



次世代モビリティを支える 5G

～スマートフォンのためだけではない、社会を支えるモバイルネットワーク～

現行のモバイルネットワーク4G (LTE) の後継ネットワークである、5Gの商用化スタートが2020年に迫っている。10Gbpsという超高速な通信速度が実現することが喧伝されている5Gネットワークだが、それ以外にも大容量化、低遅延・高信頼化、多数同時接続、低コスト・低消費電力といったさまざまなメリットが存在する。さらに、「ネットワークスライシング」「エッジコンピューティング」といった新たな制御技術を組み合わせることで、5Gの強みをさらに発揮できるようになる。本稿では、4Gまでのモバイルネットワークとは一線を画す5Gについて考察していく。

■ 2020年の商用化が予定されている5Gとは？

携帯電話が世の中に登場した1980年代以降、モバイルネットワークは大きな進化を遂げている。その中で技術が大きく進化するごとに世代も変わっており、現行のLTE (Long Term Evolution) モバイルネットワークは「第4世代」を意味する4G (4th Generation) と呼ばれている。そして今、2020年の商用化を目指して、次世代のモバイルネットワークである「第5世代」の5G (5th Generation) がスタートしようとしている。

2017年12月に標準仕様の初版策定が完了した5Gは、既存の4Gに対して通信速度の超高速化、大容量化をはじめ、低遅延・高信頼化などの実現が合意されている。また、多数デバイスの同時接続や低コスト・低消費電力も5Gネットワークの特徴に挙げられており、4Gネットワークと比べ大きな進化が期待されている。しかし、5Gネットワークの技術規格は現在まだ開発中であり、アメリカの電気通信標準化連合 (ATIS/ Alliance for Telecommunications Industry Solutions)、ヨーロッパのETSI (European Telecommunications Standards Institute)、日本の電波産業会 (ARIB/ Association of Radio Industries and Businesses) などの通信規格団体が参加している標準化プロジェクト3GPP (3rd Generation Partnership Project) によって、2019年には最終的な仕様が策定される予定となっている。

一方、国際連合における電気通信分野の無線通信部門、ITU-R (International Telecommunication Union-Radiocommunication Sector) では5Gの代表的な数値目標を発表している (図1)。それによると、通信の

最大速度は4Gの10倍以上となる「下り20Gbps/上り10Gbps」、端末の接続数は4Gの100倍にもなる「1平方キロメートル当たり100万デバイス」が目標とされており、超高速、多数同時接続が実現できるようになる。

反応時間については、4Gの1/20の低遅延となる「反応レート0.5ミリ秒 (0.0005秒)」が最大とされており、体感的には遅延を感じないレベルにまで到達する。また、超高速なモビリティ環境でも通信できるよう「最大移動速度 時速500km」まで対応可能とすることも目標に掲げられている。そのほか、電力消費は4Gの「1/10」、デバイスのバッテリー寿命は4Gの10倍である「10年以上」とすることで、本格的なIoT時代への対応も見据えられている。

4Gは、主にエンターテインメントコンテンツをスマートフォンで利用するためのモバイルネットワーク技術だった。しかし5Gは、さらに活用範囲を広めて、私たちの社会を支えるモバイルネットワークになるといえるだろう。

■ 5Gでモビリティが変革する

5Gネットワークが商用化することにより、私たちの生活が大きく変わる可能性がある。そのユースケースとして、自動運転が注目されている。ただ残念ながら、日本においては法制度上の様々な課題に対応する必要があり、公道での自動運転の実現には乗り越えるべき壁は多い。しかしすぐにでも5Gネットワークが活用できると期待されているのがコネクテッドカーである。

コネクテッドカーはすでに、4Gネットワークで実

現できる一部の技術を搭載して、トヨタ自動車や日産自動車、本田技研工業などで実用化を果たしている。コネクテッドカーの機能として注目されているのは、緊急通報システムだ。エアバッグの作動や車両に搭載してあるセンサーによって事故が発生したと検知する仕組みを持つこのシステム。事故発生を検知すると警察や消防へ自動的に通知するので、ドライバーの死亡事故低減に寄与することが期待されている。さらに、コネクテッドカーになんらかのトラブルが発生した場合にも、センサーが異常を検知し、その時点で車のメンテナンスが行えるようになっている。

また、カーナビゲーションと連動して、「どの道をどの程度の速度で走行したのか」「加減速の回数やその勢い、ブレーキの回数」といった情報をネットワーク経由で取得。そのドライバーが安全運転をしているかどうかを判定し、自動車保険の料金を設定するテレマティクス保険も登場している。

法整備が進んでいけば、コネクテッドカーに自動運転機能が搭載されるようになって見られている。当初は高速道路上の走行に限定されると考えられているが、カーナビゲーションの交通情報や道路情報などをコネクテッドカーの制御機能へと反映することで自動運転が実現する。自動運転では、例えばブレーキをかける指令が出された場合、ネットワークに遅延や切断が生じると事故につながってしまう。ここで必要不可欠なのが、低遅延、高信頼化という特性を持つ5Gネットワークである。

例えば、走行中の車は時速60kmでは0.1秒で約1.7mも移動するので、遅延時間が0.1秒の場合には遠隔操作で急ブレーキをかけても事故が発生する可能性がある。しかし5Gネットワークなら遅延時間が0.5ミリ秒

以下。時速60kmで走行している車がブレーキをかけたときの移動距離は1cm以下になるため、ほぼ遅延を感じることなく、自動運転を行えるようになる。

同時に、自動運転では走行エリアの映像情報や3次元高精細デジタルマップの送受信といった大きなデータ容量をやりとりしなければならないが、そこでも5Gネットワークの特性である通信速度の超高速化と大容量化が役に立つことになるだろう。

また、自動運転が可能な範囲が市街地まで広がっていけば、物流の変革も期待される。2017年4月には、自動運転車両を用いた荷物配送の実証実験「ロボネコヤマト」をディー・エヌ・エーとヤマト運輸が共同で実施している。さらに将来的には、宅急便の配送業務だけでなく、毎日決まったルートを走るコンビニエンスストアの物流配送業務にも自動運転の活用が期待される。5Gネットワークは次世代モビリティを支える重要な鍵だといえる。

■数万台の同時接続でも安定通信

5Gネットワークで実現する自由視点（多視点）中継も重要なユースケースといえる。例えば、大規模スポーツイベント来場者のスマートフォンやタブレットに対して、ゴールシーンやスタジアム内のライブ中継といった4Kや8K画質の自由視点（多視点）映像を配信することを想定している。動きが大きなスポーツだけでなく、音楽ライブやダンスなどの中継でもこの自由視点（多視点）映像配信は活用できるだろう。

しかし4K/8K画質の映像を配信するとなるとギガbpsクラスの通信容量が必要となる。また、大スタジアムの観客となれば数万台規模の端末へ配信する必要

▶ 図1 ITU-Rの5G数値目標

活用シーンの種類	項目	数値目標
超高速モバイル通信 (Enhanced Mobile Broadband : eMBB)	最大通信速度	20Gbps (下り) 10Gbps (上り)
	データ通信の最大遅延時間	4ミリ秒 (上り/下り)
大量・多地点通信 (Massive Machine-Type Communication : mMTC)	デバイスの密集度合い	100万デバイス/km ²
	端末のバッテリー寿命	10年以上 (15年が望ましい)
超高信頼の低遅延通信 (Ultra-reliable and low latency communication : URLLC)	データ通信の最大遅延時間	0.5ミリ秒
モバイル全般	対応可能な最大移動速度	時速500km
	不通時間 (mobility interruption time)	0ミリ秒

出典：FUJITSU JOURNAL 5Gの標準策定の前提となった主な数値目標 (3GPP TR 38.913 version 14.3.0 Release 14, 2017年10月)
<http://journal.jp.fujitsu.com/2018/01/26/01/>

が生じる。これは4Gネットワークでは実現不可能であるが、大容量化と多数デバイスの同時接続という特性を持つ5Gネットワークなら可能となるわけだ。

5Gネットワークにおける多数端末の同時接続という特性はIoT時代にも即している。4Gネットワークはあくまで、携帯電話やスマートフォン、タブレットでの利用を想定しており、あまりにも多数のデバイスを同時に接続する仕様にはなっていない。そのため、接続デバイスが急増すると、通信が不安定になる可能性がある。しかし5GネットワークはもともとIoT時代を見据えて設計されており、4Gネットワークの100倍の数のデバイスを同時に接続できるようになる。

ただ、数万台もの端末がスタジアムという狭い空間に密集していると、安定的に通信を行うことは難しくなる。そこで富士通は、密集している多数の端末と基地局とが効率よく通信できるようにする「超高密度分散アンテナ」および「ビームの分割多重」という技術を開発している。「超高密度分散アンテナ」は、多数の端末がいるエリアに基地局アンテナを分散配置して、多数のユーザーと同時に通信を行う技術である。この時、分散アンテナ間の協調スケジューリングによって、同時に通信するユーザー間の電波干渉を効率的に除去している。また、「ビームの分割多重」では、これまで使われていない高い周波数であるミリ波を用いて、多数のアンテナ素子を並べ電波を目的の方向に集中させる「ビームフォーミング」で高速化を実現。多数ユーザーが同時に通信を行っても互いに干渉せず通信ができ、大容量通信時の速度低下を最小限に抑えることを実現している。

さらにこの「ビームフォーミング」技術は、スタジ

アム以外での用途も考えられる。それはオフィス内ネットワークの無線化だ。これまでオフィスのネットワークを高速なWi-Fi環境にしようとする場合、アクセスポイントまでは光ファイバーなど有線ネットワークである必要があった。しかし「ビームフォーミング」が実用化すれば、アクセスポイントまでのネットワークも5Gネットワークで無線化、アクセスポイントからはWi-Fiネットワークを構築するといったことが可能となり、邪魔なケーブルをすべて排除することが可能になる。

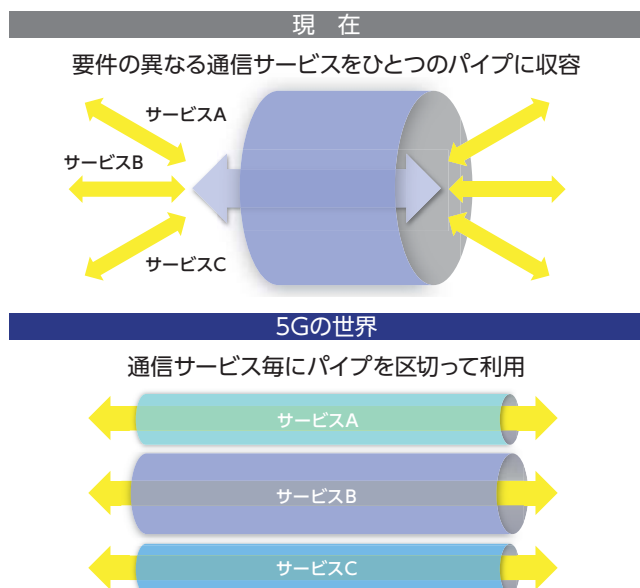
■ サービスごとにネットワークを切り分ける

5Gネットワークに取り入れられる重要な技術のひとつに「ネットワークスライシング」がある。この技術は、ネットワークの用途・目的単位でネットワークを仮想的にスライスして切り分けるという基本概念を持つ(図2)。5Gで実現しようとしているサービスには、大容量を求めるもの、低遅延を求めるもの、同時多数接続を求めるもの、高信頼性を求めるものなど、様々な特性がある。本来は1つのネットワーク上ですべてのサービスを提供していくのが理想ではあるものの、その実現にはコストの面で困難を極める。電波資源の面でも無駄が生じることは見過ごせない。そこで、それぞれ特化したネットワークサービスごとにスライス(分割)し、他のサービスは入ってこれられないようにする技術が「ネットワークスライシング」である。

例えば、ネットワークの接続が遅れたり切断したりすると事故が起きてしまうような自動運転へのネットワークに対しては、一度に送るデータのサイズを小さくして低遅延、高信頼性に重点を置いたスライスを提供する。データサイズを小さくすることで、送信開始時から完了までの時間は短くなり、結果としてコネクテッドカーへデータが届くまでの遅延が少なくなるわけだ。もし通信中になんらかの問題が生じてデータを再送しなければならないときでも、そのタイムラグは最低限で済むようになる。

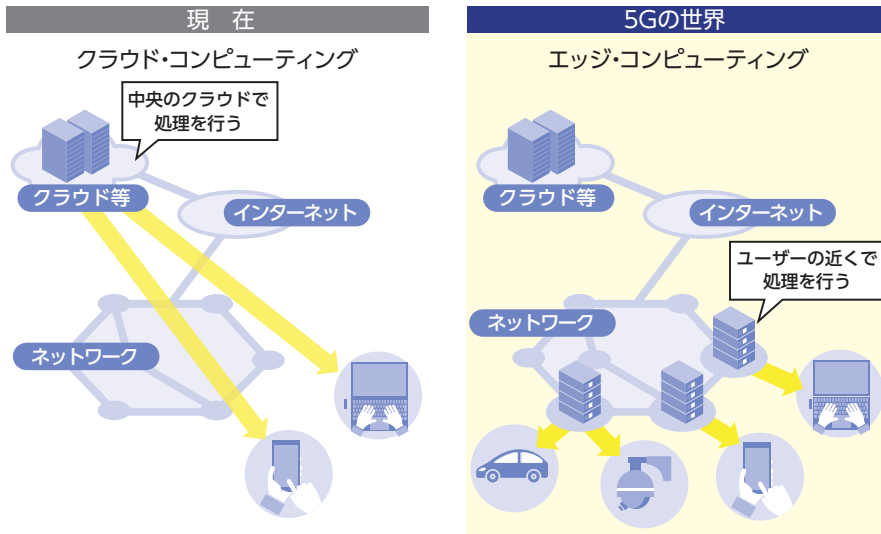
一方、車載情報システムへのネットワークに対しては地図や動画などのデータをスムーズに送受信することが必要とされるので、高速、大容量に重点を置いたスライスを使う。そのほか、接続さえしていれば低スペックでかまわないIoTセンサーのネットワークに対しては、同時多数接続のスライスを提供していく。なお、IoTセンサーに対しては、NB-IoT(Narrow Band-IoT)という規格も策定されている。この規格は、180kHz程度という非常に狭い周波数帯域幅、下り最大26kbps、上り最大62kbpsという非常に低速な通信

▶ 図2 ネットワークスライシングの概念



出所: KDDI「支える技術 au 5G」(<https://www.au.com/mobile/area/5g/gijyutsu/>)に基づき作成

▶図3 エッジコンピューティングの概念



出所：KDDI「支える技術 au 5G」(<https://www.au.com/mobile/area/5g/gijyutsu/>) に基づき作成

速度を持つ。使用する帯域幅が狭ければ、同時により多くの機器を接続できるようになるため、5GネットワークでもNB-IoTの活用をベースに考えられている。

4Gネットワークまでは「最大限の努力をします」といった意味を持つ「ベストエフォート (best effort)」型でネットワークが構成されており、通信速度やサービスの質を保証することはなかった。しかし「ネットワークスライシング」により、求めるサービスの品質が担保される。これは画期的な技術といえるだろう。

■ 端末の近くへサーバを分散配置

5Gネットワークにおける通信遅延は0.5ミリ秒と短い時間となっているが、それはあくまで無線ネットワーク内におけるものである。そのため、例えば、自動運転の遠隔制御をクラウドサーバから実行するケースでは、インターネットと中継ネットワークの間での通信遅延が加わり遅延時間も長くなってしまう。そこで5Gネットワークには、「エッジコンピューティング」技術が新たに取り入れられている（図3）。

この技術は、スマートフォンやコネクテッドカーなどの端末の近くにサーバを分散配置。無線ネットワークエリア内からトラフィックを外に出さずに、エリア内だけで処理する。通常のモバイルネットワークの場合、「端末⇄無線ネットワーク⇄中継ネットワーク⇄インターネット⇄サーバ」という流れで構成されている。しかし「エッジコンピューティング」では無線ネットワーク内にサーバを配置するため、中継ネットワークとインターネットを経由することで発生する遅延をなくせるわけだ。

「エッジコンピューティング」のメリットは通信遅延の低減だけではない。無線ネットワークエリア内だけで大容量データを送れば、中継ネットワークやインターネットを経由しなくなるため、ネットワーク全体のトラフィック量軽減にも役立つ。

5Gが商用化されることにより、企業システムの構造も変化する可能性を秘めている。これをきっかけに、「自社の企業システムの最適なあり方はどのような姿なのか」といった要件を含め、改めて整理しておきたい。

■ 富士通の取り組み

富士通は、「OpenAirInterface (OAI) Software Alliance」というオープンソースソフトウェア (OSS) 開発のためのコミュニティに参画している。このコミュニティでは、汎用ハードウェアで動作するOSSによってモバイルネットワークを実現させることを目指している。この技術が確立することで、ソフトウェアをPCサーバに搭載するだけでRF（無線通信用周波数帯）部を除いた全てのレイヤのモバイル基地局が実現できるようになる。

OSSとPCサーバのみによるモバイルネットワークの実現は、5G/IoT時代におけるネットワークのユースケース拡大や、革新的なサービスの早期立ち上げに貢献できるようになる。また、離島や僻地、高地など、大がかりな設備を設置できない場所へもモバイル基地局が設置できるようになることでユーザーの利便性向上が期待されている。

この取り組みについては、最新のICTとそのソリューションを体感できるイベント『Interop Tokyo 2018』に出展され、デモンストレーションが行われた。

● 富士通関連サイト

OpenAirInterfaceコミュニティにおける活動
https://www.mpls.jp/2017/presentations/mpls-japan_oai.pdf
 Interop Tokyo 2018 富士通グループの出展デモ一覧
<http://www.fujitsu.com/jp/products/network/events/2018/interop/demo.html>

〈監修〉

サービス指向ネットワーク研究センター ネットワークソフト化PJ プロジェクトディレクター
 宗宮利夫氏 (株)富士通研究所

編集委員 今 加奈 (株)カナデン