



Hitotsubashi University
Institute of Innovation Research



一橋大学イノベーション研究センター

東京都国立市中2-1
<http://www.iir.hit-u.ac.jp>

**日本半導体産業の課題:
2000年代における日本半導体産業の不振**

中屋 雅夫

2012年7月

一橋大学イノベーション研究センター

**東京都国立市中 2-1
<http://www.iir.hit-u.ac.jp>**

日本半導体産業の課題：2000年代における日本半導体産業の不振の原因¹

中屋 雅夫²

Nakaya@iir.hit-u.ac.jp

2012年7月

要約

2000年代における日本半導体企業の年平均成長率は4%前後で、世界の年平均成長率に比べても、半分程度である。一方、1990年代の中ごろまでは売上高シェアトップを争ってきた米国は世界の年平均成長率と同じくらい伸長しており、日本半導体企業が韓国、台湾、中国の半導体企業にシェアを奪われた形になっている。この不振の状況を製品群、消費市場、応用分野で明らかにし、またその原因となる産業構造の変化、それに対して日本半導体企業が十分に対応できなかった理由を考察した。最後に半導体産業の今後の方向についても言及した。

¹ 本稿は、一橋大学イノベーション研究センターにおいて、平成20年度より政府の支援を得て行われている「産学官連携によるイノベーション過程の研究プログラム」の支援を得て行われたもので、特に、一橋大学の中馬教授からは多くの貴重なコメントを頂いた。ここに感謝の意を表したい。なお、本稿における残された誤りは筆者の責任に帰すものであり、また本稿の内容は筆者の個人的な見解を示すものであり、筆者の属する組織によるものではないことに留意されたい。

² 一橋大学イノベーション研究センター特任教授および(株)半導体理工学研究センター代表取締役社長& CEO

1. はじめに

日本経済は、1990 年ごろから景気が後退し、それ以降今日まで「失われた 20 年」³と言われ、景気の低迷が続いている。日本半導体企業群は 1980 年代中頃に売上高シェアで米国半導体企業群を抜き、トップになり、1980 年代の後半には 50%を超えた。その後シェアは低下したが、1995 年までは、米国半導体企業群よりもシェアは高くトップの座を保っていた。しかし、1996 年の DRAM 不況により、DRAM に偏重していた日本企業群はシェアを落とし、米国に 1 位の座を譲り渡すと、低下の一途をたどった。2000 年代に入り、IT バブル崩壊後、2003 年頃から米国企業群には格差を拡大され、アジア（韓国・台湾・中国）企業群には格差を縮小された。2010 年には売上高でアジア企業群に追い越された。従って、日本半導体にとって、1995 年から 2010 年までを「失われた 15 年」と言える。

この間、半導体産業競争力の低下を憂いた日本半導体産業界は、1990 年代の終わりごろから、日本半導体復活のための提言 [半導体産業研究所、2000] をまとめ、半導体産業競争力向上のために努力をしたが、結果として、2000 年代に世界半導体市場は拡大したにもかかわらず、日本半導体企業群の売上高、営業利益は、概して、不振を極めた。今後、半導体産業の競争力を再度強化するためには、2000 年代に日本半導体企業群に起こった事象を分析し、不振の原因を明らかにするとともに、将来の課題及びその解決策を示すことが重要であると考えている。

競争力を表す指標として、色々とあると思うが、本稿では企業の売上高、営業利益を取り上げ分析する。第 2 章では、各企業や製品群、消費地域、応用分野などのセグメントに分類した横断面データとそれらの時系列データのソースについて示す。第 3 章では、それらのデータをもとに、2000 年代の世界半導体市場概要を示し、世界 GDP に対する比率の変化および各国半導体産業の対各国 GDP 比率の推移を示す。第 4 章では、その中における日本半導体企業群のポジションを製品群ごとの変化で示す。第 5 章ではこれらの調査データから、2000 年代の日本半導体企業群不振の構図をあぶり出し、二つの類型化された事実（拡大している市場セグメントにおけるシェア低下とシェアトップの市場セグメントにおけるシェア低下）を示す。第 6 章では、1990 年代後半以降にはじまり、2000 年代に顕著になった三つの構造変化を示し、半導体産業への影響に言及する。第 7 章では、これらの構造変化に対応できなかった日本半導体企業群は売上高シェアを落としていったが、その状況について説明する。第 8 章では、日本半導体企業群が対応できなかった理由を四つ挙げ、内容を説明する。最後に第 9 章では半導体産業の今後と日本の対応について述べる。

2000 年代の日本半導体産業の不振について、論じる場合に、断片的、一時的な情報で「全ての半導体産業」というような論じ方をされる。しかし、半導体産業は過去、製造が主体の産業であったが、近年はその取り扱う製品により、製造が主体のものから、設計が主体のものまで幅広く、一口では語れないようになってきている。従って、半導体産業を分析

³ 例えば「ニッポンこの 20 年 長期停滞から何を学ぶか」日本経済新聞社編 2011 年、「失われた 20 年」と日本経済 深尾京司 日本経済新聞社 2012 年

するためには、市場を製品群、消費地域、応用分野などのセグメントに分類し、市場規模の時系列推移を調査し、更には各企業の売上高、営業利益などを比較的長期に詳細に調べ、データに基づいた議論が重要であると考えている。

本稿では、特に、日本半導体産業の不振が顕著になった 2000 年代のデータを中心に紹介し、さらに起こった事象の原因をいくつか推論し、半導体産業の今後と日本の対応について言及した。しかし、推論で述べた原因が「なぜ起こったのか?」、「今後、どのようにすればよいか?」についての深掘りが更に必要と考えており、今後、継続して分析を行う予定である。

2. 調査データ、項目

本稿では、競争力を評価する指標として、各社の売上高と営業利益を取りあげた。これらのデータについては、1991年から2010年までの世界半導体主要62社（2009年時点）の各社が公表している財務データを調査した。また、売上高と利益の中身を分析するためにはProducts（製品群）、Place（消費地域）、Application（応用分野）ごとのセグメントに分類したデータが必要で、それらについてはWSTS Blue Book および IHS iSuppli Annual 2001 to 2010 Semiconductor Market Share by Competitive Landscaping Tools 2011 のデータを活用し、半導体消費高実績は IHS iSuppli Semiconductor Spend Analysis H1 2011 のデータを活用した。

複数のデータベースを利用した理由は、WSTS および IHS iSuppli は売上高に対するデータはあるが、利益に関するデータは無く、競争力を分析する場合、売上高だけではなく利益のデータも必要と考え、各社の財務諸表を調査し、データを収集した。また、製品群、応用分野、消費地域等のセグメントのデータは、独自で調査すると膨大な時間と費用を要するので、これらについてはデータが充実している WSTS および IHS iSuppli のデータベースを活用した。表2.1に2001年から2010年までの世界のGDPと世界半導体規模(Ref.1, Ref.2, Ref.3)を比較して表すが、数値が少し異なっている。これは調査企業数の差異や会計年度と暦年の差による。

表 2.1 世界の GDP と世界半導体市場規模

単位：\$B

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	CAGR 2001- 2010
GDP WW											
	32,008	33,275	37,393	42,084	45,525	49,308	55,680	61,191	57,722	62,911	7.8%
Semi WW											
Ref.1	138	135	168	203	214	237	249	223	205	266	7.6%
Ref.2	139	141	166	213	227	248	256	249	226	298	8.8%
Ref.3	157	161	187	231	240	264	275	261	231	307	7.7%

出典：GDP：IMF World Economic Outlook Database (<http://www.imf.org/external/data.htm>)

Ref.1：[中屋、2011] 主要半導体企業62社の財務諸表調査より。一橋大学イノベーション研究センター IIR Working Paper WP#11-03 に記載

Ref.2：[WSTS]

Ref.3：[IHS iSuppli, 2011A]

CAGR：Compound Annual Growth Rate 年平均成長率

2.1. 製品群分類

半導体製品はその機能およびデバイス・回路構成に応じて分類することができる。本稿では、製品群として、Micro（マイクロ）、Logic（ロジック）、Memory（メモリ）、Analog（ア

ナログ)、Discrete (個別半導体)、Optical Semiconductor (光半導体)、Sensor & Actuator (センサーとアクチュエータ) で分類した。

2.1.1. SoC (System on a Chip) の定義

集積規模の増大とともに、システム、サブシステムのワンチップ化が可能になり、上記分類のマイクロ、メモリと応用分野に特化した機能回路 (入出力回路、インターフェース回路、通信回路などで、ロジック回路、アナログ回路からなる) などが集積されたものを SoC (System on a Chip) と分類する。IHS iSuppli の分類では Logic に分類されている。

2.1.2. ASSP (Application Specific Standard Products : 専用標準製品)、ASCP (Application Specific Custom Products : 専用カスタム製品)、GPP (General Purpose Products : 汎用製品) の定義

半導体製品を応用分野と顧客の数で分類すると図 2.1 のようになる。一般的に Logic、Analog 製品群は GPP、ASSP、ASCP に分類できる。また、Micro 製品群の中の MCU (マイコン) も GPP、ASSP、ASCP に分類できる。

Logic のうち ASSP タイプと ASCP タイプで集積規模が大規模な製品は SoC と分類でき、本稿では ASSP タイプ、ASCP タイプの Logic を合わせて SoC と分類する。

IHS iSuppli では、Logic を ASSP、ASIC、GP と分類して、専用カスタム製品を ASIC と呼んでいる。しかし、本稿では専用カスタム製品のことを ASIC という用語は使わず、ASCP と呼ぶ。ASIC は、狭義には ASCP のことを指すが、ASSP と ASCP を合わせて ASIC と呼んだり、設計手法の意味でつかわれたりするので、曖昧さを避けるためである。

		応用分野	
		単一	複数
顧客	複数	ASSP	GPP
	単一	ASCP	

図 2.1 応用分野と顧客数による製品分類

2.2. 製造付加価値型製品群と設計付加価値型製品群

半導体製品は設計工程と製造工程の両方によって付加価値が付けられ、製品として出荷されているが、どちらの重みが大きいかに応じて、製品群を分類する。

- 設計付加価値型製品群 : Micro (MPU、MCU、DSP)、Logic (ASSP)、Analog (GPP、ASSP)
- 製造付加価値型製品群 : Memory (DRAM、Flash など)、Logic (ASCP)、Logic (GPP)、Analog (ASCP)、Discrete、Optical Semiconductor、Sensor & Actuator

製造付加価値型製品群はインプリメンテーション設計、製造の比重が高く、設計付加価値型製品は製品仕様、アプリケーション設計、システム設計の比重が高い製品群である。それぞれの製品群で、先端プロセス技術の必要な製品群、レガシー（比較的太線）プロセス技術でも良い製品群に分類して、図 2.2 に示す。

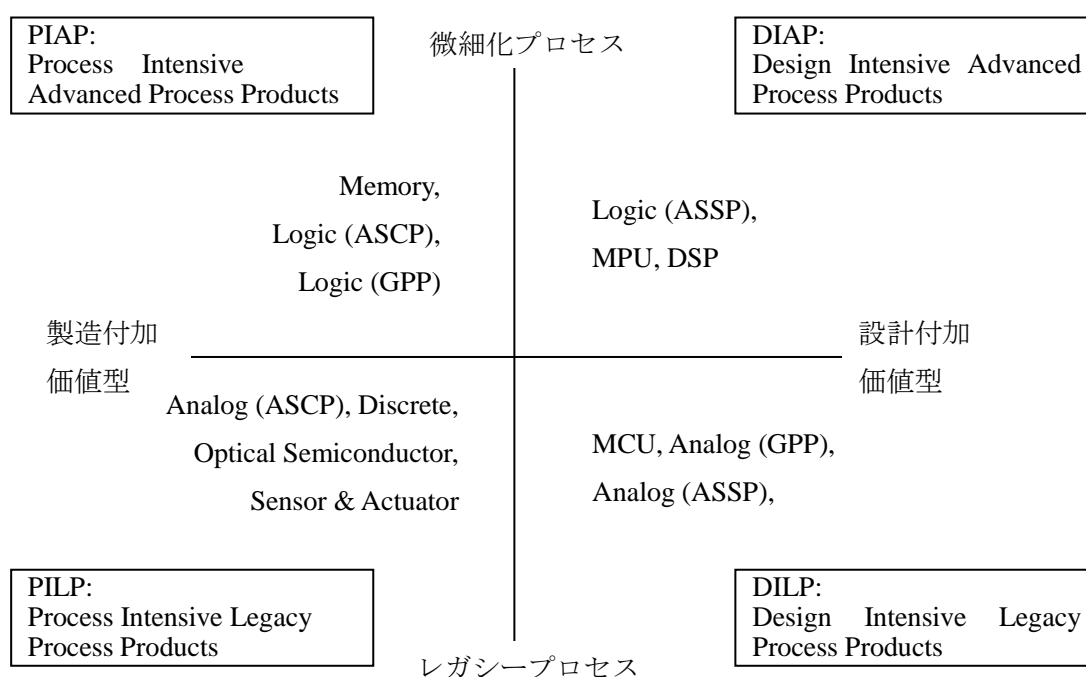


図 2.2 製品分類

2.3. 消費地域別

半導体の消費地域は、Americas（北米、中米および南米）、EMEA（欧州、中東およびアフリカ）、Japan（日本）、Asia-Pacific（韓国、中国、台湾などアジアおよび太平洋地域）に分類して調査した。

2.4. 応用分野別

半導体の応用分野としては、Consumer、Computer & Peripherals、Wireless Communication、Wired Communication、Automotive、Industry に分類して調査した。

3. 世界半導体市場概要

2000年代における世界半導体市場規模は、WSTS データによると、2000年のITバブルによる急成長で、\$200B を超えるまでに拡大したが、その後、バブルの崩壊により、2001年は前年比-32%の\$139B まで縮小した。2002年より世界経済が好調に推移したこともあり、半導体市場も拡大し2007年には\$256B にまでなったが、2008年9月に端を発したリーマンショックによる不況で2008年、2009年と2年続けてマイナス成長を記録した（2年連続のマイナス成長は半導体産業の歴史では過去なかった）。しかし、2010年は急回復して、30%以上の成長率を示し、市場規模も\$298B にまで拡大した。2001年から2010年への年平均成長率（CAGR: Compound Annual Growth Rate）は8.8%を記録した。

IHS iSuppli のデータによると、2001年の世界半導体市場は\$158B で、その後、2007年までは拡大し、\$275B を記録した。2008年のリーマンショックによる不況で2009年には\$231B まで下がったが、2010年には回復して、\$307B にまで拡大した。2001年から2010年への年平均成長率は7.7%である。（表3.1、図3.1）

表 3.1 各国の GDP と半導体産業規模

単位：\$B

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	CAGR 2001- 2010
GDP											
WW	32,008	33,275	37,393	42,084	45,525	49,308	55,680	61,191	57,722	62,911	7.8%
US	10,286	10,642	11,142	11,853	12,623	13,377	14,029	14,292	13,939	14,527	3.9%
JP	4,095	3,918	4,229	4,606	4,552	4,363	4,378	4,880	5,033	5,459	3.2%
EU	6,337	6,915	8,524	9,761	10,137	10,742	12,369	13,602	12,442	12,168	7.5%
KO	505	576	644	722	845	952	1,049	931	834	1,014	8.1%
TW	294	301	311	340	365	376	393	400	377	430	4.3%
CH	1,325	1,454	1,641	1,932	2,267	2,713	3,494	4,520	4,991	5,878	18.0%
Semi											
WW	157.5	161.3	186.6	230.8	240.1	264.5	274.9	260.5	231.2	307.0	7.7%
US	80.6	79.6	89.9	107.8	115.5	124.8	126.4	123.9	110.8	146.7	6.9%
JP	43.6	43.1	50.4	58.6	56.3	59.0	64.4	61.2	49.6	63.0	4.2%
EU	17.9	18.5	22.1	27.9	27.5	31.6	32.3	31.0	24.3	28.2	5.2%
KO	8.9	11.8	13.9	22.1	25.3	29.8	31.2	25.5	27.1	43.9	19.4%
TW	5.7	7.5	9.4	12.8	13.3	16.4	17.3	15.7	16.2	20.5	15.3%
CH	0.3	0.4	0.6	1.0	1.5	2.0	2.4	2.3	2.4	3.4	29.7%

出典：IMF、IHS iSuppli 各国の産業規模は、企業を本社の所在地で分類し、合算して算出した。

世界半導体市場の GDP に対する割合は 2000 年代を通じて、0.5%前後で推移している。図 3.2 に示すように、米国、日本、欧州の半導体産業の対 GDP 比率は、米国：0.7%~0.9%、日本：0.8%~1.2%、欧州：0.1%~0.3%の間の値であるが、台湾、韓国は GDP に対する半導体産業の比率は高く、2001 年にはそれぞれ 1.4%、2.9%から 2010 年には 3.0%、4.2%にまで、その比率も上げている。中国は半導体産業で年平均成長率は 29.7%と高い伸び率を示しているが、GDP に対する比率は非常に低く、2010 年でも 0.06%しか占めていない。

一方、各地域を消費市場として見た場合には、日、米、欧は 2001 年から 2010 年までの年平均成長率、それぞれ、3.4%、2.1%、2.6%しか伸長していないが、アジア・パシフィック地域は 15.0%も伸長している。(表 3.2)

表 3.2 各地域の半導体消費量

単位：\$B

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
Americas	43.0	37.0	37.1	41.9	42.8	47.1	45.4	40.9	37.4	51.9	2.1%
Japan	36.6	35.7	43.4	50.8	50.4	53.6	56.1	52.7	40.5	49.5	3.4%
EMEA	30.3	28.1	30.8	38.0	39.2	41.0	41.3	39.3	31.3	38.1	2.6%
AP	47.6	60.5	75.4	100.0	107.8	122.8	132.2	127.7	122.0	167.5	15.0%

出典：[IHS iSuppli, 2011B]

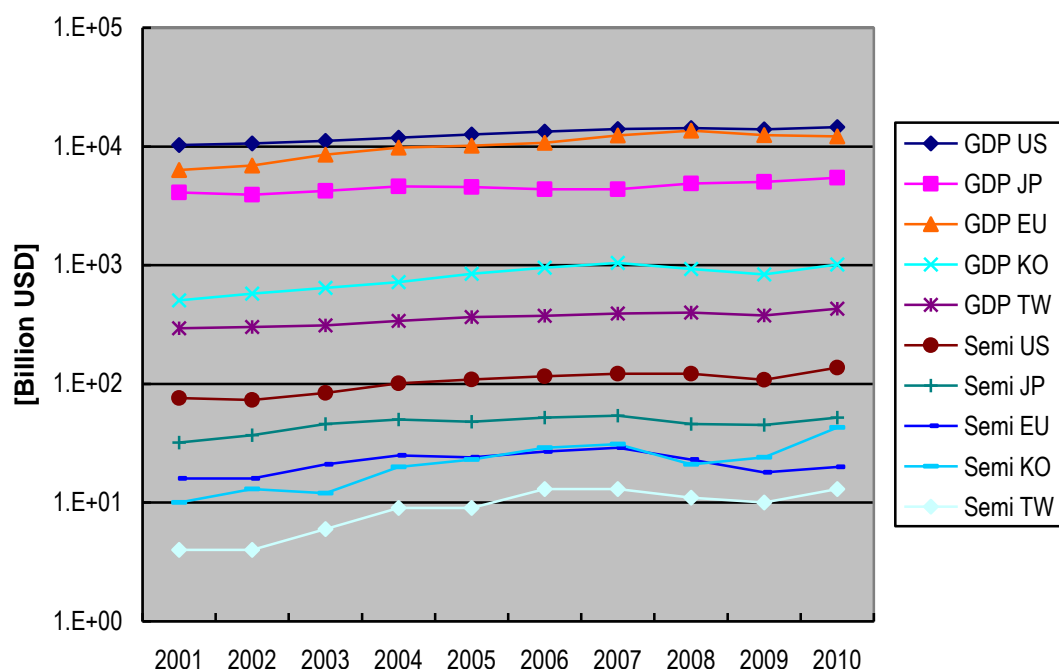


図 3.1 世界各国の GDP と半導体産業規模

出典：IMF、IHS iSuppli のデータをもとに作成

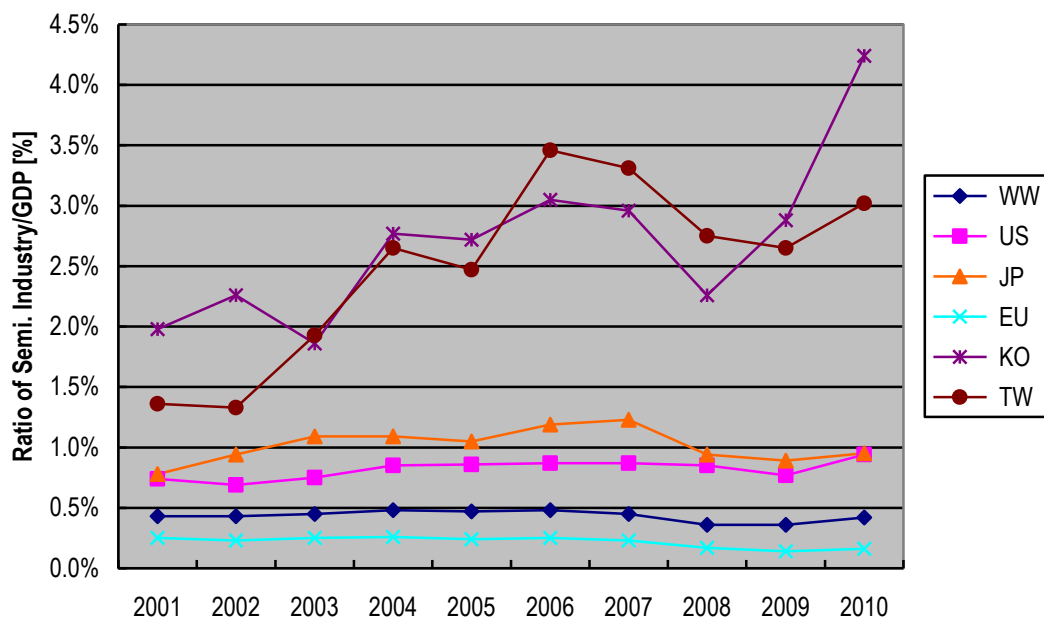


図 3.2 半導体産業規模の GDP 比率
 出典：IMF、IHS iSuppli のデータをもとに作成

4. 世界半導体市場における日本半導体企業のポジション

日本半導体の状況を見ると、世界半導体産業が拡大しているにもかかわらず、日本半導体企業群の売上高は\$43.6B（2001年）から\$63.0B（2010年）と売上高が拡大しているが、年平均成長率は4.2%で、世界の年平均成長率7.7%（IHS iSuppliの調査データによると世界半導体市場規模は2001年には\$157.5B、2010年には\$307.0B）に比べて伸長しているとは言えない。世界主要半導体企業62社の地域別（米国33社、日本12社、欧州5社、アジア12社）売上高を見ると、図4.1に示すように、世界経済が拡大した2003年から2007年の4年間で日本半導体企業群は米国半導体企業群に売上高格差を\$30Bも拡大された。一方、韓国・台湾などのアジア半導体企業群に売上高格差を\$17Bも縮小された。リーマンショック不況で一時縮小された売上高格差を広げたが、2010年には売上高を逆転された。

また、営業利益についてみると、図4.2に示すように日本半導体企業群は2003年以降、増加しておらず、リーマンショック不況の影響で、2008年、2009年とマイナスを記録した。2010年はプラスに転じたが、2003年レベルには至っていない。一方、米国半導体企業群は2005年まで営業利益は増加し、2008年にはマイナスになったが、マイナス金額も日本半導体企業群よりも少ない。また、2009年にはプラスに転じ、2010年は過去、最高レベルを記録している。アジア・パシフィック地域の半導体企業群も米国半導体企業群と同様の傾向を示しており、営業利益率では米国半導体企業群を上回っている。

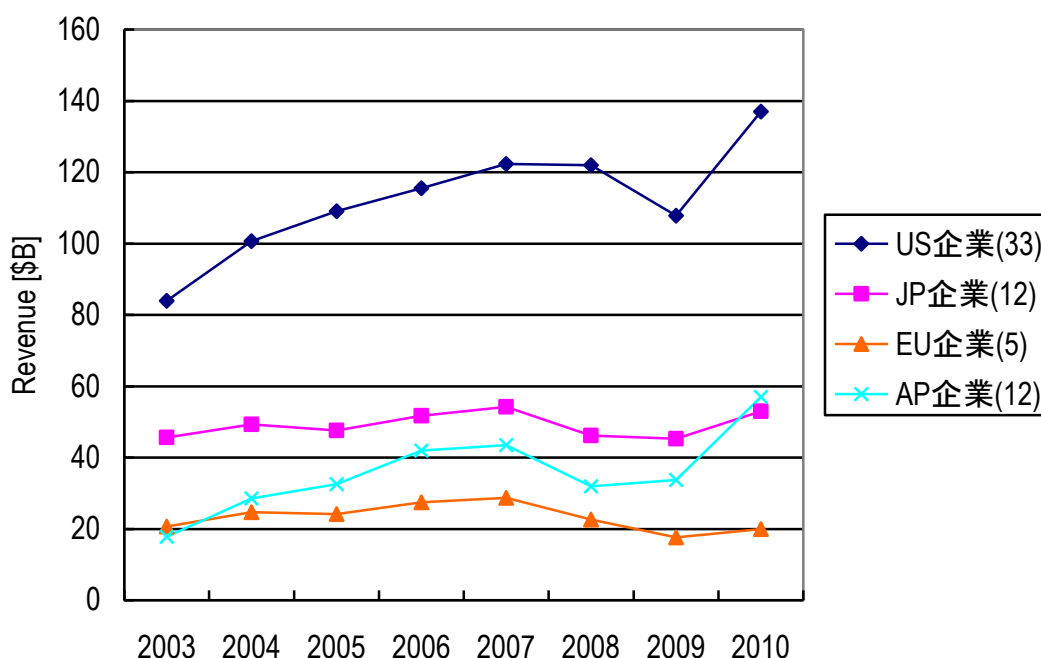


図 4.1 地域別半導体企業売上高 出典：[中屋、2011]

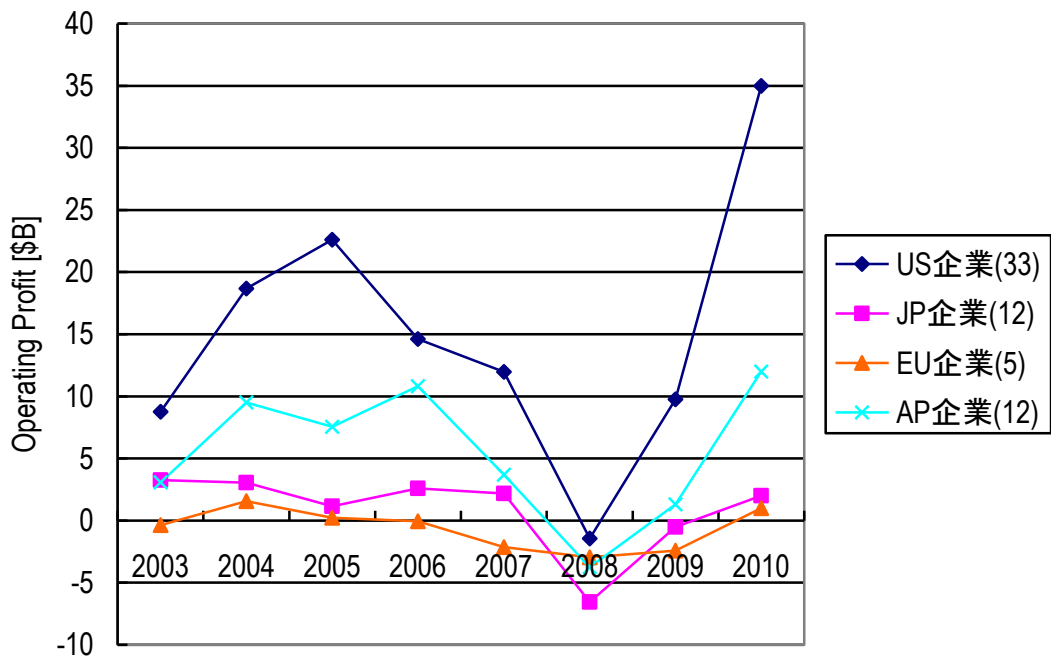


図 4.2 地域別 半導体企業営業利益 出典：[中屋、2011]

図 4.3、図 4.4、図 4.5 に日米、日亜、日欧で比較した製品群別売上高変化を示す。横軸は 2003 年から 2010 年までの売上高差異金額を示し、縦軸は各製品群の WW で見た 2003 年から 2010 年までの成長率を示し、丸は 2010 年の WW 市場規模を示す。

4.1. 日米半導体企業群の売上高差異の推移（2003 年－2010 年）

図 4.3 に示すように、日本半導体企業群は、米国半導体企業群に Logic (ASSP タイプ) で \$17B、MPU で \$14B、Analog GPP で \$7B、Analog ASSP で \$6B と格差を拡大され、DRAM で \$4B、Logic (ASCP タイプ) で \$2B の格差を縮小した。この結果は、米国は設計付加価値型製品群で強みを発揮し、日本は製造付加価値型の製品群で、米国との格差を詰めたことを表している。

4.2. 日亜半導体企業群の売上高差異の推移（2003 年－2010 年）

図 4.4 には日本とアジア（特に韓国、台湾企業）の変化を示す。日本企業の売上高は 2003 年にはアジアに比べ約 \$28B 多かったが 2007 年までに \$17B 差を詰められ、2010 年には逆転された。製品群で見ると、DRAM で \$12B、Flash で \$6B と先端プロセス使った製造付加価値型の製品群で差がつき、Logic (ASSP タイプ) で \$4B、Analog GPP で \$7B、Analog ASSP で \$6B と設計付加価値型の製品群でも売上の増加額はアジア企業群の方が多かった。2003 年から 2010 年までで、日本企業が増加額で勝ったのは Sensor & Actuator のみで、日本が強い

といわれていた MCU、Discrete、Optical Semiconductor についても、2003 年から 2010 年までの増加額という面からみると、ほぼ同じ額である。

4.3. 日欧半導体企業群の売上高差異の推移（2003 年－2010 年）

図 4.5 に日本と欧州の変化を示す。2003 年から 2010 年の 7 年間で日本は売上高を\$50.4B（2003 年）から\$62.8B（2010 年）へ\$12.4B 伸ばし、欧州は\$22.1B（2003 年）から\$28.0B へ\$5.8B 伸ばした。結果的に日本は欧州に DRAM、Flash、Optical Semiconductor で格差を拡大したが、SoC（ASSP タイプ）を初めとして、Analog ASSP、Discrete、MCU で格差を詰められた。

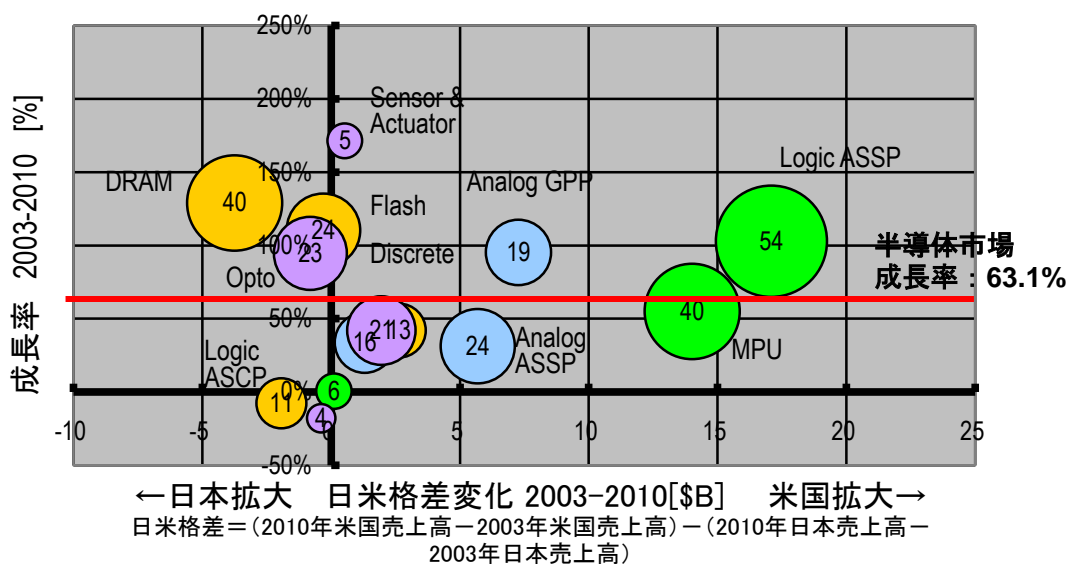


図 4.3 日米半導体企業群の売上高差異の変化 出典：IHS iSuppli のデータをもとに作成

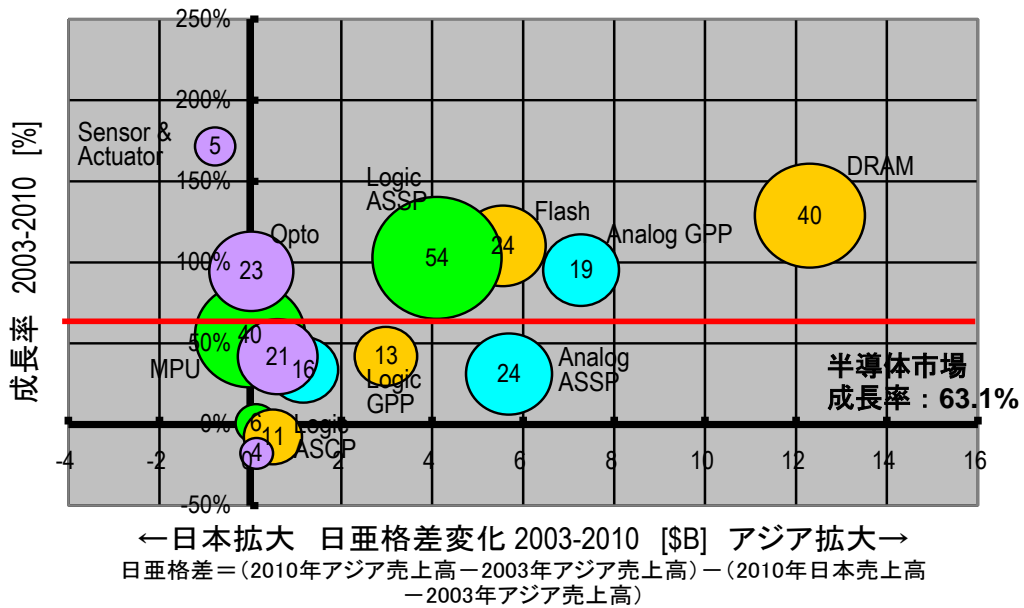


図 4.4 日亜半導体企業群の売上高差異の変化 出典：IHS iSuppli のデータをもとに作成

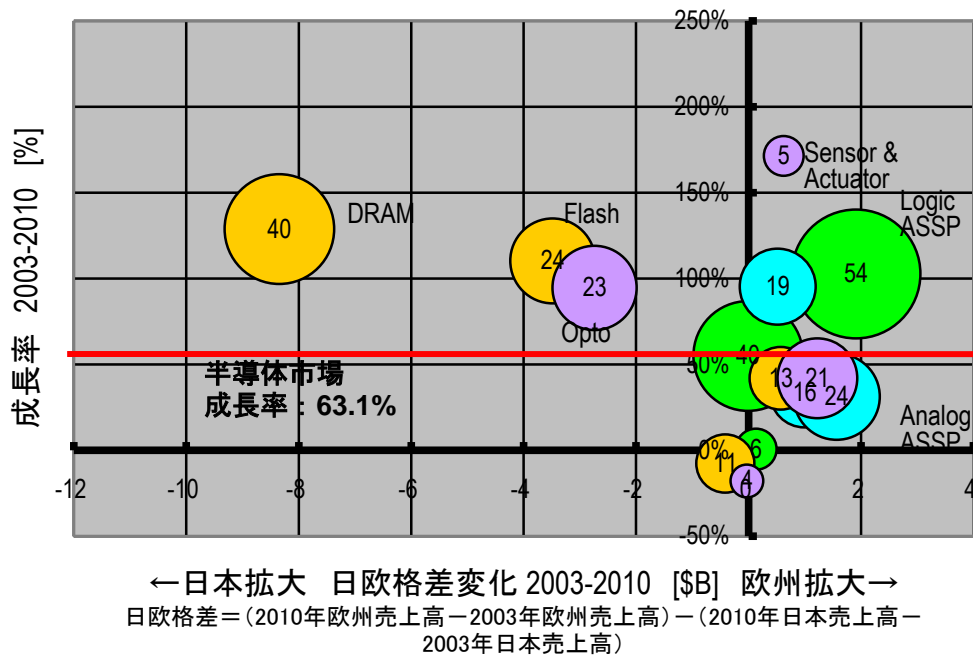


図 4.5 日欧半導体企業群の売上高差異の変化 出典：IHS iSuppli のデータをもとに作成

4.4. 設計付加価値型 vs 製造付加価値型と先端プロセス vs レガシープロセス

図 2.2 で半導体製品群を設計付加価値型か製造付加価値型か、製造プロセスで比較的先端プロセスを使っているか、レガシープロセスを使っているかで分類した。

- ① 先端プロセス使用・設計付加価値型製品群 Design Intensive Advanced Process (DIAP) : SoC (ASSP), MPU, DSP
- ② レガシープロセス使用・設計付加価値型製品群 Design Intensive Legacy Process (DILP) : MCU, Analog (ASSP, GPP)
- ③ 先端プロセス使用・製造付加価値型製品群 Manufacturing Intensive Advanced Process (MIAP) : Memory, SoC (ASCP), Logic (GPP)
- ④ レガシープロセス使用・製造付加価値型製品群 Manufacturing Intensive Legacy Process (MILP) : Analog (ASCP), Discrete, Optical Semiconductor, Sensor & Actuator

これらの分類に従って、各製品群の市場規模推移 (図 4.6、図 4.7) と各製品群に占める各国のシェア (図 4.8~4.11) を示す。製造付加価値型の製品群は先端プロセス製品、レガシープロセス製品とも 2001 年と 2010 年で比較して、半導体製品全体に占める比率は変わっていないが、設計付加価値型製品群は先端プロセス製品に若干シフトしている。

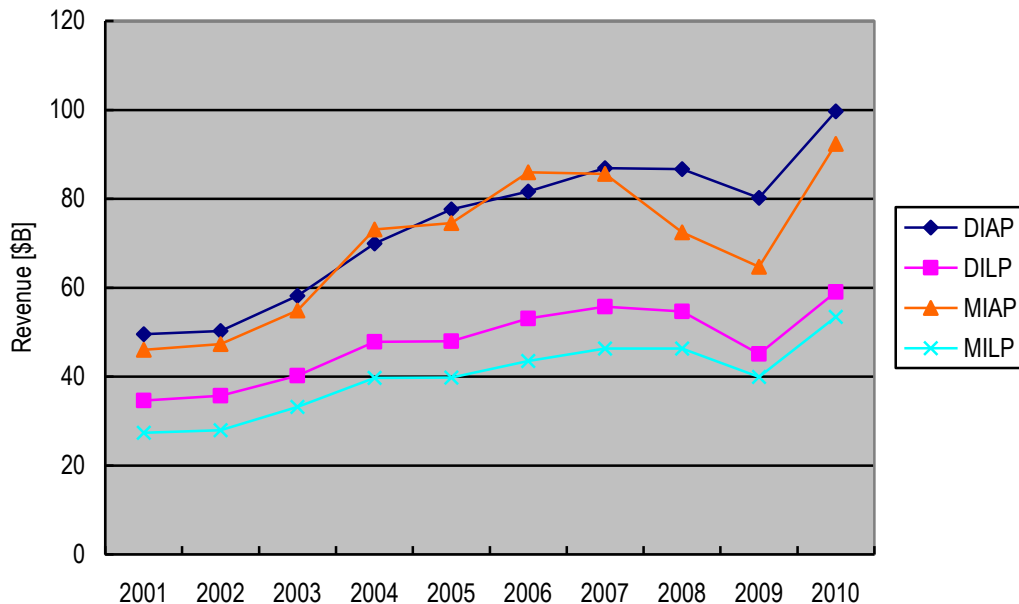


図 4.6 製品群別 売上高金額推移 出典：IHS iSuppli のデータをもとに作成

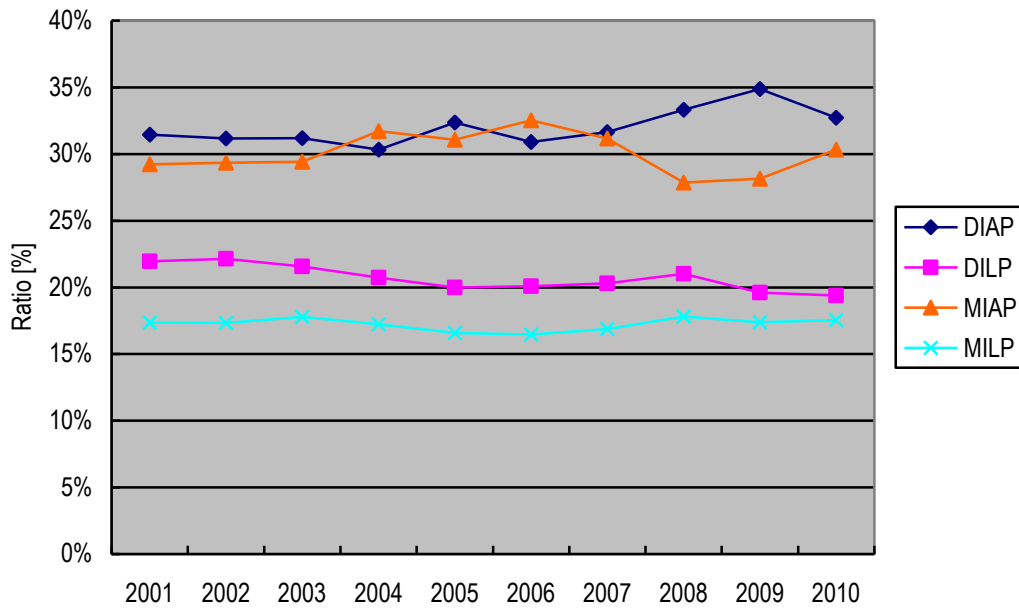


図 4.7 製品群別売上高シェアの推移 出典：IHS iSuppli のデータをもとに作成

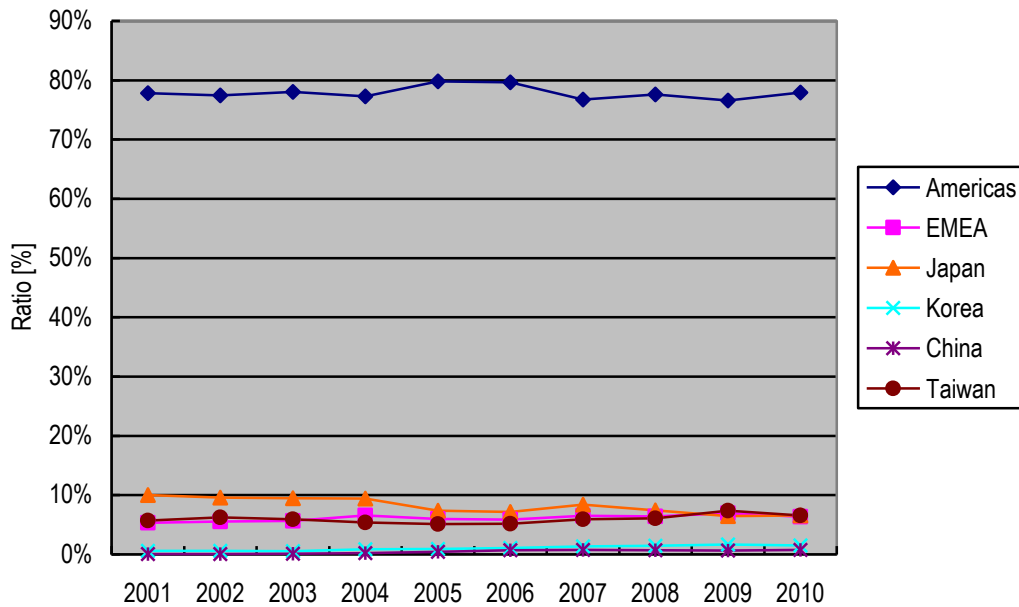


図 4.8 設計付加価値・先端プロセス製品の売上高シェア推移
出典：IHS iSuppli のデータをもとに作成

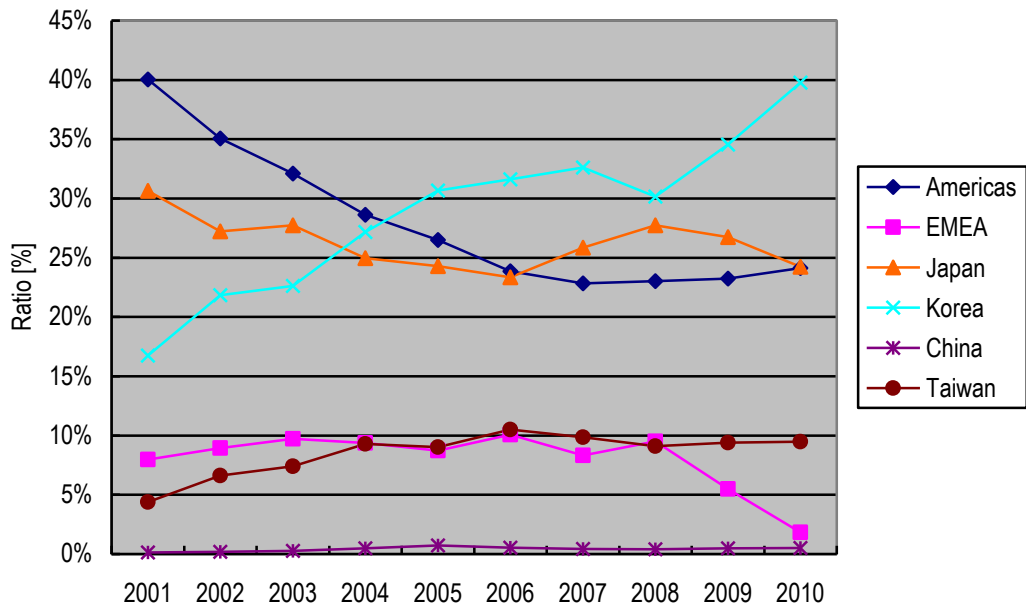


図 4.9 製造付加価値・先端プロセス製品の売上高シェア推移

出典：IHS iSuppli のデータをもとに作成

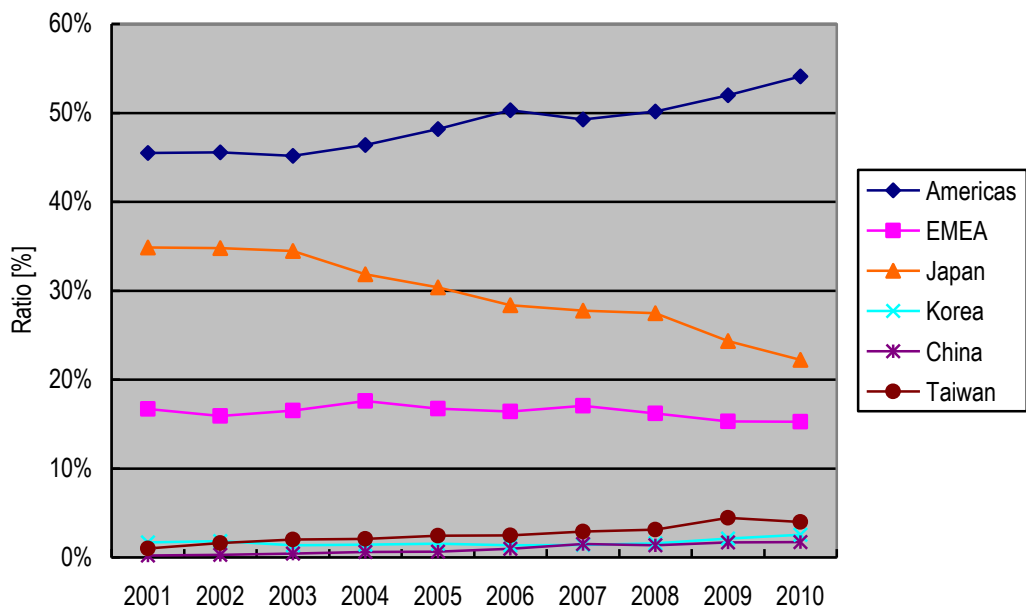


図 4.10 設計付加価値・レガシープロセス製品の売上高シェアの推移

出典：IHS iSuppli のデータをもとに作成

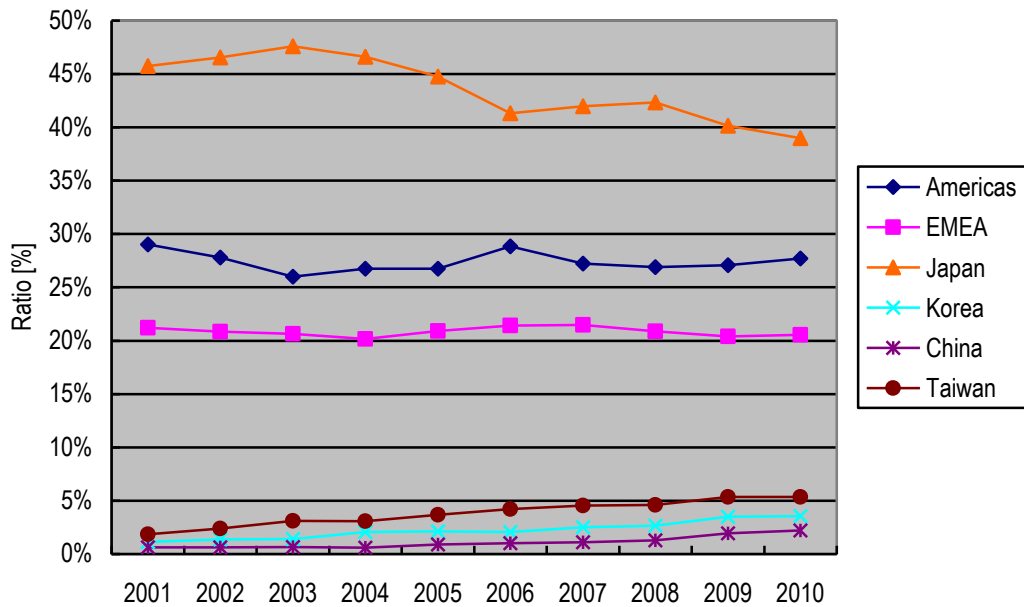


図 4.11 製造付加価値・レガシープロセス製品の売上高シェア推移

出典：IHS iSuppli のデータをもとに作成

米国企業群は先端プロセスを使った設計付加価値型製品で約 80%の高いシェアを保ち、また、レガシープロセスを使った設計付加価値型製品群でもシェアを上げ、50%を超えている。日本企業群は全カテゴリーでシェアを落としているが、その中でもレガシープロセスを使った製品群で低下しており、設計付加価値型で 13 ポイント、製造付加価値型で 7 ポイント悪化させている。

5. 日本の半導体産業不振の構図：二つの類型化された事実

前章では、世界半導体産業における日本半導体産業のポジションを知るために日本半導体企業群の売上高、営業利益の推移を他地域と比較して示し、2003年から2010年までの製品群ごとの日米、日亜、日欧の売上高伸長の差異を示した。また半導体製品を図2.2に示した分類（設計付加価値型、製造付加価値型、先端プロセス、レガシープロセス）に従い、各国の比率を示した。更に、本章では半導体市場を製品群市場、消費市場、応用分野市場に分類し、日本半導体産業の状況を売上高のデータとしてまとめた。その結果、2000年代における日本半導体企業群の不振の構図として、二つの類型化された事実が浮かび上がってきた。

(1) グローバルで拡大している市場におけるシェア低下：1990年代の後半から2000年代の半導体市場を製品群、消費地域、応用分野で見たときに、製品群としてはASSPタイプのSoCが、消費地域ではアジア・パシフィック地域が、応用分野としてはWireless Communication分野が拡大している。これらの市場拡大に対して、日本半導体企業群は、シェアを落としていった。

(2) 日本半導体企業群が2001年にはトップシェア占有市場におけるシェア低下：2010年前後になると、日本半導体企業群が2001年にトップシェアを持っていたMCU、Discrete、Optical Semiconductor製品群についても、ほぼ例外なくシェアを落としている。しかも、シェア低下は日本半導体企業が圧倒的に強かった日本消費市場、Consumer応用分野市場でも発生した。

以下、上記の二つの事実について、より詳しく確認してみたい。

5.1. グローバルで拡大している市場におけるシェア低下

製品群の中で最も急速な拡大傾向を示しているのは、ASSPタイプのSoCである(図5.1)。実際、全半導体製品に占めるSoCの割合は、2001年の14%から、2010年には18%に拡大した。ところが、日本半導体企業群のシェアは同じ期間内に18%から11%へと低下している(図5.2)。

また、消費地域別にみると、アジア・パシフィック地域の割合が2001年の30%から2010年の54%へと急拡大した(図5.3)。この拡大傾向は、年平均成長率では15%超に相当する。その拡大している市場において、日本企業群のシェアは19%から14%へと低下している(図5.4)。

応用分野では、多くの分野が横ばいもしくは微減の状態を示す中で、Wireless通信分野だけが2001年の14%から2010年の20%へと拡大した(図5.5)。その中で日本企業群のシェアは25%から19%へと大きく低下している(図5.6)。

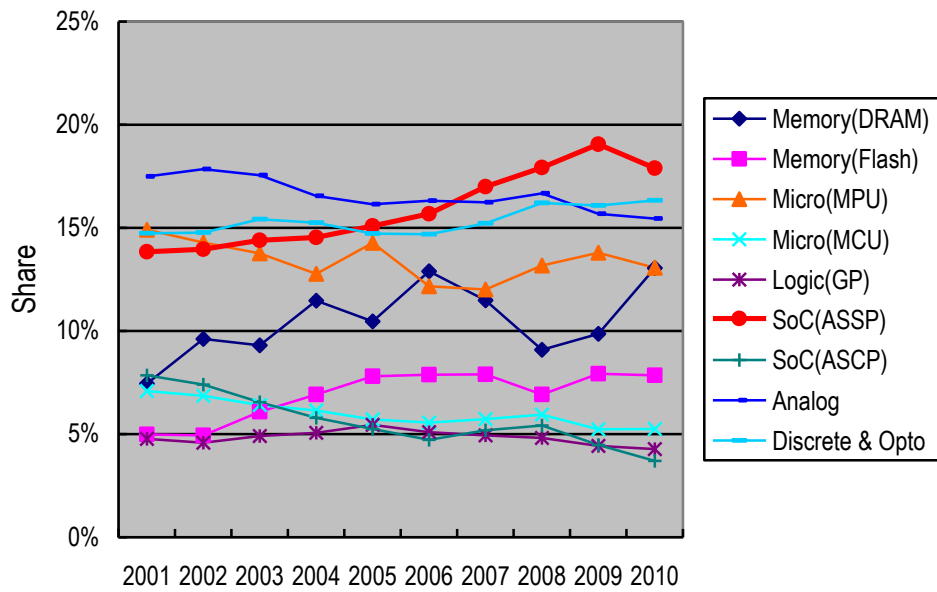


図 5.1 製品群のシェア推移 出典：IHS iSuppli のデータをもとに作成

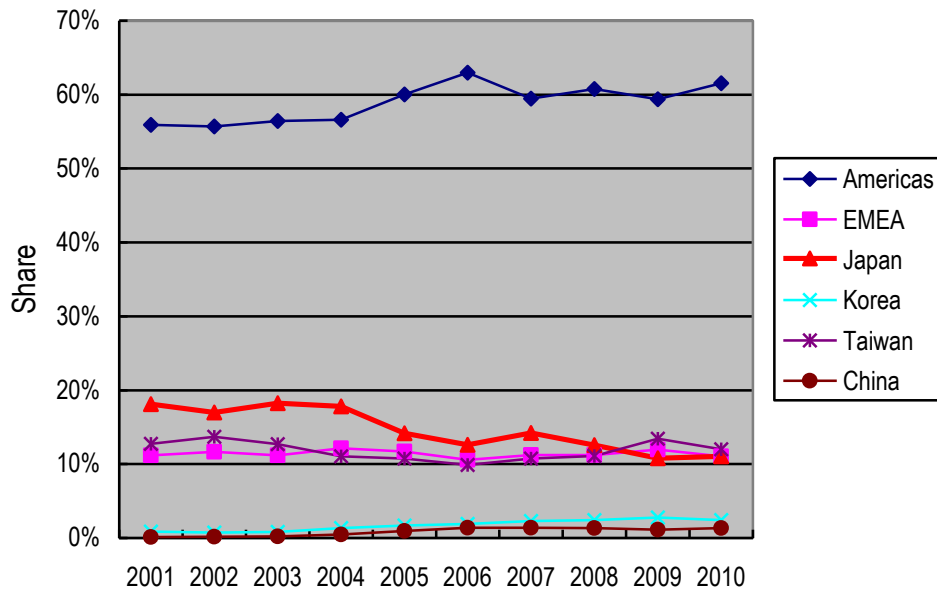


図 5.2 SoC (ASSP) の国別シェア推移 出典：IHS iSuppli のデータをもとに作成

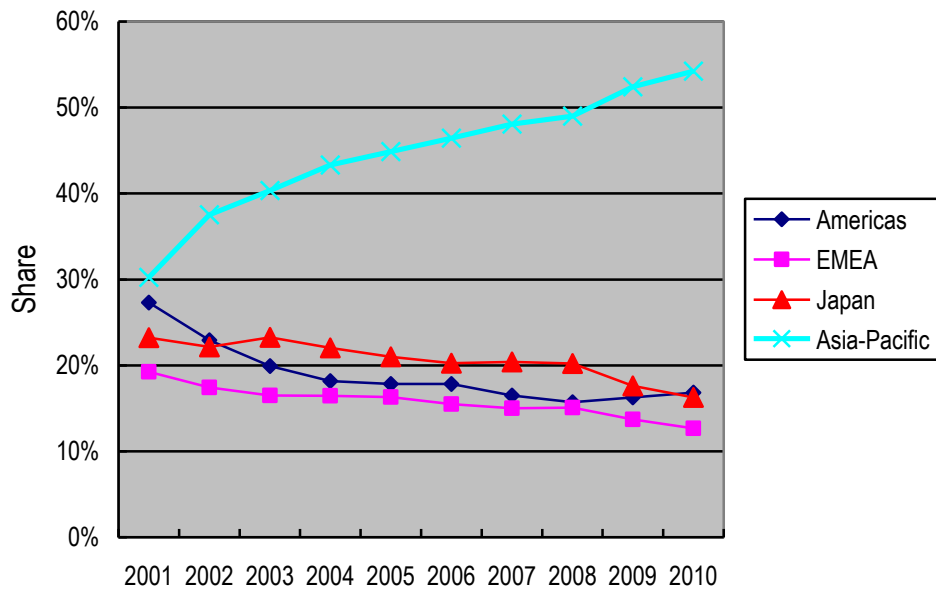


図 5.3 消費市場シェア推移 出典：IHS iSuppli のデータをもとに作成

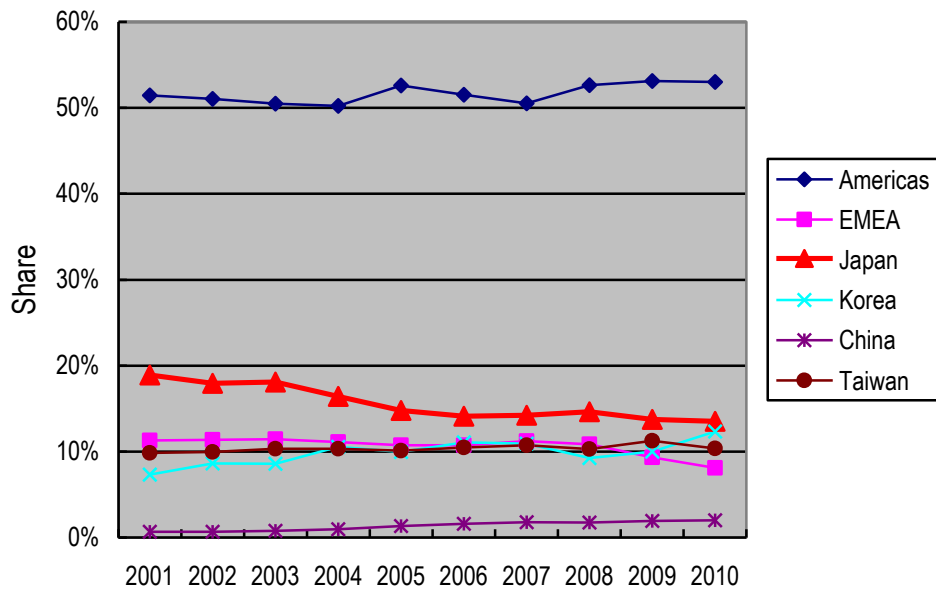


図 5.4 アジア・パシフィック消費市場の国別シェア推移
出典：IHS iSuppli のデータをもとに作成

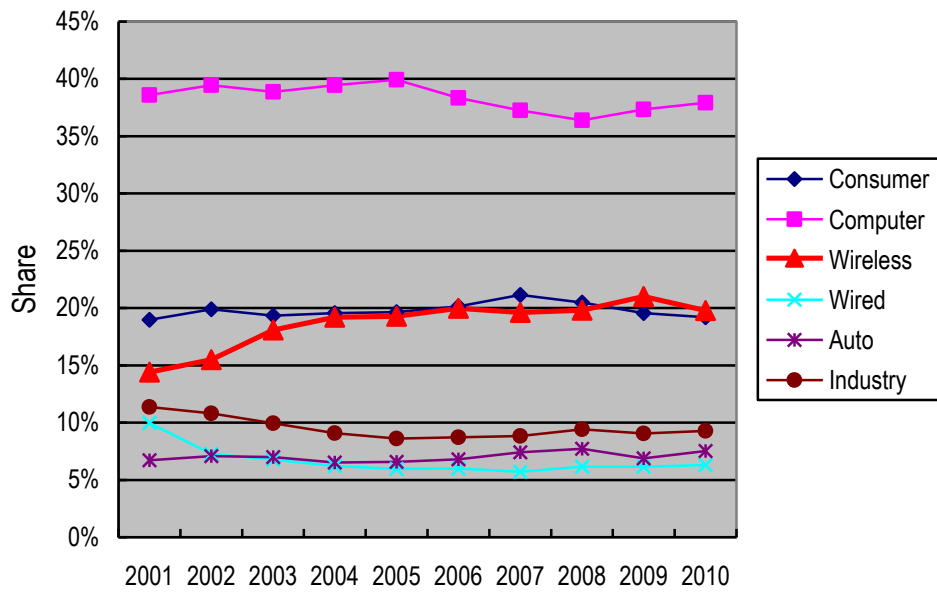


図 5.5 応用分野のシェア推移 出典：IHS iSuppli のデータをもとに作成

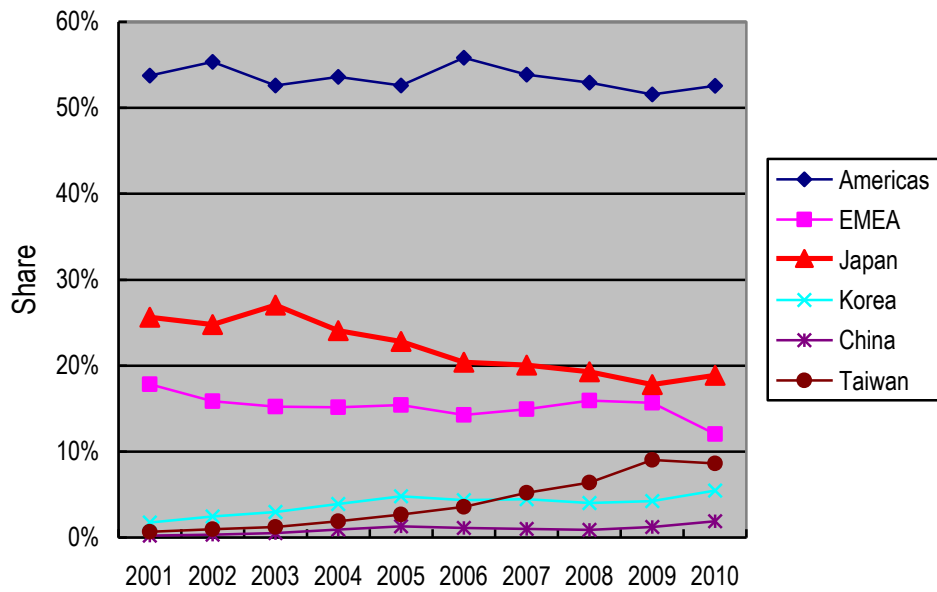


図 5.6 Wireless 応用分野の国別シェア推移 出典：IHS iSuppli のデータをもとに作成

5.2. 日本半導体企業群が 2000 年代の初めに強かった市場でのシェア低下

日本半導体企業群は、2001 年に MCU、Discrete、Optical Semiconductor といった製品群で高いシェアを誇ったが、2010 年には MCU が 52%(2001)から 41%(2010) (図 5.7)、Discrete が 49%(2001)から 37%(2010) (図 5.8)、Optical Semiconductor が 58%(2001)から 49%(2010) (図 5.9) と、いずれもかなりのシェアを低下させている。

また、従来、日本半導体企業群は国内での競争力が極めて高く、2001 年には国内の 73% のシェアを握っていた。ところが、2010 年には 58%まで低下してしまっている (図 5.10)。

同じ傾向は、日本半導体企業群が得意としていた Consumer 分野でも発生した。実際、2001 年に 63%のシェアを占めていたが、2010 年には 45%まで低下した (図 5.11)。

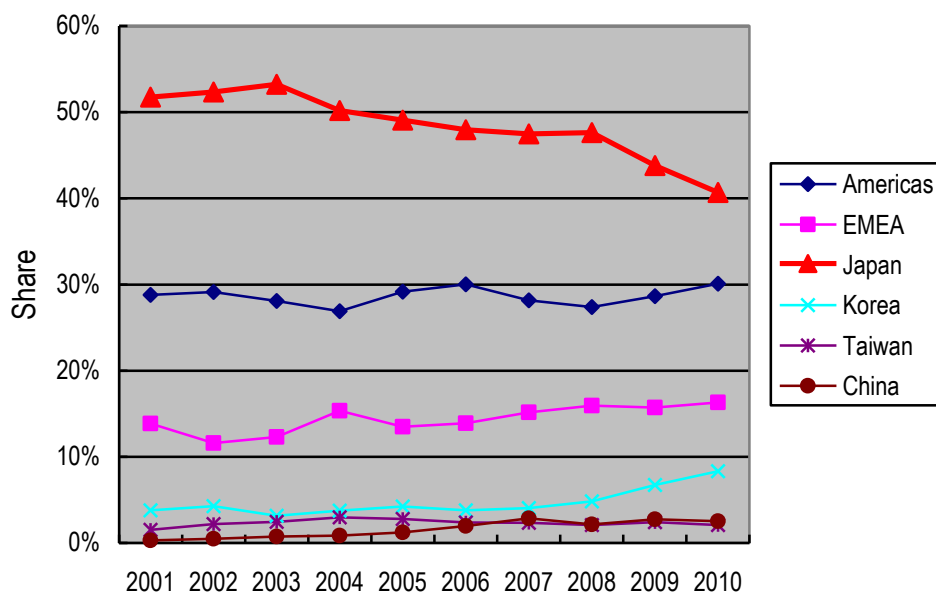


図 5.7 MCU の国別シェア推移 出典：IHS iSuppli のデータをもとに作成

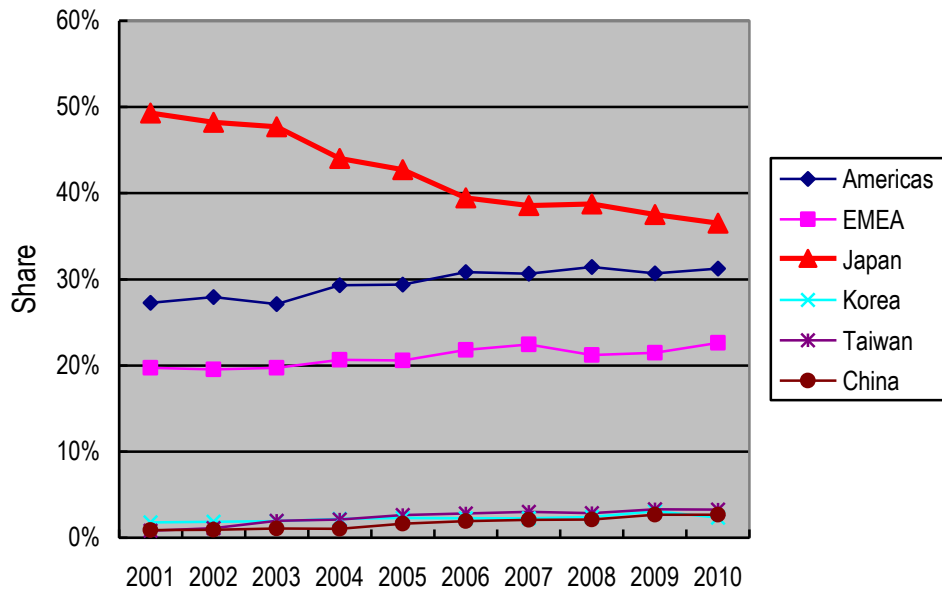


図 5.8 Discrete の国別シェア 出典：IHS iSuppli のデータをもとに作成

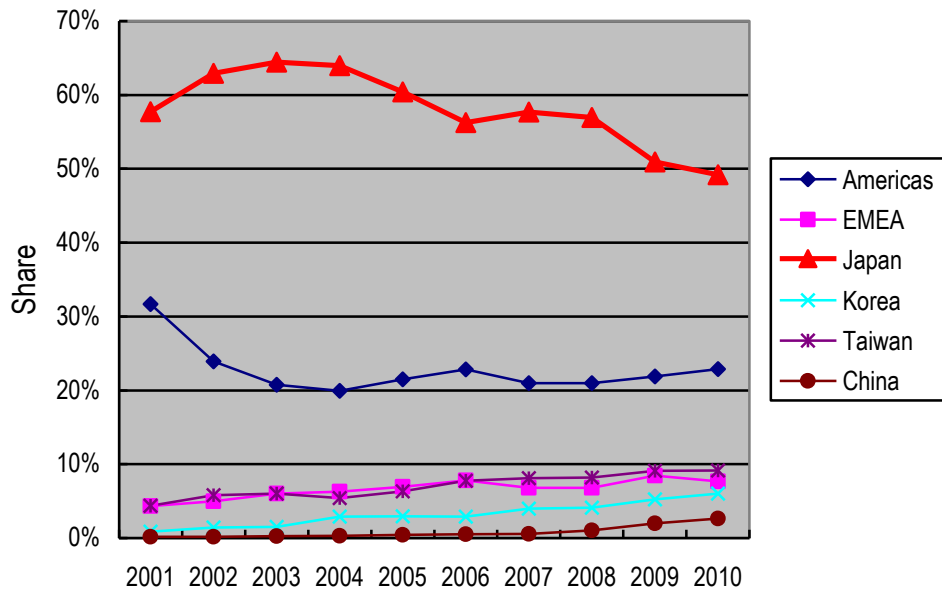


図 5.9 Optical Semiconductor の国別シェア推移 出典：IHS iSuppli のデータをもとに作成

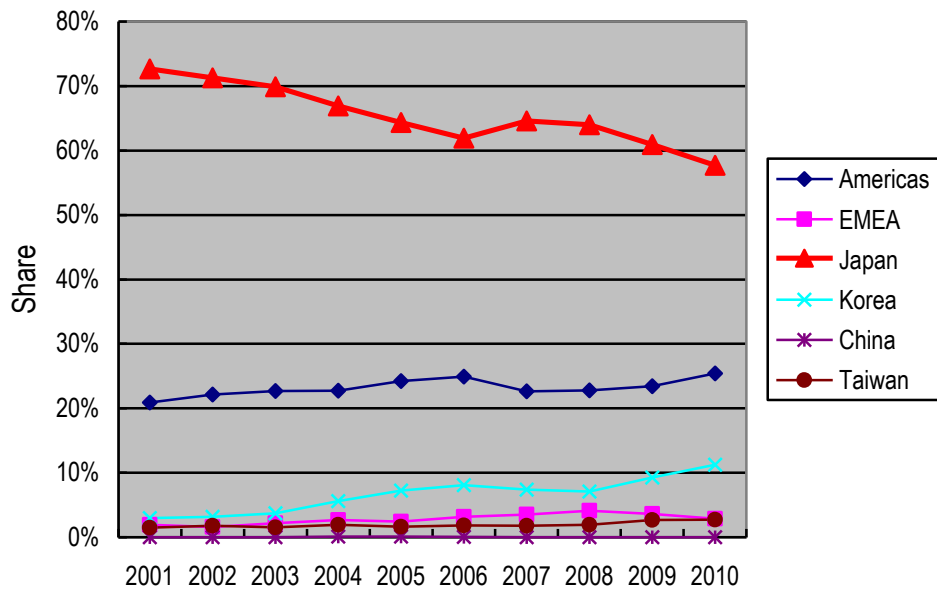


図 5.10 Japan 消費分野の国別シェア推移 出典：IHS iSuppli のデータをもとに作成

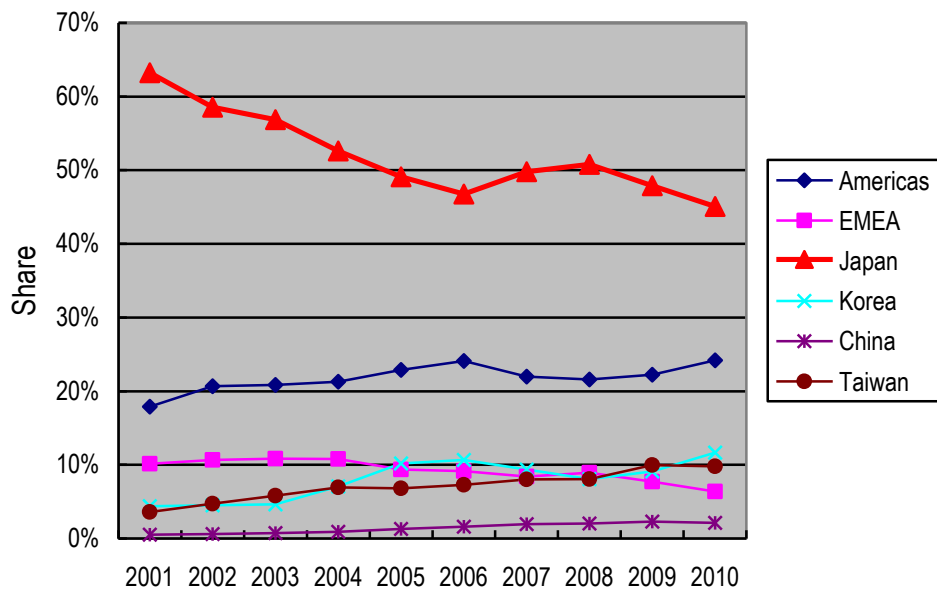


図 5.11 Consumer 市場の国別シェア推移 出典：IHS iSuppli のデータをもとに作成

新たに発生した世界の潮流にも乗り遅れ、自らの強みとしてきた分野でも競争力を低下させていった日本半導体企業群の様子は図 5.12 のような形でまとめることができる。日本半導体企業群のみが、ほぼ一人負けの様相を呈しており、日本半導体産業の抱えている大きな問題が根底にあるように感じられる。また、第 4 章でも示したように、最先端プロセス製品で大きくシェアを落としたというよりも、レガシープロセス製品におけるシェア低下が深刻な問題であると思う。これは、以前から日本の強かった製品群が多く含まれている。先端プロセス開発ができなくなっていることが大きな問題として取り上げられ、Fabless や Fab-Lite に進んでいることが、昨今話題になっているが、実はレガシープロセス製品の競争力が落ち、それらの製品を製造する工場の稼働率を上げられないことが問題である。次章以降では、問題を発生させた原因について、分析を試みたい。

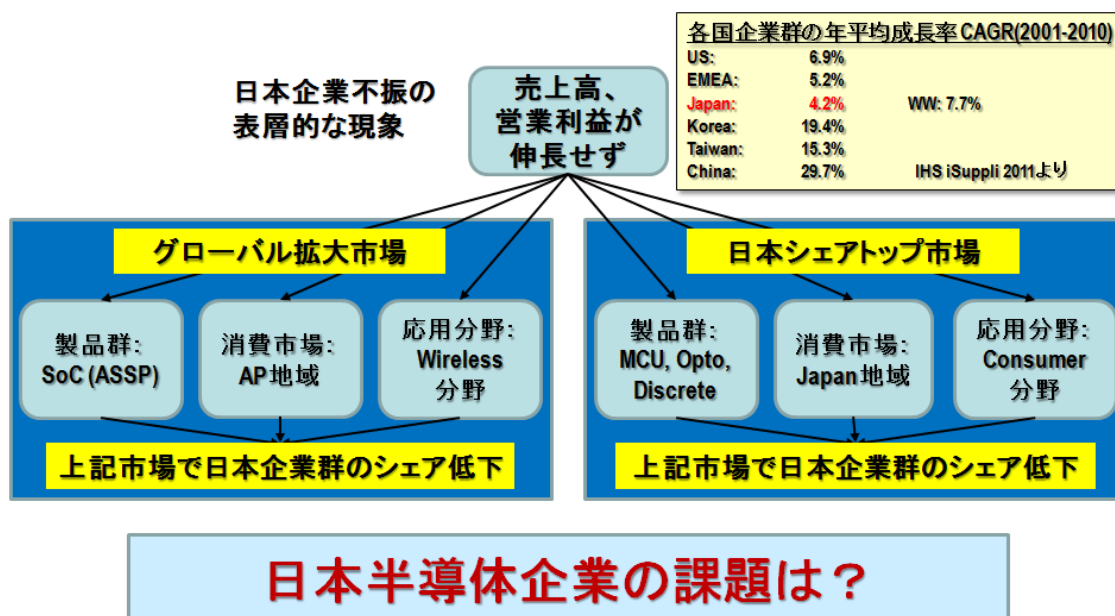


図 5.12 日本半導体産業の不振

6. 2000年代に起きた三つの構造変化

2000年代を迎え、半導体産業には大きな三つの構造変化が起きた。①微細化のさらなる進展がもたらした集積素子数の活用スタイルの変化および競争要因の変化、②インターネットに代表される情報通信技術の爆発的な普及による世界経済の連結度の急増（含む世界のフラット化およびグローバル化）、③新興国における半導体市場の急拡大、の三つである。これらの構造変化に対して、米国、韓国、台湾が変化を生かして、半導体産業を拡大させ、世界半導体市場全体としては拡大する中で、日本半導体企業群は、これらの構造変化を、未だ順風として生かせず、苦しんでいる状況である。

6.1. 急増した集積素子数とその活用スタイルの変化および競争要因の変化

半導体産業は過去40年以上にわたって止まることなく微細化を進展させてきた。その結果、現在はワンチップに数十億個のトランジスタを搭載するほどの大集積化が可能となるまでに至っている。そして、このような大規模集積化によって半導体デバイスの急速な性能向上と大幅な低コスト化が達成され半導体産業自体のさらなる発展の礎となっている。

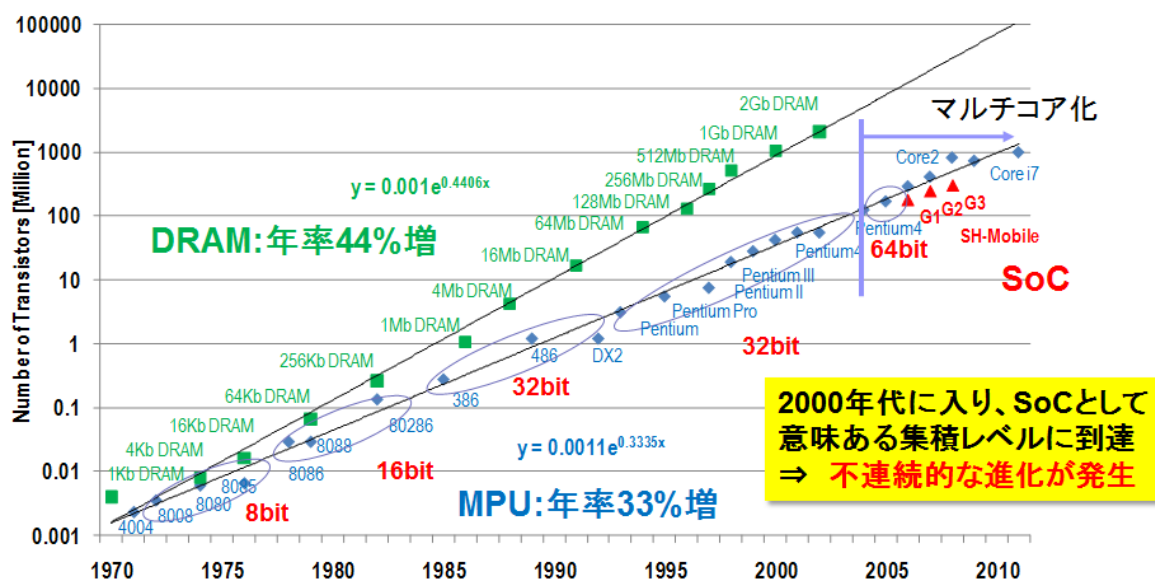


図 6.1. 集積素子数の増大

集積素子数の急速な増大は、各種の半導体製品ごとに異なったインパクトをもたらす。DRAM や Flash などのメモリ製品の場合、図 6.1 に示すように搭載可能素子数の増大は、記憶容量自体の増大に直ちにつながる。メモリでは、“記憶”機能の役割が突出していることによる。従って、メモリ製品市場での競争力は、メモリ素子に蓄える 0-1 というビット(情報)単価をいかに下げられるかによってほぼ決まってしまう。メモリメーカーの競争力が、1970年代以降から現代にいたるまで、デバイスを微細化するための製造技術と設計技術だけに

支えられてきている理由でもある。

他方、MPU や MCU などのマイクロ製品の場合、DRAM に比べると、やや複雑な“計算”や“コントロール”という機能を提供している。そのため、これらの製品の競争力はこれらの機能をいかに高速かつ低消費電力で実現できるかにより規定されることになる。しかも、各種の機能をどのように組み合わせて活用するかは商品化される製品群ごとに異なるため、競争力規定要因も DRAM などのメモリよりも多彩になる。たとえば MPU の場合、増大した素子数が、一度に処理できる命令語長やアドレス幅の拡張、プロセッサコア内での各種処理の並列化、プロセッサコアの並列配置（マルチコア化）、プロセッサコア間やプロセッサ・各種モジュール（含むキャッシュメモリや DRAM）間の情報転送・応答処理、等々の演算性能を上げるための様々な工夫を実現するために活用される。これらの点は、図 6.1 に示される Intel 製 MPU の進化の状況を見ても確認できる。Intel は 1971 年に 4 ビットの 4004 を発表し、その後、8 ビット、16 ビット、32 ビット、64 ビットまで命令語長やアドレス語長を増やし、2000 年代に入ってマルチコア化を進めている。

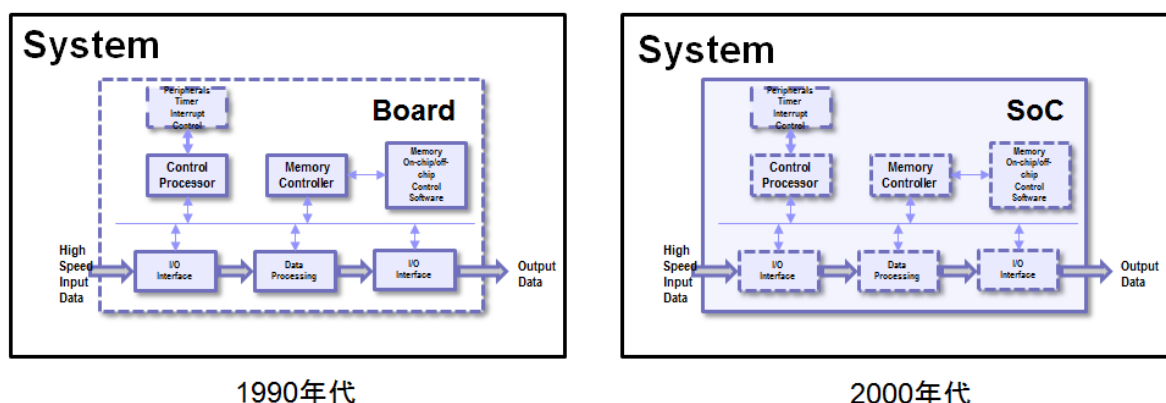


図 6.2 システムの LSI 化

2000 年前後から本格的に登場した SoC は、増大した素子数を多種多様な機能実現のために活用するという意味で複雑度がワンランク高く、上記のメモリや MPU 等とは一線を画している。SoC の場合、CPU コア、メモリ、各種専用（デジタル、アナログ）H/W、各種インターフェース機能などが一個のチップ内に集積されるからである。実際、図 6.2 に示したように、1990 年代においては、多くの場合、所望の機能を持ったシステムを実現するには、別々に生産された各種チップ（半導体デバイス）をボード（PCB）上で統合・実装したシステムが使われていた。ところが、2000 年代になるとこの図に示されているようにボード上のシステムがワンチップ化されるようになってきた。なお、実用性の高い SoC の量産化には、微細化の進展によってあるレベル以上の集積素子数が安価にかつ容易に利用可能となることが不可欠である。そして、SoC が 2000 年前後を境に急速に存在感を高めてきた理由もそこにある。

急増した集積素子数の活用スタイルの変化に伴い、設計タスクの階層化が進んだ。設計とは、製品に具備させる機能、性能（速度性能、消費電力）を記述したもの（仕様書）を作成し、そこから製造のために必要な集積される素子の正確な位置情報を記述したマスクデータ（レイアウトパターン）までの変換過程を言う。変換過程では、①動作記述（Behavioral Description）－機能記述（Functional Description）ともいう－から、素子の相対的な接続状態を示した②構造記述（Structural Description）、更には正確な配置情報を示した③物理記述（Physical Description）の3領域を経て、その間に各種設計パラメータを選択しながら工程を進めていく。また、増大する集積度に対応するために、製品群によっては、設計の階層を設けている。いくつかの分け方があるが、D. D. Gajiski [Gajiski, 2009] による階層は製品との対比で分かりやすい。階層は応用設計レベル（Application Design Level）、システム設計レベル（System Design Level）、インプリメンテーション設計レベル（Implementation Design Level）の3階層に分けている。また、インプリメンテーション設計レベルは、さらに論理設計レベルと回路設計レベルの2階層に分けることができる。

		Behavioral Description	Structural Description	Physical Description
Application Design		Spec.		SoC製品 (ASSP)
System Design		Spec.		マイクロ製品 (MPU, MCU)
Implementation Design	Logic Design	Spec.		メモリ製品、ディスクリート製品、アナログ製品、光半導体製品
	Circuit Design			

図 6.3 集積回路設計の領域と階層

集積素子数の少ないディスクリート製品や集積素子数が多くても機能が単純なメモリ製品、光半導体製品などは設計の階層としてはインプリメンテーション設計の階層で記述された仕様から論理設計、回路設計やその結果を物理情報として示すレイアウト設計を経て、マスクレイアウトパターンへ変換できる。しかし、集積素子数が増加するにつれて、マイクロ製品群のように、機能に大きな変化は無いが、高性能化を目指して、複雑化する製品に対しては、設計の階層を増やし、システム設計の階層を加え、高速演算のためのアルゴ

リズムやプロセッサのアーキテクチャを検討する。システムレベルの設計の優劣が、製品の性能（速度、消費電力）、ひいては価値に大きく影響する。ここまでのメモリ、ディスクリット、アナログ、光半導体、マイクロ製品群は製品の名称で内蔵される機能がある程度想定できるが、更に、集積素子数が増大すると、MPU、MCUなどが複数個集積できるようになり、処理内容を記憶し、処理結果を格納するメモリの機能も十分容量の大きいものが集積できるようになる。

SoC製品群については、“SoC製品”と言われても機能は千差万別で内蔵される機能は応用分野ごとに異なっており、また、同じ応用分野であっても、どの機能までを集積するかによって、製品は異なる。従って、たとえば“携帯電話用 SoC”とittedただけでも、内蔵機能を十分に表しているとは言えない。そのような理由から、「どこまで集積するか」、また、集積した機能を「高性能（速度性能と電力消費）で設計できるか」により、更に上位階層に位置するアプリケーション設計の階層が必要になる。アプリケーション設計の役割は、図 6.2 に示すように、以前は半導体集積回路製品のユーザが行っていた。しかし、ある機能をボードで実現する方法と SoC で実現する方法を比較した場合に、ボードで実現したものをそのまま SoC で実現したのでは、性能、コストという点から最適化されていない場合が多い。従って、SoC としての最適設計をアプリケーション設計のレベルで実施する必要があるが出てくる。

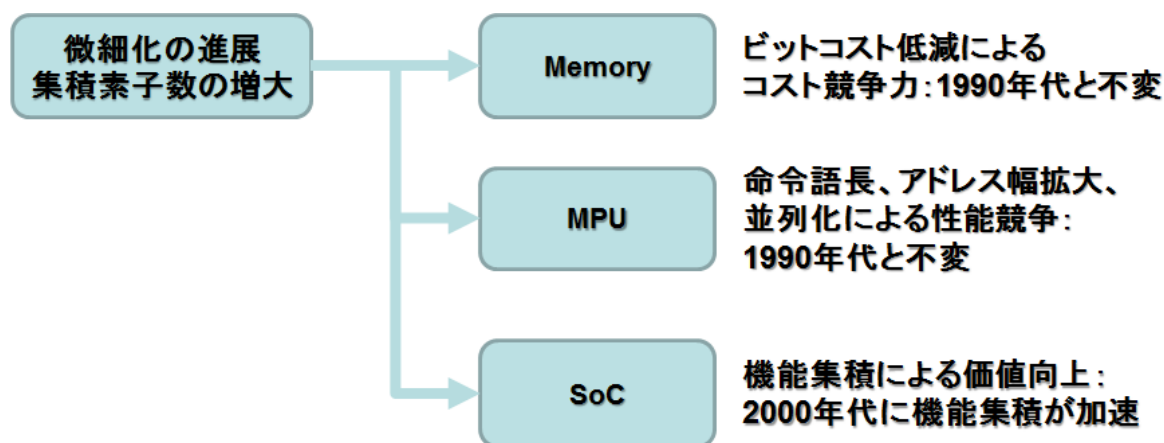


図 6.4 競争優位戦略の多様化

このようなことから、メモリ、MPU など、従来から有る製品と SoC は競争優位を獲得するための戦略は異なってくる（図 6.4）。

次に、必ずしも、最先端微細プロセスを使わなくても良い MCU, Discrete, Optical Semiconductor 製品についての競争優位の源泉について考える。

図 6.5 に一般的な競争要因を示す。三つの要素のうち半導体ユーザが、まず考えることは、機能・性能・品質があるレベルに到達しないと、製品選定の検討対象にならないというこ

とである。あるレベルに到達した後は、必要な時に入手できるか（納期）が問題になり、次いで価格となる。顧客の品質（機能、性能）に対する要求レベルは新興国需要拡大により、多様化しており、また半導体製品を提供する企業も技術開発の進展により、従来、顧客の要求レベルに届かなかった新興国（韓国、台湾、中国）企業でも実現できるようになり、競争要因が、TTM (Time-to-market)、次いで価格に移ってきた製品群が出てきた。

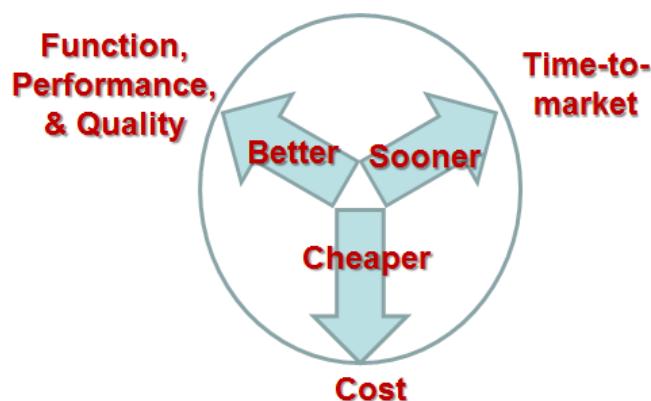


図 6.5 競争要因 出典：[Taylor, 1995] を参考に作成

6.2. 情報通信技術の発達によるインターネットの普及

半導体、集積回路の発明、発達により、コンピュータの価格・性能比は飛躍的に向上し、20 世紀後半の 50 年間で 10 桁向上している（図 6.6）。また通信速度の高速化も基幹系においては光通信技術の発達とそれを実現するための半導体・集積回路技術の発達により、目覚ましく進歩している。端末系は有線通信技術、さらには無線通信技術の発達により、伝送速度の向上が図られ、半導体集積回路技術により、小型化、低消費電力化が図られた。

これらの技術進歩によるコンピュータ、通信機器の高性能化、小型化、低消費電力化、低価格化とインターネットの出現により、1995 年ごろからインターネット上を伝送されるトラフィック量が飛躍的に拡大し（図 6.7）、ユーザ数も先進国だけではなく、新興国まで拡大していった（図 6.8）。これにより、世界経済の連結度が急増し、世界のフラット化 [Freidman, 2006]、グローバル化を引き起こした。

半導体産業は、研究開発、マーケティング、設計、製造、販売など各種工程からなっており、1980 年代、1990 年代にもそれぞれの工程に適した地域で行なっていた。情報通信技術の発達は、それをさらに推し進めた。半導体産業のグローバル化を見たときに、従来からの日、米、欧の企業が機能組織のある部分を国外の適した場所に置くようなことが加速した。さらに、それらの組織機能をすべて自社に保有する場合と外部に委託する場合を比較し、外部に委託するほうが効率的な場合が多く、分業化が進んだ。

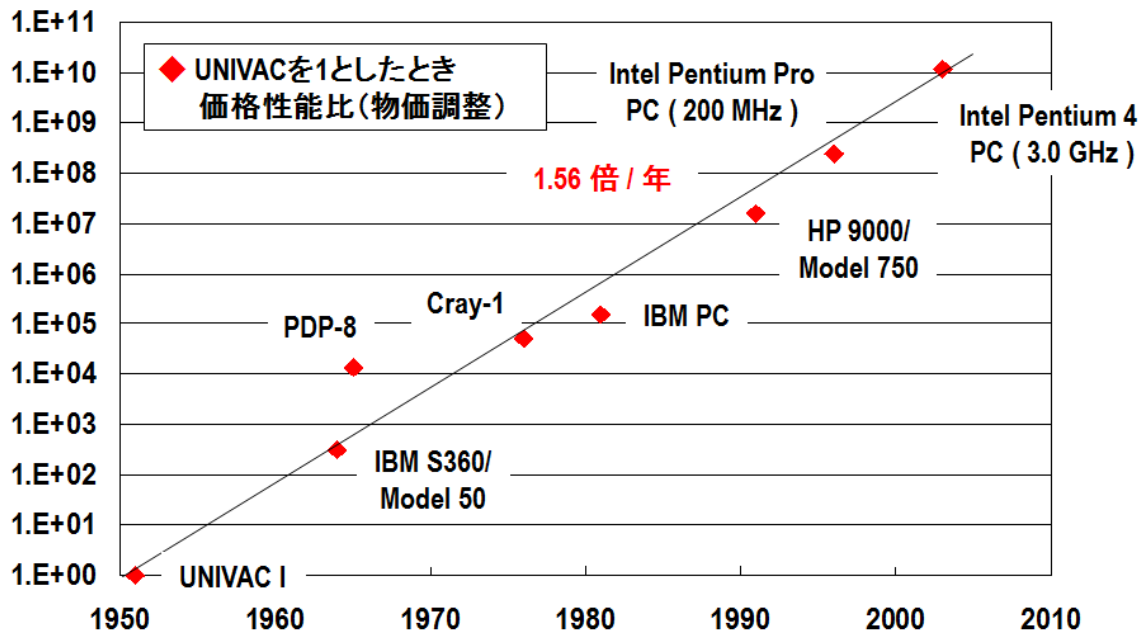


図 6.6 コンピュータの価格・性能向上推移
 出典：[パターソン、2007]のデータをもとに作成

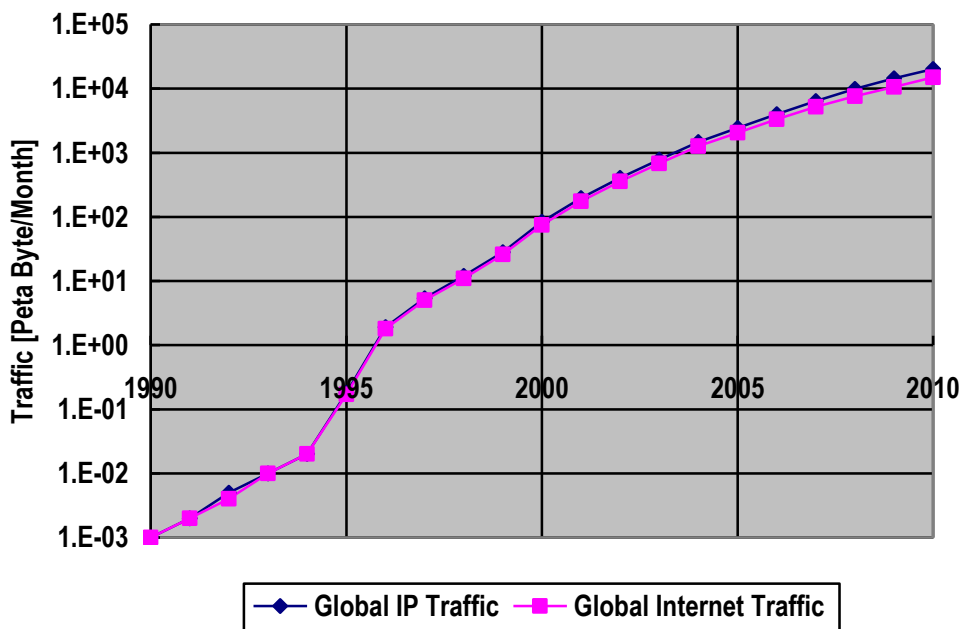


図 6.7 インターネットのトラフィック増大
 出典：http://en.wikipedia.org/wiki/Internet_traffic のデータをもとに作成

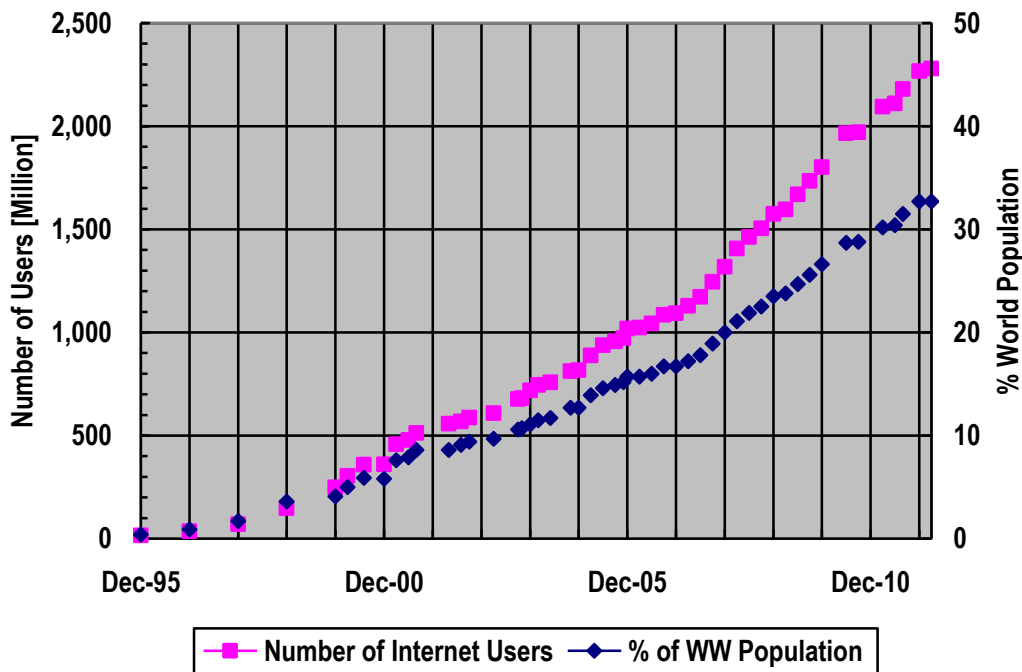


図 6.8 Internet ユーザ数の増加

出典：<http://www.internetworldstats.com/emarketing.htm> のデータをもとに作成

6.3. 新興国における半導体消費市場の急拡大

欧米の OEM メーカー（Apple, Cisco や Nokia など）が製造を台湾、中国の EMS：Electronic Manufacturing Service（Foxconn, Flextronics など）や ODM：Original Design Manufacturer（ASUSTek, Quanta Computer, Compal Electronics など）に委託するようになり、半導体製品の消費地として、アジア地域は急拡大し、そこを通して、最終製品として、先進国需要を満たすのみならず、世界の新興国市場へも広がっている。このような広がりを持つと、半導体製品に対する要求レベルも多様化してくる。

半導体消費市場としてのアジア地域の拡大は、半導体企業も拡大させ、1990 年代には半導体企業として規模的に大きくなかった台湾、韓国、中国企業が 2000 年代には存在感を出すようになってきている。

このように、半導体市場もグローバル化ということで、一見すると、一様化、均質化されるかということ、そのようなことは無く、その地域の文化的、制度的な違いも考慮したビジネスが重要になる。これらの詳細については、[Ghemawat, 2007]、[Spence, 2011]などを参照されたい。

7. シェア低下の要因

前述した世界半導体産業に共通する半導体産業を取り巻く環境の変化に対して、日本半導体企業群は、なぜ、それに対応できず、シェア低下をもたらしたかについて考察する。

7.1. 三つの対応

5章において2000年代に、日本半導体産業の不振を示す類型化された事実は、拡大している市場におけるシェア低下、日本企業群がトップシェアを持っていたセグメントでのシェア低下である。これを引き起こした原因として、各種要因が複雑に絡み合っていると考えられるが、基本的には製品（Products）への対応と消費市場／場所（Places）への対応である。その中で、

- (1) SoC への対応、
- (2) MCU、Discrete、Optical Semiconductor への対応、
- (3) グローバル化への対応

の三項目について考える。(1)、(2)は製品への対応であり、2000年代に入り、日本半導体企業群がシェアを落とした製品群である。(1)の中で市場規模が拡大している ASSP タイプは機能、性能を向上させ、製品単価を維持、上昇に成功している製品群であり、一方(2)の製品群は、性能向上は図られているが、製品単価は低下しており、顧客のニーズは低価格製品に向かっている。(3)のグローバル化については、半導体の消費市場としてアジア・パシフィック地域の拡大とその先にあるエンド製品消費者市場としての新興国市場拡大と日米欧以外の地域から半導体企業が出現し、それが急拡大している現象に対する対応についてである。

図 7.1 に各半導体製品群の平均単価の推移を示す。2002 年以降の年平均成長率をみると、ASSP タイプの SoC は 4.6% 上昇しており、ASCP タイプの SoC は 4.8%、MCU は 7.2%、Optical Semi は 6.0% 下落している。

7.2. SoC への対応

日本半導体産業界（企業群）は SoC の本質を理解していなかったことが 2000 年代の日本半導体産業不振の最大の理由であると考えられる。なぜ、そのようになったかを述べる前に、SoC の定義（2 章で簡単に記述）ならびに特徴を説明する。SoC は 2 章でも述べたように、ASSP タイプの SoC と ASCP タイプの SoC がある。ASSP タイプと ASCP タイプの差異は、作成された集積回路のチップ写真やブロック図を見ても、判断はつかない。大きな差異は集積回路としての製品仕様を誰が決めるかである。また、その製品を半導体メーカーがカタログ販売（汎用品、標準品として販売）できるかどうかである。

2000 年代の ASSP タイプと ASCP タイプの SoC の世界市場規模を図 7.2 に示す。この図からわかるように ASCP は 2001 年から 2010 年までの年平均成長率は 0% で、一方、ASSP は年平均成長率が半導体の年平均成長率よりも高い 10% を超える値である。また、図 7.1 に

示すように、ASSPタイプのSoCは平均単価が上昇しているが、ASCPタイプ（GPPタイプも含む）のSoCは平均単価が低下している。ASSPタイプのSoCの応用分野別市場規を見ると（図7.3）、Wireless通信分野の伸びが著しく、2010年にはComputer & Peripheral分野

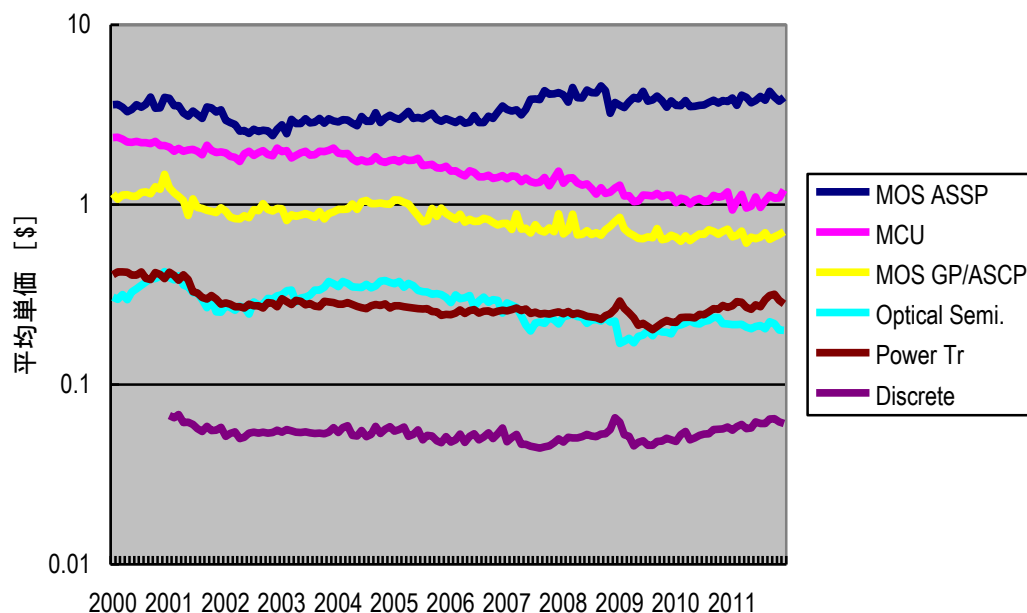


図 7.1 各半導体製品の平均単価推移（12 か月移動平均）
出典：WSTS のデータをもとに作成

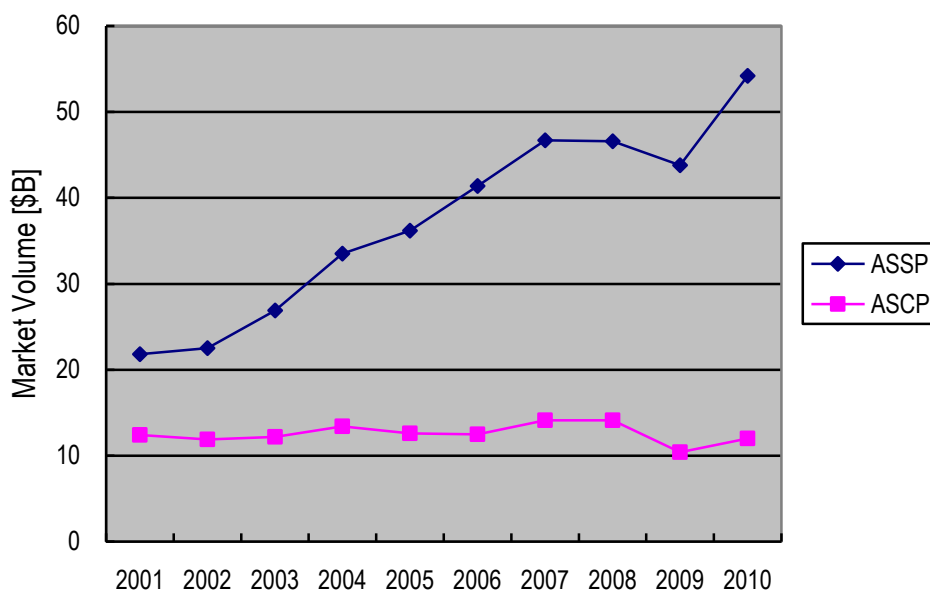


図 7.2 ASSP と ASCP の市場規模推移 出典：IHS iSuppli のデータをもとに作成

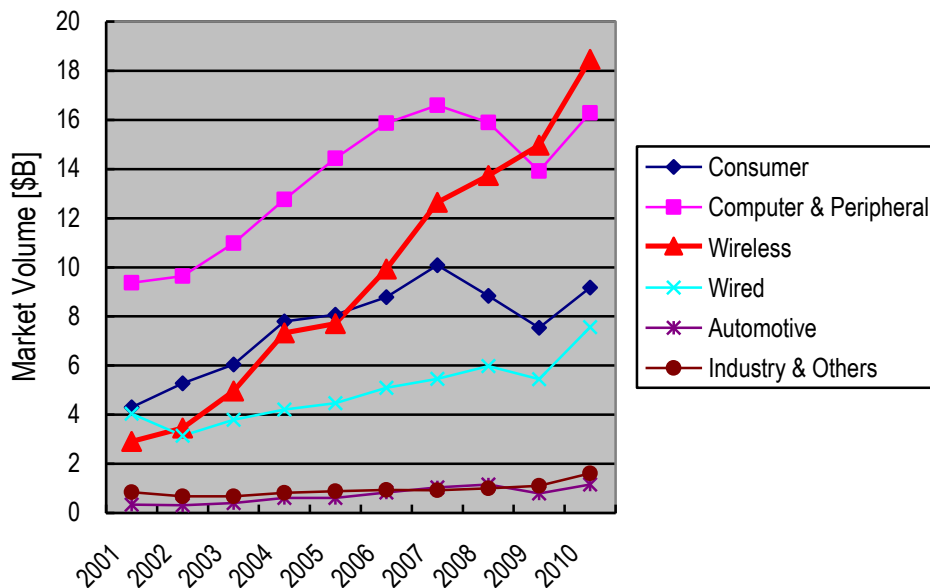


図 7.3 SoC (ASSP) の応用分野市場規模推移 出典：IHS iSuppli のデータをもとに作成

を抜きトップになっている。このように拡大市場を牽引している製品群は **Wireless** 通信分野の ASSP タイプの SoC である。

図 7.4 の各応用分野別に ASSP と ASCP の売上高比較を日本と米国、アジアについて、2001 年から 2010 年までの推移を示す。米国、アジア・パシフィック地域の企業と日本企業の主要企業を合わせて示す。米国、台湾は ASSP 企業と ASCP 企業が分かれており、ASSP 企業は得意分野を有している。一方、日本企業は、ASSP と ASCP の両製品事業を推進しているところが多い。

日本半導体産業界は、1990 年代後半に DRAM から SoC へとほとんどの企業が舵を切った。しかし、SoC の本質を見誤り、DRAM の延長線上の微細化プロセス開発とインプリメンテーション設計に依然注力していた。製造プロセス開発部門、製造部門が微細化のためのビジネスドライバを DRAM から SoC に変えただけであった。対象とする製品は変わったが、製品開発、製造のやり方は旧来と何ら変わることが無かった。そのために、SoC の競争力の源泉で、価値を生み出すために重要な機能仕様やアプリケーション設計、システム設計を自ら行わず、それでもビジネスができる ASCP に注力していた。できたチップは SoC と言えるが、価値をだれが握っているかで、大きな差があった。ASCP 製品であれば、従来の組織で保有する組織機能から変化をさせなくても良く、顧客の言うことを聞いていれば、顧客が好調にビジネスを展開している限り、売上高は増加した（営業利益が増えたかどうかは実証するデータが無いがおそらく、利益率は高くなかったと推察される）。

それでは、なぜ ASCP タイプの SoC が縮小し、ASSP タイプの SoC が伸長したか考えてみたい。

製品そのものの差（当然仕様が異なり、差が出てくるが。）よりも、製品仕様の権利を誰が持っているか（半導体ユーザか、半導体メーカか）や設計のどの部分までをユーザが分担するか等により、差が出てくる。

ASSP は半導体メーカが、多くの顧客のニーズを聞きながら、自ら製品仕様を決め、それに最適なアプリケーション設計、システム設計、インプリメンテーション設計を行い、その会社のカタログ製品として、多くの顧客に販売することのできる集積回路である。一方、ASCP は特定の顧客が、顧客のシステム製品に適した集積回路の製品仕様を決め、その顧客が製品の一部を設計するものである。従って、基本的にはその製品の販売は特定顧客のみである。半導体の顧客と半導体ベンダーとのインターフェースは、以前はネットリストであったが、最近では RTL と、上位レベルに上がってきている（将来的には更に上になるだろう）。

このようなビジネス形態になっているので、日本では次のようなことが起こった。まず、半導体顧客のセットメーカのエンジニアは、自社の製品の差別化をするために ASCP を作ろうとする。日本においては、一般に差別化と言ったときは高性能、高機能、高品質で差別化することを期待し、低価格で差別化するために ASCP を開発しようとは思わない。NRE (Non-recurring Engineering)⁴も必要となり、微細化が進展し、集積規模が大きくなると益々 NRE は高くなる。一方、標準品でも半導体素子の微細化の進展と相まって、高性能、高機能の製品が作られるようになる。また、半導体集積回路製品は価格的にも安価になっていく。それにより、セット製品の低価格化が進み、比較的普及品が多い新興国需要の増大と相俟って、更なる低下の要求が起こる。そのような状態で、ある 1 社だけではなく、複数のセットメーカに販売できる ASSP が出現すると、それに対する改善要求が複数のところから入手でき、更に良い製品になっていく。また数量的にも増加し、価格も安くできる可能性がある。従って、半導体メーカ間での競争でも、ASSPの方が売れ、またセットメーカ間の競争でも、ASCP を使った製品群は価格競争で厳しい状況になり、ASCP は集積回路製品で高性能、高機能で差別化を図ろうとするので上位機種にのみしか使われなくなる。この現象は、まさに TV 製品を初めとするデジタル・コンシューマ製品で起っていることであり、システムの LSI 化が進めば、どの産業でも起りうる可能性がある。現在、自動車用 ASSP は市場規模も非常に小さいが、自動車の EV 化が進み、集積回路使用比率が高まると同様のことが起りうる可能性が高い。

しかし、システム知識が豊富で競争力のあるセットを出荷しているシステムメーカと半導体メーカとを比較したときに、どちらが優れた（将来、市場規模が大きい）仕様を決められるかという問題がある。確かに当初はシステムメーカの ASCP が性能、機能的には優れているかもしれないが、半導体メーカは多くのシステムメーカからの知見、知識を得るポジションにつくことができる。従って、衆知を集められるポジションにいるほうが、結果的には優れた仕様を決められるようになる。また、スタート時点において、システム知

⁴ ASCP では設計費用やマスク費用などを初期費用として請求することが有る、

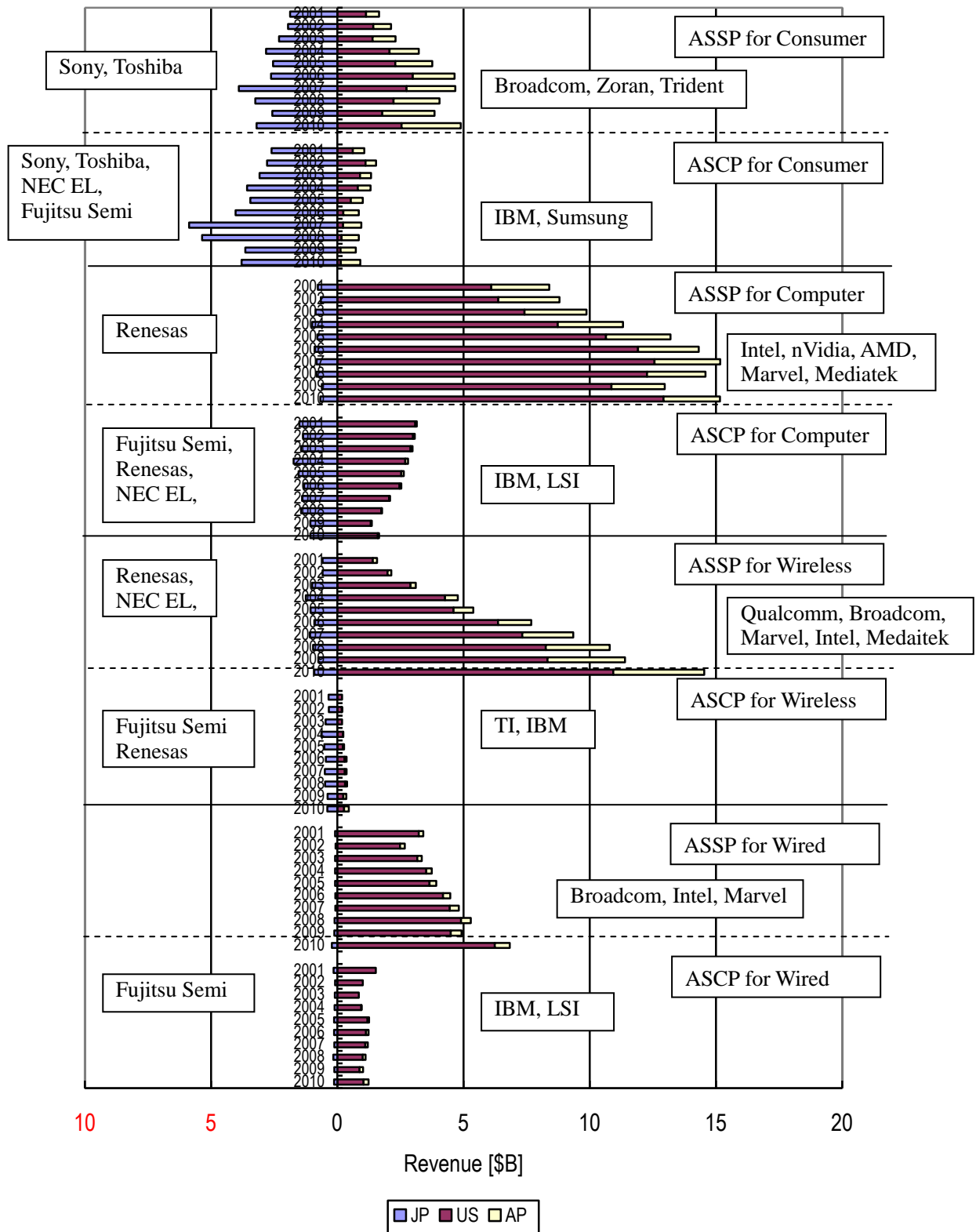


図 7.4 分野別 ASSP, ASCP の売上高比較と主要企業
 出典：IHS iSuppli のデータをもとに作成

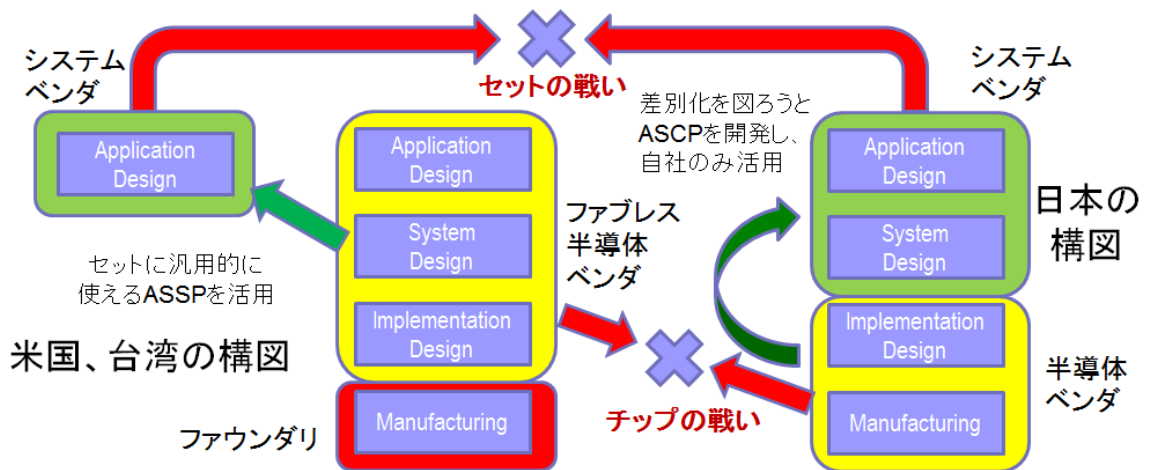


図 7.5 二つの争い

識を有したものが、ASSP タイプの SoC ビジネスをするというスタイルが成功のための一つのポイントであると考える。

このような図式になっている ASSP ビジネス、ASCP ビジネスについて、日本半導体企業の中にも、SoC の本質を理解していたものがいなかったわけではないと思うが、日本においてはセットメーカーとの価値の奪い合いという形になった場合は、「顧客の言うことは何でも聞こう」という日本の商習慣が災いして、製品仕様決定、アプリケーション設計、システム設計の機能を拡大しようという半導体メーカーがなかった。また、各企業も製造中心主義で製造ラインの稼働率を上げることを重要視し、手間暇かけずにラインを埋められる ASCP タイプ (ASIC) の SoC の方に力を入れてしまった。

IT バブル崩壊後の回復時期の 2002 年ごろより、アジア (中国、台湾を中心) で製造を請け負う EMS や設計・製造を請け負う ODM が OEM メーカーの普及機を請け負うようになり、半導体・集積回路製品は汎用製品、標準製品を活用し、ローコストで大量生産を行うようになった。見方を変えれば、汎用製品、標準製品で競争力のある製品が作れるようになったことから、このような企業形態が発生し、拡大したとも言える。

次章で詳しく述べるが、日本は未だに DRAM の成功体験のことが忘れられずに、マインド、組織形態を変えることなく、製品だけを SoC に変えようとしたところに問題がある。すなわち、メモリと SoC とは競争力の源泉が異なり、競争優位をつくる条件が変わっているにもかかわらず、製造の微細化と設計の一部であるインプリメンテーション設計で SoC のビジネスをしていこうとした。最近、日本半導体各社は「SoC は利益が出ないから撤退する」という流れにあるが、半導体産業の将来、更には他産業への波及効果を考えた場合、「SoC からの撤退」は憂慮すべきことである。「価値の源泉は何か？」ということ突き詰めて考えずに、現状の短期的な売上高、損益のみにとらわれた施策を取り続けているように思えてならない。

7.3. MCU、Discrete、Optical Semiconductor への対応

MCU、Discrete、Optical Semiconductor は 2001 年には日本企業群がトップシェアを持ち (MCU:52%, Discrete:49%, Optical Semiconductor:58%) ながら、この 10 年間でシェアをそれぞれ、MCU:41%, Discrete:37%, Optical Semiconductor:49%と低下をさせた。これらの製品群は図 7.1 に示すように、価格も低下をしており、2001 年～2010 年にかけて、MCU で年平均 7.2%、Discrete で年平均 0.4% (但し、Power Tr は 3.6%)、Optical Semiconductor で年平均 4.5% (但し、イメージセンサは 10.8%) も下落している。これらは、ある製品のコスト削減により価格が低下した側面と低価格市場の拡大の二つの理由により、平均単価が低下したと考えられる。図 6.5 に示すように、製品が売れるかどうかの競争要因は品質 (機能、性能)、納期 (Time-to-market)、価格である。

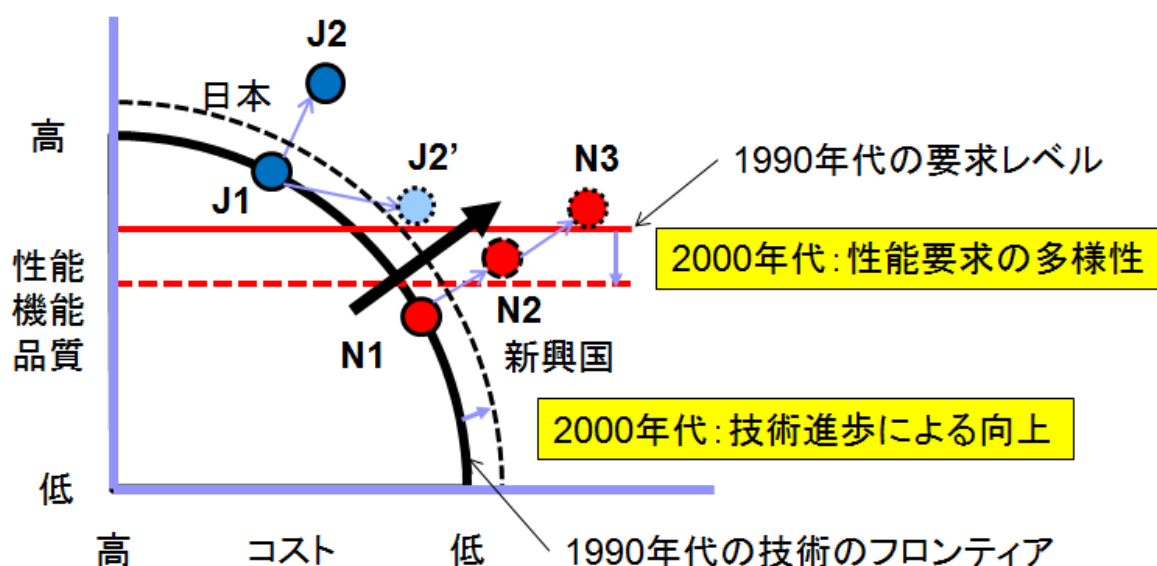


図 7.6 ポジショニングと組織能力 日本 vs 新興国

頭記製品群は 1990 年代、品質 (機能、性能) が競争要因であったが、二つの理由により、2000 年代には競争要因が価格に変わっていったと考える。理由としては、セットの新興国市場への販売拡大に伴い、半導体に要求される仕様も多様化された。すなわち、品質 (機能、性能) レベルの低いものが許容できるセット製品が現れた。また、技術進歩により、新興国企業によっても製品開発が可能になってきたことによる。このことから、競争要因が、変化し、品質 (機能、性能) よりも、価格や納期が重要になってきた。これに対して、日本企業群は対応できなかったということをデータが示している。

日本半導体企業群の MCU, Discrete, Optical Semiconductor 製品群のシェア低下について、製品のポジショニング (SP : Strategic Positioning) [Porter, 1980]と組織能力 (OC : Operational Capability) [藤本、2003]の観点から分析する。図 7.6 は一橋大学楠木教授の著書[楠木、2010]

の 139 頁に示されたものを日本と新興国半導体企業に適用し、加筆したものである。図中、黒の曲線は性能・機能・品質とコストでどこのポジションを狙うか示したものである。赤の直線は性能・機能・品質の要求レベルであり、1990年代は要求レベルに合う製品は日本が圧倒的に多く、従って、2000年代当初は高いシェアを占めていた。ところが、技術進歩により技術のフロンティアが黒の実線から破線へと移動し、各社とも組織能力を向上させ原点から離れる黒の矢印の方向へ進んでいった。また、2000年代には新興国需要が拡大し、要求レベルが多様化し、赤の破線のラインまで下がった要求も出てくるようになった。そうすると新興国企業は要求レベルをクリアすることができ、 $N1 \Rightarrow N2 \Rightarrow N3$ とポジションを動かせ、市場に受け入れられるようになった。一方、日本は市場シェアを確保するためには J1 から J2 のほうへ行くのではなく、低価格化に対応するために J2' の方向に進まなければならないが、元来、高性能・高機能・高品質を目指して、ポジショニングを行い、組織能力向上のベクトルもそちらのほうへ向かっているものを、J2' のほうにベクトルを向けるのは容易ではない。

7.4. グローバル化への対応

日本半導体企業は国内比率が高く、更に、売上高を拡大するためには、市場規模が拡大している海外展開が重要だと言われてきた。しかし、中途半端なグローバル化により、海外市場シェアを上げられないばかりか、強固だった日本市場シェアを落としてしまった。日本企業の国内シェアは2001年に73%を占めていたが、2010年には58%へ低下し、拡大を狙ったアジア・パシフィック市場におけるシェアも2001年の19%から14%に低下している。製品群からみて、日本が得意とする製品群とアジア・パシフィック地域が必要とする製品群とのミスマッチがあった。図 7.6、図 7.7 に製品群別のアジア市場と日本市場規模の推移を示す。アジア・パシフィック消費市場では、標準品、汎用品が拡大しているが、カスタム品はそれほど伸びてはいない。これは、従来、日本市場で好まれた「カスタマイズ」が、品質向上、性能向上、機能向上に果たした役割は大きいですが、価格的に高くなったため、普及機対応のシステム製品では受け入れられなかったことを示している。

また、グローバル化は、パンカジ・ゲマワット[Gemawat, 2007]が述べているように、世界はグローバル化され、フラット化されても、文化的(Cultural)、制度的(Administrative/political)、地理的(Geographical)、経済的(Economical)な項目に対し、国際的な差異を理解して、クロスボーダの状況における価値創造をしなければならないと述べている。それに対して、日本企業は概して、日本で製品化した製品をそのまま販売しようとした。一方では、カスタム製品のニーズが少ないにもかかわらず、カスタム製品受注を目指した。

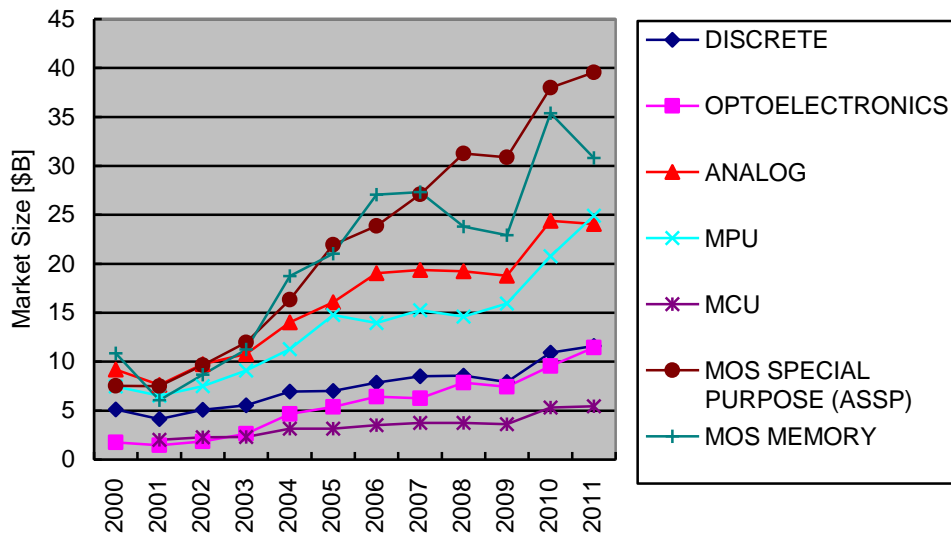


図 7.7 アジア市場規模 —製品群別— 出典：WSTS のデータをもとに作成

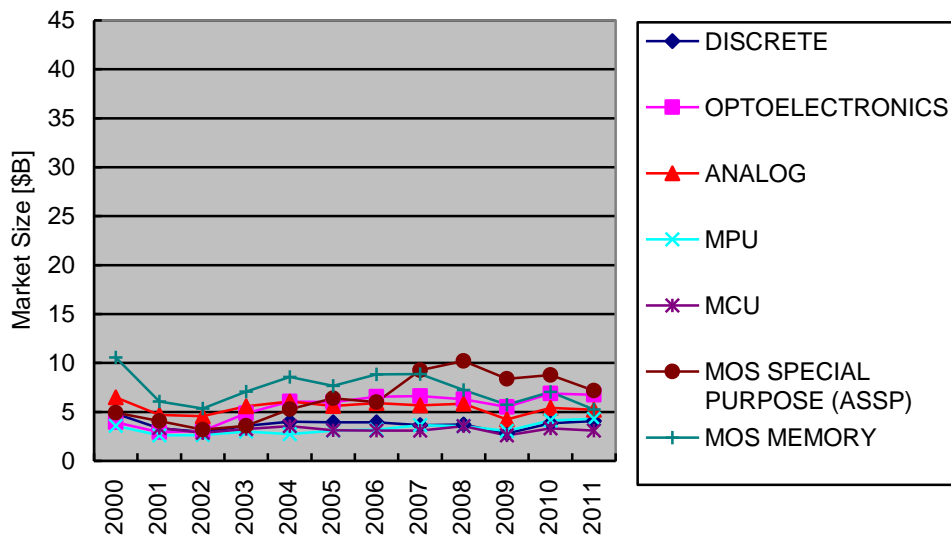


図 7.8 日本市場規模 —製品群別— 出典：WSTS のデータをもとに作成

8. 日本半導体企業が対応できなかった四つの理由

日本半導体企業が 2000 年代における 3 つの変化に対応できなかった理由として、(1) DRAM の成功体験、(2) 半導体専門企業の少なさ、(3) 企業の境界、数に対する誤解、(4) 日本の顧客志向の 4 つを取り上げる。

8.1. DRAM の成功体験

1980 年代、1990 年代前半の日本半導体における DRAM の成功は、1976 年に超 LSI 研究組合発足にさかのぼることができる[垂井、2008]。この時の研究成果が 1980 年代からの DRAM ビジネスの拡大に大いに寄与した。

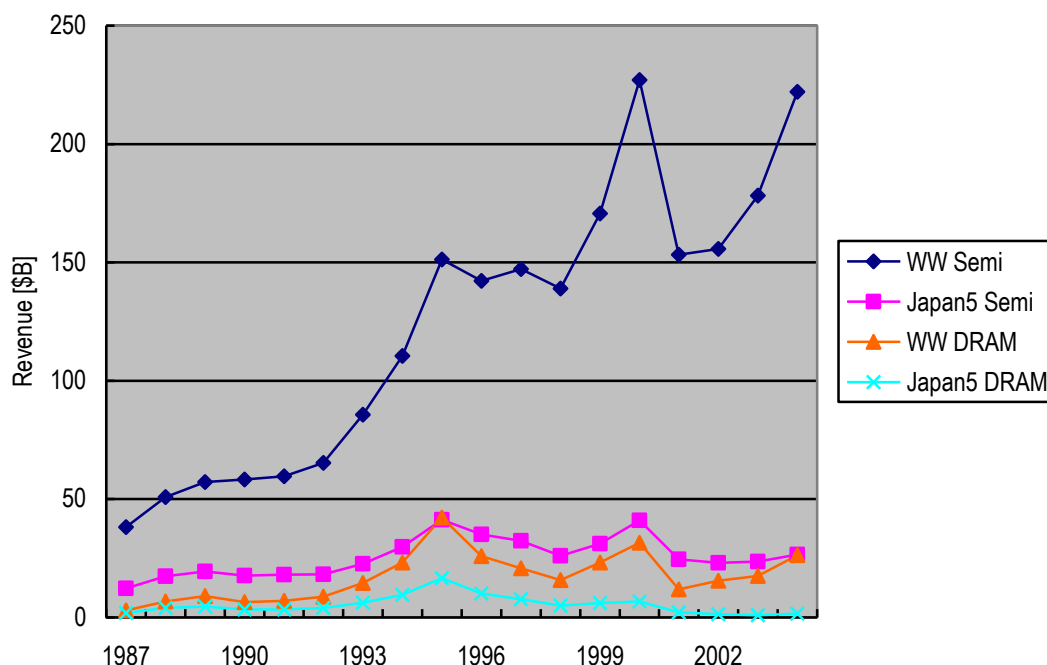


図 8.1 世界半導体と日本主要 5 社の半導体売上と DRAM 売上

図 8.1 に示すように、90 年代の日本半導体企業トップ 5 社（NEC、東芝、日立製作所、三菱電機、富士通）の半導体売上の増加は DRAM によるところが大きく、また、1990 年代における半導体製品に占める DRAM の比率は、世界半導体企業の平均に比べて高く（図 8.2）、また、微細化のテクノロジドライバーとして、他製品群への波及効果もあり、日本の大手半導体各社は DRAM に力を入れ、DRAM 中心の事業運営を行っていた。一般に、良く言われていることであるが、データからも裏付けられている。また、半導体分野のトップは DRAM 事業出身者が多く、半導体事業戦略も DRAM に適したものとなっていた。1990 年代の終わりから、2000 年代にかけて、DRAM から SoC へと言いながらも、製品を DRAM

から SoC に変更しただけで、SoC 事業に適した戦略、オペレーションに変更できなかった。マーケティングは DRAM では前述したように、製品機能というものが“記憶”ということ

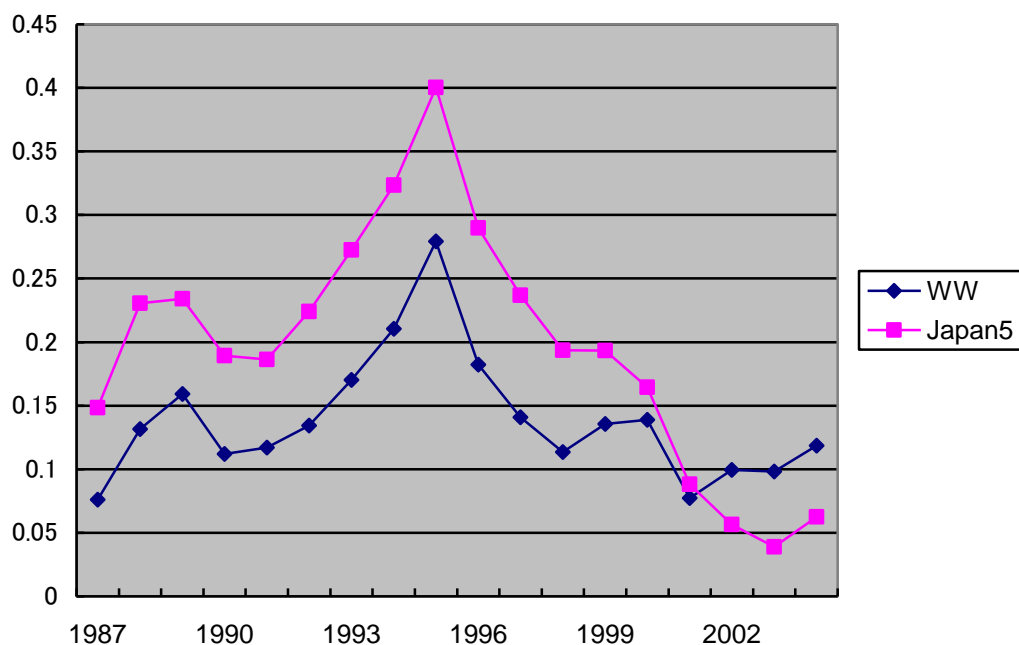


図 8.2 世界半導体と日本半導体 5 社の DRAM 比率

で、後は性能、入出力のビット幅等で、マーケティングの役割は比較的少ない。プロセス、デバイス、製造部門は、過去、微細化によりコスト削減が図られたため、微細化によって事業に多大な貢献（特に DRAM）してきた。従って、微細化が重要で有ということが染みつき、微細化を目的化してしまったところに問題がある。微細化は今でも重要であるが、あくまでもコストダウン、性能向上の手段であり目的化しないようにしなければならない。設計部門は DRAM では、チップ面積がビットコストに大きく影響することから、セル面積をできるだけ小さく、また周辺回路面積を小さくするために、回路技術やインプリメンテーション設計に注力してきた。これは重要なことではあるが、これに注力し過ぎたために、DRAM 時代の考えが抜けずに、SoC 設計で、もっと重要な、仕様決定、アプリケーション設計、システム設計を見逃してしまった。

前述したように競争優位の戦略が変化しているのに気がつかなかった。気が付いていたかもしれないが、実行しなかった。その為に、SoC と言いながら、カスタム品である ASCP ビジネスに一生懸命になり、SoC の価値の源泉であり、利益をあげられる ASSP ビジネスに力を入れなかった。ASCP ビジネスであれば、DRAM の重要な戦略であった微細化を中心とする製造技術とインプリメンテーション設計で推進でき、従来の組織構造を大きく変えなくてもよかった。

8.2. 半導体専門企業の少なさ

1990年代に日本で世界半導体売上ランキングのトップ10に入った企業は、NEC、東芝、日立製作所、三菱電機、富士通、松下電器産業（現パナソニック）で、半導体はこれらのエレクトロニクス企業の一部門であった。（トップ20社まで見ると、ロームが唯一専門メーカーであった。）

初期の半導体事業は社内の電子化に貢献し、半導体・集積回路の活用により、社内製品の競争力がつくことを優先事項とし、そのために、半導体事業そのものの収益性よりも全社的に見た収益性に重点が置かれた。また、半導体企業で必要な巨額な投資も社内や銀行から安価なコストで入手した資金で行うことができ、海外の企業に比べ有利で、半導体産業を強化することができた。しかし、その反面、利益に対する意識が薄らいでしまった。社内ユーザの要求を満たすために、幅広い製品展開を行い、半導体事業そのものは、赤字を出さなければ、社内事業貢献ということで進められてきた。

従って、極端なことを言えば、半導体事業は社内事業貢献のためであり、半導体事業による利益の最大化などは考えもしていなかった。シリコンサイクル[半導体産業研究所、1998]の不況期に赤字を出しても、いずれ好況期が来ると考えていた。しかし、シリコンサイクルによる損益の金額が大きく振れるようになり、全社的に見れば半導体事業の波は全社の経営にも大きく影響を及ぼすようになった。2000年前後に起った半導体部門の分社化は半導体企業の強化のためと言うよりも、必要投資金額の増大により、巨額損失を出し、全社の経営基盤を揺るがすまでに拡大することに歯止めをかけたいと考えたことと、自社に半導体部門を持たなくても半導体製品を調達できるようになったからである。

8.3 企業の境界（規模と範囲）、企業数に対する誤解

よく半導体産業は規模の産業と言われ、また、企業数が多く過当競争になっているということから、日本においては、NECと日立製作所のDRAM部門が統合され、Elpidaが2000年設立され、2003年には、日立製作所の半導体部門と三菱電機の半導体部門（個別半導体、光半導体を除く）が統合されRenesas Technologyが設立され、さらに、2010年にはRenesas TechnologyとNEC Electronicsが統合され、Renesas Electronicsが設立された。

8.3.1. 企業の規模（売上高と営業利益）

「企業規模を大きくして強化すべきだ。」と言われているが果たして真実だろうか？半導体産業は製造装置に多大な投資を必要とし、また、微細化が進めば進むほど、設備投資金額が巨大になる。従って、「規模を拡大しなければならない」ということは、一般的には間違っていない。しかし、それは、製造コストが大半を占め、しかも製造プロセスの種類が少ない場合に言えることである。確かに、メモリなど比較的少ない製品を大量に生産する半導体企業は規模が重要である。しかし、最近では製造コストだけではなく、設計コストも増加している[Nakaya, 2006]、[Nakaya, 2007]。多くの製品を集めて規模を大きくしても

決して利益は増えない。図 8.3 に示すように売上高と営業利益には相関関係はない。Intel, Samsung は比較的少ない品種を大量に作っている企業であり、TI, Qualcomm は知財収入が多く ([中屋、2011] P.35、[EE Times Japan, 2008])、製品だけのビジネスであれば、利益は下がる。これら 4 社を除いた、58 社の 2003 年から 2010 年まで累積売上高と累積営業利益の相関係数は-0.063 で相関がないといってよい。

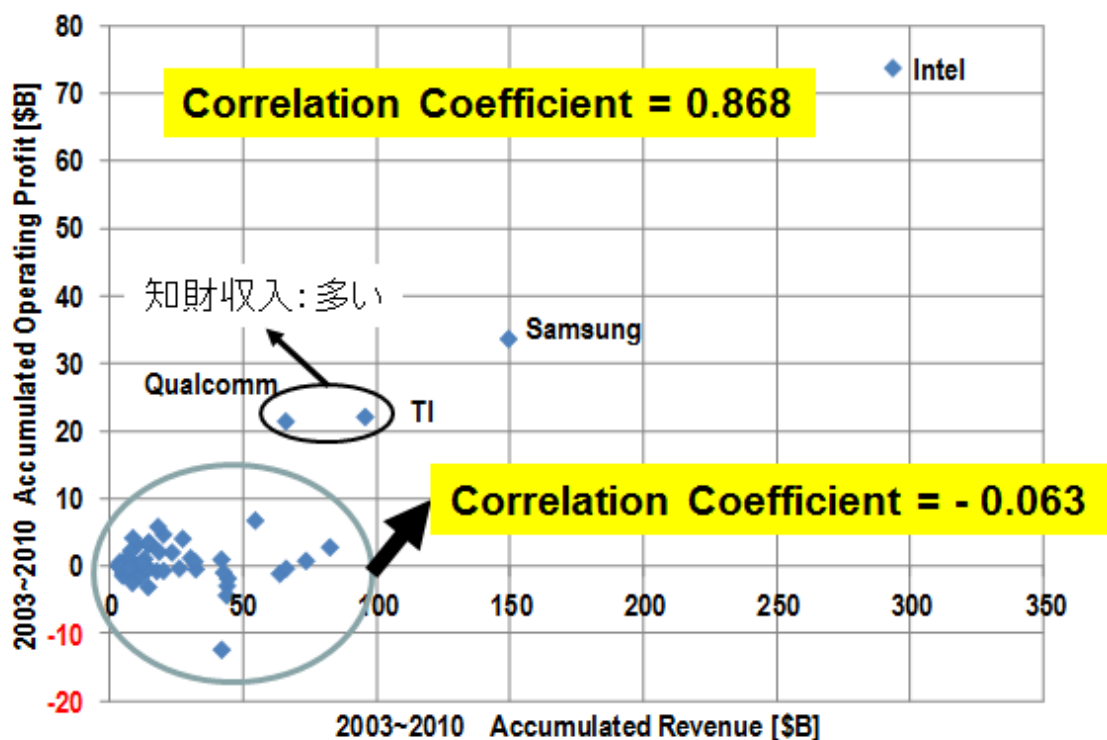


図 8.3 累積売上高と累積営業利益の相関関係 (2003 年～2010 年)

出典：[中屋、2011]

8.3.2. 企業の範囲

次に、日本がトップシェアを誇っていた製品群 (MCU、パワー半導体、LED) のシェア低下は企業の事業範囲の問題および組織上の問題が有ると考える。多くの製品群を抱えている企業は、よく「シナジー効果を発揮してビジネス拡大」ということを言う。しかし、日本半導体企業のシェアの増加、減少を分析してみると本当にそうだろうか。具体的な例として、日本半導体企業群がトップシェアを持っていたパワー半導体、LED についてみると、2001 年から 2010 年にかけて、日本企業全体としてのシェアは落としているが、その中でもシェアを上げている企業がある。パワー半導体についてみれば三菱電機と富士電機 (図 8.4)、LED についてみれば日亜化学 (図 8.5) である。これらの 3 社について言えることは、3 社の半導体部門 (日亜化学の場合は全社と言っても良いが) の中でこれらの製品群が 50%

以上の売上高を占めている。一方、日本企業でシェアを落としている会社は、上記製品が半導体部門の中で占める割合が10%以下である。また、三菱電機は2003年までパワー半導体のシェアは下がっていた。同社のパワー半導体の半導体事業に占める割合は10%以下であった。(同社で大きな比率を占めていたMCUとSoCは日立製作所半導体部門との統合会社であるルネサステクノロジに移管され、DRAMはエルピーダに譲渡されたために結果的にパワー半導体の半導体部門における売上高比率が50%を超えた)。また、MCUについては、日本企業で2001年から2010年でシェアを上げた企業は無く、MCUが半導体部門の売り上げの50%以上を占めている企業もない。これらは、2001年から2010年において、日本半導体企業群で起こった事象であり、それぞれの企業のマネジメントの差に表れるので、当該製品の比率が50%以上であればシェアが上がり、10%以上であれば下がるということが必ずしも言えないが、製品が集中することによって、トップマネジメントのその製品群に割く時間も多くなり、また意思決定も速やかにされる。投資、人材投入についても厚くなると考えられ、その結果このような現象が現れたと見ることもできる。

米国の企業の例を見ると、半導体事業はスピノフにより半導体専門メーカーとして生まれるだけでなく、その半導体専門メーカーからさらにスピノフさせて、ある製品群に特化をして、集中化を図っている。

8.3.3. 企業数

また、「日本は半導体企業が多く、過当競争になっている。従って、統合・合併によって企業数を減らすべきだ。」という話を聞くが、これも誤解に基づいたものがあるように思う。これは企業数が多いことが問題ではなく、各企業が同じような製品を同じような市場に投入しているからである。図8.6は日、米、欧、韓、台、中の半導体企業を各国ごとのランキング順に並べたもの(横軸)と累積シェア(縦軸)を示したものである。確かに韓国は企業数も少なく、Samsung, Hynixで韓国シェアの90%以上を占めているが、メモリ中心のビジネスをやっているため、そのためには効率が良いからである。一方、米国、台湾を見るとトップ10の企業の累積シェアは70%にもならず、企業数も多い。しかし産業としては活力を持って発展している。これは、日本企業が真のグローバル化ができていないことにも通じる。すなわち、「企業数が多く過当競争になっている。」というのは、日本の市場を見ただけの議論である。なぜ、このような議論が出てくるか、更に深く考えると、日本半導体企業群の出自が似ており、また1970年代後半の超LSI研究組合で各社がDRAMを行ったということ、他社が新製品を出すとそれに負けないように同じものを出すという環境が各社が持つ資産を同じような状況にし、また、業界がDRAMの次はSoCと同じ方向を向くように言ったことにも問題があるように感じる。

上で述べた例は、製品群という水平方向の企業の範囲であるが、垂直方向の企業の範囲についても同様のことが言える。(Fabless-Foundryモデルの出現)

企業の規模と範囲は、統合して、大規模化した方が良いのか、分割して、専門化した方

が良いかは、利益を最大化するためにはどちらが良いか検討が必要で、それぞれの組織機能の役割については外部から調達する場合の取引コストと内部に保有する場合のエージェントコスト、インフレンスコスト（たとえば[Besanko, 2000]を参照）を把握して、行動すべきである。6章で示した三つの変化のうち、第2項は取引コストを低減させている。

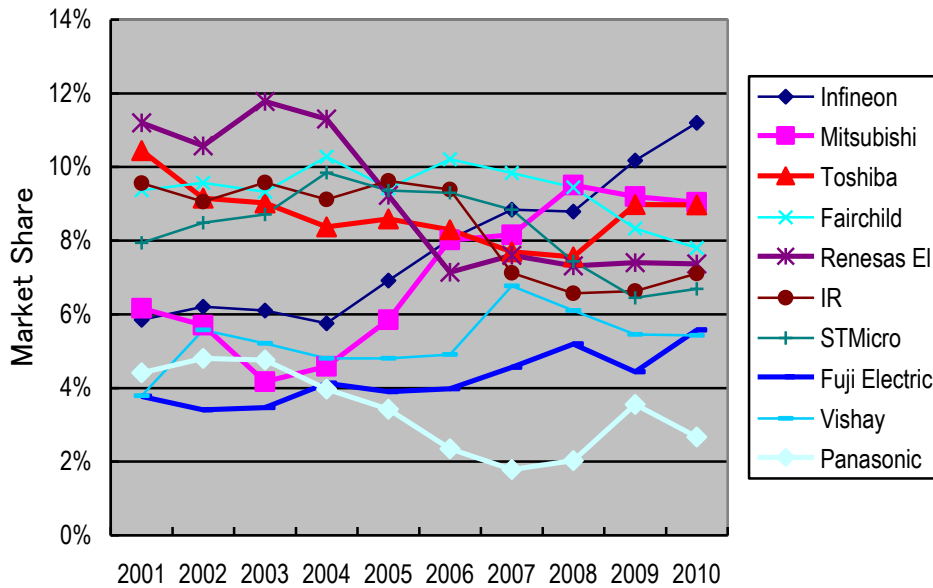


図 8.4 Power TR & Thyristor の各社シェア推移
出典：IHS iSuppli のデータをもとに作成

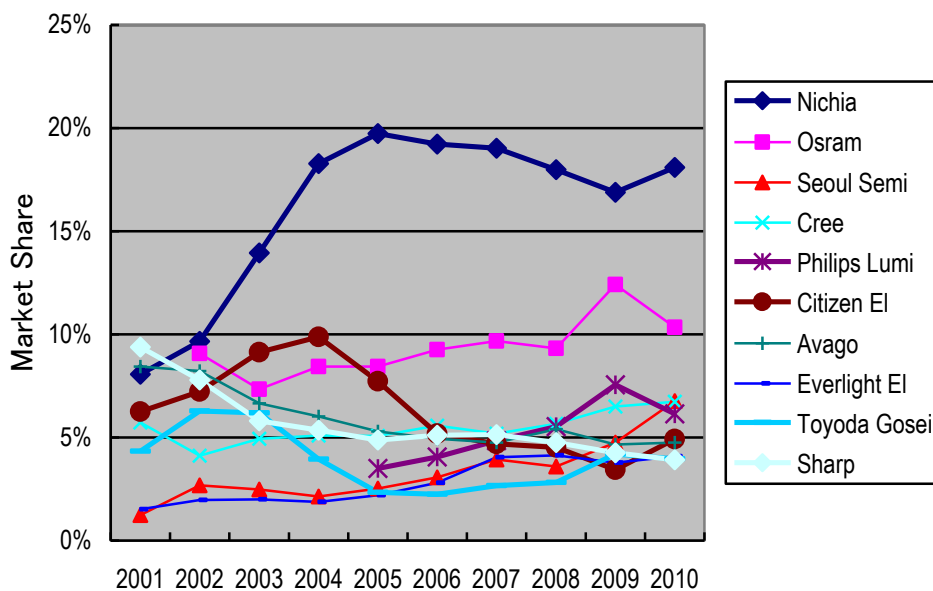


図 8.5 LED の各社シェア推移
出典：IHS iSuppli のデータをもとに作成

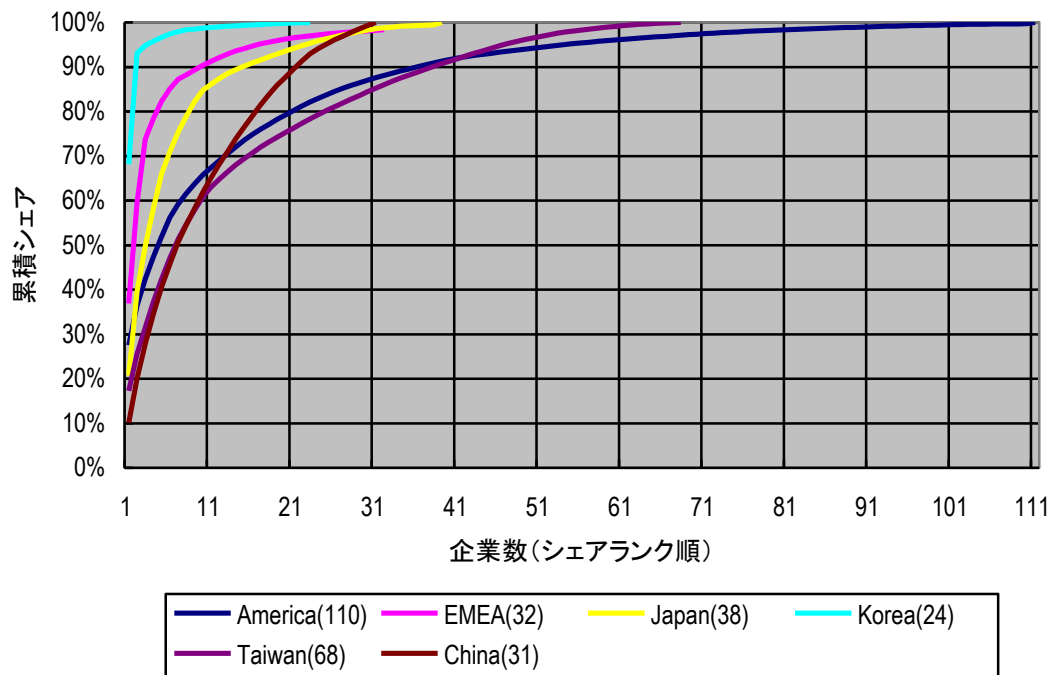


図 8.6 2010 年各国半導体企業売上高シェア集中度

出典：IHS iSuppli のデータをもとに作成

8.4. 日本企業の顧客志向

半導体企業は半導体を使用してくれる顧客の要求に応じて製品を開発、製造、販売しなければならないが、SoCの顧客の要求に対する対応の仕方が日本と欧米、台湾では異なっているように見える。日本では「顧客志向」と言うと、顧客の仕様をそのまま SoC の仕様にして、大手顧客のカスタム品を作ろうとする。一方、欧米、台湾では多くの顧客のニーズを聞き（当然大手顧客の要求は真っ先に聞くが…）、複数の顧客に売れる標準化を目指し、それが、将来は顧客のためだと思い対応する。一例として、ARMの社長であった Tudor Brown の講演[Brown, 2011]が興味深い。同氏は「特定顧客にカスタマイズしたプロセッサコア IP を提供することはしない。長期的に考えれば、多くのカスタマに同じように提供できる IP が重要である。」との認識を示していた。また、米国のアナログ半導体企業の、マーケティングディレクターは「受注した製品は、カタログ製品にできるように『Definer』という役割の人がいて汎用化、標準化を行っている。」と述べていた。

日本企業の顧客志向は、一見すると顧客のためのように見えるが、半導体製品の本質である量が増えると安くなるという基本的なところが忘れ去られている。

半導体ユーザがカスタム半導体でセット製品の優位性を発揮するのは一過性であり、半導体化されたハードウェア機能はいずれコモディティされる。したがって、システム/セットベンダーは製品としてさらに上位階層に上がり、そこにおいて、優位性を発揮できる

ようにしなければならない。

8.5. その他の要因

その他の要因として、為替、税制、雇用環境などがあげられるが、これらについても少し、言及する。

近年、為替レートは円高で輸出産業にとって厳しい状況だと言われている。図 8.7 にドル・円為替レートと実質・名目の実効為替レート指数を示す。実効為替レート指数は 2010 年を 100 とした時の値を表している。確かに、リーマンショック以降は急激な円高になっているが、それまでの 2000 年代はドル・円レートは 1 ドル=100 円から 120 円と 90 年代の後半とあまり変わらない。名目実効為替レートも 1995 年から 2008 年までは大きな変化は無く、実質実効為替レートは 1990 年代の後半から 2000 年代前半の低下傾向から、リーマンショックを境に上昇している。日本半導体産業は 2000 年代の前半から不振だったので、為替レートを理由に挙げるのは適切ではないと思う。リーマンショック後に回復ができないのは円高を理由としてあげられるかもしれない。

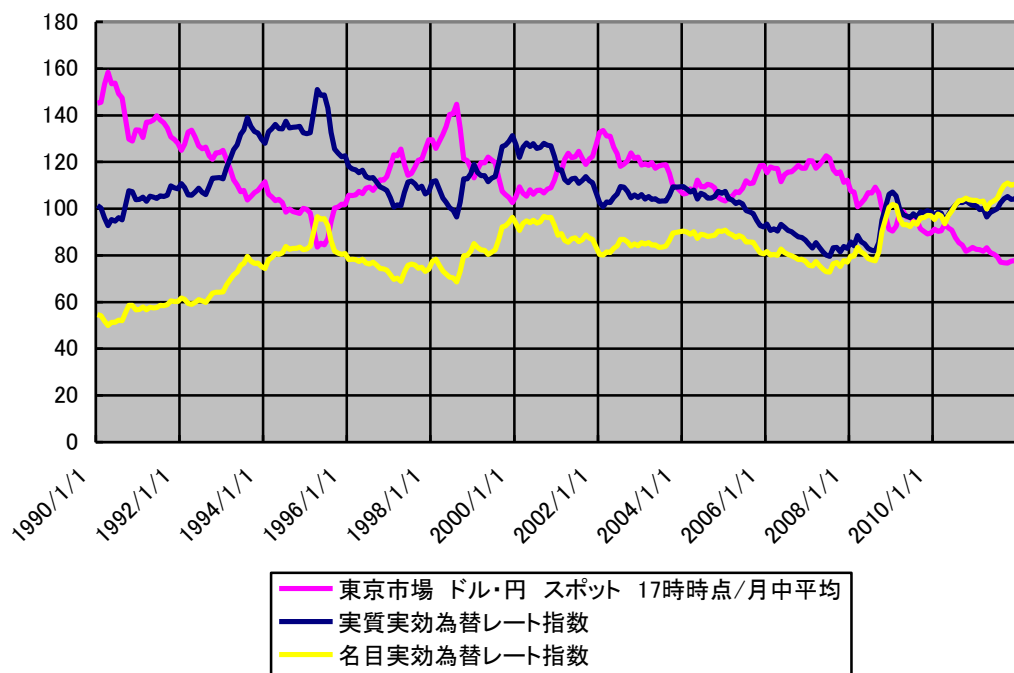


図 8.7 為替レート 指数：2010 年を 100 とする

出典：<http://www.stat-search.boj.or.jp/index.html#>

税制に関しては、企業への課税が他の諸外国に比べて高く、輸出産業にとっては厳しい状態が続いている。

雇用環境については、終身雇用制をベースにできている各種制度により、長く勤めれば得をする仕組みになっており、人材の流動化は容易ではない。従って、会社の組織機能を不要だから廃止すると人材の再配置に苦勞するし、そのためのコストも必要になる。また、必要な組織機能を設置しても適切な人材が配置できない。このことから、組織機能の改廃に関しては保守的にならざるを得ない。

前述した理由を認識し、行動しようとしたものも居たかも知れないが、結果的には三つの構造変化に産業界、各企業として対応できずに、2000年代に世界半導体産業が伸長している中で、日本半導体産業は成長率が世界に比べて低い値に終わってしまった。

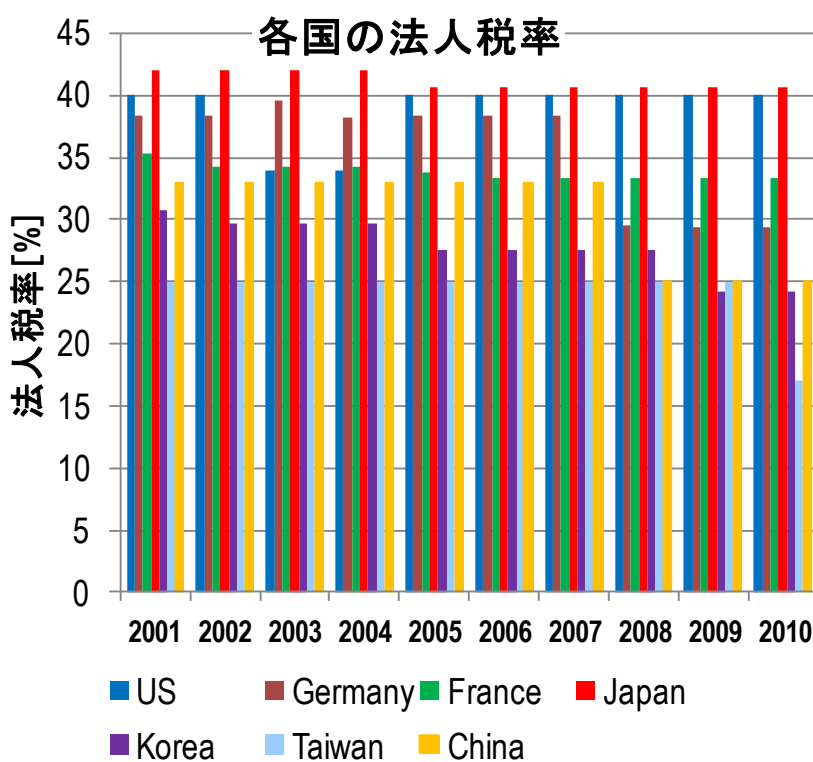


図 8.8 各国の法人税率 出典：KPMG のデータをもとに作成

9. 半導体産業の今後と日本の対応

9.1. 集積化 (Integration) と非集積化 (Dis-integration)、多様化 (Diversification)

半導体産業は、集積度素子数の拡大とともに、製品群によって、収益性を向上させるための戦略、戦術が多様化しており、それに適した方法を取らなければ、競争に勝てない。

製品群別にみると、SoC への集積化が当分、続くと考える。理由として、半導体ユーザはある必要機能を決めると、システム製品 (セット) として、できるだけ低価格で、低消費電力の製品を開発しようとする。その為には部品点数は少ないほど要求に合致しやすくなる。従って、半導体製品の平均成長率に比べ、SoC の成長率は高く、集積化される MPU, MCU, Analog, Discrete などの製品群の成長率は低くなる。機能は SoC へ集積されるが、応用分野が拡大し、SoC 品種は分野ごとに多様化すると考える。Memory や Optical Semiconductor は別チップ (非集積) で市場規模を拡大させた方が、製造の複雑度を増大させず効率的である。従来は、ワンチップ化することにより、機能あたりの低価格化や消費電力低減を図ってきたが、ワンチップ化に限界が出てきても実装方法などで、ワンパッケージ化を目指し、製品を小さく作るという力は当分働く。

SoC の複雑度が增大するにつれて、SoC を 1 社の技術だけで設計・製造しようとする、巨大な研究開発投資や製造投資が必要となり、効率的ではない。従って、実現する組織機能は非集積化され、それぞれ、得意な部分に特化するようになる。従来であれば、取引費用が大きく、社内開発の効率が良いと思われていたような事項も、情報通信技術の発達により、社外に委託をした方が効率的な部分が多く出てきている。従って、多くの企業が協力して、製品開発が効率的にできる共生的 (Symbiotec) エコシステム構築が重要になる。

また、第 7 章では ASSP タイプの SoC 市場が拡大しており、その重要性についても述べた。しかし、ASSP タイプの SoC であれば、ユーザの製品差別化ができないのではないかと？ いずれは、ASCP が重要になるのではないかとという疑問が起こるかもしれないが、半導体製品 (ハードウェア) は、その製造方法に起因して、常に汎用化、標準化を志向しているし、そのほうが、コスト・パフォーマンスから見ても効率的であり、常に汎用化、標準化を志向したほうが良い結果を生み出せている。半導体ユーザ (システム製品ベンダ) のカスタム化の手段は、「事後の柔軟性」をソフトウェア (プログラム) で実現するか、それとも、半導体製品はカスタム化せずに、さらに上位のレイヤで競争を行うようにして、進化する必要がある。

9.2. 「設計力」強化

日本半導体企業群が ASSP タイプの SoC で不振であった理由は、前述したように複数の顧客に売れる仕様を「決められなかった。」「決めようとしなかった。」ところにある。これは「設計力」の最も大事なところであり、それが欠落していたことによる。本稿において、「設計力」は「製造力」と対比させて、広い意味で使っている。図 9.1. に半導体集積回路の設計を領域に分けて説明する。

半導体集積回路において、「設計」というとマスクデータを作るためのレイアウト設計と捉えられがちである。これは、集積素子数が少ないときには、製品の機能を決めることは、あまり大きな問題でもなかったし、時間もかからなかった。また、メモリや標準ロジックが製品の大半を占めていたために、このように捉えられていた。しかし、本来「設計」というと「何を作るか」すなわち、仕様を考えるとところが最も重要（図9.1 領域A）で、仕様が決定された後は、その仕様を満たすように効率よく、できた製品の品質レベル、価格、納期で競争できるようにマスクデータまでの変換作業（図9.1 領域C）を行うことである。それを効率よく行うためには、設計環境を整備（図9.1 領域D）しておくことが重要であり、集積回路設計ではEDA ツールが大きな役割を占める。さらに、製品価値向上のために、設計ではシステムレベル、論理レベル、回路レベルそれぞれのレベルで、高性能化（高速化、低消費電力化）を目指した活動（図9.1 領域B）も重要である。

「設計力」強化とは、「良いチップを作る」と「チップをよく作る」ことができることで

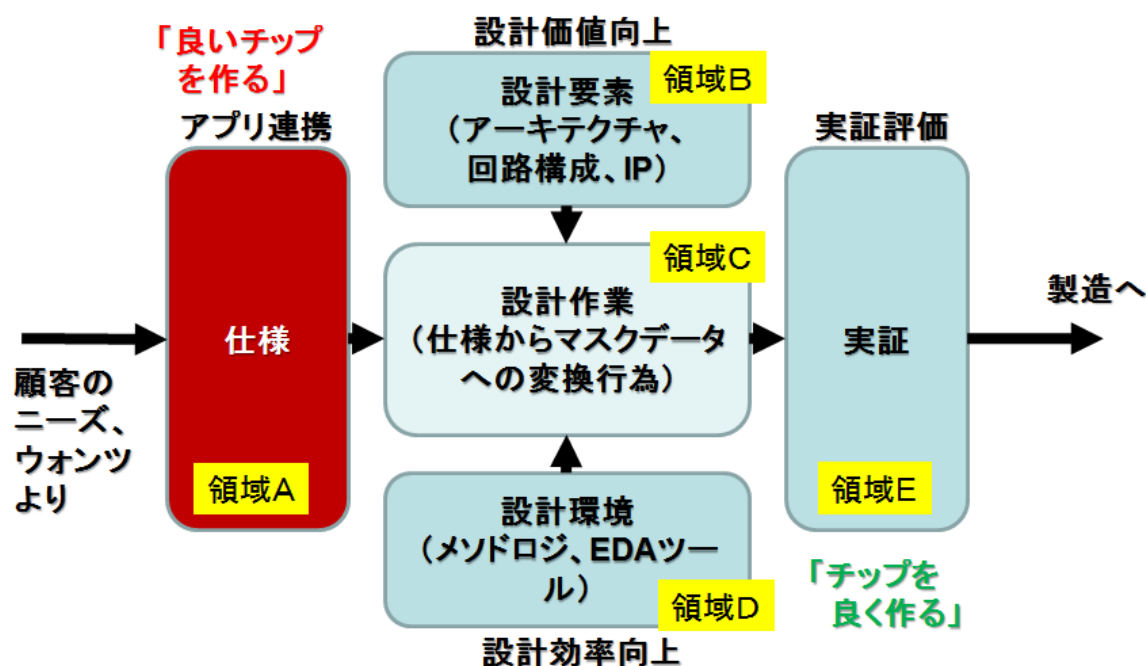


図9.1 集積回路設計の各領域

あり、「良いチップを作る」は複数の顧客に対して、売れる仕様策定である。一般によく言われる「何を作るか：What to Make」である。一方、「チップをよく作る」は機能仕様、性能仕様を満足し、開発効率（短期間設計）を上げ、チップコスト（小面積、高歩留り設計による）低減を設計で行う。「どうやって作るか：How to Make」である。売れる製品仕様策定を推進するためには、顧客の欲しいものをよく知ることと、顧客に対する提案ができることである。日本半導体企業群はその部分を保有していなかったし、人材育成も十分行

っておらず、また、能力を保有している人材の獲得も限定的である。しかし、それを推進できる課題設定型の人材が ASSP タイプの SoC ビジネスにおいてはキーとなる。また、「チップをよく作る」ためには、仕様を実現するためのアーキテクチャ、アルゴリズムの研究開発、設計素材（ライブラリ、IP）、設計ツール（EDA ツール）、設計環境（設計手法、素材・ツールの活用法、PC/サーバなどの HW 準備）を準備しておくことが重要で、必要とされる人材としては課題解決型人材である。

日本半導体企業は「課題解決型人材」は多く保有しているが、「課題設定型人材」が不足しており、その育成が課題である。

9.3. 「コスト競争力」強化

MCU, Discrete, Optical Semiconductor 製品群の不振の原因は、競争優位条件の変化に対応できなかったため、特に「コスト競争力」で優位に立てなかったからであり、それは、これらの製品群の競争がコスト競争中心になっている認識が少なかったためだと考える。本来、コストダウンは設計から製造にかかわる多くの部門が関与し、コスト削減に努めるものである。

ところが半導体産業においては、“微細化”というコストダウンのための強力な“武器”を保有していたがために、微細化さえしておけば、他の部分についてはコストダウンのためのコストをかけることはあまり積極的ではなかったように思う。微細化によりコストがどのくらい下がっているかの具体的な公表されたデータはないが、筆者が[中屋、2007]、[中屋、2011]で示したように、Intel の MPU のトランジスタ当りの価格は、ここ 20 年間、年率約 30%ダウンで低下している。この数字は非常に大きく、そのため、その他のコストダウン活動の効果が消されてしまうような数字である。しかし、近年微細化するためには、巨額の初期開発投資だけではなく、ウエハ製造のランニングコストも高くなり、微細化がコスト削減の“武器”として機能するのは限られた製品群になってきた。

MCU, Discrete, Optical Semiconductor 製品群については、SoC、メモリや MPU のように、最先端製造プロセス技術を使い、微細化により集積素子数を増加させコスト削減を図るとは異なり、コスト削減を技術的側面からだけではなく、非技術的側面も含め事業経営における組織能力向上によるコスト競争力向上が重要になる。そのためには、製造・生産工程におけるコスト削減だけではなく、コスト構造全体の「見える化」、すなわち、経営トップが経営判断に使える原価計算[尾畑、2004]などを含めたマネジメントシステムの構築が重要となる。

9.4. 「情報力」強化

1990 年以降に半導体産業で起こった Fabless-Foundry モデルや EMS (Electronic Manufacturing Service)、ODM (Original Design Manufacturer)、Mega Distributor の出現など従来と異なったビジネスモデルが半導体産業に大きな影響を与えた。日本半導体企業群はこ

これらの情報を知らなかったわけではないだろうが、自分たちのビジネスに「どのような影響を及ぼすか？」に対する情報収集、処理、咀嚼、判断ができなかった。

情報通信技術の進展により、計算機処理能力、通信能力が飛躍的に向上しただけでなく、インターネットの普及により、大量のデータが収集、蓄積されるようになっている。例えば、大量の学术论文や特許情報から、ある技術分野のデータを取り出し、社会ネットワーク分析手法を用いて分析することにより、各社の R&D 戦略を知ることができる[中馬、2011]。進歩したハードウェア、ソフトウェアを活用して、いかに大量のデータにアクセスし、それを活用するかが重要になる。

9.5. まとめ

2000 年代に入って、世界半導体産業は、IT バブルの崩壊、リーマンショックで、一時、市場規模は減少したが、その後は急速に回復している。そのような状況の中で、日本半導体企業群の売上高合計は世界全体の伸びに比べ、半分程度と低調で、リーマンショック後の回復は非常に緩やかである。

これは、日本半導体企業（群）が 2000 年代に起こった三つの構造変化に対応できなかったからであり、また、リーマンショック後の回復の遅さと緩やかさは、未だに構造変化に対応できていないことに加え、急激な円高による影響が大きい。急激な円高は、半導体企業の輸出が不利なだけでなく、重要顧客である日本のエレクトロニクス企業の不振による影響も大きい。

最近、不振で苦しんでいる半導体産業とひとまとめにして、議論をしようとしているところが見受けられる。しかし、これは日本半導体産業の復活を議論する時には適切ではない。第 6 章でも述べたように、品種により競争優位の条件が異なっており、2000 年代の不振も製品群により、それぞれ違った理由がある。それらをよく分析せず、ステレオタイプの捉え方をすると課題解決のための処方箋も的外れなものになる。従って、個別の分析を行い、セグメント毎の強化策を提示しなければならないと考える。

本稿では、構造変化に対応できなかった四つの理由を第 8 章に提示し、その原因について考察した。ここに示した事項は十分ではないかもしれないが、日本半導体企業の問題点の大きいところは指摘できたと考えている。今後、更なる分析の深堀が必要なのは、それでは、なぜ指摘した問題が改善できなかったのかであり、更にそれらをもとに復活のための提言を行うことである。

Appendix 1 SoC に対する 5 つの誤解

ここで、現在ではこのようなことを考えているものはいないと思うが、2000 年代の初めには SoC の本質を理解していないと思われる 5 つの誤解を示す。

① 誤解 1. SoC は開発費ばかりかかり、売上が安定せず儲からない。

SoC を ASSP と ASCP に分けて考える必要がある。ASCP のことを指しているのであれば、“Yes”である。ASCP は二つの競争に勝たなければ、売上、利益を生み出さない。一つ目の競争は直接の半導体競合メーカーとの競争であり、もう一つは顧客（システムメーカー）の競争である。競合メーカーとの競争に勝ち、顧客がシステムメーカー間の競争に勝ったとしても顧客が得た利益以上の配分は期待できない。SoC で価値を生み出しているところは製品仕様であり、そこを顧客が握っているので、儲からないということになる。一方、米国の ASSP メーカーは売上を拡大して、利益も上げているところが多い。データ分析からも、それは明らかである。それではなぜ、日本では ASSP は儲からないと思われるのか？それは、開発効率が悪く、多大な開発費を費やすからである。人材の問題である。半導体製品は大きく分けて設計と製造からなるが、設計をさらに分解して、仕様決定、アプリケーション設計、システム設計、インプリメンテーション設計と分けたときに、上流ほど人材による効率の差が大きい。ROI のばらつきが大きい。仕様決定は、売れない製品仕様を決めれば、効率ゼロである。

② 誤解 2. SoC は大手有力システムメーカーの ASCP を受注し、開発すればやがてそれが広まり、他のシステムメーカーも使い ASSP になる。

まず、システムメーカーが自らの決めた製品仕様の製品を自由に他のシステムメーカーに出荷することを許可するはずはない。従って、ASCP から ASSP になることはない。たとえ、許可したとしても（価格値引きの交渉に許可するシステムメーカーもあるが...）、出荷時期や価格に対して自らが優位になるような注文をつけてくる。そうすると、他のシステムメーカーはハンディを負うことになるので使いたがらない。

③ 誤解 3. SoC は第一世代ではシステムメーカーの ASCP を開発し、知識をつけ、やがて第二世代、第三世代では自ら ASSP を開発できる。

このような方法で開発できる ASSP は機能的に比較的単純なものである。SoC と言われセットの基幹部品になるようなものは、ASCP を開発したくらいでは、知識をつけられない。製品が複雑化すれば、設計も階層化され、特に半導体ベンダーはインプリメンテーション設計のところだけを任されるようになる。最初からアプリケーション設計、システム設計の知識をつけないと ASSP は開発できない。また、製品開発のサイクルが速くなり、機能集積も加速度的に進んでいる現状からは、第二世代、第三世代でも、新たな機能集積を要求される。また、アーキテクチャ等の改良によるコスト・パフォーマンスの向上も要求される。

④ 誤解 4. SoC はボードがワンチップに集積されたものであるから、微細加工技術とインプリメンテーション設計技術の競争力があれば勝てる。

SoC も当初は単なるボードのワンチップ化であったかもしれないが、進化することが必要であった。SoC の本質は、売れる製品仕様を決められることである。単にボードをワンチップ化するのでは、無駄が多くなる。アーキテクチャをワンチップ向けに考えられるかどうか競争力の源泉になる。従って、微細加工技術とインプリメンテーション設計技術があれば SoC はできるかもしれないが、コスト・パフォーマンスを考えた時に競争力は無い。

⑤ 誤解 5. SoC は Fabless しか儲からない。

確かに儲かっているところは Fabless が多い、しかし Intel は IDM であるが、SoC (ASSP) で売上を伸ばしている。SoC の競争優位の条件は売れる製品仕様を決めること、アプリケーション設計、システム設計であり、それ以外のところは、外部リソースを活用して、効率的であればそれを考えるべきで、その結果として、Fabless の形態が適していたということである。従って、競争優位の条件を満たしていないままに、Fabless を志向するのは、状況を更に悪くする。Fabless はその成り立ちから、二つに分類される。一つは最初から Fabless 企業（例として、Qualcomm, Broadcom, nVidia, Marvell など）として設立されたもの、一方は製造も持っていたが、Fabless 企業（例として、LSI, Conexant, PMC-Sierra, IDT など）に変化したものがある。前者の中から成長する企業が出現し、後者は大きくは売り上げを伸ばしていない[中屋、2011]。Conexant は 2011 年 4 月に投資会社を買収された。

参考文献

[Baldwin, 2000] Baldwin, C. Y. and Clark, K. B., “Design Rule, Vol. 1: The Power of Modularity,” The MIT Press, 2000.

カリス・ボールドウィン、キム・クラーク著 安藤 晴彦 訳「デザインルール：モジュール化パワー」 東洋経済新報社、2004 年

[Besanko, 2000] Besanko, D., Dranove, D. and Shanley, M., “Economics of Strategy 2nd Edition,” John Wiley & Sons, Inc., 2000.

デイビッド・ベサンコ、デイビッド・ドラノブ、マーク・シャンリー著、奥村昭博、大林厚臣訳、「戦略の経済学」、ダイヤモンド社、2002 年

[Brown, 2009] Brown, C. and Linden, G., “Chips and Change –How Crisis Reshapes the Semiconductor Industry,” The MIT Press, 2009.

[Brown, 2011] Brown, T., President of ARM, “Partnerships Turn Opportunities into Success,” ARM Technical Symposia, Tokyo Japan, Nov. 11, 2011.

[Chandler, 2005A] Chandler, Jr. A.D., “Inventing the Electronic Century – The Epic Story of the Consumer Electronics and Computer Industries -,” Harvard University Press, 2005.

[Chandler, 2005B] Chandler, Jr. A.D., “Shaping the Industrial Century –The Remarkable Story of the Evolution of the Modern Chemical and Pharmaceutical Industries -,” Harvard University Press, 2005.

[Christensen, 2004] Christensen, C. M. et. al., “Seeing What’s Next,” Chapter 7, Harvard Business School Press, 2004.

クレイトン・M・クリステンセン著 宮本喜一訳「明日は誰のものか イノベーションの最終解」 ランダムハウス講談社 2005 年

[Dibiaggio, 2007] Dibiaggio, L., “Design complexity, vertical disintegration and knowledge organization in the semiconductor industry,” Industrial and Corporate Change, Vol.16, No.2, pp239-267, April 29, 2007.

[Freidman, 2006] Freidman, T. L., “The World is Flat [Updated and Expanded]: A Brief History of the Twenty-first Century,” Farrar, Straus and Giroux, 2006.

トーマス・フリードマン著 伏見 威蕃 訳「フラット化する世界 [増補改訂版] (上)、(下)」日本経済新聞出版社 2008 年

[Gajski, 2009] Gajski, D. D., et.al., “Embedded System Design, Modeling, Synthesis and Verification,” Springer, 2009.

[Ghemawat, 2007] Ghemawat, P., “Redefining Global Strategy: Crossing Borders in a World Where Differences,” Harvard Business School Press, 2007.

パンカジ・ゲマワット著 望月 衛 訳「ヨークの味は国ごとに違うべきか」 文藝春秋 2009 年

- [Hattori, 2006] Hattori, T., “A Power Management Scheme Controlling 20 Power Domains for a Single-Chip Mobile Processor,” ISSCC Dig. Tech Papers, 29.5, 2006.
- [IHS iSuppli, 2011A] IHS iSuppli Annual 2001 to 2010 Semiconductor Market Share, by Competitive Landscaping Tool 2011.
- [IHS iSuppli, 2011B] IHS iSuppli Semiconductor Spend Analysis H1 2011.
- [Ito, 2006] Ito, S. “Challenging Device Innovation”, Keynote Address, ASP-DAC 2006, January 2006.
- [Ito, 2007] Ito, M., “A 390MHz Single-Chip Application and Dual-Mode Baseband Processor in 90nm Triple-V_t CMOS,” ISSCC Dig. Tech Papers, 15.3, 2007.
- [Leibson, 2006] Leibson, S., “Designing SOCs with Configured Cores: Unleashing the Tensilica Xtensa and Diamond Cores,” Margan Kaufmann, 2006.
- [Nakaya, 2006] Nakaya, M., “A New Business Model to Face the Challenges in the Ubiquitous Era,” MPSoC 2006, August, 2006. <http://www.mpsoc-forum.org/2006/slides/Nakaya.pdf>
- [Nakaya, 2007] Nakaya, M. “Economics and Performance of Advanced SoC,” MPSoC 2007, June 2007. <http://www.mpsoc-forum.org/2007/slides/Nakaya.pdf>
- [Naruse, 2008] Naruse, M., “A 65nm Single-Chip Application and Dual-Mode Baseband Processor with Partial Clock Activation and IP-MMU,” ISSCC Dig. Tech Papers, 13.3, 2008.
- [Porter, 1980] Porter, M.E., “Competitive Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors,” Free Press, 1980.
マイケル・ポーター著、土岐 坤 他訳「競争の戦略」ダイヤモンド社 1985年
- [Rhines, 2011] Rhines, W. C., “Creating Measurable Value Through Differentiation,” Tech Design Forum, Tokyo, Japan, Nov. 29, 2011.
- [Rowen, 2004] Rowen, C., “Engineering the Complex SOC; Fast, Flexible Design with Configurable Processors,” Prentice Hall, 2004.
- [Spence, 2011] Spence, M., “The Next Convergence: The Future of Economic Growth in a Multispeed World,” Farrar, Starus and Giroux, 2011.
マイケル・スペンス著、土方 奈美 訳 「マルチスピード化する世界の中で — 途上国の躍進とグローバル経済の大転換」早川書房 2011年
- [Taylor, 1995] Taylor, D. A., “Business Engineering with Object Technology,” Wiley, 1995.
- [Ulrich, 2008] Ulrich, K.T., and Eppinger, S. D., “Product Design and Development,” McGraw-Hill, 2008.
- [WSTS] WSTS Blue Book (1991-2011).
- [伊丹、1995] 伊丹敬之著「日本の半導体産業 なぜ「三つの逆転」は起ったか」 NTT 出版 1995年

- [尾畑、2004] 尾畑裕「21世紀型原価計算の展望」 会計人コース 2004年5月 PP.4-9.
- [楠木、2010] 楠木建著「ストーリーとしての競争戦略 優れた戦略の条件」 東洋経済新報社 2010年
- [垂井、2008] 垂井康夫著「世界をリードする半導体共同研究プロジェクト 日本半導体産業復活のために」 工業調査会 2008
- [中馬、2007] 中馬宏之、橋本哲一「日本はなぜ DRAM で世界に敗れたか：その敗因の根幹を検証する（1）、（2）」 日経マイクロデバイス 2007年3月号41-47頁、2007年4月号43-50頁
- [中馬、2009] 中馬宏之、安生一郎、橋本哲一「DRAM 日本勢の敗因を再検証、見過ごされた実装技術の真価」 日経マイクロデバイス 2009年10月号69-76頁
- [中馬、2011] 中馬宏之 「半導体産業における国際競争力低下要因を探る：ネットワーク分析の視点から」 一橋大学イノベーション研究センター ワーキングペーパー IIR Working Paper WP#11-08 2011年5月 <http://www.iir.hit-u.ac.jp/iir-w3/file/WP11-08Chuma.pdf>
- [電子情報技術産業協会、2012] IC ガイドブック 半導体産業データ 2012年版、2012年3月
- [中屋、2007] 中屋雅夫 「システムLSIの現状と課題」 映像情報メディア学会誌Vol61.No.7. pp.905-909, 2007
- [中屋、2011] 中屋雅夫 「半導体産業の収益性分析：半導体企業パネルデータによる実証分析」 一橋大学イノベーション研究センター ワーキングペーパー IIR Working Paper WP#11-03 2011年3月 <http://www.iir.hit-u.ac.jp/iir-w3/file/WP11-03Nakaya.pdf>
- [中屋、2012] 中屋雅夫 「2010年代の日本半導体産業復活に向けて -2000年代の不振原因の分析と今後すべきこと-」 STARC シンポジウム FY2011、Feb. 1, 2012 http://www.starc.jp/download/sympo2011/02_nakaya.pdf
- [半導体産業研究所、1998] 「半導体産業の活性化に関する研究 -シリコンサイクルの研究-」 半導体産業研究所 1998年3月
- [半導体産業研究所、2000] 半導体産業研究所（SIRIJ）、半導体新世紀委員会（SNCC）報告書「日本半導体産業の復活」、2000年
- [半導体産業研究所、2004] 第2次 SNCC 報告書 半導体産業研究所 第2次 SNCC 委員会 2004年5月
- [半導体産業研究所、2006] 「日本半導体産業のグランドデザイン」 最終報告書 半導体産業研究所 2006年9月
- [半導体産業研究所、2007] 2006年度 COCN 半導体技術開発プロジェクト総合報告書 - 日本半導体産業の新たな挑戦- 半導体産業研究所 2007年5月
- [パターンソン、2007] パターンソン&ヘネシー 「コンピュータの構成と設計 別冊 歴史展望」 日経BP社、2007年

[藤本、2003] 藤本隆宏著「能力構築競争 ―日本の自動車産業はなぜ強いのか」 中公新書 2003年

参考 Website

EDAC: Electric Design Automation Consortium, <http://www.edac.org/>

IMF: International Monetary Fund, <http://www.imf.org/external/data.htm#data>

Intel, <http://www.intel.com/pressroom/kits/quickreffam.htm>

KPMG, http://tax.kpmg.or.jp/knowledge/research/___icsFiles/afieldfile/2012/05/07/201110.pdf

SIA: Semiconductor Industry Association, <http://www.sia-online.org/>

WSTS: World Semiconductor Trade Statistics, <http://www.wsts.org/>

<http://ir.conexant.com/releasedetail.cfm?ReleaseID=570065> Conexant 買収記事

<http://www.elpida.com/ja/news/2000/09-28.html> Elpida の設立 プレスリリース

日本銀行、<http://www.stat-search.boj.or.jp/index.html#>