはいえ図2のような激しい減少を示しているわけではない。

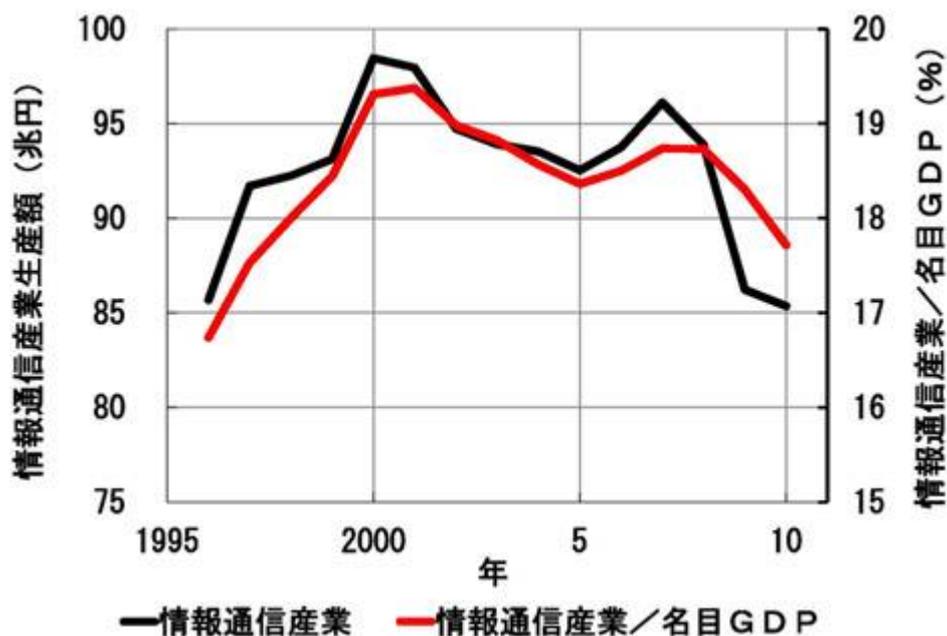


図4 情報通信産業の生産金額と国内総生産における比率

資料：総務省「ICTの経済分析に関する調査」（平成24年） [\[画像のクリックで拡大表示\]](#)

図4における「情報通信産業」には、「郵便」「新聞」「出版」「広告」などが含まれている。これらは、普通は電子産業とは考えない。けれども電子出版やインターネット広告などの動向を考えれば、図4が対象としている分野すべてが、いまや電子情報通信分野と深い関わりがある。図2が、電子情報通信産業のうちの製造業部分の動向を示しているのに対し、図4は、電子情報通信産業が全体として生み出す付加価値を表している。

落ち込みが激しいのは製造業の方である。日本の電子情報通信分野では、ハードウェアに関するかぎり、生産も輸出も内需も衰退が続いている。これが2013年の現状である。

分かっていたはずの「地デジ特需」終了

内需頼みから抜け出せなかったテレビ・メーカー 2014/01/09 00:00

西村吉雄 = 技術ジャーナリスト

「日本の電子産業の凋落は 2012 年に始まったわけではない」。この連載の第 1 回冒頭で、こう述べた。けれども 2012 年にとりわけ顕著だった現象もある。テレビ事業の不振である。

図 1 2000 年以後のテレビの生産・輸出・輸入・内需

資料：経済産業省機械統計，財務省貿易統計

[\[画像のクリックで拡大表示\]](#)

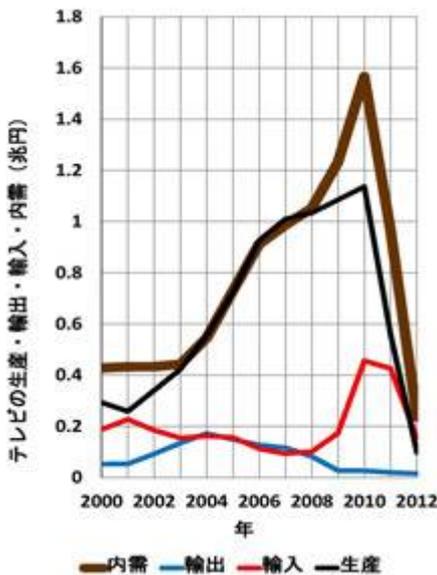


図 1 に見るように、日本におけるテレビの内需と生産は、2003 年から急増する。2003 年は 3 大都市圏で地上デジタル放送が始まった年である。「地デジ特需」（地上デジタル放送を見るためのテレビ買い換え需要）が同時に始まった。テレビ放送のデジタル化によって、日本に起こった現実はこれである。もちろんテレビ・メーカーは、これを期待していた。また国も産業振興策として、テレビ買い換え需要を意識していた。

2009 年 5 月 15 日、ときの麻生内閣は「家電エコポイント事業」を始める。地上デジタル放送対応のテレビなどを買うとエコポイントが付与され、指定商品が安く購入できるという制度である。地球温暖化防止、経済の活性化、地上デジタル放送対応のテレビの普及が目的とされていた。この制度は 2011 年 3 月 31 日まで続き、地デジ特需を後押しする。

テレビの内需と生産は 2010 年にピークに達し、2011 年、2012 年には壊滅的に急減する（図 1）。地デジ特需の終わりである。アナログ・テレビ放送の電波は、2011 年 7 月 24 日（東日本大震災を被災した東北 3 県では 2012 年 3 月 31 日）に止まった。このアナログ停波日程を考えれば、2011 年、2012 年におけるテレビ内需の激減は、予定通りである。

2012 年以後、日本の電機メーカーのテレビ事業は、いづこも不振を極める。メーカーのなかにはテレビ事業から撤退するところも出てきた。パネルを自社生産している日本メーカーは、パナソニックとシャープの 2 社だけとなる。

地デジ特需が伸びていた時期の大型投資が裏目に出る

地デジ特需によってテレビの国内需要が急伸びしていた時期に、日本メーカーは大型投資を進めた。例えばパナソニックは 2007 年から 2010 年にかけて、薄型テレビやパネルに毎年 2000 億円前後の投資を続ける [津賀一宏、「課題認識と今後の対応について」、パナソニック記者会見資料、2012 年 10 月 31 日]。またシャープは 2007 年 7 月、大阪府堺市に液晶パネルの新工場建設を発表する。約 4000 億円の投資である。

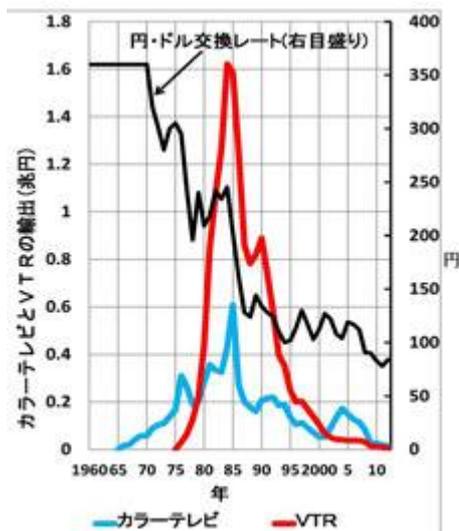
それらの大型工場が本格稼働を始めて間もなく、国内テレビ需要は激減する。大型工場の稼働率は下がり、在庫が積み上がる。各社のテレビ事業の採算は一気に悪化した。

アナログ停波を知らながら、なぜテレビ大型投資を続けたのか

2011年7月にアナログ放送の電波が止まることは、早くからカレンダーとして予定されていた。地デジ特需は、その前に終わるに決まっている。2007年以後に大型投資をすれば、特需終了のころに供給過多になる。それは十分に予想可能だったはずである。「地デジ移行後に売れなくなったらどうするか、という考えがなかった」と、ケースホールディングスの加藤修一会長兼 CEO は日本のテレビ・メーカーを批判する[志村亮、「地デジ後の見通しが甘い 無理な営業で製造側自滅 ケーズHD・加藤会長に聞く」、『朝日新聞』、2013年01月22日付朝刊]。2011年7月以後の地デジ特需終了を知らながら、各社はなぜ大型設備投資を敢行したのか。

確かに2007～2010年、テレビの国内需要は旺盛だった。輸入も伸びていた。販売部門は「もっと供給を増やして欲しい」と言ってきたに違いない。売れ行きが伸びていたから投資資金に不足はない。設備投資の誘惑に、テレビ各社の経営陣は耐えられなかったということだろうか。

1985年以後、日本からのテレビ輸出は微々たるもの

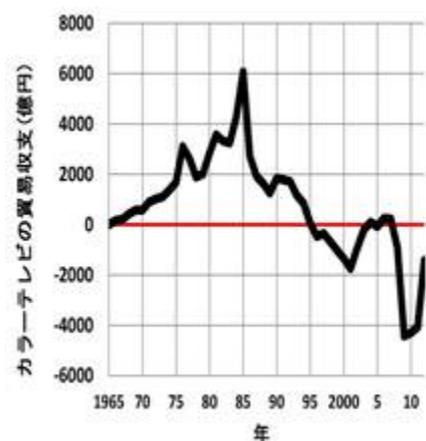


地デジ特需終了は日本国内に限ったことである。海外需要が同時に縮小するわけではない。これが各社の設備投資を正当化したようだ。例えば液晶テレビの大型化が全世界で急速に進展するとシャープは予測、その大型テレビの需要増大に合わせるため、というのが堺工場の位置付けだったという[大河原克行、「シャープ、液晶パネル新工場を2010年3月大阪堺で稼働」、AV Watch、2007年07月31日]。この予測が実現しなかった原因として、リーマン・ショックによる世界的不況が挙げられている。

図2 カラーテレビとVTR（ビデオ・テープ・レコーダ）の輸出推移。円とドルの交換レートも併せて示した

資料：財務省貿易統計など [\[画像のクリックで拡大表示\]](#)

図3 カラーテレビの貿易収支



資料：財務省貿易統計 [\[画像のクリックで拡大表示\]](#)

けれどもリーマン・ショックとは無関係に、日本からのテレビ輸出は微々たるものに過ぎない(図1)。日本製テレビが盛んに輸出されていたのは、1985年までである(図2)。テレビの貿易収支も1995年以後は赤字基調だった(図3)。

図1～3には、日本企業が海外で生産して海外で販売する活動は反映されていない。とはいえ2007～2009年に、日本企業はテレビ・パネル工場を国内に建設した。海外市場を期待しての国内投資なら、投資の成果は何らかの形で輸出に反映させなければならない。テレビ輸出が微々たるものであることを承知で、国内工

場に投資したのだろうか。そうだとすればテレビではなく、ディスプレイ・パネルを部品として輸出するつもりだったことになる。そう意識していたかどうかはともかく、結果的に現在は、この部品事業が伸びている。

日本の電子産業は1985年を境に変調した。この連載の第1回（2013年12月19日）に、こう述べた。それが最も劇的に表れたのがテレビをはじめとする民生用電子機器だった（図1～3）。

民生用電子機器の輸出は1985年を境に急増から急減へ

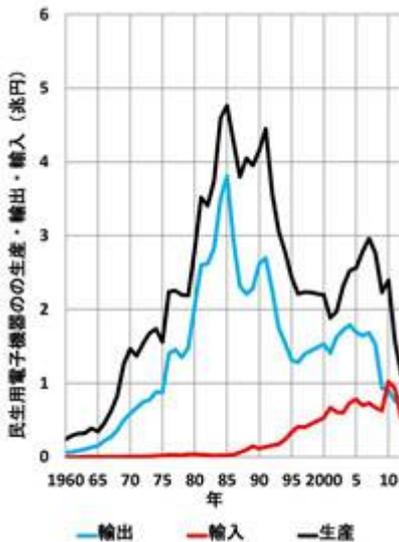


図4 民生用電子機器の生産、輸出、輸入の年次推移

資料：経済産業省機械統計，財務省貿易統計

[画像のクリックで拡大表示]

第2次世界大戦後の日本の電子産業は、まず民生用電子機器の生産と輸出によって成長していく。この様子を示しているのが図4である。1985年までは、生産した民生用電子機器の多くを輸出している。しかし1985年をピークにして、以後は輸出が急減し、輸入が徐々に増え始める。

1985年から激しい円高になる（図2）。民生用電子機器の輸出金額は、以後、減少を続ける。1985年を境に日本の民生用電子機器産業は構造転換したと考えるべきだろう。

2000年代に入るところから生産も輸出も、やや回復する。これには薄型テレビが貢献していると考えられる。とはいえそのテレビ輸出の金額は、1985年に比べると、はるかに低い（図2）。

米国の対日政策が1950年ごろに転換

第2次世界大戦後の日本は、連合国（実質は米国）によって占領される。その連合国軍総司令部（GHQ）は、通信と交通の確保と安全を日本政府に命じた。そして電信電話とラジオ放送の復興に力を入れる。このGHQの政策によって、戦後日本の電子産業の立ち直りが早まった。

ただし通信や放送の復興という占領軍の政策は、日本の工業を立ち直らせるためのものではない。それどころか工業国として日本が復興することを、連合国は嫌った。二度と戦争を起こしたりすることができないよう、軍事産業復活につながるような再工業化を占領当初は徹底的に抑制した。

ところが、すぐに東西冷戦が激化する。特に朝鮮戦争（1950～1953年）によって、米国の対日政策が大きく変わる。日本の産業力強化や再軍備を支持し、促す方向に政策が転換する。米国側同盟国（反共の防波堤）として日本を復興、資本主義優位を示すショーウィンドウにしようとする。同時に、朝鮮戦争の後方支援（アジアの工場）の役割も、日本に期待した〔山岡淳一郎、「原子力の扉はこうして開けられた 敗戦から原子力予算の成立まで」、『日経ビジネスオンライン』、2011年9月21日〕。米国は、安くて質の良い工業製品の供給基地として、日本を米国の軍事目的に役立てようとする。

米国産業は冷戦に備えて軍事中心に

1955年になるとラジオの輸出が急激に伸び始める。最大の輸出市場は米国だった。そこには冷戦の影響がある。1950年（朝鮮動乱勃発の年）の米国の電子産業生産金額は、民生用電子機器が15億米ドル、政府向けが6億5000万米ドルだった。ところが1957年には、民生用17億米ドルに対し、政府向けが41億米ドルと逆転している。米ソのミサイル開発競争や、ソビエト連邦の人工衛星スプートニク1号の影響で、米国電子産業の重心が、民生用から政府向け（軍事用が大半）に移る。そして米国メーカーは軍事用に力を入れ、民生用は手薄となっていく。そこへ日本製の民生用機器が進出していった〔『電子工業20年史』、日本電子機械工業会、1968年、p.19〕。

トランジスタ時代になると日本電子産業の輸出指向はますます強まる。トランジスタ・ラジオは9割が米国、カナダへの輸出に向けられた。トランジスタ・テレビがラジオのあとを追う。各メーカーがトランジスタ・テレビを生産し始めるのは1961年である。そしてたちまち輸出が始まる。1960年代の前半は白黒テレビだが、後半にはカラーテレビの輸出も目立つようになる。輸出市場は相変わらず米国が中心だった。

冷戦優先から対日経済競争力確保へ、円安から円高へ

ラジオ、テレビのほか、カセット・テープ・レコーダなどのオーディオ機器も輸出で成長した。やがてビデオ・テープ・レコーダー（VTR）が輸出の花形となる（図2）。

1968年に米国電子工業会（EIA）は、日本からの米国向けカラーテレビ輸出価格をダンピングとして提訴する。このあたりからカラーテレビをめぐる日米貿易摩擦が長く続く。1970年代に入ると円高が始まる。東西冷戦対応を最優先する米国の政策が、このころから変わってくる。

1985年が転換点として重要である。1980年代半ばには冷戦の脅威は薄らぐ。ゴルバチョフがソ連の最高指導者となったのは1985年3月だ。1990年に冷戦は終わる。日本の工業力は米国にとって、もはや強化の対象ではなくなっていた。「質の割に安い」日本製品は、既に供給過剰である。日本の工業力を抑制したほうが米国の国益にかなう。日米関係は、こう変わっていた。

短期的な米国政策の変化もある。1981年にレーガンが米国大統領となり、レーガノミックスと呼ばれる経済政策を実施した。減税による景気刺激、軍事支出の増加、「強いドル」の維持のための高金利政策など——がその内容である〔伊丹敬之・伊丹研究室、『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、p.95〕。その結果、米国の国内需要が伸び、日本からの対米輸出も大きく伸びた。また円安・ドル高を招く。これが1980年代前半の状況である。この時期の日本の電子産業の躍進は、この円安に支えられていた。

ところが1985年になると、レーガン政権は2期目（1985～1989年）となり、政策が変わる。1985年9月に「プラザ合意」と呼ばれる「円高ドル安」政策が先進国間で決まる。以後の数年間に、1米ドル＝240円から120円にまで、円高が進んだ。

冷戦を前提とする日本の工業力強化という長期政策と、レーガノミックスによる円安という短期政策、長短二つの米国政策が1985年に二つとも転機を迎える。日本の工業力を強化から抑制へ、そして円安から円高へ、1985年を境に米国政策は変わった。

VTRは過去最大の民生用電子機器

図 2 は、輸出金額はカラーテレビより VTR のほうが、はるかに大きかったことを示している。日本の電子産業にとって、VTR は過去最大の民生用電子機器である。その生産金額は全盛期には 2 兆円を超え、輸出金額は 1.6 兆円に達する。しかしその VTR 輸出も 1985 年を過ぎると急減する。さらに今は、単独の VTR は生産も輸出もほとんどなく、DVD との一体型がわずかに残る。

VTR の次は何か。1980 年代の後半から、日本の電子業界はポスト VTR を求めて努力を続けた。合い言葉としては、ポスト VTR はマルチメディアであり、情報家電だった。しかしそれはいまだに見果てぬ夢である。VTR に匹敵するほどの生産や輸出を実現した民生用電子機器、それは現れていない。その現実を図 2 と図 4 は雄弁にものがたる。

VTR 以後、それなりに大きな生産を実現した民生用電子機器は、再びテレビである。2010 年には日本製テレビの生産金額は 1 兆円を超える（図 1）。このテレビは液晶を主体とする薄型（フラット・パネル）テレビだ。その生産金額は 2010 年をピークに、2011 年から 2012 年には失速ぎみに急減する。

ハイビジョンをめぐるアナログ/デジタル論争

日本のテレビ業界は伝統的に、画質追求に熱心である。カラーテレビの次のテレビとして、日本では 1964 年に、「高品位テレビ」の技術開発がスタートした。これが後にハイビジョンと呼ばれる。開発の主体は NHK（日本放送協会）である。テレビ放送というメディアを前提に、映像品質の優れたテレビを開発しようというプロジェクトだった。1991 年から試験放送が始まり、1994 年には実用化試験放送となる。家庭向けハイビジョン・テレビの販売も始まる。これらの実績を基に、日本は国際標準を目指す。

ところがハイビジョンをめぐるアナログ/デジタル論争が起こる。それは「より美しいテレビ」か「より多様なサービス」か、についての議論でもあった。サービスを多様化するためにデジタル方式への転換が先にあり、画質をどうするかは後の話なし、というのが米国の主張である。

米 MIT Media Lab の Nicholas Negroponte 所長（当時）は、こう問いかける。「あなたはテレビを見ていて、画の解像度や画面の形、あるいは動きのなめらかさ、こういったことに不満を言うことがありますか。多分そうじゃないでしょう。不満はプログラムの内容のほうですよ」 [Nicholas Negroponte, *Being Digital*, Alfred A. Knopf, Inc., 1995, p.37]。

日本側（日本電子機械工業会、現・電子情報産業協会）は反論した。「ハイビジョンもデジタル技術なのです。伝送方式がアナログだというだけの違いです。世界中で実現したのは日本だけなのです。米国は、ハイビジョンが将来のテレビのデファクト・スタンダードとなることに抵抗があるのです」 [関本忠弘、「先達に聞く（6）——ハレー彗星会長」、『電子』、1996 年 11 月号、pp.8-12]。

この論争から、テレビ放送のデジタル化の議論が本格化する。結果的に日本では、テレビ放送のデジタル化が、ハイビジョン方式の実用化と連動して実施された。また薄型で大画面のテレビへの移行とデジタル化が、同時期に進行した。そのため日本の放送テレビ画面は美しい。

サービスの多様化、特にチャンネル数増加には、衛星放送が貢献した。日本で衛星による本放送が始まったのは 1989 年である。2000 年からはデジタル衛星放送も始まる。

既存放送局を温存する形でのデジタル化

地上デジタル放送への政策的取り組みが活発になったのは1996年ごろからである。そこには先に触れたハイビジョンをめぐるアナログ/デジタル論争が影を落としている。

「現在の18歳以下の世代が一人暮らしを始める際、iPadとパソコンがあるからテレビなんかいらぬ」と決定するだろうという意見がある。テレビ放送（地上放送、ケーブルテレビ、衛星放送）は、死滅に向かっている。この著者は、そう言い切る[J.F. Ryan、「『テレビ放送』から『インターネット配信』へ」、『電子情報通信学会誌』、Vol.94、pp.25-29、2011年1月】。実際、若年層はテレビ放送を、リアルタイムではあまり見ていない。さまざまな形でインターネットに配信された番組を、後で見ていることが多い。

テレビ放送のデジタル化は、このインターネットとテレビの関係をはじめ、テレビ放送の事業構造の見直しの契機になり得たはずである。しかしこれらの見直しはなく、既存アナログ放送事業者が、そのままデジタル放送の事業者となった。つまり既存放送事業者の「既得権」は温存された。

地上デジタル放送は薄型テレビで見ることになる

テレビ放送のデジタル化が進んだ時期は、薄型テレビの開発が最終段階となった時期でもあった。デジタル放送を見るためのテレビは、事実上、大画面の薄型テレビとなる。

実は欧米企業の方が、早くから「壁掛けテレビ」の開発に取り組んだ。液晶ディスプレイ開発を米RCA社は1960年代から始めている。対外的に発表したのは1968年である。RCA社は白黒テレビ、カラーテレビを開発した企業だ。液晶ディスプレイ開発に当たって、最初から壁掛けテレビを意識していた。ゴールとして壁掛けテレビを設定し、それを実現するための技術として、RCA社は液晶を選ぶ。ゴール設定も、技術選択も、正しかった。しかしRCA社は、液晶壁掛けテレビを実現する前に、会社そのものがなくなってしまう。

薄型テレビ開発における日本の貢献は大きい。日本企業、たとえばシャープは、電卓・時計から始め、日本語ワープロ、ノート・パソコン、デスクトップ・パソコンのモニターという時間順序で液晶応用製品を展開する。そして最終的に大画面の薄型カラーテレビを実現する。これらを可能にするための技術も、対応して時間順序で進化した。この時間順序を経た技術進歩と製品展開の全過程、これを自ら開発し推進したのは日本企業である。

薄型テレビの実用化が始まった時点では、液晶、プラズマ、投射型などが競っていた。しかしやがて、ほとんどのサイズを液晶が支配するようになる。

米国ではファブレスのテレビ・メーカーが成長

日本のテレビ・メーカーが我が世の春を謳歌した期間は短い。韓国や台湾の企業が、じきに液晶パネルを生産するようになる。このとき同時に、薄型テレビにおいても水平分業が進んだ。

例えば米VIZIO社である。同社は韓国Samsung Electronics社と、米国テレビ市場で1、2位を争う。その意味でVIZIO社は大手テレビ・メーカーだ。しかし全くのファブレス企業である。同社は液晶テレビの企画と設計だけを行う。従業員は90人ぐらいしかいない[大槻智洋、「シャープが負けた本当の理由 米ビジオに見る成功の法則」、『日本経済新聞』、2012年09月24日付電子版】。台湾のHon Hai Precision Industry社（鴻海精密工業、Foxconn）やAmtran Technology社（瑞軒科技）に

多くの業務を委託しており、非常に進化した水平分業を実現しているという [同、「シャープの上を行くビジオの業務モデル 水平分業ですらもう古い」、同上、同年 10 月 10 日付電子版]。VIZIO 社のテレビは米国市場では「安くて良い製品」として評価されているという。

韓国や台湾の企業の短期間でのキャッチアップや、テレビ事業の水平分業、これらを可能にしたのはデジタル化である。デジタル化はモジュール間のインタフェースを標準化し、摺り合わせの必要な箇所を少なくする。テレビもまた、パソコンと同様のモジュラー製品に近づいていった。「画質向上よりデジタル化を優先すべし」との米国の主張は、少なくとも結果的に、日本製テレビの国際競争力を低下させるのに貢献したことになる。

日本のテレビ事業の今後

日本のテレビ事業はどこへ向かうのか。パネルを外販する部品メーカーとして生き残る。これが一つの解だろう。テレビ・メーカーとして消費者に向き合うのではなく、パネル・メーカーとして、テレビ・メーカーや EMS (electronics manufacturing service、電子機器の製造受託サービス) 企業を相手にする。

実は日本の電子産業全体が部品供給者の性格を強めている。2012 年において、電子部品の生産金額は電子産業生産金額の 56%に達する。貿易黒字を達成しているのは部品事業だけで、民生用・産業用を問わず、完成品の輸出入は赤字すれすれだ。テレビ事業でも部品供給者として生き残りをはかるのは、日本の電子産業の現況に照らせば、理にかなっている。

シャープはこの方向に向かってるように見える。実際、前記シャープ堺工場は現在、「堺ディスプレイプロダクト株式会社」によって、パネル外販企業として運営されている。なお同社には、Hon Hai 社の代表者・郭台銘氏が個人として、資本の半分近くを出資した。

シャープは米 Apple 社にスマートフォン向け中小型液晶パネルを供給している。また米 Qualcomm 社から約 100 億円の出資を受け、次世代液晶パネルの共同開発をすると 2012 年 12 月に発表した。さらに 2013 年 3 月には、Samsung Electronics 社から 100 億円の出資も受けると発表、同時にテレビやスマートフォン向けパネルの同社への供給を拡大する。テレビ・メーカーから液晶パネル・メーカーへ、この道をシャープは進み始めているように見える。

現在のテレビ放送が、このまま存続するかどうか、メディアの観点からは定かではない。先に触れたように、テレビ放送は死滅に向かうという意見もある。インターネットとの関係の再構築は不可避だろう。しかしディスプレイが不要になることはない。その意味で、ディスプレイ・パネル・メーカーとして生き残りを図るのは、一つの選択肢に違いない。ただし自社テレビへのパネル供給より、外販を優先する覚悟がいる。

他方、ディスプレイ・パネルを外部から調達しながら、テレビ・メーカーとして存続している日本企業もある。その先には、VIZIO 社のようなファブレスのテレビ・メーカーになる選択肢もある。

日本のテレビ業界は伝統的に、画質追求に熱心である。デジタル化が完了したら、すぐに 4K (4K×2K、3840 画素×2160 画素) テレビの商品化に動き出した。2020 年の東京オリンピックが高画質テレビへの追い風となる。業界は、これを期待している。実現したとしても、またしても日本国内限定の短

期「特需」ではあるが。

・ 次回に続く

100年ぶりの通信自由化がもたらしたもの

「自由化」「モバイル」「インターネット」の大波に翻弄された通信市場 2014/01/23 00:00

西村吉雄 = 技術ジャーナリスト

1985年が日本の電子産業の歴史的転換点だった。この連載の第1回、第2回で繰り返し、そう述べてきた。同じ1980年代半ばには、通信分野にも大きな変化があった。

米国では1984年に米AT&T社が分割された。日本では1985年に日本電信電話公社（電電公社）が民営化され、関連グループに改組される。いずれも、通信サービス市場への自由競争導入が狙いである。

この時期、1980年代の半ばは、世界史的な転換期である。ゴルパチョフ氏がソビエト連邦（ソ連）の最高指導者となったのは1985年だった。それは東西冷戦の「終わりの始まり」を象徴する。1世紀近くをかけた実験の末、全体主義計画経済は、自由主義市場経済に敗れ去ろうとしていた。おりから米国はレーガン大統領、英国はサッチャー首相、日本は中曽根首相が政権を担う。いずれも新自由主義的な経済政策をとる。通信自由化は、その一環である。日本では国鉄民営化が、中曽根内閣のもとで実施された。

1985年の電電公社民営化で通信事業が自由化

日本では電話は、なかなか普及しなかった。高度成長の始まる1955年時点でさえ、家庭への電話普及率は1%に過ぎない（図1）。電話サービスへの加入を申し込んでも、電話事業者は、すぐには電話機を設置してくれない。申込者の増加に電話網の拡充が追いつかず、申込者は長く待たされる。この状態を「積滞」という。

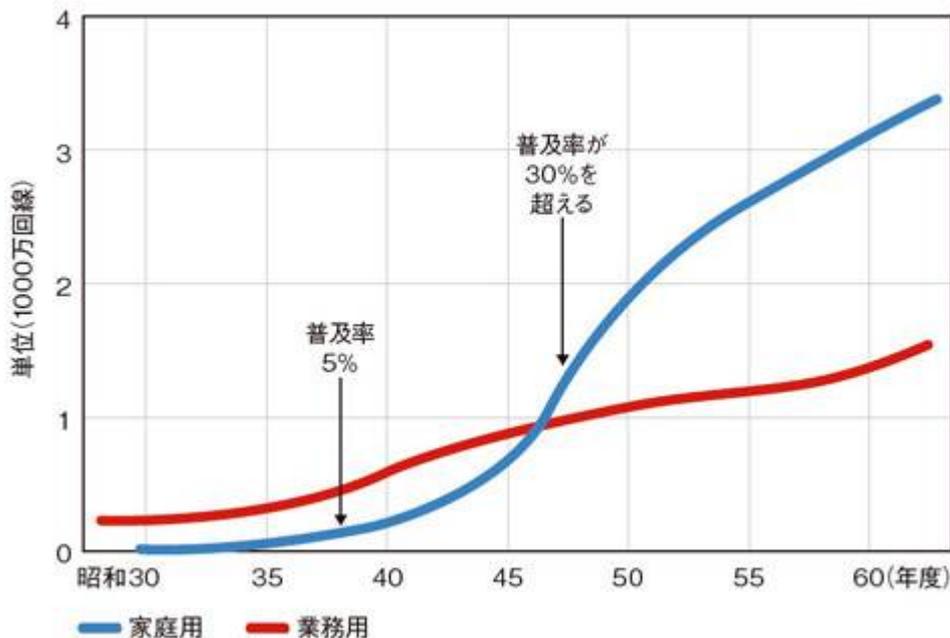


図1 電話加入者数推移

1972年（昭和47年）に家庭用が業務用を上回る。この年に普及率が30%を超えている。出典：横田

ほか、「やわらかいコンピュータの時代へ」、『日経エレクトロニクス』、1989年12月11日号、pp.143-194 [\[画像のクリックで拡大表示\]](#)

「積滞解消」と「全国自動即時化」が電電公社の目標となる。自動即時化とは、いわゆるダイヤル自動通話である。積滞解消は1978年、全国自動即時化の実現は1979年だ。また家庭電話が業務電話を加入者数で上回ったのは1972年である(図1)。このころの家庭への普及率は30%ほどにすぎない。

日本では電話事業は1890年に始まった。「誰の家にも電話がある」という状態が実現するのは1980年ごろである。それは、ほとんど100年をかけた大事業だった。

「誰の家にも電話がある」状態が実現したとき、電気通信業界は一変する。1985年4月1日に、日本電信電話公社が日本電信電話株式会社(略称はNTTのまま)に衣替えする。このNTT本体は持ち株会社で、国内電話サービスはNTT東日本とNTT西日本が受け持つ。他に、無線携帯電話を受け持つNTTドコモ、データ通信主体のNTTデータなど、グループ企業が整備された。

電電公社の民営化は、100年近く続いた通信事業の独占体制が終わったことを意味する。特に移动通信分野には、新規参入が相次いだ。

異質の大波が次々に押し寄せ、ISDNを不要に

同じ時期、交換のデジタル化と伝送のデジタル化が達成された。これによって、通信と情報処理の融合は一つの完成系となる。すべての情報をデジタル化し、同じ通信網で統合的に処理する方式、これがサービス統合デジタルネットワーク、すなわち「ISDN(Integrated Services Digital Network)」である。いわゆる先進諸国で、これが1980年代に達成される。日本では1984年に実用化試験が行われ、1988年に商用サービスが始まった。

デジタル化してしまえば、音声も文字もデータも、さらには動画も、同じ「1と0」の連なりになる。あらゆるメッセージをデジタル化し、デジタル交換機で統合的に処理することが可能になった。この当時、「ニューメディア」が流行語となる。ISDNは従来の通信や放送などの制約にとらわれない、新しいメディアを可能にする——はずだった。

しかし現実に起こったことは、まるで違う。1980年代の半ばごろから、新しい時代が確かに始まった。上記の電話技術の進展方向とは異質の大波が押し寄せてきたのである。その大波とは、携帯電話とインターネットである。そして従来構造の電話交換網を不要にしていく。ようやく出来上がり「さあこれから」と思ったら、「もう要らない」と言われてしまったのである。

通信機器の生産は21世紀に入って急落

例によって生産動向と貿易動向を確認しておこう。図2に見るように、通信機器の生産動向には1985年を境とする変化は見られない。この点、テレビなどの民生機器の動向と違う。上に述べたように、1980年代半ばは、ISDNへの投資が盛だった時期である。これが通信機器の順調な生産の伸びを支えていたと考えられる。

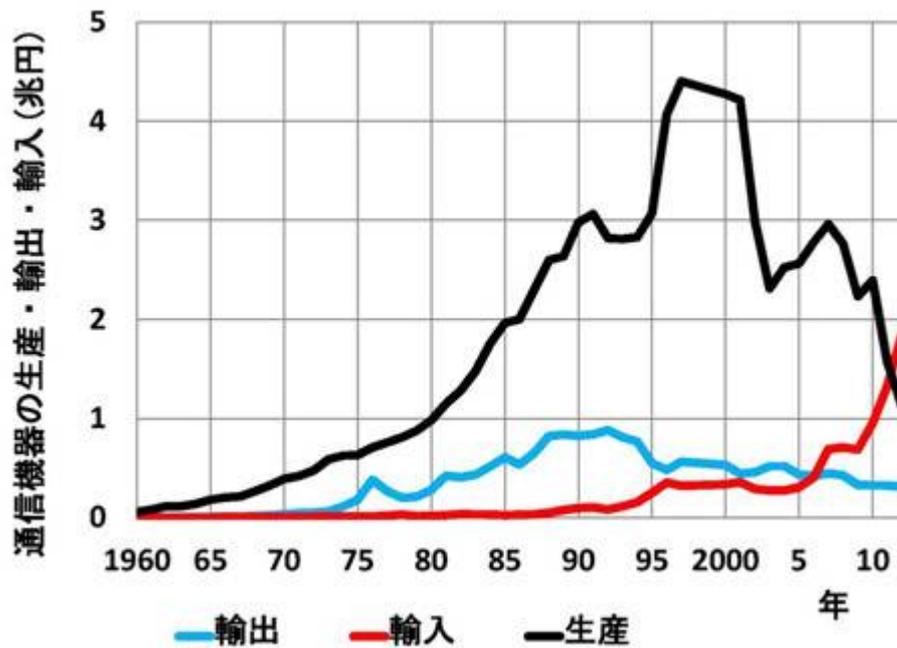


図2 通信機器の生産と輸出入

資料：経済産業省機械統計、財務省貿易統計 [画像のクリックで拡大表示]

異変は1990年代に現れる。2000年を過ぎると他の機器と同じく、生産は急速に減少している。2000年に4兆円をはるかに超えていた生産金額は、2012年には1兆円ほどで、4分の1以下だ。21世紀に入ってからの日本電子産業の生産衰退に、通信機器の落ち込みの影響は大きい。また、2005年を過ぎたあたりから輸入が急増している。通信機器の貿易収支は大幅な赤字となる。

通信自由化によって、電話機も様変わりする。電電公社貸与の黒い機械ではなくなり、カラフルなデザインを施された小物家電となった。1987年にコードレス電話の販売が自由化され、人気商品となる。この時期、1980年代後半には、固定電話機の生産が成長した。しかし1990年を過ぎると、たちまち降下していく(図3)。固定電話から携帯電話への移行が始まったのである。携帯電話機は固定電話機を、生産金額でたちまち追い越し、2000年代前半の全盛期には2兆円近い生産金額となる。ところが2000年代後半になると生産が急落する(図3)。しかし携帯電話の加入者が減ったわけではない。

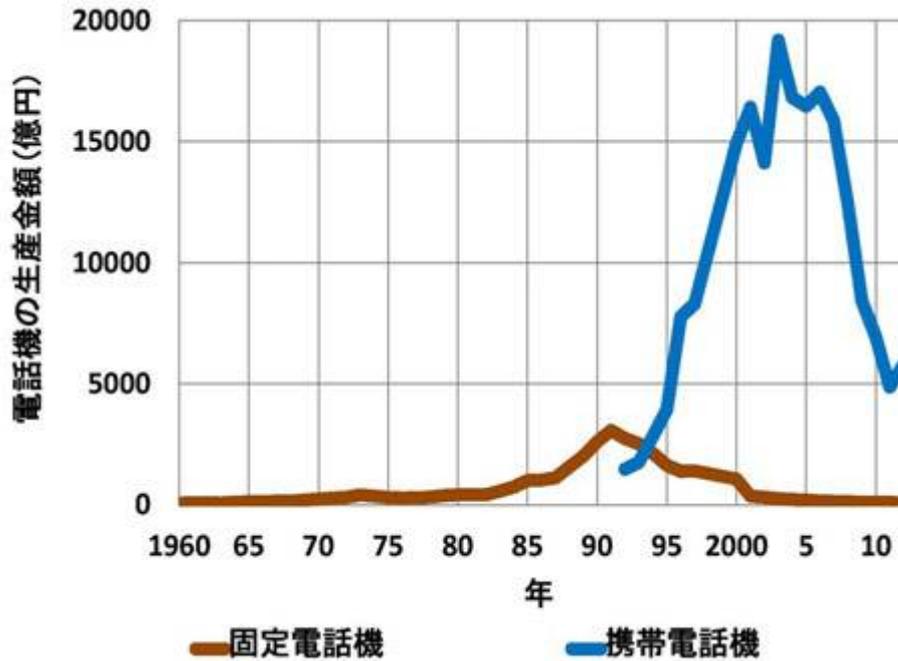


図3 電話機の生産動向

資料：経済産業省 機械統計 [\[画像のクリックで拡大表示\]](#)

携帯電話が固定電話を加入者数で圧倒

1990年代に入ると携帯電話の加入者が増え始める。1990年代末には固定電話を加入者数で追い越す。ここまでは、図3と図4は矛盾なく対応している。2010年には、携帯電話は固定電話の3倍の加入者数を持つに至る(図4)。ところが2010年の携帯電話生産金額は、ピークの4分の1に落ちている(図3)。ここに、日本の携帯電話事業の苦境が表れている(後述)。

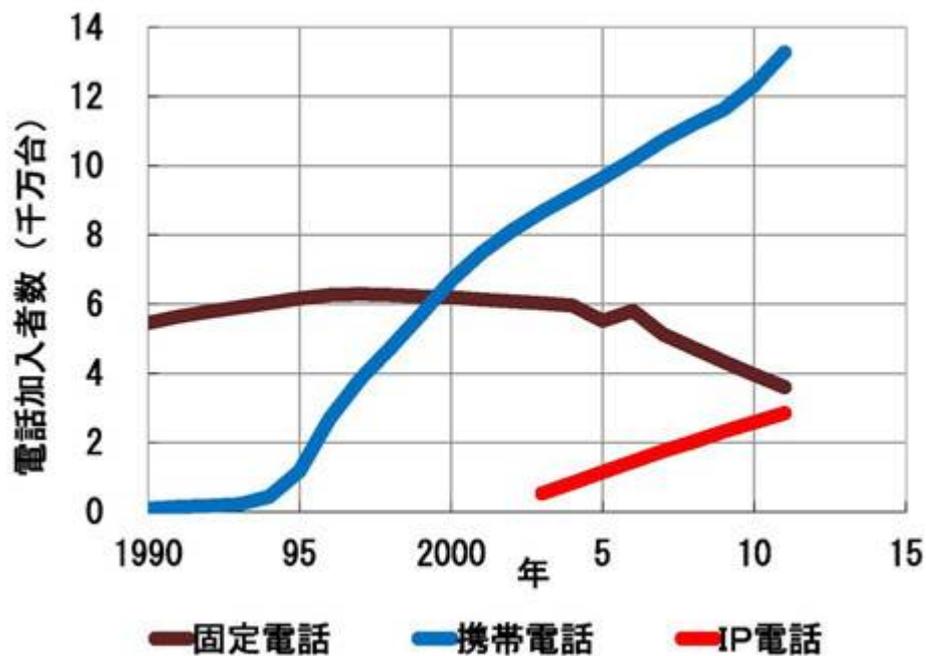


図4 固定電話、携帯電話、IP電話の加入者数推移

資料：総務省 情報通信統計データベース [\[画像のクリックで拡大表示\]](#)

なお図4には、インターネット（IP）電話の加入者数を併せて示した。インターネット電話も伸びており、減少の続く固定電話を間もなく追い越しそうな勢いである。

携帯電話を発展段階に応じて「世代」で分類する慣行が業界にはある。この分類には、通信規格が対応している。一方、機能による分類もある。コンピュータ的な機能の多い最近の携帯電話がスマートフォン（略称：スマホ）である。このスマートフォンに対比させるために、従来型の携帯電話を日本では「ガラケー」と略称する。「ガラパゴス化した携帯電話」だからである。しかし英語では「feature phone（フィーチャーフォン）」と呼ぶことが多い。この呼び方はむしろ、音声通話機能しかなかったアナログ時代の携帯電話との区別を重視している。スマートフォンほどではないが、電子メールやインターネット・アクセスなどの機能のある携帯電話、それが「feature phone」であり「ガラケー」である。

第2世代期の日本の携帯電話産業は鎖国のもとでの繁栄を謳歌

デジタル化によって始まった第2世代（2G）では、複数の通信規格が併存している。「GSM（Global System for Mobile communications）」が世界の主流だった。第2世代の80%以上がGSM方式だという。けれども日本では「PDC（Personal Digital Cellular）」という独自規格が主流だった。これが日本のモバイル環境を、一種の鎖国状態にする。

外国の携帯電話メーカーは日本に参入してこない。日本メーカーの海外市場開拓も容易ではなかった。けれども日本メーカーは国内市場では安泰だった。おりから日本国内の携帯電話市場は伸び盛りである（図4）。そのうえ日本の人口は、そこそこ大きく、国内市場だけでも日本メーカーは潤った。

しかし鎖国のもとでの繁栄によって、日本のモバイル機器産業の存在感は、国際的には小さくなった。その後のスマートフォン市場では、日本企業の影は、いっそう薄い。それが通信機器貿易収支の赤字として表れている（図2）。

スマホの輸入で通信機器の貿易収支は大幅な赤字

2005年ごろから、米Apple社の「iPhone」に代表されるスマートフォンの輸入が急増する。その結果としての貿易赤字は、日本の全体としての貿易収支に影響を与えるまでの大きさになっている〔佐伯遼、「iPhoneへの『愛』で膨らむ貿易赤字 9月過去最悪」、『日本経済新聞電子版』、2013年10月21日付〕。この状況を図5がよく示している。無線通信機器の貿易赤字は1兆5000億円を超える。同時に携帯電話機と無線通信機器の国内生産が急落する（図3、図5）。

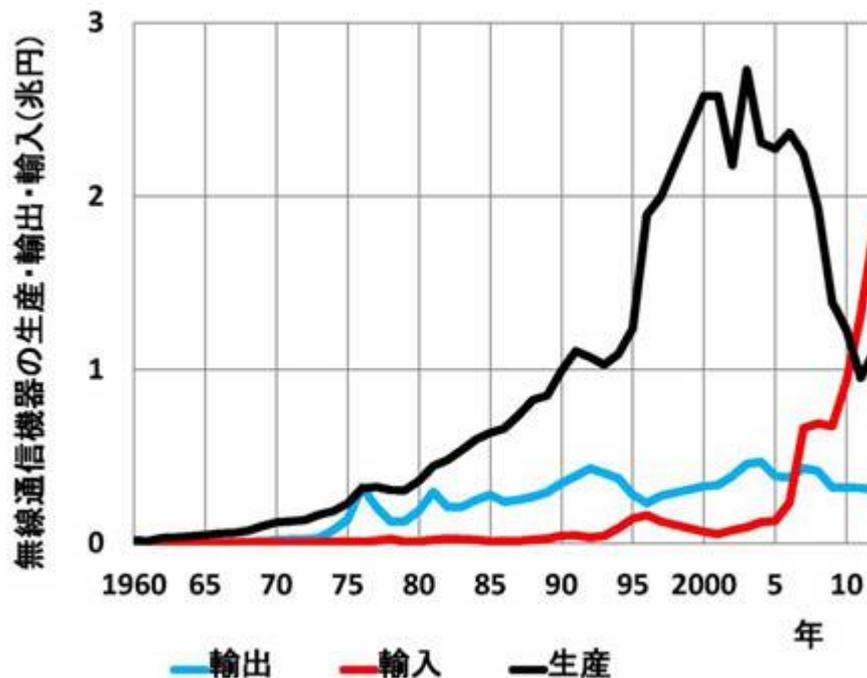


図5 無線通信機器の生産動向と貿易動向

資料：経済産業省機械統計、財務省貿易統計 [画像のクリックで拡大表示]

スマートフォン事業から撤退する日本企業も相次いでいる。それは、伸び盛りの市場からの撤退である。

スマホを巡る生産と貿易のグローバルな関係

スマートフォンの生産と輸出入の構造を、iPhone を例にして、もう少し詳しくみてみよう。iPhone のユーザーに対して、製造者責任を負うのは Apple 社である。その意味で、iPhone のメーカーは米国の Apple 社だ。しかし Apple 社は工場を持っていない。iPhone のハードウェア生産を請け負っているのは主に台湾の Hon Hai Precision Industry 社（鴻海精密工業、Foxconn）だ。しかし Hon Hai 社は中国本土にある工場 iPhone を製造している。日本のユーザーが購入する iPhone は「Made in China」である。貿易統計上は中国からの輸入となる。日本人が好んで iPhone を買うため、中国からの輸入が急増する——こういう結果になっている。

日本のシャープは iPhone 向けに液晶パネルを供給している。部品である液晶パネルは Hon Hai 社の中国工場に向けて出荷される。これは貿易統計上、日本から中国への輸出となる。日本人が iPhone を買うと、日本から中国への輸出も増える。

メーカーである米国の Apple 社、製造を受注している台湾の Hon Hai 社、実際にハードウェアを生産している中国本土の工場、そこへ部品を供給している日本のシャープ、iPhone を購入する日本のユーザー、これらが国際的に入り組んだ関係にある。この関係においては、海外生産とか空洞化などの使い古された表現は、ほとんど無意味だ。

工場を持たない Apple 社は、海外生産とも空洞化とも無縁だろう。一方 Hon Hai 社のような EMS（electronics manufacturing services）企業は、顧客サービスのために世界各地に工場を展開する。これを空洞化と呼べるのだろうか。

「Apple は米国内で製造していないから、米国から雇用を奪っている」という批判がある。しかし Apple と関連事業が米国内に生み出した雇用は約 60 万人に達するという [大前研一、「アップルのグローバルサプライチェーンから読み解く『真実』」、BPnet、2013 年 11 月 20 日]。

以上のような国際関係、すなわち設計企業と製造企業のグローバルな分業は、電子産業では、いまやごく普通である。このグローバル分業に背を向け続けたことが、日本電子産業の凋落の一因、私はそう考えている。この問題については、本連載の後の回で詳しく議論したい。

交換機と搬送装置の生産も 21 世紀には急減

通信機器の代表的存在である交換機と搬送装置、その生産金額は、1990 年代後半から急減している (図 6)。インターネットの影響と考えられる。

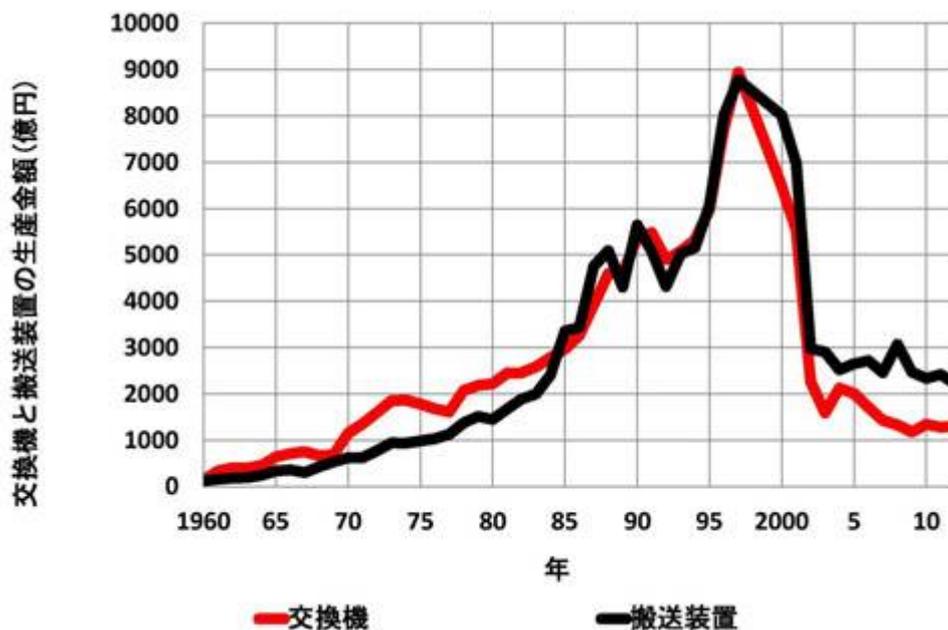


図 6 交換機と搬送装置の生産金額推移

資料：経済産業省機械統計 [\[画像のクリックで拡大表示\]](#)

交換機と搬送装置はいずれも、ピーク時の生産金額は 9000 億円に達している。また 1985 年以後も 1990 年代の後半まで、生産が大きく伸びていた。交換と伝送のデジタル化、すなわち ISDN への投資が盛んだったことを意味するだろう。ところが 2000 年代には生産が急減、わずか数年で 3 分の 1 以下に落ちてしまった。

ISDN は実質的には短命だった。2000 年ごろから加入者が減少している。インターネット接続のための高速・常時接続・定額料金の回線の需要が急増したからである。「ADSL (asymmetric digital subscriber line)」や「光ファイバ回線」などのブロードバンド接続が、この需要に応える。

インターネットはいまや、あらゆる人間活動の基盤である。そのインパクトは極めて大きい。しかし本連載は、その全体像を述べる場ではない。ご関心のある読者は、近く刊行予定の『電子情報通信と産業』(西村吉雄著、コロナ社、2014 年)などを参照していただきたい。ここでは交換機などの通信機器に大きな影響を与えたパケット交換について触れておく。

インターネットの通信方式（パケット交換）では交換機が不要

インターネットはパケット交換と呼ぶ通信方式を採用している。電話交換機の基本は、発信者と受信者の電話機を線をつなぐことである。ところがパケット交換方式では、線で物理的につなぐ必要はない。つまり交換機は要らない。

図6に見たように、交換機の国内生産は1990年代の終わりごろから激減する。その時期はインターネットの普及期と同じころである。また固定電話加入数は減少を続け、携帯電話とインターネット電話の加入者は増えている（図3）。NTTは、東日本・西日本とも、固定電話網の基幹部分を、交換機方式からインターネット方式に、2025年までに切り替えると発表している〔「PSTNのマイグレーションについて」、NTT西日本・東日本の共同ニュースリリース、2010年11月2日〕。

インターネットでは、例えば電話の音声信号をデジタル化し、そのビットの連なりを決まったビット数のパケット（小包）に小分けする。パケットには宛先（電話なら受信者の電話番号に相当）と、分けたとときの順番を付けておく。これらのパケットは、空いている伝送路に順次、送り出される。

各パケットは伝送路を通過して中継地に着き、ここで行き先を確かめられ、空いている伝送路を探して次の中継地に送り出される。これを繰り返して宛先に着く。宛先（受信端）では、違う経路を通過して次々に到着するパケットを、発信時と同じ順番に並べ直し、電話なら音声信号にして再生する。

パケットの受け渡し作業は、すべてコンピュータ（ルーター）が行う。通話中であっても、電話機同士が電氣的に接続されることはない。従って通話中に通信線を専有しない。どこかが故障しても、迂回して空いている伝送路を探せばいい。だから災害などでネットワークの一部が壊れても、全体は機能し続ける。この点、交換機網は、中央の交換機が破壊されると、全体が機能しなくなる。

しかし一方、交換機網では、通話中の電氣的接続が保証される。その意味で通話品質は高い。これに対してパケット通信では、同じ伝送路を複数のパケットが同時に使おうとして、パケットの衝突が起こることがある。そういうときは、しばらくしてから送り直す。空いている伝送路がなかなか見つからず、遅れてしまうパケットもある。「できるだけことはするが、保証はしない」。このベスト・エフォートの考え方に、パケット交換は立脚している。この点に伝統的通信会社（AT&T社やNTT）は不信感をいだき、パケット交換の採用には消極的だった。

1960年代に米国と英国で開発されたパケット交換

パケット交換による通信方式は、米Rand Corporation（ランド研究所）のPaul Baran氏と英国・国立物理学研究所のDonald Watts Davies氏が、1960年代に独立に考案した。「パケット」という言葉を用いたのはDavies氏である。その意味で、「パケット交換」の名付け親はDavies氏だ。

核攻撃によって一部が破壊されても、全体としては機能するような軍用通信ネットワーク、この研究を1960年ごろ、米空軍がRand Corporationに委託する〔脇英世、『インターネットを創った人たち』、青土社、2003年、p.124〕。パケット交換を用いる分散型デジタル通信ネットワーク、これが上記の委託研究に対するBaran氏の回答である。階層構成の交換機ネットワークと違い、分散型のパケット交換ネットワークは、一部が破壊されても全体としては機能する。

Davies 氏の研究のきっかけは、TSS（タイムシェアリング・システム）と電話網のミスマッチについての話を聞いたことだという [脇、同上、 p.113]。データ通信の品質改善が同氏の研究目的だった。目的は違っていたが、全体としては、Davies 氏と Baran 氏は、ほとんど同じ考えに到達する。

米国防総省の研究支援機関 ARPA（Advanced Research Project Agency）は、研究助成をしている研究機関をつなぐコンピュータ・ネットワーク（ARPANET、ARPA Network）の通信方式にとり、パケット交換を採用する。1969 年に稼働を開始したこの ARPANET は、インターネットの前身の一つである。ARPANET はまた、ルーターの前身を導入、「TCP/IP」を標準プロトコル（通信規約）に選んだ。これらはすべて、現在のインターネットに引き継がれている。

通信自由化後に米国では新興企業が続々と誕生

通信自由化のインパクトを確認しておこう。米国では電話事業は民営である。しかし事実上の独占が長く続いていた。通信自由化は、独占禁止の観点から実施される。1984 年 1 月 1 日、AT&T 社の本体は長距離電話会社となり、同社の製造部門だった Western Electric（WE）社は米 AT&T Technologies 社と改称され、Bell Laboratories（ベル研究所）をその傘下におく。地域電話部門は 8 社に分割された。

その後のベル研究所は、所属を何度も変えつつ、かつてのような巨大企業研究所ではなくなっていく。これをもって「通信自由化の失敗」の象徴とする声は絶えない。しかし米国の電子情報通信産業全体は、新興企業群によって、自由化後も活気がある。新興企業のほとんどは中央研究所を持っていない。大企業に垂直統合された中央研究所の時代が終わろうとしていたとき [リチャード・S・ローゼンブルームほか編（西村吉雄訳）、『中央研究所の時代の終焉』、日経 BP 社、1998 年]、まさにそのときに、ベル研究所は「終わり」へ向かって歩みを進めていった。そう解釈することもできるだろう。

分割後の AT&T 社は情報処理への進出が可能になる。逆に米 IBM 社は通信事業に乗り出せるようになった。しかしその後の両社の存在感は、かつてほどではない。通信自由化に加え、携帯電話やインターネットの大波が押し寄せた環境には、伝統的巨大大企業の活躍の余地は、あまりなかったようだ。

米国では次々に起業する新興ベンチャー企業が、自由化された電子情報通信市場を牽引した。Microsoft 社、Apple 社、Cisco Systems 社、Qualcomm 社、Yahoo!社、Google 社、Facebook 社、などなど。これらはみな、自由化後に活躍の場を見いだした。これらの新興企業に活躍の余地を創り出したこと、これが通信自由化の功績であり、狙いでもあった。狙いは当たったと言うべきだろう。

旧電電ファミリーの消長

米国の AT&T 社と日本の電電公社は、発生段階の事業形態に違いがある。AT&T 社の前身である Bell Telephone Company（ベル電話会社）が 1877 年に電話事業を始めたとき、同社は地域電話会社に電話機をリースし、電話事業のライセンスを供与した。電話サービスを加入者に提供したのは地域電話会社である。このビジネス・モデルでは、電話機製造はベル社の中核事業だ。AT&T は機器製造部門（WE 社）を一貫して傘下に持ち続ける。米国の通信自由化では、この垂直統合が解体される。

日本では電話事業は国営で始まった。それを引き継ぐ電電公社の場合も、加入者への電話サービス提供が中核事業である。電話機をはじめとする通信機器は、メーカーから調達した。この結果日本には、

電電公社に通信機器を納める企業群が形成され、電電ファミリーと呼ばれる。NEC、日立製作所、富士通、沖電気などが電電ファミリーの中核企業だった。

電電公社は機器の製造はしない。けれども研究開発は、電気通信研究所などで行ってきた。その研究成果などを中心にして、電電公社と電電ファミリーは、技術開発、製品開発において協力関係にあった。

通信自由化後に、電電ファミリーはどうなったか。技術・製品・市場が大きく変わるとき（携帯電話とインターネットという大波の到来時期）と、自由化の時期が同期していたこと、問題の本質は、ここにある。電電公社と電電ファミリーが長年かけて開発してきた、例えば交換機、これをインターネットは不要にしてしまう。

米国では、この変化に新興ベンチャー企業が挑戦し、成果を上げていく。AT&T グループの存在感は低下していった。日本では、通信サービス供給者としての NTT グループの地位は、それほど下がっていない。けれども旧電電ファミリーは、新興の情報通信市場では存在感が小さい。一方で米国と違い、新興企業群が続々育つという気配もない。電子立国衰退の一因である。

・ 次回に続く

鎖国のときは栄え、開国したら衰退

市場のグローバル化で精彩を失った日本のパソコン 2014/02/06 00:00

西村吉雄 = 技術ジャーナリスト

コンピュータ市場では、汎用コンピュータ（メインフレーム）からパーソナル・コンピュータ（パソコン）への転換が、1985 年前後に起こる。この転換は日本の半導体事業に大きな影響を与えた。この半導体の問題については、連載進行のなかで、後に詳しく考える。

汎用コンピュータからパソコンへの転換が日本市場で起こるのは 1990 年代前半である（図 1）。世界市場における転換よりは遅かった。日本では世界標準とは別の、日本独特のパソコン市場（一種の「鎖国」市場）が形成されたからである。

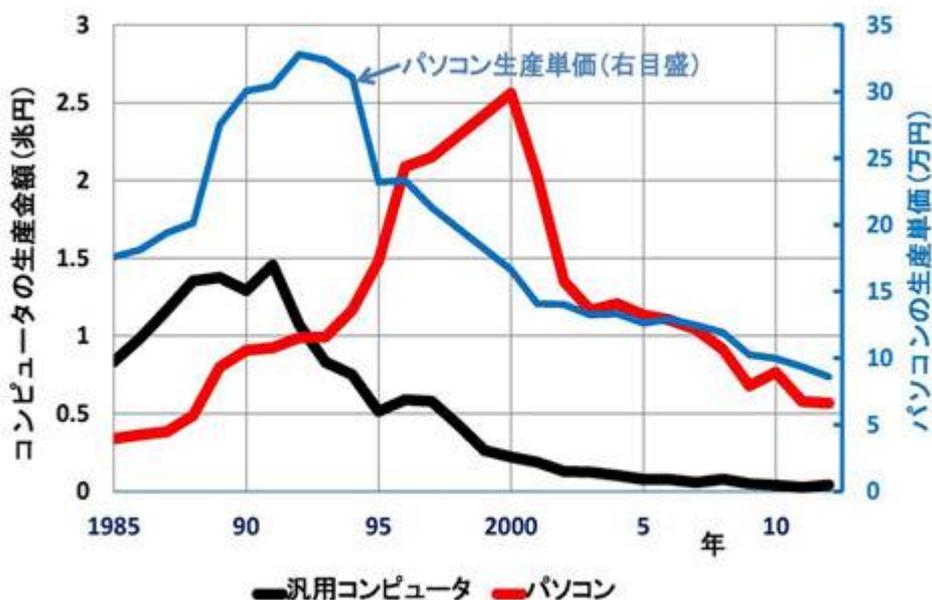


図1 汎用コンピュータとパソコンの生産金額推移。パソコンの生産単価も合わせて示す

資料：経済産業省機械統計 [\[画像のクリックで拡大表示\]](#)

日本のコンピュータ事業は一般に、日本固有の性格が強い。テレビなどの民生機器と違って、コンピュータ関連製品の輸出は今も昔も大きくない。2000年以後、貿易収支は赤字である。国内生産も激減しており、2000年以後の退潮傾向はコンピュータ分野でも著しい(図2)。

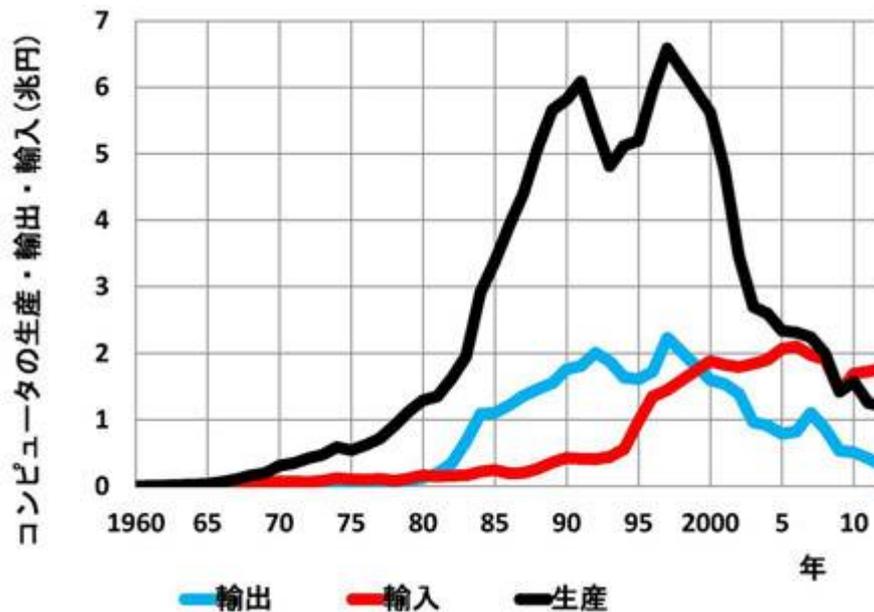


図2 コンピュータ(電子計算機および関連装置)の生産・輸出・輸入の年次推移

資料：経済産業省機械統計、財務省貿易統計 [\[画像のクリックで拡大表示\]](#)

日本語ワードプロセッサが1978年に登場

日本特有のコンピュータ事業、その象徴的存在が、日本語ワードプロセッサ(ワープロ)である。1978年、東芝が初の日本語ワードプロセッサ「JW-10」を発表する。価格は630万円。かな文字をキーボードから入力し、漢字かな交じりの文章に変換する。すなわち「かな漢字変換」機能を持ったシステムだった。この「日本語ワードプロセッサ」のインパクトは大きい。「日本語の文章を作成する」という行為が、「紙に手書きで文字を書く」という行為から離れるきっかけとなる。

もちろん和文タイプライターは早くから存在していた。しかしこれは、1000以上の文字が並んだ盤面から、文字を一つずつ選ぶ仕組みである。熟練オペレータによる操作が必要な、複雑な機械だった。また文章作成機というより、完成した原稿を入力し、印刷する装置という性格のものである。

ただし日本語ワープロを、文章作成装置としてではなく、完成原稿の清書装置として用いる使い方は、かなり後まで残る。キーボードから、いかに速く正確に日本語を入力するか、そのためのキーボードはどうあるべきか、こういった問題が長く議論の対象となり、さまざまな文字配列のキーボードが市場で競い合った。

けれども次第に、次のような認識が結果として広まる。「手書き原稿を清書するより、初めからワープロで文章を作成した方が、結局は速い。文章作成の速さを決めるのは、キーボードからの入力速度で

はなく、文章を創造する頭脳だ」。キーボードは普通の欧文配列が主流となる。多くの日本人がローマ字で日本語を入力している。それで困るという話は、今ではほとんど聞かれない。

ワープロ専用機が日本では一時期大きな市場を形成

最初の「日本語ワードプロセッサ」は、コンピュータではなく専用機として世に出た。もちろん中身はプログラム内蔵方式のコンピュータである。しかしユーザーは「コンピュータ」を意識することなく、日本語の文章を作成するための専用機として購入した。日本では「ワープロ」が、パソコンとは別の市場を形成する（図3）。

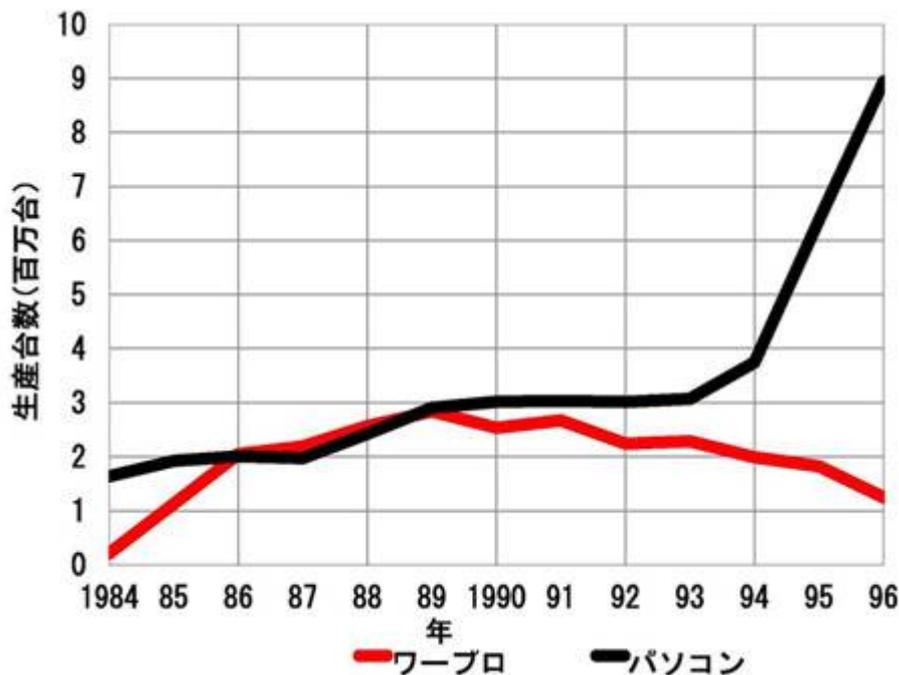


図3 パソコンと日本語ワープロの生産台数推移

資料：経済産業省 機械統計 [\[画像のクリックで拡大表示\]](#)

第1号機は630万円もしたが、すぐに参入メーカーが増え、価格も急速に低下する。1980年代後半には、工場出荷額では10万円を下回る。生産台数も汎用のパソコンに拮抗する。

しかし1990年代に入ると、パソコンの躍進が始まる。同時にワープロの衰退が始まる（図3）。日本語の文章作成も、パソコンに委ねられていく。

世界ではIBM-PCが事実上の標準機に

パソコンが産業として世界的に大きな存在になったのは、1981年発売のIBM-PCがベストセラーになってからである。さらに1984年にIBM-PC/AT（ATはAdvanced Technologyの略）が発売され、その互換機が世界標準となる。

米IBM社はパソコン進出にあたって、仕様を公開し、互換機の登場をむしろ促した。またIBM-PCは、マイクロプロセッサには米Intel社の「8086」、OS（オペレーティング・システム）には米Microsoft社の「MS-DOS」を採用した。これが結果的にIntel社とMicrosoft社の地位を強化する。

IBM-PC とその互換機の生産には、台湾が大きな役割を果たす。仕様が公開されているため参入が容易で、市場としては世界全体を期待できる。ハードウェアの価格競争力で勝負できる市場が形成されたということである。台湾の工業的発展にもパソコンが大きく寄与した。

日本語処理が海外からの参入障壁

ところが IBM-PC とその互換機は、日本ではなかなか標準にならなかった。その理由は日本語にあった。日本語が外国製パソコンに対する参入障壁として働き、日本のパソコン市場を一種の「鎖国」状態にしたのである。

日本電気 (NEC) がいわゆる「98」 (PC-9800 シリーズ) を発売したのは 1982 年である。IBM-PC 発売の翌年だ。以後日本ではこの「98」が良く売れ、パソコン市場の過半のシェアを獲得する。他の国産パソコン・メーカーも、独自性にこだわり、世界市場とは異なるパソコン市場が国内に形成された。

最初の「98」PC-9801 が採用したマイクロプロセッサは Intel 社の「8086」であり、OS は Microsoft 社の「MS-DOS」である。いずれも IBM-PC と同じだ。OS が同じなのだから、本来は同じアプリケーション・ソフトウェア (以下、アプリケーション) が走るはずである。しかしそうはならなかった。

その最大の理由は日本語処理にあった。アルファベット主体なら文字を表すのに 1 バイト (8 ビット = 256) で済む。日本語は文字数が多く、文字コードに 2 バイト (16 ビット = 65536) を必要とする。このため「98」は漢字フォントをハードウェアとして持っていた。これが海外のパソコン・メーカーにとっては参入障壁となり、「98」のシェアが圧倒的に高いという、特殊な市場が日本に形成される。日本以外では IBM-PC 互換機が早くから事実上の標準機となっていた。

しかし 1990 年の DOS/V 規格の登場によって、事態が変わる。DOS/V はアジア系言語向けの規格である。もちろん日本語も対象だ。文字を表すのに 2 バイトを用いる。漢字フォントをソフトウェア的に持つことにしたため、IBM-PC/AT 互換機のうえでも日本語処理が容易になる。この DOS/V の規格を日本 IBM は、望む企業に公開した。

しかし日本メーカーはそれでもなお、独自規格への執着が強かった。また日本には、先に述べた日本語ワープロという専用機が存在する。ワープロはプリンタも内蔵して価格性能比が高い。国内パソコン・メーカー各社は、パソコンの売り上げとワープロの売り上げを勘案しながらビジネスを展開した (図 3)。

「98」に象徴される日本のパソコンは、国際標準である PC-AT 互換機に比べると高価だった。そのうえ図 1 に見るように、1980 年代後半から 1990 年代前半にかけ、パソコン生産単価は上昇している。ユーザーがパソコンよりワープロを選んだ理由でもある。

1990 年代後半に至って潮流が変わる

しかし 1990 年代の半ばになると状況が変わる。きっかけは、OS に「Windows」が登場したこと、安い DOS/V 機が海外から入り始めたこと、インターネットがブームになったこと——などである。

Windows の登場で「98」と DOS/V には、エンド・ユーザーから見たときの違いは、日本語処理についてもほとんどなくなる。海外からの DOS/V 機流入は、日本のパソコン価格の高さを改めて実感させた。国内メーカーも低価格の DOS/V 機をようやく本腰を入れて日本市場に投入する。

1997年の8月にNECも、DOS/V機の国内併売を発表する。日本のパソコンが「98」で象徴される時代は、こうして終わる。ほぼ同時に、日本語ワープロの時代も終わる。日本語文章を作成する作業も、表計算や図面作成などと共に、汎用パソコンで行うように変わっていく。

しかしそうなったとたん、すなわち1990年代の後半になると、パソコン生産単価は減少を続けるようになり、パソコン生産金額の伸びが鈍る。2000年を過ぎるとパソコン生産金額は急減していく。

日本市場が一種の「鎖国」状況にあったとき、日本のパソコン事業は栄えた。開国し、市場がグローバル化したら、生彩を失う。前回述べた携帯電話機の場合と同様である。

パソコンでは水平分業が定着

コンピュータ市場における汎用機からパソコンへの主役交代は同時に、コンピュータ市場の構造転換をもたらした(図4)。パソコン市場では、汎用コンピュータの場合と違って、グローバルな水平分業体制が形成される。この水平分業体制のなかで日本企業は存在感を小さくしていく。

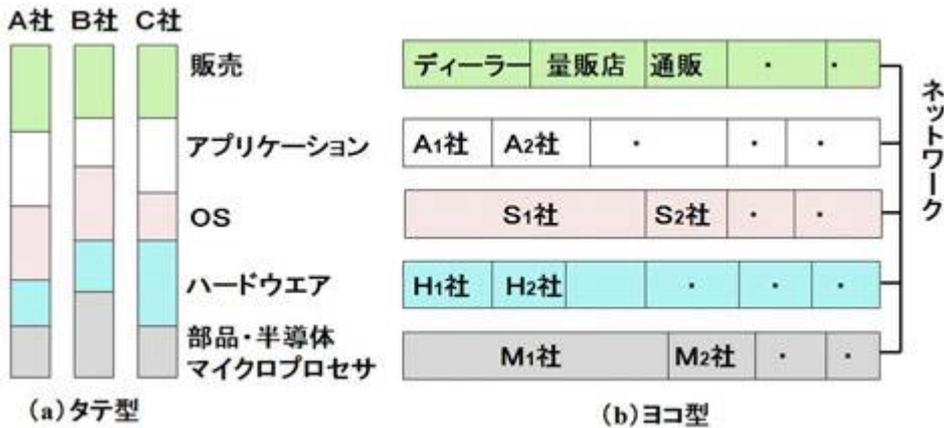


図4 コンピュータ産業における垂直統合と水平分業 [画像のクリックで拡大表示]

汎用機では、コンピュータ市場の構造は、図4(a)のような垂直統合型だった。各社とも、部品から完成品としてのコンピュータまで、何でも自社で作る。さらに各社とも、汎用コンピュータは自社のディーラーから販売していた。

ただし実際には、IBM社の汎用コンピュータ「システム/360」(1965年発売)以後、IBM社が意図しなかった互換機ビジネスが発生していた。IBM製コンピュータの中のモジュールに、他社製品が入ってくることが可能になっていたのである。

システム/360は「ファミリー」概念を導入した。ファミリー内の各機種種のサイズは様々である。しかし実行命令セットは、すべて同一だった。システム/360のファミリー機種であれば、すべて互換性がある。小型機を使っていたユーザーが大型機に乗り換えるとき、小型機で使っていたプログラムは、そのまま大型機でも使える。入出力機器も、そのまま使える。逆に、本体をそのままにして、入出力機器だけアップグレードすることも可能だ。

ユーザーは大歓迎した。システム/360は、IBM社のコンピュータのなかで、商業的に最も成功した製品群となる。システム/360は、コンピュータ産業におけるIBM社の地位を、圧倒的に高めた。

ファミリー全機種種のアーキテクチャを統一し、互換性を実現したのはモジュール化設計である[ボールドウィンほか、『デザイン・ルール』、東洋経済新報社、2004年]。しかしモジュール化は諸刃の

剣だった。互換機は IBM 帝国を浸食する。新興企業が、プリンター、端末、メモリ、ソフトウェアや最後には CPU に至るまで、いわゆるプラグ互換モジュールを製造する。IBM 社提供のインタフェースに従いながら、IBM 社の内製品よりコスト・パフォーマンスに優れた製品が作られる。これら互換機の市場の伸びは、やがて IBM 社自身を脅かす。

さらに後年には、IBM 社が圧倒的な存在感を誇っていた市場から、多数のベンチャー企業が水平分業する市場へ、コンピュータ業界が転換していく。その構造転換を可能としたのも、システム/360 が導入したモジュール化設計であり、その帰結としての互換性だった。

システム/360 の場合は、IBM 社は互換機を意図的に導入したわけではない。ところが IBM-PC の場合は、他社からのモジュール供給を最初から前提としている。それも、マイクロプロセッサと OS という中核モジュールの供給を、他社にあおぐ。

結果としてパソコン市場は、オープン化した多層水平展開構造（水平分業）となった。図 4 (b) に見るように、マイクロプロセッサ、ハードウェア、OS、アプリケーションなど、システム階層の各層ごとに複数の企業が製品を出しており、それぞれの企業は事業を特定の層に絞り込んでいる。販売チャネルも、メーカーの直接販売、量販店、通信販売など、さまざまだ。

水平分業に転換した理由と背景

コンピュータ市場は、なぜ水平分業型に変わったのか。理由と背景を整理してみる。

(1) コンピュータの価格が安くなる。垂直統合市場では市場競争するのは最終製品だけである。ヨコ型市場では、モジュール（部品やサブシステム）が、それぞれ市場で競争する。

(2) 他社の機器とつながりやすい。異なるメーカーのコンピュータや周辺機器をつなぐには、標準インタフェースに準拠したオープン・システムのほうが有利だ。

(3) ネットワークが他社との関係構築を容易にする。取引コストが下がるからである。

(4) 水平分業が成り立つためには部品メーカーが存在しなければならず、そのためには経済社会のある程度の成熟が不可欠である。

(5) グローバル化は水平分業を促す。世界全体なら調達先が見つかる。標準インタフェースに準拠した製品なら世界全体を市場にできる。

(6) ソフトウェア開発とハードウェア生産では、組織と人材の向き不向きが違う。これを 1 社でやろうとすると、どちらの事業も最適化できない。

水平分業への転換の影響

垂直統合から水平分業への構造転換は遠くまで影響が及ぶ。これも整理しておこう。

(1) 他社との連携・協力が必要である。

(2) 大企業の意味が小さくなり、ベンチャーへの期待が大きくなる。

(3) 社外への情報発信が不可欠である。このためにも会社は小さいほうがいい。

(4) ネットワークの役割が大きい。水平分業は、ネットワークの進歩普及の結果でもある。

(5) インタフェースの確立が不可欠である。

事実上の標準と公的な標準

図4(b)の各層は、それぞれがモジュール化されている。マイクロプロセッサ、ハードウェア、OS、アプリケーションなどがモジュールである。パソコンでは、これらのモジュールを別々の企業が提供している。複数企業の提供するモジュール同士が組み合わさって動作するためには、モジュール同士の連結ルール（インタフェース）を、複数の参加企業が共有することになる。これが標準インタフェースだ。この標準インタフェースは公開されていなければならない。逆に、標準インタフェースに準拠した製品であれば、誰でも市場に参入できる。これがモジュール化設計の特徴である。

標準インタフェース、すなわちモジュールの連結ルールを決めるのは誰か。従来の工業製品では、お役所主導で業界関係者が集まり、会合で標準を決めて通達する、といった感じの決まり方だった。これが公的な標準（デジュリ・スタンダード *de jure standard*）である。これに対して近年の情報システムでは、開発段階からのマーケティングを兼ねた多数派工作、市場でのユーザーの獲得数などが、事実上の標準（*de facto standard*）を形成する。

IBM システム/360 では、IBM 社のアーキテクトがインタフェースを決めた。この場合は、もともとは社内向けのインタフェースである。しかしこのインタフェースに準拠した互換製品が次々に IBM 社外から提供される。IBM 社の意に反して、システム/360 のインタフェースは結果的に、業界の標準インタフェースとなった。

パソコン（IBM-PC）の場合は、IBM 社は最初からインタフェースを公開し、互換機参入を促す。初めから標準インタフェースを目指していた。そのほうがパソコン業界全体の拡大につながり、結果として IBM 社のパソコン事業も成長する。そう考えたと言われている。たしかに汎用機のシステム/360 のときはそうなり、IBM に多大な収益をもたらすと同時に、互換機ビジネスも大きく成長した。

パソコンの場合も IBM 提唱のインタフェースは標準になった。IBM-PC 互換のパソコン市場は躍進する。Microsoft 社と Intel 社は大きく伸びた。台湾には大きなパソコン関連産業が形成される。しかし IBM 社自身のパソコンは「one of them」の地位にとどまる。IBM 社は 2004 年、パソコン事業を中国のレノボに売却、パソコン事業から撤退する。

パソコン市場が大きく伸びるなか、事実上の標準となっていたのは、Microsoft 社と Intel 社の提唱するインタフェースである。自社が提唱したインタフェースが事実上の標準となると、ビジネスを進めやすい。Microsoft 社と Intel 社は「ウインテル」（Wintel = Windows + Intel）連合と呼ばれるようになり、パソコン業界を長く独占的に支配する。

オープン化した水平分業の危険——Atari 社による米国ゲーム産業の急成長と崩壊

水平分業構造のなかで大をなすためには、自社製品のインタフェースを公開し、他社が補完製品を開発してくれるのを促すことが有効である。この行為はオープン化だ。オープン化すると「自社内では思いもよらなかった応用を他社が開発してくれたりする。自社の製品をめぐって知的集積の輪を組織化することに成功した企業には周囲がよってたかって付加価値をつけてくれる」〔國領、「日本型システム——閉鎖型からの脱却を」、『日本経済新聞』、1997年8月18日付朝刊〕。その「応用」（自社製品にとっての補完的製品）を使うために、自社製品を買ってくれる顧客が増える。めでたしめでたし、である。しかし、いつもこうなるとはかぎらない。

特に問題となるのは、他社製品の品質管理である。この問題が深刻になり、主役企業が倒産、一つの産業が崩壊した例がある。以下にこの例を紹介する。

1977年に米 Atari 社は、プログラム内蔵方式の家庭用ビデオ・ゲーム機を発売する。プログラム内蔵方式ではあるが、ゲーム専用機だ。この Atari 社のゲーム機が 1980 年代に入ると、大きくヒットする。そのヒットの理由の一つは、ソフトウェア開発のための仕様（インタフェース）を同社がソフトウェア・ベンダーに広く公開したことだ [真木ほか、「日本のビデオゲーム産業におけるビジネスモデルの変遷－オンライン化とサービス化へ向けて－」、ASB Case No.2、早稲田大学アジアサービス・ビジネス研究所、2011 年 09 月 06 日]。

このオープン化によって、ユーザーが遊ぶことのできるソフトの数が激増する。これが Atari 社のゲーム機の爆発的ヒットをもたらす。米国のゲーム産業は大きく成長した。

しかし間もなく米国のゲーム産業は衰退していく。誰でも参入できるオープンな開発環境のせいで、粗悪なソフトが市場に氾濫する。Atari 社はソフトの品質管理には関与しなかった。ソフトへの不信は、ハードの不信につながり、さらにはゲーム産業そのものが信頼されなくなる。1982 年に Atari 社は倒産する。1983 年ごろには米国のゲーム産業は、いったん崩壊してしまう。

任天堂は Atari の失敗を学んでいた。「ファミリーコンピュータ（ファミコン）」を 1983 年に発売する際、同時にゲーム・ソフトも発売する。初期の人気ソフトは、ほとんど任天堂製である。この段階では一種の垂直統合になっている。自社製人気ソフトのおかげでハードウェアの販売台数が急伸する。こうなってから任天堂はソフトウェア開発環境を公開した。

モジュール化分業における安全設計の落とし穴

上記のゲーム産業の事例は、以下に述べるモジュール化分業における安全設計の問題と同型である。インタフェースを介して、二つのモジュール設計が独立に進行しているとしよう。

それぞれは設計に際して、効率を意識する。設計は必要十分に「最適」化したい。このとき互いに、インタフェースの向こう側のモジュールは「完全」に設計されていると考えたくなる。そうすると、「最適」と「完全」の間に隙間が忍び込む。向こうは「完全」に設計しているだろうから、こちらは、ここまで落としても「最適」のうちに入るだろう。そう考えて安全のグレードを少し落とす。向こう側も同じ「最適」設計をしたらどうなるか。

石油タンクの基礎と本体の接点で問題が生じ、大規模なコンビナート災害につながった例がある。タンク本体の設計者と、それを設置する基礎の設計者のそれぞれが、互いに向こうは十分安全に（「完全」に）設計されているものと仮定し、自分の担当部分を「最適」に設計した。その結果「予想もつかなかった」事故が起こる [中岡、『科学文明の曲りかど』、朝日新聞社、1979 年、pp.218-230]。

2013 年に起こったボーイング 787 の航空機事故に「モジュール型ものづくりの盲点」という指摘がある [山川、「編集長の視点」、『日経ビジネス』、2013 年 06 月 03 日号、p.1]。ボーイング社の担当副社長は「想定外」だったとしている [シネット、「異常加熱の連鎖、想定外だった」、同上、pp.26-27]。

垂直統合への誘惑とその危険

上のファミコンの例に見るように、垂直統合あるいはそれに近い閉鎖的な仲間づくり、これに成功したときの報酬は大きい。しかしすべてを閉鎖的なグループ内で開発すると、コスト高になる。そしてこのコスト高は、結局最終製品の価格高となる。こうしてユーザーが離れてしまう。垂直統合か水平分業か、オープンかクローズドか、これらは一方だけに決めることはできない。また常に往復する。

パソコンの場合、IBM-PCは仕様を公開し、互換機づくりをむしろ奨励した。ウィンドウズもこれを引き継ぐ。Microsoft社はパソコンに進出せず、世界中のパソコン・ハードウェア・ベンダーに、自社のOS（Windows）を採用するよう働きかける。Windowsのシェアは高まり、それを目当てにアプリケーションの数が増える。

しかしWindowsの成功をオープン化に帰するのは一面的な議論だろう。Microsoft社はOSに加え、アプリケーションもつくっている。キラー・ソフト群とも言うべき「Word（ワード）」や「Excel（エクセル）」はMicrosoft社製である。ファミコンの場合と似た構造が、ここにある。

米Apple社は「Macintosh（マッキントッシュ、Mac）」のOSとハードウェアを垂直統合する。互換機の登場も当初は許さなかった。結果としてMacintoshのブランド価値は高まり、熱狂的なMacファンを生み出す。しかし市場シェアでは、MacintoshはWindowsを下回る。アプリケーションを開発する企業は、次第にWindows向けを優先する。そのアプリケーションを使いたくて、Windowsを買うユーザーが増える。Macの垂直統合は、ここではWindowsの水平分業に敗れた。

スマートフォンなどのモバイル・コンピューティングでは、垂直統合と水平分業が入り交じる。クラウド・コンピューティングにも垂直統合的側面がある。垂直統合から水平分業へという転換は、一方向性の不可逆過程ではない。

ネットワーク外部性の働くところでは独占が発生しやすい

オープン化された水平分業には、原則、誰でも参入できる。ところがその開かれた水平分業は、独占の発生しやすい産業構造でもある。

二つのOS、「A」と「B」が市場で争っているとしよう。Aの方が少しシェアが高くなった。そうなればアプリケーションを開発している会社は、多少なりともAを優先するだろう。Aの上で動作するアプリケーションが増える。となるとユーザーは、AをOSとするパソコンを買いたくなる。当然Aのシェアが上がる。そうなればアプリケーションの会社はますますAを優先し、Aの上で動作するアプリケーションが増える。ユーザーはいつそうAを買う。一度勝ち組になると、ますます勝ちやすくなる構造がここにある。この正帰還現象を「ネットワーク外部性」と言う。

この場合は、同じOSの購入者集団をネットワークに見立てている。Aを購入するということは、ネットワークAに参加するとみなすことができる。そのネットワークに参加するメンバーの数が増えるほど、参加メンバーの効用が増加する。これがネットワーク外部性である。

一般に「外部性」とは市場取引の結果が、取引の当事者以外の第三者に影響を与えることをいう。誰かがクルマを買う（市場取引をする）。その人がクルマを走らせると排気ガスが出る。クルマの売買とは無縁な第三者が迷惑をこうむる。これも外部性である。この場合は「外部不経済」ということもある。

基礎研究の成果は、その基礎研究を成し遂げた研究者以外の多くの人に恩恵を与えることがある。これも外部性的一种である。基礎研究に公的資金を投入する根拠とされている。

OSの場合はこうだ。ある人がOS「A」を選んで買う（市場取引をする）と、Aのシェアが上がり、A向けのアプリケーションが増える。他の人の持っているAの価値が増し、別のOS「B」の価値は減る。ある人の市場取引の結果が、別の人の持っているものの価値に影響する。すなわち外部性がある。

ネットワーク外部性の働く環境とは、互いに補完関係にある製品がインタフェースを介して向かい合っているような場合である。水平分業型の産業構造（例えば図4(b)）では、いたるところにこの環境が形成される。OSとアプリケーション、ハードウェアとOS、VTRのハードウェアと映像ソフトなどである。

上に見たようにネットワーク外部性は勝ち組をますます勝ちやすくする。そうすると勝ち組が市場を独占してしまう。ネットワーク外部性の働くところでは、独占が発生しやすい。実際パソコン市場では、Microsoft社とIntel社のウインテル連合が市場を独占的に支配した。Apple社のMacintoshにも存在感はあった。しかし結局は「閉鎖的な仲間」の地位に留まる。

この独占現象は、それぞれの製品の優劣とはあまり関係がない。一度シェアが上回ると、シェアが上だという理由で、ますますシェアが上がっていくからである。したがって敗者復活が難しい。そうすると、市場への新規参入意欲が弱まってしまう。結果として産業活動が衰退するおそれがある。

独占を破るためには勝負を別の土俵に移すことが有効

ネットワーク外部性による独占は、同じタイプの優れた製品の投入では、なかなか破れない。シェアが上だという理由で、ますますシェアが上がってしまうからだ。

同じタイプの製品では勝負せず、勝負を別の土俵に移す。ネットワーク外部性が働いている場では、この戦略が有効である。モジュール化の活用でもある。

1990年代の半ばに、Webブラウザ（閲覧ソフト）が登場する。WebブラウザはWebサイトを閲覧するためのソフトウェアである。けれども、自分のパソコンに保存されているファイルをWebサイトと同様に扱い、Webサイトを訪れるのと同じ感覚で自分のファイルにもアクセスできる。

一般のパソコン・ユーザーにとってOSは、ファイルにアクセスするための画面として機能している。同じことがWebブラウザでできるなら、OS画面は開かず、ブラウザ画面を開いて、ファイルにアクセスしたり、Webサイトを見に行ったりすればよい。こうすると、ユーザーにとってのパソコン・インタフェースは、OSからWebブラウザに移る。

WebブラウザがいろいろなOSに移植されていれば、OSの違うパソコンを使っているユーザーであっても、同じブラウザ画面を見ながら、同じ操作でパソコンを扱える。一般ユーザーにとってはOSが何かはいつでもよくなり、どのWebブラウザが使いやすいか、に関心が移る。

これは、Webブラウザという新しいモジュールをシステムに追加し、これをユーザー・インタフェースとして、OSをユーザーからは見えなくしてしまうという戦略である。勝負の土俵をOSからWebブラウザに移すことによって、OS独占の意味を小さくする。

Web ブラウザ市場で一時期、米 Netscape Communications 社の「Netscape Navigator」は 90% 近いシェアを獲得した。危険を察知した Microsoft 社は、必死に Netscape 社に対抗する。独占禁止法による訴訟を世界各地で経験しながら、結局は Microsoft 社が勝利する。しかし、この過程は逆に、勝負の土俵を移すことが、ネットワーク外部性による独占の克服に有効であることを示している。

「iPhone」などによる Apple 社の再浮上も、全く別の新しい競争の場を創造した結果とみることができる。実際、スマートフォン（スマホ）では、マイクロプロセッサも OS もパソコンとは別物である。この市場で活躍している企業も、パソコン市場とは様変わりとなった。さしものウインテル連合もスマホ市場では影が薄い。

パソコンからスマホへの舞台の転換、そこで活躍する役者の交代、これらのダイナミックな動きのなかに、日本企業はほとんど登場しない。

非営利活動が独占を破ることがある

Windows の独占を多少なりとも破ったのは「Linux（リナックス）」だろう。それを開発したのは非営利のコミュニティである。「面白い」という理由で一学生が開発し公開したソフトウェアを、何千人という技術者がよってたかって改良・発展させてしまった。ここまでの段階では金銭のやりとりはなく、みなボランティアだ。報酬は一種の尊敬である。仲間に認められること、これがうれしくて、このネットワークに参加する。

だが結果として優れたソフトウェアが出来たとなれば、それは商品になり得る。Linux の周辺に新しいビジネスが生まれた。企業向け基本ソフトウェアとして、Linux はかなり大きな存在となる。非営利のボランティア活動が市場経済側の企業活動を刺激し、新しい産業が創造された例である。

TRON（The Realtime Operating system Nucleus）の場合もオープンな開発体制であり、利用も無償だ。主に組み込み型 OS として使われている。ここでも非営利活動と営利事業の交流がある。

Linux の例に見るように、独占の発生しやすい水平分業に非営利組織（大学も含む）が加わるこの意味は大きい。非営利なら、市場での成功とは違う価値を求めて研究開発に励むことができる。その成果を営利企業が活用できれば、水平分業の活力が高められる。

ただし非営利活動と営利活動の関係は微妙らしい。営利活動は、非営利活動の成果に依存している。非営利活動の成果は無償で公開されているからである。しかし非営利活動にある種の「敬意」を払わないと、営利事業がスムーズでなくなるという。一方、営利事業が活発化することは、非営利活動にとっても大きな支援となる。

- ・ 次回に続く （2014/02/20 公開予定）

<http://techon.nikkeibp.co.jp/article/COLUMN/20131225/324816/?P=4>

日本の DRAM、「安すぎる」と非難され、やがて「高すぎて」売れなくなる

汎用コンピュータの覇権をパソコンで失った理由

2014/02/20 00:00

西村吉雄 = 技術ジャーナリスト

1970年9月、米IBM社は同社汎用コンピュータの最新鋭機「システム/370モデル145」のメイン・メモリ（主記憶）に、半導体メモリを採用すると発表した。半導体業界の人々には、この発表は「神の再臨を告げるトランペットのように聞こえただろう」[「米IBM社 ICメモリーに全力投球」、『日経エレクトロニクス』、1970年12月1日号（特別情報版）、pp.38-39（原典はElectronics, Oct. 12, 1970）]。半導体集積回路産業に、コンピュータ・メモリという大市場が、こうして出現する。

当時のコンピュータのメイン・メモリには、主に磁気コア・メモリが使われていた。これが1970年代になって、半導体メモリで置き換えられていく。

DRAMが主役となり、ムーアの法則に従って進歩

半導体メモリのなかでも、MOS型のDRAM（ダイナミック・ランダム・アクセス・メモリ）が、メイン・メモリの主役となり、大市場を形成する。この市場を最初に制したのは、米国の半導体メーカーである。1970年代は米国のシェアが最大だ（図1）。

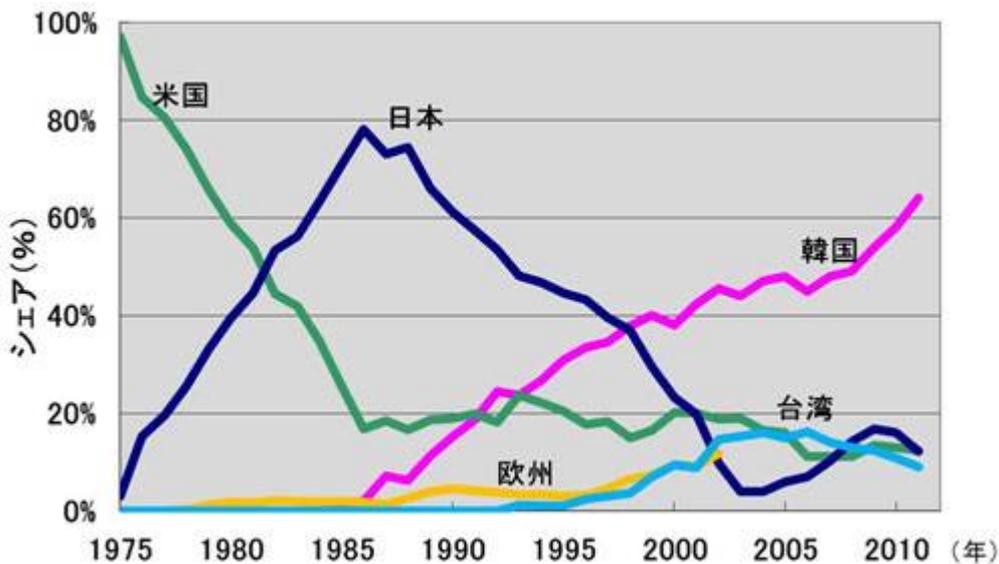


図1 DRAMの地域別シェア推移

出典：湯之上、「エルピーダとは一体何だったのか」、JBpress、2012年4月5日（原データはデータクエスト） [\[画像のクリックで拡大表示\]](#)

米Intel社が世に出した1Kビットの「1103」が事実上、最初のDRAM製品と言えよう。以後しばらくは、平均すると3年ごとに4倍のビット数のDRAMが次々に世代交代して市場を制した。1Kビット時代の覇者は当然Intel社である。4Kビットでは米Texas Instruments社、16Kビットでは米Mostek社が、DRAMのトップ・サプライヤーとなる。

3年ごとに記憶容量4倍のDRAMが登場することによって、DRAMはムーアの法則を可視化し、世に広めた。ムーアの法則の原型を確認しておこう。

後にIntel社の創業者の一人となるGordon E. Moore氏は、集積回路の集積密度の増加傾向を経験的に整理し、1965年に発表した[Moore, "Cramming More Components onto Integrated Circuits," Electronics, Apr. 15, 1965, pp.114-117]。その後やや修正され、集積回路の1チップに載る素子数は18カ月ごとに2倍になると表現された。これがムーアの法則である。18カ月に2倍は3年で4

倍に相当する。例えばメモリなら、1チップのビット数が3年で4倍の割合で増えていく。これは長く当てはまり、ムーアの法則の権威を高めた。3年で4倍は10年で100倍である。それが30年以上続いている。30年なら100万倍だ。

1980年代にはDRAMシェアで日本がトップに

1970年代の後半からDRAM市場で日本メーカーの急成長が始まる。1980年代初頭には米国を抜き、日本のシェアが首位になる。64Kビット時代には日立製作所、256Kビットでは日本電気（NEC）、1Mビットでは東芝と、次々に交代しながらも日本メーカーがトップ・サプライヤーの地位を占めた。世界のDRAM市場における日本企業のシェアは、1986年には80%に達する。しかしそこが頂点で、以後、急速にシェアを落としていく（図1）。ここでも変化は1980年代半ばだ。1990年代の後半に韓国が日本を抜き、韓国のシェアは、いまや60%を超える。

1985年にはIntel社がDRAMから撤退、マイクロプロセッサに事業を集中する。「本当は撤退したくなかった。なにしろメモリーを作りたくてIntelを創業したのだから」。同社創業者の一人、故Robert Noyce氏は私に、悔しそうにそう語ったことがある。

日本製DRAMの信頼性が高いことを米国ユーザーが実証

1980年代の前半に、日本のDRAMは信頼性が高いという評価を得た。日本製DRAM躍進の最大の理由は、この高信頼性の実現である。

半導体メモリの当時の最大市場は、既に触れたように汎用コンピュータだった。汎用コンピュータは数億円もする。短期間に買い換える製品ではない。部品には高い信頼性を要求した。そのうえメイン・メモリの容量が大きい。当然、大量のDRAMチップを実装する。わずかでもチップが故障すると、故障チップを見つけるだけでもやっかいだ。

また当時のメモリ市場に、電子交換機があった。1970～1980年代には、交換機の電子化が進む。電子交換機の内実はプログラム内蔵方式のコンピュータである。通信分野は、汎用コンピュータに劣らず、高い信頼性をDRAMチップに求めた。

日本の半導体業界は「信頼性をつくり込む」という手法で対応する。検査段階で不良品を排除するのではなく、そもそも不良品を出さないよう、製造工程を工夫する。信頼性が上がるだけでなく、歩留まりも上がって生産性が向上する。だから結果的に、チップを安く供給できる。数年後にダンピングとして非難されるほど、日本製DRAMは品質の割に安かった。

この手法をNECの技術者が、1980年3月、米国の技術雑誌に発表した[Goto, et al, "How Japanese Manufacturers Achieve High IC Reliability, " Electronics, Mar. 13, 1980, pp.140-147]。時を合わせるかのように、日本電子機械工業会（英文略称はEIAJ、日本電子情報技術産業協会JEITAの前身）が、1980年3月25日に米国ワシントンでセミナーを開く。

「受け入れ検査において日本製DRAMのほうが米国製より良品率が高い」。米Hewlett-Packard社の担当者がセミナーの席で、こう発表した [Anderson, 「日本における成功の方式——品質とは即ち競争である」、『品質管理：日本の高生産性の鍵』（ワシントン・セミナー報告書）、日本電子機械工

業会、1980年3月25日、pp.32-41]。日本製半導体メモリの信頼性が高いことを、米国ユーザーが実証してくれたのである。

生徒が先生を超える

反響は大きかった。前記技術雑誌『Electronics』の編集部は、次のようなコメントを載せた。「奇妙なことが起こった。日本の半導体メーカーがアメリカ人に品質管理について教えに来た。そしてその教えが正しいことを、アメリカ人が証明する。もともと日本は、品質管理を米国から学んだはずだ。生徒が先生を超えた」[Editorial, "Outshining the Teacher ?," Electronics, Apr. 10, 1980, p.24]。

上記の品質管理を日本に教えたのは William Edwards Deming 氏とされている。Deming 氏は 1946 年以来、たびたび来日して講演する。1950 年の滞日中、朝鮮戦争が勃発した。この連載の第 2 回で述べたように、朝鮮戦争は米国の対日政策を変える。日本を「反共の防波堤」「アジアの工場」と位置づけ、安くて質の良い工業製品の供給基地として、日本を米国の軍事目的に役立てようとした。

ここから発生した米国の軍事特需の基準を満たすため、日本の産業界は品質管理を追求するようになる。そして Deming 氏の教えを熱心に勉強した。1950 年の日本での Deming 氏の講義録は、日本科学技術連盟（日科技連）から本として出版される。みな、飛び付いたという。この本の売り上げに基づき、デミング賞が 1951 年に創設されている [中山、「3-6 品質管理の日本的展開」、『通史 日本の科学技術』、第 1 巻、学陽書房、1995 年、pp.269-276]。

完成後に欠陥を見つけるのではなく、欠陥を防止せよと Deming 氏は説く。この Deming 氏の主張は当時の米国では受け入れられていない。しかし日本の半導体業界は Deming 氏の教えに忠実だった。

米国の DRAM ユーザーは日本製を支持する。日本製の DRAM は米国市場でのシェアを上げる。それは偉大なる成功だった。「安かろう悪かろう」だった日本製品が、DRAM という最先端ハイテク分野において、「値段の割に質の良い」製品となり、米国製品を凌駕する。大成功というほかない。しかしこの大成功が、後年の日本半導体産業の凋落を準備する。「成功は失敗のもと」でもある。

冷戦の脅威が薄らぐなか、米国の対日政策が変化

上記の日本半導体産業の品質管理の成功は、さかのぼれば米国が日本を「アジアの工場」として利用しようとしたことがきっかけである。その米国政策に応じて、日本の産業界は Deming 氏の教えを学んだ。1950 年から始まったその米国政策は、1985 年に終わる。米国の長期・短期の対日政策が 1985 年に同時に変化したことを、この連載の第 2 回で指摘した。加えて DRAM 市場も 1985 年に変化した（後述）。そのとき日本の DRAM 産業は絶頂に達し、以後は急速にシェアを落としていく（図 1）。

米国の対日政策変化を要約しておこう。冷戦を前提とする日本の工業力強化（「アジアの工場」として日本を利用するため）という長期政策と、レーガノミックスによる円安（強いアメリカの演出）という短期政策、長短二つのこの米国政策が、1985 年に二つとも転機を迎える。東西冷戦の脅威が薄らいだからである。日本の工業力を強化から抑制へ、そして円安から円高へ、1985 年を境に米国政策は、こう変わった。

米国政策変化の影響はテレビや VTR と違う

連載第 2 回で見たように、テレビや VTR などの民生用電子機器の輸出は、1985 年までは急増し、以

後は急減している（図 2）。半導体（集積回路）の輸出も 1985 年には急減した。しかし集積回路の輸出は 3 年後には増加に転じる。テレビや VTR の輸出は 1985 年以後、回復することはなかった。この点、集積回路は違う。

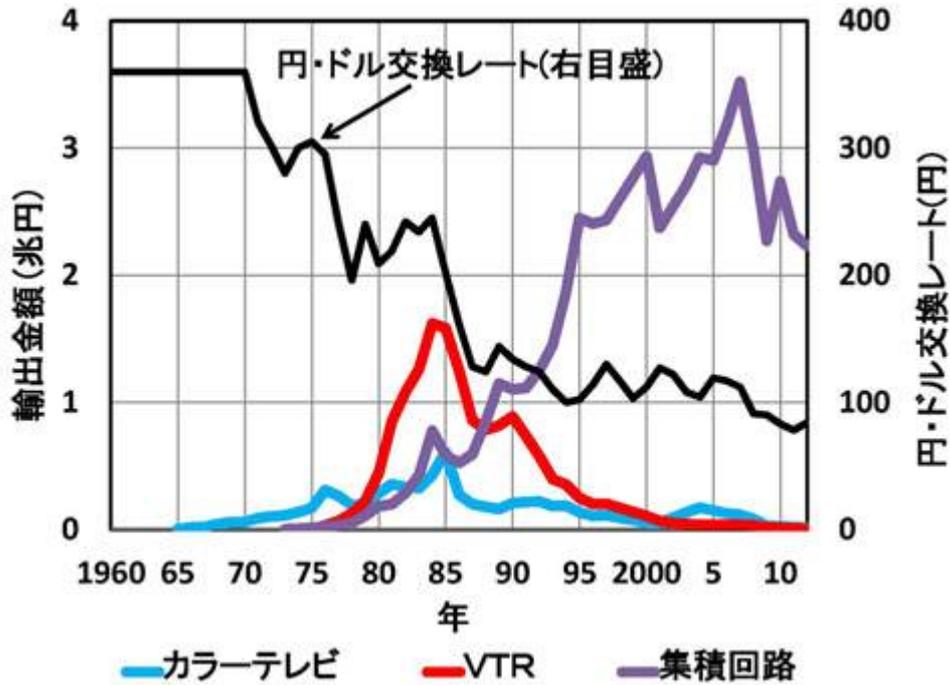


図 2 カラーテレビ, VTR, 集積回路の輸出と為替レート

資料：経済産業省機械統計、財務省通関統計など [画像のクリックで拡大表示]

その後、乱高下を繰り返しながらも、集積回路の生産や輸出は伸び続ける（図 3）。21 世紀に入ってから輸出は伸びた。輸出の減少傾向が顕著になるのは 2007 年を過ぎてからである。それでも 2012 年時点でさえ、集積回路の輸出は 2 兆円を超えている。全盛期 1985 年前後の VTR の輸出は 1 兆 6000 億円ほどだ。VTR はかつて、民生用電子機器輸出の王者だった。その王者 VTR の全盛期の輸出より、2012 年の集積回路の輸出は大きいのだ。

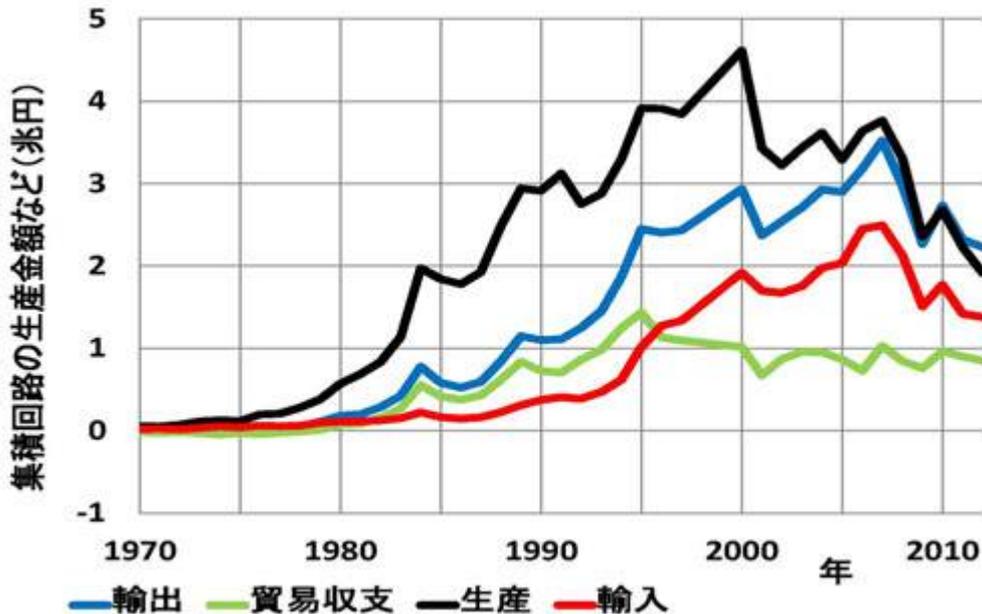


図3 日本の集積回路の生産・輸出・輸入・貿易収支

資料：経済産業省機械統計、財務省貿易統計 [\[画像のクリックで拡大表示\]](#)

集積回路の生産と輸出が急増し、半導体貿易摩擦を引き起こすきっかけとなったのは1984年である。そのときの集積回路輸出金額は約7800億円、貿易黒字は約5500億円に過ぎない。どちらについても2012年の値の方がはるかに大きい。

2012年に集積回路産業は1兆円近い貿易黒字を確保した。これに対してコンピュータ関連製品は約1兆4600億円の赤字、通信機器も約1兆5400億円の赤字である。半導体は貿易では健闘していると言うべきだろう。

その2012年、日本の半導体産業は瀕死状態とみなされている。貿易動向だけで議論できるわけではないが、日本の半導体産業は不当におとしめられている、そう言えなくもない。ただしそれぞれの企業にとって、半導体事業が利益をあげているかどうか、これは別の問題である。これこそが最大の問題かもしれない。

米国半導体業界は日本製メモリの価格をダンピングとして提訴

先を急ぎすぎた。1980年代に戻ろう。日米貿易摩擦は鉄鋼やカラーテレビなどで、1980年代以前から始まっている。けれども先に述べた米国の政策転換以後、摩擦が激化する。日米半導体貿易摩擦は、まさに、そのときに起こった。

1985年、米国の半導体工業会（SIA = Semiconductor Industry Association）は、日本を米国通商代表部（USTR）に提訴する。「日本の半導体産業は、日本国内の閉鎖的市場構造を背景に、過大な設備投資を行い、安値輸出をして米半導体産業に被害を与えている」とした。要求は、日本国内における米国系シェアの上昇と、ダンピング防止のための諸措置、である。また同じ1985年に、米国半導体メーカーは、日本のメモリ輸出価格をダンピングとし、商務省に提訴した。

日本製品の品質は「不良品を出さないように製造工程を工夫する」ことによっている（それはDeming氏の教えだ）。そうすると生産性も上がる。だから安くできる。これが日本側の主張だった。しかし米国側は品質と生産性を対立概念とし、高品質の日本製品の価格をダンピングとする主張を譲らない。これらを受け、1986年9月に日米半導体協定が締結される。

価格監視制度と円高が日本製DRAMを高価格に誘導

日米半導体協定は価格監視制度（Fair Market Value）を導入した。それぞれの時点で、量産規模に応じた製造コストに適正な利潤をのせる。こうして決めた適正価格以下で販売してはいけない、とする。これが価格を下支えし、結果として日本企業のメモリ・ビジネスは大いに儲かったはずだ。

同時に韓国の半導体メーカーがメモリ市場に参入するのを助けた。価格監視は韓国製品には適用されなかったからである。韓国は日米半導体協定の受益者だった [伊丹ほか、『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、p.22]。

ただし、日本製DRAMが韓国製品に比べて高価になった原因は、ほかにもある。一つは円高である。1985年の「プラザ合意」以後の3年間で、1米ドル=240円から120円にまで、円高が進んだ。日本

の集積回路輸出は 1985 年からの 3 年間は減少する（図 2）。この時期の輸出に円高の影響があったことは確かだろう。

けれども円高の影響を過大にみるべきではない。同じ図 2 に見るように、1985 年から 3 年間の円高のときを除けば、集積回路輸出と為替レートに関係があるようには見えない。テレビと VTR の輸出は 1985 年以後、回復しない。これも円高とは関係がない。NEC、日立製作所、エルピーダメモリの営業利益率と為替レートに相関が見られないというデータもある [湯之上、『「電機・半導体」大崩壊の教訓』、日本文芸社、2012 年、p.87]。

外国製半導体シェアをめぐる攻防

日米半導体協定締結の際、日本の国内市場における外国製半導体製品のシェア上昇、これを事実上、約束する。「20%」という数値を「約束した、しない」で日米の争いが続いた。シェア数値の約束の有無はともかく、日本は官民を挙げて外国製半導体の輸入を増やす努力をした。そのための組織、「半導体国際交流センター」（略称 INSEC）までつくる。

しかし「一定の国内マーケットを供出するという数値目標は、さまざまなゆがみを日本の半導体企業の競争上の地位にもたらしたのである。その反省から、1994 年からの日米自動車交渉では、日本政府が自動車部品のアメリカからの輸入に関する数値目標の設定要求にがんとして応じない強い姿勢をとった、といわれている。日米半導体協定での失敗が大きな原因なのである」[伊丹ほか、前掲書、p.20]。半導体産業の失敗の教訓を、自動車産業は活かしたと言うべきか。

外国製半導体シェアの目安として、半導体の国内需要（内需）に占める輸入のシェアを、図 4 に示す。内需を「生産 + 輸入 - 輸出」とし、この内需に対する輸入の比率を「輸入シェア」とした。貿易摩擦当時の「外国製半導体シェア」の定義は、はっきりしていない。

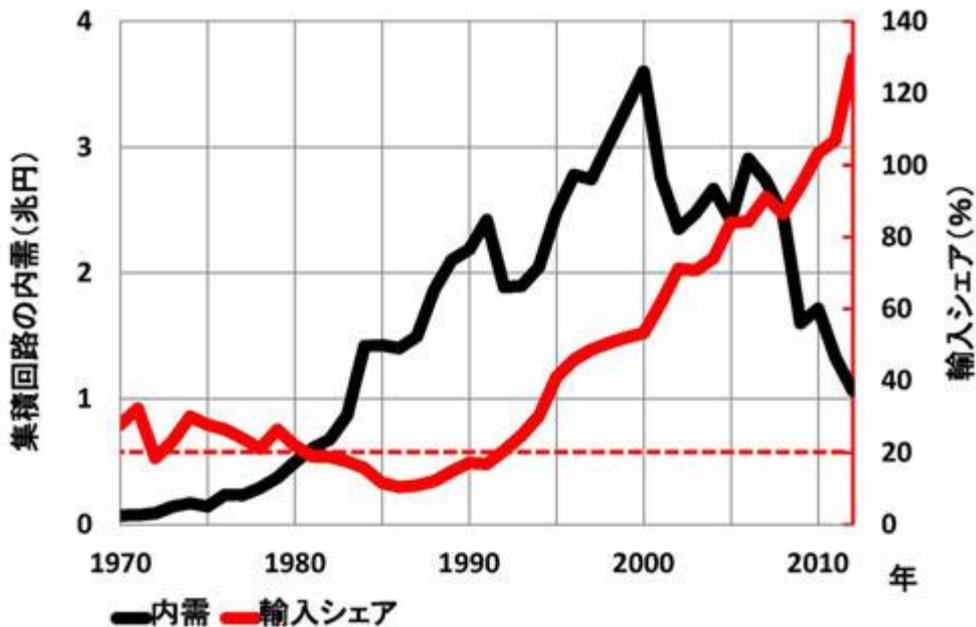


図 4 集積回路の内需と輸入シェアの推移

輸入シェアは輸入 / 内需、内需 = 生産 + 輸入 - 輸出として計算。資料：財務省貿易統計、経産省機械統計 [\[画像のクリックで拡大表示\]](#)

ともあれ図4に見るように1980年代は輸入シェアが確かに低い。1990年代初頭まで、輸入シェアは20%以下である。しかし1990年代初頭に20%を超え、以後は急速に上がっていく。

奇妙なことに2008年以後は、輸入シェアが100%を超えている。内需より輸入の方が多ということである。内需=生産+輸入-輸出だから、輸入>内需は、輸出>生産を意味する。

たしかに図3に見るように、近年は輸出が生産を上回っている。常識的には奇妙である。こうなる可能性はいくつか考えられる。一つは生産と輸出の時間差である。生産が大きかったときの製品を在庫として抱え、何年か後に輸出する。そのときは生産が落ち込んでいて、同一年で比較すると、輸出が生産より大きくなる。

輸入品が再輸出されている可能性もある。一種の中継貿易である。例えば外国製半導体製品を輸入して検査したうえ、自社の電子機器を製造している外国工場へ向けて輸出する。

海外ファウンドリの利用増大も関係しているかもしれない。国内生産は確実に減少するし、輸入が増える可能性も高いからである。

いずれにしても背景にあるのは、日本国内における半導体需要の減少である(図4)。それは電子機器の国内生産減少を意味している。

日米半導体協定は1996年に終結

日米半導体貿易摩擦の最盛期は1980年代半ばから後半にかけてである。1985年の半導体売り上げランキングで、初めて日本企業(NEC)が首位となる。さらに1986年には世界半導体市場のシェア争いにおいて、日本が米国を抜いてトップになった(図5)。

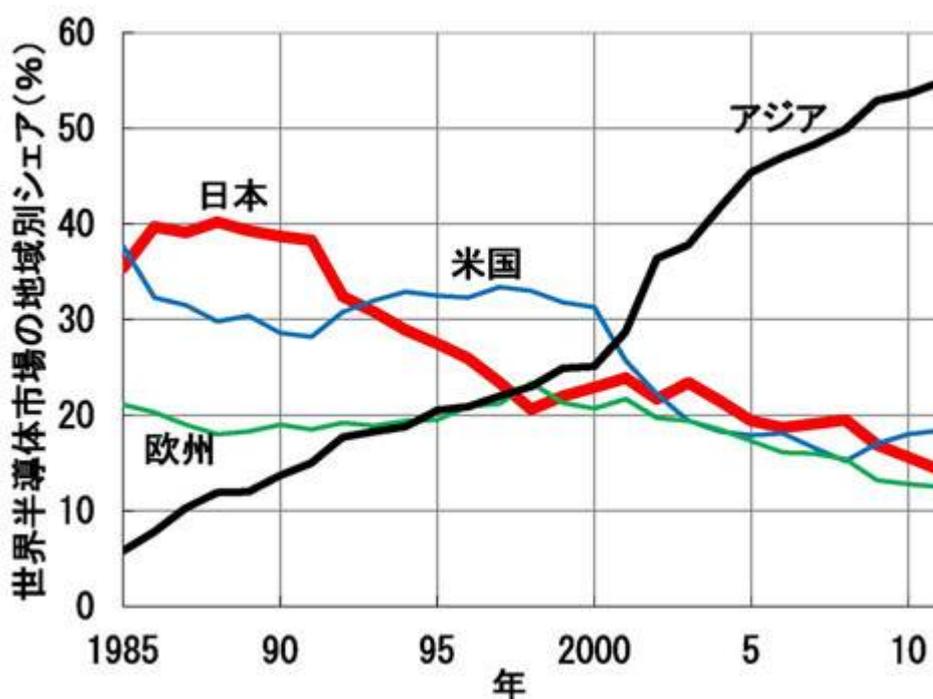


図5 世界半導体市場の地域別シェア推移

資料：世界半導体統計(WSTS) [画像のクリックで拡大表示]

今や昔。この日本半導体メーカーの隆盛も、1990年代になるとすっかり様変わりする。日本企業のシェアは長期低落を続ける。1993年には米国系企業の合計シェアが日本企業の合計シェアを抜き返す(図5)。半導体メーカー・ランキングの首位にはIntel社が座り続けている。

ただし以上の日米シェア争いは、2000年以後になると、ほとんど無意味だ。世界半導体市場における日米欧のシェアには、あまり差がなくなり、長期低迷が続く。伸びているのはアジア市場であり、そのシェアは日米欧の合計より大きい(図5)。

ここでいうシェアは、半導体「市場」のシェアである。「半導体がどこで消費されているか」に関するシェア争いだ。図5が示しているのは、半導体が圧倒的に(日本を除く)アジアで消費されているという事実である。半導体を組み込む機器が作られている場所、それはいまやアジアなのだ。

1996年、日米半導体協定は役目を終えて終結した。

DRAM市場が汎用コンピュータからパソコンに転換

先に触れたように、長短二つの米国対日政策変化に加え、DRAM市場が1980年代半ばに大きく変化した。それはDRAMを搭載する機器の主役が、汎用コンピュータからパーソナル・コンピュータ(パソコン)に交代したことである。

1981年、汎用コンピュータの盟主IBM社がパソコン(IBM-PC)を発売、パソコン時代の到来を告げた。1984年には米Apple社の「Macintosh」、1985年に米Microsoft社の「Windows」の原型が登場し、本当に個人向けのコンピュータが、市場で大きな存在になっていく。

この転換は、世界市場では1980年代の半ばごろから顕著になる。連載の前回(2013年12月23日号)で述べたように日本では少し遅れ、1990年代の前半に、パソコンが汎用コンピュータを生産金額で追い抜いた(図6)。

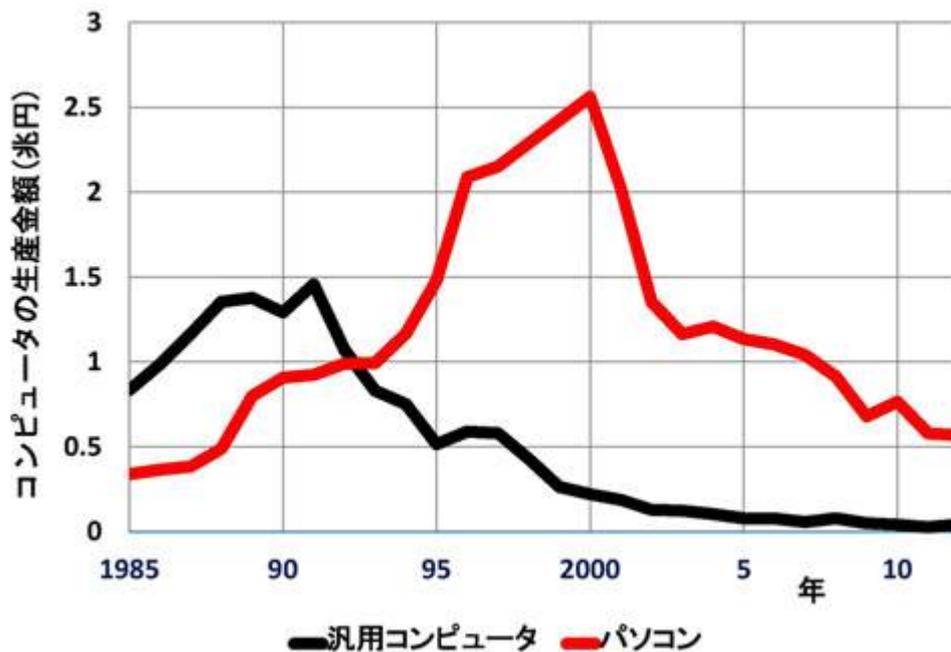


図6 汎用コンピュータとパソコンの生産金額推移

資料：経済産業省機械統計 [\[画像のクリックで拡大表示\]](#)

パソコンが個人に売れるようになるにつれて、パソコン向けのメモリ市場も成長し始める。一つ一つのパソコンに搭載される DRAM 容量は、たいした大きさではない。しかしパソコンは数が出る。DRAM 市場も、主役は汎用コンピュータからパソコンへと転換していった。

パソコン向け DRAM に汎用コンピュータ向けと同等の信頼性は不要

パソコンは個人が買う道具である。安くなければ売れない。それに進歩が激しい。次から次へと新しい高性能機種が、安い値段で登場する。新しい機種は、性能が上がっているのに、値段は安い。それはムーアの法則の帰結でもある。新しいパソコンでないと、できないことが次々に出てくる。この状況の下では、同じパソコンを 5 年以上も使い続けることは難しい。

となればパソコンに搭載する DRAM も、5 年以上の寿命は要らない。こうして DRAM に要求される信頼性のレベルが、汎用コンピュータ用とパソコン用では違ってくる。その代わりに、低価格の要求は、パソコンでは、はるかにきびしい。

この状況にまず対応したのは米 Micron Technology 社である。Samsung Electronics 社を筆頭に、韓国メーカーも追随した。各社はパソコン向けの安い DRAM を大量生産する。日本の DRAM メーカーは対応できなかった。汎用コンピュータ向けの高信頼性の製品で成功、この成功体験から抜け出せない [湯之上、「技術力から見た日本半導体産業の国際競争力——日本は技術的を外している」、『日経マイクロデバイス』、2005 年 10 月号、pp.50-59] 。

イノベーションのジレンマ

汎用コンピュータ向けの長寿命 DRAM 市場で、日本企業は成功した。その同じ日本企業が、パソコン向けの安い DRAM という新市場に対応できなかった。この現象は「イノベーションのジレンマ」の好例、という指摘がある [湯野上、『日本「半導体」敗戦』、光文社、2009 年]。同感である。

既存市場で成功している優良企業には、破壊的イノベーションの実践は難しい。破壊的イノベーションによって新市場を開拓するのは新興企業であることが多い。これが「イノベーションのジレンマ」の中核概念である [クリステンセン、『イノベーションのジレンマ』、翔泳社、2000 年]。汎用コンピュータ向けの長寿命 DRAM で成功した日本企業は、寿命は短い安い DRAM という新市場（パソコン向け DRAM）に対応できなかった。

日本の DRAM メーカーが成功していたころ、得意先は汎用コンピュータ・メーカーだった。上得意に御用聞きに行く。「今後どんな DRAM をお望みですか」。答は必ず、こうだ。「長寿命で高性能の DRAM が欲しい」。そこで日本の DRAM メーカーは、もっと長寿命で高性能の DRAM を実現すべく、開発に励む。

しかし DRAM 市場の主役は、汎用コンピュータからパソコンに交代していく。新しい主役パソコンは DRAM に長寿命を求めず、低価格を求める。けれども日本の DRAM メーカーは長寿命品の追求をやめられない。なぜなら上得意が長寿命品を求めるからである。しかしその上得意は、DRAM 市場ではマイナーな存在になっていく。結果的に高価格となってしまった日本製の長寿命品は、新市場（パソコン向け DRAM 市場）には受け入れてもらえない。

Micron 社や Samsung Electronics 社はパソコン向けに、寿命は短いが高価格の DRAM を売り出し、やがて市場では日本製品を圧倒する。日本メーカーは汎用コンピュータ向けの長寿命製品で成功しすぎたため、パソコン向けの低価格品が作れない。

性能（ここでは寿命）で劣る新製品が、別の特徴（ここでは低価格）を評価され、新市場を開拓する。たしかに「イノベーションのジレンマ」の好例と言えよう。

日本の技術者は減価償却のコスト意識が低いのではないか

「経営、戦略、コスト競争力で負けた」「技術では負けていなかった」。日本半導体産業の言い分は、この2点に集約されるという [『日本「半導体」敗戦』、pp.40-41]。そこには、技術とコストを別物とする考えがひそんでいる。Micron 社も韓国メーカーも、粗悪品を作ったのではない。市場が要求しないところを切り落とし、市場が望む安い製品の大量生産を実現したのである。そのためには高い技術力と経営力が要る。

製造コストを考えるうえで、日本のエンジニアは一般に、減価償却についてのコスト意識が低いのではないか、この思いを私は捨てられないでいる。日本人技術者は、ランニング・コスト（変動費）は強く意識している。それに比べると資本コスト（固定費）は、技術の問題ではなく経営の問題としているような気がする。変動費を減らすのと固定費を減らすのとで、どちらがトータル・コストに効くか、そのためには何をすべきか、これは確かに経営選択の問題ではある。しかし選択結果を実行できるかどうか、それは技術の問題となる。エンジニア自身が、減価償却コスト（資本コスト）を常に意識していないと、実行力に問題が生じる。

例えば日本の半導体エンジニアは歩留まり向上には熱心だ。けれども減価償却コストを勘定に入れば、歩留まりを下げてでもスループット（単位時間当たりの処理量）を上げた方が、トータル・コストが安くなることがある。こういう方向に技術を用いることをせず、やみくもに歩留まりを上げようとする。私には、そう感じられてならない。

韓国の半導体メーカーにスカウトされた日本人技術者は驚く。新しい半導体工場を立ち上げる際、韓国メーカーは、建屋が出来ると掃除もそうそうに装置の搬入を始めるという。すぐにクリーンルームをフル稼働し、高価なフィルタを使い捨てながら、一刻も早く製品を出荷しようとする。投下資本が寝ている時間を短くするためだ。そのためにはフィルタなどのランニング・コストには目をつぶる。

日本の半導体メーカーなら、きれいに清掃した工場に、しずしずと装置を搬入し、ゆっくりと慣らし運転をしてから、テスト・ウエハーを流し始める。

また日本の半導体メーカーは製造装置購入の際、微細化性能を重視する。これに対して韓国や台湾の半導体メーカーは、装置のスループットと稼働率を何より重視するという [『日本「半導体」敗戦』、p.160]。

コストを無視して高品質を追求する姿勢が日本に醸成される

日本企業は、最初から高価格製品しか作れなかったわけではない。1980 年代前半の日本製 DRAM は「質が良いのに安い」製品だった。むしろ安すぎる製品だった。なにしろ米国の政府と半導体業界は、日本製 DRAM の価格を、ダンピングと非難したのだから。

日本製 DRAM は、品質の割に「安すぎる」と非難された。何年か後、「高すぎる」と言われて売れなくなる。「安すぎる」から「高すぎる」への変化、そして「高すぎる」製品しか作れなくなってしまうこと、これが日本 DRAM 産業の衰退の原因である。

DRAM 市場が汎用コンピュータ向けからパソコン向けに変わり、市場の要求が高品質から低価格にシフトしても、日本企業は対応できなかった。その原因の第一は、先に述べた「イノベーションのジレンマ」だろう。加えて次のような事情もある。

貿易摩擦の渦中でのダンピング非難と価格監視は、安く作る意欲を日本企業から減退させた可能性がある。安く作っても、ほめられるどころか、非難される。「それならコストなんか無視して、ひたすら高性能・高品質を追求しよう」。そうなっても不思議ではない。

ダンピングと非難された日本の半導体技術者たちの間に、「良いものを安く売ってなにが悪い」といった気分が生じた。「安く作っちゃ、いけねーのかよ」という、うらみも聞かれた。製造コストを下げ、製品を安くする。工業製品を製造するなら当然のこの努力、これを続けることに、日本の技術者たちが徒労感を感じるようになる。この可能性を否定できないと私は考えている。

というのは、低価格製品から高付加価値製品へという方向への転換は、日本産業界全体の課題と当時は考えられていたからである。

バブル経済の興隆と崩壊

プラザ合意後の激しい円高は、日本製品の輸出不振による景気悪化をもたらす恐れがあった。これを懸念し、また諸外国からの要求にも応えるため、金融緩和をはじめとする広範な内需拡大策を日本政府は実施する。これがバブル経済を招く。半導体貿易摩擦と同時期の 1980 年代後半、日本経済はバブルの熱狂へとなだれ込んでいく。

不動産価格や株価が高騰する。証券会社に勤めて 2 年目の娘のボーナスが、メーカー勤続 30 年の父親のボーナスを上回る。こんな話が週刊誌に躍る。理工系学生がメーカーへの就職を嫌い、銀行や証券会社に行きたがる。受験生は理工系を敬遠する。

高級車の輸入が激増、国産車でも高級車がよく売れた。「低価格から高付加価値へ」、これが日本産業の方向として、一種の合い言葉となる。「質の割に安い工業製品の輸出」によって成長するという、日本産業の工業化路線の限界、あるいは制度疲労、これが露呈し始めたということでもあった。

日本産業は工業化の方向での大成功の果てに、貿易摩擦と円高にさいなまれ、方向転換を模索しながら、バブル経済という空前の繁栄に身を委ねるほかなくなる。日本を売れば米国が買えると笑いながら、現実に日本企業は海外不動産を買いあさった。「ちびちびとしたコスト削減なんて、含み資産の値上がりでふっとぶよ」、そんな議論もあった。

やがて繁栄は泡と消える。日本経済は低迷を長く続けることになる。工業化からの方向転換を模索したが、脱工業化の方向に道を見いだしたわけではなく、方向感覚を失って今に至る。

2012 年、日本に DRAM メーカーはなくなる

日本の半導体メーカー各社は、1980 年代後半から DRAM 市場で急速にシェアを落としていく。DRAM 事業が重荷になった各社は、DRAM 事業からの撤退を模索し始める。1999 年、日立製作所と NEC は

両社の DRAM 事業を統合し、エルピーダメモリを設立した。同年、富士通は汎用 DRAM 事業から撤退する。2001 年には東芝が DRAM 事業を Micron 社に売却する。さらに 2003 年、三菱電機の DRAM 事業をエルピーダが吸収した。こうして日本の DRAM メーカーは、エルピーダ 1 社となる。

しかしそのエルピーダも、2012 年に経営破綻し、Micron 社に買収される。社長交代、外国からの資金導入、台湾企業との提携、日本の公的資金による救済など、破綻に至るまでのエルピーダには紆余曲折があった。

2012 年のエルピーダの破綻で、日本には DRAM メーカーがなくなる。欧州にもない。米国には Micron 社 1 社が残る。世界の DRAM 市場を制しているのは韓国である。台湾メーカーも、わずかに残る。これが 2012 年以後の状況である。

韓国は米国との貿易摩擦をなぜ回避できたか

1970 年代後半に DRAM 市場に参入した日本企業は 10 年後には米国と貿易摩擦を起こす。ところが韓国メーカーは米国との貿易摩擦をほとんど経験せず、1980 年代後半から現在までシェアを伸ばし続けている（図 1）。これが可能だったのはなぜか。

既に述べたように韓国メーカーはパソコン向け DRAM に注力する。1980 年代後半、パソコンの主たる生産地は台湾をはじめとするアジアになっていた（連載第 4 回）。したがって韓国製 DRAM の輸出先はアジアが多くなる [藤原、「隠れた勝者：韓国逆転のメカニズム」、伊丹ほか、『なぜ三つの逆転は起こったか』、NTT 出版、1995 年、pp.255-288]。米国との貿易摩擦は起こりにくい。汎用コンピュータに向け、主に米国に DRAM を輸出した日本との違いが、そこにある。

もちろん米国は、韓国製 DRAM が搭載されたパソコンを輸入する。けれどもかなりの比率で、それらのパソコンは米国ブランドである。DRAM 貿易摩擦にはなりにくい。また米国企業は DRAM からしだいに撤退する。さらに長期的には、DRAM にかぎらず半導体の消費市場はアジアへアジアへと移っていく（図 5）。米国が半導体輸入に神経を尖らせる状況は、構造的に解消していった。

5 年以上も壊れない機器は「遅れた技術思想」の産物か

同じパソコンを 5 年以上使い続ける人は、あまりいない。長寿命の半導体メモリはパソコンには無用である。汎用コンピュータ向けの長寿命品は、パソコンには過剰品質ということになる。これはパソコンと半導体メモリに限った話ではない。

電子情報通信分野のあらゆる製品の中核に、集積回路が位置している。その集積回路はムーアの法則に従って進歩する。ハードウェアのコストパフォーマンスは 3 年で 4 倍になると考えてもいいだろう。それなら同じハードウェアを 5 年以上使い続けられない方がいい。それはパソコンに限らない。ハードウェアは 4~5 年動けばいい、これがムーアの法則からの帰結となる。

これを前提に、グーグル日本法人の社長だった村上憲郎氏は、次のように言い切る。「ムーアの法則に代表される ICT 技術の進歩から見れば、少なくとも ICT に限っていえば、5 年以上も故障しない機器は過剰品質である。5 年以上も故障させない保全是過剰保全である。それは遅れた技術思想である。『安心安全』をキープしつつ、部分的に壊れながら 5 年間だけは動く製品と部分的に壊しながら 5 年間だけ

は完璧に運用できるシステムこそが、最先端である」 [村上、「Googleから見た日本 ICT 産業への苦言」、『電子情報通信学会誌』、Vol.94、2011年01月号、pp.2-6]。

経済合理性の観点からは、誠に正しいというほかない。さらに同氏は、この発想は技術屋からはなかなか出てこないとし、責任を製品企画部門・マーケティング部門に帰すべきだとする。「国内市場からの『安心安全』への過剰な要請、その国内市場からの要請のみに目を奪われて、その要請にこたえるべく滅多なことでは故障しない過剰品質で作られる製品と、その上その過剰品質の製品に更に過剰に施される保全の組み合わせを金科玉条のごとく踏襲し、技術部門に強制してきた製品企画部門・マーケティング部門こそ、発想の転換の遅れの元凶である」 [同上]。

Samsung Electronics 社のメモリ事業部では、1万3400人の社員のうちの230人が専任マーケッターである [湯之上、前掲書、p.68 (原データは『世界的半導体ファクトリーにおける人材戦略』、機械振興協会経済研究所 調査研究報告書、No. H17-1-1A、2006年3月、p.71)]。日本企業の対応する事業部だと、専任マーケッターは数人程度で、社内的地位も低いという [同上、pp.69-70]。DRAMマーケットの変化に対応できた Samsung 社と、できなかった日本企業、むべなるかな。

ムーアの法則がもたらす二ヒリズム

ハードウェアは4~5年で取り替えた方がいい。こういう考えが支配的な世界では、良い物を長く使おうとするのは「遅れた技術思想」になりかねない。だがそれは、ときに人心を荒廃させる。

顧客の要請に応じて、25年も壊れない製品をつくった。価格は、それほど高くせずに済んだ。顧客も喜んでくれた。ところがダンピングと非難されてしまう。それならと、コストを気にせずに高品質を追求した。そうしたら今度は、市場が変化していて、そんな製品は過剰品質だと非難される。「やっつけられねーよ」。技術者たちは、ふてくされる。

思えばこれは、いつものことである。新技術が旧製品を魅力のないものにする——人類史のほとんど全過程で、それは起こってきたはずだ。そしてそれは、人を幸せにするとは限らない。それでも技術は進歩する。そして人は、進歩した技術を使わざるを得ない。ある種の無力感、あるいは一種の二ヒリズムが忍び寄ってくる。そこにどう折り合いをつけるか。一般解は、おそらくない。

電子情報通信分野に限れば、問題の一つは半導体集積回路の進歩の速度だろう。3年で4倍、10年で100倍というムーアの法則は、人間の寿命に比べると、あまりに速い。ドッグイヤーと呼ばれるゆえんである。

近年、少し速度が遅くなる様子が見え隠れする。従来どおりの微細化を進めることが、技術・経済の両面で難しくなる。ムーアの法則が維持できなくなるかもしれない。そこで別の方策の模索が続く。この別の道を半導体業界では「More Than Moore」と呼び習わしている。

・ 次回に続く (2014/03/06 公開予定)

分業を嫌い続けた果ての産業衰退

世界の半導体産業では設計と製造の分業が進む

2014/03/06 00:00

西村吉雄 = 技術ジャーナリスト

1980年代後半ごろから電子産業では新たな分業がいくつか発展した。米 Apple 社の「iPhone」をめぐるグローバルな分業（本連載第3回）やパソコンにおける水平分業（同第4回）などが、その例である。そして半導体でも、設計と製造の分業が盛んになった。

ファブレスとファウンドリの分業

1980年代後半から半導体分野で、設計と製造を別の企業が担うという分業が発展する。半導体工場を持たないファブレスのチップ設計会社と、半導体製造サービスに特化したシリコン (Si)・ファウンドリによる分業、これが次第に広まる。

なおファブレス (fabless) という言葉は、「fabrication less」から来ている。「製造工場を持たない」という意味である。またファウンドリ (foundry) には本来、鋳物、鋳物工場という意味がある。「鋳物を鋳造するように、シリコンで半導体製品を製造する工場」といったところか。

純粹のファウンドリは自社ブランドの半導体製品を持たない。その意味で、ファウンドリはサービス業であって、メーカーではない。製品ブランドは発注者が持つ。製造工場を持っていなくても、「メーカー」は発注者である。製造者責任も発注者に帰する。

日本の半導体メーカーは、この設計と製造の分業を嫌った。設計と製造を統合した事業形態 (IDM = integrated device manufacturer) に最近まで固執し続ける。これが日本半導体産業の衰退の一因、私はそう考えている。

ファブレスとファウンドリの存在感が大きく

ファウンドリも含めた半導体売上高ランキングを米調査会社の IC Insights 社が例年発表している。その2012年の結果によると、1位は米 Intel 社で、売上高は491億米ドルだった["Pure-Play Foundries and Fabless Suppliers are Star Performers in Top 25, 2012 Semiconductor Supplier Ranking," IC Insights Research Bulletin, March 27, 2013]。

2位は韓国 Samsung Electronics 社で売上高は323億米ドルである。3位は台湾のファウンドリ TSMC (Taiwan Semiconductor Manufacturing Co. Ltd.) で、売上は172億米ドル、4位にはファブレスの米 Qualcomm 社が入り、売上は132億米ドルである。ファウンドリとファブレスが、それぞれ3位と4位を占めるに至っている。

同時に 2012 年、ファウンドリとファブレスの成長率が高く、統合メーカーは不調だった。中期的にもファウンドリとファブレスの成長率が統合メーカーより高いと、複数の調査会社が予測する。これまで統合メーカーだったところが、自社生産を減らし、ファウンドリへの生産委託を増やしていることが、この傾向を助長している。

さらにパソコンからモバイル機器への市場転換は、Intel 社の存在感を小さくし、ファブレス企業（特に Qualcomm 社）の躍進につながっている。ファブレスの躍進は当然ファウンドリに有利に働く。設計と製造の分業、すなわちファブレスとファウンドリの組み合わせは、存在感を、ますます大きくしている。

世界最大の半導体メーカーもファウンドリ事業を積極的に

半導体メーカー・ランキングの上位 2 社、Intel 社と Samsung Electronics 社は、設計と製造の統合を基本としてきた。Intel 社はパソコン向けマイクロプロセッサ、Samsung Electronics 社は同じくパソコン向けメモリーの最大手だ。その生産規模が自社生産ラインの償却を可能にしてきた。

しかし Samsung Electronics 社は大手ファウンドリでもある。同社の 2012 年の半導体事業の売り上げの伸びは前年比でマイナス 4% だったのに対し、ファウンドリ事業は倍増、世界第 3 位のファウンドリに躍進した ["Samsung Jumps to #3 in 2012 Foundry Ranking," IC Insights Research Bulletin, Jan. 15, 2013] 。

そのうえ世界最大の半導体メーカー Intel 社も、これからはファウンドリ事業に積極的に取り組む。2013 年 11 月 21 日の投資家向け説明会で、そう宣言したという [小島、「Intel、売り上げ首位を維持するも、「新事業」の製造受託に本腰」、Tech-On!、2013 年 11 月 26 日]。既に同年 2 月には、米 Altera 社が、同社将来製品の生産を Intel 社に委託している ["Altera to Build Next-Generation, High-Performance FPGAs on Intel's 14nm Tri-Gate Technology," Altera Press Release, Feb.25, 2013] 。

純粹の統合メーカー（IDM）は事実上、存在しなくなるということである。半導体産業における設計と製造の分業は、ここまできた。

半導体の設計と製造の分業についての私的な思い

半導体分野の設計と製造の分業について、私の思いは複雑である。自慢したい気持ちと悔しい気持ちとが相半ばする。

集積回路における設計と製造の分業には必然性がある。私がこう意識したのは1980年代の前半である。取材の場や学会などで気になることが起こっていた。集積回路の製造技術に従事している技術者と、同じ集積回路の設計者とは、興味や関心が、ひどく違ってきたのである。「設計技術者と製造技術者は、もはや文化が違い、コミュニティが違う」。こんな発言を国際会議で聞いて、この現象を私は記事にした〔西村、「設計-プロセスの分極が深刻化」、『日経エレクトロニクス』、1983年10月24日号、pp.88-92〕。

集積回路における設計と製造の関係は、雑誌の編集と印刷の関係に、よく似ている。このことに私はすぐ気づいた。私自身が当時は出版社に勤務し、雑誌の編集に従事していたからである。雑誌では、編集は出版社、印刷は印刷会社の分業となっている。その最大の理由は、印刷機の減価償却コストだ。それを巨大少数の印刷会社が担い、群小多数の出版社から印刷を受注して印刷機の稼働率を高め、印刷機コストを償却する。

集積回路の設計と製造も、同じ形の分業を採用したほうが合理的なのではないか。1980年代のなかごろには、こう考えるようになる。単行本〔『硅石器時代の技術と文明』、日本経済新聞社、1985年、および『半導体産業のゆくえ』、丸善、1995年〕でも、そう書いた。また講演などでも繰り返し、分業の必然を説いた。

1980年代の後半になると、集積回路における設計と製造の分業は、世界的に大きな潮流となる。世界の半導体産業は私の説く方向に動いていた。以上は一種の自慢話である。

しかし日本の半導体メーカーは、設計と製造の分業を嫌い続ける。「理屈ではあなたの言う通りだと思うよ。でもウチの会社じゃ無理だね」。何人かの半導体メーカー幹部が、私的な席では私にそう告げた。私の主張は、日本の半導体経営を動かすには至らなかった。そして日本の半導体産業は衰退して行く。

ジャーナリストとしての私の言葉の力が弱かったせいに違いない。今になって、無念にも私はそう思う。ここまで日本の半導体産業が衰退すると、さすがに悔しい。私の言葉はなぜ届かなかったのか。その反省を込め、半導体産業における設計と製造の分業を、産業構造の視点から考え直してみたい。

出版社と印刷会社の関係に似るファブレスとファウンドリの分業

設計と製造の分業は珍しくない。建設業、ファッション産業、出版業などにおいて、設計と製造は早くから分業している。既に触れたように、本や雑誌の設計（編集）は出版社が担い、製造（印刷・造本）は印刷会社が分担する。この分業は、半導体における設計-製造関係とよく似ている（図1）。

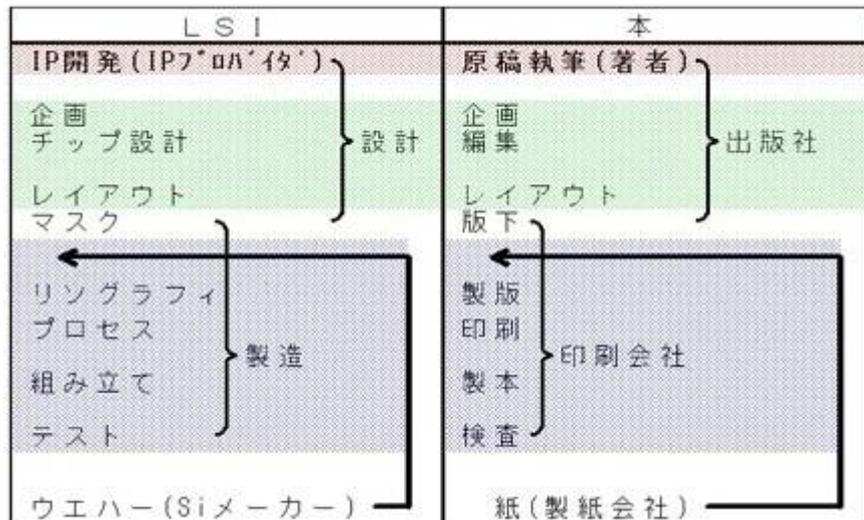


図1 LSI 製造工程と本づくりの対比

[画像のクリックで拡大表示]

出版社と印刷会社の分業で重要なのは、設計と製造のコスト構造の違いである。本や雑誌の編集者(=設計者)の最大の仕事は、「読者が何を读みたがっているか」を探り当てることだ。この仕事に大きな装置は要らない。

印刷(=本や雑誌の製造)は装置産業である。大部数の印刷には輪転機が必要だ。そのための投資金額は大きい。となれば、印刷における最大のコスト要因は装置(印刷機)の減価償却である。言い換えれば資本コストである。もう一つ言い換えれば時間コストである。大金を投資して買った装置が遊んでいる時間、これこそが最大のコストということになる。装置が動いていても遊んでいても、減価償却コストは容赦なく発生し続けるからだ。

ここから出版社と印刷会社の分業が導かれる。出版社は内容や読者対象ごとに小さく分かれ、印刷は印刷会社に外注する。印刷会社は巨大化し、群小多数の出版社から印刷を受注する。多数の出版社からの注文によって、印刷機が遊んでいる時間を極小化する。

出版社、すなわちファブレスの設計会社は、印刷機(製造装置)を持つ必要がなくなる。これは減価償却負担が軽くなることを意味する。半導体の場合も、ファウンドリを利用するチップ設計者はファブレスになり、製造装置への投資負担を免れる。そうなれば狭い品種に事業を特化して、他社の追随を許さない製品への道を開きやすい。半導体工場を持たないファブレスの集積回路設計会社と、半導体製造サービスに特化したシリコン・ファウンドリによる分業、この分業は、出版社と印刷会社の分業によく似ている。

半導体メーカーは半導体製造装置を購入し、工場を建設する。製造技術が高度化し、大口径ウエハーに微細加工を施すようになるにつれ、製造装置は高額になり、半導体製造工場への設備投資は巨額になる。その減価償却が半導体製造における最大のコストになっていく。

半導体製造工場の巨額の設備投資、これを1社が設計した集積回路の製造だけで償却できるか。マイクロプロセッサ大手のIntel社には可能だった。またメモリーの大メーカーであれば、何とかなる。そのIntel社やメモリー最大手のSamsung Electronics社さえ、ファウンドリ事業に乗り出している(前述)。まして、ほとんどの半導体メーカーにとって、最先端半導体製造工場の維持は困難になってきた。その分、ファウンドリへの依存が大きくなる。

ファウンドリは製造に特化する。複数企業から設計データを受け取り、ウエハー・プロセスを施して納品する。その意味でサービス業である。ファウンドリでは、複数企業からの設計の受注で製造ラインの稼働率を上げ、投資の償却を図る。すべてのチップ設計者に門戸を開いて製造を引き受ければ、装置の稼働率を上げることができる。個々の製品種別の好不況の影響も小さくなる。

ファウンドリ事業で世界一の企業は台湾のTSMCである。Morris Chang氏が1987年に創立した。ファウンドリのビジネスモデルを確立するうえで、Chang氏の果たした役割は大きい[「20年も残る統合メーカー、インテル・サムスンだけ(張CEO 一問一答)」、『日本経済新聞』、2010年05月15日付 朝刊]。

分業に消極的だった理由の一つは減価償却コストへの意識の低さ

日本の半導体メーカーは、上記のファブレス-ファウンドリの分業に、ごく近年まで背を向け続ける。そしてひたすら衰退していく。2000年代の後半からは、さすがの日本企業も統合を維持できなくなり、ファブレスへ向かい始める(後述)。

日本の半導体メーカーが設計と製造の分業に消極的だった理由の一つに、減価償却コストへの意識の低さがある。私はそう考えている。輪転機への設備投資をどう償却するか。出版社と印刷会社の分業は、この問いへの解として導かれた。減価償却コストへの意識が低いと、設計と製造の分業の経済合理性に気がつかない。

日本の半導体技術者はランニング・コストには敏感だが、減価償却コストへの意識は低い。本連載の前回で私はこう述べた。技術者の意識の低さを経営者がとがめなかったとすれば、あるいは技術者の意識を高める努力を経営者がしなかったとすれば、減価償却コストへの意識の低さは、企業の体質だということになる。

図2を見てみよう。この図は国内半導体メーカー12社の、集積回路売上高合計と設備投資金額合計の年次推移である。売り上げが伸びたとき、その当の年に設備投資金額を増やす、この傾向が歴然だ。売り上げが落ちると設備投資も減らす。これもはっきりしている。そうするとどうなるか。

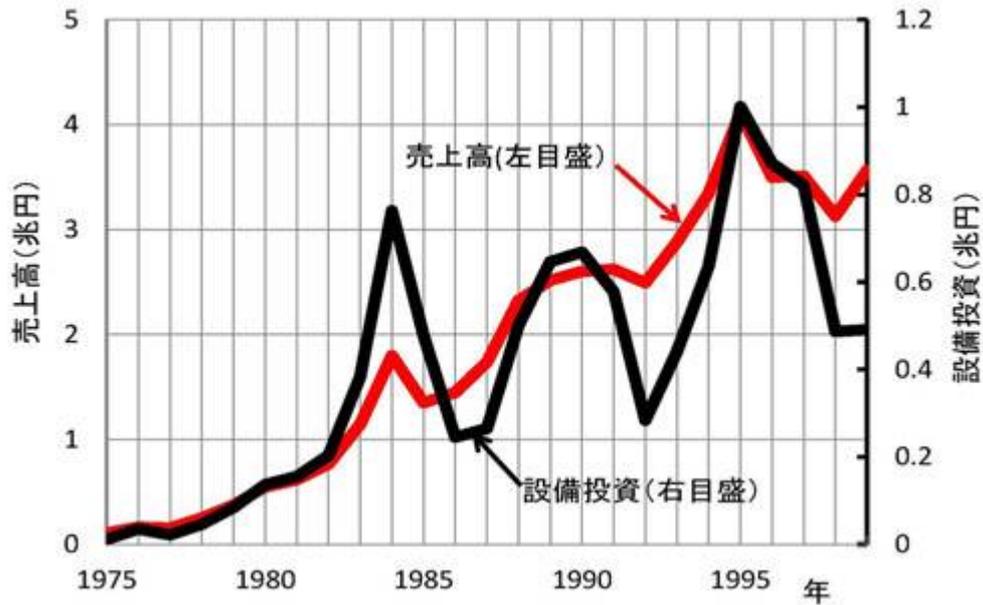


図2 日本の集積回路の設備投資金額と売上高の年次推移

資料：『ICガイドブック(第8版)』、日本電子機械工業会、2000年、p.194

[\[画像のクリックで拡大表示\]](#)

その結果が図3である。この図は前図と同じ12社の、売上高合計と減価償却費合計の年次推移である。図3において、売上高と減価償却費は、1980年代前半には並行して上昇している。設備投資と、その結果としての売上増が健全だったことを示す。ところが1980年代後半以後は様子が違う。減価償却負担は、売上が減ったときに、しばしば大きくなっている。この状況が何度も見られる。

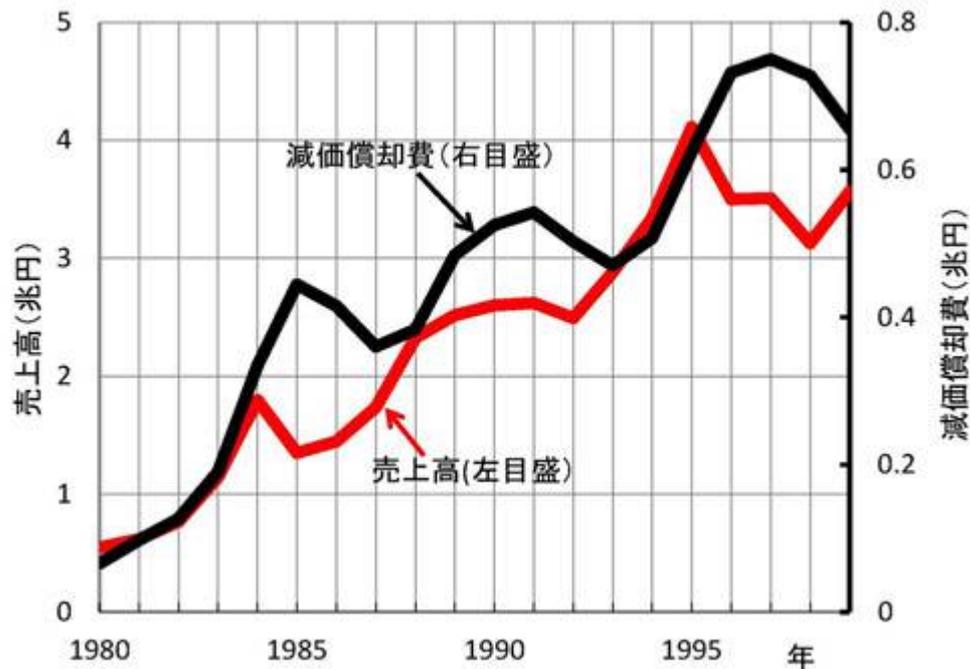


図3 日本の集積回路の売上高と減価償却費の年次推移

資料：『ICガイドブック(第8版)』、日本電子機械工業会、2000年、p.194

[\[画像のクリックで拡大表示\]](#)

例えば1985～1986年には、売り上げが急減しているのに、減価償却費は大きく上にふくらんでいる。好況だった1980年代前半（特に1984年）に投資を積み上げ（図2）、その償却負担が不況期に重くなってしまったのだろう。設備投資を売り上げと同相で実施した結果、減価償却負担が売り上げと逆相になる、これが頻繁だ。利益は乱高下したに違いない。

「売り上げと同相の投資、売り上げと逆相の償却負担」という構図は、テレビ事業の設備投資でも観察される（本連載の第2回参照）。2007～2009年、日本の家電メーカーはテレビ工場建設に大規模な投資を実行した。地上デジタル放送受信のためのテレビ買い換え需要（地デジ特需）が盛んだったときである。当然テレビの売り上げは伸びていた。そのときに工場建設投資を増やす。工場が出来上がり、減価償却負担が本格化するのは2010年を過ぎてからだ。

2011年7月にテレビのアナログ放送は終了、地デジ特需は激減する。売り上げは減り、減価償却負担が重くのしかかる。かくて日本のテレビ・メーカーは2012年以後、不振を極める。減価償却コストへの意識の低さは、半導体産業だけのものではないのかもしれない。

なお図2と図3は、通産省（現経済産業省）が1990年代末に、当時の日本の半導体メーカー12社について調査したデータ [『ICガイドブック(第8版)』、日本電子機械工業会、2000年、p.194] に基づく。減価償却費は、設備投資金額全体に5年の定率償却を適用して計算した。償却率には当時の法定償却率0.369を用いている。定率法の場合、初年度の償却費が大きくなる。設備投資を年度初めにするか年度末にするかで、当該年度の償却費は大きく違う。これを調整するため、実施時期は平均的に年

央とし、初年度の償却費は一律半額とした。また6年目には一律に除却するとし、以後には減価償却費を計上していない。

近年まで日本に半導体メーカーはなかった

図2と図3に見る設備投資の間の悪さの背景には、別の事情もある。実は日本には、わずかの例外を除くと、本当の意味での半導体メーカーは近年まで存在しなかった。半導体事業で上げた収益に基づいて設備投資し、それを半導体事業の次の収益に結びつける。こういう形で、自己責任で半導体事業を展開してきた企業は、日本には希だった。

総合電機メーカーが、そのなかの1事業として半導体製品を製造販売する。その半導体製品は、社内でも使われるし、外販もする。日本で一般的だったのは、この形である。

総合電機メーカー内の半導体事業、その最大の問題は、設備投資の時期と規模を、半導体ビジネスの観点からだけでは決められないことである。日本企業の半導体投資のタイミングは、市場の伸びとの関係でみたとき、ちぐはぐだった(図2と図3)。日本の半導体産業が衰退した一因だろう。

半導体は浮沈の激しい事業である。半導体需要が伸びる時期を予測し、その時期に供給力が十分あるように投資時期を選ばなければならない。これに半導体特有の世代交代がからまる。次世代製品を、いつ、どの程度の量、出荷するか。そのためには、新しい装置に入れ替えた工場をいつ稼働させるか。こういった設備投資計画が半導体事業の成否を制する。

総合電機メーカーにとって、投資に使える資金は半導体のためだけのものではない。その結果どうしても、半導体のための投資を、半導体事業にとっての最適タイミングで実施するわけにはいかないことが多くなる。ただし、この問題は韓国のSamsung Electronics社などにも共通する。そのSamsung Electronics社の半導体事業への設備投資は積極的である。

問題の本質は企業の内部統治の問題に帰するだろう。それぞれの企業が半導体をどれだけ重視しているか、そして半導体事業部門が投資時期決定において、どれだけの自由を持っているか。

大きな総合電機会社に属していたことは、投資資金の獲得に有利に働いたこともあるはずである。特に投資資金を銀行融資で調達する場合には、大企業を背景にしていることは有利だったはずだ。少なくとも米国の半導体専門メーカーは、日本企業の投資行動を、そう見ていた。

2000年代には半導体事業の切り離しが進む

1990年代の終わりごろから、日本の電機各社は半導体事業の切り離しを始める。半導体メモリー事業の切り離しと離合集散については、本連載の前回に紹介した。メモリー以外の半導体事業についても、

切り離しが進む。2002年、NECは半導体事業部門をNECエレクトロニクスとして分社、独立させる。メモリー事業は既にエルピーダメモリに移していたので、NEC本体には半導体事業は存在しなくなる。NECはかつて世界最大の半導体メーカーだった。

2003年には日立製作所と三菱電機の半導体部門が分社化して統合され、ルネサス テクノロジーが設立された。2010年にはさらに、NECエレクトロニクスとルネサス テクノロジーが合併し、ルネサス エレクトロニクスとなる。

そのルネサス エレクトロニクスも2012年には経営危機に陥り、大規模なリストラを行う。同年12月に、産業革新機構が約1400億円、トヨタ自動車、日産自動車、キヤノン、パナソニックなど8社が約100億円を出資する計画が決まった。産業革新機構は必要に応じて、さらに500億円を追加で出資または融資するという。なお産業革新機構は政府が大部分を出資している投資ファンドである。

また2013年2月、富士通とパナソニックはシステムLSI事業を統合、ファブレスの新会社を設立すると発表した。さらにパナソニックは同年12月、同社の半導体3拠点をイスラエルのTower Semiconductor社との合併会社に移管すると発表した。パナソニックは合併会社に49%出資し、合併会社をファウンドリとして運営するという[赤坂、「パナソニック、半導体前工程の岡山工場を閉鎖し北陸3拠点を合併化」、Tech-On!、2013年12月24日]。実現すれば、日本企業が運営に参加するファウンドリが、国内で活動することになる。

2000年代後半には日本企業もファブレスへ傾斜

離合集散を繰り返しながら、NECエレクトロニクス、ルネサス、それに富士通やパナソニックも、2000年代の半ばごろからは、製造部門を縮小・売却し、ファウンドリへの依存を進める。

設計-製造の統合にこだわって業績を悪化させ、経営が立ち行かなくなった段階で、製造を切り捨て、ファウンドリ依存に走る。もう間に合わず、設計部門も縮小せざるを得ない。2013年には、大量の半導体技術者が転職を余儀なくされている[大下、「半導体技術者 越境のとき」、『日経エレクトロニクス』、2013年11月11日号、pp.27-50]。

なお大手の離合集散とは別に、以前からファブレスの半導体事業を進めてきたベンチャー企業は、日本にも存在する。例えばメガチップス(1990年設立)、ザインエレクトロニクス(1991年設立)などである。

製造に強いはずなのにファウンドリになろうとはしなかった

上記の半導体事業の切り離しにおいて、設計と製造を分けることは、ほとんど行われていない。別の言い方をすると、ファウンドリとして名乗りを上げるところはなかった。日本の半導体メーカーは自他共に、設計は苦手でも製造には強いと言っていた。それなのにファウンドリになろうとするとところがない。これが私には不思議である。

日本では「ものづくり」の礼賛が神話的、信仰的である。「日本経済を発展させるためには『ものづくり』の力を強化しなければならない」。相変わらず産学官挙げて、こう合唱している。それほど「ものづくり」が好きで得意なら、なぜ日本企業はファウンドリを選ばず、ファブレスへ走るのか。日本企業の言動には整合性がないと私は思う。

日本の半導体メーカーが半導体事業の切り離しを模索し始めたのは、1990年代後半である。ファブレスとファウンドリによる設計と製造の分業は、既に業界内でビジネスモデルとして確立している。各社の製造部門を切り出して統合、大きなファウンドリを立ち上げる。設計部門は社内に残す。こういう選択肢があったはずである（上記のパナソニックの例は、これに近い）。実際、通産省（現経済産業省）と業界の一部には、「日の丸ファウンドリ」を立ち上げようとする構想があった。しかし企業が、このファウンドリ構想を拒否したと聞く。現実には日本企業は、設計と製造を統合したまま、半導体事業全体を切り離した。

実は技術雑誌での私自身の経験も、この切り離し方に並行する。1980年代、私は『日経エレクトロニクス』の編集長をしていた。前記のように、半導体の設計技術者と製造技術者の興味や関心が違ってきたこと、これを雑誌記事への反応としても実感する。やがて雑誌を分けようということになる。こうして誕生したのが『日経マイクロデバイス』（1985年創刊、2010年休刊）である。

『日経エレクトロニクス』は半導体の設計をカバーし、『日経マイクロデバイス』は半導体の製造技術に注力する、私はそういうふうに分けたかった。しかし私のこの考えは社内では理解されない。半導体業界に設計と製造の分業を説いたときと同様、ここでも私の言葉の力が弱かったのだろう。

『日経マイクロデバイス』は半導体を「作る」人のための雑誌、『日経エレクトロニクス』は半導体を「使う」人のための雑誌、こう分けることになる。この分け方は、日本の電機各社の半導体事業の切り離しの形と並行している。切り離された半導体事業会社は半導体を「作り」、元の電機会社は半導体を「使う」。設計と製造に分けることは、半導体でも雑誌でも、日本では実現しなかった。

ファウンドリが製造技術でも先頭に

かつてファウンドリの製造技術は、統合メーカーの製造技術に比べて一段低いとされていた。ファウンドリは研究開発に投資せず、製造装置を買って製造に専念する。したがって最先端デバイスの製造は

できず、少し遅れた製品を他社ブランドで安く製造する存在、日本の半導体メーカーはファウンドリを、そう見下していた。日本企業がファウンドリを嫌った理由に、これがある。

ファウンドリ・ビジネスが始まった当初、その傾向がなかったとは言えない。半導体メーカーが開発した製造技術が製造装置に移転される。ファウンドリはその装置を買って製造する。その間に、かなり | 56
の時間差がある。その時間差が、ファウンドリの作る製品の技術的「遅れ」につながっていた。

しかし事情は変化し、やがてファウンドリが製造技術でも先頭に立つ。日本の半導体メーカーはファウンドリを見下す姿勢を続けているうちに、ファウンドリに製造技術で追い越され、自らファウンドリになることも、ままならなくなってしまった。

ファウンドリが製造技術で先行するようになった背景に、半導体製造装置メーカーとファウンドリの連携強化がある。既に述べたようにファウンドリは装置の償却スピードが速い。多数の設計会社から製造を請け負い、装置の稼働率を高めるからである。償却が速い分、先に新装置を買える。まず、この効果でファウンドリは統合メーカーより、製造技術で前に出た。

さらにその後、ファウンドリは製造装置メーカーとの連携を強化する。ある時期から、製造装置開発には、半導体生産ラインが必要になっていた。複数の製造装置メーカーが、同じ半導体生産ラインを使い、装置相互を摺り合わせる。この役割を果たす半導体生産ラインとして、ファウンドリのラインが重きをなしていく。

ファウンドリは自社ブランドの半導体製品を持っていない。半導体メーカーは顧客ではあっても、競争相手ではない。したがって自社の生産ラインで得た情報を、装置メーカーが公表することを妨げない。半導体の統合メーカーの場合、自社ラインを装置メーカーに貸して装置開発に協力したとしても、そこで得られた情報を他の統合メーカーに知られることには、抵抗がある。結果として、統合メーカーの生産ラインではなく、ファウンドリの生産ラインが、製造装置開発に使われることが多くなる。この現象は、半導体製造技術開発の場が、統合メーカーから、ファウンドリと装置メーカーに移ることを意味する。こうしてファウンドリは、製造技術でも先頭に立つに至る

「パターン独立性」と CAD ツールで設計と製造が独立

設計と製造の分業が成り立つためには、設計と製造が作業モジュールとして独立しなければならない。また両者の間にインタフェースを設定しなければならない。集積回路の場合に、これらはどう実現したか。

集積回路における製造技術の進歩とは、一つのチップの中になるべくたくさんの回路を作り込むことである。そのためには加工寸法を小さくする（微細化）。微細化の指導原理が比例縮小則（scaling rule）

である [Denard et al, "Design of Ion-Implanted MOS FET's with Very Small Physical Dimensions," IEEE J. of Solid-State Circuits, Vol.SC-9, pp.256-268, Oct. 1974]。集積回路の構成要素の各部を同じ比率で縮小する。

例えば図 4 の MOSFET の基本構造において、各部の寸法をすべて比例的に縮小する。そうすると集積回路は高速になり、消費電力も減る。比例縮小は、だいたい良いことづくめである。かくて 30 年以上にわたり、集積回路技術は比例縮小則に則って微細化を進めてきた。それは必然的に集積回路の大規模化・複雑化への道でもあった。

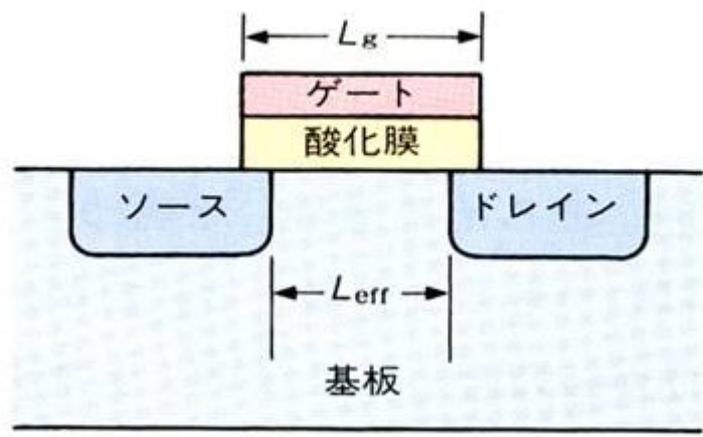


図 4 MOSFET の基本構造

ゲート長 L_g または L_{eff} で最小加工寸法（デザイン・ルール）を代表させることが多い

[\[画像のクリックで拡大表示\]](#)

複雑化した集積回路の設計に対処するため、デザイン・ルールという概念が導入される [Mead, et al, Introduction to VLSI Systems, Addison-Wesley, 1980 (邦訳、『超 LSI システム入門』、培風館、1981 年)]。事実上は最小平面加工寸法、これが集積回路におけるデザイン・ルールである。さらにそれは、実際は MOSFET のゲート長だ (図 4)。

ゲート長を短くすると、MOS 型集積回路は高速になり、同時に集積回路の規模も大きくなる。ゲート長という最小平面加工寸法は、その集積回路の性能と規模を象徴する数値である。

比例縮小則のもとでは、最小平面加工寸法が決まれば集積回路を構成する各部の寸法が決まる。それに応じて加工工程も決まっていく。平面にどんなパターンが描かれているかは、直接には加工工程に影響しない。これが「パターン独立性」である [ボールドウィンほか、『デザイン・ルール』、東洋経済新報社、2004 年、p.94]。パターンを描く設計工程と、ウエハーを加工する製造工程とが、この「パターン独立性」によって分離される。

MOS 型集積回路では、最小平面加工寸法というデザイン・ルールによって、設計と製造のそれぞれがモジュール化される。すなわちデザイン・ルールというインタフェースさえ共有すれば、設計と製造は、それぞれ独立に仕事を進められる。設計と製造の分業への道が開かれたわけである。

またデザイン・ルールの導入によって、設計の内部をさらにモジュール化できるようになった。チップ面を、いくつもの機能モジュール（半導体業界では IP=intellectual property と呼ぶ。この機能モジュールに著作権が設定されるからである）に分割し、それぞれを独立に設計する。一度出来た機能モジュールはライブラリに登録し、何度でも使い回す。一方集積回路の製造も、設計とは独立に自らの進歩を続けることになる。

ただし以上は、もちろん概念的な話である。微細化の進行はパターン独立性を脅かす。製造しやすいように設計する、これは現実には大事だ。それでも半導体産業における設計と製造の分業の成立に、パターン独立性は大きな役割を果たした。

もう一つ、設計のためのコンピュータ支援装置（CAD ツール）も、設計と製造の間のインタフェースの役割を果たした。集積回路の設計が複雑になるにつれ、設計にコンピュータを用いるようになる。以前は半導体メーカー各社が、それぞれ自前のプログラムを開発し、自社の汎用コンピュータに載せて、自社内だけで使っていた。しかし今は、CAD ツールやプログラムを外部から購入している（自前主義から分業へ）。提供しているのは、だいたい米国の専門メーカーである。

CAD ツールは設計と製造をつなぐところに位置する。同じ CAD ツールが普及すると、CAD ツールが一種の標準インタフェースの役割を果たす。

ファウンドリはインタフェースを公開する

設計と製造の間で仕事を受け渡すためのインタフェースは、同一企業内の分業なら企業独自のものでいい。インタフェースを他社に公開する必要もない。

しかしファウンドリは、そうはいかない。なるべく多数の設計会社から製造を受注する、これはファウンドリのビジネスモデルの根幹だ。だからファウンドリは設計会社に対して、インタフェースを公開する。それが魅力的なインタフェースであれば、たくさんの設計会社はそのファウンドリに集まってくる。

たくさんの設計会社が特定ファウンドリのインタフェースにしたがって設計するようになると、そのインタフェースは事実上の標準（de facto standard）となる。

提案したインタフェースが事実上の標準となったファウンドリには、顧客が集中する。装置の稼働率

が上がり、装置を速やかに償却できる。そうなれば新しい装置が買える。そのファウンドリの製造技術は他社に先がけて進歩する。そうすると顧客の設計会社は、ますますそのファウンドリに集中する。

勝ち組が勝ちやすくなる構造、勝ち組が独占してしまう構造が、ここにも見られる。本連載第4回で紹介した「ネットワーク外部性」が、半導体における設計と製造の分業にも作り付けられている。

・ 次回に続く (2014/03/20 公開予定)

Apple にも鴻海にもなれなかった日本メーカー

EMS の発展、電子機器でも設計と製造の分業が進む

2014/03/20 00:00

西村吉雄 = 技術ジャーナリスト

1980 年代後半以後、半導体産業で設計と製造の分業が進展した (前回の連載第 6 回で詳述)。設計と製造の分業は、企業機能の水平分業の一例とみることができる (図 1)。図 1 で研究機能を大学に期待すれば、産学連携ということになる。

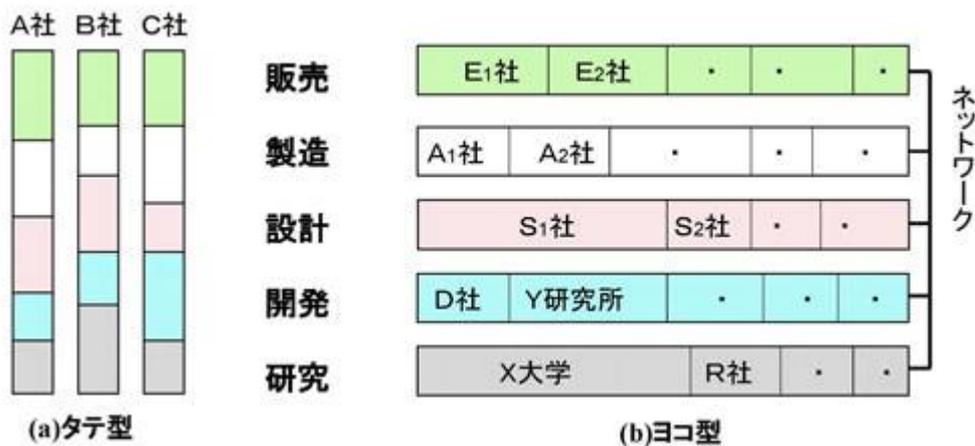


図 1 企業機能の水平分業

1990 年代に入ると、電子機器・システムでも設計と製造の分業が進む。すなわち EMS (electronics manufacturing service) が大発展を遂げる。「iPhone」を設計する米 Apple 社と、その製造を受託する台湾 Hon Hai Precision Industry 社 (鴻海精密工業、Foxconn)、この両社による設計と製造の分業が典型的だ (本連載第 3 回参照)。

EMS は、その名の通り、電子製品の製造サービス業である。EMS は原則として自社ブランド製品を持たない。他社ブランド製品の製造を受託する。製品を製造する工場を持っているが、メーカーではない。EMS に製造を委託した企業のほうがメーカーだ。製品ユーザーに対してメーカーとして製造者責任があるのは、ブランドを持っている企業だからである。半導体におけるシリコン (Si)・ファウンドリと

事情は同じだ。

製造の外部委託には長い歴史がある。製造を受託する企業は、かつては OEM (original equipment manufacturer) と呼ばれる。OEM はそのころ「下請け」とみなされていた。発注元のメーカーから支給された部品を組み立てて送り返す。これがビジネスモデルだったという [稲垣、『EMS 戦略』、ダイヤモンド社、2001 年、p.49]。しかし 1990 年代になると、EMS への発展が始まる。

しかし日本企業は、OEM の発展型とも言える EMS についても「下請け」イメージを持ち続ける。「ものづくり」が得意なはずの日本に、EMS になろうとする企業は現れなかった。半導体の場合と同じく、電子機器においても日本企業は設計と製造の垂直統合に固執する。結果的に Apple にはなれず、Hon Hai にもなれない。これが日本電子産業の現状ではないか。

北米系 EMS は大手メーカーの工場を買収しながら発展

EMS はまず 1990 年代の北米で存在感を大きくする。米 IBM 社や米 Hewlett-Packard 社などの大手 IT 企業が、プリント基板組み立ての外部委託を加速させる。それを EMS 企業が請け負う。ハードウェア生産を社内で行ってきた大手電子メーカーは、自社工場を EMS 企業に売却する。その大手電子メーカーの工場を、北米系 EMS 企業が買収した。買収した工場に他の顧客の仕事を引き入れ、工場稼働率を高める。このビジネスモデルによって EMS 企業は成長していく。

こういう状況のなか、インターネットの普及発展が始まる。インターネット関連の新興ベンチャー企業は、最初から製造部門を持たずに、起業する。EMS への製造アウトソーシングが起業時の前提である。こうして、米 Cisco Systems 社などの製造部門を持たないベンチャー企業が急成長していく。対応して、製造を受注する EMS も発展する [同上、pp.1-21]。

資産を圧縮して株主価値を上げる

メーカーはなぜ製造を外部委託 (アウトソーシング) するのか。EMS は製造を請け負ってなぜ利益を出せるのか。この連載の [前回](#)、半導体産業における設計と製造の分業の場合は、主に設備投資の減価償却について考えた。これに対して EMS の場合は、株主価値最大化の圧力が深く関係している [同上、pp.4-6]。米国では、経営者や従業員の報酬にストック・オプションが組み込まれていることが多い。株価を上げることは、投資家だけでなく、経営者や従業員にとっても重要だ。

メーカーが自社工場を EMS に売却する場合を考えよう。メーカーが自社工場で製造していた製品を、同じ工場で EMS が製造し、メーカーに納品する。メーカーは製造費を EMS に払う。自社工場で製造していたときの費用と、EMS に払う製造費が同じなら、メーカーの利益は同じだ。同じ工場で同じ製品を作っているのに、こんなめんどろなことをして、何の得があるか。

工場を売却したメーカーの資産は減少する。少ない資産で同じ利益を上げられたことになる。資産効率が上がったわけである。株主は歓迎するだろう。株価が上がる可能性も高い。EMS のほうは、同じ工場を、他の顧客の製品製造にも使える。

一般に EMS 企業は顧客を分散させる。特定顧客の業績変動の自社への影響を少なくするためである。もちろん工場稼働率を上げるためでもある。こうして、工場を売却したメーカーも、工場を買収した EMS も、得をする。

日本企業の設備投資の原資は銀行からの借入金だった

バブル経済崩壊以前の日本企業の経営には、上記の資産圧縮の動機はなかった。というのは、第2次世界大戦の直後からバブル経済崩壊前までは、日本企業は設備投資の資金を銀行からの借りに頼っていたからである。銀行は融資の条件として担保を要求する。担保の定番は不動産、特に土地である。工場を土地ごと売ったりしたら、銀行融資を得るための担保を失ってしまう。

技術は欧米から導入する。資金は銀行から借り入れる。これが第2次世界大戦後の日本の設備投資戦略だった。技術導入に基づく最新大型工場を、銀行からの借入金で建設する。鉄鋼業で始まった設備投資のこの方式は、多くの産業分野で踏襲される。造船、自動車、石油化学、家電、半導体などがみな、大型設備投資を借入金で推進した。

借入金による資金調達を支えたのはメインバンク制である。企業集団内で、銀行を中心に企業同士が株式を持ち合う [米倉、『経営革命の構造』、岩波書店、1999年、pp.195-199]。

この統治構造のもとでは、企業が低収益だからといって、株主資本は去っていかない。メインバンクと同業他社から成る株主は、投資先企業の高収益を期待していなかった。株価の上昇にも関心が薄い。ほどほどの黒字を出しながら、株価は安定している。これが一番望ましい。

日本企業は一般に低収益である。収益を高める動機がなかった。大きな利益を上げることは、下手な経営とさえ、みなされていた。税金をたくさん払うことになるからである。低収益でも株主 (=メインバンク+同業他社) が去っていかないから、低収益事業や赤字事業を社内に抱えやすい。

低収益部門を社内に抱えても許されるという日本企業のこの特徴は、垂直統合を維持しやすくしたろう。赤字の製造部門でも、製品を出荷しているかぎり、多少なりとも売り上げは立つ。雇用もある。そのうえ工場を売ったりしたら、銀行融資のための担保が減る。

少ない保有資産で大きな利益を得て、資産効率を上げる。この EMS 活用モデルとは、バブル崩壊以前の日本企業の経営は、まるで違っていた。

EMSのほうが製造技術者の働きがいが大きくなる

設計と製造を垂直統合しているメーカーでは、社内の設計部門に日が当たることが多い。新製品発売の際、メーカーが顧客にうったえるのは、「どんな製品か」である。それを「どう作ったか」は、顧客には関係がない。

| 62

ところがEMSの場合は、「どう作るか」をうたえて、顧客を獲得する。EMSでは製造関係者が会社の主役だ [稲垣、『EMS戦略』、p.82]。製造技術者にとってはEMSのほうが垂直統合メーカーより、働きがいが大きくなる可能性が高い。これはEMSにかぎらず、設計と製造の分業のメリットとして大きい。

このメリットは日本企業にとっても意味がある。日本企業は「ものづくり」にこだわり、設計より製造が得意と公言してきた。それならEMSやファウンドリを事業とする選択があったはずだ。そのほうが製造技術者の活躍の場が広がる。しかしこの道を日本の電子関連企業が選ぶことはなかった。

垂直統合か水平分業かは雇用維持と無関係

垂直統合に固執する理由として、多くの日本企業が雇用の維持を挙げてきた。しかし日本の半導体産業の現状を見ると、その理由はむなししい。

一方、例えば北米の1990年代、メーカーは業態を変えるため、工場を従業員ごとEMSに売却する。EMSは同じ工場と同じ従業員を雇用し続けながら、ハードウェア生産を続ける。垂直統合か水平分業かは、雇用維持と関係がない。その実例がここにある。

設計と製造の分業には長い歴史がある。建設、ファッション、出版・印刷、これらの産業では、早くから設計と製造が分業している。そのために雇用が縮小したという話を聞いたことがない。

ただしハードウェア生産の場が海外に移れば、製造業が生み出す周辺雇用の多くも海外で発生する。ファブレス製造業が好調でも、国内雇用の縮小は起こり得る。それを批判する声も絶えない。それでも例えばApple社と関連事業が米国内に生み出した雇用は、約60万人に達するという [大前、「アップルのグローバルサプライチェーンから読み解く『真実』」、BPnet、2013年11月20日]。設計と製造の統合を維持して企業破綻に至るよりは、よほどましだろう。ハードウェア生産に伴う国内雇用を維持したいのなら、先にも述べたように、むしろファウンドリやEMSになる道を選ぶべきだった。

空洞化の意味があいまいになる

空洞化とは、かつてはメーカーが自社工場を海外に移すことを指していた。しかしファブレス・メーカーは、製造業者ではあるが、工場を持っていない。工場を海外に移すという営為は、そもそも存在しない。したがって空洞化もあり得ない。

ファウンドリや EMS など、ハードウェア製造サービス業者は、その本社がどこにあるにせよ、世界各地に工場を展開する。低賃金労働者のいるところ、これは工場建設地選定の動機の一つにはなる。けれども顧客の多様な要望に応えるためには、いろいろなところに工場を持っていることが必要だ。これを空洞化と言えるのだろうか。

1990 年代後半には EMS 企業の東欧進出ラッシュが起こった [稲垣、『EMS 戦略』、pp.112-113]。東西冷戦の終焉によって東欧での工場建設が可能になったからである。もちろん中国にも EMS の工場は多い。台湾系 EMS の主力工場は中国本土内にある。

EMS 企業は、これら世界各地の工場を活用し、グローバルなサプライチェーンを顧客に提供している。1 週間で製造拠点を他国に移転することも可能だという [同上、pp.98-99]。これも EMS の重要な顧客サービスである。

製造技術の進歩が設計と製造の分業を促す

一般論として、設計と製造は、どういうときに分業すべきか。モジュールとして設計と製造が独立しているかどうか、まず第 1 にこれが問われる。設計と製造のそれぞれが、互いに相手の内部に手をつたわずに仕事を完結できる。こうなっていないと分業にならない。

この観点から見ると、設計と製造の分業を促すのは、実は製造技術の進歩だ。製造技術が未熟なうちは、設計技術者は製造技術のことをよく理解していないと設計できない。このときは設計者と製造技術者は共通の「生産者文化圏」を形成し、ユーザー（消費者）からは離れる。これを私は工業社会型の構造と呼んでいる（図 2 (a)）。製造技術が進歩すると、設計者は製造技術のことを気にしなくてもよくなる。設計者はむしろユーザーの意向を探り、それを実現するほうに注力する。そしてユーザーと共通の「情報処理文化圏」を形成する（同 (b)）。

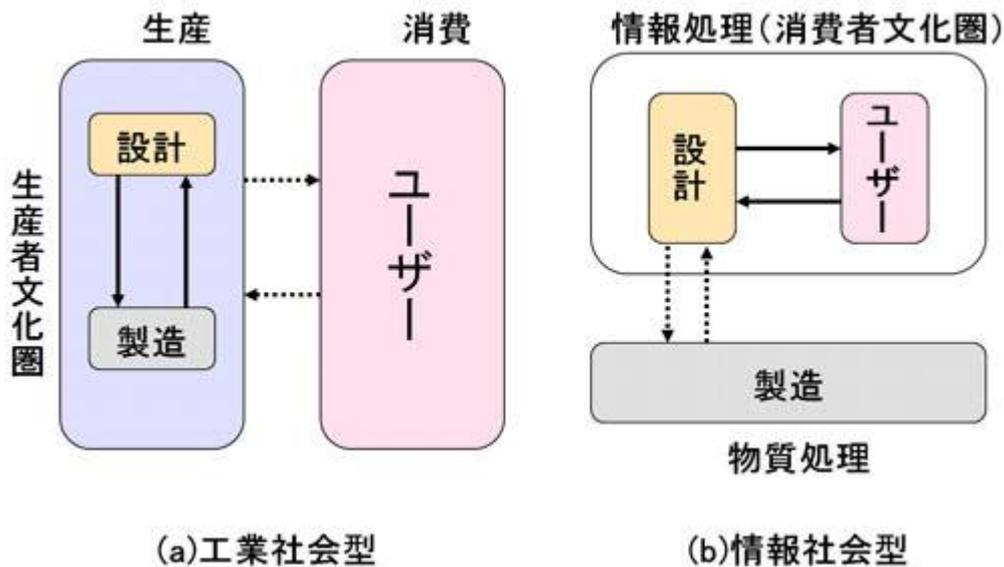


図2 設計、製造、ユーザーの関係の変化

図2 (a) では設計と製造は一つの企業内に垂直統合されているとみなせよう。対して同図 (b) の構造では、設計と製造を別の会社が担う水平分業の可能性が開ける。

実は図2は、無断で複製された回数において、私の著作物のなかでは一番である。ある大学教授は、この図をもとに、これから始めようとしているプロジェクトについて説明してくれた。博士論文のなかに入れようとしていた学生がいて、事前に注意したこともある。経済学者の著書のなかでも使われていた。誰も私の著作であることを知らない。

元々は1983年に『日経エレクトロニクス』に掲載したものだ [西村、「設計—プロセスの分極が深刻化」、『日経エレクトロニクス』、1983年10月24日号、pp.88-92]。雑誌から企業内資料などにコピーされ、それが社外に出回って…といった経路なのだろう。それだけ良く出来た図なのだ。そう私は自分に言い聞かせている。

インターネットが分業を促す

実はインターネットの発達も分業を促す。インターネットにつながっていると誰でも、他の個人や組織と、情報や知識を共有したり交換したりできる。そのために必要な時間は短く、費用は安い。たとえば電子メール。同じ会社で机を並べている同僚にメールを送る場合と、地球の裏側にいる取引先にメールを送る場合、この二つに、時間にも費用にも差はない。

ある事業目的を達成するために、社内の同僚に仕事を頼めば「企業を使う」ことになり、社外の取引先に頼めば「市場を使う」ことになる [岩井、『二十一世紀の資本主義論』、筑摩書房、2000年、pp.248-262]。企業を使うためには、社員を雇用しなければならない。市場を使うためには、他社との市場取引が必要になる。どちらが安くて速いか、これが社内か社外か（自前主義か分業か）の選択の決め手になる。

市場取引だけで目的を実現しようとする、取引の数が膨大になり、取引コスト (transaction cost) が増える。社内の同僚に頼んだ方が取引コストは安くなる。そのために企業が存在する [Coase, "The Nature of the Firm," *Economica*, Nov. 1937, pp.386-405]。しかしこれは、インターネットがなかった時代の考えである。

取引コストの本質は、取引先との間の、情報や知識の共有や交換に要するコスト (時間と費用) である。インターネットが使える環境なら、情報や知識の共有・交換に必要なコストが、社内と社外とで、ほとんど差がなくなってしまう。

時間と費用が同じなら、無理に社内だけで仕事を完結させる必要はない。広く社外を見渡し、優秀な取引先を探そう。こうなるだろう。

1990 年ごろから、インターネットの商用利用が可能になる。インターネットがもたらす取引コスト減少は、連携・協力・分業を促進する。垂直統合と自前主義が相対的に不利となり、モジュール化に基づく水平分業が有利になる。結果的に、パソコン業界では国際的な水平分業、半導体業界ではファブレス設計会社とシリコン・ファウンドリの分業、そして電子製品におけるファブレス・メーカーと EMS の分業をもたらした。

大企業による「組織内分業」対「小組織」の市場を通じた分業

何でも社内でやろうとする自前主義の会社は必然的に大企業になる。垂直統合を実現できるのは大企業である。水平分業で活躍するのなら大企業である必要はない。中央集権的な大企業より、得意技を持ったベンチャー企業のほうが、水平分業にはふさわしい。かくて情報通信ネットワークの進歩は、中小ベンチャー企業の活躍の場を広げる。

自前主義の大企業から小規模組織群のネットワーク分業へ、というこの転換は、資本主義の原型への回帰とも見られる [野口、「小組織経済、IT で優位に」、『日本経済新聞』、2002 年 4 月 5 日付]。資本主義の初期には企業組織は小さい。産業革命期の英国、バーミンガムやマンチェスターでは、小さな企業が市場を媒介として分業体制を敷いていた。この原始的市場経済も、情報通信ネットワークの影響下に成立する IT 型市場経済も、小組織のネットワーク分業を特徴とする。その意味で両者はよく似ている。

産業革命後には時代とともに、企業組織は大きくなる。この大企業体制が、20 世紀前半の米国で進展する。その特徴は以下である [米倉、『経営革命の構造』、p.76]。

(1)

市場メカニズムに代わる内部取引の実現

(2)

その内部取引を効率的に達成するための複数職能をもった組織の完成

(3)

職能別組織を流れる内部取引や経営資源を管理調整する経営階層や本社機能の出現

こうした特徴を備えた大企業は「規模の経済」をもたらす。生産規模を大きくするほど単位生産当たりのコストが下がる。すなわち大量生産向きの組織である。

「米国は水平分業向き、日本は垂直統合向き」といった説が、1990年代以後、しきりに唱えられた。しかし歴史的には、垂直統合型大企業を発展させたのは20世紀の米国である。その米国が、モジュール化とネットワークの利点を活かすべく、自らがつくりあげた垂直統合型大企業体制を取って壊し、ベンチャー企業や大学を巻き込んだ水平分業体制を発展させる。20世紀末の米国で進展したのは、そういうことではなかったか。

なぜ電子情報通信分野で設計と製造の分業が進むのか

ただし設計と製造の分業が著しく進んだのは、半導体産業も含めて、電子情報通信産業である。なぜ他産業ではなく電子情報通信産業なのか。ここに、「ムーアの法則」と「プログラム内蔵方式」が関係してくる。

価格を一定に保ったまま、集積回路上のトランジスタ数は3年で4倍、10年100倍のペースで増え続ける。逆にトランジスタ数が一定で済むのなら、集積回路のコストは3年で4分の1、10年で100分の1に低下する。本連載の各所で繰り返し述べてきたムーアの法則である。これが半導体集積回路の魅力の根源だ。このコスト低下を使わない手はない。だから半導体は、あらゆる製品の内部に浸透していく。

しかしムーアの法則は諸刃の剣だ。機能コストがそれだけ下がるのなら、製品価格も下げて欲しい。顧客は必ずそう要求する。激しい値下げ競争が待ち受けている。これが現実化したのが電卓（電子式卓上計算機）の場合である。

1965年に工場出荷の平均生産単価で42万円していた電卓が、10年後の1975年には4900円と、100分の1近くにまで下がる。しかもこの間に生産金額は100倍近く成長している（図3）。価格低下が市場を刺激し、大量生産による成長が実現した。

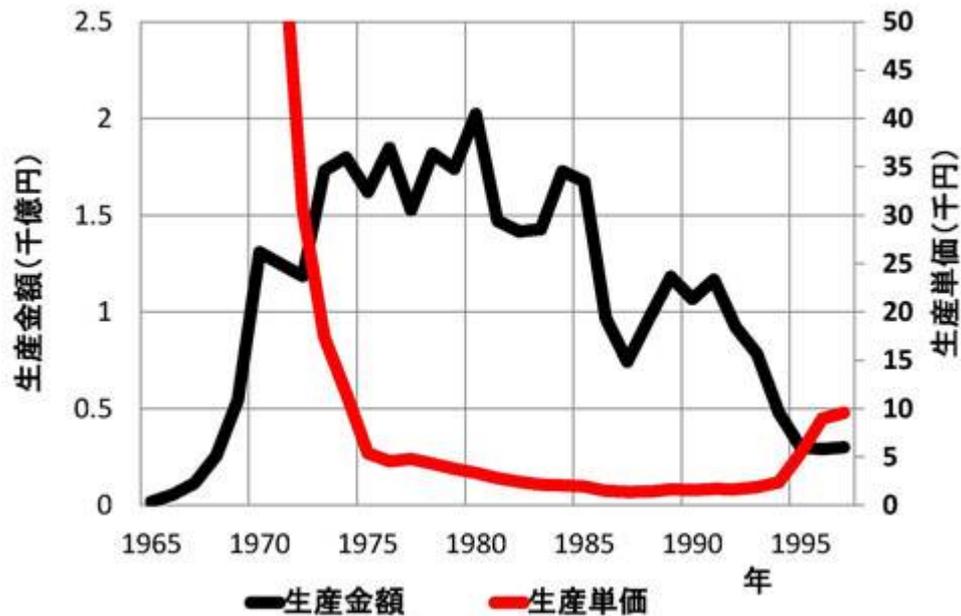


図3 電子式卓上計算機（電卓）の生産金額と生産単価

資料：経済産業省機械統計

しかし1980年以後、電卓の国内生産金額は減少していく。これが半導体に依存する製品の恐ろしさだ。電卓は1個（ワンチップ）のLSIで作れるようになった。1個より少ないチップ数はあり得ない。電卓に必要な半導体の個数は、そしてその値段は、下がるどころまで下がり切ってしまった。そうなる通常電卓である限り、電卓の価格を下げる余地はない。価格は下げ止まり、需要は飽和する。こうして電卓産業は日本国内では衰退していった（図3）。

値下げ競争から逃れるためには、増大するトランジスタ数を付加価値に転化しなければならない。値段が同じなのに、これまでとは違うすばらしい製品を実現する。そうしないと値下げ消耗戦が待っている。ムーアの法則は苛酷である。

電子情報通信分野の製品の場合、上記のムーアの法則による価格低下圧力がハードウェア全体に働く。電子情報通信分野の製品のハードウェアの中核は集積回路だからである。自動車には、ここまでの価格低下圧力はない。半導体（集積回路）への依存度が、それほどではないためだ。

電子情報通信分野のすべての製品の中核に、プログラム内蔵方式のシステムが鎮座する。アナログをデジタルに置き換え、他の方式をプログラム内蔵方式に置き換える。

プログラム内蔵方式では、ハードウェアを汎用にし、集積回路のもたらす性能向上を安く手に入れる。この性能向上を、ソフトウェアによって製品やサービスの魅力や価値に転化する。

このソフトウェアの影響力も、自動車では電子製品ほどではない。確かにマイクロプロセッサは、クルマにもたくさん搭載されている。クルマの魅力の一部をソフトウェアが担うようになっている。とはいえクルマをクルマたらしめている本質は今なお機械だろう。

電子情報通信産業で製造業の再定義が進行

以上に挙げたムーアの法則、プログラム内蔵方式、デジタル化、インターネットなどが複合的に作用し、電子産業では、製造業の再定義とでも呼ぶべき状況となった。再定義されたメーカー、すなわち製造業者は自社工場を持たない。ハードウェア製造に直接は従事しない。米 Apple 社、米 Qualcomm 社、米 VIZIO 社など、今をときめくメーカーは、ハードウェア製造に従事していない。ハードウェア製造に従事するのは、シリコン・ファウンドリであり EMS である。かれらはサービス業者だ。メーカーではない。

工場を持っていないメーカーと、工場を持ってハードウェア製造に従事するサービス業者、この両者の組み合わせが再定義された製造業である。この再定義された製造業では、設計と製造を分業する。ムーアの法則がもたらす低価格化圧力をファウンドリや EMS が受け止め、付加価値向上のためのソフトウェア開発にはファブレス・メーカーが応じる。

電子情報通信分野で垂直統合を続けるメーカーがないわけではない。半導体における米 Intel 社、電子機器における韓国 Samsung Electronics 社は、その代表だろう。いずれも業界トップだ。だから、あるべき姿は、本来は垂直統合だという主張が絶えない。

しかし両社は、業界トップだからこそ垂直統合を維持できたとも言える。社内設計の機器を製造するだけで、設備投資を償却できるだけの生産規模があった。もっとも Samsung Electronics 社はファウンドリ事業や EMS 事業でも大きな存在だし、Intel 社もファウンドリ事業に取り組もうとしている（[本連載の第 6 回参照](#)）。業界トップでさえ、垂直統合だけでの事業展開は、もはや困難になってきた。設計と製造の分業は、少なくとも電子情報通信分野では合理的であり、ほとんど必然である。

さらに近年の IT 系ベンチャーは、最初から製造外注を前提に起業する。EMS があるからこそ起業できるのだ [稲垣、『EMS 戦略』、pp.1-21]。ベンチャー起業による経済の活性化を期待するとき、少なくとも電子情報通信分野に関するかぎり、EMS は大切なインフラストラクチャとなった。

本コラム「電子立国は、なぜ凋落したか」の著者、西村吉雄さんが著書を発表しました。題して『電子情報通信と産業（電子情報通信レクチャーシリーズ）』（編者：電子情報通信学会、コロナ社、税抜き 4700 円）。内容は「半導体集積回路」と「プログラム内蔵方式コンピューター」を中心とした、世界の電子情報通信分野の総合的産業史。本コラムの原点となった論考が満載です。