

A vertical orange bar on the left side of the page.

# TE CONNECTIVITY 5G時代の マスコネクティビティ

---

未来を見据えて今から備えていくために

## すべてがつながる世界を可能にする5G

### 第5世代のモバイルネットワーク (5G) により、「すべてがつながる世界」が実現しようとしています。

データ伝送速度の向上とつながるデバイスの数の急激な増加によって、様々なデバイス同士でも幅広い通信を受信できるようになり(図1)、利用するユーザーの環境やデバイスの通信環境による制限を受けなくなります。2025年までに、膨大な250億個という膨大なデバイスが5Gネットワークでつながると予想されています。<sup>1</sup>

図1. 1Gから5Gまでの進化

1980年代 <b>1G</b> アナログ時代			2.4 kbps	
1991 <b>2G</b> デジタル時代		SMS/MMS		64 kbps
1998 <b>3G</b> モバイルインターネット時代		SMS/MMS インターネット アクセス ビデオ通話 モバイル テレビ		2,000 kbps
2008 <b>4G</b> モバイルインターネット時代		SMS/MMS インターネット アクセス ビデオ通話 モバイル テレビ ゲーム サービス クラウド コンピューティング		100,000 kbps
2020 <b>5G</b> IoT		SMS/MMS インターネット アクセス ビデオ通話 モバイル テレビ AR/VR クラウド コンピューティング ロボット 自動車		1 Gbps超

5Gは、既存の4Gネットワークのオーバーレイで、セルラーネットワークへの変更だけでなくWi-Fiやテレメトリなどの通信ネットワークとの統合も表しています(表1)。

<sup>1</sup> © GSMAインテリジェンス(2018年)-モバイルエコノミー2017

## すべてがつながる世界を可能にする5G

表1. 4Gと5Gの比較表

ネットワーク	データ転送速度	低遅延	モビリティ	周波数利用効率	同時接続数
<b>5Gの目標</b>	>100Mb/s (平均) >10,000Mb/s (ピーク)	~1ms	>500km/h	目標 4Gx2倍超	>100,000 台
<b>4G</b>	>25Mb/s (平均) >150Mb/s (ピーク)	通常50ms以下 双方向無線アクセス ネットワークの場合 は10ms	機能的には最大で 350km/h	ダウンロード: 0.1~6.1b/s/Hz アップロード: 0.1~4.3b/s/Hz	最大 2000 台/km <sup>2</sup>

次世代モバイル規格を推進するNGMN(Next Generation Mobile Networks)は、「5Gはすべてが繋がったモバイル社会を可能にするエンドツーエンドのエコシステムです。これによって一貫した体験と共に提供される既存および新たなサービスを用いて顧客とパートナーにとっての価値を創造できるようになり、持続可能なビジネスモデルを実現します。」と述べています。<sup>2</sup>

5Gコネクティビティがほぼすべてに組み込まれている未来を想像してみましょう。仮想現実 (VR) ヘッドセットを使えば自宅のコンピューター上で洋服を試着して買い物をすることができますし、自律型自動車のセルフナビゲーションがあなた好みのレストランに連れて行ってくれます。サーモスタットは、現在と未来の天候状態だけでなく、車の到着時間も予測して、希望する温度に事前に調整することができます。

### 広がる5Gの可能性

- ☑ 現実的でシームレスなビデオストリーミング
- ☑ わずか数秒で高解像度ビデオをダウンロード
- ☑ コネクテッドな自動運転車
- ☑ 5GによるIoTエコシステムですべてのデバイスとスマートホーム機器が接続
- ☑ インターネット接続が可能な技術の増加: スマート信号機、ワイヤレスセンサー、モバイル・ウェアラブル機器、車両間通信。

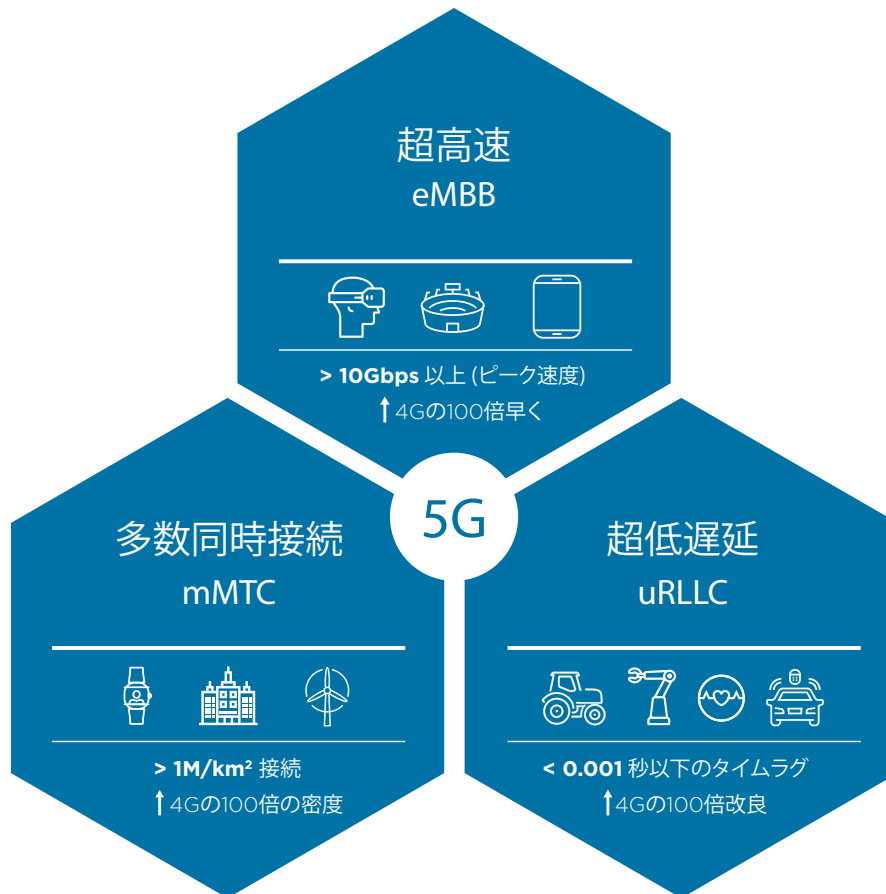
5G技術は、ヘルスケア、コネクテッドカー、スマートホーム、ファクトリーオートメーションなどの様々な分野でデジタル変換をサポートしながら、モバイル技術、ビッグデータ、IoTおよびクラウドコンピューティングが持つ全ての潜在的な能力を統合し、有効化することができるでしょう。

<sup>2</sup> @ GSMAインテリジェンス (2014年) -5Gの理解: モバイルにおける未来の技術的進歩に関する見通し、2014年12月。

## すべてがつながる世界を可能にする5G

先進的かつ信頼性のあるコネクティビティは、5Gを動力源としたサービスを実現可能にする最も重要なドライバーであり、3つのカテゴリーに集約できます(図2)。

図2. 5Gサービスの3つのカテゴリー



### モバイル加入者

世界の携帯電話加入者数は、2025年までに、人口の71%に匹敵する59億人に達するとの見通しです。

(出典: GSMAインテリジェンスモバイルエコノミー2018)

### モバイルデータトラフィック

世界のモバイルデータトラフィック量は、2016~2021年までに7倍に拡大すると予測されています。CAGR(年平均成長率)は2016~2021年までに46%で成長し、トラフィック量は2021年までに48.3EB(エクサバイト)/月に達するでしょう。

(出典: Cisco Visual Networking Index Global Mobile Data Traffic Forecast 2016-2021)

## すべてがつながる世界を可能にする5G

eMBB (超高速) の分野では、ますます高まるデジタルライフスタイルに対するユーザー需要に基づいて、高帯域幅要件を提示するサービスを提供することに焦点を合わせています。主な用途として、仮想現実 (VR) および拡張現実 (AR)、8Kビデオ、および3Dビデオなどがあります。

eMBBの用途は、アジア太平洋諸国、特に、オリンピックの開催地である日本と韓国によって、急増すると見込まれています。最近では2018年平昌冬季オリンピックが、業界初の5Gネットワークの実証試験環境の一つとなりました。そのパイロットプロジェクトには、リアルタイム制御を可能にするための低遅延だけでなく、会場のいたる所で利用可能な5G環境も装備され、30か所のイベント向けにライブまたはオンデマンドのVR受信可能範囲サービスが含まれていました。

uRLLC (超低遅延) の分野では、デジタル業界の要望に応え、遅延感度サービスに重点を置くことを目的としています。主な用途には、自律型車両、公共および大量輸送システム、ドローン、リモートヘルスケア、および、スマートグリッド監視制御などがあげられます。

ユーザーにとって遅延の低減は、ミリ秒未満の遅延が重要な影響を及ぼすクラウドVR用途に必要な要件となります。

mMTC (多数同時接続) は、モバイルネットワークのサービス範囲の拡大が通信ネットワークを強化するため、更に発展したデジタル社会の需要に対応し、高い接続密度を提供するサービスに重点を置くことを目的としています。主な用途に、スマートシティ、ファクトリーオートメーション、農業があります。

### 4Kテレビセット:

2021年までに、液晶TVの半分以上 (56%) が4Kになると期待されています。これは2016年の15%増の台数です。設置済み/使用中の4Kテレビは、2016年の8,500万から2021年までに6億6,300万まで増加すると見込まれています。<sup>3</sup>

### 仮想現実と拡張現実:

トラフィックは、CAGR82%で2016年と2021年の間で20倍に増えることが見込まれています。<sup>4</sup>

### つながる車両:

2020年までに、2,500万のコネクテッドカーが走行していることが予想され、新たな車載サービスおよび自動運転能力を可能にします。<sup>5</sup>

### IoT接続:

モノのインターネット (IoT) 接続 (セルラーと非セルラー) 数は、2017~2025年において世界中で3倍以上増加し、250億人に到達することが見込まれています。<sup>6</sup>

### モバイル技術とサービス:

2017年に、モバイル技術とサービスは、世界的にGDP (国内総生産) の4.5%、金額ベースで合計3.6兆ドルに達する貢献をもたらしました。2022年までに、4.6兆円、つまり、GDPの5%に達することが見込まれています。<sup>7</sup>

<sup>3</sup> Cisco Visual Networking Indexは世界の年間IPトラフィック総量が2021年までに3ゼタバイトを超えることを予測している

<sup>4</sup> Cisco Visual Networking Indexは世界の年間IPトラフィック総量が2021年までに3ゼタバイトを超えることを予測している

<sup>5</sup> <http://www.gartner.com/newsroom/id/2970017>

<sup>6</sup> © GSMAインテリジェンス - モバイルエコノミー2018

<sup>7</sup> © GSMAインテリジェンス - モバイルエコノミー2018

## 5Gエンジン:アーキテクチャと接続

### 更なる大容量への波

5Gは更なる大容量、低遅延、更なるモビリティ、端末位置の更なる精度、信頼性の向上および可用性の分野における性能規模の向上が見込まれています。<sup>8</sup>

5Gに期待する大容量配信に対応するため、無線の視点から考えた場合、3つの手段があります。1) 小さなセル展開でネットワークを圧縮する。2) 高周波効率を向上させる。3) より多くの周波数へアクセスする。これらは全て、戦略的な周波数の発展に関係しています。

5G時代において必須だけれども希少な資源として、3つの主要な周波数帯域(それぞれが独自の特徴を持つ)における周波数は、幅広い帯域を提供し、すべての5G用途をサポートすることを期待されています:1GHz未満、1~6GHz、および6GHz超。最初の2つは、6GHz未満としてよく引き合いに出されます。

これはセルラーのデータトラフィックが増加し続ける際に重要であり、eMBBはコアカスタマーにとって価値のあるサービス (Value Proposition) となります。我々は、アメリカと中国の両国が異なるアプローチで5G展開のスタートを切ることを期待しています。我々の見解では、中国はIoTサービスをターゲットにしているCバンド(3~5GHz)での初期展開に焦点を合わせていくとみています。その一方で、アメリカは低バンド(600MHz)における展開だけでなくmmWave(24GHz超)周波数スペクトルによる固定無線アクセスにも初期展開から焦点を合わせていくものと思われます。

長期的に見れば、Cバンド周波数が10ms未満の遅延だけでなく制限された周波数効率とシステム容量向上のために高速大容量を提供するよう要求される可能性もあります。隣接高帯域の要件をサポートするために、mmWaveバンドを考慮する必要があるかもしれません。

急成長を続ける4K/8K超高清像度ビデオアプリケーション、および、AR(拡張現実)とVR(仮想現実)アプリケーションの増加により、4Gネットワークの容量不足を補うために5Gが必要とされています。

現在の技術的な成熟度や経済的な実現可能性を考慮すると、ハイブリッドネットワークは主要の市街地での展開が非常に可能性が高く、mmWaveが使用されることとなります。一方で、6GHz未満は郊外や小都市での展開が見込まれています。勿論、5Gは4Gとも共存することとなります。

<sup>8</sup> 5Gインフラストラクチャー 官民のパートナーシップ(5G PPP):5Gビジョン

## 5Gエンジン:アーキテクチャと接続

これらのバンドは、高帯域アプリケーションのための大きな容量増加をサポートすることが可能です。加えて、ビーム形成のような技術を用いて、あまり干渉を起こすことなく無線信号を高指向性にし、周波数の波長効率の向上を可能にします。しかしながら、搬送周波数の上昇に伴い、経路損失と回折損失の両方がより厳しくなり、大気効果を考慮しなければならなくなります。

現在のところ、様々な周波数帯域(特に、3.5GHzと26/28GHz)を使用している多数の5G予備試験が世界中で行われています。30か所を超える地域で、今後2年間で周波数を2つのバンドに割り当てる計画があります(図3)。

## 国や地域別の様々な周波数帯／タイプ

図3. 割当済みまたはターゲットにされている世界各国の5G周波数帯一覧<sup>9</sup>

	<1GHz	3GHz	4GHz	5GHz	24-28GHz	37-40GHz	64-71GHz
アメリカ	600MHz (2x35MHz)	2.5GHz (LTE B41)	3.45-3.55GHz 3.55-3.7GHz 3.7-4.2GHz	5.9-7.1GHz	24.25-24.45GHz 24.75-25.25GHz 27.5-28.35GHz	37-37.6GHz 37.6-40GHz 47.2-48.2GHz	64-71GHz
カナダ	600MHz (2x35MHz)		3.55-3.7GHz		27.5-28.35GHz	37-37.6GHz 37.6-40GHz	64-71GHz
EU (欧州連合)	700MHz (2x30MHz)		3.4-3.8GHz	5.9-6.4GHz	24.5-27.5GHz		
イギリス	700MHz (2x30MHz)		3.4-3.8GHz		26GHz		
ドイツ	700MHz (2x30MHz)		3.4-3.8GHz		26GHz		
フランス	700MHz (2x30MHz)		3.46-3.8GHz		26GHz		
イタリア	700MHz (2x30MHz)		3.6-3.8GHz		26.5-27.5GHz		
中国			3.3-3.6GHz	4.8-5GHz	24.5-27.5GHz	37.5-42.5GHz	
韓国			3.4-3.7GHz		26.5-29.5GHz		
日本			3.6-4.2GHz	4.4-4.9GHz	26.5-28.5GHz		
オーストラリア			3.4-3.7GHz		24.25-27.5GHz	39GHz	

新たな5Gバンド

認可済

無認可/共有

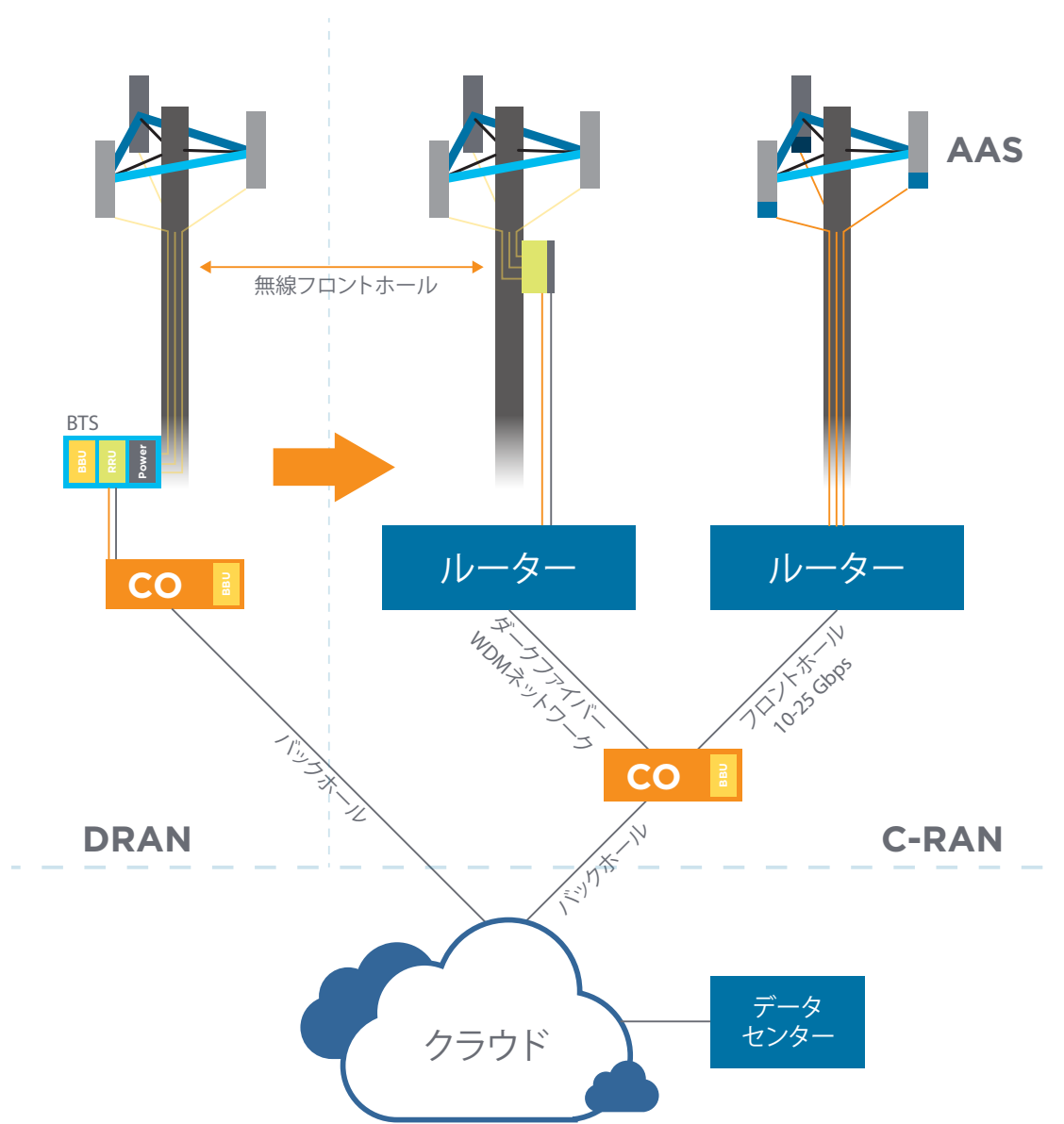
既存バンド

<sup>9</sup> Qualcomm Technologies, Inc.(2019年現在)

## 進化するアーキテクチャ

大量の周波数は、高速と低遅延を実現するために大幅な容量増加を提供する必要とします。よって、アップグレードされたアーキテクチャや接続技術における更なる進化が求められ、5G全ての潜在的な能力の実現をアシストすることが期待されています(図4)。5Gコネクティビティに影響を及ぼす3つの重要なアーキテクチャの進化を以下に述べます。

図4.進化するアーキテクチャ





## 5Gエンジン:アーキテクチャと接続

### 1. AAS(アクティブアンテナシステム)と利用したMassive MIMO技術の採用

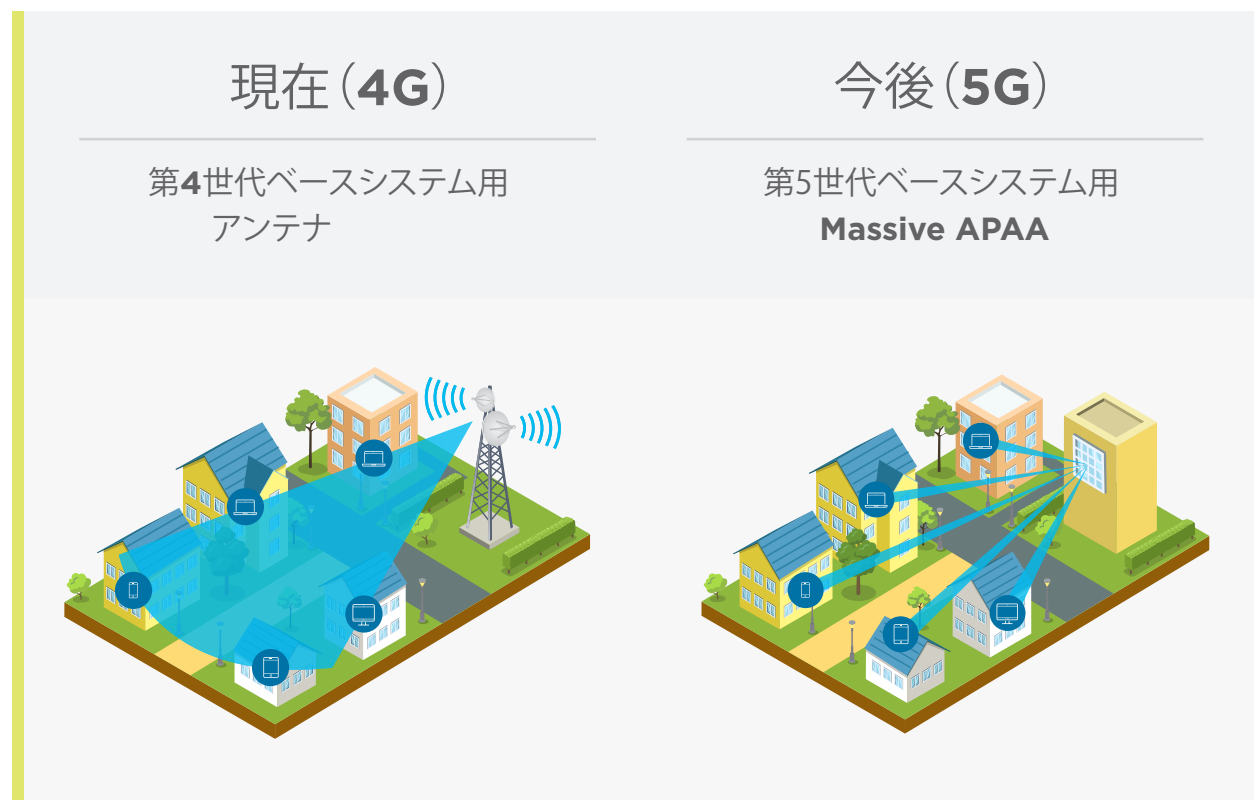
5Gエコシステムは、無線機や全体的なシステム配置に新しい特徴を追加することによって高密度ネットワークをサポートすることを期待されています。外部アンテナに接続されている遠隔無線ヘッドの3G/4Gネットワークにおける従来の組み合わせは、アクティブアンテナシステム(AAS)または多素子アクティブフェーズドアレイアンテナ(多素子APAA)によって拡大されるでしょう(図5)。その中で、エレクトロニクスはアンテナシステムや幅広い周波数帯域(600MHz~28GHz以上)に組み込まれるでしょう。

これらの一次システムは、過密地域では補完システムによってサポートされることになります(図6)。これらの補完システムは、マルチユーザーMIMOをサポートするための多数のアンテナを備えています。こうしたアンテナ素子は、それら自身の制御電子回路を特徴付け、新しい接続技術を必要とします。

6GHzを超える周波数は主に、高度に統合されたシステムによってサポートされるでしょう。

こうした無線周波数集積回路(RFIC)は、チップセットの上面に統合アンテナを備えているケースが多くなっています。

図5.新規の5G<sup>10</sup>と比較した現在の4G



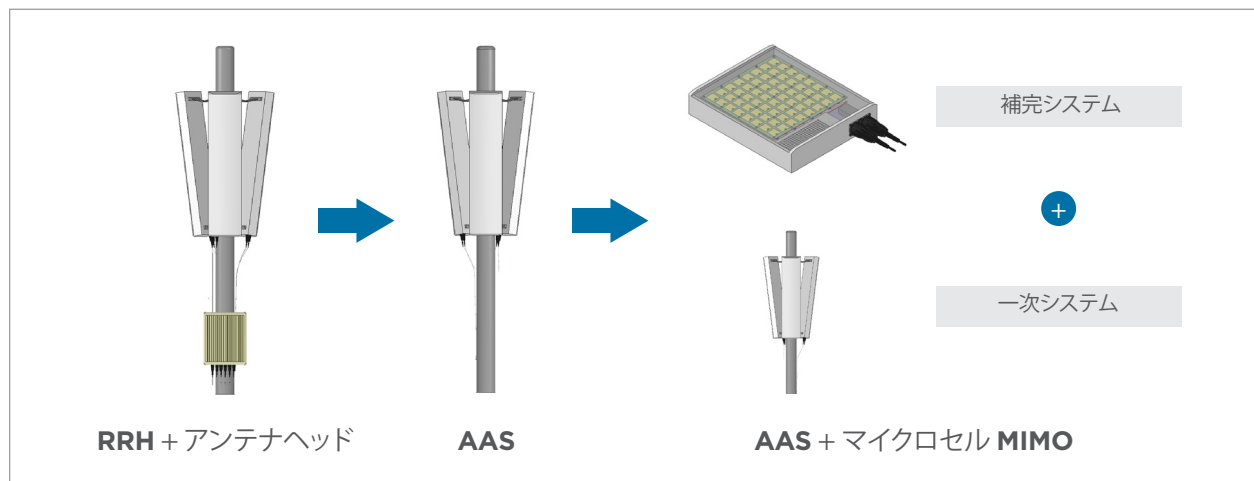
<sup>10</sup> 三菱電機株式会社、5G向け「マルチビーム多重技術」により20Gbpsスループットを達成、No.2984、東京、2016年1月21日。

## 5Gエンジン:アーキテクチャと接続

5Gの大規模なアクティブアンテナシステムは、システムの複雑性を高め、アンテナの更なる小型化、およびアンテナやフィルター、パワーアンプとの統合が必要となることを見込まれています。カスタマイズされた組み込み型アンテナソリューションのプロバイダーとして、TEは最も厳しい操作要件(高速入出力(I/O)、内部コネクタとケーブル敷設用途、費用対効率の高い

RF同軸ケーブル用途)に、設計の機械的制約に合わせてカスタマイズされた幅広いアンテナソリューションを提供しています。また、それらは、すべての次世代型アンテナモジュールにも十分に適応しています。

図6.遠隔無線ヘッドとアンテナから一次+補完システムへの進化



### 2.フロントホールでの新しい伝送技術の採用

5Gはとても大きな容量をもたらします。そのため、ベースバンド装置(BBU)へのフロントホール、バックホールおよび転送ネットワークは、高まるトラフィック要件をサポートするためにアップグレードされる必要があります。高速かつ高密度の接続ソリューションとしてSFP28、microQSFP、QSFP28やFullAXSコネクタを含めた、TEの高速I/Oポートフォリオとネットワーク全体におけるオプティカルコネクティビティ(光伝送システム)が主流となると見込んでいます。

スモールセルは、5G時代の主要なコンポーネントとなり

ます。それらはネットワークの密度を増加させ、短距離でのソリューションをもたらします。スモールセルは6GHz未満とmmWave技術を利用することになります。

6GHz未満の展開では、TEは電磁波妨害(EMI)から保護する広範なアンテナ製品をご提供しています。より深いファイバーの侵入(スモールセルの位置により近い)が、我々の製品群を活用して、スモールセルからのバックホールトラフィックに対して必要とされるでしょう。

## 5Gエンジン:アーキテクチャと接続

### 3.C-RANの採用

5Gネットワークでは、無線アクセスネットワークとコアネットワークの両方に適用されるクラウドのようなコンセプトのより優れた利用が見込まれています。C-RAN(クラウドRAN)は、BBUを集中化して汎用サーバー上でクラウド化する技術を採用しています。集中化の段階で、複数の基地局のBBUを1か所に集約させることが全てであり、それにより地価、電力、冷却や操作に関する経費を大幅に引き下げます。クラウド化の段階では、ハードウェアベースのBBUを仮想化し、それらを商用の汎用サーバー上で動かすのです。SDN(ソフトウェア定義型ネットワーク)、NFV(ネットワーク機能の仮想化)、ネットワークスライシングや仮想化などのクラウド技術の採用だけでなくBBUプーリングもなお、ハイスピード、ハイデータ、高密度、信頼性をサポートする、確立されたコネクティビティソリューションが必要となります。

TEのコネクティビティソリューションは、ベースステーションと光伝送をサポートし、今日のアーキテクチャの速度と帯域幅の境界を押し広げ、5Gモバイルネットワークの難易度の高いデータ転送速度や信号、電力面での要件に対応します。TEが持つアンテナについての専門知識に加えて、高速な基板対基板かつケーブル接続のソリューションは、バックプレーンやミッドプレーン用の増大した帯域幅もご提供します。我々は、高速I/Oソリューション、高速ケーブル接続ソリューション、高速基板対基板ソリューションおよび電力ソリューションを提供するために、データセンター内に関する専門知識とクラウド技術を活用します。

一般的な産業に対する議論と予期しない影響を背景にして、モバイル産業は、2018年にアメリカで、また、今後3年間に渡って北アメリカ、ヨーロッパの主要マーケットでの商用スタートが期待されている5Gにおける大きな進歩を含めて、2025年までに多数の節目を迎えることが見込まれています(表2)。2017年12月における5Gの非独立標準仕様の第1弾となる“NSA 5G NR”の仕様策定が完了したことは、2018年の平昌冬季オリンピックでの5G商用デビューと同様に、5Gを動力源とした未来への大きな期待を示しています。

モバイル・ワールド・ कांग्रेस(MWC) 2018において、5Gはいよいよ商用化が目前に迫った新技術として注目の的でした。大手の通信機器ベンダーはいずれも、たくさんの革新的な製品を発表しました:ファーウェイは初めて5Gに対応したCustomer Premises Equipment(顧客構内設備:CPE)、つまり、エンドツーエンドの5Gソリューションの一部としてファーウェイ開発のBalong 5G01チップセットを用いた3GPP 5G基準をサポートする端末機器を発表しました:インテルが最初の5G対応2in1型コンセプトPCを披露し、エリクソンが超低遅延5G(わずか6ミリ秒)を披露しました。サムソンは、その完全商用の固定無線アクセス(FWA)5Gソリューションが米連邦通信委員会(FCC)によって認可を受けた世界で初のケースとなったことを発表しました。

<sup>11</sup> モバイルエコノミー2018

## 5Gの実現、タイミング・周波数・スコープ一覧

表2. 5Gオペレーター展開プラン一覧表 (タイミング、周波数、スコープ)

国	オペレーター	5G展開状況
中国	チャイナモバイル	2018年末、5G実証実験:2019年、商用プレサービス:2020年、商用サービス。
	チャイナユニコム	2020年、5G商用スタートだが緩やかなスタート:長期間4Gと共存のため。
	チャイナテレコム	2017~2018年、屋外での5Gトライアル:2019年 商用トライアル:しばらく4Gと共存するために2020年にスケール展開。
韓国	KT	2018年、冬季オリンピック中に28GHzでのパイロットテスト:3.5GHzと28GHzによる商用サービス。
	NTT	2018年、5G展開開始。全国的なFTTHネットワークを備える:無料で政府によって日本で計画されている周波数オークションはない。*日本には5G周波数オークションはなく、政府が無償で割り当てる。
日本	ソフトバンク	2017年、東京で4/4.5GHz/28GHzで進行中のトライアルが進行中:2020年に商用スタート予定。
	ベライゾン	2018年、11の都市でFWAトライアル:28GHz、39GHzでのmmWaveを使用して2018年に商用5G FWA展開。
アメリカ	AT&T	2018年後半:標準ベースの5Gネットワークを開始可能。
	Tモバイル	2019年、IoTを目的として600MHzで5Gを開始:2020年に全米をカバー。
	スプリント	2019年後半:2.5GHzで5G開始。
ヨーロッパ	複数の通信業者	2020年までに、まず3.5GHzでの配備を行い、欧州の規制当局がEUの各参加国が少なくとも一都市で5Gネットワークの構築を依頼。通信キャリアが5G計画を策定。
ロシア	MTS	2018年:FIFAワールドカップに備えて準備をし、容量増加のためにLTEネットワークを拡大する。5Gはターゲットエリアに整備されるが、LTEと同じ帯域になることはない見込み。

(2018年時点のデータ)

## 5Gを実現しませんか

TE Connectivityにお任せください。

5Gはより高速の伝送速度、より強力なデータ交換ネットワーク、よりシームレスなリアルタイム通信を可能にします。その通信は、高度で革新的な接続ソリューションに大きな成長をもたらします。

TEは、皆さま全てのコネクティビティ・ニーズにとってワンストップのソリューションプロバイダーです。

TEは5Gの時代にお客様のビジネスチャンスを作り上げるお手伝いをします。

世界におけるTEの存在感、幅広い製品群、世界中の国々に深く根差した技術エンジニアリング部門が、常にイノベーションをコミットしています。

TEは、コネクティビティに関するどのようなニーズにでもソリューションをご提供します。

本紙はTE Connectivity社のTE.comサイトで、2018年7月に掲載された「Mass Connectivity in 5G Era」の和訳版となります。発行当時の情報となることをご了承ください。また、原文と相違がある場合は原文を優先ください。

©2018 TE Connectivity Ltd. family of companies. All Rights Reserved. FullAXS, TE Connectivity, TE connectivity (logo) and TE are trademarks of the TE Connectivity Ltd. family of companies. Other logos, products, and/or company names might be trademarks of their respective owners.