

《LSIの微細化が止まった時のインパクト》

# もし半導体の微細化が止まったら 世界市場にどんな影響が出るのか？



㈱オムニ研究所 オムニTLOイノベーション推進本部 湯之上 隆

昨年、米Texas Instrumentsやソニーなどが、相次いで45nm世代以降の微細化を行わないことを発表した。また、最先端のArF液浸リソグラフィ装置が立ち上がりつつあるが、次世代の高屈折率の液浸開発は頓挫し、EUVLの量産適用には、技術的にも経済的にも大きな困難が予想されている。さらに、32nm世代以降を量産するためには、Cu配線抵抗の増大や微細トランジスタのばらつき問題を解決しなくてはならない。果たして半導体の微細化はどこまで続くのだろうか？ 微細化の限界は、いつ、どのように訪れるのだろうか？ もし、半導体の微細化が止まったとしたら、どのようなインパクトがあるのか、本稿では、世界人口予測などのマクロ的視点から、微細化が止まった場合のインパクトを論じる。

## 新たなビジネス対象国はBRICsに

世界の人口は、2001年の60億人から2050年には85億人に達すると予測されている。その人口増大をもたらす主要地域は、アジアである（図1）。また21世紀後半からアフリカの人口が急増することが予測されている。すなわち、21世紀前半はアジアの時代であり、21世紀後半はアフリカの時代であると言える。

この世界の人口分布において、米国、日本および欧州など先進国と呼ばれている国の総人口は約10億人であり、21世紀以降もその数はあまり変わらない（図2）。

半導体を含むエレクトロニクス産業について考

えてみると、21世紀以前は、先進国10億人をビジネス対象にしていれば良かった。ところが、21世紀以降、発展途上国における経済的富裕層が急拡大し始めた。その結果、21世紀以降は、半導体を含むエレクトロニクス産業のビジネス対象人口が、2倍にも3倍にも膨れ上がりつつある。この新たなビジネス対象国が、BRICsで有名になった中国やインドであることは間違いない。

## 21世紀以降の牽引車はアジアの半導体市場

世界の人口分布の状況を考慮しながら、世界半導体市場の推移を見てみよう。図3に示したように、世界半導体市場には1995年と2001年に変極点があ

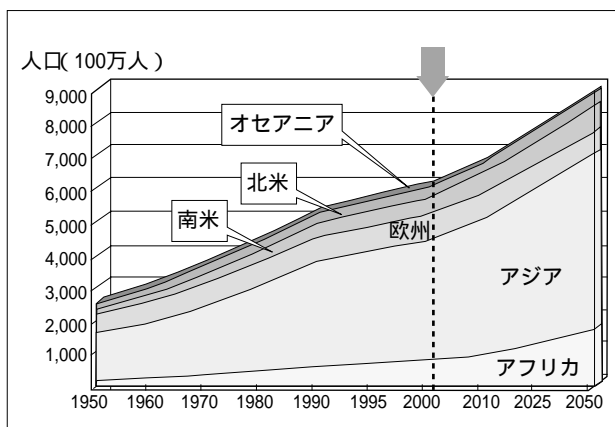


図1 21世紀前半はアジアの時代

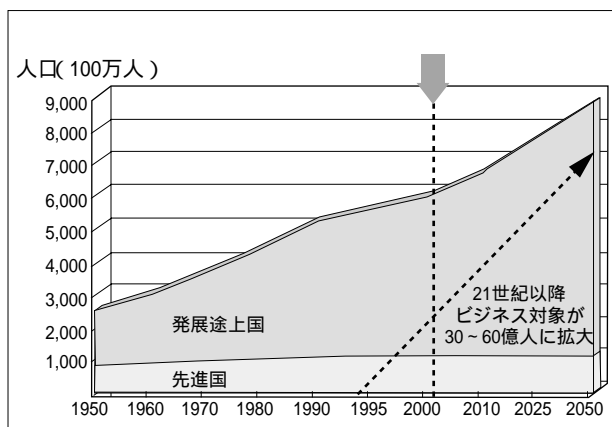


図2 21世紀以降にビジネス対象が急拡大

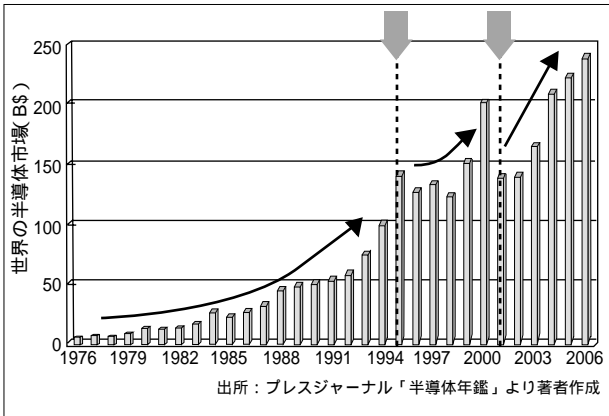


図3 世界の半導体市場の推移

ることがわかる。2001年以降は、平均成長率8%で拡大している。また、図4に示した地域別半導体市場の推移を見てみると、2001年以降、アジア市場が急拡大している。

21世紀になり、世界人口分布においてアジアが主役になった。そのアジアを中心にBRICsやVISTA諸国が経済発展を遂げつつある。その結果、1995年にいったんブレーキがかかった世界半導体市場が、21世紀以降、新たな速度で成長し始めた。その成長を牽引しているのは、まさしくアジアの半導体市場である。この潮流は今後も止まらないだろう。従って、世界半導体市場の成長は今後も続くと予測できる。

### 半導体の微細化が止まった場合のインパクト

このような状況の下、もし、半導体の微細化が止まったとしたら、どのようなインパクトがあるのだろうか？ 品種別に見たインパクト、市場規模から見たインパクト、アプリケーション別のインパクトの順に考察する。

“品種別に見たインパクト”の場合は、品種別の微細加工の線幅分布を見ると微細化の最先端を突っ走っているのは、MPUとメモリおよび一部のASICとASSPである（図5）。もし、微細化が止まった場合、MPUとメモリには、大きなインパクトがあると予想できる。すなわち、高速化、高集積化、および、低コスト化を一挙に実現する手段がなくなってしまうからだ。

米Intelがマルチコア化したプロセッサを開発し、韓国Samsung Electronics、東芝、エルピーダメモリなどが、メモリの積層化を手掛け、ザイキューブが提唱した3次元実装技術が多方面で検討されている。これは、現時点ですでに、微細化の限界が見

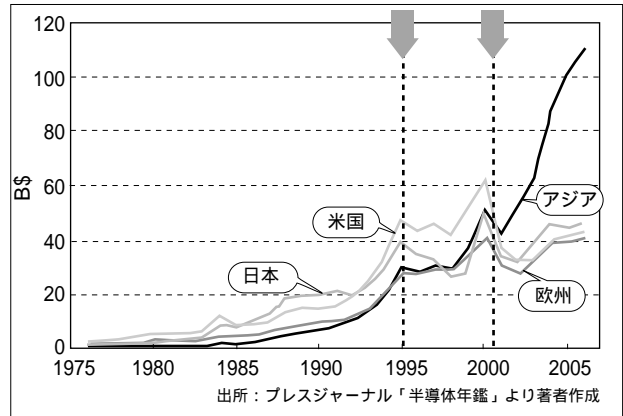


図4 地域別半導体市場の推移

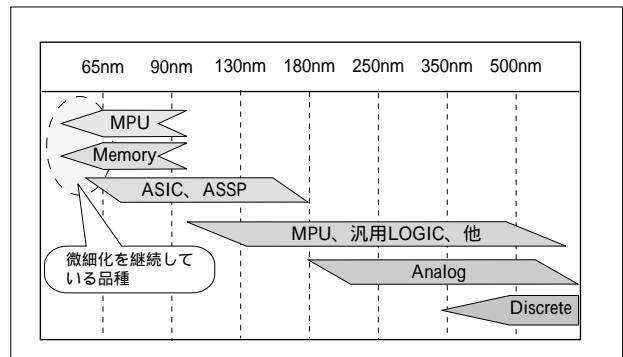


図5 品種別の線幅分布

え隠れし始めたことに原因があると言えるだろう。

一方、一部のASICやASSPを除けば、ロジック、アナログ、および、ディスクリートには、微細化が止まったことによるインパクトは、ほとんどない。これらは、すでに、品種固有の理由から、微細化する意味がなくなっているためだ。

このことは、図6に示したウェーハ消費の線幅分布を見ても明らかである。微細化が500nm、350nm、250nm...、65nmと伸展していても、すべての半導体が最先端の微細化技術を使って作られるわけではない。65nmの微細化技術が開発されても、500nm以上のデバイス～90nmのデバイスは、依然として製造され続けている。まるで、地層を重ねるように、65nmデバイスが付加的に製造されるのである。ただし、150nmデバイスおよび110nmデバイスのように、何らかの理由で、半導体市場からまったく姿を消してしまうものもある。

### 市場規模から見たインパクトは？

微細化が止まった場合、MPU、メモリ、一部のロジックにインパクトがあることがわかった。で

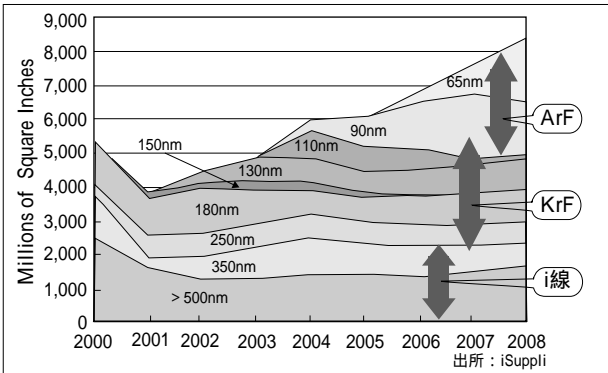


図6 ウェーハ消費の線幅分布

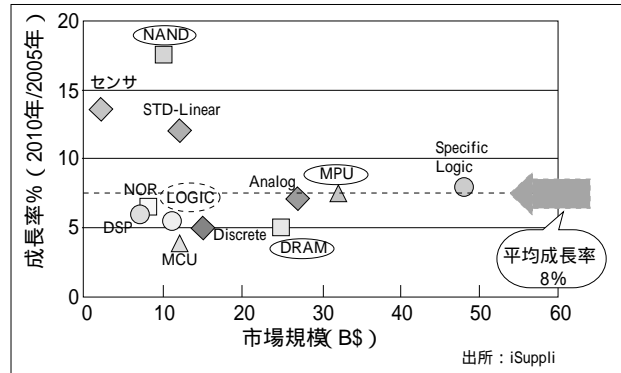


図8 品種別市場規模と成長率の予測

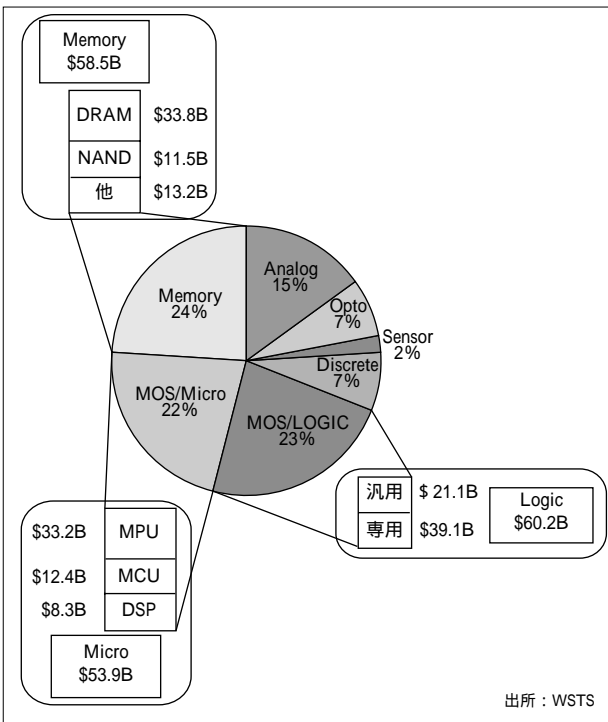


図7 半導体の金額ベース市場規模(2006年)

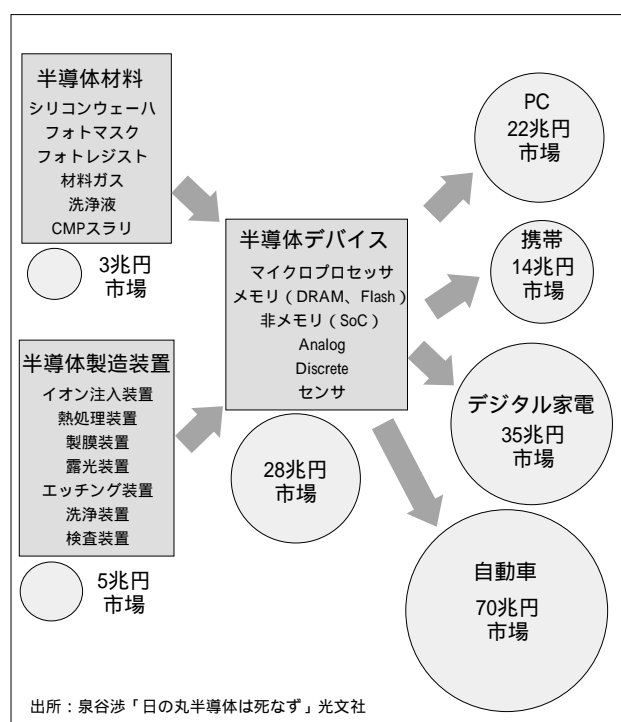


図9 IT産業の規模(2006年)

は、その市場規模はどれほどであろうか？ 品種別の売上高市場規模を見ると、微細化が止まったとしたら（実際には止まっていないが）、DRAM 338億ドル、NAND型フラッシュメモリ 115億ドル、MPU 332億ドルに影響が出る（図7）。この総和は、半導体市場全体2628億ドルの30%に相当する。これに最先端のロジックを加えて、半導体市場の約1/3に影響があると言える。逆の言い方をすれば、2/3には影響がないと言える。

ここまで、微細化が止まったと仮定した場合の考察を行った。実際には、2010年以降、Cu配線の問題により微細化のスローダウンが始まり、2013年にトランジスタのばらつき問題およびEUVLの経

済的・技術的問題により微細化が止まる可能性がある。

その時、最も大きなインパクトを受けるのは、どの品種か？ 品種別市場規模と成長率（2010年/2005年）の予測から、インパクトを受ける品種で、最も大きな市場規模を持つものはMPU、次いでDRAMである（図8）。

一方、最も成長率の高い品種はNAND型フラッシュメモリである。従って、微細化が止まったことにより成長が最も阻害されるのはNAND型フラッシュメモリであると言えるだろう。ただし、東芝などは、NAND型フラッシュメモリの3次元化やナノインプリントの導入などを検討しており、こ

これらのブレークスルーが成功すれば、さらなる高成長が期待できると言える。

アプリケーションから見たインパクトは？

最後に、半導体の微細化が止まった場合、PC、携帯電話、デジタル家電、自動車には、どんなインパクトがあるのかを論じる（図9）。

“PC”の場合は、22兆円市場になっており、微細化が止まることによって大きなインパクトを受けるプロセッサとDRAMが搭載されている。従って、微細化が止まれば、高速化、低消費電力化、高集積化、および、低価格化を一挙に実現する最も有力な手法が失われることになる。

しかし、Windows Vistaが発売されても、PCの買い換え需要には、あまり大きな影響がなかった。ユーザーが、PC性能に飽和感を抱いているのではないかと推測される。

一方、2006年11月に、100ドルPCが発売された。これをきっかけに、堰を切ったように、次々と、数百ドルPCが、台湾ASUSTeK、米Everex Systems、米Hewlett-Packard、台湾Acerなどから発売された。

世界の趨勢は、最先端の微細化による高性能化よりも、安価な半導体を用いた安価なPCビジネスが主流になりつつあるのではないかと推測される。

“携帯電話”の場合は、2006年時点で14兆円市場であるが、今後、最も大きな成長が期待できるアプリケーションであろう。携帯電話の設計者へのヒアリングによれば、「半導体の微細化は、携帯電話の高性能化の有力なツールである。従って、半導体の微細化が止まるのは大変深刻な問題である」という。

一方、「もし、半導体の微細化が止まるのなら、今まで携帯電話の内部で処理していた機能を、基地局で処理するようになるだろう。その場合、基地局と携帯電話の“土管”を太くする必要はある。“土管”を太くする開発は着実に進んでいるから、微細化が止まるのならそれでも構わない」という意見もあった。従って、微細化が止まるとある程度のインパクトが予想できるが、その回避手段も検討されている。

次は、“デジタル家電”について述べる。スーパー半導体Cellを搭載した「プレイステーション3」と、MEMSで形成した加速度センサを搭載した「Wii」の対決は、Wiiが勝利した。また、薄型TVなどデジタル家電は、価格下落が激しい。そのような中、2007年8月、北米のTV市場で、たった90

人のVIZIOが、50型のHD PDP-TVと、42型HD LCD-TVを、999ドル（約11万円）で発売し、シェアトップに立った。この結果、大手メーカーには、撤退や企業再編の波が押し寄せている。

金のかかる最先端の微細化を追求したデジタル家電用LSIを、今後も開発できるのか、疑問である。従って、微細化が止まっても、あまり影響はないのではないかと推測される。

“自動車”の場合は、原価に占める半導体の割合は、今後増大することが予測される。2000年時点で16%程度であったが、2010年には40%以上になるとの予測もある。トヨタ、日産、デンソー、ダイハツなどの設計者にヒアリングを行ったが、「車載用LSIは信頼性とコストが重要である。最先端の微細化は必要ない」という回答が多かった。

生き残るためには微細化神話からの脱却が必要

以上を総括する。世界の人口は増加傾向にある。その主役はアジアである。BRICsおよびVISTA諸国を中心に経済発展が進み、富裕層が拡大している。世界半導体市場は、これらに牽引され、今後もアジア市場を中心に年平均成長率7～8%で成長を続けていくだろう。たとえ半導体の微細化が止まっても、この成長に大きな影響はないと考えられる。

その理由は、半導体の微細化が止まることによってインパクトを受ける品種は、MPU、メモリ、および一部のロジックであり、半導体全体の1/3程度である。その1/3についても、マルチコア化、積層化、3次元化、他の手法による微細化などが検討されている。また、アプリケーションから見ても、PCの性能に飽和感があり、世界の趨勢は低価格PCに移行しつつある。携帯電話の演算処理は基地局で行われるようになる可能性が高い。さらに、価格下落が激しいデジタル家電、最先端の微細化を必要としない車載用半導体の事情を考慮すると、微細化が止まっても、深刻な影響はないと言える。このように考えると、今後、半導体メーカーおよび半導体製造装置メーカーが生き延びていくためには、微細化神話からの脱却が求められるのではないだろうか？ つまり、投資リスクの高い最先端の微細化から、パイの大きな市場および品種へ、上手に舵を切ったメーカーが勝者となると、筆者は予想する。

次号では、微細化の限界に関する調査研究結果を明らかにする。