

東アジアにおける技術の地政学 —5G半導体チップの外部取引から内部化への転換—

八井田 収

目次

1. はじめに
2. 先行研究
3. リサーチ・クエスチョン
4. 5G革命と技術の地政学
5. 東アジアにおける技術の地政学について
6. 外部取引から内部化への転換
7. 結び

キーワード：5G、半導体、技術、地政学、
内部化

1. はじめに

2020年から次世代通信規格5Gが本格的に始まる。その5G通信技術を使ったさまざまなビジネスが参入し、拡大しようとしている。そのキーデバイスとなる5G通信用半導体チップ開発において性能・機能とプラットフォームの覇権競争が熾烈になってきている。

それは、米国と中国の2国を中心とした「技術の地政学」競争になりつつある。中国を軸として韓国や台湾などの東アジア地域は、世界のスマートフォンを生産するサプライチェーンの役割のみならず、開発においても最先端技術で世界をリードするポジションになろうとしている。

これまで、通信用半導体チップの中核となるア

プリケーションプロセッサ（AP）は、Qualcomm（米）やMediaTek（台）などの独立系ファブレス企業がApple（米）、Huawei（中）、Samsung（韓）などのスマートフォン企業に供給するサプライチェーンが確立していたが、5G通信用半導体チップの開発においては、Apple、Huawei、Samsungといった企業は自社の設計に転換する行動を示している。

註：本稿は、八井田（2020）「スマートフォン企業の戦略転換—5G半導体チップの外部取引から内部化への転換—」大阪経済法科大学『経済学論集』第43巻，第2号に最新データや新たな資料を加え、東アジアにおける技術の地政学という視点から考察したものである。

2. 先行研究

1) 半導体事業の分社化と專業業態への進化

Baldwin and Clark（2000）によれば、1980年代以前の半導体事業は、大企業のなかに半導体事業部門として存立し、社内で必要な半導体部品を供給する役割を担っていた。それは設計と製造が社内で統合される生産方式であったが、1980年代初頭に縮小比例的な設計ルールが発明された後（Mead and Conway）¹、設計と製造技術が

¹ Mead and Conway, Introduction to VLSI Systems, (Addison-Wesley, 1980). 邦訳『LSI システム入門』

培風館、1981年

別々に追求されることが可能になった結果、設計と製造をつなぐモジュラー・アーキテクチャが完成した。

その結果、社内需要のみならず、外販事業への拡大の理由から、設計と製造はそれぞれ分社化し、設計はファブレス、製造はファウンドリと呼ばれる専門業態へと進むことになった。

2) 米国半導体産業の復活と発展と地政学的分業化

Dertouzos. et al. (1989)、Lester (1998) および Berger (2005) によれば、デジタル技術で設計に特化した独立系ロジック・ファブレス企業が米国で発展した理由の歴史的経緯は、日本の半導体に差をつけられた1980年代に遡る。1980年後半に米国のマサチューセッツ工科大学 (MIT) の産業生産性センター (IPC) は日本と米国の競争分析を徹底的に行い、それに基づく政策提言を行った。米国の強みは製品に対する先進的な企画と開発による付加価値であり、コストを優先としたもの作りの量産ではない。すなわち、米国はメモリ半導体ではなく、システムに多く使われるロジック半導体の設計に特化し製造工場を持たないファブレスに向かい、製造は台湾やシンガポールなどに立地する受託製造に特化したファウンドリと補完的分業関係によって実現するファブレスーファウンドリモデルを進めた。製造は日本ではなく、税制や生産要素コストで有利な東アジア地域の中で主に台湾が立地選択された。それによって1990年代後半から米国の半導体産業は復活を遂げた。

3. リサーチ・クエスション

かつて、半導体企業は、設計から製造まで自

社で行う「垂直統合型」モデルが盛んであった。米国ではマイクロプロセッサを手掛けるIntel、メモリ半導体を手掛けるMicron Technologies、アナログ半導体を手掛けるTexas Instrumentsは、今もこのモデルを続けている。しかし、ロジック半導体を手掛ける半導体企業の大半はファブレス化し、台湾やシンガポールなどに立地するファウンドリ企業とともに「水平分業型」モデルに移行した。その理由は多くの文献に譲るが、簡潔に述べると、ロジック半導体の場合は、設計と製造のインターフェース技術が確立し、小規模なファブレス企業であっても特定用途向集積回路 (ASIC) の設計機能に集中特化し、多くのファブレス企業はファウンドリ企業に製造委託することができる。一方、ファウンドリ企業は製造機能に集中特化し、多くのファブレス企業を集客し、製造委託を受ける。このように、両者はムーアの法則²に則り、補完メリットを最大限に享受できることにあった。このモデルによって、米国半導体産業は復活し、その後台湾や中国などの半導体産業が大きく成長した背景になっている。

ここで扱う5G通信を支えるアプリケーションプロセッサやモデムなどの半導体チップはこのロジック半導体である。したがって、Qualcomm (米) やMediaTek (台) などは、このような通信用チップを牽引するファブレス企業である。しかも、社内部門やグループ企業ではなく独立型専門企業であり、外部取引によって生計を立てている。

ところが、米国のAppleや東アジアのHuawei、Samsungなどのスマートフォン企業は自社内に半導体設計を担うファブレス事業を持ち始めている。これらはグループ子会社あるいは社内部門である。5G通信時代を迎えるにあたり、従

² 半導体の集積密度は18～24カ月で倍増し、チップは処理能力が倍になってさらに小型化が進むという法

則。Intel社創設者のひとりであるゴードン・ムーア博士が1965年に経験則として提唱したことに由来する。

来のような外部取引ではなく、なぜ内部化に転換する理由を明らかにすることが本研究のリーダー・クエスチョンである。

4. 5G革命と技術の地政学

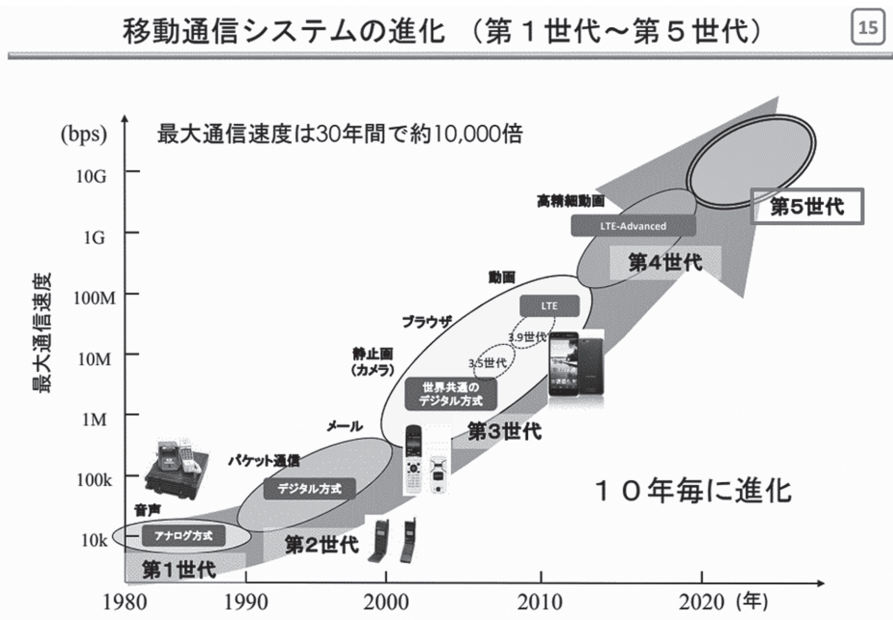
移動体通信システムの進化と5G通信システムの展望、スマートフォン市場、および5G通信用半導体チップの市場の概況について調査し

た³。

4-1 次世代通信規格5G

次世代通信規格5Gとは現在主流の方式(4G)の通信速度100倍、容量1,000倍とされる通信技術で、これからの暮らしや働き方を大きく変える可能性を秘めており、国際競争も激しくなっている(図表1)。

図表1 移動通信システムの進化



(出所) 総務省

各通信世代をまとめると以下のような特長があげられる。

第一世代 (1G)

自動車電話サービスが始まり、肩掛けのショルダーフォンが登場した。

第二世代 (2G)

通話だけでなく、電子メールやインターネットも出来る様になった。

ただし、日本の規格やサービスが海外には広がらなかったのがいわゆる「ガラパゴス携帯(ガラケー)」と呼ばれた。

第三世代 (3G)

2000年代の3Gではデータ通信が高速化。NTTドコモのサービス「iモード」が人気を集めた。更に音楽やゲームの配信も始まった。

現在は、LTE (Long Term Evolution) (3Gの

³ 週刊東洋経済、「5G革命 勃興する巨大市場をつか

め!」東洋経済新報社、2019年5月25日号、24-63ページ

後継方式)と・第四世代(4G)の共存で、LTEは第3世代(3G)の移动通信システムをさらに高速化した規格である。一般的には、LTEも「4G」という表現を使っている場合が多い。

第五世代(5G)へ

2020年を目途に世界で一斉に商用化が始まり、高速化・大容量化が更に進み、動画配信など、さまざまなサービスが生まれようとしている。また、5Gのネットワークになると、以下のような応用範囲が可能になると言われている。

① 防犯(セキュリティ)

センサーの顔認証技術と高速通信で、大勢人が集まる場所での不審人物の特定できる。

② 自動運転

5Gの「超低遅延」により、自動運転におけるブレーキのタイムラグがなくなる。

③ 遠隔医療

5Gを使ってヒト型ロボットを遠隔制御し、離れた場所にいる医師が手術現場に的確な助言をする遠隔医療が有望になる。

④ 動画配信

5Gの「高速通信」により、動画配信サービスやVRコンテンツを楽しむことができる。

⑤ スマート工場

ケーブルを使わずに産業用ロボットを制御し、製造ラインのレイアウトが柔軟にできる。また、工場で駆動する機器、センサー、カメラなどを同時にネット接続して運用し、作業の効率化を図る(ローカル5G)。

このように、「超高速」「超低遅延」「多数同時接続」という特長を持つ5Gは、さまざまな産業を根底から変える可能性がある。

1Gから4Gに至るまで通信速度は着実に向上してきたが、通信ネットワークのタイムラグを極めて小さく抑える超低遅延、基地局1台から同時に接続できる端末を飛躍的に増やす多数同時接続は、これまでの世代にはなかった大き

な特長である。

超低遅延によって、高い安全性が求められる自動運転ではリアルタイムの通信が可能になり、工場におけるロボットの遠隔制御や遠隔医療も実現できる。多数同時接続は、家電や自動車など身の回りのあらゆる機器がつながるIoT化を促進する。

通信速度においても現在の4Gの10倍になり、2時間の映画を3秒でダウンロードできるなどの進化がある。総務省は5Gによる経済効果を約47兆円と試算しており、調査会社のHIS Markit(英)は世界で約12兆ドルになると予測している。

一方で日本企業が5Gをどう使いこなすかは、まだ手探りの段階である。例えば工場内のロボットを無線で制御できるようになれば、床や天井を通るケーブルが必要なくなり、製造ラインのレイアウトを柔軟に変更できる。ただし、こうした実証実験はアウディなどのドイツ企業が先行しており、日本の製造業で5G活用を進めているところは少ない。

そこにビジネスチャンスをうかがっているのが、回線を提供する通信キャリアである。建設現場からVR(仮想現実)などのエンターテインメントまで、あらゆる分野で通信キャリアは法人との連携を試みている。通信キャリアは政府から個人向け携帯電話料金の引き下げ要求を受けており、新しい収益源を開拓しなければならないという事情もある。日本企業にとっては、どの通信キャリアと組むことによってビジネスを作り出すかが課題となっている。

また、既存のキャリアに頼らないという選択肢もある。総務省は年内にも、自治体や工場などの土地・建物の所有者に対し、エリアを限定して提供できる「ローカル5G」の電波を割り当てる予定である。ここにはPanasonicやNECなどが名乗りを上げている。ローカル5Gを使って何ができるのかを考えることも重要になる。

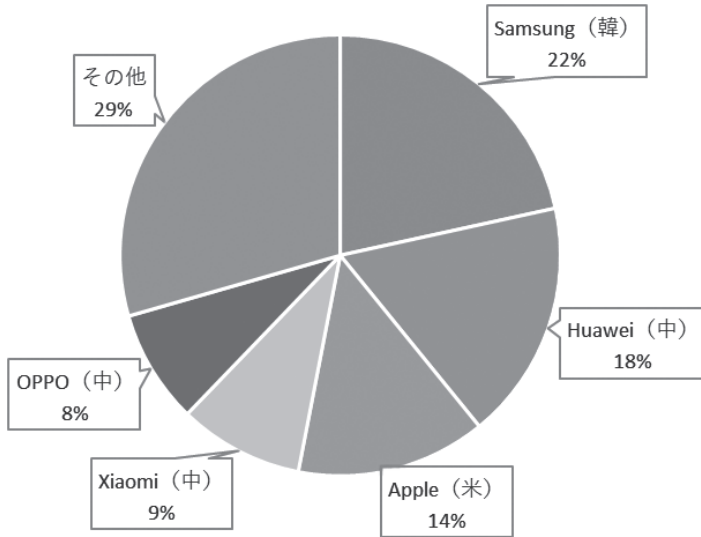
一方で5G開発の主導権を巡って過熱する「米中覇権戦争」の行方にも注目する必要がある。急成長した中国のHuaweiへの米国の執拗な締め付けは、5G技術の覇権争いが国益を左右するまでになっていることを意味する⁴。米国は設計技術に関する知的財産の保護のために自国のみならず、日本をはじめ各国に米国技術を搭載する半導体部品の輸出規制を行い⁵、さらにチップ製造を担うTSMCを台湾から米国内アリゾナ州に5nmの最先端工場の建設誘致する囲い込みを図っている⁶。さらに次節で詳しく述べるこ

とにする。

4-2 スマートフォン市場

まず、現状（4G）のスマートフォン市場について調査を行った。調査会社IDC（米）によれば、2019年のシェアは図表2のとおりである。上位3社のシェアで全体の約53%を占めるが、ハーフィンゲル・ハーシュマン指数（HHI）は2072であり、低位寡占型（分散型）と高位寡占型（3強型）の境界あたりにある。

図表2 スマートフォン市場シェア（2019年）



（出所）IDC Quarterly Mobile Phone Tracker, Q4 2019, January 30, 2020に基づき筆者作成

各スマートフォン端末と、それらに搭載される半導体中核チップのアプリケーション・プロセッサ（AP）の関係は、図表3のとおりである。ハイエンド領域をQualcomm（米）、ミドル・ローエンド領域をMediaTek（台）の半導体チッ

プが占めている。Huawei（中）は、子会社のHiSilicon（中）のチップが搭載される。Apple（米）とSamsung（韓）はQualcommから自社製へシフト中である。

⁴ NHKスペシャル取材班、『米中ハイテク覇権のゆくえ』NHK出版新書、2019年が詳しい

⁵ 「ファーウェイ向け半導体、出荷停止相次ぐ 米の規

制発効」『日本経済新聞』2020年9月15日

⁶ 「台湾TSMC、米に半導体工場 米中覇権争いのカギ」『日本経済新聞』2020年5月15日

図表3 スマートフォン企業と半導体チップ企業の関係

スマートフォン企業	半導体設計企業 (チップ製造企業)
Samsung	Qualcomm (TSMC) → 自社設計 (自社製造)
Huawei	HiSilicon (TSMC)
Apple	Qualcomm (TSMC) → 自社設計 (TSMC)
他のアンドロイド端末企業 (Xaomi、Oppoなど)	Qualcomm (TSMC)、MediaTek (TSMC)

(出所) 筆者作成

ここで、半導体チップの主な工程とこれらを担う業態について確認しておく (図表4)。

主な工程は、IPベンダー、ファブレス、ファウンドリ、サブコントラクターの4つの業態で構成される。

① IP (Intellectual Property) ベンダー：半導体チップを開発するためのIPコア回路を提供する業態。代表的なIPベンダーはCPUコアを提供するARM社 (英) であり、半導体チップを開発するファブレスはIPベンダーに使用料を支払う契約を結ぶのが一般

的である

- ② ファブレス (Fabless)：自社に工場などの製造機能を持たずに設計開発などに注力する業態
- ③ ファウンドリ (Foundry)：半導体チップ製造の前工程 (シリコンウェハーに回路を形成するウェハープロセス) を受託生産する業態
- ④ サブコントラクター (sub-contractor)：半導体チップ製造の後工程 (アセンブリやテスト) を受託生産する業態

図表4 半導体チップの主な工程と業態



(出所) 筆者作成

この4つの業態の中で、半導体チップの開発および設計を行うファブレス企業の調査を行っ

た。世界の上位10社は、米国、台湾、中国が占めていることがわかる (図表5)。

図表5 半導体ファブレス企業のランキング (2017-2018)

(単位: Million USD)

ランク	企業	本社	2017年売上	2018年売上
1	Broadcom	米国	18,453	18,941
2	Qualcomm	米国	17,029	16,370
3	NVIDIA	米国	8,691	11,163
4	MediaTek	台湾	7,941	7,882
5	HiSilicon	中国	5,732	7,601
6	AMD	米国	5,253	6,475
7	Xilinx	米国	2,438	2,868
8	Marvell	米国	2,392	2,819
9	Novatek	台湾	1,585	1,813
10	Unigroup (Spreadrum & RDA)	中国	1,670	1,662

(出所) Trend Force, Feb., 2019に基づき、筆者作成

4-3 5G通信用半導体チップの個別企業調査

5G通信用半導体チップの開発を手掛ける、Qualcomm (米)、MediaTek (台)、HiSilicon (中) に注目し、さらに自社製半導体チップ開発を目指すSamsung (韓) とApple (米) について調査を行った。

1) クアルコム (Qualcomm, Inc.)

Qualcommは、1985年にアーウィン・ジェコブズとアンドリュー・ビタビによって設立されたファブレス企業である。社名のQualcommは、QualityとCommunicationsを合わせた造語である。本社は米国カリフォルニア州サンディエゴにある。CDMA方式携帯電話の実用化に成功して成長を遂げた。CDMA携帯電話用半導体チップセットでは、ほぼ独占に近いマーケットシェアを保持した。それらの数多くの特許を保有しており、他社から得られるライセンス料が大きな収益源 (売上の約30%) となっている。半導体チ

ップ製造は大手ファウンドリであるTSMC (台)⁷ やGLOBAL FOUNDRIES (シンガポール) などへの委託で製造している。スマートフォン用APは「Snapdragon」シリーズとして、IPは英国のARMベースのコア・プロセッサの供与を受けて開発を続けている。5G向けの最新半導体チップ (2019年時点) のSnapdragon 855はTSMCの7ナノメートル (nm) プロセスを使用している。

2) メディアテック (MediaTek: 聯發科技股份有限公司)

MediaTekは、1997年設立のファブレス企業である。創業者は蔡明介で、米国留学からの帰国者である。本社は台湾新竹市新竹科学工業園区にある。半導体ファウンドリ企業のUMC (聯華電子股份有限公司) の部門分社化によりCD-ROMドライブ用の半導体チップセットからスタートし、現在はCD/DVD関連・デジタルテレビ向けの各種半導体チップや、スマートフォ

⁷ 半導体チップ製造を担うTSMC (台湾) についても触れておく。TSMC (台湾積体回路製造股份有限公司) は、1987年に設立され台湾新竹サイエンス・パークに本拠を置く。顧客の半導体チップの製造を受託する専業ファウンドリ・ビジネスモデルの先駆者である。

TSMCブランドでの設計、製造、販売を一切しないことで顧客との競争を排除する。最先端の半導体製造プロセス技術を持ち、世界のファウンドリ業界をリードしている。

ン・タブレット向けモバイルASICなどを手がけている。スマートフォン用APは「Helio」シリーズとして、IPは同様にARMベースのコア・プロセッサの供与を受けて開発を続けている、半導体チップ製造は親会社であるUMCへの委託が多いが、5G向けの最新半導体チップ（2019年時点）のHelio M70はTSMCの7ナノメートル（nm）プロセスプロセスを使用している。

3) HiSilicon（海思半導体有限公司）

HiSiliconは、中国通信機大手のHuawei（華為技術）のグループ子会社であり、Huaweiの半導体を支える設計と販売のみのファブレス企業である。本社は、中国深圳市にある。

前身はHuaweiのASICデザインセンターであったが、2004年設立の完全子会社となった。Huawei向けのスマートフォン用（AP）以外に、テレビや監視カメラ用の半導体チップセットを外販している。半導体チップ製造の多くは台湾のTSMCに委託している。

スマートフォン用APは「Kirin」シリーズとして、IPは同様にARMベースのコア・プロセッサの供与を受けて開発を続けている。5G向けの最新半導体チップ（2020年時点）のKirin980はTSMCの7ナノメートル（nm）プロセスプロセスを使用している。今後、TSMCの最先端製造技術が米国に渡る可能性があり、新たなチップ製造パートナーとしてSamsungを模索しているともいわれる⁸。

4) サムスン電子（Samsung Electronics Co., Ltd）

サムスン電子（以下、Samsung）は、韓国財閥のサムスングループの中核企業であり、世界最大の総合家電・電子部品・電子製品メーカーである。特にスマートフォン「ギャラクシー」は世

界のトップシェアである。一方、半導体でもメモリを中心にIntelに続く第2位の売上規模を誇る。

スマートフォン用APは「Exynos」シリーズとして、IPは同様にARMベースのコア・プロセッサの供与を受けて開発を続けている。5G向けの最新半導体チップ（2019年時点）のExynos980は自社製造ラインの8ナノメートル（nm）プロセスプロセスを使用している。半導体チップは自社のスマートフォンやタブレットだけでなく、中国のVIVO社にも提供すると言われている。

5) アップル（Apple Inc.）

Appleは、米国カリフォルニア州クパチーノに本社を置く、インターネット関連製品、デジタル家電電化製品および同製品に関連するソフトウェア製品（MacOSやiOS）を開発、販売する世界的な巨大IT企業である。スマートフォン向けAPは「Aシリーズ」として、自社で設計し、TSMCやサムスン電子に製造委託してきた。IPは英国のARMベースのコア・プロセッサの供与を受けて開発を続けている。2020年10月に発売されるiPhone12に搭載する5G通信用半導体チップを開発した。

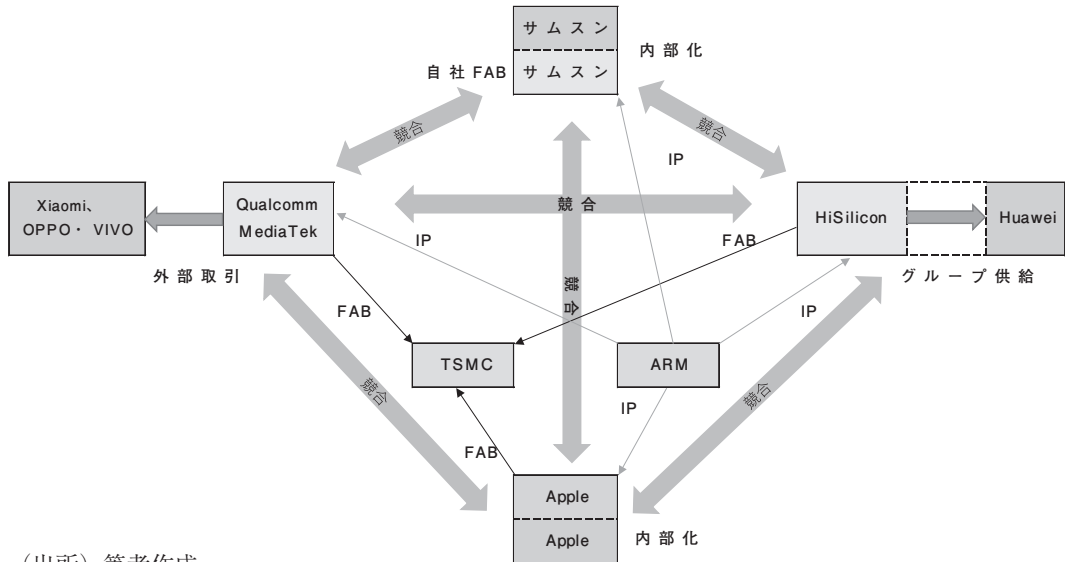
一方で、移動通信用ベースバンド半導体チップに対して、AppleはQualcommに特許ライセンスと半導体の取引が不当であるとして提訴していたが、2019年4月に和解し、Qualcommへの特許ライセンス料の未納分を支払うことになった。しかし、AppleはIntelのスマートフォン用モデム事業部門を買収し、今後、5Gモデム半導体チップを自社で設計・開発し、5G通信用半導体チップセットを自社でコントロールするとみられている。

このようなスマートフォン業界の地政学的環境は、図表6のようになる。特に、QualcommとHiSiliconは今後の米中の覇権争いの渦中になると考えられる。

⁸ 趙章恩、「サムスンはファーウェイの5G半導体を作るか、米中分離で消えぬ臆測」<https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/01231/00009/>（2020年6月26日）

com/atcl/nxt/column/18/01231/00009/（2020年6月26日）

図表6 スマートフォン業界の地政学的環境（端末企業と半導体チップ企業）



(出所) 筆者作成

5. 東アジアにおける技術の地政学について

本稿で「東アジア」とは、具体的には日本・韓国・台湾・中国の4か国・地域を指す。名目GDPのこれら東アジア4か国が世界に占める割合は、2005年の17.9%から2019年の25.2%と伸長した。特に中国の2005年の5.9%から2019年の16.8%への成長の寄与が大きい。

5-1 東アジアの発展と地政学の関係

東アジアが発展した理由は、後進国キャッチアップとしてコスト競争力による競争優位を目指したことと、製品・工程アーキテクチャのモジュール化が進んだエレクトロニクス産業の分野で、工程単位の国際分業（フラグメンテーション）とそれに基づく国際生産ネットワークによるところが大きい（塩地・田中，2020）。

「地政学」とは、米国の政治的・経済的覇権力

の回復に力点に置いて生れた概念である。冷戦の終結に伴って安全保障に占める軍事的要素の比重が急速に低下し、代って経済的覇権が重視されるようになった⁹。

中国の著しい経済的および技術的成長によって、米国の世界的覇権地位の座が脅かされ始めた。特にこの2大国家の狭間で世界の各国は地政学的に影響を受けることになった。

特にエレクトロニクス、自動運転、宇宙、医療などの各先端技術において、その覇権競争は熾烈さを呈している。とりわけ次世代通信技術5Gは米国が先行したが、中国の追い上げはすざましい。もはや、「雁行形態論」（赤松，1956）に代表される後発国キャッチアップではなく飛び越え（リープフロッグ）現象や先発国の優位性をも射程圏内にとらえるまでに至っている。各国の商業的取引も米国企業一辺倒はなく、中国企業の動向も重要視している。

⁹ 「技術の地政学」対応迫る」『日経新聞』2020年9月

5-2 内部化と地政学の関係

技術の地政学は、かつては米国とロシアの2軸、近年は米国と中国の2軸を中心に展開している。先端技術とその競争優位性は世界的な市場を支配することになり、主導権を握ることは地政学的地位の握ることになる。

内部化とは、その国の企業がもつ技術や知識が高度になるに従い、技術供与を含む外部取引を避け、完全所有子会社に転換して海外への市場参入するアプローチである（藤沢，2000）。

具体的には、かつての米国企業のIntelやMicrosoftのような多国籍企業は取引する市場の不完全性から企業が海外事業の管理を直接行うようになり、企業内部にコントロール可能な自社の市場を作ることを通じて多国籍化した。

中国企業のHuaweiは、内部化アプローチに従い、完全所有子会社を通じて、中国という莫大な自国内市場はもとより、125カ国にも及ぶ一帯一路や15カ国からなるRCEP（地域的な包括的経済連携）などの貿易によるEPA（経済連携協定）に向けて、多国籍企業化すると考えられる。

次世代通信規格5Gを巡る覇権競争は米国と中国の技術の地政学により、米国のAppleと中国のHuaweiを代表とする企業は内部化アプローチによって多国籍化を進めていくと考察される。

6. 外部取引から内部化への転換

本研究のリサーチ・クエスションであるApple、Huawei、Samsungといったスマートフォン企業は、なぜ半導体設計機能を外部取引から内部化へ転換するのであろうか。その理由について、次の3つのミクロ的視角から解明を試みる。一つ目はダイナミック・ケイパビリティの面、二つ目は取引コスト面、三つ目はユーザー・イノベーションである。

6-1 ダイナミック・ケイパビリティに基づく

内部化のメリットおよびデメリット

まず、ダイナミック・ケイパビリティの観点からスマートフォン企業の内部化のメリットおよびデメリットについて考える。

1) 内部化のメリット

① Qualcommに縛られない

5G時代では、スマートフォン企業は、さまざまなビジネス環境の変化に対応することが競争優位の成否を分けることになる。そのために、ダイナミック・ケイパビリティが必要とされる。しかし、現状ではQualcommの半導体チップ開発動向に左右され、製品開発計画が硬直化している。

Teece（2009）によれば、ダイナミック・ケイパビリティは、環境の変化を知覚し、変化した環境で競争力を発揮できるように自社の資源の組合せを再編成する組織能力である。それは、次の要素能力で構成される。

- ・機会や脅威を感知する能力（sensing）
- ・機会を生かす能力（seizing）
- ・企業の有形、無形の資産を向上させ、結合し、必要時には再構成することで競争力を維持する能力（reconfiguring）

これらの能力を生かすために、半導体チップの内部化開発に移行して自社の開発計画を進めることが必要である。

② 最適化が可能

Qualcommの半導体チップはスマートフォン企業の最大公約数の仕様に基づく特定用途向け標準品（ASSP）である。したがって、スマートフォン企業の個別の仕様には最適ではない。内部化開発によって、その最適化を実現することが可能になるであろう。

③ 特許ライセンス料の支払いが不要

Qualcommの半導体チップには、前述のとおり特許ライセンス料が加算されている。内部化開

発によって、その費用が不要になる。

2) 内部化のデメリット

① 開発費が増加

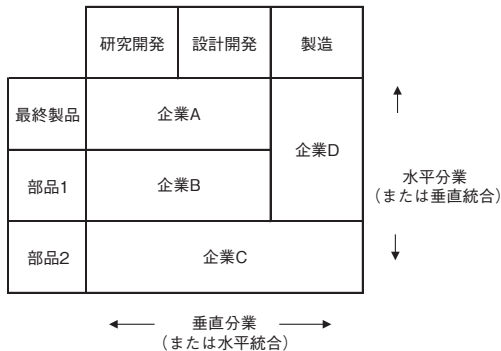
これまでは、Qualcommが開発した半導体チップを購入していた場合には、開発費は必要なかった。しかし、独自の半導体チップ開発では、IPはARMコアを踏襲するとはいえ最適化を伴う新しい開発設計費用が発生する。

6-2 産業内における水平統合と垂直分業に対する取引コストアプローチ

次にスマートフォン産業まで範囲を拡大して、水平統合と垂直分業に対する取引コストを考える。

延岡 (2006) によれば、モノ (最終製品や部品) の製造や提供という軸と、研究開発、設計開発、製造といった機能を軸に、製品構造と機能における統合または分業を捉えている。垂直方向は、製品を構成する部品、およびそれらを組み合わせた最終製品といった製品構造における分業である。また、水平方向は、設計や開発などの機能に関する分業である。水平分業とは、部品や工程などを分業することを意味し、垂直分業とは、機能による分業を意味している (図表7)。

図表7 水平分業/垂直統合と垂直分業/水平統合



(出所) 延岡 (2006)

加護野・井上 (2004) によれば、市場の取引において価格メカニズムを利用するためには、そのための費用 (=取引コスト) がかかる。取引コストが高ければ内部に統合すべきであるし、逆に取引コストが低ければ外部との取引を利用した方がよい。(Coase, 1990; Williamson, 1980)

市場の取引において、取引コストとは具体的には以下のとおりである。

- ・ 検索コスト：市場において取引相手を探し出すための費用
- ・ 調査コスト：取引相手が信頼できるかどうかを調査・確認する費用
- ・ 交渉コスト：調査した相手と取引を開始するための費用
- ・ 契約コスト：取引内容を確認し有効化するための費用
- ・ 監視コスト：契約の履行状況を監視するための費用
- ・ 紛争解決コスト：契約どおりにいかなかった場合の費用
- ・ 情報開示コスト：一連の取引を円滑に進めるための費用

市場で取引されるものを内部化する (組織内で資源配分) ことは価格のメカニズムを利用しないことにより効率的な資源配分ができなくなり、内部化コスト (内部化による費用) が発生することになる。そこで、内部化コスト < 取引コストとなる場合は、費用を回避するために市場ではない企業組織が選択されることになる。これは内部化コストと取引コストの大小関係に基づく、市場か企業かの選択の理論である。

取引コスト (検索、調査、交渉、契約、監視、紛争解決、情報開示) の概念は、情報費用 (例えば価格情報を知るための検索費用) とも捉えられる。そこで、情報技術 (IT) の発達は市場における取引費用を大幅に低下させ、市場

での価格メカニズムと有効に機能させ、企業組織よりも市場を選択することが資源配分を効率的にする可能性も生まれる。内部化コスト > 取引コストとなる場合は、企業組織より市場が選択されることになる。したがって、企業は内部化コスト（内部費用）と取引コスト（外部費用）の変化を見ながら、最適な規模と形態を選択することになる。

内部化によるデメリットは、自社向けに限定されるのでスケールメリットを追求しにくい。内部化した部門が外部取引企業より専門性で劣る。組織内部部門に対する監視と調整といった管理コストの上昇などが挙げられる。

本研究の命題である5G競争優位を実現させるために、Googleは取引費用に基づく垂直分業（＝市場取引）を選択するが、なぜAppleは内部化による水平統合を選択するのか、あるいは、Huaweiは子会社HiSiliconを含めたグループ内で水平統合に向かおうとしているのか。そして、Samsungも内部化による水平統合を目指すのか。

Appleは、IoTビジネスや自ら主催するWWDC（Worldwide Developers Conference）などを通じて、オープン・イノベーションやリードユーザー・イノベーションを見つけてきた。そのなかで、Appleの組織として内部化させる範囲を学習してきたと考えられる。その結果、半導体チップ開発、OS（オペレーション・システム）、アプリケーションなどは内部化する選択をした。同様の動きをスマートフォンだけでなくAppleのPC（MacBook）にも内部化展開しており¹⁰、Intelとの外部取引からARMベースのアーキテクチャ（設計思想）を使った自社製のCPUに切り替える予定である。

Huaweiも社内取引による内部化方向にあり、

半導体チップ開発は子会社のHiSiliconで行い、キーデバイスは自らの開発で行う。OSも米国からの圧力の影響もあり、従来のAndroid OSから独自の新OS「Harmony OS」の開発に向かっている。中国は生産市場と同時に消費市場であり、今後「一帯一路」構想の下に拡大し、中国全体が電子部品の輸入から自国開発に向かっている背景もあり、ますます内部化する範囲を広げている。

Samsungも内部化に向かって、半導体チップ開発は自社で進めている。すでにAppleからのアプリケーションプロセッサのファウンドリ受託の経験知識を蓄積し、自社に世界最大シェアのスマートフォン事業を抱えていることから、キーデバイスを自社製で行う準備と環境は整っている。

内部化によるデメリットは、第一に自社向けに限定されるのでスケールメリットを追求しにくい。第二に内部化した部門が外部取引企業より専門性で劣ることが考えられる。第三に組織内部部門に対する監視と調整といった管理コストの上昇などが挙げられる。

第一のデメリットは、3社の使用されるスマートフォンの情報端末の台数からみてスケールメリットを損なうことにはならない。第二のデメリットは、3社とも自社で開発可能なレベルまで知識や情報を蓄積し、Qualcommに見劣りしない専門性を保有していると考えられる。第三のデメリットは、AppleはPCで先行して学習し、Huaweiは子会社（HiSilicon）とのグループ間取引で、Samsungは社内取引によって回避できるであろう。

これらの状況から、これまでは半導体チップ開発やOS開発を外部取引に委ね、取引コスト<内部化コストを実現してきたが、それらを

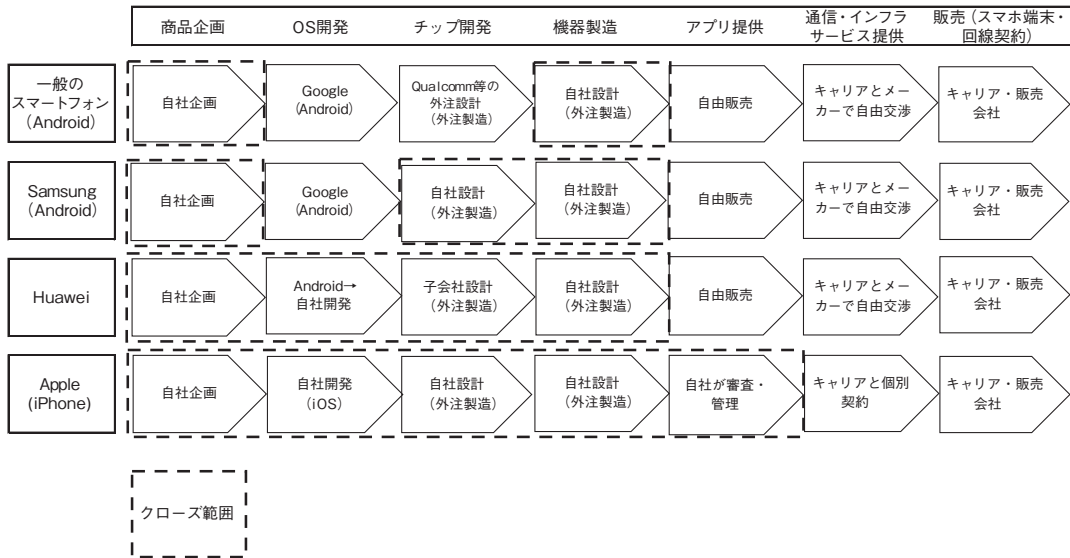
¹⁰「Apple、パソコンに自社開発半導体 インテルから

変更」『日本経済新聞』2020年6月23日

自社で開発可能なレベルまで知識や情報を蓄積し、取引コスト≒内部化コストにまで近づいていると考えられる。また、5G革命によってさまざまな用途の急速な広がりに対して、外部取引に依存しているとビジネスチャンスを逸しかねない。

以上から、スマートフォンのバリューチェーン構造の変化は図表8のようになり、内部化することで、自社でビジネスのコントロールを行い、価値の内部創出の範囲を拡大しようとしている。

図表8 スマートフォンのバリューチェーン構造



(出所) 筆者作成

6-3 5Gにおけるユーザー・イノベーション

von Hippel (2005) によれば、イノベーションを起こすのに、自分で作るのか (= 内部化)、それとも購入するのか (= 市場取引) するのか、この問題を考えるためには、ユーザーとメーカーの間に発生する「取引コスト」と「情報の非対称性」の両方を考慮する必要がある。

まず、「取引コスト」において、5G通信技術システムを利用するさまざまなユーザーを抱えるAppleやHuaweiのようなスマートフォン企業と、スマートフォンの半導体チップを作るQualcommのようなサプライヤー・メーカーの関係において、ユーザー側に立つスマートフォン企業が半導体チップを「自分で作るか、購

入するか」の意思決定のモデル化は、次のとおりのステップになるであろう。

一般の開発の意思決定では、将来の得られるフリーキャッシュ・フロー (FCF) に対して、開発投資 (DI) を差し引いてプラスになれば開発実施するが、マイナスならば開発中止と判断する。たとえば、開発した製品 (スマートフォン) が3年間のFCFを生み出すと仮定すると、割引率 r として、その正味現在価値 (NPV) は、 $NPV = FCF_1 / (1+r) + FCF_2 / (1+r)^2 + FCF_3 / (1+r)^3$ となる。開発投資がかかるかすると、 $NPV - DI = FCF_1 / (1+r) + FCF_2 / (1+r)^2 + FCF_3 / (1+r)^3 - DI$ がプラスかマイナスになるかによって、開発の判断を行うことになる。

ここで、内部化と外部取引の選択によって、FCFが変わるのかどうかである。従来のようにキーデバイスを外部取引に依存すれば、差別化による競争優位性はない。しかし、内部化によって、キーデバイスの差別化が競争優位性をもたらせば、外部取引コストよりも内部化コストが増えたとしても、FCFの増加が可能となる。ここでいう差別化は、ユーザーのソリューションに応えるための最適化された性能向上に加えて、「Time to Market」（市場投入までの時間）の差別化である。「Time to Market」のもたらす先発優位の競争優位は次のとおりである（Lieberman and Montgomery, 1988：山田・遠藤, 1998）。

- ・ユーザーの中に参入障壁を形成することができる（ブランド・ロイヤリティ）
- ・特許による参入障壁（技術的リーダーシップ）
- ・規格を決定（デファクト・スタンダード）
- ・希少資源の先取り（原材料の供給先や流通経路網を他社に先んじて押さえる）
- ・利用者の生の声をつかむ
- ・経験曲線効果が得られる

5Gによるアプリケーションの多様性を考えれば、単にB to Cの通信手段だけでなく、B to Bのインダストリー 4.0¹¹、スマート・シティ¹²、MaaS¹³などの社会インフラへの拡張に対して、「Time to Market」の重要性はより高くなる。

一方、「情報の非対称性」は、スマートフォン企業は多くの顧客に対するソリューションなど自分自身のニーズと利用状況について知り得るユーザー・イノベーターであり、半導体チップ

を供給するQualcommのようなサプライヤーはメーカー・イノベーターである。メーカー・イノベーターは、ユーザー情報を一定のコストと引き換えに入手せざるを得ないが、それにいくら払おうとしても完全にかつ正確に得ることは不可能であろう。それは、ユーザー・イノベーターが持つ情報の粘着性（sticky information）に関わる。情報の粘着性とは、ある所与の単位の情報をその情報の受け手に利用可能な形で、ある特定の場所へ移転するのに必要な費用として定義される。この費用が小さいときは情報の粘着性は低く、大きいときは高い（von Hippel, 1994）。

メーカーは自分たちの専門領域に関する問題解決の方法などについては、ユーザーよりも詳しいかもしれない。Qualcomm の通信技術関連企業や人材が集積するサンディエゴ近郊地域に蓄積された知識は、ユーザーよりも高い。そのために、スマートフォン企業は半導体チップを外部購入する選択肢しかなかった。ところが、スマートフォン企業から見れば、最大公約数の仕様に基づく特定用途向け標準品（ASSP）では、市場での差別化競争優位は得られない。（すでに本来の基本通信機能よりも端末機器のデザインやカメラ性能などのサブ機能が差別化要因になっている）

Appleのティム・クック最高経営責任者（CEO）は、CEO就任前の2009年に「主要製品に使用するテクノロジーは自社で保有しコントロールする必要がある」と語っていることが、今の基本戦略であろう。それを実現するためにApple はIntelのモバイル半導体部門の買収を行い、自社で半導体チップ開発に踏み切った。

¹¹ インターネットなどの情報技術を駆使して製造業の革新を促す巨大プロジェクト。

¹² ICT（情報通信技術）やAI（人工知能）などの先端技術や、人の流れや消費動向、土地や施設の利用状況といったビッグデータを活用し、エネルギーや交通、行政サービスなどのインフラ(社会基盤)を効率的に管

理・運用する都市の概念。

¹³ サービスとしての移動（Mobility as a Service）の略語。交通をその種別などにかかわらず移動のための一連の手段として位置づけ、それらをICT（情報通信技術）の活用により一つの統合されたサービスとしてとらえる概念。

Huaweiはグループ子会社のHiSiliconの設計人材や設計技術を増強し、半導体チップの内部取引が可能な環境を整えた。すでにHuaweiのスマートフォンに搭載される半導体部品の半分以上をHiSiliconが供給していると言われている¹⁴。

このように、ユーザー・イノベーターとしてスマートフォン企業は価値提供や競争優位を向上させる意図が見える。

7. 結び

2020年から5G革命が本格的に始まり、スマートフォン企業のビジネスモデルに変化が起り始めている。5G通信機能を利用した各種サービスが起ると言われ、スマートフォン企業は、新市場での覇権や競争優位を築き、多様なソリューションに対応するために、半導体チップの設計開発を内部化する転換を図っていることが明らかになった。

従来コスト競争力を中心とした後発国キャッチアップや補完的役割であった東アジアは、中国が先端技術とその産業において先発国の優位性を発揮し始めた。その結果米国と中国の2大国家を軸とした「技術の地政学」が生まれたことを詳説した。その覇権競争において、従来のような国際分業による外部取引ではなく、企業は自社の完全所有子会社により海外事業の管理を直接行うようになり、企業内部にコントロール可能な自社の市場を作ることを通じて内部化アプローチによって多国籍化していくことを考察した。

次に、従来の外部取引から内部化に移行する理由について、①ダイナミック・ケイパビリティに基づく内部化のメリットおよびデメリット、②産業内における水平統合と垂直分業に対

する取引コストアプローチ、③5Gにおけるユーザー・イノベーションの3つのミクロ的視角から考察した。

かつての半導体産業は、設計から製造まで一貫した構造から設計と製造が分離した構造に代わり独立型ファブレス企業が現れた。多くのスマートフォン企業は、これらの半導体ファブレスから通信用半導体チップを外部取引に依存していた。5G市場の環境変化に対応していくためには、ダイナミック・ケイパビリティの観点から、半導体チップ開発を内部化することによって開発計画の硬直化をなくす必要性が生じたこと、取引コストアプローチの観点では、外部取引よりも内部化によって企業の価値提供と競争優位性を優先させる必要性が生じたこと、5G革命のユーザー・イノベーターとして、多くのビジネスソリューションに対してより「最適化」と「Time to Market」という差別化を実現する必要性が生じたことが見出された。

また、今後の具体的な5G革命は、米国と東アジアの「技術の地政学」によって発展していく事が明らかになり、東アジアとりわけ中国、韓国、台湾の役割は重要になる。この各国の半導体設計機能の外部取引から内部化への転換による成果の検証は、今後の研究課題として取り組む予定である。知識は暗黙知に進むのか、新たな地域クラスターによる特殊優位を生むのかといった「知識と立地の関係性」について研究していくつもりである。

参考文献

赤松 要「わが国産業発展の雁行形態—機械器具工具について」『一橋論叢』第36巻第5号、1956年
 カーリス・Y・ボールドウィン&キム・B・クラーク
 『デザイン・ルール：モジュール化パワー』（安藤晴彦訳）、東洋経済新報社、2004年

¹⁴ 清水洋治、「Huaweiの5Gスマホ、HiSiliconの部品のみで5割を構成」

<https://eetimes.jp/ee/articles/1909/25/news040.html>
 (2019年9月26日)

スザンス・バーガー&MIT産業生産性センター『グローバル企業の成功戦略』（楡井浩一訳）、草思社、2006年

ロナルド・H・コース『企業・市場・法』（宮沢健一・藤垣芳文・後藤晃訳）、東洋経済新報社、1992年

マイケル・L・ダートウズ、リチャード・K・レスター、ロバート・M・ソロー『Made in America』（依田直也訳）、草思社、1990年

藤沢武史『多国籍企業の市場参入行動』文真堂、2000年

加護野忠男・井上達彦『事業システム戦略—事業の仕組みと競争優位』有斐閣、2004年

リチャード・K・レスター『競争力—「Made in America」10年の検証と新たな課題』（西村隆夫・田辺孝二・藤末健三訳）、生産性出版、2000年

Lieberman, M. B. and Montgomery, D. B, "First-mover advantages," *Strategic Management Journal*, 9, (1988) : 41-58.

延岡健太郎『MOT "技術経営" 入門（マネジメント・テキスト）』日本経済新聞社、2006年

塩地 洋・田中彰編著『東アジア優位産業—多元化する国際生産ネットワーク』中央経済社、2020年

デビッド・J・ティース、『ダイナミック・ケイパビリティ戦略：イノベーションを創発し、成長を加速させる力』（谷口和弘・蜂巢旭・川西章弘・ステラ.S. チェン訳）、ダイヤモンド社、2013年

山田英夫・遠藤 真『先発優位・後発優位の競争戦略—市場トップを勝ち取る条件—』生産性出版、1998年

von Hippel, E, "Sticky Information and Locus of Problem Solving: Implication for Innovation," *Management Science* 40(4) (1994) : 429-439.

エリック・フォン・ヒッペル『民主化するイノベーションの時代—メーカー主導からの脱皮』（サイコム・インターナショナル監訳）、ファーストプレス、2006年

O・E・ウィリアムソン、『市場と企業組織』（浅沼萬里・岩崎晃訳）、日本評論社、1980年