



[ericsson.com/
mobility-report](https://ericsson.com/mobility-report)

エリクソン モビリティ レポート

2021年6月

発行責任者からのレター

マス市場への道を歩む5G

これまで18ヶ月以上もの間、世界は想像を超える規模の危機に直面してきました。新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) によるパンデミックは国ごとに様々な段階にありますが、各国がその対策に取り組む中で一層はっきりしたことは、私たちの日常生活の多くのシーンがこれまで以上に技術、特にコネクティビティーに支えられているということです。

通信業界のレジリエンス (回復力) とたゆまぬ努力の証は、今回のエリクソンモビリティレポートの特筆すべき数字にも表れています。5Gの普及スピードは、3Gはもちろん、4Gをはるかに凌駕しています。これはこの業界が絶えずイノベーションを牽引し、新しい技術を市場に投入し続けていることを示すもう一つの証でもあります。

これまでに160社以上の通信事業者が5Gサービスを開始し、300以上の5G対応スマートフォンモデルが発表または商用化されています。今年末までに、世界の5Gユーザー数は5億人を超える見込みです。

ただし、地域レベルではその発展状況は少し様子が異なります。一部の地域では5Gを展開、マス導入できる状態になるまでにまだまだ時間がかかることは明らかです。それでも、4Gであれ5Gであれ、優れた高速接続に対するニーズは事実上無限に存在します。現在、事業者全体の70%以上が固定無線アクセス (FWA) サービスを提供しているという事実がこれを物語っています。

社会がパンデミック後のより正常な状況へ戻ろうとする中、経済回復の重要な要素として、誰もが高品質なデジタルインフラを確保し投資する必要性を実感していることでしょう。そして、そのニーズに応えられる業界がすでにその準備を進めているということは幸運なことです。

このレポートが皆様にとって興味のあるもので、お役に立つものであることを願っております。

Fredrik Jejdling

上席副社長兼ネットワーク事業部総責任者

主な担当者

主幹: Patrik Cerwall
 プロジェクト管理: Anette Lundvall
 編集者: Peter Jonsson, Stephen Carson
 予測: Richard Möller
 執筆: Peter Jonsson, Stephen Carson, Steven Davis, Peter Linder, Per Lindberg, Juan Ramiro, Jose Outes, Amit Bhardwaj, Claudia Muñoz Garcia, Harald Baur, Jake Alger, Todd Krautkremer, Rohit Chandra, Tomas Lundborg, Brahim Belaoucha, Fredrik Burstedt, Courtney Latta, Robert McCrorey
 共著者: Karri Kuoppamaki (T-Mobile)

目次

予測

- 04 5Gへ移行するモバイル加入契約
- 06 2026年までに全地域に5Gが普及
- 08 5Gの商用化がFWAサービスを促進
- 10 より多くの消費者に届く5Gデバイス
- 11 ブロードバンドIoTが2Gと3Gを追い抜く
- 12 モバイルネットワークトラフィックは引き続き着実に増加
- 13 スマートフォンと動画がモバイルデータトラフィックの増加を牽引
- 15 5Gネットワークカバレッジは4Gよりも急速に拡大
- 16 湾岸協力会議 (GCC) 諸国の詳細な状況

特集記事

- 18 T-Mobileがマルチバンドの5G展開戦略を追求
- 22 企業がワイヤレスWAN基盤上に5Gを構築
- 26 AI: 複雑な5Gの世界で顧客エクスペリエンスを改善
- 29 5Gの屋内カバレッジのプランニング: 経験則から統計やAIに

32 調査方法

33 用語

34 世界および各地域の主要データ

本文書の内容は多数の論理的根拠および仮定に基づいており、エリクソンは本文書に記載した考察、説明、保証、または遺漏等について一切の責任を負わないものとします。さらに、エリクソンは自らの判断で本文書の内容を変更する場合があります。係る変更の結果に対する責任も負いません。

5億8000万

4ページ

2021年末までに、5G加入契約数は約5億8000万件になる見込みです。

70%

8ページ

現在、事業者全体の70%以上がFWAサービスを提供しています。

46%

11ページ

大量IoT技術が成長しており、セルラーIoT接続全体の46%を占めることが予測されます。



18ページ

三つのバンドに5Gを展開することで、T-Mobileはあらゆる状況に対応可能な幅広いネットワークの構築を実現しました。



22ページ

小売りから緊急サービスまで、WWANはエッジでのイノベーションとアジリティを求める企業にとって一層関心の高い分野となっています。



26ページ

強化学習によってネットワークの継続的な学習と顧客エクスペリエンスの最適化が実現できます。二つのライブネットワークでそれが証明されています。



29ページ

統計と教師なし学習（AIおよび機械学習の一分野）は、より高精度の屋内／屋外モバイルトラフィック比率推定方法を提供します。

5Gへ移行する モバイル加入契約

2021年末までに5G加入契約数は 5億8千万件に達する見込み

新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) による不確実性はあったものの、通信事業者は5Gの展開を続け、160社を超える事業者が商用5Gサービスを開始しました¹。

5G対応デバイスによる5G加入契約数は第1四半期中に7,000万件増加し、約2億9,000万件に達しました。2021年末までに5G加入契約数は5億8,000万件²近くに見込んでいます。現在、5G加入契約の普及率が最も高い地域は北東アジアであり、北米、湾岸協力会議 (GCC) 諸国、西欧がそれに続きます。2026年には北米が5G加入契約のシェアが最も高い地域となる見込みで、そのシェアは84%に達すると予測されます。

5G加入契約の普及は2009年の4G開始当時より早くなる見込みです。

5G加入契約数は4Gより2年早く10億件に達すると予測されます。これは中国の5Gへの取り組みが4G当時より早いこと、複数のベンダーが対応デバイスをタイムリーに準備していることが主な要因です。2026年末までに、全世界で5G加入契約数が35億件に達することが予測され、これはその時点のモバイル加入契約全体の約40%に相当します。

4Gは、加入契約数の観点では、予測期間中は無線アクセス技術の主流でありつづけるでしょう。2021年第1四半期中に、4G加入契約数は約1億件増加して46億件を超えました。これはモバイル加入契約全体の58%に相当します。4G加入契約数は今年中にピークを迎えて48億件になると見込まれ、5Gへの加入契約の移行に伴い、2026年末までに約39億件に減少すると予測されています。

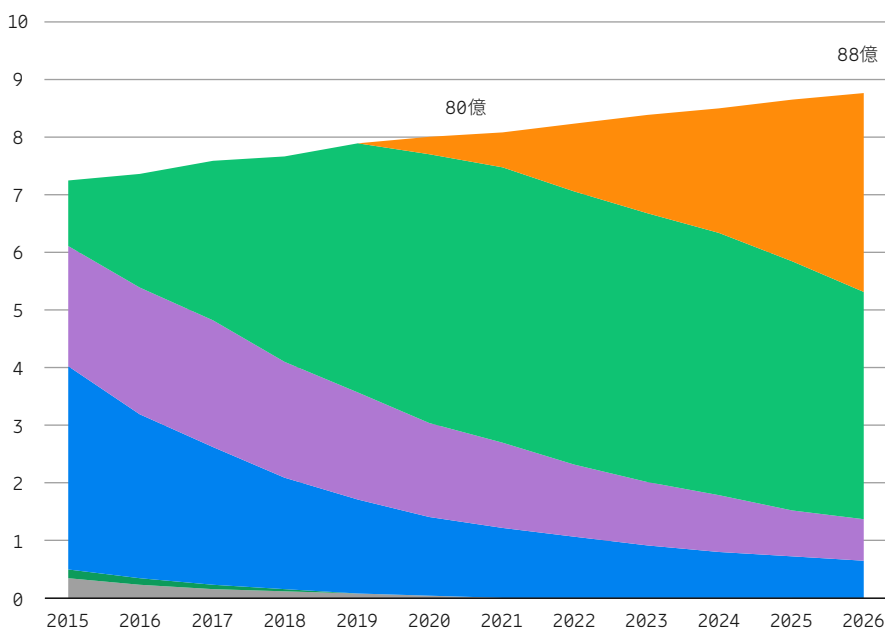
2021年第1四半期のモバイル加入契約

純増数は非常に少なく、5,900万件という結果に終わりました。これはパンデミックとそれに起因するロックダウン規制の影響によるものと考えられます。純増数が最も多かったのはインド (+2,600万) で、中国 (+600万) とナイジェリア (+300万) がそれに続きます。

サービスパッケージのトレンド

通信事業者は消費者のニーズに合わせて自社が提供するサービスパッケージを絶えず改定しています。5G加入契約には多くの場合、大幅な高速化だけでなく、より多くのデータ量が含まれ、データ無制限のプランも存在します。これにより利用量が増加するため、通信事業者は、収益性改善の手段として、緩やかではあるものの多少の制限も設けています。例えば、データ無制限のパッケージで、1日あたりの利用可能データ量上限はあるが、その都度簡単なテキストメッセージを送ることで無料で数GBずつ1日のデータ量を増やせるオプションのついたプランなども登場しています。

図 1: 無線方式ごとのモバイル加入契約数 (単位: 10億)



35億

5G加入契約数は2026年に35億件になる見込みです。

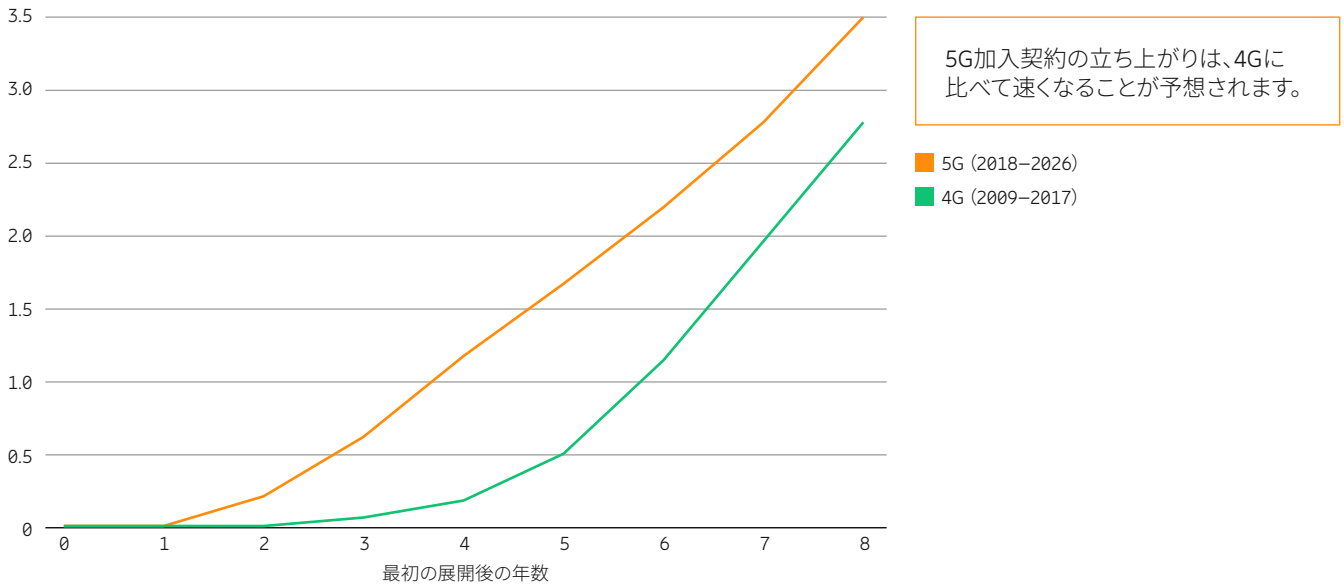
- 5G
- LTE (4G)
- WCDMA/HSPA (3G)
- GSM/EDGEのみ (2G)
- TD-SCDMA (3G)
- CDMAのみ (2G/3G)

注: IoT接続はこのグラフには含まれていません。固定無線アクセス (FWA) 接続は含まれています。

¹ GSA (2021年4月)

² 3GPP Release 15 に規定されたNR (New Radio) をサポートし、5G対応ネットワークに接続されているデバイスに関するものを5G加入契約数とカウントしています。

図2：ネットワーク展開後数年間の5Gと4Gの加入契約増加の比較（単位：10億）



また、通信事業者の多くは、これらのパッケージと共に、様々なIoTデバイスの利用に条件を設けたり、家族プランやシェアプラン内での利用に上限を設けたりしています。音楽パスや動画パスなどのサービスベースのパッケージもここ数年で着実に増加しています。そしてこのセグメントには新たにゲームパスも登場しました。通常、月あたりの通信容量に対するアドオンとして販売されるこれらのパッケージは、5Gと低遅延のエクスペリエンスをアピールしてゲーマーに訴求しています。これらのパッケージには、データ使用量がカウントされないものや、または一定の使用時間もしくはギガバイトが担保されているものなどがあります。

モバイルブロードバンド加入契約の増加

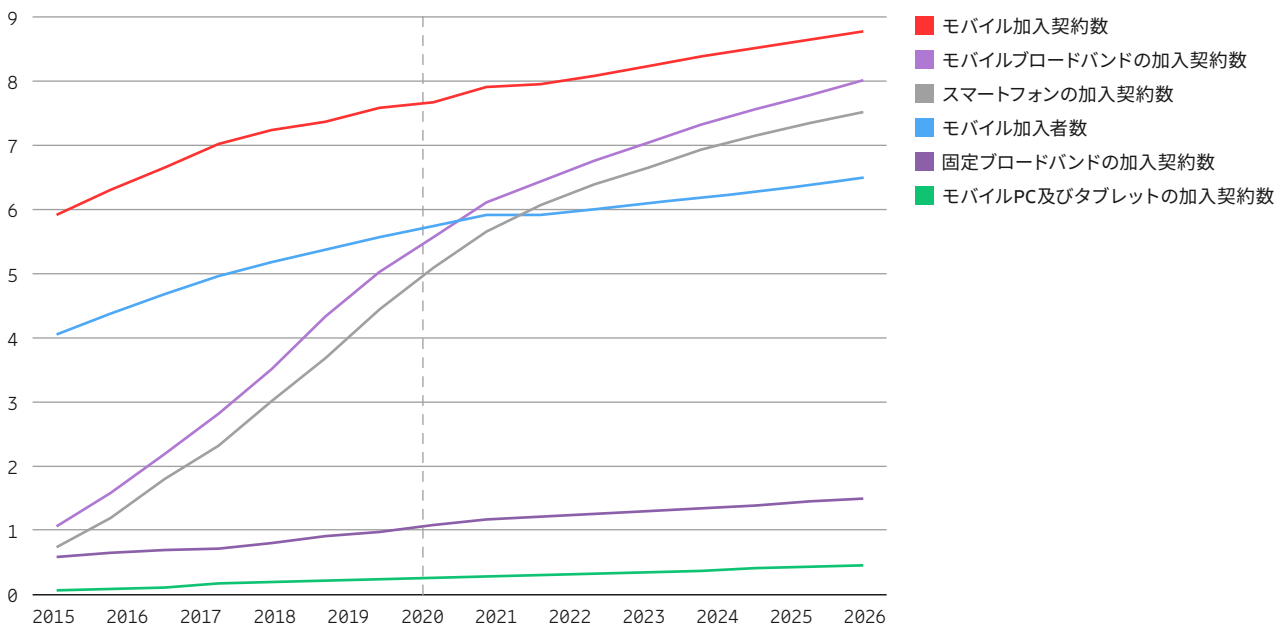
現在のモバイル加入契約数は約80億件です。2026年末までにはこれが88億人に増加し、うち91%がモバイルブロードバンドの加入契約になると予測しています。重複を除外したモバイル加入者数は、2021年第1四半期の59億人から、予測期間の終わりまでに65億人に達すると推定されます。

スマートフォンの普及率は上昇を続けています。スマートフォンに紐づく加入契約数は、すべての携帯電話加入契約数の約76%を占めています。

2020年末時点でのスマートフォン加入契約数は60億件でした。スマートフォンの加入契約数は、2026年には77億件に達すると

予測され、その時点でのモバイル加入契約全体の約88%になる見込みです。固定ブロードバンドの加入契約数は、2026年まで年間約4%の成長となる見込みです³。FWA接続は、2026年まで年間約20%の大幅な成長が見込まれています。モバイルPC及びタブレットの加入契約数は緩やかに伸び、2026年に約4億5,000万件に達すると予測されています。

図3：加入契約数と加入者数（単位：10億）

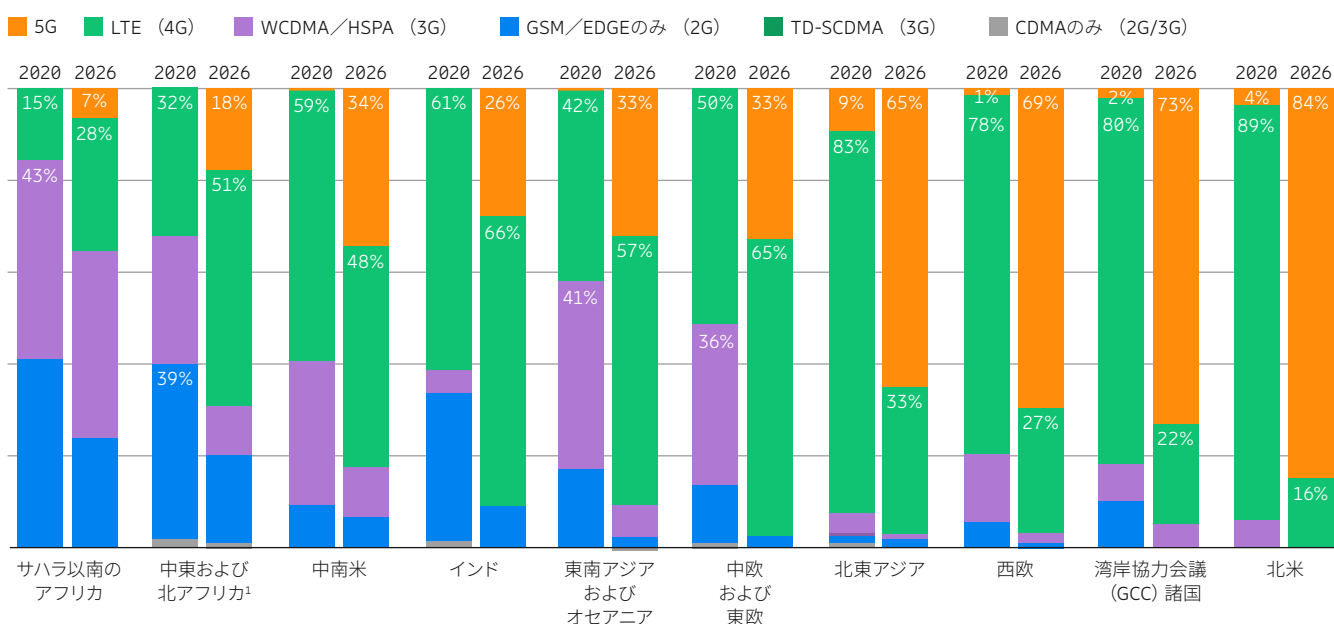


³ 固定ブロードバンドのユーザー数は、固定ブロードバンドの接続数の3倍以上です。これは、固定ブロードバンド接続は家庭、会社、公共のアクセススポットで加入契約が共有されているためです。携帯電話では逆に、加入契約数が加入者数を上回っています。

2026年までに 全地域に5Gが普及

現在、モバイルブロードバンドの加入契約数は
総モバイル加入契約数の83%を占める

図4: 地域別および無線方式別のモバイル加入契約数の割合 (%)



注: 5Gを除き、加入契約数が1%未満の無線方式はこのグラフに示されていません。

サハラ以南のアフリカ

サハラ以南のアフリカでは、モバイル普及率が世界平均を下回るため、予測期間中もモバイル加入契約数は増加し続けるでしょう。2021年第1四半期には、世界の純増数の20%以上がアフリカで記録され、ナイジェリアの純増数は世界3位でした。4Gは2020年末時点で加入契約の約15%を占めていました。予測期間全体にわたってモバイルブロードバンド²の加入契約数は増加し、モバイル加入契約の76%に達することが見込まれます。今後6年間に5Gと4Gの加入契約数は増加し続けることが予想されますが、2026年時点においても依然としてHSPAが40%以上の割合を占める主流技術であり続けるでしょう。モバイルブロードバンドの加入契約数増加の要因としては、若年層が多く、人口が増加しており、デジタル技能が向上しつつあることと、スマートフォンがより安価になっていることが挙げられます。予測期間において5Gの加入契約が有意な数

量になるのは2022年からと予想され、2026年には7%を占める見込みです。

中東および北アフリカ

中東および北アフリカ地域では、2020年末時点でモバイル加入契約の約32%が4Gでした。この地域は、予測期間内に飛躍すると考えられ、2026年までに加入契約の約80%がモバイルブロードバンドになり、4Gが加入契約の50%以上を占める主流技術となることが予測されます。この地域では先行する通信事業者によって商用5Gが展開され、5G加入契約数は2020年末に100万件を超えました。2021年には5G加入契約数の大幅な増加が見込まれ、2026年には約1億5,000万件に達し、モバイル加入契約全体の約18%を占める見込みです。

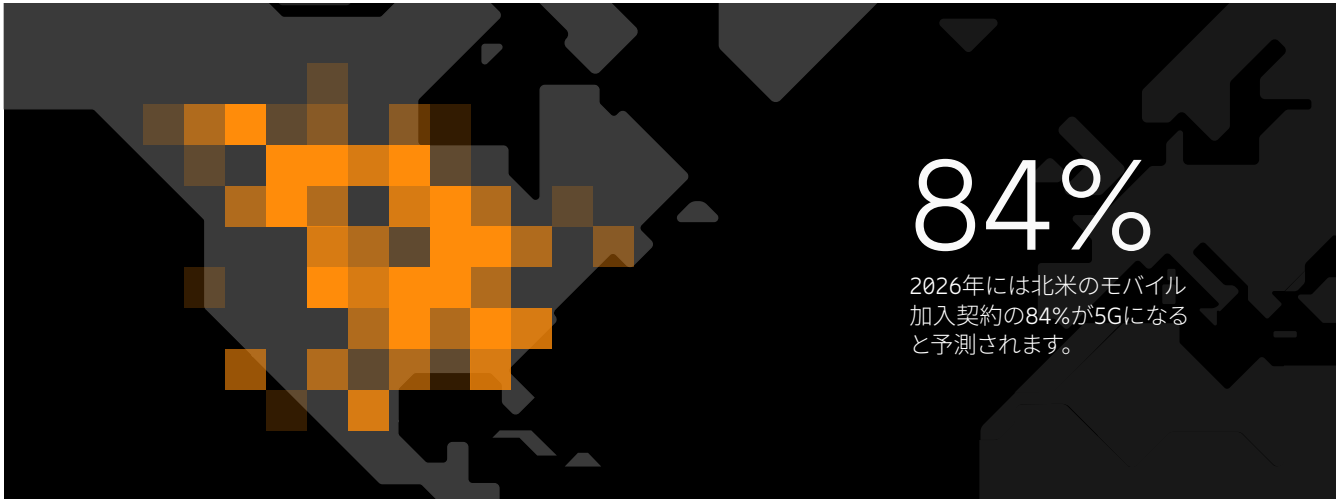
湾岸協力会議 (GCC)

中東および北アフリカ地域の一部であるGCC諸国は、世界で最も先進的なICT市

場の一つです。2020年末時点でモバイル加入契約の90%以上がモバイルブロードバンドであり、2026年には95%に達すると予測されています。4Gは、2020年末時点で加入契約の約80%を占める主流技術ですが、予測期間において5Gの採用が加速する中、2026年にはモバイル加入契約の大半が5Gとなり、6,200万件を超える見込みです。これはモバイル加入契約全体の約73%に相当します。これにより、GCCはその時点で5G普及率が2番目に高い地域となる見込みです。

¹ GCC諸国を含む

² モバイルブロードバンドには、HSPA (3G)、LTE (4G)、5G、CDMA2000 EV-DO、TD-SCDMA、Mobile WiMAXの無線アクセス技術が含まれます。



84%

2026年には北米のモバイル加入契約の84%が5Gになると予測されます。

中南米

中南米では、4Gは予測期間中も依然として主要な無線アクセス方式であり、2020年末時点で加入契約全体の59%、2026年には48%を占める見込みです。WCDMA/HSPAは、ユーザーのLTEや5Gへの移行に伴って30%から11%に着実に減少することが予測されています。現在までに、ブラジルとコロンビアで商用5Gサービスが開始されており、アルゼンチン、チリ、メキシコなどの他の国も5Gに投資し、展開しています。2026年末までに5Gはモバイル加入契約全体の34%を占めると予測されます。

インド

インド地域では、4G加入契約数が3%の年平均成長率(CAGR)で増加し、2020年時点の6億8,000万件から2026年には8億3,000万件に達すると予測されています。4Gは2020年も依然として主流技術であり、モバイル加入契約数の61%を占めていました。4Gは引き続き主流技術でありつづき、2026年時点においてもモバイル加入契約数の66%を占めるでしょう。3Gはその時点までに段階的に停止されます。インドでは、2026年末時点でモバイル加入契約数の26%が5Gとなる見込みで、加入契約数は約3億3000万件に達すると予測されます。

スマートフォンの加入契約数は2020年に8億1,000万となり、7%のCAGRで増加して、2026年までに12億件を超える見込みです。2020年にスマートフォンの加入契約はモバイル加入契約全体の72%を占め、2026年には98%以上を占めることが予測されます。これは主にインドでの急速なスマートフォンの普及によるものです。

東南アジアおよびオセアニア

この地域のモバイル加入契約数は現在11億件を超え、インドネシアは純増数で世界の上位5ヶ国に入っています。この地域の5G加入契約は現在、200万をわずかに下回る程度であるものの、今後数年間で大幅に増加し、2026年までに合計で約4億件になると予測されます。

この地域の最も発展している市場では、5Gの大きな成長が続いています。オーストラリアでは、世界初の5G FDD 2.1GHz帯と5G TDD 3.5GHz帯を組み合わせたキャリ

アアグリゲーションのトライアルが行われ、勢いを増しています。

今年の初めには、オーストラリアで、こちらもキャリアアグリゲーション技術を使用して容量強化に貢献する2.3GHz帯と3.5GHz帯のTDDデュアルバンドネットワークが立ち上げられました。シンガポールでは、現在の国内の5G NSA (Non-standalone)の商用サービスを補完するため、幾つかのサイトで5G SA (Standalone)が展開されており、サービス提供開始に備えています。

中欧および東欧

中欧および東欧では、4Gが主要技術であり、現在、加入契約全体の50%を占めています。2026年には依然として4Gが主要技術であり、モバイル加入契約全体の65%を占める見込みです。一方、5G加入契約は33%を占めると予測されます。予測期間中、ユーザーが4Gや5Gに移行するに伴い、WCDMA/HSPAは大幅に減少し続け、加入契約全体の36%から事実上0%にまで減少するでしょう。

これまで、この地域全体で約20の5Gネットワークの商用利用が開始されています。2020年末および2021年初めに、700MHz、3.4~3.8GHz帯などの主要周波数の追加オークションが予定されていますが、一部に遅れが出ました。このため、関連する国の5G展開に短期的な影響があるでしょう。

北東アジア

北東アジアでは、通信事業者が5Gの展開に投資し続けており、5G加入契約のさらなる成長を促しています。通信事業者は現在、全国的なカバレッジの向上に重点を置いています。一方で、利用可能な5Gデバイスモデルの増加による5G加入契約数の急成長は、通信事業者の業績に好影響をもたらしています。

中国や韓国などの主要5G市場の大手通信事業者は、2020年のモバイルサービス収益とARPUに5G加入者が好影響を与えたことを発表しています。

予測期間の終わりには、この地域の5G加入契約は14億件以上となり、5G加入契約の普及率が65%になることが予測されます。

西欧

西欧では、主流となる無線アクセス方式は4Gで、総加入契約数の78%を占めています。2026年には、加入者が5Gに移行するに伴い、4Gは加入契約全体の27%に、WCDMA/HSPAはわずか3%にまで減少する見込みです。地域全体で60以上の通信事業者が5Gサービスを開始しています。2020年中に700MHzおよび3.4~3.8GHz帯の追加の周波数オークションが予定されていましたが、一部に遅れが出ました。このため、この地域の5G展開やカバレッジに短期的な影響があるでしょう。5G加入契約の普及率は2026年末までに69%に達すると予測されています。

北米

北米では、5Gの商用化が急速に進んでいます。同地域では、通信事業者がモバイルブロードバンドと固定無線アクセス(FWA)に焦点を当てた商用5Gサービスをすでに開始しています。三つの周波数帯すべてに対応する5Gスマートフォンの登場により、2021年は5Gのアーリーアダプターにとってすでにエキサイティングな年となっています。また、FWAは、パンデミックによって浮き彫りになった教育やリモートワーク、小規模ビジネスにおける大きなデジタル格差を埋める上で重要な役割を果たすでしょう。2026年までに、この地域における5G加入契約数は3億6,000万件以上に達し、モバイル加入契約の84%を占めることが予測されます。

5Gの商用化が FWAサービスを促進

現在、通信事業者の70%以上が固定無線アクセス (FWA) サービスを提供し、その接続数は2026年末までに1億8,000万件を超え、世界全体のモバイルネットワークデータトラフィックの全体の20%以上を占める見込み

現在、通信事業者の70%以上が固定無線アクセス (FWA) サービスを提供

新型コロナウイルスによるパンデミックはデジタル化を加速し、高速かつ高信頼の家庭用ブロードバンド接続の重要性やニーズを高める結果となりました。多くの場合、このニーズを最も迅速に満たせる方策はFWAです。

2021年4月、エリクソンは世界の通信事業者が提供するFWA小売パッケージプランに関する5回目の調査を行いました。その結果、調査対象の世界の通信事業者311社中224社がFWAサービスを提供していることが分かりました。これは世界平均で72%に相当します。FWAサービスを提供する通信事業者数は過去6ヶ月間で12%ポイント増加し、第1回調査時の2018年12月と比較すると、2倍以上になっています。

~90%

5Gサービスの提供を開始した通信事業者のほぼ90%が、FWAサービス (4Gおよび/または5G) も提供しています。

図 5: FWAサービスを提供する世界の通信事業者の数

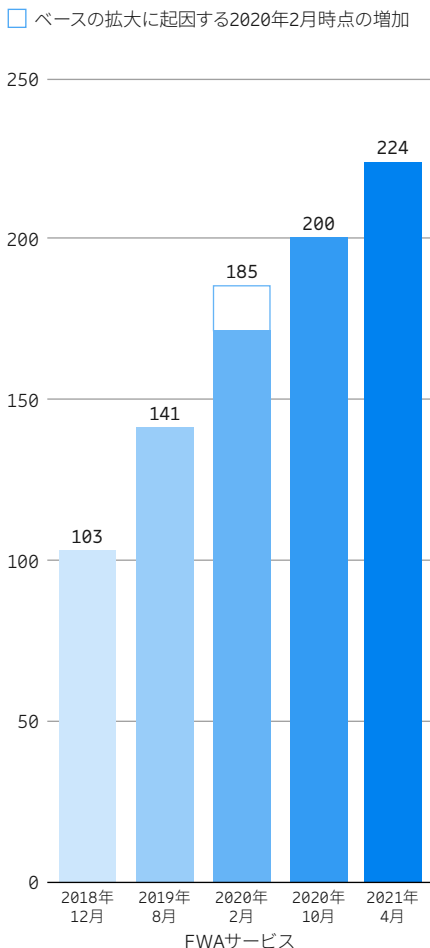


図 6: FWAサービスを提供する通信事業者の地域毎の割合

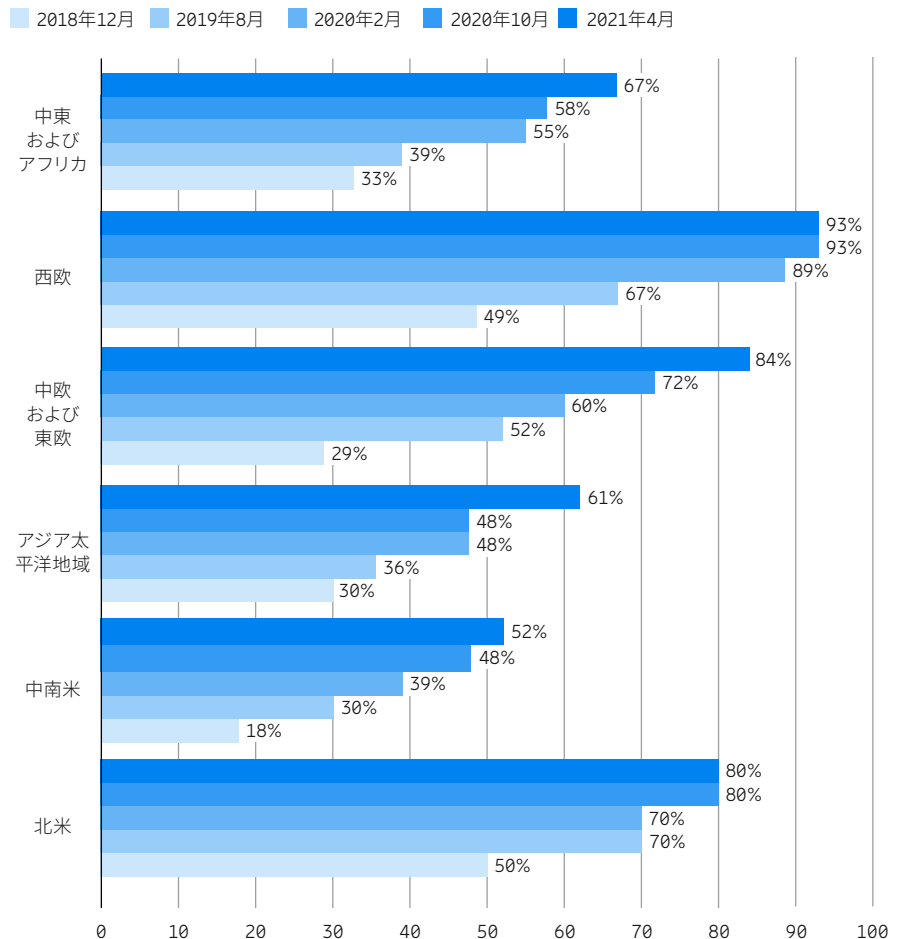
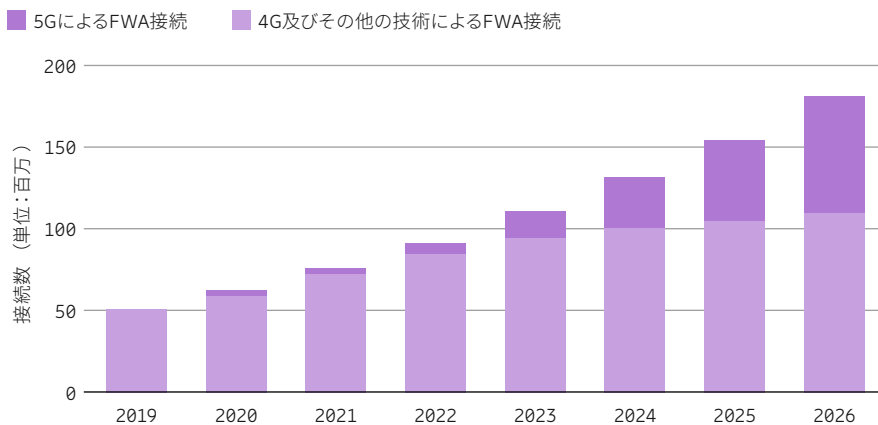
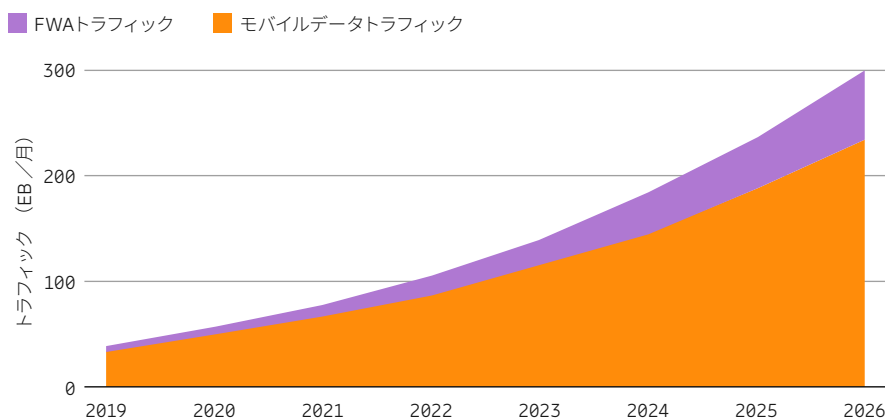


図7: FWA接続数

**FWAの定義**

無線広域モバイルネットワーク対応の宅内機器 (CPE) を介してブロードバンドへの主要アクセス手段を提供する接続形態であり、屋内用 (卓上型、窓据え付け型) や屋外用 (屋根および壁据え付け型) などの様々な形態のCPEが用いられます。ポータブル充電式のWi-Fiルーターやドングルは含まれません。

図8: モバイルデータおよびFWAトラフィック

**全ての地域で通信事業者の半数以上がFWAを提供**

地域別の内訳を見ると、すべての地域の通信事業者の50%以上がFWAを提供しています。過去6か月間で最も大きな伸びを示した地域は、固定ブロードバンドの普及が最も低い地域、つまり中東およびアフリカ、中欧および東欧、アジア太平洋地域と中南米諸国です。これらの地域では4~13%ポイント成長しています。中欧および東欧では、パンデミック発生当初の2020年2月以降、ほぼ25%ポイント近く増加しています。この地域のFWA導入率は現在84%で世界で2番目に高く、最も高い地域は西欧の93%です。

FWA導入の最前線に立つ5G通信事業者

5Gサービスの提供を開始した通信事業者のほぼ90% (87%) が、FWAサービス (4Gおよび/または5G) も提供しており、5Gサービスの提供をまだ開始していない通信事業者 (62%) と比べて大幅に高いFWA導入率となっています。また、ファイバーの普及率が高い国々でも、FWAの普及率が高くなっています。

世界的なFWA加入契約の拡大

パンデミックに起因するニーズの高まりに加え、FWAの成長の背景には三つの主要な要因があります。一つ目は、消費者や企業からのブロードバンド接続への継続的な

需要があることです。二つ目は、DSLやケーブル、ファイバーなどの固定サービスと比較して、FWAがますますコスト効率の良い選択肢になっていることです。より広帯域の周波数割り当てと技術進歩による容量の増加で、提供ギガバイトあたりのコストから見たネットワーク効率が向上しています。さらに、5Gのミリ波における技術革新により、ミリ波スペクトルのレンジが拡大され、数百メートルであったカバレージ半径が7km以上に広がりました。これにより、現在のネットワークインフラのグリッドを使用する新たな機会が生まれ、5Gは大規模なFWA導入にふさわしい将来性のある技術となっています。三つ目は、各国政府がブロードバンド接続をデジタル化への取り組みや経済成長に不可欠なものと考え、様々なプログラムや助成金を通じて促進していることです。

FWA接続に関する情報が限られていることと、FWAの定義が様々であることから、世界のFWA接続数に関する数字にはばらつきがありますが、私たちは2020年末までのFWA接続数は6,000万件を超えていたと推定しています。この数は2026年までに3倍以上に増加し、1億8,000以上に達すると予測されます。

これらのうち、5GのFWA接続数は2026年までに7,000万件を超え、FWA接続総数の約40%を占める見込みです。

FWAデータトラフィックは、2020年末までに全世界のモバイルネットワークデータ

トラフィックの約15%を占めています。2026年には7倍の月あたり64EBに達し、全世界のモバイルネットワークデータトラフィック全体の20%を占めることが予測されます。

ブロードバンドの観点から見たFWA

現在、世界全体の世帯数は約20億です。2020年末までに約12億世帯 (60%) が固定ブロードバンド接続を導入しており、2026年末までには約15億世帯 (約70%) に達する見込みです。FWAは固定ブロードバンド接続全体の12%を占めることとなります。しかし、FWAが2億5,000万の既存DSL接続の代替オプションとして考えられていることも述べておく必要がありますでしょう。

FWAは、地域の人口構成によって1世帯で3~5人に接続を提供するため、FWAが社会に与える影響は、FWAの接続数よりも大きなものといえます。2026年末までにFWAの接続数が1億8,000万件を超えるという予測は、無線ブロードバンド接続にアクセスできる人数が約6億5,000万人に上ることを意味します。

より多くの消費者に届く 5Gデバイス

NR (New Radio) 機能の導入は 勢いを維持

5Gデバイスのエコシステムは急速に拡大し続けており、これまでのセルラー技術の世代の発展を凌駕しています。

5Gの導入は、ネットワークとデバイスの両方の分野でその勢いを増しています。

- 300以上の5Gスマートフォンモデルが発表され商用化
- 半導体の一時的な不足にもかかわらず、2021年の世界のスマートフォン出荷台数は前年比7%増加の見込み
- 5Gデバイスの価格は下がり続けており、中国以外で低周波数帯および中周波数帯対応デバイスが250USD以下、米国のミリ波対応デバイスが400USDの小売価格を実現
- 5G SA は継続的に進化し、以下のような機能を提供する市場が増加
 - 5GネイティブなVoNR (Voice over NR) サービス
 - ネットワークスライシングのサポート
 - NRをアンカーキャリアとするデュアルコネクティビティ (NR-DC) で、SAネットワークでミリ波帯の利用を実現
- NRキャリアアグリゲーション (CA) 機能を備えた初めてのチップセットとデバイスが第2四半期から利用可能
- ミリ波帯向けの新しいデバイスチップセットにより、対応デバイスの価格が2021年中に下がる見込み

半導体不足の影響

2020年、自動車業界は新型コロナウイルスの影響による半導体不足で大きな打撃を受けましたが、デバイス業界はこれまでこの状況をかかなりうまく乗り切ってきました。ほとんどのベンダーが、自社のベースバンドおよび無線周波数 (RF) コンポーネントのシェアを確保できています。つまり、デバイス業界への影響は限定的なものにとどまり、2021年には約5億台の5G対応デバイスが出荷されるであろうと予測されます。大きな地域差はあるものの、これにより世界に出荷されるデバイス全体の35~45%が5G対応となります。

新たな一歩を踏み出すSA

5Gの基本的な機能が導入されたことで、その焦点はSAの展開へと移行してきます。

SAはこれまで中国と米国がリードしていましたが、現在は欧州などの他の市場でもその勢いの兆候が見られます。

チップセットには以前よりSA機能が搭載されていましたが、中国と北米以外でその機能を有効にできるかどうかは事業者のサービス開始計画に依存していました。2021年後半には、ネットワークやデバイスに商用の5GネイティブVoNRサービスが導入され、チップセットレベルでSAモードのミリ波対応が追加されることが予想されます。

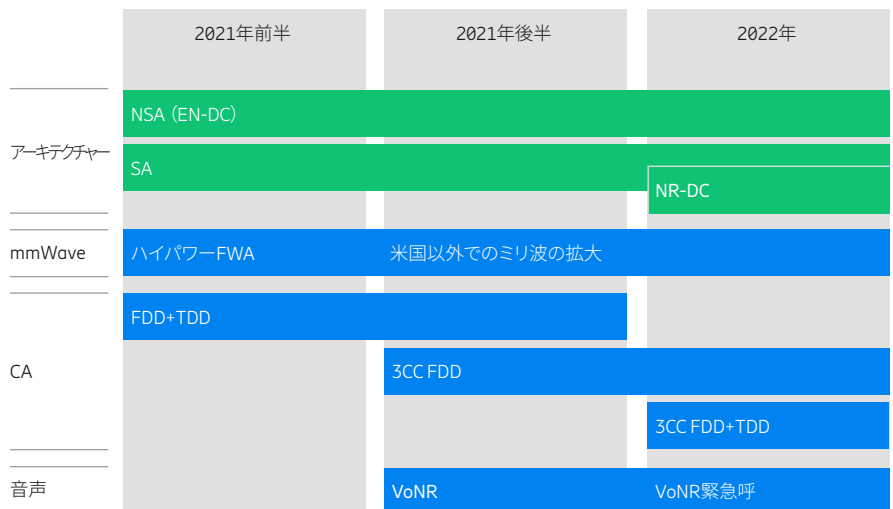
キャリアアグリゲーションの展開

ライブネットワークでのNR CAの大規模展開は想定よりやや遅く、2020年中にこれを開始できた市場はわずかですが、デバイスやネットワークの商用サービス対応が整いつつある中、2021年後半にはNR CA対応デバイスが増えると予想されます。これによりTDDスペクトルのカバレッジが拡大し、ピークデータレートが向上するでしょう。最初に、二つのNRキャリアが組み合わせられ、次に、エコシステムにより2022年中に3キャリアのオプションがサポートされる見込みです。

ミリ波への参入

競争が激化するにつれ、より多くのチップセットブランドがミリ波分野に参入して、ミリ波対応デバイスの価格が下がり続けることが予想されます。現在、少なくとも12のスマートフォンベンダーがミリ波対応機種を提供しています。また、固定無線アクセス (FWA) は、デバイスとネットワーク両方の新機能によってミリ波のカバレッジが一層強化されたことで進化を続けています。

図9: 市場の5G技術への対応状況



注: このグラフはネットワーク機能の可用性とデバイスの対応状況を示しています。

ブロードバンドIoTが 2Gと3Gを追い抜く

2021年中に、ブロードバンドIoT (4G/5G) が2Gと3Gを追い抜き、IoTアプリケーションの最大シェアを持つセグメントとなる見込み

大量IoT技術であるNB-IoTとCat-M¹は世界中でロールアウトされ続けており、その接続数は2021年中に約80%増加して3億3,000万近くに達する見込みです。2026年には、これらの技術がセルラーIoT接続全体の46%を占めると予測されています。

大量IoTは主に広域のユースケースから構成されており、大量で複雑性が低く、低コストで、バッテリー寿命も長くて、比較的スループットの低いデバイスを接続するものです。約120の通信事業者がNB-IoTを立ち上げ、55の事業者がCat-Mを立ち上げました。NB-IoTとCat-Mは互いに補完し合うもので、約40の事業者がその両方を立ち上げています。

Cat-MとNB-IoTは、円滑な進化過程を経て5Gネットワークに対応し、5G導入後も現在と同じ帯域で引き続き展開できます。現在、最も一般的に導入されている大量IoT対応デバイスには、様々なタイプのメーター、センサー、トラッカーなどがありますが、これは、これらデバイスと、対応するアプリケーション(スマートメーター、アセット追跡)がエンドツーエンドで簡単にインテグレーションおよび展開できるためです。

ブロードバンドIoTには大量IoT技術よりも

高いスループット、低遅延、より多大なデータ量のサポートが必要な幅広いユースケースが含まれます。このセグメントでは4Gがすでに数多くのユースケースをサポートしています。2026年末までには、セルラーIoT接続のうち44%がブロードバンドIoTとなり、その大半が4G接続となるでしょう。5G New Radio (NR)を新旧の周波数に導入することにより、データスループットは当セグメントで飛躍的に増加するでしょう。

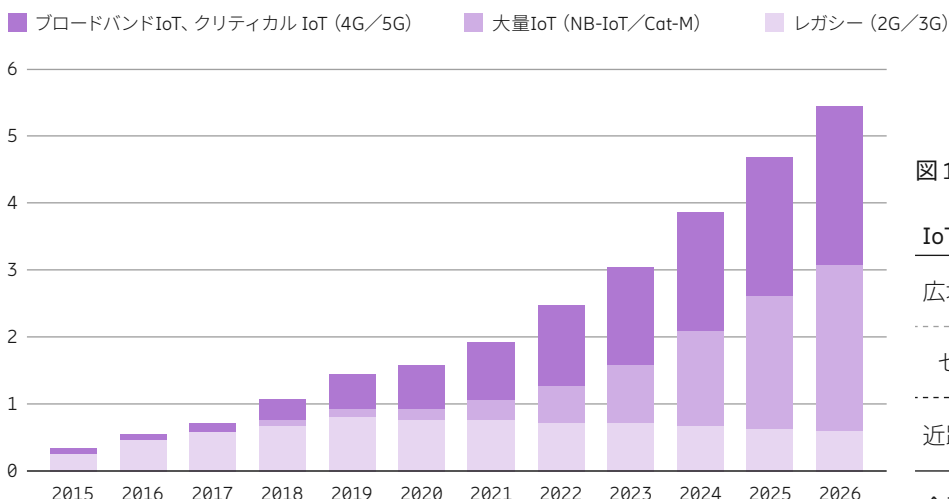
クリティカルIoTは、特定の遅延目標を保証するデータ配信が必要な広域およびローカルエリアのユースケースにおける、遅延要件の厳しい通信に使われるものです。クリティカルIoTは5G NRによる高度な遅延要件の厳しい通信能力を備えた5Gネットワークで導入されるでしょう。これにより様々な分野にわたる消費者、企業および公共団体などに幅広い遅延要件の厳しいサービスが提供可能になります。代表的なユースケースとしてクラウドベースのAR/VR、マシンや車両の遠隔制御、クラウド・ロボティクス、高度なクラウドゲーミング、マシンやプロセスのリアルタイム調整・制御などがあります。遅延要件の厳しい通信をサポートする最初の商用デバイスは2022年に展開されると予測されます。

中国で非アクティブなセルラーIoT接続が除外されたことで、2020年のセルラーIoT接続数の予測を17億から16億に修正しました。それに伴い、全体的な予測も調整しました。

IoT デバイス

5G機能を活用した最初のIoTデバイスは産業用ルーターと車両でした。2020年にリリースされたIoTデバイスは、5G NSA アーキテクチャーのみをサポートしていましたが、2021年前半には5G SA機能を搭載した最初のIoTデバイスが登場しました。ベンダー数社よりすでに5G SA対応モジュールが提供されており、さらに多くのモジュールベンダーが加わってIoTエコシステムが強化されると予想されます。2021年後半には、カメラ、VR用ヘッドセット、無人航空機(UAV)などのより多くのIoTデバイスタイプに5Gが拡大されるでしょう。これらのユースケースの一部は、2022年中に遅延要件の厳しい通信機能によって進化すると予想されます。

図 10: セグメント別・技術別のセルラー IoT接続 (単位: 10 億)



¹ Cat-MにはCat-M1とCat-M2の両方が含まれます。現在サポートされているのはCat-M1のみです。

² これらの数値は、広域IoTの数値にも含まれています。

図 11: IoT接続数 (単位: 10 億)

IoT	2020	2026	CAGR
広域IoT	1.7	5.8	23%
セルラーIoT ²	1.6	5.4	23%
近距離IoT	10.7	20.6	12%
合計	12.4	26.4	13%

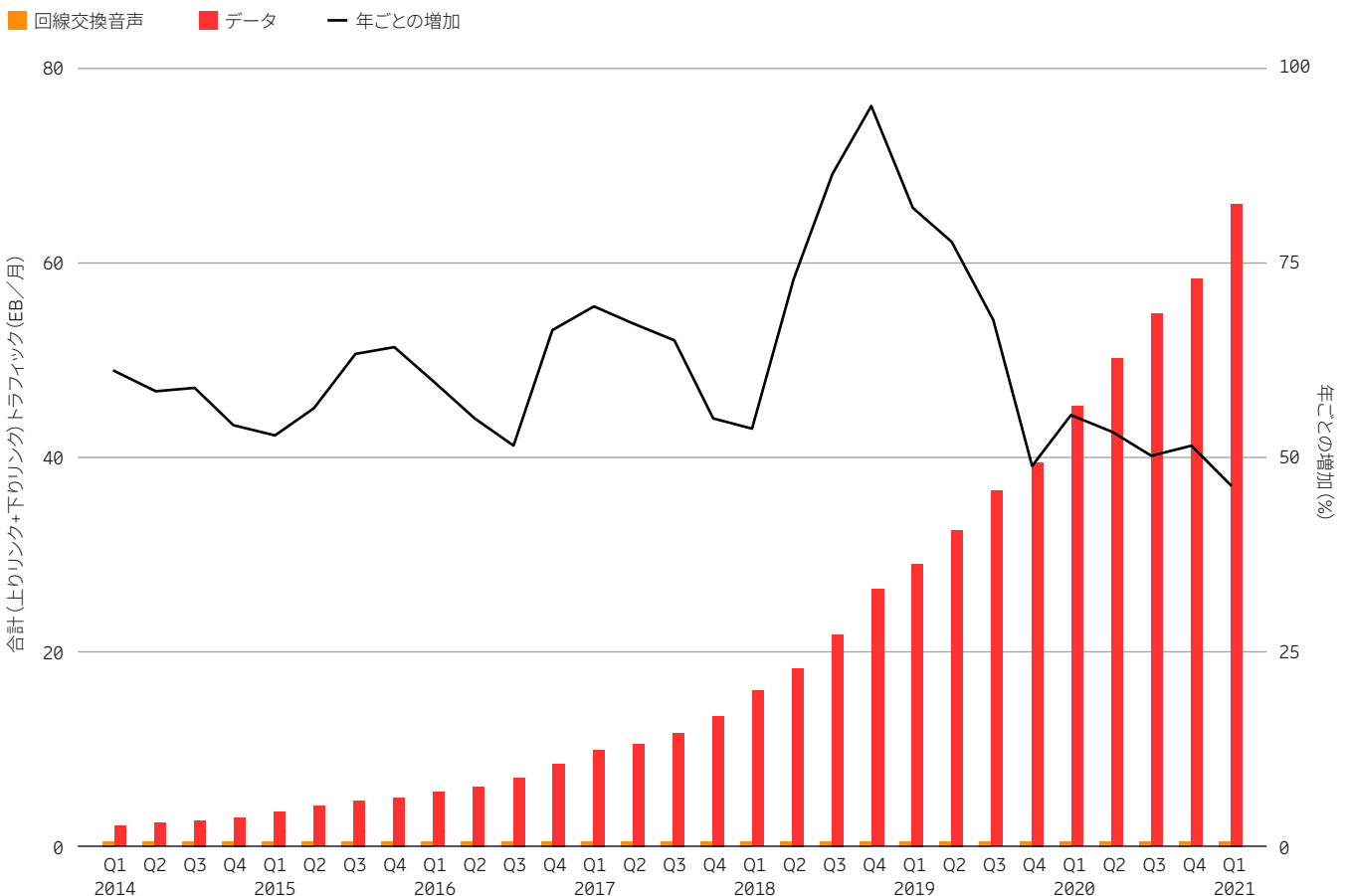
モバイルネットワークトラフィックは引き続き着実に増加

モバイルネットワークデータトラフィックは、2020年第1四半期から2021年第1四半期で46%増加

2020年の過去の四半期と同様、前年比でのトラフィック成長率は、2018年および2019年前半の驚異的な伸びと比較してより通常のレベルにとどまり、約46%という結果でした。前四半期比での成長率は13%で、2021年第1四半期の月間モバイルネットワークデータトラフィックの合計は66EBを超えました。

長期的に見ると、トラフィック¹の増加は、スマートフォンの加入契約数の増加と加入契約あたりの平均データ量の増加の両方からもたらされており、主に動画コンテンツの視聴の増加によって促進されています。図12は、2014年第1四半期から2021年第1四半期までの全世界における月ごとのネットワークデータおよび音声トラフィックと、モバイルネットワークデータトラフィックの年ごとの増加率の変化を示したものです。

図 12: 全世界のモバイルネットワークデータトラフィックと前年比増加率 (EB/月)



注: モバイルネットワークデータトラフィックには、固定無線アクセス (FWA) サービスで生成されたトラフィックも含まれます。

¹トラフィックにはDVB-H、Wi-Fi、モバイルWiMAXは含まれていません。VoIPは含まれます。

スマートフォンと動画がモバイルデータトラフィックの増加を牽引

2026年には、全世界のモバイルデータトラフィックの半分以上を5Gネットワークで搬送

世界の総モバイルデータトラフィック（FWAで生成されたトラフィックを除く）の合計は、2020年末に月あたり49EBに達し、2026年には5倍近くに増加して月あたり237EBに達する見込みです。FWAトラフィックを含めたモバイルネットワークトラフィックは、昨年末時点で月あたり合計58EBに達しており、2026年にはモバイルネットワークトラフィックの合計が月あたり300EBを超えると予測されます。

現在、スマートフォン1台あたりの世界の月間平均利用量は10GBを超えており、2026年末までに35GBに達する見込みです。

この成長の中心にあるのは引き続きモバイルデータトラフィックの大半を生成するスマートフォンです。現在その割合は約95%を占めていますが、予測期間の間増加し続けると見込まれます。

早期に5Gを立ち上げている人口の多い市場が予測期間を通してトラフィックの成長をリードするでしょう。2026年までには、総モバイルデータトラフィックの53%を5Gネットワークが搬送することになると予測されます。

動画トラフィックは現在モバイルデータトラフィックの66%を占めていますが、2026年には77%に成長すると予測されています。

地域により大きく異なるトラフィック成長

トラフィック成長は年によって、また地域市場特性によって国々により大きく異なります。東南アジア、オセアニア、インドに対しては予測を引き上げました。インドは、2020年末時点でのスマートフォンあたりの月間使用量が約15GBで、引き続き世界最多の地域の一つとなっています。

世界的に見れば、スマートフォンあたりのモバイルデータトラフィックの成長は三つの主要要因に分けられます。

- ・デバイス能力の改善
- ・データ量の多いコンテンツの増加
- ・展開されたネットワークの継続的性能向上に起因するデータ消費量のより一層の増大

インドでは2026年にスマートフォンの加入件数が12億を超える

インドでは新型コロナウイルスにより多くの消費者がデジタル決済、遠隔医療相談、オンライン小売、ビデオ会議などのデジタルサービスに依存するようになり、そのような企業や個人のニーズを満たすべくデジタル化が加速しています。

10GB

現在、世界のスマートフォンあたりの平均利用量は10GBを超えています。

そのため、在宅時のスマートフォン使用量が増え、スマートフォンあたりの平均月間モバイルデータ利用量は引き続き着実に成長しています。繋がりを続けるため、そして在宅ワークを行うため人々はモバイルネットワークへの依存が高くなり、スマートフォンユーザーあたりの平均トラフィックは2019年の月間13GBから、2020年には月間14.6GBに増加しました。インド地域のスマートフォンあたりの平均トラフィックは世界第2位で、2026年には約40GBに達する見込みです。事業者による競争力のある価格設定のサブスクリプションパッケージ、手ごろな価格のスマートフォン、人々のオンライン時間の増加、これらすべてがこの地域の月間利用量の増加に貢献しています。

インドの総モバイルデータトラフィック量は、2020年に月あたり6.9EBから9.5EBに増加しており、2026年には4倍以上増加して月あたり41EBに達する見込みです。これには二つの要因があります。つまり、ルーラルエリアでの成長を含むスマートフォンユーザーの急増、およびスマートフォン1台あたりの平均利用量の増加です。インドでは予測期間中、さらに4億3,000万のスマートフォン加入の増加が見込まれており、これにより2026年には総数が12億を超える数字となるでしょう。

図 13: 世界のモバイルデータトラフィック (EB/月)

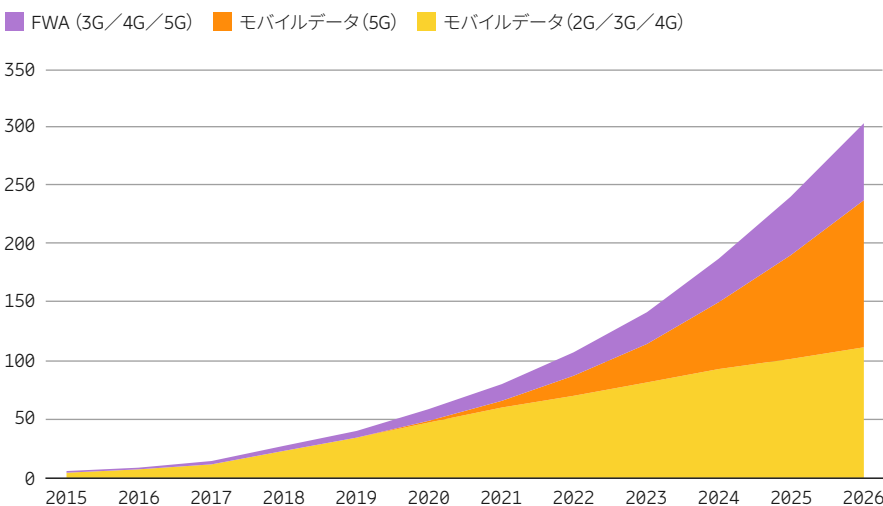
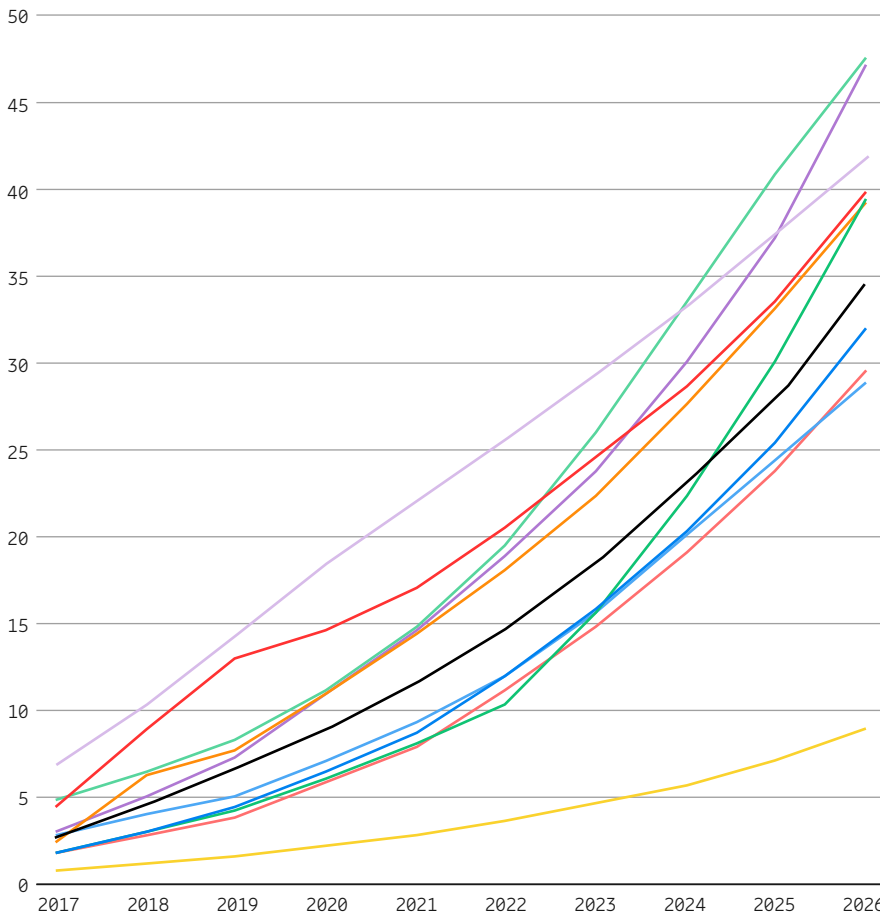


図14: スマートフォン1台あたりのモバイルデータトラフィック(GB/月)



地域	2020	2026	CAGR 2020 ~2026
北米	11.1	48	27%
西欧	11	47	28%
湾岸協力会議 (GCC)	18.4	42	15%
インド	14.6	40	18%
東南アジア およびオセアニア	6.2	39	36%
北東アジア	10.9	39	24%
世界平均	9	35	25%
中東および 北アフリカ	6.5	32	30%
中南米	5.9	30	31%
中欧・東欧	7.2	29	26%
サハラ以南のアフリカ	2.2	9	26%

北米での将来の月間GB成長は5Gサービスの採用に依存

北米の月平均モバイルデータ利用量は2026年にはスマートフォン1台あたり月間48GBに達すると見込まれます。スマートフォンに精通した消費者ベースと豊富な動画アプリケーションが大型のデータプランと組み合わせられることで、トラフィックの増加が促進されるでしょう。スマートフォン1台あたりのトラフィック量は短期的に大幅に増加すると予想されますが、ARやVRを活用した没入感のある消費者サービスを導入することで、長期的にもより一層の高い伸びをみせると予測されます。2026年には北米の5G加入の普及率は全地域で最高の84%となる見通しです。

西欧のトラフィック成長は、北米で予想されるものと同様のパターンを辿るでしょう。市場状況がさらに細分化されると予想されるため、5Gの大規模市場の採用はやや遅れるかも知れませんが、2026年にはスマートフォン1台あたりのトラフィック利用量は月間47GBになると見込まれ、これはこの時期の北米の数字に近いものになります。

北東アジアの月間モバイルデータ利用量における5G成長は今後も継続

動画視聴、リモートワーク、モバイルゲームや、ARやVRなどの新しいタイプのストリーミングがこの地域のモバイルデータ利用量の成長を促しています。

スマートフォン1台あたりの月間利用量は2020年が10.9GBだったのに対して2021年末には14.5GBに達すると予測されます。この地域は5Gのリーダー的市場であり依然として高成長を続けると期待され、スマートフォン1台あたりのデータトラフィックは2026年には月間39GBに達する見込みです。

中東および北アフリカ地域は予測期間中で2番目に高い成長率が期待されており、2026年の総モバイルデータトラフィックは2020年のほぼ7倍になると見込んでいます。スマートフォン1台あたりの平均データ量は2026年には約32GBに達する見込みです。湾岸協力会議(GCC)諸国に着目すると、スマートフォン1台あたりのデータトラフィックは2020年末の時点で世界最高となり月間18GBを超えています。予測期間の終わりまでには月間平均42GBに達する見込みです。

サハラ以南のアフリカも非常に高い成長率を示していますが、ベースが比較的小規模で、現在の月間総モバイルデータトラフィック0.87EBが2026年には5.9EBに増える見込まれます。スマートフォン1台あたりの平均トラフィック量は予測期間中に月間9GBに達する見込みです。

東南アジアおよびオセアニア地域では、スマートフォン1台あたりのデータトラフィックの成長は世界で最も速く、2026年には月間39GB、年間平均成長率(CAGR)36%に達する見込みです。総モバ

イルデータトラフィックもそれに応じて成長し、4G加入の継続的な成長と5Gが既に導入されている市場では5Gの利用拡大によって、CAGRにして42%、月間39GBに達する見込みです。

中南米は、地域レベルでいうと予測期間中は東南アジアと同様のトレンドを辿るでしょうが、個々の国レベルで見ると、スマートフォン1台あたりのトラフィックの成長率には大きな差があります。トラフィックの成長は4Gのカバレッジ拡大および継続的な採用(そして最終的には5G)によってもたらされるものであり、スマートフォンへの加入とスマートフォン1台あたりの平均データ利用量の増加に密接に関係しています。スマートフォン1台あたりのデータトラフィックは2026年には月間30GBに達する見込まれます。

中欧・東欧でも成長は4Gおよび5Gの採用により加速されます。予測期間を通して、スマートフォン1台あたりの月間トラフィック量は7.2Gから29GBに増加すると予測しています。

なお、各地域で地域平均よりも月間消費量が大幅に多い国や通信事業者があるため、地域内で月間データ消費量に大きなばらつきがあることを念頭に置く必要があります。

5Gネットワークカバレッジは4Gよりも急速に拡大

5Gは史上最も速く展開が進む移動通信技術であり、2026年には5Gが世界の人口の約60%をカバーする見通し

世界全体の4G人口カバレッジは2020年末時点で80%を超え、2026年には約95%に達すると予測されています。4Gネットワークも進化を続けており、ネットワーク容量が増え、データスピードが速くなっています。現在、809の商用4Gネットワークが展開されています。このうち328件がLTE-Advancedにアップグレードされ、42のギガビットLTEネットワークが商用運用を開始しています。

2020年末の時点で5Gは10億人以上をカバーする見込み

2020年末の予測人口カバレッジは約15%、これは10億人以上に相当します。5Gネットワークの構築は加速し続けており、これまでに世界全体で160を超える商用運用が開始されています。

5Gカバレッジの構築は大きく三つの展開方法に分けられます：

1. 6GHz以下(サブ6)の新規周波数帯域
2. ミリ波周波数帯域
3. 既存の4G帯域

通信事業者の5G展開については国によって大きな差があります。アメリカでは、これら三つのカテゴリーがすべて使われており、人口の大きな部分を5Gでカバーしています。ヨーロッパでは、たとえばドイツやスペインなどが既存の帯域で5Gを展開し、かなりの規模のカバレッジを形成しています。ミッドバンドという名称でよく呼ばれている6GHz以下の新規周波数帯域が多く市場で利用可能であり、ネットワークカバレッジ、容量、および速度の適切な組み合わせを提供しています。中国は、通信事業者がミッドバンドに相当な数の基地局を展開したひとつの例といえます。

ネットワークの終了は世界全体のネットワークカバレッジに悪影響を及ぼさない

通信事業者は、新たな世代の技術を使用してカバレッジと容量を増強する選択肢を絶えず探し求めています。その選択肢の一つがレガシー技術、すなわち2Gや3Gの「終了」または利用停止であり、これらはしばしば4Gや5Gの大規模なネットワークカバレッジの形成に理想的なローバンドやミッドバンドに展開されています。

ネットワークの利用停止を後押しするもうひとつの要因は、ネットワークの複雑化や運用コストの削減です。ただし、デバイスのフリート機能やIoT組み込みシステムのような考慮すべき点もいくつかあります。さらに制度上の要件もあります。例えば、2018年3月30日時点のEUの法令では、自動車には112番号による緊急通話機能を装備する必要があります。これらの多くは2Gと3Gでのみ実現されるものです。利用停止の計画や動向は地域や国によって大きく異なり、先進国では利用停止の動きは既に進行中です。それを可能にしているのが、デバイスの構成比率です。例えば、北米では2Gや3G加入のシェアはわずか7%ですが、一方サハラ以南のアフリカにおける現在のシェアは70~80%です。

ローバンドやミッドバンドのカバレッジと容量の獲得は、例えば、スペクトルシェアリングを利用するなど、利用停止なし、もしくは段階的な利用停止によって実現されるケースもあります。旧来技術の利用が停止されても、当該周波数帯を新しい3GPP技術が利用するため、ネットワークカバレッジに悪影響が生じることはありません。

図15: 技術¹ごとの世界人口カバレッジ

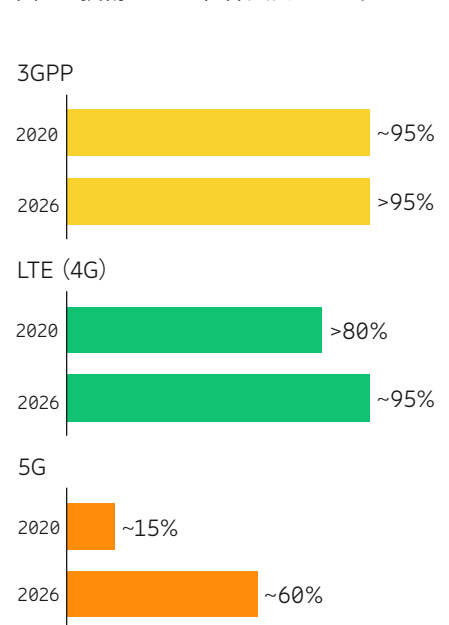
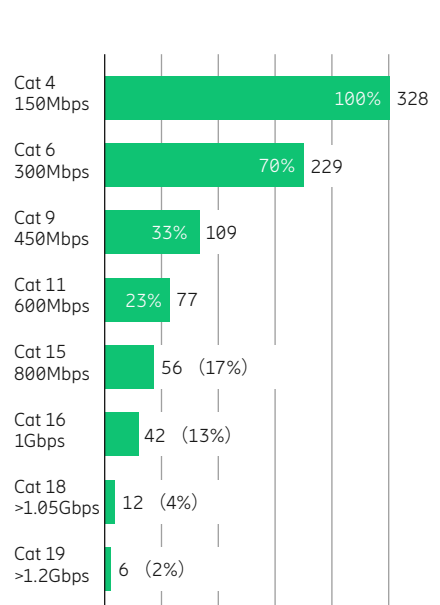


図16: 多様な種類のデバイスをサポートするLTE-Advancedネットワークの割合と数



出典: エリクソンおよびGSA (2021年5月)

¹各数値は各技術のカバレッジを示しています。技術を利用できるかどうかはデバイスを手に入れるか加入が可能かなどによって左右されます。

湾岸協力会議 (GCC) 諸国の詳細な状況

湾岸協力会議 (GCC) 諸国の経済を新たな産業分野に多様化させる イニシアチブにより、技術革新と5G利用拡大予測が加速

中東および北アフリカ地域の主要な数値からGCC諸国の統計を分離するのは、今回のモビリティレポートが初めてです。統計と予測には、モバイル加入契約とトラフィックに関する様々な数値が含まれています。

GCCの通信事業者は、世界で最初に5Gの商用運用を開始した事業者の一部であり、2019年には加盟国の大部分で商用サービスが利用可能となりました。Ookla®のSpeedtest®の結果では、この地域全体の5Gネットワークにおける下りリンクスループットの中央値は4Gの6~10倍優れていました¹。2020年末時点でのスマートフォン普及率は82%で、北東アジアに次いで2位となり、北米に匹敵しています。スマートフォン1台あたりの月間データトラフィックは2020年末には18GBを超え、世界最高の水準に達しています²。

GCCの5Gモバイル加入契約数は2026年末までに合計6200万件に達すると予測されます。これはその時点での中東湾岸地域のすべてのモバイル加入契約のおよそ4分の3を占めます。

通信事業者は、競争の激しい市場で主に5Gネットワークの性能で差別化しようとしています。そのため、GCC諸国は2026年末までに5G加入契約の普及率で北米に次いで2位になると見込まれています。ただし、この地域における5Gの重要性は消費者の加入契約数に留まりません。5Gがもたらす新たな能力により、通信事業者は企業市場向けに革新的なアプリケーション、サービスや、収益源を開拓することができます。これらの新しい5Gアプリケーションやサービスは、様々な産業分野に多大な影響を及ぼすと予測されます。

GCC諸国の経済は原油と関連サービスに大きく依存してきました。しかし、原油価格の不安定さと石油最盛期を過ぎたという認識から、近年では政府は経済を多様化させて原油への依存度を引き下げることに力

を注いでいます。

その結果、技術革新を促進するために政府がデジタルイニシアチブの普及を後押ししています。

- サウジアラビア王国 (KSA) は、最も強力な地域経済の一つであり、Vision 2030 イニシアチブの一環として、注目に値する多数のデジタルイニシアチブを推進しています。主要なテーマとして、活気ある社会、繁栄する経済、野心的な国家の実現が掲げられています。
- アラブ首長国連邦 (UAE) も同様な計画を発表しました。Smart Dubai Visionは、都市を完全にペーパーレスにしてすべての政府取引を100%デジタル化することを目指しています。
- カタールが目指しているのは、自らが先進国となり、開発を持続させて国民に高い生活水準を提供することです。この目標達成のためのVision 2030 では、人間、社会、環境、経済発展の四つの柱に重点を置いています。
- オマーンが掲げるOman Digital 2030戦略は、個人と政府の双方が技術とデジタルトランスフォーメーション、特にAIの利用に取り組むというものです。
- バーレーンでは、AI、バイオ技術、材料工学、ロボティクスなどの新興技術を、経済成長を促す上で特に将来有望な分野に特定し、これらの技術によりイノベーションを推進する効果的なエコシステムの形成に力を注いでいます。
- クウェートの国家開発計画 (2035 Vision) は、デジタルインフラを基盤とする多様化した持続可能な経済の構築に重点を置くというものです。その目標は、金融と貿易の両面でクウェートを地域と世界のハブにすることです。

このようなイニシアチブが奨励されるビジネス環境で、通信事業者は最新の技術に追随し、技術に精通した消費者の要求を満たすことが推奨されます。これにより通信事

73%

2026年末までに、5GはGCC諸国のモバイル加入契約総数のおよそ4分の3を占める見通しです。

18GB

2020年末時点でこの地域のスマートフォン1台あたりの月間平均データトラフィック量は18GBを超え、世界最高の水準に達しました。

業者には、エンターテインメント、ライフスタイル、観光、教育、および職場に関する収益化の機会がもたらされます。

デジタルトランスフォーメーションへの熱意は、今後3年間にGCC諸国が主催する注目度の高いスポーツや文化イベントの数にも表れています。この中には、UAEで2021年10月から2022年3月まで開催されるExpo 2020と、カタールで2022年に開催される国際サッカートーナメントが含まれます。

¹ エリクソンが2021年1月から4月まで行ったOokla®のSpeedtest Intelligence®のデータ分析によるものです。

² 地域における月間平均データ使用量は、国および通信事業者により変動します。

図17: 湾岸協力会議(GCC) 諸国

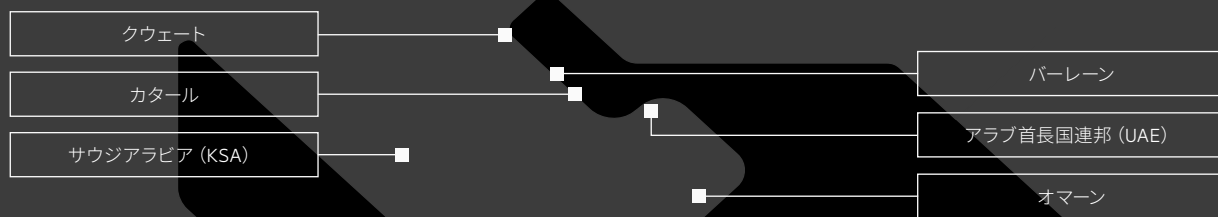


図18: GCCにおける各技術のモバイル加入契約数 (単位:100万)

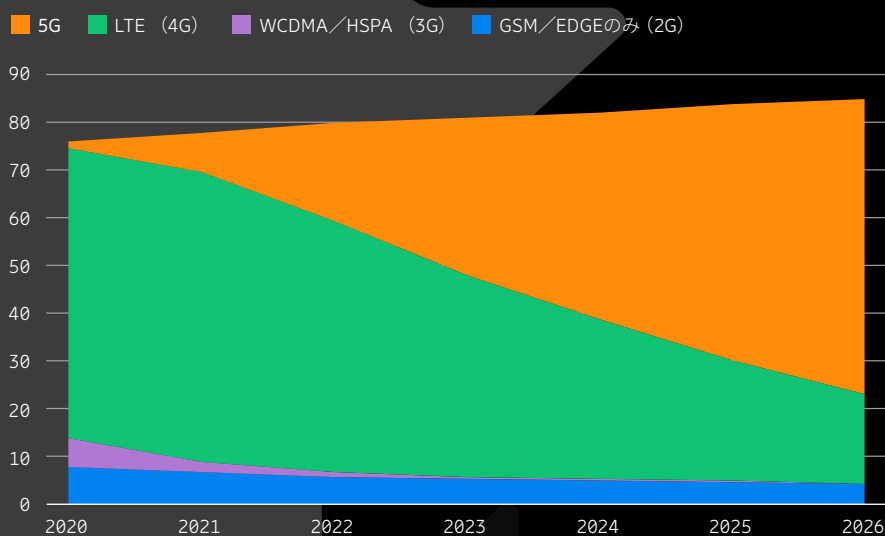
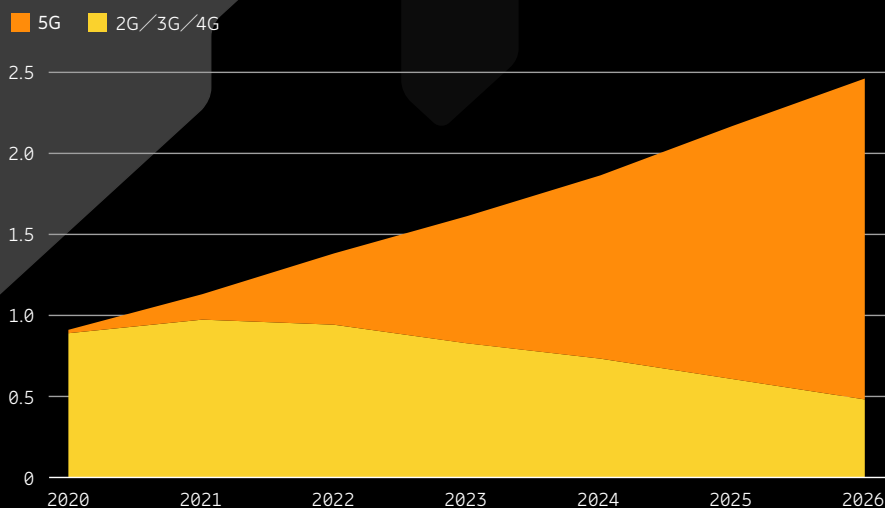


図19: GCCにおけるモバイルデータトラフィック量 (月当りのEB)



80%
 2026年には、GCC諸国の総モバイルデータトラフィック量の80%は、5Gネットワークで搬送されると予測されます。

T-Mobileがマルチバンドの5G帯域戦略を追求

ロー、ミッド、ハイの3タイプの周波数帯すべてに5Gネットワークを展開することにより、通信事業者はより広範なユースケースの可能性を引き出すことが可能

5Gネットワークのアーキテクチャーと技術の選択は、ユーザーが求める適切なコネクティビティを提供し、同時に無線帯域の資産を最大限に利用することに主眼を置いています。世界中の大部分の通信事業者は、初期の5Gユースケースおよび展開シナリオにはカバレッジと容量のバランスがとれていることから、最初はミッドバンド帯域を使用して5Gネットワークの商用運用を開始しています。通信事業者のいくつかは、すでに複数の周波数帯で5Gネットワークの展開を進めています。

5Gサービスで利用する様々な周波数帯の特性と役割を理解するのは、消費者や企業にとって困難です。これは一つには、既存の大部分の4Gサービスは、屋外と屋内のどちらのシナリオでもより少ない周波数帯でうまく機能しているためです。一方、5G技術は様々なネットワーク性能要件の広範なサービスを提供するため、4Gよりも多くの周波数帯を使用します。

最終的には、世界各地の5Gネットワークは三つの主要な周波数帯のすべてを利用することになりますが、一部の通信事業者は既に先行しています。この記事では、現在三つの帯域タイプのすべてでネットワークを展開している米国のT-Mobileの5G展開戦略について詳しく述べていきます。5G帯域の詳細については21ページをご覧ください。

T-Mobileの5G展開戦略

T-Mobileは、2019年末に米国初の国内5Gネットワークの商用運用を開始するため、専用のローバンド帯域(600MHz)をカバレッジのベースレイヤーとして5Gを展開しました。目標は2021年末までに3億人、すなわち米国の人口の90%をカバーし、2022年には人口の97%をカバーすることです。

T-Mobileは、Sprintとの合併により専用のミッドバンド帯域(2.5GHz)を保有しており、2020年中頃からネットワーク展開を開始して現在も進行中です。ミッドバンド帯域はローバンドよりも容量と速度が大きく、またハイバンド帯域よりも到達範囲が広く浸透力が優れています。この帯域での人口カバレッジの展開は、2021年前半には1億4000万(米国の人口の40%以上)に達し、今年中に2億に達する予定です。これは米国におけるこれまで最大のミッドバンド帯域での展開であり、2023年末までに3億人(人口の90%)到達を目標に掲げています。さらに2.5GHzレイヤを補足するため、取得した都市部で有用なC-バンド帯域を使用して展開を進めます。

既存の4Gサービス用のミッドバンド帯域に近接して5Gのミッドバンド帯域を使用することで、以下の特徴を備えたネットワークを実現します。

- 都市中心部および郊外を含む大都市エリア全体に及ぶカバレッジと容量
- 既存の4Gマクロ無線サイトを利用したネットワーク
- 各サイトで、使用可能な全帯域をサポートするようにソフトウェア構成可能なMassive MIMO無線
- ミッドバンドの下りリンクをローバンド帯域の上りリンクと帯域間キャリアアグリゲーションすることでミッドバンドサービスのカバレッジと容量が増加
- ローバンドと比較してミッドバンドでサービス性能は大幅に増加
- 強力な無線による大幅な容量の増加をサポートするバックホール容量の増強



この記事は、様々なユースケースの可能性を引き出すために複数の周波数帯で全国的な5Gネットワークを展開している米国の大手通信事業者であるT-Mobileと共同で執筆されたものです。

T-Mobile USの5G展開戦略の第3の部分はハイバンド帯域(ミリ波)で、2019年中頃から大都市エリアの一部で展開を開始しました。

ローバンドとミッドバンド帯域を組み合わせることで、Umlautが実施した走行試験の測定で示されているように4G/5Gの平均下りリンク速度が大幅に向上しました(図20参照)。

ネットワーク品質と差別化サービス

すべての周波数帯へのT-Mobileの5Gネットワーク展開により、利用可能なネットワーク容量は2019年の容量と比較して、今後数年間で14倍に増大すると予測されます。T-Mobileのマルチレイヤー5Gネットワークは、広域のネットワークカバレッジとモビリティを必要とする各種サービスやアプリケーションに適合し、顧客が複数サービスを採用することでサービスの収益増加が可能となります。

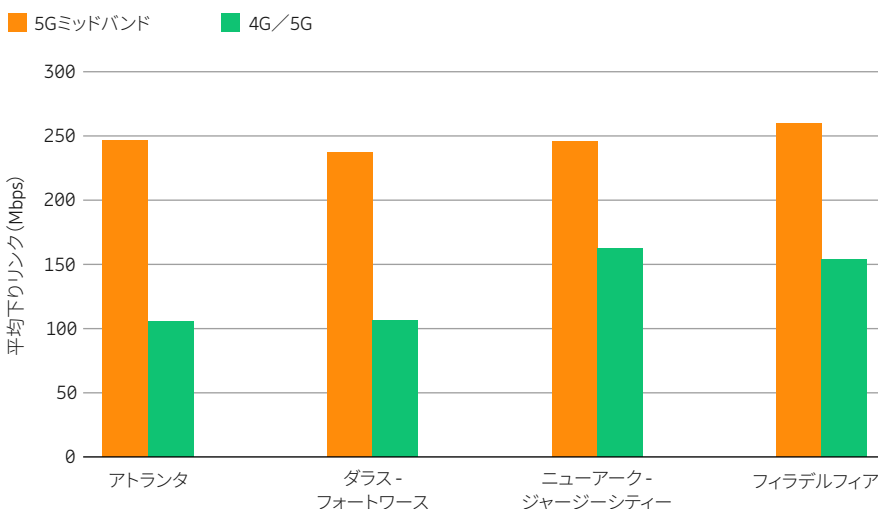
高度化モバイルブロードバンド(eMBB)は、豊かなメディア体験に必要なより高いピークレートと低遅延を提供します。エンターテインメント分野におけるビデオ、音楽、ゲームのストリーミングへの構造的転換に、通信事業者が積極的に取り組もうとしています。2024年までに目標としているネットワーク容量の増加は、より高品質のビデオサービス、AR/VR、クラウドゲーミングや、ネットワークに接続された消費者ウェアラブルの高まる要求を実現する基盤となります。

固定無線アクセス(FWA)の展開に必要な投資の限定的追加に比べると、ファイバーベースのビジネスケースは魅力が乏しいため、FWAは魅力的な提案となります。T-Mobileは、銅線、同軸ケーブルや、非セルラー無線ネットワーク技術を使用する旧世代に置き換わる手段として、5GのFWAを使用するホームブロードバンドをターゲットにしています。FWAとモバイルブロードバンドのデュアルプレイブロードバンドは、一般家庭ユーザーにとって魅力的で、プライベートとリモートワークの両方のニーズに対応しています。経済協力開発機構(OECD)によれば、米国の一般家庭のブロードバンド接続の16.5%は2020年中頃までファイバーベースでした。4Gおよび5Gベースのホームブロードバンドの提供は、教育と業務用のデジタルインクルージョンを実現する確実で迅速な方法です。T-Mobileは、2025年までに700~800万の顧客へのサービス提供を目指しています。

パンデミックは、主要または予備のアクセスにFWAを使用して事業拠点を接続することにより、中小零細企業(SMB)にサービスを提供する5Gの可能性も示しました。米国では大型のオフィスビルとのファイバー接続は積極的に行われていますが、小規模なオフィスビルでファイバーにより接続されているものは、2020年末の時点で12.8%に留まっています。5Gは、都市部、郊外、およびルーラルエリアのSMBを接続する重要な役割を担っています。

米国の比較的小さな町やルーラルエリアは、1億3000万人が暮らす5000万程度の家庭で構成されており、消費者市場の最大の地域区分を形成しています。T-Mobileは、この区分をターゲットにして固定無線とモバイルブロードバンドを提供し、対照となる市場を拡張させたいと考えています。

図20: 5Gミッドバンドと4G/5Gの顧客エクスペリエンス、平均下りリンクの比較



出典: Umlaut (2021年2月)
備考: T-Mobileネットワークの走行試験



最終的には、世界各地の5Gネットワークは三つの主要な周波数帯のすべてを利用することになります。

ミッドバンド性能を保証するためのネットワークアーキテクチャーに関する考察

5Gネットワークのアーキテクチャーと技術の選択では、ユーザーが求める適切なコネクティビティを提供し、同時に無線帯域資産を最大限に利用することが重要です。

- T-Mobileの戦略は、三つの帯域タイプすべてで5Gサービスに専用帯域を使用し、4Gサービスは既存の帯域で維持するというものです。
- T-Mobileは、ローバンドの信号しか届かないエリアに5Gカバレッジを拡張するためローバンド帯域に5Gを導入する際、5Gスタンドアローン (SA) アーキテクチャーの採用を決定しました。この決定は、スタート時からターゲットのアーキテクチャーでのローバンドとミッドバンドのサービスの統合を保証するためのもので、5G SAは、非スタンドアローン (NSA) のアーキテクチャーと比べて、単純化されたアーキテクチャー、エンドユーザー体験を改善する機会の提供、低遅延要件を持つ新しいユースケースを実現するという多大な恩恵をもたらします。さらに5G SAは、4Gカバレッジに依存することなく5Gを展開する唯一の方法でもあります。

- Massive MIMO 64x64をミッドバンド帯域 (2.5GHz) に展開することで、各セクターの性能が最大限に高まり、容量の一層の増加、セルエッジの拡張、ユーザーエクスペリエンスの向上が実現します。
- 帯域間キャリアアグリゲーションの導入により、T-Mobileはミッドバンド帯域の大容量下りリンクをローバンドの上りリンクと結合することで、郊外、ルーラルエリアのミッドバンドカバレッジを最大30%拡張できます。この組合せは、複数の周波数帯を一緒に使用することで追加の5G性能値がいかに引き出されるかを示す多数の事例の一つです。さらにこの方法を適用して、5GハイバンドをローバンドFDDと束ねて、ハイバンドセルのカバレッジエリアを3倍以上増加させることもできます。また、キャリアアグリゲーションは都市部における屋内性能も向上させます。
- 音声サービスはモバイルネットワークの中心として存続します。T-MobileはVoice over NR (VoNR) を導入することで、ユーザーがカバレッジ内にいる間は5G領域に留まり、5Gカバレッジの外部に出た場合にのみ4Gにフォールバックすることができます。

三つの帯域すべてに5Gを展開するというT-Mobileの戦略は、様々な5Gユースケースの可能性を引き出すターゲットアーキテクチャーをいかに構築すべきか、ネットワーク性能を向上させるためにいかに様々な5G技術を組み合わせるべきかを示した事例です。

最終的には、世界中の大部分の5Gネットワークが、ローバンド、ミッドバンド、ハイバンド帯域を利用して様々な地理的エリアに必要なネットワーク性能を提供し、消費者、社会や企業の高まるニーズに応じていくでしょう。

図21: 主要なアーキテクチャーと技術の選択



5G帯域の詳細

異なる5G帯域は以下のような異なる能力を提供します。

- ローバンド5G帯域は、初期のモバイル世代(1G、2G)から再編成した帯域と以前は使用されていない帯域で構成されます。このタイプの帯域は5Gカバレッジの基盤を展開するのに適しています。
- ミッドバンド帯域は1~6GHzの帯域に相当し、既存の3G/4G帯域と、移動通信サービスにライセンス付与された新しい帯域が含まれます。より幅広い帯域の使用により容量が増加し、新しい無線技術により帯域あたりの5Gカバレッジと容量が向上しています。
- ハイバンド帯域は全く新しい5G用の帯域で、専用ゾーンで高性能の新規サービスを提供できます。この帯域の5Gサービスのカバレッジは、ローバンドとミッドバンド帯域が提供するカバレッジより小さくなりますが、Wi-Fiホットスポットのゾーンよりは大きくなります。

ローバンドとミッドバンド帯域のサービスは既存のマクロ基地局サイトから提供可能で、さらに屋外用無線から屋内環境へもサービスを提供できます。ハイバンドでのサービス提供は、屋外エリアをカバーするタワーおよびスモールセル用ポール

の無線の組合せに依存し、屋内のカバレッジは屋内用スモールセルソリューションの展開により実現します。時とともに三つの帯域が次第に利用可能になれば、5Gサービスは三つの帯域すべてでシームレスに提供されるようになります。

米国のミッドバンド帯域の種類

帯域の割り当ては、米国と他の国々では異なります。初期の5G用帯域のオークションは、通信事業者へのハイバンドとローバンド帯域の提供に重点が置かれていました。現在はミッドバンド帯域の3種類がオークションにかけられ、4番目が2021年後半に提供される予定です。

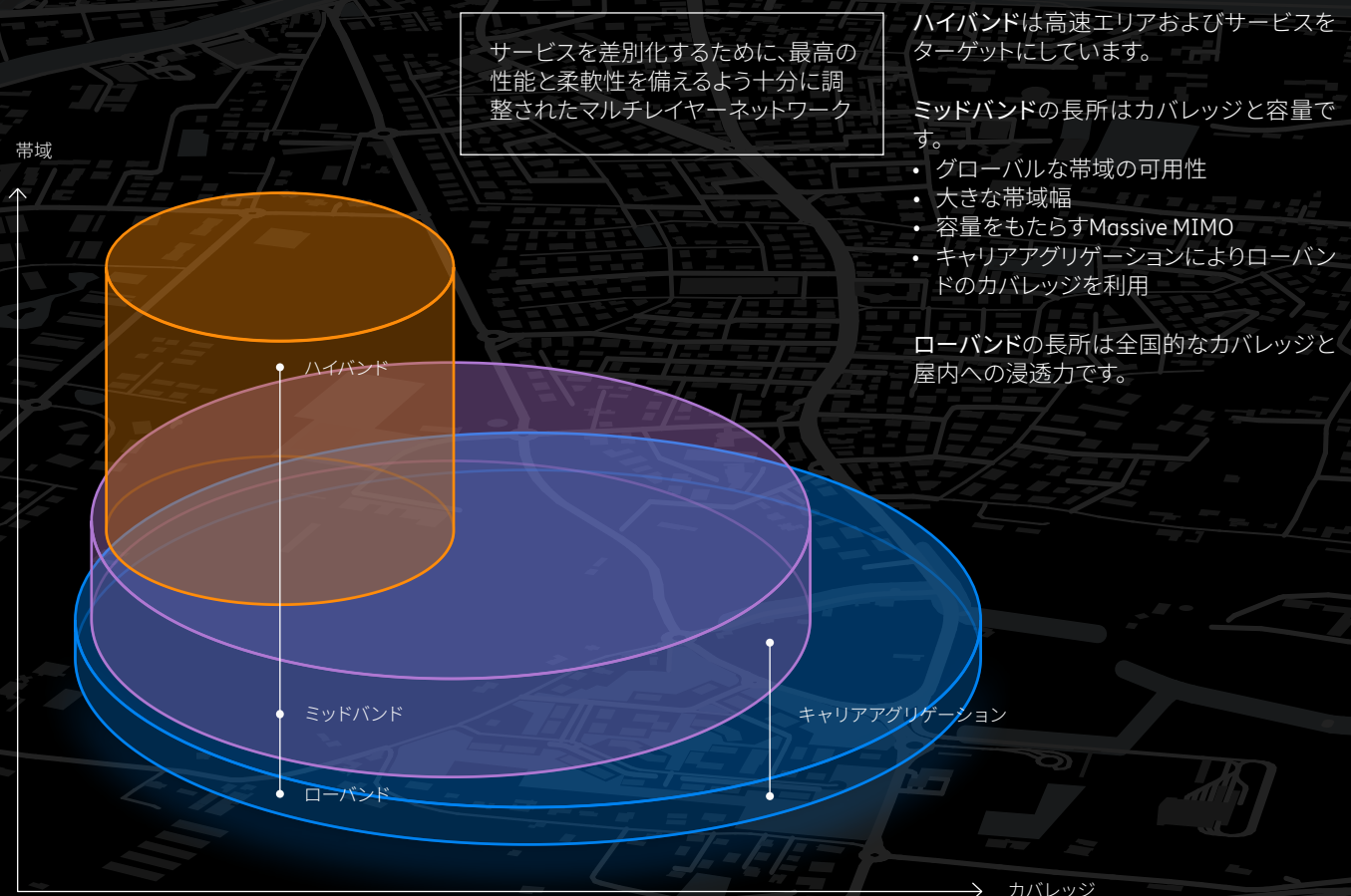
- **2.496~2.690GHz:** ブロードバンド無線サービス/教育ブロードバンドサービス(BRS/EBS)は、4G(バンド41)と5G NR(バンドn41)の両方に対応するために194MHzが割り当てられ純粋なライセンス周波数帯です。頻繁に使用される4G帯域に近接しているため、モバイルと固定無線のどちらのブロードバンドにとっても容量拡張において魅力的です。
- **3.55~3.70GHz:** 市民ブロードバンド無線サービス(CBRS)は、80MHzの共用帯域と70MHzのライセンス帯域の混成です。認可された電力が通常のライセンス

周波数帯より低いいため、CBRSのカバレッジはより小さくなっています。CBRS帯域は4Gと5Gの両方のサービスを提供できます。

- **3.70~3.98GHz:** Cバンドは最も新しく、米国史上最大のオークションで追加された帯域です。連邦通信委員会(FCC)が280MHzの帯域をオークションにかけ、2021年末までの第1ステップと2023年末までの第2ステップの2段階を通して使えるようになります。
- **3.45~3.55GHz:** 2021年に米国でオークションにかけられる予定の次のミッドバンド周波数帯です。

さらに、現在3Gと4Gサービスに使用されている以前にライセンス付与されたミッドバンド帯域も、今後5Gサービス用に再編成される可能性があります。

図22: すべてのユースケースに対応した完全な5Gネットワーク – 三つの周波数帯



企業がワイヤレスWAN基盤上に5Gを構築

5Gが提供する遅延、帯域幅、密度の向上により、エンタープライズアーキテクチャーのエッジにおけるセルラーネットワークの確立された役割がさらに拡張

5Gとその展開の速さについて交わされる様々な会話の中から、エンタープライズの広域ネットワーク(WAN)におけるエッジ、すなわち企業ネットワークのエッジでイノベーションの波がひっそりと、しかし着実に勢いを増しつつあります。急速に高まる企業のニーズと、次世代ネットワークおよびセルラー技術がここで交差します。

医療を例に取ります。医療の提供の仕方は、世界中で急速に変わりつつあります。こうした変化はCOVID-19により加速されたものの、切っ掛けはそれよりも以前にありました。使われていない建物、競技場や駐車場は直ちに試験場、配送センターや特定患者用病棟などに変えていかなければなりません。さらに、医療団体は、IoT技術を利用する方法を理解し、患者をより迅速に自宅に送り届けると同時に継続的に監視とケアを提供する必要があります。こうした変化により、医療は危機的状況により機敏に対応できるようになり、患者の治療成果の向上や医療介護のコスト削減につながりました。

WANエッジにおける4Gおよび5Gの携帯電話の現在および予定している役割は、流通、製造、建築業から、小売業、医療介護、ファースト・レスポンス機関、緊急サービスなどの一般的な「カスタマーエッジ」まで広がりを見せています。

ビジネスの変革を反映したこのWAN変革の新たな波は、ワイヤレスWAN(WWAN)と呼ばれています。この変化は既に進行中であり、現在の高速で高信頼の4Gセルラーネットワークを使用してコネクティビティを拡張し、新たなビジネスの手法や、ビジネス事業のさらなる効率化、顧客エクスペリエンスの向上などが実現されています。5Gは既に触媒となり、ユースケースを拡張させて、エッジにおけるインテリジェンスや能力をより一層引き出す役割を果たしています。

WWANは企業に必要な不可欠なインフラストラクチャー

企業のWANは、手作りのコネクティビティの原点から長い時間をかけて発展してきました。クラウド、モバイル、およびIoT技術の急激な発展により、新たなビジネスの自動化や応用が可能となり、企業のWANは固定サイト、そして有線の世界を超えつつあります。この変化は、WANエッジのコネクティビティに多大な影響を与えています。企業は依然としてプラント、オフィスや店舗などの固定サイトを接続する必要がありますが、一方で今や企業はほかに一時的な場所、ポップアップサイト、センサー、監視カメラ、キオスク、デジタルサイネージ、車両やロボットなどをも含めたビジネスに不可欠なWAN接続を多数抱えています。実際、米国、カナダ、イギリスの499名のIT意思決定者に最近オンラインで行った調査結果によれば、40%の組織は既に自社のWANで接続された支店、車両、IoTデバイスを保有しています。¹

コネクティッドデバイスのバラエティと速度の絶え間ない向上により厳しい要求を突き付けられているWANは、アジャイルな、柔軟性と高信頼性を持つ、安全で高性能なネットワークコネクティビティを必要としています。さらに、コスト効率に優れ、規模に応じた管理が容易であることも求められています。

ここでWWANが登場します。固定施設を接続する1次または2次のリンク、またはIoTデバイスや移動車両用の単独の接続として使用されることで、WANエッジでの4Gおよび5Gのセルラーブロードバンドは近年のビジネス活動に必要な不可欠なインフラストラクチャーとなっています。



この記事は、4Gおよび5Gのワイヤレスネットワークエッジソリューションをクラウドで提供する世界的な大手企業のCradlepointと共同で執筆されました。Cradlepointは世界中の通信事業者と連携して企業や公共部門の顧客のためにセルラー技術の能力を引き出すことに力を注いでいます。

Cradlepointは2020年第4四半期にエリクソン内の独立部門となりました。

WWANは接続の柔軟性を改善して展開を促進

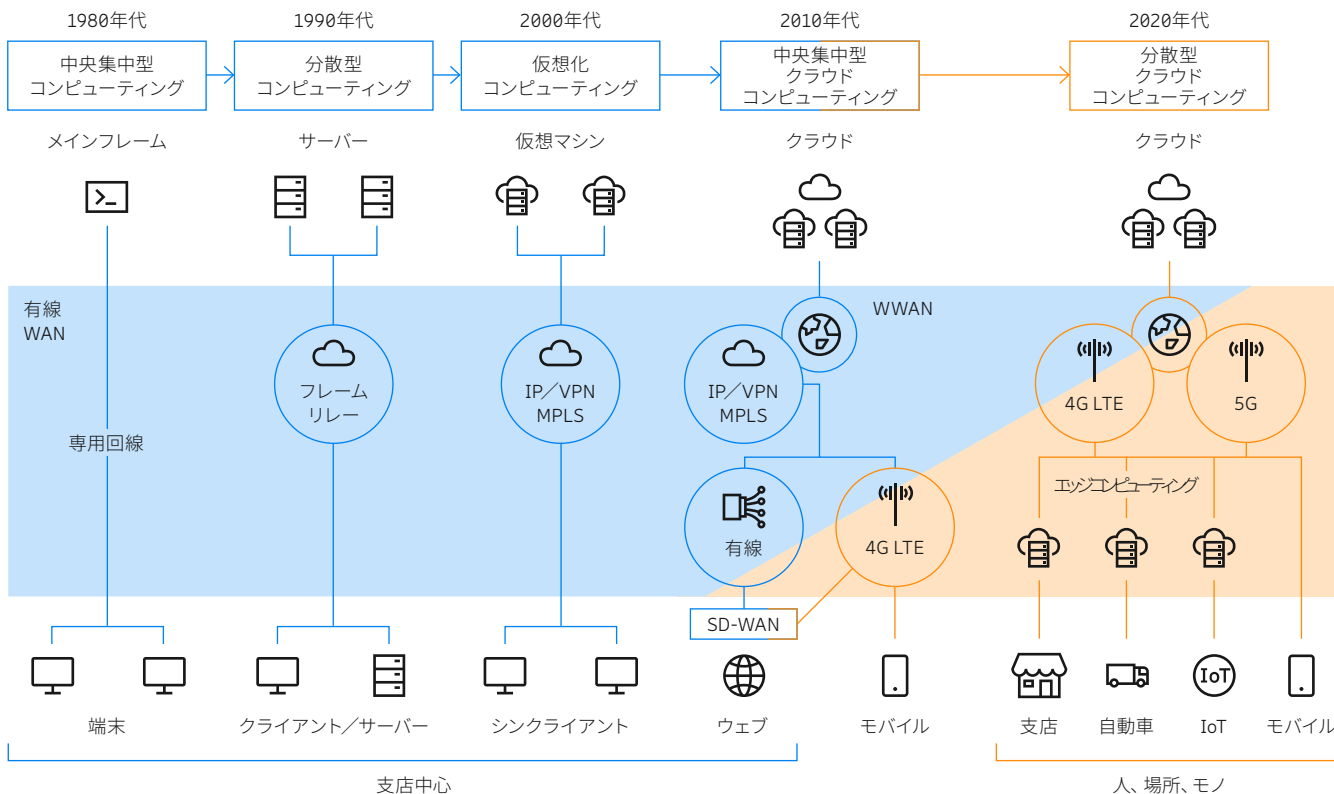
エッジでのモビリティの重要性が高まるにつれ、柔軟性のニーズによりWWANの評価が高まっています。顧客は、売り手が場所を決めるのではなく、自分たちの生活、仕事、娯楽の場で商品とサービスを提供するよう小売業者に求めています。国民も政府機関に対して同様のサービスを求めています。医療サービス提供者は新しい技術を利用してアクセスに関する不便さや患者ケアの非効率性を埋め合わせようとしています。ファースト・レスポンスは、通信接続技術を利用して人々をより安全で生産的な状態に保ちながら、同時にコミュニティのリアルタイム情報へのニーズにも対応しています。ビジネス活動や顧客の期待におけるこれらすべての変化が、新たな形のコネクティビティを必要としています。

したがって、IT意思決定者(51%)がWANリンクとしてセルラー利用を増加させる第一の理由が新たなサービスを導入するためなのは理にかなっているといえるでしょう。² ビジネスの変革と技術のイノベーションにより、新たな人、場所、モノを可能な限り迅速かつ容易に企業WANに接続するニーズが高まりつつあります。

¹ CradlepointおよびIDG、「The State of Wireless WAN 2020」(2020年)

² CradlepointおよびIDG

図23: 中央集中型コンピューティングからWWANへの発展



ほとんどの企業には、数週間あるいは数ヶ月かかるかもしれない先の読めないファイバー設置を待つ、新たな場所への展開やクリティカルIoTアプリケーションの導入を遅らせる余裕はありません。最近のある研究³では、米国とオーストラリアの様々な産業から選ばれた、自社のWWANソリューションに4Gサービスを利用している12の企業⁴の技術リーダーへのインタビューによれば、新しいロケーションでの最初の「1日目」のネットワークコネクティビティを提供するために、有線がつながるまでには平均約35日を要したのに対し、4Gまたは5Gソリューションのセットアップには平均26分しかかかりませんでした。さらにこの調査では、有線のコネクティビティとの比較でWWANはより信頼性が高くコスト効率に優れたソリューションであることが示されました。

WWANはネットワークの停止時間を最小限に短縮

4Gや5Gなどの無線リンクは、埋設された有線回線の平常のバックアップとして利用されたり、置き換えられて使用されます。これらは、コストのかかるインターネットの停止に大きく影響されます。先に述べたインタビュー調査では、WWANを1次リンクとして使用するサイトの少なくとも90%で平均停止時間が88%削減されたと企業は答えています。さらに少なくとも90%の拠点でフェイルオーバーにWWANを使用している企業で、62%の削減となりました。

WWANは全体的なコストを削減

セルラードバンドがすべてのシナリオに最適というわけではありませんが、長期的にみると最もコスト効率に優れた選択であることが多いようです。

レガシーリンクからWWANへ切り替えた企業は、サイトあたりのブロードバンドの月間コストが半減し、1Mbpsあたりのコストが90%削減されたと報告しています⁵。さらにこれらの企業は、WAN問題のトラブルシューティングや、数百もの地域ベースの有線ベンダーに対応しきれないと判明したインターネット通信事業者 (ISP) 契約の管理に要する時間とリソースが低減されたことも報告しています。通常、WWANは一つか二つの国内ネットワーク事業者との契約となります。

4Gから5Gへの移行で何が変わるか

長い間、4Gはビジネス継続性とモビリティの理想的なコネクティビティオプションであると考えられてきました。セルラー技術の最新世代であるギガビットLTEと5Gがもたらす速度、信頼性、および容量のネットワーク性能改善により、今やワイヤレスは、今までは有線ネットワークが支配的だった店舗、医療施設やその他の固定施設の最初のコネクティビティ選択肢として人気が高まっています。

5G技術により速度、遅延、接続密度が向上したことで、ネット管理者やIT管理者はWWANに対する古い障壁が取り除かれ、エッジユースケースが本格的に拡張できることを理解し始めています。

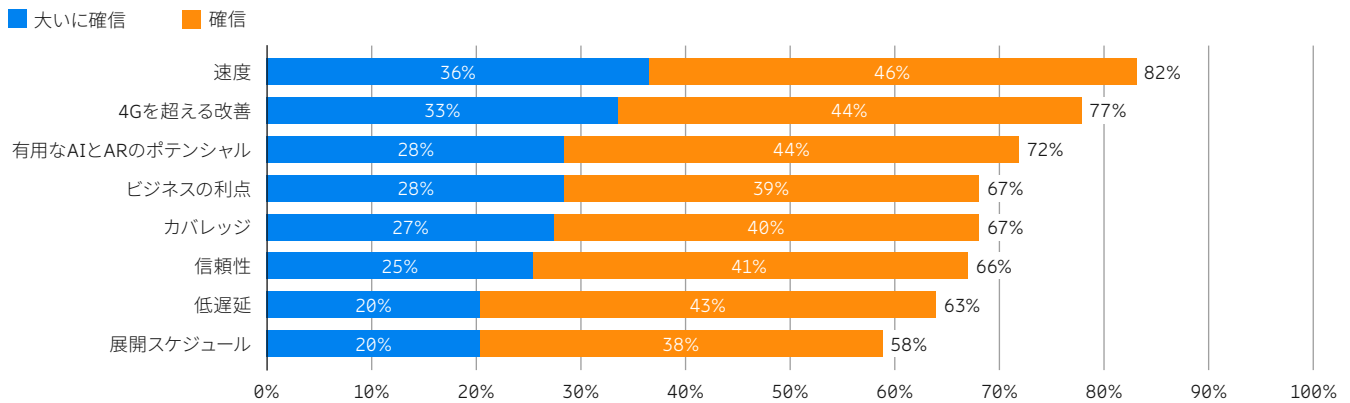
小売業、医療や法執行機関などの産業分野において、5Gを原動力としてWWANを新たな高みに引き上げようとする機会が沢山あります。図24に示したオンライン調査でも、4Gより速度、カバレッジや信頼性などが向上した拡張された能力を5Gが提供することを、IT意思決定者が確信していることが示されています。5G採用の最も高い推進力として挙げられたのが帯域幅改善（60%）で、さらに5Gが新規サービス導入のイネーブラになること（51%）に多くの期待が寄せられています。例えば、回答者の72%は、5Gが有用なAIとARサービスのイネーブラになることを確信または強く確信しています。回答者の67%は、5Gが約束するビジネス利益を来年内にもたらすだろうことを確信または強く確信しています。

³ Nemertes, 「The viability of Wireless WAN for Business」 (2020年12月)

⁴ この中には、小売業、医療、専門サービス、ロジスティクスの大手企業や、政府機関が含まれています。その4分の3は10億米ドルを超える収益があり、3分の2は2,500人を超える従業員を抱え、58パーセントは自社の広域ネットワーク内に500を超えるネットワークサイトを有しています。

⁵ Nemertes

図24： 現在および将来の5G能力に対する確信度



出典：CradlepointおよびIDG、「The State of Wireless WAN 2020」（2020年）

小売業：5Gにより市場規模と顧客体験が向上

オンラインショッピングに対する圧倒的な人気、消費者がどこでどのようなサービスを求めているかを変化させました。一方、店舗を訪れることを選択する顧客は、従来を大きく上回る豊かで没入感のある体験を求めています。店内の個人向けマーケティングに対応したビーコンベースのシステム⁶がそのようなツールの一つを提供しています。RIS ニュースの「未来のスマートストアレポート」⁷の調査では、回答者の半数が適切な最新のビーコン技術を保有しているか、または2年以内に導入する予定だと述べています。

高まった期待は、購買体験を妨げるものに対する寛容性が低下していることを意味します。長い間、4GはWAN稼働時間を保証する最も柔軟な最高の選択肢でした。WWANが可能にしたソリューションは、クレジットカードの処理などの必要不可欠なトラフィックを小売店で接続し維持するよう支援します。ただし、ノンストップの可用性を必要とする小売店のビジネスに不可欠なシステムとデータも急速に増大しています。

5Gソリューションは、すべての店内用トラフィックをノンストップで動作させるために必要な柔軟で回復力のある接続容量を提供します。さらに5GによりゲストWi-Fi、セキュリティ用監視カメラや案内図などの顧客重視のサービスも常に運用状態に保たれます。

顧客が集まるコミュニティや他の場所に店舗の対象市場をより深く拡張させる能力は、小売業者向けのセルラーブロードバンドのもうひとつの利点です。キオスク、電子署名、非接触技術、季節の商店や、ポップアップ売り場がその範囲を拡張していくに従い、4Gと今や5Gは多数の企業が選択するネットワークとなっています。

5Gは、AIやVRなどの没入型の技術を実現可能にする低遅延や帯域幅増大などの新しいセルラーネットワーク機能や特性をもたらします。小売業者は初めてWWANを使用して、仮想の試着室や、買物客と任意の場所のリモート販売員の間のライブ電子会議を実装できるようになります。

プライベート5Gネットワークにも、小売業者におけるセルラーブロードバンドの役割を変えるポテンシャルがあります。プライベートセルラーネットワーク上の大規模な倉庫は、注文品収集ロボット、自律走行車や監視カメラなどのあらゆるものに対応した低遅延、安全でスケラブルな「ワイアエリアLAN」コネクティビティを提供できます。

医療：5Gで遠隔医療を強化

買物客と同様に今や患者もより利便性の高い柔軟なサービスとより優れた治療成果を医療に期待しています。遠隔医療、IoT利用の在宅看護、病院に向かう救急車内での医師や救命士へのビデオアクセス、モバイル試験車両やポップアップの一時ケアサイトを含む通信接続技術により、医療サービスへのアクセスが格段に向上します。

現在、遠隔医療が医療における最大の技術トレンドだといえます。遠隔医療は、COVID-19のパンデミックにより世界的な注目を集めています。ライブビデオ診断や他のサービスも、場所に関係なく必要とする人に直接高品質の医療を提供するのに役立ちます。結果として医療組織は、どこからでも安全で適した高信頼の遠隔医療サービスを提供するため、医師やケアワーカーにセルラーブロードバンドのソリューションを持たせるようになっています。

医療サービス提供者の多くは、すでに4Gで実現されたIoTデバイスやアプリケーションを医療施設で使用しています。医師はもはや患者と同じ場所にいる必要がなくなり、聴診器、耳鏡、バイタルサインモニター、超音波デバイス、血糖値モニター、ECGマシンなどのオンライン診断および医療デバイスにアクセスしてリアルタイムにデータを得ることができます。

さらに5Gは遠隔医療も改善します。例えば、医師は、特別に設計された触覚手袋とVR装置を使用してロボットを通してリモートで処置を行うことができます。

緊急車両の利用にも発展がみられます。すでに米国の救急車の大部分は、コンピューター支援の救急搬送、モバイルデータ端末 (MDT)、自動体外式除細動器 (AED)、ライブビデオストリーミングや、オンライン医療機器をサポートするため、セルラー車載ネットワークを装備しています。これらの技術により、現場と病院の間で重症患者の情報交換が可能となり救命に役立っています。

現在はこれらの携帯型機能の多くは4G上で展開されています。しかしながら、5Gの低遅延、高帯域幅、セキュリティは必要不可欠な要素であり、広く利用されるようになるでしょう。

⁶ ビーコンは、Bluetoothを使用して近くにあるほかのスマートデバイスに情報をブロードキャストする小型のワイヤレス送信機です。

⁷ risnews.com/preparing-smart-store-future

法執行機関：5Gを使った緊急時のライブHDビデオ

現在の法執行機関が要求しているのは、最低限でも、信頼できどこでも使えるコネクティビティーです。米国では、Wi-Fi、イーサネット、シリアル接続やその他の接続とともに、セルラーブロードバンドがコミュニケーションハブの海で漂流する船を作り出してしまいました。車載ネットワークは、車両搭載カメラやボディーカメラ、ノートブック、タブレットなど、大量のIoTデバイスやセンサーを本部やクラウド内の重要なバックエンドシステムと接続しています。コンピューター支援の派遣やフリート管理のような最重要アプリケーションは常時接続され、リアルタイムの位置情報デー

タを利用して、職員が安全で生産的に活動し、資産を維持できるようにしなければなりません。

5Gの導入が進むにつれ、法執行機関にとって、またサービス対象のコミュニティにとって、通信接続技術の恩恵が劇的に増えています。5Gを使って職員は現場から上司にリアルタイムでHDビデオをストリーミングできます。また、高度な認識技術や街全体の監視カメラを使った状況認識の改善、およびドローンやロボットなどの利用が可能になります。これらすべてにより、職員はより安全でより準備万端で職務を遂行することができ、コミュニティにとって情報の可用性もさらに高まります。

通信事業者にとっての意味

WWANには企業や業界全体を変革する力がありますが、通信事業者への影響も同様に間違いなくあります。

4Gが消費者のモビリティアプリに革命をもたらしたように、5Gは企業が高度なコネクティビティーを実現する理想的な技術です。成熟した市場では消費者の純増とAPRUが横ばいからやや右肩下がりになっていますが、5Gで通信事業者は魅力ある差別化されたネットワークソリューションをB2B顧客に提供できます。こうしたサービスはより広く利用され高いARPUを生み出すばかりでなく、追加サービスの基礎を築くものでもあります。

Taylor Constructionが5Gをバックボーンとして未来を築く

Telstraがオーストラリア初のビジネス向け5Gサービスプランを導入する以前に、Taylor Constructionはすでに建設現場の管理トレーラーハウスでWWANを使用していました。有線のブロードバンドは、展開に時間がかかり撤回も複雑でリロケーションも困難ですが、セルラーブロードバンドはすぐに運用開始できるという柔軟性をもたらしました。

同社には、LANとしてWi-Fiを利用し、WANリンクとして4Gを利用して、ラップトップ、タブレット、プリンター、建築プリンターをオールインワンのエッジルーターを使って接続するという成功モデルがありました。しかしTaylor Constructionは建設現場の管理トレーラーハウスにとって4Gではすぐに不十分になると考えました。同社が計画していた以下のような次世代のアプリケーションに対応するには不十分だったのです。

- ホログラフィックなビルの視覚化では、従業員と顧客がMicrosoft HoloLens を使ってバーチャルなビルモデルと図面を複合現実で視覚化する。
- 広域安全スキャンでは、ワイヤレスビデオカメラによる360度の8KストリーミングとQRコードスキャンを用いて、従事者の安全研修の完了度をチェックする。
- IoT構造センシングでは、データを収集してクラウドに送るスマートセンサーが鉄筋に取り付けられてコンクリートに埋め込まれる。
- リアルタイム設計表示により、デジタル設計図の調整にリアルタイムの視覚性を実現する。
- 大規模サイトフェイルオーバーでは、高価なバックアップファイバー回線を5Gに置き換えて、ファイバー並みのスピードに加えて無線接続の多様性を実現する。

Taylor Constructionは、5Gに最適化されたルーターとクラウドベースのネットワーク管理を含むTelstraの5Gサービスプランのトライアルを実施することを決定しました。

ビジネス向けの柔軟な5Gソリューションを実装して、同社は帯域幅を大きく消費する接続デバイスやアプリケーションのサポートに必要なWANのスピードとカバレッジを目の当たりに始めました。これらの改善により、今後何年間にもわたって、より優れたコスト効果もたらされ、建設現場における高い顧客満足度を得られることでしょう。



5GによりTaylor Constructionは革新的なオンサイトのユースケースを導入できました。

AI: 複雑な5Gの世界で 顧客エクスペリエンスを改善

強化学習 (RL) - 機械学習の一種で、これによりネットワークは状況観察や経験から継続的な学習をし、動的な環境で最適な顧客エクスペリエンスを維持。これはすでに二つのライブネットワークで実証されている。

子供たちは、ある行動をすると褒められるということを体験的に学び、そうした称賛が子供たちの将来の行動を特徴づけます。これがまさにRLの基本です。マニュアルでプログラミングされた行動を辿るより、AIエージェントは目標となる状態に焦点を絞り、複雑なプロセスを完全に自律的に学習して最適化していきます。デジタルツインを使用した試験と学習により、こうしたアプローチからリスクを取り去ります。

テレコムに適用されたAI

5Gアプリケーションの範囲が拡大していくには、高可用性、超信頼性、低遅延、高いセキュリティといったネットワークに対する数多くの要求を満たさなければなりません。このように複雑さが増していくことが、さらなる自動化の要求につながります。複雑なプロセスを処理できるインテリジェントなエージェントが、エージェントの取る行動の長期的な利点と即時に取るべきステップの短期的な利点との妥協点を最適化するものとして必要です。たとえば、複数のステップでネットワークを最適化する方法などです。こうしたプロセスは、その分野の専門の人間の手を借りずに、自律的に学習していく必要があります。RLは、こうした課題に適合できる機械学習の専門分野です。

RLは動的環境で長期的な報酬をもたらす

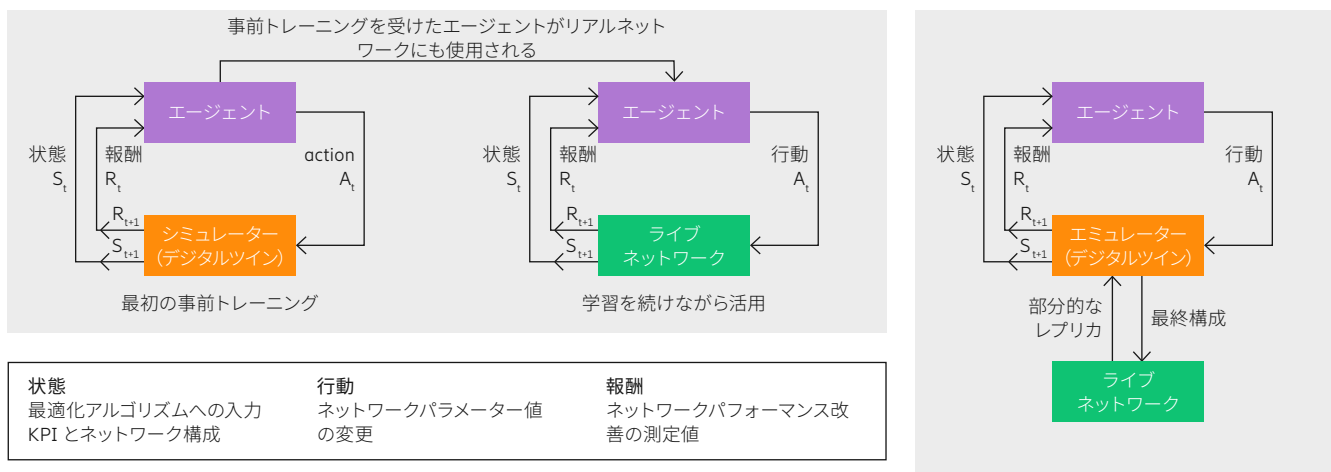
RLテクニックは行動心理を反映しています。エージェントは、様々なやりとりを通して、環境の変化、すなわちモバイルネットワークに関する知識を蓄積します。そのやりとりが技術的に信頼できるかどうかにより、ポジティブな結果になることもあればネガティブな結果になることもあります。

システムをトレーニングするには、ソフトウェアエージェントに環境とやりとりさせます。すなわち、環境の状態を観察し、各段階でエージェントが獲得する知識をもとに、長期的な報酬を最大限にする行動、すなわち定義した基準に基づく改善状況を取らせることを繰り返すことにより学習を進めます。こうして反復するごとに、エージェントは提案された行動の結果から学習をし、次第に「賢明」になっていきます。当然ながらプロセスの最初の段階では、環境の探索はかなり不安定ですが、反復学習を重ねる環境の変化に関する知識が改善されていくにつれ、次第に焦点が絞られより正確になっていきます。

トレーニング段階の終了時には、エージェントは環境の各状態に対してたやすく判断を下すのに十分な知識を得ているはずで、その後、エージェントを特定のネットワークに適用するときにも、RLシステムには学習を続けさせると同時に、設定可能なレベルの探索も実行させることができます。このテクニックはビデオゲームからチェスや自動運転車両まで多くの分野で応用されています。

モバイルネットワークの最適化において、既存のソリューションのほとんどは、高いスキルを持つ各分野の専門家が作ったルールに基づくもので、こうした専門家は自分の知識を適切な自動化フレームワークに変換しなければなりません。これらのルールは大抵の場合、あらゆるネットワークに対して静的で普遍的なものです。5Gは非常に複雑なので、特定のネットワークの場合に適合するルール変更を編み出すのは困難です。一方、RLエージェントならば汎用知識で事前トレーニングを行い、本番でも学習を継続させることができるので、それぞれの特定シナリオに対して最適なポリシーを導き出すことができます。

図 25: デジタルツインとしてシミュレーターとエミュレーターを使ったライブネットワーク



デジタルツインにより初回実装から報酬を得る

デジタルツインは、ライブモバイルネットワークで最初に探索を行う際の不安定性による影響を回避するのに適したソリューションです。探索は、ライブネットワークの動作を模倣する外部エンティティ上で行います。エージェントがデジタルツインから必要な知識をすべて習得すれば、達成されたポリシーを安全にライブネットワークに適用できます。それ以降、エージェントはライブネットワークで最適な判断を行い、一方でライブネットワークからのフィードバックにより学習を続け、設定可能な範囲で制御された探索を続けます。

一般的には、図25に示したエミュレーターとシミュレーターの二種類のデジタルツインの利用を最初のオフライン学習で検討します。エミュレーターにはライブネットワークの部分的なレプリカがあり、正確な結果を提供しますが、効率的な運用にはビッグデータテクニックが必要です。シミュレーターは仮定的なシナリオに基づいたネットワークの動作をモデル化したソフトウェアプログラムです。多くの場合、シミュレーターは一般的なトレードオフとトレンドを捉えるのに適しています。

ネットワーク全体の協調的アプローチから個々のセルベースの最適化まで

セルごとに構成するネットワークパラメーターの中には、アンテナの電気チルトや下りリンク送信出力のように、周辺セルに強い影響を及ぼすものがあります。こうしたパラメーターの変更により、周辺セルのサービス提供を受けているユーザーが影響を受けます。この種のパラメーターを最適構成するのは複雑な作業です。

この問題は、一つのセル内で変更を実施した結果を評価する際に、その変更が最も近隣のセルに及ぼす影響をも考慮に入れるという、ローカルでのセルごとの報酬定義という方法で克服できます。これにより、エージェントは個々のセルだけでなくネットワーク全体の改善を目指すという暗黙的な調整と運用戦略が保証されます。

これらのコンセプトが正しいことは二つのライブネットワークで実証されています。MásMóvilにおける遠隔電気チルト(RET)とSwisscomにおける下りリンク送信出力の最適化の2例です。

MásMóvil: ピーク時の顧客体験を改善

MásMóvilはスペインはマラガの最繁時の輻輳と下りリンクスループットを改善したいと望んでいました。このエリアでは、セルあたりのRETサポート率が最も高くなっています。RET装備のアンテナの場合、サイト訪問することなく、リモートのソフトウェアコマンドでチルトを調整でき、ゼロタッチのネットワーク最適化に向けて理想的なイノベーションが実現できます。

RET最適化アプローチは二つのフェーズで構成されました。

- 最初の事前トレーニングフェーズで、エージェントはネットワークのシミュレーターであるデジタルツインから全ての関連する知識を習得しました。
- オンライン最適化フェーズは反復的なプロセスで、事前トレーニングしたエージェントはネットワーク性能の測定値を受け取り、ライブネットワーク内のセルに漸進的変更を加え、同時に結果として得られた報酬から学習を続けました。

トライアル対象エリアは異なる周波数帯の複数のキャリアから構成されており、それぞれに独立したRET装置があるので、併設された他のセルのチルトをまったく変えずに一つのセルのアンテナチルトを変更できました。合計で267ある4Gセルのうち、127を1,800 MHz 帯域の一つのキャリアのRET最適化の対象として選択しました。他のセルもベンチマークのため、そして周辺の最適化可能な隣接セルの報酬を構築するためモニターしました。

自動化判断を実施した5週間で、アルゴリズムにより合計で8回のパラメーター変更の反復が行われました。図26には、報酬に貢献する二つのKPIが5週間にライブネットワークでどのように改善していったかを示しています。二色の線はそれぞれネットワークパラメーターの推移を示しています。全体的な結果として、同量のトラフィックを保持しつつ、最繁時の輻輳率はほとんどゼロになり、下りリンクのスループットは12%増加しました。これらすべてを、変更を適用する前の判断やマニュアルによるフィルタリングなど専門家の人間の手を一切介することなく達成したのです。

12%

MásMóvilはRLを使ってRETを最適化することで下りリンクのユーザーズループットを12%増やしました。

図26: 主要な報酬コンポーネントの変化 (%)

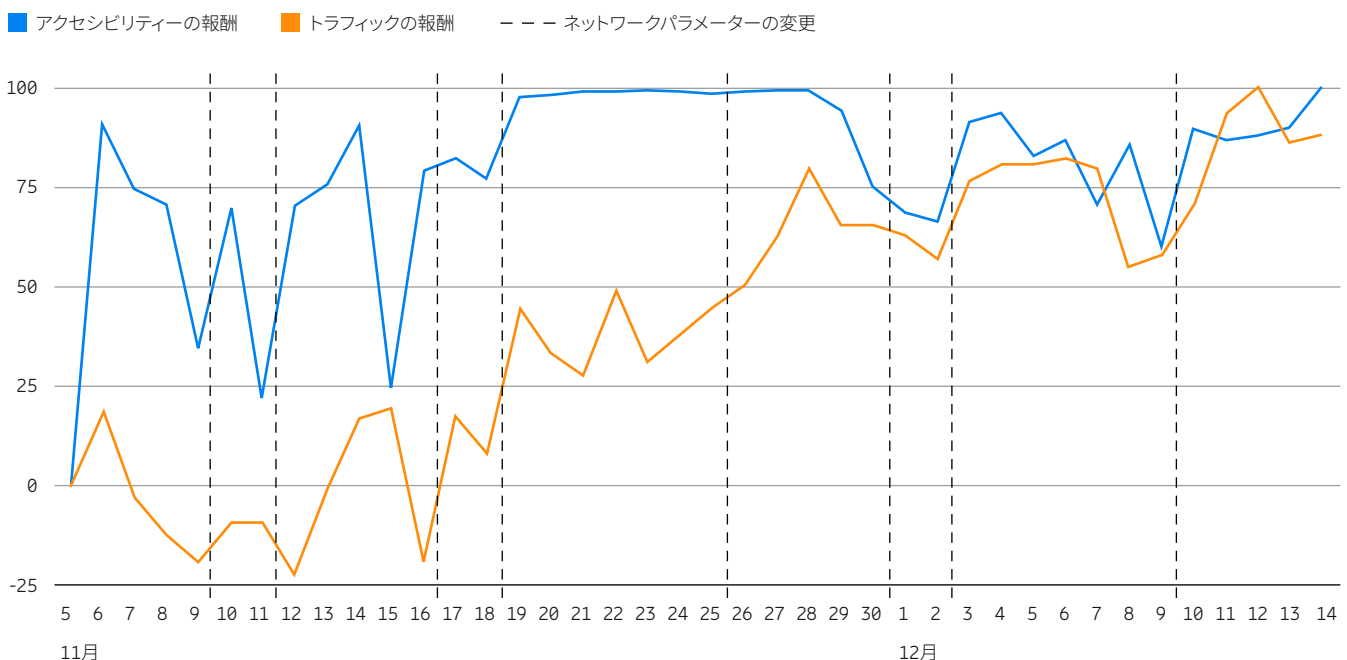
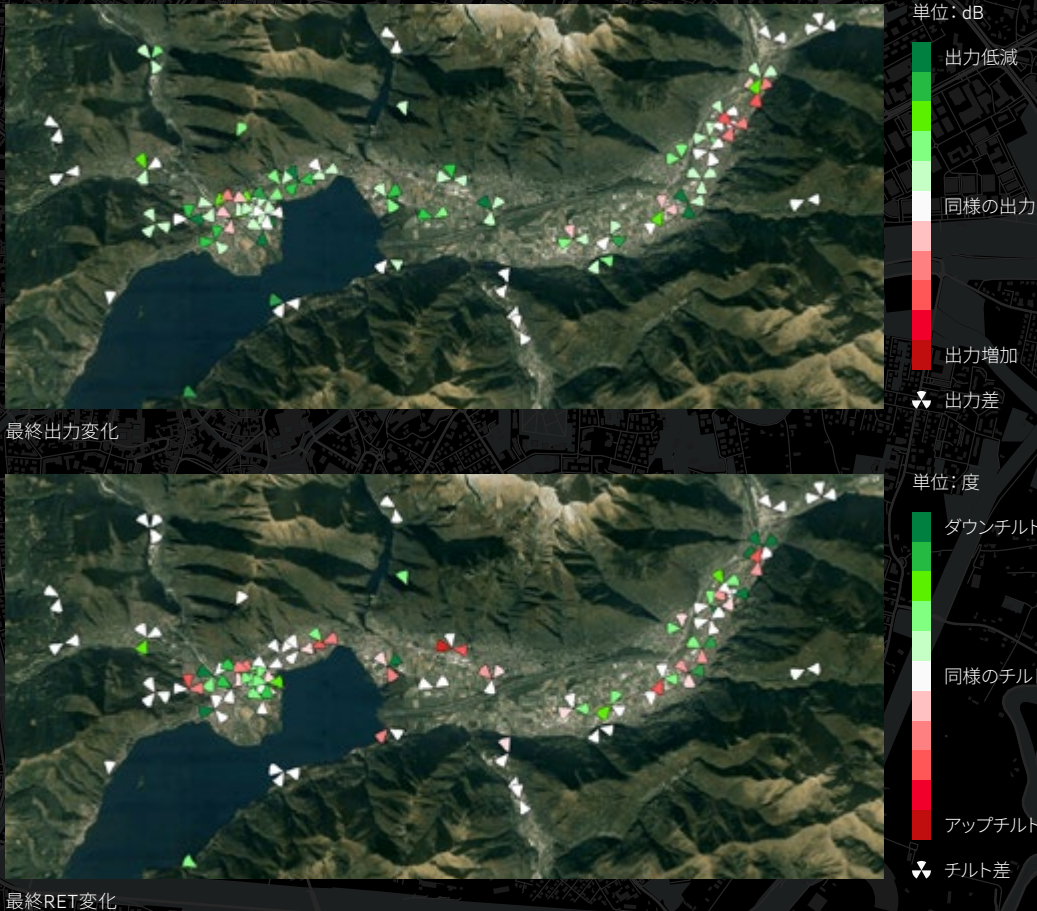


図27: スイスのティチーノエリアの出力とRETの変化



Swisscom: 顧客エクスペリエンスを損なうことなく厳しい法規制に準拠

スイスには、モバイルネットワークからの実効放射電力 (ERP) に関する世界一厳しい法規制があります。Swisscomにとっての課題の一つは、既存の低帯域レイヤー内の出力放射を低く抑えて、4Gと5GのNew Radio (NR) に使う新しい低帯域レイヤーのための余地を作ることでした。まず、新しい低帯域レイヤーでは、利用できる出力が不足しているので既存のカバレッジに匹敵するようなものを実現するのは不可能でした。そこで、ネットワークエミュレーターをデジタルツインとして利用するRLに基づいた手法を活用して、カバレッジと品質レベルを維持しつつ、4GネットワークのERPをできる限り削減し、さらにシミュレーターベースのアプローチでRETを最適化することにしました。

下りリンク送信出力とRETの最適化のトライアルはスイスのティチーノ地域で実行されました。試験対象のクラスターは800 MHz帯域の163の4Gセルで構成されており、そのうちの100セルを下りリンク送信出力最適化とその後のRET最適化のトライアル対象に選択しました。

出力変更後のネットワーク動作のエミュレーションはきわめて正確だったため、ライブネットワークでの反復学習はまったく必要ありませんでした。代わりに、最終最適化値はデジタルツインとのインタラクションのみで完全に取得でき、取得した値がネットワークに直接適用されました。このフェーズの後に、RET最適化をネットワークに適用しました。最終変更を図27に示します。

送信出力を10%削減し、同時に下りリンクスループットを12%増加させました。ソリューションの潜在的限界を探るために、もう一回、出力とRETの最適化ステップを実行し、最終的には累積で20%の送信出力削減を実現しながら、5.5%のスループット利得も達成しました。このERPの低減は、基地局消費電力の3.4%の削減に相当します。

コグニティブネットワークにおけるRL

ゼロタッチのネットワーク管理と運用は、信頼性の高いAI技術を使って人手の介入を最小限に抑えてネットワークを展開および運用するというビジョンです。コグニティブネットワークは、これまでの技術より格段に性能の良い機械推論と機械学習の

20%

SwisscomはRLを使ってセルの下りリンク送信出力の平均で20%削減を達成しました。

両方を用いたコントロールデザインをベースにしています。

RLによりネットワークは状況観察、インタラクション、以前の経験から継続的に学習を重ねていくことができます。認識課程により、現在のネットワーク状況、目標とする結果に導くプランを理解し、それに応じて取るべき行動を判断しその通りに実行します。目標とする結果は、その行動から学習するための入力情報となります。コグニティブネットワークは、既存の知識を最適化し、経験と判断力に立脚し、あらたな問題を解決することができます。

5Gの屋内カバレッジのプランニング： 経験則から統計やAIに

ネットワークプランナーが屋内トラフィック需要を予測する能力を改善することでより効率的な5Gネットワーク展開に貢献可能。ミリ波のカバレッジを展開する事業者にとって正確な屋内トラフィック率の予測が特に有益

従来より、モバイルデータトラフィックの70～80%は屋内（ビル内システムが扱うトラフィックを含む）から生成されていると想定されています。現在、屋外基地局を利用するトラフィックの中で屋内で発生したものの割合を正確に予測できる手法が開発されています。大都市エリアにおける3種類の異なる環境に、統計的アプローチを適用した結果を図28に示します。

都市部の展開では、モバイルトラフィックの大半は通常屋内のものであり、建物の壁や窓による無線信号の減衰があるので屋外基地局によるサービス提供は困難です。5Gシステムでは、超高周波数帯域を使うので、この問題はさらに難しくなります。

送信者と受信者間の空間を伝搬する過程における無線信号強度の減衰は、パスロスと呼ばれ、自由空間損失、侵入損失、反射、屈折、その他様々な形のフェージングなど多くの要素が組み合わさった結果です。

5Gシステムは、ローバンドの1GHz未満からミリ波周波数帯の39GHzまで広範なキャリア周波数で運用できます。低周波数はカバレッジが良好という特性がありますが、高周波数帯の周波数は、割り当てられる帯域幅がより広いので容量が多く使える

という利点があります。しかし、信号減衰は周波数が高くなるにつれ増加します。

周波数のパスロスに与える影響は、500メートルの見通し距離で隔てられた2本のアンテナ間の信号強度の測定により実証できます。両端で800MHzの信号と比較すると、39GHzの信号には約34dB（約99.96%）も多くの自由空間パスロスが発生します。

高周波数帯における別の課題は、建物を貫通する際の信号の減衰という問題です。信号伝搬に関していえば、ビルは大きく二つのタイプに分けられます。すなわち、金属ガラスの窓、アルミホイル裏打ちパネルの壁、絶縁中空壁や分厚い鉄筋コンクリートで建築された熱効率の高い近代的なビルとこうした材質を使っていない従来型のビルの2タイプです。

熱効率の高いビルの建物損失の中央値は、従来の材質で建築されたビルと比較すると、800MHzで50倍、39GHzで約240倍になります。

ミリ波周波数に伴う損失をまかなうために、通信事業者は高度アンテナシステム、ビームフォーミング、屋内システムなどの幅広いソリューションを使うことができます。

ビルの侵入損失が大きいことを考えると、高い屋内トラフィック需要に対してはビル内ソリューションを使うほうがより経済的です。一方で、屋外トラフィックに適正なサービス提供を行うには、マクロサイトの高密度化が必要でしょう。屋内トラフィックの割合を現実的に見積もることで、ネットワーク投資判断の確固たる根拠が得られます。

図28: ある大都市エリアで、屋外基地局で取り扱われるトラフィックのうち屋内ユーザーから生成されるトラフィックの割合

	都市中心部 191セル	都市部 112セル	住宅街 13セル
マクロ	37%	65%	42%
屋外スモールセル	40%	46%	
合計	38%	64%	42%

¹ [itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.2109-0-201706-II!PDF-E.pdf](https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.2109-0-201706-II!PDF-E.pdf)

新たな手法

屋内トラフィックの課題に対して、二つの明確に異なるけれども互いに関係のあるアプローチが現在データ科学者により研究されています。一つは統計的なアプローチ、もう一つはAIベースのアプローチです。

いずれのアプローチも、4Gネットワークから得たデータなど、すでに利用可能なネットワークデータに適用し、セル単位もしくはセルのクラスター単位で屋内トラフィック率を推測するために利用できます。データはネットワークノードやスマートフォンなどのユーザー端末 (UE) から取得したクラウドソースのデータから得られます。

パフォーマンス管理 (PM) カウンターからの上りリンクデータを利用できます。主要なPMカウンターとしては上りリンクパスロス分布 (自由空間、ビルの侵入、その他の損失を含む) があります。クラウドソースのデータは、広範なデータ型を記録するアプリを通してユーザーの許可を得た上でサードパーティーにより収集されます。その中には、参照信号受信電力 (RSRP) としての無線信号強度、位置情報、バッテリー充電状態などがあります。

統計的アプローチ

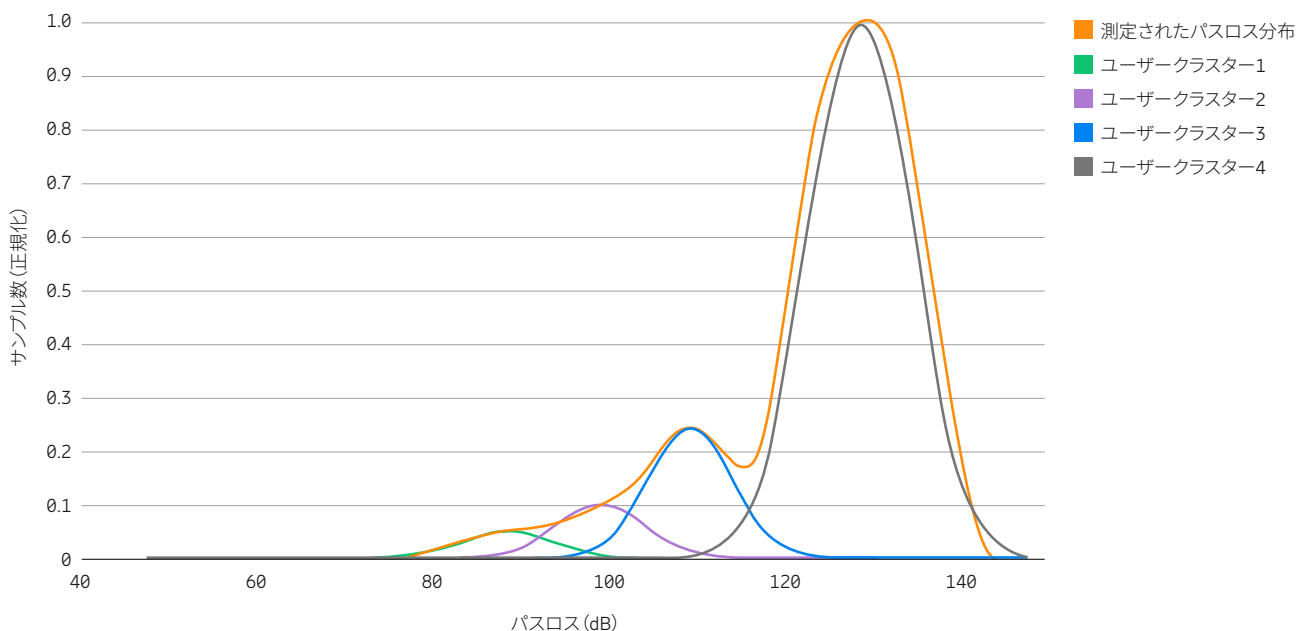
上りリンクパスロス分布については、サンプルを送信時間間隔 (TTI) ごとに収集するため、混合ガウスモデル (GMM) を利用できるほど十分なサンプルが得られます。ビル侵入損失があるので、屋外基地局においてはビル内に位置するスマートフォンのほうが、屋外に位置するスマートフォンよりもパスロスが大きくなります。このモデルは、定義された地理的エリアまたはセル内のすべてのデータサンプルを取り、データセット用にパスロス分布を作成することで成り立ちます。その後、それぞれに統計プロファイルを有する複数のガウス分布に最適なものを当てはめることで、ユーザークラスター毎にデータを分離します。最後に、図29に示すように、各分布から得たデータを分析することで、どのユーザークラスターが屋内でどれが屋外かを判断できます。統計的アプローチには単純さと透明性という利点があります。

AIアプローチ: 教師なし学習

統計的アプローチに比べて、機械学習テクニックではデータの結果への貢献度を直接特定することなくデータを利用できます。教師なし学習と呼ばれるテクニックを使って、より多くのデータソースを簡単に追加でき、データ内のより機微な情報を人間による直接の介入なしで利用できます。

携帯電話を屋内か屋外かでラベル付けするために、RSRP、バッテリー充電状態、スループットなどのデータに教師なしの学習を適用します。機械学習モデルは特徴空間 (すなわち、データを表現する測定一式) を複数のクラスターに分割し、各クラスターが屋内と屋外のどちらのアクティビティに属しているかを推測します。屋内クラスターにある携帯電話の全サンプルを屋内とラベル付けします。

図29: セルのパスロス分布の混合ガウスモデル分析



37%

都市中心部の高層ビル地区では、最繁忙時、マクロトラフィックの37%が屋内ユーザーから発生しています。つまり屋内トラフィック需要に合わせてビル内セル展開を増やす必要があります。

分析と結果

4Gセルについては、大都市エリアで 21 日間の平日最繁忙時にパフォーマンス管理カウンターからのパスロス分布に上記の手法を適用しました。マクロセルおよびスマールセルの基地局について、パスロス分布を分離した後に通信事業者からのデータを分析しました。統計分析には、都市部、都市中心部（高層ビル街）、住宅地域の三つの異なる環境が含まれています。

都市部では、屋外セルが扱う屋内トラフィックの割合は平均64%であり、4Gスマールセル基地局は屋外トラフィックの54%以上にサービスを提供していました。これらの結果から、通信事業者は可能な場所にはビル内ソリューションを展開し、屋外のスマールセルの数を増やすことを考慮すればよいことが判ります。

都市中心部の高層ビル地区については、マクロトラフィックの約37%、屋外スマールセルのトラフィックの40%が屋内ユーザーから発生しています。この結果によれば、ビル内セル展開を、主に近代的な熱効果の高いビルの需要に合わせて増やすのが適切ということになります。

都市中心部の高層ビル地区で屋内トラフィックの割合が低い理由は、ビル内カバ

レッジシステムを有するビルが多いことを考えれば理解できます。

屋内外両方からトラフィック需要とカバレッジを数値化することで、必要な追加リソースを判断できるため、侵入損失の犠牲となる無線電力を最小限に抑えることができます。

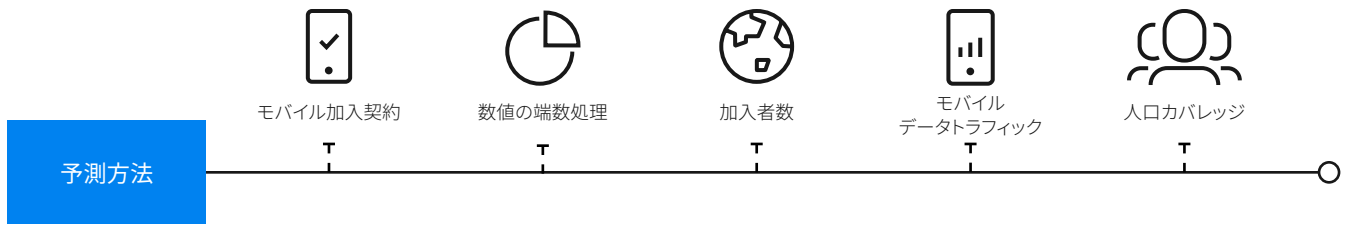
教師なしの学習アプローチを、上記のアプローチで言及した三つの大都市エリアすべてを含む、より大きなエリアに適用しました。このアプローチには、より多くのデータを効率的に取り扱い、統計的アプローチのように一つの測度に依存することなく、複数のインプットを取り扱う能力があります。集約した測定ではなく、デバイスまたはサンプルレベルでラベル付けを行うため、より粒度の細かい結果が得られます。これにより、屋内トラフィック率の計算だけでなく、同じモデルを使ってあらゆる屋内対屋外のトラフィック比率も得られます。屋内のデバイスの割合と屋内のデバイスから発生されるトラフィックの比率を算出した結果、データセットによるとデバイスの 61% が屋内にあり、屋外基地局のトラフィックの59%がこれらの屋内デバイスから発生していることが見出されました。これらの結果は統計的

手法による結果に準ずるものであり、結果を補完するものです。

5Gネットワークの展開

無線アクセスネットワーク(RAN)の設計は、移動通信の世代が上がるにつれてより複雑になっています。現在、5G が展開されている中、通信事業者にとってサービス品質と効率性の均衡を図った最適な設計は、容量の大きさと障害物の通過で吸収される損失の増加を共に考慮しなければならない高帯域の周波数の利用が増えるにつれ、より大きな課題となっています。屋外と屋内の無線ソリューションの最適な配分をより正確に予測できれば、高まり続ける複雑さにより迅速に対処できます。最終的には、これらのアプローチは自動化され、5G RANの効率性を継続的に監視できるようになるでしょう。

調査方法



予測方法

エリクソンは、自社の方針決定および計画立案、市場への情報発信の目的で、定期的に予測を行っています。モビリティレポートで予測されているのは今後6年間で、毎年11月にレポートが公開されるごとに、1年先の期間までが含まれます。このレポートの加入契約数およびトラフィック予測のベースラインは、顧客ネットワーク内での測定結果を含む、エリクソン社内のデータで裏付けられた各種のソースの過去のデータに基づいています。将来の展開は、マクロ経済の動向、ユーザーの動向、市場の成熟度、技術的な進歩に基づいて推定されます。その他のソースとして、業界アナリストのレポートや、社内での推定と分析が使用されます。

基礎的なデータが変更された場合、過去のデータは改定される場合があります。たとえば、通信事業者のレポートで加入契約数が更新された場合などです。

モバイル加入契約数

モバイル加入契約数には、すべてのモバイル通信技術が含まれます。加入契約は、携帯電話端末とネットワークが対応可能な最も高度な技術によるものと定義されています。技術ごとのモバイル加入契約数に関する調査結果では、加入契約が、使用可能のうち最も高度で有効な技術に従って分類されています。LTE加入契約にはほとんどの場合、3G (WCDMA/HSPA) および2G (GSM、または一部の市場ではCDMA) ネットワークにアクセスする加入契約が含まれる可能性もあります。3GPP Release 15に規定されたNRをサポートし、5G対応ネットワークに接続されているデバイスに関するものが、5G加入契約数とカウントされています。

モバイルブロードバンドには、HSPA (3G)、LTE (4G)、5G、CDMA2000EV-DO、TD-SCDMA、モバイルWiMAXなどの無線アクセス技術が含まれています。HSPAなしのWCDMAおよびGPRS/EDGE は含まれていません。

FWAとは、モバイルネットワーク対応の顧客端末 (CPE) を通してブロードバンドアクセスを提供する接続と定義されています。これには屋内 (デスクトップおよび窓据え付け型) と屋外 (屋上および壁面据え付け型) の両方のCPEが含まれますが、携帯型の充電式Wi-Fiルーターやドングルは含まれません。

数値の端数処理

数値は端数処理を行っているため、数値データの総計が実際の総計とわずかに異なることがあります。主要な数値表では、加入契約数は10万単位に四捨五入されています。ただし、記事のハイライトで使用する場合は通常、加入契約数を10億単位、または小数第1位まで表記します。CAGRは基礎となる端数処理前の数値から計算され、その後で1%単位の数値に四捨五入されます。トラフィック量は、有効数字2桁または3桁で表現されます。

加入者数

加入契約数と加入者数の間には、大きな差があります。これは、多くの加入者は複数の加入契約を結んでいるためです。理由として、通話の種類ごとに最適な加入契約数を使用してトラフィックのコストを削減する、カバレッジを最大化する、モバイルPC/タブレットと携帯電話に別の加入契約数を使用する、などが考えられます。さら

に、非アクティブな加入契約が通信事業者のデータベースから削除されるまでには時間を要します。結果として、加入契約の普及率は100%を超える可能性があり、今日の多くの国では実際に100%を超えています。しかし、一部の発展途上地域では、複数のユーザーで一つの加入契約数を共有、たとえば家族やコミュニティで電話を共有していることが普通となっています。

モバイルネットワークトラフィック

エリクソンは、世界の主要な地域すべてをカバーする、100を超える稼働中のネットワークにおいて、定期的にトラフィック測定を実施しています。これらの測定結果から、全世界の合計モバイルトラフィックを計算するための代表的な基礎が得られます。モバイルデータトラフィックがどのように進化するかを把握するため、一部の商用ネットワークにおいては、より詳細な測定を行っています。これらの測定結果には、加入者のデータは含まれません。

人口カバレッジ

人口カバレッジの推定には、各地域の人口データベースと、人口密度に基づいた地理的な分布が使用されます。その後で、設置ベースのRBS (Radio Base Station: 無線基地局) 上の独自データに、六つの人口密度の各カテゴリー (都市から人の住まない場所まで) のRBSごとの推定カバレッジを加えてまとめます。このデータに基づき、ある特定の無線技術でカバーされるエリアの割合を、そのエリアが占める人口比率とともに推定できます。こうした地域データを集計することにより、無線技術ごとの世界の人口カバレッジを算出できます。

エリクソンモビリティビジュアライザー

エリクソンの新しいインタラクティブなウェブアプリケーションで、モビリティレポートの実績データと予測データをご活用ください。モバイル加入契約、モバイルブロードバンドの加入契約、モバイルデータトラフィック、アプリケーションの種類別トラフィック、VoLTE統計、デバイスごとの月間データ使用量、IoTコネクティッドデバイスの予測など、幅広いデータタイプを網羅しています。出典元としてエリクソンの名前を明示すれば、データの外部利用や、図の出版物への流用を行うことができます。

詳細情報

QRコードをスキャンするか、
www.ericsson.com/en/mobility-report/mobility-visualizer
 をご覧ください。



用語

2G: 2nd generation mobile networks (GSM, CDMA 1x)

3CC: Three component carrier

3G: 3rd generation mobile networks (WCDMA/HSPA, TD-SCDMA, CDMA EV-DO, Mobile WiMAX)

3GPP: 3rd Generation Partnership Project

4G: 4th generation mobile networks (LTE, LTE-A)

4K: In video, a horizontal display resolution of approximately 4,000 pixels. A resolution of 3840 × 2160 (4K UHD) is used in television and consumer media. In the movie projection industry, 4096 × 2160 (DCI 4K) is dominant

5G: 5th generation mobile networks (IMT-2020)

5G TF: A pre-3GPP NR technical forum open specification

AI: Artificial intelligence

App: A software application that can be downloaded and run on a smartphone or tablet

AR: Augmented reality. An interactive experience of a real-world environment whereby the objects that reside in the real world are “augmented” by computer-generated information

ARPU: Average revenue per user

CAGR: Compound annual growth rate

Cat-M1: A 3GPP standardized low-power wide-area (LPWA) cellular technology for IoT connectivity

CDMA: Code-division multiple access

dB: In radio transmission, a decibel is a logarithmic unit that can be used to sum up total signal gains or losses from a transmitter to a receiver

EB: Exabyte, 10^{18} bytes

EDGE: Enhanced Data Rates for Global Evolution

EN-DC: EUTRA-NR Dual connectivity

FDD: Frequency division duplex

GB: Gigabyte, 10^9 bytes

Gbps: Gigabits per second

GHz: Gigahertz, 10^9 hertz (unit of frequency)

GSA: Global mobile Suppliers Association

GSM: Global System for Mobile Communications

GSMA: GSM Association

HSPA: High speed packet access

Kbps: Kilobits per second

LTE: Long-Term Evolution

MB: Megabyte, 10^6 bytes

Mbps: Megabits per second

MHz: Megahertz, 10^6 hertz (unit of frequency)

MIMO: Multiple Input Multiple Output is the use of multiple transmitters and receivers (multiple antennas) on wireless devices for improved performance

mmWave: Millimeter waves are radio frequency waves in the extremely high frequency range (30–300GHz) with wavelengths between 10mm and 1mm. In a 5G context, millimeter waves refer to frequencies between 24 and 71GHz (the two frequency ranges 26GHz and 28GHz are included in millimeter range by convention)

Mobile broadband: Mobile data service using radio access technologies including 5G, LTE, HSPA, CDMA2000 EV-DO, Mobile WiMAX and TD-SCDMA

Mobile PC: Defined as laptop or desktop PC devices with built-in cellular modem or external USB dongle

Mobile router: A device with a cellular network connection to the internet and Wi-Fi or Ethernet connection to one or several clients (such as PCs or tablets)

NB-IoT: A 3GPP standardized low-power wide-area (LPWA) cellular technology for IoT connectivity

NR: New Radio as defined by 3GPP Release 15

NR-DC: NR-NR Dual connectivity

PB: Petabyte, 10^{15} bytes

Short-range IoT: Segment that largely consists of devices connected by unlicensed radio technologies, with a typical range of up to 100 meters, such as Wi-Fi, Bluetooth and Zigbee

Smartphone: Mobile phone with OS capable of downloading and running “apps”, e.g. iPhones, Android OS phones, Windows phones and also Symbian and Blackberry OS

TD-SCDMA: Time division-synchronous code-division multiple access

TDD: Time division duplex

VoIP: Voice over IP (Internet Protocol)

VoLTE: Voice over LTE as defined by GSMA IR.92 specification

VR: Virtual reality

WCDMA: Wideband code-division multiple access

Wide-area IoT: Segment made up of devices using cellular connections or unlicensed low-power technologies like Sigfox and LoRa

世界および各地域の主要データ

世界の主要データ

	2019	2020	予測値 2026	CAGR* 2020~2026	単位
モバイル加入契約					
全世界のモバイル加入契約数	7,930	7,950	8,770	2%	100万
• スマートフォン加入契約数	5,650	6,060	7,690	4%	100万
• モバイルPC、タブレット、モバイルルーターの加入契約数	270	290	450	8%	100万
• モバイルブロードバンド加入契約数	6,120	6,430	8,010	4%	100万
• モバイル加入契約数、GSM/EDGEのみ	1,670	1,390	630	-12%	100万
• モバイル加入契約数、WCDMA/HSPA	1,870	1,660	720	-13%	100万
• モバイル加入契約数、LTE	4,290	4,630	3,900	-3%	100万
• モバイル加入契約数、5G	13	220	3,520	59%	100万
• FWA 接続	51	62	180	20%	100万
固定ブロードバンド接続	1,170	1,220	1,520	4%	100万
モバイルデータトラフィック					
• スマートフォン1台ごとのデータトラフィック	6.6	9	35	25%	GB/月
• モバイルPC1台ごとのデータトラフィック	15	17	29	9%	GB/月
• タブレット1台ごとのデータトラフィック	6.9	8.1	18	15%	GB/月
データトラフィック合計**					
モバイルデータトラフィック	34	49	237	30%	EB/月
• スマートフォン	32	47	232	31%	EB/月
• モバイルPC、ルーター	0.8	0.9	1.3	6%	EB/月
• タブレット	0.9	1.1	3.9	23%	EB/月
固定ワイヤレスアクセス	6.1	9.1	64	39%	EB/月
モバイルデータトラフィックの合計	40	58	301	32%	EB/月
固定データトラフィックの合計	140	170	490	19%	EB/月

地域の主要データ

	2019	2020	予測値 2025	CAGR* 2019~2025	単位
モバイル加入契約数					
北米	380	390	430	2%	100万
中南米	660	650	710	1%	100万
西欧	510	510	520	0%	100万
中欧および東欧	570	560	560	0%	100万
北東アジア	2,050	2,060	2,210	1%	100万
中国 ¹	1,600	1,600	1,680	1%	100万
東南アジアおよびオセアニア	1,140	1,130	1,220	1%	100万
インド、ネパール、ブータン	1,130	1,130	1,260	2%	100万
中東および北アフリカ	710	710	810	2%	100万
湾岸協力会議 (GCC) ²	79	76	85	2%	100万
サハラ以南のアフリカ	770	820	1,040	4%	100万
スマートフォン加入契約数					
北米	310	320	350	2%	100万
中南米	490	500	580	3%	100万
西欧	420	420	430	0%	100万
中欧および東欧	400	410	450	2%	100万
北東アジア	1,760	1,850	2,080	2%	100万
中国 ¹	1,390	1,450	1,600	2%	100万
東南アジアおよびオセアニア	790	840	1,100	5%	100万
インド、ネパール、ブータン	660	810	1,240	7%	100万
中東および北アフリカ	420	470	680	7%	100万
湾岸協力会議 (GCC) ²	62	62	74	3%	100万
サハラ以南のアフリカ	390	440	760	9%	100万

地域の主要データ

	2019	2020	予測値 2026	CAGR* 2020~2026	単位
LTEの加入契約数					
北米	350	350	70	-24%	100万
中南米	330	390	340	-2%	100万
西欧	360	400	140	-16%	100万
中欧および東欧	230	280	370	5%	100万
北東アジア	1,800	1,720	740	-13%	100万
中国 ¹	1,230	1,410	560	-14%	100万
東南アジアおよびオセアニア	390	470	700	7%	100万
インド、ネパール、ブータン	560	680	830	3%	100万
中東および北アフリカ	180	220	420	11%	100万
GCC ²	53	61	19	-18%	100万
サハラ以南のアフリカ	88	130	300	15%	100万
5Gの加入契約数					
北米	1	14	360	71%	100万
中南米	0	1	240	N/A	100万
西欧	1	8	360	N/A	100万
中欧および東欧	0	0	180	N/A	100万
北東アジア	10	190	1,430	40%	100万
中国 ¹	5	173	1,170	38%	100万
東南アジアおよびオセアニア	0	2	400	N/A	100万
インド、ネパール、ブータン	0	0	330	N/A	100万
中東および北アフリカ	1	1	150	N/A	100万
GCC ²	1	1	62	N/A	100万
サハラ以南のアフリカ	0	0	70	N/A	100万
スマートフォン1台ごとのデータ					
北米	8.4	11.1	48	27%	GB/月
中南米	3.9	5.9	30	31%	GB/月
西欧	7.3	11	47	28%	GB/月
中欧および東欧	5.1	7.2	29	26%	GB/月
北東アジア	7.8	10.9	39	24%	GB/月
中国 ¹	7.8	11	38	23%	GB/月
東南アジアおよびオセアニア	4.3	6.2	39	36%	GB/月
インド、ネパール、ブータン	13	14.6	40	18%	GB/月
中東および北アフリカ	4.4	6.5	32	30%	GB/月
GCC ²	14	18.4	42	15%	GB/月
サハラ以南のアフリカ	1.6	2.2	9	26%	GB/月
モバイルデータトラフィック					
北米	2.8	3.7	17	29%	EB/月
中南米	1.6	2.5	15	34%	EB/月
西欧	3	4.4	18	26%	EB/月
中欧および東欧	1.6	2.3	10	28%	EB/月
北東アジア	12.4	18	74	26%	EB/月
中国 ¹	9.9	15	56	25%	EB/月
東南アジアおよびオセアニア	3.1	4.7	39	42%	EB/月
インド、ネパール、ブータン	6.9	9.5	41	27%	EB/月
中東および北アフリカ	1.6	2.6	18	38%	EB/月
GCC ²	0.7	0.9	2.5	18%	EB/月
サハラ以南のアフリカ	0.54	0.87	5.9	38%	EB/月

¹ これらの数値には北東アジアの数値も含まれています。

² これらの数値には中東および北アフリカの数値も含まれています。

* CAGRは、四捨五入しない数値で算出しています。

** 数値は端数処理（調査方法を参照）を行っているため、数値データの総計が実際の総計とわずかに異なることがあります。

エリクソンは、コネクティビティから最大限の価値を創造する通信事業者をお手伝いします。ネットワーク、デジタルサービス、マネージドサービス、新しいビジネスにわたるポートフォリオを持ち、お客様のデジタル化、効率向上、新たな収益源の発掘をお手伝いします。エリクソンのイノベーションへの投資は、電話とモバイルブロードバンドのメリットを世界中の何十億もの人々にもたらししてきました。エリクソンは、ストックホルムとニューヨークのナスダックに上場しています。

www.ericsson.com