

[5G時代の幕開けに向けた研究開発と実証]

1 5Gの実現に向けた取り組み



豊重巨之 | 総務省

5Gの実現

2020年(令和2年)春頃から、第5世代移動通信システム(5G)の商用サービスが開始する。5Gは、「超高速」「超低遅延」「多数同時接続」といった特長を有しており、農業、観光、エンタテインメントなど、幅広い産業への応用が期待されている。

たとえば、農業の分野では、遠隔から農場や作物の状況を詳細に把握することができるようになる。また、観光やエンタテインメントの分野では、観光地やスタジアムの様子を、遠隔でもさまざまな視点から臨場感のある映像を視聴できるようになる。ほかにも、遠隔医療、建設機械(建機)の遠隔操縦など、これまでにない新たなサービスが期待されている。本稿では、5Gの実現に向けた取り組みを紹介する。

まず始めに、携帯電話の歴史を振り返ることとしたい。携帯電話等の移動通信システムは約10年ごとに技術が大きく進化しており、世代交代している。携帯電

話サービスの開始は、1979年(昭和54年)のことである。はじめはアナログ方式の携帯電話として、音声通話を実現するもので、第1世代と言われる。1993年(平成5年)にはデジタル方式(PDC)の携帯電話が登場し、第2世代と言われる。2001年(平成13年)には高度なデジタル方式(W-CDMA, CDMA2000等)の携帯電話が登場し、データ通信も行うことができるようになった。2010年(平成22年)には第3.9世代とも言われるLTE方式が登場し、現在のLTE-Advanced方式による第4世代(4G)に至っている(図-1)。

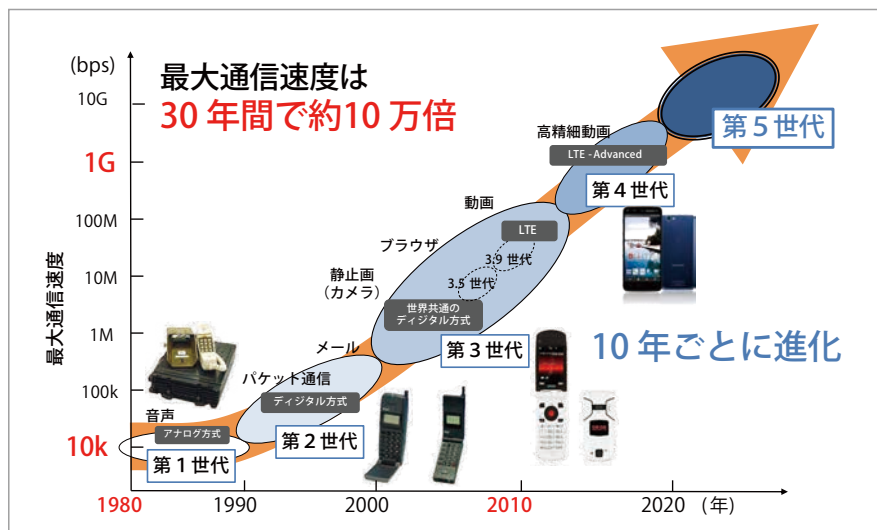
5Gの3つの特長

5Gの3つの特長として、「超高速」「超低遅延」「多数同時接続」が挙げられる(図-2)。

1つ目の「超高速」の特長については、最大通信速度10Gbpsを実現し、現在の4Gと比べて10~100倍速いブロードバンドサービスを提供することがで

きる。4K/8K等の高精細動画を瞬時に伝送することも可能となる。5Gの登場により、これまでの移動通信システムの進化による最大通信速度の向上は30年間で約10万倍となっている。

2つ目の「超低遅延」の特長については、現在の4Gと比べて約10分の1となる1ミリ秒程度の遅延を実現する。これにより、無線区間における遅延(タイムラグ)を意識することなく、リアルタイムな通信を提供する



■図-1 移動通信システムの進化(第1世代~第5世代)

ことが可能となる。ロボット等の遠隔制御や遠隔医療等の分野での応用が期待されている。「超低遅延」は、5Gならではの特長の1つである。

3つ目の「多数同時接続」の特長については、現在の4Gと比べて約100倍となる100万台/km²の接続機器数を実現する。今後、社会ではさまざまなIoT機器等がネットに接続されるようになって考えられる。これまでの移动通信システムでは、スマートフォンを利用したサービスが主であったが、IoT機器等の端末が5Gに接続することで、自動車分野、産業機器分野、ホームセキュリティ分野、スマートメータ分野等において、新たなサービスの創出が期待される。

5Gの要件は3GPPにおいて規格が策定されており、高い周波数帯で広帯域を使用することや複数アンテナによるMIMO (Multiple Input Multiple Output) 技術を活用することで、「超高速」「超低遅延」「多数同時接続」といった特長を実現することができる。

総務省は、5Gの実現に向けて、周波数の割り当て、総合実証試験や研究開発、国際連携・国際標準化の推進等を行っている。以下、5Gの実現に向けた総務省の取り組みとして、特に5G用周波数の割り当てや総合実証試験について紹介する。また、ローカル5Gについても紹介する。

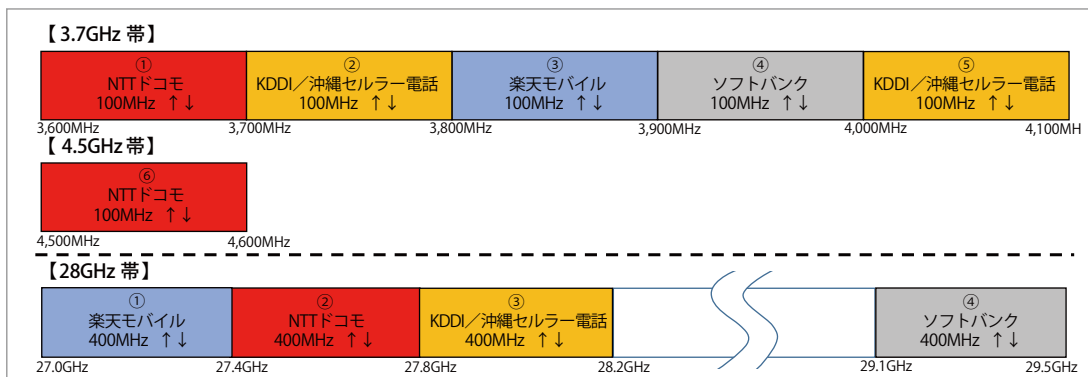
5G用周波数の割り当て

5Gの導入にあたっては、都市部・地方部を問わず、「産業展開の可能性がある場所」に柔軟にエリア展開できることが重要であり、また、地方での早期エリア展開が重要である。こうした考え方のもと、携帯電話事業者に対する周波数の割り当て(特定基地局の開設計画認定)にあたっては、従来の人口等のカバレッジの広さを評価する指標に代わり、「全国への展開可能性の確保」「地方での早期サービス開始」「サービスの多様性の確保」の3点を評価する指標等を、特定基地局の開設計画認定の際の開設計針として設けた。

当該開設計針を踏まえ、5Gの導入のための特定基地局の開設計画の認定申請が4者からあり、審査の結果、2019年(平成31年)4月10日、総務省は携帯電話事業者4者に5G用の周波数の割り当て(特定基地局の開設計画認定)を行った(図-3)。



■ 図-2 5Gの3つの特長



■ 図-3 5Gの周波数割り当て

3.7GHz帯および4.5GHz帯においては、(株)NTTドコモに200MHz幅(3,600～3,700MHzおよび4,500～4,600MHz)、KDDI(株)／沖縄セルラー電話(株)に200MHz幅(3,700～3,800MHzおよび4,000～4,100MHz)、ソフトバンク(株)に100MHz幅(3,900～4,000MHz)、楽天モバイル(株)に100MHz幅(3,800～3,900MHz)を割り当てた。

また、28GHz帯においては、(株)NTTドコモに400MHz幅(27.4～27.8GHz)、KDDI(株)／沖縄セルラー電話(株)に400MHz幅(27.8～28.2GHz)、ソフトバンク(株)に400MHz幅(29.1～29.5GHz)、楽天モバイル(株)に400MHz幅(27.0～27.4GHz)を割り当てた。

周波数割り当てを受けた4者の計画を合わせると、2024年(令和6年)4月時点の5G基盤展開率は98%であり、日本全国の事業可能性のあるエリア(10km四方メッシュ)ほぼすべてに5G基盤が展開される予定である。我が国は、光ファイバや4Gといった高度なICTインフラの整備が進んでおり、5Gが導入されれば、世界最先端の5Gインフラとして早期に展開が可能である。

これによる産業界にもたらされる効果も大きい。5Gや光ファイバ等のICTインフラ整備と活用において想定される主な経済・社会的効果は、2030年(令和12年)時点で合計約73兆円に達すると試算されている^{☆1}。5Gでは、携帯電話事業者等がパートナー企業と連携しながら、B2B2X(Business-to-Business-to-X)モデルでサービスを提供することが想定される。その際、どのような者と組んで、どのようなB2B2Xモデルを構築できるかがポイントであり、新たなビジネス創出に向けて、業界を超えたエコシステムの構築が必要である。

5G 総合実証試験

総務省では、5Gの実現による新たな市場の創出に向けて、さまざまな利活用分野の関係者が参加する「5G総合実証試験」を2017年(平成29年)度から2019年(令和元年)度まで3年間実施し、実際の5G利活用分野を想定した技術検証・性能評価を行った。

2018年(平成30年)度には、地方が抱えるさまざまな課題の解決につながる地方発のユニークなアイデアを発掘することを目的として、「5G利活用アイデアコンテスト」を開催した。全国から提案を募集し(応募総数:785件)、地方選抜を経て、2019年(平成31年)1月11日にコンテストを実施した。コンテストの結果を踏まえ、2019年(令和元年)度は5Gによる地域課題の解決に資する利活用モデルに力点を置いた5G総合実証試験を実施している(表-1)。

2019年(令和元年)度の5G総合実証試験の事例として、ここでは「高精細画像によるクレーン作業の安全確保」「遠隔高度診療」「山岳登山者見守りシステム」を紹介する。

高精細画像によるクレーン作業の安全確保は、クレーン運転台から見通せない死角での玉掛作業(吊り具を用いて行う荷掛けおよび荷外しの作業)を安全に実施するため、5Gを用いて臨場感のある高精細映像を運転台に送り、その映像に基づいてクレーンを運転することで、玉掛作業員をはじめとするクレーン周辺の工員の安全を確保するものである(図-4)。

現在、造船業におけるクレーンの玉掛作業は、操縦者からの死角が多く、音声で指示に従いクレーンを操作している。より安全にクレーン操作を実施するため、5Gを用いて死角となっている場所の高精細映像を運転台に送信することで死角を解消し、その高精細映像を確認しながら安全に作業できる環境を実現するサービスの提供が期待される。本事例は5G利活用アイデアコンテストでは「総務大臣賞」を受賞したものである。2019年(令和元年)12月、愛媛県今

^{☆1} 総務省「ICTインフラ地域展開戦略検討会」(株)三菱総合研究所提出資料。

治市にある浅川造船において実証試験が行われた^{☆2}。

遠隔高度診療は、地方においても都市部と同等の高度な診断と治療が可能な医療の実現に向けて、5Gを介してネットワーク接続された高度診療・治療が可能な高機能移動診療車と必要に応じて駆け付け可能な医師を地方に派遣し、遠隔地にいる熟練医師の支援を受けながら遠隔高度診療を行うものである(図-5)。

たとえば、医師が経験の少ない専門外の診療科の診療をする際、遠隔地の大学病院の専門医による指示を受け、患者に対して診断・治療を提供できるサービスが実現できるなど、遠隔高度診療において、4K / 8K と 5G の活用が期待される。

2020年(令和2年)1月、和歌山県和歌山市にある公立大学法人和歌山県立医科大学と和歌山県日高川町にある国民健康保険川上診療所を結んで実証試験が行われた。

山岳登山者見守りシステムは、4Kカメラを搭載

☆2 (株)NTTドコモ四国支社地域からのお知らせ(2019年(令和元年)12月9日)、https://www.nttdocomo.co.jp/info/notice/shikoku/page/191209_00.html

■表-1 5G 総合実証試験の実施概要(令和元年度)

現時点での実施内容であり、今後、変更や追加等があり得る。

技術分類	技術目標	主な実施内容	主な実施場所	主な実施者
超高速大容量	複数基地局、複数端末の環境下で基地局あたり平均4~8Gbpsの超高速通信の実現	① 高精細画像によるクレーン作業の安全確保 ② 介護施設における見守り・行動把握 ③ 映像のリアルタイムクラウド編集・中継 ④ 伝送帯能の伝承(遠隔教育) ⑤ 音の視覚化による生活支援 ⑥ VRとBody Sharing技術による体験型観光 ⑦ 遠隔高度診療 ⑧ 救急搬送高度化	① 愛媛県 ② 広島県広島市 ③ 宮城県仙台市 ④ 岐阜県東濃地域 ⑤ 岐阜県東濃地域 ⑥ 沖縄県那覇市 ⑦ 和歌山県和歌山市等 ⑧ 群馬県前橋市	(株)NTTドコモ ① 国立大学法人愛媛大学 ② SOMPOホールディングス(株) ③ (株)仙台放送 ④ (株)CBCクリエイション ⑤ サン電子(株) ⑥ H2L(株) ⑦ 和歌山県 ⑧ 前橋市
	移動時において複数基地局、複数端末の環境下で基地局あたり平均1Gbpsを超える超高速通信の実現	① 雪害対策(除雪効率化) ② 濃霧中の運転補助 ③ ゴルフ場でのラウンド補助 ④ 鉄道地下区間における安全確保支援	① 福井県永平寺町 ② 大分県 ③ 長野県長野市 ④ 大阪府大阪市等	エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ(株) ① 永平寺町 ② 大分県 ③ (株)ミライト ④ 伊藤忠テクノソリューションズ(株)
	屋内において端末上り平均300Mbpsを超える超高速通信の実現	① 選手・観客の一体感を演出するスポーツ観戦 ② 酪農・畜産業の効率化 ③ 軽種馬育成産業の支援	① 大阪府東大阪市 ② 北海道土庫町 ③ 北海道新冠町	(株)国際電気通信基礎技術研究所 ① (株)ジュピターテレコム ② とかち村上牧場 ③ (有)日高軽種馬共同育成公社
超低遅延	高速移動時において無線区間1ms、End-to-Endで10msの低遅延かつ高信頼な通信の実現	① 被災時の避難誘導・交通制御 ② トラック隊列走行、車道の遠隔監視・遠隔操作	① 福岡県北九州市 ② 静岡県浜松市等	Wireless City Planning(株) ① 日本信号(株) ② 先進モビリティ(株)
	複数基地局、複数端末の環境下で端末上り平均300Mbpsを確保しつつユーザーニーズを満たす高速低遅延通信の実現	① 山岳登山者見守りシステム ② スポーツ(スラックライン)大会運営支援 ③ VRを利用した観光振興 ④ 建機の遠隔操縦・統合施工管理システム	① 長野県駒ヶ根市 ② 長野県小布施町 ③ 熊本県南阿蘇村 ④ 三重県伊賀市	KDDI(株) ① 国立大学法人信州大学 ② (株)Goolight ③ 学校法人東海大学 ④ (株)大林組
多数同時接続	多数の端末から同時接続要求を処理可能とする通信の実現	① トンネル内における作業者の安全管理 ② 見える化による物流の効率化	① 北海道 ② 東京都練馬区	Wireless City Planning(株) ① 大成建設(株) ② 日本通運(株)

下線は、5G活用アイデアコンテストを踏まえたもの。



したドローンからの空撮映像をリアルタイムに搜索本部に配信し、避難者の状況把握を行い、迅速な救助活動につなげるものである。GPSで認識した位置情報をLPWA（Low Power Wide Area：消費電力を抑えつつ長距離通信を実現する方式）の端末で搜索本部に伝送し、位置情報に基づき、4Kカメラや拡声器を搭載したドローンが現場に飛来し、拡声器を通じて避難者に呼びかけ、反応を4Kの高精細映像により把握して、救助隊員の出動判断に役立てることができる（図-6）。

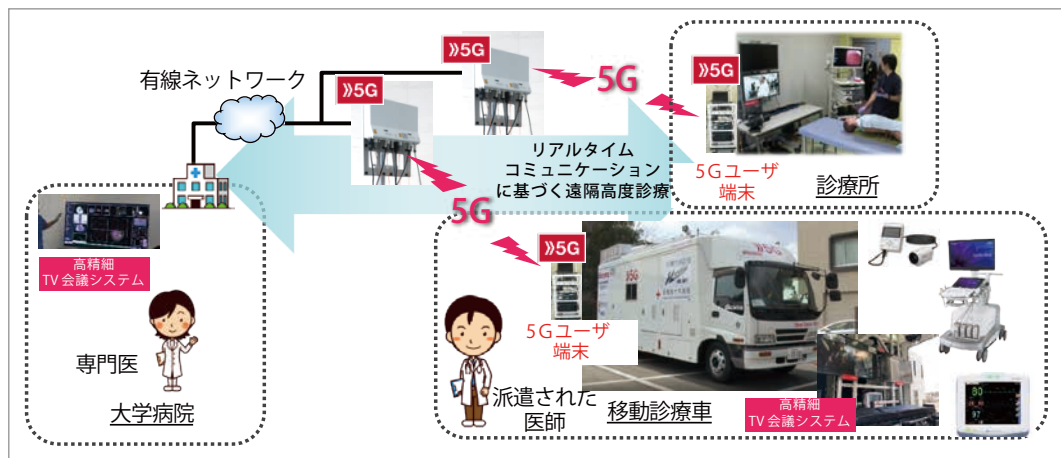
山岳登山ブームを受けて、ここ数年、山岳遭難事故の発生件数が増大している。LPWAや5G等を活用することで救助隊員の負担軽減と迅速な遭難者救助を実現することができ、地域課題解決に資する事例である。本事例は5G活用アイデアコンテストでは「5G特性活用賞」を受賞したものである。

2019年（令和元年）10月、長野県駒ヶ根市にある木曾駒ヶ岳において実証試験が行われた^{☆3}。

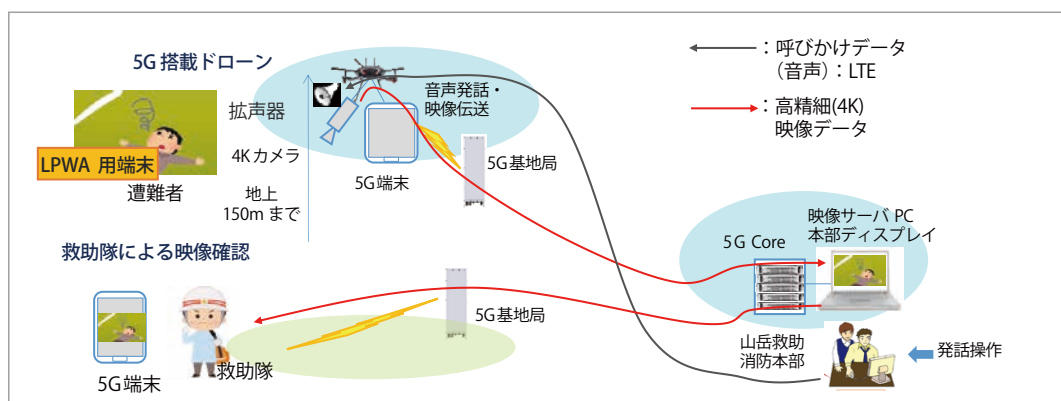
ローカル5G

ローカル5Gは、地域の企業や自治体等のさまざまな主体が、自らの建物内や敷地内でスポット的に柔軟に構築できる5Gシステムである。ローカル5Gの特長として、(1)携帯電話事業者によるエリア展開が遅れる地域において5Gシステムを先行して構築できる、(2)使用用途に応じて必要となる性能を柔軟に設定することができる、(3)他の場所の通信障害や災害などの影響を受けにくい、といった点が挙げられる。建設機械（建機）等の遠隔制御、スマー

☆3 KDDI（株）ニュースリリース（2019年（令和元年）10月16日）、<https://news.kddi.com/kddi/corporate/newsrelease/2019/10/16/4086.html>



■図-5
遠隔高度診療



■図-6
山岳登山者見守りシステム

ト工場における生産性の向上，農林水産業分野における農場等の管理，防災分野における河川等の監視等，さまざまなユースケースが考えられる（図-7）。

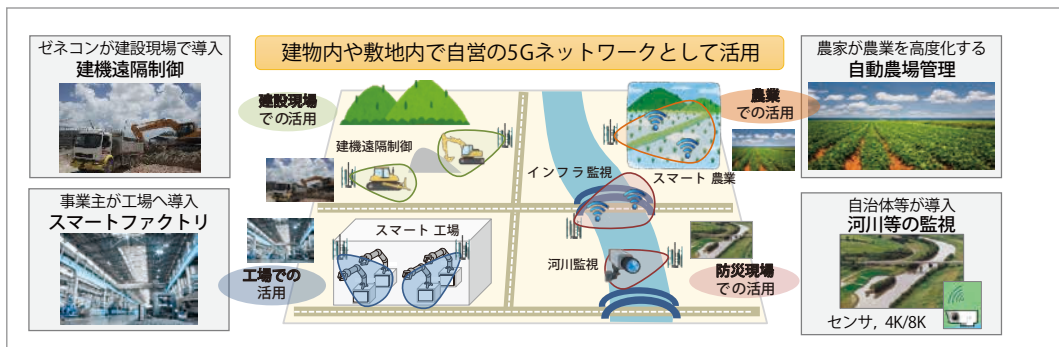
昨今，ローカル 5G への期待が高まっている。総務省は，ローカル 5G の技術基準の策定を行うとともに，ローカル 5G の概要，免許の申請手続，事業者等との連携に対する考え方等の明確化を図るため，2019 年（令和元年）12 月 17 日にローカル 5G 導入ガイドラインを公表した。同ガイドラインでは，ローカル 5G は当面「自己の建物内」または「自己の土地内」での利用を基本とし，携帯電話事業者等によるローカル 5G の免許取得は不可であること，ローカル 5G の提供を促進する観点から，携帯電話事業者等による支援は可能であることなどが示されている。

28.2～28.3GHz 帯を使用する無線局についての免許申請を 2019 年（令和元年）12 月 24 日に開始した。その他ローカル 5G 用として確保している周

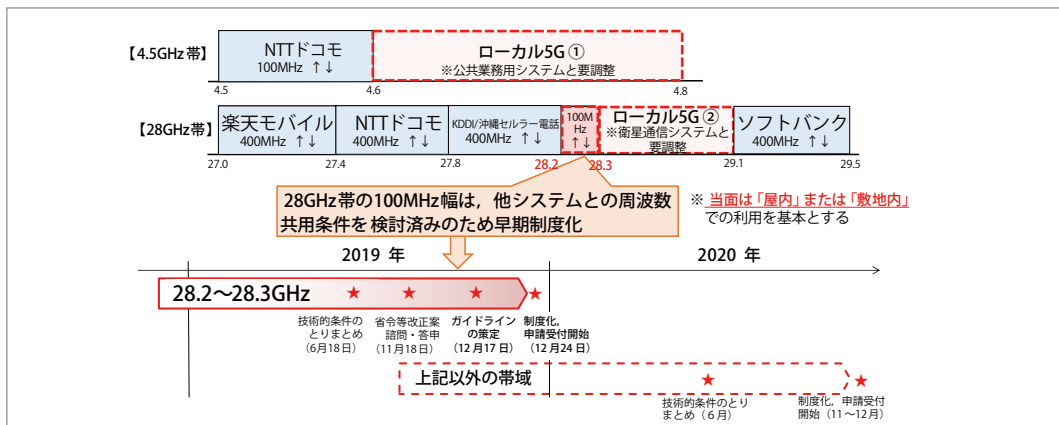
波数帯について，2020 年（令和 2 年）末の制度化，申請受付開始に向けた検討を進めているところである（図-8）。

さらに，総務省は 2019 年（令和元年）度補正予算および 2020 年（令和 2 年）度当初予算を確保し，「地域課題解決型ローカル 5G 等の実現に向けた開発実証」を 2019 年（令和元年）度から実施する。

地方発のアイデアの具現化には通信技術・インフラ，人的リソース・財源のマッチングが課題となっており，地方からアイデア／ニーズの実現を支える効率的な仕組みを構築することが必要である。そこで，地域の企業や自治体をはじめ，さまざまな主体が個別のニーズに応じて独自の 5G システムを柔軟に構築でき，地域課題解決に資することが期待されているローカル 5G 等の実現に向けた地域のニーズを踏まえた開発実証を行うこととしている。



■ 図-7
ローカル 5G のイメージ



■ 図-8
ローカル 5G が使用する周波数等

5G の普及・展開に向けて

2020年（令和2年）の5Gの商用サービスの開始後も、5Gに関するさまざまな取り組みを推進する必要がある。総務省は、5Gの普及・展開に向けた取り組みを引き続き推進していくこととしている。5Gの普及・展開を加速させるためには、さまざまな環境やユースケースに応じて、柔軟に基地局等を構成する技術が必要である。そこで、低消費電力化・小型化を実現する基地局構成技術（ミリ波帯基地局用デバイス技術）、高速移動体向けミリ波帯基地局連携技術（ミリ波帯超多素子アンテナ技術、基地局連携技術）、異なるベンダ間の基地局用機器間の相互運用性の確保・検証技術等の研究開発を行い、これら技術の社会実装を加速させることとしている。

将来に向けた5G用周波数のさらなる確保も行っている。2019年（令和元年）10月28日から同年11月22日まで、エジプトにおいて「2019年世界無線通信会議（WRC-19）」^{☆4}が開催された。本会議の主な結果の1つとして、5Gで使用することができる周波数について、国際的な調和に向けた検討が行われ、我が国については、計15.75GHz幅^{☆5}が合意された。今後、5G用周波数割り当ての拡大に向けた検討を行うこととしている。

さらに中長期的には、Beyond 5Gに向けた通信技術の研究開発も行う必要がある。欧州や米国において、Beyond 5Gのビジョンや要求条件等の検討がすでに始まっている。我が国の国際競争力の強化と国際的地位

の確保のためには、最先端の通信技術で世界をリードしていくことが必要であり、Beyond 5Gの検討を加速することが求められる。Beyond 5Gではさらに高い周波数の活用やAIによるネットワーク制御等が考えられるところ、諸外国の動向を踏まえつつ、今後どのような研究開発が必要かについて、検討を行う必要がある。

そうした中、眼前に目を向けると、5Gに係るさまざまなイベントが加速している。2019年（令和元年）9月から、(株)NTTドコモはラグビーワールドカップ2019日本大会に合わせて、全国8カ所のスタジアムにおいて、試合の様態を多視点で同時視聴することができる「マルチアングル視聴」や別拠点に高精細映像を伝送する「ライブビューイング」を実施し、5Gを体験するプレサービスを行っている^{☆6}。

本稿では、主に総務省における5Gの実現に向けた取り組みを紹介したが、言うまでもなく、携帯電話事業者を始めとする企業や研究機関等における5Gの実現に向けたさまざまな取り組みにより、5Gの商用サービスがいよいよ始まろうとしている。5Gにかかわっている関係者の皆様に、心より敬意を表したい。総務省においては、5G基地局や光ファイバ等のICTインフラ整備支援や5Gの利活用促進策にも一体的に取り組むことにより、引き続き5Gの早期全国展開を推進してまいりたい。

(2019年12月17日受付)

^{☆6} (株)NTTドコモ報道発表資料（2019年（令和元年）9月18日）
https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/2019/09/18_00.html

^{☆4} 国連の専門機関であるITU（国際電気通信連合）が電波の国際的な周波数分配などを決めるために4年に一度開催する無線通信分野における最大規模の会議。

^{☆5} 24.25～27.5GHz、37～43.5GHzおよび66～71GHz（いずれもグローバルに使用可能）ならびに47.2～48.2GHz（米国・日本など地域を限定して使用可能）。

■豊重巨之（正会員） h.toyoshige@soumu.go.jp

2004年、早稲田大学大学院理工学研究科修士課程修了。2005年、総務省入省以来、情報通信政策の立案、サイバーセキュリティ政策等の業務に携わる。現在、総務省総合通信基盤局電波部移動通信課新世代移動通信システム推進室課長補佐。