慶應義塾大学学術情報リポジトリ
Keio Associated Repository of Academic resouces

Title	半導体ニーズ多様化の時代におけるTSMCのインテルに対する優位性
Sub Title	
Author	猶原, 由梨(Naohara, Yuri) 本多, 真菜(Honda, Mana) 谷田部, 旭(Yatabe, Asahi)
Publisher	慶應義塾大学商学会
Publication year	2022
Jtitle	三田商学研究学生論文集 No.2021 ,p.253- 273
JaLC DOI	
Abstract	半導体業界で優位を保つためには巨額投資と微細化のサイクルの継続が必要である。最先端の半導体が搭載される代表的な製品がPCだった頃，インテルはCPUに特化することでそのサイクルを回していた。だが近年，インテルは微細化に遅れ，代わりに台湾のTSMCが微細化に加えて時価総額でも台頭している。本稿ではこの背景に半導体搭載製品の多様化があると考え，両社の対応に焦点を当てる。CPUに専念してきたインテルがPCへの依存を脱却するためには他社の力を借りなければならない。この際，インテルは技術流出を嫌うため技術提携等ではなく買収がその主な手段となるが，これには大きなコストがかかる上，コストに見合う対価が得られる保証はないことから，結果として巨額投資を続けられなくなっている。一方TSMCはアライアンスによって技術力や顧客サポートを充実させ，それにより対応できる製品・顧客を増やし，巨額投資と微細化のサイクルを継続している。同社はファウンドリであるため技術流出の心配が必要なく，買収と比べて低いコストで行えるアライアンスという手段を選べるのである。このように二ーズの多様化への対応によって両社の明暗は分かれたと考えられる。
Notes	論文
Genre	Journal Article
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00113718-00002021-0253

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

三田商学研究
学生論文集
2021年度号

半導体ニーズ多様化の時代における TSMCのインテルに対する優位性[1)]

猶原由梨
本多真菜
谷田部旭

＜要　約＞

半導体業界で優位を保つためには巨額投資と微細化のサイクルの継続が必要である。最先端の半導体が搭載される代表的な製品がPCだった頃，インテルはCPUに特化することでそのサイクルを回していた。だが近年，インテルは微細化に遅れ，代わりに台湾のTSMCが微細化に加えて時価総額でも台頭している。本稿ではこの背景に半導体搭載製品の多様化があると考え，両社の対応に焦点を当てる。CPUに専念してきたインテルがPCへの依存を脱却するためには他社の力を借りなければならない。この際，インテルは技術流出を嫌うため技術提携等ではなく買収がその主な手段となるが，これには大きなコストがかかる上，コストに見合う対価が得られる保証はないことから，結果として巨額投資を続けられなくなっている。一方TSMCはアライアンスによって技術力や顧客サポートを充実させ，それにより対応できる製品・顧客を増やし，巨額投資と微細化のサイクルを継続している。同社はファウンドリであるため技術流出の心配が必要なく，買収と比べて低いコストで行えるアライアンスという手段を選べるのである。このようにニーズの多様化への対応によって両社の明暗は分かれたと考えられる。

＜キーワード＞

半導体，IDM，ファウンドリ，インテル，TSMC，巨額投資，微細化，アライアンス，ニーズの多様化，顧客サポート

[1)] 本論文の執筆にあたり，慶應義塾大学商学部日高千景教授，ならびに研究会メンバー，匿名審査員の先生から貴重なご助言を頂いた。ここに記して心より感謝申し上げたい。

1．はじめに

1968 年にロバート・ノイスとゴードン・ムーアによって創業されたインテル（Intel Corporation）は IDM（Integrated Device Manufacture）として半導体の設計から製造そして販売までを担う企業である。インテルは 1993 年以降現在に至るまで売上高世界第 1 位の半導体企業として君臨してきた[2]。しかし，2021 年 1－3 月のデスクトップパソコン型に搭載された CPU の市場シェアにおいてインテルは AMD（Advanced Micro Device, Inc.）に追い抜かれた[3]。また，半導体の微細化技術においても最先端品が 5nm 品であるのに対してインテルは 7nm と出遅れている。このように近年インテルの勢いは衰えつつある一方で，これらの背景には同じ企業が関係している。それは台湾ファウンドリ企業の TSMC（Taiwan Semiconductor Manufacturing Company, Ltd.）である。TSMC は 1987 年にモリス・チャンによって創業された半導体の製造に特化した世界初の専業ファウンドリ企業である。半導体売上高ランキングにおいて 2001 年は 15 位[4] だったが 2020 年は 3 位[5] に入るなど勢いを増してきている。さらに，TSMC は上述の AMD の CPU 製造を担っているだけでなく，業界最先端である 5nm 品の量産などインテルにとって代わる存在感を示している。現に 2021 年 11 月初めの段階での時価総額はインテルが 22 兆円であるのに対して TSMC は 59 兆円と圧倒的である[6]。

これまでインテルや TSMC の成功要因はそれぞれガワー＝クスマノ（2002）や岸本（2017）などで詳細に語られてきたが，インテルと TSMC の比較は行われてこなかった。そこで本論文では，インテルに代わって TSMC の存在感が増している理由を半導体市場の顧客ニーズへの対応という観点から論じていく。この分析を通じて，多様な顧客ニーズへの対応が現代の半導体業界で成功するために不可欠であることを明らかにできるだろう。

次に本論文の構成を示す。2 章では半導体業界の概観と歴史を確認する。3 章ではファウンドリの特徴と TSMC の強みについて先行研究のまとめを行い，明らかにされていないことを整理する。4 章では，3 章を受け「なぜ TSMC はインテルに微細化で先行するなど相対的に地位を高めることができたのか」という問いを提起する。そして，この問いに対して「TSMC のアライアンスを用いた他社との協力が，微細化と巨額投資のサイクル継続にあたってインテルよりも優位性を持つのではないか」との仮説を立てる。5 章では，インテルと TSMC のビジネスモデルを紐解きながら仮説の検証を行う。その後，半導体市場の変化について再確認し，インテルの CPU 特化戦略では近年顧客を増やしにくいこと，そして TSMC のビジネスモデルと市場ニーズとの親和性について検証する。6 章ではこれまでの論展開を

---

2) IC Insights “Tracking the TOP10 Semiconductor Sales Leaders Over 26 Year”
3) 日本経済新聞（2021/7/22）「「PC の頭脳」コスパ重視，AMD，割安 CPU で存在感，インテル搭載より 2 万円安（価格は語る）」
4) IC Insights “First Half 2002 TOP10 Semiconductor Sales Ranking”
5) IC Insights “2020F Top15 Semiconductor Sales Leader”
6) S&P CapitalQ より筆者算出（2021 年 11 月 2 日時点）。

まとめ，結論を示す。

2．半導体業界の基礎情報

(1) 半導体業界の概観

最初に半導体の生産工程について述べていく。今日の半導体生産では工程ごとに分業が行われ，設計，前工程，後工程の 3 つに大別できる[7]。設計は EDA ツール[8]を用いて半導体の設計図を作成する工程で，これは半導体の性能を決定付ける。次の前工程では，最初に設計した回路配線などをシリコンウェハと呼ばれる特殊な板の上にレーザー光で転写・現像する。その後，洗浄や不純物添加などの過程を何度も経てウェハ上にいくつもの同じ回路パターンが作り込まれ，大量のチップが造られる。そしてチップテストと呼ばれる検査が行われ，前工程が完了する。後工程では，完成したチップを切り分け薄い金属板に固定させるパッケージングを通じて所定の形状に成形される。そして最後にもう一度検査が行われ不良品が取り除かれ出荷される。

次に半導体企業の企業形態について説明する。現在の半導体企業には大きく分けて IDM，ファブレス，ファウンドリの 3 種類の形態が存在する。IDM は垂直統合型デバイスメーカーと呼ばれ，設計から後工程まで一貫して一社のみで完結させている企業である。代表例にはインテルやサムスンが挙げられる。このような企業の特徴の 1 つにターンキー・サービスと呼ばれる手厚いサポートがある。これは IDM の広域な技術力と前工程・後工程をカバーするサポート力により，顧客の目標とする製品性能とコストをスケジュール通りに達成するためのサービスである[9]。

IDM のような垂直統合型企業がある一方で，半導体製造に部分的に特化している企業がファブレスとファウンドリである。ファブレスは主に設計に特化しており，具体例としてクアルコムやメディアテックがあげられる。ファウンドリは製造の前工程に特化している企業で，主に台湾の TSMC や UMC が有名である。ファウンドリは広域な技術力と前工程・後工程をカバーするサポート力を有していないため本来は IDM のようなターンキー・サービスは提供できず COT（Customer Owned Tooling）と呼ばれるサービスを提供している。COT はファウンドリによる支援は乏しい反面，サービス価格が安く抑えられている。

次に半導体業界の特徴について述べる。半導体業界の特徴としてムーアの法則と巨額投資の必要性が挙げられる。ムーアの法則は半導体業界を理解する上で重要な法則である。これはウェハプロセスの微

---

7)　半導体の生産工程については以下を参照。岸本（2017）8，9 頁。

8)　EDA ツールとは半導体設計の際に利用されるコンピューター設計支援ツールのことで，使用することで設計の自動化が行える。

9)　木村雅秀「技術ノウハウ生かす IBM　TSMC は企業連合で挑む　ターンキーと COT の中間へ」『日経マイクロデバイス』（2003 年 2 月号），46 頁。

細化加工技術向上[10]により1つのICチップに載る素子数が18ヶ月ごとに2倍になるというものである。この微細化の進展はより細かい回路をウェハ上に書き込めることを意味しており，動作速度は向上し省電力化するため半導体の高性能化が見込まれる。また小型化によって1つのウェハから切り取れるチップ数も増大するため，低コスト化も期待できる。したがって半導体産業では微細化を通じて高性能化と製造コストの低下を達成し，売り上げと利益の拡大を図ることがビジネス発展の基本的な方向性となっている。

半導体業界は製造と研究の2つの点において巨額投資が不可欠である。まず半導体を製造するためには大量の資源と最先端の設備が不可欠である。資源面では半導体製造の前工程での半導体の洗浄や不純物添加の際に薬液，ガス，超純水などが大量に消費される。設備面では，半導体製造の各工程で使用される専門の装置は高額で，ウェハ上に回路を転写・現像する際に使用される露光装置は1台で数億円から数十億円する。特に5nm以降の最先端品を製造するためのEUV露光機は1台130億円ほどの高額装置である[11]。さらに半導体工場は埃などによって汚染されないように管理ができるクリーンルームが不可欠で，工場自体にも多額のコストがかかる。実際に2015年から2019年の5年間の設備投資の平均はTSMCが約1兆3800億円，インテルが約1兆3600億円である[12]。この投資額を一般的に巨額投資が必要とされている自動車産業と比べると，トヨタ自動車株式会社の同期間での設備投資額の平均の約1兆2900億円を凌いでいることがわかる[13]。このように半導体製造は巨額の投資が不可欠なため，新規参入企業には大きなハードルとなり，参入は困難である。

次に研究コストについてみると，半導体業界では先ほど述べたようにムーアの法則が働いており，半導体の性能向上が急速に進んでいる。このような状況下では半導体の最先端プロセスの開発競争で取り残されないことが重要で，開発費を継続的に注ぐことが必要になる。さらに，近年では微細化が物理的限界に近づいているために技術的難易度が増し，より巨額の資金が求められている[14]。

以上のような半導体業界では，巨額投資を途切れることなく進めることが生き抜くための必須条件であるとされている[15]。

(2) 半導体業界の歴史と変化

岸本（2017）は半導体業界の歴史を3つに区分している。最初の段階は半導体が登場しインテルが圧倒的な地位を確立したインテグラル型時代，2つ目の段階は設計・製造技術の向上を受け分業体制が確立された時代，そして最後は，微細化の進展によるインテグラル型時代の再来である[16]。

10) 岸本（2017）によると半導体製造ではプロセス技術の向上が微細化など性能向上につながっている。
11) 日本経済新聞（2017/12/23）「アップル争奪，半導体2強激突」
12) TSMC“2019 Business Overview”とintel“2019 Annual Report”から2021/12/6の終値で為替計算を行い算出。
13) TOYOTA“Annual Report 2019”から算出。
14) 日本経済新聞（2019/11/07）「TSMC，設備投資1.6兆円，過去最高。」
15) 岸本（2017）285頁。
16) 岸本（2017）序章，2章。

半導体は 1947 年の米国ベル研究所におけるトランジスタの発明をきっかけに始まる[17]。誕生当初の半導体は関係するハードやソフトとの依存性が高く，IDM に有利なインテグラル型アーキテクチャであった。この環境の中でインテルは半導体業界のリーダーへと成長した。メモリーメーカーとして出発したインテルはやがて PC 用 CPU へ特化し x86 アーキテクチャを軸としたビジネスを展開し，1980 年代半ばにはインテル・アーキテクチャの単独サプライヤーとなった。その結果，大量生産による規模の経済性と独占によって獲得した利益を次世代微細化の研究開発やその大量生産設備のための巨額投資に利用する体制を整え，半導体業界において圧倒的な地位を確立した。

一方，1980 年代から半導体業界には大きな変化が現れる。それは半導体業界における分業体制の登場である。EDA ツールが発達し革新的 IC の設計が容易になったことで，比較的投資が少なくてすむ設計だけを専門的に行うファブレスの設立ブームが起きたのである[18]。そしてファブレスの需要を受ける形で受託製造に特化したファウンドリが誕生したことで，半導体業界におけるファブレスーファウンドリの垂直分業体制が確立された。さらに半導体業界の標準化が進展したことで，IP プロバイダや EDA ツールベンダーといった設計のライセンシングや設計ツールを専門とする企業も登場し，半導体業界全体で専門性に特化した様々な企業が誕生することになった。

しかし，微細化が進むにつれて，IC のさらなる高集積化で設計と製造の分離が困難となり，すり合わせの必要性が高まった[19]。その結果，インテグラル型アーキテクチャと相性の良い IDM が再び有利にビジネスを進めていくだろうとの予想が示されるようになった[20]。これが冒頭で示した「インテグラル型の再来」である。この予想にしたがえば，現在の半導体業界は IDM に適した特徴を持つ環境のはずである。

ところが近年，このインテグラル型アーキテクチャへの変化は IDM であるインテルにとって追い風になるどころか，同社は次第に勢いを無くし始める[21]。では，インテルが圧倒的な地位を確立した時代と何が異なるのだろうか。それは市場ニーズの変化である。これまで半導体の需要の大半を PC が占めていた[22]。しかし，スマートフォンの登場によってその状況は大きく変わる。実際に，2019 年の世界での出荷数は PC の 2.73 億台に対してスマートフォンは 16.3 億台と圧倒的な市場規模となっている[23]。PC とスマートフォンでは半導体に求められる性能が異なるため，PC 用 CPU へ特化した IDM のインテルにとっては痛手であった。一方で，後述するように TSMC は最先端半導体の量産技術を引き受ける形でノウハウの蓄積を進め，その存在感を増している[24]。

---

17) 日本経済新聞（2007/1/8）「還暦を迎えた半導体　新陳代謝が成長を促す」
18) 岸本（2017）10 頁。
19) 岸本（2014）23 頁。
20) 同上。
21) 日本経済新聞（2021/07/28）「米半導体，復権へ総力戦，インテル，クアルコムから生産受託。」
22) 岸本（2017）によれば 1990 年代後半から 2000 年代初頭まで，台湾 IC 製造業における情報処理（PC・周辺機器）は製品応用分野全体の約 60%を占めていた。
23) 総務省　情報通信白書　平成 29 年度。
24) 日本経済新聞（2021/07/28）同上。

3. 先行研究の紹介

現在の半導体業界において，ファウンドリの役割とその存在感は大きなものとなっている。本章では，ファウンドリ・ビジネスがなぜこれほどまでに大きくなったのか，そしてその成功要因について述べた研究を取り上げる。また，ファウンドリの中でも圧倒的な立場を築いている TSMC のビジネスモデルと成功要因について分析した論文についても詳しく述べる。

(1) 先行研究

台湾ファウンドリ企業がなぜ台頭したのかを問う研究はこの 20 年間活発に行われてきた。台頭の 1 つの重要な要因として，ファウンドリ・ビジネスの拡大による顧客への設計支援を含めた包括的サービスの提供が指摘されており，これについては多くの先行研究がある。伊藤（2004）では，台湾ファウンドリ企業である TSMC の強みはシームレスで極めて大掛かりなアライアンスをくみ上げたことであるとし，上述した IP ライブラリの公開や，それに伴う設計ライブラリや知的所有権（IP）を提供する企業とのアライアンスに注目している。これに加えて，アライアンス全体の IP を積極的に顧客に提供することにより，資金やノウハウ面から開発を行うことが困難なベンチャー企業が多く顧客となり，またそのベンチャー企業から派生した企業がさらに新たな顧客とな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すことにつながった。さらに，これが適切な資源配分を叶え，TSMC の企業成長につながったとしている。加えて，TSMC による IP の公開はファブレスの持つ創造力を引き出すことにつながり，これによってイノベーションを発生させる基盤が構築されるという好循環をも作っていたとしている。

柴田・児玉（2009）においても，アライアンスに注目した研究がなされている。同論文は，TSMC の競争優位の源泉は設計支援と製造に特化し，同社グループ企業を含む社外パートナーとのバーチャルなインテグレーションによるアライアンス[25]を行ったことにあると指摘している。半導体製造で圧倒的なシェアを持つ TSMC に誘引されたファブレス，デザインハウス，IP ベンダー，製造装置メーカーなど最先端 LSI の実現に必要な要素技術を有する企業は積極的に同社とパートナーシップを結ぶ。このパートナーシップを通して TSMC は他社のコア技術を獲得し，これが同社の競争力のさらなる向上につながるとされている。

また，荘（2010）では，ファウンドリ生産におけるビジネスモデルについて詳しく分析がなされている。そこではビジネスモデルの特徴として，設計と製造のインターフェイス管理（設計サービス），情報

[25] アライアンスの具体的な内容としては，マスク製造，試験・パッケージング・検査の各工程を TSMC のグループ会社や社外のパートナー企業が担当することがあげられている。TSMC は各工程に携わる企業間の調整業務を代行する。

技術によるシステムの整合，アライアンスによるサービス補完の 3 つが指摘されている。

岸本（2017）はこれら多くの先行研究の知見のみならず数多くの企業の現地調査を通じて，台湾におけるファウンドリ・ビジネスの変遷を明らかにした極めて重要な研究であり，TSMC の成長の経緯についても詳しく紹介されている。それによれば TSMC は，1990 年代半ばまでは専業ファウンドリの低コストと専業という利点を生かし，競合企業がない環境の中で成長を続けていた。しかし台湾初の IDM として 1980 年に設立された UMC[26] が 1995 年に専業ファウンドリに転換したことで，ファウンドリ 2 社間での競争が始まった。両社は規模の経済に基づくコスト優位性を競い，生産能力の拡充と積極的受注への動きを加速させた。

また，ウェハプロセスでも変化が見られた。当初の台湾半導体企業の戦略は，先進企業よりも 1 世代前のプロセスで安く作るというものであったが，その後，技術を自力開発する方向に転換したことで，1999 年以降技術面で急速に先進企業に追いついた。このころから，コスト優位性にのみ頼るのではなく，積極的に先端プロセス技術を開発し，その技術を量産ラインに導入するという戦略に移行したのである。これに加えて，ロジック IC のほかにミックスド・シグナル[27]，DRAM，SRAM，フラッシュメモリ，高周波などの各種プロセス技術の開発を行い，顧客の様々なニーズに対応できる幅広い技術基盤の構築に取り組んだ。

2000 年代前後から，プロセス微細化がこれ以上進めばデザインルールを明確に定義することが困難になる可能性が指摘されはじめた。IC の高集積化がさらに進むことで，設計と製造の分離が困難になり，インテグラル型アーキテクチャと相性がいいとされる IDM に再び有利な状況になり，ファウンドリは不利になるとの予想が示されるようになった。この事態への対策として TSMC がとった戦略が，ファウンドリ・ビジネスの拡大である。

また岸本（2017）は，TSMC がファウンドリ・ビジネス拡大のために行った戦略として以下の 4 点をあげている。1 つ目は顧客の IC 設計を支援するための IP[28] の整備を推進した点である。この一環として，自社製造プロセス対応の IP の組織化を行い，また品質を顧客に保証する仕組みを整備した。IP 検証の効率化を図る「CyberShuttle」や世界中の多数の IP プロバイダとのパートナーシップである「IP Alliance」の結成がその例である。2 つ目は TSMC のプロセスに対応した EDA ツールベンダーの拡充とデザインルールの標準化である。TSMC はこれをかなえるために大手 EDA ツールベンダーとパートナーシップを構築した。また，デザインルール[29] の標準化のために各配線やデバイス構造の標準仕様を準備し公開に踏み切った。3 つ目は「eFoundry」[30] の導入である。これによって，顧客側の技術者とファ

[26] UMC 企業 HP（https://www.umc.com/ja-JP/StaticPage/about_overview）
[27] ミックスド・シグナルはシステム LSI を製造する上で必要とされる。
[28] IP とは IC チップを分割した機能モジュールを指す（岸本，2014 を参照）。
[29] デザインルールとは，設計時に守るべき基本規則であり，素子や配線の最小寸法を示す。半導体においては，ウェハ上に形成させる各種パターンの寸法やパターン同士の隣接関係や間隔に対する制約がこれに当たる（岸本，2014 を参照）。
[30] 「eFoundry」とは，顧客がリアルタイムで製造作業の進捗状況を確認できるウェブベースの製造追跡システムである（岸本，2014 を参照）。

ウンドリ側の技術者間での打ち合わせ時間の大幅短縮と，人為的なレイアウト・ミスの減少が実現された。4 つ目に，別会社が請け負う後工程までをインターネットで管理できるサービスを導入した。このサービスによって，TSMC が顧客と後工程企業を仲介し，顧客は TSMC を通して各種サービスを一括で受けられるようになった。

以上に加えて岸本（2017）第 6 章では，ファウンドリ・ビジネスにおける成功要因と企業間格差拡大の背景として「正の循環」を指摘している。すなわち，顧客の支持獲得による市場シェア拡大が収益確保と株価上昇につながり，またこれによって大規模・継続的な投資や優秀な人材の確保が可能となる。投資と人材確保は，最先端プロセス技術の開発と生産能力増強（および歩留まり改善）を叶え，最先端プロセス技術の開発[31]と量産を叶えた TSMC にはさらに顧客の支持が集まる。これが「正の循環」であり，この循環をいち早く途切れることなく回転させることが半導体業界で勝ち抜くための要因であるとされている。

（2）TSMC とインテルのビジネスモデルの違いについて

2 章で述べた通り，半導体が誕生した当初は関係するハードやソフトとの依存性が高く，インテグラル型アーキテクチャが求められる中でインテルは業界のリーダーへと成長した。大量生産による規模の経済性と独占によって獲得した利益を微細化の研究開発や設備への巨額投資に利用し，圧倒的な地位を確立したのである。しかし現在は半導体企業に重要な微細化という点で TSMC が台頭し，同社の存在感は増すばかりである。上で紹介した通り，TSMC のビジネスモデルや成功要因に関する研究は少なくない。その一方で，半導体業界のリーダー企業であったインテルがなぜ現在 TSMC に微細化で劣る結果となっているのかについては明らかにされていない。また両社に関して，それぞれ IDM とファウンドリであるということを超えてビジネスモデルの違いに踏み込んだ研究は行われていない。

4．本論文の問いと仮説

（1）顧客ニーズの多様化と両社の対応

以上から本論文では，今日の半導体業界において，なぜ TSMC はインテルに微細化で先行するなど相対的に地位を高めることができたのかという点について明らかにすることを試みる。ここであらためて今日の半導体業界について考えると，半導体の末端市場が多様化したことで，以前よりも顧客のニーズが幅広くなっているという現状がある。しかしながら，この半導体業界における顧客のニーズの変化という観点から両社の格差の原因について考察した研究は見受けられない。そこで本論文では，ニーズが多様化し，以前とは変化しつつある半導体市場への両社の対応という面から分析を行いたい。

31) チップの性能向上，チップの単価低減（コストパフォーマンス向上），ウェハ単位価格の増加など。

（2）仮説

ここで以下の仮説を設定する。

「TSMC のアライアンスを用いた他社との協力が，微細化と巨額投資のサイクル継続にあたってインテルよりも優位性を持つのではないか。」

5 章にて詳述するが，かつての半導体市場において，PC 用 CPU に特化していたインテルのビジネスモデルは市場の状況と適合性が高く，それゆえ同社は半導体業界におけるリーダー企業として君臨することができた。しかし 2 章で述べたように，近年半導体のニーズは多様化している。インテルの従来のいわゆる CPU 特化型ビジネスモデルでは，顧客の幅を広げにくく，それゆえ取りこぼす顧客が多くなることが考えられる。一方 TSMC は，3 章（1）にて述べた通り，幅広い顧客を取り込むことができるビジネスモデルをとっている。TSMC が強みとしてきた他企業とのアライアンス，それによる幅広い顧客の獲得という従来からのビジネスモデルが，ニーズの多様化した半導体市場において，より多くの顧客を取り込むことにつながっている。つまり，より多くの顧客を取り込むという面では TSMC のモデルが現在の半導体市場において有利になっている。この 2 社の，取り込む顧客の幅の違いが微細化と巨額投資のサイクルの継続に何らかの影響を与えている可能性が考えられる。

5．検証

前章では「TSMC のアライアンスを用いた他社との協力が，微細化と巨額投資のサイクル継続にあたってインテルよりも優位性を持つのではないか」という仮説を提示した。本章では検証のために，この差を生む背景となる半導体業界の特徴と変化を改めて確認し，続いて先行研究の成果を参照しながらインテルと TSMC のビジネスモデルについて独自の解釈を提示し，評価を加えていく。

（1）半導体業界の特徴と変化

2 章で述べた通り，半導体業界では設計技術・製造プロセス・製造工場のいずれにも巨額投資が必要である。特に微細化の限界が近づき技術的・金銭的ハードルが高まっている近年，ムーアの法則に基づく最先端プロセス開発競争を勝ち残れている企業は少ない[32]。ファウンドリ 3 位のグローバル・ファウンドリーズ（GlobalFoundries）さえも 2018 年に 7nm 以降の開発から撤退することを表明し，現在 7nm 品の量産が可能なのは TSMC とサムスン（Samsung Electronics Co., Ltd.）のみとなっている[33]。

近年では市場の求める半導体が変化・多様化している。スマートフォンが登場する 2007 年頃までは

[32] 岸本（2017），206 頁。

[33] グローバルファウンドリーズ　プレスリリース（2018/8/27）（https://gf.com/press-release/globalfoundries-reshapes-technology-portfolio-intensify-focus-growing-demand）；日本経済新聞（2020/7/28）「台湾 TSMC ストップ高，インテル，先端半導体の量産遅れで。」

最先端プロセス半導体が使われる最も代表的な製品はPCで，PCには複雑な出入力を繰り返す働きを得意とする専用のCPUが必須であった。ところが近年，世界では半導体を搭載する機器が大幅に増加し，最先端半導体の最大の市場はスマートフォンへと移り変わった[34]。スマートフォン用ロジックICにおいて重視される性能は省電力化・動作速度向上であり[35]，PC用CPUに求められるものとは異なる[36]。このように最先端品だけ見ても半導体に求められる性能が多様化してきていると言える。

また，このトレンドが半導体回路幅の微細化の重要度を更に高めている。前述の処理速度の向上や省電力化は多くの先端品で求められる性能であるが，その実現には微細化が必須となる。以上より，微細化は現在半導体の性能上最も重要な付加価値の源泉であり，半導体企業にとっては微細化で最先端に立つことが競争優位の獲得に必須の条件となっていると言うことができる。

このような巨額投資の必要性，ニーズの多様化，微細化の重要性増大といった半導体業界の特徴と変化が，以下で検証するTSMCのインテルに対する優位獲得の背景となっている。

(2) インテルの盛衰

1) 先行研究から見るインテルのビジネスモデル

まず，インテルが近年までどのようなビジネスモデルで半導体業界のリーダーとして君臨していたのかを先行研究から確認する。

インテルのビジネスモデルの広く知られる特徴として，PC用CPUへの特化，さらに自社製品との互換性を維持したx86アーキテクチャで他社の参入を許さない独占戦略，そして世代交代ペースのコントロールがある。インテルのCPUはx86アーキテクチャを軸とした自社製品との互換性があることを強みとし，1984年時点で同アーキテクチャのCPUは59%のシェアを占めていた[37]。だが，メモリ・CPUともにセカンド・ソーシングによる他社製品のシェアも多く，インテルの業績は不振だった[38]。そこでインテルはまず1985年，日本電気などセカンドソーサーの力が特に強かったメモリ事業[39]から撤退し，CPU事業に経営資源を集中させる決定を下した[40]。さらに1987年の「i386」以降セカンド・ソーシングを完全にやめ，x86アーキテクチャの単独サプライヤーとなった[41]。

この1987年以降，インテルの設備投資費は大幅増加に転じた[42]。単独のサプライヤーとなったこと

---

34) 総務省 平成29年度情報通信白書 第1部 第3節IoT化する情報通信産業 (6) 端末 (https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h29/html/nc133360.html)

35) インテル公式HP インテル・ミュージアム「マイクロプロセッサーを支えるインテルのテクノロジー」(https://www.intel.co.jp/content/www/jp/ja/innovation/processor.html)

36) 日本経済新聞 (2018/10/13)「インテル株覆う2つの影，CPUに逆風，微細化も遅れ，日本企業に影響も」

37) バーゲルマン (2006)，183頁。

38) 同上。

39) 軽部 (1998)，18頁。

40) インテル公式HP「インテルのあゆみ」https://www.intel.co.jp/content/www/jp/ja/company-overview/history-pdf.html，7頁。

41) 軽部 (1998)，12頁。

42) インテル“1987 Intel Annual Report” (https://www.intel.com/content/www/us/en/history/history-1987-annual-report.html)

で自社のみで大量生産を行うことが必要となり，これまでにない巨額投資を要するようになったためだと考えられている[43]。このとき，前世代までの CPU で独占的に得られた利益が，次世代微細化の研究開発やその大量生産設備のための巨額投資に利用されている。そして次世代製品がまた莫大な利益を呼び，再び巨額投資を可能にする。インテルでは巨額投資と大量生産・微細化のサイクルが成立したと見ることができる。

さらにインテルはこのサイクルを滞らせない努力も欠かさなかった。PC メーカーに次世代 CPU の導入を積極的に促すためのマーケティング活動を展開した[44]ほか，1991 年にインテル・アーキテクチャ研究所を設立し PCI バスや USB 規格の開発を主導することで最終製品 PC の進化速度までもマネジメントし，世代交代を自社のペースで進めてきた[45]。

これらの CPU 特化戦略とペースのコントロールによって，インテルは少なくとも 2014 年の 14nm プロセスまでは微細化技術で最先端を維持してきた[46]。それだけでなく，同社は部品メーカーでありながら PC 業界の「プラットフォーム・リーダー」，「産業の設計者」と呼ばれるまでの影響力を持つこととなった[47]。

2）インテルの凋落

以上のように CPU で独占的な利益を上げることで巨額投資と微細化のサイクルを回転させ，そのペースをコントロールしてきたインテルだが，先に見たように近年では微細化に遅れている。

本章（1）で確認したように，近年顧客ニーズが多様化したことから，PC 用 CPU に依存する状態のままこの先 PC の需要が伸び悩めばインテルは十分な利益を出せなくなってしまう。実は多角化の必要性はインテルで以前から認識されており，インテルは 1998 年から現在に至るまで，PC 用 CPU 以外の半導体に積極的に新規参入し依存脱却を試みてきた[48]。新たな半導体参入のためにインテルがとった手段は，事業・企業買収であった。2015 年にはデータセンター向け半導体参入のため，CPU よりも回路書き換えが容易な FPGA を手掛けるアメリカのアルテラ（Altera Corporation）を買収した[49]。2017 年には車載半導体参入のため自動運転技術を持つイスラエルのモービルアイ（Mobileye）を傘下に引き入

---

43) 軽部（1998），18 頁。
44) バーゲルマン（2006），145–149，192 頁。
45) ガワー＝クスマノ（2002），25–47 頁。
46) IC insights “Revenue per Wafer Rising As Demand Grows for sub-7nm IC Processes”（2021/2/20）（https://www.icinsights.com/news/bulletins/Revenue-Per-Wafer-Rising-As-Demand-Grows-For-Sub7nm-IC-Processes/）；TSMC 公式 HP「ロジックテクノロジー」（https://www.tsmc.com/japanese/dedicatedFoundry/technology/logic/l_16_12nm）；インテル公式 HP「インテル 14nm テクノロジー」（https://www.intel.co.jp/content/www/jp/ja/silicon-innovations/intel-14nm-technology.html）；ただし，企業が提供するプロセスはこれまでになく多様化しており，公正な方法でそれらを比較することは困難である。さらに各プロセス世代の派生版やハーフステップの世代が発生しているために比較ができなくなっている期間が存在する（同上より）。
47) ガワー＝クスマノ（2002），18 頁他。
48) バーゲルマン（2006），476 頁他；日本経済新聞（2018/7/13）「インテル，50 年目の試練，半導体の王 25 年ぶり転落」
49) インテル　ニュースリリース “Intel Completes Acquisition of Altera”（2015/12/28）（https://newsroom.intel.com/news-releases/intel-completes-acquisition-of-altera/#gs.hyqc8w）

れた[50]。スマートフォン用半導体にはかねてより意欲的な姿勢を示しており，自社の情報処理プロセッサー Atom を CPU としてモデムとセットで組み込んだ SoC[51] を開発するために，2011 年にドイツのインフィニオンテクノロジーズ（Infineon Technologies AG）から無線事業部門を買収した[52]。ちなみにインテルは 1997 年に DEC から ARM ベースの MPU 事業を買収しており[53]，2007 年にリリースした Atom 開発の際もそのノウハウを活用したと推測される[54]。これを含め，新規事業に参入する際には高い確率で買収を行っていた。

これらの新規事業のうちデータセンター向けへの参入は功を奏し，2020 年で 8 割を超えるシェアを保つ[55]。一方車載半導体は 2017 年に 8 位に浮上したものの，この分野は 2020 年時点で上位 5 社が 4 割強を占める構図[56]で，インテルにとって十分な収益はない[57]。スマートフォン用半導体に関しては特に赤字が続き，2016 年にインテルは上述の Atom プロセッサーを搭載するモバイルプラットフォームの開発を中止すると発表した[58]。そして 2019 年，残るモデム事業さえも Apple に売却し，インテルはスマートフォン事業から完全に撤退した[59]。「成熟期を迎えたとはいえ年 15 億台の規模で世界の隅々に普及している半導体の搭載機器はスマホのほかにない」[60] と言われるように半導体企業にとって極めて重要度の高いスマートフォン市場での失敗は，インテルにとっても痛手と言える。

まとめると，インテルは PC 市場への偏重から脱するため意欲的に買収を繰り返しながらも，データセンター向けを除きそのシェアは低く，最重要のスマートフォン用では撤退に追い込まれた。つまり近年のニーズの多様化に上手く対応できていないのである。

3）考察―凋落の理由

ここで我々は，このインテルの凋落は同社が既存製品以外の事業を苦手とするということを意味しており，その原因はビジネスモデルにあると考えた。

---

50) インテル　ニュースリリース “Intel Acquisition of Mobileye”（2017/3/13）（https://intelandmobileye.transactionannouncement.com/）

51) SoC：System-on-a-Chip。PC のマザーボードが 1 チップにまとまったような製品で，1 チップで最終製品の機能をほぼ実現できる。チップ間の配線を別に行う必要がないため小型化・高速化・省電力化の長所を持ち，スマートフォン用に適する。スマートフォンの SoC には CPU，モデム，GPU 等の機能が搭載される。

52) インテル　ニュースリリース “Intel to Acquire Infineon’s Wireless Solutions Business”（2010/10/30）（https://newsroom.intel.com/press-kits/intel-to-acquire-infineons-wireless-solutions-business-3/#gs.hyr6s3）；日本経済新聞（2019/7/26）「インテル，スマホ半導体事業に終止符　アップルに売却」

53) インテル　ニュースリリース “Digital And Intel Complete Sale Of Digital Semiconductor Manufacturing Operations”（1998/3/18）（https://newsroom.intel.com/news-releases/digital-and-intel-complete-sale-of-digital-semiconductor-manufacturing-operations/#gs.hywa17）

54) EE Times (2015/8/17) “Should Altera Worry About Intel’s M&A Record?” (https://www.eetimes.com/should-altera-worry-about-intels-ma-record/?page_number=1)

55) 日本経済新聞（2019/4/19）「インテル狭まる包囲網，5G 半導体，開発撤退，データセンター成長鈍化。」

56) 日本経済新聞（2020/2/18）「ルネサス，車載半導体でメリハリ」

57) 2020 年のインテルの Non-GAPP income 253 億ドルのうちモービルアイが担う車載半導体・自動運転分野はわずか 2 億ドルに留まる（“Intel Annual Reports 2020” https://www.intc.com/filings-reports/annual-reports）

58) EE Times (2016/4/29) “Intel to Exit Mobile SoC Business” (https://www.eetimes.com/intel-to-exit-mobile-soc-business/)

59) インテル　ニュースリリース “Intel to Exit 5G Smartphone Modem Business”（2019/4/16）（https://newsroom.intel.com/news-releases/intel-modem-statement/#gs.hz2vsb）

60) 日本経済新聞（2019/7/26）「インテル，スマホ半導体事業に終止符　アップルに売却」

まず，インテルは PC 用 CPU に特化していたためその他の半導体を作るノウハウに乏しかった。スマートフォン用 CPU でさえも PC 用とはアーキテクチャが異なるため，その他の新規事業と同様にノウハウは乏しいと考えられる[61]。インテルのスマートフォン用 CPU, Atom のアーキテクチャはこれまでインテルが PC 用 CPU で互換性の軸としてきた x86 系統（CISC）であった[62]が，現在スマートフォンで使われている他社の CPU はほぼ全て RISC であり, CISC のものは見当たらない[63]。実は CISC は 1 命令で複雑な処理が可能である特徴を持つが，その複雑さから処理の高速化は消費電力の増大なしに実現しにくいという難点がある[64]。スマートフォンでは低電圧で稼働する必要があるため CISC は元々向かず，処理速度が速く省電力の RISC が適するのである[65]。インテルも CISC での省電化に苦労し，Atom がスマートフォンに搭載された際も ARM 社設計の CPU と消費電力の面で差がついたものと考えられる[66]。

インテルが新規事業に参入する際には，先述のように欠けているノウハウを既にその分野に特化している企業ないしは事業部を買収することで補う。IDM としてのメリットを生かすため，インテルは新事業でも開発から製造まで全て自社で行う場合が多い。だが 2 章で述べたように近年では多くの半導体業界のプレイヤーが特定の工程や製品に特化しているので，インテルといえども専門性を持つ彼らに単独で挑むのは勝算が低い。よって他社との協力が必要になり，買収に踏み切ることになる。この時インテルがよりコストの少ない技術提携等の手段を取らないのは，かつて互換 CPU に苦しめられた経験から，他製品に関しても自社のアーキテクチャをブラックボックス化したいためだと考えられる[67]。しかし，技術提携と比較して買収には様々なデメリットがある。代表的なものはコストの高さと組織文化の不一致であった。オンライン・サービス事業への参入のために行った 1998 年以降数年間の買収でも，買収で加わった上級マネージャーのほとんどはインテルの組織文化に適応できず，巨大な投資を伴ったにもかかわらず彼らの多くが早々にインテルを去ったという[68]。このように，自社の設計技術を固く守ることで寡占的な地位を築いてきたインテルにとって，現在のニーズが多様化した半導体業界は，他企

---

61) 後藤弘茂の Weekly 海外ニュース「Intel が次期 Atom「Silvermont」でマイクロアーキテクチャを刷新」（https://pc.watch.impress.co.jp/docs/column/kaigai/598346.html）

62) インテル公式 HP「インテル製マイクロプロセッサーの歴史」（https://www.intel.co.jp/content/www/jp/ja/innovation/hof.html）

63) Dirk Jansen (2010), p. 180.

64) Pearson Education India (2011), pp. 97-100.

65) 同上。

66) 参考として，Apple は Mac の CPU をインテルの x86/x64 系製品から Arm アーキテクチャの自社製品に切り替えた理由を，「性能／電力の効率が悪い x86 から最適な性能／電力の得られる Arm への切り替え」だとしている。x86/x64 系であるかぎり CPU コアの性能／電力には限界があり，自由なコアの集積 SoC 設計は難しく CPU 命令の拡張も簡単には行きそうにないとされる（後藤弘茂の Weekly 海外ニュース「Apple が Arm ベースの SoC を Mac に採用する背景」https://pc.watch.impress.co.jp/docs/column/kaigai/1261696.html）。

67) バーゲルマン（2006）495 頁によれば，「将来を考えると，新しい市場セグメントでの成長のカギは，（中略）新しいパートナーと関係を築（中略）くことにあるだろう。しかしインテルは，新しいパートナーが有している業界でのリーダーシップを奪われることへの恐怖を克服しなければならない。新しいパートナーと信頼関係をどのように構築するかが課題である」といい，パートナーシップを組むハードルが高いことがうかがえる。この研究は当時インテルの CEO であったアンディ・グローブ公認であり信憑性の高いものである。

68) バーゲルマン（2006），477 頁。

業の力を借りることが勝利条件となっている点で極めてやりづらいものだと言える。

つまり，インテルの築いたビジネスモデルは特定の市場に特化するには強いモデルであるが，顧客ニーズが広がり他社との協力が迫られる現在の半導体市場においては，新規事業参入のハードルが高く顧客の幅を増やしにくい，成長しにくいモデルでもあると言える。また他企業との共同開発ができないので開発費の負担が大きい。こうして巨額投資の継続が困難となり，半導体の微細化にも遅れが出ているとみることができる。

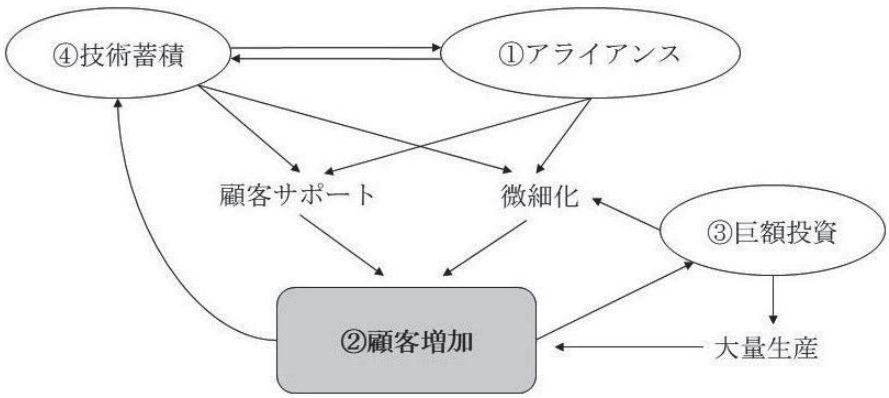
(3) TSMC の優位性

1) TSMC のビジネスモデル

TSMC も，巨額投資と微細化のサイクルの継続を目指している点ではインテルと変わらない。だが，巨額投資に繋げるための多様化した顧客ニーズへの対応，それらを可能にするための他企業との協力体制はインテルとは大きく異なる。

TSMC のビジネスモデルでは，まず他企業とのアライアンスを，顧客サポートや半導体回路幅の微細化の助けにする。それらが様々な企業の多様なニーズへの適応を可能にし，顧客の幅が増える。そして顧客から得た収益を巨額投資に，顧客の設計情報の蓄積をアライアンスの提供材料に利用し，これらが再び微細化や顧客の増加に繋がるというサイクルを形成している。これを簡略化し表したものが図 1 である。

図 1　TSMC のビジネスモデル図



岸本（2017），5・6 章を参考に筆者作成。

以下では，図に記載した番号に従い各プロセスを解説していく。

① アライアンス

3 章で見た通り，TSMC の行う多数のアライアンスは同社の成功要因の 1 つとされている。上述の

IP プロバイダと EDA ツールベンダーとのアライアンスは，IC 設計支援サービスとして顧客に提供する IP ライブラリの拡充に大きく貢献している[69]。「IP ライブラリを充実させ顧客に公開することが顧客の便宜に適い競争優位の基盤となる」[70] と言われる通り，アライアンスによって得た IP は顧客の獲得に直結する重要な財産である。また設計サービス企業との「デザインセンターアライアンス」でも参加企業が IC 設計請負や IP 開発等のサービスを顧客に提供する[71] など，アライアンスが設計のサポートに欠かせないものになっていることがわかる。

アライアンスを利用した顧客へのサポートは設計段階だけに留まらない。パッケージやテストといった後工程まで TSMC に一括で発注できる，ターンキー・サービス[72] が存在するのである[73]。実際に後工程の作業を行うのは TSMC ではなくパートナーシップ先の後工程専門企業であるが，設計技術力が不十分な企業にとっては TSMC に一括で製造を委託できるだけでも，スケジュールと品質の管理や交渉にかかる労力が低下するという大きなメリットがある[74]。このように，TSMC は IP プロバイダ，EDA ツールベンダー，設計サービス企業，後工程企業とのアライアンスにより顧客サポートを充実させ，設計能力に関係なくどのような顧客でも製造を委託できるビジネスモデルを確立している。

また一方でアライアンスは微細化にもプラスの影響を与えている。TSMC は製造装置メーカーや材料メーカーともアライアンスを組む[75]。代表例はオランダの露光機メーカー ASML で，同社が独占する最先端の EUV 露光技術は TSMC との協力によって成し得たものであるという[76]。この EUV 露光技術こそ，7nm プロセス以降の微細化に不可欠で，TSMC が莫大な対価を払い入手してきたものである[77]。製造装置をはじめとした関連技術が TSMC の技術力に追いついていなければ最先端プロセスの IC は完成しないため，TSMC はアライアンスや共同開発によってこれらの関連企業の能力を引き上げ，自らのペース通りに微細化を実現しているのである。

最後に，TSMC のアライアンス戦略にはファウンドリという企業形態も有利に働いていることも付

---

69) TSMC 公式 HP “IP Alliance”（https://www.tsmc.com/japanese/dedicatedFoundry/oip/ip_alliance）;「EDA Alliance」（https://www.tsmc.com/japanese/dedicatedFoundry/oip/eda_alliance）; 岸本（2017），154 頁。

70) 岸本（2017），154 頁。

71) TSMC 公式 HP “Design Center Alliance”（https://www.tsmc.com/japanese/dedicatedFoundry/design-center-alliance）

72) かつてターンキー・サービスは IDM の特徴であったため，TSMC の戦略はファウンドリとしては先駆的なものといえる。

73) TSMC 公式 HP “Advanced Packaging Services”（https://www.tsmc.com/japanese/dedicatedFoundry/services/advanced-packaging）

74) 岸本（2017），155 頁。

75) TSMC 公式 HP “Grand Alliance”（https://www.tsmc.com/english/dedicatedFoundry/grandAlliance）

76) 岸本（2017），163 頁。

77) 2012 年 8 月 5 日，TSMC は EUV 露光技術を含む主要な次世代半導体製造技術の開発と工業化を加速することを目的とした ASML の顧客共同投資プログラムに参加したことを発表。この契約には，ASML の株式の 5% を取得するための 8 億 3800 万ユーロの投資および ASML の研究開発プログラムに 5 年間で 2 億 7600 万ユーロを投じることが含まれる（TSMC ニュースリリース「TSMC and ASML Reach Agreement to Develop Next Generation Lithography Technologies as an Extension of Long-Term Partnership」（2012/8/5）https://pr.tsmc.com/english/news/1734）。また，TSMC は現在 1 台 130 億円の EUV 露光機を業界で最も多い所有している（日本経済新聞（2017/12/23）「アップル争奪，半導体 2 強激突」，The Korea Economic daily https://www.kedglobal.com/newsView/ked202103160001?lang=jp）。

け加えなければならない。TSMC はあくまでもファウンドリであり設計を行う企業の直接的なライバルではない。よって関連企業にとっては技術が TSMC に流出しても自社の減収につながるリスクは低いため，信頼関係を築きやすいのである。

② 顧客増加

以上で見たアライアンスで可能になった顧客サポートと微細化が，幅広い顧客の獲得に繋がっている。単に微細化を追求するのではなく，アライアンスを利用して顧客企業の設計ハードルを低くする等のサポートを行うことで，あらゆる能力・種類の企業が製造を委託できるビジネスモデルを作り上げているのである。実際に，TSMC の顧客は設計に特化したファブレスから IDM，さらに Apple などの完成品メーカーまで多岐にわたっている[78]。また，TSMC は 4 つの成長プラットフォームを「スマートフォン」「HPC」「オートモーティブ」「IoT」としており，幅広い製品向けの半導体を手掛ける方針が見て取れる[79]。半導体の種類に関してもロジック IC だけでなく各種プロセス技術の開発に取り組み，2020 年時点で 510 の顧客に 281 技術を要する 11617 種類の半導体を提供[80] するなど，幅広い技術基盤・顧客基盤を構築している[81]。

このように TSMC の顧客が増加するとライバルの IDM やファウンドリが TSMC とプロセス技術の共通化を図り，TSMC のプロセスが業界標準化する。そうすると IP プロバイダや EDA ツールベンダーなどの専門企業も同社のプロセスに対応した製品開発を行うようになり，TSMC を中心としたエコシステムが完成する[82]。これによりますます TSMC は排他的に顧客を増やすことが可能になっている。

我々は，この顧客の幅が広いという強みは近年の市場動向に適ったものであると考える。2 章他で確認したように，半導体を搭載する機器は年々増加している。特にスマートフォン用半導体は PC 用を超える大規模市場となっており，顧客獲得の鍵となる。実際にスマートフォン用半導体を手掛けるファブレスの上位 3 社 Qualcomm, Media Tek, Apple[83] は TSMC に半導体の製造を委託しているとされる[84]。

このように，TSMC ではアライアンスによって拡大する顧客ニーズに対して製品の種類面でもサー

---

78) TSMC 2016 Annual report “Operational Highlights - Customer Trust” (https://investor.tsmc.com/static/annualReports/2016/english/e_5_4.html)

79) ロイター通信（2021/7/15）「台湾 TSMC，第 2 四半期は 11%増益　半導体需要続く見通し」

80) TSMC 2020 Annual report, p. 7. (https://investor.tsmc.com/static/annualReports/2020/english/pdf/e_all.pdf)

81) 岸本（2017），153 頁。

82) 同上，207 頁。

83) Apple と TSMC は 2023 年までに Mac 用の 3 ナノメートルチップを製造する予定。iPhone も 2023 年に 3 ナノメートルのチップに移行することが見込まれており，スマートフォン市場で Apple のシリコンパフォーマンスをリードし続けている（The information “Apple’s Road Map for Mac Chips Shows Likely Advantage Over Intel” (2021/11/5) https://www.theinformation.com/articles/apples-road-map-for-mac-chips-shows-likely-advantage-over-intel?utm_source=sg&utm_medium=email&utm_campaign=article_email&utm_content=article-6530）。

84) 日本経済新聞（2014/7/17）「台湾 TSMC，独り勝ち　スマホ向け半導体で」，台湾 Digi Times などで関係者の証言などを元に報道がされている。製品ごとの TSMC に製造委託した事実は確認できないが，3 社が TSMC の Annual report で顧客として名を連ねていること，最先端のスマートフォンに必要な 5 ナノ品の量産に成功しているのは現在 TSMC のみであることから報道は妥当なものだと言える。

ビスの程度面でも隙なく応えることができる体制を整えており，時代に合った顧客の集め方を可能にしていると言える。

③　巨額投資

巨額投資が微細化を可能にすることはこれまでに確認した通りである。また，巨額投資は大量生産も可能にし，生産規模の拡大はチップのコスト低減につながる。すなわち，ひとつのラインで大量のチップを作ることでチップあたりの固定費を低減でき，生産工程の改善などによって歩留まりが向上するのである[85]。この低コスト化は更なる集客力の向上に直結する。

④　技術蓄積

顧客の増加によってもたらされるのは収益だけではない。TSMC のようなファウンドリは，顧客ファブレスから設計情報を得ることができる[86]。設計技術の蓄積は TSMC の技術力向上に直結するため，設計サービスの充実と製造プロセスの微細化双方が促進される。TSMC ほどファウンドリとしての歴史と実績がある企業は存在しない[87] ため，このような設計情報の豊富さは TSMC 独自の強みになっていると言える。また，これが他企業から見た技術提携先としての TSMC の企業価値を高め，アライアンスが促進される効果もあると考えられる[88]。

2）評価

以上からわかる TSMC の注目すべき特徴は，第 1 にニーズの多様化によって増えたあらゆる種類の顧客をターゲットとしたことである。第 2 に，幅広い顧客を取り込むために用いる手法がアライアンスだという点である。アライアンスを利用した顧客サポート事業で設計能力の低い顧客でも TSMC に依頼ができるようにし，またアライアンスによって関連企業の能力を高めることで微細化を可能にした。これらの協力体制が可能になる要因として，ライバル企業が少ないファウンドリという企業形態がある。この独自の手法によって得た広い顧客基盤があることで巨額投資と微細化が可能になり，それが循環して顧客のさらなる増加につながる。こうして TSMC は自力で安定的に微細化のためのサイクルを回せていると考えてよいだろう。

6. 結論

本稿では，現在の半導体業界において，なぜ TSMC は微細化でインテルに先行するなど相対的に地位を高めることができたのかという疑問について市場ニーズの変化という観点から検討してきた。顧客

---

85)　日本経済新聞（2021/6/18）「首位独走 TSMC の体育会系競争戦略　半導体受託製造」

86)　同上。

87)　TSMC は世界最初のファウンドリである（岸本（2017）11 頁，TSMC 公式 HP　https://www.tsmc.com/japanese/aboutTSMC/company_profile）

88)　岸本（2017），207 頁。

が多様化した現在，巨額投資と微細化のサイクル継続には，顧客の幅の拡大が必要不可欠である。検証の結果，この点において，TSMC がインテルに対し優位性を持つことがわかった。

先行研究で述べられているように，半導体業界では優位を保つために巨額投資と微細化のサイクルを継続させることが必要である。インテルは PC 用 CPU に特化し，単独のサプライヤーとなったことで独占的に利益を得ていた。そして，この利益を次世代微細化の研究開発やその大量生産を行う設備のための巨額投資に利用する体制を整えた。そうして完成された次世代製品がまた莫大な利益を呼び，再び巨額投資を可能にするサイクルが成立していた。しかしインテルは IDM であるため，技術流出を拒み他企業との協力に消極的である。そのため，新規事業参入においては主に他企業の買収という手段に頼らざるを得ず，新規顧客を獲得しにくい。一方，ファウンドリである TSMC はアライアンスを用いて，サービスや顧客の幅を広げより多くの顧客を取り入れることができる。そして増加した顧客の設計技術を蓄積し，サポートの質や微細化技術を向上させる。これはさらなる集客につながり，それに伴う増収によって巨額投資が可能になる。巨額投資は微細化につながり，新たな顧客を獲得できるというサイクルが整えられている。

両社の違いは顧客基盤の広さである。現在の多様化したニーズに対応するために幅広い顧客基盤を持つことは不可欠である。顧客幅が狭ければ巨額投資の継続は困難となり，それが微細化の遅れとして表れる。TSMC は顧客基盤を広げる点において有利なアライアンスという手段を取ったことで，巨額投資と微細化のサイクル継続にあたってインテルよりも優位に立つことが可能になったのである。

アライアンスを用いた他社との協力については半導体業界以外にも多くの研究がなされているが，一般的に，特に重要なメリットの 1 つとして「新たな能力の獲得」が挙げられている。アライアンスを組むことで，企業は当該知識やノウハウへのアクセス権を手に入れることができ，大幅な時間短縮を図ることができる。また，アライアンスを通して獲得した知識やノウハウを使いこなすための暗黙知的な知識やノウハウまでも早急に入手することが可能となる。これによって早期事業立ち上げや，事業の収益性向上が可能になるのである[89]。TSMC の場合，知識の獲得のみならずその後獲得した知識を利用して新たな顧客を取り込み巨額投資と微細化のサイクルを継続させる点で，アライアンスのメリットを最大限享受していると言える。ただしこのサイクルは半導体業界特有であるため，他業界への一般化についてはさらなる検証が必要であろう。

参 考 文 献

＜書籍＞

アナベル・ガワー，マイケル・A・クスマノ（2002）（小林敏男訳，2005）『プラットフォーム・リーダーシップ』有斐閣。

岸本千佳司（2017）『台湾半導体企業の競争戦略』日本評論社。

近能善範，高井文子（2010）『コア・テキスト　イノベーション・マネジメント』新世社。

89) 近能・高井（2010），317 頁。

柴田友厚・児玉充（2009）『マネジメントアーキテクチャ』株式会社オーム社。
立本博文（2017）『プラットフォーム企業のグローバル戦略』有斐閣。
ロバート・A. バーゲルマン（2006）『インテルの戦略』ダイヤモンド社。
Dirk Jansen (2010) “The Electronic Design Automation Handbook” Springer Science & Business.
Pearson Education India (2011)” Introduction to Computer Science 2/e” ITL Education Solutions limited.

＜論文＞
伊藤宗彦（2004）「水平分業とアライアンス戦略の分析―ファウンドリービジネスにおける製造価値創造―」『神戸大学経済経営研究所ディスカッションペーパー　J59』。
軽部大「知的所有権の保護による新しい競争戦略：インテル社の事業展開の事例研究」『一橋研究』第 22 巻第 4 号，1998 年 1 月。
木村雅秀「技術ノウハウ生かす IBM　TSMC は企業連合で挑む　ターンキーと COT の中間へ」『日経マイクロデバイス』（2003 年 2 月号）。
岸本千佳司（2014）「台湾半導体産業における垂直分業体制と競争戦略の研究　日本企業凋落との対比により」『AGI Working Papers Series』2014 年 5 月。
岸本千佳司（2015）「台湾半導体産業におけるファウンドリ・ビジネスの発展―発展経緯，成功要因，TSMC と UMC の比較―」『AGI Working Papers Series』2015 年 8 月。
荘苑仙（2010）「ファウンドリー生産におけるビジネスモデルの解明」『東アジア研究（大阪経済法科大学アジア研究所）』第 54 号。
立本博文（2007）「PC のバス・アーキテクチャの変遷と競争優位」『東京大学ものづくり経営研究センター MMRC Discussion Paper』No. 171。

＜新聞記事＞
日本経済新聞（2007/1/8）「還暦を迎えた半導体　新陳代謝が成長を促す」
日本経済新聞（2014/7/17）「台湾 TSMC，独り勝ち　スマホ向け半導体で」
日本経済新聞（2017/12/23）「アップル争奪，半導体 2 強激突」
日本経済新聞（2018/7/13）「インテル，50 年目の試練，半導体の王 25 年ぶり転落」
日本経済新聞（2018/10/3）「インテル株覆う 2 つの影，CPU に逆風，微細化も遅れ，日本企業に影響も」
日本経済新聞（2019/4/19）「インテル狭まる包囲網，5G 半導体，開発撤退，データセンター成長鈍化。」
日本経済新聞（2019/7/26）「インテル，スマホ半導体事業に終止符　アップルに売却」
日本経済新聞（2019/11/7）「TSMC，設備投資 1.6 兆円，過去最高」
日本経済新聞（2020/2/18）「ルネサス，車載半導体でメリハリ」
日本経済新聞（2020/7/28）「台湾 TSMC ストップ高，インテル，先端半導体の量産遅れで。」
日本経済新聞（2020/8/24）「インテル，7 ナノ量産で遅れ，半導体競争，TSMC 優位に」
日本経済新聞（2021/3/25）「米半導体，復権へ始動，インテルが背水の 2 兆円新工場，規模・技術で挽回狙う」
日本経済新聞（2021/6/18）「首位独走 TSMC の体育会系競争戦略　半導体受託製造」
日本経済新聞（2021/7/22）「「PC の頭脳」コスパ重視，AMD，割安 CPU で存在感，インテル搭載より 2 万円安（価格は語る）」
日本経済新聞（2021/07/28）「米半導体，復権へ総力戦，インテル，クアルコムから生産受託。」

＜ニュースリリース・報告書＞
インテル“1987 Intel Annual Report”
インテル“2019Annual Report”
インテル“Intel Annual Reports 2020”
インテル　ニュースリリース“Digital And Intel Complete Sale Of Digital Semiconductor Manufacturing Operations”（1998/3/18）（https://newsroom.intel.com/news-releases/digital-and-intel-complete-sale-of-digital-semiconductor-manufacturing-operations/#gs.hywa17）
インテル　ニュースリリース“Intel to Acquire Infineon’s Wireless Solutions Business”（2010/10/30）（https://newsroom.intel.com/press-kits/intel-to-acquire-infineons-wireless-solutions-business-3/#gs.hyr6s3）
インテル　ニュースリリース“Intel Completes Acquisition of Altera”（2015/12/28）（https://newsroom.intel.com/news-releases/intel-completes-acquisition-of-altera/#gs.hyqc8w）
インテル　ニュースリリース“Intel Acquisition of Mobileye”（2017/3/13）（https://intelandmobileye.transactionannouncement.com/）
インテル　ニュースリリース“Intel to Exit 5G Smartphone Modem Business”（2019/4/16）（https://newsroom.intel.com/news-releases/intel-modem-statement/#gs.hz2vsb）
グローバルファウンドリーズ　プレスリリース“GLOBALFOUNDRIES Reshapes Technology Portfolio to Intensify Focus on Growing Demand for Differentiated Offerings”（2018/8/27）（https://gf.com/press-release/globalfoundries-reshapes-technology-portfolio-intensify-focus-growing-demand）
TSMC　ニュースリリース“TSMC to Take Delivery of an ASML EUV Lithography System”（2010/2/22）（https://pr.tsmc.com/english/news/1604）
TSMC　ニュースリリース“TSMC and ASML Reach Agreement to Develop Next Generation Lithography Technologies as an Extension of Long-Term Partnership”（2012/8/5）（https://pr.tsmc.com/english/news/1734）
TOYOTA“Annual Report 2019”
TSMC“2016 Annual report Operational Highlights - Customer trust”
TSMC“2019 Business Overview”
TSMC“2020 Annual report”

＜ウェブサイト＞
IC insights“Revenue per Wafer Rising As Demand Grows for sub-7nm IC Processes”（2021/2/20）（https://www.icinsights.com/news/bulletins/Revenue-Per-Wafer-Rising-As-Demand-Grows-For-Sub7nm-IC-Processes/）（最終閲覧日：2021/12/6）
EE Times（2015/8/17）“Should Altera Worry About Intel’s M&A Record?”（https://www.eetimes.com/should-altera-worry-about-intels-ma-record/?page_number=1）（最終閲覧日：2021/11/4）
EE Times（2016/4/29）“Intel to Exit Mobile SoC Business”（https://www.eetimes.com/intel-to-exit-mobile-soc-business/）（最終閲覧日：2021/12/6）
インテル公式 HP「インテルのあゆみ」（https://www.intel.co.jp/content/www/jp/ja/company-overview/history-pdf.html）（最終閲覧日：2021/12/6）
インテル公式 HP「インテル 14nm テクノロジー」（https://www.intel.co.jp/content/www/jp/ja/silicon-innovations/intel-14nm-technology.html）（最終閲覧日：2021/12/6）
Omdia・経済産業省「令和 2 年度重要技術管理体制強化事業（マイクロエレクトロニクスに係る産業基盤実態調

査)」(最終閲覧日：2021/11/1)
後藤弘茂の Weekly 海外ニュース「Intel が次期 Atom「Silvermont」でマイクロアーキテクチャを刷新」(https://pc.watch.impress.co.jp/docs/column/kaigai/598346.html)(最終閲覧日：2021/11/4)
後藤弘茂の Weekly 海外ニュース「Apple が Arm ベースの SoC を Mac に採用する背景」(https://pc.watch.impress.co.jp/docs/column/kaigai/1261696.html)(最終閲覧日：2021/12/6)
The information "Apple's Road Map for Mac Chips Shows Likely Advantage Over Intel"(2021/11/5)(https://www.theinformation.com/articles/apples-road-map-for-mac-chips-shows-likely-advantage-over-intel?utm_source=sg&utm_medium=email&utm_campaign=article_email&utm_content=article-6530)(最終閲覧日：2021/12/6)
The Korea Economic daily(https://www.kedglobal.com/newsView/ked202103160001?lang=jp)(最終閲覧日：2021/12/6)
総務省「平成 29 年度情報通信白書　第 1 部　第 3 節 IoT 化する情報通信産業(6)端末」(https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h29/html/nc133360.html)(最終閲覧日：2021/12/6)
TSMC 公式 HP "IP Alliance"(https://www.tsmc.com/japanese/dedicatedFoundry/oip/ip_alliance)
TSMC 公式 HP "Advanced Packaging Services"(https://www.tsmc.com/japanese/dedicatedFoundry/services/advanced-packaging)(最終閲覧日：2021/12/6)
TSMC 公式 HP "EDA Alliance"(https://www.tsmc.com/japanese/dedicatedFoundry/oip/eda_alliance)(最終閲覧日：2021/12/6)
TSMC 公式 HP "Grand Alliance"(https://www.tsmc.com/english/dedicatedFoundry/grandAlliance)(最終閲覧日：2021/12/6)
TSMC 公式 HP "Design Center Alliance"(https://www.tsmc.com/japanese/dedicatedFoundry/design-center-alliance)(最終閲覧日：2021/12/6)
TSMC 公式 HP「ロジックテクノロジー」(https://www.tsmc.com/japanese/dedicatedFoundry/technology/logic/l_16_12nm)(最終閲覧日：2021/12/6)
UMC 企業 HP(https://www.umc.com/ja-JP/StaticPage/about_overview)(最終閲覧日：2021/11/4)
ロイター通信(2021/7/15)「台湾 TSMC，第 2 四半期は 11％増益　半導体需要続く見通し」(最終閲覧日：2021/11/4)