



# 半導体とその先へ

2026年の世界半導体産業の見通し



# Agenda

## 1 はじめに

## 2 需要分析

半導体がイノベーションと日常生活を支える

## 3 供給分析

半導体覇権をめぐる競争

## 4 今後の展望

半導体の機会: AIとその先へ

# はじめに

半導体産業は、AIの進展、地政学的変化、国内生産への政府投資の増加によって急速な変革期を迎えています。AIの普及が加速する中で、高性能チップの需要は急増しており、供給網の動態は貿易政策の変化や国家安全保障上の懸念を背景に再構築されています。同時に、半導体は自動車、医療、エネルギーなどのさまざまな産業で不可欠な存在となり、継続的なイノベーションと戦略的適応が求められています。サプライチェーンの強じん性と技術主権は、企業と政府の双方にとって最優先事項となっています。生産の多様化と外部依存の低減に向けた取り組みが進められている一方で、構造的な課題は依然として残っています。輸出管理、重要資材の制限、貿易同盟の変化が半導体のランドスケープを再定義しており、企業は複雑化する状況を乗り越えつつ競争力を維持する必要があります。

PwCは、半導体業界のリーダーたちとともに産業変革を歩み、企業の市場環境変化への適応、サプライチェーン強化、長期的かつ持続可能な成長などに関する支援を行ってきました。

PwCの深い業界専門知識により、サプライチェーン再構築、業務効率向上、技術革新に関する戦略的洞察を提供しています。競争や規制のランドスケープの変化が続く中、PwCは、企業のリスク軽減、成長機会の特定、ならびに長期的成功に向けたポジション確立を支援しています。半導体が世界のイノベーションと経済安全保障においてますます重要な役割を果たす中、企業は競争力を維持するために先見的なアプローチを取る必要があります。本レポートを通じて、業界リーダー、政策立案者、企業に対し、このダイナミックなセクターの未来を乗り切るために必要な洞察を提供することを目指しています。PwCは、組織の半導体業界における課題対応、機会把握、潜在能力の引き出しを支援する準備が整っています。



**Glenn Burm**

パートナー  
グローバル半導体リーダー

*Glenn Burm*

# 日本語版の発刊に寄せて

半導体産業は現在、重要な歴史的転換点に直面しています。AIの急速な進展や地政学的な変化、各国によるサプライチェーン強じん化と技術ナショナリズムの動きが、産業構造を大きく変えています。高性能半導体の需要が急拡大する一方で、輸出規制や重要原材料の制約が供給網の再編を加速させており、半導体は経済安全保障を左右する最優先の領域であると同時に、産業基盤を支える中核的存在となっています。

こうした中、日本は材料や製造装置分野で高い国際競争力を維持し、グローバルサプライチェーンにおいて重要な役割を担い続けています。この強みは、長年の技術蓄積と品質へのこだわり、そして顧客やサプライヤーとの信頼関係との信頼関係に支えられています。

一方で、半導体不足や地政学的リスクの高まりは、供給網の脆弱性と依存構造の課題を顕在化させました。これを受け、日本では国内生産基盤の強化や次世代技術への投資が進められており、海外との連携を含めた取り組みは、日本の役割を再定義する動きと言えます。

今後の競争は、単なる製造能力の向上にとどまらず、AIやモビリティ、エネルギー分野にも範囲を広げて繰り広げられるでしょう。企業には、サプライチェーンの再設計や技術投資、人材育成、持続可能性への対応を含む垂直統合的な視点が求められます。

本レポートは需要・供給・将来技術をグローバルに分析し、意思決定に資する洞察を提供します。日本にとっては、強みと課題を再認識し今後の戦略を描くための指針となります。

PwCは、半導体産業の変革において企業とともに歩み、サプライチェーンの高度化と持続的成長を支援してきました。今後も企業や政策立案者と連携し、変化の中での機会創出と競争力強化を支援していきます。半導体は今後も、世界のイノベーションを支える基盤であり続けます。



**内村 公彦**

パートナー  
半導体リーダー

*Kimihiko Uchimura*



**坂野 孔一**

パートナー  
半導体リーダー

*Koichi Banno*

# 半導体とその先へ

## 主なハイライト

PwCの調査レポート「半導体とその先へ」は、グローバルな半導体産業に関する戦略的視点を提供しており、三つのパートに分かれています。第一の「需要分析」では五つの主要エンドマーケットに基づく市場需要調査を行い、第二の「供給分析」では各バリューチェーンの動向を探り、第三の「今後の展望」では将来の技術に関する戦略的予測を提供しています。

まず第一の「需要分析」では、半導体市場は2024年の約6,270億米ドルから年平均成長率(CAGR)8.6%で成長し、2030年までに1兆米ドルを超えると予測されています。各セクターの中で、サーバーおよびネットワーク向け半導体は、生成AIサービスの急速な増加により、CAGR11.6%という最も速い成長が見込まれています。次に成長が速いのは自動車分野で、電気自動車や自動運転技術の進展により、CAGR10.7%の成長が期待されています。本分析を通じて、五つの主要セクターにおける半導体の役割、需要パターンの変化、および産業を形作る広範な影響について探ります。さらに、技術の進歩が半導体の消費と開発にどのように影響を与えるかについても分析します。

次に第二の「供給分析」では、技術開発と投資が先端ノードの生産能力拡大とプロセス進化に集中していることを示しています。これらのノードの進展は業界にとって重要ですが、サプライチェーンの競争力は地域ごとに異なります。歴史的に、米国はチップ設計で強固な地位を築いており、アジアは製造に優れています。一方で、東南アジア地域はパッケージング技術開発の前線にあります。しかし、需要の発展、技術的な課題、地政学の変動により、半導体サプライチェーンは再編され、大きな混乱が起こる可能性があります。

最後に第三の「今後の展望」では、2030年以降に半導体市場に大きな影響を与える革新的技術に関する長期的な分析を提供します。多くの革新的な進歩の実現可能性と市場潜在力を定量的な洞察とともに評価します。これらの持続的かつ相互関連するトレンドを認識した上で、PwCは技術と不確実性、およびそれらに提起される重要な論点を分析します。この分析は、市場参入者や政策立案者に対し、半導体産業の将来の動向に関する重要な洞察を提供することができます。

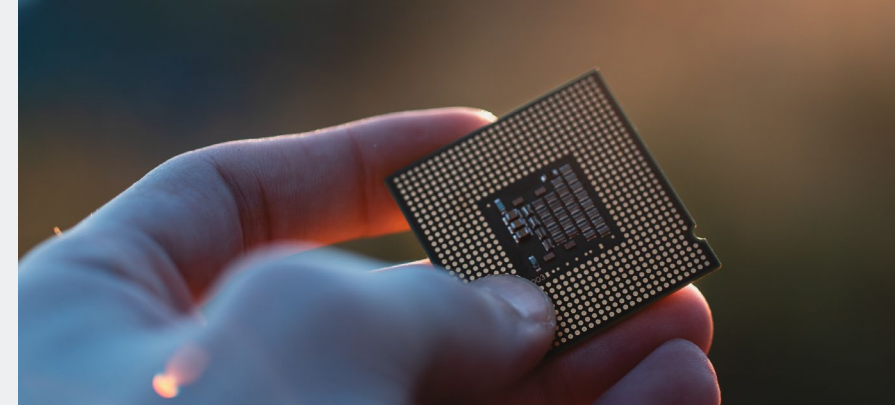
# 2

## 需要分析

半導体がイノベーションと日常生活を支える

# なぜ需要が重要なのか？

半導体は現代社会において不可欠な存在であり、急速な技術進歩と拡大する産業ニーズにより、市場需要は常に変化し続けています。需要が供給を上回る現状において、これらの動向を分析することは、新たなビジネス機会を捉えるための道筋を明らかにすることにつながります。



## エンドマーケット

自動車

サーバーと  
ネットワーク

家庭用電化製品

コンピューティング  
デバイス

産業機器

## エンドマーケット動向

半導体市場は最終製品の動向に大きく依存するため、各産業のトレンドを詳細に分析することで、市場の将来を正確に予測します。

## 半導体トレンド

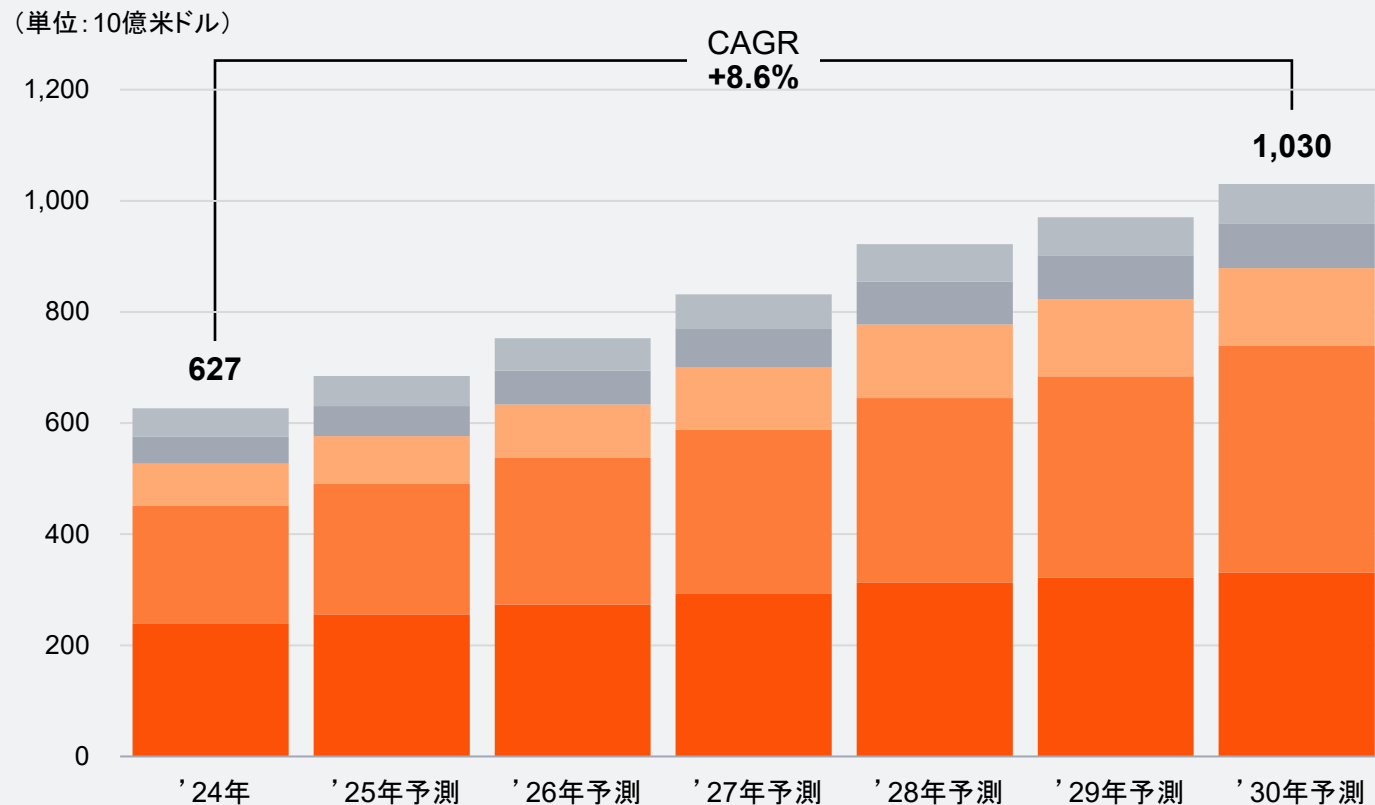
主要な半導体とその用途に関する急速な変化を分析し、産業全体を形作る主要なトレンドを把握します。

## 需要見通し

用途ごとに市場の成長率や総コストに占める半導体割合の変化を分析し、2030年までの半導体需要の強度を定量的に評価します。

# エンドマーケット別の世界半導体需要

データセンター、AI、自動運転車、スマートフォン、その他の新興技術トレンドの基盤および推進力として、世界の半導体市場はエンドマーケットの広範にわたる進歩により、2024年の6,270億米ドルから2030年には1兆300億米ドルに成長すると予測されています。



エンドマーケット	CAGR <sup>1)</sup> (2024年~2030年予測)
家庭用電化製品	+5.6%
産業機器	+8.8%
自動車	+10.7%
サーバーとネットワーク	+11.6%
コンピューティングデバイス	+5.5%

1) 年平均成長率 (Compound Annual Growth Rate)

出所: Omdia、PwC分析

# 自動車

自動車業界は、電動化、自動運転、そしてソフトウェア定義車両(SDV)への移行によって、歴史的な変革を遂げています。これらのトレンドは急速に業界標準となりつつあり、現代の車両における半導体の役割を決定的なものにするとともに、その付加価値を飛躍的に高めています。

まず、電気自動車(EV)市場が2030年頃には市場の過半数を占めると予想されており、それに伴いシリコンカーバイド(SiC)をはじめとする新素材を使った高電圧パワー半導体の需要が急増する見込みです。同時に、自動運転技術も着実に進展しており、多くの車両がレベル2に到達するだけでなく、レベル3を達成する車両も増加していくでしょう。この進化は、センサー、接続用IC、処理ユニットといった、車両1台あたりの半導体搭載量を大幅に増加させる要因となります。さらに、SDVの台頭により、車両の設計思想は中央集権型のコンピューティングパワーを備えた「ゾーンアーキテクチャ」へと移行し、それに伴って車載用システムオンチップ(SoC)に対する性能要件は一層高度化する可能性があります。

こうした技術革新の積み重ねにより、未来の車は単なる移動手段という枠組みを超え、半導体によってシームレスに駆動・制御される高性能なコンピュータを搭載した「動く家」とも呼ぶべき新しい存在へと進化していくでしょう。





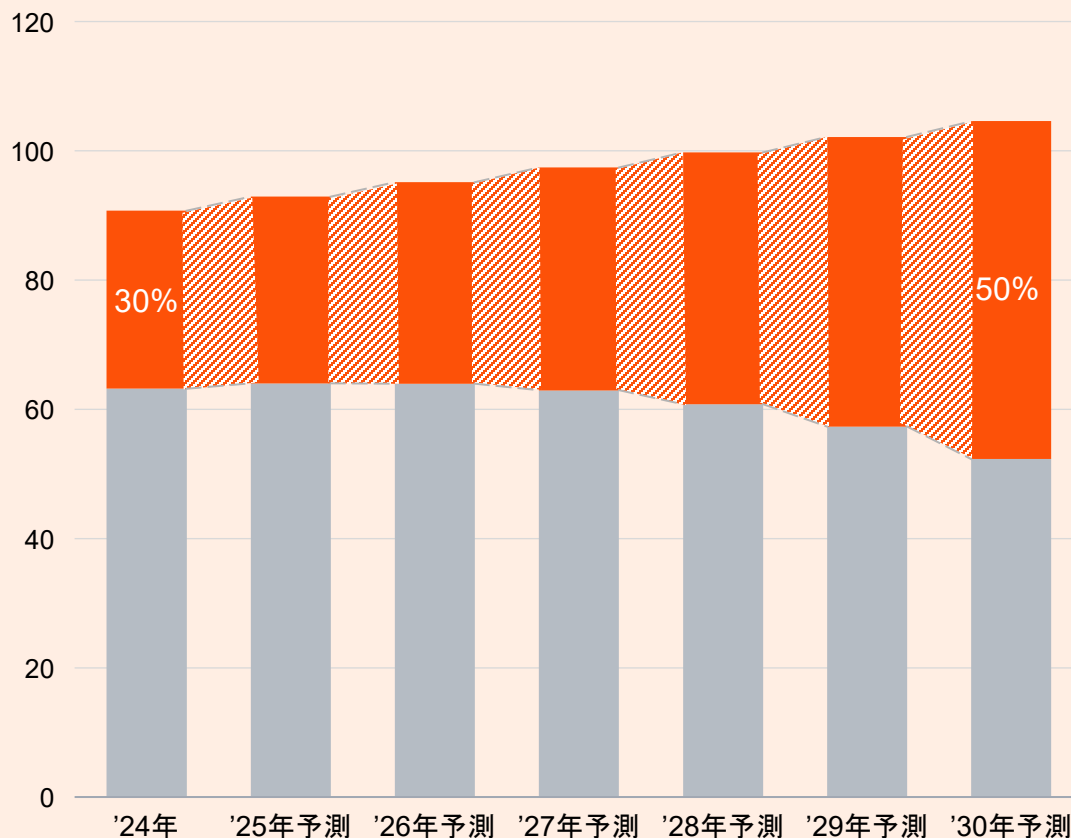
## 電化とコネクティビティ

自動車産業は現在、電動化、自動運転、およびコネクティビティを軸とした歴史的な変革期を迎えています。中国が先導し、欧州、米国、さらにはその他の地域へと波及しているEV市場の急速な拡大に伴い、自動車メーカー(OEM)はハイブリッド車やEVへの投資を加速させています。これらの車両は、2030年までに世界の全車両販売台数の約50%を占めるに至ると予測されています。

さらに、コネクテッドカーや自動運転車の普及も自動車市場の将来像を決定づけており、市場の高度な成熟を促進する要因となっています。これらのトレンドは、パワートレイン技術における抜本的な変革と相まって、今後の自動車産業における新たな標準(デファクトスタンダード)となり、車載半導体の重要性と役割をかつてないほど高めることが期待されています。

## 世界の自動車販売

(単位:百万台)



CAGR、2024年~2030年予測

電気自動車 <sup>1)</sup>	11.3%
内燃機関	-3.1%

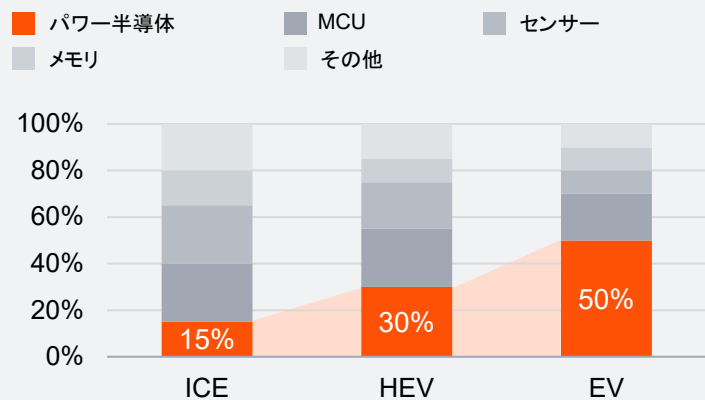
1) 電気自動車には、バッテリー式電気自動車、ハイブリッド電気自動車、およびプラグインハイブリッド電気自動車が含まれます。出所:PwC AutoFacts、PwC分析

# EV普及進展に伴う電力需要の拡大

EVの急速な普及に加え、インフォテインメントや自動運転機能の統合により、パワー半導体の需要が激増しています。これらは現代の車両における電気システムの制御と電圧変換において不可欠な役割を担っています。

自動車産業が内燃機関(ICE)からハイブリッド車(HEV)やEVへと移行する中で、パワー半導体は車両あたりの総半導体コストの50%以上を占める可能性があります。

## エンジンタイプ別の半導体コスト



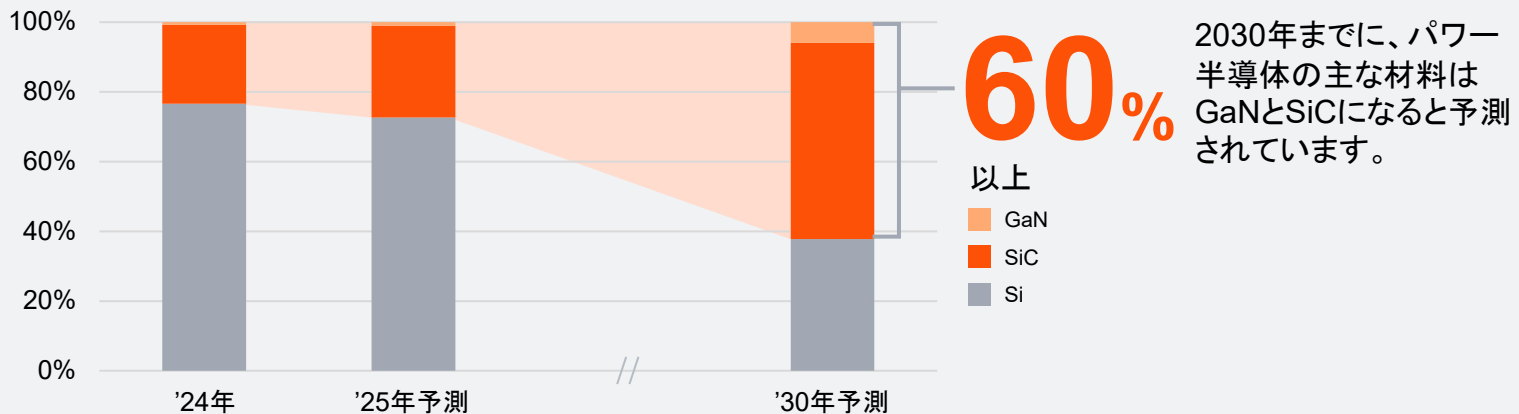
出所: PwC AutoFacts, PwC分析

# 新素材の需要は高まるか

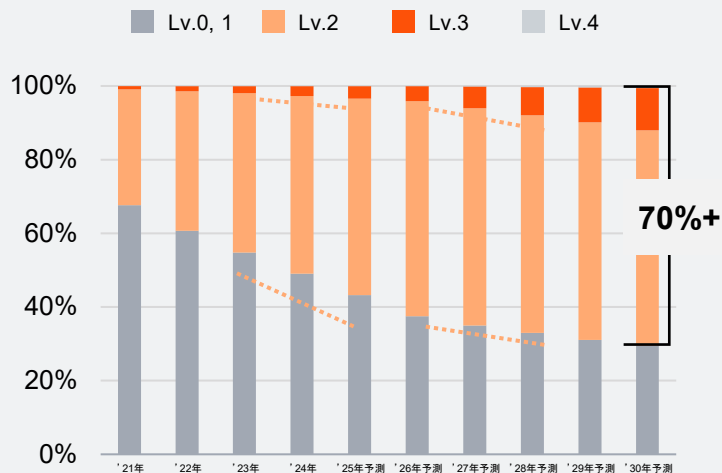
電動化の進展に伴い、駆動系や制御、さらには自動運転などの機能が電力に依存するため、電力の効率的な制御は一層複雑化しています。EV走行には高電圧電力の連続的なスイッチングが必要であり、高出力を効率的に処理できるパワー半導体の需要が急増しています。仮にチップが高電圧環境に耐えられなければ、火災などの重大な運用障害を招く恐れがあります。

こうした背景から、SiC(炭化ケイ素)やGaN(窒化ガリウム)といった新素材の需要が高まっています。従来のシリコン(Si)と比較して、これらは高耐圧かつ高速スイッチングが可能で、電力損失を大幅に低減できます。そのため自動車メーカーは、速度が重視される中電圧域にはGaNを、高電圧・高出力の経路にはSiCを採用し、パワートレイン全体の効率、重量、および総システムコストの最適化を図っています。

## 自動車におけるSiCおよびGaNパワー半導体のシェア



## 運転自動化のレベル

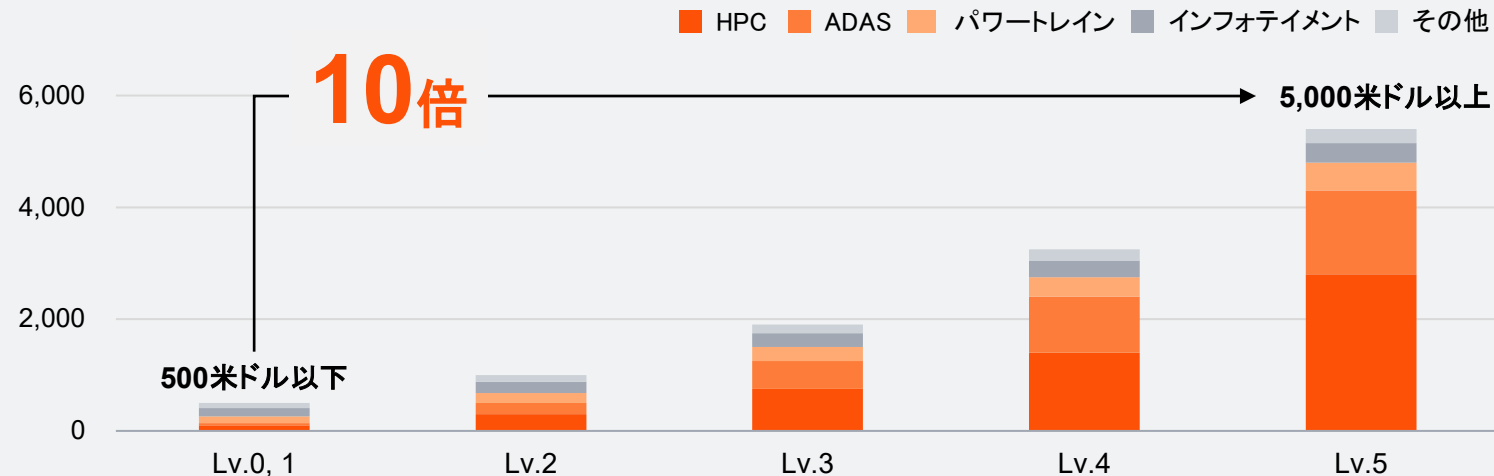


出所:PwC AutoFacts、PwC分析

自動運転技術はレベル0～5に分類されます。レベル0～1は衝突防止や車線維持などの運転支援を行い、レベル2では先行車との距離維持などの部分的な自動運転が可能になります。レベル3からは、特定の条件下で運転者の常時監視を必要としない自動運転が実現します。レベル3は高速道路での走行を可能にし、レベル4は一般道にも対応、レベル5は運転者を一切必要としない完全自動運転を指します。2030年までに、新車の多くがレベル2を搭載し、レベル3は総出荷台数の10%を超える見通しです。

## 自律レベル別の半導体コンテンツ<sup>1)</sup>

(単位:1台あたりの米ドル)



1) 自律レベル別の半導体含有量は、コンポーネントのコストと自動化段階ごとの市場データを集計するボトムアップ方式で推定されました。これらの推定値は、将来の自動運転車の価格動向や市場状況により変動する可能性があります。

## 車の目、脳、筋肉

自動運転レベルの向上に伴い、車両のデータ収集・処理能力は劇的に高まる必要があります。この進展は車載電子アーキテクチャを複雑化させ、高性能コンピューティング(HPC)や先進運転支援システム(ADAS)向けの半導体コストを押し上げています。自動運転の実現には、リアルタイム情報を検知する複数のセンサーや接続チップ、その膨大なデータを処理する演算チップ、そして最小限の遅延で制御を実行する電子制御ユニット(ECU)の搭載が不可欠です。

したがって、車両の自律性が高まるほど、搭載されるチップの数と1個あたりの平均価格は大幅に上昇し、自動車用半導体市場の力強い成長をけん引しています。

# ソフトウェア定義車両が車の動作を変える

スマートフォンのOS更新によって新機能が追加される体験を、自動車にも当てはめてみてください。SDVは、ハードウェアを変更することなく、ソフトウェアのアップデートのみで車両機能の追加や性能向上を実現します。

SDVの普及に伴い、自動車業界は「ゾーンアーキテクチャ」へと舵を切っています。これは、中央のHPCが車内の各ゾーンを統括する方式であり、このアプローチにより車内配線は簡素化され、物理的な複雑さが軽減されるとともに、ソフトウェアアップデートの安定性も

大幅に向上します。このアーキテクチャの変革は、自動車用半導体市場に構造的な変化をもたらしています。

これまで個別機能を担っていた多数のECUは、統合・集約が進み、個々の役割がより複雑かつ高度になっています。その結果、市場の焦点は従来のECUから、高性能SoC、AIアクセラレータ、および高速メモリチップへと移行しています。

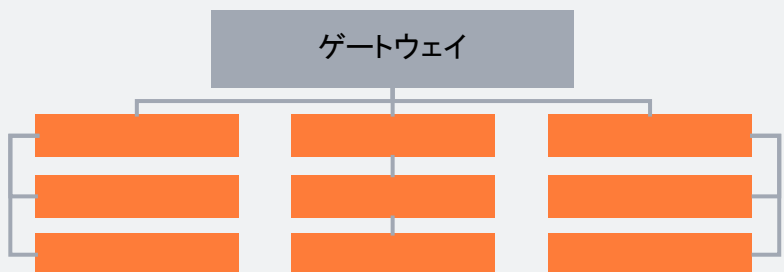
また、リアルタイムデータ転送を支える接続チップや、ソフトウェアを保護するマイクロコントローラユニット(MCU)の重要性も増しています。

車載SoCは、GPUやイメージ・シグナル・プロセッサ(ISP)を統合していますが、演算需要の急増とゾーンアーキテクチャへの移行に伴い、専用AIアクセラレータの採用も一層加速すると予想されます。

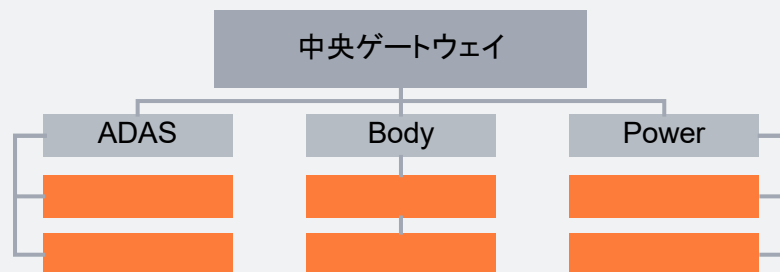
## 自動車電子機器アーキテクチャの進化

ECU

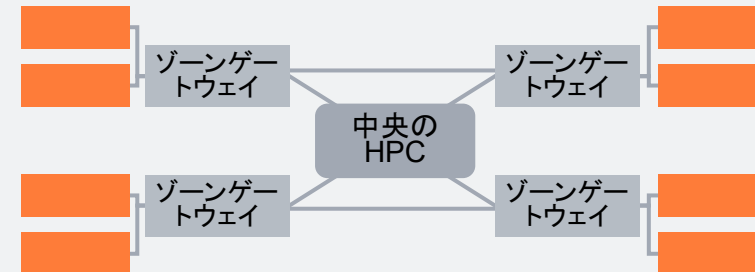
分散型E/Eアーキテクチャ



ドメインE/Eアーキテクチャ

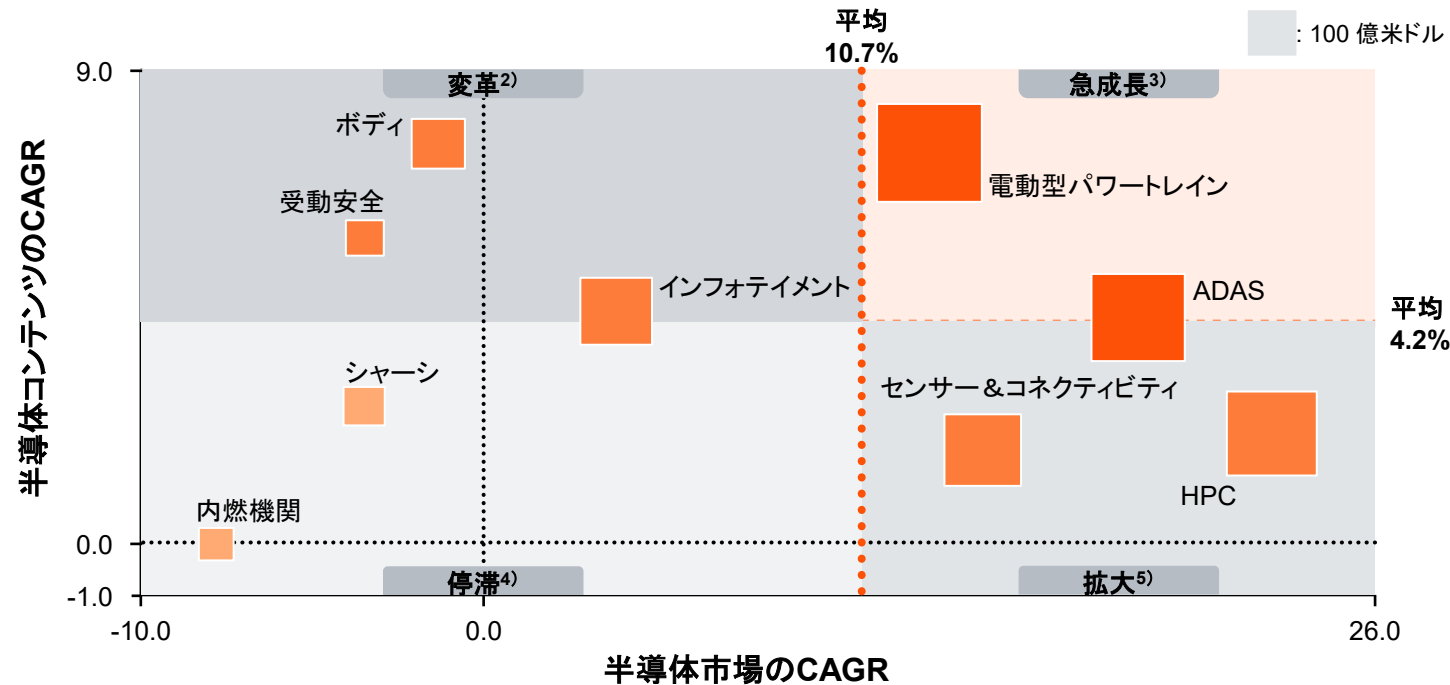


HPCを用いたゾーン型E/Eアーキテクチャ



# 2030年のアプリケーション別半導体需要<sup>1)</sup>

本バブルチャートは、2030年における主要用途別の半導体需要予測を示したものです。オレンジ色の点線は各軸の平均値を表しており、これによって各用途を四つの象限に分類・評価しています。



## 電動化と自動化

これら二つのトレンドは、半導体需要の拡大をけん引する主要因となっています。電動化されたパワートレインにおいては、絶縁ゲート・バイポーラ・トランジスタ(IGBT)やSiCを使ったパワー半導体がその恩恵を強く受けます。一方、自動運転は主にADAS用ECUの需要に寄与しており、これらEVと自動運転車の普及は相乗的に加速しています。

さらに、自動運転技術とSDVの進展に伴い、車載用HPC、センサー、コネクティビティチップなどの需要も拡大する見通しです。また、車内体験の向上を目指し、ボディ制御、インフォテインメント、乗員安全に関連する半導体の高度化も期待されています。

対照的に、シャーシやICE関連の分野は、技術革新の鈍化と市場の停滞により、市場規模は相対的に縮小していくと予想されます。

1) X軸はエンドマーケットにおける半導体市場のCAGR(2024~2030年)、Y軸はCOGSに占める半導体比率のCAGR(2024~2030年)、バブルの大きさは2030年の半導体市場規模(予測)を示す。  
 2) 技術とエコシステムが半導体中心にシフトし、製品内での半導体依存度が急速に高まっている。  
 3) 半導体市場とCOGS比率の両方が急成長している分野は、将来の半導体需要をけん引する重要な領域。  
 4) すでに成熟し、成長が鈍化または安定している分野は、新規投資やイノベーションよりも安定運用が重視される。  
 5) 市場自体は高成長だが、COGS比率の拡大は比較的緩やか。

# 2030年までの用途別半導体需要の強度

## アプリケーション

### 運転支援

ADAS



センサー&コネクティビティ



### デジタル コックピット

インフォテインメント



HPC



### ボディ・シャーシ

ボディ



シャーシ



### パワートレイン

電動型パワートレイン



内燃機関



### その他

受動安全



## 需要の強さ

L 急成長 E 拡大 T 変革 S 停滞

弱い 強い

## 需要動向

自動運転における環境認識、信号処理、およびAI/ディープラーニングの複雑性が増すにつれて、これらを支える高性能プロセッサの需要が高まっています。

より高度な自動運転車においては、システムの冗長性と相互検証を確保するために、より多くのカメラ、レーダー、LiDAR、およびその他のセンサーが必要となる傾向にあります。

デジタルコックピットの統合、複数ディスプレイの採用拡大、および機能の拡充に伴い、これまで以上に高い処理能力が求められています。

ドメイン統合とゾーンアーキテクチャの採用が増加しており、従来の分散型ECUに代わり、中央集約型であるHPCシステムの需要が高まっています。

アダプティブ・フロント・ライティング、ゾーン・クライメート・モジュール、スマートグラス、ハプティックシートを導入により、ネットワーク化されたセンサー、ブラシレスDC (BLDC) ドライバー、およびミックスドシングルMCUの需要が拡大しています。

中央集約型シャーシコントローラーは、ABS、ESC、e-アクスル・トルク・ベクタリング、ステア・バイ・ワイヤを統合し、ホイールスピードと慣性センサーを共有しながら、独立したECUの数を削減します。

EVIは、電動モーターやインバーター、さらに高度なバッテリー管理システム (BMS) 制御用ICの重要部品である、より複雑なパワー半導体を必要とします。

エンジン用MCUおよび排ガスセンサーの需要は、OEMの車両が電動化されるにつれて、横ばいまたは徐々に減少していくと予想されています。

より厳しい安全規制の導入は、レーダー、ビジョンプロセッサ、およびマイクロ電気機械システム (MEMS) クラッシュセンサー (エアバッグ加速度計、圧力センサー) の段階的な成長を促進する可能性があります。

# サーバーとネットワーク

2022年に生成AI (Gen AI) アプリケーションが急増して以来、生成・処理されるデータ量は指数関数的に増加しています。AI駆動の自動化、IoTの普及、車両や産業システムの高度化により、データはもはや単なる資産ではなく、現代のデジタルインフラを支える基盤となりました。

2030年までに、計算能力の需要増加に伴い、CPU、GPU、AIアクセラレータの成長はさらに加速する見通しです。これらを支える要素としてHBM(広帯域メモリ)が引き続き重要な役割を果たします。特にサーバー向けでは、主要なテック企業やクラウドサービスプロバイダーが運用コスト削減のために特定用途向け集積回路(ASIC)の開発をすでに開始しています。同時に、5Gの拡大はネットワーク機器の計算能力の向上や、超高速・低遅延通信を実現するGaNベースの無線周波数(RF)チップの需要を促進する可能性があります。

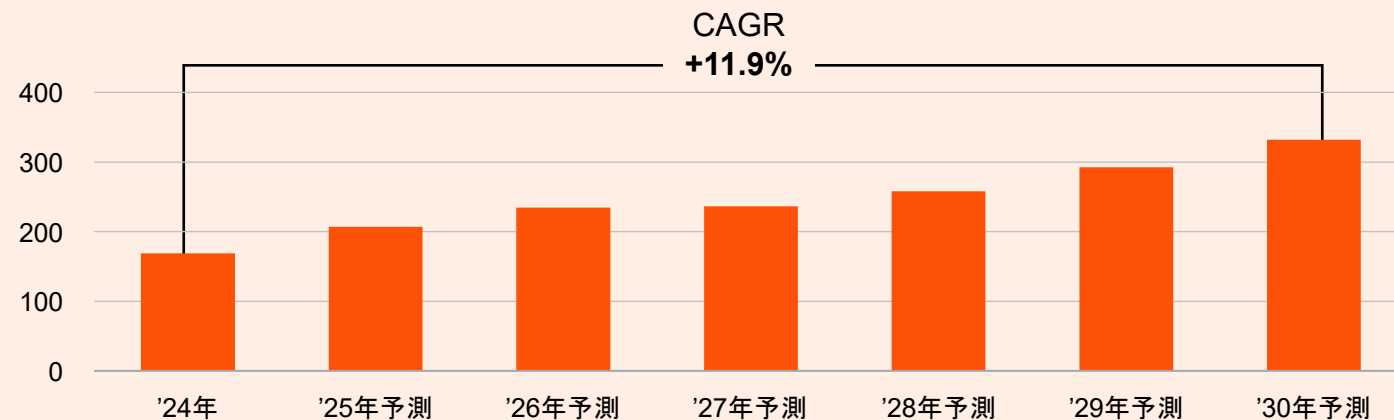
サーバーとネットワーク市場は、半導体の継続的な進歩によって支えられ、私たちの周囲のアプリケーションに知能を浸透させる基盤としての役割を強化していくでしょう。



# AIデータセンターと次世代接続

AIの急速な成長、接続性の向上、そして進化する技術の顧客による採用が進む中で、増大するデータを効率的に処理するためのデータセンターおよびその内部サーバーの需要が増加しています。クラウドサービスプロバイダー、コロケーションセンター、通信会社によるデータセンターへの旺盛な投資により、世界のサーバー市場は2030年までに3,000億米ドルを超えると予測されています。

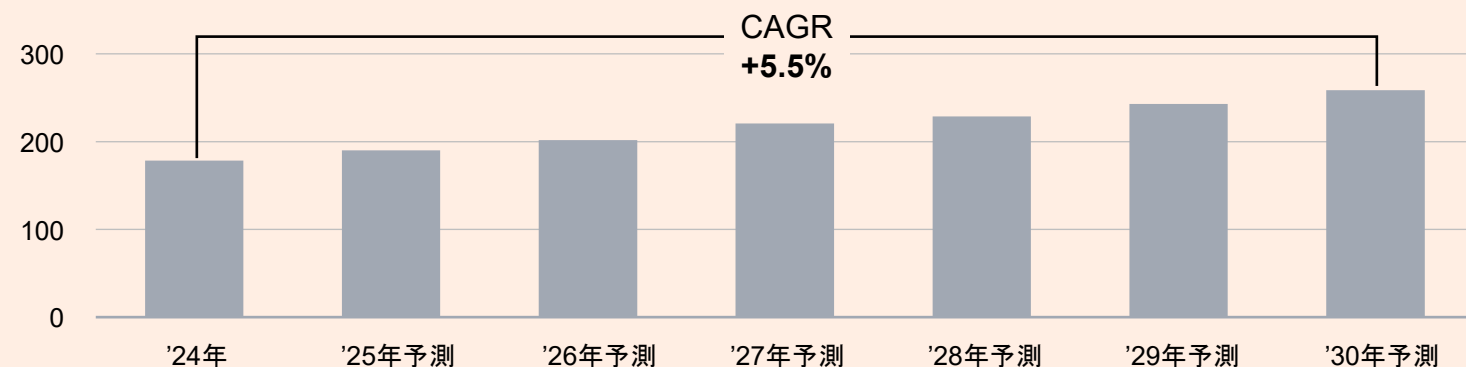
## グローバルサーバー市場 (単位:10億米ドル)



出所: Gartner, Statista, PwC分析

## 世界のネットワークインフラ市場

(単位:10億米ドル)



出所: Gartner, Statista, PwC分析

同時に、サーバー間およびノード間の接続をサポートするインフラストラクチャに対する需要も高まっています。より高速で広範囲、かつ信頼性の高い接続の必要性が、ルーターやモデムなどのデバイス市場の成長を促進しています。これらの市場は、データセンターという強固な基盤やインフラとして機能しています。この需要増加の傾向は単一のアプリケーションにとどまらず、企業ネットワーク、公共ネットワーク、プライベートネットワークを含む広範な分野に及んでいます。

# より高速で、より大規模で、 よりスマートなデータセンター

現在、私たちはかつてないほど膨大なデータが流通し、あらゆるモノがネットワークで結ばれた世界に生きています。これまで以上に多くのデバイスが相互に通信を行っていますが、単にその数が増加しているだけではありません。消費者はAR/VR/XRゲームやシームレスなビデオストリーミングなど、より高品質なエンターテインメントを求めています。さらに、2022年11月に登場した「ChatGPT」は、企業や個人が想像し得るあらゆるアプリケーションにおいて、AIサービスを積極的に活用する決定的な動機となりました。

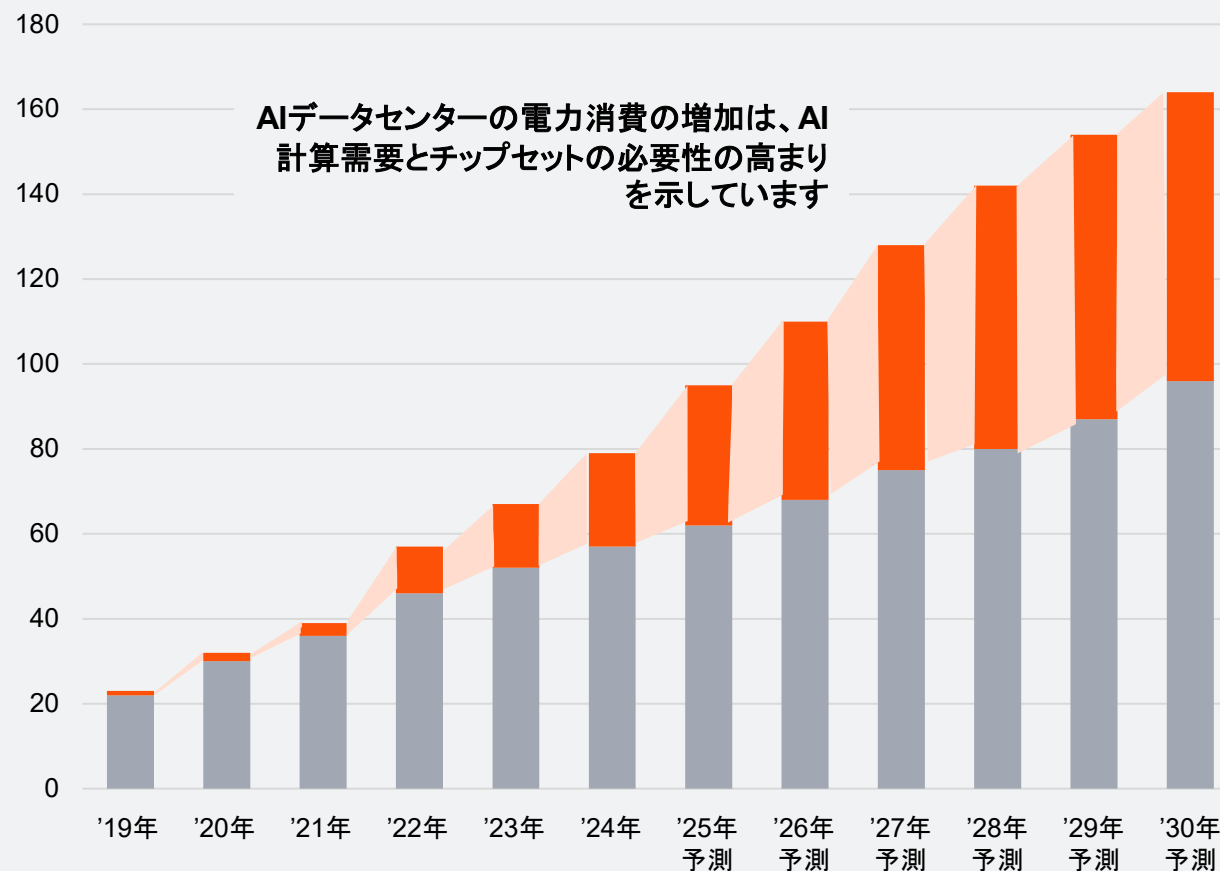
これらのアプリケーションは膨大な量のデータを必要としています。これはまだ変化の始まりに過ぎません。ゲームやビデオストリーミングの需要が高まる中、そして何よりもAI需要の劇的な増加により、世界のデータセンターの電力消費量は2030年までに倍増すると予測されています。

データセンターは、データの保存、処理、管理において不可欠な資源です。かつては企業向けのサービス提供に重点を置いていましたが、AI需要の急増に伴い、巨大なインフラである「ハイパースケール」の地位を確立し、今やインターネットをサービスとして提供する基盤となりました。現在、AI特化型アプリケーションの需要を受け、データセンターは再び「AIデータセンター」へと進化を遂げています。これにより、管理者がデータセンターユーザーに対して、データの損失や遅延のない高品質なサービスを提供する能力を向上させているのです。

## 世界のデータセンター消費電力

(単位: GW)

AI駆動型需要  
従来型需要



出所: IEA、PwC分析

# インテリジェントインフラストラクチャの未来

AIアプリケーションの処理に必要なデータ量が増加し、データセンターの規模が拡大する中で、冷却や電力に関わる運用コストは極めて高額になっています。企業は現在、よりコスト効率に優れた運用手法を模索しています。

AI性能の向上とコスト削減を両立させる第一の手法は、データセンター専用チップの活用です。これらのチップは、汎用プロセッサよりも効率的に高負荷な計算要求に対応できるよう設計されており、高い性能を実現するために不可欠な存在となっています。企業は必要な性能レベルを達成するため、これら専門チップの採用を加速させています。

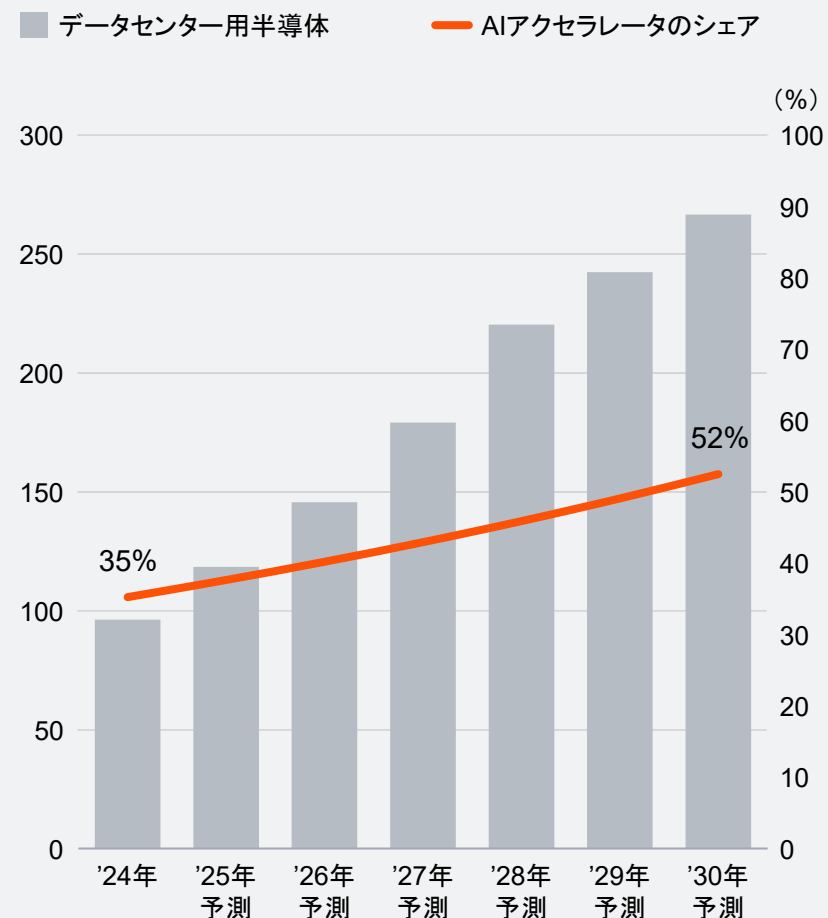
しかし、標準的なデータセンター用チップであっても、複数顧客向けに設計されているため、特定の顧客には不要な機能が含まれています。そのため、クラウドサービスプロバイダーなどの大手テック企業は、自社のワークロードに特化した独自のAIアクセラ

レータを開発しています。特定の用途に最適化されたチップにより、企業はコストと消費電力を抑えつつ、より高い性能を達成できます。コスト削減の必要性が高まる中、こうした専用AIアクセラレータの需要は一段と増加する見通しです。

その結果、データセンター向けチップ市場においてAIアクセラレータの収益シェアは急速に成長し、全体の約50%に達する可能性があります。あわせて、データ処理ユニット(DPU)やHBMの重要性も増すでしょう。HBMは処理のボトルネックを解消して高性能GPUを支え、DPUはデータ伝送を処理することでCPUの負荷を軽減します。これらの専用チップは不可欠な基盤として、今後も市場成長をけん引し続けると考えられます。

## データセンターにおけるアクセラレータ

(単位:10億米ドル)



出所: PwC分析

# 次世代のWi-Fiとモバイルネットワーク

データトラフィックが増加すると、データセンターだけでなく、デバイスを接続しデータを配信するための標準化されたネットワークプロトコルも改善が必要となります。

現在、あなたのデバイスはWi-Fiまたはモバイル回線を介して接続されています。4G/5Gの「G」は「世代 (Generation)」を意味し、約10年ごとにアップグレードされてきました。1990年代の音声通話・SMS用の2Gから、2000年代のメディア対応3G、高速化した2010年代の4G、そして2020年代の5Gへと進化しています。同様に、Wi-Fiの標準規格も進化を続けています。

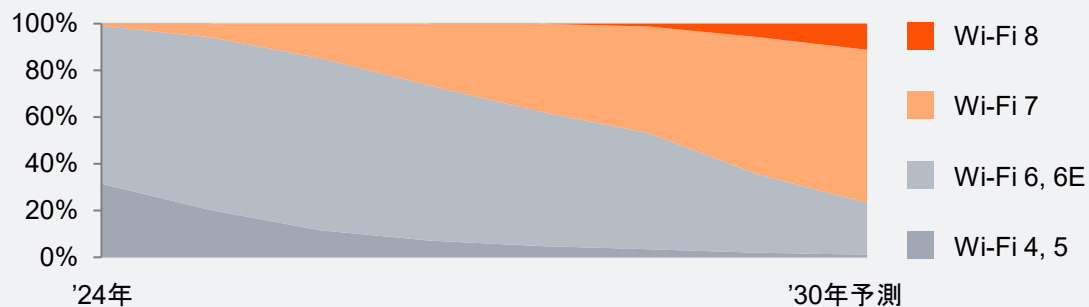
ワイヤレスデータの種類と量が増加すると、より広い帯域幅(より大きな交通レーン)や新しい周波数帯(新しいルート)が必要となります。これは、交通量が増えるにつれて道路を拡張したり、新しい高速道路を建設したりするのと同じ論理です。現在のWi-Fiや4Gの速度は十分に見えるかもしれませんが、データの急増により、最終的にはより高い基準が求められることとなります。

5Gや将来の6Gネットワークの拡大に伴い、速度は4Gの20倍から100倍に達する可能性があります。衛星を基地局として利用する非地上ネットワーク(NTN)などの技術は、さらなるネットワークカバレッジの向上をもたらすでしょう。

同様に、Wi-Fi 6/6Eから7への移行は、より広いチャンネルを通じて高速なデータ通信を可能にします。特にマルチリンクオペレーション(MLO)技術により、Wi-Fi 7は複数のルートを同時に使用できるため、特定のルートに干渉があっても高速かつ安定した接続を実現します。これはゲームやビデオストリーミングに最適です。

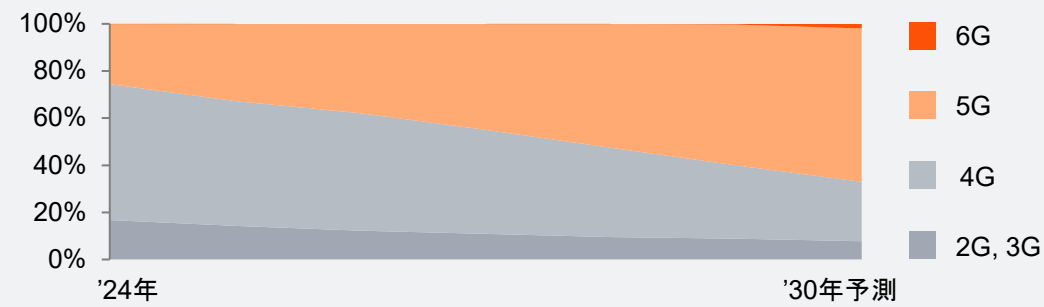
接続規格が進化するにつれて、ネットワーク機器やインフラも更新されます。これらの変化はサーバーのアップグレードほど目に見えるものではありませんが、今後もネットワーク機器およびインフラの改善に対する継続的な需要が見込まれています。

## 接続されているデバイスごとのWi-Fiの世代



出所: Wi-Fi Alliance、PwC分析

## 接続されているモバイルデバイスごとの携帯通信規格



出所: ITU、PwC分析

# データ接続を強化する

半導体の性能は、進化する接続規格のアップグレードに合わせて進化する必要があります。半導体は、エレベーター内での接続不良や場所による信号強度の不安定さといった物理的な問題を解消するために重要な役割を果たします。具体的には、信号を増幅し、歪みなくより広範囲に届くようにする機能を提供します。

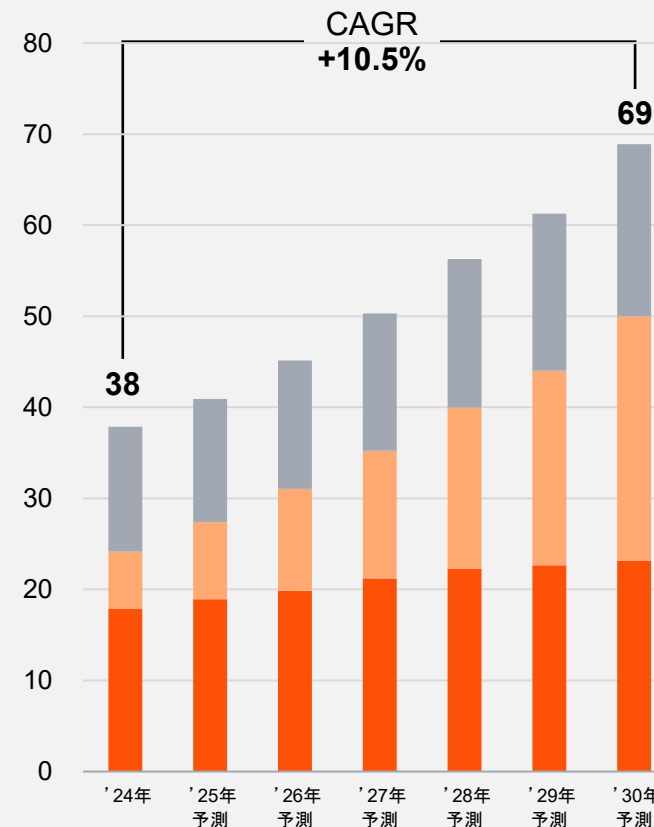
5Gをサポートする半導体部品の市場は、データセンター向け市場に比べて比較的緩やかに成長すると予想されます。これは、多くの国で5Gインフラがほぼ成熟段階にあり、通信会社がデータセンターへの投資を優先しているためです。結果として、通信機器向け半導体の成長は2030年まで緩やかに推移するとみられています。

一方で、データトラフィックの増加や企業におけるAIの広範な導入に伴い、データセンターのクラウドサービス運用を支えるスイッチ、ルーター、スマートネットワークインターフェースカード(NIC)への需要は顕著に増加しています。この変化は、データセンターネットワーク機器やローカルエリアネットワーク(LAN)、広域ネットワーク(WAN)市場の成長を促進しています。その結果、これらの分野に対応する半導体は2030年まで堅調な成長が見込まれています。

データ量の増加により、より高度で洗練されたネットワーク機器が必要となるため、ASIC(特定用途向け集積回路)やFPGA(フィールドプログラマブルゲートアレイ)への需要が増加しています。これにより、より多くの通信機器メーカーが独自のチップ開発に取り組む可能性が高まっています。

## ネットワーク機器用半導体市場

(単位: 10億米ドル)



CAGR,  
2024年~2030年予測

通信	+5.5%
データセンター	+27.4%
企業	+4.4%

出所: PwC分析

# 通信市場におけるGaN RFチップへの移行

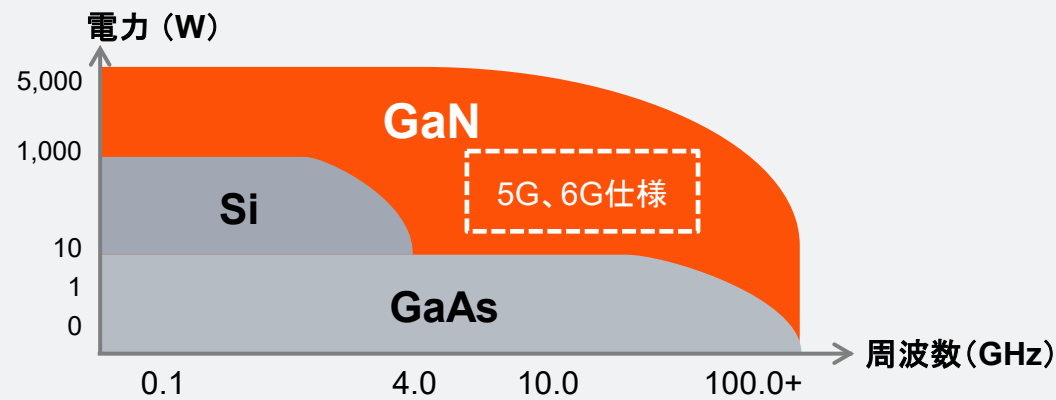
RFチップは、無線信号を増幅・送信する極めて重要な役割を担っています。5Gのミリ波の普及に伴い、高周波数帯を制御できる半導体の必要性が高まっており、GaNとGaAs(ヒ化ガリウム)がその役割を分担しています。特にGaNは、GaAsと異なり高出力と高周波の同時処理が可能のため、基地局特有の厳しい仕様に最適です。その強みは、基地局、防衛、航空宇宙など、高い信頼性が求められる通信分野で真価を発揮することが期待されています。

2025年現在、先進国ではインフラの普及に伴い5G通信機器の成長は鈍化傾向にありますが、既存基地局の高度化(アップグレード)需要は根強く、グローバルでは依然として大きな成長余地が残されています。GaN RFチップはシリコン製に比べ高価ですが、その優れた特性により市場規模は拡大し続けると予測されます。

実際、GaN RFチップは通信機器向けRFチップ市場ですでに半数以上のシェアを占めており、将来的には最大90%に達する見込みです。ただし、これはシリコンRFチップが完全に駆逐されることを意味しません。基地局は通常、複数の段階で信号を増幅するため、低周波数かつコスト効率が重視される用途では、今後もシリコンベースのチップが併用され続けるでしょう。

## RF材料による最適な周波数と出力

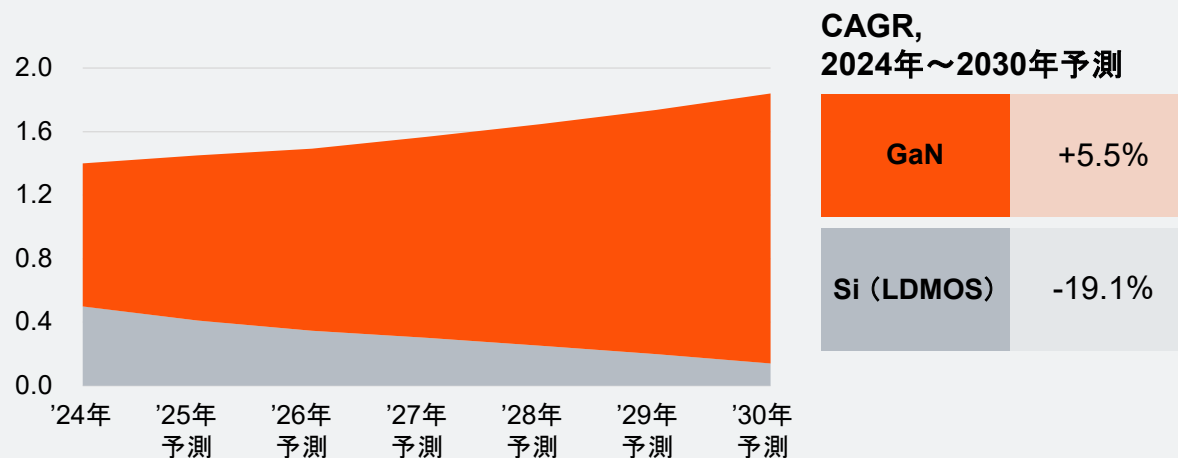
(基地局アンテナあたり)



出所: IEEE, PwC分析

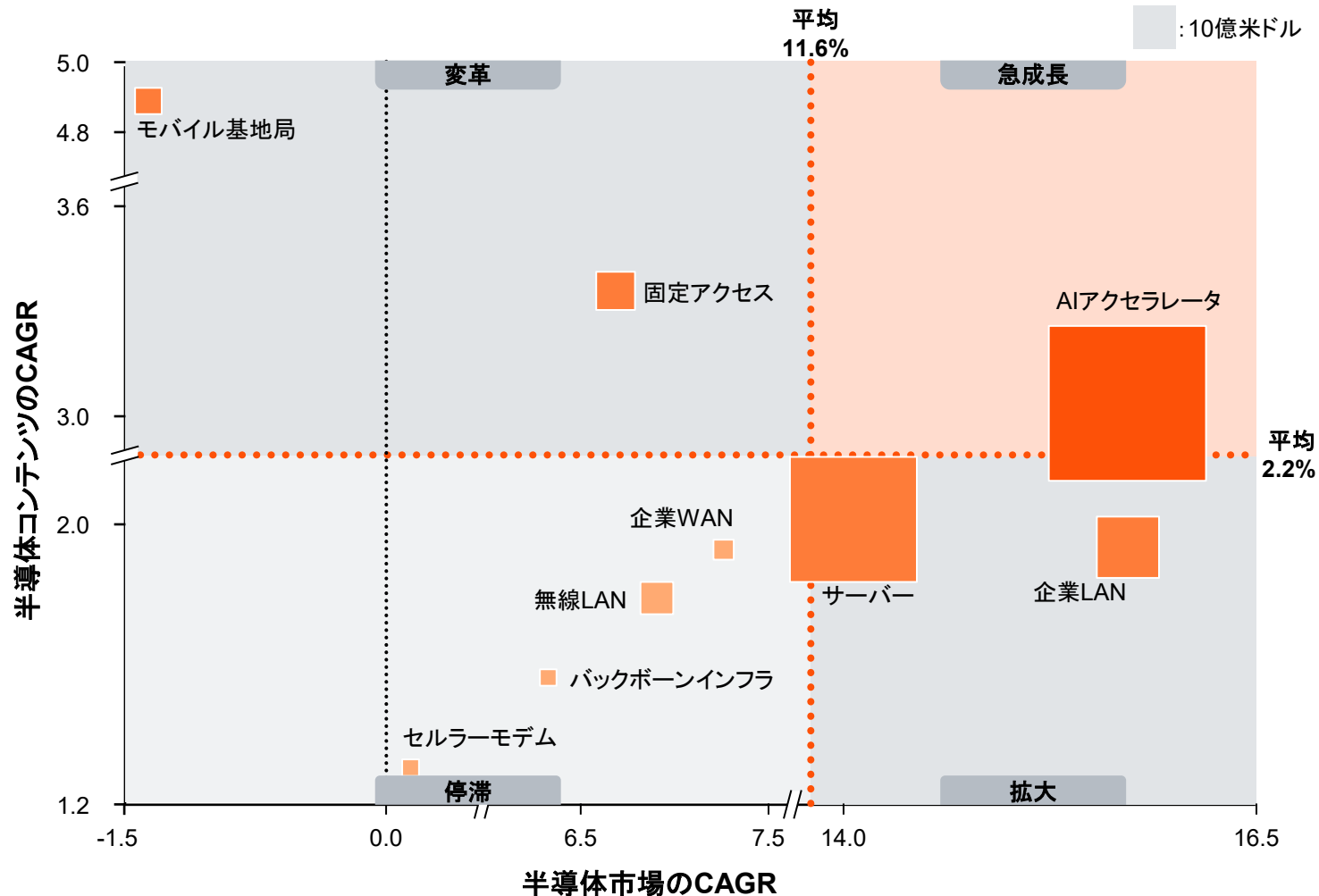
## 通信分野におけるRF半導体市場

(単位: 10億米ドル)



出所: PwC分析

# 2030年における用途別半導体需要予測



## AIと接続性

AIモデルの複雑化とデータセットの拡大に伴い、データセンター内およびネットワーク全体での高速データ転送の需要が高まっています。その結果、増大するデータトラフィックを管理・処理できるサーバーの需要が大幅に増加しており、市場成長の強力な原動力となっています。

AIアクセラレータを含むアクセラレータカードの需要も、サーバーの高度化、AI機能の向上、およびカスタム設計(ASICなど)の増加により急増しています。さらに、企業向けLANの需要も、高速データトラフィック処理の必要性から拡大する見通しです。通信規格の進化に伴い、モバイル基地局や固定アクセス機器の総コストに占めるチップの割合も増加すると予測されています。

一方で、企業向けWAN、無線LAN(WLAN)、バックボーンインフラは、通信ニーズの増加により市場規模自体は着実に拡大しています。しかし、この成長にもかかわらず、半導体コストの割合が大幅に増加する見込みはありません。これは、これら通信インフラへの主要な設備投資がすでに行われており、現在は成熟期にあるためです。



# 家庭用電化製品

家庭用電化製品市場は比較的飽和状態にあります。AIやIoT技術の進展により家電のスマート化が進み、新たな消費者体験が提供されています。さらに、拡張現実(AR)や仮想現実(VR)、ウェアラブルデバイスといった新領域の製品も市場で大きな注目を集めています。

AI家電の普及は、電力効率の最適化とパーソナライズされた体験を両立させるため、AIプロセッサや電源管理IC(PMIC)などの需要を大幅に押し上げる可能性があります。また、ゲームやヘルスケア向けのウェアラブルデバイスは、センサー、接続IC、処理ユニットといった半導体市場を強力にけん引することが期待されます。加えて、IoTの拡大は、多様な通信プロトコルをサポートする接続ICの需要をさらに促進するでしょう。

半導体は、家庭用電化製品の進化を支える不可欠な基盤として機能し、家庭内における「スマート体験」を根本から変革していく役割を担っています。



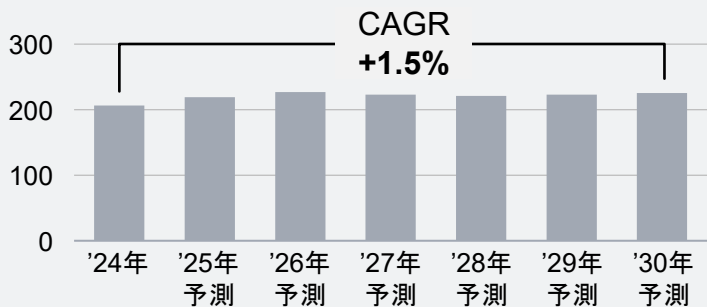
# 従来型の家庭用電化製品と新規家電の比較

家庭用電化製品の市場は比較的成熟していますが、冷蔵庫などの従来型家電にIoTやAI技術を統合することで、消費者の買い替えサイクルを加速させる可能性があります。同時に、AR/VRヘッドセットやパーソナルロボットといった革新的な製品も、新たな成長カテゴリーとして家電市場に浸透し始めています。

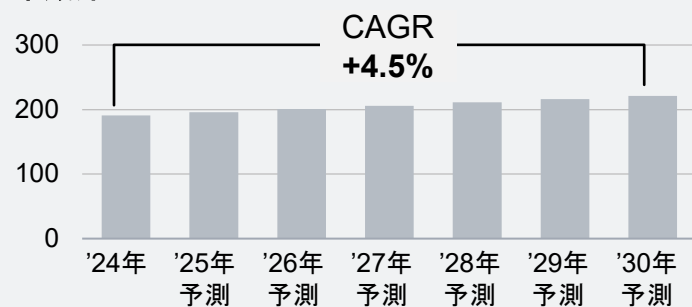
## 従来型家電市場

(単位:百万台)

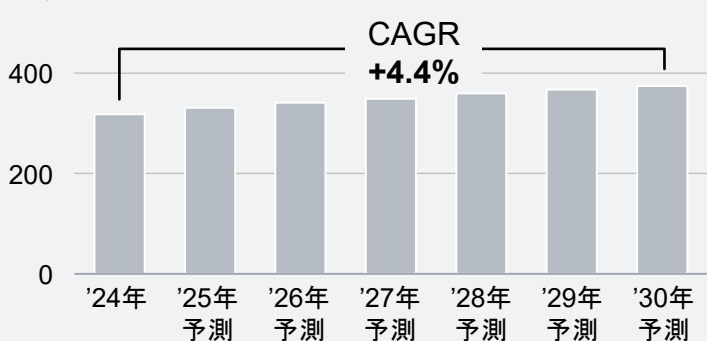
### テレビ



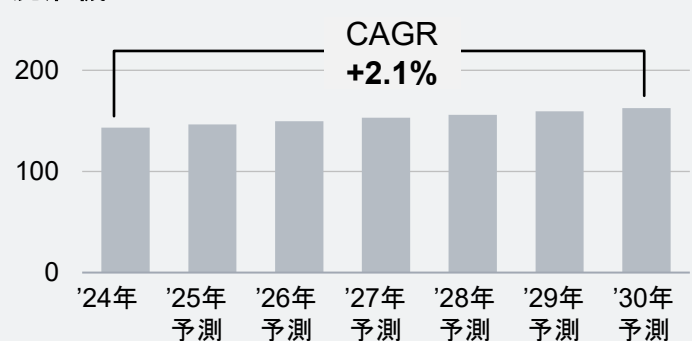
### 冷蔵庫



### エアコン



### 洗濯機

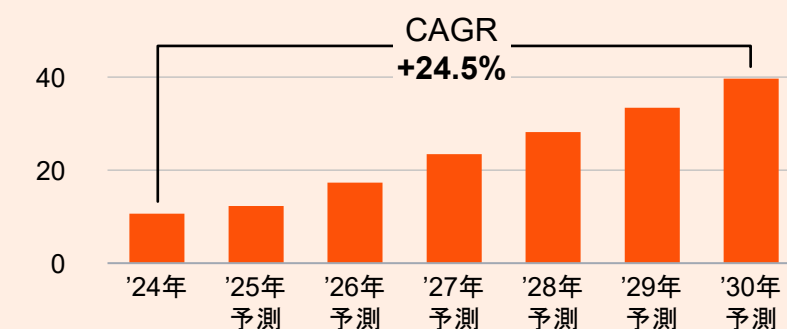


出所: Gartner、Statista、PwC分析

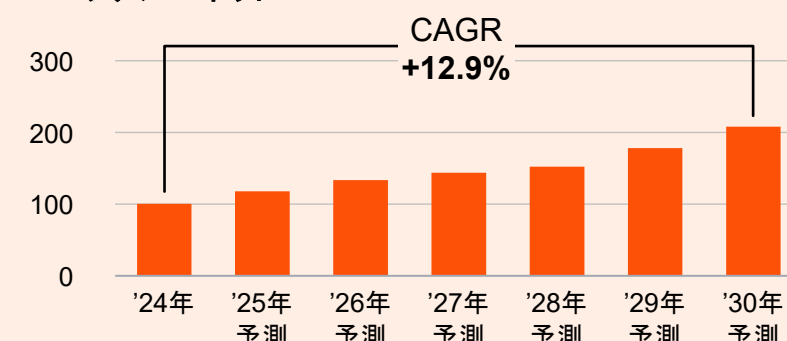
## 新しい家電市場

(単位:百万台)

### AR/VR



### パーソナルロボット



# スマートで強力、省エネルギー：次世代の家庭用電化製品

## AI搭載の家庭用電化製品

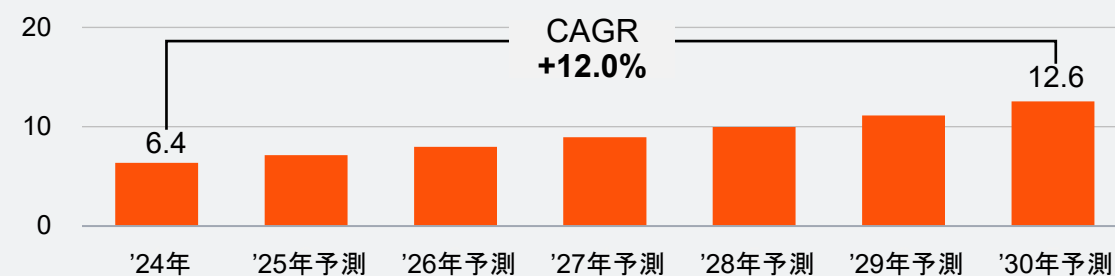
	コンピューティング 電力	電力効率	スマート機能
テレビ	↑	↑	ビデオのアップスケーリングおよび自動画質向上(4K→8K)、オーディオ品質の向上
冷蔵庫	↑	↑	食品の賞味期限の追跡、およびセンサーによるリアルタイムな電力効率の改善
パーソナル ロボット	↑	➡	自動ルートと清掃モードを備えたロボット掃除機、AI支援付きペットロボット
AR/VR	↑	➡	低遅延でのビデオ・オーディオ品質向上、およびスマートホームハブとしての機能構築
エアコン	➡	↑	リアルタイムの天気および室内センサーを用いたAI気候制御
洗濯機	➡	↑	洗濯サイクルを自動設定するためのAIベースの布地検出

スマートフォン、PC、自動車におけるスマート体験の普及は、家庭内における消費者の期待を一段と高めています。これは、AR/VRデバイスのような新興カテゴリーだけでなく、従来型家電にも当てはまります。従来型家電の出荷量は横ばいですが、テレビ、ロボット掃除機、冷蔵庫などへのAI機能の統合が加速しており、家電市場におけるAIプロセッサの需要を強力に促進しています。

性能の追求に加え、消費電力の効率化も極めて重要です。AIは家電のエネルギー効率向上に大きく寄与します。これは特に、待機モード時の消費電力規制を含む、家電の省エネ基準が世界的に厳格化していることから重要性が増しています。この効率性への注目により、AIワークロード専用設計されたアプリケーションプロセッサ(AP)や、デバイスの電力使用を最適化するPMIC、およびコンパクトなバッテリーマネジメントICの需要増加が確実視されています。

## AI家電におけるSoC

(単位: 10億米ドル)



出所: PwC分析

# ハイパーコネクテッドな家庭体験の台頭

家庭用電化製品はかつてないほど相互に接続され、スマート体験の新たな基準を確立しています。洗濯機、冷蔵庫、照明、AIスピーカー、ロボット掃除機といったデバイスが相互に通信し、シームレスなスマートホーム体験を実現しています。この傾向は、2022年に導入された共通規格「Matter」によってさらに加速しており、メーカーの垣根を越えたデバイス間の円滑な通信が可能になっています。

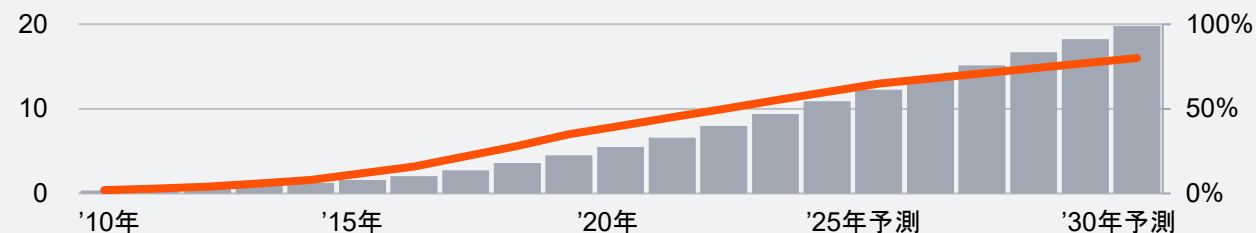
IoT接続が家庭用電化製品に浸透するにつれて、より多くのデバイスが接続ICを搭載するようになります。これらのチップは、単体のSoC、あるいはAPへの統合を問わず、複数の通信プロトコルを同時にサポートする方向へと進化しています。

スムーズな通信環境を維持するため、デバイスは状況に応じて複数のチャネルを使い分けます。MatterはBluetooth、Wi-Fi、およびデバイス間直接通信のためのThreadプロトコルをサポートしています。例えば、Wi-Fiは大容量かつ高速なデータ転送に適しており、ディスプレイ付きのスマートテレビやスマート冷蔵庫に最適です。一方、Bluetoothは短距離通信を担い、エネルギー効率に優れたThreadは、バッテリー駆動のデバイスや、他の家電と直接連携するスマートスピーカーなどに適しています。

結論として、電化製品がスマートIoT機能を継続的に採用・拡大していく中で、多様なプロトコルに対応する接続ICの需要は今後も増加する見通しです。

## 接続された家庭用電化製品の数

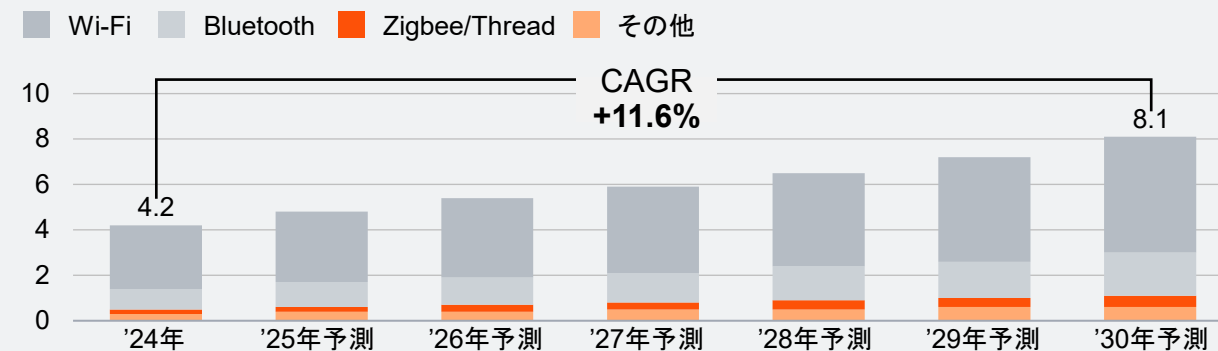
(単位: 総家庭用電化製品数(十億台)、接続された家庭用電化製品のシェア)



出所: Statista, PwC分析

## 家庭用電化製品における接続IC

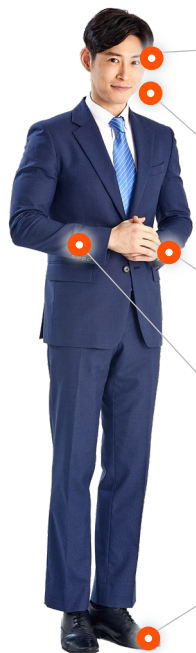
(単位: 10億米ドル)



出所: PwC分析

# 現実と仮想の境界をつなぐ

## ウェアラブルデバイスに搭載されているセンサーの例



### AR/VR

- 画像、マイクロフォン、磁力計、GPS、加速度計、ジャイロスコープ

### ヒアラブル

- マイクロフォン、温度、GPS、気圧

### スマートリング

- マイクロフォン、温度計、磁力計、GPS、ジャイロスコープ、気圧計、加速度計

### スマートウォッチ

- マイクロフォン、温度、GPS、ジャイロスコープ、気圧、加速度計、紫外線

### スマートシューズ

- 温度、気圧、磁力計、GPS、加速度計、ジャイロスコープ

今、あなたは何台のデバイスを身につけていますか。ウェアラブルデバイスは、イヤホンやヘッドホンからスマートウォッチ、フィットネスバンド、AR/VRデバイス、ヘルスケア機器に至るまで、私たちの生活に欠かせない存在となっています。その結果、搭載されるセンサーの需要は急速に増加しています。

AR/VRデバイスは、ユーザーの視線や動きを追跡するために多様なセンサーを利用し、カメラやマイクロフォンと組み合わせることで拡張現実体験を提供します。ウェアラブルヘルスケアデバイスも複数のセンサーを用いて健康状態、動き、環境をモニタリングしています。慣性センサーが動きの速度を追跡し、磁場センサーが身体の動きを感知して解析を支援します。唾液や光音響法を用いた非侵襲的な血糖値センサーなど、新たなセンサーも今後登場する可能性があります。

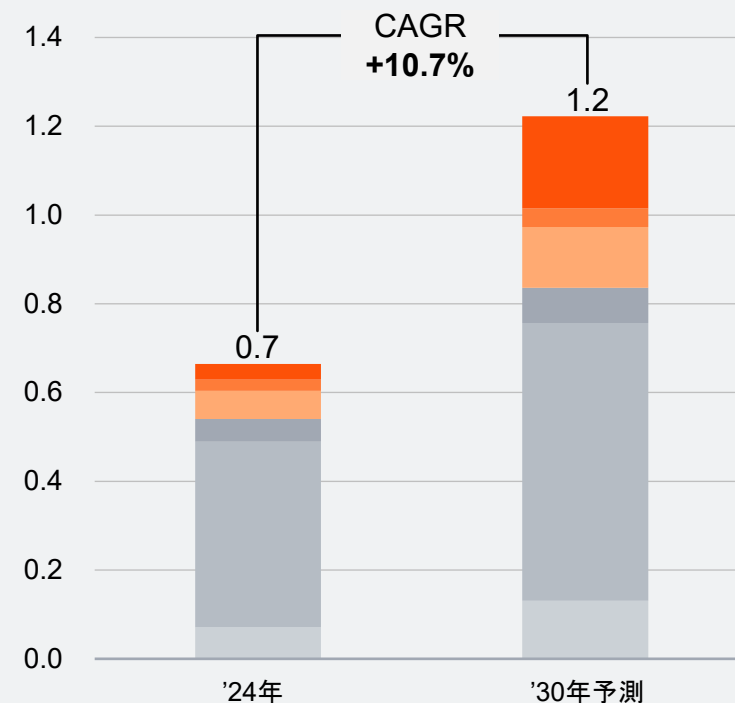
しかし、これらのセンサーから収集されるデータはしばしばノイズが多く不規則です。生体信号は動きに伴って変動し、外部からのノイズや電磁波の干渉が精度を損なうことがあります。

これらの課題に対処するため、半導体業界は高度なプロセッサやウェアラブル専用のSoCの開発に注力しています。これにより、より効率的なセンサーデータ処理とデバイス全体の性能向上を実現しているのです。

## ウェアラブルデバイスのセンサー市場

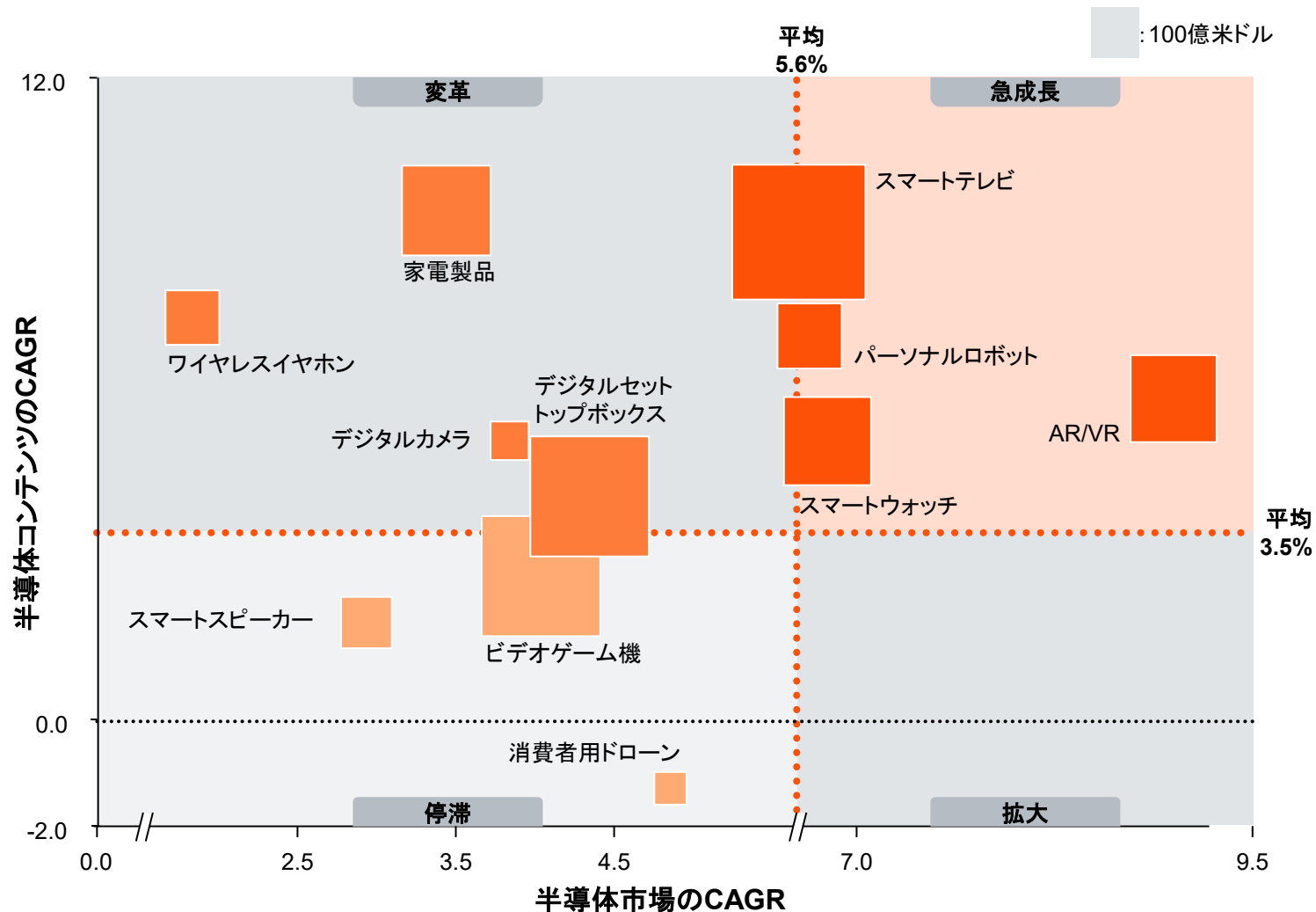
(単位:10億米ドル)

- イメージセンサー(CMOS)
- 環境センサー(湿度、温度など)
- 慣性センサー
- 磁気センサー
- MEMSマイクロフォン
- その他のセンサー



出所:PwC分析

# 2030年におけるアプリケーション別半導体需要予測



## スマート化とIoT

家庭用電化製品はますますスマート化し、高い接続性を備えるようになってきました。テレビは依然として最大の出荷量を誇るカテゴリーであり、AI駆動の画質・音質向上、スマートホーム制御、パーソナライズされたコンテンツ推奨機能などを搭載しています。これら全てが、高度な半導体の需要を強く押し上げています。

大型家電やデジタル・セットトップボックスも、スマート機能と接続オプションの増加に伴い、半導体コストの割合が増加しています。また、ワイヤレスイヤホンやデジタルカメラも、機能の拡張と高度化により、より多くの半導体を使用する傾向にあります。

一方で、スマートスピーカーや消費者用ドローンは、技術革新の圧力が比較的強く、コストの多くが半導体以外の部品(筐体やバッテリーなど)にかかっています。そのため、これらのカテゴリーにおける半導体の追加需要は比較的控えめな推移が見込まれます。



# コンピューティング デバイス

スマートフォンおよびPC市場は成熟期にあります。その価値提案はユーザー体験を再定義する高性能モデルへとシフトしています。高度な写真撮影、ゲーム、リアルタイムAIアシスタントといったAI駆動型アプリケーションの台頭により市場は再び活性化し、次世代の「AI搭載PC」や「AIスマートフォン」が市場をけん引すると予測されます。

AI統合型デバイスの需要が高まる中、NPUの採用が加速しており、AP内のGPU、CPU、ISPの進化を補完する役割を担っています。また、低消費電力メモリ技術(LPDDR)も進化を続け、次世代デバイスにおける高性能化、小型化、および省電力化を支える基盤となります。

AIアプリケーションの普及に加え、高解像度ディスプレイの採用、演算能力の強化、そして増大するストレージ需要を背景に、PCとスマートフォンは今後も半導体産業の成長を強力にけん引し続ける可能性が高いでしょう。



# AIによる進化を通じたコンピューティングデバイスの再成長

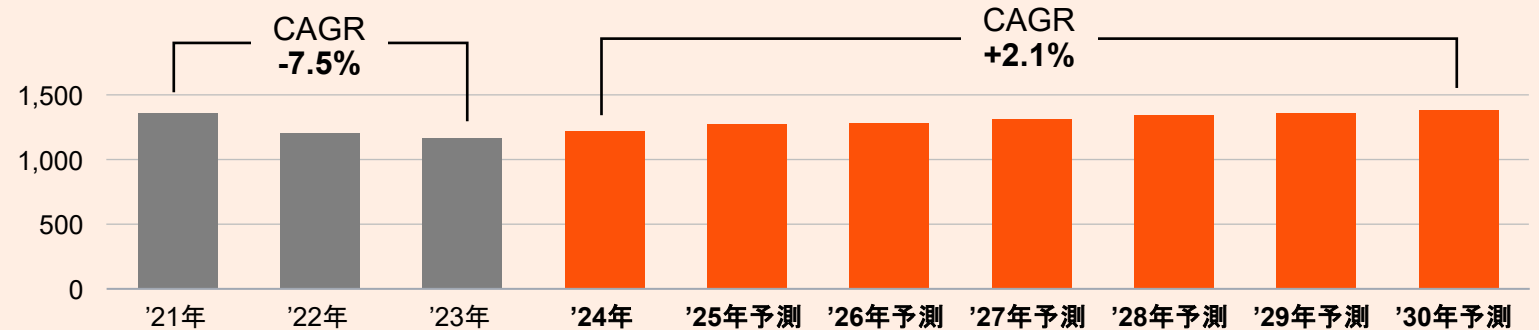
スマートフォンおよびPCの市場は、自動車やデータセンターといった他の用途に比べ、比較的飽和状態にあります。

しかし、AIが日常生活に浸透するにつれて、個人用デバイス上で直接AIサービスを運用する「オンデバイスAI」の傾向が強まっています。この変化に伴い、高度なAIアプリケーションをスムーズに処理できる「AI搭載PC」や「AIスマートフォン」の需要が急増しています。

バーチャルアシスタントからデバイス上での機械学習タスクに至るまで、AI機能の統合が進むことで市場は活性化し、デバイスメーカーや半導体企業に対して再び成長機会を創出しています。

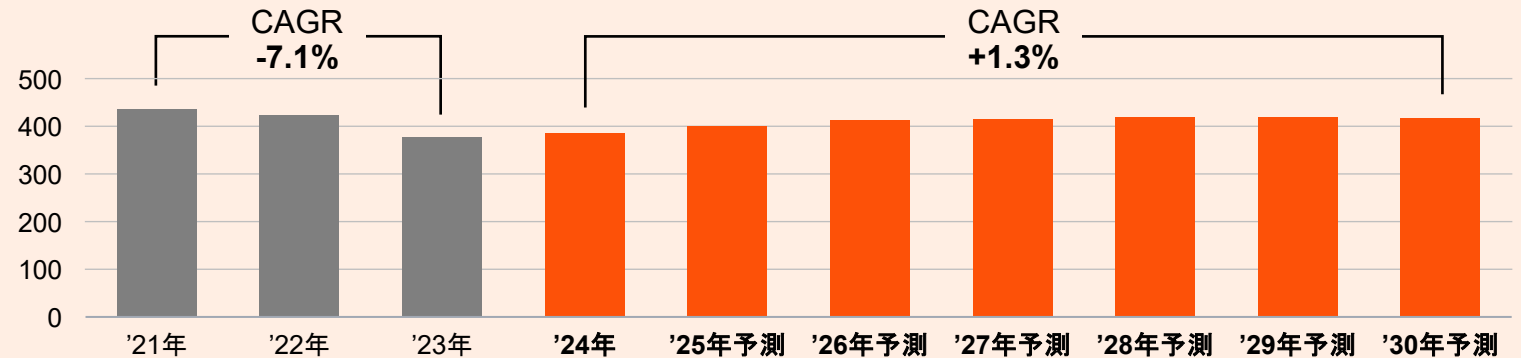
## 世界のスマートフォン市場

(単位:百万台)



## 世界のPCおよびタブレット市場<sup>1)</sup>

(単位:百万台)

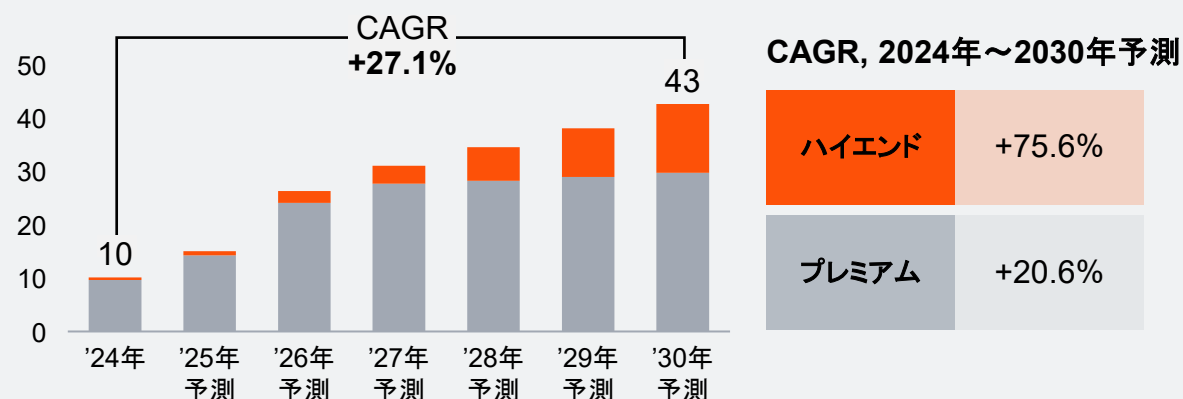


1) PCおよびタブレット市場は、デスクトップPC、ノートPC、およびタブレットの合計販売台数を指します。

出所: Gartner, Statista, PwC分析

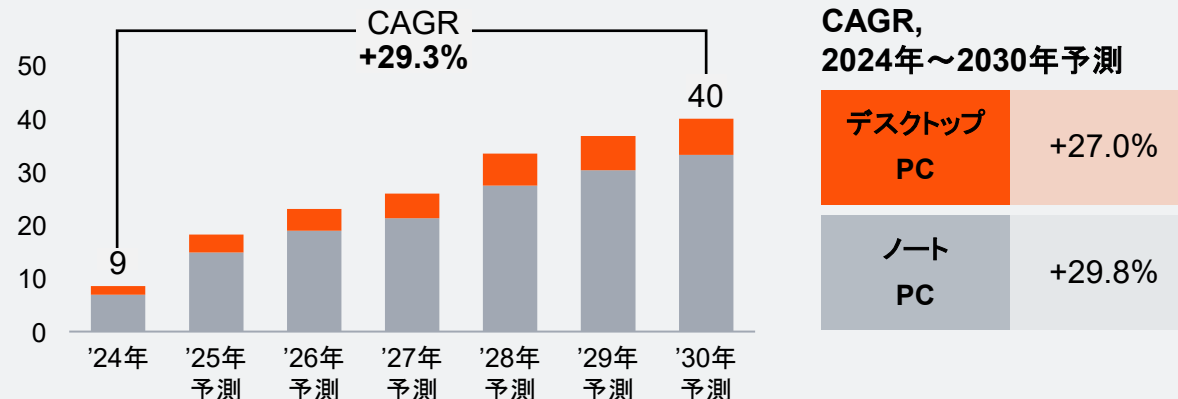
# オンデバイスAIがスマートフォンとPCの次なる可能性を開く

スマートフォン向けのAI対応チップ<sup>1)</sup> (単位: 10億米ドル)



低価格スマートフォン市場向けのAI対応チップは30億米ドル未満と予想されており、グラフには表示されていません。プレミアムカテゴリにはフラッグシップモデルが含まれます。出所: PwC分析

PC向けのAI対応チップ (単位: 10億米ドル)



スマートフォンやPCは常に、高度なプロセスを用いた先進的チップの需要をけん引するハイエンドなアプリケーションでした。これらのデバイスは、膨大なデータを低遅延で処理しながら、薄型軽量なデザインによる携帯性や、長いバッテリー寿命を維持する必要があります。その結果、CPU、GPU、ISPなどの高性能コンピューティングユニットを統合したAPの性能は、市場における重要な競争要因となっています。

デバイスの性能向上をさらに促進しているのは、「エッジAI」へのシフトという成長傾向です。これまでこれらのタスクはCPUやGPUが担当していましたが、AIモデルの複雑化と機密データの増加に伴い、デバイス内にNPUが採用されるようになりました。NPUはAP/SoCに統合された専用のAI処理コアであり、より高速かつ安全なデータ処理を可能にします。この傾向は、特にプレミアム製品ラインにおいて半導体市場の成長を促進すると予想されています。

より高速で安全なNPUと高度なオンデバイスAIにより、スマートフォンやPCはシームレスなAI体験を提供できるようになります。スマートフォンは通話内容をリアルタイムで要約したり、外部アプリなしで写真を瞬時に改善したりできるでしょう。PCでは、AI駆動のノイズキャンセリングによってビデオ通話の音声によりクリアになり、遅延なくリアルタイムでライブキャプションの翻訳も可能になります。

AI対応スマートフォンとPCの需要はすでに高まっており、NPUやエッジAIがこれらの業界のチップ市場をさらにけん引し続ける可能性があります。

# AI搭載のPCやスマートフォンの背景

プロセッサの進化に伴い、高性能DRAMは高速なデータ転送とスムーズな処理を支えるために不可欠となっています。このニーズは、リアルタイムAI処理が高いデータ負荷を効率的に管理しつつ、電力効率を維持することを求めるオンデバイスAIによってさらに加速しています。

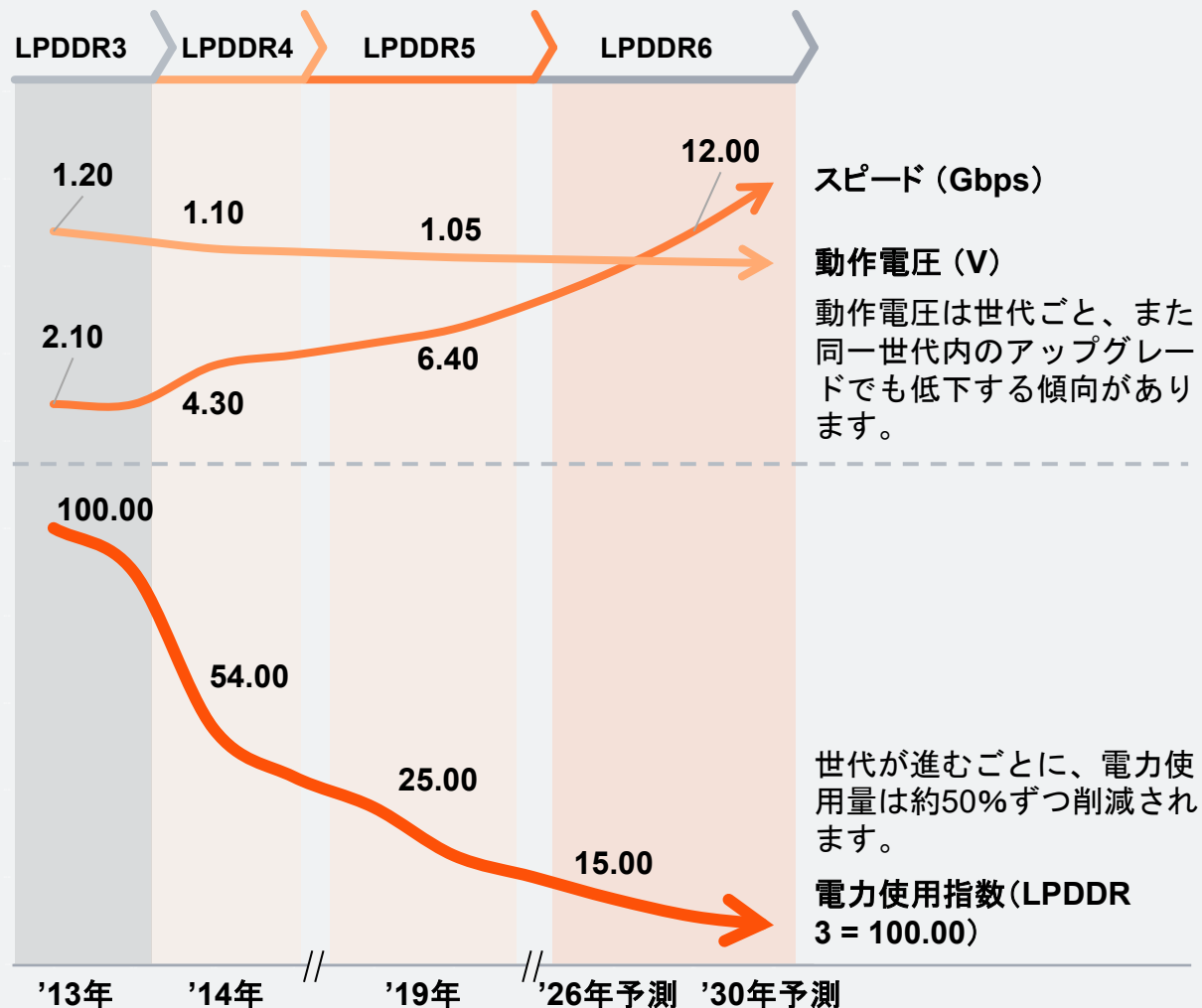
HBMは高性能メモリの代名詞ですが、その消費電力の高さから、バッテリー寿命が重要なスマートフォンやPCでの使用には制約があります。

一方、LPDDRは、高速処理と高い電力効率のバランスを実現しており、次世代のスマートフォンやAI駆動のコンピューティングに不可欠な存在となっています。

各LPDDR世代の刷新により、動作電圧の低下で電力消費が30~40%削減され、設計・製造プロセスの改善で同世代内でもさらに10~30%の節電が達成されています。なお、世代交代や同グループ内のアップグレードサイクルは、従来の1~2年から約3年に延長されました。2026年登場予定のLPDDR6は、LPDDR5比で約50%の電力削減を見込んでおり、2030年までにさらなる改善が期待されています。

AIワークロードの拡大とエネルギー効率の重要性が高まる中、LPDDRはDRAM市場の成長をけん引し、モバイルおよびPCにおける高性能かつ省電力なコンピューティングを可能にし続けるでしょう。

## 世代別LPDDRの相対的な電力使用量



出所: 専門家インタビュー, PwC分析

# アマチュアをプロに変える:ISP

かつて写真撮影は慎重な手動設定を必要としていましたが、ポケットフィルムカメラの自動化、次にデジタルコンパクトカメラ、そして現在のスマートフォンに至るまで、自動化の波が続き、高品質な画像撮影が手軽になりました。

このプロセスの中心には、カメラセンサーとISPがあります。センサーは「目」のように光を受け取り、電気信号に変換します。ISPは「脳」として、リアルタイムでその信号を分析・処理し、最終的な画像を改善します。高性能なスマートフォンカメラは、高解像度センサー、複数のレンズ、そして何より強力なISPの相乗効果に依存しています。

カメラ機能が進化するにつれて、より良い写真を求める消費者の期待も高まっています。この需要に応えるため、スマートフォンはトリプルカメラやクアッドカメラなどのマルチカメラ・モジュール・セットアップや高解像度センサーを搭載し、それに伴いより高速なISPが必要となっています。もちろん、レンズやカメラセンサーの画素数の増加も求められますが、それらのリソースを活用し、高画質を実現するのがISPの役割です。

## 画像センサーとISPによる画像処理の流れ

アナログ >

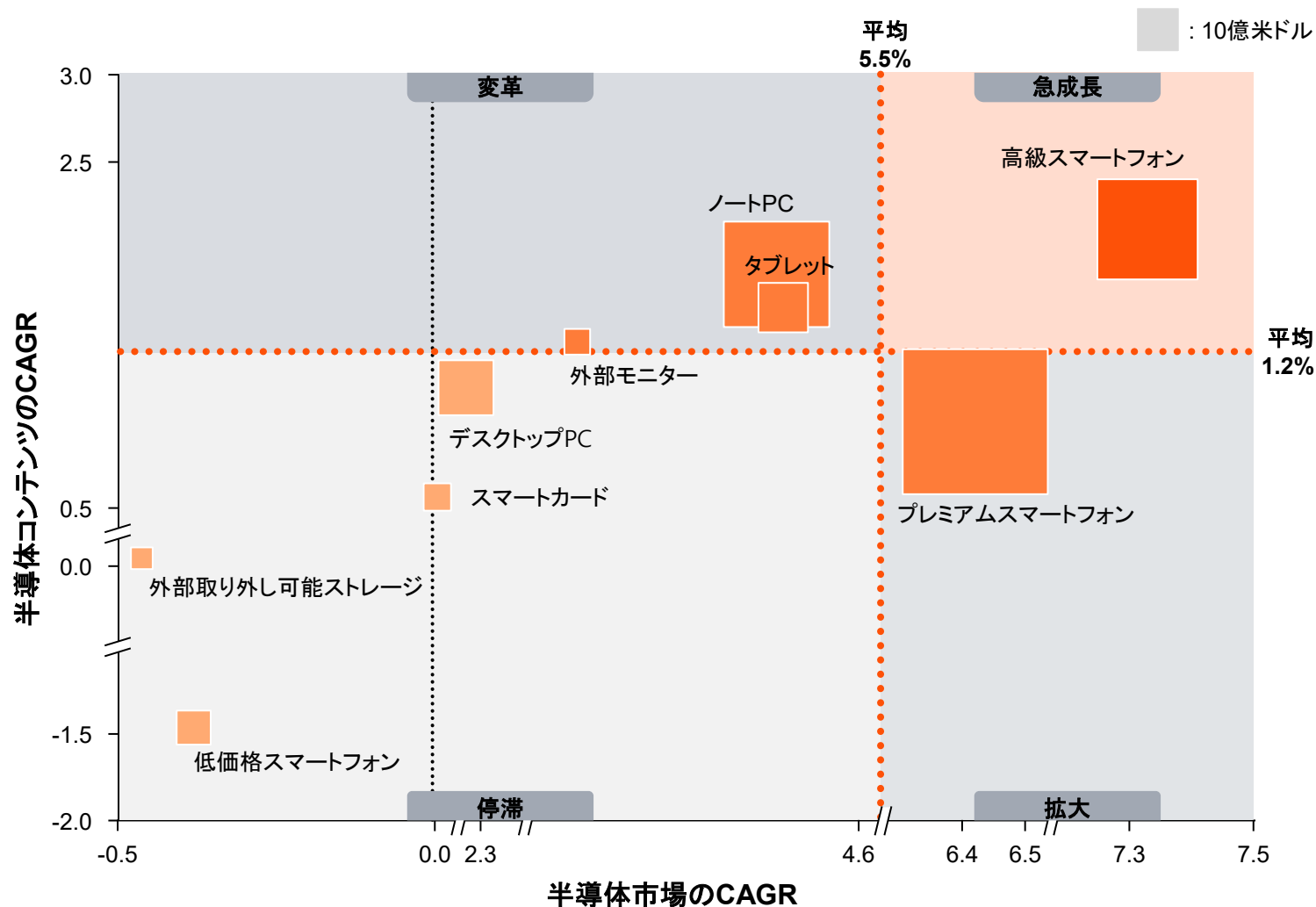
> デジタル



同時に、ベゼルの縮小と画面对本体比の増加により内部スペースが減少するため、積み重ねレンズ、折りたたみ式ペリスコープ光学系、低消費電力のISP IPブロックが重要となります。

その結果、微小カメラモジュールの進歩と高度なオンチップISPがスマートフォン向け半導体の新たな成長エンジンとして台頭し、将来的にスマートフォンなどのデバイスでプロ並みの画像を撮影できるようにします。

# 2030年における用途別半導体需要予測



## オンデバイスAI

スマートフォンの機能が拡大し続ける中で、スマートフォンは単なる通信機器にとどまらず、コンピューティングデバイスとしての地位を強化しています。さらに、現在スマートフォンは、デスクトップPCやノートPCなどの他のコンピューティングデバイスと比較して、半導体需要の成長がより強くなっています。

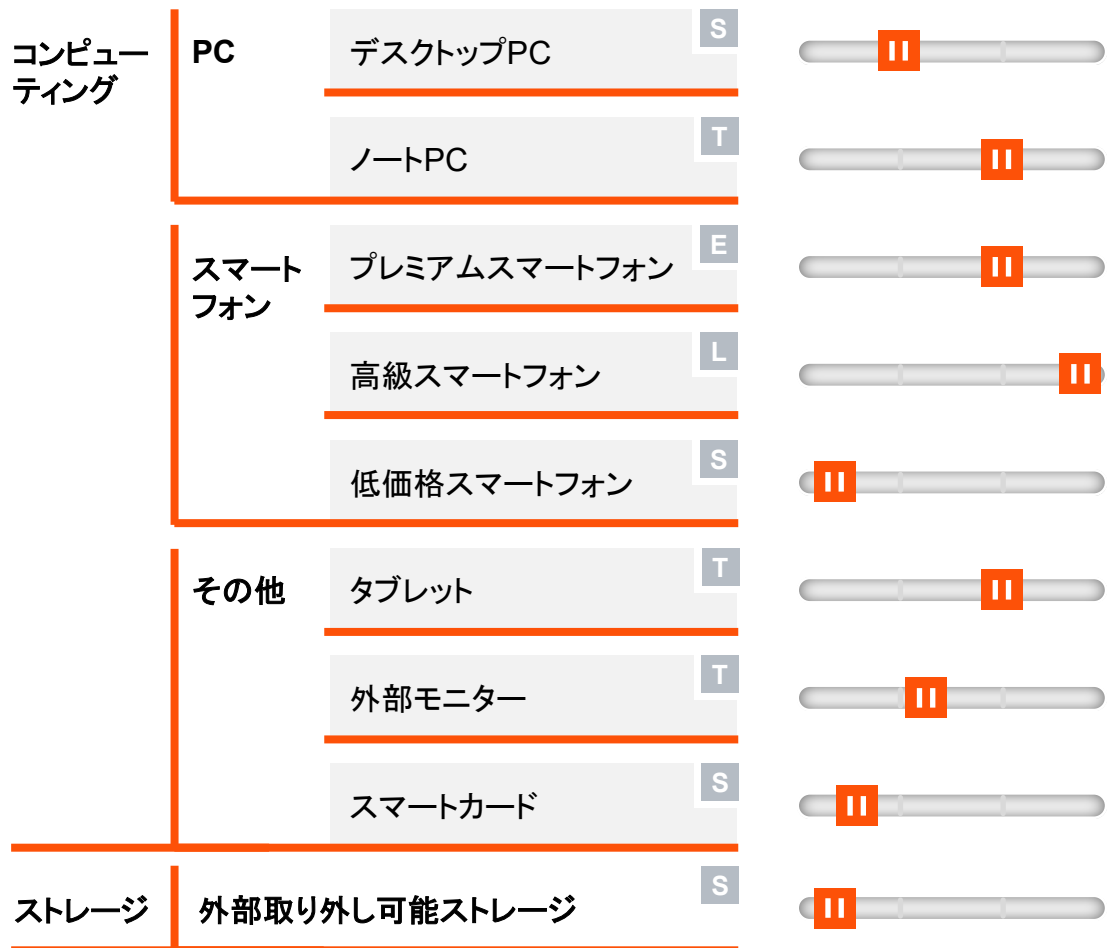
その中でも、高級スマートフォンは、高度なカメラレンズやディスプレイなどの周辺部品コストを内包しつつも、付加価値の高さからプレミアムモデルとしての需要が大きくなっています。一方で、低価格帯の需要は比較的弱い状況です。

最近では、コンピューティングデバイスにAI機能がますます搭載されるようになり、特にノートPCやスマートフォンにおいて、原価の中の半導体コストの割合が急速に増加しています。AI機能の統合はデスクトップPCよりも、省電力性能が重視されるノートPCでより活発に進んでおり、そのためノートPCでの半導体コストの割合の増加が相対的に大きくなっています。

一方で、スマートカードや外部取り外し可能ストレージなどの用途は、コンピューティングデバイスほどの進化が見られず、需要の強さが弱い状況を示しています。

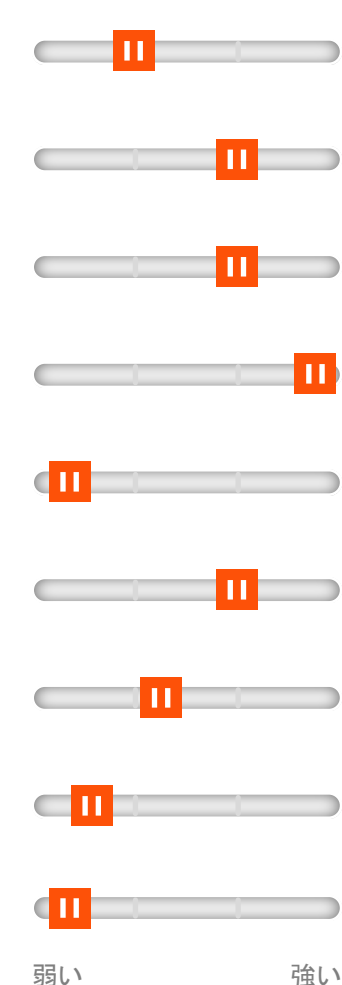
# 2030年までの用途別半導体需要の強度

## アプリケーション



L 急成長 E 拡大 T 変革 S 停滞

## 需要の強さ



## 需要動向

市場の成長は鈍化していますが、最近の高性能志向の変化により、高性能CPUやGPUの採用が増加しています。

AI機能の導入と高解像度・高リフレッシュレート化に伴い、GPU、CPU、ディスプレイドライバーICを高度に統合する傾向が高まっています。

高性能なAPを搭載しつつ、ディスプレイサイズや多眼カメラといった大型モジュール部品の構成が製品価値を強く左右しています。

プレミアム機に匹敵する迅速な接続やAI、AR/VR、先端メモリ機能を備えつつ、より幅広い層に向けた価格設定を実現しています。

基本機能とコスト効率を両立し、5G対応SoCの採用やクラウド依存による設計最適化で、少ない半導体量での手頃な価格を実現しています。

APおよびディスプレイ性能が大幅に向上したことで、携帯性を重視する層からの安定した需要を維持しています。

ゲーミングパネルなどの普及により、高速インターフェースICや高度な電源ICの搭載量が増加し、半導体需要を押し上げています。

ユニット成長は控えめですが、非接触NFCへの移行がセキュリティ用MCUの出荷を支えています。

クラウドの普及で需要が減少しており、成熟したNANDフラッシュ製品としての成長余地は限定的になっています。

# 産業機器

半導体はさまざまな産業分野の革新を支えています。気候リスクに対応した再生可能エネルギーへの加速的な移行、高齢化社会に伴う医療イノベーションの必要性の増大、そして工場や農場におけるスマート製造の台頭は、半導体の進歩と深く結びついた重要なトレンドの例です。

半導体は、高性能なCPU、GPU、バイオセンサー、MEMS技術を通じて、医療従事者がより迅速な診断、効率的な手術、予防医療を実現するのを支援しています。また、再生可能エネルギーへの移行はSiCパワー半導体の需要を促進し、産業全体でのスマート生産の拡大はセンサー、接続IC、AIチップなどの半導体市場をけん引しています。

産業がインテリジェンス、オートメーション、AIを引き続き統合する中で、半導体はさらに多くの分野に浸透し、効率を高め、さらなるイノベーションを促進すると考えられます。

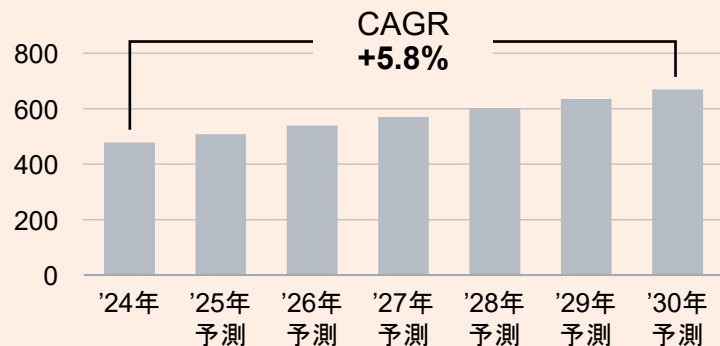


# 産業は絶えず変化し続ける

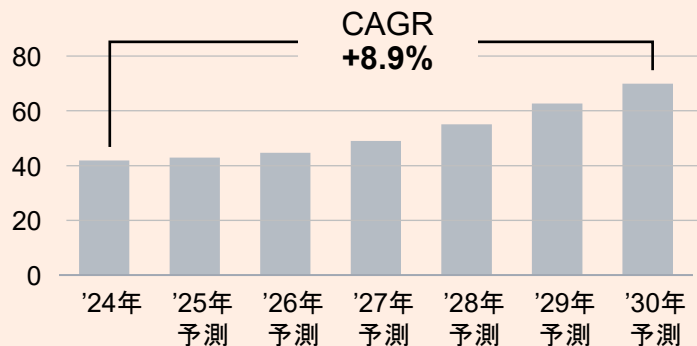
医療、農業、製造業、防衛産業を含む世界中の産業は、常に進化を遂げています。これは世界的な人口動態の変化、新技術による生産性向上、新製品カテゴリーの出現、気候関連リスクといった要因に推進されています。これらの多様な要素が、高性能半導体の需要拡大と全体的な生産量の増加を後押ししています。2030年までには、チップはより幅広い日常の用途へと深く組み込まれている可能性が高いと考えられます。

## 医療機器市場

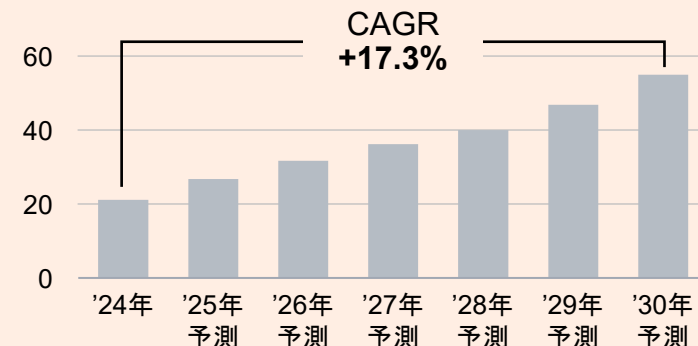
(単位: 10億米ドル)



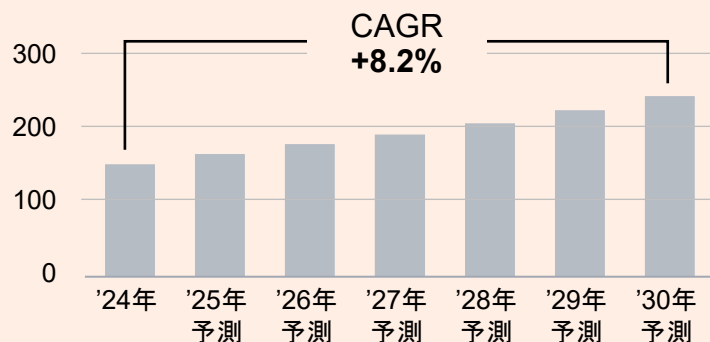
## オートメーション機器市場



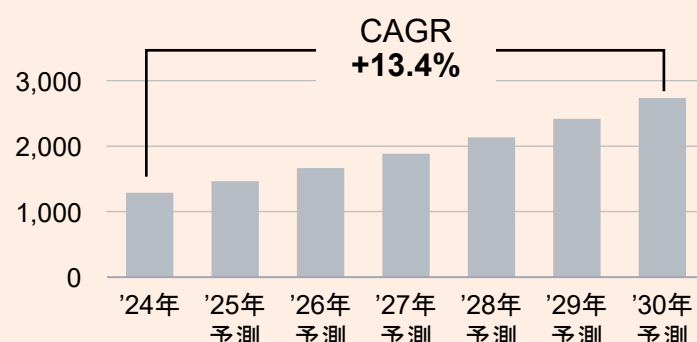
## スマート農業市場



## 防衛装備市場



## 再生可能エネルギー市場



出所: IEA, Statista, Gartner, PwC分析

# 医療革新の中心にある半導体

世界的な傾向として人口の高齢化が進んでおり、医療への関心が自然に高まっています。半導体はこの医療の革新において中核的な役割を果たしています。

注目すべき例の一つがロボット支援手術であり、そのシェアは急速に拡大しています。米国では、腹壁癒痕ヘルニア修復におけるロボット支援手術の割合は2010年の2.1%から2020年には20%以上にまで急増しました。

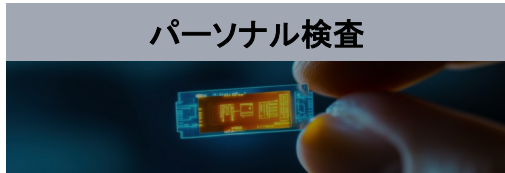
この成長は、センサーやアクチュエータを用いて精密な動きを可能にするMEMS技術によって支えられており、リアルタイムでのGPUによる解析が外科医の視覚をサポートします。

GPUによって強化されたCT、MRI、3D超音波などの診断技術は、これまで検出不可能だった詳細を明らかにする方向へ進化しています。CPU、GPU、接続ICによって駆動されるクラウド/エッジAIツールは、診断の精度と効率をさらに向上させることが可能です。

物理的な病院の枠を超え、半導体はバイオセンサーやAI解析を通じて遠隔診断や患者モニタリングの可能性も実現しつつあります。

一部の半導体は、電気安全性や電磁両立性(EMC)の試験に合格して認証を取得する必要があるか、これらの試験をデバイスとして通過することを念頭に置いて製造されるべきです。比較的規制が厳しい分野ですが、MEMSからAIアクセラレータ、GPUなど多岐にわたる医療分野でチップメーカーにとって広大な市場機会があるとと言えます。

## 未来の医療サービス領域における半導体



### パーソナル検査

高度なバイオセンサーと信号処理ユニット



### 遠隔医療サービス

通信ICとバイオセンサー



### 診断機器

高性能GPU、CPU、信号プロセッサ、通信IC



### ロボット手術

AI搭載のビジョン処理チップとMEMSベースの動作センサーコントローラユニット



### 小型手術ロボット

MEMSベースのインプラント(人工医療機器など)



### 術後モニタリング

バイオセンサー、通信IC、MCU

## 医療／ヘルスケア半導体市場

(単位:10億米ドル)



1. プライアン・T・フライ、「腹壁ヘルニア修復手術の手法と長期再発」、2024年

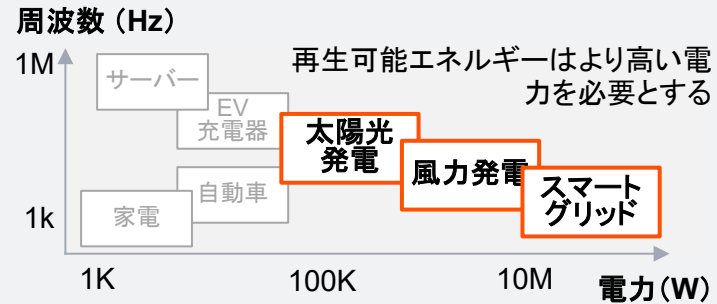
出所:PwC分析

# 再生可能エネルギーへの移行

気候危機への世界的な関心が高まる中、世界の太陽光発電(PV)および風力発電の設備容量は、2016年の900GWから2023年には2,000GWを超えました。この変化は加速しており、2030年には総設備容量が5,500GWに達すると予想されています。国際エネルギー機関(IEA)によると、太陽光および風力発電は最もアクセスしやすく急速に拡大しているエネルギー源であり、増加分の90%以上を供給する見込みです。

これらの発電方式は、効果的な電力伝送と利用を実現するために半導体に大きく依存しています。太陽光発電で生成された直流(DC)は、系統適合のために交流(AC)へ変換する必要があります。また、日照や風速の変動に対し、半導体は電力出力を安定化させる重要な役割を果たします。

## アプリケーション別のエネルギー要件



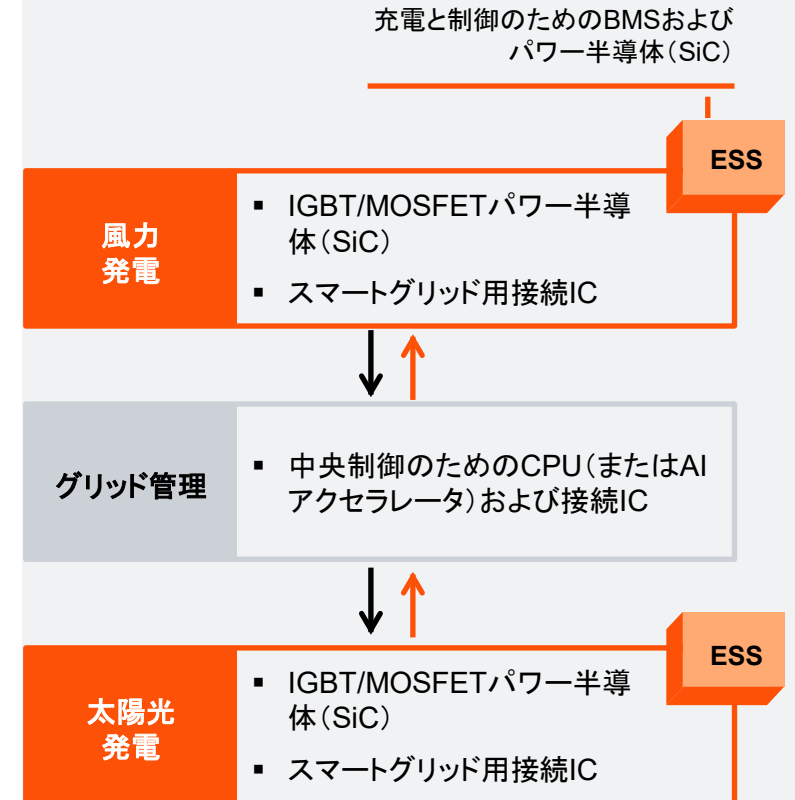
出所: インフィニオン、PwC分析

安定的かつ効率的な電力伝送のため、エネルギー分野では他用途に比べ高電圧環境に耐えうる半導体が特に求められており、次世代材料のSiCが重要視されています。

導入が拡大するにつれ、スマートグリッドやエネルギー貯蔵システム(ESS)も普及しています。これらは余剰電力を蓄え、発電量が減少した際に再分配することで、再生可能エネルギーの安定供給を実現します。スマートグリッドには継続的な電力監視が必要であり、グリッド全体での通信ICや中央局でのCPU/GPU需要が増加しています。ESSはバックアップ機能として、インバーターやパワー半導体、BMSに依存しています。

再生可能エネルギーの利用が今後も拡大する中で、パワー半導体の需要増加は不可避です。

## 再生可能エネルギー市場における半導体の需要



# スマート生産の進化が続く

労働コストの上昇と労働力の減少に伴い、AIやIoTを活用して生産および物流全体を改善するスマートファクトリーが急速に拡大しています。これらは自動化を実現するために半導体に大きく依存しています。例えば、コネクティビティICは工場内のIoT機器を通じて原材料から在庫までのリアルタイム追跡を可能にします。産業用コンピュータ(プログラマブル・ロジック・コントローラ:PLC)はASICやCPUを使用して機器を遠隔制御します。センサー、MCU、MEMSデバイスは欠陥の検出や精密な機械制御に役立ちます。さらに、PMICはこれらのシステムの省電力化を支援します。自動化ピラミッドに基づいて自動化レベルを定義すると、現在企業はレベル0~1からレベル2~3、さらにはレベル4および5へと移行し、効率を向上させています。完全自動化工場の波により、産業分野でのコンピューティングパワーとコネクティビティICの需要が増加する可能性があります。

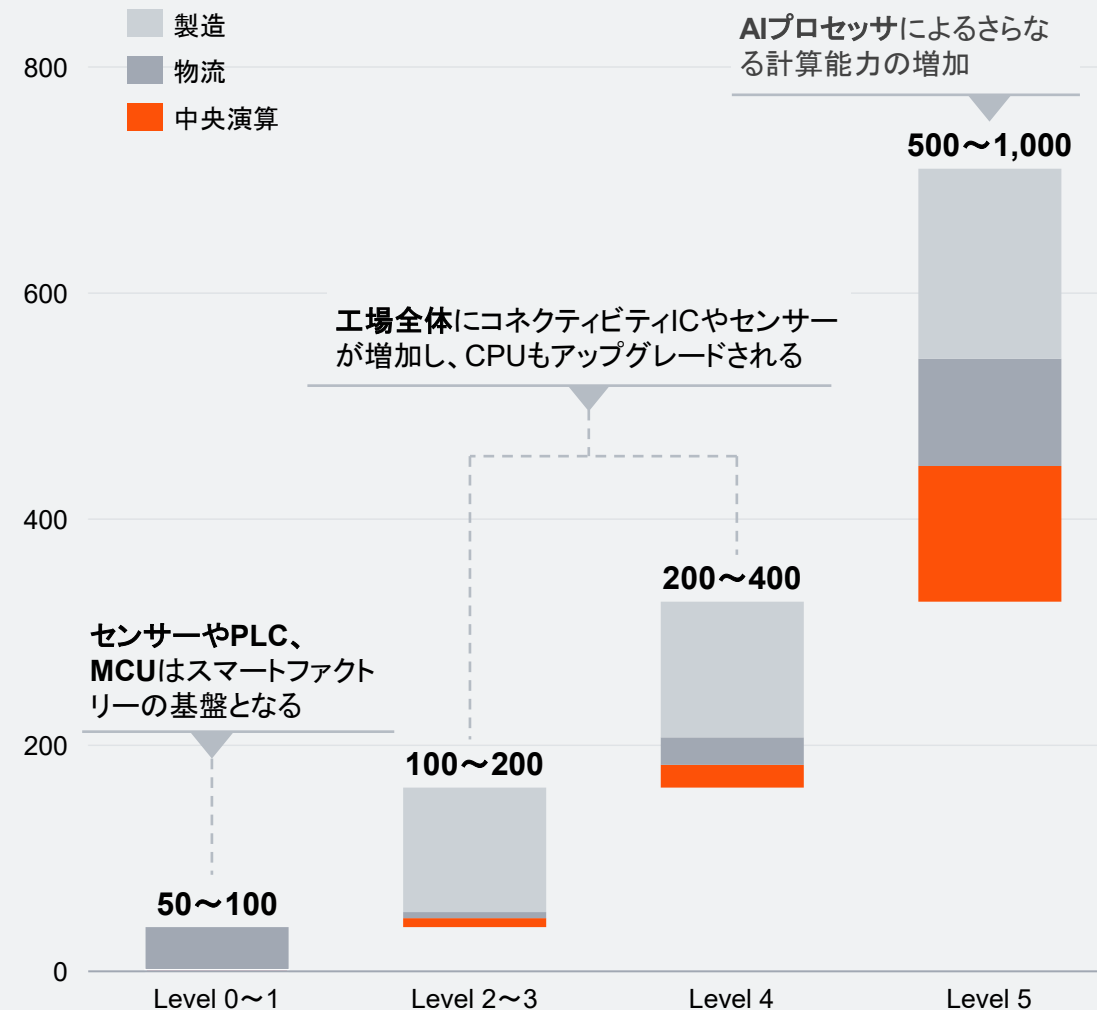
さらに、自動化されたスマート生産の需要は工場の大量生産だけでなく、スマート農業やスマート水産養殖にも及んでいます。スマート農場では、センサーが環境条件を監視し、そのデータをAIプロセッサに送信して作物の成長を促進します。GPS、MCU、CPUに導かれた自動化機械が植え付けや収穫を行います。スマート水産養殖も同様のモデルで、水質プローブ、マシンビジョンによる魚類カウントシステム、AI制御の給餌ロボットが効率と持続可能性を高めています。

自動化が進むにつれて、高性能半導体の需要が増加し、産業がよりインテリジェントでデータ主導、そして自律的になることが期待されます。

1) 半導体の価値は、自動車部品を生産する10,000平方メートルの工場における、非常にシンプルな生産ラインを前提として推定されており、業界や工場の規模、および半導体の価値によって変動する可能性があります。レベル0~1はPLCを用いた基本的な機器の自動化、レベル2~3はデータに基づく工場全体の部分的な自動化、レベル4は企業レベルのデータを活用した自動化、レベル5はAIによって性能を自動的に向上させる完全自動化を指します。これらの数値は、自動化レベルの上昇に伴う半導体価値の増加傾向を示すためのものです。出所:PwC分析

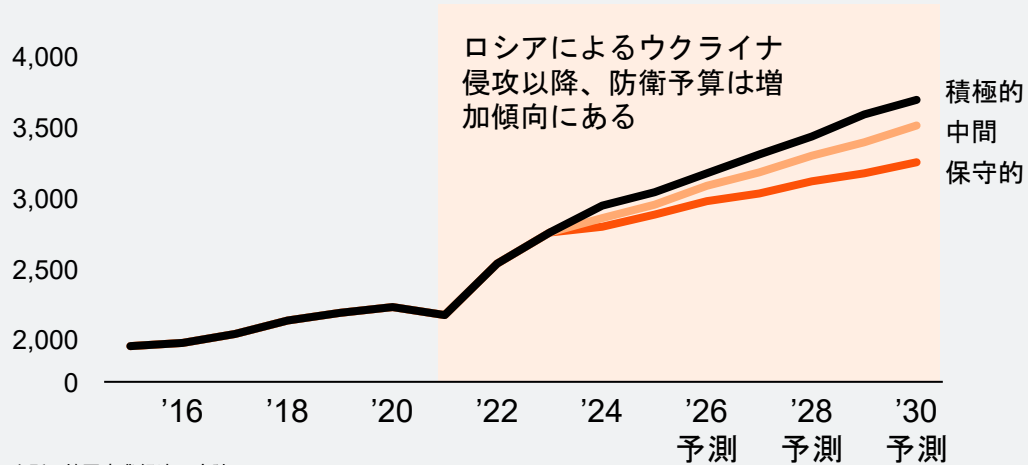
## 半導体の自動化レベル別の内容<sup>1)</sup>

(単位:千米ドル)



# 高度な防衛システムには高度なチップが必要

世界の防衛予算 (単位:10億米ドル)

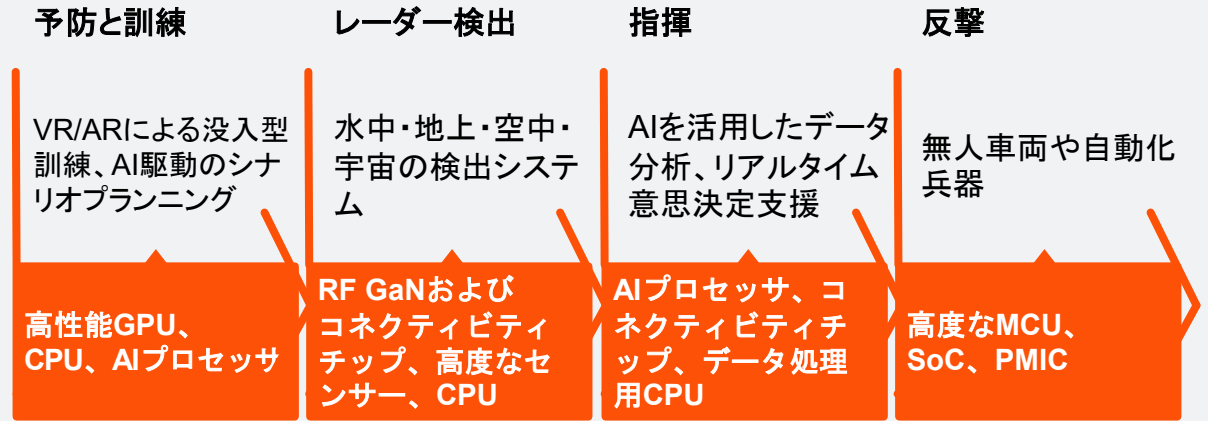


出所: 韓国産業経済研究院

地政学的緊張と安全保障上の脅威が高まる中、世界の防衛予算は増加しています。2015年から2022年の平均防衛予算は約2兆米ドルでしたが、この数字は2030年までに3兆から4兆米ドルに達すると予測されています。この予算増加は、伝統的な軍備増強だけでなく、より高度な技術革新、無人システム、先進的な戦争技術にも配分されています。人命の犠牲を減らし、任務の成功率を向上させるために、ドローン、無人船、戦闘機の分野で急速な進歩を遂げています。

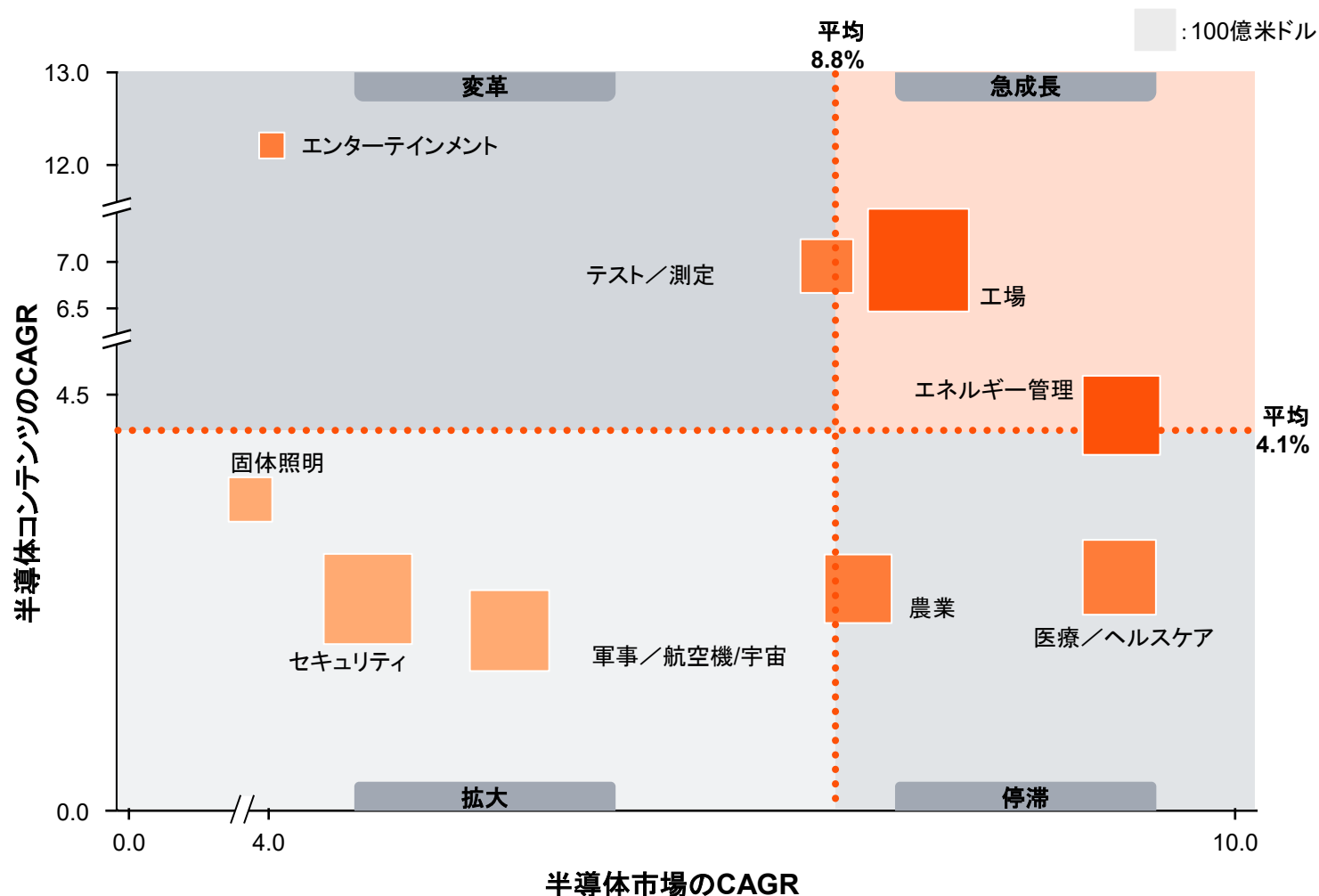
防衛システムは、予防と訓練、レーダー検出、指揮、反撃という重要な段階を中心に構築されています。現在では、リアルタイム検出システムが機械学習やVR/ARデバイスと組み合わせたり、具体的な防衛戦略を支えています。指揮に関しては、AIを活用したデータ分析やリアルタイムの意思決定支援機能を備えたソフトウェア定義防衛が、迅速な意思決定が求められる業界のニーズに応じて急速に採用されています。また、高いセキュリティレベルが要求されており、サイバー攻撃を防ぐためのセキュリティおよび暗号化ソフトウェアを組み込んだ半導体の需要が増加しています。

## 防衛システムと半導体の流れ



戦闘シナリオにおいては、デバイスが指令室に接続されるようになり、一部はエッジAIチップで作動するものもあります。戦闘状況で使用される半導体は、高い信頼性と耐久性が求められるため、高放射線環境や長寿命を可能にするためにセラミックなどのパッケージ材料が使用されることがあります。効率性、耐久性、速度で知られる高性能なGaN RFチップの需要も増加すると見込まれています。技術が無人化や高度な防衛へと進化する中で、半導体は防衛市場において依然として重要な戦略資産であり続けるでしょう。

# 2030年における用途別半導体需要予測



## 自動化と移行

スマートファクトリーの拡大が見込まれており、生産機械や制御インフラの成長が促進され、特にMCUのアップグレードに注力しています。同時に、再生可能エネルギー分野の成長も高電圧パワー半導体の需要を押し上げる見込みです。

今後は、生産へのロボットの積極的な導入により、特にテスト、計測、自動化プロセスにおける半導体の需要が増大し、生産効率の向上に不可欠となります。さらに、医療・ヘルスケア分野でのAI活用が、半導体の搭載率向上を促進すると期待されています。

一方で、軍事およびセキュリティ産業はカスタマイズされた半導体に依存しているため、需要は分散しています。加えて、大規模な消費者市場の一部である固体照明は、LED照明の普及が進み成熟段階に近づいており、他産業に比べて将来の成長は限定的です。

# 2030年までの用途別半導体需要の強度

## アプリケーション

### 産業用電子機器

セキュリティ S

工場 L

医療／ヘルスケア E

エネルギー管理 L

固体照明 S

テスト／測定 T

エンターテインメント T

農業 E

### その他

軍事／航空機／宇宙 S

## 需要の強さ



弱い 強い

## 需要動向

CCTVにおいて、物体検出のためのエッジAIがカメラ自体に搭載されつつあり、センサー内のISP、NPU、低消費電力DRAMの需要が高まっています。

産業現場でのデジタル化と自動化の加速、スマートファクトリーの拡大により、センサー、MCU/MPU、電源チップの統合が進んでいます。

高度な画像処理とエッジ診断はバックエンドにGPUサーバーを追加しますが、オンデバイスのDSP/FPGAおよびASICは厳格な認証サイクルのためにゆっくりと成長しています。

エネルギー効率の向上とより厳しい炭素規制により、再生可能エネルギーへの移行が加速し、高出力を制御するためのパワー半導体の使用が増加しています。

一般照明は成熟していますが、ミニ／マイクロLED、スマート照明、園芸用器具が、高度なLEDドライバIC、ワイヤレスMCU、センサーの需要を押し上げています。

工場の自動化が進むにつれて、品質管理の自動化も拡大しており、さまざまなセンサー半導体の需要が増加しています。

クルーズやカジノ市場においては、AIおよび高解像度／マルチプレイヤー機能の需要の高まりが、GPUとメモリのより一層の統合を促進しています。

機械中心の農業では費用分担が限られているにもかかわらず、スマート農業がセンサーの需要を加速させており、半導体市場の強い成長を促しています。

航空宇宙関連の下流市場は成長していますが、信頼性が非常に重要な市場であるため、ノード移行は遅く、ボリュームよりもチップあたりの価値によって推進されています。

L 急成長 E 拡大 T 変革 S 停滞

# 3

## 供給分析 半導体覇権をめぐる競争

# なぜ供給が重要なのか？

半導体のサプライチェーンは、地政学的要因、ローカリゼーション、そして高まる顧客の期待によって、複雑さと変動性が増えています。本章では、市場動向と技術の進歩を探り、それらが将来的なサプライチェーンの混乱と回復力に与える影響を評価します。



## デザイン

チップの機能定義と回路設計

## IP と EDA

### IP

開発時間を短縮するための再利用可能なデザインコンポーネント

### 電子設計自動化(EDA)

設計プロセスを自動化するソフトウェア

## 製造

ウェハレベルでのチップのコア構造の形成

## 装置および材料

### 装置

EUVリソグラフィーのような、半導体製造に使用される機械

### 材料

ウェハ、化学薬品、ガスを含む、チップ製造に必要な物質

## パッケージングとテスト

チップを相互接続し、使用可能な形にパッケージングしてテストすること

# 設計、知的財産、EDAツール

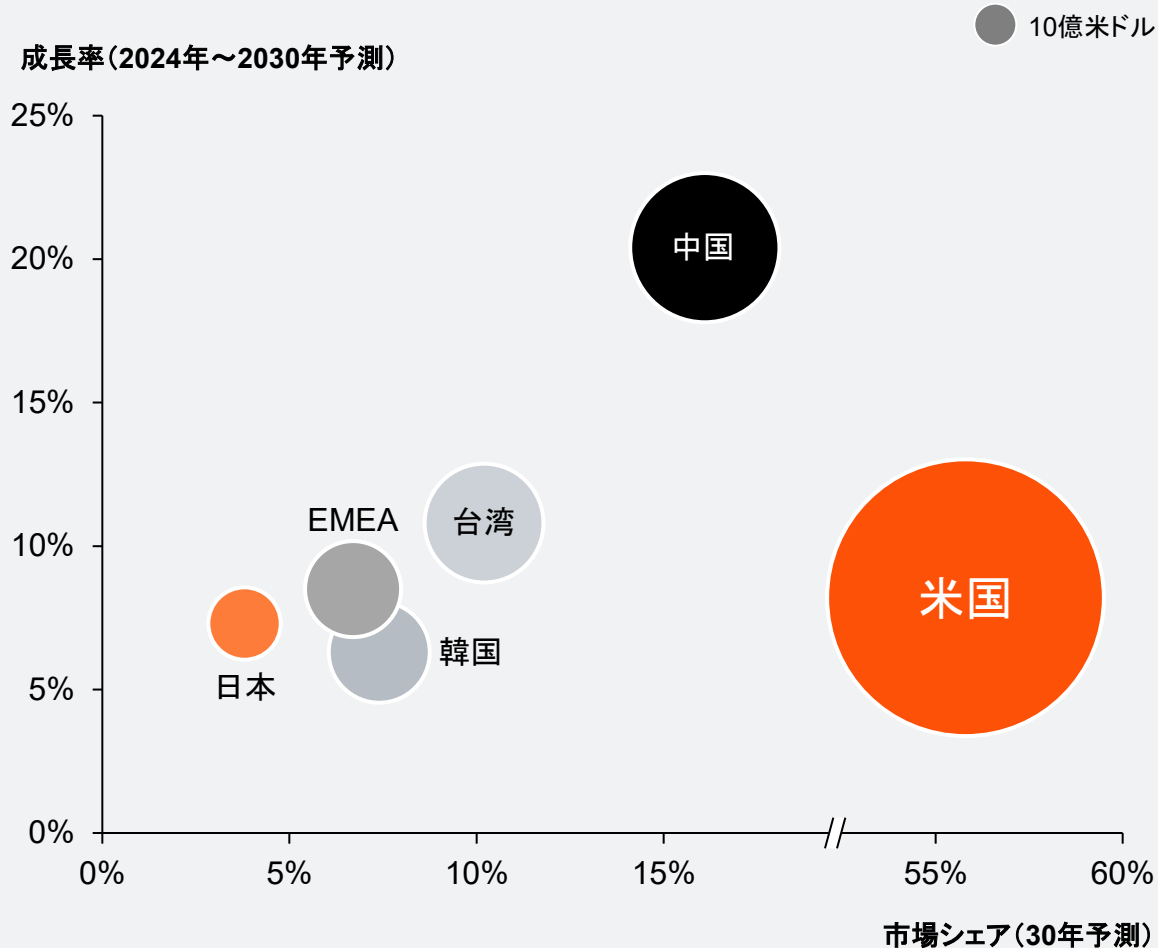
世界の半導体設計市場の成長に伴い、世界各地で多額の投資が行われ、この分野での競争が激化しています。高度なプロセスノードで設計の複雑性が増すにつれ、IPライセンスおよびEDAツールの使用コストが急増しており、コスト削減が競争力を左右する重要な要素となっています。

最近では、汎用チップからアプリケーション特化型半導体への顕著なシフトが見られ、低消費電力および熱管理への注目が高まっています。これらの課題を抱えつつも、設計の革新は半導体性能向上の中核的な原動力であり続けています。

ファブレス企業、ファウンドリ、IPベンダーの緊密な連携と、専門的なアーキテクチャへの継続的な投資がさらなる市場成長を促進すると期待されます。最終的に、これらの取り組みは半導体エコシステム全体の発展に寄与します。



## 世界の半導体設計市場<sup>1)</sup>



1) 上記の市場予測は主要地域の分析に基づいており、ファブレス市場およびチップ設計に起因するIDM収益の一部を含んでいます。

2) PwCの分析は主要企業の年次報告書に基づき、設計エンジニア1人あたりの平均収益を推定したものです。出所:PwC分析

## 半導体のリーダーシップが始まる場所

半導体産業は技術覇権をめぐる世界的な競争の最前線に立っており、各地域は半導体エコシステムの強化に大規模な投資を行っています。特にAI、データセンター、自動運転車などの高付加価値市場において、製品の価値と差別化を決定する半導体設計が一層注目されています。

チップの性能は高度なプロセス技術だけに依存しません。消費電力効率、安全性、機能性などは設計段階で大きく左右されるため、各地域はそれぞれの専門的戦略を採用しています。米国はAIとHPCに注力し、中国は自給自足を目指して幅広い社内能力を育成し、欧州は高電圧パワー半導体などの分野でリーダーシップを追求しています。日本は自動車用半導体とイメージセンサーに重点を置き、韓国はメモリとファウンドリの強みを生かしつつ、モバイル、AI、自動車の新たな応用分野を探求しています。

熟練した半導体設計技術者の確保は依然として喫緊の課題です。2030年までに30万人以上のエンジニアが必要とされる一方、現在は約20万人にとどまっています。エンジニアには高度なスキルが求められるため、人材の急速な拡大は困難です。したがって、EDAツールやIPインフラの強化、教育・訓練の推進が安定した設計エコシステムにとって重要となります。地域や企業間で協力と競争のバランスを図ることで、設計主導のイノベーションが半導体産業の再構築をけん引する重要な要素となり得ます。

# カスタムICの時代に突入

ロジック半導体は一般的に、汎用チップとアプリケーション特化型チップの2種類に分類されます。汎用チップは幅広いタスクに対応できるよう設計されており、多様なワークロードやソフトウェアアップデートに柔軟に対応可能です。しかし、この汎用性は特定用途に最適化された効率性を欠くため、その代償として性能や電力面でのコストを伴います。

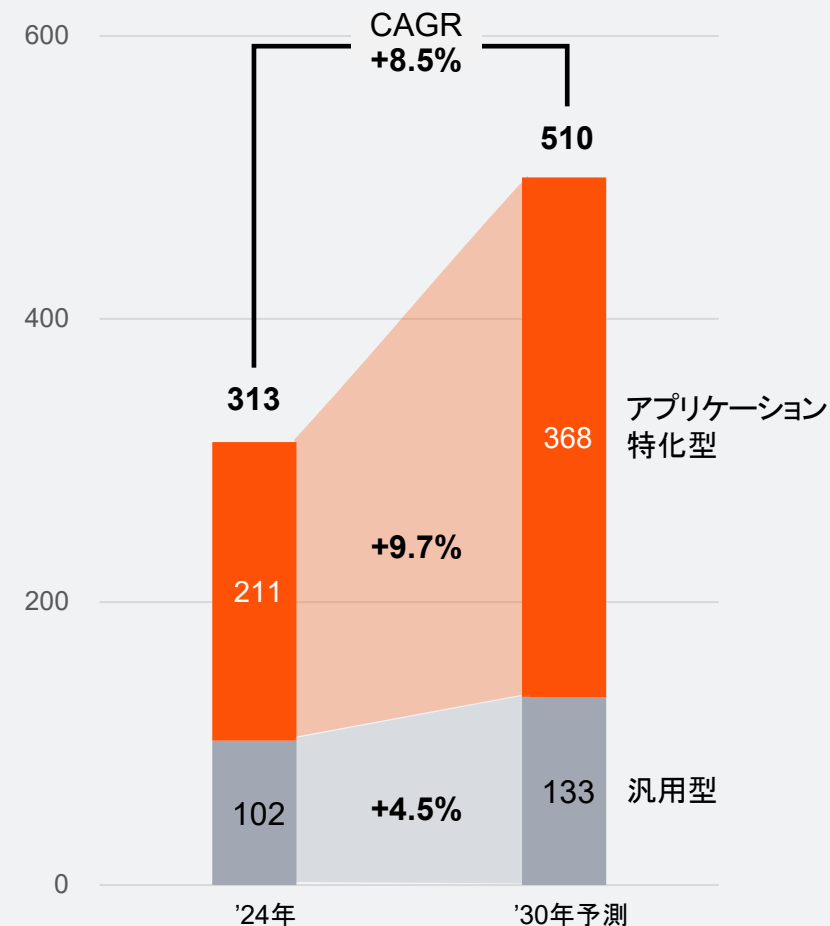
ここでアプリケーション特化型チップが登場します。これらのチップは、汎用チップの性能ギャップを埋める存在として注目されてきました。柔軟性は低いものの、特定の要件に合わせて設計されているため、汎用チップと比べて優れた性能、電力効率、信頼性を発揮します。

アプリケーション特化型チップには、ASSP(特定用途向け標準品)とASICの2つの主要セグメントがあります。ASSPはより広い市場セグメントやドメイン用途向けに設計されているのに対し、ASICは特定の製品や顧客向けに高度にカスタマイズされたチップです。

ASSPの高コストや過剰仕様への懸念から、現在はASICへの需要が高まっています。しかし、ASICは用途が限定されるため、十分な生産量を確保してコスト競争力を維持することが長年の課題となってきました。ASICの開発が進むにつれ、カスタム設計アーキテクチャへの需要が増加し、価格競争力を高めて成長を続ける好循環が生まれる可能性があります。

## 世界のロジック半導体市場

(単位: 10億米ドル)



出所: Omdia、PwC分析

# パフォーマンスと消費電力のバランスを取る

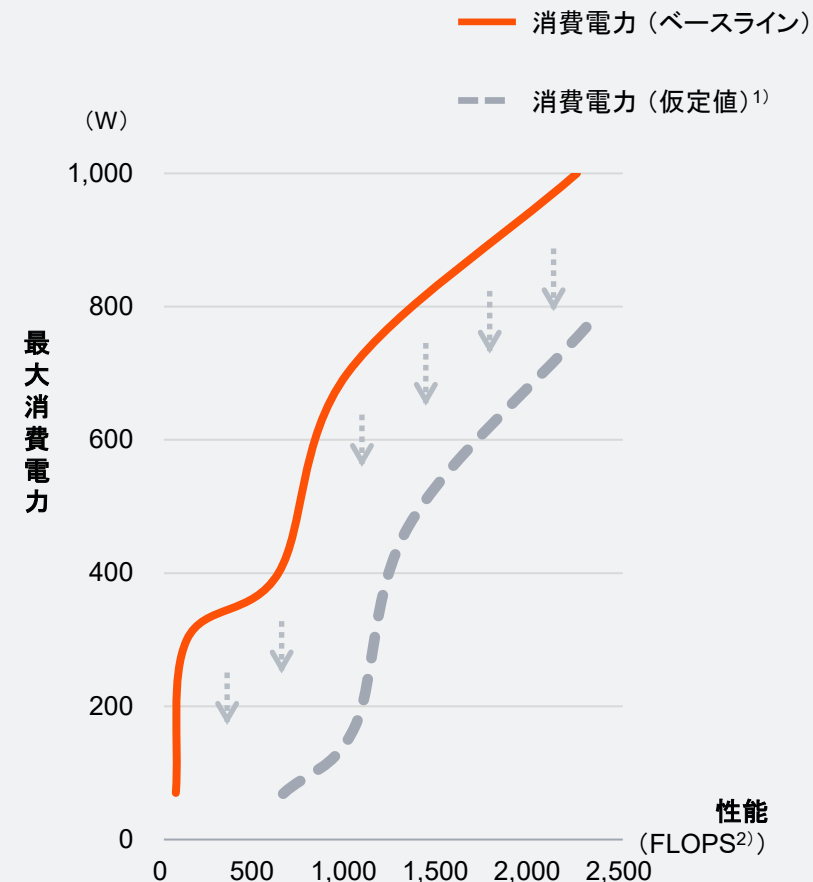
長年にわたり、半導体エンジニアは性能、電力効率、面積という古典的な「P-P-A」トライアングルのバランスを取ってきました。しかし、プロセッサが高速化し、高電圧で動作するようになると、電力消費が劇的に増加し、より多くの熱を発生させ、大量の電力を使用します。大規模なデータセンターでは、この追加の電力消費が大きなコストにつながります。高速なチップはより多くのエネルギーを必要とするだけでなく、余分な熱を除去するための冷却システムも大量の電力を消費し、そのコストは新しい機器自体のコストに匹敵することもあります。

プロセスの微細化はさらに別の課題をもたらします。先進的なノードでは、同じシリコン上により多くのトランジスタが配置されます。各スイッチ自体はより効率的ですが、その密度の高さが結果的に平方ミリメートルあたりの総消費電力を押し上げ、ホットスポットを生み出します。これらのホットスポットが制御されないと、トランジスタの移動度が低下し、タイミングマージンが縮小し、極端な場合には永久的な損傷が発生することもあります。

これらの現実には、チップ設計企業に単なるピーク性能の向上ではなく、「ワットあたり」の性能向上を求めています。動的電圧・周波数スケールリング、チップレット分割、AI支援の熱管理といった技術が主流となりつつあります。多くの企業は、数パーセントの最高速度を犠牲にしてでも、消費電力と動作温度の大幅な低減を選択しています。

今後の研究開発ロードマップは、高い計算スループットと低エネルギー消費を同時に目指すアーキテクチャに焦点を当てています。例えば、特定のタスクにのみ起動する専門的なアクセラレータや、リアルタイムで最も効率的なエンジンにワークロードを移す異種コア構成などです。これらの革新は、エネルギーコスト、バッテリー寿命、持続可能性といったユーザーの即時的な課題に対応しつつ、性能向上の余地も残しています。要するに、業界は「より速い」を「より速く、かつ冷却効率も良い」と再定義し、技術的にも経済的にも持続可能な進歩を確保しています。

## データセンターのGPU消費電力



1) GPUの平均消費電力は、アーキテクチャの進歩、AIモデルの最適化、およびより厳しいエネルギー規制により、長期的には減少すると予想されています。

2) FLOPS (Floating Point Operation per Second: 高性能コンピュータの性能指標として使用される浮動小数点演算の測定単位)。出所: PwC分析

# デザインの未来を支える知られざる英雄たち

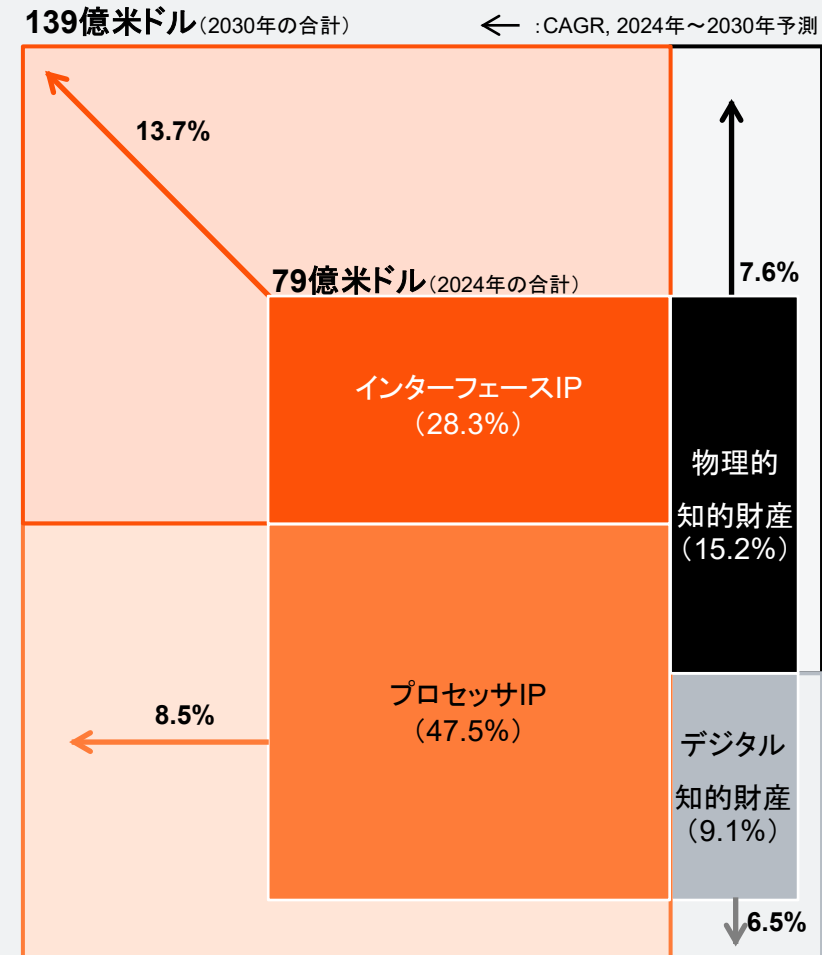
半導体IPとは、半導体設計に関連する知的財産であり、基本的には事前に設計されたブロックを指します。設計が高度になるにつれて、多様な種類のブロックの需要が増加し、事前に設計された半導体IPの重要性が高まっています。

さまざまな種類のIPの中でも、市場規模と成長率の観点から最も注目されているのがインターフェースIPとプロセッサIPです。インターフェースIPは半導体チップ間のデータ交換と接続性を担い、その役割はリアルタイム処理や大規模なデータ転送を必要とするAIや自動運転車の分野で拡大しています。その結果、インターフェースIPは性能向上に不可欠な機能を持つため、最も高い成長率が見込まれています。

プロセッサIPはシステムの制御と計算を管理します。CPUやMCUなどのコアがこのカテゴリーに属し、スマートフォンやサーバー向けの高価値チップに搭載されるため市場を支配しています。マルチコアや並列計算の普及に伴い、高性能かつ低消費電力の要件を満たすためにプロセッサIPの重要性はさらに増しています。

これらのIPブロックはシリコンのブロックピースのように機能し、ファブレス企業がシステムレベルの差別化に注力できるようにし、設計期間を数カ月短縮させ、数百万米ドルの非反復的エンジニアリングコストを削減させます。先進的なパッケージング、低消費電力目標、ドメイン固有のアクセラレーションが製品ロードマップを変える中で、高品質なインターフェースおよびプロセッサIPはムーアの法則の革新を前進させる原動力となり得ます。

## グローバル半導体IP市場



出所: PwC分析

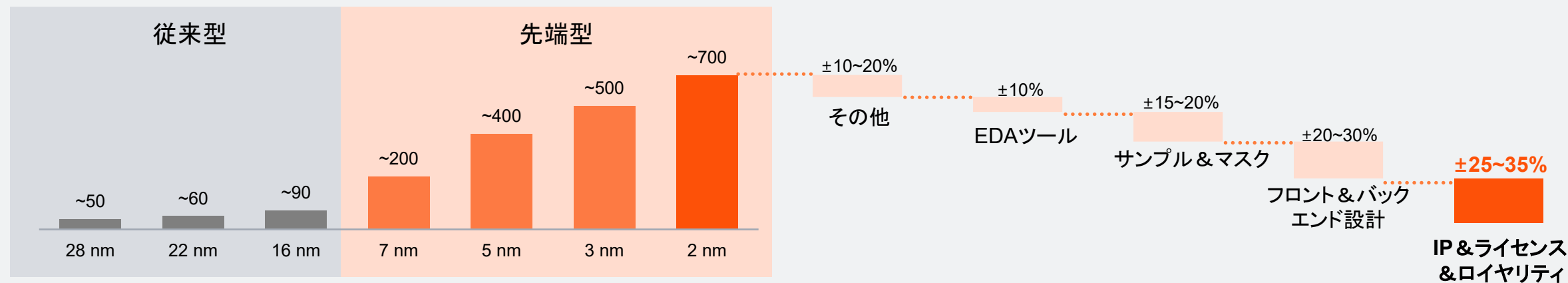
# 急騰するチップ設計費用：コスト増加をどう抑えるか？

半導体技術の進展に伴い、チップ設計の複雑化が開発コストを押し上げています。スマートフォン、データセンター、AI分野における高性能・低消費電力・高集積の要求を満たすためには、多機能の効率的な統合が求められ、半導体IPの重要性が増しています。CPUやGPU、AIアクセラレータなどのプリデザイン済みIPブロックは、開発期間の短縮と性能向上に寄与します。しかし、先端プロセスノードへの移行に伴い、IPの開発や検証コストは指数関数的に増加し、財務的な負担が一層重くなっています。

2025年時点では、5G通信機器の成長は先進国における技術成熟によりやや鈍化するものの、既存基地局のアップグレード需要などにより世界的には依然として大きな成長余地があります。GaN RFチップはシリコン製品より高価であるものの、市場規模は引き続き拡大が見込まれています。すでにGaNは通信機器のRFチップ市場において過半数を占めており、将来的には最大90%まで市場占有率を高めると予想されています。しかし、これはシリコンRFチップの完全な置き換えを意味するものではありません。

基地局、防衛、航空宇宙といった通信用途において先端IPが不可欠な市場ではこうした状況が顕著です。基地局では信号を複数段階で増幅するため、低周波数帯ではコスト効率の高いシリコンベースのチップが依然として有用です。

## チップ設計費用 (単位: 百万米ドル)

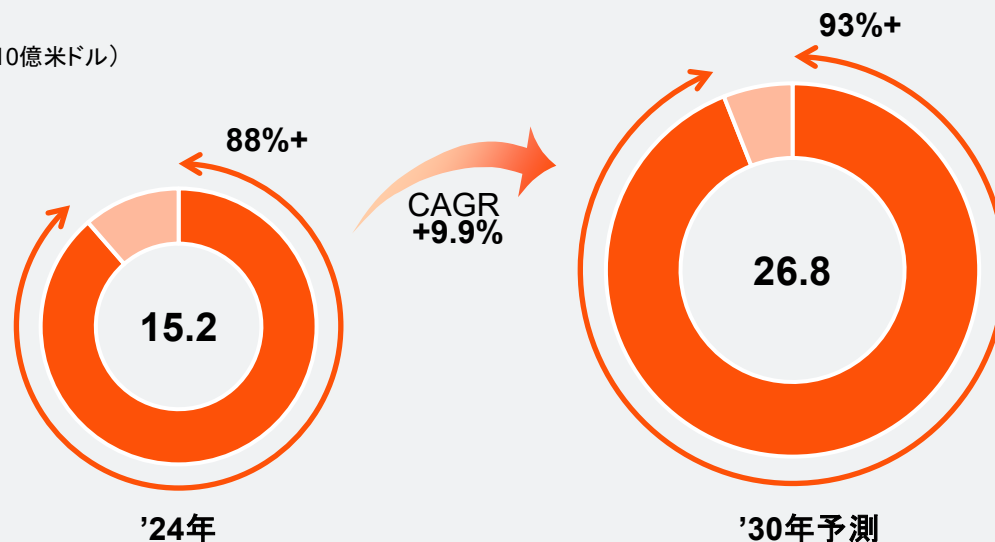


出所: 専門家インタビュー、PwC分析

# M&Aを通じたEDAツールのイノベーション

## 世界のEDAツール市場 (単位: 10億米ドル)

- 主要3社<sup>1)</sup>
- その他



1) Synopsys, Cadence, Siemens  
出所: EMIS, PwC分析

EDAツールは、チップエンジニアがマスクセットを一つも作成する前に設計のモデリング、検証、性能向上を可能にし、高額な再設計リスクを大幅に削減するとともに、レイアウトをより高い歩留まりへと導きます。SoCが2nm世代以降へ急速に進む中、テストベンチ生成、異常検知、ブレース・アンド・ルートなどにAIを組み込んだこれらのプラットフォームは、ますます重要性を増し、今後10年で設計期間を数十パーセント短縮する可能性を秘めています。

EDA市場のリーダーシップは依然として非常に集中しています。既存のベンダーは二つの構造的優位性を持っています。第一に、実績に基づく信頼性が重要視されます。欠陥を見逃すとテープアウト予算が無駄になるため、設計会社は長い実績とシリコン検証済みのサインオフフローを持つサプライヤーを好みます。第二に、高い技術的障壁が現状の大手を保護しています。主要3社は数十億米ドル規模の研究開発費を投じ、多数のニッチツールを体系的なM&Aで取り込んできました。

今後は、AIベースのEDAツールをトレーニングするための独自データセットの深さが競争力の鍵となる見込みであり、主要プレイヤーはすでに革新的なアルゴリズムとそれを支えるデータを求めてスタートアップの買収を進めています。

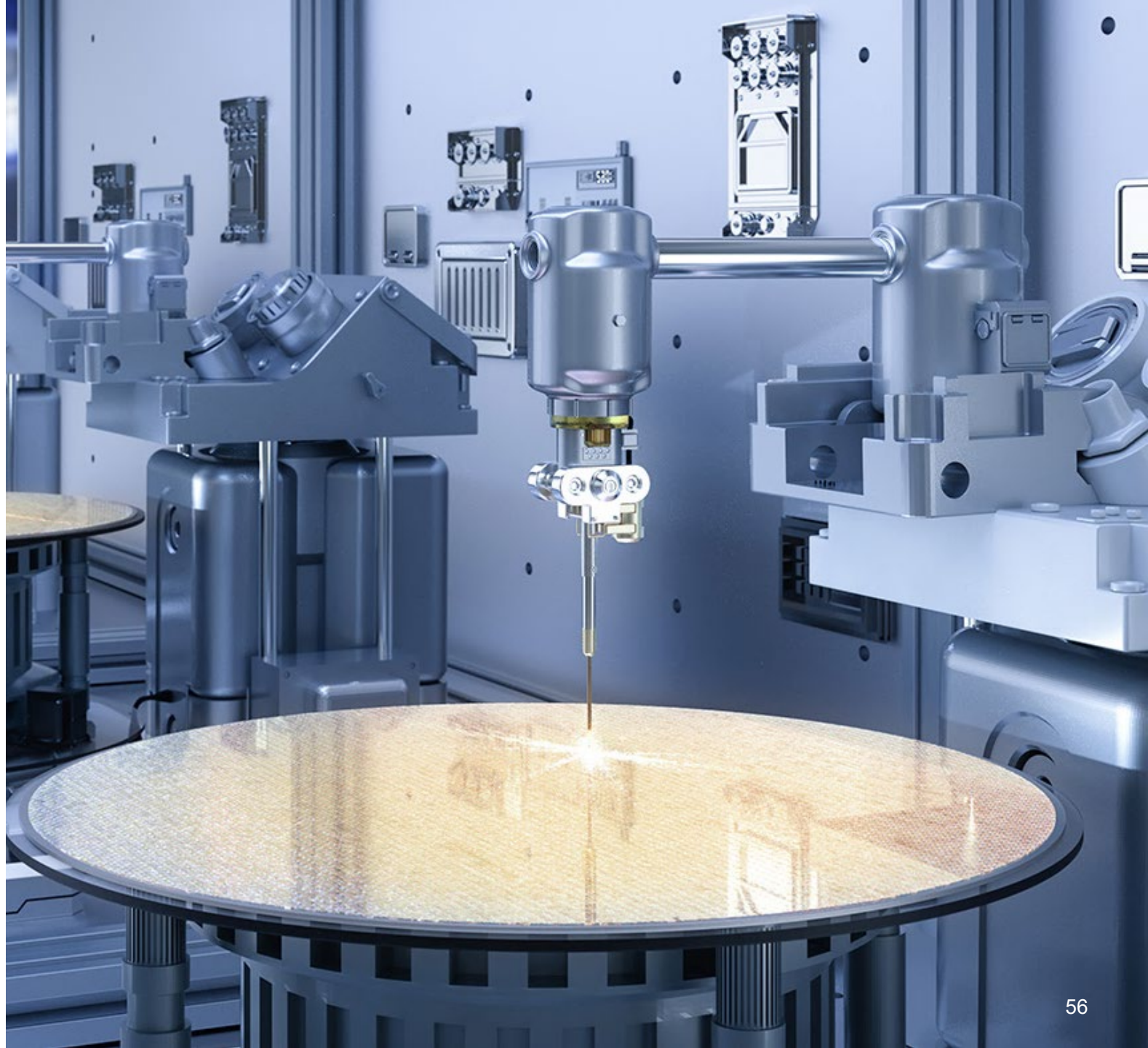
チップメーカーにとっては、供給元の絞られた市場はライセンス料の上昇を意味しますが、生産性の向上がプレミアムを上回ることが多いのが実情です。新規EDAツールベンダーの台頭に期待するよりも、多くの顧客は、密接なパートナーシップの構築、クラウドベースのツールフローの採用、自社製の自動化スクリプトの開発に注力し、現在、多くの先端半導体プロジェクトの基盤となっているエコシステムからさらなる価値を引き出す方向へ向かうと考えられます。

# 製造

フロントエンド製造分野では、複数地域で新たなファブ工場の建設が進んでいます。この投資傾向は、政府補助金の影響やサプライチェーン安定化の必要性を背景に加速しており、企業は大規模な設備投資と技術革新を同時に追求しています。

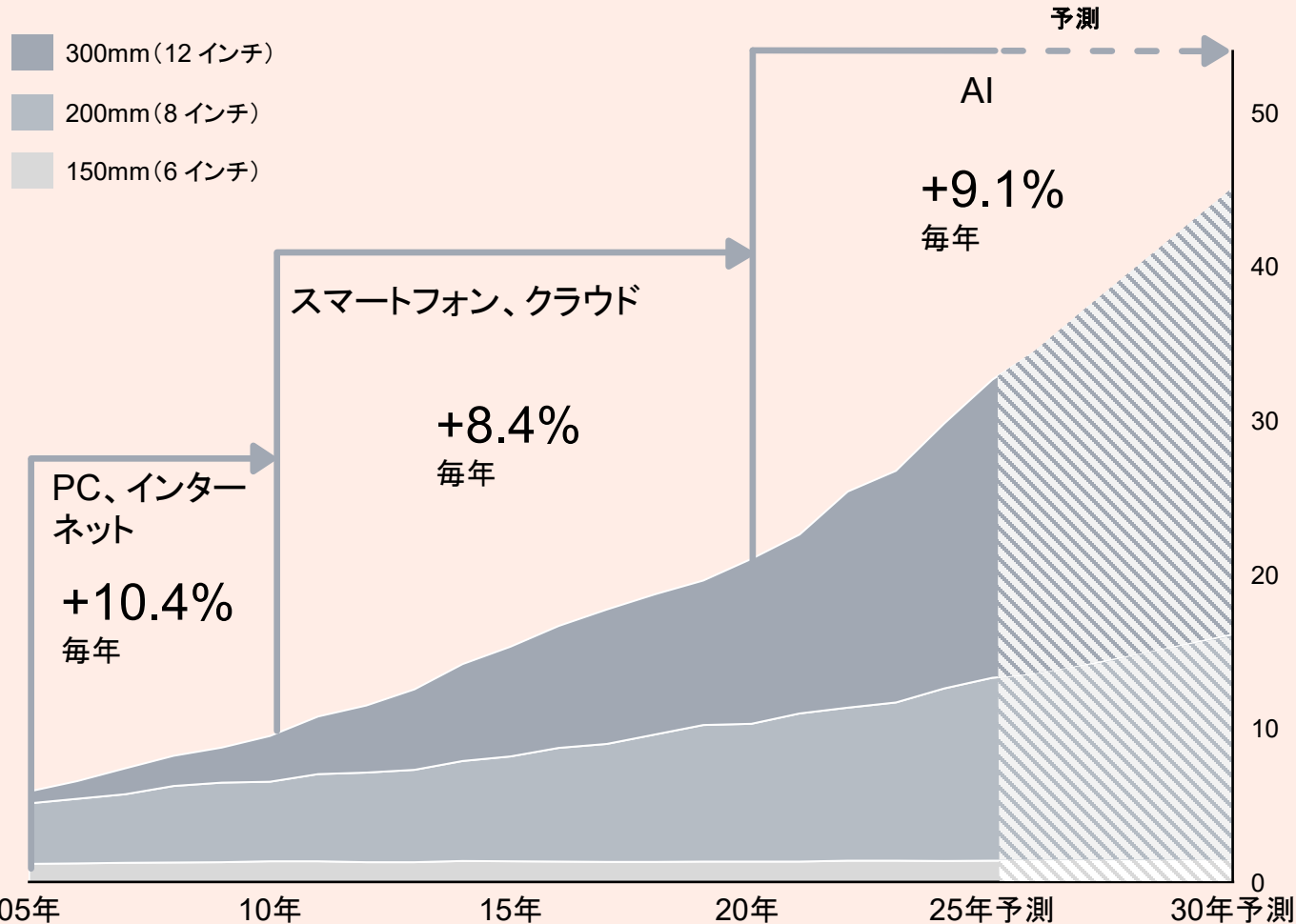
ロジック、メモリ、DAO（ディスクリート・アナログ・オプト）セクター間で、地域ごとに戦略の違いが顕著に現れています。既存の強みを維持するエリアに注力する企業があれば、新規領域への進出を試みる企業もあります。

高性能で省エネルギーかつ高信頼性のチップに対する世界的な需要が引き続き増加する中、複数のプロセスノードを並行稼働可能な大規模かつ多目的なファブ工場は、生産ペースの維持と産業の次なる成長を支える上で不可欠となるでしょう。



## ウェハサイズ別の世界の製造能力

(単位: 月間200mm換算ウェハ枚数・百万枚)



出所: 企業発表、専門家インタビュー、PwC分析

## 拡大し続けるウェハの製造能力

### 1990年代～2000年代半ば(150mm → 200mm)

150mmから200mmへのファブ移行により、より大きなウェハでダイ出力が向上し、単位あたりコストが削減されました。初期のインターネット時代のPC需要が200mmの普及を加速させましたが、多くの150mmラインはパワーディスクリット、MEMS、RF部品向けにシフトすることで生き残りました。

### 2000年代後半～2010年代(200mm → 300mm)

Intel、TSMC、Samsungは2001年頃に300mmファブの量産体制を確立し、完全自動化と優れた規模の経済を活用しました。メモリIDMもこれに続き、ファウンドリは先端プロセス用に300mm能力を拡大しました。短期間の停滞を経て、2016年以降はIoTセンサー、CMOS、パワーICの需要を背景に200mmラインへの二度目の投資が活発化し、特に中国・東南アジアで顕著でした。

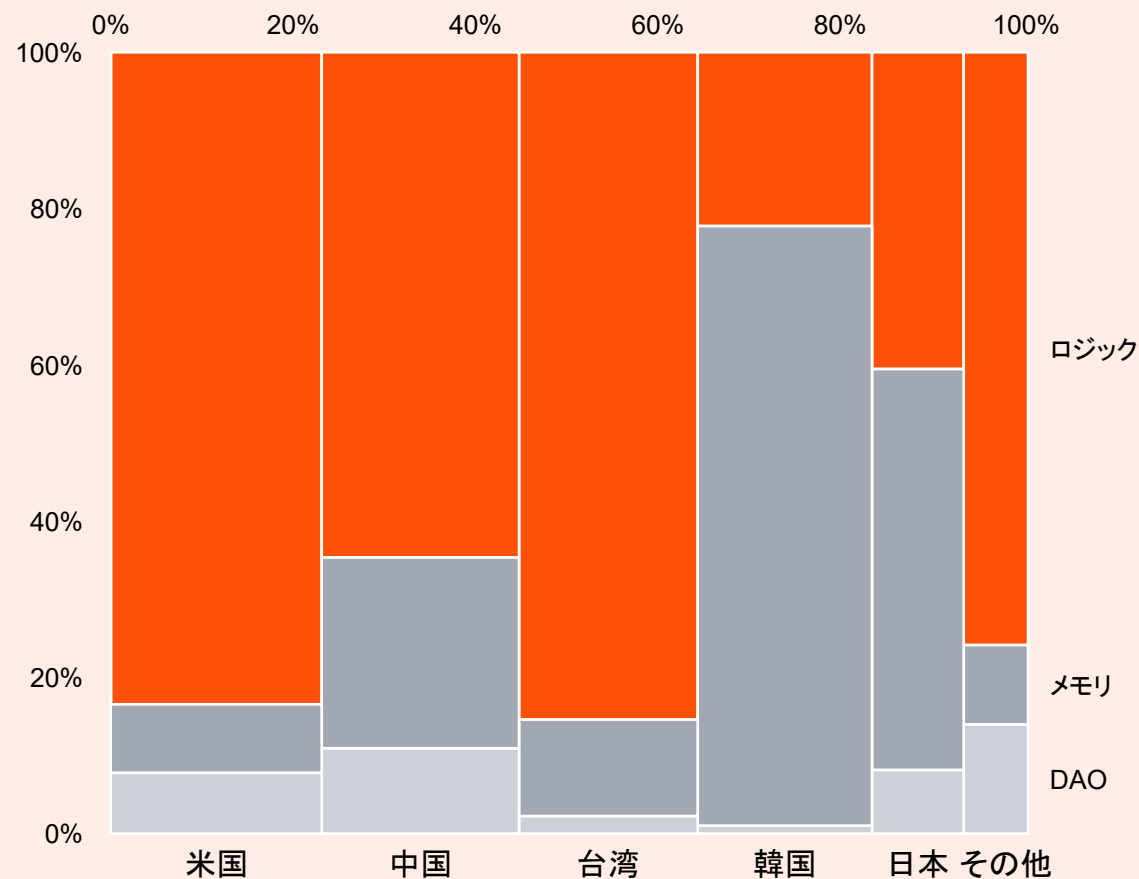
### 2020年代以降

コスト面の理由から450mm開発は棚上げされ、300mmが先端ノードのロジックおよびDRAM/3D NAND量産の主力となっています。一方で、SiC、GaN、アナログおよび特殊イメージングの需要増加により200mm・150mmファブも活況を維持しており、2030年まで各ウェハサイズで穏やかながら着実な成長が見込まれています。

## 世界の半導体ファブ投資

(単位: 月間200mm換算ウェハ枚数・百万枚)

24年～30年予測の合計: **1.5兆米ドル超**



出所: 企業発表、専門家インタビュー、PwC分析

## 新規ファブへのゴールドラッシュ的投資

米国と中国は半導体業界における最大の投資国としての地位を確立しています。中国は米国の輸出規制に対抗して自給自足を目指す一方、米国は国内の半導体産業強化を目的に大規模な資金を新設施設に投入しています。

ロジック半導体セグメントにおいては、AIや先端技術分野の進展によりロジックチップの重要性が増し、最大の資金シェアを獲得しています。米国と台湾は先端ノードへの投資を拡大する一方、中国は先端装置の輸入制限への対応として、比較的成熟した従来型ノードに注力しています。

韓国はDRAMおよびNANDフラッシュへの大規模投資によりメモリ市場のリーダーシップを維持する見込みで、スケールメリットと価格競争力を重視しています。AIに不可欠なHBMの登場を背景に、韓国の半導体大手はさらなる支出増加で地位強化を図っています。

DAO半導体は一般的にロジックやメモリほど技術的複雑性が高くなく、資本支出も比較的抑えられます。中国がDAO分野への積極的な投資を進めているのは、ハイエンド装置の制限を回避し、参入障壁の低い分野に集中する戦略と考えられます。

戦略的投資にけん引され、2024年から2030年にかけて世界の半導体ファブ投資額は1.5兆米ドルを超える見通しで、この期間の投資額は過去20年分の合計とほぼ同等となります。AIブームの加速に伴い、ロジック半導体への投資がさらに活発化し、ファブ投資をより一層押し上げる可能性があります。

# 半導体の歴史：過去、現在、未来

## 2000年以前：産業の始まり

1960年代から1990年代末にかけて、半導体産業は実験室での研究段階から本格的な量産体制へ移行しました。米国のIBMやモトローラ、欧州のフィリップスやSTマイクロエレクトロニクス、アジアの東芝、NEC、日立、Samsungがメモリ、マイクロプロセッサ、リソグラフィ技術をけん引しました。商用ICは1960年代中盤に登場しましたが、1980年代以降のPCや家電の需要急増が産業の長期的成長を後押ししました。

## 2000年～2020年：成長期

2000年代初頭から先端プロセスへの資本投下が加速しました。韓国は国内のDRAMおよびNANDファブを大幅に拡充し、台湾のTSMCは純粋なファウンドリモデルを確立しました。2000年代半ばには、台湾が委託ロジック生産の世界的リーダーとなりました。多くの欧米企業がファブレス戦略を採用してアジアのファウンドリやOSATに生産を委ねたことで、サプライチェーンは東アジアへとシフトしました。

## 2030F：新たな展開

中国は強力な国家支援を背景に、成熟ノードのロジックとメモリへ数十億ドルを投じています。SMICやYMTCが能力増強中で、先端からは1～2世代遅れているものの、多くの内外企業が新規ファブを建設しています。米国はCHIPS法の補助金により先端ロジックや異種集積ファブを誘致しています。韓国と台湾はHBMなどのメモリと革新的ファウンドリサービスでの優位強化を狙い、日欧は先端ロジックやSiCパワー半導体の誘致策を強化しています。これらの動きは2030年までに世界の製造拠点再編をもたらし、産業の新段階を切り拓くでしょう。

## 世界のウェハ製造能力シェア



出所：企業発表、専門家インタビュー、PwC分析  
 ※これらの数値は、主要地域を示しており、その他の地域は含まれていません。合計は必ずしも100%にならない場合があります。

# 容量がより小さなノードに移行

ロジック半導体は、計算、制御、信号処理を担う「頭脳」として、ノードサイズの微細化による恩恵を受けます。具体的には、より多くのトランジスタを同じ面積に集積することで、高速かつ高精度な動作が可能になります。

7nm未満のノードは最高性能と電力効率を実現し、高度なAIアクセラレータやHPCを支えています。ファウンドリによる大規模投資もあり、これらのノードの生産比率は増加しています。ここでは最先端のトランジスタ構造やパッケージングを採用し、高速化と省電力を追求しています。

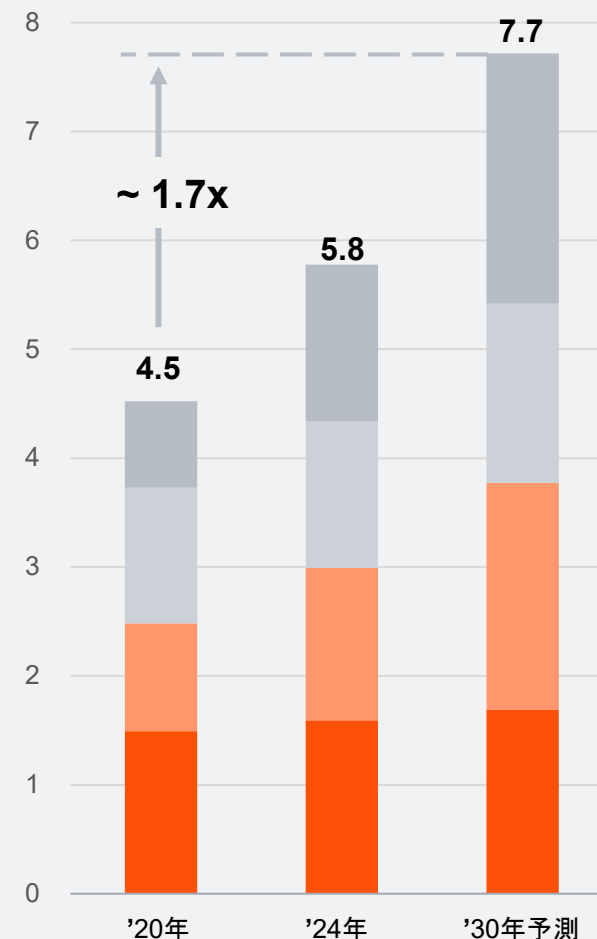
8～16nmノードは中間的で、7nm未満より性能は劣りますが、22～28nmよりコストを要します。自動車のADAS、モバイルSoC、中～上位グラフィックスで多く使われています。ただし性能向上のため7nm未満への移行が進み、供給増加はわずかと見込まれます。

22～28nmノードは「成熟した主流」と呼ばれます。自動車向けMCU、産業用IoT、消費者向けASICなど、コスト、電圧耐性、信頼性が密度より重視される分野の基盤です。需要は堅調ですが、中国での急速な28nm拡大により、次の10年後半にローカルな供給過剰が生じる可能性があります。

32nm以上は価格重視や高信頼性が求められる電源コントローラ、センサー、ディスプレイドライバなどに使用されます。多くのサプライヤーは減価償却済みのファブを持ち、低生産量でも採算が取れますが、新規設計の多くがより微細な28nm以下へ移行し、全体のキャパシティ増加はわずかと予想されます。

## ノードサイズ別ロジックウェハ製造能力

(単位: 200mm換算月間百万ウェハ)



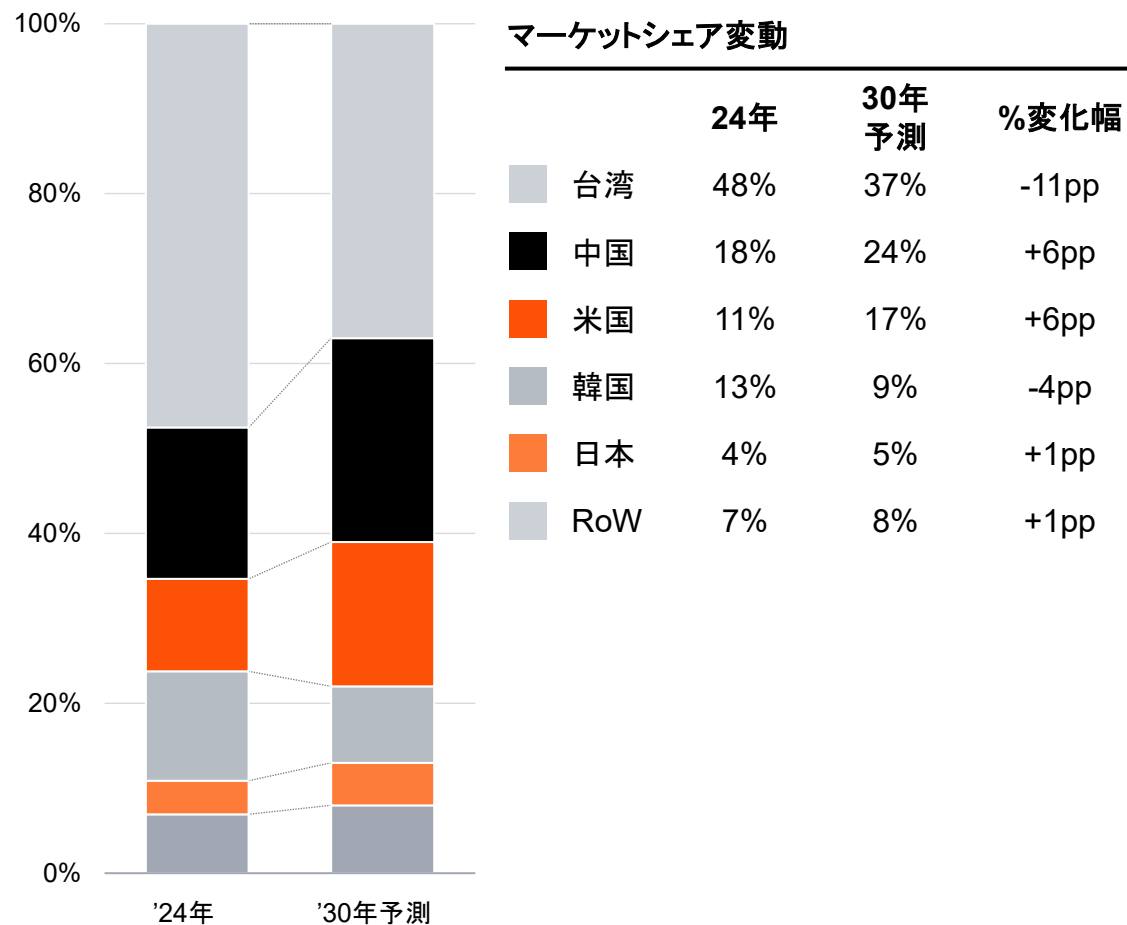
### CAGR, 2024年～2030年予測

合計	+5%
≤ 7 nm	+8%
8 nm ~ 16 nm	+3%
22 nm ~ 28 nm	+7%
≥ 32 nm	+1%

注) 解析は300mmウェハファブのみ対象。  
出所: 企業発表、専門家インタビュー、PwC分析

## ロジックウェハ製造能力シェア<sup>1)</sup>

(単位:200mm換算月間百万ウェハ)



1) 解析は300mmウェハファブのみ対象  
出所:企業発表、専門家インタビュー、PwC分析

## ロジックチップのレジリエンス構築

半導体が戦略的資産となる中、各国政府は先端ロジック生産への支援策を続々と打ち出しています。パンデミック期の供給不足や地政学的緊張は、地域内生産能力と安定したサプライチェーンの国防上の重要性を改めて浮き彫りにしました。

こうした変化する環境の中で、米国は補助金、税制優遇、インフラ投資を組み合わせた政府支援を戦略的に活用し、先端チップ製造企業の誘致を進めています。中国は輸出規制に制約される一方、強力な国家支援の下、成熟ノードのロジック生産能力を大幅に拡充中です。ただし技術的および装置面の制約から先端ノードの歩留まりは相対的に低くなり、生産実績が能力に追いつかない可能性があります。

台湾は先端ノード生産に注力し、グローバルでのリーダーシップを堅持する見込みですが、最先端プロセスへの多額投資により、能力拡充は比較的控えめです。安定した電力・水の供給や統合チップエコシステムといった政府支援が、サブ3nm競争力の鍵を握っています。

韓国はメモリ製造の強みを保ちつつ、ロジックチップ分野の存在感強化に向け戦略的投資を続けています。日本はTSMC-ソニー熊本ファブやパワーデバイス拡充、Rapidusの2nmファブなどのプロジェクトを通じ半導体セクターを再活性化し、先端パッケージングにも注力しています。

これら各国・地域の戦略はロジック半導体供給の地理的構造を再形成しており、単なるコスト削減ではなく、「レジリエンス(回復力)」が2030年までの投資指針となっています。

# 次世代トランジスタアーキテクチャ

チップメーカーが5nm以下の微細化を進める中、各プロセスで求められる研究開発、資本、時間は増大しています。FinFETトランジスタはスケーラビリティの限界に達するため、業界リーダーは3nm・2nmノードでゲート・オール・アラウンド(GAA)ナノシートデバイスへの移行を進めています。さらに微細化を進めるには、短チャネル効果、寄生抵抗、量子トンネリングを抑制するために、新たなデバイスアーキテクチャの導入が必要です。

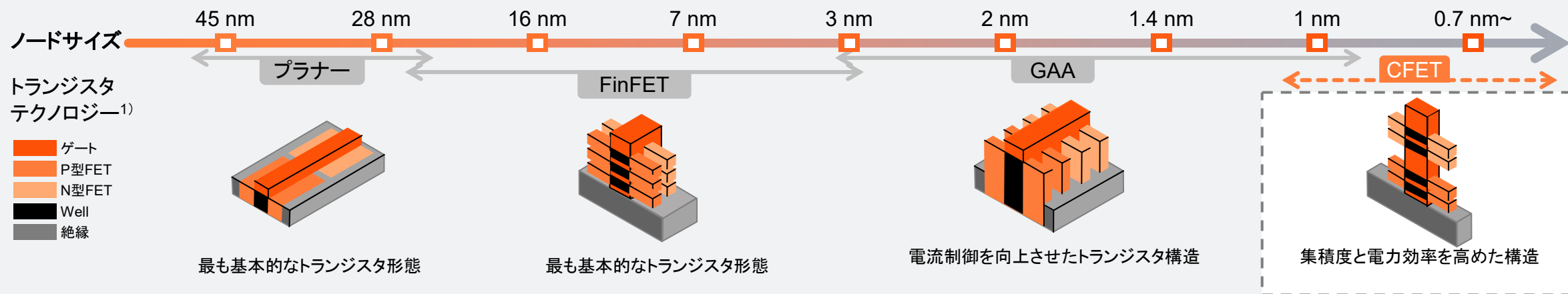
現在、主要な候補として注目されているのが Complementary FET (CFET) と Forksheet です。CFETは次世代トランジスタアーキテクチャで、高い集積度と性能を実現します。Intel、Samsung、TSMCは積極的にCFETの研究を進めており、各社で商用化の時期は異なるものの、製造効率やコスト効率が大幅に向上すれば2030年代初頭の初期商用化が現実的に期待されています。

今日のGAAと完全なCFETスタックの間に位置するのが Forksheet コンセプトです。Forksheetは絶縁性の

「フォーク」を導入して隣接するナノシートスタックを分離し、ゲートピッチのさらなる微細化を可能にします。一部の研究コンソーシアムはForksheetを現実的な橋渡し技術と見なす一方、他はForksheetを飛び越えて資源を直接CFETに集中させる可能性もあります。

どの道が主流になるにせよ、2nm以降の時代は大規模投資、新素材、高度な3D集積にかかっており、微細化競争が半導体産業のランドスケープをさらに塗り替え続けることを示唆しています。

## 主要トランジスタ技術のタイムライン



1) 各ノードサイズで用いられるトランジスタ技術は企業によって異なる場合があります。

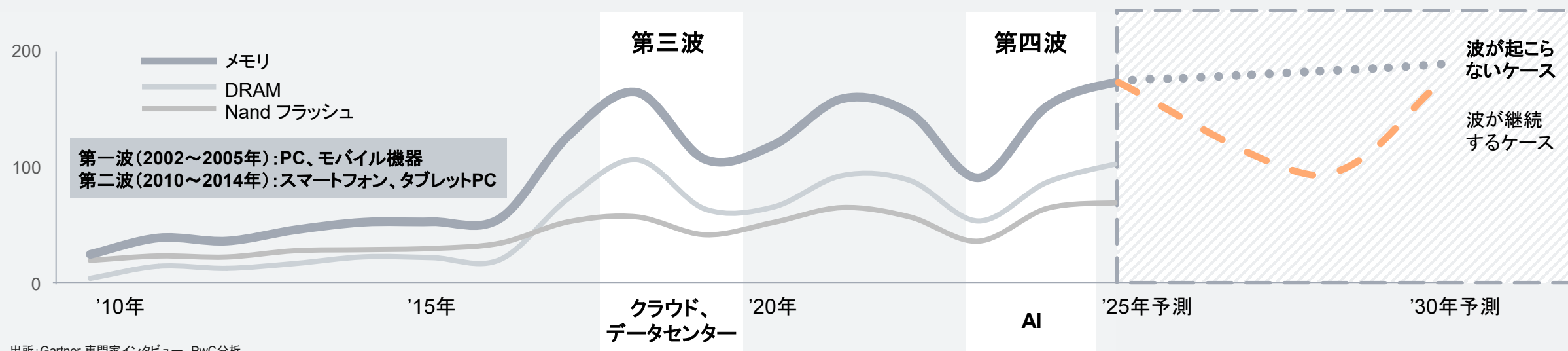
# メモリのスーパーサイクルは定着するのか？

メモリ市場は「スーパーサイクル」と呼ばれる好不況の波で知られています。新たなプラットフォーム（スマートフォン、クラウドサーバー、AIアクセラレータなど）が急激にキャパシティを吸収し、価格とマージンが急騰するところから波が始まります。多くの場合、サプライヤーは過剰投資し、在庫が膨らみ、その後下落サイクルが続きます。現在は、生産削減の迅速化、資本支出の厳格化、ダイシュリンクの調整で変動は抑制されていますが、このパターンはいまだに消えていません。

将来、このサイクルが緩和されるかは議論の余地があります。一方は、サプライチェーン分析の高度化、装置リードタイム短縮、HBM型ノード多様化が価格変動の平滑化に寄与するとみています。もう一方は、急増するAIワークロード、自動運転車のデータ収集、エッジコンピューティング成長が新たな需要ショックとなり、次の上昇局面を引き起こす可能性が挙げられます。ミックスド・リアリティ・ヘッドセットやスマート工業用センサーなど新たなユースケースも、メモリの重要性を裏付けています。

実務的には、各サイクルの深刻さは以下の三つの変数に依存すると考えられます。画期的なアプリケーションの普及速度、メーカーの設備投資規模、ウェハあたりビット数を増加させるプロセス移行のペースです。これらの指標を注視し、それに応じた投資調整を行うことが、次に来る波を乗り切る鍵となるでしょう。

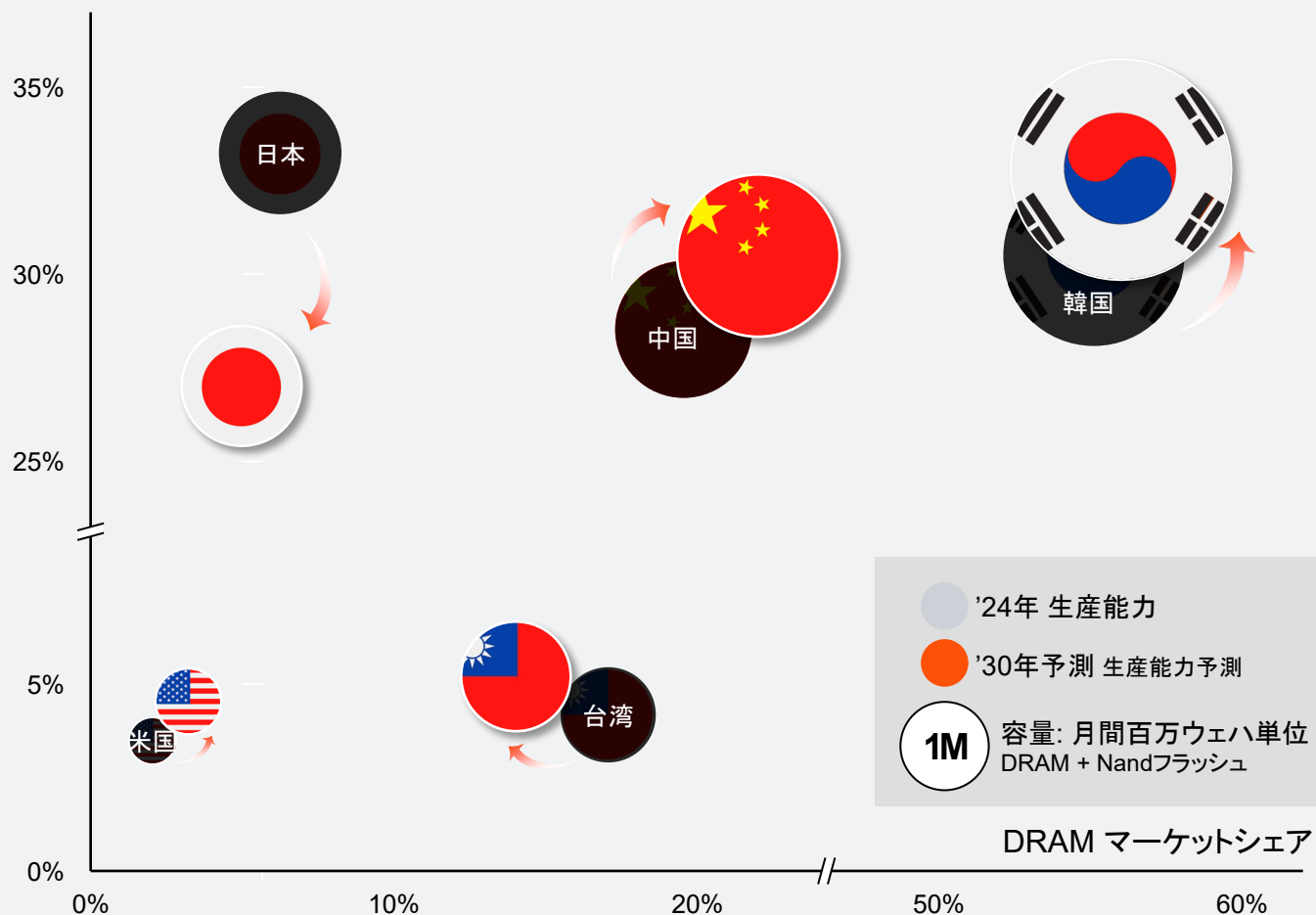
## 世界のメモリ半導体市場 (単位:10億米ドル)



出所: Gartner, 専門家インタビュー, PwC分析

## メモリウェハ製造能力シェア<sup>1)</sup>

NANDフラッシュマーケットシェア



1) 市場シェアは各メモリ製造拠点の国・地域別起源に基づく分析  
出所: 企業発表、専門家インタビュー、PwC分析

## アジアがメモリのグローバルシフトをけん引

全体としてメモリのサプライチェーンはアジア中心に推移するとみられますが、より広範な地域バランスの変化もあります。

韓国は先端DRAM・NAND技術と大規模投資を背景にメモリ半導体で最強の地位を維持すると予想されます。その地位と信頼性、高品質を活かし、存在感を維持・拡大する可能性もあります。

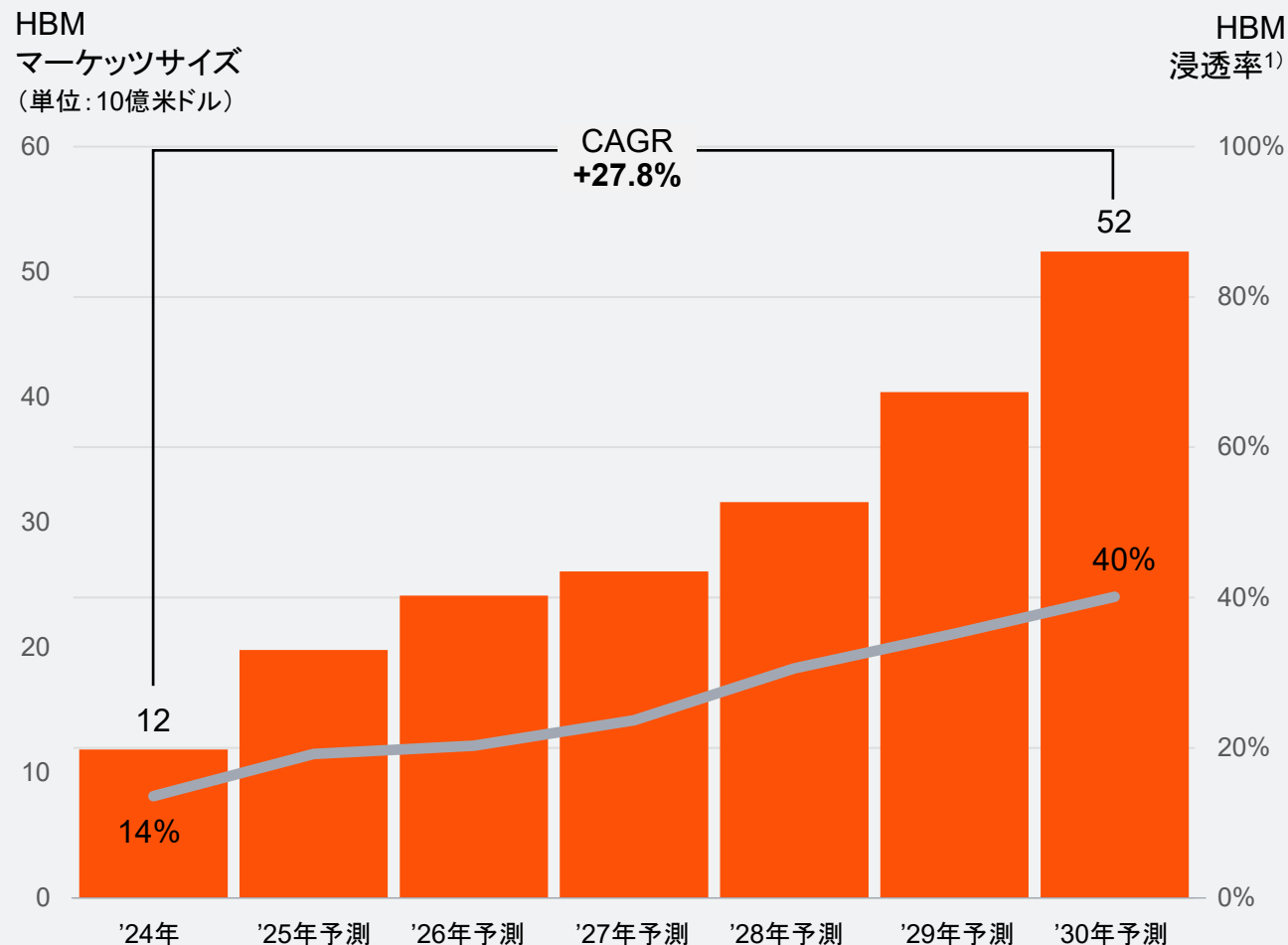
中国は自給自足を目指し、寛大な国家補助金のもと多数の成熟ノードメモリラインを構築中です。国内サプライヤーは主流DRAMノードの歩留まりを改善し、多層3D NANDの立ち上げを加速しています。

かつてNANDフラッシュに強みがあった日本は、コスト競争力低下により2030年までにシェアがやや減少する見込みです。成長見込みの薄いゲームや通信向けに注力することも拡大を制限します。

台湾はコスト効率の良いミッドレンジDRAMや特殊NOR/SRAMIに注力します。大規模なNAND能力がなく、NAND市場のシェア拡大は難しいとみられます。

米国は政府支援を活用し、国内でのメモリ製造を確立しようとしています。新規DRAMおよび3D NANDメガファブ工場の建設が進み、2020年代後半にシェアが上昇する見込みです。

## HBM市場規模およびDRAMに対する浸透率の推移



1) 浸透率は全DRAMの中でのHBMの割合  
出所: Omdia、PwC分析

## AIがHBM需要を押し上げる

生成AIのトレーニングと推論の急増により、HBMは現代のデータセンターサーバーに欠かせない部品となっています。CPU、GPU、アクセラレータの性能は向上し続けていますが、接続されるメモリが十分な速度でデータを供給できなければ、ワークロード全体のボトルネックとなります。

HBMは、複数のDRAMダイをベースロジックダイ上に積層し、スルー・シリコン・ビア(TSV)で接続、さらにシリコンインターポーザ上に実装して計算チップの隣に配置することで、この問題を解消します。この3D集積技術により、省スペースでテラバイト毎秒の帯域幅を実現し、電力効率が重視されるAIやHPCシステムにとってHBMは不可欠な存在となります。

多くのサプライヤーが生産能力の増強に奔走していますが、依然として供給不足が発生し得ます。第一に、需要が楽観的な予測を上回る可能性がある一方、新規TSVラインの立ち上げには18~24カ月のリードタイムを要するため、迅速な対応は困難です。第二に、供給能力はチェーンの最も弱い部分に依存しており、インターポーザや先端バンパ加工、専用ベースロジックダイの供給が限定的であれば、HBMの総生産量に制約が生じます。

パッケージングインフラがDRAMウェハの生産と並行して拡大しない限り、HBMのタイトな需給状況とプレミアム価格は当面続く見込みです。

# 大口径ウェハと広がる供給：DAOへの移行

## ディスクリート半導体

多数のパワーMOSFET、IGBT、ダイオードは依然として150～200mmウェハで製造されていますが、低電圧MOSFETや車載IGBT、スマートパワーICなどの高付加価値デバイスを中心に300mmへの移行が進んでいます。一方、SiCおよびGaN部品は200mmやパイロット運用中の300mmツールで拡大しており、本格的な12インチ移行への布石となっています。

## アナログ半導体

PMIC、アンプ、RFフロントエンドは長らく200mmツールで製造されてきましたが、ダイ面積の増大とプロセス許容差の厳格化が300mmへの移行を促進しています。アナログ設計はロックイン効果により収益が安定する傾向にあります。歩留まりの習熟を要するため、多くのサプライヤーは200mmから300mmへの段階的な移行計画を採用しています。

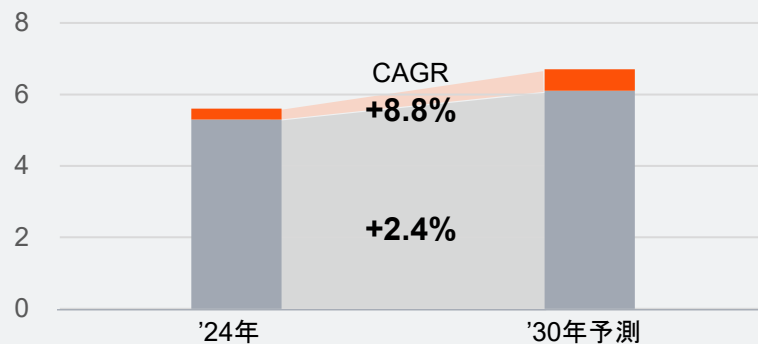
## 光半導体

LEDや多くのレーザー素子は依然として100～150mmの化合物半導体またはサファイアウェハで製造されます。一方、CMOSイメージセンサーは画素密度向上のために主に300mmラインへと移行しています。化合物半導体プロセスの大口径化は可能ですが、特殊設備や工程の再認証を要するため、その進展は緩やかです。

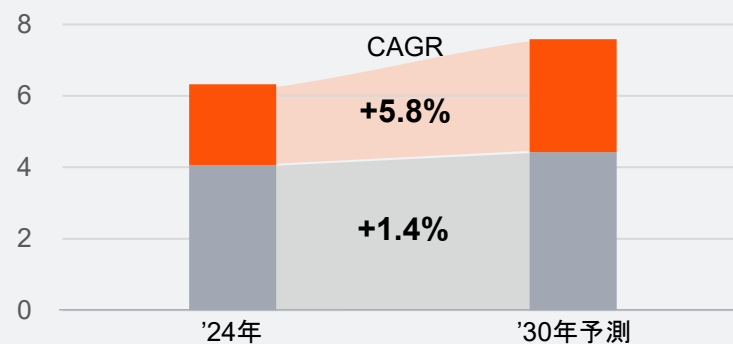
## ウェハサイズ別DAOウェハ製造能力

(単位:200mm換算月間百万ウェハ)

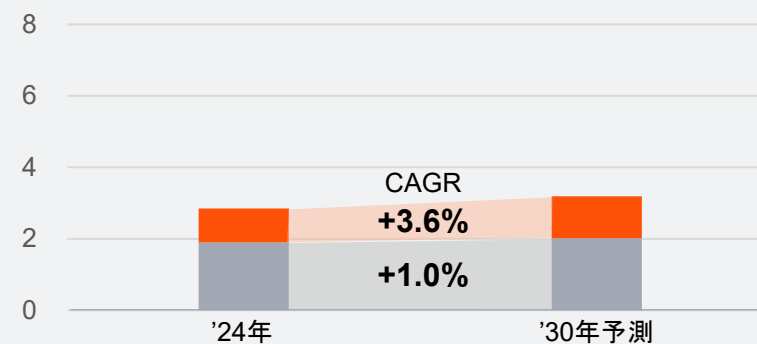
### ディスクリート



### アナログ



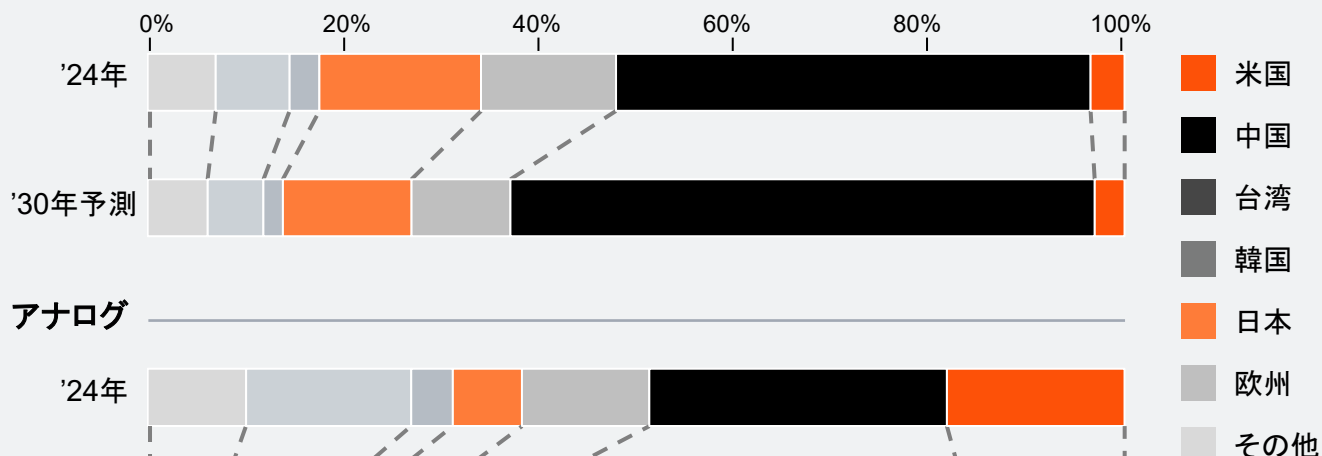
### 光半導体



出所:SEMI、専門家インタビュー、PwC分析

## DAOウェハ製造能力シェア

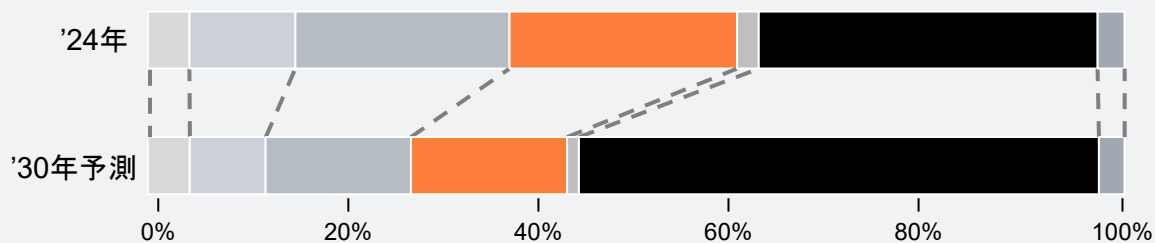
### ディスクリート



### アナログ



### 光半導体



出所: 企業発表、専門家インタビュー、PwC分析

## 緩やかだが着実な成長

DAOデバイスは最先端ツールをほとんど必要としないため、先端ノードのロジックやメモリに比べ資本集約度は相対的に低くなります。大規模な一括メガファブの発表はまれですが、多くの地域で基礎的な国内供給を確保するためにDAOの生産能力は徐々に積み増されています。

中国はエネルギー、通信、産業機器向けのパワー、アナログ、オプトエレクトロニクスチップの強い国内需要を背景に、最も急速に拡大しています。多数の中堅サプライヤーがコスト優位性を活かし、価格に敏感なセグメントを獲得しています。

米国は航空宇宙、防衛、産業向けの高付加価値アナログおよびミックスト・シグナル・ファブの新設を政府補助金で支援し、商品単価競争を追わず国内の製造能力の再構築を目指しています。

日本は自動車と精密機器分野向けのディスクリートパワーデバイスとセンサーで強固な地位を保つ可能性があります。成熟市場の飽和により成長は鈍化するものの、EVへのシフトが日本産SiCパワー部品の需要を支えると予想されます。

全体として、DAOの生産能力は世界的に緩やかに、しかし着実に増加するでしょう。先端ロジックやメモリプロジェクトが集めるような大規模な注目はなく、サプライチェーンのレジリエンスを強化する役割を担っています。

# パワー半導体の進化

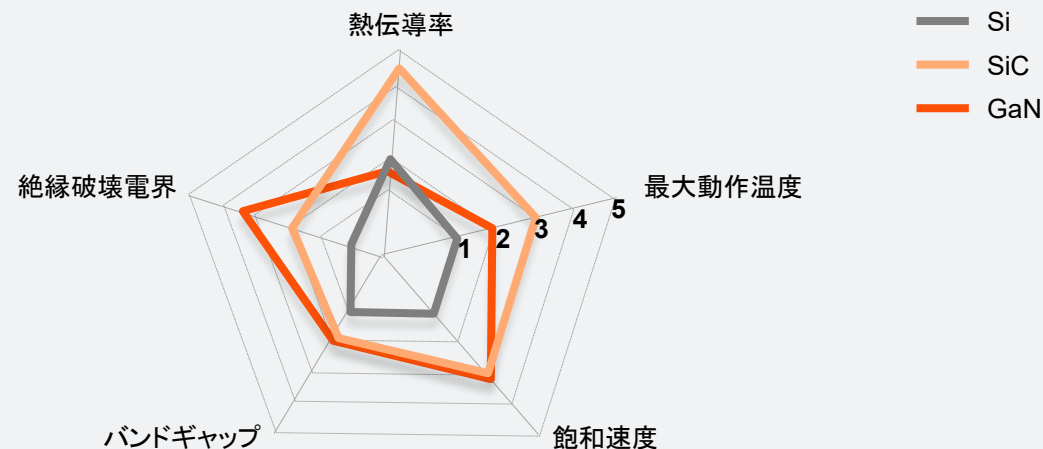
シリコンは長年、価格の手頃さと確立された製造プロセスからパワーエレクトロニクスに用いられてきました。しかし、現在ではワイドバンドギャップ(WBG)半導体材料、特にSiCおよびGaNが注目を集めています。これらはシリコンより高温・高電圧動作が可能で、高速スイッチング性能も優れています。

SiCは高電圧・大電流用途に適しており、EVのトラクションインバータ、再生可能エネルギーのコンバータ、重工業用ドライブに最適です。製造業者はコスト削減とウェハ品質向上のため、150mmウェハから200mmウェハへの移行を進めています。

GaNは高速スイッチングと小型化が求められる製品、例えばUSB-C急速充電器、ノートPCのアダプタ、5G基地局の電源装置、データセンター向けコンバータで活躍しています。また、標準的なCMOS制御チップとの統合が容易な構造で、デバイス設計の簡素化にも寄与しています。

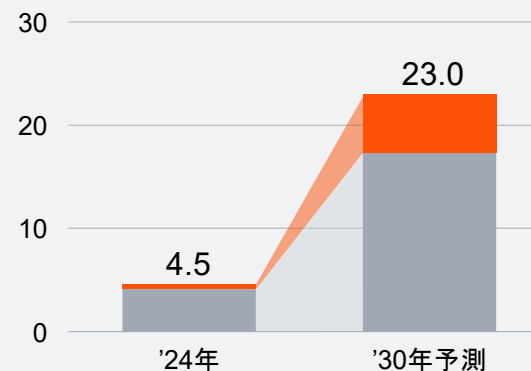
WBGデバイスが普及する一方、結晶成長、ウェハ研磨、高度なエピタキシーといった高コストで時間のかかる工程が供給制約を引き起こしています。特に200mm SiC基板や高電圧GaNウェハでは短期的な不足が懸念されます。しかし、大口径ウェハへの投資、歩留まり改善、先進設備の導入により、これらの制約は徐々に緩和され、シリコンとのコスト差は縮小するとみられます。その結果、SiCおよびGaNソリューションの採用の加速が期待されます。

## パワー半導体:性能比較



## パワー半導体材料別市場規模

(単位:10億米ドル)



### CAGR, 2024年~2030年予測

合計	+30.9%
GaN	+53.5%
SiC	+27.0%

出所: Omdia, PwC分析

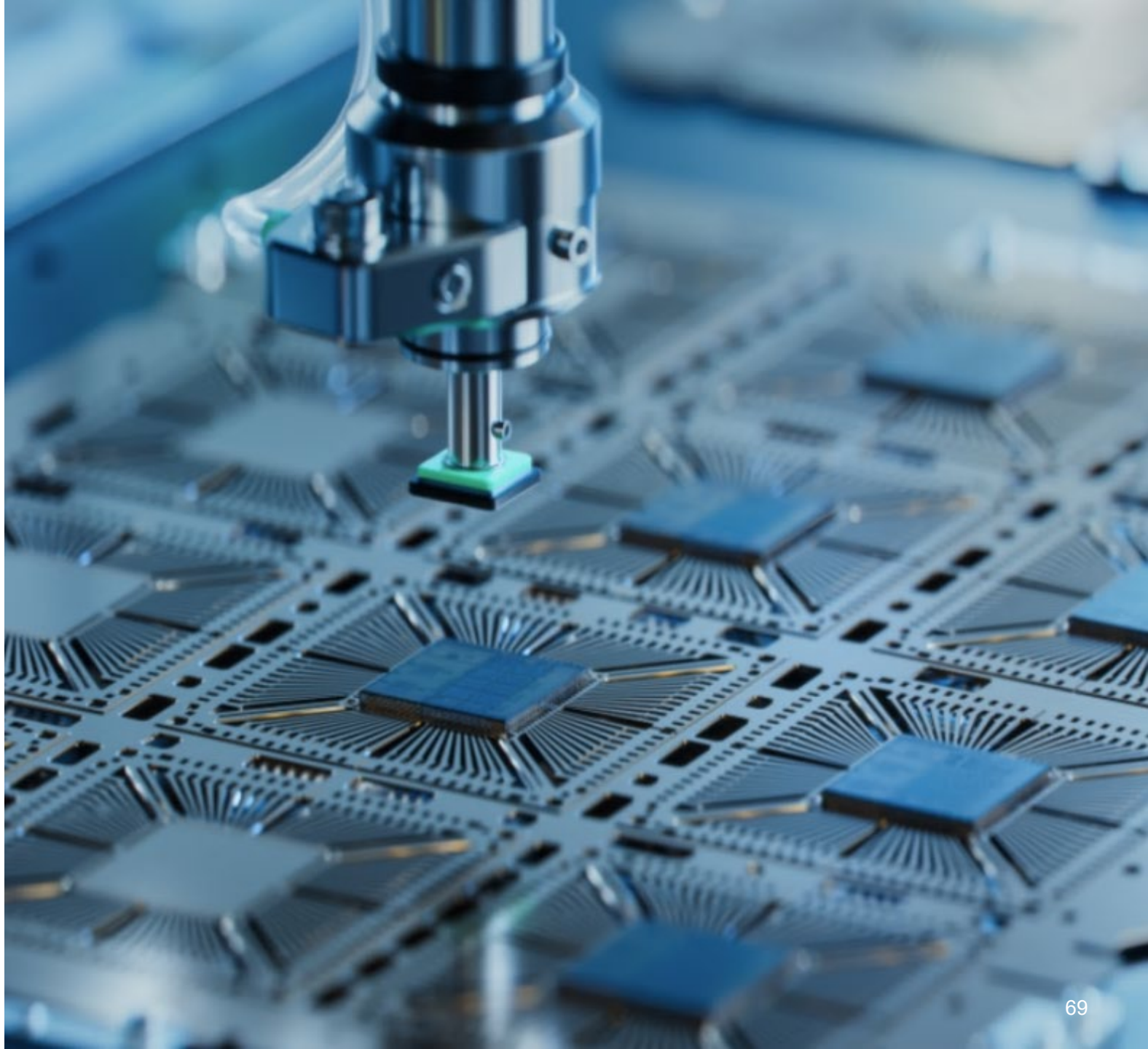
# パッケージングとテスト

パッケージングとテストは単に完成したダイを保護するだけでなく、ダイ間の接続性を強化し、厳しい環境下での電氣的・熱的信頼性を向上させる役割を担っています。

トランジスタの微細化効果が薄れる中、先端パッケージングはシステム性能向上の主要な手段となっています。重要な技術革新には、高帯域幅の短距離インターコネクトや、異種ダイをコスト効率よく柔軟に組み立てるチップレットアーキテクチャが挙げられます。

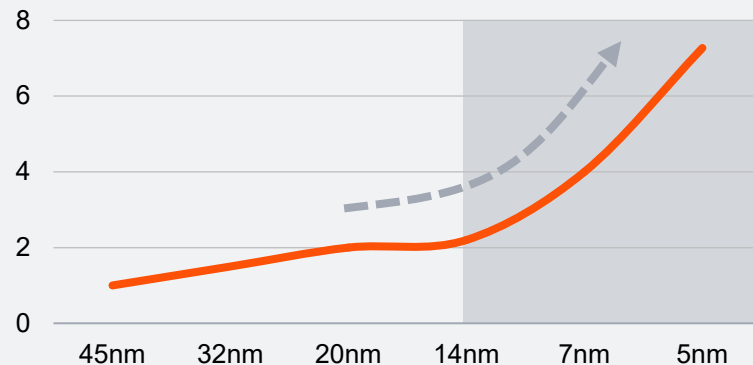
複雑化する組み立て工程により、欠陥防止と歩留まり向上が非常に重要となり、光学検査、X線検査、システムレベル検査装置の技術進歩が急速に進んでいます。

今後は、フロントエンドのトランジスタ技術とバックエンドのパッケージングとテスト工程の密接な共進化が、性能向上の鍵となる可能性があります。



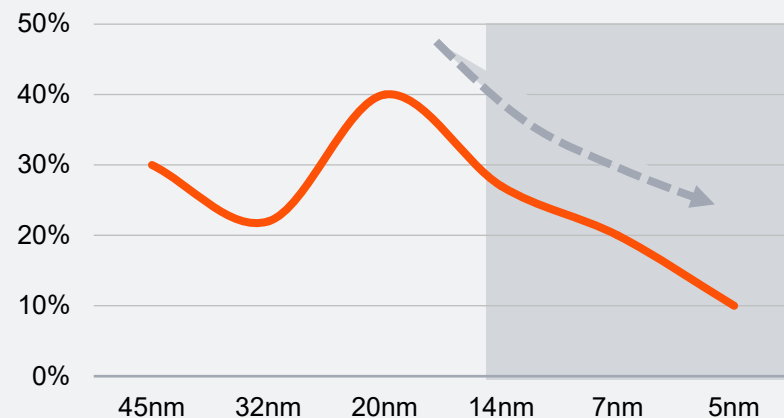
## フロントエンドコストは上昇中

ノード別のウェハ製造コスト(45nmを1とした場合)



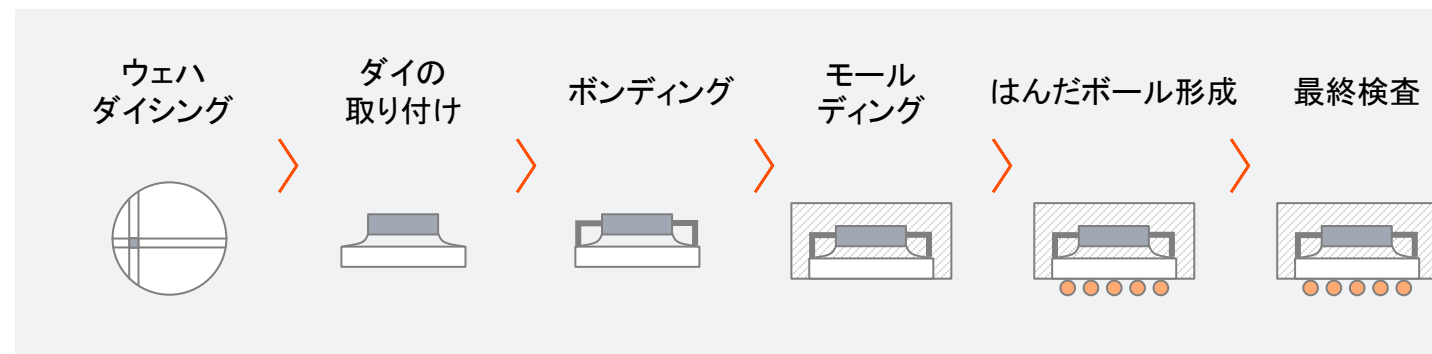
## 一方で、その効果には疑問がある

ノード別の性能向上率



出所: AMD、PwC分析

## バックエンド技術が限界をさらに押し広げる



数十年にわたり、性能向上は主にフロントエンドの微細化によってもたらされてきました。しかし、プロセス技術が10nm以下に達した段階で、量産可能なファウンドリは2社のみとなり、現在は3社目が増産を進めています。この微細領域では、短チャネル効果、寄生容量、リーク電流の増加により、さらなる微細化が困難かつコスト高となっています。

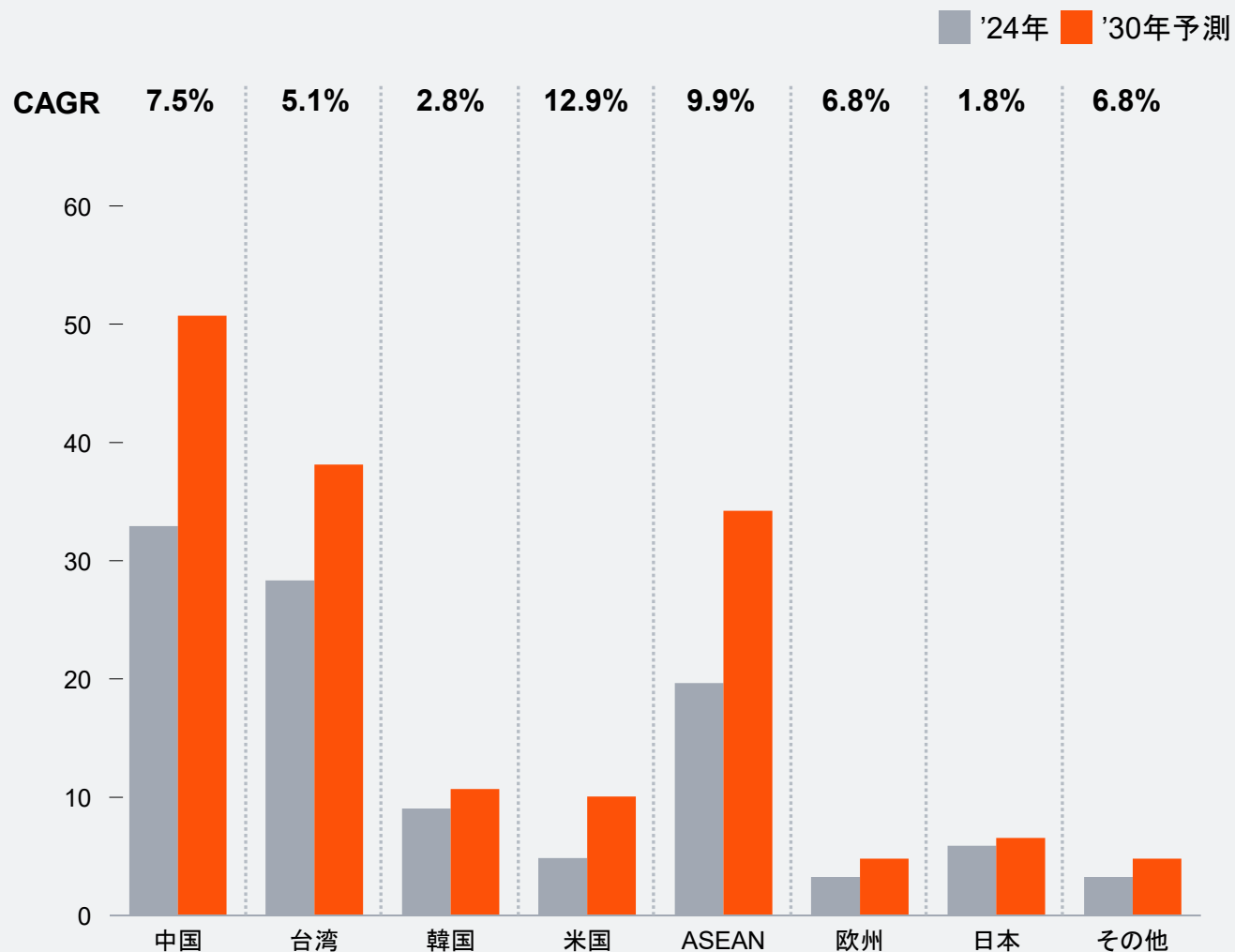
初期のCMOS微細化(90nmから28nm)はトランジスタ密度をほぼ倍増させ、電力性能効率を25~50%向上させました。しかし、16nmFinFET以降の3nmノードにかけては密度の上昇曲線がなだらかになり、効率向上も鈍化。ウェハコストはほぼ3倍に膨れ上がり、ダイあたりの経済性も2~3倍に上昇しています。

EUVリソグラフィツール、低い初期歩留まり、急増する研究開発費用が、さらなるフロントエンドの微細化のコスト高を物語っています。

こうした投資対効果の減少に直面し、チップメーカーは先端バックエンド技術、具体的にはチップレット、2.5Dインターポーザ、3D積層技術に改めて注力し、フロントエンドの進展が鈍化する中でもシステム全体の性能向上を推進しています。

## 世界の半導体パッケージングおよびテスト市場

(単位:10億米ドル)



出所:企業発表、専門家インタビュー、PwC分析

## バックエンドプロセスへの賭け

中国: 国家資金が新たなウェハーレベルパッケージング工場に注がれており、現地のOSATはチップレット組み立てや高速AIインターコネクト対応に向けた設備更新を進めています。

台湾: ファウンドリやOSAT大手は2.5D/3Dキャパシティを拡大し、信号整合性およびシステムレベルテストのための拠点を新設しています。先端バックエンドと先端フロントエンドノードの融合を図っています。

韓国: 3D積層、チップレット、信頼性試験に特化した国家クラスターが進行中で、共用R&Dツールや人材育成が支えています。

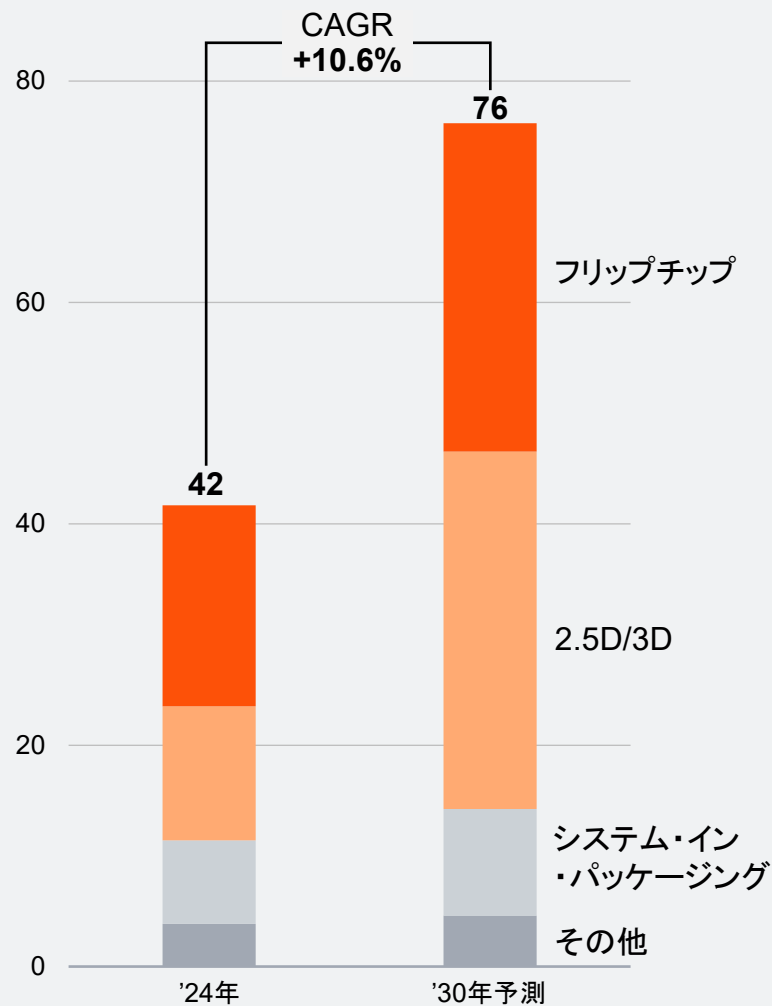
米国: 政府の優遇措置により、パッケージング研究開発ハブやパイロットラインのネットワークが支援され、チップレット標準、熱対策、迅速信頼性検査が推進されています。

ASEAN: マレーシアは先端パッケージングプロジェクト誘致に向けOSAT基盤を強化し、ベトナムは半導体参入のゲートウェイとしてバックエンド投資に注力しています。

これらの動きは、次世代チップ競争において、先端パッケージングとテストがフロントエンド微細化と同等に戦略的 중요性を持つことを示しています。

## 世界の先端パッケージング市場

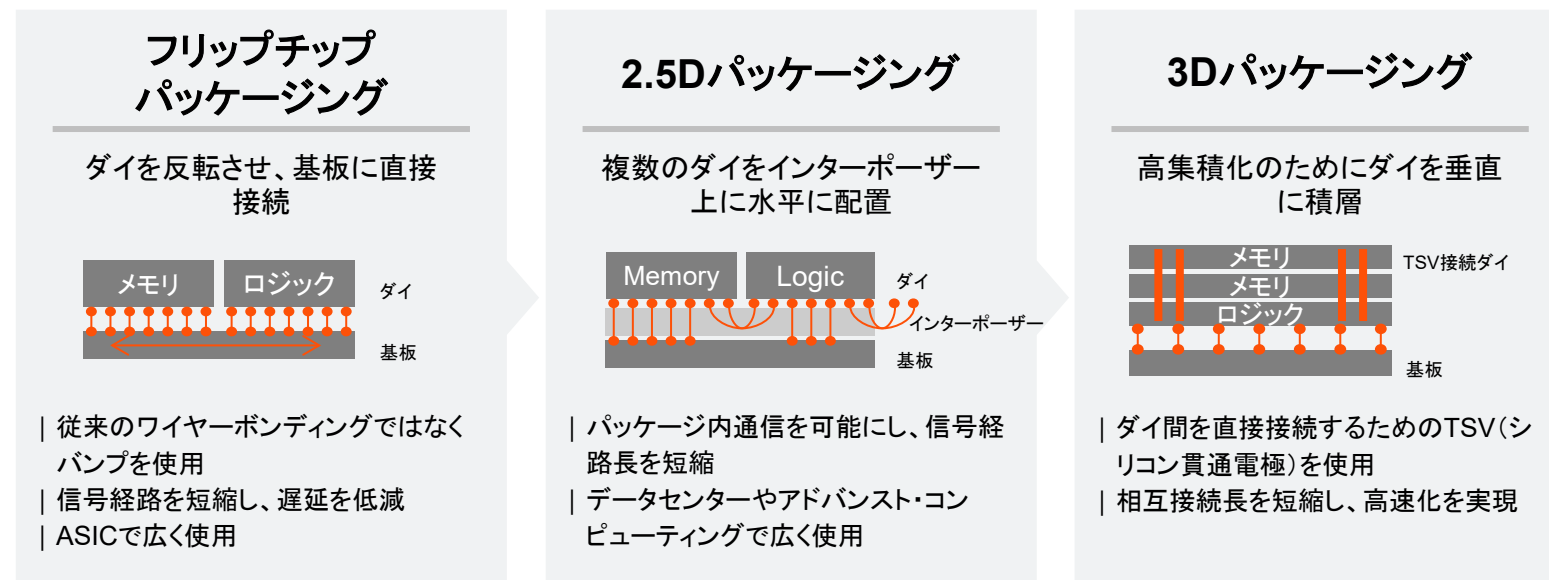
(単位: 10億米ドル)



出所: Yole Group、PwC分析

## 短縮された配線と高まる効率性

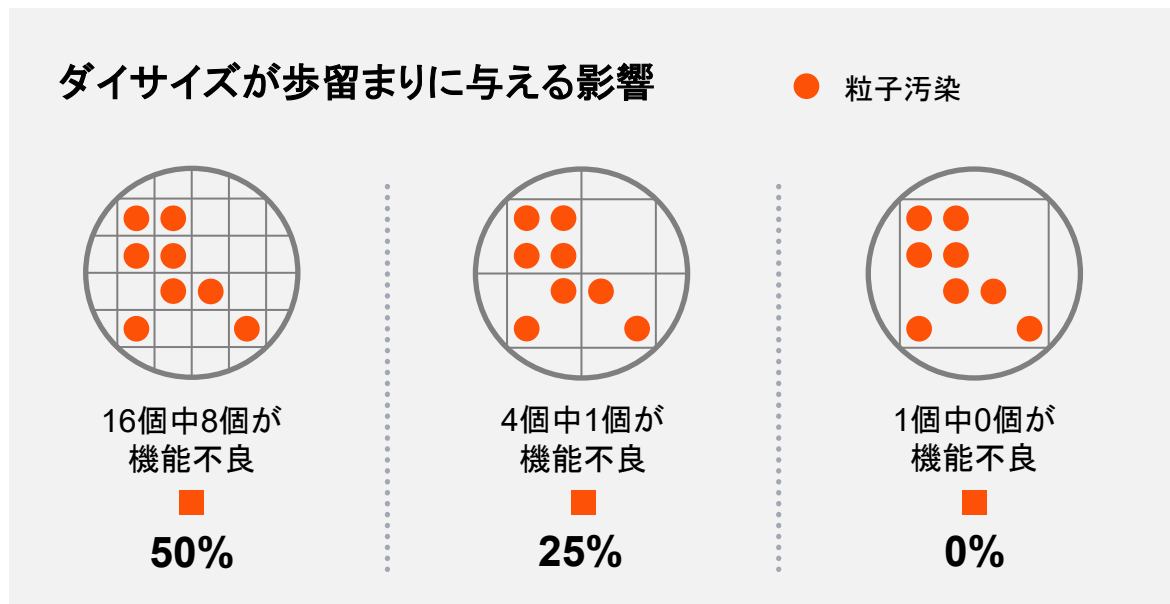
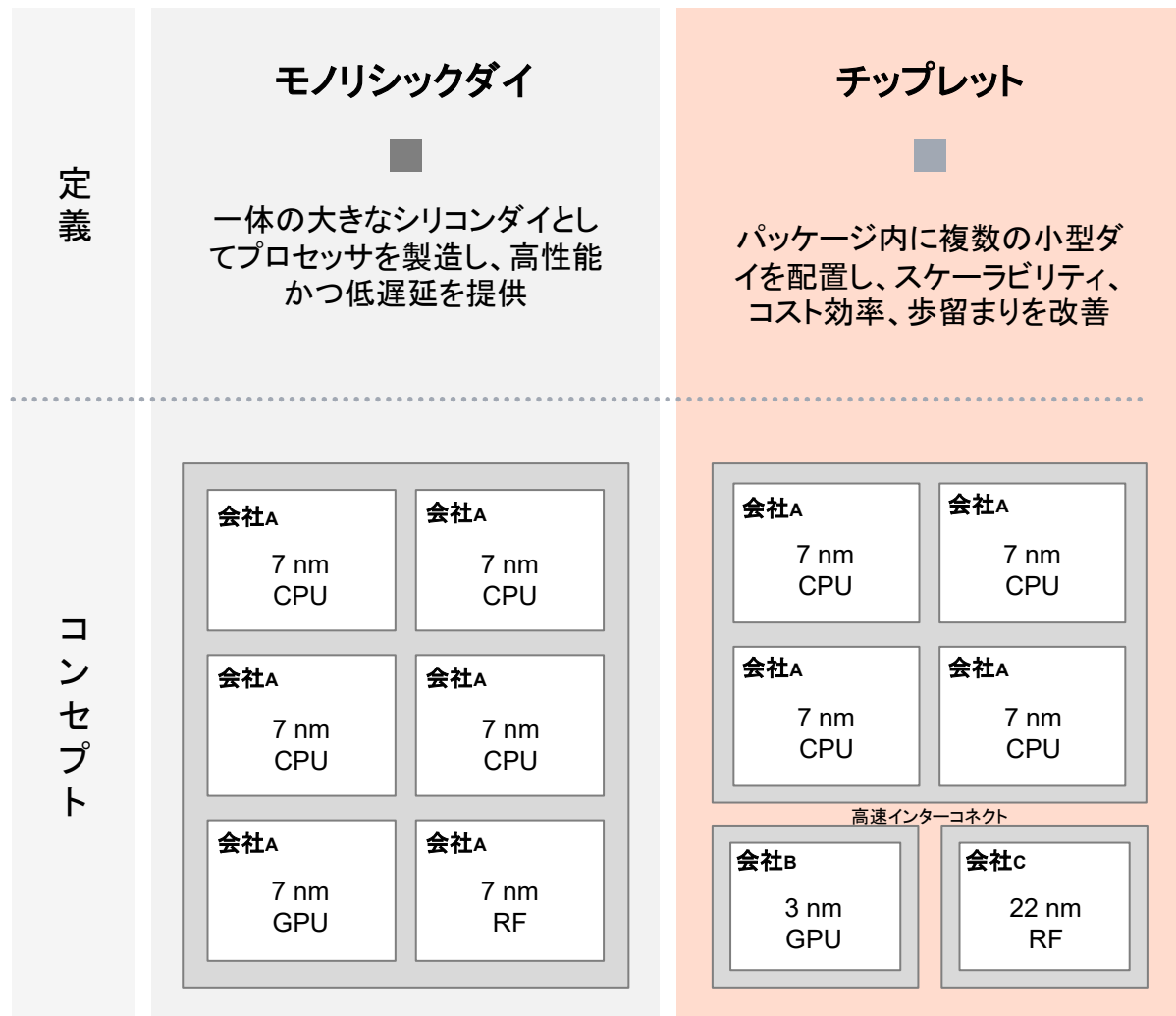
先端パッケージングでは、フロントエンド・ファブと同等の精密さとクリーンさが求められており、ファウンドリやIDMによる投資が着実に増加しています。



## IDMとファウンドリがパッケージングイノベーションをリード

先端パッケージングは現在チップ性能向上の主要エンジンとなっていますが、3D積層やチップレットの工程ではファブレベルの精度が必要です。そのため、ファウンドリとIDMは先端パッケージング投資の約3分の2を占め、今後も最大の技術革新をけん引するとみられています。一方、OSATはファンアウトや2.5Dパッケージングに進出し、余裕容量や中規模設計に対応することで、バックエンドのエコシステムが増大する需要に応えられるようになっています。

# 柔軟な異種統合による効率化

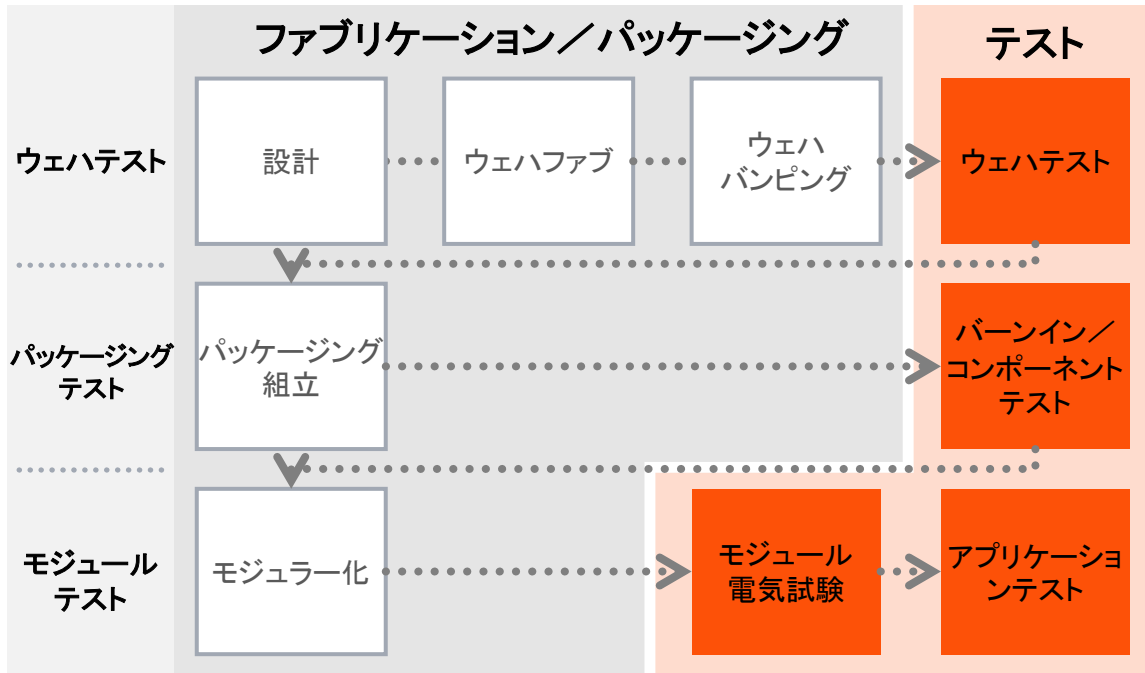


### 高速開発

チップレットは、チップ全体を再設計することなく、選択的なアップグレードを可能にします。例えば、I/Oダイを既存の16nmに据え置いたまま、AIタイルのみを5nmへ移行させることで、設計工数と市場投入までの時間を大幅に短縮できます。

### 戦略的専門化

企業はコアIPを社内に保有し、その他のチップレットを外部から調達することが可能です。この手法の普及に伴い、複数ファウンドリでの分散生産、オープンな相互接続規格、先進的なパッケージング技術が重要となり、これらを統合する設計会社の価値がさらに高まります。



## 半導体テスト工程のランドスケープ

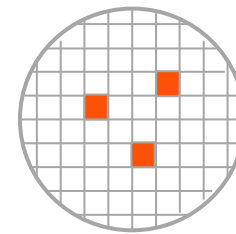
半導体テスト工程の中で、歩留まり向上と最も相関が高いのはウェハテストです。パッケージングテストは工程の後半で行われますが、ウェハテストはダイレベルで不良を検出し、欠陥品の先行搬出を防ぎます。マルチダイパッケージでは、一つの不良ダイがパッケージ全体の機能不良を招くため、早期の欠陥検出が極めて重要です。

ウェハが薄くなるにつれて、接触型のテストには限界が生じ、非接触光学検査(OCTやIRなど)が採用されつつあります。また、プローブカードも微細化が進み、より精度の高い電氣的検査を可能にし、歩留まりと効率のさらなる向上に寄与しています。

## ウェハテストの重要性：高歩留まりの鍵

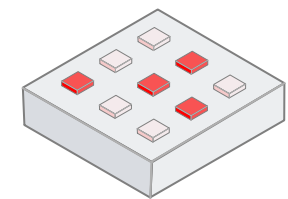
単一ダイ構造から異種集積や2.5D、3Dなどの高度マルチダイパッケージングへの移行が進む中、ウェハレベル検査の重要性は大きく高まっています。高歩留まりで微細化されたダイが一般化し、組み立て前の各ダイの品質評価が全体の歩留まり向上に不可欠です。不良ダイがパッケージ全体を損なうため、厳格なウェハスクリーニングが必要です。また、パッケージングテストも従来の電気検査から拡大し、熱耐久試験、バーンインテストに加え、X線やCTスキャンなど高解像度非破壊検査が潜在欠陥の検出と信頼性向上に広く利用されています。

### ウェハソートテスト



ウェハ切断前段階のテスト

### 既知良品ダイテスト



切り出し後の個別ダイ単位のテスト

# 装置および材料

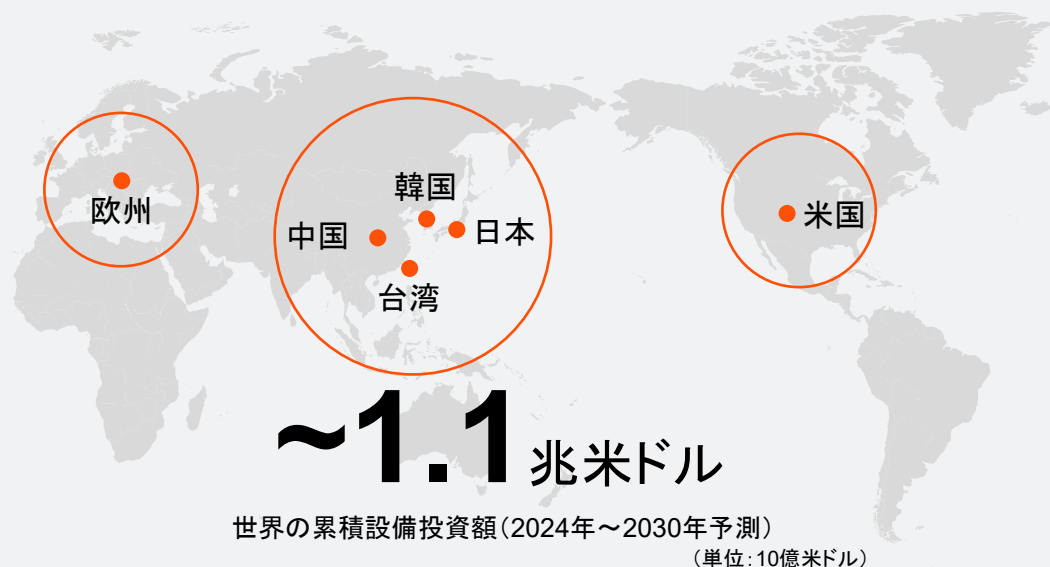
プロセス技術の進展に伴い、フロントエンドファブおよびその装置サプライヤーは、より厳しい技術的障壁に直面しています。7nm以下のプロセスに要求されるEUVリソグラフィは、極めて高精度なレーザーと光学系に依存しており、その装置供給は単一企業に限られているため、入手可能性が依然として制約されています。

バックエンドでは、次世代3Dパッケージング向けのハイブリッドボンディングに課題があります。認定を受けたウエハおよびダイレベルのボンダーを提供する装置ベンダーはわずかしか存在しませんが、新規参入も期待されており、フロントエンドEUVのボトルネックよりも早期にこの制約が緩和される見通しです。

資本集約度が高まる中、専門的な装置と材料へのアクセスは、新規ウエハ生産能力の拡張に不可欠となり、メーカーと装置メーカー間でのグローバル競争を一層激化させています。



## 半導体設備投資の累積支出



EMEA	6%	アジア太平洋	69%	北米	23%
欧州	62	日本	96	米国	240
		韓国	211		
		中国	219		
		台湾	220		

その他地域: 210億米ドル(2%)

出所: 企業発表、専門家インタビュー、PwC分析

## アジアが半導体装置投資をけん引し続ける

世界の半導体装置投資額は2030年まで年率7.4%で成長すると予測され、その70%超がアジアに集中しています。アジアのシェアは2020年代前半に約80%でピークを迎えましたが、2022年のCHIPS法により米国の設備投資が増加し、アジアの割合はやや低下しました。それでもアジアは強固な製造エコシステムと効率性により依然として市場を支配しています。西側地域の比率が低いのは、ファブレス事業に注力しているのが一因であり、アジアは半導体製造を専門としています。

台湾と韓国は先端プロセス技術、特に7nm未満ノードへの投資を推進しています。SamsungとTSMCは、極めて高精度なEUV装置を必要とするこれらノードの生産に不可欠なASML社製EUVシステムの主要顧客です。

中国はアジアの半導体装置購入において大きなシェアを占めると考えられますが、大多数の新規生産能力は28nmなどの成熟ノードを対象としています。米国、日本、オランダによる輸出規制は先端装置へのアクセスを制限しており、これに対抗して国内ファブは自動車、IoT、その他市場向けの大量生産を強化し、長期的な外国の装置への依存低減に向け自社での研究開発を加速しています。

# EUVの需要と供給

先端ロジックノード向けに初めて導入されたEUVリソグラフィ技術は、すでに1αクラスのDRAMにも適用が広がり、以降のメモリノードへも拡大しています。台湾や韓国という長期の主要プレイヤーに加え、米国および中国のチップメーカーからも需要が増加する見込みであり、日本のRapidusも本年代後半に2nm製造に参入予定であることから、限られた装置供給をめぐる競争は一層激化しています。

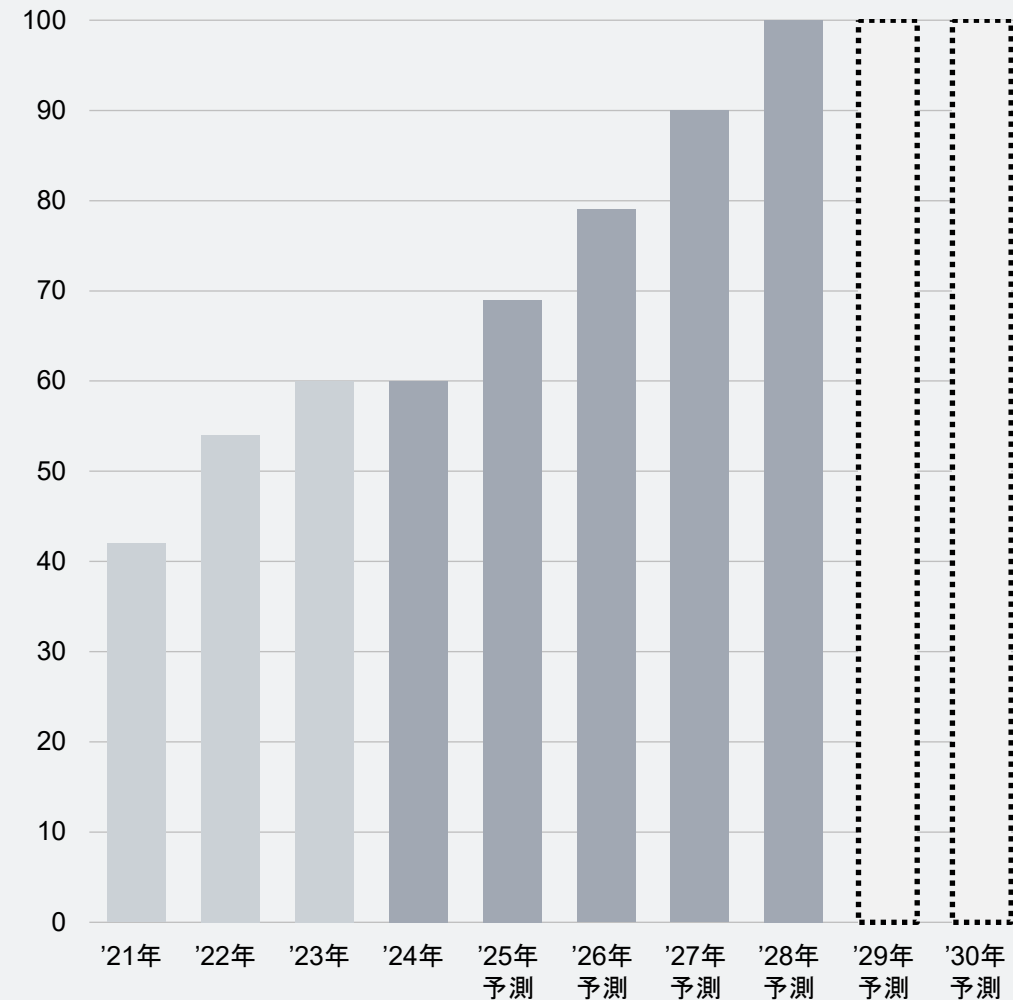
ASMLは現時点で唯一の商用EUVスキャナーベンダーであり、主要ファウンドリおよびIDM向けにシステムを出荷しています。この技術は極めて高度な光学系、真空環境、高電力を必要とし、参入障壁は非常に高いと言えます。代替技術の動きもありますが、キヤノンがニッチ用途向けにナノインプリント・リソグラフィをフィールドテスト中であり、中国のSMEEはEUV関連特許を出願していますが、ASMLプラットフォームのボリューム代替が2030年までに実現する可能性は低いとみられます。

ASMLの生産能力増強が進む一方で、制約は依然として残ります。EUVスキャナー1台の製造・認定には約12カ月を要し、2025年までの同社発表の生産量は現行のバックログ解消に十分でない恐れがあります。最大のボトルネックはCarl Zeiss SMTが製造する極めて高精度なミラーや光学部品の供給量であり、スキャナー使用期間中は常に無塵環境が求められます。

新規サプライヤーの登場や抜本的に異なるパターンニング手法の成熟までは、EUV装置の供給は厳しいままで推移し、十分な装置確保が先端ノードロードマップの重要な競争要因となるでしょう。

## EUV光学装置の供給(ベストケース)

(単位:年間納入装置台数)

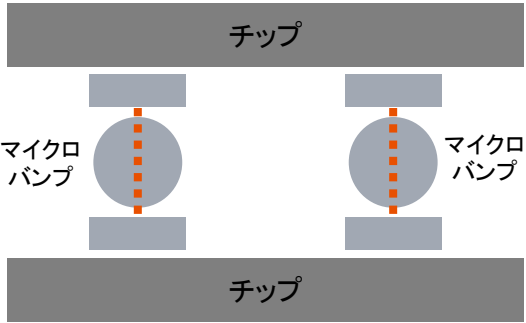
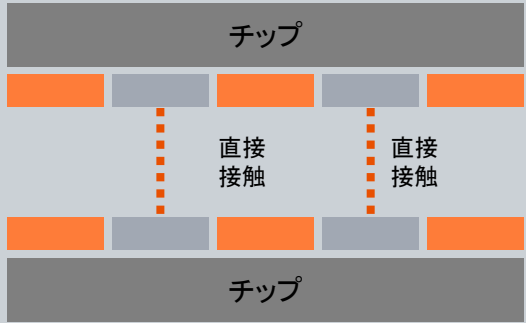


出所: ASML、PwC分析

## TCボンディング

## ハイブリッドボンディング

# 3Dチップの革新

<p><b>定義</b></p>	<p>チップ間のマイクロバンプにより積層時の高さ低減が制限される</p>  <p>チップ</p> <p>マイクロバンプ</p> <p>マイクロバンプ</p> <p>チップ</p>	<p>チップ間の隙間の削減; 多層積層に不可欠</p>  <p>チップ</p> <p>直接接触</p> <p>直接接触</p> <p>チップ</p>
<p><b>ボンディング手法</b></p>	<p>ボンディング時の加熱によりマイクロバンプが溶けて広がる</p>	<p>装置コストがTCボンダーの約4倍高い</p>
<p><b>主な課題</b></p>		

バックエンドの専用装置需要が増加する中、ハイブリッドボンディングはマルチダイ積層の基盤技術として浮上しています。従来の熱圧縮(TC)法は約40 $\mu\text{m}$ のマイクロバンプを用い、I/O密度を制限し、積層が進むにつれて抵抗も増加します。一方、ハイブリッドボンディングは銅-銅間のサブ10 $\mu\text{m}$ ピッチ接点を形成し、より高い帯域幅と平坦な積層構造を実現します。

この技術は、完全にクリーンなプラズマ活性化表面と厳密に管理された粗さが空隙のない接合に必須です。現在、Besi社が商用供給をリードし、100台を超える装置が出荷されており、キャパシティ拡大も進行しています。HBMやロジック・オン・メモリの急拡大に伴い、装置の供給がひっ迫する可能性があります。

競争は激化しています。EV Groupはウェハ間ハイブリッドボンダーを出荷し、ASMPT、Hanmiなどはダイ間ボンディングシステムを開発中です。複数のIDMも自社内でのプラットフォーム開発を進めています。EUVリソグラフィはほぼ独占状態ですが、ハイブリッドボンディングは2020年代末までに複数の供給者が台頭し、3D集積を加速させると予想されます。

# 強い材料による持続成長

ノードサイズの微細化とパッケージの高度化に伴い、従来材料は物理的限界、信頼性の限界に直面しています。銅配線は20nm以下で抵抗率の上昇に悩まされ、従来のSiO<sub>2</sub>誘電体はRC遅延を悪化させ、高温プラズマ処理は膜の均一性を損ないます。これらの影響により、かつて各世代の微細化で「無料」で得られていた電力・性能・面積(P-P-A)の向上が鈍化しています。

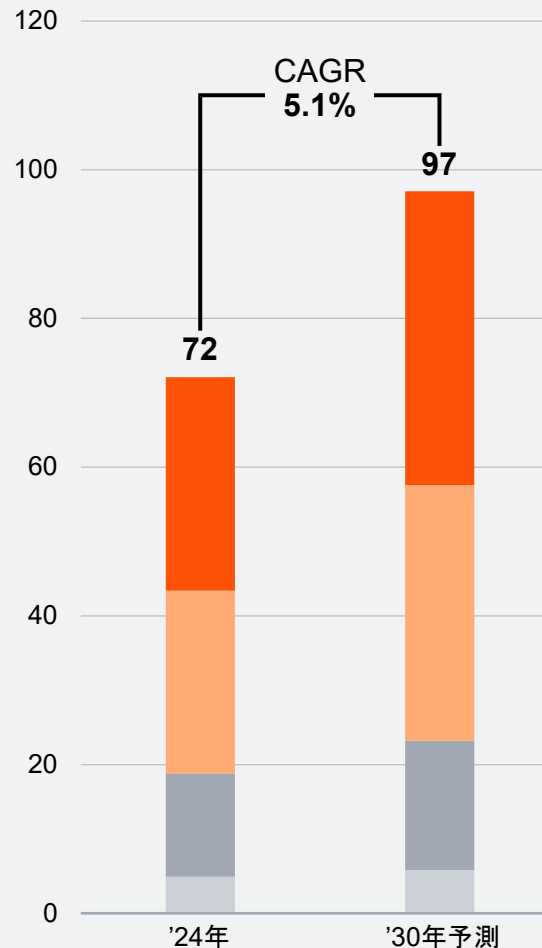
加えて、製造環境はより高温のアニール、過酷な化学処理、サブオングストロームの均一性を持つ膜を要求しています。従来のエッチングや成膜の化学処理は制御限界に近づき、変動が増大し歩留まりに影響を及ぼしています。

こうした壁を突破するため、業界は新規材料に注目しています。コバルトやルテニウムなどの代替金属は、次世代配線の低抵抗・電気移動耐性強化に寄与します。SiGe、ストレインドGe、III-V族化合物などの高移動度チャネルは2nm以下のトランジスタ用に検討中であり、超低k誘電体や空気ギャップの設計は配線間の容量を大幅に低減します。先端パッケージング分野では、高熱伝導性のアンダーフィルや新合金の再配線層で、3D積層の熱拡散と信頼性向上が図られています。

今後、材料革新はリソグラフィや設計と同様に、ムーアの法則に基づく進展を支える鍵となるでしょう。新化学処理技術を確立するファウンドリとサプライヤーが、次世代の半導体性能および量産性の先導役を担います。

## 半導体材料市場予測

(単位:10億米ドル)



### CAGR, 2024年~2030年予測

製造材料	+5.5%
パッケージング材料	+5.8%
シリコンウェハ	+3.8%
消耗部品	+2.7%

出所:企業発表、専門家インタビュー、PwC分析

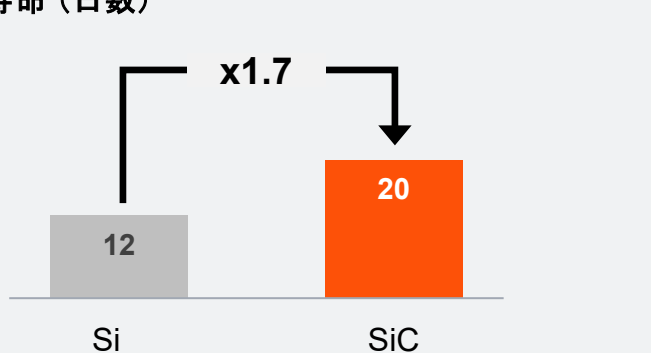
# 新素材でより優れたチップへ

フォーカスリング、チャンバーライナー、静電チャックプレートなどのプラズマ接触部品は長らくシリコン製が主流でしたが、高密度プラズマ環境ではこれらが急速に摩耗し、パーティクルも発生しやすくなっています。これを受け、ファウンドリは硬度とプラズマ耐性に優れ、寿命を数倍延ばせるSiCへの切り替えを進めています。主要ファブではSiC部品の交換頻度が大幅に減り、予期せぬ停止の減少と運用コスト低減が報告されています。

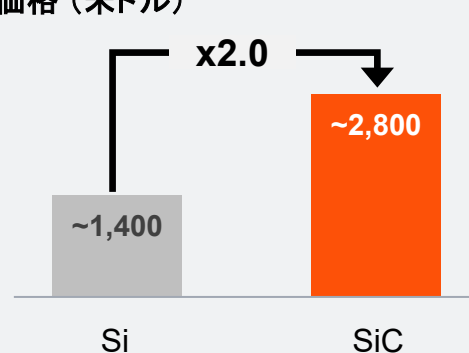
さらに硬度の高いボロンカーバイド(B<sub>4</sub>C)も評価中ですが、寿命はより長いものの、加工難易度やコスト増、パーティクル発生課題解決が求められます。共通認識として、シリコンから先進セラミックカーバイドへのアップグレードは、次世代エッチング装置の稼働率最大化に不可欠です。

## フォーカスリング部品交換の影響

寿命 (日数)



価格 (米ドル)



出所: 専門家インタビュー、PwC分析

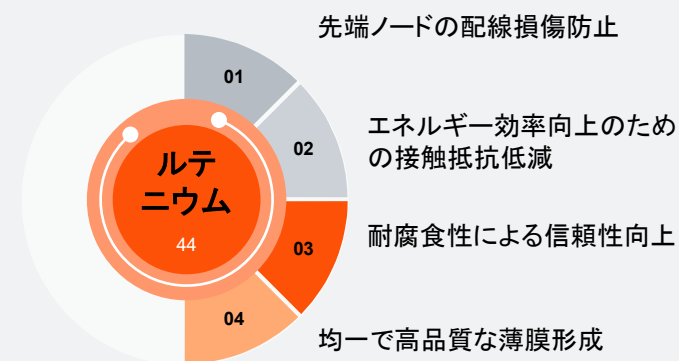
# 次世代配線技術

7nm以下では銅配線は薄くなりやすく、速度低下やエレクトロマイグレーション(電気移動)による早期故障が問題となります。銅の拡散を防ぐための障壁層が追加されますが、その配線幅はさらに狭まります。

より優れた対策は、銅をルテニウムに置き換えるか、薄いルテニウム層で被覆することです。ルテニウムはほぼ障壁を必要とせず、ナノスケールの配線で電流を容易に伝導し、優れた耐摩耗性を持ちます。

5nm以下のチップのスケールが急速に進む中、ルテニウム配線は次世代高性能プロセッサの主力技術となる可能性があります。

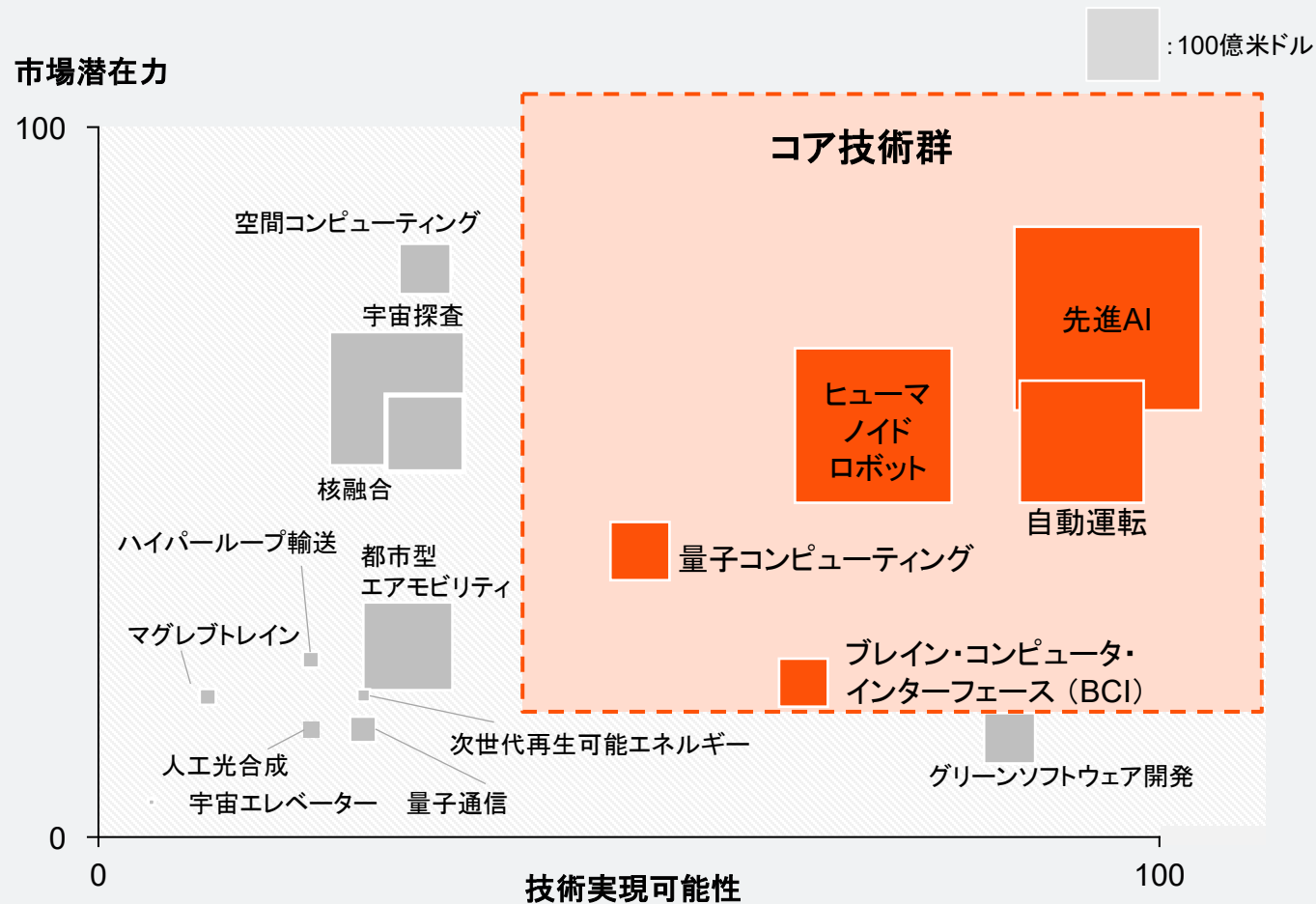
## ルテニウム合金の利点



# 4

## 今後の展望 半導体の機会：AIとその先へ

# 2030年以降の主要技術革新



半導体は2030年以降の技術革新をけん引する重要な役割を担い続けると考えられます。本章では、半導体と強い関連性を持つ技術を分析し、その成長可能性と実現可能性を評価しました。この分析は、半導体業界が将来の技術進展において中核的な役割を果たすための準備を進める一助となることを目的としています。

## 評価方法<sup>1)</sup>

### 技術実現可能性スコア(X軸)

- 実現準備度(商用化時期)
- 過去5年の追加投資額
- 関連分野の博士号取得者数

### 市場潜在カスコア(Y軸)

- 2030年の半導体市場規模の予測
- 2024~2030年の半導体市場のCAGR

### 投資規模(サイズ)

- 過去5年間の技術への総投資額

## コア技術群

### 先進AI:

人工汎用知能(AGI)への移行と、先端ロジック・メモリチップへの需要増加

### 自動運転:

完全自動運転の実現に向け、搭載される半導体の数量と性能が劇的に向上

### ヒューマノイドロボット:

AIと自律技術により広く普及し、半導体が視覚、運動、脳神経の役割を担う

### 量子コンピューティング:

計算原理を革新し、半導体が量子コンピュータの世界を支える

### ブレイン・コンピュータ・インターフェース (BCI):

半導体搭載デバイスが一医療などの分野で革新を推進

1) 各技術のスコアは0~100の相対指標に換算しています  
出所: PwC分析

# 先進AI

AIの限界はどこにあるのでしょうか。AGIの実現に向けた道筋と、未来における半導体の役割を考察します。



## 市場潜在カスコア



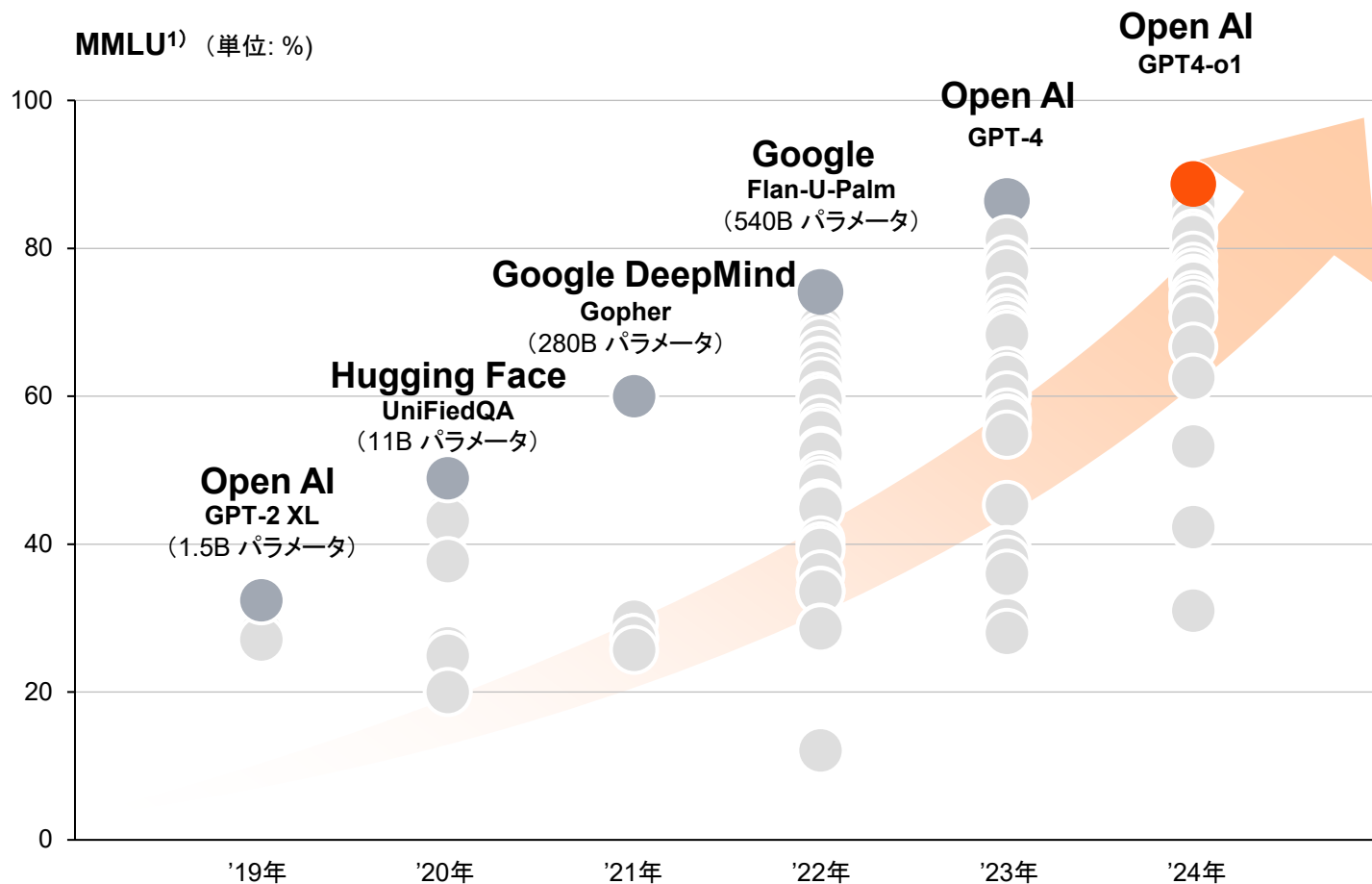
AIは急速な成長が実証され、さまざまな産業用途において財務的価値をもたらしています。この成長の勢いは今後も継続すると予想されます。

## 技術実現可能性スコア



技術投資と熟練人材の増加は、エンドユーザーからの需要拡大によって推進されています。部分的なAGIは2~5年以内の実現が予想され、完全なAGIは10年以上かかる見込みです。

# 主要大規模言語モデル(LLM)の性能ベンチマーク



2024年時点で、AIはすでにいくつかの主要ベンチマークで人間を上回っています。例えば、ImageNetの画像分類では人間の精度を超え、特定の英語読解テストでも高得点を獲得しています。改善の速度は日々加速しています。AI研究者の多くは初期から、人間レベルの知能に並ぶ、あるいはそれを超えるシステムの実現を目指してきました。この最近の進展により、研究資金や人材の流入が過去最高水準となっています。

現在、研究者たちは専門分野に特化した深い知識を持つドメイン特化型大規模言語モデル(DS-LLM)の改良に取り組む一方で、より幅広いタスクを高度な自律性でこなすAGIの長期的な実現を目指しています。AI能力の向上は新たな応用を生み、その応用がさらなる投資を呼び込み、この好循環によってDS-LLMや最終的にはAGIへの進展が加速しています。

1) MMLUはMassive Multi-task Language Understandingの略称で、各AIモデルが獲得した一般知識の測定に用いられるベンチマークの一つです。本グラフは公開論文のデータを基に作成しています。  
出所: PaperswithCode

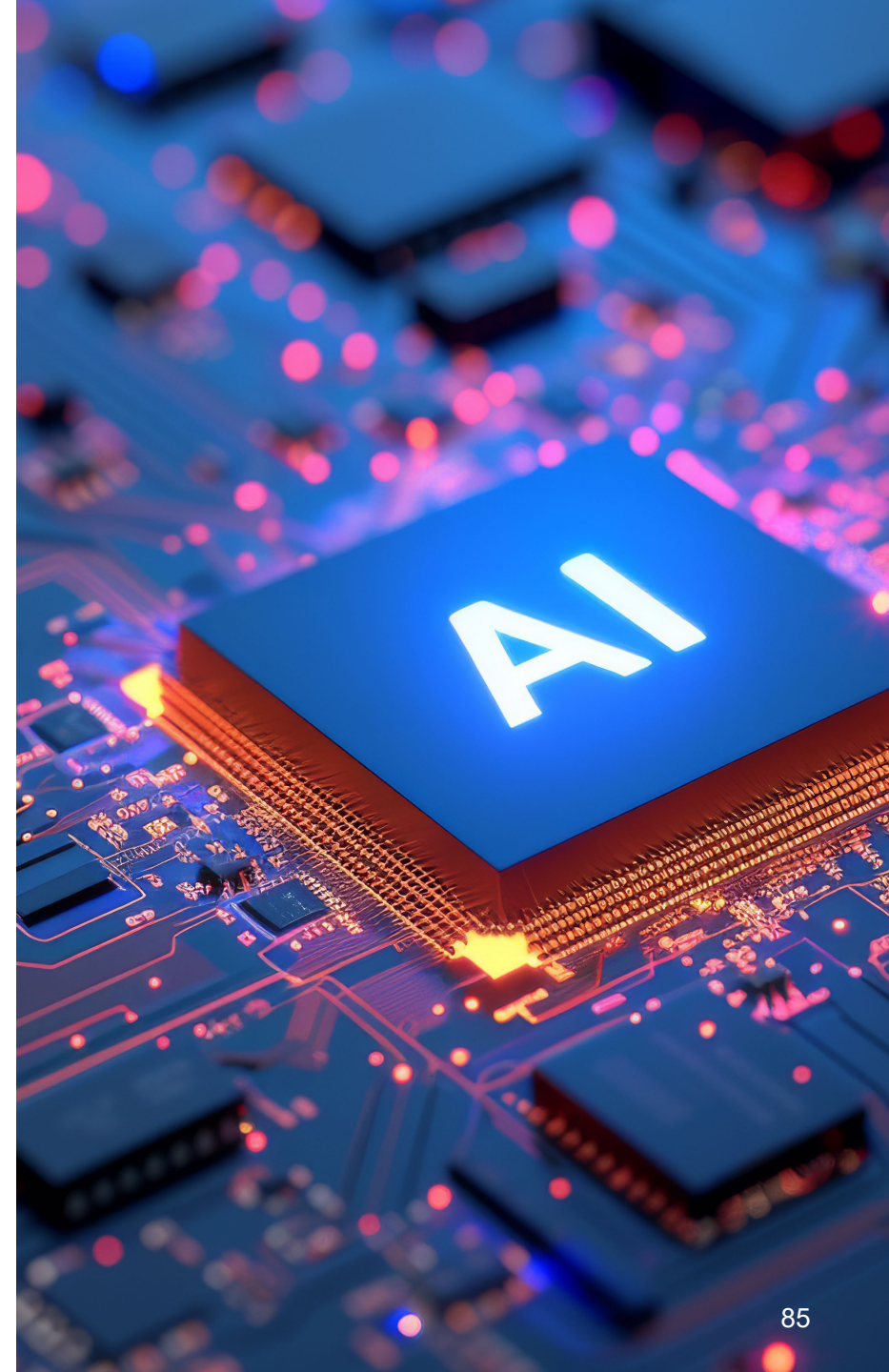
# 半導体が切り開くAGIへの道

AIの進展は、アルゴリズムよりも膨大かつ高品質なデータの確保と、それを処理するための計算能力という二つの実務的なハードルに制約されています。これらの分野への投資は、AIの価値が明確となったことで急速に拡大しています。

AGIの追求は次世代半導体に依存しており、より巨大なモデルはより微細なプロセスノードで製造され、高密度な2.5Dや3Dパッケージングで連結された高速・高効率のロジックダイを必要とします。同時に、トレーニングに用いる膨大なデータセットの移動と蓄積には、高帯域幅かつ低遅延のメモリが必須です。

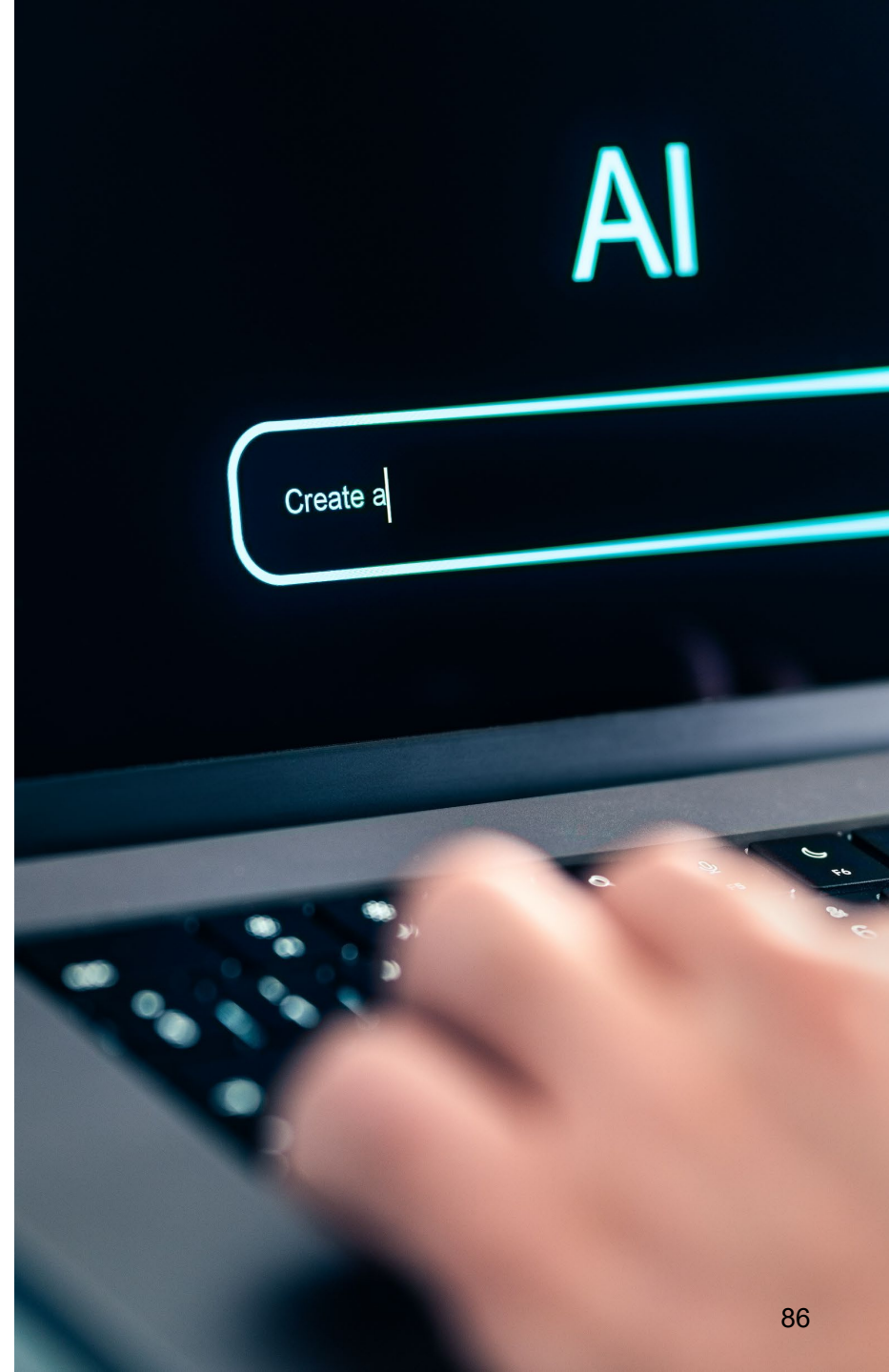
研究開発はニューロモルフィックやインメモリ型アプローチへもシフトしています。ドメイン特化型のNPUはすでにエッジデバイスに搭載され、プロセッシング・イン・メモリ(PIM)のプロトタイプでは、DRAM配列の隣または内部に演算素子を配置し、データ移動に伴うエネルギーと遅延を低減しています。脳の構造を模倣した完全なニューロモルフィックハードウェアは、新しいデバイスコンセプトと先進的パッケージングを要しますが、ワットあたりおよび立方センチメートルあたりの計算効率を劇的に向上させる可能性があります。

これらの半導体の進歩は、今日の特化型AIからより汎用的で高度な知能へ進化する道のりの基盤を形成します。



# 今後の展望を探る

- カスタムシリコンと汎用シリコンの選択: カスタムAIアクセラレータと標準的なGPUやCPUのメリットとデメリットを比較検討します。モデルサイズ、アルゴリズムの複雑さ、消費電力制限、そして市場投入の速さによる価値を加味することが重要です。
- 製品ロードマップの整合: AI需要は多様な業種にまたがるため、高性能チップの技術的ブレークスルーと供給制約を注視し、新しいプロセスノードやパッケージが明確な競争優位をもたらすタイミングでの採用を目指します。
- レジリエントなサプライチェーン構築: NPUやPIMアレイといった先端低消費電力デバイスはボリューム稼働までに長いリードタイムを要するため、早期に生産能力を確保し、深いパートナーシップを築くことで将来的な供給不足を緩和します。レジリエントなサプライチェーン構築: NPUやPIMアレイといった先端低消費電力デバイスはボリューム稼働までに長いリードタイムを要するため、早期に生産能力を確保し、深いパートナーシップを築くことで将来的な供給不足を緩和します。
- 次世代設計の統合: 新しい設計フローを常に把握し、ハードウェアとソフトウェアの両面で開発を進め、バリューチェーン全体で協力しながら、厳しいエネルギー効率と性能目標を達成します。これらは業界がAGIを目指す上で不可欠です。



# 自動運転の未来

主要な自動車企業およびテクノロジー企業は、今後10年で最も重要な変革となる可能性のある取り組みに着手しています。



## 市場潜在カスコア



センサー、AIプロセッサ、パワーデバイスの需要は、2030年代に高レベル自動運転車の出荷が増えるにつれて増加し続け、半導体は将来のモビリティの中核となるでしょう。

## 技術実現可能性スコア



レベル4のパイロット車両はすでに地理的に制限されたゾーンで運用されています。広範な普及は安全データ、規制、コストに依存しており、社会実装まではまだ数年かかる可能性があります。



### 完全自動運転はどこまで近づいているのか？

- 自動運転のレベルは0から5まであります。現在市販されている車の多くはレベル2で、特定の状況下で自律的な操舵や制動を行います。依然として人間の監視が必要です。レベル3のハンズオフ運転を特定の高速道路で提供するモデルも限定的に存在します。複数の企業はジオフェンス区域内でレベル4のロボタクシーを試験中ですが、レベル5(全条件下での無人運転)はまだ実現していません。

### 完全自動運転に必要な技術とは？

- 車載システム: 高性能SoC、マルチモーダルセンサー(カメラ、レーダー、LiDAR)、堅牢なソフトウェア、精密なGNSSおよび高精細地図
- インフラ: 低遅延の5G/6G通信、エッジ/クラウドデータハブ、路側のV2Xユニットとスマート道路センサーによるリアルタイム交通情報
- 規制・標準: 安全認証、サイバーセキュリティ規則、共通通信プロトコル、明確な責任体制

### 完全自動運転の商用化はいつか？

- 多くの専門家は、限定的なレベル4サービスが2030年頃に一部都市で拡大すると予想しています。レベル5は多くの道路・気象条件に対応可能ですが、実現は2040年代以降が見込まれています。
- 技術的課題に加え、法的・倫理的問題も導入時期に影響し、地域やインフラ、公共の受容度によって進展に差が出るでしょう。初期展開は管理された高速道路やマッピングされた都市部で行われる可能性が高いと考えられます。



## 自動運転車は半導体産業をどのように変革するか？

完全自動運転車が商用化されると、車両あたりに搭載される半導体の数が増加し、市場規模の劇的な拡大が見込まれます。現在、市販されている従来型車両には通常約200～300個の半導体が搭載されています。

一方、レベル3以上の自動運転車（運転者の介入なしで走行可能な車両）では、1,000個以上の半導体が必要になる可能性があります。完全自動運転に向けた開発が進む中、市場構造に大きな変化が期待されています。

現在、自動車用半導体は主にエンジン制御、安全システム、エン터테인먼트に使われています。しかし、自動運転車では従来用途に加え、高性能半導体がデータ処理、AI演算、リアルタイム接続に不可欠です。特に機能の高度化に伴い、ドメイン・コントロール・ユニット(DCU)やセンサー、高度なV2X通信チップの需要が大幅に増加すると予想されます。

半導体数の増加に伴い、パッケージング手法も進化し、単一チップからチップレットアーキテクチャへ移行する可能性があります。

また、バリューチェーンも変化する見込みです。レベル0～2では汎用チップが十分な性能を提供してきましたが、高度なレベルでは特化した専用チップが必要となり、OEMによる自社設計・製造の例が増えると予想されます。

# 今後の進むべき道を描く

- ソフトウェアおよびハードウェア能力の準備: 自動運転の高度化に伴い、センサーとコンピュータハードウェアを統合管理するソフトウェアの重要性が増しています。OEM、ティア1サプライヤー、チップベンダーは強固な連携を築き、システムレベルの互換性確保やOTA(Over-The-Air)アップグレードの実現を目指す必要があります。
- 社内生産能力の確保: 中央演算、デジタルコックピット、ADAS、さらにはLiDAR信号処理向けのSoCを自社設計する自動車メーカーが増えています。各OEMは従来のサプライチェーンにとどまるのか、垂直統合を進めるのか、ハイブリッド型を採用するのか、自社内でどこまで設計・製造を行うか明確な戦略が求められます。



# ヒューマノイドロボット

AIや自律技術によって進展するロボティクスの新時代は、半導体にとって巨大な新市場を切り拓く可能性を秘めています。



## 市場潜在カスコア



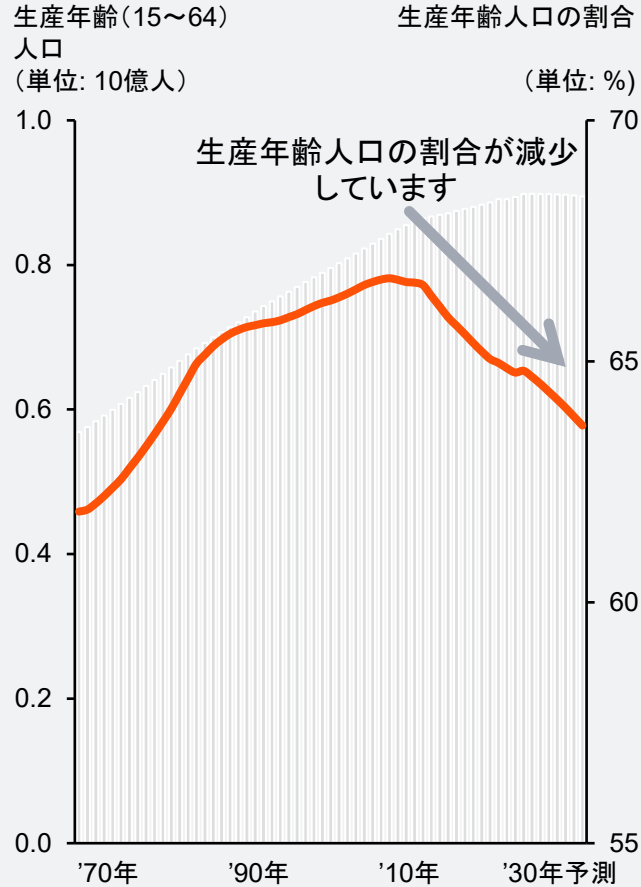
ロボティクス市場の規模は極めて大きく、幅広い産業で活用が進んでいます。複雑な動作の研究も進展しており、人手不足による需要増加を背景に、技術革新の連鎖が成長をさらに加速させる見込みです。

## 技術実現可能性スコア



関連投資は2023年以前に一過性のピークを経験しましたが、現在は大手企業が支援する主要スタートアップへの戦略的投資へと移行し、安定的な研究開発体制が構築されています。これにより、ヒューマノイドロボットの实用化は現実的な段階に入ることが期待されています。

## OECD各国の生産年齢人口



出所: Worldbank

### ロボット

**約7,000 時間の労働**  
(350日 × 1日20時間)

世界的な人口高齢化に伴い、特に先進国では労働力不足が深刻な課題となっています。ロボティクス技術は絶え間なく革新を続けており、労働力不足の解消と生産性向上の切り札として注目されています。単純計算でロボットは24時間稼働が可能のため、人間の約3倍の稼働時間を実現します。

将来的に最も成長が期待されるのはどの分野でしょうか。産業用ロボットはすでに安定成長期に入り、確固たる地位を築いています。また、清掃や飲食店向けのサービスロボットも急速に成長しており、今後はヘルスケアやセキュリティ、ペットケアなど多様な用途での普及が加速すると見込まれています。

出所: PwC分析

### 人間

**約2,000 時間の労働**  
(250日 × 1日8時間)

特に注目すべき成長分野は、AIと自律技術を統合したヒューマノイドロボットです。これらは単純な動作を超え、複雑な挙動を再現するレベルに達しています。ハードウェアの進化に加え、AIやAGIによるソフトウェアの深化が、ロボットのリアルタイムな自律学習を可能にしました。近い将来、ロボットは多様な形態で社会に浸透し、私たちの生活様式を劇的に変革すると期待されています。

# 半導体:ヒューマノイドの血液、骨、筋肉

ロボティクス技術は急速に進化しており、その進歩の中心には、センサー、データ処理、意思決定、そして動作を実現する半導体が存在しています。特に、プロセッサ、センサー、MEMSの需要は今後数年間で急増すると予想されています。

半導体はヒューマノイドロボットの血肉や骨格とも言える存在です。AIプロセッサはロボットの知能の中核を成し、意思決定やリアルタイムのデータ解析を担います。これらの半導体により、ロボットは自律的にデータを処理し、人間の介入なしに動作することが可能となります。NPUを活用したエッジコンピューティングにより、安定したネットワーク接続がない環境でもロボットが独立して機能し、シームレスな意思決定が行えるようになることが期待されています。

ロボットを物理的な世界に適合させるためには、センサーの役割が極めて重要です。CMOSイメージセンサーはロボットに「視覚」を与え、周囲の環境を認識・解釈させます。また、ToF (Time-of-Flight) やLiDAR技術は正確な3D環境マッピングを可能にします。さらに、MEMSセンサーはロボット自身の動きや物理的状态を検知し、精度と効率を向上させます。これらのセンサーは半導体技術を基盤としており、ロボットの性能と信頼性に直接影響を与えています。

加えて、5Gや次世代ネットワーク技術は、ロボット同士や他システムとの高速かつ安全な通信を可能にします。そして、PMIC (電力管理IC) やパワー半導体は、ロボットの安定性を向上させ、効率的な電力制御を実現することで、ロボットが人間をより長時間にわたり支援できるようにします。

要するに、ロボティクスの未来は半導体の進歩と切り離せません。プロセッサが「脳」となり、センサーが信号を送り、アクチュエータやマイクロコントローラが動きを生み出すというように、ロボットの多くの機能は半導体のイノベーションに依存しています。この技術の最前線をリードする企業がロボティクス産業をけん引し、ロボットが人間の生活に深く溶け込む未来を形作っているのです。



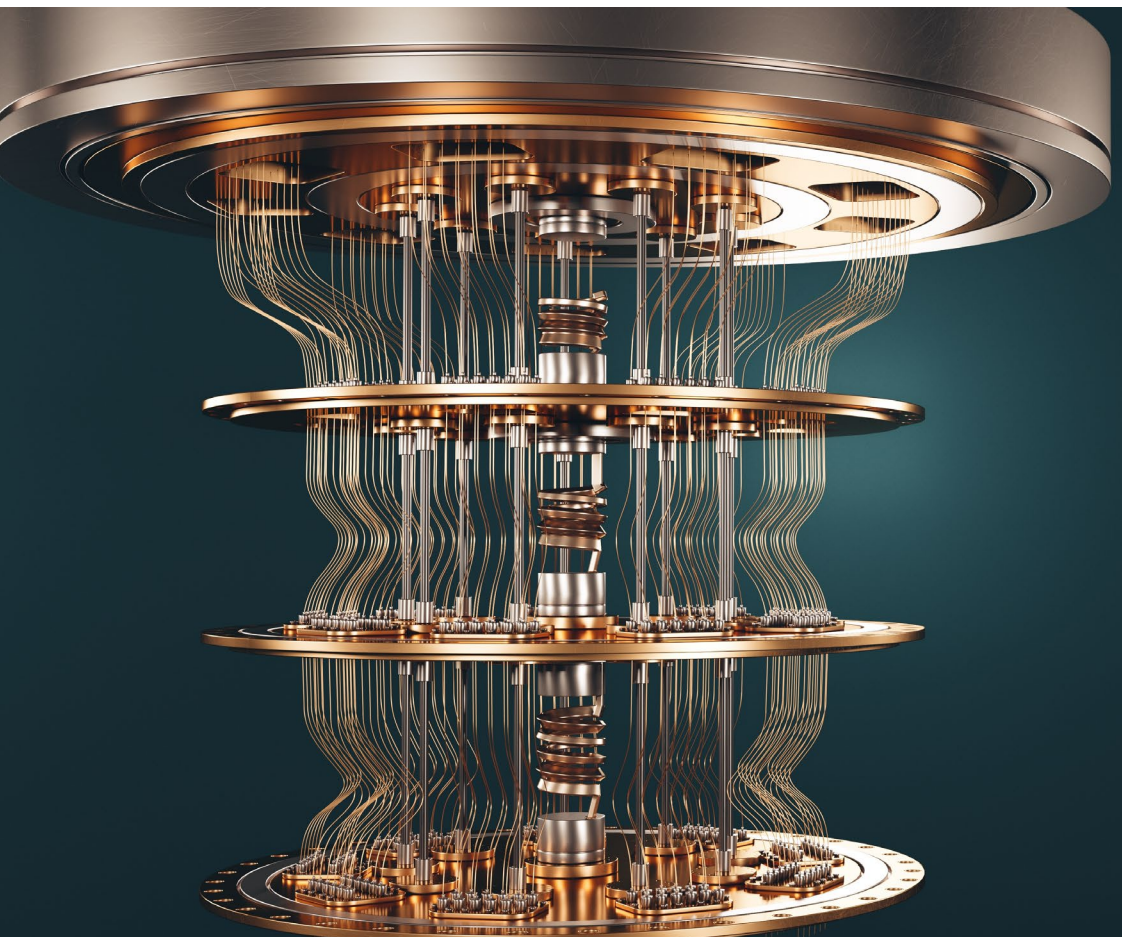


## 今後の展望と課題

- エコシステムの統合: AI機能の実装やシームレスなOTAを実現するためには、研究開発段階からハードウェアとソフトウェアの緊密な連携が求められます。プラットフォーム間の互換性を可能にする戦略的パートナーシップの構築が、市場のリーダーを決定づける重要な要素となるでしょう。
- エネルギー消費への配慮: バッテリー駆動のロボットは、より多くの計算処理能力を搭載する傾向にあり、その結果、放熱や電力管理の課題が増大します。特に、頻繁な充電が困難なラストワンマイル配送ロボットやドローン、小型サービスロボットにおいては、高いエネルギー効率と熱効率の実現が不可欠です。
- 熟練人材の育成: ロボティクス専用SoC設計者の需要はすでに供給を上回っています。これらのデバイスにはリアルタイム処理、組み込みAI、多センサー融合といった専門知識が求められるため、こうしたスキルを持つ人材の確保と育成が持続的なイノベーションにとって重要となります。

# 量子コンピューティング

量子コンピューティングは、将来の複雑な課題解決における決定的な次世代技術となる見込みです。



## 市場潜在カスコア



現在の市場規模は限定的ですが、商用化後は極めて高い成長率が期待されます。この技術はセキュリティや金融分野に不可解な影響を及ぼし、政府主導の戦略的投資により需要が急速に拡大すると考えられています。

## 技術実現可能性スコア



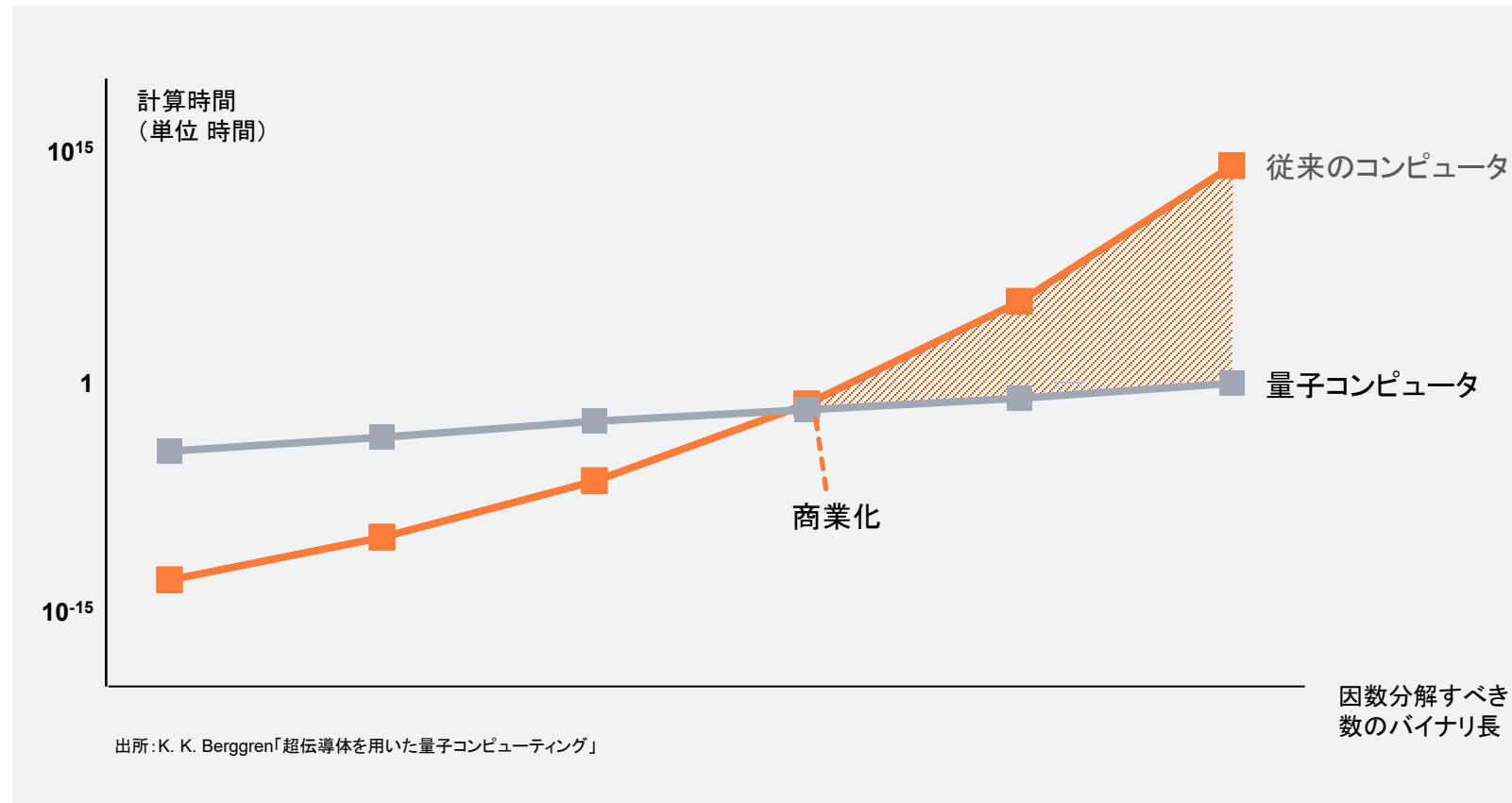
2025年初頭には新たな量子プロセッサが市場に投入される予定であり、相対的に短期間での商業化が期待されています。

# 量子コンピュータの台頭

量子コンピュータは、量子力学の原理である重ね合わせ（スーパーポジション）と量子もつれ（エンタングルメント）を利用し、複数の計算経路を同時に探索することで、大規模な素因数分解、分子シミュレーション、複雑な計算など、従来のコンピュータに比べて格段に高速に、特定の問題を解決することが可能です。

また、量子コンピュータで用いられるゲートやアルゴリズム、とりわけショアのアルゴリズムやグローバーのアルゴリズムは、情報処理速度を飛躍的に改善し、多くの現行の暗号システムを無効化する可能性を秘めています。こうした技術的ブレークスルーにより、量子化学、医薬品開発、ポートフォリオ管理、材料科学といった分野で量子コンピューティングは次世代のゲームチェンジャーと位置づけられています。

戦略的価値を認識した世界各国の政府は、量子技術を重要な研究分野と位置づけ、研究開発に資金を投入しています。IBM、Google、Microsoftといった大手企業から、IonQ、Rigetti、Riverlaneなどの専門スタートアップまで、現在のノイズを多く含む中規模量子プロセッサから、数百万の誤り訂正キュービットを持つフォールトトレラント量子コンピュータへとスケールアップする計画が発表されています。



数百の物理キュービットを搭載した最近のプロトタイプは着実な進展を示していますが、実用的な商業インパクトを得るためには、キュービットのコヒーレンス（量子状態の維持）、量子誤り訂正（QEC）の技術、極低温制御のさらなる進歩が不可欠です。それでも、研究の急速な進展により、実用的な量子コンピューティングはかつて考えられていたよりも早期に実現する可能性が高まっていると期待されています。

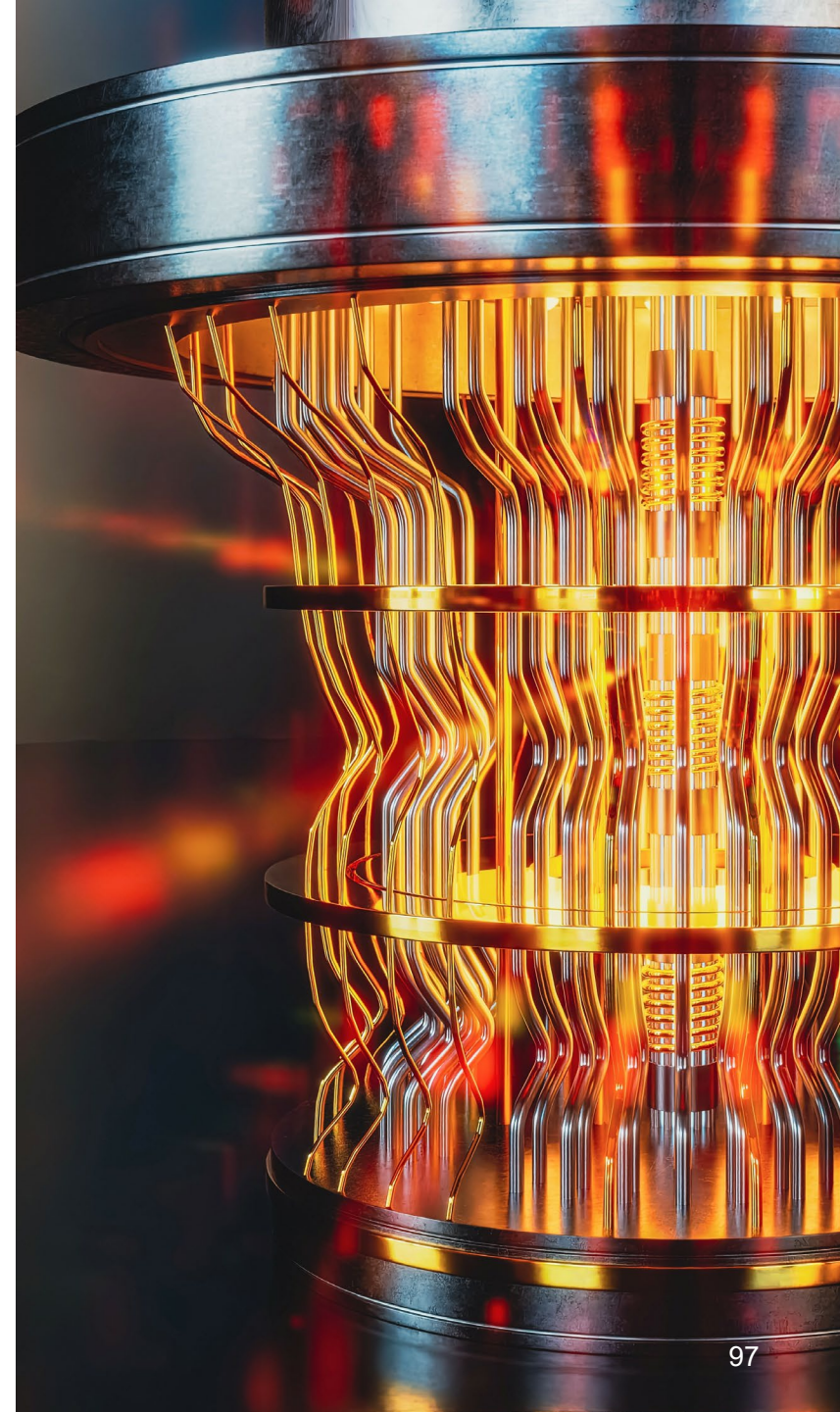
# 量子コンピューティングはシリコンに取って代わるか？

量子コンピュータは新たな技術のフロンティアを代表していますが、短期的には従来のシリコン半導体チップに大きく依存する可能性があります。量子コンピュータは高速な計算能力を提供する一方で、その固有の重ね合わせ状態に由来する脆弱性も抱えています。古典的なビットとは異なり、量子ビットはわずかなノイズでも急速にデコヒーレンス（量子状態の崩壊）を起こします。そのため、量子コンピュータを有効に活用するには、キュービットの安定化技術や、デコヒーレンスしたキュービットを訂正するQECの実装が不可欠です。これらのプロセスには通常スーパーコンピュータが使用され、現在の「ハイブリッド量子コンピューティング」と呼ばれる、量子コンピュータとスーパーコンピュータの組み合わせのランドスケープが生まれています。

このような背景から、GPUの並列計算能力を活用して複雑なQECアルゴリズムを実行できる半導体や、量子コンピュータとスーパーコンピュータ間のデータ通信速度を向上させる半導体への需要が増大しています。

したがって、量子コンピュータが一般的に100万キュービット以上を搭載して商業化される段階に達しても、既存のシリコン半導体市場が衰退することにはならないと考えられます。むしろ、シリコン半導体は量子コンピュータ内で重要な構成要素として機能し、両技術の市場拡大に寄与する相互補完的な関係が築かれるでしょう。

これらの技術は、物流やサプライチェーン管理の複雑な課題解決、分子シミュレーションによる医薬品開発の加速、高度な暗号技術によるサイバーセキュリティの強化、AIや機械学習アルゴリズムの改善など、幅広い分野に応用可能です。特に既存の暗号システムが破られるリスクから、金融やセキュリティ業界に短期的な脅威が生じる可能性があり、これが政府主導の積極的な技術開発投資を促す要因となるでしょう。





## 今後の道筋の策定

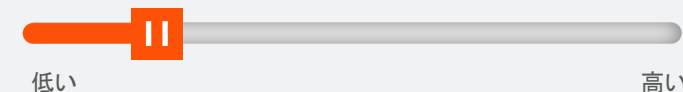
- **量子リソースと古典リソースのバランス**  
フォールトトレラント量子システムは、誤り訂正やスケジューリング、データの前後処理において高速な古典プロセッサに依存し続けます。半導体メーカーは、量子モジュールを古典的なHPCクラスターに接続する低遅延制御ASIC、極低温対応インターフェース、高帯域幅リンクの供給に向けてロードマップを整合させる必要があります。
- **量子コンピュータの二つの派閥**  
量子コンピューティングは、半導体戦略に影響を与える二つの方向性を示しています。既存の半導体プロセスを活用し高スケーラビリティを持つ超伝導キュービットと、比較的誤り率が低く室温動作が可能なイオントラップ型キュービットです。これら二派閥の動向を注視することで、半導体企業は新興分野における自社の立ち位置を見定める手がかりを得ることができます。
- **政府との連携**  
量子コンピュータの技術は物理学、材料科学、先進的な製造技術にまたがっているため、国の研究開発助成金や税制優遇措置、公民連携(PPP)を活用することで、量子関連の半導体開発を加速させ、リスクを分散することが可能です。

# BCI

神経学的治療から幅広い応用へ、半導体は脳の電気信号を解釈し伝達する役割を担います。



## 市場潜在カスコア



当初のターゲット市場は患者を中心とした限定的な規模かもしれませんが、基礎研究を突破し臨床試験フェーズに入ることによって急速な成長が見込まれています。

## 技術実現可能性スコア



非侵襲型BCIはすでにセンサー技術やコンピューティング性能の進歩により商業化が始まっており、侵襲型BCIも今後5~7年での商業化が期待されています。医療とAIの両分野に専門性を持つ研究者が増加していることも、その後押しとなっています。

# BCIの仕組み

## 01 脳波の検出



## 02 アナログ信号の デジタル化



## 03 信号処理と指令 発行



人間の脳は体内で最も複雑な器官です。私たちが見る、聞く、感じる、判断するといった際、脳は「脳波」と呼ばれる電氣的活動を生み出します。BCI技術は、この脳波をコンピュータとつなぐ試みです。この革新的技術は、私たちの思考を外部の出力に変換し、逆に外部からの信号で脳に影響を与えることを目指しています。これは、特に麻痺や感覚障害、神経疾患を持つ人々にとって大きな可能性を秘めています。

BCIは空想科学のように思われるかもしれませんが、その研究は1970年代に始まっており、埋め込み型技術である脳深部刺激療法(DBS)はすでにてんかん治療などに用いられています。この方法では、発作時に特定の脳領域に電気刺激が送られます。2000年代後半以降、侵襲型・非侵襲型のBCIデバイスは臨床試験を通じて着実に進歩しています。

現在、一部の国では侵襲型BCIの臨床試験が開始されており、麻痺患者の運動やコミュニケーション能力を回復させる成功例も報告されています。血管内アプローチといった低リスクの埋め込み手法も登場し、手術の安全性向上に寄与しています。

非侵襲型BCIは精度こそ劣りますが、よりアクセスしやすく独自のペースで進歩しています。EEG(脳波計)を用いた技術では、ユーザーが脳波でロボット義肢を操作したり、ストレスレベルを把握したり、ゲームと連動することも可能です。これらの機器の一部はすでに米食品医薬品局(FDA)の認証を取得し商業化されています。

まだ主流とは言えませんが、BCIは急速に発展しており、医療支援技術やエンターテインメントなどの応用分野は拡大し続けています。今後も技術革新が進めば、思考で機械とやり取りする未来はより身近になるでしょう。

# BCI向け半導体：高度化、カスタム化、低消費電力化

BCIは、脳信号を検出する電極と、脳と外部デバイス間の通信を担う電子回路で構成されます。脳波は膨大かつ極めて複雑なデータであるため、その処理には、高度な超低消費電力AIアクセラレータ、アナログ-デジタル変換器(ADC)、アンプなどが求められます。特に信号が微弱で精密な増幅が必要となる非侵襲型BCIにおいては、その重要性が一層高まります。

侵襲型BCIは長期間にわたり体内に埋め込まれるため、小型化、発熱抑制、低電力化が不可欠です。体内での安全性と機能性を確保するためには、生体適合性材料や高度なパッケージング手法の採用も欠かせません。このため、BCIに特化したASICの需要が増加すると見込まれます。

デジタル化された脳信号を低遅延で処理するためには、AIアクセラレータやDSPを内蔵したSoCの需要も高まるでしょう。これらのチップはデータを解釈し、意図や行動へと変換するため、低遅延性能を備えた高度なチップが求められます。

加えて、脳信号を外部受信機へ送信する際には、RFIC(無線周波数集積回路)やBluetooth Low Energy(BLE)のような、低消費電力かつ短距離の通信チップが活用されます。

さらに、BCI市場は、脳信号を具現化するデバイス、例えばゲーミング、モニター、ロボット義肢などの需要も喚起するでしょう。これにより、グラフィック処理と信号処理の両方を担えるネットワークチップ、GPU、AIアクセラレータ、SoCなどの需要が押し上げられる可能性があります。BCIが医療からヘルスケア、エンターテインメントへと応用範囲を広げるにつれて、高度化、カスタム化、低消費電力化された半導体市場は、今後一層拡大していくと予想されます。





## 今後の方向性策定

- **セキュリティの最優先**

BCIIは非常に機微な神経データを扱うため、セキュリティ技術が競争優位の鍵となります。チップ設計段階からデータ保護機能を統合し、重要な保護領域を明確化するとともに、SoC内に暗号化機能を組み込んで不正アクセスを防止する必要があります。

- **規制変化への対応**

体内に直接埋め込む侵襲型BCIIは、政府によるより厳格な安全性検証が求められます。FDAなどの規制順守に加え、厳密な検証プロセスをクリアするチップ設計が不可欠です。企業は最新の規制動向を常に把握し、チップ設計への影響を評価して市場投入の成功を目指さなければなりません。

- **ソフトウェア互換性の促進**

BCIIにおいてはハードウェアとソフトウェアのシームレスな統合が不可欠であり、それが下流デバイスやユーザーインターフェースとの信頼性ある連携を実現します。企業はエコシステムパートナーと密接に連携し、チップ設計からシステム実装までの相互運用性の向上に取り組むべきです。

# 參考資料

1. PwC, "State of the semiconductor industry", 28 Nov 2024
2. Bloomberg intelligence, "EV Share of Total Vehicle Sales"
3. PwC, The monthly Autofacts® Market Update
4. Economic Review, "Power Semiconductor takes more than 50% of EV components, Korea has still long way to go", 23-Dec 2015
5. Trendforce, "[News] Global GaN Power Device Market Size Expected to Reach USD 4.376 Billion in 2030, CAGR of 49%", 16 Aug 2024
6. Yole Group, "SiC and GaN: an industry driven by different engines", 15 Dec 2022
7. IEA, Electricity 2024, Analysis and forecast to 2026, Jan 2024
8. IDC, "Worldwide Wi-fi Technology Forecast Update, 2024–2028", Mar 2024
9. Ericsson, "Ericsson Mobility Report", Nov 2024
10. Analog Devices, "GaN Power Solutions"
11. Statista, "Market: Household major appliances worldwide", 2019-2029
12. Statista, "Market: Consumer Service Robotics worldwide" & "Market: Gaming Equipment - VR Headsets worldwide", 2018-2029
13. Statista, "Market: Telephony - Smartphones worldwide", 2018-2029
14. Statista, "Market: Consumer Electronics - Computing worldwide", 2018-2029
15. Gartner, AI PC Unit Shipments, Worldwide, 2021-2027
16. Gartner, GenAI Smartphone Unit Shipments, Worldwide, 2021-2027
17. Statista, "Medical Devices - Worldwide", Aug 2024
18. Gartner, IoT Endpoints and Communications Forecast, 2Q23
19. IEA, "Renewables 2024, Analysis and forecasts to 2030", Oct 2024
20. Statista, "Renewable energy market size worldwide in 2021, with a forecast for 2022 to 2030", Dec 2022
21. KIET, The Impact and Implication of the Russia-Ukraine War on Global Defense Market, Mar 2023
22. Fry BT, Howard RA, Thumma JR, Norton EC, Dimick JB, Sheetz KH. Surgical Approach and Long-Term Recurrence After Ventral Hernia Repair. JAMA Surg. 2024;159(9):1019-1028. doi:10.1001/jamasurg.2024.1696
23. Infineon, "Wide Bandgap Semiconductors (SiC/GaN)"
24. NVIDIA, NVIDIA Data Center GPU Resource Center
25. IBS, Costs to produce a new chip, 2018
26. SEMIWIKI, Interface IP in 2022: 22% YoY growth still data-centric driven, Apr 2023
27. Synopsys, 2024 Annual Report, 2024
28. Cadence, 2024 Annual Report, 2024
29. SIEMENS, 2024 Annual Report, 2024
30. Gartner Forecast: Foundry Supply and Demand, Worldwide, 2005-2024
31. SEMI, World Fab Forecast, 2024
32. Omdia, PwC White paper on state of Semiconductor Industry
33. Gartner Forecast: DRAM Market Statistics, Supply and Demand, Worldwide, 2009-2028
34. Gartner Forecast: NAND Flash Supply and Demand Worldwide, 2009-2028
35. Yole Group, Power GaN: harnessing new horizons, Apr 2024
36. Yole Group, SiC and GaN: an industry driven by different engines, Dec 2022
37. Paul McWilliams, "Moore's Law is Dead - Long-live the Chiplet!", SemiWiki, 30 Sep 2022
38. Mark Lapedus, "Transistors Reach Tipping Point At 3nm", Semiconductor Engineering, 23 Feb 2022
39. Anton Shilov, "TSMC's wafer pricing now \$18,000 for a 3nm wafer, increased over 3X in 10 years: Analyst", Tom's Hardware, 5 Jan 2025
40. Liz Allan, "Asia Government Funding Surges", Semiconductor Engineering, 18 Nov 2024
41. Trendforce, "[News] Global Developments in Advanced Packaging Projects", 27 Nov 2024
42. Invest Korea, "Strategy for Nurturing High-tech Industries by Sector"
43. SK Hynix, "[Understanding Semiconductors Part 7] AI Era, Packaging Technology Moving to a New Dimension! Chiplets and 3D SoC (7/7)", 29 Nov 2023
44. Gartner, IoT Endpoints and Communications Forecast, 2Q23
45. ASML, Annual Report 2022-2024
46. MarketScreener, "BE Semiconductor Industries N : Hybrid Bonding Presentation March 2022", Mar 2022
47. National Center for Science and Engineering Statistics, Survey of Earned Doctorates (SED) 2023, Sep 2024
48. PaperswithCode, "Multi-task Language Understanding on MMLU", Accessed 27 Feb 2025
49. Worldbank Databank, "Health Nutrition and Population Statistics: Population estimates and projections", 16 Dec 2024
50. K. K. Berggren, "Quantum computing with superconductors," in Proceedings of the IEEE, vol.92, no.10, pp. 1630-1638, Oct. 2004, doi: 10.1109/JPROC.2004.833672.
51. Kawala-Sterniuk, Aleksandra et al. "Summary of over Fifty Years with Brain-Computer Interfaces-A Review." Brain sciences vol. 11,1 43. 3 Jan. 2021, doi:10.3390/brainsci11010043

# 著者一覧

## PwC Global Semiconductor Leader

### Glenn Burm

Partner,  
glenn.b.burm@pwc.com

## 韓国

### Yoo-Shin Chang

Partner,  
Strategy& Korea  
yoo-shin.chang@pwc.com

### Tommy Lee

Partner,  
Strategy& Korea  
tommy.lee@pwc.com

### Tae-Young Kim

Partner,  
Strategy& Korea  
ty.kim@pwc.com

### Seung-Wook Han

Partner,  
Strategy& Korea  
seung-wook.han@pwc.com

## EMEA

### Tanjeff Schadt

Partner,  
Strategy& Germany  
t.schadt@pwc.com

### Steven Pattheeuws

Partner,  
PwC Netherlands  
steven.pattheeuws@pwc.com

## インド

### Mohammad Athar Saif

Partner,  
PwC India  
mohammad.athar@pwc.com

## 米国

### Tom Archer

Partner,  
PwC US  
thomas.archer@pwc.com

### Arup Chatterji

Partner,  
PwC US  
arup.Chatterji@pwc.com

### Scott Almassy

Partner,  
PwC US  
scott.d.almassy@pwc.com

## 日本

### 内村 公彦 (Kimihiro Uchimura)

パートナー  
PwCコンサルティング合同会社  
kimihiro.uchimura@pwc.com

### 坂野 孔一 (Koichi Banno)

パートナー  
PwCコンサルティング合同会社  
koichi.banno@pwc.com

## 台湾

### Jacky Lu

Partner,  
PwC Taiwan  
jacky.l.lu@pwc.com

## PwC Semiconductor Center of Excellence (CoE)について

PwC Semiconductor CoEは、半導体分野における経験豊富な専門家で構成されたグローバルチームです。PwCグローバルネットワーク内で、韓国、ドイツ、米国、日本を含む主要地域、さらにその先までカバーしています。PwC Semiconductor CoEは、クライアントが直面する課題に対応するため、革新的なソリューションや洞察を提供することに注力しています。レポートの詳細については、**PwC Semiconductor CoE**までお問い合わせください。

<お問い合わせ先>

PwC Japanグループ  
<https://www.pwc.com/jp/ja/contact.html>



PwC Japanグループは、日本におけるPwCグローバルネットワークのメンバーファームおよびそれらの関連会社（PwC Japan有限責任監査法人、PwCコンサルティング合同会社、PwCアドバイザリー合同会社、PwC税理士法人、PwC弁護士法人を含む）の総称です。各法人は独立した別法人として事業を行っています。複雑化・多様化する企業の経営課題に対し、PwC Japanグループでは、監査およびブローダーアシュアランスサービス、コンサルティング、ディールアドバイザリー、税務、そして法務における卓越した専門性を結集し、それらを有機的に協働させる体制を整えています。また、公認会計士、税理士、弁護士、その他専門スタッフ約13,500人を擁するプロフェッショナル・サービス・ネットワークとして、クライアントニーズにより的確に対応したサービスの提供に努めています。PwCは、クライアントが複雑性を競争優位性へと転換できるよう、信頼の構築と変革を支援します。私たちは、テクノロジーを駆使し、人材を重視したネットワークとして、世界137の国と地域に364,000人以上のスタッフを擁しています。監査・保証、税務・法務、アドバイザリーサービスなど、多岐にわたる分野で、クライアントが変革の推進力を生み出し、加速し、維持できるよう支援します。

本報告書は、PwCメンバーファームが2025年9月に発行した『Global semiconductor industry outlook 2026』を翻訳したものです。翻訳には正確を期しておりますが、英語版と解釈の相違がある場合は、英語版に依拠してください。

オリジナル（英語版）はこちらからダウンロードできます。[www.pwc.com/gx/en/industries/technology/pwc-semiconductor-and-beyond-2026-full-report.pdf](https://www.pwc.com/gx/en/industries/technology/pwc-semiconductor-and-beyond-2026-full-report.pdf)

日本語版発刊年月：2026年3月 管理番号：I202511-02

© 2026 PwC. All rights reserved.

PwC refers to the PwC network and/or one or more of its member firms, each of which is a separate legal entity. Please see [www.pwc.com/structure](https://www.pwc.com/structure) for further details.

This content is for general information purposes only and should not be used as a substitute for consultation with professional advisors.