

論文題目：水平分業化とアライアンス戦略の分析
ーファンドリービジネスにおける製造価値創造ー

神戸大学経済経営研究所

伊藤宗彦

神戸市灘区六甲台町 2-1

itohm@rieb.kobe-u.ac.jp

要旨：

神戸大学経済経営研究所のチームは、2004年3月、台湾のハイテク企業調査を行った。台湾のIT産業は高い成長率を長期間維持しており、その競争力の源泉を調べることを目的とした調査であった。台湾の特徴である工業技術研究院への訪問を通じ、産官学共同事業による最大の成功事例としてTSMC社のケースを取り上げ、台湾産業の強みである水平分業構造の強みとそのアライアンス戦略を分析した。その結果をワーキングペーパーにまとめたものである。

目次

第1章 半導体産業におけるファンドリーサービス	2
1-1 本論文の目的.....	2
1-2 問題意識.....	3
1-3 ファンドリーサービス.....	5
1-4 ファンドリーサービスの制約条件.....	8
第2章 TSMC社における製造価値の創造	11
2-1 TSMC社の歴史.....	11
2-2 TSMC社の業績推移.....	14
2-3 TSMC社の競争優位.....	17
2-3-1 技術ポートフォリオの優位.....	17
2-3-2 顧客への素早いサポート.....	19
2-3-3 半導体製造に係わるアライアンス.....	23
第3章 半導体産業における水平分業化	27
3-1 半導体産業と電子機器産業の比較.....	28
3-2 半導体産業における競争の焦点の変化.....	30
3-3 知的所有権とアライアンス.....	33
3-4 水平分業化.....	36
第4章 終章	38
4-1 フレキシブルな専門家集団の強み.....	38
4-2 知的所有権の公開によるイノベーションの促進.....	40
4-3 顧客の増殖による不確実性の低下.....	42
4-4 TSMC社のケースの含意.....	43
—インタビューリスト—	45
—文献リスト—	46

第1章 半導体産業におけるファンドリーサービス

半導体市場は、完全なボーダーレス市場である。このようなボーダーレス市場における製品戦略は、規模の経済に立脚しコスト優位を目指す、あるいは、資源を差別化要素の強い分野へ集中的に投下し、徹底した集中化を目指すという戦略が一般的な戦略であった。日本の半導体産業の競争力低下の理由に、このような戦略の徹底がなされていないのではないかと指摘がある¹。

一方、このような半導体産業においては、今回、本論文で取り上げる台湾の半導体企業のうち、TSMC 社²、UMC 社³を代表的企業とするファンドリーサービス⁴といった業態の成長が著しい。

本論文は、このようなファンドリー企業のうち、もっとも成長の著しい、TSMC 社のケースを取り上げ、その成長の仕組み・戦略を分析するものである。特に、分析の視点は、単に、世界的な半導体製造という水平的な分野を分担することにより、規模の経済を実現したというような見方ではなく、いかに半導体の受託生産において、価値を生み出しているのか、また、半導体の製造という複雑なプロセスを要する産業において、設計からどのように脱統合化をはたしてきたのかについて分析することを目的としている。

1-1 本論文の目的

本論文は、製造業のもの作りにおける価値創造の本質を問い直してみるものである。近年、製造業への IT 革命のインパクトについての議論が盛んである。このような議論の争点の一つは、リーン生産方式に代表される統合型のアーキテクチャが、インターネットに代表されるモジュラー型アーキテクチャの構造と馴染むかどうかという問題があり、今後、日本企業がふたたび活性化するためには、モジュール化と統合化をトレードオフと考えずに、相互浸透させるよ

¹ 『平成 11 年度通商産業省委託「半導体における産業態様の変化に立脚したビジネスモデルの調査研究」報告書』、2000 年 3 月、財団法人機械振興協会

² TSMC: Taiwan Semiconductor Manufacturing Company, Ltd の略称であるが、一般的に略称が用いられている。正式名称は、台湾積体電路公司である。

³ UMC: United Microelectronics Corp. の略称であるが、TSMC とともに、略称が一般的である。

⁴ 自社製品を一切持たず、第三者に対して、純粋に受託加工生産を行うサービスであり、半導体産業において、用いられる用語である。

うな独自のビジネスアーキテクチャを構築すべきであるという垂直的統合化と水平分業化を比較検討する議論がある⁵。電子機器産業、半導体産業などは、すでに、生産における国際的分業システムが確立され、電子機器産業におけるEMS⁶、半導体産業におけるファンドリー企業が、このところ、急激な成長を遂げている。一見すると、このようなEMSやファンドリー企業は、それぞれの産業の水平分業を請け負っているように思われるが、実際には、EMS企業などは、流通・サービスへの川下統合、デザイン・設計サービスなどへの川上統合を行い、統合と脱統合が行われ、単純に水平分業と垂直統合とを比較する議論では、上手く説明できない状況である。

まず本章では、このような議論を行う前に、日本では馴染みの薄いファンドリー企業の存在理由について、既存研究を踏まえ、その存在理由についての考察を行い、台湾半導体産業の強みについての分析を行うこととする。

1 - 2 問題意識

本論文における問題意識は、以下の2点に集約される。

- ① 現在の半導体ファンドリー産業は、半導体産業内部での、効率化追求による、単なる水平分業化として結論付けることは出来ないのではないかと。
- ② 半導体製造という限られた領域において、TSMC社はどのように、製造価値を高めているのであろうか。つまり、台湾は世界でナンバーワンの半導体産業のインフラになりそうである。このような台湾半導体産業のトップ企業であるTSMC社の競争優位源泉は、一体、どのようなものであろうか。

まず第1は、水平分業化の問題である。アダム・スミスの「分業の程度は市場の大きさに制限される」という定理が垂直的統合の問題に関してどのように働くかという問題である。Stigler(1968)は、このような垂直的統合について、「垂直的統合は、新しい産業において広範に行われるであろう。産業の成長にしたがって、機能分化 (disintegration) が観察される。そして、産業が衰退段

⁵ 楠木、他“ITのインパクトと企業戦略”一橋ビジネスレビュー2001, SPR 48巻、4号、参照

⁶ 半導体産業では、ファンドリー (Foundry)という用語を用いるが、電子産業では、CM (Contract Manufacturing) という請負生産のことをEMS (Electronics Manufacturing Service) と呼び、電子機器に特化した製造請負業種を指す。

階に入ると、再統合が生じる」という命題⁷を出している。このような命題に従うとすれば、半導体産業はその発生段階から、成長段階に入り、製造という機能が分化し水平分業化したという解釈を行うべきなのであろうか。

ところが、半導体市場を世界市場という観点から見ると、少し状況が異なることが分かる。市場全体は、ボーダーレスとなっているが、半導体産業の国別の状況は、全く異なっている。端的には、日本、韓国の半導体産業は、垂直的統合型であるのに対し、台湾、アメリカは、ファブレス企業⁸とファンドリー企業の水平分業化型である。表1は、このようなファブレス企業とファンドリー企業の企業数推移を国別に示したものである。この表は、1987年から1997年の10年間に、アメリカ、台湾でのファブレス企業の数が増加しており、一方、日本では、このような水平分業化の傾向が見られないことを示している。世界的には、ファブレス企業、ファンドリー企業とも、その数は増加傾向にあることは明らかである。

表1. ファブレス企業数とファンドリー企業数の推移

	ファブレス企業数		ファンドリー主体の企業数	
	1987年	1997年	1987年	1997年
アメリカ	40	170	0	2
日本	0	0	0	0
ヨーロッパ	3	7	0	2
台湾	3	45	1	4
その他のアジア	3	15	0	3
合計	49	237	1	11

資料：日経産業新聞 1998年1月20日（データクエスト社調べ）

⁷ Stigler, George J., "The Organization of Industry", Homewood, Ill.: R.D. Irwin, Inc., 1968 参照

⁸ 半導体製造までのプロセスは一般的に、回路設計、素子設計、プロセス設計、量産というように分離される。ここで問題になるのは、製造する半導体の種類により、回路設計と量産の間で要求される統合関係が異なるということである。たとえば、現状では多少古くなった0.25 μ mといったプロセスでは、統合はほとんど考慮する必要がなくなっており、ファンドリーサービスの中心的なものである。このようなプロセスを用いる半導体では、設計専門の企業（ファブレス企業）と製造専門の企業（ファンドリー企業）の間で、分業関係が確立され易い。

このように、問題意識のまず第1の点は、Stigler(1968)の指摘のように、半導体産業は、その成長にしたがって、垂直的統合から水平分業化が起こっているという事実を受け入れるとすれば、日本、韓国とアメリカ、台湾での対照的な現状の相違はどのように説明できるのかという点である。

次に、2番目の問題意識として、TSMC社はどのように製造価値を高めているのか、つまり、他のファンドリー企業と比較して、なにが競争優位源泉かという点である。TSMC社は、世界で唯一、ファンドリーサービスに特化した企業である。同じ台湾企業で競合関係にあるUMC社が、EPROM⁹、SRAM¹⁰などの半導体については、自社ブランドでの販売を行っており、また、設計などの川上統合やパッケージ加工などの川下分野への展開も積極的に行っているとは、対照的な戦略である。ファンドリーサービスへの特化は、ある意味では、規模の経済を最大限生かす方策であるかもしれない。第2章で詳しく述べるが、そのために、常に最先端のプロセス技術、たとえば、300mm ウエハーの加工技術の導入などについて、真っ先に投資をしてきた企業である。しかしながら、先端製造技術への投資活動、ファンドリーサービスへの特化は、特殊な戦略ではなく、むしろ、必要条件的な戦略である。TSMC社はすでに、その製造規模、コスト競争力では、世界最大と言われている。このようなコスト競争力、つまり、製造価値はいかに高められ、他のファンドリーの競合企業とどのように差別化が実現されているのかという点が、第2の問題意識である。

1-3 ファンドリーサービス

ファンドリーサービスとは、半導体産業固有のサービスであり、独特の形態をもっている。本項では、このようなファンドリーサービスについて考えてみることにする。まず、ファンドリーサービスは、表1にも示されるように日本には存在しない。同様に、それと対になるファブレス企業も存在しない。韓国も良く似た産業構造である。逆に考えると、日本や韓国は、半導体設計、製造に関する国際分業とは、離れたところに位置している。それでは、このような

⁹ Erasable Programmable Read Only Memory の略。消去可能な読み取り専用のメモリーのこと。

¹⁰ Static Random Access Memory の略。バックアップ電源の必要のない読み書き可能なメモリーのこと。

半導体製造における国際分業とはいかなるもので、ファンドリーサービスとは一体、どのようなものであろうか。製造業における水平分業化は、半導体産業独自のものではない。たとえば、衣料、出版などにおける、繊維会社や印刷会社と、アパレル、出版会社の関係のように、どこにでも見受けられる。このような関係の多くは、多数の中小デザイン、設計会社と少数の製造会社の分業という図式を生んでいる。

半導体業界も例外ではない。まず、半導体製造は、さまざまな産業のキーとなるデバイスを扱っている。たとえば、携帯電話を代表とする通信分野、パソコンなどの情報分野をはじめ、一般的な民生用途まで、さまざまな用途で使用される。このように、用途に応じた半導体の設計が必要であることは、議論の余地がない。では、ファンドリー企業は、特定の用途向けのみの半導体製造を行っているのであろうか。ファンドリー企業の守備範囲は非常に広く、ほとんどの用途向けに幅広く展開している¹¹。現在、半導体産業全体の販売額のうち、ファンドリー産業は約13%にあたる約110億ドル(1兆3000億円)の製造を行っている。図1は、このようなファンドリー企業の販売比率と、マーケットシェアを表したものである。図1より、現在、ファンドリー企業の売上は、

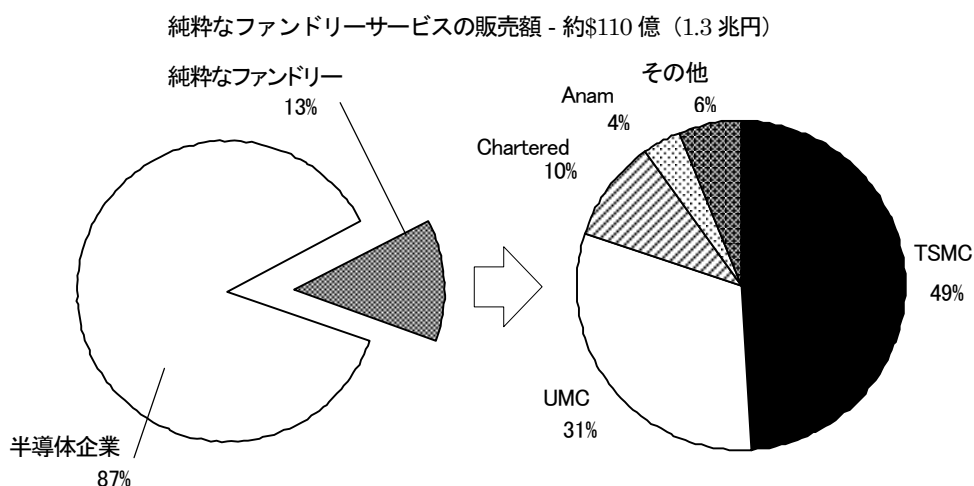


図1. 半導体ファンドリー企業の市場構成 (2000年)¹²

¹¹ 第2章において、TSMC社の例をとり、その売上構成について詳細に記述する。

¹² 資料は、TSMC社より提供された。図中、TSMC社、UMC社は台湾、Chartered社はシンガポール、Anam社は韓国の企業である。2004年現在、最新のデータはないが、比率は大きく変化していない。

半導体産業全体の 13%であり、それほどの比率ではない¹³。また、図からも分かるように、実際のファンドリー企業は、台湾の大手企業である TSMC 社、UMC 社と、シンガポール、韓国の企業の 4 社で 94%を数える。

図 2 は、半導体加工プロセスを示したものである。図中、枠内が半導体企業の加工内容であり、日本、韓国の大半の半導体企業、アメリカの CPU の企業などは、このような半導体加工プロセスでは垂直的統合が成されており、一社で完結する仕組みができています。一方、アメリカ、台湾などの半導体産業では、この部分をその加工工程ごとに水平分業化し、それぞれが専門メーカーによって請け負われている。たとえば、アメリカの多くのファブレス企業は、設計を専門に行い、ウエハー加工を専門とする台湾のファンドリー企業に製造を委託するという国際分業システムが確立されている。ファンドリー企業は主に、ウエハー加工を受け持つが、多くの場合、組み立てやテストを行う専門企業との

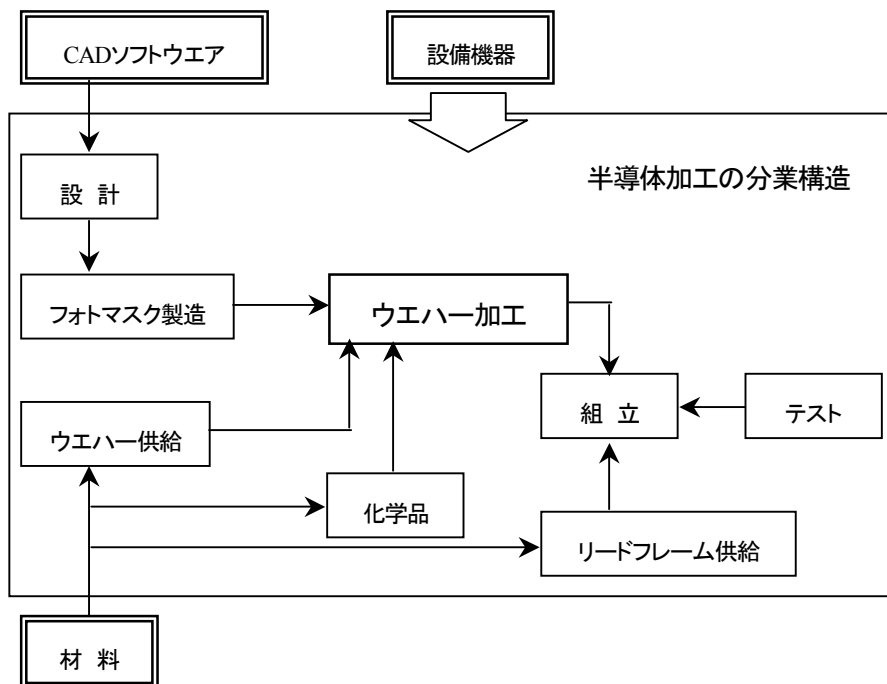


図 2. 半導体産業における加工の分業構造¹⁴

¹³ ファンドリー企業の売上比率は、純粋なファンドリー企業の売上からの計算値であるが、実際には、世界中の半導体企業の多くは、製造請負も行っている。特に、台湾の半導体企業、Winbond、HMC、Holtek、Vanguard 社などは、メモリーの企業であるが、ファンドリーサービスの比率も大きい。このような企業の売上は、統計に含まれていない。

¹⁴ 青山修二 (1999) P53 の図を参考に作製した。

分業システム、つまり、アライアンスを確立している場合が多い。

上記のように、半導体産業門におけるファンドリーサービスとは、加工プロセスのうち、ウエハー加工を行うものである。半導体における加工プロセスは単純なものではなく、設計段階における加工プロセスとの調整、対話が非常に重要な要素を占めるのである。このようなファンドリーサービスにおける水平分業化について、次項で分析を行う。

1-4 ファンドリーサービスの制約条件

前項で、ファンドリーサービスについて述べた。この項では、このようなファンドリーサービスがどのように成立しているか、つまり、水平分業化がどのような仕組みで成立しているかについての分析を行う。

表1が示すとおり、半導体設計に特徴を求めるファブレス企業は、アメリカのシリコンバレーに代表されるように、多くのベンチャー企業の目指すところとなっている。このような半導体の設計から製造までのプロセスを示したのが、図3である。藤村(2000)によると、半導体の量産化のためには、①回路を設計する、②素子設計とプロセス技術間の整合を取ることで、デバイスの構造・形状とそれを具体化するための加工方法(プロセス)を決定する、③構築されたプロセスに基づいてデバイスを量産する。という3つの段階を経ることが必須条件となっている。ここで、ファブレス企業とファンドリー企業との関係は、図3において、設計を主たる業務としているのがファブレス企業であり、プロセス、つまり半導体デバイスの製造を主な業務としているのがファンドリー企業と言える¹⁵。ただし、このような水平分業化が可能になるためには、一つ的前提が必要である。つまり、業界全体で使えるデバイスプロセスが標準化しておれば、設計も標準化され、一定の設計基準さえ満たせば、すぐにデバイス製造を行えることになる。ここでの疑問は、果たして、半導体の価値はどこで決まるのであろうかという問題である。たとえば、プロセス技術が汎用化しており、どこで製造を行っても品質の問題がないということになれば、設計の差別

¹⁵ 前項でも触れたが、厳密には、ファンドリー企業の主たるプロセスは、ウエハーの加工である。ここでいう半導体デバイスの製造については、図2のように、組み立て、テストの工程までを含めるのが一般的である。ファンドリー企業は、このような工程は、専門企業とアライアンスを組んで、顧客の要望する製品形態まで仕上げるサービスを行っている(第2章参照)。

化により半導体の価値が決まるであろうし、逆に、設計に対してプロセスにいくつかの選択肢があるような場合、設計よりも製造の方に大きな価値が生まれることになる。つまり、図3において、設計とプロセスが規格化（標準化）されればされるほど、産業構造は二極化（水平分業化）へ向い、競争はコスト競争が主体となる。表1を振り返ってみると、1997年の時点で、ファブレス企業が237社存在するのに対し、ファンドリー企業は11社しかない。しかも、ファブレス企業はアメリカ、台湾に集中し、ファンドリー企業は、台湾に集中している。このことから、世界全体の半導体産業は二極構造を取る、すなわち、台湾 - アメリカの国際分業システムと、日本、韓国の垂直的統合システムが混在しているように思われる。事実、第2章で詳しく述べるが、TSMC社の発注元は、台湾、アメリカに集中している。それでは、このような国際分業システムと垂直的統合システムが混在する要因は一体、なんでであろうか。

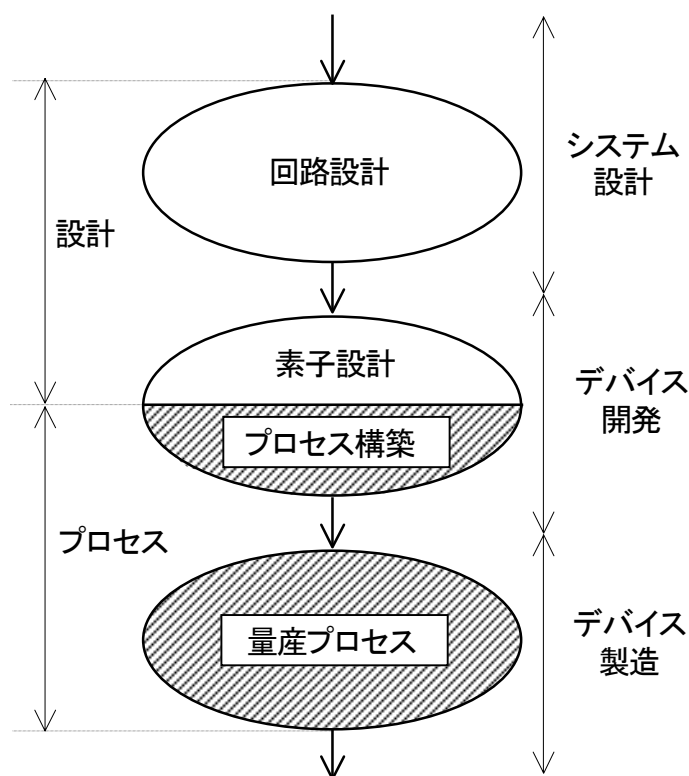


図3. 半導体の設計から製造までのプロセス¹⁶

¹⁶ 藤村修三 (2000) P44 図、参照。

Williamson は垂直的統合について、「不完全な長期契約は、機会主義を前提とすると、契約当事者間に利害の対立を引き起こすことが予想されるから、他の形のアレンジメントが探し求められることになる。現物市場契約方式が、明らかに一つの代案である。・・・もし、問題の生産物ないしはサービスが、実行による学習を重要な要素とするようなものであり、かつ人的資本の市場が不完全であれば、たとえ産業が成長しても、少数主体間交渉にかかわる緊張はかならずしも除去されない。・・・もしこのような取引費用が現在あるか、もしくは将来見込まれるのでなければ、これらの企業のなかの一つが専門化して、それが全企業にとって互いに利益をもたらす結果となるということが、おそらく起こるのであろう。別の言い方をすれば、技術は契約の妨げになるのではなく、決定的なのは取引上の緒要因なのである。」と述べている¹⁷。つまり、生産物ないしはサービスが、学習を重要な要素としなければ、また人的資本の市場が完全であれば、水平分業化が起こりうることを示唆しているのである。

このような観点から見ると、確かに、台湾、アメリカの両国での半導体装置は、日本のように自社製、もしくは注文装置ではなく、標準装置の買い入れが多く、学習を重要な要素としないし、台湾のように、産学一体化政策に元づく、長期的な人材育成計画¹⁸により豊富な雇用市場が存在しており、水平分業化が起こりやすい環境と言える。

以上、本項では、ファンドリー企業の成立について述べてきた。半導体産業は、垂直的統合システムと国際的分業システムが混在していることを述べてきた。このような混在は、半導体の設計と製造プロセスの価値の見方に関係があるのではないかという見解を述べてきた。次章では、TSMC 社のケースの分析により、このような点を明らかにしていきたい。

¹⁷ Williamson(1975) (訳本、P28 - 29 参照)において、Stigler, George J., “The Organization of Industry”, Homewood, Ill.: R.D. Irwin, Inc., 1968 について述べたものである。

¹⁸ 2004 年 3 月、神戸大学の研究チームが工業技術院を訪問しインタビュー調査を行った結果である。台湾政府は、工業技術院を持ち、その下に、国立交通大学を半導体産業育成のための大学に指定し、さらに、卒業生の受け皿を電子研究発展センター（電子工業研究所/ERSO）として一定期間の育成教育を行い、民間企業へ送り出すシステムを確立してきた。

第2章 TSMC 社における製造価値の創造

TSMC 社は、半導体ファブドリービジネスに特化した世界最大の企業である。台湾のシリコンバレー、新竹に本拠をおき、台湾とニューヨークの株式市場に上場する企業である。この章では、半導体ファブドリー業界では世界のトップ企業である TSMC 社のケースを取り上げ、いかにその製造価値を創造しているのかを明らかにしていく。そのために、まず、TSMC 社の歴史、業績推移、活動内容の分析を行う。ケースの分析の観点は、1987 年創業という比較的新しい企業ではあるが、すでに、半導体製造技術、製造能力、周辺サービスでは世界一と称されるようになった背景について焦点を当てていく。

2 - 1 TSMC社の歴史

台湾の半導体産業の発展は、政府主導の政策活動によるところが大きい。長期的かつ戦略的な計画に基づき、極めて順調に推移している状況は、日本の半導体市場が、半導体チップ、製造設備ともに、大きく競争力を失いつつある状況とは対照的である。TSMC 社は 1987 年に創業された。ファブドリー産業という全く新しい事業の設立は、現 TSMC 社長の Dr. Morris Chang (張忠謀、以下モリス・チャン) という香港出身の華人系アメリカ人によって行われた。そのきっかけは、台湾政府が 1985 年に、アメリカのテキサスインスツルメンツ社上級副社長を経て、ジェネラルインスツルメンツ社社長兼 COO の職にあったモリス・チャンを、工業技術研究院院長として招いたことであった¹⁹。

当時、台湾国内では、世界の半導体産業の要求技術が高度化・微細化していき、半導体製造工場が巨大化していくのに対し、台湾国内の半導体産業には中小資本の企業しか存在せず、世界の半導体産業から取り残されるという危惧が叫ばれていた。このような台湾の半導体産業の状況から、モリス・チャンは大規模かつ最先端の半導体製造工場を一つ設立し、共同利用することにより、中

¹⁹ 台湾の半導体産業化構想は 1970 年代初期から始まった。もともと台湾には半導体技術に関する基礎は存在しなかったが、アメリカには半導体技術を専門にする多くの台湾出身の専門家がおり、1974 年、アメリカの有力企業、大学、研究機関で働く台湾出身者を中心に、工業技術研究院という政府機関の下に、電子技術顧問委員会というコミッティーを発足させた。これが、後の電子工業研究所(ERSO)の設立の基礎となり、大学、ERSO と産業界という半導体産業育成のためのネットワークへとつながっていた。

小資本の企業も膨大な設備投資に悩まされることなく、日本、アメリカ、ヨーロッパ、韓国などの半導体先進国に追いつくことが出来ると考えた。ここに、世界で最初の、純粹に委託生産を受けるファンドリーサービスが誕生することになった。しかしながら、このようなサービスは世界でも例がなく、台湾積体電路公司（TSMC 社の中国語名）の設立には、台湾政府、自らも参加することになった。1987年2月、TSMC 社設立当時の出資比率は、台湾政府が 48.3%、オランダのフィリップス社が 27.5%、そしてその他の民間企業からの出資が 24.2%というものであった。

世界で最初のファンドリー企業の誕生において、台湾政府、特に、工業技術研究院は主導的な立場を担った。まず、工業技術研究院院長のモリス・チャンは、兼任で TSMC 社の初代社長に就任した。また、工業技術研究院の下部組織である電子工業研究所/ERSO は、TSMC 社への人材供給元となった。1987年当初の設立時には、約 600 名の従業員数でスタートしたが、そのうちの 144 名は、ERSO から移籍した技術者たちであった²⁰。その後、TSMC 社は順調に成長し、2000 年度は、売上 NT\$1662 億(約 6315 億円)、利益 NT\$739 億(約 2808 億円)²¹という世界で最も利益率の高い半導体メーカーへと成長したのである。このような TSMC 社のファンドリー事業の順調な成長は、図 2 に示すような半導体製造における周辺技術の発展をも促した。結果的には、現在、70 社以上の設計企業、2 社のフォトマスク企業、20 社以上にのぼる半導体製造企業、20 社以上の組み立て工場、11 社の検査専門企業が、台湾半導体産業のネットワーク組織を形成するに至っている²²。

政府の意図により順調に立ち上がった半導体ファンドリー事業であったが、創業当時より、技術面では世界的な水準にあった訳ではなかった²³。このような先進国とのギャップを埋めるのにも、やはり、台湾政府の強力な支援があった。1990 年より 1994 年の 5 年間、電子工業研究所/ERSO は、「サブミクロン

²⁰ 青山修二 (1999) 参照。

²¹ TSMC 社、2001 年度、アニュアルレポート参照。

²² 『平成 11 年度通商産業省委託「半導体における産業態様の変化に立脚したビジネスモデルの調査研究」報告書』、2000 年 3 月、財団法人機械振興協会、第 1 章『わが国半導体産業のめざすべきところ—台湾、韓国等との比較の下で—』、および、青山修二 (1999) の台湾半導体産業の分析に詳しい。

²³ 1987 年の創業時、世界最先端の加工水準の、4MDRAM の 0.8 μ m に対し、台湾の電子工業研究所/ERSO の加工水準は、1.5 μ m であった。この当時で、先進国に対し、2 年のギャップがあったとされる (脚注 22 と同じ資料参照)。

加工技術開発プロジェクト」というコンソシウムを立ち上げた。電子工業研究所/ERSO が政府より委託を受けて、TSMC 社を含む民間企業、大学などとのコンソシウムを主催し、コンソシウム終了時に世界水準と目された、16MDRAM を 8 インチウエハーにより、線幅 0.5 ミクロンで加工する技術開発を目指したものであった。図4はこのコンソシウムの組織を表したものである。結果的にコンソシウムは、TSMC 社に 100 件以上の特許使用権、線幅 0.5 ミクロン、8 インチウエハーによる 16MDRAM の加工技術をもたらし、この時点で世界最先端の半導体技術を保有することになるのである。

また、このコンソシウムの最大の収穫は、台湾では初めてのメモリーの企業、世界先進積体電路公司（VISC: Vanguard International Semiconductor Corporation）が 1994 年 7 月に設立されたことであった。VISC 社は、台湾政府が 33.6%、TSMC 社が 23.3%、その他の企業が 43.1%の出資比率の企業であった。この VISC 社の設立により、コンソシウムの成果は、すべて、VISC 社に引き継がれるようになり、その後、TSMC 社は、政府から距離を置き始め、独自にアメリカ企業との関係を深めることになったのである²⁴。

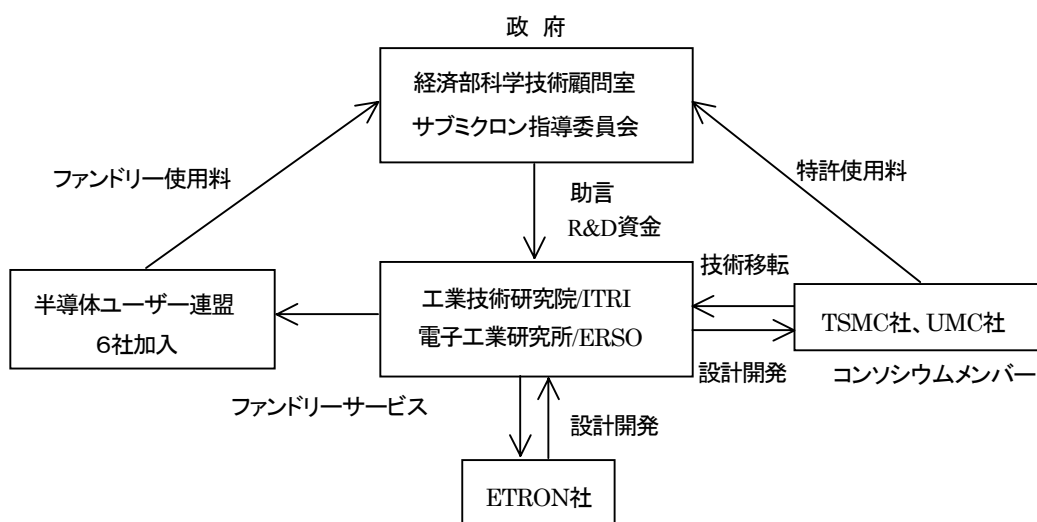


図4. サブミクロンコンソシウムの構造²⁵

²⁴ コンソシウム後、電子工業研究会/ERSO は、330 名の研究員を VISC 社に移籍させた。このため、コンソシウムの成果が VISC 社に流れることになり、差別化を図るため、TSMC 社は、ESRO、VISC 社と距離を置くようになった。

²⁵ 青山修二 (1999) 参照。

以上、TSMC 社の創業からの歴史について述べてきた。TSMC 社は、その創業のポリシーを守り、ファブドリービジネスに特化している企業である。現在、優秀な製造技術と行き届いた顧客サービスというコア・コンピタンスを構築し、ULSI、VLSI を含むウエハー製造、組み立て、マスク製造、デザインサービスというフルレンジの製造サービスを提供することができるまでになっている。2000 年には、全売上の約 90%がウエハーの製造によってもたらされている。創業以来 13 年間、TSMC 社の市場セグメントは、半導体の応用範囲全体に広がるようになってきている²⁶。2000 年の TSMC の製品は、世界の半導体市場の約 6%を占めた。

2 - 2 TSMC社の業績推移

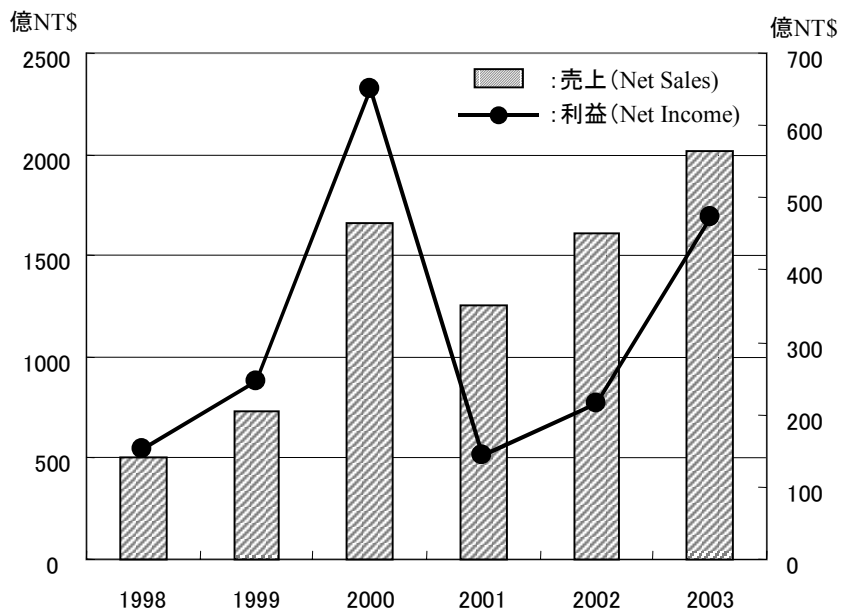
本項では、業績推移を基に、TSMC 社の成長要因に言及してみる。図 5 は、過去 5 年間の TSMC 社の売上、および、利益額の推移を表すものである。TSMC 社の 2000 年における成長率は 127.3%となり、売上は NT\$166.2billion となった。これは、ファブレス企業の急激な成長、世界的な IC 市場の回復という影響が大きい。2000 年、TSMC 社の顧客基盤はグラフィック、ブロードバンド通信、デジタル機器、無線通信市場へと拡大している。図 6 は、2001 年第 1 期の産業別の売上比率を表したものである。この図からも、TSMC 社の売上構成は、メモリー、コンピューター、通信、コンシューマーへと、比較的分散していることが分かる。これらの市場は、すべて、非常に成長率が高く最先端の製造技術が要求される分野である²⁷。過去何年もの間、TSMC 社は戦略的に、売上の一定比率にしか至っていないメモリー製造の比率を制限することにより、メモリー市場への進出を自制してきた²⁸。現在の、論理チップの製造能力不足と、歴史的に不確定要素の強いメモリー市場を考慮すると、TSMC 社

²⁶ TSMC 社によって製造された最先端の IC はパソコン、ネットワークサーバー、コンピューター周辺機器、無線・有線通信機器、民生機器、自動車、産業機器など幅広く使用されている。

²⁷ TSMC 社は、半導体プロセスごとの生産量を公表している。このような公表データによると、たとえば、0.25 μm のプロセスは 1998 年に最も主流になったが、2000 年には 0.18 μm 、2003 年には 0.13 μm の開発により、生産比率では置き換わっている。このように、半導体産業では常に、最新プロセスの比率が高くなり、そのライフサイクルは、短くなる傾向が強い。

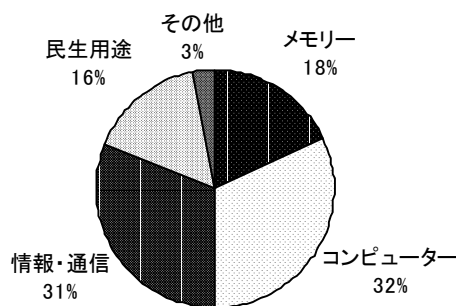
²⁸ TSMC 社とのインタビューからの内容である。事実、図 6 から、メモリー関連の売上比率は 18%と、大きくない。

は新たに出現した埋め込みメモリー市場²⁹でのシェアの拡大を目指すためである。2001年も同じ方針を維持していくことになる。



* 図中、NT\$は台湾ドルを表す。2004年5月現在、NT\$1 = ¥3.3 である。

図5. TSMC社の業績推移³⁰



2001年第一/四半期の売上構成比、売上高：NT\$395億

図6. TSMC社の製品の販売先構成比³¹

²⁹ 『平成11年度通商産業省委託「半導体における産業態様の変化に立脚したビジネスモデルの調査研究」報告書』、2000年3月、財団法人機械振興協会、P69によると、メモリーの構造的な差別化は困難であり、用途によって、小型化が特に要求される分野においては、メモリーと他の機能を一体化したチップを設計し、小型化、低消費電力化を図ろうとする傾向があるという。このように、メモリーと他の機能を一体化した半導体を指す。

³⁰ 業績は、TSMC社、1998-2004年度アニュアルレポートより作成。

³¹ 本情報は、TSMC社より提供を受けた資料より作成。

ここで、TSMC 社の販売先（顧客）の特徴を、以下の2点に集約する。

- ① 販売先には、フィリップスやモトローラといった業界をリードする総合デバイス製造業者(IDM)³²が含まれる。
- ② 主たる顧客は、400社を越える世界中のファブレス企業である。これらの企業からの需要は、アルテラ、ブロードコム、クオルコムといった最終市場のリーダーが、ファブレス分野の需要を加速している。

つまり、TSMC 社の顧客は、すぐに思い浮かぶファブレス企業だけではなく、通常、競合関係にあると思われる総合デバイス製造業者も、多数含まれている。長期的にみて、ファンドリーサービスは、世界的な半導体産業の製造分野においては、よりいっそう、市場占有率を増加させるとと思われる。それは、ファブレス企業は、すでに、ファンドリー企業に依存しており、総合デバイス製造業者も半導体製造のために、ファンドリー企業とのより強いビジネス関係を期待しているためである。2001年には、現状の売上規模から推測すると、世界中の15%の半導体製造がファンドリー企業によってなされると予想される。図7は、このようなファンドリーサービス全体の市場推移を表したものである。

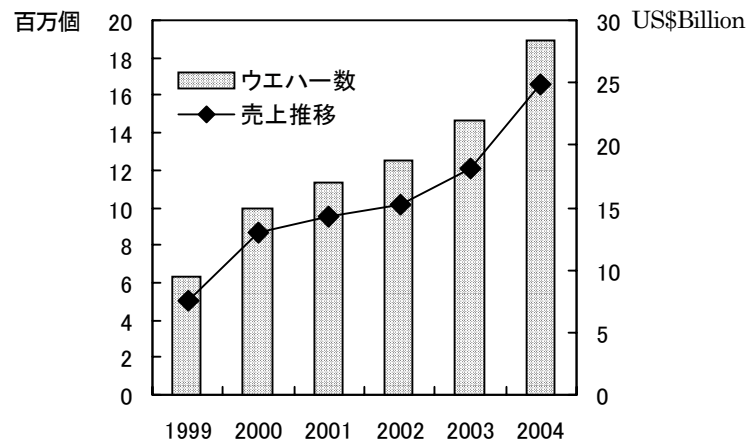


図7. ファンドリーサービスの市場拡大推移³³

³² 総合デバイス製造業者は通常、IDM: Independent Device Manufacturer と略称で言われることも多い。半導体の製造に関する、デザイン、ウエハー製造、組み立て、検査までの全ての工程を有している企業を指す。日本の大手半導体企業は、全てこの範疇である。

³³ 図は、Dataquest 社調べ。TSMC 社より入手した資料である。2004年度は推定値。

2 - 3 TSMC社の競争優位

本項では、TSMC社の競争優位について述べてみたい。ここでの競争優位は、ファブドリー企業としての優位点について言及するが、他の半導体企業との比較優位や、TSMC社は、半導体産業における水平分業化の役割を、どのように成し得たのかについての詳しい分析は、次章で議論することにする。

ここでは、TSMC社の競争優位を、以下に集約する。

- ① 広範囲に渡る技術ポートフォリオのバランスがよく、業界でのトレンドに左右されることなく、あらゆる分野からの注文に対応できる体制。
- ② 顧客の素早い市場対応³⁴をサポートするためのサービス体制の整備。
- ③ 半導体設計・製造・検査・組み立てという一連のプロセスにおけるアライアンスが網羅されており、顧客から見れば、総合デバイス製造企業以上の対応が期待できる。

以下、おのおのの競争優位について、分析を行うことにする。

2 - 3 - 1 技術ポートフォリオの優位

まず、第1の技術ポートフォリオについてである。図6からもわかるように、TSMC社の顧客は、さまざまな業種に上手く配分されている。業種が異なることは、要求されるプロセス技術の対応も異なることを意味する。たとえば、マイコンに多用されるロジック回路では、現在、 $0.13\mu\text{m}$ レベルが要求されるが、高電圧用のプロセスでは、現状の最高レベルは $0.35\mu\text{m}$ レベルである。このような要求仕様の違いは、プロセス技術の違いであり、プロセス技術は用いられる半導体プロセスにより異なるのである。

垂直的な価値連鎖を考えると、今日の水平分業化への傾向から得られる理想的な地位を確保しており³⁵、ここでは、ファブレス企業やシステム会社、総合デバイス製造企業は彼らのコア・コンピタンスに焦点を当て、このような分野での専門性を持ったパートナー企業へのサービス、製造への業務のシフト

³⁴ アウトソーシングビジネスにおける市場対応は、いかに市場投入を早くするかというタイム・ツー・マーケットと、いかに市場立ち上げ時にフレキシブルに生産量を確保できるかというタイム・ツー・ボリュームに集約される。ここでは、この両方の対応能力を指す。

³⁵ 図1が示す通り、TSMC社は、ファブドリー市場の約50%の市場占有率を有しており、そのファブドリー市場には、11社しか参入していないという事実、また図7が示す通り、高成長率を有している市場に属している点から、半導体製造業のなかでは、非常に有利な位置を占めていることが言える。

が行われていく。インターネットによって可能になった、摩擦のないビジネスプロセスは、このような傾向に拍車をかけ、こうした業務の専門化は、今後、ますます加速されていくことになる。このように、ファウンドリー企業と他の専門分野の企業との分業比率が拡大するにつれ、補完的な資材、たとえば、製造装置や素材を提供する、設備・材料供給会社は、ファウンドリー企業を狙いにしたサービスプログラムや技術を研究し始めている。

このような TSMC 社の技術ポートフォリオの優秀さは、3つの要因に起因すると思われる。

- (1) 顧客との密接な関係を基本にしている。TSMC 社は過去 16 年間で 400 顧客以上にサービスを提供している³⁶。
- (2) 半導体産業の長期的成長を予測し、キーとなる顧客からの緊急要求に対応することにより、TSMC 社は最先端の製造能力を導入してきた。たとえば、先端の 0.13 μ m 製造プロセスを、また世界初の 12 インチウエハー製造工程も導入が完了した³⁷。
- (3) 設立当初より、ビジネスをサービス業として考えてきており、そのビジョン、すなわち、半導体製造のための顧客の“バーチャル工場”となることを実現するための新しい道具として、IT 技術への多大な投資を続けている³⁸。

このように TSMC 社は、最新の技術で製造できる能力により、半導体産業全体の需要のなかで、市場でのリーダーの地位を保っている。また、TSMC 社は、ファブレス企業の急激な成長をサポートする一方で、その顧客層を拡張し続けている。たとえば、総合デバイス製造者であり、本来、競合関係にあるこのような企業からの製造委託が増加する傾向にあり、図 7 が示すように、今後

³⁶ TSMC 社の日本支社の開設は、比較的新しい。2001 年 9 月大阪に事務所が開設され、その後、東京に支社が設立された。そこでのインタビューにより得られた情報である。

³⁷ 現在、TSMC 社は、台湾の新竹を中心に、14 ヶ所の工場（ライン）を有しそれぞれの工場に番号を付けている。台湾の新竹、台南に合計 10 工場、シンガポールには、現地会社の VIS: Vanguard International Semiconductor corp.社とともに SSMC: Systems on Silicon Manufacturing Company という合弁会社を設立し、アメリカのオレゴンには、その SSMC 社の子会社の WaferTech 社を製造基地としている。そのうち、台南の第 6 工場は、最先端の 0.13 μ m の加工技術を受け持ち、世界で最初の実用化に成功した 12 インチウエハーのラインを新竹の第 12 工場、台南の第 14 工場に建設しており、2001 年第 3 四半期には稼働を開始している。TSMC 社、2003 年アニュアルレポートより得た情報である。

³⁸ TSMC 社、2003 年アニュアルレポートより得た情報である。また、TSMC 社とのインタビューでは、このような戦略を社内では、eFoundry™ (e-ファウンドリー) と命名している。

もこの傾向は続くと思われる³⁹。今後は、より自動化された半導体設計技術や、IP 統合ツール⁴⁰が出現するにつれ、製品開発のリスクは低下し続け、ファブリー企業での半導体製造へとシフトしていくと思われる。このように、TSMC 社は、半導体ビジネスへの参入障壁を低減するような戦略を取ることで、業界のトレンドに左右されることなく、あらゆる分野からの注文に対応できる体制の構築、という競争優位を実現している。

2 - 3 - 2 顧客への素早いサポート

第2の競争優位としては、顧客の市場対応を素早くサポートする体制が挙げられる。TSMC 社の顧客サポートは、デザイン、エンジニアリング、ロジスティックの3つの分野からなっている。このような、TSMC 社のサービスを順に検討してみることにする。図8はこのような顧客サポートを表したものである。

まず、デザインのサポートである。デザインサポートは、図3が示すとおり、半導体の設計においては、製造プロセスとの統合が最も重要な要素となる。したがって、デザイン段階で TSMC 社の持つ製造プロセスとの整合性を考慮する必要性が生じる。つまり、TSMC 社がサポートしていない形式の回路設計を持ち込んでも、製造できないのである。このような整合性の確保のために、TSMC 社は、自社の保有する半導体の回路設計のためのライブラリーをインターネット上で公開している⁴¹。

この、ライブラリーを顧客と共有するという戦略が、最も工夫が施され、最も重要なサービスとなっている。この点は非常に重要であり、ライブラリーを

³⁹ 総合デバイス製造者からの受注金額の公表はされていない。しかし、NEC が2001年、TSMC 社と10万枚の8インチウエハーの製造委託を行ったという発表が成されているように、確実にこのような取引が増加している。このように、本来、競合関係にある企業からの注文の背景は、半導体技術が高度化し、総合デバイス製造者といえども、総花的にあらゆるプロセスに投資ができなくなっているにも関わらず、情報、通信産業のように、常に、最新の技術を求める需要が広がっており、TSMC 社のように、最新のプロセスを有したファブリー企業との協業を余儀なくされているという事実が背景にある。

⁴⁰ 図3が示すように、半導体の設計、製造のプロセスは独立しており、いずれかの技術での統合が不可欠である。このような統合を行う技術がこのようなIP 統合化ツールとなって、具現化し始めている。

⁴¹ 半導体設計のためのライブラリーとは、設計の単位となる回路、たとえば、メモリー、信号処理などの機能が単位となって、そのまま使用できる設計のための部品のようなものと理解できる。このようなライブラリーは、一般的には、その企業固有の知的財産となり、差別化の要因となるため、総合デバイス製造業者は、絶対に公表しない。一方、半導体デザインプロセスにおいては、ライブラリーの使用により、デザインの質、製造時の歩留まりに、格段の向上が見られ、質の高いライブラリーの保有は、競争優位の条件となる。TSMC 社の場合、インターネット上の公開といっても、一般公開ではなく、秘密保持契約の基に、パスワードにより、自由にアクセスできる権利を顧客に与えている。

保有する企業とのアライアンスについては後述することとする。このようなデザインサービスにより、TSMC 社は、以下の競争優位を獲得した。

- (1) ファブレス企業など、製造プロセスを持たない顧客は、半導体設計のためのライブラリーを使用した時点で、他のファンドリーに発注できなくなり、顧客の囲い込みの道具として、ライブラリーの充実が重要な戦略となっている。
- (2) ライブラリーがインターネットを通じて、簡単に入手できることにより、設計者の独立のきっかけとなり、実際に、数多くのベンチャー企業が誕生した。これらのベンチャー企業は、新たに TSMC 社の顧客となり、このような連鎖により、顧客数が飛躍的に伸びた。

次に、上記のような、デザインのサポート以外に、図 8 に示す技術サポートも行われている。図 8 が示すとおり、技術サポートは半導体の市場評価段階から製造直前の量産試作段階までをカバーするものである。このような技術サポートには、TSMC 社が“CyberShuttle”とよぶ、予約型の試作サービス、品質管理、納期管理のための製造状況のモニタリングシステム、そして、半導体マスクの製造サービスがある。順を追って説明しよう。

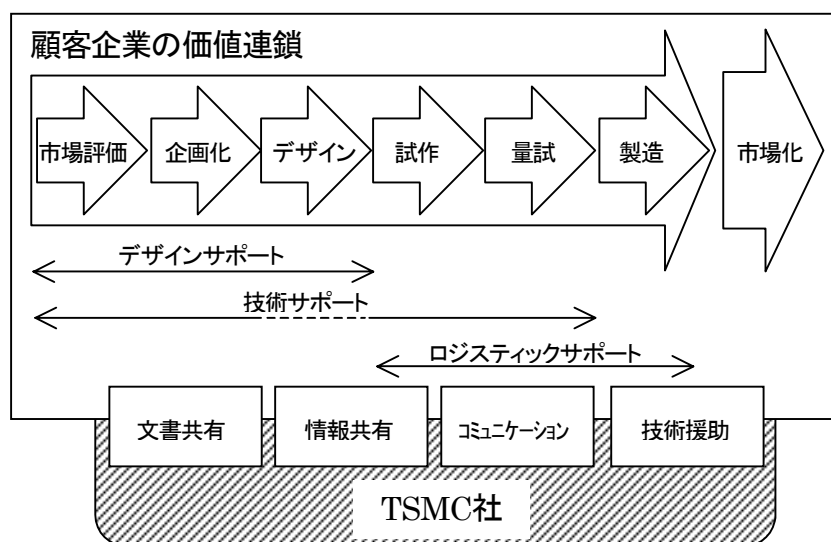


図 8. TSMC 社の顧客サポートの仕組み⁴²

⁴² 本図は、TSMC 社の社内資料を改訂したものである。

まず、予約サービスであるが、半導体の試作は、大変な労力を有する。通常、シリコン基盤上⁴³に、多数の回路を並べて、さまざまな化学処理により、同じチップを多数、一度に形成し、回路形成後、一つずつ切り落とし、パッケージに入れて仕上げを行う組み立て工程まで進めるのであるが、このような半導体のプロセスには恐ろしく時間がかかる。エッチングと呼ばれる回路の形成にも、何時間という長い時間をかけ、なおかつ、何層にも回路を形成していくため、一度の加工に1ヶ月以上かかることも珍しくない。しかしながら、回路設計にミスがあったり、設計上、上手く回路形成ができない場合も多く、通常、数回の試作の後改良を重ね、最終設計回路とする。しかも、シリコンウエハーは高価であり、試作には少数しか投入できない。さらに、半導体のプロセスには、CMOS、BiCMOS、バイポーラなど、異なった種類があり、それぞれ、化学処理の仕方も異なる。そのための試作が、市場投入時間の短縮のキーとなる。このような状況を考慮し、TSMC社は、まず、プロセスごとに、試作のスケジュールを公表し、顧客であるファブレス企業や総合デバイス製造企業からの予約を受け付け、1枚のウエハーに異なった企業の試作回路を相乗りさせる方法を取った。このような発想の基になったのは、台湾の交通大学という大学の半導体専攻の学生は、卒業論文の代わりに半導体の設計を行い、正常な動作をする回路ができるまで設計をし続ける。この際、大学に半導体プロセスはなく、TSMC社は、このような学生の卒業設計に協力をしていたが、1枚のウエハーに多くの学生の回路を書き込むことで費用、時間が短縮できることに気がついた。このような方法により、企業は、安価な費用で、何度も試作が行え、なおかつ、試作の際に異なった条件を与えるようなこともできる⁴⁴ため、開発コスト、時間が、飛躍的に短縮できることとなった。TSMC社が“CyberShuttle”と呼ぶこのようなサービスも、顧客からみると、市場投入時間の短縮に、大いに役立つサービスとなっているのである。

次に、TSMC社は、半導体製造プロセスの進捗状況をモニタリングできるサ

⁴³ ウエハーと呼ばれる円盤状のシリコンであり、全ての半導体チップの原材料となる。現在では、直径8インチ（約20cm）のウエハーが主流であるが、先端のプロセスでは、12インチ（約30cm）も実用化されつつある。

⁴⁴ 予め複数の設計を行い、同時に試作を行い、最も性能のよいものを最終設計に用いるという方法である。

ービスを行っている。これは、国際宅配便業者による、顧客の荷物の状況を確認できるサービスと似ているが、半導体製造の場合、状況が異なる。半導体製造では、その半導体のプロセスが決まると、リソグラフィ（回路の微細加工）、エッチング、CDV（科学処理による金属薄膜の付与）、酸化、導体加工、クリーニングという工程を何層にも繰り返すため、それぞれの工程での不良率が問題になる。一般的に、半導体産業は、製造業のなかでも不良率の高い産業である。そのために、不良率の改善は、企業の収益、計画生産のために、最も重要なテーマとなっている。このような、半導体製造工程のモニタリングを行うということは、すなわち、市場投入のタイミング、数量確保のために非常に重要なサービスとなるのである。TSMC社は、半導体業界では初めて、このようなサービスを導入している。

最後に、TSMC社は半導体設計完了後、実際にテープアウト直前のデータをインターネット上で確認できるサービスを行っている。これは、設計段階でのミス未然に防ぐ確率を上げるためである。また、テープ出力後のデータ評価のサービスもインターネット上で行うことができる。このようなサービスは、さらに、半導体マスク⁴⁵の製造企業とのアライアンスとも関係しているが、実際の製造工程で用いる半導体作製のマスク製造のサービスまでも含めることが出来、マスク製造直前の出力データの確認をも、インターネット上で行えることを意味している。

TSMC社の顧客サポートの最後に、図8のロジスティックのサービスがある。半導体は通常、顧客からの委託生産物として、未使用ウエハー、試験済みウエハー、半導体完成品の3種類の形態で取引されている。このような形態の違いは、図9に示されている。図9は、顧客からTSMC社への発注の3つの形態（ネットリスト、データテープ、マスク⁴⁶）により、それを受注するTSMC社

⁴⁵ 半導体マスクとは、半導体の回路をシリコンウエハー上に書き込む際、写真のネガのように、感光剤とともに用いられるものである。マスクの製造には、半導体デザインを数値的に出力し、それをマスクメーカーが製造用のマスクに加工することになるが、特殊なフォーマットで加工されるため、マスク製造の前に、再確認の必要がある。このような確認工程もTSMC社は、サービスとして、インターネット上で行っている。

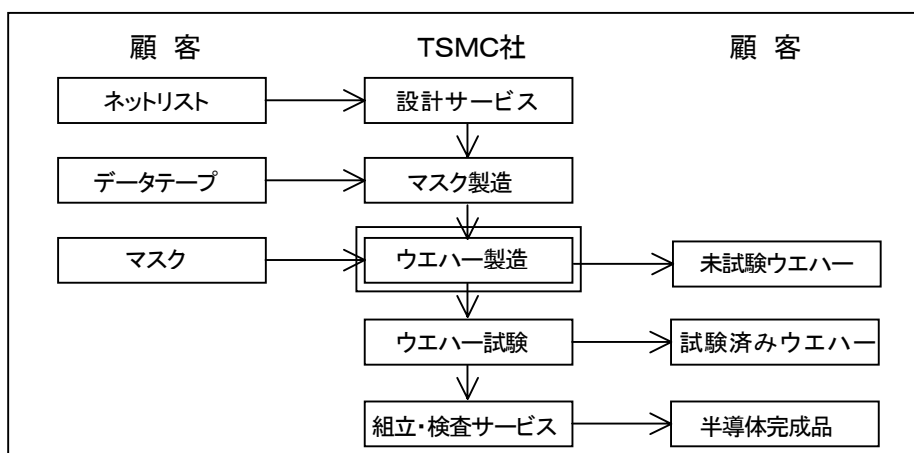
⁴⁶ 実際に半導体を製造するには、マスク（脚注45参照）が必要であるが、顧客は、マスクまでを独自に製造してもよいし、その前段階であるデータテープをTSMC社に引き渡すこともできる。さらに、ネットリストと呼ばれる、半導体の初期の設計構想のみでも、サポートをうけることができるようになっている。

も異なる製造段階から受注することになり、また、委託生産物も3つの形態（未試験ウエハー、試験済みウエハー、半導体完成品）を取ることを示している。この図のうち、TSMC社独自で行う工程は、実際の半導体プロセスの「ウエハー製造」のみであり、他のサービス、たとえば、ウエハーの試験、組み立て・検査などの工程は、アライアンス企業の業務である。このように、TSMC社のロジステックサービスは、顧客の要望により、フレキシブルな対応が取れ、複雑な半導体製造の工程が、あたかもTSMC社一社の中で、全てが解決されるようなサービスを受けられるのである。また、前述のように、このような工程は、全て、インターネット上でモニタリングできるようになっている。

以上、TSMC社の顧客サービスについて分析を行ってきた。このような顧客サポートを確実に、素早く行うことができるのは、デザイン、ロジスティックを含めた、アライアンス企業との密接な協業によるものである。次項では、そのようなアライアンスについて、詳しく分析することとする。

2 - 3 - 3 半導体製造に係わるアライアンス

図9が示すとおり、実際のTSMC社のサービスは、ウエハーの製造のみであるが、顧客は半導体の生産委託形態について、TSMC社を窓口にあらゆるサービスが可能になっている。このようにフレキシブルに顧客対応ができるの



出展：TSMC社資料（www.tsmc.com.tw/product/）

図9. TSMC社のサービス

は、TSMC 社のアライアンス戦略の特徴からくるものである。このようなアライアンスの特徴について述べてみる。

図9のとおり、半導体の完成までには、設計サービス、マスク製造、ウエハー製造、ウエハー試験、組み立て・検査サービスとおおまかに、5つの工程を経る。このうち、TSMC 社が自ら行っているのはウエハー製造である。つまり。その他、4つの工程については、すべてアライアンスで賄われているのである。しかしながら、このようなアライアンスは、単に、水平分業的に行われている、つまり、リレー式に引き継いでいるのではない。前述のように、半導体製造には、特有のプロセスが存在する。設計は、用いるプロセスにより、原語、形式、出力の仕方など、さまざまな方式が存在している。TSMC 社によると、半導体製造において、唯一、形式化されているのは、ウエハー試験だけということであった。つまり、カスタム化される半導体は、ほとんどが、異なったプロセスを用いて製造されていることになる。

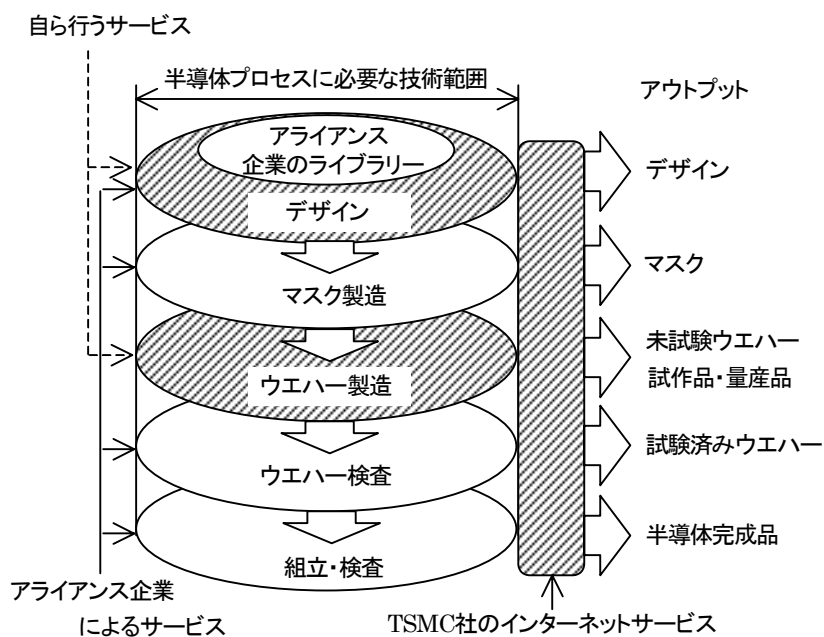


図10. TSMC 社の半導体製造におけるアライアンス⁴⁷

⁴⁷ 図10は、TSMC 社の資料をもとに作成した。

図 10 はこのような TSMC 社のアライアンスの状況を表したものである。図中、斜線の部分は、TSMC 社固有のサービスを表し、白色の部分は、他社とのアライアンスによる補完を表す。また、インターネット等の、顧客とのインターフェースについては、全て TSMC 社が行うため、顧客から見ると、TSMC 社を窓口にすれば、全てのサービスを受けられることになる。このような仕組みについて、TSMC 社は、より早い市場投入、よりよい製品デザイン、信頼性の高いデザインの再利用の 3 つをその目的として上げている。結果として、そのライブラリーは半導体産業でも、最大の範囲をカバーするものとなっている。このような、TSMC 社のアライアンスの特徴は以下のように要約できる。

- (1) 導体の設計から最終工程の組立・検査まで、すべて TSMC 社のプロセスを中心に、統合化された形式でアライアンスが組まれている。
- (2) そのアライアンスは、顧客の用途、たとえば、情報、通信、民生品、その他の用途と幅広く、全てが、TSMC 社の製造プロセスと適合している。
- (3) 半導体デザインは、ライブラリーの公開だけでは不十分であり、顧客サポートが必要である。したがって、日本、アメリカ、ヨーロッパ、アジアとそれぞれ市場の特色に合わせた、アライアンスパートナーが選定され⁴⁸、その仕様も公開されている。

以上のように、TSMC 社は、アライアンスを組むことにより、またそのアライアンス企業の知的所有権ともいふべき、ライブラリーを公開することにより、顧客の要求を満足させるだけでなく、自社の製造プロセスでカバーできる範囲でライブラリーを構成しているため、製造プロセスまでストレスなく、進めることができる。このように、自社、および、アライアンスにより、公開できる知的所有権を積極的に公開することにより、過去の成功例の活用や、顧客の囲い込み、ひいては、新たなベンチャー企業の誕生を啓発するような効果をもたらしている。この点が、総合デバイス製造業者と、最も異なる点であることを強調しておきたい。

⁴⁸ アメリカ 12 社、日本 3 社、ヨーロッパ 3 社、アジア 5 社の、合計 23 社はアライアンスメンバーとなっており、全て、TSMC 社の製造プロセスに準拠したデザインライブラリーを提供している。なお、アライアンスメンバーの詳細なデータは表 3 に記載してある。

以上、本章では、TSMC 社の歴史、業績、競争優位について述べてきた。次章では、TSMC 社のファブリー事業は、半導体産業内部での効率性の追求による、単なる水平分業化として結論付けることは出来ないのではないか、また、TSMC 社はどのようにその競争優位を高めていったのかについて、総合デバイス製造企業との比較という観点も含めて、検討していくことにする。

第3章 半導体産業における水平分業化

前章では、TSMC 社の歴史、業績、競争優位について述べてきた。TSMC 社の設立の歴史、競争優位の分析から、半導体産業におけるファンドリー企業は、総合デバイス製造企業、いわゆる半導体企業が、その製造という機能に特化した、つまり機能を脱統合化させて発生したものではないことを明らかにした。また、その成長の背景には、自社、およびアライアンス企業の知的財産、技術を公開することにより、ファブレス企業の育成という結果を生み、市場ニーズに最も敏感なファブレス企業との相互関係は、TSMC 社自らのインベンションを、アライアンス企業との相互補完関係は、新たなイノベーションを生むという好循環を生み出していった。本章では、TSMC 社が創造した、ファンドリーサービス、すなわち、半導体のウエハー製造という一機能に特化するという仕組みの分析により、企業の有する固有資産⁴⁹の公開、アライアンス企業との連携がいかに関係性に優位に働いたかを主張しようというものである。

TSMC 社は、前章でも述べてきたように、世界でもほとんど唯一、製造に特化した半導体製造企業、すなわち、ファンドリー企業である。このような企業が成しえた成果は、半導体製品の設計・販売に特化した企業、つまり、ファブレス企業の増加という結果となって現れた。まずこの項では、このような、ファブレス企業とファンドリー企業の水平分業化は、他の業界、たとえば、電子機器産業におけるアウトソーシング企業⁵⁰と電子機器企業の関係とはかなり異なっているという点から分析を試みる。次に、このような水平分業化の仕組みが他の産業と異なる要因として、総合デバイス製造企業、すなわち、半導体企業との知的所有権の扱い方の違いによるものであることを示す。そして、この項の最後に、TSMC 社はどのようにファンドリー機能において競争優位を確立したのかについて述べることにする。

⁴⁹ ここでいう企業の固有資産とは、特許、デザイン、製造ノウハウなど、すべての知的所有権 (IP: Intellectual Property) のことを指す。

⁵⁰ 電子機器産業におけるアウトソーシングサービスを行う企業を EMS: Electronics Manufacturing Service と呼ぶ場合も多い。本論文では、以後、EMS という略語を用いる。

3-1 半導体産業と電子機器産業の比較

前章で述べてきたように、TSMC 社はその設立時に、半導体産業における製造に特化した企業をという目的で作られた。しかも設立以来、その業務範囲を逸脱することなく、半導体製造に特化している。一方、同じ電子機器の範疇のなかでも、電子機器産業、特に、パソコン、携帯電話といった産業においても同様に、アウトソーシングを行う企業が増加している⁵¹。しかしながら、そのアウトソーシングを行う EMS 企業の設立の経緯は、TSMC 社と異なっている。その相違点は、以下のように要約できる。

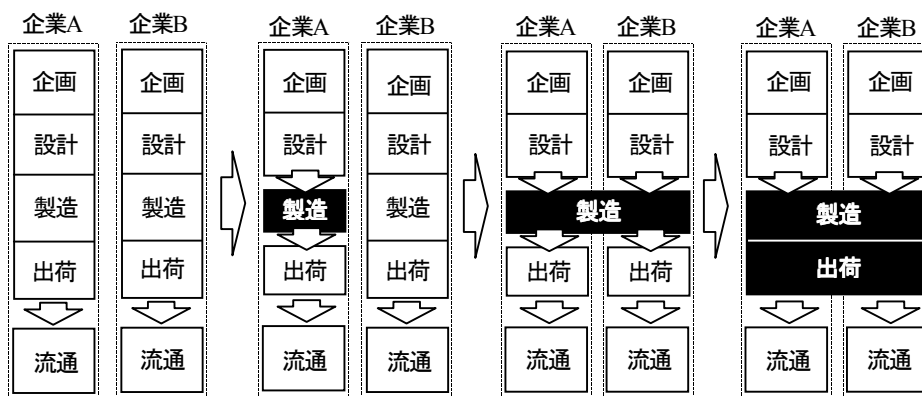
- (1) EMS 企業は、既存の電子機器企業の工場買収を基に、その工場の元の所有企業を顧客にして成長してきている。つまり、統合化された組織から製造という組織が機能として独立し、水平に成長していった。それに対し、TSMC 社は、当初より、半導体の製造に特化し、半導体工場は、いくつも分散するよりも、最先端で十分な製造能力のあるものを共通で持つ方が、効率が高いという目的で設立された。
- (2) EMS 企業は、製造のアウトソーシングという事業目的から、ODM⁵²といった川上統合や、流通・リペアーサービスといった川下統合を行い、垂直統合化が著しい。一方、TSMC 社などのファブリーク企業は、独自の半導体製造プロセスに適合するデザインのライブラリーの公開を行っているが、設計そのものは行わず、また、組立・検査という川下工程についても、アライアンスによる対応は行っているが、独自で統合することはしていない。
- (3) EMS 企業の主に行う製造サービスは、部品実装という汎用的なサービスであり、競合他社との互換性も高い。半導体の製造プロセスは、汎用性があまりなく、製造プロセスごとに設計基準が異なり、競争は、設計段階で決まることが多い。
- (4) EMS 企業の顧客は、その中心的な産業がパソコンや携帯電話である

⁵¹ Manufacturing Marketing Inside 誌の調査によると、1998～1999 年度の EMS 上位 5 社の平均売上高成長率は 40%を超えている。

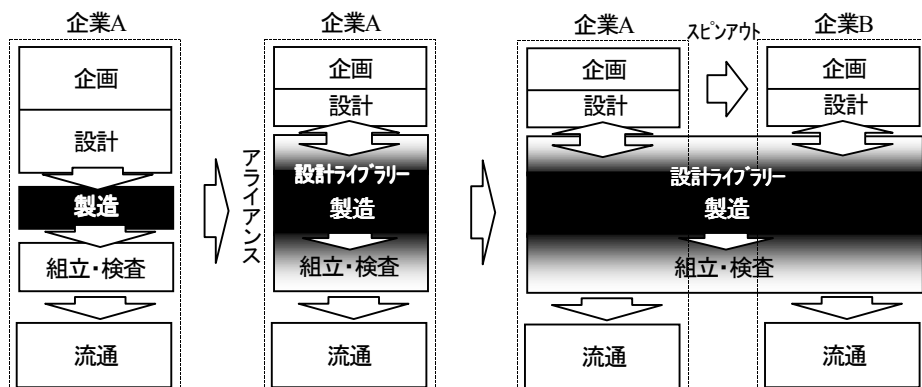
⁵² ODM : Original Design Manufacturer の略である。ACER 社を代表的な例とする、台湾企業の主要な戦略である。製品を自ら企画・設計し、企業に持ち込む。企業は、若干の手直しで、製品を自社製品として購入することになる。主に、パソコン、携帯電話で多く見られる。

ことから、大手の電子機器企業が多い。TSMC 社の場合、その顧客は、2種類あり、大手の総合デバイス製造企業とベンチャー的な要素の強い、ファブレス企業である。

上記のように、電子機器産業における製造委託と、半導体産業における製造委託では、同じような業界でありながら、その性格は、かなり異なっている。図 11 は、このような電子機器産業と TSMC 社の半導体産業において、それぞれ、製造の脱統合化、および、ファブレス企業の増加がどのように進展していったのかについて示したものである。この図は、簡素化のため、2社への展開で説明しているが、実際には多数の企業にまたがっている。



①各社独自に製造 ②生産委託、工場売却など ③アウトソーシングビジネス ④垂直統合
電子機器産業におけるアウトソーシング化 (EMS 化) のプロセス



①製造委託 ②製造のアライアンス ③ファブレス企業の増加 (スピナウト、新規参入など)
TSMC 社のケースにおけるファブレス企業増加のプロセス

図 11. 半導体産業と電子機器産業のアウトソーシング化のプロセス比較

この図から分かるように、最も顕著な違いは、電子機器産業では、アウトソーシングが起こるとすれば、それは、企画段階から製品の市場投入までのリニアモデル⁵³の中で、生産の部分を委託するケースが多いが、基本的には、企画、設計段階において、生産プロセスの制約を受けることはない。これに対して、半導体産業の場合、もともと、TSMC 社のようなファブドリー企業から生産というサービスを受けることを前提にしたファブレス企業が存在している。これは、TSMC 社、あるいはそのアライアンス企業が公開するライブラリーを使用することにより、TSMC 社の製造プロセス以外では、製造できないことを意味する。こうした、ファブレス企業が、その公開ライブラリーを使用し、習熟していくことにより、新しいアイデアを持った設計者が、新たに会社を設立し、新しい組織でも同様に、公開されたライブラリーを使用することになり、多数のファブレス企業が増えていったのである。このようなファブレス企業の増加は、表 1 のように、アメリカ、台湾において特に顕著に現れている。

3-2 半導体産業における競争の焦点の変化

総合デバイス製造企業と TSMC 社の比較を行い、その差別化の考え方に大きな相違があることを考えてみたい。まず、半導体産業の発展を考えてみる。1970 年代に商用化された当時の半導体は、主にトランジスタのように単機能のものであった。したがって、製品はほとんどが標準化され、機器の設計は、その標準化されたものを設計に組み込むという思想で行われていた。1980 年代に初めて、ASIC（顧客専用の半導体）が生まれた。1990 年代には半導体の生産技術が飛躍的に進歩し、設計、製造プロセスともに、大いに複雑化していくのである。問題は、このように、設計・製造プロセスが複雑化した地点での製品戦略の違いが、大きな産業構造の違いを生み出した。つまり、現在の水準からみれば非常に単純な、商用化初期のトランジスタの時代には、その競争の論点

⁵³ リニアモデルとは、企業内の製品開発の流れを、図 11 の縦方向のように、企画→設計→製造→市場投入というように、技術が製品の市場投入までリレーのように引き継がれることを前提としたモデルである。このような見方では、技術はバトンであり、異なったグループの間を受け渡されていく。しかし、このようなリニアモデルは、実際の企業での製品開発とは、時間的にリニアではあり得ず、技術の行き来もあるし、企画段階で製造技術が論じられることもあり、必ずしも現状の即したものではないという批判もある。これに対して、Kline and Rosenberg (1986) では、技術のフィードバックも考慮されたチェーンリンクトモデルも提唱されている。

は、仕様そのもの、つまり、いかに消費電力が少ないか、いかに小型軽量か、いかに低コストかといった品質、価格面での競争であったが、それが、ASIC という顧客専用の半導体という市場要求が強くなると、いかに効率よく、多品種の製品を販売するかという効率性追求へと、競争の観点が変化していった。さらに、この時代は半導体がますます複雑化していった。市場競争に勝ち抜くために、どのように差別化を行うかという考え方には、半導体が動作するための論理的な回路設計にその価値を求めようという考え方と、微細加工技術にその価値を求めようという、両極端の考え方が出てくるのは、極めて自然であった。図 12 はこのように、半導体が複雑化した場合にいかに付加価値をつけるかという観点について示したものである。図より、二つの価値創造の可能性が示されていることが分かる。図中、アルゴリズム（論理構造）以下、生産までのプロセスのうち、前半のソフトウェアによる価値創造と、後半の生産、つまりハードウェアによる価値創造の二つの可能性が存在する。これは、半導体特有のものであり、要約すれば、図 3 ですでに示したように、設計かプロセスかという議論になる。

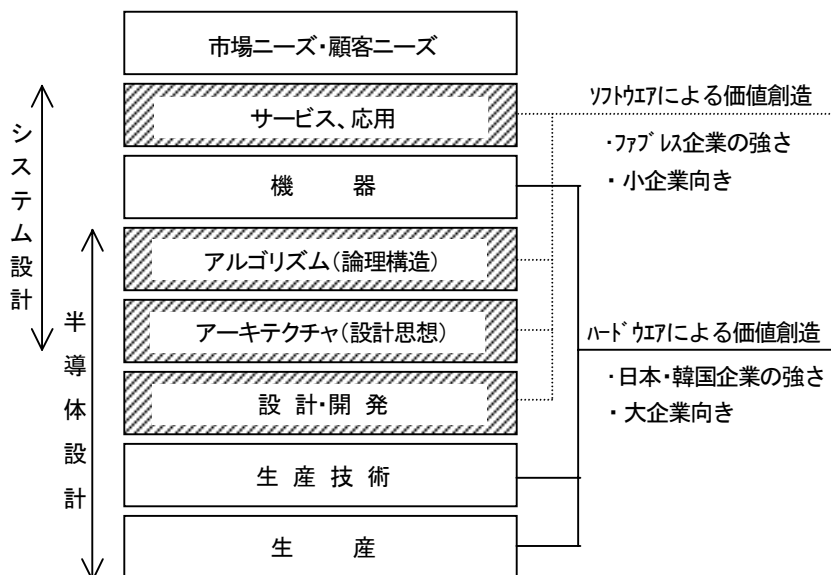


図 12. 半導体と機器設計における差別化の考え方の比較⁵⁴

⁵⁴ 『平成 11 年度通商産業省委託「半導体における産業態様の変化に立脚したビジネスモデルの調査研究」報告書』、2000 年 3 月、財団法人機械振興協会、第 4 章「ファブレスベンチャーから見たシステム LSI 事業に関する日本の産業環境」P66 の図を参照に変更したものである。

ここで、1990年代後半から2000年にかけて、半導体に対する市場の要求は、さらに複雑化し、電子機器の性能を決めるかなりの機能を、一つの半導体に求めるようになってきた。たとえば、かつては、CPU といった演算を行う機能とメモリーというデータを蓄える機能は、それぞれ、個別の半導体を作って別々にプリント基板上に実装していたが、電子機器の小型軽量化の要求により、このような機能を一つの半導体で実現しようとする動きが出てきた⁵⁵。ここで問題になるのは、かつて日本や韓国の半導体メーカーは、DRAM⁵⁶の大容量化の競争により、製造能力の増強に特化してきたという点である。表2は、半導体産業にける競争の焦点の変化を示したものである。この表のように、1980年から1990年にかけては、半導体産業の全盛期であり、微細加工技術の開発競争により、DRAM の大容量化を支えてきた。しかしながら、微細化が進むにつれ、また主流となる超 LSI の回路が複雑になるにつれ、製造技術と同時に、

表2. 半導体産業における競争の焦点の変化

年代	代表的回路幅	主流となる半導体市場	要求される機能				中核となる競争力
			微細加工技術	回路設計技術	論理設計技術	知的所 有権	
1970	18 μ	トランジスタ	○	—	—	—	生産力
1980	5 μ	LSI ⁵⁷	○	△	—	—	製造プロセス
1990	2 μ	超 LSI	○	○	○	—	製造プロセス or 設計技術
2000	0.15 μ	SOC	○	○	○	○	アルゴリズムと アーキテクチャ

注：○：必須、△：ある程度必要、—：不要 を表す。

⁵⁵ SOC: System On Chip と一般的には言われている。これは、一般的には、「メモリーと論理処理を行う部分を持ち、1チップでシステム機能の基本を実現する半導体」[藤村修三(2000)]とされる。つまり、かつては、プリント基板で実現していた電子機器の機能を半導体チップ1つで実現しようとするものである。

⁵⁶ Dynamic Random Access Memory の略。パソコンなどの汎用機器で大量に使用されるため、アメリカ、日本、韓国の半導体メーカーによる大容量化の競争が繰り返されてきた。しかし、膨大な開発費用と、あまりにも短い商品寿命、各社の製造能力の増強による生産過剰が続き、価格が暴落し、日本、韓国の半導体メーカーの、収益悪化の原因となっている。

⁵⁷ Large Scale Integration の略。半導体の用語で、大規模集積回路のことである。

いかに、論理的な回路を設計できるかという設計技術も競争の重要な要素となってきたのである。ここに、製造技術に特化するファンドリー企業と論理設計に特化する設計専門のファブレス企業が分化する素地が生まれてきたのである。このような背景から 1987 年に TSMC 社が誕生したのである。このように、半導体市場における競争の焦点が生産力から、設計がより複雑になるにしたがって、その設計そのものに価値を創造しようとするファブレス企業とその受け皿となるべく誕生した TSMC 社の分業が始まったのである。

3-3 知的所有権とアライアンス

前項では、TSMC 社のようなファンドリー企業の存在の理由として、半導体の設計が複雑化するに従い、企業の中核となる技術は、製造プロセス、もしくは論理設計になり、そのために、論理設計に特化するファブレス企業と製造プロセスに特化するファンドリー企業が誕生する背景となったことを述べた。

さらに、2000 年を迎え、近年の半導体は、かつてはプリント基板で果たした電子機器としての機能をすべて埋め込んでしまう (SOC) という、より小型・軽量・低消費電力化への要求をつきつけられている。このようなニーズを満たすには、さらなる微細加工化のための製造プロセスは必要条件とはなるが、十分条件とはならない。これは、一つの半導体チップに、CPU、各種メモリー、その他の無数の特殊な回路⁵⁸を一体化し、論理を構成し、完璧に動作させることが要求されるのである。しかしながら、このように多岐に渡る技術を一社で全て開発することは不可能である。ここに知的所有権 (IP) の問題が生じるのである。さらに、半導体の微細加工技術は、その微細化が進むにつれ、製造プロセスと設計のより一層の統合を要求し、TSMC 社のように製造を受け持つ企業では、その製造プロセスで製造できる半導体設計の設計ルールを顧客であるファブレス企業と共有する必要性が出てきたのである。こうして、顧客に対し、自社の保有する設計ノウハウや設計のための資産 (以後、IP:知的所有権とする) を積極的に公開することとなった。さらに、このような TSMC 社の製造プロセスで生産できる半導体の設計技術を有した企業とのアライアンスにより、

⁵⁸ 特殊な回路は、たとえば、音声合成、音声認識、画像処理など、さまざまな機能が要求される。このように、要求される機能単位の技術を IP: Intellectual Property (知的所有権) と呼ぶこととする。

表3. TSMC 社の半導体設計に関するアライアンス企業一覧

地域	企業名	論理回路 の設計	回路設計	混合信号 デザイン	SRAM 埋込設計	CAD と の統合	フル設計 サービス	トランジスタ の配置	丸投げ サービス	アナログ 設計	フラッシュメモ 埋込設計	IP の使 用・埋込	自動検査 機能設計
アジア	GI 社	○	○	○	○	○	○	○	○			○	○
	Go 社	○	○			○	○	○	○		○	○	
	I 社		○	○	○	○	○	○	○			○	
	P 社	○				○	○	○	○			○	○
	So 社	○	○			○		○				○	
	Sy 社	○				○		○				○	
欧州	Ne 社	○	○	○	○	○		○	○	○			
	No 社	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
	S 社	○	○	○			○	○					
日本	D 社	○	○				○	○					
	T 社	○	○	○		○	○	○			○		
	W 社	○	○			○		○					
アメリカ	AI 社	○	○	○		○	○	○				○	○
	Ar 社	○	○	○		○	○	○	○			○	
	CreO 社	○				○		○					
	Cres 社	○				○		○				○	
	G 社	○	○	○		○	○	○	○			○	○
	M 社	○	○	○		○	○	○	○		○	○	○
	Q 社	○	○	○		○	○	○				○	○
	R 社			○			○			○			
	Syc 社	○	○	○		○	○	○	○			○	○
	Syn 社												○
	T 社	○	○	○		○	○	○	○	○		○	○
V 社	○				○	○	○				○		

注1：企業名は、TSMC 社の要請により、略語で表示している。2001 年現在のアライアンス企業を表している。

注2：表中、○は対応しているサービスを表す。

その知的所有権を顧客に公開することにより、顧客の技術間口が広げられ、より多様な半導体設計の可能性を広げることになった。表3は、このようなTSMC社の、各地域における設計会社とのアライアンスの様子を表したものである⁵⁹。表は、世界4地域、24社のTSMC社のアライアンス企業が提供できるサービスを表している。ここで注目すべき点は、これらの企業が提供するサービスのうち、表中、網掛けされた、SRAMの埋込、フラッシュメモリーの埋込、IPの使用・埋込、自動検査機能設計の4項目である。これらの項目は、全て、アライアンス企業である設計会社の知的所有権を有するライブラリーを埋め込む必要がある。つまり、顧客であるファブレス企業は、TSMC社に半導体の製造を委託する代わりに、TSMC社のアライアンス企業の所有するIPを使用することができるという特権を与えられることになる。

こうして、ファブレス企業は、TSMC社を窓口にも、豊富なライブラリーを広範囲に使用できるため、TSMC社との結びつきが、徐々に強固になっていくのである。また、ファブレス企業の設計担当者は、このようなライブラリーの使用により、新たな技術を企画し、スピニアウトすることにより、新規のファブレス企業を生み出す構造を作り出す。

一方、表3は、このようにIPを提供する企業は、日本にだけは、存在していないことを示している。この事実は、二つの可能性を示唆するものである。

- (1) 日本の半導体市場は、ほとんどが総合デバイス製造業者であり、自社にIPを有しているため、他社のIPの使用は、製品差別化の観点から積極的に使用する仕組みになっていない。
- (2) 日本には半導体のファブレス企業が存在しないため、このようなライブラリーを使用する企業数が少ないため、必然的に提供する企業も存在しない。

現在、TSMC社の日本における顧客に、設計のみを行うファブレス企業はほとんど存在していないのが事実であり、表3から容易に推測できるように、IPを提供できる設計企業は、アジア、アメリカに集中していることが分かる。こ

⁵⁹ 表3は、TSMC社の社内資料を入手したものであるが、アライアンス企業の公表は、避けるように要請されたため、図中、略号で記してある。なお、アライアンスは、地域ごとに決められ、たとえば、アメリカの企業は、ヨーロッパの企業の設計ライブラリーは使用できない。

これは、ファブレス企業数の増加がこの地域において顕著であるという、表1の結果を示唆するものとして理解できる。

以上、この項では、1970年より始まった半導体産業における市場要求は、その競争の焦点が、生産力というハードウェアの優位性から、除々に設計・論理というソフトウェアに移行するが、現在は、その移行時であり、ハードウェア、つまり製造プロセスの優位性を志向する企業と、ソフトウェア、つまり設計の優位性を志向する企業が共存することを示してきた。TSMC社の存在価値は、このような時代の要求に答えるため、予め、TSMC社の製造プロセスで製造できる設計技術を持った企業とのアライアンスにより、彼らのIPを公開することにより、多くのファブレス企業を顧客にし、なおかつ、ファブレス企業から、あらたに顧客となるファブレス企業を生むという仕組みが、TSMC社の成長を支えているのである。

3-4 水平分業化

TSMC社は、世界では唯一、製造に特化した半導体製造企業、すなわち、ファンドリー企業として存続・成長してきた理由を考えてきた。ここで、TSMC社の成長が物語る一つの視点は、研究開発のマネジメント、そして、製品開発における自社の機能を分化するための方策、という2点である。

本章においても述べてきたとおり、半導体産業における競争の焦点は、半導体の設計、製造プロセス技術の進歩とともに、大きく変化している。半導体産業では、応用される電子機器の小型・軽量・低消費電力化という市場要求に対し、まず、微細回路加工の技術習得が、最大の競争の焦点となった。さらに、微細加工は、設計の優位性を要求するようになり、この地点で、設計、製造プロセスという2つの大きな命題を抱えることになったのである⁶⁰。TSMC社の設立は、まさにこのような時期に行われた。TSMC社の成功要因の一つは、その研究開発活動を微細加工技術に特化し⁶¹、その機能を半導体製造プロセスに分化したという点である。ただし、このように企業の機能を単に分化しただけ

⁶⁰ 図3において、半導体の設計から製造までのプロセスを説明している。

⁶¹ このような、TSMC社の研究開発活動については、第2章の3-1. 技術ポートフォリオの項で詳しく述べてきた。

では、半導体の製造はできない。研究開発活動を自社の微細加工技術に特化するかわりに、補完的に必要となる設計技術は、自社の研究開発により獲得した製造プロセスに合致する設計ライブラリーを公開すると同時に、世界中の設計能力を有する企業とのアライアンスにより、顧客であるファブレス企業の要求に、できるだけ答えうる設計ライブラリーを提供し、顧客側から見たときに、あたかも、自社の資産・資源を利用した製品開発ができるような仕組みを構築した点が、成功の要因となったのである。

このような研究開発への特化、つまり機能を分化したことによる成果は、半導体製品の設計、販売に特化した企業、つまり、ファブレス企業の増加という結果となって現れた。こうして、世界でも唯一といってもよい、製造に特化したファンドリーサービスが成り立っていったのである。

次章では、このような、半導体プロセスへの水平分業化、設計におけるアライアンス戦略が成功しえた要因について、理論的な分析・考察を加えることにする。

第4章 終章

前章までに、半導体産業におけるファンドリーサービスとファブレス企業の関係、また、競争優位を分析することにより、TSMC 社はいかに製造価値を創造しているかを調べ、そして、半導体産業における水平分業化について述べてきた。この章は、本論文の終章として、TSMC 社の行う製造サービス、すなわちファンドリーサービスは、半導体産業において、効率性の追求のために水平分業化へ向かったのではないこと。それは、広範囲に知的所有権 (IP) が存在し、一つの企業が、独占的に技術を囲い込むことが不可能である半導体産業では、顧客獲得に必要な知的所有権 (IP) を有した企業とのアライアンスの構築が必要になり、そのために、半導体製造という機能が分化したことを示す。

次に、アライアンス全体の知的所有権 (IP) を積極的に公開し、顧客に提供することにより、研究開発を行うことが困難なベンチャー企業、すなわち、ファブレス企業が多数、顧客となり、また、そのベンチャー企業からスピナウトした企業が、新たな顧客となるという好循環を生み出す構造が生まれたことを示す。そして最後に、こうした顧客の広がり、要求される製品の間口を広げ、必然的に、適切な技術ポートフォリオを生み出し、不確実性を減じる結果へとつながり、適切な投資による企業成長を生み出していったことを示す。

4-1 フレキシブルな専門家集団の強み

TSMC 社の強みは、製品開発のために、極めて広範囲の技術を必要とし、また研究開発、設備導入に膨大な費用のかかる半導体業界にあって、表3が示すように、また図9、図10のように、シームレスで、極めて大掛かりなアライアンスを組み上げたことである。このようなアライアンスが存在し得た背景は、半導体産業の歩んできた歴史と関係する。1970年のトランジスターの量産化時を考えると、表2が示すように、まず、量産性の競争から始まった。TSMC 社が設立された1987年ごろには、日本、韓国の半導体メーカーがDRAMの大容量化を巡って、大競争を繰り広げていた時代であった。この時代から、半導体産業での技術競争は、大きく様変わりを始めた。まず、微細加工技術がサブミクロン ($1\mu\text{m}$ 以下) の世界に入ると、設計技術、製造プロセ

ス、それぞれの統合が大きな問題となってきたのである。つまり、設計段階で、製造プロセスのトラブルを予想し、対策を打たなければ製造ができない状況になってきた。さらに、日本の半導体企業が得意とする現場レベルの改善活動では、これ以上の改善ができない限界にきていた⁶²。つまり、インベンションの積み重ねの限界が、イノベーションの必要性を生む段階に来ていた。このような段階になると、半導体企業だけでなく、半導体装置産業にも問題が及んでいった。たとえば、日本の半導体装置産業は、特に、微細加工に必要な光学技術で、世界的な競争力を有していたが、X線などによる微細加工技術など、非連続な技術による新規技術が導入され、大きなイノベーションが生まれていったのである。しかも、半導体プロセスの工程ごとに装置を設計しては、他のプロセスの影響が吸収できず、製造現場でのデータを公表したくない日本の半導体企業では、除々に問題が大きくなっていった。こうして、アメリカのアプライド・マテリアル社のように、半導体装置一式を提供できる装置企業が台頭するようになってきた。逆にいうと、この時代から、半導体プロセスは、現場のノウハウの積み重ねによる競争優位から、「技術を買う」時代に突入していったのである。R.S.ローセンブルーム（1998）は、このような状況を称し、「科学や技術を買うことのできる市場の誕生」とした。つまり、現場レベルでの改善活動や、基礎研究活動よりも、技術を買う方を選んでも不利益やコスト上昇がなく、このような状況は、やがて、「フレキシブルな専門化⁶³」と呼ばれる方向に転じ、つまり、企業の脱統合化と生産のアウトソーシングへの呼び水となっていったのである。

繰り返すが、半導体製品化までのプロセスは、設計段階と製造プロセス段階の間で、大きな統合度を必要とする。もしも、TSMC社が一社で、あらゆる市場要求に答えるという戦略を取ろうとすると、その研究開発費は膨大なものになったであろう。しかし、TSMC社は、自社のもつ設計ライブラリーを公開し、なおかつ、自社の製造プロセスを公開することにより、設計ライブラリー、知的所有権（IP）を提供する設計会社とのアライアンスを構築していった。これ

⁶² 『平成11年度通商産業省委託「半導体における産業態様の変化に立脚したビジネスモデルの調査研究」報告書』、2000年3月、財団法人機械振興協会に詳しく述べられている。

⁶³ Piore and Sable (1984)によると、科学や技術を買うことのできる市場という性格が強まっていくと、企業活動におけるフレキシビリティが生じる。これを称して、「フレキシブルな専門化」とした。

は、TSMC 社のもつ設計プロセスという共通言語のみを媒体としたアライアンスである。このようなアライアンスは、国・地域ごとに広がり、おそらく、その広がりについては、TSMC 社の統制の範囲を越えていると思われる。つまり、TSMC 社は、半導体産業における市場の要求に、設計会社を通じて、フレキシブルに専門化することにより、その間口を広げていったのである。

4-2 知的所有権の公開によるイノベーションの促進

TSMC 社は半導体産業における、成功のための最も重要な要因として、自社の能力を補完するための半導体設計のアライアンスを考えた。そのアライアンスの範囲は、アライアンス企業との知的所有権に係わる範囲にまで及ぶ。

図 13 は、半導体産業の競争の焦点を表したものである。

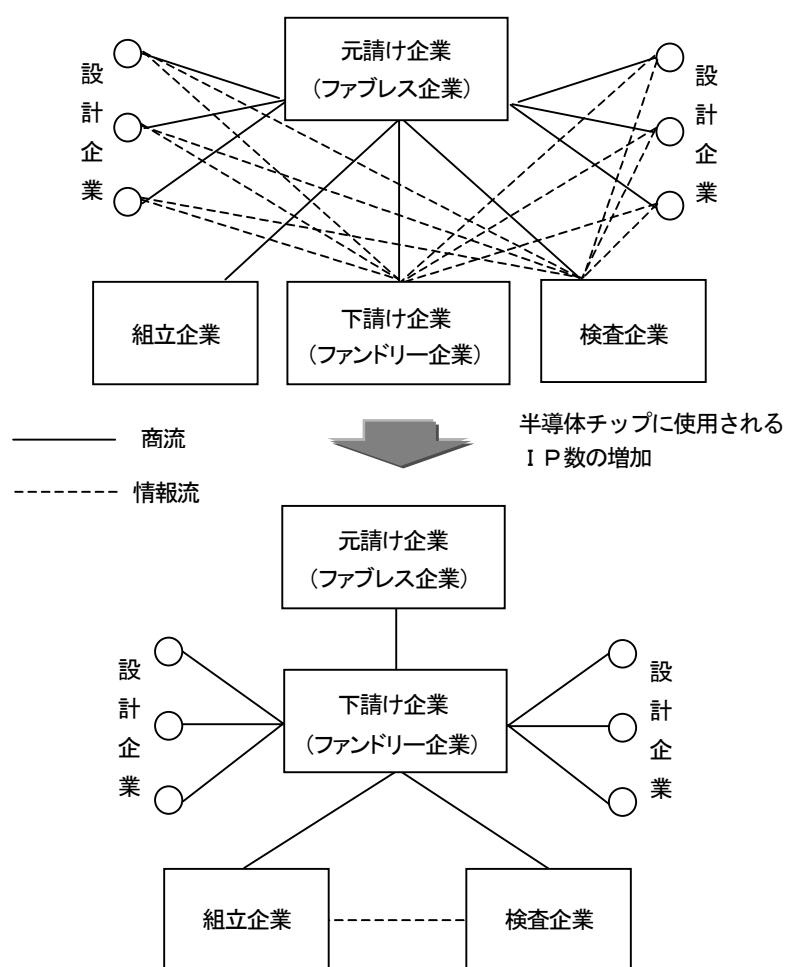


図 13. 半導体産業における水平分業の進展

まず、図 13 は、半導体産業において、このような設計アライアンスが何故、必要になり、そのようなアライアンスは、半導体産業におけるファブレス企業、設計会社、ファンドリー企業といった水平的な分業構造へどのように進展したかを示している。前項で説明したとおり、TSMC 社は、自社のもつ設計ライブラリーを公開し、なおかつ、自社の製造プロセスを公開することにより、設計ライブラリー、知的所有権 (IP) を提供する設計会社とのアライアンスを構築していった。1970 年代ごろに始まった半導体の生産は、当初は、トランジスターという単機能半導体の、生産性の競争であったが、その後、用途展開がなされ、さまざまな半導体が開発されていった。さらに、1980 年から 1990 年台に入り、電子機器の小型軽量化、価格低下の要求により、半導体には、より集積度が高められ、機能の複合化が要求されるようになってきた。しかし、総合デバイス製造企業は独自の技術と製造プロセスを強く統合しており、広範囲にわたる機能の統合化、すなわち、技術ノウハウ、特許などの知的所有権を全て取り込む用意ができていなかった。このような背景から、必要な知的所有権を有する回路をフレキシブルに設計し、既存の設計技術を組み合わせることができ、ファブレス企業や、その受け皿となるファンドリー企業が出現する条件が揃ったのである。2000 年代に入り、このような傾向はさらに加速され、半導体にはより一層の機能の複合化、すなわちシステム化の要求が来るようになった。このような状況下で、さまざまな設計能力を有する設計会社との広範囲なアライアンスの必要性が生じたのは、極めて自然ななりゆきであった。

こうして、TSMC 社は、独自のアライアンス戦略を立ち上げていったのである。システム化のための設計会社とのアライアンスの目的は、

- (1) 顧客であるファブレス企業の、より素早い市場投入の実現
- (2) 半導体設計における確実性の向上
- (3) 信頼性が高く、実績のあるデザインの再利用

をより促進するためであり、そのために、知的所有権、ライブラリー、設計ツール (EDA ツール⁶⁴)、設計サービスの 4 つの領域が、システム化推進の中心

⁶⁴ EDA : Electronic Design Automation の略であり、機械設計における CAD と同様に、半導体設計専用に開発された設計ツールである。

となっていったのである。このように、TSMC 社では、設計、製造プロセスの統合化を進めると同時に、広範囲のアライアンスを組み上げ、ここで獲得した知的所有権を、自社の競争優位源泉として抱え込み、自社の製造プロセスと独自に統合することにより、競争力のある半導体の新製品として独自展開することはしなかった。逆に、積極的にファブレス企業にも自社が獲得したアライアンスによる知的所有権を公開し、ファブレス企業の持つ創造力を引き出すことにより、イノベーションを発生させる基盤を築く、という好循環を生み出すことになったのである。

4-3 顧客の増殖による不確実性の低下

第2章で述べてきたとおり、TSMC 社設立目的の一つは、台湾の半導体産業育成のために、先端技術を有する中核となる半導体プロセス企業を一つ共有し、多品種少量生産と量産効果を両立させようと試みようとしたことであった。結果的に、400 社を越える顧客を獲得し、カバーする市場範囲も拡大している。このような顧客数の拡大による市場範囲の拡大は、技術的、戦略的な不確実性を低減させる要因となっている。このような顧客拡大のために、TSMC 社が行った戦略をまとめると、以下のようになる：

- (1) ファブレス企業、設計会社への投資による、技術・市場の獲得。
- (2) 研究開発投資、設備投資の集中によるロイヤリティ支払いの低減。
- (3) 広範囲のアライアンスによる顧客の増加。

上記の3点が TSMC 社の顧客が増加する仕組みの構成に寄与していると思われる。

まず、最初のファブレス企業、設計会社への投資については、2001 年現在、5 社の子会社、さらに、その子会社の投資先を除くと、長期、短期の投資を含めて 8 社のアライアンス企業への大口投資と 46 社の企業への小口投資を行っている⁶⁵。このような投資先企業は、主に、シリコンバレー、台湾企業であり、

⁶⁵ TSMC 社アニュアルレポートによるデータである。これによると、2003 年 12 月 31 日現在の保有株式は、100%子会社が 5 社（主に、日米欧の現地子会社）、投資子会社が 8 社、アライアンス企業（マスク製造企業、シリコンウエハー企業など）への投資が 8 社となっている。さらに、各投資子会社から 42 社への投資ファンドへの出資と、46 社の設計、ファンドリー企業への資本参加が行われている。これらの資本参加は、100 万ドルから 300 万ドルの範囲が多く、おそらく技術契約、長期売買関係構築のための、少額の資本参加と思われる。

アライアンス構築のための投資と思われる。このように、重要技術保有企業、潜在的顧客、重要資財の購入先などとの資本関係の締結は、技術の獲得を含めて、顧客獲得のために、大きな意味を持つものである。

一方、青山（1999）によると、台湾半導体製造企業による技術ロイヤリティの支払い額の売上比率は、1994年度は0.4%であり、韓国半導体製造企業の14.7%のロイヤリティ支出⁶⁶と比べると、はるかに少ない額となっている。

こうして資本との交換、政府プロジェクトへの参画などにより使用权を得た技術は、本章4-2項に示すように、アライアンス全体の知的所有権（IP）を積極的に公開し、顧客に提供することにより、研究開発を行うことが困難なベンチャー企業、すなわち、ファブレス企業が多数、顧客となり、またそのベンチャー企業からスピナウトした企業が顧客となるという循環を生み出し、こうした、知的所有権の提供により、イノベーションが発生し易くなるという構造が生まれたことを示すのである。そして、こうした顧客の広がり、要求される製品の間口を広げ、必然的に技術ポートフォリオの不確実性を減らす結果へとつながり、適切な投資による企業成長を生み出すことになったのである。

4-4 TSMC社のケースの含意

以上、終章としてTSMC社が世界初のファンドリー企業として成り立ってきた要因の分析を行ってきた。本論文の目的はTSMC社の成長の仕組みを調べることであり、また、いかに半導体の受託生産において価値を生み出しているかを調べ、半導体という、設計と製造プロセスの統合が要求される産業において、半導体製造にいかに水平分業化を果たしたかを分析することであった。

結果として、TSMC社は、まず、フレキシブルに専門化を果たした点が挙げられる。これは、ファンドリーサービスという性格上、その製品は、半導体製造プロセスそのものであり、特定の市場・技術への特化は、製造プロセスの偏りと呼び、結果的に対象市場を狭めることになるため、TSMC社は、自社の設

⁶⁶ 青山（1999）によると、台湾半導体製造業者のロイヤリティ支払いの売上比率は、1993年の1.9%から1994年の0.9%に大幅に減少している。これは、図4に示すような国家的なプロジェクトにより、政府関係機関が開発した技術を、国内企業に技術移転することにより、独自技術を辛抱強く進めた結果である。一方、韓国半導体製造業者のデータは1995年のものである。14.7%という膨大なロイヤリティの支払い、設計、製造プロセスを海外から直接購入し、各社が独自に技術導入を進めた結果であり、現在の日本企業とともに、競争力の低下の大きな要因となっている。

計ライブラリーや製造プロセスを開示し、さらに、アライアンスによりさまざまな市場に対応できるライブラリーを整備し、顧客に提供することにより、自社の技術をフレキシブルに専門化していくことが出来た点が、他社との差別化のための、最も顕著な要因となった。

次に、アライアンスと知的所有権への考え方が、決定的に他の総合デバイス製造企業と異なっている点が指摘できた。自社のもつライブラリー、製造プロセスの開示だけでなく、アライアンスにより、顧客が半導体設計に必要なライブラリーや半導体に埋め込む知的所有権（IP）を提供するという、総合デバイス製造企業が自社の保有する知的所有権を囲い込むのとは、全く逆のやり方を取ることで、半導体製造技術へと脱統合化を進めることができ、結果的に水平分業が加速する図式を生むことになった。こうして、水平分業が進んだ結果、対応する市場が広がり、技術ポートフォリオの不確実性を減じることができたのである。こうした、TSMC 社のケースより得られる命題は、以下のようにとまとめることができる。

- (1) 半導体製造のように、複雑で高度な製造技術を要する市場では、製品開発段階での、設計情報と製造プロセスとの統合は不可欠である。このような統合の実践には、設計から製造にいたる設計ノウハウや知的所有権を積極的に提供し、市場への間口を広げフレキシブルに対応しつつ専門化を進めることが、適切な技術ポートフォリオを形成し、不確実性を減じるための重要な要素となる。
- (2) 電子機器のように小型・軽量化が要求される産業では、半導体に対しシステム化の要求を行ってきた。その結果、一つの半導体に数多くの技術を使用する必要性が増し一つの企業ではそのための研究・開発を行うことが出来なくなってきた。企業組織のようなヒエラルキー構造のなかで、単純に技術の購入を進めることは高いロイヤリティ構造を生み、結果的に価格競争力を失うことになる。設計技術を持つ企業と高い製造プロセスを有する企業間のアライアンスは、反対に、業務の水平分業化を進め、顧客の技術選択肢を広げることによるイノベーションを促進する。

—インタビューリスト—

今回の論文作成のために、TSMC 社、台湾工業技術研究院および、その関連企業へのインタビューを実施し、資料のご提供をいただいた。インタビューリストを以下のように示す。ただし、TSMC 社の方は、匿名を希望されたため、部署のみの提示とした。

1. TSMC 社
 - ・ 副社長、および顧客担当マネージャー 2 名
2. SiRF Technology 社 (TSMC 社の出資会社、ファブレス企業、カリフォルニア州サンノゼ市)
 - ・ 社長 Dr. Jackson Fu
 - ・ 副社長 Mr. Kanwar Chadha
 - ・ マーケティング担当ディレクター Mr. Ashu Pande
3. 工業技術研究院
 - ・ 行政担当責任者 鄭 武輝 氏、張 文全 氏

一文献リスト一

- Child, J and David Faulkner (1998), "Strategies of Co-operation: Managing Alliances, Networks, and Joint Ventures," Oxford University Press
- Christensen, C. M.(1997), "The Innovator's Dilemma," Harvard Business School Press
- Dussauge, P and Bernard Garrette (1999), "Cooperative Strategy: Competing Successfully through Strategic Alliance," Wiley
- Fine, C. (1998), "Clockspeed: Winning Industry Control in the Age of Temporary Advantage," Reading, MA: Peruseus Books
- Galbraith, Jay R. and Daniel A. Nathanson(1978), "Strategy Implementation: The Role of Structure and Process," St. Paul, MN: West. (J.R.ガルブレイス、D.A.ネサンソン(岸田民樹訳) (1989) 『経営戦略と組織デザイン』白 桃書房)
- Glove, A. S. (1996), "Only the Paranoid Survive," New York: Doubleday
- Johanson, J.C., and Mattsson, L.G (1991), "Interorganisational Relations in Industrial Systems: A Network Approach Compared with the Transaction-Cost Approach" Markets, Hierarchies and Networks (London:Sage), P256-264
- Piore, Michel and Charles Sable (1984), "The Second Industrial Divide: Possibilities for Prosperity," New York : Basic Books
- Poirier, C.C and Michel J. Bauer (2000), "E-Supply Chain", Berrett-Koehler Publishers, Inc.
- Leonard-Barton, Dorothy (1992), "Core Capability and Core Rigidities: A Paradox in Managing New Product Development." Strategic Management Journal 13:111-25
- Leonard-Barton, Dorothy (1995), Well Spring of Knowledge: Building and Sustaining the Sources of Innovation." Harvard Business School Press
- von Hippel, Eric.(1990), "Task Partitioning: An Innovation Process Variables," Research Policy, Vol.19, pp.407-418.
- Wheelwright, Steven and Clark, Kim and Wheelwright, Steven(1992), "Revolutionizing Product Development", The Free Press.
- Williamson, O (1975), "Markets and Hierarchies," New York: The Free Press. (O.E.ウイリアムソン(浅沼万里・岩崎晃共訳) (1980) 『市場と企業組織』日本評論社)
- 青木昌彦・安藤晴彦 (2002) 『モジュール化—新しい産業アーキテクチャの本質』東洋経済新聞社

- 青島矢一・武石彰 (2001) 「アーキテクチャという考え方」『製品・組織・プロセスの戦略的
設計—ビジネス・アーキテクチャ』有斐閣
- 青山修二 (1999) 『ハイテク・ネットワーク分業—台湾半導体産業はなぜ強いのか』白桃書房
- 石田浩(1999) 『台湾経済の構造と展開—台湾は開発独裁のモデルか』大月書店
- 稲垣公夫 (2001) 『EMS戦略 - 企業価値を高める製造アウトソーシング』ダイヤモンド社
- E.フィングルトン (1999) 『製造業が国を救う』中村仁美訳、早川書房
- 叶芳和 (2001) 『走るアジア、遅れる日本』日本評論社
- 楠木建・野中郁次郎・永田晃也(1995), 「日本企業の製品開発における組織能力」『組織科学』
第29巻第1号 pp.92-108.
- 楠木建(1997), 「システム分化の組織論」『ビジネスレビュー』第45巻第1号.
- 楠木建 (2001), 「ITのインパクトと企業戦略」『一橋ビジネスレビュー』2001年 SPR.48巻
4号 pp.50-74
- A.S.グローブ (1996) 『インテル経営の秘密』小林薫訳、早川書房
- 小池洋一・川上桃子 (2003) 『産業リンケージと中小企業—東アジア電子産業の視点』アジア
経済研究所
- 国領二郎 (1999) 『オープン・アーキテクチャ戦略』ダイヤモンド社
- 財団法人機械振興協会 (2000) 『平成11年度通商産業省委託 半導体における産業態様の変
化に立脚したビジネスモデルの調査研究報告書』
- 佐久間昭光 (1998) 『イノベーションと市場構造』有斐閣
- 富川盛武 (2002) 『台湾の企業成長とネットワーク』白桃書房
- 永野周志 (2002) 『台湾における技術革新の構造』九州大学出版会
- R.ノルマン・R.ラミレス (1996) 『ネットワーク型価値創造企業の時代』中村元一、雀大龍共
訳、産能大学出版
- 馬場錬成 (2000) 『大丈夫か日本のもの作り—IT革命が製造業を変える』プレジデント社
- 馬場靖憲 (1998) 『デジタル価値創造—未来からのモノづくり原論』NTT出版
- 藤本隆弘・安本雅典 (2000) 『成功する製品開発』有斐閣
- 藤村修三 (2000) 『半導体立国ふたたび』B&Tブックス、日刊工業新聞社
- 安井敏雄 (2001) 「EMSの成長とソレクトロンのビジネスモデル」『Business Research』
2001年,4月,P26-34
- R.S.ローゼンブルーム・W.J.スペンサー(1998) 『中央研究所の時代の終焉—研究開発の未来』
西村吉雄訳、日経BP社