

Title	アナログ半導体専業メーカーが半導体業界と共に成長するためには
Author(s)	大川, 智; 井上, 悟志
Citation	年次学術大会講演要旨集, 39: 628-632
Issue Date	2024-10-26
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10119/19498">http://hdl.handle.net/10119/19498</a>
Rights	本著作物は研究・イノベーション学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Research Policy and Innovation Management.
Description	一般講演要旨

## 2 A 2 3

アナログ半導体専門メーカーが半導体業界と共に成長するためには

○大川智（トレックス・セミコンダクター株式会社），井上悟志（東京理科大）  
8823211@ed.tus.ac.jp

### 1. はじめに

半導体の世界売上高は 2030 年に 1 兆ドルと予想されており、アナログ半導体も同様に成長すると予想されている。現在のデジタル社会において半導体 IC は欠かすことの出来ない主要製品であり、世界の人口増と合わせて半導体需要は拡大していくと予想される。現在話題となる半導体はデジタル IC である GPU やメモリ、プロセッサなどに代表されるが、アナログ IC とデジタル IC は共存状態であるため、アナログ IC が無くなることはないと考える。本稿では、半導体業界の現状を踏まえた上で、アナログ半導体専門メーカーが半導体業界の拡大とともに成長していくための条件等を考察する。

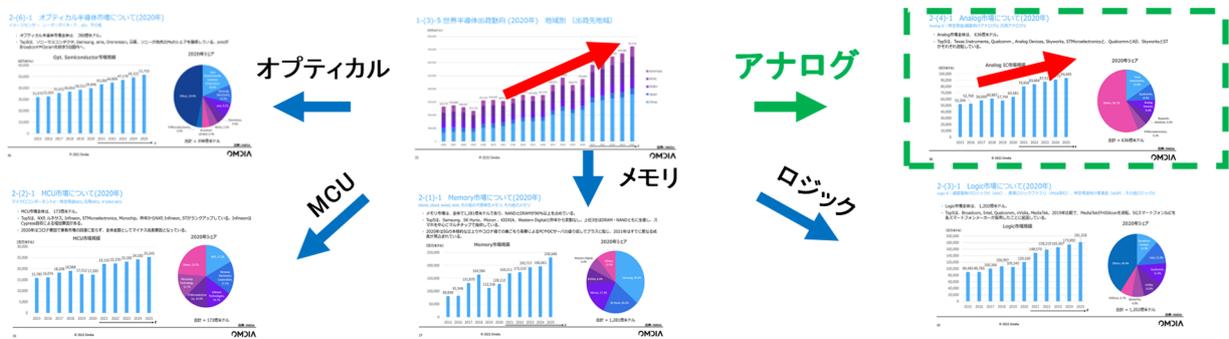


図1：半導体市場規模予測

出所：OMDIA[1]

### 2. 現状

#### 2.1 アナログ IC とデジタル IC の役割

自然界にある音や温度、光などの情報は連続的な値で変化する。アナログ IC とは連続的な値で変化する信号を扱う IC となる。一方、デジタルとは 0 と 1 の 2 進数で表現する方法である。デジタル信号は、サンプリングと量子化のプロセスによってアナログ信号を離散化し、数値的に表現する。すなわちデジタル IC とは、アナログの信号を 0 と 1 の 2 進数の非連続信号にして演算処理する IC となる。この様にアナログ IC とデジタル IC では役割は大きく異なるが、システムの中では共存関係であると言える。

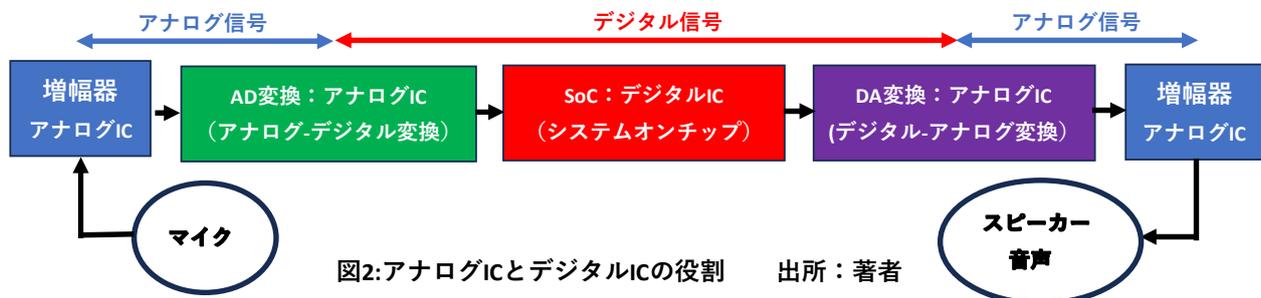


図2: アナログICとデジタルICの役割

出所：著者

#### 2.2 半導体業界

半導体製品として代表されるデジタル IC とアナログ IC では製造に求められる技術やプロセス設備が異なる。デジタル IC の代表である CPU やメモリを例にとると、プロセスの微細化が進むと同一チップサイズに搭載できる Tr (トランジスタ) を増やす事が出来るため、より高速な演算処理や、記憶可能な容量アップが可能となる。そのためデジタルメーカーに求められる技術はプロセスの微細化技術であり、

垂直統合により前工程の設備投資及びプロセスの微細化技術に力を入れている。プロセス技術の微細化が遅れば、特性面やコスト対応力で劣り淘汰される。このため CPU の市場シェアはインテルと AMD が市場のほとんどを占めている。メモリ (DRAM) も同様にサムスン、SK ハイニックス、マイクロンの 3 社で 94% シェアを占めている。それに対してアナログメーカーに求められるのはプロセスの微細化技術ではなく、回路設計技術やノウハウなどである。また、アナログ回路に必要な電圧は低くても 1.8V 程度となり、デジタル回路よりも高く、微細化することによるメリットは多くない。そのため設備投資に掛かる費用を抑えられる。したがって、アナログメーカーは回路設計技術があれば小さな会社であっても生き残ることが可能である。事実、アナログメーカーのトップシェアであるテキサス・インスツルメンツでも 19% 程度、上位 10 社のトータルでも 70% 程度のシェアにとどまる。このように、デジタルメーカーもアナログメーカーも同様に半導体業界の枠でくくられているが、業界構造やビジネスモデルなどは大きく異なる。

### 2.3 デジタル IC へのアナログ IC 集積化の加速

アナログメーカーとデジタルメーカーの業界構造やビジネスモデルは異なり、アナログ IC とデジタル IC の役割も異なることから、両者は従来棲み分けられていた。しかし、近年ではスマートフォンなどには小型で高性能、多くの機能が搭載されており、IC の集積化が加速している。集積化は微細化だけでなく、機能の集積化においても同様である。そのためデジタル IC である SoC (システムオンチップ) やマイコンなどにアナログ IC も集積化が加速している。これは IC の小型化や低コスト化のためにも必然の流れである。

## 3. 先行研究

八井田 (2005) は、アナログ IC は設計と製造プロセス技術のシナジー効果が共創優位の源泉であり、その技術障壁は高く、新規参入や競争が少ないと説明している。また八井田 (2010) では、アナログ回路用に Tr 特性を合せ込む設備が必要であるため、デジタル IC メーカーはアナログ IC を取り込むことが難しいと説明している。しかし、両研究とも古い研究で最近の技術動向を踏まえていない。

## 4. 仮説

本稿では以下の 3 つの仮説を立てた。

- ① すべてのアナログ IC がデジタル IC に取り込まれるわけではない。特性 (技術) 面や、同一ウエハ、同一 PKG への集積化にはそれぞれ参入障壁が存在する。
- ② 集積化はすべての市場やアプリケーションで進むわけではない。アプリケーションにより集積化の加速は異なる。
- ③ 将来的にチップレットや SiP (システムインパッケージ: 後工程技術) により SoC の開発はデジタル半導体 IC メーカーだけに限るわけではない。アナログ技術に強いメーカーでも SoC の開発は可能である。

## 5. 検証

### 5.1 検証内容 (3 つの視点)

本稿では、仮説に対して次の 3 つの視点から各々検証を試みた。

- ① アナログ IC がデジタル IC に取り込まれないための参入障壁が将来的 (5 年、10 年、20 年) にも障壁となり続けるのか。技術の進歩で障壁は崩れないのか。障壁の変化を過去から現在までの過程より分析し、将来的な技術進歩を加味して検証する。
- ② 集積化 (微細化や機能集積化) は、小型高性能を求めるコンシューマ向けや高品質、長寿命を求める車載・産機向けでは異なる。集積化の進む市場やアプリケーションをメリットとデメリットを加味して予測し、将来的 (5 年、10 年、20 年) にもアナログ IC がデジタル IC に集積されずに残り続けられるかを検証する。
- ③ 将来的にチップレットは普及するのか。普及することでアナログ専門メーカーがデジタル IC を取り込むことも可能であるが、初めからスマートフォン向け SoC を作成できるわけではない。それこそデジタルのノウハウも技術もない。チップレットや SiP の動向を予測しアナログ IC のノウハウが生かせる最適な分野は無いか検証する。

## 5.2 検証結果①

①について、先行研究ではアナログ回路のノウハウと技術力の参入障壁が存在するため容易にデジタル IC に取込まれないと説明している。しかしデジタルメーカーによるアナログメーカーの買収によりアナログ回路の技術力やノウハウを持った設計者も吸収されている。たとえば、マイコンに強いルネサスが、2017年にインターシル、2018年にIDT、2021年にダイアログ・セミコンダクターとアナログに強いメーカー3社を立て続けに買収している。

また、アナログ専門メーカーはアナログ IP (知的財産) コアの供給を TSMC<sup>[4]</sup>などのファンダリーメーカーに対して行っている。これにより、デジタルメーカーがアナログ IP コアの活用した設計を行うことができる。さらに、EDA ツールの進化により、技術力やノウハウなどの不足分をカバーしている。

設備に関しては、TSMC などファンダリーメーカーは最先端な微細プロセスの開発を行っているが、例えば 20 年前に最先端であった生産設備を活用し、アナログ用にカスタマイズを行っており、今現在も稼働を続けている。

熱に関してはどうか。たしかに熱を発しないアナログ IC の集積化に障壁は無い。しかし、発熱するパワー系アナログ半導体は多くの熱を発する、放熱の課題が残り限り、デジタル IC との共存が難しい。また、構造・耐圧に対しては高耐圧化には D-S 間の距離を空ける必要があり微細化との共存はデメリットとなる。構造上工程数も多くなり、工程数増は歩留り低下にもつながる。

## 5.3 検証結果②

コンシューマ向けの機器は機能の向上や小型軽量化などにより集積化は加速する。それに対して産業機器など大型な機器については、集積化は加速されないと予測される。図 3 は X 軸に集積化、Y 軸に市場規模をとり、当社の販売割合を面積で示したもので、市場分析に従来使用していたものである。一方、図 4 は集積度、使用期間、出荷数量を 3 軸にとり、かつコンシューマ、産機等を一括りにせず、より精緻に分類した新しい分析フレームワークである。これを用いれば、コンシューマ向けの機器や産業機器の集積度を横軸で表すと、集積化が進んでいる製品と進まない製品を詳細に分けることができる。出荷数量は増えるとコスト対応力を求められる。使用期間が長い製品には、長期供給を要求されることになる。従来の粗い分析と比べ、精緻な分析により細分化されターゲットエリアを絞り込みやすくなる。

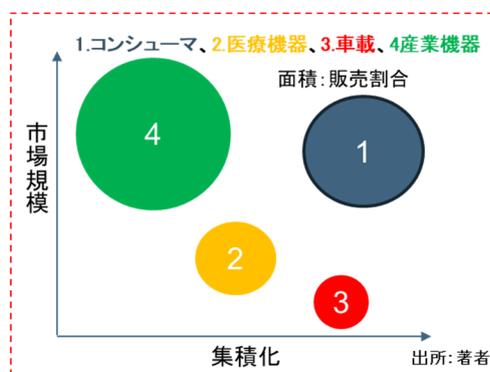


図3:従来の粗い分析

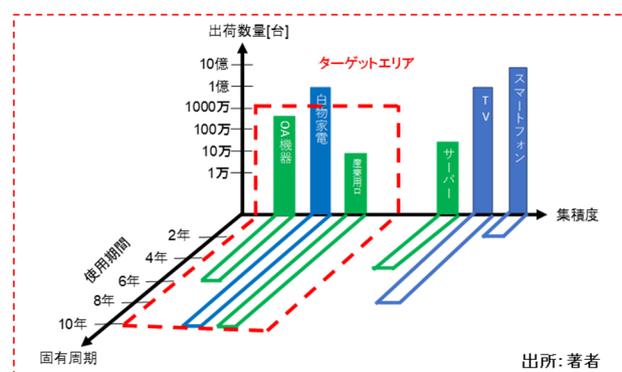


図4:3軸による精緻な分析

## 5.4 検証結果③

MCM (マルチチップモジュール) 技術は古くから存在する。ウエハの構造や世代の違うチップを同一パッケージに実装することで省スペース化や高性能を実現してきた。今後、先端プロセスの微細化はさらに加速されていくと同時に歩留りの低下も生じる。歩留り改善の新しい高性能化技術として注目されているのが「チップレット」である。不具合のない良品のチップレットだけを選別して、大規模回路を形成できるため、歩留まりの悪化というリスクを回避できる。さらに開発スピードアップが期待される。また、ムーアの法則にはすでに限界が近づいている。さらなる微細化には後工程であるアセンブリ技術の進化が必要である。2.5D/3D パッケージにより更なる集積化が実現できる。SiP (システムインパッケージ) 技術の進化も続いている。チップレットの普及と SiP 技術の進化が進めば、これらの組合せにより、SoC の開発はデジタルメーカーだけに限られることは無くなる。アナログ専門メーカーの強みを生かした SoC も開発可能となる。強みの生かせる領域として検証結果②のターゲットエリアなどが最適である。

## 6. 考察

検証結果①に対する考察として、アナログ回路にはノウハウと技術力の参入障壁が存在しているとしていたが、ルネサスによるアナログメーカーの買収により、補完的に製品ラインナップの拡充と同時に、アナログ/デジタル混載 IC（ミックスドシグナル）の強化を図っている。アナログ回路に対する技術力とノウハウを持った設計者も吸収しているため、アナログ IC 開発に対する抵抗は一切無い。また、アナログ IP コアに関してはアナログ専門メーカーがファンダリーに供給しているため、非常に特性は良い。これにより、デジタルメーカーがアナログ IP コアの活用した設計を行うことができる。ただ、デジタルメーカーがアナログ IP コアを組み込むことで容易にアナログ IC の設計ができるわけでは無く、EDA（設計支援：ソフトウェア）ツールの進化も影響している。アナログ IP コア+進化した EDA ツールにより、デジタルメーカーはアナログ IC を含んだマイコンを設計できる様になる。設備においても TSMC が保有している 20 年前の設備については、継続して稼働させている。そこにはノウハウの蓄積も存在している。以上の理由により、アナログメーカーの技術力やノウハウなどによる参入障壁は崩れつつあると言える。

熱に関しては発熱するパワー系アナログ半導体とプロセッサなど高速演算処理をする発熱するデジタル IC を 1 つに集積する場合、発熱が更なる発熱を招く熱暴走が生じる懸念が増す。そのため、発熱する IC 同士の集積化は難しい。構造・耐圧に対しても、デジタル IC は微細化にメリットがあるのに対してアナログ IC には耐圧の課題があるため微細化は難しい。同一チップへの集積化には逆に工程数の増加による低歩留りなどの懸念も生じる。したがって、熱や耐圧・構造に対しては引き続き参入障壁は残ると言える。

検証結果②に対する考察として、新しい分析フレームワークを用いることで、コンシューマ向けの機器や産業機器の集積度を横軸で表すと、厳密にはコンシューマ機器の中でも集積化が進まない製品が存在することがわかる。また、出荷数量が増えるとコスト対応力で不利となるが、使用期間を長く取ると長期供給を要求されることになり、短期で性能向上が期待されるデジタル IC と差別化することが可能となることが示唆される。精緻な分析により各メーカーが得意とする分野を細分化し、どこを攻めるかを明確にすることが可能となる。

検証結果③に対する考察として、チップレットの普及と SiP 技術の進化が進めば、アナログ専門 IC メーカーがデジタル IC を取り込むことが可能である。ただし、アナログメーカーが開発する SoC はスマートフォン向けでは無い。デジタルメーカーがメインで開発している SoC と対抗するにはノウハウも技術力も不足する。アナログ専門のノウハウや技術力を生かせる分野が存在すると考えており、2 つ目の検証で得たターゲットエリアなどを参照して適切な領域を選択することが重要である。

## 7. まとめ

アナログ半導体専門メーカーが生き残るためには、アナログ回路技術やプロセス技術、それぞれのノウハウを生かすことは非常に重要であるが、それだけでは市場が右肩上がりでも、共に成長することは難しいと考える。それは、デジタル IC にアナログ機能が取り込まれることでアナログ IC の市場をデジタル IC に奪われるためである。そのため、自社の強みを生かしたターゲットエリアを明確にすることが重要である。それは短期的では無く、中長期的にも強みを残すことが非常に重要である。ただし、市場を絞りすぎることによってニッチ戦略にしすぎると現状維持となり、成長が難しくなる。そのため、守りだけでは無く攻めの戦略も必要である。では、攻めの戦略としてアナログ半導体メーカーがデジタル IC を開発することには技術力もノウハウも無い。蓄積には多くのリソースと時間を要することになるため容易では無い。ただし、今後普及すると予測されるチップレットであれば、マイコンや SoC を開発するのはデジタルメーカーに限らなくなる。中長期的戦略にチップレットに対する技術開発を取り込むことで半導体業界と共に成長するための 1 つの戦略と考えられる。

## 8. 今後の課題

検証①に対して熱に対しては熱暴走により参入障壁は残るとしたが、将来技術の進歩により障壁となるか更なる分析・検証を実施する。耐圧・構造に対して同一シリコンへの集積化には参入障壁が残るが、SiP に対してはその限りではない。引き続き参入障壁となりえるのか分析・検証を実施する。

検証②に対して今回仮で引き直したターゲットエリアに対して将来的（5 年、10 年、20 年）にもアナログ IC がデジタル IC に集積されずに残り続けられるかを検証する。

検証③に対してターゲットエリアや費用対効果に対しても深掘りを実施する。また、チップレットの普及には多くの課題が残る。異種間チップ間インターフェース、サプライチェーンの構築など、課題をどの様にクリアをしていくのか検証する。

タイトルでは“アナログ半導体専門メーカーが半導体業界と共に成長するためには”としているが検証では技術的な側面が多く、業界分析が不足している。近年北米ではアナログメーカーによる統合が加速している。統合し売上シェアを伸ばすことが成長への鍵なのか、それとも他の手法が無いのか検証する必要がある。

#### 参考文献

- [1] OMDIA 令和3年度我が国におけるデータ工藤方社会に価格基盤整備
- [2] 八井田収 (2005)、「中規模半導体企業のグローバル競争戦略」、国際ビジネス研究会年報、343-359, 2005. -09-30
- [3] 八井田収 (2010)、「スペシャルティファウンドリーの競争戦略」、国際ビジネス研究、2010年2巻10号、123-138
- [4] TSMC HP [https://www.tsmc.com/japanese/dedicatedFoundry/oip/ip\\_alliance](https://www.tsmc.com/japanese/dedicatedFoundry/oip/ip_alliance)