

論文

半導体ビジネスの収益構造と採算管理システム
— DRAMなどの半導体汎用製品を中心として—

三田 洋幸*

<研究要旨>

半導体産業は、典型的な装置産業であり、営業リスクの大きな収益構造を持つ。したがって、採算管理システムは、製品の販売価格と価格弾力性、生産数量と生産工程のキャパシティ制約、長期的には生産数量に応じて変化する活動能力費と設備投資コストなどの拘束能力費といった製品戦略要素を考慮しつつ、プロダクト・ミックスの決定、生産ラインへの生産数量の割り当て、新ラインの投入といった製品戦略の意思決定を的確に支援できなくてはならない。それには、半導体事業の成功要因に立脚した製品戦略要素を考慮しつつ、事業全体の収益構造の変化を的確に評価できることが必要条件となる。

半導体産業の経営者・管理者は、製品の採算性を判断するための会計情報として製品原価を用いることの有用性に疑問を抱いている場合が少なくない。半導体の製品原価は、著しく大きな潜在需要と微細化技術のもたらすスケールメリットとの相乗効果によってダイナミックに低減する特徴を秘めている。したがって、どんなに緻密な方法を用いて製品の実際全部原価を計算したとしても、将来の収益性を判断するうえで有用な情報にはなり得ないのである。製品戦略の観点からは、将来にわたる収益構造のダイナミズムを把握することが重要であり、そのような目的に資する会計情報を整備することが望まれるのである。

本研究は、このような問題意識のもとに、まず半導体事業の収益構造の分析を通じて、半導体製品原価がどのようなメカニズムで急激に低減するかを明らかにする。その上で、半導体事業の成功要因を設定し、それらに立脚した製品戦略の意思決定を支援する採算管理システムの考え方を提示する。本稿の採算管理システムは、短期および長期的な収益構造のダイナミズムを理解することによって、戦略代替案ごとの製品原価の予測と最適価格設定、長期的な利益を最大化するプロダクト・ミックスの選定と不採算製品の峻別、新製品ライン投資の経済性、といった半導体事業にとって戦略的に重要性の高い経営情報を提供するものである。

<キーワード>

半導体、採算管理、収益構造、製品原価、原価低減、製品戦略、価格弾力性、プロダクト・ミックス、非線形計画法、DRAM, SRAM

1997年 3月 受付

1997年 10月 受理

* 中央クーパース・アンド・ライブランド コンサルティング (株), マネジング・アソシエーツ, ニューポート大学 助教授。

はじめに

半導体は、エレクトロニクス産業を支える重要な電子部品であることから、「産業のコメ」と呼ばれる。パソコンなどのコンピュータ関連装置に用いられるマイクロプロセッサやメモリーが市場全体の約半分を占めており、近年では特定の顧客ニーズに応じて素子を単一IC化したASIC（特定用途向けIC）と呼ばれる製品もエレクトロニクス製品の小型化にともない市場が拡大している。

このような市場拡大の一方で、設備投資も肥大化している。半導体産業の特徴の一つは、微細加工技術を革新し続けるために多額の設備投資が必要なことである。例えば、月産3万枚の16MビットDRAM工場の総設備投資額は約1,000億円といわれる。微細加工を進めるほど、設備投資は膨らむことになる。次世代の256MビットDRAMでは、投資額は1,500億円以上になるといわれている。半導体産業は、設備投資リスクを低減し、投資効率を高めることが競争力を持続するうえで重要な経営課題になっている。

半導体企業の経営者・管理者の多くは、半導体製品の事業管理を適切に行うには、どのような経営情報を整備したらよいかという問題意識を抱いている。そのことと関連して、全部原価計算による現行の製品原価は、半導体製品の事業管理には役立たないのではないかとといった疑問も投げかけられている。例えば、原価計算をしてみたら、製品原価が販売価格を上回る赤字製品になることがあるが、そのような製品をどのように扱うべきか判断しかねるわけである。このとき、よく引き合いに出されるのは、赤字製品ならば廃止すべきであるとか、赤字製品になるのは固定費の配賦方法が適切でないためであるとか、仮に赤字製品でも変動費を上回って売れるのであれば固定費の回収に貢献するとか、操業度を維持するために必要である、といった表面的な議論であることが少なくない。その赤字製品をどのように扱えば投資効率を高めることができるのか具体的に検討しない限り本質的な議論を行っているとはいえないのである。

製品の取り扱い方、言い換えると製品戦略の本質を議論するには、半導体事業特性を十分に踏まえる必要がある。例えば、半導体製品の販売価格のトレンドをみると、DRAMの場合は10年間でおよそ100分の1にまで急激に低減してきた特徴が知られているが、それはどのようなメカニズムによって顕在化されるのであろうか。また、半導体事業は装置産業であることから、需給バランスに常に関心を持っている必要があるし、生産構造や生産キャパシティの制約を考慮する必要もある。高価な設備を有効に活用して投資効率を高めるといった観点からは、半導体製品の収益構造を理解したうえで製品ミックスをどのように取り扱うべきか明らかにする必要もある。

本稿では、このような半導体事業特性を形成する諸要因と関連づけながら、半導体事業の収益構造の分析を通じて、製品戦略の意思決定を支援する採算管理システム^{注1}のあり方について明らかにする。

1. 半導体産業の事業特性

半導体市場は、1970年以降10年ごとにほぼ10倍のスピードで拡大を続けてきた。半導体製品の用途は、カラーテレビ、電卓、オーディオ機器、VTR、ビデオカメラ、CDプレーヤー、パソコン、携帯電話などのエレクトロニクス製品であり、これらの普及が時代時代において半導体需要を牽引してきたわけである。エレクトロニクス製品の普及を促した最大の要因の一つは、販売価格の急速な低下である。それには、半導体の価格底減の果たした役割も非常に大きい。半導体の価格もこの10年間で実質的に約100分の1に低下している。このような急速な価格低下は、他産業でほとんど例のないことであり、半導体産業固有の特質によって実現されたものである。

1.1 機能飢餓とスケーリング

半導体市場が急速に拡大した背景には、半導体に対する「機能飢餓」と半導体の「スケーリング」という当事業固有の特徴がある。機能飢餓とは、半導体などの電子部品の提供する機能がシステム側（エレクトロニクス製品）の必要とするレベルと比較して著しく不足している状態をいう（直野[3]）例えば、パソコンに使用されるDRAMは、パソコン機能の肥大化によって、最近では最低でも12M～16Mバイトは必要になってきている。ユーザーは、DRAMの容量不足を常に意識しており、ビット単価が低下すれば需要は拡大する状況にある。図1に示すように、DRAMのビット需要は、年率平均64%という驚異的な成長を遂げている。

半導体のスケーリングとは、半導体素子の相似縮小技術のことをいう。半導体素子は相似縮小しても、その電気的特性は同じである。したがって、素子の微細化が進むほど同じ面積により多くの機能を埋め込むことができる。例えば、4MビットDRAMと16MビットDRAMとを比較すると、ほぼ同じ大きさのメモリーチップに400万ビット分の記憶素子が埋め込まれたのが4MビットDRAMであり、1,600万個の記憶素子が埋め込まれたも

注1 採算性という用語は経済性分析の分野では経済性評価の同義語として用いられることもあるが、学術用語として一般に定着しているとは必ずしもいいきれない。そこで本稿では、採算管理システムを以下のように定義して使用することにする。「採算管理とは、投資効率を高める経営を推進するといった観点から、製品戦略に伴う意思決定を適切に支援することを目的とする経営システムを指す。したがって、意思決定を行う際の経営上の関心としては、キャッシュフローに基づいた投資の経済性を高めることに主眼を置くが、会計上の期間損益についても経営者の関心は低くないため、その変化を把握できるように配慮する。採算管理システムの着目する経営指標としては、限界利益、活動能力費、営業キャッシュフロー、投資収益率、投資現在価値といった経済的な指標および期間利益の変化についての情報が含まれる。」

のが16MビットDRAMである。半導体の製造は、ウェハーと呼ばれる4インチ～8インチ口径のシリコン基盤の上に、化学反応によって集積回路を形成させる方法を用いる。単純にいうと、スケーリングによって集積回路を縮小すると、同じウェハーからより多くのメモリーを製造することができるわけである。スケーリングの意義は、同じような生産の手間で、生産数量を飛躍的に増やすことができるという点にある。

半導体のビット単価の急速な低減は、半導体に対する機能飢餓とスケーリングの技術革新によってもたらされたものである。生産工数を増やすことなく生産量を飛躍的に増やすことができた結果、メモリーチップの製造コストが大幅に低下したのである。4MビットDRAMと16MビットDRAMがほぼ同じ手間で生産でき、生産設備の投資金額もほとんど変わらないとすると、16MビットDRAMは4MビットDRAMの4分の1のコストで生産できることになる。さらに、半導体産業はマクロ的には機能飢餓の状態に置かれていたために、メモリー価格が低下したことによって、新たな需要が生まれ、生産数の増加が吸収されるという好循環が創りだされたわけである。

1.2 世代交代とビット単価低減

DRAMの世代交代にともないビット単価が低減する様子を図2に見ることができる。DRAM市場は、継続的なスケーリング技術革新によって、製品の世代交代とともに記憶容量の高集積化が進んでいる。DRAM製品の場合は、世代交代ごとにチップ1個当りの記憶容量が4倍になっている。ビット単価の推移を見ると、1980年代初頭からのわずか10年で約100分の1に低下していることがわかる。さらに、新製品の価格低下に並行し

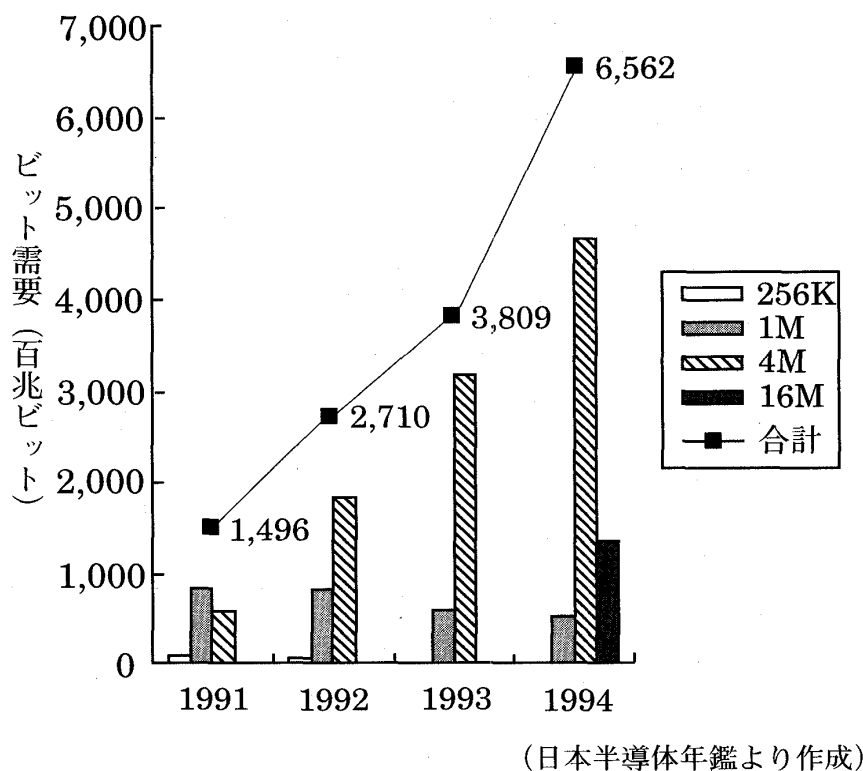


図1. DRAM需要の推移

て旧世代製品のビット単価も同じように低減していることがわかる。その他にもパソコンなどのCPUとして利用されるマイクロプロセッサのビット単価もDRAMと同様に、世代交代とビット単価低減の傾向を見ることができる。半導体のビット単価は世代交代に伴い他産業では想像もできないほど急速に低減している点が特異である。

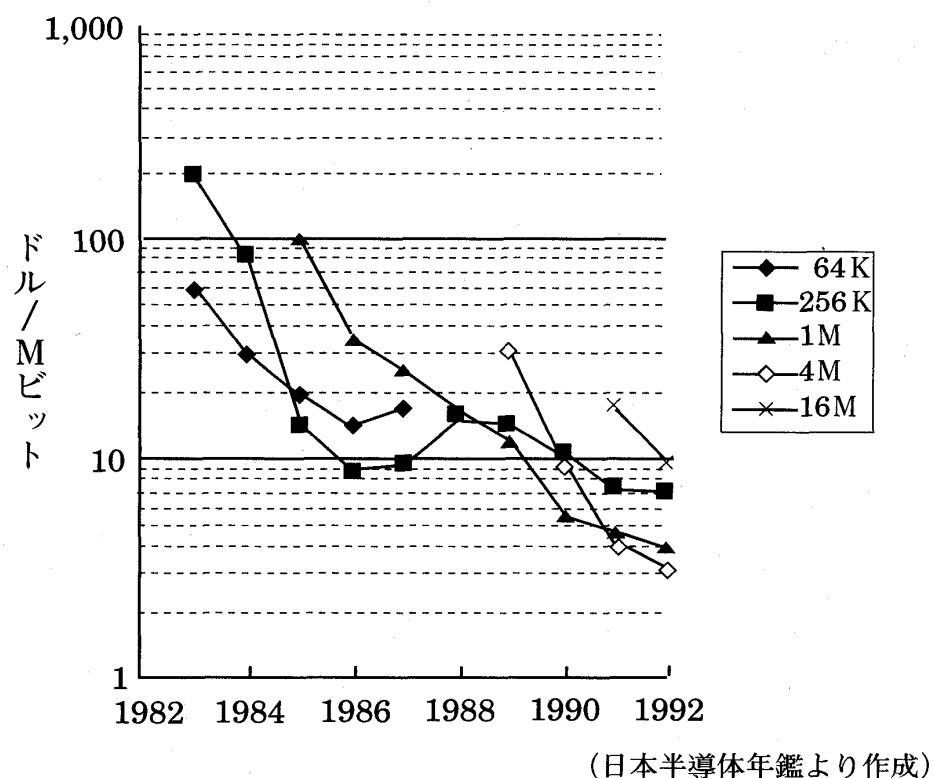


図2. DRAMの世代交代とビット価格の推移

1.3 シリコンサイクル

半導体市場は、旺盛な需要を背景に高い成長を続けてきたといえるが、短期的には需要逼迫期と供給過剰期を繰り返しており、供給過剰期には深刻な業績不振に陥る半導体メーカーも少なくない。半導体は巨大装置産業であることから、実際の需要に遅れて設備が立ち上がるので、どうしても需要逼迫と供給過剰とが交互に訪れると考えられている。好況期には生産能力が不足するので、活発な設備投資が行われる。新設備が稼働し始め、スケールリング技術によって新世代製品の量産が始まると、供給量が一気に増大する。結果として、今度は一転して供給過剰に陥る。供給過剰にともない半導体価格が急落すると、今度はユーザー側でそれに見合う用途需要が造りだされるので、再び需要が拡大し始め、やがて需要逼迫期を迎えるといった具合である。

例えば、91年と92年の2年間は、1MビットDRAMから4MビットDRAMへの世代交代の時期であったが、この時期に米国のコンピュータ市場が低迷し、半導体業界は深刻な

供給過剰状態に陥った。93年以降は一転してパソコン需要の拡大にともない4MビットDRAMの需要が逼迫したが、96年には16MビットDRAMへの世代交代にともない再び供給過剰に陥っている。このように、需給の時間的なずれがシリコンサイクルを創りだしているのである。

1.4 製品市場の細分化

供給過剰と需要逼迫を繰り返すことは投資リスクを高める原因となるが、これを回避することは現実には非常に困難である。シリコンサイクルの需給バランスのギャップをなくするには、長期にわたる市場動向や競合他社の投資動向を正確に予測したうえで、自社の需給バランスを計画する必要がある。しかし、半導体の市場動向は、製品自体の技術動向とその用途市場の技術動向との相乗効果に基づいているため、需要予測の精度を高めることは非常に困難である。加えて、競合他社の投資動向や技術優位性なども評価したうえで自社製品の需給バランスを計画することがいかに困難であるか容易に想像することができる。

例えば、16MビットDRAMの場合は、現在主流の高速ページより高速なEDO（拡張データ出力）DRAMが主役になりそうだが、シンクロナス（同期式）と呼ぶより高速なタイプやさらに高速なラムバス仕様というものがすでに登場し始めている。インテル社がシンクロナスDRAM対応のペンティアム用チップセットを発表したため、パソコンのメモリーが一気にシンクロナスに移る可能性がある。シンクロナス以上の速さになると、設計思想が大きく変わり、工場の前工程から対応しなければならないので、生産計画の柔軟性が低下し、過剰生産のリスクが大きくなる。より高度な技術が必要な高速メモリーは各社の水準の差も出やすい。NECや東芝などのDRAM大手はシンクロナスDRAMの増産を計画しているが、これら上位の数社を除くと、シンクロナス、ラムバスへのシフトを各社が明確に打ち出しているわけではない。メモリー市場の競争は新規参入メーカーにはより厳しい構造になりつつある。

このように、DRAMだけを取りあげてみても、種類が格段に増えており、製品・市場が細分化される結果、同じ容量のメモリーでも市場が求める性能の製品をタイムリーに供給しないと部分的な供給過剰が生じてしまう。市場は細分化されつつあり、部分的に見れば供給過剰なセグメントと需要逼迫のセグメントが混在するという状況が起こりうる。

したがって、市場対応のあり方としては、長期的な投資リスクを完全に回避することが困難であるにしても、製品カテゴリーのマクロ予測を行った上で、短期的には需要変動に対する応答性を高めることが求められる。短期的な需要変動を捉えることは可能であり、

生産の柔軟性を極力高めることで、直近の需要変動に対して迅速に応答するといった対応の仕方が求められるのである。

1.5 営業リスクの大きな固定費型の収益構造

半導体産業は、典型的な装置産業である。月産ウェハー2万枚のラインをつくるのに600億～800億円もの設備投資が必要になる。設備償却費が製造原価に占める割合は非常に大きく、材料費などの直接変動費の割合はごくわずかである。いわゆる営業レバレッジの大きな固定費型の収益構造をもつ事業である。したがって、損益分岐点以上の操業度を維持できれば、限界利益指向の戦略自由度が大幅に高まり、競争優位の獲得が比較的容易になる。逆に操業度が損益分岐点を下回る場合は、大幅な損失が発生する。

2. 収益構造から見た半導体事業の成功要因

このような事業特性を有する半導体事業の採算管理システムを構築するには、事業環境の諸要因に対してどのような戦略的視点を注ぐべきかであろうか。本節では、採算管理システムのあり方を検討する上で、その基本要件とすべき事業戦略とその主要成功要因の概要を整理する。

2.1 半導体事業の基本戦略

マルチメディア業界全体を見据えたマクロ的な観点から半導体産業の基本戦略を捉えると、素子の微細化と需給変動に対する生産能力の応答力を高めることが重要な基本戦略となる。素子の微細化を進めることは、単位生産量（ビット）当りの生産時間を短縮し、生産キャパシティの実質的な拡大をもたらす。そうすると、製品原価の低減や製品の品揃えの拡大に貢献することができるし、将来の需要拡大に備えて生産キャパシティを確保することもできる。さらに、生産リードタイムも短縮できるため需要応答性が高まり、消費地生産や平準化生産^{注2}などの需要応答性を高める生産手法を併用することで、細分化の増している製品需要に同期化して生産することが可能になる。

用途市場であるマルチメディア製品は、製品ライフサイクルが著しく短縮化しており、パソコンの場合は、3ヶ月から半年のサイクルで製品が入れ替わるような状況が続いている。したがって、業界全体として生産リードタイムの短縮に取り組むことは最重要課題であり、セットメーカーに対するサプライヤの役割としても期待されるところが大きい。

注2 平準化生産とは、トヨタのJITに代表される多品種小ロット生産方式である。需要変動に応じて、必要なものを必要なときに必要なだけ生産することができよう、多品種の生産を需要に対して過不足なく供給できる生産サイクルタイムで品目を段取り替えして生産することを究極的な目標とする生産方式である。工程待ちや販売待ちの在庫を作らないため、製造リードタイムを短縮するのに効果的な生産方式である。

このような方向に生産体制を再構築しようとする例としては、富士通の会津若松工場をあげることができる。同社は、96年度中に会津若松市で着工予定の半導体新工場で、生産リードタイムを従来の8週間から4週間に半減させる多品種生産体制を構築しようとしている。半導体工場では集積度のアップにつれて工程数が増え、工程ごとの装置の稼働率の差が大きくなっている。単純に装置の増設で稼働率を平準化しようすると投資額が莫大になり現実的でなくなる。そこで、同社はウェハーの流れを変えることで、各製造装置の稼働率を高い水準で合わせ生産期間を半減させようとしている。最新のCIM（コンピューターによる統合生産）を導入し、ウェハーの各工程での待ち時間を短くし、各半導体製造装置の稼働率を平準化することで、市況の変化に対する生産の柔軟性を確保することが狙いである。

2.2 事業の主要成功要因

このような基本戦略の実行を具体化するには、以下の3つの成功要因に特に配慮する必要がある。

[1] チップ当たり生産時間の短縮化と生産設備の投資効率の向上

素子の微細化や平準化生産を行うための生産設備を導入するには相当な投資を必要とする。したがって、投資効率を高めることの重要性は著しく高く、投資リスクを引き下げるとともに将来の投資機会に対する必要資金を確保するうえでも重要である。

[2] 利益最大化指向のプロダクト・ミックスの選定

投資効率の観点からは、単純な物量基準だけではなく金銭的基準に基づいた生産設備の生産性を向上させる必要がある。それには、採算性の高い製品を優先的に生産・販売するといった考え方を強化する必要がある。「儲けられる時に無駄なく儲ける」ことが重要である。製品の需給バランスと自社製品の競争力を見極めつつ、製品の価格弾力性を検討し、生産キャパシティ制約のもとで最大の収益が得られるようなプロダクト・ミックスを選定できる必要がある。

[3] 採算性の低い製品の峻別

採算性が低く競争力の弱い製品を継続的に生産することは、生産キャパシティの浪費につながる。そこで、どのような製品が採算性が低いのか見極めができるとともに、そのような製品を積極的に新製品に切り替え、他の有望な製品のために生産能力を割り当てられるよう不採算製品を峻別できることが重要である。

3. 半導体事業の採算性向上の着眼点

半導体製品（DRAM）は、世代交代とともにビット販売単価が急激に低減するという固有の特徴があるが、その背景には、製造原価の急激な低減が生じているものと考えられる。なぜならば、販売価格が製品原価を上回る状態を確保できない限り長期的には事業として存続し得ないからである。そこで本節では、DRAMの収益構造に焦点を当てて、製品原価がどのようにして急激に低減するのかそのメカニズムを解明する。

3.1 世代交代によるビット原価低減のメカニズム

表1は、DRAMの世代交代にともない、製品原価が変化するメカニズムを数値例を用いて検討したものである。いま、現行製品の販売需要[(1)行目]が80兆ビットで、4Mビットのチップに換算すると販売数量[(3)行目]が2千万個になる。1枚のウェハーからとれる現行製品の有効チップ数が250個とすると、ウェハー生産数量[(5)行目]は8万枚になる。生産ロットが50枚のときのロット所要時間を250時間とすると、生産総所要時間[(8)行目]は400千時間になる。このとき、製造原価は、チップ原価[(16)行目]が840円、Mビット原価[(17)行目]が210円になる。

表1. 世代交代にともなうビット原価の低減

	現行世代製品	次世代製品	
		需要変化無し	需要拡大
(1) ビット需要 (10億ビット)	80,000	80,000	266,667
(2) チップ記憶容量 (Mビット)	4	16	16
(3) 販売チップ数量 (千個)	20,000	5,000	16,667
(4) ウェハー当り有効チップ数	250	250	250
(5) ウェハー生産枚数 (千枚)	80	20	67
(6) ウェハー生産ロット (枚)	50	50	50
(7) ロット所要時間	250	300	300
(8) 総所要時間 (千時間)	400	120	400
(9) 設備稼働率	100%	30%	100%
(10) 製造原価 (百万円)			
(11) ウェハー当り変動費 (千円)	14	14	14
(12) 変動費	1,120	280	933
(13) 製造固定費	6,720	6,720	6,720
(14) 販管費	8,960	8,960	8,960
(15) 総原価	16,800	15,960	16,613
(16) チップ原価	840	3,192	997
(17) Mビット当たり原価	210	200	62

次に、製品の世代交代が進み、チップの記憶容量が4倍の16Mビットになったとする。チップ・サイズは変わらないため、歩留まりが同じならばウェハー当り有効チップ数も変わらない。したがって、ビット需要を賄うために必要なウェハー生産数量[(5)行目]は、2万枚で足りることになる。生産ロットが50枚のときのロット所要時間が旧世代設備の250時間から300時間に増えたとして、生産総所要時間[(8)行目]は、旧世代製品のときよりも生産時間が70%も減少して120千時間で足りる。このとき、製造原価は、チップ原価[(16)行目]が3,192円、Mビット原価[(17)行目]が200円になる。Mビット原価は旧世代が210円であったのと比較して低減しているもののごく僅かである。

しかし、仮に需要が拡大したとして、フル操業の400千時間まで生産するほど販売が増えた場合はどうであろうか。ビット需要[(1)行目]は、267兆ビットに増加したことになり、販売チップ数量[(3)行目]は16,667千個になる。その結果、製品原価は、チップ原価[(16)行目]が997円、Mビット原価[(17)行目]は62円になり、Mビット原価が大幅に低減することがわかる。

表2. シュリンクによるビット原価の低減

	現行世代製品	現行世代製品のシュリンク	
		需要変化無し	需要拡大
(1) ビット需要 (10億ビット)	80,000	80,000	266,667
(2) チップ記憶容量 (Mビット)	4	4	4
(3) 販売チップ数量 (千個)	20,000	20,000	66,667
(4) ウェハー当り有効チップ数	250	1,000	1,000
(5) ウェハー生産枚数 (千枚)	80	20	67
(6) ウェハー生産ロット (枚)	50	50	50
(7) ロット所要時間	250	300	300
(8) 総所要時間 (千時間)	400	120	400
(9) 設備稼働率	100%	30%	100%
(10) 製造原価 (百万円)			
(11) ウェハー当り変動費 (千円)	14	14	14
(12) 変動費	1,120	280	933
(13) 製造固定費	6,720	6,720	6,720
(14) 販管費	8,960	8,960	8,960
(15) 総原価	16,800	15,960	16,613
(16) チップ原価	840	798	249
(17) Mビット当たり原価	210	200	62

3.2 現行機種のシュリンクによるビット原価低減のメカニズム

新世代製品のビット販売単価が大幅に低減するのは、半導体に対する機能飢餓と生産時間当たりビット産出量の大幅な増加との相乗効果が原因であった。それでは、世代交代によって新世代製品のビット販売単価が低減すると、旧世代製品のビット販売単価も新世代製品と同水準まで低減するのはなぜだろうか。

現行機種の原価低減は、現行機種のスケーリングを進めることにより実現される。スケーリングによってチップの集積度が高まるので、チップの記憶容量が同じとすると、チップ・サイズを縮小することができるわけである。これをチップのシュリンクと呼ぶ。チップ・サイズが縮小されるので、今度はウェハー1枚からとれる有効チップ数が増えることになる。

いま、微細化によって集積度を4倍にできるとしよう。チップの記憶容量は4Mビットのままとすると、スケーリングを行うことで一枚のウェハーからとれる有効チップ数[(4)行目]は1,000個になる。前述の世代交代後の製品の場合は、チップ当たり記憶要領が16Mビットと4倍になったのに対して、旧世代製品をシュリンクすることによって、4倍多くのチップがとれるわけである^{注3}。

その結果、コスト構造は表2に示す通り、世代交代の場合とまったく同様にビット原価が低減するわけである。

3.3 採算性向上の着眼点

以上の分析を考察すると、半導体製品の採算性を検討するには、製品需要の価格弾力性と生産キャパシティとの制約のもとで、スケーリングまたはシュリンクによってビット原価がどのように低減するか、言い換えるとビット原価のダイナミズムを理解することが著しく重要であることがわかる。

収益構造の観点から採算性向上の着眼点を捉えた場合、概ね次のような構造変化を伴うものと理解できる。まず、製造設備の微細化が進展することで、単位生産時間当たりのビット産出量が大幅に増加する。その結果、生産キャパシティに大幅な余力が生じる。次に、機能飢餓の強い需要構造のもとで販売単価を引き下げると、ビット需要が大幅に増加する。その結果、販売数量が増加するとともに生産設備の操業度が再び高まり、ビット原価の大幅な低下をもたらすわけである。半導体製品（DRAM）の採算性を計るには、生産時間当たりのビット産出量が著しく重要な尺度となっているのである。

注3 実際には回路のすべての部分を同一の縮小率で縮小することができないため、設計ルール通りの縮小率を単純に当てはめることはできない。

4. 採算管理システムのモデル

以上に述べた半導体事業の成功要因および採算性向上の着眼点に着目すると、製品戦略を収益性の観点から検討するには、半導体の微細化にともなう収益構造のダイナミズムを理解することが著しく重要であり、この点が半導体事業の製品戦略に大きなインパクトを与え得ることが推察される。本節では、このような半導体事業の成功要因に立脚した採算管理システムのあり方として図3に示すフレームワークを提示する。そのうえで、具体的な数値例を設定し、図3にそって分析を行うことで採算管理システムの有用性を考察する。

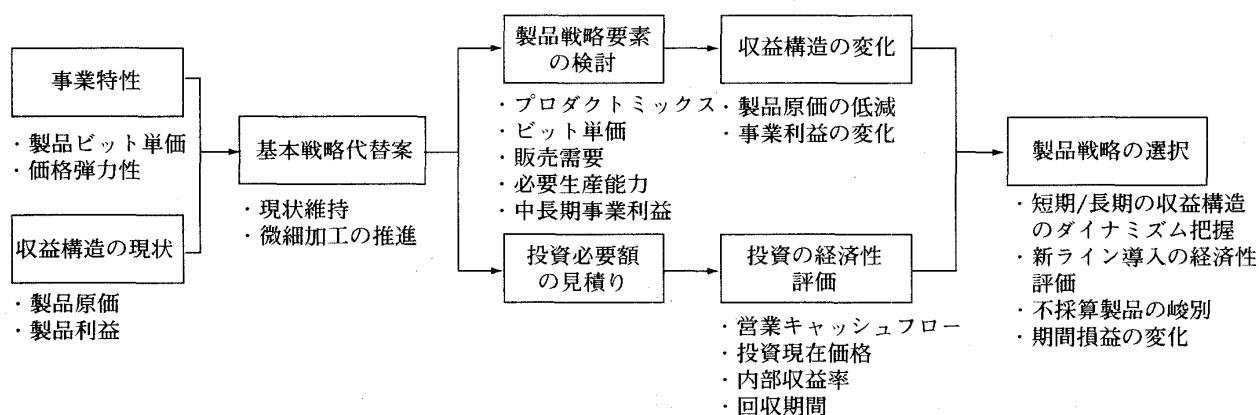


図3. 採算管理システムのフレームワーク

4.1 収益構造の現状

収益構造の現状として以下の例を設定することにしよう。現行主力機種の製品Aおよび製品Bは、設計ルールが0.8ミクロンの6インチウェハー生産ラインで作られている。製品Aは1MビットSRAM、製品Bは4MビットDRAMである。半導体チップのウェハー当りの取れ数は、表3に示すように、設計ルールによって概ね決まると考えてよい。SRAMは、DRAMよりもチップ・サイズが4倍大きいため、4MビットDRAMのチップ取れ数を320個とすると、1MビットSRAMの取れ数もほぼ同じ320個になる。

設計ルールの微細化技術が進んで、16MビットDRAMの製品Cは、新設した設計ルール0.5ミクロンの8インチウェハー生産ラインで作るものとする。このとき、製品Cのウェハー当りのチップ取れ数は歩留りを考慮して254個になるものとする。

製品別損益の現状を表4のように仮定する。製品の販売価格[(10)行目]は、最近の半導体市況の軟化を受けて下降ぎみであり、製品Aが540円、製品Bが875円、製品Cが3,500円ほどで推移している。

表3. 設計ルールとウェハー当りのチップ取れ数

	タイプ	記憶容量 (Mbit)	設計ルール (μ)	ウェハー (インチ)	縮小率* (%)	歩留り (%)	チップ取数 (個)	ビット数 (Mbit)
製品A	SRAM	1	0.8	6	100%	80%	320	320
製品B	DRAM	4	0.8	6	100%	80%	320	1,280
製品C	DRAM	16	0.5	8	70%	70%	254	4,063

*縮小率は製品Bのチップ・サイズを100%としたときの相対値である。製品Cの縮小率は、設計ルールの比率でみると62.5%になるはずだが、すべての回路を同様にスケーリングできないため、実際の16MDRAMの縮小率として70%を仮定した。

現行ラインのコストは、変動費[(13)行目]がウェハー1枚当り14千円とする。固定費は、活動能力費と拘束能力費とに区分する。労務費のように、長期的には操業水準に応じて政策的に動かすことのできる費用を活動能力費、設備投資コスト（初期投資の年価と固定的維持費）のように長期にわたって固定的に発生する費用を拘束能力費と呼ぶことにする。なお、現行ラインの拘束能力費[(16)行目]は7,500百万円である。製品Cのための新ラインの拘束能力費と比べると著しく小さいのは、設備の償却が進んでいるため減価償却費負担が小さくなっているためである。

活動能力費は長期的にみれば製品の生産時間に比例して変化するので、活動能力費の製品への配賦基準は各製品の生産時間の比率を用いる。活動能力費については、いわゆる活動原価基準（Activity Based Costing, ABC）を用いるとより合理的な配賦が可能になるであろう。拘束能力費についても、固定費に占める割合が大きいので、ABCを適用したくなるかもしれない。しかし、採算管理の観点からは、不変費用である拘束能力費を尤もらしく配賦する必要はないので、ここでは便宜的に各製品の生産時間の比率を配賦基準として用いている。

販管費[(19)行目]については、販促活動が製品の競合状況、製品の売上高や利益の大きさなどに基づいて政策的に決められる要素が強いため、ABCの対象になりうる。ここでは、その測定法自体は主テーマではないので、便宜的に製品Aには販促費の1/3、製品Bには2/3を配賦している。

このようなコスト配賦を行うと、チップ利益[(25)行目]は、製品Aが-117円でいわゆる赤字製品になり、製品Bが218円となる。事業利益[(21)行目]は、現行ラインが7,749百万円を確保している。

4.2 生産工程の制約

さて、このような収益構造を前提とした上で、新ライン導入の是非をどのように判断したらよいだろうか。また、導入するのであれば、製品の販売価格、生産数量、ラインへの

表4. 製品別損益の現状

	現行製品			新製品 製品C	合 計
	製品A	製品B	小 計		
(1) ビット需要 (10億ビット)	46,000	240,000	286,000	0	286,000
(2) チップ記憶容量 (Mビット)	1	4		16	
(3) 販売チップ数量 (千個)	46,000	60,000	106,000	0	106,000
(4) ウェハー当り有効チップ数	320	320		254	
(5) ウェハー生産枚数 (千枚)	144	188	331	0	331
(6) ウェハー生産ロット (枚)	50	50		50	
(7) ロット所要時間	250	250		300	
(8) 総所要時間 (千時間)	719	934	1,65	0	1,656
(9) 設備稼働率	41%	54%	95%	0%	
(10) 現在の販売価格 (円)	540	875		3,500	
(11) 売上高	24,840	52,500	77,340	0	77,340
(12) 製造原価 (百万円)					
(13) ウェハー当り変動費 (千円)	14	14		20	
(14) 変動費	2,013	2,625	4,638	0	4,638
(15) 活動能力費 (固定費)	3,234	4,219	7,453	0	7,453
(16) 拘束能力費 (固定費)	3,255	4,245	7,500	0	7,500
(17) 製造原価合計	8,502	11,089	19,591	0	19,591
(18) 製造利益	16,338	41,411	57,749	0	57,749
(19) 販管費	21,698	28,302	50,000	0	50,000
(20) 総原価	30,200	39,391	69,591	0	69,591
(21) 事業利益	- 5,360	13,109	7,749	0	7,749
(22) 製品原価					
(23) チップ販売単価	540	875		3,500	
(24) チップ総原価	657	657		0	
(25) チップ利益	- 117	218		3,500	
(26) Mビット原価					
(27) Mビット単価	540	219		219	
(28) Mビット総原価	657	164		0	
(29) Mビット利益	- 117	55		0	

生産数量の割り当てといった製品戦略の諸要素をどのように決定したらよいであろうか。

このような問題を解くには、需要構造の下で価格設定および販売予想を作成するとともに、製造設備の生産キャパシティ制約のもとでどのような事業利益が獲得できるかを検討する必要がある。生産キャパシティ制約を考慮しないままCVP分析を行ったとしても机上の空論になりかねないからである。生産資源は無尽蔵ではないので、キャパシティ制約を考えずに価格設定を行うと、設備の稼働率は上がったとしても結果的には利益を増やすことができず、使用資産の効率を低下させてしまう恐れがある。

生産キャパシティ制約として考慮すべき工程は、ボトルネックになっている工程である。生産効率の観点からは、工程稼働率が一樣になることが望まれるが、半導体産業の場合は、装置によって能力が大きく異なるため、工程稼働率にバラツキが生じることが普通である。半導体の生産工程数は、細かくみると数百に上るが、ボトルネック工程だけを取り出すと数十工程を考慮すればよいことが多い。

表 5. 生産工程の制約条件

◆販売計画/生産計画

製 品	販売数量 10億ビット	生 産 数 量		
		チップ数 千個	有効チップ 個/ウェハ	枚数 (千枚)
(1) 製品 A	46,000	46,000	320	144
(2) 製品 B	240,000	60,000	320	188
(3) 製品 C	0	0	254	0
(4) 合 計	286,000	106,000		331

(5) 製品 B+C の販売数量 240,000

◆工程制約条件

	工程所要時間 (時間)				製造時間 (千時間)
	P1	P2	P3	ロット L/T	
(6) 現行ライン					
(7) 製品 A	50	100	100	250	719
(8) 製品 B	50	100	100	250	938
(9) 工数計算	331	663	663	1,656	1,656
(10) キャパシティ	350	700	700	1,750	
(11) 稼働率	95%	95%	95%	95%	95%
(12) 新ライン					
(13) 製品 C	50	150	100	300	0
(14) 工数計算	0	0	0	0	0
(15) キャパシティ	350	1,050	700	2,100	
(16) 稼働率	0%	0%	0%	0%	0%

本節では、キャパシティ制約を考慮した採算管理の考え方を提示することを目的とするため、工程数は表5に示すとおり、単純化して3工程としている。たとえば、製品Aのロット所要生産時間[(7)行目]は、工程P1が50時間、工程P2が100時間、工程P3が100時間であり、1ロット生産リードタイムは250時間になる。製品Bは、製品Aと同様の所要時間で生産できる。現行ラインの稼働率は95%であり、フル稼働に近い状態になっている。生産数量はフル稼働時で月産2万9千枚である。

新ラインの製品Cは、微細化が進んでいるので工程が長くなり、1ロット生産リードタイム[(13)行目]は300時間になっている。まだ操業していないので稼働率はゼロであるが、フル稼働時には月産2万5千枚の生産が可能である。

5. 製品戦略のシミュレーション

製品戦略の策定は、既存製品や新製品導入に係る販売価格、広告宣伝、プロモーション、流通政策等を決定することであるが、その意思決定を行うには中長期的に自社にどれほどの収益がもたらされるかを評価することが重要である。本節では、前述のモデルを用いて、戦略要素のうち製品の販売価格およびプロダクト・ミックスをどのように設定することが自社の利益拡大により貢献することになるのかを分析することで、製品戦略の策定に資することにしよう。

5.1 戦略パラメータの設定

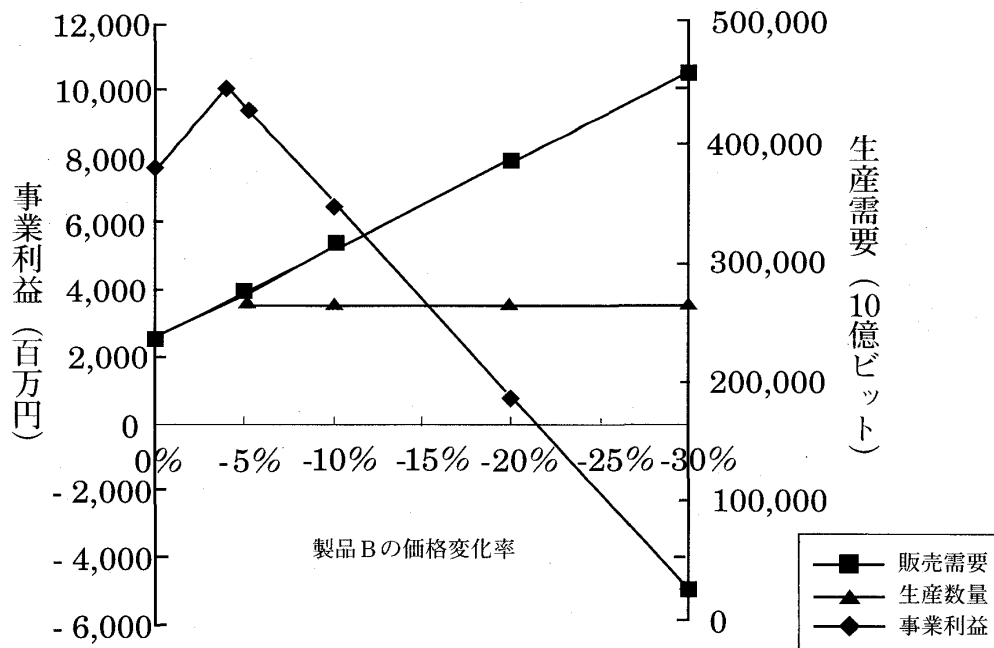
製品戦略の策定に先立ち、事業の構造変革に関わる基本戦略として以下の代替案を設定する。

- (1) 現 状 維 持 案：現行生産設備を維持し、その制約のもとで製品戦略を策定する。
- (2) 新製品ラインの投入：現行製品B（DRAM）の微細化を進めた製品Cを導入し、その生産ラインを新規投入した場合の製品戦略を策定する。

上記の代替案に対する製品戦略を策定するには、まず、各製品需要の価格弾力性を推定する必要がある。いま、製品Aの年間の価格弾力性（需要の変化率 / 価格の変化率）を-1.5、製品Bおよび製品Cの価格弾力性を-3としよう。製品Aの価格弾力性が大きくないのは、製品Aが低速度低消費電力型のSRAMであり、用途市場がDRAMのように機能飢餓の状態ではないためである。一方、DRAMの製品Bおよび製品Cは、用途市場の機能飢餓が強く、価格弾力性が非常に大きいことが特徴である。

製品需要の価格弾力性を決めると、生産の制約条件の下で実現可能な事業利益を算出す

ることができる。その際、各工程の工程数がキャパシティを上回らないことが条件となる。



(1) 製品Bの価格変化率	0%	- 4%	- 5%	- 10%	- 20%	- 30%
(2) 販売需要	240,000	264,000	276,000	312,000	384,000	456,000
(3) 生産数量	240,000	264,000	264,000	264,000	264,000	264,000
(4) 稼働率	95%	100%	100%	100%	100%	100%
(5) Mビット販売単価	219	210	208	197	175	153
(6) Mビット総原価	164	157	157	157	157	157
(7) 事業利益	7,749	10,005	9,427	6,540	765	- 5,010

図4. 現行ラインの収益構造
製品Bの価格弾力性と事業利益の変化

5.2 採算分析

新ラインを増設して製品Cを投入することの収益性を評価するために、まず、現行ラインで生産を続けた場合に、どのくらいの収益が得られるかを検討する。上述の価格弾力性を想定すると、図4に示すとおり、現行ラインの事業利益は、製品Bの価格を4%引き下げたところで最大になるが、それ以上に価格を引き下げると一転して事業利益は減少する。現行ラインの稼働率はすでに95%に達しており、価格を4%引き下げた時点で稼働率が

100%に達する。したがって、これ以上価格を引き下げたとしても、生産能力が対応できないため、収益の増加には結び付かないのである。

次に、新ラインの導入を考慮に入れて、事業利益を最大にする価格変化率と生産販売数量とを非線形計画法^{注4}を用いて求めることにする。表6に非線形計画法によるプロダクト・ミックスの定式化と計算結果を示す。目的関数は、計画年度のそれぞれの年度に関して、製品A、製品B、製品Cの事業利益合計を最大化する各製品の価格変化率と生産販売産数量（生産単位はウェハー枚数）を変数とした場合の生産所要時間を算出する。各製品の生産所要時間が工程キャパシティを超えないことが制約条件になる。このとき、事業利益は表7に示す計算プロセスを用いて算出される。

事業利益を最大にする価格変化率は、製品Aが-6%[(1)行目]、製品Bおよび製品Cが-27%[(2)行目]となる。このとき、生産数量はチップ数換算で、製品Aが50,213千個[(3)行目]、製品Bがゼロ個[(4)行目]、製品Cが25,259千個[(5)行目]とする結果になっている。驚くべきことに、DRAMの生産は、4Mビットの製品Bを打ち切り、16Mビットの製品Cに全面的に切り替えることを指示しているわけである。製品Bの生産数量がゼロになったのは、製品Bの微細化度が製品Cよりも1世代前になるので、DRAM需要に応えるために生産効率の低い現行ラインを使用して製品Bを生産する必要がなくなるためである^{注5}。

計算の結果、事業利益[(22)行目]は1,779百万円となる。現行ラインの事業利益は、製品Bの生産数量がゼロになったため、18,373百万円の損失となるが、新ラインの事業利益が20,151百万円生じるため、事業全体では1,779百万円の利益が得られる。

表7に新ライン導入後の製品原価を示す。製品Aのビット原価[(28)行目]は873円である。新ライン導入前の製品Aのビット原価が657円であったのと比較すると、導入後の方が原価が高くなっていることがわかる。この理由は、製品Bの生産を中止したために製品Aに配賦される固定費負担が増加したためである。一方、製品Cのビット原価[(28)行目]は109円であり、新ライン導入前の製品Bのビット原価が164であったのと比較して原価が低減している。

注4 非線形計画法は、表計算ソフトのマイクロソフト・エクセルにソルバーという機能名で標準添付されており、アドインソフトのセットアップを行えば使用することができる。本稿では、非線形計画を解くアルゴリズムとして、準ニュートン法と共役勾配法の両方法を用いて計算を行っておりともに同じ結果を得ている。

注5 生産キャパシティの制約条件が複雑でないときは、生産時間当り限界利益の最も大きな製品から優先して生産・販売すると、原則的には利益を最大にすることができる。したがって、非線形計画法を用いなくても、製品の単位生産時間当り限界利益を基準にしてプロダクト・ミックスの優先順位を決定することができる。

表6. 非線形計画法によるプロジェクト・ミックス計算

◆問題の定式化

目的関数；製品別事業利益の合計の最大値を各年度について求める.

$$\sum_{i=1}^3 y_{ni} \rightarrow \text{最大化} \quad (n=1, 2, \dots, 5)$$

$$y_{ni} = (P_{ni} - v_i) \frac{x_{ni}}{r_i} m_{ni} - f_{ni} - s_{ni}$$

制約条件：

[1] 工程キャパシティ制約

$$0 \leq t_{njk} \leq a_{jk}$$

[2] 生産販売数量に関する制約：

$$0 \leq x_{n1} \leq d_{n1}$$

製品Bと製品Cは同一機能のため、各製品の生産販売数量の合計が需要の合計を上回らないことを制約とする.

$$0 \leq x_{n2} + x_{n3} \leq d_{n1} + d_{n1}$$

上記のもとで、各年度の x_{ni} , ∂p_{ni} を求める.

◆変数および定数の定義

チップ生産数量（個）： x_{ni}

チップ販売価格の変化率： ∂p_{ni}

計画年度： $n=1, 2, \dots, 5$

製品区分：

$$i = \begin{cases} 1 : \text{製品A} \\ 2 : \text{製品B} \\ 3 : \text{製品C} \end{cases}$$

チップ販売価格： $p_{ni} = p_{n-1i} (1 + \partial p_{ni})$

販売需要： $d_{ni} = (1 + e_i \partial p_{ni}) d_{n-1i}$

$$d_{01} = 46 \text{ 兆ビット}, d_{02} = 240 \text{ 兆ビット}, d_{03} = 0$$

販売需要の価格弾力性： e_i

$$e_1 = -1.5, e_2 = -3.0, e_3 = -3.0$$

チップ記憶容量： r_i

$$r_1 = 1\text{Mビット}, r_2 = 4\text{Mビット}, r_3 = 16\text{Mビット}$$

ウェハー当たりチップ有効取れ数： z_i

$$z_1 = 320 \text{ 個}, z_2 = 320 \text{ 個}, z_3 = 254 \text{ 個}$$

表6. 非線形計画法によるプロジェクト・ミックス計算 (続き)

ウェハー生産枚数 (枚) : q_{ni}

$$q_{ni} = \frac{x_{ni}}{r_{iz_i}}$$

製造ライン区分:

$$j = \begin{cases} 1: \text{現行ライン} \\ 2: \text{新設ライン} \end{cases}$$

工程区分: $k = 1, 2, 3$ 工程の製品別単位生産所要時間: c_{ik}

$$c_{ik} = \begin{bmatrix} 50 & 100 & 100 \\ 50 & 100 & 100 \\ 50 & 150 & 100 \end{bmatrix}$$

製品の工程別単位生産所要時間: $u_{nik} = c_{ik} q_{ni}$ 製造ラインの工程別稼働時間: $t_{nj} = \sum_i c_{ik} q_{ni}$ (1) 現行ラインの工程別稼働時間: $t_{n1k} = \sum_{i=1}^2 c_{ik} q_{ni}$ (2) 新設ラインの工程別稼働時間: $t_{n2k} = c_{3k} q_{n3}$ 製造ラインの工程別キャパシティ (千時間) : a_{jk}

$$a_{jk} = \begin{bmatrix} 350 & 700 & 700 \\ 350 & 1,050 & 700 \end{bmatrix}$$

ウェハー当り製造変動費: v_i

$$v_1 = 14 \text{ 千円}, v_2 = 14 \text{ 千円}, v_3 = 20 \text{ 千円}$$

活動能力費: $m_{ni} = 4.5 \sum_{k=1}^3 u_{nik}$ 拘束能力費の製品への配賦額: f_{ni}

(1) 製品A, 製品Bへの配賦額: $f_{ni} = \frac{7,500 \sum_{k=1}^3 u_{nik}}{\sum_{i=1}^2 \sum_{k=1}^3 u_{nik}} \quad (i = 1, 2 \text{ のとき})$

(2) 製品Cへの配賦額: $f_{n3} = 20,000$ 販管費の製品への配賦額: s_{ni}

$$s_{ni} = \frac{50,000 q_{ni}}{\sum_{i=1}^3 q_{ni}} \quad (i = 1, 2, 3)$$

◆計算結果（第1年度）

第1年度の事業利益を最大化する価格変化と生産販売数量の計算結果を以下に示す。

[1] 価格弾力性

製 品	現行ビット需要		価格弾力性			ビット需要予測	
	単 価 Mbit/円	単 価 10億bit/円	Δ 価格	価格弾力性	Δ 需要	単 価 Mbit/円	単 価 10億bit/円
(1) 製品 A	540	46,000	- 6%	- 1.50	9%	507	50,213
(2) 製品 B/製品 C	219	240,000	- 27%	- 2.50	68%	159	404,139

[2] 販売計画/生産計画

製 品	販売数量 10億bit	生産数量		
		チップ数 千個	有効チップ 個/ウェハ	枚数 千枚
(3) 製品 A	50,213	50,213	320	157
(4) 製品 B	0	0	320	0
(5) 製品 C	404,139	25,259	254	99
(6) 合 計	454,352	75471		256
(7) 製品 B+C	404,139			

[3] 工程制約条件

	工程所要時間（時間）				製造時間 千時間
	P1	P2	P3	ロット L/T	
(8) 現行ライン					
(9) 製品 A	50	100	100	250	785
(10) 製品 B	50	100	100	250	0
(11) 工数計算	157	314	314	785	785
(12) キャパシティ	350	700	700	1,750	
(13) 稼働率	45%	45%	45%	45%	45%
(14) 新ライン					
(15) 製品 C	50	150	100	300	597
(16) 工数計算	99	298	199	597	597
(17) キャパシティ	350	1,050	700	2,100	
(18) 稼働率	28%	28%	28%	28%	28%

[4] 事業利益

(19) 現行製品 (A+B)	- 18,373
(20) 製品 C	20,151
(21) 合 計	1,779

表7. 新ライン増設後の製品原価

	現行製品			新製品 製品C	合 計
	製品A	製品B	小 計		
(1) ビット需要 (10億ビット)	50,213	0	50,213	404,139	454,352
(2) チップ記憶容量 (Mビット)	1	4		16	
(3) 販売チップ数量 (千個)	50,213	0	50,213	25,259	75,471
(4) ウェハー当り有効チップ数	320	320		254	
(5) ウェハー生産枚数 (千枚)	157	0	157	99	256
(6) ウェハー生産ロット (枚)	50	50		50	
(7) ロット所要時間	250	250		300	
(8) 総所要時間 (千時間)	785	0	785	597	1,381
(9) 設備稼働率	45%	0%		28%	
(10) 現在の販売価格 (円)	507	636		2,543	
(11) 売上高	25,459	0	25,459	64,221	89,680
(12) 製造原価 (百万円)					
(13) ウェハー当り変動費 (千円)	14	14		20	
(14) 変動費	2,197	0	2,197	1,989	4,186
(15) 活動能力費 (固定費)	3,531	0	3,531	2,685	6,216
(16) 拘束能力費 (固定費)	7,500	0	7,500	20,000	27,500
(17) 製造原価合計	13,227	0	13,227	24,674	37,901
(18) 粗利益	12,232	0	12,232	39,547	51,779
(19) 販管費	30,605	0	30,605	19,395	50,000
(20) 総原価	43,832	0	43,832	44,069	87,901
(21) 事業利益	-18,373	0	- 18,373	20,151	1,779
(22) 製品原価					
(23) チップ販売単価	507	636		2,543	
(24) チップ総原価	873	0		1,745	
(25) チップ利益	- 366	636		798	
(26) Mビット原価					
(27) Mビット販売単価	507	159		159	
(28) Mビット総原価	873	0		109	
(29) Mビット利益	- 366	0		50	

5.3 収益構造の変化

さて、製品戦略の観点から新ラインの収益性を検討してみよう。図4に示したとおり、仮に新ラインを増設しないで現行ラインで生産を継続したとすると、製品の価格競争力はどうなるであろうか。製品Bのビット原価は、現行ラインでフル生産することによって157円まで低減する。しかし、現行ラインは既にフル操業状態であるため、単位当たり固定費は逡減しきっており、歩留りの大幅な改善を期待できない限り、これ以上の原価低減は困難である。

一方、製品Cの新ラインを導入した場合は、表3に示したように、素子を微細化すると製造工程が長くなるのでロット生産時間は250時間から300時間に増えるものの、ウェハー当たり4倍弱のビット数を生産することができるようになる。すなわち、設備の生産性は現行ラインと比較して実質的には約3.2倍に高まったことになる。販売単価を引き下げて販売需要を増加させたとしても、生産キャパシティに余力が生じているため、その程度の生産数の増加には十分対応できるはずである。

表6の計算結果から、第1期にビット販売単価を平均27%引き下げるとビット需要は68%も増加するにもかかわらず、新ラインの稼働率は28%に留まり、十分な生産キャパシティを保有していることがわかる。すなわち、第2期以降もビット販売単価を大幅に引き下げ、強い機能飢餓のもとで販売需要が大幅に増加したとしても、新ラインの場合は増産が可能であり、スケール・メリットによってビット当りの固定費負担額が大幅に減少し、稼働率が100%になる第4期までは原価低減を一層進めることができるわけである。

表8は、新ラインを導入した場合の収益構造の変化をみたものである。前述の価格弾力性のもとで、年度の事業利益が最大になるように非線形計画法を用いて価格を改訂していくと、製品B/Cのビット販売単価[(16)行目]は、現在の219円から5年後には72円まで低下することになる。一方、販売需要[(6)行目]は、240兆ビットから1,422兆ビットに増加し、約6倍の成長を遂げることになる。このような需要を満たすために、生産設備を16Mビットの製品Cに切り替えることで、ビット原価[(20)行目]は、翌年は164円から109円に低下し、第5年度には43円まで低下するのである。

このような収益構造の変化の観点から製品戦略を捉えるならば、現行ラインのまま生産を続けたのでは、他社との競争に負けることになるのは明らかである。現行ラインでは、DRAMのビット原価は157円以下には低減しないため、主力製品のDRAMを157円以下のビット販売単価で販売し続けることは長期的には不可能である。しかし、新ラインを導入した場合、ビット原価は第5年度には43円まで低減し続ける。このコスト差は、前者の競争力を喪失させるのに十分であると判断できる。

半導体産業の成功要因を振り返ってみると、素子の微細化を推進することがいかに戦略的な成功要因として重要であるか改めて理解することができる。特に **DRAM** の場合は、製品に機能的な差別性が少なく、コスト優位性が競争力の源泉であると言っても過言ではないため、素子の微細化と販売価格の引き下げをタイミング良く行うことが競争優位を持続する上で著しく重要であることを導出できたわけである。

表 8. 新ラインを導入した場合の収益構造

	第0年度	第1年度	第2年度	第3年度	第4年度	第5年度
(1) 対前年度価格変化率						
(2) 製品A	0%	- 6%	- 5%	- 5%	- 4%	0%
(3) 製品B/C	0%	- 27%	- 26%	- 25%	- 14%	- 4%
(4) 販売需要 (10億ビット)						
(5) 製品A	46,000	50,213	54,294	58,182	61,828	61,828
(6) 製品B/C	240,000	404,139	670,478	1,090,507	1,464,842	1,623,087
(7) 生産数量 (10億ビット)						
(8) 製品A	46,000	50,213	54,294	58,182	61,828	61,828
(9) 製品B	240,000	0	0	0	42,442	200,687
(10) 製品C	0	404,139	670,478	1,090,507	1,422,400	1,422,400
(11) 設備稼働率						
(12) 現行ライン	95%	45%	48%	52%	65%	100%
(13) 新ライン	0%	28%	47%	77%	100%	100%
(14) Mビット販売単価 (円)						
(15) 製品A	540	507	480	457	438	438
(16) 製品B/C	219	159	117	88	76	72
(17) Mビット総原価 (円)						
(18) 製品A	657	873	719	590	489	404
(19) 製品B	164	0	0	0	122	101
(20) 製品C	0	109	78	57	47	43
(21) 事業利益 (百万円)						
(22) 現行製品 (A + B)	7,749	- 18,373	- 13,006	- 7,762	- 5,134	- 3,693
(23) 製品C	0	20,151	26,054	33,216	40,798	41,510
(24) 合 計	7,749	1,779	13,048	25,453	35,663	37,817

5.4 設備投資の経済性分析

素子の微細化の進んだ製品Cのために新ラインを導入することの経済性を評価する。仮に前述の方法で中長期的な利益を最大にする方策をとったとしても、相当な設備投資を必要とするため、投資の経済性を評価する必要がある。

投資の経済性を評価するには、追加投資に対するリターンとしてのキャッシュフロー増分の現在価値を比較すればよい。例えば、新ラインの導入によって、追加の設備投資が発生する。新ライン導入後に製品Cを生産すると、投資に対するリターンとして、製品Cの販売収益を得ることができる。その一方で、製品Bの生産を打ち切るとすると、現行ラインによって生産する製品Bの販売収益が減少する。このような収益費用の変化をキャッシュフローで捉えるわけである。

表9. 新ライン増設の経済性の分析

◆現状維持の場合

(百万円)

	第0年度	第1年度	第2年度	第3年度	第4年度	第5年度
(1) 事業利益		- 3,566	- 14,539	- 22,335	- 25,280	- 26,378
(2) 投資コスト		3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
(3) 営業稼得資金		- 566	- 11,539	- 19,335	- 22,280	- 23,378
(4) 投 資						
(5) 営業キャッシュフロー	0	- 566	- 11,539	- 19,335	- 22,280	- 23,378

◆新ラインを増設した場合

(百万円)

	第0年度	第1年度	第2年度	第3年度	第4年度	第5年度
(6) 事業利益		1,779	13,048	25,453	35,663	37,817
(7) 投資コスト		15,600	15,600	15,600	15,600	15,600
(8) 営業稼得資金		17,379	28,648	41,053	51,263	53,417
(9) 投 資	70,000					
(10) 営業キャッシュフロー	-70,000	17,379	28,648	41,053	51,263	53,417
(11) 営業キャッシュフロー差額	-70,000	17,945	40,187	60,388	73,544	76,794
(12) 正味現在価格	111,646					
(13) IRR	52%					

表9は、経済性分析の結果である。まず、販売収益を予測するために、中長期的な製品戦略シナリオを考える必要がある。現行ラインの稼働率はすでに95%に達しており、これ以上の原価低減は不可能である。一方、競合他社が製品Cと同等製品の販売を開始するならば、販売数量を拡大するためにビット販売単価を引き下げてくることが予想され、自

社も同様の価格で追随せざるを得なくなるであろう。

したがって、そのような状況下で、現行ラインから得られるであろうキャッシュフローに対して新ラインを導入した場合に得られるであろうキャッシュフローとの差額がキャッシュフローの増分[(12)行目]であり、その現在価値が投資に見合うものであるかどうかを評価すればよい。もし採算が合えば、投資を行ったほうがよいわけである。

新ラインを導入した場合の販売価格としては、表8に示した非線形計画法の計算結果に基づく価格を用いることにする。新ラインを導入しない場合の収入の推移は、既存ラインがフル操業時に生産できる生産数量に年度の販売価格予測をかけることで算出できる。販売価格予測は、[表8(16)行目]に示したとおり、競合他社が新ラインを導入した場合の予測値である。新ラインを導入した場合の事業利益は[表8(24)行目]に示したとおりである

注6

新ラインの投資額は、線幅が0.5ミクロンの微細加工技術を使い、8インチウエハーで月産2万5千枚の生産能力を持たせるにはおおよそ700億円程度の設備投資が必要になるとする。投資額に対するリターンの増分の正味現在価値を求めると111,646百万円[表8(13)行目]となり、投資を行ったほうがよいことがわかる。

5.6 生産性向上のための不採算製品の峻別

生産設備の投資効率の向上に貢献しない採算性の低い製品を生産し続けることは、生産キャパシティを浪費していることになる。したがって、そのような製品は廃止して他の有望な新製品のために生産能力を割り当てるためにも、不採算製品を峻別することが重要である。本稿の採算管理システムは、非線形計画法を用いてプロダクト・ミックスを算出するため、不採算製品の峻別を自動的に行うことができる。そこで、前節の数値例におけるプロダクト・ミックスの計算結果を具体的に考察してみよう。

プロダクト・ミックスの計算結果は、表8に示した通りである。製品Cの導入にともない、DRAMの生産は、製品Bの生産を打ち切り、新ラインにおいて製品Cだけの生産にシフトすることになる。しかし、第4年度には、新ラインの稼働率がフルになるのに伴い、旧ラインの余剰能力を利用して製品Bの生産を再開する。また、製品Aは全部原価計算では赤字製品であるが生産を継続する。

採算性の観点から考察すると、生産能力に余力があるならば、製品の限界利益（販売価格から変動費を差し引いた値）がプラスであれば、短期的には生産した方が利益が増える

注6 投資経済性の妥当性をさらに厳密に評価するには、営業規模が拡大することによって正味運転資本が増加するので、その増分を投資として考慮する必要がある。また、評価すべき代替案の一つとして、現行設備の生産能力を単純に増加する場合との比較を行うことも有意義である。

し、中長期的には「貢献利益」（限界利益から活動能力費を差し引いた値）がプラスであれば生産し続けた方が利益が増える。製品Bの生産を直ちに打ち切るのは、製品Bよりも微細化の進んだ製品Cの新ラインで生産販売する方が限界利益が大きくより多くの事業利益が得られるためである。したがって、新ラインの生産キャパシティがフルになる第4年度までは、新ラインを優先して活用するのである。しかし、第4年度以降は、新ラインの稼働率がフルになるので、旧ラインで製品Bの生産を再開することになる[表8(9)行目]。製品Bの生産を再開する理由は、その時点で製品Bの貢献利益が依然としてプラスであるためである。製品Aの生産数量は、第4年度までは増加させる結果になっている[表8(8)行目]が、それは、製品Bを廃止することによって現行生産ラインに製品Aを生産する余力が生じ、かつ、中長期的に製品Aの貢献利益がプラスであるためである。

期間損益の観点から考察すると、製品Cが製品Bにかわって収益の柱となる。製品Aは全部原価計算上は赤字製品であり[表4(29)行目]、新製品Cを導入した場合はその製品原価はさらに高まり[表8(18)行目]、製品Aの赤字も大きくなる[表7(29)行目]。製品Aの製品原価が高くなるのは、現行ラインで製品Bの生産を中止したために、製品Aの単位当たり固定費負担が増加したためである。拘束能力費のように製品政策を変更しても総額が変化しない固定費の占める割合が大きい場合は、政策変更によって配賦率が変わることによって、製品の採算性を歪めて見せる結果になるわけである。

多くの経営者は、現在赤字の製品を増産することに抵抗を感じるはずであり、増産した結果、その製品原価がますます高くなるとしたらなおさらである。しかし、採算管理の視点は、プロダクト・ミックスが変われば、製品の収益性も変化する点に注意を向けることであり、プロダクト・ミックスの変更に伴う中長期的な収益構造のダイナミズムを明確にすることにある。本当に問題視すべき製品は、事業利益の増加に貢献しない製品である。それは、前節で提示した採算分析を行っても「貢献利益」の増加に寄与しない製品である。そのような製品は、本当に採算性を圧迫しており、かつ、生産キャパシティを浪費している製品である。したがって、生産を廃止すべき対象と判断することができるのである。

6. 結 論

本稿は、主としてDRAMなどの汎用半導体製品の製品原価が需要の機能飢餓の下で急激に低減するメカニズムを明らかにした。さらに、半導体事業の成功要因を設定した上で、それらに立脚した製品戦略の意思決定を支援する採算管理システムの考え方を提示した。

本稿の採算管理システムは、基本戦略の代替案選定およびその製品戦略策定に資する以下の情報を提供する。

1. 中長期的な製品原価の低減傾向や収益構造のダイナミズムを把握する。
2. 戦略シナリオを作成する際の基本情報として、戦略代替案の需要動向、ビット単価の推移、期間損益の推移といった戦略パラメータのシミュレーションを行う。
3. 不採算製品の峻別を非線形計画法を用いて自動的に行う。
4. 製品別収益構造を分析するために、活動能力費と抱束能力費とを分離する。
5. 戦略代替案の中長期的なキャッシュフローを推計し、投資の経済性を評価する。
6. 期間損益の観点から、中長期的な財務指標への影響を把握する。

謝辞

本論文を作成するに当たり、管理会計研究会「業種業態別の収益構造と管理会計」の主査および会員諸氏からの有益なご助言ご指摘をいただいた。また、査読を担当された先生方からも本稿の質を高める上で有益なご助言をいただいた。ともに、心より謝意を表する。

参考文献

- [1] 伏見多美雄『経営の経済性分析—意思決定を支援する管理会計』白桃書房，1995。
- [2] Kaplan, R.S. and Atkinson, A.A. : Advanced Management Accounting, 2nd ed., Prentice-Hall, 1989 : 浅田孝幸，小倉昇監訳『キャプラン管理会計』中央経済社，1996。
- [3] 直野典彦『転換期の半導体・液晶産業』日経出版センター，1996。
- [4] 那野比古『わかりやすい半導体のはなし』日本実業出版社，1995。
- [5] プレスジャーナル『日本半導体年鑑』1992年度版，1993年度版，1994年度版，1995年度版。
- [6] 産業タイムズ『半導体産業計画総覧』1995年度版。
- [7] 最近の技術動向や企業動向などについては，日本経済新聞，日経産業新聞等の記事を参照した。

A Profitability Management System for Semiconductor Business

Hiroyuki Mita *

Abstract

Many executives in the semiconductor business frequently question whether traditional product costing information is useful for product strategy formulation, particularly in deciding "real profitability" of the products. Semiconductor product cost (full cost) would dynamically decline when a synergy effect of the two unique factors is expected; huge potential demand with high price elasticity, and micro process manufacturing technology that would reduce the chip size. Therefore, no matter how precisely the product cost is calculated, it would not be relevant to deciding the product strategy and a future profitability of the product. From a product strategy point of view, it is very important to understand the dynamics of product profitability structures and, therefore, establish management systems which provide such information.

This paper first reveals the mechanisms of how semiconductor product cost would dramatically decline with its unique characteristics. Then discussion turns toward the development of a profitability management system which supports formulation of product strategy by understanding the behavior of short-term and long-term profitability structures. The new system provides strategic decision support information including estimated changes in product costs and optimized price setting for each strategy alternative, product mix that will maximize long-term profit, and economies of the new product line investment.

Submitted March 1997.

Accepted October 1997.

*Chuo Coopers & Lybrand Consulting, Managing Associates, and Assistant Professor, Newport University.