Technology Reports（速報） 5G 高速・大容量／低遅延／多数端末接続 商用サービス化

5G商用サービス概要

R＆D戦略部 古城 悠 加藤 大世 河田 隆弘 奥山 卓 大橋 亜希

2020年3月，ドコモは5G商用サービスを開始した．5Gは高速・大容量，低遅延，多数端末接続を特長としており，その通信スペックの高さから社会課題解決や産業創出のための手段として産業界からの期待も高い．本稿では5Gの技術的特長，システム概要について解説する．

1. まえがき

ドコモは，2020年3月より，第5世代移動通信システム（5G）商用サービスを開始した．これまでドコモは，動画コンテンツの普及によるデータトラフィックの増加に合わせ，第3世代移動通信システム（3G）から第4世代移動通信システム（4G）へ，4GにおいてもLTEからLTE-Advancedへと，ネットワークの高度化を図ってきたが，今後も大容量プランの普及や，動画・サービスなどコンテンツのリッチ化に伴い，データトラフィックの増加傾向の継続が見込まれる．

また，5Gの高速・大容量，低遅延，多数端末接続の特長とAIを組合せることにより，従来は困難だった社会課題の解決や，新たな産業の創出が可能となり，移動通信への期待はますます高まると考えられる（**図1**）．

ドコモは，5G商用サービス開始に至るまで，2010年の5Gの基礎検討，2014年から高周波数帯の実証実験を開始．世界主要モバイル企業と共同で5Gの3GPP標準規格の早期策定に貢献しつつ，2019年9月からは5Gプレサービス実施し，協創パートナーとともに多くのソリューションを創出してきた．

今後，5Gサービスの提供エリアは，都市部や各地域における主要駅・主要空港，スタジアムのほか，パートナーとの協業を念頭においた施設などから順次5Gエリアを構築し，展開していく．

本稿では5Gの技術的特長，システム概要，提供

©2020 NTT DOCOMO, INC.
本誌掲載記事の無断転載を禁じます．
本誌に掲載されている社名，製品およびソフトウエア，サービスなどの名称は，各社の商標または登録商標．

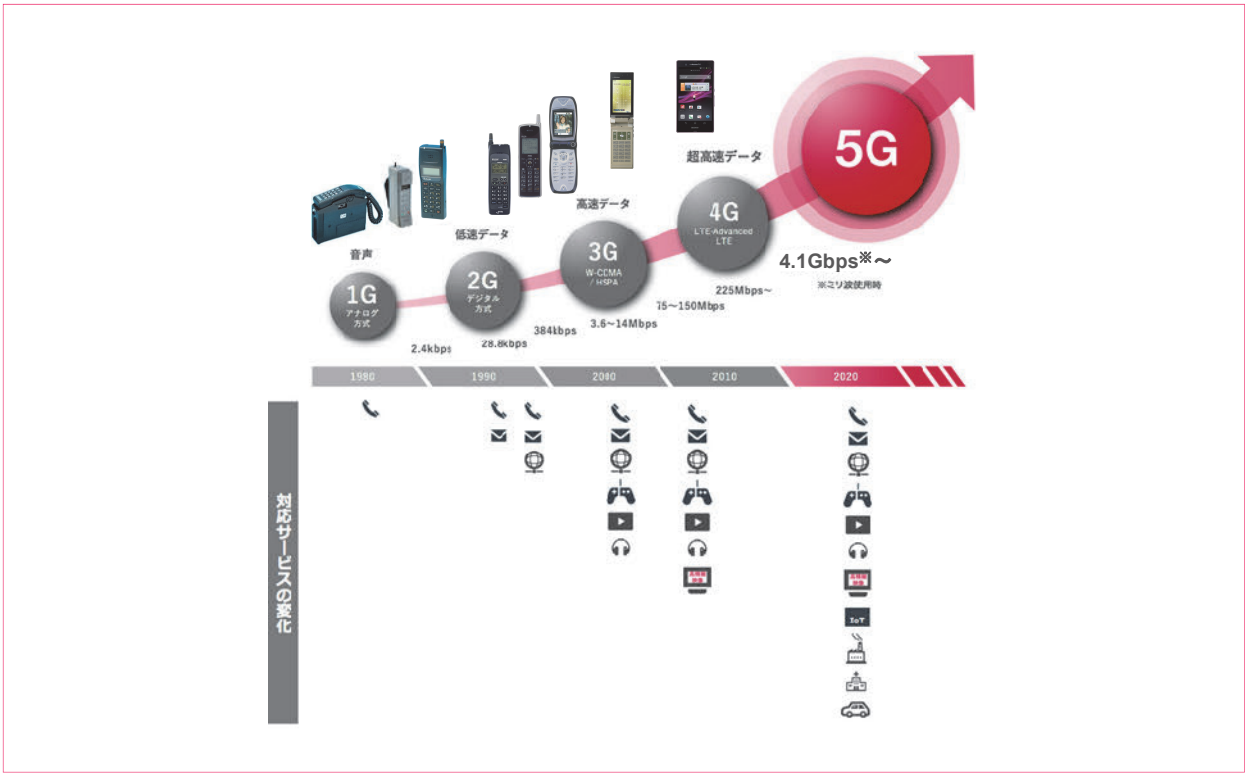

図1　移動通信システムの進化

サービスと端末概要について解説する．

なお，5Gを構成する無線方式やコアネットワーク技術，基地局や装置類，端末とそのプラットフォーム技術については次号以降の特集で扱う予定である．

2. 5Gの技術的概要

2.1　3つの技術的特長

ドコモは高速・大容量，低遅延，多数端末接続を特長とする5Gにより，今まで経験したことのない新しい世界を創出し，人々の暮らしがもっと便利で，そして快適になることをめざしている．それぞれの技術的特長を以下に解説する．

(1)高速・大容量

5Gでは，これまでに比べて高速に，大容量のデータを伝送することが可能となる．これにより例えばVR（Virtual Reality）*1，AR（Augmented Reality）*2を含む高精細な映像の配信が可能になり，ユーザはより臨場感のある映像やサービスを身近に楽しむことができるようになる．

高次MIMO（Multiple Input Multiple Output）*3の使用やより多くの周波数帯域の組合せを行うなどの機能向上により，最大受信速度は3.4Gbpsとなる．5G商用サービス開始時点では，**表1**のとおりの速度であり，今後も周波数の利用効率の改善をはじめとするさまざまな技術アプローチによって，さらなる高速化に向けて開発を進める．

(2)低遅延

5Gでは，遅延がより短くなることで，リアルタイム性の高い制御が可能となる．例えば工場の設備や機械の稼働状況をリアルタイムに把握，制御，運

*1　VR：コンピュータを利用して「仮想現実」を作り出す技術．
*2　AR：現実世界を写した映像に，電子的な情報を実際にそこにあるかのように重ねて，ユーザに提示する技術．
*3　MIMO：複数の送受信アンテナを用いて送信信号の空間多重を行い，伝送速度の高速化，伝送容量の増大を図る信号伝送技術．

表1　最大通信速度

サービス	対応時期	速度		
LTE商用サービス	2010年12月	受信時		75Mbps
		送信時		25Mbps
5Gプレサービス	2019年9月	Sub6	受信時	2.4Gbps
			送信時	107Mbps
		ミリ波	受信時	3.2Gbps
			送信時	202Mbps
5G商用サービス	2020年3月	Sub6	受信時	3.4Gbps
			送信時	182Mbps
	2020年6月以降（予定）	ミリ波	受信時	4.1Gbps
			送信時	480Mbps

※通信速度は，送受信時の技術規格上の最大値

用することでオートメーション化にいっそう寄与することができる．

5Gの無線信号の送信単位は，4Gのそれに比べ周波数帯域によって1/2～1/8ほどに短縮されており，加えて送達確認を行うタイミングをデータ送信の直後にすることも可能であり，これらの技術の組合せにより，従来の4Gに比べ無線区間の低遅延化が期待される．また，MEC（Multi-access Edge Computing）*4の採用により，End-Endでの遅延低減を図っている．

(3)多数端末接続

5Gでは，スマートフォンだけでなく，センサやデバイスなど，あらゆるモノが同時に多数接続可能となることで，IoTのさらなる普及や，生活の手助けになる情報（例えば，自動販売機内の在庫状況や電気・水道・ガスなどの計量器情報などを人の手を介さず収集し，分析やその後の対応に用いる）の一層の活用が可能となる．

現状では，LTE-M*5とNB（Narrow Band）-IoT*6の2方式が広く使用されている．

2.2　主な5Gの無線技術

(1)高速・大容量を実現する技術

高速・大容量を実現する技術として高周波数・超広帯域*7伝送と，Massive MIMO*8に代表されるアンテナ技術などが挙げられる．

(a)高周波数・超広帯域伝送

LTEでは6GHz以下の周波数帯を利用していたが，5Gでは超広帯域化を実現するために6GHz以下の周波数帯だけでなく，高周波数帯として100GHzまでの利用が想定されている．特に5Gプレサービスでも活用した28GHz帯を含む高周波数帯は，従来の周波数帯と比較して電波伝搬特性*9が異なるため，高周波数帯の利用に適した新たな諸元が規定され，400MHzの基本帯域幅が規定されている．

なお，ドコモでは5G向けの新たな周波数帯域だけでなく従来の4Gで使用している周波数帯域を複数組み合わせて同時に無線伝送に使用することで，高速・大容量を実現している．

*4　MEC：ユーザに近い位置にサーバを設置したシステムのこと．通常サーバはインターネット上に設置されるが，MECサーバはキャリア網内に設置することで，遅延を減らすことができる．これにより，通信の応答速度（レスポンス）を大幅に向上させる．

*5　LTE-M：狭い周波数帯を用いてIoT（センサなど）向けに低速データ通信を行う端末用LTE通信仕様．

*6　NB-IoT：LTE-Mよりもさらに狭い周波数帯を用いてIoT（センサなど）向けに低速データ通信を行う端末用LTE通信仕様．

*7　超広帯域：100MHz以上の帯域幅のこと．日本では，28GHz帯において400MHzの帯域幅が5G無線通信用に割り当てられた．

(b)Massive MIMO

Massive MIMOは多数のアンテナ素子を用いることで，送受信ビームの形状を制御し環境に応じた最適なエリア構成を実現する技術である．各アンテナ素子を合成しエネルギーを一方向に集中させることでエリアを拡大することや，複数のビームを同時に生成し，同時接続数を増加させることで大容量化を可能とする．

(2)低遅延化を実現する技術

新たに導入される無線アクセス方式技術であるNR（New Radio）では，無線の最小送信単位を短くすることで，無線区間のさらなる遅延の短縮を実現している．なお，各種サービスの提供において低遅延化を実現するためにはコア装置や伝送遅延などを含めたトータルでの遅延短縮が必要であるため，無線区間に加えて有線区間での遅延短縮を併せて実現することが重要である．具体的には，より端末に近いところにコンピューティングリソースを配備するMECを5Gと組み合わせることにより，End-Endでの遅延短縮が可能となる．ドコモがMECの1つの形態として提供するドコモオープンイノベーションクラウド™*10を用いることで，低遅延を活かした5G時代のサービスやソリューション創出を推進させる．

(3)多数端末接続を実現する技術

継続的なLTE/LTE-Advancedの進化であるeLTE（enhanced LTE）*11規格のIoT技術であり，信号処理の簡易化などを目的に導入されたLTE-M，NB-IoTなどの技術を活用することで，一定のエリア内に設置された，少量のデータを低頻度で送るIoT端末（環境センサや計測器など）の多数端末接続が実現される．

なお，これらの技術は3GPPのRel.13～15で仕様化されたものである．5G NRにおけるIoT方式は，Rel.17での仕様化に向けて3GPPで議論中であり，NRとしての特徴を有しつつIoTに求められる低価格・低消費電力などの実現が期待されている．

3. システム概要

3.1 5G導入コンセプト

ドコモでは，幅広い周波数帯を用いて飛躍的な高速・大容量化などの性能改善を実現するNRと，基本的なエリアのカバーやブロードキャストなどのサービスを提供可能なeLTEとの組合せにより5Gの導入を進めている．

3.2 5Gシステム構成

ドコモでは，端末がNRとeLTEの両方の無線アクセス方式を介してモバイル網に接続するノンスタンドアローン*12という形態により，5Gサービスを実現した．特にLTEにおける高度化C-RAN（Centralized Radio Access Network）*13導入の際に得られたノウハウを活用し，NRとeLTEの両方が利用可能なエリアでは，2つの無線アクセス方式を用いたDC（Dual Connectivity）*14による高速通信を提供した．5Gサービスのシステム構成図を**図2**に示す．

3.3 基地局装置間のマルチベンダ接続

これまでは，基地局装置同士を接続するための仕様（信号の送受信ルール）が十分に国際標準化されておらず，ベンダごとに実装が異なっていた．そのため異なるベンダの基地局装置間の接続は困難であり，通常は同じベンダの基地局装置同士が接続されていた．ところが，5G導入初期では，既存の4Gネットワークを活用しながら5Gエリアを広げていくため，選択できる5G基地局装置のベンダが4G基地局装置のベンダに制限されてしまうことになる．

この課題を解決するため，ドコモが参画しているO-RAN Allianceで基地局装置間の接続仕様の国際標準化を進めた結果，4G・5G基地局における接続仕様が統一され，マルチベンダ接続が可能となった．

*8 Massive MIMO：非常に多数のアンテナを用いるMIMO伝送技術の総称．MIMOとは同一時間，同一周波数において複数の送受信アンテナを用いて信号の伝送を行い，通信品質および周波数利用効率の向上を実現する信号技術．

*9 電波伝搬特性：伝搬損失，電力遅延プロファイル，角度プロファイルなどの特性を指す．

*10 ドコモオープンイノベーションクラウド™：㈱NTTドコモの商標．

*11 eLTE：3GPP Rel.15以降に準拠したLTE規格．

*12 ノンスタンドアローン：NR単独ではエリアを提供せず，LTEのエリアと組み合わせてサービスを提供する運用形態．

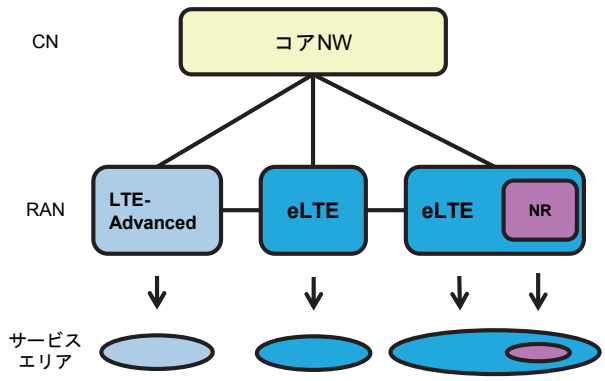

図2　システム構成図

これにより，ドコモでは既存の4G基地局ベンダに依存せず，新たに開発した5G基地局を導入できるようになったため，既存4G資産を活かしつつスピーディーな5G展開が可能である．

4. 提供サービス・ソリューションと端末概要

5G商用サービスにおいては，5Gの特長である高速・大容量を活かした，マルチアングル（多視点）視聴や高臨場パブリックビューイングといった観戦支援サービスを始め，さまざまなサービス・ソリューションを提供している．また今後，東京2020オリンピック・パラリンピック競技大会などのイベントにおいて，さらに新しいサービス・ソリューションを提供していく予定である．

5G商用サービスにおける対応端末は，Sub6といわれる3.7GHz帯／4.5GHz帯の100MHz幅と，ミリ波[*15]といわれる28GHz帯の400MHz幅の周波数を利用してNR通信を行う．従来にはない広い周波数帯域幅を利用することで5Gの特長である高速・大容量が実現できるが，広い周波数帯域幅であることに加え，高い周波数帯となるため，従来にはない高周波数・超広帯域伝送といった高度なアンテナ技術を備えた無線端末が必要となる．

6. あとがき

本稿では，ドコモにおける5G商用サービスの概要について解説した．

ドコモは5Gにより，今まで経験したことのない新しい世界を創出し，人々の暮らしがもっと便利で，快適になることをめざし，技術開発を進めていく．

文　献

[1]　下条，ほか：“5G時代に向けた将来コアネットワーク，”本誌，Vol.23，No.4，pp.49-58，Jan. 2016.
[2]　原田，ほか：“世界主要ベンダとの5G伝送実験，”本誌，Vol.23，No.4，pp.59-68，Jan. 2016.
[3]　安部田，ほか：“5G時代を支える無線アクセスネットワーク，”本誌，25周年記念号，pp.14-21，Oct. 2018.

*13　高度化C-RAN：ドコモが提唱する新しいネットワークアーキテクチャで，LTEAdvancedの主要な技術であるキャリアアグリゲーション技術を活用し，広域エリアをカバーするマクロセルと局所的なエリアをカバーするスモールセルを同一の基地局制御部により高度に連携させる無線アクセスネットワーク．

*14　DC：複数の基地局に接続し，それらの基地局でサポートされる複数のコンポーネントキャリアを用いて送受信すること．

*15　ミリ波：周波数帯域の区分の1つ．30GHzから300GHzの周波数であり，5Gで有望な周波数である28GHz帯を含めて慣習的にミリ波と呼ぶ．