

半導体をめぐる米中対立 と日本

-- DEEP 5G時代に築く日本のポジション

井上弘基

一般財団法人 機械振興協会 経済研究所





相手を遅らせる
(規制・守り)



自分が進む
(投資・R&D)

半導体をめぐる
米中対立分析



輸出・技術など「規制」方面の正確な情報は
CISTEC（一財・安全保障貿易情報センター）などへ

[CISTEC.OR.JP](https://cistec.or.jp)

（経済産業省以外としては）

構成

- 第一部 半導体をめぐる米中対立の今後
 - (1) 年内までの米中半導体対立
 - 米国の「プレ・スプートニク」対、中国の「ほふく前進」
 - 中国の到達点
 - (2) 米中、今後の前進政策におけるキモ
 - 中国「双循環」政策の目玉：5G応用スマートインフラ整備
 - 米CHIPS法案：「官民産業投資ファンド」
 - バイデン政権も5G&環境対応「スマートカー＝シティ＝グリッド」インフラ
- 第二部 ミリ波5G時代をにらんだ日本としてのネットづくり（提言）
 - 総論
 - 各論A: ミリ波5G-RAN内「リアルタイム・コンピューティング網」とチップ
 - 各論B: 対中協力や人材養成に好適な「ミニマルファブ」

第一部 半導体をめぐる米中対立の 今後

(1) 年内までの米中半導体対立

米国の「プレ・スプートニク」
対、中国の「ほふく前進」

半導体等、米中対立推移

正確には
CISTEC安全保障貿易情報センター等へ
ご照会を！

米政権・議会を中心に

- 2012下院調査ZTE、Huawei→2016:商務省、対ZTE輸出規制→一旦和解
- 2014年夏、国務院「国家集積回路産業開発促進概要」、2015年「中国製造2025」、2017年中国「国家情報法」
- 2018商務省、再びZTEへ、米製品の輸出規制→同年内に制裁解除へ
- 同年、FCC、安全保障懸念から補助金規制、とくにZTE, Huawei
- 同年8月、(2019国防権限法にて) ZTE, Huawei製品を米政府機関が購入しないように
- ECRA(輸出管理改革法)、FIRRMA(外国投資審査現代化法)
- 同年10月、商務省、中国DRAMメーカーJHICCをEntity Listへ
- 同年12月、Huawei会長の長女、カナダで拘束(米国機関の要請に基づく)
- 2019年3月、欧州委員会、「対中行動計画」10項目
- 2019年5月、商務省、HuaweiグループをEntity Listへ(→一時的一般許可2020年8月更新打切り)
- 同年11月、FCC、補助金享受の国内通信企業はHuawei製品利用禁止→2020年強化
- (2019年7月、日本政府、韓国をホワイト国から除外、3品目を包括許可制から除外)
- 2020年5月、商務省、米国製技術やソフトを用いて製造された半導体をHuaweiに販売してはならない(含海外工場、含リスト規制非該当の特定品、仕向地どこでも)=拡大「直接製品規制」(TSMCのHiSilicon向等)→9月猶予終了
- 同年8月、上記直接製品規制の再拡大。特注でない一般半導体もHuaweiに販売禁止、但、5G未滿通信機向半導体等は個別判断(その後インテル一般PC向け等、個別認可が続く)。
- また国際緊急経済権限法(IEEPA)に基づく大統領令によりTiktokを含むバイトダンスとの取引、WeChat(テンセント)使用禁止
- 同年9月、商務省、対中軍事エンドユーザー規制発動(SMIC向の半導体製造装置等の輸出、個別審査へ)

半導体をめぐる米中にらみ合いと 日米半導体摩擦の「異同」

• 決定的な違い

• 日米摩擦

- 日本側の作り過ぎ？、攻め過ぎ？を抑えようとした米国の軍産学
- メモリーに限らず、半導体製造装置も日本が強くて問題だった
- 要は日本は、既にモノとして成功していた（日本側出超）

• 米中にらみ合い

- 中国は「これから」。（今はできてない：中国側入超）
- 産業生態系ができる「前」に抑え込みを図る米国の軍・政府・議会
- 友好国間の「摩擦」と違う米側の恐怖＝とくに軍事転用・軍民融合
- →名付けるとしたら：「プレ・スプートニク」・・・先を行く措置

• 似た部分？

- 1980s後半～米国軍産学にとって「日本問題」は、日本人が思うより極めて深刻であり、全力で対処。真剣さは類似の部分も。

中国の到達点：

「中国製造2025」
との対比

• 目標：半導体の国内自給率

- 20年 40%
- 25年 70%

• 実績

- 19年 15.7%
- (24年 21%ていど?) (米IC-Insights社予測)

- →実態的には「千人計画」と「投資基金」が重要（後述）

人材（を通じた技術）獲得

—半導体はその大事な一部—

- 海外ハイレベル（高層）人材招致計画（千人計画）
- 2008~(2011~拡張)
 - 10年間で7000人以上と伝えられる（「海亀」が中心）
 - 一般に年収1600万円以上からスタート（外国人はさらに高額）
 - 研究費は3~5百万元（5~8千万円）ていど
 - 長短あり、長期は最低3~5年中国で勤務
 - 立案は国務院だったが実施は党中央委員会中央組織部が主導
- 2012~(2018~)「1万人の才能計画」：国内養成重点

中国半導体への中央・地方政府投資基金 および外部誘導資金

- 中央政府：国家集成电路(IC)産業投資基金
 - 第1期：2014~19年、1400億元（2兆1千億円）+ 外部資金誘導5000億元（8兆円弱）
 - →紫光集団 長江存儲科技（長江メモリー・テクノロジーZYMTC武漢）NANDフラッシュメモリ
 - →重慶DRAM工場、2020末から着工予定だが？、、、
 - 第2期2020年~、2000億元強（3兆円強）
 - 中芯国際SMIC、浦東の中芯南方工場に、「基金」から15億ドル（1600億円）、上海集成电路投資基金から7.5億ドル（800億円）増資引受。SMICへの持ち分、前者23%、後者11.5%
 - 2つの重点（1）半導体製造装置・部材・半導体材料・EDAツール
 - 中微半導体AMEC等、エッチング、薄膜形成装置、テスター、洗浄装置、CMP、（リソ装置）、それらの部材
 - （2）応用面： 5G、スマートカー、スマートグリッド、AI、IOTに向けた半導体
- ChangXin Memory: CXMT長鑫ストレージメモリ2016~、8000億円
 - （旧Innotron=旧Quimanda系スタックトDRAM）
 - 2019秋~8Gb-DDR4@19nm@20TWPM出荷→2020末40TWPM予定？
 - 合肥産業投資基金（例）+（GigaDevice兆易創新2005,SV→北京NORファブレス）2兆円規模

中国のメモリーメーカー：これからが本番

DRAM		NAND	
2020-3Q	金額シェア%	2020-2Q	金額シェア%
三星（韓）	41.3	三星（韓）	31.4
SK-Hynix（韓）	28.2	キオクシア（日）	17.2
Micron（米）	25.0	Western Digital米	15.5
Nanya（台）	3.0	SK-Hynix（韓）	11.7
Winbond（台）	0.9	Micron（米）	11.5
Powerchip（台）	0.3	Intel（米）	11.5
その他	1.3	その他	1.2
	CXMT、重慶紫光		紫光YMTC

中国メーカー、この中に埋れてみえて来ず

出典：TrendForce社調べから筆者作成

中国の代表ファブドリー

- SMIC 中芯国際
 - 4工場（浦東φ300、北京φ300、深圳φ200、天津φ200）
 - 計476kWPM@200mm換算(うち108kWPM@300mm)
 - 14nm-FinFET@ArF@浦東
 - 24nm@北京
 - 顧客売上額6割＝国内。スマホ含む通信機向けが最大だがMEMS等まで手掛ける

頓挫、座礁

- 福建省晋華集成電路JHICC: DRAM
 - Micronの対UMC告訴で技術流出が指摘され、米商務省がJHICCをEntity Listに入れ、米装置メーカーが引上げ、計画頓挫
- Huawei (HiSilicon) 封じ込め
- SMIC どうか
- そもそも米国のせいでなく、**死屍累々**
 - だが、お構いなしで**さらに前進を図る中国官民**

(2) 米中、今後の前進政策のキモ

- 官民産業投資ファンド
- 5Gスマートカーニシティ=グリッドの
インフラ投資

中国共産党 19期5中全会 2020年10月

- 14次5カ年計画(2021~2025) (+2035年長期目標)
- 国内経済循環を主として、国内経済および国際経済の2つの循環（「双循環」）が相互に促進し合うかたちを目指す
- 産業分野としては：
 - 5G通信
 - IoT
 - ビッグデータセンタ
 - 都市近郊型交通・総合物流ネットワークなど、
 - 、、、、以上を組込んだ新型インフラ建設に注力

今後の中国インフラ整備は
スマートインフラ化してくる
（実証・実験性が高まる）

そこへ海外企業が
引込まれる

中国共産党包括的深化改革中央委員会 （第14回、2020年6月末。委員長：習近平）

- 「**新世代情報技術と製造の統合開発の深化に関する意見指導**」
- カギは5Gの活用にあり、Industry4.0と結びつけること
- 「インダストリアルインターネットは、コンシューマーインターネットの開発モデルをコピーすることはできない」
- 5G **プライベートネット+MEC** + コンバージドシステムを強調
- 「5Gは市場の20%が消費者側、**80%が産業側**」

米CHIPS法案は新年から審議再開見込み

- CHIPS for America法案：Creating Helpful Incentives to Produce Semiconductors for America。
- 上下両院どちらも共和・民主の超党派（5カ年、一部10年、総計約12兆円＋税控除、の規模感）
- 趣旨：「米国の半導体製造、研究開発、およびサプライチェーンのセキュリティをサポートするための投資とインセンティブを確立」
- Section2：半導体投資に伴う法人所得税額控除（American Foundries Actには当該項目がない）
- Section3：先進マイクロエレクトロニクスに関する米国の検証・製造能力確立
- Section4：州・地方政府によるインセンティブ供与を相殺する連邦政府贈与
- Section5：国防総省による半導体・同関連技術へのサポート
- Section6：商務省による半導体技術関連の産業基盤調査
- Section7：セキュア・マイクロエレクトロニクスと同サプライチェーンの開拓と採用のための基金設立
- Section8：先進半導体研究・設計
- 同法案のほかに「American Foundries Act」法案も別議員から提出。中身は大スジ同じ（略）

要点：sec2～5

注意：法文の和訳および厳密な解釈につき、筆者は責を負わない

- Sec2（**税控除**）とSec4（**地方補助金の補填**）は一体。国内外から米国内に向けての半導体ファブや研究所の新增設・アップグレードを優遇
 - Sec2：税控除の額は事前には不定。2024年末までの関連投資については法人所得税の40%控除など、以下毎年、控除率が下がる
 - Sec4：通商法301条で米政府に徴収された資金の中から財源を拠出。上限100億ドル（**1兆円強**）
- Sec3は商務省NIST（国家標準・技術研究所）
 - 年5000万ドル。主に3nm以下の半導体プロセス向け「研究」
 - 半導体・関連産業の「**将来人材教育訓練カリキュラム開発とその実施**」など
- Sec5：国防総省による国防生産法に基づいた国内半導体生産施設計画
 - 国防総省ないしNSA国家安全保障庁に、以前からある小規模半導体ラインの更新・アップグレード計画か？

要点：sec6

注意：法文の和訳および厳密な解釈につき、筆者は責を負わない

- やや懸念される調査案件
- 目的：商務省が、国防生産法に基づき、半導体について米国の産業基盤が、国防ニーズを支えられるかを調査する
- そこまでは米国の自由。「だが」、調査のため、グローバルサプライチェーンおよび海外との相互依存性を調査するとあり、外国企業その他の組織も調査するとある
- かつ必須として例示された調査項目として：
 - 関連の費用構成調査
 - 半導体の仕様
 - それが納品されたエンドユーザーについての報告
 - 外国組織が当該地域内外から受けた補助金など
- 当該調査の具体レベルが不詳。かつての日米半導体摩擦時のように、個別各社の原価計算から、顧客リストまで逐一調査されるのか、あるいは要約記述で済むのか

要点：sec7

注意：法文の和訳および厳密な解釈につき、筆者は責を負わない

- セキュア・マイクロエレクトロニクス（MEと略す）、およびセキュアMEサプライチェーン
 - ”微妙”な条文。同盟国政府と、「多角的MEセキュリティ基金」を、国際協同基金として設立（上限7億5000万ドル）、とある
- また基金がどうなろうと、一部同盟国政府と協調して、非参加国への対応を統一的に行動する由（**国務省**主管）
 - これは既に恐らく内閣官房国家安全保障局経済安全保障担当に非公式コンタクトが始まっていると目されるところの、ワッセナー協定国における一部国だけのインナーグループを作る案と、被っていると推測される

要点：sec8

注意：法文の和訳および厳密な解釈につき、筆者は責を負わない

- Sec8: 半導体技術研究開発振興策（NIST実施分はSec3）。
 - 本文に「半導体技術・イノベーションにおける米国のリーダーシップは、米国の安全保障および経済成長に死活的であると米議会は理解する」旨を宣言し、法に明記。法の本文で「半導体」を特記している部分はかなり異例か（修正可能性ありや）。
- 大統領国家科学技術協議会NSTCの下に「半導体技術・イノベーションに関する小委員会」設置
 - →「**国家半導体研究戦略**」を立案提出せよ。いわばガイダンス&監督機能か
- 以下、全期間総計、約9兆円「授権」（Authorization）
 - (1) 「**先進パッケージング国家製造研究所**」、年50億ドル授権（5500億円弱）を、2021～25年度（計3兆円弱？）
 - 一部で「**投資基金**」設立。米国内パッケージング技術で**大手からのスピンアウトその他を支援**
 - パッケージング**人材の養成訓練**
 - (2) 「**国家半導体技術センター**」、年30億ドル（3000億円強）授権、2021～30年度（約3兆円？）
 - →**後述**。Albany？

続きsec8:

- (3) DARPA-ERIの「加速」
 - DARPA国防高等研究計画局で以前から走ってきたERI (Electronics Resurgence Initiative)の「加速」。年20億ドル授権。2021～25年度（計約1兆円？）
 - 中身はAIDCフォーラムにて縷々、報告のあったところ
- (4) NSF半導体基礎研究
 - 年30億ドル授権。2021～25年度（約1.5兆円？）。
- (5) エネルギー省半導体基礎研究
 - 年20億ドル授権。2021～25年度（約1兆円？）

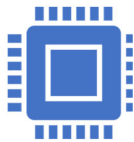
前掲「国家半導体技術センター」 の中身（案）？

米半導体工業会SIA および 米半導体研究セン タSRCによる 合同要請

- 年 34億ドル（3600億円）を10カ年、計約3兆6000億円のR&Dを連邦政府資金から投入
- （1） **アナログ・エレクトロニクス** によるセンシングと推論。
年6億ドル。アナログ概算コンピューティング、アナログAIによる情報量圧縮・削減が主たる目標
- （2） **メモリー(NVM等)** とストレージ。 年 7. 5億ドル
- （3） **通信・ネットワーク**。 年7億ドル。ミリ波CMOS、ミリ波対応Massive MIMO、ミリ波フィルタ等。
- （4） 情報 **セキュリティ** のためのハードウェア研究等。 年6億ドル
- （5） 半導体の **省エネ** 技術。 年7.5億ドル

<追補> もう1つの「CHIPS」ほか「DARPA-ERI」

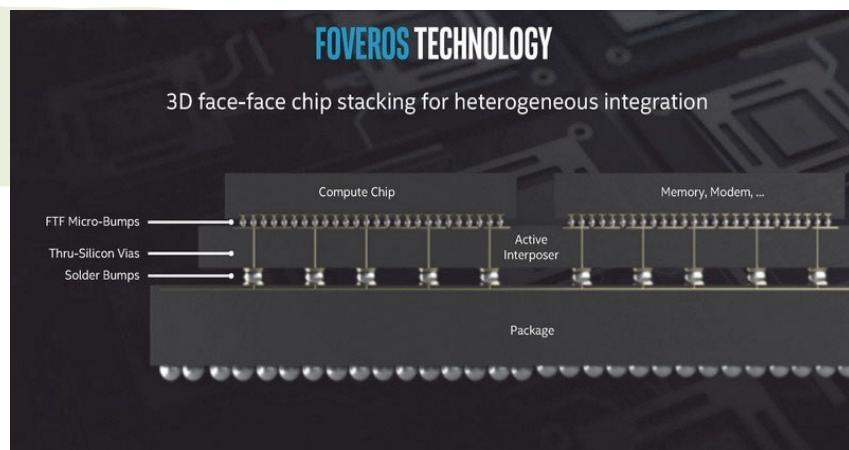
2017~Phase1, 2019~Phase2,,,,



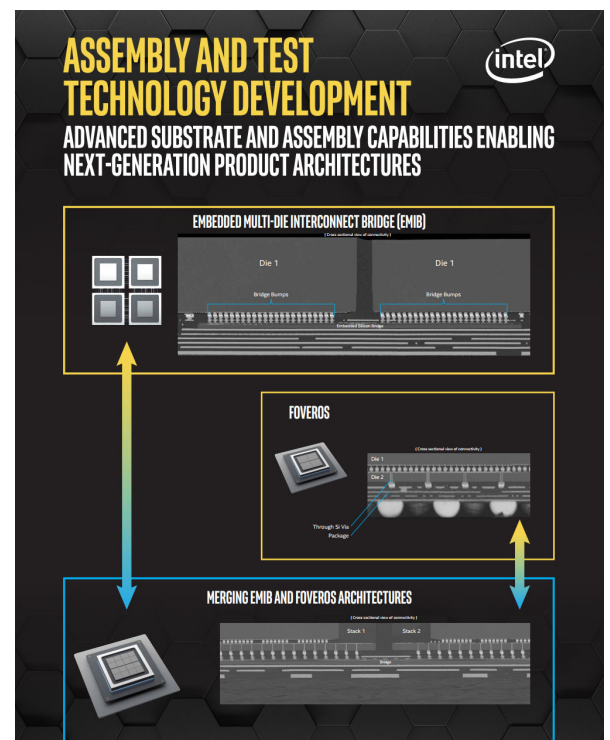
3D (5pj)	Device & Materials (2pj)	Design & Security (8pj)	Functions-IP (7pj)	Cross-cut1 Basics (1pj)	Cross-cut2 Appli (n-pj)
●CHIPS →国内foundryへ	●T-MUSIC →国内foundryへ	IDEA →Cadence	●DRBE RT-HPC	JUMP →SRCへ	軍システム へ応用
●MIDAS digit-beam form	●FRANC NVM-compu	POSH →Synopsys	▲DSSoC Domain-spec		
3D Monolith (die内BEOL)		CRAFT	HIVE(graph)		
PIPES(photo)		PAPPA	▲N-ZERO event-driven sensors		
LUMOS(laser)		GAPS	RTML		
		AISS	SDH		
		SHEATH	L2M (bio)		
		SSITH			

Intel	"Co-EMIB" (次ページ)	"Foveros" (次ページ)	パッケージ内 ロジック+ロジック3D積層
		"Embedded Multi-die Interconnect Bridge" EMIB	パッケージ内ダイ間水平イ ンタコネク・ブリッジ
	"Omni-Directional Interconnect": ODI		パッケージ内水平・垂直イ ンタコネク
	"MDIO"		AIB(die-die interface bus)Phy接続
Micron			
Analog Device			
Cadence			
Northrop Grumman			
Lockheed Martin ATL			
Ferric			
Intrinsix			
Jariet Technologies			

"CHIPS"
Common Heterogeneous Integration and IP Reuse
Strategies



別途、
"T-MUSIC" は：
Mixed-module
ファンドリー：GF + Tower Jazz



CHIPSから、SHIPへ、→そして自立化へ

SHIP: State-of-the-art Heterogeneous Integration Prototype

- 海軍海上戦センター→下記への契約
- **Intel Federal, LLC.**: **156M\$** for Logic
- Qorvo: for RF
- Xilinx(→AMD?)
- Keysight Technologies
- GE Research
- Northrop Grumman Aerospace Systems

CHIPS法案
「投資基金」
の含意

- 特定産業ターゲットの産業政策批判をかなぐり捨てたアメリカ官民
 - 中国を前にタテマエを言っている余裕はない
 - 昔からアメリカにも存在した特定産業政策
 - 航空機ほか（電子システムも）
- 市場原理主義／リバタリアンは*Out of Date*（時代後れ）
- 世界の “ *New Normal* ” = **官民産業投資ファンド**
 - 民業圧迫論者（ファンド）には自分で実践してもらう

バイデン政権の重点経済政策

- 第一優先：連邦政府支出3000億ドル（約31兆円）をテコに米国内雇用の回復を図る
 - 上院選確定（来年1月）次第だが、金額の多寡はともかく、進む。
- 第二： 通商ほか対外経済政策の立直し
- →米国も「5G対応スマートカー＝シティ＝グリッド」インフラ投資を、環境問題と絡めながら進めてくる

第二部

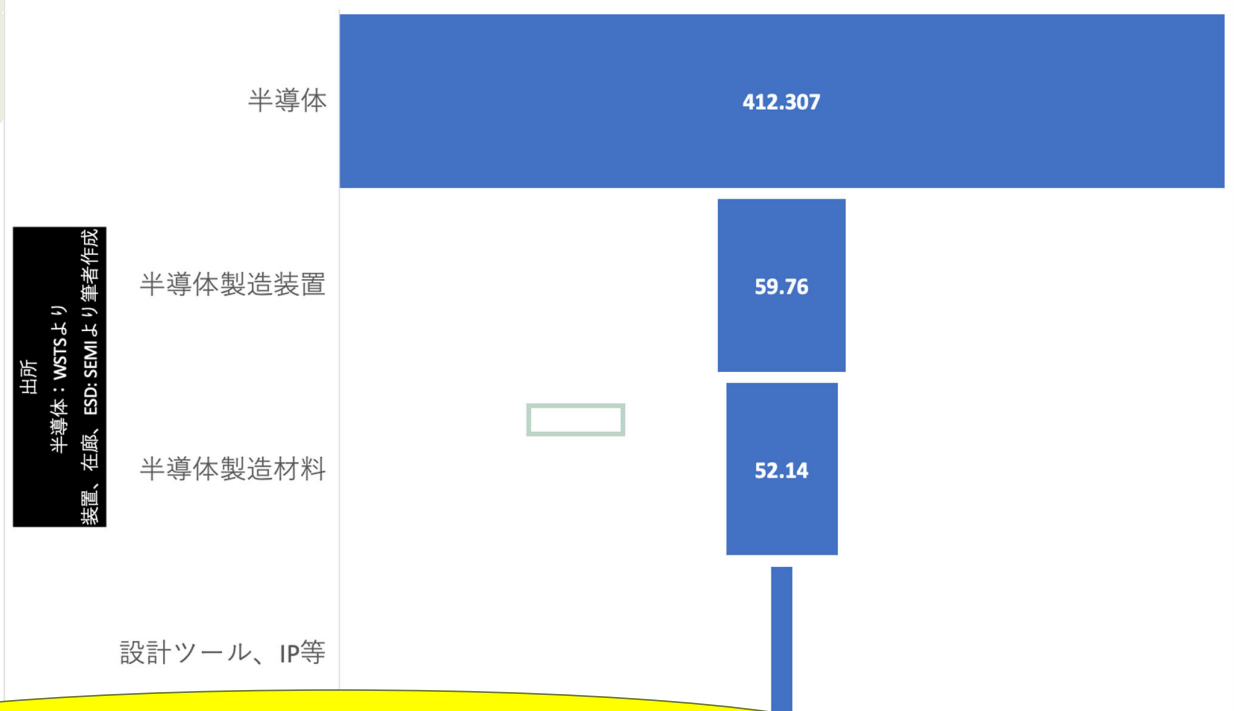
ミリ波5G時代をにらんだ
日本としてのネタづくり
(提言)

日本半導体産業をどう捉える？： **瓦解より再構築の欠如が問題**

- 1. 「DRAM軍団」的あり方は日米半導体協定と韓国財閥の前で瓦解
 - →シェアの一定低下は必然
- 2. 移る先の大型めしネタをオリジナル開発した企業は残った
 - キオクシア（東芝メモリ）：**NANDフラッシュメモリ**
 - ソニー：**CMOSイメージセンサ（裏面照射型）**
 - 三菱電機（富士電機、東芝）：**パワー半導体（IGBT等）**
- 3. インターネット ＋ 米国官民による技術・法制各般の包囲網だった
 - 半導体に限らず。電電公社（通信）封込。コンピュータ弱体化。AV家電・カメラはスマホへ
- 4. 分解して**複数ベンチャーに再開花・再結集する米国式循環**がない。**反転できずにいる**
 - グローバル・ファブレスを（ニッチトップ級にせよ）輩出できてない
 - 半導体人材にも問題あろうが、長期視点ビジネスメイキング人材は徹底的に欠落（戦後大企業制）
- 5. 「反転攻勢」「再構築」を実践するアニマルスピリッツは稀れ。だが**例外もアリ**
 - **→反転の契機をつかむ、創り出す**

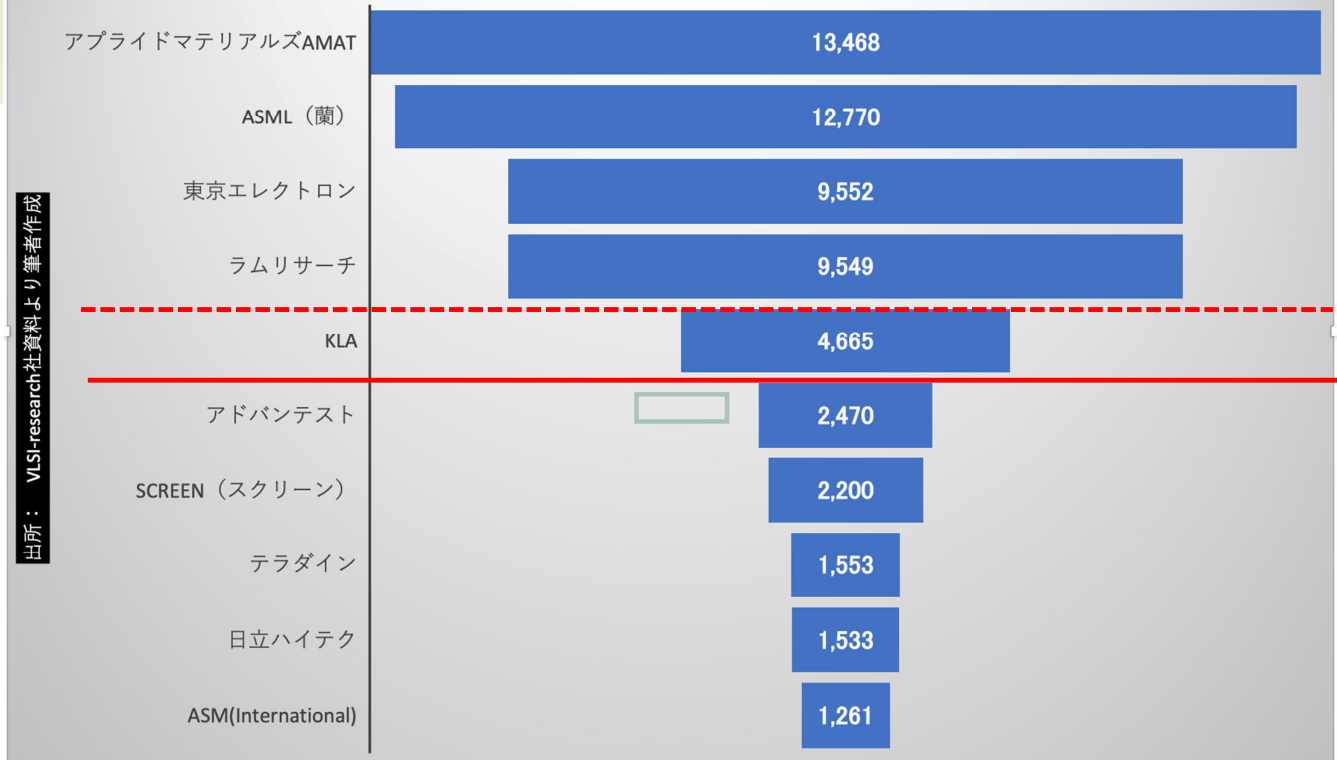
概観

図表 半導体・関連産業の世界市場2019暦年<十億ドル>



装置・材料の牽引も「半導体」が行うという関連を
キモに銘ずる

図表 寡占と格差拡大が進む半導体製造装置
2019暦年売上トップ10 <百万ドル>

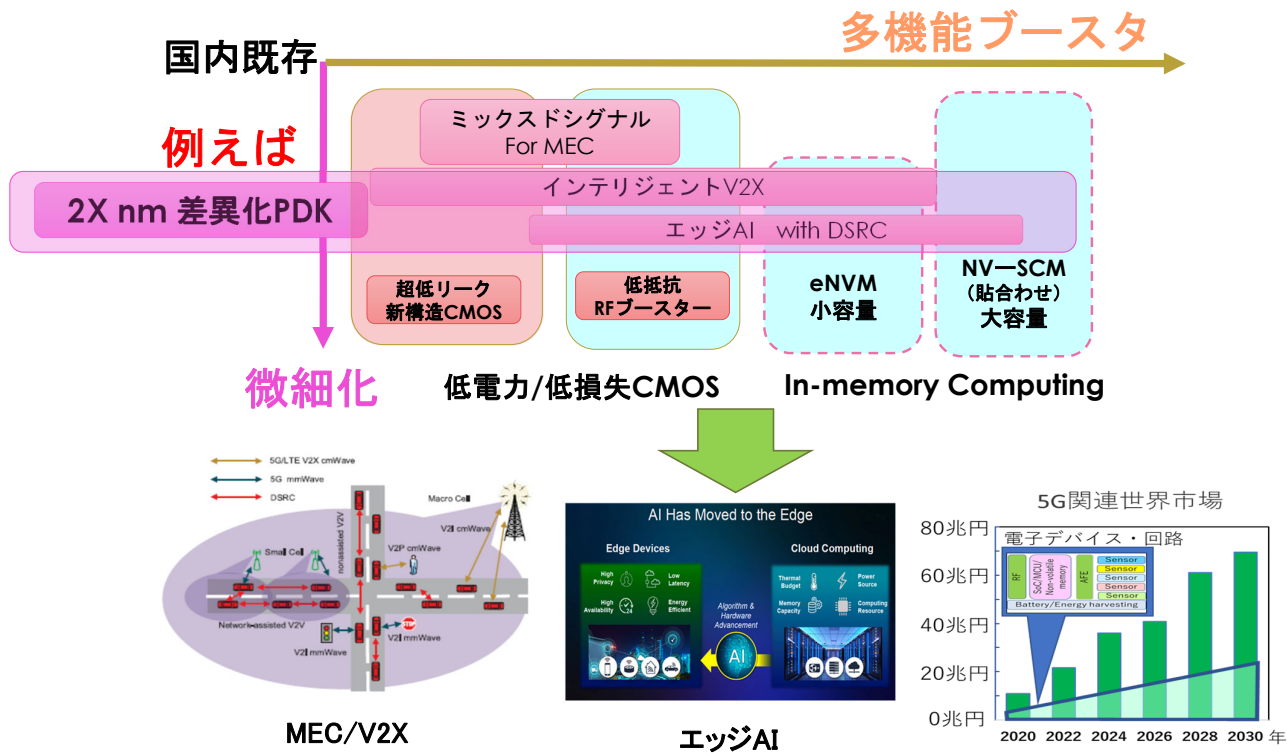


全体論

反転「再構築」へのヒント（提言）

- 1. **キオクシア**(NAND等メモリー)：断固テコ入れ
 - 「エルピーダ」の愚を繰返さない
 - 日本政府（政策投資銀行）＝腰砕け
 - 米国の産（業界、金融界）＝官（軍）＝学は1980年代から一貫、Micron死守
 - →結果： 広島ファブはMicron社の世界先端ファブとして大儲け
- 2. 次世代コンピューティング用HPCチップ支援
 - 腰砕け（中途半端）は日本政府が繰返す失敗の重大要因
 - 「**富岳チップ**」は今は世界トップ級
 - チップ外販：米Cray（HPE傘下）納品。まだ半端→反転へ
- 3. ミリ波5G-RAN内リアルタイムコンピューティングとチップほか（次述）
 - 各論A：5Gミリ波対応「**リアルタイム・コンピューティング空間**」
 - 各論B: 対中協力や人材養成に好適な「**ミニマルファブ**」

(参考) 産総研： 微細化のレトロバック再構築



反転は応用システムと一体でないと成功しない

- Open RAN (無線アクセスネットワーク)
 - 既定 28GHz-5Gを睨んだ一部措置： **NEDOポスト5G(1)**・・・革新は？
- **<追加A> 60GHzミリ波LAN(802.11ay)活用システム (サービス)**
 - WiFiは移動体通信5Gと組合せて活きる
 - **スマートシティ (多数接続)、途上国・低遅延向け無線バックホール等**
 - 要素： m MIMO=アクティブ・フェイズドアレイ・アンテナ+モジュール
 - CMOSミックスドシグナル (アナログ)， 高密度ヘテロインテグ
- **<追加B> 28GHz-ローカル5GにおけるMEC (CU付帯)**
 - RAN内はIP網手前：**インターネットに縛られない**
 - ハードモジュール：**コンパクト・コンバージド・システム (ボード)**
 - プロセッシングチップ、メモリ階層、IO通信部、ヘテロインテグ
- 各ナショナル「センター」 (ハイパースケールデータセンタ) 向け
 - **ハイエンド大規模コンバージド・システム** with Open Compute Pj
 - ハイエンドサーバ ロジックチップ + メモリ/ストレージ部 + システム

ミリ波5G時代
世界的成功の一角に喰い込む

<各論A> ミリ波5G-RAN内 リアルタイムコン ピューティング網 とチップ

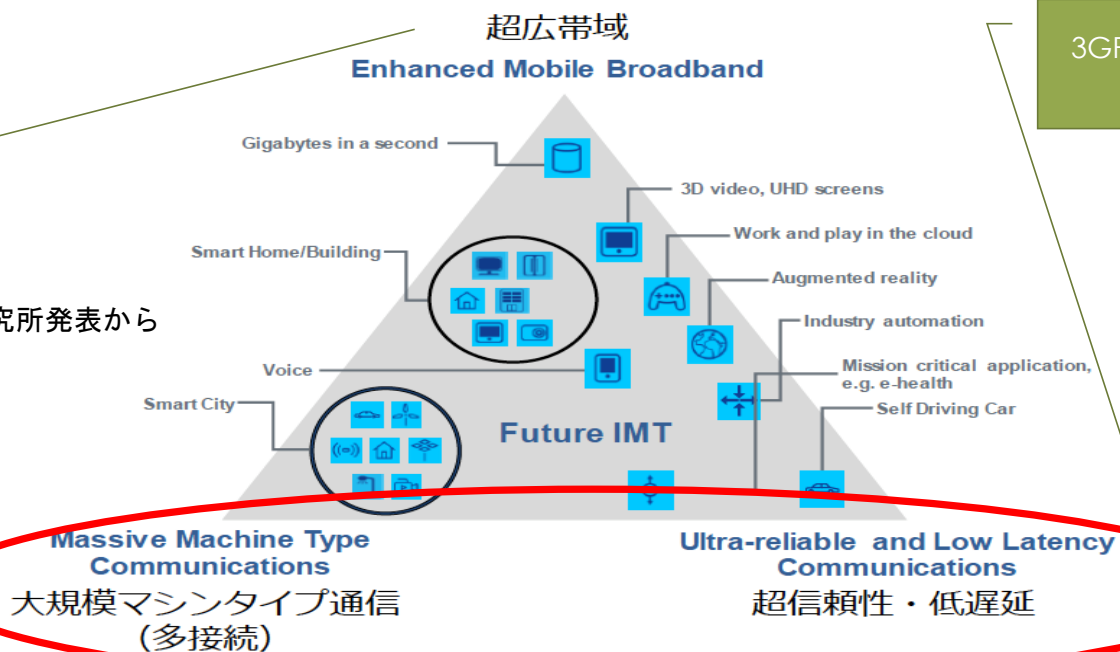
無線アクセスネットワーク内は必ずしもインターネットに縛られない

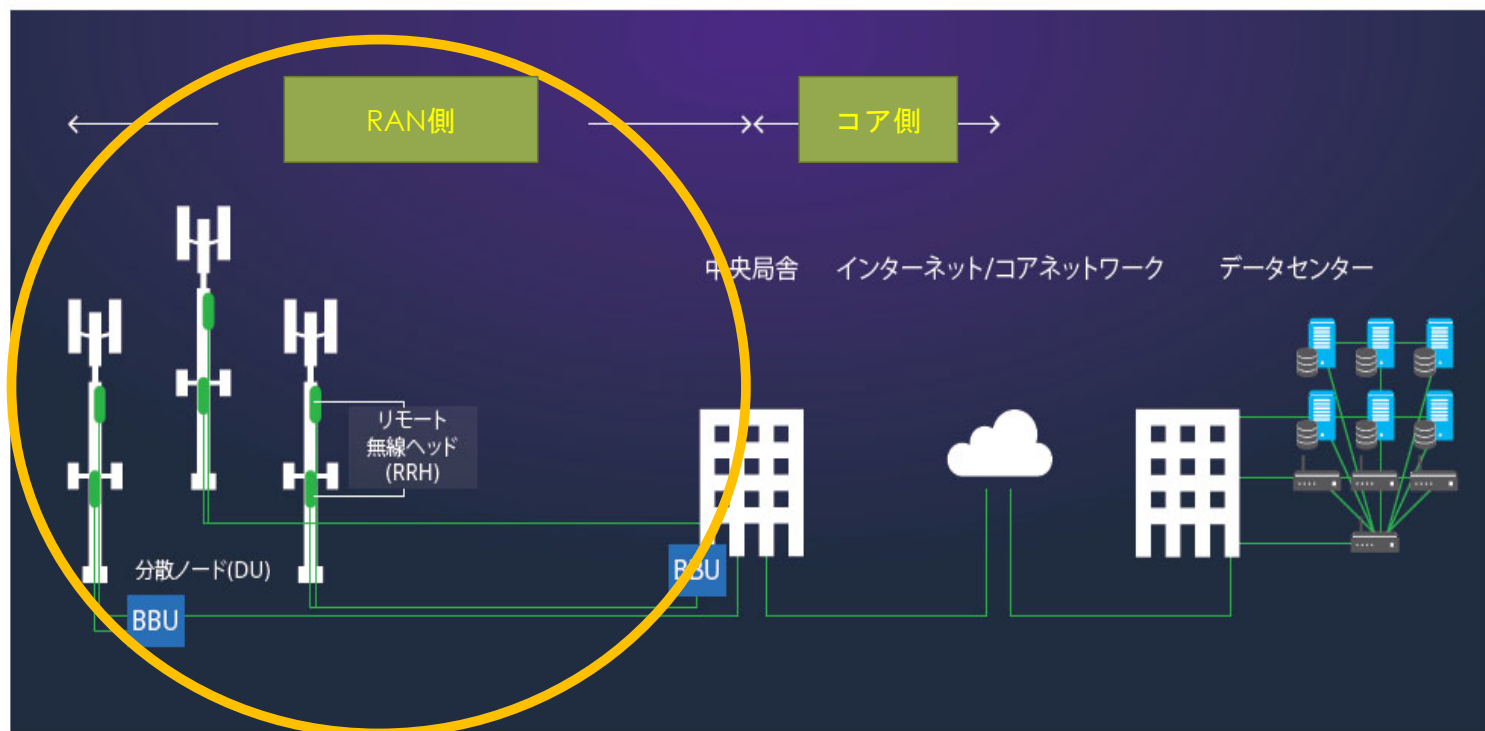
5G (IMT2020)の特性が出るには

先行

KDDI総合研究所発表から
筆者編集

3GPP-R1.17頃から
本格化





ミリ波LAN(WiFi): IEEE 802-11ay

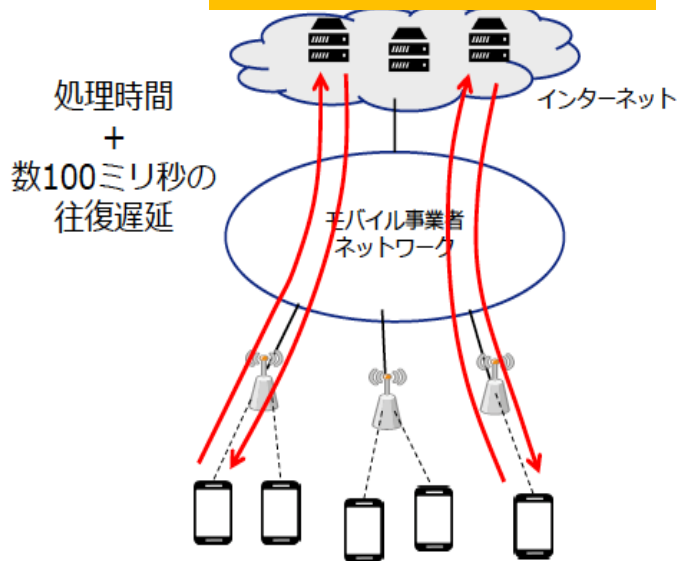
- 60GHz免許不要, 20-40Gbit/s, MU-MIMO, TDD, 伝送距離250m以上
 - IEEE 802-11ad (WiGig): 2012~:普及せず
 - 著名リーダー: Facebook Terragraph
 - サポーター: ドイツテレコム
 - チップセット: クアルコム等
- 60GHz等でのCMOSチップによる世界的リーダー→東工大(岡田、松澤)
- 2020年: IEEE 802-11ay規格 (ad改良版) →Huawei, Intel, LG牽引
- IEEE 802.11ay

Chair	Edward Au	Huawei Technologies
Vice Chair	Sang Kim	LG Electronics
Secretary	George Hurtarte	LitePoint
Editor	Carlos Cordeiro	Intel
Lead for usage model document	Rob Sun	Huawei Technologies
Lead for channel model document	Alexander Maltsev	Intel
Lead for functional requirements document	Rob Sun	Huawei Technologies
Lead for evaluation methodology document	Laurent Cariou	Intel
Lead for coexistence assurance document	Claudio da Silva	Intel

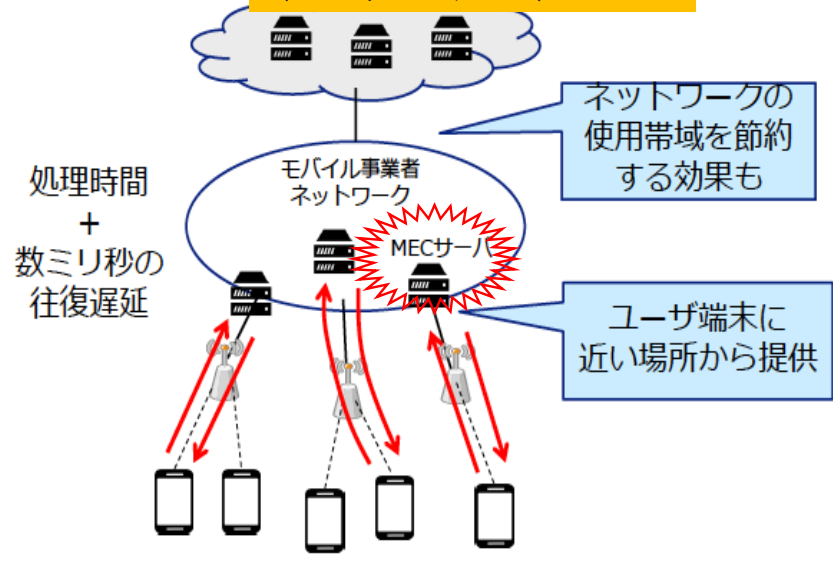
是々非々
IEEE/米政権の出方による

MEC: Multi-access Edge Computing

現状5G
(4GミックスNSA方式)



本格5G
(5Gスタンドアロン)



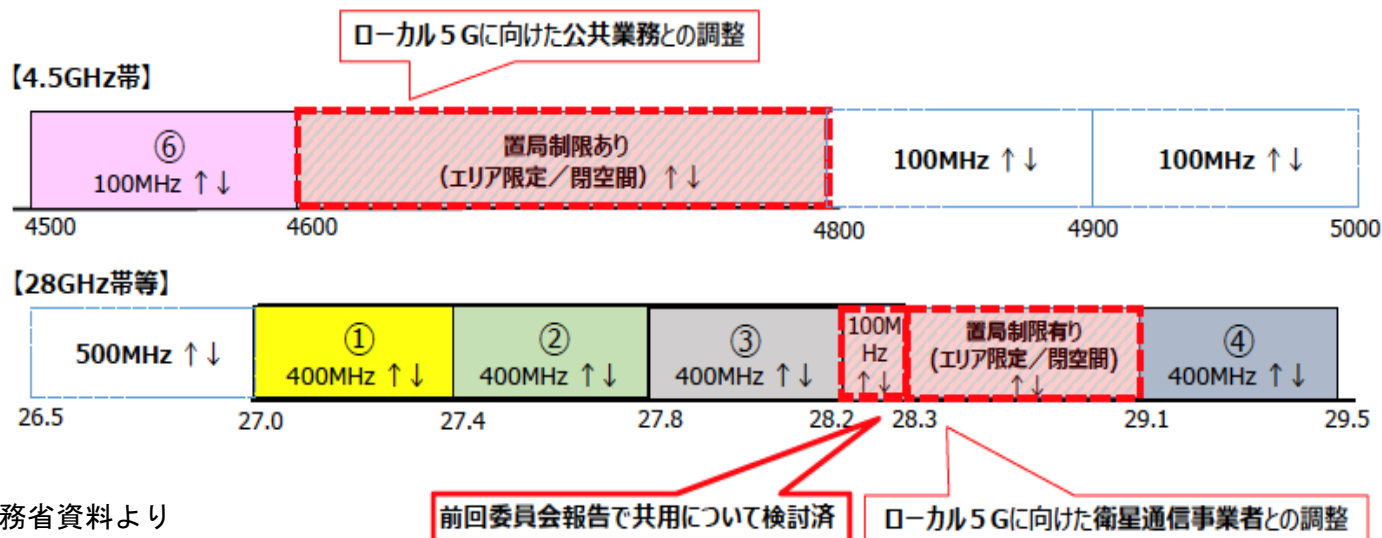
KDDI総合研究所発表より

5G利用の8割？が 「各業界のスマート化」として攻めてくる米中

- 移動体通信サービス自体における構造変化
 - 「汎用」を放棄した5G
 - 「汎用」を主軸とせざるを得ない携帯通信オペレータ
 - →例、NTT（ドコモ）＝NEC
- しかし中心はむしろ「専用／ローカルRAN」内へ
 - ハイエンドMEC向け「コンバインド・システム」（サーバ＋メモリスistem）←HPCからダウングレード展開
 - 末端向けMEC（RISC-V + ユニークFPGAボード等）

ローカル 5 G—28.2~28.3GHz(100MHz)

<ローカル 5 Gの候補帯域の状況>



トヨタ、Woven City 2021~





これは？

中国の今後のスマートインフラ

座視すれば必ず追い抜かれるだけ

<各論B>

対中協力や人材養成に好適な「ミニマルファブ」

- ・ 平和な対外協力にもオリジナリティは必須
- ・ 人材養成に最適

- ミニマルファブ（少量多変種デバイス製造システム）
 - 直径0.5インチ（1.3cm）ミニウェハベースでの、半導体・MEMS等製造装置群
 - 発明、牽引： 原史朗研究員、産業技術総合研究所（産総研）
- 目下、検討が：
- 一財「**機械システム振興協会**」（シス協）にて進行中！
 - 協力：東京大学マテリアル工学科
 - →よって、ここでは詳細略
- デバイスプロセス「**人材養成**」には最適！
- 平和な「**対外協力**」のカードにも最適な日本独自オリジナリティ

オリジナルだけがカードになり得る

