



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

# エリクソン モビリティレポート

2018年6月

# はじめに

## 2018年 移動通信業界の転換点

移動通信業界はこの20年で数々の大きなマイルストーンを達成してきましたが、振り返ればこれらは私達の社会を根本的に変える出来事でした。モバイルデータトラフィックがモバイル音声トラフィックを上回った2009年に、今日モバイル技術がどのように利用されているかを予測することはできませんでした。

しかし2018年は、さらに大きな社会変化の始まりとして歴史に残るかもしれません。5GとIoT (Internet of Things) がもたらす新しい機能とユースケースは、消費者サービスだけでなくデジタルトランスフォーメーションに取り組んでいる多くの産業にも影響を与えることでしょう。2018年は、5Gネットワークが初めてロールアウトされ、セルラーIoTが大規模に展開される年になるはずですが。

この変化に伴い、業界内の数多くの企業と行政当局は、周波数、標準、技術について足並みを揃えるために協力する必要があります。すでに多くのことが進められていますが、エリクソンモビリティレポートの本号では、今後5年にわたって移動通信業界を牽引するであろうトレンドについて詳しく説明します。

セルラーIoTが急速に成長しているため、今回のレポートでは予測値が大幅に伸びています。現時点の予測では、2023年までにセルラーIoTの接続数が約35億件に達すると考えられます。この成長は、市場の垣根を越えてさまざまな業界とビジネスに影響を及ぼすことになります。

5Gは、まず高度モバイルブロードバンドのユースケースで始まります。5Gの加入契約数は2023年末までに10億件に達し、モバイルデータトラフィックの約20%を占めると予測されています。5G加入契約数の大幅な増加は、2020年から各種の周波数帯で利用可能となる、第3世代のチップセットによって加速することでしょう。

近い将来特に重要になるのは、低帯域、中帯域、高帯域での適切な5G用周波数帯の確保です。グローバルな規模での周波数帯調和は、5Gの広範な導入とスケールメリット実現の鍵となります。

その一方で、増加するトラフィック量と顧客体験の向上を支えるために、現行の4Gを最新技術でアップグレードすることが、多くのサービスプロバイダーの課題となるはずですが。

スマートフォン加入契約数とモバイルトラフィックの大きな増加が当たり前になった業界にあって、2018年はごく普通の年に思えるかもしれません。しかし私は、5GおよびIoTの展開を鑑みると、今年こそが移動通信業界の転換点となる年になると、そう確信しています。

このレポートが皆様のお役に立つものであることを願っております。

発行責任者

**フレドリック・イエドリグ (Fredrik Jejdling)**

上席副社長兼ネットワーク事業部総責任者

### 主担当者

主幹: Patrik Cerwall  
プロジェクトマネジャー: Anette Lundvall  
編集者: Peter Jonsson, Stephen Carson  
予測: Richard Möller  
執筆: Peter Jonsson, Stephen Carson, Ritva Svenningsson, Per Lindberg, Kati Öhman, Tomas Sandin, Luis Rangel, Ida Sorlie, Sebastian Elmgren, Athanasios Karapantelakis, Lasse Wieweg, Mikael Halen, Jonas Edstam, Ricardo Queirós, Frank Muller, Lisa Englund  
共同執筆: Roger Kirby (Swisscom)

# 目次

	2017	2023	CAGR
全世界のモバイル加入契約数	78 億	89 億	2%
全世界のスマートフォン加入契約数	43 億	72 億	9%
全世界のモバイルブロードバンド加入契約数	53 億	83 億	8%
全世界の LTE 加入契約数	27 億	55 億	12%
全世界のアクティブなスマートフォン 1 台当たりの月間データトラフィック	3.4GB	17GB	31%
全世界の月間総計モバイルデータトラフィック	15EB	107EB	39%

## 詳細

QR コードをスキャンするか、  
[www.ericsson.com/mobility-report](http://www.ericsson.com/mobility-report) を  
 ご覧ください。



## 予測

- 04 2018年 第1四半期のモバイル加入契約数
- 06 モバイル加入契約数概観
- 08 5G デバイス概観
- 09 VoLTE 概観
- 10 地域別の加入契約数概観
- 12 2018年 第1四半期のモバイルトラフィック
- 13 アプリケーションのカテゴリー別  
モバイルトラフィック
- 14 モバイルデータトラフィック概観
- 16 IoT 接続概観
- 17 ネットワークカバレッジ
- 18 ネットワークの進化

## 特集記事

- 20 顧客の観点から見たネットワーク性能
- 24 スマート製造の実現
- 26 機械知能をネットワーク管理に応用
- 29 5G に適した周波数帯の確保
- 32 調査方法
- 33 用語集
- 34 世界および地域別の主要な数値

# 2018年第1四半期の モバイル加入契約数

モバイル加入契約数は2018年第1四半期に9,800万件増加し、合計約79億件でした。

モバイル加入契約数は前年比で4%増加し、第1四半期には79億件に達しました。当該四半期における増加は中国が最も多く(+5,300万)、これにインド(+1,600万)、インドネシア(+600万)、ナイジェリア(+300万)、およびバングラデシュ(+200万)が続いています。中国での大幅な増加は、通信事業者間の激しい競争によるもので、複数加入契約を行った加入者数が増加したと考えられます。

モバイルブロードバンドの加入契約数<sup>1</sup>は前年比で20%増加し、2018年第1四半期は2億件増加しています。合計数は55億件に達しました。

当該四半期のLTE加入契約数は2億1,000万件増加し、合計で29億件に達しました。また、WCDMA / HSPAの追加契約数は、実質1,000万件です。

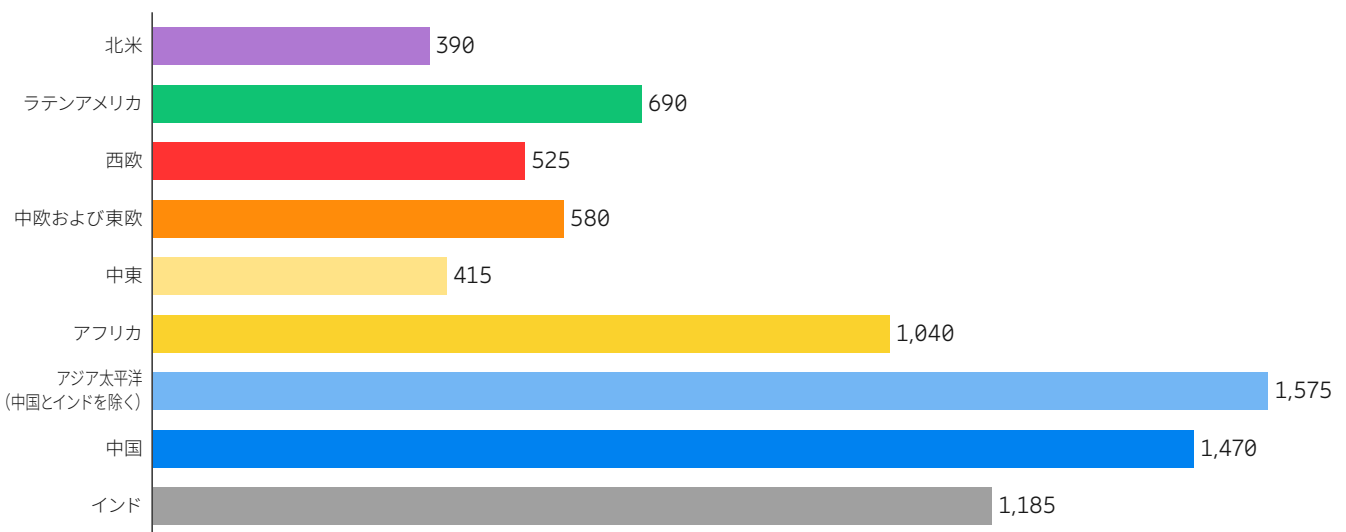
同じ期間にGSM / EDGEのみの加入契約数は9,000万件減少しました。その他の無線方式は、約3,200万件減少しました。

現在、スマートフォン関連の加入契約が、すべての携帯電話加入契約の約60%を占めています。第1四半期に販売されたスマートフォンは約3億4,000万台に減少しましたが、これは同時期に販売されたすべての携帯電話の約85%に相当します。

## 55 億

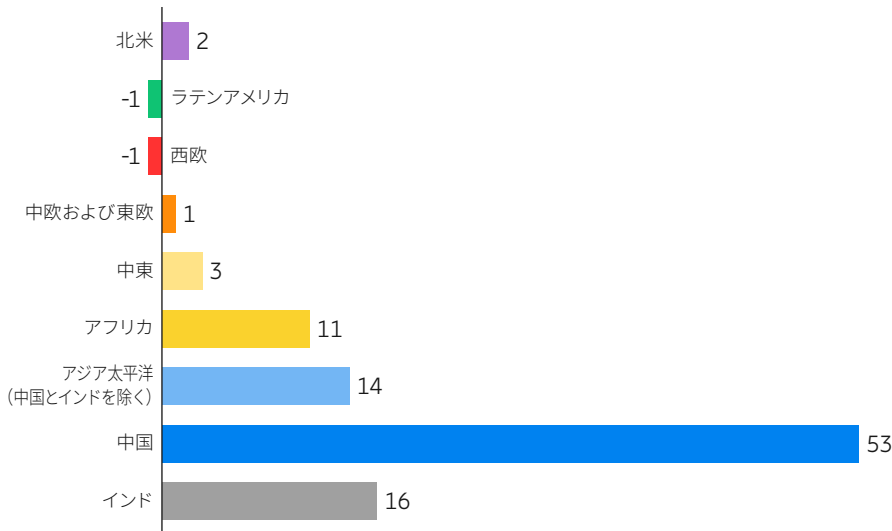
現在のモバイルブロードバンド加入契約数は55億件です。

2018年第1四半期のモバイル加入契約数(単位:100万)



<sup>1</sup> モバイルブロードバンドには、HSPA (3G)、LTE (4G)、5G、CDMA2000 EV-DO、TD-SCDMA および Mobile WiMAX などの無線アクセス技術が含まれています。

2018年第1四半期の新規モバイル加入契約数(単位:100万)



9,800万件

2018年第1四半期の新規モバイル加入契約数は、全世界で9,800万件

2018年第1四半期の純増数上位5ヶ国

1 中国	+5,300万
2 インド	+1,600万
3 インドネシア	+600万
4 ナイジェリア	+300万
5 バングラデシュ	+200万

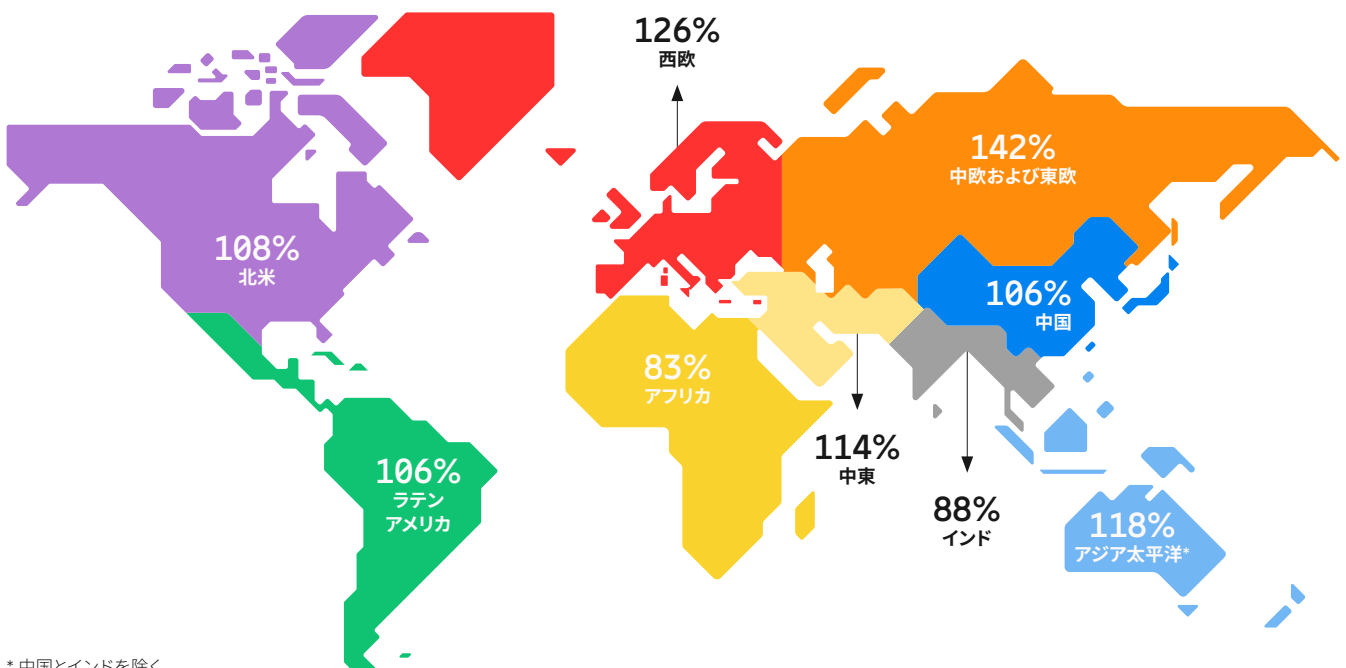
モバイル加入契約数は多くの国で人口を上回っています。これは主に非アクティブ契約、デバイスの複数所有、または通話の種類に応じた契約内容の最適化によるものです。

その結果、加入者数が加入契約数よりも少なくなっています。現在の全世界の加入契約数が79億件なのに対して、加入者数は約53億人です。

104%

2018年第1四半期の全世界の加入契約率は104%

2018年第1四半期の加入契約率(人口比率)



\* 中国とインドを除く

# モバイル加入契約数概観

## 2018年に最初の5G商用導入

5Gの標準化は2017年に加速し、ノンスタンドアローンの5G NR (New Radio)<sup>1</sup>のための3GPP Release 15は同年末に策定されました。スタンドアローン版の標準は、2018年6月に完成する予定です。この標準化作業計画の加速により、いくつかの市場で早期の5G展開が可能となります。

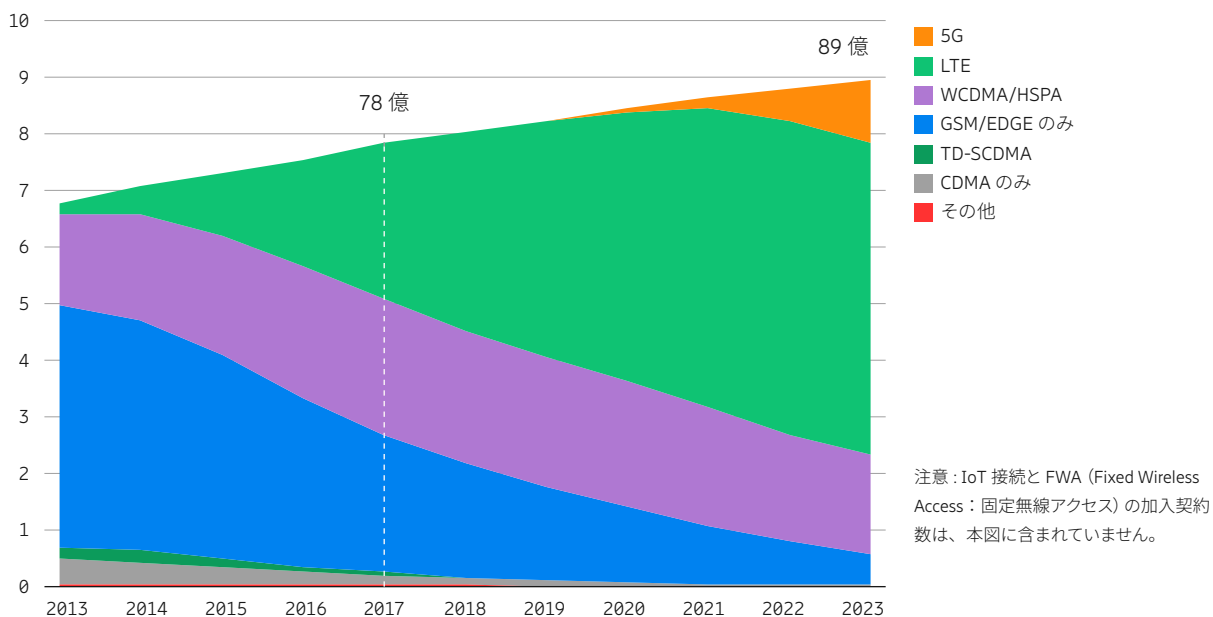
米国の通信事業者は、5G商用サービスを開始する最初のグループで、4社の主要事業者が、2018年後半から2019年半ばまでに5Gサービスを開始すると発表しています。韓国、日本、中国も、初期段階で多数の5G加入契約数が見込まれる市場です。世界的には、2020年から5Gネットワークの展開が予想されています。2023年の末までには、

5Gの高度モバイルブロードバンドの加入契約数は10億件を超え、全モバイル加入契約数の12%を占めることでしょう。

2017年の末には、LTEが最大の加入契約数をもつモバイルアクセス技術となりました。LTEの加入契約数は堅調に伸び続けて2023年の末には55億件に達する見込みで、全モバイル加入契約数の60%超を占めることとなります。WCDMA / HSPAの加入契約数は、2018年に若干減少する見込みですが、それでもなお2023年の全加入契約数の約5分の1を占めると予測されています。

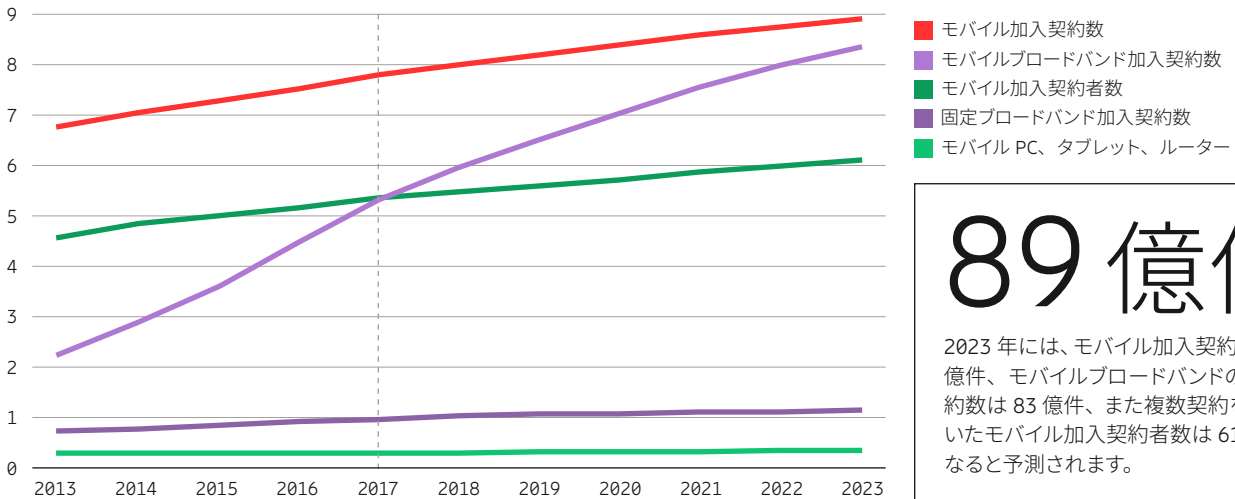
ここでは、3GPP Release 15に規定されたNRをサポートし、5G対応ネットワークに接続されているデバイスに関するものを5G加入契約とカウントしています。

無線方式ごとのモバイル加入契約数 (単位: 10億)



<sup>1</sup> ノンスタンドアローンの5G NRは、既存のLTE無線通信とEPC (Evolved Packet Core)のネットワークをモビリティ管理とカバレッジのアンカー技術として利用しつつ、新しい5Gの無線アクセスキャリアを追加することで、特定の5Gユースケースを実現します。

加入契約数と加入者数 (単位: 10 億)



**89 億件**

2023年には、モバイル加入契約数は89億件、モバイルブロードバンドの加入契約数は83億件、また複数契約を差し引いたモバイル加入契約者数は61億人になると予測されます。

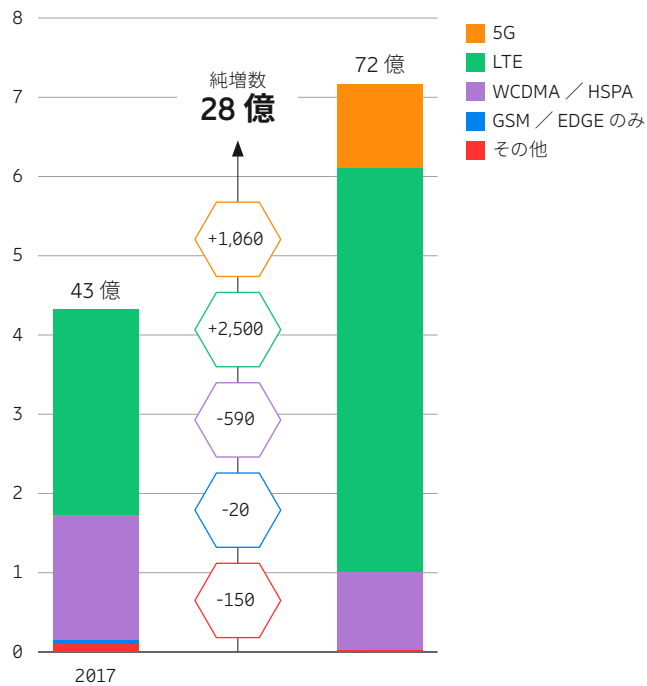
**2023年の末には、全加入契約の約95%がモバイルブロードバンド加入契約になります。**

モバイル加入契約数は、2023年の末までに89億件に達すると予測しています。モバイルブロードバンドの加入契約数は83億件に達し、すべてのモバイル加入契約数の95%近くを占めると予測されます。同じ予測期間の終了時には、複数契約を差し引いたモバイル加入契約者数が61億人に達すると推定されます。

モバイルブロードバンドは一部の分野で固定回線のブロードバンドを補完し、他の分野では主要なアクセス方式になると考えられます<sup>2</sup>。モバイル機能付きPCおよびタブレットの加入契約数はゆっくりと増加し、2023年には3億2,000万件に達すると考えられます。

スマートフォンの価格が下がるにつれ、普及率は上がり続けます。2017年の末には、スマートフォンの加入契約数は43億件で、その95%は3Gと4G向けでした。2023年には、スマートフォン加入契約数が72億件に達し、そのほとんどがモバイルブロードバンド向けの契約になると予測されています。

無線方式ごとのスマートフォン加入契約数



<sup>2</sup> 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少なくとも3倍以上です。これは、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。携帯電話の場合はこれとは逆に、加入契約件数の方がユーザー数より多くなっています。

# 5G デバイス概観

すべての新しいモバイル標準において、まずはチップセット、次にデバイスについて相互運用性のあるデバイスのエコシステムを確立するプロセスが必要となります。

**標準をサポートするためには、モバイルネットワークのインフラにおいて、割り当てられた周波数帯でデバイスと連携する必要があります。今回は5Gが対象です。**

次の図には、3GPP標準に準拠した第1世代のチップセットをベースとした5Gデバイスの出荷予想をまとめています。2020年に第3世代のチップセットが導入されて以降、多数の5Gデバイスが出回ることでしょう。

### 固定無線アクセスとデータ専用デバイス

5Gは4Gよりも格段に大きな容量を提供できるため、通信事業者は今までとは異なる新しいサービスを提案できるようになります。たとえば新しい顧客セグメントに、ブロードバンドアクセスとデータ専用接続を提供できます。

固定無線ブロードバンドのCPE (Customer-Provided Equipment) とポケットルーターを使用した接続は、従来のモバイルブロードバンドよりも安定性が高い傾向にあります。このようなデバイスは、一度に多くのユーザーにサービス提供を行える上、電源や大型バッテリーに直接接続できます。このため、固定

無線が初期の5G導入向けのデバイスカテゴリーであると考えられています。第1世代の5Gデータ専用デバイスは、2018年の後半に出回ると見込まれています。

### 高度モバイルブロードバンドとスマートフォン

今日の標準的なハイエンドスマートフォンは、20を超える周波数帯においてGSM、WCDMA、LTEに対応しています。スマートフォンは、すでに利用可能なLTE帯域と、5Gに割り当てられるより高い周波数帯域で、5Gをサポートできるようになります。複数の周波数帯を使う可能性により、デバイスのエコシステムに対して新たな課題が生じます。同じスマートフォンで、MHzレベルの低周波数帯からGHzレベルの非常に高い周波数帯を扱い、またLTEと5Gを同時に利用(集約)することも課題となります。これを実現するためには、より効率的な技術、コンポーネント、プロセスが求められます。中帯域で5Gをサポートする最初の商用スマートフォンが2019年の始めに出回り、また2019年の初頭から中ばには非常に高い周波数帯がサポートされると見込まれています。

5G対応の最初の3GPPスマートフォンは、2019年の始めに出回ると予想されています。

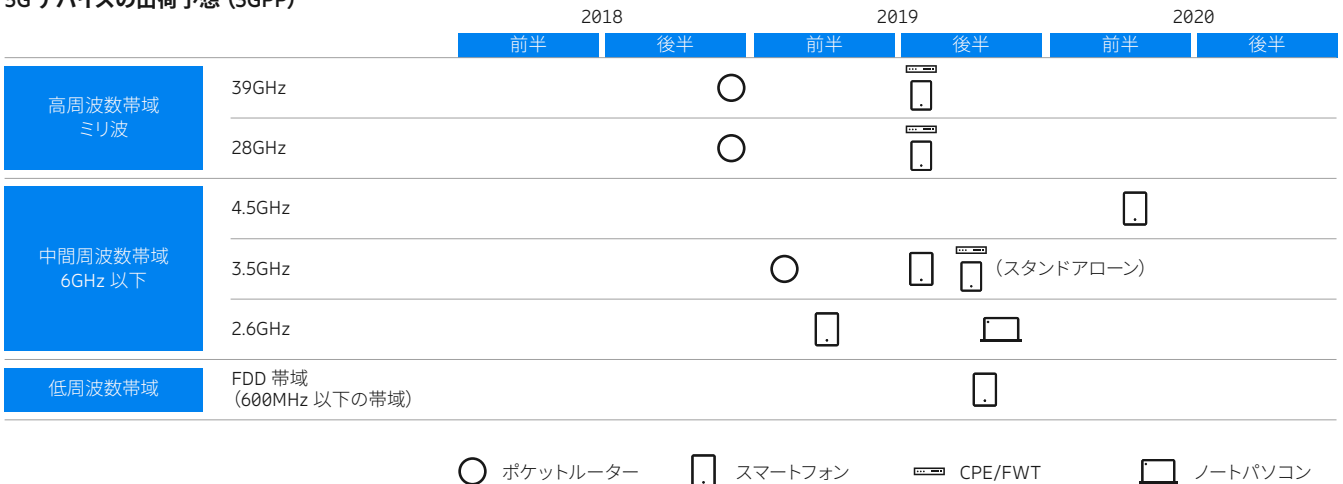
### 産業とIoT

5Gにより、さまざまな産業用ユースケースが可能になると期待されています。産業プロセスの監視や制御に利用可能な、超低遅延通信に対応したモジュールベースの最初の5Gデバイスは、2020年中に出回ると予想されています。

### 2023年までに10億個の5Gデバイス

新しいセルラーネットワーク技術に対応するデバイスの初期普及率は低く、5Gも例外ではありません。コストと価格が下がると販売数が増えるため、デバイスの普及率が上がり、チップセットとデバイスの世代交代を促します。2023年までには、世界全体で10億個の高度モバイルブロードバンド向け5Gデバイスが接続されると予測されます。

5G デバイスの出荷予想 (3GPP)



注意: この図では、ノンスタンドアローン5G NRのデバイス出荷予想を示していますが、3.5GHz帯ではスタンドアローンも示されています。



# VoLTE 概観

2017年の末に、VoLTE 加入契約数<sup>1</sup>が6億1,000万件を超えました。

**VoLTE は LTE、Wi-Fi、および 5G において、各種のデバイスで相互運用可能な、消費者および法人向け通信サービスの基盤を形成します。**

現在 VoLTE のサービスは、全世界の 70 ヶ国以上の 145 を超えるネットワークで開始されています<sup>2</sup>。VoLTE の加入契約数は、2023 年の末までに 54 億件に達すると予測されています。これは、LTE および 5G 加入契約総数の約 80% に相当します。

## VoLTE が実現する新しい消費者とエンタープライズのユースケース

IMS (IP Multimedia Subsystem : IP マルチメディアサブシステム) を使って実現される VoLTE により、通信事業者は高品質の通信とデータサービスを、LTE、Wi-Fi、および 5G においてスマートフォンなどのデバイスで同時に提供できます。

いくつかの通信事業者は、より費用効率の高いネットワーク運用とより迅速に容量の拡張を行えるよう、クラウドベースのコアネッ

トワークによる VoLTE 展開を開始しています。このネットワークの進化は NFV (Network Functions Virtualization) に基づいており、新サービスを迅速に開始できるようにするものです。VoLTE 技術が 5G 音声通話の基盤となることは、3GPP 標準で規定されています。

HD 音声の追加としてすでに開始することが可能なサービスには、Wi-Fi コーリング、HD 音声 + (EVS (Enhanced Voice Services) コーデックによる通話中の音声品質向上と音楽)、ビデオ通信、チャットボットが進化した IP メッセージング、および通話中のコンテンツ共有があります。スマートフォンやタブレットなどの複数のデバイスで同じ電話番号を共有したり (マルチデバイス)、1 台の電話機で複数の電話番号 (マルチペルソナ) を利用することも可能です。

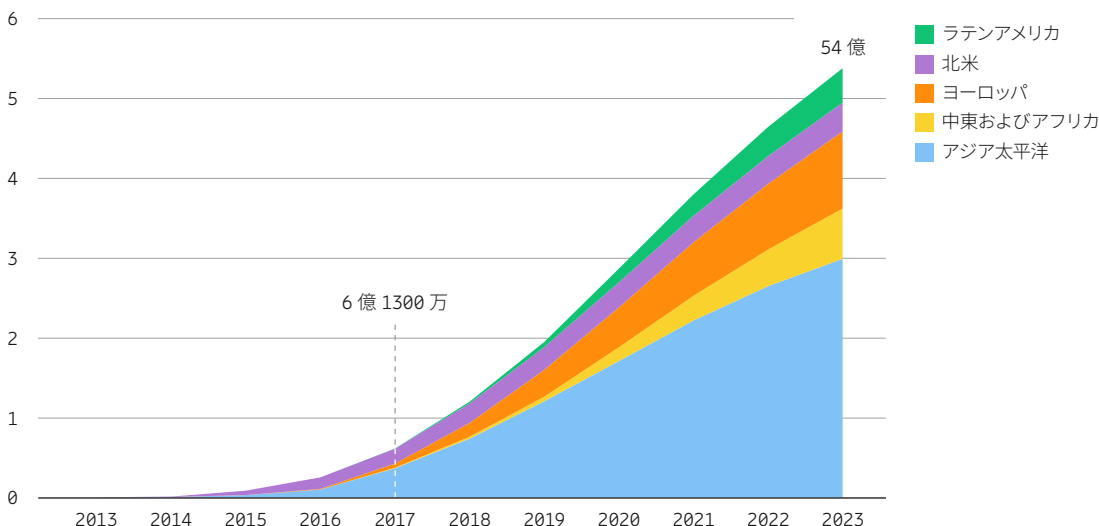
5G の環境での新しい通信サービスのユースケースとして、AR (Augmented Reality : 拡張現実) や VR (Virtual Reality : 仮想現実) などが検討されています。

## VoLTE 対応の新規デバイス

VoLTE 対応のデバイスモデルは 1,500 を超えています<sup>3</sup>。セルラースマートウォッチは、VoLTE を活用する最新デバイスの一つです。マルチデバイスシナリオにおいて、スマートスピーカーなどのデバイスも、IMS 対応デバイスになります。

Cat-M1 対応の IoT チップセット、デバイス、およびネットワークインフラでの VoLTE サポートが商用化され始めており、新しいユースケースが開発されています。多くの IoT のユースケースでは、基本的な音声通話機能を組み込むことが有益です。例として、支援が必要な状況やビジネス効率の向上などがあります。

地域ごとの VoLTE 加入契約数 (単位 : 10 億)



<sup>1</sup> 加入者が 1 ヶ月に 1 回以上 VoLTE 通話を利用した場合、VoLTE の加入契約があるとみなされます。

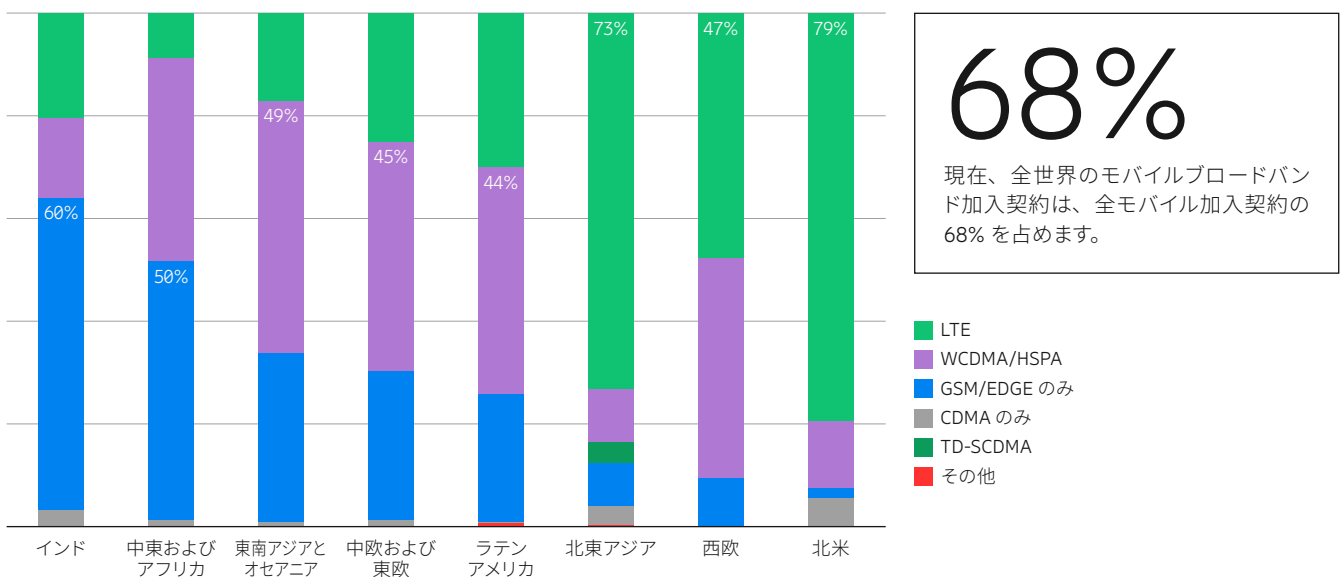
<sup>2</sup> GSA (2018 年 4 月)

<sup>3</sup> GSA (2018 年 5 月)、異なる地域と周波数をサポート

# 地域別の加入契約数概観

モバイルブロードバンド<sup>1</sup>は、すべての地域で加入契約数の増加を推進しています。

2017年の地域別および無線方式別のモバイル加入契約数の割合(%)



2017年において**インド**では、GSM / EDGEが引き続き主要技術であり、全モバイル加入契約の60%を占めていました。2016年の後半から2017年の前半において、LTE加入契約数が大きく増加しました。これは、ある通信事業者が提供した、無料の音声とデータトラフィックによる集客に起因していました。その結果、2017年の末には、LTEが全モバイル加入契約の20%を占めていました。

インドでは、より高度な技術への移行が継続すると予想されており、2023年には、LTEが全モバイル加入契約の78%を占めると予測されています。5Gは2022年に加入契約が可能になると考えられています。

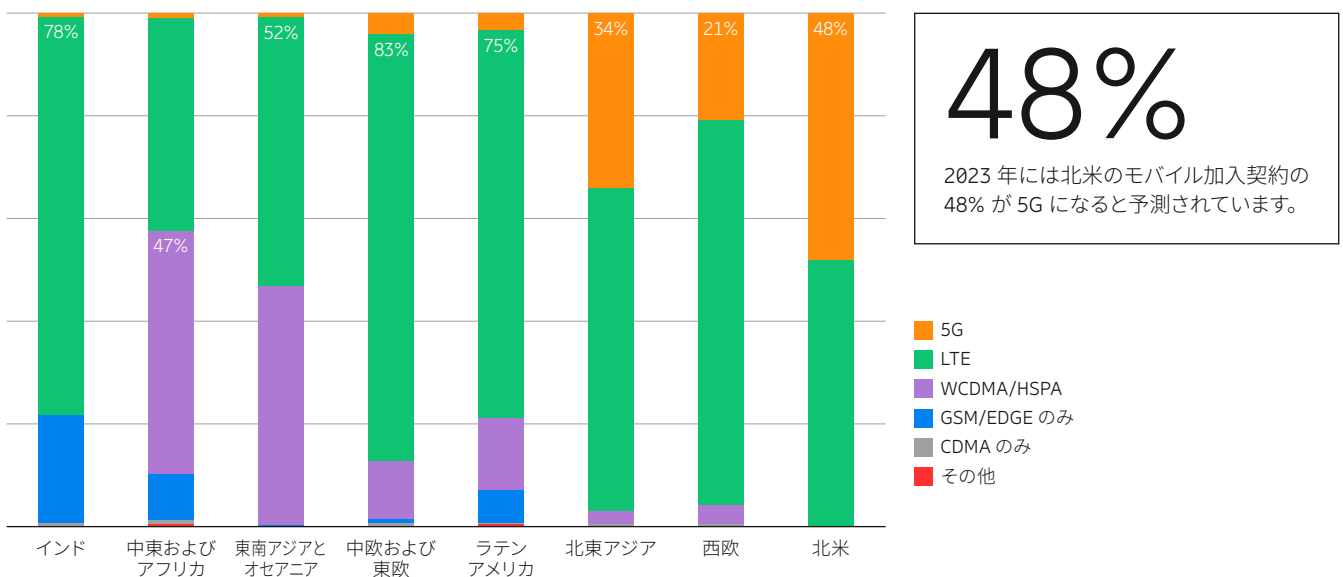
**中東およびアフリカ**は70を超える国がある多様性のある地域です。2017年の末には、中東および北アフリカにおける全モバイル加入契約の20%近くがLTEでしたが、サハラ以南のアフリカでは、全加入契約に対してLTEが占める割合はたった5%程度でした。予測期間において当該地域の発展が期待されており、2023年までには、90%がモバイルブロードバンドの加入契約になると予測されています。この転換の要因として、デジタル技術に精通した若年人口の増加と、より安価なスマートフォンが挙げられます。中東および北アフリカでは2021年に、またサハラ以南のアフリカでは2022年に、多数の5G加入契約が見込まれています。

**東南アジアおよびオセアニア**には、世界で最も高度なネットワークを持つ先進市場と、ごく最近LTEが導入された途上国があります。2023年には、全モバイル加入契約の52%をLTEが占めると予測されています。5Gは2021年に加入契約が可能になると考えられています。

**中欧および東欧**では、WCDMA / HSPAからLTEへの転換がさらに加速しています。LTEは、2019年には主要技術となり、2023年には全モバイル加入契約の約83%を占めると予測されています。最初の5G加入契約は、2020年から2021年の期間に可能となり、2023年には全加入契約の約5%近くを占めると予測されています。

<sup>1</sup> モバイルブロードバンドには、HSPA (3G)、LTE (4G)、5G、CDMA2000 EV-DO、TD-SCDMA および Mobile WiMAX などの無線アクセス技術が含まれています。

2023年の地域別および無線方式別のモバイル加入契約数の割合(%)



ラテンアメリカでは、WCDMA / HSPA が現在の主要無線アクセス技術となっていますが、予測期間において、技術の割合が大きく変化すると考えられています。2018年にはLTEが最大の加入契約をもつ技術となり、2023年までには、全加入契約の75%を占めると予測されています。5Gの最初のトライアルと展開は、今後数年にかけて予定されています。

北アメリカ、北東アジア、および西欧は、世界的なモバイルブロードバンド加入契約において高いシェアを有します。これらの地域の国々の経済は発展しており、情報および通信技術の普及率が高くなっています。

北米は現在のところLTE加入契約の普及率が最も高く、80%に迫っています。この地域は5Gの導入をリードすると考えられており、すべての主要な通信事業者は5Gを早期に展開する意志を表明しています。5Gをベースとした固定無線サービスは、2018年の後半に開始される予定で、2018年の終わりには、3GPP標準に基づく最初のモバイル5Gサービスが開始予定となっています。2023年の末までに、5Gの加入契約が全モバイル加入契約の48%以上を占めると予測されています。

北東アジアのLTE加入契約は73%と高いシェアとなっています。最近実施された中国全土にわたるLTE展開により、2017年の末のLTE加入契約数は10億件近くになりました。

韓国、日本、および中国では、5Gの早期展開が予想されています。予測期間の終わりには、北東アジアにおける5G加入契約の普及率が34%を超えると予測されています。

西欧では、昨年末の時点でLTEが最大の加入契約をもつアクセス技術となり、全加入契約の50%近くを占めています。WCDMA / HSPAの加入契約は減少していますが、依然として全モバイル加入契約の40%超を占めています。5G加入契約は最初に2019年に可能となり、2023年末までには、当該地域の全モバイル加入契約の21%を占めると予測されています。

# 2018年第1四半期の モバイルトラフィック

モバイルデータトラフィック<sup>1</sup>は、2017年第1四半期から2018年第1四半期までに54%増加しました。

トラフィックの増加は、スマートフォン加入契約数の増加と、加入契約ごとの平均データ量が、主に高解像度での動画コンテンツ視聴によって増加したことで加速されました。

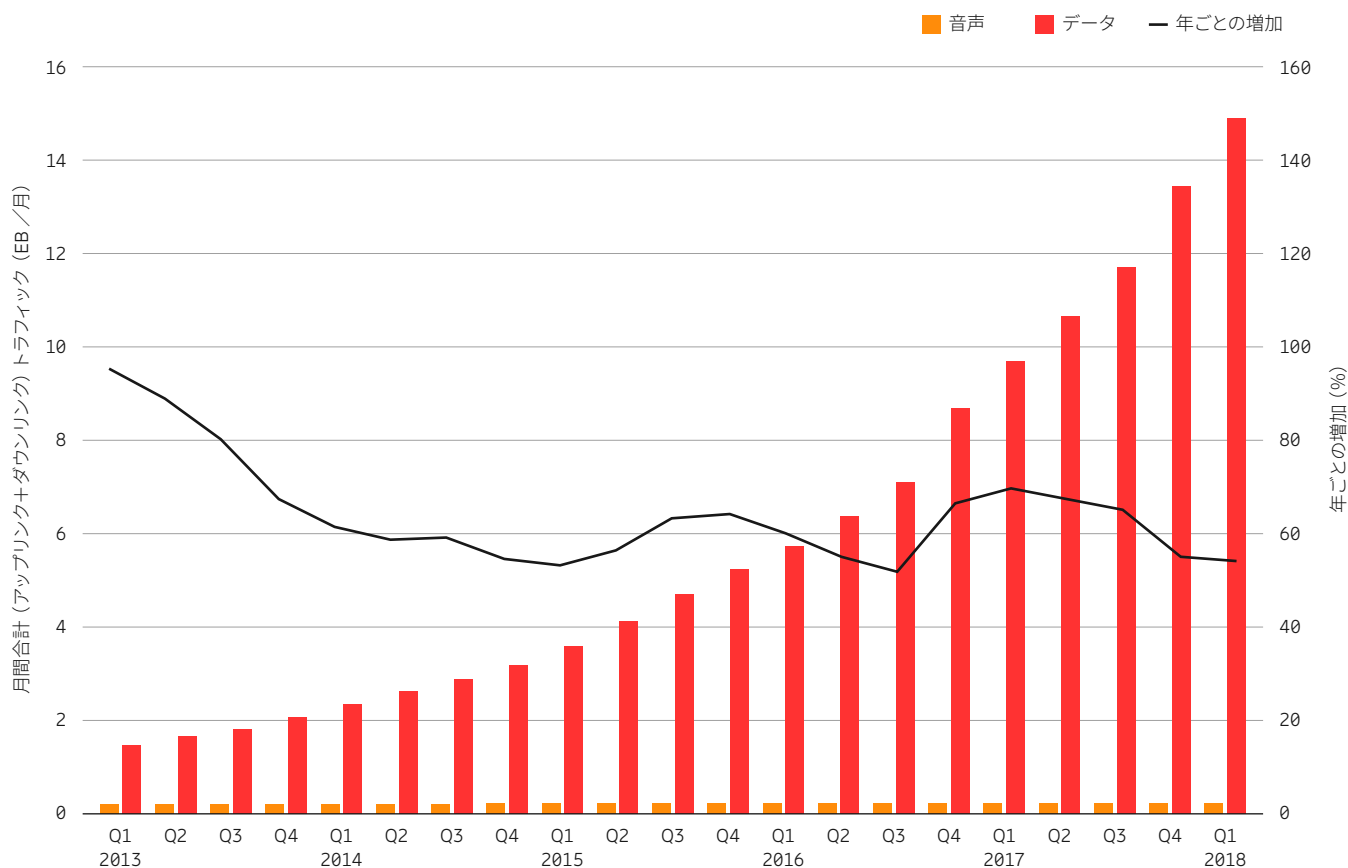
下のグラフは、2013年第1四半期から2018年第1四半期までの全世界における月ごとのデータおよび音声トラフィックと、モバイルデータトラフィックの前年比増加率(%)の変化を示したものです。

2018年第1四半期における、対前年比のモバイルデータトラフィックの増加は約54%でした。これは2017年第4四半期の年間増

加と同様ですが、過去の4四半期(65%~70%)よりも大幅に低い増加でした。世界的なトラフィック増加は2016年第4四半期に始まり、インドでの無料データトラフィック導入によりその長期的トレンドラインを超えるまでに大きく押し上げられたため、2018年第1四半期と比較すると増加率が高く見受けられます。

四半期ごとの増加は約11%でした。

市場、地域、および通信事業者によって、トラフィックのレベルに大きな差異があります。



出典: エリクソンによるトラフィック測定 (2018年第1四半期)

<sup>1</sup> トラフィックには DVB-H、Wi-Fi、Mobile WiMAX は含まれません。VoIP はデータトラフィックに含まれます。

# アプリケーションのカテゴリー別 モバイルトラフィック

視聴時間の増加、他のメディアへの埋め込み動画の増加、より高い解像度への進化により、モバイルネットワークのビデオトラフィックが引き続き増加

モバイルビデオトラフィックは、2023年まで年間約45%増加し、全モバイルデータトラフィックの73%を占めることが予測されます。ソーシャルネットワーキングからのトラフィックも、今後6年間に毎年31%増加すると見込まれています。しかし動画の増加がより大きいため、総トラフィックに占めるソーシャルネットワーキングのシェアは、2017年の12%から、2023年には約8%に減少する見込みです。

異なる解像度のストリーミングビデオは、データトラフィック利用量に大きな影響を与

える可能性があります。標準解像度のビデオ(480p)の代わりにHDビデオ(720p)を視聴すると、一般的にはデータトラフィックの量が倍になり、HDビデオの代わりにフルHDビデオ(1080p)を視聴すると、さらにその量が倍になります。

360°ビデオなど、没入性の高いビデオ形式のストリーミングの増加という新しいトレンドも、データトラフィックの利用量に影響を及ぼすでしょう。たとえばYouTubeの360°ビデオは、同じ解像度の通常のYouTubeビデオの4~5倍の帯域幅を消費します。

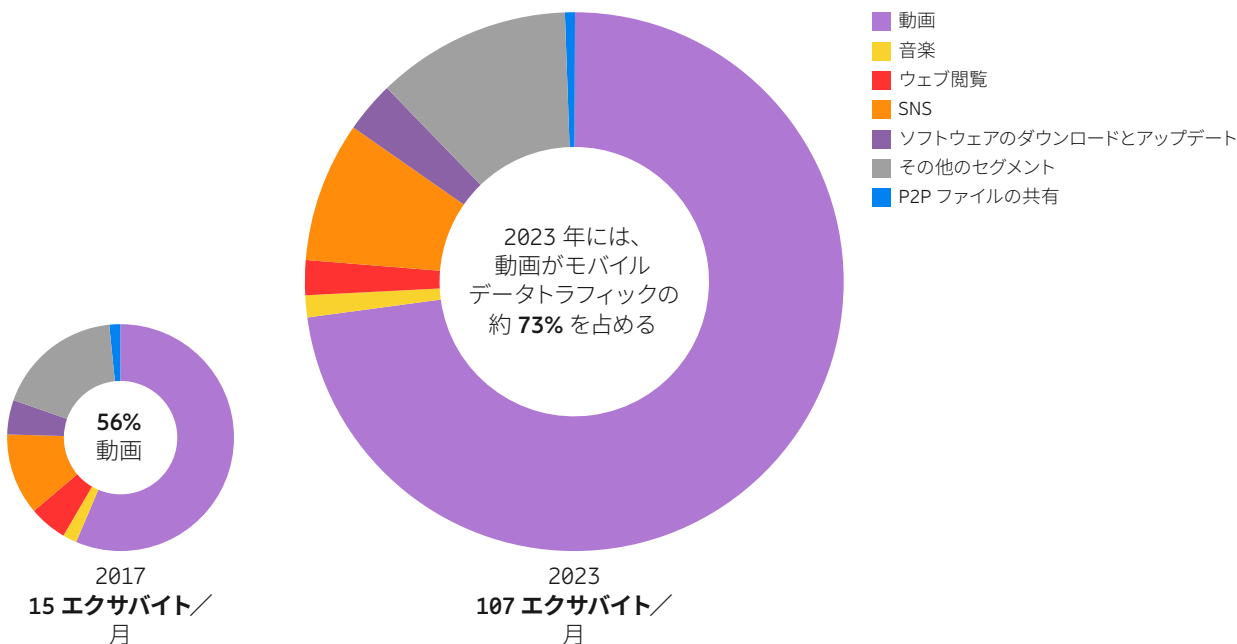
## エリクソンモビリティ カリキュレーター

[www.ericsson.com/mobility-report/mobility-calculator](http://www.ericsson.com/mobility-report/mobility-calculator)

今回のエリクソンモビリティレポートの発行に伴い、さまざまなアプリの種類ごとの使用量と加入契約ごとの月間トラフィックとの関係を調べるための新しいインタラクティブなWebアプリケーションの運用を開始しました。このアプリケーションを使用すると、アナリストやビジネスプランナーは、より高いビデオ解像度への進化と加入者あたりの月間トラフィックの増加との関係を、迅速かつ簡単に確認できます。新しい考察とともにアプリの種類および関連するデータ速度の情報を定期的に提供する予定です。



アプリケーションの種類ごとの月間モバイルデータトラフィック (単位: %)



# モバイルデータトラフィック概観

## 2023年には、モバイルデータトラフィックの20%が5Gネットワークを利用すると予測

すべての地域で、スマートフォン1台ごとの毎月のモバイルデータトラフィックは増え続けています。北米が最も使用量が多く、2017年末には7.2GB (GigaByte: ギガバイト) に到達し、2023年末には49GBに到達すると見込まれています。次に多いのが西欧で、スマートフォン1台ごとの月当たりのモバイルデータ使用量が2017年末には4GBに達し、2023年末には25GBに達すると見られます。

データ使用量の世界的な増加要因として、端末機能の向上、より安価なデータプラン、データ量の多いコンテンツの増加が挙げられます。

VR (Virtual Reality: 仮想現実) や AR (Augmented Reality: 拡張現実技術) がさ

らに広く採用されるにつれ、コンテンツで使われるデータはますます増えると考えられます。

### 合計モバイルデータトラフィックは約8倍増加の見通し

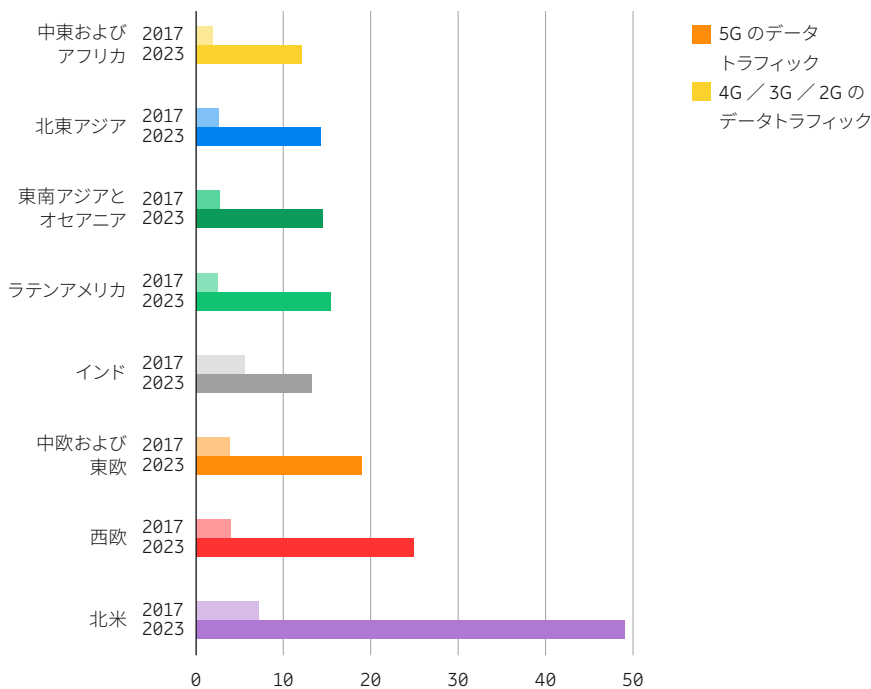
合計モバイルデータトラフィックはCAGR (Compound Annual Growth Rate: 年平均成長率) 43%で増加し、2023年末には毎月約107EB (ExaByte: エクサバイト) に達すると推定されます。同時期に、全世界のモバイルデータトラフィックの20%が5Gネットワークを利用すると予測されます。これは現在の4G/3G/2Gトラフィックの合計の1.5倍です。初期の5G展開地域では、トラフィックに占

める5Gのシェアは20%を越えることとなります。

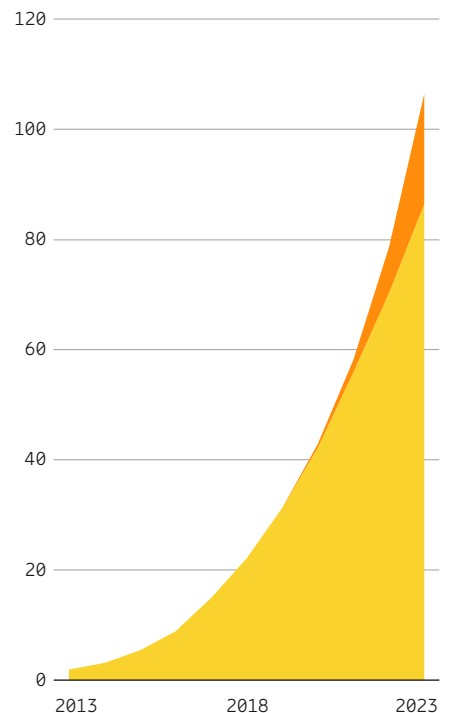
現在、5Gトラフィックの予測にはFWA (Fixed Wireless Access: 固定無線アクセス) サービスによって生成されたトラフィックは含まれていません。しかし、FWAは一部の地域で5G向けに計画された初期のユースケースの一つであるため、市場におけるサービスの増加に応じて予測値に大きな影響を与える可能性があります。

現在、合計モバイルデータトラフィックの85%近くがスマートフォンによって生み出されています。2023年末までには合計モバイルデータトラフィックの95%に到達すると予測されます。

### アクティブなスマートフォン1台当たりのモバイルデータトラフィック (GB / 月)



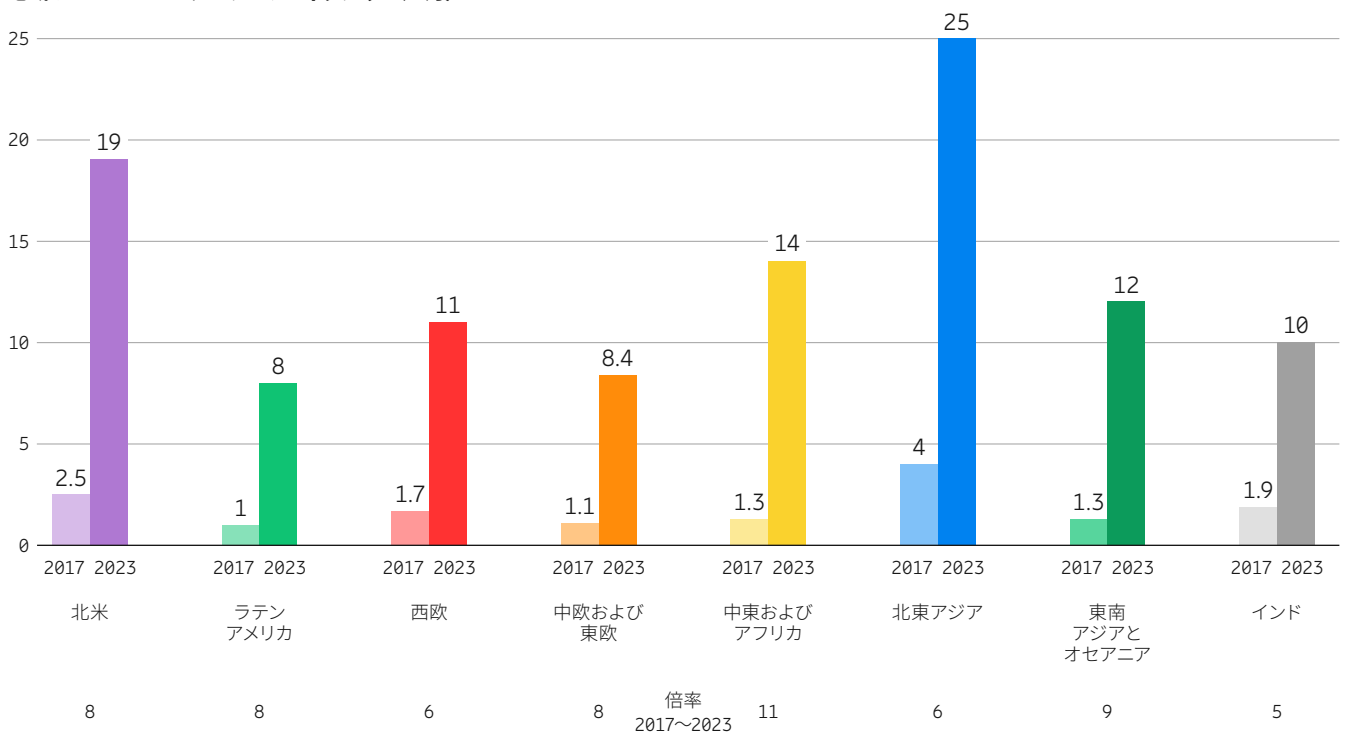
### 全世界のモバイルデータトラフィック (EB / 月)







地域ごとのモバイルデータトラフィック (EB / 月)



**北東アジアは全世界のモバイルデータトラフィックの最大シェアを維持**

北東アジアは最も人口の多い地域で、2017年末の時点で、全世界のモバイルデータトラフィックで最大のシェアとなる27%を占めています。この傾向は2023年まで続き、この地域の合計モバイルデータトラフィックは月当たり25EBに達すると予測されています。北東アジアにおけるモバイルブロードバンド加入契約数は今後も急激に増え続けると予測されます。中国単独のモバイルブロードバンド加入契約数は、2023年末までに約3億3,500万件増える見込みで、データトラフィックは月当たり18EBになります。

インドでは、月当たりの合計モバイルデータトラフィックがLTE加入契約の力強い増加

によって2017年末の時点で1.9EBになりました。2023年には合計トラフィックが5倍になり、10EBに到達すると予測されます。

中東・アフリカでは、スマートフォンのさらなる普及とネットワーク性能へのさらなる投資に押し上げられて、予測期間内にモバイルデータトラフィックが11倍増加すると見られています。2023年には、月当たりの合計モバイルデータトラフィックが約14EB近くとなる見込みです。これは月当たりの合計モバイルデータトラフィックとして全世界で最も高い増加率となります。

北米と西欧の総トラフィック量の割合は加入契約件数ベースの割合より大きくなっています。加入契約あたりのデータ使用量が多い理由には、LTEネットワークが十分に増強さ

れていること、ハイエンドのユーザーデバイスの普及率が高いこと、手頃な価格で大量のデータ通信をサポートするパッケージサービスを利用できることがあります。この組み合わせが加入契約あたりのデータ利用量の増加につながっています。動画などのブロードバンド集約型サービスと、VRやARなどの新しいアプリケーションの使用量が増加することによって、2023年の合計モバイルデータトラフィックは、北米では月当たり19EB、西欧では月当たり11EBを超えると見られています。

# IoT 接続概観

セルラー IoT 接続件数は年間増加率 30% で増加し、2023 年には 35 億に達すると予測されます。

中国で大規模な展開が進行していることから、セルラー IoT 接続の予測件数はほぼ倍増しています。2023 年に予測される 35 億のセルラー IoT 接続件数のうち、北東アジアは 22 億を占めると予測されます。

IoT は、企業が効率を改善し、顧客から見た価値を高めるための機会を提供します。しかし、IoT 技術の導入には依然として地域差があります。NB-IoT や Cat-M1 などの新しい大規模な IoT セルラー技術の導入が始まったことでセルラー IoT 接続の数は増えており、2017 年から 2023 年の間に 30% の CAGR が予測されています。これらの補完的な技術は、基盤となる同じ LTE ネットワーク上で多様な LPWA (Low-Power Wide-Area) のユースケースをサポートします。接続されるデバイスの予測については、右の表を参照してください。セルラー IoT 接続は、広域 IoT セグメントの一部として示されています。

## Cat-M1 と NB-IoT の商用展開

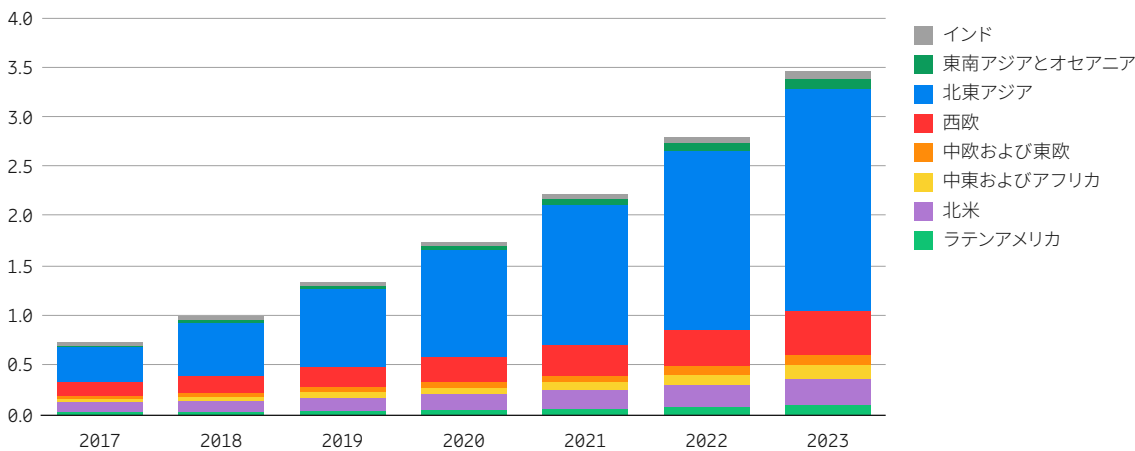
モバイル事業者は、Cat-M1 および NB-IoT を使って世界中で 60 以上のセルラー IoT ネットワークの商用運用を開始しています。<sup>1</sup> 北米では、物流やフリート管理などの IoT アプリケーションは主に Cat-M1 技術によってサポートされています。中国では、スマートシティ（電力メーターなど）やスマート農業などのユースケースの全国展開をサポートするために NB-IoT 技術が選ばれました。両方の技術は、世界各地で相互補完的に並行して展開されています。

大規模な展開とそれに伴うチップセットの大量生産により、チップセットの価格が下がることが予測されています。これはセルラー IoT 接続の増加にさらに拍車をかけることでしょう。

## 接続デバイス (単位: 10 億)

IoT	2017	2023	CAGR
広域IoT	0.8	4.1	30%
セルラーIoT <sup>2</sup>	0.7	3.5	30%
近距離IoT	6.2	15.7	17%
<b>他のデバイス</b>			
PC/ノートパソコン/ タブレット	1.6	1.7	0%
携帯電話	7.5	8.6	2%
固定電話	1.4	1.3	0%
<b>接続デバイス合計</b>	<b>17.5</b>	<b>31.4</b>	<b>11%</b>

## 地域ごとのセルラー IoT 接続 (単位: 10 億)



<sup>1</sup> GSA (2018年4月)

<sup>2</sup> これらの数値は、広域 IoT の数値にも含まれています。



# ネットワークカバレッジ

## 2023年には、世界の人口の20%以上が5Gのサービスを利用

モバイルサービスプロバイダーは、世界の住民に十分な無線信号を提供することを主目的としてきましたが、これは地理的カバレッジに対して人口カバレッジとして定義されます。モバイルネットワークは現在、世界の人口の約95%をカバーしており、さらに拡大を続けています。

モバイルデバイスの使用は、主に音声によるものから、メッセージングやインターネットアクセスに加えてスマートデバイスの広範なアプリを含むものに進化し、ネットワーク性能に対する要求は高まり続けています。

### LTE 展開は引き続き拡大

ネットワーク構築と加入契約の増加に関して、LTEはこれまでで最も急速に展開されたモバイル通信技術です。25億人をカバーするのにWCDMA / HSPAが8年かかったのに対し、LTEはわずか5年しかかかりませんでした。

いくつかの要因がLTEの展開を加速しています。IoTサービスの成長が予測されており、農業地域や森林など人口密度の低い場所にセンサーのネットワークが設置されることから、地理的なカバレッジへの要求も高まっています。

LTEの人口カバレッジは現在60%を上回っており、2023年には85%以上に増加すると予測されています。

### 5Gの人口カバレッジの推定

モバイルアクセス技術は従来、最初に都市部に展開されてから、郊外や主要な幹線道路といった地域へと次第に拡大してきました。

5Gも同様に、最初に高度モバイルブロードバンドサービスをサポートするため人口稠密な都市部に展開されることでしょう。しか

し、5Gは広範な要件を持つユースケースにより推進されます。5Gの最初に商用化される分野の一つは、FWA (Fixed Wireless Access) になると予想されています。FWAは主に、家庭で利用可能な固定ブロードバンドの選択肢が限られている場所に展開され、最初にカバレッジが構築されるのは郊外の地域ということになります。他には、自動車、製造業、公共事業、医療などの産業のユースケースが、指定された地域に対する専用カバレッジの需要を押し上げることでしょう。

5Gカバレッジの構築は、利用される周波数帯域および対応する無線伝搬特性に基づいて、以下の三つの大まかなカテゴリに分けることができます。

#### 1. 既存のLTE帯域での展開

これは、新しい無線装置の展開や新しいソフトウェアのインストールによって実現できます。多くのネットワークは、LTEと5Gで周波数帯を共用することにより、既存のLTEの周波数帯（たとえば低帯域から中帯域）で5Gサービスをサポートするように迅速にアップグレードできます。

#### 2. 6GHz以下の新しい帯域での展開

カバレッジの観点から見ると、既存のLTEと同様の展開となります。

#### 3. ミリ波帯域での展開

高度なアンテナビームフォーミングを使うことで、こうした高帯域の特性上限られたカバレッジを拡張できます。

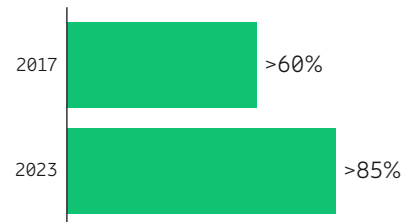
上記の選択肢を考えると、5Gの予測には通常より高い不確実性が存在します。5Gのカバレッジは2023年に20%を超えると推定されます。

### 無線方式ごとの世界の人口カバレッジ<sup>1</sup>

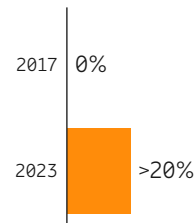
3GPPのセルラー技術による総人口カバレッジ



LTE



5G



<sup>1</sup> 数字は各無線方式の人口カバレッジを示しています。各無線方式を利用できるかどうかは、デバイスへのアクセスや加入契約などの要因に左右されます。

# ネットワークの進化

ネットワークの進化により、高度モバイルブロードバンドのユースケースを超えた、産業向け、法人向け、住宅向けの新しい多種多様なユースケースが実現されています。その例として、住宅向けの FWA と産業向けの分散クラウドが挙げられます。

## FWA の可能性

全世界の約22億世帯のうち、2022年に固定ブロードバンド接続を持つ世帯は半数以下であると予測されています。多くの市場では、固定ブロードバンドインフラの構築を続けることは、採算が取れないものです。3GPP セルラー技術の高い人口カバレッジと、ますます高速化しているモバイルネットワークの展開（以下の図を参照）が、FWA 展開に好機をもたらします。

## 進化する FWA 市場

以下の理由から、FWA は業界の関心を呼んでいます。

- ネットワーク性能が向上しており、固定ブロードバンドの代替手段として FWA の競争力が増している
- 追加の周波数帯が世界各地で利用可能になっている
- 1GB 配信あたりのネットワークコストが下がったことで、事業者が実行可能なビジネスケースが創出されている
- インターネットアクセスとビデオストリーミングサービスの需要が増えている
- モバイル事業者に新たな収益の機会が提供される
- 多くの国の政府が、経済成長を促進する手段としてブロードバンドの展開に助成金を支給している

世界の FWA 市場は以下の三つのセグメントに分けられます。

### 1. ワイヤレスファイバー

固定ブロードバンドアクセスと競合する市場で、より広い帯域幅の提供が求められています。その目的は、TV やビデオなどの宅内ストリーミングサービスの需要を満たすことができるファイバー並みの速度を提供することです。求められるデータ速度は一般に 100 ~ 4,000Mbps です。

### 2. 補完的な接続構築

xDSL がある程度利用可能ではありませんが、固定ブロードバンドの選択肢を提供するビジネスケースが限られている市場です。求められるデータ速度は一般に 50 ~ 200Mbps です。

### 3. 接続がないところの接続

既存の固定ブロードバンドの選択肢がほとんどなく、インターネットにアクセスするための有力な方法が、スマートフォンのモバイルネットワークを介してアクセスするという市場です。求められるデータ速度は一般に 10 ~ 100Mbps です。

## FWA ネットワーク進化のアプローチ

優れた性能のモバイルブロードバンドネットワークが、FWA サービスを提供するための基盤となります。FWA サービスを高い利益率で提供するには、ネットワークを進化させる最善の方法を検討する必要があります。以下の3ステップのアプローチが通信事業者によって検討されています。

### 1. 資産の活用

これには既存の基地局、展開済みスペクトルと無線装置での余剰容量、ベースバンド、伝送機器などの資産の活用が含まれます。

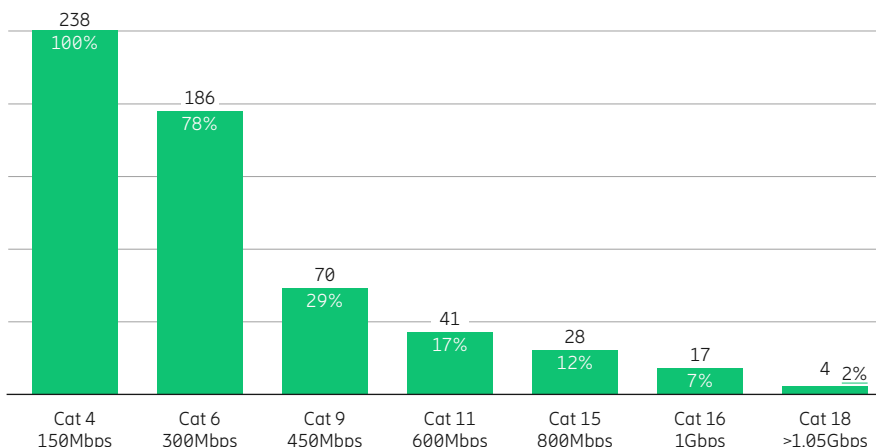
### 2. 周波数帯とネットワーク機能の追加

これには、追加の周波数帯、高位変調や MIMO (Multiple Input Multiple Output)、ビームフォーミングなどの無線ネットワーク機能、高次セクター化の拡充、5G NR アクセスが含まれます。

### 3. ネットワークの高密度化

これには、マクロセルとスモールセルによって無線ネットワークグリッドを高密度化することが含まれます。

Cat 4、Cat 6、Cat 9、Cat 11、Cat 15、Cat 16、Cat 18 デバイスをサポートする LTE-A ネットワークの割合と数



合計 21 のギガビットネットワークが商用運用開始

スマート製造を実現する方法の詳細については、24 ページを参照してください。

### 分散クラウドの商機

ネットワークは、モビリティ、データ速度、遅延、拡張性、セキュリティ、統一性、信頼性、可用性に関するさまざまな要件を持つユースケースに対応すべく進化を続けています。このような要件は、アプリケーションを中央サイト、分散サイト、エッジサイトに展開して、特定のユースケースの要件を満たすことが可能な分散クラウドアーキテクチャによって達成できます。

中央サイトと比べてユーザーにより近い場所からサービスを提供することで、ネットワークの伝送遅延が減り、コンテンツアクセス、アクション、コントロールに要する時間が短縮されます。また、ネットワークエッジにより近い場所で負荷のかかる処理をすることで、バックホール帯域幅と容量の必要性が軽減され、複数のサイトに負荷とストレージを分散することで可用性が向上します。

### 製造業ユースケースの要件

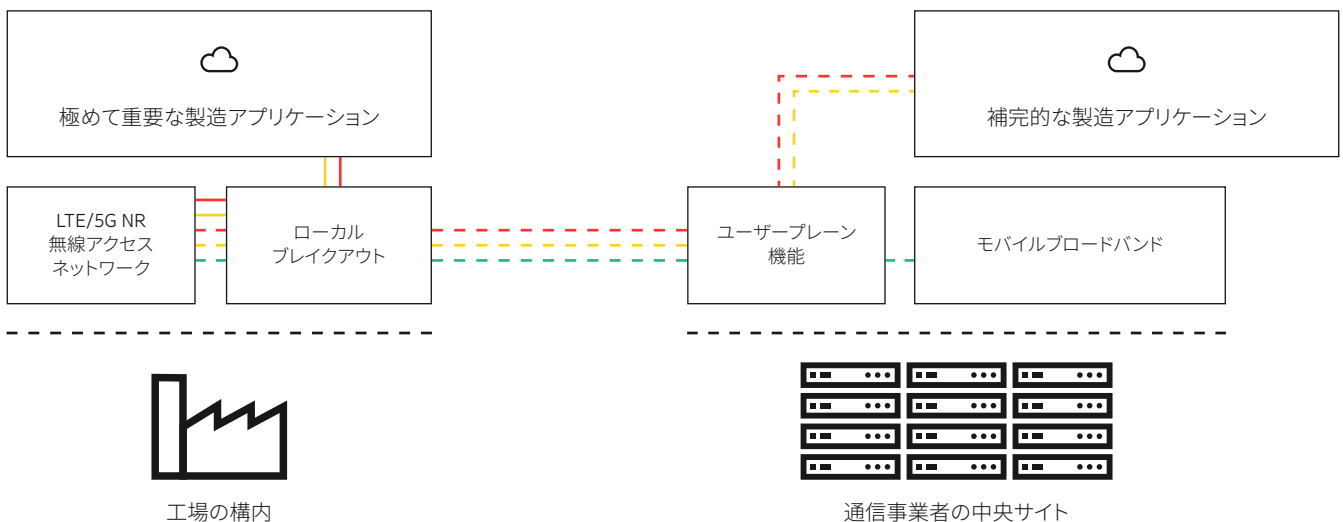
製造業界では、プロセスやワークフローのデジタル化により、低遅延、リアルタイムパフォーマンス、モビリティ、セキュリティの強化、超高信頼性、高可用性などの要件が求められています。これらの要件は、分散クラウドの機能によって対処できます。

しかし、工場内の接続要件はユースケースとアプリケーションに大きく依存するため、ネットワークはサービスの差別化もサポートする必要があります。進化した 4G (LTE) 無線方式で対処できるケースもありますが、生産管理やロボット制御などでは、5G 無線方式でしか実現できない 1 ~ 10 ミリ秒の遅延が求められる場合もあります。ビジネスケースとユースケースの両方の観点から、中央サイトとエッジサイトのどちらでアプリケーションを実行するのがより有益かは、ケースごとに異なります。

### エッジコンピューティングを使用した構内セルラーネットワーク展開

製造業界の接続要件は、セルラーネットワークの能力と合致しています。工場のユースケースのニーズやデジタル化の目的に応じて、スマート製造を可能にするさまざまなネットワーク展開オプションが用意されています。たとえば仮想化と DECOR (Dedicated Core Network) を使うことで、モバイル通信事業者の公衆ネットワーク内で動作するローカルのプライベートネットワークおよび仮想ネットワークをマッピングできます。専用の無線基地局と EPC のセットによる 4G および 5G ネットワークを構内に展開すれば、トラフィックをローカルにサイト内に留めることができます。ローカルデータブレイクアウトによる構内セルラーネットワークの展開では、極めて重要な生産データの構外への流出を防ぎ、QoS (Quality of Service) メカニズムでユースケースの要件を満たし、信頼性と遅延を最適化することが可能です。また、極めて重要なアプリケーションをマクロネットワークとは独立してローカルで実行できます。

### ローカルデータブレイクアウトを使用した構内セルラーネットワーク展開



# 顧客の観点から見た ネットワーク性能

顧客満足度、顧客体験とネットワーク性能の関係を理解することは、顧客ロイヤルティを高めるネットワーク設計への鍵です。

ますます競争が激化しているスイスの市場では、顧客を引き付けつなぎ止めることの成否が、優れた顧客体験の提供にかかっていることが明らかになりました。スイスコムがネットワーク改善の前後に実施した顧客満足度調査では、顧客がネットワーク性能をどのように認識しているか、アプリを使用するときに顧客の満足に影響するものは何かについての洞察が得られました。

こうした洞察に基づき、S-KPI (Service Key Performance Indicator)<sup>1</sup>の全国測定プログラムが設定されました。S-KPIは顧客満足度と相関性が強く、RAN (Radio Access Network:無線アクセスネットワーク)の問題とRAN以外の問題の根本原因分析を通じて最適化することができます。

## RAN性能の向上

2017年に、スイスコムは容量を拡大し、進化したネットワークアーキテクチャーを導入することによって、チューリッヒ中心部のモバイルネットワークをアップグレードしまし

た。ますます要求が高まるアプリや増え続けるネットワークトラフィックにもかかわらず顧客体験を改善することがその目的です。このプロジェクトはまた、5Gの導入に先立って、ギガビットレベルの通信速度のネットワークの全国展開を準備することも目的としていました。

3ヶ月の期間で、C-RAN (Centralized RAN)アーキテクチャーへの進化やサイト間キャリアアグリゲーションを調整するソフトウェアの導入を含む、いくつかの改善がモバイルネットワークに施されました。

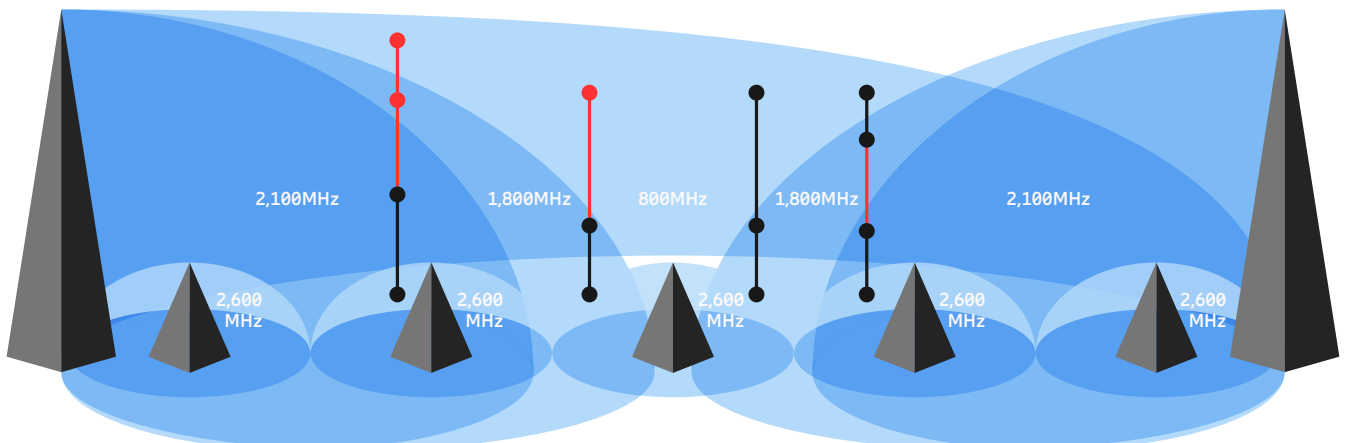
キャリアがマクロセル間、スモールセル間、マクロセルとスモールセルの間で集約されると、性能が向上する確率が高くなります。これがデータ速度の向上とより良い顧客体験につながります。またこのソリューションにより、ネットワーク効率が向上し、ギガバイトあたりの配信コストが削減されます。このアプローチにより、ネットワークを効果的に調整して最高の性能を確保することができます。

この記事は、スイス市場をリードしている通信事業者であるスイスコムと共同で作成されました。スイスコムは住宅顧客向けの幅広いブロードバンドサービス、デジタルテレビ放送サービス、モバイル通信サービスを提供しています。また、企業向けのICTサービス、クラウドサービス、およびセキュリティサービスの主要プロバイダーでもあります。



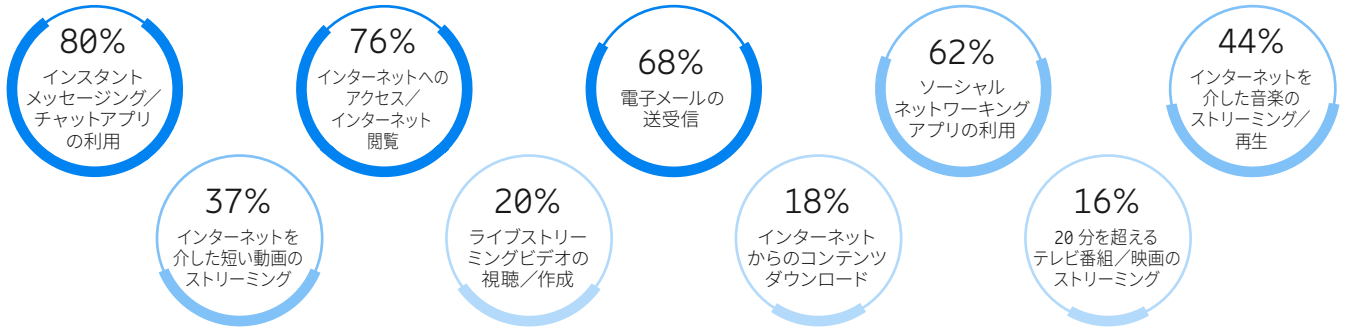
## C-RANとコーディネーションソフトウェアにより、マクロセルとスモールセル全体のサイト間キャリアアグリゲーションが可能

- サイト内キャリアアグリゲーション
- サイト間キャリアアグリゲーション



<sup>1</sup> S-KPIは、エンドツーエンド（アプリケーションサーバーとユーザー装置間）の観点からアプリケーションレベルで認識されるユーザー体験を測定します。

テストエリアでスマートフォンユーザーが毎日実行するアクティビティ (単位: %)



出典: スイスコムとエリクソンコンシューマー & インダストリーラボ (2017年)  
 対象: スマートフォンで毎日これらのサービスを利用しているテストエリアのスイスコムの顧客

ネットワーク性能の影響を理解する

スイスコムが限定されたテストエリアでモバイルネットワークの性能を高めたことで、このアップグレードにより、毎月同じエリアでかなりの時間を費やした人たちに満足度調査を行う機会が得られました。その目的は、改善されたネットワーク性能が顧客体験に及ぼす影響を理解することです。それには以下に関する洞察も含まれます。

- 4G ネットワークでのアプリやサービスの利用 - ネットワークデータで検証された回答者の自己評価については、上の図を参照してください。
- ネットワークの改善前後の課題と顧客体験
- 顧客がモバイルネットワークの性能をどのようにして評価するか
- ネットワークの満足度と、スイスコムを他の人に勧めたい人を増やすための要素

最低速度の改善が顧客満足度を高める

ネットワークが改善される前は、データ量の多いアプリ、特に写真や動画のアップロードやダウンロード、音楽や動画のストリーミングで、顧客満足度が最も低かったのは通信速度でした。ネットワーク強化後に調査結果を比較したところ、最低速度の向上がより良い顧客体験をもたらすというスイスコムの仮説が立証されました。

ネットワークが強化された後、テストエリア内での独立機関による UE (User Equipment: 端末) を使ったアクティブなスピードテストを分析したところ、最低速度が 33% 増加し、8.5Mbps となりました。

顧客調査データによれば、毎日ストリーミングする人の 42% と他のすべての調査対象者の 24% が、体験が向上したと報告しました。これは、大量のデータを使用するユーザーがネットワーク改善の恩恵を受けたことを示しています。これらの改善により、スイスコムのモバイルネットワークを他の人に勧めたいという人が 11% ポイント増加し、勧めない人も 26% 減少しました。

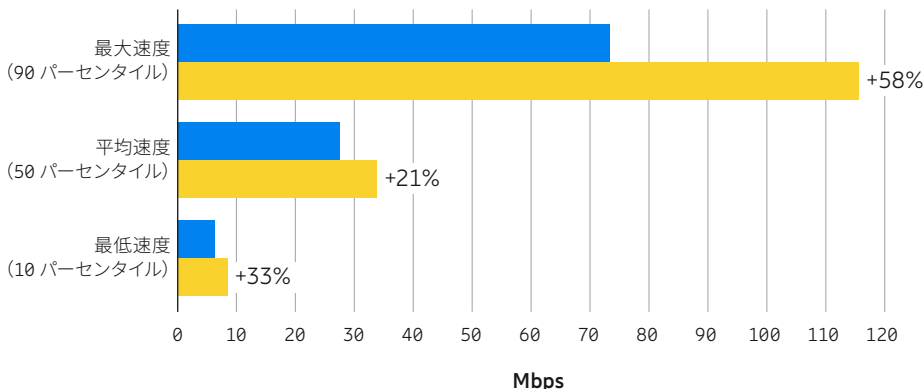
**11% ポイント**

ネットワークの改善により、スイスコムのモバイルネットワークを他の人に勧めたいという人が 11% ポイント増加しました。

**33%**

ネットワークが強化された後、テストエリア内での独立機関による UE (User Equipment) を使ったアクティブなスピードテストを分析したところ、最低速度が 33% 増加しました。

テストエリア内で測定されたダウンリンクネットワーク速度 (単位: Mbps)

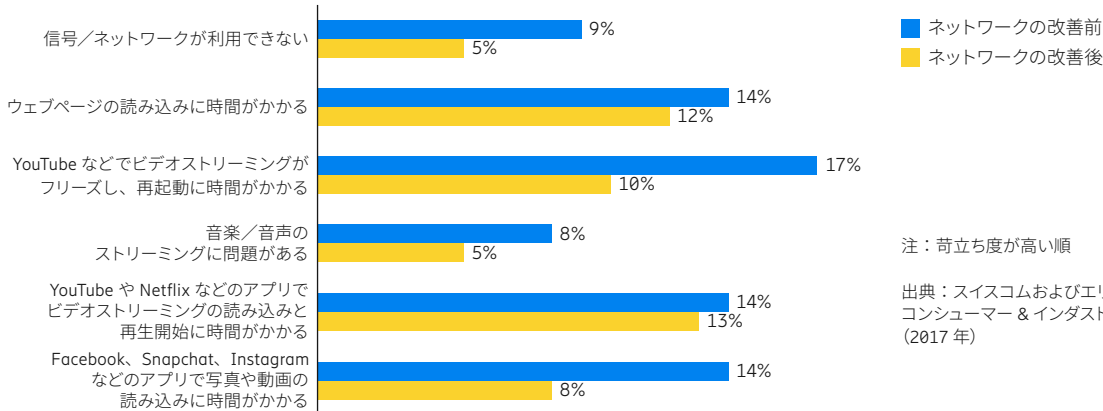


■ ネットワークを改善する前に測定されたダウンリンク速度 (2017年2~3月)  
 ■ ネットワークを改善した後に測定されたダウンリンク速度 (2017年9~10月)

出典: エリクソンによる Ookla 提供の Speedtest Intelligence データの分析 (2017年)



## テストエリアでスマートフォンの問題に「頻繁に直面する」と答えた回答者(単位: %)



注：苛立ち度が高い順

出典：スイスコムおよびエリクソン  
コンシューマー & インダストリーラボ  
(2017年)

## 顧客がネットワーク性能を評価する際に最も重要な基準

ネットワーク強化後、カバレッジ、信頼性、速度に関する回答者の満足度が向上しました。

ネットワーク性能をどのように評価するかを尋ねられたときにすべての顧客が挙げた基準の上位五つを、重要度順に示します。

1. ウェブページが開くまでの時間
2. チャットアプリで写真や動画を転送するのにかかる時間
3. 電子メールの添付ファイルのダウンロード速度
4. ストリーミングビデオの再生を開始するのにかかる時間
5. ストリーミングビデオがフリーズする頻度

ただし、毎日動画をストリーミングする人は、ネットワーク性能を評価する上で、電子メールの添付ファイルのダウンロード速度よりも、ビデオの再生開始までの時間とフリーズの方が重要であると考えています。

速度は定量化可能ですが、ほとんどの回答者にとっては重要ではありません。スピードテストアプリの結果がネットワーク性能を評価する上で最も重要な基準であると回答した人は10%しかいませんでした。全回答者の約4分の3は、データ使用量無制限の加入契約で提供される最高速度を知りさえていませんでした。<sup>2</sup>

これとは対照的に、すでにモバイルネットワークに不満を持っていた顧客には異なる評価基準がありました。彼らにとって、ネットワーク性能の最も重要な基準は動画のフリーズであり、その次がスピードテストアプリの結果でした。こうしたユーザー層は若くより高度なデジタル知識をもつ (digitally advanced) ユーザーのため、動画再生機能が優れていなければ満足できないのだと説明できるかもしれません。

モバイルネットワークの改善により、回答者が頻繁に直面する苛立たしい問題の発生が減少しました(上の図を参照)。最も苛立たしい問題、すなわちネットワークの利用不可の発生がほぼ半減したのです。2番目に苛立たしい問題であるウェブページが開くの遅い問題はわずかに改善されましたが、顧客は3番目に苛立たしい問題である動画のフリーズが大幅に減少したと報告しています。

## ビデオストリーミングの体験は、顧客満足度とロイヤルティの観点から極めて重要

第2回目の調査の一環として、スイスコムはネットワークの改善後のビデオストリーミングの体験について詳細な質問をしました。動画体験を構成する複数の要素には、満足度と相対的重要度の観点で異なる優先順位が付けられました。顧客が最も満足していたのは動画の品質ですが、満足度に関して相対的に最も重要な二つの要素は、再生の滑らかさ(フリーズなし)と、動画の読み込みおよび再生開始に要する時間でした(次ページの図を参照)。

調査結果はまた、ビデオストリーミングの満足度が全体的な満足度と強く相関していることも示しています。ビデオストリーミングの体験に満足している人のうち、10人中8人がモバイルネットワークの体験にも満足しています。さらに、ビデオストリーミングに不満を持っているユーザーの72%が、モバイルネットワークの体験に満足していません。ビデオストリーミングに満足している人の中で、スイスコムのモバイルネットワークを勧めたいと考える人の割合は、ビデオストリーミングに満足していない人の中での割合よりもはるかに多くなっています。ビデオストリーミングに満足していた顧客の88%には、今後12ヶ月以内に通信事業者を変更する意向はありませんでした。しかし、ビデオに不満を持っているユーザーのうち、通信事業

10人中8人

ビデオストリーミングの体験に満足している人のうち、10人中8人がモバイルネットワークの体験にも満足しています。

者を変更するつもりは全くないと答えたユーザーは35%だけです。

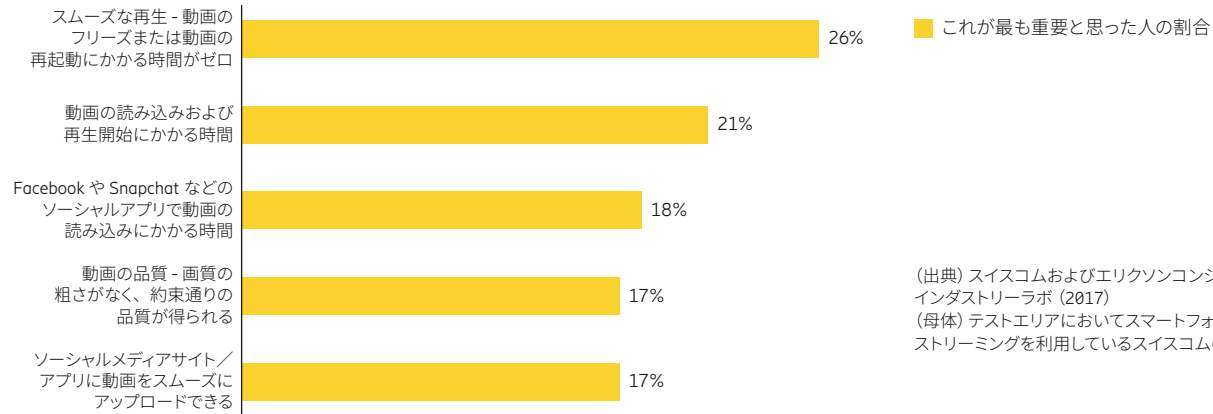
これらの調査結果は、ビデオストリーミングの体験が、特に若年層のユーザーにとって、顧客満足度とロイヤルティの点できわめて重要であり、エンドツーエンドのネットワーク設計と最適化は、この体験を向上させることを目標にする必要がある、ということを示しています。

## 体験を最適化する際のエンドツーエンドの視点の要件

これらの調査結果は、モバイルネットワークを強化することによって、顧客体験のすべての側面を改善できるとは限らないということを示しています。RANを強化しても、顧客体験に関わるすべての問題が完全に解決されるとは限りません。ボトルネックを特定し、アプリ自体、顧客のデバイス、およびインターネット上のデータの送信経路などのエンドツーエンドの視点で性能を最適化することが重要です。ウェブページのダウンロードに時間がかかる場合、インターネット上の応答時間を改善するには、CDN(Content Delivery Network)の効率を上げること、またはDNS(Domain Name System)のトラブルシューティングが必要です。

<sup>2</sup> 調査回答者の加入契約は、データ使用量が無制限で、加入契約に応じて最大速度制限が異なる(最大2Mbps、最大10Mbps、最大50Mbpsなど)というポストペイド加入契約でした。

## ビデオストリーミング関連の満足度向上における、動画のさまざまな側面の相対的な重要性



(出典) スイスコムおよびエリクソンコンシューマ & インダストリーラボ (2017)  
(母体) テストエリアにおいてスマートフォンでビデオストリーミングを利用しているスイスコムの顧客

### 顧客体験改善の目標をネットワーク強化で実現

本記事の顧客調査により、顧客満足度に大きな影響を与える KPI が判明しました。最も重要な S-KPI は次の 2 つです。

- ウェブページのダウンロード時間 - ネットワークを評価する上で最も重要となる顧客の基準
- 動画のフリーズ - モバイルネットワークの満足度に大きな影響を与える基準

上記の S-KPI により、対応するネットワークパフォーマンス KPI の特定、測定、最適化が可能となり、ひいては顧客満足度と顧客維持につながります。

スイスコムはすでにこの結果に基づいた対策を取っており、現在はパッシブプローブを用いてこうした S-KPI の測定を行っています。これにより、当該 S-KPI の状況をネットワーク全体で俯瞰することができます。

この S-KPI のアプローチにより、単一のセルの範囲内だけでなく、顧客がセル間を移動する際のアプリとサービスのパフォーマンスも明らかにできます。つまり各セルのモニタリング中に見逃された問題を見つけ出すことが可能です。この S-KPI は、各顧客のエンドツーエンドのタイムスタンプ付きセッション記録にある RAN のデータと関連しています。この結果に従ってネットワークを最適化することで、数値の悪い S-KPI を改善できます。

通信事業者がネットワークを設計・最適化するときは、ネットワークパフォーマンスに関する顧客の感じ方を正確に反映し、顧客満足度において重要となる S-KPI に基づいた方法を模索すべきです。

この調査では、モバイルネットワークの設計や最適化は、ネットワークパフォーマンスに関する顧客の感じ方を正確に反映し、顧客満足度や顧客ロイヤルティにおいても重要となる KPI に基づいて行うべきであるという結果が示されました。調査結果は、ウェブページの高速度ダウンロードやスムーズなビデオストリーミングといった、モバイルネットワークが提供する、顧客にとって直接の恩恵となる具体的なメリットを分かりやすく伝える方法を示しています。

本記事で紹介した顧客調査とその結果は、顧客満足度、顧客体験、ネットワークパフォーマンスの間の関係性を理解する重要なステップであると言えます。スイスコムはまず、顧客体験と顧客満足度に対するネットワーク向上の影響を調査することから始めました。この関係性が立証されたことが問題の改善へとつながったのです。まず顧客体験から始め、次に関連する S-KPI を測定し、ネットワークを最適化して顧客満足度と顧客ロイヤルティを最大限に高めることができるようになりました。このアプローチが秘めた可能性を最大限に見出すために、さらに調査・テストを重ねる予定です。

### 調査方法とセグメント分け

今回の調査はエリクソンコンシューマー & インダストリーラボと連携して実施し、スイスコムの顧客 8,000 名に参加を呼びかけました。そのうち、毎月 40 時間以上をテストエリア内で過ごしている 750 名が参加を承諾しました。参加者の 4 分の 3 はテストエリアに住んでいるかまたは働いています。残りの参加者も買い物や、友人・顧客との面会、飲食店の利用などで、人気のあるこのエリアを訪れました。

この調査は、ネットワークの改善前とその後の 1 ヶ月という 2 部構成で実施しました。そして両方に参加した 150 名の回答者に、ネットワークの改善前と改善後の顧客体験を直接比較してもらいました。

被験者は性別ごとに均等に振り分け、主に若い年齢層の構成としました。50 歳以上の被験者は 17% のみで、30 歳未満が 45% を占めました。また大多数である 83% の回答者が、スイスコムが先進デジタル (digitally advanced) ユーザーと分類した顧客でした。<sup>3</sup> ほぼすべての回答者がデータ無制限の契約をしていましたが、契約内容は最大速度により異なりました (ほとんどが 10Mbps ~ 50Mbps)。

3 スマートフォンやタブレット、テレビ、パソコンといったデジタルデバイスの使用に応じてスイスコムが居住ユーザーを分類しました。「digitally advanced」とは、新しい技術に強い興味を持ち、日常生活で巧みに使いこなせる層を指します。

# スマート製造の実現

セルラー接続の新たな規格によって、工場内のほとんどすべての資産を接続・管理することができるようになり、運用上の課題の解決につながります。

**製造業者は生産効率の向上を図り、カスタマイズされた広範な製品を提供することで、競争力を手に入れたいと考えています。しかしこれを実現するには、運用プロセスと生産ラインを統合して装置構成の変化に素早く対応し、安全性と品質を落とさずにリードタイムを短縮しなければなりません。**

運用上の課題は主に三つのユースケースのカテゴリー（下の図を参照）に対応します。このようなユースケースを実現するためには、費用対効果が高く、自動化されたオンボーディングプロセスを通して多様な装置資産を大規模に接続する必要があります。セルラーネットワークがそれを実現します。

## セルラー接続で価値を生み出す

各種の製造ユースケースのサポートに求められるさまざまな要件を満たしているセルラーネットワークは、一つの通信システムで製造変数<sup>1</sup>を安全かつ効率的に最適化できます。またセルラーネットワークは大量のデータをリアルタイムで収集・分析できるため、現場のインテリジェントな自動化を促進して適応的な生産を実現します。さらに迅速かつ費

用対効果の高い製造ラインの変更、ワークフローの統合や最適化も可能にします。

比較してみると、固定ケーブルネットワークが提供できるのは主に定置式の装置に必要な不可欠なアプリケーションのサポートだけです。Wi-Fi が提供できるのは、必要不可欠でない大量のアプリケーションのサポートに限られます。ケーブルは導入・維持費用が高くつき、また Wi-Fi も高いネットワークパフォーマンスを維持できないことから、接続に基づく運用の拡大に用いるのは現実的ではありません。

## 製造におけるワークフローの課題を解決するセルラーネットワーク

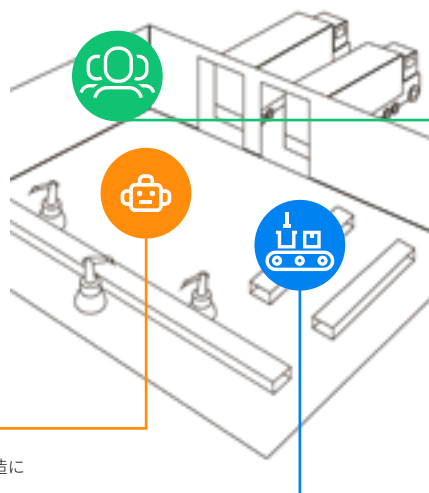
すべての製造変数を最適化したいと考えている製造業者にとって、導入された接続基盤（固定または Wi-Fi）も見直す対象です。固定ケーブルのネットワークだけではすべての変数の管理は不可能です。製造現場にあるのは定置式の装置だけではなく、回転する機械や移動式の装置、ツール、素材、電話、タブレットといった持ち運びが可能な物品も存在するからです。

インフラや機器、作業員を結びつけ、セルラー接続を活用して最大限のデータ収集を実現し、様々なワークフローのプロセスから実行可能な知見を得ることができます。

## デジタル工場におけるセルラーネットワークによって実現できるユースケース例

### 自動化のユースケース

- サプライチェーンの自動化とアセンブリー制御
- 業務効率と品質を高めるための生産ライン全体とバリューチェーンの各種プロセスの概要
- クラウドベースのアプリケーションとしてのロボットコントローラー
- 人工知能で自動化される品質テスト
- クラウドロボティクスによる柔軟な生産



### 位置情報を用いるユースケース

- 資産管理
- 倉庫管理
- 作業要員の安全確保と有効活用

### 監視のユースケース

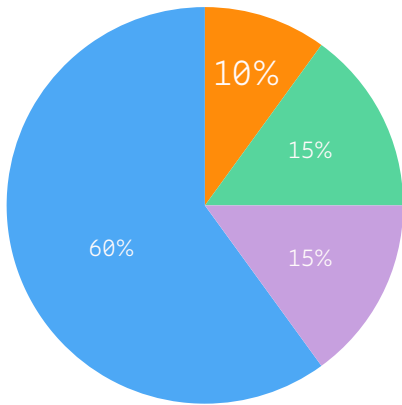
- 遠隔の工場の監視
- トラフィック管理とルート最適化（内部物流、無人搬送車）
- 予防的かつ規範的な保守
- 環境コンプライアンスと規制
- 作業要員の効率と製造品質

<sup>1</sup> 製造変数とは、資材やプロセスを含め、最終生成物の製造に必要なあらゆるインプットを意味します。

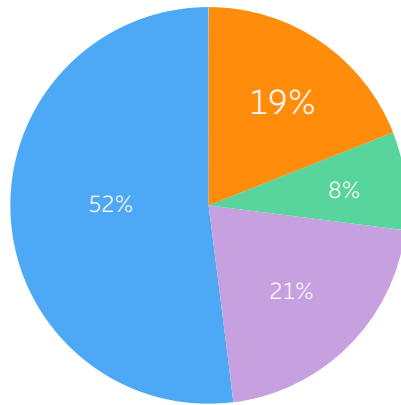


一般的なスマート製造現場でのユースケースのサポートに必要とされる接続デバイスの推定シェア

低レベルの自動化



高レベルの自動化



- 広帯域、低遅延/遅延予測 5G
- 狭〜広帯域 4G
- 小さいデータサイズ、高い更新レート NB-IoT / Cat-M1
- 小さいデータサイズ、低い更新レート NB-IoT / Cat-M1

高まるデバイス、データ、ネットワークの需要

2023年までに、IoTのセルラー接続数は全世界で35億に達すると推測されています。工場における基幹設備、機器、車両、プロセスのデジタル化により、コネクティッドデバイスの数は飛躍的に増加します。一般的なスマート工場が必要とされるコネクティッドデバイスの数は、1平方メートル当たり0.5台と推測されています。<sup>2</sup>この数字は、接続によりメリットが生まれると考えられる潜在的なユースケースと設備に基づき算出しています。

上の図は、前述のユースケースをサポートするフル装備のスマート工場におけるセルラー接続を要件とした場合の分布を示しています。各コネクティッドデバイス<sup>3</sup>のシェアは、現場の自動化の進展具合により異なります。<sup>4</sup>高度な自動化が進むと、5Gコネクティッドデバイスのシェアも高くなります。広帯域と一貫性のある低遅延という二つの要素は、大容量データとリアルタイムクリティカルデータのサポート、そして一貫性のある安全な通信の確保に必要です。

ユースケース：拡張現実でコスト削減を実現

セルラーネットワークが可能にするほとんどのユースケースで、工場の運用コストの削減が見込まれます。その一例が、AR (Augmented Reality：拡張現実) による装置や製品のテストと検査です。操作ガイドと状況に応じた情報が労働者の能力を強化し、テストや保守を高い水準を保ちつつ迅速に実施できます。

このユースケースはエストニアの工場で導入されており、生産品質の一貫した向上とリードタイムの短縮につながっています。この工場では労働力の使用率改善とスクラップ量の最小化により、25%のコスト削減を実現しました。

カスタマイズ製品にはカスタマイズされたネットワークが必要

製造チェーン全体の効率と品質の向上は成功する上できわめて重要ですが、真に競争力ある生産能力を確保する鍵は、カスタマイズ可能性あるいは適応的な生産です。

ネットワーク接続もユースケースごとにカスタマイズして費用対効果の高いパフォーマンスを実現し、同時にコネクティッドデバイスの数も増やす必要があります。

セルラー技術には、QoSメカニズムを使ってユースケースごとに異なるサービス要件に対応する力があります。製造現場を超えて、物流やサプライヤー、他の工場をもネットワークで結びたいと考えているデジタル化された製造業者にとって、この重要性は今後ますます高まるでしょう。

製造とは、単に工場の設備やプロセスだけで構成されているものではありません。製造の効率は材料のタイムリーな到着にも左右されます。また市場における製品の成功は、顧客からの継続的なフィードバックや共創にも依存します。従って、下の図に示すエコシステム全体を通じた連携により、製品やサービスのより高度なカスタマイズが実現できます。4Gと5Gベースのセルラー接続により、スマート製造の実現に必要なとされる機動性、安全性、可用性、信頼性を提供できます。

将来のコネクティッド製造業



接続フロー

工場は、広範囲にわたるネットワーク、他の工場、物流と統合されます。  
 - 製造プロセス全体を通して確実に追跡される物流  
 - 車両の正確な位置の認識

接続される現場

工場の現場は、多種多様なニーズを持つ高度に専門化された環境です。  
 - 極めて高い信頼性と低遅延  
 - 安全で信頼性の高い高可用性ネットワーク

全世界で接続される企業と製品

工場出荷、設置、出荷される商品は、全世界で接続され、利用可能になります。  
 - 新しい形式の顧客関与  
 - 新しいサービスとパートナーエコシステムが実現

<sup>2</sup>さまざまな製造現場からのデータに基づいた平均数。密集地の場合、接続密度は1m<sup>2</sup>当たり1台のコネクティッドデバイス程度です。

<sup>3</sup>特定の製造現場の正確な分布の数字は通信ニーズにより異なります。

<sup>4</sup>自動化のレベルは手動から全自動運転まで連続しています (Parasuraman 他 2000)。

# 機械知能をネットワーク管理に 応用

演算能力、クラウドアーキテクチャー、デジタル化、ビッグデータ分析などの進化により、AI（人工知能）に新しいチャンスが広がっています。



AIは、人間の行動を真似するユースケースから、人間の能力を活用する巨大な複合システムへと飛躍しています。AIの分野では、推論とプランニングの技法を持つ機械学習の構造化とモデル化を進める領域、すなわち機械知能が急速な進化を遂げています。

過去60年間、AIは希望とそれに続く過剰な期待を裏切る失望のサイクルを繰り返してきました。現在、この分野への関心が再び高まっていることは周知の事実です。しかし今回は今までとは違い、着実な進展があります。AIのツールと技術は、デジタル化が進む分野のそこかしこでその活用方法が見出されています。その分かりやすい例が、モバイルネットワークの最適化と保守の分野にあります。

## 高まるネットワークの複雑性に対応

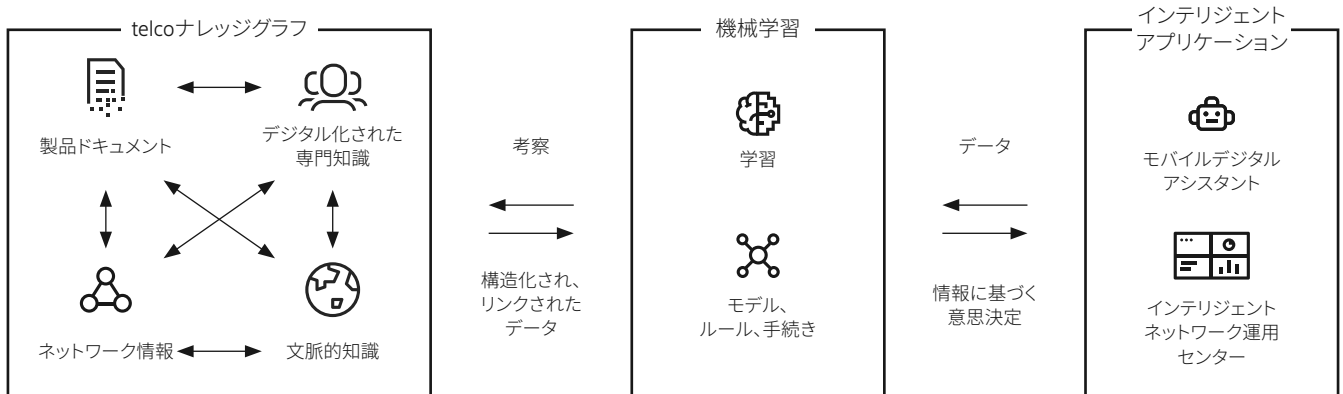
モバイルネットワークは、モバイルブロードバンドの高度化からIoTまで、5Gによりさまざまな需要に応えることができるようになります。ネットワークを使うデバイスの数は急速に増えている一方で、ネットワークの複雑性も増えています。この課題に対処する一つの方法に、経験豊富なネットワークエンジニアと技術者のスキルを活用することがあります。つまりAIと機械学習を利用し、自律的に管理されたネットワーク運用や現地保守の分野で彼らの知識を活用し、ネットワークの導入と保守の作業をサポートします。

## 機械学習+推論 & プランニング=機械知能

機械学習ソフトウェアが構造化データを情報として活用し、モデル、ルール、手順を確立します。次にその結果を新しいデータ収集の際に適用すれば、機械ベースの自動意思決定が可能となります。そして推論やプランニングといったAIの技術を機械学習に追加することで、「機械知能」と呼ばれるアプリケーションが誕生します。

AIと機械学習を使用し、経験豊富なネットワークエンジニアや技術者のスキルを活用できます。

## 機械知能とインテリジェントアプリケーションの実現における構造的知識の役割



### 構造的知識による機械知能の実現

自動意思決定の開発においては、知識を収集し、それを連結されたドメインからなるグラフに統合することが非常に重要です。通信産業であれば、専門家の知識や自然言語で文書化された情報（製品説明書、障害レポート、カスタマーサポート要求など）を機械が読める構造化されたデータに変換しなければなりません。

構造化データは「telco ナレッジグラフ」と呼ばれます（上の図を参照）。たとえばネットワーク内の特定の問題を解決する製品説明書は障害レポートと関連性がある、といった具合に、情報の内容には関連性があります。障害レポートとは、現場における問題解決方法や、経験豊富な現場技術者の経験的知識を記述したものです。

本レポートでは、telco ナレッジグラフを使ってネットワーク運用と保守のプロセスを自動化する方法を、次の二つのプロトタイプで説明します。

1. 機械で解決可能な問題についてネットワーク自己修復を実現する、NOC (Network Operation Center: ネットワーク運用センター) の自動化アプリケーション
2. ハードウェア関連エラーの解決において現場技術者をサポートするモバイルデジタルアシスタント

### インテリジェント NOC

通信ネットワークの集中監視・制御センターである NOC の主な役割は、障害管理とパフォーマンス管理を通じてネットワークの可用性と運用効率を維持することです。

現在、NOC の問題は、一般に主としてアラーム処理担当の技術者が、アラームの根本原因を特定し適切なソリューションを施すことでほとんど対処しています（障害管理）。このプロセスでは各分野の専門家がソリューションをコード化しなければなりません。ネットワーク技術とアーキテクチャーは日々進化しているため、コード化の実施や維持が複雑化しています。

プロトタイプの本 NOC ソフトウェアは、機械知能の技術を応用して自動障害管理を実現します。具体的には次のようなことが可能です。

- 過去の情報をベースに複合条件をマッピング（パターンマイニング技術を活用し、ドメイン横断型のアラームをインテリジェントにグループ化して検出）
- 機械学習を活用した複合条件からのルール作成
- ルールベースのインシデント検出
- 根本原因を特定し、システム/ソリューション文書の解決手順に根本原因をマッピングして適切な対応を導出

プロトタイプの手順ルールは、技術やトポロジー、インフラストラクチャーのアーキテクチャーから影響を受けません。結果としてそれは、インシデントの検出や分析に応用可能なデータ挙動パターンを作り出す、再使用可能なコンポーネントとなります。

ネットワーク管理は高度に自律化され、知見、ルール、ポリシー、ワークフローの開発・改良が継続して行われます。また差し迫った障害状況を予測し、予防処置を取ることが可能です。

自動意思決定開発の要となるのは、収集した知識を連結されたドメインからなるグラフに統合することです。

### インテリジェントデジタルアシスタント

インテリジェントデジタルアシスタントとは、機械知能を無線基地局サイトのタスクに応用する方法の一つです。基地局の導入、設定、保守にはコストと時間がかかります。モバイルデバイスのアプリケーションが診断やトラブルシューティングを行い、現場作業者をアシストします。結果として現場での作業時間が短縮され、品質保証のレベルも高まります。

このプロトタイプはビジュアルオブジェクト検出技術と、意味的に注釈付けされた製品ドキュメントを組み合わせることで、技術者のタスク処理を手助けします。<sup>1</sup>たとえばケーブルアダプターの欠陥のトラブルシューティングの場合、ビジュアルオブジェクト検出とARアプリケーションが欠陥のあるポートを特定して指示し、その修復方法も示します。

もう一つの例に、このアプリケーションを利用して、基地局のさまざまなコンポーネントを見分け、場所を特定することが挙げられます。画面上のコンポーネントの画像をタップすることで、現場作業者は関連文書からより詳しい情報を入手できます。下の画像は使用中のアシスタントです。

機械知能はトラブルシューティングのプロセスに使用される telco ナレッジグラフの作成にも使用されます。オブジェクト検出用の画像一式と製品ドキュメントの2セットの入力データが必要となります。ハードウェアコンポーネントの関連文書の参考資料は、検出されるオブジェクトと相互に関連付けられます。

このビジュアルオブジェクト検出器はCNN (Convolutional Neural Network: 畳み込みニューラルネットワーク) アーキテクチャーに基づいています。このアーキテクチャーは一つのステップで次のことを行います。

- 入力画像の画素からの特徴抽出
- ビジュアルオブジェクトのタイプ推定
- 画像内におけるビジュアルオブジェクトの位置推定

このオブジェクト検出器は強力なGPU (Graphics Processing Units) 上で動作するクライアント・サーバー構成、または技術者のスマートフォンやタブレット上で動作するスタンドアロンアプリケーションとして使用できます。

製品ドキュメントは一般にHTMLやPDFファイルとして存在し、規定が緩やかな構造ガイドラインに従っています。

このようなドキュメントの内容をアプリケーションが正しく解釈し、技術者に伝えるためには、「知識抽出」と呼ばれるプロセスで機械可読なフォーマットに変換する必要があります。この作業には、情報を抽出し、グラフなどの構造化情報モデルに翻訳するソフトウェアが必要となります。

### ネットワーク運用で重要な役割を果たす機械知能

機械知能は研究段階から抜け出し、今後はますますモバイルネットワークの運用や保守に応用されていくでしょう。ネットワークエンジニアや技術者の知識を利用することで、システムの規模や複雑性の拡大に関わらず生産性を向上できます。

機械知能によりシステムの規模や複雑性が拡大しますが、生産性も向上します。

### 無線基地局の保守作業でインテリジェントデジタルアシスタントを活用する作業員



<sup>1</sup> www.ericsson.com/thinkingahead/the-networked-society-blog/2018/04/19/machine-intelligence-when-automation-is-not-an-option/#more-11693

# 5G に適した周波数帯の確保

地上ネットワークで5Gサービスを実装する動きはすでに始まっており、モバイルブロードバンド業界もさまざまな無線周波数帯域でネットワークを展開する方向に進んでいます。



**モバイルブロードバンド業界とITU (International Telecommunication Union : 国際電気通信連合) は5Gへの道をかなり歩んできました。しかし無線周波数帯の問題となると、必ずしも道のりは真っ直ぐとは限りません。5Gのために適切な周波数帯を確保するためには、各国間の割り当て周波数帯を調和させるために依然として多大な努力が必要です。5Gネットワークはすでに新しい周波数帯域に展開されている状況であり、この問題への対応が急がれます。**

2019年11月の世界無線通信会議(WRC-19)では、ITU加盟国が高帯域(24.25GHz~86GHz帯)において新しい5G帯の割り当てに合意すると見られています。この帯域はしばしばミリ波帯と呼ばれており、3GPPが規定する5G NR (New Radio) 技術を使った新たな産業利用を幅広くサポートするうえで中心となります。

5Gサービスがデータの速度や容量に関する要件を満たすには、WRC-19におけるITU加盟国間の合意により、適切な条件の下、適切な帯域で十分な周波数帯が確保される必要があります。ここで言う「条件」とは、近接帯域のユーザーとの共存など、特定の帯域における使用要件を指します。

## ビジネスの概観

モバイルデータのトラフィックは今後6年間で8倍に増加すると予測されています。ARやVR、没入性が高いビデオフォーマットなどの新しい応用技術が誕生し、それに伴ってセキュリティや信頼性に対する要件も高まっています。さらに今後はIoTのコネクティッドデバイスの数が何十億台にも達すると予測されており、ビジネスケースやモバイルネットワークに関する要件の幅も広がりを見せています。

こういった需要に対応するため、5Gサービスプロバイダーは十分な周波数帯域を用意する必要があります。電波の伝搬特性は周波数帯域により異なるため、カバレッジ要件(低帯域/中帯域)と容量要件(高帯域)の両方を満たす組み合わせを確保することが重要になります。

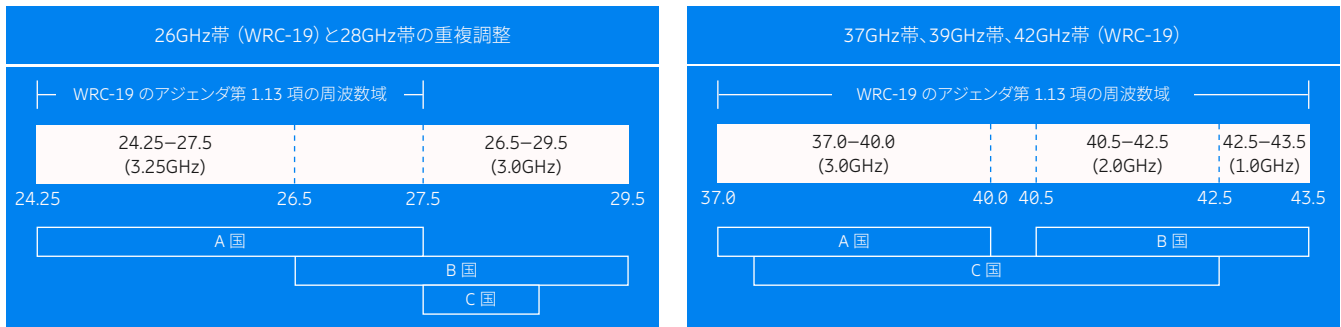
5G用に検討されている低帯域の多くが、すでにWRC-15以前のITUで合意されています。加盟国は今後、この帯域を自国でどのように割り当てるか決定しなければなりません。前述の通り、高帯域に関する決定はWRC-19で合意される予定となっています。

しかし5G展開への強い勢いが続いていることから、多くの国はWRC-19に先立ち、またWRC-19のアジェンダ第1.13項の範囲外で特定の帯域を割り当てるなどの対応策を取り始めています。これにより5Gサービスを迅速に展開できますが、ITUとは別に国家間の割り当てを調整する精力的な努力も必要となります。

5Gサービスがデータ速度や容量に関する需要を満たすためには、割り当て周波数帯に関する国際的な調和が不可欠です。



## 周波数帯調和により「チューニングレンジ」実現のチャンスを生み出す二つの例



### 5G 周波数帯

5G用として早い段階から展開予定の高帯域には、28GHz帯に加え、26GHz帯、37GHz帯、39GHz帯があります。28GHz帯は2018年末または2019年初頭までに一部の国で使用される可能性があり、他の高帯域は2019年末に利用が開始されると見られています。

1GHz以下の低帯域は、遠距離や建物内部もカバーするという好都合な電波伝搬特性を持つため関心を集めています。600MHz帯の新帯域は、5Gサービス向けとして2018年末までに利用の開始が見込まれています。

1GHzから7GHzの中帯域の一部も多くの国々で割り当てられる見込みです。3.3GHzから5GHz帯の中帯域については2020年頃までに利用が開始される可能性があり、地上用5Gアクセスネットワークにとって重要な周波数リソースと見なされています。中帯域は伝搬特性(受信範囲)と帯域幅(容量)の間を取った好都合な「妥協点」となるため、とりわけ有益です。

もちろんサービスプロバイダーがすでに使用している周波数域も数多くあります。一般的に、低帯域(600MHz、700MHz、800MHz、850MHz、900MHz)や中帯域(1.5GHz、1.7GHz、1.8GHz、1.9GHz、2.1GHz、2.3GHz、2.6GHz)といった現在の3GPP帯域は、すべて将来的に5Gサービスへの使用が検討されています。このような帯域やそれらの組み合わせは、5Gのカパレリティと容量を実現する上での鍵となり、モバイルブロードバンドの高度化、IoT、産業オートメーション、ミッションクリティカルなビジネスケース、PPDR(Public Protection and Disaster Relief)サービス等の実現においても中心的な役割を果たします。

さらに3GPPは最近、6.5GHz帯(5,925MHz～7,125MHz帯)の5Gサービスへの利用を検討する調査を開始しています。

### 調和の重要性

前述の通り、多くの国は、WRC-19で決定する予定の5Gの規制や仕様の発表を待たずに、すでに商用5G NRに向けた取り組みを始めており、特に26.5GHzから29.5GHz(28GHz帯)の周波数帯域に注目しています。以下に例を挙げます。

- 米国のFCC(連邦通信委員会)は、すでに28GHz帯でのモバイル使用に関する規定を採用し(二次的な衛星利用を示唆)、追加の規制条件も適用しています。37GHz帯と39GHz帯についても早期使用を見込んで準備が進んでいます。
- 韓国は2018年平昌冬季スポーツイベントの開催中、26.5GHzから29.5GHz帯を利用し、商用化前の5G試験を成功させました。これは、2018年に予定されている28GHz帯の周波数オークションに続く商業展開に向けた準備でした。
- 日本は2020年東京夏季スポーツイベントに向けて本格商用の5Gネットワークを展開する予定です。2018年と2019年には、3.7GHz、4.5GHz、28GHz周波数帯で商用化前のフィールド試験も行う予定です。
- 欧州と中国の規制当局は2020年までに26GHz帯での商用5Gネットワークの展開を狙っています。またこれに続き、42GHz帯での展開にも関心を示しています。
- インドは商用5Gネットワーク向けとして24.5GHzから29.5GHz帯、37GHz帯、39GHz帯、42GHz帯を検討しています。

多くの国が、WRC-19で決定予定の5Gの規制や仕様の発表を待たずに、すでに商用5G NRに向けた取り組みを始めています。

このような動きを考慮すれば、議論中の周波数帯について国際的調和を実現することは5Gの発展にとって依然として不可欠であると言えます。各国が必ずしも特定の周波数帯内の完全に同一の周波数帯を使用できるとは限りません。モバイル業界は技術的な「チューニングレンジ」を確立することで、この問題の解決を図ろうとしています。これは、技術的な観点からは、各国で展開されている帯域が、国ごとに実装が異なっているにもかかわらず、国際ローミングができて、かつ消費者の視点から透過的に使用できるハンドセットやデバイスを開発できる周波数範囲です。このようなチューニングレンジ内で周波数を割り当てることは、業界全体にとって非常に有益です。結果的に規模の経済が確保されることで、ネットワークインフラやモバイルブロードバンドデバイス、IoTデバイスの発展につながります。

上の図には、チューニングレンジにおける周波数の割り当てが有意な好影響をもたらすことがわかる二つの例を示しています。WRC-19のアジェンダ第1.13項に規定されている周波数帯は、5Gを展開している多くの先発国が割り当てている帯域全体にマップされています。このチューニングレンジに準拠する国が増えれば、5Gサービスをグローバル規模で展開する能力は著しく向上します。



### より高度な 5G サービスに必要な広帯域幅

5G NR サービスの早期展開を予定している国々では、不十分な周波数帯域幅しか付与されないリスクに備えることが大切です。高度な 5G サービスには、きわめて高いピークデータ速度と容量を実現することが期待されています。このためには、周波数リソースを非常に広い帯域幅で割り当てる必要があります。この速度と容量両方のニーズにより、このようなサービスには全体で 10GHz から 15GHz 以上の帯域幅を時間をかけて割り当てる必要があることを意味します。つまり 24.25GHz 帯～ 86GHz 帯においてギガヘルツ単位のチャンネルブロックが必要になるのです。これは 5G 周波数帯割り当てに関して WRC-19 で検討すべきもう一つの課題です。

### 5G 伝送ネットワークの鍵となるバックホール周波数

WRC-19 ではもう一つの主要な議題として、バックホール容量追加の必要性について議論される予定です。5G アクセスネットワークをサポートするには、最終的には現在の一部のマイクロ波帯 (26GHz や 28GHz など) の再分配が必要となります。こうした状況は摩擦を引き起こす可能性もありますが、政府による適切な周波数帯管理により対処可能なはずで

たとえば、WRC-19 に向けて 5G モバイルアクセスネットワーク向けに 32GHz 帯 (31.8GHz ～ 33.4GHz) の調査が進められています。しかし ITU 内での支持は少なく、再分配される 26GHz 帯と 28GHz 帯の代わりとなる主要なマイクロ波バックホールという位置づけで、国際バックホール帯の有力な候補と考えられています。

E バンド (81GHz～86GHz とペアの 71GHz～76GHz) はグローバルでの周波数帯調和が可能な必須のバックホール帯です。しかし WRC-19 に備えて、5G モバイルアクセスでの使用に関する調査も進んでいます。E バンドの帯域幅は非常に広く、数 km の距離で 10Gbps 以上のスループットを確保できます。アクセスネットワークでのキャリアアグリゲーションのような、マイクロ波マルチバンドブースターのコンセプトにより、この距離をさらにおよそ 10 キロまで拡大できます。

長期的に見ると、最大 100Gbps のスループットをサポートするために、さらに多くのバックホール周波数が必要であることは明らかです。増え続ける 5G バックホールの需要に対応するため、欧州では W バンド (92GHz～115GHz) と D バンド (130GHz～175GHz) の仕様が仕上げの段階に入っており、近年は米国でも同じ取り組みが始まりました。

### プライベートネットワークのためのローカルライセンス

ローカルのライセンス付与が必要なプライベートネットワークの開発も考慮に入れる必要があります。多くの国々がローカルでの使用に対して周波数を付与すること (もしくはサービスプロバイダーによるリース) を検討しています。

周波数をよりローカルベースの事業主体に提供したいと考えている国々は、割り当てを工場のような不動産ベースのエリアに制限する可能性があります。これは各国が決定することで、各国がプライベートネットワークへの割り当てを行うのかどうか、またそれをどのように行うのかは、依然として不透明のままです。

国家が地上モバイルブロードバンド事業者に適度な周波数帯で十分な量のライセンスを供与することは、5G サービスの展開に弾みをつける上で非常に重要です。

### 5G の早期展開による可能性を最大限に引き出す取り組み

地上 5G ネットワークの早期展開がもたらす可能性を最大限に引き出し、またより高いネットワークパフォーマンスを求める声に応えるには、活用されていないアプリケーション用の周波数帯を 5G サービスに割り当て直すために、世界規模の大きな努力が求められています。次の条件を満たせるなら、このプロセスはサービスプロバイダー、業界、消費者にとって最も有益であると言えます。

- 国際的に調和の取れた高帯域の調整が行われる
- 5G のアクセスパフォーマンス要件を満たす帯域幅が付与される
- 高スループットなバックホールシステムのための周波数が割り当てられる
- 周波数帯使用について妥当な条件が揃う
- チューニングレンジが考慮される

国家が地上モバイルブロードバンド事業者に対し、十分な量の適切な周波数のライセンスを供与することは、5G サービス展開に弾みをつける上で非常に重要です。

# 調査方法



## 予測手法

エリクソンは定期的な予測を行い、内部決定や計画、マーケティング情報伝達をサポートしています。モビリティレポートの予測期間は六年で、毎年11月発行のレポートでは一年早めています。このレポートにおける加入・トラフィック予測のベースラインはさまざまなソースの過去データを利用して、これらは顧客ネットワークにおける広範な測定といったエリクソンの内部データに基づき検証されています。将来的な展開は、マクロ経済傾向、利用者動向（エリクソンコンシューマー & インダストリーラボによる調査）、市場成熟、技術開発予測、業界分析レポートといった文書に基づき、内部の仮説や分析と併せて全国・地域レベルで推測します。

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、通信事業者が加入契約数の更新を報告した場合などです。モバイル加入契約数にはすべてのモバイル技術が含まれます。加入契約数は、携帯電話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。数値は端数処理を行っているの

で、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、加入契約数は千万単位に丸められています。ただし、特集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位まで表記しています。年間平均成長率（CAGR）は端数無しのパーセント数に丸め、トラフィック量は、69GB / 月や8.5GB / 月など、2桁で表記します。

トラフィックとは、モバイルアクセスネットワーク内の集約トラフィックで、DVB-H、Wi-Fi、モバイル WiMax のトラフィックは含まれません。VoIP はデータトラフィックに含まれます。

## トラフィック測定

新しいデバイスやアプリケーションはモバイルネットワークに影響を与えます。さまざまなデバイスやアプリケーションのトラフィック特性について最新の深い知識を持つことは、モバイルネットワークの設計、試験、管理において重要です。

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。一部の商用 WCDMA / HSPA および LTE ネットワークにおいて、さまざまなトラフィックパターンを特定する目的で詳細な測定を行っています。加入者データはすべて匿名化したうえで、エリクソンの分析担当者に届けられます。

## 人口カバレッジの調査方法

人口カバレッジは、人口密度に基づく地域人口と地域分布のデータベースを使用して算出します。

これは次に、設置済みのRBS（Radio Base Station：無線基地局）からの独自データに、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、ある特定の無線方式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地方レベルと世界レベルで集計することで、無線方式ごとの世界の人口カバレッジを算出できます。



# 用語集

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

**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)

**5G:** 5th generation mobile networks (not yet standardized)

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

**CAGR:** Compound annual growth rate

**Cat-M1:** A 3GPP standardized low-power wide-area (LPWA) cellular technology for IoT connectivity. Cat-M1 is a solution that can be deployed on LTE, targeting a wide range of IoT applications from simple to rich content

**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 through the media a signal passes

**DL:** Downlink

**EB:** Exabyte,  $10^{18}$  bytes

**EDGE:** Enhanced Data Rates for Global Evolution

**EPC:** Evolved Packet Core

**GB:** Gigabyte,  $10^9$  bytes

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

**Gbps:** Gigabits per second

**GSA:** Global mobile Suppliers Association

**GSM:** Global System for Mobile Communications

**GSMA:** GSM Association

**HSPA:** High Speed Packet Access

**ICT:** Information and Communications Technology

**IMS:** IP Multimedia Subsystem

**ITU:** International Telecommunication Union

**IoT:** Internet of Things

**Kbps:** Kilobits per second

**LTE:** Long-Term Evolution

**MB:** Megabyte,  $10^6$  bytes

**MBB:** Mobile broadband (defined as CDMA2000 EV-DO, HSPA, LTE, Mobile WiMAX and TD-SCDMA)

**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

**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. NB-IoT is a narrowband solution that can be deployed on LTE, or as a stand-alone solution, targeting ultra-low-throughput IoT applications

**NFV:** Network Functions Virtualization

**NR:** New Radio as defined by 3GPP Release 15

**OS:** Operating System

**PB:** Petabyte,  $10^{15}$  bytes

**QAM:** Quadrature Amplitude Modulation

**SDN:** Software-Defined Networking

**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. This category also includes devices connected over fixed-line local area networks and powerline technologies

**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. An end-to-end mobile system including IP Multimedia Subsystem (IMS), Evolved Packet Core (EPC), LTE RAN, Subscriber Data Management and OSS/BSS

**UL:** Uplink

**WCDMA:** Wideband Code Division Multiple Access

**Wide-area IoT:** Segment consisting of devices using cellular connections, as well as unlicensed low-power technologies, such as Sigfox and LoRa

# 世界および地域別の主要な数値

## 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、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、図表も出版物への流用を行うことができます。

### 詳細

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



## 世界の主要データ

モバイル加入契約数	2016	2017	2023 予測	CAGR** 2017-2023	単位
全世界のモバイル加入契約数	7,500	7,790	8,880	2%	100万
- スマートフォン加入契約数	3,760	4,330	7,170	9%	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	240	250	320	4%	100万
- モバイルブロードバンド加入契約数	4,450	5,300	8,330	8%	100万
- モバイル加入契約数、GSM/EDGEのみ	2,970	2,420	520	-23%	100万
- モバイル加入契約数、WCDMA/HSPA	2,300	2,390	1,750	-5%	100万
- モバイル加入契約数、LTE	1,890	2,740	5,490	12%	100万
- モバイル加入契約数、5G			1,080		100万

### モバイルデータトラフィック\*

- スマートフォンによるデータトラフィック	2.2	3.4	17	31%	GB/月
- モバイルPCによるデータトラフィック	7.8	9.8	27	18%	GB/月
- タブレットによるデータトラフィック	3.6	4.6	13	18%	GB/月

### トラフィック合計\*\*\*

モバイルデータトラフィック合計	8.8	15	107	39%	EB/月
- スマートフォン	7.2	13	100	41%	EB/月
- モバイルPC、ルーター	1.3	1.6	4.4	19%	EB/月
- タブレット	0.3	0.5	1.8	26%	EB/月
固定データトラフィック合計	70	80	250	20%	EB/月

\* アクティブデバイス

\*\* CAGR は四捨五入しない数字で算出しています。

\*\*\* 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。

<sup>1</sup> この数字は北東アジアの数字にも含まれています。

<sup>2</sup> この数字にパキстанは含まれません。

<sup>3</sup> この数字は中東・アフリカの数字にも含まれています。

## 地域の主要データ

モバイル加入契約数	2016	2017	2023 予測	CAGR** 2017-2023	単位
北米	380	390	450	2%	100万
ラテンアメリカ	690	690	730	1%	100万
西欧	520	520	550	1%	100万
中欧および東欧	580	590	620	1%	100万
北東アジア	1,720	1,830	2,090	2%	100万
中国 <sup>1</sup>	1,320	1,420	1,590	2%	100万
東南アジアとオセアニア	1,070	1,130	1,290	2%	100万
インド、ネパール、ブータン	1,160	1,200	1,390	2%	100万
中東およびアフリカ <sup>2</sup>	1,380	1,440	1,760	3%	100万
サハラ砂漠以南のアフリカ <sup>3</sup>	660	680	930	5%	100万

## スマートフォン加入契約数

北米	290	310	400	4%	100万
ラテンアメリカ	380	420	550	5%	100万
西欧	370	400	490	4%	100万
中欧および東欧	220	250	450	10%	100万
北東アジア	1,290	1,400	1,980	6%	100万
中国 <sup>1</sup>	1,050	1,150	1,560	5%	100万
東南アジアとオセアニア	470	560	1,050	11%	100万
インド、ネパール、ブータン	270	380	970	17%	100万
中東およびアフリカ <sup>2</sup>	470	610	1,280	13%	100万
サハラ砂漠以南のアフリカ <sup>3</sup>	230	290	750	17%	100万

## スマートフォンによるデータトラフィック\*

北米	5.2	7.2	49	37%	GB/月
ラテンアメリカ	1.7	2.5	15	35%	GB/月
西欧	2.7	4.0	25	36%	GB/月
中欧および東欧	2.7	3.8	18	29%	GB/月
北東アジア	1.3	2.6	14	32%	GB/月
中国 <sup>1</sup>	0.93	2.3	12	32%	GB/月
東南アジアとオセアニア	1.8	2.7	14	32%	GB/月
インド、ネパール、ブータン	4.1	5.7	13	15%	GB/月
中東およびアフリカ	1.3	2.0	12	35%	GB/月
サハラ砂漠以南のアフリカ <sup>3</sup>	1.0	1.4	6.9	31%	GB/月

## 合計モバイルデータトラフィック

北米	1.8	2.5	19	40%	EB/月
ラテンアメリカ	0.67	1.0	8.0	41%	EB/月
西欧	1.2	1.7	11	36%	EB/月
中欧および東欧	0.71	1.1	8.4	40%	EB/月
北東アジア	2.0	4.0	25	35%	EB/月
中国 <sup>1</sup>	1.1	2.7	18	38%	EB/月
東南アジアとオセアニア	0.79	1.3	12	44%	EB/月
インド、ネパール、ブータン	1.0	1.9	10	32%	EB/月
中東およびアフリカ	0.69	1.3	14	49%	EB/月
サハラ砂漠以南のアフリカ <sup>3</sup>	0.22	0.36	4	49%	EB/月

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サービスプロバイダーをお手伝いします。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](http://www.ericsson.com)