

TRANSFORMA[↑]
INSIGHTS

ユビキタスネットワーク: 次世代モビリティ社会に向けて



1. ユビキタスネットワークとは →

3

2. ユビキタスネットワークへの
需要と、それがもたらすメリット →

4

3. ユビキタスネットワークは
どのように提供されているか →

8

4. 衛星通信の進展と市場の動向 →

16

5. ユビキタスネットワークの
メリット →

26

6. 自動車メーカーにとっての
ユビキタスネットワークの課題 →

28

7. 結論 →

31

1. ユビキタスネットワークとは

現代の急速に進化する社会において、通信はイノベーション、効率性、安全性を実現するための基盤となる重要な要素となっています。しかし、通信技術が急速に進歩している一方で、世界の広範な地域、特にへき地では、通信環境が不十分あるいはまったく存在しない状況が依然として続いています。この通信格差は、特に自動車、農業、輸送といった業界にとって大きな課題となっています。これらの分野では、業務の効率化、安全性の確保、そしてデータに基づく意思決定が、シームレスな通信に強く依存しているからです。

2025年5月、地上ネットワークと非地上系ネットワーク（NTN：Non-Terrestrial Network）を融合した世界初の自動車向けのSIMが、パリで開催された5GAA（5G Automotive Association）で披露されました。セルラー通信と衛星通信をシームレスに切り替えられるこの技術は、ユビキタスネットワークの実現に向けた重要な一歩であり、自動車メーカー、ドライバー、農業従事者、物流業者、そして通信が行き届いていない地域のあらゆる関係者に、新たな可能性を切り開くものです。

自動車メーカーにとって、常に通信がつながり続けることは、単なる競争優位性ではなく、必要不可欠な要件となりつつあります。車両は今や、リアルタイムのデータ通信を前提とした高度に相互接続されたシステムへと進化しており、これは走行性能、ドライバーの安全性、ユーザー体験に直結しています。OTA（Over-the-Air）によるソフトウェアアップデートから自動運転機能に至るまで、継続的かつ低遅延の通信は、いわゆるソフトウェア定義車両（SDV：Software-Defined Vehicles）の中核を成しています。衛星通信とセルラー通信の融合によって実現されるユビキタスネットワークは、自動車メーカーにとって、車両がどこにいてもネットワークにつながり続けることを可能にし、予知保全、安全機能、リアルタイムの交通情報へのアクセスといった数々のメリットを提供します。

同様に、農業などの産業分野でも、灌漑（かんがい）制御や作物のモニタリング、機械の運転管理において、信頼性の高いリアルタイムなデータアクセスから非常に大きな価値が得られます。

本レポートでは、ユビキタスネットワークの重要性、その実現に必要な技術的要素、そして直面する課題について取り上げます。特に、本レポートでは自動車業界に焦点を当てながら、衛星通信の普及が進んでいる現状についても詳しく解説します。ただし、ここで強調すべきは、ユビキタスネットワークは「到達すべき目的地」ではなく、「進化し続けるプロセス」であるという点です。技術は日々進歩しており、その進化は、真にハイパーコネクテッドな世界の実現に向けて、着実に障壁を取り除きつつあります。



2. ユビキタスネットワークへの需要と、それがもたらすメリット

自動車業界をはじめとするさまざまな分野で、ユビキタスネットワークの需要はこれまでにないスピードで拡大しています。これは、技術革新の進展、消費者の期待の変化、そして業界動向の進化といった要因が複合的に影響しているためです。SDV やその他のデバイスを取り巻く環境が大きく変化する中で、通信機能は機能性・安全性・ユーザー体験のすべてにおいて中核的な要素となっています。

自動車

まず SDV に注目すると、セルラー通信対応の自動車、トラック、バイクなどの車両数の増加が、シームレスで信頼性が高く、グローバルに対応した通信への需要拡大を牽引する主要因の一つとなっています。Transforma Insights の予測によると、コネクテッドカーは、2024 年の 4 億 6,300 万台から、2034 年末には 14 億台に達する見込みです。

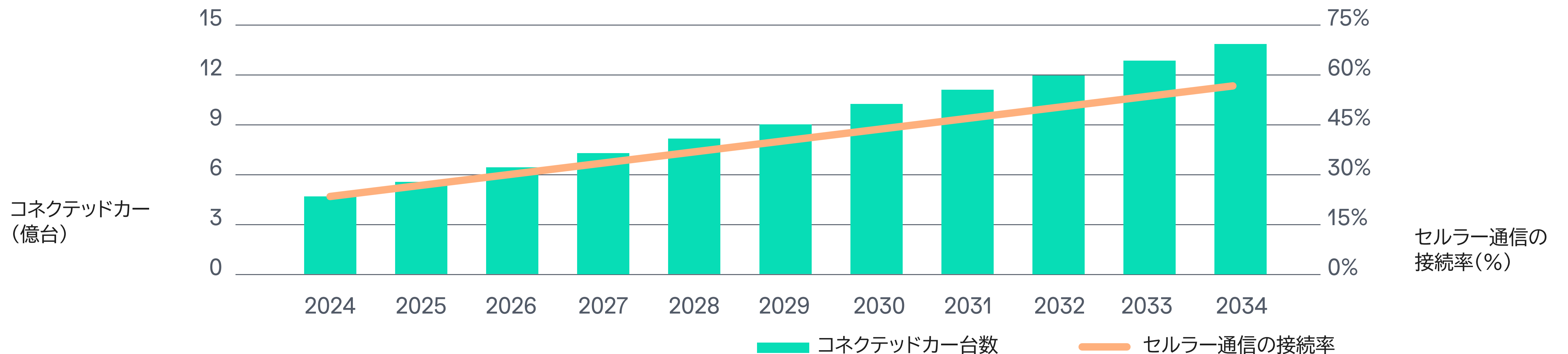


図 2：通信機能を内蔵した車両の数（グローバル）[出典：Transforma Insights、2025 年]

増加しているのはコネクテッドカーの台数だけではありません。提供されるアプリケーションの重要性と複雑性も同様に高まっています。車両における通信機能は、もはや「あれば便利」なものから、「なくてはならない」ものへと変わりつつあります。現在の車両は、ナビゲーションをはじめとする車載インフォテインメントはもちろん、衝突回避や運転支援といった高度な安全システムに至るまで、あらゆる機能で通信に依存しています。さらに、通信は車両同士やインフラ、クラウドベースのサービスとのリアルタイムな情報連携を可能にし、性能と安全性の向上に不可欠な重要データの共有を実現します。こうしたコネクテッドシステムへの依存が高まる中で、通信が途切れると、ユーザー体験や車両の本来の性能に深刻な影響を及ぼす可能性があります。

コネクテッドサービスに対するユーザーの需要

現代の消費者は、スマートフォンやタブレットなどと同じレベルの通信機能を車にも求めるようになってきました。自動車は今やスマートフォン、パソコン、テレビに続く「第4のスクリーン」と位置付けられています。Cubic³社が [8,000人の消費者と60社の自動車メーカー（OEM）の幹部](#)を対象に行った調査によると、ドライバーの4人に1人が車内でのデジタルサービスに対して料金を支払った経験があり、18～24歳に限定するとその割合は44%に達しています。ナビゲーションをはじめとする車載インフォテインメント、安全支援パッケージ、リモートロック、リモート駐車支援といったコネクテッドサービスは、新車においてますます当たり前の存在となりつつあります。この需要はさらに、車内に複数のスクリーンが搭載されるようになったこと、充電ステーションでの待ち時間中のサービス利用の増加、そして車が「第3の生活空間」として使われるようになってきたことによって加速しています。これにより、車両における通信機能への期待と依存が一層高まっています。

加えて、通信機能はeCall（緊急通報システム）や故障支援サービスといった重要なサービスの提供に不可欠な要素となっています。これらは安全性の確保や、多くの地域での法規制への準拠において、欠かせない機能です。

自動車メーカーがサービス提供を拡大する機会

自動車メーカーでは、有料サブスクリプションサービスの契約者の比率が着実に増加しており、コネクテッドカーサービスに対する消費者の関心が高まっていることが明らかになっています。例えばゼネラルモーターズ（GM）は、2021年時点で有料契約者の比率が26%に達しており、1,600万台に及ぶ北米のコネクテッドカー利用者のうち、420万人がサブスクリプションサービスを利用していました。また、GMは、車載サブスクリプション収益が2021年の20億米ドルから2030年には250億米ドルへと、1,000%以上増加すると予測しています。一方、クライスラー、シトロエン、フィアット、オペル、プジョーなどのブランドを傘下に持つステランティスは、2023年時点で1,380万台のコネクテッドカーのうち、500万人がサブスクリプションサービスを利用していることを明らかにしています。同社は2021年から2024年の間に、ソフトウェア収益が150%増加し、収益化可能な車両台数も15%増加したことを明らかにしています。2030年には、ソフトウェアを通じた年間収益が200億ユーロ（約220億米ドル）に達すると見込んでいます。

ソフトウェアのサービスは従来の自動車販売よりも利益率が高く、さらにサステナビリティ施策の進展により、今後新車の販売台数が減少すると見込まれる中で、自動車メーカーはハードウェア中心のビジネスモデルから脱却し、アフターマーケットサービスへと軸足を移しつつあります。

データ分析はより効率的な業務運用と、より優れた製品開発を実現

上記のような収益化モデルに加えて、自動車メーカーは車両データを活用し、自社の業務効率も向上させています。何百万台もの車両から得られるデータを分析することで、不具合や故障の傾向を把握し、即時対応や将来のモデルでの改善に役立てることができます。また、車種ごとの利用状況の違いを把握することで、将来的な機能や仕様の改善につなげることができる他、製品のカスタマイズ性を高めることも可能になります。さらに、ドライバーがコネクテッドサービスをどのように利用しているかを理解することで、これらのサービスを一層強化・最適化することができます。

EV の成長

自動車業界で EV（電気自動車）の普及が進む中、通信の重要性はさらに高まっています。多くの EV は依然として航続距離に制約があり、充電ステーションも常に利用しやすい場所にあるとは限りません。EV における通信機能は、ナビゲーションサービスと連携し、最寄りの利用可能な充電ステーションまでのルート案内や、充電のスケジュールの調整を可能にすることで、ドライバーが車両の状態に合わせて柔軟に走行ルート进行调整できるようにします。さらに、駐車中の車両への充電リマインダーを通知したり、充電中にエアコンを遠隔操作で起動させることも可能です。これにより、走行中にバッテリーにかかる負荷を軽減することができます。



V2V (Vehicle-to-Vehicle) および V2I (Vehicle-to-Infrastructure)

今後を見据えると、ユビキタスネットワークの必要性は、V2V（車車間通信）やV2I（路車間通信）といった新たな技術の進展とともに、さらに進化していくと考えられます。これらの技術により、車両同士や道路インフラとの間で情報をやりとりできるようになり、より協調的で効率的な走行環境が実現されます。このような通信は自動運転の実現にも不可欠です。自動運転車は、安全な走行を実現するために、他の車両や交通システム、クラウドベースのプラットフォームとリアルタイムでデータをやりとりする必要があります。車両同士および周囲との接続性はスマートシティの中核を担う要素であり、事故の削減、交通の円滑化、そして全体的な運転体験の向上において、極めて重要な役割を果たします。

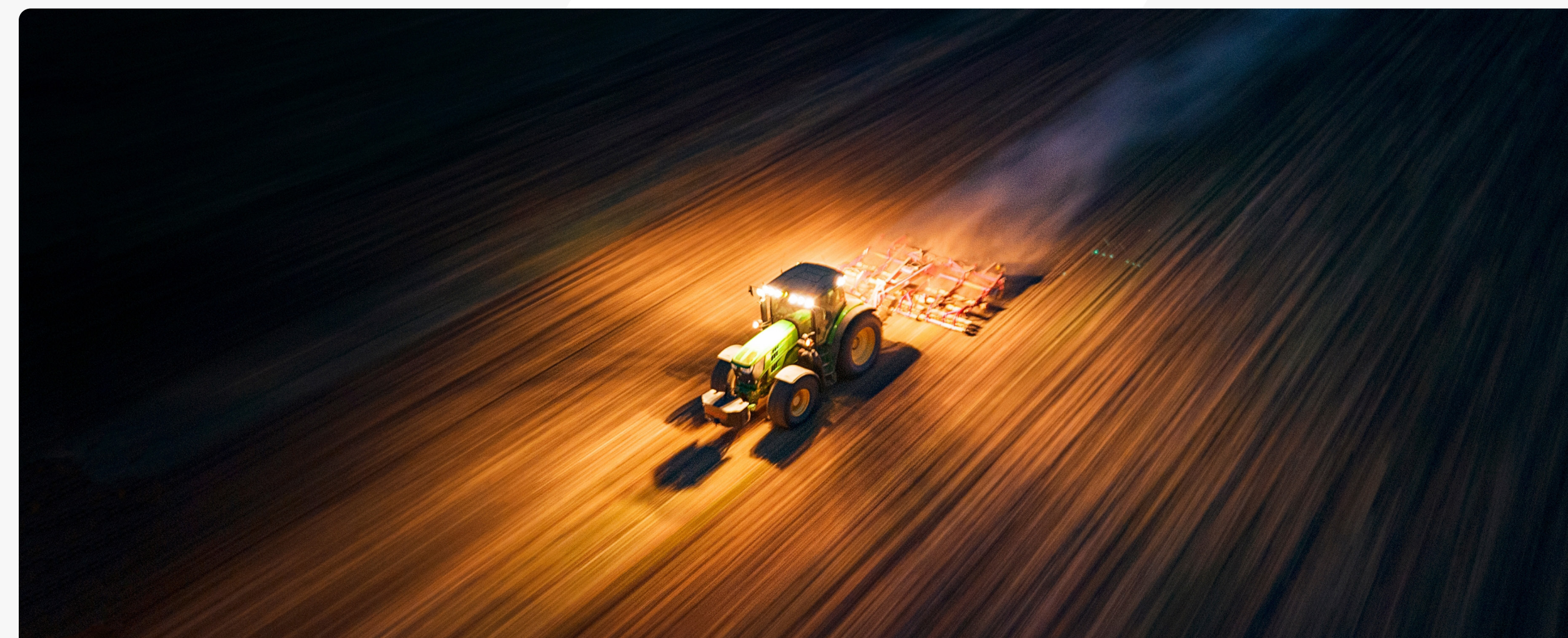
その他の産業

ユビキタスネットワークの需要は、自動車業界にとどまらず、さまざまな産業分野で急速に高まっています。これは、シームレスな通信、データのやりとり、リアルタイムのインサイト（状況把握）へのニーズが高まっていることが背景にあります。農業、物流、エネルギー、鉱業といった分野では、業務の効率化や安全性の確保を目的に、セルラー通信と衛星通信の両方を活用する動きが加速しています。これにより、へき地やサービスが行き届いていない地域でも、安定した運用が可能になります。

例えば農業分野では、データに基づく精密農業の導入が進む中、各種機械やセンサー、ドローンからのデータを制御・収集するために、常時接続が求められています。農家は土壌の状態を監視し、作物の生育状況を追跡し、灌漑（かんがい）を最適化し、自律走行型の農業機械を管理するために、信頼性の高い通信ネットワークを必要としています。こうした用途において、従来のインフラが整っていない農村部やへき地では、セルラーと衛星の両方が通信を提供する上で不可欠です。広大な農地全体でサービスを安定的に機能させるためには、これらのネットワークが重要な役割を果たします。農業分野では、セルラー通信のカバー率が低いという現実から、プライベートネットワークの導入や衛星

通信の活用といった代替手段を取らざるを得ませんでした。このような経験から、自動車業界や輸送業界といった他の分野も、地上のセルラー通信に代わる選択肢を活用する上での教訓を得ることができます。

同様に運輸・輸送業界でも、貨物のリアルタイム追跡や車両・ドライバーの管理、遠隔地にいるチームとの連携といったニーズの高まりにより、通信への需要が急速に拡大しています。衛星通信はセルラー通信と併用することで、海上・砂漠・山岳地帯などにおける通信の空白を埋める役割を果たし、グローバルなサプライチェーンの維持、業務効率の向上、ダウンタイムの削減、安全性の強化を実現します。



3. ユビキタスネットワークはどのように提供されているか

IoT デバイスに対してユビキタスネットワークを提供する能力は、関連技術やビジネスモデルの進化とともに、常に向上し続けています。本セクションでは、特に重要な技術に焦点を当てて紹介します。それらの中にはすでに十分に成熟しているものもあれば、まだ発展途上のものもありますが、ほぼすべてが継続的に見直され、進化を遂げています。

下記の図表では、ユビキタスネットワークの実現に向けて近年登場した多様な技術（図 3-1）と、それらの現状、将来の見通しおよび期待される影響（図 3-2）を示しています。

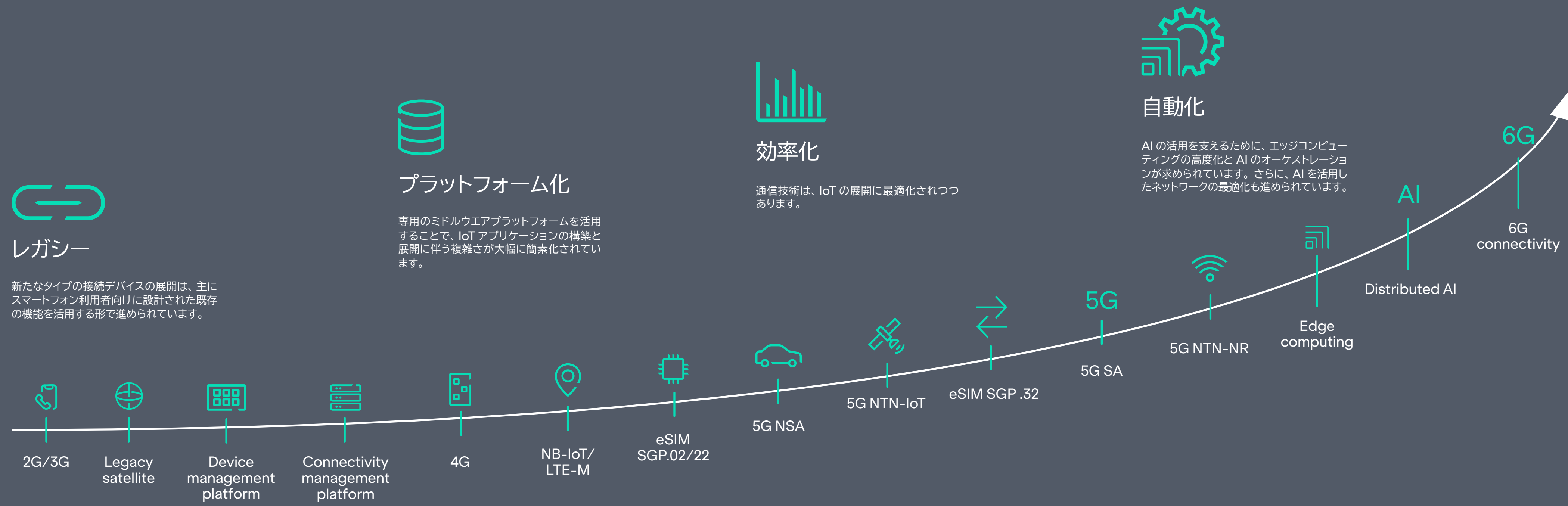


図 3-1：ユビキタスネットワークの実現に向けて [出典：Transforma Insights、2025 年]

ユビキタスネットワークを提供するための技術構成要素[出典: Transforma Insights、2025年]

テクノロジー	現在の状況	将来の機能	影響
セルラー通信 (4G/5G)	セルラー通信ネットワークの人口カバー率は優れていますが、へき地ではカバー率が低いことが問題です。4G は徐々に 5G へ移行しています。5G NSA (Non-Standalone) は広く展開され、高速通信サービスが提供されていますが、5G SA (Standalone) は限定的にしか展開されていません。	5G SA の大規模展開は今後 2 ～ 3 年で実現する見込みであり、ネットワークスライシングなどの豊富な機能が可能になります。同時に、通信事業者間の共通スライシングアプローチなど、関連エコシステムやビジネスモデルの開発が進むでしょう。6G によってさらに進歩が期待されます。	非常に高度かつ多くの機能を提供することにより、IoT サービスを劇的に向上させる大きな可能性があります。
衛星通信	高額な料金を負担できる市場向けの技術としては比較的成熟していますが、今後はさらに広範囲の市場に普及する段階へと進んでいくでしょう。スマートフォン向けのメッセージングサービスは普及が進み始めています。NTN-IoT は利用できますが、現時点ではまだ初期段階であり、十分に成熟していません。	NTN-IoT は、完全に実用化されるまであと 1 ～ 2 年であり、そのため、よりコスト効率が高く、簡単な展開が可能になります。NTN-NR は本格的に利用可能になるまで、あと 3 年ほどかかる見込みです。LEO (低軌道) 衛星の展開も進んでおり、ビジネスモデルはますます成熟してきています。	IoT デバイス向けの衛星通信は急速に成長するでしょう。特に、セルラー通信と衛星通信を組み合わせたハイブリッドユースケースでの成長が予測されます。

テクノロジー	現在の状況	将来の機能	影響
eSIM および RSP (リモート SIM プロビジョニング)	RSP の最初のバージョンである SGP.02 および SGP.22 はある程度成熟しており、従来のローミングやマルチ IMSI SIM に加えて、限定的ではあるものの追加の選択肢が提供されています。	最も高機能な RSP 規格である SGP.32 は、2025 年末ごろに商用化される予定です。これにより、通信事業者による eSIM プロファイル管理に特化した新たなビジネスモデルの展開が加速すると見込まれています。	SGP.32 は、通信のローカライゼーション管理プロセスを大幅に簡素化することが期待されています。
エッジコンピューティング	高機能な IoT の展開、特に AI を活用するケースにおいては、エッジコンピューティングが不可欠となります。しかし、現時点での導入は、そうした要件のほんの一部にしか対応できていないのが実情です。	エッジデバイス上、またはその近くに配置される処理能力が飛躍的に増加しています。これに伴い、エッジとクラウドのリソースを連携させるオーケストレーションや、AI モデルの管理が求められています。	AI を支える機能として大きな役割を果たしており、特に車両などにおける AI 活用において、その影響は非常に大きいと言えます。

テクノロジー	現在の状況	将来の機能	影響
AI	現在、私たちは探索段階や PoC の初期フェーズを越えつつあり、ビデオ解析、自動運転、エージェント型 AI による意思決定などの分野で、実用性の高い AI 技術が続々と登場しています。	機能の進化においては可能性は無限であり、制約があるとすれば、処理能力の限界と導入の遅れだけです。	幅広い高度な自動化機能を実現することで、非常に大きな変革をもたらす可能性があります。例えば、コネクテッドカーやスマートなネットワーク管理といった IoT 領域で AI の活用が進むにつれ、より高度な対応が求められるようになります。
ソフトウェアスタック	比較的成熟したプラットフォーム機能群により、IoT の導入コストと運用の複雑さが大幅に削減されました。	複数の通信事業者や複数の国・地域にまたがる通信、eSIM ベースの通信を効率化するための機能と性能の継続的な改良に加え、トラブルシューティングを簡素化するための統合もさらに進んでいます。	多くの影響はすでに現れていますが、今後も継続的な改善が進められています。

図 3-2：ユビキタスネットワークを提供するための技術構成要素 [出典：Transforma Insights、2025 年]

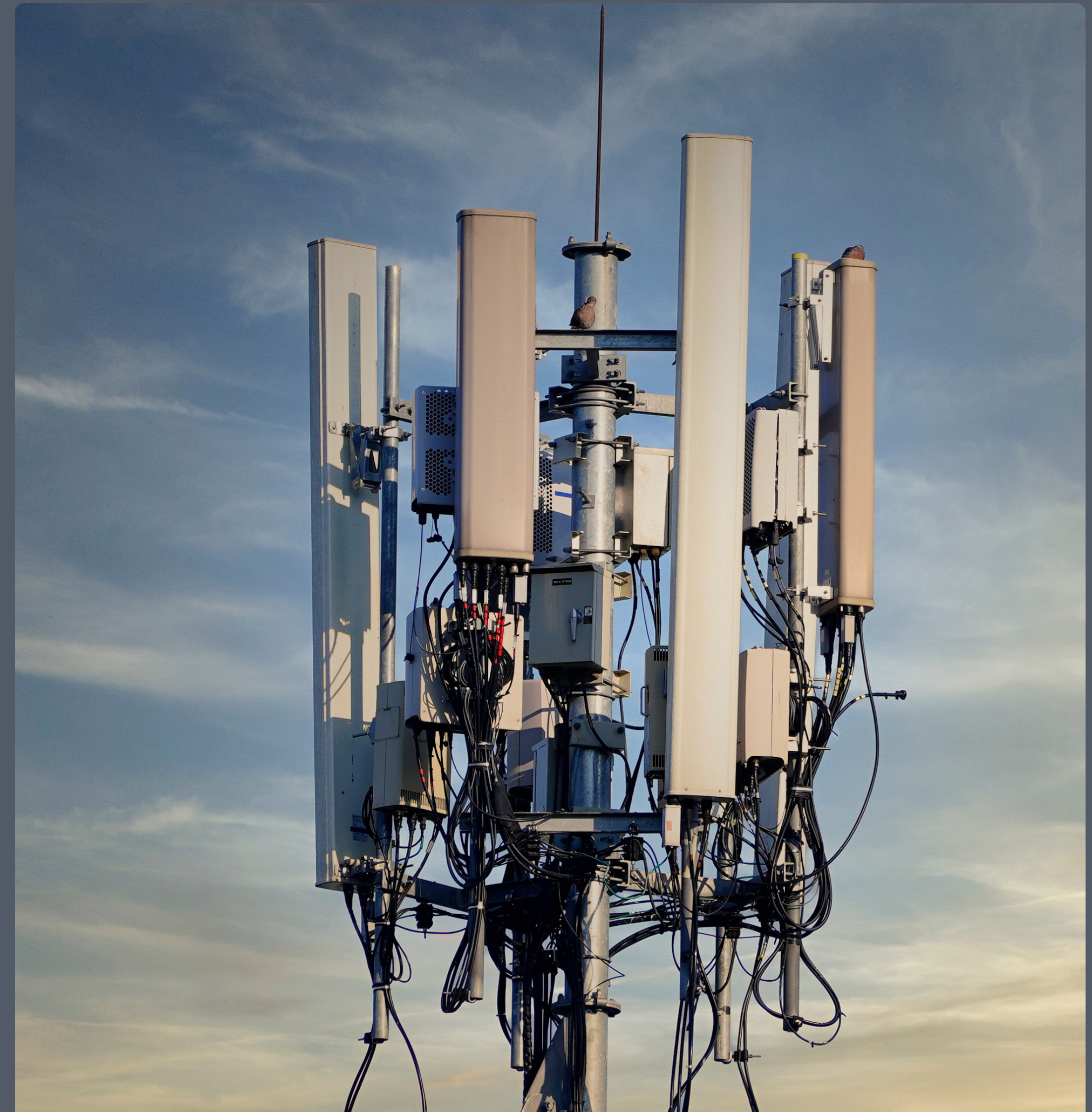
5G

モバイルネットワークは近年、大きく進化してきました。2019 年に登場した 5G は、その後、IoT アプリケーションを支えるさまざまな機能が追加され、さらに強化されています。そして 6G は、2030 年代初頭に登場すると見込まれています。

5G の技術進化における重要な要素の一つが、5G NSA から 5G SA への移行です。NSA は既存の 4G コアネットワークを活用する方式であるのに対し、SA は 5G コアへのアップグレードを伴い、基盤となる機能の強化に加えて、新たな機能の提供も可能にします。2025 年 3 月末時点で、世界の 349 の移動通信事業者（つまり大多数のグローバル通信事業者）が商用 5G サービスを展開しています。しかしその時点で、5G SA を導入しているのは 72 事業者にとどまっており、今後 3 年間でこの数が急速に増加すると予想されています。現時点で多くの国で利用可能な 5G 機能は、数年以内に提供される本格的な機能に比べると、まだ限定的なバージョンに過ぎません。

5G によって実現される主な機能は、次の通りです。

- ▶ eMBB (Enhanced Mobile Broadband) – 5G は高速なデータ通信を可能にし、5G NSA では 1 ~ 2Gbps、5G SA では最大 20Gbps に達します。こうした性能は、ファームウェアのアップデートなど大量のデータをダウンロードする際や、インターネットサービスの利用において非常に有用です。
- ▶ URLLC (Ultra-Reliable Low-Latency Communications) – 拡張現実 (AR) や自動運転車などのリアルタイム性が求められるユースケースにおいて、高い信頼性と低遅延を実現します。
- ▶ mMTC (Massive Machine Type Communications) – LTE-M、NB-IoT、そして eRedCap (5G enhanced RedCap) といった技術を通じて、バッテリー駆動かつ低コストなデバイスをサポートします。



- ▶ **Non-Public Networks** – プライベートモバイルネットワークは、製造工場や倉庫などの特定の拠点で利用される目的で導入が進んでおり、より高いレベルの制御性とセキュリティを実現します。
- ▶ **NTN (Non-Terrestrial Networks)** – 次のセクションで詳しく解説するように、5G デバイスに衛星通信のサポート機能が追加されています。
- ▶ **Network Slicing** – ネットワークスライシングは、特定の機能や産業、ユーザーグループ向けに専用の通信容量を提供できる技術で、オンデマンドの品質保証といった機能を実現します。
- ▶ **NEF (Network Exposure Function) および API** – NEF はネットワーク機能をセキュアな API を通じて外部に公開するプログラマブルなインターフェースを提供します。これにより、企業は 5G SA が提供する機能を活用し、自社独自のユースケースを構築できるようになります。
- ▶ **V2X (Cellular Vehicle-to-Everything)** – 車両同士や周囲のインフラと直接通信できるようになることで、環境への反応速度が大幅に向上し、自動運転の実現を支援します。

これらの技術機能の融合により、エンドユーザーに提供できる付加価値の高い機能が大幅に広がります。ただし、多くの機能には導入までにタイムラグがある点には注意が必要です。eMBB は比較的成熟していますが、現在の 5G SA 展開はまだ限定的であり、さらに、ネットワークスライシングや NEF の活用についても、企業はようやくその可能性を探り始めた段階です。こうした技術は、ユビキタスネットワーク機能に新たな層を加える可能性が高く、大きな期待が寄せられています。



衛星通信

セルラー通信には、グローバルな接続性において本質的な限界があります。そのカバレッジは主に人口密集地に集中しており、農村部や遠隔地はほとんどサービスが行き届いていません。さらに、ネットワークを拡張するには、基地局などの大規模なインフラと継続的な保守が必要となるため、展開には多大なコストと時間がかかります。

これに対して、衛星通信は屋内での通信に制限があるものの、より一貫性のある展開とグローバルなカバレッジを実現します。衛星は何十年にもわたってへき地と接続する手段として利用されてきましたが、従来は非常に高額なコストが課題でした。近年では、そのコストが大きく低下しています。

さらに、NTN（非地上系ネットワーク）の登場により、衛星通信のコストと運用の複雑さが今後さらに軽減されることが期待されています。

衛星通信の市場動向については、第 4 章で詳しく解説します。

eSIM と RSP

複数の国にまたがるセルラー通信を提供するための仕組みは、近年大きく進化しています。従来はローミングによって実現されていましたが、一部の通信事業者は、1 枚の SIM カードに複数の SIM プロファイルを搭載する「マルチ IMSI 方式」を採用していました。最近では、これらに代わって eSIM と RSP の活用が主流になりつつあります。eSIM/RSP の組み合わせでは、SIM プロファイルをネットワーク経由で書き換えることで、適切な国内ネットワーク（あるいは NTN）にローカライズし、実質的に接続先をその地域のネットワークに切り替えることが可能になります。RSP を支えるために、GSMA は一連の標準規格を整備しており、最新版の SGP.32 は 2025 年後半に商用化される予定です。この規格は、SIM を国内ネットワークにローカライズするプロセスを大幅に簡素化すると期待されています。この方式の大きな利点は、各国の SIM 登録に関する規制への準拠を容易にすること、通信の遅延を低減すること、そして通信コストと運用の複雑さを抑制できることです。

エッジコンピューティング

近年、エッジコンピューティングへの移行が顕著に進んでおり、これはエッジデバイスやセンサーの近くに処理や保存のリソースを配置することで、集中型のクラウドリソースを補完するものです。これにより、企業にとって非常に有益な複数の利点が得られます。例えば、ほぼリアルタイムの応答性、信頼性の向上、セキュリティの強化、法規制への対応、運用コストの削減などが挙げられます。

エッジコンピューティングはコネクテッドカーにとって不可欠です。車両の近くでリアルタイムにデータ処理ができるため、遅延が抑えられ、自動運転や安全機能、ナビゲーションといったアプリケーションのパフォーマンスが向上します。また、クラウドに送信されるデータ量を削減することで、ネットワークの混雑を緩和し、帯域の効率的な利用を可能にします。さらに、エッジコンピューティングは、リアルタイムの交通情報や車両診断といったミッションクリティカルなアプリケーションを支え、通信環境が限られたへき地でも信頼性の高い効率的な運用を実現します。これにより、運転体験と安全性が向上します。

AI

エッジコンピューティングの主な推進力は、AI の推論処理をデータの発生源に近い場所で実行できる点にあります。データをローカルで処理することで、エッジコンピューティングは、カメラ映像やレーダー、LiDAR といった車両のセンサーデータを AI が即座に解析し、自動運転や衝突回避、運転支援などのアプリケーションを支えることが可能になります。また、AI は運転行動やエンジンの状態、道路状況などに関するデータをリアルタイムで解析することで、車両のパフォーマンスを最適化することもできます。

さまざまな技術分野への AI の統合が注目を集めており、特に IoT デバイスへの応用に大きな関心が寄せられています。AI を IoT ハードウェアに直接組み込むことで、デバイスの機能性が向上し、付加価値のあるサービスの開発が可能になります。その結果、多くの企業が自社のデバイス製品群に AI 機能を取り入れ始めています。この傾向は今後さらに加速し、製品開発やシステムアーキテクチャー、市場の動向に影響を与えるとともに、ユビキタスネットワークへのニーズを一層高めると見られています。

AI が IoT システムにますます深く組み込まれる中で、デバイス、エッジ、クラウドといった各環境間でのコンピューティング処理やデータ保存の連携（オーケストレーション）の重要性が高まっています。効果的なオーケストレーションは、分散された計算リソースを最適に活用し、特に低遅延が求められるアプリケーションにおいて動的なデータ管理を可能にします。こうした複数のレイヤー間でのデータの流れや処理を調整することは、効率的かつスケーラブルな AI の導入に不可欠です。

さらに、ユビキタスネットワークにおけるシームレスな体験を実現するために、AI がネットワークそのものに組み込まれていくことも期待されています。AI によるトラフィックルーティングやワークロード分散により、エンドユーザーの体験が最適化されるのです。こうした機能は、6G における重要な要素の一つになると考えられています。

より高機能なソフトウェアスタック

IoT エコシステムにおいて重要な要素の一つが、デバイス管理や通信管理、アプリケーションの実行支援といった主要な機能を効率化するミドルウェアプラットフォームの開発です。これらのソフトウェアツールは、IoT ソリューションの導入や運用を簡素化できることから、業界で広く活用されています。

特に、複数の通信事業者にまたがる接続を管理できる機能が強化されていることで、ユビキタスネットワークによって実現される世界規模の車両管理における運用の複雑さが大幅に軽減されます。

4. 衛星通信の進展と市場の動向

地上のセルラー通信ネットワークは、地上のインフラに依存しているため、その整備が人口密集地域に限られており、ユビキタスネットワークを実現するために必要な普遍的なカバレッジを提供するには不十分です。

現在、セルラー通信ネットワークがカバーしているのは地球全体の約 2 割、陸地に限っても約 3 分の 1 に過ぎません。これは、世界人口の約 95%が必要とするモバイルサービスの需要には対応していますが、農業や林業のようにへき地に常時設置されている IoT 機器や、一時的にへき地にある車両など、多くの接続された IoT デバイスには対応できていません。だからといって、衛星通信がセルラー通信に代わる万能な選択肢であるというわけではありませんが、強力な補完手段であることは確かです。ユビキタスネットワークの実現には、衛星通信とセルラー通信の融合が不可欠です。

“

「ソフトバンクでは、地上のセルラー通信、HAPS（成層圏通信プラットフォーム）、そして衛星通信を融合させることで、“いつでも、どこでも”通信を提供することを基本コンセプトとしています。私たちはこのビジョンを『ユビキタスネットワーク』と呼んでいます。LEO と GEO のどちらかを選択するのではなく、両者を融合して活用することが重要だと考えています。お客さまのニーズは地域、パフォーマンス、コストなど、さまざまな観点で異なるため、このような柔軟な提供形態が求められます」

小林文記

ソフトバンク株式会社 テクノロジーユニット統括 プロダクト技術本部 本部長



衛星通信を用いた IoT デバイスの接続は、これまで主に地上のセルラー通信が届かないへき地における高価値な産業用施設の追跡や監視を目的として活用されてきました。こうした用途は以前から確立されていましたが、近年では LEO コンステレーションや、3GPP 準拠の NTN の登場により、衛星通信が対応できる IoT ユースケースの幅が大きく広がっています。

本セクションでは、自動車およびその他の IoT デバイスを接続するための衛星通信技術とその機能について、詳しく解説します。

衛星通信の現状

衛星通信は、さまざまな種類の衛星、周波数帯、通信プロトコルを用いて提供されており、それぞれ異なる特性を持つことで、用途に応じた最適な接続手段を実現しています。

GEO、LEO、MEO

通信衛星には、GEO（静止軌道）、LEO（低軌道）、MEO（中軌道）の 3 種類があります。このうち最も一般的に通信に利用されているのは、GEO と LEO です。



GEO は高度 3 万 5,786km を周回し、赤道上の同じ地点に常に静止しています。このため広範囲なカバレッジを提供でき、ユーザー側の機器も常に一定の方向を向いていればよいので、比較的シンプルに設計できます。一方で、衛星までの距離が遠いため通信の遅延が大きく（100 ～ 300 ミリ秒）、リアルタイム通信においてはパフォーマンスが低下しやすいという欠点があります。また、高緯度での利用にはあまり適していません。



LEO は、高度 160 ～ 2,000km の範囲で運用され、約 20 ミリ秒という低遅延と高速なデータ通信を実現します。連続したカバレッジを提供するためには、何百機もの小型衛星によるコンステレーションが必要です。より少数の衛星で構成される場合は、デバイスが通信を行うには衛星が頭上を通過するのを待たなければならず、それに伴って遅延が発生する可能性があります。また、LEO コンステレーションは運用管理が複雑で、衛星が常に移動しているため、より多くの地上局や、高度なユーザー機器が必要になります。

LEO は展開コストが比較的安く、ブロードバンドサービスに適している点が特長です（例えば、Eutelsat OneWeb や SpaceX などの企業による提供）。一方で、GEO や MEO は追跡が容易で、ユーザー機器も比較的シンプルで済むという利点があります。

多くの衛星通信事業者は、LEO と GEO を組み合わせて最適な通信カバレッジを実現しようとしています。ユーザー側の要件はユースケースによって異なりますが、一般的にはユビキタスネットワークを実現するためには、これらすべての衛星を組み合わせて活用することが必要とされています。

周波数帯

衛星通信では、複数の周波数帯の電波が利用されており、一部は全世界で衛星向けに割り当てられたモバイル衛星サービス（MSS）用周波数、他は移動通信事業者向けの電波を“借用”したもの、さらに一部はライセンス不要の周波数帯の電波となっています。MSS 用周波数の利点は、一貫して利用可能であり、ライセンスが付与されているため、ライセンス保有者のみが利用でき、第三者に依存する必要がないという点です。

低周波数帯の L バンド（1 ～ 2GHz）は、設備の追跡やテレメトリーといったナローバンド IoT 用途に広く利用されており、比較的低いデータ転送レートながら安定した通信を提供します。この帯域は、Globalstar や Iridium といったナローバンド IoT に特化した衛星通信事業者によって利用されています。一方、Ku バンド（12 ～ 18GHz）や Ka バンド（27 ～ 40GHz）は、高帯域幅が必要な用途向けに利用されており、SpaceX や Eutelsat OneWeb など、ブロードバンドサービスに特化した衛星通信事業者がこれらの周波数帯の電波を利用しています。Viasat のように、L バンドと高帯域の Ku/Ka バンドの両方に対応する事業者も存在します。また、NTN は初期段階では L バンドおよび S バンドの電波を中心に利用しており、その後 Ku バンドや Ka バンドの利用が進められています。

通信プロトコル

衛星通信では、さまざまな通信プロトコルが使用されています。Globalstar や Iridium、Myriota、Starlink など多くの衛星通信は独自技術（プロプライエタリー技術）に依存しています。しかし近年では、標準化されたセルラー通信技術への移行が顕著に進んでおり、特に 3GPP 準拠の NTN 技術の活用が拡大しています。OQ Technology や Sateliot、Skylo、Viasat などがその代表例です。独自技術は、スペクトル効率が高く、通信コストが安く、消費電力が少ない傾向があります。独自技術の欠点は、特定のプロバイダーに縛られているため、多くの場合、標準化されておらず、特にハードウェアメーカーやその他のベンダーのサポートが少ないことです。これに対して、標準技術を採用するアプローチの強みは、異なるベンダー間でのハードウェアやネットワークの相互運用性・互換性が高い点にあります。特に NTN の場合、地上通信との統合性が大きく向上しているというメリットがあり、地上通信と衛星通信の両方を必要とするデバイスにとって非常に有利です。また、NB-IoT や 5G NR といったセルラー通信の技術に衛星通信を追加する際のコストも大幅に削減できます。

衛星通信プロトコルは、用途に応じて最適化されており、大きく分けて二つのタイプがあります。一つは Starlink によるブロードバンド接続や車両接続のような、高いデータ転送レートのサービス向け（IP ベース）、もう一つは低帯域かつ非リアルタイムの通信（メッセージング）向けです。どちらが最適かは提供されるサービス内容によって異なりますが、近年では 3GPP 準拠の技術が進化したことで、既存のセルラー通信端末でナローバンドとブロードバンドの両方のサービスを提供できる可能性が生まれています。例えば、5G NR 経由でコネクテッドカーに高いデータ転送レートの通信を提供するといった用途も視野に入ります。

3GPP NTN の登場とコネクテッドカーサービスへの影響

2017 年、モバイル通信の標準化団体である 3GPP は、5G に衛星通信を統合する可能性の検討を開始しました。NTN の機能は、2022 年に策定されたセルラー標準の Release 17 で初めて導入されました。NTN には二つのバージョンがあります。一つは NB-IoT によるナローバンド通信を衛星経由で拡張する「NTN-IoT」、もう一つは 5G NR によるブロードバンド通信を衛星で実現する「NTN-NR」です。この機能により、既存の地上セルラー用ベースバンド通信チップセットを使って、衛星を経由した送受信も可能になります。ただし、地上のセルラー通信と比べて、機能の一部制限や屋内での通信品質の低下、通信コストの上昇といった制約が伴います。

今後の 3GPP のリリースでは、NTN に対する大幅な機能強化が予定されています。

現在進行中の技術開発により、NTN は LEO・MEO・GEO のすべての衛星軌道に加え、成層圏を飛行する航空機を用いた HAPS にも対応しています。

初の NB-IoT サービスは、2021 年 6 月に Skylo が Inmarsat と連携して衛星経由で提供を開始しました。その後も OQ Technology や Sateliot など、複数の事業者が同様のサービスを展開しています。ブロードバンド版に当たる NTN-NR の商用化は、今後さらに 3 年程度かかると見込まれており、それまでは他の代替手段でブロードバンド通信のニーズを満たす必要があります。また、多くの衛星通信事業者が、独自技術（プロプライエタリー技術）から 3GPP 標準技術への注力にシフトしつつあるという顕著な動きも見られます。

今後登場する Release 19 を含む、3GPP 標準の後期リリースでは、衛星通信に関するさまざまな新機能が導入される予定であり、車両の通信性能や運用の強靭性を高めようとする自動車メーカーにとって大きな意味を持ちます。中でも注目されるのが、Regenerative payload（再生中継機能）のサポートです。これは、衛星がデータ処理を機上で実行できるようにするもので、通信の遅延を低減し、地上局への依存を軽減します。この機能はリアルタイムの車両診断や動的な交通情報の更新、へき地における重要な安全通信といった用途において大きなメリットをもたらします。

GNSS（全地球測位衛星システム）に依存しない測位サービスのサポートも非常に重要です。これは都市の高層ビル街やトンネル、山岳地帯など、従来の衛星測位信号が弱まったり遮断されたりする環境においても、より信頼性の高い位置情報の取得を可能にします。この機能により、緊急対応や経路最適化といった位置情報ベースのサービスの継続性が向上します。

アップリンク性能の向上や、高周波帯の電波におけるサービスカバレッジの拡大により、車両が対応可能なユースケースの幅が広がっています。例えば、大容量の OTA によるソフトウェアや地図データの更新、車両とクラウド間のデータ連携などが可能になります。さらに、マルチキャストおよびブロードキャスト機能の強化により、多くの車両に対して共通のコンテンツを効率的に配信できるようになり、ネットワーク負荷の軽減や更新の配信効率の向上が実現されます。

セルラー通信と衛星通信の優れた組み合わせ

これらの技術開発により、衛星ベースの NTN は地上の 5G を補完する通信手段としての地位を確立しつつあります。これにより、自動車メーカーは場所を問わず、高度な自動化、予知保全、そして優れたユーザー体験を実現する、より堅牢でグローバルで利用可能な通信機能を備えた車両設計が可能になります。

ユビキタスネットワークの実現を見据えて、3GPP 準拠の NTN と地上の 5G を統合することで、車両の通信性能が大きく向上します。特にへき地や農村部においてもシームレスな通信カバレッジを実現できることが大きな利点です。この広いカバレッジにより、OTA によるソフトウェア更新の信頼性向上やリアルタイムのテレマティクス、継続的な車両トラッキングが可能になります。サービスの継続性が高まることで、都市部以外でもナビゲーションや緊急通報システムが正常に稼働し続けます。さらに、衛星通信が加わることで、データ通信の冗長性と耐障害性も強化され、自動運転の安全性向上や予知保全の精度向上にも貢献します。

その結果、自動車メーカーはより広範な地域で、より信頼性の高いコネクテッドサービスを提供できるようになり、ユーザー体験、運用効率、安全性を大きく向上させることが可能になります。



ユビキタスネットワークを提供する Cubic³ と、そのパートナーのアプローチ

Cubic³ は、前述のような 3GPP 標準に基づくソリューションを活用し、NTN とセルラー通信をシームレスに統合することで、すべてを単一のプラットフォーム上で管理可能なユビキタスネットワークの実現に注力しています。

5GAA は、コネクテッドカー向けの主要サービスに対応するための新機能や、革新的な技術を積極的に導入していくアグレッシブなロードマップを掲げています。これには安全性やインフォテインメントといった基本サービスに加え、ITS（高度道路交通システム）やフリートマネジメントといった業種別要件、さらには V2V や V2I、サイバーセキュリティといった重要な基盤技術も含まれます。そして、NTN は、このロードマップにおける重要な要素の一つです。

自動車メーカーにとって、これらのパートナーシップはコネクテッドカーのイノベーションを加速させると同時に、業界全体における安全性や効率性、ユーザー体験の向上にも貢献します。

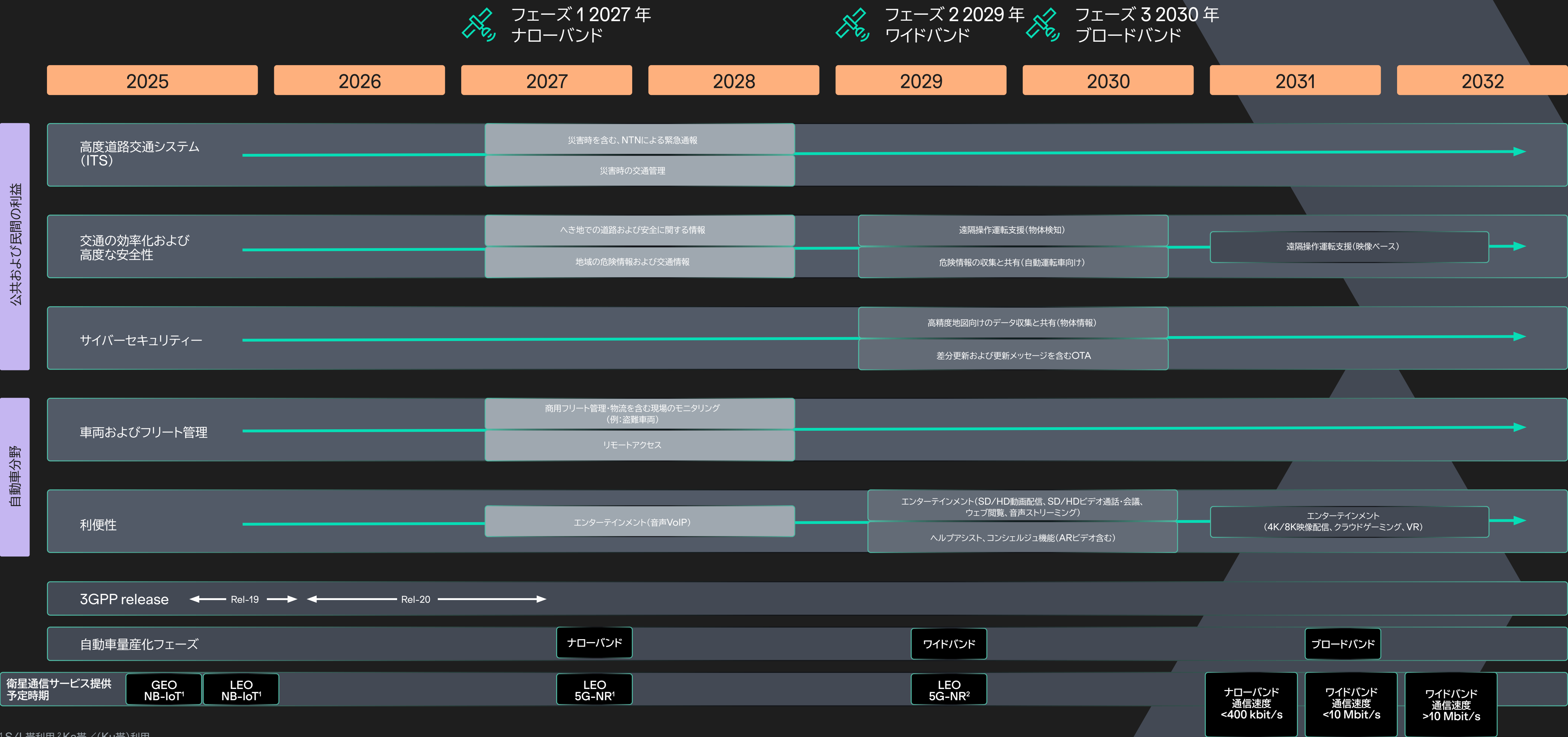
5GAA の支援の下、Cubic³ が 2025 年 5 月に実施した一連の発表は、業界における大きな進展を強調するものでした。なかでも特筆すべきは、Skylo と Cubic³ が世界初となる、地上通信と衛星通信の両方に対応した自動車向けの統合型 eSIM を発表したことです。この eSIM は 3GPP Release 17 に準拠しており、複数のネットワークやハードウェアのアップグレードを個別にサポートする必要をなくし、シームレスな通信環境の実現に大きく貢献します。

一方で、Intelsat と Cubic³ は、Intelsat の「FlexMove Fleet」製品と Cubic³ のクラウドプラットフォームとの統合に成功し、地上のセルラー通信と NTN をシームレスに連携させ、場所を問わず常時接続を実現できることを実証しました。この取り組みは、2024 年に Intelsat とソフトバンク株式会社の間で締結された、広範な MoU に基づいて進められているものです。

Cubic³ の主要パートナーには、Intelsat や Skylo、Viasat といった大手衛星通信事業者が含まれており、これらの事業者はユビキタスネットワークの実現に必要な多様な衛星通信ニーズに対応しています。



GEO/LEO 大規模展開に向けた NTN ユースケースロードマップ (出典：5GAA)



¹ S/L帯利用 ² Ka帯／(Ku帯)利用

図 4：GEO/LEO 大規模展開に向けた NTN ユースケースロードマップ (出典：5GAA)



Intelsat – 高精細ストリーミングや自動運転を含む 次世代の車載体験を支える

Intelsat が利用している Ku バンドの電波は、すでに世界中でブロードバンド用途を支えるために広く利用されており、多くの利点があります。この周波数帯の電波はすべての地域で標準化されているため、対応するデバイスは世界中どこでも安定してアクセスすることが可能です。さらに、Ku バンドは 3GHz 以上の広帯域を利用できるため、グローバルなカバレッジに加え、高スループットのブロードバンド通信や各種アプリケーションにも容易に対応でき、通信がテキストや音声のみに制限されることもありません。

特に注目すべき用途の一つが遠隔操作です。この技術では、高帯域かつ低遅延の映像伝送が不可欠であり、車両を遠隔で安全に制御することが可能になります。これは、完全自動運転の導入がまだ困難な環境において、人間による介入を前提とした自律走行車や準自動運転車の、より安全な展開を可能にします。

Cubic³ と Intelsat によるブロードバンド NTN の提供に関する提携は、車載エンターテインメントシステムの高度化も実現します。これにより、ユーザーは地上通信が弱い、あるいは利用できないへき地や農村部においても、4K/8K の超高精細映像ストリーミングやクラウドゲーム、VR（仮想現実）などの没入型体験を快適に楽しむことが可能になります。自動車メーカーにとっては、車をコネクテッドなデジタル空間へと進化させる手段となり、移動中でもシームレスで高品質なデジタル体験を求めるユーザーの期待に応えることができます。



「Intelsat と Cubic³ の連携は、今日のますますコネクテッド化が進む世界における重要なギャップを解消するものです。自動車や船舶、ドローンなどの自律移動技術が進化している一方で、依然として多くの地域では地上のモバイルネットワークが利用できず、衛星ネットワークに接続するには別々のデバイスや契約が必要な状況が続いています。このような分断を解消することを目指して、Intelsat と Cubic³、ソフトバンクのパートナーシップは、Intelsat のグローバルなマルチオービット 5G NTN ソリューションと、Cubic³ の多様な通信ソリューションを融合させて展開されます」

Bruno Fromont
Intelsat CTO



Skylo - 自動車業界の安全性と効率性を向上

Cubic³とSkyloのパートナーシップにより、当社の高度な通信ソリューションと地理的展開力が、Skyloの衛星ネットワークと融合され、車両の安全性、効率性、そしてユーザー体験のさらなる向上を実現します。

緊急サービスは、NTNの主要なユースケースの一つです。ナローバンドNTNにより、双方向の緊急メッセージ送信が可能となり、セルラー通信の圏外でも車両から緊急アラートや車両ステータス、リアルタイムの状況更新などをSkyloのネットワーク経由で送信できるようになります。また、Skyloは5GAAのメンバーであるFraunhoferと連携し、高度な音声コーデックを活用した音声通話およびメッセージ送信の実現に向けた今後の開発分野にも注力しています。これにより、一般のデバイスや車両からSkyloネットワーク経由での音声通信が可能となる未来が期待されています。

この提携は、さらに地上ネットワークに障害が発生したり過負荷になったりした際でも、より高い耐障害性を備えた交通管理を実現します。車両に対して地域ごとの危険情報や交通情報を提供することで、ドライバーは困難な状況下でもより適切な判断を下すことが可能になります。



「SkyloとCubic³のパートナーシップは、OEMにとって、衛星通信とセルラー通信をシームレスに連携させるための重要な推進力となっています。これにより、へき地での車両監視・制御や緊急メッセージ送信、ロードサイドアシスタンスといった機能を、コスト効率よく実現することが可能になります。さらに、このサービスはすでに提供が開始されており、すぐに利用可能です」

Parthsarathi Trivedi

Skylo 共同創設者兼 CEO



Viasat - ユーザー体験と車両機能の向上

Cubic³は Viasat と連携し、NTN が OEM にとって情報の収集と共有をいかに強化できるかに注力しています。この機能により、故障や事故の際に、車両が自動的にロードサービスへ通知したり、リアルタイムの安全アラートを送信し、周囲に危険を知らせたり、鍵を紛失した場合にリモートアクセスを許可したり、さらには音声通話も可能になります。

今後、広帯域の衛星通信が進化することで、HD マップ（高精細地図）のデータ収集・共有も可能になると期待されています。常に最新かつ高精度な地図情報を車両に提供することで、自動運転や ADAS（先進運転支援システム）を、世界中どこにいても将来にわたって機能させ続けることができます。

車内体験も大きく向上します。OTA によるソフトウェアアップデートを衛星通信ネットワーク経由で効率化できれば、ディーラーへの訪問回数が減り、ソフトウェアの改善や新機能がグローバルに配信されるようになります。また、オーディオや標準画質の動画ストリーミングといったエンターテインメントサービスも強化され、AR 映像による支援機能がパーソナライズされたナビゲーションやサポートを提供することで、利便性と安全性が一層高まります。



「3GPP Release 17 以降に対応した NTN サービスは、今後数年でドライバーに新たな体験の世界をもたらすことになるでしょう。まずは緊急通知や交通管理、リモート車両アクセスなどの機能を、場所を問わず利用できることから始まり、ナローバンド通信を通じて車両の TCU（テレマティクス制御ユニット）経由での音声通話も可能になる見込みです。さらに、今後はエンターテインメント、OTA によるソフトウェア更新、そして HD マップ向けのデータ収集・共有といった、より高度な機能が広帯域通信を活用して実現される予定です」

Tim Daly

Viasat 事業推進担当副社長

5. ユビキタスネットワークのメリット

車両の通信機能は、通信ネットワークに接続されていない単独の機械から、コネクテッドなプラットフォーム、そしてユビキタスネットワークを前提とする未来へと、段階的に進化してきました。それぞれの段階で車両の機能は拡張され、孤立したシステムから、性能を高め、ユーザー体験を向上させ、まったく新しいビジネスモデルを支える、インテリジェントでデータドリブン型のプラットフォームへと変貌しています。

基本的なセルラー通信の導入によって、OTA によるソフトウェア更新やリモート診断、リアルタイムナビゲーション、インフォテインメント機能の強化といった主要なサービス群が実現されました。これらのコネクテッド機能により、自動車メーカーは販売後でも車両性能を改善できるようになり、サービス工場への入庫回数を削減し、製品ライフサイクルの延長も可能になりました。同時に、実際の使用環境から得られるパフォーマンスデータへのアクセスが可能となり、予知保全や設計の改善、そしてドライバー行動の理解にもつながっています。

しかし、通信が車両のあらゆる機能において不可欠となる中で、地上の通信ネットワークの限界がより顕著になっています。特に農村部、へき地、国境を越えるような状況では、その制約が大きく表れます。次なる大きなステップは、地上のセルラー通信と衛星通信を組み合わせたユビキタスネットワークへの移行です。この統合型モデルによって、車両は場所に関係なく、信頼性が高く高品質なコネクティビティを維持できるようになります。



“

「顧客が求めているのは、デバイスや SIM だけではなく。課金やトラフィック管理を含めた、全体としてのユーザー体験が期待水準を満たすことが求められています。そういう意味で、Cubic³ のプラットフォーム『Cubic³ Cloud』は中心的な役割を果たすと私たちは考えています。私たちは、セルラー通信技術と NTN の専門知識、そして Cubic³ のプラットフォームを融合させることで、統合された高品質なユーザー体験をお客さまに提供していくことを目指しています」

小林文記

ソフトバンク株式会社 テクノロジーユニット統括 プロダクト技術本部 本部長

この進化により、新たなサービスが現実のものとなります。例えば、セルラー通信が不安定な地域でも、OTAによるソフトウェア更新が途切れることなく配信可能になります。テレメトリデータも常時収集が可能になり、予知保全やフリート管理の精度が大幅に向上します。また、eCallのような安全機能がより広く利用可能になり、リアルタイムの交通状況に対応するナビゲーションや音声通話、走行データに基づく保険（UBI）、車両トラッキングといったリアルタイムサービスも、通信環境に左右されずに提供可能となります。

商用車にとって、ユビキタスネットワークによる恩恵はさらに顕著です。通信の強化により、ルート最適化やリモート診断、ドライバーの運転状況のモニタリング、燃料・エネルギー管理などが可能になり、運用コストの削減や車両稼働率の向上に直結します。EVの場合は、スマート充電やバッテリーの健全性モニタリング、エネルギーインフラとの統合といった機能が、ユビキタスネットワークによって支えられます。

また、ユビキタスな通信環境では、パーソナライズとユーザーエンゲージメントも新たなレベルに到達します。ユーザーの好みや現在地に応じたサービスやコンテンツを、地域や移動の枠を超えて提供できるようになり、車両が“記憶する”体験が実現します。さらに、音声インターフェースや動的メディア、リアルタイムでの商取引なども、安定したコネクティビティーによって継続的にサポートされるようになります。

自動車メーカーに隣接する業種も、ユビキタスネットワークの進化から大きな恩恵を受けることができます。例えば、保険会社はドライバーの行動に基づいたより精度の高い保険プランを提供でき、自治体は車両から得られる集約データを活用して交通やインフラの計画に役立てることができます。さらに、広告主やコンテンツプロバイダーは、車内のユーザーに対して位置情報に基づいたターゲティングが可能になります。そして、自動車業界にとどまらず、農業や輸送、エネルギーといったさまざまな分野でも、この進化の恩恵を受けることができます。

最終的に、ユビキタスネットワークは単なる既存サービスの拡張ではありません。それは、次世代の自動車イノベーションを支える基盤技術そのものです。この通信基盤は、SDVへの転換を支え、進化するビジネスモデルに対応し、業界が電動化・自動化・シェアリングモビリティへと進化する中でも、車両・ドライバー・エコシステムのためのデジタルでの接続を途切れさせることなく維持するための鍵となります。



6. 自動車メーカーにとってのユビキタスネットワークの課題

前のセクションでは、ユビキタスネットワークがユーザー体験の向上、新たな収益機会、安全性の強化、その他さまざまな機能の実現にどのような価値をもたらすかを解説しました。このセクションでは、それに伴う課題について掘り下げていきます。

5G ネットワークとローミングの可用性

最も明白な課題は、グローバルな接続性を支えるための信頼性の高いネットワークインフラを構築・維持することです。多くの地域では堅牢な 4G および 5G ネットワークが整備されていますが、農村部、へき地、山岳地域では、特に発展途上国を中心に、通信カバレッジが限定的、あるいはまったく存在しないケースも少なくありません。さらに、ネットワークのカバレッジは国や地域ごと、場合によっては都市ごとに異なるため、国境を越えたり、インフラが不十分な地域を走行したりする車両に対して、常時接続性を保証することが難しい状況です。現在、世界人口の約半数が 5G を利用可能で、4G/LTE については 90% 以上が利用可能とされています。しかし、セクション 3 で述べたように、5G SA を導入している MNO（移動通信事業者）はごく一部にとどまっており、これが高度なサービス提供能力の制約となっています。

ネットワークの可用性に加えて、セクション 3 で説明したような高度な 5G SA 機能に対してローミング環境を整備する必要もありますが、現時点ではこれも非常に限られた状況にあります。各国のモバイルネットワークは、5G SA を若干異なる方式でサポートしているため、例えばグローバルに対応する共通のネットワークスライスのような、一貫性を担保するための仕組みが求められます。

衛星コンステレーション / 技術の可用性

本レポートで述べてきた衛星通信機能の多くは NTN の展開に関するものであり、ユビキタスネットワークという文脈においては、地上系と非地上系の両方で共通して使用できる技術を活用することに明確な利点があります。しかし、現時点では、それを支える成熟した衛星通信ネットワークの整備はまだ不十分です。現在利用可能な NTN-IoT は、限定的な形で提供されており、その大部分は GEO 衛星を介したものです。そして、ブロードバンド通信向けの NTN-NR の本格展開には、あとおよそ 3 年を要する見込みです。

シームレス性

もう一つの課題は、さまざまな地域にまたがる通信事業者とネットワークの種類、プラットフォーム、通信規格間の相互運用性を確保することです。グローバルな展開をサポートするには、複数のセルラー通信ネットワーク、そしておそらく複数の衛星通信ネットワークを利用する必要があり、それぞれが異なる事業者によって運用され、独自のプラットフォームを持っています。通信を必要とする車両は、4G と 5G のセルラー通信ネットワーク間や、Wi-Fi、衛星通信など他の通信手段との間をシームレスに切り替える必要があり、その際にサービスが途切れてはなりません。そのためには、堅牢なローミング契約インフラや eSIM 管理の仕組みが必要となりますが、これをグローバルに実装するには、複雑さとコストが伴います。このように複雑な通信環境の中で、シームレスなユーザー体験を保証することは、大きな課題の一つとなっています。

コスト

複数の通信事業者や技術にまたがる展開の複雑さに付随して、ユビキタスネットワークを実現するには追加コストが発生する可能性があります。特に、衛星通信は本質的にコストが高いため、いかなるサービス提案においてもそれを織り込んでおく必要があります。さらに、複数の通信事業者にまたがって接続性を管理するには、パートナーネットワークを柔軟に運用・調整できる体制が求められます。

信頼性

ユビキタスネットワークは、ドライバーと乗客の双方に対して、一貫した高品質のユーザー体験を提供できなければなりません。特に、ナビゲーションや安全機能、リモート診断といった重要な機能においては、その品質が極めて重要です。通信速度の低下や切断、帯域幅の不足といった通信障害は、車両のパフォーマンスやユーザー体験全体に悪影響を及ぼす可能性があります。そしてこの水準の信頼性を、都市部や農村地域、高速道路、へき地といった多様な環境にわたって確保することは、大きな技術的課題の一つです。

適応性

車両において同じアプリケーションを衛星通信とセルラー通信の両方でサポートするには、ネットワーク性能や信頼性、コストの違いに起因するいくつかの課題があります。一般的に、セルラー通信は低遅延かつ高帯域で、ナビゲーションやテレマティクスのようなリアルタイムアプリケーションに最適です。一方で、衛星通信（特に GEO）は遅延が大きく帯域幅が限られるため、大量のデータを扱うタスクにおいてはパフォーマンスに影響が出る可能性があります。また、衛星通信は天候による影響を受けやすい一方で、セルラー通信は都市部では優れた通信環境を提供するものの、へき地ではカバー率が不十分な場合があります。

アプリケーションを衛星通信とセルラー通信の両ネットワーク間でシームレスに動作させるには、データのバッファリングやアダプティブ品質（例：ビデオストリーミング）、そしてネットワーク間のスムーズなフェイルオーバー処理が必要です。さらに、両ネットワークで一貫したセキュリティを確保するために、暗号化や脅威検知を含む堅牢なセキュリティプロトコルの適用が求められます。加えて、衛星通信は一般的にセルラー通信よりも電力消費が大きいため、特に電気自動車においてはバッテリー寿命への影響も無視できません。

最終的な課題は、接続環境や消費電力、セキュリティ、コストといった運用条件を踏まえて最適化され、かつネットワークの種類にかかわらず一貫性と信頼性のあるサービスを提供できる、“インテリジェントなアプリケーション”をいかに設計・実装するかにあります。

コンプライアンス

規制順守は、IoT において以前から重要な要素の一つであり、特にデバイス認証や製品の安全性に関する分野で重視されてきました。しかし、近年では IoT が重要インフラや機微な環境での活用が進む中、各国政府の注目も高まり、規制の範囲と複雑さは急速に拡大しています。このような変化は、IoT 戦略において規制順守を単なる後回しの要素ではなく、「中核的な要件」として位置付けることの重要性を浮き彫りにしています。

国や地域ごとに、通信やデータ保護、安全性、車両基準に関する規制要件は大きく異なります。例えば、セルラー通信に関する「パーマネントローミング」や「eSIM のローカライゼーション」に関しては、ブラジルやトルコなど多くの国が明確に禁止する規定を設けています。また、SIM カードの登録に関する「KYC（顧客確認）」規制も市場ごとに要件が異なり、コネクテッドカーの展開時には慎重な対応が求められます。さらに、分野別（バーティカル）に特化した規制も存在します。例えば、欧州の eCall のように、特定のハードウェアまたはソフトウェアの統合が求められるケースがあり、これは米国やアジアの基準とは異なる可能性があります。

近年は、EU の「データ法」や「サイバー・レジリエンス法 (Cyber Resilience Act)」、英国の「製品セキュリティ・通信インフラ法 (PSTI 法)」、さらには米国での各種イニシアチブなど、IoT に関連する大きな規制の動きが相次いでいます。

プライバシーとセキュリティ

IoT システムの導入において、セキュリティは依然として最大の課題の一つです。車両がネットワークに接続されればされるほど、サイバー攻撃やデータ漏洩のリスクが高まります。常時データを送信するようなグローバル接続車両では、機密性の高い車載システムへの不正アクセスや、ユーザーの位置情報の追跡、個人情報の盗難といった重大なサイバーセキュリティリスクを抱えています。このようなリスクに対処するには、通信経路の保護と、送受信されるデータの完全性を確保することが大きな技術的課題となります。さらに、EU の「一般データ保護規則 (GDPR)」のように、データプライバシーに関する規制も厳格化されており、世界中で一貫性のある強固な暗号化・データ匿名化・コンプライアンス対策が求められています。これらのリスクに対処するためには、「セキュア・バイ・デザイン (Secure-by-Design)」のアプローチが推奨されます。これは、開発から運用まで、IoT エコシステムのあらゆる段階においてセキュリティ対策を組み込むことを前提とする考え方です。



7. 結論

本レポートで取り上げたトピックを踏まえ、次の結論を導き出すことができます：

- ▶ 世界全体で通信への需要はますます高まっており、その主な原動力の一つがコネクテッドカーのような新たなユースケースです。これは、接続数の増加だけでなく、関連するアプリケーションの重要性が高まっていることにも表れています。今後 10 年間で数億台規模のコネクテッドカーが接続されると予測されており、2034 年には全車両の約 55% を占める見込みです。さらに、それらのサービスは運転体験にとって欠かせない要素となりつつあり、OEM のビジネスモデルにも深く組み込まれています。
- ▶ このような通信需要の拡大は、多様化・高度化するアプリケーションを支えるために、極めて高い可用性と高い耐障害性を備えたネットワークへの新たな要件につながっています。その結果、通信事業者には、" ユビキタスネットワーク " を確実に実現することが、これまで以上に強く求められるようになっていきます。
- ▶ 5G は、これまでにないレベルで IoT に対して質的に優れたサービスを提供しています。ネットワークスライシングや超低遅延、オンデマンド品質などの機能により、数多くの IoT のユースケースを強力に支援する高度な通信機能が実現されています。特に、SDV においては、これらの機能が大きな可能性をもたらします。
- ▶ ユビキタスネットワークを実現する上で、衛星通信は不可欠な存在です。へき地にある設備を監視するために衛星通信を活用する手法自体は新しいことではありませんが、地上の通信ネットワークのカバレッジに存在する大きなギャップを埋める手段として、衛星通信の重要性はますます高まっています。これは、常時接続が求められる重要アプリケーションを支えるための通信要件が、かつてないほど増大していることに起因しています。
- ▶ 地上のセルラー通信と NTN をシームレスに切り替える能力は、ユビキタスネットワークの基盤となるものです。この実現を可能にするのが、NTN と 5G の融合による技術革新です。
- ▶ NB-IoT および 5G NR に対応した 3GPP 準拠の NTN の登場は、従来の地上の通信ネットワークのカバレッジ外でもセルラー機器の接続性を確保するための新たなパラダイムを提供します。これらの技術を組み合わせることで、低帯域から高帯域までの幅広い通信ニーズに対応可能であり、衛星通信と地上のセルラー通信の統合に非常に優れた柔軟性を発揮します。
- ▶ ユビキタスネットワークが自動車および輸送分野にもたらすメリットは、非常に大きなものです。自動車分野だけを見ても、リアルタイム更新やリモート診断、パーソナライズ機能、データに基づく製品開発を可能にすることで、安全機能の強化や継続的な製品改良、ユーザー体験の向上、そして新たなサービス収益モデルの創出を実現します。また、フリートの最適化や予知保全、EV 向けのエネルギー連携、そして保険会社・自治体・コンテンツプロバイダーなどのステークホルダーによるデータ収益化を通じて、運用効率の向上とエコシステム全体の価値拡大も促進されます。

- ▶ もちろん、このようなメリットには課題も伴います。ユビキタスネットワークを実現するための技術は存在していても、NTN や 5G SA のように、まだ広範な展開が待たれている段階にあるものも少なくありません。また、さまざまな要素を統合し、シームレスで信頼性が高く、かつコスト効率と法令順守の両立が取れた形で提供するには、依然として多くの課題があります。

自動車や農業、輸送分野の OEM が、5G の普及、NTN の台頭、そしてコンプライアンス・コスト管理・ユーザー体験に対する要求の高まりに直面する中、より柔軟で将来に備えたアプローチの必要性が、これまでになく高まっています。



Cubic³ によるユビキタスネットワークの実現

SIM カード

2025 年 5 月、Cubic³ は地上通信と非地上通信を統合する、世界初の自動車向けの SIM を発表しました。これにより、車両はセルラー通信と衛星通信をシームレスに切り替えることができ、あらゆる場所でサービスが途切れることなく提供されます。

パートナーシップ

Cubic³ は、Skylo や Intelsat、Viasat をはじめとする大手衛星通信事業者と提携し、地上通信と非地上通信を統合した、一つのシームレスな通信体験を実現しています。これらのパートナーシップにより、従来は通信が困難だった地域でも高品質なサービスを提供できるようになり、グローバルな通信ネットワークの拡張に貢献しています。

また、Cubic³ は 2024 年に、日本の通信事業者であるソフトバンク株式会社と戦略的パートナーシップを締結しました。現在両社は、SDV やその他のモビリティ向けに、衛星通信ベースの NTN と地上のセルラー通信ネットワークをシームレスに統合し、ユビキタスネットワークを構築するための共同開発を進めています。

プラットフォーム

シームレスでセキュアかつスケーラブルな「Cubic³ Cloud」は、セルラー通信と衛星通信を一つの統合プラットフォームで管理します。

- ▶ 都市部や農村部、へき地を問わず、常時接続を可能にし、ネットワークの複雑さを排除します。
- ▶ ナビゲーションや車両診断、インフォテインメントといったコネクテッドサービスをリアルタイムで最適化します。
- ▶ 一つの集中管理ポイントにより、OEM は車両の性能、運用効率、ユーザー体験を大規模に向上させることができます。



TRANSFORMA INSIGHTS

Transforma Insights は、IoT、AI、デジタルトランスフォーメーション（DX）分野に特化した調査・コンサルティング会社です。豊富な実績を持つテクノロジー業界のアナリストが、企業が新技術の市場への影響を理解し、戦略を立てるための助言や意思決定支援ツールを提供しています。

主な提供サービスには、DX 市場機会を網羅的に予測する「TAM 予測」、主要技術や市場動向を解説する「インサイトレポート」、世界各国の法律・規制を分析した「規制データベース」、そして専門アナリストと直接対話できる「アナリスト問い合わせサービス」が含まれます。





ユビキタスネットワーク：次世代モビリティ社会に向けて

Dublin

The Hive, Carmanhall Road,
Sandyford, Dublin 18, Ireland

+353 1 486 06 00

Munich

Rosenheimer Strasse 116,
81669 Munich, Germany

Detroit

418 N Main St, Suite 206
Royal Oak, MI 48067,
United States