



5G 産業革命

を加速するために

インダストリアルオペレーションにおける
5G & エッジコンピューティングの現状

はじめに

5Gは、インダストリー4.0の礎であり、デジタルイノベーションの推進力のひとつであると広く認識されています。私たち、キャップジェミニ・リサーチ・インスティテュートが2019年に実施した調査では、インダストリアル企業の4分の3が5Gをデジタルトランスフォーメーションを実現する重要な要素と捉えています¹。Siemens社プロセスオートメーション担当CEO、Eckard Eberle氏は、5Gに期待するインダストリアルオペレーションにおける重要な役割について強調し、「産業用5Gは、生産、保守、物流のための包括的無線ネットワークへの入り口です。5Gは、その高いデータレート、超高信頼性データ伝送、超低遅延により、効率と柔軟性の大幅な向上という産業的価値付加を実現させることができるでしょう」と述べています²。当社の以前の調査においても、インダストリアル企業が5Gの迅速な導入を強く望んでいることが明らかになっており、調査対象企業のほぼ3分の2（65%）が、5Gが利用可能になったら2年以内に導入することを計画していると回答しています³。

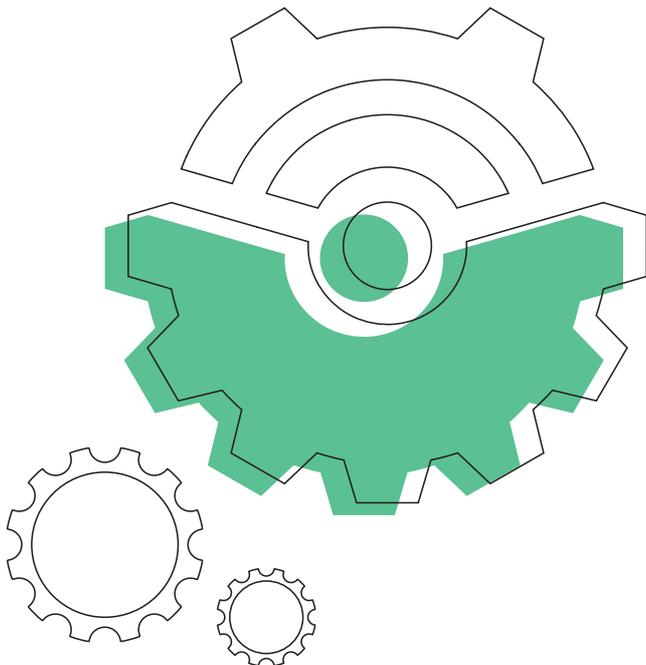
2019年以降、世界各地で商用5Gサービスの提供が始まり、2020年半ばには5Gの最新仕様であるRelease 16が公開され、さまざまな業界のユースケースへの道が開かれました。そこで今回の調査では、2019年に示された高い関心が現場への導入につながったかどうか、また早期導入企業がどのような課題に直面したのかを探ることにしました。

私たちは、これらの領域を調査するために、アメリカ、イギリス、ドイツ、フランス、イタリア、スペイン、スウェーデン、オランダ、ベルギー、ルクセンブルグ、韓国、中国、オーストラリア、インドで自社オペレーションの一環として5Gの導入を計画するインダストリアル企業1,000社のシニアエグゼクティブと5Gネットワークの運用を開始または計画中の75社の通信企業のシニアエグゼクティブ150名を対象に調査を実施しました。また、25名のシニアエグゼクティブに対し詳細なインタビューも実施しました。

その結果、インダストリアル企業は5G導入の初期段階にあることがわかりました。5Gの導入を計画しているほぼすべての企業が計画やアイデアの段階であり、トライアルや実際の実装にまで進んでいるのは3分の1以下（30%）にとどまっています。一方、早期導入企業においては、ビジネス上のメリットがすでに実感されつつあります。5Gの早期トライアルと実装で将来有望な結果が得られていることから、企業は5Gが提供する機会について楽観的です。しかし、5Gのポテンシャルを最大限に活かすためには、企業は数多くの課題に取り組んでいく必要があります。

私たちは、現在の状況を理解し、インダストリアル企業が5Gの実装を加速する方法を探るために、次の領域に注目しました。

1. インダストリアル企業における5Gジャーニーの進み具合
2. インダストリアル企業が5G導入で得られるメリット
3. ビジネスインパクトを生み出しているユースケース
4. 5Gの幅広い導入を妨げている課題
5. 迅速な5Gの産業向け導入への道筋と、通信事業者がインダストリアル企業の5Gジャーニーを支援する方法



エグゼクティブサマリー

産業用)； 入)；

- 5Gを実装したいと考えているインダストリアル企業の大半は現在、アイデア創出や計画の段階にあり、パイロットまたはその先の段階に進んでいるのは3分の1に満たない状況です。
- インダストリアル企業の40%は、今後2年以内に1拠点で5Gの運用を開始したいと考えています。
- 産業用5G導入モデルの中で最も望ましいと考えられているのは、プライベート5Gネットワークです。
- インダストリアル企業は、エッジコンピューティングが5Gのポテンシャルをフルに発揮するための鍵になると見えています。
- 通信事業者は、プライベート5Gネットワークならびに5Gベースのエッジコンピューティングサービスのニーズに合わせて、自社の5G戦略を調整しています。

早期導入企業の 示す)；

- 5Gの機能は、大多数の早期導入企業にとって、期待どおり、またはそれ以上のものでした。
- 5Gのトライアルと早期実装は、すでに大きなビジネスメリットをもたらしており、初期導入企業の60%が「5Gによってより高いオペレーション効率が実現できた」と回答しています。
- ビジネスインパクトを生み出す主なユースケースは、ビデオベースの品質検査、機械の遠隔制御および操作、AGV（無人搬送車）その他の自律型ロボットの稼働、AR/VRベースのアプリケーションを使った遠隔コラボレーションなどです。
- インダストリアル企業は、5Gが新たな製品やサービス、ビジネスモデルの導入を可能にし、今後の収益に貢献すると楽観的な見通しを立てています。

大)； 入の 面

- インダストリアル企業では、さまざまな課題 — 5Gと既存のネットワークやシステムとの統合、適切な5Gユースケースの特定、業界に特化したソリューションへのアクセス、サイバーセキュリティの管理、マルチベンダー環境のオーケストレーションなど — が、5G実装の障壁となっています。

- 5Gは、その本質的にエネルギー効率の高い設計を通じて、また環境や持続可能性にフォーカスしたユースケース（たとえば、巨大なセンサーネットワークを介したエネルギー監視など）を実現する能力を通じて、環境に直接的また間接的に多くのメリットをもたらします。
- しかしその一方で、5G対応の大量のデバイスが生成・送信する膨大な量のデータを処理するためのデータセンターの運用やエンドポイントデバイスの製造・使用による二酸化炭素排出量の増加が環境リスクをもたらすという側面もまた存在します。
- インダストリアル企業の51%は、5Gが環境に与える悪影響の可能性を懸念しています。
- 企業の3分の2以上（67%）は、5G調達決定の一環として、5G事業者、ベンダー、サプライヤーの持続可能性に関する認証を考慮することを計画しています。

)； 導入を

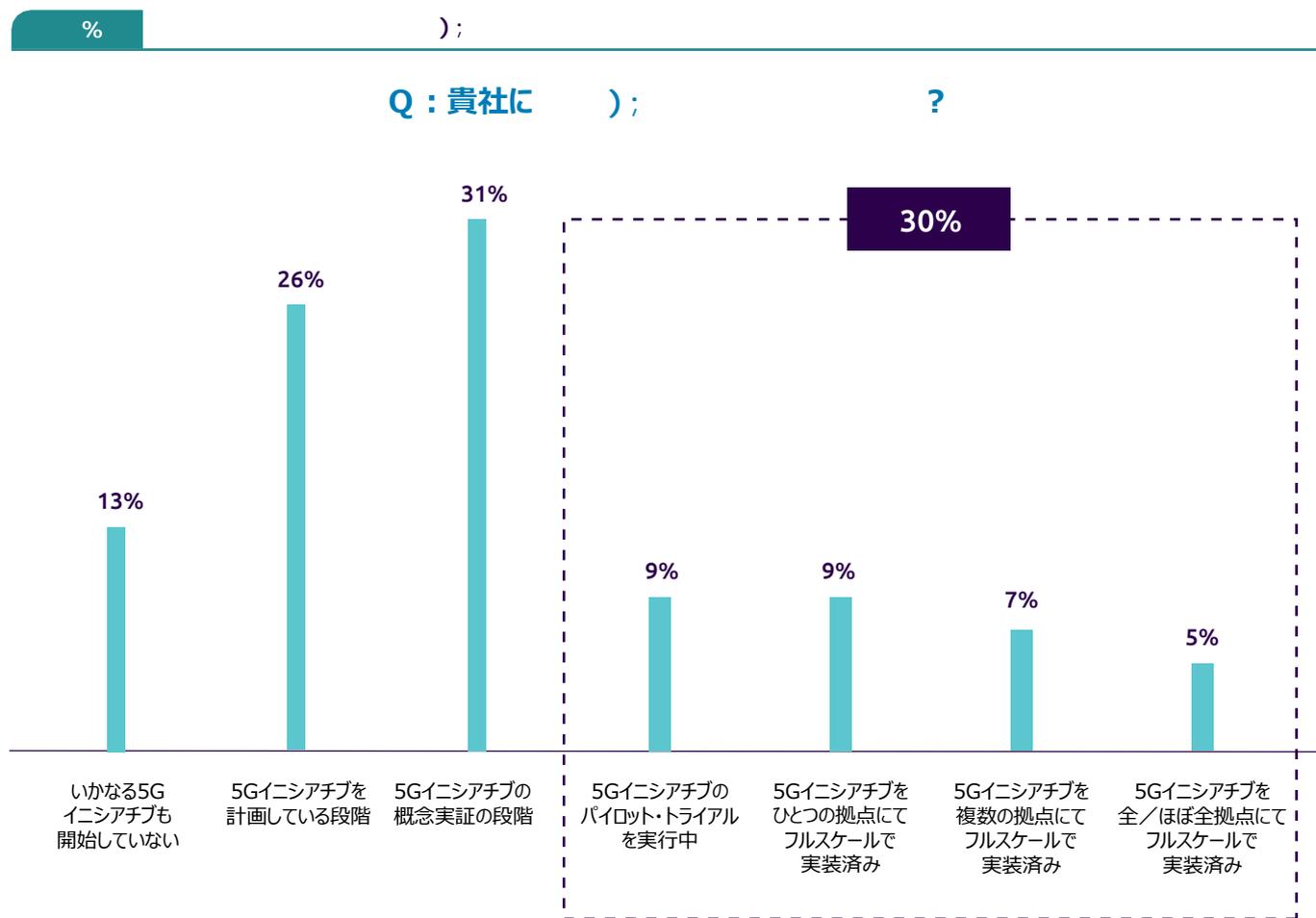
支援に

- インダストリアル企業は、5Gとエッジコンピューティングが提供するさまざまな能力とそれらが真の価値をもたらす場所や領域について、明確なイメージを構築する必要があります。また、自社のビジネスニーズに最適なネットワーク展開モデル（たとえば、プライベートネットワーク、ハイブリッドネットワーク、パブリックネットワーク）を特定し、それぞれについてトレードオフを評価する必要があります。また、外部のエコシステムを活用して共通の専門知識を利用し、5Gの利点を共同でテストし、検証する必要もあります。
- 通信事業者は、インダストリアル企業が5Gのインパクトを可視化して適切なユースケースを選択できるよう支援し、複数のネットワーク展開シナリオを対象とするソリューションポートフォリオを提供し、業界に特化したソリューションの提供を拡大し、エコシステムパートナーとの信頼関係の構築の手助けとなるエンド・ツー・エンドのサービスをインダストリアル企業に提供する必要があります。さらに、インダストリアル企業がさまざまなネットワーク展開シナリオのセキュリティへの影響を理解し、必要な対策を構築できるよう支援する必要もあります。

産業用5Gの導入はまだ始まったばかり

今回の調査では、5Gの導入を予定しているインダストリアル企業の大半が現時点では計画やアイデア創出の段階にあることが

明らかになりました。トライアルや実装段階まで進んでいるのは3分の1未満（30%）です（図1を参照）。



Source: Capgemini Research Institute, 5G and edge in industrial operations survey, February–March 2021, N=1,000 industrial organizations that have adopted or are planning to adopt 5G.

地域別に見ると、図2に示すように、5Gの実装についてはアメリカがリードしており、アメリカのインダストリアル企業の34%がトライアルおよび実装に進んでいます。アジア・パシフィックでは企業の32%がトライアル・実装段階です。その中で目を引くのが韓国

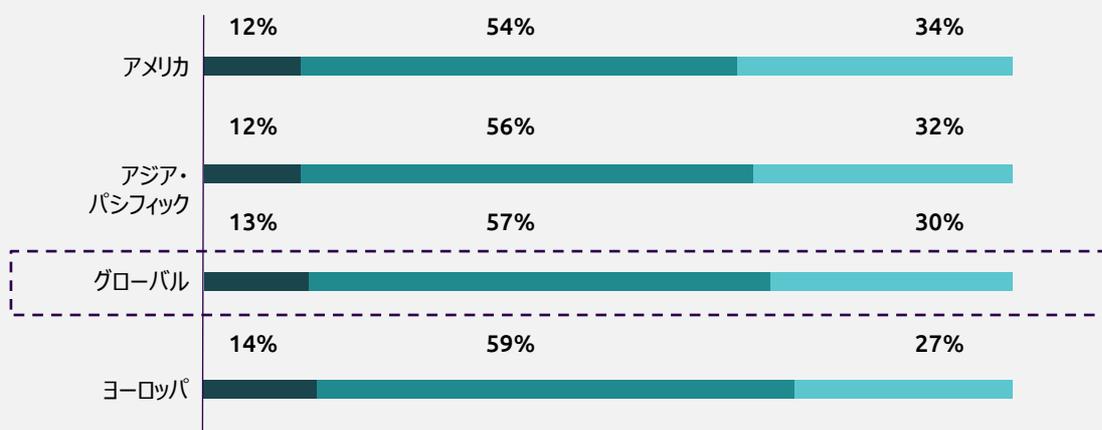
です。韓国では企業の43%が5Gのトライアル・実装中であり、調査対象国の中で最も高い割合を示しています。

産業用) ; 導入状況

CE

& 産業用) ; 導入状況 : 国・

Q : 貴社に) ; ?

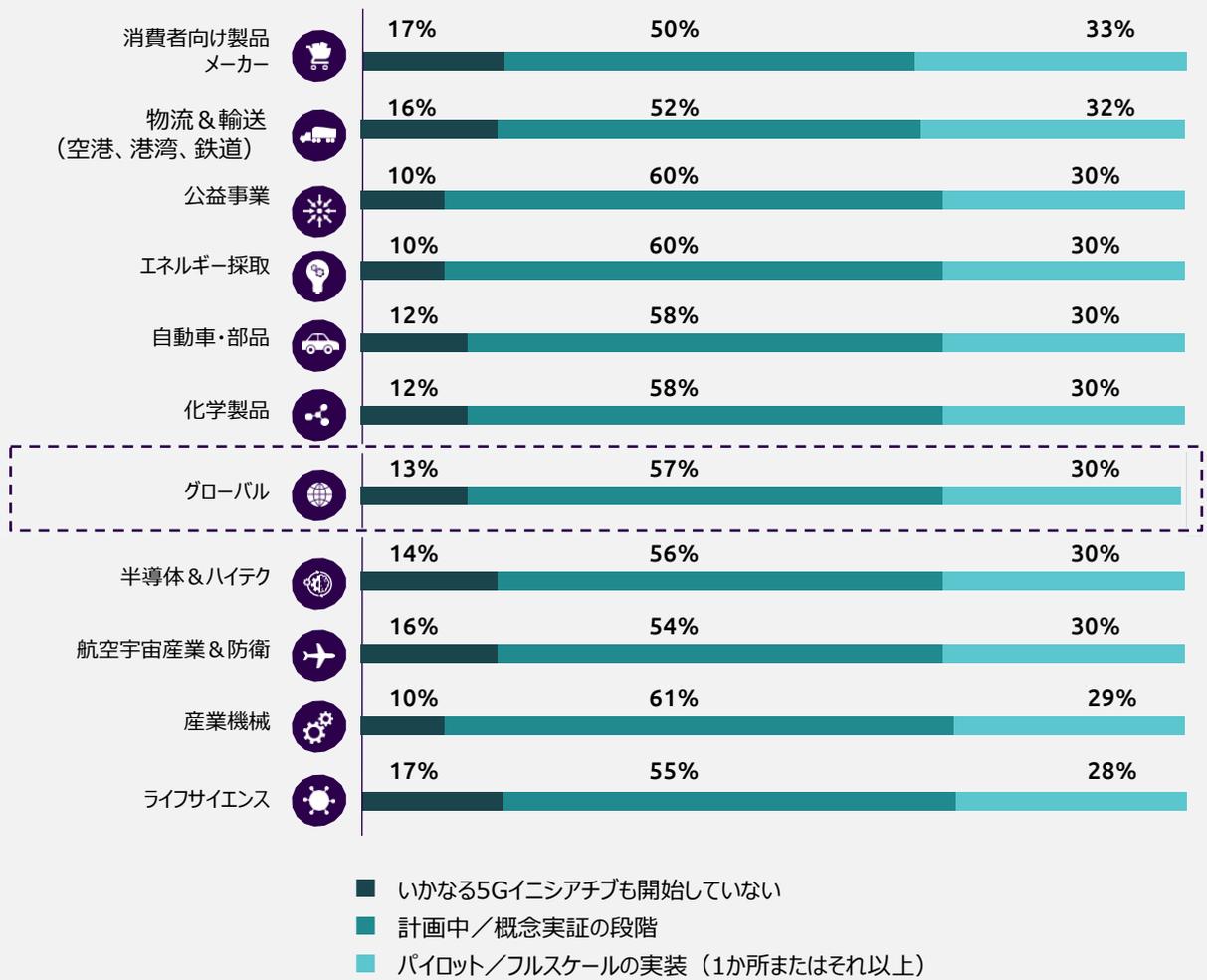


- いかなる5Gイニシアチブも開始していない
- 計画中／概念実証の段階
- パイロット／フルスケールの実装 (1か所またはそれ以上)

: Capgemini Research Institute, 5G and edge in industrial operations survey, February–March 2021, N=1,000 industrial organizations that have adopted or are planning to adopt 5G.

産業用); 導入状況:セ

Q: 貴社に); ?



: Capgemini Research Institute, 5G and edge in industrial operations survey, February–March 2021, N=1,000 industrial organizations that have adopted or are planning to adopt 5G.

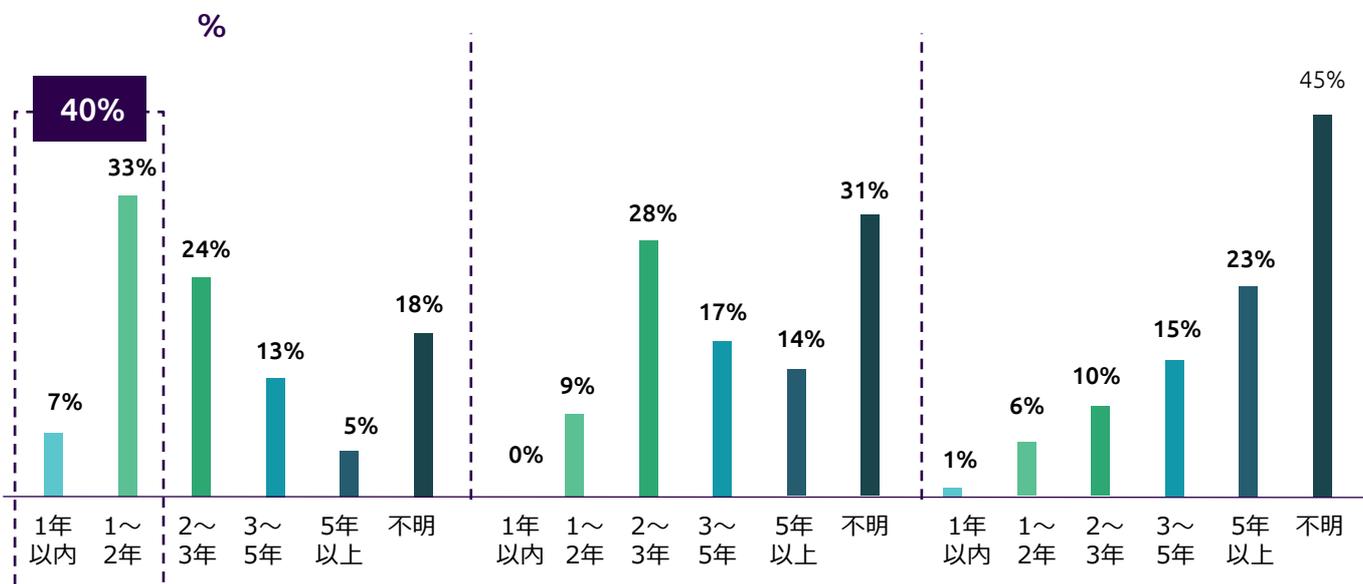
全体的には、今回の調査対象のインダストリアル企業の40%が2年以内に1拠点で大規模な5G運用を開始できると期待しています（図4を参照）。しかし、5Gの広範な実装にはさらに時間がかかると予想されます。2年以内に複数拠点への5G展開を期待するインダストリアル企業は、わずか9%に過ぎません。さらに、

かなりの割合の企業において、広い範囲に5Gを大規模実装するためにどの程度の期間が必要かがはっきりしない状態です。具体的にいうと、インダストリアル企業の31%は、5Gを複数拠点で大規模展開する時期が把握できていません（図4を参照）。

(大規模な) ; 導入に

E : 貴社の) ;

は ?



Source: Capgemini Research Institute, 5G and edge in industrial operations survey, February–March 2021, N=789 industrial organizations that are at the pilot or earlier stages of 5G adoption; N=875 industrial organizations that have implemented 5G at a single site or are at the pilot or earlier stages of 5G adoption; N=946 industrial organizations that have implemented 5G at scale at multiple sites, single site, or are at the pilot or earlier stages of 5G adoption.

€ 導入を ; %

インダストリアル企業では、一般的に、産業用5Gの実装モデルとしてプライベート5Gネットワークが好まれています（ここでいう5Gネットワークとは、企業が購入した5Gスペクトルを使用する5Gネットワークであり、企業が独自のプライベートスペクトルを購入できない国においては、事業者のスペクトルをリースする5Gネットワークを意味しています）。今回の調査では、インダストリアル企業の3分

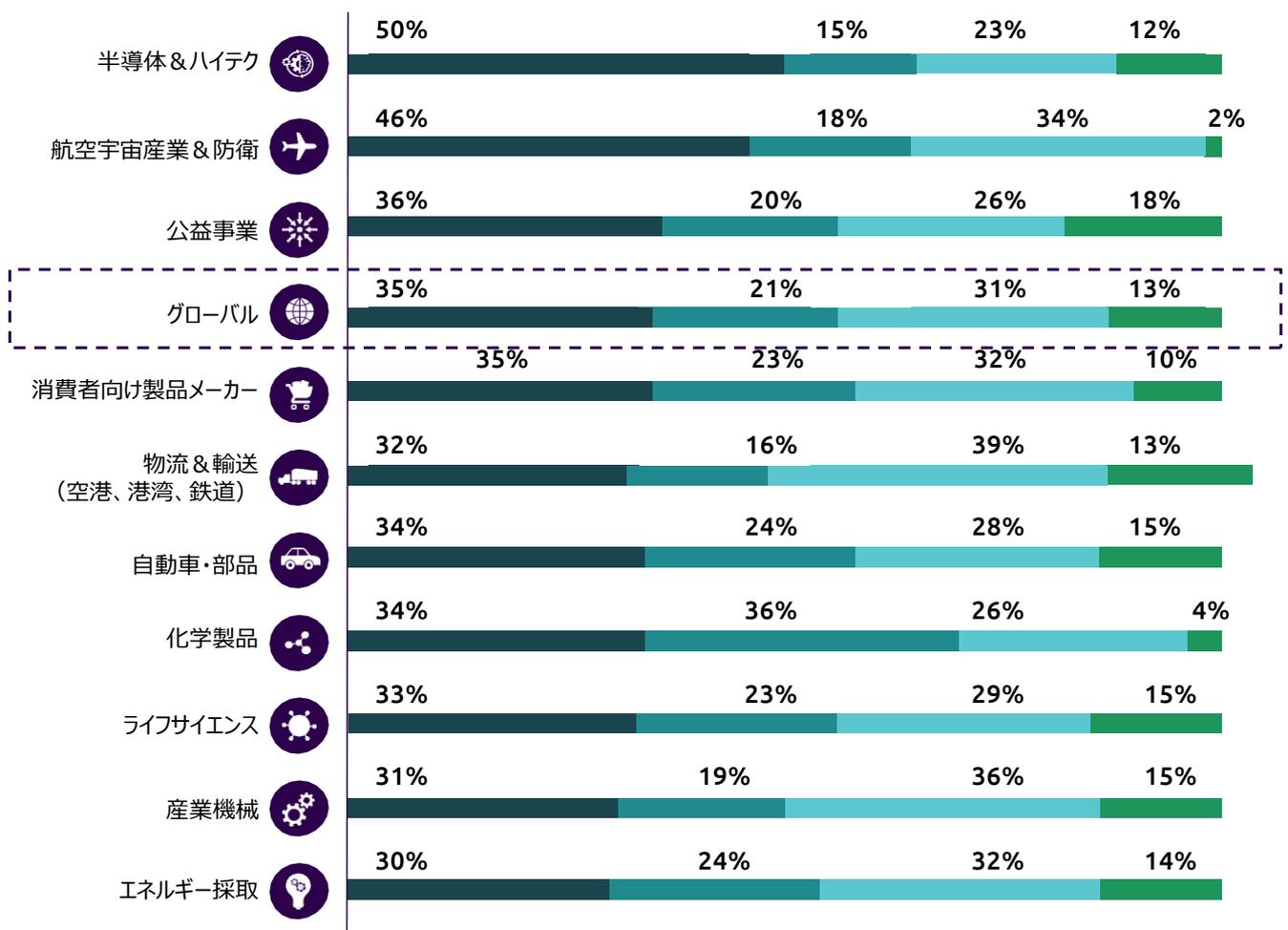
の1以上（35%）が最も好ましい導入モデルとして、プライベート5Gネットワークを選んでいますが（図5を参照）。プライベート5Gネットワークは、パブリックネットワークから物理的に分離されているため、企業はネットワークとデータを完全にコントロールすることができます。無線の干渉を受けないため、より高いパフォーマンスも期待できます。今回の調査では、企業の58%が「パフォーマンスの向上」を「プライベートネットワーク導入の主な要因」と考えていることが判明しました。

また、今回の調査によると、プライベート5Gネットワークへの関心はさまざまなセクターに広がっており、その中でも半導体・ハイテク分野がリードしています（図5を参照）。台湾を拠点とし、同地で初めてプライベート5Gネットワークの運用を開始したITハードウェアメーカーであるInventec社のシニア・ヴァイスプレジデント、Albert Chen氏は、

プライベート5Gネットワークのメリットについて、「IoTやスマートマ
ニュファクチャリングの最も重要な要素であるコネクティビティは、ユビキ
タスで信頼性が高く、セキュアでなければなりません。従来のアプローチ

を複数評価した結果、『常時接続』のカバレッジを実現するためには、
当社独自のプライベート5Gネットワークを実装することがベストであると
いう結論に至りました」と述べています⁴。

E : 貴社が デルは？



- 自社のスペクトルを使用したプライベートネットワーク
- ハイブリッドネットワーク（プライベートネットワークとパブリックネットワークの混合）
- 5G事業主が提供する専用のスライスを使用した仮想プライベートネットワーク
- 5G事業主が提供する標準ネットワークサービスを使用したパブリック5Gネットワーク

Source: Capgemini Research Institute, 5G and edge in industrial operations survey, February–March 2021, N=1,000 industrial organizations that have adopted or are planning to adopt 5G.

35%

“プライベート”5Gネットワークの展開を好ましいとする インダストリアル企業の割合

ドイツ、フランス、イギリス、日本、アメリカなどでは、スペクトルポリシーなどの規制環境がプライベート5Gネットワークの需要に対応できるようになってきています。たとえば、ドイツでは、多くの大企業がすでに地域の5Gライセンスを申請し、プライベートネットワークの展開を開始しています。2020年11月、ドイツの通信規制機関であるBundesnetzagentur (BNetzA) は、プライベート5Gネットワーク用に確保した3.7GHz~3.8GHzの周波数帯に対して、1年間で93件の申請を受け、88件のライセンスを付与したことを発表しました。その中には、自動車メーカーのAudi社やMercedes Benz社、化学薬品メーカーのEvonik Industries社、電力網やガス網を運営するNetz Leipzig GmbH社など、さまざまな分野の企業が含まれています⁵。

たとえば、Bosch社は、ドイツのシュトゥットガルト=フォイヤバッハにある主要工場で、5Gのプライベートネットワーク（「キャンパスネットワーク

とも呼ばれています）をロールアウトしました。その目標は、高いレベルの精度と安全性が求められる重要な産業用アプリケーションを稼働させることです。同社は、このプライベート5Gネットワークにより、工場内でのユビキタスなカバレッジを実現し、さまざまなアプリケーションの要件に応じてネットワークのカスタマイズを行い、5Gの高い信頼性、低遅延、高速データ転送の恩恵を、データに対する完全な統治権を維持したまま、得ることができるようになりました。同社取締役兼CDO/CTOのMichael Bolle氏は、「私たちは、キャンパスネットワークによって、工場内で何が起きているのか、工場の内外でどのようにデータが転送されているのかをコントロールすることができます」と述べています。同社ではプライベート5Gネットワークをインダストリー4.0戦略の重要な構成要素であるとして、全世界250の工場で順次展開していく予定です⁶。

*

);



: cfX社は、J cXUZcbY社との提携により、英国エセックス州の工場に5Gプライベートネットワークを展開しました。



65G: 社は、7Y`bYI 社との提携により、スペイン化学業界初の5Gプライベートネットワークを導入します。



5ggcV\UHYX`6f]hg\`Dcfhg`fB6Dt`は、J Yf]ncb社との提携により、英国サウサンプトン港への5Gプライベートネットワークの導入を進めています。



7Ybf]W は、J cXUZcbYと共同で、イギリスのガス貯蔵・処理施設に5Gプライベートネットワークを導入しています。



GUbXj] `A]b]b[`UbX`F cW`HYWbc`c[n社は、フィンランドのテスト鉱山にプライベート5Gネットワークを導入しました。



6cgW 社は、Bc_]U社と共同で、ドイツのシュトゥットガルト=フォイヤバッハ工場にプライベート5Gネットワークをセットアップしました。

:

TM Forum, "5GEM use case: Ford deploys real-time process analysis & control," February 2021.
Cellnex Telecom, "BASF and Cellnex will bring 5G technology to the Tarragona production centre," November 2020.
ABP, "Verizon Business signs its first European Private 5G contract with Associated British Ports," April 2021.
Vodafone, "Centrica chooses Vodafone to build 5G mobile private network for gas plant," August 2020.
Mining Global, "Sandvik introduces Nokia 5G wireless at test mine in Finland," June 2020.
Bosch, "Bosch puts first 5G campus network into operation," November 2020.

また、インダストリアル企業の3分の1近く（31%）は、仮想プライベート5Gネットワーク、すなわち、無線サービスプロバイダーのパブリック5Gネットワークの専用スライスを使用してセットアップされた5Gネットワークに対してもオープンな姿勢を示しています。仮想プライベート5Gネットワークは物理的に分離されていないため、プライベート5Gネットワークのようにネットワークやデータを完全にコントロールすることはできませんが、ネットワークトラフィックを仮想的に分離することにより、標準的なパブリック5Gサービスと比較して、セキュリティ、プライバシー、コントロールの向上が見込まれます。TotalEnergies社のIoT&コネクティビティアーキテクトであるHesham Noman氏が「結局、ユースケースに基づいて、パブリックネットワークを選択するかどうかは、ネットワークスライシングを使用する事業者が提供するサービスのレベルと経済的価値にかかっています。もし、当社に十分な自律性、信頼性、セキュリティがなければ、ネットワークスライシングを行っても、パブリックネットワークで5Gを進めることは難しいでしょう。つまり、主に事業者が何を保証できるかにかかっているのです」と強調するように、セキュリティ、プライバシー、コントロールの向上は、インダストリアル企業にとって重要な要件です。

今回の調査では、プライベートネットワークに代わるものとして、共有地域ネットワーク、すなわち、同じ工業地域に属する複数の企業で5Gネットワークを共有するモデルへの関心も明らかになりました。インダストリアル企業の4分の1近く（24%）がこのような共有型地域ネットワークの導入に前向きな姿勢を示しています。たとえば、通信事業を行うOrange Belgium社は、ベルギーのアントワープ港周辺の大規模なインダストリアル企業向け5Gテストセンターとして、同港に5Gネットワークを設置しました。化学薬品会社のBASF社、Borealis社、Covestro社ならびにアントワープ港がこの5Gキャンパスを共同で使用して、5Gアプリケーションのテストを行っています。このキャンパスでは、5Gのネットワークスライシング機能を利用して、各企業／組織のトラフィックが他の企業／組織から隔離された状態で維持されています⁷。

);

見

5Gは、既存の接続技術と比べて、遅延を大幅に削減し、ネットワークパフォーマンスを向上させます。これはネットワーク内のタイムセンシティブなアプリケーションやミッションクリティカルなアプリケーションに不可欠です。しかしながら、5Gがこれを実現するのは、データ伝送のラストマイル、たとえば、タワーとエンドポイントの間においてであり、もしデータをタワーから遠隔地のクラウドロケーションに送信し、さらなる処理を実行した後に送信元に送り返す必要がある場合、せっかくのパフォーマンス向上もスピードアップも活かすことはできません。

エッジアーキテクトは、オンプレミスでの高度なデータ処理を可能にし、遠隔のクラウドで発生する遅延を回避することにより、著しい改善をもたらします。たとえば、AT&T社は、5Gを使ってデータ処理をクラウドからローカルのエッジネットワークに移すことで、あるテストでの遅延を60ミリ秒から6ミリ秒へと10分の1に減らすことができたと報告しています⁸。

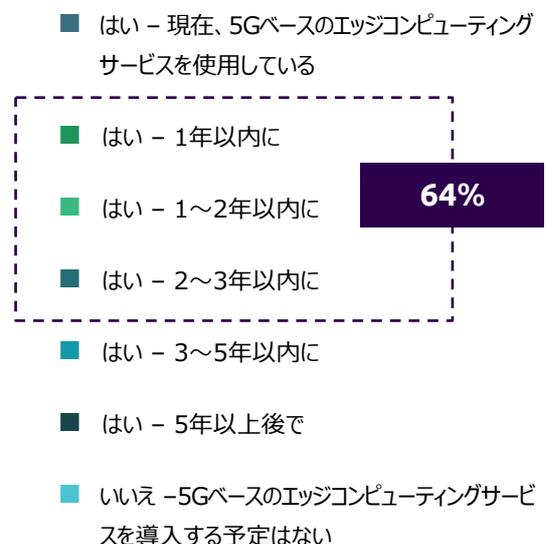
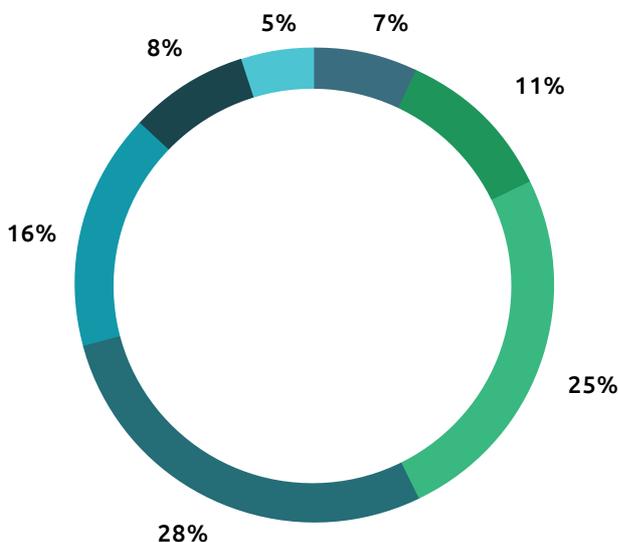
企業は、5Gイニシアチブにおけるエッジコンピューティングの役割に気付いています。今回の調査によると、インダストリアル企業の約3分の2（64%）が3年以内にエッジコンピューティングサービスの導入を計画しており、まだごく一部（7%）とはいえ、5Gベースのエッジコンピューティングサービスをすでに利用している企業もあります（図7を参照）。Gartner社は、エッジロケーションで生成・処理される企業データについて、2018年の10%から2025年には4分の3に増加すると予想しています⁹。

+

*(1) ; ベースのエッジコンピューティングサービスの導入を計画

E : 貴社は) ;

入



Source: Capgemini Research Institute, 5G and edge in industrial operations survey, February–March 2021, N=1,000 industrial organizations that have adopted or are planning to adopt 5G.

導入の重要な

5G対応のエッジコンピューティングは、インダストリアル企業に数々のメリットをもたらします。

- 図8で示すように、エッジコンピューティングの導入を推進する最大の要素は、パフォーマンスと信頼性の向上です（回答者の50%が指摘）。エッジコンピューティングでは処理や分析のためにデータを遠隔地に移動させる必要がないため、企業はネットワークパフォーマンスにおいて重要な意味をもつ数ミリ秒を削って、より高いパフォーマンスと高速性を実現することが

ができます。

- 次に重要な推進力として指摘されたのは、データセキュリティとプライバシーの向上（45%）です。オンプレミスの分散型エッジコンピューティングは、クラウドロケーションなどの集中型ロケーションへのサイバー攻撃や分散型サービス拒否（DDoS）攻撃からネットワークを隔離するのに役立ちます。転送中のデータが傍受されるリスクも軽減され、エッジコンピューティングのセキュリティとプライバシーの機能をさらに高めることができます。また、エッジコンピューティングでは、データの発生源に近い場所でデータを処理することができるため、企業は管轄データに関する規制やデータ統治権に関する法律をより厳格に遵守することができます。

図8

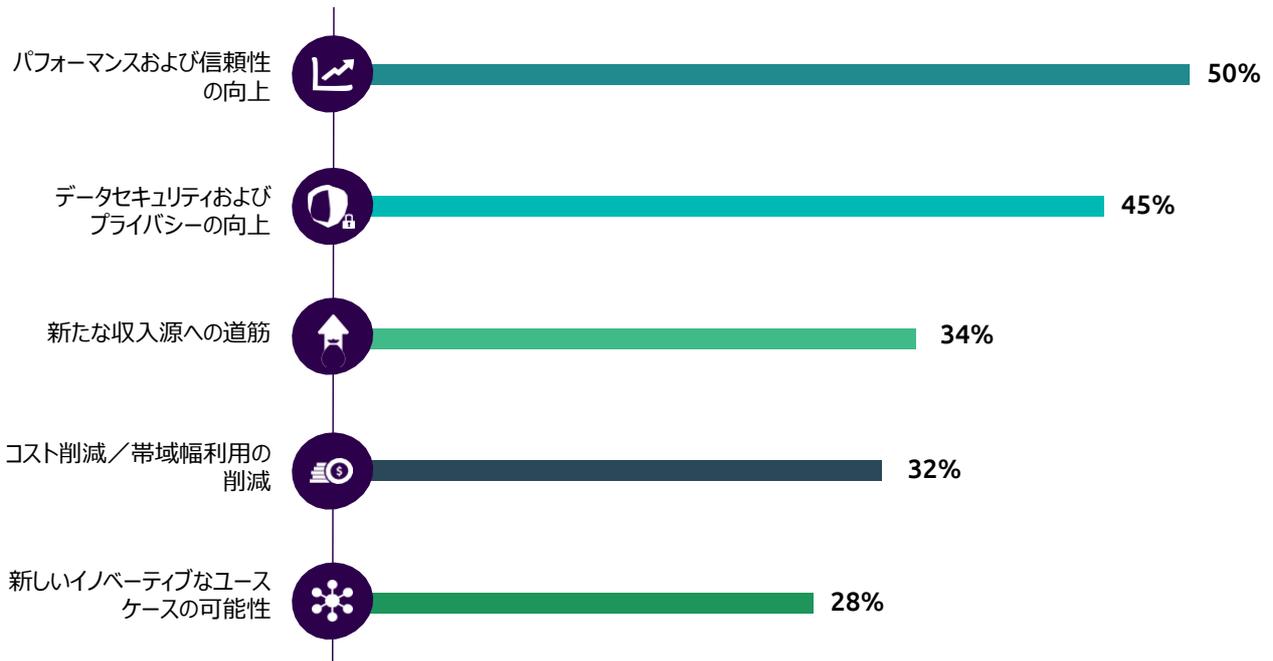
導入の

E : 貴社が) ;

手と

?

入



：Capgemini Research Institute, 5G and edge in industrial operations survey, February–March 2021, N=953 industrial organizations that have adopted or are planning to adopt 5G-based edge computing services.

業用); 導入

当社の2019年の調査以降、世界各地の通信事業者が5Gネットワークをロールアウトしています。今回の調査では、通信事業者の3分の2以上（68%）がすでに5Gの商用サービスを立ち上げており、残りの通信事業者についてもロールアウトが進んでいる段階であることが示されました。

商用サービスは、主に3つの帯域に分けられます。低周波帯（1GHz未満）は広範囲をカバーしますが、スピードは遅くなります。中周波帯（3.3~4.2GHz）は、容量とカバレッジのバランスが良く、高周波帯（26GHz、28GHz、40GHz）は、最も早いスピードに対応しますが、カバレッジは大幅に低下します。ミッドバンド5Gは、大容量とそのカバレッジにより、さまざまな産業用ユースケースにとって魅力的な選択肢となります。商用5Gのロールアウトの大半は、ミッドバンド5Gスペクトルを使用しています¹⁰。

);

通信事業者は、自社の5Gに関する企業戦略をプライベート5Gネットワークの需要に合わせて調整しています。今回の調査によると、通信事業者の半数以上（55%）がプライベート5Gネットワークについて、「自社の収益にプラスの影響を与えるだろう」と考えています。たとえば、Verizon社では、企業によるローカル5G周波数帯の購入の支援から企業の代理としてのプライベートネットワークの設定・管理まで、さまざまなサービスを提供する、プライベート5Gネットワーク実装のためのエンド・ツー・エンドのパートナーとして自らを位置付けています¹¹。

今回の調査によると、通信事業者の約3分の2（63%）がプライベートネットワークの機会に対応して、顧客であるインダストリアル企業のニーズを満たすために、産業グレードのプライベートネットワークソリューションを立ち上げています。そうでない通信事業者においても、その86%が今後2年以内に同様のサービスのロールアウトを予定しています。AT&T社ディレクター、Phillip Coleman氏は、「我々のような通信事業者は、お客様の成果をより重視するモードに軸足を移しつつあります。当社は、従来の通信事業者モデルを超えて進化し、プライベートネットワークで見られるように、当社の専門知識を活用して、お客様の問題の解決に努めています。つまり、私たちは安定性やコスト効率といったモビリティの利点を取り入れ、それぞれのお客様と協力して、プライベート5Gネットワークの展開を確実に成功へと導きます」と述べています。

); に欠

低遅延のアプリケーションやリアルタイムの意思決定に対する需要が高まる中、エッジコンピューティングの市場は2025年までに157億米ドルに達すると予測されています¹²。通信事業者はこの機会を認識し、その56%が包括的なエッジ戦略を有しています。また、通信事業者は、自らを5G対応のエッジコンピューティングサービスに対する産業界の需要と一致させています。今回の調査では、通信事業者の43%が、5G戦略と密接に関連したエッジコンピューティング戦略を持っていることが明らかになりました。さらに、通信事業者の3分の1以上（37%）がすでに5G対応のエッジコンピューティングサービスの運用を開始しており、61%が今後3年以内のロールアウトを計画しています（図9を参照）。たとえば、AT&T社のオンプレミス型エッジポートフォリオには、5G対応のエッジコンピューティングがすでに含まれています。Verizon社もまた、5Gベースのエッジプラットフォームを立ち上げました¹³。

図9

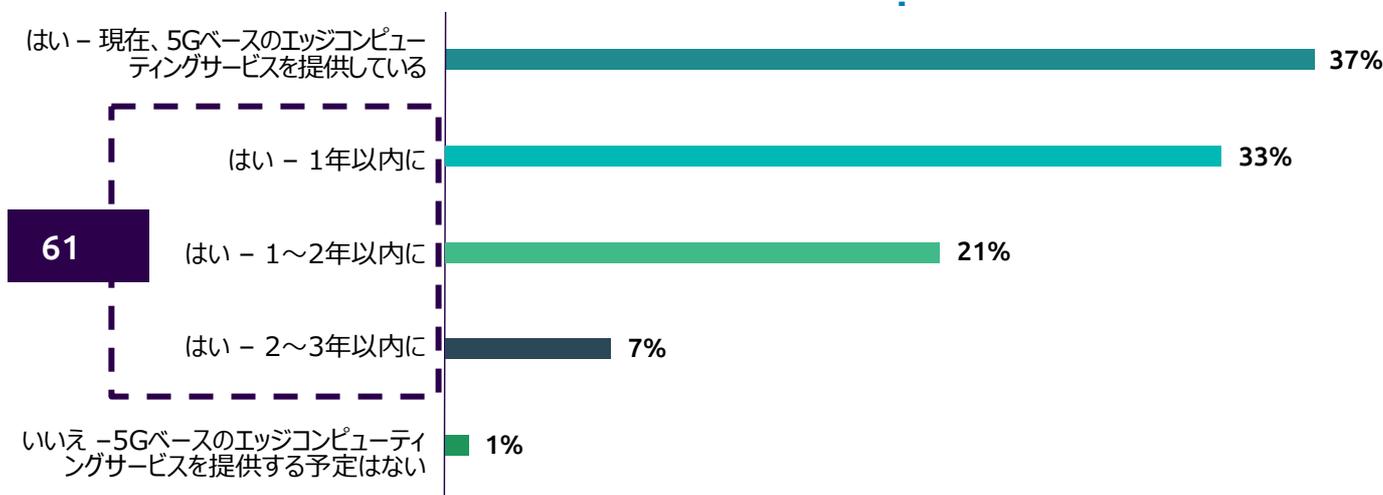
);

運用開始ま

E :

);

?



Source: Capgemini Research Institute, 5G and edge in industrial operations survey, February–March 2021, N=75 telecom operators.

); 導入へ 関心は高か

導入が

当社が2019年に実施した調査では、インダストリアル企業の65%が5G開始から2年以内の導入を計画していました。今回の調査は、5G導入に積極的なインダストリアル企業を対象にしたものですが、図1に見られるように、半数以上（57%）がまだ計画またはアイデアの段階であり、パイロットの一部として、またはより大規模に、5Gを実装した企業は3分の1に満たない（30%）ことがわかりました。

実装の遅れは、新型コロナウイルス感染症のパンデミックの影響に起因するものと考えられます。このパンデミックの影響で5Gの規格開発が遅れ、Release 16の発表が遅れました¹⁴。世界各地での周波数オークションも同様です。これらのオークションの多くは、特にインダストリアル企業のユースケースに適したミッドバンド5G周波数に関するものでした¹⁵。さらに、パンデミックによるサプライチェーンの混乱や断絶が通信OEMに影響を与え¹⁶、バリューチェーン全体に連鎖的な影響を及ぼしました。さらに、パンデミックによる資金繰りの悪化も5Gをはじめとするイノベーションへの投資能力に影響を与えました。

しかしながら、パンデミックが5Gの導入に与える影響は、短期間で終わると予想されます。今回のパンデミックでは、遠隔でのオペレーションやコラボレーションのための高度な接続性の価値と、5Gのロバスト性ならびにハイパフォーマンスのインパクトが明らかになりました。これは、パンデミックの際に5Gネットワークを活用して遠隔地の顧客へのサービス提供を実現したLufthansa Technik社など、複数の企業の経験から見ても明らかです（詳細は次のセクションで説明します）。5G導入の機運が高まっていることは、すでに見えています。世界各国の政府や通信事業者がデジタル技術や5Gの導入を加速しています。昨年未から、アメリカ、イギリス、フランス、スペイン、オーストラリアなど複数の国で5Gのオークションが開かれています¹⁷。5Gソリューションのプロバイダーは、パンデミックによる遅れを逆に利用して、Release 16の能力を自社製品に組み込み、2021年末までに商業的に利用できるよう作業を進めています。たとえば、Qualcomm社は、インダストリアルIoTアプリケーションをターゲットにした5G対応のIoTモデムを2021年後半に発売する予定です¹⁸。また、Ericsson社は、5Gポートフォリオへの投資を強化し続けています。同社の社長兼CEOであるBörje Ekholm氏は、2021年第1四半期の業績を発表した際に、「今も続く世界的なパンデミックにより、社会のデジタル化が急速に推進され、高品質なネットワーク接続が、経済的にも社会的にも、ますます重要になってきています。これを実現させるためには、レジリエントでグローバルなデジタルインフラが不可欠です。私たちは、政府や企業が5Gをコネクティビティ実現のための好ましい選択肢として認め、展開を加速させているという明るい兆しを目の当たりにしています」と述べています¹⁹。



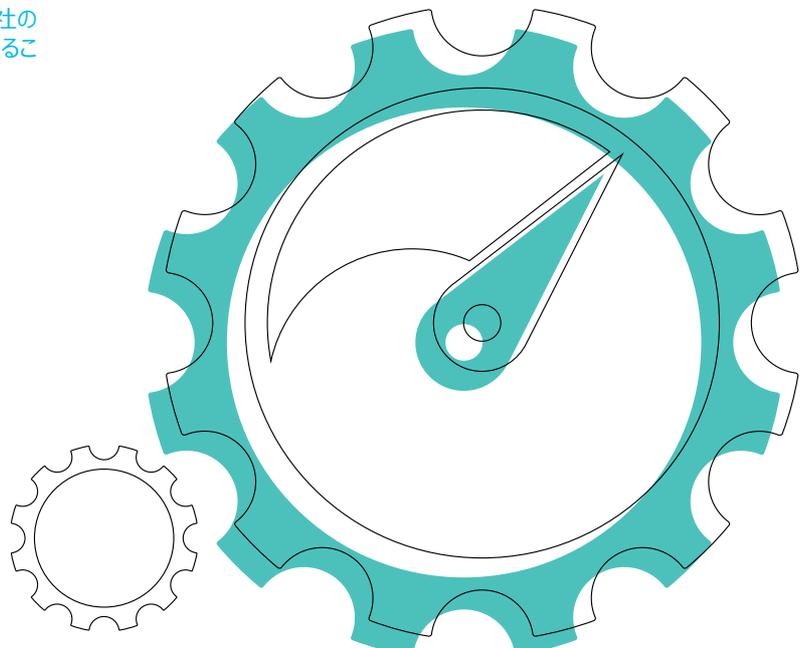
早期実装が、大げさに思われていた5Gのメリットを確かな現実に変える

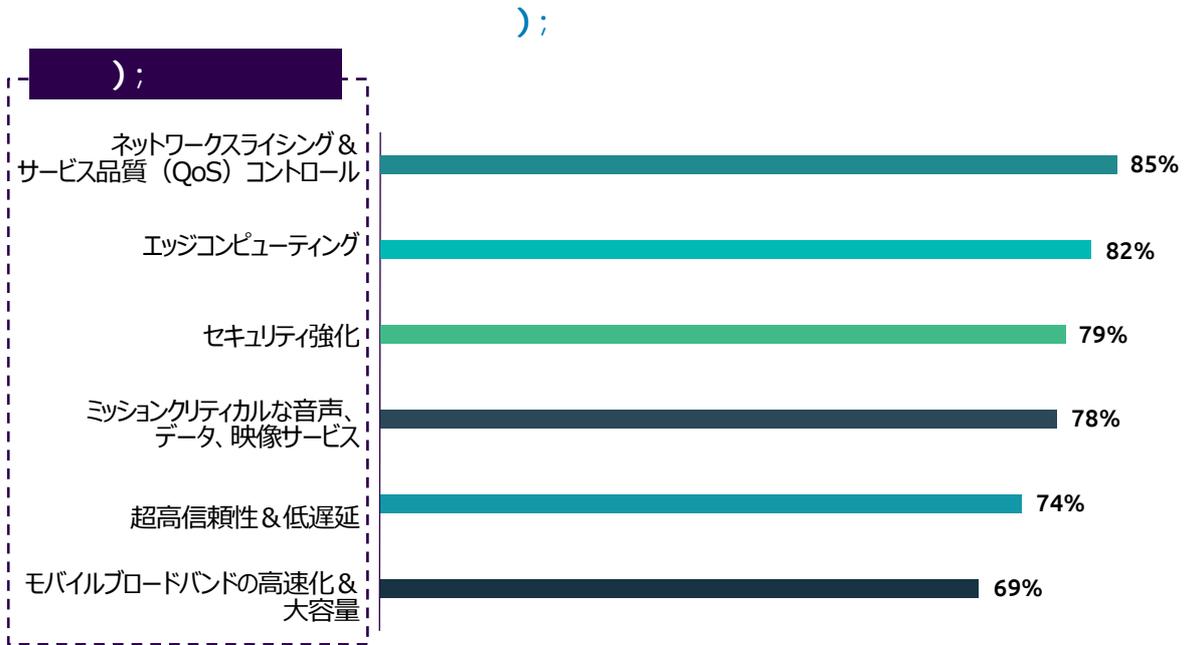
大半の早期導入企業に

5Gのトライアルおよび早期実装の結果から、5Gの機能が企業の期待に応えていることがわかります（図10を参照）。たとえば、5Gの超高信頼性と低遅延を重視していた早期導入企業の74%が5Gのこれらの機能について「期待どおり」または「期待以上」と満足しています。同様に、5Gの速度と容量の向上を重視する早期導入企業の69%が、やはり「期待どおり」または「期待以上」と回答しています。

- ドイツの航空会社ルフトハンザの航空機整備・サービス部門であるLufthansa Technik社は、2020年1月にハンブルクのキャンパスに2つの5Gプライベートネットワークを立ち上げました。Lufthansa Industry Solutions社のプロジェクトリーダー、Claudius Noack氏は、「ネットワーク稼働後、初期の段階で、プライベートワイヤレスネットワークは技術的に優れているだけでなく、導入における柔軟性が高く、当社のアプリケーションや作業環境に合わせて簡単に調整できることが実感できました」と自身の経験を述べています²⁰。

- 昨年、Lufthansa Technik社は、自社のWi-Fiネットワークと比較して、大幅なレイテンシの改善（7ミリ秒）と信頼性の向上を実現しました²¹。Noack氏は、プライベート5Gネットワークの信頼性について、「ネットワークを1月に立ち上げて以来、1分の障害も発生していません」と述べています²²。
- Atlas Copco社は、2つの自社工場でプライベート5Gネットワークを展開し、モビリティを必要とする幅広いユースケースに5Gを利用しています。ユースケースの中には、現場での検査に使用される、プライベートネットワーク上でビデオストリーミングを実行するカメラを搭載したAGVも含まれています。同社のスマートファクトリーリーダーであるBavo Tielemans氏は、同社の5G経験について、「今のところ、実に信頼できるものだと感じています。ネットワークのアップタイムは素晴らしいものです」と述べています。





Source: Capgemini Research Institute, 5G and edge in industrial operations survey, February–March 2021, N=89 for network slicing with Quality of Service (QoS) control, N=76 for edge computing, N=88 for enhanced security, N=95 for mission-critical voice, data, and video services, N=105 for ultra-reliability and low latency, N=88 for enhanced mobile broadband speed and increased capacity.

入企業) ;

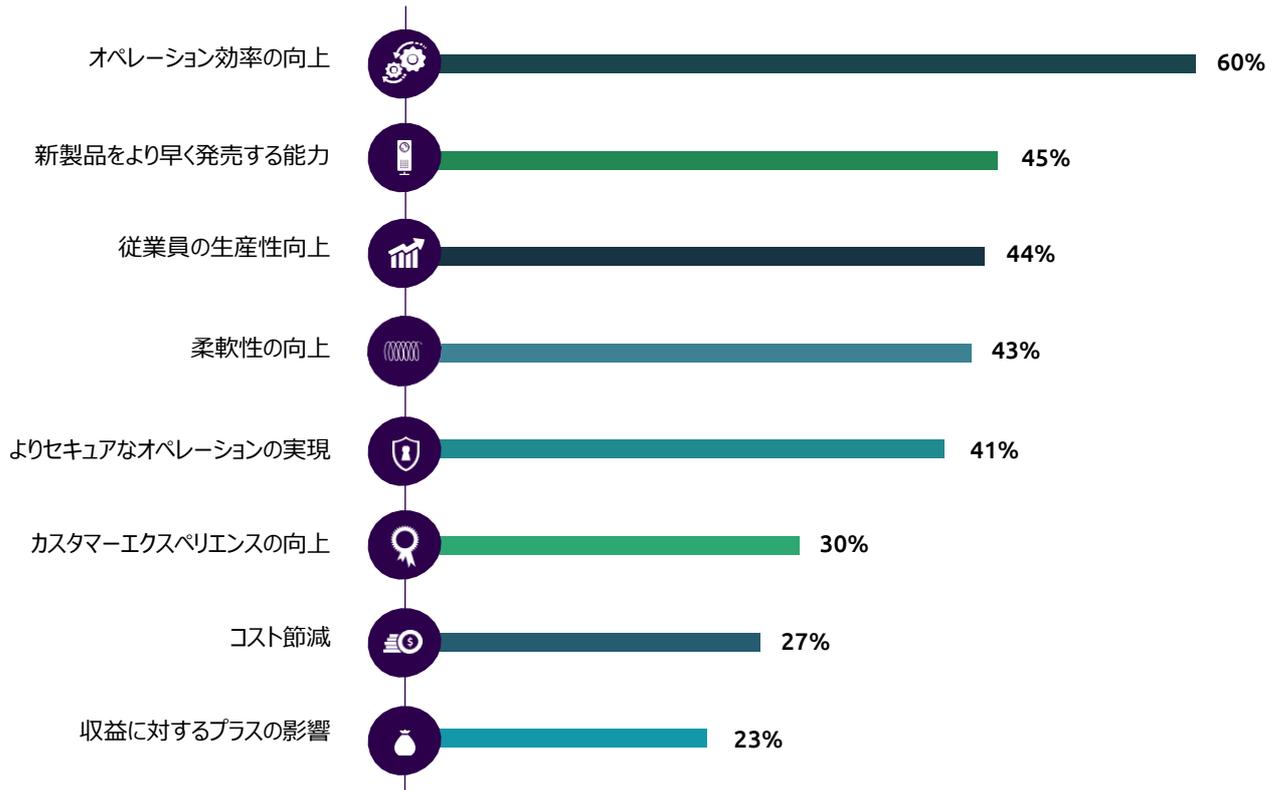
今回の調査では、5Gのトライアルおよび早期導入がすでに強力なビジネスメリットをもたらしていることがわかりました。早期導入企業のうち60%が「5Gによって業務効率の向上を実現できた」、43%が「柔軟性の向上を実感できた」と回答しています（図11を参照）。

- 台湾を拠点とするITハードウェアメーカーであるInventec社では、同社の1工場にライブのプライベート5Gネットワークを導入しました。このネットワークは、稼働中の生産ラインの一部として、組立ラインでAIベースの自動光学検査（AOI）を用いて効率化と省人化の実現を目的とするものです。

ネットワークは、歩留まり（FPY）²³の向上（70%から85%へ）や再検査に費やす作業量の50%削減など、品質と生産性において大幅な向上を実現しました。また、生産ラインの調整も迅速に行えるようになりました²⁴。

- 中国・青島港では、5Gを導入してコンテナの荷役用クレーンを遠隔操作しています。5Gの導入により、コンテナ積み下ろしの1時間あたりの効率が、平均24.2本から36.2本に向上しました（ピーク時には43.8本を達成）²⁵。
- イギリスを拠点とする工業製品メーカーであるWorcester Bosch社は、イギリスの工場での5Gトライアルの成果のひとつとして、約2%の生産量の増加を実現しました^{26,27}。

E : 貴社は) ;



Source: Capgemini Research Institute, 5G and edge in industrial operations survey, February–March 2021, N=302 industrial organizations that have run pilots/trials or full-scale implementations of 5G.

今回の調査では、5Gのユースケースが早期導入者にビジネスインパクトをもたらしていることが判明しました（図12を参照）。そこで、本書では、5Gのユースケースを以下の4つのカテゴリーに分類しました。

5Gの特徴である広帯域幅、低遅延を生かして、5Gを重要な製造オペレーションのリアルタイムモニタリングや制御強化に不可欠な高解像度の映像や入力の伝送に利用することができます。たとえば、マシンビジョンを利用した品質管理では、5Gとエッジコンピューティングを利用した高解像度&低遅延のビデオフィードがより早く正確な障害検出の実現を支援します。日本では、日本電気株式会社、通信事業者であるKDDI株式会社、総合建設業者である株式会社大林組が共同で、建設機械を遠隔操作する5G対応の遠隔監視・制御システムの実証に成功しました。このシステムでは、建設機械に2Kカメラと4Kカメラを搭載し、5Gを使って映像や画像データをリアルタイムに伝送します²⁸

5Gは、WiFiなどの既存の接続技術と比較して、より高いサービスレベルを実現し、自律型のロボットや台車・車両の動作範囲を大幅に拡大することができます。ある調査によると、5G対応の自律型ロボットの世界市場は、2030年までに737.7億ドルに達すると言われてしています²⁹。たとえば、Audi社やEricsson社では、工場内の作業場で自律型のロボットやマシンを動かすために、5Gの特徴であるモビリティ、サービス品質、低遅延を活かしたユースケースをテストしています³⁰。プライベート5Gネットワークを備えたMercedes-Benz社の次世代工場、Factory56では、従来の組立ラインが生産プロセス全体の柔軟性を向上させるドライバーレスな搬送システム/AGVに置き換えられました³¹。

5Gは、さまざまな方法でインダストリアル環境における人間のオペレーターの補強・拡張に役立ちます。このような応用分野のひとつがAR/VRです。高品質の双方向コミュニケーションと正確なコントロールを提供する、真に没入感のあるAR/VR体験には広帯域の接続が不可欠です。5Gは、エンド・

ツリー・エンドの遅延の軽減を助け、安定した広帯域接続を提供して、設計、製造、保守、カスタマーサービスなどの分野でAR/VRを使用したさまざまなリモートコラボレーションの機会を広げます。5Gによって実現されるAR/VRアプリケーションは、遠隔での専門知識や支援の提供、遠隔仮想検査の実施、デザインレビュー、仮想サイト訪問などに利用できます。たとえば、Schneider Electric社では、AR/VRを使用した遠隔保守活動を行うための5Gの使用テストが行われています³²。

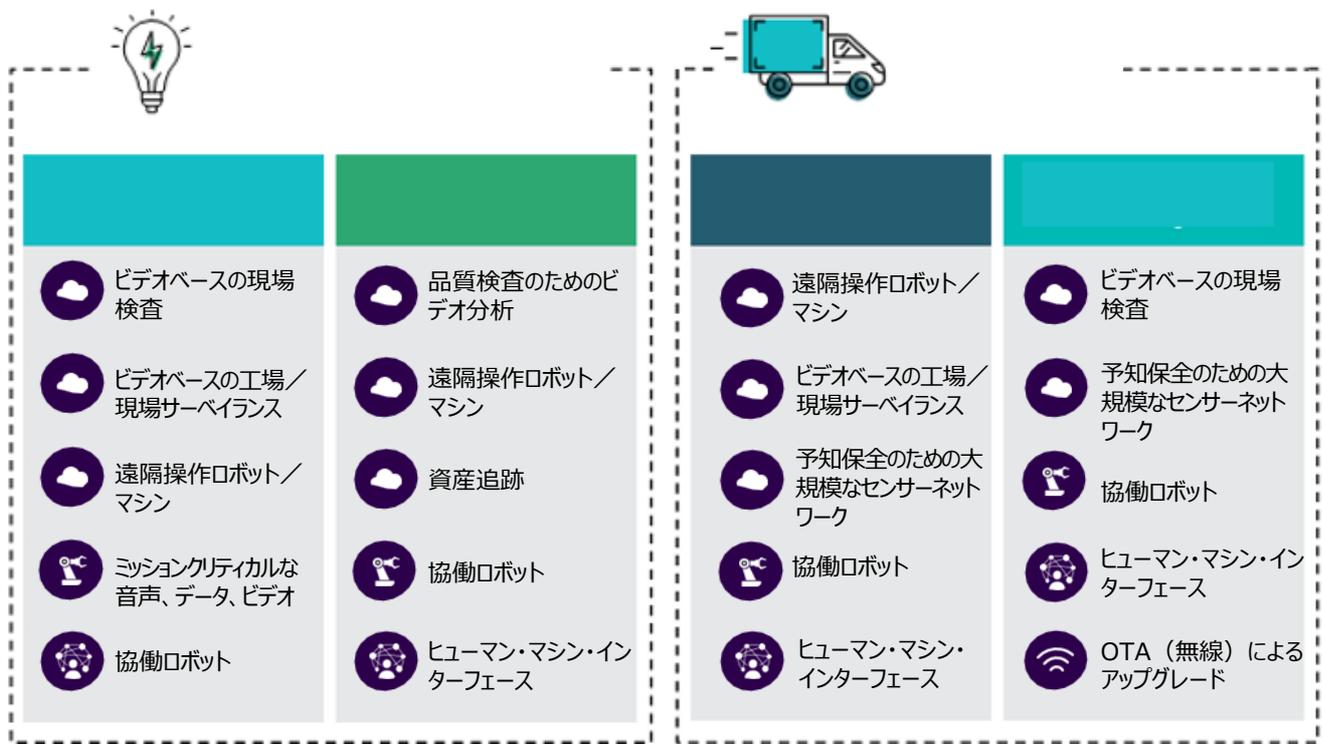
：5Gでは、専用のネットワークスライスを使用して、産業用アプリケーションのニーズに応じてサービス品質を調整することができます。これにより、たとえば重要な通信を大規模ネットワークの負荷から遮断することができます。また、サプライチェーンのパートナーに専用の通信チャンネルを提供することにより、データのセキュリティとプライバシーを確保することもできます。

%&

大

)





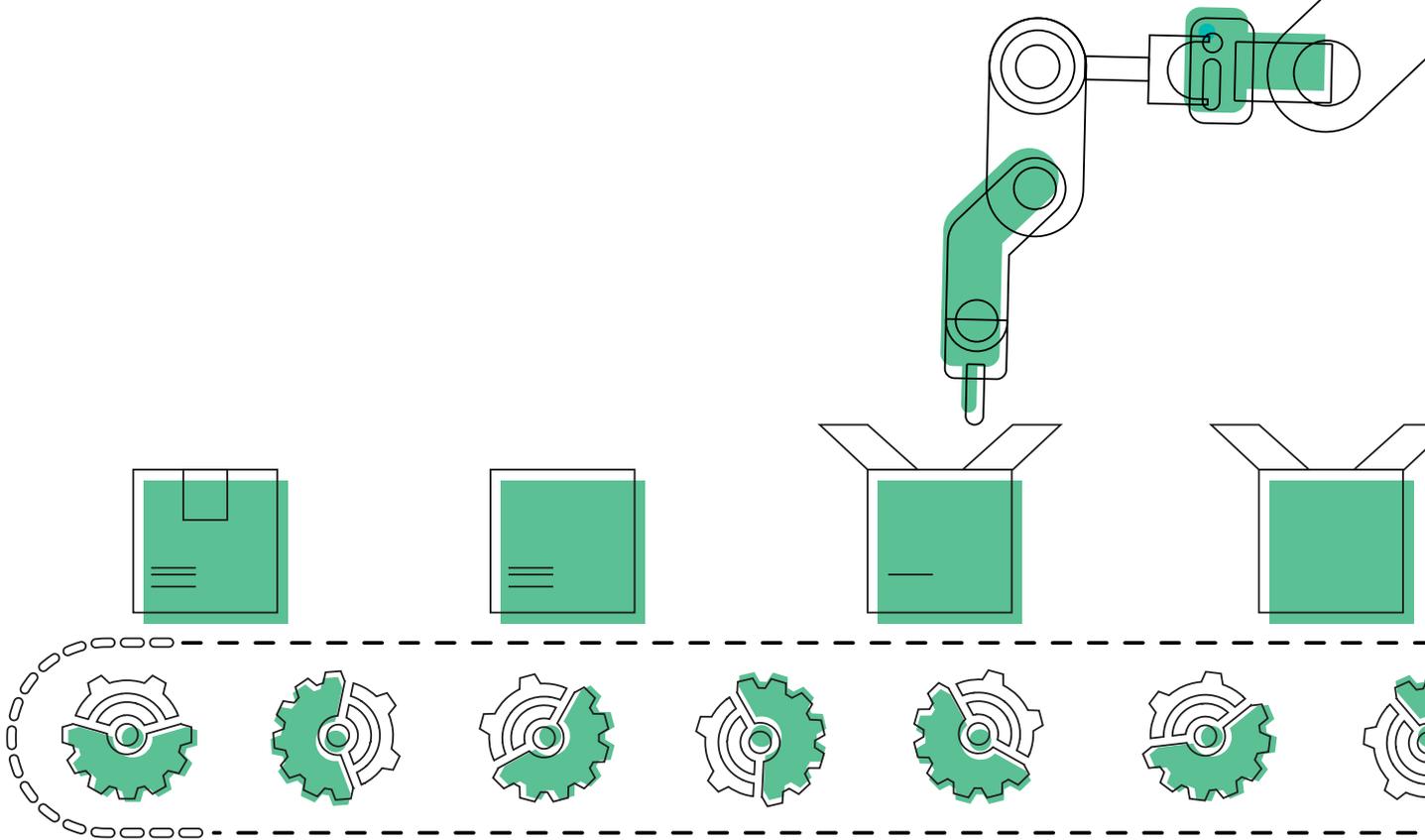
- 遠隔監視および制御
- 自律型ロボット／マシン
- コネクテッドワーカー
- コネクティビティ

：Capgemini Research Institute, 5G and edge in industrial operations survey, February–March 2021, N=302 industrial organizations that have run pilots/trials or full-scale implementations of 5G.

5Gは、コネクティビティにパラダイムシフトをもたらし、業務効率の大幅な向上を実現するだけでなく、新製品の発売や新サービス立ち上げへの道も開きます。今回の調査では、企業の半数以上（51%）が5Gを活用した新製品の提供を計画しています。たとえばBosch社はすでに5G対応の無人搬送車（AGV）、ActiveShuttleを発売しています。このAGVは、物流分野をターゲットにしたものです³³。

);

また、インダストリアル企業の60%が5Gを利用した新サービスの提供を計画しています。たとえば、Lufthansa Technik社は、自社の5Gネットワークを利用して、ARを使った遠隔保守サービスを顧客に提供しています。これは今回の新型コロナウイルス感染症のパンデミックにおいて特に効果を発揮しました。このようなサービスはこれまでオンサイトでしか実施できませんでした。なぜなら、WiFiネットワークではARベースのアプリケーションが必要とする安定した信頼性の高いコネクティビティを提供することができなかったからです³⁴。



% 大半の) ; 活用し

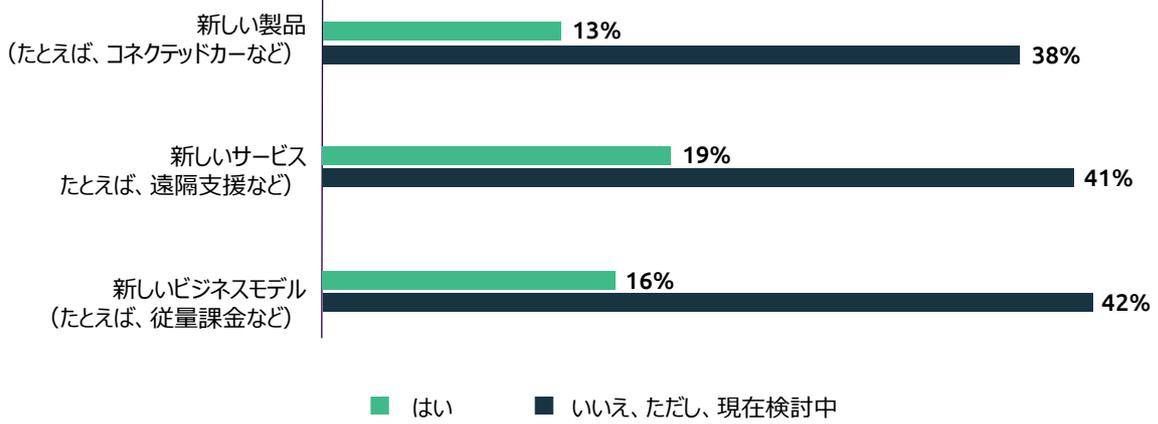
E :) ;

導入また

#

#

?



: Capgemini Research Institute, 5G and edge in industrial operations survey, February–March 2021, N=1,000 industrial organizations that have adopted or are planning to adopt 5G.

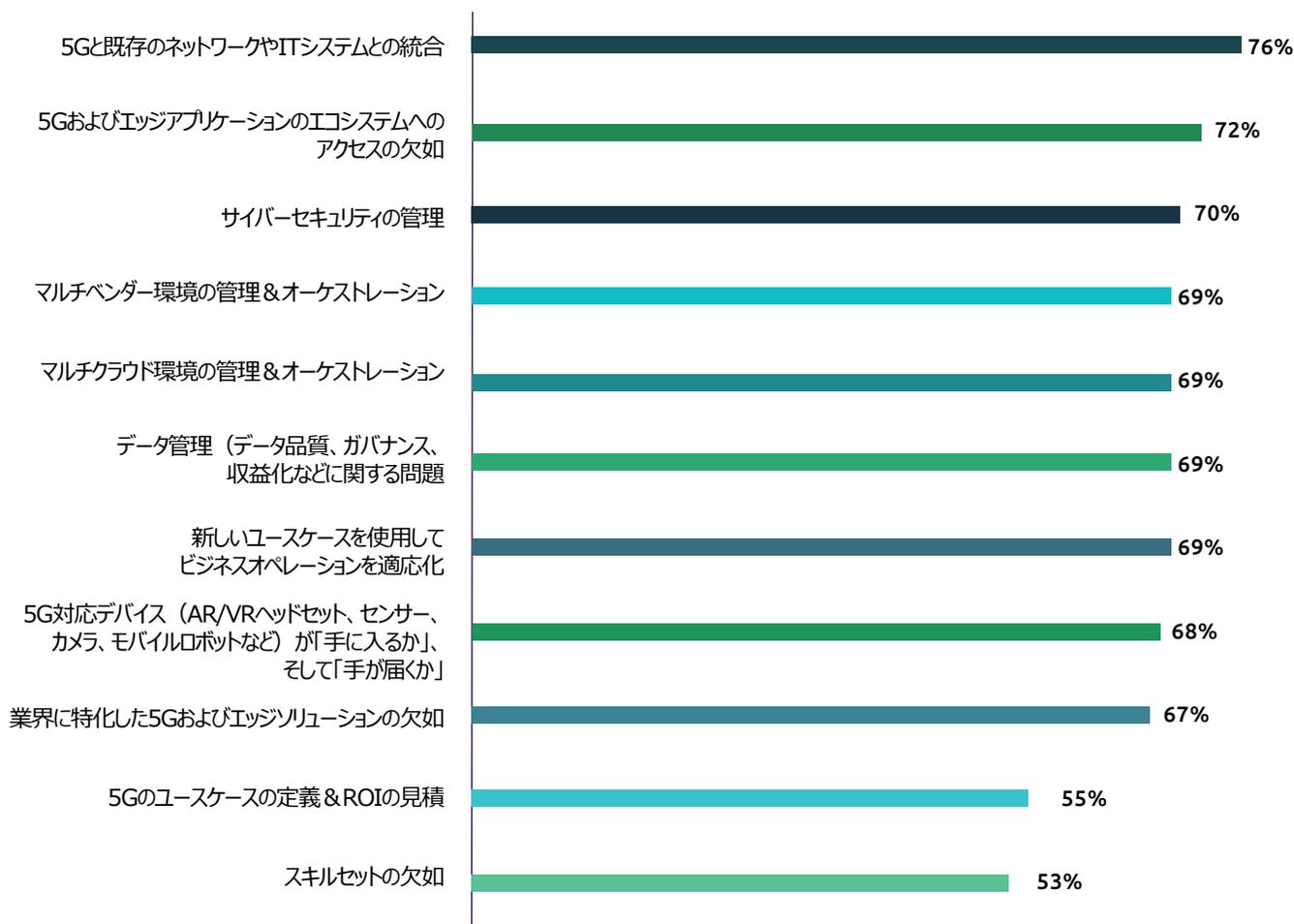
広範な5G実装の足かせとなっているのは・・・

今回の調査では、インダストリアル企業が5G実装で予測する課題の存在が明らかになりました（図14を参照）。これらの課題は、緊急性の高いものから長期的なものまで実にさまざまです。たとえば、短期的課題として、5G対応デバイスの不足という問題があります（この問題は、5Gのエコシステムが成熟するにつれて解決される可能性が高いため、一時的なものだと考えられます）。以下、今回の

調査と業界エグゼクティブとのディスカッションを通じて明らかになった、5G実装に関する長期的な主要課題に焦点を当てます。

図14 インダストリアル企業が直面する5G実装に関するさまざまな課題

Q: 貴社が直面または予測する、5G導入における重要な課題とは？



Source: Capgemini Research Institute, 5G and edge in industrial operations survey, February–March 2021, N=1,000 industrial organizations that have adopted or are planning to adopt 5G.

%)) ;

⇒H

5Gはクラウドネイティブなアーキテクチャであるため、前世代のセルラー技術と比較して、企業のITチームによる導入・展開および統合は容易になります。しかし、5Gにはまだ多くの統合課題があります。今回の調査では、企業のなんと76%が5Gネットワークと既存のネットワークやITシステムとの統合を実装の主要課題としています。台湾を拠点として活躍する5Gの専門家であるEhsanul Islam氏は「既存の工場には、なんらかの接続技術がすでに実装されています。これらの技術にはそれぞれ独自のダッシュボードがあり、それがビジネスのさまざまなオペレーションに深く関わっています。このことが5Gのビジネスオペレーションへの統合を困難にする恐れがあります」と述べています。

標準化の欠如や相互運用可能なソリューションの欠如もまた重要な課題です。これらの課題は組立時やテストの際の課題であり、Ford社がイギリス・ダントンのプラントに5Gを展開した際に経験したものです。同社の5G Enabled Manufacturing (5GEM) プロジェクトのマネージャーであるChris White氏は、「私たちは『非通信事業者』であり、何が 필요한のかを非常に限定的にしか理解していませんでした。その結果MPN（モバイルプライベートネットワーク）をインストールするのに何か月も費やしてしまいました。もちろん、コロナパンデミックの影響もありましたが、なによりもファイバーリンクや電源、GPSアンテナの設置場所など、必要なものへの準備が不十分だったことが原因です。MPNがまだ「そのまますぐに使える」ソリューションではないことは確かですし、組立やテストにもかなりの時間がかかっています。しかし、5GのMPNが主流になれば、この状況も変わってくるでしょう。インストールは、簡単に再構成できるものでなければなりません」と述べています³⁵。

5Gの実装にはAGV、AIカメラ、その他の接続デバイスなどを含む、工場の現場にある複数のコンポーネントの間の相互運用性テストが必要で、これもまた課題となり得ます。

多くのレガシーデバイスや産業用オートメーションシステムは、5Gでの実行に適合していません。相互運用性を実現し、産業界に5Gを広く導入する道を開くためには、産業用プロトコルを5Gと統合する必要があります。その中でも最も重要なものがOPC UA（Open Platform Communications Unified Architecture）です。OPC UAは、インダストリアルIoT（IIoT）デバイス間で安全かつ規格化されたデータ交換を行うためのオープンな通信規格です。最近、OPC Foundation36と5G-ACIA37との間のコラボレーションが発表されましたが、これはOPC UAと5Gの統合の実現に向けた重要な一歩となります³⁸。

さらに、レガシーなブラウンフィールドデバイスが5Gネットワーク上で動作できるようにする必要があります。そのためには、産業用ゲートウェイや顧客構内設備（CPE）のデバイスとの統合が必要になります。このようなゲートウェイやデバイスの可用性は高まっており、Global Mobile Suppliers Associationの最近のレポートによると、2021年3月末現在で37種の産業用ゲートウェイ/ルーター/モデム、50種の固定無線アクセスCPEデバイスが市販されています³⁹。

&") ;

) ;

5Gはインダストリアル企業に数えきれないほど多くの機会をもたらしますが、今回の調査では、企業が適切な機会を特定すること、そしてこれらの機会を事業化することに苦戦していることが明らかになりました。多くのインダストリアル企業は今、次のような問題に取り組んでいます。

- ビジネスインパクトを即座に生み出すことができるユースケースとは？
- すぐに入手・利用可能な5Gアプリケーションとは？
- どうすればこれらのユースケースを既存のオペレーションと統合することができるのか？

これらの問題が5G実装の障壁となっています。その結果、インダストリアル企業の55%が、5Gユースケースの定義付けとそのROIの見積りが困難であるとしています（ブラウンフィールド環境では、5GユースケースのROIを評価する際、有線接続など既存のオプションやケーブル交換のコストと比較する必要があるため、課題はさらに大きくなる可能性があります）。また、67%が導入の障壁として、垂直方向、すなわち業界に特化した5Gソリューションへのアクセスが困難であるとし、69%が5Gユースケースにビジネスオペレーションを適応させることが困難であるとしています。

..

5G規格はさまざまなセキュリティ強化を提供しますが、インダストリアル企業にとって5Gネットワークは、そのさまざまな要素から、いまだ懸念材料となっています。

- 接続するエンドポイントが量的にもまた種類のにも増加することにより、攻撃対象となる領域が大幅に拡大すること。産業用IoTの接続数は、2020年の177億USドルから2025年には368億USドルへと107%成長すると予測されています⁴⁰。
- デバイスやネットワークレベルの「バックドア」から発生する脅威や脆弱性
- コネクテッドデバイスで生成される大量のデータに対するデータセキュリティとプライバシーの管理の必要性

インダストリアル企業の70%が、サイバーセキュリティの管理を5G実装に伴う重要な課題と考えています。図15に示すように、セキュリティ管理に関する主な課題としては、信頼できる適切なベンダーの選定が困難であること（41%）、リスクへの曝露を減らすための社内プロセスが欠如していること（39%）などが挙げられています。5GのエキスパートであるEhsanul Islam氏は、「企業は、自社のデバイスが安全かどうか、誰がデバイスを評価してセキュリティホールがないことを確認するのか、といった問題に直面しています」と述べたうえで「わからないことが多いのです」と述べています。

プライベートネットワークの展開は、これらの課題をさらに悪化させ、専門知識をもたない企業が自社内では対処できない新たな問題を引き起こすおそれがあります。Thales社のEMEA事業開発ディレクターで5GエキスパートのDidier Wylomanski氏は、このような問題に注目して、「高度に期待される5Gの展開モデル、すなわち、独自のプライベートモバイルネットワークの展開を通じて5Gサービスから利益を得ることを目指す企業は、最終的に、自社のマネージドセキュリティサービスのプロバイダーとしての役割を果たす必要があります。つまり、従来

のITシステムと同様に、自社で完全にコントロールできるセキュリティ戦略を展開する必要があります。実際には、通信のプライバシーの確保、アプリケーションやデータに対する内部アクセス制御、蓄積したデータと稼働中のデータの両方の保護などが含まれます」と述べています⁴¹。

さらに、AT&T社の5Gセンター・オブ・エクセレンスのディレクターであるJason Inskeep氏は、「WiFiをメインに使用してきた企業にとって、5Gのプライベート環境でのセキュリティ管理は新しいものであり、これまでとの違いに戸惑う可能性があります。微妙な差異に

応じて管理を行うための専門知識を現在は持ち合わせていない場合もあります。ですから私たちは、お客様と協力してその違いを理解していただくとともに、プライベートネットワークに、たとえば集約ポイントなどにおいて、セキュリティを追加することが有益であることをお客様が理解できるよう、支援を提供しています」と述べています。

%) 大多数の

E : 貴社が直面し

?



Source: Capgemini Research Institute, 5G and edge in industrial operations survey, February–March 2021, N=684 organizations that view managing cybersecurity as a major 5G implementation challenge.

(“

インダストリアル企業は、オープンネットワークベースの5Gネットワークを開発することにより、複数のパートナーと協働し、ベンダーロックインを回避する機会を得ることができます。しかし、デバイス、アプリケーション、プラットフォーム、ネットワークインフラ、コネクティビティなど、産業用5Gソリューションを構成する複数の機能コンポーネントをひとつにまとめることは、大きな課題となるでしょう。これらのコンポーネントをまとめるためには、複数のベンダーを特定し、参加させ、管理する必要がありますが、今回の調査によると、インダストリアル企業の69%がこれを5G実装の際の大きな障壁と捉えています。

一方、5Gベンダーのエコシステムが未成熟な場合、コンポーネントを提供する適切なベンダーを特定することが課題となります。また、マルチベンダー環境の管理もまた課題であり、大手企業は、エンド・ツー・エンドでサービスを提供できるパートナーを求めています。

インダストリアル企業は、5G導入の環境への影響を意識している

5Gはデバイスの大規模なコネクティビティを可能にし、膨大なデータを生成することから、環境や持続可能性に対する影響が懸念されています。Nokia社ならびにTelefonica社の最近の研究によると、5Gのトラフィック単位あたりのエネルギー効率は、4Gよりも最大90%優れています⁴²。既存のテクノロジーと比較して、5Gは以下の点で有益だといえるでしょう。

- **向上**：消費エネルギー1キロワットあたりのスループットが高くなるため、基地局とエンドポイントとの間の接続がアイドル状態になる時間が長くなります。
- **省エネ**：デバイスと基地局との間の通信をより集中的に行うことができるので、エネルギーの節約につながります。
- **スモールセル**：5Gネットワークは、エンドポイント寄りにある複数のスモールセルによって実現されます。これにより、信号が基地局に到達するまでの距離が短くなるため、エネルギーの節約につながります。また、これらのスモールセルを使用することで、需要の変動に対応し、必要に応じて容量を変更することができます。
- **スリープモード**：スリープモードとは、使用量が少ないときにネットワークの一部をオフにする機能です。4Gではすでに基本的なスリープモードが実現していますが（4段階のレベル1）、5Gでは特定の条件下でレベル3まで可能となり、約50%の省エネにつながります⁴⁴。

5Gは、このような直接的な環境面でのメリットに加えて、より効果的な遠隔コラボレーションを実現し — これは出張のニーズの低減につながります — 環境や持続可能性にフォーカスしたユースケースを実現 — たとえば、大規模なセンサーネットワークによる

エネルギーモニタリングの向上など — することで、間接的なメリットももたらします。さらに、5Gとエッジコンピューティングの併用は、データを発生源に近い場所で処理することで、ネットワークトラフィックの低減とそれに伴う二酸化炭素排出量の削減を推進します。

ただし、5Gは、次のような環境問題も引き起こします。

- 5Gネットワークのハードウェア自体が消費するエネルギーの増加、また、5Gが可能にする大量のデータトラフィックを処理するためのデータセンターの運営に必要なエネルギーの増加
- 増加するエンドポイント機器の製造および使用に伴う二酸化炭素の排出

データセンターは、5G対応機器が生成するデータを格納・処理する必要があり、これがカーボンフットプリントの著しい増加につながると予測されています。フランスのHigh Council on Climate（気候に関する高等評議会）の報告書によると、5Gネットワークは、環境に新たに排出される30～70億トンのCO2の原因となり得ます。この排出量の大部分は、データセンターや電子機器の製造に起因するものです⁴⁵。

インダストリアル企業は、5G実装による環境への潜在的な影響を意識しています。今回の調査によると、インダストリアル企業の半数以上（51%）が、5Gが環境に与える悪影響の可能性を懸念していると答えています。

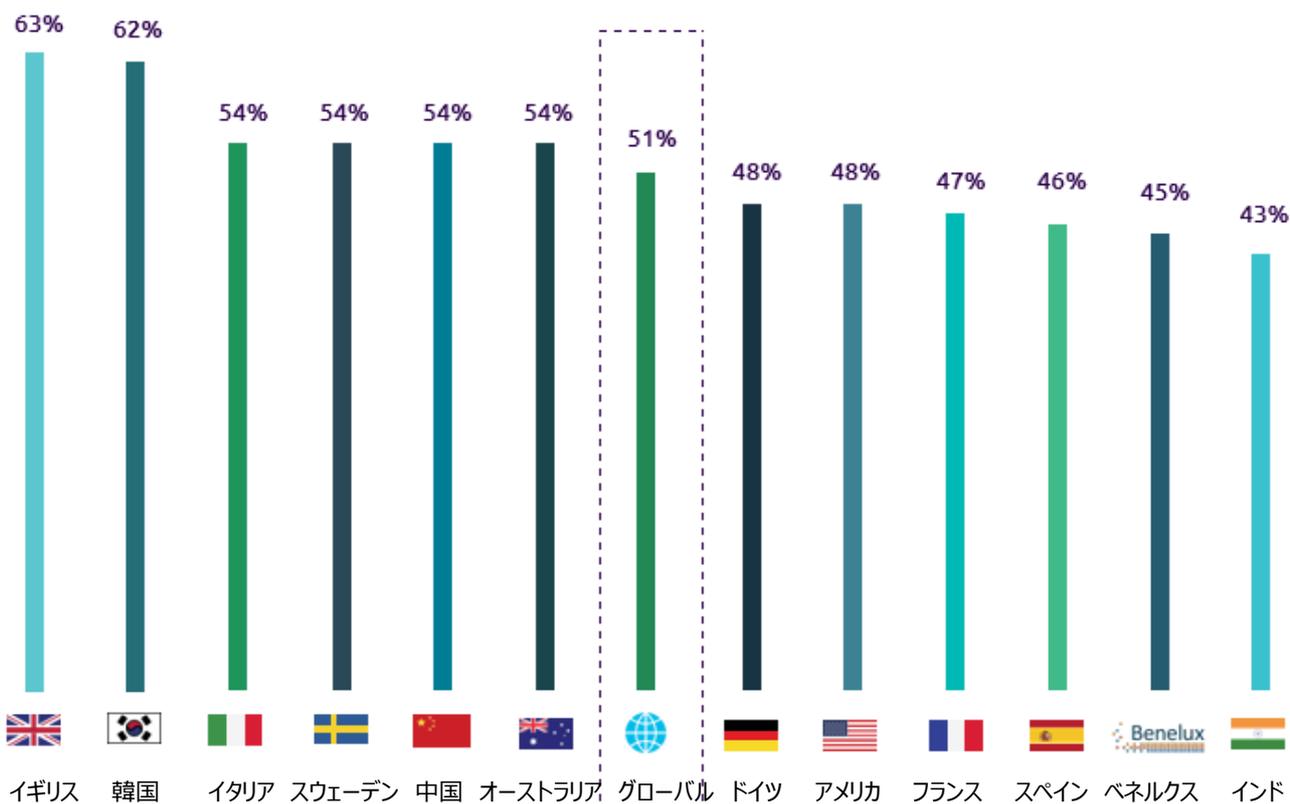
51%

5Gが環境に与える潜在的な悪影響を懸念するインダストリアル企業の割合

%*

) ;

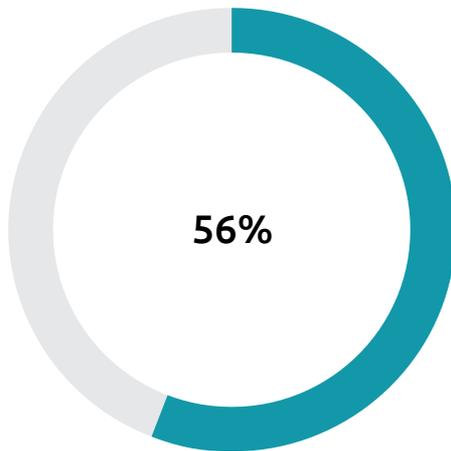
) ;



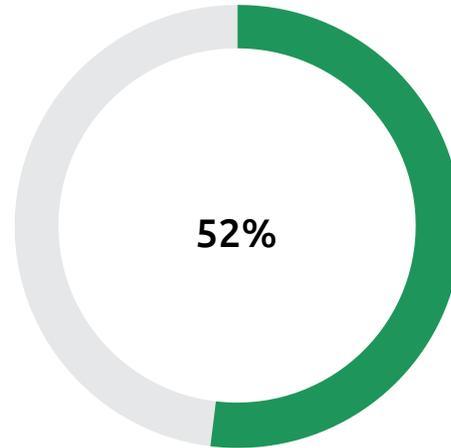
: Capgemini Research Institute, 5G and edge in industrial operations survey, February–March 2021, N=971 organizations.

インダストリアル企業の半数以上が5Gによるエネルギー消費量の増加を懸念し（56%）、また5Gのコンポーネントやデバイスの製造に必要なレアアース／非再生可能資源の採掘を懸念

（52%）しています。



5Gによるエネルギー消費量の増加を懸念（例：コネクテッドデバイスの生産と使用の増加によるカーボンフットプリントの増加）



5Gのコンポーネントやデバイスを製造するために、レアアースや非再生可能金属の採掘量が増加することを懸念

: Capgemini Research Institute, 5G and edge in industrial operations survey, February–March 2021, N=494 organizations who are concerned about the potential negative impact of 5G.

);

小限に

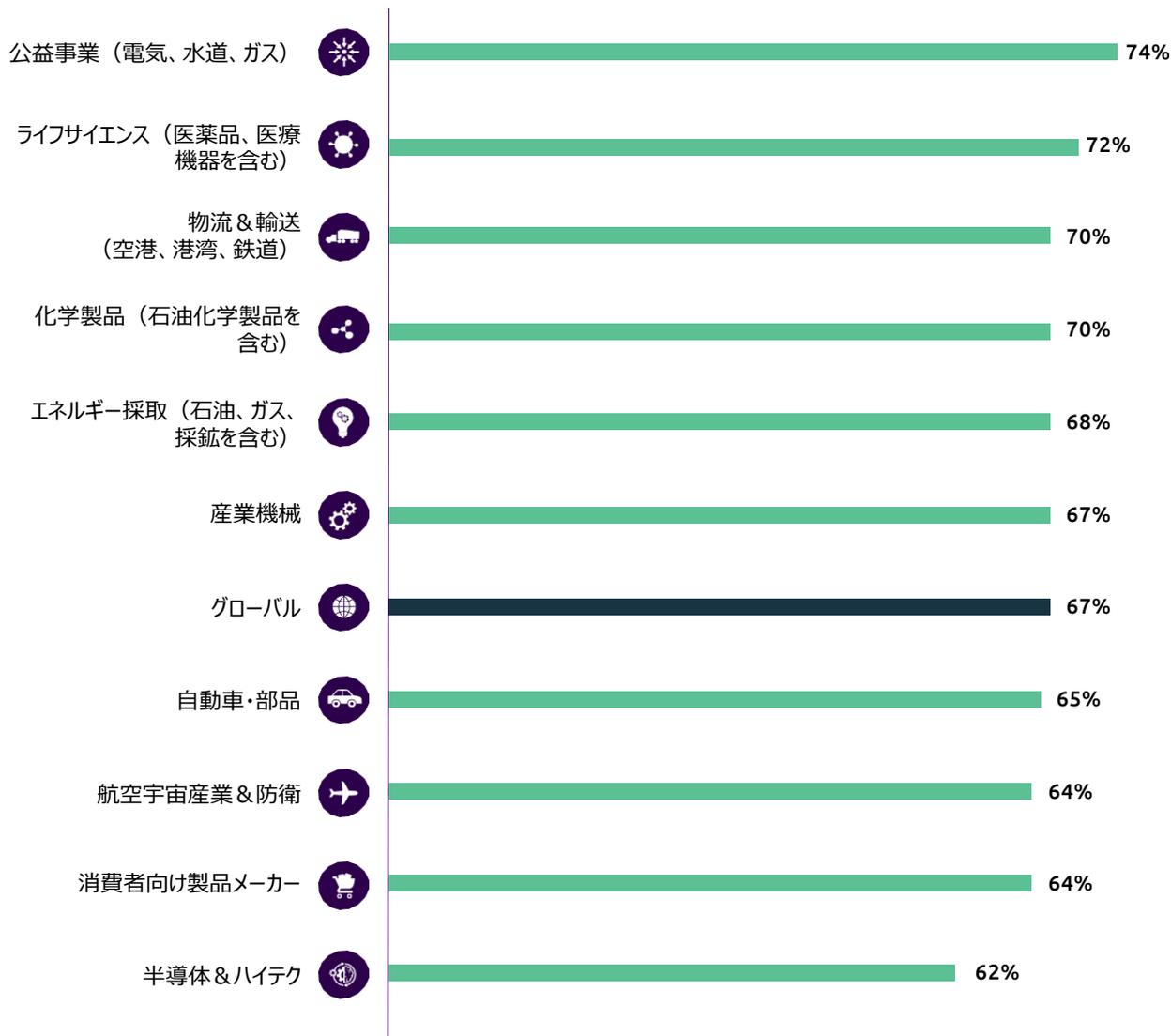
インダストリアル企業の大半は、5Gの実装が環境に与える影響を最小限に抑制することを優先したいと考えています。今回の調査では、インダストリアル企業の半数以上（53%）が、自社の

5G実装によって生じる環境への影響を軽減することが企業の優先事項のひとつであると回答しています。5Gのバリューチェーンにおける炭素排出量は、スコープ（Scope1、Scope2ならびにScope3）によって異なります。企業もこれを認識しており、3分の2以上（67%）が、5G事業者／ベンダー／サプライヤーを選定する際には持続可能性に関する認証を考慮すると回答しています。

図18

企業は、ベンダーやパートナーが自社の持続可能性要件に合わせることを期待している

5G事業者／ベンダー／サプライヤー選定時に「その企業の持続可能性認証に考慮する」と答えたインダストリアル企業の割合



データ: Capgemini Research Institute, 5G and edge in industrial operations survey, February–March 2021, N=1,000 industrial organizations that have adopted or are planning to adopt 5G.

政府が産業用5Gの導入の加速を推進

さまざまな国や地域で、政府や行政機関が産業用5Gの導入を加速するための政策的インセンティブの導入を進めています。

イギリス：英国政府は、5Gの産業への適用に関する調査・研究ならびに連携を促進し、イギリス国内に5Gエコシステムを開発・展開するためのナショナル・イノベーション・ネットワークであるUK5Gを立ち上げました。また、英国政府は、5G Testbeds and Trials Programme (5GTT) の一環として、5Gが産業界の生産性を高め、成長を促進する方法を特定するために2億ポンドの投資を割り当てました。デジタルインフラストラクチャ担当大臣であるMatt Warman氏は、「5Gは単にモバイルインターネットのスピードアップに留まるものではありません。英国政府は、私たちの生活をより良くそして豊かにするために、この国の優秀なイノベーターたちがこの技術の大きな可能性を探求できるよう、億単位の投資を行っています」と述べています⁴⁶。

アメリカ：米国連邦通信委員会（FCC）は、2018年に5G Facilitate America's Superiority in 5G Technology Plan (5G FAST Plan) を立ち上げ、追加の周波数の解放（2020年12月の3.7～3.98GHz帯のミッドバンド周波数オークションなど⁴⁷、5G展開のさまざまな段階での政府審査の迅速化、5Gロールアウトを加速するための規制の近代化など、さまざまな取り組みを進めています⁴⁸。米国防総省は、6億ドル相当の資金提供を行って、米軍の5つの拠点で大規模な5Gテストを実施し、5G対応のAR/VR、倉庫管理、分散型コマンド&コントロールなどのユースケースを検討することを発表しました⁴⁹。

欧州連合：欧州委員会は、2013年に5G Infrastructure Public Private Partnership (5G-PPP) を設立し、5Gに関する研究とイノベーションの支援を目的として、7億ユーロ以上の公的資金を投入しました。また最近、5G-PPPの一環として、製造業、運輸業、エネルギー産業など、さまざまな業界で大規模な5Gトライアルを行うことを目的とした、7つの新しい研究プロジェクトやイノベーションプロジェクトに1億ユーロに相当する資金を提供することを発表しました⁵⁰。

アジア・パシフィック：韓国政府は、5Gエコシステムの構築を目指して5G+ Strategyというイニシアチブを立ち上げ、2022年までに270億ドル相当の税制優遇措置を提供することを通じて、5Gベースの産業およびサービスの開発を促進します⁵¹。シンガポールでは、通信情報メディア開発庁（IMDA）ならびに国立研究財団（NRF）が業界ユースケースにおける5Gのトライアルを支援するオープンイノベーションエコシステムを構築するために、4,000万シンガポールドルを確保しました⁵²。また、オーストラリア政府は、Australian 5G Innovation Initiativeを立ち上げて、鉱業、製造業、建設業などのセクターの企業が5Gのユースケースをテストするための助成金を提供します⁵³。

奨励事項

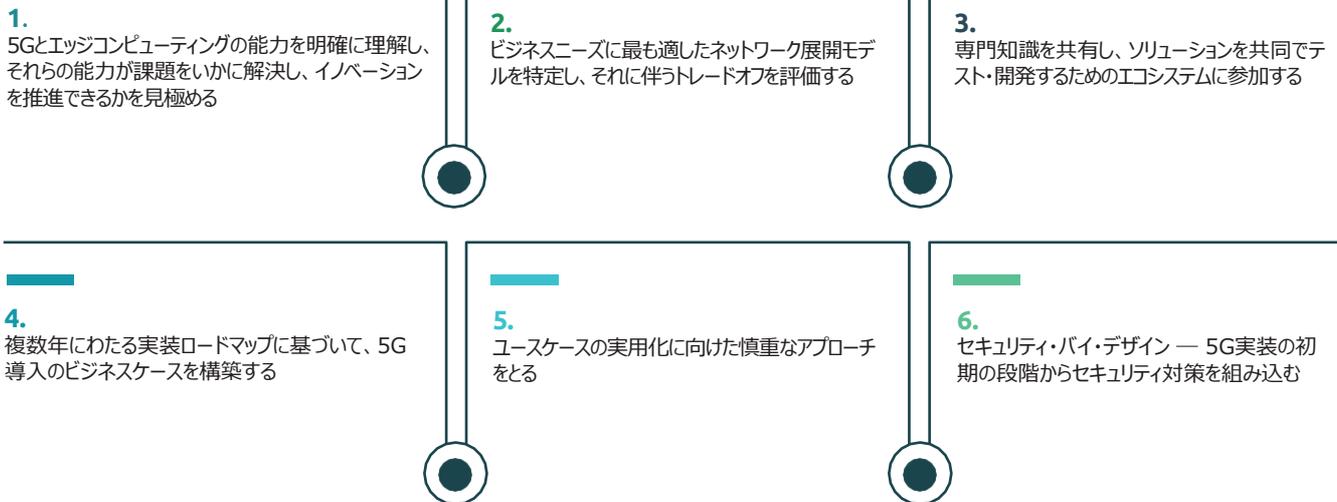
インダストリアル企業が5G導入を加速するために

5Gの規格が今後も進化し続けていくことは間違いありません。しかし、早期導入企業の経験が示すように、5Gにはすでに多くのメリットがあります。インダストリアル企業が5Gの導入を加速するためには、5Gの能力をテストし、ビジネス課題に対処するために5Gを適用してイノベーションを推進するとともに、新たな機能が利用可

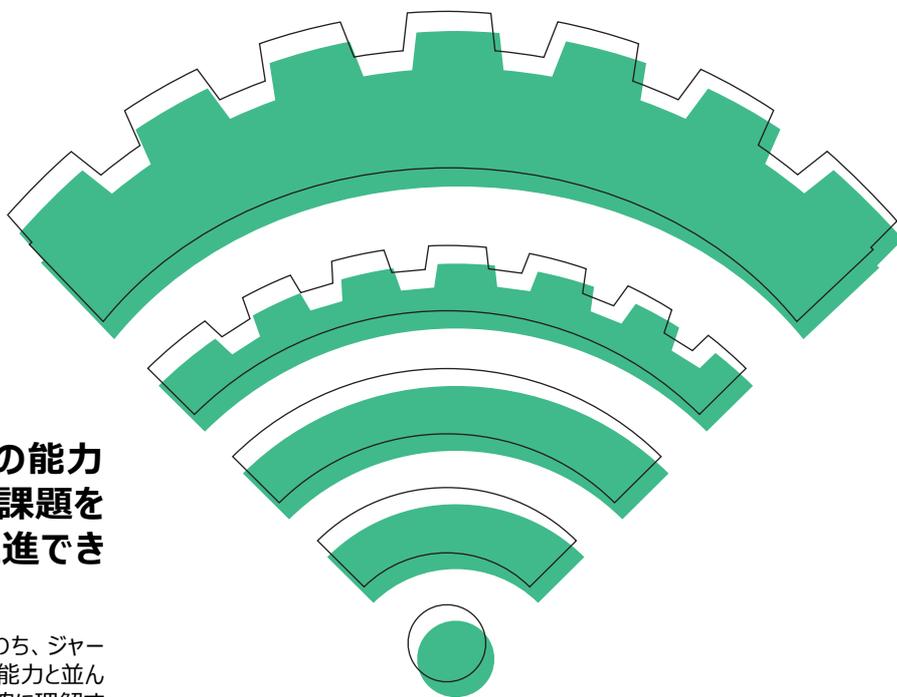
能になった時点でアプローチを徐々に微調整していく必要があります。また、適切な5Gのユースケースを特定するために、社内外の幅広いステークホルダーと協力していく必要もあります。このセクションでは、5Gがもたらすメリットを十分に活用するために、インダストリアル企業が取るべき重要なステップを紹介します。

図19 5Gの導入を加速するために社内外のステークホルダーと連携する

インダストリアル企業が5Gの導入を加速させる方法



データ: Capgemini Research Institute analysis.



1. 5Gとエッジコンピューティングの能力を明確に理解し、それらの能力が課題をいかに解決し、イノベーションを推進できるかを見極める

インダストリアル企業は、5G導入への取り組み、すなわち、ジャーニーを開始するにあたり、5Gとエッジコンピューティングの能力と並んで、これらの技術がどこに真の価値をもたらすのかを明確に理解する必要があります。これは、5Gとエッジコンピューティングの導入自体をゴールにするのではなく、実際のビジネス課題に対応するために不可欠です。日本電気株式会社エンタープライズビジネスユニット、スマートインダストリー本部エキスパートの瀧上浩孝は、この点を強調して、「多くの組織にとって、5Gを使用することが最終目標になってしまっています。私たちは『5Gを使って何をしようとしているのか』と自らに問いかけなければなりません」と述べています。企業は、5Gの能力を使って、関連するユースケースをどのように実現し強化できるかを評価する必要があります。また、5Gを利用したプロセストランスフォーメーションの機会を検討するだけでなく、5Gを活用して製品にインテリジェンスを追加することにより、製品ポートフォリオのトランスフォーメーションも検討すべきです。そして最後に、5Gとエッジコンピューティングが データドリブンな既存のデジタルトランスフォーメーションの取り組みをどのように強化し、製品、運用、サービスを網羅する全体的なデータ管理戦略にどのように適合させることができるかを評価する必要があります。

実装のために選択したユースケースで実際のビジネス課題を解決するためには、ビジネスチームとの連携が不可欠です。Atlas Copco社のスマートファクトリーリーダー、Bavo Tielemans氏は、5Gのユースケースがビジネスのニーズを満たすためにはこの連携が不可欠だと考え、「当初は私たちは、こちらサイドでユースケースを考えようとしたが、実際に生産現場でのニーズがない場合、そのようなユースケースは採用率が非常に低いことがわかりました」と述べ、「実際には、ビジネスからニーズがあがってくるのを待ちます。つまり、解決しなければならない問題を抱えた生産現場やプロセスエンジニアリングのサイドから質問を受けてから、その問題を解決できる可能性のあるツールの一つとして5Gを検討するのです。実際に生産現場からの要求があるので、ユースケースは実際に使えるものとなり、ビジネスサイドにも提供されたソリューションを使用する意欲

が湧いてきます。当社ではスマートファクトリーチーム内にサービスデスクを設けて、ビジネスチームからのリクエストをそこで受け、初期分析を行い、そのうえでビジネスチームが何を期待しているのか、どのようにソリューションを導入したいのか、さらに議論を重ねます」と説明を加えました。



解決しなければならない問題を抱えた生産現場やプロセスエンジニアリングのサイドから質問を受けてから、その問題を解決できる可能性のあるツールの一つとして5Gを検討するのです。そうすれば、ユースケースは実際に使えるものとなります。

.....
Atlas Copco社
スマートファクトリーリーダー
Bavo Tielemans氏

2. ビジネスニーズに最も適したネットワーク展開モデルを特定し、それに伴うトレードオフを評価する

インダストリアル企業は、5Gの導入が効果を発揮するユースケースを明確に理解した上で、これらのユースケースの要件に最も適したネットワーク展開シナリオを選択する必要があります。Ford Motors社の5GEM⁵⁴のマネージャーであるChris White氏は、「5Gの導入方法には多くの選択肢があります。今回のユースケース（電気自動車コンポーネントのロボット溶接）には専用のプライベートネットワークが適していますが、さまざまな資産との工場の壁を越えた情報のやりとり（たとえば、物流のユースケースなど）

を開始するときには、ハイブリッドネットワークまたはパブリックネットワークの方がより有力な候補としてあがってくるでしょう」と述べています⁵⁵。

5Gネットワークを自社で所有・運用することができるようになった今、企業は自社固有の要件を分析し、プライベートネットワークとパブリックネットワークの間のトレードオフを検討しなければなりません（図20を参照）。そこで企業が検討すべき要素をいくつか以下に示します。

- 導入時のコスト
- ネットワーク設計に関わる技術的な複雑さ
- ネットワークの特性を管理・制御する能力
- 外部エンティティとの間のローミング／インタラクション能力
- ネットワークのセキュリティ要件

図20 プライベートそれともパブリック？ — 5Gネットワークの選択に関わるトレードオフ

| | プライベートネットワーク (スタンドアロン／専用ネットワーク) | パブリックネットワーク (ハイブリッド／仮想プライベート／完全なパブリックネットワーク) |
|----------------------------|--|--|
| 展開コスト | | パブリックネットワークは、セットアップコストが潜在的に低いため、よりコスト効率の高いネットワーク展開が可能です。 |
| ネットワーク設計における技術的複雑度 | プライベートネットワークは、パブリックネットワークを利用する場合に比べて、設計の複雑さが軽減されます。これは、パッケージ化されたモバイルプライベートネットワークのソリューションが普及してきたことにより、迅速な設置が可能になったことと、特にセキュリティの観点から考慮すべき設計事項が比較的少ないことが理由です。 | |
| 外部エンティティとのローミング／インタラクション能力 | プライベートネットワークでは、必要に応じて特性を変更できるため、より詳細な制御が可能になります。 | |
| ネットワーク特性を管理・制御する能力 | | パブリックネットワークは、産業キャンパス外でも、シームレスな接続を提供します。 |
| ネットワークのセキュリティ要件 | プライベートネットワークは、干渉が少なく、より高いセキュリティを提供します。 | |

データ: Capgemini Research Institute analysis.

3. 専門知識を共有し、ソリューションを共同でテスト・開発するためのエコシステムに参加する

5Gのユースケースを特定しそのROIを見積もること、業界に特化した利用可能なソリューションが不在であることなどの課題を考えると、インダストリアル企業は、より大きな5Gエコシステムと緊密に連携し、共通の専門知識と経験を活用することを検討すべきでしょう。

● **5Gエコシステム内のさまざまな企業と幅広く関わること**：エコシステム内のさまざまな企業と関わることで、デバイスやアプリケーションの開発状況を常に把握し、より多くの情報に基づいた選択を行うことができます。デバイスやアプリケーションのステータスが成熟の初期段階にあることを考えると、これは重要です。初期段階での選択に縛られてしまうと、5Gの導入後に問題が発生する可能性があります。スペインの交通インフラ企業であるFerrovial社でモビリティCoEでセンター長を務めるAdrian Talbot氏は、エコシステムへの参加の必要性を強調し、「我々は、ほぼすべてのベンダーと何らかの形で話をしてきました」、「その中には、大手のサービスプロバイダーや従来の企業だけでなく、バリューチェーン全体でさまざまなレベルのアプリケーションを提供している小規模なスタートアップ企業もいます。私たちは、これらすべてのベンダーに自社のソリューションを提案し、当社にアプローチする機会を提供しています。もちろん、これらの企業には共通点もありますが、大きな違いもあります」と述べています。

● **共同でソリューションをテストし、5Gのメリットを検証し、ソリューションを開発すること**：企業は、パートナーからの社外インプットを活用することで、5Gが提供するものを明確化し、そのメリットをテストして検証し、企業にとって最も価値のあるユースケースを特定して開発することができます。また、このようなソリューションの開発に伴うリスクを共有することもできます。

– イギリスでは、Siemens、東芝、Solvay、Baker Hughes、Telefonicaなど11の企業がコンソーシアムを結成して、製造業におけるプライベート5Gネットワークの新しいビジネスモデルとアプリケーションを共同で検討しています。このコンソーシアムは、AR/VR、資産追跡、産業システムのモニタリングなどを含む3つの産業用5Gユースケースを調査しています⁵⁶。

– スペインの交通インフラ企業であるFerrovial社は、AIVIAというイニシアチブを開始しました。その目的は、スマート道路インフラのエコシステム内の複数のパートナーを集めて、5Gを使ったソリューションを共同で開発することにあります。同社のAdrian Talbot氏は、このイニシアチブの背景について、「他のパートナーと協力すれば、より良いソリューションが得られると考えました。また、外部からのインプットを得ることで、自社のリスクをある程度まで軽減することもできます」と述べています。

4. 複数年にわたる実装ロードマップに基づいて、5G導入のビジネスケースを構築する

インダストリアル企業は、5Gジャーニーの一環として、5G導入のための詳細なビジネスケースを作成する必要があります。このビジネスケースは、ネットワークのロールアウト計画、新機能の導入、既存ユースケースの移行／新規ユースケースの開発などで構成される、複数年にわたる実装ロードマップによってサポートされるものでなければなりません。5G導入のビジネスケースを構築する際に企業が考慮すべき重要なファクターは以下のとおりです。

5G導入のトップラインおよびボトムラインへの影響：企業は、5Gユースケースがトップラインならびにボトムラインに与える影響を考慮する必要があります。たとえば、オペレーションの効率や生産性の向上によってボトムラインへの影響をもたらす5Gユースケースや、イノベーションのスピードを高め、Time-to-Marketを短縮し、新たなコネクテッド製品やサービスの導入と収益化を可能にすることでトップラインに影響をもたらすユースケースなどがあります。

5Gネットワークの設置・運用コスト：企業は、ネットワーク展開モデル（たとえば、プライベートネットワークまたはパブリックネットワーク事業者とのハイブリッドセットアップ）や、サービスモデル戦略（社内ネットワーク運用またはマネージドサービス）に応じて、5Gネットワークの設置・運用コストを評価する必要があります。また、5Gネットワークのコストは、技術が成熟し、導入量や規模が拡大するにつれて、時間とともに下がっていくことを（3Gや4Gの場合と同様）念頭に置く必要があります。

コネクティビティに関するポートフォリオの最適化により長期的に得られる節約：5Gは、複数の用途の狭い高価なネットワーク（たとえばTETRAなど）を、さまざまなユースケースをサポートする単一ネットワークに置き換えることで、ネットワークの運用コストを削減することができます。さらに、アプリケーションの要件に合わせてサービス品質を調整できるネットワークスライシングを利用することで、ネットワークリソースの使用を最適化して、ネットワークインフラのコストを削減することもできます。したがって、企業が5G展開のROIを評価する際には、現状（As-Is）のコネクティビティに関するポートフォリオのコストを考慮して、5Gによって長期的にどのようなコスト削減が可能かを評価する必要があります。

グリーンフィールド展開とブラウンフィールド展開の違い：5Gのビジネスケースでは、グリーンフィールドとブラウンフィールドのどちらの環境で展開するかを検討する必要があります。グリーンフィールド環境にはレガシーインフラが存在しないため、ブラウンフィールド環境よりも比較的容易に5G投資のROIを定量化することができます。



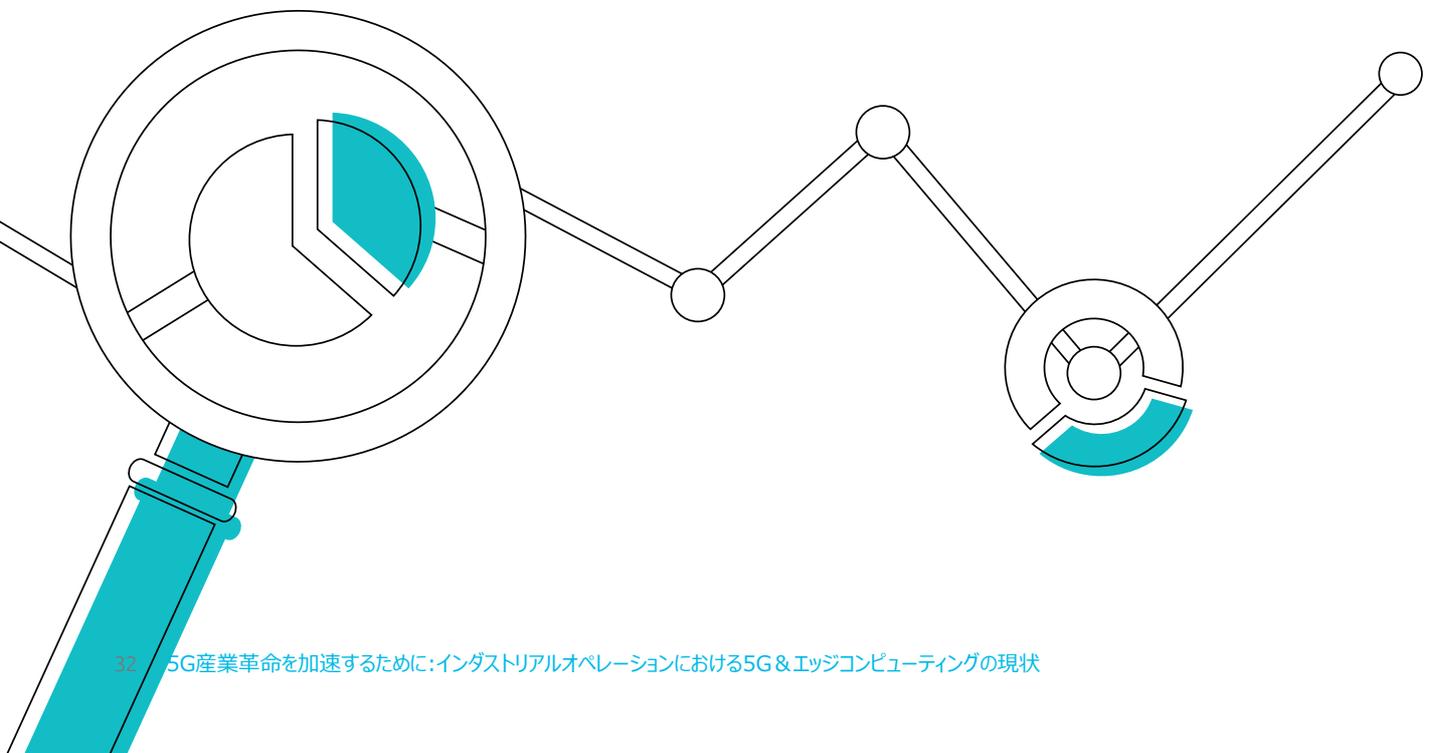
パートナーと協力すれば、より良いソリューションが得られると考えました。また、外部からのインプットを得ることで、自社のリスクをある程度まで軽減することもできます。

.....
Ferrovial社
Center of Excellence責任者
Adrian Talbot氏

5. ユースケースの実用化に向けた慎重なアプローチを採用する

段階的に開始して、結果をテストしてから進めていくこと：ソリューション全体の多くのコンポーネントが未成熟な段階にあるため、新興テクノロジーを運用するためには段階的なアプローチが必要です。そのひとつがテストベッド方式です。もうひとつが、比較的重要度の低い分野で5Gをテストしてから、よりクリティカルな要件へと徐々に拡大していくアプローチです。

アプローチを微調整して、新しい5G機能の可用性と5Gエコシステム全体の成熟性を実現させること：5G規格は現在も進化を続けており、規格が成熟するにしたがって新たな機能が利用可能になるでしょう。インダストリアル企業は、これを考慮に入れて、新機能が利用可能になった時点でテスト＆導入のサイクルに組み込む5Gロードマップを作成する必要があります。ロードマップでは、5Gデバイスのエコシステムの成熟に伴うデバイスの可用性の高まりも考慮する必要があります。つまり、初期の段階ではゲートウェイを使用して5Gを既存のデバイスやシステムに統合する必要がありますが、将来、5G対応デバイスの入手が容易になるにつれて、このアプローチも進化させていく必要があるということです。企業は、全体として5Gのエコシステムの進化に合わせて5Gの導入を進めながら、自分たちのアプローチをテストし、微調整することを計画する必要があります。

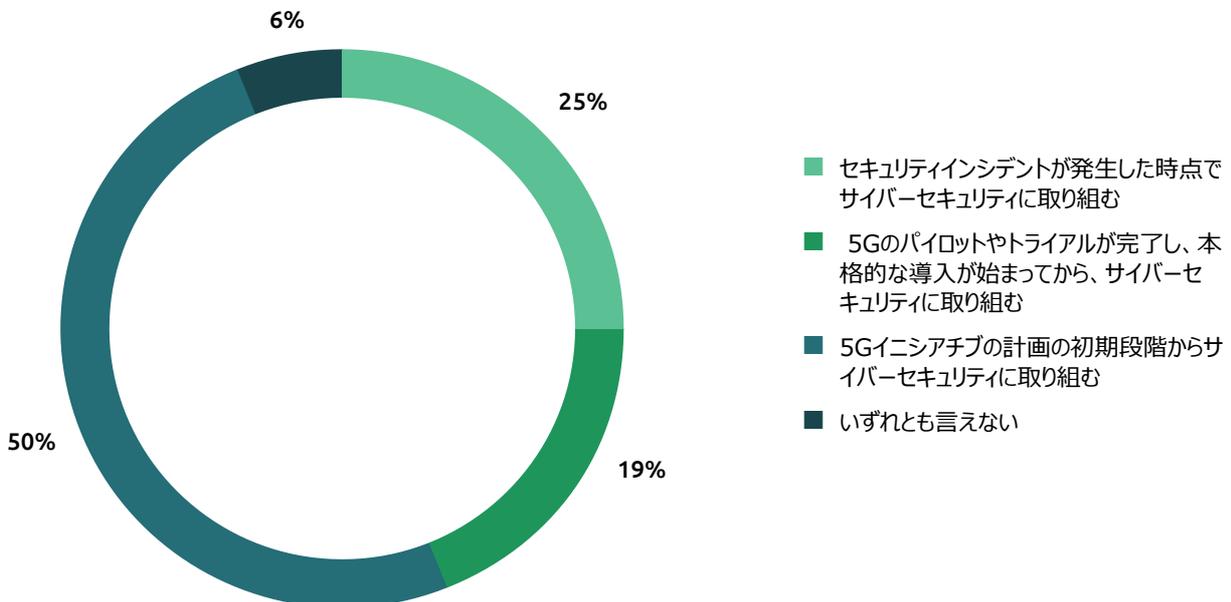


6. セキュリティ・バイ・デザイン — 5G実装の初期段階からセキュリティ 対策を組み込む

今回の調査では、インダストリアル企業のほぼ5分の1（19%）が、トライアル完了後、本格的な導入を始める直前にセキュリティの検討を予定していること、また25%がセキュリティ関連の

インシデント発生時にのみセキュリティにフォーカスするつもりであることが判明しました。このようなセキュリティに対する消極的なアプローチは、重大な脆弱性につながります。5Gの導入によって生じる潜在的なリスクに備えるためには、計画やアイデアの初期の段階からセキュリティにフォーカスする必要があります。現在、これを実行している企業はわずか50%にとどまっています（図21を参照）。

図21 かなりの割合のインダストリアル企業がサイバーセキュリティの管理に消極的なアプローチをとっている



データ: Capgemini Research Institute, 5G and edge in industrial operations survey, February–March 2021, N=1,000 industrial organizations that have adopted or are planning to adopt 5G.

インダストリアル企業は、さまざまなネットワーク展開モデルがもたらすセキュリティ上の影響を評価する必要があります。パブリックネットワークとの統合が必要な場合（たとえば、ハイブリッドまたは仮想プライベート5Gネットワークの場合）、パブリックネットワークに送信してもよいデータと、オンプレミスに保持しておきたいデータの種類を決定する必要があります。また、サービスプロバイダーやベンダーを選定する際にもセキュリティを考慮する必要があります。また、5Gは、ネットワークのセキュリティの確保において、新たな機会をもたらします。5Gはネイティブなソフトウェア駆動型であるため、ネットワークトラフィックにより多くのデータを提供します。企業は、適切なネットワーク分析を行うことにより、このデータを活用してサイバーセキュリティの管理を強化することができます。

通信事業者はインダストリアル企業の5Gジャーニーをどのように支援することができるのか？

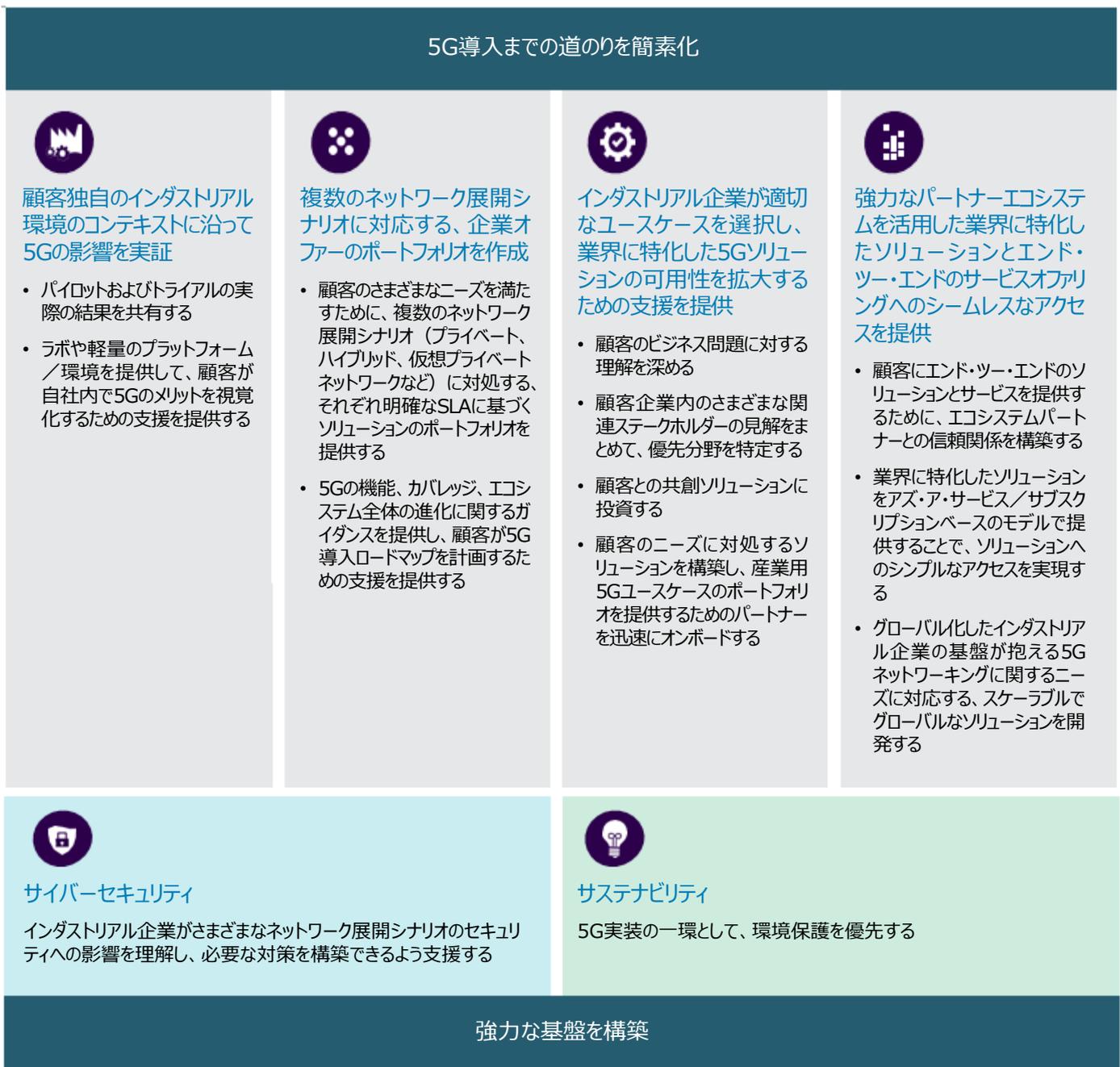
通信事業者は、さまざまな方法で、顧客であるインダストリアル企業が5G実装に伴う課題に対処できるよう、支援することができます（図22を参照）。

- 顧客が自社敷地／施設内における5Gの影響を視覚化するための支援を提供する
- 顧客のさまざまなニーズを満たすために、複数のネットワーク展開のシナリオに対応するソリューションポートフォリオを提供する

- ユースケースの選択や業界に特化したソリューションの開発において、顧客を支援するための積極的な役割を果たす
- 顧客がシームレスなネットワークの構築と運用を実現するための支援を提供する

さらに、通信事業者が構築支援を通じて、弾力性に優れ、将来においても有効なネットワークを実現させるためには、常にセキュリティとサステナビリティにフォーカスすることが不可欠です。

図22 5G導入への道のりを簡素化し、5G実装のための強固な基盤を築く



データ: Capgemini Research Institute analysis.

顧客独自のインダストリアル環境の コンテキストに沿って5Gの影響を実証

今回のインタビューでは、産業用5Gの導入を妨げているファクターのひとつとして、5Gの機能が現場で現実のものとなるのかどうか明確でないことが挙げられました。インダストリアル企業は、5Gで何ができるのかを理論的には理解していますが、実際に何が実現できるのかについては明確に理解できていません。通信事業者は、この問題に対処するために、5Gのトライアルや実装をもたらす現実世界での結果について、インダストリアル企業を教育するための積極的なステップを踏む必要があるでしょう。また、通信事業者は、インダストリアル企業が5Gの機能が現実として自社固有の環境のコンテキストにおいて、どのような意味を持つのかを視覚化する手助けをする必要もあります。たとえば、速度や遅延、信頼性の向上によって、インダストリアル企業の工場や現場でどのような変化が起こるのかを目に見える形で示すことが必要です。スズキ株式会社四輪電子システム開発部部長である倉地伸成氏は、5Gユースケースの評価をシンプルにする環境の必要性を強調し、「評価を行うためには5G環境を構築する必要がありますが、これを柔軟に行うことができればと考えています。多くのシステム実装が必要になると、小規模な概念実証を行うことすら困難になります。5Gの評価に使える軽量な環境があれば役に立つでしょう」と述べています。

これを実現するための一例として、T-Mobile社ならびにSingtel社のケースを紹介します。

- T-Mobile社は、顧客が5Gのメリットを視覚化・体験できるように支援することを、プライベート5Gネットワークの展開を計画するためのアプローチの重要なエレメントととらえています。同社

の戦略& グローバルアカウント担当ヴァイスプレジデントのAndrew Rainone氏は、「私たちは、ソリューションをカスタマイズし、当社のラボで視覚化して、お客様が期待するスループットを体験できるようにしています」と述べています。

- シンガポールを拠点とする通信事業者であるSingtel社は、企業が自社構内に設置できるポータブルな5G-in-a-boxプラットフォームであるGENIEを発表しました。企業は、このプラットフォームを使用して5Gのテストやユースケースのパフォーマンス検証を行うことができるので、多大な設置費用をかけることなく、5Gのメリットをより深く理解することができます。同社の5Gエンタープライズ&クラウド・グループ・エンタープライズ担当ヴァイスプレジデントのDennis Wong氏は、「5Gに何ができるかを自社内で目にすることができるので、より多くの企業が5Gを導入し、デジタルトランスフォーメーションを加速させることができるでしょう」と述べています⁵⁷。



私たちは、ソリューションをカスタマイズし、当社のラボで視覚化して、お客様が期待するスループットを体験できるようにしています。

.....
T-Mobile社
戦略&グローバルアカウント担当
ヴァイスプレジデント
Andrew Rainone氏

通信事業者が5Gエンタープライズソリューションの領域で活躍するためには、迅速な変化が必要

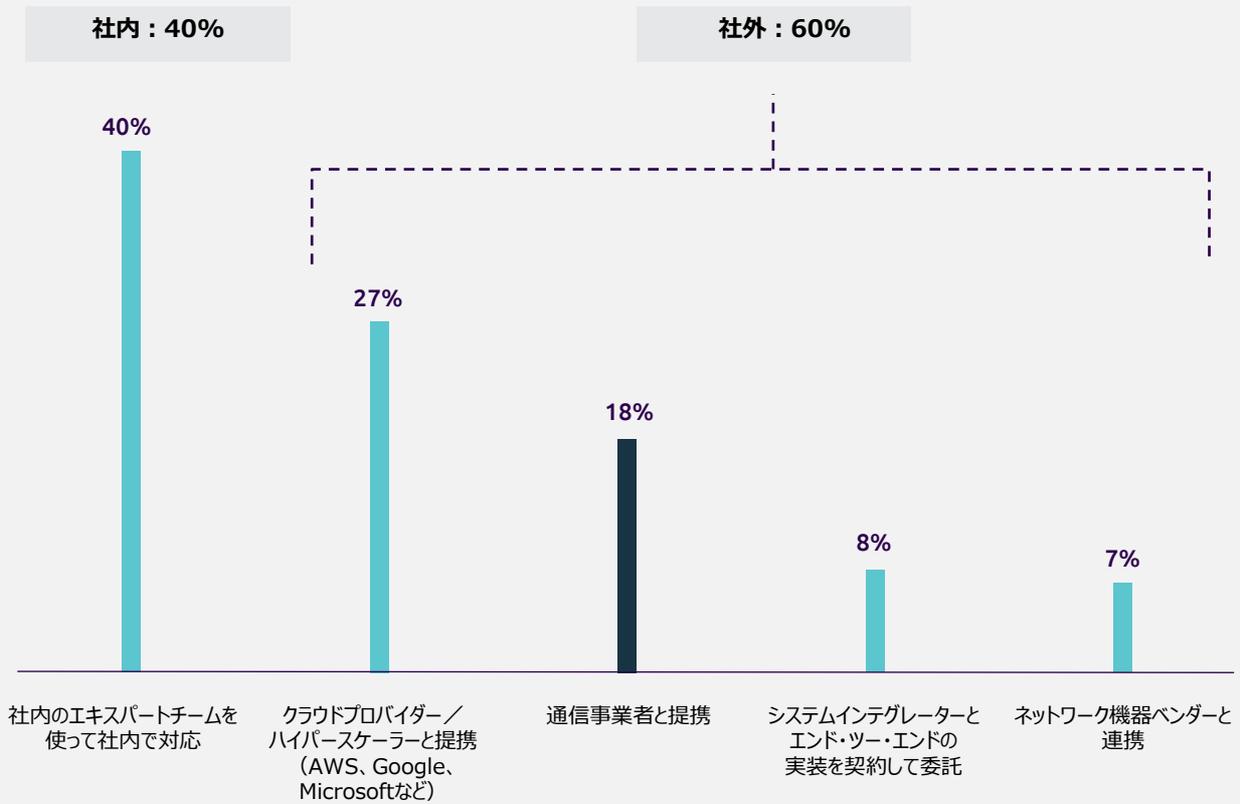
これまで通信事業者は、付加価値サービスではなく、接続性を提供するプロバイダーと見なされてきました。消費者においてはスマートフォンが主流となり、ビデオストリーミングをはじめとする高速接続により実現されたサービスが生み出す価値の大半については、OTT (Over-the-Top) サービスプロバイダーが占めるようになりました。通信事業者の役割はこれにより制限され、通信事業者は単に高価値のデータやサービスを流す接続性の「パイプ」を提供する者となってしまいました。その結果、消費者の全リテール支出に占める通信事業者の割合は非常に小さくなりました。

これと同様のシナリオが企業向け5Gサービスの提供においても繰り返される可能性があります。今回の調査によると、インダストリアル企業のうち、プライベート5Gネットワークの実装・統合において通信事業者を優先的なパートナーと見なしているのはわずか18%です。インダストリアル企業の4分の1以上（27%）は、プライベート5Gネットワークの実装にあたってAWS、Google、Microsoftなどのクラウドプロバイダー／ハイパースケーラーとの提携を希望しています（図23を参照）。今回、複数の企業のシニアエグゼクティブの方々のディスカッションを通じて、インダストリアル企業にとって5Gとは単にコネクティビティだけの問題ではないことがわかりました。インダストリアル企業は、5Gを新たなトランスフォーメーションをもたらす産業用ユースケースのイネーブラとしてとらえています。しかし、通信事業者に関しては、彼らを業界固有のビジネス課題に対処するための専門知識を持つソリューションプロバイダーとして見ていないことが多いようです。

図 23

通信事業者よりもクラウドプロバイダーをプライベート5Gネットワーク実装の優先パートナーと見なすインダストリアル企業が多い

Q : プライベート5Gネットワークの実装・統合に望ましいアプローチとは？



データ: Capgemini Research Institute, 5G and edge in industrial operations survey, February–March 2021, N=311 industrial organizations that prefer private networks.

通信事業者は、5Gが企業にもたらす機会を認識しています。調査対象の通信事業者の半数（51%）は、コネクティビティ、プラットフォーム、アプリケーション、デバイスで構成される、業界共通の統合ソリューションを企業に直接提供する役割を果たしたいと答えています。しかし、通信事業者が純粋なコネクティビティプロバイダーであるという認識は、これを妨げるおそれがあります。通信事業者は、5Gサービスのための企業向けソリューションの領域でシェアを獲得するための能力を構築する必要があります。Belgacom International Carrier Services (BICS) 社CEO、Matteo Gatta氏は、通信事業者にはシフトが必要だと強調して、「通信事業者は、真のソリューション・ドリブンとなることで、市場への取り組み全体を再設計しなければなりません。通信会社は、ターゲット顧客のデジタルトランスフォーメーションに不可欠な存在として自らの役割を再考し、他の追従を許さぬ価値を提供するために、顧客のニーズをより深く理解することに投資する必要があります」と述べています。



通信会社は、ターゲット顧客のデジタルトランスフォーメーションに不可欠な存在として自らの役割を再考する必要があります。

Belgacom International
Carrier Services (BICS) 社
CEO
Matteo Gatta氏

複数のネットワーク展開シナリオに対応する、企業オファアのポートフォリオを作成

産業用5Gの要件に完全に対応するためには、通信事業者は5Gに関する企業オファアのポートフォリオを調整して、さまざまなネットワーク展開シナリオ（プライベート、ハイブリッド、仮想プライベートネットワークなど）を対象としたソリューションを提供できるようにする必要があります。それぞれのソリューションは、明確なSLAに基づくものとすべきでしょう。また、顧客が正しい判断を下し、自社の要件に最も適したモデルを選択できるよう、さまざまなネットワーク展開モデルのメリットおよびデメリットを明確に提示する必要があります。さらに、インダストリアル企業がより適切な展開計画を作れるよう、5Gの機能やカバレッジ、エコシステム全体の進化の傾向を理解できるよう支援する必要もあるでしょう。これには、新機能が利用可能になるまでのタイムラインや、国内外での通信範囲の拡大に関するガイダンスの提供も含まれます。今回のインタビューで明らかになったこと、それは、このような点が明確でないことが企業にとっての課題であり、5G導入の妨げになっているということです。

インダストリアル企業が適切なユースケースを選択し、業界に特化した5Gソリューションの可用性を拡大するための支援を提供

ここまで見てきたように、適切な5Gユースケースの特定が困難であること、すぐに利用できる5Gアプリケーションがないことが産業用5Gの実装の妨げとなっています。通信事業者は、顧客であるインダストリアル企業がこれらの問題に対処するのを助けるために、以下を検討すべきでしょう。

- **顧客が解決に取り組むビジネス問題に対する理解を深める**：通信事業者は、ソリューションドリブンへの第一歩として、顧客が解決しようとしているビジネス問題と顧客が達成しようとしているビジネス成果の理解に重点的に取り組む必要があります。BT社のプリンシパル・テクノロジー・パートナー兼エンタープライズCTIOであるJohn Vickery氏は、「最初にやるべきことは、お客様との関係を深めることです。お客様との会話を通じて、お客様の重要業績評価指標、つまりお客様がビジネスとして改善したいと考えている指標を見極めることが大切です。5Gやエッジコンピューティングというコンテキストではなく、お客様が推進しようとしている成果というコンテキスト、たとえば、非生産的なコンテナの移動を減らして利用可能な容量を増やし、収益を上げるという視点で考えてみるべきでしょう。お客様が何を求めているのかを理解した上で、その指標を改善するために必要なソリューションを開発するための掘り下げたディスカッションを行うことが重要です。これを一旦あるお客様向けに実行すれば、その後はセクター全体に適用できる可能性が極めて高いです」と述べています。



最初にやるべきことは、お客様との関係を深めることです。お客様との会話を通じて、お客様の重要業績評価指標、つまりお客様がビジネスとして改善したいと考えている指標を見極めることが大切です。

BT社プリンシパル・テクノロジー・パートナー兼エンタープライズCTIO
John Vickery氏



ある特定の新技术に早い段階で投資することは、常にリスクを伴うものです。通信事業者がビジネスアプリケーションの共同開発に参加すれば、多くの潜在顧客の注目を集めるでしょう。

BARCO社イノベーション&デザイン
思考担当役員
Guy Van Wijmeersch氏

- **顧客企業内のさまざまな関連ステークホルダーの見解をまとめて、優先分野を特定する**：通信事業者は、インダストリアル企業が5Gを活用する最善の方法を理解するために、5Gの導入によって影響を受ける顧客企業内のステークホルダーを中心に、関連するステークホルダーとの対話の開始を検討すべきです。たとえば、ベルギーの通信事業者であるCitymesh社では、このアプローチが有効に機能しました。同社は、企業全体のステークホルダーとの広範なディスカッションをベースにして、ある顧客むけに100以上のユースケースを特定しました。同社CEOのMitch De Geest氏は一例をあげて、ステークホルダーのディスカッションを通じて、現場作業員が「仕事をより簡単に、より安全に、そしてより効率的にする」ために5Gがいかに有用であり得るかを考えることができたこと述べています。このようなアプローチは、企業が優先分野を特定する前に5Gが企業にもたらすさまざまな可能性を完全に把握できるようにすることで、5G導入のためのより確かな出発点を提供することができます。また、このアプローチにより、企業の実際のニーズに基づいたユースケースを確実に選択できるようになります。
- **顧客との共創ソリューションに投資する**：今回の調査では、5Gアプリケーションの開発に必要な投資や失敗のリスクが5G導入を阻害していることがディスカッションを通じて明らかになりました。通信事業者は、このような懸念を払拭するために、顧客であるインダストリアル企業と共同でソリューションを開発することを検討すべきです。ベルギーのテクノロジー企業BARCO社のイノベーション&デザイン思考担当役員であるGuy Van Wijmeersch氏は、5Gのような新興テクノロジーの導入を促進するためには、企業とサプライヤーとの間の信頼関係が重要であり、ソリューションの共同開発は信頼関係を構築するための方法のひとつであるとして、「ある特定の新技术に早い段階で投資することは、常にリスクを伴うものです」、「したがって、企業とサプライヤーとの間の信頼レベルを高めることができるものはすべて、導入率の向上に役立ちます。少なくとも初期の段階において、共同投資は興味深い提案だと思います。通信事業者がビジネスアプリケーションの共同開発に参加すれば、多くの潜在顧客の注目を集めるでしょう。この方法は、通信事業者が顧客の信頼を得るのに役立つでしょう」と述べています。

- **顧客のニーズに対処するソリューションを構築し、産業用5Gユースケースのポートフォリオを提供するためのパートナーを迅速にオンボードさせる**：顧客が解決しようとしているビジネス問題を明確に把握したら、通信事業者はソリューションを提供するためのパートナーを迅速に登用・配備する必要があります。BT社のJohn Vickery氏は、「通信事業者として業界別ソリューションを検討する場合、これまでの調達プロセスの再利用の可能性を考えるだけでなく、少し違った方法で物事を考え始める必要があります。通信事業者は、新しいパートナーの迎え入れや製品・提案の構築において、より機敏でなければなりません」と述べています。
ある世界的大手通信事業者は、中小規模のデバイス企業やアプリケーション企業のエコシステムを構築しています。同社のあるシニアエグゼクティブによれば、その目的は、5Gのユースケースに対応したプロトタイプのプロトタイプや、企業向けにカスタマイズされたソリューションを開発することであり、「当社にはエンドアプリケーションを構築するための膨大な専門知識があります」、「しかし同時に、数多くのソフトウェア企業やIoTデバイスやモデム、ルーターを提供するデバイスメーカーとも協力しています。私たちは協力関係にあるメーカーに対して当社のネットワークやテストラボへのアクセス権を提供しているので、テストラボに来てアプリケーションの開発やテストを行い、当社のネットワーク上でデバイスの認証を行うことが可能です。私たちは、コネクテッドカーやコネクテッドファクトリーなどの機能を構築するために、主に中小企業を中心としたハードウェアならびにソフトウェアパートナーのエコシステムを構築しています。私たちはパートナーたちと協力してプロトタイプを構築し、お客様にそれを提示し、お客様の工場と同様のエコシステムを展開できることを伝えています。また、パートナーエコシステムと協力して、お客様の要件に基づいて、アプリケーションをオンデマンドで構築しています」と述べています。

また、通信事業者は、顧客であるインダストリアル企業のビジネス課題により適切に対応できるよう、インフラのみならず、業界固有のソリューションの販売に必要なスキルセットを自社のGo-to-Marketチームに身に付けさせる必要があります。

Belgacom International Carrier Services (BICS) 社CEOの Matteo Gatta氏は、通信事業者が5Gを中心としたスケラブルで説得力のあるインダストリアルユースケースを提供するために構築しなければならない能力について、次のようにまとめています。「まず、通信事業者は5Gスタンドアロン技術のポテンシャルを十分に把握し、概念実証を開発して、企業向け市場での成功に必要な信頼性を確立する必要があります。そのためには、自社のネットワークと統合した、ソフトウェア&アプリケーションベースのアプローチが必要です。これはユースケースの開発にも有利に働きます。さらに、ソフトウェアのスキルにも投資する必要があります。特に、顧客中心のソリューションを構築・管理するために、DevOpsモードで作業できる人材を調達する必要があります。MVP（実用最小限の製品）を発売することで、お客様と共にこれらのケースを開発、テスト、ターゲットにして、早期導入企業のコミュニティを構築し、スケラブルで説得力のある5Gユースケースのポートフォリオを構築することができます」と述べています。

強力なパートナーエコシステムを活用して、業界に特化したソリューションとエンド・ツー・エンドのサービスオフリングへのシームレスなアクセスを提供

顧客にエンド・ツー・エンドのサービスを提供するために、エコシステムパートナーとの信頼関係を構築する：すでに見てきたとおり、マルチベンダー環境の管理は、5G実装の大きな障壁となっています。業界のシニアエグゼクティブへのインタビューでは、企業がマルチベンダーの5G環境の管理を気にすることなく5Gを使用したビジネスニーズへの対応に集中できる、エンド・ツー・エンドの統合型5G サービスオフリングに大きな関心が寄せられていることがわかりました。したがって、通信事業者は、全体的な5Gソリューション全体に不可欠な要素であるコネクティビティ、デバイス、アプリケーションとセキュリティ層を組み合わせた統合サービスオフリングの構築にフォーカスする必要があります。そのためには、クラウドプロバイダー、エッジコンピューティングプロバイダー、ネットワークデバイスベンダー、ハードウェアプロバイダー、システムインテグレーターなど、さまざまなエコシステムパートナーと信頼関係を築く必要があります。T-Mobile社のAndrew Rainone氏は、インダストリアル企業向けに完全なソリューションを提供するためには、信頼関係の構築が鍵になることを指摘し、「クラウドサービスプロバイダーとの信頼関係やハードウェアベンダーとの良好なコミュニケーションパスが必要です。また、純粋なワイヤレスプライベートネットワークでない場合は、施設内のWi-Fiアクセスポイントをホストするプロバイダーとの良好な関係も必要になります」と述べています。

業界に特化したソリューションをアズ・ア・サービス/サブスクリプションベースのモデルで提供することで、ソリューションへのシンプルなアクセスを実現する：業界のシニアエグゼクティブとのディスカッションでは、業種に特化したソリューションへのアクセスをシンプルにする必要性も明らかになりました。台湾在住の5GエキスパートであるEhsanul Islam氏は、「通信事業者やサービスプロバイダーは、たとえば、サービスとしてのIoTやサービスとしてのソリューションなど、業界ベースのエンド・ツー・エンドのソリューションを提供するべきでしょう。通信事業者やサービスプロバイダーは、ダッシュボードを提供して月単位で課金することができます。複数のパートナーでコストと収益をシェアすれば、誰もが利益を得ることができます」と述べています。たとえば、韓国のSK Telecom社は、製造装置に設置した5G対応センサーを使って設備のメンテナンスを最適化できる、サブスクリプションベースのスマートファクトリーソリューションを中小企業向けに提供しています⁵⁸。今回の調査では、大企業もこのようなソリューションを取り入れたいと考えているようです。

グローバル化したインダストリアル企業の基盤が抱える5Gネットワークのニーズに対応する、スケーラブルでグローバルなソリューションを開発する：インダストリアル企業はグローバルに展開している可能性が高いことから、通信事業者は国境を越えてシームレスに動作するソリューションを提供する必要があります。そのためには、グローバルなプレゼンスを有するインダストリアル企業のニーズに対応する、グループ規模の共通アプローチを構築する必要があります。このようなケースは、通信事業者の戦略が主に国内市場のニーズに沿ったものであることから、あまり多くはありません。

5Gを活用した建設機械のリモート制御や保守を検討している、日本の日立建機株式会社DX推進本部のシニアアドバイザーである松田富士夫氏は、「5Gは一朝一夕に普及するものではありません。ある標準的なソリューションを採用したとしても、世界中どこでも使えるようにすることはできるでしょうか。自社で使用しているアプリケーションがグローバルで使えるかどうか、その有用性を検証する必要があります」と述べています。

通信事業者は、5G導入への道筋のシンプル化に加えて、5Gの実装に適した基盤の構築にフォーカスすることが不可欠です。そのためには、5Gネットワークの実装をサイバー攻撃の脅威から守ること、5Gの実装による環境への影響を軽減するための対策を最初から構築すること — この2つがクリティカルです。以下、これらの点について、それぞれ見ていきます。



5Gは一朝一夕に普及するものではありません。ある標準的なソリューションを採用したとしても、世界中どこでも使えるようにすることはできるでしょうか。自社で使用しているアプリケーションがグローバルで使えるかどうか、その有用性を検証する必要があります。

日立建機株式会社
DX推進本部シニアアドバイザー
松田富士夫

通信事業者は、自社の5Gバリュープロポジションにおいて、セキュリティを極めて重要なものとして位置付ける必要があります。今回のインタビューでは、インダストリアル企業は、サービスプロバイダーを検討する際、5G実装中にサイバーセキュリティに対して十分な注意を確実に払うことができることを重視していることが明らかになりました。ある大手製造企業のシニアエグゼクティブは、サービスプロバイダーへの期待について、「ハードウェアならびにソフトウェアに対する多層的な保護を提供すること、攻撃を防ぐための予防措置を講じること、そして攻撃を受けた場合には迅速に回復するためのプロセスを整えておくこと - これが、プライベートネットワークを構築する者の責任です」と述べています。

したがって、通信事業者は、セキュリティを5Gネットワーク実装における重要なフォーカスポイントとし、セキュリティに関する顧客の懸念を確実に理解し、顧客が抱える懸念事項や課題に対処できるよう、顧客を支援する必要があります。この支援には、さまざまなネットワーク展開シナリオに関連するリスクの評価や、リスクの軽減措置の提供などが含まれます。Citymesh社のMitch De Geest氏は、「5Gプロトコル内のセキュリティ問題に取り組む方法はたくさんありますが、当社では、ベストプラクティスとして、お客様とじっくり向き合い、お客様が何を達成しようとしているのかを理解し、お客様のデータをどのように保護できるのかを検討しています」と述べています。

また、ある世界的大手通信事業者の通信担当シニアエグゼクティブは、セキュリティを付加価値としてではなく、5G実装における必須要素として捉える必要性を強調して、「5GプライベートネットワークやIoTネットワークなどのソリューションをお客様に提供する際、当社はセキュリティをソリューションの最前線に置いて、すべてが保護されている状態を確保しています。当社のパートナーも、最初の段階からこれに加わっています。当社ではセキュリティ

の観点からテストなしでデバイスをお客様に渡したり、お客様のインフラやネットワークに展開したりすることはありません。場合によっては、セキュリティを何よりも優先することもあります。つまり、セキュリティとは、オプションでもなく、付加価値でもなく、必須サービスなのです」と述べています。

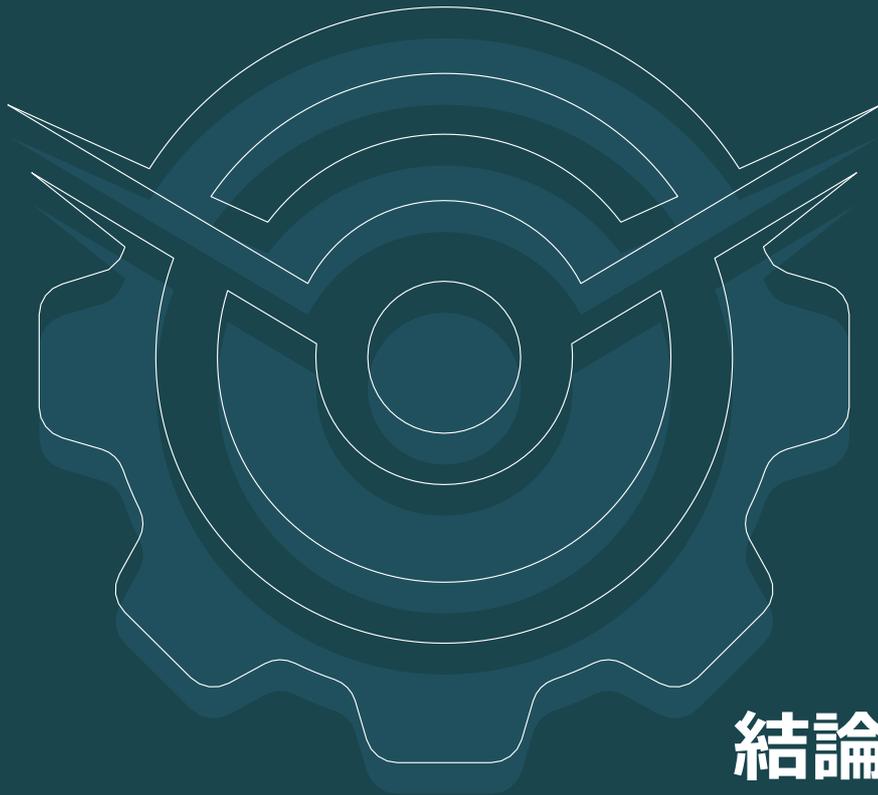
5G実装の一環として、環境保護を優先する

通信事業者は、5Gロールアウトの一環として持続可能性を意思決定プロセスに盛り込み、5Gネットワークに起因する電力消費量の増加を相殺するための措置を講じる必要もあります。たとえば、Nokia社とTelefonica社は協力して、AIと機械学習を利用した5Gネットワークのエネルギー効率の改善を目指しています。また、両社は5Gネットワークそのものの排出量を抑えるために、持続可能なハードウェアとソフトウェアの機能を使用した「グリーン5Gネットワーク」の構築を検討しています⁵⁹。通信事業者は、5G展開におけるカーボンフットプリントの削減に向けた取り組みに加えて、自社が行っている施策を顧客であるインダストリアル企業と積極的に、また透明性を以って共有する必要があります。そうすれば、5G実装による環境への影響に関する顧客の懸念を軽減することができます。



5Gプロトコル内のセキュリティ問題に取り組む方法はたくさんあります。しかし、当社では、ベストプラクティスとして、お客様とじっくり向き合い、お客様が何を達成しようとしているのかを理解し、お客様のデータをどのように保護できるのかを検討しています。

Citymesh社CEO
Mitch De Geest氏



結論

インダストリアル企業にとって、5Gはパラダイムシフトです。5Gとエッジコンピューティングを組み合わせることにより、より優れた低遅延性、スループット、信頼性を提供し、より優れたサービス品質でより多くのデバイスをサポートすることが可能になるので、企業はこれまで不可能だった新たな産業用ユースケースを通じて価値を引き出すことができるようになります。5Gの導入はまだ始まったばかりですが、これまでに実現された初期のメリットは励みになるものであり、5Gがもたらす価値を実証しています。これらのメリットには、インダストリアルオペレーションの効率性と柔軟性の向上が含まれます。

しかし、インダストリアルセクターでの5Gの普及を阻んでいるさまざまな課題があります。5Gデバイスの不足は主な障害のひとつです。さらに、5Gを既存のネットワークに統合する際の課題、適切なユースケースを特定することの難しさ、業界に特化したソリューションの欠如、サイバーセキュリティの管理などの課題もあります。

企業が5Gを実装する際には、最適なネットワークモデル、適切なパートナー集団、そしてニーズに合った最もインパクトのあるユースケースを見極める必要があります。また、5Gの計画が持続可能性に与える影響に配慮し、5Gデバイスやデータ生成による追加的な二酸化炭素排出にも留意する必要があります。また、通信事業者も、単にコネクティビティを提供するプロバイダーから、業界に特化したソリューションを提供するプロバイダーとなるために、必要な能力を迅速に構築する必要があります。さらに、5Gの実装がまだ初期段階であるならば、通信事業者、クラウドプロバイダー、OEM、その他のパートナーが協力してデバイス、ソリューション、サービスオファリングのエコシステムを構築して、産業セクターの5G導入を加速させる必要があります。

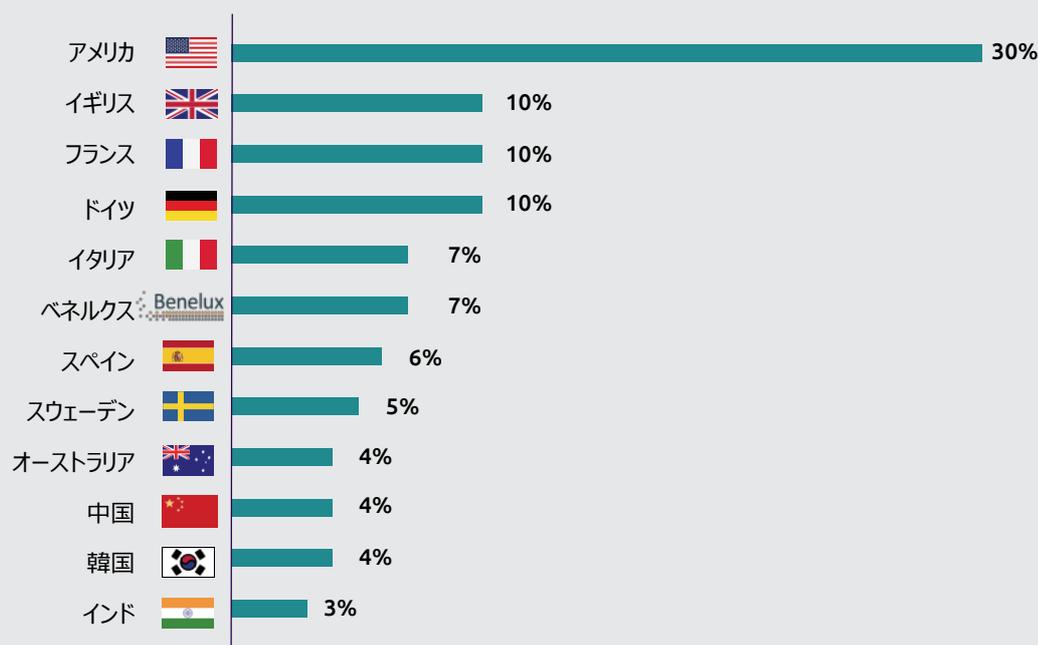
調査手法

私たち、キャップジェミニ・リサーチ・インスティテュートは、5Gの導入を実施または予定している工業企業の高層エグゼクティブ（ディレクター以上）1,000名、ヨーロッパ、アメリカ、アジア・パシフィックで5Gの展開を実施または予定している通信事業者75社の高層エグゼクティブ150名を対象に調査を実施しました。

さらに、25名の高層エグゼクティブに対する詳細なインタビューも行いました。

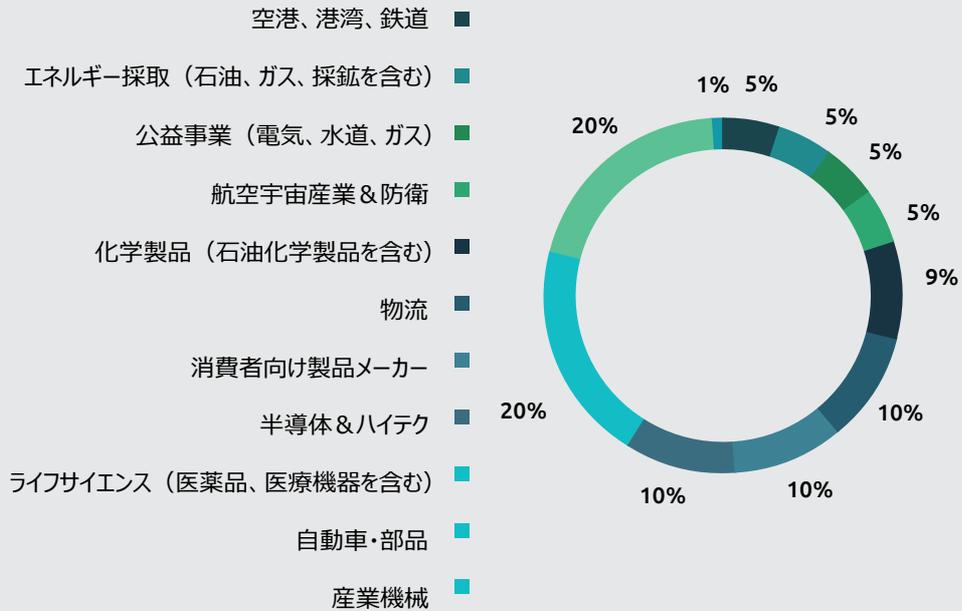
工業企業の分布

工業企業：国別



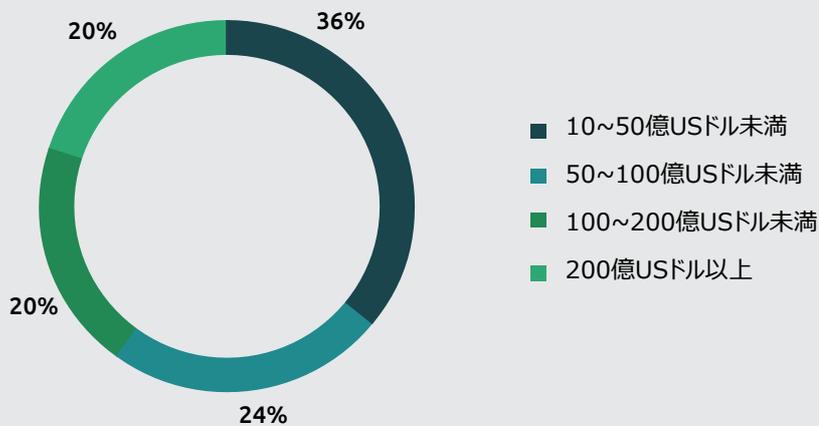
データ: Capgemini Research Institute, 5G and edge in industrial operations survey, February–March 2021, N=1,000 industrial organizations that have adopted or are planning to adopt 5G.

インダストリアル企業：セクター別



データ: Capgemini Research Institute, 5G and edge in industrial operations survey, February–March 2021, N=1,000 industrial organizations that have adopted or are planning to adopt 5G.

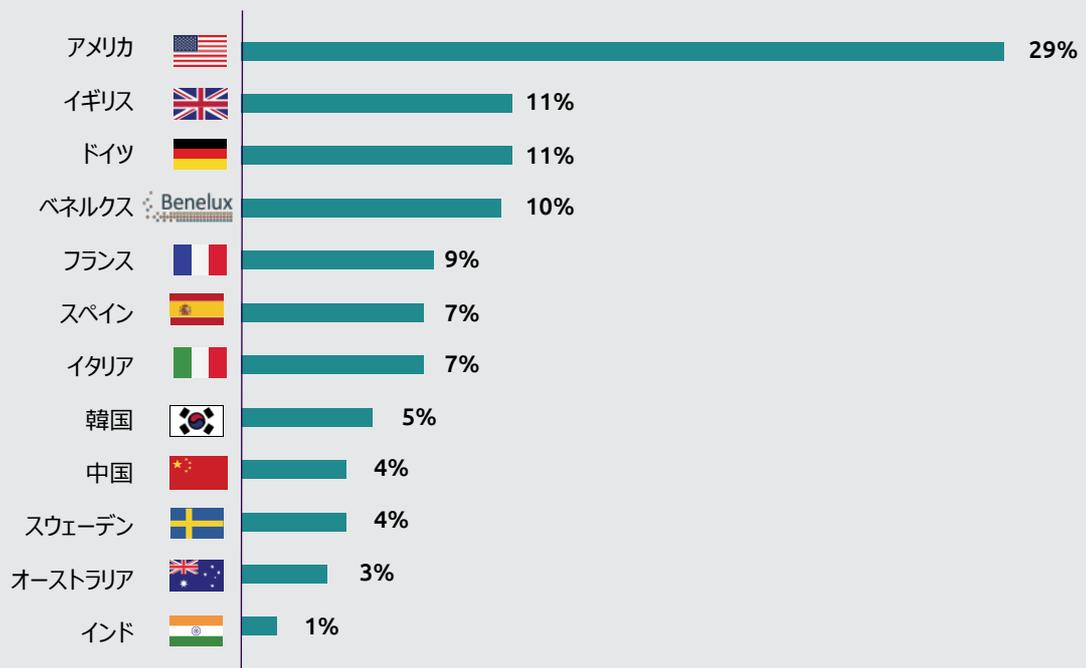
インダストリアル企業：収益別



データ: Capgemini Research Institute, 5G and edge in industrial operations survey, February–March 2021, N=1,000 industrial organizations that have adopted or are planning to adopt 5G.

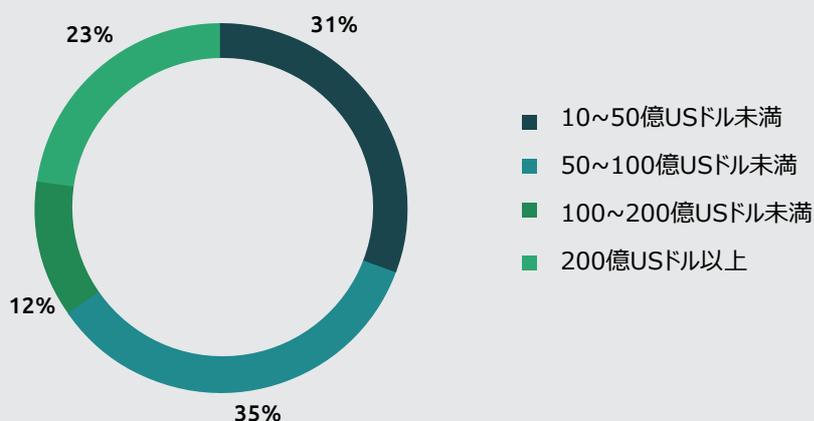
通信事業者の分布

通信事業者：国別



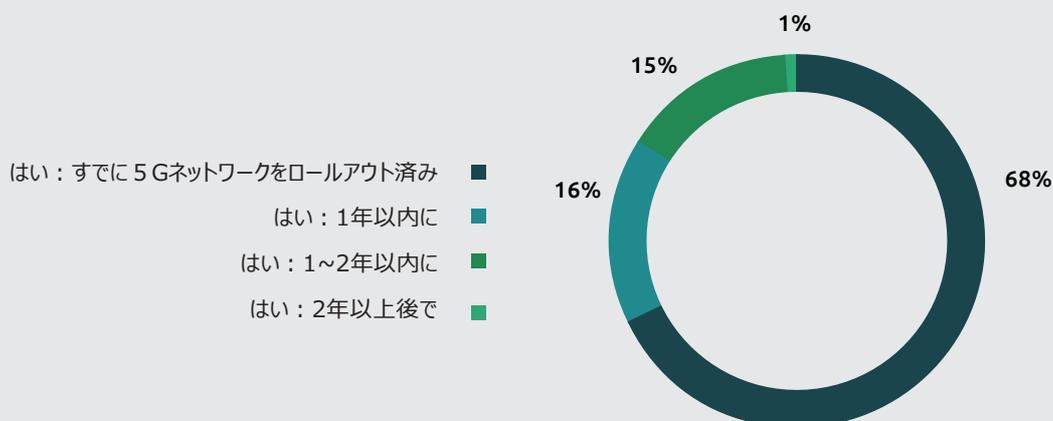
データ: Capgemini Research Institute, 5G and edge in industrial operations survey, February–March 2021, N=75 telcos that have rolled out or plan to roll out 5G networks.

通信事業者：収益別



データ: Capgemini Research Institute, 5G and edge in industrial operations survey, February–March 2021, N=75 telcos that have rolled out or plan to roll out 5G networks.

Q：貴社は5Gネットワークのロールアウトを実施または計画していますか？

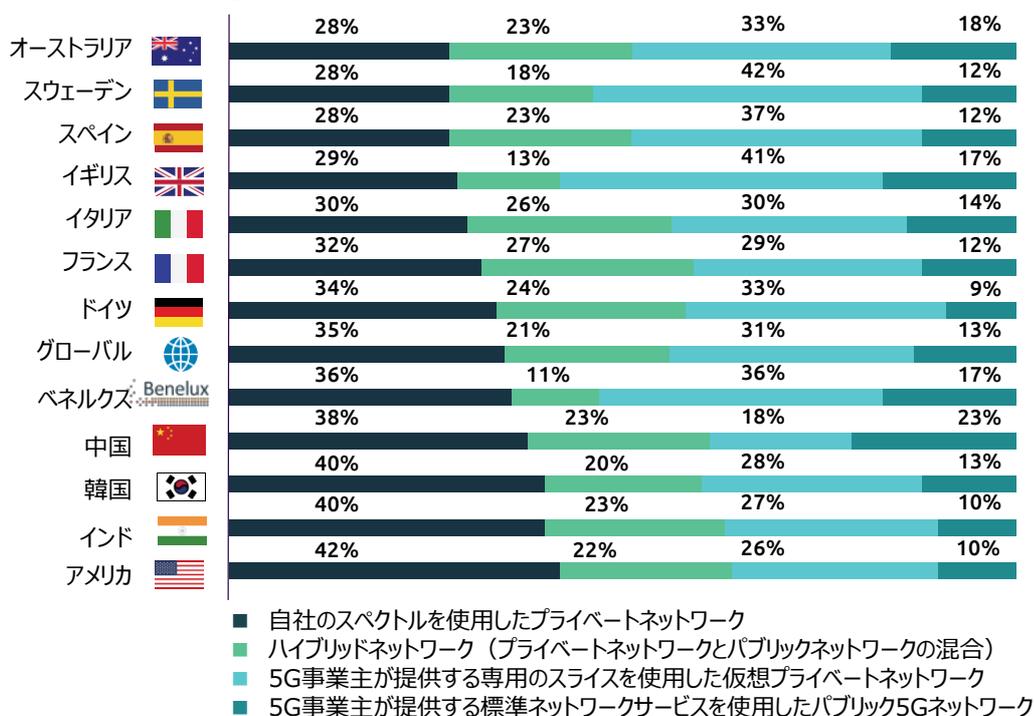


データ: Capgemini Research Institute, 5G and edge in industrial operations survey, February–March 2021, N=75 telcos that have rolled out or plan to roll out 5G networks.

付録

5G実装モデルに対する嗜好：国別

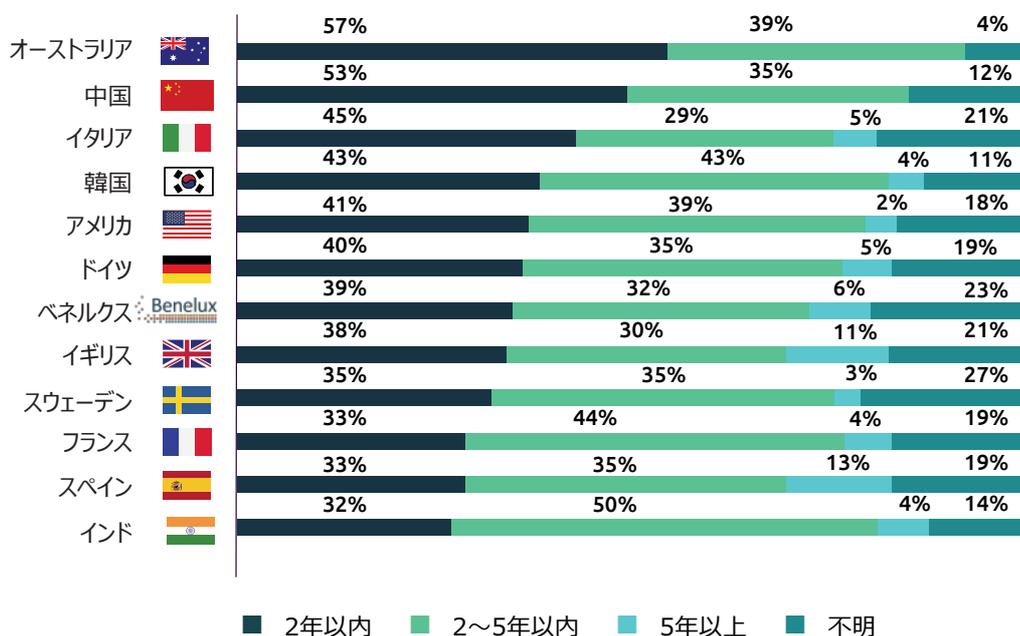
Q：5G実装で用いたいモデルはどれですか



データ: Capgemini Research Institute, 5G and edge in industrial operations survey, February–March 2021, N=1,000 industrial organizations that have adopted or are planning to adopt 5G.

1拠点での5G実装のタイムライン

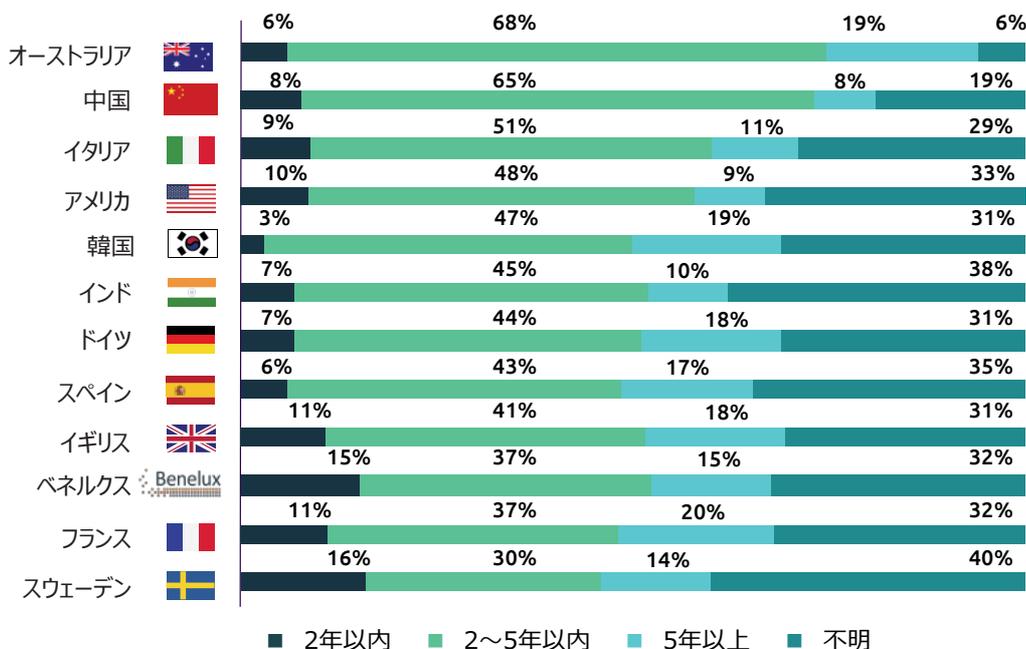
5Gイニシアチブのフルスケール実装のタイムライン：1拠点



データ: Capgemini Research Institute, 5G and edge in industrial operations survey, February–March 2021, N=789 industrial organizations that are at the pilot or earlier stages of 5G adoption.

複数の拠点での5G実装のタイムライン

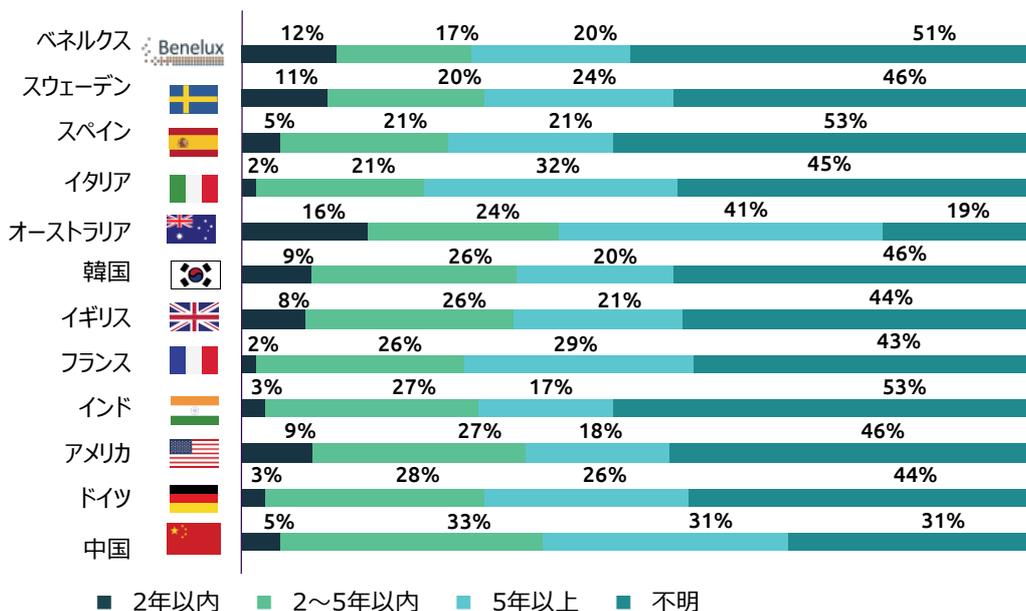
5Gイニシアチブのフルスケール実装のタイムライン：複数拠点



データ: Capgemini Research Institute, 5G and edge in industrial operations survey, February–March 2021, N=875 industrial organizations that have implemented 5G at a single site, or are at the pilot or earlier stages of 5G adoption.

全/ほぼ全拠点での5G実装のタイムライン

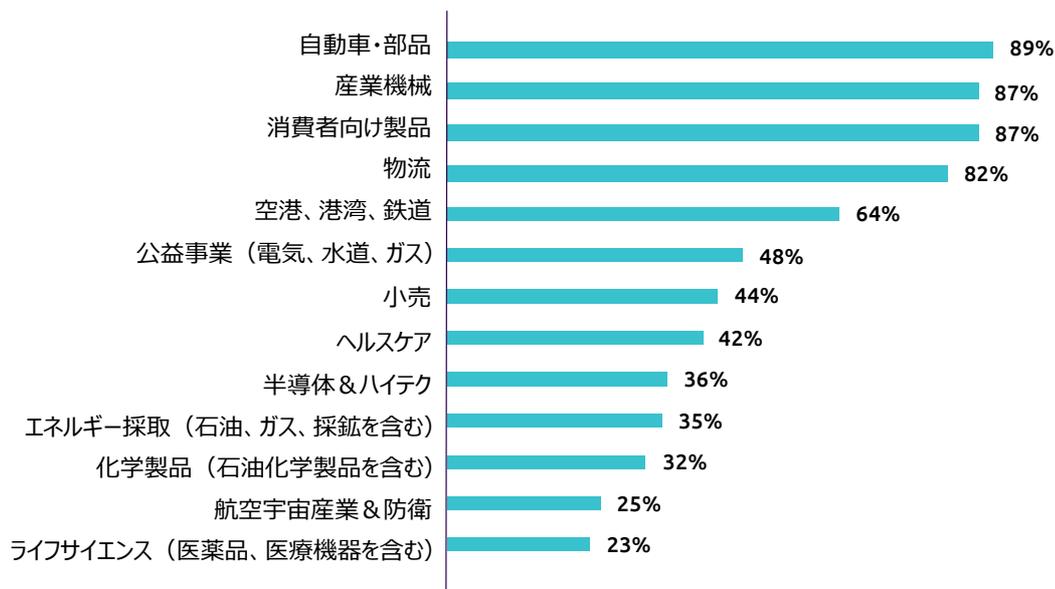
5Gイニシアチブのフルスケール実装のタイムライン：全/ほぼ全拠点



データ: Capgemini Research Institute, 5G and edge in industrial operations survey, February–March 2021, N=946 industrial organizations that have implemented 5G at scale at multiple sites, single site or are at the pilot or earlier stages of 5G adoption.

通信事業者が自社のプライベート・ネットワーク・オファリングの対象とするセクター

Q : 貴社が専用の5Gネットワークオファリングの対象とするセクターは？



データ: Capgemini Research Institute, 5G and edge in industrial operations survey, February–March 2021, N=75 telcos that have adopted or are planning to adopt 5G.

參考資料

1. Capgemini Research Institute, "5G in industrial operations: How telcos and industrial companies stand to benefit," June 2019.
2. Drives & Controls, "'First private 5G industrial network' is set up in Germany," January 3, 2020.
3. Capgemini Research Institute, "5G in industrial operations: How telcos and industrial companies stand to benefit," June 2019.
4. Affirmed, "Inventec Selects Affirmed for Private 5G Network to Drive Industry 4.0 Initiative for Advanced IoT, Automation and Smart Manufacturing," December 16, 2020.
5. Telecoms, "There's a lot of money in private mobile networks," November 25, 2020.
6. Bosch, "Bosch puts first 5G campus network into operation," November 26, 2020.
7. Capacity Media, "Connected tugboats promise 5G speeds for port of Antwerp," April 15, 2020; Orange Business Services. (n.d.) "[Replay] Start Walking 5G: What is the importance of 5G in Industry 4.0?". Retrieved from <https://www.orange-business.com/en/webinars/start-walking-importance-5g-industry-4-0>.
8. S&P Global, "As 5G networks roll, carriers eye edge computing as new service," August 2019.
9. Gartner, "What Edge Computing Means for Infrastructure and Operations Leaders," October 2018.
10. GSMA, "3.5 GHz in the 5G Era," April 2021; GSMA, "5G Spectrum: GSMA Public Policy Position," March 2021.
11. Verizon. (n.d.) "Your guide to 5G private networks". Retrieved from <https://www.verizon.com/business/en-gb/solutions/5g/>.
12. Markets and Markets, "Edge Computing Market by Component (Hardware, Platform, and Services), Application (Smart Cities, IIoT, Content Delivery, Remote Monitoring, AR and VR), Organization Size (SMEs and Large Enterprises), Vertical, and Region – Global Forecast to 2025," April 2020.
13. Telecoms, "Verizon taps up Nokia for private 5G push," October 20, 2020.
14. RCR Wireless News, "3GPP has canceled its face-to-face meetings through June," March 26, 2020; Light Reading, "3GPP Chair Wanshi Chen on creating 5G standards during a pandemic," May 14, 2021.
15. S&P Global Market Intelligence, "Upcoming global spectrum auctions, 2021 onward," April 2, 2021.
16. PR Newswire, "Ericsson Reports First Quarter Results 2020," April 2020.
17. S&P Global Market Intelligence, "US C-band auction becomes world's costliest mid-band 5G auction yet," April 22, 2021; Telecom Lead, "UK spectrum auction fetches £1.35 bn in 2021," March 17, 2021; GSMA, "France completes delayed mid-band 5G auction," October 12, 2020; RCR Wireless News, "Telefonica, Orange secure additional 5G spectrum in Spain," February 25, 2021; Capacity Media, "Australia concludes first spectrum auction in 'year of 5G'," April 2021.
18. Qualcomm, "Qualcomm Advances and Scales 5G IoT Industry, Unveiling Purpose-Built 5G Modem Optimized for IIoT," May 21, 2021.
19. Ericsson, "Ericsson reports first quarter results 2021," April 21, 2021.
20. Global News Wire, "Nokia deploys 5G private wireless network for Lufthansa Technik virtual inspection trial," February 27, 2020.
21. Enterprise IoT Insights, "'5G helped us through Covid' – Lufthansa Technik on private 5G with Nokia, Vodafone," February 1, 2021.
22. UK 5G Innovation Network, "The surprise proliferation of private 5G networks," January 29, 2021.
23. FPY (First Pass Yield). A measure of quality in a process that reflects the percentage of product made correctly without any rework or corrective activity. Source: Gartner.
24. Light Reading, "Taiwanese manufacturer deploys private 5G network," October 21, 2020; Fierce Wireless, "Private 5G network deployed by Affirmed and partners," December 15, 2020.
25. Hellenic Shipping News, "Qingdao Port takes lead in automation," December 20, 2019.
26. Ericsson. (n.d.) Worcester Bosch launches the UK's first 5G factory. Retrieved from <https://www.ericsson.com/en/cases/2020/the-5g-factory-of-the-future>.
27. Business & Innovation Magazine, "WORCESTERSHIRE 5G TESTBED REPORT SHOWS PRODUCTIVITY GAIN WITH 5G APPLICATIONS," December 16, 2020.
28. Obayashi, "Succeeded in demonstrating a series of road construction works such as excavation, transportation, and compaction with KDDI, Obayashi, and NEC 5G," February 14, 2020. Retrieved from https://www.obayashi.co.jp/news/detail/news20200214_1.html.
29. Globe News Wire, "5G Enabled Autonomous Robots Market to Cross \$73 Billion by 2030, Despite COVID-19," June 5, 2020.
30. Audi, "5G technology: unleashing the robots," February 18, 2020.
31. Daimler, "With its Factory 56, Mercedes-Benz is presenting the future of production," September 2, 2020.
32. Schneider Electric, "Orange and Schneider Electric Run Industrial 5G trials in French Factory," September 28, 2020.
33. Bosch Rexroth, "5G: the force is with you," February 27, 2021.
34. Enterprise IoT Insights, "'5G helped us through Covid' – Lufthansa Technik on private 5G with Nokia, Vodafone," February 1, 2021.

35. TMFORUM INFORM, "5GEM use case: Ford deploys real-time process analysis & control," February 2021.
36. The OPC (Open Platform Communications) Foundation is an independent standards body that develops standards to enable interoperability among industrial automation assets. Retrieved from: <https://opcfoundation.org/about/what-is-opc/>
37. The 5G-ACIA (5G Alliance for Connected Industries and Automation) is a global consortium of organizations working towards driving the evolution of 5G for the industrial domain.
38. OPC Foundation, "OPC Foundation and 5G-ACIA sign Memorandum of Understanding to foster cooperation and synergies on OPC UA integration with 5G," April 12, 2021.
39. GSA, "5G Devices: April 2021 – Executive Summary," April 2021.
40. Computer Weekly, "Industrial IoT connections to reach 37 billion by 2025," November 3, 2020.
41. 5G Radar, "Q&A: How to juggle the benefits and pitfalls of 5G security," February 4, 2021.
42. Nokia, "Nokia confirms 5G as 90 percent more energy efficient," December 2020.
43. Beamforming is a technique that focuses a wireless signal towards a specific receiving device, rather than having the signal spread in all directions from a broadcast antenna.
44. Orange, "5G: energy efficiency 'by design'," February 10, 2020.
45. France 24, "Deploying 5G will lead to spike in CO2 emissions, French climate council warns," December 2020.
46. GOV.UK, "£28 million to trial innovative new uses of 5G to improve people's lives," January 13, 2021.
47. FCC, "FCC BEGINS MAJOR 5G SPECTRUM AUCTION," December 8, 2020.
48. FCC, The FCC's 5G FAST Plan, September 2018.
49. Defense.gov, "DOD Announces \$600 Million for 5G Experimentation and Testing at Five Installations," October 8, 2020.
50. European Commission. (n.d.) "Europe advancing in 5G – new wave of projects launched to accelerate 5G take-up in vertical industries". Retrieved from <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/news/europe-advancing-5g-new-wave-projects-launched-accelerate-5g-take-vertical-industries>
51. Wired Korea. (n.d.) "The Man Behind Korea's 5G Strategy". Retrieved from <https://www.wired.kr/news/articleView.html?idxno=2275>.
52. IMDA, "Singapore's Digital Economy forges ahead: 5G innovation, Smart Estates and progressive legislation," June 2019.
53. Communications.gov.au. (n.d.) "The Australian 5G Innovation Initiative". Retrieved from <https://www.communications.gov.au/what-we-do/spectrum/australian-5g-innovation-initiative>
54. 5GEM project is a consortium of eight partner organizations (ATS Global, Ford, HSSMI, Lancaster University, TM Forum, TWI, Vacuum Furnace Engineering and Vodafone) exploring use cases for 5G private networks in different manufacturing environments.
55. TM Forum, "5GEM use case: Ford deploys real-time process analysis & control," February 2021.
56. Drives & Controls, "UK's £9m 5G manufacturing project is the largest," March 10, 2020.
57. Singtel, "Singtel launches GENIE, world's first portable 5G-in-a-box platform to accelerate 5G innovation," April 12, 2021.
58. Techwire Asia, "Why Korea's telcos are developing 5G smart factory solutions," July 10, 2020.
59. Nokia, "Nokia confirms 5G as 90 percent more energy efficient," December 02, 2020.

執筆者の紹介



Pierre Fortier

Vice President, Global 5G & Edge lead,
Cappgemini Invent
pierre.fortier@cappgemini.com

Pierre Fortier has 17 years of experience in consulting and transformation in the telecoms & connectivity space. He leads Cappgemini Invent offers, thought leadership and business development activities in the 5G & Edge space. Pierre directs projects both for our telecom clients as well as for industrial organizations across sectors – from transportation to industry 4.0, public safety, and healthcare, helping them shape their 5G & Edge strategy & roadmap and deliver on this vision through implementation & transformation programs.



Monika Gupta

Vice President, Global 5G & Edge Lead, Cappgemini
monika.i.gupta@cappgemini.com

Monika Gupta is a global 5G & Edge expert leading Industry use cases and partnerships. She also leads the industry focused 5G lab in Mumbai. She works with Cappgemini clients on how they can adopt 5G, Edge and complementary technologies for their data-driven digital transformation. She has over 25 years of experience in the telecommunications and IT industry and has led large green-field and transformation programs.



Fotis Karonis

Executive Vice President, Group Leader for 5G and
Edge Computing, Cappgemini
fotis.karonis@cappgemini.com

Fotis Karonis is Executive Vice President and Group leader of 5G and Edge Computing at Cappgemini. Until recently, Fotis was the CTIO at BT Enterprise & the 5G Executive Lead at BT Group, driving the 5G launch, and 5G-digital transformation with customers in sectors such as intelligent manufacturing, healthcare, and transport & logistics. Previously Fotis was the CTO of EE from 2010 and lead the technology integration of EE with BT Group in 2016. He was awarded Mobile Europe's CTO of the Year in 2015. Fotis also has extensive experience in the Aviation industry, being the CTO of the new Athens International Airport and has consulted other new major airport constructions across the world.



Shamik Mishra

Vice President, CTO Connectivity, Cappgemini
Engineering
shamik.mishra@cappgemini.com

Shamik Mishra is the CTO of Connectivity in Cappgemini Engineering and leads the development of Technology, Architecture, Strategy and Roadmaps for connectivity aware intelligent industry including 5G, wireline, network AI, virtualization & network cloud. He is also the co-lead of the group 5G & Edge offer. He also serves as the co-chair of the GSMA's Operator Platform Group and a member of the Technology Advisory Council of Linux Foundation-Edge. He has over 20 years of experience in wireless telecommunication and virtualization.



Stefano Merli

CTO, Advanced Networks at
Cappgemini Engineering
stefano.merli@cappgemini.com

With 30 years of technical leadership in the telecom sector, Stefano leads the Communication Technology Innovation and Offer Evolution, particularly related to 5G Networks, Applications & Service Enablement, Telco Cloud and Edge. He is also responsible for defining the Solution Portfolio of the Center of Excellence (CoE) for Advanced Networks in terms of tools, Software platforms and related assets since 2016. He has authored several papers in international publications (IEEE/IEE) and conference proceedings and granted international patents for broadband telecommunication systems and solutions.



Jean-Pierre Petit

Digital Manufacturing Group Offer Leader,
Cappgemini
jean-pierre.petit@sogeti.com

Jean-Pierre is the Digital Manufacturing Group Offer leader at Cappgemini. He earlier managed the Manufacturing, Distribution, Retail and Energy & Utilities sectors and was nominated deputy Chief Executive Officer of our technology Services in France, in January 2013. He was appointed Chief Executive Officer of Sogeti High Tech in 2015. His main mission was to develop the Sogeti High Tech Engineering and digital manufacturing presence within large companies. Jean-Pierre Petit is a SUPELEC graduate and started his career in 1984 as a consultant within Andersen Consulting. He joined the Sagem Group in 1993 heading the R&D and cable manufacturing activities.



Jerome Buvat

Global Head of Research and Head of
Capgemini Research Institute
jerome.buvat@capgemini.com

Jerome is head of Capgemini Research Institute. He works closely with industry leaders and academics to help organizations understand the nature and impact of digital disruptions.



Subrahmanyam KVJ

Director, Capgemini Research Institute
subrahmanyam.kvj@capgemini.com

Subrahmanyam is a director at the Capgemini Research Institute. He loves exploring the impact of technology on business and consumer behavior across industries in a world being eaten by software.



Roopa Nambiar

Senior Manager, Capgemini Research Institute
roopa.a.nambiar@capgemini.com

Roopa is a senior manager at the Capgemini Research Institute. She leads research projects on key business, technology and consumer trends and their impact on large organizations.



Yashwardhan Khemka

Manager, Capgemini Research Institute
yashwardhan.khemka@capgemini.com

Yash is a manager at the Capgemini Research Institute. He likes to follow disruption fueled by technology across sectors.

The authors would like to especially thank Walid Negm, Alexandre Embry, Ralph Schneider-Maul, Dr. Derek Long, Daniel Davenport, Ramon Antelo, Michael Rogosch, Dick van Marle, Massimo Rocca, Matthew Whitson, Karl Bjurstrom, Frederico Torres, Philippe Ravix, Sandhya Sule, Jean-Luc Chabaudie, Gita Babaria, Stefan Muderack, Ken Grelck, Nirmala Iyengar, Sanjeev Gupta, Alessandro Puglia, Golboo Pourabdollahian, Annette Klimczak, Ranjeet Yadav, Sascha Bellert, Irene Cobo, Constantin Voelkel, Stefaan Vyverman, Maarten Deceuninck, Bob Wyan, Lior Auslander, Scott Saige, Kevin Freeman, Masahiko Mochizuki, Minoru Fukuda, Anirudh Proddutoor, Rahul Arya, Agnès Routet, Sylvain Allard, Julia von Both, and Manish Saha for their contribution to this research.

キャップジェミニ・リサーチ・インスティテュートについて

キャップジェミニ・リサーチ・インスティテュートは、デジタル全般に関するキャップジェミニの社内シンクタンクです。この組織は、大規模な従来型／既存のビジネスに対するデジタル技術の影響について調査し、その結果を公開しています。ここでは、チームがキャップジェミニのエキスパートたちによる世界規模でのネットワークを活用し、教育機関や技術パートナーたちと緊密に連携しています。キャップジェミニ・リサーチ・インスティテュートは、インド、シンガポール、イギリスおよびアメリカに専用のリサーチセンターを開設しています。最近、独立系アナリスト企業からリサーチの品質を認められ、世界ナンバーワンの格付けを得ています。

詳細は、以下をご覧ください。

<https://www.capgemini.com/jp-jp/capgemini-research-institute/>

私たちにご連絡ください。
さらに詳しい情報をお届けいたします。

Global

Fotis Karonis

Executive Vice President, Group Leader
for 5G and Edge Computing, Capgemini
fotis.karonis@capgemini.com

Global Invent

Pierre Fortier

Vice President, Global 5G & Edge Lead,
Capgemini Invent
pierre.fortier@capgemini.com

Global Intelligent Industry

Jean-Pierre Petit

Digital Manufacturing Group Offer
Leader, Capgemini
jean-pierre.petit@sogeti.com

5G Lab France

Cédric Bourrely

Capgemini Invent Director, 5G Labs
Program Lead
cedric.bourrely@capgemini.com

5G Lab India

Monika Gupta

Vice President, Global 5G & Edge Lead,
Capgemini
monika.i.gupta@capgemini.com

5G Lab Portugal

Frederico Torres

Presales Director, Advanced Networks
World Class Center, Capgemini
Engineering
frederico.torres@capgemini.com

Europe

Marek Jablonski

marek.jablonski@capgemini.com

France

Pierre Fortier

pierre.fortier@capgemini.com

Germany

Michael Rogosch

michael.rogosch@capgemini.com

Spain

Luis Manuel Díaz de Terán

luismanuel.diaz@capgemini.com

Italy

Gerardo Ciccone

gerardo.ciccone@capgemini.com

Alessandro Puglia

alessandro.puglia@capgemini.com

Jochen Bechtold

jochen.bechtold@capgemini.com

North America

Manufacturing

Vamshi Rachakonda

vamshi.rachakonda@capgemini.com

UK

Graham Upton

graham.upton@capgemini.com

APAC

Gaurav Modi

gaurav.modi@capgemini.com

Telecoms

Darshan Naik

darshan.naik@capgemini.com

LATAM

Ramón Álvarez Abreu

ramon.alvarez@capgemini.com

Brazil & Argentina

Giulio Salomone

giulio.salomone@capgemini.com

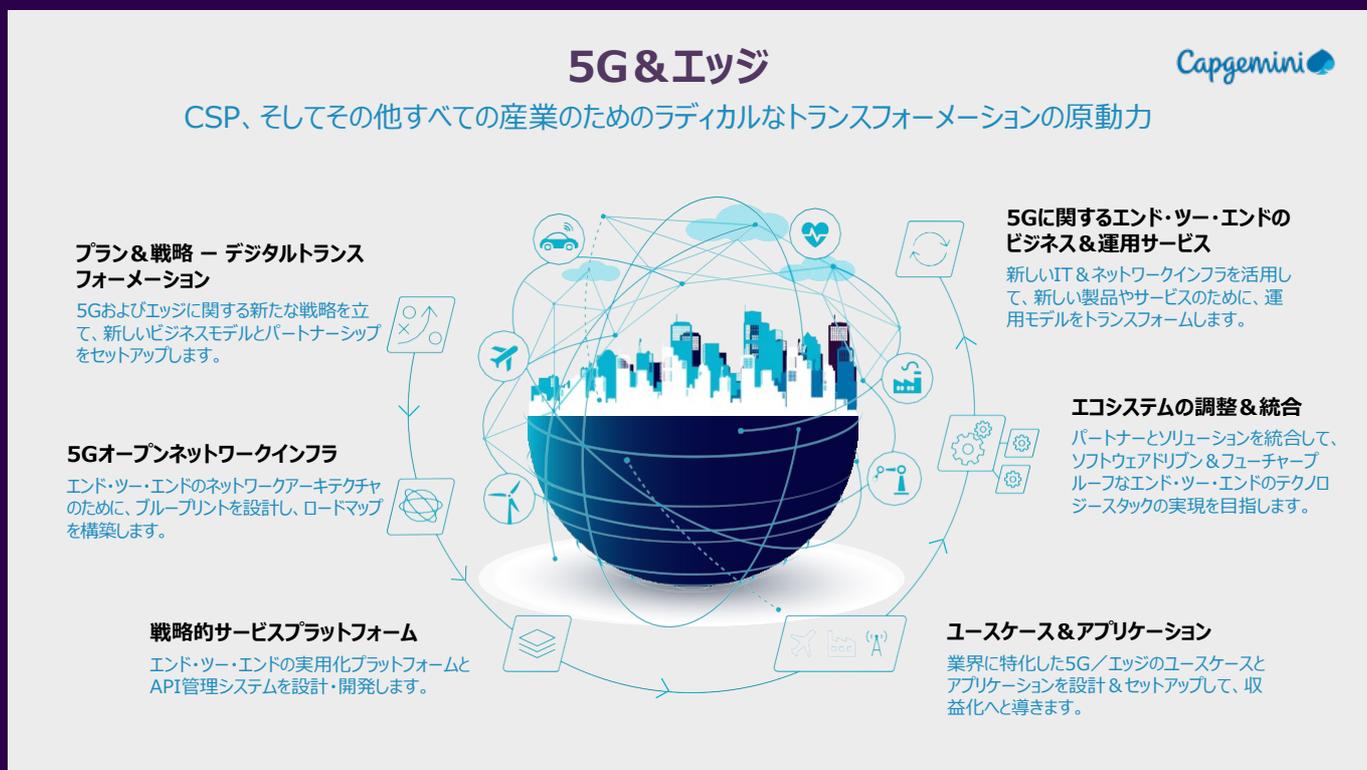
キャップジェミニの5G&エッジオフリング

5Gならびにエッジコンピューティングは、データドリブンなインテリジェントインダストリーへのトランスフォーメーションを触発し促進するテクノロジーです。5Gならびにエッジコンピューティングは、企業や政府そして消費者も含めて、すべての人の情報交換やビジネスのやり方を変え、画期的なイノベーションやサービスを生み出すでしょう。

キャップジェミニは、お客様が5G&エッジコンピューティング革命がもたらす機会と課題をとらえることができるよう、お客様を支援します。私たちは、デジタルトランスフォーメーション、テクノロジーコンサルティングに加えて、エンジニアリング、システム統合、サービスに関する深い専門知識をもっています。別の言い方をすると、キャップジェミニは、テクノロジーそのもの、そしてその適用方法について熟知しているということです。私たちは、お客様が5G通信機器を設計し、列車・飛行機を設計・製造し、ライフサイエンス企業が新製品や患者中心のサービスを立ち上げ、メーカーがオペレーショナルエクセレンスを実現するための支援を提供いたします。

キャップジェミニは、5Gとエッジコンピューティングを大規模に実装するためのエンジニアリングとサービスの能力を備えているので、お客様はすぐにこれらの技術を活用することができます。私たちは、次の6つの主要サービスを通じて、5Gおよびエッジコンピューティングを活用した戦略の立案、構築、トランスフォーメーション、そしてビジネス価値の実現を目指すお客様を支援します。

- デジタルトランスフォーメーション – 計画および戦略の立案
- 5Gネットワークインフラ
- 戦略的サービスプラットフォーム
- ユースケース&アプリケーション
- エコシステムのオーケストレーション&統合
- 5Gに関するエンド・ツー・エンドのビジネス&運用サービス



キャップジェミニは、5G & エッジソリューションを迅速に、コスト効率よく、そして大規模に設計・展開するために、IT/OT、エッジ、クラウド、IoT、ネットワークに関する幅広く奥深い専門知識をお客様に提供します。私たちが目指すのは、お客様によるアプリケーションの構築および収益化、適切な投資の選択を支援することであり、そしてなによりも、お客様の投資が生み出す価値を有効化することです。

詳細については、www.capgemini.com/jp-jp/5G をご覧ください。

5G & エッジはお客様のビジネスにどのような変革をもたらすことができるのか、具体的な検討をご希望の方は、当社のエキスパートにご相談ください。

Pierre Fortier

pierre.fortier@capgemini.com

Monika Gupta

monika.i.gupta@capgemini.com

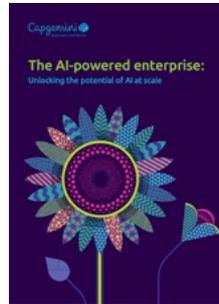
Shamik Mishra

shamik.mishra@capgemini.com

キャップジェミニの調査・研究レポート：



5G in industrial operations:
How telcos and industrial companies stand to benefit



The AI-powered enterprise
Unlocking the potential of AI at scale



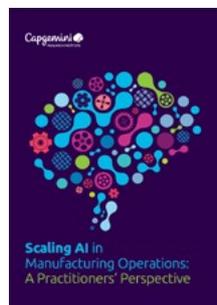
Smart Factories@Scale – 大規模スマートファクトリー：
設計による効率化&閉ループオペレーションを通じて、1兆ドルの価値を獲得



The data-powered enterprise
Why organizations must strengthen their data mastery



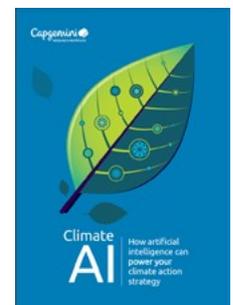
自動車関連企業がスマートファクトリーのポテンシャルを最大化するためには



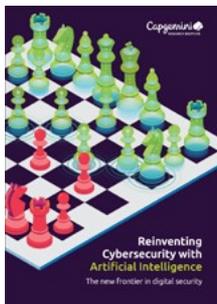
Scaling AI in Manufacturing Operations: A Practitioners' Perspective



AI and the ethical conundrum: How organizations can build ethically robust AI systems and gain trust



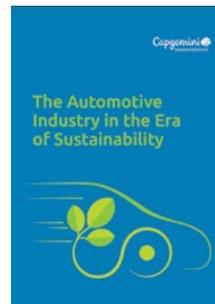
Climate AI
How artificial intelligence can power your climate action strategy



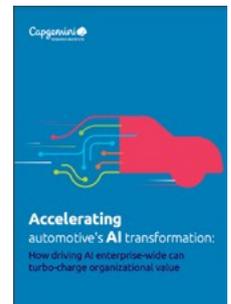
Reinventing Cybersecurity with Artificial Intelligence
A new frontier in digital security



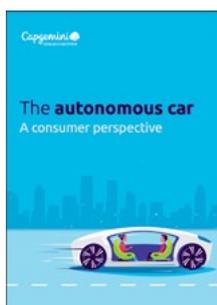
Scaling Innovation
What's the Big Idea? Why most innovations fail to scale and what to do about it



The Automotive Industry in the Era of Sustainability



Accelerating Automotive's AI Transformation: How driving AI enterprise-wide can turbo-charge organization value



The autonomous car
A consumer perspective



The Art of customer-centric Artificial Intelligence
Raising the bar on AI in customer experience



Upskilling your people for the age of the machine



Agile at Scale
Four recommendations to gain enterprise-wide agility

キャプジェミニ・リサーチ・インスティテュートの最新レポートをぜひお読みください。



最新レポートは、以下のQRコードまたはウェブサイトにてダウンロードできます。

<https://www.capgemini.com/jp-jp/capgemini-research-institute-subscription/>

A screenshot of a web form for the Capgemini Research Institute. The form is titled "Capgemini Research Institute" and includes a close button (X) in the top right corner. Below the title, it states "Fields marked with an * are required". There are three input fields for "First Name *", "Last Name *", and "Email *". At the bottom, there is a checkbox for a consent statement: "By submitting this form, I understand that my data will be processed by Capgemini as indicated above and described in the Terms of use *". A "Submit" button is located at the bottom center of the form.





キャップジェミニについて

キャップジェミニは、テクノロジーの力を活用して企業ビジネスの変革・管理を支援するパートナーシップにおけるグローバルリーダーです。キャップジェミニ・グループは、テクノロジーを通して人々が持つエネルギーを解放することで、包摂的で持続可能な未来を目指し、日々まい進しています。私たちは、世界約50ヶ国の29万人に及ぶチームメンバーから成る、極めて多様的で責任感の強い組織です。キャップジェミニは、50年にわたって積み上げてきた経験と実績そして豊かな専門知識を活かし、クラウド、データ、AI、コネクティビティ、ソフトウェア、デジタルエンジニアリング、プラットフォームなど、急速に進化するイノベティブなテクノロジーを原動力として、戦略から設計、オペレーションに至るまで、お客様の幅広いビジネスニーズすべてに対応して、お客様から厚い信頼をいただいています。グループ全体の2020年度の売上は、160億ユーロです。

Get the Future You Want

- 望む未来を手に入れよう

www.capgemini.com/jp-jp/

キャップジェミニ・リサーチ・インスティテュート について

キャップジェミニ・リサーチ・インスティテュートは、デジタル全般に関するキャップジェミニの社内シンクタンクです。この組織は、大規模な従来型／既存のビジネスに対するデジタル技術の影響について調査し、その結果を公開しています。ここでは、チームがキャップジェミニのエキスパートたちによる世界規模でのネットワークを活用し、教育機関や技術パートナーたちと緊密に連携しています。キャップジェミニ・リサーチ・インスティテュートは、インド、シンガポール、イギリスおよびアメリカに専用のリサーチセンターを開設しています。

詳細は、以下をご覧ください。

www.capgemini.com/jp-jp/researchinstitute/