

第4節 5Gが促す産業のワイヤレス化

我が国が抱える社会的問題の解決のために行われている、各地域におけるICTを活用した取組、2020年を目標に進めてきた社会全体へのICT導入の取組、そして、新型コロナウイルス感染症の拡大に対して国民生活・経済活動の維持のために行われているICTを活用した取組についてここまで取り上げてきた。

新型コロナウイルス感染症が収束した後の社会では、「社会全体のデジタル化」への流れはさらに加速し、これまでデジタル化が進まなかった領域においても、デジタル・トランスフォーメーションへの対応を迫られるであろう。

このような状況下で商用サービスを開始した5Gは、「社会全体のデジタル化」を促す存在として重要な役割を果たすものと期待されている。4Gまでの移动通信システムの進化が、情報通信産業を一大産業にした「ワイヤレスの産業化」を実現したとすれば、5Gは、移动通信システムが各産業・分野へ実装される「産業のワイヤレス化」を実現し、各産業・分野におけるデジタル・トランスフォーメーションを支える基盤となっていくであろう。

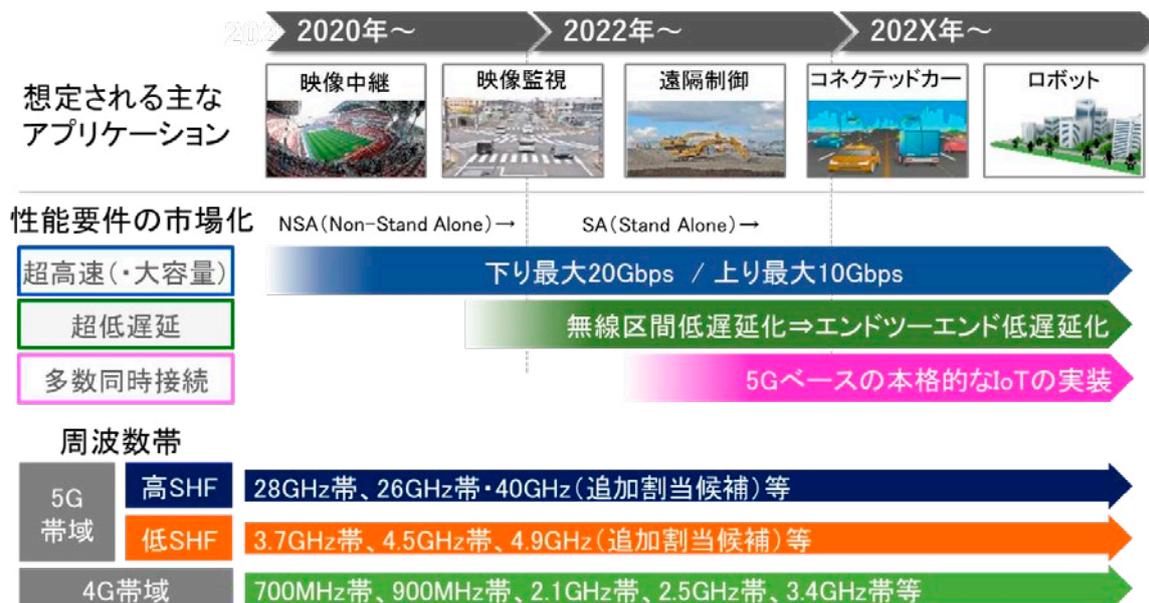
本節では、5Gの社会実装が各産業・分野でどのような形で進み、どのような効果を生み出していくのか、過去に実施した総務省5G総合実証試験の結果や民間における取組内容を踏まえて展望する。

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。第1章第2節において説明したように、5Gの商用開始から当分の間は、移动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ッド・カー、ロボット等のIoT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 2-4-1-1 5Gの社会実装に向けたロードマップ



(出典) 総務省 (2020) 「第五世代移动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」

2 5Gに対する利用者意識

まずは今後、5Gの利用者となりうる個人又は企業は、商用サービス開始前の3月時点で5Gに対してどのような意識を持っているのか、利用者アンケート調査の結果から、今後の個人又は企業のサービス利用意向を探っていくこととしたい。

1 5Gに対する個人利用者の意識

ア 5Gに対する認知度

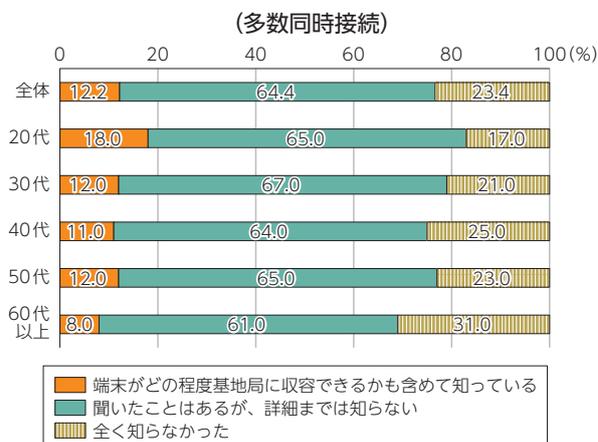
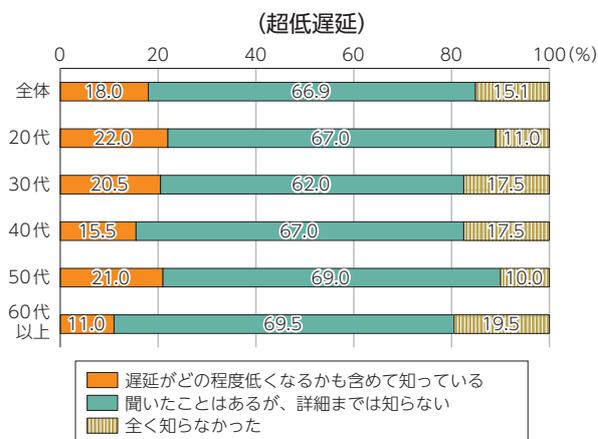
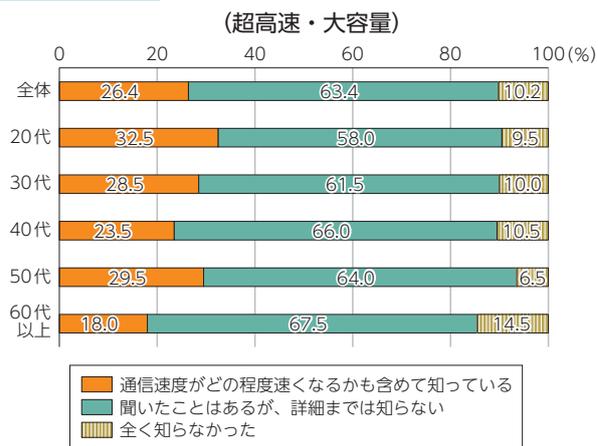
個人利用者に対して、まず、5Gに対する認知度をみるため、5Gの3つの特長である、「超高速・大容量」、「超低遅延」及び「多数同時接続」のそれぞれの理解度について、「内容を含めて理解している」、「聞いたことがある程度」、「全く知らなかった」の3択で尋ねた。

調査の結果は図表2-4-2-1のとおりであるが、5Gそのものへの認知度は非常に高く、超高速・大容量については90%、超低遅延については85%、多数同時接続については76%の調査対象者が、少なくとも聞いたことがあると回答した。

他方、内容まで含めて理解しているかについては、先端的な技術に敏感な20代であっても、超高速・大容量では33%、超低遅延は22%、多数同時接続は18%にとどまっており、5Gの特長の詳細までは、まだ利用者には浸透していないことが伺える。

なお、3つの特長の理解度に関して、いずれの世代でも、超高速・大容量→超低遅延→多数同時接続の順となった点は特徴的である。4Gまでの移動通信システムの進化の延長線上にある超高速・大容量は、一般利用者にも理解しやすい一方、個人での利用よりは産業用途での利用が見込まれる多数同時接続は、一般利用者には少しイメージしづらいのではないかと推測される。

図表2-4-2-1 5Gの認知度

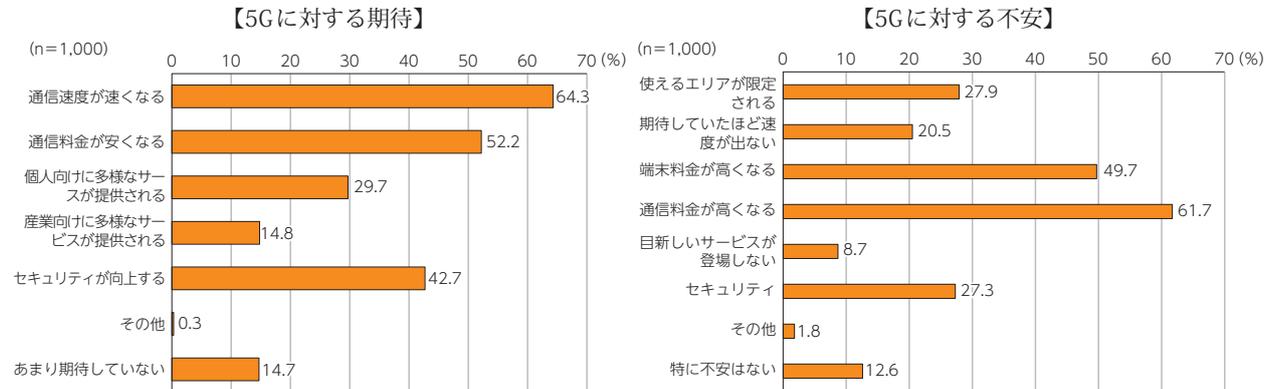


(出典) 総務省 (2020) 「データ流通環境等に関する消費者の意識に関する調査研究」

イ 5Gに対する期待・不安

続いて、5Gに期待すること及び5Gへの不安について調査した結果が、[図表2-4-2-2](#)である。5Gに期待することに関しては、「通信速度が速くなる」が高く、次いで「通信料金が安くなる」、「セキュリティが向上する」の順となっている。他方、5Gへの不安に関しては、「通信料金が高くなる」が最も高く、次いで「端末料金が高くなる」、「使えるエリアが限定される」、「セキュリティ」の順となっている。

図表 2-4-2-2 5Gに対する期待及び不安



(出典) 総務省 (2020) 「データ流通環境等に関する消費者の意識に関する調査研究」

ウ 5Gを用いたサービスの利用意向

5Gの導入によって今後、利用可能となるサービス、あるいは4Gの時点で既に利用可能であったが、5Gでより円滑な利用が可能となるサービスについて、利用意向の有無及び有料（通信料金とは別にサービス利用料や手数料を支出する形態を想定）の場合における利用意向について尋ねた結果が[図表2-4-2-3](#)である。

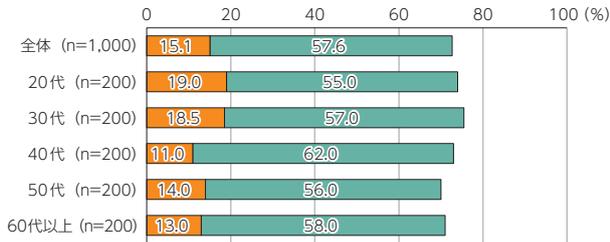
全体的な傾向として、例示として取り上げたサービスの利用意向はいずれも高く、平均では50%を上回る結果となった。ただし、有料での利用意向に関しては大きく数値を下げる結果となっており、通信料金に加えて付加的な料金の支出には慎重な傾向にあることがうかがえる。

分野別にサービス利用意向をみていくと、「交通」、「見守り」、「医療」といった分野では、世代に関係なく高い利用意向が示されている一方、「エンターテインメント」、「教育」に関しては、若年層の利用意向が高いのに対し、高年層の利用意向は低くなる結果が出ている。

なお、このアンケート調査は新型コロナウイルス感染症が拡大する前に実施したものである。その後の感染症の拡大及びそれに伴い様々な自粛が求められる状況で同様の調査を行った場合には、「医療」や「教育」分野などでは異なる結果が出ることも想定される。

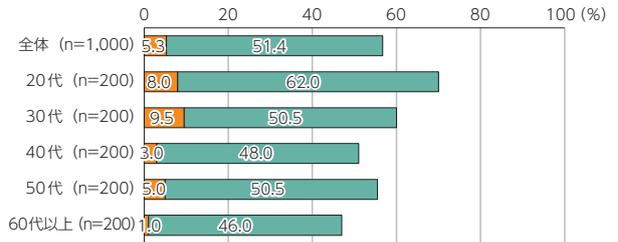
図表 2-4-2-3 5Gを用いたサービスの利用意向

1. 車両の周囲全面にあるセンサー等があらゆる障害物を検知して自動的に反応することで交通事故を防ぐ機能



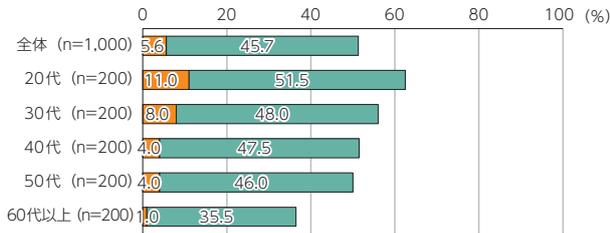
有料 (サービス利用料・手数料分) でも利用したいと思う
無料であれば、利用したいと思う

2. スタジアムやホールにおいて観客たちの撮影した動画等がリアルタイムに共有され、現場の一体感を遠隔地でも楽しめる機能



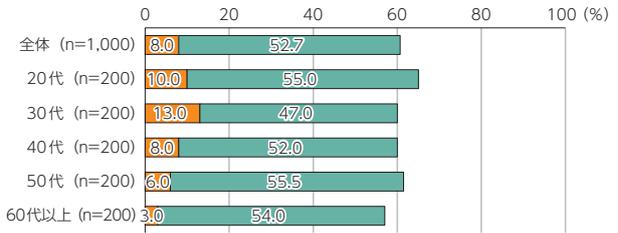
有料 (サービス利用料・手数料分) でも利用したいと思う
無料であれば、利用したいと思う

3. VRヘッドセットなどを用いて高画質な3Dパノラマ映像から視点を自由に切り替えながらスポーツ観戦できる機能



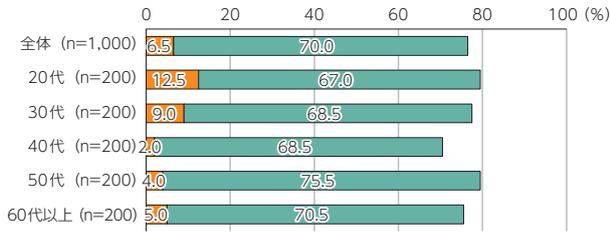
有料 (サービス利用料・手数料分) でも利用したいと思う
無料であれば、利用したいと思う

4. 子どもや高齢者、ペットの状態を高細度カメラを通じて常に把握でき、不審な行動の予兆をAIで検知し、送信することにより危険を予防できる機能



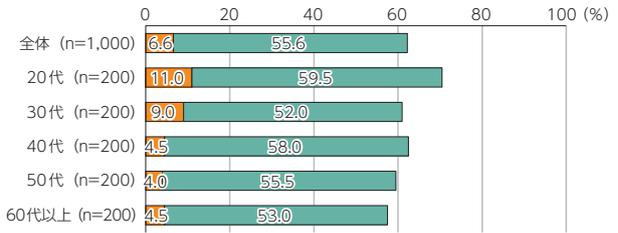
有料 (サービス利用料・手数料分) でも利用したいと思う
無料であれば、利用したいと思う

5. スマートフォンやウェアラブル端末 (時計、眼鏡等) で目的地への進行方向や経路が示され、初めて来る場所でも迷わずに移動できる機能



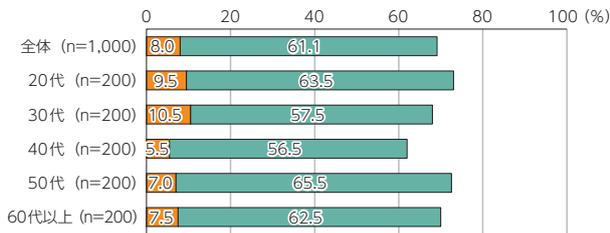
有料 (サービス利用料・手数料分) でも利用したいと思う
無料であれば、利用したいと思う

6. 訪日外国人とのコミュニケーションをスマートフォン又は専用端末のリアルタイム翻訳機能により迅速かつ円滑に行える機能



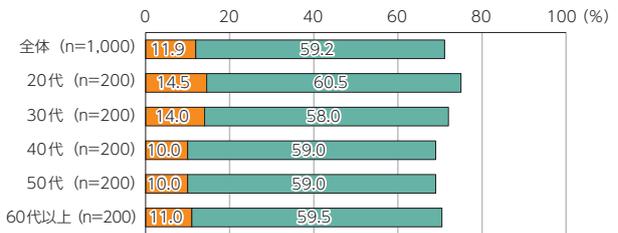
有料 (サービス利用料・手数料分) でも利用したいと思う
無料であれば、利用したいと思う

7. 健康データ (血圧、脈拍、血糖値等) やその時の気分などを検知し、それらのデータに基づいた生活習慣病等の予防サービスを医療機関等から提供される機能



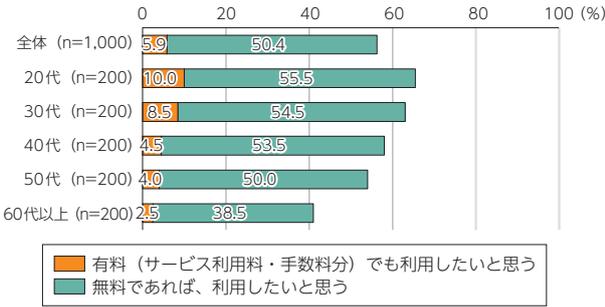
有料 (サービス利用料・手数料分) でも利用したいと思う
無料であれば、利用したいと思う

8. 旅行先などの遠方で医師の診断を受ける際、地元のかかりつけの病院からカルテ等を送ってもらえる機能

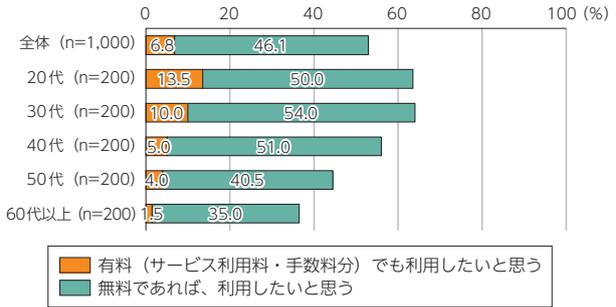


有料 (サービス利用料・手数料分) でも利用したいと思う
無料であれば、利用したいと思う

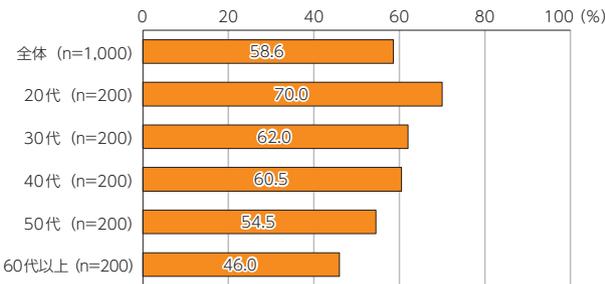
9. 高解像度で低遅延な環境で映像を双方向でつなぐことにより、遠隔地からの講義や臨場感のある外国語学習をリアルタイムで受けられる機能



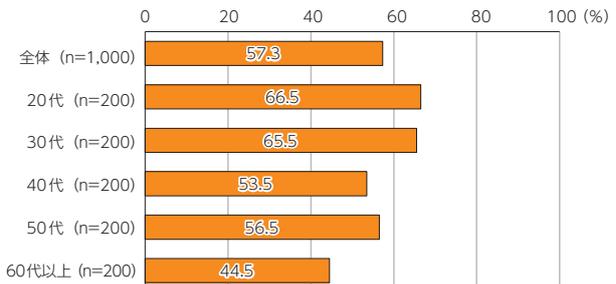
10. 通信教育や子どもの稲古事などの教材 (映像を含む) を学校や学習塾などから送ってもらえる機能



11. 小売店や飲食店などの近くを通りかかった際、セール内容やおすすめのメニューを記した広告、割引クーポンを店舗から送ってもらえる機能



12. セルフでキャッシュレスのスマートレジ、防犯センサーや監視カメラの設置により店員不在な状況の中、効率的かつストレスフリーな買物ができる機能



※ 11. 及び 12. は、利用者がサービス利用料や手数料を支払う形態が想定されないサービスのため、利用意向の有無のみを尋ねた。

(出典) 総務省 (2020) 「データ流通環境等に関する消費者の意識に関する調査研究」

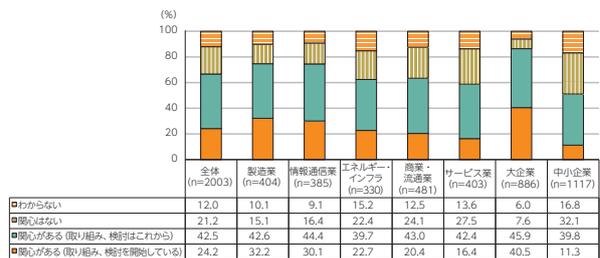
以上の結果を踏まえると、一般利用者は5Gに対して高い関心を示していると言えそうだが、特に料金面に関して不安を感じる利用者は多く、5Gを用いたサービスに関しても、追加料金を支払ってでも利用したいとの意向は高くない状況にある。今後、携帯電話事業者が一般利用者に5Gを普及させるに当たっては、料金面への懸念を払拭するとともに、魅力的なサービス・アプリケーションを提供できるかがポイントになりそうである。

2 5Gに対する企業の意識

ア 5Gへの関心

企業に対して、5Gへの関心の有無について尋ねた結果が図表2-4-2-4である。回答企業のうち、関心があるとの回答は60%を上回り、業種別にみてもいずれの業種も5割を超える結果となっている。他方、企業の規模別にみても、大企業では85%以上が「関心がある」と答えたのに対し、中小企業では50%程度にとどまるなど、意識に差が見られた。

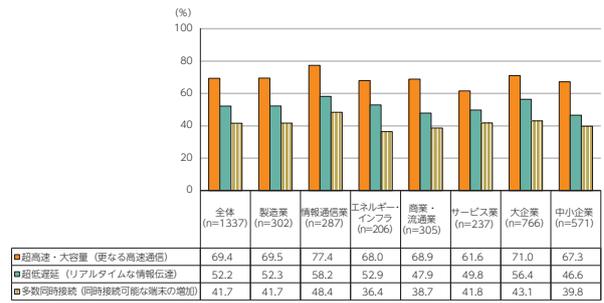
図表 2-4-2-4 企業の5Gへの関心



(出典) 総務省 (2020) 「デジタルデータの経済的価値の計測と活用の現状に関する調査研究」

続いて、関心のある特長を尋ねた結果が図表2-4-2-5である。こちらは業種の別や企業規模の大小に関係なく、超高速・大容量→超低遅延→多数同時接続の順となり、一般利用者を対象に行ったアンケート調査の結果(図表2-4-2-1参照)と同様の結果となった。

図表 2-4-2-5 関心のある5Gの特長

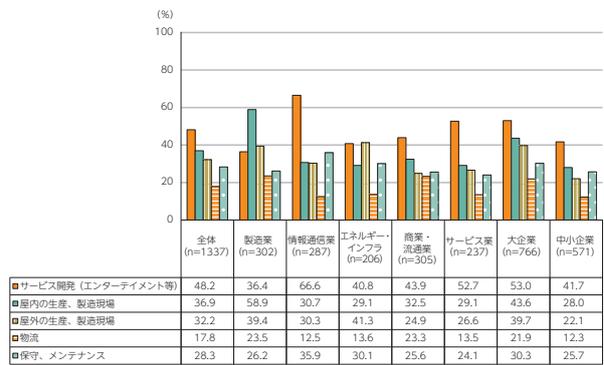


(出典) 総務省 (2020) 「デジタルデータの経済的価値の計測と活用の現状に関する調査研究」

イ 5Gの活用場面

企業が想定している5Gの活用場面について尋ねた結果が図表2-4-2-6である。製造業では「屋内の生産、製造現場」が最も高く、情報通信業やサービス業では「サービス開発」が最も高い結果となった。また、エネルギー・インフラでは「屋外の生産、製造現場」も高い結果となっている。

図表 2-4-2-6 5Gの活用場面



(出典) 総務省 (2020) 「デジタルデータの経済的価値の計測と活用の現状に関する調査研究」

3 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。

1 農業

ア 農業が抱える課題

少子高齢化・人口減少が本格化する中で、我が国の農業においては、農業就業者数や農地面積が減少し続けるなど、生産現場は厳しい状況に直面しており、今後、経営資源や農業技術が継承されず、生産基盤が一層脆弱化することが危惧される。また、中山間地域を中心に農村人口が減少し、農業生産のみならず地域コミュニティの維持が困難になることも懸念される。

こうした中で、農業・農村の持続性を高めていくためには、経営規模の大小や中山間地域といった条件にかかわらず、生産基盤を強化していく必要がある。

イ 現状のICT活用に係る取組

近年は、現場の課題を先端技術で解決する農業分野における Society5.0の実現に向け、ロボット、AI、IoT (Internet of Things) 等の先端技術を活用して超省力・高品質生産を可能にする「スマート農業」の社会実装に向けた取組を進めている。

スマート農業技術の導入により、ロボットトラクタ、スマホで操作する水田の水管理システムなどの活用により、作業を自動化し人手を省くことを可能にする(作業の自動化)、位置情報と連動した経営管理アプリの活用により、作業の記録をデジタル化・自動化し、熟練者でなくても生産活動の主体になることを可能にする(情報共有の簡易化)、ドローン・衛星によるセンシングデータや気象データのAI解析により、農作物の生育や病虫害を予測し、高度な農業経営を可能にする(データの活用)などの効果が期待されている。

また、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。

ウ 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。

(ア) 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2-4-3-1）。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2-4-3-1 牛の遠隔モニタリング（総務省5G総合実証試験）



（出典）総務省作成資料

(イ) 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、遠隔地の専門家（専門医、ベテラン技術者や指導員等）との視覚情報の共有が可能となり、専門家は遠隔地から新規就農者への技術指導等を行うことができる。また、データ基盤と連携させ、得られたビッグデータをAIで解析することにより、熟練者の「匠の技」が見える化し、スマートグラス等への5Gを介したリアルタイムなフィードバックも可能となる。

(ウ) 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。

◎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2-4-3-2 無人トラクター



(出典) 総務省(2020)「第五世代移动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」

エ 期待される効果等

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。

2 インフラ・建設分野

ア インフラ・建設分野が抱える課題

先述のとおり、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。国土交通省が所管するインフラを対象にした将来の維持管理・更新費の推計結果^{*1}によると、施設に不具合が生じてから対策を行う「事後保全」の場合、1年当たりの費用は2048年度には2018年度の約2.4倍となる。一方、施設に不具合が生じる前に対策を行う「予防保全」の場合、1年当たりの費用は2048年度には「事後保全」の場合と比べて約5割減少し、30年間の累計でも約3割減少する見込みとなる。したがって、「事後保全」から「予防保全」へ本格転換するとともに、新技術の活用等による点検の高度化・効率化を図り、今後増加が見込まれる維持管理・更新費の縮減を図ることが重要である。

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。

*1 国土交通省(2018)「国土交通省所管分野における社会資本の将来の維持管理・更新費の推計」
(<https://www.mlit.go.jp/common/001271515.pdf>)

イ 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、従来施工では、設計図から指標（測量ボール等）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。

ウ 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。

（ア）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。

（イ）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。

◎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、2019年度の総務省5G総合実証試験では、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 2-4-3-3 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）



（出典）総務省作成資料

エ 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。

3 医療等分野

ア 医療等分野における課題

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。一方、全体的な医師の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、専門的な医療機関への受診が困難であることから、ICTを活用し、へき地診療所等の医師が専門医等から適切な助言・指導を受けられる環境の整備は重要である。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。過疎地域や山間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く、増加する在宅療養者・患者に対する医療・介護現場の負担増大が課題となっている。

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。

イ 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。

ウ 医療等分野における5Gのユースケース^{*2}

(ア) 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・治療方針等に關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

*2 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/iryou_kaigo_kenkou.html

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

2019年度に実施した総務省5G総合実証試験では、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、遠隔地の専門医による指示の下で高精細映像を用いた高水準の医療の提供を目指す実証試験を実施した。この実証試験では、高機能エコー、ベッドサイドモニター、4K接写カメラ、俯瞰カメラを搭載した高機能移動診療車（ハイパードクターカー）を地域診療所付近へ派遣する試みを行い、和歌山県立医科大学の専門医等と連携した高度遠隔移動診療について検証した。その結果、高精細映像を通じて遠隔地の診療所及び移動診療車においても、専門医と連携した診察が行えることを実証した。

図表 2-4-3-4 5Gを活用した高度遠隔移動診療（総務省5G総合実証試験）



（出典）総務省作成資料

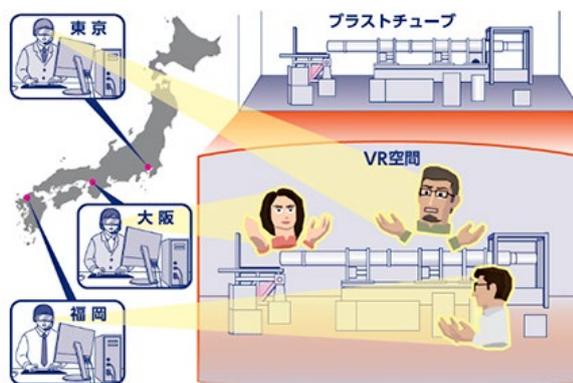
（イ）医療機関における通信環境の提供

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。

◎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）^{*3}。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「プラストチューブ」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。

図表 2-4-3-5 医療教育現場における遠隔教育（防衛医科大学校・KDDI・Synamon）



（出典）総務省（2020）「第五世代移动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」

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

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

確認した。

エ 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、全国に波及して行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 製造業

ア 製造業が抱える課題

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^{*4}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^{*5}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。こうした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対し、製造業では、従前より生産性を高める取組を行ってきたところであるが、更なる生産性向上が求められている。

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、様々な仕様で少量ずつ生産する多品種少量生産に係る取組が増えている^{*6}。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実現するための効率化が求められている。

イ 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 2-4-3-6 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

(出典) 総務省 (2020)「第五世代移动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」

ウ 製造業における5Gのユースケース

(ア) 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することで生じ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

*4 「平成30年労働力調査年報」(総務省統計局)

*5 「グローバル生産性」計測の試み(経済産業省:2017年1月公表)

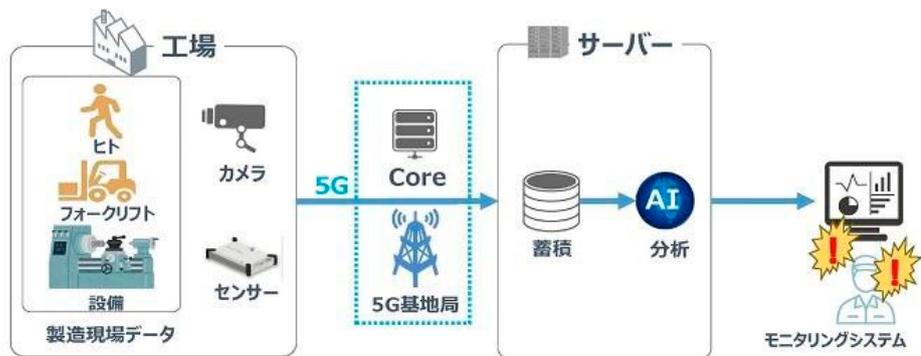
*6 ドイツのIndustry 4.0においても提唱されているとおり、こうした生産方式を通じて、企業が実現を目指す1つの姿として、大量生産のように低コストを維持したまま顧客一人ひとりに対応した商品を作り出す「マスカスタマイゼーション」が挙げられる。

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）^{*7}。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。

図表 2-4-3-7 工場内のモニタリング（住友電気工業・ソフトバンク）



（出典）総務省（2020）「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」

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としている。

（イ）作業支援

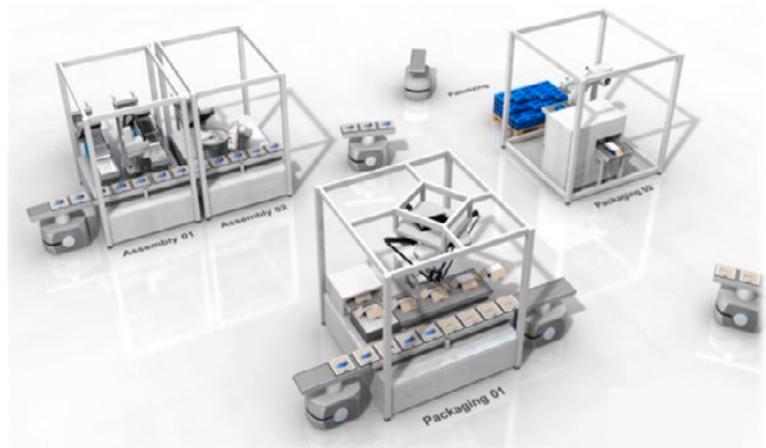
工場内の製造ラインにおいて、作業内容に応じて、PCやタブレット、VR/AR技術等を活用して、5Gを介して、人と生産システムのインタラクションにおける支援を行うことができる。例えば、ARゴーグルを使いながら補完情報を用いて作業を円滑に行ったり、遠隔での指導やコミュニケーション等にも応用したりすることができる。一般に、工場内では有線を張り巡らせて機器を接続することが多いが、より柔軟な設置や稼働を実現する上で無線環境は欠かせない。また、VR/AR技術を活用する場合は、作業員がVR/AR映像で作業している際の「酔い」を予防するため、超低遅延でのスムーズなデータ伝送や画像処理が必要となる。既存方式（Wi-Fi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

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）^{*8}。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

図表 2-4-3-8 レイアウトフリー生産ライン（イメージ）



（出典）オムロン（株）プレスリリース（2019年9月10日）

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

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

とともに、オムロンの自動搬送ロボットを組み合わせ、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。

(ウ) 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。

◎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）*9。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。

図表 2-4-3-9 ハイブリッド5Gの活用（三菱電機・NEC）



（出典）三菱電機（株）プレスリリース（2019年11月19日）

エ 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。

5 教育分野

ア 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。

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

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。

イ 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）」^{*10}を発表しているほか、「GIGAスクール構想^{*11}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。

ウ 教育分野における5Gのユースケース

（ア）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。

（イ）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。

◎学習の質向上に関する取組事例

2018年度の総務省5G総合実証試験では、小学校の体育館に5GとWi-Fiの使用環境を整備し、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った際の通信速度を比較した。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 2-4-3-10 5GとWi-Fiによる比較実証（総務省5G総合実証試験）



実証授業の様子



5G端末（左）とWi-Fi端末（右）



5G基地局

（出典）総務省作成資料

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

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

エ 期待される効果等

拠点間の遠隔授業や指導は、例えば教育機関の減少や教師不足などを背景に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、VR/AR等を活用した新たな学習や指導方法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組が、教育分野におけるICTの利活用を加速させることが予想される。

遠隔教育は、一般に地域における教育の質の維持・向上のための、都市部など中央の教育資源の活用という側面があるが、遠隔授業に基づく交流の促進にもつながることが期待される。

6 安心・安全分野

ア 安心・安全分野が抱える課題

(ア) 災害時の迅速かつ的確な対応

我が国の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、全世界における災害の被害金額の約18%が日本で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。また、近年は台風やゲリラ豪雨等による河川越水や道路冠水などの水害も頻発している。

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迅速かつ的確な対応を行うことが求められている。地域住民に対して避難情報を発令する際の判断材料として、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組が課題となっている。

(イ) 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から地域住民を守り、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企業主体の取組（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、従前の監視・警備業務や手法のように24時間365日継続した警備を前提とした人に依存するものとなっており、人員不足という構造的な課題に直面している。

イ 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ルタイムをもって伝え、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。

ウ 安心・安全分野における5Gのユースケース

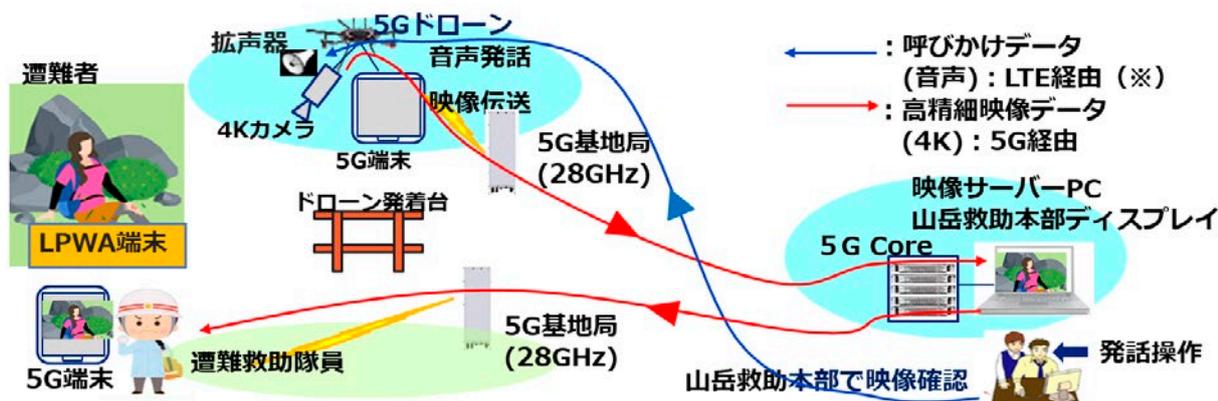
(ア) 遠隔監視・検知 (防災分野)

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通信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 2-4-3-11 山岳登山者見守りシステムの概要



(出典) 総務省作成資料

(イ) 遠隔監視・検知 (防犯分野)

施設内等での監視や住民の見守りなどにおいて、5Gを介した高精細カメラの映像の伝送により、従来の4G、Wi-Fiで伝送可能な解像度 (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、従来と比して数倍の範囲の映像が撮影できるため、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、同時に多数の対象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、肉眼による監視・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たりするというメリットもある。警備用のロボット・ドローンに搭載したカメラ映像を5Gで転送することで、監視センター等から遠隔制御もできるようになる。

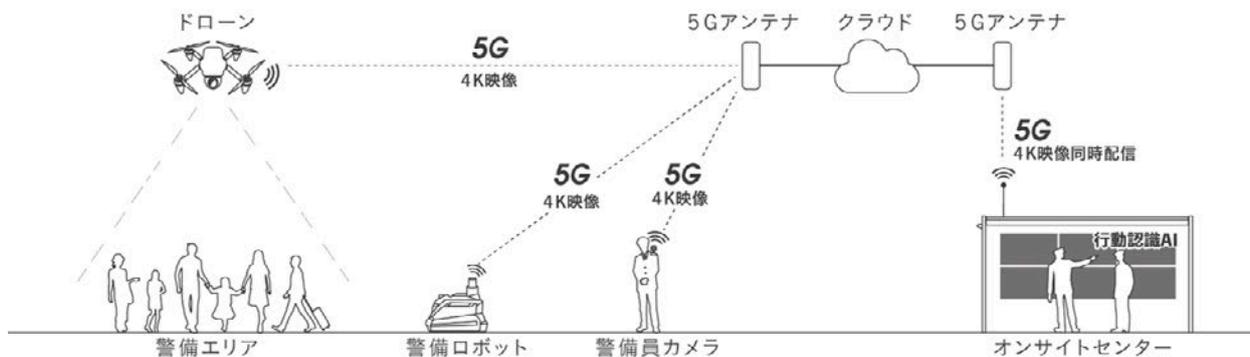
◎遠隔監視 (防犯分野) の取組事例

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、緊急対応が可能になることを実証した。

図表 2-4-3-12 遠隔監視の取組事例 (KDDI)



(出典) KDDI (株) 提供資料

エ 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。

7 エンターテインメント・観光分野

ア エンターテインメント・観光分野が抱える課題

(ア) 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がるための施策も課題となっている。

(イ) 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

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。

イ 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。

ウ エンターテインメント・観光分野における5Gのユースケース

(ア) 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

2019年度の総務省5G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 2-4-3-13 ゴルフ場でのラウンド補助（総務省5G総合実証試験）



(出典) 総務省作成資料

(イ) 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。

エ 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、顧客の満足度を高め、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。

8 モビリティ分野

ア モビリティ分野が抱える課題

(ア) 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^{*12}。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^{*13}、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^{*14}。

(イ) 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^{*15}、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^{*16}。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。

(ウ) 過疎化・高齢化に伴う社会の交通・移手段の確保

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%^{*17}、地方部の乗合バス事業者の85%^{*18}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。

イ 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組が行われている。

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組が進められている。

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^{*19}。また、海外ではスマートフォンのアプリを使った配車サービスが急増している^{*20}。

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 Cruise Control）が既に実用化されている。

ウ モビリティ分野における5Gのユースケース

(ア) 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ーのデータ等を、5Gで伝送し、AIによる画像解析等で車両の移動や歩行者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

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

*13 「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）

*14 「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）

*15 「自動車輸送統計年報」（国土交通省）

*16 「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）

*17 「地域鉄道の現状」令和2年4月（国土交通省）

*18 「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）

*19 「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）

*20 Uberは全世界で利用回数1億回/月、Lyftは米国内だけで700万回/月など。

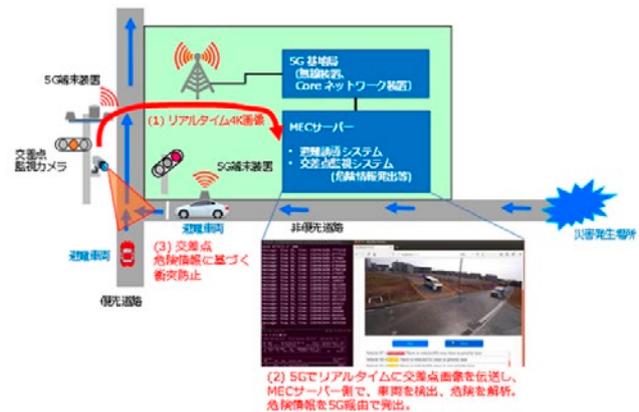
かな渋滞予測（所要時間、交通需要）などの交通量管理や交通安全対策にもつながる。特に、インフラや安心・安全分野における5Gの活用の場合と同様に、高精細な映像を用いた広域の監視においては、認識や検知の精度も高まることから、事故予防などの新たな機能の実現も予想される。

また、上記の固定されたカメラやセンサーの他、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

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 2-4-3-14 高度な交通管理（総務省5G総合実証試験）



（出典）総務省作成資料

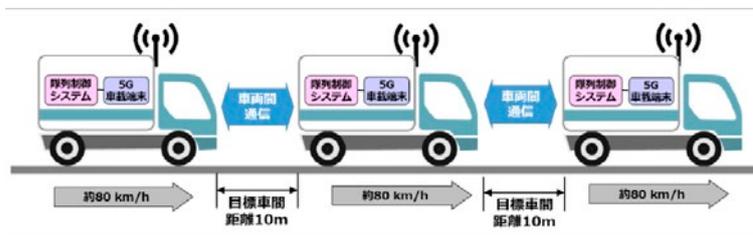
(イ) 高度な車両制御

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

2019年度の総務省5G総合実証試験では、基地局経由車両通信（V2N）において、5G基地局4局をハンドオーバーしての監視映像伝送試験を実施した。また、車車間直接通信（V2V Direct）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の超低遅延通信による車間距離（10m）制御、操舵に成功した。

図表 2-4-3-15 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）



（出典）総務省作成資料

エ 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 地域課題解決手段としてのローカル5G

1 ICTインフラ地域展開マスタープランの策定

現在の我が国において重要な政策課題となっている持続可能な地域社会の実現に向けて、5Gをはじめとした携帯電話基地局や光ファイバなどのICTインフラは、地域コミュニティの課題を解決し、地域活性化を図るための基盤としてその重要性がますます高まっている。

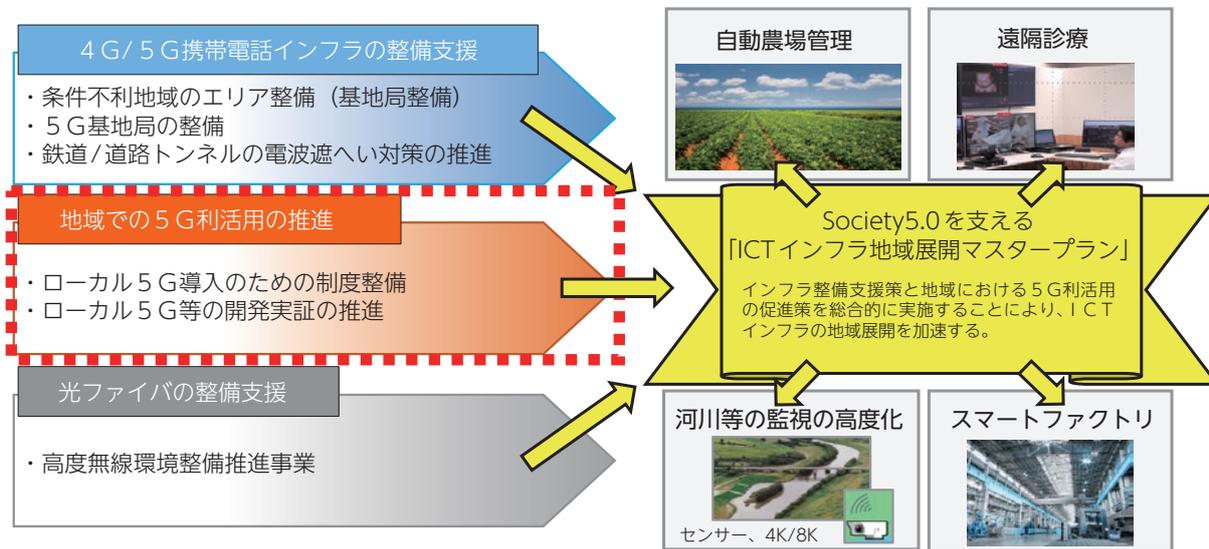
我が国におけるICTインフラの整備は着実に進み、ブロードバンドサービスの契約者数は固定・移動ともに大幅に増加し、国民生活や経済活動に不可欠なインフラとして定着してきている。そのような中、2019年4月10日、「第5世代移動通信システム（5G）の導入のための特定基地局の開設計画」認定に際して、総務大臣は5Gの全国サービスを提供する4事業者に対して、2年以内に全都道府県で5Gサービスを開始することを義務づけるとともに、広範かつ着実な全国展開を求める条件を付した（第1章第2節参照）。

しかしながら、各者が提出した計画では、5G基地局の整備数が大きく異なっているほか、計画期間（5年間）のうちに、条件不利地域やトンネル内などの電波遮へいエリアを含め、全国各地を面的にくまなく5G基地局を整備する内容にはなっていない。このため、各者の計画を可能な限り前倒し^{*21}するために、5G基地局やそれを支える光ファイバの地方への早期展開を促進する方策を講じる必要が生じた。

以上の問題意識から、総務省では、5GをはじめとするICTインフラ整備支援策と5G利活用促進策を一体的かつ効果的に活用し、ICTインフラをできる限り早期に日本全国に展開するため、2023年度末を視野に入れた「ICTインフラ地域展開マスタープラン」を2019年6月25日に策定した（図表2-4-4-1）。

同マスタープランでは、条件不利地域におけるエリア整備（基地局整備）のほか、5G基地局の前倒し整備、鉄道や道路トンネルにおける電波遮へい対策の推進、ローカル5Gによるエリア展開の加速及び光ファイバ整備の推進について、各施策における目標が設定された。

図表 2-4-4-1 ICTインフラ地域展開マスタープラン



2 ローカル5Gの導入

5Gは、その実装を通して、様々な事業分野における新ビジネスの創出のみならず、地域が抱える様々な社会課題を解決する切り札としても大いに期待されているところである。

このため、携帯電話事業者による全国向けサービスとは別に、地域のニーズや産業分野の個別ニーズに応じて、様々な主体が柔軟に構築/利用可能な新しい移動通信システムとして、情報通信審議会新世代モバイル通信システ

*21 各者の計画における5G基地局整備数の合計は約7万局となっているところ、計画期間以降の整備が見込まれる基地局の2割前倒しを図る。

ム委員会においてローカル5Gの導入に関する技術的検討が進められた。

ア ローカル5Gの基本コンセプト

ローカル5Gの基本コンセプトとしては、①5Gを利用していること、②地域においてローカルニーズに基づく比較的小規模な通信環境を構築するものであること及び③無線局免許を自ら取得することも免許取得した他者のシステムを利用することも可能であることの3項目が示されている。このうち、③が基本コンセプトに位置付けられた理由としては、ローカル5Gが基本的には自営目的での利用を想定しているが、無線技術やネットワーク技術等について専門的な知識のない利用者や地域の企業等にこそ、多くの潜在的なニーズがあることが想定され、それらのニーズにローカル5Gがきめ細やかに応えていく必要があることが挙げられる。ローカル5Gの円滑な普及には、地域の通信事業者等が、その地域特有の様々なニーズをくみ取りながら、個別のニーズに応えるためのネットワークを構築し、電気通信役務として提供することの方が有効な場合もあると考えられたからである。

イ ローカル5Gの使用周波数

情報通信審議会新世代モバイル通信システム委員会では、ローカル5Gの候補周波数帯として、4.6～4.8GHzの200MHz幅及び28.2～29.1GHzの900MHz幅の合計1,100MHz幅を対象に、ローカル5Gの技術的条件や共用条件等の検討が行われた。

このうち、28.2～28.3GHzの100MHz幅について、自らの建物や土地の範囲内でシステムを構築する場合（システム構築を他人に依頼する場合を含む。）を中心に検討を行い、2019年6月18日に技術的条件をとりまとめた。

なお、残る周波数帯（4.6～4.8GHz及び28.3～29.1GHz）における技術的条件等についても検討を行い、共用条件等が整理された帯域から順次取りまとめを行うほか、28.2～28.3GHzを含め、広範囲に他者の土地まで含めてカバーする場合の需要、可能性、運用調整方法等についても検討を行うこととしている。

ウ 28.2～28.3GHzにおけるローカル5Gの免許の基本的な考え方

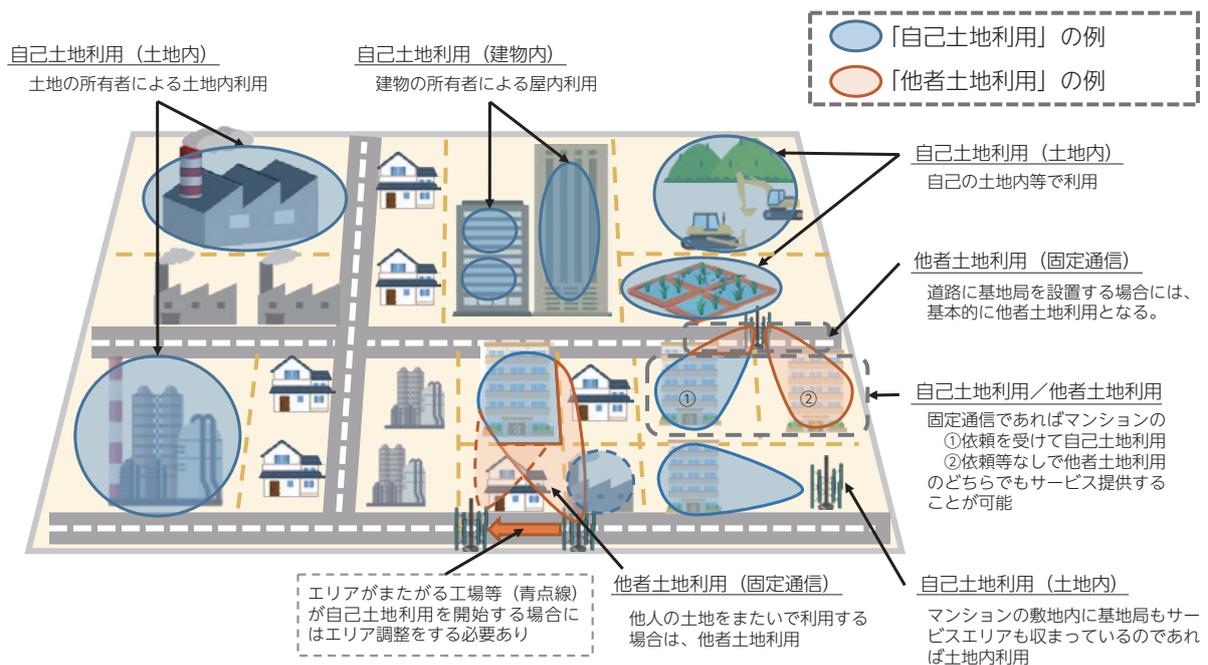
28.2～28.3GHzにおけるローカル5Gについては、当面の間、「自己の建物内」又は「自己の土地内」で、当該建物又は土地の所有者等^{*22}に免許することを基本とする。また、当該所有者等からシステム構築を依頼された者も、依頼を受けた範囲内で免許取得を可能としている。

他方、「他者の建物又は土地等^{*23}」におけるローカル5Gの利用については、他者の土地まで含めてエリアカバーする場合の運用調整方法等が確定するまでの間に無秩序に面的なカバーが進んでしまうようなことが無いように、当面の間、固定通信の利用のみに限定することが適当とされた。加えて、「他者の建物又は土地等」においてローカル5Gの無線局免許を取得可能とするのは、当該建物又は土地の所有者等によりローカル5G帯域が利用されていない場所に限定することとされた（図表2-4-4-2）。

*22 賃借権や借地権等を有し、当該建物又は土地を利用している者を含む。

*23 当該建物又は土地の所有者等からシステム構築を依頼されている場合を除く。

図表 2-4-4-2 ローカル5Gの免許の考え方



(出典) 総務省作成資料

また、携帯電話サービス及び全国BWA用の周波数帯域（以下「全国キャリア向け帯域」という。）の利用と、ローカル5Gの帯域の利用についての関係の整理がなされ、全国キャリア向け帯域を使用する電気通信事業者（以下「全国キャリア」という。）が自らのサービスを補完すること^{*24}を目的として、ローカル5G帯域を利用することは、ローカル5G本来の主旨に反することとされる一方、ローカル5Gのサービスを補完することを目的として、全国キャリア向け帯域を利用すること^{*25}は可能とされた。

そして、全国キャリアについては、開設計画の認定を受けた全国サービス向けの5G帯域の利用をまずは優先すべきことや、全国キャリア向け帯域で、基本的にローカル5Gと同様のサービスを提供可能であること等を考慮して、当面の間、ローカル5G帯域の免許付与はするべきではないとされたが、全国キャリアが、ローカル5Gの免許自体を取得せずに、第三者のローカル5Gシステムの構築を支援することは可能とされた。

エ ローカル5Gの制度化・免許

情報通信審議会新世代モバイル通信システム委員会の報告を踏まえて、2019年12月24日にはローカル5Gの制度化がなされるとともに、2019年12月17日にはローカル5Gの概要、免許の申請手続、事業者等との連携に対する考え方の明確化を図るため、ローカル5G導入ガイドライン^{*26}が策定・公表された。

2019年12月24日よりローカル5Gの免許申請を各総合通信局において開始したところ、2020年4月30日時点で、15者から申請が行われている（図表

図表 2-4-4-3 ローカル5Gの免許申請の受付状況（2020年4月30日時点）

	主な用途	主な事業者
ベンダー／製造業	スマートファクトリ等 IoT向け ※自社工場に先行導入	・富士通 ※3月27日本免許交付 ・NEC ・ひびき精機（山口）
CATV	ケーブルテレビ ※有線ラスト1マイルの代替	・秋田ケーブルテレビ ・JCOM ・ケーブルテレビ（栃木） ・ZTV（三重） ・となみ衛星通信テレビ（富山） ・愛媛CATV ・コミュニティネットワークセンター（愛知）
通信事業者	スマート農業や eスポーツ活用を見据えた 実証環境の構築	・NTT東日本 ※4月10日本免許交付
	九州工業大学と連携した 実証実験を予定	・QTネット（福岡） ※3月30日本免許交付
大学	実証環境の構築	・東京大学
自治体	中小企業等向けの 実証環境の構築	・東京都 ・徳島県 ※3月30日予備免許交付

(出典) 総務省作成資料

*24 例えば、ローカル5G帯域と全国キャリア向け帯域をキャリアアグリゲーションして全国キャリアの利用者向けサービスを提供することや、基本的に全国キャリアの利用者しか利用できないWi-Fi設置のための伝送路として利用することなど。

*25 例えば、ローカル5G利用者が敷地外に端末を持ち出した際に、全国キャリアの通信網を使うことなど。

*26 https://www.soumu.go.jp/main_content/000659870.pdf

2-4-4-3)。申請内容に係る審査が行われた結果、4月30日時点で3者に対してローカル5Gの免許交付がなされている。

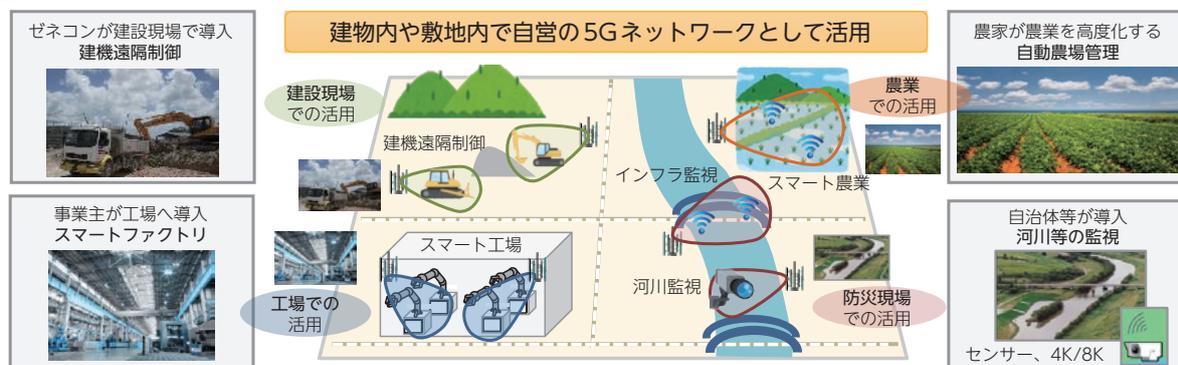
3 地域課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証

地域の企業をはじめとする様々な主体によるローカル5G等を活用した地域課題の解決を実現するため、ローカル5G基地局の多種多様な設置場所・利用環境下を想定したユースケースにおけるローカル5Gの電波伝搬等に関する技術的検討を実施するとともに、ローカル5G等を活用した地域課題解決モデルを構築するための開発実証を本年夏頃より開始する予定である（図表2-4-4-4）。

なお、本事業を実施しようとする者は、必要な関係者からなるコンソーシアムの形成が求められているほか、実証を行う分野によっては、関係省庁の施策との連携を求める場合もある。

本事業において使用する周波数帯は、制度化を検討中の周波数帯（4.6～4.9GHz、28.3～29.1GHz）を原則として技術的検討を実施することとされているが、携帯電話事業者による5Gの周波数帯や既に制度化したローカル5Gの周波数帯（28.2～28.3GHz）において、これらに相当する技術的検討を行うことも可能となっている。

図表 2-4-4-4 地域課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証



（出典）総務省作成資料

総務省では、開発実証の実施に先立って、開発実証において取り組むべき地域課題等について、2020年2月から3月にかけて募集を行った。提出された提案について審査を行い、2020年4月に令和2年度実証事業において参考とする課題提案を選定した^{*27}。

4 諸外国におけるローカル5G

5Gはその技術的特性から産業用途における利用の進展が期待される一方、使用する周波数帯が4G以前に比べて高い周波数帯を使用することから、各国の携帯電話事業者はエリアの整備に当たって膨大な数の基地局を整備するための多額の設備投資が求められる。

そのため、諸外国においても、我が国のローカル5Gと同様の制度を創設している例が存在する。これらの制度（以下単に「ローカル5G」という。）用の周波数帯域の確保状況は、図表2-4-4-5のとおりである。

*27 https://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01ryutsu06_02000250.html

図表 2-4-4-5 各国におけるローカル5G帯域の確保状況

帯域確保の有無	国名	免許の条件・手続き等
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（全国キャリアは除く）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、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	26GHz帯のローカル免許（屋内利用限定の共同利用型の免許）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。
	豪州	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、優遇措置として、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	3.4-3.8GHz帯の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	5G免許（3.4-3.8GHz帯）をルール免許とアーバン免許で構成される地域免許として、自営と役務の区別なく、オークションで割当。

（出典）総務省（2020）「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」

続いて、各国におけるローカル5G制度として、ドイツ及び英国の事例を紹介する。

ア ドイツ

ドイツは、ローカル5Gの検討を日本に先んじて開始しており、連邦ネットワーク庁（BNetzA）は、3,700～3,800 MHzを5Gのローカル割当として配分することを提案し、2018年8月21日から同年9月28日まで意見招請^{*28}を行った後、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-3,800MHz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」^{*29}を発表した。

その後、同年11月21日、BNetzAは3,700-3,800MHz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^{*30}。当該帯域は、主としてIndustry 4.0の分野で使用できるほか、農業や林業などでも使用できることとされている。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ている。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こととされた。

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、パブリックコメントを募集した^{*31}。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^{*32}。

*28 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

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

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

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

*32 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/OeffentlicheNetze/LokaleNetze/20191220_EntwurfGrundlegendeRahmenbedingen26GHz.pdf?__blob=publicationFile&v=3)

そして、実際にローカル5Gの免許を取得した企業も存在している。例えば、ドイツを本拠とする自動車部品及び電動工具メーカーである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（図表2-4-4-6）することで、Industry 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^{*33}。

2020年3月現在、ローカル5Gの免許を取得した企業には、BASF SE（総合化学メーカー）、Mugler AG（電気通信ソリューションプロバイダー）、Lufthansa Technik（航空会社）、Siemens、Boschなどが含まれ、DaimlerやAirbusが免許申請中と見られている。世界有数の大手製造メーカーを有するドイツでは、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2-4-4-7）。

図表 2-4-4-6 Boschのローカルキャンパスネットワーク



(出典) Bosch社プレスリリース

図表 2-4-4-7 ドイツのローカル5Gに係る主な企業の動向

業種	企業名	企業の方針・動向
自動車	Volkswagen	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。既にネットワーク構築ベンダーの入札を実施。VolkswagenとAWSは、122の施設全ての機械、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	3.7~3.8GHz帯の5G周波数に関心。
	BMW	
産業機械	Siemens	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。3.7~3.8GHzが利用可能になり次第、実運用に切り替え。
	Bosch	
航空	Airbus	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。
化学	BASF	

(出典) 総務省（2020）「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」

イ 英国

英国情報通信庁（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^{*34}。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、既存免許人（公共業務、衛星局、アマチュア無線等）との共用を前提とした1800MHz帯（1781.7-1785MHz／1876.7-1880MHz）、2300MHz帯（2390-2400MHz）、3.8-4.2GHz帯及び26GHz帯となっている。なお、26GHz帯は、低帯域（24.25-26.5 GHz）を屋内利用限定で割り当てることとしている。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^{*35}。申請が認められた場合は、1800MHz帯及び2300MHz帯は年間80ポンド、3.8-4.2GHz帯は10MHz幅あたり年間80ポンド、26GHz帯は帯域幅に関係なく1免許あたり年間320ポンドを電波利用料として支払うこととされている。

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^{*36}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。

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

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

*35 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_08b70bfb8d1c1d754c67dd057fa85cb&utm_source=updates&utm_term=new%20shared%20access%20licences

*36 対象となる帯域は、800MHz帯（791-821MHz／832-862MHz）、900MHz帯（880-915MHz／925-960MHz）、1400MHz帯（1452-1492MHz）、1800MHz帯（1710-1781.7MHz／1805-1876.7MHz）、1900MHz帯（1900-1920MHz）、2100MHz帯（1920-1980MHz／2110-2170MHz）、2300MHz帯（2350-2390MHz）、2600MHz帯（2500-2690MHz）及び3.4GHz帯（3410-3600MHz）の9バンド。

「ローカルアクセス免許」の適用第一号が電気通信事業者のStrattoOpencellである。Vodafone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^{*37}。StrattoOpencellは、Vodafoneの2.6GHz帯の周波数を使用して、光ファイバ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。

^{*37} <https://mediacentre.vodafone.co.uk/news/uk-first-share-unused-4g-spectrum-rural-mobile-broadband/>

特別インタビュー
INTERVIEWテクノスポーツの挑戦
—テクノロジーとスポーツの融合が
生み出す新たな価値観—株式会社 meleap
福田浩士 CEO

福田浩士氏は、東京大学大学院卒業後、株式会社リクルートに就職。2014年に独立し、株式会社 meleap を設立。「HADO (ハドー)」というARを用いたスポーツを開発し、日本を含む世界26カ国で事業を展開されている。現在は「HADO Xball (ハドー・エクスポール)」の2021年のプロリーグ化に向けて精力的に活動されている。

「HADO」とは、頭にヘッドマウントディスプレイ、腕にモーションセンサーを付けてプレイする、テクノロジーとスポーツを融合させた「テクノスポーツ」という新たなジャンルの競技である。プレイヤーはエナジーボールやシールドを操ることが可能で、テクノロジーを用いた新しい形のスポーツとして注目を集めている。

身体の可能性をテクノロジーで拡張する

鉄道や自動車は人やモノがより遠くへと行くことを可能にしたが、それはすなわち人間の身体の一部である「足を拡張した」といえるように、これまで技術は人間の身体・能力を拡張することで、人間にできることを強化してきた。それと同じ変革が、「スポーツ」の分野においても起きようとしている。

テクノスポーツ「HADO」を開発した福田氏は、開発のきっかけについて、「かめはめ波を撃ちたい」というのもあったが、もともと”身体を拡張する”という人間の身体の可能性を、テクノロジーで広げてみたいという思いがあったと語る。

「そうしたときにセンシング技術等の新たな技術の組合せによって身体拡張ができる事例がいくつか出てきていた。このような大きな社会の流れから、AR/VRが生活になじむのは必然と感じたことと、センサーやIoTデバイスが様々な場所で使用されるようになってきたことで、環境的にもチャンスがあるだろうと思った。」

福田氏が株式会社 meleap を設立した2014年の前年にはOculus (オキュラス) 等のウェアラブル端末が市場に登場していた。福田氏は、センサー技術とプロジェクション技術、そしてウェアラブル端末等を研究することで、これらの仕組みを使えばこれまでないリアルな体感が得られると確信したという。

図表1 HADOロゴ



(出典) 株式会社 meleap より提供

“かめはめ波”は世界の共通言語

HADOの主なプレイヤー層は子供から30代くらいまで幅広いが、HADOは主に専用施設でプレイされていることもあり、経済的にも余裕のある20代が全体の6割程を占めるという。他方で、高校の部活動や、専門学校のカリキュラムの1つとして取り入れられるなど、先進的な取組みに積極的な教育機関での導入も進んでいるという。

また、より幅広い年齢層の集まる一般企業の社内運動会等の社内イベントで、社員同士のコミュニケーションツールとしてHADOを楽しむケースも最近では増えてきている他、病院のリハビリテーションプログラムでの利用や、自治体が地域活性化の為にHADOのイベントを主催した例も出てきているという。

このように日本各地にHADOが広がる一方で、海外進出も積極的に進められており、現在は日本を含む26カ国でプレイされている。そこで気になるのが海外での反応である。この世界に類を見ない日本発のテクノスポーツは、果たして広く世界に受け入れられるのだろうか。

福田氏は海外の反応については他のインタビューでもよく聞かれるとしたうえで、こう答えてくれた。「日本と海外との温度差というのは特にはない。なぜかというところ、”かめはめ波/KAMEHAMEHA”と”波動拳/HADOUKEN”は世界の共通言語になっていて、どこの国に行っても誰もが知っている。それゆえ、『かめはめ波を撃ちたい』という発想から生まれたHADOは、国境に関係なく世界の人々に受け入れられている。」

また、世界中でプレイされているサッカーや野球をはじめとした、スポーツコンテンツの魅力の一つは、ユーザが見える部分に言語を使っていないところであるという。同様にテクノスポーツであるHADOもまた、そのまま海外に輸出し、設置して、プレイしてもらうことが可能で、コンピュータゲームのように言語等をローカライズする必要性がないということも世界展開におけるメリットであると福田氏は語る。

HADOは2016年より毎年「HADO WORLD CUP」を開催しており、2019年の大会では日本を含む世界9カ国の選手が参加し、賞金を懸けてその実力を争った。キャッチーな技と分かりやすいシステムによって、幅広い年齢層であったり、海外においても受け入れられ広がり始めているようだ。

観客参加型の応援システムで市場の拡大を目指す

現在HADOには、ベーシックなHADOの他にHADO Xball、HADO モンスターバトル、HADO シュート、HADO カートといったバリエーションが存在する。そのうちHADOとHADO Xballは「サッカーを超える世界最大のスポーツ」を目標として展開しており、まずは来年2021年に世界5カ国でのプロリーグ開設を予定している。

福田氏によると、HADOは「プレイして楽しい」ということを中心にデザインした競技であるが、プロリーグ化を目指すHADO Xballは「観戦して楽しい」ということに注力してデザインしたという。スポーツにおいて競技人口はもちろん重要ではあるが、HADO Xballという新しい競技においてはむしろ視聴者数を増やすことを重視しているという。そしてそれを実現する為のひとつのツールとして導入されたのが応援機能である。

この応援機能について福田氏は、「急速にファンを増やす力学が働いてくるのではないか、という仮説を立ててスタートした」と語る。というのも、この応援機能には、応援数の多いチームが試合中に有利な技を使えるようになる等、テクノスポーツだからこそ実現できる仕組みが搭載されているのである。このような試合内容を左右する要素を含む機能を取り入れることで、より多くのファンを獲得できる人やチームが上にあがって活躍できるという構図が出来上がる。ファンを獲得できないチームは淘汰されてしまうため、チームは自発的にファンを増やそうとするようになるという。

HADO Xballは積極的にプロモーションを行っているわけではない。しかし選手自らが自分達をプロモーションすることでファンを獲得し、それによって市場を拡大していく仕掛けを用意することで、運営側はプロモーションのためのリソースを、ファンのための放送コンテンツを面白くするというテーマに注力する方に振り分けることが可能になるという。今春商用化された5Gについても、プレイ側ではなく配信側に導入することでマルチアングルの配信や、リアルタイム性の向上による応援機能の性能向上が期待できると語る。

現在はファン獲得の為にスター性のある選手の獲得が課題であるというが、周りの人々を巻き込みやすい環境を意図的に作り出すことで、大きなムーブメントを起こそうとしている。

リアルスポーツともeスポーツとも異なる「テクノスポーツ」というジャンル

当初、HADOはスポーツという形ではなく、ゲームや体験型アトラクションといった形のエンターテインメントコンテンツとして落とし込もうと考えられていた。しかしより市場として広がりやすく、かつ消費されないコンテンツとして、スポーツ化する道を選んだという。

福田氏曰く、ARやVRを用いたアトラクションは既にいくつも存在するが、それらはHADOのように競技として大会を開催することを目指して展開されている訳ではない。さらに、既存のスポーツをARに置き換えられないか試したこともあるが、例えばサッカーはサッカーボールを蹴る感触や、あの広さのコートがあるからこそできる戦略があり、それを楽しむことが醍醐味であったりする。

単純にテクノロジーで置き換えるだけであれば、本来のサッカーをやった方が良いとの結論に至ったという。また、近年注目されているeスポーツとも、このテクノスポーツは異なるという。eスポーツはその性質上、自分の家から一歩も外に出ること無くプレイすることが可能だ。「家の中でできるコンテンツを作りたいわけではない」と語る福田氏は、これらのアトラクションやリアルスポーツ、eスポーツ等とは全く異なるジャンルとしてテクノスポーツの立ち位置を確立しようとしている。

今はまだ構想段階で実現できていない機能が数多くあるというが、そうした機能実装による進化だけでなく、人々の関心やスポーツという概念に対するマインドの変化も含め、この最新のテクノロジーを用いた「テクノスポーツ」という新たなジャンルが、今後どのようなムーブメントを引き起こしてくれるのか、その可能性に期待が膨らむ。

図表2 HADO Xball



(出典) 株式会社meleapより提供

子供向けプログラミング教育の拡大と ICT 人材不足解消への期待

我が国の ICT 人材は 2030 年には 45 万人が不足すると試算されている^{*1}が、社会全体のデジタル化により実現される Society 5.0 の社会においては、情報通信技術が重要な役割を果たすことが予想されており、それらの技術を使いこなすための人材が不可欠である。

1 学校教育におけるプログラミング教育への期待

小学校では 2020 年度、中学校では 2021 年度、高等学校では 2022 年度より新学習指導要領が実施され小・中・高等学校を通じてプログラミング教育が必修化される。学校教育におけるプログラミング教育は、プログラミングの体験を通じて、変化の激しい社会において必要とされるスキルを養い、将来の社会で活躍できるきっかけとなることが期待されるものであり、新学習指導要領においても、「情報活用能力」を「学習の基盤となる資質・能力」と位置付けて、プログラミング教育を充実させることにより、「情報活用能力」を教科横断的に育成することを目指している。

2 民間企業等によるプログラミング教育の実施

様々な場でプログラミングに触れることは、意義があると考えられる。例えば地域や企業・団体等における学習機会の提供が挙げられるが、広く学ぶ環境を整えていくことで、より充実したプログラミング教育環境が実現されると考えられる。

以下、民間企業等により提供されている子供向けプログラミング教育について、その教育の方向性を 3 つに分類した上で、それぞれの具体的な事例を紹介する。

(1) プログラミングに関する教育の方向性

総務省が 2015 年に実施した「プログラミング人材育成の在り方に関する調査研究^{*2}」では、プログラミングに関する教育の方向性には① 21 世紀型スキルの習得（裾野拡大）、② ICT を生み出す人材の育成、③ ICT を使う人材の育成の 3 つの方向性があるとしている。

①は学校教育や「課題解決力・想像力」「自己表現力」等の習得を目指すとする民間企業等によるプログラミング教室が当てはまり、近年多くの事業者が参入してきている。一方で②及び③のようにスキルアップを目指す方向性の教育については、未だ潤沢な選択肢があるとは言えない状況にある。

将来的な高度 ICT 人材の育成という観点では、①において基礎を身に付けた子どもたちが、②及び③の方向性においてより高度な教育を得られる機会の充実が不可欠となる。では実際にそれぞれどのような教育が行われているのだろうか。

(2) 裾野拡大型のプログラミング教室 「LITALICO ワンダー」

まずは、ICT 人材の裾野拡大型のプログラミング教室について紹介する。

株式会社 LITALICO が運営する LITALICO ワンダー^{*3}は、発達障害や学習障害の子供たちの支援を行う同系列の学習教室のノウハウを取り入れ、テクノロジーを活かしたものづくりを通じた、子供たちの個性に合わせた想像力を育む教育を行っている。

本教室は幼稚園年長から高校生まで広く対象としており、例えばアプリの制作を通じてプログラミングの基礎となる考え方を身につけたり、ロボット制作を通じてモーターやセンサーの仕組みを理解しながらプログラミングによるロボット制御について理解を深めることを目指している。その他 3D プリンタやレーザーカッターでもものづくりをするコースも用意されているが、いずれも決まったカリキュラムはなく、子供の興味関心や習熟度に合わせてカリキュラムが設計されるようになっている。

*1 経済産業省 (2019) 「IT 人材需給に関する調査」調査報告書 https://www.meti.go.jp/policy/it_policy/jinzai/houkokusyo.pdf

*2 総務省 (2015) 「プログラミング人材育成の在り方に関する調査研究」報告書 https://www.soumu.go.jp/main_content/000361430.pdf

*3 <https://litalico.co.jp/>

同社はこうしたテクノロジーを活用したものづくりを通して、プログラミングなどの技術以上に、「出来事に興味を持つ」「イメージしたものを形にする」「失敗を恐れずチャレンジする」「自己表現ができる」「使う人の立場に立って考える」といった力が得られることを教育の狙いとしている。

図表1 LITALICOワンダーのものづくり空間



(出典) 総務省 (2020) 「子供向けプログラミング教育の現状に関する調査研究」

(3) ICTを生み出す人材の育成 [N Code Labo]

次に、本格的なプログラミング言語の習得までカバーしているプログラミング教室について紹介する。

学校法人角川ドワンゴ学園が運営するN Code Labo^{*4}は、「N高等学校」や「N中等部」で培われた教育ノウハウを基礎とした実践的なプログラミング教育を特徴としている。

小学校1年生～4年生を対象としたジュニアコースでは「ScratchJr」「Scratch」「レゴマインドストーム」等を用いて、パソコン、スマートフォンで遊べるゲーム制作やロボット制作を通じてプログラミングの基礎を身につける。また、小学生5年生～高校3年生を対象としたクリエイティブコースでは、「Unity (C#)」「Swift」「Python」等を用いて、2D/3Dゲームやスマホアプリ制作、AI/機械学習など、自分の学びたいことに合わせたプログラミングを学習する。

図表2 N Code Laboの学びの領域



(出典) 総務省 (2020) 「子供向けプログラミング教育の現状に関する調査研究」

このようにプログラミングを学ぶことで、プログラムを作ることに加え、これからの時代を生きるための様々な能力を身につけるとともに、進学や就職に活かせるような社会で生き抜く力を養うことができるとしており、より

*4 <https://n-codelabo.jp/>

実践的な ICT 人材の育成が行われている。

(4) ICT を使う人材の育成 「ものづくり研究室」

最後に、プログラミングの学習を通じて、キャリア教育や STEAM 教育に重きを置いているプログラミング教室を紹介する。

学研グループである株式会社学研エデュेशनアルと株式会社アーテックが協業で提供する「ものづくり研究室」*5 は、ロボット・プログラミング講座において、生活の中にあるプログラムで制御されたものの仕組みを学び、それらを自分で作って動かす教育を行っている。ものづくりメーカー 30 社以上が協力し、実際に働く人々の話に触れることで社会や産業に興味を持つことができるようになっているのが特徴である。

小学校 3 年生以上を対象としたこの教室では、自動ドアや信号機などの身近なものを題材に仕組みを学んだのちに、それらをブロックで組み立てて作り、ビジュアルプログラミングを用いて動かす学習を行っている。また、それぞれのテーマの最後にものづくりの分野で活躍する企業のインタビューを紹介し、実際に働く人々の話に触れることで、さらに学びを深め、キャリア教育にも繋げている。

このように、現在、様々な民間企業がそれぞれのプログラミング教室において、異なる教育の方向性のもと、特色のある教育内容を提供している。本稿で取り上げたような子供たちの興味関心に沿った教育が、将来の ICT 人材の増加に繋がることを期待したい。

*5 <https://robot.gakken.jp/>



(出典) 総務省 (2020)「子供向けプログラミング教育の現状に関する調査研究」