

これまでの取組み

ネットワークイノベーション研究所 きしやま 岸山 よしひさ 祥久 すやま 須山 さとし 聡

ドコモは、2010年頃から検討を始めた5Gを用いた通信サービスを2020年3月から商用提供開始した。以来、5Gに対応したスマートフォン6機種とデータ通信製品（Wi-Fiルータ）1機種を順次発売し、高速・大容量といった5Gの特長を活かし、マルチアングル（多視点）視聴やVRライブを可能にした「新体感ライブCONNECT」をはじめとした7つのサービスを提供している。

本稿では、ドコモの5Gの実現に向けての検討開始からサービス提供までの道のりについて開発およびパートナー企業・団体との協創について概説する。

1. まえがき

ドコモは、LTEサービスが始まった2010年より、10年後の実現をめざして第5世代移動通信システム（5G）に向けての検討を開始した。5Gの基本的なコンセプトや無線アクセス技術について検討し、5Gシミュレータの試作、2014年には5Gホワイトペーパーの公開 [1] などを行った。また、同年より世界主要ベンダとの個別協力による5G伝送実験を開始し、5Gの周波数や無線アクセス技術の評価検証に取り組んだ。さらに、5G伝送実験の取組みをさまざまな業界のパートナー企業との連携へと拡大させ、5Gの特長を活かした多くのユースケース

について共同実験を通じて開拓していった。2018年2月にはパートナーとのソリューション協創を促進するため「ドコモ5Gオープンパートナープログラム」を開始した。本稿では、これらのドコモにおける5Gの基本コンセプト提案から実証実験およびソリューション協創に至るまでの取組みについて振り返る。

2. 5Gホワイトペーパーの公開まで（2010～2014年）

5Gコンセプトの対外発表の変遷を図1に示す。2010年頃は、10年後の2020年を見据え、移動通信のトラフィック量が10年で1,000倍程度に激増するこ

©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ェア、サービスなどの名称は、各社の商標または登録商標。

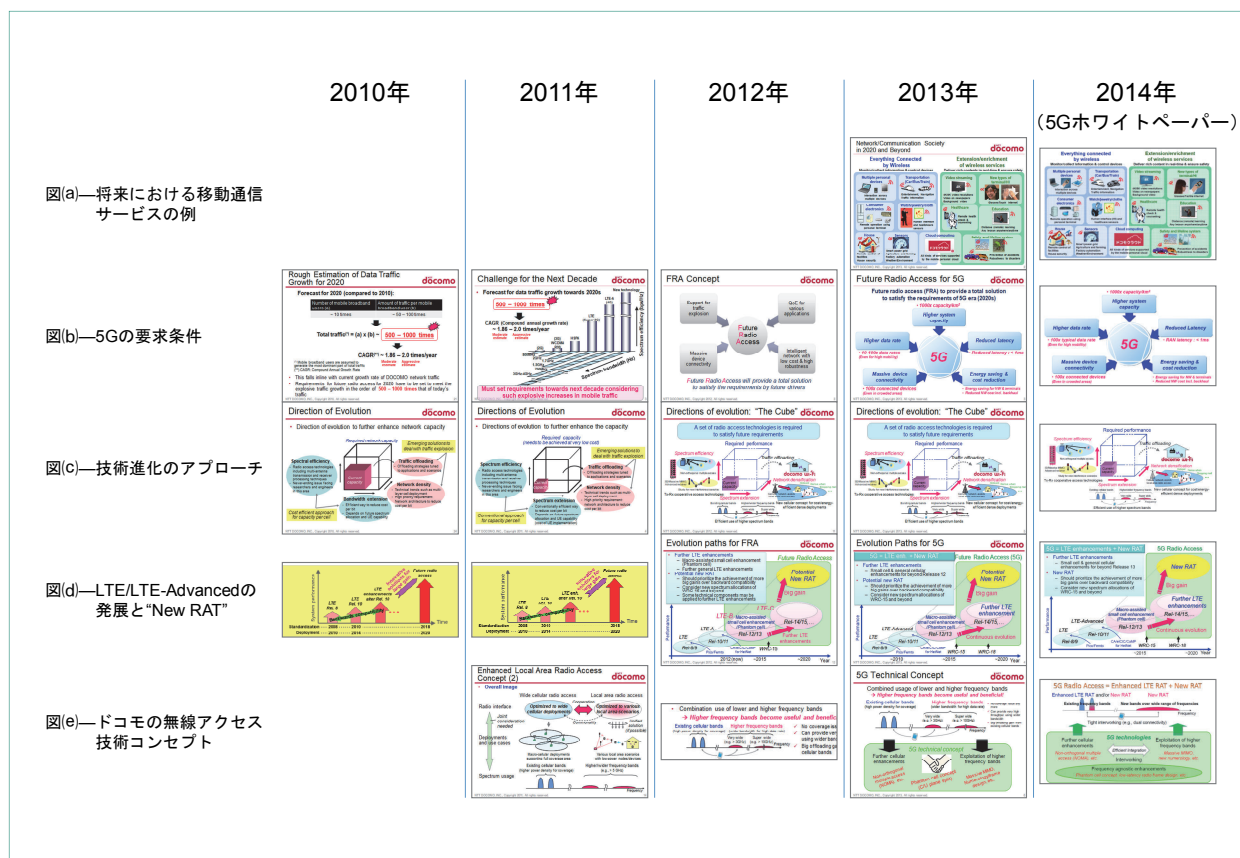


図1 5Gコンセプトの対外発表の変遷

とを要求条件として想定し、キューブ型のコンセプト（周波数利用効率^{*1}の改善×周波数帯域幅の拡大×ネットワークの高密度化）でそれを実現する技術進化の方向性を提案した [2]。2011年頃には、既存の低い周波数帯と5GHz以上の高い周波数帯を組み合わせる無線アクセス技術など、キューブ型のコンセプトを実現する具体的な技術候補を提案した [3]。2012年頃には、高速・大容量に加え、現在の5Gの特長である低遅延、多数端末接続といった要求条件の明確化、および5Gが「LTEの拡張」と「New RAT (Radio Access Technology)^{*2}」の組合せであるという「5Gの定義」についても提案した [4]。2013年頃には、すでに5G時代に実現をめざすサービスやアプリケーションを含め、2014年

公開の5Gホワイトペーパーに記載した技術コンセプト部分がほぼ完成した [5]。このような5Gの基本的なコンセプトや無線アクセス技術については、世界主要会社とのコンセンサスを構築しながら進めており、要求条件や高い周波数帯の開拓など共通のコンセプトを含む内容が他社からも提案されている [6] [7]。

「5G」という名称については、当初、ドコモは「Future Radio Access」と対外的には呼んでいたが、2013年10月のCEATECで「5G」のネーミングを初めて用いて発表した。この「5G」の初展示では、5Gの基本的なコンセプトや無線アクセス技術を可視化するシミュレータによるデモを実施し、「CEATEC AWARD 2013 総務大臣賞」を受賞することがで

*1 周波数利用効率：単位時間、単位周波数帯域当りに送ることのできる情報ビット数。

*2 New RAT：4GのLTEと後方互換性 (Backward compatibility) のない新しい無線インタフェースの規格。5GのNR (New Radio) に相当する。

きた [8]。5Gシミュレータは、図2に示すように、その後もスタジアムモデルなどへとアップデートしつつ開発を進めた。「5G」のネーミングを用い始めた頃には、5Gの無線アクセス技術についても、高周波数帯を有効利用するため、多数のアンテナ素子をフル活用するMassive MIMO (Multiple Input Multiple Output)*3が欧州の5G研究プロジェクトであるMETIS (Mobile and wireless communications Enablers for Twenty-twenty Information Society)*4などで着目され、ドコモが主導して提案したファントムセル*5 (C/U分離) [9] や、非直交アクセス (NOMA: Non-Orthogonal Multiple Access)*6 [10] といった候補が出揃ってきていた。これらの無線技術やシミュレータ試作の取組みについても、その時点で最新のものを「ドコモ5Gホワイトペーパー」において公開した [1]。

3. 5G伝送実験およびユースケース開拓 (2014年～)

3.1 ドコモとパートナー企業による取組み

ドコモは、5Gの周波数やキーとなる無線アクセス技術の有効性を実証するため、世界主要ベンダとの個別協力による5G伝送実験を実施した。2014年5月に6社との実験協力を発表し [11]、2015年7月には13社まで拡大した [12]。各社との共同実験によって、最大70GHz帯までのさまざまな周波数帯でMassive MIMOなどの5G無線アクセス技術を検証し、2016年2月には、屋外環境で合計スループット20Gbpsを超える5Gマルチユーザ通信実験に世界で初めて成功した (図3)。その他の報道発表を実施した主な5G伝送実験の成果を表1に示す。これらの5G伝送実験により、2018年3月までに170件の学会発表を実施した [13]。

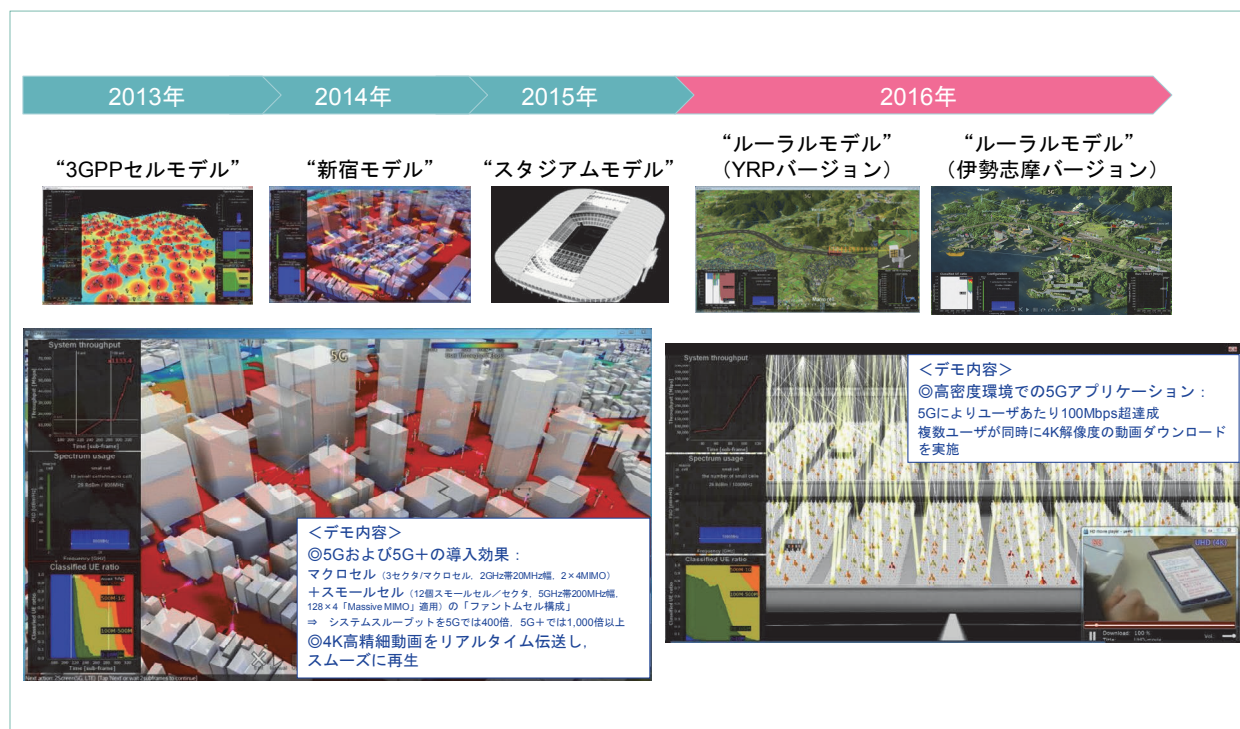


図2 5Gシミュレータ

- *3 Massive MIMO：超多素子のアンテナを利用する大規模MIMOのこと。高い周波数帯ではアンテナ素子サイズを小さくすることができるため、同じ面積により多数のアンテナ素子を配置できる。
- *4 METIS：5G無線技術に関するEUの研究プロジェクトで、期間は2012年11月～2015年4月。通信ベンダ、通信事業者、大学な

どが参加。なお、継続プロジェクトのMETIS-IIの期間は2015年7月～2017年6月。

- *5 ファントムセル：ドコモが提案したC/U分離を基本コンセプトとする高度化スモールセルシステムの名称。5Gの標準化では「Dual Connectivity」に反映された。

2016年頃からは、5Gの特長を活かしたさまざまなユースケースを、さまざまな業界のパートナー企業の協力により開拓していった [14]。これらを実証する場として東京臨海副都心地区（お台場・青梅

地区）と東京スカイツリータウン周辺に5Gの実験環境を構築するなど、「5Gトライアルサイト」として、これまで430件（2020年6月時点）のサービス実証実験の取組みを行った。

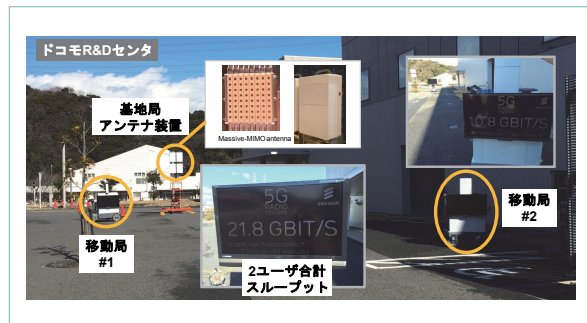


図3 20Gbps屋外実験

3.2 総務省5G総合実証試験での取組み（2017年～）

総務省は、5Gの実現による新たな市場や新しいサービス・アプリケーションの創出を目的に、さまざまな利活用分野の関係者が参画する「5G総合実証試験」を2017年度から3年間実施した [15]。ドコモが3年間に連携パートナーとともに全国で実施した5G総合実証試験の実施内容を表2に示す。試験グルー

表1 5G無線技術の実験における主な成果（報道発表）

報道発表日	実験の成果	実験パートナー
2015/3/3	15GHz帯を用いて受信時4.5Gbps以上のデータ通信に成功	Ericsson
2015/3/3	70GHz帯を用いて受信時2Gbps以上のデータ通信に成功	Nokia
2015/11/26	70GHz帯を用いて商業施設などの実利用環境で2Gbps以上の通信実験に成功	Nokia
2015/11/26	28GHz帯を用いて時速約60kmで高速移動する環境で受信時2.5Gbps以上のデータ通信に成功	Samsung
2016/2/22	15GHz帯を用いて屋外環境で通信容量20Gbpsを超える5Gマルチユーザ通信実験に成功	Ericsson
2016/5/24	70GHz帯を用いて8K映像のリアルタイム5G無線伝送に成功	Nokia
2016/11/16	28GHz帯を用いて時速150kmの高速移動時に2.5Gbpsの5G無線データ伝送実験に成功	Samsung
2016/11/16	4.5GHz帯を用いて屋外に配置した23台の端末との間で、合計で11.29Gbpsの高速・大容量通信を実現	Huawei
2017/11/2	4.5GHz帯を用いて5G高信頼低遅延通信（URLLC）の屋外実験に成功	Huawei
2017/11/2	世界初スマートフォンサイズのNOMA対応チップセットによる周波数利用の効率化実験に成功	MediaTek
2017/11/6	28GHz帯を用いてお台場エリアにおいてコネクテッドカー実現に向けた5G実証実験に成功	トヨタ, Ericsson, Intel
2018/4/23	28GHz帯を用いて時速300kmの超高速移動環境で5G無線通信実験に成功	NEC
2018/5/23	4.5GHz帯基地局間協調ビームフォーミングを用いた干渉低減による複数移動局への5G無線通信に成功	NEC
2018/7/25	28GHz帯を用いてコネクテッドカー向け「車両ガラス設置型アンテナ」による5G通信に成功	AGC, Ericsson
2018/11/22	28GHz帯を用いて屋外実験において通信速度27Gbpsに成功	三菱電機
2019/5/29	28GHz帯を用いて5G端末向けのガラスアンテナで通信に成功	AGC, Ericsson

*6 非直交アクセス（NOMA）：時間、周波数、符号のリソースを複数のユーザに割り当てる際、ユーザ間でリソースの重複を許すことで効率化を図る多元接続方式。

表2 2017～2019年度5G総合実証試験の実施内容・場所

試験 グループ	応用分野	ユースケース	実施場所	実施年度		
				2017	2018	2019
G I	エンター テインメ ント	① 5Gを活用したVR音楽ライブ体験	東京都墨田区	○		
		② 5Gを活用したMRコミュニケーション	東京都墨田区	○		
		③ 5Gを活用した8K映像マルチチャンネルMMT伝送	東京都墨田区	○		
		④ 5Gを活用した4K省電力デジタルサイネージ	東京都墨田区	○		
		⑤ ショッピングモール環境での高精細映像伝送	東京都墨田区	○		
		⑥ 5Gを活用したスポーツイベントのライブビュー イング	神奈川県横浜市	○		
		⑦ 5Gを活用したSL大樹への超高精細映像伝送	栃木県日光市		○	
		⑧ 5Gと8K映像を活用した観光客誘客	京都府京都市		○	
		⑨ 5Gを活用した車椅子バスケットボールのライブ映 像配信	神奈川県鎌倉市		○	
		⑩ 5GとVR技術を活用した遠隔博物館訪問	福井県勝山市		○	
		⑪ 5Gを活用した観光イベントにおけるライブビュー イング	福島県会津若松市		○	
		⑫ 5Gを活用したスポーツイベントの遠隔ライブ応援	神奈川県川崎市		○	
		⑬ 5G×Body Sharing技術を活用した沖縄県の観光 振興	沖縄県名護市他			○
		⑭ 5Gを活用したリアルタイムクラウド編集・中継ソ リューション	宮城県仙台市			○
	スマート シティ	① 5Gを活用した施設内監視	東京都江東区	○		
		② 5Gを活用した高所カメラによる広域監視	東京都墨田区	○		
		③ 5Gを活用したカーセキュリティ	徳島県神山町		○	
		④ 5Gを活用した地方見守りサービス	福島県会津若松市		○	
	医 療	① 5Gを活用した遠隔診療	和歌山県和歌山市、 和歌山県日高川町	○	○	○
		② 5Gを活用した救急搬送高度化ソリューション	群馬県前橋市		○	○
		③ 5Gを活用した高精度顔認証およびセンサによる見 守り・行動把握	広島県広島市			○
	ワークブ レイス	① 5Gを活用した動くサテライトオフィス	徳島県神山町		○	
		② 5Gを活用した高技能工員の労働安全確保	愛媛県今治市			○
	スマート ライフ	① 5Gを活用した伝統芸能の伝承（遠隔教育）	岐阜県中津川市			○
		② 5Gを活用した音の視覚化による生活サポート	岐阜県中津川市			○
G II	エンター テインメ ント	① 5Gを活用した高速移動体への高精細映像伝送	栃木県栃木市・鹿沼市、 埼玉県春日部市	○	○	
		② 5Gを活用したゴルフ場でのラウンド補助	長野県長野市			○
	交 通	① 5Gを活用した高速鉄道の安全運行監視	大阪府高槻市		○	
		② 5Gを活用した濃霧の中での運転補助	大分県大分市他			○
		③ 5Gを活用した地下鉄安全確保支援	大阪府大阪市			○
	スマート シティ	① 5Gを活用した雪害対策（除雪作業の効率化）	福井県永平寺町			○

プGIでは低速移動環境、GIIでは高速移動環境（時速60km以上）の試験を行った。2017年度の5G総合実証試験では、人口密集地における10Gbpsの超高速通信の実証試験（GI）を実施し、エンターテインメント、スマートシティ、医療の3つの応用分野において、4.5GHz帯および28GHz帯を用いたサービス・アプリケーションの実証試験を行った [16]。また、ドコモは、NTTコミュニケーションズが実施主体となる高速移動時における2Gbpsの高速通信の実証試験（GII）にも参画し、エンターテインメント分野において、時速90kmで移動する高速移動体に対して28GHz帯を用いた実証試験を行った [16]。

2018年度の5G総合実証試験においては、5Gの最大性能だけではなく、平均的な性能を検証するため、屋外環境における平均4～8Gbpsの超高速通信の実証試験（GI）を実施し、2017年度の3つの応用分野に加えて、オフィス／ワークプレイス分野での実証も行った [17]。また、時速60～120kmで移動する高速移動体に対して平均1Gbpsの高速通信に関する

実証試験（GII）を実施し、エンターテインメント分野に加えて交通分野での実証を行った [17]。

2019年1月には、総務省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 [18]。2019年度の5G総合実証試験では、上記のアイデアコンテストの結果とこれまでの技術検証の成果などを踏まえ、5Gによる地域課題の解決や地方創生に資する利活用モデルに力点を置き、新たな連携パートナーと多様な応用分野における実証試験を実施した [19]。

4. パートナーとのソリューション協創

幅広いパートナーとともに新たな利用シーン創出に向けた取組みを拡大するため、ドコモは「ドコモ5Gオープンパートナープログラム」を2018年2月から開始した（図4）。本プログラムは、パートナーとなる企業・団体に対し、5Gの技術や仕様に関する

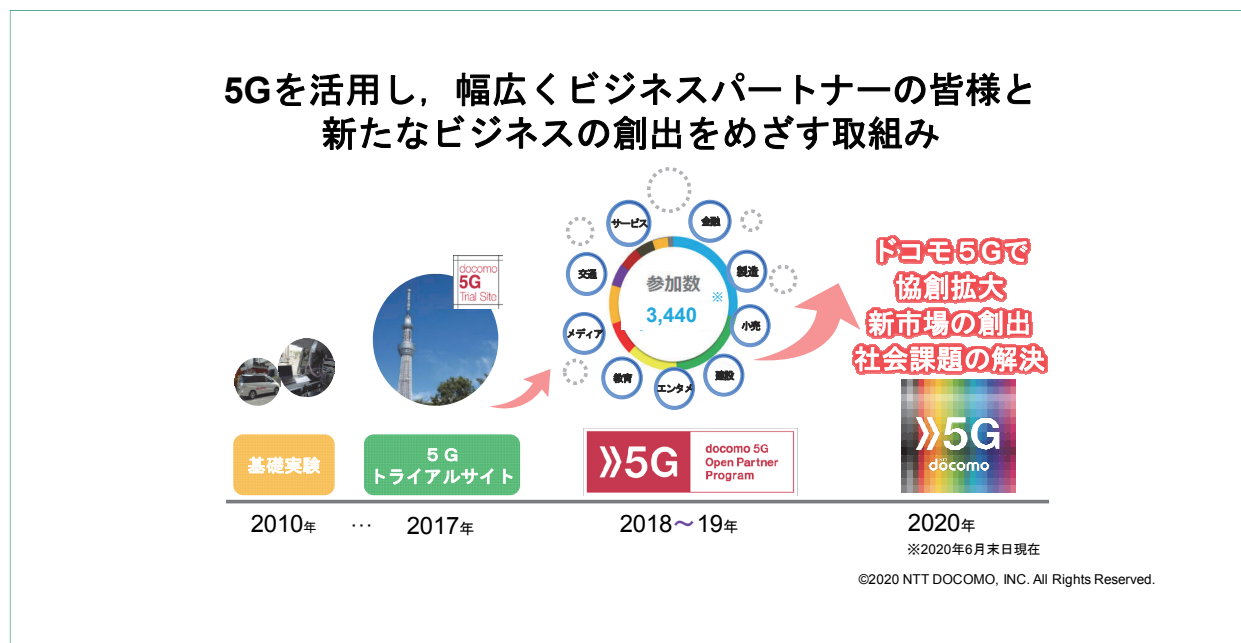


図4 ドコモ5Gオープンパートナープログラム

る情報の提供や、パートナー間の意見交換を行う5Gパートナーワークショップの場を提供するものである。パートナー数は2020年6月末で3,440である。

また、ドコモが常設する5G技術検証環境である「ドコモ5Gオープンラボ」においては、5Gの実験基地局装置や、実験移動局に接続する映像伝送機器などを、パートナーに対して無償で提供している。パートナーとなる企業・団体は、本プログラムへの参加を通じ、商用開始に先立ち早く5Gを用いたサービス構築や検証が可能となっており、高速・大容量、低遅延、多数端末接続といった5Gの特長を活かして、自社サービスの品質向上や新たなサービスの創出に活用することができる。「ドコモ5Gオープンラボ」は2020年6月末現在、国内外に11カ所展開している。また、「ドコモ5Gオープンラボ」にクラウドコンピューティングの設備を直結した「ドコモオープンイノベーションクラウド」のトライアル環境を提供し、技術検証を進めた。

また、ドコモは2019年9月より「5Gプレサービス」を開始した。5G商用サービスと同じネットワーク装置や同じ周波数帯を利用し、ビジネス創出を本格的に開始することに加え、5G商用サービスと同環境の体験など、5G商用サービスにつながる実質的な5Gのスタートとなった。5Gプレサービスでは、「ドコモ5Gオープンパートナープログラム」に参加している3,000を超えるパートナーに対し、「5Gオープンラボ」の提供に加え、5Gプレサービス対応端末の貸出しにより、5Gを活用した産業創出や社会課題の解決に向けて、全国で200件を超えるフィールド検証を実施した。その中から5Gのスタートに合わせて、「産業の高度化」「働き方改革」といった社会課題の解決につながる領域を中心に、パートナーの皆様との協創によって生まれた新体感ライブCONNECTをはじめとする7つのサービスと22のソリューションの提供を発表した。今後も5Gの特長である高速・大容量・低遅延を活かした「遠隔作業支

援」や「高精細映像伝送」などを中心に、働き方の新しいスタイルの価値提供をめざす。

5. あとがき

本稿では、ドコモの5Gサービス開始までの道のりについて解説した。ドコモは今後も5Gのさらなる進化をめざし、引き続き、技術の検討および研究開発を進めていく。

文 献

- [1] NTTドコモ：“ドコモ5Gホワイトペーパー,” Sep. 2014.
- [2] Y. Kishiyama: “LTE enhancements and future radio access,” APCC2010 Seminar on Future Wireless Technologies, Nov. 2010.
- [3] Y. Kishiyama: “LTE enhancements and future radio access towards next decade,” 1st NGMN Innovation Day, Stockholm, Sweden, Sep. 2011.
- [4] Y. Kishiyama: “Future radio access challenges,” WWRF Wireless World 2020 Workshop, Berlin, Germany, Oct. 2012.
- [5] NTT DOCOMO: “Future radio access for 5G,” ARIB 2020 and Beyond Workshop, Tokyo, Japan, Nov. 2013.
- [6] Ericsson: “White paper - 5G radio access,” Jun. 2013.
- [7] Nokia Solutions and Networks: “White paper - Looking ahead to 5G,” Dec. 2013.
- [8] NTTドコモ報道発表資料：“「CEATEC AWARD 2013」において「次世代移動通信（5G）」が総務大臣賞を受賞,” Oct. 2013.
- [9] H. Ishii, Y. Kishiyama, and H. Takahashi: “A novel architecture for LTE-B: C-plane/U-plane split and Phantom cell concept,” IEEE Globecom, Dec. 2012.
- [10] Y. Saito, Y. Kishiyama, A. Benjebbour, T. Nakamura, A. Li, and K. Higuchi: “Non-orthogonal multiple access (NOMA) for cellular future radio access,” IEEE VTC Spring, Jun. 2013.
- [11] NTTドコモ報道発表資料：“世界主要ベンダーと5G実験で協力,” May 2014.
- [12] NTTドコモ報道発表資料：“世界主要ベンダーとの5G実験を拡大,” Jul. 2015.
- [13] NTTドコモ：“世界主要ベンダーとの5G実験の概要,” <https://www.nttdocomo.co.jp/corporate/technology/rd/>

- tech/5g/5g_trial/
- [14] 中村 武宏：“5Gが切り開く未来の展望 ―パートナーの強みを融合させた世界―,” 本誌, 25週記念号, Oct. 2018.
- [15] 総務省報道発表資料：“5G総合実証試験の開始,” May 2017.
https://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban14_02000297.html
- [16] NTTドコモ報道発表資料：“2017年度 総務省「5G総合実証試験」の成果について,” Mar. 2018.
https://www.nttdocomo.co.jp/binary/pdf/corporate/technology/rd/topics/2017/topics_180326_03.pdf
- [17] NTTドコモ報道発表資料：“2018年度 総務省「5G総合実証試験」の成果について ～地方創生に貢献する多様な5Gのユースケースと日本初の5Gの救急医療応用に関する実証～,” Mar. 2019.
https://www.nttdocomo.co.jp/binary/pdf/info/news_release/topics_190319_01.pdf
- [18] 総務省報道発表資料：“「5G利活用アイデアコンテスト」の開催,” Dec. 2018.
https://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban14_02000362.html
- [19] NTTドコモ報道発表資料：“2019年度 総務省「5G総合実証試験」の成果について ～地方創生に貢献する多様な5Gの12のユースケースに関する実証～,” Mar. 2020.
https://www.nttdocomo.co.jp/binary/pdf/info/news_release/topics_200316_00.pdf