

**エンタープライズ  
5GをDXの魅力的な  
イネーブラーにする  
ためには**

**エンタープライズ5Gに  
取り組むCxOsへの3つの提案**



# Contents

エンタープライズ5GをDXの魅力的なイネーブラーにするためには エンタープライズ5Gに取り組むCxOsへの3つの提案	3
1. IoT接続の拡大と5G技術の進化	4
2. DXの進化を支えるデジタルインフラとしてエンタープライズ5Gへの期待	5
3. エンタープライズ5G導入モデルは多様化で進化	8
4. 初期段階にあるエンタープライズ5G導入のスケールアップには課題に直面	11
5. エンタープライズ5G普及に向けた3つの提案	14



# エンタープライズ5GをDXの魅力的な イネーブラーにするためには エンタープライズ5Gに取り組むCxOsへの3つの提案

COVID-19パンデミックの発生や地政学的リスクの広がり、地震や豪雨などの自然災害の頻発などにより、国際社会やビジネス界は未来を予測することが難しいVUCA時代に突入しています。このVUCAの時代において、仮想社会におけるセキュリティ問題やサイバー犯罪といった現代的な課題を生じさせているが、デジタル化、すなわちデジタルトランスフォーメーション(DX)の深化とイノベーションの創出は進んでいます。

このように、DXやイノベーション創出の活発化に伴って新たなコネクティビティ技術が生まれています。次世代無線技術である5Gは、高セキュリティ、大容量、低遅延、高信頼性を備え、IoT時代にマッチした技術であります。このようなネットワーク能力は、コネクティビティのイネーブラーとしてデジタル化された消費者だけでなく、製造業、物流産業、ヘルスケア、教育、エネルギー・公共事業などのパーティカルセクターにも期待をもたらしています。パーティカルセクターの各拠点に専用の5Gシステムが設置されると仮定すると、エンタープライズ5Gの潜在的な市場は、これまでのパブリックセクターのそれよりも大きくなることが予想されます<sup>\*1</sup>。

従来の通信事業者、通信機器ベンダー、大手クラウドベンダー、エンタープライズネットワーク・サプライヤー、通信やネットワーク接続を専門にするスタートアップなどの企業がエンタープライズ5G市場に参入しているか、参入準備を加速しています。しかし、5G技術と標準化、パブリック5G(消費者向け)向けの基地局の開発とデバイスの商品化、5Gの固定無線接続(FWA)が着実に進んでいるにもかかわらず、5G(企業向け)の導入は依然として低いレベルにあります。

本稿では、物理的に独立して構築されるプライベート5G(P5G)とパブリック5Gをスライスして論理的に独立する専用5G(D5G)を含むエンタープライズ向け5G(E5G)の最新動向を調査しました。調査結果をもとに、DXを推進するための魅力的なエンタープライズ5Gの形成方法についての知見や提案をまとめます。

\*1 このペーパーにおける「エンタープライズ」という用語には、産業および一般サービスの幅広い業種が含まれます。企業の業種の例としては、製造、輸送、鉱業、石油・ガス、公益事業、ヘルスケア、教育、接客業、会場、銀行業務、公共部門、ゲームなどが挙げられます。

# 1. IoT 接続の拡大と5G 技術の進化

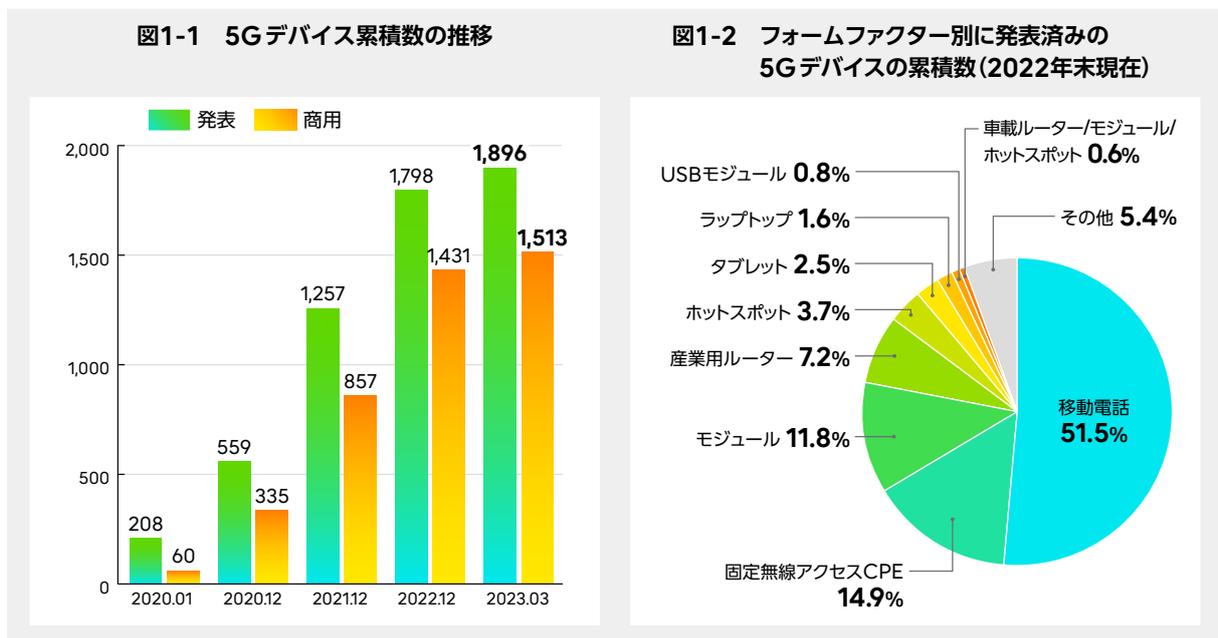
消費者の接続環境は、ICT 技術の進歩により、固定ブロードバンドから無線ブロードバンドへと急速に移行しています。エリクソンの統計・予測によると、2022年の固定ブロードバンド加入者数は14.5億人、モバイル通信加入者数は固定ブロードバンド加入者数の約6倍にあたる83.9億人に達すると推計されました<sup>\*2</sup>。無線分野でも、加入者の新世代への移行が相次いでいます。

2022年のスマートフォン総加入者数約66億人のうち、LTEが51.6億人、5Gが10.5億人を占めるという。そして、2028年にはそれぞれ35.8億、49.7億となり、5Gへのシフトが進むと予想されます。この消費者の5Gへのシフトは、公共の5Gネットワークが順調に進んでいる証拠だと考えます。

一方、2022年のIoT無線接続数は132億となり、加入者数66億の2倍以上となりました。2028年には、加入者数77.9億に対し、IoTは347億になると予測されています。IoT無線接続のうち、ブロードバンドIoT(4G/5G)は2021年には10億以上と、IoT全体に占める割合は小さいが、2028年には60%を占めると推定されます。また、ブロードバンドIoTの多くは4Gをベースとしているが、5G技術の成熟と機器・デバイスのエコシステムにより、5Gへの周波数割り当て拡大(パブリック・パーティカル両方を含む)は5G技術導入のインセンティブになると考えます。

例えば、5G関連デバイスは、2019年では5G関連デバイスの発表はほとんどなかったのですが、その後ペースを上げ、2023年3月末にリリースされた製品は約1,900に達し、そのうち約8割が市販のデバイスとなっています(図1-1)。図1-2(2022年末現在)が示すように、5Gデバイスはコンシューマー向け製品が中心ですが、パーティカルデバイス(エンタープライズ向け製品)も増えてきています。

図1 5G エコシステムの現状



出所: GSA "5G Device Ecosystem"

\*2 Ericsson (November 2022) "Mobility Report"



## 2. DXの進化を支えるデジタルインフラとして エンタープライズ5Gへの期待

他方、5Gの商用化に先駆けて提唱された「第4次産業革命」に対応する業界の取り組みから10年近くが経過しました。各業界でデジタル技術を活用したデジタルトランスフォーメーション(DX)への取り組みが着実に広がっています。導入レベルでは、部門間のサイロが破壊され、組織横断的な取り組みも始まっています。また、主要国のカーボンニュートラルへの取り組みやCOVID-19のパンデミックで、DXへの期待がさらに高まっています。このデジタルトランスフォーメーションで期待されるパフォーマンスを実現するためには、AI、クラウド、コネクティビティといった魅力的なデジタルインフラが欠かせません(図2を参照)。

例えば、2010年代以降、世界経済フォーラム(WEF)は、次世代デジタル技術(第4次産業革命技術)を活用した製造業の変革に着目してきました。製造業におけるDXの進展が遅れていることを考慮し、WEFは2018年からマッキンゼーと共同で、世界を代表するDX企業(ライトハウス)を選定しています。これらのライトハウスをDXのロールモデルとして、WEFは製造業のDX活動のスケールアップを図っています。2023年1月現在、世界のライトハウス企業132社が認定されています。

これらのライトハウスはそれぞれ20~40のユースケースを採用しており、合計142のオリジナルユースケース(重複するユースケースを除く)に上がります\*3。柔軟な自動化、プロセス制御、AI検査、デジタルツイン、サプライチェーンの可視化、予知保全などのユースケースが経営に大きな影響を与えるような成果を持っています。期待する効果を収めるためには、これらのユースケースを優れたネットワークインフラがサポートする必要があります。そのため、産業界は、5Gの主な特徴である「高速・大容量」、「複数同時接続」、「超高信頼・低遅延」に大きな期待が寄せられています。

\*3 WEF(January 2023) "Global Lighthouse Network: Shaping the Next Chapter of the Fourth Industrial Revolution"

図2 DXの社会実装を支えるデジタルインフラ



出所：著者作成

実際、DXの進化に伴い、エンタープライズネットワークとして、エンタープライズ5Gの重要な要件(米国での例)として、以下のようなものが確認されています\*4。

**1. 適切な無線周波数(RF)スペクトル**

エンタープライズ向けのワイヤレスユースケースにおいて、適切で費用対効果の高い周波数帯の利用は最も重要な要件です。というのも、国によっては周波数利用コストが高く、企業が導入を敬遠する可能性があるためです。

**2. より高品質な接続を実現するためのシステムの確保**

「未来の工場」で見られる産業オートメーションのような最先端のユースケースには、決定性ネットワーク(Deterministic Networking)を確保する必要があります。

**3. カバレッジ能力**

屋内と屋外、国内都市間、さらには海外拠点との連携が必要な企業も数多く存在します。

**4. セキュリティ**

企業独自のセキュリティ要件は、優先的に考慮されます。

**5. 可用性・信頼性**

P5Gの導入を検討している企業は、24時間365日生産またはサービスを継続し、高い可用性と信頼性が要求されます。

**6. 操作性**

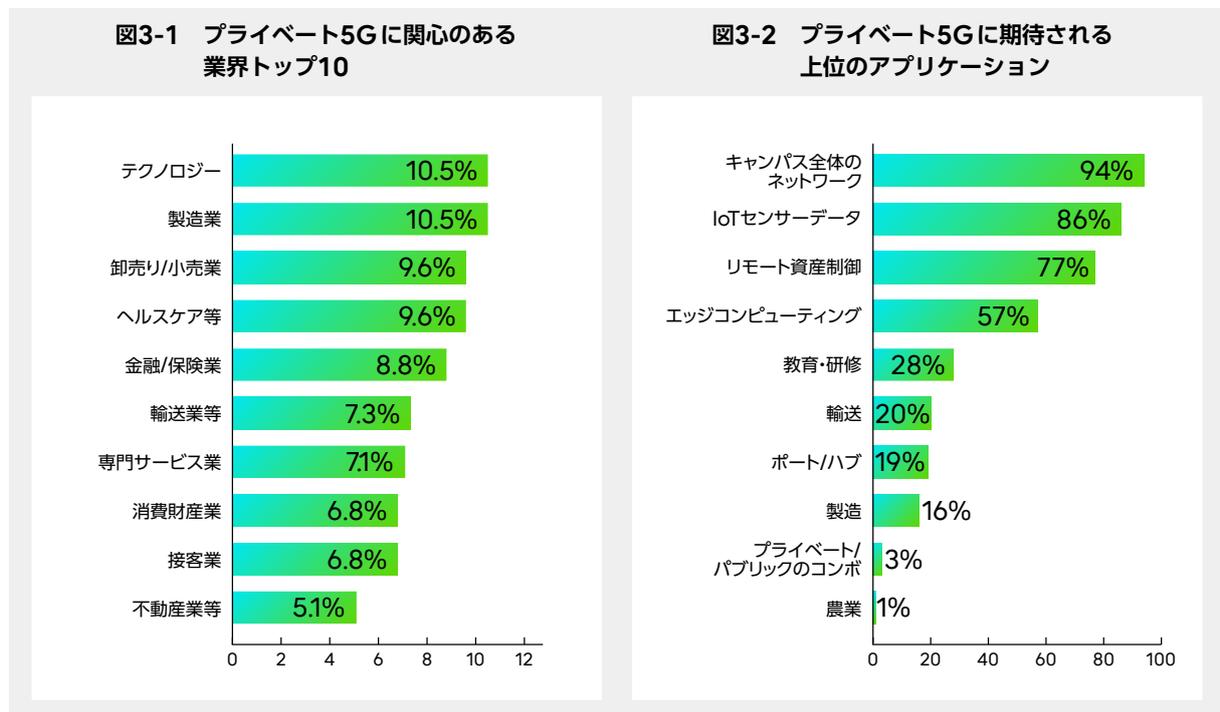
従来の企業ネットワークシステムと同等の操作性を維持するために、P5Gの複雑さを軽減することが求められています。

\*4 5G Americas(January 2023) “Enterprise Evolution with 5G Adoption”

こうした要求は、米国に限らず、世界中の企業へのアンケート調査でも見受けられます。実際、DXの進化に伴い、日米欧を中心とした各政府はパブリック5Gの商用利用の認可後、すぐに企業向けにパーティカル領域の専用周波数を認可し、企業DXに利用されています。中国やインドなどの新興国においても、P5Gアプリケーションのために専用周波数帯を認可したり\*5、認可の可能性を検討したり\*6する国々が増えています。全体として、P5Gへの関心は次第に高まっています。

図3は、米国でP5Gの導入済みまたは導入予定の企業400社を対象に行ったアンケート結果です。P5Gに関心のある業種の広がりが見られ、上位4つはハイテク企業、製造業、流通業、ヘルスケアとなっています。一方、P5G導入で期待されるアプリケーションはいくつかに集中しています(図3-2参照)。トップ4は、屋内ではなくキャンパス全体、IoTセンサーデータ対応、リモート資産管理、エッジコンピューティングです。いずれも5Gの優位性を活かしたアプリケーションであると考えます。

図3 米国におけるプライベート5Gの動向(2022年4月現在)



出所: TECHnalysis Research (2022年7月) "Private 5G Networks: Defying Expectations: a survey Report"

\*5 中国、COMACに初のP5Gライセンスを付与

<https://www.chinadaily.com.cn/a/202211/21/WS637b33aea31049175432afed.html>

\*6 20社以上のインド企業がP5Gネットワークの構築に関心を示している

<https://www.rcrwireless.com/20221118/private-networks/over-20-indian-firms-show-interest-set-up-5g-private-networks>.

### 3. エンタープライズ5G 導入モデルは多様化で進化

パブリック5Gネットワークサービスは、認可を受けた少数の通信ネットワークサービスプロバイダー（通信キャリア）によって実施されます。冒頭でも述べたように、エンタープライズ5Gでは、従来の通信キャリアに加え、クラウドサービスベンダーや通信機器メーカー、スタートアップ企業も参入しており、サービス事業者も多様化しています。実際、エンタープライズ5Gネットワークの導入モデルも多様化しています。

無線通信標準化団体3GPPの定義とパーティカル分野の企業による5G（P5G、D5Gを含む）導入に関する実践的報告書を調査した結果、主要企業の5G導入モデルは表1のようにまとめられました。3GPP Release-16によると、企業向けのネットワークには次の2種類があります。SNPNモデル（ネットワークが物理的に独立しているモデル、本稿ではP5Gと呼ぶ）とPNI-NPNモデル（パブリック5Gを物理的に共有するモデル、本稿ではD5Gと呼ぶ）<sup>\*7</sup>。さらに、表1では、SNPNモデルをフルP5Gモデルと、一部の機能がクラウドホストされるクラウドホスト型P5Gモデルに分けています。また、PNI-NPNモデルは、完全共有モデルと部分共有モデルに分類します。これら4つの採用モデルからさらに別のバリエーション（サブモデル）を検討することもできます<sup>\*8</sup>。

表1 企業向け5Gの主な導入モデル

導入モデル		周波数	企業敷地内	クラウドサービスプロバイダー	パブリックネットワークサービスプロバイダー
SNPNモデル (P5G)	完全なプライベート導入	専用周波数	すべてのネットワーク機能を構築	—	—
	クラウドホスト型のプライベート導入	専用周波数	ネットワーク機能の全部または一部を構築	ネットワークの一部機能を仮想的に構築	—
PNI-NPNモデル (D5G)	マクロ的スライスのプライベート導入（一部共有）	パブリックネットワークの周波数	パブリックネットワークを部分的に共有	—	すべての5Gネットワーク機能を構築
	パブリックネットワークのマクロ的スライスを通じたプライベート導入（完全共有）	パブリックネットワークの周波数	パブリックネットワークを完全に共有	—	すべての5Gネットワーク機能を構築

\*本稿では、エンタープライズ5Gネットワークを展開するために通信事業者から周波数をリースする場合はプライベート5Gと見なします。

出所：著者作成

\*7 SNPN: “Standalone Non-Public Network”, PNI-NPN: “Public Network Integrated - Non-Public Network”.

\*8 Jianmin Jin (2021) “Transformative 5G in the IoT Era: how to realize its potential, from verification to implementation” <https://www.fujitsu.com/global/vision/insights/21-5g-business-of-the-iot-era/>

各国のエンタープライズ5Gの採用モデルは、その国の電波規制政策(企業向け周波数割り当ての有無)、パブリック5Gネットワークの整備状況(カバー率)、エンタープライズ5Gのサービスの提供状況によって大きく異なります。米国、ドイツ、英国、日本、フィンランド、スウェーデン、フランス、スペインなど(2022年12月現在)のように、公共5Gネットワークの展開、並びに企業向け専用周波数が認可されている国々は、P5G採用を優先モデルとしています\*9。例えば、ドイツは世界で最も早くP5Gの周波数ライセンスを認可し始めた国です。2019年11月にP5Gの申請を受け付けた後、2023年5月16日現在、合計で321のP5Gユーザーを承認しました\*10。また、日本は2020年3月からP5G周波数(日本では「ローカル5G」と呼ばれる)のライセンス供与を開始し、2022年11月30日時点で126ユーザーにライセンスを付与しました\*11。

一方で、2020年ごろから欧米でもパブリック5Gをスライシング技術でネットワークを共有するD5Gが採用されるケースが出てきました\*12。それ以来、企業専用周波数の利用可能性、パブリック5Gネットワーク整備の遅れ、企業データのセキュリティ確保の優先度などの理由から、日本、ドイツ、その他の国の多くの企業はほとんどP5Gを採用することになっています。しかし、パブリック5Gの整備が進む米国では、スライシング技術を活用したシェアードモデルが再評価されています。なぜなら、「このマクロスライスモデルは、周波数、サービスエリア、専門知識といった携帯電話プロバイダーの膨大なリソースを企業に開放できるため、非常に魅力的です」\*13と理解されているからであります。

電波の有効利用を優先していた中国は、パブリック5Gネットワークの整備を優先し、2022年後半まで企業向け電波の認可が行われていなかったが、前述のとおり、2022年11月には、セキュリティ、信頼性、自律性に対する要求が特に高い大企業に企業専用周波数が認可され、P5Gモデルが開始されました。

---

## 事例：富士通新川崎テクノロジースクエアと小山工場のエンタープライズ5G導入例

### － 物理的に独立したP5Gモデル

富士通は、2020年2月に日本初のP5G免許(対象企業ごとに割り当てられた5G専用周波数帯を使用)を取得し、新川崎テクノロジースクエア内にNSAネットワーク(Non-Stand Alone:LTE機器と連携して5Gデータ通信を実現する5G無線システム)を構築しました。そして、同年3月、国内初のプライベート5Gネットワークの商用運用となるセキュリティシステムの運用を開始し、複数のカメラで収集した高精細な画像データの大容量・高速伝送と、映像解析による不審行動の早期発見を実現するセキュリティシステムの運用を実現しました。

さらに、富士通は2021年3月に、自社の小山工場において、現場作業の自動化と遠隔サポートを目的としたP5Gシステムの商用運用を開始しました。図4に示すように、P5Gシステムは2つの部分から構成され、ミドルバンドのSA(Stand Alone:5G技術のみで実装されたコアネットワークを含む5G無線システム)により、位置制御による無人搬送車(AGV=automated guided vehicle)の自動移動が可能です。そして、第2の部分は、MR(複合現実)機能による作業訓練や、大容量・高速データ通信による遠隔支援、AI画像解析による作業評価などを行うハイバンドNSAからなります。

\*9 According to GSA (February 2023) "Private Mobile Networks", as of December 2022, China, Austria, Russia, Canada, Belgium, Mexico, etc. have not approved Spectrum for enterprise use only.

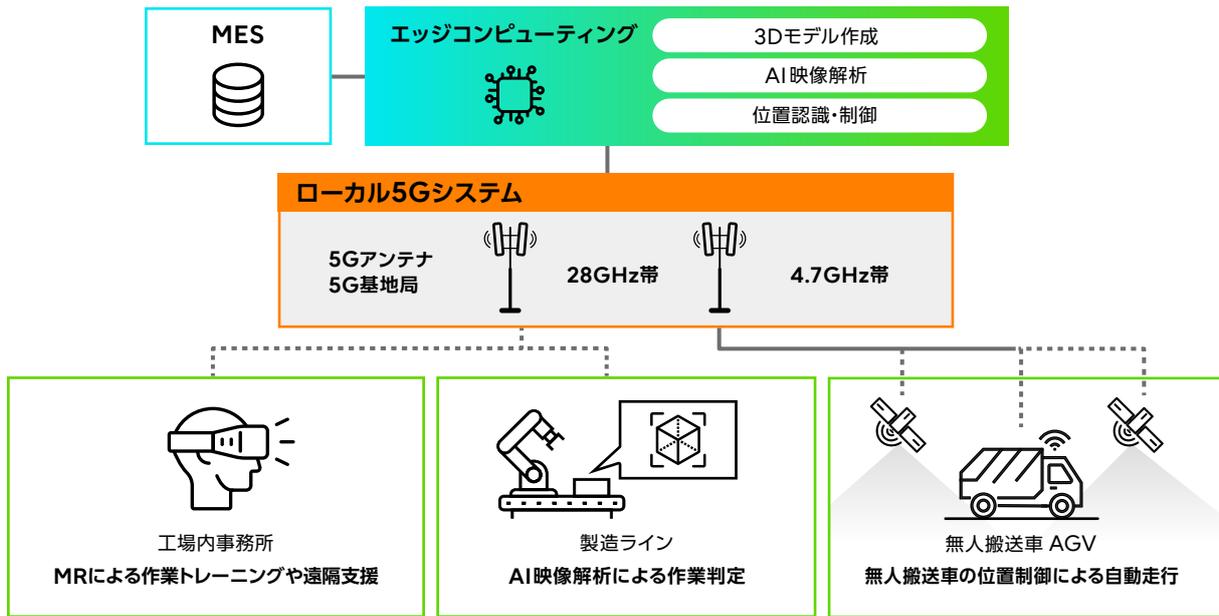
\*10 [https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen\\_Institutionen/Frequenzen/OffentlicheNetze/LokaleNetze/Zuteilungsinhaber3,7GHz.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=9](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/OffentlicheNetze/LokaleNetze/Zuteilungsinhaber3,7GHz.pdf?__blob=publicationFile&v=9)

\*11 <https://go5g.go.jp/sitmanager/wp-content/uploads/2020/10/221130-ローカル5G免許人等一覧.pdf>

\*12 GSMA(October 2020) "5G IoT Private & Dedicated Networks for Industry 4.0"

\*13 5G Americas(January 2023) "Enterprise Evolution with 5G Adoption"

図4 富士通小山工場におけるローカル5Gの活用イメージ



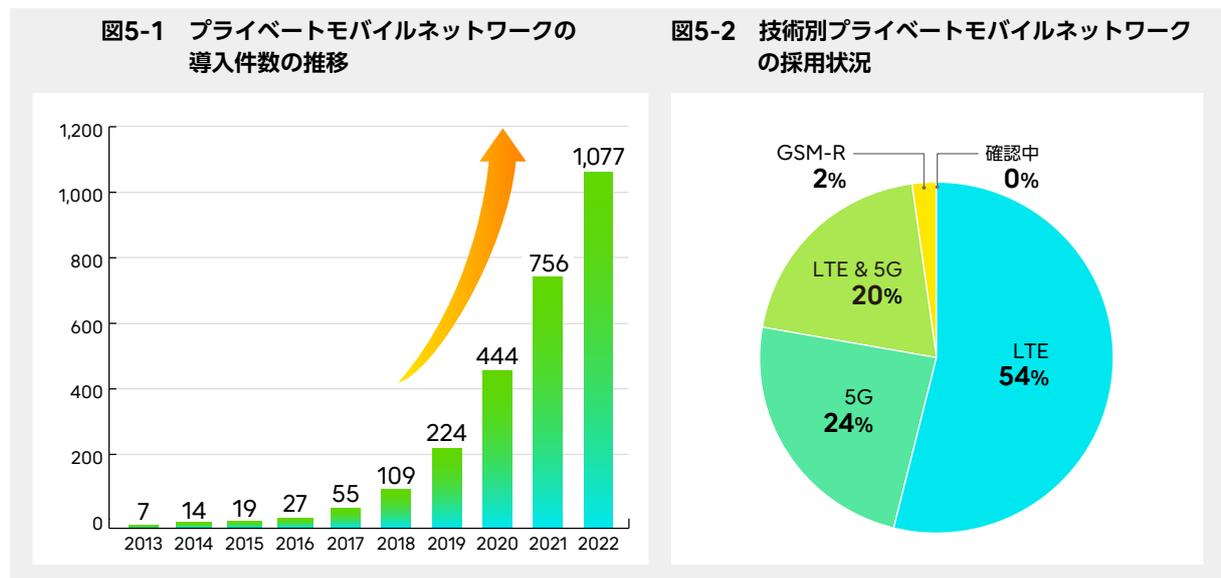
出所：富士通プレスリリースをもとに著者作成

小山工場では、現地で構築したエンタープライズ5G通信網をベースに、AI、IoT、AR/VR/MRなどの先端技術を活用したスマートファクトリーを実現するプライベート5Gソリューションを検証したロールモデルとも言えます。将来的には、これを他の企業にもサービスとして提供する予定です。世界のトップクラスに位置する日本の製造業のこの事例は、P5Gの実現可能性を証明しました。パブリック5Gネットワークの導入が特に普及していない状況でも、データの安全性、ネットワークの可用性、生産システムの耐障害性などを確保するという製造業のシステムの課題を克服して実現したものです。

## 4. 初期段階にあるエンタープライズ5G導入の スケールアップには課題に直面

以上のように、IoT時代における5Gのパーティカル適用に期待が高まっています。それでは、世界でどれくらいの企業が5Gを利用しているのでしょうか？ 正確な統計は存在しませんが、GSA (Global mobile Suppliers Association)が“Private Mobile Networks”というマンスリーレポートをまとめています。最新のレポートによると、2022年末現在、74の国・地域で955社 (LTEと5Gを含む) で導入されています\*14。ただし、GSAの報告書では、スライシング技術で展開されたD5Gは除外され、LTE技術によるネットワーク数が含まれているため、P5Gのネットワーク数は少なくなります。

図5 世界のプライベートモバイルネットワークの導入状況(2022年末現在)



出所：GSA (2023年2月) “Private Mobile Networks”のデータをもとに著者作成

図5が示すように、プライベートモバイルネットワークは、2019年から2022年末までの3年間で約5倍に拡大しました。LTE技術がリーダー(799件)で、5GとLTE/5Gの組み合わせが44%(467件)を占めています。GSAによると、P5Gネットワークを具体的に導入している企業でLTEは2021年末のシェア61%(649件)から2022年末の54%(同799件)になり、シェアは低下したのに対して、P5Gのシェアは2021年末の38%(249件)から2022年末の44%(467件)まで大きく高まってきました。プライベートエンタープライズネットワークの採用はLTEから5Gへシフトしていることが伺えます。

ただし、これらのP5Gネットワークの多くは教育やテストベッド、検証用であり、産業活動で稼働しているものは限られていることに留意が必要です。これは、P5Gネットワークの商用利用がまだ初期段階にあるとも言えます。

また、EU委員会が支援するEuropean 5G Observatoryの調査によると、2018年から2022年にかけてEU諸国でP5Gネットワークを展開した企業は64社(情報公開されているケースのみ)で、その数は2020年をピークに減少傾向にあるそうです\*15。ただし、前述したようにドイツにおいてはP5Gの周波数申請が増えてきており、パーティカル分野における5G採用の傾向が国・地域によって異なっているように思われます。

\*14 GSA (February 2022) “Private Mobile Networks”

\*15 the European 5G Observatory “5G private networks” <https://5gobservatory.eu/5g-private-networks/#>

P5Gの普及が進まないことについては、さまざまな問題が指摘されていますが、以下の3つの重要課題に整理できます<sup>\*16</sup>。

### 1) 技術的な複雑さと技術者の不足

多くの企業では、IT人材はいても、通信技術者はあまりいません。エンタープライズ5Gは無線技術における新しい世界であり、プライベート5Gもまた、急な学習曲線になると言えます。

### 2) 財務上の課題：投資回収の判断が難しい

初期投資額や保守などの運用コストなどのTCO (Total Cost of Ownership) と、P5Gネットワーク導入による利益のバランスを取ることが難しいとされています。

### 3) 既存ネットワークとP5Gの融合が難しい

どの企業でも、既存の固定回線やイーサネットやWi-Fiなどの無線システムを持っており、P5Gとの統合には時間とコストがかかります。経営陣から投資予算を獲得しにくい困難さがあります。

幸い、上記の課題を克服するために、Private-Networks-as-a-Service (PNaaS) を始めとするさまざまなビジネスモデルや技術革新が進展しています。実際、米国やドイツでは、すでにキャリアによるマネージドサービスやフルマネージドサービスの真のP5GやセミP5Gなどのさまざまな選択肢をお客様がすでに持っています。

他方、これまでのところ、P5Gの採用の大半は会社のキャンパスに限定されています。コネクテッドカー、送電網、広域・多拠点工場ネットワークなどのユースケースには、プライベートとパブリックのシームレスなアクセスが必要です。

また、高価で技術的に複雑なP5Gネットワークは、一部の大企業が採用しており、中小企業やスタートアップ企業への普及には予算制約や人材の欠如など、さまざまな困難が存在します<sup>\*17</sup>。これが、P5Gの導入事例が減っている理由の1つとして考えられます。例えば、米国では約30万社の工場が5Gの恩恵を受けるとされていますが、現状(GSAのデータ参照)では大企業でも百数十社しか導入していません。

そのため、エンタープライズ5Gの採用をスケールアップし、普及させる必要があります。欧米の業界団体では、すでに活発な議論が行われています。1つの論点が、3GPPが定義するPNI-NPNモデル、つまり第4章で述べたD5Gの活用です。例えば、2022年10月に開催された「Private Networks European Forum (NEF)」では、「Private 5G to the masses」が取り上げられ、P5Gを大企業だけでなく中小企業にも拡大させていく可能性が議論されました<sup>\*18</sup>。また、周波数規制の調整・自由化、エコシステムの統合、スライシング技術を用いたパブリック5Gネットワークの活用(D5Gネットワークの展開)などが議論の焦点となっていました。

前述のように、中国では企業向け5Gの活用は、基本的に整備が進んでいるパブリック5Gを共有するD5Gモデルとなっています。共有モデルのD5G(中国では「仮想5G専用ネットワーク」と呼ばれる)の導入件数は、2020年に800、2021年に2,300、2022年末には14,000+に達しました<sup>\*19</sup>。2019年から2021年にかけてのPoCとトライアル実施(シリコンバレーでいう「0 to 1」フェーズ)に基づき、中国のD5Gモデルは2022年からスケールアップして普及段階(「1 to N」フェーズ)に入ったとされています。

\*16 TECHanalysis Research(July 2022) "Private 5G Networks: Defying Expectations: a survey Report"; Michael Cooney(May 2022) "Private 5G: Its use in enterprises faces challenges"; Ann Heyse(September 2022) "Deploying private networks: 3 challenges for enterprises"

\*17 ドイツでは、中小企業でもP5Gを導入している事例があると聞いています。

\*18 James Blackman(November 2022) "Spectrum, systems, slicing – five key challenges to bring private 5G to the masses".

\*19 Ministry of Industry and Information Technology(MIIT) of China "2022 Communication Industry Statistical Bulletin". Communication information "my country has built more than 2,300 5G private networks, and it is expected to move from pilot to promotion in 2022" <https://finance.sina.com.cn/tech/2022-01-13/doc-ikyammz4987142.shtml>

中国がパブリック5GをベースにしたD5Gモデルを優先しているのは、前述の周波数効率への重視に加え、パブリック5G市場にキラーアプリケーションが存在しない中で、キャリアがエンタープライズ5G市場を確保しようとする要素も存在します。国有3大キャリアの中国移動、中国电信、中国聯通はそれぞれ3つのモデルを提供し、企業の多様な要件に対応しています。3つのモデルは完全なスライスのD5G、部分スライスのD5G(企業専用のUPFとMECの構内設置)、企業向けに周波数を貸し出す完全なD5G/P5Gからなります。

しかし、中国におけるD5Gの展開は、通信事業者や機器メーカーなど企業の5G市場参入促進や政府の優遇政策により、導入数は急速に増加していますが、多くの課題にも直面しています。その主なポイントは以下のとおりです。

- 1) 多くの企業は5Gネットワークの導入・運用にかかるコストが尚割高と感じています。
- 2) 企業における通信技術に関する人材が不足しています。
- 3) 企業向け5Gのサプライチェーンが成熟しておらず、性能の安定性にも課題が残っています。
- 4) 企業の目的・ニーズに合わせたビジネスモデルの革新を加速させることが必要とされています。

上記のD5Gの課題は、P5Gと大きな違いはなく、技術、人材、コストに集約されると考えています。

全体として、パブリック5Gインフラの整備によるカバレッジの拡大に加え、規模の経済、技術・ノウハウ・人材の蓄積やビジネスモデルのイノベーション等により、中国ではD5Gの発展がさらに加速すると推測されます。

## 5. エンタープライズ5G普及に向けた3つの提案

上記の調査・考察で明らかになったように、5Gの技術・標準化の進展、デバイスやアプリケーションなどのエコシステムの拡大、経済・社会におけるDX活動の進化などにより、エンタープライズ5Gに対する期待は高まっています。しかし、さまざまな課題が横たわっており、企業における5Gへの期待の高まりと実際の導入にはギャップがあるのも事実です。初期段階にある企業の5G導入をスケールアップし、普及を促進させるための提案をまとめます。

### (1)DXニーズドリブンのエンタープライズ5G採用志向が必要

エンタープライズ5G自体は、単独では企業の価値を直接的に生み出すことはなく、アプリケーションと組み合わせることで初めて価値を生み出していきます。パーティカル分野のお客様は、自社のDX推進ニーズに基づき、企業全体のDXソリューションの一部としてエンタープライズ5Gネットワークを計画する必要があります。したがって、エンタープライズ5Gは、単に企業のコネクティビティを実現する独立したプランではなく、企業のDXプランに組み込まれた「企業DX+5G」プランでなければなりません。

こうしたエンタープライズ5Gの考え方は、顧客企業だけでなく、パートナーであるエンタープライズ5Gベンダーあるいはパートナーにも求められています。

### (2)機能性、セキュリティ、コストパフォーマンスを考慮した最適なエンタープライズ5G採用のモデル選択

上流のDX戦略/計画策定後にはエンタープライズ5Gの導入モデルの選択と設計に入ります。5Gのセキュリティ、大容量、低遅延、高信頼性、5Gのカバレッジ、5G-Advanced技術の進展状況を鑑み、上記のP5G、D5Gを含むエンタープライズ5Gの導入を通じて、お客様から提起された以下の主なポイントからなる要件を満たす必要があります。

- 1) ユースケースごとに異なる5G機能への対応、つまり「Fit for Purpose」のエンタープライズ5Gネットワークの設計(汎用性・柔軟性)
- 2) データセキュリティの確保
- 3) 自己定義、自己設計、自己管理の可能性(ネットワークアジリティ)

しかし、特定のユースケースを考える場合、これらの各要件は同時に同じレベルの基準を満たす必要はなく、優先順位をつける必要があります。なぜなら、多くの企業がエンタープライズ5Gネットワークのビジネス価値を認識していても、ネットワークセキュリティや導入コストとのトレードオフにより、導入を躊躇している可能性があるからです。また、エンタープライズ5Gは大企業だけを対象にするのではなく、包括的であるべきで、言い換えれば、中小企業でも使いやすい技術や環境の整備が必要です。

表2は、これまで議論してきた企業向け5Gネットワーク導入の主要モデルの特徴、強み、弱みをまとめたものであります。P5Gはより高いセキュリティ、自律性、超低遅延を確保することを目的とした企業占有のモデルです。P5Gに対して、パブリックネットワーク共有モデル(D5G)は、周波数の効率的な利用、セキュリティ、超低遅延を重視しつつ、高いコストパフォーマンスの確保とシステム導入・運用の簡素化を目的に、通信キャリアの技術・ノウハウ・資産を活用するモデルであると言えます。

表2 エンタープライズ5Gネットワークの特徴

構築モデル	SNPNモデル(独立モデル)		PNI-NPNモデル(ネットワーク共有モデル)	
	完全なP5G	クラウドホスト型	部分共有	完全共有
パブリック5Gとの隔離の度合い	高い	比較的高い	中程度	比較的低い
遅延の度合い	低い	低い	低い	MECの設置距離による
構築の複雑さ	複雑	比較的複雑	比較的簡易	最も簡易
構築・運営コスト	高い	比較的高い	中程度	比較的低い
必要スキル	高い	比較的高い	中程度	比較的低い
対象企業	独立性要求の高い業種や大企業	独立性を必要とする業界や大企業	一般企業	広域に展開する企業 中小企業

出所：著者作成

しかし、P5Gモデルに関しても、技術やノウハウを共有し、目的に応じて第三者による管理サービスやシステムの簡素化によってコストパフォーマンスを向上させる方策も考えられます。逆にD5Gモデルでは、5G技術により暗号化レベルが4Gの128ビットから256ビットに向上しています。より高度な暗号化技術や、一部の機能(例えばUPFやMEC)の専用化(自社設置)により、データおよびシステムのセキュリティを向上させることもできます。

そのため、企業は目的に応じて、価値創造を最大化するための導入方法、システム機能、セキュリティ、コストパフォーマンスの最適な組み合わせを評価する必要があります。顧客とベンダーは、目的、専門知識、パブリック5Gのカバレッジと可用性、専用周波数の取得や独自のネットワーク資産を所有する要件、TCOに基づいて、企業の5Gネットワーク展開計画を設計する必要があります。

今後、エンタープライズ5G技術は、オンプレミスクラウドとパブリッククラウドのシステムを管理するクラウド技術と同じ方向を辿り、そのシステムは、企業の目的、生産性、クラウド技術の成熟度によって、最終的にはハイブリッド型となるかもしれません。言い換えれば、P5GとD5Gをミックスしたハイブリッドなエンタープライズ5Gが登場することに収斂していく可能性が考えられます。

### (3) 目的に合わせたクラウドネイティブなエンタープライズ5Gの提案

コンシューマー向けのパブリック5Gネットワークとは異なり、エンタープライズ5Gでは、さまざまな業種・業態の多様なニーズに対応する必要があります。接続性を実現するために個別で特定のハードウェアやソフトウェアを使用すると、高コストパフォーマンスをもたらす規模の経済を実現することができません。

幸い、通信の技術とクラウドコンピューティング技術の融合で、かつてのハードウェアとソフトウェアを緊密に結合した物理的なネットワーク機能(PNFs)からハードウェアとソフトウェアを分離するバーチャル化したネットワーク機能(VNFs)へアーキテクチャが変わってきています<sup>\*20</sup>。実際、通信分野のディスアグリゲーションとオープン化はコアネットワークから無線アクセスネットワーク(RAN)までが進み、イノベーションの活発化や競争機能の働き、そして市販用のハードウェアとソフト(COTS)のオープン化調達等が増し、その結果、性能の向上、展開の柔軟性、コスト削減などのメリットが実現されつつあります。

さらに、10年ほど前からソフトウェア機能をさらに分解するコンテナ技術が普及し始め、VNFを小さな機能(小さなプログラム)に分解することでコンテナ型ネットワーク機能(CNF)が実現されました。CNFは、目的適合型のエンタープライズ5Gを実現できるだけでなく、運用コストの削減や、ゼロトラスト機能の自動化によるセキュリティ強化のメリットがあります。また、CNFは、コンテナ管理やオーケストレーション機能を自動的に実行することができます。さらに、CNFはエンタープライズ5G機能を実現するために、センターとエッジからなるハイブリッド採用環境にも対応することができます。

コンテナ化されたアーキテクチャは、アプリケーション分野におけるコンポーザブル・アーキテクチャ<sup>\*21</sup>と軌を一にしており、企業のDXシステム全体の効率化と柔軟性の向上が見込まれます。

CNFsアーキテクチャが普及すれば、P5GとD5Gの両方の長所を取り入れる新しいエンタープライズ5Gモデルが誕生します。企業規模に関係なく、クラウド技術のように包摂的なエンタープライズ5Gとして、企業のDXを実現する魅力的なイネーブラーになることが期待されます。

\*20 Gabriele DiPiazza & Max Kamenetsky (January 2022) "Deploying and operating cloud-based 5G networks"

\*21 Jianmin Jin (January 2023) "The Composable Enterprise Emerging in the VUCA Era: From Concept to Practice"

## 主な参考資料

1. GSM “5G Device Ecosystem” (Monthly)
2. GSA (December 2022) “Private Mobile Networks”
3. GSMA (October 2020) “5G IoT Private & Dedicated Networks for Industry 4.0”
4. GSMA (2022) “5G in Verticals in China”
5. Ericsson (November 2022) “Mobility Report”
6. WEF (January 2023) “Global Lighthouse Network: Shaping the Next Chapter of the Fourth Industrial Revolution”
7. 5G Americas (January 2023) “Enterprise Evolution with 5G Adoption”
8. TECHanalysis Research (July 2022) “Private 5G Networks: Defying Expectations: a survey Report”
9. James Blackman (November 2022) “Spectrum, systems, slicing – five key challenges to bring private 5G to the masses”.

## 著者紹介



### 金 堅敏 (Jin Jianmin) 博士

2020 富士通株式会社 チーフデジタルエコノミスト

1998 富士通総研 主席研究員

世界経済・産業・技術開発の動向、デジタル経済、デジタルイノベーション/デジタルトランスフォーメーションの調査分析に従事。著作物に『自由貿易と環境保護』等の書籍、以下の富士通ホワイトペーパー、ほか。

- Transforming Supply Chains to Be More Productive, Resilient, and Sustainable (2023)
- Transformative Enterprise 5G: To Become an Attractive Enabler for DX (2023)
- The Composable Enterprise Emerging in the VUCA Era: From Concept to Practice (2023)
- 製造業DXに挑戦する経営者への提言 (2022)
- IoT時代の5Gビジネス：実証段階から実装へ (2021)
- デジタルを活用し、生産効率と変化対応力を備えたグローバルサプライチェーンを実現するには (2020)

記載されている企業名・製品名などの固有名詞は、各社の商標または登録商標です。  
本資料は発行日現在のものであり、富士通によって予告なく変更されることがあります。  
本資料は情報提供のみを目的として提供されたものであり、富士通はその使用に関する責任を負いません。  
本資料の一部または全部を許可なく複写、複製、転載することを禁じます。  
富士通および富士通ロゴは、富士通株式会社の商標です。