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)

経済産業省　御中

2021年3月

Informa UK Limited

Brought to you by Informa Tech

目次

はじめに 3
（0）世界電子機器市場および半導体関連市場概要の状況 5
・世界電子機器市場の状況(世界的な市場規模と将来予測) 6
・世界の半導体市場規模の将来展望 7
・半導体製造装置のフローチャート 8
・中国市場動向（8インチ、SiC、GaN、設備投資：中国の注目すべき点のみ） 10
（1）主要生産国におけるマイクロエレクトロニクスに係る生産に対する公的支援の実績と効果の調査 17
対象国：中国、米国、ドイツ、韓国、台湾
（2）主要なマイクロエレクトロニクスに係る製造会社に係る生産開発拠点及び生産能力の構築状況の調査 57
Foundry市場、 OSAT市場、 EMS市場調査を実施
（3）マイクロエレクトロニクスに係る製造装置、製造に必要なシリコンウエハやレジスト等材料の市場動向、
主要企業及び主要国における技術動向調査 93
半導体装置世界市場 94
主要半導体製造装置の販売状況および生産拠点の状況 95
主要原料・主要部品の販売状況および生産拠点の状況 125
（4）重要応用分野のマイクロエレクトロニクスに係るエンジニアリングチェーンの状況・技術動向の調査 160
IP技術調査の実施(ex. Apple / キャッシュカード /電気メーター)
（5）各国のマイクロエレクトロニクスに係る開発・応用技術に係る先進的技術の開発動向の調査（書籍購入） 222
各種学会内容まとめ(VLSI / Hot Chips / SC20 / IEDM / ISSCC)

© 2020 Omdia
Information Classification: General

はじめに

はじめに

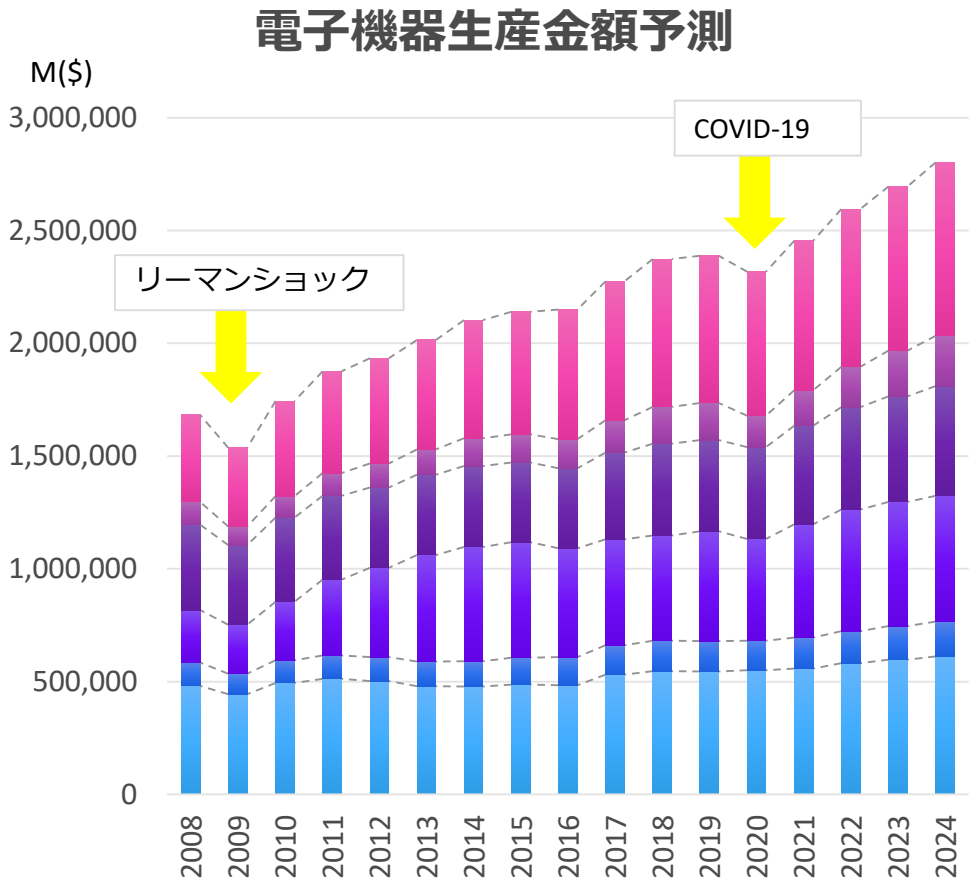
- 本調査では、マイクロエレクトロニクス分野の技術開発動向並びに競争環境に関する情報に基づいて、内外の研究開発動向を踏まえつつ、それら技術の研究基盤・産業基盤の実態等を把握することを目的とする

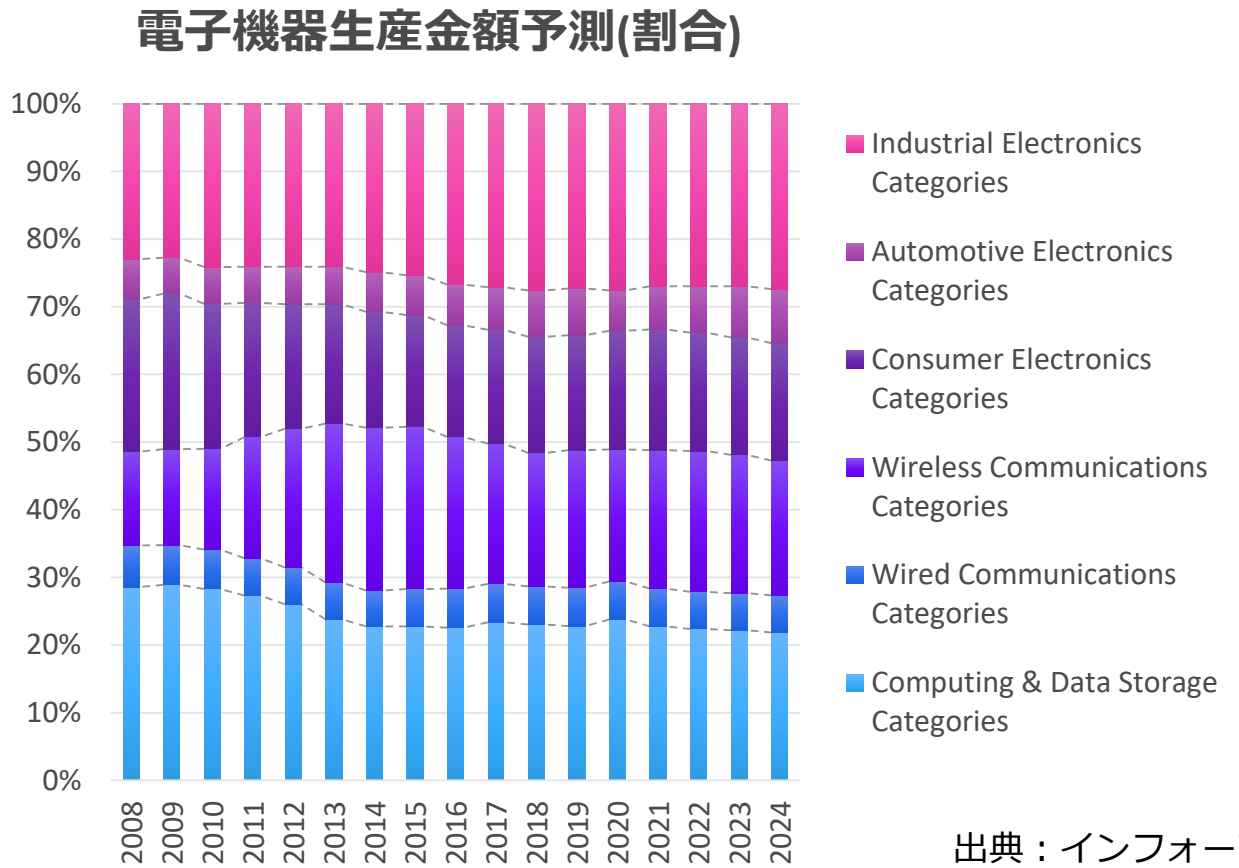
© 2020 Omdia
Information Classification: General

（０）世界電子機器市場および半導体関連市場概要の状況

世界電子機器市場の状況（市場規模と将来予測）

- 世界の電子機器市場は拡大を継続しており、2000年代前半は、スマートフォン(Wireless Communication)が市場を牽引
- 近年は、Automotive/Industrial Electronicsが市場牽引役になり始めている
- 2020年のCOVID-19の影響から、電子機器市場は、前年比マイナス成長なるも、2021年以降回復すると予想



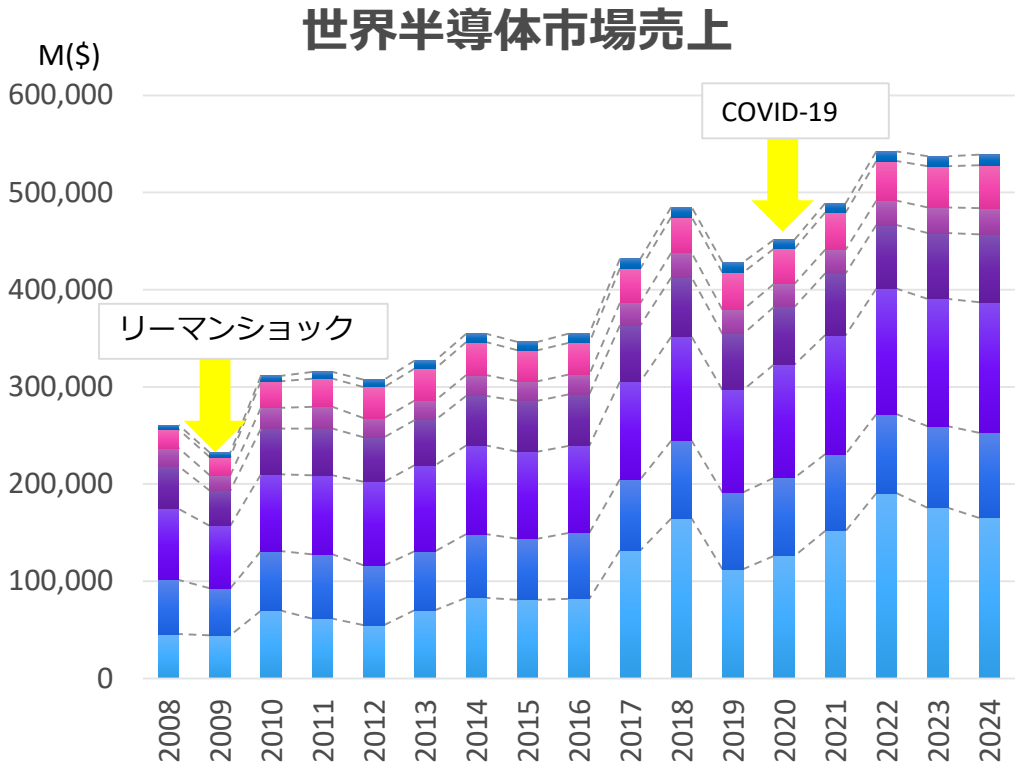


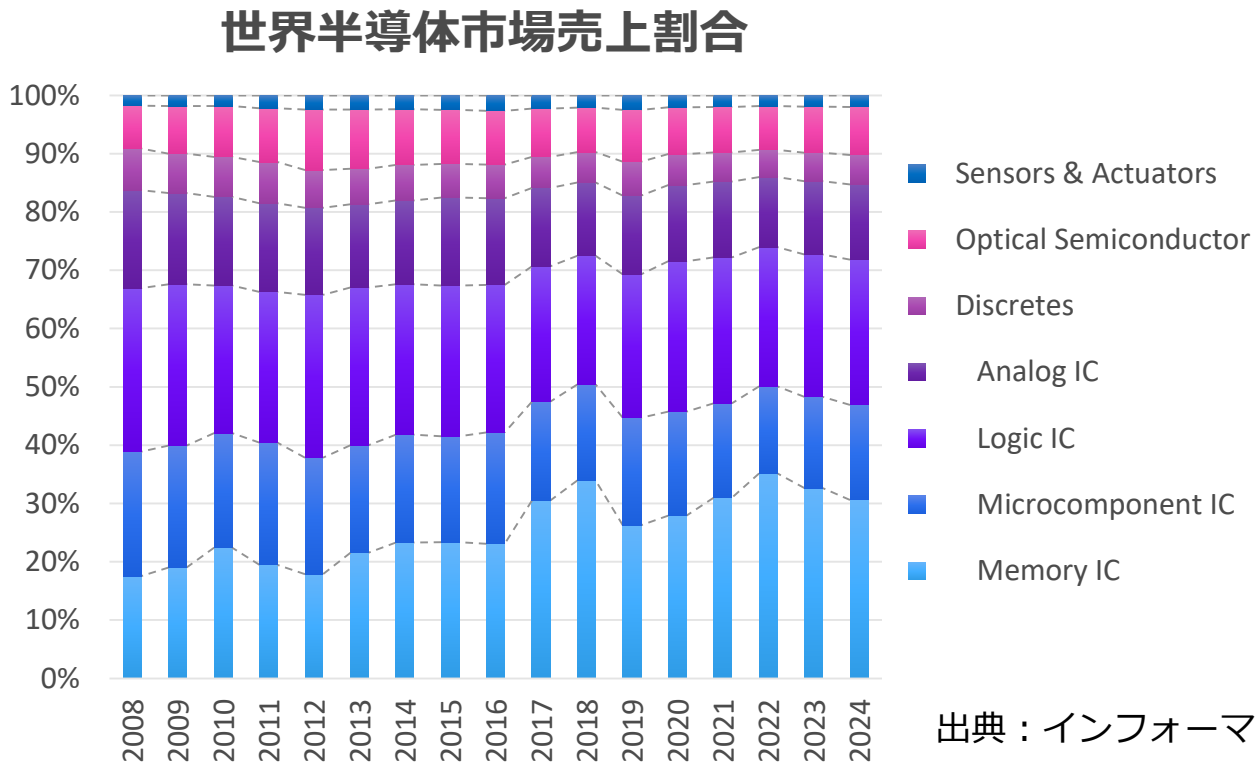
出典：インフォーマ

© 2020 Omdia
Information Classification: General

世界の半導体市場規模の将来展望

- 世界の半導体市場は2019年にマイナス成長になったが、過去もリーマンショックなどを経験しながらも拡大を継続している
- 2020年、COVID-19禍においても、半導体への需要は高くプラス成長を遂げる
- 半導体市場はMemory IC、Logic ICの売上比率が高く、2020年でそれぞれ、28%、26%と影響は大きい
- 近年、NANDフラッシュは微細化から3D化へ技術開発が変化しているためエッチング技術の重要性が高くなっている。また、ロジックでは7nm以下の微細加工ではEUV露光装置が必要になってきており、レジストなど材料開発の重要性が高くなってきた





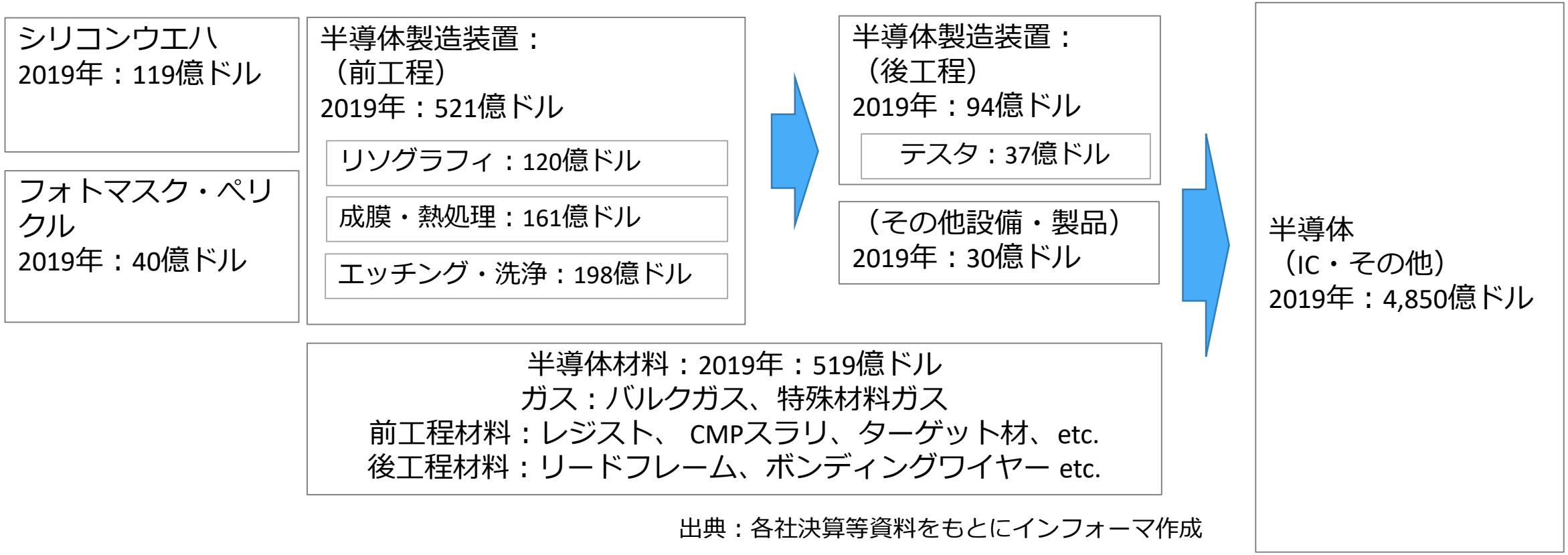
出典：インフォーマ

Information Classification: General

半導体産業におけるサプライチェーン

- 半導体産業におけるサプライチェーンでは、製造装置、材料の市場規模が大きい。製造装置では回路形成の中心的なプロセスであるリソグラフィ、成膜・熱処理、エッチング・洗浄装置の規模が特に目立つ。

半導体製造の一連の流れと出荷金額に見る市場規模



出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

© 2020 Omdia
Information Classification: General

半導体製造のフローチャート

- 半導体製造プロセスではリソグラフィ、成膜・熱処理、エッチングが回路形成の中心的なプロセスとなっている。
- シリコンウエハが基板材料、回路原板であるフォトマスク、フォトレジスト他電子材料、工程材料が各工程で使われる。

出典：インフォーマ

Information Classification: General

中国は先端半導体製造が止められているためパワーに注力

- 中国への半導体設備投資金額はこの5年間拡大傾向継続。先端投資が出来ないためパワー半導体への投資割合が高まるとみている。
- 中国・台湾・韓国の3国が牽引。台湾・韓国は先端プロセスへの割合が多いが。中国は14nmが最先端でレガシーへの量産投資比率が大きい。
- この傾向が5年続けば中国は世界の10%以上の半導体シェアを取る可能性がある（2020年は約4%）。パワー半導体分野でも中国企業シェアは4%程度だが投資継続が維持されれば2025年頃から10%程度のシェア獲得も可能と思われる。

注目される中国のパワー半導体企業

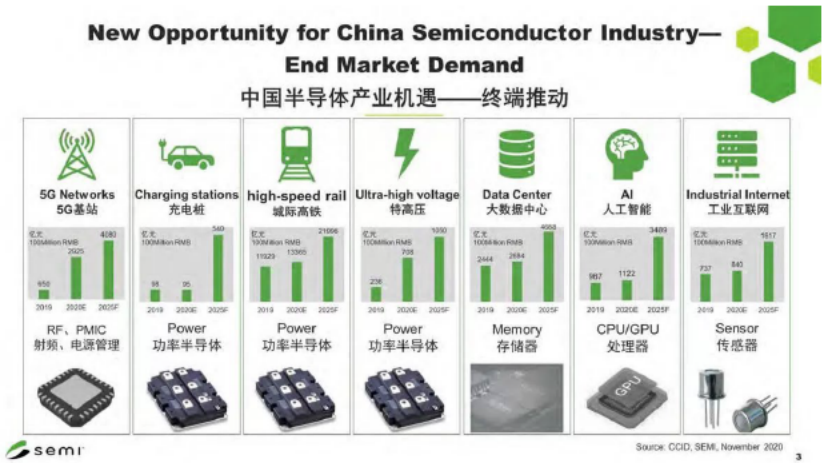
1. Dynex Semiconductor
2. StarPower semiconductor
3. Nanjing Silver Micro
4. Jilin Sino-Microelectronics
5. Zhuzhou CRRC Times Electric
6. Keda Semiconductor
7. Advanced Semiconductor Manufacturing Co., Ltd. (ASMC)
8. Skysilicon

パワー半導体注力

2020年より5年で170兆円投資

新型社会インフラ投資で欧米を引き離す

- 5G通信基地局
- データセンター
- AI （人工知能）
- 工業IoT
- 新エネ車の充電設備
- 鉄道
- 超高圧送電網



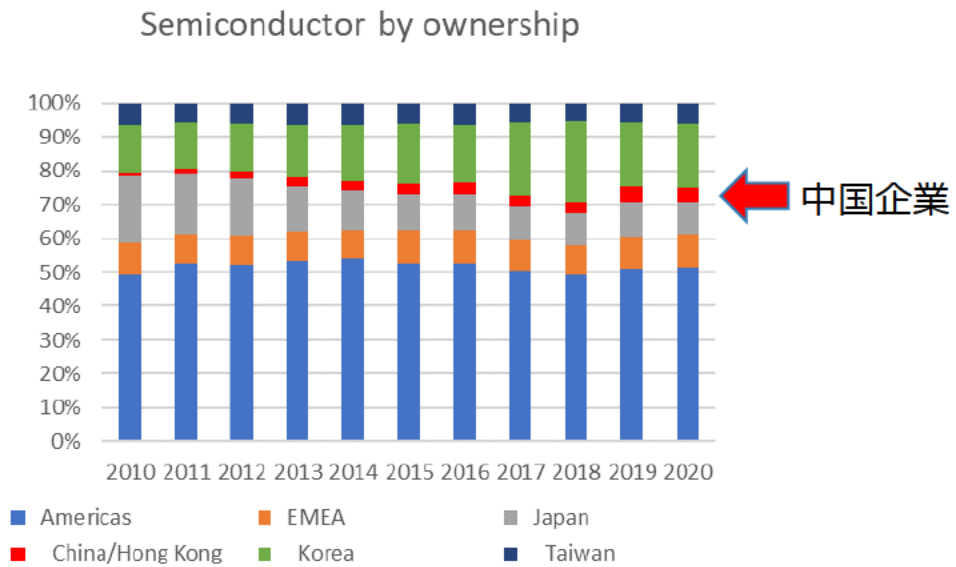
Company	Location	Technology	Wafer (mm)	2018 capacity (wafer/m)	8-inch eq. capacity (wafer/m)	2018 wafer production (wafer/m)	8-inch eq. capacity (wafer/m)	2018 utilization	employee	Product	Status
TTSEMI(TACOMA)	江蘇省南京市	0.35 micron	6-inch	55,000	30,938	0	-	0%	450	MOSFET	中古装置10KWPM導入したがエンジニア不足でまだ立上っていない
AOS	重慶市	0.25, 0.18-micron	12-inch	20,000	45,000	0	-	0%	700	MOSFET	18年Q1に試作用5KWPM装置導入、EPI成膜も行うつもりだがまだ量産できていない。
CRRC	湖南省株州市	0.35 micron	8-inch	10,000	10,000	8,000	18,000	80%	800	IGBT MOSFET	電鉄用IGBT、MOSFET製造 2020年に10KWPM追加投資して車載用IGBT製造
CANSEMI	広東省広州市	0.35 micron	8-inch	5,000	5,000	4,000	9,000	80%	400	MOSFET	19年Q2装置導入で立上げ中、広汽トヨタ向けMOSFETを狙っている
SIEn	山東省青島市	0.35 micron	8-inch	10,000	10,000	0	-	0%	500	MOSFET	19年で装置搬入完了、2020年から量産計画
Shilan	浙江省杭州市	0.35 micron	8-inch	10,000	10,000	0	-	0%	500	MOSFET	中古装置がまだ入手出来ていない
Foxconn	山東省済南市	0.35 micron	8-inch	20,000	20,000	0	-	0%	900	MOSFET	$600M投資計画で2020年に装置搬入計画
BYD	広東省深セン市	0.35 micron	8-inch	10,000	10,000	0	-	0%	800	IGBT MOSFET	2021年に新工場計画
GTA	上海市	0.35 micron	8-inch	5,000	5,000	0	-	0%	800	MOSFET	ASMCから装置導入、2020年量産計画 その後、ASMCから装置導入して20KWPMにする
TDME	北京市	0.35 micron	8-inch	50,000	50,000	10,000	22,500	20%	800	MOSFET	19年ソニー長崎200mm中古装置導入、19年から一部稼働

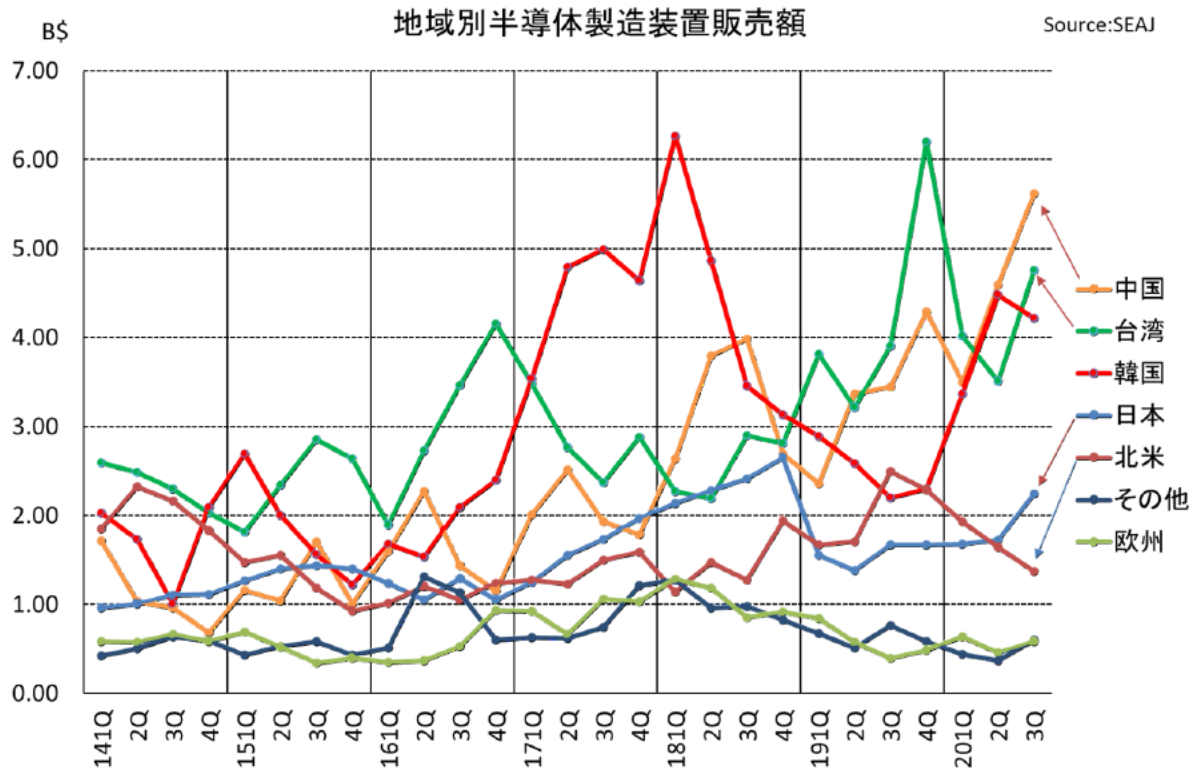
出典：インフォーマ

Information Classification: General

中国の半導体製造装置市場は拡大傾向継続

- 中国への半導体設備投資金額はこの5年間拡大傾向継続。先端投資が出来ないためパワー半導体への投資割合が高まるとみている。
- 中国・台湾・韓国の3国が牽引。台湾・韓国は先端プロセスへの割合が多いが。中国は14nmが最先端でレガシーへの量産投資比率が大きい。
- この傾向が5年続けば中国は世界の10%以上の半導体シェアを取る可能性がある（2020年は約4%）。パワー半導体分野でも中国企業シェアは4%程度だが投資継続が維持されれば2025年頃から10%程度のシェア獲得も可能と思われる。





出典：インフォーマ

Information Classification: General

中国の経済対策

- 中国は10年前のリーマンショック後の世界経済急回復をけん引した。今回は170兆円規模の対策費用を準備、新型社会インフラ投資でスマートシティを構築、一帯一路の都市に移植する事で外貨獲得と経済圏拡大を計画。中国と歩む国は経済発展が出来ると同盟国作りに奔走。
- データセンター、工業IoT、新エネ車の充電設備、鉄道（都市間の近距離高速鉄道）、超高圧送電網などパワー半導体に関連するプロジェクトが多い。

2010年より5年で60兆円投資

旧型インフラ投資でリーマン後の世界経済牽引

- 高速鉄道
- 高速道路
- 高層ビル

2020年より5年で170兆円投資

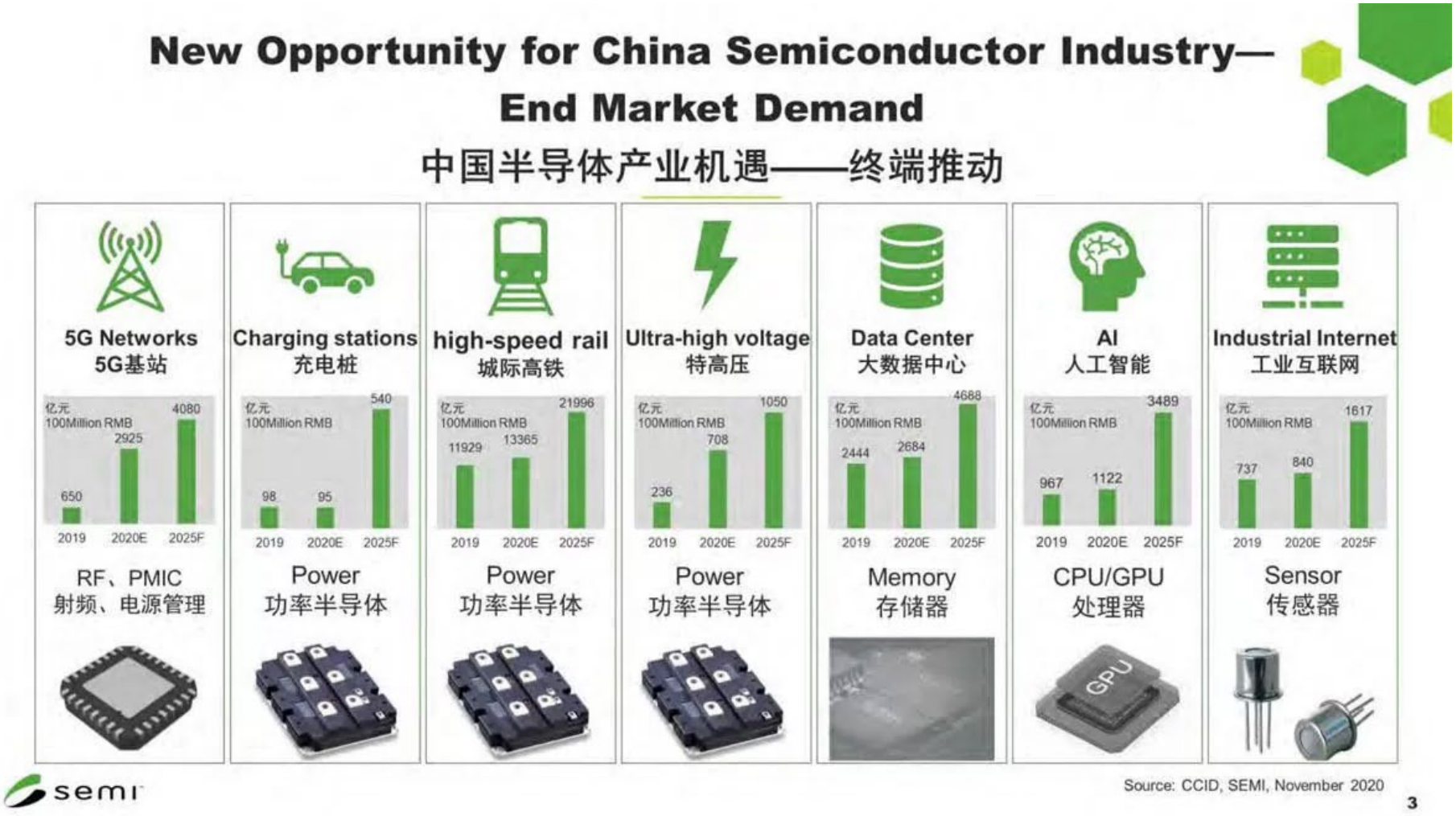
新型社会インフラ投資で欧米を引き離す

- 5G通信基地局
- データセンター
- AI （人工知能）
- 工業IoT
- 新エネ車の充電設備
- 鉄道
- 超高圧送電網

Information Classification: General

中国の新型社会インフラ投資は半導体と密接に関連

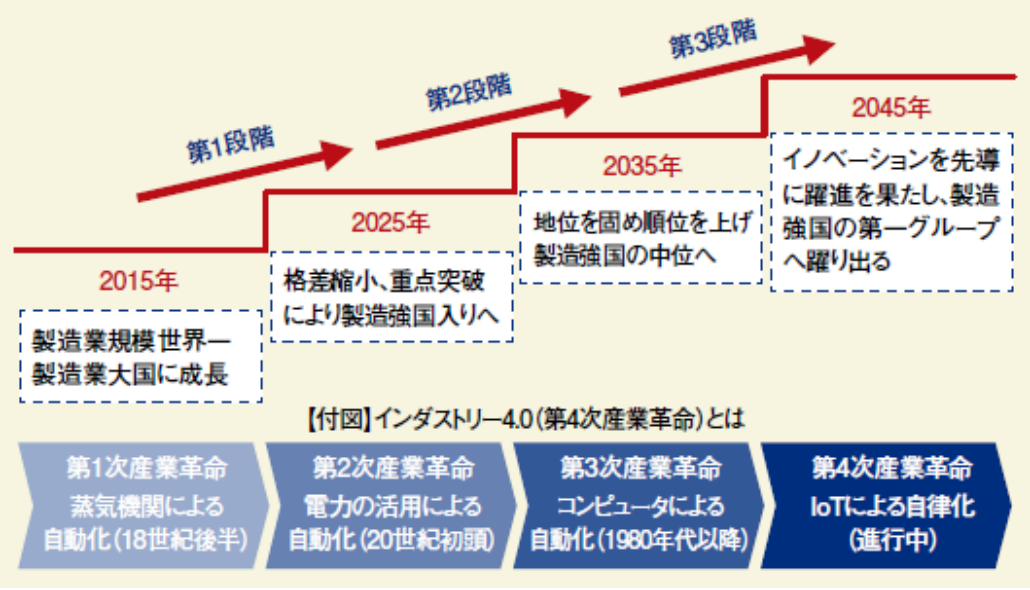
- Power半導体ではSiCに注力
- 通信チップ、MPUはこれまで同様育成プログラムを推進
- メモリではNANDの積層技術開発に注力
- Powerではすでに SiC生産をスタートしておりSiC基板メーカーも存在



Information Classification: General

中国製造2025はパワーデバイス強化も含まれている

- 中国版インダストリー4.0と言われる「中国製造2025」は2025年までに中国製造業発展に関連する指標が設定されており、中国が「製造強国」になるための「3段階」を打ち出している。
- 第1段階は2025年までに製造強国の仲間入りを果たし、第2段階は2035年までに中国の製造業レベルを世界の製造強国陣営の中等レベルにまで到達させ、第3段階は中華人民共和国建国100周年（2049年）までに製造大国としての地位を固め、総合力で世界の製造強国のトップクラスに立つとの目標である。



「中国製造2025」重点技術ロードマップの中のパワーデバイス

分野	2020年	2025年	2030年
航空	250 /1200V/50A SiCショットキーバリアダイオード	450 /2000V/1000A SiCダイオード/MOSFET	550 /3000V/2000A SiCダイオード/IGBT
電鉄	Si IGBT	SiC MOSFET/IGBT	
スマートグリッド	Si IGBTモジュール		

中国のパワー半導体企業

1. Dynex Semiconductor
2. StarPower semiconductor
3. Nanjing Silver Micro
4. Jilin Sino-Microelectronics
5. Zhuzhou CRRC Times Electric
6. Keda Semiconductor
7. Advanced Semiconductor Manufacturing Co., Ltd. (ASMC)
8. Skysilicon

出典：インフォーマ

Information Classification: General

SiCウエハーメーカーは中国で多くなっている

- 中国では4″Epiwaferでは既に4社、6″Epiwaferでは2社が量産を行っている。

List of manufacturers and products of SiC wafers and epiwafers

Company	Country	4-inch blank wafers	4-inch epiwafers	6-inch blank wafers	6-inch epiwafers
Advanced Epi	UK		✓✓ *		✓✓ *
Dongguan Tianyu Semiconductor Technology (TYSiC)	China		✓✓✓		✓✓✓
Century Goldray Semiconductor	China	✓✓✓	✓✓	✓✓✓	✓✓
CETC Solar Energy	China	✓✓✓			
DuPont Electronics (formerly Dow Corning Electronic Materials)	USA	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓
Epiworld International	China		✓✓✓		
Global Power Technology Group (GPTG)	USA		✓✓✓		✓✓✓
GT Advanced Technologies	USA			✓✓✓	
Hebei Synlight Crystal	China	✓✓✓		✓✓✓	
Homray Material Technology	China	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓
II-IV Inc.	USA	✓✓✓		✓✓✓	
Research Institute of Industrial Science and Technology (RIST)	Korea	✓✓✓		✓✓	
Rokko Electronics	Japan			✓✓✓	
Semiconductor Wafer, Inc. (SWI)	Taiwan	✓✓✓			
Showa Denko	Japan		✓✓✓		✓✓✓
SICC Materials Co., Ltd.	China	✓✓✓		✓	
SiCrystal	Germany	✓✓✓		✓✓✓	
STMicroelectronics Silicon Carbide AB (formerly Norstel)	Sweden/China	✓✓✓		✓✓	
Sumitomo Electric Industries	Japan			✓	✓✓✓
Sumitomo Metal Mining (formerly SICOXS)	Japan			✓✓✓	
TanKeBlue	China	✓✓✓			
Wolfspeed (Cree)	USA	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓
Xiamen Powerway Advanced Material Co., Ltd (PAM-XIAMEN)	China	✓✓✓	✓✓✓		

Note

* Advanced Epi offers cubic silicon carbide (3C-SiC) epilayer growth on silicon substrates.

Data issued: May 2019

出典：インフォーマ

Information Classification: General

中国のパワー半導体企業新たな計画

- 米中貿易摩擦の激化で先端半導体への投資は減速しているが、パワー半導体が活況になっている。
- 8インチ中心で中古装置を購入して立ち上げる計画が多い。現在はMOSFETが中心だがIGBTを中心にしてゆく計画が多い。

Company	Location	Technology	Wafer (mm)	2018 capacity (wafer/m)	8-inch eq. capacity (wafer/m)	2018 wafer production (wafer/m)	8-inch eq. capacity (wafer/m)	2018 utilization	employee	Product	Status
TTSEMI(TACOMA)	江蘇省南京市	0.35 micron	6-inch	55,000	30,938	0	-	0%	450	MOSFET	中古装置10KWPM導入したがエンジニア不足でまだ立上っていない
AOS	重慶市	0.25, 0.18-micron	12-inch	20,000	45,000	0	-	0%	700	MOSFET	18年Q1に試作用5KWPM装置導入、EPI成膜も行うつもりだがまだ量産できていない。
CRRC	湖南省株州市	0.35 micron	8-inch	10,000	10,000	8,000	18,000	80%	800	IGBT MOSFET	電鉄用IGBT、MOSFET製造 2020年に10KWPM追加投資して車載用IGBT製造
CANSEMI	広東省広州市	0.35 micron	8-inch	5,000	5,000	4,000	9,000	80%	400	MOSFET	19年Q2装置導入で立上げ中、広汽トヨタ向けMOSFETを狙っている
SIEn	山東省青島市	0.35 micron	8-inch	10,000	10,000	0	-	0%	500	MOSFET	19年で装置搬入完了、2020年から量産計画
Shilan	浙江省杭州市	0.35 micron	8-inch	10,000	10,000	0	-	0%	500	MOSFET	中古装置がまだ入手出来ていない
Foxconn	山東省済南市	0.35 micron	8-inch	20,000	20,000	0	-	0%	900	MOSFET	$600M投資計画で2020年に装置搬入計画
BYD	広東省深セン市	0.35 micron	8-inch	10,000	10,000	0	-	0%	800	IGBT MOSFET	2021年に新工場計画
GTA	上海市	0.35 micron	8-inch	5,000	5,000	0	-	0%	800	MOSFET	ASMCから装置導入、2020年量産計画 その後、ASMCから装置導入して20KWPMにする
TDME	北京市	0.35 micron	8-inch	50,000	50,000	10,000	22,500	20%	800	MOSFET	19年ソニー長崎200㎜中古装置導入、19年から一部稼働

出典：インフォーマ

Information Classification: General

（１）主要生産国におけるマイクロエレクトロニクスに係る生産に対する公的支援の実績と効果の調査

マイクロエレクトロニクスに係る生産に対する公的支援の実績と効果の調査（各国地域まとめ）

- 中国・米国・ドイツ・韓国・台湾における国および地方政府による半導体生産に対する公的支援の枠組みについて各国地域を比較する。
- 中国・米国は資金/税制、研究開発、インフラ/ユーティリティのいずれにおいても国と地方による支援体制を持っている。
- ドイツ、韓国、台湾については財政面と実務面で主導的な立場にある組織が支援を行うケースが多くみられる。

各国地域における半導体生産に対する公的支援の枠組み

	中国		米国		ドイツ		韓国		台湾	
	国：	地方：	国：	地方：	国：	地方：	国：	地方：	国：	地方：
補助金・ファンド	○	○	○	○	○	○	○	×	○	×
税制	○	○	○	○	○	×	○	△	○	×
研究開発支援	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
インフラその他	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

評価基準：
○：多様な支援内容による包括的な枠組み、△：部分的な支援による枠組み、×：支援の枠組みが見られない

出典：インフォーマ

Information Classification: General

マイクロエレクトロニクスに係る生産に対する公的支援の実績と効果の調査（各国税制の比較）

- 調査対象国の税制について、国と地方の徴税体系を比較する。
- 中国・米国・ドイツでは、法人税のように企業活動に関する税の大きな部分で国/地方で共有する税がある一方、韓国・台湾では国税で徴収するため、公的支援も国によるものが多いことにつながっている。

調査対象国の国/地方の税制区分（企業活動に関連する項目）

国	国税/地方税の区分		備考
中国	国税（中央税）：関税、消費税、金融等法人税	地方税：土地関連・財産税、印紙税、車両等購入	共通税として、増値税、資源税、環境税、企業所得税
米国	国税（連邦税）：法人税、消費税、個人所得税	地方税：法人税、法人売上税、消費税、個人所得税、固定資産税、土地関連	法人税、消費税、個人所得税は連邦部分と地方部分に分かれている。
ドイツ	国税（連邦税）：所得税、法人税、付加価値税	地方税：自動車税、不動産所得税	税収の70%が共有税で、各州への配分対象となる。
韓国	国税：法人税、印紙税、付加価値税	地方税：車両・船舶・機械設備購入税、登記、自動車	マイクロエレクトロニクス生産に関する税は国税がほとんど
台湾	国税：所得税、消費税、関税、物品税	地方税：土地・不動産関連、契約税、印紙税、自動車	マイクロエレクトロニクス生産に関する税は国税がほとんど

出典：インフォーマ

Information Classification: General

マイクロエレクトロニクスに係る生産に対する公的支援の実績と効果の調査（中国サマリー）

- 中国の半導体等マイクロエレクトロニクスに係る生産に対する公的支援について以下にまとめる。

中国のマイクロエレクトロニクス（半導体）生産に対する公的支援のサマリー

支援主体

- 国と地方の両方で支援スキームを提供している。

スキーム

- 金融支援（投資および融資）、税制優遇、研究開発支援、インフラ支援
- 大規模な予算：国家IC産業ファンド第1期：1387億元、第2期：2000億元

ここ数年間における変化

- 国家ICファンド第1期では半導体設計と製造への支援が大部分だったが、第2期では材料や装置への支援が加わり、半導体製造サプライチェーンの包括的な国産化を強化するようになった。
- 直近2019-2020年では、地方政府のファンドによる半導体ファブへの大規模支援が見られている。

Information Classification: General

マイクロエレクトロニクスに係る生産に対する公的支援の実績と効果の調査（中国、概要）

- 中国の半導体等マイクロエレクトロニクス（半導体)生産に対する公的支援の概要についてまとめる。
- 国による支援は、金融支援では財政部、国有企業、政府系金融機関が拠出する半導体ファンドによる出資、銀行融資を行う。税制面では財政部が法人税の免税、減税を行っている。研究開発やインフラ支援は工業情報化部およびその下部組織が補助金や割引料金をハイテク開発区を通じて提供している。
- 地方政府による支援は金融支援では市・省等のファンドによる出資、金融機関からの融資がある。税制面では増値税（地方分）、土地建物にかかる税各種などの優遇、研究開発やインフラ支援は行政単位で運用・管理するハイテク開発区で提供している。

マイクロエレクトロニクス（半導体）生産に対する公的支援の枠組み

支援主体：国		スキーム・形態		支援主体：地方	スキーム・形態	
中国	財政部 国家発展改革委員会 工業情報化部	1）投資・融資 2）税制優遇 3）研究開発支援 4）インフラ支援	ファンドによる出資、融資 法人税等 税控除、補助金 ハイテク開発区	省・市・自治区等 地方政府	1）投資・融資 2）税制優遇 3）研究開発支援 4）インフラ支援	ファンドによる出資、融資 地方税 補助金 ハイテク開発区

出典：インフォーマ

Information Classification: General

マイクロエレクトロニクスに係る生産に対する公的支援の実績と効果の調査（中国）

- 中国では財政部、国家発展改革委員会、工業情報化部およびこれらの下部組織、地方政府の多くがハイテク・半導体生産の支援を行っている。国による具体的な支援内容について以下の表にまとめる。
- 国による支援の代表的なスキームである国家IC産業ファンド（中国語名:国家集成电路产业投资基金）に加え、国家開発銀行などによる融資や社債の引き受け、国税である法人所得税の5年免除、その後の半減、研究開発支援をそれぞれ行っている。
- 2020年にスタートした国家IC産業ファンド第2期では出資対象に半導体製造装置メーカー、材料メーカーが追加された。

マイクロエレクトロニクス（半導体）生産に対する公的支援の内容（国）

支援主体：国		スキーム
中国	財政部 国家発展改革委員会 工業情報化部 国家IC産業ファンド 第1期：2014年～1387億元 第2期：2019年～2000億元	1)ファンドによる出資 国家IC産業ファンドによる半導体企業への出資、IPO支援 2)国家開発銀行などによる融資および社債引き受け 3)ファンドによる半導体および関連企業の買収への支援 4）法人所得税、製造装置の輸入税などの税制優遇

出典：インフォーマ

Information Classification: General

マイクロエレクトロニクスに係る生産に対する公的支援の実績と効果の調査（中国）

- 中央政府（財政部、国家発展改革委員会、工業情報化部およびこれらの下部組織）の支援体制に呼応して、地方政府にも半導体生産に対する支援の枠組みが多数あり、地方政府にも予算割り当てられている。地方政府による具体的な支援内容について以下の表にまとめる。
- ファンドによる支援では、国家IC産業ファンドの地方政府への割り当てによる半導体企業への出資に加え、地方政府が主導する投資会社、地元企業や金融機関によるプロジェクトファイナンスが提供されている。
- 税制優遇（地方税）および研究開発支援は地方政府が管轄するハイテク開発区でそれぞれ実施している。

マイクロエレクトロニクス（半導体）生産に対する公的支援の内容（地方）

支援主体：地方		スキーム
中国	省・市（Tier1）. 上海市、江蘇省、浙江省、安徽省、 湖北省、重慶市、四川省、深セン市 省・市（Tier2.） 北京市、福健省、広東省etc. Tier1はTier2に比べて予算規模が大きい	1）国家IC産業ファンドの地方政府への割り当てによるファンドの半導体企業への出資 2）地方政府が主導する投資会社・ファンドによる半導体企業への出資 3）中クラスの企業の半導体製造や開発に対する低金利融資のあっせん 4）ハイテク開発区における研究開発費への補助金、税控除、各種固定資産税など地方税の減免

出典：インフォーマ

Information Classification: General

マイクロエレクトロニクスに係る生産に対する公的支援の実績と効果の調査（中国）

- 中国の半導体産業支援の代表的なスキームである国家IC産業ファンドについて、第1期における具体的な事例をあげる。

国家IC産業ファンド（第1期）の投資先および出資金額

支援主体：国		企業	Fab	投資金額・目的
中国	国：国家IC産業ファンド	紫光展鋭（Spreadtrum&RDA）	ファブレス	2015年に45億RMBを出資。
	同上	兆易创新（Gigadevice）	ファブレス	2017年に14.5億RMB出資。
	同上	中国电子（CEC）	ファブレス	2017年にEDAツール増強、設計能力増強に200億RMB出資。
	同上	長江存儲科技（YMTC）	Wuhan（YMTC・XMC）	2016年にXMCの買収資金として、190億RMBを出資。
	同上	中芯国際（SMIC）	Shanghai	2015年に30億RMBを出資。 2018年に上海12”fabの微細化（28nm)>に46億RMBを出資。
	同上	中芯北方集成电路（SMICグループ）	Beijing	2016年に43億RMBを出資。 2017年に60億RMBを出資。
	同上	中芯南方集成电路（SMICグループ）	Shanghai	2018年、64億RMBを出資
	同上	华虹半导体	Shanghai	2018年に微細化（28nm)>に27億RMBを出
	同上	华虹半导体（無錫）	Wuxi	2018年に12”fabの微細化（28nm)>に34億RMBを出資。
	同上	三安光电	Shenzhenほか	2015年に64億RMBを出資。

出典：インフォーマ

Information Classification: General

マイクロエレクトロニクスに係る生産に対する公的支援の実績と効果の調査（中国）

- 中国の半導体産業支援の代表的なスキームである国家IC産業ファンド第2期について、具体的な事例をあげる。第2期では、国家IC産業ファンドからの出資に加え、地方政府のファンドによる出資が同程度の規模で行われ、トータルで先端ファブの設備投資に必要な資金の大部分をカバーしている。

国家IC産業ファンド（第2期）、その他地方政府等の投資先および出資金額

支援主体：国・地方		企業	Fab	投資金額・目的
中国	国：国家IC産業ファンド 地方：湖北省技投資集団、湖北省集成电路基金	長江存儲科技（YMTC）	Wuhan	2020年に3D-NANDの第2期ファブ建設、128層の開発に200億RMB出資。湖北省科技投資集団、湖北省集成電路基金も別途出資。
	国：国家IC産業ファンド 地方：上海集成電路産業投資基金など	紫光展鋭科技（UNISOC）	ファブレス	2020年に５Gモデムチップほか通信用半導体の設計を目的とした増資に対して、国家IC産業ファンド、上海集成電路産業投資基金、诸暨闻名泉盈投资管理合伙企业がそれぞれ22.5億RMB, 22.5億RMB, 5億RMBを出資。
	国：国家IC産業ファンド	中芯国際（SMIC）	Shanghai	2020年に上海12”fabの微細化（14nm)>に35億RMBを出資。
	国：国開金融 地方：上海集成電路産業投資基金	中芯国際（SMIC）	Shanghaiほか	上海集成電路産業投資基金をはじめとしたその他公的ファンドも同fabの微細化に出資。 科創板上場に際しての新株発行資金合計約270億元を引き受けた。
	国：国家IC産業ファンド 地方：上海集成電路産業投資基金	中芯南方集成电路（SMICグループ）	Shanghai	2020年に上海集成電路産業投資基金と合わせて160億RMBを出資。上海12”fabの微細化（14nm)>資金。

出典：インフォーマ

Information Classification: General

マイクロエレクトロニクスに係る生産に対する公的支援の実績と効果の調査（中国）

- 中国における国による半導体生産に対する公的支援の事例を調査、効果についての評価を以下にまとめる。

支援主体：国		企業	Fab	内容・効果	評価
中国	国：国家IC産業ファンド	紫光展鋭（Spreadtrum&RDA）	ファブレス	2013年末に紫光集団が買収した紫光展鋭に対して、2015年に国家IC産業ファンドが45億RMBを出資。5Gモデムチップ開発を推進、2018年に製品を発表。	◎
	同上	兆易创新（Gigadevice）	ファブレス	NOR型フラッシュメモリのファブレス企業である同社は2016年に上海市場でIPO、国家IC産業ファンドが2017年に出資し、新製品開発を推進した結果、2016年から2018年の同製品売上高が53%増加した。	◎
	同上	長江存儲科技（YMTC）	Wuhan（YMTC・XMC）	2016年に国家IC産業ファンドが190億RMBを出資。XMCを買収、清華紫光の傘下で経営統合し、**長江存儲科技**となった。同年、Wuhanの3D NANDラインに投資、2018年に立ち上げ、量産。2020年4月に128層の製品を発表。2019年にはDRAMへの参入を発表しているが、現状では開発段階。	○
	同上	中芯国際（SMIC）	Shanghai	2018年に国家IC産業ファンドの出資により、上海12インチfabで、14nm、2019年に14/10nmに投資。HisiliconのKirin710を上位顧客として14nm FinFETを19年後半から出荷。20年内には7nmを目指しているが、プロセス開発に時間がかかり、現状では供給にいたっていない。	○

出典：インフォーマ

Information Classification: General

マイクロエレクトロニクスに係る生産に対する公的支援の実績と効果の調査（中国）

- 中国における地方政府による半導体生産に対する公的支援の事例を調査、効果についての評価を以下にまとめる。

支援主体：地方		企業	Fab	内容・効果	評価
中国	地方：上海市	上海華力集成電路制造（Huali）	HH FAB6	2016年末に上海市による投資を決定、2019年、28/14nmロジックの量産ラインを立ち上げた。	○
	地方：福健省泉州市	福建省晋華集成電路（JHICC）	Jinjiang	2016年福健省政府、泉州市の出資によりDRAM生産を立ち上げようとしたが、米国による輸出規制や特許訴訟で頓挫。	×
	地方：安徽省合肥市	长鑫儲科技（CXMT）	He Fei	Innotronとして開発していたが、合肥市政府の出資により2019年～DRAM量産開始。中華スマホメーカー向けにモバイルDRAMを供給している。	○
	地方：湖北省	長江存儲科技（YMTC)	Wuhan	2018年、国家IC産業ファンドおよび地方のHebei IC Investment Fund などの出資により、64層３D-NANDのパイロットラインを導入、2019年～量産に移行。128層も開発、発表済。	○
	地方：浙江省紹興市	中芯国際（SMIC）	Shaoxing	2018年、紹興市政府（紹興市工貿易国有資本経営）、盛洋集團、SMICの共同出資により、中集成電路製造（紹興）有限公司を設立。2019年に8インチMEMSファブを立ち上げた。既存工場の再編とアップグレードが主な目的。	○

出典：インフォーマ

Information Classification: General

マイクロエレクトロニクスに係る生産に対する公的支援の実績と効果の調査（中国）

- 中国の政府系金融機関による半導体および関連企業への融資・出資状況：
  - 中国国家開発銀行本体では海外やインフラ関連プロジェクトファイナンスが多く、直近の融資案件上位には半導体および関連企業への融資・出資案件は上がってこなかった。
- 2019年のアニュアルレポートで開示されたハイテク企業向け案件：
  - ChangXin Memory（CXMT、旧Innotron）の19nmライン投資に際して、16億RMBのシンジケートローン。
- 中国国家開発銀行の傘下にある国開金融は、国家IC産業ファンドやその他地方政府系ファンドを通じて半導体および関連企業への金融支援を行っている。
- –SMICの2020年における資金調達の事例：科創板に上場し、資本市場から530 億元RMBを調達した際、うち約140億RMBについて国開金融が株式の引き受けを行った。
- –YMTCへの支援：Wuhanの128層 3D-NANDファブ開発に際して、地方政府系ファンドにスポンサーとして支援（前述の事例）。

- 国開金融は現在運用されている国家IC産業ファンド（第2期）に出資しているため、今後も当ファンドやその他地方政府系ファンドへの出資による半導体および関連企業への金融支援に関与が想定される。

Information Classification: General

マイクロエレクトロニクスに係る生産に対する公的支援の実績と効果の調査（中国）

- 2019年以降、中国における半導体関連企業の資金調達には新しいスキームが導入されている。
  - 科創板-中国版NASDAQ: 上海券取引所には従来からの大企業が主に上場しているメインボードに加えて、2019年7月に中国版NASDAQとして位置づけられる科創板（STAR Market）が創設された。
  - ハイテク企業限定市場：科創板の上場対象企業はIT、AI、ビッグデータ、ソフトウエア、半導体および関連する設備や材料、バイオテクノロジーなどのハイテク企業に限定されている。
  - 外国企業の現地法人への市場開放：これまでの中国本土市場では外国籍企業の上場が認められていなかったため、現地法人も含めて上場実績がほとんどなかった。科創板では外国企業の中国現地法人の上場が可能となった
  - SMIC：従来香港株式市場に上場していたが、2020年7月に科創板に上場し463億RMBを調達、約半分の234億RMBを生産能力の増強にあてた。
- 2020年11月現在、科創板には半導体および関連企業が27社上場している。半導体製造、設計企業に加えて、製造装置や材料を開発する企業が含まれている。

科創板に上場している半導体および関連企業（2020年11月時点）

企業	英語名称	事業内容	調達金額
睿创微纳	Raytron Technology	MEMSデバイス、ASIC等の設計・製造	12億RMB
瀾起科技	Montage Technology	AI・クラウド関連メモリインターフェース等IC	155億RMB
中微半導体	Advanced Micro（AMEC）	MOCVD等半導体製造装置	30億RMB
乐鑫科技	Espressif Systems Shanghai	通信用ICの設計	12億RMB
安集微電子科技	Anji Micro Electronics	半導体・ディスプレイ向け電子材料	5億RMB

出典：インフォーマ

Information Classification: General

マイクロエレクトロニクスに係る生産に対する公的支援の実績と効果の調査（中国）

- 2020年11月時点、科創板に上場している半導体および関連企業には、半導体、製造装置・材料に加えて、量子コンピューティングやAIチップなどの先端分野で開発を行う企業も含まれている。

科創板に上場している半導体および関連企業（2020年11月時点）

企業	英語名称	事業内容	調達金額
芯源微	Kingsemi	コータデベロッパー等半導体製造装置の開発および製造	18億RMB
晶晨股份	Amlogic	マルチコアSoC等の開発、設計	16億RMB
聚辰半導体	Giantec	EEPROM、スマートカード向けIC等の開発、設計	10億RMB
上海沪硅产业集团	National Silicon Industry Group	半導体向けシリコンの開発および製造	24億RMB
藍特光學	Lante Optics	光学部品、光通信部品等の開発および製造	N.A.
清溢光电	Shenzhen Qingyi Photomask	フォトマスク等の開発および製造	5億RMB
华峰测控	Beijing Huafeng Test	ICテスタ等半導体試験装置の開発および製造	16億RMB
神工股份	Thinkon Semiconductor	半導体用シリコン等材料の開発および製造	8億RMB
中寒武紀科技	Cambricon Technologies	AIチップの開発、設計	25億RMB
華特氣體	Guangdong Huate Gas	特殊材料ガスの開発および製造	N.A.

出典：インフォーマ

Information Classification: General

マイクロエレクトロニクスに係る生産に対する公的支援の実績と効果の調査（中国）

- 科創板が創設されたことにより、半導体などのハイテク企業はこれまで米国ADR（米国預託証券）市場への上場で資金調達をするケースが見られていたが、中国内での資金調達機会が提供されるようになった。

科創板に上場している半導体および関連企業（2020年11月時点）

企業	英語名称	事業内容	調達金額
敏芯微電子	MEMSensing Microsystems	MEMSデバイスの開発、設計	8億RMB
河南仕佳光子科技	Henan Shijia Photons Tech	光通信向け半導体、モジュール当の開発および製造	5億RMB
晶豊明源	Bright Power Semiconductor	LED、ドライバーIC等の開発、設計	N.A.
華潤微電子	CR Micro	パワー半導体の開発および製造	N.A.
无锡芯朋微電子	Wuxi Chipown Micro	電源管理ICの開発、設計	8億RMB
芯原股份	VeriSilicon	半導体のIP開発	18億RMB
思瑞浦微電子	3 Peak	Analog ICの開発、設計	23億RMB
深圳力合微電子	Shenzhen Leaguer	通信用ICの開発、設計	5億RMB
芯海科技	Chipsea Tech	アナログIC、MCU等の開発、設計	5億RMB
上海正帆科技	Zhengfan Technology	半導体・ディスプレイ等製造装置の開発および製造	10億RMB
中芯国際	SMIC	半導体ファウンドリ	530億RMB

出典：インフォーマ

Information Classification: General

マイクロエレクトロニクスに係る生産に対する公的支援の実績と効果の調査（米国サマリー）

- 米国の半導体等マイクロエレクトロニクス生産に対する公的支援について以下にまとめる。

米国のマイクロエレクトロニクス（半導体）生産に対する公的支援のサマリー

支援主体

- 国と地方の両方で支援スキームを提供している。

スキーム

- 金融支援（投資および融資）、税制優遇、研究開発支援、インフラ支援
- 2020年に入って、省庁横断的な支援体制の構築や先端ファブ誘致の協議に動いている。

ここ数年間における変化

- 2019年以前は各省庁や州政府による個別プロジェクトによる支援が中心だったが、2020年から包括的かつ予算規模の大きな法案が提出され、省庁横断的な支援体制の構築が進められている。

Information Classification: General

マイクロエレクトロニクスに係る生産に対する公的支援の実績と効果の調査（米国、概要）

- 米国の半導体等マイクロエレクトロニクスに係る生産に対する公的支援の概要についてまとめる。
- 国による支援は、金融支援では連邦政府のプロジェクトやファンドによる投資、税制優遇では工場建設や研究開発に対する税額控除制度、R&Dプロジェクトや製造設備のユーティリティへの助成金が含まれる。
- 州政府による支援にも州政府の運用する公社やファンドによる投資、税制優遇、R&Dプロジェクトや製造設備のユーティリティへの助成金が含まれる。
- 2019年以前は、半導体等マイクロエレクトロニクスを省庁や州政府も含めて包括的にカバーする枠組みや法案はなく個別プロジェクトでの対応だったが、直近では2020年6月に、CHIPS （ Creating Helpful Incentives to Produce Semiconductors） for Americaや、“American Foundries Act of 2020 （AFA）の法案が提出され、連邦政府や州政府を横断的にカバーする大規模な枠組みの構築が進められている。

マイクロエレクトロニクス（半導体）生産に対する公的支援の枠組み

支援主体：国		スキーム・形態		支援主体：地方	スキーム・形態	
米国	連邦政府： 科学技術政策局（OSTP）、 行政管理予算局（OMB） 国防総省（DoD）， エネルギー省(DoE), 商務省(DoC)など	1）投資・融資 2）税制優遇 3）研究開発支援 4）インフラ支援	政府による投資 投資税額控除制度 助成金 助成金	州政府：	1）投資・融資 2）税制優遇 3）研究開発支援 4）インフラ支援	政府による投資 投資税額控除制度 助成金 助成金

出典：インフォーマ

Information Classification: General

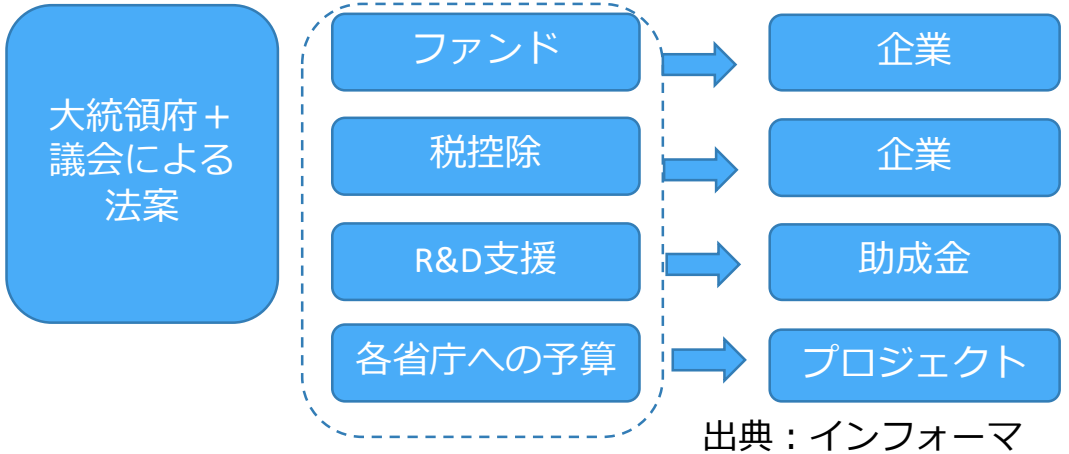
マイクロエレクトロニクスに係る生産に対する公的支援の実績と効果の調査（米国のここ数年間における変化について）

- 米国の半導体等マイクロエレクトロニクス生産に対する公的支援はここ数年間において枠組みが変化がみられている。
- これまで、国による支援の多くは予算規模の多い連邦政府（DoD、DoE、DARPAなど）がスポンサーするプロジェクトによって企業や研究機関などに提供されることが多かった。また、地方における支援の多くは、州政府が半導体製造や研究開発設備を誘致することで雇用を生み出すための個別案件が基本となっていた。
  - 例）オバマ政権では、フォトニクスコンピューティングの連邦政府による研究プロジェクトが実施されたが、総予算は複数年で$110Mと限定的な規模だった。
- 一方、直近では米国内での半導体製造を強化することを目的とした法案であるCHIPS（ Creating Helpful Incentives to Produce Semiconductors） for Americaや、“American Foundries Act of 2020 （AFA）”を議会が提出している（2020年6月）。これらの法案による予算規模は大きく、ファンドを創設。各省庁、州政府に対しても予算配分を行うといった省庁横断的かつ全国規模の枠組みになっている。

従来の連邦政府による支援形態

プロジェクトあたりの予算：～$100M程度

直近の連邦政府が進めている支援形態



出典：インフォーマ

法案の予算：CHIPS＝$22000M、 AFA＝$25000M

Information Classification: General

マイクロエレクトロニクスに係る生産に対する公的支援の実績と効果の調査（米国）

- 国による公的支援の大きな枠組みとして、2020年の米国内での半導体製造を強化する目的で議会に提出している２つの法案があげられる。
- 一つは超党派の米議員たちが2020年6月10日に“CHIPS（Creating Helpful Incentives to Produce Semiconductors） for America”という法案を提出した。この法案は、国内の半導体製造を復活させ、研究開発に資金を提供し、技術サプライチェーンを確保することを目指している。
- 超党派の上院議員たちが、2つ目の法案となる“American Foundries Act of 2020 （AFA）”を提出した。これは米国の各州に対し、商業的な半導体製造施設の拡大を促すための助成金を提供する。

マイクロエレクトロニクス（半導体）生産に対する公的支援の内容（国、2020年に発表された事案）

支援主体：国		スキーム
米国	連邦政府： NIST, DoD, DARPA, NSF, DoE 総額：470億米ドル（約5兆円）の支援 CHIPS（Creating Helpful Incentives to Produce Semiconductors） for America：220億米ドル American Foundries Act of 2020（AFA）：250億米ドル	1)投資税額控除制度(ITC: Investment Tax Credit)で税制優遇 2)100 億ドルの連邦政府資金 (マッチングプログラム) 3)10 年間で 7.5 億ドルの信託基金 4)新しいR＆Dストリームに120億ドル 5)NIST 150億米ドル 6)DoD 50億米ドル 7)DARPA 20億米ドル 8)NSF 20億米ドル 9)DoE　1.25億米ドル、NIST 0.25億米ドル

出典：インフォーマ

Information Classification: General

マイクロエレクトロニクスに係る生産に対する公的支援の実績と効果の調査（米国）

- 州政府よる公的支援はこれまで各州政府や傘下の公社・ファンドを通じて個別案件として行われてきた。
- 規模、実績の大きな公的機関として、ニューヨーク州のEmpire States Developmentがあげられる。
- AFA法案は米国の各州に対し、商業的な半導体製造施設の拡大を促すための助成金を提供するとしているが、具体的になるのは法案が通過した後になる。

これまで行われてきたマイクロエレクトロニクス（半導体）生産に対する公的支援の内容（地方）

支援主体：地方		スキーム
米国	州政府 （州政府の出資する公社・ファンドを含む）	1）投資・融資 ：州政府（出資する公社・ファンドを含む）による投資 2）税制優遇： 投資税額控除制度 3）研究開発支援：政府助成金 4）インフラ支援：政府助成金

出典：インフォーマ

Information Classification: General

マイクロエレクトロニクスに係る生産に対する公的支援の実績と効果の調査（米国）

- 米国の国による半導体生産支援の事例を以下にあげる。国による半導体生産に対する公的支援は個別案件あるいは予算規模の大きいエネルギー省（DoE）や国防省（DoD）のプロジェクトの一環として行われることが多い。
- 直近に動き始めた案件として、IntelやTSMCなど先端ファブの誘致に向けての大規模な支援を行う協議が見られている。

米国の国による投資先および出資金額（2019年以前）

支援主体：国・省庁		企業	Fab	投資金額など
米国	DoE	Intel	N.A.	2017年、Exascale-capable computing system向け半導体の開発に対して、5社（Intel, IBM, HPE, Cray, Nvidia）に合計＄258Mの補助金
	DoD	Micron	Manassas（R&D）	Mil-spec memoryの研究開発助成金：$0.5M
	DoD	Nvidia	ファブレス	AIサーバ向けGPUの研究開発助成金：$3.6M

米国の国による投資先および出資金額（2020年以降、協議中）

支援主体：国・省庁		企業	Fab	投資金額など
米国	連邦政府	TSMC	Arizona	補助金額は協議中。2024年生産開始予定。決定した場合、TSMCは2021年から2029年までの間に約120億ドルの投資を行う。
	連邦政府	Intel	未定	協議中

出典：インフォーマ

Information Classification: General

マイクロエレクトロニクスに係る生産に対する公的支援の実績と効果の調査（米国）

- 米国の州政府がこれまでに実施した半導体生産支援の事例を以下にあげる。
- 州政府による半導体生産支援の事例は、一部で連邦政府のプロジェクトに呼応した案件があるものの、各州が独自に半導体メーカーと個別協議をして進められている。

米国の州政府がこれまでに実施した半導体企業への投資および出資金額

支援主体：地方		企業	Fab	投資金額
米国	テキサス州	TI	Richardson	2019年、雇用創出：488 、設備投資： $3.1Bの計画に対し、州助成金(Texas Enterprise Fund)：$5.124M
	バージニア州	Micron	Manassas	2017年、DoDのプロジェクトに対するfab増強に対して州助成金$70M
	ニューヨーク州	Globalfoundries	Fab8	2017年、微細化設備導入に対して、$7.5Mの州助成金
	ニューヨーク州	On Semiconductors	Fab10（Globalfoundries）	2019年、On SemiconductorsのGlobalfoundries Fab10 を買収するにあたり、州助成金：$17.5M、州減税：$22.5M

出典：インフォーマ

Information Classification: General

マイクロエレクトロニクスに係る生産に対する公的支援の実績と効果の調査（米国）

- 米国の半導体生産に対する公的支援の事例を調査、効果についての評価を以下にまとめる。国による支援は予算規模の大きい国防省のプロジェクトから拠出されるケースが多く、安全保障関連の成否は開示されていない。
- 州政府による支援は、ファンドや公社からの助成金が個別対応で提供される。結果については成功、失敗、雇用維持のためのFab売却支援と多様。

米国の国および州政府がこれまでに実施した半導体企業への支援の実績および効果の評価

支援主体：国/地方		企業	Fab	内容・効果	評価
米国	国：DoD	Micron	Manassas（R&D）	2017年、Mil-specメモリ研究開発助成金:$0.5M	-
	国：DoD	Nvidia	ファブレス	2017年、国防向けサーバGPU研究開発助成金:$3.6M	-
	地方：テキサス州	TI	Richardson	2019年、雇用創出：488 、設備投資： $3.1Bの計画に対し、州助成金(Texas Enterprise Fund)：$5.1M	○
	地方：バージニア州	Micron	Manassas	2017年、上記DoDのプロジェクトに対するfab増強（雇用創出：1,100人 、設備投資：$3.B by 2030）計画に対して州助成金：$70M	○
	地方：ニューヨーク州	Globalfoundries	Fab8	2017年、NY州MaltaのFab8の微細化設備導入に対して、Empire States Developmentのファンドから$7.5Mの州助成金、7nmプロセス立ち上げを目指したが、その後断念、プロセスを転換。	X
	地方：ニューヨーク州	On Semiconductors	Fab 10（Globalfoundries)	2019年、On SemiconductorsのGlobalfoundries Fab10 を買収するにあたり、州助成金：$17.5M、州減税：$22.5M	○

出典：インフォーマ

Information Classification: General

マイクロエレクトロニクスに係る生産に対する公的支援の実績と効果の調査（韓国サマリー）

- 韓国の半導体等マイクロエレクトロニクス生産に対する公的支援について以下にまとめる。

韓国のマイクロエレクトロニクス（半導体）生産に対する公的支援のサマリー

支援主体

- 国と地方の両方で支援スキームを提供している

スキーム

- 金融支援（投資および融資）、税制優遇、研究開発支援、インフラ支援
- 直近では特措法に沿った国産化推進のためのファンドが創設されている

ここ数年間における変化

- 2018年以前は自由経済区（ハイテクパーク）への半導体工場誘致を中心とした個別プロジェクトによる支援が多かった。2019年以降は半導体製造に必要な材料、製造装置および部材の国産化を推進するための特別措置法に基づく支援を強化している。

Information Classification: General

マイクロエレクトロニクスに係る生産に対する公的支援の実績と効果の調査（韓国、概要）

- 韓国の半導体等マイクロエレクトロニクス生産に対する公的支援の概要についてまとめる。
- 国による支援は、従来から経済自由区（ハイテクパークなど）における法人税、地方税の優遇、借地料の減免、インフラ支援を行っているが、現政権では2018年以前は枠組みを新たに設ける大きな動きは見られなかった。
- 一方、2019年以降、「素材・部品・装備（装置や設備）産業の競争力強化に向けた特別措置法」に準拠して半導体および関連「素材・部品・装備」の開発および製造が対象に含まれるファンドを立上げている。
- 地方政府による支援は投資税額控除、補助金が個別案件で提供されはじめているが詳細は非開示。

マイクロエレクトロニクス（半導体）生産に対する公的支援の枠組み

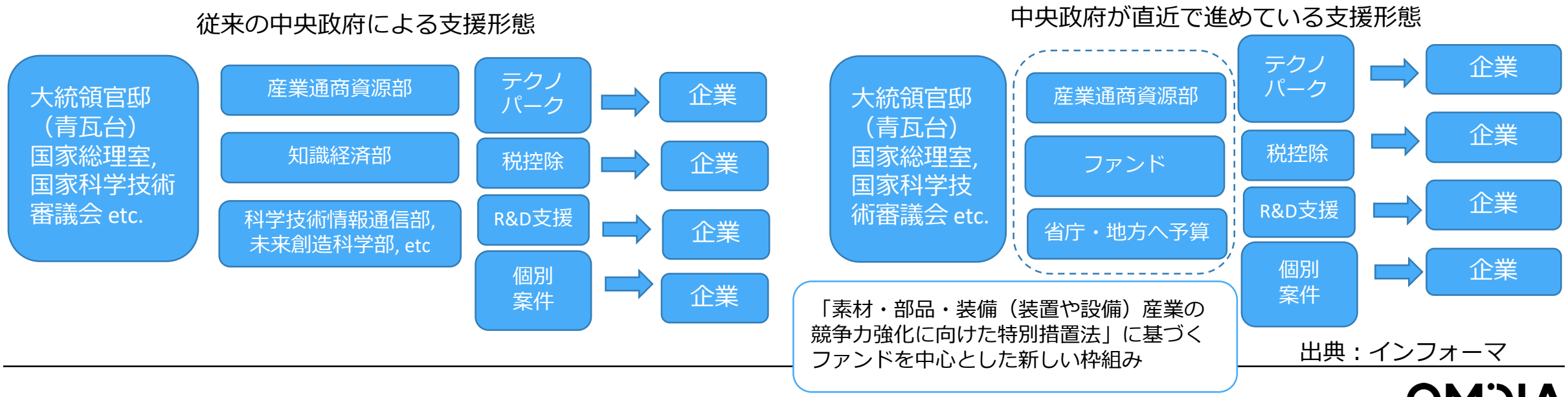
支援主体：国		スキーム・形態		支援主体：地方	スキーム・形態	
韓国	大統領府： 省庁： 産業通商資源部	1）投資・融資 2）税制優遇 3）研究開発支援 4）インフラ支援	ファンドによる出資、融資 投資税額控除、補助金	地方政府	1）投資・融資 2）税制優遇 3）研究開発支援 4）インフラ支援	投資税額控除、補助金が個別案件で提供されているが、詳細は非開示

出典：インフォーマ

Information Classification: General

マイクロエレクトロニクスに係る生産に対する公的支援の実績と効果の調査（韓国の2019年以降における変化について）

- 韓国の半導体等マイクロエレクトロニクス生産に対する公的支援は2019年以降その枠組みに変化がみられる。
- これまでの公的支援の枠組みは李明博政権が進めたテクノパークを中心とした企業を誘致する際の優遇税制や研究開発費の控除の範疇がほとんどだった。これらは個別案件での対応が多く、2018年以前は現政権による大きな支援の枠組みの策定はなかった。
- 2019年以降、「素材・部品・装備（装置や設備）産業の競争力強化に向けた特別措置法」が施行され、半導体および関連「素材・部品・装備」の開発および製造についてのファンドを中心とした公的支援の大きな枠組みの策定がすすめられている。



出典：インフォーマ

Information Classification: General

マイクロエレクトロニクスに係る生産に対する公的支援の実績と効果の調査（韓国）

- 2019年以降、韓国では半導体を含むハイテク産業および素材・部品・装備の国産化を進めるための技術開発に対する公的支援の枠組みを整備に着手している。
- 国による支援にはファンドによる投資、先端技術開発への補助金、投資税額控除、ハイテクパークなどの先端投資地区におけるインフラ支援などのインセンティブが含まれる。

マイクロエレクトロニクス（半導体）生産に対する公的支援の内容（国）

支援主体：国		スキーム
韓国	産業通商資源部	2022年までに、「素材・部品・装備」の技術開発に5兆ウォン以上を投資 1)半導体、未来自動車(自動運転車やEV)、バイオの3大産業に2兆ウォン規模の投資 2)素材・部品・装備ベンチャーファンドを1100億ウォン規模で立ち上げ 3)800億ウォン規模の次世代産業技術政策ファンドを立ち上げ 4)先端産業の誘致と海外進出韓国企業のUターンに必要な補助金やインフラ構築にも今後5年間で1兆5000億ウォン規模の資金を投入 5)投資税額控除を拡大 6)先端投資地区を指定しインセンティブを強化

出典：インフォーマ

Information Classification: General

マイクロエレクトロニクスに係る生産に対する公的支援の実績と効果の調査（韓国）

- 政府の戦略が発表されたが地方の公的支援の枠組みは全国をカバーするものはなく、これまでは地方政府による個別案件への対応が多かった。
- 一方直近では、半導体工場および関連企業が多い京畿道で、自治体による材料メーカー、装置メーカーの誘致活動が積極的に行われており、個別案件で支援が提供されている。（現在進行中、詳細は非公開）

マイクロエレクトロニクス（半導体）生産に対する公的支援の内容（地方）

支援主体：地方		スキーム
韓国	地方自治体	個別案件での対応、詳細は非公開 例：京畿道では2019年から京畿半導体クラスター支援案を立ち上げている。 道としてのインフラ支援を中心として枠組みを策定中。

出典：インフォーマ

Information Classification: General

マイクロエレクトロニクスに係る生産に対する公的支援の実績と効果の調査（韓国）

- 直近で見られた韓国の地方政府による半導体生産支援の事例を以下にあげる。
- 産業通商資源部による「素材・部品・装備の国産化」支援に呼応して、地方自治体はグローバル大手の半導体製造装置や材料メーカーの国内における開発・生産拠点の誘致を強化している。
- 半導体製造および関連企業の多い京畿道では、地方自治体が個別案件で対応して半導体製造装置メーカーの誘致を行っている。2019年にLam Researchは道の支援を受けてR&Dセンターの新設を発表している。

韓国の地方政府による半導体生産支援の事例

支援主体：地方		企業	Fab	投資金額
韓国	京畿道	Lam Research	R&Dセンター	2020年3月着工、R&Dセンター新設の投資額$50M。道政府がスポンサーをする次世代半導体製造技術のプロジェクト支援として補助金（金額は非公開）
	忠南道天安市	Dow DuPont	EUVレジスト製造ライン	2021年までに$28Mを投資して、EUVレジスト製造ラインに投資。顧客の発注量にあわせて生産能力を高める。韓国政府や自治体が土地の取得費用を負担し、税金免除などの優遇を発表（金額は非公開）
	忠南道天安市	関東電化工業	NF3製造拠点	チャンバークリーニングのためのNF3ガスの生産を行うとしているほか、隣接地に研究施設も建設するとしている。韓国政府や自治体がインフラ・税制面での支援を申し出ている（詳細は非公開）
	忠清南道	Global Wafers	MEMC Korea 300mm wafer Fab2	Samsung向けを中心とした2019年末に300mmウエハFab2が操業を開始。韓国政府や忠清南道が支援を申し出ている。（借地料、税制支援、海外人材の滞在手続きの簡素化など、詳細は非公開）

出典：インフォーマ

Information Classification: General

マイクロエレクトロニクスに係る生産に対する公的支援の実績と効果の調査（韓国）

- 韓国の半導体生産に対する公的支援の事例を調査、効果についての評価を以下にまとめる。過去の支援の多くが李明博政権に立上げられたため、同時期に行われた事例を評価する。
- 2019年以降、「素材・部品・装備（装置や設備）産業の競争力強化に向けた特別措置法」により国産化が推進されている。下表のSoulbrainの事例では、許認可の前倒しやインフラ支援により高純度フッ酸の増産ファブ立ち上げを加速したが、評価には尚早。現状では最先端装置・材料の多くは、前頁にあげたグローバル大手企業の誘致による国内調達の推進案件が中心となっている。

支援主体：国/地方		企業	Fab	内容・効果	評価
韓国	国および地方	Samsung Electronics	Hwaseong fab16	国による研究開発投資および先端ファブへの投資支援および呼応した京畿道の工場誘致の支援により、Hwaseong fab16を新設、2011年に操業開始。3D-NANDの中心的なファブとして2011-14年の3年間におけるNAND型フラッシュメモリ売上高16%増加に貢献した。	○
	国および地方	SK Hynix	Choengju M12	国による研究開発投資および先端ファブへの投資支援および呼応した京畿道の工場誘致の支援により、Cheongju M12を新設、2012年に操業開始。2Dおよび3D-NANDの中心的なファブとして2011-14年の3年間におけるNAND型フラッシュメモリ売上高27%増加に貢献した。	○
	国および地方	Soulbrain	Gongju	忠清南道公州市の高純度フッ酸生産ラインの増強を当初は2020年5月の計画していたが、許認可の前倒し・インフラ支援により2020年初に操業。	-

前政権の古い事例：Samsungなど同時期におけるファブ投資、開発製品の内容、メモリ売上高などで評価した。
直近に関しては評価には尚早と見える。事実確認できた韓国企業の案件を追加した。

出典：インフォーマ

Information Classification: General

マイクロエレクトロニクスに係る生産に対する公的支援の実績と効果の調査（ドイツ、サマリー）

- ドイツの半導体等マイクロエレクトロニクス生産に対する公的支援について以下にまとめる。

ドイツのマイクロエレクトロニクス（半導体）生産に対する公的支援のサマリー

支援主体

- 国と地方の両方で支援スキームを提供している。国による支援はEUの政策に呼応した内容。地方による支援は連邦制のため、各州の裁量が大きい。

スキーム

- 金融支援（投資および融資）、税制優遇、研究開発支援、インフラ支援。個別案件での対応が中心となっている。

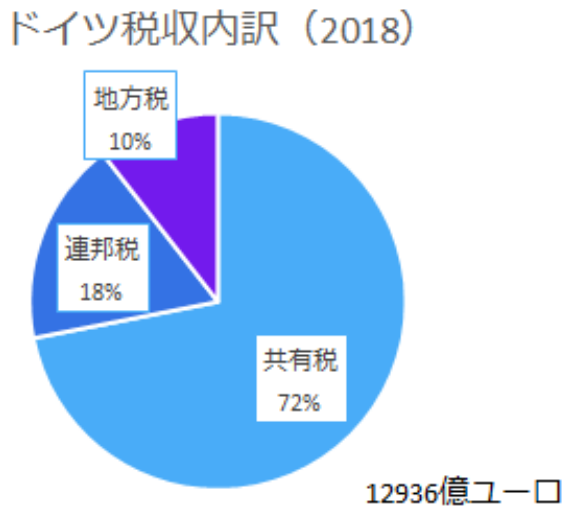
ここ数年間における変化

- 枠組みの大きな変化は見られないが、これまでほとんどなかった税制優遇では2019年のR&Dインセンティブ法案が可決され、研究開発費の税控除が認められるようになった。

Information Classification: General

マイクロエレクトロニクスに係る生産に対する公的支援の実績と効果の調査（ドイツ、概要）

- ドイツの税制の特徴として、共有税の税収に占める比率が高い点をあげる。
- ドイツ税制の基本法では、所得税、法人税および付加価値税の税収は連邦と州に共同に帰属すると規定され、これらの税収に占めるシェアが高い３税目は共有税とされている。
- 各州に帰属する地方税はたばこ、アルコール、エネルギー税等でいずれも小規模。
- 共有税は各州の財政状況や経済規模等に応じて配分され、各州の税収に占める共有税の配分額は80%程度に達し、半導体等の産業支援についても共有税から配分されるケースが多い。



出典：インフォーマ

Information Classification: General

マイクロエレクトロニクスに係る生産に対する公的支援の実績と効果の調査（ドイツ、概要）

- ドイツの半導体等マイクロエレクトロニクス生産に対する公的支援の概要についてまとめる。
- 半導体を含むハイテク産業支援政策は、首相・大統領と近い合同科学会議（GWK）、科学審議会（WR）の戦略が、教育研究省（BMBF）、経済エネルギー省（BMWi）、国防省（BMVg）や財務省（BMF）などの各省庁に伝達され、EUのプロジェクトとも連携した個別案件ベースでの支援が提供される枠組みとなっている。
- VCや政府系機関によるファンディング、信用保証、雇用や社会保障への助成金が個別対応で提供されることが多く、法人税の減税といった枠組みはない。
- 税控除ではR&Dインセンティブ法案が2019年に提出され可決した。2020年以降2020年から研究開発費の一定額を法人税から控除することが認められるようになった。

マイクロエレクトロニクス（半導体）生産に対する公的支援の枠組み

支援主体：国		スキーム・形態		支援主体：地方	スキーム・形態	
ドイツ	連邦政府： 合同科学会議、 科学審議会 連邦教育研究省（BMBF） 経済エネルギー省（BMWi）ほか	1）投資・融資 2）税制優遇 3）研究開発支援 4）インフラ支援	ファンドによる出資、融資、信用保証 減税はなく、投資税額控除・加速償却が中心 研究開発・インフラ支援は補助金	州政府：	1）投資・融資 2）税制優遇 3）研究開発支援 4）インフラ支援	プロジェクトに対する補助金や雇用・社会保障への助成金が個別案件で提供されているが、詳細は非開示

出典：インフォーマ

Information Classification: General

マイクロエレクトロニクスに係る生産に対する公的支援の実績と効果の調査（ドイツ）

- ドイツの半導体生産に対する公的支援は、EUと連携した連邦政府、および地方政府が両輪となって運用されている。各州の経済振興公社の権限が大きく、個別案件ベースで支援が行われている。税制による優遇制度は加速償却・追加償却以外になかったが、2020年からR&Dインセンティブによる税控除が可能となった。

マイクロエレクトロニクス（半導体）生産に対する公的支援の枠組み

支援主体：国		スキーム
ドイツ	国： BMWi （経済エネルギー省） BMBF （教育研究省） GWK （合同科学会議） その他研究機関	EUのHORIZON2020、ドイツのHightec-strategie2020に呼応した 1)ファンドによる半導体企業への出資、融資および社債引受 2)モビリティ、宇宙航空、環境、などの個別テーマに基づいた研究開発プロジェクトへの拠出
	税制優遇による支援	法人所得税の優遇はない一方、加速償却、特定固定資産の追加償却が認められている。残存価額ゼロまで償却が可能。
	研究開発費の補助	2019年にR&Dインセンティブの法案が可決、2020年から研究開発費の法人税控除が可能。 個別案件ベースの補助金もあり。

支援主体：地方	スキーム
地方： 連邦制のため、州政府による産業支援プログラムが多い。 各州の経済振興公社が中心となって、産業クラスター戦略をすすめている。	投資・融資：公的ファンドによる出資および融資 バイエルン州：半導体が含まれるハイテククラスターの枠組みによる支援 （例：レーゲンスブルク、車載関連） ザクセン州：Silicon Saxony. Dresden、Reutlingenに代表される半導体産業をターゲットとしたクラスターによる支援
税制優遇による支援	税制・研究開発控除は国税。税制優遇は行っていない。
研究開発費の補助	補助金は地方政府のクラスター戦略に基づき個別対応。各州の経済振興公社による研究開発への補助金 雇用支援、貿易振興 移転・誘致の支援, etc.

出典：インフォーマ

Information Classification: General

マイクロエレクトロニクスに係る生産に対する公的支援の実績と効果の調査（ドイツ）

- ドイツの半導体生産に対する具体的な支援は、EUの枠組みに沿って国（連邦政府）と地方（州政府）が両面から行っている。プロジェクトを軸とした個別案件のため、金額は多くが非公開。パワーデバイス・MEMSセンサにおいて支援を受けた2社はいずれも売上高を伸ばした。

ドイツの国および州政府がこれまでに実施した半導体企業への支援の実績および効果の評価

支援主体：国/地方		企業	Fab	効果	評価
ドイツ	国、地方	Infineon	Dresden 300mm	欧州6カ国によるエネルギー効率向上プロジェクトeRAMPにおける、ドイツ連邦政府（教育研究省）およびザクセン州のプロジェクトへの資金援助により、パワー半導体のDresden300mmラインに投資。高変換効率パワーデバイスのパイロットラインの立ち上げから量産。連邦政府およびEUの補助金、金額は非公開。	○
	国、地方	Bosch Sensortec	Reutlingen	eRAMPプロジェクトにおける、連邦政府（教育研究省）およびザクセン州のプロジェクトへの資金援助を受けて、Reutlingenの200mmラインに投資。パワーデバイスおよびMEMSセンサを増産。連邦政府およびEUの補助金、金額は非公開。	○
	国、地方	Bosch Sensortec	Dresden	ザクセン州におけるマイクロエレクトロニクス産業クラスターSilicon Saxonyの中心的なデバイスである車載・IoT向けセンサー300mmラインへの投資に対して、経済エネルギー省による補助金と州政府の誘致活動、2019年装置導入、現在パイロット生産を準備している。連邦政府（BMWi）がスポンサー、金額は非公開。	○
	国、地方	Infineon	Regensburg	バイエルン州の支援する産業クラスターにおいて、パワー半導体とセンサ、モビリティ（自動車、鉄道）に関連性の高い分野に該当。パイロット生産や研究開発をプロジェクト単位で支援。同社の先端デバイス・パッケージの基幹工場として機能している。Dresden300mmの投資と合わせて2015-2017年の3年間で€55Mの補助金。	○

eRAMPプロジェクトは2017年に終了。続いて高出力密度と高エネルギー効率の画期的なパワー半導体Power2Powerプロジェクトが欧州8カ国（74Mユーロ）＋EU（ECSEL）から拠出され始まっている。ドイツは連邦教育研究省、ザクセン州、テューリンゲン州が主なスポンサー。
上記プロジェクトの補助金が含まれるInfineon の開示ベースの補助金計上額：2017年€106M、2018年€125M、2019年€171M（生産および研究開発合計）

出典：インフォーマ

Information Classification: General

マイクロエレクトロニクスに係る生産に対する公的支援の実績と効果の調査（台湾、サマリー）

- 台湾の半導体等マイクロエレクトロニクス生産に対する公的支援について以下にまとめる。

台湾のマイクロエレクトロニクス（半導体）生産に対する公的支援のサマリー

支援主体

- 国と地方の両方で支援スキームを提供している。

スキーム

- 金融支援（投資および融資）、税制優遇、研究開発支援、インフラ支援
- 直近では、7か年計画に沿ったファンドの創設、先端ファブの誘致に動いている。

ここ数年間における変化

- これまでの支援対象はTSMCをはじめとした台湾企業が多かったが、直近2020年に発表した7か年計画によるファンドや企業誘致の対象には、海外の半導体製造および関連する先端企業が加わっている。

Information Classification: General

マイクロエレクトロニクスに係る生産に対する公的支援の実績と効果の調査（台湾概要）

- 台湾の半導体等マイクロエレクトロニクス生産に対する公的支援の概要についてまとめる。
- 行政院経済部直下の研究發展考核委員會（RDEC: Research, Development and Evaluation Commission）、経済部技術処が政府の半導体開発戦略を提案している。 RDECは他の政府機関や半導体企業との情報交換を密に行っている。
- RDEC、MOEAの戦略を受けて、NSC、ITRIや地方政府が半導体を含むハイテク産業に対する具体的な支援を行っている。

マイクロエレクトロニクス（半導体）生産に対する公的支援の枠組み

支援主体：国		スキーム・形態		支援主体：地方	スキーム・形態	
台湾	国家機関： 行政院経済部（MOEA） 研究発展考核委員会（CEPD） 国家科学委員会（NSC） 工業技術研究院（ITRI）	1）投資・融資 2）税制優遇 3）研究開発支援 4）インフラ支援	ファンドによる出資、融資、 税制優遇は個別対応、投資税額控除（R&Dクレジット） ・加速償却 研究開発・インフラ支援は補助金	地方政府	1）投資・融資 2）税制優遇 3）研究開発支援 4）インフラ支援	プロジェクトに対する投資・融資 地方税の減免 研究開発インフラへの助成金はサイエンスパークへの誘致インセンティブとして、支援が個別案件で提供されているが詳細は非公開

出典：インフォーマ

Information Classification: General

マイクロエレクトロニクスに係る生産に対する公的支援の実績と効果の調査（台湾）

- 台湾における国および地方政府による半導体生産に対する公的支援の枠組み、実績および効果を調査しまとめる。国による支援スキームは国家発展基金、税制優遇、サイエンスパークを通じた研究開発の補助で、地方政府による支援はインフラ提供を中心とした基盤支援が多い。

マイクロエレクトロニクス（半導体）生産に対する公的支援の枠組み

支援主体：国		スキーム
台湾	国家発展基金：	半導体を含む5+2産業のイノベーション領域に属する企業を対象とした出資、ベンチャー・スタートアップ企業への投資、および融資。
	税制優遇による支援	1)法人所得税 の優遇⇒17% 2)設備投資の税控除（輸入税） 3)減価償却における加速償却 4) 研究開発費の税控除
	研究開発費の補助	サイエンスパークによる産学連携研究開発の補助金

支援主体：地方	スキーム
ファンド、税制、研究開発費の補助はいずれも国税中心。 サイエンスパークは国の直轄のため、地方政府が主導する基金などの体制はあまり見られない。 サイエンスパークの企業誘致や運営にかかわるインフラ・ユーティリティ関連の支援を地方の公社などが行っている。	地方政府の主導により、サイエンスパークに誘致する企業への再生可能エネルギーへの投資支援。 ユーティリティ公社による安価なインフラ提供などが具体的なスキームとして実施されている。 サイエンスパークやユーティリティ公社による支援は個別案件ベースのため、詳細非公開

出典：インフォーマ

Information Classification: General

マイクロエレクトロニクスに係る生産に対する公的支援の実績と効果の調査（台湾）

- 半導体を含むハイテク産業の支援スキームは経済部技術処と科学技術部が中心となって提供している。
- これまで台湾企業を中心とした対象としてきたが、直近2020年発表のプログラムでは外国企業の誘致プログラムも強化している。

マイクロエレクトロニクス（半導体）生産に対する公的支援プログラムと予算

支援主体：国/組織		プログラム	支援対象	内容
台湾	経済部技術処	A+企業イノベーション 研究開発プログラム（2016年～）	台湾企業・大学、研究機関	先端型研究、統合型研究に対し、研究開発費用の 40%～50%を支 援
			台湾企業	R&Dセンターの設立 に対して 最高 2,000 万台湾ドル/2 年間 (外国企業に対しても条件は異なるものの支援あり
			台湾企業	「Horizon2020」など他プログラム申請へ の支援 参加時の企 業側の費用の全額を支援 「台湾ーイスラエル　共同研究プロ グラム」に参加する際の企業側の 費用の 50%を支援
		7か年計画（仮称、2020年発表）	台湾企業および外国企業	国内における半導体R&Dセンターの開設および研究開発プロジェクトに対して上限50%の補助金 400億台湾ドルの予算 （外国企業向け、国内企業向けもあり）

出典：インフォーマ

Information Classification: General

マイクロエレクトロニクスに係る生産に対する公的支援の実績と効果の調査（台湾）

- 台湾における国および地方政府による半導体生産に対する公的支援は、国の中心的な枠組みに沿って地方政府がインフラ等の支援を提供する形態が多い。
- 行政院國家發展基金に代表される国家ファンドやプロジェクトが中心的なスポンサーで、行政院國家發展基金はTSMCの株式を現在も６％保有している。

台湾の国および地方政府がこれまでに実施した半導体企業への支援の実績および効果の評価

支援主体：国/地方		企業	Fab	効果	評価
台湾	国および地方	TSMC	Fab14、 Fab19	税制優遇、および台南市のサイエンスパークにおけるユーティリティの優遇により、Fab14の7nmラインに投資。同社の中でもGigaFabと位置付けられ、高稼働率で生産している。これに続き、同じ台南市のFab19で3nm ラインへの投資も計画している。 ユーティリティの優遇では、屏東県政府との提携により、再生可能エネルギーによる電力供給を受けている。支援金額は非公開。	○
	国および地方	TSMC	Fab15	税制優遇、および台中市のサイエンスパークにおけるユーティリティの優遇により、EUVプロセスを含む7nmラインに投資。Fab14と同様にGigaFabと位置付けられ、高い稼働率で生産している。ユーティリティの優遇では、現地電力公社から安価な電力供給が主に行われている。 支援金額は非公開。	○
	国	ChipMOS Technology (南茂科技)	Hsinchu、 Tainan	国家発展基金の融資により、2018年にかけて新竹と台南の工場でリース設備を増強。台湾における先端ラインの比率が上昇、メモリ向けを中心としたパッケージ・テストの売上高が増加。 国家発展基金による融資額は151億NTD。	○

出典：インフォーマ

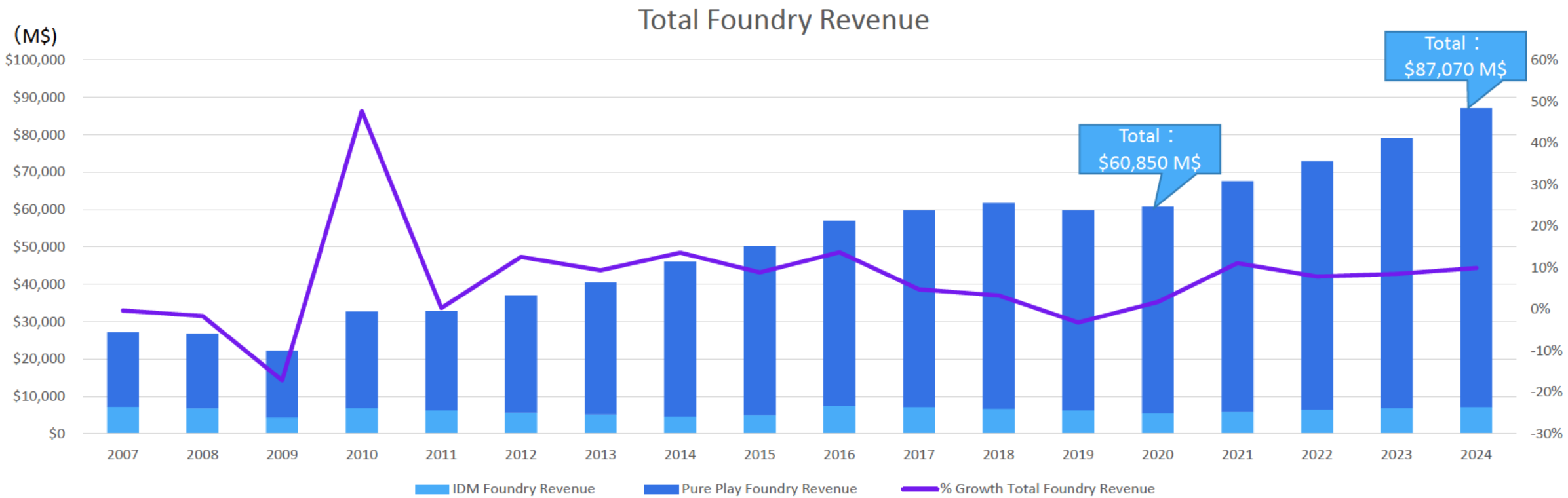
Information Classification: General

（2）主要なマイクロエレクトロニクスに係る製造会社に係る生産開発拠点及び生産能力の構築状況の調査

- Foundry市場
- OSAT市場
- EMS市場

世界のFoundry市場全体

- 世界のFoundry市場は成長を続け2024年にはUS$87,000を超えると予想
- Pure Play Foundry(注2)市場は、2020年でUS$ 55,295となり、IDM (注1) Foundry市場はUS$ 5,555であった
- 今後、Foundry市場はPure play Foundryが牽引していくとみている



注1) IDMとは、Integrated Device Manufacturerの略で「垂直統合型デバイスメーカー」

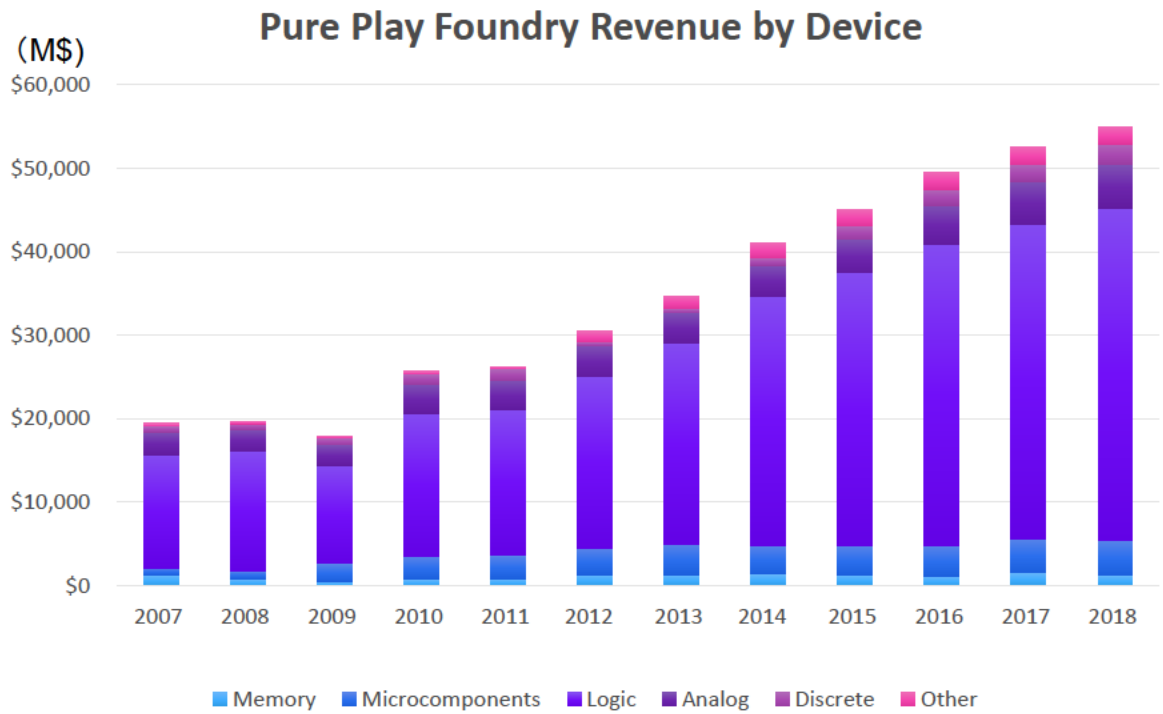
注2) Pure play Foundryとは、 Fab（fabrication facility、製造工場）を持たないメーカーから製造を請け負う生産工場

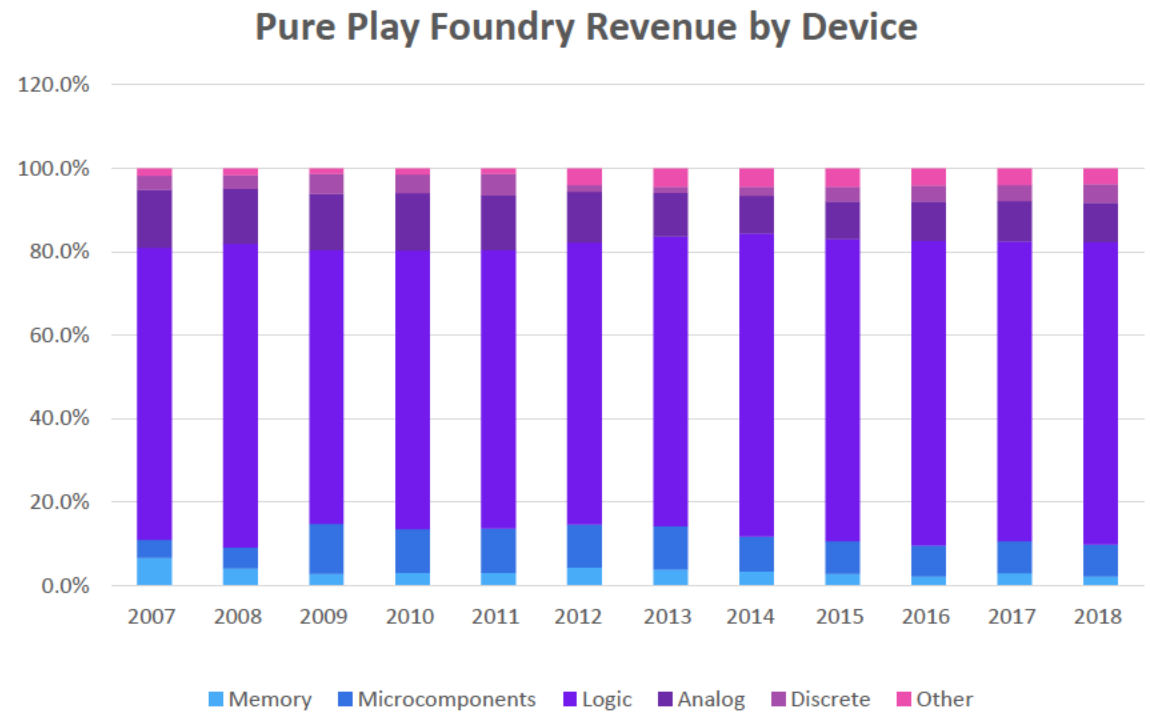
出典：インフォーマ

Information Classification: General

Foundry市場：Pure Play Foundry市場 デバイス別

- 2018年デバイス別では、Logicが全体の70%を超える状況
- 次いで、アナログおよびマイコンが9%程度
- メモリについては、IDM企業がメインで生産しており比率が低い状況である





出典：インフォーマ

© 2020 Omdia
Information Classification: General

Foundry企業シェアランキング：Pure play & IDM Foundry

- Pure play foundry市場において、 TSMC 44%(1位@2019)、 Samsung 16%(2位@2019)、 Globalfoudires 8%(3位@2019)
- IDM foundry市場において、 Samsung 50%(1位@2019)、 Micron Technologies 14%(2位@2019)、 SK Hynix 5%(3位@2019)

Pure Play Foundry Revenue Share

Company	2015	2016	2017	2018	2019
TSMC	$26,448	$28,828	$29,682	$31,123	$31,323
Samsung Foundry	---	---	---	$11,667	$11,664
Globalfoundries	$4,773	$5,491	$6,176	$6,203	$5,890
UMC	$4,561	$4,613	$4,939	$5,009	$4,826
SMIC	$2,132	$2,804	$3,017	$3,033	$2,895
Huahong Group	$1,104	$1,197	$1,362	$1,593	$1,630
TowerJazz	$961	$1,249	$1,388	$1,305	$1,234
Powerchip Technologies	$1,285	$1,299	$1,529	$1,655	$1,167
Vanguard	$737	$801	$815	$962	$916
DB HiTek	$582	$666	$605	$604	$663
Top 10 Pure Play Foundry companies	$42,583	$46,948	$49,513	$63,154	$62,208
Other	$7,578	$10,098	$10,252	$9,754	$8,708
Total	$50,161	$57,046	$59,765	$72,908	$70,916

IDM Foundry Revenue Share(※)

Company	2015	2016	2017	2018	2019
Samsung	$2,529	$4,518	$4,066	$3,405	$3,161
Micron Technologies	$666	$741	$717	$790	$872
SK Hynix	$105	$104	$148	$269	$307
Magnachip	$309	$274	$333	$327	$298
NXP	$141	$386	$386	$385	$279
Rohm	$153	$125	$170	$185	$179
Seiko Epson	$79	$107	$134	$143	$140
Texas Instruments	$257	$220	$219	$186	$128
Intel	$133	$153	$142	$177	$121
ON Semiconductor	$15	$15	$16	$35	$83
Top 10 IDM companies	$4,387	$6,643	$6,331	$5,902	$5,568
Others	$678	$871	$820	$852	$777

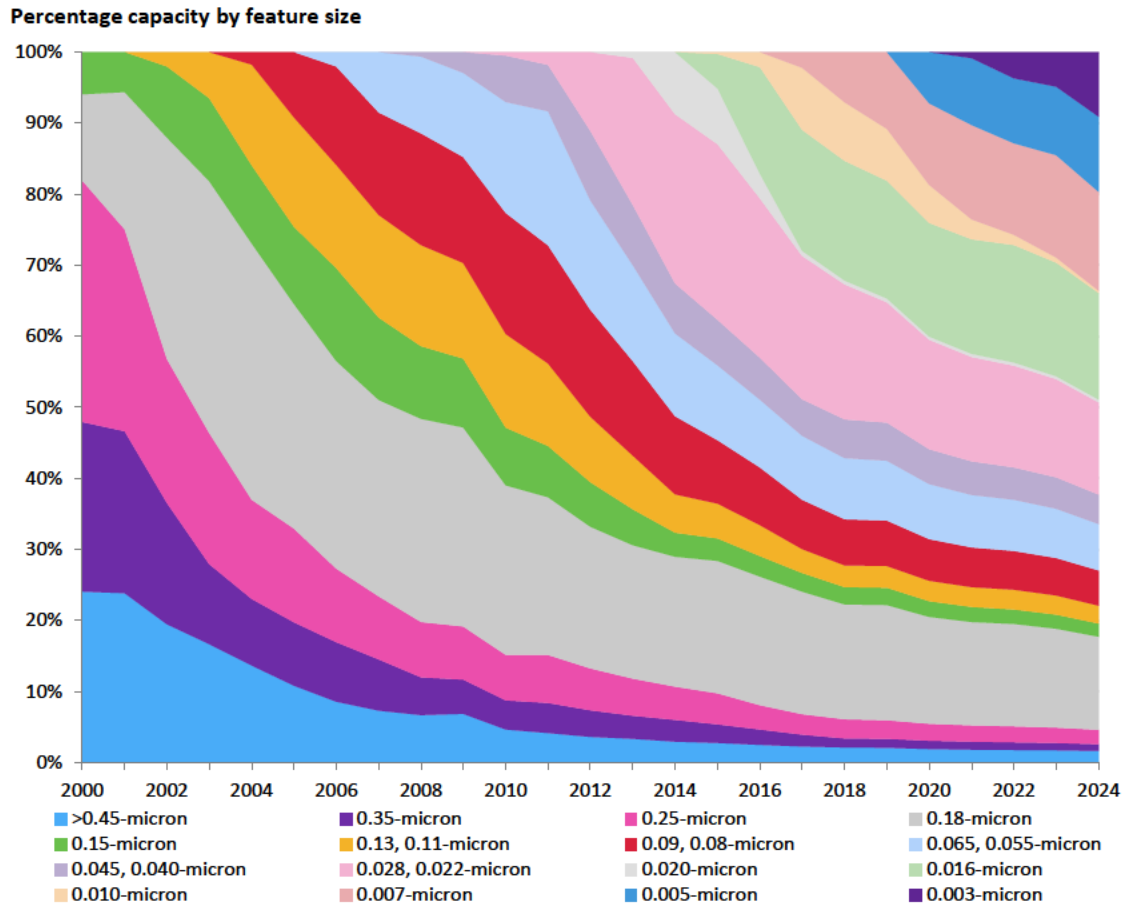
※IDM企業がFoundryサービスで計上している売上のみを対象としたランキング　出典：インフォーマ

Information Classification: General

TSMC工場概要

- 自国である台湾を中心に中国へも展開
- 300mmを中心にライン増強中
- 先端プロセスノードである、5nmの生産開始され、2021年以降は、3nmも製品開始もされる

Facility	Region	Fab Name	Technology	Wafer size	Comments
Hsinchu, Taiwan	Asia	Fab 1	> 0.50-micron	6-inch	
Hsinchu, Taiwan	Asia	Fab 2	0.45-micron (0.5-micron)	6-inch	
Hsinchu, Taiwan	Asia	Fab 3	0.15, 0.13-micron	8-inch	
Hsinchu, Taiwan	Asia	Fab 5	0.35, 0.25,0.18-micron	8-inch	
Tainan, Taiwan	Asia	Fab 6 P1 &P2	0.18, 0.15, 0.13-micron	8-inch	
Hsinchu, Taiwan	Asia	Fab 8	0.18, 0.15, 0.13-micron	8-inch	
Camus, Washington	North America	WaferTech	0.35, 0.25, 0.18, 0.15-micron	8-inch	
Singapore	Asia	SSMC (Fab 11)	0.25, 0.18, 0.15-micron	8-inch	
Hsinchu, Taiwan	Asia	Fab 12 P1 - P7	0.090, to 0.007-micron	300mm	
Tainan, Taiwan	Asia	Fab 14 P1 - P7	0.090, to 0.012-micron	300mm	
Shanghai, China	Asia	Fab 10	0.35, - 0.13-micron	8-inch	
Taichung, Taiwan	Asia	Fab 15 P1 - P7	0.040, 0.028, 0.007-micron	300mm	
Nanjing, China	Asia	Fab 16 P1, P2	0.016-micron	300mm	
Tainan (STSP), Taiwan	Asia	Fab 18 P1, P2, P3, P4,P5,P6	0.005, 0.003 - micron	300mm	Volume production 5 nm starts in 2020
Phoenix, Az	Asia	Fab 19	0.005 - micron	300mm	Disclosed plans to build fab production 2024



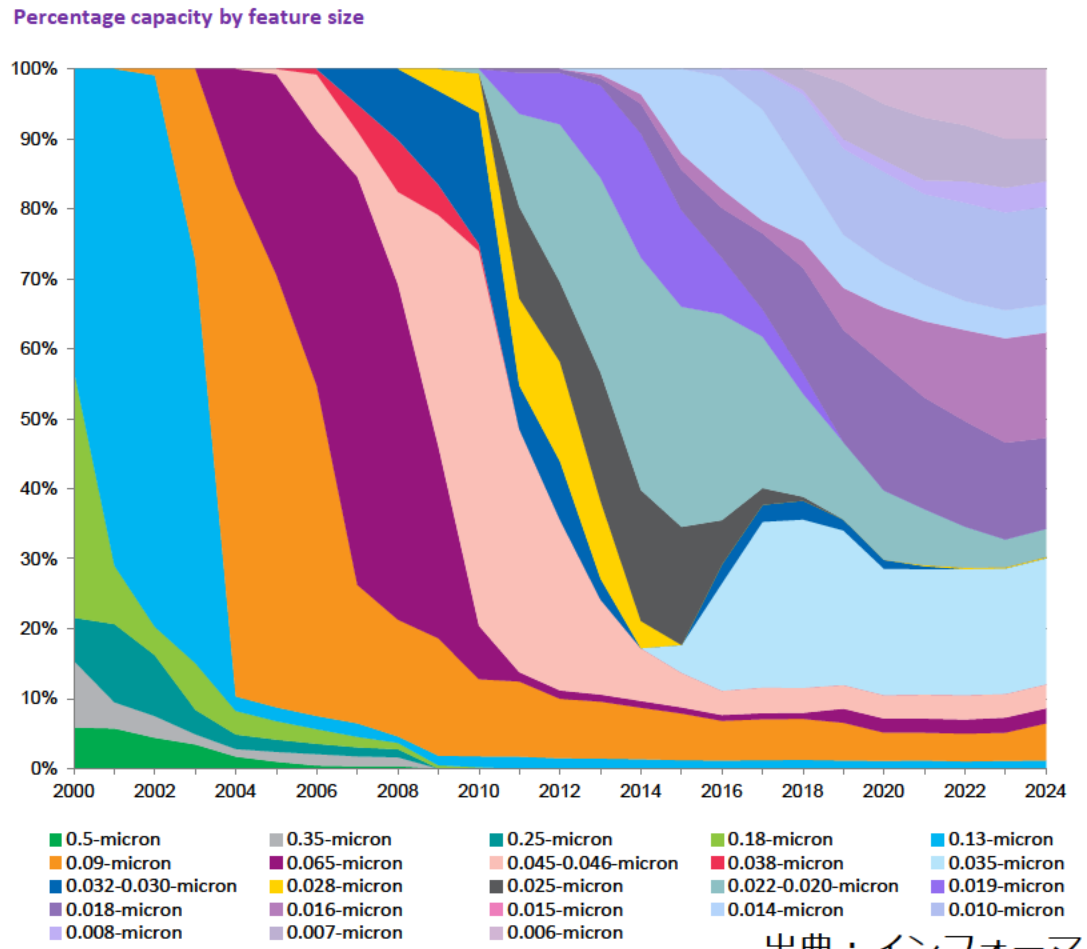
出典：インフォーマ

© 2020 Omdia
Information Classification: General

Samsung 工場概要

- 自国である韓国ベースにアジア、アメリカへ展開
- 近年先端プロセスである7nm、5nmの開発に注力しており、7nmは既に成長中である

Location	Region	Fab Name	Technology	Wafer size	Comments
Giheung, South Korea	Asia	Line 2	0.13-micron Flash	6-inch	Closed in 2008
Giheung, South Korea	Asia	Line 3	0.35 micron Analog	6-inch	Closed in Q2 2009
Giheung, South Korea	Asia	Line 4	0.25- micron Analog	6-inch	Closed in Q2 2009
Giheung, South Korea	Asia	N Line	0.014, 0.010-micron Logic	8-inch	
Hwaseong, South Korea	Asia	R Square	0.014, 0.010-micron Logic	300mm	
Austin, Texas	North America	SAS	0.045 - 0.028-micron DRAM	8-inch	Closed in Q4 2009, converted to coppe r interconnect fab in 2010
Hwaseong, South Korea	Asia	NRD Line	0.020 CMOS and Memory	300mm	
Logic Fabs					
Giheung, South Korea	Asia	Line 5	0.13-micron CMOS	8-inch	
Giheung, South Korea	Asia	Line 7	0.045-micron CSI/LSI Logic	8-inch	Converted to Logic fab.... CIS/LSI
Giheung, South Korea	Asia	Line 6	0.045-micron CSI/LSI Logic	8-inch	Converted to Logic fab.... CIS/LSI
Giheung, South Korea	Asia	Line 8	0.045-micron CSI/LSI Logic	8-inch	Converted to Logic fab.... CIS/LSI
Giheung, South Korea	Asia	Line 9	0.09-micron CSI/LSI Logic	8-inch	Converted to Logic manufacturing, CSI/LSI, capacity decreased from 120K to 100K
Hwaseong, South Korea	Asia	Line 11	0.065-micron CIS	8-inch	
Giheung, South Korea	Asia	Line 14	0.045 -micron Logic	300mm	
Giheung, South Korea	Asia	S-1	0.22, 0.14, 0.10-micron Logic	300mm	
Giheung, South Korea	Asia	S-1B	0.22, 0.14, 0.10-micron Logic	300mm	
Austin, Texas	North America	S2 Phase 1	0.032, 0.028, 0.014-micron Logic	300mm	
Austin, Texas	North America	S2 Phase II	0.045, 0.028, 0.014 micron Logic	300mm	
Hwaseong, South Korea	Asia	S3	0.022 - 0.007-micron Logic	300mm	Under construction for FinFET process
Hwaseong, South Korea	Asia	S4	0.007 -0.005-micron Logic	300mm	Construction began June 2018. Production began Q1 2020 for EUV 7nm
Memory Fabs					
Hwaseong, South Korea	Asia	Line 10	0.045 - 0.028-micron DRAM	8-inch	
Hwaseong, South Korea	Asia	Line 11-2	0.025-0.020-micron DRAM	300mm	
Hwaseong, South Korea	Asia	Line 12	0.035 - 0.014-micron 2D/3D NAND	300mm	
Hwaseong, South Korea	Asia	Line 13	0.025-0.016-micron DRAM	300mm	
Hwaseong, South Korea	Asia	Line 15	0.025-0.016-micron DRAM	300mm	
Hwaseong, South Korea	Asia	Line 16	0.035-micron 3D NAND	300mm	
Xian, China	Asia	Xian	0.035 - 0.014-micron 2D/3D NAND	300mm	
Hwaseong, South Korea	Asia	Line 17	0.020-0.014 micron DRAM, 0.035-micron 3D NAND	300mm	
Pyeongtaek, South Korea	Asia	Line 18	0.020-0.014-micron DRAM	300mm	
Pyeongtaek, South Korea	Asia	Line 18-2	0.020-0.014 micron DRAM, 0.035-micron 3D NAND	300mm	



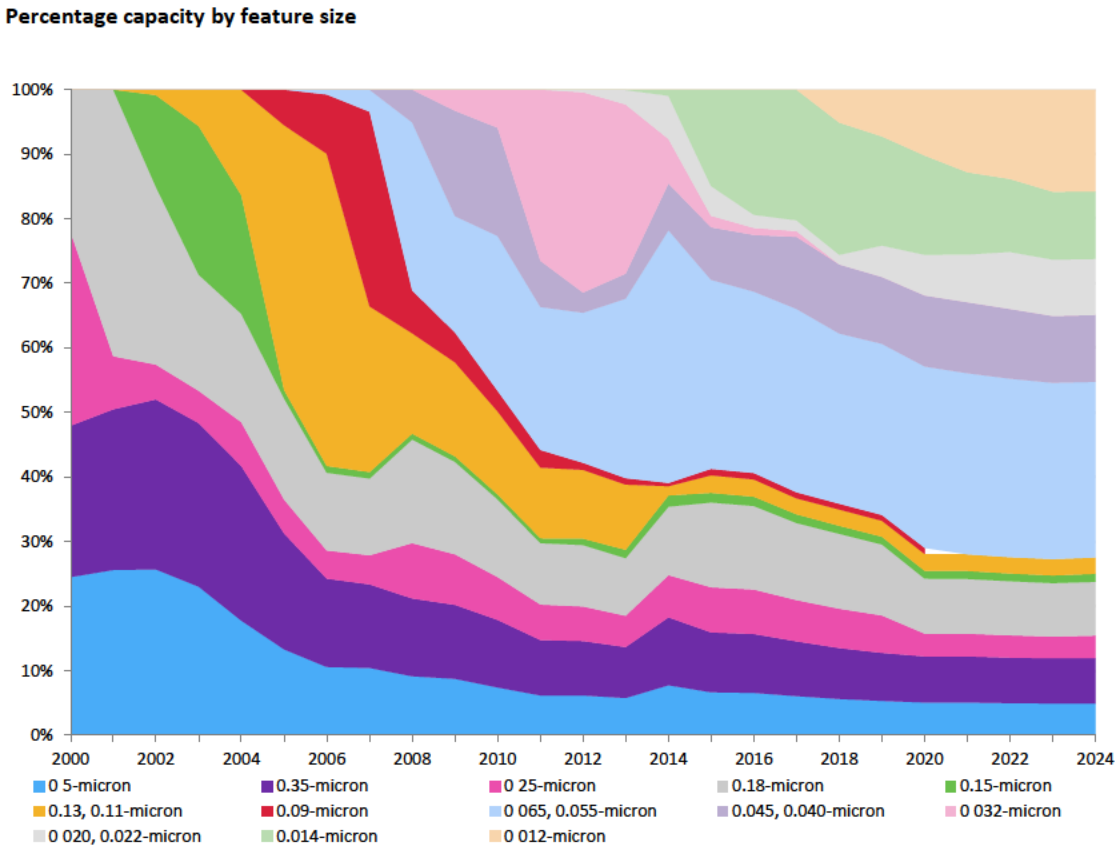
出典：インフォーマ

Information Classification: General

Global foundries工場概要

- 米国、欧州、中国などW/Wで展開
- プロセスノードは、12nm以降の先端は開発はない状況
- メインは、300mmの65、55nmプロセスである

Facility	Region	Fab Name	Technology	Wafer size	Comments
Woodlands, Singapore	Asia	Giga Fab (2/3/5)	0.6, 0.35,0.18-micron	8-inch	
Woodlands, Singapore	Asia	Fab 7	0.130, 0.090, 0.065, 0.055, 0.045-micron	300mm	
Dresden, Germany	Europe	Fab 1	0.090-0.065-micron	300mm	
Malta, New York	North America	Fab 8	0.014 - 0.012-micron	300mm	
Burlington, Vt.	North America	Fab 9	0.35,0.25, 0.18, 0.13, 0.090-micron	8-inch	
Singapore	Asia	Fab 3E	Logic 0.25 - 0.15-micron	8-inch	Factory sold to Vanguard, transaction to close 1/1/20
Singapore	Asia	Fab 1	0.6, 0.35-micron	6-inch	Fab closed, Equipment was sold as part of an equity stock to CSMC Technologies.
East Fishkill, Ny.	North America	Fab 10	0.065, 0.045, 0.028, 0.020-micron	300mm	Factory sold to ON Semiconductor transition of asset in 2023
Chengdu, China	Asia	Fab 11	0.180, 0.130-micron	300mm	Globalfoundries has ceased operations



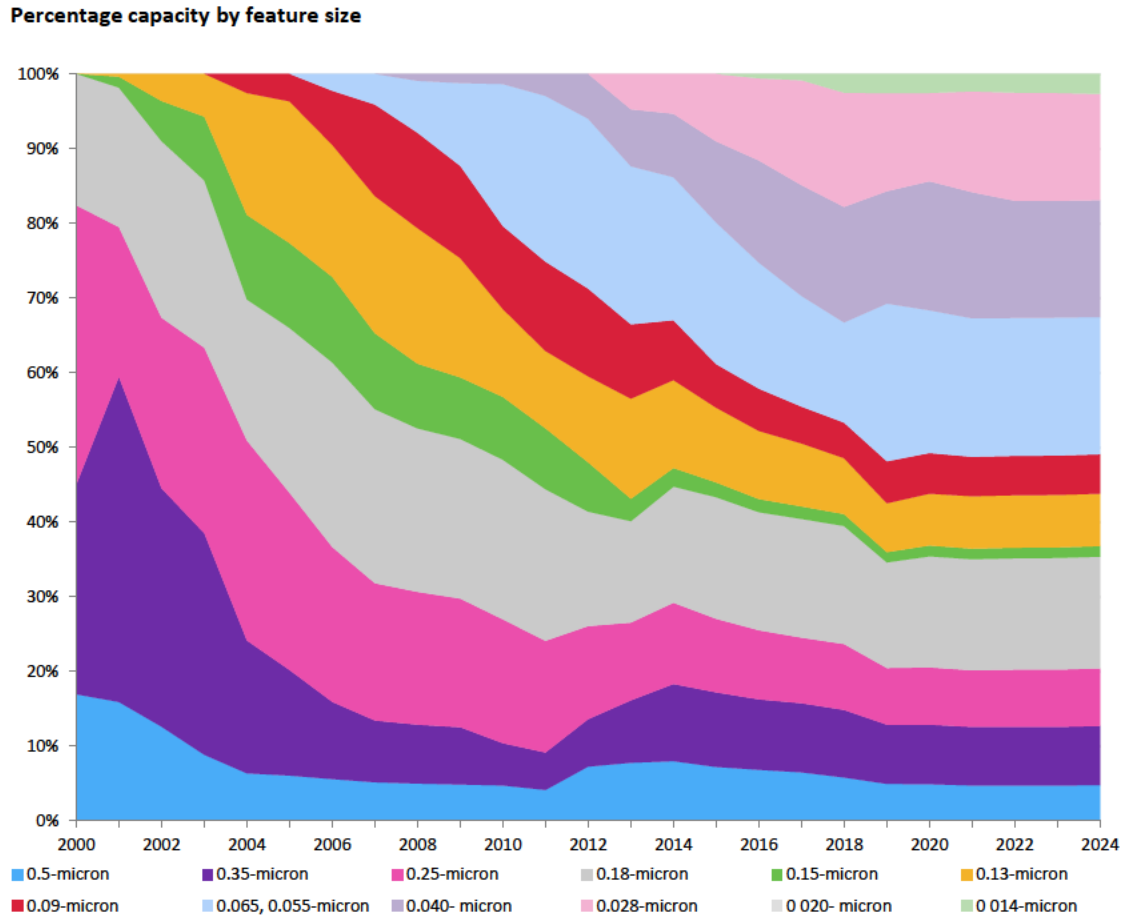
出典：インフォーマ

Information Classification: General

UMC工場概要

- 台湾、中国、シンガポールとアジアを中心に展開
- プロセスノードは、先端は、14nmであり、それ以降の開発はない状況
- メインは、300mmの65、55nmプロセスである

Facility	Region	Fab Name	Technology	Wafer size	Comments
Hsinchu, Taiwan	Asia	Fab 6A	>0.45-micron - 0.35-micron	6-inch	Sold fab to Wavetek(WTK) a producer of GaAs Q2, 2015
Hsinchu, Taiwan	Asia	Fab 8AB	0.5 -0.25-micron	8-inch	
Hsinchu, Taiwan	Asia	Fab 8C	0.35 - 0.11-micron	8-inch	
Hsinchu, Taiwan	Asia	Fab 8D	0.13- 0.09-micron	8-inch	
Hsinchu, Taiwan	Asia	Fab 8E	0.5 - 0.18-micron	8-inch	
Hsinchu, Taiwan	Asia	Fab 8F	0.25 - 0.11-micron	8-inch	
Hsinchu, Taiwan	Asia	Fab 8S	0.25 - 0.11-micron	8-inch	
Tainan, Taiwan	Asia	Fab 12A	0.13- 0.014-micron	300 mm	
Tainan, Taiwan	Asia	Fab 12 (Phase V)	0.028, 0.020-micron	300 mm	
Tainan, Taiwan	Asia	Fab 12 (Phase VI)	0.028, 0.020, 0.014-micron	300 mm	
Singapore	Asia	12i	0.13, to 0.040-micron	300 mm	Migrating from 55nm to 40 nm
Suzhou, China	Asia	8N	0.35-micron - 0.11-micron	8-inch	
Kuwana City, Mie Prefecture	Asia	12M	0.090, 0.065, 0.055, 0.040-micron	300 mm	
Xiamen, China	Asia	Fab 12X P1, P2	0.040, 0.028 - micron	300 mm	



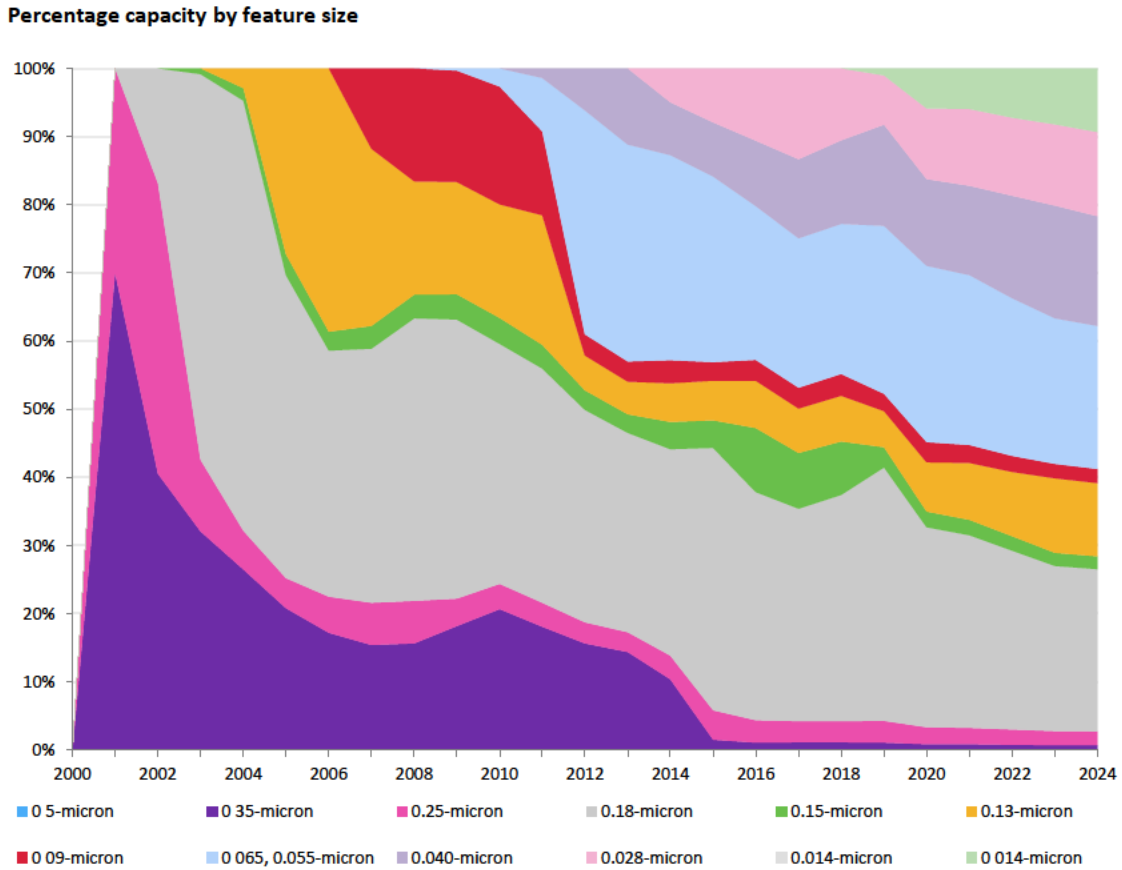
出典：インフォーマ

Information Classification: General

SMIC工場概要

- 中国を中心に展開
- 先端プロセスは、現状14nmであるが、今後は要確認
- 8-inchのCapacityを増強中である

Facility	Region	Fab Name	Technology	Wafer size	Comments
Shanghai, China	Asia	Fab 1	0.35- 0.18-micron	8-inch	Capacity expanded
Shanghai, China	Asia	Fab 2	0.35 - 0.11-micron	8-inch	Capacity expanded
Tianjin, China	Asia	Fab 7	0.35-0.15-micron	8-inch	
Tianjin, China	Asia	Fab 7A	0.35-0.15-micron	8-inch	Expansion completed now facilitation
Shenzhen, China	Asia	Shenzhen 9	0.18, 0.13, 0.11-micron	8-inch	Ramping fab, including MOSFET
Shanghai, China	Asia	Fab 8	0.045, 0.040, 0.028-micron	300mm	
Shanghai, China	Asia	Fab 9	0.028-micron, 0.014-micron	300mm	
Beijing, China	Asia	Fab B1	0.065-micron	300mm	
Beijing, China	Asia	Fab B1	0.065-micron	300mm	
Beijing, China	Asia	Fab B2	0.040 & 0.028 - micron	300mm	
Shenzhen, China	Asia	SMSC	.014-micron	300mm	Construction completion 2018. Equipment installation has not started
Shenzhen, China	Asia	Shenzhen 10	0.045, 0.040-micron	300mm	Currently not running product
Avezzano, Italy	Europe	LF 1	0.15, 0.11, 0.090 micron	8-inch	Acquired in 2016 sold in Q3 2019



出典：インフォーマ

Information Classification: General

（2）主要なマイクロエレクトロニクスに係る製造会社に係る生産開発拠点及び生産能力の構築状況の調査

- Foundry市場
- OSAT市場
- EMS市場

OSAT調査：OSAT上位企業の売上規模ランキング（Top5）

- OSAT上位５社の売上高の推移（2015年-2019年）を以下に示す。
- 売上高の規模は5年間を通してASEがトップ、Amkorの2位は変わっていないが、買収や能力増強によりSTATS-JCETが2018年以降3位に上がった。
- JCET（中国企業）が、STATS-CHIPPACをはじめとした買収や積極的な能力増強により上位5社における売上高の増加率が最も高い。

OSAT上位5社の売上高推移（百万ドル換算）

	2015	2016	2017	2018	2019	2019年/2015年 増減率
ASE（台湾）(注)	4,642	5,148	4,742	6,613	7,639	64.6%
Amkor（米国）	2,885	3,928	4,207	4,316	4,053	40.5%
STATS-JCET （中国）	1,716	2,873	3,532	3,588	3,404	98.4%
SPIL（台湾）	2,588	2,637	2,755	2,898	2,882	11.3%
Powertech（台湾）	1,422	1,498	1,966	2,255	2,154	51.5%

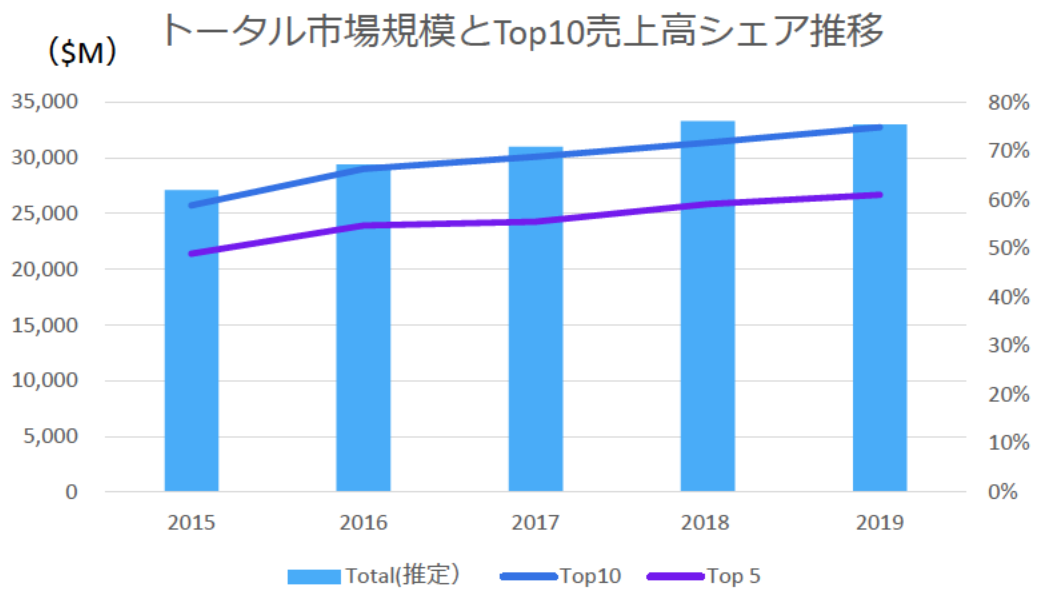
注）ASEはEMS事業の売上高を除外
為替レート：
USD/NTD=2015年 32.0 2016年32.28 2017年30.33 2018年30.17 2019年 30.88
USD/CNY= 2015年 6.29 2016年 6.65 2017年 6.74 2018年6.63 2019年6.9

出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

Information Classification: General

OSAT調査：OSAT上位企業の売上規模ランキング（Top10）

- OSAT上位企業Top10の売上高推移を以下に示す。最先端設備に積極的に投資したASE、買収や積極投資で大きくなったSTATS-JCET、6位7位の中国企業の売上高の増加率が顕著となった。
- 一方、9位以下およびその他に含まれる中小規模の企業の成長率は低く（あるいは買収され）、Othersに含まれる11位以下の売上高は減少、上位企業による市場の寡占化が続いている。



注）**Top10**：右表にあげた上位10社の市場全体にしめるシェア推移（右軸）
Top 5：右表にあげた上位5社の市場全体にしめるシェア推移（右軸）

OSAT上位10社の売上高およびトータル市場推移（百万ドル換算）

$M	2015	2016	2017	2018	2019	19/15 増減率
ASE（台湾）	4,642	5,148	4,742	6,613	7,639	64.6%
Amkor（米国）	2,885	3,928	4,207	4,316	4,053	40.5%
STATS-JCET（中国）	1,716	2,873	3,532	3,588	3,404	98.4%
SPIL（台湾）	2,588	2,637	2,755	2,898	2,882	11.4%
Powertech（台湾）	1,422	1,498	1,966	2,255	2,154	51.5%
Tianshui Huatian Technology （中国）	510	823	1,040	1,074	1,174	130.4%
Tongfu Microelectronics Co., Ltd. (TFME、中国)	349	681	983	1,047	1,199	243.3%
King Yuan Electronics Corp. (KYEC、台湾)	535	622	649	690	827	54.5%
UTAC Holdings Ltd group (UTAC、シンガポール)	679	689	874	788	710	4.6%
ChipMOS TECHNOLOGIES INC.（台湾）	621	601	592	613	659	6.1%
Others	11,152	9,898	9,660	9,414	8,351	-25.1%
Total	27,100	29,400	31,000	33,300	33,000	21.8%

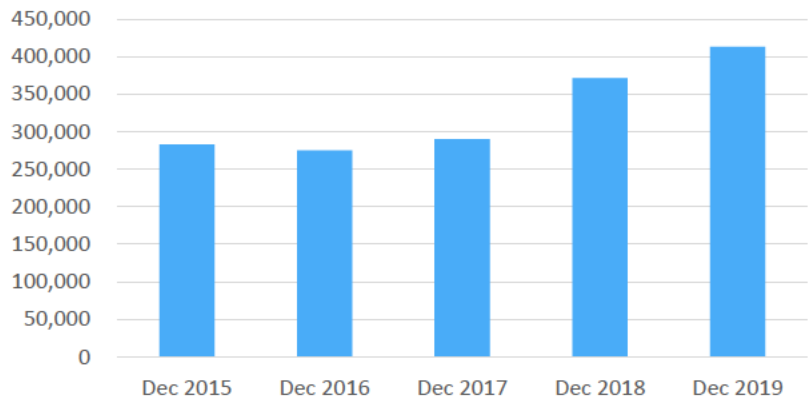
出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

Information Classification: General

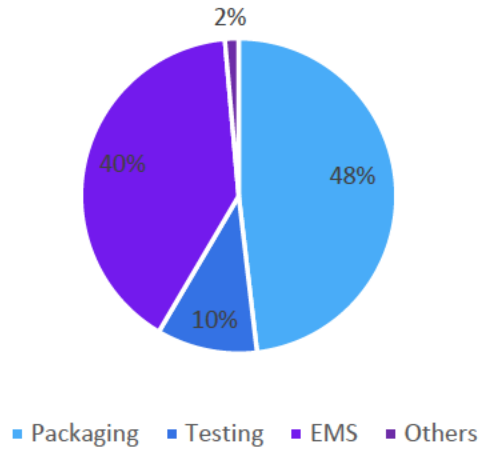
OSAT調査：OSAT上位企業のプロファイル
ASE（台湾）

- ASE（Advanced Semiconductor Engineering ）は台湾に本社を置くOSAT企業。2015-2019年の5年間を通じてOSAT売上高のトップとなっている。
- 旗艦工場であるKaohsiung（台湾）に加えChungLi（台湾）、Shanghai、東芝から買収したWuxiほか中国、韓国、日本にはNECエレクトロニクスから買収した拠点、マレーシア、シンガポールほか東南アジアにも製造拠点を保有している。

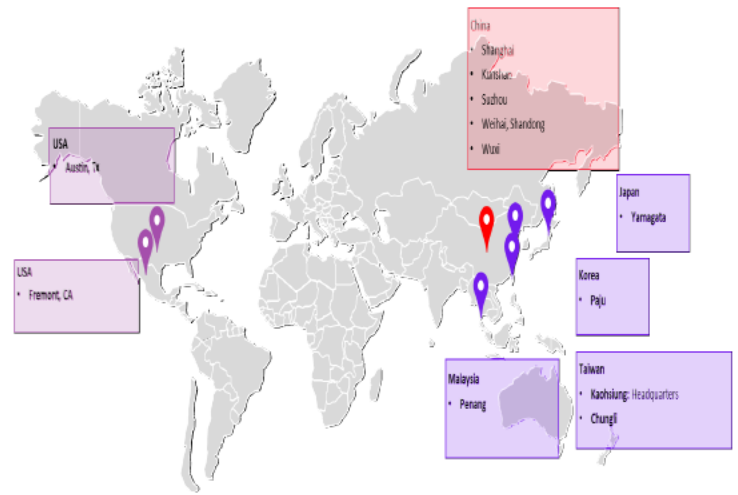
百万台湾ドル　　売上高



事業セグメント別売上高構成比（2019）



FAB LOCATION



Total ：12拠点

出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

Information Classification: General

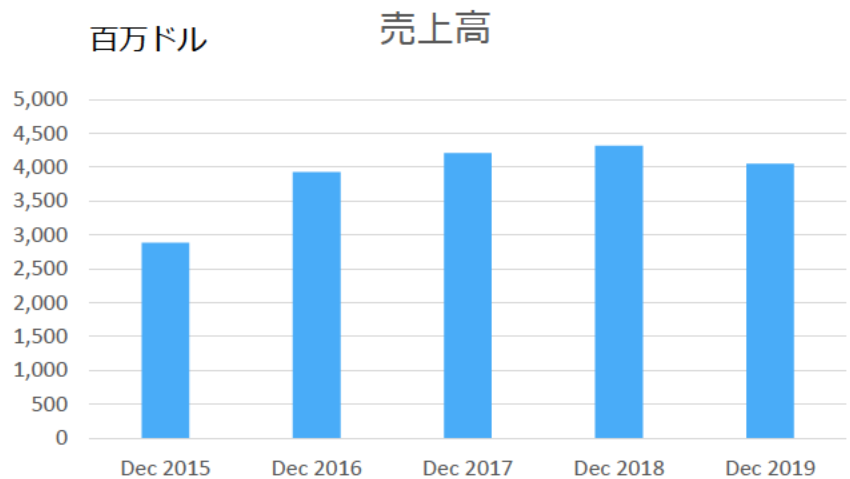
ASE(2) Fab location

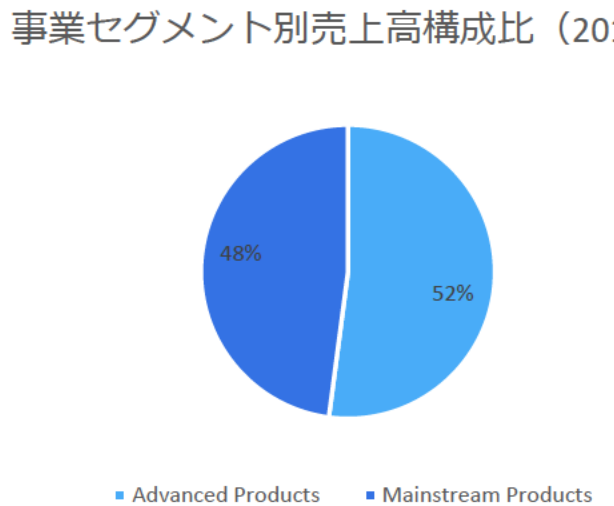
出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

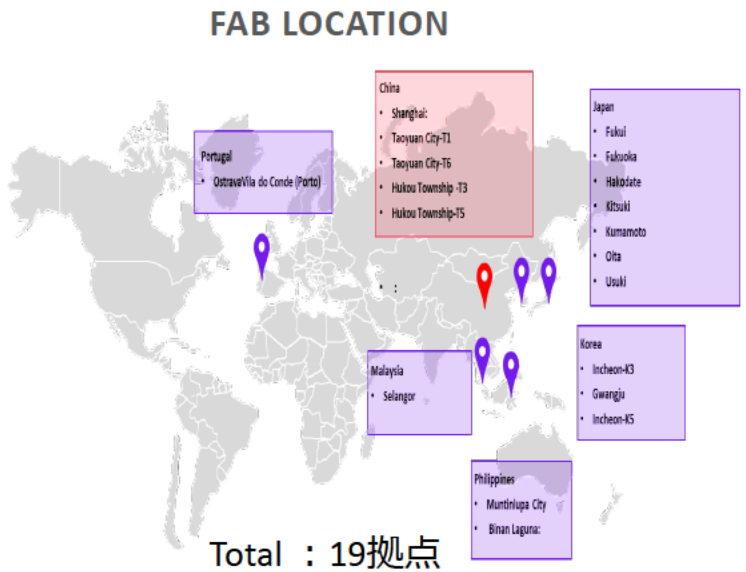
Information Classification: General

OSAT調査：OSAT上位企業のプロファイル
Amkor（米国）

- Amkor（Amkor Technology ）は米国に本社を置くOSAT企業。2015-2019年の5年間を通じてOSAT売上高の2位にランクされた。
- 半導体パッケージおよびテスト事業に集中している。
- 米国、台湾、中国、フィリピン、韓国、マレーシア日本およびポルトガルに主な製造拠点を保有している。





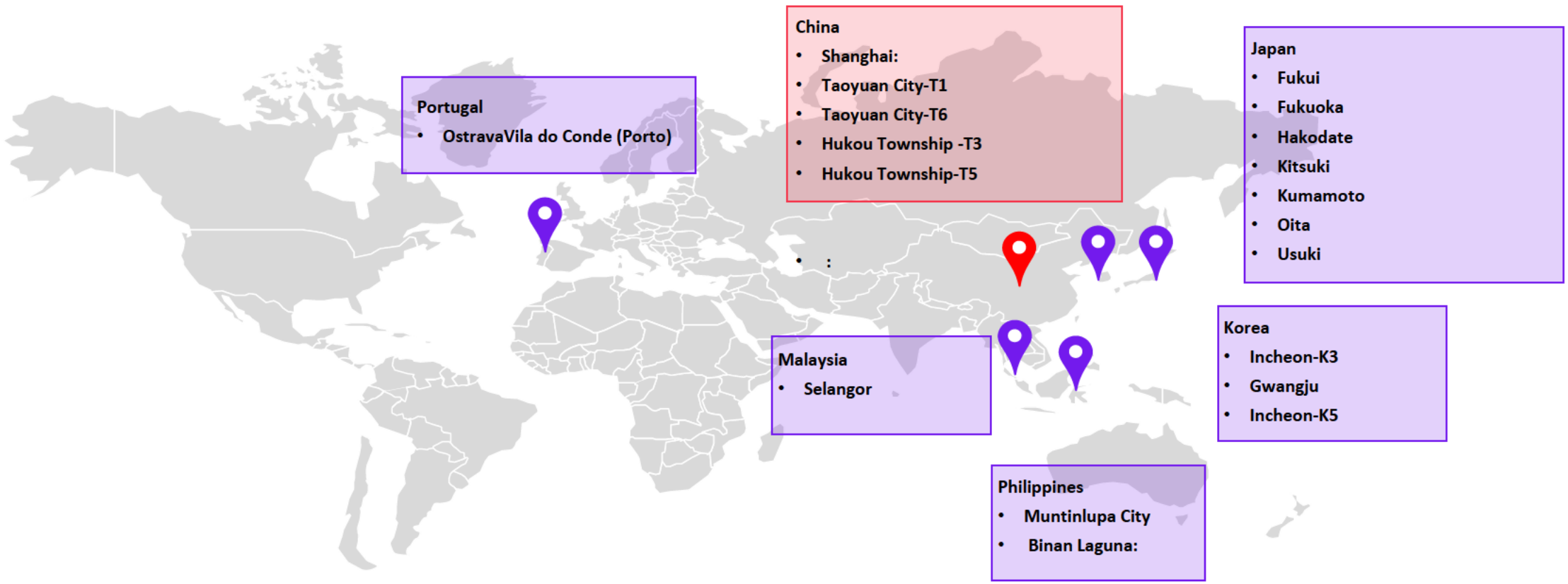


Total ：19拠点

出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

Information Classification: General

Amkor(2) Fab location

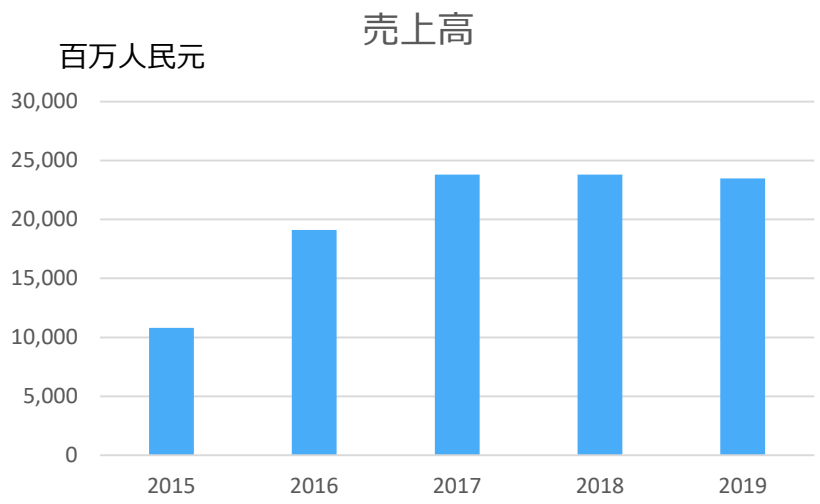


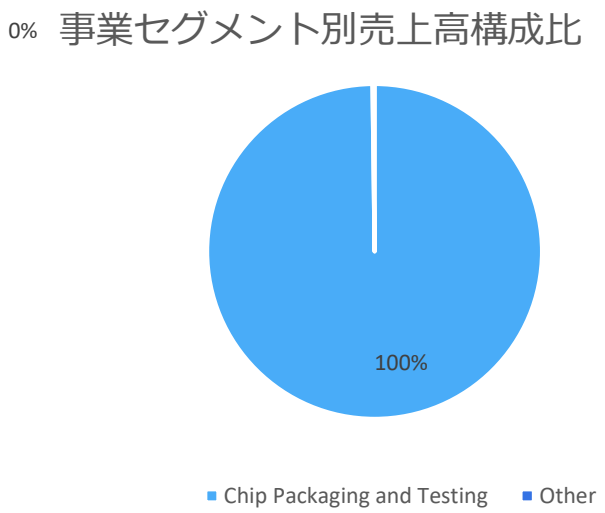
出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

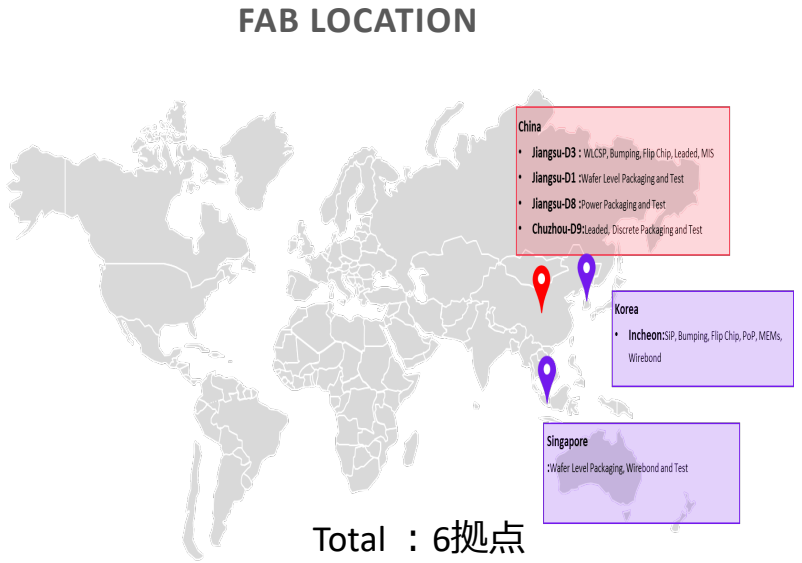
Information Classification: General

OSAT調査：OSAT上位企業のプロファイル
STATS-JCET（中国）

- STATS-JCETは中国に本社を置くOSAT企業。STATS-ChipPACを買収し2016年に大きく売上高を伸ばした。
- 主な製造拠点は中国（深圳、紹興、天津ほか）、買収したSTATS-ChipPACのシンガポールをはじめとした拠点、韓国、台湾などを保有している。
- 2018年以降の売上高は頭打ちになっている。直近では2020年にアナログデバイセズのシンガポール後工程工場の買収を発表している。







Total ：6拠点

出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

Information Classification: General

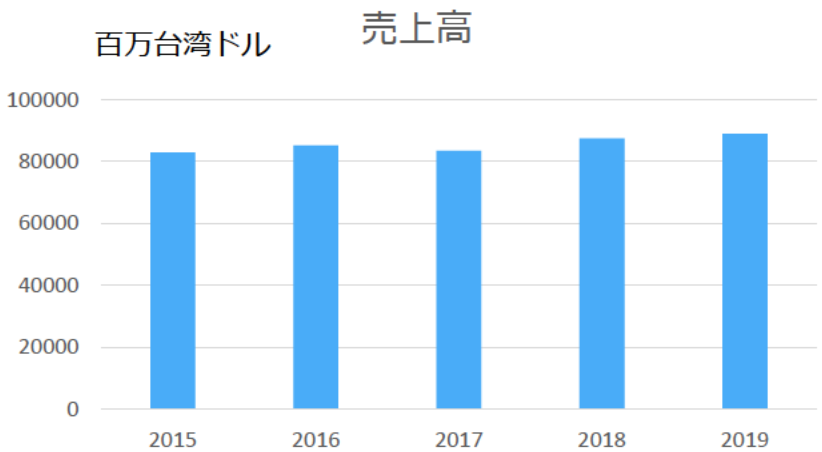
STATS-JCET(2) Fab location

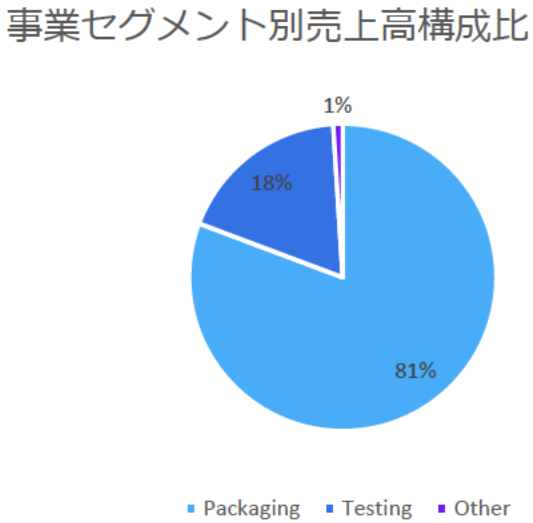
出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

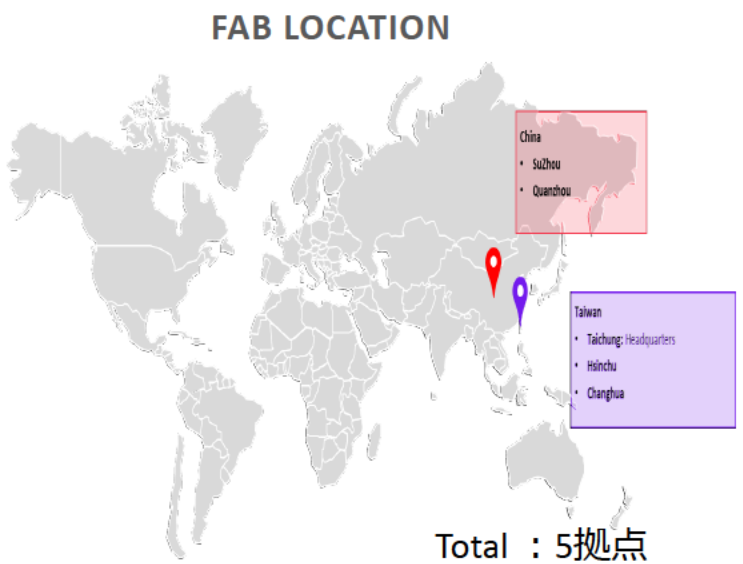
Information Classification: General

OSAT調査：OSAT上位企業のプロファイル
SPIL（台湾）

- SPIL（Silhaiconware Precision ）は2015年はOSAT売上高3位だったが、その後買収によって拡大したSTATS-JCETが3位に浮上したため、2016年以降は4位となっている。
- 製造拠点はHsinchu，Taichungほか台湾3拠点および中国（SuZhou、Quanzhou）の５か所を保有している。







Total ：5拠点

出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

Information Classification: General

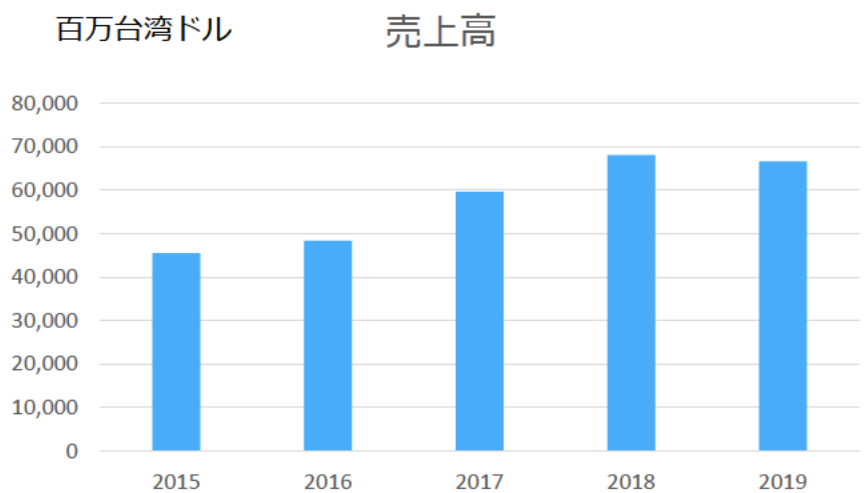
SPIL(2) Fab location

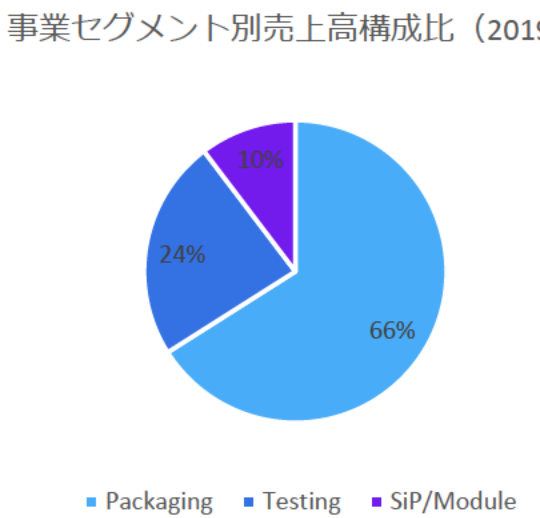
出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

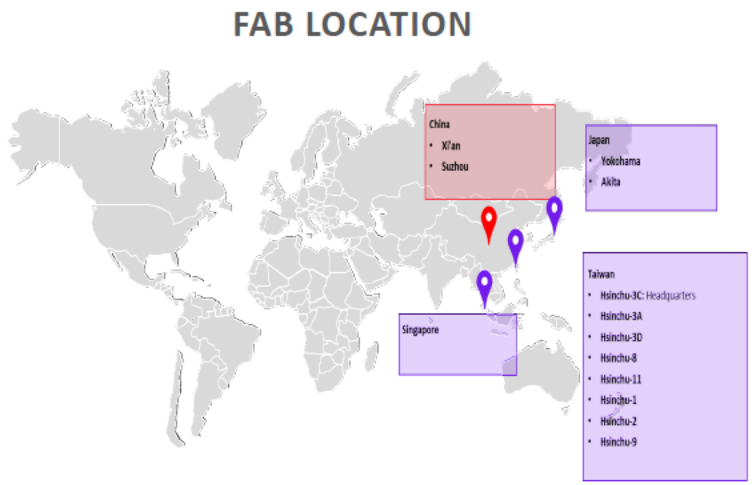
Information Classification: General

OSAT調査：OSAT上位企業のプロファイル
Powertech（台湾）

- Powertechは台湾に本社を置くOSAT企業。2015-2019年の5年間を通じて5位にランキングされている。
- 2015年に紫光清華集団と提携、出資を受け入れたが、2017年に提携を解消。
- 2017年にMicron秋田後工程工場およびテラプローブ（日本）を買収し売上高を伸ばしている。
- 台湾、中国、日本（上記買収ファブ）、およびシンガポールに製造拠点を保有している。





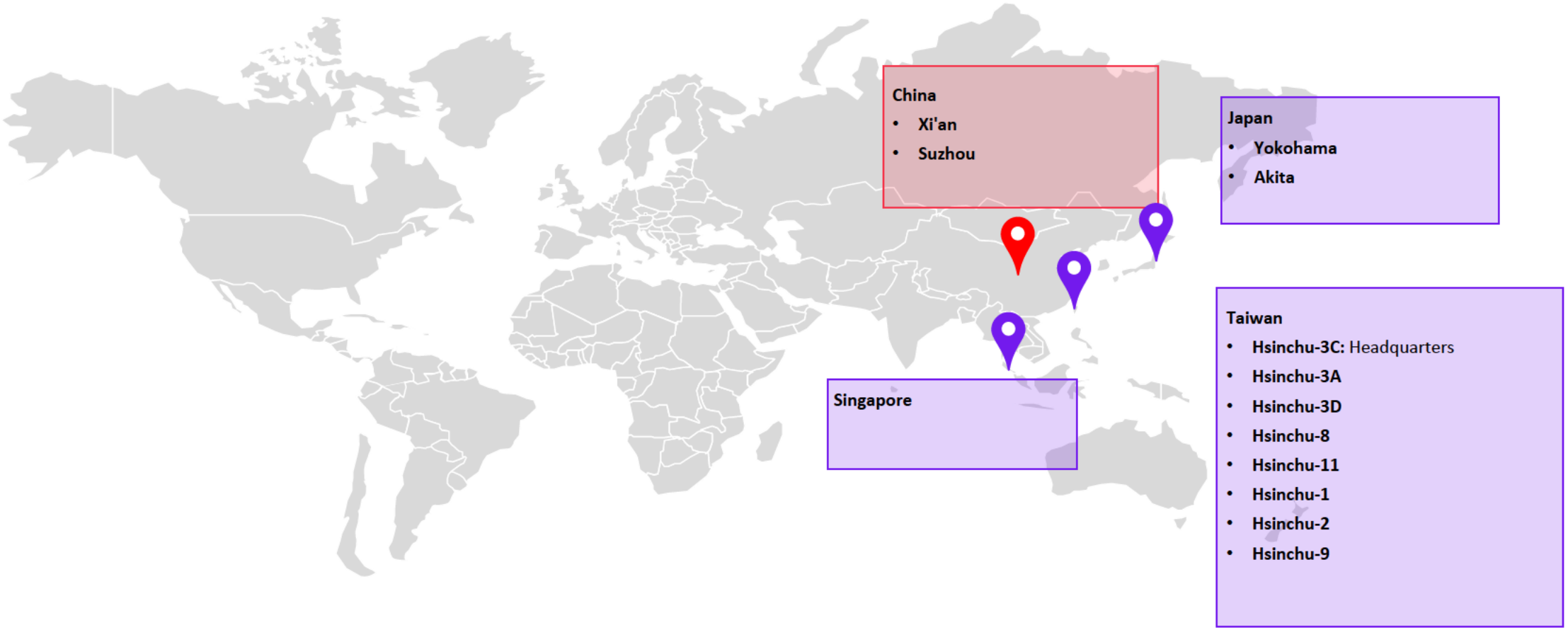


Total ：13拠点

出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

Information Classification: General

Powertech(2) Fab location



出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

Information Classification: General

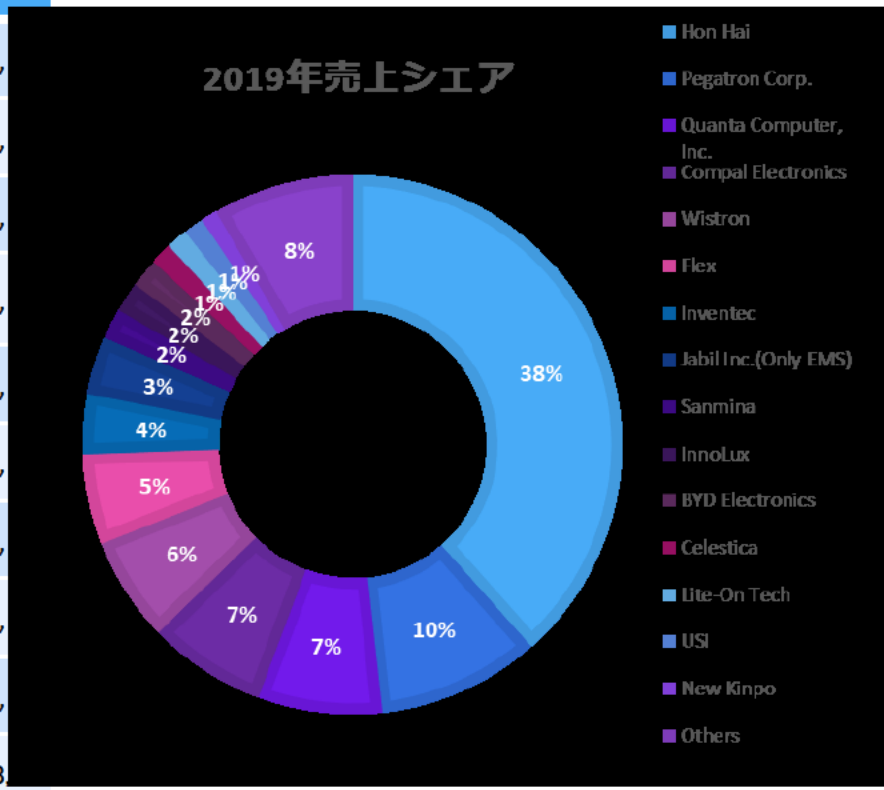
（2）主要なマイクロエレクトロニクスに係る製造会社に係る生産開発拠点及び生産能力の構築状況の調査

- Foundry市場
- OSAT市場
- EMS市場

EMS調査：EMS上位企業の売上規模ランキング

- EMS上位10社の売上高の推移（2015年-2019年）を以下にランキングする。
- 売上高の規模は5年間を通してFoxconnがトップで、市場シェア40%を獲得。Pegatronの2位以下含め上位5社は大きな変動がない。

(USM$)	企業名	2015	2016	2017	2018	2019
1位	Foxconn(台湾)	140,067	135,029	155,184	175,466	173,
2位	Pegatron(台湾)	37,929	35,865	39,361	44,415	44,
3位	Quanta(台湾)	31,477	27,695	33,669	34,073	33,
4位	Compal Electronics(台湾)	26,478	23,755	29,267	32,075	31,
5位	Wistron(台湾)	19,477	20,443	27,566	29,484	28,
6位	Flex(シンガポール)	24,419	23,863	25,441	26,211	24,
7位	Inventec(台湾)	12,358	13,273	15,414	16,801	16,
8位	Jabil(米国)	17,899	18,353	19,063	22,095	25,
9位	Sanmina(米国)	6,375	6,481	6,869	7,110	8,
10位	InnoLux(台湾)	11,379	8,894	10,853	9,260	8,



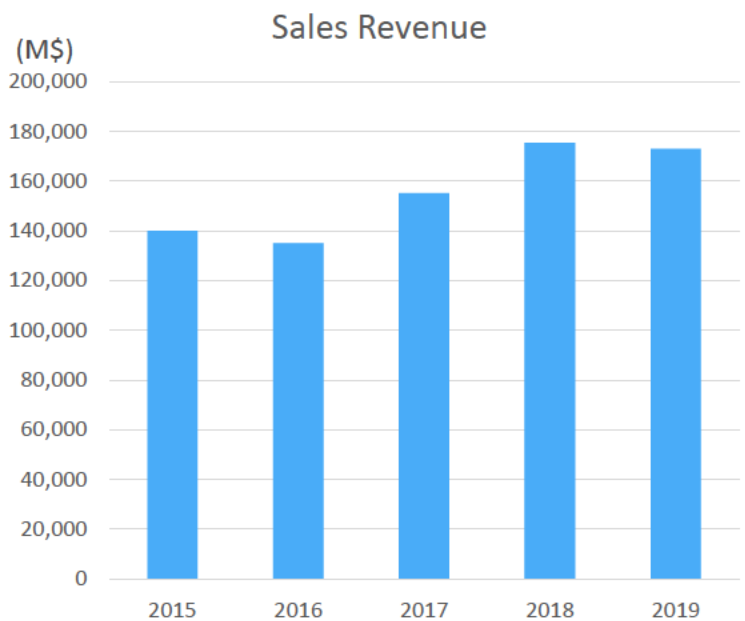
出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

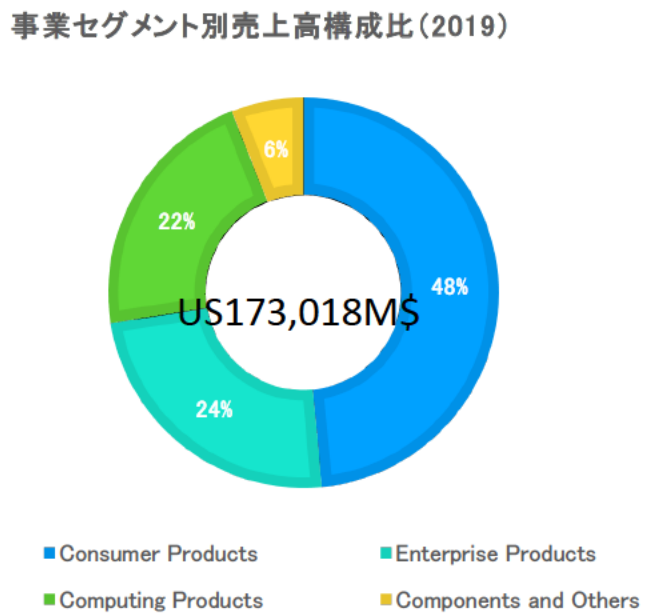
為替レート：
USD/NTD=2015年 32.0 2016年32.28 2017年30.33 2018年30.17 2019年 30.88
USD/CNY= 2015年 6.29 2016年 6.65 2017年 6.74 2018年6.63 2019年6.9

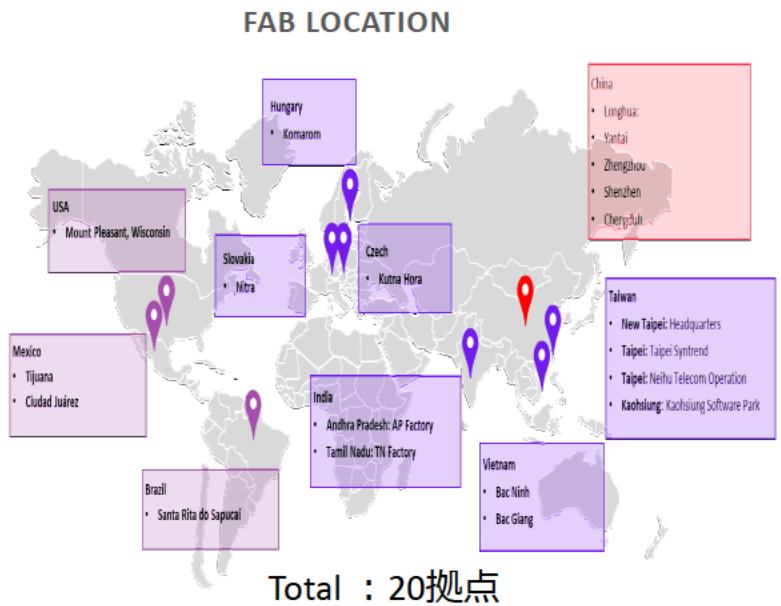
Information Classification: General

EMS調査：EMS上位企業のプロファイル
Foxconn Technology Group(台湾)

- Foxconnは台湾に本社を置くEMS企業。2019年時点、世界最大のEMS市場企業であり、シェア40%。
- 主な事業はスマホ(Consumer)、ルーター、スイッチ(Enterprise)、PC関連(Computing)、回路設計、基盤設計(Components)の４事業をビジネスを推進。
- 主要取引先はアップルやHP(ヒューレット・パッカード)、DELLといった大手メーカーを中心に事業を展開。
- 生産拠点は中国を中心にアジア、ヨーロッパ、南アメリカなど世界14カ国に生産拠点を構えている。







Total ：20拠点

出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

Information Classification: General

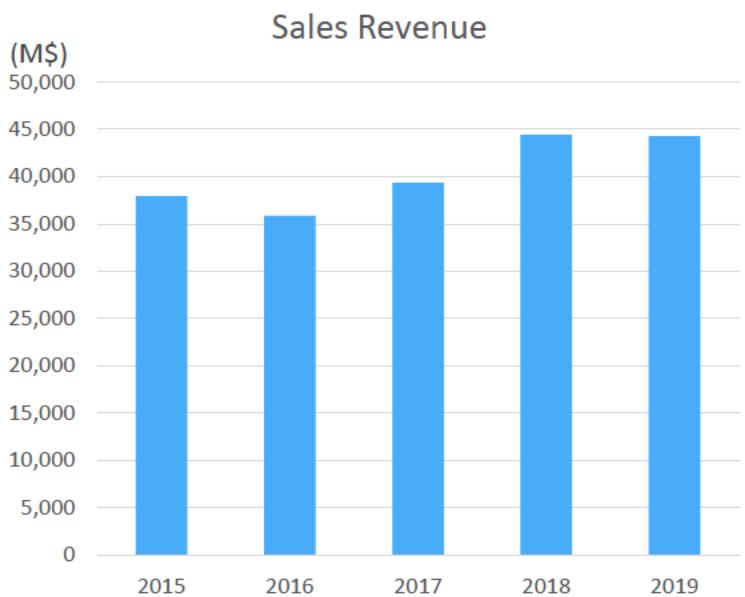
Foxconn Technology Group(2) Fab location

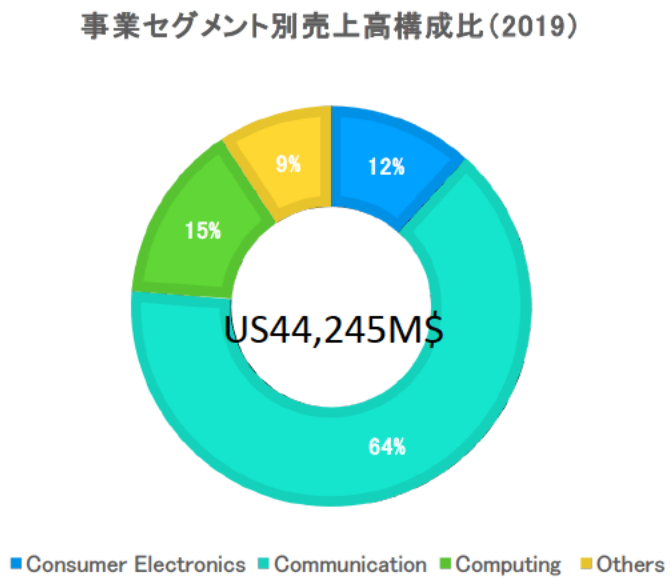
出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

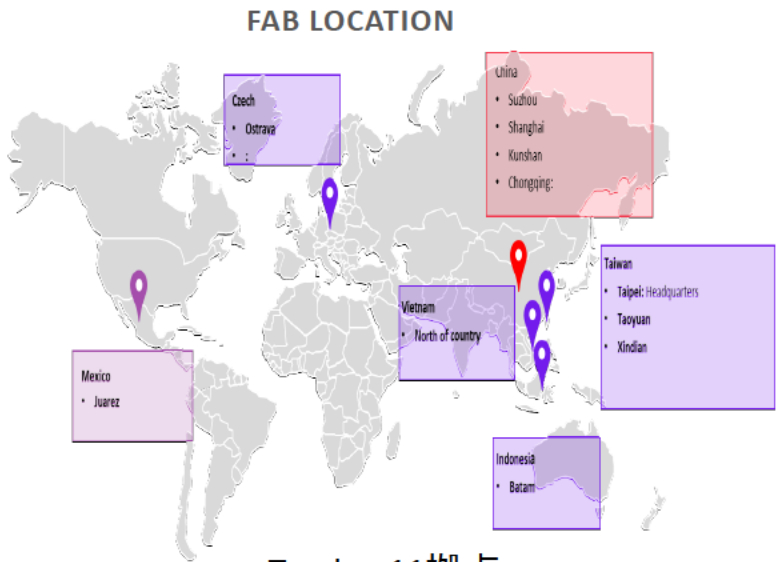
Information Classification: General

EMS調査：EMS上位企業のプロファイル
Pegatron Corporation (台湾)

- Pegatronは台湾に本社を置くEMS企業。2019年時点、 EMS市場で売上2位にランキングされる。Pegatronは2007年に台湾の電子機器メーカーであるASUS（エイスース）の製造部門から独立して設立。
- 主な事業はスマホ(Communication)、PC関連(Computing)、民生家電機器(Consumer)、その他の回路設計、基盤設計(others)の４事業をビジネスを推進。
- 取引先さは、アップルやASUSといった大手メーカーを中心に事業を展開。生産拠点は、中国を中心にアジアへ展開。







Total ：11拠点

出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

Information Classification: General

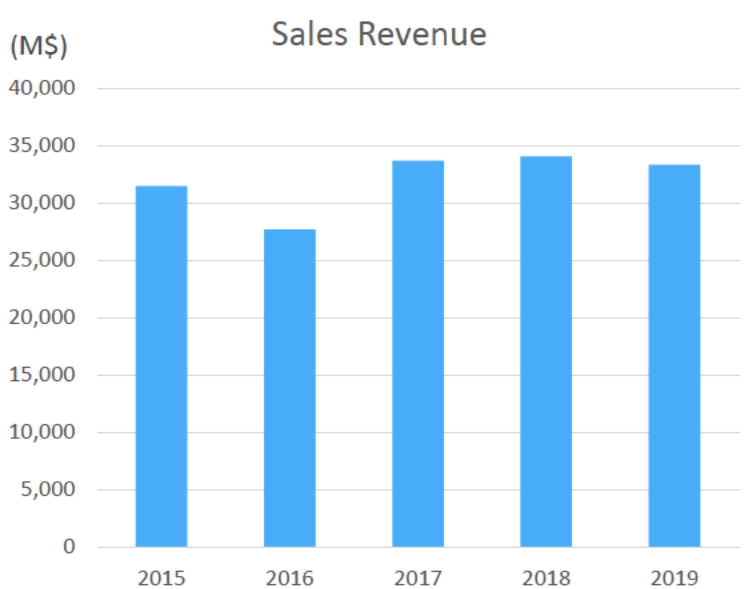
Pegatron Corporation (2) Fab location

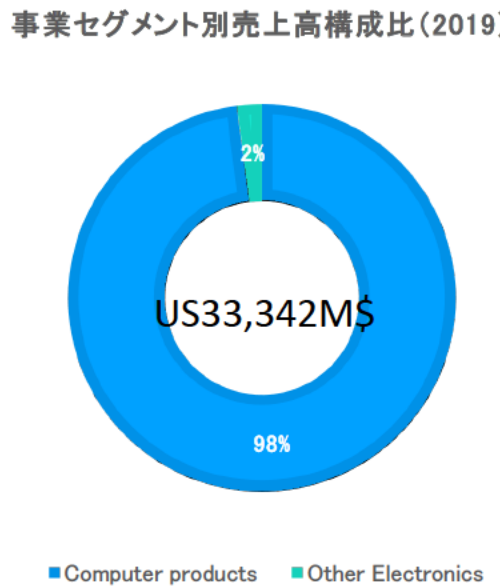
出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

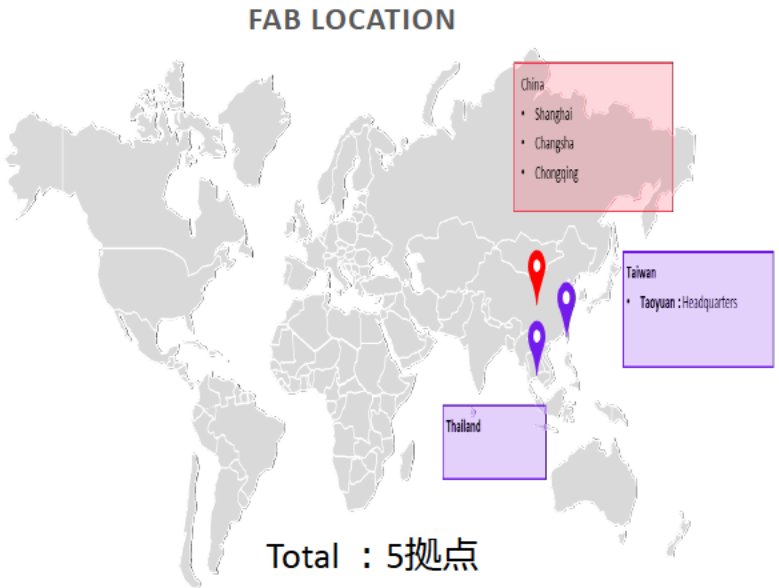
Information Classification: General

EMS調査：EMS上位企業のプロファイル
Quanta Computer (台湾)

- Quanta Computerは台湾に本社を置くEMS企業である。2019年時点、 EMS市場で売上3位にランキングされる。
- 主な事業はパソコンの受託生産事業(Computer product)であり、全体売上の98%を占める。
- 取引先はアップルやHP(ヒューレット・パッカード)、DELL、ソニーといった大手メーカーを中心に事業を展開。
- 生産拠点は中国と台湾を中心にアジアに展開。







Total ：5拠点

出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

Information Classification: General

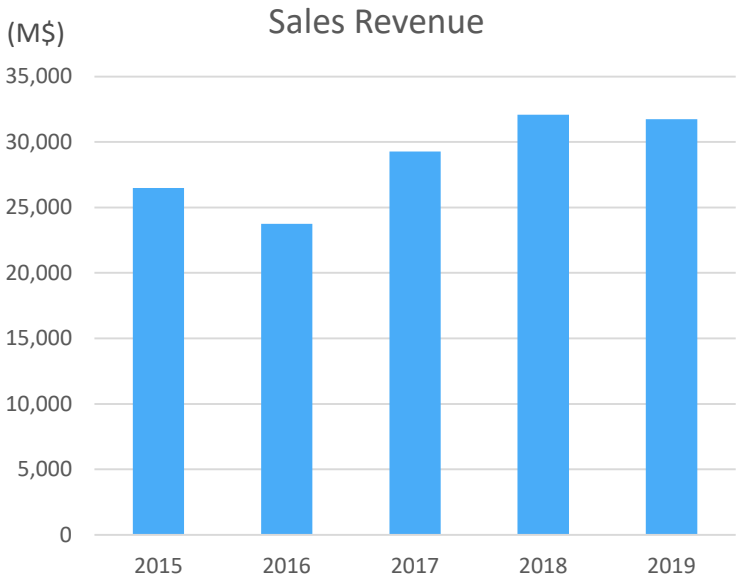
Quanta Computer(2) Fab location

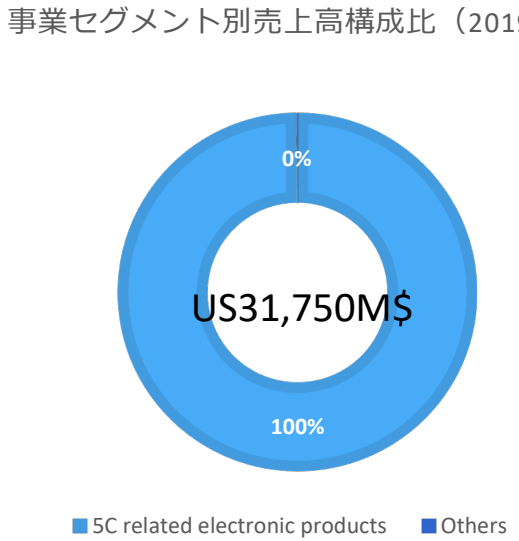
出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

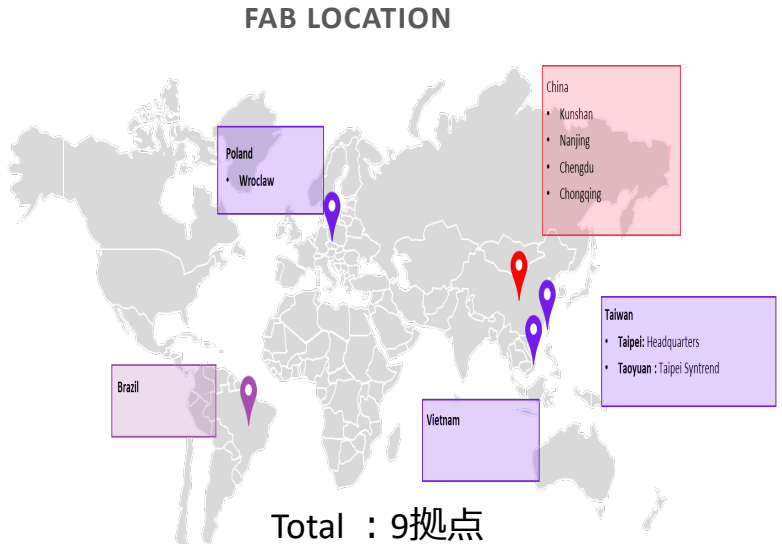
Information Classification: General

EMS調査：EMS上位企業のプロファイル
Compal Electronics (台湾)

- Compal Electronicsは台湾に本社を置くEMS企業である。2019年時点、 EMS市場で売上4位にランキングされる。
- 主な事業はパソコン、タブレット、スマートフォンの受託生産事業(5C related electronic product: Computing/ Communication/ Customer/ Cloud/Connect) 。
- 取引先はアップルやHP(ヒューレット・パッカード)、DELL、ソニーといった大手メーカーを中心に事業を展開。
- 生産拠点は、中国と台湾を中心にアジアに展開。





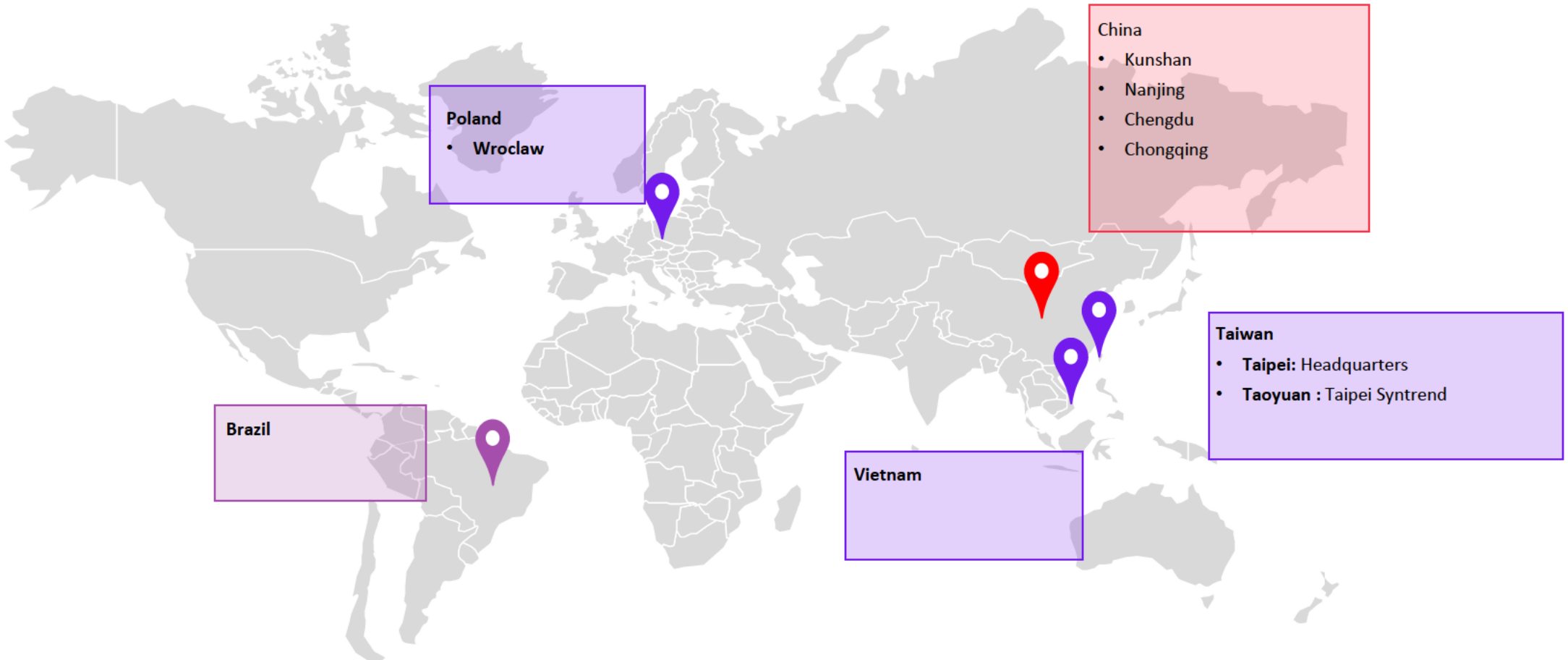


Total ：9拠点

出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

Information Classification: General

Compal Electronics (2) Fab location

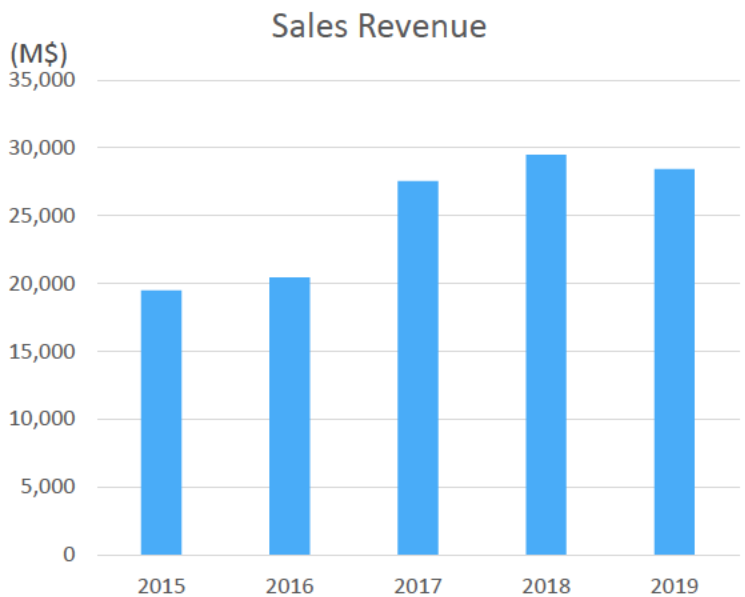


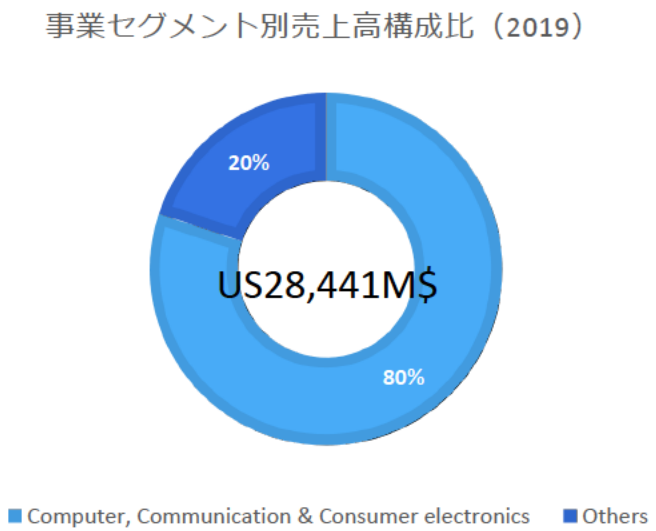
出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

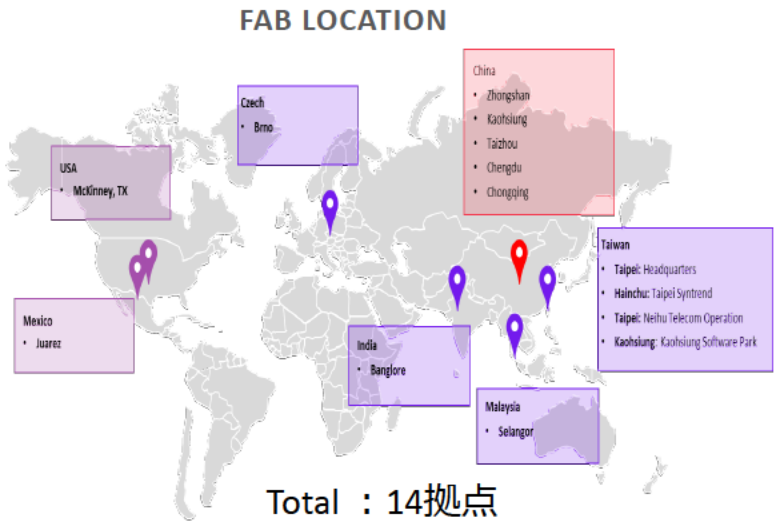
Information Classification: General

EMS調査：EMS上位企業のプロファイル
Wistron (台湾)

- Wistronは台湾に本社を置くEMS企業である。EMS市場で売上5位にランキングされる(2019年)。 Wistronは2001年に台湾の電子機器メーカーであるAcer（エイサー）の製造部門から独立して設立。
- 主な事業はパソコン、スマホおよびTV、ディスプレイの受託生産事業(Computer, Communication & Consumer electronics)であり、全体売上の80%を占める。
- 取引先はDELLやHP(ヒューレット・パッカード)、DELL、東芝、といった大手メーカーを中心に事業を展開。
- 生産拠点は中国、台湾、欧州、米国と世界に展開。







Total ：14拠点

出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

Information Classification: General

Wistron(2) Fab location

出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

Information Classification: General

Smartphone global OEM-EMS matrix

- スマホのメーカーとEMS企業の関係を示す。

	Samsung	Huawei	Apple	Xiomi	OPPO	Vivo	Lenovo Moto	LG
Shipment(M unit)	294.1	240.6	195.4	124.0	118.1	105.1	38.2	33.7
In-house	○	○		○	○	○	○	○
Flex		○					○	
Foxconn			○					
Foxconn International		○		○	○	○		
Jabil								
Arima Communication								○
Compal								
Pegatron			○					
Wistron			○					
Inventec				○				
BYD		○						

Information Classification: General

PC/Tablet global OEM-EMS matrix

- PC/タブレットのメーカーとEMS企業の関係を示す。

Type	KUnits@2019
Desktop PCs	97,633
Notebook PCs	171,508
Tablet PCs	10,703

	Apple	Samsung	Asus	Amazon	Lenovo	Acer
In-house		○	○		○	
Flex			○			
Foxconn	○			○		
Quanta	○		○	○		
Compal	○			○		○
Pegatron	○		○			
Wistron			○			○
Inventec						
BYD						

Information Classification: General

（3）1. 製造装置調査

装置：

- ウエハ製造工程
- マスク製造工程
- 前工程
- 後工程
- 自動化設備
- 真空系
- その他

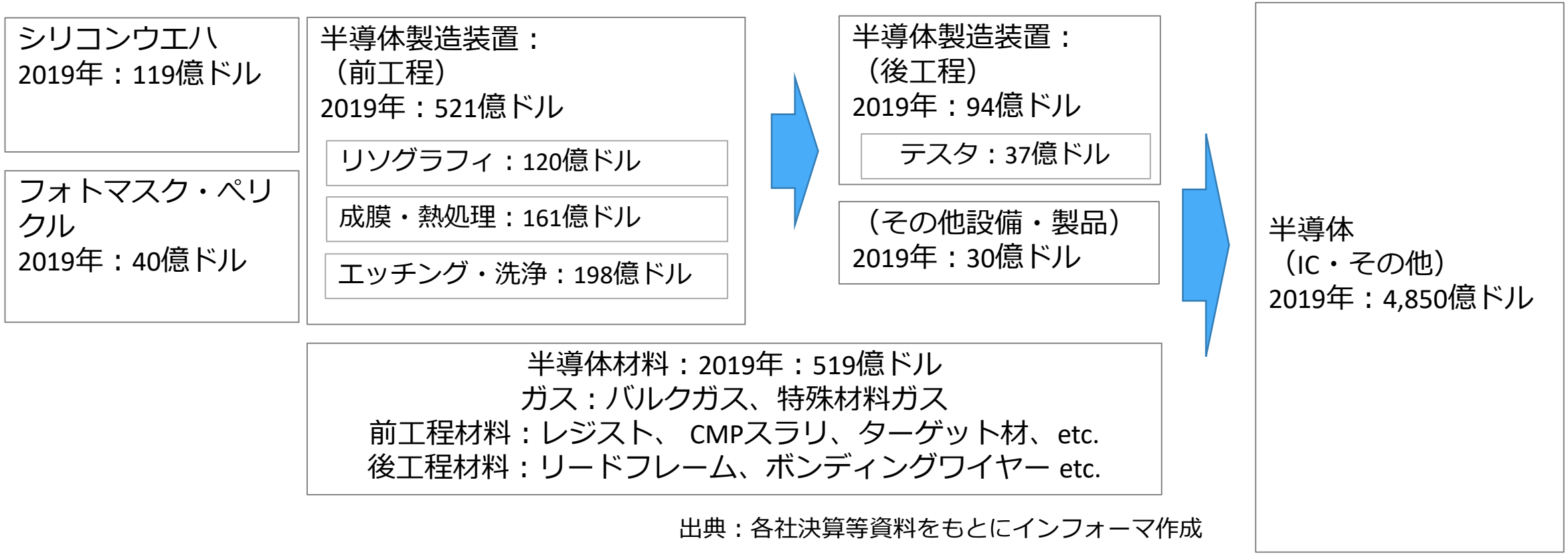
材料：

- 電子材料
- その他部材

半導体産業におけるサプライチェーン

- 半導体産業におけるサプライチェーンでは、製造装置、材料の市場規模が大きい。製造装置では回路形成の中心的なプロセスであるリソグラフィ、成膜・熱処理、エッチング・洗浄装置の規模が特に目立つ。

半導体製造の一連の流れと出荷金額に見る市場規模



出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

© 2020 Omdia
Information Classification: General

装置サマリページ追加
前工程(EUV)、後工程

- 近年、7nm以下の先端プロセス需要が5Gスマホやデータセンター向けに需要が拡大、EUVなど先端設備に注目が集まっている。また、NANDフラッシュメモリでは3D積層プロセスが中心となりエッチング工程の重要性が増している。
- GAAや3D積層など微細かつ複雑な最先端プロセスではALD（Atomic Layer Deposition)の活用が期待されているため、今回は前工程では黄色の装置に注目して調査を行った。
- 近年、プロセス進化による微細化技術の進化が厳しくなる一方で、新たな半導体設計アプローチとして、3次元積層、トランジスターのレイヤー化、チップの積み重ねといった、PKG工程含む技術が注目を集めている。今回、後工程においても代表的な装置を選択し、調査を実施した。

半導体製造装置：
（前工程）
2019年：521億ドル

リソグラフィ：120億ドル
- ✓マスク/レチクル欠陥検査装置：約5億ドル
- ✓ステッパ／スキャン装置：約110億ドル

熱処理・成膜：161億ドル
- ✓CVD/ALD装置：約80億ドル

エッチング・洗浄：198億ドル
- ✓エッチング装置：約103億ドル

半導体製造装置：
（後工程）
2019年：94億ドル
- ✓ダイシングソー
- ✓ダイ／チップボンディング装置
- ✓ワイヤボンディング装置
- ✓ICハンドラ
- ✓ウェーハプローバ
- ✓ICテスタ

（その他設備・製品）
2019年：30億ドル

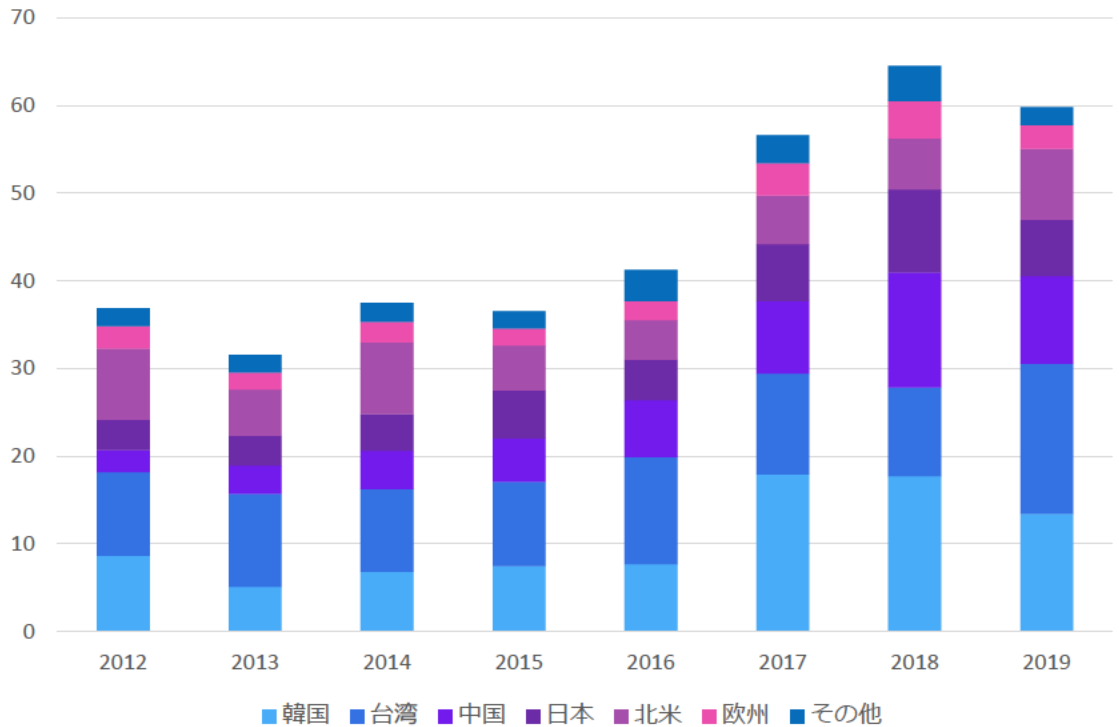
Information Classification: General

半導体製造装置の世界市場（製造装置全体）

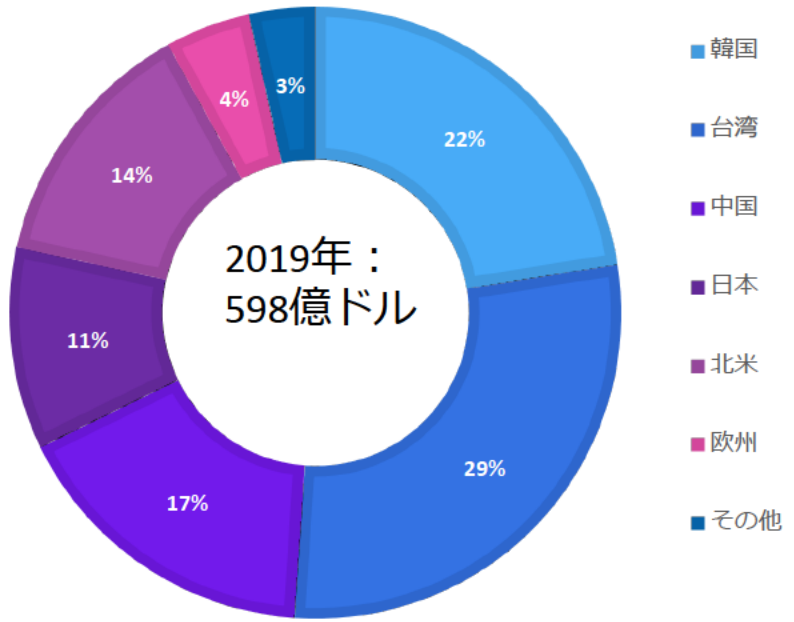
- 半導体製造装置市場は598億米ドル（2019年）
- 2019年の消費地としては台湾が拡大し、中国が減少(米中貿易影響)した

(10億ドル)

半導体製造装置販売金額



半導体製造装置消費地別シェア@2019

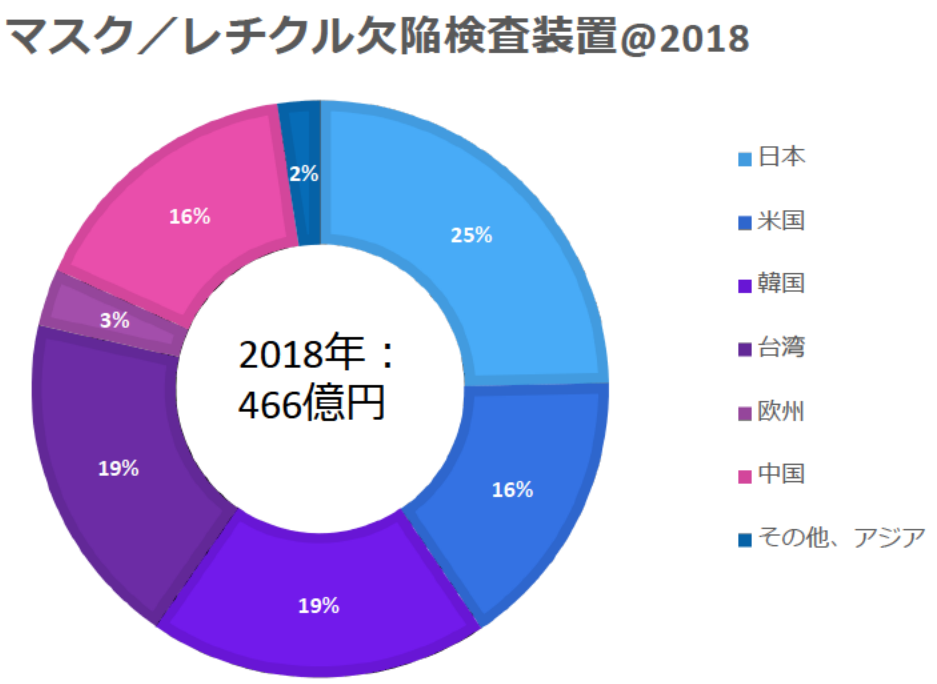


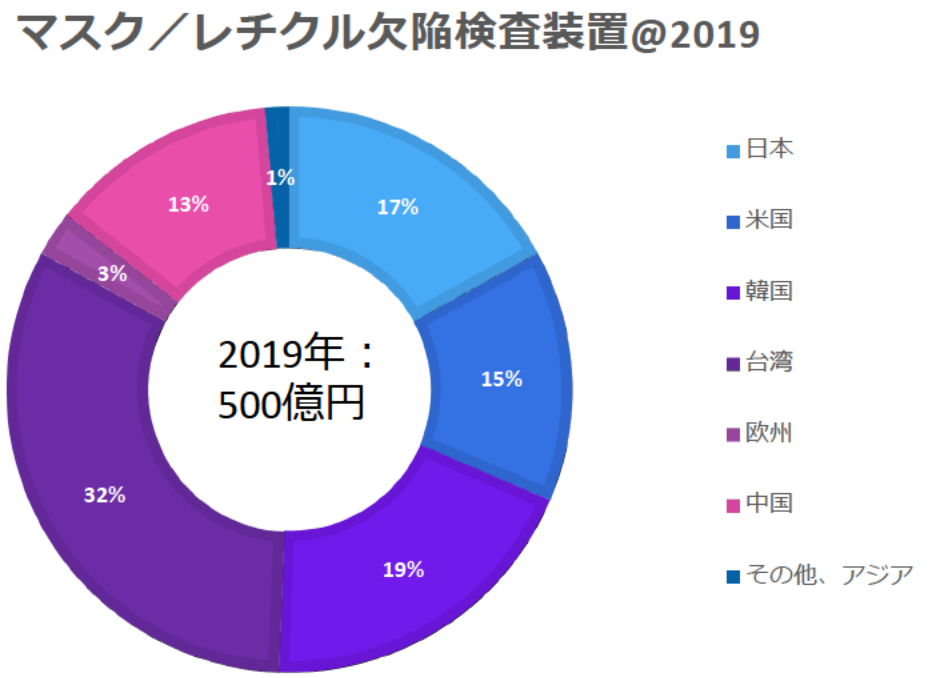
出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

© 2020 Omdia
Information Classification: General

半導体製造 前工程：リソグラフィ工程
マスク/レチクル欠陥検査装置市場規模

- マスク/レチクル欠陥検査装置市場は、500億円へと成長(2019年)
- 消費市場別としては、半導体先端プロセスノードへの投資増から台湾が成長





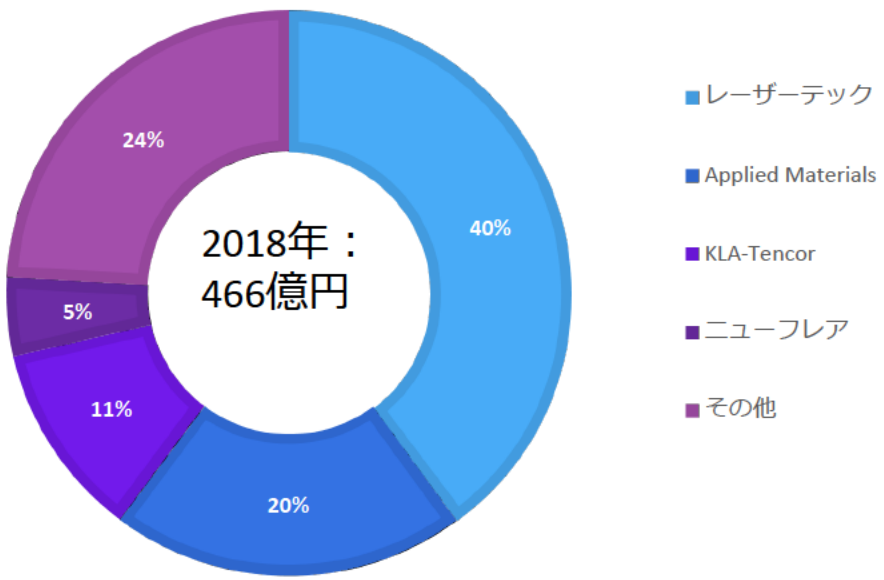
出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

© 2020 Omdia
Information Classification: General

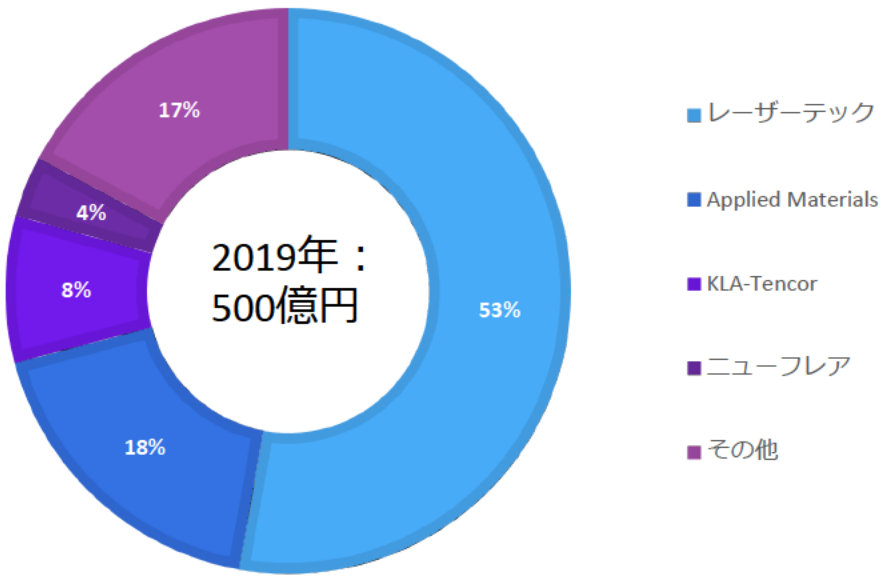
半導体製造 前工程：リソグラフィ工程
マスク/レチクル欠陥検査装置市場シェア

- メーカー別シェアとしてはレーザーテックがシェア拡大し53%となった(2019年)
- 次いでApplied Materials 22%、KLA-Tencor 8%、ニューフレア 4%となった(2019年)

マスク／レチクル欠陥検査装置シェア@2018



マスク/レチクル欠陥検査装置市場シェア@2019



出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

© 2020 Omdia
Information Classification: General

（１）主要装置の生産拠点の状況：ウエハ欠陥検査装置

- 日本企業は自国内で製造、ユーザー企業の拠点の近隣にサポート拠点を持ち、設置およびその後のサポートを行っている。

外観検査装置・測長SEMにおけるサプライチェーン：各国企業の生産地

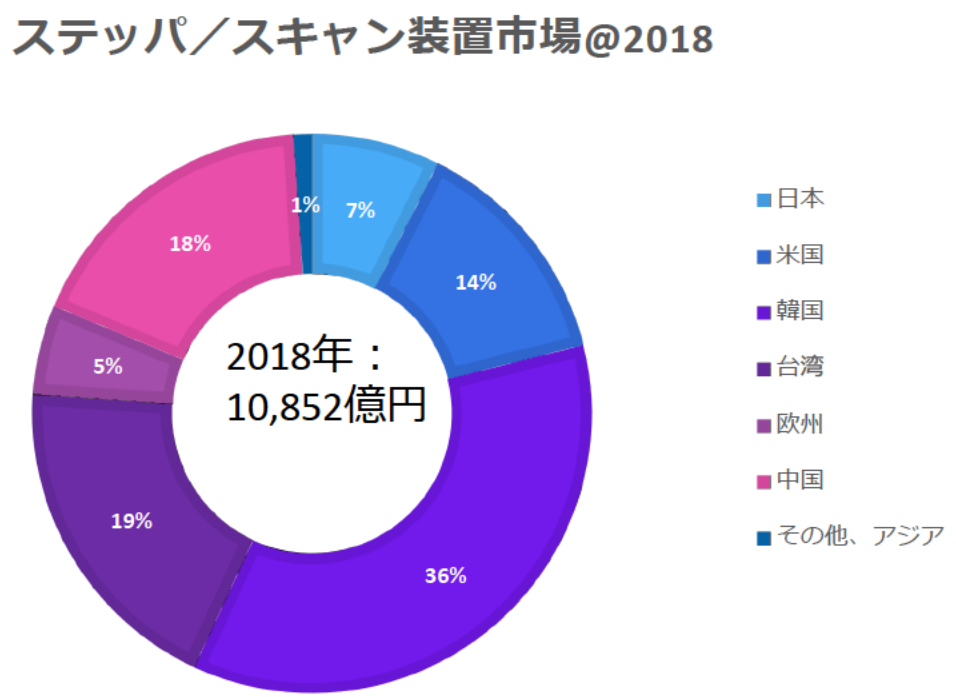
企業国籍	主要企業	生産地
米国	KLA－Tencor	米国（モジュールは各国に製造委託）
日本	日立ハイテクノロジーズ	日本
日本	レーザーテック	日本

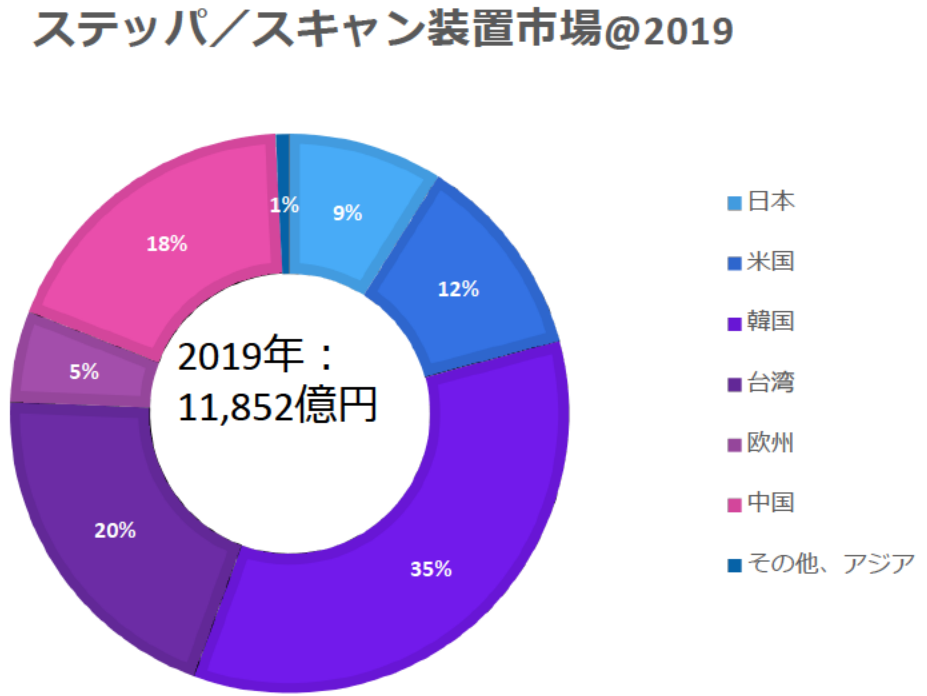
出典：インフォーマ

© 2020 Omdia
Information Classification: General

半導体製造 前工程：リソグラフィ工程
ステッパ/スキャン装置市場規模

- ステッパ/スキャン市場は11,852億円へと成長(2019年)
- 消費市場別としては大手メモリ企業(Samsung/SK-Hynix)がある韓国 35%がトップであり、次いで台湾 20%、中国18%の状況





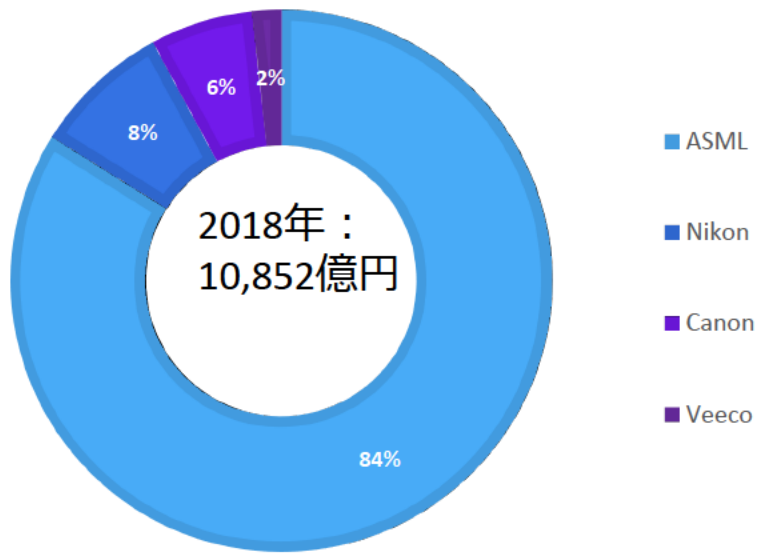
出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

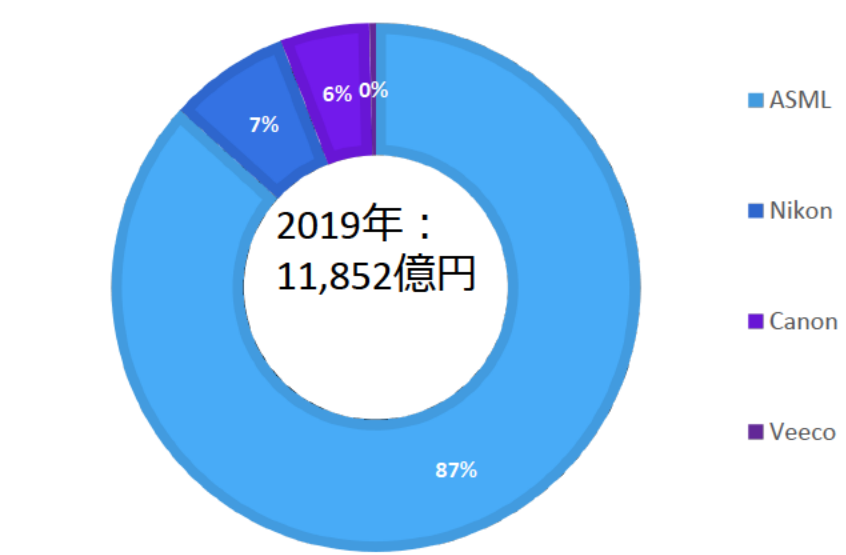
© 2020 Omdia

Information Classification: General

半導体製造 前工程：リソグラフィ工程
ステッパ/スキャン装置市場規模シェア

- メーカー別シェアとしてはASMLが87%と独占 (2019年)
- 次いでNikon 7%、Canon 6%となる(2019年)





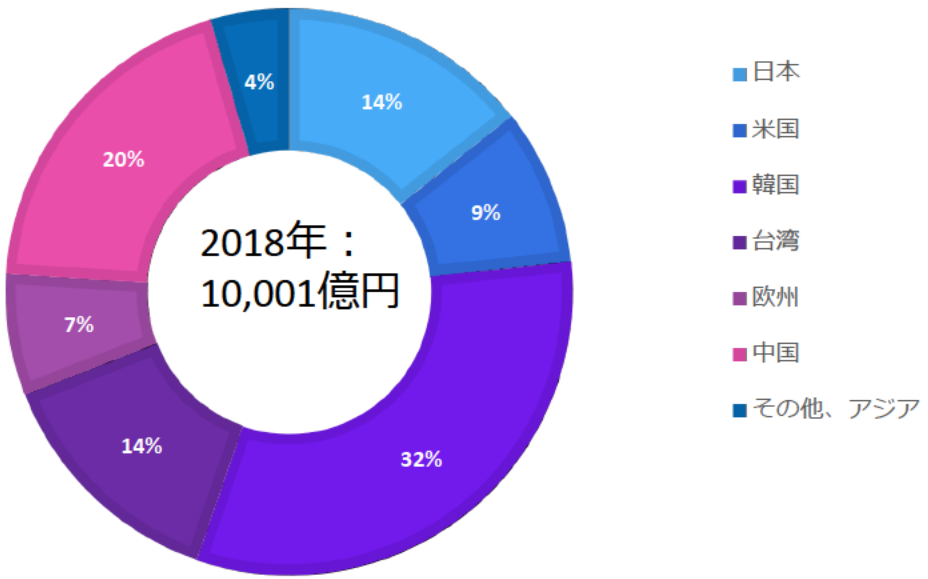
出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

© 2020 Omdia
Information Classification: General

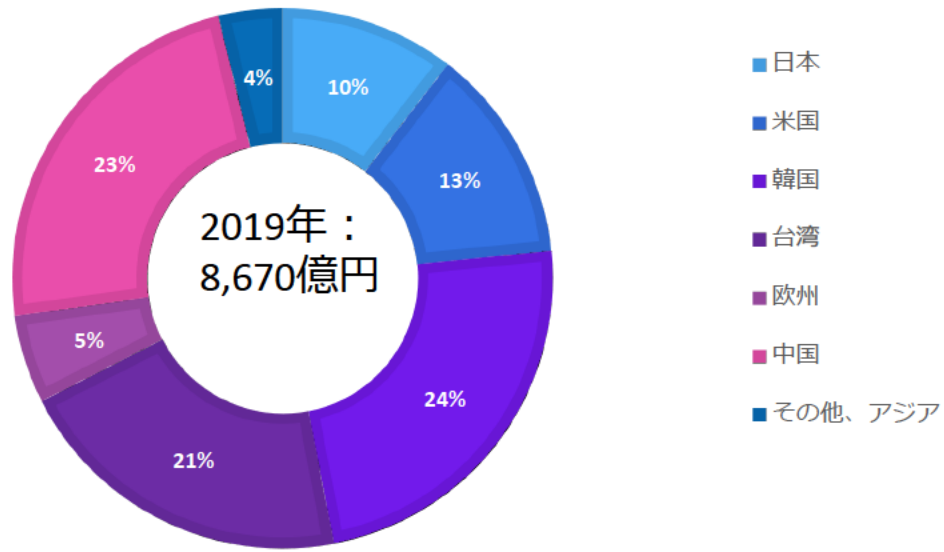
半導体製造 前工程：成膜工程
CVD/ALD装置市場規模

- CVD/ALD市場は半導体市場低迷の影響から8,670億円へと減少(2019年)
- 消費市場別としては、大手メモリ企業(Samsung/SK-Hynix)がある韓国 24%がトップであり、次いで台湾 21%、中国23%の状況

CVD/ALD装置市場@2018



CVD/ALD装置市場@2019

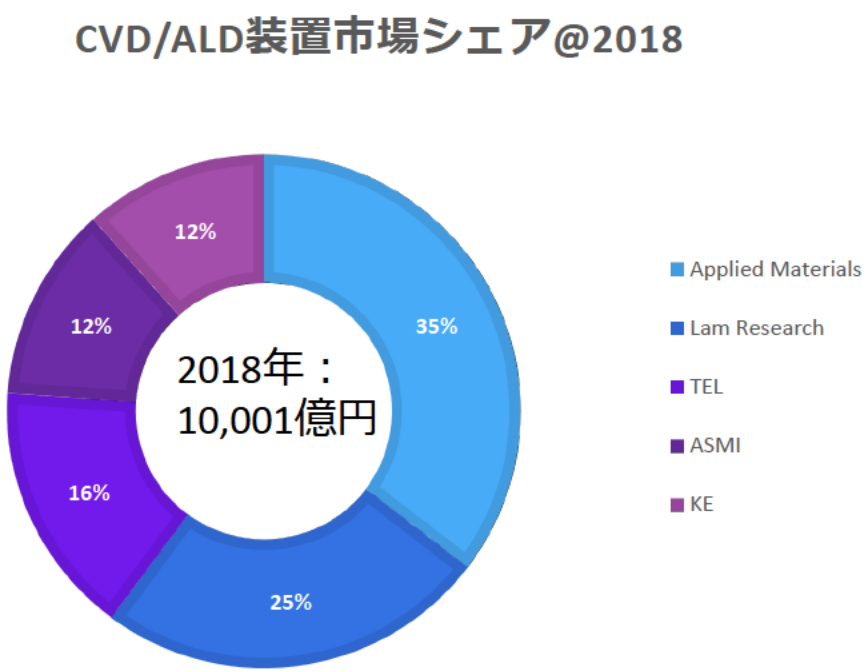


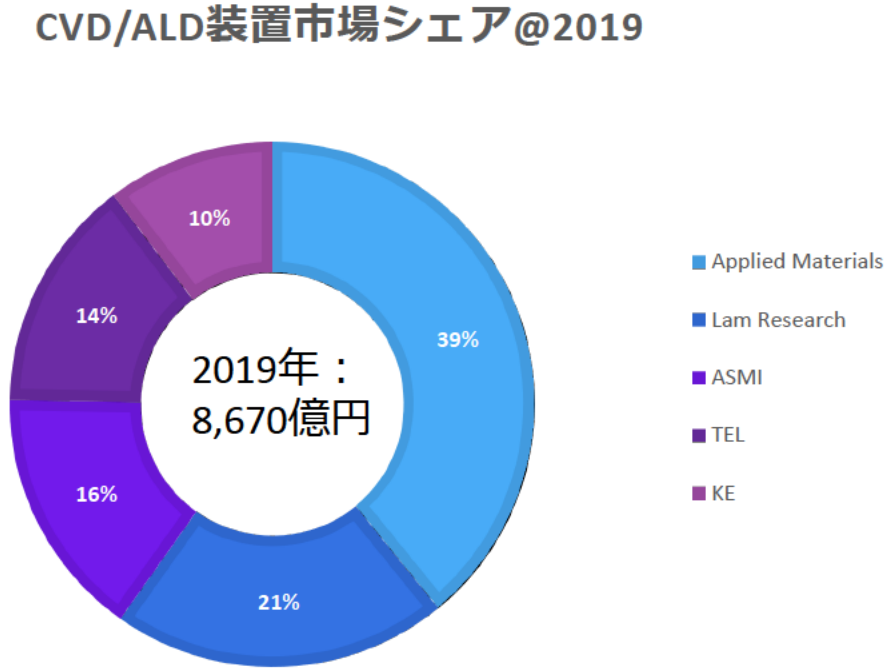
出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

© 2020 Omdia
Information Classification: General

半導体製造 前工程：成膜工程
CVD/ALD装置市場規模シェア

- メーカー別シェアとしてはApplied Materialsがシェア拡大し35%へ(2019年)
- 次いでLam Research 21%、ASML 16%、TEL 14%となる



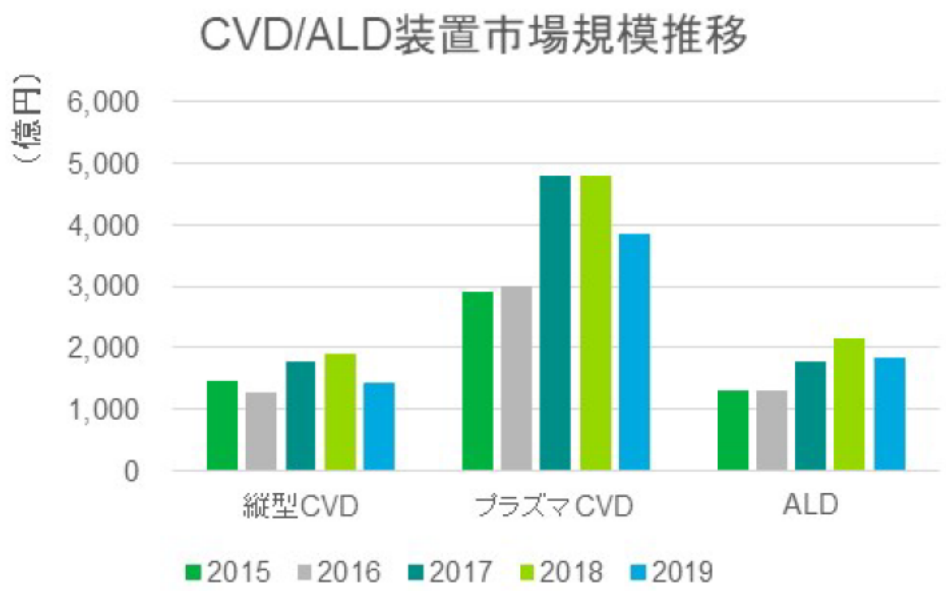


出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

© 2020 Omdia
Information Classification: General

主要半導体製造装置の販売状況
成膜装置

- ３D-NANDメモリや多層ロジックIC向けの需要を中心として、縦型CVDやプラズマCVDでは薄膜化による高精度な膜厚制御、Low-k, high-k材への対応が進んでいる。
- ALDによる均一な成膜の需要も増加している。

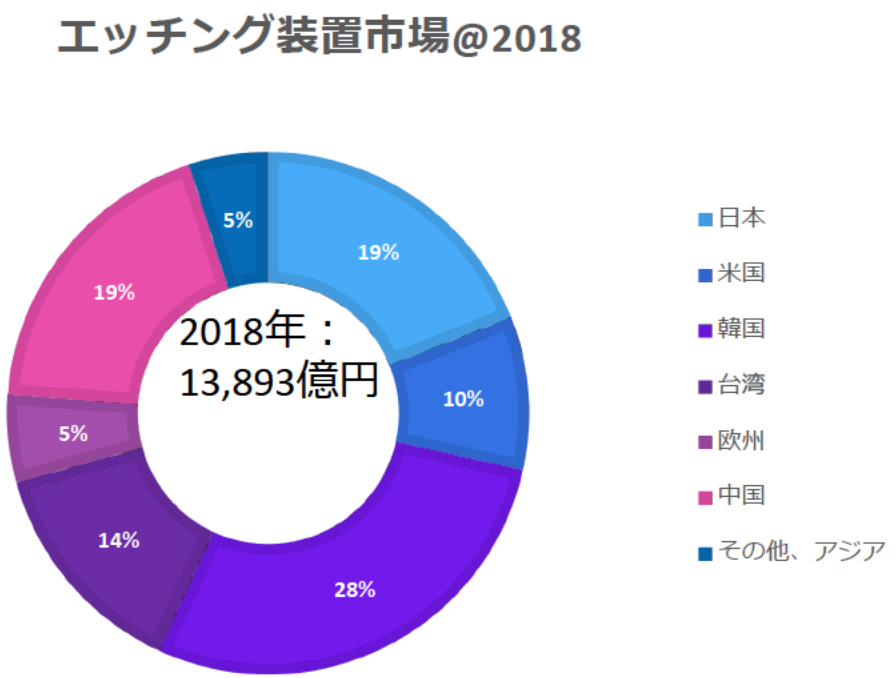


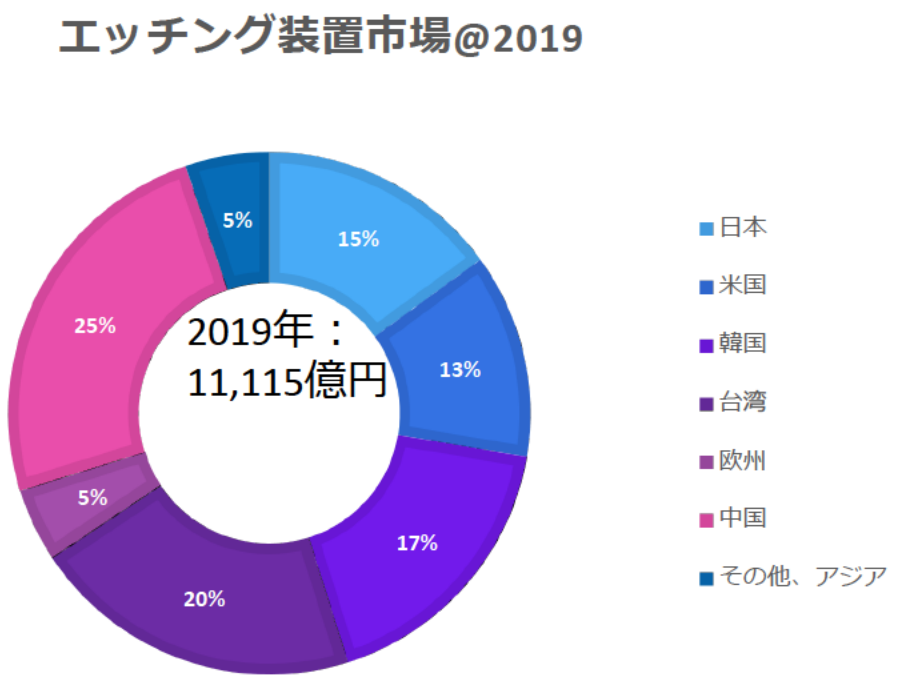
出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

© 2020 Omdia
Information Classification: General

半導体製造 前工程：エッチング工程
エッチング装置市場規模

- エッチング市場は半導体市場低迷の影響から11,115億円へと減少(2019年)
- 消費市場別としては先端プロセス投資拡大している台湾が20%で韓国を抜きトップとなる
- 次いで中国 25%、韓国 17%の状況



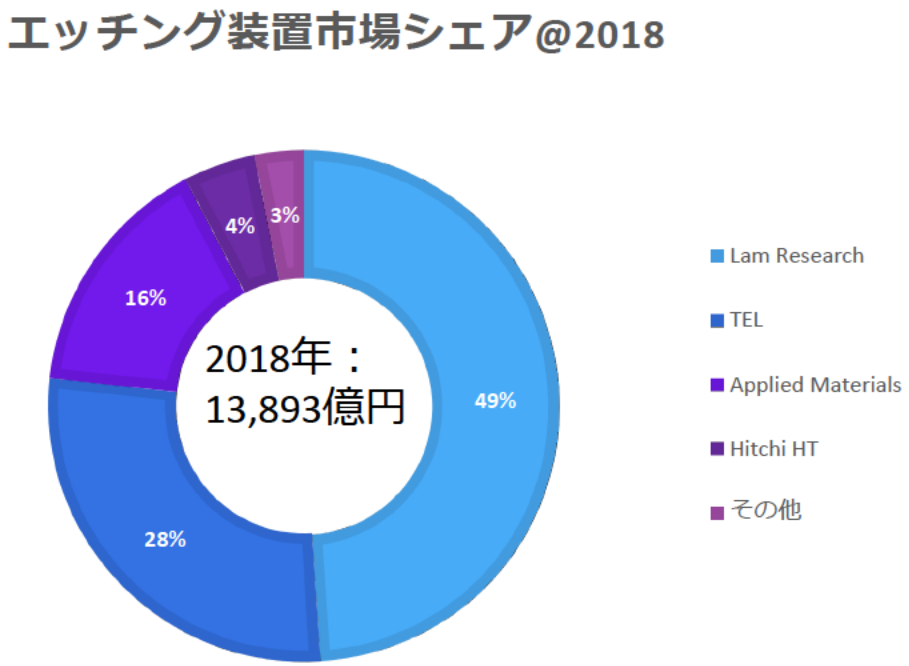


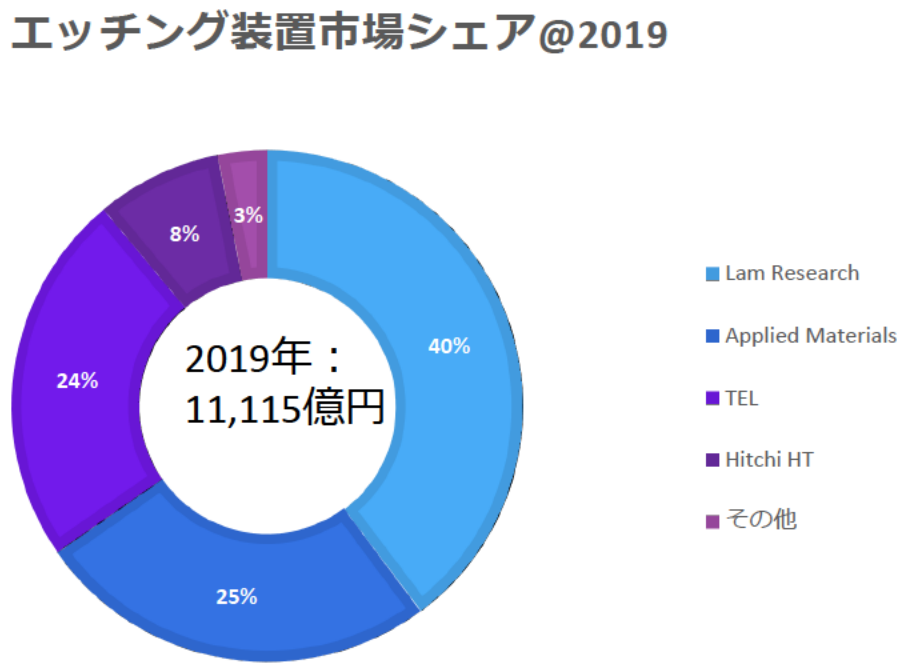
出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

© 2020 Omdia
Information Classification: General

半導体製造 前工程：エッチング工程
エッチング装置市場規模シェア

- メーカー別シェアとしてはLam Researchがシェアを低下したが40%でトップ(2019年)
- 次いでApplied Materials 25%、TEL 24%でTELがシェアを拡大





出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

© 2020 Omdia
Information Classification: General

（１）主要装置の生産拠点の状況：成膜装置・エッチング装置

- 日本企業は国内で生産し、販売地での設置、その後のサポートは現地が主流となっている。
- 海外企業は自国内に加えて、米国やアジアの需要地に近い地域で生産、販売を行っている。

半導体成膜装置におけるサプライチェーン：各国企業の生産地

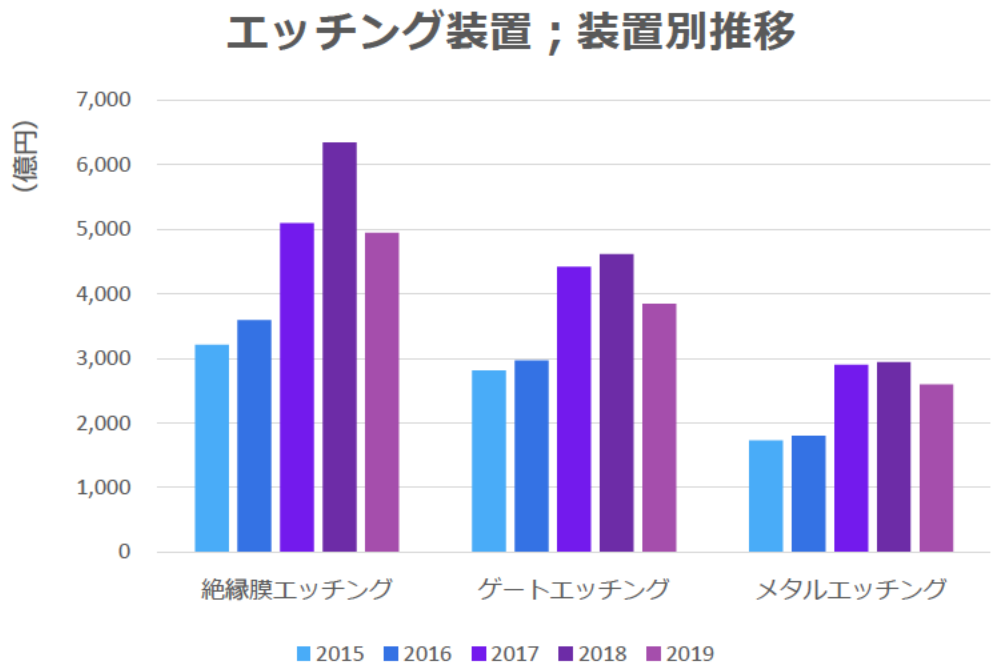
企業国籍	主要企業	生産地
米国	Applied Materials	米国・欧州・シンガポール
米国	LAM Research	米国・欧州・韓国
日本	東京エレクトロン	日本
オランダ	ASM International	欧州・シンガポール

出典：インフォーマ

© 2020 Omdia
Information Classification: General

（1）主要半導体製造装置の販売状況
エッチング装置

- エッチング装置には絶縁膜エッチング装置、ゲートエッチング装置、メタルエッチング装置がある。
- 2018年のエッチング装置の市場規模は、前年比12%増の1兆3,893億円と成長した。特に3D NANDへの投資が市場を牽引、2016年比では66%増となった。
- 装置別のメーカーシェアでは、米国企業と日本企業の３社による寡占化が進んでいる。



出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

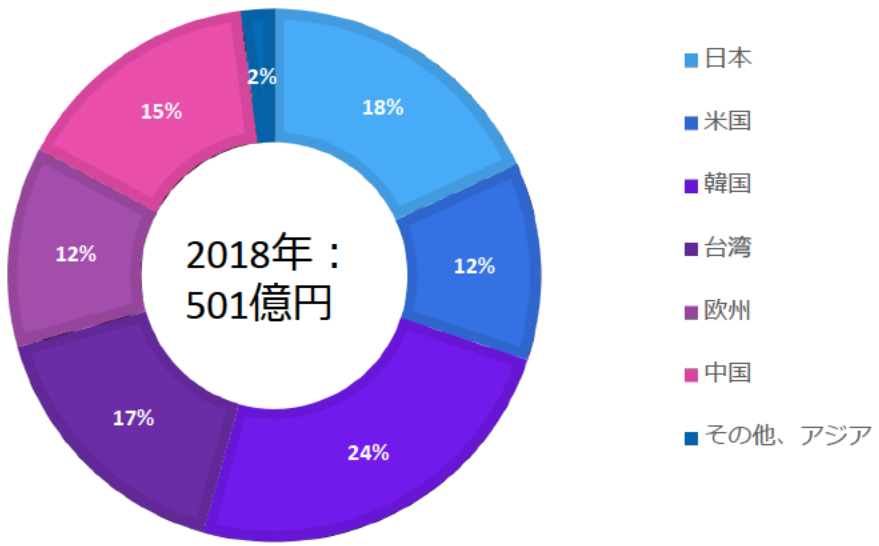
© 2020 Omdia
Information Classification: General

半導体製造 前工程：エピタキシャル

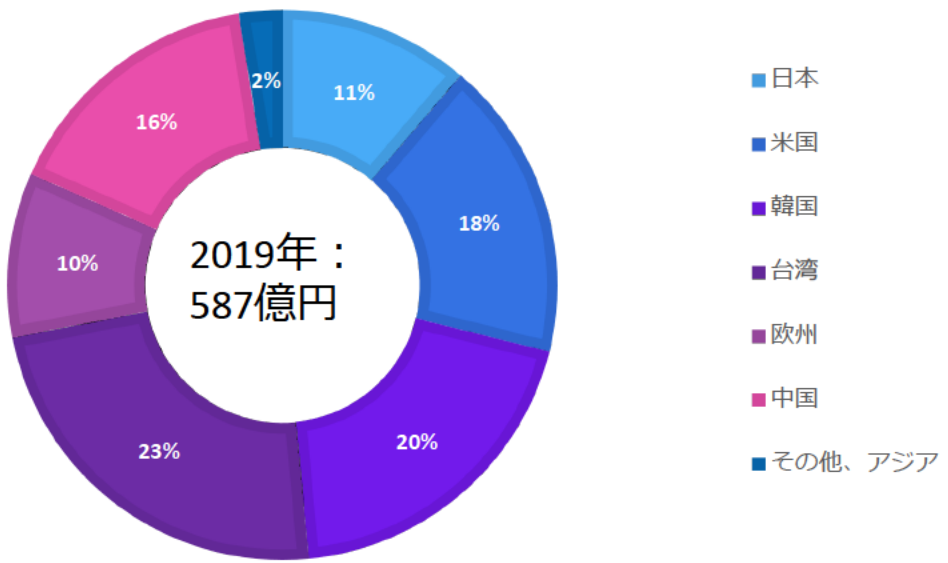
エピタキシャル成長装置市場規模

- エピタキシャル市場は、SiC、GaN等の市場需要から587億円へと成長(2019年)
- 消費市場別としては、台湾と米国が成長し、韓国、日本が減少の状況
- 消費市場別シェアでは、台湾 23%、韓国 20%、米国 18%、中国 16%、日本 11%と続く状況

エピタキシャル成長装置@2018



エピタキシャル成長装置@2019



出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

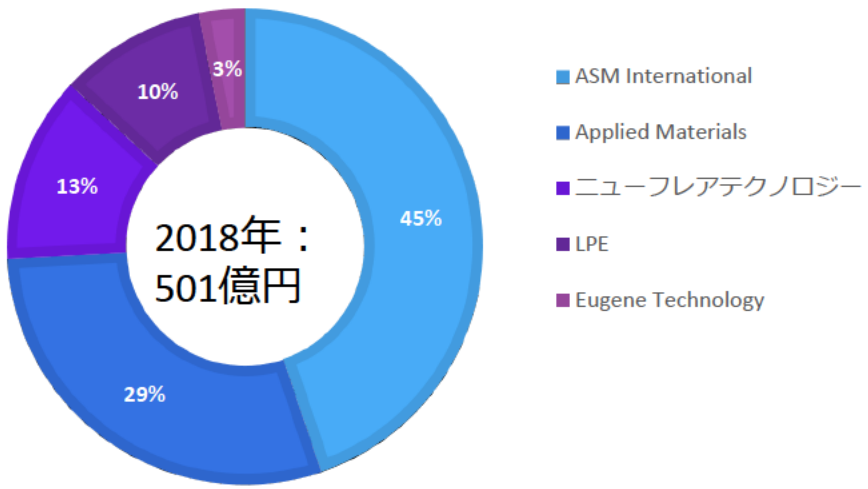
© 2020 Omdia
Information Classification: General

半導体製造 前工程：エピタキシャル

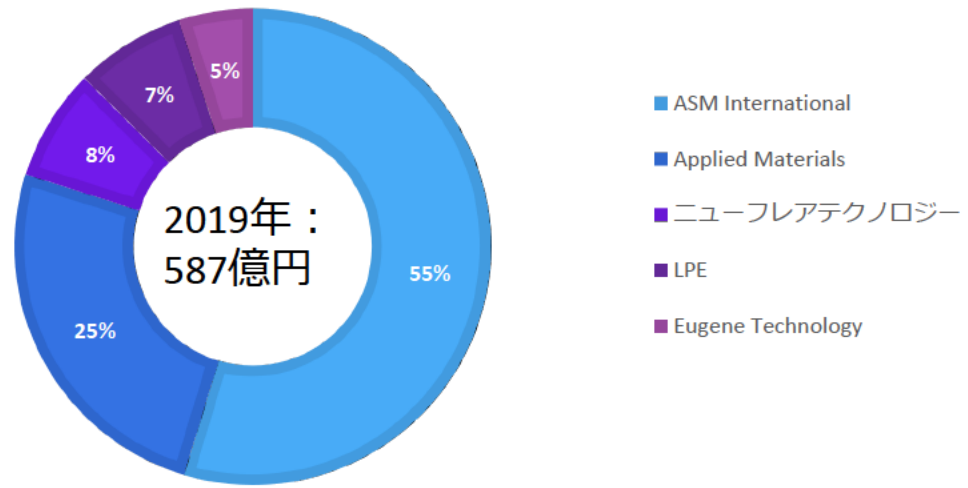
エピタキシャル成長装置市場シェア

- メーカー別シェアとしてはASM International がシェア拡大し、55%でトップ(2019年)
- 次いでApplied Materials 25%、ニューフレアテクノロジー 8%の状況

エピタキシャル成長装置シェア@2018



エピタキシャル成長装置シェア@2019



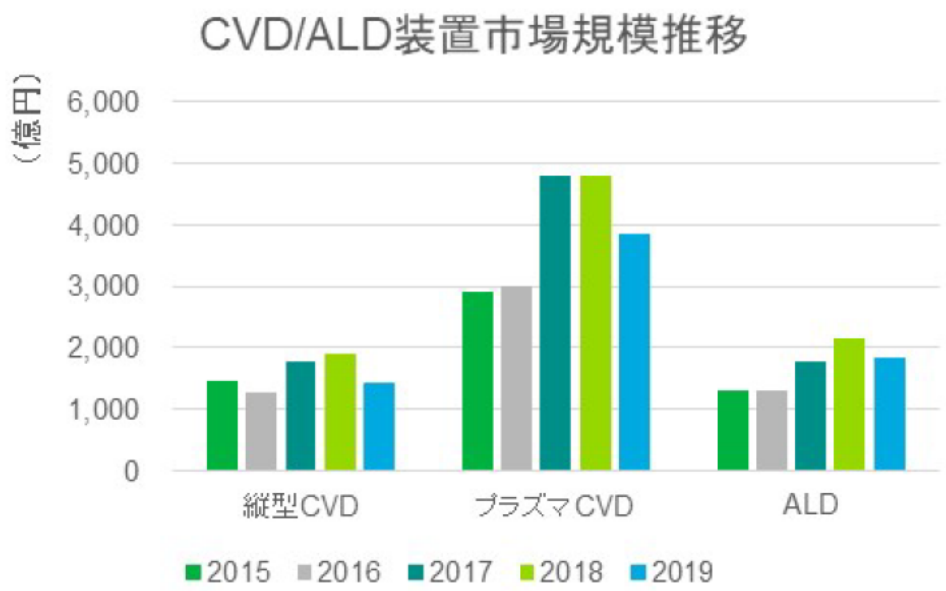
出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

© 2020 Omdia

Information Classification: General

主要半導体製造装置の販売状況
成膜装置

- ３D-NANDメモリや多層ロジックIC向けの需要を中心として、縦型CVDやプラズマCVDでは薄膜化による高精度な膜厚制御、Low-k, high-k材への対応が進んでいる。
- ALDによる均一な成膜の需要も増加している。



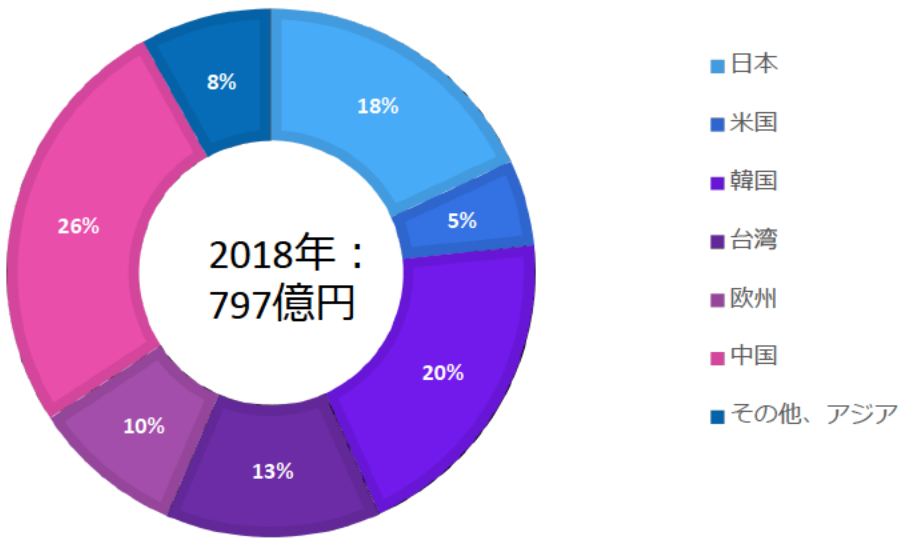
出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

© 2020 Omdia
Information Classification: General

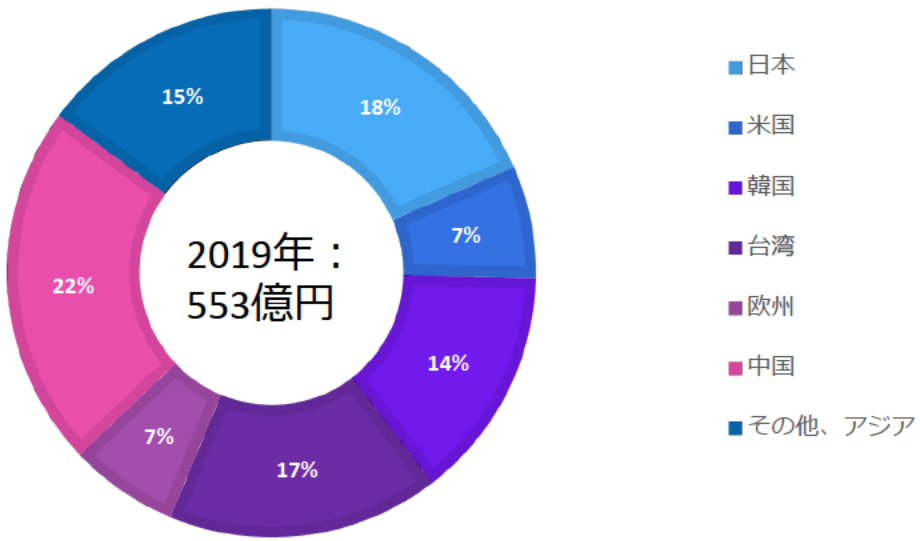
半導体製造 後工程：ダイシングソー市場規模

- ダイシングソー市場は、半導体市場低迷の影響から553億円へと減少(2019年)
- 消費市場別としては、台湾、米国、その他、アジアが成長
- 消費市場別シェアでは、中国 22%、日本 18%、台湾 17%、韓国 14%と続く状況

ダイシングソー市場@2018



ダイシングソー市場@2019



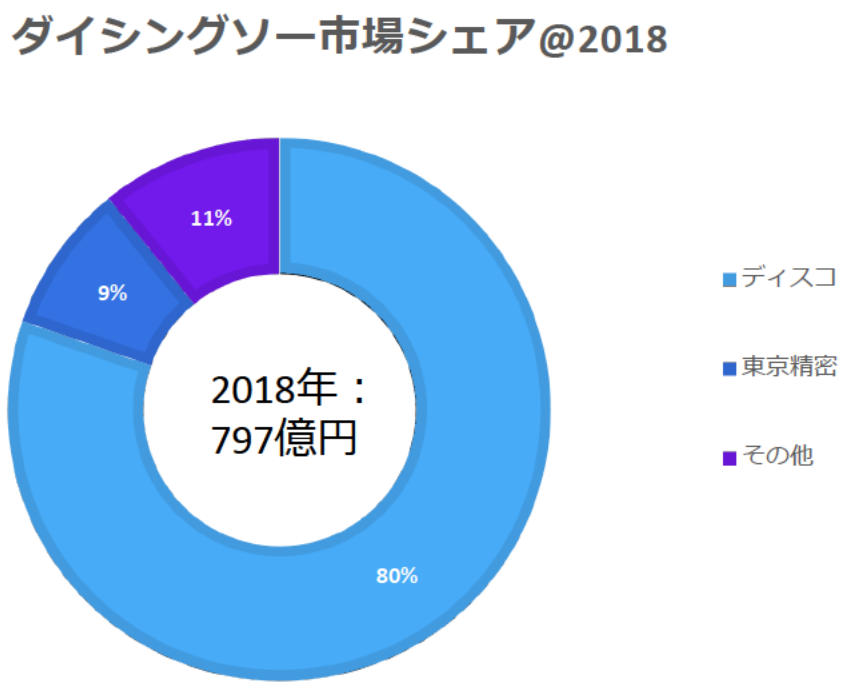
出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

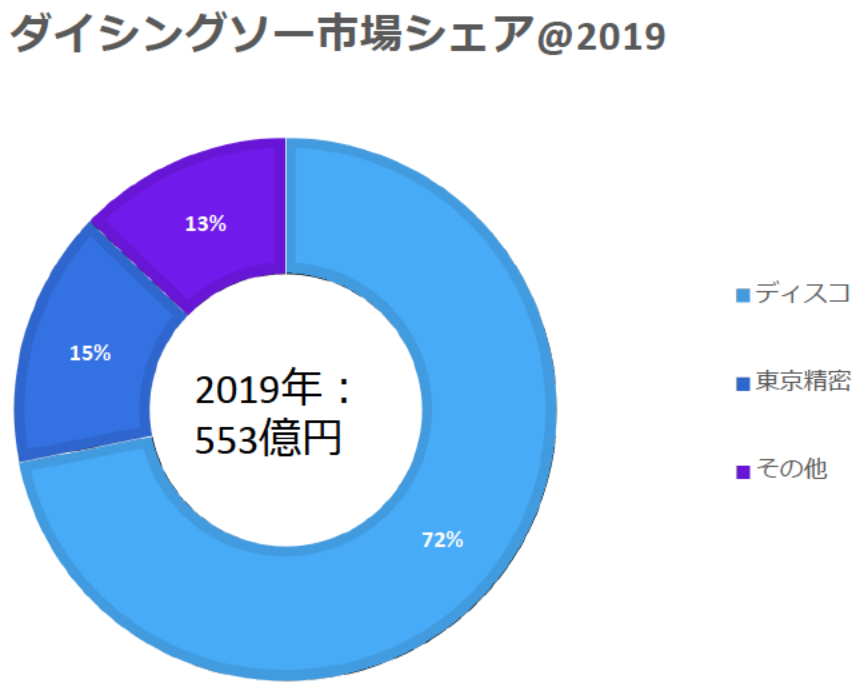
© 2020 Omdia

Information Classification: General

半導体製造 後工程：ダイシングソー市場シェア

- ダイシングソー市場は、日本企業が強く、合わせて約90%シェアに迫る勢いである
- メーカー別シェアでは、東京精密がシェアを伸ばしている状況。
- ランキングでは、トップがディスコ 72%、東京精密 15%である





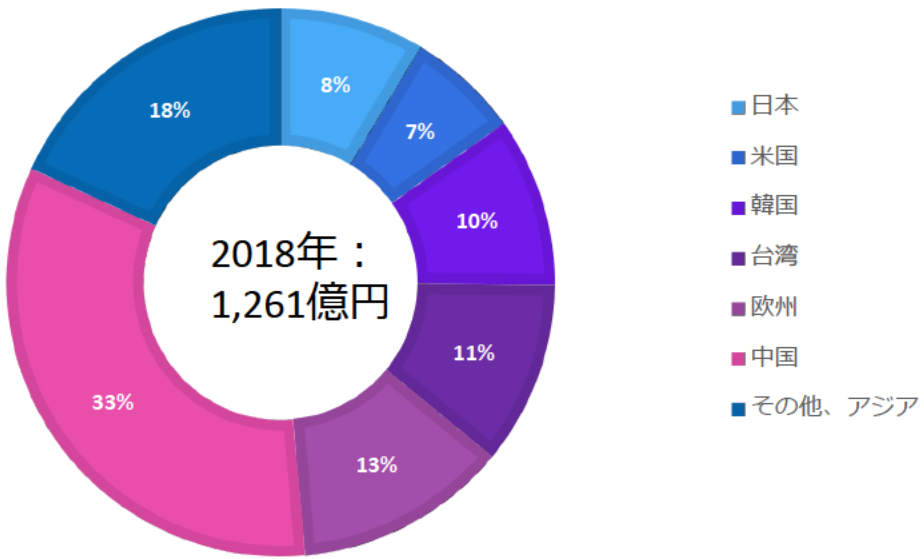
出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

© 2020 Omdia
Information Classification: General

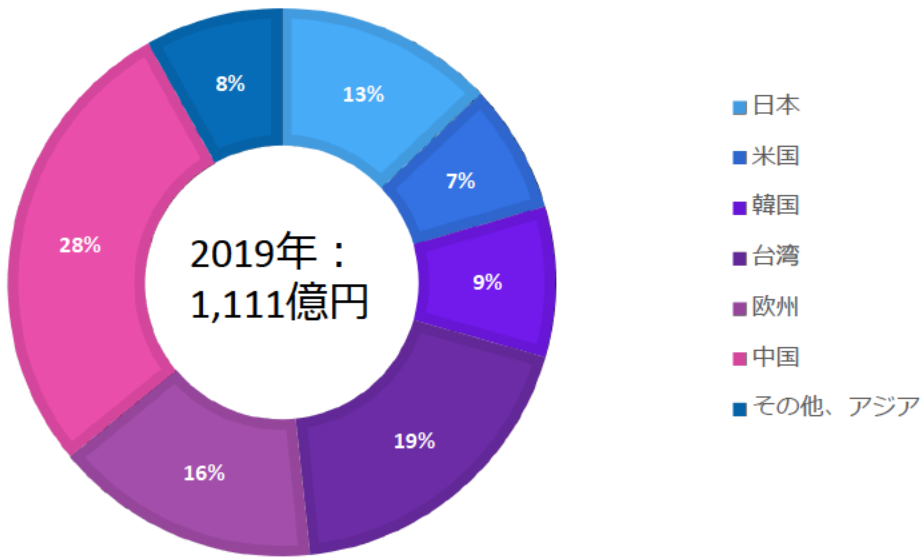
半導体製造 後工程：ダイ/チップボンディング装置市場規模

- ダイ/チップボンディング装置市場は、半導体市場低迷の影響から1111億円へと減少(2019年)
- 消費市場別としては、台湾、欧州、日本が成長
- 消費市場別シェアでは、中国 28%、台湾 19%、欧州 16%、日本 13%と続く状況

ダイ／チップボンディング装置市場@2018



ダイ／チップボンディング装置市場@2019



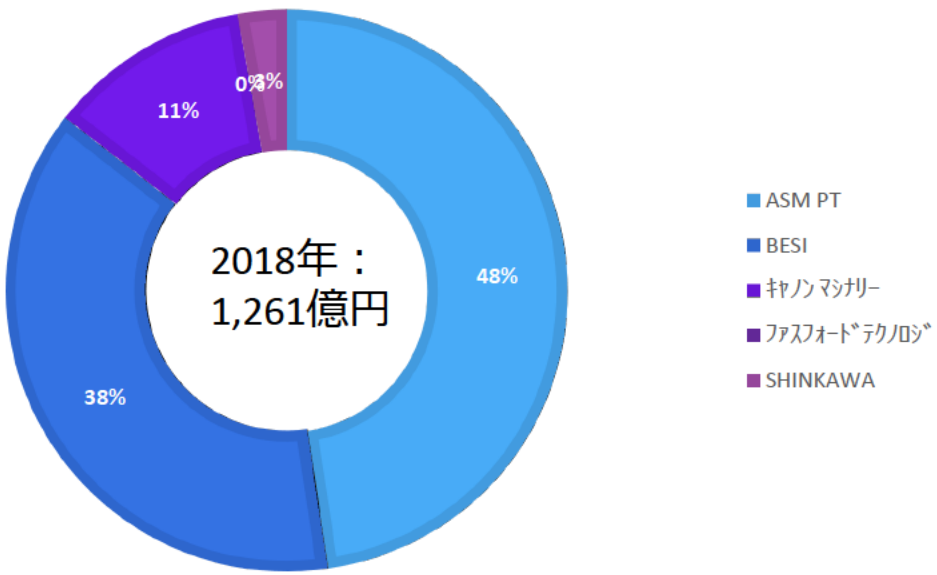
出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

© 2020 Omdia
Information Classification: General

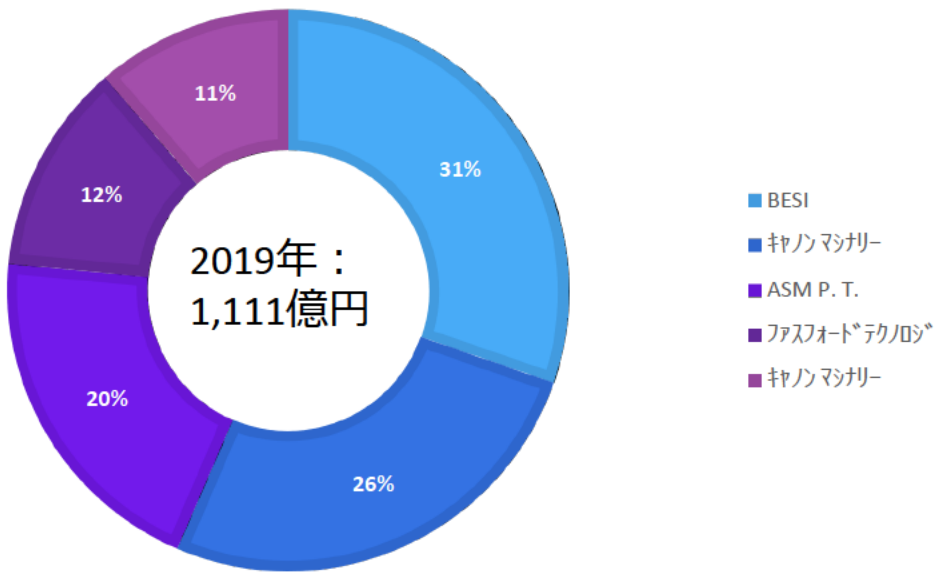
半導体製造 後工程：ダイ/チップボンディング装置市場シェア

- ダイ/チップボンディング装置市場は、ASM PT、BESIの2強市場へキャノンマシナリーが成長し3強へ
- メーカー別シェアでは、キャノンマシナリーが成長し、シェアを伸ばし2位へ
- ランキングでは、トップがBESI 31%、キャノンマシナリー 26%、ASM PT 20%である

ダイ／チップボンディング装置市場シェア@2018



ダイ／チップボンディング装置市場シェア@2019

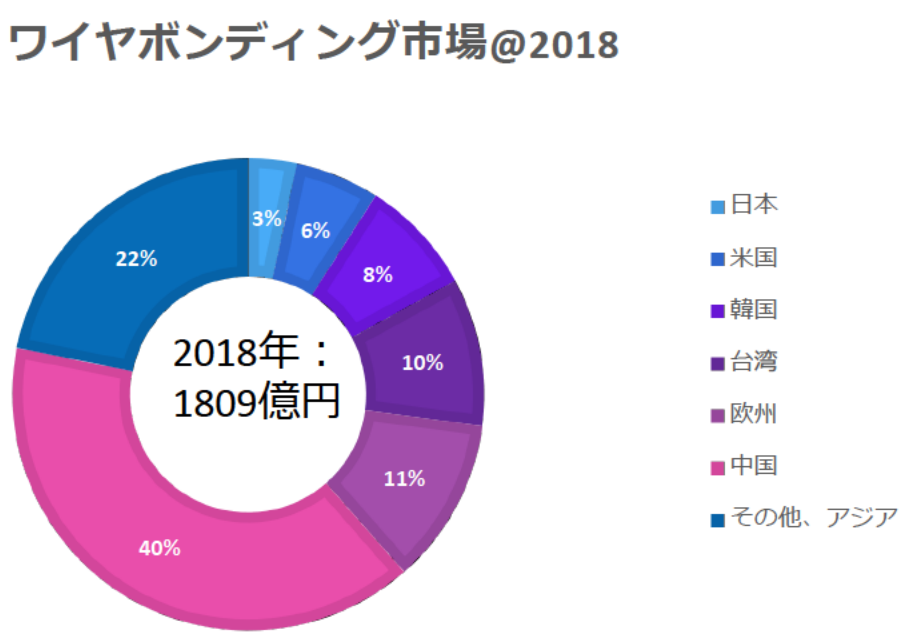


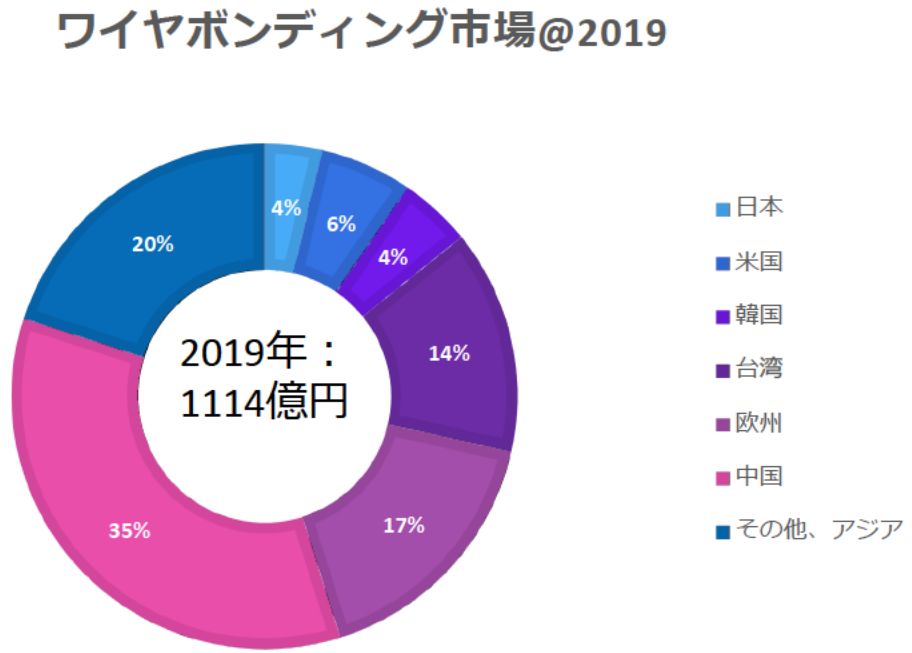
出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

© 2020 Omdia
Information Classification: General

半導体製造 後工程：ワイヤボンディング装置市場規模

- ワイヤボンディング市場は、半導体市場低迷の影響から1114億円へと減少(2019年)
- 消費市場別としては、台湾、欧州が成長
- 消費市場別シェアでは、中国 35%、欧州 17%、台湾 14%、米国 6%と続く状況





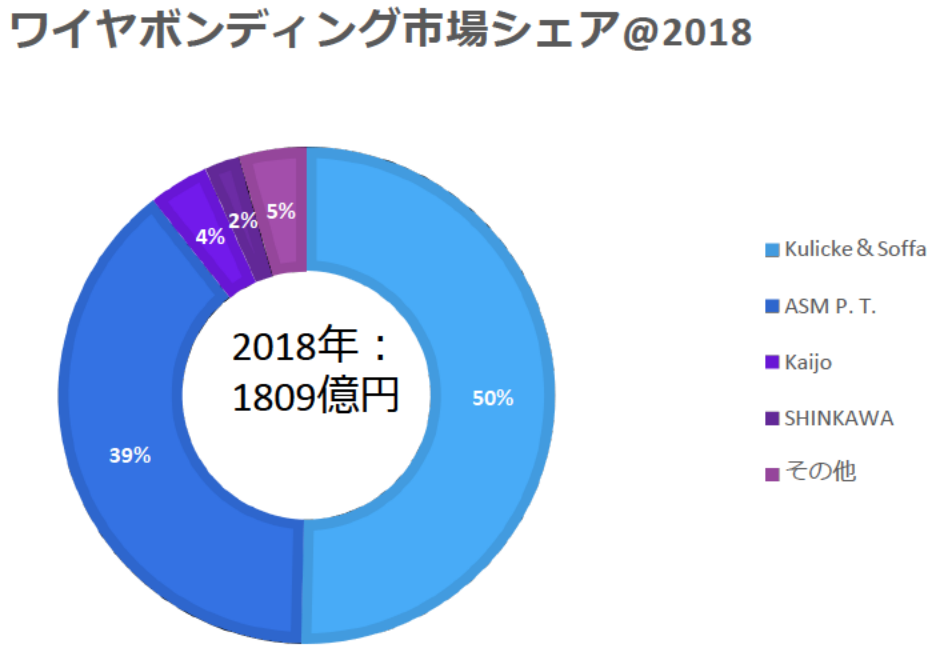
出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

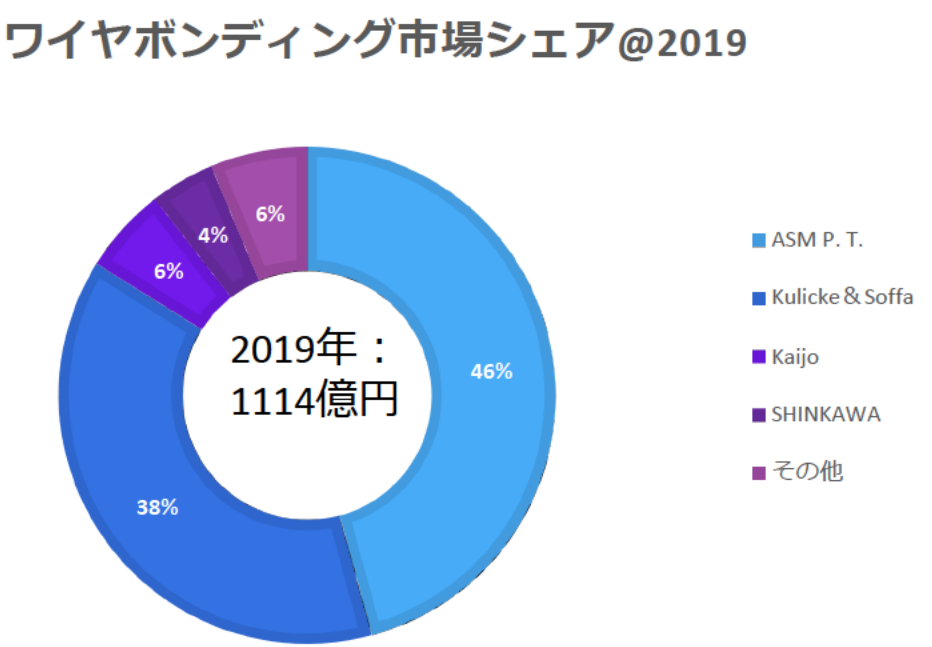
© 2020 Omdia

Information Classification: General

半導体製造 後工程：ワイヤボンディング装置市場シェア

- ワイヤボンディング市場は、ASM P.T.と、Kulicke&Soffaの2強で、合わせて約85%シェアに迫る勢いである
- メーカー別シェアでは、ASM P.T.がKulicke&Soffaを逆転した
- ランキングでは、トップがASM P.T. 46%、Kulicke＆Soffa 38%、Kajio 6%の状況である



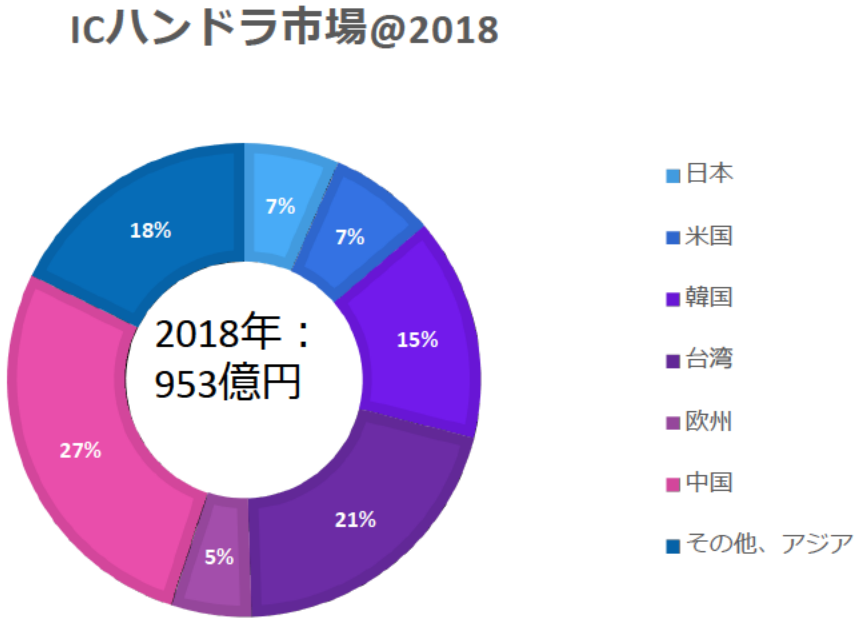


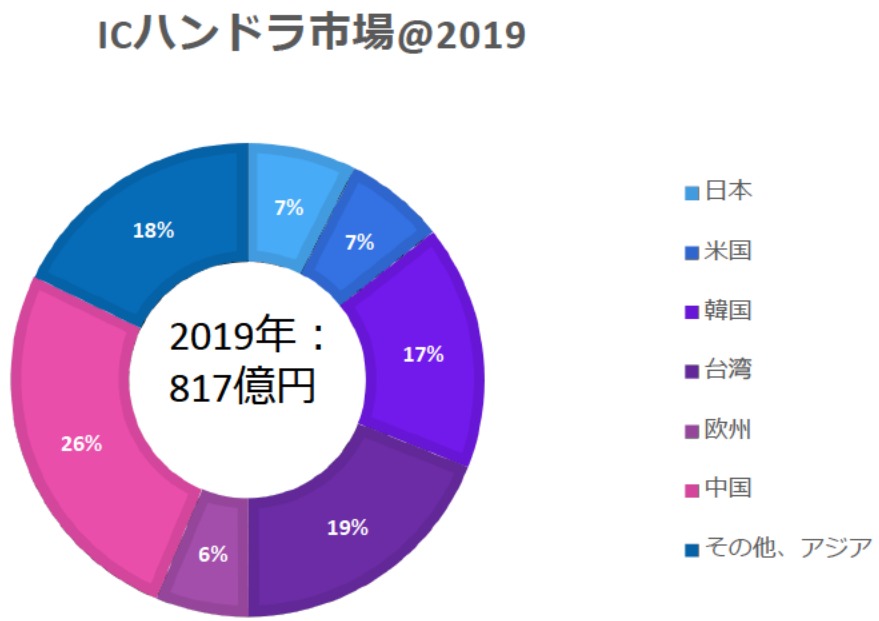
出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

© 2020 Omdia
Information Classification: General

半導体製造　半導体テスタ：ICハンドラ市場規模

- ICハンドラ市場は、半導体市場低迷の影響から817億円へと減少(2019年)
- 消費市場別としては、韓国、欧州が成長
- 消費市場別シェアでは、中国 26%、台湾 19%、韓国 17%と続く状況





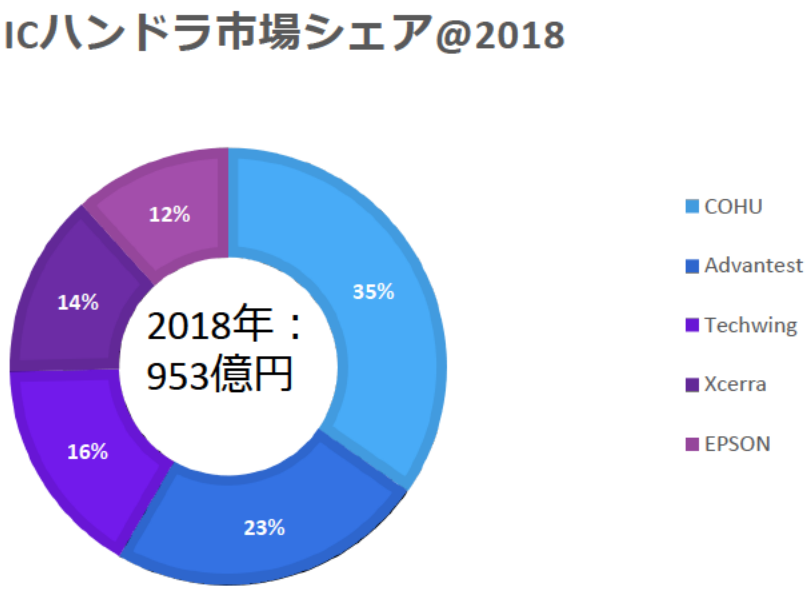
出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

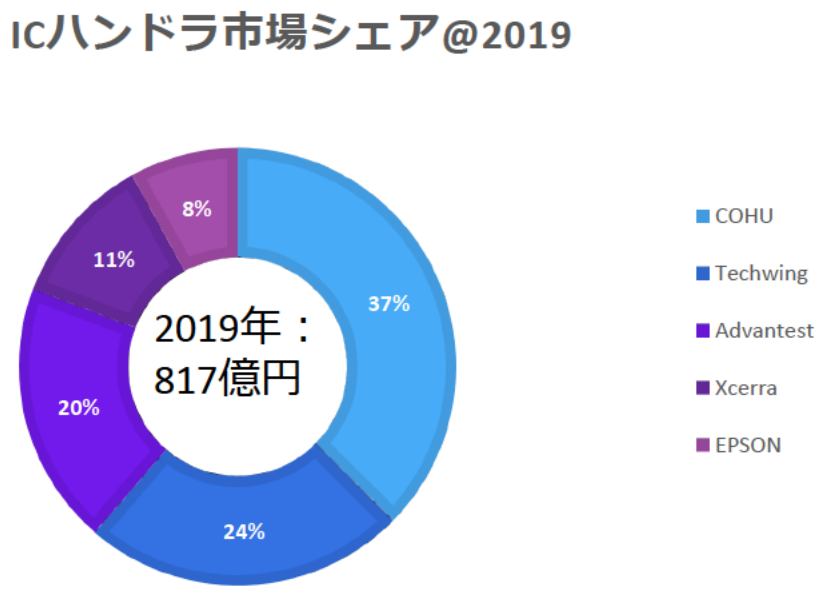
© 2020 Omdia

Information Classification: General

半導体製造　半導体テスタ：ICハンドラ市場シェア

- ICハンドラ市場は、COHUとTedwing、Advantestの3強で、合わせて約80%を超える状況
- メーカー別シェアでは、TOP3のCOHU、Tedwing、Advantestがシェアを伸ばしている
- ランキングでは、トップがCOHU 37%、Techwing 24%、Advantest 20%の状況である





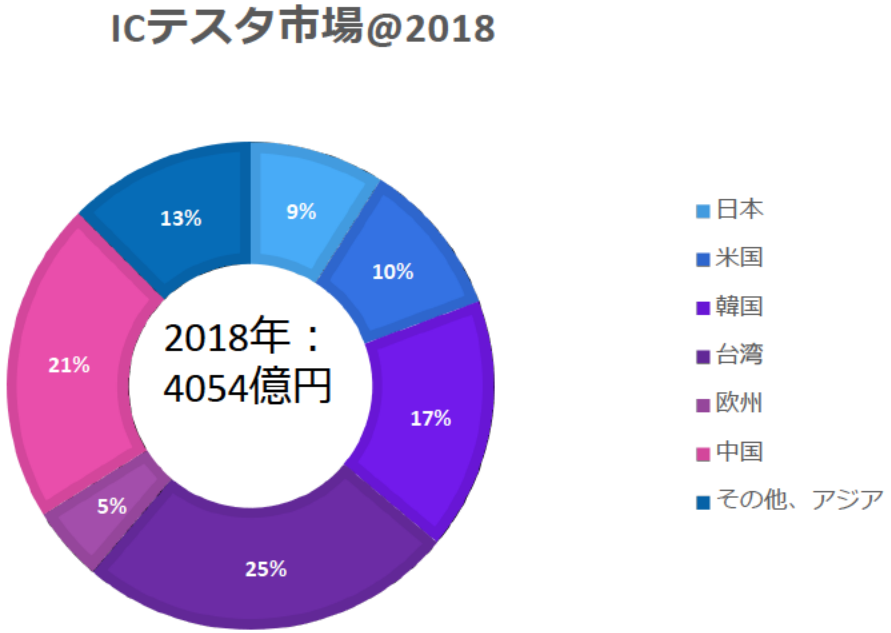
出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

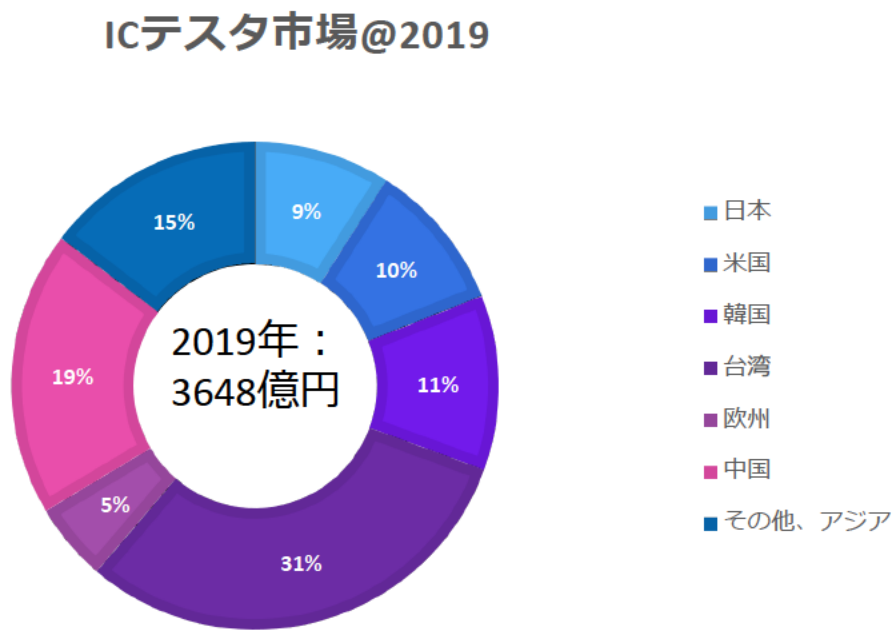
© 2020 Omdia

Information Classification: General

半導体製造　半導体テスタ：ICテスタ市場規模

- ICテスタ市場は、半導体市場低迷の影響から3648億円へと減少(2019年)
- 消費市場別としては、台湾のみが成長
- 消費市場別シェアでは、台湾 31%、中国 19%、韓国 11%と続く状況





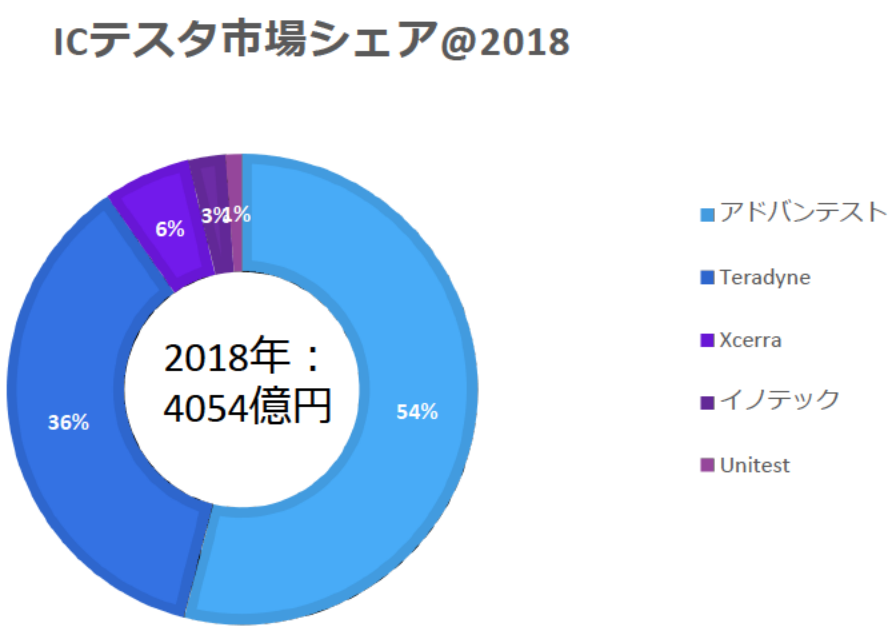
出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

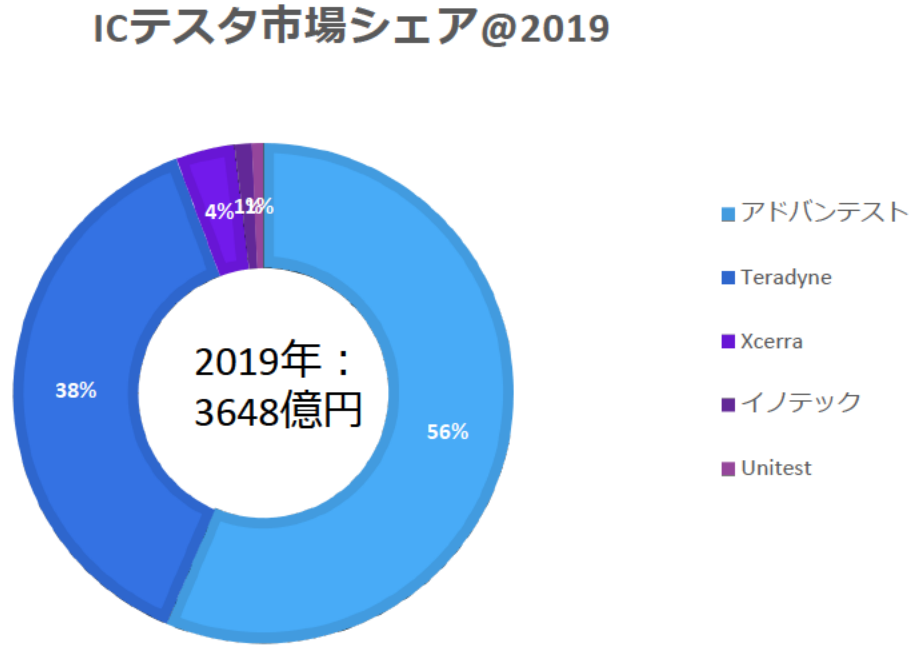
© 2020 Omdia

Information Classification: General

半導体製造　半導体テスタ：ICテスタ市場シェア

- ICテスタ市場は、アドバンテスト、Teradyneが2強で合わせて95%に迫る勢い(2019年)
- メーカー別シェアでは、アドバンテスト、Teradyne共に成長
- ランキングでは、トップがアドバンテスト56%、Teradyne 38%の状況である





出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

© 2020 Omdia

Information Classification: General

（1）主要装置の生産拠点の状況：半導体テスタ

- Teradyneは米国・日本・中国の需要地に近い地域で生産、販売を行っている。
- XcerraはアジアでEMSを活用している。

半導体成膜装置におけるサプライチェーン：各国企業の生産地

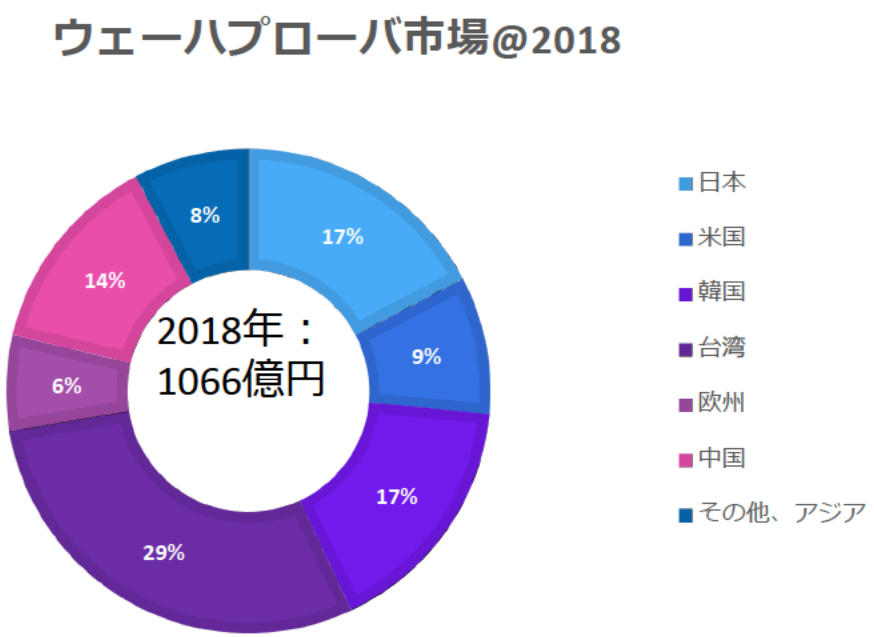
企業国籍	主要企業	生産地
米国	Teradyne	米国・日本・中国
	Xcerra	アジア（製造委託）
日本	アドバンテスト	日本

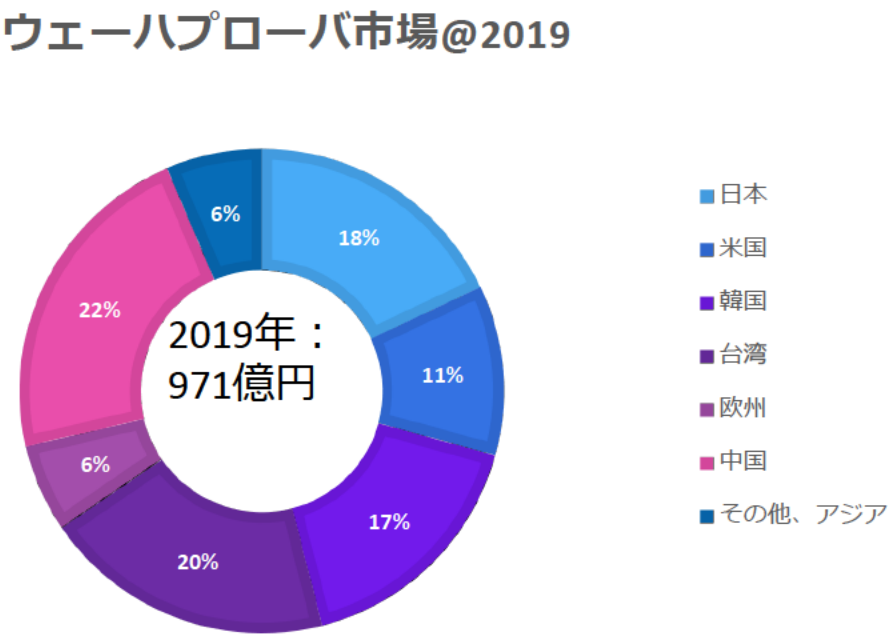
出典：インフォーマ

© 2020 Omdia
Information Classification: General

半導体製造　半導体テスタ：ウエハプローバ市場規模

- ウエーハプローバ市場は、半導体市場低迷の影響から971億円へと減少(2019年)
- 消費市場別としては、中国、日本、米国が成長
- 消費市場別シェアでは、中国 22%、台湾 20%、韓国 17%と続く状況





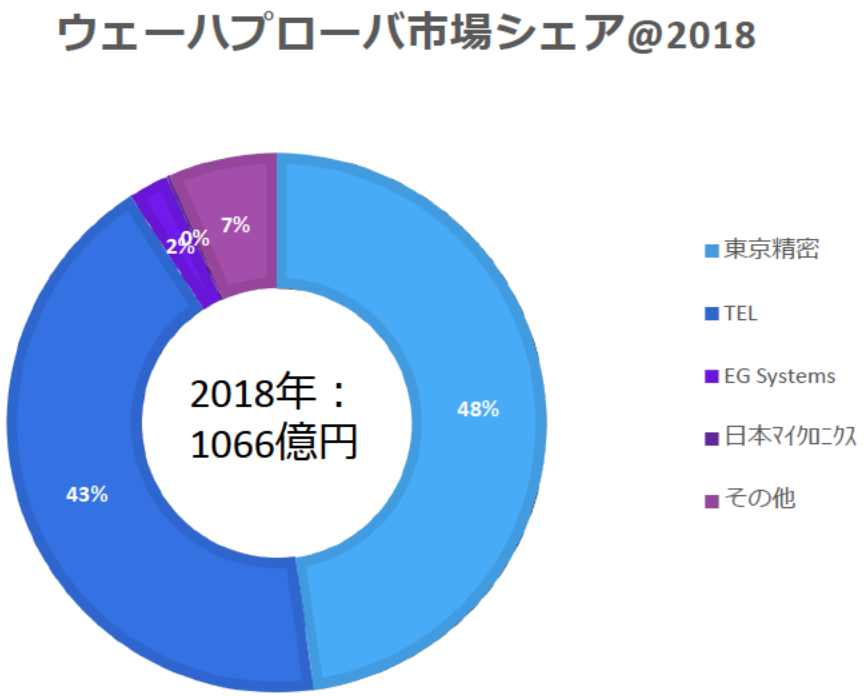
出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

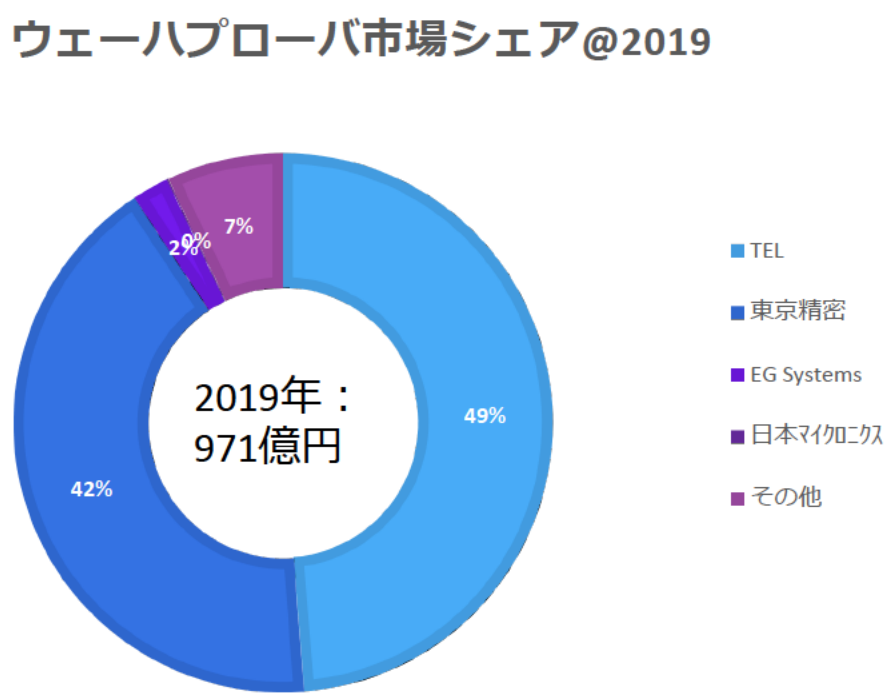
© 2020 Omdia

Information Classification: General

半導体製造　半導体テスタ：ウエハプローバ市場シェア

- ウエーハプローバ市場は、日本のTEL、東京精密が2強で合わせて約90%を超える状況(2019年)
- メーカー別シェアでは、TELが成長し、東京精密を逆転しトップへ
- ランキングでは、トップがTEL 49%、東京精密 42%の状況である





出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

© 2020 Omdia

Information Classification: General

（3）2. 半導体材料市場調査

材料：

- 電子材料
- その他部材

半導体製造のフローチャート

- 半導体製造プロセスではリソグラフィ、成膜/熱処理、エッチングが回路形成の中心的なプロセスとなっている。
- シリコンウエハが基板材料、回路原板であるフォトマスク、フォトレジスト他電子材料、工程材料が各工程で使われる。

出典：インフォーマ

Information Classification: General

半導体製造のフローチャート：主なプロセスと材料（ガス）

- 前頁にあげた半導体製造プロセスでは多くの種類のガスが使われている。主要なプロセスと使われているガスのフローチャートを以下に示す。
- 半導体製造工程は数100のステップがあり、バルクガス、レアガス、特殊材料ガスはウエハ製造工程、ウエハプロセス工程を中心に下記のプロセス以外も含めて多くの種類が使われている。（詳細は別添資料参照）

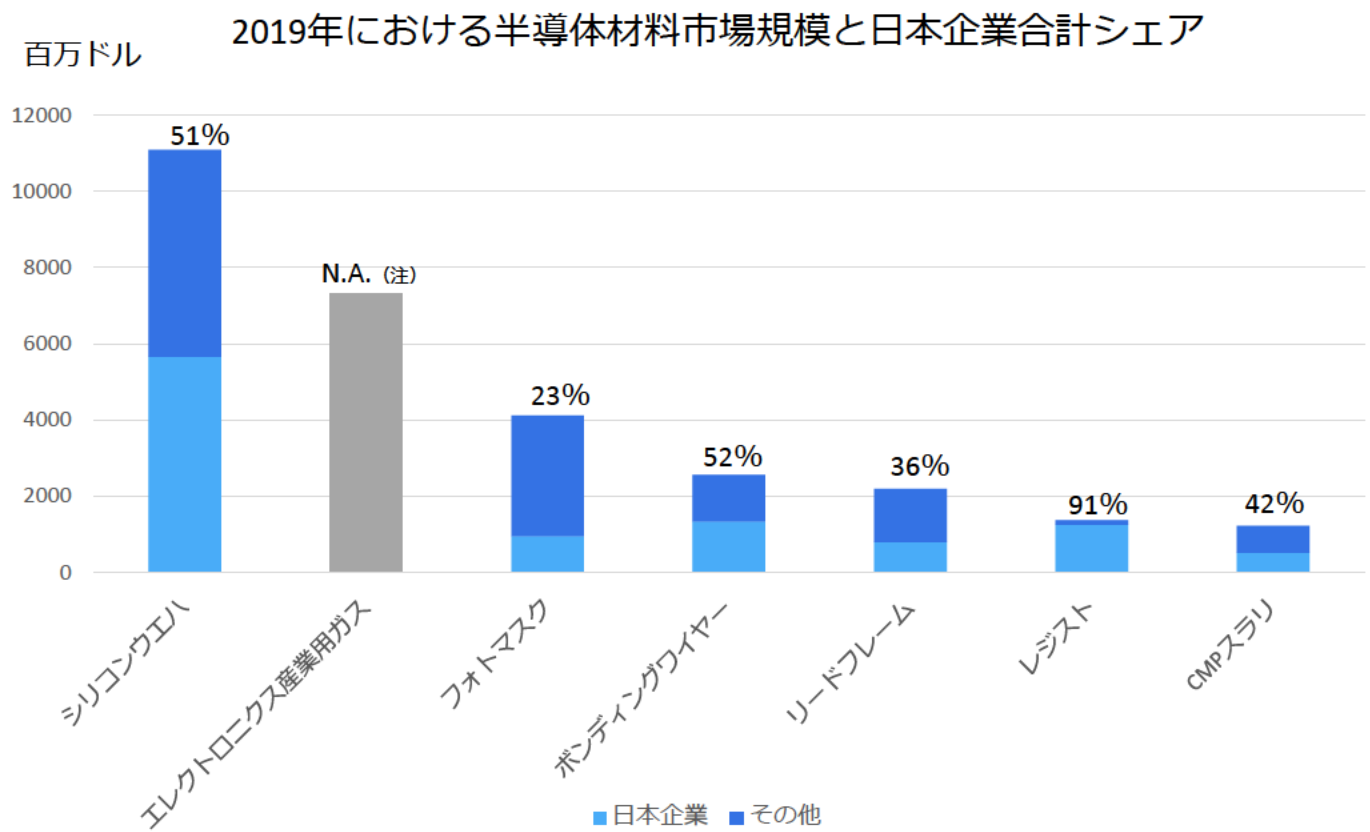
半導体製造のプロセスフローと主な材料ガス

ウエハ製造工程	ウエハプロセス工程（前工程）				後工程
	リソグラフィ	エッチング、成膜（CVD、PVD、ALD）、熱処理（酸化）・拡散		イオン注入	
アモルファスシリコン： ゲルマン、 四フッ化ケイ素、 ジシラン、 モノシラン Etc.	リソグラフィ： 二酸化炭素 （液浸）、 水素（EUV） ネオン、 クリプトン （エキシマレーザー光源）	エッチング： 酸素、エタン、塩化水素、 塩素、三塩化ホウ素、 四塩化炭素、 四塩化ケイ素、 フルオロフォルム、 プロパン、 ヘキサフルオロプロパン、 ホスフィン、 六フッ化硫黄、 六フッ化エタン、 三フッ化窒素、フロン類	CVD・PVD・ALD： アルゴン、酸素、水素、 窒素、二酸化炭素、 ヘリウム、亜酸化窒素、 アンモニア、一酸化窒素、 塩化水素、ゲルマン、 四塩化ケイ素、ジボラン、 ジクロロシラン、 モノシラン、 トリメチルアミン、 六フッ化タングステン	熱処理： 酸素、水素、二酸化炭素、 亜酸化窒素、一酸化窒素、 塩化水素、二酸化窒素 拡散： 酸素、窒素、二酸化炭素、 アルシン、塩化水素、 オキシ塩化リン、ゲルマン、 三塩化ホウ素、ジボラン、 スチビン、セレン化水素、 テルル化水素、二酸化窒素、 ホスフィン、硫化水素	イオン注入： アルゴン、アルシン、 五フッ化リン、三フッ化ホウ素、四フッ化ケイ素、 ホスフィン	ボンディング： 窒素、アルゴン

Information Classification: General

半導体材料の市場規模と日本のプレゼンス

- 半導体材料の市場について、世界市場の規模と日本企業のシェアから重要度の高い製品をあげる。半導体製造において不可欠な素材であるシリコンウエハやフォトマスク、露光用レジスト、CMPスラリに加え、市場規模の大きい各種ガスや実装材料においても日本企業が高いシェアを保持している。
- フォトマスクは半導体メーカーによる内製が市場規模の60%を占める一方、外販市場における日本企業のシェアは50%以上となっている。
- エレクトロニクス産業向けガスは前頁にあげた通り種類が非常に多いが、日本企業のシェアが高い製品が多数ある。



出典：インフォーマ

© 2020 Omdia
Information Classification: General

半導体材料市場における変化

- 半導体材料市場では、中国と韓国において直近（2019年以降）において変化が見られている。これらは両国の産業政策との関連性が強い。

  1）中国におけるローカルベンダの拡大：調査対象の複数の製品で、中国の現地企業や海外企業との合弁による半導体材料の現地生産が開始・拡大した。

  – 主な製品：フォトマスク、ガス、ターゲット材、リードフレーム
  – 2019年に第2期が決定された国家IC産業ファンドでは半導体製造装置や材料への投資増加が計画されている。また、2019年に新設された中国版NASDAQと位置付けされる科創板でも現地企業の資金調達が見られる。

  2）韓国における現地生産の拡大：多くの製品で韓国における現地企業や海外企業との合弁による半導体材料の現地生産が開始・拡大した。

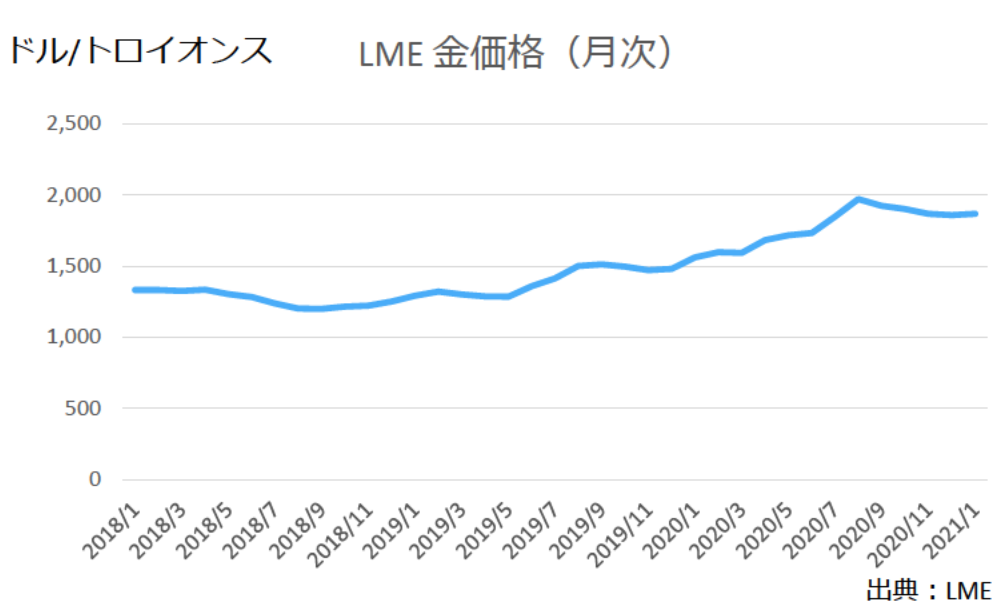
  – 2019年末に法案が成立した「素材・部品・装備(装置や設備)産業の競争力強化に向けた特別措置法」が施行され、現地企業への開発や生産の支援政策や、外国企業の韓国内における半導体材料の現地生産の誘致が積極化している。
  – 主な製品：シリコンウエハ、マスクブランクス、フォトレジスト、CMPスラリ、ガス、リードフレーム、ボンディングワイヤー

これらの動きには2019年以降の事業参入や拡大の計画が立上げられたものが多いため、2019年の両国企業の生産・売上高の実績に顕著な変化は見られなかった。一方、2019年および2020年以降も両国企業による現地生産の拡大や外国企業の誘致活動が続いていることから、今後は既存拠点での生産や両国市場での販売に影響が出る可能性がある。

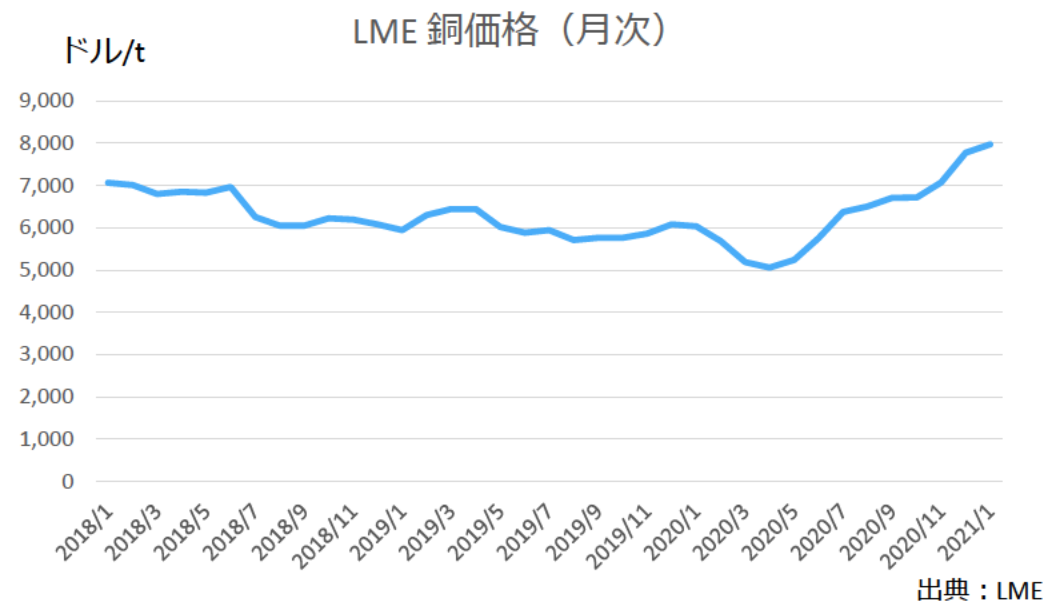
Information Classification: General

主要原料・主要部品に関する補足：原材料（金属）価格推移

- 半導体製造に使われる材料・装置部材には原材料（金属）の市況価格に売価が連動する製品がある。
  - スパッタリングターゲット（金属材料＝銅、アルミ等）
  - IC用リードフレーム（銅ほか合金）
  - ボンディングワイヤ（金、銅等）
- 中でも単価が高い金価格は2018年以降上昇傾向にあり、重量ベースでは需要の減少要因がある一方で金額ベースでは増加要因となっている。



出典：LME

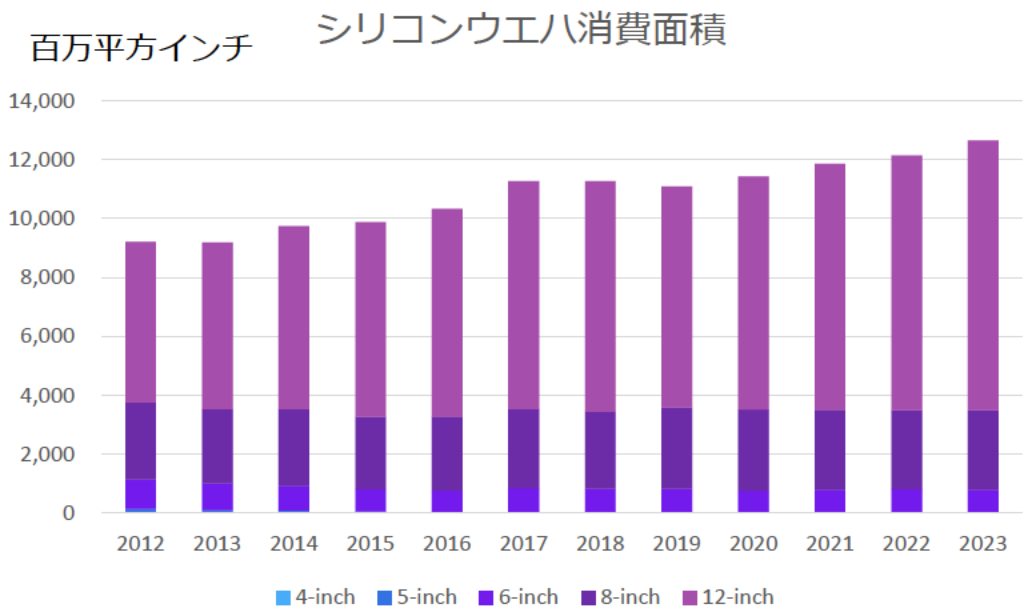


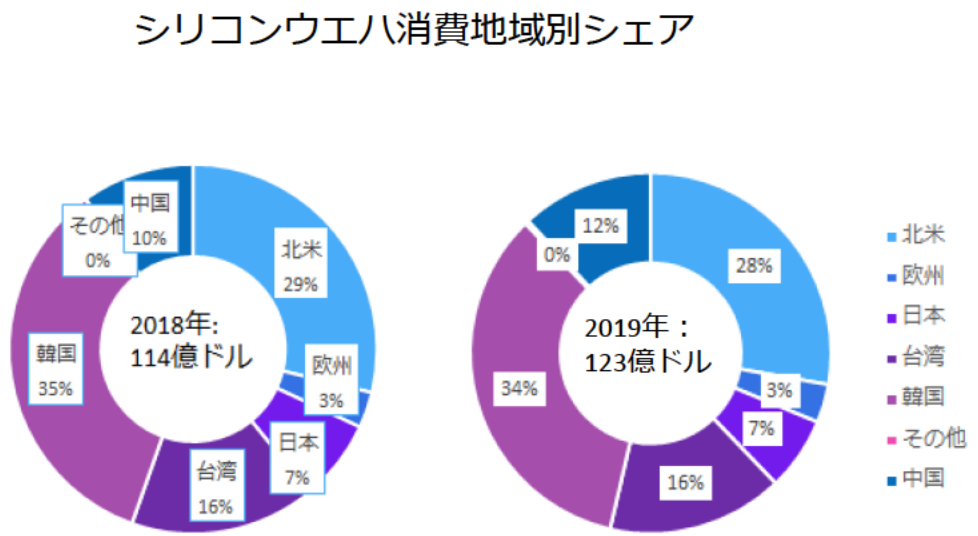
出典：LME

Information Classification: General

主要原料・主要部品の販売状況
電子材料-シリコンウエハ

- 2019年の半導体用シリコンウエハ市場は面積ベースでは微減したものの、先端品の需要増加により金額はプラス成長となった。
- 仕向け地では前年までと同様に韓国、北米が大きい。
- 消費面積では2012年以降12インチが相対的に高成長の傾向が続いている。



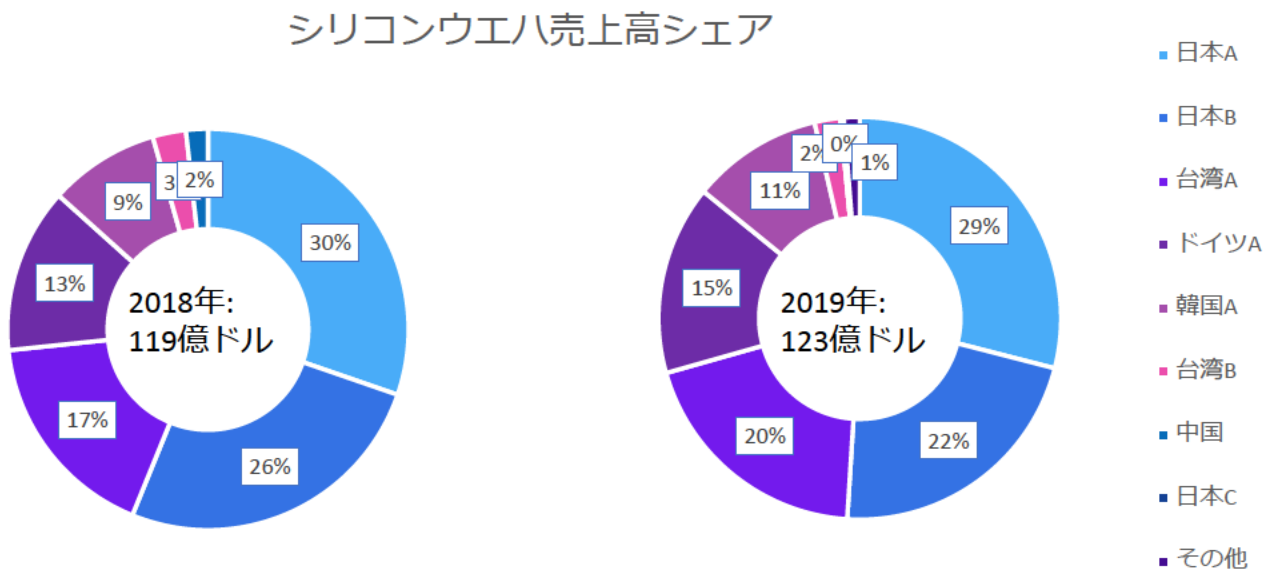


出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

© 2020 Omdia
Information Classification: General

主要原料・主要部品の販売状況
電子材料-シリコンウエハ

- 日本企業がIntelやSamsungをはじめとした最先端の製造能力を有する半導体メーカーへハイエンド品を多く供給しているため、世界市場における合計シェアが50%以上と高い。
- 一方、アジア市場向けに台湾や韓国の企業が能力増強を行ったことにより、直近2019年において日本企業の合計シェアは低下した。
- 直近ではGlobal WaferがSiltronic買収を発表しており、完了するとドイツ企業のシェアが台湾に移る。



出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

© 2020 Omdia
Information Classification: General

主要原料・主要部品の生産拠点の状況
電子材料-シリコンウエハ

- シリコンウエハの生産拠点は日本企業、外国企業のいずれも消費地域の近くに多く所在している。
- 直近では台湾企業が韓国で能力増強を行う計画を発表している。

半導体シリコンウエハにおけるサプライチェーン：各国企業の生産地

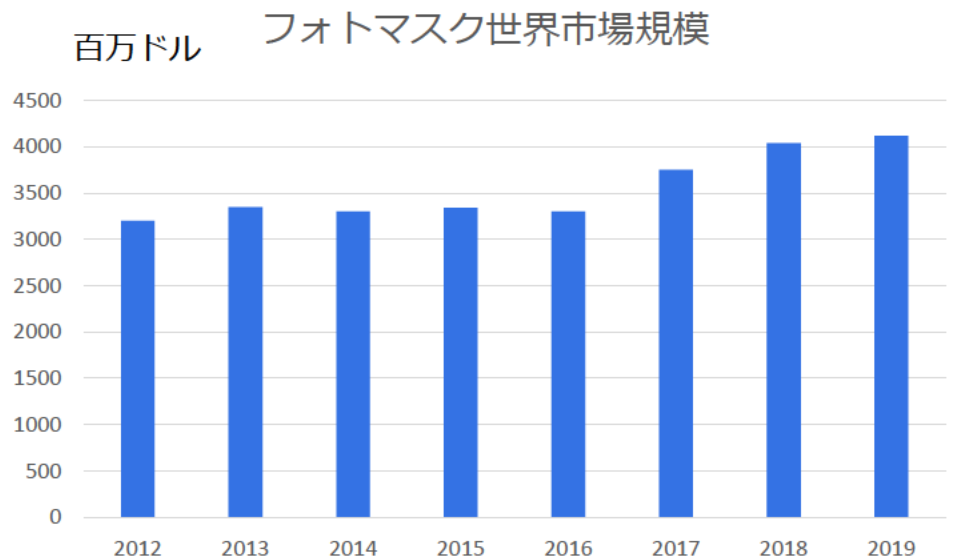
企業国籍	主要企業	生産地
日本	信越半導体	日本・マレーシア・台湾・欧州・米国
	SUMCO	日本・台湾
	フェローテック	中国
ドイツ	Siltronic	米国・欧州・シンガポール
韓国	SK Siltron	韓国
台湾	Global Wafers	日本・台湾・米国・欧州・韓国**（2020年～増産）**
	Wafer Works	中国・台湾

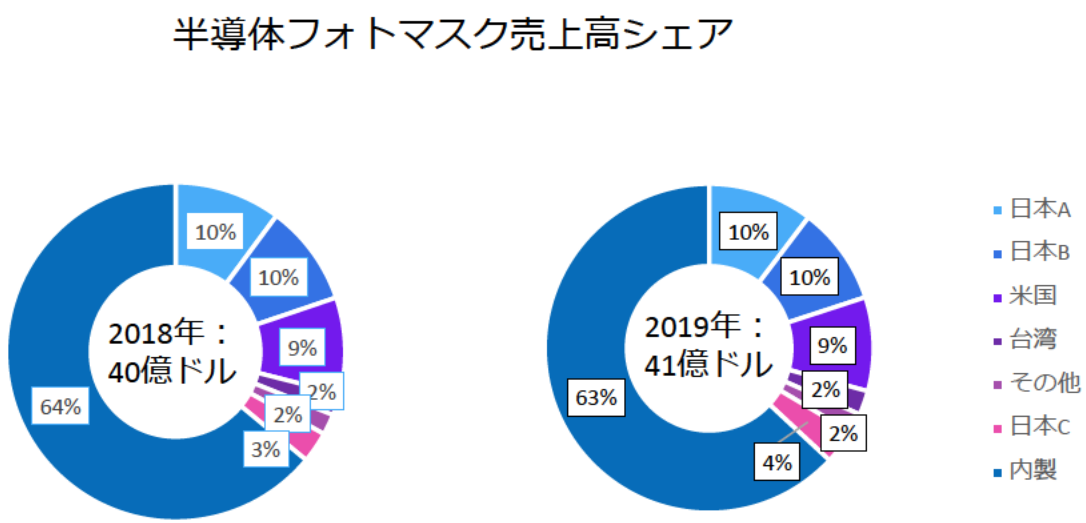
出典：インフォーマ

Information Classification: General

主要原料・主要部品の販売状況
電子材料-フォトマスク

- 2019年の半導体用フォトマスク市場規模は前年比+2%のプラス成長となった。7nmなど最先端露光プロセス向けの需要が立ち上がった一方で、古いプロセスの需要は減少したため、市場全体ではゆるやかな成長率、最先端品の生産能力を持つ半導体メーカーの内製と日本メーカーのシェアは大きく変わっていない。
- IntelやSamsungなど大手半導体メーカーがフォトマスク内製能力を増強している一方で、内製能力を超える需要を先端品を中心に取り込むことで、日本企業合計シェアはほぼ横ばいで推移している。





出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

© 2020 Omdia
Information Classification: General

主要原料・主要部品の生産拠点の状況
電子材料-フォトマスク

- 半導体フォトマスクの生産拠点、各国企業の自国での中心的な開発拠点や、最先端品の納入先がある国・地域に所在する傾向にある。
- 半導体の製造規模が拡大している中国において、日本企業が米国企業と合弁で拠点を開設した事例が見られている。

半導体フォトマスクにおけるサプライチェーン：各国企業の生産地

企業国籍	企業名	生産地
日本	DNP	日本・台湾・中国（Photronics合弁）・イタリア
	凸版印刷	日本・米国・台湾・中国・ドイツ・フランス
	HOYA	日本、
米国	Intel	米国
	Photronics	米国・イギリス・ドイツ・台湾・中国（DNP合弁）
韓国	Samsung	韓国
台湾	TSMC	台湾
	Taiwan Mask	台湾
中国	无锡中微掩模（ZF Mask）	中国（無錫）

出典：インフォーマ

Information Classification: General

主要原料・主要部品の生産拠点の状況
電子材料-フォトマスク

- EUV露光用フォトマスクはフォトマスク全体と同様に半導体メーカーによる内製と、フォトマスクメーカーの半導体メーカーへの供給が両方行われている。
- 日本企業はEUV露光用フォトマスクの多くを日本で開発、生産しているケースが多い。一方、露光装置メーカーや開発プロジェクトの拠点である欧州や大手半導体メーカーの拠点がある米国も生産・開発の拠点となっている。

EUV露光用フォトマスクにおけるサプライチェーン：各国企業の生産地

企業国籍	企業名	生産地
日本	DNP	日本、IMEC（ベルギー）での開発にも参加
	凸版印刷	欧州（ドイツ）、開発には米国からも参加
	HOYA	日本
米国	Photronics	米国（R&D拠点）

注：半導体露光用フォトマスクのうちEUV露光用フォトマスクについて集計

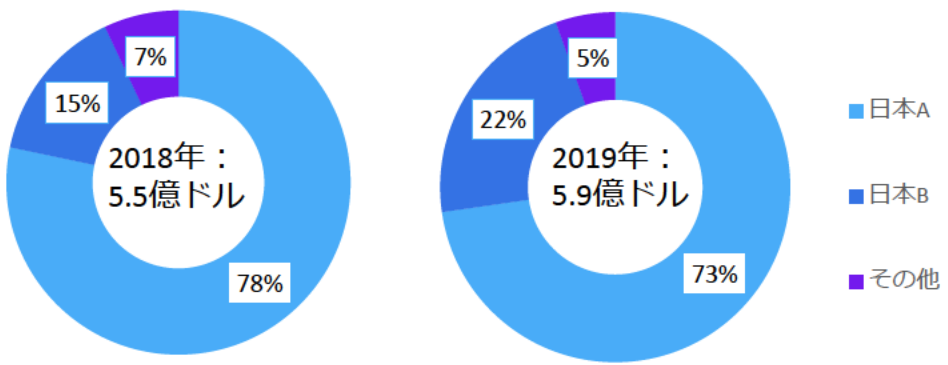
出典：インフォーマ

Information Classification: General

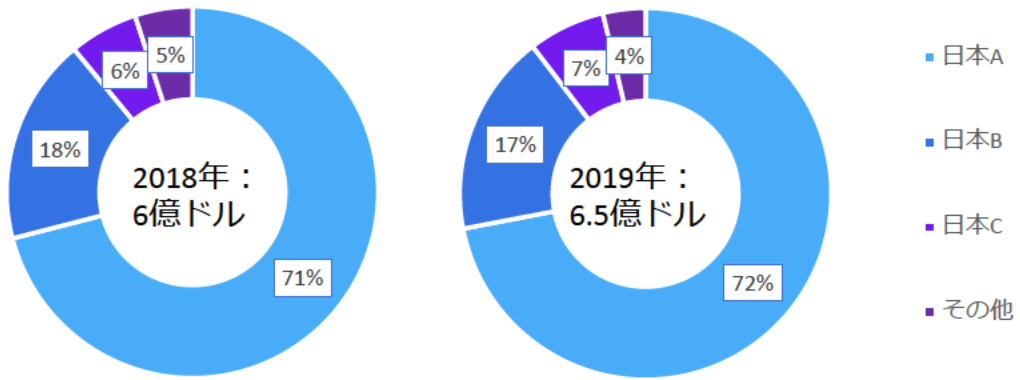
主要原料・主要部品の生産拠点の状況
電子材料-フォトマスク関連装置および部材

- フォトマスク製造には、回路パターンの描画装置と基板であるマスクブランクスが不可欠な製品である。
- 両製品において、日本企業のシェアは高い。日本企業は直近の最先端品であるEUVリソグラフィ向けマスクブランクスの開発に初期段階から関与し、需要が立ち上がった2019年以降生産能力を増強して対応している。また、最先端の線幅に対応した描画装置の需要を取り込み、高いシェアを維持している。

EB描画装置売上高シェア



マスクブランクス売上高シェア

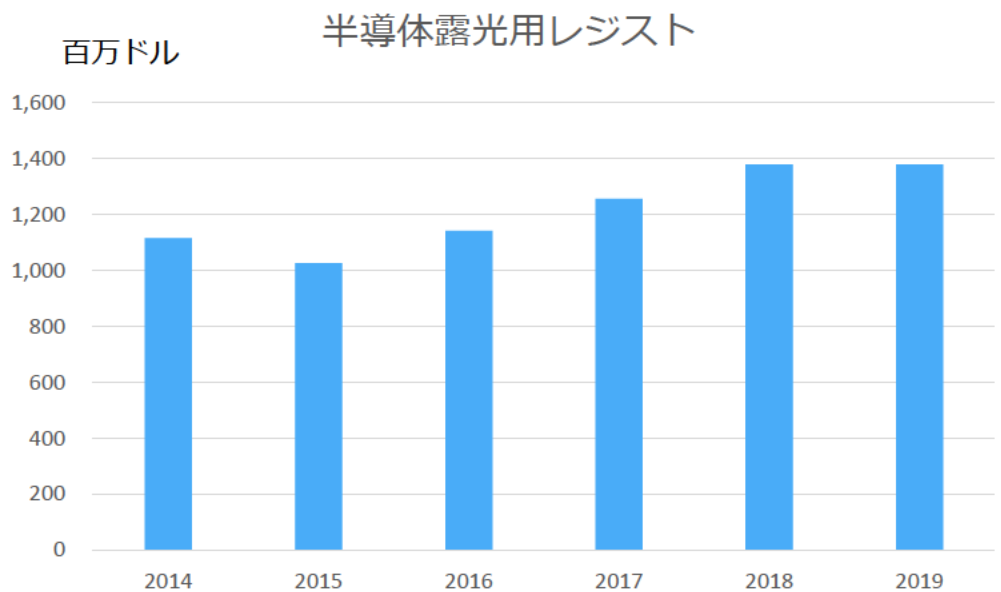


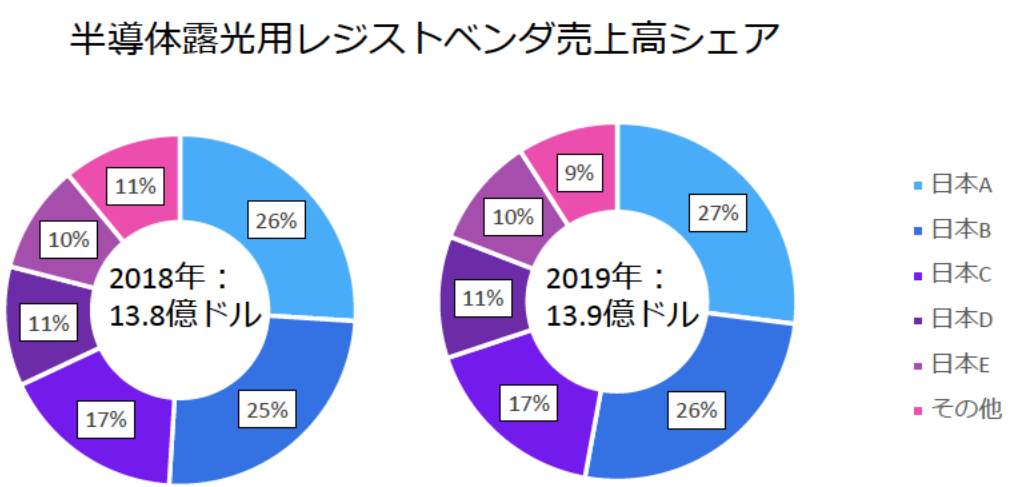
出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

© 2020 Omdia
Information Classification: General

主要原料・主要部品の販売状況
電子材料-半導体露光用レジスト

- 2019年の半導体露光用レジスト市場規模は前年比ほぼ横ばいで推移した。
- 最先端のEUVレジスト需要が増加した一方、メモリなどの生産調整により従来プロセサ向けが減少した。
- 日本企業はEUVレジストを中心とした単価の高い製品の比率が上昇したことで、日本企業合計シェアはわずかに上昇した。





出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

© 2020 Omdia
Information Classification: General

主要原料・主要部品の生産拠点の状況
電子材料-半導体露光用レジスト

- 日本企業をはじめとした半導体露光用レジストの多くを自国で生産する一方、2020年に入って韓国での現地生産を始める事例が見られた。
- Dow 傘下のDuPont は韓国政府の工場誘致活動により、2020年から韓国での生産への投資を始めている。

半導体露光用レジストにおけるサプライチェーン：各国企業の生産地

企業国籍	企業名	生産地
日本	JSR	日本、米国、ベルギー、**韓国**
	東京応化工業	日本、韓国
	信越化学工業	日本、台湾
	住友化学	日本
	富士フィルム	日本、台湾、米国
米国	Dow Electronic Materials	日本、米国、**韓国（DuPont ）**
韓国	Dongjin Semichem	韓国、台湾

出典：インフォーマ

Information Classification: General

主要原料・主要部品の生産拠点の状況
電子材料-半導体露光用レジスト

- EUV露光用レジストにおいても、各国企業はこれまれ自国内＋開発拠点である欧州での生産が中心となっていた。
- 直近において、韓国で生産を始める動きが見られている。EUV露光装置を導入する半導体ファブは海外が中心のため、現在国内で製造を行っている日本企業には韓国以外の海外も含めEUVレジストを製造する計画もある。

EUV露光用レジストにおけるサプライチェーン：各国企業の生産地

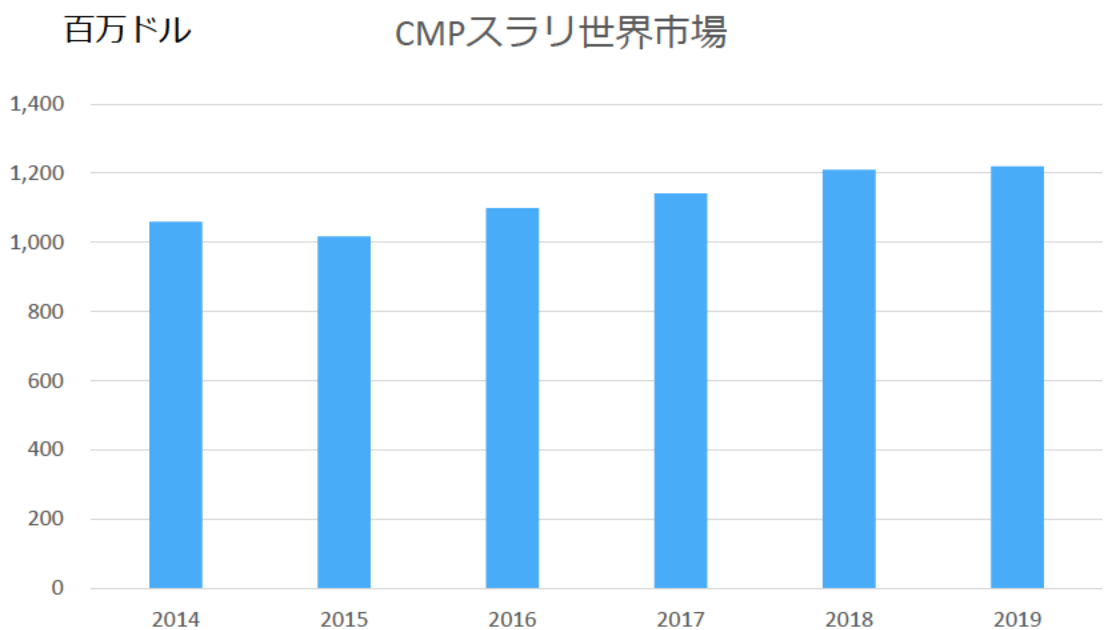
企業国籍	企業名	生産地
日本	JSR	欧州（ベルギー）、日本
	東京応化工業	日本、**韓国**
	信越化学工業	日本、**台湾（計画）**
	住友化学	日本
	富士フィルム	日本
米国	Dow Electronic Materials	米国、**韓国（DuPont、2020年～）**

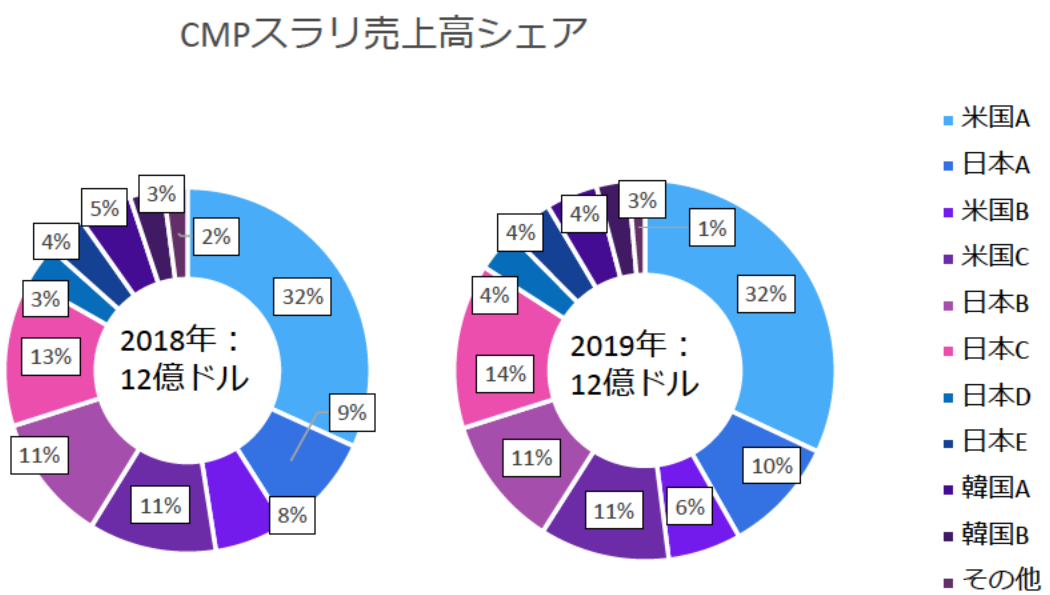
出典：インフォーマ

Information Classification: General

主要原料・主要部品の販売状況
電子材料-CMPスラリ

- CMPスラリ市場は2019年には前年比では横ばいで、メモリの生産調整による需要減の一方、ロジック半導体の最先端プロセスなどの需要により高水準が続いている。
- 米国大手企業がトップシェアを維持しているが、日系ベンダはロジック半導体大手IDMや台湾の有力ファウンドリで特定の素材や用途で採用実績を積んでいて、得意分野でのシェアを維持した結果、大きな変化は見られなかった。
- わずかながら、中国企業の売上高が集計されている。材料国産化の推進により製造が始まっている。





出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

注）日立化成は現昭和電工マテリアルズ

© 2020 Omdia
Information Classification: General

主要原料・主要部品の生産拠点の状況
電子材料-CMPスラリ

- CMPスラリのトップベンダである米国企業はグローバル各消費地での現地生産を行っている。
- 日系ベンダは各社得意とする素材やデバイスやプロセスの種類があり、需要が増加傾向にある多層ロジックやプロセサなどのファブロケーションで増産対応をしている。

CMPスラリにおけるサプライチェーン：各国企業の生産地

企業国籍	企業名	生産地
日本	フジミインコーポレーテッド	日本、米国、台湾
	昭和電工マテリアルズ（旧日立化成）	日本、台湾
	富士フィルム	日本、台湾、米国、韓国
米国	Cabot Microelectronics	日本、米国、欧州、韓国、台湾
	Dow Chemical	米国、台湾

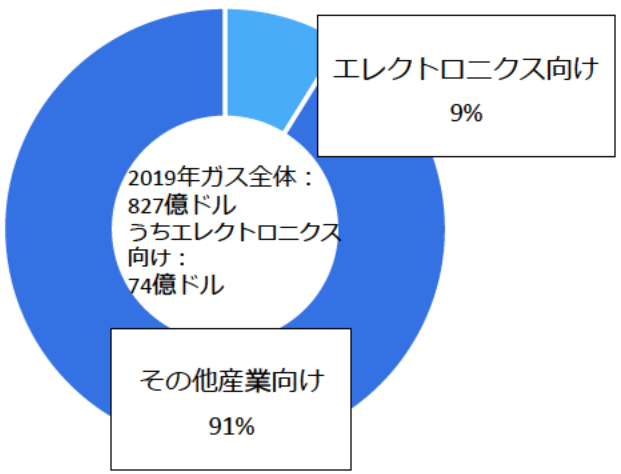
出典：インフォーマ

Information Classification: General

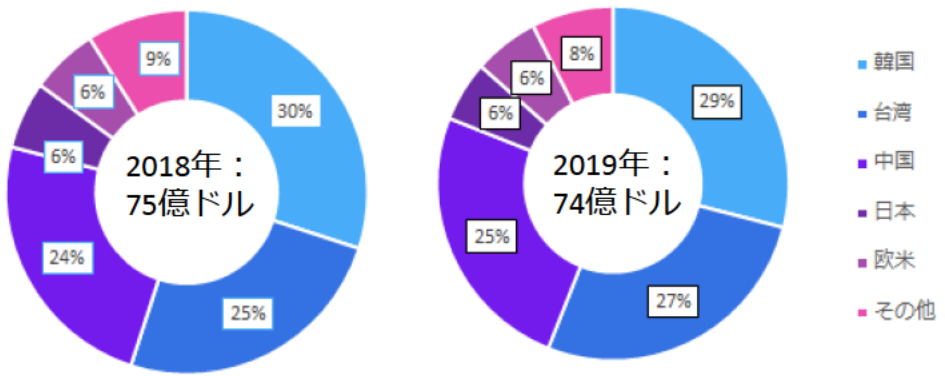
主要原料・主要部品の販売状況
電子材料-バルクガス

- 酸素、窒素、アルゴン、水素を主とするバルクガスは、鉄鋼など各種産業で使われ、半導体や液晶が中心のエレクトロニクス向けは特殊材料ガスの種類が多い一方で、エレクトロニクス産業向け合計でも全体の10%に満たない。
- エレクトロニクス向けガスの仕向け地では、韓国、台湾、中国のシェアが高い。2019年はメモリ生産の調整により韓国市場のシェアが低下した一方、多層ロジックの生産が増加した台湾、半導体生産の規模が拡大した中国のシェアが上昇した。

産業用ガス用途別市場規模



エレクトロニクス向け産業ガス地域別シェア

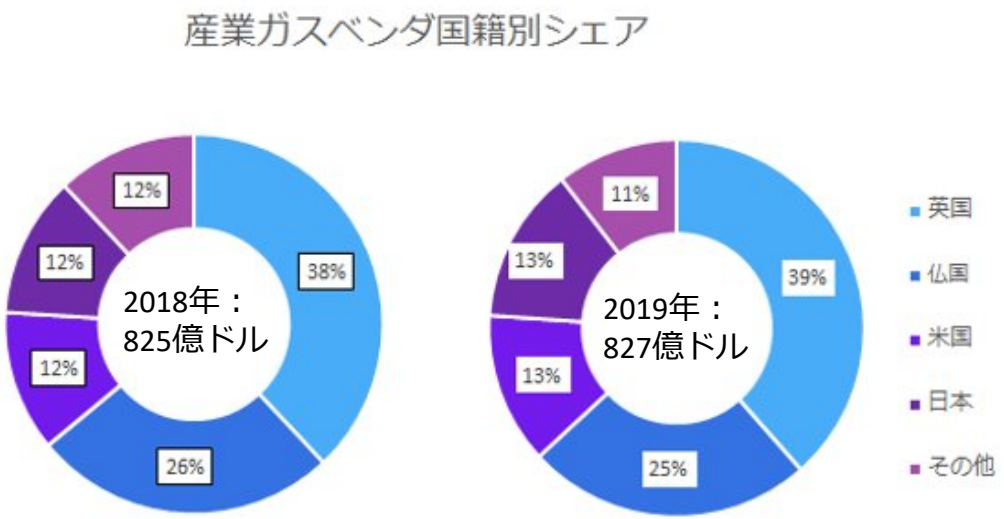


出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

Information Classification: General

主要原料・主要部品の販売状況
電子材料-バルクガス

- エレクトロニクス向けを含む産業ガス全体におけるベンダ国別売上高を見ると、M&Aにより事業規模を拡大した企業がシェア上位にあげられる。
- 日本企業も買収により上位に並んでいる。生産規模が大きいバルクガスは半導体工場でのオンサイト供給が主流となっているため、大きな仕向け地であるアジア諸国でオンサイトの供給設備への設備投資能力を持っている企業による寡占化が進んでいる。
- 2019年はM&Aによる規模拡大をした海外企業および日本企業のシェアが上昇した。



出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

Information Classification: General

主要原料・主要部品の生産拠点の状況
電子材料-バルクガス

- バルクガスの中でも生産規模が大きい酸素・窒素・アルゴン・水素は、空気を分解するエアセパレートガスのため半導体工場でのオンサイト供給が主流となっている。M&Aにより規模を拡大したグローバル上位企業は各需要地の半導体メーカーにオンサイト供給施設を建設、ガス供給をしている。
- 中国では欧米の上位企業が多い一方、Yingde Gas Groupがオンサイト供給を拡大している。同社は半導体向け以外では海外市場にも進出している。

バルクガスにおけるサプライチェーン：各国企業の生産地

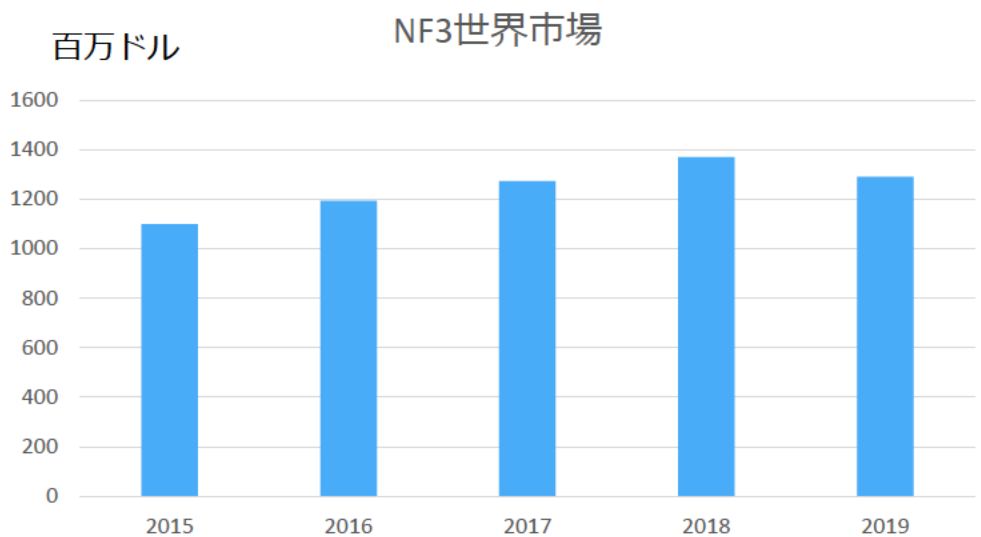
企業国籍	企業名	生産地
英国	Linde＋Praxair	米国、欧州、アジア各国地域の半導体工場にてオンサイト供給
フランス	Air Liquide+Airgas	米国、欧州、アジア各国地域の半導体工場にてオンサイト供給
米国	Air Products	米国、欧州、アジア各国地域の半導体工場にてオンサイト供給
日本	大陽日酸	米国、欧州、アジア各国地域の半導体工場にてオンサイト供給
中国	Yingde Gas Group	中国の半導体工場にてオンサイト供給

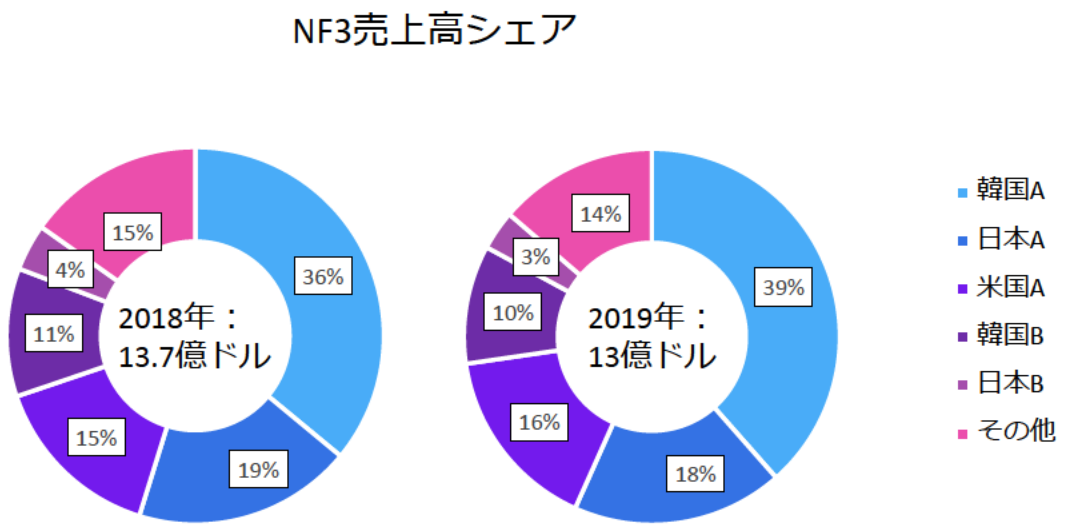
出典：インフォーマ

Information Classification: General

主要原料・主要部品の販売状況
電子材料-特殊材料ガス（NF3）

- エッチングやチャンバークリーニング向けが主な用途のNF3はNAND型フラッシュメモリを中心に需要が増加していたが、2019年の市場規模はメモリの生産調整により前年比でマイナス成長となった。
- ベンダ国別売上高では、韓国企業がメモリ生産の大きな自国半導体メーカー向けに加えて、台湾や中国市場に対しても積極的に供給を行っていることで、韓国におけるメモリ向けの需要が減少したにもかかわらず直近のシェアは増加した。





出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

© 2020 Omdia
Information Classification: General

主要原料・主要部品の生産拠点の状況
電子材料-特殊材料ガス（NF3）

- NF3のサプライチェーンにおいては、メモリや多層ロジックの大きな生産地である韓国や台湾、半導体生産規模が拡大している中国が重要視されている。
- 韓国企業だけでなく、日本企業や海外企業も韓国での現地生産、合弁による供給、および計画をしている。

NF3におけるサプライチェーン：各国企業の生産地

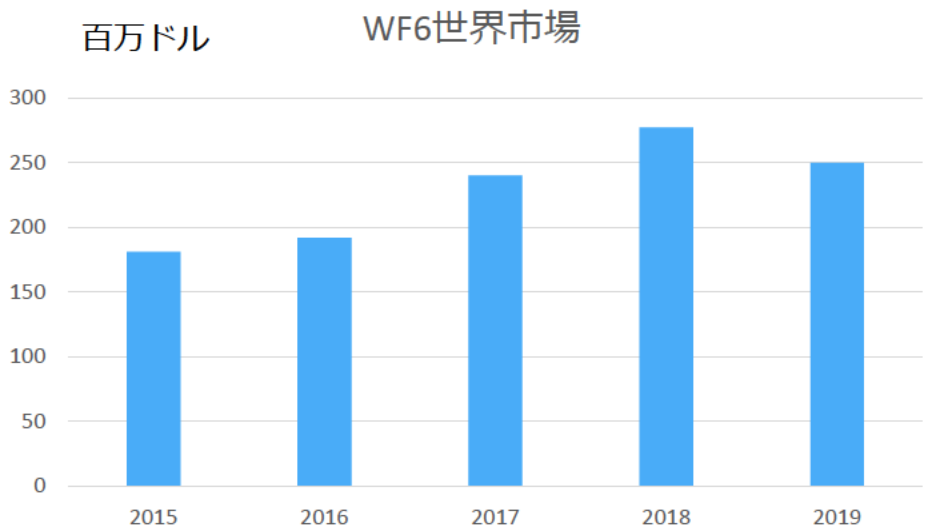
企業国籍	企業名	生産地
日本	関東電化	日本、**韓国（計画）**
	三井化学	日本、米国
韓国	SK Materials	韓国（昭和電工との合弁）、中国
	Hyosung	韓国
中国	PERIC	中国
米国	Versum Materials	**韓国**、米国
英国	Linde	ドイツ、米国

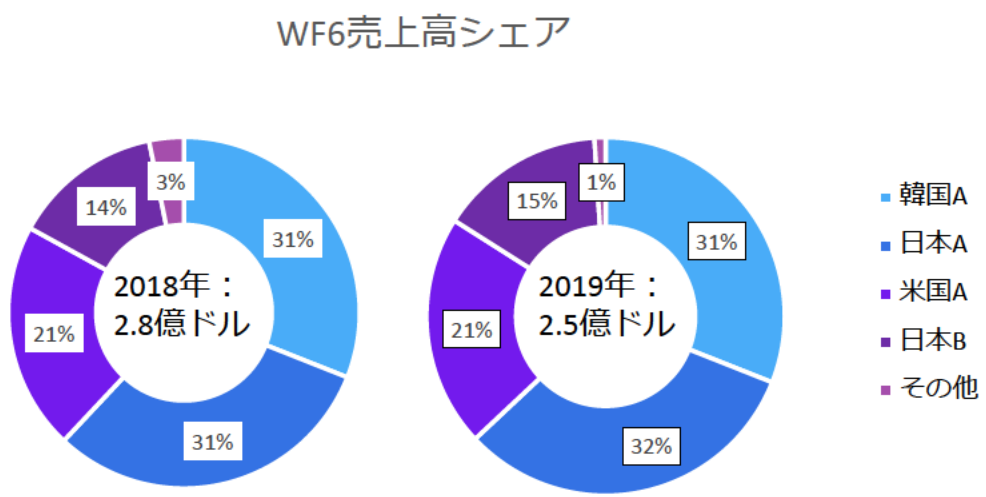
出典：インフォーマ

Information Classification: General

主要原料・主要部品の販売状況
電子材料-特殊材料ガス(WF6)

- WF6はNAND型フラッシュメモリの製造が主な用途で、2019年は生産調整により前年比でマイナス成長となった。
- 2019年に増産投資を行った日本企業のシェアがわずかながら上昇した。





出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

© 2020 Omdia
Information Classification: General

主要原料・主要部品の生産拠点の状況
電子材料-特殊材料ガス（WF6）

- WF6はシリンダでの運搬が可能なため、主要なベンダは基本的に自国内で生産、各需要地へ販売している。
- 2019年以降、韓国や中国における現地生産や海外企業との合弁の計画が見られている。

WF6におけるサプライチェーン：各国企業の生産地

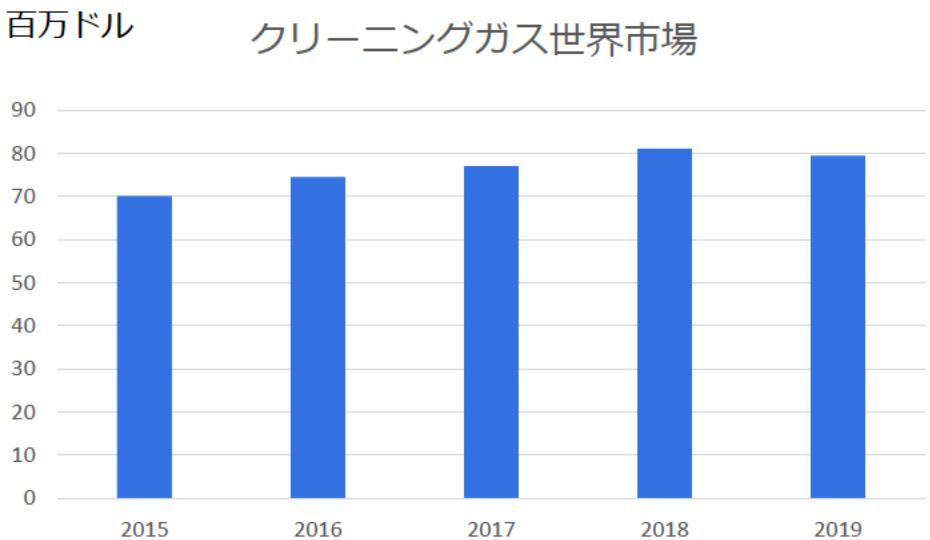
企業国籍	企業名	生産地
日本	関東電化	日本、**韓国（計画）**
	セントラル硝子	日本、**中国（合弁）**
	SK Materials	韓国
	Foosung	韓国
	Versum Materials	米国
	Chengdu Taiyu Industrial Gases	中国
	浙江博瑞电子科技有限公司[注]	**中国（注、セントラル硝子との合弁企業）**

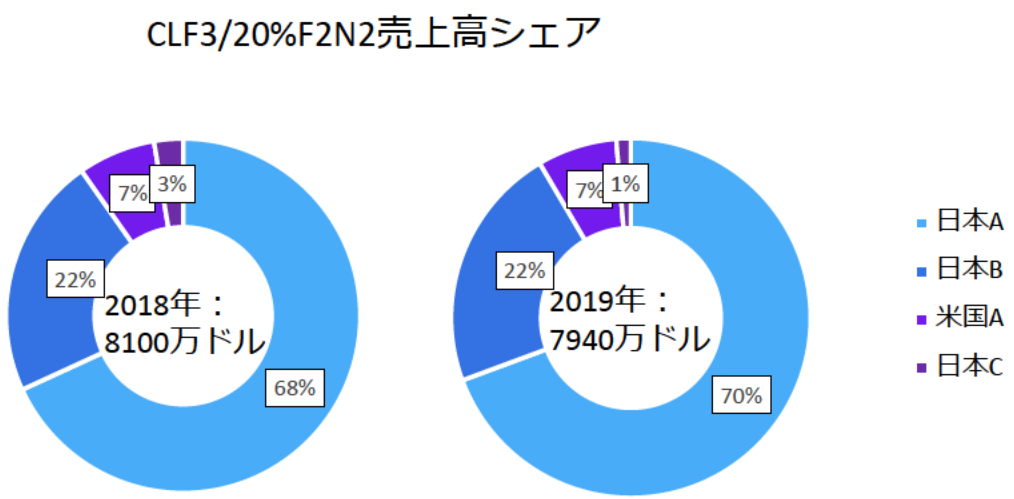
出典：インフォーマ

Information Classification: General

主要原料・主要部品の販売状況
電子材料-特殊材料ガス（クリーニングガス、LPCVD）

- 2019年は多層ロジック向けの需要増に対してメモリの生産調整により前年比では微減となった。
- 現在主流として多く使われているCIF3は日本企業が特許を有しているため日系ベンダシェアが高いが、海外ベンダが代替製品を含め韓国で供給を増やす動きがある。





出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

© 2020 Omdia
Information Classification: General

主要原料・主要部品の生産拠点の状況
電子材料-特殊材料ガス（クリーニングガス、LPCVD）

- 日本企業は国内での生産、大きな仕向け地である韓国や台湾への輸出を行っている。
- 2019年以降、韓国では現地企業による国産化に向けての動きがある。

ClF3におけるサプライチェーン：各国企業の生産地

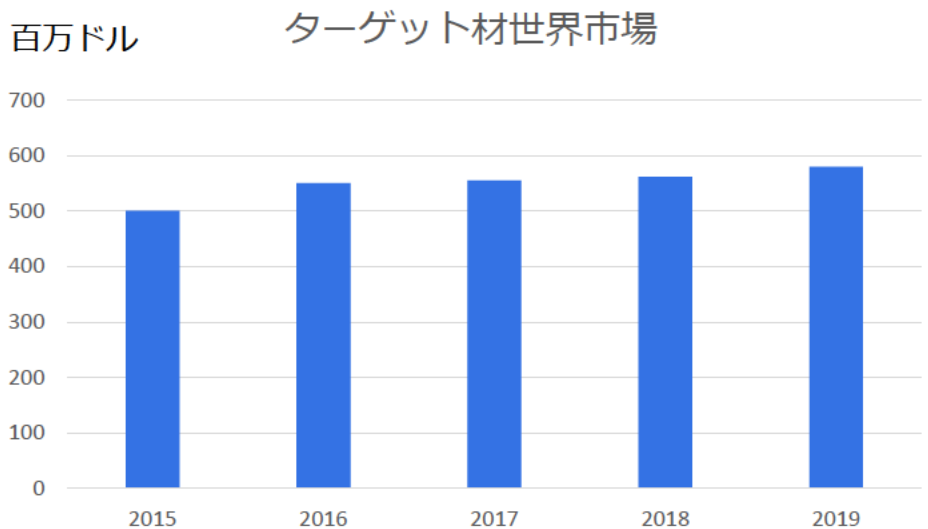
企業国籍	企業名	生産地
日本	セントラル硝子	日本
	関東電化	日本
韓国	SK Material	**韓国（計画）**
米国	Versum Materials	米国

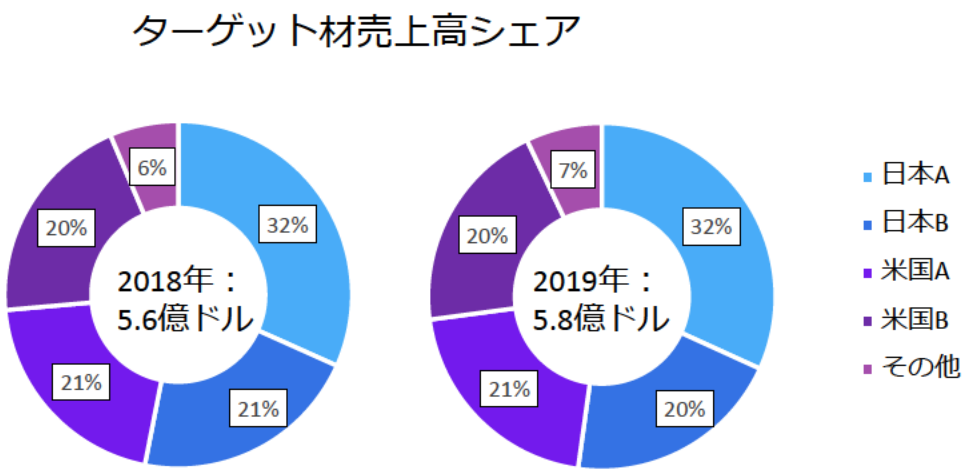
出典：インフォーマ

Information Classification: General

主要原料・主要部品の販売状況
電子材料-ターゲット材

- 2019年のターゲット材市場では、数量は前年比では大きく変わらなかった一方、原材料である金属価格の上昇により金額ベースでは微増となった。
- ベンダシェアでは、銅などの原材料価格上昇による製品売価上昇の影響が相対的に大きかった企業のシェアが上昇した。





出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

© 2020 Omdia
Information Classification: General

主要原料・主要部品の生産拠点の状況
電子材料-ターゲット材

- ターゲット材の主力メーカーは、自国および米国・アジアを中心とした半導体生産拠点の多い国や地域で生産を行っている。
- ここ数年で見られた主力メーカーによる生産能力の増強は、いずれも自国内あるいは半導体生産規模が拡大している中国や台湾を中心に行われている。

ターゲット材におけるサプライチェーン：各国企業の生産地

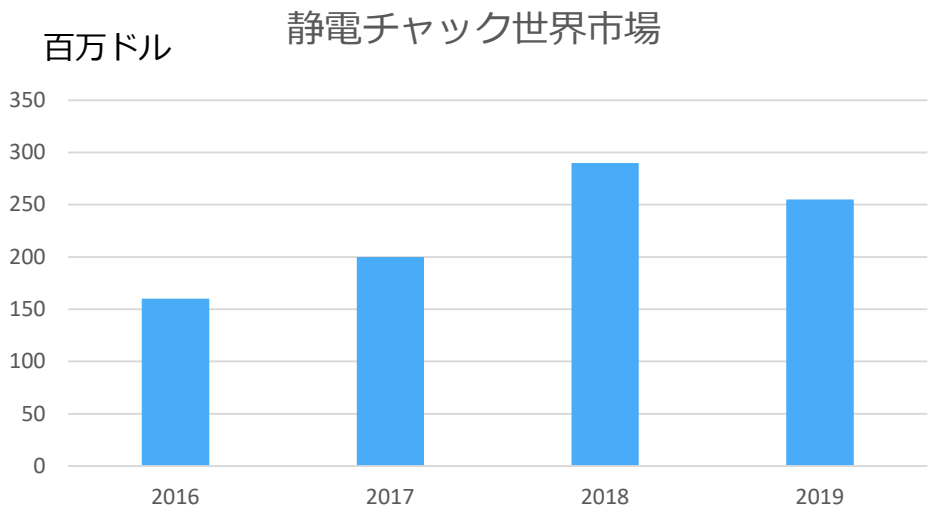
企業国籍	企業名	生産地
日本	JX金属	日本、韓国、台湾
	東ソー	日本、米国
米国	Honeywell Electronic Materials	米国、中国、ドイツ、日本
	Praxair	米国、ドイツ、中国
中国	KFMI（江丰电子）	中国、マレーシア

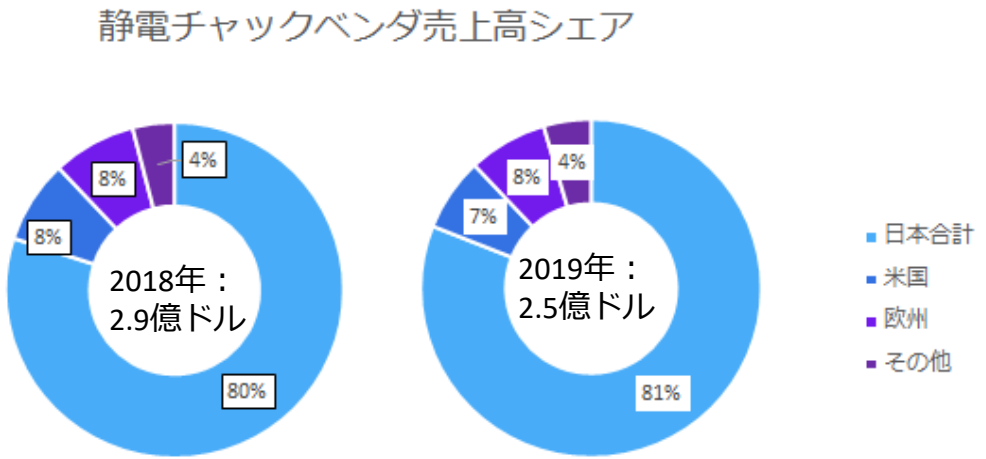
出典：インフォーマ

Information Classification: General

主要原料・主要部品の販売状況
電子材料-静電チャック

- 2019年の静電チャック市場では、半導体製造装置の需要減少により前年比でマイナス成長となった。
- 半導体製造装置メーカーの輸出規制の影響により米国企業のシェアがわずかに低下した一方、韓国市場への拡販を行った日本企業のシェアが上昇した。
- 韓国には静電チャックの開発・製造が国策的に推進され、Samsung などの出資事例が見られているが、現状の事業規模は非常に小さい。





出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

Information Classification: General

主要原料・主要部品の生産拠点の状況
電子材料-静電チャック

- 日本企業は国内を主とした生産、主要製造装置メーカーの生産拠点がある日本や米国、韓国が主な仕向け地となっている。
- 日本企業はここ数年間で生産能力の増強を行っているが、多くが国内で行われている。

静電チャックにおけるサプライチェーン：各国企業の生産地

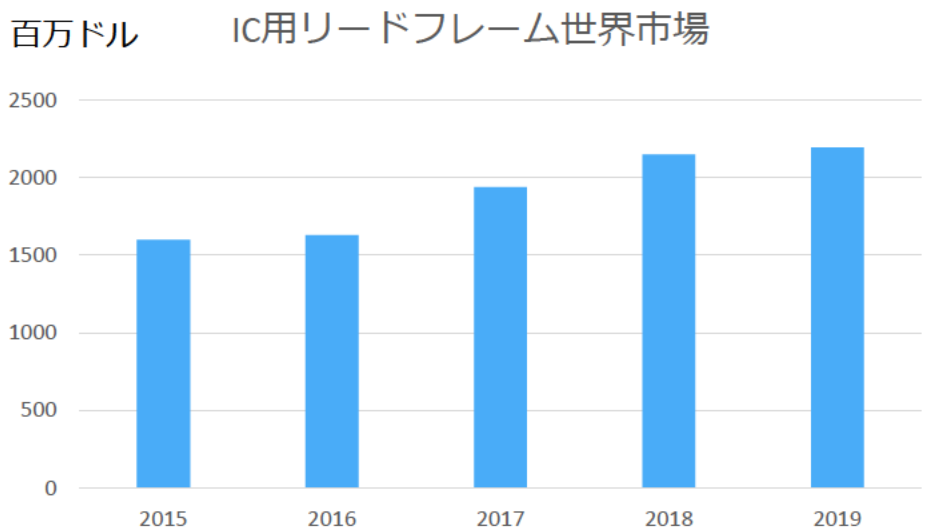
企業国籍	企業名	生産地
日本	新光電気工業	日本
	日本ガイシ	日本
	日本特殊陶業	日本
	京セラ	日本、米国
	TOTO	日本
	住友大阪セメント	日本
米国	Ⅱ-Ⅳ M Cubed	米国
ドイツ	Protec	ドイツ

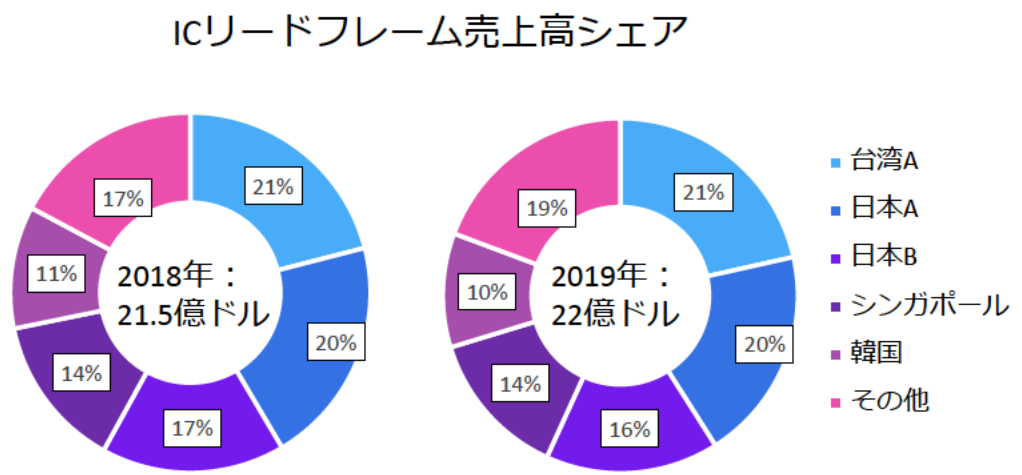
出典：インフォーマ

Information Classification: General

主要原料・主要部品の販売状況
電子材料-IC用リードフレーム

- 2019年のIC用リードフレーム市場は、メモリ向けの調整の影響があったものの、原材料価格上昇による製品売価の上昇を受け前年比では増加した。
- ベンダシェアを見ると、メモリの生産調整の影響を受けた日本や日本や韓国のベンダシェアがやや低下した一方、中国の半導体生産規模の拡大による需要増を取り込んだ台湾や中国のベンダシェアが上昇した。





出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

© 2020 Omdia
Information Classification: General

主要原料・主要部品の生産拠点の状況
電子材料- IC用リードフレーム

- IC用リードフレームは汎用品市場が大きく後工程の工場で使われる製品特性から、日本企業も外国企業も需要地である後工程工場が多い中国、台湾、その他アジア地域での生産が多い。

IC用リードフレームにおけるサプライチェーン：各国企業の生産地

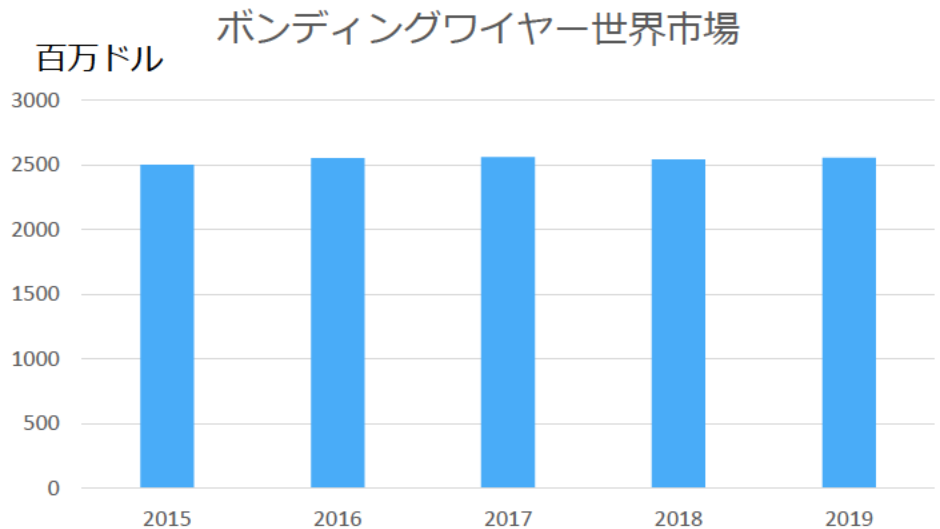
企業国籍	企業名	生産地
中国	Chang Wah Electronics	中国、日本、マレーシア、台湾
日本	三井ハイテック	日本、マレーシア、シンガポール、台湾、中国
	新光電気工業	日本、マレーシア、中国
	大日本印刷	日本
シンガポール	ASM Pacific	中国
韓国	Haesung DS	韓国、中国

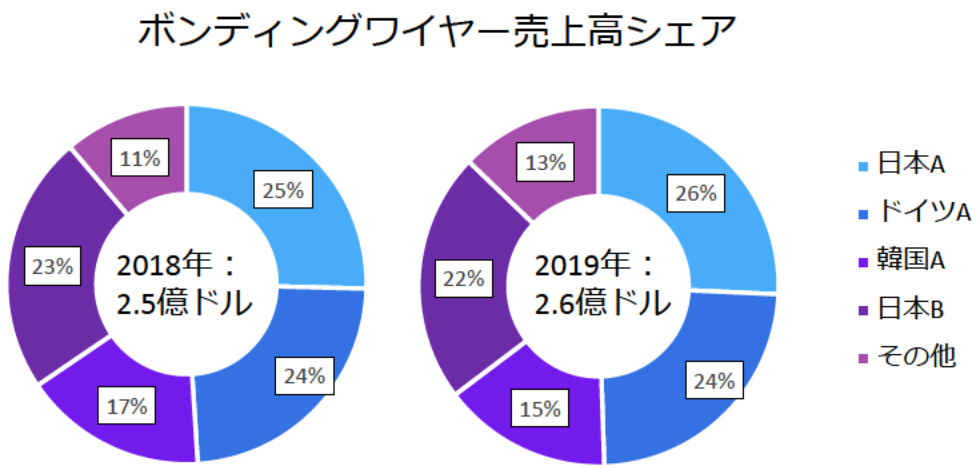
出典：インフォーマ

Information Classification: General

主要原料・主要部品の販売状況
電子材料-ボンディングワイヤー

- 2019年のボンディングワイヤー市場は、メモリの生産調整による需要減少の影響があった一方で、金の原材料価格上昇による製品売価の上昇を受け前年比では微増となった。
- 表面実装デバイスの増加による需要減は現状では限定的だが、低価格化に対応したアルミ等合金ワイヤーの増加により、市場規模は横ばいで推移している。
- ベンダシェアでは、原材料価格上昇により製品売価が上昇した金の比率が高い企業のシェアが上昇した。





出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

© 2020 Omdia
Information Classification: General

主要原料・主要部品の生産拠点の状況
電子材料- ボンディングワイヤー

- ボンディングワイヤが後工程の工場で使われる汎用品という特性から、日本企業も外国企業も需要地である後工程工場が多い中国、台湾、その他アジア地域での生産が中心となっている。
- ボンディングワイヤーの製造には溶解、圧延など電力消費が大きい工程が含まれるため、需要地に近くユーティリティコストが低い地域での生産が多い。

ボンディングワイヤーにおけるサプライチェーン：各国企業の生産地

企業国籍	企業名	生産地
日本	田中電子工業	日本、中国、台湾、マレーシア、シンガポール
	日鉄マイクロメタル	日本、フィリピン、中国
	タツタ電線	日本、マレーシア
ドイツ	Heraeus	ドイツ、中国、韓国、マレーシア
韓国	MK Electron	韓国、中国
	Heesung Metal	**韓国（LT Metal, 田中貴金属工業との合弁）**、中国

出典：インフォーマ

© 2020 Omdia
Information Classification: General

（４）重要応用分野のマイクロエレクトロニクスに係るエンジニアリングチェーンの状況・技術動向の調査

- IP技術調査

1. IP 定義
2. 半導体IP市場動向
3. Top3 ベンダープロファイル
4. ビジネススキーム調査
5. サプライチェーン調査
6. IP技術動向の予測
7. IPビジネスの今後
8. セキュリティ技術とIP

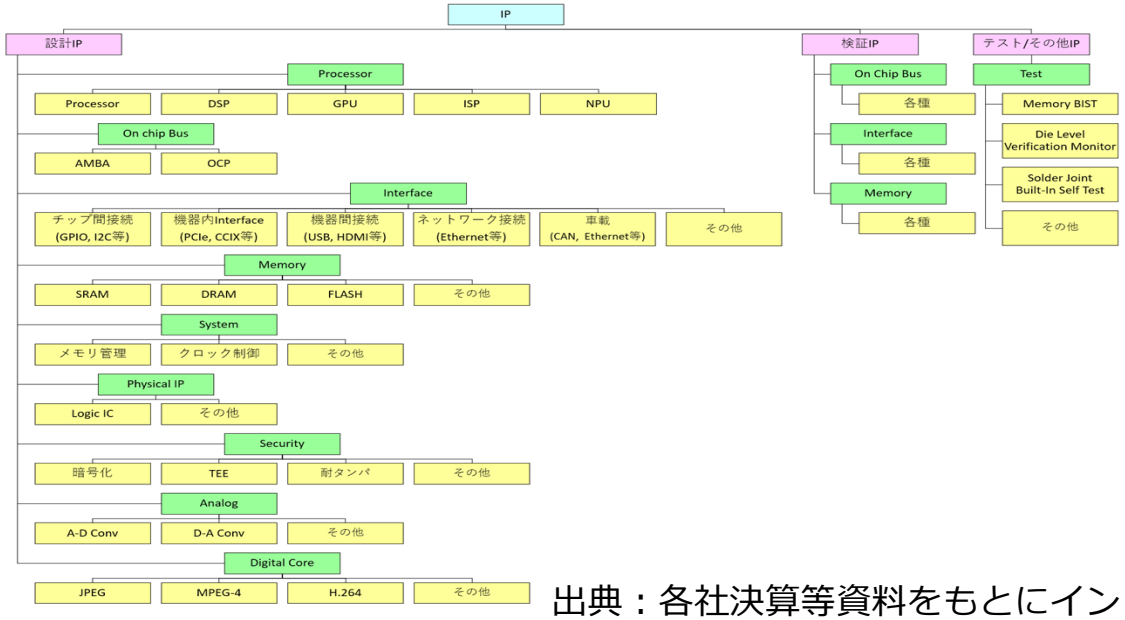
1. IPコア定義について

- 一般に「IP(intellectual property)」は知的財産を意味し、発明やデザイン・著作物などを指します。半導体業界では通称「IPコア」と言われLSI（大規模集積回路）を設計する為の各機能単位の回路情報のことを指している。
- 「IPコア」と言われる背景には半導体製品の設計手法にある。規模が小さい製品の時は電気回路入力で製品化していたが、規模が大きくなるにつれて回路設計（電気回路入力）、検証に相当の時間が掛かり、工数も増大した。1990年代以降はLSIの開発手法としてハードウェア記述言語（HDL,hardware description language)よる開発が盛んになった。これにより回路設計がプログラミングになり、検証もシミュレーションツールを使い精度が上昇、工数も抑える事になった。更にHDLで機能単位に標準化ができ、再利用が可能になった。
- 「IPコア」がビジネスになったのは回路設計がHDLによるプログラミング手法が確立された事が大きい。LSIに搭載される各機能を標準化し、再利用出来る事に為、新規の機能、回路にリソースを注ぎ込む事、効率よく開発ができるようになった。更にこの事がビジネスとして成立する事が判明し、半導体メーカーからの提供、ファブレスメーカーが独自の「IPコア」を開発し市場に投入している。

Information Classification: General

1-1. IPコアについて

- IPコアの形態
  - ハードマクロ
    - マスクに相当する画像データとして提供される。シミュレーション用に等価なゲートモデルや、ビヘイビアモデルも同時に提供されることが多い。
    - 半導体プロセス技術に依存する。ソフトマクロに比べ、性能、面積の面で優れる。
    - スタンダードセルでは実現できない回路（アナログ回路など）も含むことができる。
  - ソフトマクロ
    - RTLの形で提供されるもの。
    - ゲートレベルに論理合成されたネットリストの形のもの。
    - RTLより上位のビヘイビア記述の形で提供されるものもある。
- 「IPコア」のハードマクロ、ソフトマクロには以下のものが提供される（ビジネス形態、ライセンス内容に依存する）。
  - 用途で分類
    - 設計IP
    - 検証IP (Verification IP: VIP)
    - その他 (テスト用)
  - 機能で分類
    - プロセッサー、プロセッサー周辺
    - メモリ
    - インタフェース（通信、バス等）
    - システム管理
    - セキュリティ（暗号化／復号）
    - アナログ
    - 画像処理
    - 音声処理
    - その他



出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

Information Classification: General

2. 半導体市場動向

- 本セクションでは、キープレイヤを含めてのIPコアの市場動向を報告する
  - これまでの動き (2015年～2019年)
  - 今後の動きの予測 (～2025年)

Information Classification: General

2.1半導体IP市場動向 – サマリー
半導体IP市場規模とベンダーランキング

- Top 3のARM,Synopsis,Cadenceで約60%以上のシェアを占めている。
- 市場規模は2019年で3,938M$である。

	Company	2017年	2018年	2019年
1	ARM	1,659.9	1,610.0	1,608.0
2	Synopsys	527.6	629.8	716.9
3	Cadence	159.5	188.8	232.0
4	SST	-	104.8	115.0
5	Imagination Technology	126.9	124.6	101.1
6	Ceve	87.5	77.9	87.2
7	Verisilicon	54.7	66.3	69.8
8	Achronix	15.0	52.5	50.0
9	Rambus	54.0	49.9	48.8
10	eMemory Technology	45.0	47.9	46.8
11	Wave Computing	43.0	41.0	-
	Top 10 Vendors Toal	2,773.1	2,952.5	3,075.6
	Others	627.0	790.2	862.4
	Total	3,400.1	3,742.7	3,938.0

出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

Information Classification: General

2.2. 設計IPの市場規模とベンダーランキング 2015年～2019年推移

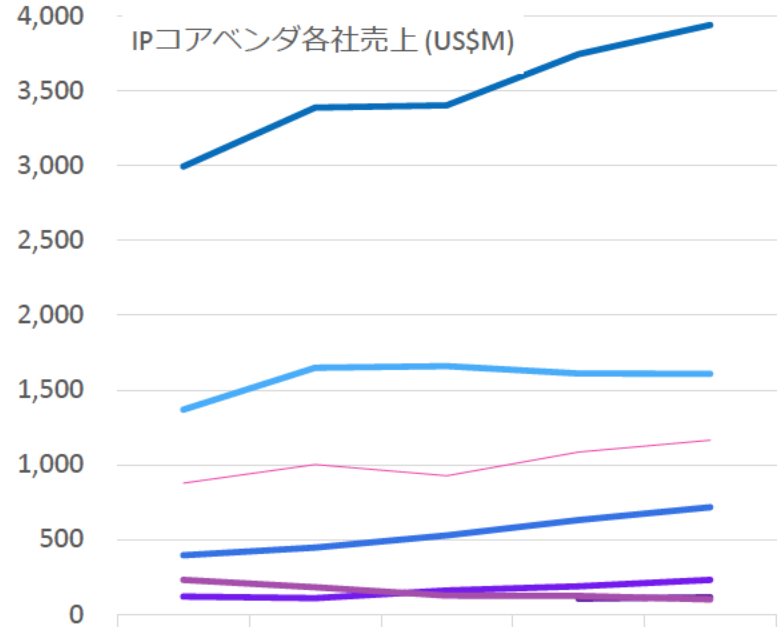
- IPコア市場は上位3社 (ARM社、Synopsys社、Cadence社)で市場の2/3を占めており、上位と下位の差が非常に大きな市場である。
- 上位３社で見てもARM社は2位のSysnopys社の2倍以上の売上を持っており、ここでもトップと２位・３位の間には大きな差がある。
- 但し、2016年～2019年のCAGRで見ると、以下のようになっており、Synopsys社・Cadence社に勢いがありARM社との差は縮まりつつある。
  - 市場全体: CAGR7.1%
  - ARM社: CAGR4.1%
  - Synopsys社: CAGR16.1%
  - Cadence社: CAGR17.8%
  - Imagination Technology社: CAGR-18.8%

注:　SST社プロフィール

- 正式名称はSilicon Storage Technology, Inc.
- 本社は米国カリフォルニア州サンノゼ
- フラッシュメモリーIPの大手

Imagination Technology社プロフィール

- iPhone4からiPhone7にGPUのIPコアを提供してきた
- 2017年4月にAppleがGPU内製化を発表し、それをきっかけに、会社はCPUコア(MIPSコア)部門を分割し米国VCに売却し、GPU部門のみとなり、同９月に CBFI (中国政府関連ファンド・Canyon Bridge子会社)に身売り
- 2020年１月、GPU IP提供に関して新しい契約を締結



	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年
arm	1,368	1,648	1,660	1,610	1,608
Synopsys	395	447	528	630	717
Cadence	120	109	160	189	232
SST				105	115
Imagination Technology	232	182	127	125	101
その他	877	1,001	926	1,085	1,165
合計	2,993	3,386	3,400	3,743	3,938

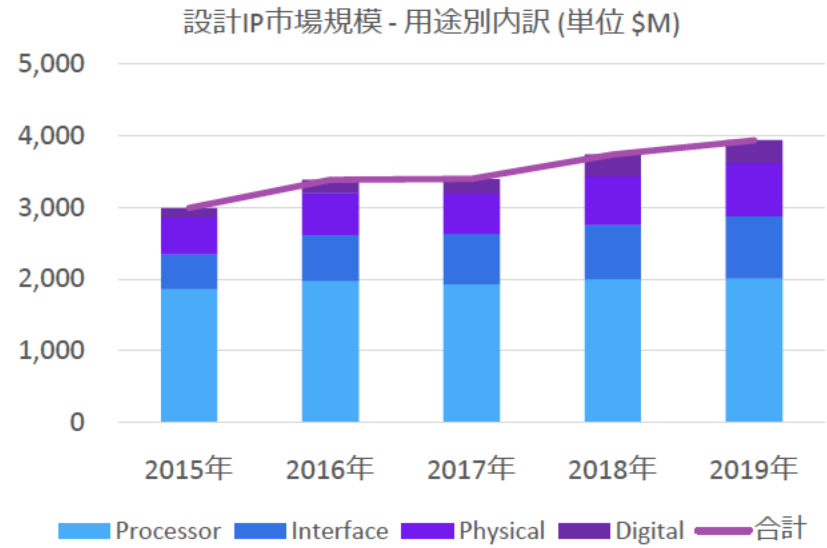
出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

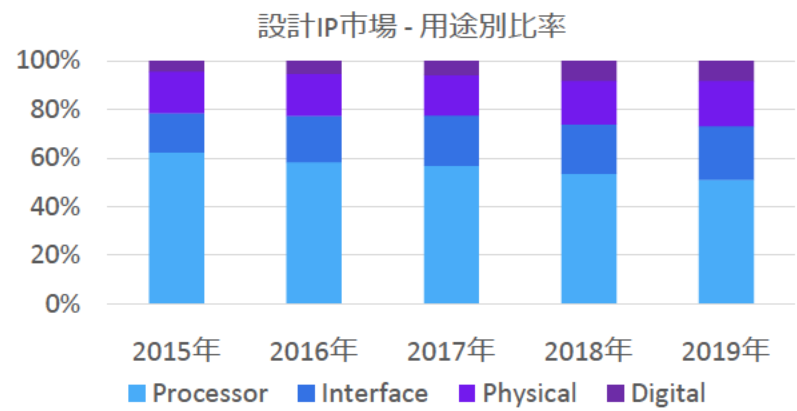
Information Classification: General

2.3. 用途別に見る設計IPコア市場 2015年～2019年推移

設計IP市場を用途別内訳を示すと右図のようになり、以下に示すような傾向にある

- 全体
  - 2015年～2019年のCAGRは7.1%で、この5年間で$3000Mから$4000Mに成長
  - 市場構造はProcessor IPコア中心から、次代に向けて変わりつつある
- Processor IPコア市場
  - CPUコア, DSPコア, GPU/IPSコアから構成され、ARMが圧倒的なシェアを持つ
  - 規模は最大だがCAGRは1.9%であり、その比率も60%強から50%に後退
- Interface IPコア市場
  - Ethernet, USB, PCI Express, HMB等の各種のInterface IPコアから構成
  - 2019年現在、$870Mと２番目に大きな規模を持ち、15.7% CAGRと高い成長率を持つ
- Physical IPコア市場
  - レイアウトレベルの回路ライブラリ。スタンダードセル・メモリコンパイラ・インターフェイス等々を含む。
  - 過去５年間でのCAGRは9.5%であるが、全体における比率は16～19%程度で安定している
- Digital IPコア市場
  - A-D変換・D-A変換を行う。無線通信、SerDes等で利用される
  - 規模は小さいが、 CAGR25.5%であり、最も高い成長率を持つ





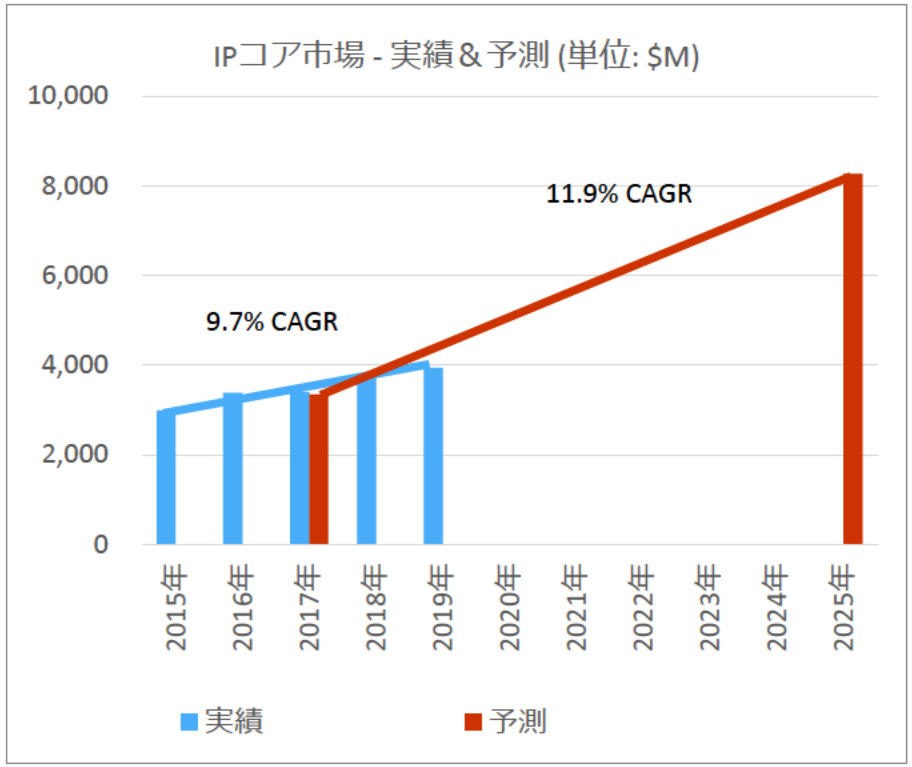
出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

Information Classification: General

2.3.1. IPコア市場の今後 – 全体像

インフォーマ予測 (各社資料をベース)

- IPコア市場は2017年は$3350Mであったが、2025年には$8266Mに拡大
- 2017年～2025年の8年間のCAGRは11.9%
  - 2015年～2019年のCAGRは9.7%となっており、今後、成長は加速すると予測。
- 2017年、最大市場は米国であるが、今後は、大規模な製造ハブ・安価な労働力・熟練した専門家・低コストな原材料を原動力に、APAC (台湾、中国、韓国、ベトナム)が成長を牽引する
- IPコア市場は、今後以下を始めとする多くの要因に牽引されていく
  - IoT及び産業用IoTの出現により、多くの業界で半導体を使った電子デバイスの利用場面が急増
  - エレクトロニス、自動車、家庭用電化製品、通信機、ヘルスケア等、様々な分野でIPコアの利用を開始



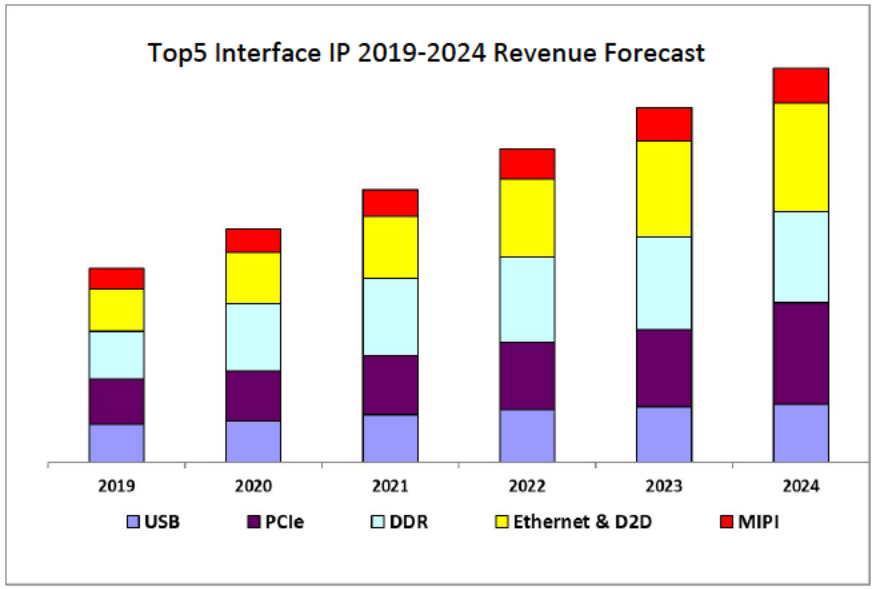
出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

Information Classification: General

2.3.2. IPコア市場の今後 - 市場拡大を牽引するIPコアはInterface

インフォーマ予測

- Processor IPコア市場は成長のピークを過ぎており、今後の成長市場はInterface IPコア市場となる。
  - Interface IPコア市場は2025年には$1,800M～$2,000M程度になる
- Processor IPコア市場はピークを過ぎたとみなす理由
  - ここまでProcessor IPコア市場を牽引してきた製品はスマートフォンで既にピークを越えた。
- Interface IPコアがこれからの成長市場とみなす理由
  - これまでもスマートフォンがLPDDR・USB・MIPIといったInterface IPコアの需要を喚起してきた。
  - Data-Centric Application、画像データ処理の増大、有線/無線ネットワーク、AIの台頭により大容量データの超高速データ転送への需要が高まる。これはチップ間・ボード間といった機器内接続、データセンター内、グローバルネットワークまでのあらゆる場所で需要が生まれつつある。
  - HBM, GDDR６、PCI Express4(16Gb/s)、 SerDes(112GB/s PAM4)、USB4(40Gn/s)、Ethernet(400/800Gb/s)等の大容量高速伝送技術が標準化と共にIPコア化され、Interface IPコアへの需要となる。
  - MIPI技術は車載カメラ (ADAS・自動運転)にも展開されており、ここでもInterface IPコアの需要が喚起されている。
    (MIPIアライアンスが車載向けA PHY SerDesをリリース 2020年9月15日)



出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

Information Classification: General

3.1. トップ３　IPコアベンダープロファイル – サマリー

- IPコア2019年売上 :
  - ARM: $1608M (対前年比：-0.1%)
  - Synopsys: $717M (対前年比：+13.8%)
  - Cadence: $232M (対前年比：+22.9%)

- 料金体系：ARMとSynopsys/Cadenceでは、料金体系は真逆である
  - ARM: 契約金・ライセンス・ロイヤリティの三本立て。ロイヤリティに重心を置く (55%～60%を占める)
スタートアップにはライセンスを$ゼロとするプランを提供するほど、ライセンスに重きを置かず。
  - Synopsys: ライセンス・ロイヤリティの二本立て。但し、ライセンス中心。
  - Cadence: ライセンス・ロイヤリティの二本立て。但し、ライセンス中心。

- 契約形態：３社ともに売切りビジネスには依存していない
  - ARM: 年間契約が中心。
  - Synopsys: Time-Based Serviceが中心
  - Cadence: Recurring Serviceが中心

- 製品系列：３社間で棲み分けが成立している
  - ARM: Processor IPが中心
  - Synopsys: Interface IPが中心
  - Cadence: 検証IPが中心

Information Classification: General

3.2.1. ARM社

- 設立：1990年
- 本社：UK、イングランド ケンブリッジ
- 従業員：全世界約6,000（2018年）58ヵ国に展開
- 2019年　売上　約＄1,800M
- 主なビジネス
  - Semiconductor Intellectual Property (IP)の開発、提供のIPコアの専業ベンダー
    - 省電力設計や高セキュリティ通信を実現する唯一無二の技術力
  - Processor IP (Cortexファミリー) を中心に合計で8種類のIPコアを提供
  - 収入源はライセンス契約料とロイヤルティー
  - 1991年から2019年末までで、1720億個のARM-base Chipが出荷
  - 市場シェアとしても、モバイル・組込み市場での90%を始め、全体の市場でも34%のシェアを持つ

Information Classification: General

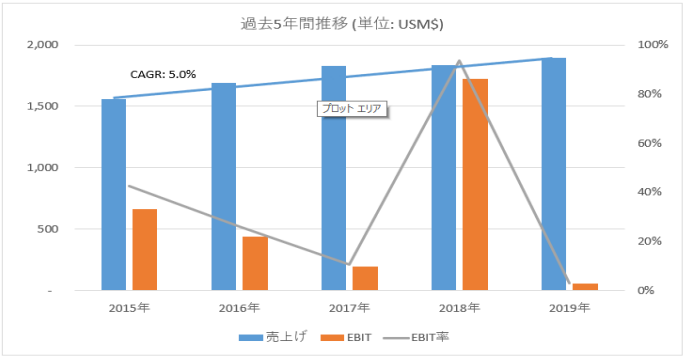
3.2.2. ARM社業績分析(2)

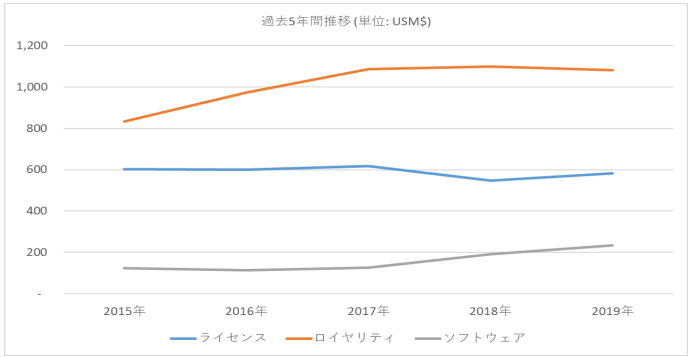
全体分析

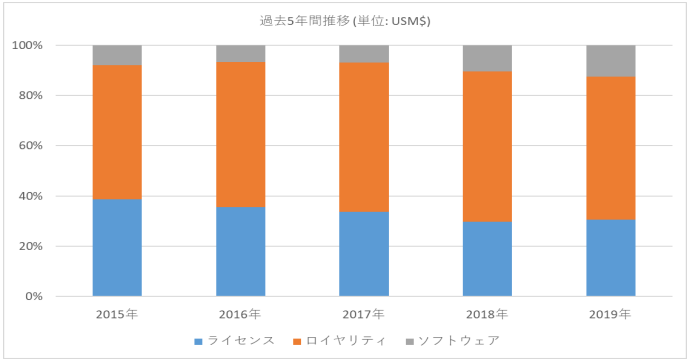
- ARM社の売上・業績は右図に示す通り (出典：ARM社)
  - 現在は投資拡大フェーズ。費用が売上高に先行して増加。
  - 2018年には「Other operating (income)/ expense」で$1,500Mの売上があり、EBITが改善。
  - IPNetが「2019年、ライセンス売上でSynopsysがARMを凌駕」と報道をしたが、右下図で見ると、ブルーラインのライセンス売上でSynopsysがARMを凌駕したということ。売上全体ではARMの売上は圧倒的
- 製品別分析
  - 構成でみるとソフトウェアの比率が上がっている。
  - 売上額でみても2017年以降、ライセンス・ロイヤリティともに売上は変化していない
  - 売上拡大はソフトウェアの売上拡大の結果

地域別分析

- ARM社は地域別の売上を非公表
- 以下の事がアニュアルレポート等に記載
  - ARM社の売上は半導体メーカからである。
  - ライセンス締結企業が24社である。
- 地域別売上は非公開であるが、以下地域が高い比重と推測
  - 米国 (Apple, Qualcomm, Broadcom, NIVIDIA等からの売上)
  - 韓国 (Samsungからの売上)
  - 中国売上 (HiSiliconからの売上)







出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

Information Classification: General

3.2.3. 拠点

アジア (10カ所)

- 中国 (3 カ所)、インド (2カ所)、日本(2 カ所)、韓国(1 カ所)、台湾 (2カ所)

EMEA (20カ所)

- デンマーク(1カ所)、フィンランド(1カ所)、フランス(1カ所)、ドイツ(1カ所)、ハンガリー(1カ所)、アイルランド(1カ所)、イスラエル(1カ所)、ノルウェー(1カ所)、スロベニア(1カ所)、南アフリカ(1カ所)、スウェーデン(1カ所)、英国(9カ所)

北米 (9カ所)

- 米国(8カ所)、カナダ(1カ所)

Information Classification: General

3.3.1.Sysnopsys社

- 設立：1986年
- 本社：アメリカ合衆国カリフォルニア州マウンテンビュー
- インターナショナル本社：アイルランド　ダブリン
- 従業員：全世界約14,500（2020年5月）28ヵ国に展開
- 2020年　売上　＄3,685M
  - 主なビジネス
    - Electronic Design Automation(EDA)… 売上の57%
    - Semiconductor Intellectual Property (IP) …　売上の33%
    - Software Security and Quality … 売上の10%
- シノプシス社の代表的な製品は、Design Compiler である。これはVerilog、VHDLなどのハードウェア記述言語 (HDL) や、真理値表からゲートレベルの論理回路を生成する論理合成ツールであり、同社が開発した最初の製品でもある。業界ではデファクトスタンダードに近いものとなっている。
- 半導体EDA業界ではリーディングカンパニーの地位を固めている。
- 半導体 IPのシェアはNo2

Information Classification: General

3.3.2.Sysnopsys社　業績分析

全体的分析

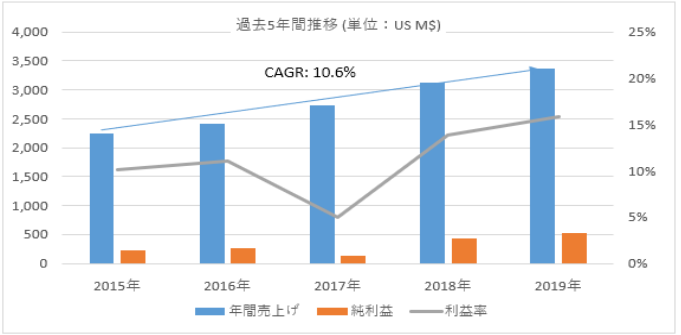
- 過去5年間で売上は10.6% CAGRで拡大し、$2.2Bから$3.4Bとなり1.5倍に拡大。
- 利益率も10%程度から15%程度へと拡大。(2017年に利益率が悪化しているが、偶発的な税金の支払いがあった為)

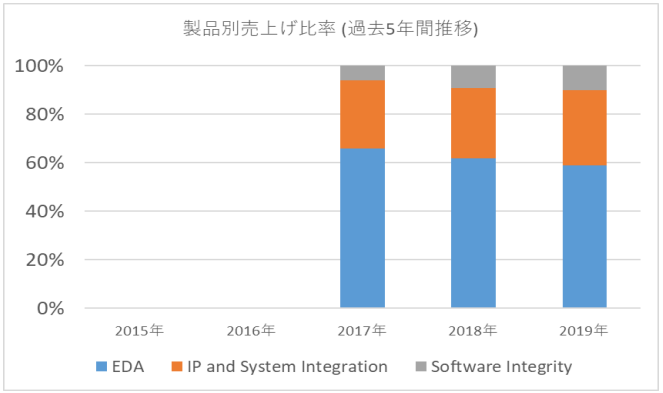
製品別分析

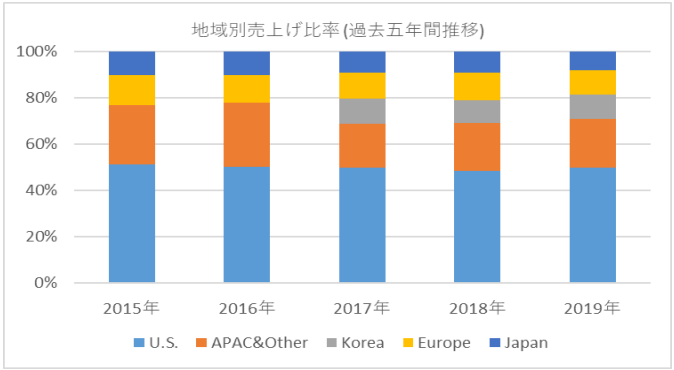
- いずれの製品系列 (EDA, IPコア, Software Integrity)も順調に拡大。但し、IPコア、Software Integrityの成長が高い為、Synopsys社にとってEDAの比率は66%(2017年)から59%(2019年)と縮小。
- 2016年から2017年にかけて、製品系列をEDA、IP&Software Integrity、Manufacturing、Profeshional Serviceの4本立てからEDA, IPコア, Software Integrityの3本に再編している為、2015年・2016年の明細は記載せず。

地域別売上分析

- 米国売上が全体の50%を占めており、この傾向は過去5年間変わらず。
- APAC売上 (日本・韓国以外)は全体の20%を占めており、欧州の2倍の規模に拡大。
- 韓国売上は2017年から個別表示に変更。それにより、韓国売上が既に日本と欧州を越えていること。







出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

Information Classification: General

3.3.3. Synopsys拠点

本社：米国カリフォルニア州マウンテンビュー

各国拠点

- 北米　　カナダ (8カ所)、アメリカ合衆国(34カ所)
- 南米　　チリ (1カ所)

欧州

- アルメニア (1カ所)、ベルギー(1カ所)、デンマーク(1カ所)、フィンランド(3カ所)、フランス(7カ所)、ドイツ(6カ所)、アイルランド(1カ所)、イスラエル(1カ所)、イタリア(1カ所)、オランダ (2カ所)、ポーランド(1カ所)、ポルトガル(2カ所)、ルーマニア(1カ所)、ロシア(2カ所)、スウェーデン(1カ所)、スイス(1カ所)、英国(8カ所)

アジア

- 中国(6か所)、インド(10カ所)、マレーシア(1カ所)、シンガポール(1カ所)、韓国(1カ所)、スリランカ(1カ所)、台湾(3 カ所)、ベトナム (3カ所)

日本(2 カ所)

- 東京、大阪

Information Classification: General

3.4.1. Cadence業績分析

- 設立：1988年
- 本社：アメリカ合衆国カリフォルニア州サンノゼ
- インターナショナル本社：アイルランド　ダブリン
- 従業員：全世界約8,670（2020第二四半期）21ヵ国に展開

- EDAツールのベンダーとしては、1988年にSDAシステムズ社とECAD社が合併して誕生した。
  現在は「Intelligent System Design」戦略のもと、以下3分野にて事業を展開している。
  - Design Excellence (EDA+IPコア)
  - System Innovation (IC/パッケージ/PCBの電磁波/熱特性の分析、PCB設計、埋込ソフト開発)
  - Pervasive Intelligence (AI IP提供、AI/機械学習を使ったEDAツールの提供)
- EDAツールにおいては世界No2.のベンダー。特にシミュレーションツールに強みがある。
- IPコアにおいては、ARM・Synopsysに次ぐNo.3のポジションを得ている。
  - IPコアは統一ブランドはないが、検証IP・インターフェイス・システム・プロセッサ等を提供している。

Information Classification: General

3.4.2. Cadence業績分析

全体的分析

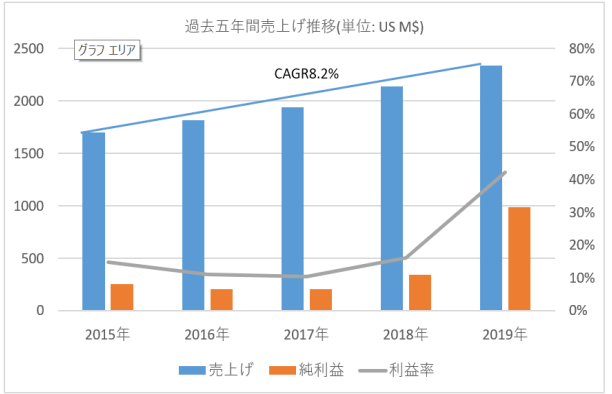
- 過去5年間で売上は8.2% CAGRで拡大し、$1.7Bから$2.3Bとなり1.35倍に拡大。
- 利益率は10%～15%の間。2019年は利益率が40%超であるが、これはアイルランドで資産の一部を現地子会社に売却した為。
- 売上の90%弱はソフトウェアやIPコアのライセンス、及びハードウェア機器のリースから来る。ハードウェアやIPコアの売切りビジネスもあるが、10%強にとどまる。

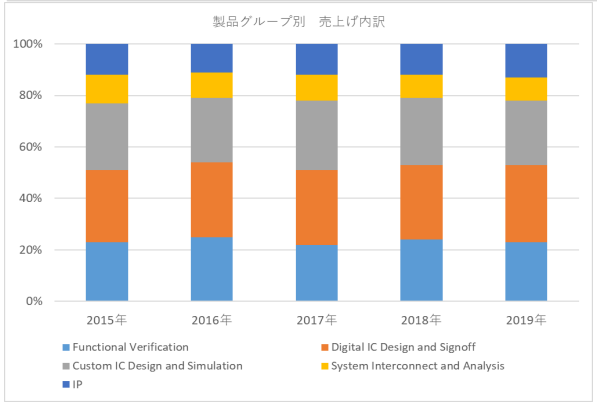
製品別分析

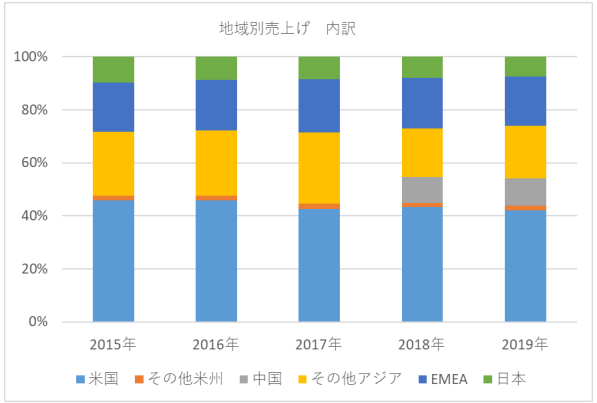
- Cadenceは売上を、機能検証、設計&サインオフ(IC)、設計&シミュレーション(パッケージ/PCB)、評価分析 (パッケージ/PCB)といった課題・名目単位で分類している。
- いずれの製品も伸びているが、特に設計&サインオフとIPでは成長率が10%を越えている

地域別売上分析

- 米国売上が全体の46%から42%に縮小している。
- アジアの中国の売上が個別になったのは2018年からであるが、2018年で9.8%、2019年で10.3%と拡大している。
- 中国+アジアで見ても、2015年は24.3%であったが、2019年には29.9%になっており、比重が拡大している。
- 日本は2015年の9.6%から2019年には7.6%と縮小している。







出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

Information Classification: General

3.4.3.拠点

- Cadence社は21か国に拠点を持っているが、拠点単位での所在地を公開していない。
- 公開レベルは、地域本社までとなっている。
  - 本社：米国カリフォルニア州サンノゼ
  - インターナショナル本社：アイルランド　ダブリン
  - 地域本社
    - EMEA：英国ロンドン郊外
    - インド：ニューデリー郊外
    - Asia/Pacific：上海
    - 日本：神奈川県横浜市

Information Classification: General

4. ビジネススキーム

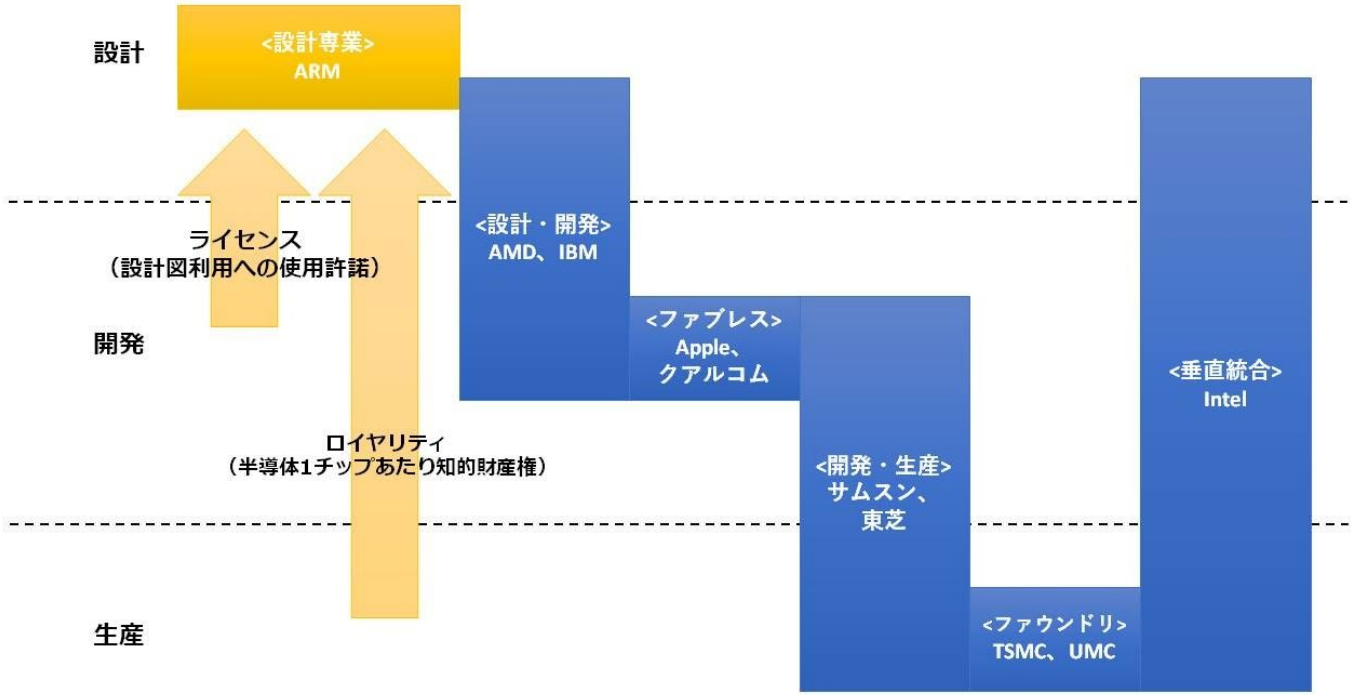
- IPコアのトップ 3 について、ARM社を中心に、そのビジネススキームを報告する
・契約形態
・製品ポートフォリオ

Information Classification: General

4.1 ARM社ビジネススキーム – サマリー

- ARMの立場はファブレス企業とも異なり、半導体製造企業に対して設計図のみを提供する知的財産ビジネスを行っている。
- ARMのビジネススキームはライセンス（使用許諾）とロイヤリティ（知的財産権）が主要。（右図を参照）
  - ARMから半導体製造会社へ、その設計図の利用を許可する段階で、契約料としてライセンスを徴収。
  - さらに、半導体が工場で生産・出荷されるたびに、ロイヤリティがARMへもたらされる。

  （参考：2014年頃、ARMv8/Cortex-Aの単価は6セント程度　全体平均は4.5セント）
- 知的財産をもとにしたARMは資本効率が非常に高い業態。粗利益は約95%、営業利益率でも42%程と、極めて高い指標を示している。2～3年の研究開発期間の後、ARMが作成した設計図に基づいた半導体は、様々な用途に応用されるため、その知的財産権は25年以上有効である。その間、ARMは継続的にロイヤリティ収入を得られる。



出典：インフォーマ

Information Classification: General

4.1.1. ARM社　契約形態から見るIPコアビジネスの分析(1)

ARM社はIPコアの専業ベンダーであり、IPコアの提供方法にも多彩なメニューを揃えている。
IPコアの提供形態を以下側面から分析する

1. 課金名目：ARM社の課金は以下の2項目から構成される
   a. ライセンス料金：設計情報を利用するIPコアの本数に応じた支払い
      利用するIPコアが多ければ、ライセンス料金は増える
      一定期間が経つと (例えば1年)、契約更新が必要
      (ライセンス契約タイプによっては、”アクセス料金”とも呼ぶ)
   b. ロイヤリティ：　IPコアを実装したSoCの出荷数量に応じた支払い
      2014年頃、ARMv8/Cortex-Aの単価は6セント程度　全体平均は4.5セント
2. 納品形態
   a. CPU命令セット：　アーキテクチャライセンス (CPUの命令セットの提供)
      利用者は、Ax(Apple)、Kirin (HiSilicon)、Tegra (NVIDIA)、Snapdragon (Qualcomm)、Exynos (Samsung)等
   b. RTL：　Cortex Processor等の設計情報
      フィジカルIPやセキュリティIPの選択・接続は自社で行う事になる
      ARM社にとっては納品形態の基本形
   c. POP (Process Optimization Pack):
      – フィジカルIP、リファレンス・フロー、各種ベンチマーク・データなどのパッケージ。ファウンドリ・プロセスは指定済み
      – PPA (性能、消費電力、面積)の最適化を行ったRTL設計情報。Mask Data作成は自社で行うことが必要
      – スタートアップや中小企業や、短納期開発を望む企業向けの納品形態

Information Classification: General

4.1.1. ARM社　契約形態から見るIPコアビジネスの分析(2)

3. プログラム：RTL/POPをライセンス&ロイヤリティで提供するプログラムで提供することに加えて、顧客の要望・事情に合わせて、以下のようなプログラムを提供している。

a.	Cortex-X Custom：	未発表の新製品について顧客の求める性能を引き出すためのカスタマイズ開発を実施 2020年から提供開始されたライセンスプログラム 最初の顧客はSamsungで、スマートフォン向けSoC「Exynos」(2019年末開発中止)の代替
b.	Built on ARM Cortex Technology：	Cortex-Aシリーズの性能を顧客の要求に合わせてカスタマイズするプログラム 2016年から提供開始
c.	DesignStart：	ライセンス無償でCortex-M0を提供 設計・試作向けにFPGA最適化IPコアを提供。商業化SoCの開発への利用を想定 スタートアップ・中小企業を対象に2010年から開始
d.	ARM Flexible Access	Processor IPコア(A/R/MシリーズやMali GPU)、Corstoneリファレンスデザインの利用が可能 アクセス料金支払いは契約時だが、ライセンス料支払いは生産段階/テープアウト時 スタートアップ・中小企業を対象に2019年6月発表
e.	その他	以下のような範囲を狭めたサービスも提供し、顧客の要望に応えている。 - 利用可能なIPコアを限定してのライセンス契約 - 期間を限定してのライセンス契約

Information Classification: General

4.2 Synopsys社ビジネススキーム – サマリー

SynopsysのIPビジネススキーム

- IPコアビジネスは、EDAツールとの組合せになっている。EDAツール提供と同時に特定IPコアの設計情報を使う権利の提供し、その対価がライセンス料金となる
- ロイヤリティは基本的には、出荷数量に基づくロイヤリティ支払いは無い。但し、IPコアの品種によっては、例外的にロイヤリティ徴収がある

Synopsysのビジネスモデル

- 売上の基盤を、EDAツールならばリース、ソフトウェアならば保守費、IPコアならばIP Access Agreement (IPAA)に基づく課金に置いている。
- IPコアの売切り、EDAツールの売切り、といったビジネスへの依存は10%強にとどまっている
- 過去三年間の実績を見ても、Time-based ProductとMaintenance&Serviceの売上の比率が、2019年は82%、2018年は89%、2017年は88%となっている。

Information Classification: General

4.2.1.Synopsys社 契約形態から見るIPコアビジネスの分析IPコアビジネス分析

- ライセンス費用の支払いについて
  - Synopsys社のIPコアビジネスはEDAツールとの組合せになっている。
  - Synopsys社にとってのIPコアビジネスとは、EDAツール提供と同時に特定IPコアの設計情報を使う権利の提供し、その対価がライセンス料金となる
- ロイヤリティの特徴
  - 基本的には、出荷数量に基づくロイヤリティ支払いは無しのよう。
  - 但し、IPコアの品種によっては、例外的にロイヤリティ徴収がある

- Synopsys社のビジネスモデル
  - 売上の基盤を、EDAツールならばリース、ソフトウェアならば保守費、IPコアならばIPAAに基づく課金に置いている
  - IPコアの売切り、EDAツールの売切り、といったビジネスへの依存は10%強にとどまっている
- 過去三年間の実績を見ても、Time-based ProductとMaintenance&Serviceの売上の比率が、2019年は82%、2018年は89%、2017年は88%となっている。

Information Classification: General

4.3 Cadence社ビジネススキーム – サマリー

CadenceのIPビジネススキーム

- IPビジネスのライセンスの提供としては二種類を用意
  - 特定IPコアの設計情報を使う権利の提供
  - IP Access Agreement (IPAA)という契約形態。顧客は、一定額を定期的に支払うことで、リストから必要なIPコアの設計情報を入手する権利の提供
- ロイヤリティ
  - 出荷数量に基づくロイヤリティ徴収の有無・金額は、ライセンス契約の形による
  - 基本形は、ロイヤリティ無

Cadenceのビジネスモデル

- Reccuring Businessによる売上が85%～90%を占める。
- 売上の基盤をEDAツールならばリース、ソフトウェアならば保守費、IPコアコアならばIPAAに基づく課金に置いている
- IPコアの売切り、EDAツールの売切り、といったビジネスへの依存は10%強にとどまっている

Information Classification: General

4.3.1.Cadence社 IPコアビジネス分析

- アップフロント (契約金) の特徴
  - Cadence社のIPコアビジネスには、アップフロントは存在しない。
- ライセンスの特徴
  - 顧客へのライセンスの提供としては二種類を用意
    - 特定IPコアの設計情報を使う権利の提供
    - IP Access Agreement (IPAA)という契約形態。顧客は一定額を定期的に支払うことで、リストから必要なIPコアの設計情報を入手する権利の提供
- ロイヤリティの特徴
  - 出荷数量に基づくロイヤリティ徴収の有無・金額は、ライセンス契約の形による
  - 基本形はロイヤリティ支払いは無し

- Cadence社はReccuring Businessによる売上が85%～90%を占める
- 売上の基盤を、EDAツールならばリース、ソフトウェアならば保守費、IPコアコアならばIPAAに基づく課金に置いている
- IPコアの売切り、EDAツールの売切り、といったビジネスへの依存は10%強にとどまっている

Information Classification: General

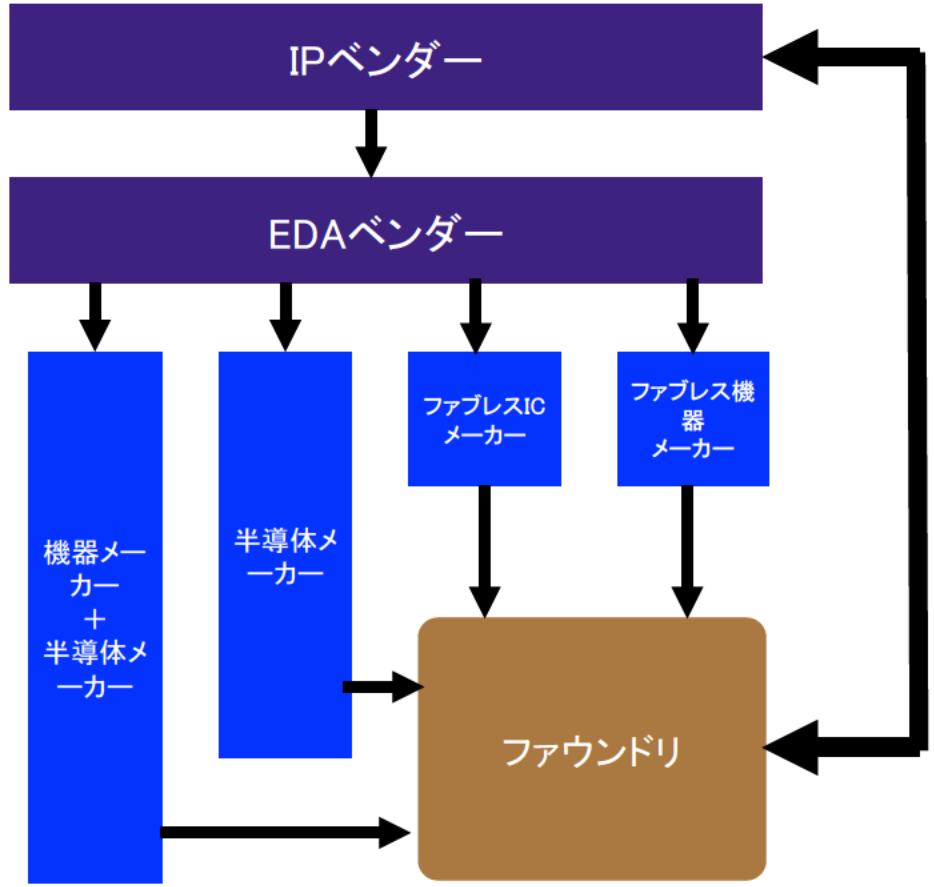
5. サプライチェーン

- IPコアのトップ 3 について、コアベンダー～半導体設計会社～ファウンドリの関係を調査

Information Classification: General

5.1 ARM社サプライチェーン – サマリー

- IPを決めるのは機器メーカーの新製品仕様に依存する。
  - 機器メーカーの新製品仕様により、部品の既製品を使用するかカスタム製品を使用するか決定。
  - カスタム製品を開発する場合は新製品の市場投入時期により、独自に開発するか、開発期間の短縮等の諸条件により外部のIP導入等を検討
- IPが決定されるとIPベンダーを選択
  - IPの使用実績、導入のしやすさ、予算等の諸条件でベンダーを決定
  - この段階でカスタム製品の開発ツール、IC製造工場等の選定も諸条件に入っており、サプライチェーンは出来上がっている。
- IPベンダーとファウンドリ、EDAベンダーとファウンドリはICチップ製造のプロセスのパラメータがIPに必要なので打ち合わせを行っている。
- 近年はIPベンダーとファウンドリはファウンドリが新しいプロセスの開発段階からIPベンダーが参加しているケースがある。



出典：インフォーマ

Information Classification: General

5.1.1.ARM社のサプライチェーン - エコシステム構築(1) 業界向け協力プログラム

- **ARM Foundry Program (ファウンドリ各社との協力関係)**
  - ARM社とファウンドリー各社の間の協力関係を示すプログラムで、現在は18社がメンバー
  - ARM社はArtisan Physical IPやPOP IPをメンバー各社のファブとプロセスルール(250nmから5nmまで)に個別にカスタマイズしたIPコアを用意し、ファウンドリ各社もArtisan Physical IPやPOP IPをベースにしたSoCの製造ができるようにファブを調整する。
  - これにより半導体設計会社は、初めからファウンドリのファブとプロセスルールに最適化された形でSoCを容易に設計できる。
    - 2001年12月、TSMCはARM946E/1022Eに関しての製造ライセンス取得(プログラム拡大)とARM社からのデザインキット取得を発表
    - 2016年8月、IntelがArtisanをIntelのファブに対応させ、ARMチップの製造事業を開始
- **Approved Design Partners (SoC設計会社との協力関係)**
  - ARM認定とは顧客により的確なサポートが提供できるように、ARMのエコシステムパートナーを認定するプログラム。
  - 認定パートナーはすべて堅固な監査プロセスを合格(技術力・設計手順・品質基準・財務的な安定性)
  - スタートアップやOEMのアイデアの商用化を進めているが設計能力が不十分な企業は、これらの企業に設計を委託することで、事業化を推進することができる。
  - 2020年10月現在、22社がApproved Design Partner。日本からはNWS社がメンバーになっている。
- **Design Start (中小企業へのIPコアその他を提供)**
  - Cortex-M0/M3/A5、及び多くのファウンドリノードに対応するロジックIP、スタンダードセル、組込みメモリコンパイラ、インタフェースIP、POP IPをライセンス料金なしで提供。
  - 2010年に開始
- **ARM Flexible Access (スタートアップ企業へのIPコア・開発環境・サポート提供)**
  - IPコア(Cortex・セキュリティIP・Mali GPU・システムIP)と各種ツール・モデル(SoC設計・ソフトウェア開発)を少額利用料で提供
  - 2019年７月発表で2020年８月には60社以上が契約

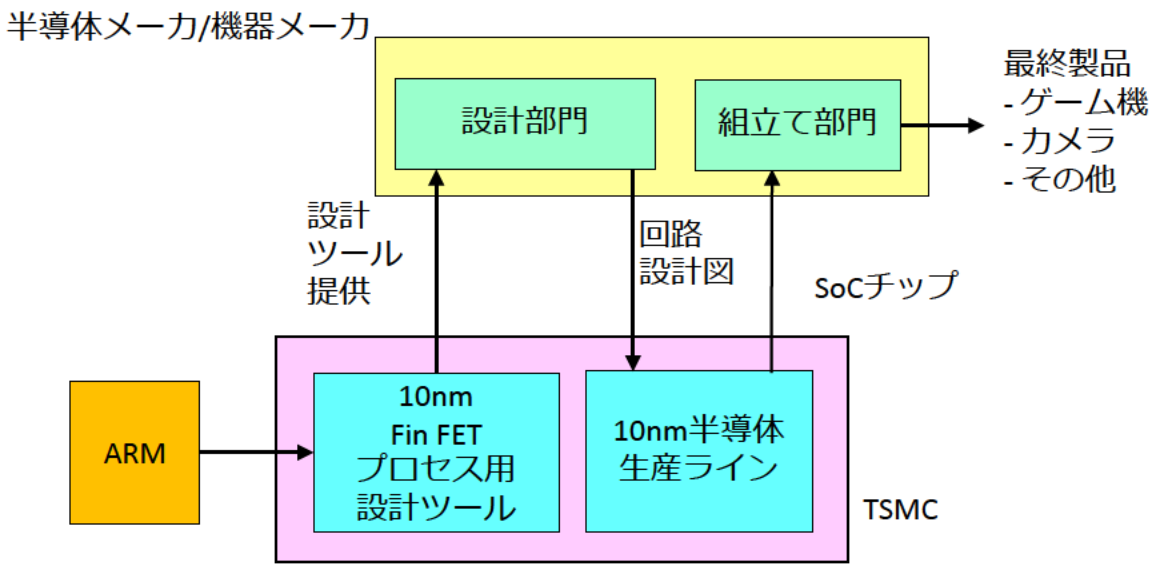
Information Classification: General

5.1.1.ARM社のサプライチェーン - エコシステム構築(2) 個別提携

ファウンドリとの提携

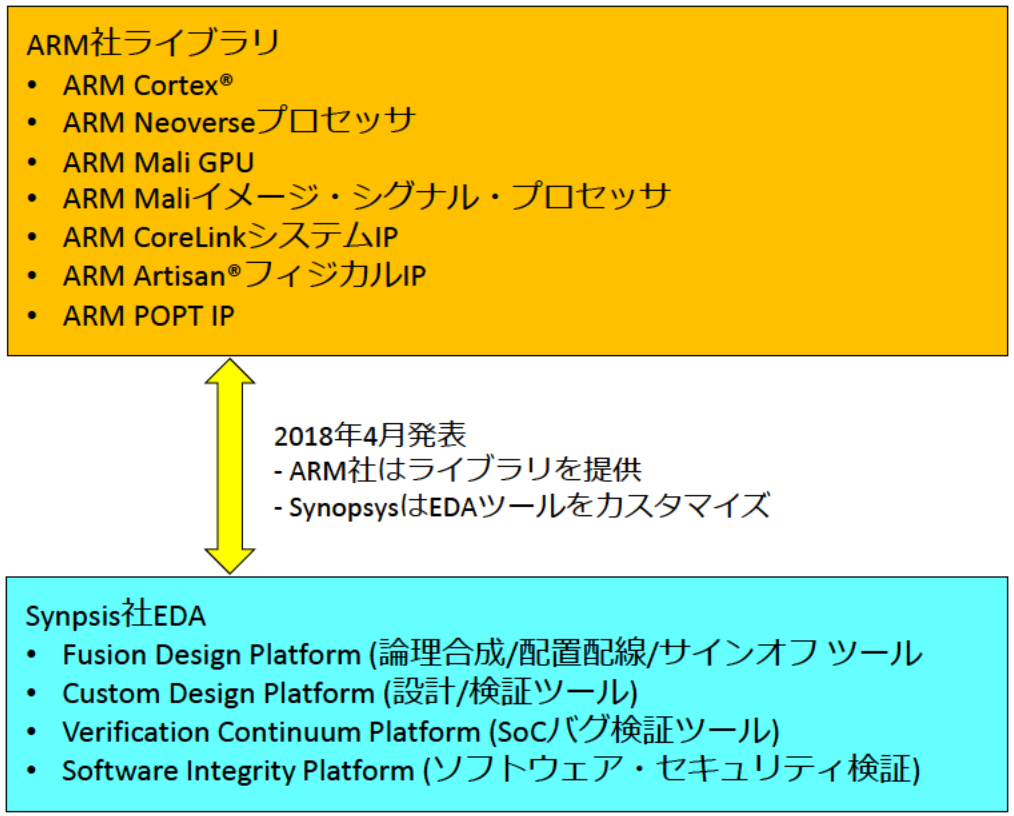
TSMCが設計ツールを開発できるように情報を提供

- 16nm Fin FETプロセス対応設計ツール
  - 対象IPはARM Cortex-A57対応 (A-57製品投入は2013年末)
  - テープアウトは2013年4月
- 10nm Fin FETプロセス対応設計ツール
  - 対象IPはARMv8-Aプロセッサ
  - テープアウトは2015年第四四半期を予定 (2014年10月現在)
- 7nm Fin FETプロセス対応設計ツール (2016年3月発表)
  - 対象IPは非公表(想定機器はデータセンター/ネットワーク)



EDAツールベンダとの提携

- 半導体メーカ設計者が、ARM社のIPコアを容易に利用できるよう、EDAベンダーにIPコア情報を提供
- EDAベンダーは、ARM社IPコアへのアクセスのため、自社EDAツールをカスタマイズ

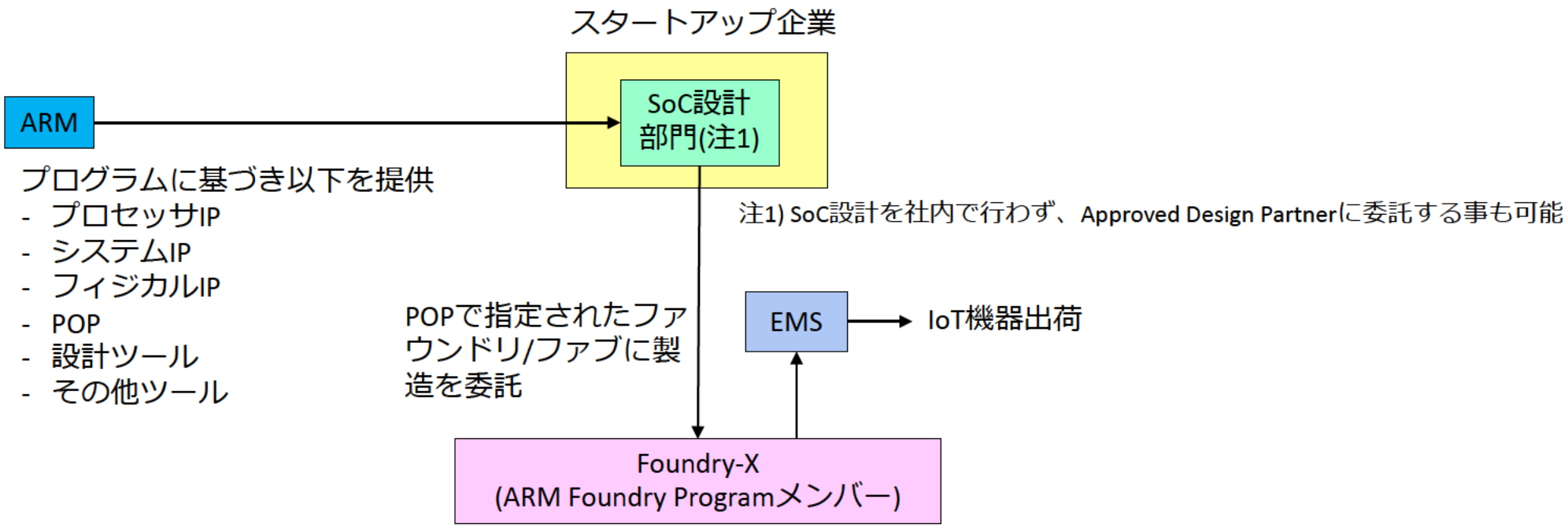


Information Classification: General

5.1.2. ARM社をめぐるサプライチェーン(1) – 小規模SoCの開発の場合

比較的単純でARM社のIPコアだけで構築できるSoCを設計・製造する。
- スタートアップ企業がIoT機器向けSoCをCorstone-201をベースにDesign Start/Flexible Accessプログラムを使ってSoCを開発・製造

このような場合、ARM社をめぐるサプライチェーンは以下のようになる

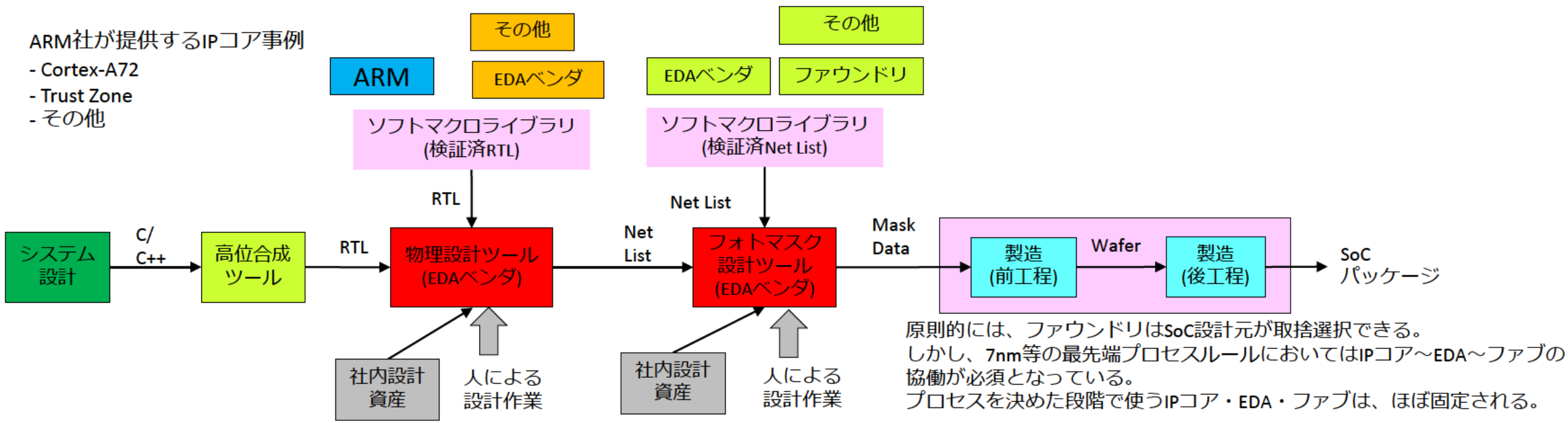


Information Classification: General

5.1.2. ARM社をめぐるサプライチェーン(2) – 多機能・複雑なSoCの開発の場合

多機能・複雑でARM社のIPコアだけでは構築できないSoCを設計・製造する。
- 社内に設計部門を持つ企業が多機能・複雑なSoCを社内設計資産、及び複数企業から受けたIPコアを組合わせて社内設計部門がSoCを開発・製造

このような場合、ARM社をめぐるサプライチェーンは下図のようになり、
その位置づけは、EDAツールにIPコアライブラリを提供するIPコアベンダーとなる

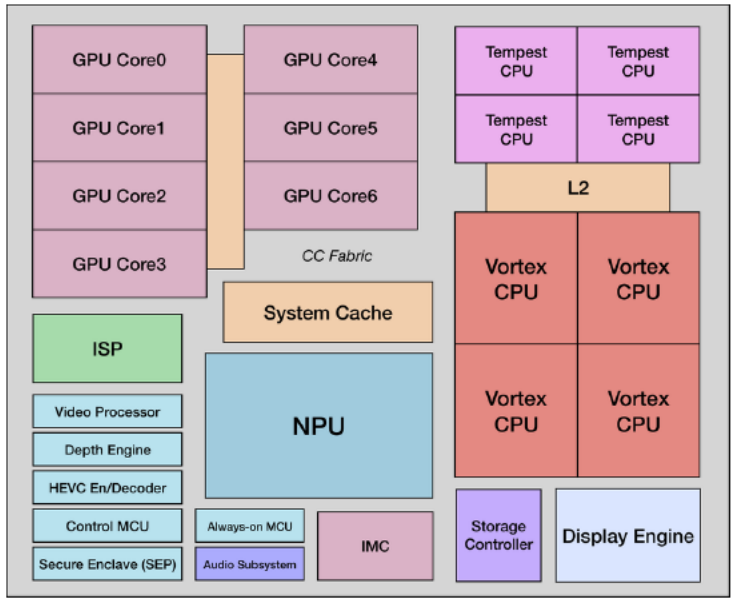


Information Classification: General

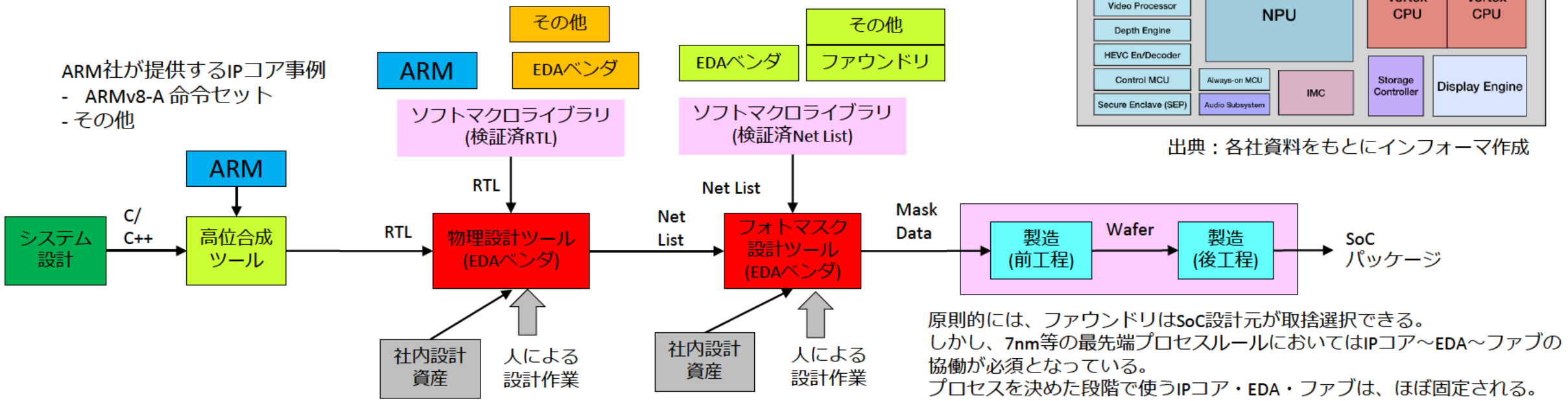
5.1.2. ARM社をめぐるサプライチェーン(3) – 高機能SoCの開発の場合

ARM社のアーキテクチャライセンスも利用して高機能のSoC(右図参照)を設計・製造する。
- 社内に設計部門を持つ企業がARM社のIPコアを自社の目的に最適化させつつ社内設計資産、及び複数企業から受けたIPコアを組合わせて社内設計部門がSoCを開発・製造

このような場合、ARM社をめぐるサプライチェーンは下図のようになり、
その位置づけは、EDAツールにIPコアライブラリを提供するIPコアベンダーとなる



出典：各社資料をもとにインフォーマ作成

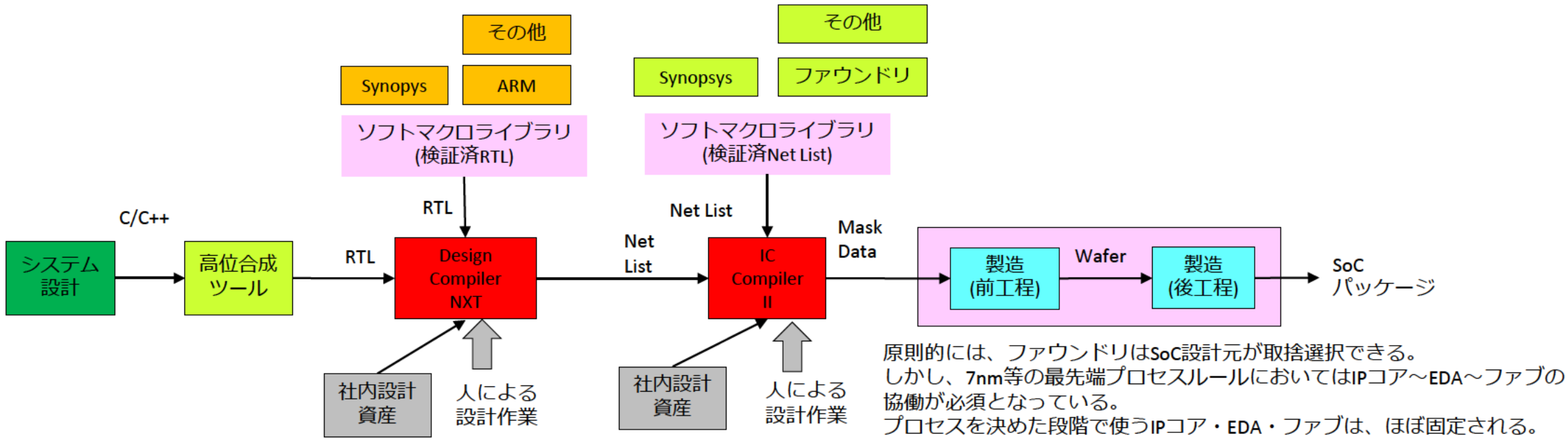


原則的には、ファウンドリはSoC設計元が取捨選択できる。
しかし、7nm等の最先端プロセスルールにおいてはIPコア～EDA～ファブの協働が必須となっている。
プロセスを決めた段階で使うIPコア・EDA・ファブは、ほぼ固定される。

Information Classification: General

5.1.3.Synopsys社 EDAツールと組合せてのIPコア提供

- Synopsys社のIPコアビジネスは、RTL形式のIPコアをEDAツールに添付する形であり、サプライチェーンとしては以下のようになる

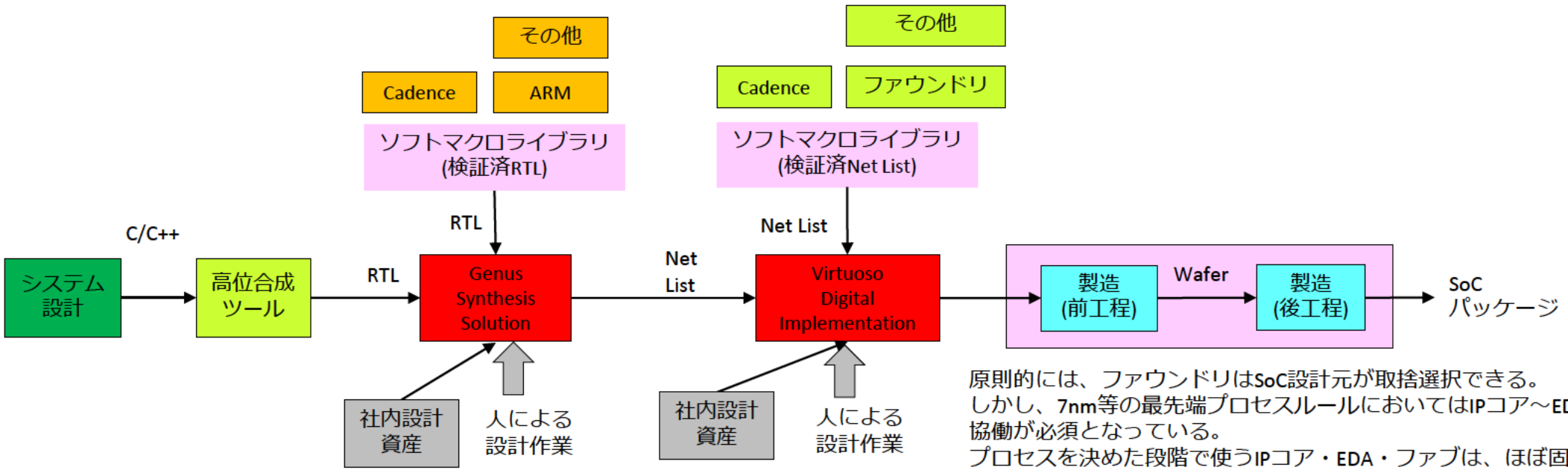


原則的には、ファウンドリはSoC設計元が取捨選択できる。
しかし、7nm等の最先端プロセスルールにおいてはIPコア～EDA～ファブの協働が必須となっている。
プロセスを決めた段階で使うIPコア・EDA・ファブは、ほぼ固定される。

Information Classification: General

5.1.4.Cadence社 EDAツールと組合せてのIPコア提供

- Cadece社のIPコアビジネスは、RTL形式のIPコアをEDAツールに添付する形であり、サプライチェーンとしては以下のようになる



原則的には、ファウンドリはSoC設計元が取捨選択できる。
しかし、7nm等の最先端プロセスルールにおいてはIPコア～EDA～ファブの協働が必須となっている。
プロセスを決めた段階で使うIPコア・EDA・ファブは、ほぼ固定される。

Information Classification: General

6. IPコア技術動向の予測

本セクションではProcessor IPコアの技術の今後を、ARMとIntelに焦点を当て調査を実施

- 歴史
- ARM vs Intel – 現在の競合状況
- 今後の動き

Information Classification: General

6.市場進化に対するIntel社・ARM社の動き

～1990年 | 1991年～2000年 | 2001年～2010年 | 2011年～2020年

クラウド/サーバ/HPC

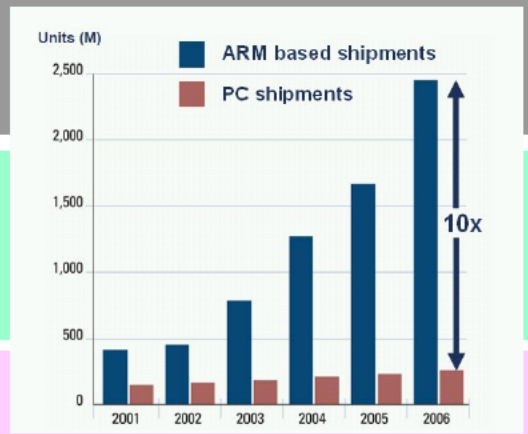
▼1999年:SalesforceがSaaS/PaaSを開始
▼2006年:AWSがIaaS/PaaS開始
2016年:富岳のARM採用を発表▼

PC

▼1981年:IBMがIBM PC発売(Intel8088)
▼1982年:CompaqがIBM PC互換機発売
▼1986年:CompaqがPC/AT互換機で80386採用 (主導権がIBMから互換機メーカへ移行)
▼1989年:MSがOffice Suiteを発売
▼1995年:MicrosoftがWindows95リリース (WINTEL時代の始まり)
▼2005年:MSがWindows XP Professional x64 Editionリリース
▼2012年:MSがSurface RT発売(ARMv7)
2019年:MSがSurface Pro X発売(ARMv8)▼
2020年:AppleがMacBook (ARMv8)を発売▼

携帯電話・スマートフォン・ゲーム機

▼1990年台前半:日米欧で携帯電話が普及
1994年:Nokiaが携帯電話にARMv3を採用▼ (携帯電話市場でARMが覇権を握るきっかけ)
▼2001年: AppleがiPod、任天堂がゲームボーイアドバンス発売 (ARMv3)
▼2007年: AppleがiPhone発表(ARMv6)
▼2008年: Androidスマフォを各社が発売 (ARMv6)



IoT

▼2011年: 独政府がIndustrie4.0を発表
2014年:GEがPredixの外部提供開始▼
2014年:ARMがmbed OS発表▼
2015年:AWS/MSがIoTﾌﾟﾗｯﾄﾌｫｰﾑ発表▼

Intelの動き

▼1979年: 8088(16bit CPU)を発売
▼1985年: 80386(32bit CPU)を発売
▼2004年:サーバ用CPU, Xeon(64bit CPU)を発売
▼2008年:PC用CPU, Core iシリーズ(64bit CPU)を発売

ARMの動き

▼1990年:32bit版CPUコアを発表(ARMv3)
▼2005年:CPUコアをA/R/Mに分岐
▼2011年:64bit版CPUコアを発表(ARMv8)
2018年:PC/サーバ/HPC用CPUコアを発表▼

Information Classification: General

6.1 IP技術動向の予測　ARM & Intel

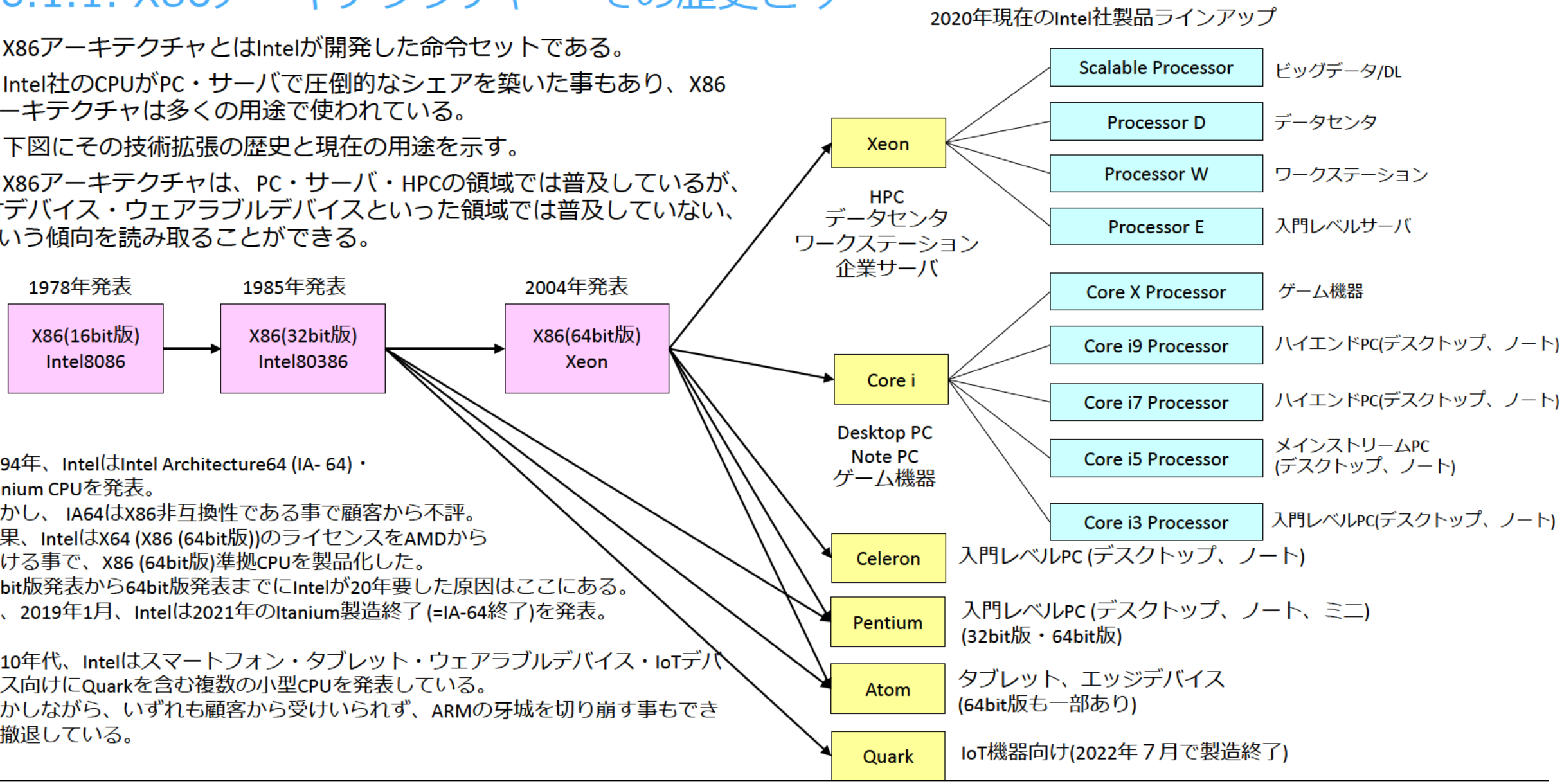
- ARM
  - ARMのRISCチップ設計を世界標準にした。
  - ARMはCPU IPの他にマルチメディアIP、フィジカルIP、システムIP、セキュリティIP、サブシステムIP等設計、販売している。
  - サーバ市場/データセンタ市場向けにNeoverseを発表（2018年）サーバ市場参入。
  - NPU（Neural Processing Unit）コア「Ethosファミリー」の新製品として「ARM Ethos-U65」を発表した（2020年）。ニューラルネットワーク市場開拓
  - 7-nm以降の半導体プロセスノードに向けての設計を目指すnanoelectroicsリサーチ機関、IMEC(ベルギー)のINSITE collaborativeリサーチプログラムへの参加を発表している（2016年）
  - ARMはIntelの牙城の大型機器の領域に参入しようとしている。

- Intel
  - IntelのIP技術はFPGA大手のアルテラを買収した事で得られた。（2016年）
  - 基本的にはアルテラのFPGA製品群を「インテル® FPGA およびプログラマブル・デバイス」と称して販売している。
  - この製品には既にARMのRISCコアが実装されている製品とFPGAのみの製品がある。
  - FPGA販売のために各種のIPが用意されており、ライセンスしている。
  - Xeonスケーラブルプロセッサ「Xeon Gold 6138P」を、FPGA（Field Programmable Gate Array） Arria 10に実装し、ベンダーに提供開始（2018年）
  - 視覚処理用プログラマブルチップの設計を手がけるOmnitekを買収した（2019年）
  - IntelはIP技術に関して方向性が現段階では明確に示していない。

Information Classification: General

6.1.1. X86アーキテクチャ – その歴史と今

- X86アーキテクチャとはIntelが開発した命令セットである。
- Intel社のCPUがPC・サーバで圧倒的なシェアを築いた事もあり、X86アーキテクチャは多くの用途で使われている。
- 下図にその技術拡張の歴史と現在の用途を示す。
- X86アーキテクチャは、PC・サーバ・HPCの領域では普及しているが、IoTデバイス・ウェアラブルデバイスといった領域では普及していない、という傾向を読み取ることができる。



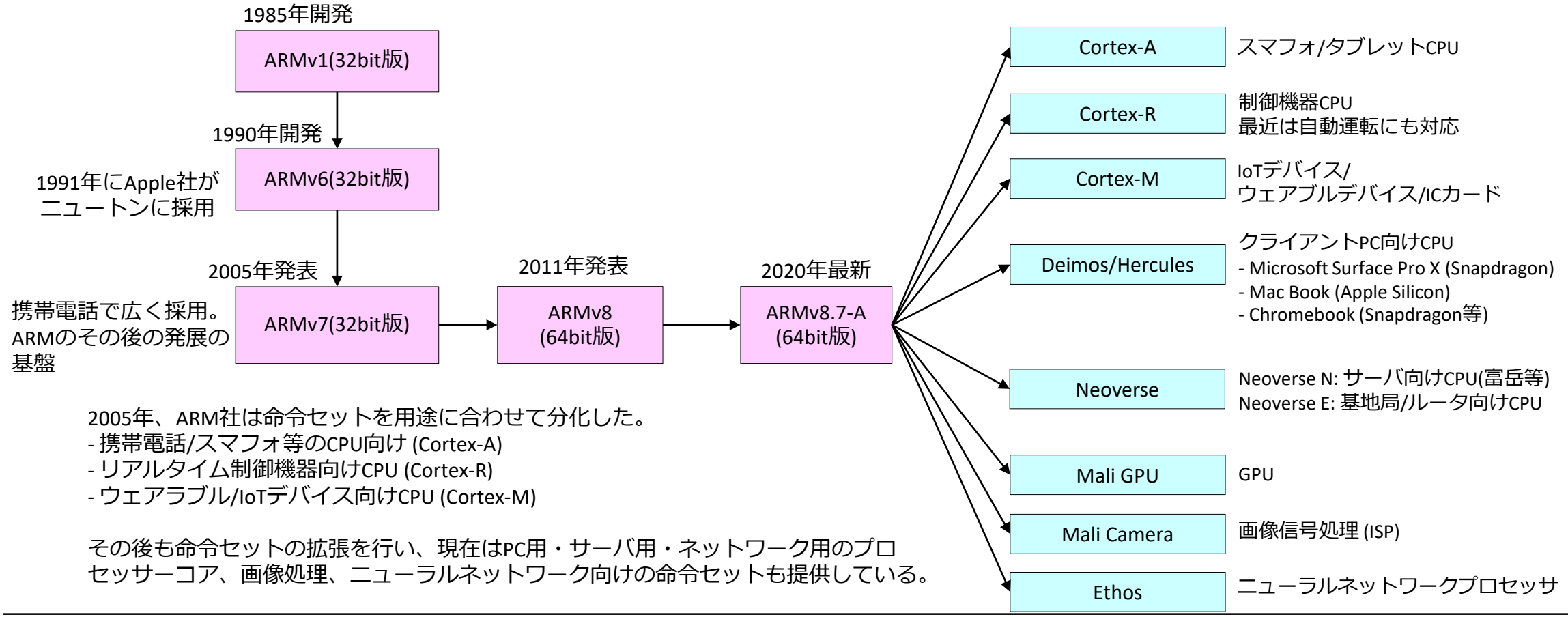
1994年、IntelはIntel Architecture64 (IA- 64)・Itanium CPUを発表。
しかし、 IA64はX86非互換性である事で顧客から不評。
結果、IntelはX64 (X86 (64bit版))のライセンスをAMDから受ける事で、X86 (64bit版)準拠CPUを製品化した。
32bit版発表から64bit版発表までにIntelが20年要した原因はここにある。
尚、2019年1月、Intelは2021年のItanium製造終了 (=IA-64終了)を発表。

2010年代、Intelはスマートフォン・タブレット・ウェアラブルデバイス・IoTデバイス向けにQuarkを含む複数の小型CPUを発表している。
しかしながら、いずれも顧客から受けいられず、ARMの牙城を切り崩す事もできず撤退している。

Information Classification: General

6.1.2. ARMアーキテクチャ　– その歴史と今

- ARMv1～ARMv8はCPU命令セットのバージョンである。その意味でIntelのX86に対応する機能となる。
- ARMのCPUはRISCから始まった事もあり、プログラム規模が小さく消費電力が少ないという特徴があった。
- この特徴により携帯電話・ゲーム機器で小型機器のCPUで使われるようになったが、現在はPC/サーバ等の大型機器でも使われている



2005年、ARM社は命令セットを用途に合わせて分化した。
- 携帯電話/スマフォ等のCPU向け (Cortex-A)
- リアルタイム制御機器向けCPU (Cortex-R)
- ウェアラブル/IoTデバイス向けCPU (Cortex-M)

その後も命令セットの拡張を行い、現在はPC用・サーバ用・ネットワーク用のプロセッサーコア、画像処理、ニューラルネットワーク向けの命令セットも提供している。

Information Classification: General

6.2. ARM社 vs Intel 競合状況

- 両社製品ポートフォリオをベースに代表的なアプリケーションにおける両者の競合状況を示す。緑は圧倒的なポジションを示す。
- 2010年以降、Intelが小型機器の領域、すなわちARMの領域に参入しようとしてきたが失敗。
- 近年、攻守が交代しARMが大型機器の領域、すなわちIntelの領域に参入しようとしている。
- この攻防戦の結果がどうなるのかは、NVIDIAがARMをどう扱うかにもよる。決着の時期も含めて、現時点では判断できない。
- 因みに、現在のIntelはデータセンターのニューラルネットワーク化への対応に焦点を当てている。

		Intel製品	ARM製品	備考
1	HPC	Xeon Scalable Processor	Neoverse (2018年発表)	ARMがIntelに挑戦中
2	データセンタ	Xeon Dファミリー	Neoverse (2018年発表)	ARMがIntelに挑戦中
3	サーバ	Xeon Eプロセッサ	Neoverse (2018年発表)	ARMがIntelに挑戦中
4	ワークステーション	Xeon Wプロセッサ	Neoverse (2018年発表)	ARMがIntelに挑戦中
5	クリエイター向けPC	Core Xシリーズ(2019年)	×	CPUはIntel製でも、GPUはNVIDIA
6	PC	Core iプロセッサ、Celeronプロセッサ	Deimos/Hercules (2018年発表)	ARMがIntelに挑戦中
7	タブレット	Atom(第二世代)(2010年発表)	Cortex-Aシリーズ	AtomはWindows Tabletで使用
8	スマートフォン	Atom(第二世代)	Cortex-Aシリーズ	Atomは使用されず。
9	シングルボードPC	Galileo(Arduino) (2013年) Edison (2014年1月発表)	Cortex-Aシリーズ (Raspberry Pi)	Galileo・Edison共に2017年6月に製造終了を発表
10	組込機器	Joule (2016年発表)	Cortex-Rシリーズ	Jouleは2017年6月に製造終了を発表
11	IoTデバイス	Quark(2013年発表)、Curie(2015年発表)	Cortex-Mシリーズ	Curieは2017年7月に、Quarkは2019年1月に製造終了を発表
12	ウェアラブルデバイス	Quark(2013年発表)、Curie(2015年発表)	Cortex-Mシリーズ	同上
13	GPU	Xe HPC, Xe HP, Xe LP (2020年発表)	Mali GPU	NVIDIA/ADMが強い
14	画像処理	Movidius(2017年)	Mali Camera	
15	ニューラルネットワーク	Nervana(2019年11月発表) (GOYA/GAUDI 正式発表は未だ)	Ethos (2020年5月発表)	IntelはNervanaの開発中止を2020年2月に発表 IntelはGOYA/GAUDI開発元のHabana Labを2019年12月に発表

出典：各社資料をもとにインフォーマ作成

Information Classification: General

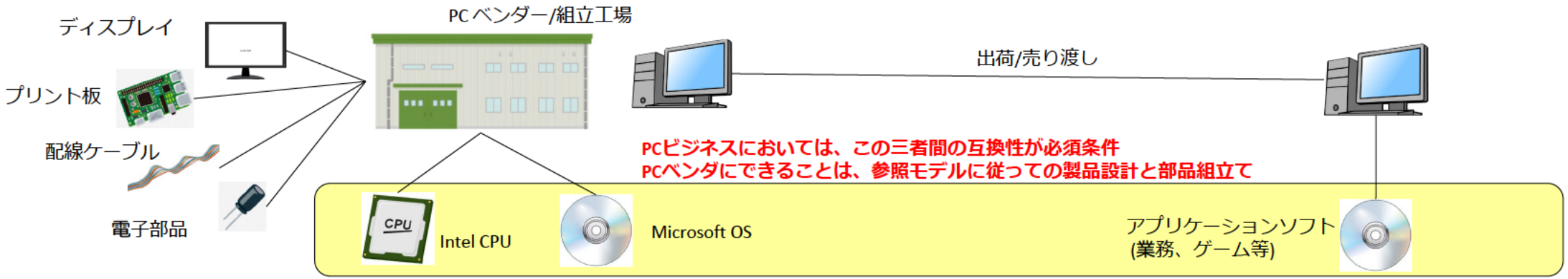
6.3. ARMとIntel – 共通点と相違点

IntelとARMの共通点

- キーデバイスを確保しつつ他のキーデバイスベンダと提携関係を築き、独占的なポジションを確保
- 最終ユーザにとっての選択肢・競争の場には入らない。誰が勝っても利益を上げられる立場に自分を置く。

IntelとARMの相違点

- Intelは自分が強い立場を取ることが困難な領域には参入しない。例えば既存設備が強い領域 (FA等)、4/8bitマイコンを使う家電には参入しなかった。
- ARMはこれから大型機器の領域に入る。小型機器の領域ではプロセッサコアだけでも強い立場を確保できたが、大型機器の領域では、プロセッサコアだけで強い立場を確保することは難しい。ARMはこれからは複雑な戦略が求められる。



出典：各社資料をもとにインフォーマ作成

© 2020 Omdia

Information Classification: General

6.4.1. X86の今後 – Intelの今後の計画

X86にはニューラルネットワークという新しい技術市場をどう取り込むか課題がある。Intelはこの課題に2つの方向で対応しようとしている。

1. X86そのものの拡張でニューラルネットワーク市場を開拓
   – 2019年発表の第10世代 (Cascade Lake)にて、VNNI (Vector Neural Network Instructions; ベクトル・ニューラル・ネットワーク命令)を実装し、ニューラルネットワーク対応を実現する。
   (DLブースト：Deep Learning Boostの略称。マーケティング用語という位置づけ)
2. AIプロセッサとの併用でニューラルネットワーク市場を開拓
   – 下図に示すように、oneAPI (製品名)を中間に置くことで、X86 CPU・GPU・AI Processorをユーザーが必要に応じて使い分けるようにし、処理すべき課題とプロセッサの組合せを最適化し、X86 CPUの強みを最大限に活用する。

Information Classification: General

6.4.2. ARMの今後

- ARM社もの今後について、ここではIntelとの比較という観点から、サーバ市場とニューラルネットワークを取り上げる。

1. サーバ市場参入
   - ARM社は サーバ市場/データセンタ市場向けにNeoverseを発表。
     - Neoverse E1: クラウドエッジ機器向けプロセッサIPコア(基地局等)
     - Neoverse N1/N2: ネットワークサーバ機器向けプロセッサIPコア(5G等)
     - Neoserve V1: データサーバ機器向けプロセッサIPコア(機械学習等)
   - 今後、ARM社は機能強化をしたIPコアを発表し、半導体メーカはそれらIPコアを元にエッジ・ネットワーク・データ機器向けSoCをリリースすることになる。
2. ニューラルネットワーク市場開拓
   - ARMはニューラルネットワークプロセッサの実装方法として以下３種を用意
     - Cortex-Mをベースとしつつ、必要な処理能力に応じてEthosやMaliを追加可能に
     - Ethos (NPU)に複数のバージョンを設定し、必要な処理能力に応じて選択可能に
     - ARM NNエンジンを上位に置くことで、CPU・GPU・NPU・パートナIPを必要に応じて使い分け
   - 半導体メーカはARMが用意した３種について、SoCをリリースすることになる。

Information Classification: General

7. IPコアビジネスの今後

本セクションでは、IPコアビジネスを以下二つの観点から報告する。

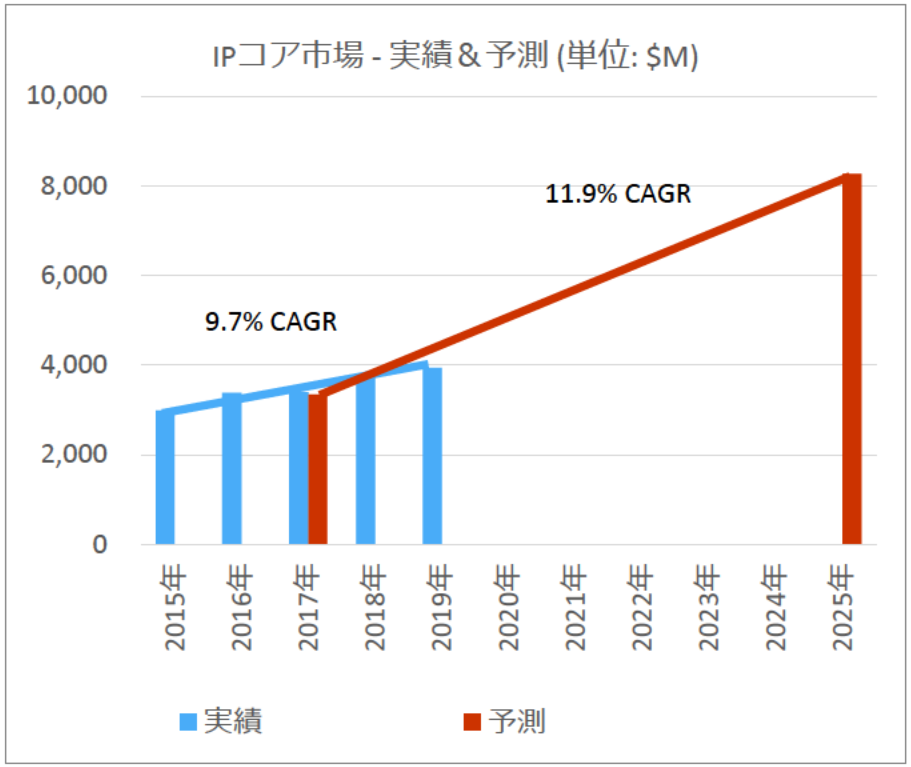
- 市場規模の推移・内訳の変化 (定量的予測)
- 動向の変化 (定性的予測)

Information Classification: General

7.2.1. 設計IPコア市場の今後 –市場拡大を牽引するIPコアはInterface

インフォーマ予測 (各社資料をベース)

- IPコア市場は2017年は$3350Mであったが、2025年には$8266Mに拡大
- 2017年～2025年の8年間のCAGRは11.9%
  - 2015年～2019年のCAGRは9.7%となっており、今後、成長は加速すると予測。
- 2017年、最大市場は米国であるが、今後は、大規模な製造ハブ・安価な労働力・熟練した専門家・低コストな原材料を原動力に、APAC (台湾、中国、韓国、ベトナム)が成長を牽引する
- IPコア市場は、今後以下を始めとする多くの要因に牽引されていく
  - IoT及び産業用IoTの出現により、多くの業界で半導体を使った電子デバイスの利用場面が急増
  - エレクトロニス、自動車、家庭用電化製品、通信機、ヘルスケア等、様々な分野でIPコアの利用を開始



出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

Information Classification: General

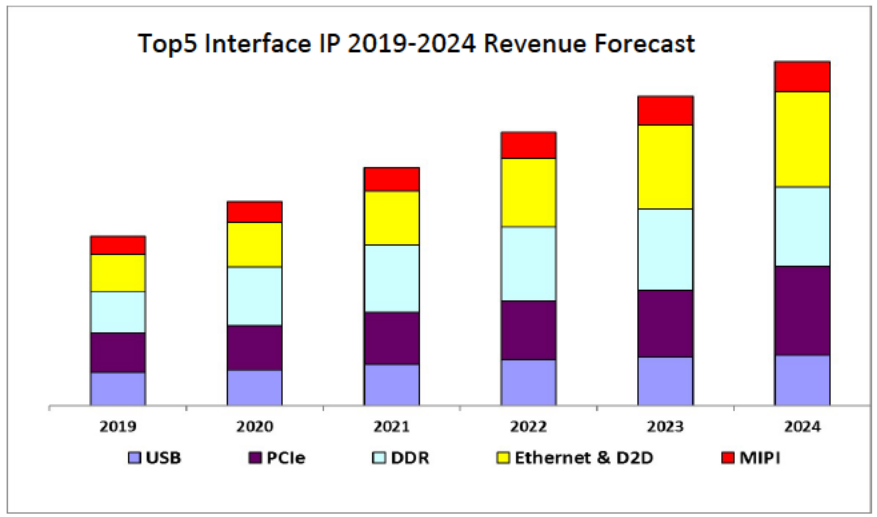
7.2.2. Interface IPコア市場の今後

インフォーマ予測

- Processor IPコア市場は成長のピークを過ぎており、今後の成長市場はInterface IPコア市場となる。
  - Interface IPコア市場は2025年には$1800M～$2000M程度になる (IPnest予想)

- Processor IPコア市場はピークを過ぎたとみなす理由
  - ここまでProcessor IPコア市場を牽引してきた製品はスマートフォンであった、既にピークを越えた。動きは現在も活発ではあるが。

- Interface IPコアがこれからの成長市場とみなす理由
  - これまでも、スマートフォンがLPDDR・USB・MIPIといったInterface IPコアの需要を喚起してきていた。
  - しかし、Data-Centric Application、画像データ処理の増大、有線/無線ネットワーク、AIの台頭により、大容量データの超高速データ転送への需要が、チップ間・ボード間といった機器内接続から、データセンター内、グローバルネットワークまでのあらゆる場所で生まれつつある。
  - HBM, GDDR６、PCI Express4(16Gb/s)、 SerDes(112GB/s PAM4)、USB4(40Gn/s)、Ethernet(400/800Gb/s)等の大容量高速伝送技術が標準化と共にIPコア化され、Interface IPコアへの需要となる。
  - MIPI技術は車載カメラ (ADAS・自動運転)にも展開されており、ここでもInterface IPコアの需要が喚起されている
    (MIPIアライアンスが車載向けA PHY SerDesをリリース 2020年9月15日)



出典：各社決算等資料をもとにインフォーマ作成

Information Classification: General

7.2.3. プロセッサーIPコア市場の今後

- プロセッサIPコアが利用される各SoCの市場規模の2019年実績と2029年予測を示す。
- スマートフォン向けアプリケーションプロセッサは引き続き最大市場ではあるが、それ以外の機器はこの10年間で二桁・三桁の成長を遂げると予想されている。
- 合計では$138B (13.8兆円)から$$232B(23.2兆円)と70%増になると予想されている。
- この市場規模・成長率に相当する割合で、SoCの出荷数量も増えると予想され、プロセッサIPコアの出荷数・金額も増えると予想される。
- 今後、市場拡大を牽引するIPコアはインターフェイスIPと言われているが、プロセッサIPコアも市場拡大が期待できる。

Information Classification: General

8. セキュリティ技術とIPコア

本セクションでは、セキュリティ技術動向として、下記機器におけるセキュリティ動向を
IPコアを考慮し報告する

- Apple社の製品
- 銀行キャッシュカード
- 電気メーター

Information Classification: General

8.1.1. セキュアハードウェア技術まとめ(1) - ベンダー取組み

IPコアレベル

- ARM社の取組み
  - Trust Zone (Cortex-Ａ用)を、IPコアの形で、スマートフォン・PC向けに提供
  - Trust Zone (Cortex-M用)を、IPコアの形で、 IoTデバイスに提供
  - SecurCoreを、IPコアの形で、 ICカードに提供
- Synopsys社の取組み
  - 暗号化・コンテンツ保護に関するIPコアをインターフェイスIPと組み合わせて提供
- Cadence社の取組み
  - コンテンツ保護に関するIPコアをProcessor IPコアと組み合わせて提供

半導体 (チップ)レベル

- Qualcomm社
  - Trust Zone(Cortex-A用)をベースにQSEE (Qualcomm Secure Execution Environmentを開発し、 Snapdragonに搭載
- ST Microsystems社
  - Trust Zone(Mシリーズ用)をセキュアハードウェアを開発し、IoT機器向けProcessorに搭載
  - SecurCoreをベースにセキュアハードを開発し、ICチップ (ICカード向け)に搭載

機器レベル

- Apple社
  - Trust Zone (Cortex-A用)をベースにSecurity Enclaveを開発し、 Axチップ(iPhone用Processor)とTチップ(Mac用Co-Processor)に搭載。
- 銀行キャッシュカード
- 電気メーター

Information Classification: General

8.1セキュリティ技術とIP

Apple

- 米アップル（Apple）がMac用に自社開発した「T2 Securityチップ」は、パソコンの中にCPUやOSから独立したセキュリティーサブシステムを作り、データの暗号化やファームウエアの改ざん防止を実現する。
- T2 Securityチップはセキュリティー専用プロセッサ「Secure Enclave」と、システム・マネジメント・コントローラー、イメージ・シグナル・プロセッサ、オーディオコントローラー、SSDコントローラーを組み合わせたSoC（System on Chip）である。
- AppleのT2 Securityチップが実現するセキュリティー機能は、（1）改ざんされていないファームウエアやOSによる起動を保証する「セキュアブート」、（2）ハードウエアによるストレージの暗号化、（3）ブルートフォース攻撃の防止、（4）Touch IDのデータ保護、（5）パソコンを閉じた際のマイク入力の保護、などである。

銀行キャッシュカード

- CPU搭載カード　CPUやコプロセッサなどを内蔵することで、カード内部で(ｷｬｯｼｭｶｰﾄﾞ)情報処理が可能。RAM/ROM/EEPROM等が組み込まれている。ARM社のSecurCore000(2010年発表)はこのセグメントの製品となる。

電気メーター

- 非公開

Information Classification: General

8.1.1. セキュアハードウェア事例比較 iPhone/銀行キャッシュカード/電気メーター

切り口	iPhone	銀行キャッシュカード	スマートメータ
想定されているリスク	本来の所有者ではない人によるiPhoneの利用 (通話、生活ログ閲覧、クレジットカード利用等)	偽造キャッシュカードによる銀行預金の引落	悪意による物理的アクセスとそれによるスマートメータ乱用はリスクとして挙がっていない。 盗聴等のサイバーセキュリティへの備えは実装済。
目的	1) 遠隔操作の拒否	1) ICチップの複製をさせない 2) ICチップ内のデータも読ませない 3) ICチップのリバースエンジニアリングをさせない	IoTデバイスならではリスクは想定されていない サイバーセキュリティ対策 1)契約者に電力消費量の改ざんをさせない 2)サーバ～スマートメータ間通信を盗聴させない
要素技術	1)生体認証+Secure Enclave	1) SecurCore (ARM社) 2)データ暗号化 3) 耐タンパー性	1)スマートメータベンダ各社が独自開発 2)通信の暗号化/VPN化
突破された時の被害	a) 個人情報を抜き取られる(電話帳・メール・写真・通話記録等) b) 犯罪的な国際通話を行い、通話料で法外な金額を請求される。 c) Apple Payでクレジットカードを悪用される	a) 複製されたキャッシュカードで銀行にある預金を引き出される。	a) 盗電 (被害者は電力会社) b) 生活情報の漏洩 (被害者は電力ユーザ) 学者からの警告 a) スマートメータを操作し停電・火災を引き起こす (一般家屋、マンション、工場、病院、公共インフラ等)(被害者は多岐・広範囲)
備考	Secure Enclave技術はARM社のTrusted Zoneをベースにが社内で開発。	ここではICチップとキャッシュカードの関係のみを記載している。 実際には、ICチップを本人認証として使うアプリケーションは多岐にわたる。被害の種類・深度・地域は、アプリケーションにより異なる。	セクション8.5.2に示すように、IoTデバイスならではセキュリティリスクは学者から指摘されているが、セキュアハードウェア実装も含めて対策は取られていないよう。 スマートメータは屋外の、その気になれば誰でもアクセスできる場所に無監視の状態で置かれている事を考えると、セキュリティ的に脆弱である。

Information Classification: General

8.3.1.Apple社のセキュアハード導入への取組み - Secure Enclave導入 (Trust ZoneからiPhone、そしてMac Book Proへ)

- 認証データ (Touch ID、Face ID)を不正アクセスから保護するためにSecure Enclave Processor を開発
- T1チップ・T2セキュリティチップは、Secure Enclaveを包含しつつ、PC用に開発されたシリコン

ARM社がTrustZoneを発表
(2003年5月)

iPhone 5S (2013年9月発売)
指紋認証機能搭載 (Touch ID)
Secure Enclave実装
CPU: A7 (ARMv8-Aベース)

iPhone X (2017年11月発売)
顔認証機能搭載 (Face ID)
CPU: A11 Bionic (ARMv8-Aベース)

2020年現在 のSecure Enclave実装状況
- iPhone 5s（以降）
- iPad Air（以降）
- T1/T2チップを搭載したMacコンピュータ
- Apple TV第4世代（以降）
- Apple Watch Series 1（以降）
- HomePod

Secure Enclave機能をA7から切り出して、T1セキュリティチップを開発

Mac Book Pro (2016年10月発表)
T1セキュリティチップによる指紋認証搭載
ファンクションキーをTouchバーに変更
CPU: Intel (Skylake)

Mac Book Pro (2018年7月発表)
T2セキュリティチップを用いてセキュリティを強化
SSD内データの暗号化、各種コントローラをT2チップに統合
CPU: Intel (Coffee Lake)

出典：各社資料をもとにインフォーマ作成

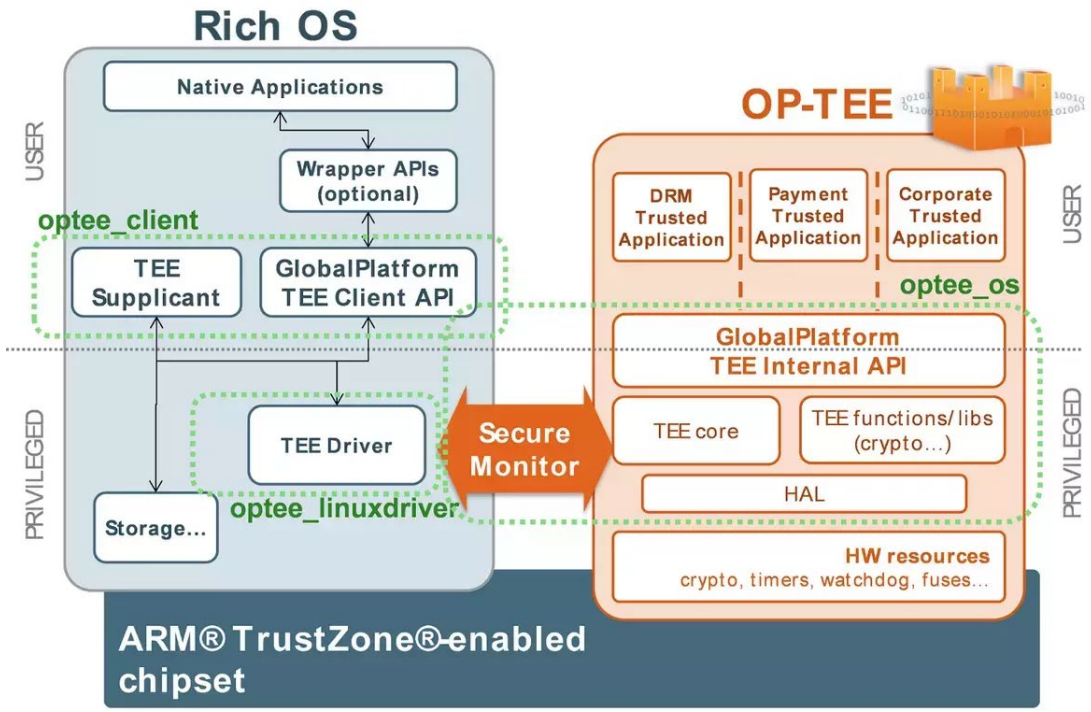
Information Classification: General

8.3.2.Trust Zone – Secure Enclaveのベースとなった Security IPコア (ARM社開発)

- プロセッサ内を二つの実行環境を提供することで、Trusted Execution Environment (TEE)を実現しようとするIPコア。
  - Normal World: iOS, Android OS, 各種アプリの実行環境
    - 下図ではRich OSと記された領域
  - Secure World: セキュリティ関連のOS/アプリの実行環境
    - 下図ではOP-TEEと記された領域 (注1)
- この二つの領域は、Secure Monitorで接続されている。
- どちらの領域をアクティブにするかの制御はTrustZoneが行う (注2)
- モバイル機器向けTEE構築の技術

注1: Trusted Execution Environment
- コンピュータリソースを信頼可能な領域と信頼できない領域に分ける。信頼可能領域でデータを扱う事で、データを保護しながらのプログラム実行を可能とする。
- デファクトスタンダードの一つで、GlobalPlatformが標準を作成している。
- TEEハードウェア機能としては、ARM TrustZone、Intel SGX、RISC-V Keystoneが想定されている。

注2: Normal World vs Security World切替え
例えば、ユーザ認証の時にはSecurity Worldが機器を制御しているが、その直前まで、ユーザ認証終了後はNormal Worldが機器を制御している。
その時の状況により、機器を制御するプロセッサ/OS/アプリを切り替える事で、不法侵入を防ごうとしている。



OP-TEE：Open Portable Trusted Execution Environmentの略

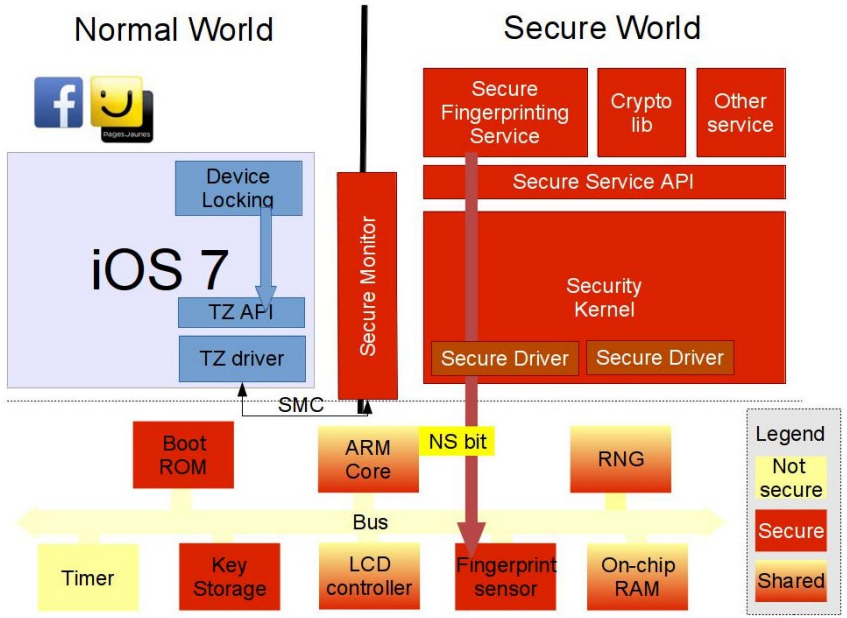
出典：各社資料をもとにインフォーマ作成

Information Classification: General

8.3.3. Apple社の取り組み - Secure Enclave Co-Processor (iPhone用)

- ハードウェアベース鍵管理機能をコプロセッサ で、高度なセキュリティのもと、実現する仕組み
  - iPhone, iPad等ではユーザ認証・Apple Pay用データを保存
  - - Aシリーズプロセッサに実装
- データアクセスはローカルのみ実現可能で、インターネット・iCloud経由等の遠隔アクセスは不可能。Apple社もアクセスできない。
- ARM社のTrusted Zoneをベースに開発 (Fortinet社調査)

2020年8月のMOSECにて中国人ハッカーグループ「Pangu」がSecure Enclaveの脆弱性を発表したが、以下を考えると致命的とは言えない。
ハッキングのためにはiPhoneのブート(電源再立ち上げ)という物理的操作が必要で、遠隔からのアクセスではハッキングは不可。
この脆弱性がすべて利用できるのはA8(iPhone6)／A9(同6S)プロセッサ、A7(同5S)／A10(同7)プロセッサは一部の脆弱性を利用可能。



Touch ID (指紋認証)を使ったユーザ認証の手順

前提として、iPhone内部は二つに分離 (詳細はARM TrustZoneで紹介)
・Normal World (iOSや各種アプリが動作する領域)
・Secure World (セキュリティアプリが操作する領域)

1. Device LockingがTrustZone API/Driver経由でSecure Monitor Call （SMC）をSecure Monitorに出す
2. Secure Monitorはプロセッサをモードからモードに切り替える。
3. 同時に、SMCをSecure Fingerprintingサービスに送信する
4. Secure Fingerprintingサービスは経由で指紋センサーにアクセスし、指紋 (デジタル指紋)を回収(注1)
5. デジタル指紋を登録済指紋と比較し、合致していればiPhoneを利用可能な状態に移行させる。

注1) 指紋センサー・通信バスへのアクセスはSecure Worldでのみ可能であり、Normal Worldからのアクセスは、iOSでさえもできない。

出典：各社資料をもとにインフォーマ作成

Information Classification: General

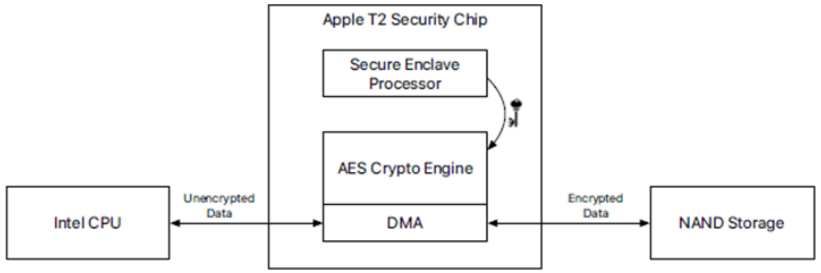
8.3.4.T2チップとSecure Enclave

セキュリティ機能

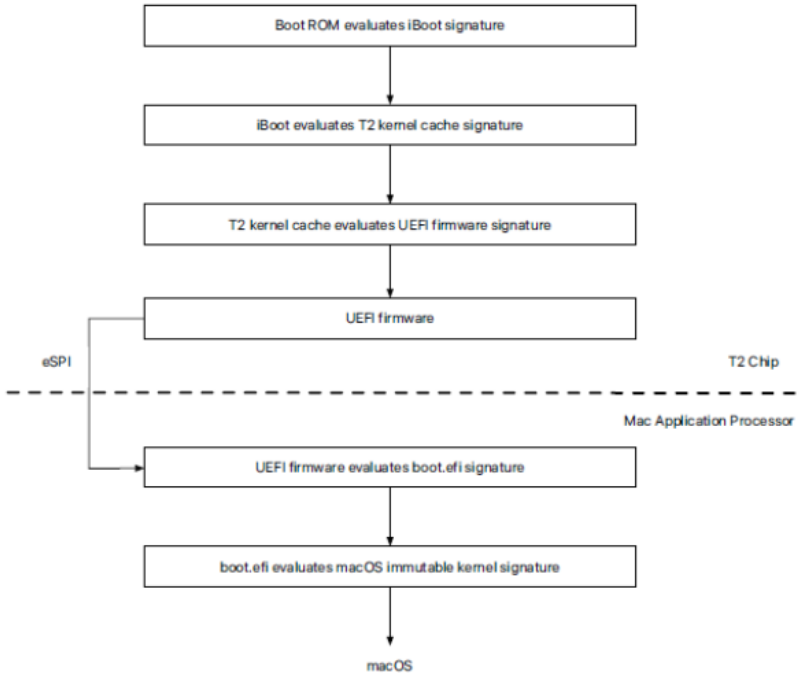
- ユーザ認証
  - ユーザ認証 (Touch ID用の指紋データ)をSecure Enclaveに保存
- 内蔵ストレージに保存するデータを暗号化/SSDコントローラでもある
  - AES エンジンを内蔵し、256ビットの暗号化を実行
  - 暗号機能をハードウェア化することでリアルタイムを実現
    -「on-the-fly」と呼称
  - 暗号キーはSecure Enclaveに保存
- macOSのセキュアブート機能
  - 起動時にシステムが安全なものかをチェックし、Appleによって署名されていないシステムでの起動を排除
  - デジタル署名はSecure Enclave Boot ROM に保存

出典：各社資料をもとにインフォーマ作成

注) T2チップは、Hey Siriの聞き取り・画像信号プロセッサ・オーディオコントローラ・マイク切断に対するコントローラ機能を持つが、Secure Enclaveとの連携は無いため、 今回は省略



出典：各社資料をもとにインフォーマ作成



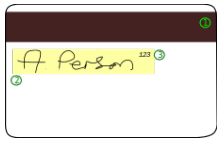
出典：各社資料をもとにインフォーマ作成

Information Classification: General

8.3.1. 銀行キャッシュカード 通帳から磁気ストライプカード、そしてICカードへ

かつて
預金通帳/ハンコ
で預金出し入れ

1960年代半ば
(第一次オンライン)
CD/磁気ストライプ
カード導入

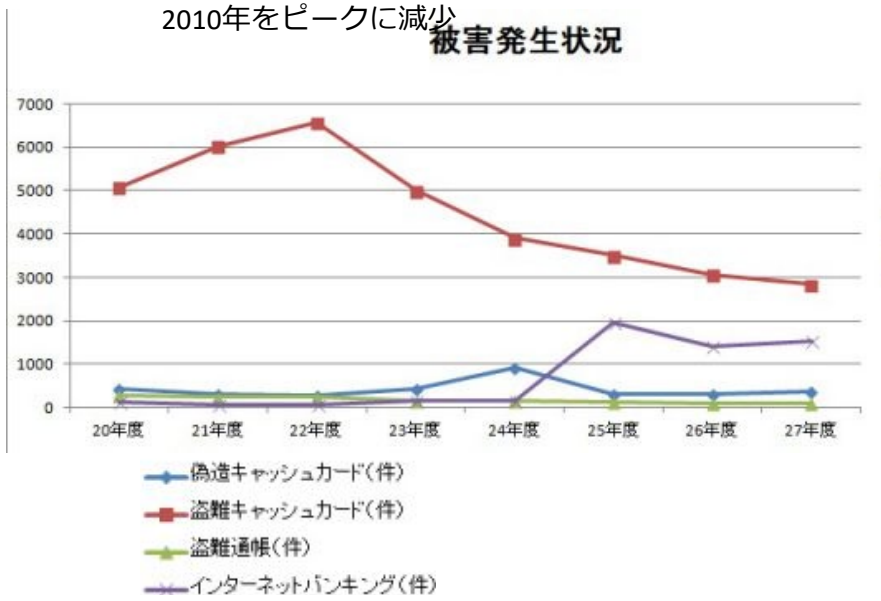


1997年4月
全銀協がICカード
仕様としてISO9992
を採用

2001年3月
全銀協がICカード仕様を
EMVに変更 (クレジット
カードと共通化)

2004年～2005年
ICカード導入を加速
(きっかけはカード犯
罪多発)

2010年をピークに減少



<2019年現在状況 (出典: 金融庁>
- ICカード対応の銀行ATM　97%
- ICチップ付きキャッシュカード普及度　37%

ATMとしてはICチップ対応への切り替えがほぼ完了している。
ICチップ付きキャッシュカードの発行枚数は、全体の1/3程度となっており、
セキュリティ高度化に向けて、推進すべきことが多い。

出典：各社資料をもとにインフォーマ作成

Information Classification: General

8.3.2. 磁気ストライプ・キャッシュカード：認証手順/セキュリティ脆弱性

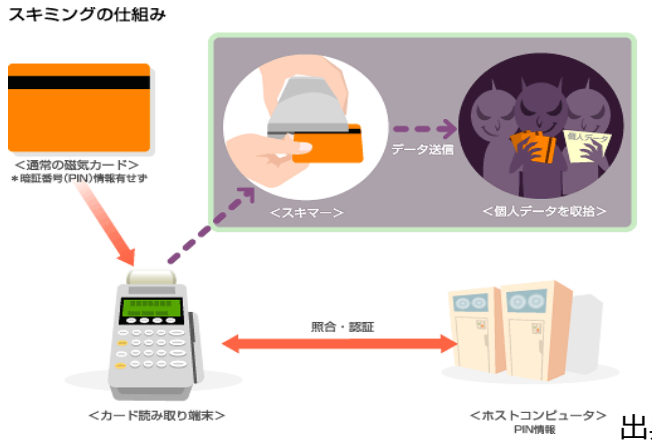
磁気ストライプを使ったキャッシュカードにおける認証手順

1. ユーザーがATMにキャッシュカードを入れる(注1)
2. ATMが磁気ストライプから暗証番号を読み取る(注2)
3. ユーザは、ATM操作画面にて暗証番号を入力する
4. ATMは磁気ストライプから読み取った暗証番号と入力された暗証番号が一致した事で、操作者が正当な個人と判断する。

注) ここに潜む脆弱性

1. 1960年代は磁気スタライプ・カード製造は高度な技術を要したが、今や製造は容易 **→カードの偽造も容易**
2. ストライプの暗証番号は暗号化されていない **→誰でも入手可能**

つまり・・・
犯罪者は磁気ストライプ情報を読み取ることで、所有者に気づかれることなくキャッシュカードを複製することができ、銀行口座の操作が可能。



出典：各社資料をもとにインフォーマ作成

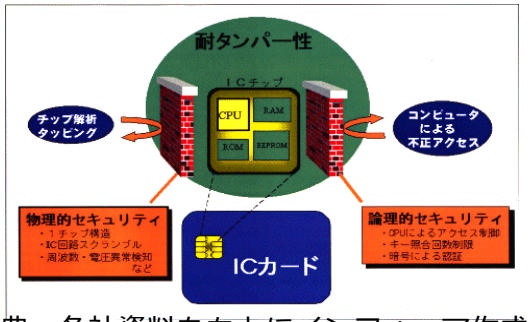
ICチップを使ったキャッシュカードにおける認証手順

1. ユーザがATMにキャッシュカードを入れる
2. ATMはそれが真正キャッシュカードであることをICチップで確認する(注1)
3. ユーザがATM操作面にて暗証番号を入力する
4. ATMはホストにその暗証番号の妥当性を問い合わせる
5. ホストがその暗証番号が正しい事を確認したら、ATMは口座現金に関わる操作の受付け可能状態になる

注) ここで実行されたセキュリティ強化策

1. カードの真贋はICチップでなされるが、耐タンパ性を持つICチップは内部動作の観測は困難であり、ICチップの偽造は困難
2. ICチップ内情報は暗号化されており、カードを盗み出してもカード偽造は困難
3. 暗証番号をICチップに持たせないことで暗証番号の入手は不可

つまり・・・
口座操作にあたっては、カード偽造、暗証番号入手というハードルがあるが、いずれも高く設定されている



出典：各社資料をもとにインフォーマ作成

Information Classification: General

8.4.1. 電気メーター
- 積算電力計からスマートメータ、そしてHEMS協調へ(※)

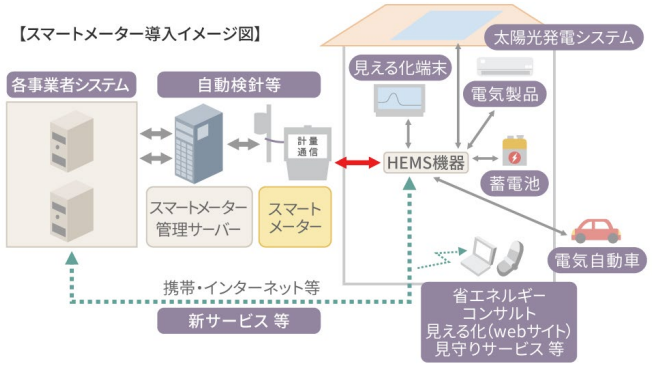
※：HEMS：Home Energy Management System

従来
検針員が定期的に各戸を巡回し、積算電力計の値を記録し、営業所で報告 (端末手入力)

1995年頃～(東電)
検針員が定期的に各戸を巡回。積算電力計値をハンディターミナルで読取り、そのデータを営業所で端末に移動

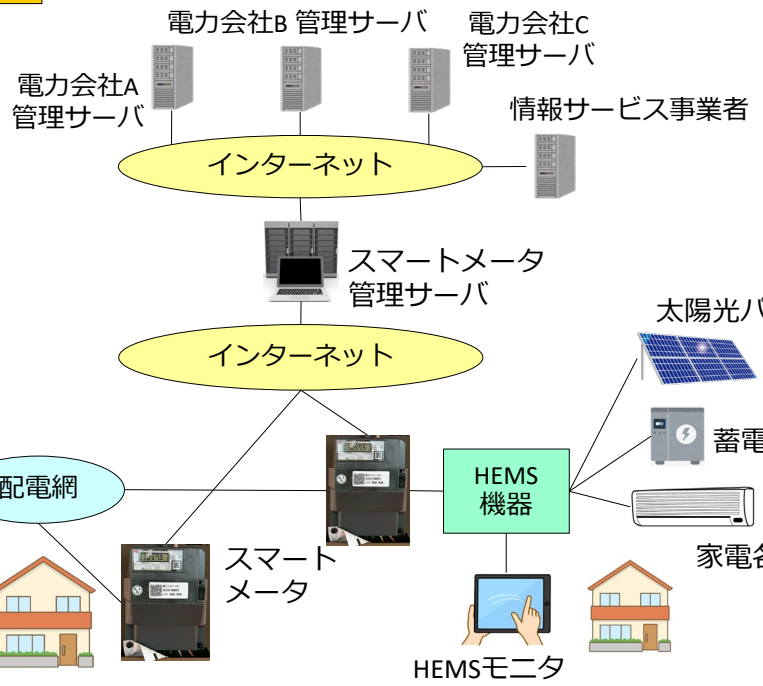
2015年頃～
積算電力計のスマートメータ入れ替えが全国的に開始

2019年3月現在
5,182万台がスマートメータに入れ替え済み
全体から見ると、63.7%が完了



2024年度
スマートメータ更新が日本全国で完了

2016年4月～
一般家庭向け電力自由化



積算電力計～スマートメータ比較

機能	積算電力計	スマートメータ
消費電力量測定・累計の保管	有り(機械式)	有り(電子式)
消費電力量の報告	検針員が確認報告	データ通信
契約有無・変更に伴う接続/切断・流量設定	電力会社が実施	遠隔制御
家電との連携等	想定外	デマンドレスポンス等
電力消費量データを利用したサービス設計	想定外	省エネコンサル等

出典：各社資料をもとにインフォーマ作成

Information Classification: General

8.4.2.電気メーター(スマートメータ)がさらされているリスク

1. 電力消費量値を操作され、請求額をごまかされるリスク
   A) スマートメータに細工を施すことで電力消費量を少なくみせかけ、電力会社が消費者に請求する金額を圧縮する (プエルトリコで実際にあったケース)

2. 宅内への不正アクセスのゲートウェイとなるリスク
   A) スマートメータが「トロイの木馬」となって、居住者の家庭内ネットワークへの侵入口となる (GCHQ/英国諜報機関が発した警告の一つ)
   B) 居住者の生活パターンを盗み見られる (カナダの研究者の警告)

3. スマートメータを操作しての破壊活動が行われるリスク
   A) スマートメータの操作し、ナショナルグリッドに損害を与える (GCHQ/英国諜報機関が発した警告の一つ)
   B) スマートメータを操作し、過大な電力を供給させる事で、家屋の火災や爆発、広範囲の停電を引き起こす (カナダの研究者の警告)

4. 複数の事業者が関係する事からくるリスク
   A) スマートメータ記録値を操作し電力会社・料金回収代行業者・消費者に不正値を送る事で、差額を消費者から騙し取る(GCHQ/英国諜報機関が発した警告の一つ)

Information Classification: General

8.5. セキュアハードウェア技術導入状況のまとめ – 特徴・目的・利用技術

セキュリティレベル比較結果：スマホ＞ ICカード＞ 電気メーター

- スマートフォンにおけるセキュアハードウェア
  - パスワード等をTEEに保存する事で、個人認証を必要とする操作をネットワークから実行する事を禁止
  - 第一の目的は、パスワードを知っている人がローカルで操作する時のみログイン可能とすること
  - 利用する技術は、arm社Trust Zone (Aシリーズ用)
  - 普及している。iPhoneシリーズでは、5S以降の全機種で実装されている。

- ICカードにおけるセキュアハードウェア
  - 物理的攻撃からの防御を充実させることで (タンパ耐性)、データの読み取り・データの改ざんを回避
  - 第一の目的は、ICチップの偽造をさせないこと
  - 利用する技術は、arm社のSecurCore
  - 技術的の完成度が高いが、実用化から20年経過しているにもかかわらず普及度は1/3程度

- 電気メーターにおけるセキュアハードウェア
  - セキュリティ技術の実装は、ほぼ皆無
  - 研究者レベルでは、スマートメータがハッカーに乗っ取られる事の危険性を主張し、タンパ耐性・TEEの導入を主張
  - スマートメータベンダー、電力会社共に、状況確認中
  - スマートメータをめぐっては、悪用のシナリオは多々発表されているが、現実となった事例は盗電程度で、社会に大きなインパクトを与える事件は起きていない。

Information Classification: General

（５）各国のマイクロエレクトロニクスに係る開発・応用技術に係る先進的技術の開発動向の調査

- VLSI
- Hot Chips
- SC20
- RISC-V
- IEDM 2020
- ISSCC2021

調査項目　概要

- 世界的に有名であり、先進技術の発表が多い国際会議、学会等を対象とする
- 対象分野で長年技術動向を把握されており、毎年対象の国際会議に参加されている有識者にレポート制作を委託

調査対象	開催期間	概要
VLSI 2020（VLSI Technology）	6/15-18	半導体デバイス/回路技術に関する国際会議
VLSI 2020（VLSI Circuits）		
HotChips32	8/17-18	米IEEE主催の世界的なハイパフォーマンス・チップに関するシンポジウム
RISC-V Day Tokyo 2020	11/5-6	日本国内最大規模のRISC-Vカンファレンス
SC20	11/16-19	ハイパフォーマンスコンピューティング（HPC）の国際会議
IEDM 2020	12/12-18	半導体や電子デバイスに関する世界最大規模の国際会議
ISSCC 2021	2/14-18	半導体集積回路とシステムに関する最高水準の国際学会

Information Classification: General

（５）各国のマイクロエレクトロニクスに係る開発・応用技術に係る先進的技術の開発動向の調査

- VLSI
- Hot Chips
- SC20
- RISC-V
- IEDM2020
- ISSCC2021

開催概要 (1)

2020年度VLSI技術シンポジウム概要

1. 開催日時

   2020年6月15 - 19日(5日間)

2. 開催形式

   Vimeoによるオンライン開催

   オンデマンドプログラム

   ライブプログラム

3. 構成(2構成)

   - TECHNOLOGY SYMPOSIUM
   - CIRCUITS SYMPOSIUM

4. 参加者数

   主催者コメント:

   VLSI Symposia 2020：1374人参加(過去10年で最高)

© 2020 Omdia
Information Classification: General

VLSIシンポジウム2020概要(1)

VLSIシンポジウム2020は40周年を迎えた。

“The Next 40 Years of VLSI for Ubiquitous Intelligence” 「ユビキタスインテリジェンスを実現するVLSI 、これからの40年」と題して、

人工知能や機械学習の進化に繋がるニューロモーフィックデバイスから、最先端のプロセステクノロジー、システムオンチップやAIアクセラレータまで、

様々なデバイス・回路・システムの新技術を取り上げ、それらの相乗効果の発揮を議論する機会を提供。

- LSIに関する最先端の成果が毎年報告される最高峰の国際会議の一つ
- 技術・回路両面からVLSIを議論できる国際会議として高い価値を誇る存在
- 米国と日本が運営の中心を担い、ハワイと京都で隔年開催
- 分野・地域を跨る国際的な人的な交流の場として世界的に高い評価

© 2020 Omdia
Information Classification: General

VLSIシンポジウム2020概要(2)

2020年は、COVID-19の世界的な広がりにより、Virtual Conference（オンライン学会）とすることに決定

© 2020 Omdia
Information Classification: General

バーチャル学会概要

- オンデマンドとライブプログラムの2つで学会を構成
- ライブプログラムでは、オンラインチャットなどを利用して、双方向のやり取りが可能

オンデマンドプログラム

- 通常セッションのオンライン版
- 各講演者の発表（音声付き発表資料）をオンデマンドで視聴可能

ライブプログラム

- テーマごとのExecutive Sessionを構成し、発表者との質疑応答やディスカッション
- をライブで実施。日、米、欧の時差を考慮した複数の開催時間帯を設定

© 2020 Omdia
Information Classification: General

オンデマンドプログラム

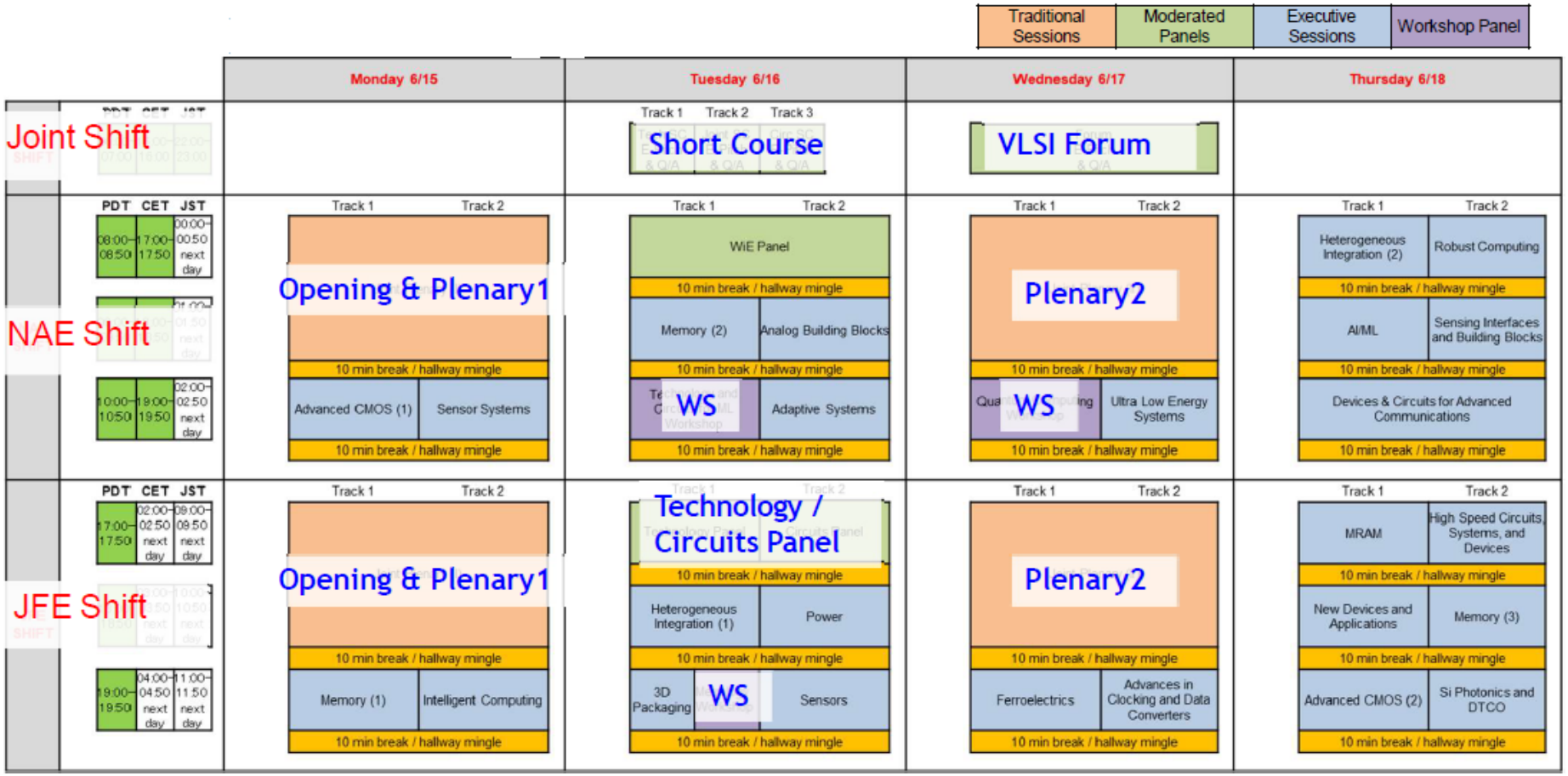
- 参加者は、オンデマンドで発表を視聴することが可能
- 発表資料もダウンロード可能

Short Courses & Forum	Technology Sessions		Joint Focus Sessions	Circuits Sessions		
SC1 Future of Scaling for Logic/Memory	TH1 Highlight Session	TH3 Si Technologies for 3D Integration	JFS1 Silicon Photonics	CA1 Machine Learning	CC2 Adapt Clocking & Power Delivery	CM2 Emerging Memory Design
SC2 Heterogeneous Integration	TC1 Advanced Si CMOS Devices	TM1 NAND/NOR/PCM	JFS2 5G/mm-Wave	CA2 Visual Processing & AI	CD1 High-Speed Data Converters	CM3 Energy Efficient Memory Design
SC3 Trends/Advances in Circuit Design	TC2 Ge and SiGe Devices	TM2 RRAM	JFS3 STCO/DTCO	CA3 Digital Systems	CD2 Data Converter Techniques	CP1 Amplifiers
FF Tech/Circuits for Edge Intelligence	TC3 Advanced Processing	TM3 STT MRAM	JFS4 Devices & Circuits for AI/ML	CB1 Biomedical Sensors	CF1 Advanced PLLs	CP2 Volt References & Wireless Power
Workshops	TF1 FeFETs	TMFS MRAM Future - Beyond STT	JFS5 Heterogeneous Integration	CB2 Image Sensor & Techniques	CF2 RF & mm-Wave Circuits	CP3 Power Converters
WS1 Analog Compute Tech/Circ for ML	TF2 Ferroelectric Memory & Caps	TN1 New Devices & Applications	Other Events	CB3 Physical Sensors	CF3 IoT and Wireless Receivers	CW1 Ultra-High-Speed Wireline
WS2 Semiconductor Metrology	TH1 3D Packaging	TN2 Quantum Computing	DEMOS	CB4 Front-Ends for Sensor Interfaces	CF4 Low Power Oscillators	CW2 Wireline Techniques
WS3 Quantum Computing	TH2 Semiconducting Oxides for 3D	P2 Joint Panel	Luncheon Talk	CC1 Circuits for Security & Safety	CM1 Advanced SRAM Design	

© 2020 Omdia
Information Classification: General

オンデマンドプログラム

- 各講演者2分のサマリーを最初に発表
- 質疑応答、ディスカッションを実施



© 2020 Omdia
Information Classification: General

Technology プレナリーセッション（基調講演）

“5G Evolution and 6G”
- Takehiro Nakamura,
- Senior vice president & general manager of 5G Laboratories,
- NTT DOCOMO
- 株式会社NTTドコモ執行役員中村武宏氏
- 「5G の発展、そして6Gへ」各講演者2分のサマリーを最初に発表
- 質疑応答、ディスカッションを実施

“The Future of Compute: How the Data Transformation is Reshaping VLSI”
- Michael C. Mayberry,
- Chief technology officer at Intel Corporation
- インテル株式会社CTO Michael C. Mayberry氏
- 「コンピューティングの未来:データトランスフォメーションがどのようにVLSIを再構築するか?」

© 2020 Omdia
Information Classification: General

Technology プレナリーセッション（基調講演）

“5G Evolution and 6G”
- Takehiro Nakamura,
- Senior vice president & general manager of 5G Laboratories,
- NTT DOCOMO
- 株式会社NTTドコモ執行役員中村武宏氏
- 「5G の発展、そして6Gへ」各講演者2分のサマリーを最初に発表
- 質疑応答、ディスカッションを実施

“The Future of Compute: How the Data Transformation is Reshaping VLSI”
- Michael C. Mayberry,
- Chief technology officer at Intel Corporation
- インテル株式会社CTO Michael C. Mayberry氏
- 「コンピューティングの未来:データトランスフォメーションがどのようにVLSIを再構築するか?」

© 2020 Omdia
Information Classification: General

Technology 注目論文

(1) モノリシック三次元集積化技術：300mm Si基板上に形成されたGaNとSiトランジスタ
論文番号：THL.2
論文題目：GaN and Si Transistors on 300mm Si(111) enabled by 3D Monolithic Heterogeneous Integration
論文著者：Han Wui Then et al., Intel, USA

(2) 4nm世代以降の最先端CMOS用 埋込型配線技術
論文番号：THL.6
論文題目：Buried Power Rail integration with Si FinFETs for CMOS scaling beyond the 5 nm Node
論文著者：Anshul Gupta et al., IMEC, Belgium

(3) 酸化膜半導体In-Al-Zn-Oを用いた縦型トランジスタ
論文番号：TH2.2
論文題目：Surrounding Gate Vertical-Channel FET with Gate Length of 40 nm Using BEOL Compatible High-Thermal-Tolerance In-Al-Zn Oxide Channel
論文著者：Hirokazu Fujiwara et al., Kioxia, Japan

© 2020 Omdia
Information Classification: General

Technology 注目論文

(2) 4nm世代以降の最先端CMOS用 埋込型配線技術

概要；
埋込型電源配線(Buried Power Rail; BPR)は、4nm世代以降のCMOSにとって、必要な微細化技術である。配線材にタングステン(W)を用いたBPRを、Si FinFET技術とのインテグレーションをはじめて実証した。BPRが近接して存在する場合のCMOS特性が、BPR無しの場合の特性と同一であることを確認できた。さらに、W-BPRに接続するヴィアにルテニウム(Ru)を用いることで、4 MA/cm2、330℃ の 条件下におけるエレクトロマイグレーションにも320時間以上耐えることを示せた。BPRとの低抵抗コンタクトを得る観点からも、RuはBPRコンタクトに有望な材料である。

内容詳細；
CMOSにおいて、古典的なピッチスケーリングが飽和している現在、BPR、あるいは、その発展形の裏面電源配線技術(Backside power delivery, BSPDN)を導入することで、それぞれ、20%と30%の面積ゲインがある。また、SRAMや新規デバイス構造においても、BPR導入は面積的に意味がある。Fig.1 は、本論文の断面構造写真である。14nm世代FinFETの下方に、タングステン(W)のBPRが形成されている。通常、FEOL工程、特に結晶成長の為のエピタキシー工程においては、金属からの装置汚染やウエハ汚染が問題になる為、金属を導入することは出来ない。本論文では、Wを選択することで、デバイス性能とデバイス信頼性のリスクを低減することに成功している。

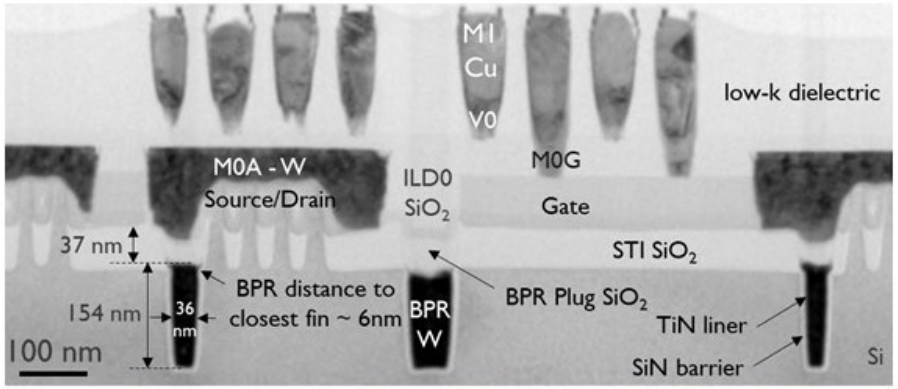


Fig. 1. TEM showing integrated W-BPR lines with Si finFET at fin pitch = 45 nm. Minimum distance of BPR to fin ~ 6 nm.

本論文が注目される理由（先進技術である、産業界等への寄与が大きい、などの観点から）；
Foundryにおいて、5nm世代CMOSは今年出荷が始まっているが、その次の4nm世代となると、未だプロセスは確立していない。4nm以降のスタンダードセルにおけるスケーリングが課題となっているが、それを打破すると最近言われているのが、本論文のBPR技術である。従来発表はコンセプトやsimulationが主だったが、本論文では、実際のFinFETとBPRを組み合わせた断面写真と良好な電気特性を示せたことが高く評価されている理由である。特に金属をFEOL工程に導入することはクリーンルーム汚染の観点からタブーとされて来たが、プロセス対策を施して実行に踏み切れた。

© 2020 Omdia
Information Classification: General

Circuits 注目論文

(1) アナログ演算並みの高エネルギー効率（617 TOPS/W）を実現した全デジタルのニューラルネットワーク専用演算回路
論文番号：CA1.2
論文題目：A 617 TOPS/W All Digital Binary Neural Network Accelerator in 10nm FinFET CMOS
論文著者：Phil C. Knag, Gregory K. Chen, H. Ekin Sumbul, Raghavan Kumar, Mark A. Anders, Himanshu Kaul, Steven K. Hsu, Amit Agarwal, Monodeep Kar, Seongjong Kim, Ram K. Krishnamurthy
著書所属：Intel, USA

(2) 階層的な画像認識を用いた低消費電力（170mW）の侵入者検出用画像認識プロセッサ
論文番号：CA2.1
論文題目：A 170mW Image Signal Processor Enabling Hierarchical Image Recognition for Intelligence at the Edge
論文著者：Hyochan An, Siddharth Venkatesan, Sam Schiferl, Tim Wesley, Qirui Zhang, Jingcheng Wang, Kyojin Choo, Shiyu Liu, Bowen Liu, Ziyun Li, Hengfei Zhong, Luyao Gong, David Blaauw, Ronald Dreslinski, Dennis Sylvester, and Hun Seok Kim
著書所属：ミシガン大学, USA

(3) SRAM並みの高速動作を実現する不揮発メモリ：スピン軌道トルク型磁気トンネル接合（SOT-MTJ）素子を用いたSOT-MRAM
論文番号：CM2.2
論文題目：Dual-Port Field-Free SOT-MRAM Achieving 90MHz Read and 60MHz Write Operations Under 55nm CMOS Technology and 1.2V Supply Voltage
論文著者：M. Natsui, A. Tamakoshi, H. Honjo, T. Watanabe, T. Nasuno, C. Zhang, T. Tanigawa, H. Inoue, M. Niwa, T. Yoshiduka,Y. Noguchi, M. Yasuhira, Y. Ma, H. Shen,S. Fukami, H. Sato, S. Ikeda, H. Ohno, T. Endoh, and T. Hanyu
著書所属：東北大学、日本

© 2020 Omdia
Information Classification: General

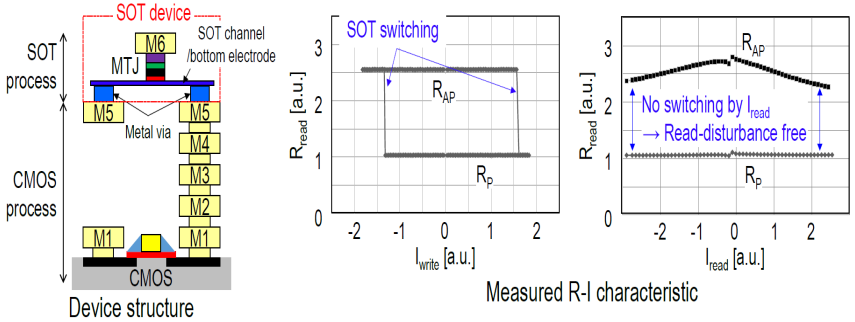
Circuits 注目論文

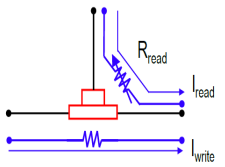
(3) SRAM並みの高速動作を実現する不揮発メモリ：スピン軌道トルク型磁気トンネル接合（SOT-MTJ）素子を用いたSOT-MRAM

概要;
磁石の性質（スピン）を利用したスピントロニクス技術とCMOS技術の融合により、スピン軌道トルク型磁気トンネル接合（Spin orbit torque (SOT)-MTJ）素子を用いた不揮発性の磁気抵抗メモリ（MRAM）チップの試作・実証に世界で初めて成功した。SRAM並みの高速動作（60MHz書込み、90MHz読出し）を実証し、将来的にSRAMの置き換えが期待される。また、MRAMとしては、世界初となるデュアルポート動作（読み書き同時処理）に成功した。

内容の詳細;
混載不揮発メモリ応用を目指して、東北大学、Samsung、TSMC、GROBALFOUNDRIES、Intelなどで活発に研究開発が行われているSTT-MRAMは、2端子のメモリ素子を用いているため、書き込みの経路と読み出しの経路を共用するため高速動作ができない欠点があった。この課題を解決するため、東北大学で開発された3端子のメモリ素子であるSOTデバイスを用いて、CMOSとSOTデバイスを集積した世界初のSOT-MRAMアレーの動作実証に成功した。これにより、高速な不揮発メモリを実現することができる。

本論文が注目される理由（先進技術である、産業界等への寄与が大きい、などの観点から）；
これまで、半導体メモリ分野では「不性揮発メモリは低速、揮発性メモリは高速」という常識があったが、今回のSOT-MRAMはこの常識を打破した点。
またこのSOT-MRAMは、東北大学にてデバイス単体から、今回の300mmウエハを用いた55nm CMOSプロセスによるメモリアレーまでの実証が行われており、大学にてこれほど技術レベルが高い研究を行った点は世界的に見ても特筆すべき点である。





Memory technology comparison

	DRAM	SRAM	Flash	STT-MRAM	SOT-MRAM
Write latency	✓	✓✓✓		✓	✓✓✓
Read latency	✓	✓✓		✓✓	✓✓✓
Cell size	✓✓✓	✓	✓✓✓	✓✓	✓
Endurance	✓✓✓	✓✓✓		✓✓✓	✓✓✓
Non-volatility	No	No	Yes	Yes	Yes

Fig. 1 SOT device characteristics. Depending on the spin directions of the free and reference layers, the resistance value observed on the read current path takes two states; R_P (low resistance) and R_{AP} (high resistance). See [4] for the detailed performance.

© 2020 Omdia
Information Classification: General

（５）各国のマイクロエレクトロニクスに係る開発・応用技術に係る先進的技術の開発動向の調査

- VLSI
- Hot Chips
- SC20
- RISC-V
- IEDM2020
- ISSCC2021

開催概要 (1)

1. 開催日時

   2020年8月17 - 18日(2日間)

2. 開催形式

   バーチャル開催(3方法)；

   オンラインストリーミング，ビデオ公開，Slackによる質疑応答

3. 構成(2構成)

   - TECHNOLOGY SYMPOSIUM
   - CIRCUITS SYMPOSIUM

4. 参加者数

   主催者コメント:

   HOT CHIPS 32：2300名弱(過去最高で昨年の2倍)

© 2020 Omdia
Information Classification: General

HOT CHIPS 32概要(２)

Hot Chipsは，当初，いわゆる巨艦プロセッサチップ(メインフレームやサーバー用)の発表の場として，文字通り電力消費量の多い大型チップの発表の場として定着したが，近年は，FPGA(Field Programmable Gate Array)も毎年発表されるようになり，ここ2-3年は特にAIアクセラレータの発表が非常に多くの割合を占めるようになってきている．LSI業界全体の動きを反映し，応用志向・システム志向が年々強くなってきている場であると言えよう．

以下は，10セッションに渡り全25件が発表された今年のHot Chipsプログラム全体像(発表組織名，発表タイトルキーワード)である．正式なプログラムについては，上記リンクを参照されたい．本レポートで発表内容を詳述した5セッション(13件の発表)には下線を施してある．それ以外のセッションでは，大型サーバー向けプロセッサ(4件)，モバイル機器向けプロセッサ(2件)，エッジ機器向けIPコア技術(3件)，GPU(Graphics Processing Unit)技術(3件)などが発表されている．そのほとんどが最新製品版チップの技術公開の位置づけで既に開示されている内容をまとめた発表であったが，その中では，NvidiaのA100 GPUに関する発表は注目発表であったといえる．並列度向上の工夫が随所に盛り込まれてはいるが，それよりも，SW側のプログラミングモデルの工夫に力点を当てた説明をしていた点が印象的であった．GPUのプログラミングが難しいことは今もって真実であり，更にGPUコンピューティングを広めるためにその解消に力を入れていることが見て取れる．

なお，例えば以下のような技術レポートサイトでも報告されているように，今年のHot Chipsにおいても，やはり注目発表の多くはAI・ML(Machine Learning)分野であった．

© 2020 Omdia
Information Classification: General

HOT CHIPS 32概要(2)

Hot Chipsプログラム全体像(発表組織名，発表タイトルキーワード)

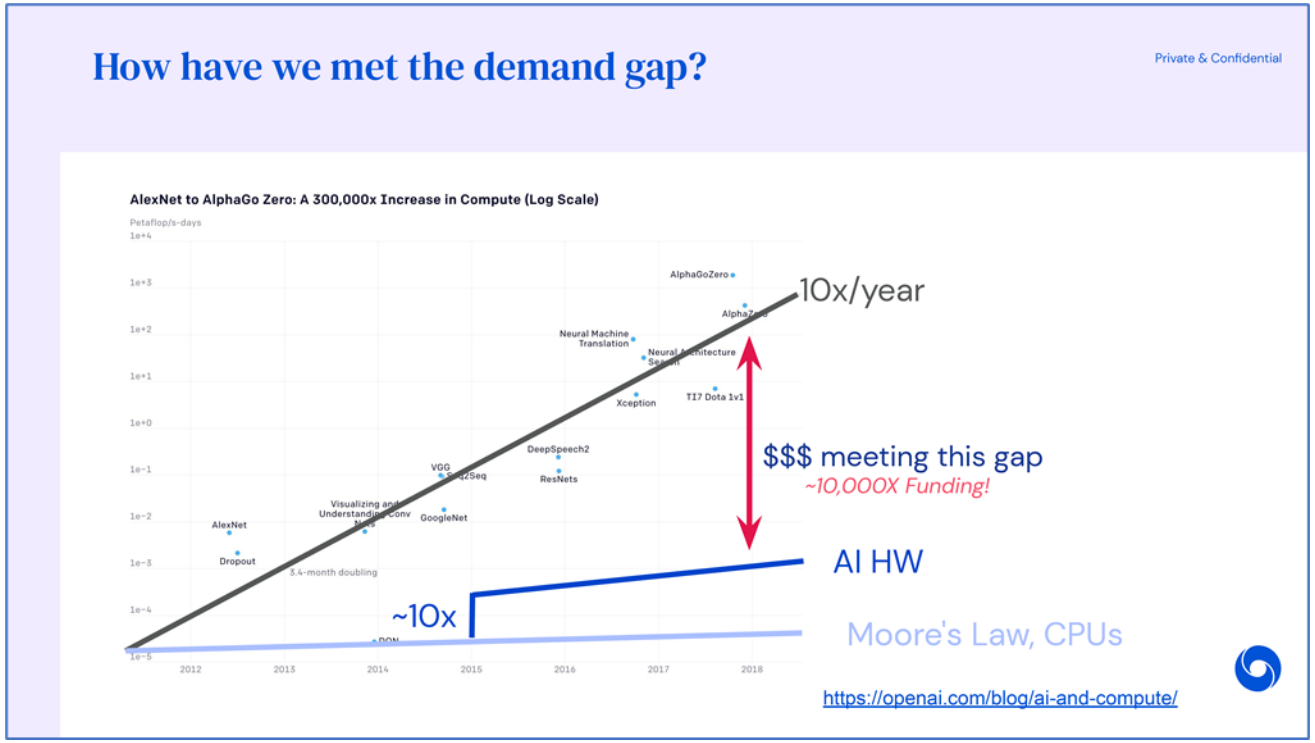
セッション名	発表
Server Processors	Intel, Icelake-SP IBM, Power10 Marvel, Arm-Based Server Processor IBM, z15
Mobile Processors	AMD, Ryzen TM4000 APU Intel, Tiger lake
Keynote 1	Intel, Moore’s law and beyond
Edge Computing and Sensing	Alibaba, Xuantie-910 (RISC-V) Arm, Coretex-M55 and Ethos-U55 Harvard, Bayesian Inference Accelerator
GPUs and Gaming Architectures	Nvidia, A100GPU Intel, Xe GPU Microsoft, Xbox GPU
FPGAs and Reconfigurable Architectures	Intel,Agilex Xilinx, Versal Tenstorrent, architecture for software 2.0
Networking and Distributed Systems	Intel, Tofino2 Ethernet Switch Pensando, Distributed Services Architecture Fungible, DPU
Keynote 2	Deepmind, AI Research at Scale
ML Training	Google, TPUv2 and v3 Cerebras, Wafer-Scale Processor ETH Zurich, Manticore (4096 RISC-V Chiplet)
ML Inference	Baidu, Kunlun Alibaba, Hanguang Lightmatter, Silicon Photonics

© 2020 Omdia
Information Classification: General

Keynote：Deep Mind
“AI Research at Scale-Opportunities on the Road Ahead,” Dan Belov”

- DeepMind社の子会社化に伴いGoogleからDeepMindに移ったDistinguished Engineer Dan Belov氏によるDepp Mindの研究活動の紹介の基調講演であった．強化学習(Reinforcement Learning)の歴史的な発展や基本的な内容，AlphaGoやその応用展開の話が中心で，序論的な内容で全体を軽くなめるような発表であった．全体的にはあまり新しい発見はなかったが，以下の分析は興味深かった．

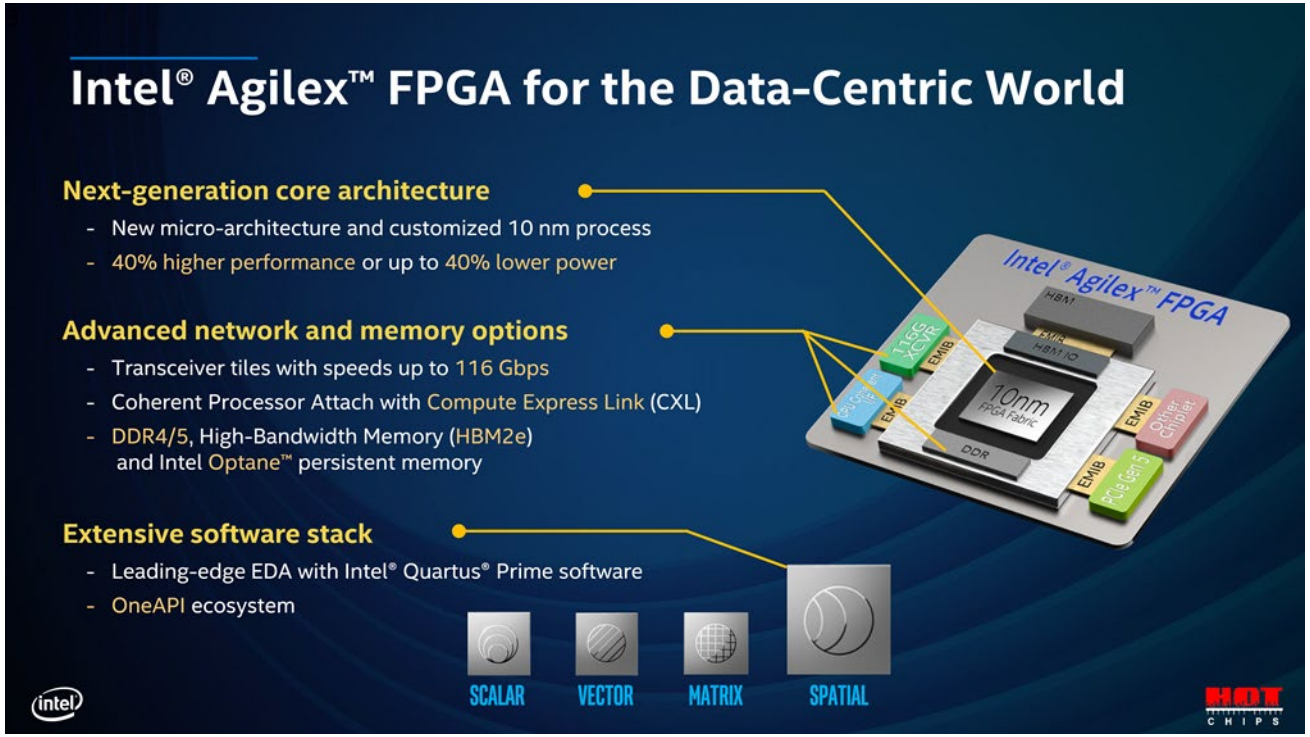
- 曰く，2012-2020の間にディープラーニングアルゴリズムの進展により44倍の効率化が達成された(同じ分類精度を達成するのに必要な計算量がAlexNetからEfficientNe-b0tに至り1/44に削減された)．だが，その間に，より本格的な応用が始まり複雑な問題に適用されるようになったため，AI応用の計算要求は30万倍に膨れた．一方，HWによる性能向上の貢献もせいぜいこの期間に100倍程度であり，そのギャップは1万倍分ある．これを埋めるために，これまでと同じやり方をやるだけでは，現状の1万倍の大規模な投資が必要という話になる．これは明らかに達積可能・持続可能な目標ではなく，従ってアルゴリズム，ハードウェア，システムのレベルでそれぞれ新しい考え方を持ち込む必要がある．



© 2020 Omdia
Information Classification: General

注目論文：FPGAs and Reconfigurable Architectures “Intel: Agilex Generation of Intel FPGAs”

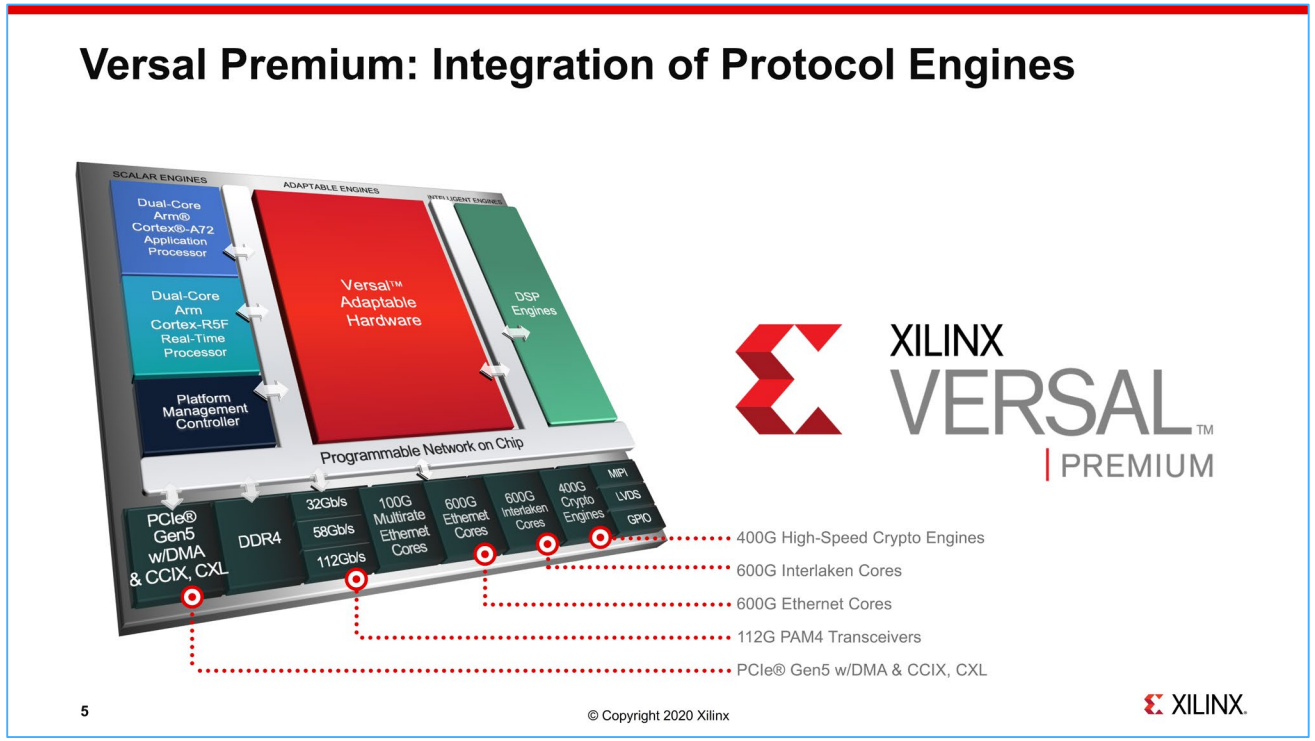
- Microsoftのデータセンターに採用されたことで脚光を浴びた，旧Alteraのデータセンター向けFPGAの新しいシリーズ．Microsoftの要求に応じて，外部ネットワークや外部メモリのインタフェースを強化し，Intel 10nmプロセスのチップとなっている．また，EMIB(Embedded Multi-Die Interconnect)と呼ぶマルチチップパッケージ(所謂2.5次元実装)を採用している．Intelに買収されたことで，Altera FPGAはIntelのプロセスドライバとしての役割も担っている．巷間取り沙汰されているようにIntelの7nmプロセス立ち上げは遅延しており，今回のこの発表も10nmである．FPGAの世界はプロセス高度化が直接効きやすく，次のXilinxと比べて総体的に苦しいポジショニングに追い込まれているようである．



© 2020 Omdia
Information Classification: General

注目論文：FPGAs and Reconfigurable Architectures “Xilinx Versal Premium Series”

- TSMC 7nm．マルチプロセッサで使われるプロトコル型のオンチップネットワークがFPGAファブリックの中に組み込まれている． Intel Agilexと同様，ネットワーク系/メモリ系のエンジンをハードIPとして組み込み，プログラマブルロジックをデータ処理等の用途特定のアクセラレーションに使えるように設計されている． また，シリコンインタポーザーを使った2.5次元実装を全世代に引き続き使用しており，チップサイズの制約にとらわれずに大規模化できるように留意されている．2.5次元実装には排熱の問題や，チップ間伝送の遅延の問題などが兼ねてより指摘されているが，これらの問題がどの程度解決されているかについての情報開示はなかった．

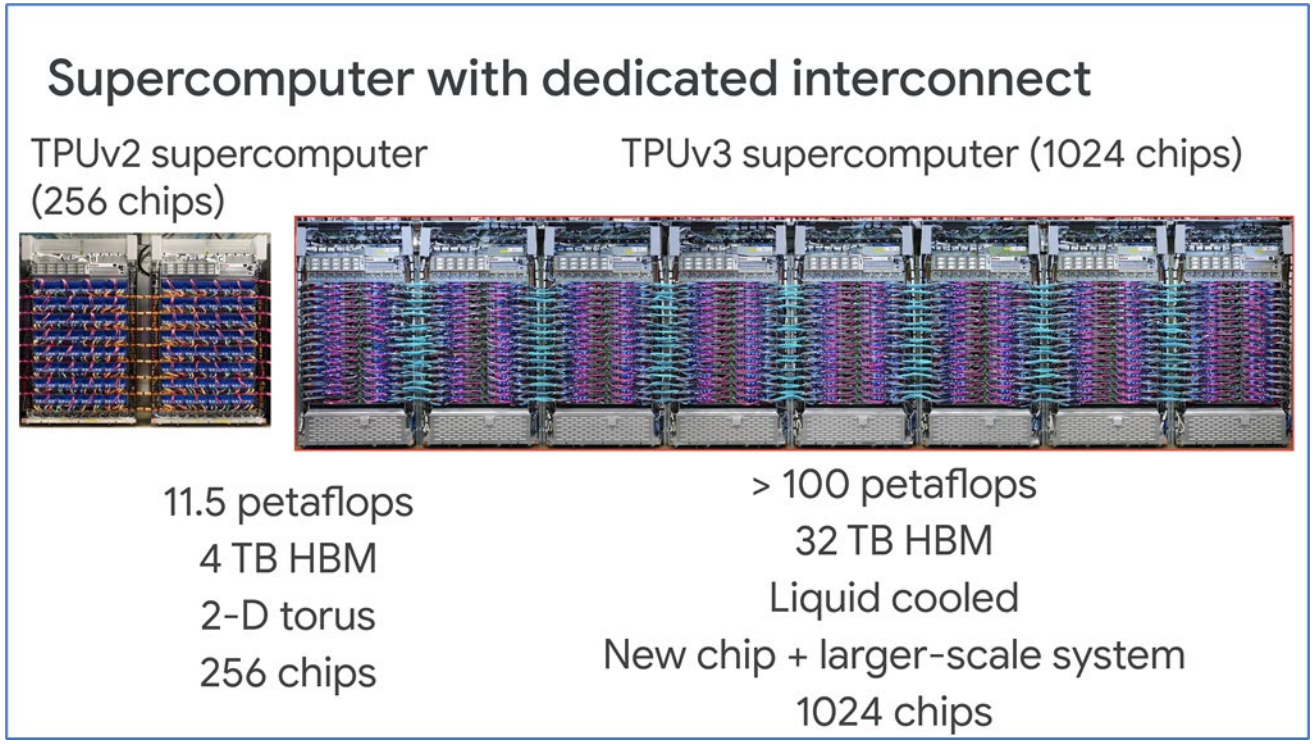


© 2020 Omdia
Information Classification: General

注目論文：ML Training
“Google’s Training Chips Revealed: TPUv2 and”

- TPUv2とv3チップに関する初めての外部発表である．v1が推論アクセラレータであったのに対し，v2以降は学習アクセラレータとなっている．

- 月並みな分析とはなるが，1学習環境・ネットモデル開発等のソフトウェ側の活動と一体となっていることがTPUチームの強みであり，blfloat16という16ビット浮動小数点を始めて採用(v2)，ハードウェアの設計パラメータを実データをもとに解析的に決定，等の点にそれが表れている．またv1の時に弱点であると自ら認めていた外部メモリインタフェースについても，HBM(High Bandwidth Memory)にバージョンアップすることで解消を図っている．
  単体チップで使うものではなく，v2を256個，v3を1024個並べた学習・推論マシンを作成しており，既に実運用されている．自社比較だけで，nVIDIA GPU等との比較データは明らかにされていないが，v1時点で，電力効率の高さと処理レイテンシの短さを訴求していた点は変わっていないと思われる．なお，一般向けの解説記事として，技術ライタの手による以下の記事が内容を詳細に解説しており参考になる
  (https://news.mynavi.jp/article/hotchips32_tpu-1/).

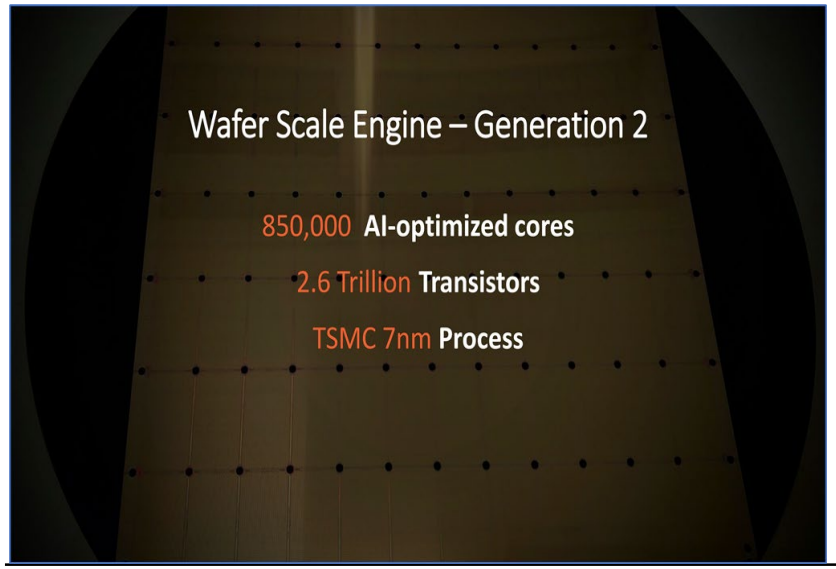


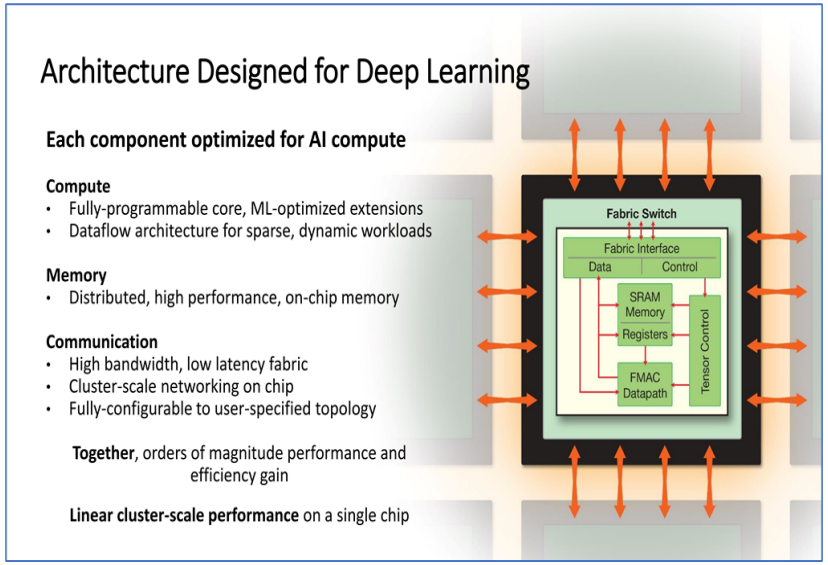
© 2020 Omdia
Information Classification: General

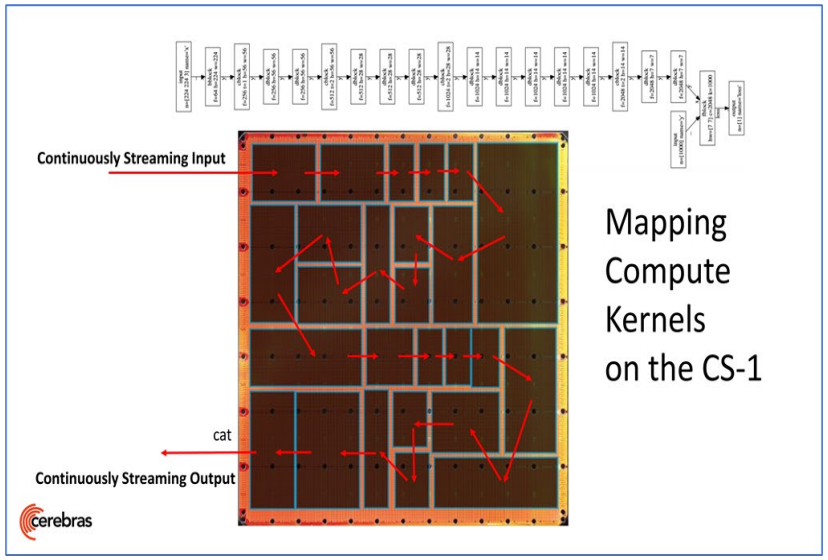
注目論文：ML Training
“Cerebras: Software Co-design for the First Wafer-Scale Processor (and Beyond)”

- ウェーハ―スケールインテグレーション型AIアクセラレータにより昨年のHotChipsで一番耳目を集めたスタートアップ・Cerebras社からの続報である．学習・モデル開発時のソフトウェアスタックにフォーカスを当てた発表で，その面での目新しさはなかったが，7nmプロセスによる次世代(昨年は16nm)ウェハースケールエンジンを開発中であることを以下のスライドで初めて公表した．

- アーキテクチャ的にはデータフロー型であり，基本的にはネットワーク構造をそのまま空間的にマッピングしてデータを流し込むアプローチをとる(そのためにウェハースケールのハードウェアサイズを志向している)．評価ではモデルパラレル，データパラレル等，並列性が出しやすいアプローチでスケーラビリティが高いことをアピールしている．ユニークなアプローチであり，ニューラルネット向けハードウェアとしてあり得る考え方ではあると思うが，チップレットを並べて実装技術により大規模システムを実現する従来型のアプローチと比べ，chip不良回避技術やコストがまず気になる(これらの情報は開示されていない)．



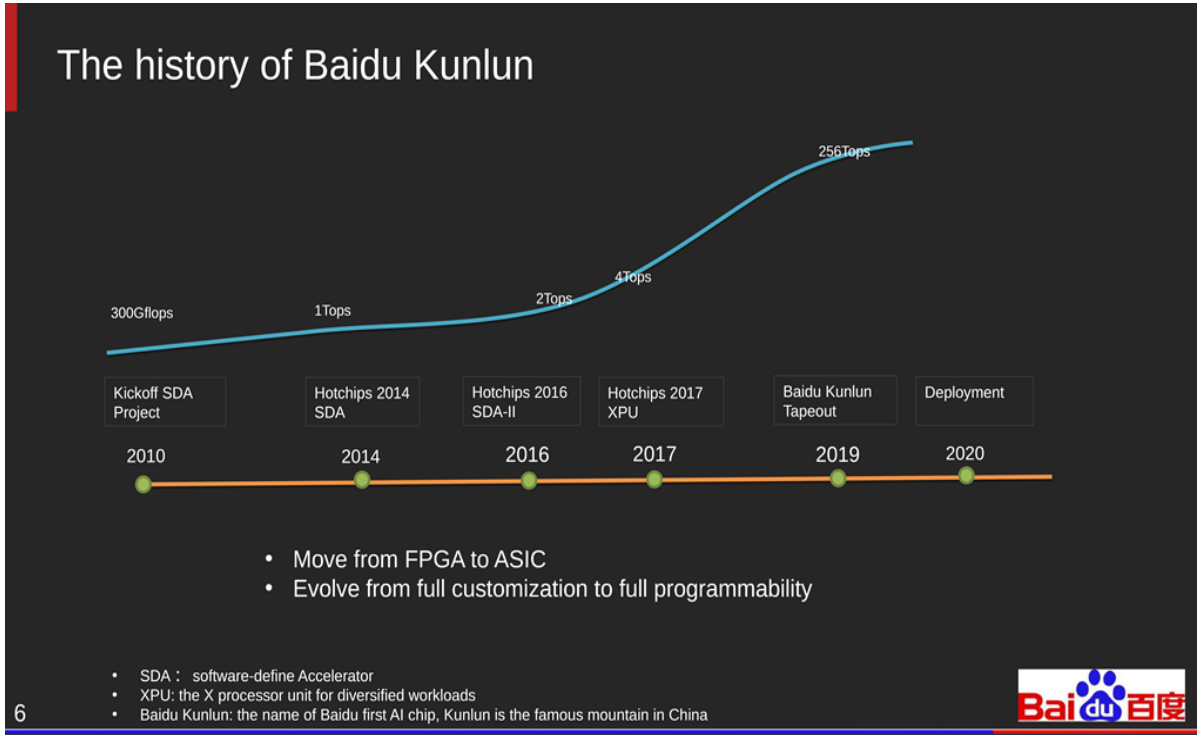


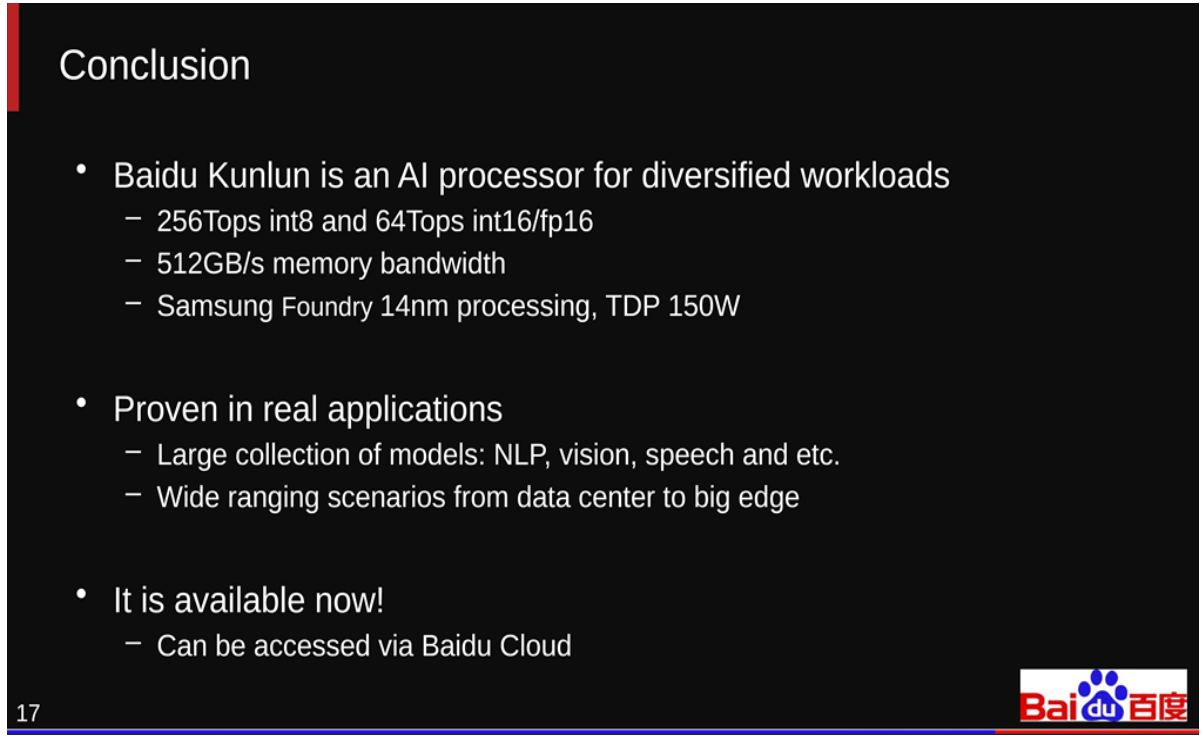


© 2020 Omdia
Information Classification: General

注目論文：AI Inference
“Baidu Kunlun – An AI Processor for Diversified Workloads”

- Baiduは2010年にFPGAベースのAIアクセラレータを作り始めたという．日本企業やGoogleに比べてみても，企業として動きが早いと思える．今回の発表は以前発表したアーキテクチャをコア化してインテグレーションしたものであり，特に新しい技術的発見はなかった．ただ，すでに第2世代のチップが商用自社データセンターで使われている点はやはり日本企業の数年先を行っていると言わざるを得ない．ただし，トレーニングではなく推論側の専用チップであり，データセンターだけでなく，big edgeも応用想定に入っている．これらの点が，Googleとはアプローチが異なってきていると言えるかもしれない．





© 2020 Omdia
Information Classification: General

まとめ

ISSCCやVLSIシンポジウムでも日本からの発表減少が嘆かれており，これらのトップカンファレンスに採択されるだけの実力を持つ国内チームの数は限られている．Hot Chipsにおいてはより状況が厳しく，今年は一件も日本からの発表はなかった．ISSCCと違い，企業中心の発表の場であることから，産業界プレイヤが極端に減少した日本の実情を現わしているともいえる．AI技術の勃興とともにコンピュータに求められる能力が変わってきた現代はアーキテクチャやハードウェアの黄金時代と言われる．その動きの重要性を感じた世界中の有力システムベンダがこぞってハードウェア回帰をしている中で，その動きを取ることが遅れている状況である．国内にアーキテクチャやハードウェアの技術・人材の蓄積を活かし，産官学による巻き返しの動きが起きることを期待したい．

© 2020 Omdia
Information Classification: General

（５）各国のマイクロエレクトロニクスに係る開発・応用技術に係る先進的技術の開発動向の調査

- VLSI
- Hot Chips
- SC20
- RISC-V
- IEDM2020
- ISSCC2021

開催概要 (1)

1. 開催日時

2020年11月9 – 19日(11日間)

日程	内容
11/11~13日	ワークショップ
11/16日	開会式、貴重講演、テーマパネル、Top500
11/17~19日	論文発表、ポスター発表、招待講演、パネル、BoF、受賞者発表
11/17~19日	企業展示、研究展示、ブース講演、Exhibitor's Forum

2. 開催形式

Vimeoによるオンライン開催

バーチャルデモブース

3. 主催

主催: ACMとIEEE Computer Society

4. 参加者数

主催者コメント:

参加登録者 7440名(150カ国) #SC19(昨年)は、13950人

© 2020 Omdia
Information Classification: General

SC20概要(2)

ACMとIEEE Computer Societyが主催する、スーパーコンピューティングに関する世界最大の国際会議SC20: The International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis (通称 SC20またはSupercomputing 2020) は、33回目の今年、2020年11月9日（月）から19日（木）までオンライン(virtual)で開催された。テーマは“More than HPC.”である。本来は11月15日から20日までジョージア州Atlantaで開催される予定であったが、新型コロナ蔓延のため完全オンライン開催となった

沿革；
この国際会議は、1988年にDOE関係の国立研究所や大学関係者によっていわばボランティア的に企画され、ACMとIEEE/CSが共同主催し、年を追って規模が拡大してきた。招待講演者等には講演の種別に応じて、参加費免除、旅費支給、謝金支給などの措置があるが、委員の出張費などは自腹である、厳しい面もある中で、ここまで開催されてきている。

© 2020 Omdia
Information Classification: General

SC20 Keynote speech (基調講演)
From Deep Thoughts to (Destination) Earth: Climate Science in the Age of Exascale

SCでは多くの招待講演が企画されているが、基調講演は通常1件だけである。今年は、11月16日10時から、開会式に続いて講演が行われた。

SC20 Keynote: From Deep Thoughts to (Destination) Earth: Climate Science in the Age of Exascale
Bjorn Stevens, Max Planck Institute for Meteorology, Germany

エクサスケール時代の到来
Mooreの法則によればチップの性能は18か月で倍になるわけだが、この指数的増大はいつまで続くのだろうか。今後永久に続くなんて馬鹿げている。でも50年近く続いてきた。Mooreの法則が42年間続けば、倍増が28回起こることになり、2の28乗すなわち約2億倍になる。まるで『銀河ヒッチハイク・ガイド』の世界だ。垂直熱輸送Vは解けるかもしれない。1979＋42は、なんと「2021」まさに明日だ。
　これで道具はそろった。でもまだやるべきことは多い。台風・ハリケーンや雲はいまだに研究者を悩ましており、さらなる計算性能を必要とするかもしれない。

エクサスケールで温暖化に立ち向かう
これは終盤戦だ。スーパーコンピュータは、持っている情報を、ユーザの行動、製作、想像、仮説にむけて提示する。たとえばEUのGreen Dealは、”digital twins”と呼ばれる巨大な地球シミュレーションをスーパーコンピュータの上で走らせ、研究者も政策決定者もその結果を使って、想定したシナリオや政策の結果を探索することができる。
終わりにあたって、Stevens氏は今年9月中旬の大西洋の衛星画像を示し、こう結んだ。「これはまるでゴッホの『星月夜(La nuit étoilée)』だ。あちこちに渦が見える。ハリケーン、熱帯嵐、熱帯低気圧、温帯低気圧など8個もある。普通、眼がきれいな嵐が1個見えればハッピーになる。2個見えればラッキーだ。たまに3個見えることもある。でも8個なんて。気候変動か？ 誰も知らない。こんなことが起こっているなら、われわれが地球に何をしているかをしっかり認識しなければならない。」

© 2020 Omdia
Information Classification: General

招待講演

SCでは基調講演のほか多くの招待講演が行われた。テーマと講演者は以下の通り

Post von Neumann Architectures	
17日 10:00	The Future of AI and HPC: Neuromorphic Computing and Neural Accelerators Catherine Schuman – ORNL
17日 10:45	Data-Centric Architecture of a Weather and Climate Accelerator Donald P. Luijten – Data Motion Architecture and Consulting GmbH
Responsible Application of HPC	
17日 1:00	Trustworthy Computational Evidence Through Transparency and Reproducibility Lorena A. Barba – George Washington University
17日 1:45	Satellite Tree Enumeration Outside of Forests at the Fifty Centimeter Scale Compton Tucker – NASA
HPC and AI and HPC Iterative Process	
18日 10:00	The Re-invention of Accelerated Computing for AI Simon Knowles – Graphcore
18日 10:45	Can We Build a Virtuous Cycle Between Machine Learning and HPC? Cliff Young – Google LLC
Post Moore's Law Devices	
18日 1:00	Future of Computing in the So-Called “Post Moore’s Law Era” Shekhar Borkar – Qualcomm Inc
18日 1:45	HPC After Moore's Law Tom Conte – Georgia Institute of Technology
Extinction Rebellion	
19日 10:00	Fighting the Extinction Crisis with Data Dalia A. Conde Ovando – Species360, University of Southern Denmark
19日 10:45	Augmenting a Sea of Data with Dynamics: The Global Ocean State Estimation Problem Patrick Heimbach – University of Texas
Quantum Computing	
19日 1:45	Building Google's Quantum Computer Marissa Giustina – Google LLC

© 2020 Omdia
Information Classification: General

招待講演
The Future of AI and HPC: Neuromorphic Computing and Neural Accelerators (Catherine Schuman – ORNL)（17日10:00）

このセッションでは、Post von Neumann Architecturesということで2つの講演があった。これはAIのための専用マシンを発展させることにより、Mooreの法則の減速と、Dennardスケーリング【半導体の微細化により、性能は向上しても電力は変わらないこと】の終焉に対処しようという講演である。

最近話題になっているのが、neural accelerator（ニューラルネットワーク用の演算アクセラレータ）とneuromorphic computer（脳のデータ処理機構を真似たコンピュータ）である。GoogleのTPU (Tensor Processing Unit)は前者の一例であり、現在の深層学習のための計算を高速に実行するものである。Intelが2017年に発表した「自己学習型チップ」Loihiは、SNN （Spiking Neural Network）アルゴリズムに最適化したアーキテクチャであり、後者の一例である。Loihiでは脳と同様に、「計算」と「記憶」の区別がない。現在研究目的に提供されており、今後のAIや機械学習の計算に活躍することが期待できる。

これら2つの新しいコンピュータの型は、従来のコンピュータ上でのニューラルネットワークの計算と比較して、計算速度の点でもエネルギー効率の点でもはるかに勝っている。

Neuromorphic chipで、どのようにプログラムし、どのようなアルゴリズムを実装するのか。その基本はEONS (Evolutionary Optimization of Neuromorphic Systems)である。ランダムな初期化から出発し、それを秩序づけ、淘汰し、親から子を生成する。一種の遺伝的アルゴリズムと言える。これは応用が広い。FNALの散乱のディテクタや、ロボットの障害検出や、エンジン制御や、感染症の伝播や、最短路問題などの問題を例に、Neuromorphicと通常のHPCと性能を比較した。

© 2020 Omdia
Information Classification: General

招待講演
rustworthy Computational Evidence Through Transparency and Reproducibility (Lorena A. Barba – George Washington University)(17日1:00)

まずBarbaはHPCにおける計算のreproducibility（再現性）について論じた。HPCも科学であるから再現性が保証されなければならないが、多くの障害がある。計算結果は膨大であり、論文を書いた後は捨てられることが多い。また、用いたプログラムは常に改定されており、どの結果がどの版に対応するのかが記録されていないことが多い。また、用いたコンピュータは数年で廃棄されてしまうし、同じコンピュータでも、並列構成の違い、OSやコンパイラの違いなど、再現性を妨げる要素は山ほどある。計算科学者はこれらを重要視せず、記録されていないことが多い。地球温暖化や新型コロナに典型的に表れているように、計算科学の社会的重要性が高まるつれて、信頼しうる計算モデルの構築が要求されている。
この問題をずっと追及してきており、昨年のSC19ではReproducibility Chairを務めた。また、National AcademyのCommittee on Replicability and Reproducibility in Scienceのメンバーをつとめ、この委員会は報告書を公表した。そこでは、Reproducibility（再現性）を「同一の入力データ、同一の計算過程、手法、コード、解析条件を用いて、矛盾のない(consisitent)計算結果を得ること」と定義している。問題は、もともとの計算を繰り返すことなく、これを保証し、検証するかということである。
従来のHPCではまだ簡単であったが、機械学習が用いられるようになった問題はさらに複雑になった。2017年にACMは、データモデルを用いた意思決定アルゴリズムに対し、“the Statement on Algorithmic Transparency and Accountability”（アルゴリズムの透明性と説明可能性に関する声明）を発表した。そこには7つの原則が述べられているが、とくに、データの由来の保証、監査可能性、確認、検証を要求している。この原則は、データモデルだけではなく、HPC一般に適用されなければならない。
さらに先にいくにはどうしたらいいか。TACCのFrontera（2019年稼働）の80%はNSFのプログラムが使っている。大略、①物理・天文、②気象・気候、③機械学習、④マテリアル、地球科学、流体、の4つのカテゴリーに分類できる。研究者をより大きな透明性・再現性に持っていけるかは分野別に考えなければならない。一例として、Zenodoを紹介する。Zenodoは研究データのリポジトリ―であり、研究者がデータセットを置くための場所を提供する。OpenAIREとCERNによって提供された。いかなる研究分野の研究者も50GBまでのファイルを置くことができる。また、最初の重力波検出GW150914では、データ保存の努力がなされ、コードやデータも公表された。
次の問題は、科学研究のポリシーにどう反映させるかである。論文の査読にreproducibilityをどういれるか、競争的資金の条件にtransparencyとreproducibilityをどう要求するか、計算時間の割り当てにもどう反映させるか、機関によって異なるが、すこしずつ進みつつある。
HPCでは次に何をすべきか。SC transparency and reproducibility initiativeの調査によると90%の研究者はその重要性を認識している。今回のCOVID-19危機のときは、Rommie E Amaroらによって分子データやシミュレーションデータを公開する呼びかけがなされた。しかし、危機後にそれをどう保つかが問題である。HPCには不確定要素が多く、再現性を担保することが難しい。

© 2020 Omdia
Information Classification: General

招待講演
Satellite Tree Enumeration Outside of Forests at the Fifty Centimeter Scale (Presenter: Compton Tucker – NASA)（17日1:45）

これがどうしてResponsible Applicationなのかわからないが、衛星により、森以外の樹木を50cmのスケールで数えるという話があった。森の外の樹木は、生物多様性、炭素貯蔵、食糧資源、人間や動物の避難所として重要である。

1971年には、スペクトロメーターについていた計算機は、HP 2100で、メモリは8 KB RAMで、ディスクはなく、紙テープでI/Oを行っていた。その後の進歩は素晴らしい。

今回、NASAでは、サブメートルの衛星画像、HPCおよび深層学習を用いて、大西洋が紅海までの1000万平方キロの領域において、樹頂が3平方米以上の孤立樹木を140億本数え上げた。これはヘクタール当たり140本である。砂漠地帯でも意外に木の密度は高かった。この調査は、全地球での炭素サイクルにおける、独立樹木の重要な役割を示唆している。

© 2020 Omdia
Information Classification: General

投稿論文

投稿論文は、プログラム委員会で厳しく審査され、例年採択率は20%前後の狭き門である。投稿数は不明だが採択は９５件であった。

a) Petascale XCT: 3D Image Reconstruction with Hierarchical Communications on Multi-GPU Nodes
(Mert Hidayetoglu et al., UIUC, ANL, Barcelona Supercomputing Centre, College of William & Mary, Lemont)
（17日3:00-3:30）

これはBest Paper賞を受賞した論文である。Multi-GPUシステムを用いて、高精度X線CTの3次元再構成を行ったという論文である。新しい点としては、
(1) データ分割と並列化
入力と出力の両方で、アルゴリズムに即した分割と並列化を採用した。それには、Hilbert順序の領域分割と、バッチ処理パイプラインを用いた。
(2) Ｘ線CTに最適化したSpMMの設計
CT計算に特有なメモリアクセスパターンに配慮して、入力および出力の３Dバッファリングアルゴリズムを提唱した。
(3) 混合精度を用いた実装
FP32とFP16を使い分けることにより、通信を減らし、GPUの性能を引き出すことができた。
(4) 階層的通信
多くのGPUがfat-nodeに実装されているアーキテクチャを最大活用して、階層的通信を採用した。
Summitにおいて、24576台のGPUを用いて、マウスの脳の9K×11K×11Kのボクセルの CT計算を65 PFlops（ピークの34%）で実行した。

b) Scalable yet Rigorous Floating-Point Error Analysis
(Arnab Das, et al., Univ. of Utah. PNNL)（18日11:00-11:30）

Best Student Paper賞を受賞した論文である。浮動小数演算の丸め誤差の厳密な自動解析は、精度の選択、結果の検証、コード最適化のための理論的な基礎である。従来の誤差解析は数十演算までしか実用的でなく、HPCには不十分である。われわれは、従来より4桁多い演算にも適用可能なSATIREというツールを開発した。そのため、パス強度縮約、上下限の最適化、抽象化を利用した。応用としてFFT、行列乗算、PDEステンシルの例を示す。

© 2020 Omdia
Information Classification: General

投稿論文

- 日本からの論文
  日本の組織からの論文で採択されたものは以下の6編である

SESSION: ACM Gordon Bell finalists
A 1024-member ensemble data assimilation with 3.5-km mesh global weather simulations Hisashi Yashiro Koji Terasaki Yuta Kawai Shuhei Kudo Takemasa Miyoshi Toshiyuki Imamura Kazuo Minami Hikaru Inoue Tatsuo Nishiki Takayuki Saji Masaki Satoh Hirofumi Tomita （NIES, RIKEN R-CCS）
Toward realization of numerical towing-tank tests by wall-resolved large eddy simulation based on 32 billion grid finite-element computation Chisachi Kato Yoshinobu Yamade Katsuhiro Nagano Kiyoshi Kumahata Kazuo Minami Tatsuo Nishikawa (Univ. Tokyo, Mizuho Information & Research Institute, RIKEN R-CCS, Shipbuilding Research Centre of Japan)
SESSION: Memory efficient deep learning
Scaling distributed deep learning workloads beyond the memory capacity with KARMA Mohamed Wahib Haoyu Zhang Truong Thao Nguyen Aleksandr Drozd Jens Domke Lingqi Zhang Ryousei Takano Satoshi Matsuoka (AIST, miHoYo, RIKEN R-CCS, Tokyo Institute of Technology)
SESSION: Exascale and beyond
Co-design for A64FX manycore processor and "Fugaku" Mitsuhisa Sato Yutaka Ishikawa Hirofumi Tomita Yuetsu Kodama Tetsuya Odajima Miwako Tsuji Hisashi Yashiro Masaki Aoki Naoyuki Shida Ikuo Miyoshi Kouichi Hirai Atsushi Furuya Akira Asato Kuniki Morita Toshiyuki Shimizu (RIKEN R-CCS, Fujitsu Ltd,)
SESSION: Porting applications to specific hardware
Massive parallelization for finding shortest lattice vectors based on ubiquity generator framework Nariaki Tateiwa Yuji Shinano Satoshi Nakamura Akihiro Yoshida Shizuo Kaji Masaya Yasuda Katsuki Fujisawa (Kyushu Univ., Zuse Institute Berlin, NTT,)
SESSION: Multiphysics applications
Acceleration of fusion plasma turbulence simulations using the mixed-precision communication-avoiding krylov method Yasuhiro Idomura Takuya Ina Yussuf Ali Toshiyuki Imamura (JAEA, RIKEN R-CCS)

© 2020 Omdia
Information Classification: General

性能評価

SCの目玉の一つは、世界中の動いているスーパーコンピュータの性能比較が行われ、その順位が発表されることである。年ごとに注目度が高まっている。現在確立した性能基準は5種目あり、毎年6月にドイツで行われれるISC (International Supercomputing Conference)と合わせて、年に2回発表される。その他、新しい性能評価の提案はBoFで議論されている.

a) Top 500

これは任意サイズの密行列連立1次方程式をGaussの消去法で解き、その浮動小数演算性能（Linpack性能）を競うもので、1993年6月から始まっている。Linpackは線形計算ソフトウェアパッケージであったが、そのマニュアルにいろんなコンピュータの演算性能を付記したことから、ベンチマークともみなされるようになった。サイズが大きい方がメモリレイテンシを隠蔽できて高性能を出しやすいが、計算時間がサイズの3乗で増大するので、故障を起こす可能性も高くなる。原発表データにはサイズも含め詳しく書かれている。

SCにおいてTop 500 BoF (Birds of a Feather session) が始まったのは、1994年のWashington DCにおけるSC94の時からである。当初このBoFはひっそり行われていた。1996年に筑波大学のグループがCP-PACSでTopを取ったが、表彰式もなく、ほとんど注目を浴びなかった。しかししだいに大規模になり、今や正規プログラム以上の扱いになってきた。今年のTop500 BoFは、基調講演のあった16日（月）の午後4時に開催された。他のBoFは17日以降であり、格段の扱いである。ちなみに６月ごろドイツで開催されるISCではTop500の発表はメインイベントの一つに位置付けられている。

Top500のハイライト

続いて、これも恒例であるが、Erich Strohmaier (NERSC)が、今回第56回のリストのハイライトを総括した。

全体を見ると、「富岳」が前回に続きトップを確保した。上位10件では、2件の新登場システム（JUWELSとDamman-7）があるが、リスト全体としては38件（7.6%）の新登場で、Top500始まって以来の少ない新登場数（同時に敗退数）であった。このうち研究目的では25件、ビジネス目的では13件で、ビジネスが少ない。コロナの影響か？ Top500のマシンの平均月齢は、リサーチは30か月であるのに対し、コマーシャルでは20か月である。

Top500に入るボトムラインは1.32 PFlopsで、前回の1.23から漸増であった。Top500のRmaxの総計も、2.22 EFlopsから2.43 EFlopsへの漸増であった。

設置場所によるシステム数では、中国が212件でトップを占め、アメリカの113件、日本の34件が続いている。性能（Rmaxの総計で）では、アメリカの668.7 PFlopsが1位で、中国は564.0 PFlopsであるが、日本が「富岳」のおかげで593.7 PFlopsで、中国をわずかに超えて2位である。性能をもう少し詳しく見ると、リサーチでは、日本38%、米国29%、中国11%であるのに対し、コマーシャルでは、中国43%、米国21%、日本2%である。

製造元でいうと、中国が約300件に対し、米国は約100件である。詳しく見ると、システム数で、リサーチでは米国58%で中国10%であるが、コマーシャルでは中国76%、米国17%である。性能シェアでは、リサーチについて、米国41%、中国13%であるが、コマーシャルでは米国51%、中国44%である。

ベンダ別にみると、中国の3社が、Lenovo 180件、Insper 66件、Sugon 51件であるのに対し、アメリカのHPE/Crayは76件である。性能シェアで見ると、富士通が16%、HPE/Crayが11%、IBMが10%、Lenovoが11%である。

© 2020 Omdia
Information Classification: General

性能評価(2)

Top20

今回は56回目の発表である。Topの20件は以下の通り。RmaxはLinpack性能、Rpeakは理論ピーク性能で、いずれも単位はPFlopsである。前回の順位に括弧のついているのは、システム増強やチューニングで性能が向上したことを示す。前回が”－”となっているマシンは新規登場。色のついているのは日本に設置されているコンピュータである。

順位	前回	設置場所	マシン名・プロセッサ	コア数	Rmax	Rpeak
1	(1)	理研R-CCS	富岳 (A64FX)	7630848	442.01	537.2120
2	(2)	ORNL	Summit (POWER9+GV100)	2424592	149.60	200.7949
3	3	LLNL	Sierra (POWER9+GV100)	1572480	94.640	125.7120
4	4	国家超級計算無錫中心	神威太湖之光(SW26010)	10649600	93.0146	125.4359
5	(7)	NVIDIA社（USA）	Selene(EPYC+A100)	555520	63.460	79.2150
6	5	国家超級計算広州中心	天河2A(Xeon+ Matrix-2000)	4981760	61.4445	100.6787
7	－	Forschungszentrum Juelich (FZJ)	JUWELS Booster Module (EPYC+A100)	449280	44.120	70.9800
8	6	ENI S.P.A. (Italy)	HPC5 (Xeon+V100)	669760	35.450	51.7208
9	8	TACC (Texas)	Frontera (Xeon)	448448	23.5164	38.7459
10	－	Saudi Aramco	Damman-7 (Xeon+V100)	672520	22.400	55.4236
11	9	CINECA (Italy)	Marconi-100 (POWER9+V100)	347776	21.640	29.3540
12	10	CSCS (Switzerland)	Piz Daint (Xeon+P100)	387872	21.230	27.1543
13	11	LANL	Trinity (Xeon Phi)	979072	20.1587	41.4612
14	12	産総研	ABCI (Xeon+V100)	391680	19.880	32.5766
15	13	Leibniz Rechenz.(独)	SuperMU-NG	305856	19.4766	26.8739
16	－	HLRS (独)	Hawk (EPYC)	698880	19.3340	25.1597
17	14	LLNL	Lassen (POWER9+V100)	288288	18.200	23.0472
18	15	Total Exploration Pro. (仏)	PANGEA III (POWER9+GV100)	291024	17.860	25.0258
19	－	JAXA (日)	TOKI-SORA (FX1000)	276480	16.592	19.4642
20	16	LBNL/NERSC	Cori (Xeon Phi)	622336	14,0147	27.8807

© 2020 Omdia
Information Classification: General

展示

今年の展示；
今回は展示もvirtualになったので、出典費は値引きになったが、それとは別にAssetsと呼ばれる金額に応じて、ChampionからBasicまで5段階のサービスランクが定められた。BasicではただWeb pageが置かれる

Champion ($25,000)　10件をリミットに募集	
日本からはなし	
Spotlight（$15,000）	
Fujitsu Limited	富士通株式会社
Premium（$7,500）	
Institute of Industrial Science, The University of Tokyo	東京大学生産技術研究所
NEC Corporation	日本電気株式会社
Standard（$3,500）	
CCS/JCAHPC, University of Tsukuba	筑波大学計算科学研究センター／最先端共同HPC基盤施設
Hokkaido University	北海道大学
ITC/JCAHPC, The University of Tokyo	東京大学情報基盤センター／最先端共同HPC基盤施設
JAMSTEC	海洋研究開発機構
RIKEN	理化学研究所
RIST Kobe Center	高度情報科学技術研究機構神戸センター
Basic（$ 0）	
AIST	産業技術総合研究所
CMC - Osaka University	大阪大学サイバーメディアセンター
ITBL Community	（注1）
JAIST	北陸先端科学技術大学院大学
Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA)	宇宙航空研究開発機構
Kansai University	関西大学
KEK	高エネルギー加速器研究機構
Kyoto University	京都大学
Kyushu University	九州大学
Nagoya University	名古屋大学
Nara Institute of Science & Technology	奈良先端科学技術大学院大学
National Institute of Informatics	国立情報学研究所
NICT	情報通信研究機構
The Institute of Statistical Mathematics (ISM)	統計数理研究所
The University of Tokyo	東京大学
Tohoku University	東北大学
Tokyo Institute of Technology	東京工業大学
VR Study Meeting	（注2）
XTREME-D Inc.	エクストリーム-D 株式会社
(Nitta Corporation, America)	ニッタ株式会社（アメリカ支社）
(Nitto Kohki USA)	日東工器（アメリカ支社）
Numura Trading Co., Ltd.	野村貿易株式会社

© 2020 Omdia
Information Classification: General

企業の発表

SCではHPC関係の企業が最新の情報をここぞとばかりに発表する。企業展示はもとより、Booth session（展示会場でのプレゼンテーション）、Exhibitor ForumやTechnical Programでのワークショップ、パネル、招待講演などもある。企業主催のレセプションや、会場の近くで、独自のセミナーを開催して重要な発表を行う企業もある。

富士通

理研と共同開発した「富岳」がTop500など4賞で前回と連続トップを取ったことから意気が上がっていた。そのプロセッサA64FXとともに、A64FXを搭載したPRIMEHPC FX1000およびFX700を紹介した。Exhibitor Forumでは清水俊之氏が講演した。Booth Sessionsも2件行った。

Tuesday, November 17, 2020 12:00 PM – 12:10 PM ET
Welcome to Fujitsu's SC20 Booth

Wednesday, November 18, 2020 2:30 PM – 2:50 PM ET
Fujitsu's A64FX: The Fastest Arm-based CPU for HPC and AI

日本電気（NEC）

NECは、SX-Aurora TSUBASA Generation 2を展示していた。SX-Aurora TSUBASAは、現在世界唯一のベクトル計算機であるが、ホストにx86プロセッサを使っているところが特徴的で、他のサーバーとの親和性を考慮している。第一原理量子化学ソフトVASP、気象学、石油探査、機械学習などの応用での活躍が期待される。

HPCGのところで述べたように、日本の日本の核融合科学研究所のPlasma SimulatorはSX-Aurora TSUBASAで、HPCGの10位にランクされているが、Top500では33位で、 Linpackとの比は6.7%で最高である。NECのベクトル計算機の面目躍如である。ただし、Linpackと総演算性能との比（Rmax/Rpeak）は63%で、従来のベクトル計算機に比べて低い。今後のチューニングに期待したい。

Exhibitor ForumでMasashi Ikuta氏が講演したほか、11月17日11:00-14:00および18日8:00-10:00（いずれも東部時間）にはAurora Forumを開催した。

Tuesday November 17 11:00 EST - 14:00 EST
SC20 NEC Aurora Forum Day 1

Wednesday November 18 8:00 EST / 14:00 CET - 10:00 EST / 16:00 CET
SC20 NEC Aurora Forum Day 2

© 2020 Omdia
Information Classification: General

企業の発表(2)

IBM (Champion Exhibitor)
SCの常連であるが、ハードやシステムよりサービスに重点が移ってきたようである。最高位のChampion Exhibitorsの一つであるが、Exhibitor Forumでは講演していない。HPCでも頑張っているが、興味はAIやBig Dataの方に移りつつある。HPCシステムとしても、Power9とNVIDIA GPU V100を搭載したORNLのSummitとLLNLのSierraは「富岳」に続いてTop500の2位3位を占めているが、次のアメリカのExascaleのマシンにIBMの名前はない。2件のBooth sessionsを行った。

Tuesday, November 17, 2020 11:45 AM – 12:00 PM ET
Build Better Products Faster: Innovating with IBM Bayesian Optimization Accelerator

Wednesday, November 18, 2020 12:30 PM – 12:45 PM ET
The Changing Needs of HPC for AI

HPE (Hewlett Packard Enterprise) (Champion Exhibitor)
Crayを吸収したHPEは、HPC分野で多くのシェアを占めている。Convexを吸収しSGIを吸収し、DECを吸収したCompaqも吸収した。さまざまな技術潮流が渦巻いている。Top500でも76件はHPE社製である。Apollo 80は、富士通のA64FXプロセッサを搭載している。2件のBooth Sessionsを行った

Tuesday, November 17, 2020 12:00 PM – 12:30 PM ET
Where the HPC & AI Market Leader Goes from Here

Tuesday, November 17, 2020 8:00 PM – 10:00 PM ET
HPE Supercomputing Celebration featuring Weezer, co-sponsored by Intel

AMD
AMD (Advanced Micro Devices)は、HPC用のGPUとしてAMD Instincet MI100 アクセラレータを発表した。これはAMD CDNAアーキテクチャに基づくので、FP32 Matrixでは3.5倍、FP16では7倍の性能向上を実現し、エクサスケール時代に活躍する。
CPUでは、第二世代のAMD Epyc 7002シリーズを発表した。ソケット当たり最大64コアで第二世代のIntel Xeon Scalable processorと比べて102%の性能向上である。

© 2020 Omdia
Information Classification: General

企業の発表(3)

Intel (Champion Exhibitor)

昔なら考えられないことであるが、今回のTop500にリストされているマシンのうち、90%以上がIntelのXeonまたはXeon Phiを搭載している。AMDは同じ命令セットアーキテクチャのプロセッサを製造しているが、時々Intelの王座を脅かしている。大きな動きは、Intelがx86を64ビット化しようとして、HPと共同でIA64アーキテクチャのItaniumを打ち出したが、製造が遅れた上に、高価格で性能が期待より低く、市場に受け入れられなかった。その隙に、AMDは2003年、x86を64ビット化したx86-64またはx64アーキテクチャのOpteronを製造し、HPC業界を席巻した。結局、IntelがAMDのx64アーキテクチャに準拠したプロセッサを製造することになった。また、Intel社は2007年頃、PolarisとかLarrabeeとかいうメニーコアチップを打ち出したが、これもなかなか製品にならず、その間にAMDが市場を侵食した。

最近、Intelの7 nmの半導体プロセスの開発が約1年遅れ、Auroraに搭載予定の、Intel Xeに基づくPonte Vecchioの製造が遅れているとの報道が相次いでいる。この間に、AMDはTSMCの7 nmプロセスを使ってプロセッサを製造し、低消費電力で高い性能を出している。SC20では、次世代XeonプロセッサのIce Lakeの詳細が発表された。LAMMPS、NAMD、（何かの）Monte Carloなどの応用に対し、Ice Lake-SPベースの32 core CPU×2のほうが、AMDのEpyc 7742×2より、コア数が半分であるにも関わらず、高速であるという性能評価を示した。専門家によるとAVXが効いているようである。

今回の目玉はoneAPIという、CPU, GPU, FPGA, DSPなどを統合するプログラミング環境を提案したことである。SC20ではチュートリアルやパネル討論会でも取り上げられた。以下のBooth sessionsが行われた。

Tuesday, November 17, 2020 12:30 PM – 12:40 PM ET **Delivering Exascale with Aurora**
Tuesday, November 17, 2020 4:50 PM – 5:00 PM ET **Intel's Vision for Exascale Computing**
Tuesday, November 17, 2020 5:01 PM – 11:59 PM ET **Intel HPC & AI Pavilion**
Wednesday, November 18, 2020 11:30 AM – 11:40 AM ET **Accelerate Workloads in Intel® DevCloud**
Wednesday, November 18, 2020 5:01 PM – 11:59 PM ET **Intel HPC & AI Pavilion**
Thursday, November 19, 2020 12:00 PM – 12:10 PM ET **oneAPI: for Cross-architecture Application Performance**
Thursday, November 19, 2020 3:30 PM – 11:00 PM ET **Intel HPC & AI Pavilion**
Thursday, November 19, 2020 5:01 PM – 10:00 PM ET **DAOS User Group (DUG)**

© 2020 Omdia
Information Classification: General

企業の発表(4)

NVIDIA (Champion Exhibitor)
Top500のうち140件がNVIDIAのGPUを搭載しているなど、HPCでの存在感を増している。今年はソフトバンクグループ傘下にあったArmを買収発表報道をするなど大きな動きがった。

Thursday, November 12, 2020 11:30 AM – 12:00 PM ET Evaluating the Performance of NVIDIA's A100 Ampere GPU for Sparse and Batched Computations
Monday, November 16, 2020 6:00 PM – 7:00 PM ET NVIDIA SC20 Special Address
Tuesday, November 17, 2020 12:30 PM – 1:00 PM ET NVIDIA Selene: Leadership-Class Supercomputing Infrastructure
Wednesday, November 18, 2020 12:00 PM – 12:20 PM ET Introducing NDR 400Gb/s InfiniBand
Thursday, November 19, 2020 11:30 AM – 12:00 PM ET Programming Accelerated HPC Systems in the Exascale Era

Dell (Champion Exhibitor)
展示されていた製品は、EMC PowerEdge XE7100、EMC PowerScale、EMC PowerSwitch Z-series Switches、Precision Data Science Workstationである。高精細の1分ほどのすばらしいビデオが用意されていたが、技術的な主張はなかった。

Tuesday, November 17, 2020 12:15 PM – 12:30 PM ET HPC, IoT, Big Data & AI Together for Better, Faster Decisions Everywhere
Wednesday, November 18, 2020 2:45 PM – 3:00 PM ET How the HPC and AI Innovation Lab Can Help You Get the Infrastructure You Need

© 2020 Omdia
Information Classification: General

（５）各国のマイクロエレクトロニクスに係る開発・応用技術に係る先進的技術の開発動向の調査

- VLSI
- Hot Chips
- SC20
- RISC-V
- IEDM2020
- ISSCC2021

開催概要 (1)

1. 開催日時

2020年11月5日 9:30 – 18:30

11月6日 9:00 – 17:00

2. 開催形式

Vimeoによるオンライン開催

QAはSlack/Twitterで受付

バーチャルデモブース

3. 主催/後援

主催: RISC-V協会

後援: ET&IoT(JASA), NEDO

4. 参加者数

主催者コメント:

参加登録者 600名以上、300人程度が視聴

実際のVimeo上のログイン数：初日開始時 240人・平均210人程度、二日目 平均170人程度

© 2020 Omdia

Information Classification: General

開催概要 (2)

5. 協賛: 23社/団体
6. 開催背景:

今年のテーマは『５Gモバイル、ストレージ、
ウエアラブル、自動車応用の次に控えるRIS
C-Vの研究、開発、技術、市場』
2015年、CA大学バークレー校が提供した
(1) プロセッサアーキテクチャ
(2) 実装設計　(3) 知財配布
の新モデルがRISC-V。1つの命令セットアーキテクチャ(IS
(1) オープンな命令セット (2) オープンソースプロセッサ (3) オープンソースソフトウェア
(4) オープンソースEDAツール等 (5) ユーザ拡張命令
をサポートする新ビジネスモデル、新知財モデル
2019年、RISC-V Foundationには360超のメンバが参加、開発されたプロセッサは56種、SoCプラットフォームIPは21種、9種のSoCが生産されている。
2020年にはサムスンが5GスマートフォンのRFチップに採用

© 2020 Omdia
Information Classification: General

講演概要 (1)

1. 11/5 講演:

11/5 講演	講演者所属機関	IP	SW/FW	Tool	SoC/マイコン	活用事例他
RISC-Vインターナショナル CEO基調講演	RISC-Vインターナショナル					
SiFive RISC-Vの最新概要とArchiTek社によるユーザ事例紹介	SiFive, DTSインサイト, Archtek	✓	✓	✓	✓	
AIチップ開発拠点	NEDO					
RISC-V用Linuxとファームウェア事情	レッドハットソフトウェア(IBM)		✓			
~~ベトナム初 オープンソースRISC-V SoCプロジェクト~~ 講演中止	~~VLSIテクノロジページ~~				✓	
医薬を設計するための専用高性能RISC-Vコンピュータ	理化学研究所					✓
ASIP Designerを用いたRISC-V ISAプロセッサの実現とその拡張	日本シノプシス			✓		
RISC-Vアーキテクチャを適用し派生させた高度なSIMDアーキテクチャ	筑波大学	✓		✓		
TEEハードウェアのためのRISC-V実装	電気通信大学、NEDO	✓				
「Chiselで始めるデジタル回路設計」の翻訳作業について	日本IBM/Chisel勉強会			✓		
「チゼルを使ったデジタルデザイン」著者による言語の使用法の説明	デンマーク工科大学			✓		
ハードウェア記述言語Chiselをもっと活用するためのDiplomacy概説	FPGA開発日記著者			✓		
RISC-VのIoT応用に関する研究開発活動	ベトナム国家大学ハノイ校					✓
なぜ教育用モデルプロセッサにRISC-Vを使用するべきか？	慶應大学					✓
RVfpga：RISC-Vに基づく世界初の完全なコンピュータアーキテクチャコース	イマジネーションテクノロジーズ					✓
「大学のプログラム」	イマジネーションテクノロジーズ					✓

© 2020 Omdia
Information Classification: General

講演概要 (2)

2. 11/6 講演:

11/6 講演	講演者所属機関	IP	SW/FW	Tool	SoC/マイコン	活用事例他
PolarFire SoC入門	Microchips			✓	✓	
SiFive HiFive Unmatched RISC-V Lunux PC mini-ITX フォームファクターボード	SiFive	✓	✓	✓	✓	
ASA RISC-Vプロセッサ	ASAマイクロシステムズ				✓	
RISC-V機械学習SoCの検証メソドロジー	Esperanto Technologies			✓	✓	
RISC-VマイコンGD32VF103のご紹介	ギガデバイスジャパン				✓	
JASAにおけるRISC-V活動とET＆IoT Digital 2020展の紹介	JASA					✓
オープンソースハードウェアの潮流	SHコンサルティング					✓
RISC-V Linux採用のロードマップ	Andes Technology	✓	✓		✓	
RISC-V開発ツールで一歩先を行く製品開発の実現	IARシステムズ			✓		
VxWorksのRISC-Vサポート	ウインドリバー			✓		
RISC-V Ada/C言語ソフトウェア開発ツール	AdaCore			✓		
RISC-V IP製品ラインアップとSCRxファミリのソフトウェアエコシステム	シンタコア	✓	✓			
ASIC/FPGA開発フロー	チップスアライアンス			✓		
RISC-Vプロセッサ IP製品ラインナップ	クラウドベア	✓				
イマジネーションテクノロジーズ製品紹介	イマジネーションテクノロジーズ	✓				

© 2020 Omdia
Information Classification: General

講演概要 (3)

3. バーチャルデモ:

バーチャルデモ	所属機関	IP	SW/FW	Tool	SoC/マイコン	活用事例他
SiFive最先端技術ショーケース	DTSインサイト	✓	✓	✓		
C言語ソフトウェア開発ツール紹介	AdaCore			✓		
VxWorks 7 RTOSとWorkbench 4 開発環境のご紹介	ウインドリバー			✓		
SHC RISC-Vデモ：Amazon AWS IoTサービスPFへの安全接続	SHコンサルティング				✓	
ARSIMを使用したAR32Zのラピッドプロトタイピングとテスト	ASAマイクロシステムズ				✓	
チップヤードFWを採用したベイジアンNNトレーニングアクセラレータの開発	理化学研究所					✓
GigaDevice評価キットのクイックスタートアップ解説	IARシステムズ			✓		
ASIP DesignerツールによるRISC-V開発	日本シノプシス			✓		
Andes N25Fコアを搭載したAriel IoT SoC開発PF	Andes Technology	✓	✓		✓	

4. まとめ

(1) 講演　IP関連：9、SW/FW関連：5、Tool関連：13、SoC/マイコン関連：8、その他：6 (重複あり)

(2) Vデモ　IP関連：2、SW/FW関連：2、Tool関連：5、SoC/マイコン関連：3、その他：1 (重複あり)

© 2020 Omdia
Information Classification: General

Impression

- 32bit，64bitのRISC-Vコアや搭載プロセッサが複数登場する中で、評価環境や開発ツールが充実している事を実感できるイベント。初日にSiFive社からコメントがあったが、RISC-Vは北米と中国をメインにすでに導入が始まっているものの、日本はそれに2～3年遅れているイメージで、今年がRISC-V元年といった雰囲気がある。
- RISC-Vコアはベクトル拡張、64-bit Out of Order、マルチコアに対応し、セキュリティ、AIアクセラレータなどに対応したSoC構築ソリューションが主流。
- HW開発言語としてCA大学バークレー校が用いたChisel(チゼル: Verilog RTLを効率良く生成するための言語で、高位合成言語ではない)にフォーカスした講演が3つあり、平均して220人程度の視聴があった事から開発者の関心の高さが伺える。導入本である「Chisel Book」の翻訳がGithub上でボランティアで行われており、この辺りもOpenソースの理念がうかがえる。ARMと異なり、Openな環境で数百もの会社の開発者からフィードバックされるのが強み。
- 評価環境として、FPGA上にRISC-V IPを構成したもの、TSMCで作られたテストChip、MicrochipやGigaDeviseのSoCなどを載せたボードが複数リリースされており、各RTOS・Linuxの搭載、IAR・SEGGER・WindriverなどのToolがサポートされている事から、すでに従来マイコンやプロセッサと比較し遜色のない開発が可能と推測される。
- nVidiaのARM買収によるインパクトや、RISC-Vの今後の展開-特にサーバへの搭載についての質問が目立った。競合としては当然ARMという発言が聞かれたが、事務局でもあるSHコンサルティングの河崎氏から「ARMはIPという半導体Bizの新たな仕組みをゼロから作り上げたすごい会社であり、その恩恵でRISC-Vがものすごいスピードで伸びる事ができている。nVidiaによりARMがサーバーソリューションに引っ張られていくとすれば、IoTにはRISC-Vが入るチャンスがある」という意見が的を得ているように感じた。RISC-Vのサーバー展開について、「5年後に可能性はある」というコメントがあった。

© 2020 Omdia
Information Classification: General

注目講演 (1)

RISC-V インターナショナル
CEO Calista Redmond氏 (スイスより参加)
「RISC-Vには制約がない: テクノロジーを自由に使え、
イノベーション機会があり、コミュニティによる開発が可能」
https://www.youtube.com/watch?v=DnPdaGKq1YM

約50分のオープニング講演で、RISC-Vメンバーのメリットを説明

- 技術的牽引力とインサイトを加速できる
- 技術的な優先順位、アプローチ、コードを提供
- 技術的且つ戦略的な優位性を得ることが可能
- 可視性、リーダーシップ、市場への洞察力を高めることが可能 ・エンジニアリングスキルを充実させ、才能を保持・引きつけることが可能
- イノベーションパートナーネットワークと顧客パイプラインの構築が可能
- 地域や業界の開発者ネットワークを深め、リードすることが可能 ・RISC-V製品・サービス・トレーニング・開発人材を紹介することが可能

今後の活動として、Certificationモデルの構築があるものの、多種に及ぶため、検討中とのこと。

© 2020 Omdia
Information Classification: General

注目講演 (2)

SiFive(2講演)/Architek

S) 日本代表 石井敦氏他、CTO Yunsup Lee氏

A) 代表取締役 高田周一氏

「SiFive RISC-Vの最新概要とArchiTek社によるユーザ事例紹介/HiFive Unmathed RISC-V Lunux PC Mini-ITX フォームファクターボード」

https://www.youtube.com/watch?v=Sv1XM8EJrnU&feature=youtu.be

https://www.youtube.com/watch?v=2QobuQoaI9I&feature=youtu.be

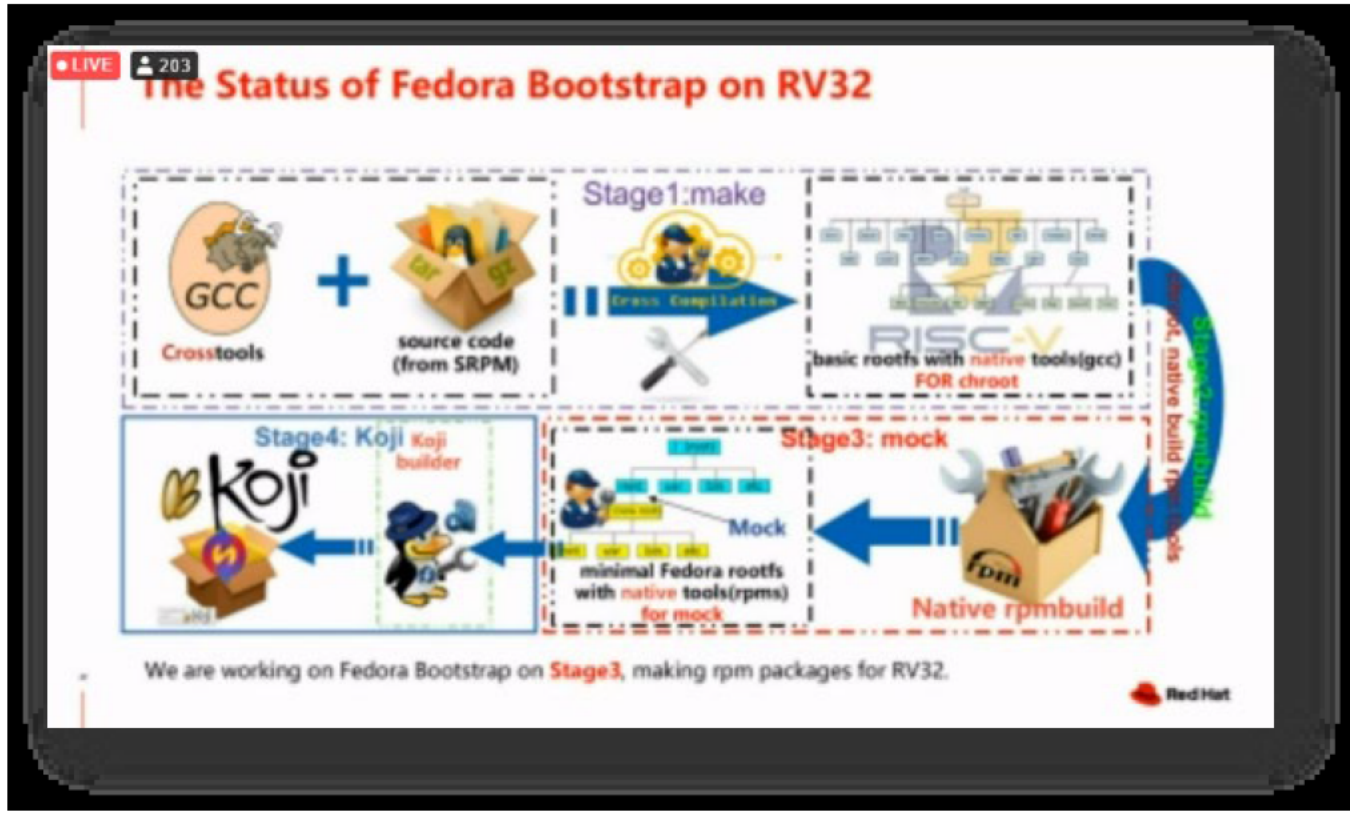
Samsung 5Gスマフォでのコア搭載(ARMからの乗り換え)やHuamiのスマートウォッチでの搭載など、講演中のIPベンダとしては最も勢いを感じたSiFive社。最新のVIU7 64bitコアではFPGA搭載でもARM A53よりも高性能・低電力とのこと。

HiFive UnmatedはU74(RV64GC)コアを4つ、S7(RV64IMAC)コアを1つ搭載したマルチコアFU740 SoCを実装した$665の評価環境。Yocto LinuxベースのSDKがGitHubで公開され、95%が実装されていDebianではDockerやKubernetesのデモが実行できると言う。Secure BootやDebugはサポートしているが、グラフィックス機能はPCIe越しの別ボードが必要(デモではAMD Radeonボードを使用)。

© 2020 Omdia
Information Classification: General

注目講演 (3)

Redhat Software (IBM)
System SW Engineer Wei Fu氏 （上海より参加）
「RISC-V用LinuxとFW事情: RV64開発状況、RV32 Fedra Linux ブートストラップの展開、Linuxプラットフォーム仕様の更新」

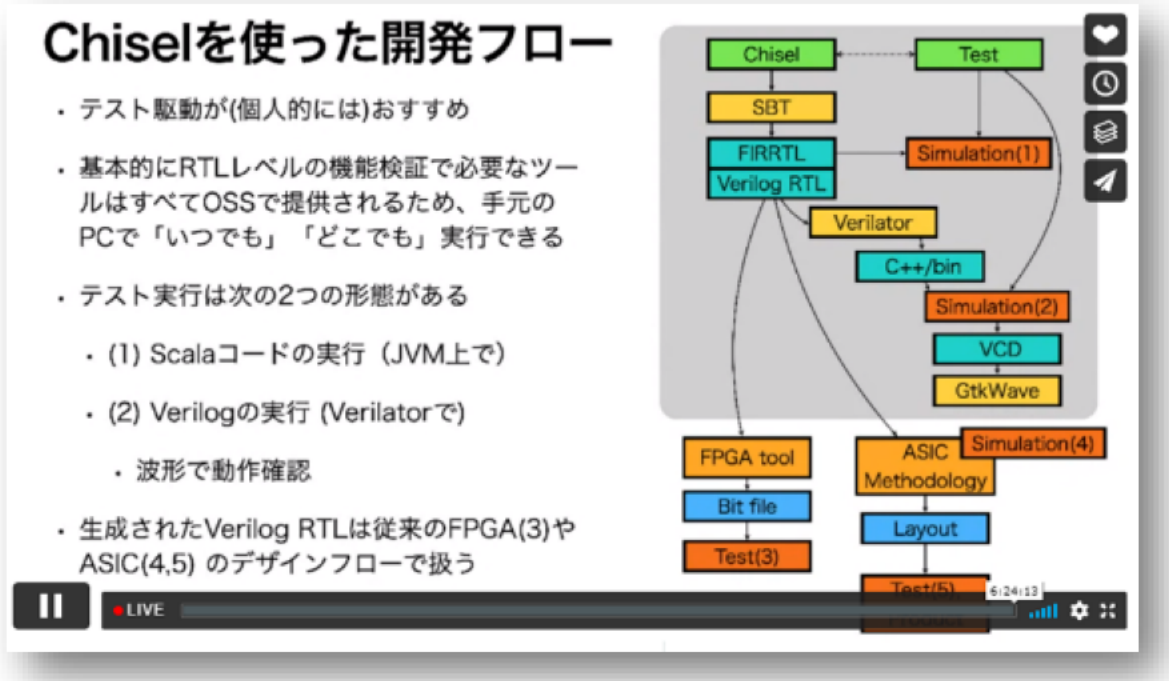


エンタープライズサーバにも使用されているFedra Linux DistributionのRISC-V(RV32)移植状況。
現在はstage3:mockでのBootstrapの段階で、SiFive社のUnleashedボードをサポート。
今後、StarFive社(中国)のVIC7100やSiFive社のUnmachedボードをサポート。SiFive社Unmached(64bit RISC-V コア搭載)では来月にFedra Imagesが動作する予定。

© 2020 Omdia
Information Classification: General

注目講演 (4)　Chisel関連

Chisel勉強会　宗藤 誠治氏 (日本IBM)
「Chiselで始めるデジタル回路設計 の翻訳作業」
デンマーク工科大学 Martin Schoeberl氏
「Chiselを使ったデジタルデザイン 著者による言語説明」
FPGA開発日記著者
「Chiselをもっと活用するためのDiplomacy解説」

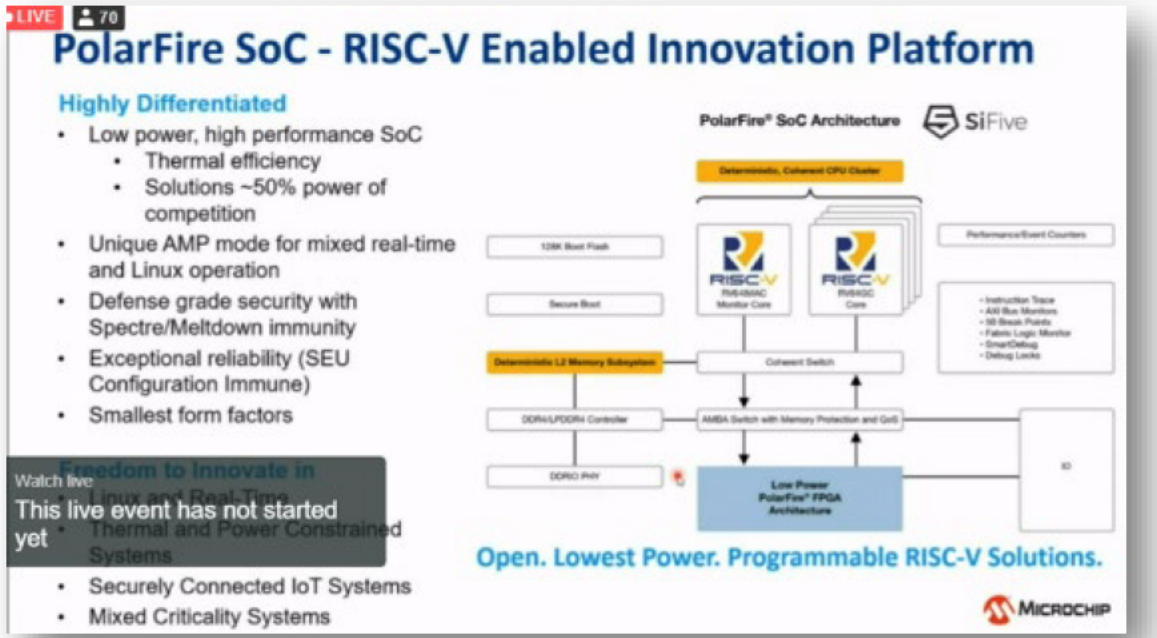


ハードウェア記述言語 Chiselに関する解説。Openソースのコンポーネントを用いて設計環境を構築可能。Verilog RTLを効率良く生成することのてきる言語で、教科書的な「Chisel Book」は現在翻訳中。原文も翻訳途中の日本語版もGitHubにて公開中。ChiselはC言語ファミリの中でScalaをベースとしたJava系列に属する非常に小さな言語であり、高機能な関数を使ってカスタムプロセッサの設計、シミュレーションが可能。

© 2020 Omdia
Information Classification: General

注目講演 (5)

Microchip Technical Fellow Tim Morin氏
「PolarFire SoC入門」

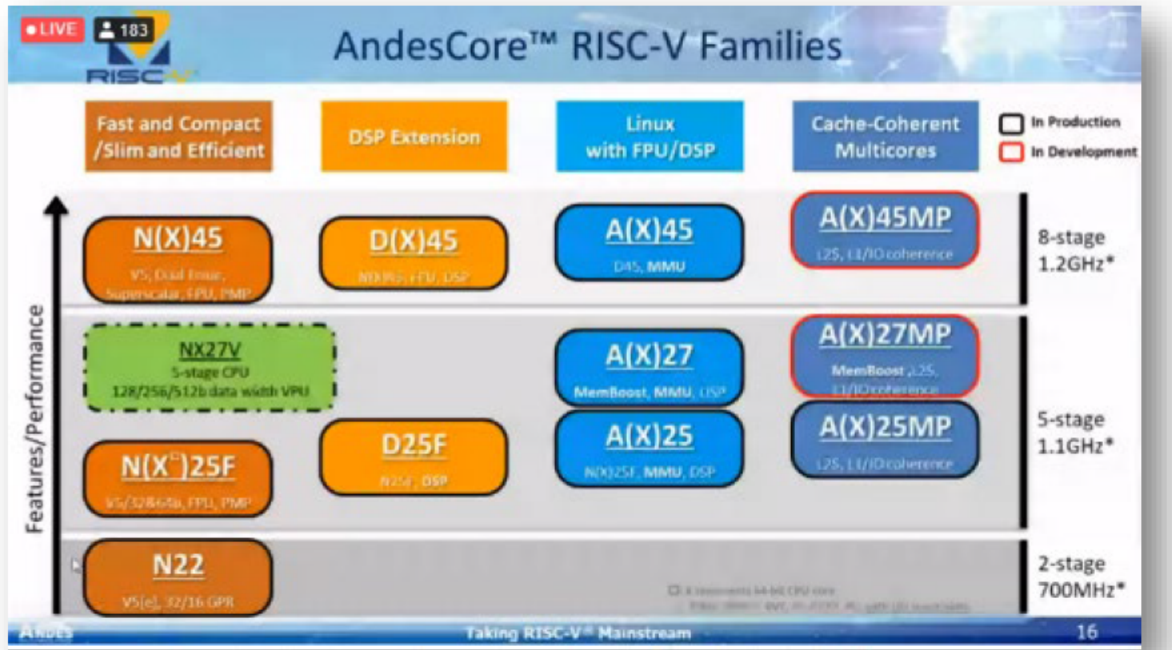


SiFive社IPコア RV64GCx4、RV64IMACx1搭載のマルチコアSoC“PolarFire”の紹介。初のRISC-V搭載SoC量産製品でFPGA構成となっている。
現在の評価ツールはFunction確認用のもので、来年中旬を目標にVerification、Simulationなどの検証ツールを準備。
1.3Wで6500CoreMarksというARM比較で圧倒的な低消費電力性能を誇り(Dual A9で2.5W, Dual A53で3W以上)、FPGAとしては従来比30-50%の低電力化。
PolarFire搭載モジュールも5種が早期にリリースされる予定。IAR, FreeRTOS(Amazon), Mentorなどと“Mi-V”と呼ぶエコシステムを構築。

© 2020 Omdia
Information Classification: General

注目講演 (6)

Andes Technology 日本地域営業 Florian Wohlrab氏
「AI: RISC-V Linuxを使用したエッジ→サーバーへスケーリングするロードマップ」



2020年10月にルネサスがASSPに搭載するRISC-Vコアとして採用する事で日本でも話題になっているAndes社のロードマップ紹介。
コンパクトなN(X)シリーズ、DSP拡張のD(X)シリーズ、FPU/DSP拡張のLinux向けA(X)シリーズ、マルチコア対応のA(X)MPシリーズを有し、現在8種類のコアが製品としてリリースされている(各シリーズとも最高周波数は1.2GHz)。また初めてベクターエンジンを搭載したNX27VコアをTSMC 7nm++で開発。BFloat16やINT4に対応し、AIに最適化されている。
Datacenter Computingの例として、このNX27Vを4コア、MPコアを1コア搭載するプロセッサ事例も紹介された。
同社プレスリリースでは2019年にRISC-Vベースの同社IP搭載SoCが15億個(累計50億個)出荷されたと発表されている。

© 2020 Omdia
Information Classification: General

RISC-V IP (1)　各社IPまとめ (Webサイトと発表資料より)

Vendor	Microcontroller core				Embedded core				Linux-capable core			
	32-bit		64-bit		32-bit		64-bit		32-bit		64-bit	
	Core	Arch./Perform.	Core	Arch./Perform.	Core	Arch./Perform.	Core	Arch./Perform.	Core	Arch./Perform.	Core	Arch./Perform.
SiFive	E20	RV32IMC 2.51/1.84(1.22)			E31	RV32IMAC 3.01/2.58(1.61)	S21	RV64IMAC 3.2/2.54(1.6)			U54/ U54-MC	RV64GC 3.01/2.87(1.7)
	E21	RV32IMAC 3.1/2.27(1.46)			E34	RV32IMAFC 3.01/2.58(1.61)	S51	RV64IMAC 3.01/2.87(1.7)			U74	RV64GC 5.1/4.27(2.5)
	E24	RV32IMAFC 3.1/2.27(1.46)			E76/ E76-MC	RV32IMAFC 5.1/3.73(2.3)	S54	RV64IMAFDC 3.01/2.87(1.7)			U74-MC	RV64GC 5.1/4.27(2.5)
							S76/ S76-MC	RV64GC 5.1/4.27(2.5)			VIU75/ VIU75-MC	RV64GCV Vector Ext.
											U84	RV64GC out-of-order
Andes					N25F	RV32IMACFD 3.58/1.96	NX25F	RV64IMACFD 3.52/2.09	A25	RV32IMACFDP 3.58/1.96	AX25	RV64IMACFDP 3.52/2.09
									A27	RV32GC-N-P 3.58/1.96	AX27	RV64GC-N-P 3.52/2.09
Syntacore	SCR1	RV32IMC/EMC 2.95/1.89(1.28)							SCR5	RV32IMCAFD 2.83/2.48(1.6)	SCR5	RV64IMCAFD 3.02/2.63(1.7)
	SCR3	RV32IMCA 3.3/2.94(1.86)	SCR3	RV64IMCA 3.4/3.27(1.97)							SDR7	RV64GC 5.12/3.8(3.25) out-of-order
	SCR4	RV32IMCFDA 3.3/2.96(1.86)	SCR4	RV64IMCFDA 3.4/3.27(1.97)								
CloudBEAR	BM-310	RV32IMCAFNB 3.8/1.76	BM-610	RV64IMCAFNB 3.84/1.89	BR-351	RV32IMACFN 5.0/2.3	BR-651	RV64IMACFDN 5.0/2.5	BI-350	RV32IMACF 3.01/1.6	BI-651	RV64GC 5.0/2.5
											BI-671	RV64GC 5.54/3.6 out-of-order

note) Performance: Coremark/MHz, DMIPS/MHz Best effort (Legal)

© 2020 Omdia
Information Classification: General

（５）各国のマイクロエレクトロニクスに係る開発・応用技術に係る先進的技術の開発動向の調査

- VLSI
- Hot Chips
- SC20
- RISC-V
- IEDM2020
- ISSCC2021

開催概要 (1)

1. 開催日時

   2020年12月14 – 18日(5日間)

2. 開催形式

   Vimeoによるオンライン開催

   バーチャルデモブース

3. 主催

   主催: IEEE & EDS

4. 参加者数

   主催者コメント:

   参加登録者 2030名

© 2020 Omdia
Information Classification: General

IEDMについて

IEDM (International Electron Devices Meeting)

- 電子デバイス分野の最高峰国際会議
  （VLSI分野では6月のVLSI Symposiumも有名）
  IEDMはVLSI分野以外のすべての電子デバイスを含む
- 毎年12月に米国サンフランシスコで開催．2020年は66回目．参加者は2000名程度．論文数は230件，採択率~30%.
- 2015年までは奇数年はワシントンDC，偶数年はサンフランシスコで開催されてきたが，2016年から毎年サンフランシスコに固定された.
- 昨年までの会議日程は下記の通り.
  土曜日にチュートリアル．日曜日にショートコース.
  月曜日午前にプレーナリー講演.
  一般講演は月曜日午後から水曜日午後まで3日

© 2020 Omdia
Information Classification: General

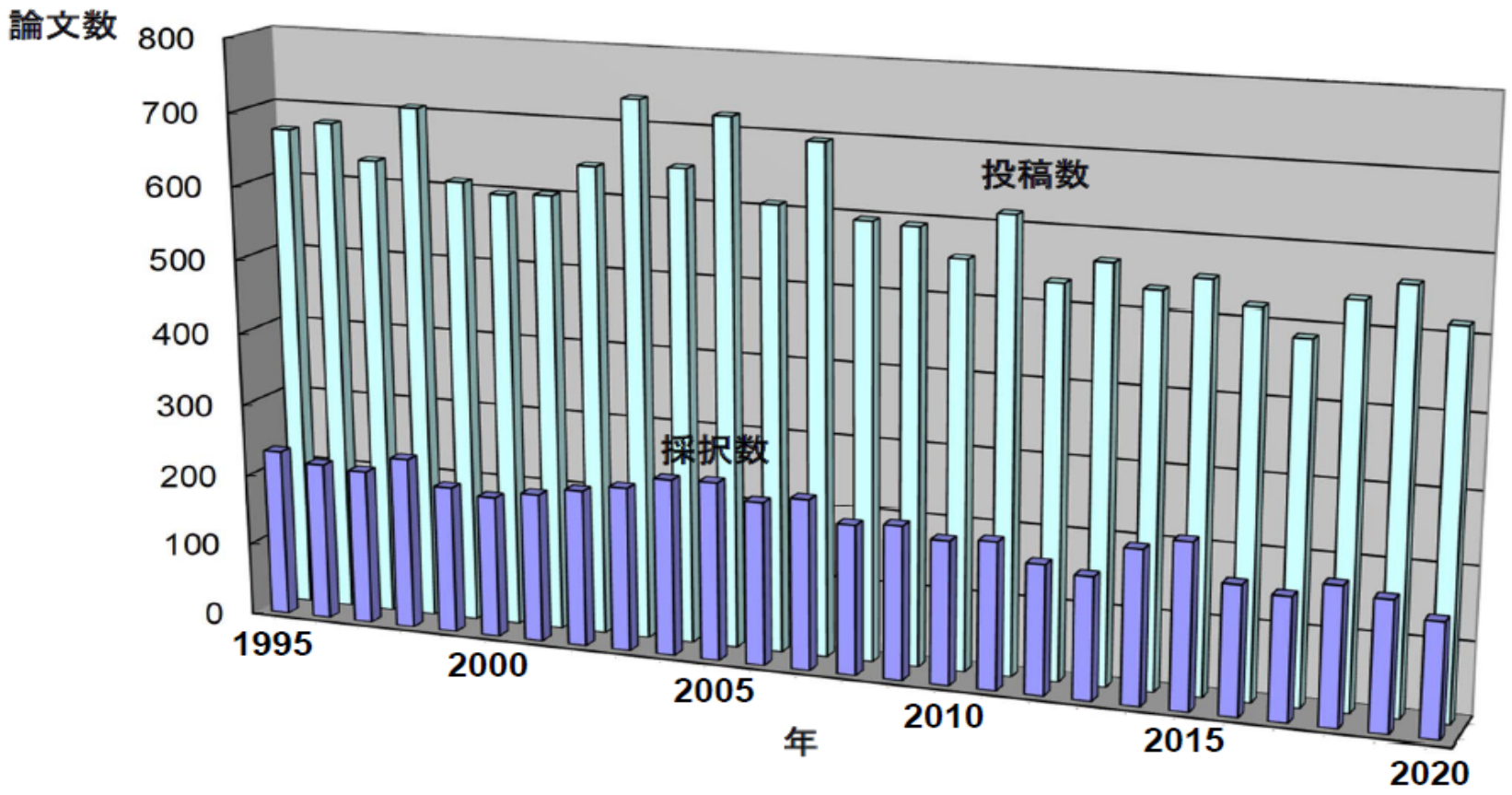
IEDM2020 概要について

2020年は新型コロナのためVirtual Conferenceとなった．会期は2日延びて金曜日まで．

- 採択論文：（4ページのTechnical Digests）は，会期よりかなり前の12/5（土）に参加者に公開された．
- チュートリアル：例年は土曜開催．2020年は12/5（土）にオンデマンドのビデオ講演が公開され， Q&Aセッションが12/12（土）にライブで開催された．
- ショートコース：例年は日曜開催．2020年は12/6（日）にオンデマンドのビデオ講演が公開され， Q&Aセッションが12/13（日）にライブで開催された．
- プレーナリー講演：例年は月曜午前に3件続けて講演．2020年はこのプレーナリー講演のみはライブ配信された．ただし，12/14, 15, 16に1件ずつであった．
- 一般講演：例年は月曜から水曜まで開催．2020年は12/7（月）にオンディマンドのビデオ講演が公開された．Q&Aセッションは12/14（月）から12/18（金）にライブで行われた．各講演のQ&Aは10分が割り当てられた．これは通常開催の5分より長かった．Q&Aセッションの時間帯は米国太平洋時間の午前中（日本時間午前1時から）であったため，日本から連日参加するのは困難であった．

© 2020 Omdia
Information Classification: General

論文の推移

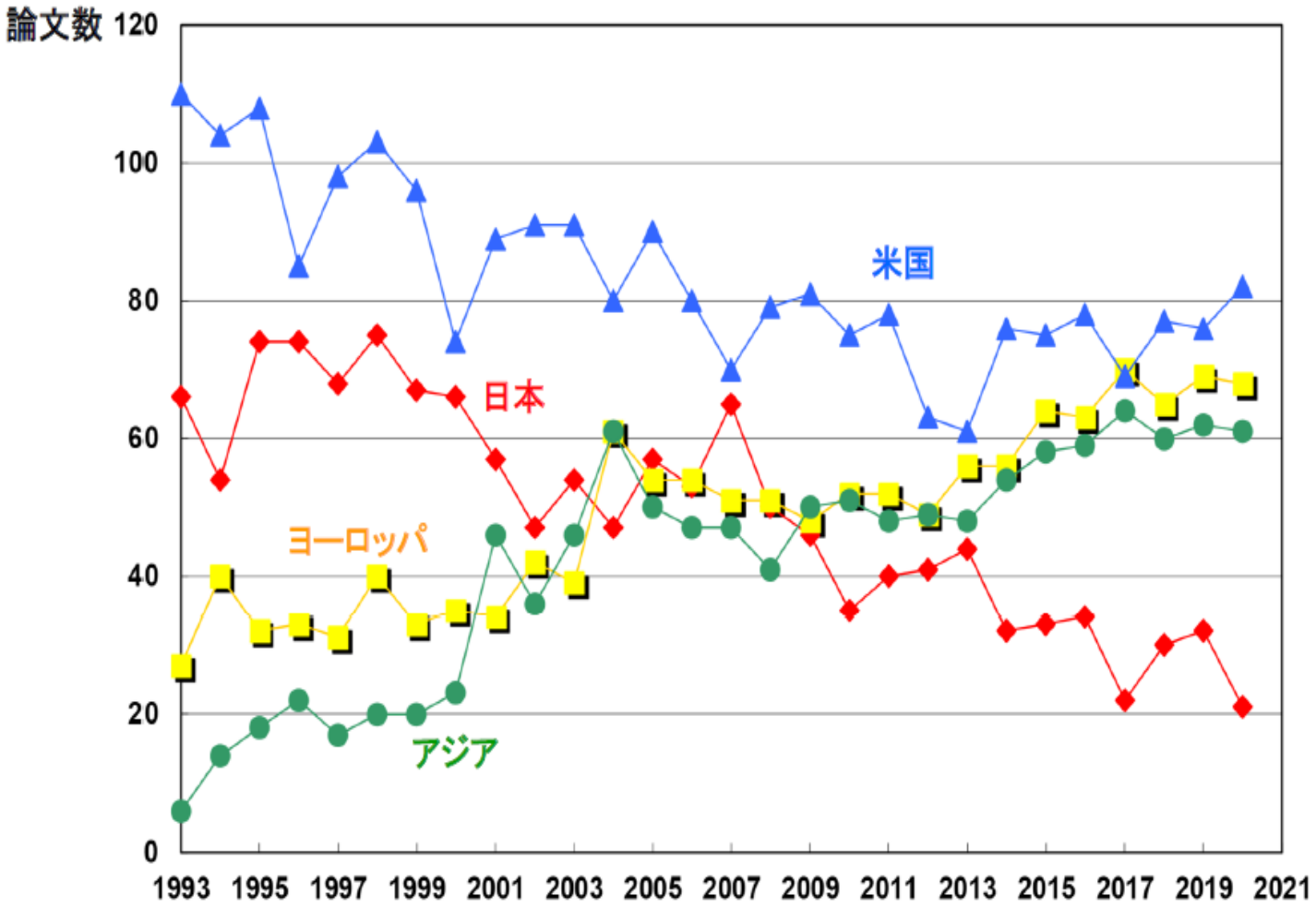


（注）各年のPlenary SessionでGeneral Chairが公表する数字をもとに作成.

2020年は投稿が前年比約10%減. 恐らく新型コロナの影響.

© 2020 Omdia
Information Classification: General

地域別論文数の推移



- 日本の論文数が年々減少している.
- 米国は減少傾向から脱却し増加に転じている.
- ヨーロッパとアジアの論文数増加が顕著

© 2020 Omdia
Information Classification: General

機関別論文数

2018年		2019年		2020年	
数	機関名	数	機関名	数	機関名
19	IBM	24	imec	25	imec
18	imec	14	Intel	11	Intel
9	北京大学	14	IBM	11	IBM
8	Samsung	8	CEA LETI	8	Samsung
7	ST Microelectronics	7	TSMC	7	ジョージア工科大
6	東京大学	7	国立交通大学	7	中国科学院
6	産総研	7	北京大学	6	東京大学
6	パデュー大学	6	東京大学	6	TSMC
5	Intel	6	キオクシア	6	国立交通大学
5	清華大学	6	Samsung	6	CEA LETI
5	UCサンタバーバラ	6	中国科学院	5	MIT
4	中国科学院	6	グルノーブル大学	4	北京大学
4	ジョージア工科大	5	ノートルダム大学	4	Macronix
4	National Device Lab	4	ソニー	3	ノートルダム大学
4	CEA LETI	4	MIT	3	KU Leuven
4	TSMC	4	EPFL	3	Virginia Polytechnic
		4	UCサンタバーバラ		

- 2020年はimecが断トツの1位.
- IntelとIBMが続く.
- 中国や台湾の大学・研究機関が上位にランクされている.

© 2020 Omdia
Information Classification: General

Tutorials

例年，IEDM会期直前の土曜日午後に開催されるいわゆる基礎講座．今回はオンデマンドビデオの公開が12/5（土），Q&Aセッションが12/12（土）であった．2020年も例年通り6件のチュートリアル講演が企画され，それぞれ約1時間半の講演であった．テーマは，定番のロジック，メモリに加えて，イメージャー，パッケージング，量子計算など幅広い．

1: Quantum computing technologies, Maud Vinet, Leti

2: Advanced Packaging Technologies for Heterogeneous Integration, Ravi Mahajan and Sairam Agraharam, Intel*

3: Memory-Centric Computing Systems, Onur Mutlu, ETH

4: Imaging Devices and Systems for Future Society, Yusuke Oike, Sony Semiconductor Solutions

5: Innovative technology elements to enable CMOS scaling in 3nm and beyond – device architectures, parasitics and materials, Myung-Hee Na, imec*

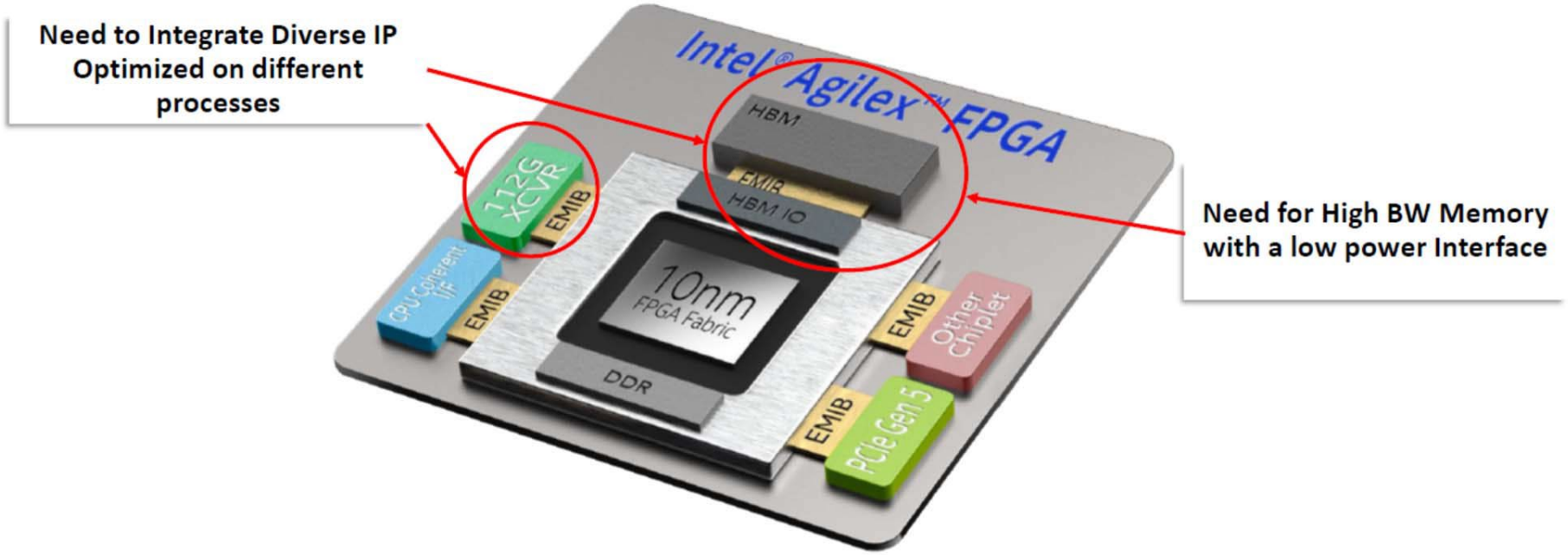
6: STT and SOT MRAM technologies and its applications from IoT to AI System, Tetsuo Endoh, Tohoku University

© 2020 Omdia
Information Classification: General

Tutorials ： Advanced Packaging (Intel)

Advanced Packaging Technologies for Heterogeneous Integration

異種機能を1つのシステムとして集積するHeterogeneous Integrationは，性能向上のキー技術である．それぞれ異なるプロセスで作成された異種機能を集積するにはパッケージングが重要技術となる．本講演では，高密度オンパッケージング配線，材料技術，熱マネージメント，テスト手法などが紹介された．

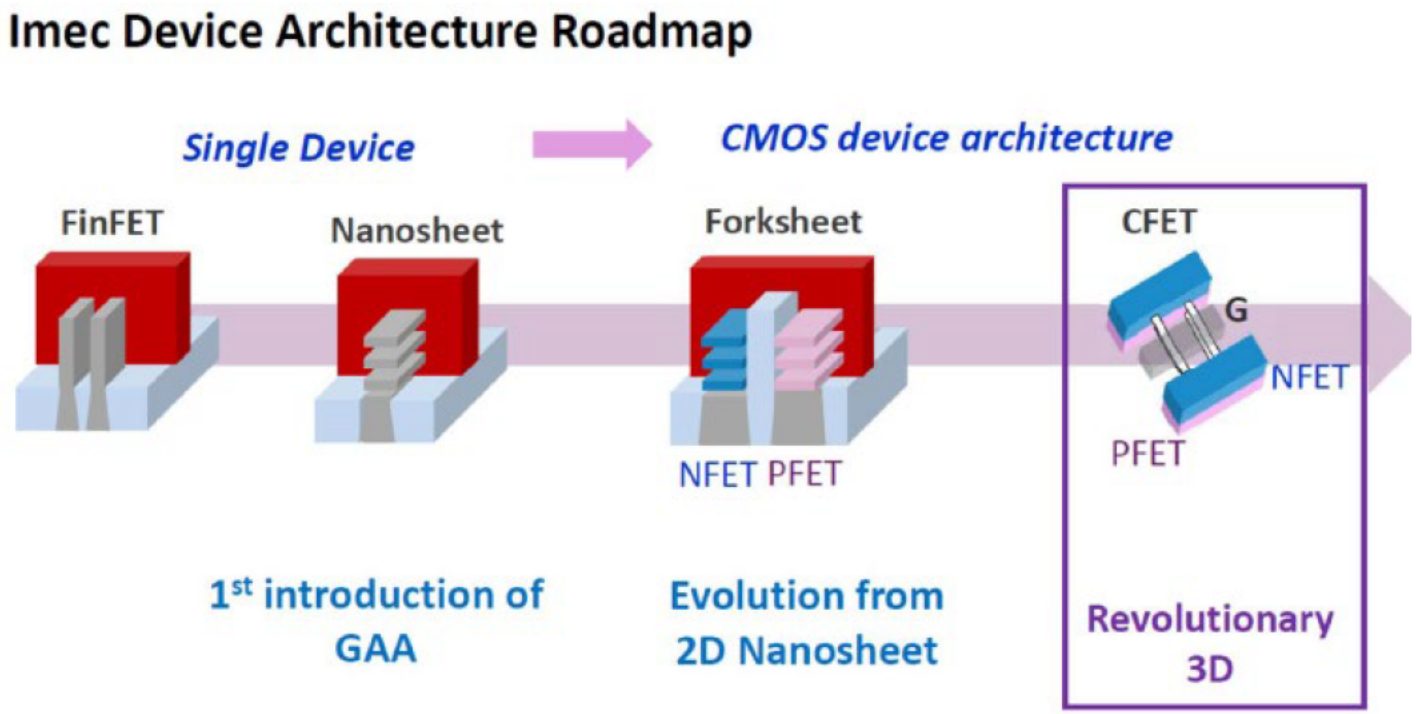


© 2020 Omdia
Information Classification: General

Tutorials : Logic CMOS Scaling (imec)

Innovative technology elements to enable CMOS scaling in 3nm and beyond –device architectures, parasitics and materials

Logic技術のチュートリアル．後述のimecのPlenary Talkと一部重複するが，より技術的側面から将来のCMOSスケーリングを概説している．デバイス構造は，imecのロードマップによれば，現状のFinFETからnanosheet, forksheetと変化し，さらにPMOSの上にNMOSが3次元積層されたCFETへと発展する．



© 2020 Omdia
Information Classification: General

Plenary Talks

月曜日からのメイン会議はプレーナリー講演で始まる．プレーナリー講演は例年通り3件．トピックスは，ロジック，メモリ，AI/量子計算であった．例年になくわかりやすいテーマ設定である．これらのトピックスを，それぞれimec，Micron，Samsungの講演者がプレゼンを行った．ロジックに関しては，過去にはIntelやTSMCなど製造会社が講演を行ってきたが，2020年にimecの講演者が選ばれたことは，最近のimecの研究成果のレベルの高さを考えると順当と言える．

1. S. B. Samavedam, imec
Future Logic Scaling: Towards Atomic Channels andDeconstructed Chips*

2. Naga Chandrasekaran, Micron
Memory Technology: Innovations needed for continued technology scaling and enabling advanced computing systems

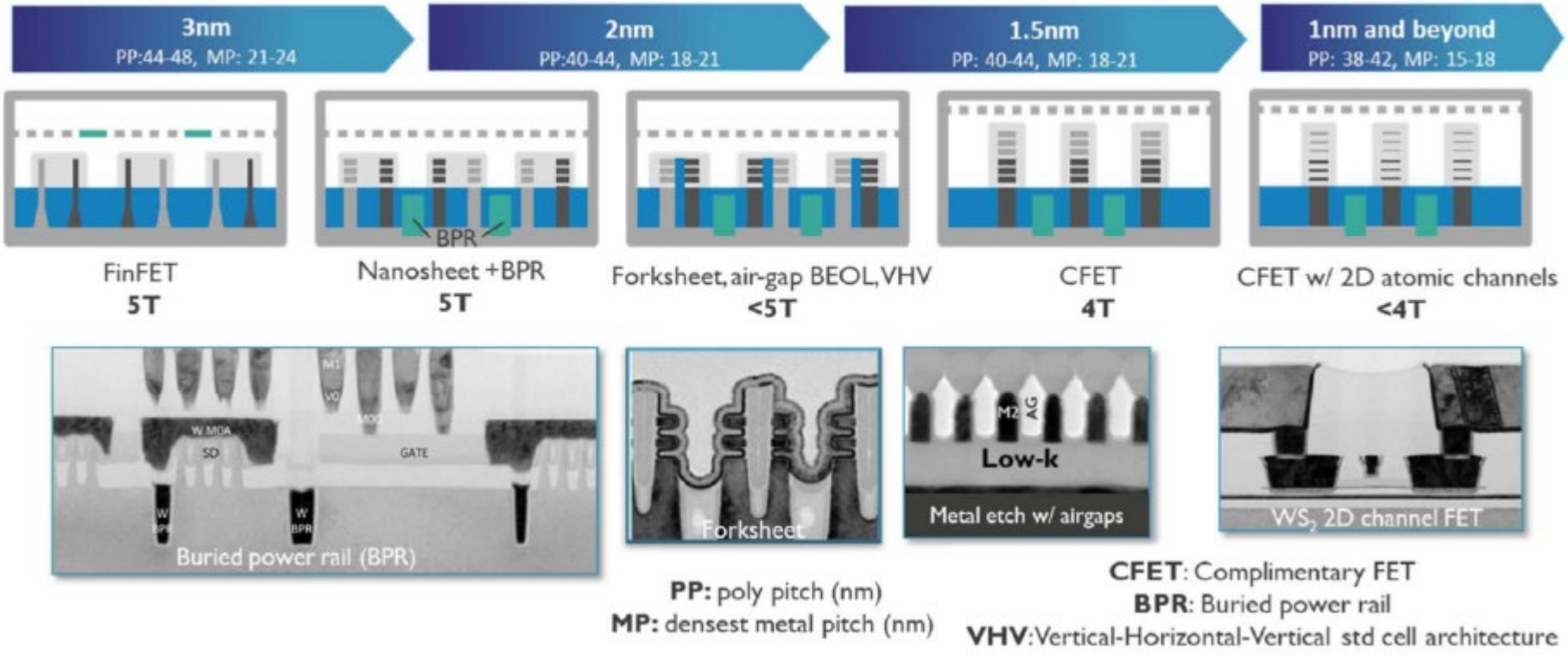
3. S.W. Hwang, Samsung
Symbiosis of Semiconductors, AI and Quantum Computing

© 2020 Omdia
Information Classification: General

Plenary Talks：Logic(imec)

Future Logic Scaling: Towards Atomic Channels and Deconstructed Chips

ロジック技術の進歩をレビューするとともに，将来技術を俯瞰している．3nm以降はゲートオールアラウンド(GAA)のnanosheetや，NMOSとPMOSを積層するCFET，電源配線を半導体中に埋め込むBuried power rail (BPR)が必須であるとしている．さらにWS2などの2次元材料に言及するとともに，実装技術の重要性にも触れている．



© 2020 Omdia
Information Classification: General

ALT (Advanced Logic Technology)

ALT Subcommitteeの論文について述べる．ロジックトランジスタ技術だけでなく，配線，3D集積化，新チャネル材料の論文が含まれる．
下記の5つのセッションが組まれた．

Session 2 - High-mobility Channel devices
Geチャネル(NMOS/PMOS)，SiGe GAA nanosheet (PMOS)，GeSn積層チャネルトランジスタ(PMOS)，InAsトランジスタ(NMOS)など．特にPMOSの性能向上のためGe系チャネルの論文は多い

Session 15 - 3D technologies*

Session 20 - Scaling booster*

Focus Session 32 - Future interconnect technology

招待講演のみ．IEDMでは配線の一般投稿が少ないのでFocus sessionが組まれたと思われる．細い配線およびVia用新材料，配線向け新プロセス技術，光インターコネクトなど．
Session 40 - Advanced Materials and Integration

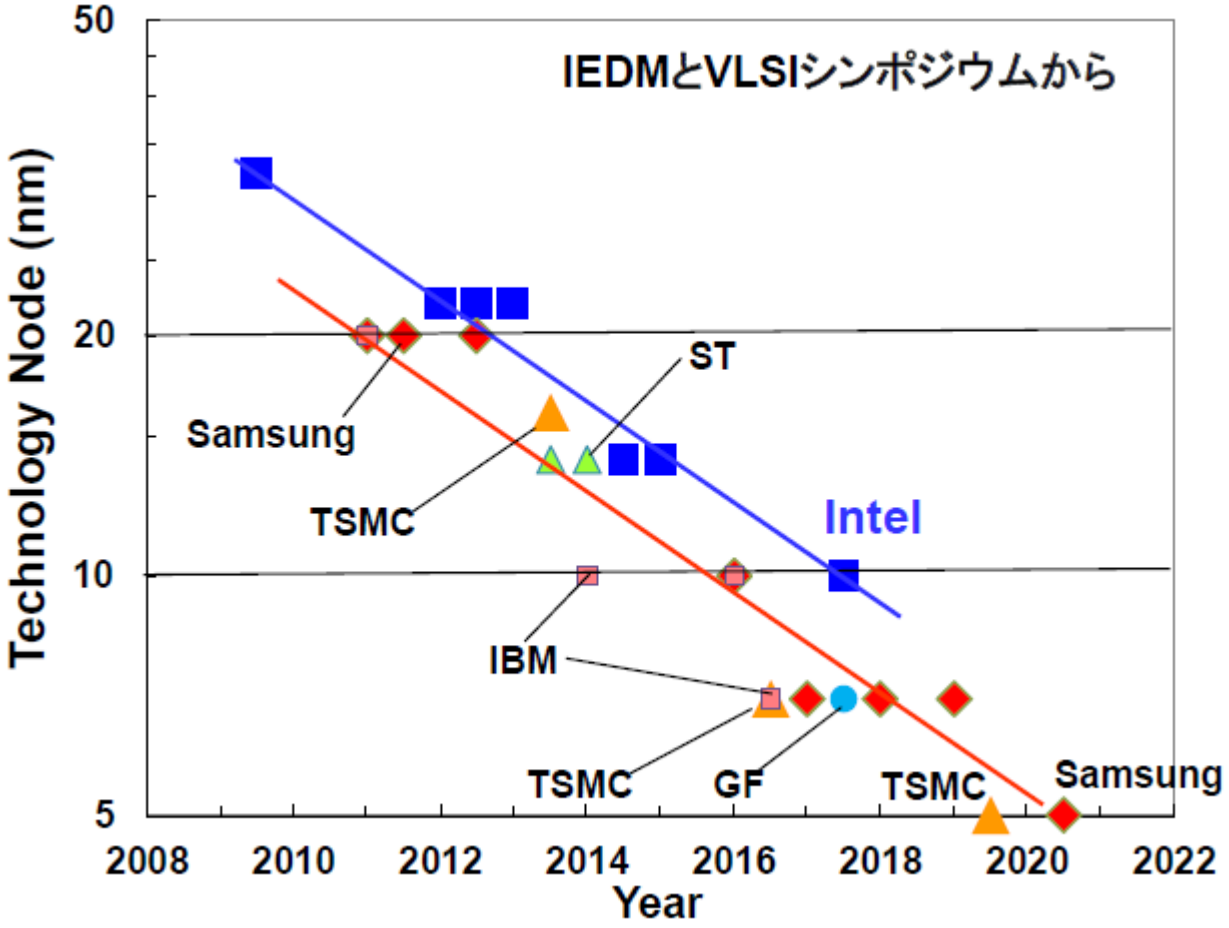
300mmシリコンウェハ上のWS2トランジスタや，MoS2トランジスタによるロジック動作，バックエンドプロセスによるITO（酸化インジウムスズ）トランジスタなど．単体デバイスレベルが多く，集積されていても集積度はまだ低い．

*次ページ以降で紹介

© 2020 Omdia
Information Classification: General

ALT(Session 20)： CMOSプラットフォーム論文

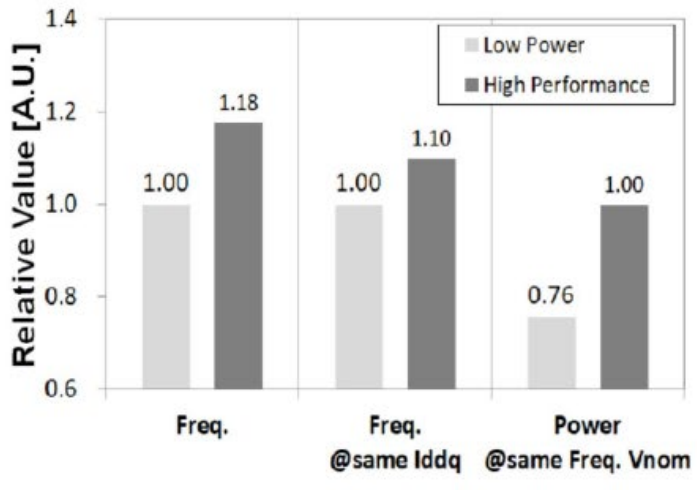
IEDMとVLSIシンポジウムで発表された各社の先端CMOSプラットフォーム論文発表年である．プラットフォーム論文の発表は年々減りつつあるが，2019年に初めて5nm技術がTSMCにより発表された．2020年はSamsungが5nmを発表した．Intelはまだ7nmを発表していない．

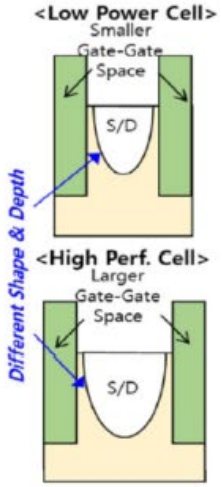


© 2020 Omdia
Information Classification: General

ALT(Session 20)： 5nm CMOS (Samsung)

Samsungの5nm論文として事前の期待は大きかったが，残念ながら図面の縦軸・横軸にa.u.(任意の単位)が多く技術の詳細や重要なデバイスパラメータの数値は開示されていない．したがって，TSMCの5nm技術との比較は困難である．



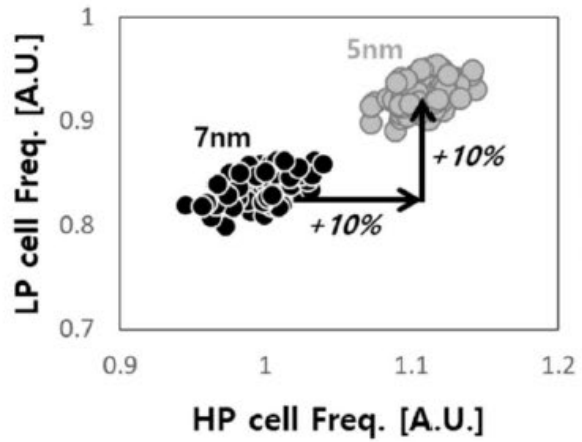


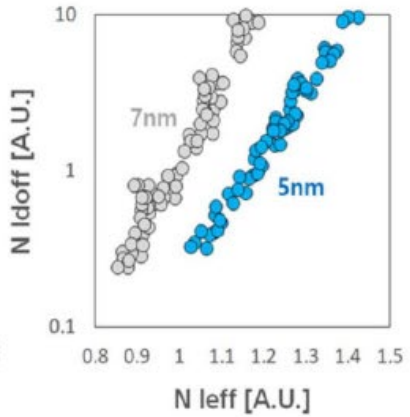
Process Concerns

- Different S/D shape & Depth
- Gap-fill loading
- Different Contact size & Contact to Gate distance

Electrical Concerns

- High DIBL from deep S/D
- Different channel stress (mobility, Vth modulation, Etc.)
- High resistivity from small contact
- Parasitic cap from small Gate-contact distance

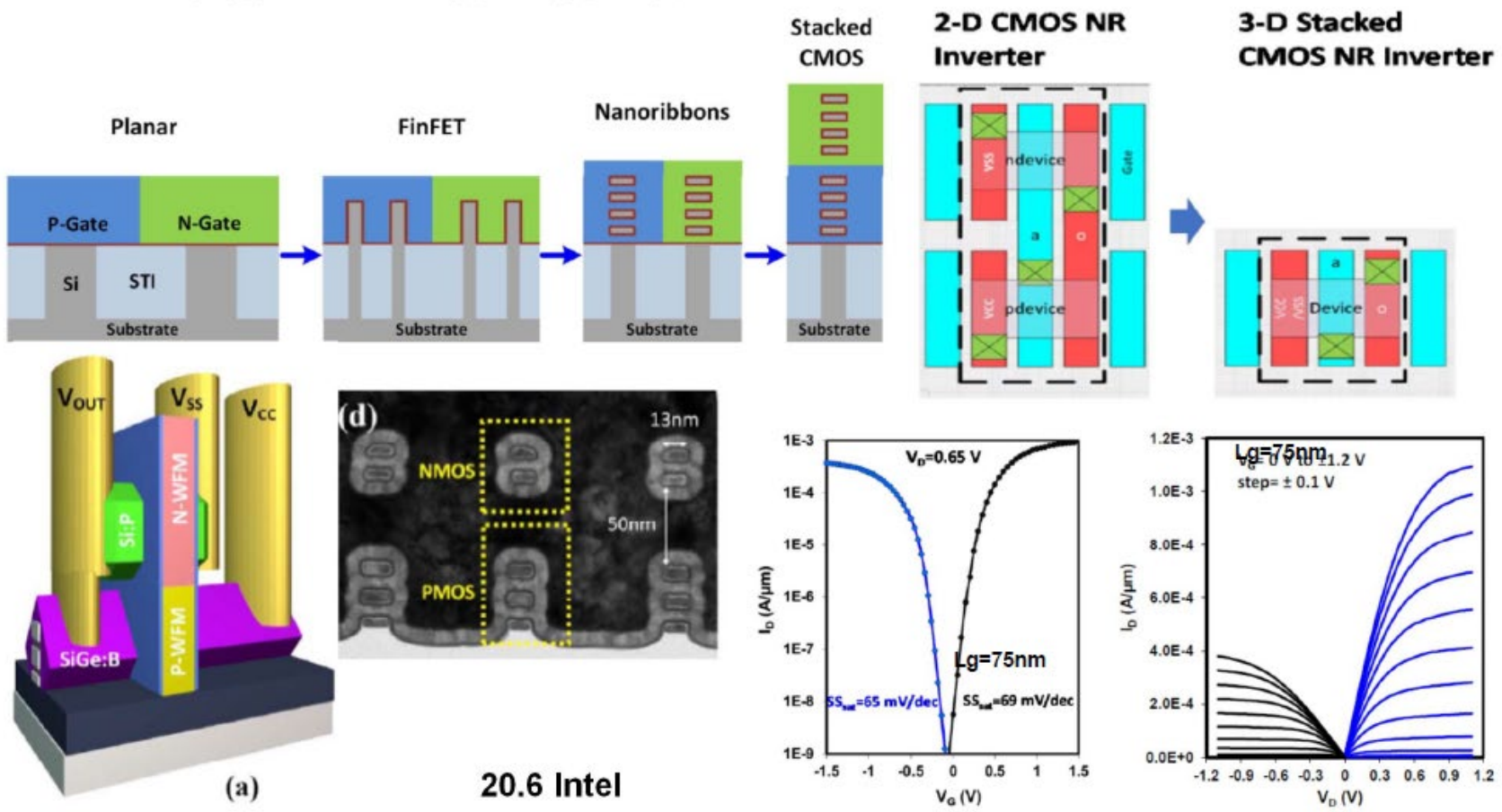




© 2020 Omdia
Information Classification: General

ALT(Session 20): Stacked NMOS-on-PMOS (Intel)

ALTでハイライト論文に選ばれた論文．インテルがNMOSとPMOSの積層化（3次元集積化）に取り込んだことは注目される．同様の構造はimecから”CFET”という名称で報告されている（2020VLSI）が，本論文の方が圧倒的に特性が良い．

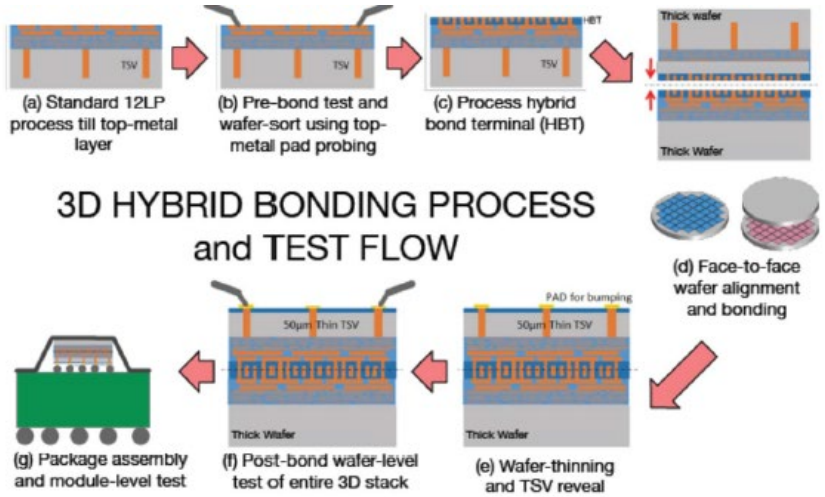


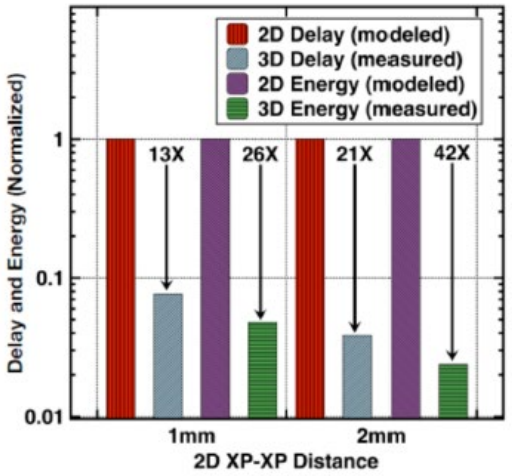
© 2020 Omdia

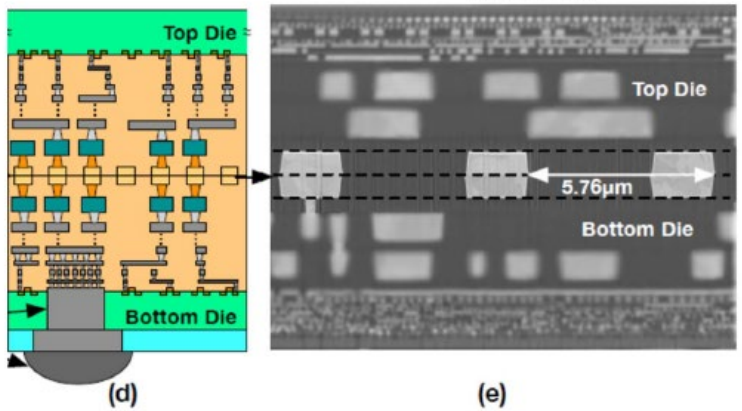
Information Classification: General

ALT(Session 15): Logic-to-Logic 3DIC (Arm-GF)

3D集積化の論文が最近急速に増えている．これはハイライトに選ばれた論文である．12nmFinFETロジック回路のFace-to-faceによるハイブリッドウェハボンディングで3D接続のピッチは5.76μmと狭い．ボンディング前にウェハをテストして良品を選別できる．従来の2Dに対してこの3Dでは回路の遅延もエネルギーも大幅に改善することが実測で示されている．





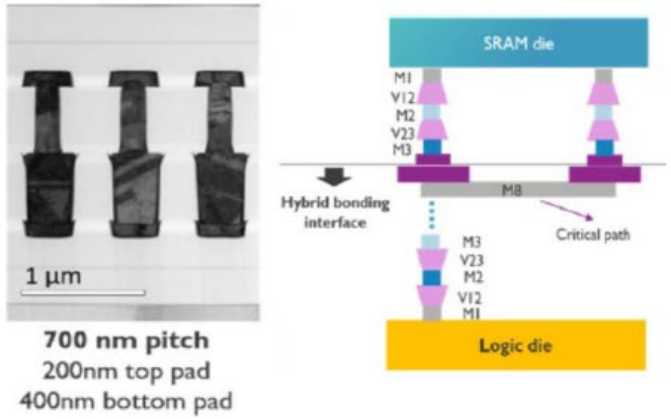


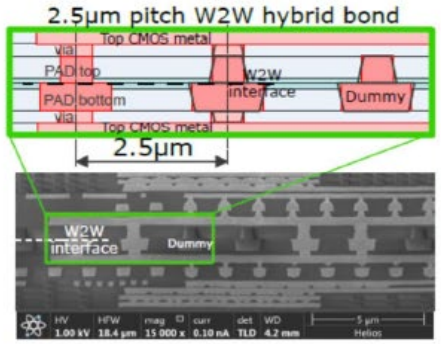
15.1 Arm-GLOBALFOUNDRIES

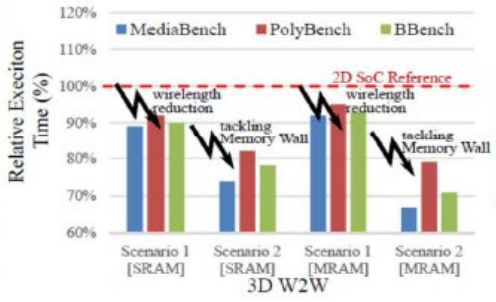
© 2020 Omdia
Information Classification: General

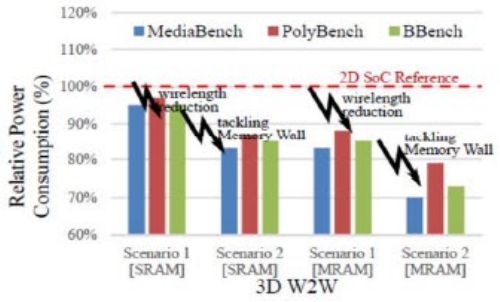
ALT(Session 15): Memory-on-Logic 3DIC (imec)

メモリとロジックのwafer-to-wafer 3D集積化もimecなどで精力的に研究されている．論文15.2（上図）では3D接続のピッチは1μm以下が研究レベルで達成されているが，抵抗が大きくなる問題点が指摘されている．メモリ特性のシミュレーションによると2Dと比較して33%の性能向上が予測されている．論文15.4ではピッチは2.5μmである．Wafer-to-wafer 3D集積後にSTTMRAMの動作が確認されているが，性能の解析は実測に基づくものではなくシミュレーションであり，まだ実用化は遠いが，3D集積化の効果は非常に大きく，急ピッチで開発が進んでいる．









15.2 imec, 15.4 imec

© 2020 Omdia
Information Classification: General

まとめ

1. IEDM概要
   - 2020年は新型コロナウィルスのため初めてVirtual Conference形式で開催．投稿は約10%減．一方，参加者は8%ほど増えた．

2. ロジック技術を中心に論文を紹介した．
   - Samsungが5nmプロセスを発表．
   - Intelが3D Stacked構造トランジスタを発表．
   - imecが極めて多くの論文を発表．ロジックでも存在感を示す．
   - ロジック技術は，GAAナノワイヤ，3Dスタック構造，埋め込みメタル配線，3D集積化等の新技術が急速に研究開発されている．

© 2020 Omdia
Information Classification: General

（５）各国のマイクロエレクトロニクスに係る開発・応用技術に係る先進的技術の開発動向の調査

- VLSI
- Hot Chips
- SC20
- RISC-V
- IEDM2020
- ISSCC2021

開催概要 (1)

1. 開催日時

   2021年2月13 – 22日(10日間)

2. 開催形式

   Vimeoによるオンライン開催

   バーチャルデモブース

3. 主催

   主催: IEEE Solid-State Circuit Society

4. 参加者数

   主催者コメント:

   参加登録者 3000名(推定値)

© 2020 Omdia
Information Classification: General

ISSCCについて

International Solid-State Circuits Conference (国際固体素子回路会議)

- IEEE Solid-State Circuit Societyが主催する最大の国際学会
- ISSCC 2021で第68回の歴史ある国際学会
- 「世界初」や「世界最高性能」の半導体チップが発表される半導体集積回路の分野で最も権威ある国際学会とされる
- 約200件の発表に約3000人の聴衆が参加
- 聴衆の約6割が企業からの参加

© 2020 Omdia
Information Classification: General

ISSCC概要について

- 日時： 2021年2月13日～22日
- 場所： オンライン
- 会議テーマ： 知能集積こそが次世代のシステム(Integrated Intelligence is the Future of Systems)
- 一般発表論文： 195件
- 想定参加者数： 3000名

© 2020 Omdia
Information Classification: General

ISSCCがカバーする技術領域：12のサブコミッティー（技術分科会）概要について

- アナログ(センサ)： ANA, Analog
- パワーマネジメント： PM
- データコンバータ： DC
- RF： RF
- ワイヤレス通信： WLS, Wireless
- ワイヤライン通信： WLN, Wireline
- ｲﾒｰｼﾞｬ/MEMS/医療/ﾃﾞｨｽﾌﾟﾚｲ： IMMD
- デジタル回路： DCT
- デジタルアーキテクチャ： DAS
- 機械学習： ML
- メモリ： MEM, Memory
- テクノロジディレクション： TD

© 2020 Omdia
Information Classification: General

ISSCC 2021全体での注目技術トレンド

機械学習の隆盛
- 機械学習サブコミッティーへの投稿が大幅増加、米州からの採択大幅増、ヨーロッパからも採択
- IoTからクラウドの幅広い分野で新たなDNN応用
- インメモリ型DNN、3次元積層、最先端5nmプロセスなど

量子コンピューティングを支えるIC

ディジタル系
- 5GとAIとゲームをキー技術として進展

センサー系
- マルチカメラの普及と、AR/VR用途、自動運転に向けたRGB/測距センサの需要拡大

通信系
- 通信機器等の高スループット化需要(4年で約２倍)に応えるべく有線回路技術の高ビットレート化

© 2020 Omdia
Information Classification: General

ISSCC 2021 プログラム概要

Completely virtual format

- Innovations part
  - 4 Plenary Presentations: Live presentations
  - 6 Industry Talks on Highlighted Chip Releases: Ondemand presentations + Live Q&A sessions
  - 36 Technical sessions: On-demand presentations + Live Q&A sessions
  - 6 Evening Events: Live events
  - 4 Demonstration Sessions: Live events

- Education part: On-demand presentations + Live Q&A sessions
  - 12 Tutorials
  - 1 Short Course

- Exploration part
  - 6 Forums: On-demand presentations + Live discussions

© 2020 Omdia
Information Classification: General

ISSCC：基調講演

On-demand presentations will be released at scheduled time

Plenary Session 1A (Mon, Feb 15)

Unleashing the Future of Innovation
Mark Liu
TSMC

Adaptive Intelligence in the New Computing Era
Victor Peng
Xilinx

Plenary Session 1B (Tue, Feb 16)

Working at the Intersection of Machine Learning, Signal Processing, Sensors, and Circuits
Dina Katabi *MIT*

There's More to the Picture Than Meets the Eye
Albert Theuwissen
Harvest Imaging

© 2020 Omdia
Information Classification: General

ISSCC：学会スケジュール

ISSCC2021 LIVE SESSIONS	Education	Sat	Feb. 13	7:00-9:00am, PST	Tutorials 1 to 6: 6 x (5min summary + 10min Q&A + 5min break)					ISSCC2021 LIVE SESSIONS
					Tutorials 7 to 12: 6 x (5min summary + 10min Q&A + 5min break)					
		Sun	Feb. 14	7:00-9:00am, PST	Short Course: 4 x (10min summary + 15min Q&A + 5 min break)					
	Innovations	Mon	Feb. 15	6:30-9:15am, PST	6:30am-7:00am ISSCC2021 Welcome Remarks					
					7:00am-8:30am Plenary Sessions 1A (2 Talks) + 15min break					
					8:30–9:00am: Industry Session (S2)		8:30-9:00am Industry Session (S3)			
		Tue	Feb. 16	7:00-9:20am, PST	7:00am Plenary Sessions 1B + 15min break					
					S4	S5	S6	S7	S8	
		Wed	Feb. 17	7:00-9:20am, PST	S9	S10	S11	S12 & S13	S14	
					S15 & S16	S17	S18 & S19	S20 & S21	S22 & S23	
		Thu	Feb. 18	7:00-9:20am, PST	S24 & S25	S26	S27	S28	S29	
					S30 & S31	S32	S33	S34	S35 & S36	
		Fri	Feb. 19	7:00-9:15am, PST	7:00-8:00 Special Event		7:00-8:00 Special Event		7:00-8:00 Demo 1 & 2	
					8:15-9:15 Special Event		8:15-9:15 Special Event		8:15-9:15 Demo 3 & 4	
		Sat	Feb. 20	7:00-9:00am, PST	7:00am Career Choice + 15min break					
					8:15am Student Research Preview					
	Exploration	Sun	Feb. 21	7:00-9:00am, PST	Three Parallel Forums: 2 hours					
		Mon	Feb. 22	7:00-9:00am, PST	Three Parallel Forums: 2 hours					

© 2020 Omdia
Information Classification: General

ISSCC ：投稿論文数・採択論文数の推移

投稿論文数が前回に比べ7.8%減少
採択率は約1/3で一定

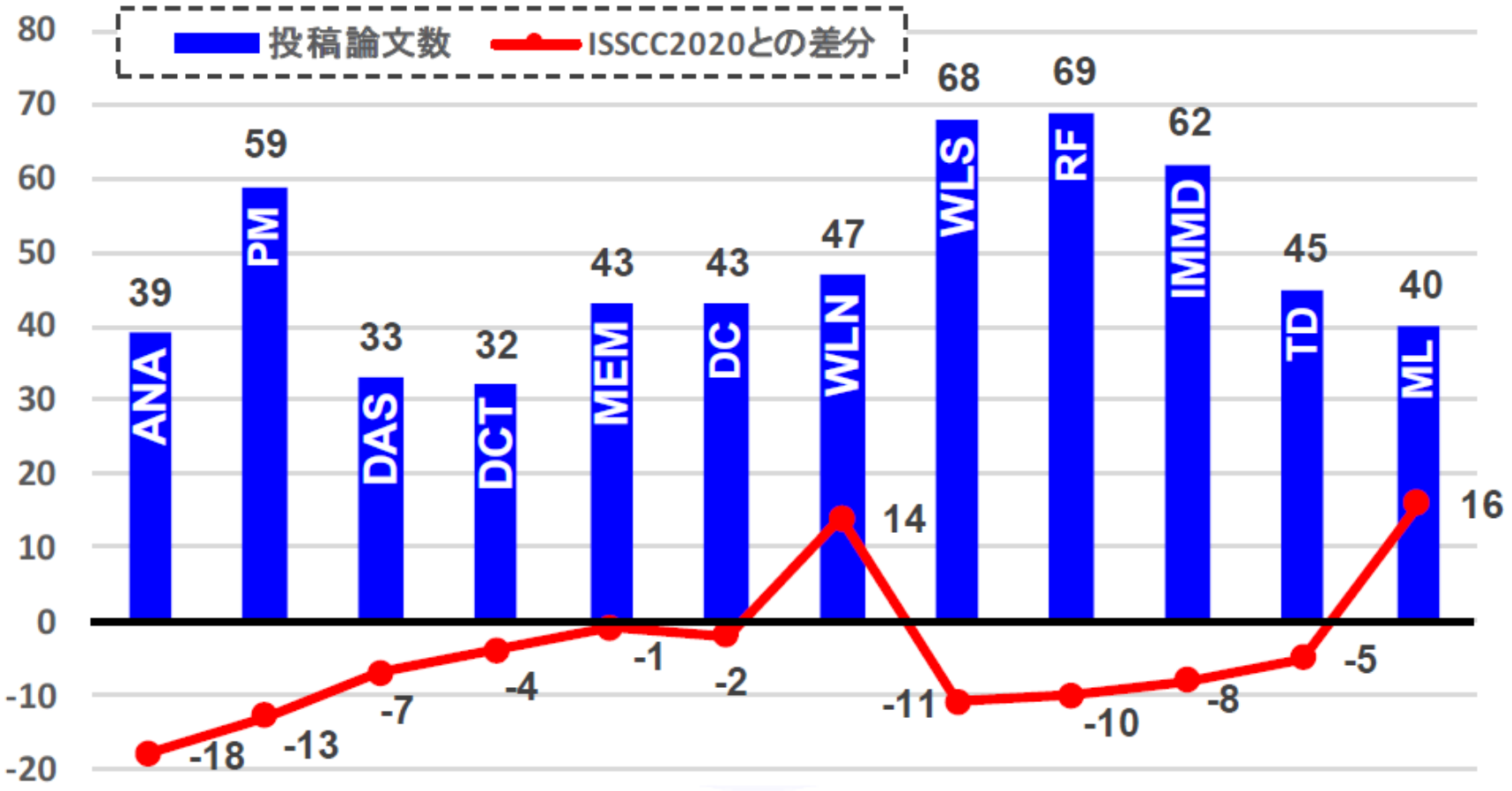
	2016	2017	2018	2019	2020	**2021**
投稿件数	595	641	611	609	629	**580 (-7.8%)**
採択件数	200*	205*	202*	193*	202*	**195* (-3.5%)**
採択率	33.6%	32.0%	33.0%	31.7%	32.1%	**33.6%**
プレナリ講演	4	4	4	4	4	**4**

*Invited paper 6件を除く

© 2020 Omdia
Information Classification: General

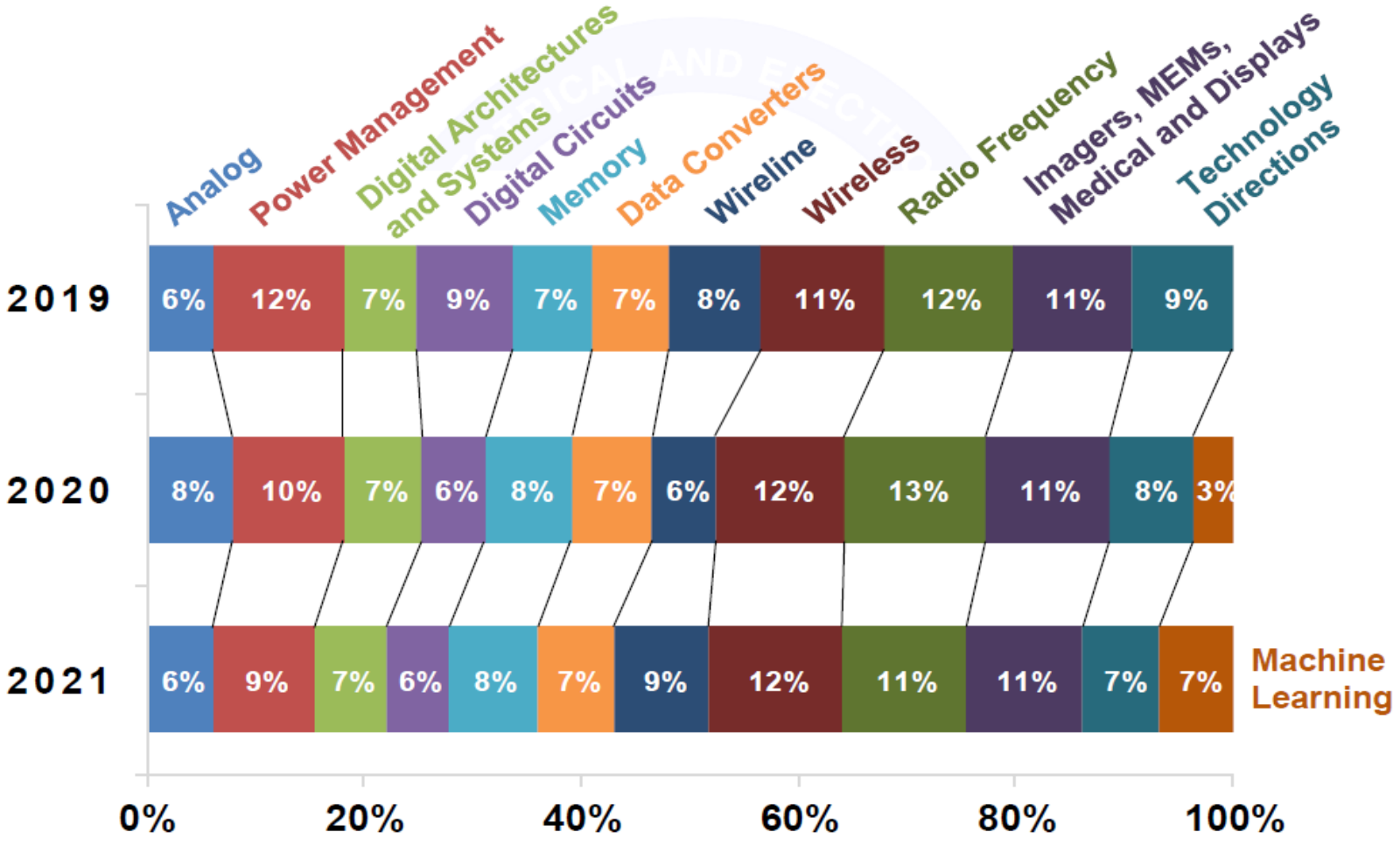
ISSCC ：分野別投稿論文数

WirelineとMachine Learningの投稿論文数が増加



© 2020 Omdia
Information Classification: General

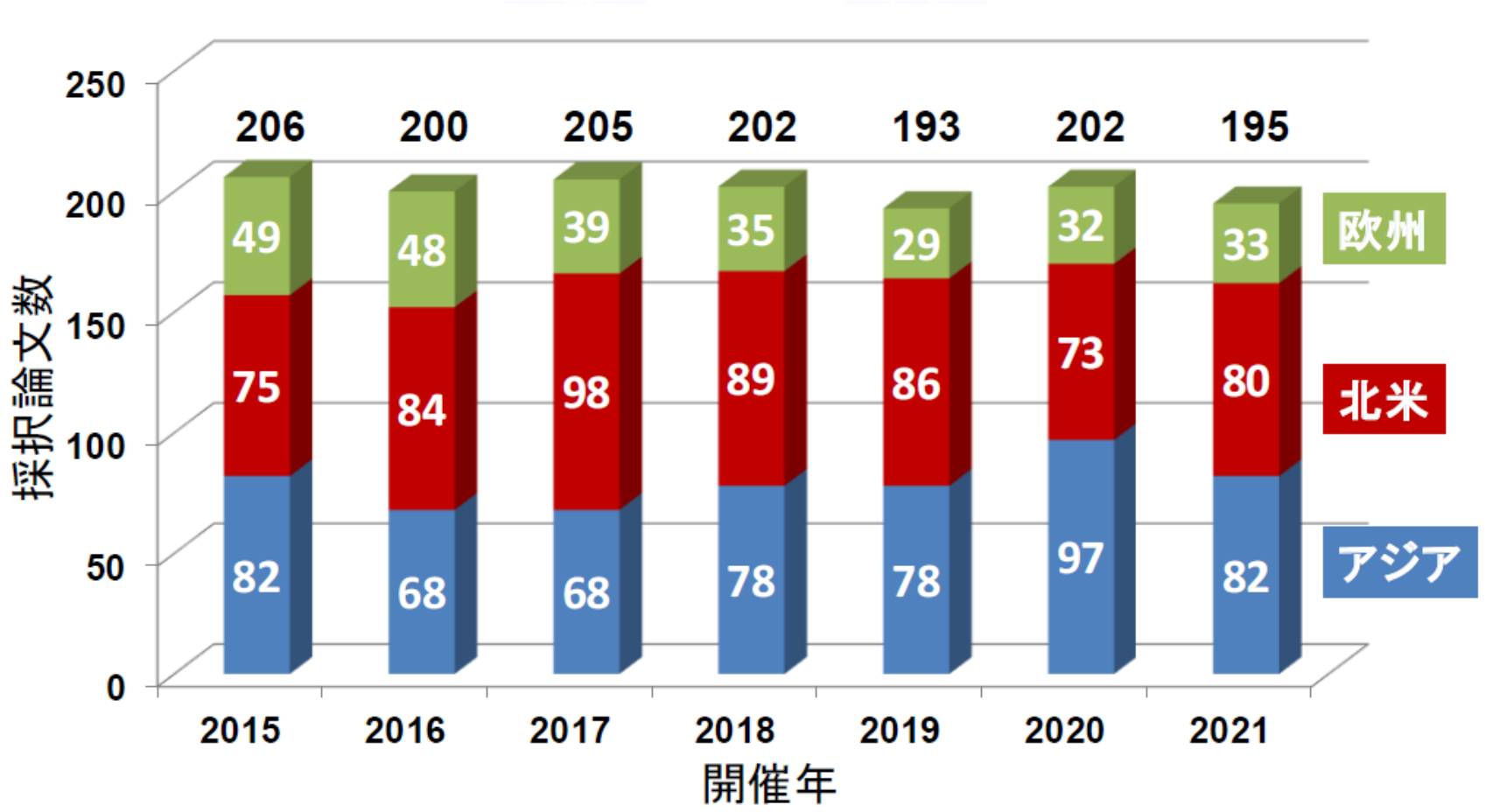
ISSCC ：分野別採択論文割合の推移



© 2020 Omdia
Information Classification: General

ISSCC ：地域別採択論文数の推移

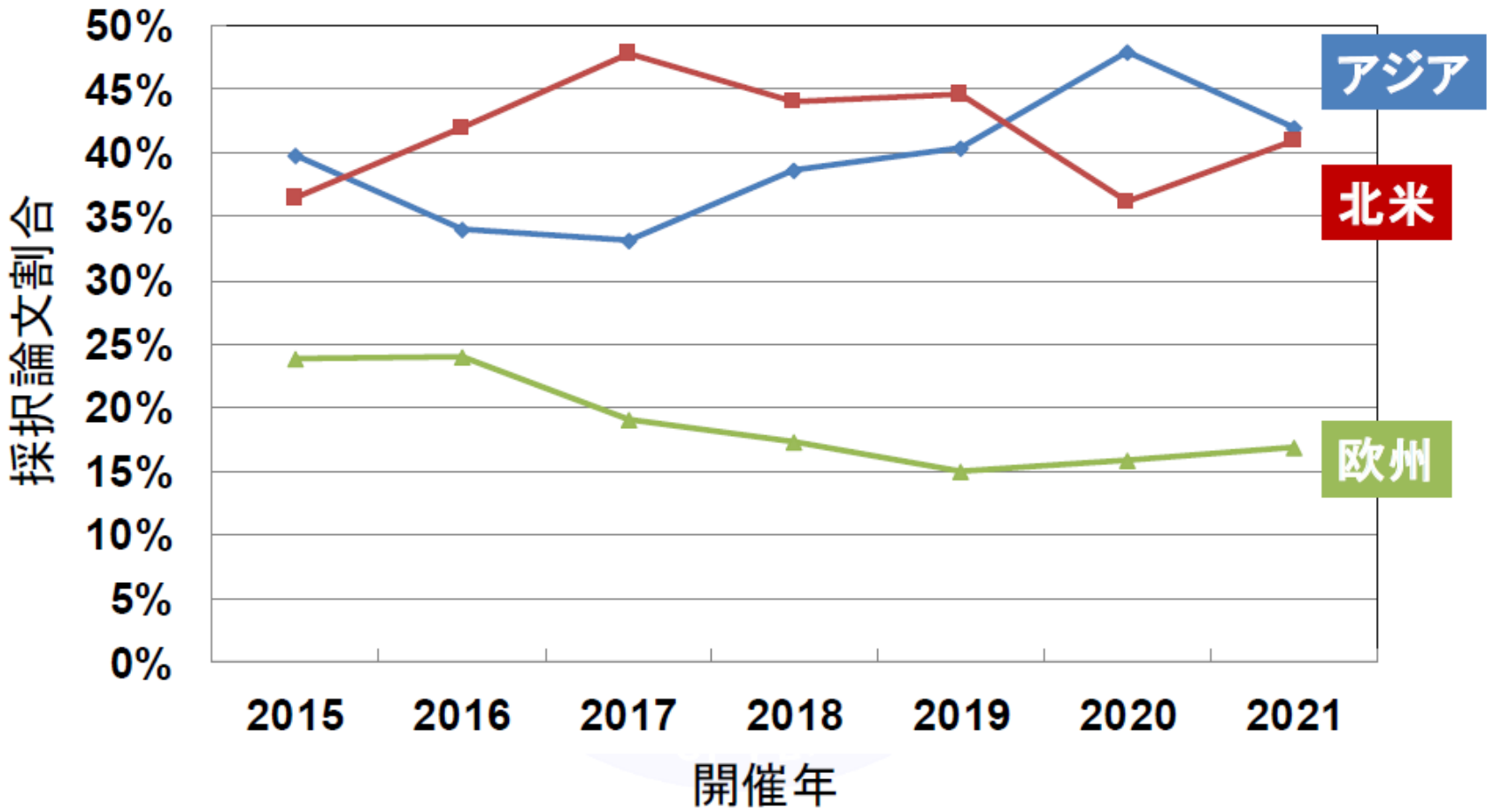
- アジアが減少: 大学・企業論文が各9件、8件減少、研究機関論文が2件増加
- 北米が増加: 大学・企業論文が各5件、2件増加



© 2020 Omdia
Information Classification: General

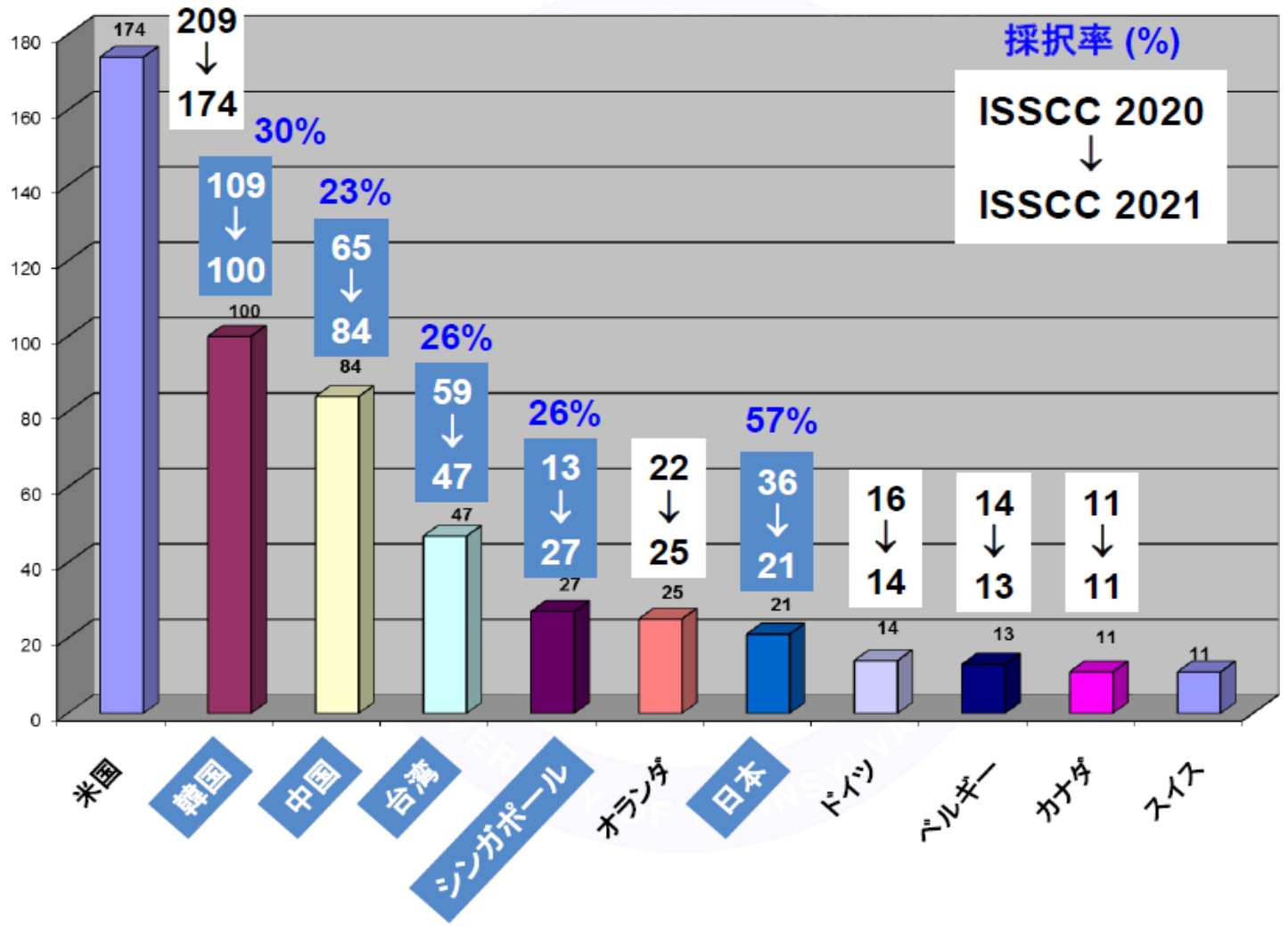
ISSCC ：地域別採択論文割合の推移

- 北米（41%）がアジア（42%）に肉薄。欧州は復調。



© 2020 Omdia
Information Classification: General

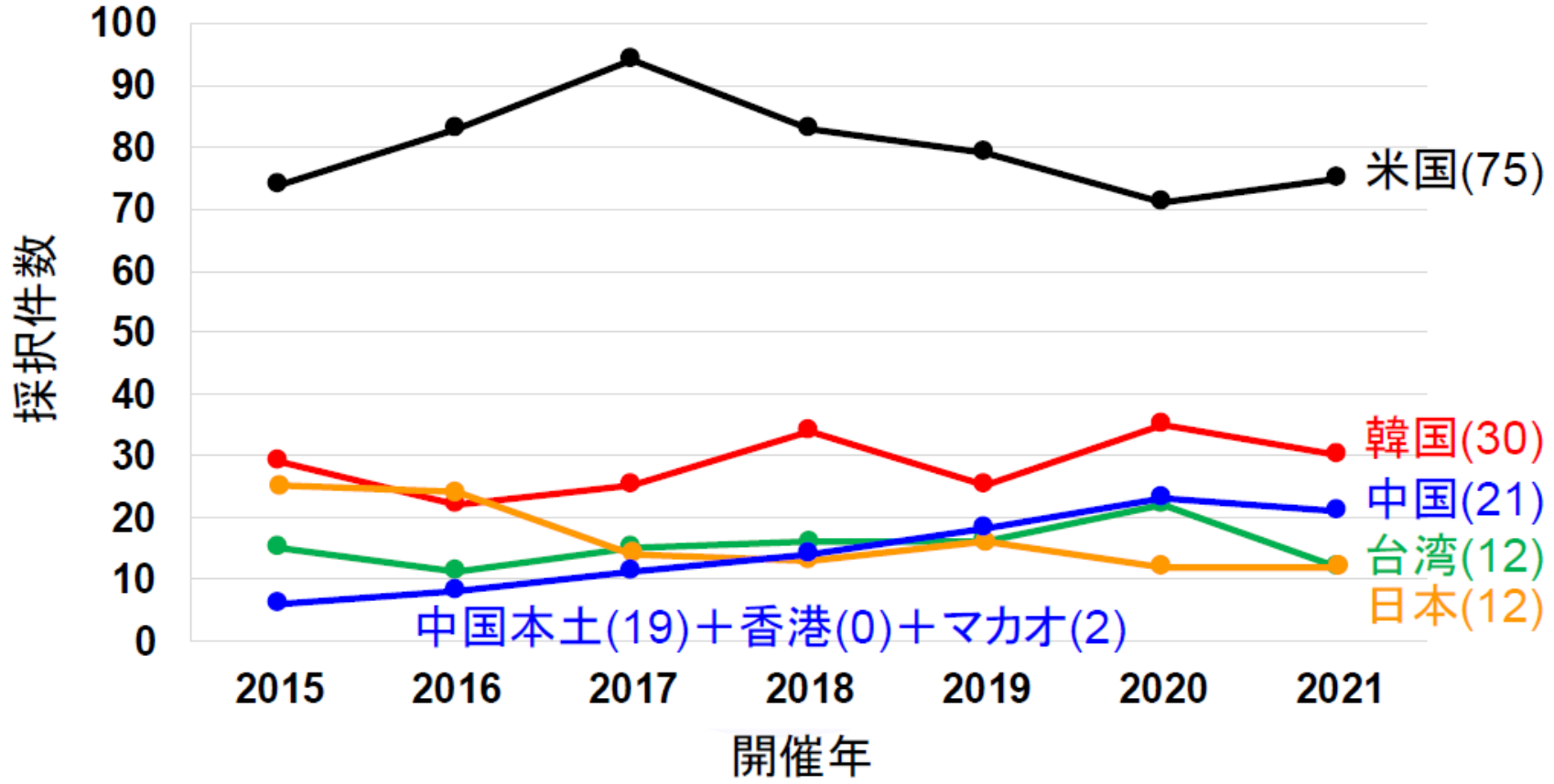
ISSCC ：国別の投稿論文数: トップ10



© 2020 Omdia
Information Classification: General

ISSCC ：国別採択論文数の推移

- 前回比で台湾が10件減で、横ばいの日本と同数の12件
- 韓国が5件減、中国が2件減、アメリカが4件増



© 2020 Omdia
Information Classification: General

ISSCC ：日本の発表機関一覧

- 第1著者12件
- 特徴: IMMDが強い

	ANA	RF	WLS	IMMD	DAS	MEM	ML	全体
ソニーセミコンダクタソリューションズ				3			1	4
東京工業大学		1	1					2
ルネサス					1			1
日立					1			1
ニコン				1				1
キオクシア						1		1
アナログ・デバイセズ	1							1
早稲田大学					1			1
合計	1	1	1	4	3	1	1	12

© 2020 Omdia
Information Classification: General

ISSCC ：（RF） 論文採択状況

論文採択状況

- 投稿論文数(Total): 69
- 採択論文数(Total): 22
  - Session 20: High Performance VCOs
    - FE: 3 / NA: 0 / EU: 0 (中国:3)
    - (Industry: 0 / Research: 0 / Academia: 3)
- Session 23: THz Circuits and Frontends
    - FE: 1 / NA: 0 / EU: 0 (韓国:1)
    - (Industry: 0 / Research: 0 / Academia: 4)
- Session 26: RF Power Amplifier and Front-End Techniques
    - FE: 1 / NA: 4 / EU: 2 (中国:1)
    - (Industry: 0 / Research: 1 / Academia: 6)
- Session 32: Frequency Synthesizers
    - FE: 4 / NA: 1 / EU: 3 (日本：1，韓国:2，中国:1)
    - (Industry: 2 / Research: 0 / Academia: 6)

- 採択率: 32% (22/69)

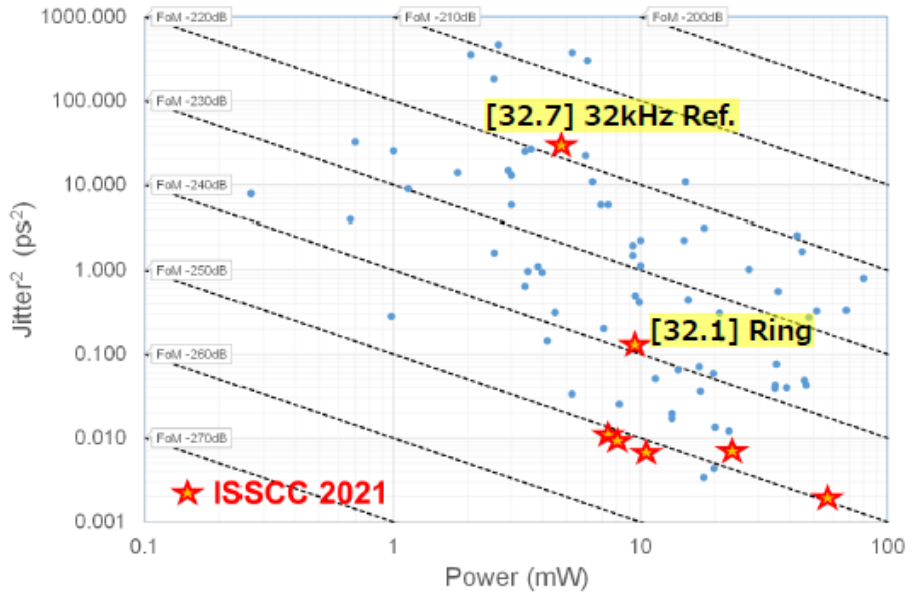
- 中国，韓国の活躍が顕著。

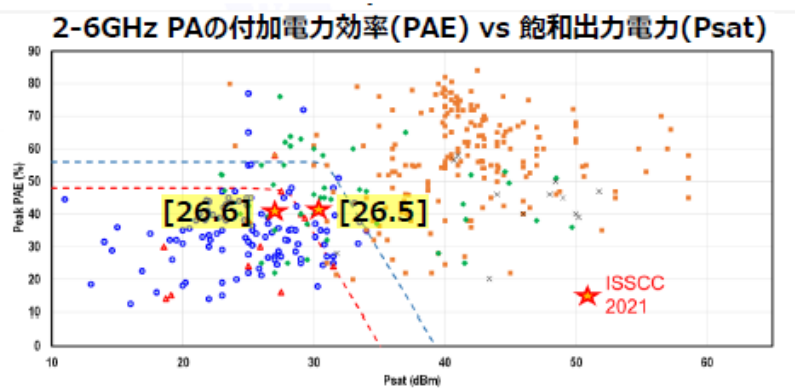
© 2020 Omdia
Information Classification: General

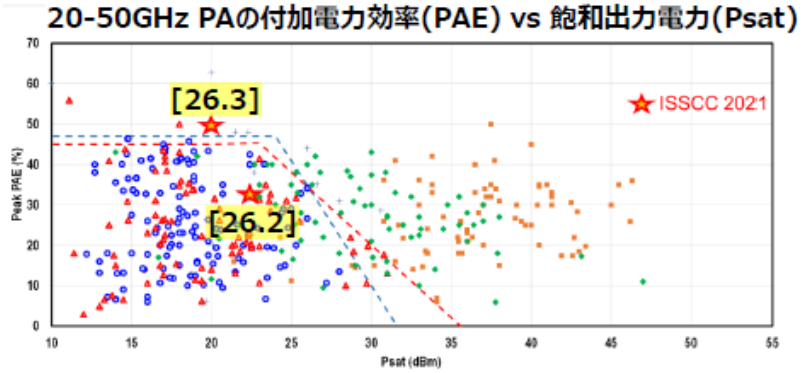
ISSCC ： （RF） トレンド

- **無線通信のマルチバンド化，高周波数化，広帯域化のトレンドを反映した発振器，PLL，PA，THz回路技術**

- PLL：様々な低ジッタ化・低雑音化，低電力化技術が進展．リング発振器ベース[32.1]，低周波基準信号源[32.7]PLLでも進歩
- 電力増幅器(PA)：高効率化（ピーク値／パワーバックオフ時），高データレート化が進行投稿論文数(Total)：69







© 2020 Omdia
Information Classification: General

ISSCC ：Wireless（WLS） 論文採択状況

論文採択状況

- 投稿論文数(Total): 68
- 採択論文数(Total): 24
  - Session 6: High-Performance Receivers and Transmitters for Sub-6GHz Radios
    - FE: 2 / NA: 3 / EU: 2 (韓国: 1, シンガポール: 1)
    - (Industry: 1 / Academia: 6)
  - Session 14: mm-Wave Transceivers for Communication and Radar
    - FE: 4 / NA: 3 / EU: 1 (中国: 3, シンガポール: 1)
    - (Academia: 8)
  - Session 21: UWB Systems and Wake-Up Receivers
    - FE: 1 / NA: 3 / EU: 1 (韓国: 1)
    - (Industry: 1 / Research: 1 / Academia: 3)
  - Session 22: Terahertz for Communication and Sensing
    - FE: 1 / NA: 2 / EU: 1 (日本: 1)
    - (Academia: 4)

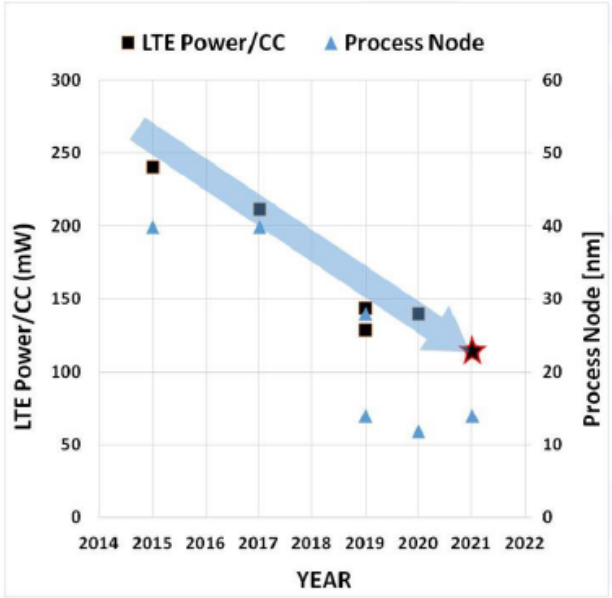
- 採択率: 35% (24/68)

- Academiaの発表が多い(24件中21件)

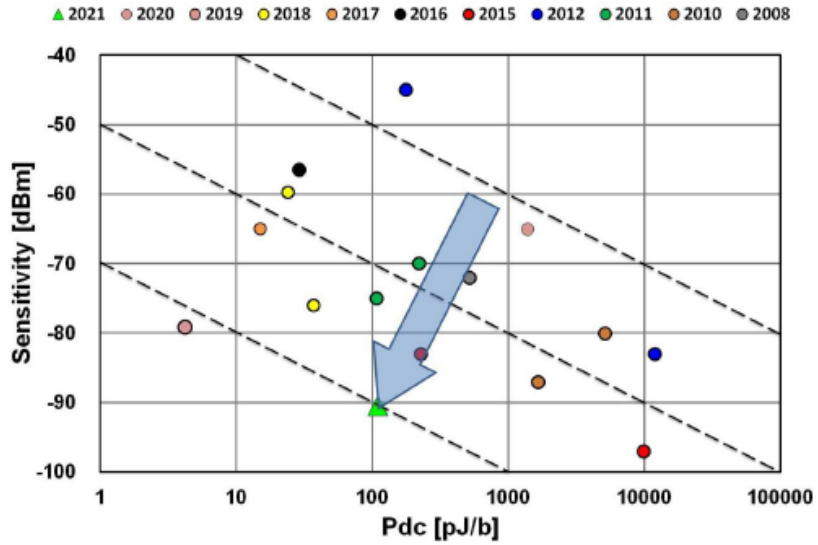
© 2020 Omdia
Information Classification: General

ISSCC ：Wireless（WLS） トレンド

- **セルラーSoCでは、低消費電力化が進展**
  - 14nm FinFET CMOSの低消費電力・低コストSoCで、114mW/CCのLTE電力を達成。さらに、レガシーに加え、5G（FR1）やデュアルモードGNSSにも対応。(6.1, 三星)
- **CMOSプロセスで100GHz以上の周波数帯を用いたセンシング/イメージング**
- **超低消費電力無線の高感度化・小電力化が進展**
  - 110pJ/bと感度＜90dBmを両立した2.4GHzウェイクアップレシーバ。(21.5,バージニア大学)



Trend in the power consumption per component carrier for recent cellular SoC



Wake-up receiver sensitivity and energy-efficiency trends

© 2020 Omdia
Information Classification: General

ISSCC ：（Machine Learning & AI） 論文採択状況

論文採択状況

- 投稿論文数(Total): 40
- 採択論文数(Total): 13
  - Session 9: ML Processors From Cloud to Edge
    - FE: 5 / NA: 3 / EU: 1 (日本: 1、韓国: 2、中国: 1、シンガポール: 1)
    - (Industry: 3 / Research: 0 / Academia: 6)
- Session 15: Compute-in-Memory Processors for Deep Neural
    - Networks
    - FE: 2 / NA: 2 / EU: 0 (中国: 2)
    - (Industry: 0 / Research: 0 / Academia: 4)

- 採択率: 32.5% (13/40)

- 論文投稿急増(71%増): 24件@2020から40件@2021へ

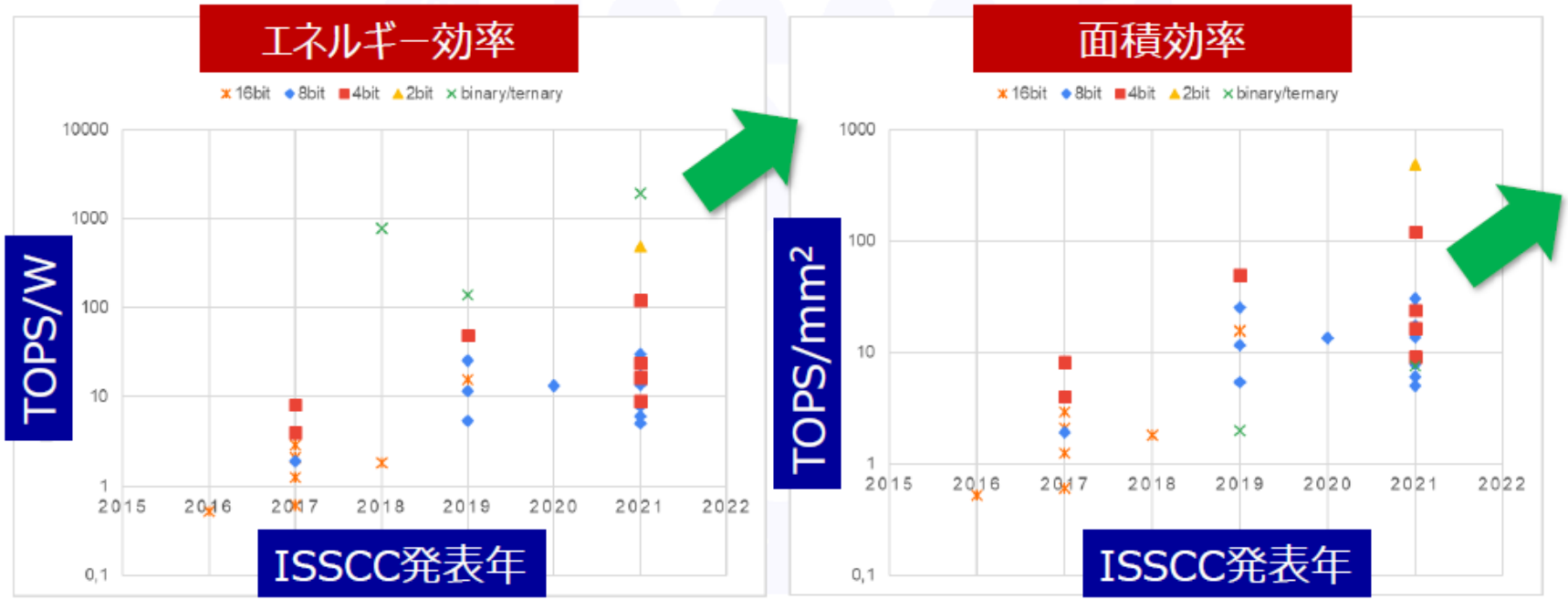
- 米国大学の論文が復活: 0件@2020から4件@2021へ

- 2020年と同じく中国から3件採択(全て清華大)

© 2020 Omdia
Information Classification: General

ISSCC ： （Machine Learning & AI） トレンド

- IoTからクラウドまで，幅広い分野で，新たなDNN(深層ニューラルネット)応用の開拓を狙ったチップが登場
- インメモリ型DNNチップ分野が活性化
- 3次元積層(Sony)，最先端5nmプロセス(Samsung)など，HW実現技術も高度化



#TOPSの定義や計算方法には個々のばらつきがあるため，正確な比較はできません．あくまで全体傾向としてご覧ください．

© 2020 Omdia
Information Classification: General

ISSCC ：DAS 論文採択状況

論文採択状況

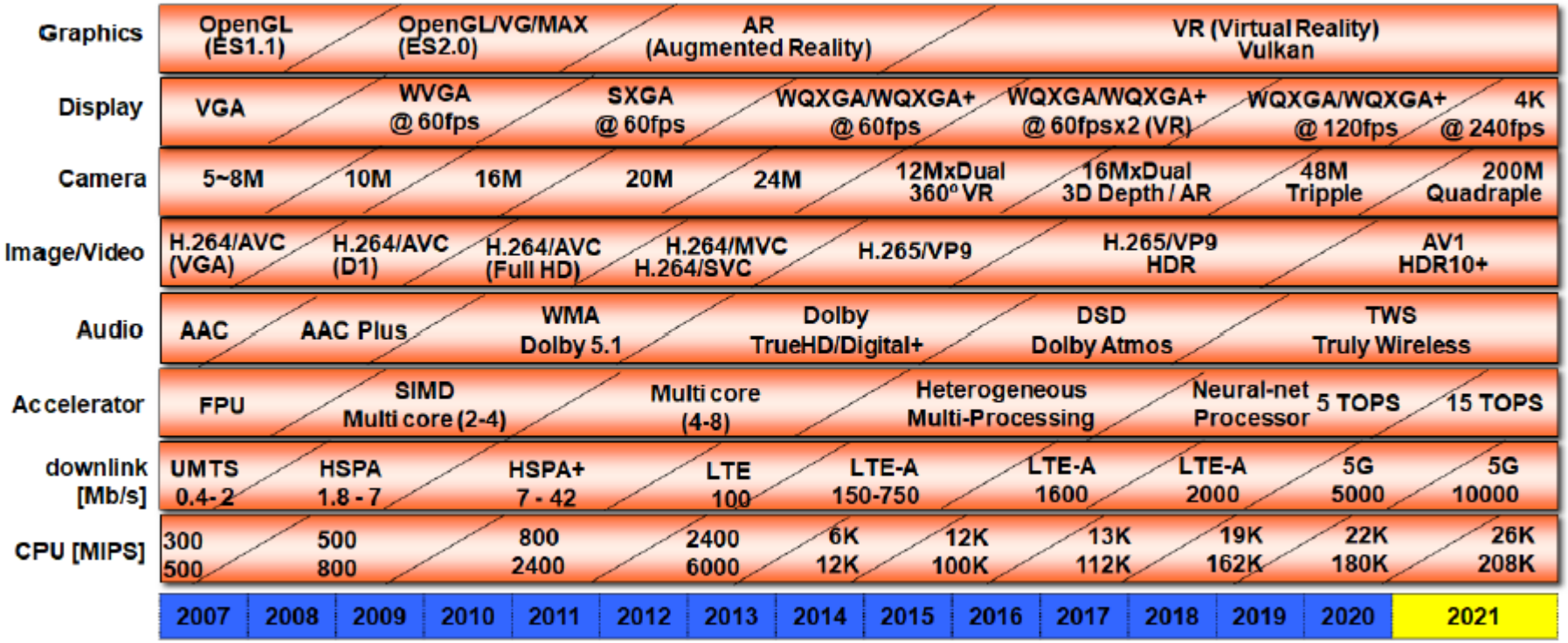
- 投稿論文数(Total): 33
- 採択論文数(Total): 13
  - Session 4: Processor
    - FE: 5 / NA: 2 / EU: 1 (日本: 2、韓国: 1、台湾: 1、中国1)
    - (Industry: 4 / Research: 0 / Academia: 4)
  - Session 36: Hardware Security
    - FE: 3 / NA: 2 / EU: 0 (日本: 1、韓国: 1、シンガポール1)
    - (Industry: 0 / Research: 0 / Academia: 5)
- 採択率: 39.4% (13/33)
- 日本から3件の発表で存在感示す、国別でも米国に次いで2位。
- 地域別では、FEが8件(62%)と躍進。
- 米国本社企業の第一著者なし。（Session 3(invited) で2/3件）

© 2020 Omdia
Information Classification: General

ISSCC ：DAS トレンド

モバイルフォンは5GとAIとゲームをキー技術として進展

- 5G技術は成熟し、ポスト5Gを見据えた方向に：より多くのアンテナ、インテリジェント、ユースケースへ
- ニューラルネットワーク応用範囲とともに規模の範囲も拡大：データセンター(セッション3)、自動車、IoT端末、ヘルスケアー(セッション4)
- ゲームの質を高めるためのディスプレイの関心は、解像度からフレームレートへ

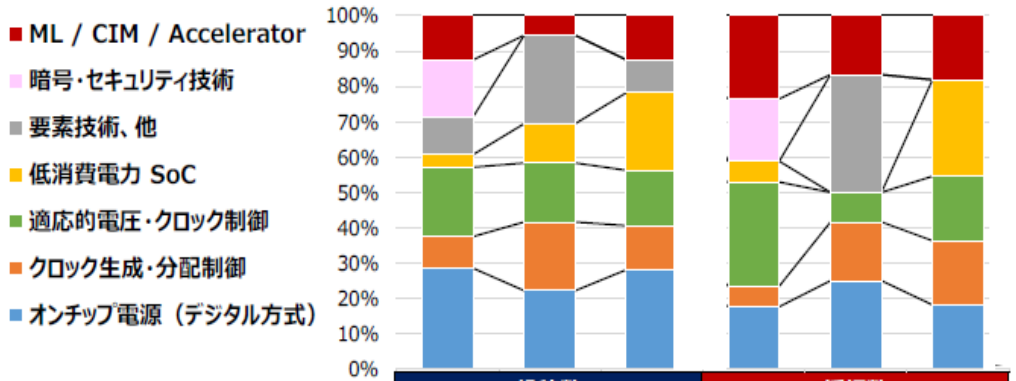


© 2020 Omdia
Information Classification: General

ISSCC ：Digital Circuits(DCT):論文数統計

- デジタル回路分野は論文投稿数自体が減少傾向にあり、連動して採択数も微減。
- 主流は依然として、昔ながらの低消費電力化デジタル回路技法。
- ML/CIM は他のSub.Comm.との重複分野であるけれども、DCTでは、既知の演算数式についての低消費電力化、信頼性の向上を焦点とするものが多い。

- SESSION 29 Digital circuits for computing, clocking, and power management
  - ✓ 計 8 ⇒ NA: 4、EU: 0、FE: 4 ⇒ 日本: 0、中国:1、韓国:1、台湾:1、シンガポール:1
    Industry: 2 / Research: 1 / Academia: 5
- SESSION 35 Adaptive Digital Techniques for Variation Tolerant Systems
  - ✓ 計 3 ⇒ NA: 1、EU: 1、FE: 1 ⇒ 日本: 0、中国:0、韓国:0、台湾:1、シンガポール:0
    Industry: 3 / Research: 0 / Academia: 0

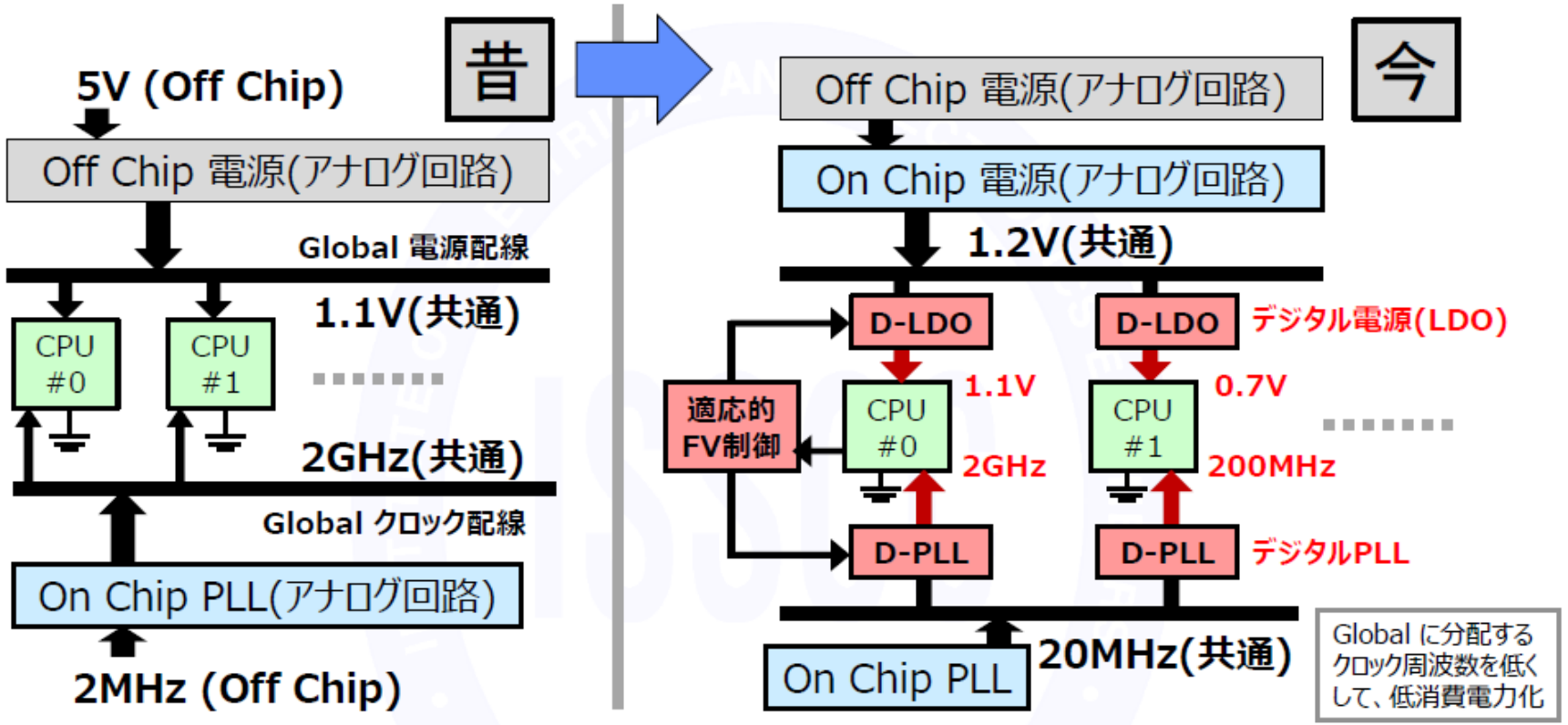


	投稿数			採択数		
Groups of digital circuits	'19	'20	'21	'19	'20	'21
オンチップ電源（デジタル方式）	16	8	9	3	3	2
クロック生成・分配制御	5	7	4	1	2	2
適応的電圧・クロック制御	11	6	5	5	1	2
低消費電力 SoC	2	4	7	1	0	3
要素技術、他	6	9	3	0	4	0
暗号・セキュリティ技術	9	0	0	3	0	0
ML / CIM / Accelerator	7	2	4	4	2	2
Total	56	36	32	17	12	11

© 2020 Omdia
Information Classification: General

ISSCC ：Digital Circuits(DCT):技術トレンド

- 昔は、複数のCPUコアが共通の電源電圧(VDD)、クロック周波数(FCLK)で動作していた。
- それぞれのCPUの処理の重さに応じて、VDDとFCLKを最適に制御すると低消費電力になる。
- コア毎に独立して制御するための小型のデジタル電源回路(D-LDO)とデジタル・クロック生成回路(D-PLL)への需要が高い。



© 2020 Omdia
Information Classification: General

ISSCC ：IMMD 論文採択状況

論文採択状況

- 投稿論文数(Total): 62
- 採択論文数(Total): 21
  - Session 7: Imagers and Range Sensors 投稿数：25 採択数:9
    - FE: 7 (日本: 4, 韓国: 3) / EU: 2 (スイス: 1,ベルギー: 1)
  - Session 28: Biomedical Systems 採択数:8
    - FE: 3 (韓国: 2,シンガポール：1) / NA 3： / EU: 2
  - Session 34: Emerging Imaging Solutions 採択数:4
    - FE: 1 (韓国: 1) / NA 2： / EU: 1

- 採択率: 33.9% (21/62)

- Session 7のイメージセンサでは9件中7件がアジアからの発表。測距センサ、RGBセンサで市場牽引するソニー、三星から新規アーキテクチャ報告あり。またNIKONより撮像と信号処理を合わせたセンサが発表。

© 2020 Omdia
Information Classification: General

ISSCC ：Imagers and Range Sensors トレンド

マルチカメラの普及と、AR/VR用途、自動運転に向けたRGB/測距センサの需要拡大が進む

- CMOSイメージセンサは、半導体業界で最も急速に成長している分野の１つであり、2019年190億ドルから2023年250億ドルに成長すると予想されている。

- 車載、モバイル機器に複数センサの搭載した商品の普及が市場拡大を継続的に支えている。測距センサはAR/VR用途としてスマートフォン、タブレットだけでなく、自動運転に向けた車載向けとして、2023年185億ドルの市場が予想される。

- BSIおよび3D積層技術は、RGBセンサ、測距センサでの性能向上だけでなく、センサ内特徴点抽出による知能化や適応露光制御によるHDR処理といった新機能を推進する。直接型ToF検出としてSPADベースの長距離測距センサの技術開発が加速している。

技術

- 自動運転、VR/AR向け測距センサ： 9件中4件

- イメージャ性能向上： 9件中4件*
  （画素ピッチ向上、高速/グローバルシャッタ、広ダイナミックレンジ、低ノイズ）

- イメージャ機能拡張： 9件中2件
  （適応露光時間制御、積和演算機能搭載）

© 2020 Omdia
Information Classification: General

ISSCC ：メモリ論文採択状況

論文採択状況

- 投稿論文数(Total): 43
- 採択論文数(Total): 16
  - Session 16: Computing in Memory
    - FE: 3 / NA: 1 (台湾:3) (企業: 1 / 大学: 3)
  - Session 24: Advanced Embedded Memory
    - FE: 3 / EU: 1 (韓国:1,台湾:1,中国:1) (企業: 3 / 研究機関: 1)
  - Session 25: DRAM
    - FE: 3 / EU: 1 (韓国:3) (企業: 4)
  - Session 30: Nonvolatile Memories
    - FE: 3 / NA: 1 (日本:1, 韓国: 2) (企業: 4)
- 採択率: 37.2% (16/43)
- 16件中12件がアジアからの発表。
- CiM, Emergingで大学/研究機関(4件) からの発表。

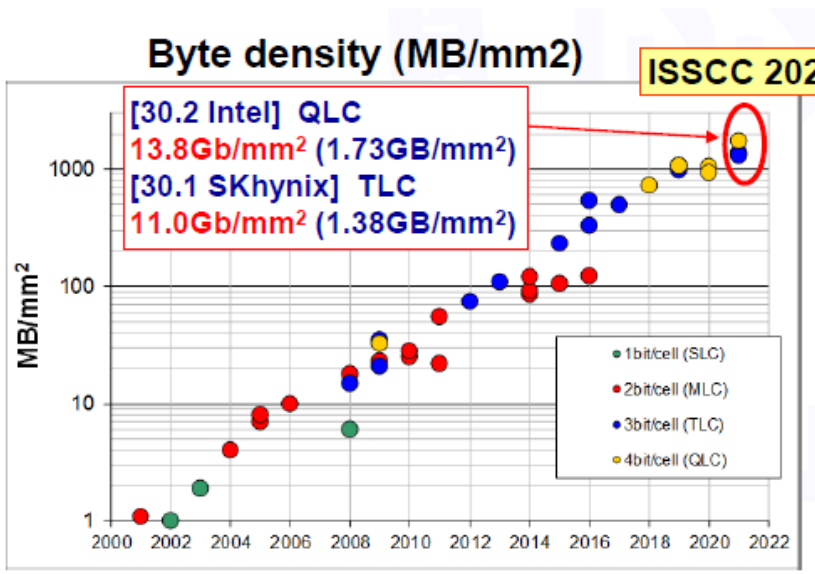
© 2020 Omdia
Information Classification: General

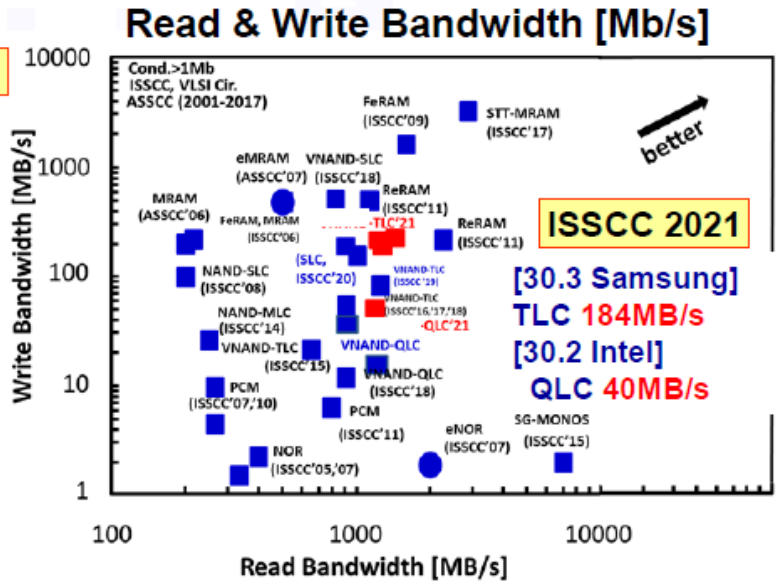
ISSCC ：Session 30: Non-volatile Memory

大容量NAND Flash はWL層数増(最大176)とCircuit under arrayでビット密度を更新。
- TLC 11.0Gb/mm2, QLC 13.8Gb/mm2でそれぞれ1mm2あたり初の10Gb超。容量は昨年同様最大1Tb。

パフォーマンスは向上。プログラムスループットはTLC 184MB/s (ISS2019 132MB/s),
- QLC 40MB/s (ISSCC2020 30MB/s)を達成。Readは2.0Gb/s (ISSCC2020 1.2Gb/s)に到達。

<<注目発表>>
- [30.1] A 176-stacked 512Gb 3b/Cell 3D NAND Flash with 11.0Gb/mm2 Density Using Peripheral Circuit under Cell Array, SK hynix, Korea
- [30.2] A 1Tb 4b/Cell, 144-Tier, 3D NAND Flash Memory with 40 MB/s Program Throughput and 13.8 Gb/mm2 Bit Density, Intel, CA





© 2020 Omdia
Information Classification: General

ISSCC ：（データコンバータ） 論文採択状況

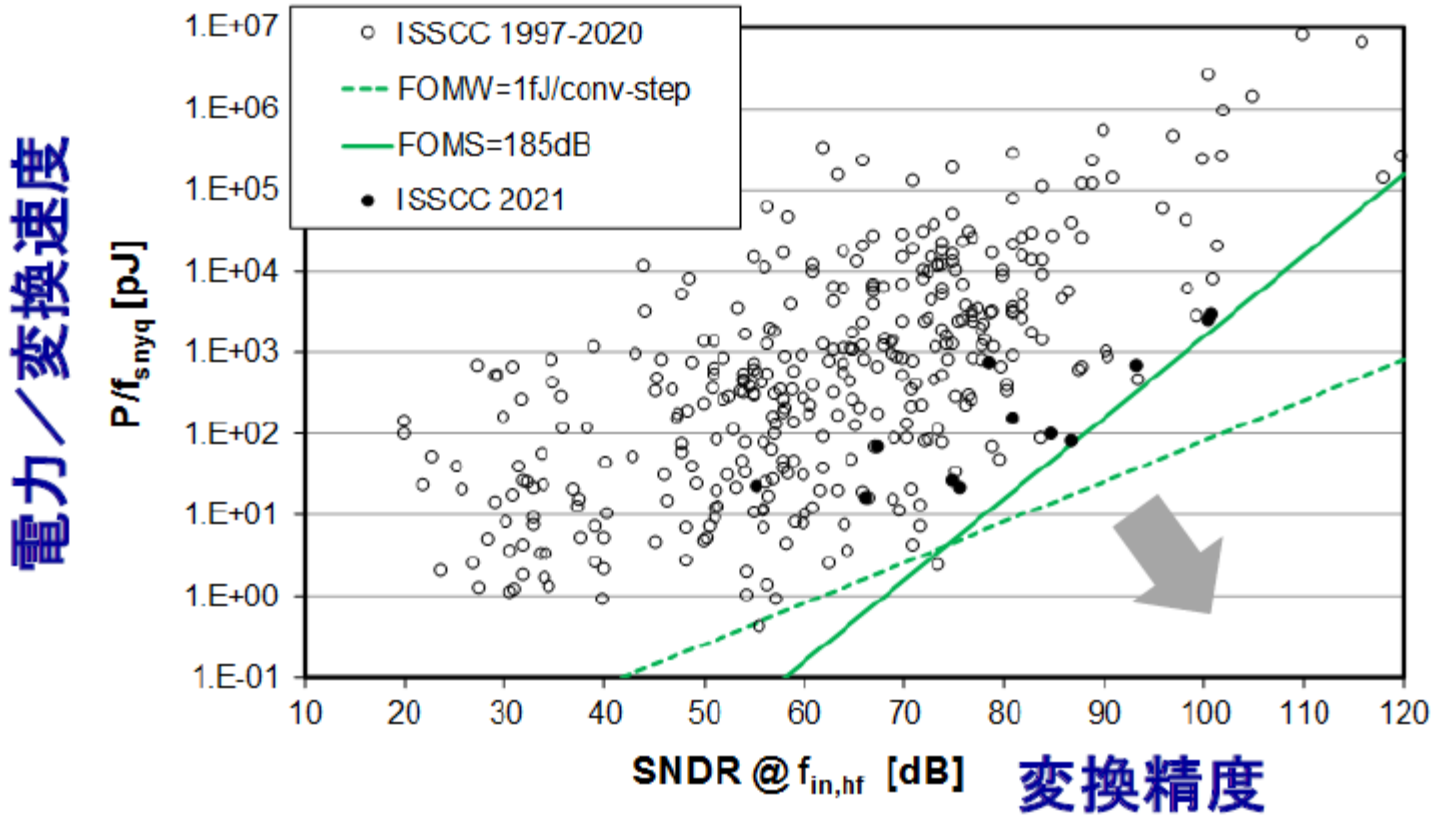
論文採択状況

- 投稿論文数(Total): 43
- 採択論文数(Total): 14
  - Session 10: Continuous-Time ADCs and DACs
    - FE: 2 / NA: 4 / EU: 1 (韓国: 2)
    - (Industry: 4 / Research: 0 / Academia: 3)
  - Session 27: Discrete-Time ADCs
    - FE: 3 / NA: 4 / EU: 0 (中国: 2、台湾: 1)
    - (Industry: 1 / Research: 0 / Academia: 6)
- 採択率: 33% (14/43)
- テキサス大学と清華大学の共同発表が多い（4件）
- 大手企業が強い（インテル2件、サムスン2件、MediaTek 1件）
- 採択されるためには、高度な技術の蓄積が必要なため

© 2020 Omdia
Information Classification: General

ISSCC ： （データコンバータ） トレンド

- 変換効率を高めやすい連続時間型A/D変換器の発表が増加
- 高度な技術を組み合わせて、変換効率の限界追求を継続15年間で変換効率1000倍
- 次世代無線通信向け、高性能D/A変換器



© 2020 Omdia
Information Classification: General

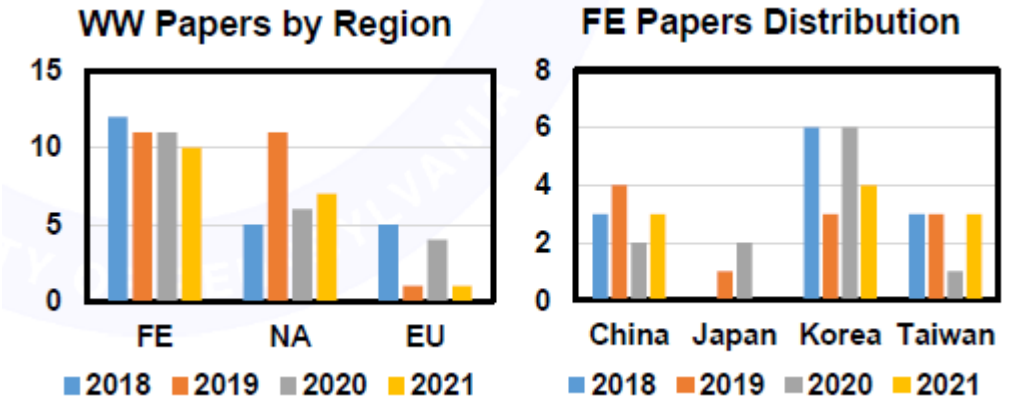
ISSCC ：Power Management 論文採択状況

論文採択状況

- 投稿論文数(Total): 59
- 採択論文数(Total): 18
  - Session 17: DC-DC Converters
    - FE: 4 / NA: 4 / EU: 1 (韓国: 2、台湾: 2)
    - (Industry: 1 / Research: 0 / Academia: 8)
  - Session 33: High-Voltage, GaN and Wireless Power
    - FE: 6 / NA: 3 / EU: 0 (韓国: 2、台湾: 1 、中国: 3)
    - (Industry: 2 / Research: 0 / Academia: 7)

- 採択率: 30.5% (18/59)

- 全18件中10件がFEからの発表で堅調に推移



© 2020 Omdia
Information Classification: General

ISSCC ：Power Management トレンド

容量とコイルを両方電力変換に用いるハイブリッドコンバータの論文数は好調

- 効率、電力密度、降圧比といった指標以外にレギュレーション・応答性能、スタートアップ、フォルト保護といった実用的課題の解決に焦点が移行
- オートモーティブだけでなく、無線送信アンプ電源に適用されるインダストリー論文が登場、より産業へ浸透

GaNまたはGaN on Siliconプロセスを用いたゲートドライバ技術が進化

- 高電圧のパルス駆動をより小型で、より高速に、かつ安定して可能に

© 2020 Omdia
Information Classification: General

ISSCC ：Analog 論文採択状況

論文採択状況

- 投稿論文数(Total): 39
- 採択論文数(Total): 12
  - Session 5: Analog Interfaces
    - FE: 3 / NA: 1 / EU: 4 (韓国: 1、中国: 1、シンガポール: 1)
    - (Industry: 1 / Research: 0 / Academia: 7)
  - Session 31: Analog Techniques
    - FE: 2 / NA: 0 / EU: 2 (日本: 1、韓国: 1)
    - (Industry: 2 / Research: 0 / Academia: 7)
- 採択率: 30.8% (12/39)
- Analog Devices Japanよりワイヤレスイヤホン向けD級アンプの発表
- 全12件中6件がオランダデルフト工科大学（韓国の論文もデルフト工科大学が共著で、これを含めると7件）

© 2020 Omdia
Information Classification: General

ISSCC ：Analog トレンド

センサーインターフェース（温度、湿度、磁気、容量、流量）の性能が継続的に改善
- 高精度化、低電力化、小型化、外部補正や外部参照回路の不要化

アンプ回路技術も一定論文数（3件）を確保
- Analog Devices Japanより高効率かつフィルタレスのワイヤレスヘッドホン向けD級アンプ

水晶発振器を用いないRC参照周波数回路の温度安定性が継続的に改善
- 消費電力を増やさずに10ppm/degC未満を達成

© 2020 Omdia
Information Classification: General

ISSCC ：テクノロジディレクション(TD) 論文採択状況

論文採択状況

- 投稿論文数(Total): 45
- 採択論文数(Total): 14
  - Session 12: Innovations in Low-Power and Secure IoT
    - NA: 2 / FE: 1 (中国:1) (大学: 3)
  - Session 13: Cryo-CMOS for Quantum Computing
    - NA: 1 / EU: 3 (企業: 1 / 大学: 3)
  - Session 18: Biomedical Devices, Circuits, and Systems
    - NA: 3 / FE: 1 (台湾:1) (大学: 4)
  - Session 19: Optical Systems for Emerging Applications
    - NA: 3 (大学: 3)

- 採択率: 31.1% (14/45)

- 将来技術を中心に取り扱うため、14件中13件が大学からの発表。

© 2020 Omdia
Information Classification: General

ISSCC ：テクノロジディレクション(TD) 論文採択状況

量子コンピューティング
- 量子ビット制御・読み出し用の極低温CMOS回路の高集積化がさらに進展、昨年度に引き続き最新成果の注目論文が集まる

IoTやバイオメディカル向けの小型・低電力回路
- IoT向けの超低電力起動回路や、ヘルスケア・医療用の小型かつ低電力なウェアラブル・インプラント回路の発表に注目

フォトニクス・オプティクス技術
- シリコンフォトニクス技術によるLiDAR向けのオプティカルフェーズドアレイや、μLEDやMEMSを活用したオプトジェネティクス(光遺伝学)向けの集積システムが登場

© 2020 Omdia
Information Classification: General

Disclaimer

The Omdia research, data and information referenced herein (the "Omdia Materials") are the copyrighted property of Informa Tech and its subsidiaries or affiliates (together "Informa Tech") and represent data, research, opinions or viewpoints published by Informa Tech, and are not representations of fact.

The Omdia Materials reflect information and opinions from the original publication date and not from the date of this document. The information and opinions expressed in the Omdia Materials are subject to change without notice and Informa Tech does not have any duty or responsibility to update the Omdia Materials or this publication as a result.

Omdia Materials are delivered on an "as-is" and "as-available" basis. No representation or warranty, express or implied, is made as to the fairness, accuracy, completeness or correctness of the information, opinions and conclusions contained in Omdia Materials.

To the maximum extent permitted by law, Informa Tech and its affiliates, officers, directors, employees and agents, disclaim any liability (including, without limitation, any liability arising from fault or negligence) as to the accuracy or completeness or use of the Omdia Materials. Informa Tech will not, under any circumstance whatsoever, be liable for any trading, investment, commercial or other decisions based on or made in reliance of the Omdia Materials.

Get in touch

Americas

E: customersuccess@omdia.com

08:00 – 18:00 GMT -5

Europe, Middle East & Africa

E: customersuccess@omdia.com

8:00 – 18:00 GMT

Asia Pacific

E: customersuccess@omdia.com

08:00 – 18:00 GMT + 8

Brought to you by Informa Tech