

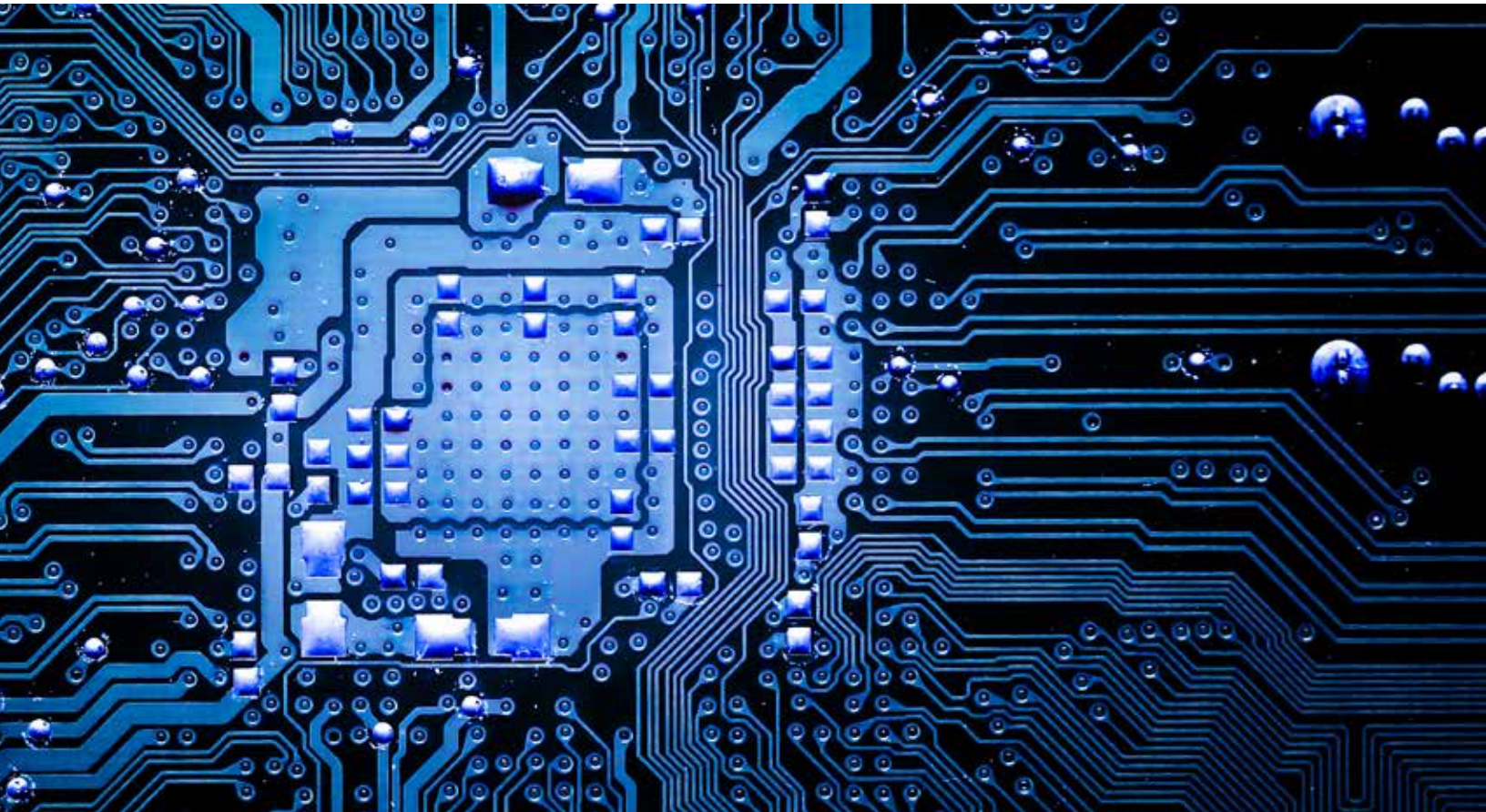


2021年車載半導体不足への 対処

半導体供給の制約は、2021年第3四半期まで続く可能性が高い。
自動車業界への短期および長期的な影響を分析する。

Richard Dixon | 半導体&コンポーネント リサーチ&アナリシス・アソシエイト・ディレクター
Phil Amsrud | ADAS、半導体&コンポーネント シニア・プリンシパル・アナリスト
Jeremie Bouchaud | リサーチ&アナリシス・ディレクター

2021年2月



今回の危機は、自動車メーカー、ティア1サプライヤー、半導体サプライヤー、ファウンドリ(半導体生産工場)との間で生産能力と調達パターンの調整が必要であることを浮き彫りにした。短期的にみてこの影響を軽減できるのは業界全体の協力だけである。

半導体不足は、パンデミックによる減速後、自動車分野の生産水準が緩やかに回復し始めたときに起こった。自動車業界の半導体需要の増加は、5G電話、インフラ、新たなゲーム用プラットフォーム、IT機器など家電分野の大規模な需要によって供給ラインが逼迫し始めていたときに始まった。半導体の製造プロセスは長く複雑であるため、生産能力増強は資本集約的かつ時間のかかる作業になる。半導体不足は2021年第3四半期まで続くと予想され、その頃には半導体ファウンドリ側による生産能力の再割り当てと、場合によっては家電需要のある程度の冷え込みによって、供給安定性が高まるとみられている。

台湾に拠点を置くTSMC (Taiwan Semiconductor Manufacturing Company) やUMC (United Microelectronics Corporation) といった主要半導体サプライヤーが生産能力増強に向けた投資計画を発表したが、短期的な改善は見込まれず、OEMやティア1半導体サプライヤーは半導体調達戦略の再構築を強いられる。今回の危機は自動車会社が追求してきた従来型の短期調達サイクルが、家電セクター側が半導体メーカーに要求する生産・規模のサイクルとうまく折り合わない可能性を浮き彫りにした。IHS Markitは、サプライチェーンの在庫管理手法が将来に向けて一定の修正変更を導入すると見ている。

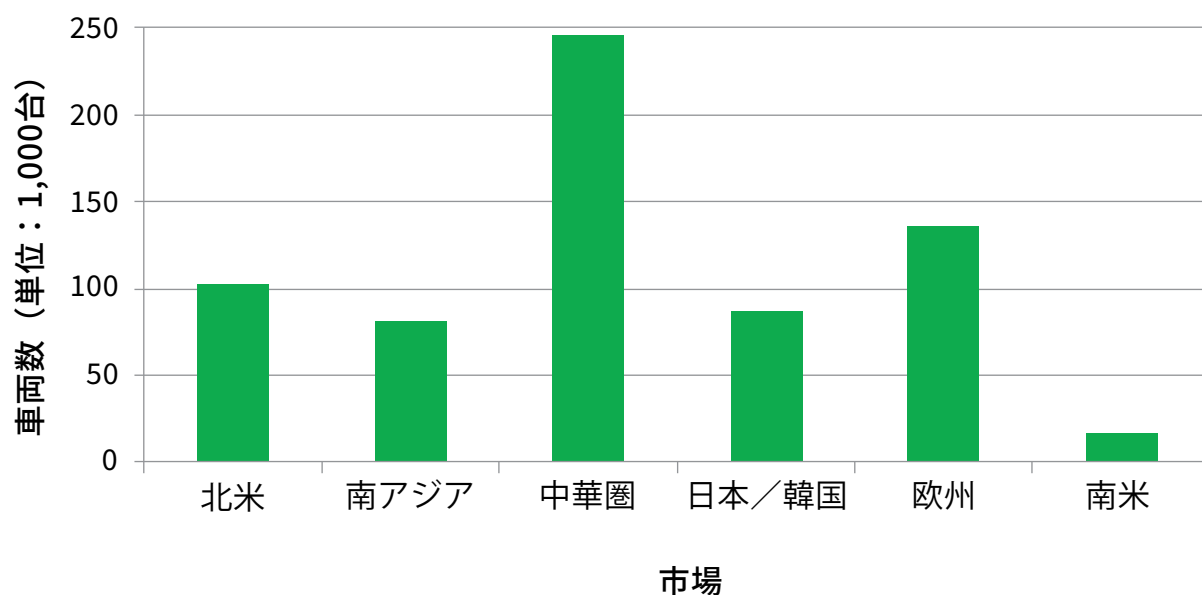
IHS Markitサプライチェーン&テクノロジーチームは、2020年4月から半導体の状況を追跡している。「制約の原因はOEMからの需要増加と半導体の供給制限の結果であり、この要因が調整されなければ解決には至らない。原因が自然災害である場合、サプライチェーンは復旧計画に沿って対応し、実行には数ヵ月あるいは数四半期かかるが、少なくとも計画はすでに存在している。今回は需要と供給バランスが要因であり、マイクロ・コントロール・ユニット (MCU) のリードタイムは26週間以上であるため、サプライチェーン制約は少なくとも今年第3四半期まで続く可能性がある」とIHS Markit シニア・プリンシパル・アナリスト (ADAS、半導体&コンポーネント) のPhil Amsrudは述べている。

当初の影響

自動車生産への影響はすでに顕著だが、状況は依然として流動的であり、当社の自動車生産チームはこの影響を継続的に追跡している。1月29日時点で、IHS Markitは2021年第1四半期のライトビークル生産台数が供給中断によって672,000台減少すると予測した（下図参照）。先般、Audiは10,000人の労働者を解雇し、Q5などプレミアムモデルへの影響を公表した。Volkswagen (VW) では「マイクロチップ不足のため」、ドイツのWolfsburgとEmden両工場とBrunswickのコンポーネント工場の生産量を削減しなければならなかった。Fordは、Luisville工場でのEscape生産停止のほか、ドイツSaarlouis工場でのFocus生産を1月19日から1ヵ月間停止すると述べた。FordのChicago、Dearborn Truck、Kansas City、Oakvilleといった各工場にも影響が及んでいる。ホンダ、Renault、トヨタ、マツダ、その他複数のOEMも最近、同様の発表を行った。

台数の混乱が最も大きいのは中国本土で、入手可能な情報によると、そのリスクは第1四半期には25万台近くになる可能性がある。FAW-VW、SAIC-VW、SAIC-GM、Dongfeng Hondaといった自動車メーカーの工場では5日間から14日間の閉鎖の影響が出ている。

2021年第1四半期のライトビークル生産台数に対する半導体供給問題の影響推計



注: 2021年1月29日現在の推計
Source: IHS Markit

©2021 IHS Markit

不足をめぐる背景

- 1. 焦点のマイクロコントローラ:** マイクロコントローラ、すなわち処理要件を含む組込アプリケーションで通常使用されデジタル・コンポーネント、電気機械コンポーネント、あるいはアナログ・コンポーネントとの相互作用を制御する単一集積回路が特に不足しており、これらはすべての電子制御ユニット (ECU) に必要だ。MCUはパワートレイン (エンジンECU、トランスミッションECU)、シャーシ (エアバッグECU、アンチロック・ブレーキ・システム[ABS]／横滑り防止装置[ESC] ECU)、ボディ (ドアECU、ボディ制御モジュール)、パーキングECUなど先進運転支援システム (ADAS) を含むすべての領域で使用される。このパーツの不足はティア1サプライヤーにも同様に広く影響を与えると予想される。Bosch、Continental、デンソーはそれぞれ、自動車生産の全領域で少なくとも30以上の異なるECUを製造している。センサーや半導体の自社製造を誇るBoschやデンソーは、外部から購入するMCUやアナログ集積回路 (IC) の供給が不足していることを認めている。

MCUは、通常40nm未満の最先端プロセスノード (半導体製造プロセス) で製造され、これはICの小型化が進むにつれて高度化が進んでいることを示している。プロセス関連の資本支出は非常に高く、こうしたプロセスを備えたチップ製造工場 (ファブとも呼ばれる) は限られている。垂直統合型デバイスメーカー (IDM) など大半のデバイスメーカーは、こうした最先端ノードを所有するTSMCなどのファウンドリにチップ製造を外注するという長期戦略をとっている。結果としてMCUは1つのソースに極端に集中することになり、現在出荷されている車載MCU全体の約70%がTSMC製となっている。

- 2. TSMCのボトルネック:** TSMCが昨年発表した全般的な生産能力の制約は、今回の危機の起源が2020年、部分的には2020年以前にまでさかのぼることを示唆している。TSMCの総収入に占める自動車分野の割合はわずか3%だ。TSMCは投資を増額し自動車分野の顧客を支援すると述べているが、これは長期的な展望で主に高性能コンピューティングに向けた自動車分野の長期傾向を反映しており、現在のボトルネック解決をサポートするものではない。
- 3. リードタイムへの影響:** リードタイムには大きな影響が及ぶ。内製に通常12~16週間かかるMCUには、需要が増加しているコンポーネントの場合、26週間、場合によっては最大38週間のリードタイムが必要になる。そのため現在、ほぼすべての半導体のリードタイムが1~2ヵ月長くなっている。昨年11月には複数の車載半導体サプライヤーがIHSMarkitに対し、TSMCは2021年第3四半期以前納品分の注文を受け付けないだろうと語っている。

1つの籠に多すぎる卵

半導体製造は複雑だ。MCUなど比較的複雑なデバイスの場合、注文から出荷まで12~16週間かかり、車両安定性システムで使用される慣性センサーの場合は最大26週間かかる。サプライチェーンは複雑で、注意深く管理された注文の取り決めを通じて、チェーンに沿った依存関係に対応しつつ在庫バランスを維持することが納期通りの供給に重要となる。このバランスはパンデミックなど異常な市場ダイナミクスによって簡単に乱され、特に今回の危機は他のダイナミクスも作用しているときのエコシステムの脆弱性を浮き彫りにした。

半導体業界では90を超えるIDMとファウンドリ（委託製造業者）がサービス提供している。その多くが200ミリメートル（mm）のウェーハサイズと180 nm以上の古いプロセスノード（センサーなど）を基盤としており、最小加工サイズは56nmになる。新たな性能技術、とりわけ高性能MCUは、製造効率の高さを理由に200mmおよび300mmウェーハでの40nm未満のプロセスノードに集中している。

ファウンドリ企業TSMCの半導体製造とその影響

コンポーネントタイプ	領域	サブシステム	ウェーハサイズ (mm)	プロセスノード* (nm)	TSMCの影響度合い
AIチップ、SoC、GPU	ADAS、インフォテインメント	高性能FVカメラ、ADASドメイン・コントローラ、ヘッドユニット、コックピット・ドメイン・コントローラ、インストゥルメント・クラスタ、ビークル・ドメイン・コントローラ	300	16、14、7、5 nm	非常に高い
マイクロコントローラ (MCU)	すべて	すべての領域にわたる、各ECUがMCUを含む	200、300	16~40 nm	非常に高い (自動車用MCUの約70%がTSMC製)
メモリIC (DRAM、フラッシュ)	インフォテインメント、ADAS	インフォテインメント・ヘッドユニット、インストゥルメント・クラスタ、ADASフロントビュー・カメラ、ADASドメイン・コントローラ	300	10~18 nm	低い(市場リーダーのMicronとSamsungが自社ファブを所有)
CMOSイメージセンサー	すべて	カメラ	200、300	5~65 nm	高い (No. 2サプライヤーのOmnivisionがTSMCに依存)
ディスプレイ・ドライバIC	インフォテインメント	デジタル・インストゥルメント・クラスタ、ヘッドユニット、その他ディスプレイ	200、300	55~180 nm	中程度、その他多数のファウンドリが供給可能
アナログ/ミックス・シグナル、電力管理IC、RFコンポーネント	すべて	すべてのSoCおよびモデムに必要な特定の電源管理IC。すべての領域の各ECUにアナログASIC/ASSP。テレマティクスおよびADAS用RFコンポーネント	200	56~180 nm	中程度、内製が顕著、その他多数のファウンドリが供給可能
パワーディスクリット	xEV、シャーシ	xEV、シャーシ用パワーエレクトロニクス	200	90~110 nm	低い(主に内製)
MEMSセンサー	すべて	圧力、流量、慣性、湿度、赤外線	200	180 nm	低い、内製が顕著

注：*プロセスノード：業界ではテクノロジー/プロセスノードの半導体製造プロセスの各世代を最小加工サイズで指定すると説明

IDMの取り扱い量は、プロセスノードが小さくなれば指数関数的に減少する。人工知能 (AI) 半導体や強力なグラフィック・プロセッサ (GPU) に使用される10 nm未満の最先端プロセスノードにおいて、自動車分野のIDMはTSMC、Samsung、Intelに依存している。AIとGPUはより高度な自動運転レベルや高度インフォテインメント・システムを装備したプレミアム車両に搭載されるため平均的な自動車への影響は小さいが、こうした製造集中の影響はECU全体にわたって使用されるMCUにより顕著に及んでいる。車載MCU製造全体の約70%が台湾のTSMCで行われており、業界全体にボトルネックが生じている。

フロントビュー・カメラに使用されるCMOSイメージセンサー (CIS) には、この分野で販売第2位のサプライヤーであるOmnivisionがTSMCに依存しているため、混乱の影響が出た。メモリについてはSamsungとMicronが自社ファブを備えており、TSMCの影響は小さい。IDM数社が新世代プロセスノードへの資本支出軽減のため、垂直統合レベルを引き下げる「ファブライト」戦略を追求し、TSMCへの依存構造が形成されていった。MCUサプライヤー上位7社で需要の約98%を占めているが、より高水準の垂直統合を維持しているのはそのうちわずかで、STMicroelectronicsが突出している。

ファブライトの追求：MCUサプライヤー大手と各社のTSMCへの依存状況

車載MCU サプライヤー	車載MCU 供給シェア	プロセスノード (nm)				
		16	28	40/45	65	110/130
ルネサス エレクトロニクス 株式会社	30%		MCU— 2016年から TSMCに外注	MCU— 2012年から TSMCに外注		MCU— 2005年から TSMCに外注
NXP Semiconductors	26%	MCU— TSMCに外注	MCU— 2016年から TSMCに外注			
Infineon	14%	MCU— 2017年から TSMCに外注		MCU— TSMCに外注	MCU— 32ビット TriCore、 2013年に TSMCに外注	MCU— 2011年に TSMCに外注
Cypress Semiconductor (Infineonが 買収)	9%			MCU— 2016年に UMCに外注		
Texas Instruments	7%			MCU—TSMCと UMCに外注	DSP— 自社ファブ	
Microchip Technology	7%			複数 ファウンドリ	複数 ファウンドリ	
	5%		大部分が内製、 一部外注 (おそらく TSMC)	大部分が内製、 一部外注 (おそらく TSMC)		
MEMS Sensors	98%					

Source: IHS Markit

なぜMCU?

車両とコンポーネントの生産停止の大部分は、MCU不足に起因している。まず、車載ECUの急増により、今日の車両にはMCUがどこにでも存在している。平均的な車両には20個以上のMCUがある。例えば、Chevy EquinoxのMCU搭載数は27個、Audi Q7は38個である。複数のMCUサプライヤーが採用されており、多くの場合、「直接購入スキーム」で指名され、OEMはティア1サプライヤーが採用すべきティア2サプライヤーを指示する。各車両は複数のMCUサプライヤーに依存している。例えば、2018年版ホンダ・アコードは最大8社のサプライヤーを採用している。ただしティア3レベルでは、前述の通り10個のMCUのうち7個が1つのファウンドリ発のため、選択肢はほとんどない。

代表的ブランドのマイクロコントローラ使用機能一覧

領域	マイクロコントローラ使用ECU
ADAS	パークアシストECU、レーダー、フロントビュー・カメラ、ADASドメイン・コントローラ
ボディおよび利便性	HVAC ECU、照明ECU、ドアECU、シートECU、ゲートウェイ
シャーシおよび安全性	エアバッグECU、サテライト・エアバッグ、盗難防止ECU、電動パーキングブレーキECU、横滑り防止装置ECU、ヒューズおよびリレーボックス、ステアリングECU、サスペンションECU
インフォテインメント	アンプ、ヘッドユニット、CDプレーヤー、インストゥルメント・クラスタ、スクリーン、マイク、バックミラー、テレマティクスECU
パワートレイン	4WD ECU、トランスミッションECU、冷却システムECU、エンジンECU、燃料ポンプECU

Source: IHS Markit

また、MCU（およびシステム・オン・チップとASIC）には他サプライヤからのコンポーネントを使用する二次調達が可能に認められない。MCUには独自のアーキテクチャがあるため、1つのサプライヤから別のサプライヤに移行するのは困難である。メモリIC、ディスクリートおよびパワーデバイス、標準アナログIC、センサー、アクチュエータ、ロジックICには一般的に互換性がある。MCUに制限がある場合はサプライヤーは能力を強化する必要があるが、そのほぼすべての実施はTSMC側にあり、これがOEMとティア1サプライヤーが一律に影響を受ける理由を説明している。MCU能力の点では調達源の数は問題ではない。現在、業界が取り組んでいるのは「1つの籠に多すぎる卵」という類のシナリオである。

Audi Q7、Chevrolet Equinox、ホンダ・アコードのMCU調達源は、領域内であってもさまざまなMCUサプライヤーに広く依存していることを示している。こうした車両のなかには現在の半導体不足の影響を受けている車両もある。

Audiは高級SUV向けにサプライヤー7社からMCU 38個を調達



Source: IHS Markit

©2020 IHS Markit

ホンダは中型車向けにサプライヤー7社からMCU 20個を調達



Source: IHS Markit

©2020 IHS Markit

問題を悪化させる旧技術

TSMCだけがボトルネックではない。多くの半導体チップは200mmウェーハで製造され、かなり成熟している。1999年に180 nmノードが登場、現在でも携帯電話を含む他の多くの製品のパーツ製造に使用されている。予想に反して、200mmウェーハ需要はさまざまな家電製品が依然採用していることから増加している。例えば2020年に増え始めた5Gハンドセットには非常に多くの無線周波数 (RF) パワーアンプ、CMOSイメージセンサー、電力管理ICが含まれている。

数年前からUMCなどのファウンドリ企業を含め、その成熟度にもかかわらず多くの用途に見合う200mmウェーハラインの生産能力拡張への圧力が高まっている。しかし成熟技術への投資を渋る姿勢と、このウェーハサイズの新規設備と中古設備の不足が相まって、その対応は鈍かった。IDMが200mmファブ7ラインを所有する台湾UMCなど200mm企業への外注を増やすにつれ、能力の大部分が少数サプライヤーに割り当てられ、このウェーハサイズを巡る能力制約も増大した。

過去数年間、ファブの300 mmラインへのアップグレードに伴い、安価な中古200mm用設備市場が活況を呈した。ただし今やその200 mm設備は入手できず、企業は外部ファウンドリに依存するかわりに300mmラインにアップグレードすることを余儀なくされている。自動車業界が直面している今回の半導体不足は、IDM数社が設備投資管理のため近年追求してきた、非分散的な「ファブライト」戦略の限界を明らかにした。

展望

要約すると、これは割り当ての問題ではなく一願わくはそうならないければよいが一供給制約の問題であり、状況は今後も変わらないだろう。追加の供給能力が稼働を始める機会は限定的だ。MCUのリードタイムが26週間以上であることを考えれば、この状況は第3四半期にまで及ぶ可能性がある。車載電子機器のサプライチェーンは非常に深刻で、全OEMの稼働を低水準に据え置こうとしている。これまでOEMが注文を2倍あるいは3倍とするケースは限定的で、サプライチェーンは需要データに自信を持って良い。しかし、それは自動車分野の需要がMCU供給を超えているという根本的な問題を変えるものではない。

IDMは内製に回帰できるか？

IDMが近々新規ライン構築計画を発表することはないだろう。ただし生産の100%をファウンドリに外注しておらず、内製能力が限定的である場合は、既存ラインの拡張が可能であり、これには6～9ヵ月かかるかもしれない。サプライヤーが2020年末に開始した場合、こうした措置の有意義な効果は2021年第3四半期以前に現れることはないだろう。ラインの再スタートや新規能力の追加には重大なハードルがあり、自動車製造において新規プロセスには、迅速な場合もありうるが、認証に長期を要する。半導体サプライヤーがファウンドリ事業を外注する理由はそもそも正当であり、短期的危機の解決のために内製能力を取り戻して将来的に過剰能力を招くという方向性にはほとんど魅力を感じられない。

新工場は？

新規ファブは稼働までに数年を要する。TSMCは1月、危機に対処すべく、北米の新規ファブを含め問題緩和に最大280億米ドルの投資を約束したが、これは2024年以前に稼働可能となる見通しはない。投資の大半はやはり最先端ノードに向けられ、一部は将来その生産の一部をTSMCに外注するという、今後予想されるIntelの意図を反映している。

政治的圧力は自動車分野の制約軽減に貢献するか？

1月24日、ドイツ、米国、日本の政府が、車載半導体不足問題に対処するようTSMCに要請した。IHS Markitでは、最大需要があるところを追求しているファウンドリ企業において、現時点では自動車が最大の需要牽引セクターではないため、この働きかけの影響は限定的だと見ている。欧米政府は、アジアを拠点とする半導体サプライヤーに対する業界の依存を軽減することの重要性を認識しており、中期的にこのリスクに対処する計画に取り組んでいる。例えば、ドイツ連邦経済エネルギー省 (BMWi) は昨年10月、2019年以降ドイツのマイクロエレクトロニクスにおける新技術の研究、開発、実装に5億2,200万ユーロ (6億1,300万米ドル) を投資する意向を発表した。このプログラムは、「マイクロエレクトロニクスに関する欧州共通利益に適合する重要プロジェクト (IPCEI)」との関連で、フランス、ドイツ、イタリア、英国の29社が関与しEU委員会によって承認され、高性能マイクロエレクトロニクス・コンポーネントを開発するチップ工場の設立から大量生産までを支援する。前述の通り、これには数年を要し、2021年の不足に対する答えとは見なされない。しかし、これは根本的な問題を政府レベルで認識しているというメッセージではある。

OEMに供給可能なティア1あるいはティア2サプライヤーはあるか？

単一のティア1・ティア2サプライヤーに半導体不足の影響が及ぶことはほぼない。台湾のMCU供給源1社に対する半導体サプライヤーの依存度の高さと、IDMとファウンドリ企業の全般的な能力制約が相まって、第3四半期まで不足が生じる。この不足状態は、古い半導体プロセス全般的におけるインフラの欠陥と、隣接業界からの高性能チップに対する高い需要によって悪化する。

価格上昇につながるか？

需給不均衡によって今後数ヵ月で車載半導体価格が上昇すると予想される。この不均衡の作用として10～15%幅の値上げは妥当であり、これを検討するファウンドリもあると考えられる。ただしこの影響は、車両生産ラインを閉鎖したり継続的に開始と停止を行うコストと比較すれば限定的である。

他にできることは？

今後数四半期にわたり、OEMと半導体サプライチェーンの間の協力が必要になる。数社のサプライヤーが必要分を手に入れてその他サプライヤーが何も手に入れないのではなく、全OEMとティア1サプライヤーがある程度のMCUを手に入れられるようにすることだ。課題は、OEMが必要なモデルを製造できる場所にMCUを誘導することである。OEMが必要なすべてを製造できるわけではないからだ。2倍、3倍のパーツ注文のケースは限られているが、情報の透明性は高いほど良いため、これは良いことである。回復が続くにつれ、業界では適切な意思決定実行のための信頼できるデータが必要になる。

長期的な影響は？

この状況は、ファウンドリ事業外注の長期的な比率の再評価に向けたOEM、ティア1サプライヤー、IDMの意識を確実に高め、一部の企業は依存度の引き下げを模索する可能性がある。半導体不足、パンデミック、過去10年間に発生したその他の事象は、OEMとティア1サプライヤーにおけるサプライチェーン・リスクの監視と対処の重要性についての認識向上に貢献するだろう。少数の外部ファウンドリへの過剰依存や200mm設備の過剰能力の浸食といったマクロ的問題は、業界の観測筋にはよく知られた問題であり、事前に特定し対処することができたはずである。異なるティアにおける能力の潜在的ボトルネックを完全に可視化するソリューションが実行可能かどうかについてはまだ証明されていないが、自動車サプライチェーン内の可視性向上に向けたソリューションが今後ますます多く検討されることになるだろう。

お客様窓口

日本

T 03 6262 1727

E IHS-Automotive-JP@ihsmarkit.com

さらに詳しい情報は以下からアクセスください。

ihsmarkit.com/Japan_Automotive

IHS Markitについて

IHS Markit (本社：ロンドン、NYSE：INFO) は、世界経済を動かす基幹産業と市場を対象に、情報、解析、ソリューションを提供している大手調査会社です。企業、金融機関、政府機関のお客様に次世代の情報、解析、ソリューションをお届けし、業務効率改善を支援、情報に基づく意思決定を支援しています。IHS MarkitはFortune Global 500の80%に相当する企業、主要金融機関、政府機関など50,000を超える顧客にサービス提供し、お客様に持続可能な利益ある成長をお約束しています。

