

第五世代移動通信システムのもたらす経済及び社会の
変革に関する調査研究の請負

報告書

2020年3月

 株式会社三菱総合研究所

デジタル・イノベーション本部

目次

1. 調査の背景・目的	4
2. 5G をめぐる各国の動向の調査	5
2.1 全体の動向	5
2.1.1 5G 周波数割当状況	5
2.1.2 ローカル 5G	6
2.1.3 5G ネットワーク	6
2.1.4 ベンダーによる 5G への対応	7
2.1.5 5G の商用開始状況	9
2.2 米国	11
2.2.1 5G 周波数の割当て	11
2.2.2 米国政府の 5G 戦略	12
2.2.3 周波数オークションの実施	13
2.2.4 5G 事業化の動向	14
2.3 欧州	21
2.3.1 5G 周波数政策	21
2.3.2 5G 戦略	22
2.3.3 市場動向	25
2.4 英国	27
2.4.1 5G 周波数の割当	27
2.4.2 ローカル免許の新設	29
2.4.3 5G 事業化動向	31
2.5 ドイツ	33
2.5.1 5G 周波数の割当	33
2.5.2 ローカル免許の新設	34
2.5.3 5G 事業化の動向	35
2.6 韓国	40
2.6.1 5G 周波数の割当	40
2.6.2 5G 産業戦略	40
2.6.3 5G 事業化動向	43
2.7 中国	45
2.7.1 5G 周波数の割当	45
2.7.2 5G 産業政策	46

2.7.3	5G 事業化動向	47
3.	移動通信の進化に伴う ICT 産業へ与える影響に関する分析.....	52
3.1	ICT 産業におけるエコシステム	52
3.2	5G 時代に向けての各レイヤーの動向	57
3.2.1	ネットワークレイヤー	57
3.2.2	端末・デバイスレイヤ	62
3.2.3	サービス・アプリケーションレイヤ	63
3.2.4	プラットフォームレイヤ	64
4.	5G がもたらす社会全体のデジタル化	79
4.1	5G の社会実装	79
4.2	各産業・分野における 5G の実装と期待される効果.....	80
4.2.1	農業	80
4.2.2	インフラ・建設分野.....	84
4.2.3	医療等分野	88
4.2.4	製造業	92
4.2.5	教育分野	97
4.2.6	安心・安全分野.....	100
4.2.7	エンターテインメント・観光分野.....	104
4.2.8	モビリティ分野.....	107
4.3	5G の導入による我が国における経済効果の推計	112
4.3.1	試算方法.....	112
4.3.2	試算対象.....	113
4.3.3	試算結果.....	115
5.	5G 以降の技術革新に関する調査.....	118
5.1	国内外の動向.....	118
5.1.1	国内の動向	118
5.1.2	諸外国の動向	118
5.2	Beyond 5G の将来像.....	121
5.2.1	ネットワーク環境	121
5.2.2	ユースケース	122

1. 調査の背景・目的

令和2年に国内での商用化が予定されている第五世代移動通信システム（以下「5G」という。）は、高速・大容量といった特長だけでなく、低遅延、同時多数接続といったこれまでの移動通信システムにはない特長を持つことから、社会を大きく変革するものと期待されている。特に、5Gを活用したエッジコンピューティングの普及やI o T（Internet of Things）の進展等、あらゆる産業に大きな変革をもたらすことが想定されているところであり、我が国の経済成長への貢献が期待されている。また、諸外国においても5Gの商用化に向けた動きが活発化しつつある。

本調査研究では、こうした背景に基づき、5Gの特徴や各国における動向を整理するとともに、その導入によって生じる経済及び社会の変容の方向性を示し、その技術が活用された社会を展望することを目的とする。

2. 5G をめぐる各国の動向の調査

本章では、5Gが既に商用化されている米国及び韓国に加え、その他の5Gの商用化に関して先進的と思われる我が国以外の国・地域を対象に動向について説明する。

2.1 全体の動向

2.1.1 5G 周波数割当状況

諸外国における5G周波数の割当に関する制度や方針を整理するとともに、ローカル5Gの周波数割当をめぐる取組やローカル5Gの導入状況について紹介する。日米欧中韓の5G周波数割当・検討の現状は、下表のとおりである。

図表 2-1 主要国・地域における5G周波数割当の検討状況

国・地域	6GHz 以下	24GHz 以上
米国	614-698MHz (放送用周波数を再編し 2017 年 2 月に割当) 1675-1680MHz (連邦気象衛星との共用を提案) 3450-3550MHz (国防総省が 5G への開放を検討中) 3550-3700MHz (市民ブロードバンド無線サービスとして配分。 うち 3550-3650MHz を 2020 年 7 月にオークション実施) 3700-4200MHz (FCC が共用又は再編を検討中) 2.5GHz 帯 (教育ブロードバンドサービス (EBS) を 5G に配分)	27.5-28.35GHz (2019 年 1 月に割当) 24.25-24.45GHz、24.75-25.25GHz (2019 年 4 月に割当) 37.6-38.6GHz、38.6-40GHz、47.2-48.2GHz (2020 年 3 月に割当) 57-64GHz、64-71GHz (免許不要利用)
欧州	700MHz (全国・屋内の 5G カバレッジ用) 3400-3800MHz (2020 年までに 5G サービスを導入するためのプライマリーバンド)	24.25-27.5GHz (24GHz 以上での 5G 先行導入のパイオニアバンド) 40-43.5GHz (衛星セクターを考慮しながら 5G バンドとして検討) 66-71GHz (免許不要利用) ※31.8-33.4GHz は 5G 候補周波数から削除
中国	700MHz 【中国広電 (50MHz 幅)】 2600MHz 【中国移动 (160MHz 幅)】 3300-3400MHz (原則屋内利用) 3400-3600MHz 【中国电信 (100MHz 幅/中国联通 (100MHz 幅)】 4200-4400MHz (航空無線ナビゲーションとの共用検討) 4400-4500MHz 4800-5000MHz 【中国広電 (50MHz 幅)】 ※3300-4200MHz、4500-5000MHz は干渉調整作業が必要	24.75-27.5GHz 37-42.5GHz
韓国	3400-3700MHz (3420-3700MHz を 2018 年 6 月に割当) 2.3GHz 帯 (90MHz 幅)、3.4GHz 帯 (20MHz 幅)、3.7-4.2GHz (400MHz 幅)	26.5-29.5GHz (26.5-28.9GHz を 2018 年 6 月に割当) 24GHz 以上の帯域から 2GHz 幅
日本	3400-3600MHz (割当済み) 3600-4200MHz (3600-4100MHz を 2019 年 4 月に割当) 4400-4900MHz (4500-4600MHz を 2019 年 4 月に割当) 4600-4800MHz (ローカル 5G に分配予定)	27-29.5GHz (27-28.2GHz、29.1-29.5 を 2019 年 4 月に割当) 28.2-28.3GHz (ローカル 5G として 2019 年 12 月より免許申請受付開始) 28.3-29.1GHz (ローカル 5G に配分予定)

出所：各種資料をもとに作成

2.1.2 ローカル 5G

ローカル 5G 免許の周波数割当の現状について、諸外国を比較すると、以下のような違いを指摘できる。

自営ローカル 5G 帯域を確保している国

日本：自営ローカル 5G 免許は、自営用途だけでなく、役務利用も可能。

ドイツ：自営ローカル 5G 免許は、地域光ファイバー事業者含めて¹、電気通信事業者による免許申請は不可（ただし、土地や建物所有者等から委託を受けた場合は可能）。

英国：ローカル免許の申請要件として、電気通信事業者を排除していない点は日本と類似。

オーストラリア：自営ローカル 5G 帯域を確保しているが、キャリア 5G と周波数を共用。

自営ローカル 5G 帯域を確保していない国

米国： 地域免許で構成される、自営と役務の区別のない免許制度で、自営用途であってもオークションで落札（ただし、中小零細企業やローカル事業者等に対する落札額の割引適用あり）。

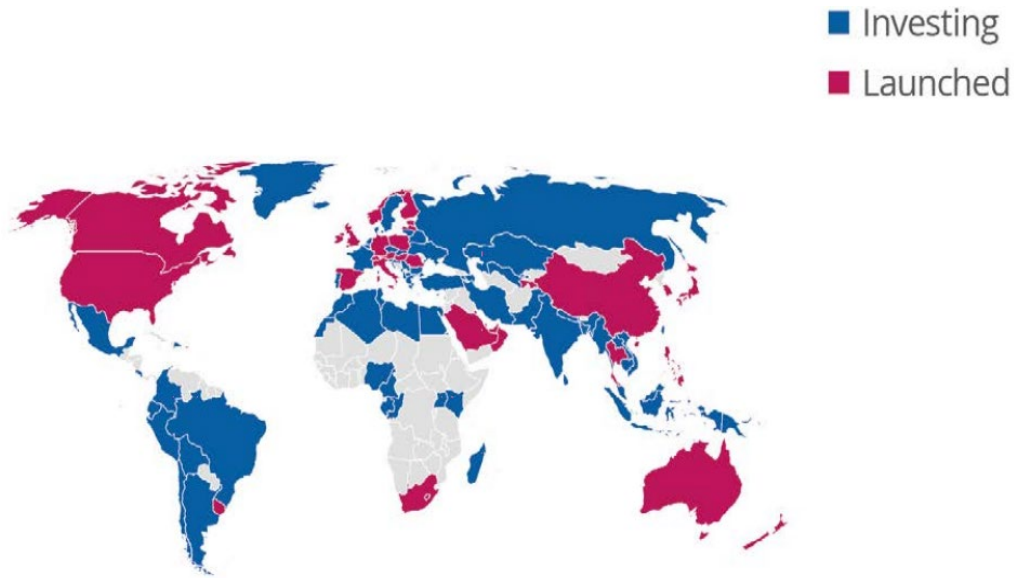
フランス： 5G オークション規則で、落札者に対して、自営ニーズに対応することを規定（ネットワークスライシングや周波数リース等）。

オーストリア： ルーラル免許とアーバン免許で構成される地域免許を、自営と役務の区別なく、オークションで割当。

2.1.3 5G ネットワーク

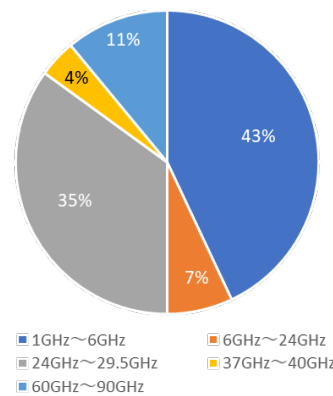
諸外国の 5G ネットワークへの投資（実証試験や整備展開）は図表 2-2 のとおり、アフリカや中東等一部地域を除き、殆どの国で進展しており、40 か国で70 の商用ネットワークが展開している。また、2018年7月時点で、5G 実証試験の数は260件以上に達しており、活用している周波数帯については、サブ 6 帯とミリ波帯に概ね二分されており、とりわけ 28GHz 帯が最も多く、次いで 3.5GHz 帯となっている。

¹ <https://www.golem.de/news/bundesnetzagentur-keine-lokalen-5g-netze-fuer-stadtnetzbetreiber-1903-139919.html>



出所：GSMA 5G Market: SNAPSHOT, 2020年3月

図表 2-2 5G ネットワークへのサービス提供又は投資を進めている事業者が存在する国（2020年3月時点）



出所：GSA (Global mobile Suppliers Association)

図表 2-3 5G 実証試験（261件）の周波数帯別割合（2018年7月時点）²

2.1.4 ベンダーによる5Gへの対応

直近の5Gの市場化に関する話題は、主要チップベンダ及び端末ベンダによる5G対応である。図表 2-4 に各社の発表に基づく5G 端末投入のタイムラインを示す。総合すると、5G 端末のリリースは2019年に集中しており、5G 端末の市場投入期になるといえる。また、4G時代に中国企業をはじめ端末ベンダの市場参入が相次いだことも背景に、キャリアや端末ベンダによる5G 端末に係る活動は4G 端末の際と比べても活発である(図表 2-5)。

² 事業者や実証試験で複数の周波数帯を利用している場合はそれぞれカウントされている

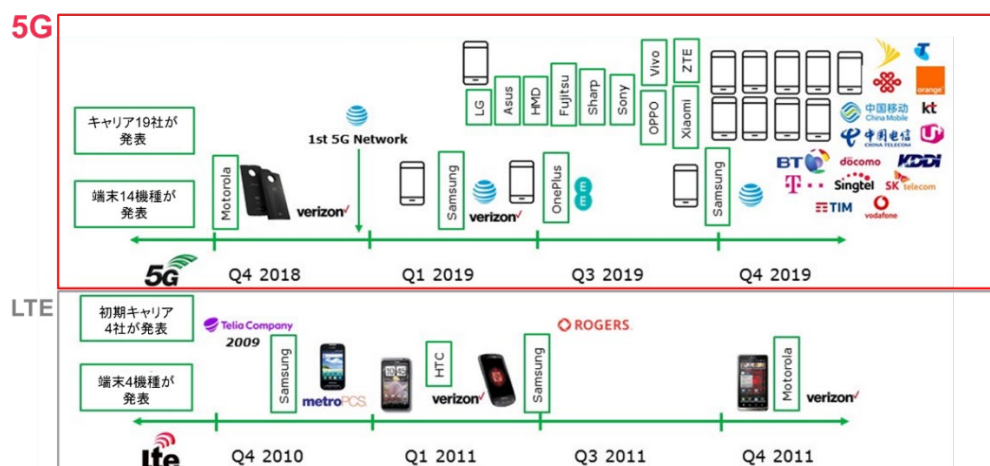
グローバルモバイルサプライヤー協会（GSA）の報告³によると、2020年3月現在、81のベンダー、16のカテゴリーで、253の5Gデバイスがベンダーより正式に発表され、そのうち、少なくとも67の5Gデバイスが実際に販売されている。

図表 2-4 5G 端末の市場化

	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年	2022年
チップ	クアルコム	世界中のキャリアが5Gの実証・製品化に利用（デバイスは150機種以上）	▲11月 5G初対応 SnapdragonX50モデム(28GHz帯にも対応)を発表 ▲8月X50サンプル出荷開始(5Gのみに対応)	▲下半期 X55出荷開始(5Gと旧世代を統合) ▲5G対応SoC Snapdragon 855出荷 X50+LTE向けモデムX24を内蔵・切替可		
	インテル	5Gチップ開発		▲4月 5G対応モデムの出荷を予定していたが撤退を表明		
	サムスン	5Gモデムチップ市場に参入		▲4月 5G対応モデムExynos Modem 5100出荷開始 世界初のRel.15対応		
	ファーウェイ	自社端末向けに内製化		▲半ば 5G対応モデムKirin980出荷		
端末				▲6月 5G対応端末の販売開始(Verizon等から) クアルコムX50モデムを搭載		
	サムスン			▲5月 5G対応端末の販売開始(英、韓、豪、米等) 韓国内では最初の1週間で10万台販売		
	LG EL	大手端末メーカーは5Gサービス開始に合わせた端末の市場投入を目指し、キャリアと連携して開発を推進		▲9月 5G対応端末をリリース		
	ファーウェイ			▲8月 5G対応端末をリリース		
	ZTE				▲2020年以降 5G対応iPhoneをリリースか	
	アップル					

出所：三菱総研

図表 2-5 4G と 5G 端末の展開状況の違い



※ 上図において縦書きで示されているのが端末ベンダー、横書き(ロゴ)で示されているのが通信事業者である。

出所：Informa

³ 5G Devices Ecosystem Report with Devices Annex. March 2020
<https://gsacom.com>

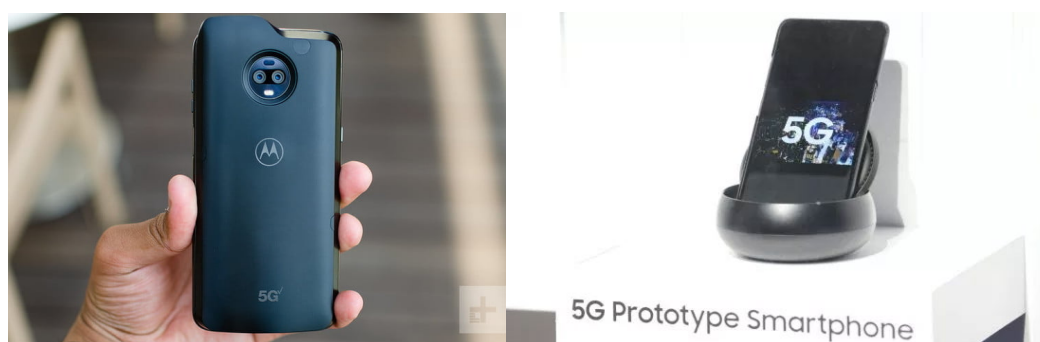
図表 2-6 5G デバイスの数 (2020 年 3 月時点)

Formfactors	# of devices announced
Phone	63
CPE	61
Module	34
Hotspots, switches & routeurs	21
Dongles and USB terminal	4
Others	16
Robot	3
Tablet	3
television	3
Drone	2
Laptop	2
head mounted display	2
Vending machine	1

出所：GSA

初期の 5G 端末の設計は、4G のプレミア端末の設計を踏襲する可能性は低い。2019 年 1 月現在発表されている端末は Verizon Motorola Z3 のみである。Verizon Motorola Z3 は、「5G moto mod」は Verizon の 5G ネットワークにのみ対応する Mod。米 Qualcomm の Snapdragon X50 と 2000mAh のバッテリーを搭載する。ディスプレイは 6 型 (2160×1080 ピクセル) の SUPER AMOLED で、画面占有率は 79%となっており、指紋認証センサーは側面に配置されている。

Samsung、LG、Nokia の端末市場投入は、2019 年 2Q から 3Q に予想されているがフラッグシップモデルになる可能性は低いとみられる。今後は、市場の需要を「テスト」しながら、プレミアムディスプレイ、許容可能なカメラ、工業デザインなど、5G コアエレクトロニクスを随時組み込んでいく。



出所：報道記事より

図表 2-7 Motorola 及び Samsung の 5G 対応端末

2.1.5 5G の商用開始状況

世界初のスマートフォン対応モバイル 5G サービスが韓国で 2019 年 4 月 3 日の午後 11

時（日本時間）に3キャリア一斉に開始された。その後米国の Verizon も同じく4月3日にスマートフォン対応モバイル5Gサービスを開始している。5Gサービスは、既に2018年10月に Verizon が固定無線アクセス（FWA）サービスとして開始し、また、同年12月に米国（AT&T）と韓国（法人向け）でモバイルルーターの提供が開始されていたが、世界初となるスマートフォン対応のモバイル5Gを米国と韓国のどちらが最初に開始するかが注目されていた。中国は、当初予定していた5Gの商用開始時期を2019年11月に約1年前倒しした。また、欧州では既に11か国（2020年3月時点）が5G商用サービスを開始している。

図表 2-8 主要国におけるモバイル5G商用サービスの展開状況

	2018年	2019年	カバレッジ等	使用帯域
韓国	12月：ルーター 5G（法人向け）	4月：通信3社一斉 開始	2019年：人口の93% 2022年：全国ネットワー ク構築	3.5GHz 28GHz
米国	10月：固定5G （Verizon） 12月：ルーター 5G（AT&T）	4月：Verizon 5月：Sprint 6月：AT&T、T- Mobile	2020年までに全国展開	600MHz 2.5GHz 24GHz 28GHz 39GHz
欧州	—	3月：オーストリア 4月：スイス 5月：英国、フィンラ ンド 6月：スペイン、イタ リア、ルーマニア 7月：ドイツ、ラトビ ア 8月：アイルランド 10月：ハンガリー	2025年までに主要都市 間の交通路をカバー	700MHz 3.6GHz 26GHz
中国	—	11月：通信3社一斉 開始	2019年に主要50都市で 開始	700MHz（予定） 2.6GHz 3.5GHz 4.9GHz
豪州		6月：Telstra	10都市で開始。今後1年 間で25都市以上へ拡大	3.6GHz

出所：各種資料をもとに作成

2.2 米国

2.2.1 5G 周波数の割当て

連邦通信委員会 (FCC: Federal Communications Commission) は 2016 年 7 月、24GHz 以上のミリ波帯周波数を 5G 向けに、28GHz 帯、37GHz 帯、39GHz 帯を免許帯域として、64-71GHz 帯を免許不要帯域として、それぞれ配分した。加えて、8 つのバンド⁴を 5G などの次世代無線サービス向けに追加配分することを提案し、2017 年 11 月に 24GHz 帯 (24.25-24.45GHz、24.75-25.25GHz) と 47GHz 帯 (47.2-48.2GHz) を追加配分することを決定した⁵。また、2018 年 5 月には、26GHz 帯 (25.25-27.5GHz) と 42GHz 帯 (42-42.5GHz) を 5G 周波数として追加配分するための検討が開始された⁶。

また、FCC は、3.7-24GHz のミッドバンド周波数について、無線ブロードバンドサービスに利用可能な周波数の確保に向けた検討のため、2017 年 8 月、3.7-4.2GHz、5.925-6.425GHz、6.425-7.125GHz について具体的な活用方法に関する意見を求める告示を発表した⁷。その後、CATV や地上波放送の番組伝送などに使用されている 3.7-4.2GHz について、FCC は 5G での利用を可能とするため、周波数の再編や共用に向けた具体的な検討を 2018 年 7 月より開始した⁹、¹⁰。

3.7GHz 以下では、3.55-3.7GHz が市民ブロードバンド無線サービス (CBRS: Citizens Broadband Radio Service) として配分されているが、5G での利用も可能となる見通しである。さらに、教育ブロードバンドサービス (EBS: Educational Broadcasting Service) などに割り当てられている 2.5GHz 帯 (2496-2690MHz) も 5G 利用向けに再編することが検討されている。また、FCC の 5G ファースト計画によれば、1GHz 以下のローバンド周波数では、600MHz 帯、800MHz 帯、900MHz 帯を、5G 周波数として変更する方針が示されている¹¹。

米国の周波数免許 (周波数を使用する権利) は地域単位で割り当てられるが、落札者は、公衆網のみならず、自営網としても利用することができる。2019 年に周波数オークションで実施された 28GHz 帯及び 24GHz 帯の免許は、全国で 3,232 ある郡を単位とする地域免

⁴ 24GHz、32GHz、40GHz、47GHz、50GHz、70GHz、80GHz 及び 95GHz 以上の 8 つの周波数帯

⁵ FCC Takes Next Steps on Facilitating Spectrum Frontiers Spectrum (<https://www.fcc.gov/document/fcc-takes-next-steps-facilitating-spectrum-frontiers-spectrum>)

⁶ https://transition.fcc.gov/Daily_Releases/Daily_Business/2018/db0517/DOC-350768A1.pdf

⁷ FCC Opens Inquiry Into New Opportunities in Mid-Band Spectrum (<https://www.fcc.gov/document/fcc-opens-inquiry-new-opportunities-mid-band-spectrum>)

⁸ アップル、グーグル、クアルコム、インテルを含む約 30 社は、6GHz 帯 (5.925-7.125GHz) を免許不要利用の帯域として拡大するよう、FCC に要求した。

⁹ <https://www.fcc.gov/document/expanding-flexible-use-37-42-ghz-band>

¹⁰ 2019 年 11 月 18 日付の FCC 委員長声明によると、既存免許人を 4.0-4.2GHz に移行させ、その隣接帯域に 20MHz 幅のガードバンドを設けた上で、280MHz 幅 (3.7-3.98GHz) を 2020 年末までにはオークションにかける方針である。(<https://docs.fcc.gov/public/attachments/DOC-360855A8.pdf>)

¹¹ <https://www.fcc.gov/5G>

許として割り当てられられ、ローカルエリア運用（工場などの物理的施設に限定された運用）、固定運用（P2P や P2M 等）、ポータブルデバイス（人体から 20 センチメートル以内での運用）、可搬運用（静止した場所での運用）といった用途での利用が可能である¹²。

5G を含む次世代無線システムは、コネクテッドカー、スマートシティ、遠隔医療等の社会基盤への幅広い実装が想定されており、サイバーセキュリティに対する対策が必要不可欠となっている。そのため、5G 周波数の運用開始に先立ち、免許人に対してセキュリティ計画や関連する情報の提出を求めることが提案されていたが、FCC は、2017 年 11 月に採択された決定において、サイバーセキュリティ報告要件に係る規則を無効化し、代わりに、通信セキュリティ信頼性相互運用性委員会（Communications Security, Reliability and Interoperability Council: CSRIC）手続を通じて免許人からセキュリティ対策に講じている措置について情報提供を求めることとしている。

2.2.2 米国政府の 5G 戦略

2018 年 10 月、トランプ大統領は「アメリカの未来のための持続可能な周波数戦略の開発」に関する大統領覚書に署名した¹³。この覚書は、米国で 5G 及び次世代の技術開発を支援するためには、国家としての長期的な周波数戦略が必要不可欠との認識に基づいて作成された。その後、2019 年 4 月、トランプ大統領は米国が 5G の世界的な競争で勝利するための行動計画¹⁴を発表し、減税や規制緩和措置による 5G 投資の一層の促進、5G 周波数の更なる確保、農村地域に配慮したデジタル化支援を約束した¹⁵。

減税とは、具体的にはアメリカ史上最大の法人税の引下げと称される 35% から 21% への引下げを指し¹⁶、法人税の引下げによって 5G の設備投資が促進されるとしている。農村地域のデジタル化支援とは、農村ブロードバンドの整備のために、新たに 204 億ドルの基金「ルーラルデジタル機会基金（Rural Digital Opportunity Fund）」を創設するもの。ブロードバンドの未提供地域において光ファイバー網を整備するもので、ルーラルユーザーに直接光サービスを提供するため、あるいは、5G の光バックボーン構築のために基金が投じ

¹² https://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=138e58ad3a53d62cec92419ba6efddd3&mc=true&node=pt47.2.30&rgn=div5#se47.2.30_12

¹³ Presidential Memorandum on Developing a Sustainable Spectrum Strategy for America's Future, October 25, 2018 (<https://www.whitehouse.gov/presidential-actions/presidential-memorandum-developing-sustainable-spectrum-strategy-americas-future/>)

¹⁴ President Donald J. Trump Is Taking Action to Ensure that America Wins the Race to 5G, April 12, 2019 (<https://www.whitehouse.gov/briefings-statements/president-donald-j-trump-taking-action-ensure-america-wins-race-5g/>)

¹⁵ そのうち、減税とは、法人税率の 35% から 21% への引下げ等を指している。また、農村地域に配慮したデジタル化支援とは、新たに 204 億ドルの「ルーラルデジタル機会基金 (Rural Digital Opportunity Fund)」を農村ブロードバンドの整備のために創設することを指している。

¹⁶ President Donald J. Trump Achieved the Biggest Tax Cuts and Reforms in American History, February 5, 2018 <https://www.whitehouse.gov/briefings-statements/president-donald-j-trump-achieved-biggest-tax-cuts-reforms-american-history/>

られ、入札を通じて事業者が決定される。

FCCは2019年4月、トランプ政権の5G戦略方針を受け、インフラ政策の刷新、時代遅れの規制の近代化、更なる周波数の市場投入の三本柱から成る「5Gファースト計画」を発表した¹⁷。同計画では、連邦政府や地方自治体による5G基地局申請に対する審査手続きをスピードアップしたほか、設備投資インセンティブを高めるために料金規制を緩和するなど、5Gインフラ整備の迅速化を支援することとしている。また、5G周波数については、ハイバンドから28GHz、24GHz、37/39/47GHz、26GHz及び42GHz、ミッドバンドから2.5GHz、3.5GHz及び3.7-4.2GHz、ローバンドから600MHz、800MHz及び900MHzを、また、免許不要帯域として6GHz及び95GHz以上の帯域を確保することが同計画に明記されている。

2.2.3 周波数オークションの実施

5G用周波数オークションのうち、ハイバンドのミリ波帯オークションは2018年11月より順次開始され、28GHz帯は2019年1月に、24GHz帯は2019年5月にオークションが終了した。また、2020年3月に、37/39/47GHz帯の三つの帯域の一斉オークションが開始されている。ミリ波帯の免許は全国を約400～3000に区分した地域免許として付与され、免許の更新要件として人口又は回線数に基づいたカバレッジ義務が課されている。しかし、用途については公衆網又は自営網のいずれの利用も認められている。これにより自営用としてローカル5Gを整備することが制度上可能となる。また、小規模事業者に対しては売上高に応じて一定割合が落札額から割り引かれる。

ミッドバンドのうち2.5GHz帯の一部は、教育ブロードバンド・サービス(EBS)に配分されているが、教育目的に使用する義務が2019年7月に廃止されたことから、未割当の帯域のオークションが2020年に実施される予定である¹⁸。現在、EBS免許2,193件の約95%が周波数リースされ、その大部分をスプリントが借り受けて、モバイル5Gにも使用している。

なお、米国ではミリ波帯オークションに先立って、2018年10月にVerizonが固定5Gを、同年12月にAT&Tがルーター5Gを開始したが、これらの5Gサービスで使用されている周波数は、企業又は事業の買収等によって過去に獲得されたものが活用されている。

図表 2-9 米国キャリア3社が企業又は事業の買収により獲得したミリ波帯免許

Verizon による XO のネットワー	2016年にXO Communicationsが保有する全米40都市をカバーする120万マイルに及ぶ光ファイバネットワークを18億米ドルで買収。これ
--------------------------	--

¹⁷ The FCC's 5G FAST Plan (<https://www.fcc.gov/5G>)

¹⁸ FCC Transforms 2.5 GHz Band for 5G Services, Jul 11, 2019
<https://www.fcc.gov/document/fcc-transforms-25-ghz-band-5g-services-0>

ク資産の買収	付随し 28GHz 帯と 39GHz 帯の LMDS (Local Multipoint Distribution Service) 免許を 102 件獲得。
AT&T の FiberTower 買収	2017 年に 24GHz 帯と 39GHz 帯で合計 650 件の周波数免許を持つ FiberTower を買収 (ただし、24GHz 帯免許は FCC へ返還)。39GHz 帯免許 479 件で全人口の 99.8% をカバー。
Verizon の StraightPath 買収	2017 年に全米上位 40 市場以上をカバーする 28GHz 帯と 39GHz 帯の合計 868 件の周波数免許を持つ StraightPath を 30 億ドル超で買収。
T-Mobile の MetroPCS 買収	2012 年の MetroPCS の買収で、28GHz 帯と 39GHz 帯の周波数免許を獲得。

出所：各種資料をもとに作成

2.2.4 5G 事業化の動向

米国では、全国展開を行っている大手移動体通信事業者は、AT&T モビリティ (AT&T Mobility)、ベライゾン・ワイヤレス (Verizon Wireless)、スプリント (Sprint)、T モバイル US (T-Mobile US) の 4 社である。

既に各社とも 5G サービス導入計画を発表しており、全国各地でモバイル 5G 展開に向けたトライアルも実施中である。5G の商用化においては、モバイル用途に先駆けて FWA を展開しようとしている。これは、国土が広く、地方のエリアではまたブロードバンド整備が十分になされておらず、通信事業者は光ファイバ敷設よりもモバイル通信網への投資に意欲的であり、5G 無線通信を利用して代替を図ることを想定している。

図表 2-10 米国の 5G 事業化動向

協カベンダー		2017	2018	2019	2020	2021
		5G FWA Service			5G Mobile Service	
Verizon	Ericsson/Nokia/Samsung	トライアル (11 都市)	10 月：独自規格固定で商用化 (4 都市)	4 月：商用化 (2 都市)	年内：全国展開	
AT&T	Ericsson/Nokia/Samsung	トライアル	12 月：企業顧客向け商用化	6 月：商用化 (12 都市)	前半：全国展開	
T-mobile	Ericsson/Nokia			6 月：商用化 (6 都市) 12 月：600MHz 全国展開	4 月：経営統合	
Sprint	Ericsson/Nokia/Samsung			5 月：商用化 (4 都市)		

出所：各種資料をもとに作成

このうち、Verizon 及び AT&T は、早々に 28/39GHz 帯を利用した 5G 商用サービスを 2018 年内に展開する計画を発表した。ただし、28/39GHz 帯は、5G サービス開始当初はモ

バイル用途ではなく、FWA やホットスポット等のサービスに活用される。また、2018 年 4 月には T-Mobile US と Sprint の合併が発表され、2020 年 4 月 1 日には合併手続きを完了し米国でシェア 3 位の通信事業者が誕生する。これに伴い、両社の保有する 5G 用周波数と既存ネットワークを活用することで、全国的な 5G ネットワークを迅速かつ高密度に構築することが期待されている。

米国初となるスマホ対応のモバイル 5G サービスは 2019 年 4 月 3 日に Verizon によって開始されたが、モバイルルーターを利用した 5G サービスは 2018 年 12 月より AT&T によって法人向けに開始されていた。また、FWA による 5G サービスは、既に Verizon が 2018 年 10 月より開始していた。同社が 5G を利用した FWA を提供する背景には、CATV 事業者の牙城である固定ブロードバンド市場でのシェア拡大を図る狙いがある。



出所：Telecompetitor



出所：Firece Wireless

図表 2-11 Verizon による 5G を利用した FWA サービス “5G Home”

その後、スマホ対応のモバイル 5G サービスは、2019 年 5 月に Sprint が、同年 6 月に AT&T と T-Mobile が順次開始し、コンシューマー向けの 5G サービスが提供されている。ウォール・ストリート・ジャーナルが各社の 5G サービスの通信速度を測定したところ、Verizon と AT&T は 1Gbps 以上を記録し、Sprint と T-Mobile でも現行 LTE の約 10 倍に

達した¹⁹。

図表 2-12 米国 4 大キャリアの 5G サービスの導入状況 (2020 年 2 月時点)

	Verizon	AT&T	T-Mobile	Sprint
商用開始時期	固定 5G : 2018 年 10 月 1 日 モバイル 5G : 2019 年 4 月 3 日	ルーター 5G : 2018 年 12 月 21 日 モバイル 5G : 2019 年 6 月 18 日	モバイル 5G : 2019 年 6 月 28 日	モバイル 5G : 2019 年 5 月 31 日
サービス地域 (注 1)	34 都市	35 都市	7 都市 (28/39GHz) 5,000 都市以上	9 都市
使用帯域	28GHz、39GHz、 24GHz	39GHz、28GHz、 24GHz	28GHz、39GHz、 24GHz、600MHz (予 定)	2.5GHz
5G 対応端末	・ Samsung Galaxy S10 5G ・ LG V50 ThinQ 5G ・ Motorola moto z3/z4 ・ Inseeo 5G MiFi M1000	法人向けのみ ・ Samsung Galaxy S10 5G ・ Netgear Nighthawk 5G	・ Samsung Galaxy S10 5G ・ LG V50 ThinQ 5G ・ HTC 5G Hub ・ OnePlus 7 Pro 5G	・ Samsung Galaxy S10 5G
5G 通信料金 (注 2)	月額 85 ドルから	月額 90 ドルから	月額 80 ドルから	月額 70 ドルから
今後の展開等	2020 年中に 60 都市 に展開	2020 年第 2 四半期に 全国展開予定	600MHz で全国展開 は完了し、今後は Sprint との合併によ るエリア拡大	(T-Mobile と合併)

(注 1) Verizon : 固定 5G はサクラメント、ロサンゼルス、ヒューストン、インディアナポリス。モバイル 5G はシカゴ、ミネアポリス、デンバー、プロビデンス、セントポール、アトランタ、デトロイト、インディアナポリス、ワシントン DC、フェニックス。

AT&T : シャーロット、ダラス、ヒューストン、インディアナポリス、ジャクソンビル、ルイビル、オクラホマシティ、ニューオーリンズ、ローリー、サンアントニオ、ウェイコ、オースティン、ナッシュビル、オーランド、ロサンゼルス、サンディエゴ、サンフランシスコ、サンノゼ、ラスベガス、アトランタ、ニューヨーク。

Sprint : アトランタ、ダラス-フォートワース、ヒューストン、カンザスシティ、シカゴ。

T-Mobile : アトランタ、クリーブランド、ダラス、ラスベガス、ロサンゼルス、ニューヨーク。

(注 2) 5G スマホに適用される既存の無制限プラン (1 回線目) の料金。

出所 : 各種資料をもとに作成

① Verizon

(1) 5G に関する取り組み経緯

Verizon は 2015 年末に 28/39GHz 帯 FWA 及びその展開のための共通かつ拡張可能なプラットフォーム構築を目的として、Cisco、Ericsson、Nokia、Intel、Qualcomm、Samsung、LG と提携し、「Verizon 5G Technology Forum (V5GTF)」を設立した。V5GTF では 3GPP での標準策定に先立ち、パートナー企業と独自で 5G 使用及びそのパラメータを策定し、パートナー企業との実証実験の実施を発表している。

Verizon は 2017 年より、通信機器ベンダと全米の約 10 地域において数百の 5G 対応端

¹⁹ We Tested 5G Across America. It's Crazy Fast—and a Hot Mess

<https://www.wsj.com/articles/all-the-reasons-not-to-buy-a-5g-phone-right-now-11563467389>

末を利用し、FWA サービスを想定した 5G Pre-Commercial 試験の実施を進めてきた。2018 年後半には 5G FWA 商用サービス開始を計画して、その実績をもとに 2019 年には 5G 実装地域をさらに拡大していくことを発表した。Verizon は 5G Pre-Commercial トライアルを通じて、検証を重ね、例えば 28GHz 帯（400MHz 幅）を使った試験結果によれば、1000 フィート（約 300m）以下、1000 フィート（約 300m）～2000 フィート（約 600m）、2000 フィート（約 600m）以上のすべての距離で安定的に 1Gbps の通信速度が確認でき、ビル内・個人宅向け FWA サービスに 5G（28GHz 帯）が有効であることを示した。

（２）5G の商用化

Verizon は 2017 年に全米の約 10 地域において、数百の 5G 対応端末を利用し、FWA サービスを想定した 5G Pre-Commercial 試験の実施を発表した。インフラベンダは V5GTF で連携している Nokia、Ericsson、Samsung であり、2015 年の 5G 構想段階から試験実施まで着々と 5G 商用化に向けたノウハウ蓄積を行ってきた。

28GHz 及び 39GHz の FWA サービスは 2018 年 4Q より、Indianapolis、Houston、Los Angeles、Sacramento の 4 都市にて開始した。初期の 5G については、自社の Verizon 5G Technology Forum（V5GTF）標準に準拠した。2018 年 2 月には Nokia、Qualcomm とともに、免許周波数帯を用いて初めて 3GPP 準拠の 5G NR システムでの試験実施を発表した。5G ネットワーク装置は Nokia、5G 試験端末は Qualcomm がそれぞれ提供して試験を実施しており、商用での 5G モバイルサービス展開に向けた取り組みが期待される。

料金体系やビジネスモデルについて同社は、5G はコンシューマーへ新たな体験を提供する一方で、B2B における 5G を活用した多様なアプリケーションや技術の採用により、既存のビジネスの在り方を変えることが、新たな収入源を創出するとしている。この点は、過去の世代と比べても相当なインパクトをもたらすと認識している。例えば、エンターテインメント産業との協力においては、2019 年 12 月 24 日に、米 Walt Disney Studios StudioLAB と Verizon とが共同で、米国ロサンゼルスで開催された映画「スター・ウォーズ／スカイウォーカーの夜明け」の世界プレミアにおいて、5G を駆使したライブエンターテインメント体験を披露した²⁰。具体的には、Verizon 5G Ultra Wideband を使用してキャプチャーした映像の中継配信や、モーションキャプチャー技術を駆使し、イベント後の会場で参加者とバーチャルの映画のキャラクター（シス・ジェット・トルーパー）が交流できる体験コンテンツを発表した。また、2019 年 12 月 6 日には、ソニーイメージングプロダクツ&ソリューションズ、ソニーモバイルコミュニケーションズと Verizon は、5G を用いたスポーツのライブ映像撮影・制作に関する実証実験を発表した²¹。同月 1 日にヒューストンの NRG スタジアムで開催されたアメリカンフットボールの試合を撮影した映像をエンコードし、ネットワーク環境に適した形に制御を行うものである。さらに 5G ミリ波帯対応デバイスを

²⁰ <https://www.verizonmedia.com/ja/press/verizon-and-walt-disney-studios-studiolab>

²¹ <https://www.sony.co.jp/SonyInfo/News/Press/201912/19-1206/>

通じて Verizon の 5G ネットワークで伝送し、スタジアム内編集室へのストリーミング配信にも成功した。これによって、リモートプロダクション、自由度の高いカメラセッティング、セットアップ時間やコストの削減などが可能になるとされている。



NRGスタジアムでの撮影風景



ショルダーカムコーダー『PXW-Z450』にトランスミッター試作機、Xperia 5Gミリ波帯対応デバイスを搭載したカメラシステム

出所：ソニー株式会社

② AT&T

(1) 5G に関する取り組み経緯

AT&T は、2017 年に掲げた“5G Evolution”のプロジェクト名のもとに、次世代通信に向けたより高速な無線通信を提供する取り組みを全米 23 都市に展開してきた。さらに数百都市のネットワーク高速化と対応端末の充実を進めてきている。2018 年前半には、シリコンバレーにエッジコンピューティングサービス実現に向けた試験場を開設し、大量データの低遅延処理を可能にするこの技術を使った自動運転や AR（拡張現実）、VR（仮想現実）といった新しい技術の支援を進めた。2018 年後半より、米国内の 12 の市場でモバイル 5G ネットワークを構築し、5G サービス提供を開始した。AT&T の「5G サービス」は、商用装置向けの高速度 Wi-Fi、28GHz 帯（400MHz 幅又は 800MHz 幅）を用いた 5G セルラーネットワークサービスの総称である。

FWA については、AT&T は 2017 年に FCC のブロードバンド補助金事業である「Connect America Fund」の一環として、郊外を中心とした米国 18 州、44 万戸の家庭や小規模企業向けに固定無線等による高速インターネット通信を提供した。また、同年に標準化前仕様による 5G-FWA のトライアルも実施した。さらに、2018 年にはこのサービスを 66 万戸にまで拡大し、2020 年末までには 110 万戸への展開を進める計画である。

(3) 5G の商用化

AT&T は、5G-Mobile サービスを、2018 年 12 月に Atlanta、Charlotte、Dallas、Indianapolis、Oklahoma City、Raleigh、Waco に加え、Houston、Jacksonville、Louisville、New Orleans、San Antonio で開始した。2019 年 1Q には、AT&T は Las Vegas、Los Angeles、Nashville、Orlando、San Diego、San Francisco、San Jose で 5G-Mobile を商用化した。AT&T の 39GHz 帯を使用した 5G-FWA は、100MHz 幅シングルキャリアを用いて、“5G+” とブランド名がつけられている。2019 年後半のサブ 6GHz 帯を活用した 5G-Mobile においては、5G 向けに、3G 周波数帯域を再編した。

2019 年 6 月 21 日、AT&T ビジネスとサムスン・オースティン半導体及び米国サムスン電子は、米国初の製造に焦点を当てた 5G イノベーションゾーンを発表した。これは、製造業における効率、安全性、セキュリティ、運用パフォーマンスを向上させるために設計されたアプリケーションを備えた、研究開発拠点での 5G ユースケースである²²。

③ T-mobile

(1) 5G に関する取り組み経緯

T-Mobile USA は、Sprint と合併することで合意しており、5G の商用化に向け、新会社は 3 年で 400 億ドル（約 4 兆 3 千億円）を投資し、規模拡大で Verizon、AT&T の米 2 強に対抗する。合併会社は T-Mobile の親会社ドイツテレコムが経営権を握り、事業運営を進めていく方針である。5G 対応など 3 年間で 400 億ドルを投資する計画であり、合併により年間 60 億ドルのコスト削減も見込む。

上述の経営統合によって T-Mobile と Sprint の 2 社が別々に 5G ネットワークを構築するよりも迅速に、高密度かつ広いエリアをカバーした 5G ネットワークを構築するものとみられる。T-Mobile は、600MHz 帯とミリ波帯を使用した 5G ネットワーク構築に向けて取り組んでおり、一方 Sprint は 2.5GHz 帯による 5G 商用展開を見込んでいた。合併により AT&T、Verizon の 2 強に対抗し、米国全土での 5G 商用展開が期待される。



出所：各種資料をもとに作成

図表 2-13 T-Mobile が活用する 5G 周波数帯域

²² https://about.att.com/innovationblog/2019/06/5g_innovation_zone.html

(2) 5G 商用化

T-Mobile は、2017 年の周波数オークションで 600MHz/FDD 帯域の 30MHz 幅を 80 億ドルで落札した。同社は、600MHz 帯を既に全土で 5G の NSA 仕様に対応した最新の LTE ネットワークの構築においても使用しており、600MHz 帯による 5G 展開に向けた準備を着々と進めてきた。同社が 2018 年に発表した 5G 展開計画によれば、600MHz 帯を活用し、米国の 30 都市（ニューヨーク、ロサンゼルス、ラスベガス、ダラスなど）で 5G ネットワークを構築し、2019 年早期に 5G スマートフォンでの試験サービスを提供開始した。また、600MHz 帯の他、将来的にはミリ波帯を加えた 5G ネットワーク構築を進めるとともに、5G ネットワーク構築を加速させるために、LAA (Licensed Assisted Access) 対応基地局を増設 (25,000 基地局を増設予定) し、ネットワーク容量・速度の向上に取り組んでいる。

こうした展開を進めている中で、Sprint との合併、すなわち 2.5GHz 帯域の取り込みは、AT&T と Verizon の 2 強との競争において必要条件であることを示唆している。

④ Sprint

(1) 5G に関する取り組み経緯

Sprint は、当初導入計画では Atlanta、Chicago、Dallas、Houston 等の都市で大規模 MIMO アンテナを導入し、2019 年前半に 5G ネットワークの運用を開始する。Sprint は、MIMO 基地局サイトでは、現行の LTE に比べ最大 10 倍のネットワーク容量を提供し、ギガビット級の LTE 及び 5G ネットワークの導入を容易にすると説明している。またソフトウェアアップグレードによる 5G 機能の提供が可能のため、既存の端末で 4G LTE と 5G の両サービスを提供することができるとしている。

Sprint の当初計画では、2.5GHz 帯での 5G ネットワークを構築し、Qualcomm (Snapdragon X50 5G モデムは Sprint の 2.5GHz 帯の 5G NR 規格をサポート予定) やその他端末メーカーと協力しながら、5G サービス提供を目指してきた。

(2) 5G 商用化

Sprint は、2018 年 5 月に、New York City、Phoenix、Kansas City、Atlanta、Chicago、Dallas、Houston、Los Angeles、Washington DC の各地で 2019 年より 2.5GHz TDD 帯域を活用したサービス・端末の提供開始を発表している。2018 年 8 月に、同仕様に対応した LG 端末を検証した際に、5G エリア外の運用のため高度な 4G 機能を具備する方針とした。T-Mobile との合併により、2024 年までに米国人口の 90% をカバーする 5G ネットワーク整備を計画している。

アリゾナ州の Sprint True Mobile 5G と CuriosityTMIoT は新しい「スマートステート」モデルの作成の形成として、アリゾナ州立大学 7 万 5 千人の学生向けに AR 学生体験、5 つのキャンパスにわたる接続性と安全性に関する強化されたテクノロジープロジェクト及びオン

ライン授業等を提供している。加えて、IoTの人材を引き付け、育成し、維持するように設計された高度な教育カリキュラムを開発することを計画している²³。

2.3 欧州

2.3.1 5G 周波数政策

EU 域内の周波数のハーモナイゼーションについては、欧州委員会の電波政策に関する諮問機関である電波政策グループ (Radio Spectrum Policy Group: RSPG) による意見書に従っている。5G 導入に向けて優先的に割当て又は使用すべき帯域を、3.6GHz 帯、700 MHz 帯、26GHz 帯の3つのバンドとし、将来的には42GHz 帯 (40.5-43.5 GHz) を5G 帯域として検討することが提言された。2018 年 10 月に発表された最終意見書案では、パーティカル産業に特有の要件に配慮するために、複数の電波割当てオプションが提示されている。

図表 2-14 欧州における 5G 周波数の割当て方針

第1次意見書 (2016年11月)	<ul style="list-style-type: none"> 5G 周波数として 700MHz 帯、3.6GHz 帯 (3.4-3.8GHz) (プライマリーバンド)、26GHz 帯 (24.25-27.5GHz) (パイオニアバンド) を特定。
第2次意見書 (2018年1月)	<ul style="list-style-type: none"> 2020 年までに 3.4-3.8GHz を連続したブロックとして利用。 2020 年までに地域のマーケット需要に応じて 26GHz 帯の十分な帯域幅 (1GHz) を確保。 地理的区分に配慮した柔軟な周波数割り当ての実施。 国のニーズに応じたカバレッジ要件の設定。 国境を超えたサービス性能の定義の必要性。 66-71GHz を免許不要で利用。
最終意見書案 (2018年10月)	<ul style="list-style-type: none"> 3.4-3.8GHz 帯の最適化 (デフラグメンテーション) <ul style="list-style-type: none"> - マルチギガビット級の 5G サービスを促進するため、連続した十分な周波数ブロックの利用が可能な割り当て手法を策定。 - マーケットプレーヤーの戦略を踏まえた多様な周波数ブロックを提供し、最適化ツールの一環として周波数使用権の取引やリースを検討。 - 3.6GHz 帯での 5G 利用を促進するため、5G の技術条件と互換性のない旧式の電子通信サービスの利用を可能な限り早く廃止。 パーティカル産業に特有な要件を満たすための接続性の確保 <ul style="list-style-type: none"> - パーティカル産業の接続性は、EU 共通の電子通信サービス周波数またはパーティカル専用周波数を用い、携帯事業者のソリューションや第三者プロバイダーを通じて、またはパーティカル自らが直接提供。 - 携帯事業者では満たすことができないパーティカルニーズがある場合、規模の経済を踏まえながら、専用周波数または共用周波数を検討。 - 特定業種の汎欧州サービスなど EU の公共政策目標に資する場合は、EU 共通の技術中立の専用周波数ニーズを考慮。

出典：Radio Spectrum Policy Group

図表 2-15 欧州主要国における 5G パイオニアバンドの割当状況 (2019 年 9 月時点)

²³ <https://newsroom.sprint.com/sprint-and-arizona-state-university-to-combine-innovation-with-5g-and-curiosity-iot-in-groundbreaking-collaboration-to-reach-millions-residents-students.htm>

Country	Frequency band	5G strategy published	Spectrum assigned	Availability for 5G use	Channel width	Coverage obligations	License duration
Finland	700 MHz	✗	✓	✓	60 MHz in 2x5 MHz+4x5 MHz SDL	✓	17 years
	3.4-3.8 GHz	✗	✓	January 2019	130 MHz	✗	15 years
	26 GHz	✗	✗				
France	700 MHz	✓	✓	✓	5 and 10 MHz duplex	✓	15 years
	3.4-3.8 GHz	✓	✗	✗		✓	15 years
	26 GHz	✓	✗	✗			
Germany	700 MHz	✓	✓	✓		✓	15 years
	3.4-3.7 GHz	✓	✓	✓		✓	31/12/2040
	26 GHz	✓	✗	?			
Italy	700 MHz	✗	✓	✗	5 MHz duplex		15.5 years
	3.4-3.8 GHz	✗	✓	July 2022	20 MHz		19 years
	26 GHz	✗	✓	✓	200 MHz	✗	19 years
Spain	700 MHz	✓	✗				
	3.4-3.8 GHz	✓	✓	✓		✗	20 years
	26 GHz	✓	✗				
Sweden	700 MHz	✓	✓	✓	5 and 10 MHz duplex	✓	21 years
	3.4-3.8 GHz	✓	✗				
	26 GHz	✓	✗				
United Kingdom	700 MHz	✓	✗				
	3.4-3.6 GHz	✓	✓	✓	20, 40 and 50 MHz	✗	Indefinite term
	26 GHz	✓	✗				

Source: IDATE

出所：European 5G Observatory

2.3.2 5G 戦略

欧州では、EU 加盟国が 5G 導入で足並みを揃えるために、2016 年 9 月に欧州委員会が発表した「5G アクションプラン」²⁴に従って 5G 整備が進められている。全ての EU 加盟国は、5G 都市を特定して 2020 年末までに最低 1 都市で 5G サービスを開始し、2025 年までには都市間を結ぶ主要な交通路を 5G でカバーすることが求められる。また、EU 域内で

²⁴ Communication - 5G for Europe: An Action Plan and accompanying Staff Working Document, 14 September 2016

<https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/communication-5g-europe-action-plan-and-accompanying-staff-working-document>

共通に使用できる 5G パイオニアバンドとして特定された 700MHz 帯 (694-790 MHz)、3.6GHz 帯 (3.4-3.8GHz) 及び 26GHz 帯 (24.25-27.5GHz) を、先行的に割り当てなければならない。また、欧州電気通信閣僚会議が 2017 年 12 月に発表した「ギガビット社会実現に向けた 5G ロードマップ²⁵⁾」に従い、2025 年までに主要都市及び主要交通路で 5G を整備するというギガビット社会を、欧州として実現する。

図表 2-16 欧州 5G アクションプラン (2016 年 9 月)

項目	概要
周波数	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 2016 年末まで、5G を先行導入するため使用する周波数について、RSPG 意見書を踏まえて、1GHz 以下、1GHz-6GHz 及び 6GHz 以上の各レンジから優先的に選定。 ➤ 2017 年末までに、EU 加盟国は、5G ネットワークの商用網の先行導入に向けて周波数の共通化で合意。
カバレッジ	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 2020 年末までに全ての EU 加盟国は 5G 導入が可能な主要都市を一つ以上特定し、早ければ 2018 年までに 5G ネットワークの整備を開始。 ➤ 2025 年までに、全ての都市部と主要な地上交通路を途切れのない 5G ネットワークでカバー。
先行導入	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 2017 年早期に、主要産業セクター向けに新たな端末*やアプリケーションの 5G 接続性を試験。 ➤ 共同利用型の公共保安・災害救援 (Public Protection & Disaster Relief: PPDR) 業務や、セキュリティサービスへの活用のほか、既存システムの TETRA や GSM-R (Railway) の 5G プラットフォームへの移行等、公共業務分野での早期導入を考慮。
資金調達	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 業界横断的な 5G 技術や新たなアプリケーションの開発を目的に、欧州のスタートアップ企業を支援するための 5G ベンチャー基金の設立に向け、公的資金の投入及び民間からの資金調達の実行可能性について、2017 年 3 月までに評価。

* スマートフォンだけでなく IoT やコネクテッド端末 (自動車、ドローン、アーバンファーマニチャー等) を含む。

出典：5G for Europe: An Action Plan (Brussels, 14.9.2016, COM(2016) 588 final) をもとに作成

欧州委員会資料によると²⁶⁾、2019 年 6 月現在、5G アクションプランに従って 5G 導入の国家戦略である「国家 5G ロードマップ」を策定したのは 11 か国 (オーストリア、デンマーク、エストニア、フィンランド、フランス、ドイツ、ルクセンブルク、オランダ、スペイン、スウェーデン、英国) である。5G 都市については 28 か国で計 123 都市が特定され、5G トライアルは EU 域内で計 153 件が実施されている。また、国をまたがる主要都市間的高速道路で協調型自動運転試験を実施するプロジェクトの「デジタル・クロスボーダー・コリドー」は、10 件採択されている。

欧州主要国における 5G パイオニアバンドの周波数割当については、700MHz 帯と

²⁵⁾ "Making 5G a success for Europe"

https://www.mkkm.ee/sites/default/files/8.a_b_aob_5g_roadmap_final.pdf

²⁶⁾ 5G Observatory, Quarterly Report 4, Up to June 2019

<http://5gobservatory.eu/wp-content/uploads/2019/07/80082-5G-Observatory-Quarterly-report-4-min.pdf>

3.6GHz 帯のオークションが先行して実施されている。一方、26GHz 帯のオークションが終了したのはイタリアのみである。

ドイツは、いわゆる「ローカル 5G」の検討を日本に先んじて開始し、バーティカル産業向けの周波数として 3.7-3.8GHz 帯と 26GHz 帯の一部を自営用のローカル免許として申請に基づき付与する。スウェーデンも 3.7-3.8GHz 帯をローカル免許として確保する。英国は 24.25-26.5GHz を共用ベースで屋内限定のローカル利用を可能とする方針で、2019 年 12 月に免許申請の受付を開始した。これは一つのローカル免許で半径 50 メートル以内の全ての屋内基地局と端末局を認めるもので、電波利用料はチャンネル幅（50MHz、100MHz 又は 200MHz）に関係なく年間 320 ポンドとなっている²⁷。

一方、フランス政府は、当面は 5G 周波数を通信事業者のみに割り当てる方針で、周波数リースやネットワーク・スライシングサービスの提供などを通じて、通信事業者がバーティカル産業の 5G 周波数ニーズに応えることが求められる。

図表 2-17 欧州主要国における 5G パイオニアバンドの割当時期

	700MHz 帯	3.6GHz 帯	26GHz 帯
フィンランド	2016 年	2018 年	2020 年 6 月にオークション 予定
フランス	2015 年	3.49-3.8GHz : 2020 年	未定
ドイツ	2015 年	3.4-3.7GHz : 2019 年 6 月 3.7-3.8GHz (ローカル免許) : 2019 年 11 月より免許申請受付開始	未定 (一部の帯域はローカル 免許として確保)
イタリア	2018 年	2018 年	26.5-27.5GHz : 2018 年
スペイン	2020 年前半	3.4-3.6GHz : 2016 年 3.6-3.8GHz : 2018 年	未定
スウェーデン	2018 年	3.4-3.7GHz : 2020 年予定 3.7-3.8GHz (ローカル免許) : 2020 年予定	未定
スイス	2019 年 2 月	3.5-3.8GHz : 2019 年 2 月	未定
英国	2020 年前半	3.4-3.6GHz : 2018 年 3.6-3.8GHz : 2020 年前半	24.25-26.5 GHz : 屋内利用 (ローカル免許) : 2019 年 12 月より免許申請 受付開始 屋外利用 : 未定 26.5-27.5GHz : 未定

出所：各種資料をもとに作成

²⁷ Ofcom, Enabling wireless innovation through local licensing, Shared access to spectrum supporting mobile technology, STATEMENT: Publication Date: 25 July 2019
https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0033/157884/enabling-wireless-innovation-through-local-licensing.pdf

欧州委員会の電波政策に関する諮問機関である無線周波数政策グループ (RSPG) が 2018 年 10 月に発表した意見書では、バーティカル産業に対する 5G 周波数の確保の在り方について、モバイル周波数（公衆網）では満たすことができない特別なニーズがある場合は、規模の経済を踏まえながら、専用周波数又は共用周波数（自営網）を確保する選択肢がある旨が示されている²⁸。ドイツで自営用の 5G 周波数が確保された背景には、自動車産業や化学産業などドイツ各地で生産拠点を有する大手製造メーカーの 5G 自営網ニーズが高いことが関係している。

2.3.3 市場動向

欧州初となるスマホ対応のモバイル 5G サービスは 2019 年 5 月 1 日にスイスの Swisscom によって開始された。その後、英国、イタリア、スペイン、ドイツと順次開始され、英国、イタリア、ドイツではそれぞれ BT/EE、TIM、ドイツテレコム of 最大手キャリアが、また、Vodafone がこれら 4 か国全てでモバイル 5G を開始した。一方で、固定 5G はスイスの Sunrise が 2019 年 4 月に、ルーター 5G はオーストリアの T-Mobile が同年 3 月に、フィンランドの Elisa が同年 5 月に開始している。

5G 対応スマホについては、米国同様に、欧州でも Samsung と LG の韓国製の機種が発売され、Samsung Galaxy S10 5G はモバイル 5G を開始した全てのキャリアが提供している。さらに欧州では、中国製の機種が 4 社 (Huawei、Xiaomi、OPPO 及び OnePlus) から市場投入されているのが特徴である。EE は OnePlus 7 Pro 5G を独占販売し、Swisscom やドイツ Vodafone は折り畳み式で話題となった Huawei Mate 20 X 5G を発売している。

5G 対応スマホのメーカー希望小売価格の価格帯は約 1,000 ドル (OPPO Reno 5G) から 2,500 ドル (Huawei Mate 20 X 5G) で、Swisscom の場合は 5G サービスに対応した定額プランに加入すれば分割払いも可能である。また、ドイツテレコムでは割引特典を提供しており、無制限データプラン (月額 84.95 ユーロ) に加入すれば Samsung Galaxy S10 5G が 899.98 ユーロとなる。さらに中古端末の下取りで 200 ユーロの割引が、早期の購入で 100 ユーロの割引が適用されると、最終的に 599.98 ユーロで入手可能となる。

図表 2-18 欧州諸国におけるスマートフォン対応のモバイル 5G サービスの導入状況

開始時期		国	通信事業者	提供開始時の都市数
2019年	5月1日	スイス	Swisscom	54都市
	5月30日	英国	BT/EE	6都市
	6月5日	イタリア	Vodafone	5都市
	6月15日	スペイン	Vodafone	15都市
	6月24日	イタリア	TIM	5都市
	6月26日	ルーマニア	Vodafone	3都市

²⁸ RSPG Opinion on 5G implementation challenges (RSPG 3rd opinion on 5G), Brussels, 3 October 2018, RSPG18-036 FINAL

http://rspg-spectrum.eu/wp-content/uploads/2013/11/RSPG18-036final-draft_opinion_on_5G.pdf

	6月	ルーマニア	Digi	6都市
	6月	フィンランド	Elisa	4都市
	7月3日	英国	Vodafone	15都市
	7月3日	ドイツ	ドイツテレコム	6都市
	7月16日	ドイツ	Vodafone	20都市
	7月	ラトビア	LMT	数都市
	7月	モナコ	Monaco Telecom	全国
	8月13日	アイルランド	Vodafone	5都市
	9月	オーストリア	Drei Austria	3都市
	10月	ハンガリー	Vodafone	1都市
	10月17日	英国	Telefonica O2	20都市
	12月	フィンランド	Telia	7都市
2020年	1月	オーストリア	A1 Telekom	129都市
	2月	英国	Three	68都市

出所：各種資料をもとに作成

2.4 英国

2.4.1 5G 周波数の割当

英国通信庁 (Ofcom: Office of Communications) は、5G の具体的な展開に向けた周波数帯の確保に関する声明文書 (「Update on 5G spectrum in the UK」) を発表した (2017 年 2 月 8 日)²⁹。同声明文書において、Ofcom として 700MHz 帯、3.4-3.8GHz 帯及び 26GHz 帯 (24.25-27.5 GHz) を 5G 向けに適切な周波数帯として特定した。また、40.5-43.5GHz 帯及び 66-71GHz 帯についても 5G 向けの優先的な周波数帯として検討した (「5G spectrum access at 26 GHz and update on bands above 30GHz」 (2017 年 7 月 28 日))³⁰。

5G 周波数の割当方針は、Ofcom が 2018 年 12 月 18 日に発表した、700MHz 帯及び 3.6-3.8GHz 帯の割当てに関する公開諮問文書 (「Award of the 700 MHz and 3.6-3.8 GHz spectrum bands」)³¹ で示されている。700MHz 帯及び 3.6GHz 帯の免許は、免許付与から 4 年以内に、英国全域における屋外カバレッジ 90% の義務を負う。また、英国政府は、2025 年までにフルファイバ (銅線を使用せず顧客宅内まで全て光ファイバを使用するもの) を 1,500 万の建物に展開し³²、2033 年までに全国規模のカバレッジを達成し、また、2027 年までに人口の大部分に 5G アクセスを提供するという目標を設定している³³。

700MHz 帯及び 3.6GHz 帯の免許は、免許付与から 4 年以内に少なくとも以下のカバレッジ義務を達成する義務を負う。

- 英国全域における屋外カバレッジ 90% (イングランド: 90%、北アイルランド: 90%、スコットランド: 74%、ウェールズ: 83%)
- 現在良好な屋外カバレッジを提供できていない 14 万世帯・事業所への対応
- 少なくとも 500 箇所の新たな広域基地局の設置

これらの義務の達成状況の評価に当たっては、事業者間のローミングの調整状況が勘案される。屋外カバレッジについては、音声通話サービスについて約 90 秒間全ての通話が中断なく可能であること、データ通信サービスについては全ての接続速度が少なくとも 2Mbps であることを基準とする。また、カバレッジ義務の達成には、他の周波数帯や技術

²⁹ https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0021/97023/5G-update-08022017.pdf

³⁰ https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0014/104702/5G-spectrum-access-at-26-GHz.pdf

³¹ https://www.ofcom.org.uk/consultations-and-statements/category-1/award-700mhz-3.6-3.8ghz-spectrum?SQ_VARIATION_129955=0

https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0019/130726/Award-of-the-700-MHz-and-3.6-3.8-GHz-spectrum-bands.pdf

³²

https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/732496/Future_Telecoms_Infrastructure_Review.pdf

³³ <https://ec.europa.eu/digital-single-market/country-information-united-kingdom>

を使うことができる³⁴。また、Ofcom は、このオークションにおいて、カバレッジ義務が課された周波数ブロックの落札者に対して、農村地域でのモバイルサービスの品質向上を目的に、入札インセンティブとして落札額から最大 3 億-4 億ポンドを割り引くことを提案していた³⁵。

しかし、その後、デジタル・文化・メディア・スポーツ省 (DCMS : Department for Digital, Culture, Media & Sport) は 2019 年 10 月 25 日、モバイルカバレッジの改善に向け、共有ルーラルネットワーク (SRN: Shared Rural Network) に対して、4 大モバイルキャリアと官民で合計 10 億ポンド (約 1,400 億円) の投資をすることで合意した。具体的には、4 大モバイルキャリア (EE、O2、スリーUK、ボーダフォン) はルーラル地域において、最大 5 億 3,000 万ポンド (約 738 億円) の投資により、既存のものも含めて鉄塔やインフラを共有し、4 大モバイルキャリア全てではカバーされていないエリア (partial not-spots) を解消する。これにより、28 万の建物、1 万 6,000 キロの道路が追加的にカバーされる。4 大モバイルキャリアが共同で SRN を提供するために新組織を作ることも視野に入れている。一方、政府は、現在全くカバーされていない地域 (total not-spots) をなくすために、最大で 5 億ポンド (約 700 億円) の投資を行うことを約束する。

SRN の提案は、Ofcom が 2020 年に予定している 5G 周波数オークションでカバレッジ義務を課さず、政府が現在全くカバーされていない地域は政府資金で展開を支援するということを前提とした、モバイルキャリアからの提案であった。SRN の提案によって、個々の事業者は、2025 年までに 92 パーセントのカバレッジに到達すると予測される。これは全体で見れば、英国の 95 パーセントのカバレッジとなる。

政府としては、SRN はカバレッジの向上のために事業者が個々に競争するのではなく協働することを可能にすることでコスト削減にもなり、英国の消費者にとってより良い結果となると判断した。政府とモバイル事業者は、SRN の基本的な条件について合意している。政府としては、SRN について 2020 年の早い時期に正式合意に達することを見込んでいる。

デジタル・文化・メディア・スポーツ省が 2019 年 8 月に発表した、Ericsson 及び Arthur D Little の最新レポート「産業のデジタル化によるビジネスの可能性」によると、2026 年までに産業デジタル化市場に取り組むオペレーター全体の 2026 年までの潜在的なグローバル収益は 6,190 億ドルで、製造業が 1,130 億ドルと先導しており、次いでエネルギー (18%)、ユーティリティ (16%) となっている。英国は、2026 年までの 5G 産業の収益規模は 200 億ポンドで、そのうち製造業の潜在的な収益は 37 億ポンドである³⁶。

³⁴ Award of the 700 MHz and 3.6-3.8 GHz spectrum bands, Annexes 19-26 - licences and licence procedures
https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0014/130730/Annexes-19-26-licences-and-licence-procedures.pdf

³⁵ https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0019/130726/Award-of-the-700-MHz-and-3.6-3.8-GHz-spectrum-bands.pdf

³⁶ <https://www.gov.uk/government/publications/industrial-5g-testbeds-and-trials-sectors-analysis-report-by-digital-catapult>

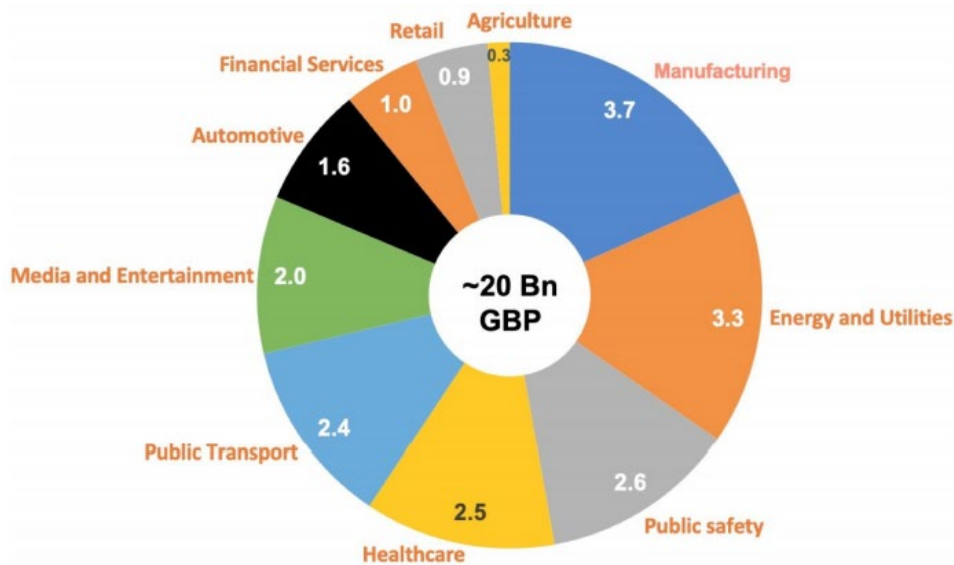


Fig. 5G addressable revenue (\$bn) potential for operators addressing industry digitalisation

出典：Digital Catapult (2019年4月)

図表 2-19 英国の 5G 産業における 2026 年までのオペレーターの潜在的な収益規模

2.4.2 ローカル免許の新設

Ofcom は 2019 年 7 月 25 日、共用ベースで利用可能な周波数を「共用アクセス免許 (Shared Access Licence)」又は「ローカルアクセス免許 (Local Access Licence)」として先着順で割り当てる声明文書を発表した³⁷。Ofcom は、新たな共用枠組みの導入によるローカルアクセスの実現によって、製造、物流、農業、鉱業、健康、企業などの幅広い分野において、イノベーションの恩恵を受けることが可能になるとしている。

「共用アクセス免許」の対象となる帯域は、1800 MHz 帯、2300 MHz 帯、3.8-4.2 GHz 帯及び 26GHz 帯。26GHz 帯は、700MHz 帯と 3.6GHz 帯と合わせて、欧州域内で 5G パイオニアバンドとして特定されているが、そのうちの低帯域 (24.25-26.5 GHz) を屋内利用限定で割り当てる。Ofcom は 2019 年 12 月 9 日、共用アクセス免許の申請受付を開始したと発表した³⁸。

³⁷ https://www.ofcom.org.uk/_data/assets/pdf_file/0033/157884/enabling-wireless-innovation-through-local-licensing.pdf

³⁸ https://www.ofcom.org.uk/manage-your-licence/radiocommunication-licences/shared-access?utm_medium=email&utm_campaign=Ofcom%20invites%20applications%20for%20new%20shared%20spectrum%20licences&utm_content=Ofcom%20invites%20applications%20for%20new%20shared%20spectrum%20licences+CID_08b70bfbd8d1c1d754c67dd057fa85cb&utm_source=updates&utm_term=new%20shared%20access%20licences

図表 2-20 共用アクセス免許 (Shared Access Licence) の概要

対象帯域	<ul style="list-style-type: none"> 1800MHz (1781.7-1785MHz / 1876.7-1880MHz) 2.3GHz (2390-2400MHz) 3.8-4.2GHz 	26GHz 低帯域 (24.25-26.5GHz)
共用相手	<ul style="list-style-type: none"> 1800MHz: DECT ガードバンドユーザー 2.3GHz: 国防省、PMSE、アマチュア無線 3.8-4.2GHz: 固定リンク、衛星地球局、FWA 	固定リンク、衛星地球局、PMSE、SRD
免許区分	<ul style="list-style-type: none"> 低出力免許 (エリア単位): 半径 50 メートル以内であれば複数の基地局の設置が可能。 中出力免許 (基地局単位): ルーラルエリアで、送信出力が高く干渉を及ぼすエリアが広い場合に、基地局単位で免許を付与。 	屋内利用限定のロケーション単位の免許で、低出力免許を適用。一つの免許で、半径 50 メートル以内の全ての屋内の基地局と端末局を許可。異なる免許人がオーバーラップ (周波数/エリア) しないようにチャンネルを割当 (同一免許人の場合は除く)。 (ただし、将来の 5G 屋外利用は排除しない)
年間電波利用料	<ul style="list-style-type: none"> 1800MHz: 80 ポンド (2×3.3MHz を共用) 2.3GHz: 80 ポンド (10MHz 幅を共用) 3.8-4.2GHz: 80 ポンド/10MHz 	チャンネル幅に関係なく 320 ポンド/免許 (チャンネル幅は 50MHz、100MHz 又は 200MHz)
免許条件	免許付与後 6 か月以内に送信を開始し、運用を継続する。この条件を満たせない場合は、1 か月前に免許の取消が通知される。	
免許申請	2019 年末までに免許申請できるようになる。	

出典: Enabling wireless innovation through local licensing Shared access to spectrum supporting mobile technology, STATEMENT: Publication Date: 25 July 2019
https://www.ofcom.org.uk/_data/assets/pdf_file/0033/157884/enabling-wireless-innovation-through-local-licensing.pdf

一方、「ローカルアクセス免許」は、既に携帯キャリアに割り当てられているものの、地域によって使用されていない、あるいは、向こう 3 年以内の使用計画がないモバイル用周波数を、新たなユーザーに開放するものである。Ofcom 声明文書の発表直後より、免許申請の受付が開始され、申請が認められた場合は、1 免許あたり 950 ポンドで 3 年間使用することができる。この「ローカルアクセス免許」の適用第一号が StrattoOpencell である。ボーダフォンは、同社が保有する未使用の 2.6GHz 帯の周波数を、StrattoOpencell へ開放する 3 年間の契約に合意したことを発表した³⁹。StrattoOpencell は、ボーダフォンの 2.6GHz 帯の周波数を使用して、光ファイバーが整備されていない農村地域の消費者や企業の顧客に対して、最大 120Mbps のモバイルブロードバンドを提供する予定である。ボーダフォンは、Ofcom の周波数共用政策が、農村地域における高信頼の超高速モバイルブロードバンドの展開をサポートするものとして歓迎している。

³⁹ <https://mediacentre.vodafone.co.uk/news/uk-first-share-unused-4g-spectrum-rural-mobile-broadband/>

2.4.3 5G 事業化動向

① Vodafone

Vodafone グループは 2019 年 5 月、超低遅延と高速大容量の国際間のシームレスな接続性を検証するため、e スポーツ対戦中のゲームプレイヤーを二台の車に乗せて実施した 5G 国際ローミングのデモに、世界で初めて成功した。同社は世界 17 か国の選手が参加する国際 e スポーツ選手権を開催し、2019 年 9 月に実施される決勝戦は、世界初の試みとなる 5G ネットワーク上で実施される。英国政府は e スポーツのコンテンツ制作事業にも助成金を拠出しており、5G を活用した新たな娯楽産業の創出が期待されている。

産業・法人向けサービスとしては、Vodafone が提供する IoT 分野における遠隔操作サービス「5G 接続クレーン (5G-connected crane)」が、数百マイル離れた場所にあるクレーンの遠隔操作により、安全性向上・アイドリング時間の削減を実現している。

② BT/EE

BT/EE は、BT の有料スポーツチャンネル「BT スポーツ」において、5G によるライブスポーツイベント「EE ウェンブリー・カップ 2018」を提供した。Telefonica O2 は、2019 年 12 月に拡張現実 (AR) 技術を活用した 5G トライアルを実施し、経験のある技術者による遠隔指導により、水道事業の生産性・効率性・安全性の向上を目指している⁴⁰。

③ Three

Three は、2020 年 2 月に開催されたロンドン・ファッション・ウィークで、空間オーディオ、触覚フィードバック、46m の舞台の投射等の 5G 技術を用いた多感覚で完全没入型の 5G ファッション体験を提供した⁴¹。

④ その他

また、英国政府は、2020 年 2 月、5G トライアルのための総額 6,500 万ポンドの資金提供パッケージを発表した⁴²。同パッケージでは、製造業分野で、①フォード・モーター・カンパニー主体の製造業での 5G 活用に焦点を当てた「5G 製造業 (5G Enabled Manufacture: 5 GEM)」プロジェクト⁴³及び②英テクノロジー企業 Zeetta Networks 社主体の製造業でプライベートモバイルネットワークを活用し新しいビジネスモデルを検討する「5G エンコード (5G ENCODE)」プロジェクト⁴⁴、さらに、クリエイティブ産業分野で③映画、テレビ、ビデオゲーム等で 5G の新しい用途を開発する「5G Create」プロジェクト⁴⁵の開始

⁴⁰ <https://news.o2.co.uk/press-release/2-7-million-people-to-benefit-as-o2-and-ericsson-partners-with-northumbrian-water-to-harness-the-power-of-5g/>

⁴¹ <http://www.three.co.uk/hub/fashion-fuelled-by-5g/>

⁴² <https://www.gov.uk/government/news/new-65-million-package-for-5g-trials>

⁴³ https://uk5g.org/media/uploads/resource_files/5GEM_7_Apr.pdf

⁴⁴ <https://zeetta.com/case-studies/5g-encode-project/>

⁴⁵ <https://www.gov.uk/guidance/5g-create>

が発表された。

図表 2-21 英国携帯電話事業者の5Gサービス概要（2020年3月時点）

	Vodafone	BT/EE	Telefonica O2	Three
商用開始時期	2019年7月3日	2019年5月30日	2019年10月17日	2019年8月19日 (ロンドンの一部地域のみ) 2020年2月
開始時点の都市数	7	6	6	8 (2020年2月)
現在の都市数	40	71	20	68
今後のエリア計画	2020年3月までに合計50都市に	2020年中にさらに数都市を追加	2020年夏までに合計50都市に	不明
最新の契約数 (2019年12月) <small>46</small>	10万	32万5,000	2万5,000	4万

出所：各種資料をもとに作成

⁴⁶ Telegeography Globalcomms Database.

2.5 ドイツ

2.5.1 5G 周波数の割当

ドイツ連邦ネットワーク庁（Bundesnetzagentur (Federal Network Agency) for Electricity, Gas, Telecommunications, Post and Railway : BNetzA）は2018年11月26日、2GHz帯（1920-1980/2110-2170MHz）及び3.6GHz帯（3400-3420MHz、3420-3700MHz）の5G周波数オークションの規則及び入札参加資格について最終決定し⁴⁷、これに伴い、オークション参加への承認手続が正式に開始され、入札を希望する事業者は2019年1月25日までに申請書を提出することが求められた。2019年2月25日に、BNetzAは、4社が周波数オークションに参加することを認めた⁴⁸。オークションは2019年3月19日に開始され6月12日に終了し、52日間にわたり497ラウンド実施された。落札額は、2GHz帯が23億7412万2000ユーロ、3.6GHz帯が41億7552万9000ユーロとなり、4社それぞれが双方の帯域を獲得した。オークションの落札者は、規定のカバレッジを達成する義務を負うが、既存の割当て済みの周波数を使用することが可能である。

これらの義務を達成するにあたり、ローミングやインフラ共用に関して、ネットワーク事業者から要請があった場合には、電気通信関連法及び独占禁止法の制限内で、非差別的にかつ即座に交渉を開始しなければならない。ローミングは、既存のネットワーク事業者と新規事業者間の全国ローミングと、既存ネットワーク事業者間の地域ローミングに区別される。また、インフラ共用とは、ネットワーク要素（ロケーション共有から周波数プールまで）を共同で開発・共有するもので、競争法及び独占禁止法を遵守することを条件に、協力協定の締結を通じて他の事業者と共同で経済的にネットワークを拡大できる。インフラ共用によって、将来にわたってネットワークの拡大が見込めない農村地域において、費用対効果のあるネットワークを整備することが可能となる。

ドイツテレコムはカバレッジ義務を達成するため、2019年11月11日に、テレフォニカ、ボーダフォンと共に、国内ネットワーク拡充で緊密に協力する計画を発表した⁴⁹。遠隔地域やロードサイド、内陸の水路輸送ルート等も含めて、3社は最大6,000の基地局の設置・運用を調整することで合意した。これにより国内のモバイルカバレッジ拡張に要する時間と費用を大幅に節約する。また、同計画に参加するための前提条件として、他事業者と同等の拡張プロジェクトに取り組むこととしている。同計画では、参加企業が同数の基地局を設置し、協力企業も利用可能にした後に、必要に応じて独自のアンテナやネットワーク技術を導入することができる。

⁴⁷

https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2018/20181126_5G.html;jsessionid=CB9B54388AD7FEA6F2AA7BE8D40AC743

⁴⁸

https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/EN/BNetzA/PressSection/PressReleases/2019/20190225_Frequenzauktion.pdf?__blob=publicationFile&v=2

⁴⁹ <https://www.telekom.com/en/company/details/joining-forces-to-combat-dead-spots-585428>

2.5.2 ローカル免許の新設

BNetzA は、5G のローカル (lokale) 割当として、3,700 MHz から 3,800 MHz を配分することを提案し、2018 年 8 月 21 日から 2018 年 9 月 28 日まで意見招請を行った⁵⁰。また、26GHz 帯のローカル割当について、2018 年 9 月 21 日から 10 月 19 日まで、意見招請が行われた⁵¹。これらの意見を受けて、BNetzA は 2019 年 3 月 11 日に、「無線ネットワークアクセスアプリケーション用の 3,700 MHz-3,800 MHz の範囲の将来のアプリケーションプロセスのための基本フレームワーク」を発表した⁵²。基本フレームワークにおいては、利用エリアとして、土地や敷地への割当て、例えば工業団地や見本市会場だけでなく、農業・林業地への割当てにも含まれるものとした。そのため、申請書を提出する権利は、土地の所有者、土地のテナント (土地所有者の同意が必要)、土地の所有者又はテナントから委託された者 (土地の所有者やテナントの同意が必要) にある。また、商業地域など、複数の所有者がいる場合には、地域全体の周波数割当を共同で申請することができること等のルールを定めた。

BNetzA は 2019 年 11 月 21 日、3,700-3,800 MHz 帯のローカル 5G 免許の申請手続きを開始したと発表した⁵³。BNetzA 長官は、「ローカルアプリケーション向けの周波数を用いることで、経済及び社会のデジタル化を促進し、革新的なソリューションに注力し、多様なキャンパスネットワーク (構内網) の機会を創出し、Industry 4.0 の分野でドイツが先駆的な役割を果たすことを期待する」と述べた。当該帯域は、主として Industry 4.0 の分野で使用できる他、農業や林業などでも使用できる。免許申請は、土地や建物の所有者やその賃借人などが行うことができ、電子申請によって実施される。周波数の割当には、周波数の最適かつ効率的な使用を確保するために、周波数割当手数料が課せられる。

なお、26GHz 帯のローカル 5G の割当方針については、2019 年 9 月、BNetzA が、26GHz 帯 (24.25 - 27.5 GHz) における 5G アプリケーションに関する基本枠組み (案) を発表し、

⁵⁰ Regionale und lokale Netze

Frequenzen für das Betreiben regionaler und lokaler drahtloser Netze zum Angebot von Telekommunikationsdiensten

Frequenzen im Bereich von 3,7 GHz bis 3,8 GHz

https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/OeffentlicheNetze/LokaleNetze/lokalenetze-node.html

⁵¹

https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/OeffentlicheNetze/RegionaleNetze/regionalenetze-node.html

⁵²

https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/OffentlicheNetze/LokaleNetze/20190311GrundlegendeRahmenbedingungen_pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=1

⁵³

https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2019/20191121_lokaleFreq.html;jsessionid=BF741BC1F92A1A8008F13153FC022852

パブリックコメントを募集した⁵⁴。BNetzAの方針では、26.5～27.5GHzをローカル5Gに割り当てる一方、24.25～26.5GHzは移動体通信事業者に割り当て、ルーラル地域ではFWAによる「ラストマイル」の通信への利用を提案している⁵⁵。

2.5.3 5G 事業化の動向

Boschは2019年11月21日付けのプレスリリースで、ローカル5Gの免許申請を行ったと発表し、未来の工場には高性能無線技術が必要であり、5Gのローカルキャンパスネットワークを構築することで、インダストリー4.0において同社の競争力を確保する必要があるとした⁵⁶。Boschの研究者であり5G-ACIA(5G Alliance for Connected Industries and Automation)のアンドレアス・ミュラー会長は、「5Gは、モバイルデバイスとワイヤレスセンサーの効率的なネットワークを確保するだけでなく、完全に新しいシステムコンセプトの基礎を提供する。例えば、5Gを使用して、ローカルの運用クラウドからリアルタイムでモバイルロボットを制御できる。これにより、コストが削減され、柔軟性が高まり、メンテナンスが簡素化される。マシンの動作も最適化される。今の工場には、ほとんど全てのマシンに非常停止ボタン付きのHMI(Human Machine Interface)デバイスが取り付けられ、スイッチを押すと機械が停止する。5Gでは、これらの固定制御の多くを、緊急停止機能を含むモバイルデバイスに置き換えることで、作業がより快適になり、同時にコストも節約できる」と説明している⁵⁷。

Boschによると、過去4年間で15億ユーロ以上をIndustry 4.0アプリケーションに投入しており、2022年には年間10億ユーロを超えるIndustry 4.0の売上を出すことを目指している⁵⁸。

⁵⁴

https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/OeffentlicheNetze/LokaleNetze/lokalenetze-node.html

⁵⁵ Entwurf der grundlegenden Rahmenbedingungen für 5G Anwendungen im Bereich 26 GHz (24,25 - 27,5 GHz)

(https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/OffentlicheNetze/LokaleNetze/20191220_EntwurfGrundlegendeRahmenbedingungen26GHz.pdf?__blob=publicationFile&v=3)

⁵⁶ <https://www.bosch-presse.de/pressportal/de/de/bosch-beantragt-5g-lizenzen-fuer-lokale-netze-203328.html>

⁵⁷ <https://automanager.tv/?p=16515>

⁵⁸ <https://www.bosch-presse.de/pressportal/de/de/bosch-erzielt-milliardenumsatz-mit-industrie-4-0-186048.html>



出典： <https://www.bosch-presse.de/pressportal/de/de/bosch-beantragt-5g-lizenzen-fuer-lokale-netze-203328.html>

図表 2-22 Bosch のローカルキャンパスネットワーク

BNetzAによると、2019年12月4日現在、6件の免許申請があり、BASF SE（総合化学メーカー）と地域通信会社の2社に対して免許を付与した⁵⁹。地域通信会社とはMugler AG⁶⁰で、ザクセン州に本拠を置く中規模の電気通信ソリューションプロバイダーである⁶¹。同社は2019年11月27日付けで、ローカル5G免許を取得したことを発表している⁶²。

世界有数の大手製造メーカーを有するドイツでは、以下を含む自動車、航空、化学、産業機械等のメーカーが、自前の5G網を工場に構築し始めており、ローカル5Gの先行事例として注目を集めている。

図表 2-23 ローカル5Gの先行事例

企業	取り組み概要
フォルクスワーゲン	2020年にドイツの122の工場で自営5Gモバイルネットワークの構築を開始。既に、ネットワーク機器ベンダーの入札を実施。フォルクスワーゲンとアマゾンウェブサービス(AWS)は、フォルクスワーゲ

⁵⁹ <https://www.policytracker.com/bosch-seeks-private-5g-licences-in-germany/>

⁶⁰ Mugler AGは電気通信ネットワークの他、DVB-Tの伝送路や公共安全用のTETRA網などの構築・運用も手掛けている。

<https://www.mugler.de/de/unternehmen/ueber-uns/>

⁶¹ https://www.focus.de/magazin/kurzfassungen/focus-50-2019-bisher-nur-sechs-antraege-auf-firmeneigenes-5g-netz-basf-und-mugler-erhalten-lizenz_id_11428705.html

⁶² https://www.mugler.de/de/news-einzelansicht/?tx_news_pi1%5bnews%5d=88&cHash=87b29c9d347f67d643ae27df7898f553

	ングループの 122 の施設すべての機械、工場、システムのデータを結合するための「産業用クラウド」を開発。
Daimler、BMW	3.7-3.8GHz 帯の 5G 周波数に関心。
Siemens、Bosch	試験周波数で動作する 5G 試験ネットワークを、プラントに既に設置。 3.7-3.8 GHz 周波数が利用可能になり次第、実運用に切り替え。
エアバス、BASF	工場内セルラーネットワークでの自律性を高めたい方針。

① Deutsche Telekom

Deutsche Telekom は、5G 商用化に向け 2016 年頃からドイツ・ボンにあるイノベーション・ラボ「5G haus」で様々な 5G 実証実験に取り組んでいる。2016 年には Huawei と 5G システム向け自動ネットワーク・スライシングのデモに成功し、ネットワーク・スライスが最適な方法で自動的に生成される様子を披露した。これにより、スライスを短時間で生成できるうえ、各スライスで要求されるリソースの効率的かつインテリジェントな割り当てや再割り当てが可能となる。

また、Deutsche Telekom は 2017 年 9 月には Huawei と協力し、ベルリンの中心部で 3GPP-Pre-Standard 仕様での 5G 実証実験（ライブデモ、3.7GHz 帯を使用）を実施している。さらに今後加速する 5G 商用化に向けて、2018 年 1 月に Intel との 5G 相互運用性試験を実施したと発表した。具体的には、3GPP NSA 5G NR 仕様に基づき、Huawei の 5G 向け商用基地局、Intel の 5G テスト用プラットフォーム「5G NR Mobile Trial Platform (MTP)」を使って行われた。商用ベースの基地局を用いた試験では世界初である。Huawei との 5G 試験に関する取り組みを積極的にアピールしているが、5G 商用展開に向けては 2017 年 12 月に Ericsson を 5G ネットワーク装置ベンダとして選定したことを発表している。ドイツの 1 エリアを Ericsson のマルチスタンダードの無線ネットワーク（マクロ及びスモールセル用最新無線システム製品）を提供することとしている。

同社は、2018 年 5 月に、2020 年に商業上の立ち上げを準備するために、20 都市に 70 以上の 5G アンテナを設置したと発表している。

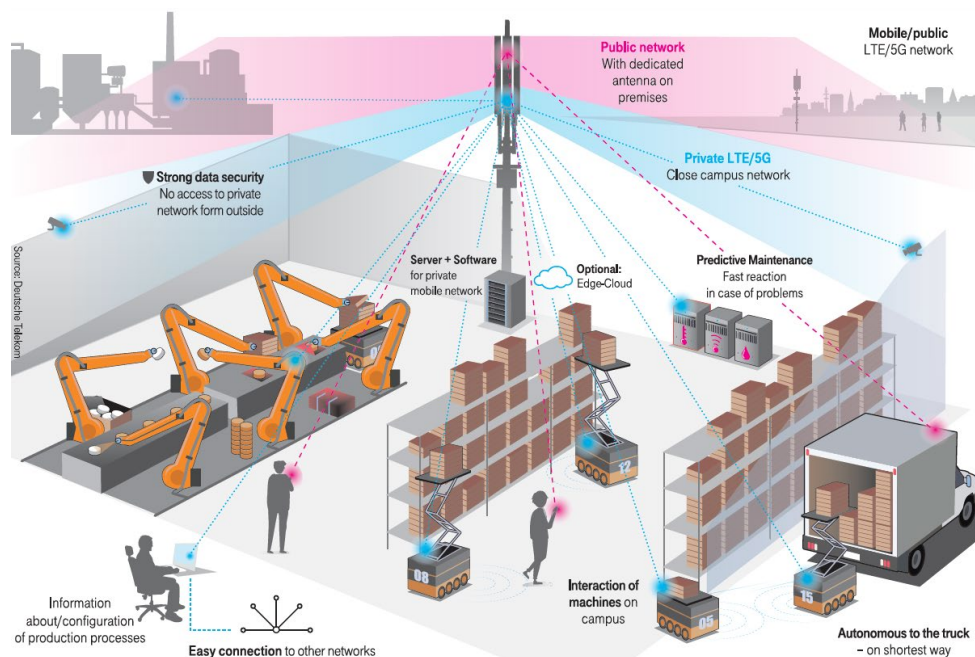


出所：ドイツテレコム資料

図表 2-24 Deutsche Telekom 5G イメージ

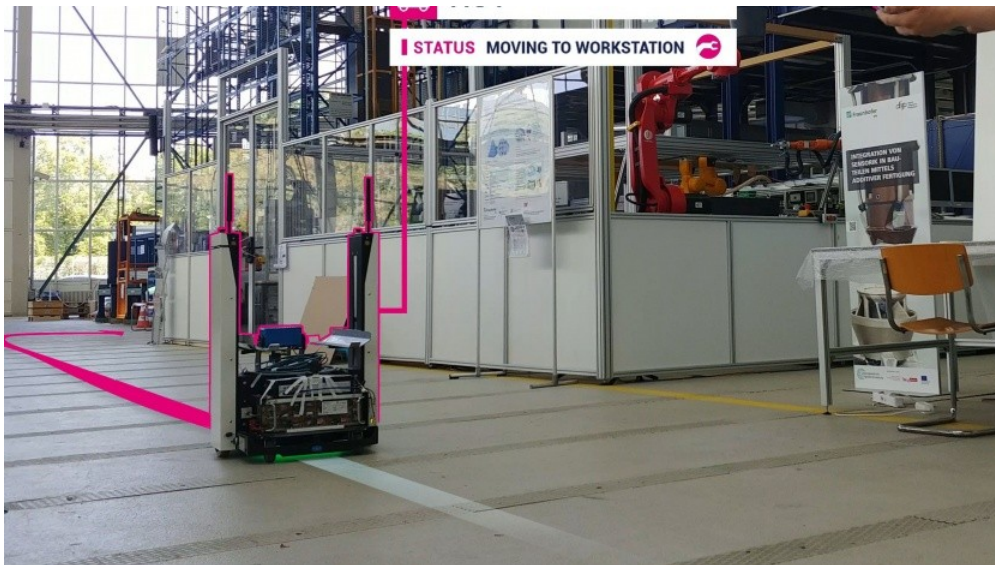
ドイツテレコムは、ドイツ国内での 20~30 社しか、独立の 5G 自営網を望んでいないとの見方を示している。同社は既に、メーカー Osram の Schwabmünchen 工場で、キャンパスネットワーク（公衆網と閉域網の組合せ）を展開し、ドイツ企業 BorgWarner、ZF、RWTH Aachen University とはトライアルを実施中である。

キャンパスネットワークは、産業用にローカルで高密度化かつ最適化された公衆網を、同じライセンススペクトラムで独自の自営網と組み合わせることができる。専用ネットワーク層向けに、Nokia のネットワークインボックス自営 LTE ソリューションが採用されている。データがオンサイトに留まる必要がなく、機密ではない残りのトラフィックは、公衆網を経由する。



出典：5G technology in industrial campus networks
<https://www.telekom.com/en/company/details/5g-technology-in-campus-networks-556692>

図表 2-25 ドイツテレコムのキャンパスネットワーク



出典： <https://www.golem.de/news/bundesnetzagentur-keine-lokalen-5g-netze-fuer-stadtnetzbetreiber-1903-139919.html>

図表 2-26 ドイツテレコムがメーカーOsram に提供するキャンパスネットワーク

② Telefonica O2

2018年2月に、Telefonica O2 と Nokia は共同で「5G イノベーションクラスター」を設置し、ミュンヘンとベルリンにおいて 5G トライアルを実施している。同社は、2020年に 5G サービスの商用化を予定している。

図表 2-27 ドイツ携帯電話事業者の 5G サービス概要（2020年3月時点）

	ドイツテレコム	Vodafone
商用開始時期	2019年7月	2019年7月
開始時点の都市数	5都市 ⁶³	20都市
現在の都市数	8都市 ⁶⁴	40都市
今後のエリア計画	2020年末までに人口の半数以上をカバー予定。 2025年末までに、人口カバレッジ 99%、地理的カバレッジ 90%に拡張予定 ⁶⁵	2020年末に1,000万加入、2021年末に2,000万加入へカバレッジ拡張予定
最新の契約数	25,000加入 ⁶⁶	30,000加入

出所：各種資料をもとに作成

⁶³ <https://www.telekom.com/en/media/media-information/archive/deutsche-telekom-5g-goes-live-in-five-cities-580574>

⁶⁴ <https://www.telekom.com/en/media/media-information/archive/5g-for-germany-598886>

⁶⁵ <https://www.telekom.com/en/media/media-information/archive/5g-for-germany-598886>

⁶⁶ TeleGeography, GLOBALCOMMS DATABASE
(<https://www.telegeography.com/products/globalcomms/data/country-profiles/we/germany/wireless.html>)

2.6 韓国

2.6.1 5G 周波数の割当

2017年1月に中長期周波数総合計画としてまとめられた「K-ICT スペクトラムプラン」⁶⁷では、今後10年間で合計40GHz幅の周波数を確保・供給することが盛り込まれた。その後、5G用周波数として、2018年までに28GHz帯で最少1000MHz幅、3.5GHz帯で300MHz幅の合計1300MHz幅以上の新規周波数を確保した。

科学技術情報通信部は2019年1月24日に発表した「第3次電波振興基本計画（2019～2023年）」において、5G関連については、2.3GHz帯から90MHz幅、3.4GHz帯から20MHz幅、3.7～4.2GHzから400MHz幅、24GHz以上の帯域から2GHz幅、合計2510MHz幅の周波数追加方針を示した。

その後、2019年1月31日、科学技術情報通信部は第3次電波振興基本計画に基づき、5G周波数追加供給のため専門家によるワーキンググループ（WG）を立ち上げて検討を行い⁶⁸、同年12月に5G周波数追加供給を含む「5G+スペクトラムプラン」が5G+戦略委員会⁶⁹で決定された⁷⁰。同プランでは、5G用途周波数を2026年までに最大2640MHz幅を確保し、5G周波数を現在の2680MHz幅から5320MHz幅に拡大することを骨子としている。6GHz帯以下の中低帯域から合計640MHz幅、24GHz以上のミリ波帯から2000MHz幅を5G用途で追加する方針となっている。

2018年6月には5G周波数オークション（3.5GHz及び28GHz帯）が実施された。通信事業者3社（SKテレコム、KT及びLG U+）が3.5GHz帯及び28GHz帯の双方を落札する結果となり、落札金額は合計で3兆6,183億ウォンとなった。オークションを受けて周波数割当が完了した2018年12月から通信事業者3社⁷¹は法人向けにモバイルルーターでの限定的な5G商用サービスを開始している。ただし、現在活用されているのは3.5GHz帯のみであり、28GHz帯の活用は3社とも2020年中を目標としている。

2.6.2 5G 産業戦略

韓国では官民を挙げてあらゆる分野での5G活用を目指している。1990年代半ばに国策により、世界に先駆けてCDMAを導入したこととブロードバンド全国網を整備したことで、韓国は短期間でICT先進国になった。今後も世界ICT分野で主導権をとるために、5GはCDMA、ブロードバンドに続く第三の重要なマイルストーンと位置付けられている。その

⁶⁷ https://www.msit.go.kr/web/msipContents/contentsView.do?catelId=_policycom5&artId=1324832

⁶⁸ 5G周波数を追加確保のための作業部会本格稼働

https://www.msit.go.kr/web/msipContents/contentsView.do?catelId=_policycom2&artId=1512802

⁶⁹ 国の5G戦略の最高意思決定機関である官民合同の委員会

⁷⁰ https://www.msit.go.kr/web/msipContents/contentsView.do?catelId=_policycom2&artId=2360371

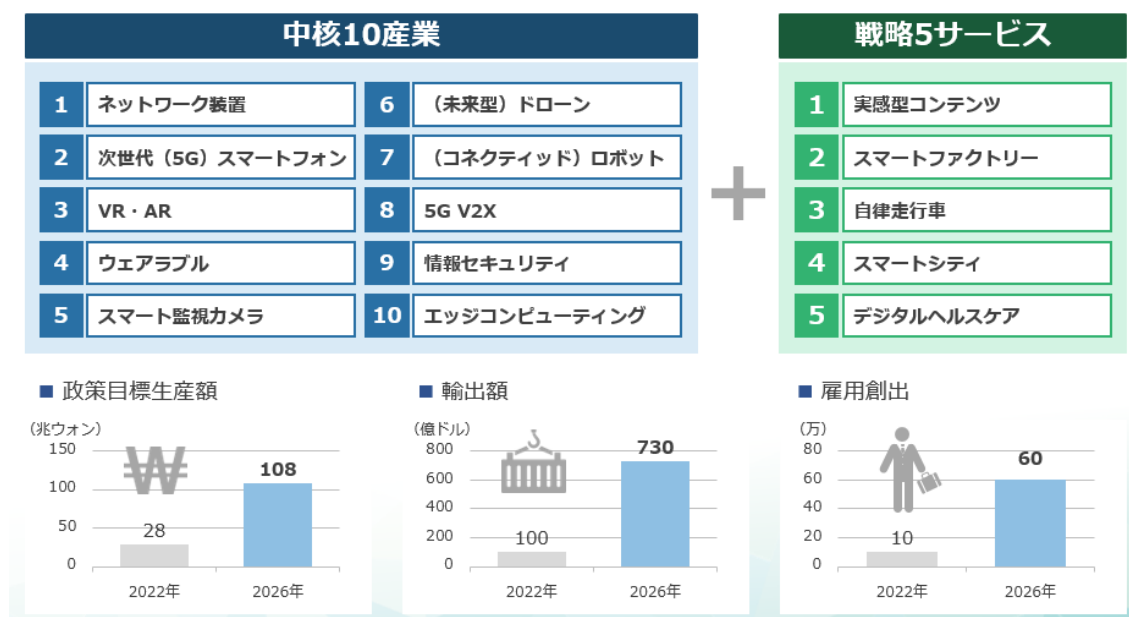
⁷¹ 3.5GHz及び28GHzの割当てを受けた法人は、年次別網構築義務（カバレッジ義務）及び割当て申請時に提出した「周波数利用計画書」を遵守する義務を負うこととされ、その履行実績を翌年4月までに提出することが義務づけられた。このうち、カバレッジ義務は、帯域ごとに基地局の基準構築数が定められ（3.5GHz帯は15万局、28GHz帯は10万台）、3年目（2021年）までに15%、5年目（2023年）までに30%の構築が義務づけられている、

ため、5G のサービス課題への対応も官民で組織的に迅速に進めていることが大きな特徴である。

2019 年 4 月のモバイル 5G サービス開始から 4 か月が経過した 8 月前半時点で通信事業者 3 社の一般の 5G サービス加入者数は既に 200 万人を突破した。LTE 開始当初を上回る速度の加入ペースで、5G 加入契約数は予想以上の好調な出足とされ、2019 年末までに 300 万人以上の 5G 加入者が見込まれているが、400 万人突破も視野に入ってきた。

今春までは世界に先駆けたモバイル 5G 商用化実現を念頭に置いた規制緩和等を中心とする政策が進められたが、商用化を契機に 5G 総合戦略も利活用促進型に切り替えられた。2019 年 4 月に政府横断総合戦略としてまとめられた「5G+戦略」では、公共分野から率先して 5G 活用サービスを導入する計画が盛り込まれた。この戦略では 5G 関連の 10 産業と 5G 活用サービス 5 分野の重点的育成を指定した。

図表 2-28 5G+戦略で 10 産業と 5 つのサービス分野を戦略育成



出所：科学技術情報通信部

2022 年までに官民で合計 30 兆ウォン以上を 5G に投資する。全国ネットワークの構築は 2022 年までに完了する計画で、2019 年末までに人口の 93% をカバーする。早期 5G インフラ整備促進策として、2019 年 1 月 1 日から 2020 年 12 月 31 日までの時限措置で基地局構築費の最大 3% まで税控除できる優遇措置などを導入している。戦略指定された 5 つのサービス分野では財政面や実証事業など様々な支援体制が整備され、政策目標が数値化され年限が示されている⁷²。

⁷² <http://www.korea.kr/common/download.do?fileId=187012451&tblKey=GMN>

図表 2-29 5G 活用戦略 5 サービスの政策目標

実感型コンテンツ	2023 年までにグローバル 5G 実感型コンテンツ 10 種創出等
スマート工場	2022 年までに 1,000 の中小企業工場に 5G ソリューションを導入
自律走行	2026 年までに 5G 基盤の自律走行サービス 5 種を普及拡大
スマートシティ	2024 年までに 5G 活用公共サービス 15 種を導入
デジタルヘルスケア	2024 年までに 5G 活用緊急医療システムを地域消防本部と医療機関の 30%に普及等

出所：科学技術情報通信部

5G 導入初期段階ではスマート工場やスマートシティ分野での活用が早く進む見通しである。スマート工場分野では政権公約の第 4 次産業革命推進政策として、2022 年までに中小企業の工場 3 万か所を AI/ビッグデータ/IoT 活用のスマート工場化する戦略が既に進められており、中小ベンチャー企業部（部は省に相当）が助成金制度を拡充・整備した。この助成金制度を活用する形で ICT 行政主管の科学技術情報通信部が中小ベンチャー企業部と連携して 2020 年から 5G 活用スマート工場を本格的に拡大し、2022 年までに中小企業の工場 1,000 か所が 5G ソリューションを導入するスマート工場とされる計画である。5G ソリューションを導入する中小企業工場は助成金等の各種政府支援をワンストップで受けられる。なお、5G スマート工場化は 2020 年以降の本格化を見込んでおり、現時点での 5G 実装工場は数か所である。スマートシティ分野では 2020 年までの初期段階においては、無線監視カメラやドローン活用老朽インフラ点検、精密測位に基づく火災予防サービスで 5G が活用される。このように「5G+戦略」で政府が率先して 5G 普及促進を図る韓国型 5G は、現在世界から注目を集めている。BtoB と公共分野から率先して 5G を導入することで 5G 活用世界一の国を目指している。

韓国には日本のような「ローカル 5G」の制度は無いため、専用の 5G ネットワーク構築を希望する企業や地方自治体は、5G 免許を持つ通信事業者と個別に提携する。現在 5G 導入を進める施設には工場のほか、病院、士官学校、建設現場、港湾等がある。5G 導入を進める自治体の事例としては、ソウル市の公共交通安全システムや世宗市のシャトルバス自律運行等がある。この他のスマートシティ関連の 5G 導入では、これから第一段階として無線監視カメラやドローン活用施設点検といったサービスの導入を進める。また、KT が僻地の生活環境改善目的で進める社会貢献プロジェクトでは、2019 年 6 月に 38 度休戦ラインに隣接する非武装地帯内の人口 200 人の集落を 5G ビレッジとして整備し、スマートファームソリューションや学校での MR 活用スポーツ体験システム等を導入した。

韓国の 5G 用途の周波数帯は 3.5GHz/28GHz 帯であるが現在活用されているのは 3.5GHz 帯のみである。超高速大容量や超低遅延といった 5G の特性を十分に引き出すための仕様の国際標準化時期と国内での 28GHz 帯の活用開始が 2020 年以降となるため、現

在の 5G は初期段階である。2020 年から「5G ならではの」のサービスがどれだけ登場するかが、韓国 5G の今後の正念場となる。

2.6.3 5G 事業化動向

韓国では政府主導で 2018 年冬季平昌五輪にて世界初の 5G 実証実験サービスを実施した。モバイル 5G で「世界初」のタイトルをとるために、2019 年 4 月に米国に先んじて通信事業者 3 社 (SK テレコム、KT、LG U+) が一斉にスマホでの 5G サービスを開始した。

図表 2-30 韓国の 5G 事業化動向

	2017	2018	2019	2020	2021	2022
KT	2017 年 5G 実証実験 実施	2018 年 3 月 平昌五輪 5G デモサービ	2019 年 4 月 5G 商用 サービス開始			
SKT	2017 年 5G 実証実験 実施	2018 年～ 5G-NSA ベース 網構築開始	2019 年 4 月 5G 商用 サービス開始	2020 年～ 5G 商用網拡大		
LG U+	2017 年 5G 実証実験 実施		2019 年 4 月 5G 商用 サービス開始		2021 年～ 5G 商用サービス 海外向け	

出所：各種資料をもとに作成

BtoC では、5G の一般加入者数が 2019 年 9 月末時点で 346 万人と当初予測以上に好調であり、同年末までに人口の約 1 割に相当する 500 万に達する勢いである。現在の BtoC サービスは AR/VR の娯楽分野サービスが中心だが、コマース等サービス領域は順次拡大中。通信事業者が多額の補助金を投じて端末の実勢購入価格を引き下げ、VR 用ヘッドマウントディスプレイを無料提供するなどマーケティングにかなり力を入れたことが BtoC の好調を後押しした。一般向けサービスは 2019 年 4 月にサムスン電子製スマートフォン Galaxy S10 5G 発売で開始された。サービス開始時の各社の 5G 料金プランは月額 5 万 5,000 万～13 万ウォン台の 4 段階で、8 万ウォン以上のプランからデータ利用が無制限という点で共通している。その後 LG U+は 5G 料金プランを拡充し、8 月に 65 歳以上のシニアと 18 歳以下の青少年向けに 4 万 5,000 ウォンの低価格プランを導入した。KT の場合、5G 加入者の 8 割以上がデータ使い放題の 8 万ウォン以上のプランを選択している。

図表 2-31 各社の 5G プランと端末 (2019 年 8 月基準)

事業者	月額プラン・データ*	端末 (発売時期)
SK テレコム	55,000 (8GB) ~125,000 ウォンまで 4 段階	Galaxy S10 5G (4 月) LG V50 ThinQ (5 月) Galaxy NOTE 10 (8 月)
KT	55,000 (8GB) ~13 万ウォンまで 4 段階	
LG U+	45,000 (シニア・青少年専用 8GB) ~115,000 ウォンまで 8 種	

* 各プランの音声通話は基本無制限。8 万ウォン台以上のプランはデータ無制限。

出所：各種資料をもとに作成

法人や公共向けサービスでは、政策支援を受けたスマート工場やスマートシティ等を中心に 5G のユースケースが拡大中である。法人・公共分野の 5G 導入実績を拡大中の SK テレコムは現時点で、スマートオフィス、スマート工場、スマートプラント、スマートシティ、医療、物流・流通、メディア、公共安全の 8 分野で 5G ベースのサービスを提供中。国内の 5G 法人顧客第一号は、SK テレコムが 2018 年末にソリューションを導入した中小企業の部品工場。この工場では不良品の自動検出プロセスで 5G と AI を活用する。大企業の 5G 活用スマート工場事例では、年内の本格稼働を目指して KT がソリューション構築中の現代重工業の蔚山造船所が挙げられる。第一段階として、AR グラス、360 度監視カメラ、ウェアラブルの 360 度カメラ搭載ネックバンドが工場に導入される。スマートシティ分野では、SK テレコムがインチョン自由経済区域やソウル市で 5G 活用交通安全システムインフラを構築中。5G を活用したい各法人ユーザーは通信事業者と提携し、通信事業者が施設のネットワークを構築し、ソリューション導入で協力する。現在 5G ネットワーク構築中の施設には、病院やデパート、陸軍士官学校、遊園地、地方自治体等がある。

2.7 中国

2.7.1 5G 周波数の割当

中国 3 大キャリア（中国移动、中国电信、中国联通）は、2018 年 12 月に取得した 5G 中低周波数帯を全国で使用できる試験免許をもって、5G ネットワークを構築して実用化試験を実施してきた。中国移动は 2515-2675MHz、4800-4900MHz を取得し、そのうちの 2515-2575MHz、2635-2675MHz、4800-4900MHz は新たに取得した周波数帯で、2575-2635MHz は中国移动の従前の TD-LTE 帯域であった。中国电信は 3400-3500MHz 帯（100MHz 幅）、中国联通は 3500-3600MHz 帯（100MHz 幅）をそれぞれ取得した。

商用の 5G 免許（第 5 世代デジタルセルラーモバイル通信業務の営業許可証）については、工業・情報化部は 2019 年 6 月 6 日に、3 大キャリアの中国移动、中国电信、中国联通に、CATV 事業者の中国広電を加えた 4 社に対して付与した。

4 社に割り当てられた 5G 周波数は、①中国电信及び中国联通がそれぞれ 3.5GHz 帯の 100MHz 幅、②中国移动が 2.6GHz 帯の 160MHz 幅、③中国広電が 4.9GHz 帯の 50MHz 幅で、放送用周波数の 700MHz 帯の 96MHz 幅は移動通信用途に変更となる見通しである。なお、2.6GHz 帯の 5G 周波数を中国移动に割り当てたことに伴って、これまで 2.6GHz 帯を使っていた中国联通と中国电信は同帯域を返上することになる。

自営網における 5G の利活用についても着目している。IMT-2020 (5G) 推進グループ 5G 試験ワーキンググループの徐菲グループ長は 2019 年 11 月 1 日、中国の 5G 技術研究開発試験作業の進展を明らかにした。同推進グループは 2019 年、5G 増強技術研究開発試験を始動、チップとシステムの相互接続テスト、5G ミリ波の技術及び製品テストを重点的に展開。2019 年 10 月末現在、海思（HiSilicon、華為技術の傘下）、クアルコム、メディアテック、紫光展鋭がチップテストに参加、海思、メディアテック、紫光展鋭が NSA と SA に対応する中低周波数帯に対応するチップを打ち出した。各チップメーカーは華為技術、中興通訊、中国信科、ノキア（上海ノキアベル）、エリクソン、サムスンと相互運用性テストを行い、中国の 5G SA 商用化を推進する。

同推進グループは、ミリ波試験の作業を、以下の 3 段階に分けて実施する。

- 1) 2019 年、5G ミリ波の重要技術とシステム特性を重点的に検証。
- 2) 2020 年、ミリ波基地局と端末の機能、性能、相互運用性を重点的に検証。
- 3) 2020～2021 年、典型的なシーンの検証を展開。

また、工業・情報化部は 2019 年 6 月、「工業インターネット専門作業グループ 2019 年作業計画」を発表し、インフラ能力の向上、ラベル解析体系の構築、工業インターネットプラットフォームの構築、中核的技術標準のブレイクスルー、セキュリティ保障の水準の強化等 10 種類の作業任務において 61 項目の具体的な措置を明確にした。同計画では、工業インターネット用の周波数利用シーンと周波数ニーズを、ミリ波帯を含めて検討し、工業インター

ネットの周波数計画と周波数使用許可を 2019 年 12 月までに策定・整備するとした。

プライベートネットワークに関連し、中国では現在、電力、エネルギー、空港、港湾、地下鉄、鉱山、石油、ガスなどを含む、516 のエンタープライズ向けのブロードバンドネットワークが存在するが、その多くは小規模であるとされる。こうしたクリティカル分野では LTE ベースのブロードバンド対応が進んでおり、230MHz 帯や 1.4GHz/1.8GHz 帯等が使用されている⁷³。工業・情報化部はプライベートネットワークシステム向けに 1447-1467MHz 帯や 1785-1805MHz 帯を TDD として配分している⁷⁴。

2.7.2 5G 産業政策

中国政府は、世界における 5G 主導権の獲得を目指し、2013 年に官民双方の関係者から構成される IMT-2020 (5G) 推進グループを設立し、5G の研究開発を支援した。2019 年 1 月、通信分野を主管する工業・情報化部 (MIIT) の陳肇雄副部長 (副大臣相当) は、「各方面の努力により、中国 5G の発展は顕著な成果を得ており、システム、チップ、端末製造から成る産業チェーンが概ね商用化水準に達した」と発言し、中国の 5G 産業が世界の先頭陣営に位置することを強調した。これに大きく貢献したのは通信機器最大手の華為技術で、同社をはじめとする中国企業が有する 5G の必須特許の件数は中国が最も多いとされる (2019 年末)。

5G サービスの商用化をめぐる米韓欧の競争が激しくなる中、2019 年 6 月、MIIT は当初の予定を約 1 年前倒して、事業者 4 社に対して 5G 商用許可を与えた。このうちの 3 社 (中国移动、中国电信、中国联通) は既存通信事業者で、2019 年に入り各地で大規模な試験網を構築し、11 月 1 日に商用サービスを一齐に開始した。一方、新規参入の CATV 事業を手掛ける中国広電は、5G 免許の取得により移動体通信市場への新規参入を叶えた格好となる。同社は、5G と CATV を融合させたスマート放送サービスの展開に注力すると表明しているが、他社との差別化ができるかは現時点で未知数である。

既存通信事業者 3 社によって進められてきた商用試験には、5G の大容量という特徴を生かした 4K/8K の超高精細映像配信、低遅延性を生かした自動運転や遠隔診療、多数同時接続の特徴を生かしたスマートホーム等が含まれる。また、既に実施されたサービス例には、2019 年 7 月から試験運用が開始された 5G 無人スマート書店がある。1Gbps に達する 5G 環境下で、顔認証による入店、IoT の識別技術による本の所在確認、ビッグデータ・プラットフォームを用いた読書傾向分析によるマーケティングの展開などが行われている。

⁷³ Dr Jolly Wong, Visiting Professor, Smart Cities Institutes, Shanghai University, China

⁷⁴ <http://www.miit.gov.cn/n1146295/n1652858/n1652930/n3757020/c3764811/content.html>

<http://www.miit.gov.cn/n1146295/n1652858/n1652930/n3757020/c3764806/content.html>



出所：FMMC 提供（中国国際情報通信展覧会にて撮影）

図表 2-32 5G に対応した遠隔診療用の CT 搭載車

2.7.3 5G 事業化動向

中国では、2019年11月、中国移動、中国電信、中国聯通の3社が相次いで5Gの商用サービスを開始した。主要都市を中心に基地局の設置を進め、5G利用可能エリアの拡大に取り組んでいる。

また、法人向けサービスの展開にも積極的で、異業種との連携により、利活用事例の実証に取り組んでいる。新型コロナウイルス感染症の拡大に伴い、いずれの事業者も、医療分野における5G利活用の可能性を熱心にアピールしている点が特徴的である。

シェアリングやモバイル決済等の新興サービスにも積極的に展開するネット事業者大手も5Gと自社業務との融合を積極的に推進している。例えば、百度(Baidu)は「5G+AI 共同ラボ」を設立し、スマートホーム、自動運転等に注力し、阿里巴巴 (Alibaba) は中国移動及び華為技術と連携して5Gスマート物流を推進し、騰訊 (Tencent) は5Gを応用したARゲームの実証実験を進める等の取組みがある。

北京市、上海市、広東省、浙江省等の主要地方政府も、2019年以降、医療、交通、教育といった既存分野への5G利活用の可能性を見据えて、相次いで5Gを推進するアクションプランを公表した。これらのプランには向こう2~3年間の基地局の構築数及び5Gによる産業への波及効果の目標値が示されており、目標の達成に必要なとされる電柱や用地確保の支援、注力する分野別の地元企業の5G利活用の促進に向けた資金提供等も盛り込まれている。

図表 2-33 中国主要事業者の 5G スケジュール

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
中国移動	2016年 要素技術検証	2017年 屋外技術実験場で システム試験を実施	2018年 大規模屋外技 術実験を実施	2019年11月～ 商用サービス 開始	2020年末まで 30万局を完成させ、 340都市にてサービス		
中国電信			2018年6月～ 小規模商用試 験を実施	2019年11月～ 商用サービス 開始	2020年末まで 30万局を完成予定		
中国聯通			2018年 屋外実験場建 設、実験を実施	2019年11月～ 商用サービス 開始		2022年北京冬季 オリンピックまで 様々なサービスを開発中	
中国広電				2019年 商用化開始に 向けNW構築		2021年末まで 人口カバー率95%以上	

出所：各種資料をもとに作成

① 中国移動（China Mobile）

世界最大の携帯電話事業者である中国移動は、2020年2月末現在、8万に及ぶ基地局の構築が完了しており、主要50都市⁷⁵におけるサービスの提供を行っている。また、2020年末には新たに1,000億元を投資し、5G基地局数30万局の建設を達成させ、国内340の都市において5Gの商用サービスの提供を確保する計画である⁷⁶。

5Gの利活用について、中国移動は四つの分野に焦点を当て、「5G+」戦略を進めている。一つ目は、5Gと4Gの技術・資源共有、業務での連携を進める5G+4G連携発展の推進である。二つ目は、5Gと各種技術の融合による5G+AICDE（AICDE：AI、IoT、クラウドコンピューティング、ビッグデータ、エッジコンピューティング）の展開である。三つ目は、5G端末先行者産業連盟や、5G産業デジタル連盟といった新しい連携を通じた5G+エコシステムの構築である。四つ目は、5G+X応用の拡張である。

現在進行中の新型コロナウイルス感染症への対策として、中国移動はいち早く5Gクラウド・インテリジェントロボットを活用し、武漢協和医院、同済天佑医院にサービスロボットと消毒清掃ロボットを寄贈した⁷⁷。そのほか、同社が実施した各種の5G関連の利活用事例として、5Gサーモグラフィータ体温測定システム、5G・VR感染状況遠隔診療システム、病

⁷⁵ 北京、天津、上海、重慶、石家荘、雄安新区、太原、晋城、フフホト、瀋陽、大連、長春、ハルビン、南京、無錫、蘇州、杭州、寧波、温州、嘉興、合肥、蕪湖、福州、アモイ、泉州、南昌、鷹潭、済南、青島、鄭州、南陽、武漢、長沙、株洲、広州、深セン、仏山、東莞、柳州、南寧、海口、瓊海、成都、貴陽、昆明、西安、蘭州、西寧、銀川、ウルムチ

⁷⁶ <https://new.qq.com/omn/20200321/20200321A04A7E00.html>

⁷⁷ http://www.10086.cn/aboutus/news/groupnews/index_detail_35498.html
(http://www.10086.cn/index_5074.htm から W:武漢をクリック)

院建設に関する 5G 高精細リアルタイムライブ配信などがある。

また、中国移動は、法人向けサービスとして農業など 14 の業種における 74 の用途を図るとしている⁷⁸。その一環として、同社は 5G ジョイントラボ⁷⁹を設立し、400 社を超える企業と連携し、多くの 5G の利活用事例を試みてきた。

図表 2-34 中国移動による新型コロナウイルス対策への 5G 活用
(5G インテリジェンス消毒ロボット、5G 回線を用いた医療機関間会議システム)



② 中国通信 (China Telecom)

中国通信は、2020 年 3 月時点で 5G の基地局を既に累計 7 万 5,000 局開通させている。2020 年の 5G 投資額は 453 億元の見通しで、年末までに 30 万局の 5G 基地局の建設を完了させる計画である⁸⁰。

中国通信は、5G+クラウド・イノベーション業務、5G+工業インターネット、5G+業界応用という三つの側面に着手し、これまで、スマート警務、スマート交通、スマート・エコシステム、スマート建設、メディアライブ、スマート医療などの 10 大分野における利活用の開発を進めてきた⁸¹。例えば、医療分野では、2020 年 3 月 2 日、四川大学華西医院は、中国通信が構築した 5G ダブルギガネットワークと遠隔 CT スキャンアシスタントを利用して湖北省黄冈市黄州総医院の新型肺炎患者に対する遠隔 CT スキャン検査を実施した。省を跨いだ 5G+遠隔 CT スキャンとしては、中国初とのことである⁸²。

③ 中国聯通 (China Unicom)

中国聯通は、2020 年 2 月 20 日までに 6 万 4,000 の 5G 基地局を開設しており、さらに年内には 350 億元を投資し、200 の 5G モデルプロジェクトを立ち上げ、50 の 5G ジョイ

⁷⁸ <http://www.caict.ac.cn/kxyj/qwfb/bps/201911/P020191102428729914777.pdf>

⁷⁹ <http://www.hc.10086.cn/5gic/dynamic.html>

⁸⁰ <https://new.qq.com/omn/20200325/20200325A00FJQ00.html>

⁸¹ <http://www.caict.ac.cn/kxyj/qwfb/bps/201911/P020191102428729914777.pdf>

⁸² http://www.chinatelecom.com.cn/news/02/202003/t20200302_52531.html

ント・オープン・ラボを設立、100以上の5Gを利用した革新的商品をインキュベート、20以上の産業向け5Gアプリケーションの標準を策定するとしている。2022年の北京冬季オリンピック・パラリンピック競技大会には様々なサービス提供を行う予定である。

同社傘下のネットワーク研究院は、5Gイノベーション・センターを設立し、ニューメディア、スマート製造、スマートネットワーク、スマート医療、スマート教育、スマートシティを含む10の業界を中心に多くの利活用を開発してきた⁸³。

2020年2月、中国聯通は5G+サーモグラフィー体温測定情報化プラットフォームを発表した⁸⁴。同プラットフォームは、サーモグラフィーにより人体の表面温度を暫定的に計測し、体温の異常な個体を検出した後、さらに専門的な体温測定を実施するもので、使用開始後、旅行客の体温測定及び通行効率は10倍以上向上したとのことである。また、監視カメラにより体温の異常な個体を撮影し、重点的に徹底検査することで、事前の予防、検査段階の処理及び事後のトレーシングにおける業務効率が向上し、感染症対策に多くの利便性をもたらしたとしている。

④ 中国広電（China Broadcasting Network）

既存CATV事業者の中国広電は、2016年1月に工業・情報化部より電気通信業務経営許可を取得し、通信サービス市場への参入を果たした。2019年6月、工業・情報化部は同社に対し5Gの経営許可書も付与した。同社の計画によれば、2020年以降、4.9GHz帯を用いた16の都市⁸⁵における5Gの構築のほか、40の大中規模都市で5G網構築及び商用化開始の準備作業を完了させ、同年後半には、これを334の都市及び重点観光地域に拡大、2021年末までに全国規模のカバーを完了し、段階的に人口カバレッジ95%以上の目標を達成するとしている⁸⁶。

中国広電の5G発展の目標と位置づけは、放送のコンテンツの優位性、5Gのサポート能力を十分に発揮し、安全・制御可能な移動体通信と超高精細映像を融合させたメディア伝播網、スマートIoT、基礎的戦略資源網にすることである。同社は、CATV+5Gの2ネットワークアーキテクチャを構築し、これらを融合させ、ラジオ・テレビ、インターネット、5G等のスマート放送業務を総合的に伝送することとしている。

また、2020年2月2日夜には、中国広電の提供する5Gネットワークを通じて、湖北廣播電視台「長江雲」（テレビ局）は全ネットワークに向けた湖北省感染症対策記者会見のライブ配信を実施している⁸⁷。

⁸³ <http://www.caict.ac.cn/kxyj/qwfb/bps/201911/P020191102428729914777.pdf>

⁸⁴ <http://www.chinaunicom.com.cn/news/202002/1580729015476008084.html>

⁸⁵ 北京、天津、上海、重慶、張家口、雄安新区、長春、瀋陽、青島、西安、長沙、南京、広州、深セン、貴陽、海口

⁸⁶ <http://www.ttacc.net/a/news/2019/1008/58561.html>

⁸⁷ <http://www.dvbcn.com/p/105863.html>

3. 移動通信の進化に伴う ICT 産業へ与える影響に関する分析

3.1 ICT 産業におけるエコシステム

ICT 産業は、従来から、端末・デバイス、ネットワーク、プラットフォーム、コンテンツ・アプリケーションといったレイヤー毎に分業した形態の産業構造が主流であるとされている。そしてこれらの構造を構成する要素やプレイヤー間の競争や協調に基づき、市場や産業が成長する姿を一種の生態系とみだてて「エコシステム」と称している。我が国の ICT 産業においても、移動通信システムの進化とともにモバイル産業の「エコシステム」は変容し、事業者間の力関係なども大きく変化していった。本項では、産業構造やエコシステムの変遷を振り返るとともに、5G 時代における ICT 産業の構造がどのように変化していくのか、各レイヤーの動向をみながら展望する。

(1) 2000年代：インターネットの潮流と3Gの普及

2000年代は、インターネット上に新しいビジネスが登場し、情報通信産業の大きな構造転換の幕開けでの時代であった。例えば、パソコンで電子商取引サイトやコンテンツ配信サイトといったインターネットの各種サービスを利用する場合、パソコンを自ら購入し、通信事業者と契約してインターネットに接続しサイトを閲覧、購入したい商品やコンテンツを選択、クレジットカード決済や代金引換で商品を購入するという流れであり、パソコンの製造・販売、通信事業者、電子商取引サイトはそれぞれ関連なく行われるケースが主であった。そのため、インターネット上での認証・決済や、セキュリティの確保等の様々な関連サービスも新規ビジネスとして提供されるようになった。また、この頃にはインターネット上でのコンテンツ配信も新たなビジネスとして登場し、楽天や Amazon に代表される電子商取引の黎明期でもあった。このように、インターネット登場後の情報通信産業は、ネットワークのオープン性に起因した水平分離が進展し、様々な形での新規参入が可能となり、多種多様で複雑なものとなっていった。

他方、携帯電話においては、3G が商用開始した頃である。我が国においては、2G の時代に既に形成されていたキャリア主導型のエコシステムの下、iモード等に代表されるように、ポータルサービスや課金・認証等（プラットフォーム機能）とアプリケーション・コンテンツを垂直統合したビジネスモデルが育った。3G では、電子商取引やコンテンツ配信では、基本的に全ての機能（サイトへのアクセス、商品やコンテンツの購入・決済等）が通信事業者経由で行うことができた。携帯電話のプラットフォーム上で取引されるコンテンツ等の売上の一部は、コンテンツプロバイダーから携帯電話事業者に支払われ、携帯電話事業者にとって重要な収入源となった。端末（フィーチャーフォン）については、携帯電話事業者が多数のベンダーと連携して、製品企画から関与しながら独自開発を行うことで、機能面でもビジネス面でもサービスと端末は一体であった。端末上で行われる音声・データ通信等の基本サービスのみならず、自社プラットフォーム上で行われる商取引までを商流に取り込ん

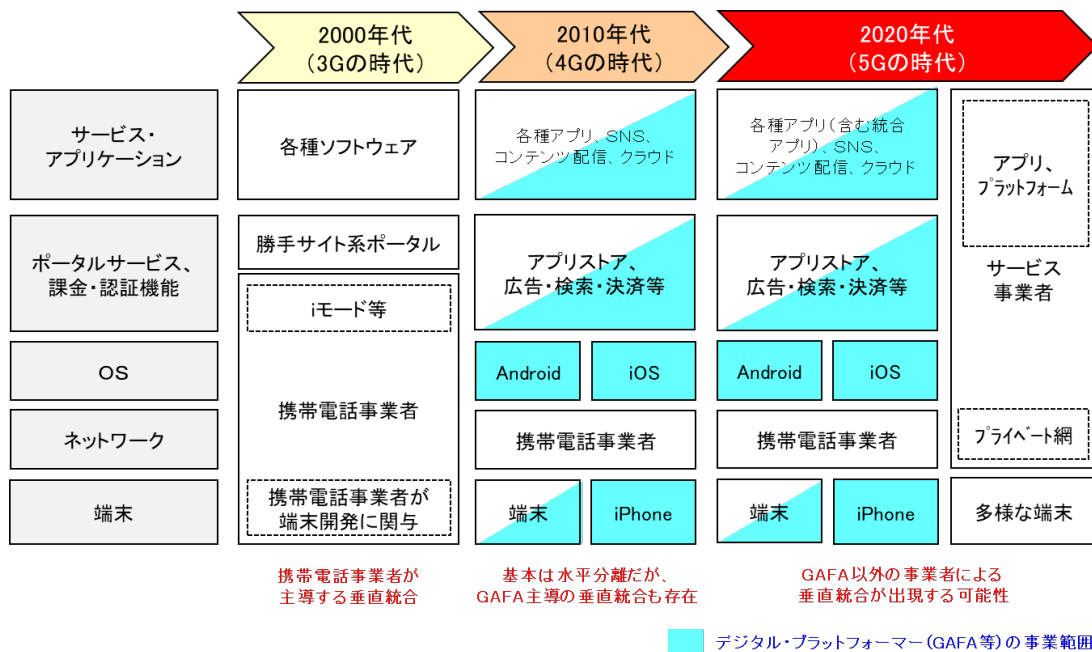
で利益を上げる垂直統合モデルを確立していた。こうした垂直統合型のモデルは、我が国固有のものであったが、上位レイヤーにおける多様なコンテンツ・アプリ開発を促進し、通信回線の高速化とデータ定額制の導入などによってモバイルインターネットが発展し、携帯電話を中心とした ICT 産業の拡大を加速させた。

(2) 2010年代：スマートフォンの普及

4G では、iPhone の登場に代表されるように、フィーチャーフォンからスマートフォンへ、インターネットの世界がモバイル通信と融合した。プラットフォーム機能においては、インターネットを経由して、スマートフォン上で様々なアプリへアクセスできるアプリストア等のポータルその他、広告・検索・決済といったインターネット上の基本的な機能やサービスについて、ユーザは携帯キャリア以外のサービス事業者の提供するサービスへ自由にアクセスすることが容易になった。LTE では、更なる高速・大容量化が進んだことで、ワイヤレスでも固定通信と遜色ないデータ通信が可能となり、クラウドの普及によりサービスの可用性が一気に高まった。また、端末については、標準化等によるサービスとの分離により、我が国の垂直統合型モデルのオープン化が進み、海外から様々なベンダが参入し、ユーザは端末も自由に選べるようになった。

エコシステム全体としては、上述した固定通信・パソコンの水平分離型モデルが、モバイル分野においても展開していった。プラットフォームやアプリケーションレイヤにおいては、検索サービスの Google、SNS の Facebook、EC のアマゾンのように、米国の大手インターネット事業者がモバイル分野においても、産業拡大を牽引するとともに市場を席卷し、Apple は iPhone の投入によりネットワークの上下のレイヤを垂直に統合したモデルにより独自のポジションを築いた。技術革新だけでなく、ユーザ体験やプラットフォームの価値を高め、革新的な、新しいビジネスモデルを創出した。こうして、世界規模で拡大するスマートフォンのユーザ向けに様々なサービスや機能を提供するプラットフォーム・ネット系事業者の影響力が増大した。グローバル企業の覇権は大きく変化し、こうした事業者が上位を独占するようになった。

他方、これら大手プラットフォーム・ネット系事業者の登場により、携帯キャリア独自のプラットフォームは急速に集客力を失うとともに、収益機会が低減した。また、当時飽和を迎えつつあった移動体通信市場に新たな回線需要をもたらし、音声通話からデータ通信へのシフトを決定的なものにしたものの、爆発的に増えるトラフィックに対応するための高速化・大容量化に多額の設備投資を行うこととなった。また、端末レイヤにおいては海外勢による熾烈な競争が加速し、国内市場における我が国ベンダの競争力は低下した。



出所：三菱総合研究所

図表 3-1 我が国のモバイル産業におけるエコシステムの変遷

(3) 2020年代；5Gの普及

それでは、5G時代においては、どのようなエコシステムの姿になるであろうか。ここでは、3つの論点・トレンドに着目してみる。

① 水平分離か垂直統合か

前述したとおり、これまではインターネットの潮流により、モバイル産業も含めて水平分離が進んできた。新たに始まる5Gでは、「超高速・大容量」「超低遅延」「多数同時接続」という性能面での飛躍的な向上により、ネットワークレイヤーが進化するとともに、4Gでは実現できない事業領域へのサービス展開が期待されている。この実現にあたっては、従来の水平分離モデルの更なる発展と、新たな垂直統合型モデルの登場による併存状態になることが予想される。水平分離モデルにおいては、BtoC分野を中心にGAFA・BATなどのいわゆるデジタル・プラットフォーマーが当面主導するであろう。今後はこれらの事業者が、通信事業の枠を超えて非「ICT」事業者と連携する等で、事業領域を、モビリティ・ヘルスケア・金融等といった通信事業の外へと拡大し、当該領域においてワンストップ型のサービスを提供するような垂直統合的な展開も想定される。

他方、上位レイヤーにおいては、新たな水平分離も予想される。例えば、近年では、多種多様なアプリ群（メッセージング、SNS、決済、送金、タクシー配車、飛行機・ホテル予約、電子商取引など）を一貫したユーザ体験のもとで統合された一つのアプリ（「スーパーアプリ」）

り⁸⁸⁾等と呼ばれる)として提供される動きもみられる。こうした特定の領域内で統合化が起きることで、更なる階層化が出現することも予想される。また、通信ネットワークの使い方が多様になる 5G 時代においては、5G ネットワークで本格化する見込みであるネットワーク・スライシング技術を用いて、例えば、高精細映像配信を行う超高速・大容量が求められるネットワーク、自動運転等を実現するリアルタイムかつ高信頼なネットワーク、IoT センサーを用いて少量のデータ通信や遅延があっても許容できるネットワークといったように、特定の分野やユースケースに応じた仮想的なネットワークサービスの提供が進む。こうした提供形態を一種のプラットフォーム化と捉えるならば、水平分離の一層の進展とみることができる。さらには、AI やブロックチェーン等の新たな概念の技術、エッジコンピューティングに基づくネットワークアーキテクチャが進展することで新たなレイヤーの登場と水平分離も想定される。

垂直統合型モデルにおいては、ローカル 5G に代表されるように、企業等ユーザ自らが 5G の無線ネットワークの構築ができるようになることで、アプリケーションからネットワークまで一貫した設計が可能になる。こうしたネットワークのプライベート利用が進むとともに、広く普及しているアプリケーションやプラットフォーム機能やインターフェース (API 等)、クラウド等のネットワークリソースを組み合わせることで、独自のサービスモデルを展開することができる。特に、BtoB 分野においては、特定の分野や業務、空間等に特化した、垂直統合型モデルが発展していくものと考えられる。

② デジタルとリアル

5G が有する、①超高速・大容量通信、②超信頼・低遅延通信、③多数同時接続という 3 つの特長は、AI や IoT の生活・産業への実装を加速させていくことが予想される。それとともに ICT 産業による技術覇権の主戦場は、デジタル空間から今後デジタル・トランスフォーメーションが浸透するリアル・サービスヘシフトしていくことが予想される。

これまで BtoC 分野において、SNS やクラウドサービス、スマートフォン製造といった分野に注力してきた GAFA は、この間集積してきたデータ解析や AI といった技術を起点に、前述したとおり「非 ICT」事業者との連携等を含め、リアルの世界へのサービス展開を模索するだろう⁸⁹⁾。すなわち、デジタル化により、消費者の生活圏を含めリアルな空間や動線での行動や嗜好から新たな価値を創造し、そこで得られるデータを起点としたビジネスをさらに拡大していくことが考えられる。その場合、インターネットの広大なデジタル空間を席卷してきたデジタル・プラットフォーマーに限らず、特定の空間や時間において事業を見出す多様なサービス事業者の参入が進む可能性がある。例えば、xR のような仮想空間技術 (空間拡張技術) と、リアルタイム性を実現する 5G やエッジコンピューティングを組み合わせ、ユーザの時間・場所・機会等に応じて柔軟にサービスを提供することで、デジタル

⁸⁸⁾ 中国の WeChat や Alipay、シンガポールの Grab、インドネシアの Gojek などが代表例である。

⁸⁹⁾ Amazon が提供する Amazon Go はその典型例である。詳しくはコラム5を参照のこと。

とリアル空間が融合する領域で新たな価値を生み出す取組も増えるであろう。

一方、BtoB分野においては、リアル・サービス事業者がデジタル・トランスフォーメーションを推進することにより、デジタル・サービスを取り込んで事業を深化させていく展開も予想される。具体的には、ローカル5Gを活用したスマート工場やスマートプラントなどでは、大量の産業データと処理を扱う、いわゆる産業用IoTプラットフォーム⁹⁰が更に普及していくだろう。建機、工作機械、ロボットなど産業分野に中核事業を有する大手事業者は、今後、IoTプラットフォームの機能を活かして、データを活用した企業向けサービスを展開していくことが予想される。また、より広範な社会システムとしての実装が期待される自動運転や船舶・港湾・物流等のスマート化においても、大手自動車メーカーや海運サービス事業者などが、IoTプラットフォームやそこから得られる社会データを取り込み、既存事業を次のステップに深化させていくものと推察される。

③ 新たなプラットフォームの台頭

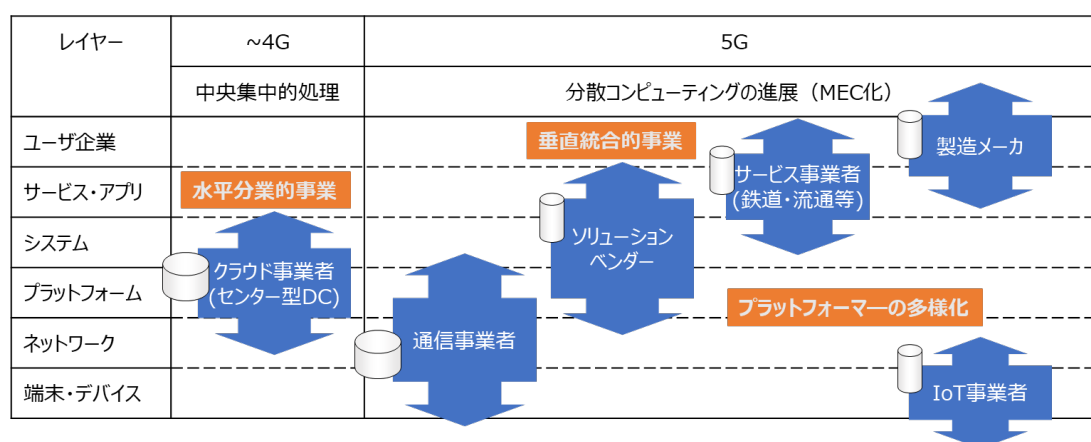
GAFに代表されるように、これまでは、巨大なデジタル・プラットフォーマーが自らのクラウドにユーザ情報等を収集して分析することによって優越的な地位を確立し、ICT産業内の他レイヤーの事業者に対して支配的影響力を及ぼしてきた。これにより、サービスや事業体としての公共性が増し、より社会的責任を有するようになったことで、国内外ではこうした巨大デジタル・プラットフォーマーに対して、取引条件の開示や運営状況の報告などを求めるなど、市場独占等に対する規制措置に関する議論が進められている。そのため、今後関連市場における競争の在り方やエコシステムの姿が変わっていくシナリオも想定される。

一方で、デジタル化の進展により、プラットフォームビジネスは増えていくものと予想される。例えば、5G時代では、IoT化の更なる普及とエッジコンピューティングの進展により、用途によってはクラウドネットワークまでデータを伝送せずに、局舎や端末等の「エッジ」でデータ処理を行い、その結果をフィードバックする仕組みが普及すると予想される。また、システムベンダーやサービス事業者等が、レイヤーを垂直統合的に縦断して、当該領域の大量のデジタルデータを集約し、分析・制御等機能をサービスとして提供することも想定される。さらに、ユーザ企業の中でも、世界的な大手製造事業者などが、自社のデジタル・トランスフォーメーションを進めつつ、他社へサービス提供（横展開）することで、当該分野におけるプラットフォーマーとしてICT産業全体に影響力を及ぼす可能性がある。

このように、ユーザ企業におけるデジタル・トランスフォーメーションの進展に伴い、ICT産業の一部をユーザ企業が自ら取り込んでいくことも想定される。5G時代においては、エッジコンピューティングやIoTの進展により、ユーザ企業を含む産業全体のデジタ

⁹⁰ 一般的に、産業用IoTプラットフォームは、①データの集積/蓄積、②データの解析、③ソフトウェア開発環境/アプリケーション・ストア、④IoTプラットフォームとの連携によるデータの相互利用といった4つの機能から構成される。

ル・トランスフォーメーションの深化によって、多様なレイヤーにおいてプラットフォームが出現し、ICT 産業におけるエコシステムの多様化が進むものと推察される（図表 3-2）。そのため、革新的なサービスを引っ提げて GAF A に次ぐ新たな事業者が台頭することも予想される。特に、デジタル化の革命においては、新たなイノベーションの創出と状況への素早い対応を実現できる新興企業の役割も重要となろう。



出所：三菱総合研究所

図表 3-2 多様なプラットフォームの出現とエコシステムの多様化

3.2 5G 時代に向けての各レイヤーの動向

本項では 5G 時代に向けての各レイヤーの動きに関して、ネットワーク、端末・デバイス及びサービス・アプリケーションの 3 レイヤーに分けて展望する（プラットフォームレイヤーについては、次項において詳述する。）。

3.2.1 ネットワークレイヤー

(1) ネットワーク仮想化等の進展

5G 時代に向けて、ネットワークレイヤーにおいては、クラウド技術に加え、仮想化技術⁹¹、ネットワーク・スライシング技術⁹²等の活躍が期待されている。具体的には、5G の進展において、2020 年代半ばにおいては、ネットワークにおけるコア機能の更なる仮想化や、エンドツーエンドでのスライスの提供、ネットワークのクラウド化等の進展が予想される。こうしたネットワークの迅速かつ柔軟な拡張、リソース（計算処理・データ容量など）の共有、俊敏な最適化等を実現する技術は、5G の超高速・大容量、超低遅延、多数同時接続といった特長の真価を発揮させるものである。

⁹¹ 従来、個別の機能を有する専用機器を組み合わせることで実現していたネットワーク運用について、ソフトウェアを通じて、汎用機器を機能単位で仮想化して専用機器と同様に運用可能とした上で、プラットフォーム上で統一的に制御可能とする技術。

⁹² 仮想化されたネットワークリソースを「スライス(物理ネットワークを複数の仮想ネットワークに分割したもの)」として切り出して、事業者やユーザー向けに提供することを可能とする技術を活用したサービス。

また、仮想化技術をはじめとするこうした革新的技術の活用は、ネットワークの「設備」を設置する主体と、「機能」を活用する主体の分離が加速するなど、より柔軟なネットワークやサービスの設計、さらにはネットワークを基盤とした機動的なビジネス展開やイノベーション、新サービス等の価値創造を可能とするものである。さらに、我が国におけるローカル 5G は、特定のエリアや業種、ユースケースに特化した垂直型モデルといえる一方で、経済合理性の観点から設備共用やクラウド基盤でのコアネットワークの共同利用が進展するなど、仮想化技術等によるネットワークの変遷が、想定より早く進展する可能性もある。

図表 3-3 ネットワーク技術の進化

想定時期		～2020年頃	2020年代～		
ネットワークの主な動向		4G普及期 5Gを見据えた展開	5G(NSA)導入	5G(SA)導入	5G普及期 次を見据えた展開
ネットワークの特徴	ソフトウェア化 ／仮想化	コア機能のソフトウェア化／仮想化			
		基地局機能のソフトウェア化／仮想化		伝送機能のソフトウェア化／仮想化	
	ネットワークスライス		単一事業者内	複数事業者間	
	クラウド化	クラウド化の進展			完全クラウド化
主なステークホルダー				サードパーティのネットワーク参入	
		電気通信事業者			

出所：各種資料をもとに作成

5G時代における根本的なネットワークの技術変革において、もう一つ重要な技術としてエッジコンピューティングが挙げられる。ネットワーク上のデバイス、アプリケーション、トラフィックがより多様化する中、従来のクラウドサーバを中核とするクラウドコンピューティングに加え、エッジサーバを中核とするエッジコンピューティングを活用することで以下のメリット等を享受することができる。

図表 3-4 エッジコンピューティングのメリット

メリット	内容
処理の超低遅延化	● 端末・デバイス等に近いエッジサーバが処理を実行し、クラウドコンピューティングが真似できない域まで遅延の抑制が可能になる
超大量データの解析	● エッジサーバが分析用データの一次処理を実行することで、全体のトラフィックを大きく低減し、ネットワークリソースを有効に活用、超大量データの分析が可能になる
センシング能力の	● エッジサーバを介して端末・デバイス等間でデータを共有し、セン

拡張	シング能力を補完・拡大できる
端末負荷のオフロード	● エッジサーバに処理負荷の高い機能を集約、端末性能に左右されないアプリケーション性能の提供と端末の低消費電力化が可能になる

出所：各種資料をもとに作成

エッジコンピューティングは、クラウドを補完するものであり、よりローカル（ネットワークゲートウェイ、顧客施設、またはエッジ・デバイス上）とクラウドコンピューティングの両方からメリットを活用することができる。モバイルネットワーク機能とエッジコンピューティングによるデータ処理機能を汎用的なサーバ上で提供できるようになる。エッジコンピューティングは、4G においても使用できる従前の技術であるが、5G の性能と組み合わせることで、伝送速度や遅延が最適化されることで、これまで実現が困難であった、自動運転やテレロボティクスなど遅延時間に敏感なアプリケーションを実現するような、ワイヤレスソリューションの基盤構築が可能になる。これにより、前述した特定の分野やニーズに特化したネットワーク・スライシング技術等と組み合わせることで、製造、自動車、ヘルスケア、農業など、様々な業態やユースケースにおける多様な要件に対応した、新たな画期的なサービスの実現につながる。

（2）技術革新による市場構造の変化

仮想化等の進展により、ネットワークの「機能」と「設備」の分離が進展すると、ネットワークの「機能」を活用する主体として、例えば通信キャリア以外の事業者等がネットワークレイヤへの関与を強め、例えば設備を自ら設置することなくネットワーク・オーケストレーション⁹³やスライシングサービス等のサービスを提供することも想定される。従来通信キャリアがデータセンタに高価かつ専用のハードウェアとソフトウェアを構築してネットワークサービスを提供したところ、仮想化技術によりクラウドのプラットフォーム上で同等の能力と信頼性を低費用で提供できるようになっている。これにより、ネットワークサービスの提供形態やネットワークに関与する主体の範囲が変わり、ネットワーク構造や市場構造が大きく変化する可能性が考えられる。

特に、グローバルのIT系事業者やプラットフォーム等が、ネットワークの各種機能を自らのサービスの一要素として取り込み、垂直統合的なサービスを展開することも想定される。具体的には、海外の上位レイヤの事業者がスライシングサービスを外部から管理・運用し、サービス品質等を動的に制御することも想定される。さらには、設備を保有する事業者と、管理や機能を提供する事業者の役割や境界線が変わることで、従来通信キャリアが保有していた設備の一部をユーザ企業、または通信事業者とユーザ企業の間の中間層と

⁹³ NFVO（NFV オーケストレータ。NFV の統合的管理を実施）、VNFM（仮想化機能マネージャ）、VIM（仮想化基盤マネージャ）等、仮想化されたネットワークリソースを統合的に管理する仕組み

してのプラットフォームが保有・管理するようなビジネスモデルも登場し得る。

通信ネットワークとクラウドが融合していく潮流の中で、実際に、近年ではグローバルIT大手・プラットフォームがネットワークレイヤに進出し、自社のポートフォリオを充実させるとともに、通信キャリアとの連携を強化する動きがみられる。

図表 3-5 グローバルIT大手・プラットフォームによるネットワークレイヤへの進出

事業者	動向
Amazon (AWS)	<ul style="list-style-type: none"> ● 2019年12月に、通信キャリアの5GネットワークのエッジにAWSのコンピューティングサービスとストレージサービスを組み込んだ「AWS Wavelength」を発表。開発者は超低遅延が求められるアプリケーションの一部を5Gネットワーク内で実装し、AWS環境で実行される残りのアプリケーション部分やその他のクラウドサービスとシームレスに接続させることが可能。エッジでの機械学習推論、産業機器、スマートカーやスマートシティ、IoT、AR・VR等の超低遅延を必要とするサービスを提供できるとしている。 ● 米国ではVerizonと提携し、同社のMECソリューション「5G Edge」上で、一部顧客によるAWS Wavelengthのパイロットテストをシカゴで実施。2020年には欧州、韓国、日本でもAWS Wavelengthを提供開始するため、各国通信大手との協業を推進している。
Google	<ul style="list-style-type: none"> ● 2020年3月に、Global Mobile Edge Cloud (GMEC) 戦略を発表。具体的には、通信キャリアと共同開発した5Gソリューションのポートフォリオとマーケットプレイスを提供。ネットワーク中心のアプリケーションを開発するためのオープンクラウドプラットフォームと、ソリューションを最適に提供するためのグローバルな分散エッジ拠点も提供すると発表。 ● 同時にAT&Tや通信キャリア向けベンダ大手Amdocsとの提携を発表。AT&Tとの連携で、ユーザ企業等はAT&Tの5G含むネットワーク接続をエッジで使用して、Google Cloudを活用できる。Googleは小売、製造、運輸などの業界向けに、5Gエッジコンピューティングソリューションのポートフォリオをテストしているとしている。
Microsoft	<ul style="list-style-type: none"> ● 2020年3月に、通信事業者に仮想化のネットワークソリューションを提供しているAffirmed Networksを買収。Affirmed Networksは、特に5Gとエッジコンピューティングに注力しており、AT&TやOrange、Vodafone、Telus、Turkcell、STCなどの海外の大手通信キャリアを含む100社あまりの法人顧客基盤を保有する。

出所：各種資料をもとに作成

(3) 通信事業者の事業展開

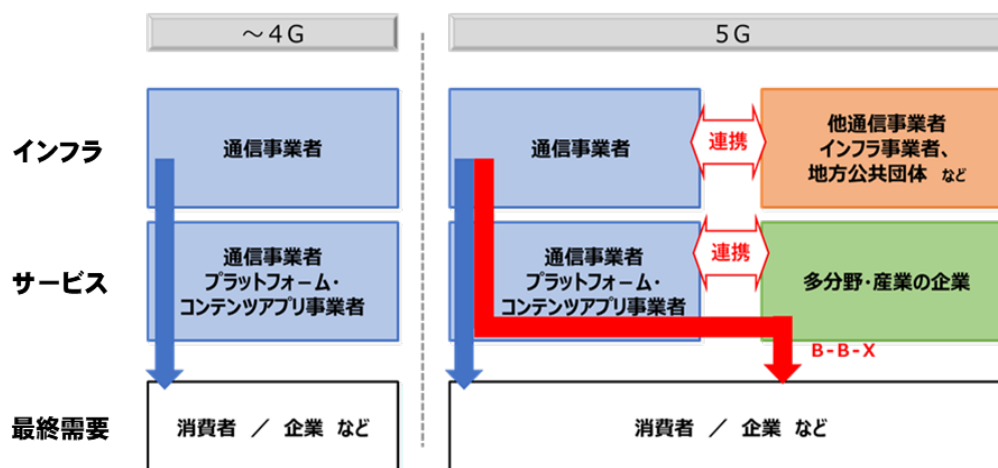
前述したネットワークの設備と機能が分離する潮流において、通信事業者においては、効率的な設備投資・運用を進めながら、機能面での高付加価値化を実現し、自ら成長性を生み出しながら事業転換を図ることが求められている。特に、先進国の市場においては、通信サービスの普及が飽和する中、いわゆる回線事業の提供だけでは事業の成長性に限界があることから、通信事業者においては、多様なソリューションの提供、サードパーティとの連携、開発のエコシステムの整備等を通じた、新たな事業展開等の方向性を見出しながら、事業再構築を迫られている。

これまで通信事業者は、消費者や企業に通信サービスを提供し、その対価として通信料金を得る「BtoX」のビジネスモデルを展開し、主として消費者向けサービス(BtoC)に普及の牽引力があった。しかしながら、BtoC市場が飽和しつつある中、5G普及促進の起爆剤はBtoC市場では必ずしも見えていない状況にある。そのため、「BtoBtoX」モデルを通じて、様々な分野や産業における企業等のデジタル・トランスフォーメーションを推進しながら新たな市場形成を模索している。実際、5Gに関わる国内外の通信事業者やベンダー、サービス事業者等は、製造、流通、金融など多様な産業を連携相手としたネットワーク整備やオープン・イノベーションによるアプリケーション開発などを推進する構えを見せる。例えば、IoTに不慣れな日用品メーカーなどが新たに5G向けサービスに乗り出す場合も、オープンイノベーション(共創)を通じて外部の知見を活用しつつアジャイル型開発⁹⁴などを導入すれば開発期間の短縮も可能となる。5Gを用いた多種多様な新サービスの創出が想定される。

また、機能や機能が提供するサービスの領域に注力する一方、設備・インフラへの投資や整備が世界中の通信事業者の課題となっている。特に、4G網までのネットワーク整備は、通信事業者自身のインフラ資産を活用することができたが、5Gでは高い周波数帯も活用することから、基地局はより高密度な設置が必要となり、都市部でも設置環境に制約が生じる課題があることから、他社や公共の資産の活用が必要となる。そのため、近年は通信事業者間や公共インフラとの設備の共用も進んでいる⁹⁵。

⁹⁴ 開発の途中で仕様や設計の変更があるとの前提に立って、最初から厳密な仕様を決めずにおおよその仕様だけで開発に着手し、小単位での「実装→テスト実行」を繰り返しながら、徐々に開発を進めていく手法を指す。

⁹⁵ 例えば、KDDIとソフトバンクは、両社が保有する基地局資産を相互利用し、地方における5Gネットワークの早期整備を共同で推進する旨を発表している。



出所：三菱総合研究所

図表 3-6 5G 時代における B-B-X モデル等連携型モデル

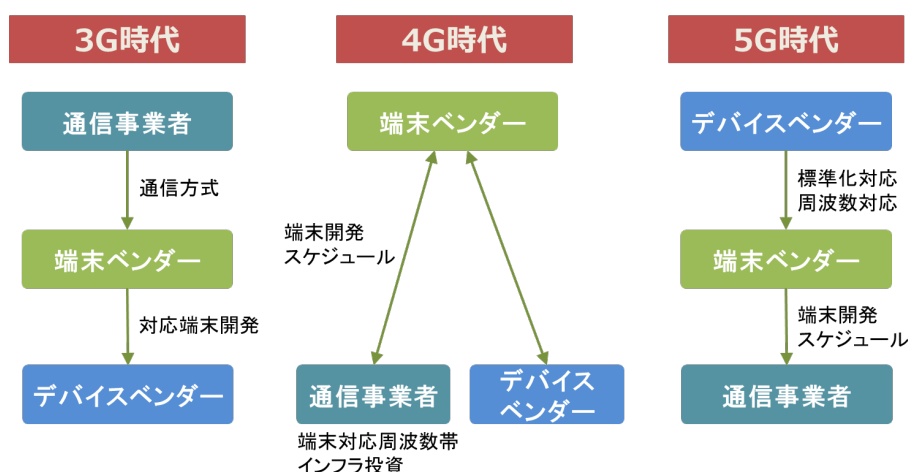
他方、GAFA が席卷するサービス領域においては、通信キャリア自らが保有するビッグデータ・AI 等を駆使し、サードパーティの多様なデータを組み合わせながら、付加価値を提供するサービスを模索している。例として、米国 Verizon が提供する Orion プラットフォームが挙げられる。Orion では、端末操作等から得られるユーザのモバイルでの情報行動等や位置情報、顧客の属性、CRM 関係、技術志向（使用している回線や端末等）等の基礎情報を組み合わせることで、ユーザの把握や予測を行う。これらのユーザデータの同意取得は、ユーザ端末を通じてパーソナルデータの設定を個別に行うことができる。広告・マーケティング、サービス業、テレマティクス、IoT サービス、映像処理・分析等の領域で活用できるとしている。例えば、米国ではデジタル広告・マーケティングの成長性が顕著であることから、Orion が出力する消費者の行動データとの連携の親和性が高いため、新たな事業機会につながっている。

3.2.2 端末・デバイスレイヤ

端末レイヤーでは、BtoC 市場におけるスマートフォン、タブレット、スマートウォッチ、VR/AR に対応したスマートグラスなどコンシューマ・デバイスの 5G 対応に加え、IoT の普及等により、従来の自動車をコネクティッド・カーや自動運転車へと進化させる取組が急速に進展している。また、工場等の BtoB 市場や産業分野では、建機、工作機械、ロボット、監視カメラ、ドローン等の遠隔制御とエッジコンピューティングによるインテリジェント化が進み、多くのエッジ・デバイスが 5G ネットワークに接続されることになる。このように、5G の普及は、端末の多様化を促すことが予想されるが、BtoC 市場では米中韓の大手端末ベンダーによる競争が激しさを増している。

端末を構成するデバイス（部材等）に着目すると、5G の周波数帯に対応した高周波デバイスや高周波部材が、前述した端末に内蔵されるようになる。大容量映像を撮影するための

撮像素子の高精細化、それを表示するためのフラットパネルディスプレイの高精細化・大型化や、データを蓄積するためのメモリーの高速・大容量化、低遅延によるバッテリー寿命の増加を促進することが予想される。当該デバイス・部材市場は、日本部材メーカーが競争力を有している領域が多いのも特徴である。一方、キーデバイスとなる 5G 向け通信モジュールについては、モバイル分野に限らず米クアルコム社が独占的に供給する体制が構築されつつある。同社は、標準化や高周波デバイスへの対応にいち早く取り組み、デバイスレイヤーのプラットフォーマーとして、端末ベンダーや通信事業者に影響力を及ぼす位置付けとなっている

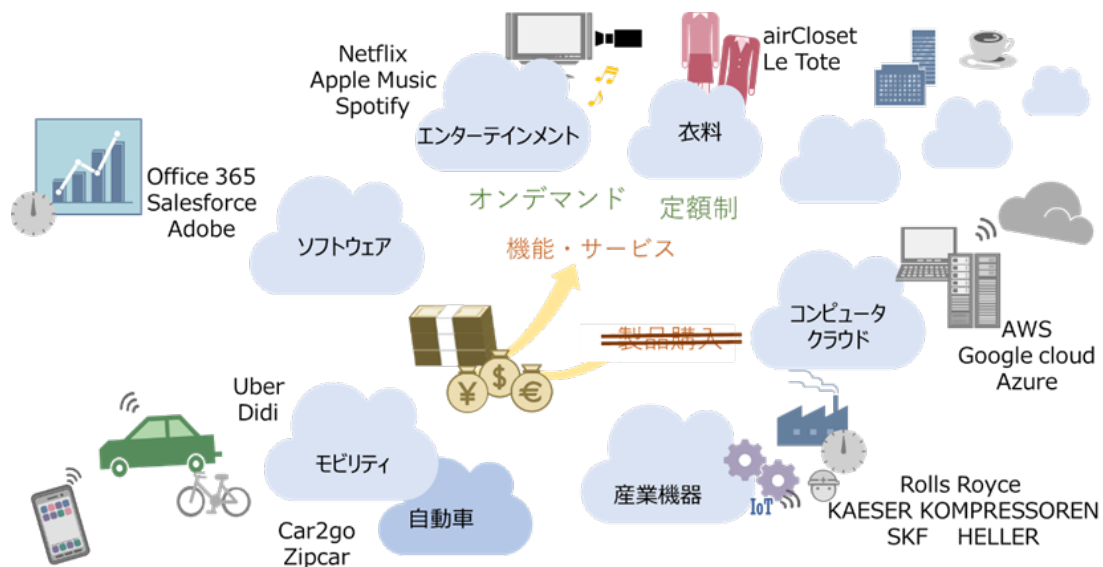


出所： <https://www.mca.co.jp/info/5greport-2020-release/>を元に MRI 加工

図表 3-7 モバイル市場における主要 3 事業者の関係推移

3.2.3 サービス・アプリケーションレイヤ

Google のクラウドサービス、Netflix 等の映像ストリーミングサービス、Uber 等のライドシェアリングサービス等の多様なプラットフォームの登場や IoT による双方化の実現により、あらゆる企業が必要なネットワーク等のリソースを組み合わせ、オンデマンドにサービス・アプリケーションを提供できる新たなビジネスモデルが生まれている。ソフトウェアから、コンピュータ、エンターテインメント、自動車、産業機器など、B2C・B2Bにかかわらず、製品自体を販売するのではなく、従量制または月額定額制（サブスクリプション）など、あらゆる製品の使用等に課金する形態が増えている。特に、こうしたさまざまなサービスやアプリケーションをインターネット経由で提供・利用するサービスは「Everything as a Service (XaaS)」と称している。



出所：三菱総合研究所

図表 3-8 XaaS のイメージ

こうしたコンセプトは古くから存在する。1960年頃に、当時のハロイド社（現ゼロックスコーポレーション）は、コピー機をオフィスヘリースして手頃な価格で広範囲に使用できるような当時新たなビジネスモデルを導入した。具体的には、機器・サービス・サポート等を提供し、顧客企業に対しては、同サービスに含むコピー使用量の上限を設け、その量を超える使用量に対して課金した。

現在の潮流は、サービスとしてのビジネスモデルは、多くはサプライヤがサービスのデータ分析と保守を担当し、クラウド及びIoT等を通じてリアルタイムにアップグレードと改善を提供する。近年の例として、製造業では、ロールスロイスが、航空宇宙業界の企業向けに、タービンエンジンを飛行時間に対して固定料金を課金するXaaSモデルを導入した。エンジンにはIoTセンサーが搭載されて状態が管理されており、同サービスには保守・運用が含まれる。これにより、メンテナンス中等のエンジンのダウンタイムを縮小させ、利用企業側はコストを平準化させる（予見性を高める）ことができる。

3.2.4 プラットフォームレイヤ

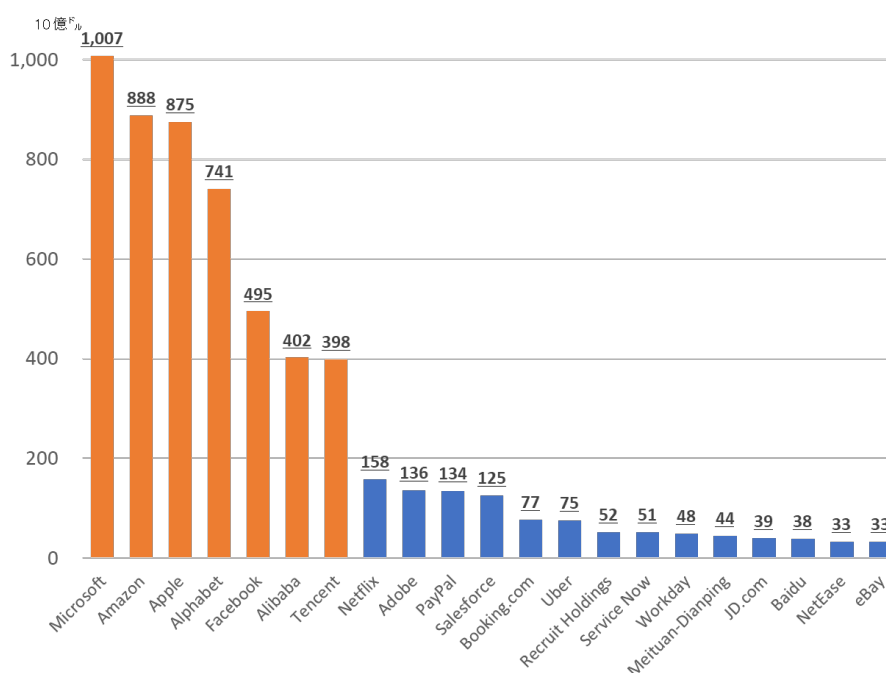
本項では、プラットフォームレイヤの動向、特にこれまでインターネットの普及による水平分離の構造変化の中で、B2C向けサービス市場を中心に席卷してきた米国や中国の大手プラットフォームや台頭するテクノロジー企業に焦点をあてるとともに、産業のIoT化が進むB2B向けサービス市場における動向について整理する。

① GAFA等大手プラットフォーム事業者の動向

Google、Amazon、Facebook、Apple、Microsoftなどインターネット分野や世界の株式

市場で圧倒的な存在感を誇っている。Google、Amazon、Facebook、Apple の 4 社で頭文字をとって「GAFAM」、また Microsoft も加えた 5 社で「GAFAM」などと呼ばれている。また、近年台頭している中国のインターネット大手の Baidu、Alibaba、Tencent の 3 社で「BAT」等と呼ばれている。

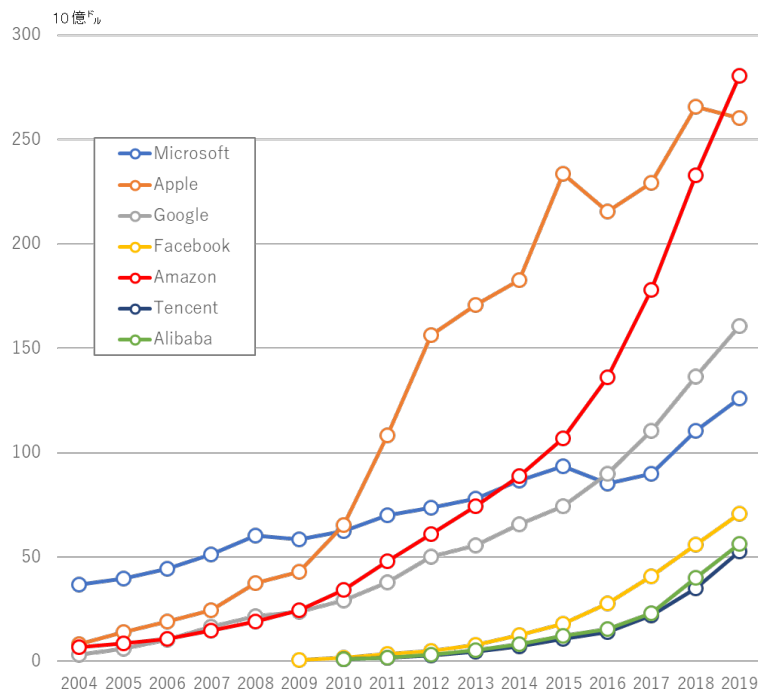
まず、これら各社の規模や成長性についてみる。2019 年 6 月時点の世界のインターネット大手事業者の時価総額をみてみると、Baidu を除く 7 社は、4,000 億ドル（約 45 兆円）以上の規模に達しており、抜きこんでいることが分かる。特に、同時点では Microsoft 社の時価総額が 1 兆ドル（約 110 兆円）を上回り、Apple 及び Amazon に続き、時価総額が 1 兆ドルを超えた 3 番目の米国企業となり、時価総額が最も高い米国企業にもなった。



出所) IoT Analytics Research より作成

図表 3-9 世界のインターネット大手事業者の時価総額（2019 年 6 月時点）

こうしたプラットフォーム等インターネット大手の規模は成長を続けている。これら各社の売上高の推移をみてみると、いずれの企業も類似する高い成長率で売上高が引き続き拡大していることが分かる。これら 7 社の中で、売上高ベースでは Apple が最も規模が大きかったが、2019 年には Amazon の売上が逆転し首位となった。また、Microsoft も、一時期は GAFAM におされるように伸び悩んでいたところ、直近では企業買収等の事業構造改革を経て、再び拡大基調となっている。



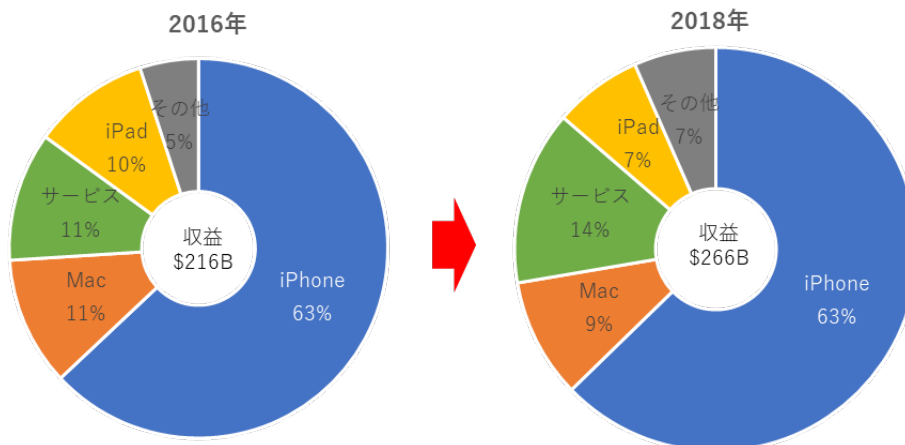
出所) 各社財務資料より作成

図表 3-10 大手インターネット事業者の売上高推移

これら各社の収益拡大がどこまで続くのか。その見立てには、各社の事業構造や取り巻く市場環境を通じて、それぞれの経営方針や戦略等についてみる必要がある。

(1) Apple

Apple の事業構造はハードウェア販売による収益である。最も大きな収入源はスマートフォンの iPhone であり、売上高の 62.8% を占め、PC の Mac とタブレット端末の iPad が、それぞれ 9.6% と 7.1% となっている (2018 年時点)。2019 年 3 月には、Apple Wallet と紐づけられる Apple Card を発表するなど、近年は、金融サービスに注力しているなど、BtoC 領域において、消費者の生活に係る側面での事業展開を図ろうとしている。



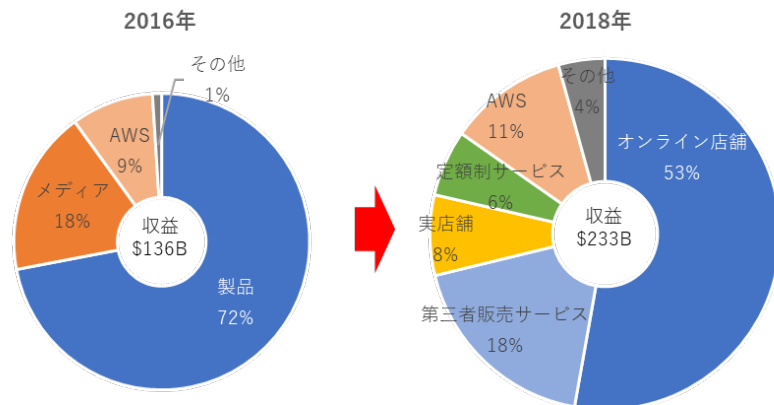
出所) 各社財務資料より作成

図表 3-11 Apple の事業別売上高

(2) Amazon

Amazon は、インターネット小売事業の収益が最も多く、売上高の半分以上を占めている。BtoC 向け商材が中心であるが、BtoB 向けのビジネスも拡大している。間接材といわれる、事務用品等の分野から、工場内での消費財等に広げ、様々な商材の取り扱いへと事業範囲を拡大している。同社のプラットフォームにより、世界中の顧客へ販売機会を提供でき、配送も委託できるというメリットがあるなど、販売している中小企業社数は、既に 100 万社を超えていると言われている。UNCTAD (国連貿易開発会議) によると、世界の電子商取引市場の市場規模は約 26 兆ドル (2018 年) であり、前年比 8% 増と堅調に拡大が続いている。そのうち、BtoC 市場は約 4.3 兆ドルであるのに対して、BtoB 市場は約 21.3 兆ドルと約 8 割を占めている。Amazon は BtoB 市場も取り込む形で今後も市場における強固なポジションを維持することが想定される。

他方、近年は、実店舗も急成長しており、2018 年は前年比約 200% となっている。レジのない実店舗 Amazon Go も大きな話題となった。また、同社のクラウドサービス AWS もインターネット関連市場の継続的な拡大を背景に堅調に拡大しており、重要な収益源となっている。



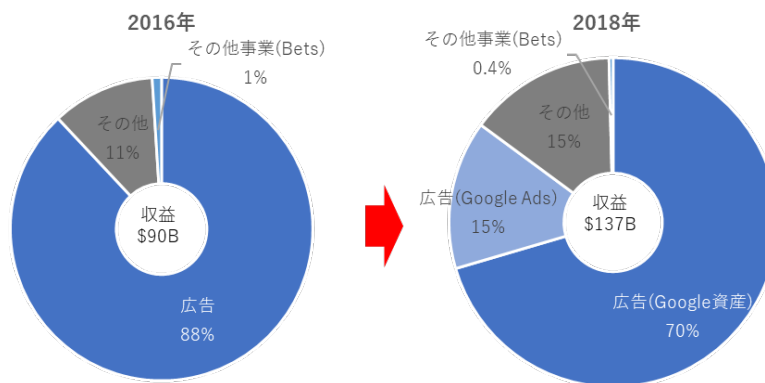
出所) 各社財務資料より作成

図表 3-12 Amazon の事業別売上高

(3) Alphabet/Google

Google の親会社である Alphabet の売上は広告事業が中心である。YouTube を含む多様なインターネットコンテンツに係る広告の売上高は全体の約 7 割に及ぶ。こうした売上構造を背景に、Alphabet は新たな収入源を探るため、多様な分野における新たな事業に投資を続けている。

特に、これまでのオンライン・デジタルの領域から、リアルな領域への展開である。B2C サービスでは、モビリティやヘルスケア分野への進出を検討しているとみられる。代表例として、モビリティでは、自動車配車サービス「Waymo one」を展開する Waymo を展開している。ヘルスケアは、医療データ 460 億件に基づく AI による、入院患者の経過予測、眼病診断、乳がん画像診断、腎臓病の進行診断等を行う Google Brain などが挙げられる。さらには、スマートシティ・街づくりに係る取り組みとして、2020 年 1 月に、Google のグループ会社である Sidewalk Labs がカナダのトロントにあるウォーターフロントエリアをスマートシティとして再開発することを発表している。「Sidewalk Toronto」とは、トロントが抱えるさまざまな社会課題を解決させるために提案された計画であり、同開発地区を一つのプラットフォームとして、エネルギーや物流といったインフラの整備や、住宅をはじめとした建築物や道路設計等のハード面に加えて、MaaS やリアルタイムな交通調整などソフト面に至るまで、統合化を図り、効率的に運営するまちづくりを目指している。スマートシティを実現しながら、例えば Waymo との連携も想定されている。

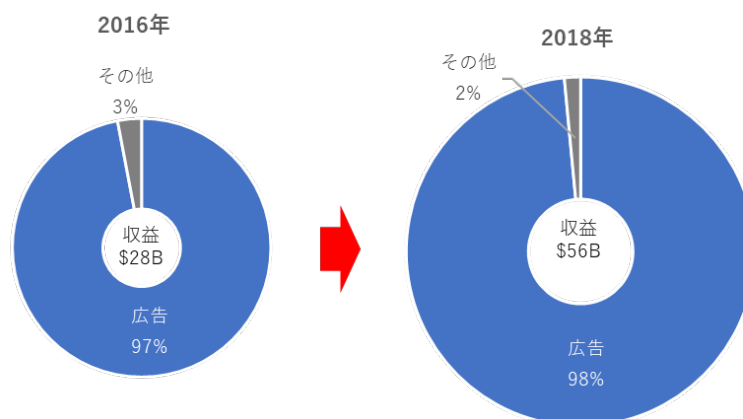


出所) 各社財務資料より作成

図表 3-13 Alphabet の事業別売上高

(4) Facebook

Facebook は現在世界最大の SNS サービスであり、同社も Alphabet 売上の多くを広告事業に頼っている。広告事業の比率は年々高まっており、直近ではほぼ 100%が広告売上となっている。Facebook は基本的に無料で利用できる広告モデルであるにもかかわらず、ユーザ 1 人換算の売上高は 35 ドルであり、有料・定額制動画配信サービスの Netflix の 30 ドルを上回ると言われている。Google と同様に市場を席卷している世界のインターネット広告市場は、2019 年時点でテレビ向け広告や新聞向け広告がそれぞれ 1,924 億ドル、700 億ドルであるのに対して、こうした既存の広告の取り込みも含めて、インターネット広告は 3,324 億ドル (約 35 兆円) に達しており、その成長の勢いは変わらない。そのうち、Google の広告売上が 1,037 億ドル (市場シェア 31%)、Facebook が 674 億ドル (市場シェア約 20%) と新聞向け広告市場と拮抗する規模に及んでいる。このように、インターネット広告市場は、当面も成長を続ける見通しであり、Google や Facebook もその成長を取り込みながら、市場における強固なポジションを維持することが想定される。

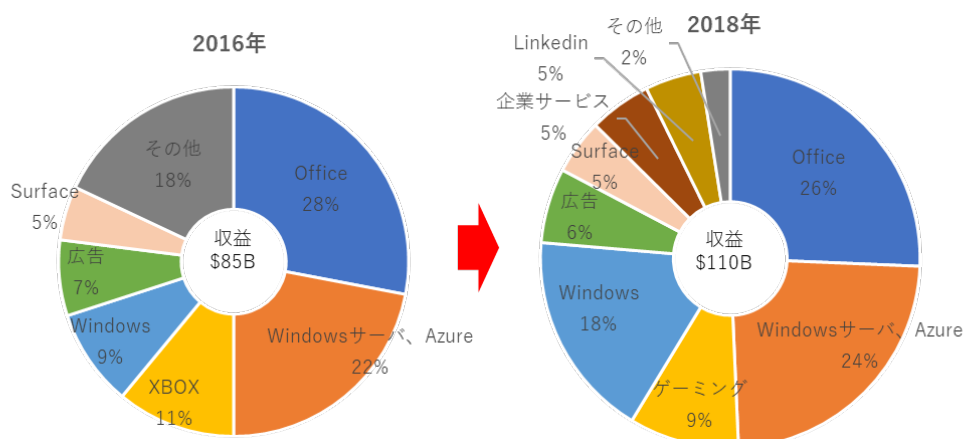


出所) 各社財務資料より作成

図表 3-14 Facebook の事業別売上高

(5) Microsoft

Microsoft は、ソフトウェア事業を軸に、上記 4 社と比較すると多様な収入源がある。最も大きな割合を占めているのは同社の Office 製品（ソフトウェア）であり、クラウドサービスの Microsoft Azure、OS の Windows と続いている。検索サービス Bing は、Google に次ぐシェアを誇っており、2018 年は売上高実績では前年比 16% も伸ばしているなど広告事業も堅調である。



出所) 各社財務資料より作成

図表 3-15 Microsoft の事業別売上高

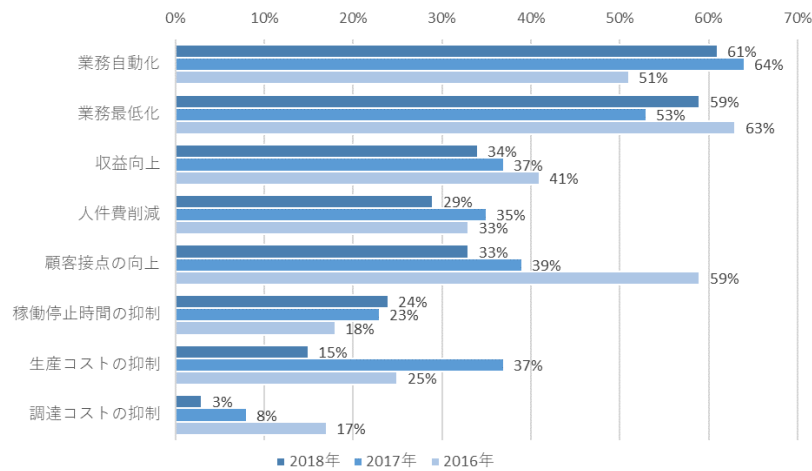
② IoT 等 B2B 向けプラットフォームの動向

プラットフォームレイヤでは、B2B 分野において、産業データ等を扱ういわゆる産業向け IoT プラットフォームの動向が注目される。

(1) 産業 IoT 関連市場の拡大

産業分野では、企業が厳しいマージンの下で事業を行っており、より大きな利益を生み出すために非効率性を排除することが課題となっている。IoT や AI などの新たな技術導入による、イノベーションがあらゆる業態においておきている。特に製造業をはじめとする産業分野においては、「インダストリー4.0」に代表されるように、IoT など先進的なソリューションを通じて、業務の自動化（オートメーション）、データ化等が進展している。

こうした IoT ソリューションの活用目的、業務の自動化・最適化が大きな理由となっているが、近年は、付加価値や顧客へのアウトリーチといった理由も増大している。



出所) BUSINESS INSIDER INTELLIGENCE

図表 3-16 世界のユーザ企業の IoT ソリューションの導入理由

代表的な導入目的やソリューションの類型を下表に示す。

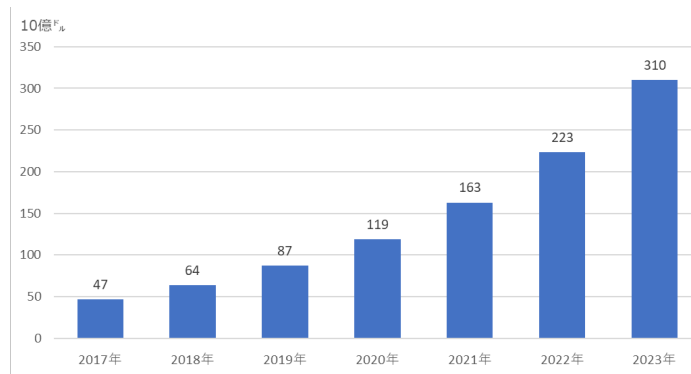
図表 3-17 産業用途の代表的な IoT 等導入目的・ソリューションの例

目的・ソリューション	概要
品質予測・分析	製造機器、環境条件、人による観察などの計測データから要素を抽出し、工場生産物の品質向上を図るもの。顧客満足度や製品のリコール抑制等資する、製品開発に役立つ品質予測モデルの構築など。
資産状態管理 (最適化)	機械や機器の状態を把握し、アセットのパフォーマンスを判断して、投資の有効活用に資する可視性の向上を図るもの。IoT 化されたデータを通じて、温度、振動、機器が最適に動作しているか否かの把握など。
予知保全分析	生産に影響を与える前に潜在的な故障を特定するために、産業用機器の状態を把握し、機器の寿命、作業員の安全性、およびサプライチェーンの最適化の向上を図る。機器の状況、正常性、性能を継続的に監視および推測して、リアルタイムな問題の検知など。

出所：各種資料をもとに作成

上記を実現する、いわば「インダストリー4.0」関連技術の市場は、多様な領域にセグメント化されている。IoT Analytics によれば、具体的には「設計ツール」「プロトタイピング・3D」「分析・業務効率化」「ロボティクス」「IoT・ミドルウェア」「トラッキング」「ウェアラブル」「メンテナンス予測」「検査」「現場ワークフロー」等に分類される。その市場規模（グローバル）は、2017年から2023年にかけて、年平均成長率37%で拡大すると予想し

ている。



出所) IoT Analytics Research より作成

図表 3-18 「インダストリー4.0」関連技術の市場規模 (グローバル)

(2) IoTプラットフォームの市場構造

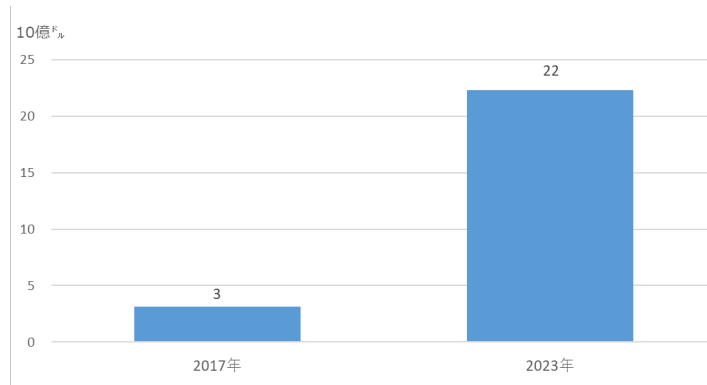
インダストリー4.0 関連技術に係る機能の多様化や汎用化に伴い、IoT 市場におけるプラットフォーム化によるサービスの横展開が進展している。サービスの種類は、プラットフォームを提供する事業者とユーザ側の境界線を軸に、多様な形態が存在する。下表に主な IoTプラットフォームの類型について示す。

図表 3-19 主な IoT プラットフォームの類型

種別	概要
接続プラットフォーム	IoT デバイスの接続の管理や接続された IoT デバイス向けの通信サービスの機能やソリューションを提供する PaaS (Platform-as-a-Service) 型サービス。
デバイス管理プラットフォーム	接続されたデバイスの構成や定期的なファームウェア/ソフトウェアの更新による最新状態を維持するための PaaS 型サービス。
クラウドプラットフォーム	IoT のアプリケーションおよびサービスに係るデータ管理向けにネットワークリソースの拡張性等を備えた IaaS 型のサービス
アプリケーションプラットフォーム	サービスとしてのソフトウェアソリューションを提供することで、開発者が IoT アプリケーションまたはサービスを迅速に開発・テスト・展開できる SaaS (Software-as-a-Service) 型のサービス。
分析プラットフォーム	IoT から収集したデータに基づき、AI などの高度な分析ツール用の SaaS ソリューションも提供する PaaS 型サービス。

出所：各種資料をもとに作成

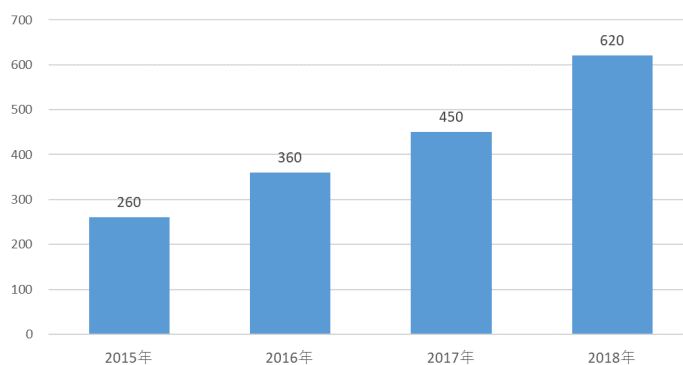
こうした IoT プラットフォームは、製造業に留まらず、農業、建設、コネクテッドカー、エネルギー、健康、公共サービス、小売、物流など多様な分野へ横展開している。IoT Analytics によれば、世界の IoT プラットフォーム市場（プラットフォーム利用料等の収益合計）2018 年から 2023 年まで年平均成長率 39%で成長しており、2023 年までに 220 億米ドルを超えると予測している。



出所) IoT Analytics Research より作成

図表 3-20 世界の IoT プラットフォーム市場規模の予測
(プラットフォーム利用料等の収益合計)

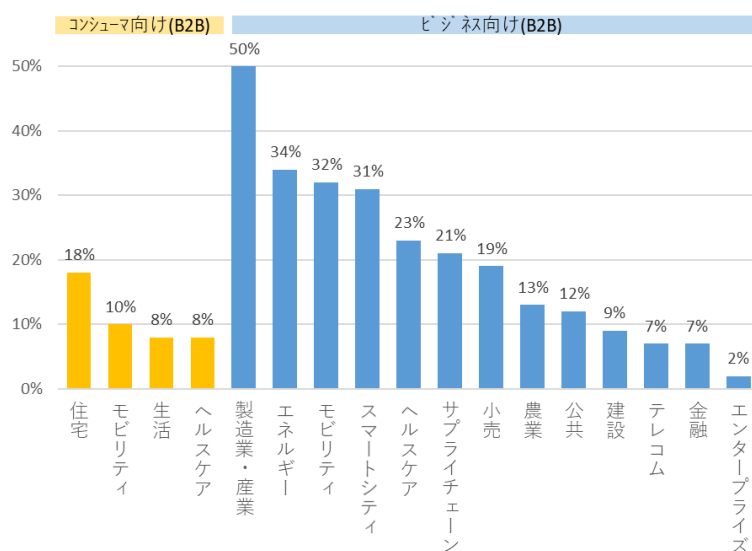
こうした IoT プラットフォームは、グローバル市場で年々増えており、2017 年時点で既に 450 社が提供しており、2019 年時点で 620 社へとさらに増大している。また、2017 年時点の 450 社の IoT プラットフォームのうち、47 は事業が終了し、70 が買収されるなど、競争が激しい状況にも関わらず、参入が堅調に続いている。こうした新たなプラットフォームや企業には、新興企業（2017 年に設立された IOtech など）や、大企業や企業間の合弁事業（2017 年に設立された Adamos）が含まれる。



出所) IoT Analytics Research より作成

図表 3-21 世界の IoT プラットフォーム市場
(プラットフォーム利用料等の収益合計)

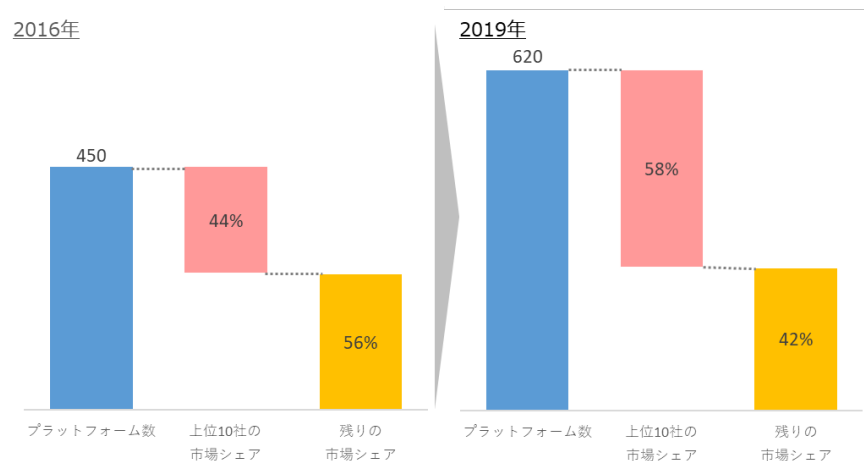
なかでも、IoTプラットフォームのターゲット領域は、コンシューマ向けIoTプラットフォームと比して、企業向けプラットフォームの占める割合は極めて大きいことが分かる。その中でも製造業が最も多く、IoTプラットフォーム事業者の約50%が、製造/工業用途にフォーカスしている。製造業の次に多いのが、エネルギー（34%）とモビリティ（32%）、スマートシティ（31%）となっている。



出所) IoT Analytics Research より作成

図表 3-22 対象分野・産業別のIoTプラットフォーム数

こうした競争や参入の背景として、産業向けIoTは、特定のユースケースや業界に焦点を当てることで、水平型に展開するプレーヤーが提供できない価値にフォーカスすることができる。具体的には、ユーザ企業と作りこみ（カスタマイズ）したソフトウェアプロジェクトを実施し、その後、当該ソリューションの要素を標準化することで、それらをプラットフォームとして販売する傾向が強い。しかしながら、このように市場が断片化されつつも、IoTプラットフォーム間での買収や合併は2013年には3件であったところ、2017年には25件となるなど、長期的には統合化する方向に向かっている。2016年では上位10社が市場シェアの約44%を占めていたが、上位10社が58%の市場シェアを占めているなど、IoTプラットフォーム市場の市場集中度が増していることがみてとれる。



出所) IoT Analytics Research より作成

図表 3-23 IoTプラットフォームの市場シェアの推移

特に、市場でマーケットポジションを有しているのが、大手クラウドサービス事業者、企業向けソフトウェアパッケージ事業者に加え、デジタル化事業を展開している大手 SIer や各分野の大手ユーザ企業が挙げられる。クラウドサービス事業者は、特に Amazon (AWS) と Microsoft が大きなシェアを占めている。両社は、IoTプラットフォームのメニューについて機能追加を続けており、マイクロソフトは 2018 年 4 月に IoT 製品に 50 億ドル (約 6,000 億円) を投じることを発表している。ソフトウェアパッケージの代表的事業者として SAP が挙げられ、自社の顧客基盤における製造業について多くのケーススタディを有していることから独自のポジションを築いている。こうした大手プラットフォームの展開において、他企業は生き残りをかけて、プラットフォーム競争から個々のソフトウェアアプリケーション (SaaS) の提供や分析業務など上流へと向かう構造変化が進みつつある。こうした従前の ICT 企業に加えて、新たなトレンドとして市場において台頭しているのが、デジタル化事業を展開している大手 SIer やユーザ企業である (次項)。

(3) IoTプラットフォームを軸とした事業展開例

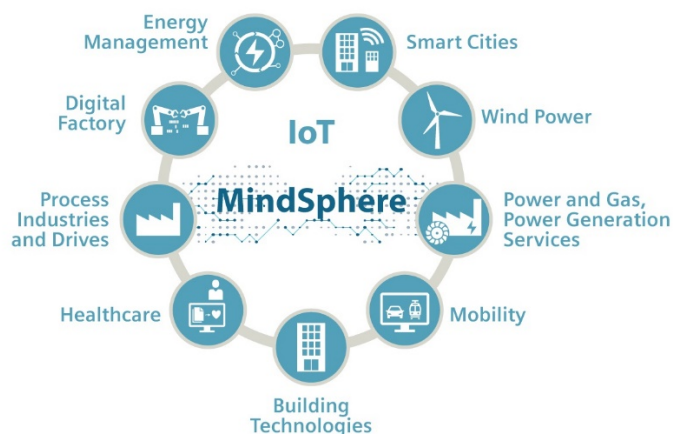
本項では、IoTプラットフォームの例として、デジタル化事業を展開している大手 SIer の事例として独 Siemens 及びユーザ企業的事例として独 Volkswagen についてみる。

1) 独 Siemens AG

Siemens は、電信・電車・電子機器の製造会社から発展し、現在では情報通信・電力・交通・医療・生産設備・家電製品等の広い分野で製造、およびシステム・ソリューション事業を幅広く手がけるコングロマリット企業である。同社は、世界各国の大手電機・製造メーカーと同様に、事情構造改革を続けてきた代表的な企業であり、競争激化に伴い収益性向上が見

込めない家電事業等の BtoC 事業から撤退し、高度な技術力に基づきヘルスケア・産業オートメーション・社会インフラの 3 つの BtoB 事業へ中核事業をシフトさせてきた。

Siemens は、現在こうした B2B・産業分野に焦点を当てたソリューションを提供し、製品・生産・運用等のいわゆる「デジタルツイン」を推進しており、その一環で、製品、工場、システム、設備等を接続し、高度な分析機能を備えたクラウドベースの IoT プラットフォーム『MindSphere』を展開している。



出所：Siemens

図表 3-24 Siemens の IoT プラットフォーム “MindSphere”

『MindSphere』は、幅広いデバイス及び企業向けシステムの接続、業務アプリケーション、高度な分析等が利用できるとともに、またシーメンスオープンなプラットフォームサービス (PaaS) 機能と、Amazon Web サービス (AWS)・Microsoft Azure・Alibaba のパブリッククラウドサービスへのアクセスの両方を提供することで、ユーザ自らのサービス・アプリケーションの開発環境を提供している。

2) Volkswagen

Volkswagen は、VW グループは年間約 1100 万台、1 営業日当たり 4 万 4000 台の車両を生産している大手自動車メーカーである。デジタル化の一環で、同社が称する「デジタルプロダクション」を目指しており、プレス機から塗装ロボット、組み立てロボット、ロジスティクスまで全ての設備をクラウドに接続することで、データをリアルタイムに収集し、機械学習アルゴリズムで各設備のパラメーターを調整し、生産効率を高めるものである。

同社は 2019 年に Amazon AWS と、自動車メーカーの製造工場とサプライチェーンを接続および管理するための、クラウド上の産業用デジタル制作プラットフォーム「VW Industrial Cloud」を協業して構築することを発表した。VW グループは世界に 122 の工場を抱え、世界全体で 1500 を超えるサプライヤーが、毎日 1 億個近い部品を生産し、1 万 8000 台のトラックで出荷しているが、各工場がバラバラに生産システムを導入していた課

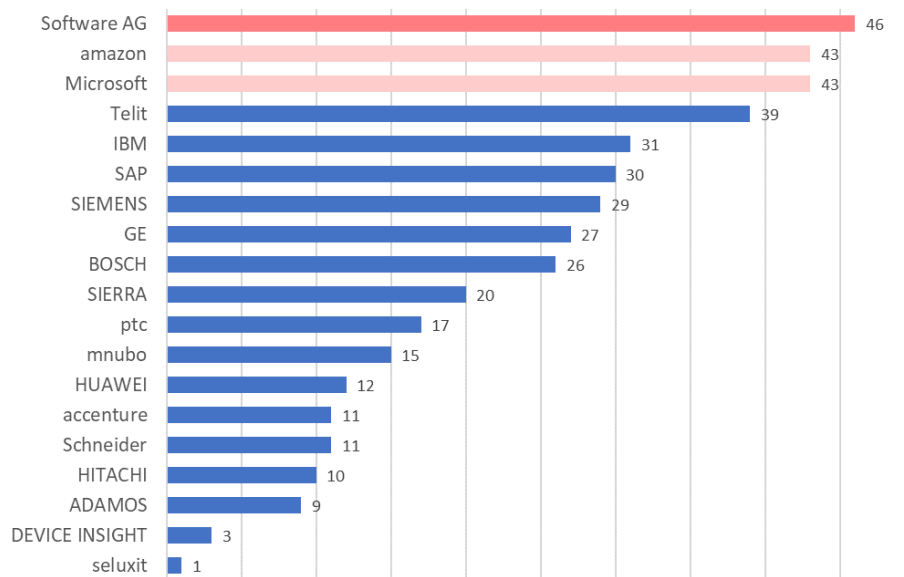
題があった。Volkswagen Industrial Cloud は、自社の工場とそのサプライチェーンのパートナーを含む 30,000 以上の施設からのデータをクラウドに統合し、生産および物流プロセスをさらに効率化する取り組みである。プラットフォームの具体的な機能として、AI を利用して、生産機械の予測的なメンテナンスを実施するほか、車両のリワークを削減することを焦点に、15 ほどのアプリケーションを定義して、標準化されたアプリとしてすべての工場に利用可能にしている。同アプリケーションの実用化のみでも、2025 年末までに約 2 億ユーロのコスト削減効果が見込まれている。

現在開発されているソリューションおよびアプリケーションは、オープンなエコシステムを形成し、他の企業でも利用可能にすることで、サービス展開する計画としている。自動車分野に限定せず様々な分野における複数のパートナー企業との共同利用と開発を推進することによって、プラットフォームやサービスを自社開発することなく、システム内のシナジーを活用するという大きな利点を得ることを目的としている。

また、同社は AWS の他、前述の Siemens ともパートナーとなっている。Siemens は、Volkswagen Industrial Cloud の構築に向けて設備のネットワーク化等を支援する一方で、Siemens および機械設備のサプライヤーは、MindSphere の IoT プラットフォームにおけるアプリケーションと Volkswagen Industrial Cloud で利用できるようにする。すなわち、プラットフォーム間の連携である。

(4) B2B におけるエコシステムの形成

前項の Siemens や Volkswagen の例のように、産業向けプラットフォームでは、グローバルで多数の企業が参入し競争が激化する中、技術や機能の範囲等に応じて、複数の企業（プラットフォーム）との連携による、パートナーのエコシステム形成が進展している。プラットフォームのユーザにとっても、異なるプラットフォームのソフトウェア等を利用できるメリットを享受することができる。特に、欧米の大手プラットフォーム事業者のパートナー数は非常に多く、Software AG・Microsoft・Amazon は 40 社以上と、パートナーリングに注力しており、市場におけるポジショニングや収益性を支えていると言える。



出所) IoT Analytics Research より作成

図表 3-25 IoT プラットフォームのエコシステムの規模 (パートナー企業数)

こうしたパートナーの技術的メリットは、IoT プラットフォームを提供する事業者が自らの技術の強みに投資と開発等に集中できると同時に、その他の活動全体で他事業者の知見や蓄積にアクセスすることで、イノベーションを実現し、プラットフォームの価値を高めることができる。例えば、ハードウェアベンダーとのパートナーリングでは、プラットフォームとデバイス間の相互運用や適切認証を実現するものである。

また、事業上のメリットとしても、複数のパートナープログラムに参加することで、共同でのソリューション展開等の事業機会につながる。特に、小規模な事業者は、PoC や試験的な取組を通じて実装しない限りは開発環境や専門的な人的リソースへのアクセスが難しいところ、プラットフォームがすでに広く採用されている大規模事業者と提携することで、そうした環境やリソースのメリットを享受することができるといえる。

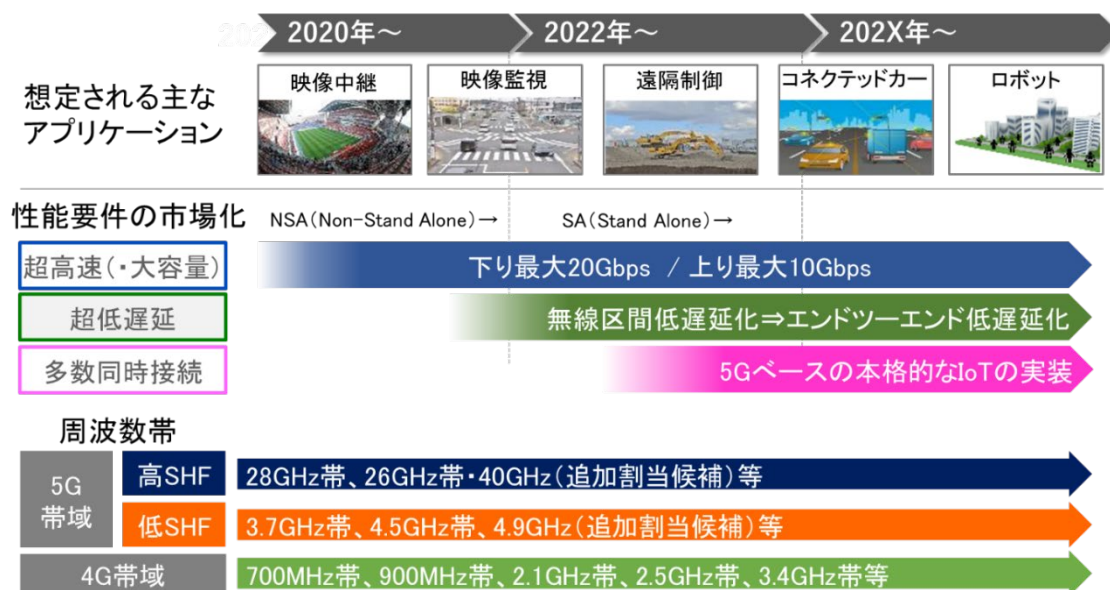
4. 5G がもたらす社会全体のデジタル化

4.1 5G の社会実装

5G は産業・社会の基盤となることが期待される技術であるが、社会への実装はどのように進むだろうか。5G の商用開始から当分の間は、移動通信のコアネットワークは4G のものを引き続き使用しつつ、無線アクセスネットワークとして 5G NR 基地局と 4G/LTE 基地局とを使用する NSA 構成での運用となる。この段階では、通信需要の高いエリアを対象とした超高速サービスの提供が想定されていることから、5G の社会実装に関しても、超高速・大容量の特長を活かした映像系のアプリケーション（映像中継、映像監視等）から進むものと想定されている。

その後、コアネットワークが4G のものからネットワーク・スライシング等に対応した5G コアネットワークに置き換えられていき、SA 構成で NR 基地局が運用される段階に達すると、超高速だけでなく超低遅延や多数同時接続に対応したサービスの提供がより進むことが想定される。具体的には、遠隔制御やコネクティッド・カー、ロボット等の I o T 関係の実装が進んでいくことによって、5G の真価が発揮されることとなる。

図表 4-1 5G の社会実装に向けたロードマップ



出所：三菱総合研究所

4.2 各産業・分野における5Gの実装と期待される効果

5Gはどのように社会実装が進展していくであろうか。ここでは、産業系分野や社会・地域系分野から8つの分野・業態（セクタ）毎に社会的課題・ニーズ、5Gの具体的なユースケース、期待される効果等についてみていく。

4.2.1 農業

① 農業が抱える課題

ア) 農業担い手や熟練者不足等に伴う技術継承

我が国の一次産業においては、就業人口の高齢化や、産業の生産力の低下が根本的な課題となっている。例えば農業分野では、将来、農業人口は減少傾向にあり、また担い手の高齢化率は2020年には64%に達する⁹⁶。農業生産を維持するためには、高齢化に伴う熟練者等の匠の技の継承による新たな担い手の育成と確保、担い手への農地集積や定住のさらなる促進、効率的な生産体制の確立へ向けた支援が急務となっている。

イ) 農業における定住促進

耕作地も様々な施策で対策が図られているものの、農業面積の推移見通しとしては減少が続く見込みである⁹⁷。それに伴い農村のコミュニティ（農家集落数の推移）の衰退が予想される。地域農業の持続性確保と農村地域の生活環境改善に資するため、医療・福祉・教育・交通といった農村地域に定住するための条件を維持確保することも中長期的な課題となっている。

② 現状のICT活用に係る取組

近年は、農業におけるIoTの活用など、農産物の収量・品質の安定化、新規就農者の増加に効果があると期待されていることから、地域振興やスケールメリットを得る観点から、IoTを活用して地域経営としての最適な栽培等の仕組みを導入している取り組みもみられる。いわゆる「スマート農業」の実現である。具体的には、農家もつ個々の経験やノウハウをデータ化し、データ分析・活用可能な営農指導員が一元的に分析・フィードバックを実施する等である。他方、育成データ等に基づく生産自動化・無人化システムの導入を想定しても、データ分析・活用ができる高度専門人材がおらず、十分な効果が得られる保証がなく実現に踏み出せていないという新たな課題も同時に解決していく必要がある。

また、近年注目されている農機の自動化は、人の力だけでは重労働である耕耘等作業を短時間で効率的かつ正確に行うことができることから、担い手不足や高齢化が課題となって

⁹⁶ 「21世紀の社会構造に対応する農業農村整備の展開方向」平成17年10月（農林水産省）

<http://www.maff.go.jp/j/council/seisaku/nousin/kikaku/h17-1/>

⁹⁷ 「荒廃農地の現状と対策について」平成28年4月（農林水産省）

http://www.maff.go.jp/j/nousin/tikei/houkiti/pdf/2804_genjo.pdf

いる農業の現場での活用が期待されている。一方、農機自動運転の実現に向けては、遠隔で無人農機を操作するには人身事故が起きないように、農機の周りを作業員が監視することが欠かせない等、安全性確保が極めて重要となる。現在は安全性確保の自動化レベルは、レベル2（使用者の監視下での無人状態での自律走行）が実証段階を経たところである。すなわち、無人で自律走行（ハンドル操作、発進・停止、作業機制御を自動化）として、使用者はロボット農機を常時監視し、危険の判断、非常時の操作を実施できるものである。現在は、農業関連業界が2020年のレベル3（無人状態での完全自律走行）モデルの実用化に向けて取り組んでいるところである。

2019年度からは、スマート農業技術を生産現場に導入し、農業経営への効果を検証するスマート農業実証プロジェクトを開始している。

③ 農業における5Gのユースケース

スマート農業における現在のICT活用状況を踏まえた、5Gを活用したユースケースとしては、以下の例が挙げられる。

1) リアルタイムでの遠隔モニタリング

農場等に固定した高精細カメラや、ロボットやドローン等に設置した移動カメラからの映像を、5Gの回線を利用して超高速かつ超低遅延で伝送することで、リアルタイムでのモニタリングを行うことができる。例えば、農地や作物生育の状況、家畜の状況等を確認することができ、このモニタリング結果を基に目視によらず適切な栽培・飼養管理を行うことができる。

特に、5Gを通じて高精細な映像がリアルタイムで活用できる点は、高精細映像がビッグデータの一部となり、かつ、AI解析にかけられるメリットがある可能性がある。例えば、気温や湿度等のセンサーから収集した多様な観測データをクラウド基盤上で分析し、日照量や水分量などを自動管理・制御するといった取組等において、新たに映像情報が加わることで、リモートセンシング技術の活用やAI解析による精度向上が期待されている。また、AIが分析した生育ステージに応じて施肥を行うなど、データの活用により作業の最適なタイミングを判断することで収穫量の増加や品質向上が見込めるほか、鳥獣被害や不審者侵入等の異常（リスク）検知等にも応用可能となる。

◎リアルタイムでの遠隔モニタリングに関する取組事例

2019年度の総務省5G総合実証試験では、畜産業における労働負担の軽減と経営の効率化を目的として、牛舎において、牛群から耳標（耳に付けた識別番号）を画像認識することで、牛の位置を特定するとともに、搾乳量の減った牛の映像をリアルタイム伝送することで遠隔モニタリングする実証試験を実施した（図表4-2）。画像認識では、最大90%の精度で耳標の読み取りを実現し、牛を探す時間を削減できるといった効果がみられた。

図表 4-2 牛の遠隔モニタリング（総務省 5G 総合実証試験）



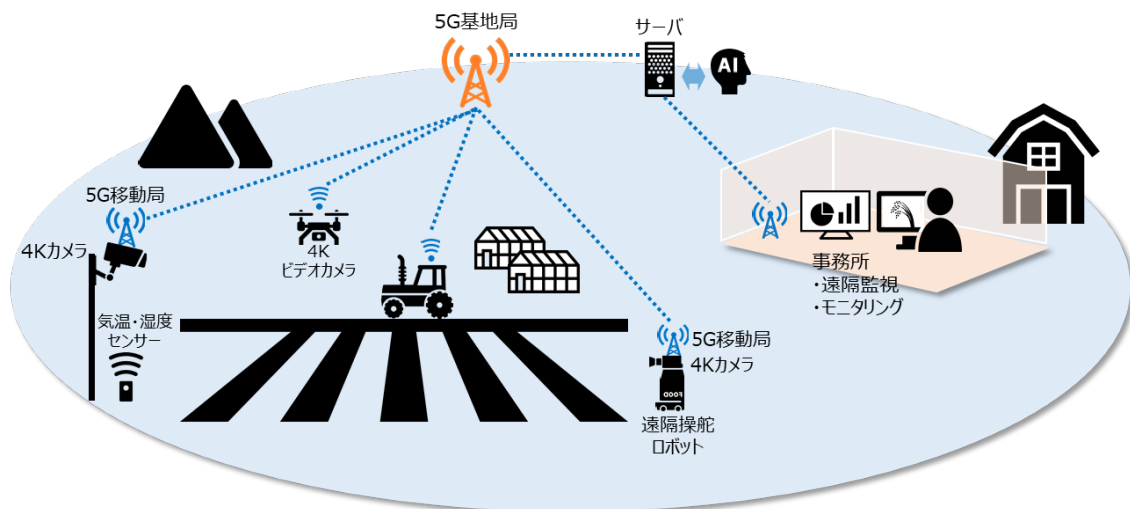
出所：総務省作成資料

2) 遠隔指導・支援

現場の高精細カメラやスマートグラス等のデバイスを活用し、5Gを介して映像伝送することで、遠隔地から専門家（例、専門医、ベテラン技術者や指導員等）による指示やサポート（新規就農者への技術指導等）を行うことができる。また、ビッグデータとAI解析により、いわゆる熟練者による「匠の技」を見える化したデータ基盤と連携することで、例えばスマートグラス等へ5Gを介してリアルタイムなフィードバックを行うことも可能となる。環境情報や生育情報のデータ化、栽培手法（匠の技）の見える化とそれによる収穫・品質の安定化や、最適栽培ロジックのアウトプットから生産指導ができる営農指導員を遠隔で抱えることでデータ活用に資する人材不足等の課題解決にもつながるといえる。

3) 農機等の遠隔監視

現在、市販化されているロボットトラクタでは、接近検知による自動停止装置の装備等によってリスクを低減しつつ、使用者は、自動走行する農機をほ場やほ場周辺から常時監視し、危険の判断、非常時の操作を実施している。一方で、現在、更なる自動化、省力化に向けて、目視できない条件下で、無人のロボット農機がほ場間を移動しながら、連続的かつ安全に作業できる技術を開発しているところである。こうした無人走行システムの社会実装に当たっては、車両や周辺状況を農業者が遠隔地から監視する必要があるが、こうした通信に当たり、超低遅延等の特長を有する5Gの利活用が期待されているところである。



出所：三菱総合研究所

図表 4-3 農機等の遠隔監視のイメージ

◎農機等の遠隔監視に関する取組事例

NTT グループ、北海道大学及び岩見沢市は、5G などの技術を取り入れたスマート農業を実用化するため連携協定を結び、岩見沢市内の農地で無人トラクターを使った農作業に取り組んだり、センサーやカメラで作物の生育状況を把握したりする実証実験を手掛けている。5G のほかに岩見沢市が現在整備中の BWA 等の最新技術を組み合わせることで、遠隔監視による無人状態での完全自動走行に求められる超高速・超低遅延で信頼性の高いネットワークの実現を目指している。

図表 4-4 無人トラクター



出所 NTT 東日本等 報道記事

④ 期待される効果等

農業は、データに基づく科学的な経営と営農規模が拡大することで、生産性の改善余地が大きいと言われている。今後 5G が遠隔監視・モニタリングや遠隔操作等のユースケースを

通じて「スマート農業」の実現に貢献することで、農作業の効率化による人手不足の解消に加え、正確かつ確実な農作業による品質向上等の高付加価値化も期待される。また、ICTのみならずロボット（例. AI 技術を活用した収穫ロボット、農薬散布用ドローン、搾乳ロボット）やバイオの新技术の積極的の導入により、5G との接続が想定されるとともに、商業市場も顕在化するであろう。

ロボット、AI、IoT 等の先端技術を活用したスマート農業において、リアルタイムでの遠隔モニタリング、遠隔指導・支援、農機等の遠隔監視等へ5G を活用することで、作業の自動化、データの活用などを通じた生産性向上効果がさらに高まることが期待される。また、5G の活用は、スマート農業による生産性の向上のみならず、過疎地域における生活環境の改善による定住促進などコミュニティの維持、活性化につながることも期待される。

今後、農業・農村における5G の活用に当たっては、その利用環境の整備状況や導入コストも念頭に置きながら、現場のユースケースを具体化していくことが重要である。

4.2.2 インフラ・建設分野

① インフラ・建設分野が抱える課題

ア) 社会インフラの老朽化に伴う維持・更新

我が国のインフラ・建設等分野においては、深刻な老朽化と維持・更新に係るコスト負担が課題である。高度成長期以降に整備されたインフラについて、公共施設（市区町村保有の主な公共施設）の延べ床面積は1970年代に最も増加しており、その時期に建設された公共施設は2040年には築60～70年になる。国土交通省の試算によると、社会資本に係る維持管理・更新費は2013年度で約3.6兆円であり、10年後の2023年には4.3～5.1兆円、20年後の2033年には4.6～5.5兆円程度になるものと推定している⁹⁸。今後40年間における1年当たりのインフラ施設及び公共施設の更新費用は、近年の新規整備と更新費用の合計を上回ると推定されている。2060年度までに建設後50年を経過する社会資本は半数を超え、必要な更新費は約190兆円と推計している。投資総額の水準を横ばいと仮定すると、2037年時点で維持管理・更新費すら賄えなくなる可能性がある」と指摘されている。

イ) 人員不足による省力化・効率化、熟練者不足等による技術継承

他方、建設や港湾といったインフラ業の現場における人員不足・熟練作業員不足等もまた大きな課題となっており、省力化や効率化が必要となっている。建設業就業者数は、2018年平均で503万人であり、ピーク時（1997年平均）から約27%減少している。また、建設業就業者数の高齢化も進行しており、2018年度時点で、55歳以上が約35%、29歳以下が約11%と高齢化が進行し、次世代への技術承継が必要となっている。特に、小規模な建設業

⁹⁸ 社会資本整備審議会・交通政策審議会技術分科会技術部会「社会資本メンテナンス戦略小委員会」での審議を踏まえ、国土交通省において試算した結果。対象は社会資本10分野（道路、治水、下水道、港湾、公営住宅、公園、海岸、空港、航路標識、官庁施設）の、国、地方公共団体、地方道路公社、（独）水資源機構が管理者のもの。

者ほど、後継者問題を課題としている割合が高いと指摘されている。

② 現状の ICT 活用に係る取組

国土交通省の「i-Construction」では、調査・測量から設計、施工、検査、維持管理・更新までの全ての建設生産プロセスで ICT 等を活用し、これまでより少ない人数、少ない工事日数で同じ工事量の実施を実現することで、建設現場の生産性を 2025 年度までに 2 割向上することを目指している。

例えば、距離と角度を同時に測るトータルステーション (TS) や衛星測位システム (GNSS) を使った高精度な測位技術をベースに、建設機械に 3 次元設計データを取り込み、施工機械の作業装置の自動制御等を行うマシンコントロール (MC) やオペレーターに操作ガイドを表示するマシンガイダンス (MG) 等の機械施工を効率的に行う技術、そして、品質管理を確実に行う技術等が進展している。これにより、従来施工で必要とされた、設計図から指標 (測量ポール等) や丁張りを設置して、当該指標や丁張りを目安に施工と確認やオペレーターへの指示を繰り返すことが不要になり、実現設計図を現場に再現することで、施工用指標・丁張りや目安も不要又は減少する。

③ インフラ・建設分野における 5G のユースケース

インフラ・建設分野において現在進められている ICT を活用した点検や施工等も踏まえると、今後の 5G を活用したユースケースとしては以下の例が挙げられる。

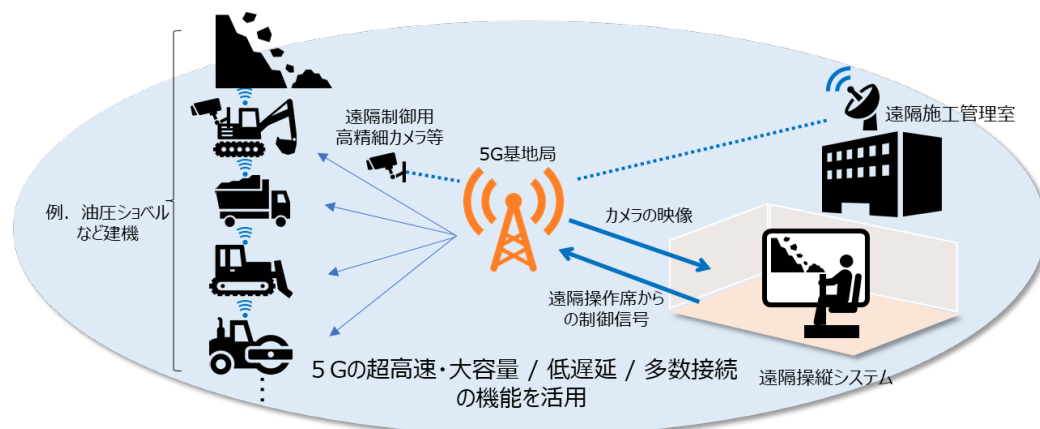
1) インフラ点検

現場に設置された固定カメラや、ドローンや点検車両等に設置された移動カメラからの映像を、5G の回線を利用して超高速かつ超低遅延で伝送することにより、リアルタイムの監視・管理を行うことが可能となる。特に、LTE や Wi-Fi などの従来の通信技術では困難であった、4K・8K 等のより高精細な映像の伝送によって監視業務の精度が高まるとともに、AI 技術を活用して情報量の増した映像を解析することによって、電線、道路、建物の外壁、鉄道の線路等における早期の異常検知等を行うことができる。より現場に近い「エッジ」と呼ばれる領域のサーバで演算等の処理を行い、5G の超低遅延性を発揮することで、よりリアルタイムに検知を行い、フィードバックすることも可能となる。

2) 建機等の遠隔操作・制御等

建機の遠隔操作・制御等では、映像データや操縦指示の制御信号など、多くの情報を送受信できる無線通信システムの構築が必要となるが、大量の映像等を求める場合には、従来の Wi-Fi 等では通信の遅延、速度・容量の不足等の課題があった。5G を用いることで、高解像度の映像を低遅延で通信することが可能となり、多くの建機を同時に遠隔操作・制御できるようになる。システム全体で発生する遅延の抑制等の技術的課題はあるものの、遠隔操

作・制御等に係る技術水準は向上しつつある。



出所：三菱総合研究所

図表 4-5 建機等の遠隔操作・制御等のイメージ

◎建機等の遠隔操作・制御等に関する取組事例

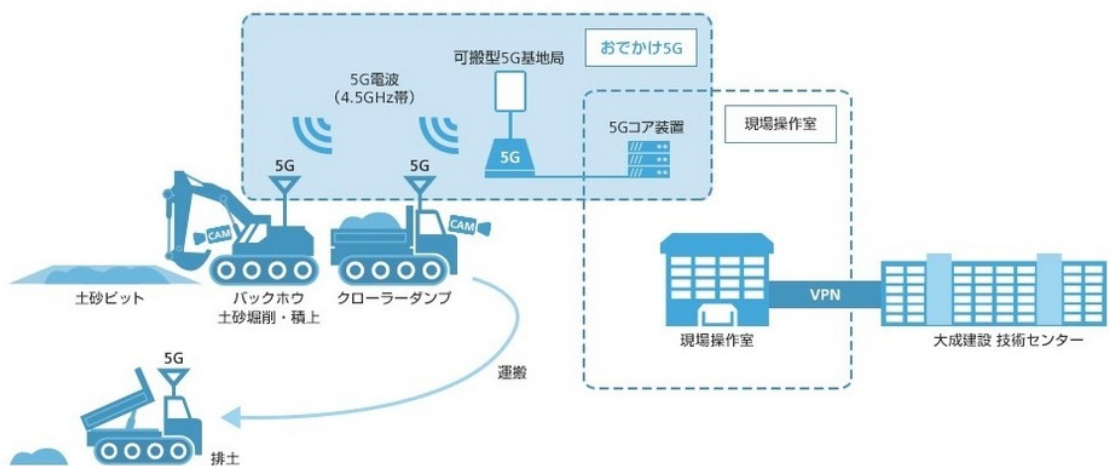
5Gの超高速・大容量の特長を活用した試験として、総務省5G総合実証試験が行われている。2017年度の試験においては、工場敷地内（屋外）に5G基地局を設置し、高精細カメラ映像伝送により重機（バックホウ）1台を遠隔操縦してブロック積み上げ作業を行う実証試験を実施した。5G通信を用いた作業では、高精細映像伝送によるオペレータへの情報提供量増大により遠隔操縦の負荷の軽減について検証した。2018年度の試験においては、土砂災害における迅速な復旧を想定し、土砂の掘削積み込みやクローラダンプの運搬・荷下ろしの遠隔操縦において、高精細な映像の低遅延な伝送により、作業効率の改善を目指す実証試験を実施した。現場の映像、音、振動を低遅延で伝送するなど搭乗時に近い操縦環境を実施したところ、搭乗時に比べて5Gを用いた遠隔操縦では1.27倍となり、既存技術（Wi-Fi）を用いた場合の作業効率（搭乗操縦の所要時間／遠隔操縦の所要時間）0.5～0.6と比べて、0.79と作業効率低下を約2割に抑制した。さらに、2019年度の試験では、造船業におけるクレーンの玉掛作業での安全確保支援に関する実証を行った。通常、玉掛作業では操縦者からの死角が多いため、音声で指示に従いクレーンを操作しているが、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4K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を提供した際の5G性能を評価し、その効果を明らかにした。

図表 4-6 高精細映像によるクレーン等の安全確保（総務省5G総合実証試験）



出所：総務省

大成建設とソフトバンクは2019年6月に5Gを用いた、建設機械の自動運転と精細映像伝送の実証実験に成功したと発表している。ソフトバンクが開発した局地的に電波品質の高い5Gを提供できる可搬型設備「おでかけ5G」を建設現場で初めて活用し、大成建設が開発中の遠隔操作と自動制御が可能な建設機械システム「T-iROBO シリーズ」の連携について実証実験を行った。自動制御式のバックホウ（土砂掘削・積上）およびクローラードンプ（運搬・排土）におでかけ5G送受信装置を搭載し、実験場の現場操作室と、建設機械の操作拠点である大成建設技術センター（横浜市戸塚区）を有線ネットワーク（VPN）で接続した。現場操作室および大成建設技術センターのそれぞれから、建設機械の自動運転操作や搭載したカメラ映像の伝送状況を確認し、4Gに比べて映像の遅延時間が約10分の1以下と大幅に短くなったことを確認した。この結果、建設現場における土砂の掘削・積上・運搬・排土に至る一連の作業について、高精細映像で状況を把握し、建設機械間の制御と同時に安全も監視しながら、現場作業を実施することに成功した。



出所：大成建設等 報道資料

Response.

図表 4-7 実証実験概要

④ 期待される効果等

5G と多様な技術が連携した点検や施工により、現場での作業員の負担を減らし、工期短縮や省人化、手戻りの大幅な減少が可能となり、作業の効率化、品質確保につながる。

インフラ点検では、技術者の判断支援に 5G や AI 等の多様な技術を活用し効率的かつ品質を確保した予防保全を行うことで、長期的には、社会資本の長寿命化の推進や維持管理・更新費等のトータルコストの縮減・平準化が期待される。

また、災害時等における建機等の遠隔操作・制御や高精細映像の伝送における 5G の活用は、より高度な技術実装を加速し、施工における品質確保とともに、効率化につながり、現場における労働時間低減等の働き方改革にも寄与するといえる。将来的には、自律型建機等が実現すると、災害時等以外でも活用可能となり、人員不足に起因する課題解決は一層進むであろう。加えて、品質を維持したまま機器を長時間稼働させることも可能となるため、工期の大幅な短縮をはじめ新たな施工の仕組みが生まれ、コスト削減のみならず付加価値を生むようなビジネスモデルにつながる可能性がある。

こうした施工技術や仕組みは、建設のみならず、類似の制御機能や機器を扱う業態や現場への応用・横展開も広がると予想される。こうした次世代の施工の仕組みを実装する事業者やプラットフォーム等の登場により、新たな業態・ビジネスの創出も予想される。

4.2.3 医療等分野

① 医療等分野における課題

ア) 地域等による医療格差の解消

我が国の医療・介護需要は増加しており、特に高齢化が進行している地域において今後顕著に進展すると予想されている。医療・介護需要が増加する一方、全体的な医師不足及び地域的な偏在が課題となっている。特に、過疎地域や山間地域では、患者の容態が重篤な場合における高度な医療機関への搬送には時間を要し、診療所等での処置が占める重要性は大きい。そのため、へき地診療所等における医師確保は急務となっている。また、要介護認定者数が増加する一方で、介護施設職員の定着率が低くなってきており、労働力の確保や専門職人材の育成も課題となっている。理学療法士・作業療法士・言語聴覚士・専門医が不足することで遠隔地への往訪はますます困難となっている。こうした地域では高齢者の独居・老老世帯が多い一方、ケアを行う家族も不在な場合も多いことから、在宅療養者・患者の増加等による医療資源の負担が増加し、普遍的な医療提供が課題となっている。

イ) 医療現場の働き方改革

加えて、医師等の不足を背景とした、医師の長時間労働や医療機関全体としての効率化も課題となっている。例えば、救急・集中治療領域において、集中治療室における重症入院患者の治療は昼夜を問わない手厚い医療提供体制が必要であり、各診療科の主治医が外来・手

術等の本来業務に加え、夜間も集中治療室において重症患者の治療にあたらなくてはならない等、医師の長時間労働の一因となっている。

また、新型コロナウイルス感染症の世界的流行下では、通院による患者や医療従事者の感染リスクを ICT を用いることで低減させる施策も求められている。

② 現状の ICT 活用に係る取組

医療等分野における ICT を活用した代表的な取組としては、オンライン診療が挙げられる。オンライン診療に対する需要の高まりを背景に、厚生労働省は 2018 年 3 月に「オンライン診療の適切な実施に関する指針」を発出、平成 30 年度診療報酬改定において「オンライン診療料」等が創設されたところである。オンライン診療においては、可能な限り多くの情報を得るために、リアルタイムの視覚及び聴覚の情報を含む ICT の積極的な活用が望まれる領域である。

また、医療機関の働き方改革に向けては、例えば、厚生労働省が進める「Tele-ICU 体制整備促進事業」では、夜間休日等において、遠隔から適切な助言を行い、若手医師等、現場の医師をサポートし勤務環境を改善するため、複数の ICU を中心的な ICU で集約的に患者をモニタリングし、集中治療を専門とする医師による適切な助言等を得るための取組が進められている。集中治療専門の医師が監視を行いつつ、必要時に現場の医師に助言を行うことで、集中治療専門の医師の有効活用が可能となる。

③ 医療等分野における 5G のユースケース⁹⁹

1) 遠隔コンサルテーション

遠隔コンサルテーションは、離れた医師間で患者の診療情報や検査画像等を共有しながら診断・治療方針等に関して相談するものであり、医師の地域偏在といった課題に貢献できると考えられている。5G によって、4K8K のような大容量・高精細映像やバイタルデータが逐次送受信可能となれば、遠隔にいる医師は患者の状態をより詳しく確認できるようになり、適切な診療や指導につながると想定される。具体的には、過疎地域の診療所の医師が、高精細カメラで撮影した患者の様態、エコー画像、バイタルデータ等を遠隔地にある病院の専門医に 5G を用いて伝送し、リアルタイムかつ双方向で専門医の助言や指導を受けながら、診断や治療に当たることが想定される。

◎遠隔コンサルテーションに係る取組事例

総務省 5G 総合実証試験において、2017 年度に実施した試験では、和歌山県立医科大学から約 30km 離れた国保川上診療所の付近まで、1Gbps の光専用線を敷設し、診療所までのラストアクセス（約 100m）は 28GHz 帯 5G 無線装置を用いた高速通信で接続し、複

⁹⁹ 総務省において、5G 等の医療分野におけるユースケース(案)を作成し、公表している。
https://www.soumu.go.jp/menu_seisaku/ictseisaku/ictriyou/iryoku_kaigo_kenkou.html

数の症例について高精細映像伝送を活用した遠隔診療サービスの高度化に関する実証試験を実施し、映像や画像のリアルタイム共有により、医師間のコミュニケーションや、新たな所見を得るための確認行為が円滑に進むことを実証した。

2018年度に実施した試験では、5Gを介した高精細映像伝送により、訪問診療における循環器内科診療を想定した専門医による遠隔サポート等の実証試験を実施した。具体的には、診療所医師が心疾患の既往歴のある患者宅を訪問診療し、5Gを介して超音波診断装置（エコー）の映像等を県立医大の専門医に共有し、4K TV 会議システム越しに助言を得ながら診療を進め、訪問診療先の患者、医師双方から、臨場感や実用性について好評を得た。

2019年度に実施した試験では、さらに、山間へき地での診療において、医療の地域格差や専門外の診療科の診療をする地域診療所の医師の負担を緩和するために、都市部の総合病院と同じ、高機能な医療機器や高精細映像を用いて、遠隔の専門医による指示の下で高水準の医療の提供を目指し、高機能エコー、ベットサイドモニタ、4K 接写カメラ、俯瞰カメラを搭載した高機能移動診療車（ハイパートクターカー）を医師とともに地域診療所付近へ派遣し、和歌山県立医科大学の専門医、診療所の医師とも連携した高度遠隔移動診療の実証試験を実施し、高精細映像を通じて遠隔地の診療所および移動診療車でも専門医と連携した診察が行えることを実証した。

図表 4-8 5Gを活用した高度遠隔移動診療（総務省 5G 総合実証試験）

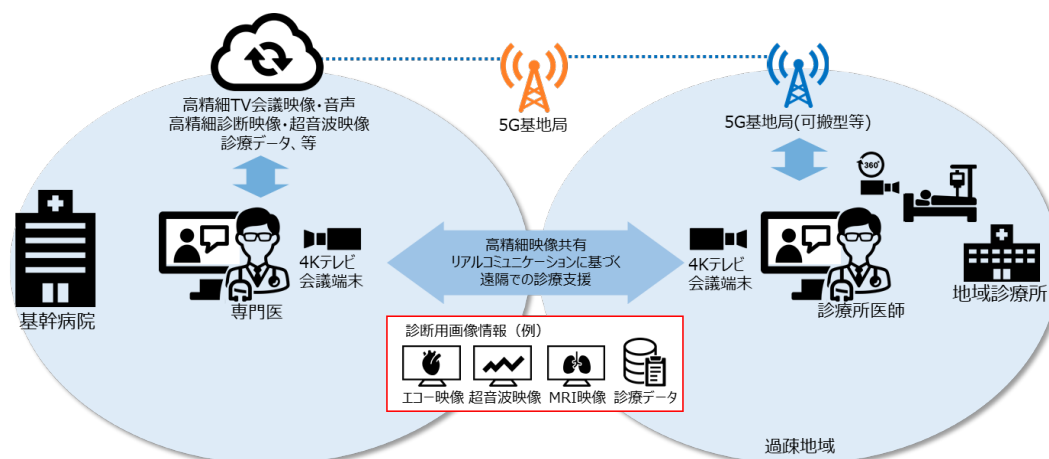


出所：総務省資料

2) 医療機関における通信環境の提供

医療機関内の通信環境の改善・整備は、医師の働き方の改善にもつながると考えられる。大病院は、病室数が多く、病棟が離れていることもある。医師と看護師の連絡は、主に院内 PHS・携帯電話での音声通話となるが、電話では伝わらない部分もあり、医師が頻回に患者の所へ行くケースもある。5Gにより、医師と看護師間で大容量・高精細映像が送受信でき

るようになれば、医師はより正確で迅速な判断をすることができる。これにより、現場の看護師への指示で対応が完結できたり、緊急性のあるものであれば、適切な初期アクションを取ったりできるようになる。例えば、巡回している看護師が患者の異変に気づき、5G携帯端末で4K映像を医師と共有し、医師が患者の様態を確認して、すぐに治療が必要と判断したら、看護師に必要な対応を指示した上で、自身は治療室へと向かって治療の準備を進めることができる。



出所：三菱総合研究所

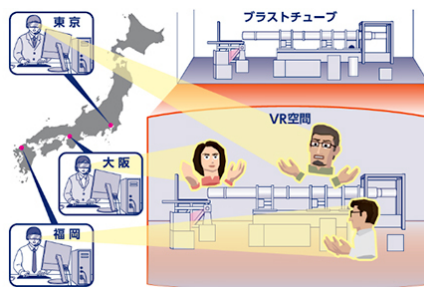
図表 4-9 医療機関における通信環境の提供のイメージ

◎通信環境の提供に係る取組事例

防衛医科大学校、KDDI 及び Synamon は、5G と VR システムを活用した災害対応支援の実証実験の一環で、医療教育現場における VR システムを活用した遠隔教育に関する実証実験を行った(2019年8月発表)¹⁰⁰。防衛医大が我が国で唯一有している爆傷治療技術研究の設備「ブラストチューブ」を実証実験のフィールドとして使い、5G と VR を組み合わせ、VR 空間上での設備見学やディスカッションなどの双方向コミュニケーションに関する実証実験を実施した。具体的には設備の設置場所に高精細の 360° カメラを配置し、その映像を、5G を通じて VR 空間に配信、投影し、VR 空間を遠隔地にいる複数の参加者が共有できるようにした。これにより、集合が難しい場所でのバーチャル会議や高精細映像による遠隔からの設備視察などの有効性について確認した。

¹⁰⁰ https://www.weeklybcn.com/journal/news/detail/20190830_169296.html

図表 4-10 医療教育現場における遠隔教育（防衛医科大学校・KDDI・Synamon）



出所：報道資料

④ 期待される効果等

このような医療等分野における5Gの利活用は、5Gのエリア化が進むにつれ、将来的には都市部・ルーラル地域を問わず、全国に波及していくことが想定される。これにより、全国的な高水準の医療体制・サービスの確保、患者及び医療従事者双方の負担の軽減、医療従事者の働き方改善につながることを期待される。

4.2.4 製造業

① 製造業が抱える課題

ア) 労働生産性の向上

2018年における日本の就業者数は約6,664万人であるが、うち製造業の就業者数は約1,060万人¹⁰¹である。10年前の2008年比では約91万人減となっており全就業者に対する割合は18%から15.9%と減少している。また、製造業の国内生産性¹⁰²は2010年以降低下傾向が止まらず、2016年は97.2%となっている。この就業者数の減少や生産年齢の高齢化等による労働生産性の低下により、製造業の生産額、GDPに占める割合は今後も減少することが予測される。製造業では、従前より生産性を高める取り組みを行ってきたところ、更なる生産性向上が求められている。

イ) 品質向上や多品種少量生産への対応

近年では、年齢や性別、地域、季節などの顧客ニーズの多様化に伴い、多彩な商品が市場に流通し、商品のライフサイクルが早まっている。こうしたニーズに合わせて類似性（機能・デザイン）の低い商品を、一つの商品をさまざまな仕様で少量ずつ生産する多品種少量生産に係る取り組みが増えている。ドイツのIndustrie 4.0においても提唱されているとおり、こうした生産方式を通じて、企業が実現を目指す1つの姿として、大量生産のように低コストを維持したまま顧客一人ひとりに対応した商品を作り出す『マスカスタマイゼーション』が挙げられる。そのため、早いサイクルに対応できる柔軟性の高い製造ラインや工程を

¹⁰¹ 「平成30年 労働力調査年報」(総務省統計局)

¹⁰² 「グローバル生産性」計測の試み(経済産業省:2017年1月公表)

実現するための効率化が求められている。

② 現状の ICT 活用に係る取組

労働人口の減少自体をイノベーションでは解決できないことから、ICT を活用したプロダクト・イノベーション、プロセス・イノベーション、マーケット・イノベーション等を通じ、限られた資源内での生産性の向上や新たな生産方式に資する取組が行われている。特に、近年では IoT や AI を活用し、あらゆる設備の稼働状況や作業者の行動をリアルタイムに把握する取組が活発化している。

図表 4-11 製造業における ICT を活用した取組

プロダクト・イノベーション	<ul style="list-style-type: none"> ● ビッグデータ、AI、ロボット活用による生産革新に基づくカスタム製品化 ● IoT 活用による自社製品の遠隔での稼働状況把握と新製品の提案など製品のサービス化
プロセス・イノベーション	<ul style="list-style-type: none"> ● ロボット活用、遠隔操作・制御等による生産工程の高効率化 ● IoT 導入などセンシングによる生産管理や作業誘導などの作業ミス削減
マーケット・イノベーション	<ul style="list-style-type: none"> ● ビッグデータ、AI の活用による分析とフィードバックなどのマーケティング情報収集・分析

出所：各種資料をもとに作成

③ 製造業における 5G のユースケース

1) 工場内のモニタリング

工場内に設置された高精細カメラからの映像を、5G を利用して超高速かつ超低遅延で伝送することで、リアルタイムでの設備や機器の状態監視を行うことができる。従前より IoT の導入を通じて稼働状況をデータ計測することによる、工場内の「見える化」が行われているが、これらのデータはあくまで設備等の稼働状況を取り出したデータであり、人の動作等を含むカメラ映像という付加情報を与えられることのメリットは大きい。また、IoT 等デバイスを既存設備に直接取り付けることで生じうる精密な動作への影響を取り除くことができるメリットもある。5G が有する超高速・大容量の特長によって、4K・8K 等のより高精細な映像を伝送することで、より正確かつ精緻なモニタリングが可能となる。また、超低遅延の特長によりフィードバック制御の精度を上げることも可能となる。さらに、AI 技術を活用した解析を行うことで、作業員の作業効率化のみならず、製造ラインによっては商品のキズや加工のムラを自動検知することも実現可能となる。より現場に近い「エッジ」と呼ばれる領域のサーバで演算等の処理を行い、5G の超低遅延性を発揮することで、よりリアルタイムに検知を行い、即座にフィードバックすることも可能となり、建設分野と同様に、予

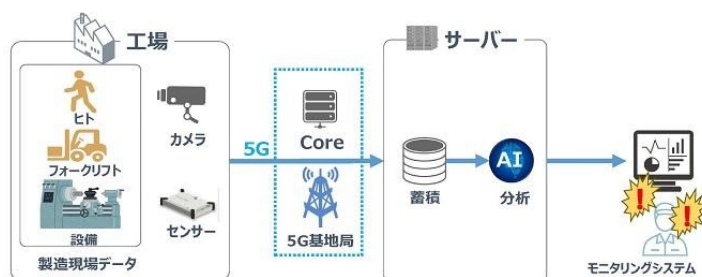
防保全までも視野に入れることができる。

◎工場内のモニタリングの取組事例

住友電気工業とソフトバンクは工場における 5G 活用のための実証実験実施について合意したと発表した（2019年11月発表）¹⁰³。実証実験では、5G を活用して住友電気工業の工場内に設置されたカメラやセンサーから、設備の稼働状況や作業者の動きなどのデータをリアルタイムに収集する。

両者はデータを AI で分析することにより、設備の稼働状況や作業者の動きなどの変化や異常を自動検知する検証を行う。実証実験を通じ、5G を活用した工場の生産性や安全性を向上させるソリューションの構築を目指すとしている。

図表 4-12 工場内のモニタリング（住友電気工業・ソフトバンク）



出所：報道資料

2) 作業支援

工場内の製造ラインにおいて、作業内容に応じて、PC やタブレット、VR/AR 技術等を活用して、5G を介して、人と生産システムのインタラクションにおける支援を行うことができる。例えば、AR ゴーグルを使いながら補完情報を用いて作業を円滑に行ったり、遠隔での指導やコミュニケーション等にも応用したりすることができる。一般に、工場内では有線を張り巡らせて機器を接続することが多いが、より柔軟な設置や稼働を実現する上で無線環境は欠かせない。また、VR/AR 技術を活用する場合は、作業員が VR/AR 映像で作業している際の「酔い」を予防するため、超低遅延でのスムーズなデータ伝送や画像処理が必要となる。既存方式（Wi-Fi 等）では速度や遅延等の性能が不足するところ、5G の特長を活かしてレスポンスを高めたシステムを導入することで、ケーブルレス化を進めるとともに、作業支援や品質改善にも活用できるようになる。

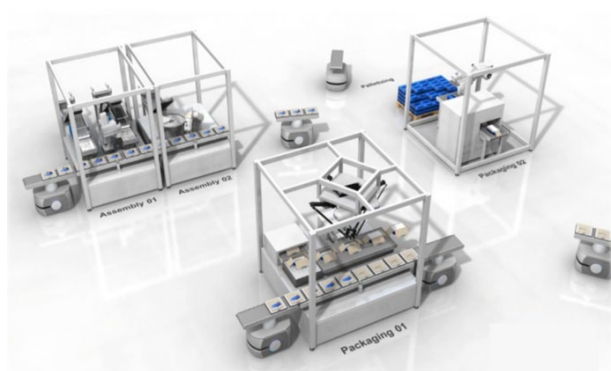
◎作業支援の取組事例

¹⁰³ <https://monoist.atmarkit.co.jp/mn/articles/1912/05/news028.html>

オムロンと NTT ドコモ、ノキアグループは、工場における 5G を活用した実証実験を共同で実施すると発表した（2019 年 9 月）¹⁰⁴。同実証実験では 5G の特長を製造現場でどう生かすかを評価するとともに、課題を洗い出して対応策を検討することを狙いとしている。

実証試験では「リアルタイムコーチング」と呼ぶシステムでの利用をユースケースとして掲げている。設備データや、作業者の作業動線を撮影した映像データなどを収集して AI で解析し、熟練者との違いを作業員へリアルタイムにフィードバックし、生産性の向上と早期の作業習熟を目指すものである。その他、多品種少量・変種変量生産やマスカスタマイゼーションに対応する「レイアウトフリー生産ライン」について検証を行う。具体的には、生産設備を無線でネットワーク化して情報をやり取りするとともに、オムロンの自動搬送ロボットを組み合わせて、需要変動に応じて設備や工程を柔軟に組み変える。有線を廃することでレイアウトの自由度が大幅に高まるとしている。

図表 4-13 レイアウトフリー生産ライン（イメージ）

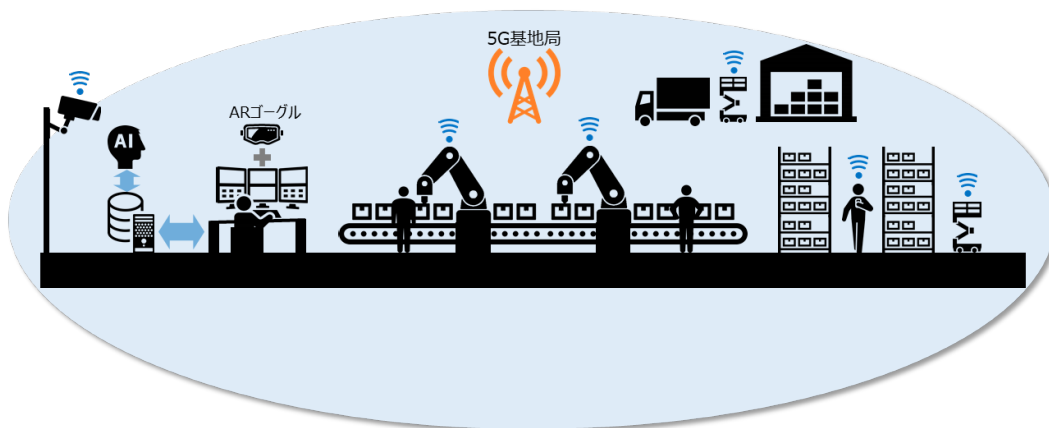


出所：オムロン（株）プレスリリース（2019年9月10日）

3) 設備等の自動化

工場では、生産工程の自動化（自動制御等）やモニタリング・最適化等を目指すファクトリーオートメーション（FA）技術や、製造プロセスの合理化やエネルギー消費の低減、安全性の確保といった側面から FA とは別の形態で進化してきたプロセスオートメーション（PA）技術が進化している。これらの FA や PA 技術において、5G の特長を活かしワイヤレス化することで、例えば IoT による生産ラインからの大量のデータ収集や、生産設備のリアルタイムでの遠隔制御などが実現できる。既存技術（Wi-Fi 等）では、精度や遅延等において求められる水準が高いクリティカルな領域には FA や PA 技術が適用できなかったところ、5G の性能では、適用が射程に入ってくる。さらに、生産設備に組み込まれているロボット等の関連装置により近い「エッジ」において、通信と連携しながら、データ処理とフィードバック制御を行うことで、工場内での高い性能要件に対応すること等が想定される。

¹⁰⁴ <https://www.omron.co.jp/press/2019/09/c0910.html>



出所：三菱総合研究所

図表 4-14 設備の自動化等のイメージ

◎工場の自動化の取組事例（三菱電機、NEC）

三菱電機と NEC は、三菱電機が提案する工場向けの FA-IT 統合ソリューション「e-F@ctory」における 5G 活用に向けた共同検証を開始することを発表した（2019 年 11 月）¹⁰⁵。三菱電機では、2003 年から、工場内で現場の情報と ICT を結ぶという仕組みで、現場起点の情報を取得して生産性向上やコスト改善につなげるコンセプトの「e-F@ctory」を展開してきた。NEC は、通信事業者向けの基地局ビジネスで培ってきた無線技術、ノウハウを生かし、5G 基地局を開発し、新たな領域におけるサービス事業として「NEC Smart Connectivity」を推進しており、パートナーとの共創に取り組んでいる。

両社では、5G を介した「e-F@ctory」の高度化に向けての実証を行うこととしている。工場内ではプライベート網であるローカル 5G、工場間や企業間の連携には公衆網の 5G を適用するハイブリッド 5G を活用する。例えば、ローカル 5G の活用により、工場内の多数の無人搬送車をよりスマートに動かす他、ハイブリッド 5G により、工場内の情報と公衆網の情報をつなげることで、エンジニアリングチェーン、サプライチェーン全体を最適化し、需要変動にフレキシブルに対応するスマート生産の実現が期待できるという。

¹⁰⁵ <https://www.mitsubishielectric.co.jp/news/2019/1119.pdf>

図表 4-15 ハイブリッド5Gの活用（三菱電機・NEC）



出所：三菱電機（株）プレスリリース（2019年11月19日）

④ 期待される効果等

製造業の生産現場では、熟練工や労働力不足といった課題が顕在化している中、工場内の自動化においても、人と機械の協調により省力化・生産性の向上を推進してきている。5Gによって、工場のワイヤレス化がステージアップすることにより、多数の設備を同時に映像でモニタリングすることによるメンテナンス性の向上に加え、レイアウト自由度の向上によるスペースの有効利用及び作業環境の最適化が図られ、稼働率や生産性の向上に寄与することが期待される。また、熟練工を含む労働者の情報が収集・蓄積され、ノウハウとして共有することが容易になることから、技能伝承面での問題を解決する一助になる。これらにより、スマート工場の実現が期待される。

4.2.5 教育分野

① 教育分野が抱える課題

我が国では少子化の傾向に加えて、地方の過疎化の進展、若者の地域外への流出などに伴い、公立義務教育諸学校の小規模化に伴う教育上の諸課題や教員不足なども顕在化している状況である。また、教員負担増（事務、生徒指導、学校行事・部活動への対応等）への対応、新型コロナウイルス感染症対策による臨時休業措置も背景に、教育現場における先端的なICTの活用の必要性が高まっている。

② 現状のICT活用に係る取組

文部科学省では、2017年に「教育のICT化に向けた環境整備5か年計画（2018（平成30）～2022年度）」¹⁰⁶を公表しているほか、「GIGAスクール構想¹⁰⁷の実現」として、令和元年度補正予算と令和2年度第1次補正予算に合計4,610億円を計上している。また、2019年4月より、学校現場では教育課程の一部において学習者用デジタル教科書を使用することができるようになった。今後、学習用端末とデジタル教科書・教材を活用した多様な子供

¹⁰⁶ https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1402835.htm

¹⁰⁷ https://www.mext.go.jp/a_menu/other/index_00001.htm

たちを誰一人取り残すことのない公正に個別最適化された学びの展開が期待されている。また、民間サービスの取組においても、いわゆる「ED-Tech」(Education×Technology)と称して、学校等教育機関向けには、例えば、校務の効率化など教員の負担軽減に資する ICT ソリューションや、個人向けには、児童・生徒一人ひとりの習熟度・理解度等に合わせた教育の機会を提供するオンラインの学習アプリや、最適な学習を提供する AI によるアダプティブラーニングなどを組み込んだアプリケーションやサービスの提供などが進展している。

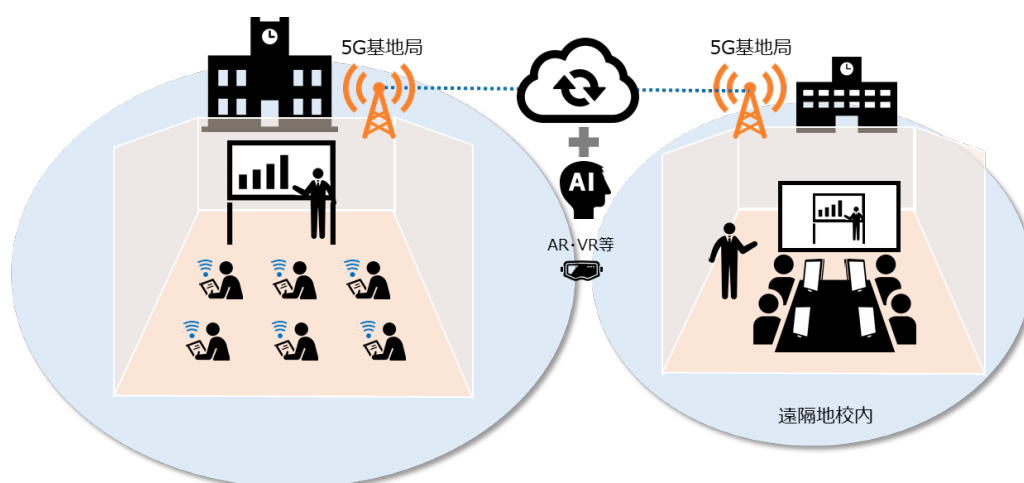
③ 教育分野における 5G のユースケース

1) 遠隔教育・教師支援

教室など施設内に設置した高精細カメラからの映像を、5G で伝送することで、遠隔地の学校の授業の聴講や、遠隔での授業や教員指導に資する面があると考えられる。特に、5G が利用できる環境になると、5G の超高速・大容量及び超低遅延の特長を活かして、映像を活用した双方向かつリアルタイムでのインタラクションが実現する。

2) 学習の質向上

教育現場の情報化においては、学習用 ICT 端末を用いた、動画教材等の活用や児童・生徒自身が撮影した動画等素材のクラウドへの保存・共有などが挙げられる。その場合、端末から大容量コンテンツへのアクセス(アップロードやダウンロード)が必要となることから、5G の超高速・大容量という特長を活かすことで、特定の端末(生徒・児童)が遅れることなく、デジタルコンテンツに触れたり、インタラクティブなアプリケーション等を利用したりすることができる。このような PC 端末や学習支援クラウドサービス等の活用による学習方法や、さらには 5G と VR/AR 技術等を活用した体験型の指導方法の導入により、学習の質向上につながる新たな学びの環境が整うと期待される。



出所：三菱総合研究所

図表 4-16 学習の質向上のイメージ

◎学習の質向上に関する取組事例

2017年度の総務省5G総合実証試験では、小学校の教室内の生徒が端末から同時に接続してコンテンツへアクセスするユースケースを想定した実証が行われた。4Gを利用して、生徒が一斉に動画のアップロードを行う検証を行ったところ、授業時間内に複数の端末の処理が終わらない等、活用に課題があることが確認された。続いて、2018年度の試験においては、小学校の体育館に5GとWi-Fiを敷設し、5G対応端末とWi-Fi接続用iPadを各20台用意し、ストリーミング視聴やダウンロードを同時に行うなどの体感速度を比較した。ストリーミング視聴（再生状況の乱れや停止、動画の再生までの時間）の使用体験、動画ダウンロード時間において、5GではWi-Fiと比較して大きな差が生じた。

図表 4-17 5GとWi-Fiによる比較実証（総務省5G総合実証試験）



出所：総務省資料

④ 期待される効果等

拠点間の遠隔授業や指導は、教育機関の減少や教師不足などを背景に、例えば高度な教育を受けることが困難な離島やへき地の小規模学校（複式学級、少人数クラス等）に対して、専門性の高い指導者（高度専門教育員）の授業が受けられる環境を提供できるなど、教育機会の地域間格差の是正策として有効であると考えられる。また、こうしたリモートでの学びの機会の創出は、学びの質の向上に資するICT端末やクラウドサービス、AR・VR等を活用した新たな学習や指導方法の志向との親和性も高いといえる。既存のオンライン学習やAIツールを活用した取り組みが、教育分野におけるICTの利活用が加速することが予想される。

小中学校での実装に限らず、こうしたリモートでの教育環境の整備やデジタル化の推進は、公共交通機関などが減少した地域においても、足を運びやすい場所で都市部と遜色のない教育を受ける機会を創出でき、学習機会が得られないことを背景とした若者の他地域への転出の食い止めにもつながるといえる。このように、ICTを活用しながら、若い世代を地

域に根付かせる方策として「学ぶ」場を提供することが重要になる。

一方、こうした遠隔教育は、一般に地域における教育の質の維持・向上のために、都市部など中央の教育資源の活用ととられる側面がある。しかしながら、地域の教育雇用等の観点からは、地域内外の教育機関等が互いに補完的に連携することで、教育資源の「地産地消」を図りながら、遠隔授業に基づく発信による人口交流の促進にもつながることが期待される。

4.2.6 安心・安全分野

① 安心・安全分野が抱える課題

1) 災害時の迅速かつ的確な対応

我が国では国土の面積は全世界の0.3%に過ぎないが、過去に全世界で起こったマグニチュード6以上の地震の約20%が日本で発生し、全世界の活火山の約7%が日本にある。また、全世界の災害で受けた被害金額の約18%が日本の被害金額となっているなど、日本は世界でも有数の自然災害発生国である。全国各地で大規模な自然災害が発生しており、近年は台風やゲリラ豪雨等の河川越水や道路冠水などの水害が発生しやすい状況も頻発している。

こうした自然災害の最大規模の外力に対してハード・ソフトの両面から災害時の被害を最小化するため備えを準備するとともに災害時における迅速かつ的確な対応が求められている。例えば、平成29年7月の九州北部豪雨や平成30年7月豪雨においては、洪水時に河川の状況をリアルタイムに把握する手段がなく、住民の避難行動を強く促す河川画像などの情報を発信することが課題として指摘された。このように、地域住民に対する避難情報を発令する判断材料として、現場の状況をタイムリーに把握し、情報提供や混乱時における避難誘導等に資する取り組みが課題となっている。

2) 遠隔監視・検知

我が国では、身近な住宅や街頭における犯罪が後を絶たず、治安悪化に対する不安感が高まっている。地域住民をこうした被害から守り、ターミナル、商業施設、道路、公園、住宅、学校等あらゆるエリアにおける安全・安心向上に資する環境整備や犯罪に強いまちづくりの推進が課題となっている。また、大規模イベント開催時における混雑や事故防止に資するセキュリティ強化策も課題となっている。

このような社会的要請や需要増に応えるべく民間での取り組み（建物や施設における巡回、監視、管理業務や建物の入出管理、イベントや商業施設における誘導や整理など）が進んでいるものの、24時間365日継続した警備が前提となるなど、人に依存する従前の監視・警備業務や手法では、人員不足という構造的な課題に直面している。

② 現状の ICT 活用に係る取組

安心・安全な街づくりの整備に向けて、防災・防犯分野において、ICT を活用した様々な取組が進められてきている。防災分野では、センサーやカメラ等による防災情報収集が行われている。例えば、台風や豪雨時の河川越水や道路冠水対策として、迅速な状況把握や予兆検知が一定の精度でできるようになると、行政によるタイムリーな住民向け情報（警告、避難指示等）の提供や避難誘導が可能となる。そのため、河川監視カメラシステムを導入し、身近な河川の状況を映像でリアリティをもって伝え、地域住民の避難誘導等に活用する取組が増えている。他方、住民向け情報提供の手段としては、エリアメールや L アラート、IP 告知端末やスマートテレビ等の多メディアへの緊急情報配信等が行われている。

防犯分野においては、関係省庁・機関と各自治体等の取組において、道路、公園等の公共施設や住居の構造・設備・配置等について、住民が犯罪被害に遭いにくい「防犯まちづくり」を推進しており、街中に設置したカメラ・センサーによる監視や防犯メール等による児童・生徒の見守り事業等が進められている。また、民間サービスでは、人員不足に対応するためにも、不審者の侵入を未然に防いだり、火災の発生などを素早く発見したりするため、警備ロボット等の導入といった取組が行われている。

③ 安心・安全分野における 5G のユースケース

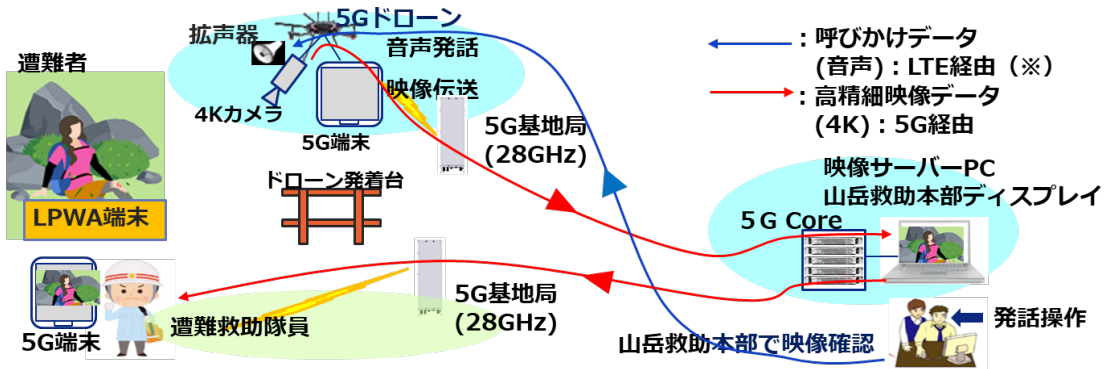
1) 遠隔監視・検知（防災分野）

河川等に設置した固定の高精細カメラやドローンに搭載したカメラからの高精細映像を、5G でリアルタイムに伝送することで、災害状況や遭難状況の把握が可能になり情報行動の効率化等を図ることができる。特に、5G の超高速・大容量の特長を活かして配信された 4K・8K などの高精細映像と他の多種多様なセンサー情報を統合的に扱うことで、行政機関等は氾濫等の予測精度を高めたり、限られた人員を適材適所に派遣できたりするようになる。また、何よりも地域住民向けに、現場の状況を鮮明にかつリアリティをもって伝えることで、避難情報として迅速かつ的確に伝達することができる。今後は、5G 対応端末の普及により、エリアメールや L アラートのように地域住民に対して直接映像を届けたり、リアルタイムな解析結果等の付加情報を提供したりすることも想定される。

◎遠隔監視（防災分野）の取組事例

2019 年度の総務省 5G 総合実証試験では、山岳遭難者の救助支援を想定し、ドローンからの 4K 高精細映像を救助本部と現場に向かう救助隊員に 5G でリアルタイム伝送し、現場の状況確認及び登山者の状態把握やドローン搭載の拡声器による声掛けを行うとともに、複数の救助隊員からの 4K 高精細映像を本部にリアルタイム伝送する実証試験を実施した。また、被災時の避難誘導を想定して、北九州学研都市において、5G の超高速・大容量及び超低遅延の特長を活かし信号交差点をスマート化し、災害発生個所を把握した信号機の制御や、被災者端末への避難誘導情報の配信の試験を実施した。

図表 4-18 山岳登山者見守りシステムの概要



出所：総務省資料

2) 遠隔監視・検知（防犯分野）

高精細カメラを利用した施設内等での監視や住民の見守りなどにおいて、5Gの回線を通じた伝送を通じて、従来の解像度（HD・Full HD等）では得られなかった詳細な情報が得られる。具体的には、高解像度かつ高いフレームレートでの映像伝送により、従来と比べて数倍の範囲の映像となるため、近方では人や顔の認識範囲が広がる。広域の監視においては、遠方でも人の明確なシルエットがわかるなど同時に多数のオブジェクトの識別能力も高まる。監視対象が移動しても映像中に映る時間も長くなることから、認識や検知の精度も高まり、人の目では不十分な監視・警備業務を補うことができる。また、認識範囲や映る時間が長くなることで、監視に必要なカメラ数の削減にもつながったり、例えばイベント向けセキュリティエリアを簡易的に構築できるというメリットもでてくる。5Gを活用して、警備用のロボット・ドローンに搭載したカメラ映像により、監視センタ等から遠隔制御もできるようになる。

加えて、5Gの多数接続の性能により、警備員やロボット・ドローンがカメラを具備したスマートグラスを装着して、より多地点での監視・検知なども可能になるであろう。例えば、スマートグラスのカメラ映像や、その他の情報を一元的に管理し、AIを活用した施設・イベント会場内の監視および迷子や不審者、急病人などの検知、警備本部と各現場間でのあらゆる情報連携が必要となるユースケースが想定される。

◎遠隔監視（防犯分野）の取組事例

総務省5G総合実証試験として、2017年度に実施した試験では、セキュリティエリア侵入検知を想定した、Full HD画質でのAIの顔検知による人物特定の検証を行い、4Gに比べて顔照合の精度が最大6倍に向上することを確認した。また、広域監視を想定し、高所に設置した複数の4K高精細カメラ映像のAI解析により、火災検知や交通状況把握における異常検出検証を行い、4Gで伝送可能な解像度の場合より検知解析精度が向上することを確

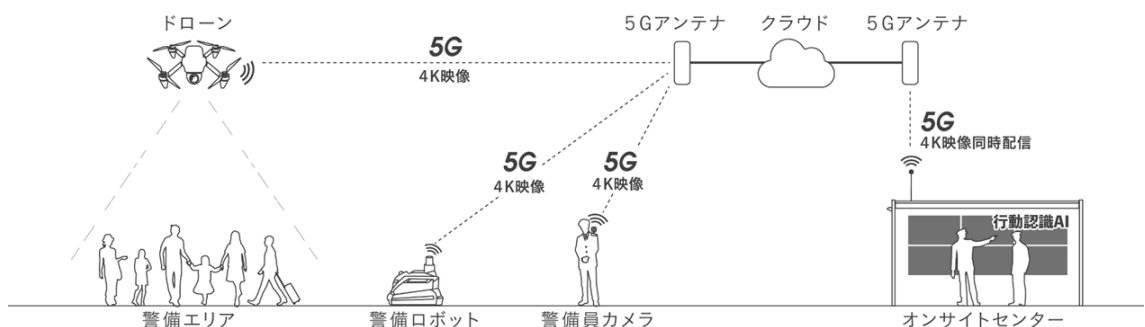
認した。2018年度に実施した試験では、高所からの4Kカメラ映像を伝送し、AIで人のう
 ずくまりを検出可能な範囲や映像サイズについて検証するとともに、警備本部と現場警備
 員のスマートグラス間での文字情報・映像伝送とAIによる顔照合の試験を実施し、4Gに
 比べて伝送時間が2割弱に短縮され、顔検知回数も増加することを確認した。また、駅構内
 において、固定カメラおよび自律移動ロボットに搭載した4Kカメラからの高精細映像を途
 切れずに5G伝送するとともに、2K画質では検出できない不審物を検出する試験を実施し
 た。

その他の取り組みとして、NTTドコモ九州支社は、警備ロボを開発する正興電機製作所、
 警備ノウハウを持つにしけい（福岡市）と、5Gを使った警備ロボットサービスの実用化に
 向けた実証実験を始めると発表した（2019年10月）。警備ロボットは高さ1.6メートル、
 最高時速3.6キロメートルで自立走行する。同ロボットは計6台のカメラを内蔵し、撮影し
 た大量の画像データなどを、高速通信でリアルタイムに処理できる。5Gを使うことで、シ
 ステムの通信遅延や無線環境の整備費用を抑えられるという。システムの開発を進め、2020
 年秋には工場施設など現場での検証実施を目指すとしている。

また、KDDI・KDDI総合研究所・セコムは、東大阪市の協力のもと、東大阪市花園ラグ
 ビー場において、5Gを活用した、AI・スマートドローン・ロボット・警備員が装備したカ
 メラによる、スタジアム周辺の警備の実証実験を実施した（2019年8月）。KDDIのスマー
 トドローン、セコムの自律走行型巡回監視ロボット「セコムロボットX2」及び警備員に装
 備した各カメラからの4K映像を、5Gを経由してセコムの移動式モニタリング拠点「オン
 サイトセンター」へ伝送した。これにより、広範囲なエリアを高精細な映像で確認でき、不
 審者の認識から捕捉など一連の警備対応が可能となることを実証した。

さらに、5Gを経由してセコムの「オンサイトセンター」で受信した4K映像を、AIを活
 用した人物の行動認識機能で解析し、異常を自動認識して管制員に通知することで、対象警
 備エリアにおける異常の早期発見と、緊急対処が可能になることを実証した。

図表 4-19 遠隔監視の取組事例（KDDI）



出所：KDDI（株）資料

④ 期待される効果等

防災分野では、5Gの特長を活かしたハード・ソフト面での整備と普及により、災害発生
の初動時・復旧時から平常時等の時間軸において、情報収集から情報発信までの一連のプロ
セスが連動した次世代の防災システムへと発展することが期待される。これにより、限られ
た人員と時間の中で、迅速かつ正確な情報提供や避難誘導等を実現し、人命を含む被害の抑
制につながることを期待される。

防犯分野では、通信の高速大容量化・モバイル化やセンシングデバイスの技術進化を取り
込み、画像分析やAIを扱う高度なレベルへ進化しており、人（警備員や監視員）主体の監
視から、高精細映像やAIによる高精度な監視へと開発が進められている。新たな技術と5G
の連携による有用性は実証されつつあり、今後監視精度の飛躍的な向上によって、事故や事
件の未然防止や被害拡大防止を、より少ない人員で効率的に実現することが期待される。

4.2.7 エンターテインメント・観光分野

① エンターテインメント・観光分野が抱える課題

1) 施設を核とした街づくり

スタジアム・アリーナ等のスポーツ施設の整備・運営は、主に施設所有者であり街づくり
の一環等で取り組んでいる地方公共団体の他、土地開発や興行を担う民間事業者など、多種
多様なステークホルダによって行われている。しかしながら、都市部等の一部を除き、多く
の施設において、老朽化、郊外立地による低い利用率、コスト負担や採算性低下といった運
営上の課題が顕在化している。動員増につながる新たな観戦スタイルの創出や施設利用の
多目的化、また、スポーツビジネスのためだけに留まらない街づくりへの貢献も求められて
いる。公共セクタにおいても、観光・文化施設も同様に、施設管理に係る負担が増している
ことに伴い、施設の多面的な活用が課題となっている。こうした様々な施設を核とした中心
市街地の再生や賑わいの創出、観光客の回遊性向上などにつなげるための施策も課題とな
っている。

2) 地域の魅力発信の強化

各地域の「まち」の魅力を伝え、人々の定住、来訪促進につなげるため、全国の地方公共
団体や観光業界等が、国内や海外からのインバウンドを対象とした観光・文化等の情報発信
や、地域間の広域連携による観光コンテンツの拡充を進めている。地域にとっても観光振興
のために地域固有の文化や伝統の保持・発展を図り、魅力ある地域づくりを行うことは、地
域の連帯を強め、地域住民が誇りと生きがいをもって生活していくための基盤ともなっ
ている。こうした目的により、より一層魅力ある文化や観光スポットの創造による情報発信の
強化が課題となっている。

② 現状の ICT 活用に係る取組

スポーツ施設等においては、官民連携によるスタジアム・アリーナ改革の一環でコストセンターからプロフィットセンターへの転換や官民による新しい公共施設の運営の在り方等がうたわれている。ICT は、コスト削減と付加価値創出の両面から、スタジアムの通信環境を拡充し、スマートフォンアプリによるスタジアム内外での情報配信や観覧中の接客等によって観覧中の体験を高め、スタジアム来場者を増やすなどの取組が行われている。

地域の魅力発信の強化においては、インバウンド顧客の回遊性向上に資する位置情報を利用したスマートフォンに向けたコンテンツ配信、VR/AR を活用した新たなコンテンツの魅せ方などを模索している。

③ エンターテインメント・観光分野における 5 G のユースケース

1) 施設におけるオンデマンドのコンテンツ配信

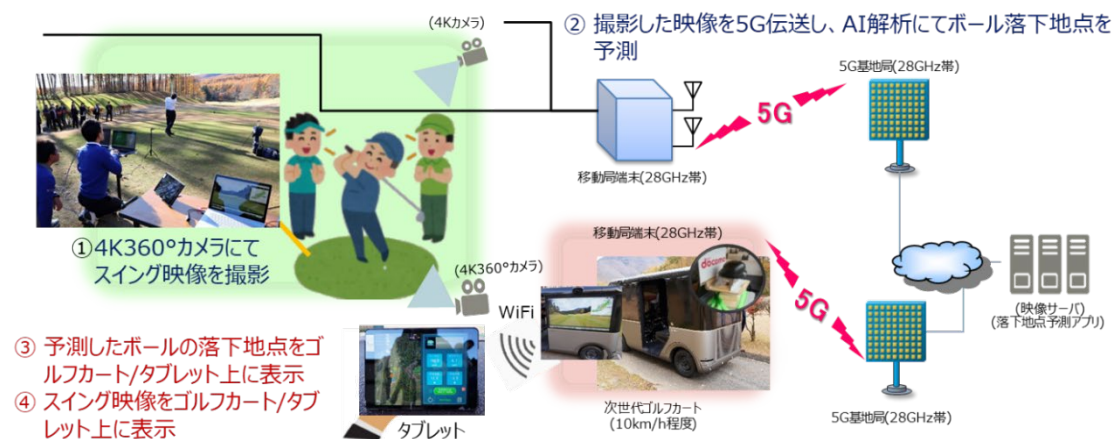
スポーツ施設や博物館・美術館などの文化施設等において、5G の特長を活かした高精細映像（試合映像や街の魅力情報等）の伝送や施設利用者等の顧客ニーズに応じたオンデマンドのコンテンツ配信やサービス提供が想定される。また、その際に施設や地域において、高精細カメラ等によるリアルタイムな集客状況の把握や AI 解析等を組み合わせ、施設利用者や観光客等の属性や動線分析を通じて、よりきめ細かなマーケティング施策に役立てることができる。これにより、施設の魅力度や価値の向上による集客力向上や、施設周辺における回遊性向上施策とも連携することが可能になる。

◎施設におけるオンデマンドのコンテンツ配信の取組事例

2018 年度の総務省 5 G 総合実証試験では、観光地における観光客の集中する地点において、近隣観光ポイントの 8K ライブ映像や収録映像を表示することで、誘客や混雑分散を図るサービスを検証し、誘客効果を確認した。また、福井県立恐竜博物館の 360 度ライブカメラ映像と音声を東京のイベント会場に伝送し、ヘッドマウントディスプレイから視聴するバーチャル訪問の試験を実施し、リアルタイムに双方向の映像と音声を伝送する新たなエンターテインメントとして好評を得た。

2019 年度の総務省 5 G 総合実証試験では、ゴルフ場において、4K360 度カメラからの映像を 5G を介して次世代ゴルフカートのディスプレイにライブ配信するとともに、スイング映像を解析し、ボールの落下地点予測情報を配信する検証を実施した。この実証は、体験者から好評を得たほか、落下位置推定により、目視と比べて 1 打球当たり 7 秒のゴルフボール探索時間の短縮を実現した。

図表 4-20 ゴルフ場でのラウンド補助（総務省 5 G 総合実証試験）



出所：総務省資料

2) 地域の情報発信

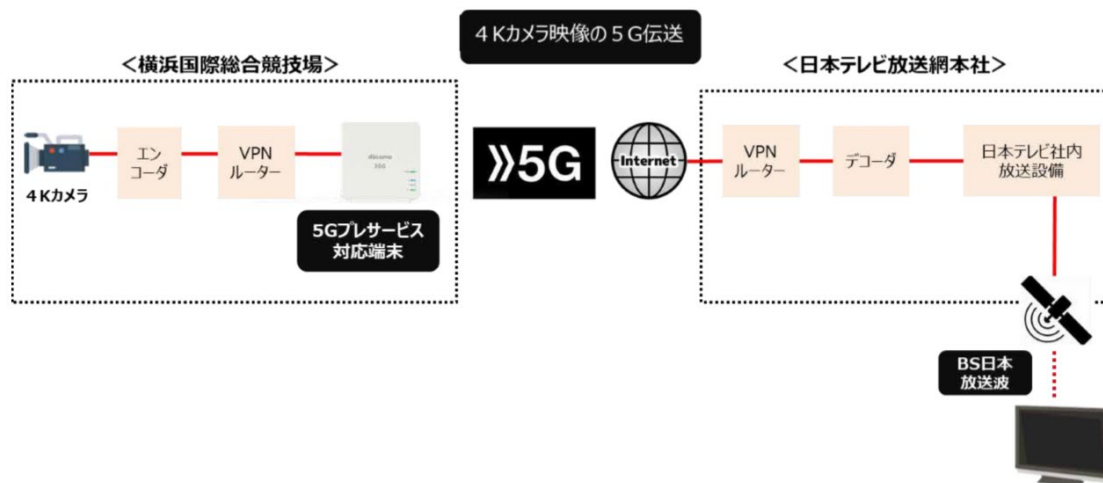
5Gによる高精細映像やVR/AR等リッチコンテンツを活用した、サイネージ・端末等への地域の魅力発信による誘客や地域における回遊性向上施策との連携など、より一体的な街づくりに資する取組につながる。

◎地域の情報発信の取組事例

2019年度の総務省5G総合実証試験では、遠隔地の操作者が、ヘッドマウントディスプレイとコントローラ装置を着用し、観光地の無人カヤックロボットを操作するVRカヤック操作体験を検証した。5G通信により、4Kカメラ映像と遠隔操作されたカヤックロボットの検知した力覚情報（水の抵抗）、傾き情報を同期させて操作者に伝送することで、臨場感のある遠隔観光体験や観光PRの効果を確認した。また、ドローンからの高精細360度VR映像を、現地を訪れた観光客のヘッドマウントディスプレイに伝送する検証においては、禁止区域などの上空のドローン視点での飛行体験や、複数のVR映像を階層化して視点や時期の異なる景観を自由に切り替えて楽しむことのできる新たなサービスの可能性を示した。ゴルフ場においては、4K360度カメラからの映像を、5Gを介して、次世代ゴルフカートのディスプレイにライブ配信するとともに、スイング映像を解析し、ボールの落下地点予測情報を配信する検証を実施し、体験者から好評を得たほか、落下位置推定によりゴルフボール探索時間の短縮を実現した。

日本テレビとラグビーワールドカップ2019のトーナメントサプライヤーのNTTドコモは、2019年9月21日（土）に行われた「ラグビーワールドカップ2019 ニュージーランドv南アフリカ」の一部において、5Gプレサービスを活用した4Kカメラ映像の伝送をテレビ生中継番組に利用する実験を実施した。日本テレビ本社内の放送設備経由で、BS日本の番組内において、一部中継映像として使用し、5G通信環境においては、4Kカメラの映

像を 5G プレサービス対応端末経由で伝送することで、撮影場所からケーブル伝送することなく大容量の映像を伝送した。



出所：報道資料

図表 4-21 実験概要

④ 期待される効果等

エンターテインメント・観光分野では、集客施設や集客拠点で 5G によるリアルかつリッチな映像コンテンツを提供、演出を高めることにより、観客の満足度を高め、誘客数やリピート率の向上に寄与することが期待される。また、5G から得られる情報と AI を活用した分析を組み合わせることで、エリアマーケティングの高度化が実現し、スマートシティの実現や地域の交流人口の拡大に貢献することが期待される。

4.2.8 モビリティ分野

① モビリティ分野が抱える課題

1) 安心・安全な交通インフラの提供

我が国の交通事故に関する統計によれば、交通事故死者数は近年継続的に減少しており、自動車の安全機能の向上などを背景に、自動車乗車中の死者数が減少している¹⁰⁸。一方、死亡事故の第一当事者（多くの場合における事故の主因）が 65 歳以上の割合が、2009 年の 20.4%から 2019 年には 29.7%に上昇しており¹⁰⁹、ドライバーの高齢化に伴う課題が浮き彫りとなっている。また、交通事故は全体として減少しているものの、その経済損失（金銭的損失・非金銭的損失含む）は 3.2 兆円以上／年（2014 年時点）と非常に規模の大きいものである¹¹⁰。

¹⁰⁸ 「令和元年における交通死亡事故の特徴等について」令和元年 2 月 13 日（警察庁交通局）

¹⁰⁹ 「令和元年中の交通死亡事故の発生状況及び道路交通法違反取締り状況等について」（警察庁交通局）

¹¹⁰ 「自動車保険データにみる交通事故の経済的損失の状況」平成 26 年 3 月（一般社団法人日本損害保険協会）

2) 交通や物流の効率化・合理化

交通渋滞により、一人当たり年間 40 時間、全国で 50 億時間の時間損失が発生している。物流に着目すると、我が国では年々トラック輸送の総量は減少しているが¹¹¹、EC を支える宅配便の取扱個数が 10 年間で 3 割も増している¹¹²。新たな労働参入に限られる中、輸送を支えるトラック業界では低賃金、高労働負荷の厳しい労働環境となっている中、運転手及び物流配送員の高齢化により、コストのみならず輸送に関わる人員の確保やドライバーの負担軽減（生産性向上）も課題となっている。

3) 過疎化・高齢化に伴う社会の交通・移動手段の確保

地域の過疎化が進展する中、利用者減少により全国の地域鉄道事業者の 72%¹¹³、地方部の乗合バス事業者の 85%¹¹⁴が赤字になるなど、公共交通をとりまく環境は年々厳しさを増している。高齢化と相まって、買い物のための交通手段が無い全国の「買い物弱者」は 700 万人に達し、今後も増加見込みと言われている。公共交通ネットワークが必ずしも全域で充実しているとはいえ、交通弱者を生じさせないような仕組み作りが課題となっている。

② 現状の ICT 活用に係る取組

交通安全対策に向けては、ビッグデータの活用により、生活道路等における速度超過、急ブレーキ発生、抜け道等の潜在的な危険箇所を特定するなど、効果的かつ効率的な対策の立案等に資する取り組みが行われている。

交通流動や流通の効率化においては、ドローンによる荷物輸配送や宅配便の再配達削減等により効率的でスマートな地域内物流の実現に向けた取り組みが進められている。国内では千葉市・イオン・楽天・NTT ドコモ・千葉大の産学連携が国家戦略特区として選定され、物流拠点からマンションへのドローン宅配の実証実験を開始している。

新たな交通モードへの対応として、カーシェアリングが挙げられる。日本のカーシェアリングは、既に会員 130 万人を突破している¹¹⁵。また、海外ではスマホアプリを使った配車サービスは海外で急増しており、Uber は利用回数 1 億回／月、Lyft は米国内だけで 700 万回／月などライドシェアリング企業が台頭している。

さらに、自動運転については、日本では 2025 年頃には一般道でのレベル 3 での自動運転が実現すると予想される。その実現に向けて、レーダーなどを用いて先行車両と後続車との車間距離を測定し、速度に応じた安全な車間距離を保持する車間距離制御(ACC: Adaptive

¹¹¹ 「自動車輸送統計年報」(国土交通省)

¹¹² 「トラックドライバーの人材確保・育成に向けて」平成 27 年 5 月(国土交通省)

¹¹³ 「地域鉄道の現状」令和 2 年 4 月(国土交通省)

¹¹⁴ 「平成 29 年度乗合バス事業の収支状況について」(国土交通省)

¹¹⁵ 「わが国のカーシェアリング車両台数と会員数の推移」2018 年 5 月 (交通エコロジー・モビリティ財団)

Cruise Control)が既に実用化されている。

③ モビリティ分野における5Gのユースケース

1) 高度な交通管理

インフラ分野の一分野として、道路や公共施設に設置したカメラの映像やセンサのデータ等を、5Gの回線を通じて伝送することで、AIによる画像解析等により車両の移動や人の行動特性等を観測・分析することで、交通インフラの状況の機動的な把握・分析・情報提供に活用することができる。こうしたビッグデータの収集・活用的高度化により、きめ細やかな渋滞予測（所要時間、交通需要）などの交通量管理や交通安全対策にもつながる。特に、インフラや安心・安全分野における5Gの効用と同様に、高精細な映像を用いた広域の監視においては、同時に多数のオブジェクトの識別能力も高まり、監視対象が移動しても映像中に映る時間も長くなることから、認識や検知の精度も高まることから、事故予防などの新たな機能の実現も予想される。

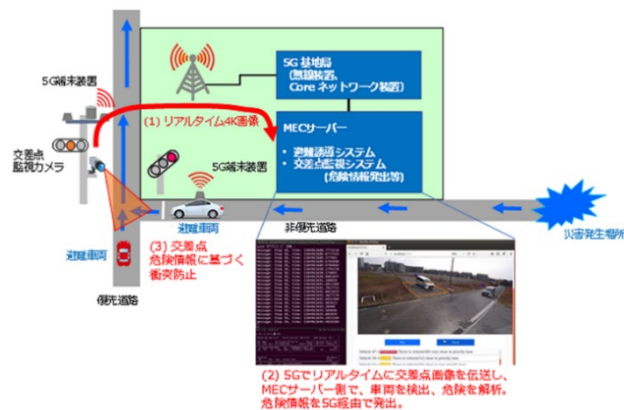
また、上記の固定されたカメラやセンサの他、バス等の移動車両に設置した移動カメラを活用した遠隔モニタリング、画像解析による障害物・異常検出等も、無線のメリットを生かした5Gのユースケースも想定される。

◎高度な交通管理に関する取組事例

2018年度に実施した総務省5G総合実証試験では、インターチェンジに設置した4Kカメラ映像を、5G高速大容量通信（5G-eMBB）とアドホック5Gにより収集してエッジコンピュータで解析し、走行速度の推定や落下物・逆走検知をリアルタイムで行う車両監視の検証、高速道路沿いのセンサやカメラ等からのデータを、4G/5Gヘテロジニアスネットワークにより効率的に収集する高速道路の運用管理、トラフィックカウンタを用いた渋滞監視の検証を実施した。

2019年度に実施した総務省5G総合実証試験では、信号交差点をカメラ・センサーで監視して異常を検知し、5G通信により車両監視制御センターに伝送するとともに、近隣交差点の走行車両への情報通知、信号機制御を行い、二次災害や渋滞を防止する実証試験を実施した。また、災害時の放置車両制御を想定し、遠隔操縦による放置車両移動や、車両運行支援の試験として、車載の赤外線サーマルカメラ/4Kカメラの映像を活用した濃霧発生時の運転補助の試験を実施した。

図表 4-22 高度な交通管理（総務省5G総合実証試験）



出所：総務省資料

2) 高度な車両制御

現在、速度に応じた安全な車間距離を保持する車間距離制御（ACC）が実用化されているが、車間距離情報のみの制御では前方を走る車の減速度の発生開始から車間距離が変化するまで、さらに後続車の減速が発生するまでには遅延が生じ、追突を防止するには長い車間距離が必要となる。車車間通信を通じて前方車両の速度や加速度の情報を後続車に伝送し車速を制御しながら、更なる燃費低減、道路の交通容量の増大を図るためには、安全を確保しつつ一層の車間距離の短縮が必要であることから、5Gの超低遅延性を活用したトラック隊列走行等、車両の遠隔操縦や自律型走行への応用が想定される。

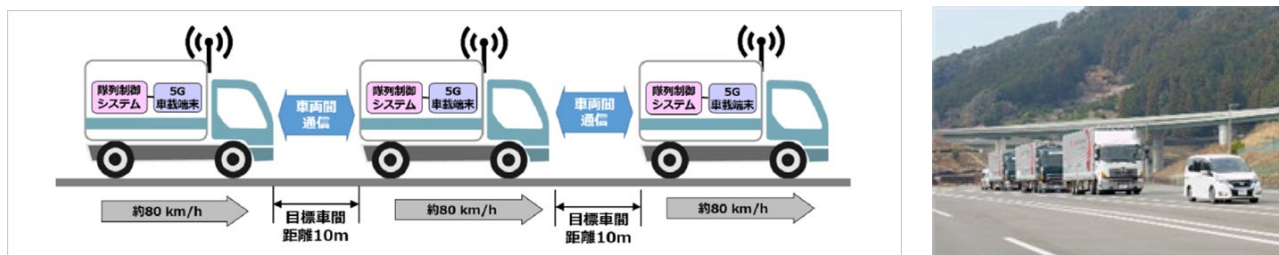
◎高度な車両制御に関する取組事例

2017年度に実施した総務省5G総合実証試験では、基地局経由車両通信（V2N）や車車間直接通信（V2V Direct）によるトラック隊列内での車両遠隔監視制御への適用を想定し、後続車両への制御信号伝送試験、後続車両の車載監視カメラ映像を先頭車両に配信する試験を実施した。制御信号伝送試験では、見通し環境での路面反射波干渉の影響、割込み車による見通し外環境では遮蔽損失の影響が生じることを明らかにした。

2018年度に実施した試験では、V2N通信機能に加え、V2N2V通信試験、V2V Direct通信試験を可能とする5G通信試作装置を開発・検証し、End-to-Endの伝送遅延時間10ms以下を達成した。V2N通信では、基地局アンテナ高を十分高くすることで遮蔽損失の影響を抑えられることを確認した。V2V Direct通信においては、ヌルフィルホーンアンテナの適用により、カーブや車線変更時の通信瞬断を防げることを確認した。

2019年度に実施した試験では、V2N通信において、5G基地局4局間のハンドオーバーを実現し、監視映像伝送試験を実施した。V2V Direct通信においては、新東名高速道路で実施しているトラック隊列走行の後続車自動運転制御（CACC）実証試験において、5G低遅延通信による車間距離（10m）制御、操舵に成功した。

図表 4-23 高度な車両制御に関する取組事例（総務省 5G 総合実証試験）



出所：総務省資料

④ 期待される効果等

5G を活用した、高度な交通管理や自動運転の実現と普及により、安全性の向上による交通事故の抑制、渋滞の軽減や運送効率の向上など、交通分野における生産性向上が図られると考えられる。また、地域における高齢者の安全・安心な足の確保、観光客の利便性の高い周遊手段の確保等、MaaS をはじめとする新たな交通サービスの創出も想定される。

4.3 5Gの導入による我が国における経済効果の推計

5Gの導入は、我が国の経済に様々な影響を及ぼす。例えば、コネクティッド・カーやスマート家電といった新製品・新サービスの誕生は、それ自体が新たな需要を喚起するだけでなく、それらを提供するために行われる設備投資を介しても経済にプラスに寄与する。また、スマート農業やスマート建設はといった効率性の向上や人件費の削減に寄与するものは、コスト削減分が新たな生産や投資を喚起しうる。さらに、コネクティッド・カーの普及に伴う交通事故低減や遠隔診療の普及などに伴う医療費の削減は、所得の増加を通じて、消費にプラスに寄与するだろう。以下では、5G導入が我が国に及ぼす経済効果を、産業連関分析を用いて試算した。

4.3.1 試算方法

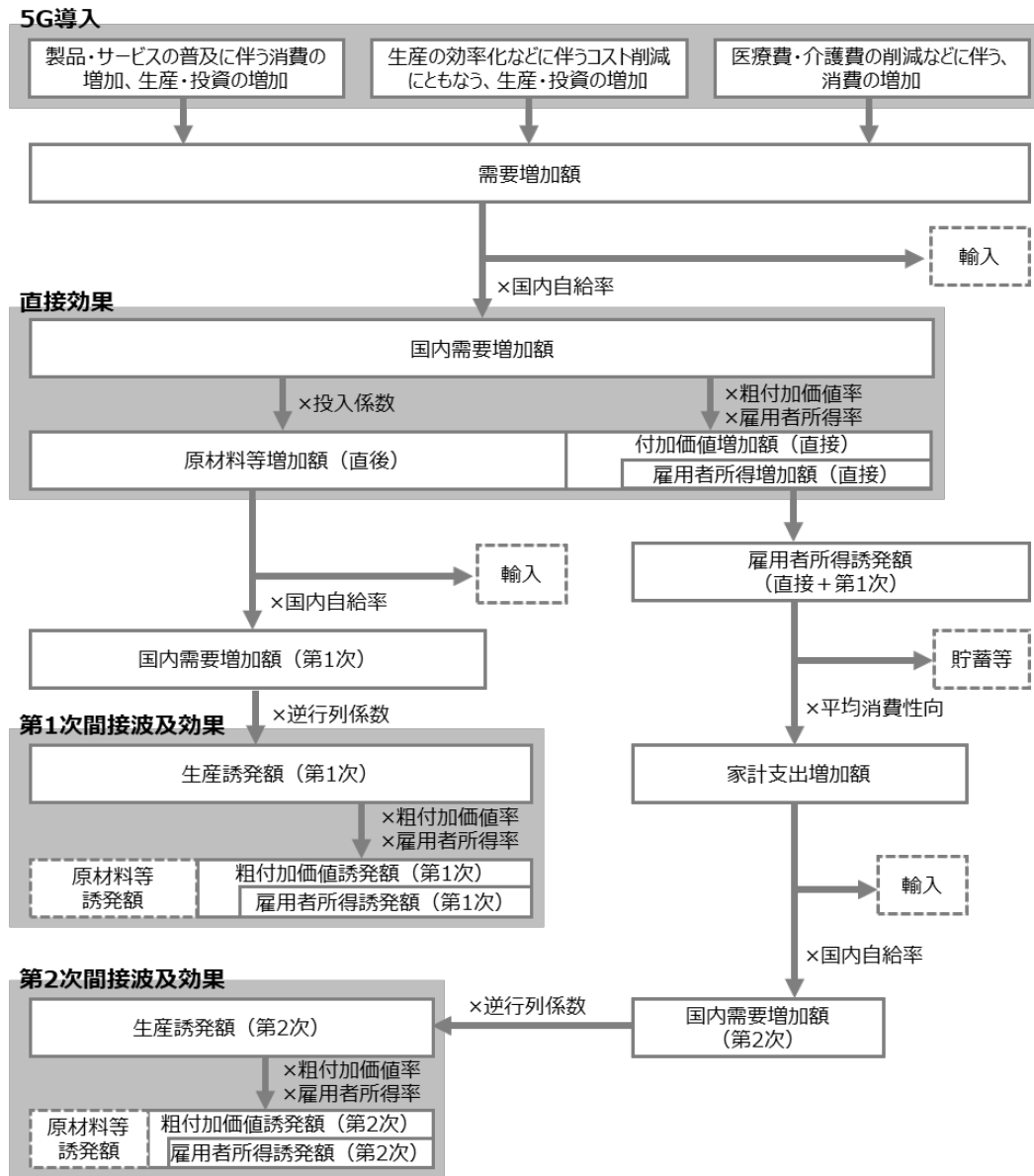
試算に際して、5G導入に伴う経済貢献の経路を下記の3つに分類した。

- ① 製品・サービスの普及に伴う消費の増加、生産・投資の増加
- ② 生産の効率化などに伴うコスト削減にともなう、生産・投資の増加
- ③ 医療費・介護費の削減などに伴う、消費の増加

上記のうち、①が5Gに係る市場規模に相当し、②及び③は5Gの導入によるコスト削減効果が企業投資や家計消費に回るものと仮定して、各産業へ与える経済波及効果として試算した。

推計のフローは下図の通りである。上記①～③の経済貢献の経路に基づき5Gの導入に伴う需要増加額を試算した後、5Gの導入に伴い普及が見込まれる効果とその需要増加額に基づき、対応する産業連関表の各産業部門に投入することで直接効果を算出した。次に、産業連関表を用いて、全産業において誘発される生産額（第1次間接波及効果）及び雇用者所得を通じて家計支出に回り、さらに誘発される生産額（第2次間接波及効果）を試算した。これらを合計した額を経済波及効果とした。

図表 4-24 推計フロー



出所：三菱総合研究所

4.3.2 試算対象

先述のように、5Gの導入は様々な製品やサービスの普及を加速すると予想される。本試算では、現時点においてある程度の普及が予想される主要な製品やサービス、技術（以下、ユースケース）を試算の対象としている。具体的に、試算に含めた分野¹¹⁶やユースケース、それらに伴う副次的な経済効果は下表の通りである。

¹¹⁶ 本試算では、各ユースケースを、産業上の類似性などに基づいて、“分野”ごとに分類した。

図表 4-25 試算対象の分野およびユースケース

セクター	直接的な経済影響（太字は分野、細字はユースケース）	副次的な経済効果
農林漁業	スマート農業 ・生産効率向上によるコスト削減 ・品質向上によるブランド化・販売単価向上	・コスト削減に伴う生産・投資の増加
製造業	スマート・ファクトリー ・オペレーション最適化および在庫効率化 ・メンテナンスによる人件費削減	・コスト削減に伴う生産・投資の増加
電気機械	スマート・ホーム	
輸送機械	モビリティ ・コネクティッド・カー ・カー・シェアリング	・事故や渋滞の低減に伴う消費の増加 ・運転時間の有効活用による消費の増加
建設	スマート建設 ・予防保全の実施による橋梁更新費用の低減	・コスト削減に伴う生産・投資の増加
商業	デジタル・マーケティング ・流通チェーンへの POS データ分析によるレジクーポン配信 ・食料品スーパーでの顧客購買データ分析によるレジクーポン配信 ・アパレル小売の店舗売上・発注データ分析による発注量最適化 ・100 円ショップでの POS データ分析による発注量予測 ・食品製造小売における POS データ分析による販売予測 ・自販機の POS データと他のデータの組み合わせ ・自動 チェックアウト・リアルタイム販促	
教育研究	スマート教育	
医療・福祉	ヘルスケア ・遠隔診療 ・見守り介護	・医療費削減による消費の増加 ・介護費削減による消費の増加
対個人サービス	その他 ・スポーツ興行のデジタル化 ・オンラインゲーム・スマホゲームの更なる普及 ・動画視聴の更なる普及 ・クラウド等を利用したリアルタイム翻訳ツール ・サイネージによる効果	

出所：三菱総合研究所

4.3.3 試算結果

上述した試算方法および試算対象のもと計算を行ったところ、5G 導入の日本経済への効果（試算対象期間は2025年頃まで）は、約102兆円であると予想される。経済効果を分野別にみると、モビリティ分野による押し上げ幅が38兆円程度と最も大きく、その後にデジタル・マーケティング分野（15.2程度）やスマート・ファクトリー（14.3兆円程度）が続く。また、各分野をさらに細かいユースケース別で見えていくと、モビリティ分野ではコネクティッド・カーによる押し上げ幅が約31.1兆円、デジタル・マーケティング分野では自動チェックアウトやリアルタイム販促による押し上げ幅が約11.9兆円、スマート・ファクトリー分野ではメンテナンスによる人件費削減による押し上げ幅が約9.8兆円にのぼり、経済への貢献度も大きいことが予想される。

図表 4-26 5G 導入の経済効果（分野別・ユースケース別）

分野およびユースケース	経済効果（兆円）
スマート農業	8.6
生産効率向上によるコスト削減	0.6
品質向上によるブランド化・販売単価向上	8.0
スマート・ファクトリー	14.3
オペレーション最適化および在庫効率化	4.5
メンテナンスによる人件費削減	9.8
スマート・ホーム	2.1
モビリティ	38.0
コネクティッド・カー	31.1
カー・シェアリング	6.9
スマート建設	5.7
予防保全の実施による橋梁更新費用の低減	同上
デジタル・マーケティング	15.2
流通チェーンへの POS データ分析によるレジクーポン配信	0.8
食料品スーパーでの顧客購買データ分析によるレジクーポン配信	1.9
アパレル小売の店舗売上・発注データ分析による発注量最適化	0.1
100円ショップでの POS データ分析による発注量予測	0.1
食品製造小売における POS データ分析による販売予測	0.2
自販機の POS データと他のデータの組み合わせ	0.2
自動チェックアウト・リアルタイム販促	11.9
スマート教育	6.7
ヘルスケア	12.7

遠隔診療や見守り介護	同上
その他	3.2
スポーツ興行のデジタル化	1.3
オンラインゲーム・スマホゲームの更なる普及	0.1
動画視聴の更なる普及	0.8
クラウド等を利用したリアルタイム翻訳ツール	0.6
サイネージによる効果	0.4

注：上手における経済効果では、新商品や新サービスに対する消費・設備投資の増加に加え、様々なコスト減（工場メンテナンス費や人件費の削減、医療費・介護費の減少など）による経済活動の刺激も加味している。

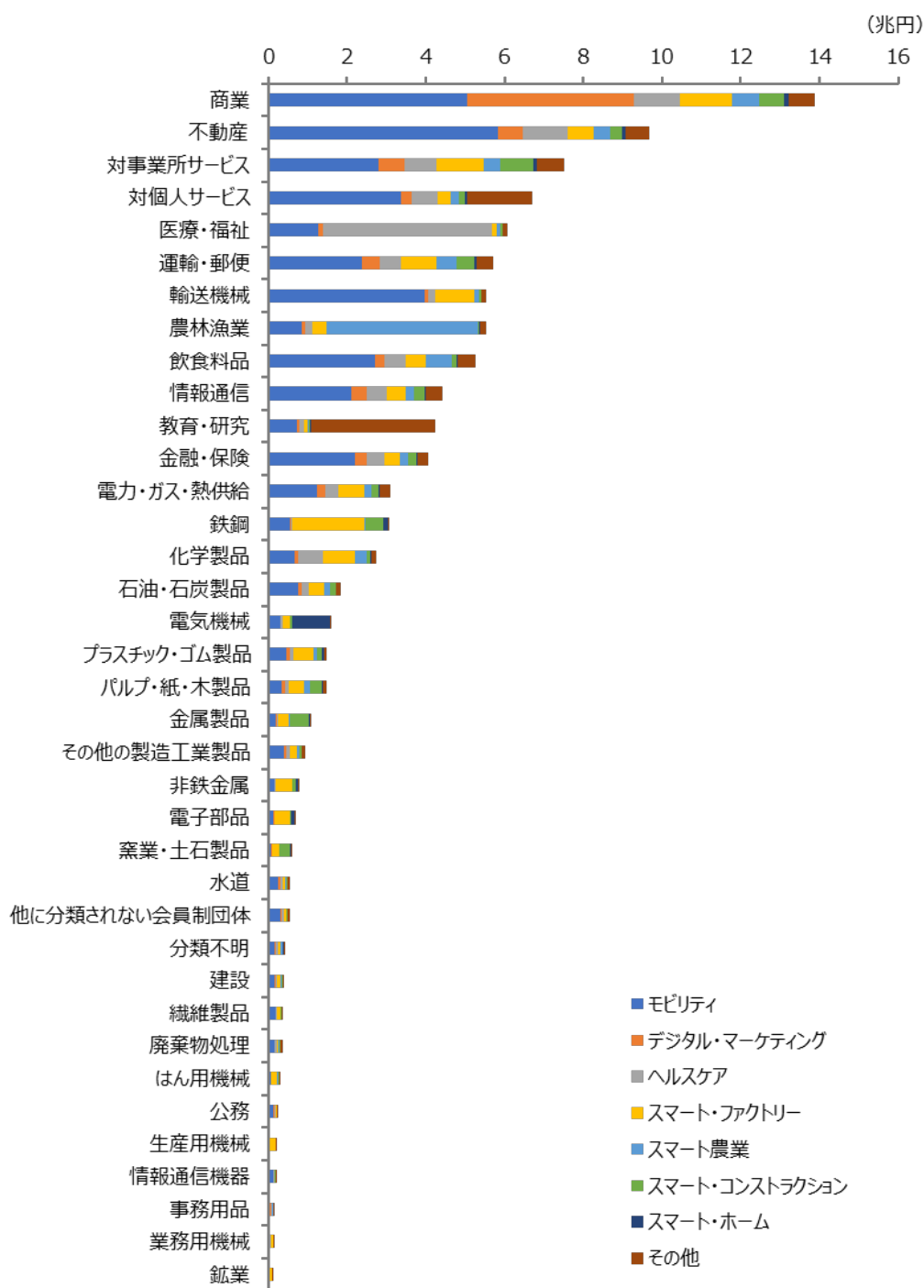
出所：三菱総合研究所試算

また、経済効果を産業別¹¹⁷にみると、商業の押し上げ幅が約13.9兆円で最も大きい。商業の押し上げ幅をさらに分野別に分解すると、デジタル・マーケティング分野に加え¹¹⁸、モビリティ分野による押し上げも大きいことが分かる。背景には、コネクティッド・カーへの搭載が予想される自動運転技術やドライバー・アシスト機能が、交通事故および交通渋滞の低減させることがある。事故や渋滞の発生は、消費者にとってコストと考えられるが、そうしたコストの減少は、消費者の所得を増加させ、民間消費を刺激する。加えて、ドライバーがこれまで運転に充てていた時間が、仕事や消費活動などに振り分けられるため、経済への押し上げ幅が大きいと考えられる。また、商業の他にも、不動産、対事業所サービス、対個人サービス、運輸・郵便などにおいて、5Gの経済効果が大きいと予想されるが、これらの産業についても、モビリティ分野による押し上げ幅が大きい。自動車産業は、他産業からの投入の割合が大きく、コネクティッド・カーやカー・シェアリングといった製品・サービスの普及は他産業の産出高も増加させるためとみられる。

¹¹⁷ 今回は、日本の産業連関表の統合大分類（37部門）に従った。

¹¹⁸ 商業は、産業連関表において商業からのインプットの割合が極めて高いため、デジタル・マーケティング分野における新サービス普及の影響が商業に偏って表れている。

図表 4-27 5G 導入の経済効果（産業別・ユースケース別）



注：上図における経済効果では、新商品や新サービスに対する消費・設備投資の増加に加え、様々なコスト減（工場メンテナンス費や人件費の削減、医療費・介護費の減少など）による経済活動の刺激も加味している。

出所：三菱総合研究所試算

5. 5G以降の技術革新に関する調査

2030年代にデータ主導型の「超スマート社会」を実現するためには、地上、海、空、宇宙などフィジカル空間のあらゆる場所において生ずる様々な事象に関する詳細なデータを収集してデジタルデータに変換した後、サイバー空間において蓄積・解析を行い、フィジカル空間に瞬時にフィードバックするCPSの極めて高度な同期が不可欠となる。このため、極めて大量の情報を、あらゆる場所において遅延なく安全・確実に流通させることができる、5Gより高度な通信インフラが必要となる。

本省では、「5Gの次」のインフラの構築に向けた各国の動向、そして、我が国における「Beyond 5G」の実現に向けた検討及び今後の推進戦略について説明する。

5.1 国内外の動向

昨年（2019年）から今年（2020年）にかけて、世界各国で5Gの商用サービスが相次いで開始される中、2030年代を見据えて、5Gの次の規格に向けた検討が各国において始まっている。5Gが研究段階を終えて、実用化が進められていく中、2018年頃から研究者の関心は「5Gの次」へと向けられていき、将来、有望な通信技術に関する学術的な議論が各国・地域で活発に行われるようになった。

5.1.1 国内の動向

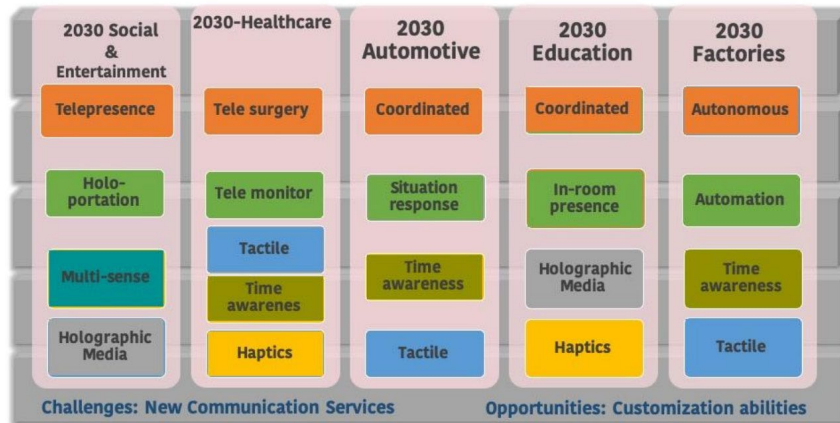
NICTが、2018年7月よりテラヘルツ波の研究開発を開始し、5Gの次を見据えた様々な研究開発を推進している。民間では、NTTが2019年6月に6Gを見据えたネットワーク構想「IOWN」を発表したほか、NTTドコモは、今年1月に6Gに向けた技術コンセプト（ホワイトペーパー）を公開するなど取組を進めている。

5.1.2 諸外国の動向

① 国際標準化機関

国際電気通信連合（ITU）では、ITU-T FG-NET 2030と称するグループにてBeyond 5G時代を見据えた検討を進めている。具体的には、自動車、教育、自動工場などにおけるホログラム、感覚通信などを代表的なユースケースとして挙げ、ホログラムの普及と新たなコミュニケーション文化によるホログラフィック社会の到来を予想している。

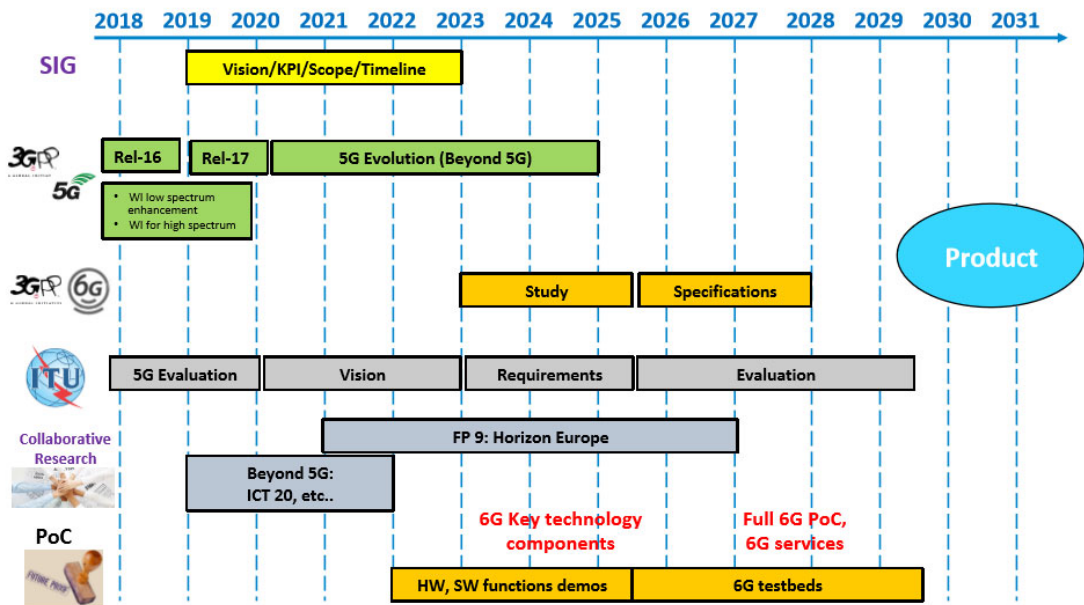
図表 5-1 FG-NET2030 が想定する 2030 年の新興産業分野



出所) “A Blueprint of Technology, Applications and Market Drivers Towards the Year 2030 and Beyond” ITU-T FG-NET 2030(2019年3月)

米国電気電子学会 (IEEE) では、6G時代の重点ユースケースとしてホログラフィックテレプレゼンス、スマートシティ、Industry4.0 ロボティクス等を挙げ、具体的な KPIを設定したうえで、柔軟なネットワーク構築、ネットワークの自律運用、広帯域化、小型化などの技術要素の定義とそれらに係る標準化を推進している。

図表 5-2 IEEE の 6G の標準化ロードマップ



出所) “6G: The Next Frontier” Emilio Calvanese Strinati 他(2019年1月)

② 欧州

現時点で最も組織的な動きを示しているのが、フィンランドのオウル大学を中心とする「6Genesis プロジェクト」である。同プロジェクトでは、2018年からの8年間で約2.5億ユーロ（約300億円）の予算を獲得し、研究開発に着手している。6Genesisでは、XR、ホロプレゼンス、自動運転などを主要ユースケースとして挙げ、「ワイヤレス接続」、「分散コンピューティング」、「デバイス・回路技術」、「サービス・アプリケーション」等の重点研究分野を設定した。オウル大学は、2019年3月に世界各国の研究者を集めたシンポジウム「6G Wireless サミット」を開始するなど、6G関連の全世界的エコシステムと開発プラットフォームを構築することを目指している。

フランスでは、90ギガヘルツ帯域でのB5G技術開発を目的としたプロジェクト「BRAVE」が2018年に開始し、2021年秋まで技術開発及びその検証を進める予定である。主な取り組みは、1)サブTHz物理層の特性に適合する波形の精緻化と評価、2)5Gbps以上または数百Gbpsを超える速度の通信からメリットを得られる新しいアプリケーションの特定を目指している。有望なユースケースとして、データダウンロードKIOSK（バス停などに設置）、ドローンを活用したアドホック高速通信ネットワークによる新しいアプリケーション（スポーツイベント、ライブ公演、マルチプレイヤー仮想ゲーム、マルチユーザー仮想エンターテインメント、ホログラムなど）を想定している。

③ 米国

米国では、2019年2月、トランプ大統領が自身のツイッターで6Gへの取組を強化する旨を表明し、3月にはFCCがテラヘルツ波（6Gでの利用が想定される100GHz～3THzの帯域）を研究用途に開放する旨を決定した。その後、国防高等計画局（DARPA）及びニューヨーク大が中心となって研究拠点“ComSenTer”を立ち上げ、UCサンタバーバラ、UCバークレー、UCサンディエゴ、コーネル大、マサチューセッツ工科大が研究に参画している。

Nokia Bell-Labでは、AIロボットや拡張デジタル人間システムなどのユースケースに対して、Wide Area Network、Indoor Network、Dedicated Networkの3つのネットワークシナリオを中核的な研究領域とし、Tera Hz対応RAN、クラウドネイティブ、ゼロタッチオペレーション、ML/AI等の中核技術の研究開発を推進している。フィンランドと米国を中心に研究を推進しており、特に、エッジ領域のデバイスやAIベースのクラウドに重点投資している。

無線技術の先進的な研究を進めているNYU Wireless（産学連携無線研究センター）では、6Gの潜在的可能性として、ミリ波やテラヘルツを応用した自動運転、ロボティクスや、VR/ARを活用したアプリケーションなどを挙げ、エネルギーハーベスティング、エッジとデータセンタ間のリアルタイム通信基盤、Very High eMBB、URLLCなどの高信頼性化等を重要な課題として想定している。

④ 韓国

韓国では、2019年に入ってLGやサムスンが相次いで6G研究開発のためのセンターを立ち上げたほか、韓国電子通信研究院（ETRI）がフィンランドOulu大学と6G研究開発協力で提携、政府では、2028年の6G商用化を目指し、2021～28年の中核技術研究開発事業に向けた準備を進めている。

韓国政府系研究機関ETRIは韓国政府と共に6Gビジョンプランを企画している。2020年3月末に財政部より予算が承認されれば、プロトタイプ開発、試行テストを通じた6Gの主要技術開発を開始予定としている。有望なユースケースとして、人工衛星を利用した海上・航空通信、エネルギー削減管理システム、AIを活用したネットワークリソース・セキュリティ管理、ブロックチェーン、量子暗号通信、AIロボットなどを想定し、それらを実現するための具体的なKPIを設定している。

サムスンは、感覚遅延ゼロ通信、超精密位置技術等の中核的なユースケースカテゴリを掲げ、ホログラムを中心としたインタフェースなど、コンシューマデバイス分野でのキーデバイス市場の先取りと国際的な優位性確保を目指している。6Gの研究開発プロジェクトでは、5G技術を延長するとともに新たに超精密位置技術等を組み合わせることを想定している。

⑤ 中国

中国では、2019年11月に科学技術部が6Gの研究開発の開始を発表するとともに、研究開発を担う組織を立ち上げた。また、同月にはファーウェイの会長が社内で6Gの研究チームを任命した旨を表明し、官民ともに6Gの研究開発に乗り出した。

5.2 Beyond 5Gの将来像

5.2.1 ネットワーク環境

5G/IoTの普及、社会のデジタル化、人口減少、トラフィック爆発、サイバー攻撃の巧妙化などを背景に、通信ネットワークを取り巻く環境は大きく変わりつつある。加えて、接続される対象が「人のみ」から「人やモノ」へ変化をしており、それらをつなぐネットワークは大きな変革期を迎えている。Beyond 5G時代は、「通信」と「あらゆるビジネス分野」が融合し、ユースケースファーストなサービスを創出することで、顕在化する様々な社会課題を解決していく「超スマート社会」への変革が想定される。

Beyond5G時代の要求条件は、これまでの想像をはるかに超えるものになると予想されている。例えば、ITU-T（FG NET-2030）ではホログラム通信にはTbps級の通信容量、サブミリ秒級の伝送遅延が必要となると試算しており、2040年頃のシステム容量は50～100Pbit級、ファイバあたりの容量は数百Tbps級といったオーダーになるであろう。

こうしたオーダーのトラフィックを処理するBeyond5G時代のネットワークインフラにお

いては、「大容量」、「省電力化」、「超低遅延」、「柔軟性」、「高効率」、「安全・信頼性」といった既存技術の高度化だけでなく、社会情勢の変革に臨機応変に対応すべく「自律創発性」、「展開性」といった新たな価値創出に係る技術の開発についても取り組むことが重要となる。人手を介さずに自律的に高度なネットワークの創出が実現しているであろう。

特に、コンピューティングとネットワークが融合した形への変革が期待されており、それらを超大容量、超低遅延、超省電力でつなぎ自律的に全体最適化を行うことで、ネットワーク全体を1つのコンピューティングリソースとして最適活用する時代となろう。

5.2.2 ユースケース

上述のネットワーク環境下では様々なユースケースの実現が予想される。一つは、バイタルや人体情報との連携が挙げられる。具体的には、自分の体を感じたことを感覚情報として直接入力・伝達・再現が可能な「感覚通信」、身体を投影する「テレプレゼンス」、ホログラム技術等を応用した「記憶や体験の映像化」、クラウド上にあるスーパーコンピューターネットワークを活用しリアルタイムで人間の脳の状態やデータをやりとりするといった「脳のクラウド化」、VRでロボットを化身として操縦する「遠隔義体」などのユースケースが挙げられる。

産業用途における高度化としては、工場・農業の完全自動化や、実世界の仕組みや稼働状況などをデジタル空間に構築してリアルなシミュレーションを可能にする「デジタルツイン」の実現等が挙げられる。仮想空間から現実世界へアプローチができるのも大きな特徴である。例えば、デジタルツイン上で何かしらの問題が起きた際は、オンラインを通じて現実世界にアプローチし、トラブルの回避・解決などが可能となる。

公共用途における高度化においても、モビリティを都市レベルまで拡張した「自律モビリティ・シティ」や、AIや上述の感覚・認識技術を応用した「感情を持ったクルマ」、車両間の関係性や人流・交通量等の膨大な情報をリアルタイムに収集・分析し、需要に応じた最適かつ高度な協調を実現する「ダイヤのない電車」といった社会システムの変革が予想される。

その他、空・宇宙までのカバレッジを実現し、地上との連携を実現する通信などが想定される。

上記のユースケースにより、我が国の少子高齢化や労働力不足、エネルギー枯渇といった社会課題への対応し、誰でも・どこでもつながる快適な社会が実現しているであろう。