課題解決型ローカル5G等の実現に向けたローカル5Gの 電波伝搬特性やローカル5G等の活用に関する 技術的検討並びに調査検討の請負

【課題実証編】

報告書

2022年3月31日

株式会社三菱総合研究所

目次

1. 調査検討の枠組み	1 -
1.1 概要	1 -
1.2 背景・課題に関する認識	3 -
1.2.1 ローカル5 Gを活用したソリューションの有効性	
1.2.2 ローカル 5 Gに係る実装・横展開	
1.3 実施方針	- 12 -
1.3.1 重点テーマ	
 1.3.2 実証コンソーシアムの実施事項	
1.4 実施内容	14 -
1.4.1 実証の設計	
1.4.2 調査検討の枠組み	
1.4.3 課題実証専門会合の開催	16 -
2. 市場調査	18 -
2.1 国内ニーズ調査	_ 18 _
2.1.1 調査の枠組み	
2.1.2 ローカル5Gの市場性(ポテンシャル)	
2.1.3 ローカル 5 Gの導入や利活用の目的及びニーズ	
2.1.4 ローカル 5 Gの具体的な用途やソリューション	
2.1.5 ローカル 5 Gの利用・運用形態	25 -
2.1.6 ローカル5 Gの導入や利活用に係る課題	29 -
2.2 海外動向	33 -
2.2.1 概要	33 -
2.2.2 各国の取り組み事例	33 -
3. 分野カテゴリ毎の評価・分析	47 -
3.1 概要	47 -
3.2 一次産業	
3.2.1 分野の背景課題	
3.2.2 ローカル 5 G活用モデル	
3.2.3 課題と対応策	50 -
3.2.4 普及・横展開の方向性	51 -
3.3 工場	52 -
3.3.1 分野の背景課題	
3.3.2 ローカル 5 G活用モデル	
3.3.3 課題と対応策	
3.3.4 普及・横展開の方向性	
3.4 空港・港湾・建設	
3.4.1 分野の背景課題	56 -

	3.4.2 ローカル 5 G活用モデル	63 -
	3.4.3 課題と対応策	79 -
	3.4.4 普及・横展開の方向性	80 -
	3.5 鉄道・道路	82 -
	3.5.1 分野の背景課題	82 -
	3.5.2 ローカル 5 G活用モデル	85 -
	3.5.3 課題と対応策	105 -
	3.5.4 普及・横展開の方向性	105 -
	3.6 スマートシティ	106 -
	3.6.1 分野の背景課題	106 -
	3.6.2 ローカル 5 G活用モデル	112 -
	3.6.3 課題と対応策	
	3.6.4 普及・横展開の方向性	132 -
	3.7 医療・防災	134 -
	3.7.1 医療分野の背景課題	134 -
	3.7.2 防災分野の背景課題	
	3.7.3 ローカル5G活用モデル	
	3.7.4 課題と対応策	
	3.7.5 普及・横展開の方向性	151 -
4.	. ローカル5G活用モデルの普及・横展開	153 -
	4.1 無線ネットワーク・システムの位置づけ	- 153 -
	4.2 最適なネットワーク・システム構成の在り方	
	4.2.1 基本的な考え方	
	4.2.2 ネットワークの構成	
	4.2.3 アプリケーションのシステム構成	
	4.3 ローカル5 Gを活用したソリューションの在り方	
	4.3.1 基本的な考え方	
	4.3.2 各ソリューションの特性	
	4.4 ローカル5Gの社会実装に向けた検討	
	4.4.1 ローカル5Gの社会実装に向けた検討	
	4.4.2 ローカル 5 Gの普及展開ロードマップ	
5.	. 5G ソリューションプラットフォーム(5GSC)	189 -
	5.1 共同利用型プラットフォームに関する考え方	189 -
	5.1.1 概要	
	5.1.2 共同利用型プラットフォームの考え方と実証事業者からの意見収集	191 -
	5.2 5G ソリューション提供センターに対する想定要求事項	192 -
	5.2.1 概要	192 -
	5.3 マーケットプレイスの考え方	197 -
	5.3 マーケットプレイスの考え方	

	5.3.3 関連動向に関する調査	201 -
5.	.4 実証事業を通じた 5G ソリューション提供センター(仮称)に対する示唆	. 204
	5.4.1 プラットフォーム事業の展開に対する課題事項	204
	5.4.2 5G ソリューション提供センター(仮称)に格納されるソリューションの汎用度.	204
	5.4.3 5G ソリューション提供センター(仮称)における人的支援の提供	205
	5.4.4 5G ソリューション提供センター(仮称)におけるコミュニティ形成の在り方	206

1. 調査検討の枠組み

1.1 概要

本調査検討は以下の2つの検討事項から構成される。

- □ ローカル5G活用モデルに関する検討(仕様書3(2)相当)
- ローカル5G活用モデルの創出に関する調査検討(仕様書3(3)イ 相当)

<ローカル5G活用モデルに関する検討>

様々な分野の課題解決、新たな価値の創造等の実現に資するローカル5G等を活用したソリューション(以下「ローカル5G活用モデル」という。)を創出する観点から、実証環境を構築し、ローカル5G等を活用する具体的なソリューションについて、実証を実施し、ローカル5G活用システムの性能等の評価、課題解決への有効性等の効果に係る検証、機能や運用に係る検証を行った。実証結果を踏まえ、実装に向けたソリューションごとの課題についての整理を行った。課題の整理に当たっては、技術的課題のほか、実装に向けた制度的課題、運用面からの課題など、多面的に検討を行った。

また、実証コンソーシアムに対して、ローカル5G活用モデルの実装に向けた計画(有効性が認められたローカル5G活用システムの継続実証や導入に向けた運用・管理等に係る仕組みや方法、費用分担も含めた関係者間の役割分担、ビジネスモデル等)を検討させるものとし、その検討支援を実施した。実装計画の検討に際しては、実装に向けた関係者の役割、スケジュールを明確化させ、実装困難と判断する場合にはその理由等を明確にさせた。

<ローカル5G活用モデルの創出に関する調査検討>

実証コンソーシアムと連携し、<ローカル5G活用モデルに関する検討>で実施したローカル5G活用モデルの実証結果の報告書やニーズ調査の結果を踏まえ、低廉かつ容易に実装・横展開可能なローカル5Gのソリューションの創出に向けて、実装性(事業性)及び他地域、他分野での横展開可能性(市場性)の観点からローカル5Gを活用したソリューション等の有効性等について、評価・分析を行った。

また、他地域、他分野での展開可能性が高いと認められるソリューション(実証プロジェクトの半数以上を対象とする。)については、各実証コンソーシアムと連携して、標準的なローカル 5 G活用モデルとして整理し、当該モデルの普及に向けた課題の解決方策等について考察を行った。

具体的には、当該ソリューションの横展開が有効と評価できる分野におけるローカル5 Gを活用した将来像及び普及シナリオを検討の上、最適なネットワーク等のエリア構築・ システム構成等のポイント、ステークホルダの役割、想定されるビジネスモデルなどを整 理した。なお、整理した課題については、専門会合において、実証コンソーシアムと連携 の上、解決方策について検討を行った。

<本報告書で掲載する各実証の番号について>

本報告書では、各実証事業の採択時に実証毎に付番した番号 (No.X) について、便宜上下表のとおり番号を振り直している。

図表 1-1 各実証の番号

ローカル 5G の技術的条件及び利活用に関する調査検討 No.2 フリーストール牛舎での個体管理作業の効率化に向けた実証事業	No.1 No.2 No.3
No.2 フリーストール牛舎での個体管理作業の効率化に向けた実証事業 No.3 No.3 新型コロナからの経済復興に向けたローカル 5G を活用したイチゴ栽培の知能化・自動 No.3	No.3
No.3 新型コロナからの経済復興に向けたローカル $5G$ を活用したイチゴ栽培の知能化・自動 Γ	No.3
化の実現	No. 4
	To 4
No.4 ローカル 5G を活用した山間部林業現場での生産性向上および安全性向上のための実用 N	NO.4
化モデル検証	
No.5 5G 及びデータフュージョンによる熟練溶接士の技能の見える化及び遠隔指導の実証 N	No.5
No.6 プラントの遠隔監視によるガス漏れ等設備異常の効率的検知の実現 N	No.6
No.7,8 中小企業における地域共有型ローカル $5G$ システムによる AI 異常検知等の実証 P	No.7
No.9 ローカル $5G$ を活用した閉域ネットワークによる離島発電所での巡視点検ロボット運用 $No.9$	No.8
の実現	
No.10 空港における遠隔監視型自動運転に向けた通信冗長化設計による映像監視技術の実現 N	No.9
No.11 ローカル 5G を活用した操船支援情報の提供および映像監視による港湾内安全管理の N	No.10
取組み	
No.12 港湾・コンテナターミナル業務の遠隔操作等による業務効率化・生産性向上の実現 N	No.11
No.13 ローカル 5G を活用した鉄道駅における線路巡視業務・運転支援業務の高度化 N	No.12
No.14 ローカル $5G$ と AI 技術を用いた鉄道駅における車両監視の高度化 1	No.13
No.15 ローカル 5G を活用した高速道路トンネル内メンテナンス作業の効率・安全性向上に N	No.14
関する開発実証	
No.16 高速道路上空の土木建設現場における、安全管理の DX 化に求められる超高精細映像 N	No.15
転送システムの実現	
No.17 ローカル 5G を活用した遠隔型自動運転バス社会実装事業 N	No.16
No.18 大型複合国際会議施設におけるポストコロナを見据えた遠隔監視等による安心・安全 N	No.17
なイベントの開催	
No.19 スマートシティにおける移動体搭載カメラ・AI 画像認識による見守りの高度化 N	No.18
No.20 スタジアムにおけるローカル $5G$ 技術を活用した自由視点映像サービス等新たなビジ 1	No.19
ネスの社会実装	
No.21 ローカル $5G$ ネットワーク網を活用したコンサート空間内におけるワイヤレス映像撮 1	No.20
影システムの構築	
No.22 共生社会を見据えた障がい者スポーツにおけるリモートコーチングの実現 N	No.21
No.23 道路における災害時の被災状況確認の迅速化および平常時の管理・運営の高度化に向 N	No.22
けた実証	
No.24 富士山地域 DX「安全・安心観光情報システム」の実現 N	No.23
No.25 ローカル $5G$ を活用した災害時におけるテレビ放送の応急復旧	No.24
No.26 大都市病院における視覚情報共有・AI 解析等を活用したオペレーション向上による医 N	No.25
療提供体制の充実・強化の実現	

1.2 背景・課題に関する認識

令和3年度ローカル5G等開発実証事業(以下、「令和3年度事業」)は、令和2年度のローカル5G等開発実証事業(以下、「令和2年度事業」)を通じて明らかになったローカル5Gの活用等の普及展開等に係る課題認識に基づいて設計を実施した。

視点 R2年度実証で明らかになった主な課題 解決の方向性 汎用性の高い開発要素 ローカル5G(通信)とアプリ側の連 (協調領域)と提供価値 接における技術的課題の解消。 (競争領域)を踏まえた環 基地局等機器の所有・運用、開発体 ソリューション・ 境(5Gソリューションセンタ等)、 制等の面から、実装・横展開に資す ユーザ毎に、アプリと ビジネスモデル 分野・業界固有の構造等 るビジネスモデルが未確立。 インフラの両面でコ に応じたビジネスモデル 開発 ローカル5Gならではのアプリ(カス ストがかさんでおり、 の構築等を推進する。 タマイズ➡高コスト化)と横展開(汎 新たなローカル5G 課題実証関係 用化)の両立。 ユースケースを訴求 ユーザ側のニーズ・課題に対して、費 しながら、経済合理 用対効果の可視化が必要。 性を高める必要 ローカル5Gの ローカル5Gは5Gシステムの柔軟な 利便性や経済性を踏まえた キャリア5G(共用⇒ 利用がメリットである一方、利用環 エリア整備と更なる 分散の流れ)とロー ユースケース拡大 境により電波伝搬環境に大きく左右 カル5G(分散⇒共用 され、きめ細かなエリア構築が必要。 の流れ)の共存・連携 エリア構築 そのため干渉調整時等におけるツー に向け、ローカル5G 多様なユースケース・環 (電波領域) ルとして環境に応じた現実に近似し の特性を踏まえた開 境に応じた、ローカル5G た電波伝搬モデルの構築が必要。 発・整備が必要 技術実証関係 の電波伝搬や性能に関す ローカル5Gユーザやエリア拡大が る知見を蓄積・共有知化 進むにつれ5G同士の干渉の顕在化 し、安全性や柔軟性に配 に備えた運用(準同期運用等)が必 慮した制度設計を行う。 要。

出所) 三菱総合研究所作成

図表 1-2 令和 2年度実証事業を踏まえた課題等

課題認識について、以下の2つの観点に分けることができる。

- ローカル5Gを活用したソリューションの有効性(1.2.1 参照)
- ローカル5Gに係る実装・横展開(1.2.2 参照)

1点目は、制度化間もないローカル5Gを活用していかにユーザ等の課題解決に資する ソリューションを構築・提供できるかという観点である。2点目は、上記ソリューション を、どのようにビジネスや事業の観点から、いかに継続的に利用したり、横展開していく かなど、持続的なモデルの構築に関わる課題である。本節では、これらの2つの観点から、 令和2年度実証事業における課題と、当該課題を踏まえた令和3年度実証において留意し た点等について説明する。

1.2.1 ローカル5Gを活用したソリューションの有効性

1.2.1.1 令和2年度事業における課題

令和 2 年度は、多様なローカル 5 G利用環境下を想定したユースケース・ソリューション開発を通した課題解決モデルの構築及び検討が行われた。令和 3 年度においては、過年

度実証事業の結果を踏まえ、かつ過年度実証で明らかとなった課題に対して具体的な対策 を準備した上で、多様なローカル5G利用環境下において実装及び横展開の具体的検討に 資する実証に取り組むべきと考える。

図表 1-3 は令和 2 年度事業における全体及び効果、機能、運用検証に関する課題を整理したものであり、以下、小項目に沿って詳細を記載する。

図表 1-3 検討の枠組み

図表 1-3 検討の枠組み			
大項目	小項目	課題	
全体	事業の枠組み	 ✓ 令和2年度においては、ローカル5G利用環境分野として、10分野(農業、漁業、工場、モビリティ、インフラ、観光・eスポーツ、防災、防犯、働き方、医療・ヘルスケア)を対象に幅広い実施がなされた。他方、分野固有の課題により、開発実証の進捗結果に大きな差が生じており、分野固有の課題の分析及び対策の検討が必要。 ✓ 事業全体では、5Gの「超高速」、「超低遅延」、「多数同時接続」といった特長について網羅的な検証が望まれるが、令和2年度事業にて採択された19件の開発実証には偏りが見られた。特に、「多数同時接続」に関する実証が不足していた。 	
課題解決システムの実証	効果検証	 ✓ ローカル5G 活用モデルが対象とする課題解決の効果について、定量的及び定性的な面からの検討を行う必要があるが、定量的な観点での検討が一部の実証で不足していた。 ✓ 定量的な効果検討の観点にあたっては、費用対効果を検討することを目的とし、初期・維持費用、及び裨益効果の整理を行った上で検討が十分行われていなかった。 ✓ 初期・維持費用の整理にあたっては、ローカル5Gの基地局等の通信機器の費用構造の分析、及びコア設備の共用化やクラウドシステムへの移行等、費用削減に資する施策に関する検討が不足していた。また、ローカル5Gが普及段階であることを踏まえ、ローカル5G対応製品の不足状況への対応方法等についての観点も必要であった。 ✓ 裨益効果の整理にあたっては、対象とする課題解決の効果について、定量化方法を具体化、また定量化方法の妥当性等についての検討を行う必要があった。 	
	機能検証	✓ 通信品質に関する検討にあたっては、ユースケースで想定 される通信品質劣化要因の洗い出し、及び通信品質劣化へ	

	✓	の対応方針の検討等を行った。また、ユースケースを考慮し、解析精度、応答時間、ネットワーク帯域等の通信品質のトレードオフを踏まえた、最適なローカル5Gの活用方法に係る検討が十分でなかった。 通信品質以外の要件等に関する検討にあたっては、ローカル5Gを通して送信されたデータの集約、管理、活用方法(AI活用を含む)についての検討が不十分であった。
運用検証	√	ローカル 5 G活用モデルを利用した新状態では、従来の状態と比較して異なるオペレーションとなることが想定されるため、ローカル 5 G活用モデルを利用した新状態での作業オペレーションを整理し、作業マニュアルの作成や研修等、新状態への円滑な移行に資する施策の検討が必要。
	✓	ローカル 5 G活用モデルを利用した新状態による作業者への負担を整理し、作業者への負担を軽減するための UI 環境の開発等の対応策についての検討が必要。 VR/MR、AI、ドローン等の最先端技術に関する技術革新について、動的にローカル 5 G活用モデルに取り込むことを可能とする運用体制、システムの検討が必要。
制度検証	✓	ローカル5G活用時の免許申請等の制度について、実態を 踏まえ課題を整理し、申請方法、要件、基準等のあり方に ついて検討が不足。

出所) 三菱総合研究所

(1) 事業の枠組み

多様なローカル 5 G利用環境下を想定した開発実証を進めるにあたって、事業全体の枠組みの設計が肝要となる中、令和 2 年度では分野に網羅的な実証がなされている。下図は、令和 2 年度事業の採択案件一覧であるが、10 分野(農業、漁業、工場、モビリティ、インフラ、観光・e スポーツ、防災、防犯、働き方、医療・ヘルスケア)にまたがる幅広い検討がなされた。

分野		件名	請負者	実証地域
	1	自動トラクター等の農機の遠隔監視制御による自動運転の実現	東日本電信電話株式会社	北海道岩見沢市
農業	2	農業ロボットによる農作業の自動化の実現	関西ブロードバンド株式会社	鹿児島県志布志市
	3	スマートグラスを活用した熟練農業者技術の「見える化」の実現	日本電気株式会社	山梨県山梨市
漁業	4	海中の状況を可視化する仕組み等の実現	株式会社レイヤーズ・コンサルティング	広島県江田島市
	5	地域の中小工場等への横展開の仕組みの構築	沖電気工業株式会社	群馬県及び隣接地域
工場	6	MR技術を活用した遠隔作業支援の実現	トヨタ自動車株式会社	愛知県豊田市
11-1775	7	目視検査の自動化や遠隔からの品質確認の実現	住友商事株式会社	大阪府大阪市
	8	工場内の無線化の実現	日本電気株式会社	滋賀県栗東市
モビリティ	9	自動運転車両の安全確保支援の仕組みの実現	一般社団法人ICTまちづくり共通 プラットフォーム推進機構	群馬県前橋市
インフラ	10	遠隔・リアルタイムでの列車検査、線路巡視等の実現	中央復建コンサルタンツ株式会社	神奈川県横須賀市
	11	観光客の滞在時間と場所の分散化の促進等に資する仕組みの実現	株式会社十六総合研究所	岐阜県大野郡白川村
観光・ e スポーツ	12	eスポーツ等を通じた施設の有効活用による地域活性化の実現	東日本電信電話株式会社	北海道旭川市 東京都千代田区
	13	MR技術を活用した新たな観光体験の実現	日本電気株式会社	奈良県奈良市
防災	14	防災業務の高度化及び迅速な住民避難行動の実現	株式会社地域ワイヤレスジャパン	栃木県栃木市
防犯	15	遠隔巡回・遠隔監視等による警備力向上に資する新たなモデルの構 築	綜合警備保障株式会社	東京都大田区
働き方	16	遠隔会議や遠隔協調作業などの新しい働き方に必要なリアルコミュニケーションの実現	東日本電信電話株式会社	新潟県新潟市 東京都渋谷区
	17	へき地診療所における中核病院による遠隔診療・リハビリ指導等の実 現	株式会社エヌ・ティ・ティ・データ経営研 究所	愛知県新城市
医療・ヘルスケ ア	18	専門医の遠隔サポートによる離島等の基幹病院の医師の専門外来 等の実現	株式会社NTTフィールドテクノ	長崎県長崎市 長崎県五島市
	19	中核病院における5 Gと先端技術を融合した遠隔診療等の実現	特定非営利活動法人滋賀県医療情報連携ネットワーク協議会	滋賀県高島市

出所) 令和2年度実証の概要より

図表 1-4 令和 2 年度事業 採択案件一覧

他方、分野固有の課題により、分野における課題解決モデルの構築に係る進展が分野によって異なる特徴があった。例えば、令和 2 年度事業における観光分野や防犯の実証コンソーシアムから、ローカル 5 G 導入による効果検証を行うにあたり、効果の定量化が困難との指摘があった。そのため、工場等の他分野と比較すると、効果検証の定量的な検証が十分ではなかったため、実装・横展開の議論を行う上で必要となる裨益効果の検討に繋がりにくい課題が確認された。令和 3 年度においては、分野の網羅性を高める観点は一つの要素として保持しつつ、分野固有の課題に対する検討を十分に実施し、課題への対応策等の検討が必要となる。

また、分野以外の軸として、5 Gの3つ特徴「超高速 (eMBB)」、「超低遅延 (URLCC)」、「多数同時接続 (mMTC)」が挙げられる。多様なローカル5 G利用環境下における検証を進めることを目的として進めるためには、事業全体が5 Gの3つ特徴を網羅的に検証できるよう、各実証コンソーシアムの検証内容が網羅していることが望ましいと言える。令和2 年度事業では「多数同時接続 (mMTC)」に検証内容が不足していたが、「多数同時接続 (mMTC)」については5 Gの性能を活かせる端末・回線数のオーダを検証できるユースケースや実証環境を構築するには、コンソーシアム単体では難易度が高い点が背景として挙げられる。

(2) 効果検証

令和 2 年度効果検証では、ローカル 5 G活用モデルが対象とする課題解決の効果について、定量的及び定性的な面から検討を行うことで、ローカル 5 G導入時の初期・維持費用、及び裨益効果の整理を行い、費用対効果を明らかにすることが目的であった。費用対効果については、ローカル 5 Gの設備費用が高額であることが、ローカル 5 G導入効果を示す

コア設備の共用化やクラウドシステムへの移行等、費用削減に資する施策と直結する観点 であることから、横展開の議論と連関した議論が必要といえる。

また、5 Gの社会導入直後といった理由から、5 G通信に対応している実証関連機器を調達することが困難であったという課題があり、特にドローン等の先端機器にみられた。ローカル5 Gが普及段階であることを踏まえ、ローカル5 G対応製品の不足という課題に対しての対応方法等について、提案時点、あるいは実証段階にて検討を行う必要がある。

(3) 機能検証

令和 2 年度機能検証では、ローカル 5 G活用モデルの実装に必要となる機能について検討を行った。機能検証における課題の多くは、通信品質あるいは通信品質以外の機能が所望要件を満たないため、実装・横展開へつなぐことができないといったものであった。

通信品質においては、遅延を含む通信品質の劣化に対して、End-to-Endの現象は確認できるものの、細かい要因分析が実施できていない課題があった。また、一般的に5Gの3つ特徴の間にあるトレードオフについて十分な検討がなされていない。図表 1-5 は、令和2 年度事業の報告書で挙げられたトレードオフに関する課題であるが、具体的な対応策に至る検討まではなされなかった。令和3 年度事業では、ローカル5G活用モデルを見据えた、通信品質のトレードオフに関する議論が必要である。

図表 1-5 令和 2 年度事業の通信品質に関する課題(例)

実証 No.	通信品質に関する課題
No. 1, 9, 13, 14	遅延等、品質劣化要因の切り分けが十分なされておらず、通信要因による遅延か、あるいは AI 処理部等の通信以外の要因による遅延か不明確。
No. 2, 11	多接続時に通信品質の劣化が確認された。
No. 6	キャリア5Gやインターネットとの連携時の品質劣化を確認(ローカル5G ~インターネット~キャリア5Gとの連携時ビットレートが不安定化)。
No. 17	利用する通信プロトコルにより通信品質が劣化した。

出所) 三菱総合研究所

(4) 運用検証

令和 2 年度の運用検証では、ローカル 5 G活用モデルを実運用する際の課題について抽出・整理を行った。運用検証における課題では、ローカル 5 G活用モデルを利用した新状態が従来の状態と比較して異なるオペレーションとなったため、作業者への負担が挙げられた。令和 3 年度では、新状態における作業マニュアルの作成や研修、作業者への負担を軽減するような UI 環境の開発等、新状態への円滑な移行に資する施策の検討を行う必要がある。

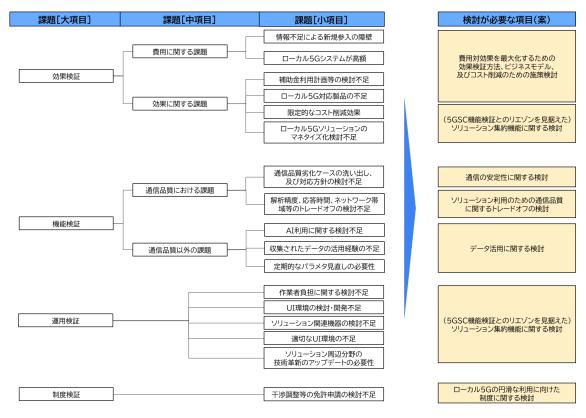
またローカル5G導入にあたって、制度面における課題についても別途検討を行う必要

がある。ローカル5Gを利用する際の免許申請においては、干渉調整時のスプリアス値等の基準が曖昧であるため、民民間での調整が困難であったとして、課題が挙げられている。これら制度面での課題について、実態を踏まえ課題を整理し、申請方法、要件、基準等のあり方について検討を行う必要がある。

1.2.1.2 令和3年度事業において留意した点等

令和3年度事業の基本的な方針として、過年度実証事業の課題を踏まえ、課題を解決するための検討を含めた検討項目を設置し、ローカル5G活用モデルの早期の実運用を目指すこととする。図表 1-6 は、上述した課題をイシューツリーで整理したものであり、整理された課題に対して、「検討が必要な項目」として抽出したものである。

これらの検討が必要な項目について解決に資するように、公募に係る要件や審査・評価 基準を整理し、提案書の確認項目が記載されるよう、主管課と協議の上、仕様書への反映 を行った。



出所) 三菱総合研究所

図表 1-6 効果、機能、運用検証における検討が必要な項目

1.2.2 ローカル5Gに係る実装・横展開

1.2.2.1 令和2年度事業における課題

図表 1-7 は、令和2年度事業における実装、横展開に関する課題を整理したものであり、

図表 1-7 実装・横展開に係る主な課題

項目	課題	題
導入前/導 入期に係 る課題	✓	実証から実装への本格導入にあたって、ローカル5G活用モデルの通信、システム要件の課題を整理し、解決策について、実証設備の継続利用、免許の再申請(実験試験局から商用局)等の観点を踏まえた検討が必要。自走化に至るまでの導入期において、補助金等を利用した資金計画について、利用を予定する具体的な補助金の申請計画、活用方法、自走化までのスケジュールの検討が不足。
自走期に係る課題	~	自走期に向けた持続可能なビジネスモデルの検討を行う。検討にあたっては、下記の要素についてそれぞれ計画、調整状況、スケジュール等の検討を要する。 ・ 主体/パートナー/リソース ・ 提供価値 ・ コスト構造 ・ 顧客セグメント/販売チャネル ・ 収益化の流れ
横展開に係る課題	\[\lambda \]	自走化主体と横展開主体が異なる場合もあり、ローカル5 Gインフラやローカル5 G活用モデルの構築、管理等の各サービスにおける主体について、実証コンソーシアムメンバーの意見を踏まえ、検討を行う必要がある。 横展開のターゲットについて、対象の粒度(個人、企業、自治体、団体等)、対象領域、対象地域等の洗い出しに関する検討が不足しており、実装に関する検討を踏まえターゲットを選定するための検討を十分に行う必要がある。 横展開を行う際、展開先がユースケース等を参照可能なリファレンスモデルの確立について、検討が不十分であった。ローカル5 G活用モデルのユースケースから派生した他ユースケースの検討、及びローカル5 G活用モデルの普及促進のための方策検討する必要がある。 5GSC 機能検証結果を踏まえたソリューション集約機能に関する検討不足。
	✓	上記の横展開計画を踏まえ、利用圏域での最適なネットワーク等のエリ

(1) 導入前/導入期に係る課題

開発実証から実装への本格導入にあたっては、通信システムを継続して利用する上での 課題が挙げられた。免許申請の観点では、開発実証時の実験試験局免許から、継続利用の ための商用局免許の再申請の準備、対応が課題として挙げられた。また、自走化に至るま での導入期における補助金等を利用した資金計画については、令和 2 年度実証中で補助金 取得まで至る実証コンソーシアムが乏しかったことを踏まえ、補助金取得計画も合わせた、 実証計画が必要であったといえる。

(2) 自走期における課題

自走化に向けた課題では、一般的にビジネスモデル等を検討する上で重要な要素を網羅的に検討する実証コンソーシアムが少ないことが課題であった。実装の検討にあたっては、ビジネスモデルを検討する上で必要な検討要素、すなわち実施主体、顧客(ユーザ)、ユーザが享受する価値、費用構造等が挙げられるところ、多くの実証コンソーシアムでは、導入費用に注目がいく一方、課題解決システムを狭義に捉えてしまい提供価値が限定的に評価されてしまう点(ポテンシャルが見えない)や、顧客を定義できていないケースも少なくなかった。

主体/パートナー/リソース(体制等)、提供価値(ローカル5Gの必然性含む)、コスト構造、顧客セグメント/販売チャネル(普及展開方策等)、収益化の流れ(自走化計画等)、をそれぞれ整理することで持続的なモデルを描けると考えられる。

(3) 横展開に係る課題

横展開の主体は、自走化主体と異なることが適切な実証コンソーシアムも多々あり、令和 2 年度においては幅広い議論が十分になされていなかった。そのため、ローカル5 Gインフラやローカル5 G活用モデルの構築、管理等の各サービスそれぞれにおける主体について、実証コンソーシアム内で十分に検討する枠組みを設ける必要がある。

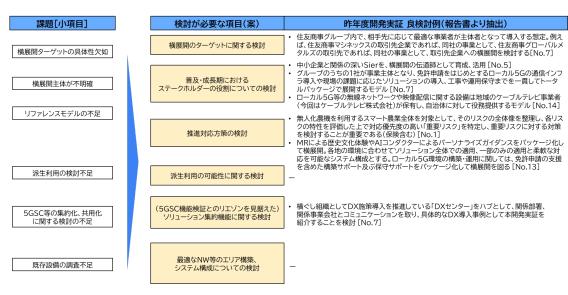
横展開のターゲットについては、ターゲットの検討が十分になされず不明確なまま議論が進められ、具体的な行動計画に落とし込むことができない実証が見受けられた。令和3年度では、ターゲットの粒度(個人、企業、自治体、団体等)、対象領域、対象地域等の洗い出しを行い、実装に関する検討を踏まえターゲットを選定するための検討を行う必要がある。工場等の実証では、例えば「5Gソリューション提供センター(仮称)」(以下、5GSC)が提供する機能を含め、リファレンスモデルにより横展開対象が円滑にローカル5Gシステムを導入できる環境を要望する声があがっており、横展開の圏域を定義した上で、5GSC等の横展開支援体制について検討を行う必要がある。

1.2.2.2 令和3年度事業において留意した点等

効果、機能、運用と同様、過年度事業の課題を踏まえ、課題を解決するための検討を含

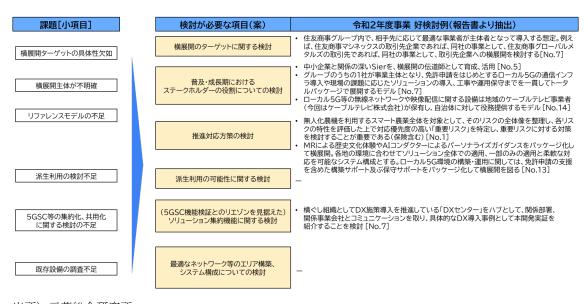
めた検討項目を設置し、ローカル5G活用モデルの早期の実運用を目指すこととする。図表 1-8 は、実証における課題をイシューツリーで整理したものであり、整理された課題に対して、「検討が必要な項目」として抽出したものである。また図表 1-9 は、横展開の課題に対する「検討が必要な項目」を列挙し、令和2年度事業において参考となる良例を記載している。

検討が必要な項目について、令和 2 年度事業の仕様書項目を踏まえ、仕様書の項目及び 各項目で実証に要求する検討内容を以下に記載する。各項目における記載要点は、提案書 の確認項目が記載されるよう、主管課と協議の上、仕様書に反映した。



出所) 三菱総合研究所

図表 1-8 実装における検討が必要な項目



出所)三菱総合研究所

図表 1-9 横展開における検討が必要な項目

1.3 実施方針

前項を踏まえ、現実性のある様々な利用場面を想定し、多様なローカル5G利用環境下を想定したユースケース・ソリューション開発を通した課題解決モデルの構築及び検討が行われるように実証の仕様を設計した。

1.3.1 重点テーマ

令和 3 年度事業の取り組みを行うにあたって、令和 2 年度の課題解決及びさらに次年度 への継続性に配慮し、3 つ切り口に着目し、公募要領は、実証コンソーシアムの評価基準 等に反映できるように、主管課と協議の上、策定した。

1.3.1.1 5 Gの性能

5 Gの3つ特徴「超高速 (eMBB)」、「超低遅延 (URLCC)」、「多数同時接続 (mMTC)」における過年度事業全体の分布によれば、eMBB、URLCC に偏りがあることが分かる。 令和3 年度においては、SA(Standalone)構成の5GNR基地局を本格導入する実証コンソーシアムが複数現れることを見据え、今後はmMTC の特性も活かしたソリューションが期待される。mMTC の特性のみに着目することも、他2つの特性も併せ持つソリューションの開発も想定される。

1.3.1.2 ビジネスモデル

新たな価値の創造等の実現に資するローカル5G活用モデルを創出するためには、実装及び自走化が必須となる。過年度課題を踏まえ、自走化を行うためのビジネスモデルの分析について、要素ごとに検討を行う。また、検討されたビジネスモデルについては、ビジネスモデルの各要素をマッピングするなどで標準モデルとして性質を可視化する。ビジネスモデルのマッピングは、ビジネスモデルのイメージを具体化するとともに、横展開を行うためのリファレンスモデルとしての利用も狙う。

1.3.1.3 ローカル 5 G 活用モデルの共用化

令和2年度実証における実装及び横展開の議論では、ローカル5G活用モデルにおける様々な共用化に大きな期待が向けられた。同様の課題を抱える他ユーザ企業に対して、横展開によりローカル5G活用モデルの普及促進を進めるだけでなく、ソリューションの一部または全部を共用することで初期・維持費用の削減が期待されるため、ローカル5G活用モデルの費用対効果を上げることが期待されている。また、ソリューションを支えるネットワーク構成についても、基地局のクラウド化及び共用化により、システム全体のコスト削減を行うことが可能となる。令和3年度においては、ローカル5G活用モデルを利用しうる各種ステークホルダを対象とした調査を行い、ソリューションの汎化等が期待される5GSCの基本機能等を踏まえた、共用化施策の具体的検討を重点項目とし、別途進める同センターに係る実証事業と連携して検討を実施した。

1.3.2 実証コンソーシアムの実施事項

上述した方針に沿って作成した仕様書に従い、実証コンソーシアムは、ローカル5G活用モデルの実装に向けた計画(有効性が認められたローカル5G活用システムの継続実証や導入に向けた運用・管理等に係る仕組みや方法、費用分担も含めた関係者間の役割分担、ビジネスモデル等)の検討及び検討支援を行う。

実装計画の検討に際しては、実装に向けた関係者の役割、スケジュールを明確化させ、 実装困難と判断する場合にはその理由等を明確にさせる。また、実装に向けた計画検討に 関する支援は、各実証コンソーシアムの実証期間中に並行して実施することとし、策定し た実装計画は各実証コンソーシアムの報告書に含ませるよう、仕様書に規定する。検討支 援に係る作業スケジュールも本請負の提案書に具体的に記載させるものとする。

1.4 実施内容

1.4.1 実証の設計

本実証の目的及び狙いは、ユーザ企業等が抱える課題の解決、新たな価値の創出等に資 するローカル5Gを用いたソリューションについて、その必然性や優位性を高めるととも に、着実かつ早期の実装を目指して取り組むこととした。課題実証の枠組み及び採択され た実証の一覧は下記図表のとおりである。採択された各実証コンソーシアムの実証結果に ついては、各実証コンソーシアムの報告書等成果物を参照されたい。

基本提案(必須)

- I.ローカル5Gを用いたソリューションの有効性等に関する検証
- ⇒定義した課題の解決等に資するローカル5Gを用いたソリューションについて検証
- a.効果検証:ローカル5Gを用いたソリューションの導入効果について、定量的かつ定性的な面から評価・検証、課題解決効果や有用性等の検証
- b.機能検証:ユースケースの性能要件を踏まえ、最終的な実装時の利用環境や条件を想定した上でシステム構成要素毎に必要な機能の評価・検証
- c.運用検証:ローカル5G活用モデルを実運用した際の保守・運用に係る評価・検証。
- II.ローカル5Gを用いたソリューションの実装性に関する検証 ⇒ユーザ企業等において、本事業終了後も継続的に活用・他のユーザ企業等や他分野で展開していくため、以下の観点からロー カル5G活用モデルとして検証
- a.ローカル5G活用モデルの構築・検証:ローカル5G活用ソリューションを持続的に導入・利用するためのローカル5G活用モデルの構築・検証 **b.普及展開方策の検討:**ローカル5G活用モデルの普及展開の加速に向け、他のユーザ企業等や他分野へ普及するための方策等について検討 Ⅲ. ローカル5Gの実装に向けた課題の抽出及び解決策の検討
- ⇒ローカル5G活用モデルの実現や実装に係る構造的な課題やさらなる検討事項について検証し、解決の方向性を導出
- IV. ローカル5Gの実装シナリオの見直し
- ⇒提案時に設定した、ユーザ企業等におけるローカル5G実装シナリオについて、上記 I ~Ⅲを踏まえ見直し。 万一、実装困難と判断する場合にはその理由等を明確化

追加提案(任意)

ローカル5G活用モデル早期実装の観点から、令和2年度開発実証事業において抽出された課題等を解決するため、以下の課題1 ~4より1つまたは複数を選択して、追加提案することができる。

課題1:ローカル5Gを用いたソリューションの高度化に関する実証(映像コーデックやコンピューティングリソースの処理能力の最適化等) 課題2:ローカル5G等ネットワークの性能要件に基づくユーザインターフェースの改善に関する実証(操作性や表示性等のUIの改善等) 課題3:ローカル5G等ネットワークの安定性・信頼性の向上に関する実証(スループットの低下や遅延・ゆらぎ等を吸収できる技術の実装等)

課題4:上記以外で早期実装に向けた課題解決に関する実証

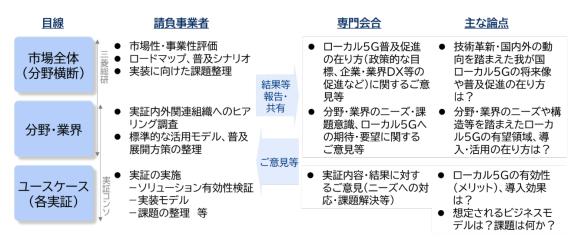
図表 1-10 課題実証の枠組み



図表 1-11 採択案件一覧

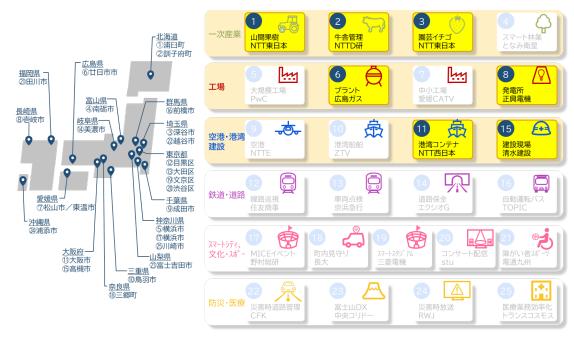
1.4.2 調査検討の枠組み

本調査検討では、ローカル 5 Gの普及促進に向けて、ユースケースやローカル 5 G活用モデル等に関する実証成果等を踏まえて、分野・業界、市場全体(分野横断)の目線で、課題及び対応策を整理し、Beyond 5G 時代も見据えた分野単位・横断のロードマップについて検討を行った。調査検討における体制として、有識者・専門家・関係組織等で構成する専門会合を開催し、同会合での問題意識の共有や意見交換等を踏まえ検討を深堀した。



図表 1-12 調査検討の枠組み

特に、後述する課題実証専門会合では、下図に示す重点分野を定め、当該分野の実証内 容や成果等を踏まえながら、検討を重ねた。



図表 1-13 重点分野

1.4.3 課題実証専門会合の開催

業界や関係省庁の問題意識、海外市場動向などを踏まえ、重点分野別の検討等を実施するため、課題実証専門会合を開催した。

課題実証専門会合では、ローカル 5 G の普及促進に向けて、実装性(事業性)及び他地域・他分野での横展開可能性(市場性)の観点から、ソリューションの横展開が有効と評価できる分野におけるローカル 5 G の活用モデルについて、実証コンソーシアムの実施計画・内容・成果を踏まえながら、主に以下の①から③の事項について検討を行った。

- ① 実証成果等を踏まえたソリューションの有効性に関する評価・分析
- ② ローカル5Gの普及促進に係る課題及び解決方策に関する検討
- ③ Beyond 5G を見据えた分野単位・横断のロードマップ(実装・横展開の在り方等) に関する検討

課題実証専門会合の名簿は以下のとおりである。重点分野に係る関係組織ならびに実証 コンソーシアムにも適宜参加頂いた。

区分	氏 名	所属及び役職
委員	高木 聡一郎	東京大学大学院情報学環准教授
委員	飯塚 留美	一般社団法人マルチメディア振興センター シニア・リサー チディレクター
委員	山郷 琢也	TMI 総合法律事務所 パートナー弁護士
委員	豊井 一徳	農林水産省 農林水産技術会議事務局研究推進課 課長補佐
委員	味田 悟	国土交通省 総合政策局公共事業企画調整課施工安全企画室 課長補佐
委員	後藤 雅義	東日本電信電話ビジネスイノベーション本部地方創生推進部 担当部長
委員	山崎 克紀	西日本電信電話株式会社ビジネス営業本部公共営業部門 担当部長
委員	高地 成彦	日本電気株式会社クロスインダストリーユニット ローカル 5G 事業推進本部 事業推進グループ
委員	森 大樹	富士通株式会社 5G Vertical Service 室 エグゼクティブディレクター
委員	熊谷 充敏	一般社団法人日本ケーブルテレビ連盟 企画部長
オブザーバ	_	経済産業省商務情報政策局産業保安グループ
オブザーバ	_	総務省総合通信局・総合通信事務所
オブザーバ	_	一般社団法人電波産業会

課題実証専門会合は計3回開催した。各回の概要は以下の通りである。

図表 1-14 各回の開催概要

会合名	期間・日時	開催形態	概要
第1回	2021年12月22日	Web	(1)会合の趣旨・進め方について
	16:00~18:00		(2)ローカル5Gの現状・課題認識等について
			(3)ローカル5Gの海外動向について
			(4)分野別の検討(農業分野・保安分野)
第2回	2022年2月28日	Web	(1)分野別の検討(空港・港湾・建設分野)
	17:00~19:00		(2)ローカル5G等に関する市場調査結果
			(3)ソリューションの有効性検証及び標準モデル等
			の検討
			(4)5G ソリューション提供センターの概要について
第3回	2022年3月23日	Web	(1)ソリューションの有効性検証及び標準モデル等
	10:00~12:00		の検討
			(2)ローカル5Gの普及促進等に係る課題(実証結果)
			(3)ローカル5Gの普及展開に向けたロードマップ
			の検討

2. 市場調査

2.1 国内ニーズ調査

2.1.1 調査の枠組み

実証コンソーシアムの取り組む方向性について、市場性や普及展開シナリオの具体化を見据えて、ローカル5Gの利活用が想定される分野・業態(令和3年度の実証事業以外の分野も含む)を対象にアンケート調査を通じてニーズの把握と深堀を実施した。また、企業・団体の規模・業態を分けて把握することで、ローカル5Gのニーズやその強度の他、ICTへの投資や導入に対する経営や事業の考え方の差異などにも着目した。調査の枠組みを図表2-1、アンケート調査回収数を図表2-2に示す。

図表 2-1 調査の枠組み

大項目	内尔	容
実施時期	>	2022年2月(同じ設計で実施した2021年2月調査との比較を実施)1
調査方法	>	Web アンケートによる二段階調査を実施。
		事前調査:5Gとの関わり方等の把握及び企業・団体のスクリーニング
		本調査:ローカル5G等をソリューションの利用意向や課題等を聴取。
	>	自社・団体の ICT 導入・利活用の判断権限または知識を有する人に限定
本調査の	A	全国の民間企業及び地方公共団体に所属する個人(本社または所属事業
対象		所等は問わない)のうち、ローカル5Gソリューションを利用するユー
		ザを対象とした。
	>	対象者の定義:自社・団体の課題の解決で 5G 等高度な通信ネットワー
		クや、ネットワークと IoT・AI・4K/8K(高精細映像)・ドローン・ロ
		ボット等の関連技術を組み合わせたサービスやソリューションの導入・
		利活用に意向があり、かつ、ローカル5Gの活用について導入・検討段
		階または導入意向・検討余地を有する企業・地方公共団体等
割付方法	A	一次産業を除き、事業所統計に基づき業種・規模区分別に比例割付。
	>	規模は中小企業庁の定義に基づき、従業員数をもとに区分した。

図表 2-2 アンケート調査回収数

大項目	一次	製造	イン	情報	モヒ゛リテ	商業	サー	公共	合計
	産業	業	フラ	通信	ィ・流		ビス		
				業	通		業		
大企業									
八正未	34	299	109	119	98	269	154	85	1,167
中堅企業	34 78	299 225	109	119 118	98	269 217	154 162	85 73	1,167 1,023

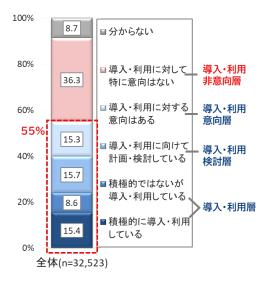
¹ 令和2年度『課題解決に資するローカル5G等の横展開等に関する調査研究の請負』

2.1.2 ローカル5Gの市場性(ポテンシャル)

本項では、事前調査(n=32,523)に基づきローカル5Gの市場性について概観する。

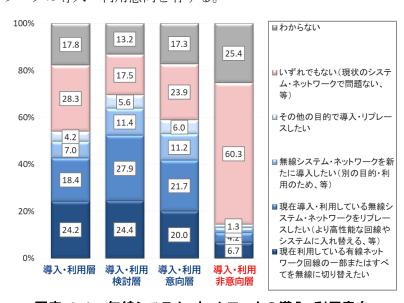
2.1.2.1 無線システムやネットワークのニーズ

無線システムやネットワークのニーズの背景として、ユーザの DX (デジタルトランスフォーメーション) 推進に係るネットワークや関連技術を組み合わせたサービス・ソリューションの導入・利用状況や意向について聞いたところ、既に導入・利用している「導入・利用層」が 24%、「導入・利用検討層」が 15.7%、「導入・利用意向層」が 15.3%と、合計の割合は半数以上であった。



図表 2-3 DX 等に向けたサービス・ソリューションの導入・利用状況

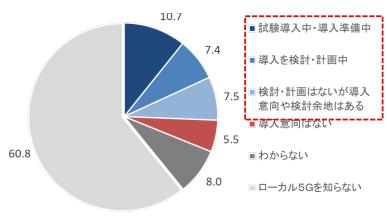
次に上述の各層別に無線システム・ネットワークの導入・利用意向について聞いたところ、「導入・利用層」「導入・利用検討層」「導入・利用意向層」のいずれも半数以上が無線システム・ネットワークの導入・利用意向を有する。



図表 2-4 無線システム・ネットワークの導入・利用意向

2.1.2.2 ローカル5 Gの導入・利用意向

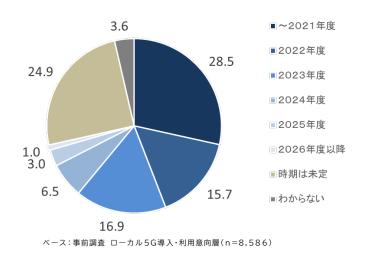
ローカル 5 G の導入・利用意向について聞いたところ、約 25%がローカル 5 G に対する利用・導入に対して関心を有していると回答した。



ベース: 事前調査 全体(n=32,523)

図表 2-5 ローカル5Gの導入意向

ローカル 5 G の導入・利用意向について関心がある層に対してその導入時期について聞いたところ、半数以上が 2023 年度までと回答しており、関心の強さがうかがえる。ただし、上述の結果も含め、料金や運用条件等がユーザの要件に見合っているという前提とした、市場のポテンシャルとして解釈すべき結果である。



図表 2-6 ローカル5Gの導入意向時期

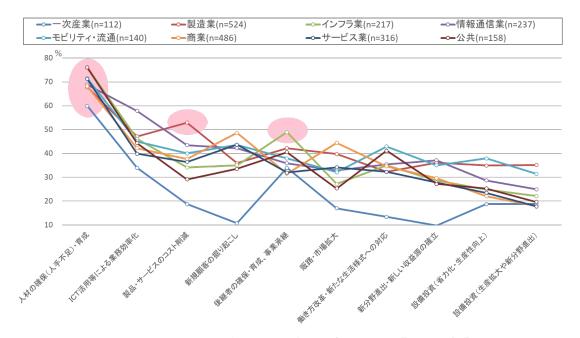
2.1.3 ローカル5Gの導入や利活用の目的及びニーズ

本項では、ローカル5Gの導入や利活用の目的及びについて概観する。

2.1.3.1 経営・事業の課題

ローカル 5 Gの導入や利活用の背景となるユーザの経営や事業の課題について聞いたところ、「人材の確保(人手不足)・育成」が最も高く、業種を問わず 6 割以上の回答となっており、重点的な課題となっていることがうかがえる。例えば、ローカル 5 Gを用いたソリューションによる自動化やリモート等の機能を用いた課題解決が期待されるところである。次いで「ICT 利活用等による業務効率化」「製品・サービスのコスト削減」と効率化・合理化が挙げられている。特に「ICT 利活用等による業務効率化」は情報通信業において高く、「製品・サービスのコスト削減」は製造業において高い傾向が見られた。

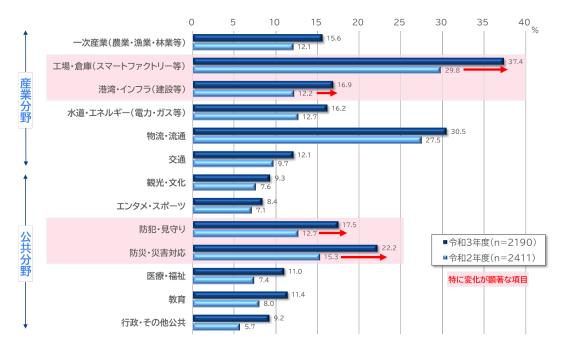
「後継者の確保・育成、事業継承」については、特にインフラ業や製造業が高い傾向が見られた。また、同課題は一次産業において二番目に高かった。



図表 2-7 重点に取り組んでいる経営・事業の課題【業種比較】

2.1.3.2 利用したい分野

ローカル 5 G 等無線システム・ネットワークを活用したい分野(産業分野及び公共分野)について聞いたところ、令和 2 年度の調査と比して、いずれの分野についてもニーズが高まっている。特に、産業分野では、工場・倉庫(スマートファクトリー等)や港湾・インフラ(建設等)分野のニーズ、公共分野では、「防犯・見守り」や「防災・災害対応」分野のニーズが増大している。

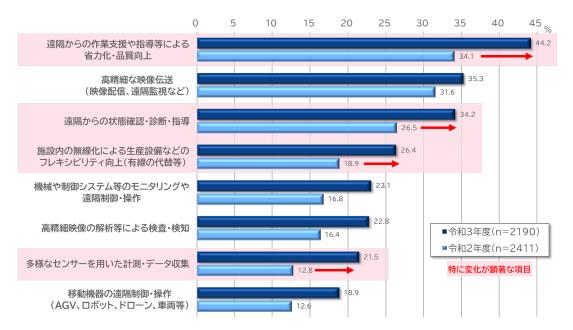


図表 2-8 ローカル5G等無線システム・ネットワークを活用したい分野【経年比較】

2.1.4 ローカル5Gの具体的な用途やソリューション

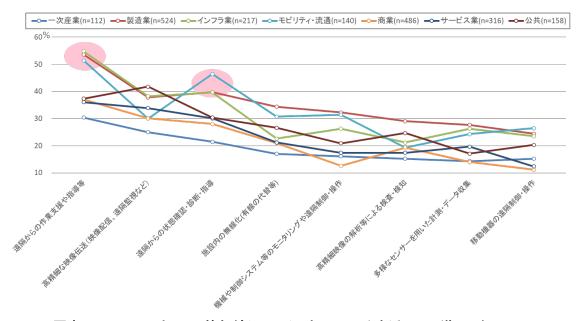
2.1.4.1 利用したい用途・ソリューション

ローカル 5 G 等無線システム・ネットワークを活用したい具体的な用途やソリューションについて聞いたところ、特に「遠隔からの作業支援や指導」や「遠隔からの状態確認・診断・指導」や「多様なセンサーを用いた計測・データ収集」等のニーズが上昇している。このように、リモートや高度な自動化機能に対する利用ニーズが高まっていることがうかがえる。



図表 2-9 ローカル5G等無線システム・ネットワークを活用・導入したいソリューション【経年比較】

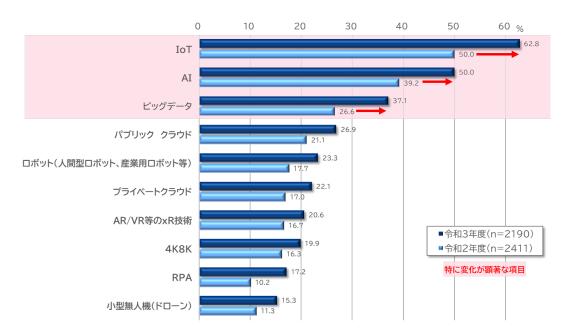
具体的な用途やソリューションについて、業種別で見ると、全般的に製造業において各機能に対するニーズが高く、次いでインフラ業が高い。「遠隔からの作業支援や指導」や「遠隔からの状態確認・診断・指導」は、特に製造業、インフラ業、モビリティ流通のニーズが高い傾向が見られる。



図表 2-10 ローカル5G等無線システム・ネットワークを活用して導入したい 具体的な用途やソリューション【業種比較】

2.1.4.2 利用したい関連技術

次に、ローカル5Gの用途やソリューションの導入において利用したい関連技術について聞いたところ、ローカル5G等無線システム・ネットワークと、引き続き IoT・AI・ビッグデータ関連技術を組み合わせたいというニーズが令和2年度と比して増大している。その他にクラウド、ロボット等との連携ニーズも注目される。



図表 2-11 ローカル5G等無線システム・ネットワークと組み合わせたい技術やICT基盤【経年 比較】

2.1.4.3 利用したいデバイス・機器・設備

ローカル5Gの用途やソリューションの導入において利用したいデバイス・機器・設備について聞いたところ、スマホ・タブレット・ルータ等の汎用端末の他、高精細カメラや計測センサー、ロボット・ドローン等の活用ニーズが増大している。



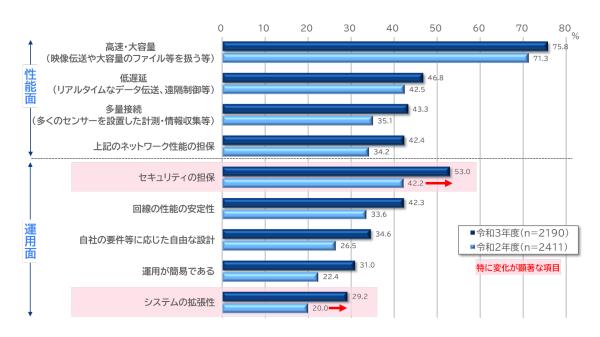
図表 2-12 ローカル5G等無線システム・ネットワークに接続したいデバイス・機器・設備【経年 比較】

2.1.5 ローカル5Gの利用・運用形態

本項では、ローカル5Gの利用や運用形態に関する要件やニーズについて概観する。

2.1.5.1 期待する性能・運用要件

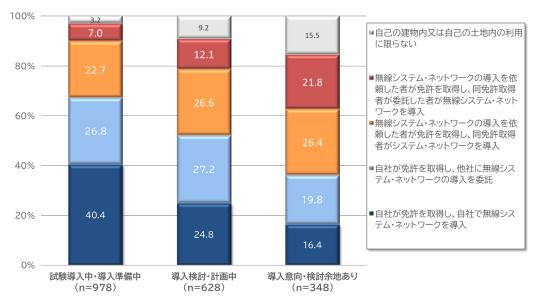
ローカル 5 Gに対して期待する性能や運用要件について聞いたところ、5 Gの性能面では、引き続き高速・大容量に対する期待が高い。また、運用要件については、「セキュリティの担保」「システムの拡張性」に対するニーズ・関心が増大しており、PoC (Proof of Concept) のフェーズから、実装や継続運用に向けた認識が高まっている状況がうかがえる。



図表 2-13 ローカル5G等無線システム・ネットワークの重視・期待している ネットワークの性能や要件【経年比較】

2.1.5.2 調達·導入形態

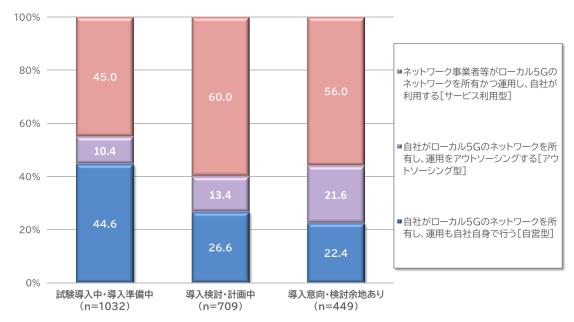
ローカル 5 G の導入にあたっては、免許人となる主体や無線システム・ネットワークを整備・運用する主体を決める必要がある。いずれも自らが主体となるか、他者に委ねるかの選択肢がある。そこで、ローカル 5 G の調達や導入の形態の考え方について聞いたところ、ローカル 5 G について「試験導入中・導入準備中」のユーザなど、導入に対して積極的なユーザにおいては、免許取得や無線システム・ネットワーク導入について自前志向を有していることが分かった。他方、「導入意向・検討余地あり」のユーザなど今後導入・利活用しうる潜在層においては、現時点では外部からの調達を志向する傾向が見られる。



図表 2-14 ローカル5G等無線システム・ネットワークの導入・展開に係る 調達・導入形態【導入フェーズ比較】

2.1.5.3 設備・機器の所有・運用形態

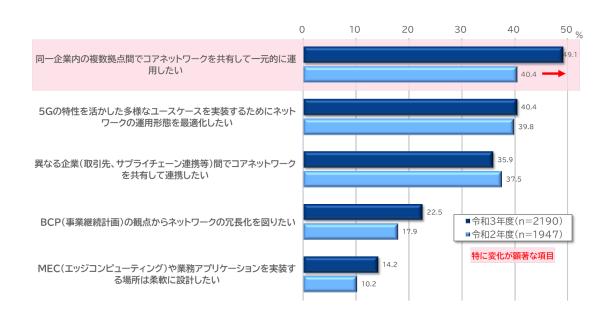
ローカル 5 Gの実装にあたっては、設備・機器の所有や運用の主体についても決める必要がある。具体的には、自社がローカル 5 Gのネットワークを所有し、運営も自社自身で行う「自営型」、運用をアウトソーシングする「アウトソーシング型」、所有も運用も外部調達する「サービス利用型」に大別することができる。そこで、これらの設備・機器の所有や運用形態について聞いたところ、ローカル 5 Gについて「試験導入中・導入準備中」のユーザなど、導入に対して積極的なユーザにおいては、自社が所有・運用する自営型の意向が高い一方、今後導入・利活用しうる潜在層においては、現時点ではアウトソーシング型やサービス利用型の意向が高い傾向が見られる。先行するユーザは自前志向が高いが、今後の普及展開に向けては、アウトソーシング型やサービス利用型のニーズへの対応が求められるといえる。



図表 2-15 ローカル5G等無線システム・ネットワークの導入・展開に係る 所有・運用形態【導入フェーズ比較】

2.1.5.4 ネットワークの設計・運用

ローカル 5 Gのネットワークの利用にあたっては、ローカル 5 Gをユーザ企業等が単一拠点で利用するか複数拠点で利用するか、また通信回線・LAN などユーザ企業内の既存整備状況等に応じて、多様な設計や運用が想定される。例えば、拠点数・基地局数が増えると、基地局を接続する交換設備(コアネットワーク)については、共用して一元的に運用するニーズが高まると予想される。そこで、こうしたネットワークの設計・運用の在り方について聞いたところ、同一企業内・複数拠点間でのローカル 5 Gのネットワークの共有・一元的な運用に対するニーズが増大している。詳細の分析によれば、実際に拠点数が多いユーザほどこの傾向が高く、拡張を見越した実装に向けて認識が高まっている状況がうかがえる。



図表 2-16 ローカル5G等無線システム・ネットワークの設計・運用の意向【経年比較】

2.1.6 ローカル5 Gの導入や利活用に係る課題

本項では、ローカル5Gの導入や利活用に関する課題について概観する。

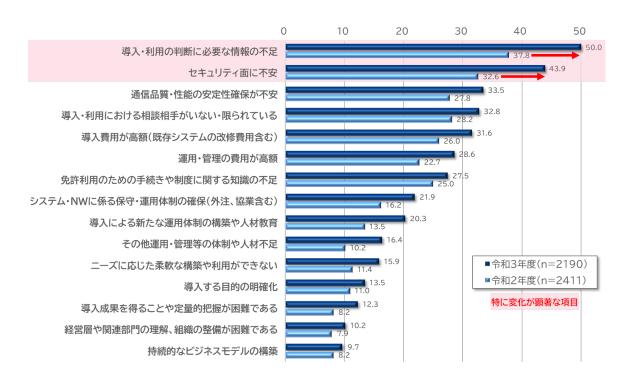
2.1.6.1 導入や利活用に係る課題

ローカル 5 Gの導入や利活用に関する課題について聞いたところ、最も高い回答が「導入・利用の判断に必要な情報の不足」、次いで「セキュリティに不安」であり、いずれも令和 2 年度より課題認識が増大していることが明らかになった。特に前者は半数が回答しており、改善が求められる課題である。また、前述のとおり、総じて実装に向けて認識が高まっている状況がうかがえる一方で、セキュリティに関する不安も増大している。セキュリティの不安の対象について本調査では取り上げていないが、自営網における閉域利用やネットワーク設計の柔軟性がメリットである一方で、当該ネットワークの運用・管理や各種ソリューションが扱うデータの管理や取り扱い等、様々なセキュリティ対策が必要であることから、前述の情報不足に係る課題とあわせて対応が求められる。

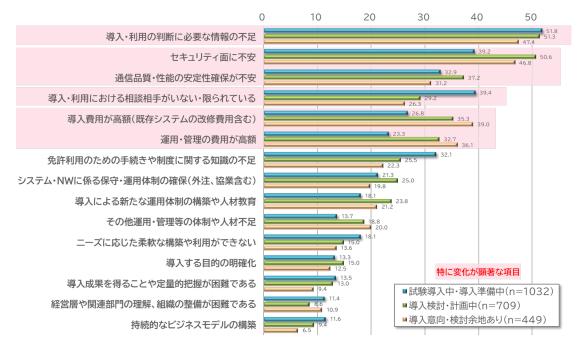
「通信品質・性能の安定性確保が不安」が3番目に回答が多く、ローカル5Gを活用したソリューションの各種性能要件を満たしていないのか、SLA(Service Level Agreement:サービス品質保証)など運用基準において課題があるのかなど、ローカル5G機器のみならず、ソリューション全体として課題を解消し、ユーザに対して説明性を高めていく必要があるといえる。また、「導入費用が高額」「運用・管理の費用が高額」といった費用面も引き続き課題として挙げられている。

これらの結果を、ユーザの導入・検討のステータス別にみると、課題の事項において異なる傾向が見られる。ローカル 5G について「試験導入中・導入準備中」のユーザは具体的な実装に関わる情報不足、今後導入・利活用しうる潜在層においてはセキュリティや費用

面など計画に係る前提の課題に対する認識が高いことがうかがえる。



図表 2-17 ローカル5G等無線システム・ネットワークの導入・展開に係る課題【経年比較】

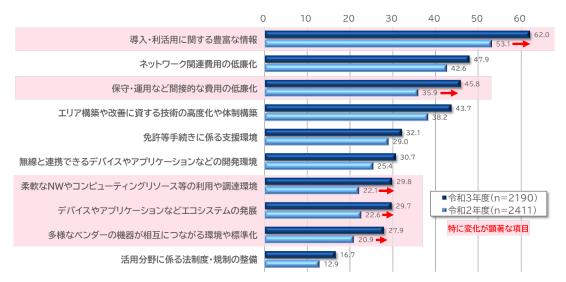


図表 2-18 ローカル5G等無線システム・ネットワークの導入・利活用に係る課題【導入フェーズ 比較】

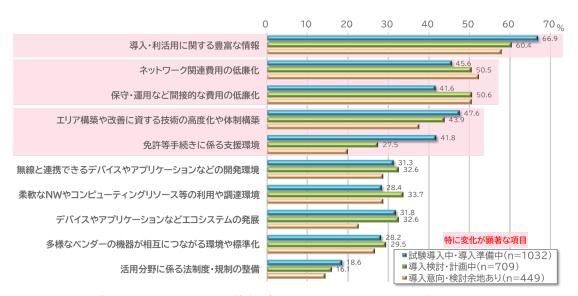
2.1.6.2 導入・利活用に期待する環境

前述の課題の裏返しとして、導入・利活用に期待する環境、すなわち課題に対する具体的な方策について聞いたところ、導入・利活用に資する情報や運用費用の低減化の他、柔軟なネットワークやコンピューティング等の利用や調達環境、エコシステムの発展、マルチベンダー環境等に対するニーズ・関心が増大している。

導入フェーズ別にみると、導入・利活用の積極的なユーザは、利用環境の構築に資する情報や体制・支援環境が高く、他方で、導入検討・計画中のユーザは費用低減化への期待が高い。



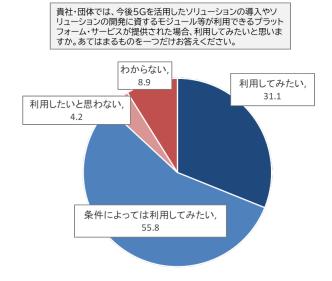
図表 2-19 ローカル5G等無線システム・ネットワークの導入・利活用で期待する環境【経年比較】



図表 2-20 ローカル5G等無線システム・ネットワークの導入・利活用で 期待する環境【導入フェーズ比較】

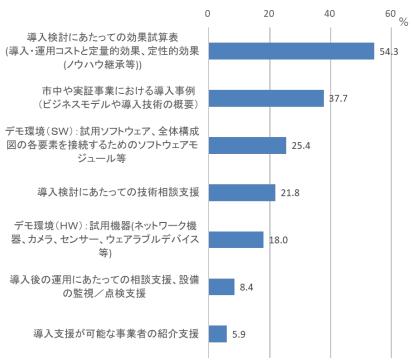
2.1.6.3 5G ソリューションプラットフォームの利用意向

総務省が推進する 5G ソリューション提供センター (仮称) をはじめ、5G ソリューションのプラットフォーム・サービスに対する利用意向は8割強である。特に、導入検討に資する情報に対するニーズが高い。



ベース: 本調査 全体(2,190)

図表 2-21 5Gソリューションプラットフォーム・サービスの利用意向



ベース: 本調査 5 Gソリューションプラットフォーム利用意向層(n=1,903)

図表 2-22 プラットフォームに期待するサービス・機能

2.2 海外動向

2.2.1 概要

海外における市場動向を総括すると、民間資本が乏しい分野に対して、政府が戦略的に 5G 開発実証に予算を配分して、市場化支援を実施している。

欧州は、研究開発資金を使って、バーティカル産業向けの 5G アプリケーション開発実証を先行しており、パイロットプロジェクトを EU 域内で横展開している。

プライベート 5G は、インダストリー4.0 を推進するドイツの工場でのローカル 5G を契機に、キャリア、非キャリアの双方による市場開拓が、エネルギー、物流、農業、医療、建設、エンタメ等の分野へ進展している。農業分野では、農場や耕作地を対象としたデジタルツイン技術のフィージビリティスタディーが行われている。

欧米では、空港、港湾、電力、鉱山などの分野において、LTE を利用したプライベートネットワーク(自営網)の構築が先行しており、現在、5Gへのマイグレーションが進行している。一例として、英国の港湾では、既存の Wi-Fi ネットワークのアップグレードとしてプライベート 5G を導入している。米国は、軍事基地を 5G テストベッドとして提供しており、プライベート 5G の国内最大の市場となっている。欧州では、5G に OpenRAN を組み合わせて、地方の経済発展や中小企業の支援等を推進している。

2.2.2 各国の取り組み事例

主に政府主導による5Gに係る開発実証について事例を説明する。

2.2.2.1 ドイツ

(1) 5Gイノベーションプログラム(実装プロジェクト)2

ドイツ連邦交通デジタルインフラ省 (BMVI) は 2021 年 11 月 18 日、5G イノベーションプログラムにおいて支援する 14 の研究開発プロジェクトを新たに決定した。

5G イノベーションプログラムは、5G ソリューションの開発・実証を行うモデル地域を選定し、研究開発主体である企業・研究機関等のコンソーシアムに資金援助を行うもので、5G の通信技術面ではなく、各地域の特殊性に応じた革新的な5G ユースケースのコンセプト及びソリューション開発に力点を置く支援プログラムである。

2020 年 12 月には 10 プロジェクトに 3,800 万ユーロ(49 億 1,500 万円)が供与されて おり、今回は第 2 回目として 50 件以上の応募プロジェクトのうち 14 件のプロジェクトに 3,660 万ユーロが供与される。

第2ラウンドにおける対象分野は以下の通り。

- インフラ管理:電力インフラの観光用途での活用、単一インフラの多目的利用(2件)
- 農業:ワイン農園管理、チェリー生産、森林管理等(3件)

² 5G イノベーションプログラム: https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/5g.html https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Pressemitteilungen/2021/129-scheuer-5g-innovationsprogramm.html

● 交通:自律走行車、自律航行フェリー、公共交通管理等(4件)

● 医療:遠隔医療、ロボット支援、緊急事態管理等(4件)

● 建設:建設プロセスの自動管理(1件)

また、各ラウンドの主なプロジェクトの概要を下表に示す。

図表 2-23 5G イノベーションプログラム(実装プロジェクト)第1ラウンドの主なプロジェクト

分野	地方都市	タイトル	内容
農業	Landkreis Vechta 49377 Vechta Niedersachse n	データ駆動型 の持続可能な 農業	耕作地の動物の健康・栄養管理の監視。未来の納 屋をセンサーでネットワーク化し、自律的に運用 する可能性を検討。
交通	Stadt Jena 07743 Jena Thüringen	中核都市と郊 外間の 5G	イエナ市の交通流を最適化。信号機と公共交通機 関の中央最適化、道路利用者間および一般的な交 通インフラストラクチャとの直接通信にも使用。
イン フラ 管理	Gemeinde Leck 25917 Leck Schleswig- Holstein	地方 5G	沿岸部の農村地域の地方公共交通機関および風力 発電産業で 5G 技術活用のためのコンセプト開 発。将来的には自律走行バスや宅配ドローン、エ アタクシーなど、地理的特性に対応できるように し、風力発電機も電力網に適切に統合。
港湾	Hansestadt Lübeck 23552 Lübeck Schleswig- Holstein	5G 港湾ロジ スティクス	北欧の港湾ターミナルで 5G 技術を試験するため のコンセプトを開発。港での積替えプロセスは IT でサポート。特にセキュリティ分野では、高解像 度のビデオストリームや高精度の位置・状態記録 により、プロセスを改善。課題は多数のデバイス の統合。
公共安全	Stadt Trebbin 14959 Trebbin Brandenburg	高度な低高度 データ情報シ ステム	森林消防における 5G 技術の利用。ドライバーレスの飛行体や地上車両が、人々が到達できない火災現場や火事の発生源に到達。火災発生時の状況の監視、保護、記録を可能にすることが目的。

出所)https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/5g-innovationswettbewerb-tabelle-stufe-3-erste-runde.html (2021 年 6 月 15 日)をもとにマルチメディア振興センター作成

図表 2-24 5G イノベーションプログラム(実装プロジェクト)第2ラウンドの主なプロジェクト

分野	地方都市	タイトル	内容
農業	Landkreis Cochem-Zell Rheinland- Pfalz	スマートワイ ナリー	ワイナリー向けの総合ソリューションの開発。アクセスが困難な領域での活動を支援するためのロボット工学と AI を活用した自動化システム。
	Landkreis Forchheim Bayern	チェリー栽培	ドローンを使用してチェリーの木のデジタルツインを作成し、害虫駆除、収穫時期等の作業に係る 判断を支援。
	Landkreis Wolfenbüttel Niedersachse n	スマートカン トリー	農業では畑のロボットをドローンでインタラクティブに制御し畑のデジタルツインを作成。林業ではセンサーで森林を総合的に監視し木材の収穫をネットワーク化。
建設	Landkreis Grafschaft Bentheim Niedersachse n	建設情報モデ リング (BIM) によ る建設プロセ ス管理	建設現場と計画事務所の間で建設の進捗状況と計画を交換できる 5G 制御の建設現場監視を実装。 進捗状況はドローンで記録し、状況を表示するために AR メガネを使用。
交通	Kiel Schleswig- Holstein	海事都市のモ ビリティ	キールフィヨルドで自律型旅客フェリーを開発及び試験。運用シナリオのシミュレーション、自立型水上オートバイと係留施設を監視するコントロールセンターの実装等。5Gカバレッジに基づき港湾物流向けのアプリケーションを試験。
	Ilmenau Thüringen	郊外のネット ワーキングモ ビリティ	自動運転車を含む公共交通機関の新しい全体的な コンセプトを開発し、自治体交通部門のデジタル 化を推進。
イン フラ 管理	Stadt Saarlouis Saarland	ザールルイ市 の 5G サービ ス	モバイル拡張現実及び複合現実アプリケーション を試験。運用をより効率的にし、エネルギーイン フラストラクチャの保守を簡素化。これを観光セクターにも活用。

出所)https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/5g-innovationswettbewerb-tabelle-stufe-3-zweite-runde.html (2021 年 11 月 16 日)をもとにマルチメディア振興センター作成

(2) 5G キャンパスネットワーク³

ドイツ連邦経済エネルギー省 (BMWi⁴) は 2021 年 4 月 13 日、5G 通信技術と OpenRAN に基づくキャンパスネットワークの資金調達プログラムを発表した。本提案募集は、資金調達の枠組み「デジタル技術の開発」に基づくものである。

発表によると、将来の産業は、適応性、柔軟性、効率性を高める必要があり、企業内および企業間のデジタル化・自動化されたワークフローは、柔軟なプロセスの基礎となるものである。それを可能にする鍵の一つが、生産設備、工場、物流システム、その他関連する経済部門や組織とのワイヤレス接続である。5Gベースの公衆網の利用に加え、いわゆるキャンパスネットワークの拡張と利用は、特定分野のアプリケーションのためのネットワーク化を可能にする効果的で安全なソリューションであるとしている。

本プログラムの募集は、キャンパスネットワークのための拡張 OpenRAN アプローチに基づく革新的な開発を促進するのが目的とされており、これにより、研究およびビジネスの中心地であるドイツにおける 5G キャンパスネットワークの相互運用性の拡大に向けた重要な取り組みを前進させるとしている。主なプロジェクトである CampusOS は、オープンなキャンパスネットワークの構築と運用のためのコンポーネントと青写真のカタログを備えた技術ツールボックスを提供する。

今回の提案募集「5G 通信技術を基盤としたキャンパスネットワーク」の資金提供プログラムは、具体的には以下のような内容を想定している。

- CampusOS toolbox を用いた新しい産業用ソリューションの開発。
- CampusOS toolbox を拡張する新しいオープンコンポーネントを用いた新しい産業 用ソリューションの開発。
- 新しいオープンな CampusOS コンポーネントとツールのテスト。
- CampusOS toolbox を使用した新しい設計図および/または運用モデルのテスト。

提供されるアプローチに基づいた、適切なコンポーネント、ソリューション、サービス、アプリケーションを開発・テストする研究・開発・イノベーションプロジェクト、および分野別のさらなる開発・実装を進めるプロジェクトに対して資金が提供される。

(3) 5G プライベートネットワークの共同基金設立(ドイツ・フランス)5

ドイツ連邦経済エネルギー省とフランス経済財務復興省は 2021 年 5 月 25 日、5G アプリケーションとプライベートネットワークへの支援として、2,000 万ユーロ(約 26 億 5,900 万円) 規模の共同基金を設立することを公表した。

本共同基金の設立は、2020年10月に開催された「ドイツ-フランス技術対話」会合で合意されたもので、両政府がそれぞれ推進しているドイツ「5Gキャンパスネットワーク」プロジェクト及びフランス「5Gと未来ネットワークの国家戦略」の一環として実施されるものである。

³ https://www.digitale-

technologien.de/DT/Redaktion/EN/Standardartikel/edt_foerderaufrufe_5g_campus_os.html

⁴ BMWi は、2021 年 12 月に組織改編された。現在は BMWK (Federal Ministry for Economic Affairs And Climate Action)。

⁵ https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2021/05/20210525-Deutschland-und-Frankreich-starten-Foerderaufruf-zu-5G-Anwendungen-und-privaten-Kommunikationsnetzen.html

同基金の対象は、独仏の民間企業で構成されるコンソーシアムとし、両国の民間企業が有する技術を融合させることで、インダストリー4.0、ロジスティクス、ヘルスケア等におけるスマートソリューション開発の加速化を図るとしている。

申請期限は2021年9月1日で、コンソーシアムへの参加を希望する企業は、6月3日までに参加意向の表明書を提出し、他の参加企業とのマッチングイベント参加やエコシステム構築に必要な情報を入手することができる。

2.2.2.2 フランス

(1) 5G と未来ネットワークの国家戦略 6

フランスの企業総局 (DGE) は 2021 年 7 月 6 日、5G と未来ネットワークに関する加速戦略を開始し、2022 年までに 4 億 8000 万ユーロの公的資金を投じて、優先プロジェクトを支援し、2025 年までに最大 7 億 3500 万ユーロの公的資金を投じて、官民で最大 17 億を投資することを発表した。

同局では、5G は、経済の多くの主要部門、特にインダストリー4.0 (予防保全、高精度製造、非常に多くのアイテムの物流追跡、センサーの多重化)、ヘルスケア (リアルタイム遠隔操作)、自動車産業 (コネクテッドカーおよび自律走行車の超信頼性、低遅延通信) またはメディア (3D 360°仮想現実) に破壊的イノベーションをもたらすものであり、5G は、地域全体で長期的な雇用を創出するための経済の競争力と能力を強化する真の機会を提供するとしている。

本戦略は、France Relance 7と第 4 次未来投資計画の資金により、戦略的自律性、通信インフラの管理とセキュリティに不可欠な市場において、フランスのプレゼンスを高めることが目的とされ、2025 年までに 2 万人の新規雇用を創出すること、2025 年までに 150 億 ユーロの市場規模を目指し、フランスにおける 5G 市場の成長を支援すること、2025 年までに売上高の半分以上を輸出で達成できるように、この分野の革新的なフランスの中小企業を支援すること、科学的な卓越性と国際的な知名度を強化すること、の 4 点を目標に掲げている

加速化戦略は、以下の4つの軸に基づいて実行される。

軸1:地域や産業に貢献する5Gの用途開発を支援。

軸2:通信ネットワークにおけるフランス式ソリューションの開発。

軸3:将来のネットワーク技術に関する研究開発力の統合化。

軸4:トレーニングの提供の強化。

(2) 26GHz 帯オープン 5G 実験プラットフォーム

2019 年 1 月に Arcep とフランス政府が共同で開始した公募に基づき、Arcep は、下表に示す実験場所、事業者に対して、 $26\mathrm{GHz}$ 帯オープン $5\mathrm{G}$ 実験プラットフォームの運用を許

⁶ https://www.entreprises.gouv.fr/fr/strategies-d-acceleration/strategie-d-acceleration-5g-et-reseaux-du-futur

⁷ フランス再興:2020年9月に政府が発表した経済対策

可した。

図表 2-25 26GHz 帯オープン 5G 実験プラットフォーム

実験場所	実験者	内容
科学産業博 物館	ユニバーサイエ ンス、ノキア	展示会用のソリューションを試験するもので、5G 実験 プラットフォームをスタートアップにも開放。
モンティニ ールブレト ヌー国立競 輪場	サンカンタンア ンイブリーヌ、 ノキア、クアル コム、フランス テレビ	オリンピックの開催に向けて、拡張現実による競技の放送、メディア端末(固定・モバイル)進化の対応、スポーツのメディアへAIの導入等のシナリオの実証。
レンヌ駅	オレンジ、 SNCF	コンシューマー向け 5G ホットスポット、ビジネス向け アプリケーション(拡張現実でのトレーニング、リモー トメンテナンス、列車制御データの大量処理)の開発。
シャティヨン	オレンジ	特定のモビリティ状況でのマルチメディアエクスペリエンスの向上(高解像度 4K/8K ビデオストリーミング、360°拡張現実、仮想現実または複合現実、5G によるビデオ制作、クラウドでのネットワークゲーム、e スポーツトーナメントなど)。本プラットフォームは消費者向けの用途を開発したい企業や新興企業に開放。
ノザイ	アルカテルルー セントインター ナショナル	自動ドローンや、コンサート中にユニークな音響体験を 生かすソリューション等を実験。
ピュトー	パリラデファンス	主要ビジネス地区の非常に密集した都市環境で新しい用途を実験。
リヨンパー ルデュー駅	ブイグテレコ ム、SNCF	旅行者や乗客向けの拡張現実または複合現実におけるビデオチャット、SNCF情報システム(プラットフォームでの列車からの大量の技術データの抽出)等を実験。
サンプリースト	ブイグテレコム	光ファイバーインターネットアクセスに加えて、市内の 工業地帯の多くの企業を対象とした「B to B」の使用を テスト。VSE および SME の接続性向上で、企業のデジ タル化と業界におけるブロードバンド IoT の出現をサポ ート。

ヴェリジー	ブイグテレコム	屋内と屋外の両方で実験ネットワークを導入。5G 実験 プラットフォームは、サービスを提供またはテストでき る第三者に開放。第三者の選択はブイググループの 「SmartX 5G」インキュベーターの枠組みの中で実施。
ボルドー	ボルドーメトロ ポール、ブイグ テレコム	ボルドーメトロポールによって計画された 5G 実験プラットフォームは、新しいインフラストラクチャを展開する目的で公共照明ネットワークを促進。
ルアーブル	グランドポート マリタイムデュ アーブル、シー メンス、 EDF、ノキア	スマートシーポートプロジェクトとして、ルアーブル港で、港湾および地域産業での 5G アプリケーションを開発・テストできる 5G 実験プラットフォーム。「スマートグリッド」の管理や電気自動車の充電など、エネルギー分野での用途の他、港湾地域でのロジスティクス業務(コンテナターミナルの業務等)を対象。
アングレーム	IP Directions	農村地域に関連する経済モデルを構築する目的で、農村環境で 26 GHz サービスをテスト。プラットフォームの開放性を確保するため、サービスプレーヤー(市庁舎、健康、安全、道路インフラプレーヤーなど)は、5G技術により実現可能なリモートサービスを可能な限り展開。
フランコン ビル	Syrtem、オレ ンジ、 UNICE、 SDRF、 Eurecom、 TCL	都市環境でのホットスポットや、農村部での固定アクセスなどのための実験プラットフォームで、5Gのさまざまなアプリケーションやユースケースで実験することを目的としたパートナーシップの枠組みの中で、第三者に公開。
ピュトー	Icade、オレン ジ、シスコ	屋内モバイル接続と 5G サービスの提供を可能とするための不動産分野における革新的なサービス開発が目的。 ビル管理、クリニック向けの遠隔医療サービス、VIP会 議室向けのハイエンドサービスなどのために、5G プラットフォームを第三者に開放。

出所)https://www.arcep.fr/cartes-et-donnees/nos-publications-chiffrees/experimentations-5g-en-france/tableau-de-bord-des-experimentations-5g-en-france.html#c17570 をもとにマルチメディア振興センター作成

2.2.2.3 イギリス

(1) 政府資金による 5G 開発実証

イギリスでは、政府主導の 5G 実証実験(5GTT:5G Testbeds and Trials)によって多様なユースケースを実証している。24 の 5GTT プロジェクトに政府資金が提供されており、約 70 の 5G 製品/アプリケーションの実証が実施されている。主なプロジェクトを以下に示す。

図表 2-26 主な 5GTT プロジェクト

5GTT プロジェ クト	主なプレイヤー	主な内容
5G New Thinking	Cisco、BBC、サリー大学、 Shefa、オークニー諸島協議会	農村地域向けのユースケースの実証
ウスターシャー 5G コンソーシア ム	ウスターシャー地方自治体、 O2、BT、ヤマザキマザック、 サリー大学、QinetQ	ロボット工学、ビッグデータ分析、AR over 5G
5G AMC 2 (5G クリエイ ト、オープン RAN)	BAM Nuttall、AttoCore	建設プロセス管理等
5G Enabled Manufacture (5GEM)	フォード社、ボーダフォン	製造分野の生産管理
5G ENCODE	Zeetta Networks 、 O2 、 Siemens、Solvay、東芝	複合材料製造の生産管理
Liverpool 5G Create (5G クリエイ ト)	ブルー・ワイヤレス、ブロード ウェイパートナーズ、リバプ ール地方自治体、Telet Research	健康状態の遠隔管理等を含むヘルスケ ア・ソーシャルケア
Smart Junctions 5G (スマー ト・ジャンクシ ョンズ 5 G)	VIVACITY、トランスポート・フォー・グレーター・マンチェスター、weaber labs	AI ベースの交通信号最適化システム
5G Logistics (5G ロジスティ クス)	AttoCore、エアスパン、ブリストル・ポート・カンパニー	フリーポート、港湾警察ドローン、スマ ート・ジャンクション

出所)https://www.gov.uk/guidance/5g-testbeds-and-trials-programme-complete-list-of-5g-projects を もとにマルチメディア振興センター作成

5GTT プロジェクトのうち、5G AMC 2、スマート・ジャンクションズ 5 G、5G ロジスティクスの各プロジェクトについて、概要を示す。

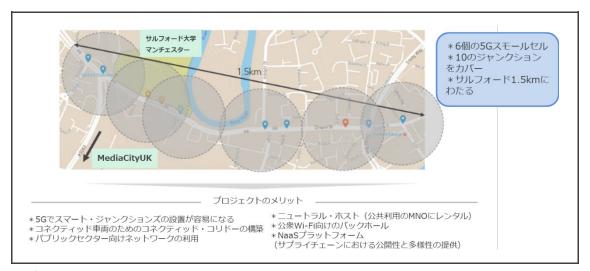
図表 2-27 5G AMC2 の概要

内容	*既存の建設データ管理システムを活用し、データの収集、分析、および使用を可能にして生産性を最大化する 5G 対応のデータリッチソリューションを開発 *カメラ、ドローン、複合現実感、モノのインターネットセンサーなど、建設プロセスを監視する多くのソリューションを展開。
参加機関	土木企業 BAN Muttall、ネットワークソフトウェアスペシャリスト AttoCore、建築科学センター(Building Research Establishment)、スコットランド 5G センター、ストラスクライド大学等
資金規模	プロジェクト資金総額:169万2,733£(うち政府資金:84万6,365£)
	5GによるBAMのサイトおよびプロセス・マネジメントの改善 デジタル建設現場 コネクティッド・自動工場 高精度アセット・ロケーション及びトラッキング 高度サーベイ及びデータ・ストリーミング One Source of Truth (サイトからのライブビデオフィードの人工知能 (AI) 分析)

出所)https://www.gov.uk/guidance/5g-testbeds-and-trials-programme-complete-list-of-5g-projects を もとにマルチメディア振興センター作成

図表 2-28 Smart Junctions5Gの概要

内容	*AI ベースの交通信号最適化システムの強化により、信号機での待ち時間を大幅に短縮。 (5G スモールセルネットワークを使用により、すべてのジャンクションでセンサーを接続するためのインフラストラクチャコストを削減)
参加機関	VIVACITY、トランスポート・フォー・グレーター・マンチェスター、 weaber labs 等
資金規模	プロジェクト資金総額:233万6,392£(うち政府資金:116万778£)



出所)https://www.gov.uk/guidance/5g-testbeds-and-trials-programme-complete-list-of-5g-projects を もとにマルチメディア振興センター作成

図表 2-29 5G ロジスティクスの概要

内容	*フリーポート:港湾不動産管理とロジスティクスの到着/処理/発送の効率を改善、税関とセキュリティの目的で商品のリアルタイム監視、フリーポートとリンクされたフリーゾーン間の移動の調整 *港湾警察のドローン活用:境界検査、臨時監視、トリガーイベント応答のための自動ドローン飛行 *スマート・ジャンクション:クラウドにデータを抽出、高精度のポジショニング機能。
参加機関	ウェストイングランド合同庁、AttoCore、エアスパン、Cellnex Telecom、 Unmanned Life、ADVA、ブリストル・ポート・カンパニー、ブリストル 大学、カーディフ大学
資金規模	プロジェクト資金総額:526万8,708£(うち政府資金:305万4,994£)



出所)https://www.gov.uk/guidance/5g-testbeds-and-trials-programme-complete-list-of-5g-projects を もとにマルチメディア振興センター作成

2.2.2.4 欧州

(1) バーティカル市場のパイロットプロジェクト8

5GPPP プロジェクトでは、フェーズ 3のパート 3として、多様なバーティカル産業をまたいだ高度な 5G の検証試験が行われている。

5GPPP ICT-19-2019 の公募に対して 32 の提案があり、以下に示す 8 プロジェクトが 2019 年 6 月に開始されている。

- 5G-SOLUTIONS:未来の工場、スマートエネルギー、スマートシティ、スマートポート、メディア&エンターテイメント
- 5G-TOURS: 観光客と市民のためのスマートな機動性、メディア、e-ヘルス
- 5Gdrones: 高度な 5G 設備を活用した無人航空機の垂直アプリケーションの試験
- 5G-HEART: ヘルスケア、輸送、水産養殖の検証トライアル
- 5GROWTH: インダストリー4.0、運輸、エネルギーなどの業種に AI 主導の自動化 された共有可能な 5G エンドツーエンドソリューションを提供
- 5G-SMART: デジタルツイン、産業用ロボット、マシンビジョンベースのリモート 操作など、最先端の 5G 統合製造アプリケーションをテスト
- 5G-VICTORI:鉄道、エネルギー、メディア業界向けの大規模フィールドトライア ル

_

⁸ https://5g-ppp.eu/5g-ppp-phase-3-3-projects/

(2) 5G-NPN (非公衆網 5G) の 5GPPP プロジェクト 9

5G のプライベートネットワークは、3GPP の用語では NPN(Non-Public Network: 非公衆網)と称されており、5G 技術を使用して、特定のエリア内で統一された接続性、最適化されたサービス、安全な通信手段を持つ専用ネットワークを構築することができる。プライベートネットワークは、モバイルネットワーク事業者が所有する同一または異なる周波数帯をベースに、企業自身またはサードパーティによって運用することができる。 5G-NPN の 5GPPP プロジェクトを以下に示す。

図表 2-30 5G-NPN の 5GPPP プロジェクト

プロジェクト名	内容
5GRECORDS	メディア業界に 5G テクノロジーを導入
5G-VINNI	高度でアクセス可能な 5G エンドツーエンド施設を設計
AFFORDABLE- 5G	5G ネットワークをプライベートネットワークと企業ネットワークに 適応
5GROWTH	インダストリー4.0、運輸、エネルギーなどの業種に AI 主導の自動化 された共有可能な 5G エンドツーエンドソリューションを提供
5G-CLARITY	5G、Wi-Fi、および LiFi テクノロジーを統合し、AI ベースの自律型 ネットワーキングを通じて管理されるプライベートネットワーク
5G-SMART	デジタルツイン、産業用ロボット、マシンビジョンベースのリモート 操作など、最先端の 5G 統合製造アプリケーションをテスト
5G-TOURS	観光客と市民のためのスマートな機動性、メディア、e-ヘルス
5G-INDUCE	産業部門向けのオープンな協調型 5G 実験プラットフォーム NetApps
5G-Solutions	未来の工場、スマートエネルギー、スマートシティ、スマートポート、メディア&エンターテイメント
5G-VICTORI	鉄道、エネルギー、メディア業界向けの大規模フィールドトライアル
PriMO-5G	移動するオブジェクトに没入型ビデオサービスを提供するエンドツー エンドの 5G システム
FUDGE-5G	5G プライベートクラウドネットワークを中心に、欧州で 5G プライベートネットワーク向けの次世代グローバルビジネスを創出

出所)https://5g-ppp.eu/5g-ppp-workshop-on-5g-non-public-networks-5g-npns をもとにマルチメディア 振興センター作成

-

⁹ https://5g-ppp.eu/5g-ppp-workshop-on-5g-non-public-networks-5g-npns

(3) 農業部門のデジタル化 10

欧州員会では、農業のデジタルトランスフォーメーションが、バリューチェーン全体の協力を促進し、農家を支援し、革新的な中小企業への事業機会を提供するとして、大規模パイロットの実施により、農場でのデジタルツインのメリットの実証が進められている。



図表 2-31 農業部門のデジタル化

出所)https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/digitisation-agriculture をもとにマルチメディア振興センター作成

2.2.2.5 米国

(1) FCC 精密農業タスクフォース

米国連邦通信委員会 (FCC) では、米国における精密農業の連結性と技術ニーズの検討タスクフォース(以下、精密農業タスクフォース)が、2021 年 11 月に報告書 11を発表し、周波数オークションなどに付随するブロードバンドの構築要件を人口ではなく、農地や牧場を構成する地理的条件をベースとすることを提言した。

精密農業タスクフォースは、2018年の「Farm Bill」で FCC に創設が義務付けられていたもので、ブロードバンドに基づく技術を使って農畜産業の生産性・効率性を向上できる手段を検討することを目的としている。

今回公表された報告書では、この他、ブロードバンド導入を促進するためのインセンティブと補助金の強化、固定ブロードバンド及びモバイルブロードバンドの最低速度の引き

¹⁰ https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/digitisation-agriculture

¹¹ https://www.fcc.gov/sites/default/files/precision-ag-report-11102021.pdf

上げ(下り 100 Mbps/上り 20 Mbps)、ミドルマイルインフラの拡大、エッジコンピューティングインフラ及びプライベート 5G 無線システムを連邦ブロードバンド・プログラムの対象として明確に位置付けること等についても提言している。

精密農業を支援するための具体的な提言は、以下の通り。

- 農家、畑、牧草地は 4G/5G のカバレッジが必要。サービスプロバイダは、シームレスな相互運用性とデータフローのため、農場や牧場のプライベート 5G ワイヤレスシステムと相互接続する必要がある。
- 自動化を実現するためには、農場や牧場にクラウドを導入するためのエッジ・クラウド・インフラを構築する必要がある。エッジ・インフラは農場や牧場に設置され、ブロードバンドに接続される。
- センサー、機械、ドローンから大量のデータを収集するために、すべての農場や牧場にプライベート 5G 無線システムを導入する必要がある。これらのシステムは、農家、ユーティリティヤード、納屋、ストックヤード、および外構にサービスを提供する。
- エッジコンピューティング、プライベート 5G システム、精密農業アプリケーションは、FCC、USDA、その他の連邦政府機関、および州や郡のプログラムによるすべての農村ブロードバンド奨励プログラムに必須のインフラとして含まれなければならない。

(2) 国防総省の 5G テストベッド構築 12

米国国防総省は、国内の軍事施設において 5G テストベッドを構築し、実証を進めている。 Tranche 1 として、2019 年 10 月 23 日にワシントン州のルイス・マッコード統合基地、ユタ州のヒル空軍基地、カリフォルニア州のサンディエゴ海軍基地、ジョージア州のアルバニー海兵隊兵站基地の 4 か所をテストベッドに指定、2020 年 5 月には、ネバダ州のネリス空軍基地を追加で公表した。2020 年 10 月 8 日には、5 か所の基地で主要委託業者 15 社に対する 6 億ドルの契約交付が発表されている。

テストベッドでは、5G 通信技術のプロトタイピング及び実験とテスト、世界最大規模の デュアルユース向けフルスケール 5G テスト、軍事同盟国との相互運用性を確保する共通の 5G 標準開発と使用促進が行われる。

同省は、Tranche 2 として、2020 年 6 月 3 日にさらなる 5 G 機能をテストする 7 か所の施設を発表し、テストベッドは計 12 か所となっている。追加された施設については、順次 RFP の公開を進めている。

_

¹² https://www.defense.gov/News/News-Stories/Article/Article/2462765/dods-inaugural-foray-into-5g-experimentation-on-track/msclkid/dods-inaugural-foray-into-5g-experimentation-on-track/

3. 分野カテゴリ毎の評価・分析

3.1 概要

本開発実証の分野は多岐にわたる。各実証事業固有の実装上の課題を深堀しながらも、ローカル 5 Gの実装・横展開を検討するために、取り巻く環境やステークホルダ、ビジネスや慣習、関係者の課題感などが共通する分野カテゴリを定義した。本開発実証の分野カテゴリ及び対応する実証事業の一覧を図表 3-1 に示す。

なお、本報告書では、採択事業を 25 件として No.1~25 までリナンバリングしている 13 。



出所) 三菱総合研究所作成

図表 3-1 開発実証の分野カテゴリ及び実証事業

本章では、分野カテゴリ毎に、各実証事業の成果を踏まえつつ、ローカル 5 G活用モデル (標準モデル) について整理・分析を行った。

¹³ No. 7.8 中小企業における地域共有型ローカル 5G システムによる AI 異常検知等の実証(ツウテック社工場/ユタカ社工場)については1事業としてカウントしている

3.2 一次産業

3.2.1 分野の背景課題

3.2.1.1 課題・ニーズ

(1) 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 ¹⁴。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。

(2) 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 ¹⁵。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。

3.2.1.2 ICT の活用・目標等

近年は、農業における IoT (Internet of Things) 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、農家が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、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

https://www.maff.go.jp/j/nousin/tikei/houkiti/attach/pdf/index-20.pdf

¹⁴「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/

^{15「}荒廃農地の現状と対策について」令和3年12月(農林水産省)

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) 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。

3.2.2 ローカル5G活用モデル

3.2.2.1 ソリューション

(1)ロボットの遠隔操作

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圃場や圃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圃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。

(2) 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。

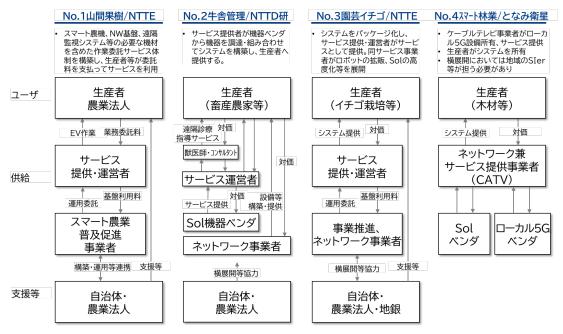
(3) 遠隔指導・支援

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)の指示やサポート

(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。

3.2.2.2 実装モデル

下図に、各実証を対象とした、一次産業分野における実装モデルについて示す。



図表 3-2 一次産業分野における実装モデル

3.2.3 課題と対応策

農業分野における課題について、まずはソリューションとしての改善が挙げられる。例えば、No.1 の実証では、「リモート EV ロボット」は、電波範囲の広域化、他無線システムとのシームレスな切替、機器の堅牢性強化等が必要とされ、他方「スマートガイドシステム」「IoT センシングシステム」は、ローカル 5 G通信における課題は無い一方、デバイス起因の課題(装着性、屋外での可視性能(太陽光遮光))、AI 性能(検出率)の向上が課題として挙げられる。同様に、No.2 の実証では、「病害検知システム」は葉に発症する早期の段階で病害検知の実現、「熟度別数量把握システム」はイチゴの種類や生育環境に応じた熟度別の AI 学習の精度向上、「密検知・顧客誘導システム」は通常のイチゴ狩りの運用下での検証が必要と指摘された。これらのソリューションの課題については、各種要件定義に応じて検証を重ねていく必要がある。

次に費用対効果の課題が挙げられる。例えば No.2 の実証では、ローカル 5 G 導入に係る 導入・運営コスト等が導入のハードルの要因の一つとして挙げられる。本ソリューション では PC やカメラ等の多くの機器を使用するため、機器面においても導入コストがハードルとなる可能性があり、例えばニーズに応じた機器のスペック検討を行い、安価な機器への変更が行えるオプションを提供するなど、ユーザ目線でのソリューション提供が必要になる。同様に、No.3 では、イチゴ農家単体でのローカル5G設備の保有は費用・運用面から導入が課題となっており、複数のユーザ間での共用に着目し、複数の農業従事者にて農業法人を組み、その農業法人名義で免許を取得する等の工夫が必要といえる。特に、初期投資の回収目途がつかない場合や、運用可能な技術者を確保できない場合にはサービス提供型ローカル5Gを活用も想定される。また、農業分野においては、実装エリアの特性から導入後の保守等の対応が課題となるため、実用化に向けては、故障時の連絡体制(いちご畑花園からの故障時の連絡等)の整理や農業法人等の団体との連携が必要となる。

3.2.4 普及・横展開の方向性

農業分野でのICT利用は、これまでは経営面、税務申告などの初歩的利用にとどまっていた。ここ数年は、生産工程、流通・販売行程を支援するソリューションとして広がりつつある。さらに農業IoT(栽培支援・販売支援・経営支援などの農業クラウド)、精密農業、農業用ドローン、農業ロボットなど)の普及をはじめ、スマート農業による課題解決が期待される。また、同様の課題をかかえる水産業においても、「経験」や「勘」に頼ってきた漁業等について、ICTによる課題解決が期待される。例えば、水産業に関わる幅広いデータの取得・共有・活用を促進することで、充実した資源評価・資源管理や、関係者の連携によるバリューチェーン全体の生産性向上や、養殖等における遠隔操作(給餌や生け簀を浮沈させる技術の活用等)による省人省力化などが期待される。

このように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。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)やバイオの新技術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。

3.3 工場

3.3.1 分野の背景課題

(1) 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 ¹⁶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 ¹⁷は 2010 年以降低下傾向が続いている。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。

(2) 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速まっている。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、速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。

3.3.2 ローカル5G活用モデル

3.3.2.1 ソリューション

(1) 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

^{16 「}平成30年 労働力調査年報」(総務省統計局)

^{17「}グローバル生産性」計測の試み(経済産業省:2017年1月公表)

ともに、作業支援や品質改善にも活用できるようになる。

(2) 工場内外のモニタリング

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。

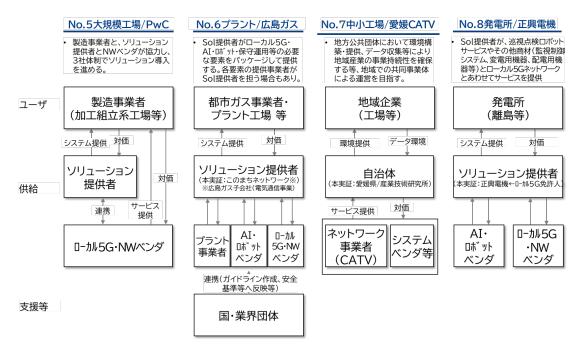
また、点検などの目的に自立型ロボットとの連携など、特に点検作業負担の軽減、安全性向上など補完的役割が期待される。

(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ーメーション (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。令和3年度の実証では本ソリューションは含まれていないが、令和2年度の実証では、No.8の実証で検証を試みていている。

3.3.2.2 実装モデル

下図に、各実証を対象とした工場分野における実装モデルの整理を示す。



図表 3-3 工場分野における実装モデル

3.3.3 課題と対応策

工場分野における課題について、ソリューションのさらなる高度化が挙げられる。例えば、No.5 の実証では、遠隔指導のソリューションの利用にあたって、指導者は溶接士に対し音声でのみ指導すると指導が難しくなる場合があるため、溶接士側に表示できるモニターを指導者側にも用意したり、動画やホワイトボードを共有する等の工夫が必要になる。また、一人の溶接士に対して、一人の指導者が指導を行うため、指導効率の向上率が低い。複数人同時指導システムを作成し、一人の指導者が複数人の溶接士を指導することにより、指導効率や導入したソリューションの生産性の向上に資すると考えられる。

また、工場内外モニタリングのソリューションについて、No.6 の実証で開発したインフラ点検ロボットにおいては、5 Gの特性を活かしながらも、ロボット固有の技術的課題が指摘される。実証ではロボットが既定のルートに従って走行して点検を行ったが、運用としてはメンテナンス時に走行ロボットを持って行って遠隔(中央制御室)からの作業支援、すなわち簡易的な作業であれば現地に行かずともリモートで指示できれば負担軽減が期待でき、また記録を残すための手段としても有効である。このためには、建屋内走行について継続的な運用検証が必要である。また、走行ロボットではなくウェアラブルカメラを活用することで、低コストでの実装を検討し、建屋内全ての遠隔作業支援の実現性を高めることも考えられる。また、実証で開発した走行ロボットは RTK(Real Time Kinematic (GPS))を利用することで cm 級の精度による制御が可能だが、GPS の測位精度が低下して走行が不安定になる区間においてはリモコンによる走行と手動操作による点検が必要になった。 具体的には走行ロボット (GPS アンテナ)の上部に遮蔽物が存在する場合、走行が不安定になる。GPS では完全な自律走行は難しいため、SLAM 形式 18や三次元センサー(ステレオカメラ

-

¹⁸ SLAM:「Simultaneous Localization and Mapping」の略で、自己位置推定と環境地図作成を同時に行う技術の総称。

を使った三次元認識)の活用など、自律性を高める複数の方法を組み合わせることで自動運転レベルを向上する必要がある。

3.3.4 普及・横展開の方向性

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。

3.4 空港・港湾・建設

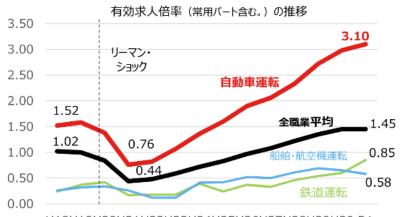
3.4.1 分野の背景課題

3.4.1.1 空港

(1) 課題・ニーズ

我が国の交通インフラでは、少子高齢化による労働人口減少が課題となっている。空港業務におけるバス・トラックなどの運行台数に対し、必要となるドライバーを確保することが、生産年齢人口の減少、厳しい労務環境、労務単価の上昇により困難となっている。実際、自動車運転事業の運転業務に係る有効求人倍率をみると、全職業平均の2倍となっており、全国的に、求人に対して、ドライバーの担い手が不足している現状が顕著であることを示す。国際空港であれば早朝から夜間に至るまで、連絡バス及びトーイングトラクタのドライバーを、航空機の発着枠に応じて柔軟に確保する必要があるが、航空需要の先読みが難しい中で、安定した受け入れ態勢を確保しがたい状況が続いていくことが予想されている。

自動車運転事業の人手不足



H18H19H20H21H22H23H24H25H26H27H28H29H30 R1

出所) 国土交通省

図表 3-4 運転業務における有効求人倍率の推移

国際空港をはじめとする各空港においては、アフターコロナのインバウンド等の需要回復を見込んだドライバーの確保が必要不可欠となっている。また空港以外の他業種においても、工場や物流、農業など広大な敷地を有し、短距離でも人やモノを移動させるためのモビリティに頼らざる得ない地域産業におけるドライバーの確保は欠かすことができない。他方、その解決策と目される自動運転技術の適用においては、他車両や歩行者、特殊車両、航空機等が混在する環境下で、自動運転車が有する認知・判断・操作能力は限界があり、運行管理者による遠隔監視が求められている。

(2) ICT の活用・目標等

「官民 ITS 構想・ロードマップ」(2021 年 6 月 15 日高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部・官民データ活用推進戦略会議)において、自動走行レベル3相当はシステムがすべての動的タスクを限定領域において実行するが、作業継続が困難な場合にはシステムの介入要求等に運転者が適切に応答し、引き継ぐものとされている。一方、自動走行レベル4相当はシステムがすべての動的タスクを限定領域において実行し、作業継続が困難な場合への応答もシステムが行うこととされている。すなわち、自動走行レベル3相当においては、システム以外に自然人たる運転者による介入が一定の場合に前提とされているのに対し、自動走行レベル4相当においては運転者の介入が前提とされておらず、限定領域においてはシステムがすべての運転タスクを実施するものである。もっとも、運転者の必要性はなくとも、サービスとして提供する以上は運行状況をモニタリングし、必要に応じて人間が現場に駆けつけることができるようにする必要があり、遠隔監視の必要性がある。国土交通省の企図する 2025 年自動走行レベル4相当の導入に向けては、空港制限区域内における自動走行の実現に向けた検討委員会において必要に応じて本実証の成果報告を

行い、制限エリア内における自動走行のルール策定に貢献し、ひいては成田国際空港への 自動走行レベル4相当自動運転の実装や他空港への普及展開につなげることを目指してい

レベル 対応する車両の 操業等の主体 板要 呼称 運転者が一部又は全ての動的運転タスクを実行 運転者 レベルロ 運転者が全ての動的運転タスクを実行 レベル1 運転支援車 システムが縦方向又は横方向のいずれかの車 運転者 両運動制御のサブタスクを限定領域において実 行 レベル2 システムが縦方向及び横方向両方の車両運動 運転者 制御のサブタスクを限定領域において実行 自動運転システムが(作動時は)全ての動的運転タスクを実行 システムが全ての動的運転タスクを限定領域に システム 条件付 レベル3 (作動継続が困難 おいて実行 自動運転車 な場合は運転者) 作動継続が困難な場合は、システムの介入要 (限定領域) 求等に適切に応答 レベル4 システムが全ての動的運転タスク及び作動継続 システム 自動運転車 が困難な場合への応答を限定領域において実 (限定領域) 行 レベル5 システムが全ての動的運転タスク及び作動継続 システム 完全自動運転車 が困難な場合への応答を無制限に(すなわち、

※ 認知、予測、判断及び操作の行為を行うこと

限定領域内ではない)実行

出所) 国土交通省

る。

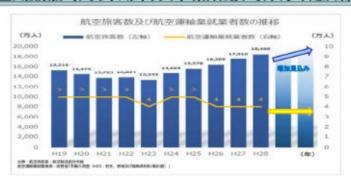
図表 3-5 官民 ITS 構想・ロードマップにおける自動運転レベルの定義

また、グランドハンドリング等における人材不足を踏まえ、国土交通省は 2020 年1月 に「グランドハンドリング アクションプラン」をとりまとめ、自動運転ランプバス等を含めた先進機器の導入による生産性の向上が必要であると提言している。

供給側制約への懸念:航空分野の就労状況

◎ 国土交通省

○旅客需要が増加する一方で、生産年齢人口の減少等を背景に、人手不足等が懸念○特に地上支援業務(グランドハンドリング)業界において、人手不足が深刻化



《雇用形態、従業員確保に関する航空関連9社ヒアリング内容抜粋》 (H29年12月ヒアリング実施)

- グランドハンドリング業界は他の業界に比べ敬遠される傾向にあり、人材不足が大きな課題。
- 委託が2次、3次と重なるにつれて労働条件が厳しくなり、人材不足も顕著。また、雇用状況の把握も難しくなっており、 委託先の撤退により問題が顕在化することもしばしばある。
- <u>離職率が高く</u>、若手の採用が多いため有資格者が不足している。
- 酢職率上昇への対策とし、給与水準の引き上げ等を実施。グランドハンドリング業務にかかるコスト増大。等

出所) 国土交通省

図表 3-6 第1回「空港制限区域内の自動走行に係る実証実験検討委員会」

3.4.1.2 港湾

(1) 課題・ニーズ

我が国の輸出入の推移は、リーマンショックなどによる一時的な落ち込みはあったものの、過去数年は80兆円規模を誇っている。また、サプライチェーンのグローバル化やコロナ禍の影響も受け、物流業界への国際的な期待が高まっている。この物流業界において、とりわけ重要な機能を担っているのが、物流の窓口であり、拠点でもある港湾事業である。

港湾事業については、国土交通省において、国際コンテナ戦略港湾が指定され、「民」の 視点による戦略的な一体運営の実現等により公設民営化等を通じ、国際競争力の強化が図 られてきた。2019 年には国際コンテナ戦略港湾政策推進委員会により、「最終とりまとめ フォローアップ」が公開され、取り組むべき重要な課題として、少子高齢化・人手不足が 顕在化していくことを踏また港湾における労働環境の改善と、港湾エリアにおける慢性的 な渋滞問題への対処が示された。

また、港湾事業の更なる持続的発展に向けては、国際コンテナ戦略港湾への集積などの施策に加え、「AI ターミナル」と称される、様々な ICT を活用した新しい港湾への刷新が必要とされており、コンテナターミナルゲート処理の効率化、RTG (Rubber Tired Gantry crane:タイヤ式門型クレーン)の遠隔操作、荷繰りの最適化などの必要性が示されている。

(2) ICT の活用・目標等

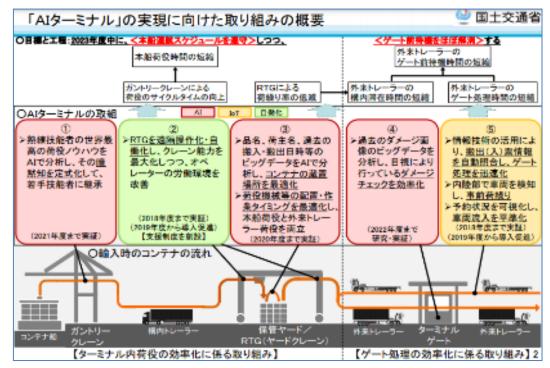
本問題の解決に向けては、国土交通省により「AIターミナル」の構想が提示され、2019年には「実現に向けた目標と工程」が発表され、実現に向けた取組みが進められており、具体的なより組として、以下の5つが挙げられている。

- ①暗黙知の定式化
- ・熟練技能者の世界最高の荷役ノウハウをAIにより分析し、その暗黙知を定式化して、 若手技能者に継承
- ②RTG の遠隔操作化・自動化
- ・RTG を遠隔操作化・自動化し、クレーン能力を最大化しつつ、オペレーターの労働環境を改善
- ③コンテナ蔵置場所の最適化
- ・品名、荷主名、過去の搬入・搬出日時等を AI で分析し、コンテナの蔵置場所を最適化
- ・荷役機械等の配置・作業タイミングを最適化し、本船荷役と外来トレーラー荷役を両立
- ④ダメージチェックの効率化
- ・過去のダメージ画像を分析し、目視により行っているダメージチェックを効率化
- ⑤ゲート処理の迅速化
- ・情報技術の活用により、搬出票情報を自動照合し、ゲート処理を迅速化
- ・内陸部で車両を検知し、事前荷繰り
- ・予約状況を可視化し、車両流入を平準化



出所) 国土交通省

図表 3-7「AIターミナル構想」における目標と工程



出所) 国土交通省

図表 3-8「AIターミナル構想」における取り組み概要

3.4.1.3 建設

(1) 課題・ニーズ

技術革新の進展 (Society 5.0) や行政のデジタル化、および新型コロナウイルス感染症対策として「非接触・リモート化」の働き方が急速に展開される、社会経済情勢の激しい変化に対応して、2020年7月、国土交通省は、インフラ分野においてもデータとデジタル技術を活用して、国民のニーズを基に社会資本や公共サービスを変革すると共に、業務そのものや、組織、プロセス、建設業や国土交通省の文化・風土や働き方を変革し、インフラへの国民理解を促進すると共に、安全・安心で豊かな生活を実現すべく、産学官が一体となった横断的な取組み推進を開始した。

その中には、ロボット・AI 等の活用で人を支援する現場の安全性や効率性の向上、デジタルデータを活用した仕事のプロセスや働き方を変革するための基盤整備が盛り込まれている。具体的なアクションプランとして、無人化・自律建設機械による施工や ICT 活用による安全で快適な労働環境の実現、また、調査業務、監督検査業務、点検管理業務などのAI 等の活用による判断支援を行うシステムの構築などが挙げられている。これらを実現するためには、様々な情報がデジタル化されると共に、公共通信不感地帯を含めた建設フィールドにおけるローカル通信技術の確保が非常に重要な課題となっている(図表 3-9)。

インフラ分野のデジタル・トランスフォーメーション(DX) 資料 取組の背景 ○建設現場の課題 ・将来の人手不足 ・災害対策 ・インフラ老朽化の進展等 ・インフラ老朽化の進展等 ・生産性向上を目指し、i-Constructionを推進 ・チンプラ分野においてもデジタル化・スマート化を強力に推進する必要

【インフラ分野のDX】

○社会経済状況の激しい変化に対応し、インフラ分野においてもデータとデジタル技術を活用して、国民のニーズを基に<u>社会資本や公共サービスを変革</u>すると共に、<u>業務そのものや、組織、プロセス、建設業や国土交通省の文化・風土や働き方を変革</u>し、インフラへの国民理解を促進すると共に、安全・安心で豊かな生活を実現



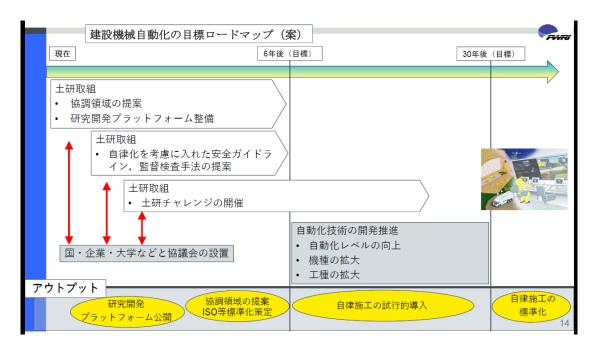
出所) 国土交通省

図表 3-9 国土交通省が掲げるインフラ分野の DX

(2) ICT の活用・目標等

建設分野における ICT 活用に関する動向については、ローカル 5 G と親和性のある技術としては、ロボットや AI 等による施工や検査、点検の自動化・自律化によって、ヒトによる作業の支援・代替を行い、危険作業や苦渋作業を減少させるとともに、安全性・生産性を向上させることが挙げられ、国土交通省のロードマップでは、2025 年度までの社会実装を目指している。

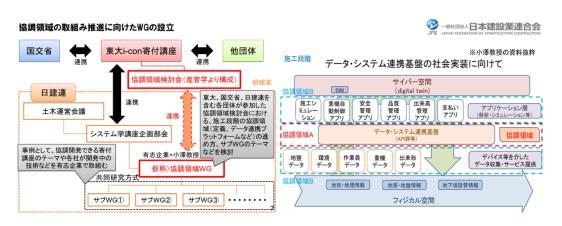
土木研究所では、多種多様な建設現場環境や作業内容に対応できる柔軟な建設ロボットの開発、自動化を念頭に置いた法令・規制の整備、協調領域の明確化と技術の標準化による研究開発体制の整備、それによる開発コスト削減を目指した取り組みがなされている(図表 3-10)。



出所)土木研究所

図表 3-10 PWRI 土木研究所での建設自律施工研究開発に向けた取り組み

これらのデジタル変革(建設 DX)を推進、開発技術の社会実装を早期に実現するために、 東京大学 i-Construction 寄付講座などを中心として、産学官が一体となった協調領域での 仕組みづくりも始まっている。建設施工の分野では、(一社)日本建設業連合会にて組織委 員会を立ち上げ、個別テーマでワーキングを開始している(図表 3-11)。



出所) 日本建設業連合会

図表 3-11 協調領域 WG

各建設会社がそれぞれ独自に様々な技術開発を行っている一部は、データ基盤や建設プロセス仕様を共通化することで、効率よく高度化することができると期待されている。建設フィールドにおける無線通信技術の導入の簡便性も共通の課題となっている(図表3-12)。



出所) 土木研究所

図表 3-12 建設自律施工技術の例

3.4.2 ローカル5 G活用モデル

3.4.2.1 空港における自動運転モデル

(1) ソリューション

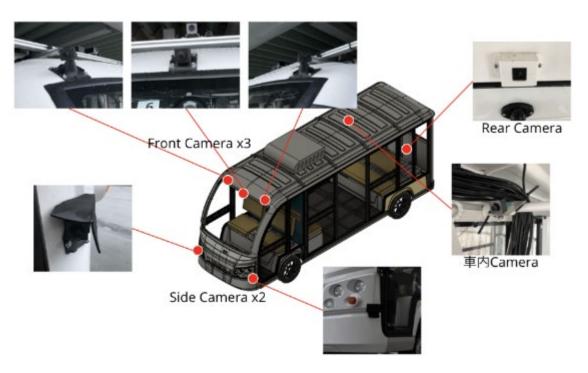
空港のターミナル間のエプロンエリアを連絡バスルート(約700m)区間で、ローカル5Gの通信安定性の特徴を活かした自動運転に必要な遠隔監視システムを提供する。また、キャリア通信を用いた冗長化された無線通信下での遠隔監視システム機能を提供する。



出所) No.9 実証コンソーシアム (代表機関: 東日本電信電話) 成果報告書

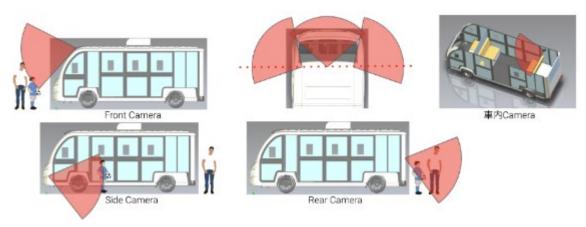
図表 3-13 ソリューションの全体像

自動運転車両については、既存車両を自動運転車両に改造したものであり、主として LiDAR 取得情報と三次元高精度地図を用いて自己位置推定を行い自動運転実現した。自動 運転ソフトウェアとしては株式会社ティアフォーも開発を行っているオープンソースソフトウェアである Autoware を使用し、本車両の仕様に基づきチューニングを行っている。



出所) No.9 実証コンソーシアム (代表機関:東日本電信電話) 成果報告書

図表 3-14 自動運転車両イメージ

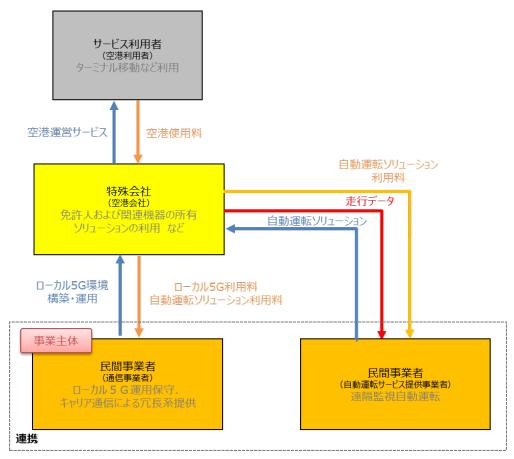


出所) No.9 実証コンソーシアム (代表機関:東日本電信電話) 成果報告書

図表 3-15 遠隔用カメラの視野範囲イメージ

(2) 実装モデル

本 5G 実装モデルのイメージを図表 3-16 に示す。免許人は空港会社でありソリューションを利用する。空港会社は、本ソリューションが利用された環境下にて、空港利用者に対してサービスを提供する。本ソリューションの提供にあたっては、通信事業者が事業主体となり、5G 環境の提供が行われる。また自動運転サービス提供事業者による自動運転環境の提供により、ソリューションが実現される。事業主体である空港会社は、各事業者に対して利用料を支払う。



図表 3-16 「空港における自動運転モデル」のローカル 5G 実装モデル

(3)ソリューション有効性

1) 導入効果(効果検証結果)

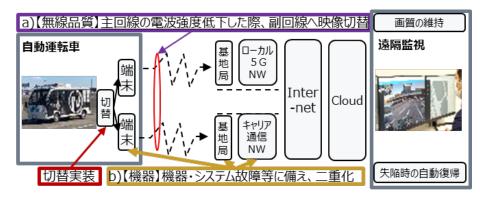
① ローカル5Gによる遠隔監視型自動運転

制限区域内第 2 ターミナル、第 3 ターミナル通路における遠隔映像監視を実装する上で必要な KPI(HD 画質・9fps・7 カメラ)を達成した。また自動運転により 420km 走行し、ローカル 5 G起因による緊急停止は発生しなかったことを確認した。

② ローカル5G・キャリア通信による通信冗長系機能

ローカル5Gとキャリア通信の 2 種通信のアプリ切替を実現するための環境構築を行い、映像品質が劣化する失陥模擬環境を再現し、走行中に 0.7 秒以内で映像切替を実測で確認した。これより、遠隔監視機能が停止せず、自動走行の緊急停止を不要とする実験結果を得た。

またローカル 5 Gが走行中に故障する失陥模擬試験を行い、停止後 90 秒以内で正しくキャリア通信へ切替が可能なことを実機で確認した。本シーンにおいて緊急停止等要する場合においても、駆け付け対応を不要とする機能の適用可能性があることを確認した。

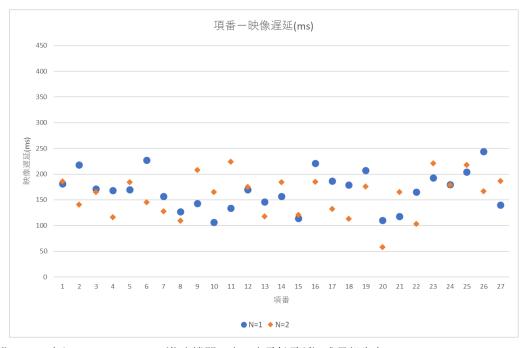


出所) No.9 実証コンソーシアム (代表機関: 東日本電信電話) 成果報告書

図表 3-17 キャリア・ローカル5G 冗長系システム構成

2) 機能面(機能検証結果)

映像遅延の評価方法は、自動運転車と同じ 7 台のカメラで映像配信を行い、自動運転車両内での送信側映像と受信側映像の差を映像遅延として評価を行い、全てのポイントで目標値の KPI に対し、ローカル5 G区間遅延を含む映像遅延で必要な 250msec 以下を観測しており、測定誤差等を考慮してもローカル5 Gとインターネット・クラウド区間を除いた映像送受信においては 150msec 以上のマージンを有していることが示された。



出所) No.9 実証コンソーシアム (代表機関:東日本電信電話) 成果報告書

図表 3-18 計測地点ごとの映像遅延結果

3) 運用面 (運用検証結果)

運用上問題ないことを関係省庁との調整やガイドライン、法令等にて確認が取れている

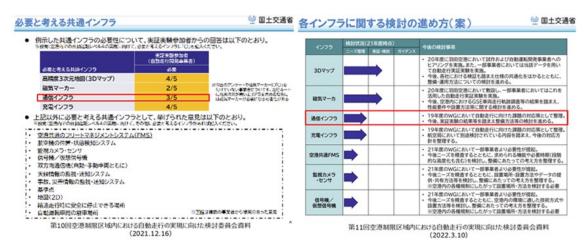
点については、本実証実験に先立ち、国土交通省航空局により、「レベル4相当に向けた 実証実験」を実施する上での車両の走行性能の確認がレベル4相当版の「安全性に関するチェックリスト」に基づき実施が行われた。また、空港制限区域内におけるレベル3相当自 動運転実験車での運用であることから、運転者が守るべき国土交通省の定める空港運用業 務指針および、空港内車両運転規則は遵守し、実験運用を実施した。

運転者が乗車した空港制限区域内におけるレベル3実験車による遠隔型自動運転試験(レベル4相当)に向けた走行実験であったため、当初実施計画書に記載していた追加ルール等は必要がないとして確認された。

(4) ローカル5G活用モデルの実装性

空港制限区域内における自動走行のルールについては、国土交通省航空局がその策定をするべく「空港制限区域内における自動走行の実現に向けた検討委員会」を開催しているところであり、本検討委員会においては、中長期的なインフラの課題として、「通信ネットワークの増強」が挙げられ、その中で中長期的な調査対象技術として「5 G」の活用が示されている 19。すなわち、遠隔監視のみによる自動走行においては、運転手がいないことから、通信の安定性等が重要になってくることから、各空港に導入する共通インフラとして、その望ましい要件等の在り方について調査することとされている。

本実証実験で得られるローカル5G(キャリア網による冗長性確保を含む)による遠隔監視の有効性や技術・運用上の課題について、2022年3月10日開催の検討委員会において報告し、国土交通省航空局が今後、制限区域内における通信インフラの要件・在り方を検討するに際して、ローカル5G等の活用方策についての示唆を提供された。今後も、引き続き、通信インフラのルール等の策定に寄与し、ひいては制限区域内におけるローカル5Gを用いた遠隔監視型の自動走行の実装性を高めることが可能と考える。



出所) 国土交通省

図表 3-19 「第 10 回・11 回「空港制限区域内における自動走行の実現に向けた検討委員会」 資料

-

¹⁹ https://www.mlit.go.jp/koku/content/001445876.pdf

3.4.2.2 操船支援情報の提供および映像監視による港湾内安全管理

(1) ソリューション

港湾内に 4K 高精細カメラを 5 台、船上にフライングビューカメラを 1 台設置し、以下 3 つのシステムを通して、ローカル 5 Gネットワークを利用して艇庫内に設置するダッシュボードシステム及び AI 解析サーバーへ伝送し処理することで、ダッシュボードシステムの情報を船上および監視室で閲覧することを可能とする。

- ① 湾内航行中の船舶に対する「港湾内映像および AI による船舶位置情報(操船支援ダッシュボード)」と「船舶俯瞰映像(フライングビュー)」の提供
- ② 港湾内に停泊中の船舶およびその周辺の異常検知を高精細映像+AI 映像解析により 自動化
- ③ 船舶の着岸確認、記録を高精細映像+AI 映像解析により自動化

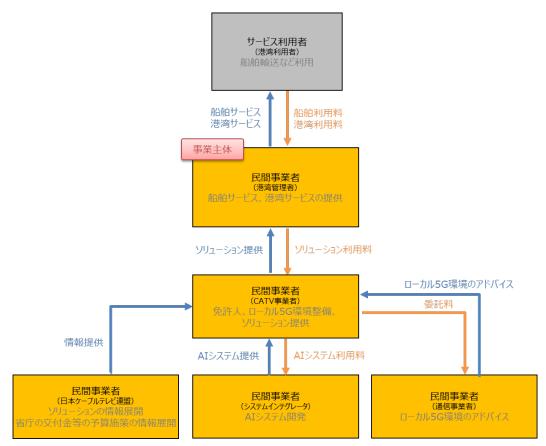


出所) No.10 実証コンソーシアム (代表機関: ZTV) 成果報告書

図表 3-20 ソリューションの全体像

(2) 実装モデル

本 5 G 実装モデルのイメージを図表 3-21 に示す。事業主体は船舶事業者あるいは港湾事業者であり、港湾利用者に対するサービス高度化のため、本ソリューションを利用する。ソリューションは、実証体制同様、CATV 事業者が中心となり提供を行うが、AI システム開発およびローカル 5 G の専門的知見を踏まえた機器選定等の支援はそれぞれ、AI システム開発事業者や通信事業者から受けるものとする。また横展開にあたっては、日本ケーブルテレビ連盟を経由して、本実証結果の情報共有を円滑に行う体制を構築する。



図表 3-21 「空港における自動運転モデル」のローカル 5G 実装モデル

(3) ソリューション有効性

1) 導入効果(効果検証結果)

ソリューション①

現状の操船システムと課題解決システムを活用した場合の比較では、当初予定していた通り、安全面における向上が確認できたが、一方で新たな課題も確認された。コストにおいては、ダッシュボードシステムを活用した着岸においては、現時点で十分な経験などが無いため、操船に係る作業員の人数や着岸に関する作業内容等において大幅な改善は見受けられなかった。現時点で、実際の作業における時間等の改善は見受けられなかったが、港湾内航行中の船舶内にて、着岸港の詳細映像や気象情報等が常時確認できる点は、船舶運航における事故回避に対して有意義な情報となることは確認された。

ソリューション②

現状は現地作業者が目視又は現地(現場)で確認を行っていた場合と課題解決システムを活用した場合の比較では、人物の立ち入り検知等を自動で検知可能となったことにより、 港湾内における安全活動に有効との意見を頂けた。また、無線化により遠隔地からの監視 も可能となり、今後の検討次第では、更なる活用も期待できる。

ソリューション③

従来(現状)と課題解決システムを活用した場合の比較では、労働環境の大幅な改善は見受けられなかったが、現状目視等で行っている作業からデータ化による作業負担の見直し

が出来ることを確認できた。

2) 機能面 (機能検証結果)

ソリューション①

ダッシュボードに表示される、船舶俯瞰映像(フライングビュー)、4K 高精細映像、気象情報等の解像度、処理時間の評価・検証を行い、実装を行う上での KPI 等が達成されることを確認した。

ソリューション②

AI 解析について、人の立ち入り検知、船舶の傾き検知、ロープテンションの異常検知、船舶同士の接近検知の 4 項目について実施した。評価として、正解率(Accuracy)、適合率 (Precision)、再現率(Recall)、調和平均(F1)の 4 つを計算し定量的評価を行い、期待する KPI を達成したことを確認した。

ソリューション③

AI 解析について、船舶の着岸検知の評価を行った。具体的には、船舶の着岸判定結果について、正解率(Accuracy)、適合率(Precision)、再現率(Recall)、調和平均(F1) の 4 つを計算し定量的評価を実施、実装を行う上での KPI 等が達成されることを確認した。

3) 運用面(運用検証結果)

本実証で構築したダッシュボードシステムは、港湾管理業務における船舶と海岸局(ポートラジオ)間の動静連絡である航行支援情報(他船情報や気象、海象等、船舶の航行に必要な情報)に対して活用および貢献できると考える。



出所) No.10 実証コンソーシアム (代表機関: ZTV) 成果報告書

図表 3-22 港湾管理業務フロー(ダッシュボード活用部分)

(4) ローカル5G活用モデルの実装性

本実証で構築したシステムでは 4K の高精細カメラ映像による港湾内の情報の提供や AI 解析による異常検知の自動化を実現した。これらに用いられる高精細カメラ映像のアップリンク伝送は、大量のトラフィックを伝送することが可能なローカル 5 Gが適しており、また、港湾では諸外国の船舶が行き交うため、セキュアな環境で安定的に送信するためにはローカル 5 Gが適している。

課題解決システムの実証およびローカル5Gの性能技術実証の結果からは、操船支援情報の提供および映像監視による港湾内安全管理を導入することにより、港湾作業における安全性向上の効果が確認できており、高い実装性が期待される。

3.4.2.3 港湾・コンテナターミナル業務の遠隔操作等による業務効率化・生産性向上の実現

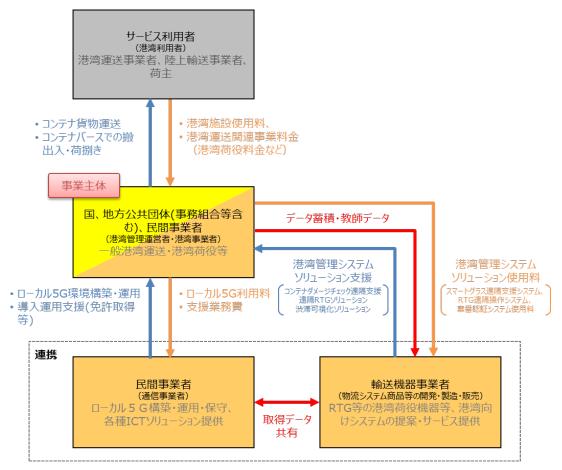
(1) ソリューション

港湾業務の効率化を目的とした、3 つのシステムをパッケージとした、港湾・コンテナターミナル業務の遠隔操作等による業務効率化・生産性向上の実現のソリューションである。

- ① 「コンテナターミナルゲートでのダメージチェック遠隔化によるゲート待機列の軽減」では、ローカル 5 Gの特徴である、大容量通信、高セキュリティ、広範囲電波伝搬等を活用し、コンテナターミナルゲートにおけるコンテナのダメージチェックを遠隔化することで、作業効率、コンテナターミナルゲートの処理能力の向上を図る。
- ② 「ローカル 5 G を用いた RTG 等遠隔操作」では、ローカル 5 G の特徴を活用し、 RTG 等の遠隔操作を実施する際に必要となる疑似操作信号および、映像データを生成し、RTG 遠隔操作を行う。
- ③ 「外来トレーラーの待機列自動判別による周辺道路の混雑状況改善」では、こちらもローカル 5 G の特徴を活用し、コンテナターミナルの周辺道路に車両情報を確認できる高精細カメラを設置し、確認した情報(車番)により、待機時間の見える化を行う。

(2) 実装モデル

本5G実装モデルのイメージを図表 3-23 に示す。事業主体は港湾管理運営者・港湾事業者を想定しており、港湾利用者、特に港湾運送事業者や陸上輸送事業者に対するサービス提供となる。ソリューションは、通信事業者がローカル5G環境・保守運用およびソリューション提供を一体的に事業主体へ提供する。またソリューション②「ローカル5Gを用いたRTG等遠隔操作」等、港湾輸送機器等の専門知識を有する場合は、輸送機器事業者と連携して課題の解決を図る。そのため、必要に応じて適宜取得データが共有できるよう、体制に含めると共に、輸送機器のソリューション支援は機器事業者から提供を行う。



図表 3-23「港湾・コンテナターミナル業務の遠隔操作等による業務効率化・生産性向上の実現」のローカル 5G 実装モデル

(3) ソリューション有効性

1) 導入効果(効果検証結果)

ソリューション①:「コンテナターミナルゲートでのダメージチェック遠隔化によるゲート待機列の軽減」

一部の作業において、目標よりも時間がかかった作業フローにより、目標が未達成であった。他方、時間がかかった作業は「システム接続・準備」と「再ダメージチェック」であり、運用者の習熟度が大きく作用する部分となるため、今後の運用の習熟により、向上する部分だと考えており、定期的な勉強会や運用フォローをすることで、達成可能な部分と結論づけた。

図表 3-24 ソリューション①における実証結果・目標達成状況の概要

評価項目	実証目標	実証結果	目標達成
生産性向上/年	48 時間/年	24 時間/年	未達成 ※ただし、今後の運用習熟 により達成見込み

			未達成
削減費用/年	約1,060万円/年	約 530 万円/年	※ただし、今後の運用習熟
			により達成見込み
	全 9 項目で 4.0		未達成
品質		7項目で 4.0 以上	※ただし、今後の運用習熟
	以上		により達成見込み

出所) No.11 実証コンソーシアム (代表機関:西日本電信電話) 成果報告書

ソリューション②: 「ローカル 5 Gを用いた RTG 等遠隔操作」 机上検討結果より、下記表の削減効果を示した。

図表 3-25 ソリューション②における実証結果・目標達成状況の概要

評価項目	実証目標	実証結果	目標達成
生産性向上/年	79,200 時間/年	63,360 時間/年	机上算定のため、目
上连注问工/十	79,200 时间/牛	※ 2	標を設けず
削減費用/年	約 3.1 億円/年	約 2.5 億円/年	机上算定のため、目
門/	※ 1	※ 2	標を設けず

出所) No.11 実証コンソーシアム (代表機関:西日本電信電話) 成果報告書

ソリューション③:「外来トレーラーの待機列自動判別による周辺道路の混雑状況改善」ローカル5G×4Kカメラで捉えた映像からのナンバーの認識率、導入予定の新港湾システムとの接続確認について目標を達成し、利用者の要望が高い混雑情報配信方法(web等)により、混雑の見える化の実現可否と混雑平準化の可能性を確認された。

2) 機能面(機能検証結果)

ソリューション①:「コンテナターミナルゲートでのダメージチェック遠隔化によるゲート待機列の軽減」

ゲートを 5 ゲートと想定し、各ゲートにおいて、トラックによる空コンテナの搬入がありダメージチェックを行うとして、アップロード 50MBps (Full HD/30 フレーム×5 台) として検証を行い目標が達成することを確認した。

ソリューション②: 「ローカル5Gを用いたRTG等遠隔操作」

基地局から約 500m 内では、遠隔操作に必要なスループット、遅延ともに概ね目標を達成した。約 300m 内では、最大 UL60Mbps を確認した。

ソリューション③:「外来トレーラーの待機列自動判別による周辺道路の混雑状況改善」 基地局から約 500m 範囲内であれば、スループットは、 $UL\cdot DL$ ともに目標達成となった。特に、約 300m 範囲内であれば、スループット UL:30Mbps 以上を確認しており、 RTG1 台あたり遠隔操作には、約 10Mbps の UL が必要なため、今回の設定値では、約 300m 範囲内であれば、1 アンテナで 3 台の遠隔操作が可能と想定される。

3) 運用面 (運用検証結果)

ソリューション①:「コンテナターミナルゲートでのダメージチェック遠隔化によるゲート待機列の軽減」

運用に係る意見抽出から得られた課題に対して、運用定着化に向けた施策として下記 4 点を提案整理した。

- ・ 運用方法の変更: 当初は、スマートグラス着用者(コンテナダメージチェックを実施するゲート作業者)がズームや照度変更などの操作をする想定を考えていたが、意見を踏まえ、管理者側ですべての操作を行い、ゲート作業者は、スマートグラスを装着するだけの運用に変更。
- ・ セキュリティ情報の提供: クラウドを活用するソリューションにおいて、本ソリューションのセキュリティ情報について、説明・確認を行う。
- ・ マニュアル・フロー作成、配布:初めて操作する方でも利用ができることを意識した、 マニュアル・フローを作成し、利用者へ配布。
- ・ 運用定着フォロー:運用後も継続的にフォローを実施。

ソリューション②: 「ローカル5Gを用いたRTG等遠隔操作」

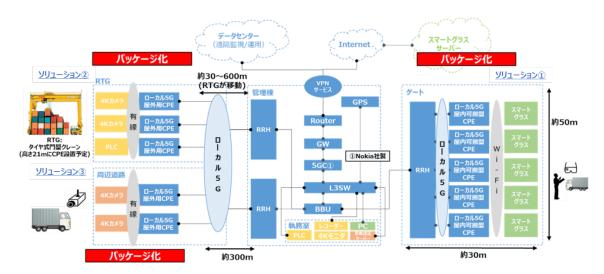
ヒアリング結果および平成31年3月に国土交通省港湾局より公開された「遠隔操作RTGの安全確保のためのモデル運用規定」等の情報を踏まえ、運用にあたって検討が必要な5点の洗い出しを実施した。

- ・ 定期メンテナンス(ソフトウェアバージョンアップ、停電対応等)
- ・ 遠隔保守システム
- 24 時間 365 日の連絡・保守体制
- ・ 故障による予備物品の確保
- ・ バックアップ回線の準備(冗長化)

ソリューション③:「外来トレーラーの待機列自動判別による周辺道路の混雑状況改善」 運用については、4Kカメラ、システム類の死活監視が運用者の作業として残るが、混雑 システムの運用について、本実証で概ね自動化できることを確認した。

(4) ローカル5G活用モデルの実装性

ローカル 5 Gネットワークと、スマートグラスを活用したビデオ会議サービス(ソリューション①)、RTG を遠隔操作するシステム(ソリューション②)、車番認識及び港湾における荷繰り作業を管理するシステム(CONPAS)連携(ソリューション③)については、引き続き検討を進め、有効性が確認できた場合には、ローカル 5 G×ソリューションの港湾 DX のパッケージ化による展開を検討・予定している。



出所) No.11 実証コンソーシアム (代表機関:西日本電信電話) 成果報告書

図表 3-26 ローカル5G×ソリューションのパッケージイメージ

3.4.2.4 土木建設現場における安全管理の DX 化に求められる超高精細映像転送システムの 実現

(1) ソリューション

高速道路上空の土木建設現場にローカル5G環境を構築、8Kカメラによる超高精細映像を活用したリアルタイムモニタリング技術により共時空間性を確保、建設現場における安全性向上や管理業務効率化の効果を実証した。

- ① ローカル5Gによる8K 超高精細映像伝送
- ② 建設現場の任意領域監視の複数端末への同時映像配信
- ③ 8K映像リアルタイム AI 検出+誘目表示

有効性検証におけるシステム要件

- ·8K超高精細映像伝送(8K30fps)
- ・8K映像リアルタイムAI検出+誘目表示
- ・広範囲撮影映像から切り出しによる所望領域の監視
- ·複数端末への同時映像配信(2K)

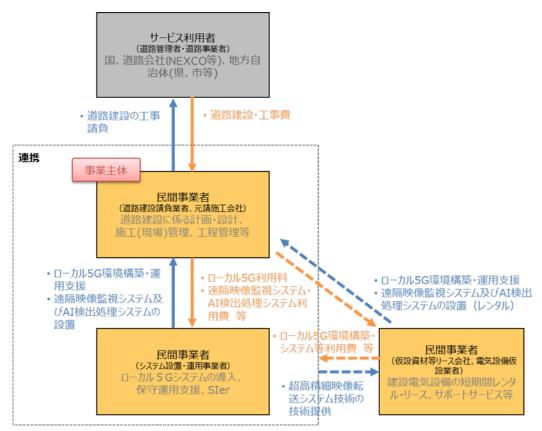


出所) No.15 実証コンソーシアム (代表機関:清水建設) 成果報告書

図表 3-27 ソリューションの全体像

(2) 実装モデル

本 5 G実装モデルのイメージを図表 3-28 に示す。事業主体は道路建設請負業者、元請施工会社を想定しており、道路整備の発注者をサービス利用者として、本ソリューションを利用しながらサービスを提供する。また、ローカル 5 Gシステムの導入や AI 検出処理システムを提供するシステムインテグレータとは連携しており、道路建設請負業者等から利用の対価として、利用料が支払われるとともに、必要なデータ共有が行われる。



図表 3-28「土木建設現場における安全管理の DX 化に求められる超高精細映像転送システムの実現」のローカル 5G 実装モデル

(3) ソリューション有効性

1) 導入効果(効果検証結果)

ソリューション①:

遠隔から任意領域を監視するため、建設現場を俯瞰的・広範囲に撮影した 8K30fps の超高精細映像伝送を確認した。鮮明な建設現場映像による工事進捗状況監視について、現場関係者の 84%で高評価が得られた。

ソリューション②:

遠隔から多人数で監視するため、広範囲映像(8K)からの任意領域(2K)の切り出した映像の複数端末への同時接続配信を実現し、任意領域の多人数同時監視機能について、現場関

係者の88%が高評価であった。

ソリューション③:

広範囲映像の作業領域把握のため、作業員や建設機械の 8K30fps のリアルタイム AI 検出+誘目表示を実現し、作業領域把握効果について現場関係者の 91%が高評価であった。

2) 機能面 (機能検証結果)

検出精度の結果について説明する。下図に適合率と再現率の結果を示す。これは 1 画像 あたりの検出精度を示す結果である。検出精度は、適合率 94.4%、再現率 76.1%の結果となった。適合率は検出された結果のうち正解である割合であるため、適合率が高いほど誤検出が少ない。この場合、誤検出率は 5.6%となる。再現率は正解に対してどれだけ検出されているかの割合であるため、本結果の場合は検出漏れが約 24%生じていることが分かる。

サンプル数 検出対象 適合率[%] 再現率[%] (検出対象数) 1305 人 90.4 63.3 トラック 98.5 89.5 296 油圧ショベル 97.6 100.0 163 100.0 クレーン 99.7 371

図表 3-29 検出対象ごとの検出精度結果

出所) No.15 実証コンソーシアム (代表機関:清水建設) 成果報告書

3) 運用面(運用検証結果)

ヒアリング等を通して得られた整理として、本ソリューションは、現場で使用する他の機械や設備と同様に、現場設置機材として、以下の運用とメンテナンスが必要であるとして、運用マニュアルでの記載事項としてまとめられた。

図表 3-30 運用管理マニュアル記載事項

出所) No.15 実証コンソーシアム (代表機関:清水建設) 成果報告書

(4) ローカル5G活用モデルの実装性

継続利用にあたっては、本ソリューションのシステムでは建設現場を高精細な広範囲映像で取得すると共に、広範囲映像から所望の領域を部分的に切り出し表示することで複数人が所望の領域を同時に監視可能な機能は、他の建設現場に普及展開ことが可能であり、高い実装性を有するといえる。

他方、本ソリューションの課題として以下が挙げられる。

- 導入コスト、保守運用コストが高額
- 試しに導入することが困難
- 免許申請が手間
- 導入後の不具合などのサポート体制
- AI 検出における学習モデルの構築

ローカル 5G 機器は高額であるため、高額なシステムコストが導入において大きな壁になると考えられる。特に、新しい分野でソリューション展開する場合、運用実績も少ないことから導入の判断材料も少なく、導入まで踏み切れないことが想定される。装置の低コスト化と共に、長期的な試験運用による課題の抽出や効果の検証が必要となると考えられ、今後も継続して検証を行うことが重要である。ただし、資金面についてすぐには解決が難しいため、今後も補助金の獲得を含めて推進する予定である。

免許申請や運用サポートについては、前述したように現場で対応必須とした場合には導入に影響することが想定され、サプライヤー側で免許の申請から不具合のサポートまで一括して対応する体制が望ましい。その際に免許申請方法の簡素化も必要になると思われる。設置場所や環境、検出対象に応じてAI検出に用いる学習モデルをどのように構築するかが課題である。これについても、継続検討の中で、工事進捗により環境が変化する建設現場への適用性について検証を行い、多様な条件でのモデルデータの追加と汎用化の検討を進める必要がある。

3.4.3 課題と対応策

3.4.3.1 空港

引き続き、国土交通省航空局が主催する検討会との連携を前提としつつ、2022 年以降は、 旅客乗降誘導や実運用ルート走行、複数台離集合等の複数ユースケースでローカル 5 Gの 通信同時成立性と冗長系機能確認等実証を狙い、遠隔監視型自動運転のローカル 5 G役 割・制約を整理していく必要がある。

現時点では開発段階であるため、自動運転部分も含め研究開発費がかかっており、またセンサー等の価格も十分に下がっていない状況を踏まえると、自動運転そのもののコストも高く、また、ローカル 5 Gの通信に係るコストも高い状況であり、現状のままでは直ちにコストメリットが出せない状況であるが、研究開発費の減少(回収)や、センサー等の価格の低廉化が進み、更に 1:N の遠隔監視に係るオペレーション等が確立されることで、現行のバスに比肩する程度のコスト感になるタイミングが早晩訪れることが期待される。

3.4.3.2 港湾

他の港湾に展開するにあたって、今回の短期間の検証だけでなく、引き続きの検証が必要であり、横展開を見据えた際により多くのデータ計測や、知見の獲得、さらなるユースケース創出が必要であることから、引き続きの検証が必要となる。

またローカル 5 Gの特徴の 1 つとして、免許制であることによる、干渉影響の少なさ(高い通信品質) が挙げられるが、免許制であるため、構築後における基地局の移設、増設、角度変更等各種パラメータ変更に柔軟性が無いという課題がある。今後の普及展開を考える際には、構築後の変更が極力起きないために、構築前である提案時において、高精度な電波シミュレーションを実施する必要がある。

3.4.3.3 建設

本実証の検証項目である「ローカル 5 Gによる 8K 超高精細映像伝送」、「建設現場の任意領域監視の複数端末への同時映像配信」、「8K 映像リアルタイム AI 検出+誘目表示」では、期待される効果が確認されたため、さらなる費用対効果の向上等のため以下を行っていく必要がある。

- ▶ 映像解析による安全ソリューションの高度化
- ▶ 多数のカメラによる安全ターゲット周辺の多面ピックアップ表示
- ▶ 骨格抽出・アノテーションによるリスク評価解析、個人へのガイダンス支援的保護
- ▶ 遠隔より臨場感を得る天球動画映像の配信による VR パトロールに関する実証

またローカル5Gは次世代の建設生産システムに必須となる安定した通信技術として期待が高いが、現場実装に向けてはコストダウンやロバスト性確保、サプライチェーン構築等を産学官連携により推進することが重要であり、土木工事現場では、工事進捗によって大きく環境が変化するため、現場導入に向けて長期的な運用試験によりロバスト性の確保・検証が必要となる。

3.4.4 普及・横展開の方向性

3.4.4.1 空港

まずは実装に向け、国土交通省航空局が主催する検討会との連携を行い、空港における レベル 4 自動運転のルール策定を進めていく必要があり、維持設備に加えユースケース拡 張した実証・データ収集環境整備を要するため、実証等を行うための引き続きの支援が必 須である。また策定後の横展開を見据え、成田国際空港と同様の課題を抱える空港の制限 区域内をターゲットとし、連絡バス・ランプバスやトーイングトラクタ等の自動化へのニ ーズがあり、乗降客や各種車両が多く、自動運転専用の帯域を確保することに有用性があ る空港において、自動運転車両の導入を展開していく。

3.4.4.2 港湾

港湾では、多くの既存無線ネットワークが存在し、導入から期間が経っており、更改に

ついて検討をしている事業者が多く存在しており、既存無線ネットワーク等のインフラ更 改タイミングを図り、今後の既存無線の更改に向けて、提案を行っていくため、全国港湾 の更改スケジュール等の情報を収集することが肝要となる。その上で、各港湾が求める無 線利用にあった提案のデザインを行い、ローカル 5 Gの有用性を利用した本ソリューショ ンを含めた一体的な提案を行っていく必要がある。

他方、ソリューション①~③は実装可能なスケジュールが異なっており、追加検証が必要な項目が相対的に少ないソリューション①、③による訴求を行いつつ、ソリューション ②の開発を並行して進めていきながら、各港湾への提案に含めていくことになると想定する。

	2022年度 2023年度 2024年度 2025年度 2026年度
ローカル 5 Gシステム	・既存無線ネットワークの ・無線ネットワークを 公開に向けた検証を継続 □ーカル 5 Gにて更改 ※低遅延、多数接続などの新たな機能を実装し、ユースケースを拡げていく
ソリューション① コンテナダメージチェック	・ターミナルゲートでの ・コンテナ船からの ・複数港湾におけるダメージチェック支援の集約 初用定着化 荷下ろしにおけるダメージチェックに活用 ・・ダメージチェックのAI化(自動化)
ソリューション② RTG遠隔操作シミュレーション	・RTG、ガントリー、AGV等 への活用に関する検討実施・RTG等クレーン遠隔操作へのローカル 5 G適用
ソリューション③ 車番認識・混雑可視化	・事前荷繰りへの活用検討実施・CONPASと連携した事前荷繰りの実現 ・混雑可視化における行動変容評価

出所) No.11 実証コンソーシアム (代表機関: 西日本電信電話) 成果報告書

図表 3-31 2022 年度から 5 年間における展開計画案の概要

3.4.4.3 建設

ローカル5G+超高精細映像伝送による遠隔監視ソリューションをベースに、映像処理機能を拡張することで、建設現場をはじめ、港湾、空港、物流倉庫など広域の作業に対応した展開が期待される。他方、電波環境変化やカメラ増設でも安定した映像伝送と撮影場所に応じた AI 学習モデル構築が必要となるため、AI モデル構築の継続が必要となる。また、建設業態でのサプライチェーンを担っているのは、仮設資材リース会社や、電気設備仮設業者であり、彼らの協力がない限り、普及展開は厳しいものとなるのが現状であり、彼らの事業活動において、ローカル5Gへの設備投資が、利益メリットを生み出すまでは、元請施工会社としても容易に要求導入することができないともいえるため、継続利用を進めながら、費用対効果を示すデータ・実績を蓄積していくことが重要となる。

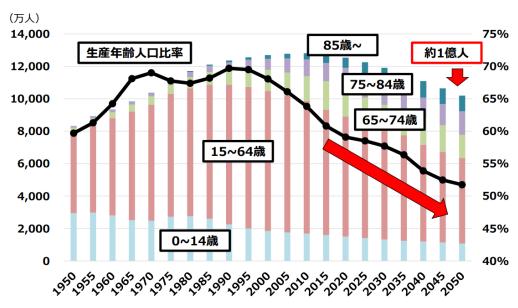
横展開を考える上で、他の建設現場への適用が選択肢として挙げられる、受注一品生産のため建設現場では多様な利用環境であり、システムのロバスト性向上に向けた検証が必要となる。システムのロバスト性が向上されれば、同じシステムで複数の現場への適用が可能となるため、効率化が図られ、費用対効果の向上が期待される。そのため、継続利用を進めながら、本開発実証や国土交通省の「建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト」のような公募による資金獲得を行い、検証を進めつ、多様な建設現場への適用を進めることが横展開においての主な方向性となる。

3.5 鉄道•道路

3.5.1 分野の背景課題

3.5.1.1 課題・ニーズ

我が国では総人口及び 15 歳~64 歳から構成される生産年齢人口が今後減少することが 予測されており(図表 3-32)、地域住民の移動を担う鉄道・道路といった交通インフラは需要・供給の両側面から悪影響が懸念される。



出所)経済産業省「2050年までの経済社会の構造の変化と政策課題について」(2018年9月)

図表 3-32 年代別将来人口の予測

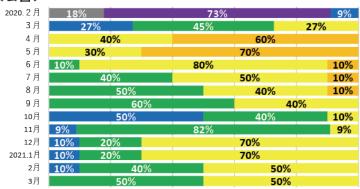
需要の観点では、地域住民の総人口減少に伴う利用者減により、利用者ごとに固定額を得るビジネスモデルである鉄道・道路インフラの収益性が悪化することが懸念される。特に鉄道分野においては生産年齢人口の定期券代による固定費割合が大きく 20、生産年齢人口減少の影響が大きいと見込まれる。また、継続的な影響は不透明だが、新型コロナウィルス感染拡大に伴うテレワークの普及や旅行控え等による輸送人員減少が見られ、収益への悪影響が懸念される。(図表 3·33)

²⁰ JR 東日本グループ経営ビジョン「変革 2027」(2018 年 7 月) https://www.jreast.co.jp/investor/moveup/pdf/guide1.pdf

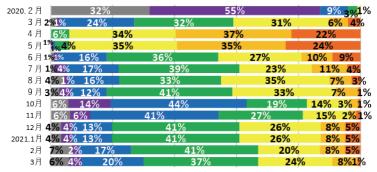
<大手民鉄>



<公営>



<中小民鉄>



■ 影響なし・増加 ■ 0~10%程度減少■ 10~20%程度減少

■ 20~30%程度減少 | 30~50%程度減少

■ 50~70%程度減少 ■ 70%以上減少

出所) 国土交通省「国土交通白書 2021」

図表 3-33 鉄道の輸送人員状況(2021 年時点)

一方、供給の観点では、生産年齢人口減少に伴う保守作業員や運転手の担い手が不足することにより、需要に見合ったサービスを質・量ともに提供できなくなる恐れがある。鉄道分野や道路分野の保守・運行は国土交通省が定める基準に従い安全性を確保したうえで行われる必要があり、現状のまま労力を割くことは困難である。

また、鉄道・道路分野の中でもインフラ保守点検においては需要に応じて供給を制限し収益性を改善することは、その公共性の観点からも難しく、過去の需要に応じて構築されたインフラを維持する形での供給が求められる。

特に近年、地震や風水害といった大規模災害が発生しており、鉄道・道路分野は土砂崩れ

を始めとして被害に見舞われてきた。前述の生産年齢人口減少に伴い保守作業員の減少が 発生した場合、被災後の復旧に時間を要することが見込まれ、地域住民の不利益にも繋がる。

3.5.1.2 ICT の活用・目標等

前述の課題を踏まえ、鉄道・道路分野では ICT を活用した効率的なメンテナンスシステム構築の取り組みが進められている。

国土交通省が令和3年6月に策定した「国土交通省インフラ長寿命化計画(行動計画)の第2次計画」では予防保全へ本格的に転換するとともに、新技術の開発・導入や情報基盤の整備と活用によるメンテナンスの生産性向上を目指すとしている²¹。

東急電鉄では 2021 年度を始期とする中期事業戦略で「テクノロジーを活用したオペレーションの変革」の一環として「デジタル技術を活用した状態監視に基づく効率的なメンテナンスシステム (CBM; Condition Based Maintenance) の構築に向けた準備」を掲げており、ICT の活用によるメンテナンスの生産性向上を目指している。

また、中日本高速道路でも、人口減少や少子高齢化に伴う担い手不足、顧客需要の多様化に伴う業務量増大などの課題に対して、デジタルテクノロジーを始めとする最先端技術の導入による現場点検作業や日常的な維持作業の高度化・合理化を実現することを目指している。そのために、幅広い分野の企業や大学などと連携し、オープンイノベーション組織「イノベーション交流会」を設置している。

鉄道・道路分野におけるICT活用においては、以下の特徴に留意する必要がある。

- (1) エリアが線状に広がっているため、カバーしたい面積に対して必要となる基地局数が多くなる。一方、鉄道・道路ともに沿線に自営光ファイバを敷設しているケースが多くあり、通信インフラは充実していると言える。
- (2) 鉄道・道路ともに公共性が高く、利用者の高速移動を伴うサービスであることから安全性が特に重視される。また、人やモノの大動脈となることから災害時には早期復旧が望まれる。
- (3) 鉄道事業者・高速道路管理者・路線バス運行事業者は地域住民を対象にサービスを展開しているため地域外の住民を対象にサービスを提供する他者とは競合関係になりづらく、同業者間連携が見込まれる。また、利便性向上による沿線価値向上の観点から、協業によるシナジーが生まれやすく、特に鉄道分野においては事業者間の乗り入れが一般的である。さらに、点検の対象となる設備には、線路等事業者間での差異が少ないものがあり、データ共有が有効となり得る。

²¹ https://www.mlit.go.jp/report/press/sogo21 hh 000159.html

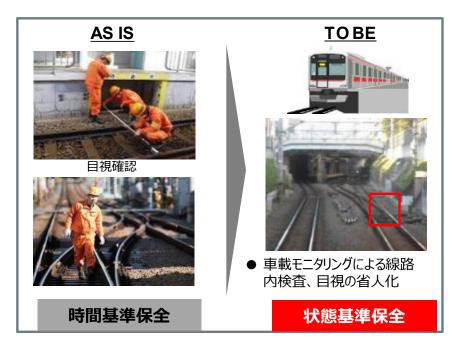
3.5.2 ローカル5G活用モデル

3.5.2.1 鉄道インフラ点検及び駅運行業務における AI 活用

(1) ソリューション

a) 車載モニタリングカメラと AI を活用した線路巡視業務の高度化

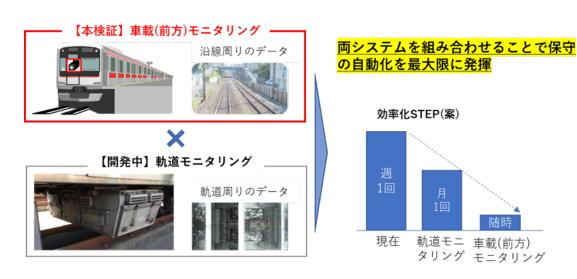
列車に搭載した 4K カメラにより駅間の線路や周辺設備のモニタリング映像を撮影し、駅 到着時にローカル 5 Gによりサーバへ伝送し、AI を活用した解析を行う。従来は保守員が線路内を徒歩又は列車に添乗して目視確認していたところ、本ソリューションにより保守作業の効率化・省力化を目指す。(図表 3-34))



出所) No.12 実証コンソーシアム (代表機関:住友商事) 成果報告書

図表 3-34 車載モニタリングカメラとAIによる線路巡視点検モデルのイメージ

将来的には、本ソリューション (列車前方に設置したカメラによるモニタリング) に加えて、列車下部に設置したセンサによる軌道モニタリングを組み合わせることで最も効率的な設備の巡視・検査の省力化を実現可能になることを見込んでいる。(図表 3-35)



出所) No.12 実証コンソーシアム (代表機関:住友商事) 成果報告書

図表 3-35 線路巡視の将来像と本ソリューションの位置づけ

b) 高精細カメラと AI を活用した車両ドア閉扉判断の高度化

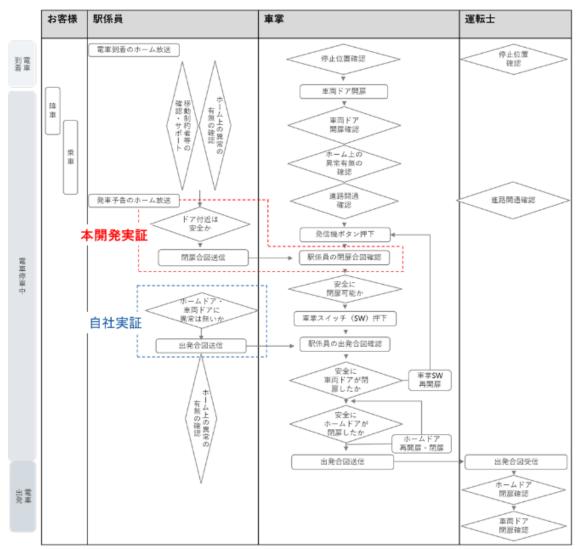
ホーム上に設置したカメラ映像を用いて安全性の観点から列車ドアを閉扉可能かリアルタイムで判断し、運転支援業務の自動化を目指す。従来は駅係員がホームに立ち合図旗または合図灯(カンテラ)で乗務員に合図していたところ、自動化による省力化を目的とする。



出所) No.12 実証コンソーシアム (代表機関:住友商事) 成果報告書

図表 3-36 高精細カメラと AI を活用した車両ドア閉扉判断の高度化のイメージ

将来的には、図表 3-37 に示した駅係員の業務フローを全て自動化することを目指す。



出所) No.12 実証コンソーシアム (代表機関: 住友商事) 成果報告書

図表 3-37 駅係員・乗務員業務フロー

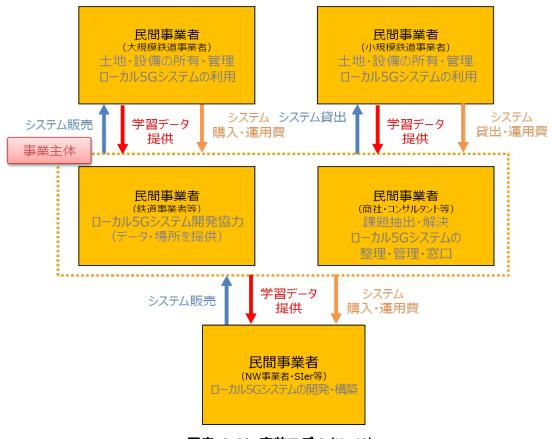
(2) 実装モデル

本ソリューションの実装モデルのイメージを図表 3-38 に示す。販売あるいは貸出形式でのインフラ・ソリューションシェアリングサービス事業モデルである。

事業主体は鉄道の設備や保守・運行ノウハウを有し、新技術開発・導入への投資余力を持つ程度の規模の鉄道事業者と、課題整理・抽出・解決や渉外窓口を務めるノウハウを有する民間事業者(商社やコンサル等)の共同企業体(JV)である。実装初期においては上記 JV内で課題分析・データ収集・ソリューション改善を行い、実用化可能なソリューションを開発する。その際、データを提供する鉄道事業者は1社に限らず、事業主体となる鉄道事業者と乗り入れ関係にある鉄道等、他の事業者も想定される。検証等を経て JV 内での実用化が確認されれば、通信インフラやソリューションを JV 外の鉄道事業者に対して販売・貸出サービスを開始し、シェアリングサービスの商用化に繋げる。

商用のシェアリングサービスでは開発モデルとレンタルモデルの 2 種類が想定される。

投資体力がある一定規模以上の鉄道事業者に対しては開発モデルとしてソリューション開発への協力を含めた形態での機器・ソリューション販売を想定するが、ローカル鉄道事業者等の投資体力が少ない事業者に対してはレンタルモデルを提供することで少ない負担でソリューションの効果を検証可能とすることを想定する。なお、実際には検知対象や環境の差異に伴い、レンタルモデルでも自社データを活用した AI 学習が必要となるが、事業主体となる JV の協力が得られる。



図表 3-38 実装モデル(No.12)

(3) ソリューション有効性

- 1) 導入効果(効果検証結果)
- a) 車載モニタリングカメラと AI を活用した線路巡視業務の高度化
- ① 巡視・検査費用の低減効果

列車前方に設置したカメラによる車載モニタリングに加えて、線路内設備の軌道材料モニタリングや機器の電流値測定等、設備全体を網羅する状態監視を導入することにより、将来的には保守点検の検査周期を延長できることが示された。また、それに伴い、巡視・検査に要する人工が抑えられ、巡視・検査費用の低減効果が生まれることが示された。ただし、実装に向けては AI モデルの精度向上、巡視周期延長や AI による代替に対応した法令整備、高度化業務フローの確立が条件となる。

② 保守員の負担軽減

事務所からの遠隔監視の実現により、巡視・検査時に起こりうる触車事故、墜落事故、 感電事故の危険性を抑えることが可能になり、保守員の労働環境改善に大きく繋が る。

b) 高精細カメラと AI を活用した車両ドア閉扉判断の高度化

① 閉扉判断に関わる人員の省人化効果 本ソリューションを設置したホームにおいては駅係員が不要になると整理すること で、1日あたり5人の省人化効果が見込まれる結果となった。

② 設備投資費用削減効果

4K カメラの利用により遠い距離でも十分な解像度で撮影することができ、必要なカメラ台数は削減されると見込まれる。また、ローカル 5G の利用により配線等の施工費用が削減されると見込まれる。それぞれ 1 駅当たり 216 万円 (HD カメラ: 760 万 760

2) 機能面 (機能検証結果)

a) 車載モニタリングカメラと AI を活用した線路巡視業務の高度化

① 映像アップロード時間

駅間を撮影した 4K5fps 映像 8 分間のアップロードが 34 秒間で完了し、駅停車中のアップロードが可能であることが示された。

② AI 解析時間

解析順序を調整することで、標識・灯器等の緊急性の高い検出対象であれば10分以内に、全検出対象の解析終了は60分以内に完了することが確認された。

③ AI 精度

学習データ撮影時と実証時で季節が異なり、光量や陰影に差異が生じたため、適合率は約 63%、再現率は約 87%と堅牢性の強化が課題となる結果となった。

b) 高精細カメラと AI を活用した車両ドア閉扉判断の高度化

① 閉扉判断のリアルタイム性

概ねAIの方が乗務員よりも閉扉可能との判断を数秒早く下すことが多い結果となった。一方で、本システムのトータル処理速度は254msecであり、システムの処理速度はボトルネックになっていないと見られる。

3) 運用面(運用検証結果)

a) 車載モニタリングカメラと AI を活用した線路巡視業務の高度化

現状では、検査、異常時対応、データ管理を全て人が行っているが、検査を AI により代

替する際の運用フローは定まっていない。業務オペレーションを通じた検討が必要となる。

b) 高精細カメラと AI を活用した車両ドア閉扉判断の高度化

タブレットによる既設 ITV の代替は画面サイズや手持ちが必要といった観点から実用化に向けて検討が必要との結果となった。また、故障時のフェイルセーフの仕組みや、ホームドア・発車ベル等他システムとの連動を求める意見が乗務員経験者から聞かれ、検討が必要な結果となった。

(4) ローカル5G活用モデルの実装性

「(2) 実装モデル」で説明したシェアリングサービスを目指して、令和 4 年度より商用化 に向けて AI の改善等追加検証に取り組む。

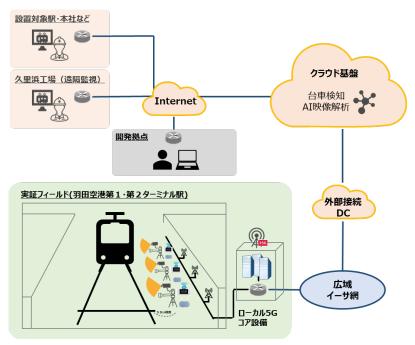
ローカル 5G の活用により、移動体である列車から駅に大容量の 4K 映像を停車時間内に 伝送することが可能になったことや、低遅延性が求められる閉扉判断が問題なく乗務員に 伝えられることが示された。また、実装時に想定されるシェアリングサービスモデルは参加 者の囲い込みが課題となるが、既に複数の鉄道事業者へのニーズヒアリングを実施しており、体制面では実装に繋がる可能性がある。

一方で、技術や制度面では課題が残り、AI 精度や検査基準の改正に取り組む必要がある。 まずは AI の改善から着手しながら、実装に向けては長い目で鉄道業界や監督官庁の検査に 対する考え方を変革していく必要があるだろう。

3.5.2.2 駅構内における車両検査モデル

(1) ソリューション

車両検査における検査の高頻度化による安全性向上を目的として、駅構内のホーム下に設置したフル HD カメラにより撮影した列車下部の台車の映像をローカル5Gによりサーバへ伝送し、AI 解析により亀裂等の可視の有無を判定する車両検査の遠隔自動監視システムを構築する。(図表 3-39)

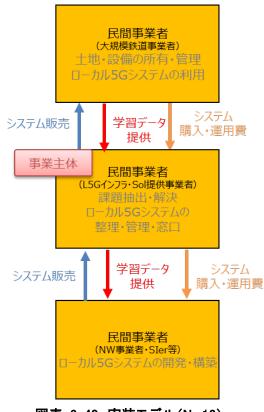


出所) No.13 実証コンソーシアム (代表機関:京浜急行電鉄) 成果報告書

図表 3-39 車両検査の遠隔・自動監視システムの全体イメージ

(2) 実装モデル

実装においては鉄道事業者ごとのシステム開発ではなく、基本システムと個別カスタマイズを可能とするサービス提供の体制を構築することを想定している。その際、事業主体となるのはローカル 5 Gインフラ及びローカル 5 Gを活用したソリューションを提供する事業者となり、この事業者が鉄道事業者から使用料を対価としてサービスを提供する。(図表3-40)



図表 3-40 実装モデル(No.13)

(3) ソリューション有効性

1) 導入効果(効果検証結果)

現場作業員へのヒアリングを通じて、現時点では本ソリューションの導入による人員削減効果の見込みは低いと結論付けられた。そのため、費用対効果の観点でも、費用削減につながらず、効果は安全性向上のみとなる。

2) 機能面 (機能検証結果)

列車発着の合間である 2 分以内に AI 解析を完了することが出来た。なお、AI 解析には 25 秒を要したが、これは長期利用を想定してコストを抑えたスペックのサーバを利用した ためである。また、録画映像の配信処理(映像確認用端末へのダウンリンク)にも時間を要したが、これは工期短縮・工費削減のため監視拠点では有線を用いずパブリック LTE によりダウンリンクを行ったためである。

3) 運用面 (運用検証結果)

AI の精度さえ確保されれば、特別な技術を必要としないため、問題なく運用は可能であるとの意見を現場から聴取している。一方で、経済性の観点では、人員削減等の費用削減にはつながらないことから費用の純増であることに対する懸念が聞かれた。

また、実運用にあたっては線路内の設備建設限界や乗客のプライバシーへの配慮といった問題が見られ、コンパクトな装置の開発や乗客のプライバシーを妨げない設置の仕方に関する検討が必要となる。

(4) ローカル5G活用モデルの実装性

本実証終了後も、羽田空港第1・第2ターミナル駅で実証システムを継続運用するが、実装に向けては実装の条件を整理する必要がある。

具体的には、以下の通り。

- 導入効果: AI の精度・信頼性や費用対効果の条件等
- 機能:求められる通信遅延や処理時間等
- 運用:異常を検知した場合の業務フロー等

鉄道分野におけるインフラ点検として、3.5.2.1 節で述べた実装モデルの枠組みがステークホルダも共通しているため有効と考えられ、線路巡視・運行業務補助に対する付加的なソリューションとして枠組みに参加することで実装に繋がると考えられる。

その際は、前述の実装条件を整理し、優先度を定めてマイルストーンを定めることが重要になる。

3.5.2.3 高速道路における工事・保全支援システム

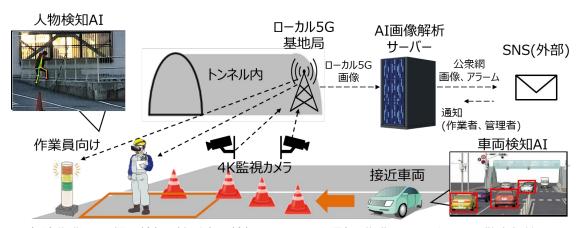
(1) ソリューション

本ローカル5G活用モデルは、ローカル5G基地局とカメラ・端末およびアプリケーションを用いたシステムであり、高速道路での工事・保全業務の支援を目指すソリューションである。具体的なソリューションの例としては監視カメラを用いた現場作業員の安全確保に資するソリューション、スマートグラスを用いた現場作業員の遠隔作業支援に資するソリューションが挙げられる。

① 監視カメラを用いた現場作業員の安全確保に資するソリューション

本ソリューションはローカル 5 G基地局、及び 4K 監視カメラ、リアルタイム AI 解析アプリケーションを活用することにより、高速道路における場作業員の危険エリアへの侵入の検知、及び高速道路を走行する車両の作業エリアへの近接と侵入の検知を行い、現場作業員にアラートを配信することで安全を確保することを目的とするソリューションである。

ソリューションのイメージ図を図表 3·41 に示す。本ソリューションはローカル5 G基地局により作業エリア付近にカバーエリアを展開し(イメージ図ではトンネル内にカバーエリアを展開)、4K 監視カメラで撮影した画像をローカル5 G通信にて AI 画像解析サーバに伝送、AI による画像解析にて、「現場作業員の危険エリアの侵入」、「高速道路を走行する車両の作業エリアへの近接・侵入」を自動的に検知し、現場作業員にアラートを通知するものである。アラートの通知方法は、作業エリアに設置した警告灯の点灯や警報音の発信による通知、作業員が所持する携帯端末や周辺機器への SNS メッセージ等を介したアラート配信等が考えられる。



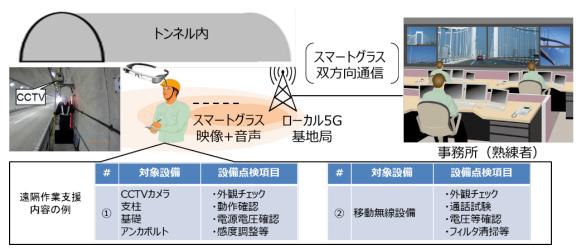
危険作業エリア侵入検知、接近車両検知 → アラート通知(作業員スマートフォン、警告灯等)

出所) No.14 実証コンソーシアム(代表機関:エクシオグループ)成果報告書

図表 3-41 トンネル内での作業員の安全性向上 イメージ図

② スマートグラスを用いた現場作業員の遠隔作業支援に資するソリューション

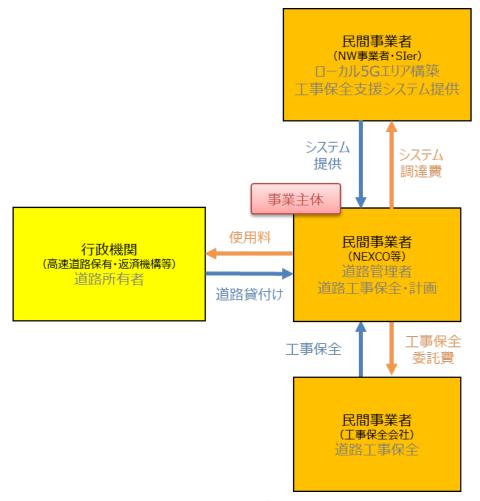
本ソリューションは現場作業員が装着したスマートグラスを通じたローカル5Gによる映像と音声の双方向通信により、遠隔地にいる熟練技術者が現場作業員の作業支援を行うことを目的としたソリューションである。本ソリューションを利用することで、作業員が工事・保全業務を行う際に、スマートグラスで撮影した作業員目線での映像や音声を熟練技術者に向けて配信し、熟練技術者による作業の指示や外観チェックの支援を映像および音声で受け取ることが可能になる。作業現場ではスマートグラスの他、固定設置したカメラによる俯瞰映像や、作業員が所持するスマートフォンやタブレット等の端末に向けて配信した映像も5G回線を用いて配信することが可能となる。また本ソリューションの活用により、熟練技術者が複数の作業現場にいる現場作業員を並行的に支援することが可能となり、適切な人員配置による人手不足の解消や、熟練技術者の効率的な技術伝承に資する支援を行うことが可能となる。



出所) No.14 実証コンソーシアム (代表機関:エクシオグループ) 成果報告書

図表 3-42 遠隔作業支援による現場管理者の作業効率化 イメージ図

(2) 実装モデル



図表 3-43 実装モデル(No.14)

(3) ソリューション有効性

1) 導入効果(効果検証結果)

- ① 監視カメラを用いた現場作業員の安全確保に資するソリューション 現場作業員へのアンケート結果にて検知精度は十分であるものの、検知時間に関して否 定的な意見が目立った。また、通知についても警告灯と比較して SNS は否定的な意見が目 立った。
- ② スマートグラスを用いた現場作業員の遠隔作業支援に資するソリューション 現場作業員へのアンケート結果にてスマートデバイス側では映像はきれいに見えているが、音声が聞き取りづらい、スマートデバイスが従来のヘルメットと比べて重たいなど課題が出ており、まずはシステムの改善として機器構成や周辺機器の見直し(例えば、ノイズキャンセリングヘッドホンの利用、音声認識機能等の活用など)が必要となる。

2) 機能面 (機能検証結果)

① 監視カメラを用いた現場作業員の安全確保に資するソリューション 監視カメラ映像の AI による検知機能に関して、それぞれ指定したエリアに対象物が侵入した際に、下記の検知率を達成することができた。

人物検知:検知率 100% (試行 1,000 フレーム) 車両検知:検知率 97% (試行 1,000 フレーム)

またエリア侵入から通知までの時間に関しては下記の結果となり、警告灯の通知では、通知から作業員の退避までの時間の目標値である 5 秒以内の目標を達成することができた。一方 SNS では公衆網に設置された SNS サーバを介した通信経路を活用することから、最大通知時間が目標値を超える形となり、目標値の達成には通知時間の短縮が必要であることが分かった。

図表 3-44 車両検知通知時間結果

	警告灯	SNS
平均通知時間	約 2.234 秒	約 4.153 秒
最大通知時間	約 2.830 秒	約 5.774 秒
最小通知時間	約 1.933 秒	約 3.127 秒

図表 3-45 人物検知通知時間結果

	警告灯	SNS
平均通知時間	約 2.528 秒	約 4.200 秒
最大通知時間	約 3.435 秒	約 5.925 秒
最小通知時間	約 1.846 秒	約 2.829 秒

② スマートグラスを用いた現場作業員の遠隔作業支援に資するソリューション

スマートグラスを用いた映像・音声伝送機能に関して、伝送遅延時間は下記の値となった。伝送遅延時間の平均値は目標値である 0.5 秒以内を達成できたが、公衆網に設置された映像伝送サーバを活用したことから、最大遅延時間が目標値を超える形となり、目標値の達成には伝送遅延時間の短縮が必要であることが分かった。

図表 3-46 遠隔作業支援遅延時間測定結果

	遠隔作業支援
平均遅延時間	約 0.331 秒
最大遅延時間	約 0.927 秒
最小遅延時間	約 0.258 秒

3) 運用面 (運用検証結果)

① 監視カメラを用いた現場作業員の安全確保に資するソリューション

現場作業員へのアンケート結果によれば、検知精度は十分であるものの、検知時間に関して否定的な意見が目立った。また、通知についても警告灯と比較して SNS は否定的な意見が目立った。

② スマートグラスを用いた現場作業員の遠隔作業支援に資するソリューション 現場作業員へのアンケート結果にてスマートデバイス側では映像はきれいに見えて いるが、音声が聞き取りづらい、スマートデバイスが従来のヘルメットと比べて重 たいなど課題が出ており、まずはシステムの改善として機器構成や周辺機器の見直 し(例えば、ノイズキャンセリングヘッドホンの利用、音声認識機能等の活用など) が必要となる。

(4) ローカル5G活用モデルの実装性

本実証による各ソリューションの検証結果から、今後の実装に向け下記の課題(図表 3-47 参照)が明らかとなっており、短期的にはアプリケーションの改善(アプリケーションの運用環境に合わせた仕様変更)、短中期的には柔軟なエリア・ネットワーク構築への対応(エリアやスループットの改善、効果的な置局への対応)中期的には費用対効果の改善(ローカル 5 Gを多数の利用シーンで活用する等の対応)が必要となる見込みである。

アプリケーションの改善については、走行車両の反響音等、音響ノイズの影響が大きいトンネル内での環境における作業員への伝達手段が課題となっており、骨伝導技術など伝達手段の多様化が今後求められる。柔軟なエリア・ネットワーク構築への対応については、作業の状況に応じ、無線機の位置を移動させ都度エリア化を行うことが求められるため、移動可能な基地局の検討や、移動に関連した免許申請への対応の検討、パラメータ調整/無線機(RU)の追加/準同期方式の検討が今後求められる。

また、今回の実証では一部公衆網を使用していることから、作業員の通知までのラグ時間が大きいとのフィードバックを一部の作業員から頂いており、中日本高速道路株式会社が所有する光自営網の活用も今後の検討課題となる。

費用対効果については、ローカル 5 Gを複数の利用シーンで活用することにより、ローカル 5 Gの整備費用に対する効果を上げていく必要がある。中日本高速道路株式会社がコンソーシアム方式にて設置しているオープンイノベーション推進組織である「イノベーション交流会」では、5 Gの活用に対する複数のニーズ(13 種類)がリスト化(図表 3-47 参照)されており、このようなニーズを複数集約するシステムの運用についての継続検討が必要と考えられる。

図表 3-47 抽出された課題とその解決策

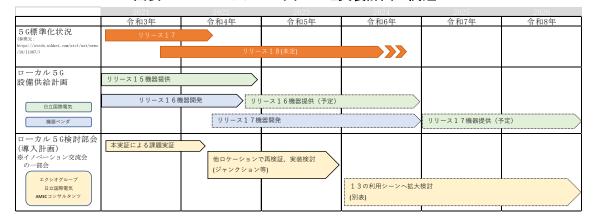
検討ポイント	抽出された課題	解決策	期間
アプリケーシ	・運用環境に合わせた	警告音や骨伝導技術など伝達手段の多様	短期
ョン	仕様変更	化	
ローカル5G	・エリアやスループッ	パラメータ調整/無線機(RU)の追加/準	短中期
システム	トの改善	同期方式	
(28GHz NSA)	・効果的な置局	NEXCO 光自営網活用、「移動可能な基	

		地局」検討	
費用対効果	・費用対効果の改善	ローカル5Gを多数の利用シーンで活用	中期
	(ローカル 5 G整備費		
	用)		

図表 3-48 高速道路業務の高度化と5G 活用についてのニーズー覧

#	高速道路業務の高度化	5G の活用		
1	ドローン、車載カメラ (ドラレコ含む) 等の立体画像	0	大容量・移動体通信	
2	ウエラブルカメラ画像(点検支援、工事管理(立ち合い)、近接立ち会い等用)	0	大容量・移動体通信	
3	構造物等 3D・点群計測データ(点検ロボット等による自動計測)	0	大容量・移動体通信	
4	定点 CCTV カメラ画像(明かり部・トンネル部用)	Δ	地上ネットワークで整備済 み有	
5	道路管理用各種センサー計測データ (明かり部・トンネル部・のり面変形位計等も含む)	0	多元接続・ネットワーク整備コスト削減・労力削減・ 早期実現可能	
6	情報提供設備向け監視・制御データ(将来、空中結像サイネージでの提供	Δ	地上ネットワークで整備済 み有	
7	点検用タブレット入力、過去データ/3D 図面等参照	0	大容量・移動体通信	
8	料金所周辺のケーブルレス化(ETC・現金システム 等)	Δ	大容量・高安定性・高セキ ュリティー確保が必要	
9	社屋内ネットワーク(音声電話系やグループネットワーク(保全サービスセンター棟、道路管制センター棟、SA・PA管理用	×	他のシステムで安価に対応可	
10	CCTV カメラ臨時増設用(火災時、イベント発生時)	0	ネットワーク整備コスト削減・労力削減・早期実現可能	
11)	光ケーブル切断時のバックアップ(予備)	×	技術的に対応できない(基 地局間通信が不可)	
12	維持管理車両の自動運転 (自動走行・遠隔走行の監視 制御含む)	0	大容量・移動体通信	
13	工事・作業用ロボットの遠隔制御・監視	\circ	大容量・移動体通信	

今後の実装計画についてはイノベーション交流会にて、継続的な議論が行われている。ローカル 5 G J リースと実装計画の見通しを図表 3・49 に示す。令和 4 年から 5 年にかけて、ジャンクション等、他のロケーションでの再検証と実装検討を行い、令和 7 年よりイノベーション交流会にてリストされた 13 種のニーズへの拡大検討を行う予定である。

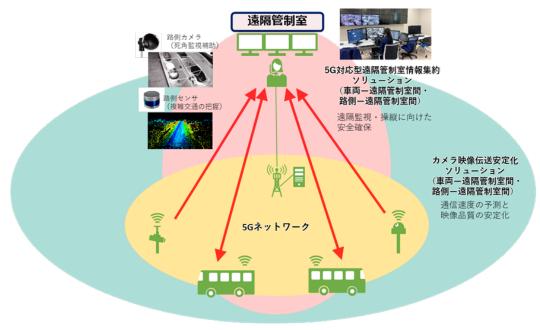


図表 3-49 ローカル5G リリースと実装計画の関連

3.5.2.4 公道における自動運転バスの遠隔管制システム

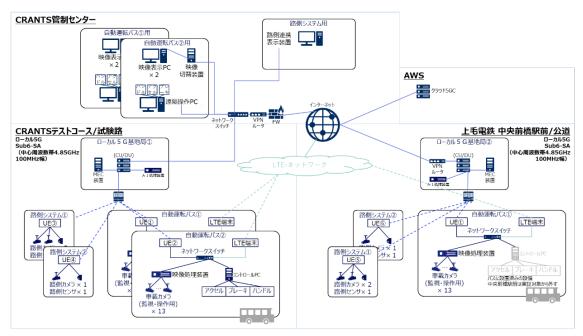
(1) ソリューション

本ローカル 5 G活用モデルは、自動運転バスをローカル 5 G (ローカル 5 Gのカバーエリア以外は全国 5 G)を介した通信により、遠隔管制室にて管制制御を行うソリューションである。5 Gによる通信はバスに設置した装置 (車載カメラと車両制御用のコントロール PC)、路側システムに設置した装置 (路側カメラ・路側センサ)と遠隔管制室、MEC 装置との通信に活用されている。本ソリューションではバス車載カメラや路側カメラ・路側センサーの情報に AI 処理を加え遠隔管制室に配信することで、管制室のオペレータが自動運転時の安全確認を行い、緊急時に適切な車両制御が可能となることを目的としている。



出所) No.16 実証コンソーシアム (代表機関: TOPIC) 成果報告書

図表 3-50 ソリューション概念図

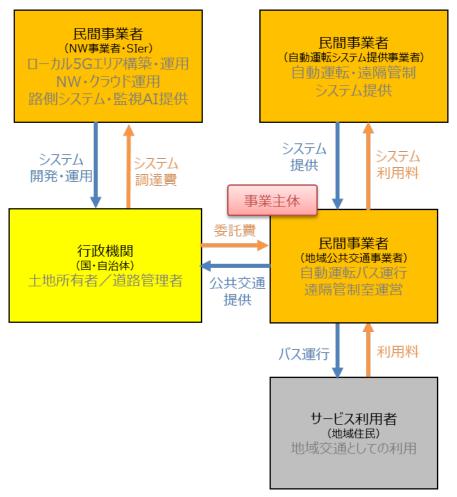


出所)No.16 実証コンソーシアム(代表機関: TOPIC)成果報告書

図表 3-51 システム構成図

(2) 実装モデル

本ソリューションにおける実装モデルのイメージを図表 3-52 に示す。道路所有者および 道路管理者である自治体等の行政機関が公共交通機関の運営を事業主体である地域交通事業者 (バス運営会社) に委託し、委託費を支払う。地域交通事業者は自動運転システムおよび遠隔管制システムについて、民間事業者にシステム利用料を支払い、システム利用の提供を受ける。地域交通事業者は自動運転システムと 1 対 N の遠隔管制システムの利用により、バス運転手の人件費を削減した上で、公共交通機関のサービス利用者である地域住民よりバスの利用運賃を回収し、事業を運営するモデルとなる。また、この実装モデルにおいては、ローカル 5 Gおよび路側システム、監視 AI を含むクラウド等のネットワーク環境を含むシステムは自治体等の行政機関が民間事業者より調達し、システムの提供を受ける形となる。この場合、ローカル 5 Gの免許人はネットワーク提供事業者、自治体、バス運営会社のいずれかがなる形となる。



図表 3-52 実装モデル(No.16)

(3) ソリューション有効性

1) 導入効果(効果検証結果)

本ソリューションではバス車載カメラや路側カメラ・路側センサの映像情報をローカル5G通信を活用して遠隔管制室に配信することで、LTE通信の場合と比較して、より高解像度の映像を配信することが可能となり、遠隔管制室のオペレータが安全状態を視認可能となる距離(安全確認視認距離)をより長くすることができた。安全確認視認距離の比較結果を以下に示す。

• LTE : 45m

・ローカル5G:100m

また本ソリューションでは AI での画像処理により、カメラ映像に映った歩行者や対向車等の障害物(自家用車、バス、トラック、バイク、自転車、歩行者が対象)に対して、強調表示を行い、遠隔管制室のオペレータへの注意喚起を促すことができた。またオペレータへ

のヒアリング結果より、「強調機能があることにより、対象の注視を行いやすくなる」、「夜間では周囲が見にくくなる中で強調機能が働くことにより、効果が増す」等の意見を得ることができ、AIによる強調表示機能の有効性が確認できた。

2) 機能面 (機能検証結果)

本実証では以下の機能を確認できた。

- ▶ 車載カメラ、路側カメラ、AI 処理画像を車両の走行位置に応じて遠隔管制室のモニターに適切な画面構成で表示できること。
- ▶ 走行位置に応じて 5G/LTE の自動的な通信切り替えが行えること。
- ➤ AI 画像処理によりカメラ映像に映った歩行者や対向車等の障害物に対して、強調表示が行えること。
- ➤ 遠隔管制制御室からバスの遠隔操縦が可能となること。また、バスの発信操作に対する応答時間が目標時間の 200msec 以内となること。
- ▶ 通信速度を予測し、通信可能な帯域に合わせて映像の圧縮率を変更することで、映像の乱れを回避することが可能となること。

3) 運用面(運用検証結果)

本実証における運用検証として、オペレータによる自動運転車の 2 台同時運用の検証を行うことができた。本ソリューションを活用することにより、試験路にて遠隔管制室より自動運転車両を 2 台同時に運用し、画面を切り替えながら、必要な操作を車両に送ることで、問題なく自動運転車両の 1 対 2 の遠隔管制ができることが確認できた。

また、公道におけるバスの運行時刻に合わせて、遠隔管制室より自動運転車両の遠隔監視による運行を行うことができた。公道での運行は1日間の動作において問題なく走行できることが確認できた。その一方で、運用可能な状態にスタンバイするまでの工程が複雑化しており、スタンバイまでの時間に1時間ほどの時間が必要となることが課題となった。今後の対策として、立ち上げプロセスなどの簡略化や自動化を進めることが必要であることが確認できた。

(4) ローカル5G活用モデルの実装性

今後の前橋市における自動運転バスの社会実装について、社会実装に向けた検討項目ごとのこれまでの課題への取り組みと令和4年度(2022年度)における課題の整理結果を図表 3-53に示す。令和4年度は自動運転技術に関して自動運転レベル3の緑ナンバー取得に向けた技術開発と各種手続きが課題となっている。また、国の方針等を踏まえた安全性対策への取り組みとして、国土交通省、及び警察庁が示すガイドラインへの適応が必要であり、その一環として道路環境の整備(乱横断を防ぐためのガードレールの設置や植栽の整備、信号のない横断歩道への対応等)が求められる。前橋市においては、県や国土交通省ともその整備について議論を進めている。

また令和 4 年度(2022 年度)以降の前橋市における自動運転バスの社会実装に向けた取り組みを図表 3·54 に示す。バス運行会社による自動運転バスの買い取りを前橋市の補助により令和 3 年度中に実施済みであり、令和 4 年度は社会実装に向けてバス運行会社、および所轄警察、道路管理者との調整、地域交通協議会との協議を進める予定である。またODD(Operational Design Domain:運行設計領域)の定義と認証へ向けた対応として、前橋駅~中央前橋駅間を自動運転レベル 3 区間とした条件設定の検討を行うとともに、令和 5 年度(2023 年度)のローカル 5 Gの基地局整備と自動運転レベル 2 での定期運行(一定期間における)の実施に向けて、令和 4 年度は基地局の補助金による導入と仕様および費用の検討を行う予定である。

図表 3-53 社会実装に向けた検討項目ごとの整理

	H 3 2	R 1	R 2	R 3	R 4 ~
	技術実証 (市民乗車、通常 路線)	技術実証 (市民乗車、通常路 線、複数台運行)	実証事業 (L5Gによる安全 性向上)	実証事業 (L5Gによる安全性向 上と複数台運行)	社会実装
自動運転技術	L2緑ナンバーでの 運行に対応した技 術開発	2台同時運行対応な らびに遠隔型想定運 用(LTE)	5G 対応型ソ リューション開発 (主に 1 台)	5G 対応型ソリュー ション開発(複数 台)	L3緑ナンバーに向けた技術開発と各種手続き
ODDへの対応 (道路条件、地理 条件、環境条件、 その他条件)	L2運用。L3以上運 用で想定される ODDの見極めのた めの実験。長期間 運用実験(3か月 強)	12運用。複数台運用 時の想定されるODD の見極めのための実 験	L2運用。5G利用 によるODDに対す る影響の見極めの ための実験	12運用。複数台運用 時の5G利用による ODDに対する影響の 見極めのための実験	前年度までの見極め を基にL3運用のため のODD定義と設定手 続き
ステークホルダー 調整	所轄警察、道路管 理者、住民説明会 の実施。前橋市と 日本中央バス、群 馬大学で協定締結	H32に加え、 路線延伸(中央前 橋一前橋駅ーケヤキ ウォーク)所轄警察、 道路管理者、施設管 理者との協議	H32に加え、路側 物を実験期間設置 に伴う所轄警察、 道路管理者との協 議	R2に加え、路側物の 長期間設置に伴う所 轄警察、道路管理者 との協議	13運用に伴う、所轄 警察、道路管理者と の調整。地域交通会 議での協議
社会受容	地域市民が自動運 転バスを移動手段 として利用	地域市民のニーズに 応じた延伸に自動運 転バスが対応	新技術検証と一般 市民乗車実施	新技術検証と一般市 民乗車実施	運転席無人での自動 運転バスを移動手段 として利用いただく
国の方針等を踏まえた安全性対策	L2運用のための各 ガイドラインに 沿った安全対策の 実施	遠隔型自動運転を想 定した各ガイドライ ンに沿った安全対策 の実施	L3運用を見据えた 安全対策の検討	L3運用を見据えた安 全対策の検討	L3運用のための各法 律、ガイドラインに 沿った安全対策の実 施
ハード面の改修	L2用自動運転バス の構築	L2用自動運転バスを 2台導入および遠隔 型自動運転対応	5G対応機器の搭 載	5 G対応機器の改修及 び道路環境の改善検 討	L3認証の取得に必要 な機器の搭載及び道 路環境の改善

出所)No.16 実証コンソーシアム(代表機関: TOPIC)成果報告書

図表 3-54 令和4年度以降の取り組みについて

四衣 0 07 月和7十及次件07次7机0			1000		
	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度以降
自動運転実装フェーズ	・第1路線のインフラ整備 ・遠隔管制室整備(日本中央バス) ・長期の実証実験(搭乗型レベル2) ・一部路線で遠隔型自動運転の実施 (遠隔型レベル3) ・第1路線における一部社会実装	・第1路線における(一部または全部路線の)遠隔または全部路線の)遠隔 型自動運転(レベル2)での一定期間の定期運行実施・第1路線における(一部または全部路線の)遠隔型自動運転(レベル3)で	レベル3での2台同時 連行(1:2運行開始) ・第2路線における自 動運転実装 ・第3路線における実 証実験及びインフラ 整備	・第3路線における自動運転実装(1:3運行の開始)	
自動運転技術	化	・レベル3認定取得対応 (試験等実施) ・前橋駅~中央前橋駅 間ODD対応	・遠隔管制室の共同 運営対応 ・第2路線ODD対応 ・パスサービスとの連 動強化	第3路線ODD対応バスサービスとの連動強化	・レベル4認定取得対応・パスサービスとの連動 強化
ODDへの対応 (道路条件、地理条件、 環境条件、その他条 件)	・前橋駅〜中央前橋駅間をレベル3 区間とし、条件設定検討	・第2路線の条件設定検 討		・前橋駅〜中央前橋駅間をレベル4区間とし、条件設定検討	
L5Gの運用	において導入費用補正		局追加検討。共同経 営における費用負担	他の交通モードを含めたL 5Gの横展開を検討。更な る費用負担の分散化。	
ステークホルダー 調整	・バス運行会社との調整 (バスの購入と遠隔管制 室の設置) ・所轄警察、道路管理者 との調整 ・地域公共交通会議での協議	・新規のバス運行会社調	・遠隔管制の共有化・協議会設置及び開催	・共同運行モデルの検討 ・協議会開催	・2025年度までの成果を踏まえて調整
社会受容	・初期は補助員によるサポートを想定 ・車内保全、料金収受、 ・車内保全、料金収受、 事故時の責任分界モデルの検討	・車内保全の仕組みの実装 ・Mass 施策と連動した料金収受モデルの導入 ・事故時の対応実装 課題: 道路運送法における運転手の責務や運賃機の取り扱い 解決策: 顔認証による決済技術の導入や警備会 社との契約を検討(緊急 時対応)	の対応 ・第1 路線、第2 路線に おけるバス車内完全無 人化 課題:車イス乗客の対 応 解決策:事前予約によ	内完全無人化 ・街中再開発に合わせた自	・自動運転導入におけるノ ウハウの共有 →他市での自動運転バス 導入へ
国の方針等を踏まえた 安全性対策	・遠隔操作の公道実証 実施 ・第1 路線での道路使用 許可 ・自動運転車両検査(警察、運輸支局) 課題:レベル3における 許可申請手順が不透明 解決等・続きノウハウ の共有	·第2路線導入車両検査 (警察、運輸支局)	・第2路線での道路使用許可 ・第3路線導入車両検査(警察、運輸支局)	・第3路線での道路使用許可	・今後の拡張を想定したレベル4実装に向けた許可申請等調査検討
ハード面の改修		ラ整備実施(乱横断防止 用横断防止柵設置、自動		・第3路線でのインフラ整備 検討、実施 ・第2路線における残整備 実施	・2025年度までの成果を踏まえて拡張検討 ・第3路線(こおける残整備 実施

出所)No.16 実証コンソーシアム(代表機関: TOPIC)成果報告書

3.5.3 課題と対応策

鉄道・道路分野では設備投資の規模が大きいため、ローカル5Gシステムのコストが高額という課題はあまり見られなかった。一方で、3.5.1 節で述べた通り、鉄道・道路分野は公共性が高く、安全性が求められることから、信頼性確保や監督官庁が定めた安全基準への対応が課題として多く見られた。また、対象となるエリアが長距離にわたることが想定され、その場合には基地局の敷設効率が低下することも課題として見られた。ただし、鉄道分野では駅を基点としてデータ授受を行うことでこの課題は解消される。

信頼性確保、安全基準への対応いずれにおいても、技術的な改善を試みつつ、検証を重ね、 監督官庁並びに業界の安全に対する意識を変革することが重要となる。例えば鉄道分野に おいては従来の点検周期を定める時間基準保全ではなく、どういった状態であれば安全と 言えるかという、状態基準保全への転換を提案する実証コンソーシアムがあった。

また、ローカル5Gシステムを組み込んだ自動運転の実用化においては、各レベルの自動運転に求められる通信の遅延や信頼性を定量的に定義することで、ベンダーは自動運転での利用を目的としたローカル5Gシステムを効率的に設計・構築することが出来る。実証コンソーシアムへのヒアリングでは、現状の自動運転の許可は警察署等の担当者の属人的裁量で決められており、事前のシステム調整は困難とのことであった。

いずれにしても、鉄道・道路分野におけるローカル5G活用モデルの実装においては、精度の高いシステムを構築することはもちろん、業界関係者や監督官庁の理解を得ることが重要となる。

3.5.4 普及・横展開の方向性

前項の通り、AI 等の信頼性確保と監督官庁が定めた安全基準への対応が普及・横展開に向けた主な課題だが、当面はAI 等の信頼性確保に取り組むことが重要になる。

特に安全性を重視する鉄道・道路分野では AI を絶対視することはせず、誤作動を起こした場合や災害時等特殊条件下での検知精度低下等、あらゆる状況を想定して運用フローを定める必要がある。そのため、あらゆる状況を想定した完全な代替には、業界や監督官庁の理解を得るために長い期間が必要となると思われる。

一方で、鉄道・道路分野では将来的な人口減少、生産年齢人口減少に対する危機感を共有 していることが感じられ、完全な代替までの長い道のりの第一歩として、部分的な代替から 着手することが想定される。

そのため、当面は人間が主となって鉄道分野の点検・運行や、道路における危険検知・自動運転を行い、AIがそれを補助するソリューションの検証を進め、実用化可能なレベルまで精度を高めることから着手する。

その際、鉄道分野・道路分野ではそれぞれ設備が類似していることからデータ共用によるシナジーが生まれるものと想定される。そのため、データを共用する基盤や基本的なソリューションの開発・運用を行う事業主体を設置し、業界内の事業者は金銭やデータを対価にそのデータ連携基盤やソリューションにアクセス・活用するシェアリングモデルが有効であると想定する。

3.6 スマートシティ

3.6.1 分野の背景課題

3.6.1.1 課題・ニーズ

現在、我が国は世界でも高い水準で高齢化が進行しつつあり、地域社会・経済に大きな影響を及ぼしている。令和2年10月1日時点で、高齢化率は28.8%と過去最高を記録したが、総人口が減少する中、65歳以上人口は上昇傾向が続き、令和47年には38.4%に達すると推計されている²²。

平成 27 年版「厚生労働白書」によると人口減少は、第1段階(若年減少、老年増加)、第2段階(若年減少、老年維持・微減)、第3段階(若年減少、老年減少)を経て進行していくとされている。東京都区部等は第1段階である一方、地方は、若い世代の東京圏への流出と出生率の低下により、都市部と比較して、数十年早く人口減少が進んでおり、既に第2・3段階に突入している地域もある²³。人口減少・少子高齢化は、地域経済を縮小させ、さらなる人口減少と少子高齢化を加速させるおそれが指摘されている²⁴。

こうした背景を踏まえ、本節ではまず地域における主な課題・ニーズを、地域経済活性 化の観点から「安心・安全な地域の実現」及び「地域の新たな価値の創出」の2軸に大きく 分けて整理する。

(1) 安心・安全な地域の実現

地域経済の衰退により、その地域における移動手段等の社会インフラの維持、買い物等 生活インフラの維持等が困難になりつつあるほか、地域内での高齢者や子どもの見守り等、 これまで地域のコミュニティが担っていた機能も失われつつある。

こうした状況の中、刑法犯認件数のうち高齢者の被害件数の割合は平成 21 年以降増加傾向が続いており、令和元年は過去最高の 12.3% となった 25。加えて、行方不明者の原因が認知症またはその疑いによる届出受理数は年々増えており、令和 2 年は 17,565 人(構成比 22.8%)であった 26。

このような背景を踏まえ、平成 28 年度「第 5 期科学技術基本計画」(内閣府) において、 我が国が目指すべき未来社会の姿の一つとして、「国及び国民の安全・安心の確保と豊か で質の高い生活の実現」が掲げられている ²⁷。

²² 内閣府「令和3年度版 高齢社会白書(全体版)」

https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2021/zenbun/03pdf_index.html

²³ 厚生労働省「平成27年版 厚生労働白書 -人口減少社会を考える-」

https://www.mhlw.go.jp/wp/hakusyo/kousei/15/dl/1-02.pdf

²⁴ 総務省「令和2年版 情報通信白書」

https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r02/html/nd121220.html

²⁵ 警察庁「令和2年版 警察白書」

https://www.npa.go.jp/hakusyo/r02/honbun/index.html

²⁶ 警察庁「令和2年における行方不明者の状況」

https://www.npa.go.jp/publications/statistics/safetylife/R02yukuefumeisha.pdf

²⁷ 内閣府「第5期科学技術基本計画」(2018年1月)

https://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/5honbun.pdf

また、厚生労働省では、団塊の世代が 75 歳以上となる 2025 年を見据え、認知症の人の意思が尊重され、できる限り住み慣れた地域のよい環境で自分らしく暮らし続けることができる社会の実現を目指し、新たに「認知症施策推進総合戦略~認知症高齢者等にやさしい地域づくりに向けて~」(新オレンジプラン)を関係府省庁と共同で平成 27 年に策定した。新オレンジプランにおける七つの柱の一つとして、「認知症の人を含む高齢者にやさしい地域づくりの推進」を掲げており、高齢者の安全確認や行方不明者の早期発見に向けた地域での見守り体制の整備を目指している 28。一方で、全国社会福祉協議会が実施した平成 24 年度社会福祉協議会活動実態調査 (第 1 回)「地域密着の見守り・支援活動による孤立と生活困窮への対応に関する緊急調査」の調査結果では、見守り・支援活動の実施上の課題として、「担い手となってくれる人が不足している、見つからない」が 6 割以上から挙げられており、人手不足が課題となっている 29。

さらに、国民の安全・安心の確保に重要な役割を果たす警備業界においても、労働力不足が深刻化している。厚生労働省の「一般職業紹介状況 (職業安定業務統計)」によると、新型コロナウィルス感染症の拡大により全体における労働需要が落ち込み傾向にある一方、「保安の職業」は「建設躯体工事の職業」に続き最も高い有効求人倍率を示している。平成28年以降、全業種平均は1倍超であるのに対し、「保安の職業」の有効求人倍率は6から8倍程度を推移している30。

(2) 地域の新たな価値の創出

スタジアム・アリーナ・コンサートホール・劇場等の文化・スポーツ施設は、定期的に数多くの人を集められる集客施設であることから、施設内の経済効果だけでなく、飲食、宿泊、観光等周辺産業への経済波及効果や施設内外での雇用創出効果を生み出す地域活性化の拠点となることが期待されている。また、その地域を拠点する劇団やプロスポーツチーム等の興行団がいる場合、これらの効果がより継続的に地域にもたらされることに加え、興行団を軸とした地域ブランド力の向上も図ることができる。

しかしながら、こうした文化・スポーツ施設は 2020 年以降、新型コロナウィルスの感染拡大により、イベント・コンサート等の中止が相次いだことから市場が急激に縮小している。また、新型コロナウィルスの感染拡大中の収益確保だけでなく、感染収束後においても新しい生活様式に合わせた、新たな施設の活用とそれを通した新たな価値提供が求められている。

例えばスタジアム・アリーナ等を拠点とするプロ野球や J リーグ等のプロスポーツでは、新型コロナウィルスの感染拡大により試合数の削減、無観客試合、観客数の大幅な削減等、大きな制約を受けている。図表 3-55 で示すとおり、2019 年は約 2654 万人の観客数であ

²⁸ 厚生労働省「認知症施策推進総合戦略(新オレンジプラン)~認知症高齢者等にやさしい地域づくりに向けて ~!

https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-12300000-Roukenkyoku/kaitei_orangeplan.pdf ²⁹ 京都府社会福祉協議会「平成 24 年度 地域密着の見守り・支援活動による高齢者等の孤立と生活課題への対応に関する調査結果」

http://www.kyoshakyo.or.jp/chousa/%E5%9C%B0%E5%9F%9F%E3%81%AE%E8%A6%8B%E5%AE%88%E3%82%8A%E6%B4%BB%E5%8B%95%E5%AE%9F%E6%85%8B%E8%AA%BF%E6%9F%BB.pdf ³⁰ 厚生労働省「一般職業紹介状況(職業安定業務統計)」(2022 年 1 月)

https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&toukei=00450222&tstat=000001020327

ったのに対し、2020年は2割以下の482万人に激減した。施設事業者であるスタジアムやアリーナの主な収入源は、施設利用料に加え、来場者に対する飲食・物品販売と施設内の看板やフェンスによる企業広告であり、来場者(1st ベニュー)を前提にしたビジネスモデルである。そのため試合数、観客数の減少により、スタジアム経営は厳しい状況に置かれており、入場者以外の2nd ベニューからの収益モデルの開拓が求められている。

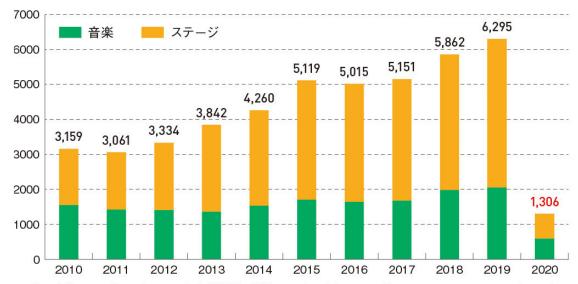


出所)プロ野球機構

図表 3-55 プロ野球の入場者数(左:セントラル・リーグ、右:パシフィック・リーグ)

また、コンサートホール・劇場を拠点とするライブ・エンタテインメント業界も新型コロナウィルス感染拡大以降、感染拡大防止の側面から断続的に会場集客に大きな収容制限がかけられている。2020年のライブ・エンタテインメントの市場規模は、前年2019年と比べ80%近くも縮小した。こうした中、有料型オンライン配信市場が飛躍的に存在感を増している。2020年の有料型オンライン配信の市場規模は、10月から12月だけで373億円となり、前期と比べ5.82倍も成長した。しかしながら、既存のイベント収録・放送技術は、放送局のノウハウを中心にしたものであり、費用感としてもコモディティ化には至っていない。また、現在のオンライン配信モデルは単に映像を配信しているにすぎないことから視聴者に対する訴求力も弱く、回を重ねるごとに単価が下がり、客数が減少する等、1公演当たりの動員数が減少していることも指摘されている。そのため、新型コロナウィルス感染症収束後もオンライン配信を新たな収益基盤として構築するためには、コスト構造の改善やオンライン配信コンテンツの価値向上が求められている。

ライブ・エンタテインメント市場規模の推移 (出典: ぴぁ総研)

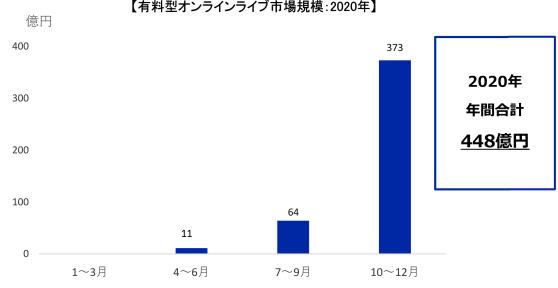


※「ライブ・エンタテインメント市場規模=音楽コンサートとステージでの、パフォーマンスイベントの チケット推計販売額の合計」と定義。2020年は10月25日時点試算額。

出所)公益社団法人日本芸能実演家団体協議会実演家著作隣接権センター

(https://www.cpra.jp/cpra_article/article/000645.html)

図表 3-56 ライブ・エンタテインメント市場規模の推移



【有料型オンラインライブ市場規模:2020年】

出所) ぴあ株式会社

(https://corporate.pia.jp/news/detail_live_enta_20210212.html)

図表 3-57 有料型オンラインライブ市場の規模

3.6.1.2 ICT の活用・目標等

(1) スマートシティの取組

我が国では、スマートシティをSociety5.0の総合的なショーケースと位置付けており31、この実現に向けて関係府省庁において継続的にスマートシティ関連事業に取り組んでいるほか、関連府省庁が連携し、IoT等の新技術を活用した、将来を見据えた便利で快適なまちづくりを戦略的に推進している32。

各府省庁における個別のスマートシティ関連事業の取組み例としては、例えば内閣府において、AI、IoTや自動運転、ドローン等の未来技術を活用した新しい地方創生を目指し、地方創生の観点から、革新的で先導性と横展開可能性等に優れた提案について、社会実装に向けた関連事業の現地支援体制(地域実装協議会)を構築し、関連府省庁による総合的な支援を行う「未来技術社会実装事業」を実施している 33。また、総務省では、地域が抱える様々な課題の解決や地域活性化・地方創生のため、スマートシティリファレンスアーキテクチャを満たす都市 OS (データ連携基盤等) や当該都市 OS に接続するサービス、データ及びアセットを整備する「データ連携促進型スマートシティ推進事業」(H29年度~)に取り組んでいる。

また、内閣府・総務省・経済産業省・国土交通省が連携した取組みとして、例えばスマートシティの取組みを官民連携で加速するため、「スマートシティ官民連携プラットフォーム」を設立し、企業、大学・研究機関、地方公共団体、関係府省等の会員に対し、事業支援等を実施しているほか、合同で「スマートシティ・ガイドブック」を作成し、令和3年1月29日に公開している。

さらに、AI やビッグデータを活用し、社会の在り方を根本から変えるような都市設計に向けた取組みである「スーパーシティ構想」の実現に向けて、未来仕様の都市インフラ、データの適正な管理・セキュリティの確保等を含む検討が進められているところである 34。このように、スマートシティの取組は我が国の施策においても重要な位置づけであり、ソフト・ハードの両面から積極的な地域の支援を行っている。

³¹ 内閣府、統合イノベーション戦略 2019

³² 内閣府、統合イノベーション戦略 2020

³³ 内閣官房・内閣府総合サイト(https://www.chisou.go.jp/tiiki/kinmirai/pdf/01_miraigizyutu gaivou.pdf)

³⁴ 内閣府地方創生推進事務局「国家戦略特区制度を活用したデジタル田園都市国家構想の推進(スーパーシティ、デジタル田園健康特区について)」、令和4年3月



(*1) API: Application Programming Interface 異なるソフト同士でデータや指令をやりとりするときの接続仕様

出所) 内閣府地方創生推進事務局「国家戦略特区制度を活用したデジタル田園都市国家構想の推進(スーパーシティ、デジタル田園健康特区について)」、令和4年3月

図表 3-58 スーパーシティ型国家戦略地区の概要

(2) 地域の集客施設に係る取組み

「未来投資戦略 2017」では、「スポーツを核として、音楽イベントや健康づくりなど、にぎわいやコミュニティ創出の拠点で、経済活性化の起爆剤となるスタジアム・アリーナを、2025 年までに新たに 20 拠点実現する。」としており、スポーツを核とした地域活性化の機運が高まりを見せている。

スポーツ庁及び経済産業省では、これを受けて「スタジアム・アリーナ改革」に取り組んでおり、モデルとなる対象施設を令和 2 年度から 2025 年まで毎年選定する予定である。 選定された施設には、スポーツ庁及び経済産業省による情報提供等、重点的な支援が提供される。

また、文化施設を活用した取組みも進められている。例えば、平成 27 年に東京都は 2020 年東京オリンピック・パラオリンピック競技大会の開催やその先を見据えた、今後の 芸術文化振興における基本指針となる「東京文化ビジョン」を策定しており、文化戦略の一つとして、東京における文化施設を通じた東京のブラント力の向上や街づくり・地域の活性化に貢献することを打ち出している 35。

このように地域の新たな魅力となり、地域の活性化に繋がる可能性という観点で、地域におけるスタジアム・アリーナ・コンサートホール・劇場等の文化・スポーツ施設への期待は大きいといえる。

-

³⁵ 東京都「東京文化ビジョン」(2015年3月)

https://www.seikatubunka.metro.tokyo.lg.jp/bunka/bunka_seisaku/houshin_torikumi/0000000210.htm

3.6.2 ローカル5 G活用モデル

3.6.2.1 大型複合国際会議施設におけるポストコロナを見据えた遠隔監視等による安心・安全なイベントの開催

(1) ソリューション

大型集客施設においてローカル 5 Gネットワークを自営網として構築し、当該施設における安心・安全なイベント開催を実現するためのソリューションとして、以下①~③のソリューションを提供した。

ソリューション 概要 遠隔ロボット監視 ✓ ロボットの遠隔操縦、遠隔監視により、警備品質の向上と効 (1) システム 率化を実現 ✓ さらに混雑検知システム(②)と連携し、自動走行と混雑アナ ウンスを行うことで利用シーンの拡大を図った 2 混雑検知システム 5 G対応スマートフォンでイベント会場の広範囲を撮影し、 当該画像をローカル5G経由でクラウド上のサーバーにアッ プロード。AIによる解析を行い、その結果からリアルタイム の混雑状況を固定型サイネージに表示。 ✓ 閾値を超え混雑を検知した場合には画面にアラートを表示す る共に、主催者等にメール配信を行った。 遠隔同期演奏シス 施設内 2 地点での遠隔同時演奏を同期させることで、遠隔に (3)

図表 3-59 提供ソリューション(No.17)

出所) No.17 実証コンソーシアム(代表機関:野村総合研究所)成果報告書より三菱総合研究所作成

いるアーティストとのセッションを実現。



出所)No.17 実証コンソーシアム(代表機関:野村総合研究所)成果報告書記載の図を三菱総合研究所に て編集

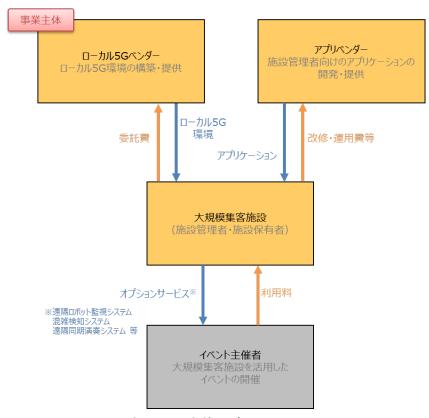
図表 3-60 提供ソリューション(No.17)イメージ

(2) 実装モデル

本モデルについては、以下の実装モデルを描くことができる。事業主体としては、ローカル5Gベンダーが想定されるほか、本実証における一般社団法人横浜みなとみらい21 (みなとみらい21地区のエリアマネジメントを実践)のような当該エリアのエリアマネ

ジメントを担う組織が考えられるが、以下の実装モデルでは、対象とする集客施設のエリアに依らず横展開が期待できること、及び技術的専門性が求められるソリューションであることから、より実装性の高いモデルとしてローカル 5 Gベンダーが事業主体を担う形を示した。

なお、大規模集客施設自身がローカル5Gの環境調達とアプリを個別に調達しマネージメントすることは負荷が高いと想定され、ローカル5Gベンダーとアプリベンダーが連携した体制や、あるいは上述のエリアマネジメント組織やコンサルティング企業等がローカル5Gベンダー及びアプリベンダーと大規模集客施設の間に入り、サポートを行う体制も有効と想定される。



図表 3-61 実装モデル(No.17)

(3) ソリューション有効性

1) 導入効果(効果検証結果)

図表 3-62 導入効果(No.17)

	ソリューション		概要
Ī	1	遠隔ロボット監視	✓ 一連の警備業務において通信の輻輳を受けることなく運用で
		システム	き、ヒアリング 36等からも総じて警備力向上の観点から良好
			な結果を得た。

³⁶ 施設管理者、イベント主催者、イベント出展者、イベント来訪者に対し、アンケート、ヒアリングを実施

		√	混雑検知システム(②) との連携によるロボットアナウンスでは、移動型であるため機材数を低減できる反面、音声や表示によるアナウンス方法に工夫の余地があることが分かっ
	\		<i>t</i> c.
2	混雑検知システム	✓	当該システムの認知率は3割程度と低い結果となったが、混
			雑検知を行っていることにより安心できたと回答した人が 8
			割を超えた。
		✓	イベント主催者側からは、人数管理に係るコストの削減可能
			性や、可搬性であるためイベントに合わせた活用がしやすい
			点が評価された。
3	遠隔同期演奏シス	✓	演奏者からは、遅延は感じるものの演奏許容範囲内との評価
	テム		を得た。
		✓	施設管理者・PA業者からは、高い期待が寄せられたとともに、
			合唱やグループ音楽での利用可能性が評価された。

出所)No.17 実証コンソーシアム(代表機関:野村総合研究所)成果報告書より三菱総合研究所作成

2) 機能面(機能検証結果)

図表 3-63 機能検証結果(No.17)

ソリューション		概要		
1	遠隔ロボット監視	✓	ローカル5Gにより輻輳の影響を受けず、安定した遠隔監視、	
	システム		遠隔操作、警備員との連携(現場警備員への対処指示及び現	
			場警備員による対処の実施) ができ、システムの有用性を確	
			認。	
2	混雑検知システム	✓	ローカル5Gの帯域を活用して高精細画像をアップロードし	
			続けられた。4Kの高精細画像を用いることで2K等よりも検	
			知精度が高まることが確認された。	
		✓	一方で、施設管理者等からは属性検知等へのニーズが挙げら	
			れた。	
3	遠隔同期演奏シス	✓	ローカル 5 G (downlink)の遅延は平均 30msec/最大 40msec	
	テム		以下、遠隔同期演奏の許容範囲内であることを立証した。	
		✓	一方、ローカル 5 G(uplink)の遅延は平均 50msec 以上/最	
			大 100msec 以上とばらつきが大きく、遠隔同期演奏の要	
			件未達。	
		✓	Uplink の遅延改善及びジッタ発生量低減のための使用機器	
			及び電波受信エリアの再検証実施の検討が必要。	

出所) No.17 実証コンソーシアム (代表機関:野村総合研究所) 成果報告書より三菱総合研究所作成

3) 運用面 (運用検証結果)

図表 3-64 運用検証結果(No.17)

ソリューション		概要		
1	遠隔ロボット監視	✓	施設警備とイベント警備双方の連携による、従来とは異なる	
	システム		警備運用における施設特性を踏まえた最適な適用方法の更な	
			る追及が必要。	
2	混雑検知システム	✓	少ない機材で、イベントに合わせて簡単に設置・撤去できる	
			点がメリットとして評価された。	
		✓	一方、カメラの死角対策、誰でも簡単に設定ができるように	
			アプリケーション等の開発を行うことが今後の課題として挙	
			げられた。	
3	遠隔同期演奏シス	✓	施設管理者側からは、工事の削減とレイアウト変更の容易化	
	テム		が図られ、施設の回転率向上や新たな提案に繋がる点が評価	
			された。	
		✓	一方、多拠点での遠隔同期演奏の準備・運用を簡略化するた	
			めの音響機器構成の検討・提案の必要性が明らかになった。	

出所) No.17 実証コンソーシアム (代表機関: 野村総合研究所) 成果報告書より三菱総合研究所作成

(4) ローカル5G活用モデルの実装性

本モデルの実装にあたっては、施設管理者・イベント主催者双方にとってのメリットを明確に打ち出すことが重要である。すなわち、施設管理者にとっては、本モデルにおけるソリューションが(特に大規模な)催事を誘致するための競争力となり得るか、またイベント主催者にとっては本モデルを導入した施設を利用することでどれ程コスト削減しつつイベント参加者に魅力的な環境を提供できるかが実装におけるポイントとなる。

その観点で、例えば5Gのインフラをイベント主催者側に低価格で提供できることは施設管理者にとって競争力の一つとなりうる。安全・安心なイベントを提供するための人流管理はイベント主催者側においてコストをかけなければならない部分であり、本ソリューションの導入によるコスト削減効果を定量的に示すことで本モデルの実装性は高まると考えられる。

一方で、遠隔ロボット監視システムや遠隔同期演奏システムはあくまでも施設管理者側が当該施設の付加価値として提供するものとなり、イベント主催者側にとってのメリットを具体的に示すことができるかどうかが課題である。

3.6.2.2 スマートシティにおける移動体搭載カメラ・AI 画像認識による見守りの高度化モデル

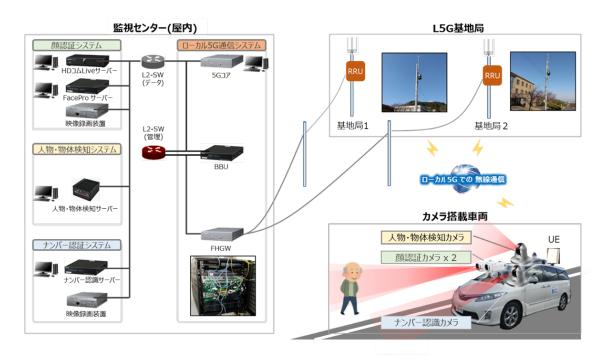
(1) ソリューション

ローカル 5 G環境を構築し、プライバシー等に配慮した上で、自動運転車両等移動体に見守りカメラを搭載。AI 顔認証や AI 画像認識による地域の見守りに関するソリューションを提供した。

図表 3-65 提供ソリューション(No.18)

ソリューション		概要	
1	顔認証システム	✓	施設関係者の情報を予め「顔認証」システムに登録。移動体カ
			メラの映像内に捉えられた人物が施設関係者か否かを顔マッ
			チングアルゴリズムで識別した上で、非登録ユーザを検知。
2	人物・物体検知シ	✓	移動体カメラの映像を解析し、物体検知アルゴリズムで人物
	ステム		や車椅子の方、白杖の方、倒れこんでいる方を検知。
3	車番検知システム	✓	物体検知・文字読み取りアルゴリズムにより、車両のナンバ
			一を検知。

出所) No.18 実証コンソーシアム (代表機関:長大) 成果報告書より三菱総合研究所作成



出所) No.18 実証コンソーシアム (代表機関:長大) 成果報告書

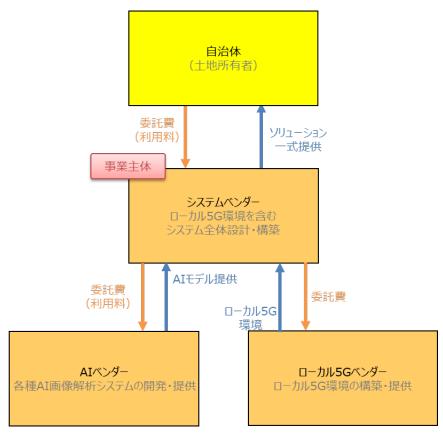
図表 3-66 提供ソリューション(No.18)イメージ

(2) 実装モデル

本モデルが提供を想定する自治体向け見守りソリューションの実装には、当該地域の課

題を具体的に把握した上で適切なシステム全体設計を行い、必要な環境やアプリケーションの調達及び自治体における運用までをサポートすることが可能なシステムベンダーが事業主体として想定される。但し、以下の実装モデルではシステムベンダーとAIベンダー、ローカル 5G ベンダーを個別の事業者として示したが、これらのうち複数の役割をシステムベンダーが担うことも想定される。

また、自治体における継続的なモデルという観点では、システムベンダー・AI ベンダー・ローカル 5G ベンダーのいずれか(あるいは全て)を当該地域の事業者が担い、自治体と中長期の視野で関係性を築きながらソリューションの高度化を図っていくことも重要と考えられる。



図表 3-67 実装モデル(No.18)

(3) ソリューション有効性

1) 導入効果(効果検証結果)

本モデルでは下記①~③のソリューションを見守り実現のためのソリューションと位置づけた。移動体の異なる位置(ルーフ/ダッシュボード)にカメラを取り付け、カメラの画角設定(ズーム倍率)の条件を複数設定の上、検知距離を測定することで AI 画像解析の効果を検証した。

図表 3-68 導入効果(No.18)

ソリ	ューション	概要	THE COLUMN
1	顔認証システム	✓	ズームなしでは 5m、ズーム 2 倍 (画角約 45 度) では 7m、
			ズーム 3 倍(画角約 29 度)では 15m まで認証可能との結果
			が得られ、顔認証の類似度も十分に本人確認ができることを
			示す数値が得られた。
		✓	一方マスク有ではマスク無の場合と比較して認証距離限界の
			距離が約 1/3 となった。また、直射日光が強い場合に精度が
			低下する傾向が見られた。
2	人物・物体検知シ	✓	「人」および「車椅子」は一定の検知精度が得られたが、「白
	ステム		杖」及び「倒れこみ」は検知距離が短い結果となった。「白杖」
			は背景に溶け込み易く、「倒れこみ」は縦向き、横向きなど見
			え方に複数のパターンが存在する等が要因と想定される。
		✓	ルーフへのカメラ設置に比べダッシュボードへの設置の場合
			検知精度が低下。AI モデルが学習している特徴点が十分に映
			像から入力されないことが要因と想定される。
3	車番検知システム	✓	ズームなしで認証距離 3m、ズーム 2 倍(画角約 45 度)で認
			証距離 5m、ズーム 3 倍(画角約 29 度)で認証距離 7m まで
			100%の認識結果が得られた。

出所) No.18 実証コンソーシアム (代表機関:長大) 成果報告書より三菱総合研究所作成

2) 機能面 (機能検証結果)

設置カメラ台数の削減を目的として、AI 画像解析機能(ソリューション)ごとに用意されたカメラの別ソリューションとの共用化が可能かどうかの検証を行った。具体的には、各ソリューションの AI 画像解析サーバに、別ソリューション用の映像を取り込み、検知(認識)可能かどうかを確認した。

図表 3-69 機能検証結果(No.18)

ソリューション		概要		
1	顔認証システム	✓	人物・物体検知カメラ及び車番認識カメラで撮影した映像に	
			おいて、顔認証カメラでの映像を取り込んだ場合と同等の認	
			識性能を確認した。	
2	人物・物体検知シ	✓	顔認証カメラ及び車番認識カメラで撮影した映像において、	
	ステム		画角内に捉えた対象物体は全て検知可能であることを確認し	
			た。	
3	車番検知システム	✓	人物・物体検知カメラ及び顔認証カメラで撮影した映像にお	
			いて、車番認識カメラと同等の性能が確認できた。ただし、カ	
			メラの向きや視野角が車番認識カメラと異なるため、速度が	
			上昇した場合に認識精度の低下が見られた。	

出所) No.18 実証コンソーシアム (代表機関:長大) 成果報告書より三菱総合研究所作成

また、ローカル5G経由で伝送されてきた映像に対し、(遅延の影響なく)スムーズに画

像解析処理が可能かを検証した。ローカル5G接続の環境においては、数 msec 程度の遅延は見込まれるが映像データのエンコード、デコードによる遅延差分に比べてはるかに小さく、突発的なパケットロスが発生しない限り、解析精度としても影響はないことが確認できた。

3) 運用面 (運用検証結果)

今回提案したソリューションについて、実際の運用を想定した見守り運用フローを「システム保守(設定・登録)フロー」と「見守り実施時フロー」に分けて構築したとともに、移動体へのカメラ取付方法やメンテナンス方法について確認・整理した。また、実装を想定し、システムが発報したタイミングで静止職員(登録済みユーザー)のスマートフォン等の端末に静止画像を添付して通知し状況把握を可能にすることや、登録済みユーザーの位置情報を活用することで最も現場に近いユーザーに通知するなどのニーズについても整理した。

さらに、自動運転車両以外の移動体の活用可能性を想定し、自動運転車両の速度を変化させ(5km/h~40km/h)、模擬的に他移動体での各ソリューションにおける検知精度を確認した。その結果は以下の通り。

図表 3-70 運用検証結果(No.18)

11.17	ソリューション 概要			
1 /	7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7			
1	顔認証システム	✓	昼間の検証では実用に足る十分な認証精度を確認したが、逆	
			光の場合に認識率が極端に下がる場合があった。マスク有の	
			検証では、マスク無の場合に比べ認証制度が高いのは 1/2~	
			1/3の速度までとなり、また直射日光が強い場合に精度が低下	
			する傾向が見られた。	
		✓	夜間(マスク無)では顔画像のブレから最も遅い 5km/h でも	
			認証不可となった。夜間の場合はカメラの能力や固定カメラ	
			との組合せ等を含め検討が必要である。	
2	人物・物体検知シ	✓	昼間の検証では「人」は全ての速度で検知できたが、「白杖」	
	ステム		や「車椅子」、「倒れこみ」については隠蔽時間の発生により	
			検知精度が低下した。移動体の速度は 20km 程度迄に抑える	
			ことが望ましいと思われる。また、背後から白杖使用者を撮	
			像した画像の収集と追加学習により精度向上が見込めると想	
			定される。	
		✓	夜間の検証では「白杖」の検知精度が低下し、「車椅子」や「倒	
			れこみ」も検知可能であったものの検知距離は昼間に比べ数	
			メートル低下。光量が安定しない屋外での使用、且つ 10km/h	
			以上で走行しながら人物・物体検知を行うには夜間でも物体	
			のエッジを正確に抽出可能なカメラの使用を検討する必要が	
			ある。	
3	車番検知システム	✓	走行速度(10~30km/h)において高い認識率が確認できた。	
			但し天候によってカメラ自体のシャッタースピードが遅くな	
			るため解析に用いる画像そのものが劣化し読み取り誤差が見	

られた。通信環境改善のほかにカメラおよびレンズの選定、
シャッタースピードの確保も重要となる。

出所) No.18 実証コンソーシアム (代表機関:長大) 成果報告書より三菱総合研究所作成

(4) ローカル5G活用モデルの実装性

本実証では、設定した各見守りソリューション(顔認証、人・物体検知、車番検知)につ いて、移動体に設置したカメラの映像を用いた AI 画像解析によって一定の精度が得られる ことを確認したが、一方で実装にあたっては、警備業法上における取扱いや異常通知後の 体制を含めた運用体制の構築の他、夜間や悪天候時等を想定した技術的な課題の解決が必 要である。技術的な課題については、実際の利用シーンや利用者(自治体)のニーズをさら に深掘りした上で、必要な技術を有する AI ベンダーを広く検討することも有効であり、実 装に要する時間の短縮も期待できる。また、取得した情報に係るプライバシー問題につい ては、実装する地域において地方公共団体が定めるルール・規律を遵守することを前提とし つつも、情報の取り扱いに係るポリシー等の設定や住民への周知など多面的な対応が求め られる。

また、自治体に対するソリューションである以上、実装にあたっては事業主体が一定の スパンで当該自治体と持続的に関係性を築き、自治体が安定して運用できる体制までサポ ートすることが必須であるが、これに加えて当該地域の事業者が実装モデルに参画するこ とも実装性を高める要素と考えられる。

3.6.2.3 スタジアムにおけるローカル5G 技術を活用した自由視点映像サービス等新たな ビジネスの社会実装

(1) ソリューション

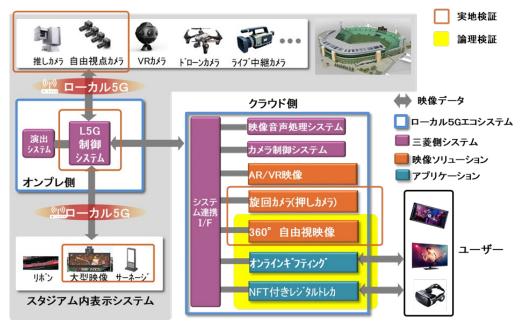
本モデルでは、2nd ベニューに魅力的な映像コンテンツを、ローカル5Gを活用した低 コストな配信システムにより創出・提供することで、事業者(スタジアム運営会社・興行 主等)の収益拡大に寄与することを目指し、以下①~③のソリューションを提供している。

ソリューション		概要			
1	360 度自由視点映	撮影対象を囲む様に複数(~60 台)のカメラを配置し、視聴者の見			
	像システム	たい角度から撮影対象を視聴可能な映像システム 37。通常のカメ			
		ラでは死角となって見えない部分が多いが、本システムでは死角			
		の無い映像提供が可能となり、スタジアムで見る以上の臨場感の			
		ある映像が実現できる。			
2	オンライン・ギフ	配信された通常の映像とハイライトシーンの 360° 自由視点映像			

図表 3-71 提供ソリューション

^{37 4}D-REPLAY 社が開発したシステムを利用。

	ティング (投げ銭)	を視聴しながら、オンライン・ギフティングを行い、同時に投げら
		れた応援メッセージを応援している複数のユーザー間で共有する
		アプリ 38。
3	NFT 付き自由視	撮影された自由視点映像データ1つ1つにブロックチェーン技術
	点映像データ(デ	を適用した電子鑑定書 (Non-Fungible Token : 非代替性トークン)
	ジタル・トーレデ	を付与してユーザーへ提供するソリューション 39 (但し、実証で
	ィングカード)ソ	は NFT は付与していない)。
	リューション	



出所) No.19 実証コンソーシアム (代表機関:三菱電機) 成果報告書

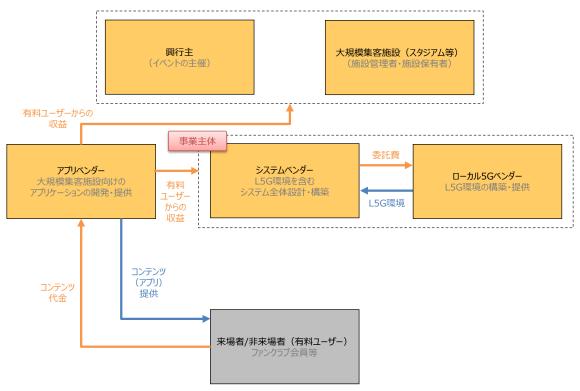
図表 3-72 提供ソリューション(No.19)イメージ(※課題実証範囲は図中黄色部分)

(2) 実装モデル

本モデルで想定する実装モデルは以下の通りである。本モデルの事業主体としては、関連施設への横展開も見据え、システムベンダー及びローカル 5G ベンダーが想定される。なお、本実証において検証したソリューションは非来場者 (2nd ベニュー) 獲得を目指したものとなっているが、当該モデルが成立するためには、従来の来場者 (1st ベニュー) による収益の獲得が前提となり、非来場者から得られる収益については、例えば当該モデルを構成するステークホルダによるいわゆるレベニューシェアのような考え方が想定される。

³⁸ 実証では、スマホ向けに提供されているスポーツ応援アプリの一つである「SpoLive」をベースに実証環境を構築し、自由視点映像視聴機能、デジタル・トーレディングカード機能を追加開発。

³⁹ 実証では②と同様「SpoLive」のアプリを利用。



図表 3-73 実装モデル(No.19)

(3) ソリューション有効性

1) 導入効果(効果検証結果)

図表 3-74 導入効果(No.19)

ソリ	ューション	概要	
1	360 度自由視点映	✓	多くの被験者が魅力的だと感じた一方で、スムーズな動作や
	像システム		ユーザーインタフェースの向上には改善の余地がある。
		✓	現段階では特定のオペレーションシステムや Web ブラウザ
			に依存しており、より多くのサービスへ展開していくには
			SDK (Software Developer Kit) や標準 API (Application
			Interface)の検討も必要。
2	オンライン・ギフ	✓	現段階では特定のオペレーションシステムや Web ブラウザ
	ティング (投げ銭)		に依存しており、より多くのサービスへ展開していくには
			SDK (Software Developer Kit) や標準 API (Application
			Interface)の検討も必要。
3	NFT 付き自由視	✓	一定の評価はあったものの、ギフティングに対する見返りや
	点映像データ(デ		報酬を求める意見が数多く寄せられた。
	ジタル・トーレデ	✓	主に特定の選手に対してギフティングできる機能やその選手
	ィングカード)ソ		からのコメントバック、ギフティングユーザーと選手・チー
	リューション		ムとのあいだにおけるインタラクティブ性が重要視。
		✓	ギフティングの単価設定やギフティングルールにも課題感を
			持たれた方が多く、特に若年層に対するケアについては検討

	の余地を残した。
✓	一方で、収益の大半がチームや選手個人へ配分される
	SpoLive アプリのサービス設計思想についてはほとんどの被
	験者から共感を得ており、地域密着型のスポーツ事業やアマ
	チュア、学生スポーツを含むマイナー競技への展開にも可能
	性を感じる結果となった。

出所) No.19 実証コンソーシアム (代表機関:三菱電機) 成果報告書より三菱総研作成

2) 機能面 (機能検証結果)

図表 3-75 機能検証結果(No.19)

ソリ	リューション	概要	
1	360 度自由視点映	✓	映像を合成しながらすぐに合成映像を表示する運用を想定
	像システム		し、最大 12/16 台のカメラ映像を合成可能であることを確認。
		✓	合成映像を作り置きし、試合ハイライトを映像装置に表示す
			る運用を想定し、最大 16/16 台のカメラ映像を合成可能であ
			ることを確認。

出所) No.19 実証コンソーシアム (代表機関:三菱電機) 成果報告書より三菱総合研究所作成

3) 運用面(運用検証結果)

図表 3-76 運用検証結果(No.19)

ソリ	ューション	概要	
1	360 度自由視点映	✓	システムコストの比較検証を行った結果、カメラを可搬化す
	像システム		ることで、野球以外のイベントでシステムを利用することが
			可能となるため、従来の固定式と比較して、有線の場合で約
			30%、ローカル 5 Gの場合で約 50%(対有線で 25%)の削減
			が期待される結果となった。

出所)No.19 実証コンソーシアム(代表機関:三菱電機)成果報告書より三菱総合研究所作成

(4) ローカル5G活用モデルの実装性

本モデルはプロ野球やJリーグなど、大規模な興行/施設等をターゲットとし、従来の1st ベニューが一定程度獲得できることを前提に、非来場者の取り込みによる新たな収益源(nd ベニュー)の獲得実現に向けたモデルとなることが期待される。

また、今回検証したソリューションはいずれもファンクラブ会員等コアなファン層が初期のターゲットとなると想定されるが、対象を広げることも含め、ターゲット層のニーズをより具体化する必要がある。同時に、サービスメニューを充実化し、ターゲット層を確実に拡大していくためには、運用の簡易化(少人数・短時間で設備の設置や運用が可能となるシステム)の実現が求められる。

3.6.2.4 ローカル 5G ネットワーク網を活用したコンサート空間内におけるワイヤレス映像 撮影システムの構築

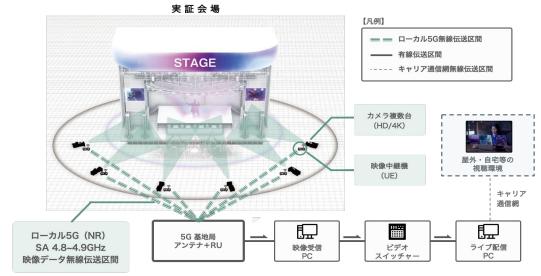
(1) ソリューション

コンサートホールにおいて、ローカル 5 Gを活用したワイヤレスカメラによる映像配信システムを構築した。ケーブル設営コストの削減、自由なカメラワークによるオンライン配信の価値向上・視聴者に対する訴求力の向上を実現することで、ライブ・エンタテインメント業界の事業者(施設事業者・興行主等)が抱える構造的課題の解決に向けて、以下のソリューションを提供している。

図表 3-77 提供ソリューション(No.20)

ソリューション	· 接	
ワイヤレスカメラによ	複数台同時	接続されたワイヤレスカメラで撮影した映像をリ
る映像配信システム	アルタイム	でカメラと映像受信 PC 間で無線伝送を行った
	ケーブル敷詞	投・撤収等の会場設営に係る費用負担の削減、ケ
	ーブル配信り	こ制約を受けない新たな演出と高精細映像の継続
	配信を実現	

出所) No.20 実証コンソーシアム (代表機関:stu) 成果報告書より三菱総合研究所作成



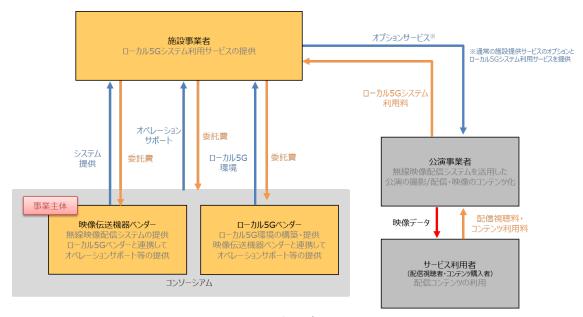
出所) No.20 実証コンソーシアム (代表機関: stu) 成果報告書

図表 3-78 提供ソリューション(No.20)イメージ

(2) 実装モデル

本モデルでは以下の実装モデルを描くことができる。以下の実装モデルでは、本モデルにおけるソリューションの主な活用分野となるライブ・エンタテインメント業界に精通しており、施設類型や規模等、各施設事業者に適した無線映像配信システムを提供できる映像伝送機器ベンダーが事業主体として想定される。映像伝送機器ベンダーはローカル5Gベンダーとともに、それぞれ無線映像配信システムとローカル5Gネットワーク環境をコンサートホールやスタジアム・アリーナ等の施設事業者に提供する。施設事業者は無線映

像配信システムを活用した映像配信サービスを公演事業者に提供する。多くの施設事業者は映像機器やネットワーク機器に関する知見が不足していることから、導入初年度は、ローカル 5 Gベンダーと映像伝送機器ベンダーがシステム運用チームを組成し、本提供ソリューションの利用希望があった際に、窓口対応や公演当日のオペレーションサポートをワンパッケージで提供する。導入次年度以降は、施設事業者に対して運用ノウハウを継承し、施設事業者側でサポート体制が整ったことを確認した後、運用窓口を施設事業者へ移管し、ローカル 5 Gベンダーと映像伝送機器ベンダーによるシステム運用チームは、必要に応じて公演準備期間中の技術的なサポート及び公演本番日の運営サポートを行う。



図表 3-79 実装モデル(No.20)

(3) ソリューション有効性

1) 導入効果(効果検証結果)

図表 3-80 導入効果(No.20)

ソリューション	概要	
ワイヤレスカメラによ	① ケーブル敷設関連時間・費用の削減及び施設事業者への費用対	
る映像配信システム	効果	
	② ワイヤレス化による演出・表現の向上効果	

出所) No.20 実証コンソーシアム(代表機関: stu)成果報告書より三菱総合研究所作成

① ケーブル敷設関連時間・費用の削減及び施設事業者への費用対効果 カメラの設営・撤去に要する時間及び、ケーブル敷設関連の全体費用を比較した結果、 有線カメラと比べ無線カメラの場合、時間を半分に削減、1日当たり50万円のコスト削 減効果が得られた 40。コスト削減効果により施設事業者に対しても高い収益性が見込まれる。

② ワイヤレス化による演出・表現の向上効果

映像演出家や制作会社プロデューサー等ライブ・エンタテインメント業界の関係者からは、ワイヤレス化によりカメラの可動域が拡大・カメラワークの自由度や安全性が向上し、今まで実現できなかった多角的な撮影が可能になると高い評価が得られた。一般視聴者向けからも、7割から、従来の撮影手法の映像と比較して見た結果、ワイヤレス化による新たな撮影手法に「違いがあり、新しい映像小表現・演出としての価値を感じる」と回答が得られ、特に「アングルの多彩さ」や「臨場感」が違いを感じた点として評価された。

2) 機能面 (機能検証結果)

図表 3-81 機能検証結果(No.20)

概要
✔ オンライン配信時に不可欠な複数のカメラ映像の遅延補正を実運用
可能なレベルで実施できることを確認。
✔ 有線ケーブルを用いた伝送時の性能をベンチマークに、ローカル5
Gを活用した映像配信システムの映像品質、伝送遅延、同時接続数
が実運用可能な範囲内であることを確認。
✓ ただし、総 uplink スループットと同時接続数はトレードオフの関係
となり、高ビットレート配信や収録には10Mbpsは必要である一方、
カメラ台数 10 台で運用するためには 4Mbps まで下げる必要があ
る。10 台で運用する場合は、最低でも基地局の総 uplink スループ
ットは 120Mbps 以上必要であることが明らかになった。
✓ 固定したカメラでは安定してデータが送れたが、移動するカメラ 41
では1分のうち数回カクツキがあり、安定性に課題がある。

出所) No.20 実証コンソーシアム (代表機関:stu) 成果報告書より三菱総合研究所作成

3) 運用面 (運用検証結果)

図表 3-82 運用検証結果(No.20)

ソリューション	概要
ワイヤレスカメラ	✔ 限られたネットワーク帯域を安定的かつ効率的に利用するための大
による映像配信シ	容量映像伝送に適したネットワークプロトコルは RASCOW2 であ
ステム	ることを確認。

⁴⁰ 収容人数 2000 人程のコンサートホールにおける妥当カメラ台数 10 台で実施。いずれも実証会場であった LINE CUBE SHIBUYA で Plan D 社が設営・撤去を行った。コスト削減は、カメラの設営・撤去に要する人件費に加え、ケーブルコスト、光伝送機コストにより算出。

⁴¹ ステディカム、ワイヤーカム、リモートカムで検証。特にステディカムに関しては移動が激しくカクツキが多く見られた。

✓ 従来の映像撮影方式とワークフローが異なることから、実運用時に 想定される課題に対応するオペレーションマニュアルを作成。

出所) No.20 実証コンソーシアム (代表機関:stu) 成果報告書より三菱総合研究所作成

(4) ローカル5G活用モデルの実装性

本モデルは、施設事業者に対するビジネスとなるが、実装する際は、施設を利用する公演事業者に対して価値を訴求できるかがポイントとなる。その観点では、従来同規模のコンサートホールでは不可能であった自由なカメラワーク、それを通した新たな演出や表現を実現できることに対して、高く評価された。一方で、実運用レベルで実装するためには、システム全体の安定性と施設規模ごとで想定されるカメラ台数に応じた高ビットレート配信や収録に必要とされる総 uplink スループットの向上が課題となる。現時点でのローカル5 G機器のスペックでは導入可能な施設規模が限られてしまうが、図表 3-83 で示すとおり、将来的に予想される帯域性能の向上に伴い、本モデルを導入するにおいて、経済合理性が高いスタジアムやアリーナへの実装も可能になる。システムの安定性に関しては、スループット性能が向上し同時接続台数が増えた際には、接続チャンネル毎に帯域を確保するようなネットワークスライシングを想定した輻輳時の優先制御機能の構築等が考えられる。

図表 3-83 施設規模ごとに必要な技術要件

施設類型	施設規模	標準的なカメ	必要スループット	基地局 1 局で対
	(収容人数)	ラ台数	(HD 10Mbps/	応可能となる時
			台)	期
ライブハウス	500 人	5 台以上	UL60Mbps 以上	対応可
コンサートホール	2,000 人	10 台以上	UL120Mbps 以上	2022
アリーナ	10.000 人	15 台以上	UL200Mbps 以上	2022-2023
スタジアム	30,000 人	30 台以上	UL400Mbps 以上	2023-2024

出所) No.20 実証コンソーシアム (代表機関: stu) 成果報告書より三菱総合研究所作成

3.6.2.5 地域における新たな価値創出に向けたローカル 5G の活用: 障がい者スポーツ

(1) ソリューション

適切な練習環境と指導者が不足する障がい者スポーツにおいて、限られた環境と指導者を効率的に活用する場所にとらわれない指導を実現するためのリモートコーチングシステムとして、以下①~⑥のソリューションを提供している。本ソリューションは主に自治体が事業主体となり保有し、障がい者スポーツのスキル向上拠点へと発展させることにより障がい者スポーツの普及促進を図るとともに、将来的には健常者のスポーツ活動支援等、障がい者を含めた多くの人々の社会参画機会の増加に寄与し将来的なまちづくりに貢献する。

図表 3-84 提供ソリューション(No.21)

ソリ	ューション	概要	ti C
1	多視点映像	✓	任意の場所に設置した複数台の 4K カメラを遠隔で操作し 42、
			多視点からリアルタイムで選手の状況を把握することができ
			る Windows 搭載 PC で動作可能なスタンドアローンアプリ
			ケーション
		✓	マルチ画面視聴(複数台のカメラ映像を同時に視聴)やフル
			画面視聴(任意の 1 台のカメラ映像を全画面で視聴)を選択
			することが可能。
2	ホワイトボード	✓	コート情報や選手の位置情報等を指導者、選手の双方向から
			共有可能な情報ボードシステム
		✓	後述の VR ミーティング(④) とデータを連携し、全体の状
			況把握が必要となる戦術レベルの指導を実現
3	VR コーチング	✓	指導者と選手が VR 空間を共有し、現実空間でのそれぞれの
			手振り等をリアルタイムでセンサーが取得し VR で再現する
			ことにより遠隔指導に活用するシステム 43
		✓	UE を介して Wi-Fi 経由でローカル 5G ネットワークと接続。
			体育館内の選手の指導場所の自由度を高め、低遅延性能によ
			るレスポンス改善を図った
4	VR ミーティング	>	現実の実戦の状況を VR 空間内に再現する指導システム
5	AI 姿勢推定	✓	ローカル 5G を介した高精細映像を基に、AI で姿勢や各関節
			の状態を分析し選手の基礎実技練習の客観的、定量的評価を
			サポートするシステム 44
6	AI 人物検知	✓	AIによる画像解析でコート内における選手の分布状況を把握
			するためのシステム 45
		✓	選手の位置情報を活用するホワイトボード(②) と VR ミー
			ティング(④)の連携システムを補完することが目的

出所) No.21 実証コンソーシアム (代表機関:電通九州) 成果報告書より三菱総合研究所作成

(2) 実装モデル

本モデルでは、ソリューションの活用を通して将来的なまちづくりに貢献することを目

https://www.isid.co.jp/news/release/2018/0627.html

https://www.isid.co.jp/solution/digsports.html

https://www.isid.co.jp/news/release/2017/pdf/0808.pdf

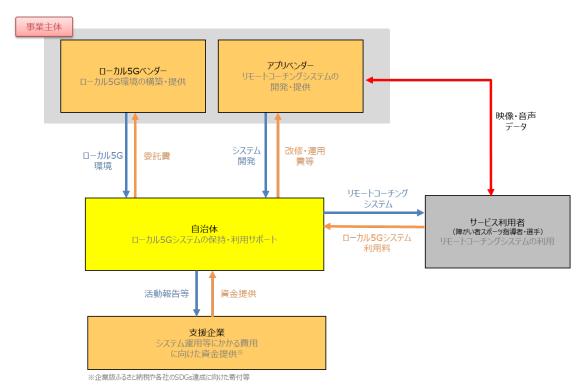
 $^{^{42}}$ 最大 4 台まで接続が可能。本実証では 3 台を体育館内の 1 階コートサイド、 1 台を 2 階観客席に設置。本実証で活用したカメラにおいては、 2 アステムは株式会社電通国際情報サービスが開発済みの「幻肢痛 2 VR 遠隔セラピーシステム」を活用。

https://www.isid.co.jp/news/release/2021/1021.html

⁴⁴ 本システムは株式会社電通国際情報サービスが開発済みのソリューション「Act Sense」及び「DigSports」を活

⁴⁵ 本システムは株式会社電通国際情報サービスが開発済みの以下の既存システムを活用。

的としていることから、当該地域の自治体が事業主体となることも考えられるが、自治体自身がローカル5Gの環境及びリモートコーチングシステムの運用保守を主体となり担うことは、負荷が高いと想定されることから、以下のとおり示した、ローカル5Gベンダー及びアプリケーションベンダーが事業主体となる実装モデルがより実装性が高いと考える。また、ローカル5Gベンダー及びアプリケーションベンダーが事業主体となることで、当該地域の自治体は、ソリューションを持続的に提供するための資金調達に向けた活動に専念することができる。



図表 3-85 実装モデル(No.21)

(3) ソリューション有効性

1) 導入効果(効果検証結果)

多視点映像、ホワイトボードは、選手、指導者ともに通常の面直コーチング手法をリモート対応したツールとして高い評価が得られた。一方で、AI 姿勢推定、AI 人物検知はそれらを補強するツールとしての活用、自主練習への活用等が期待できるが、技術面・運用面等の課題がある。一方で、選手、指導者が少ない障がい者スポーツでは、選手のみで自主練習するケースも多いことから、自主練習への有用性は、本システムの導入施設を障がい者スポーツのスキル向上拠点として発展させていくにあたって、有効性が期待できる。VR コーチング、VR ミーティングも同様に、新たな指導方法の展開の可能性としての期待が挙げられたが、技術面等の課題がある。ソリューション全体としては、指導者が限られる障がい者スポーツにおいて、場所的制約を受けず高品質の指導を実現できることには、高い可能性があると評価された。

図表 3-86 導入効果(No.21)

ソリ	ューション	概要	
1)	多視点映像	√	指導者にとっては、練習メニューに応じたカメラアングルの 切替、多視点で選手の状況を把握できることから指導への有 用性を確認
		✓	選手にとっても、従来のコーチングでは見ることができない 様々なカメラアングルから自身の動きや姿の確認、映像再生 による自身のプレーの復習が実現できることから練習への有 益性・練習の効率化につながることを確認
2	ホワイトボード	√	従来の指導方法に遜色なく指導が行える、スキル向上や理解力を効率的に行える等、選手、指導者それぞれから高い評価を得た
3	VR コーチング	√	手の動きの再現性は高いと評価された一方、視覚と動きには 違和感がある、動きが限られているため VR の活用イメージ がしづらい等、技術面における改善余地が明らかになった
4	VR ミーティング	√	2 次元のみでは理解できない選手に対して 3 次元で感覚を掴む可能性に期待があげられた一方、スポーツにおいて重要不可欠である距離感の再現性には改善の余地が明らかになった
5	AI 姿勢推定	✓	コーチからの指導だけでなく自主練習への有用性も確認でき たが、専用カメラの設置、デバイス準備等に課題が残る
6	AI 人物検知	√	選手の位置を正確に認識できるが、車いすの向き等さらなる 付加価値要素が求められる

2) 機能面 (機能検証結果)

図表 3-87 機能検証結果(No.21)

ソリ	ューション	概要
1	多視点映像	 ✓ 映像品質と安定性のバランスを考慮し、1 ストリームあたりで最大 10Mbps 目安の設定が最適であることを確認 ✓ 映像信号の遅延は目標値の 1200ms に対して最大でも1100ms 程度に抑制できることを確認。動きの速い試合形式のリアルタイム指導にも対応可能であることが認められた ✓ 制御信号の遅延は、目標遅延性能を十分に満たしたが、映像内でPTZの動作結果を視認しながら遠隔で操作する状況では映像側の遅延時間も付加されることにより、実質の遅延時間は長くなってしまい、改善の余地が明らかになった
3	VR コーチング	✓ サーバとのラウンドトリップタイム (RTT) を測定し、ネット
4	VR ミーティング	ワークの安定性を検証した結果、VRアプリケーション映像の 乱れやアプリケーションの停止等は確認されず、ローカル5
		G内での運用に問題がないことを確認

(5)	AI 姿勢推定	✓	練習動画からサンプリングした画像による姿勢推定精度は約
	>(>, , , , , , ,		7 割であり、正面を向いている姿勢の画像の推定精度が高い
			ことを確認
(6)	AI 人物検知	✓	練習動画からサンプリングした画像による人物検知精度は約
			9 割であり、試合概要を掴むには十分の精度であることを確
			認

出所) No.21 実証コンソーシアム (代表機関:電通九州) 成果報告書より三菱総合研究所作成

3) 運用面 (運用検証結果)

① リモートコーチングにおける各種フロー

リモートコーチングシステムを実運用する際、指導者側における事前準備に要する時間として、指導者へのヒアリングから、各種アプリケーションの基礎的な操作習得は概ね 1 時間程度で可能であることを確認した。リモートコーチング特有の指導方法の検討時間と合わせても 1 日程度で可能との意見であった。一方で、システム運用に関わる専用機器の貸し出しやアプリインストール等の作業は、利用現場ごとの個々の業務フローに合わせた運用の検討、カスタマイズが必要となる。

② 運用時を想定した指導者用端末の設計・操作手順

指導用端末は、主要なリモートコーチングシステムを搭載した PC やスマホ、タブレット、外部ディスプレイ等の機器から構成されるが、多くの障がい者スポーツの指導者は、選手と同様に身体に障がいを持っており、小型の端末での細かい操作がストレスとなることが明らかになった。また、スマホ、タブレットに関しては OS の更新頻度や機種の多様性から、アプリ開発保守が負担となることなども想定される。そのため、タブレットスタイルで利用が可能な PC と大型画面の組み合わせを最適な指導者用端末の設計であると考える。

また、操作手順に関しては、自動起動や管理画面を用いた遠隔からの起動、状態監 視等の自動運用により、現場におけるシステム担当者の負担を軽減できた。実運用時 にも同様な機能が、現場の負担軽減及び導入障壁の軽減に重要となる。

(4) ローカル5G活用モデルの実装性

本モデルは、エンドユーザが障がい者スポーツ選手であることから、障がい者による利用を想定したソリューションの設計が不可欠となる。障がいは多岐にわたることから、導入施設ごとに対象とする障がい者スポーツに適した、指導者用端末等も含めたソリューション及び運用のカスタマイズが必要となる。例えば、車いすテニスにおいては、映像に加えてボールのインパクト音も指導において重要となる。そのため、基本のソリューションとなるベース機材・ベースソフトをまず導入し、各種導入施設が対象とする障がい者スポーツに適したオプション機材・オプション開発ソフトを提供することにより、本モデルの実装性は高まると考えられる。

3.6.3 課題と対応策

スマートシティの分野におけるローカル 5 G活用モデルの対象としては、主に地域の新たな価値の創出を目指した(1)集客・商業施設、コンサートホールや劇場等の文化施設、スタジアムやアリーナ等のスポーツ・多目的施設での活用、あるいは安心・安全な地域を実現するための(2)自治体の所有地・公共施設での活用が想定される。

- (1) として想定されるソリューションのうち、例えば高精細な映像のリアルタイム配信・映像コンテンツの2次提供の場合、現状ではシステムの安定性・商用活用できるレベルの映像品質の確保等、技術的な課題がある。技術的な改善を図りつつ、施設事業者に対するコスト削減効果にとどまらず、興行主に対してもコスト削減・売上向上効果を生み出すことが求められる。また、イベント・公演開催時の興行品質の確保は、イベント・公演の特性に関わらず、興行主の事業において重要不可欠である。そのため、イベント・公演開催時に問題が発生した場合の責任範囲や保証も含めた実装モデルの検討が必要となる。
- (2)では、見守り等の活用用途の場合、個人情報の取り扱いが想定されることから、個人情報の取り扱いを含めた運用体制の構築や住民からの理解が求められる。また、自治体がローカル5Gシステムの所有者となる場合、当該地域で安定したシステムの保守運用を続けるためには、自治体と伴走支援できるローカル5Gベンダーやアプリケーションベンダー等の事業者が必要となる。当該地域に根付いた事業者が参画することで、ソリューションの持続性を確保できる。

いずれにおいても、初期導入コストは大きな課題であるが、特に(2)においては、エンドユーザからのシステム利用料金で採算を取ることを想定しないケースが多いことから、収入源確保が課題となる。ローカル5G活用ソリューションを通して地域ブランド力の向上を図り、当該地域の取組に協賛してもらえる企業からの資金提供も一つの手段だが、地域の事業者による体制構築等により、長期的かつ確実に実装を目指すことができるスキームが重要と考えられる。

3.6.4 普及・横展開の方向性

前項の通り、施設事業者がローカル 5 Gシステムの所有者となる場合、施設事業者と興行主の双方にとってメリットがあるソリューションであることを具体的に打ち出すことが普及・横展開の鍵となる。ただし、ソリューションによっては実運用できる施設類型や規模に技術的な制限があることから、当面は施設事業者および興行主のニーズがありかつ技術的に実運用レベルで導入できる施設に絞り展開していくことが想定される。具体的には、施設事業者のニーズの観点からは、ローカル 5 Gシステムの費用対効果を得るために、イベント・公演の稼働率が高い、もしくは規模が大きい施設事業者が想定される。一方で、高精細な映像のリアルタイム配信・映像コンテンツの 2 次提供をソリューションとして展開する場合は、安定的に同時接続できるカメラ台数の制限から、比較的小規模なコンサートホールや劇場への展開が想定される。

一方、自治体がローカル 5 Gシステムの所有者となる場合、初期導入コストの課題の観点から、当該地域における将来的なまちづくりのニーズとソリューションがマッチし、かつ多様な資金調達を計画できる地域が想定される。いずれにせよ、自治体の所有地や公共施設におけるローカル 5 Gシステムの活用は、当該地域の住民がエンドユーザとして想定

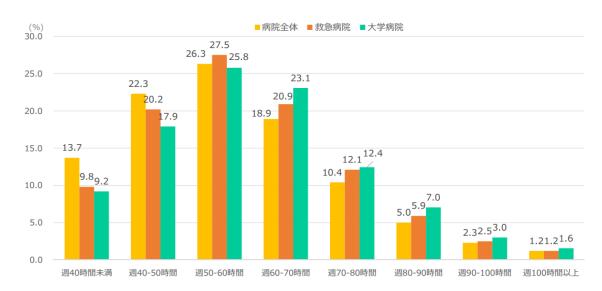
されることから、持続的に普及されるためには、各地域の住民の視点を考慮したソリューションの提供や住民から理解を得るための普及周知活動が重要となる。

3.7 医療 防災

3.7.1 医療分野の背景課題

3.7.1.1 課題・ニーズ

厚生労働省が推進する「地域医療構想」では、我が国における今後の人口減少・高齢化に伴う医療ニーズの質・量の変化や労働力人口の減少を見据え、質の高い医療を効率的に提供できる体制を構築するため、医療機関の機能分化・連携・集約化・重点化が進められている。このため、高度急性期・急性期の医療提供体制に関しては、地域の拠点病院に集約する流れにある。加えて、近年大規模な自然災害や集団災害(一度に多数の傷病者が同時に発生する事象)の発生、感染症の急拡大などが多発し、地域の救急医療体制の強化・拡充は喫緊の課題となっている。他方、こうした高度急性期・急性期の医療を担う地域の拠点病院においては、外来診療、入院診療、当直、救急対応など多忙な業務に追われる勤務医の長時間労働が常態化している。厚生労働省が実施した「令和元年 医師の勤務実態調査」46によれば、病院常勤医全体の勤務時間に比べ、救急病院、大学病院の勤務医は長時間労働が多い傾向が示されている。2024年4月からは医師の時間外労働上限規制が導入される予定になっており47、地域の高度急性期・急性期の医療提供体制を継続する上で、拠点病院の機能強化ともに医師の働き方の効率化の両面で取り組む必要がある。



※ 宿日直許可を取得していることがわかっている医療機関に勤務する医師の宿日直中の待機時間を勤務時間から除外した上で、診療科別の性、年齢調整、診療科ごとの 勤務医療機関調整を行っている。

※※三次救急病院及び救急車を1,000台以上受け入れている二次救急病院を救急病院とし、救急車受入件数は、平成30年病床機能報告救急機能を用いた。 出所)厚生労働省

図表 3-88 病院・常勤勤務医の週当たり勤務時間:病院種別(全体・救急病院・大学病院)

-

⁴⁶ 厚生労働省「医師の勤務実態について」(2020 年 9 月医師の働き方改革の推進に関する検討会第 9 回資料) https://www.mhlw.go.jp/content/10800000/000677264.pdf

⁴⁷ 厚生労働省「「良質かつ適切な医療を効率的に提供する体制の確保を推進するための医療法等の一部を改正する法律」の成立について」(2021年7月医師の働き方改革の推進に関する検討会第12回資料)

3.7.1.2 ICT の活用・目標等

総務省・厚生労働省が 2020 年度に全国の病院を対象に実施したアンケート調査 48によれば、現在、9割近い病院で無線 LAN が導入されており、電子カルテなどの医療情報システムや医療機器のデータ伝送などの用途で広く活用されている。

また、医療従事者が携帯する内線やナースコール受信端末などの業務用端末としては、1.9GHz 帯の自営 PHS が広く使われており、上記のアンケート結果においても病院における PHS の導入割合は 83.9%に上る。例えば、救急患者の対応で関連する診療科の医療従事者に協力を要請したり、情報共有したりする際にも、現状は PHS の内線による個別連絡に依存している。ただし、自営 PHS に関しては、2021 年 1 月に公衆 PHS の音声サービスが終了したことで、今後構内基地局や端末の開発・製造及び運用・保守サービスが縮小される可能性もある。こうした状況の中で、業務用端末を PHS からスマートフォンに移行し、無線 LAN や LTE 回線で利用するケースも徐々に広がっており、個々の医療機関がPHS に代わる無線技術の選択について検討していく必要がある。

直近では、新型コロナウィルス感染症の発生に伴い、患者のケア・コミュニケーションを遠隔で行う必要性が生じたことで、患者の容体や患者に装着されている人工呼吸器等の医療機器の状態、各種検査データ等を遠隔・リアルタイム・視覚的に医療従事者間で共有するニーズも高まっている。上記のアンケート結果でも、病院におけるオンライン診療端末、オンライン面会端末、無線型の監視カメラなどの導入が新型コロナウィルス感染症発生後に急増している傾向が明らかになっている。

上記のような医療機関の無線利用の拡大に活用しうる技術の 1 つとして 5 G/ローカル 5 Gが注目されている。総務省が 5 G/ローカル 5 G・4 K8 K を遠隔医療等医療分野で活用するに当たっての技術的特徴と、想定されるユースケース(案)を取りまとめた「5 G等の医療分野におけるユースケース(案)」(2021 年 6 月改訂)では、院内におけるローカル 5 Gの活用可能性として、業務用携帯端末、院内における遠隔診断支援・入院患者モニタリング、AI 画像診断支援等を含む様々な可能性が示されており、2023 年を目途に本格導入が開始されることが想定されている。



出所)総務省

図表 3-89 院内のローカル5Gのユースケース案の導入の時間軸(仮説)

⁴⁸ 電波環境協議会「2020 年度医療機関における適正な電波利用推進に関する調査の結果」 https://www.emcc-info.net/medical_emc/pdf/21-302-R_R2_questionnaire_hsptl.pdf

3.7.2 防災分野の背景課題

3.7.2.1 課題・ニーズ

我が国は、その自然的条件から各種の災害が発生しやすい特性を有しており、毎年のように水害・土砂災害、地震、津波等の自然災害が発生している 49。

災害発災後は、被害拡大の防止、救命、復旧活動の判断材料として、災害発生現場の被災状況を迅速に把握する必要がある。ここで、被災状況の把握には、目視、測定、撮影などによる被災現場のデータの取得、災害対策拠点等への伝送、データ分析までの一連の作業を含む。災害発生現場は、陸路が寸断され、自治体等の職員が現場に近づくことが困難であったり、近づけたとしても2次災害の危険性が伴ったりするケースも多くあり、ヘリコプター、ドローン、衛星等の手段が活用されている。一方、被災現場のデータを取得できても現場での通信手段が限られていることで、データ伝送が難しく、被災状況の把握の遅れにつながるケースがある。このため、安全を確保しつつ、迅速にデータの取得・伝送までを実現するシステムが必要とされている。

また、災害時は通信設備や放送の受信アンテナが大きな被害を受けることで、被災者が被災状況を確認できずに孤立したり、避難が遅れたりする可能性がある。令和元年に発生した台風 15 号では、房総半島を中心に強風による倒木等の影響により電柱の倒壊、通信線や引き込み線の断線が発生したため、大規模通信障害が発生した。通信事業者が個別の住宅で復旧対応を行う必要があるため、全面復旧には相当な時間を要している 50。

3.7.2.2 ICTの活用・目標等

令和3年に修正された中央防災会議の「防災基本計画」51では、各災害に共通する対策の うち、情報の収集・連絡及び応急体制の整備関係として、以下の方針が示されている。

- 2 情報の収集・連絡及び応急体制の整備関係
- (1) 情報の収集・連絡体制の整備

(中略)

○国 [内閣官房, 内閣府, 警察庁, 消防庁, 防衛省, 国土交通省, 海上保安庁, 文部科学省等] 及び地方公共団体は, 機動的な情報収集活動を行うため, 必要に応じ航空機, 無人航空機, 巡視船, 車両, 人工衛星等の多様な情報収集手段を活用できる体制を整備するとともに, ヘリコプターテレビシステム, ヘリコプター衛星通信システム (ヘリサット), 航空機運用総合調整システム (FOCS), 固定カメラ等による画像情報の収集・連絡システムの整備を推進するものとする。

(3) 通信手段の確保

http://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/pdf/r3_all.pdf

⁴⁹ 国土交通省「令和3年版防災白書」

⁵⁰ 令和元年台風第15号・第19号をはじめとした 一連の災害に係る検証レポート 最終とりまとめ)

http://www.bousai.go.jp/kaigirep/r1typhoon/pdf/dai3kai_torimatome.pdf

⁵¹ 中央防災会議「防災基本計画」(2021年5月)

http://www.bousai.go.jp/taisaku/keikaku/pdf/kihon_basicplan.pdf

(中略)

○国,地方公共団体,電気通信事業者等は,**情報通信施設の災害に対する安全性の確保及び停電対策,情報通信施設の危険分散,通信路の多ルート化,通信ケーブル・CATV ケーブルの地中化の促進,無線を活用したバックアップ対策,**デジタル化の促進等による防災対策の推進並びに災害時通信技術及び周波数有効利用技術の研究開発の推進等を図るものとする。(中略)

○国,地方公共団体等は,<u>災害時の情報通信手段について,平常時よりその確保に努め</u>,その整備・運用・管理等に当たっては,次の点について十分考慮するものとする。

- ・ 防災行政無線等の無線通信ネットワークの整備・拡充及び相互接続等によるネットワーク間の連携の確保を図ること。また、電気通信回線は、災害時の使用を考慮し、十分な回線容量を確保すること。
- ・ <u>有・無線系,地上系・衛星系等による伝送路の多ルート化</u>及び関連装置の二重化の推進を図ること。特に,地域衛星通信ネットワーク等の耐災害性に優れている衛星系ネットワークについて,国〔消防庁〕,都道府県,市町村,消防本部等を通じた一体的な整備を図ること。
- ・ <u>画像等の大容量データの通信を可能とするため</u>,国及び地方公共団体等のネット ワーク のデジタル化を推進するとともに、全国的な大容量通信ネットワークの体系的な整備を 図ること。

出所)中央防災会議(下線は三菱総合研究所が追記)

上記のうち、大容量の画像情報の収集・連絡システムの整備、災害時の情報通信手段の確保、伝送路の多ルート化、無線を活用したバックアップ対策などの対策においては、その技術的特徴からローカル 5 G の活用が期待される。

ただし、災害に備えたローカル5Gのシステムを継続的に運用する上では、その用途を 災害時の利用に限定せずに、平常時においても別の用途やサービス提供に有効活用するこ とで、システムの性能・運用の成熟度を高め、運用者の採算性を確保することが重要とな る。

3.7.3 ローカル5G活用モデル

医療・防災分野における 5 G活用モデルとして、医療分野 1 例、防災分野 3 例を以下に示す。

3.7.3.1 病院における視覚情報共有・AI 解析等による医療体制の強化

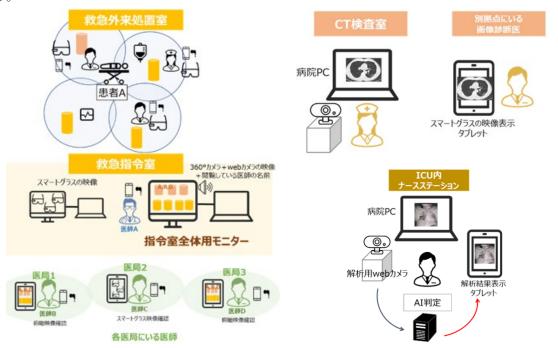
(1) ソリューション

本ローカル 5 G 実装モデルのソリューションは、以下の 3 つのシステムをパッケージ化し、個々の医療機関のニーズ・規模に合わせて導入することで、医療サービスの高度化、

効率化を目指すものである。

- ① 患者の診療現場を遠隔から観察・支援する視覚情報共有システム 患者の周囲に 360 度カメラ、4K カメラを設置するとともに、患者の診察や搬送を行 うスタッフがスマートグラスを装着し、それぞれのカメラからの画像を集約し、単一 プラットフォーム上で配信する。受け手側は同プラットフォーム上で、それぞれのカ メラの画像を自由に選んで表示することで、患者の周囲の現場における視覚情報を 俯瞰的・主観的に共有する。
- ② 画像を対象としたベンダーフリーな簡易画像診断コンサルテーションシステム 高精細カメラやスマートグラスを使って、CT など診断撮影装置から送られてきたモニター映像を離れた場所にいる上級医や画像の専門家と共有する。専用の装置を用いる必要はない。
- ③ ベンダーフリーな画像判定 AI システム 4Kカメラやスマートグラスを使って、モニターに映った検査画像等の情報について、 AI 判定を行う。撮影装置や院内検査画像配信システムに依存しないベンダーフリー なシステムとして実現する。

上記の①~③のシステムは、特に患者の映像や検査画像等の視覚情報の配信側の環境には、高精細かつリアルタイム性が求められるため、ローカル 5 G環境の整備が必要となる。一方、視覚情報を受ける側の環境は、病院内の不特定の場所や病院外も含み広範囲になる場合もあるため、ローカル 5 Gだけでなく既存の無線 LAN やキャリア 5 G等の他の通信システムを組み合わせることを前提としたシステム・パッケージ化が現実的であると考える。



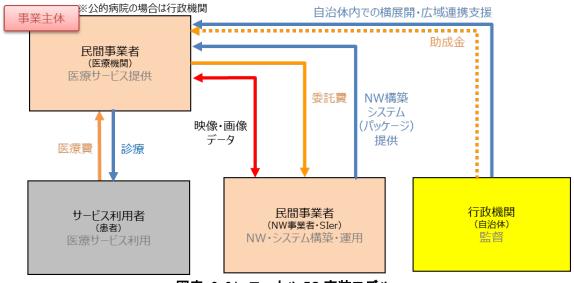
出所)No.25 実証コンソーシアム(代表機関:トランス・コスモス)成果報告書記載の図を三菱総合研究所にて編集

図表 3-90 ソリューションイメージ

(2) 実装モデル

本ローカル 5G 実装モデルのイメージを図表 3-91 に示す。

事業主体はソリューションを導入する医療機関であり、公的病院の場合は行政機関(国・自治体)となる。本ソリューションは基本的に患者の診療等の医療サービスの中で使用されるものであり、直接のサービス利用者(受益者)は患者となる。ソリューションは、実証を通じて検証されたローカル5G、各種カメラ、クラウド型の視覚情報共有用システム、AIシステム等をパッケージ化したサービスとして、通信事業者や SIer から提供されることが想定される。パッケージ化により、医療機関が導入可能なレベルまでコスト低減を図ることが前提だが、先行的に救命救急センターなどソリューションのニーズの高い医療機関に導入するにあたっては、イニシャルコストまたはランニングコストの一部を自治体から助成することも想定される。なお、医療費は診療報酬によって決定されるため、ソリューションを導入により医療サービスの高度化・効率化を実現できたとしても、医療機関の収益増に直結しない。一方で、医療従事者の心理的・肉体的負担を軽減し、医師から看護師、看護師から医療事務のようにタスクシフト/シェアが発生することによるコスト低減効果も含めて考える必要がある。また、ソリューションの有効性が示されれば、診療報酬で評価されること 52で直接的な収入増となり、医療機関の導入インセンティブを高めることも期待される。



図表 3-91 ローカル 5G 実装モデル

(3) ソリューション有効性

1) 導入効果(効果検証結果)

① 患者の診療現場を遠隔から観察・支援する視覚情報共有システム 実証に参加した医療関係者へのアンケートから視覚情報共有によって、情報共有の

⁵² 例えば、2018 年診療報酬改定では、遠隔画像診断や遠隔病理診断に対して診療報酬上の評価がされている。

https://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-12404000-Hokenkyoku-Iryouka/0000193708.pdf

早さ、正確さの改善、現場関与人員の削減効果があることが示された一方、単独で用いるシステムとしては物足りず、他システムや現場スタッフとの通常通りのコミュニケーションとの併用が必要との意見もあった。

- ② 画像を対象としたベンダーフリーな簡易画像診断コンサルテーションシステム ローカル5GによるCT画像の共有により、従来の方法と比較して読影の開始及び完 了にかかる時間ともに大幅に短縮された。重篤な急性病態の患者に必要な処置を迅 速開始することができるとともに、医療スタッフの精神的負担軽減につながると考 えられる。医療行為として定義される画像診断としては不十分だが、短時間で大まか な方向性を検討する上では十分機能するシステムであるとの評価であった。
- ③ ベンダーフリーな画像判定 AI システム 医師のアンケート結果では AI 判定の精度が高ければ、臨床的意義は高として肯定的 な意見が得られたが、一方で撮影環境や通信状況が精度に影響する可能性があるこ と、UI や運用にはまだ課題があることが指摘されている。

2) 機能面(機能検証結果)

各ソリューションについて大きく映像受配信システムと AI 解析エンジンを分けて検証した。

① 映像受配信システム

3台の 4K カメラ (3840×2160)、1台の 360 度カメラ (3840×1920) と 3台のスマートグラス (1920×1080) によってシステムが構成されている。送信パケットの設定値が 5Mbps/台 (全体で 35Mbps) とすることは妥当であった。

またコーデック選定については、VP8/VP9/H.264 で比較した検証結果から、安定した映像配信が可能であり、GPU 処理を併用することで CPU の負荷を下げた効率的な処理が可能となる H.264 を選定した。

② AI 解析エンジン

元画像での解析結果は正解率約98%と非常に高い値となったが、4Kカメラ越しの画像での解析結果は、ピント調整ができないカメラを使用したことから、モアレ現象が原因で性能が低下したものと推察される。ただし、映像出力側のモニター設定や周囲の明るさ等を配慮すれば、実装につながる可能性があるとの結論であった。

3) 運用面(運用検証結果)

 患者の診療現場を遠隔から観察・支援する視覚情報共有システム 基本的には、新たな負担増なく運用が可能と考えられるが、トラブルに対応するため、 システム管理部門やベンダーとの連携の仕組みを構築しておく必要がある。 救命救急センターを有する病院であれば、既存の患者状況遠隔管理システム(バイタ ルサインの遠隔モニタリングシステム等)へ併設することが望ましい。 一部のスタッフからは、通常は現場の看護師が行っている診察状況の記録を遠隔で

行える、あるいは院外へアウトソースできる可能性も示され、診察に用いた薬剤、器

具類の管理や診療・処置行為も含めて、診療費請求に際して映像情報の検証を行うことで限なく漏れなく管理が行えるのではないかとの意見も挙がった。

- ② 画像を対象としたベンダーフリーな簡易画像診断コンサルテーションシステム 今回使用した CT 装置は、実証を行った病院では実臨床において活用されている装置 であり、診療放射線技師の管理下でデータ転送運用が行われている。導入に当たって は救急集中治療で用いられる様々な医療機器との干渉を事前に調査し、IT 管理部門 とも調整を行った。ローカル5 Gで運用する場合も業務負担増、新たなマニュアルの 策定は必要ない。
- ③ ベンダーフリーな画像判定 AI システム 今回の実証では、画像診断医と診療放射線技師が担当となり運用を検証した。開発中の AI を用いての検証であり、そのシステムの有用性が確認され、実際期待できるものであった一方、実装時の運用を検証する段階には至っていないとの判断であった。

(4) ローカル5G活用モデルの実装性

ローカル 5 Gの利活用により、医療現場において迅速かつ正確な画像診断等により、速やかな治療に繋がると同時に、医師をはじめ診断、治療に関わる多くの医療スタッフにとっても、現場での密状況を回避し待機時間等を削減する効果も実証され、医療現場における高度化・効率化に資することを確認できた。

一部のソリューションの安定性は撮影環境(映像出力側のモニター設定や周囲の明るさ等)に影響されるため、改善の余地があるが、いずれのソリューションは医療現場からのニーズが高いことから、今後のパッケージ化の工夫次第で実装につながる可能性があるとの結論であった。

3.7.3.2 道路における災害時の被災状況確認の迅速化および平常時の管理・運営の高度化

(1) ソリューション

本ローカル5G活用モデルは、ローカル5Gスポット通信エリア(基地局)とクラウド上アプリケーション用いた共通化したシステムで、道路における災害時と平常時の課題解決目指すソリューションである。

災害時:被災状況確認の迅速化

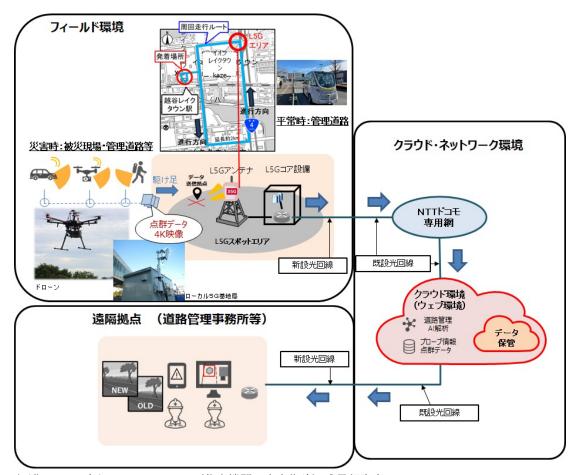
複数のセンシング手法(手持ち型、自転車型、バックパック型、車両型、ドローン(UAV)型の5つのレーザースキャナ)で取得した被災前後の3D 点群データ及び4K カメラで撮影した高精細4K 画像データを、国道上に構築したローカル5 G スポットエリアまで車両で運搬し、ローカル5 G を通じて光ファイバー通信ケーブル(光回線)に乗せて、道路管理者の管理事務所に伝送する。

平常時:道路管理・運営の効率化

ローカル5Gスポットエリアを構築した国道を含む周回ルートに、4Kカメラを搭載した

自動運転車両を走行させ、車載カメラで撮影した道路周辺の 4K 画像データを、ローカル 5 G と光回線を通じて遠隔の管理事務所に伝送し、AI (人工知能) により道路の異常 (ひび割れ等) を検知し、道路管理者が検知された異常の状況や位置を確認する。

ローカル5G基地局の設置場所に合わせて、上記の災害時、平常時のソリューション、 或いは一体的なソリューションとして導入することが想定される。



出所) No.22 実証コンソーシアム (代表機関:中央復建) 成果報告書

図表 3-92 ソリューションイメージ

(2) 実装モデル

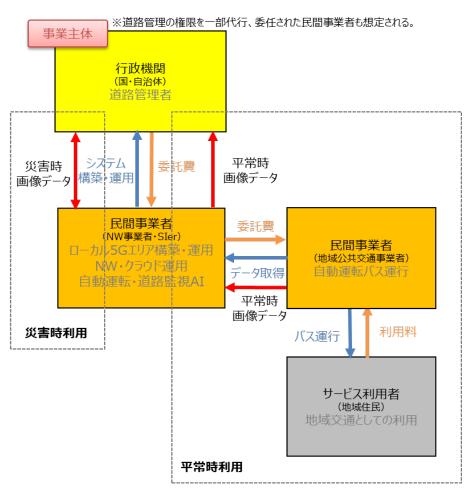
本5G実装モデルのイメージを図表 3-93に示す。

事業主体としては、道路法で定める各種道路の道路管理者 53あるいは道路管理者より権限の代行や委任を受けて道路管理を行う主体が想定される。ローカル5G基地局を設置する道路環境は地域や道路の種類によって管理方法や道路利用に関わる各種手続きも異なるため、ソリューションの導入に当たっては、通信事業者またはSIer等が個別の事例ごとにNW・システムを構築・運用することが想定される。道路管理者のニーズに応じて、道路に敷設してある既存の光回線との接続や道路管理者の既存の管理用システムとの連携など

С

⁵³ 国土交通省 道路の種類

の対応が必要になる。また、平常時の道路監視を行う自動走行車両は、民間事業者に運行を委託し、地域の公共交通などに活用することも想定される。



図表 3-93 ローカル 5G 実装モデル

(3) ソリューション有効性

1) 導入効果(効果検証結果)

① 4K画像と3次元点群データによる被災状況の確認

被災時の状況を撮影した 4K 画像(360°)と 3 次元点群データをローカル 5 Gを用いて伝送する時間は、それぞれ LTE の 1/20(4K 画像)、1/10(3D 点群データ)となった。 360° の 4K 画像であれば延長 10km 以上、詳細な VR モデルであれば延長 1km 以上の被災状況を、目標として設定した 24 時間以内に遠隔地で確認可能と想定される。

② 4K映像とプローブデータによる平常時の道路管理 車載器から半径 200m の範囲内では伝送速度が平均 12.8Mbps、最大 46.1Mbps とな る。急加減速頻発箇所の可視化等は道路管理や交通管制に必要となるデータの収集 が可能であった。

2) 機能面 (機能検証結果)

実証では、性能・スペック、拡張性、運用保守性、コスト・汎用性の 4 つの観点で、通信手段、映像取得機器を評価した。特に災害時の通信手段としてはローカル 5 Gの優位性が示された。ローカル 5 Gは独立網もしくは専用線接続であるため、キャリア 5 G 等の公共通信手段が輻輳する可能性が高い災害時にも、安定的に画像伝送することが高く評価されている。

平常時を含めて、道路状況の撮影など、道路管理に必要となるデータを収集する際には、性能・スペックやコスト・汎用性とのバランスを考慮し、4Kカメラが最も適格と評価された。

3) 運用面(運用検証結果)

4K画像や3次元点群データ等、被災地の状況を把握することで、道路の速やかな啓開・復旧において有効であった。また、一次情報として4K画像を確認し、3次元点群データに基づき必要な資機材を算出する等、複数の利用シーンが想定されているが、災害時の対応体制を事前に定め、機器の活用方法等について定期的に合同訓練を行う必要があると考察された。

急加減速頻発箇所等の可視化により、道路管理や交通管制の負担を軽減し、また AI による道路点検や自動運転の導入によって道路管理・点検の負担が大幅に削減できることが期待されている一方、AI の道路の異常検知能力が本ソリューションの適用性を大きく左右する点が課題である。

(4) ローカル5G活用モデルの実装性

自治体における道路管理業務、地域の道路交通・地域公共交通に関する課題・ニーズを 把握し、それに対してローカル 5 G技術による道路の維持管理・運営高度化の将来像を提 案した。実装に向けて、道路管理者のニーズに合わせて災害時と平常時のソリューション を組み合わせ、一体的に実装されることが期待される。

本実証においては、災害時のソリューションの有用性が高く評価された一方、平常時のソリューションにおいて、技術的な課題(AI の検知率等)がいくつか明らかになった。特に自動運転+AI による道路パトロールのソリューションは道路管理側の負担を大きく軽減する可能性があるため、実装への期待も高いと考えられる。加えて、設置場所に応じた活用モデル(例:地域公共交通、交通管制、地域情報発信など)を付加することで採算性の向上も期待される。ただし、道路上へのローカル5Gスポットの設置には、道路利用にかかわる各種規制上の制約が大きく、実現に向けては、道路管理者が主体となり実運用を想定した実証を継続し、実装につなげていくことが必要となる。

3.7.3.3 富士山地域 DX「安心安全観光情報システム」

(1) ソリューション

本ローカル5G活用モデルは、富士山地域における脆弱な情報通信網をローカル5Gの

整備により強化し、災害時及び平常時ともに利用可能な以下の 3 つのソリューションを導入することで、安全安心な登山観光を実現するためのモデルである。

- ① 情報収集:危険状況・災害要因可視化のための遠隔監視システム 落石頻発地点における固定カメラ、天候の状況把握及び落石等の災害要因解析用の 4K カメラ、登山者の状況把握用の高精細映像を収集し、解析することで環境情報の リアルタイムモニタリングを行う。
- ② 情報交換:迅速かつ円滑なローカルコミュニケーションシステム 山小屋、ガイド(パトロール)、山梨県、山梨県富士山科学研究所の協力者を同時接続 し、映像及び音声によるコミュニケーション手段を確立する。
- ③ サイエンスビッグデータ情報共有:ローカル5Gエッジコンピューティングによる大容量データの低遅延共有 エッジクラウドに蓄積されたハザードマップなどのデータを、3次元以上の高次元にて可視化し、現場の位置と紐付けて、様々なハザードの予測をわかりやすく可視化する。

活火山であるとともに国際的に知名度の高い観光地でもある富士山では、火山防災及び平常時における登山者の遭難や落石など人命にかかわる安全情報を扱う点で、信頼性の高いシステムの導入が求められる。そのため、無線技術についても、(1)免許制による安定した無線通信、(2)運用上高度なセキュリティの保証、(3)アプリケーションを利用する範囲内で複数(5台以上)のカメラから100Mbpsのアップリンク伝送性能、といった要件を満たすことが望ましく、この点でローカル5Gが最も適している。



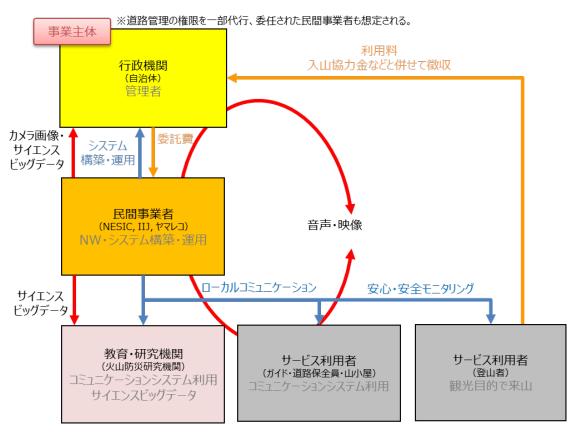
出所) No.23 実証コンソーシアム (代表機関:中央コリドー情報通信研究所) 成果報告書

図表 3-94 ソリューションイメージ

(2) 実装モデル

本ローカル 5 G実装モデルのイメージを図表 3-95 に示す。事業主体は原則として山岳 地帯の所有者である自治体を想定するが、実態的に山岳地帯の管理を行う観光施設運営事業者やロープウェイ事業者などが存在する場合は、それらの事業者が所有者から委任を受ける形で事業主体となることも想定される。

NW・システムの構築・運用に当たっては通信事業者や SIer へ委託する形を想定する。本ソリューションにかかるコストは、システムの受益者である登山者から徴収するという考えのもとで入山協力金に含む形で回収することを想定する。富士山では富士山の環境保全や登山者の安全対策等の目的で登山者から入山協力金(富士山保全協力金)を任意で徴収しており、山梨県及び静岡県では今後入山協力金を法定外目的税として義務化するための検討を進めている。本ソリューションの有効性は入山協力金との目的とも整合するため、入山協力金の増額についても登山者の理解を得られるものと考える。一方で、富士山を含む一部を除く大部分の山岳地域においては入山協力金の徴収はまだ一般的ではないため、山岳地域の管理体制などに応じて、自治体の助成、施設使用料、観光収入等での徴収で代替することも想定される。



図表 3-95 ローカル 5G 実装モデル

(3) ソリューション有効性

1) 導入効果(効果検証結果)

- ① 情報収集:危険状況・災害要因可視化のための遠隔監視システム 固定カメラによる遠隔監視画像や山肌の岩石類の状況や登山者の状況を把握・解析する上で十分な精度が得られた。管理側の状況把握のみならず、ガイドを経由して登山 客に知らせることも想定できる。さらに AI による登山者の人流把握や軽装検知を検 証した。まだ検知精度を向上する余地がありつつも、同時に複数人を検知して、滞留 や軽装にはアラームを出すことを確認した。
- ② 情報交換:迅速かつ円滑なローカルコミュニケーションシステム アプリケーションの操作性について改善する余地が残っているが、映像音声データの 遅延はユーザに不快を与えるレベルではないと確認した。
- ③ サイエンスビッグデータ情報共有:ローカル5Gエッジコンピューティングによる大容量データの低遅延共有 山梨県および富士山科学研究所が提供する「富士山ハザードマップ」を基に、溶岩流ドリルマップ等の時系列変化を2次元の地図に重ね、ユーザの所在地の危険性や避難すべき方向を示すことができる。加えてDEMを利用した3次元の地形地図で危険性を示し、ユーザに直感的に状況を把握させることが可能である。

2) 機能面 (機能検証結果)

4K カメラの基本伝送品質は同期 TDD また 3 つの準同期 TDD パターンにおいて検証した。DL スループットは $172\sim228$ Mbps、UL スループットは $121\sim197$ Mbps、遅延は $35\sim39$ ms の間であることが確認されている。

また端末台数及び距離の変化について、DLまたはULスループットの変化や遅延をグラフ化した。

3) 運用面 (運用検証結果)

- ① 情報収集:危険状況・災害要因可視化のための遠隔監視システム 収集した画像の災害救助への活用についても期待が寄せられた。(例:災害現場から 負傷者の状況を医師に送信し、医師から応急処置の指示を受け、対応する)
- ② 情報交換:迅速かつ円滑なローカルコミュニケーションシステム 一部オーバースペックという意見があったが、画質は評価が高かった。
- ③ サイエンスビッグデータ情報共有:ローカル5Gエッジコンピューティングによる大容量データの低遅延共有

ハザード情報の2次元・3次元可視化は、ユーザから高い評価を得た。今後、気象情報やリアルタイムの情報等に合わせて情報を提供することも期待されている。

(4) ローカル5G活用モデルの実装性

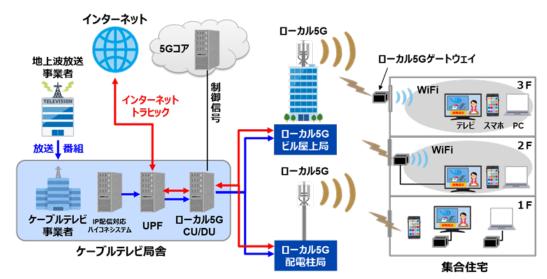
安全・安心な登山観光の実現に向けて、ローカル5Gを用いたソリューションの有効性等が確認されている。さらに、本実証において用いたネットワーク・システム構成は、他の環境においても展開可能な、汎用性の高い構成となっていることから、システムそのものの横展開は比較的容易と考えられる。

山岳地帯を所有する自治体が自走可能なモデルを提案するために、富士山地域における継続利用のコストカバーについては、①登山者負担モデル、②ガイドサービスモデル、③自治体観光収入捻出モデルの 3 つのモデルについて検討し、登山者負担モデルによる実装が最も現実的という結論に至った。試算によれば、富士山地域であれば年間のメンテナンス費用をカバーできる見込みである。富士山以外の山岳地域における横展開については③のソリューションをパッケージ化することを想定しているが、富士山のような入山協力金が一般的でない山岳地域が多いため、それぞれの地域ごとのマネタイズを検討する必要がある。

3.7.3.4 インターネット接続・テレビ放送共用型 FWA サービス

(1) ソリューション

本ローカル 5 G活用モデルは、住宅地にローカル 5 G基地局を設置し、平常時には周辺エリアの集合住宅向け高速インターネット通信サービスとしてローカル 5 GFWA サービスを提供するとともに、台風などの災害時に引込線断となりテレビ視聴ができなくなった場合は、応急復旧としてハイブリットキャスト(ハイコネ)技術を活用した IP ユニキャスト配信によりコミュニティチャンネルやローカル局の番組を提供するソリューションである。



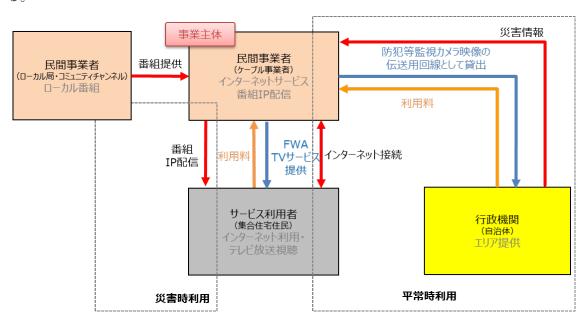
✓ ユーザーのテレビ視聴障害早期復旧、放送事業者の障害対応への負担軽減✓ 高速インターネット接続サービス提供の併用による事業者の経済合理性向上

出所) No.24 実証コンソーシアム (代表機関:地域ワイヤレスジャパン) 成果報告書

図表 3-96 ソリューションイメージ

(2) 実装モデル

本 5 G実装モデルのイメージを図表 3-97 に示す。事業主体はケーブル事業者であり、平常時は高速インターネット通信サービスとしてローカル局 5 GFWA サービスを契約者(サービス利用者)に提供する。災害時には、ローカルテレビ局、コミュニティチャンネルの番組や自治体の災害情報を IP ユニキャスト配信する。自治体との連携においては、防犯等監視カメラ映像の伝送用線路として、ローカル 5 G回線を自治体に貸出すことも想定される。



図表 3-97 ローカル 5G 実装モデル

(3) ソリューション有効性

1) 導入効果(効果検証結果)

- ① 災害時の代替情報伝達手段としての活用 台風などの災害時に引込線断となった場合、大部分のユーザは自力でハイブリッド キャストコネクトに切り替えることができた。また、切り替えにかかる時間は 8 秒 台であった。災害時に必要となる情報を提供する手段としての有用性に関するユー ザからの評価も高かった。引込線断の復旧作業において、サービス側の緊急復旧のひ
- ② ローカル 5 Gによる高速インターネットサービスの提供 平常時にローカル 5 G回線を利用する高速インターネットサービスの提供について は、85%のユーザはインターネットサービスに期待する速度に達していると回答し、 そのうち、約 4 割は速いとの評価であった。

っ迫状況の改善につながるという結論が得られた。

2) 機能面 (機能検証結果)

災害時は通信回線が混雑していることを想定し、伝送レートを 7.5Mbps、3.0Mbps、1.5Mbps に設定、検証した。伝送レートが 7.5Mbps あるいは 3.0Mbps の場合は、画質評価、文字の視認性評価、リップシンクの保持とも、問題なく視聴できた。1.5Mbps の場合は動きの速い映像においてノイズが見られていたが、動きの遅い映像や文字は問題なく視聴できた。緊急時の状況に合わせた設定が可能という結果であった。

さらに、帯域圧迫時の IP 配信映像 (7.5Mbps) については負荷が 200Mbps 以内であれば負荷無しの場合と同様の画質を視聴できることを確認した。

ホテルハーベス基地局または配電柱基地局配下の端末局の受信信号レベルについては、計 45 か所を測定した。うち 40 か所は、下り速度 150Mbps 前後を確認した。なお、一部の部屋は基地局との位置関係等の関係で電波を屋内まで届かせるための工夫が必要であるとの結論であった。

3) 運用面(運用検証結果)

障害発生時に迅速に対応するために、体制・業務フローを定めた上で、社員向けのマニュアルと顧客向けのマニュアルを作成した。一部マニュアルに対する指摘があり、不足な点を明らかにする等、改善方向を分析できた。

(4) ローカル5G活用モデルの実装性

実証参加モニターのアンケート回答者のうち、半数以上が 3,000~4,000 円/月の利用料であれば継続利用したいと回答したため、商用サービスでの展開も期待が持てる。当面は有償での継続意向を希望するモニター世帯に対してサービスを継続しながら、サービスの充実、サービスエリアの拡大をしていく予定である。

本モデルは災害時対応による業務量のひっ迫状態を軽減するための有効性を実現しつつ、 平常時におけるローカル 5 G回線の活用方法を提示している。さらに、消費者が実証に参加し、直接評価を受けることで商用化につながる知見が得られた。

3.7.4 課題と対応策

3.7.4.1 医療

本ローカル5G実装モデルにおいては導入コストが大きな課題となるため、パッケージ 化の検討において、使用する機器やシステム構成を見直すことによりコスト低減を図るほ か、導入による医療機関におけるコスト削減効果(既存システムからの代替によるコスト 削減、タスクシフトなどによるオペレーション効率化)を定量的・定性的に示す必要があ る。そのため、ソリューション単体の効果だけでなく、関連するオペレーション全体の見 直しに資する継続した検証を行うことが望ましい。

当面はローカル 5 Gエリアを大容量データ伝送が集中するエリアに限定し、既存の有線 LAN や無線 LAN の環境と組み合わせるなどして、各医療機関で無理なく実現可能な形で 構成できるよう柔軟性を確保することが求められる。

また、ローカル 5 G 実装モデルは患者の映像や検査画像を直接伝送するため、厚生労働省の医療情報安全管理関連ガイドライン等各種ガイドラインへの対応を適切に行う必要がある。加えて、本システムでは特定の医療機器等に依存しないベンダーフリーなシステムとして構築するため、AI 診断などの精度が本ソリューションの性能にも依存することになる。ソリューションの導入に当たっては、医療機関の要求に基づき、医療機関とパッケージ提供事業者の間で、サービスレベルを合意することが重要となる。

3.7.4.2 防災

防災におけるローカル 5 G実装モデルにおいては、災害時と平常時に共通的に利用できるシステムで導入する上で、ローカル 5 G基地局の設置場所及びエリア構築が重要となる。道路利用の被災状況確認においては災害時のデータ集約地として十分な置局密度、山岳地域においては人流や危険箇所の網羅性を確保する必要があり、事業主体となる国・自治体と調整を図っていくことが望ましい。なお、既存の規制(例:道路法、自然公園法・文化財法などの)上の制約がある場合は、防災利用のために柔軟な対応が図れるよう関係省庁に働きかけを行うことも想定される。

また、平常時の利用システムにおいては事業主体の採算性確保が最も大きな課題となる。ローカル 5 Gエリアの構築においては、災害時における有効性を最大化するとともに、平常時にローカル 5 Gを有効利用できるビジネスモデルを併せて検討することが必要となる。さらに、災害が発生した際にシステムの稼働させる、或いは平常時利用から切り替えを迅速に行うことが重要となる。災害時利用の運用体制を構築した上で、防災訓練などで実際に災害時を模擬した検証を行い、運用担当者が災害対応の適切なタイミングで稼働できるよう習熟を図ることが重要となる。

3.7.5 普及・横展開の方向性

3.7.5.1 医療

当面は本ローカル5G実装モデルの導入ニーズが高いと考えられる救急救命センターを有する地域の拠点病院への横展開が想定される。まずは、本実証が行われた川崎市内の医療機関への展開を重点的に進めることが想定される。同時に救急救命センター以外の診療科での利用も想定したソリューションの検証を進め、医療現場に即したパッケージとして実現できた段階でその他の医療機関やクリニック等への展開を進めていく。

将来的には、異なる医療機関の間や、在宅医療、介護等などでも視覚情報共有を行うニーズが想定されるため、地域医療情報連携ネットワークとの連携など自治体と連携して横展開を図っていくことが望ましい。

3.7.5.2 防災

普及・横展開においては、実証地域と共通的な災害リスクを持つ地域に対して導入効果を普及していくことが想定される。まずは、本実証を行った地域内または隣接する地域に

対して個別に横展開を進めるとともに、防災協議会、事業者団体等の広域連携の仕組みを活用し、全国展開に向けて実証の成果の共有、ニーズの汲み取りを行うことを想定する。

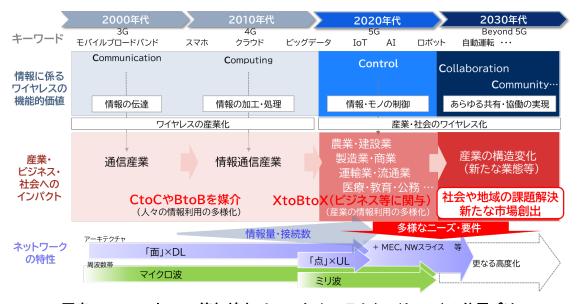
4. ローカル5G活用モデルの普及・横展開

4.1 無線ネットワーク・システムの位置づけ

ローカル 5 G活用モデルの普及・横展開においては、ローカル 5 G を含む無線ネットワーク・システム(ワイヤレス)が産業や社会経済にもたらす本質的な意義について理解を深めることが肝要である。まず、3G/4G までは、情報に係るワイヤレスの機能的価値はCommunication(情報の伝達)とComputing(情報の加工・処理)であり、それぞれ通信産業から情報通信産業の創出等に寄与し、人々の情報利用の多様化においてCtoC や BtoB を媒介する役目担ってきた。いわば「ワイヤレスの産業化」の時代であった。

5G では、Control(情報・モノの制御)が加わることで、多様な産業の情報利用の多様化において XtoBtoX、すなわちビジネス等に深くワイヤレスが関与することが大きな価値として挙げられる。Beyond 5G 時代になると、Collaboration や Community(あらゆる共有・協働の実現)へとつながり、新たな業態を含む産業の構造変化をもたらすことが予想される。機能的価値として 5 つの C の連接と発展により、社会や地域の課題解決や新たな市場創出へ貢献する。産業・社会のワイヤレス化の時代へとシフトしている。

こうした多様な分野や業態におけるユースケースや膨大なトラヒック等の要求条件に応えるため、様々な周波数帯やネットワーク技術を駆使して、周波数やネットワークリソースの共用やカバレッジ拡大しながら、End-to-Endで要件を満たしていくことが求められている。



図表 4-1 ローカル5G等無線ネットワーク・システム(ワイヤレス)の位置づけ

直近のコロナ禍はデジタル化を加速するきっかけとなり、在宅消費やリモートワーク、 企業のデジタル化対応、国民生活や経済活動の維持に資するよう ICT を活用した業務継続 (BCP) に向けた恒久的な対策は必要不可欠になっている。

ワイヤレスは、遠隔コミュニケーション等のリモートや、遠隔制御等による自動化といった価値を提供し、人々の移動と経済の分離を促し、社会・経済の持続性に貢献している といえる。今後、サイバー空間とリアル空間の両空間が完全に同期する社会へと向かうと 予想される中、次世代ワイヤレスシステムをはじめとするデジタル基盤や IoT、ビッグデ ータ、AI といったデジタル技術の活用は、今まで以上に重要となっていくと予想される。

カテゴリ コミニュケーションの デジタル化

サービス・モノ提供の

非接触化

<u> デジタル化の例</u>

ワイヤレス活用の例

- テレワーク
- 各種遠隔サービス
- モバイルを用いた遠隔コミニュケー ション・リモート(テレビ会議等) ● 自宅等でのWi-Fi利用 Web配信・VR利用
- EC活用 ● 宅配サービス
- デジタルサービス利用(動画配信等)
- キャッシュレス(非接触I/F等)
- 大容量・超低遅延を活かしたデジタ ルサービス(eスポーツ等)
- 拠点内の有線→無線化による遠隔
- 自動運転における安心・安全な遠隔 監視·制御

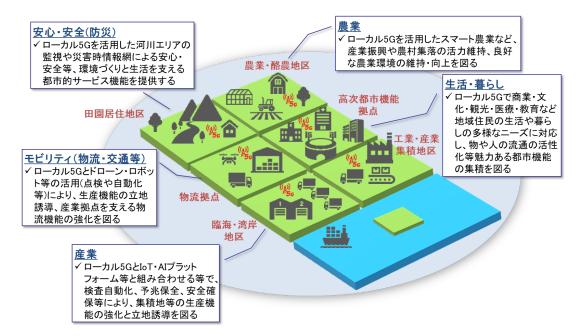
合理化·省人化

- ロボット(AGV等)活用
- 店舗・工場等の無人化
- ドローン・自動運転の実装

図表 4-2 コロナ禍におけるデジタル化とワイヤレス活用の例

図表 4-3 ワイヤレスインフラのシナリオ(ローカル5Gの位置づけ)

主なアプローチ	概要	動向等を踏まえた今後のシナリオ
周波数利用効率	無線技術の高度化や当該方式	・ Beyond5G 等、周波数利用効率の
の向上	の導入等により帯域あたりの	高い次世代ワイヤレスへの移行
V)HJ.L.	伝送効率 (bit/Hz) 等を高める	や導入が進展する
	, , _ , , , , , , , , , , , , , , , , ,	
周波数の共用の	・ 既存無線システムを移行せず	・ ダイナミック周波数共用基盤の
促進	に、同一周波数を時空間等の	実現等により、多様な周波数帯に
	単位で共用することで他無線	おいて周波数共用が進展する
	システムの利用を実現する	ローカル5G等のローカルアク
		セスの利用 (非同期運用等) が進
		展する
共通基盤の構	・ 商用網等の共通基盤を活用し	公共安全 LTE(防災等)や V2X(モ
築・活用	て、特定分野・用途のワイヤ	ビリティ)等のように、要件に応
	レス活用を実現する	じた汎用技術の活用が進展する
多様な無線網の	・様々な用途・要件に応じて、	・ 低周波数帯と高周波数帯、ローカ
活用・連携の促	各無線網・周波数帯の特性を	ル網と全国網、地上網と NTN(非
進	組み合わせることで end to	地上網)等が進展する
	end のワイヤレスソリューシ	
	ョンを実現する	
高周波数帯等新	・より広帯域な利用が可能な高	・ 技術の高度化により、テラヘルツ
たな領域の活用	周波数帯を活用する	帯など未開拓領域における通信
		活用が進展する



図表 4-4 ローカル5Gの社会実装のイメージ

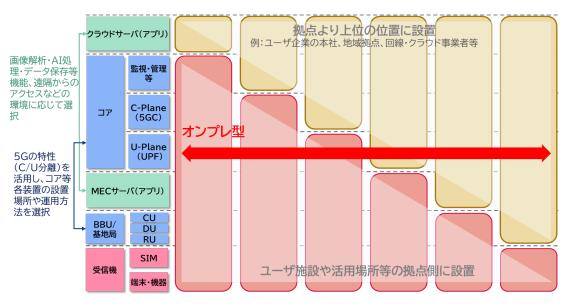
4.2 最適なネットワーク・システム構成の在り方

4.2.1 基本的な考え方

ネットワーク等のエリア構築やシステム構成の在り方については、クラウド〜端末までのネットワークを構成する要素間のどこで分離するか、つまりどこまでの設備や機能を「ユーザ施設等の拠点側」に設置するか、どこからを「拠点より上位の位置」に設置するかでネットワーク・システム構成を類型化することできる。「ユーザ施設等の拠点側」とは、例えば工場内などユーザが実際に5Gアプリケーションを利用している環境を指す。

全ての設備をユーザ施設等の拠点側に設置するオンプレ型から、設備を「拠点より上位の位置」に設置することは、複数の拠点やユーザ間で共用する構成となる。ユーザ間からみると、他のユーザ(同一企業・異なる企業、同一地域・異なる地域等)とコア等の設備・機能を共用している状態である。他方、コア装置を含むインフラサービスを提供する事業者からみると、自身や連携している事業者のインフラをユーザ間で共用させている状態である。すなわち、最適な共用形態や共用の範囲は、ユーザの利便性や要件への対応と、事業者の効率性のバランスで決まり、総じて両者の投資判断に資する経済合理性に帰着する。

上記に基づき、ローカル 5 Gのネットワーク・システムの構成の類型を図表 4-5 に示す。ここでは、クラウドサーバを上位とし、端末を下位として構成する要素間で分離することで、類型化できる。なお、図中のクラウドサーバ(アプリ)とは、コアネットワークの上位に位置し、通信事業者等のデータセンタ内(プライベートクラウド)やクラウド事業者(パブリッククラウド)で業務アプリなどユーザのシステムを実装する場合を想定する。このように、サービスレベル・要件と経済合理性等の観点から、多様なネットワーク・システム構成が想定される。



出所) 三菱総合研究所作成

図表 4-5 ネットワーク・システム設計方法の類型

4.2.2 ネットワークの構成

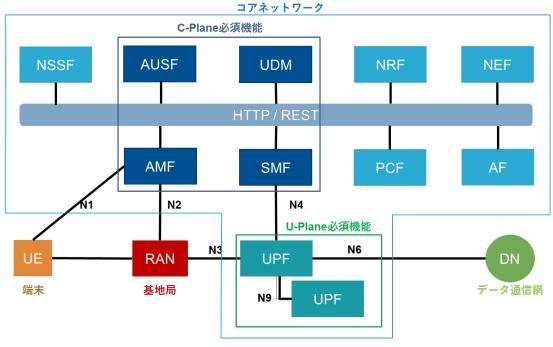
4.2.2.1 ネットワークを構成する主な要素

まずネットワークを構成する要素について説明する。最適なネットワーク等のエリア整備を設計する上では、ネットワークを構成するコア装置と基地局について 5G の特長を理解する必要がある。

(1) コア装置

コア装置とは、交換機及び加入者情報管理装置などで構成されるネットワークの総称である。5G コアネットワークのアーキテクチャでは、各機能を実装するノード間の連携に着目した場合の、5G 実現方式として「サービスベースアーキテクチャ」(Service Based Architechture: SBA)が採用された。同アーキテクチャでは、サービスを構成するネットワークに必要な個別機能群(Network Function: NF)を定義し、これら個別機能群がサービスベースインタフェースと呼ばれる統一的なインタフェースを介してそれぞれ接続される。このように、サービス機能とネットワーク機能を API で分離して連携しているのが 5Gネットワークの特徴である。

図表 4-6 に、5G コアネットワークの具体的な機能群を示す。各要素の概要を図表 4-7 に示す。コアネットワークのうち、C-Plane と U-Plane が主要機能群である。その他にも、監視・管理等を担う M-Plane や S-Plane など機能群の類型が挙げられる。



出所) 三菱総合研究所作成

図表 4-6 5G コアネットワークの構成

図表 4-7 各構成要素の概要

種別	略	機能概要
AMF	Access and Mobility management	モビリティ管理機能(無線アクセスの制御、ハ
	Function	ンドオーバ等移動制御)
SMF	Session Management Function	セッション管理機能(端末アドレス管理、GTP
		セッション管理)
UDM	Unified Data Management	加入者情報管理、SIM の制御
AUSF	AUthentication Sever Function	SIM の認証
UPF	User Plane Function	ユーザデータ処理機能
PCF	Policy Control Function	QoSおよび課金のためのポリシー制御機能
NSSF	Network Slice Selection Function	ネットワークスライスの選択
NRF	Network Repository Function	サービスに対応したネットワーク機能の関連
		付け、クエリー応答
NEF	Network Exposure Function	外部向け API
AF	Application Function	外部アプリケーション、トラヒック制御や監
		視・解析等

出所)三菱総合研究所作成

5G コアネットワークにおける UPF は、データ通信の処理を担う装置である。具体的には、4G コアネットワークにおける S-GW(Serving GateWay)- U^{54} ,P-GW(Packet data network GateWay)- U^{55} が担っているデータ通信処理に特化した機能である。4G では 1 台の端末は 1 つの S-GW(ゲートウェイ)のみに接続されるが、5G では 1 台の端末が複数の SMF 及び UPF に同時に接続することができる。すなわち、異なる性能要件をもつトラフィックを効率的に収容するために、サービスごとに UPF を分けることができる。

例えば、以下の2つを同時に接続するケースが考えられる。

- ① 通常の音声やパケットサービスを収容するネットワークスライス
- ② 低遅延サービスを収容するネットワークスライス

基地局やコアの一部機能を共用しながら、複数の UPF を分散配置するなどで、異なる要件のサービスを同一の端末に対して提供することが可能になる。

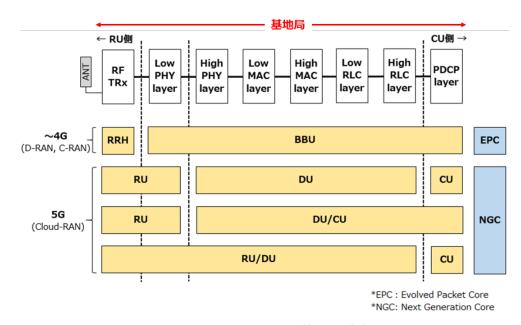
5Gでは、上述した各機能について「モジュール化」したことで、ネットワークの拡張性、柔軟な構築を可能にする。C/U分離にみられるように、集約された場所や、距離的に離れた(分散した)場所にネットワーク要素を配置したり、ユーザが利用するアプリケーション要件等に応じて柔軟で効率的なネットワークスライスを実現することができる。また、ネットワーク機能間の一連のやりとりをサービスとして定義し、それらをいつでも再利用できるため、開発・構築のプロセスを圧縮し、サービスの早期提供につながる。

⁵⁴ S-GW-U:3GPP アクセスシステムを収容する在圏パケットゲートウェイ(S-GW)のうち、ユーザデータ処理(U-Plane)の機能を指す。

⁵⁵ P-GW-U:PDN との接続点であり、IP アドレスの割当てや、S-GW へのパケット転送などを行うゲートウェイ(P-GW)のうち、ユーザデータ処理(U-Plane)の機能を指す。

(2) BBU/基地局

5G ネットワークの基地局構成は図表 $4\cdot8$ に示すとおり、アンテナからコア網までの間に 8 つ程のレイヤで構成される。これらのレイヤをどこで分離するかで 8 つのオプションが標準化されている。5G では、4G における伝送性能や低遅延などの要件を満たすために 3GPP にて見直しが行われ、4G の BBU の機能を「DU」(Distributed Unit)および「CU」(Centralized Unit)に配置し、RRH の機能を「RU」(Radio Unit)に配置する構成に変更した。つまり、RRH+BBU(\Rightarrow コアネットワーク)の 2 段構成から、RU+DU+CU(\Rightarrow コアネットワーク)の 3 段構成への配置と機能分離が再定義された。



図表 4-8 4Gと5Gの基地局構成

これらの本質は、基地局が処理する帯域と、設備の実装・機能性のトレードオフである。 後者は設備投資額、つまり経済性に直結する。アンテナ(末端)に近い程、処理する帯域は 小さいが、処理するための技術の実装は複雑化する。他方、コア側は集約する分帯域は非常 に大きいが、処理するための技術の実装は末端に比べれば容易となる。従って、どこを断面 とするかはこの2面性に依存して決められる。

具体的には、RUは、デジタル処理が可能な部分もあるが、デジタル信号を電波というアナログ信号に変換する機能部を備えていることから、仮想化は困難である。そのため仮想化が進められている機能は CU と DU になる。CU については、必要となる計算規模は比較的軽く、汎用サーバ上で十分な性能を発揮することが可能である一方で、DU は、PHY部(物理層)、特に 5G のアンテナ技術である Multiple Input Multiple Output(MIMO)の信号分離演算や復号演算の処理が大規模になるため、現状の CPU 性能では処理速度が追いつかないことが分かっている。従って、CU 寄りで断面を設けた方が複雑性を軽減でき、かつマルチベンダーRAN を実現しやすくなる。

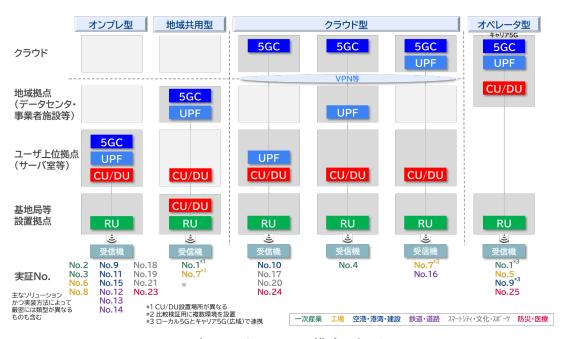
4.2.2.2 標準モデル

ローカル 5 Gは、全国的に設計・整備されている公衆網とは異なる整備・発展を辿っている。上述のとおり、コア装置は機能的な分離により、用途や要件、また経済合理性の観点から、最適な配置を考えることができる。具体的には、ユーザの拠点より上位の位置として、設置できる場所としては例えば、以下の選択肢が考えられる。

- ・ ユーザ施設(拠点から離れたユーザ本社等)
- 地域等のデータセンタ
- ・ キャリア等回線・設備事業者の施設(局舎・ヘッドエンド等)
- ・ クラウド事業者のデータセンター等の施設

ユーザが立地する地域によって上記施設や事業者の提供有無、施設間をつなぐ回線の可用性やコストなど様々な条件から構成を考える必要がある。さらに、上記の設置場所と設置する装置について、ユーザが保有するのか、事業者が保有してサービスとして利用するのか、等も変数となる。ユーザが保有する場合、自ら保守・運用するのか、事業者に保守・運用をアウトソースするのかでさらに分かれる。ユーザのネットワークの調達の考え方においては、アウトソースを重視し、事業者が提供するサービスを利用するモデルを志向する割合が比較的高い。

各装置の配置のパターンと、本実証における事例との対応関係を図表 4-9 に示す。実際に各実証事業において構築した実証環境のネットワーク構成や手段を分析すると、多くがオンプレ型(後述)で検証を実施したが、その他にも特徴的な環境で検証が行われた。普及展開に向けては、いわゆるインフラ共用型などの多様なモデルを選択できることが望ましいと考えられる。



図表 4-9 ネットワーク構成の類型

以降では、各モデルの特長と実証での検証例について説明する。

(1) オンプレ型

「オンプレ型」では、各ユーザ・拠点にコアネットワーク、基地局、受信機を配置し、ユーザが利用する 5G アプリケーションに応じて処理用の MEC サーバ (例:高速な映像解析等) などの周辺装置も配置する。その上で、各ユーザ・拠点から、通信事業者回線やインターネット回線を経由して、プライベートクラウドやパブリッククラウドへ接続して、当該クラウドサーバでユーザのシステム・アプリケーションと連携するケースが想定される。同一企業内のネットワーク・システム構成であれば、クラウド側は拠点横断的に統合管理している場合が想定される。オンプレ型の場合、ユーザ・拠点側のきめ細かくかつ要求水準が高いユースケースを実装することができる。例えば、高度なセキュリティが求められる場合に適している。

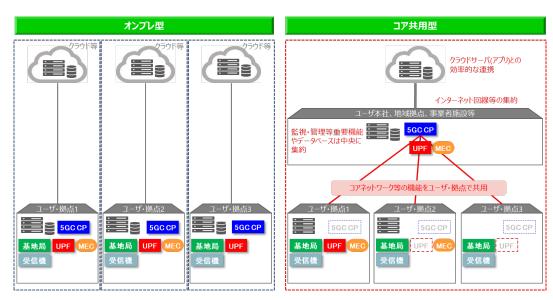
しかしながら、拠点毎に全てのコアネットワーク機能の導入やインテグレーション・検証等に係るコスト、保守・運用コストが生じることから、導入・運用費は必然的に高コストになる。コアネットワークの装置自体の費用よりも、利用するコアネットワークの機能拡張等に応じて生じるライセンス費用や、監視・管理、SIM 認証など共通基盤に係る費用等が拠点毎に生じることから、ユーザにとって顕著な費用対効果が見出せなければ、導入拠点数を増やすといった投資判断が難しくなる。ユーザからみると、初期導入コストは高いが、クラウド側との接続がなくても稼働でき、その分の通信費が発生しない。そのため、オンプレ型は、ローカル5G普及初期において、投資余力を有する大企業や大規模な拠点での導入・運用が中心となる。

通信事業者やベンダーからみると、各ユーザ・拠点における SI (システム・インテグレーション) など従前のソリューションビジネスの範疇である。

(2) コア共用型

前述した 5G コアネットワークの技術仕様によって、コアネットワークの一部または全てを共用する「コア共用型」を実現できるようになる。「コア共用型」は、コアネットワークの一部または全てをユーザの拠点より上位の位置に配置し、下位のユーザ・拠点間で共有する構成である。「拠点より上位の位置」とは、例えばユーザ企業の本社や産業集積等の地域拠点(例:県単位等)の施設内が想定される。コアネットワークを含むインフラサービスを提供する事業者、具体的にはユーザに近いエリアで局舎等施設を保有し、地域の IP ネットワーク等を提供する固定系通信事業者などの回線提供事業者、クラウド事業者やデータセンタ事業者などが挙げられる。

「オンプレ型」と「コア共用型」の構成の比較を図表 4-10 に示す。同図が示すユーザとは、同一ユーザ(企業等)内の複数拠点で導入・運用する場合の他、例えば同一地域内で異なるユーザの拠点でそれぞれ導入・運用しているケースも想定される。



出所) 三菱総合研究所作成

図表 4-10 オンプレ型とコア共用型の構成比較

コア共用型は、以下のメリットが挙げられる。

- ・ ユーザ・拠点側毎に全てのコアネットワークの機能の導入・運用せずに、必要な機能 を配置することで拠点単位の導入・運用コストを下げることができる。拠点数が多い 程、経済合理性が高まる。
- ・ 監視・管理等の重要機能やデータベース等は中央に集約する等で、運用監視もサービスとして提供されるため、運用監視に掛かる負荷を軽減するとともに、ユーザのBCP (事業継続計画) に係る IT システムの設計と連携することが可能となる。
- ・ 上位側に MEC サーバを配置することで、各ユーザ・拠点から当該サーバへアクセス して、5G と連動したアプリケーションを利用することができる。 サーバを回線事業者等の施設に配置して、当該事業者の共通アプリケーション・サー ビスとして各ユーザ・拠点へ提供するなど、事業者側のビジネス展開も期待される。
- 共用領域(図中の真ん中の位置)から上位に位置するインターネット回線等をまとめたり、ユーザのアプリケーションを実装するクラウドサーバと効率的かつ効果的に連携することが可能となる。
- ・ オンプレ型のようにフルスペックで設備や機能を導入しなくても、各ユーザ・拠点での 5G の用途やニーズに応じた柔軟な構成が可能になるため、多様なユースケースを 導入しやすくなる。図の場合の例では、以下のとおりである。
 - ➤ ユーザ・拠点1:コアネットワークのデータ通信処理部(UPF)をユーザ・拠点側に具備し、工場におけるキズ検知向けのリアルタイムな映像 AI 解析など、超低遅延が求められるアプリケーションを利用する。
 - ➤ ユーザ・拠点2: MEC サーバのみ拠点側に置くことで、必要なデータ処理を行い、中央側へのアップリンク回線の帯域を圧縮する。
 - → ユーザ・拠点3:コアネットワークや MEC は上位側に委ねながら、大容量のダウンロードを中心とした利用のため5G回線を活用する。

他方、デメリットとしては、クラウドの機能を利用する費用が掛かることや、共用にかか わる各種課題(セキュリティ、データ管理等)や 5G 性能(超低遅延等)とのトレードオフ の関係が挙げられる。

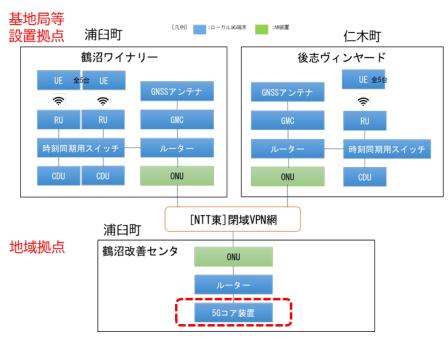
(3) コア共用型ー地域共用型モデル

地域共用型モデルは、ユーザに近い領域でコアネットワークを設置する方法である。地域 内・ユーザ間でネットワークを共用することで、運用費用の低減化・アプリケーションと の連携が期待できる。他方、提供するベンダー等にとっては地域のデータセンタやキャリ ア等回線・設備事業者と連携して、コロケーション費用とユーザを効率的に面展開できるか 等によってコスト競争力が生じ、提供するメリットが生まれる。

今後は、後述する普及シナリオにて言及するとおり、ローカル5G活用モデルの横展開により拠点数が増加し、閉域の特性を活かしながら、同一システム等として各拠点で利用することが想定される。本モデルにおいては、共用インフラをどの主体が運用・管理し、責任分解や障害発生時の対応など、各種運用体制や管理主体の在り方等が課題となる。

<事例> 一次産業(農業)分野 実証 No.1

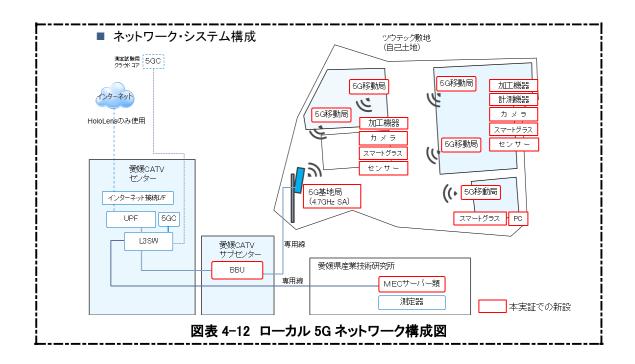
- ・ 地域拠点(浦臼町鶴沼改善センター)に 5G コア装置を設置し、VPN 網を経由して 2 拠点で基地局を設置している。
- ・ 実証を通じて複数拠点を同時に運用できることを検証・確認した。



図表 4-11 ローカル 5G ネットワーク構成図

<事例>工場(スマート工場)分野 実証 No.7>

- ・ 愛媛 CATV の地域シェアリングモデルを活用し、アプリケーションの実装に必要な MEC サーバを愛媛県産業技術研究所に設置。
- ・ 他の構成(オンプレ型・クラウド型・オペレータ型)との比較検証を実施。



(4) コア共用型ークラウドコア型モデル

クラウドコアも「コア共用型」の一種とみなすことができる。ベンダー等が構築する 5G のコアネットワークをクラウド上で実現する方法である。いわゆる「クラウドコア」と称して、大手ベンダーのソリューションサービスの 1 つとして展開が進みつつある。クラウドコアは、コアネットワークの全てをクラウド側に預けることで、ユーザ側の設備を持つ必要がなくなる一方で、U プレーンを含む全てのデータ通信をクラウド側へ接続する必要があるため、1Gbps~10Gbps 程度の太い専用線をつなぐ必要があり、ランニングコストがかさむ点がユーザ側のデメリットである。また、クラウドの各種機能を利用する場合は費用が発生することが、共用にかかわる各種課題(セキュリティ、データ管理等)や 5G 性能(超低遅延等)とのトレードオフの関係が挙げられる。

5G コア装置の C/U 分離によって、技術的には多様な設置場所の組み合わせが可能となった。具体的には、5G コアネットワークのデータ通信部分である U プレーン (UPF) の機能をユーザ側に構築し、制御部分である C プレーンの機能をクラウド側に構築するものである。 C/U 分離型構成を構築することで、U プレーンにおける大容量の通信をクラウドと接続する必要がないため、バックホールの通信費を削減することができる。初期導入コスト削減可能であり、導入期間も短縮することが可能となる。データ通信部分の U プレーンをローカル側に配置できることで高いセキュリティを担保することも可能になる。ユーザは実装したい 5G のアプリケーションの特性(大容量、低遅延等)、経済性、拡張性、ユーザの既存ネットワーク・システム(VAN の構成等)など多角的な観点から、どの構成が最適かを検討し選ぶことができる。

(5) オペレータ型-ローカル・公衆網連携モデル

オペレータ型とは、すなわちキャリア5G等の公衆網の活用である。本実証では、キャリア5Gを活用して、類似する周波数特性を用いたローカル5Gの電波伝搬モデルの精緻化

等技術実証及びローカル5G活用モデルの検証を行うこともスコープとしている。

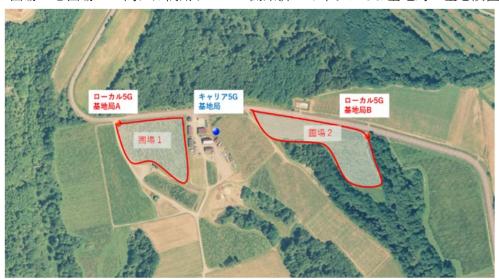
他方、これまで「ローカル 5 G」 or 「キャリア 5 G」といった双方の代替性が議論となることが多かったが、本実証ではローカル 5 Gとキャリア 5 G等公衆網の連携という補完関係に着目した検証を行った。すなわち、ローカル 5 Gの優位性・必然性を活かしながら、キャリア 5 G等全国公衆網と連携するネットワークを構築することで、アプリケーションの要件を満たすアプローチである。アプリケーションの要件とは、具体的にはネットワークの性能や水準(スループット、遅延時間等)、サービス利用時の継続性や安定性などの運用水準などである。

両ネットワークが連携する具体的な目的としては、サービスをローカル5Gエリアと公衆網のエリアを跨いでシームレスにサービスを利用するなど、アプリケーションの連続性を確保する目的と、ネットワークの冗長性を確保する目的の2つが挙げられる。本実証においては、いずれの目的においても、当該ユースケースの要件や環境条件を前提として、有効であることを実証した。

他方で、実運用時のサービスレベルを満たすための更なる検証や運用体制等の検討が課題となる。

<事例>一次産業(農業)分野 実証 No.1

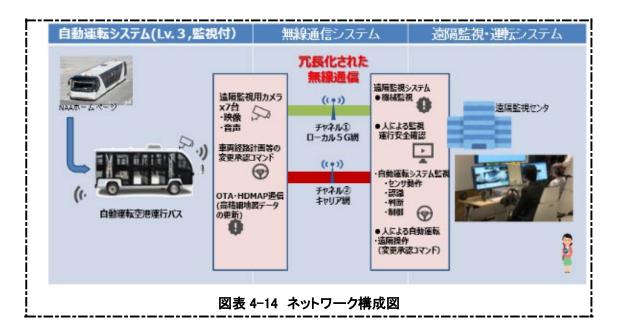
- ・ キャリア 5G と LTE を利用し、実証の拠点間ネットワークにおける、圃場作業者、EV ロボット等と各拠点間を結ぶ、無線ネットワークとして使用し、アプリケーションの連続性・カバレッジを実現。
- ・ 圃場1と圃場2の間には商用サービス開始済のキャリア5G基地局1基を設置。



図表 4-13 ネットワーク構成図

<事例>空港・港湾・建設分野 実証 No.9

- ・ 通信帯域の安定性と独自システムの構築可能なローカル5Gシステムと、キャリ ア通信を併用した冗長系による通信環境を構築した。
- ・ 不測な事態が生じた際でも遠隔監視型自動運転の遠隔監視システムを維持できる 通信冗長化設計による映像監視技術の実現に向けた検証・評価を実施(ネットワーク切り替え等)。



ローカル 5 G の潜在ユーザにおいては、現在の SI 型(オンプレ型コア+ソリューション構築)で提供可能なローカル 5 G環境提供価格と、ユーザが求めている価格の間に大きなギャップがあることが顕在化している。今後、地域の自治体や中堅・中小企業等の 5G 関連の新製品や新技術の開発に対するサポートから導入促進を想定すると、コア設備等の共用に基づくプラットフォーム(制御機能を共用することからプラットフォームに相当する)の提供については、経済合理性の観点から必然性が高いといえる。

4.2.3 アプリケーションのシステム構成

4.2.3.1 アプリケーションのシステムを構成する主な要素

(1) MEC (Mobile Edge Computing)

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、重要なネットワークの運用手段としてエッジコンピューティング技術が挙げられる。エッジコンピューティングにより、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 4-15 通信ネットワークにおける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
センシング能力の拡張	•	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) AI·機械学習技術

AI は 5G や IoT と組み合わせて利活用することで新しい価値を生み出す親和性の高い技術である。従来、IoT のシステムでは過去のデータの傾向を統計解析の手法を使って分析処理を行い、データ分析専門家の判断またはあらかじめ決められたルールに基づいて、何らかのアクションが実行されていた。こうした従来の手法に対して、AI を適用すると、時々刻々と変化するデータを即座に分析して、リアルタイムでの状況把握や監視、予測・予知ができるようになる。また、人間を介する作業や判断を AI に任せて自動化することで、人的ミスがなくなり精度の向上が見込める。

4.2.3.2 標準モデル

本実証では、数多くのアプリケーションを活用した検証が行われたが、その実現にあたってはネットワーク構成とあわせて、多様な環境を構築している。具体的には、ネットワーク・システムのどの位置でデータの処理や保存といった機能を実装するかで分類することができる。特に、本実証では、5Gの特性を最大限活かして、伝送の遅延時間やデータの処理時間等において高い要件が求められるアプリケーションが多かったことから、クラウドベースに限らず、地域運用型、拠点運用型(オンプレ)、さらにはエッジ・デバイスに処理機能を持たせる方法も挙げられる。

これらのモデルについて検証結果に基づき、メリット・デメリットを確認し、経済性の他、アプリケーションの要件・サービスレベルを踏まえた、多様な選択肢や組み合わせが実現することが望ましいと考えられる。



図表 4-16 アプリケーションの実装方法の類型

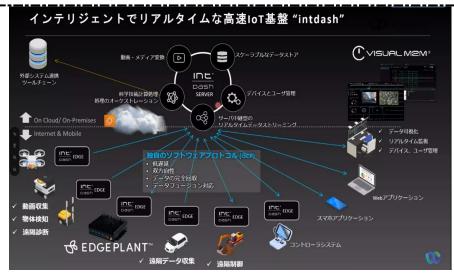
(1) クラウド活用型モデル

遅延等が許容できる範囲で、ローカル 5 Gネットワークの特性を活用しながら、解析・データ保存・AI 等を実装することができ、スマートグラスを用いたソリューションなど汎用製品との組み合わせなどが想定される。その他、インターネット回線等経由で外部・遠隔拠点からアクセスが可能となる。他方で、セキュリティの確保への対応が課題となる。

今後は、ビジネスの源泉となる、産業データの利活用と、情報保全・セキュリティ確保のバランスが課題で、今後はそういったビジネスや実運用の整理をローカル5G活用モデルに組み込んでいく必要はある。

<事例>工場分野 実証 No.5

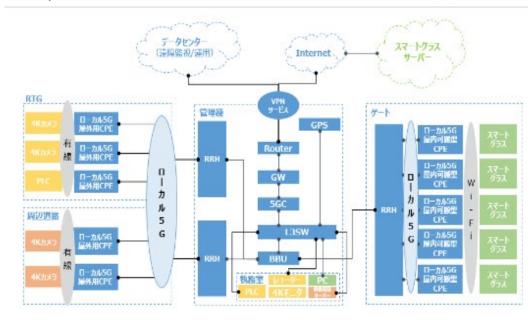
・ データ・フュージョンシステム(映像や電流・電圧、音声等を同期し、熟練工に 伝送するシステム)収集したい情報(映像、音声等)をエッジデバイスで集約し、 クラウドサーバにアップ後、遠隔地からモニターへ表示。過去に収集した情報も 確認することが可能な仕組み。



図表 4-17 ソリューションイメージ

<事例>空港・港湾・建設分野 実証 No.11

- ・ スマートグラス (ウェアラブル端末) を、ゲート監視作業員が装着し、コンテナ ダメージチェック作業をデータ化し蓄積。VPN 経由でスマートグラスサーバと 接続。
- ・ データ分析により、技能伝承に向けた動画マニュアル化や、作業内容の分析、改善策検討を可能とし、ダメージチェック作業の品質向上、作業効率化効果を得る。



- 169 -

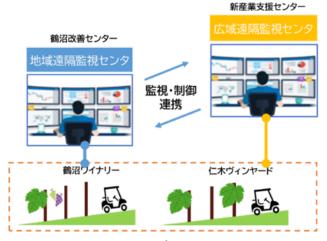
図表 4-18 ネットワーク・システム構成

(2) 地域運用型 (遠隔監視センターの例)

地域運用型の場合、複数拠点の遠隔管理、サーバ等のリソース共有が可能となる。特に、公共インフラとローカル5Gの連携に向けては、地域の設備・体制と連携しながら、ソリューションを地域で運営する体制が想定される。人員の稼働削減等のシステムの導入効果を享受するには、複数の端末やシステムを遠隔から監視・操作(1対多モデルを実現)可能な、安全性を確保したシステムや運用体制が必須となる。

<事例>一次産業(農業)分野 実証 No.1

- ・ 草刈・防除作業の稼働削減等のため、ローカル 5 Gを用いた EV ロボットの遠隔監視 制御による無人走行を実証。
- ・ 複数の EV を運用するために遠隔監視センタを設置。
- ・ 実証環境である中山間地では、傾斜での安定した通信環境の確保や走行時の安全性が 課題。作業時走行速度約 2km/h において、遠隔監視映像による障害物発見時の停止 挙動から、空走距離、制動距離とあわせた停止距離 1m 以内を検証。

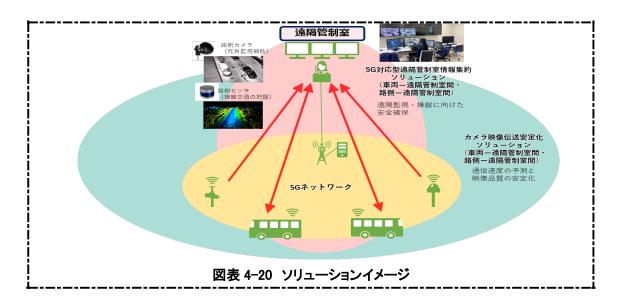


遠隔監視・制御の効率的な管理環境の 構築を想定し、複数 の遠隔・監視拠点間 で、運用を連携する 構成

図表 4-19 ソリューションイメージ

<事例>鉄道・道路分野 実証 No.16

- ・ 自動運転の車載カメラ・センサー、路側側のカメラ映像(+AI 処理)を遠隔管制室に伝送し、遠隔監視・操作者の安全確認業務を支援。
- ・ 前橋市内の遠隔管制室に監視・制御システムを設置。
- ・ 令和2年度は自動運転バス1台に対し遠隔監視・操縦管制・路車間協調通信を開発
 - → 社会実装の姿を見据え複数台(2台)のバスを監視するための検証を実施。

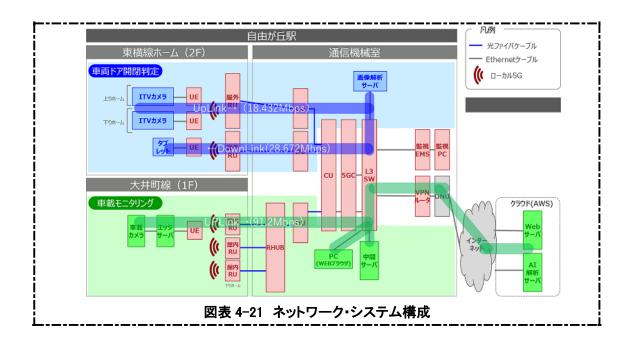


(3) 拠点運用型

拠点運用型では、ユーザ拠点内で解析やデータ処理等を行うサーバを設置・管理する。拠点内で処理することで、5Gの低遅延特性などを活かすことできる。他拠点やクラウドまでの伝送に係る伝送時間や関連コストの削減も可能となり、さらにデータ等の管理などの運用面(セキュリティ対策等)でもメリットがある。他方で、拠点内システムの保守・運用(トラブルシューティング対応等)、その他冗長化や他拠点での運用(拡張性等)が課題となる。

<事例>鉄道・道路分野 実証 No.12

- ・ 「車両ドア閉扉判定ソリューション」用にレコーダと画像解析サーバを駅内の通信機械室に設置。具体的には、4Kカメラによって撮像された画像から、指定したエリア内の人物集団において、その人物の動きを AI 画像認識技術で判断した結果を乗務員への即時、可否内容を通知・表示し、タブレット端末へ直接伝送する。
- ・ 実証では、視認性について確認。その際に、拠点での運用面を考慮し、「撮影から判定結果のタブレット表示までの時間」について 1 秒と設定。当初想定していた処理速度目標値の半分以下の速度で処理結果の伝送ができた。混雑等状況に応じて、AI が人間より閉扉可能と判断するのが早かったり、AI が閉扉判定を出せないケースも見られた。今後の AI 調整、アルゴリズムの改良などで多少前後することは考えられるが、総合的な処理速度としては必要十分であるという結果が得られた。

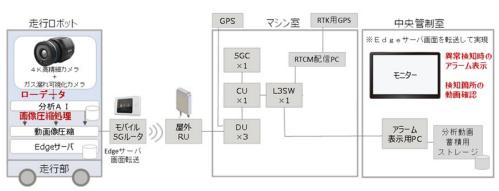


(4) エッジ・デバイス型

エッジ・デバイス型は、超大量データの処理や検知機能などをエッジ・デバイス側に高度な処理能力を持たせる形態である。圧縮した映像の伝送と検知結果(アラート等)をローカル 5 G で伝送することで効率的にローカル 5 G 帯域を活用することができる。他方で、エッジ・デバイス側に高度なシステムを組むため、筐体の耐久性や強靭性、デバイスそのもののコストや保守・運用等が課題となる。

<事例>工場分野 実証 No.6

- ・ 赤外線カメラと 4K カメラを搭載した走行ロボットで点検エリアを走行させ、同ロボット内で各種ローデータ (ガス漏れ可視化画像、4K 画像)を走行ロボット上のエッジコンピュータで処理し、ガス漏れと設備劣化を検知し、処理状況や走行状況のデータを遅延なくローカル 5 G で中央監視室に送信する。
- ・ ガスの漏洩検査と設備劣化の点検時間は、点検ポイントでの停止から測定開始~測定 終了まで、異常検知時のアラート発報を含めた場合でも、1 か所あたり 10 秒以内で の点検が完了した。



図表 4-22 ネットワーク・システム構成

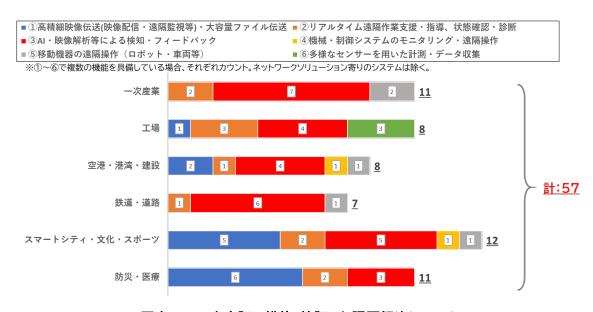
4.3 ローカル5 Gを活用したソリューションの在り方

4.3.1 基本的な考え方

ローカル 5 Gを活用したソリューション (課題解決システム) は、各分野の課題やニーズ (要件) に応じて、目的や機能等の観点で最適なシステムを構築することが望ましい。本実 証を通じて構築・検証を実施したソリューションについて整理・分析を行った。

本実証では、図表 4-23 に示すとおり、各分野カテゴリにわたって、6 つの類型の合計で 57 件の課題解決システムを構築し、検証を実施した。分野カテゴリに共通して、5G の特性 を活かした「②リアルタイム遠隔作業支援・指導、状態確認・診断」「③AI・映像解析等に よる検知・フィードバック」が多く、次いで「⑤移動機器の遠隔操作」が多い。

分野によって課題・ニーズが異なることから、各ソリューションの類型の分布も異なる。「⑤移動機器の遠隔操作」は、リモート機能を要する一次産業がやや多い。他方、「①高精細映像伝送・大容量ファイル伝送」は、映像の活用を主軸としているスマートシティ・文化・スポーツや防災・医療などの公共分野において多い傾向がみられる。「⑥多様なセンサーを用いた計測・データ収集」は工場分野ならではのソリューションといえる。



図表 4-23 本実証で構築・検証した課題解決システム

図表 4-24~図表 4-29 に各分野カテゴリの課題解決システム一覧の概要と、対応するソリューション類型を示す。

図表 4-24 課題解決システム一覧(一次産業分野)

分野	実証	ソリューション	概要	ソリューション				類型	Ī
	No.			1	2	3	4	⑤	6
		リモートEVロボット	圃場を自動走行し、草刈、防除作業を実施するEV、EVロボットの遠隔制御 システム					•	
	1	スマートガイドシステム	圃場内の作業における作業員同士、作業員と圃場管理者との双方向性コミニュケーション、EVロボットの動作状況の複数の拠点状況のリアルタイム把握、双方向のコミニュケーションも可能		•				
		IoTセンシングシステム	圃場内の環境データを自動で測定するセンシング機能と病虫害等の状況 を画像判断するAI機能			•			
		路行検知システム	4K・3Dカメラ(360度)で牛を検知しその映像をクラウド環境へ伝送			•			
_	2	個体識別・位置検索システム	FHDカメラで牛を撮影し、映像データをテキスト化(または映像データのまま)クラウド環境へ送信。従来目視で各頭探していた牛の管理工数を削減			•			
次		遠隔指導システム	スマグラ、4K可搬カメラで牛の映像を伝送し4Kディスプレイに投影		•				
次産業		イチゴ病害検知システム	自立走行型ロボットと高精細カメラ・AIでイチゴの病害(うどんこ病)を検知			•			
	3	イチゴ熱度別数量把握システム	自立走行型ロボットと高精細カメラ・AIでイチゴを熱度別(三段階)で数量 計測			•			
		密検知・顧客誘導システム	自立走行型ロボットと高精細カメラ・AIでハウス内の人物密状況を検知。 人物の位置情報とイチゴの熱度数量状況データと組み合わせることで食べ 頃のイチゴが多く残っている場所を推論。			•			
	1	遠隔操作	作業車に4Kカメラ4台と、アクチュエータ(油圧モータ等)と連携するECU とエッジPCを搭載し、遠隔操作を行うシステム					•	
	4	危険予知システム	4KカメラとAIで、危険を検知・余地。エッジAIでAIシステム、管理者への メール発報等を実施。			•			

図表 4-25 課題解決システム一覧(工場分野)

分野	実証	ソリューション	概要	١,	類型				
	No.			1	2	(3)	4	(5)	6
	5	データ・フュージョンシステム	カメラ、電流・電圧センサー等をエッジコンピュータで統合・同期し、双方向 伝送するシステム。時刻同期(数十ミリ秒間程度)のためのタイムスタンプを 付与しつつ低遅延でクラウドへデータを送信するシステム		•				•
		超短遅延映像伝送	遠隔地の映像のリアルタイム配信。カメラ(溶融池観察用・全体俯瞰用・溶 接士目線)、マイク(溶接音取得用)		•				•
	6	小型ロボット検知システム	小型ロボットとカメラ(外観検査AI用4Kカメラ、ガス漏洩による温度変化 を検出する赤外線カメラ、ガス漏洩による近赤外線スペクトル変化を検出 用近赤外線カメラ)			•			
工場		設備異常検知システム	加工工具の不良品発生や機械故障の早期見極めのための、設備の異常検 知(AI音響分析異常検知機能を用いた音・振動による検知)			•			•
*200	7	検品AI画像解析	熟練技術者の熟練技術を要する製品の検品が滞ることのないように、遠隔 地において製品概観を検品。外観検品装置に搭載した撮像ユニット(4Kカメラ、1.5Kカメラ)、ワーク把持ユニット(多関節ロボット、把持ハンド)から、 エッジPCの検品システムへ接続する。			•			
		熟練技術伝承システム	スマートグラス(MS Holo Lens)を用いた熟練者技術の伝承		•				
		巡視点検ロボット	自動走行しながら搭載カメラによる撮影し、現場映像による状況確認	•					
	8	ハイパースペクトルカメラ	キューブデータ(3秒間程度)をクラウドへ送信し、漏油・漏水を検知し、AI 危険度を判定			•			

図表 4-26 課題解決システム一覧(空港・港湾・建設分野)

分野	実証	ソリューション	概要	1	ルリコ	ししら	ョン	類型	Ī
	No.			1	2	3	4	⑤	6
	9	空港制限区域内における自動 運転連絡バス	連絡バスの自動走行レベル4相当を目指し、遠隔監視者が車両に取り付けたカメラ映像を確認するシステム。	•				•	
		船舶位置情報(操船支援ダッ シュボード)	港湾に設置した4Kカメラ映像をAI解析し検知した船舶位置情報とフライングビュー映像を1画面にダッシュボード化し船舶に提供することで、着岸時の安全性向上を図るシステム	•					
空	10	船舶の異常検知・監視	港湾に設置したカメラで停泊している船舶の映像から、船舶の傾き、ロープテンション、人物検知、前後左右位置などをAI解析することで、船舶およびその周辺の異常異常の迅速な自動検知を図るシステム			•			
空港・港湾		船舶の着岸確認及び記録の自 動化(港湾管理業務)	港湾側運用オペレーションの省人化・自動化を目指し、港湾に設置したカメラ映像から船舶の着岸をAIで判断し、着岸確認および記録を自動発報			•			
湾·建設		コンテナダメージチェック遠隔 支援システム	コンテナのダメージチェック作業をスマートグラスを通じて遠隔の有スキル 者が判定するシステム。		•				
蔎	11	RTG遠隔操作シミュレーション システム	RTGの遠隔操作化・自動化し、クレーン能力を最大化しつつ、オペレータの 労働環境を改善するシステム。				•		
		車番認識システム	周辺道路に往来する外来トレーラーを2台の4Kカメラで常時撮影し、車両情報を自動で取得することで待機時間を見える化するシステム。			•			
	15	8Kモニタリングシステム	8KカメラとAIを用いて、映像伝送とAIによる人物及び建設車両に抽出 マーキングの映像処理を行う 安全管理支援システム。複数端末から同時に アクセスし、それぞれで任意の位置を確認できる。人や建設機械等の注目 領域を検出し誘目する。			•			

図表 4-27 課題解決システム一覧(鉄道・道路分野)

分野	実証	ソリューション	概要	ソリューション			類型	<u>u</u>	
	No.			1	2	3	4	⑤	6
	12	車両ドア閉開判定システム	高精細カメラとAIを活用した車両ドア閉開判定の高度化システム			•			
	12	車載モニタリング	車載モニタリングとAIを活用した線路巡視業務の高度化システム			•			
	13	車両検査システム	ホームに設置するカメラと照明を使って、AI画像解析を行う			•			
鉄道•道路	14	スマートグラスシステム	スマートグラス・スマホを利用し、4K映像伝送し、トンネル内でスマートグラス〜遠隔の事務所間の双方向通信を実現し熟練技術者が遠隔で作業支援を行うシステム。事務所からは図面データ等を共有する。		•				
	14	4K監視カメラシステム	トンネル内4K監視カメラとリアルタイムAI画像解析を用いて、現場作業員の危険エリア侵入検知(人物検知)や接近車両検知し、現場作業員に、警告灯とLINEでアラート通知を行う。			•			
	16	5G対応型遠隔管制室情報集約 ソリューション(車両 - 遠隔管制 室間)	情報密度の高い車載カメラの映像及びセンサー情報を遠隔完成室に伝送し、遠隔監視・操作者の安全確認業務を支援する。AIによる映像情報補助機能により遠隔オペレータの業務負荷を軽減する。			•			
	16	5G対応型遠隔管制室情報集約 ソリューション(路側-遠隔管制 室間)	路側にセンサーやカメラを設置してAI処理して遠隔管制室に伝送し、車両の死角情報を補完し、遠隔監視・操作者の安全確認業務を支援する。AIによる視認補助情報を付加する。			•			

図表 4-28 課題解決システム一覧(スマートシティ・文化・スポーツ分野)

分野	実証	ソリューション	概要	ソリューション				類型
	No.			1	2	3	4	5 6
		遠隔ロボット監視システム	遠隔操縦ロボットの4Kカメラ映像による不審者・不審物識別、混雑会場の現場警備員とのやり取りを実現するシステム。ロボットに障害物との衝突回避(自動減速、停止)、走行ルートを迂回し走行を行う機能が具備。			•		•
	17	混雑検知システム	ローカル5G対応スマホで撮影した高精細映像をクラウドサーバ上にアップロードし、AI解析し、リアルタイムの混雑検知、混在回避措置の効率化を実現する。			•		
		遠隔同期演奏システム	超低遅延での音響伝送を通じ、複数会場での同期演奏を行う。	•				
スマー		人物等検知機能	移動体に取り付けたカメラ映像により、人物検知・車椅子・白杖・倒れ込み を検知するシステム。			•		
Ļ	18	顔認証機能による見守り機能	移動体に取り付けたカメラ映像により、予め登録していた顔情報から一致 する人物を検知するシステム。			•		
シデ		ナンバー認識センシング	車体を検知し、ナンバーを検知するシステム			•		
文		360度自由視点映像	360度自由視点映像カメラで撮影した映像伝送をオペレータルームの制御部に伝送するシステム。4D-replay。	•				
文化え	19	旋回カメラ映像	旋回カメラで撮影された映像データを、L5G閉域内で折り返して、スタンドに設置された旋回カメラViewerに伝送。	•				
スポー		情報配信システム	360度自由視点カメラ及び旋回カメラで撮影された映像を映像制御装置 を経由して、LED表示装置やサイネージに表示する。	•				
ヅ	20	ライブ映像伝送システム	イベント会場で、複数の高精細カメラを可搬的に扱うとともに、PAからリアルタイムで提供されるバランス音声と合致させるための時間同期や映像品質を担保するための効率の良い伝送を実現するライブ映像配信。	•				
		次世代リモートコーチングシス テム	4Kカメラ・高フレームカメラの映像を園地のコートと共有し、遠隔地から操作可能で競技者のプレーをあらゆる角度からの追跡を可能とするシステム。		•		•	
	21	遠隔VR幻肢痛セラピーシステムを活用したリモートコンチン グシステム	VR技術を活用した遠隔地とのリモートコーチングシステム。二人羽織のような重なりあう形での表示表現も可能で細かな指先の動きなど、向かい合った状態ではイメージしづらい動作も容易に伝達できるメリットがある。		•			

図表 4-29 課題解決システム一覧(防災・医療分野)

分野	実証	ソリューション	概要	ソリューション		類型	į		
	No.			1	2	3	4	5	6
	22	災害時:被災状況確認の迅速化	被災地で手持ち型・自転車型・バックパック型・車両型・ドローン型の5つの レーザスキャナで取得した被災前後の3D点群データと4Kカメラ映像を管理事務所に伝送し、管理者や関係者で確認・共有するシステム。	•					
		平常時:道路管理・運営の効率 化	4K映像カメラを搭載した自動運転車両を走行させ、道路周辺の4K画像 データを伝送し、AIにて道路の異常(ひび割れ)を検知するシステム。			•			
		遠隔監視システム	危険状況・災害要因の可視化するため、落石等、AI解析サーバで安全監視・人流解析、軽装登山者モニタリングを実施。			•			
	23	ローカルコミニュケーションシス テム	山小屋、ガイド、山梨県、富士山研究所で同時接続し、映像及び音声による、 迅速かつ円滑なコミニュケーションシステム。		•				
防		サイエンスデータ伝送システム	エッジクラウドに蓄積されたハザードマップ等のデータを、3次元以上の高次元で可視化し、現場の位置と紐づけて、様々なハザードの予測を分かりやすく可視化することで現場の要員が現状把握しやすくする。	•					
防災·医療	24	IPユニキャスト配信	ローカル5GーFWA伝送及びハイネシステムによるコミニュティチャンネル及びローカル局チャンネルのIPユニキャスト配信。テレビ視聴者がスマホ画面(ハイコネアプリ)を操作することで、ハイコネ対応テレビ・STBを制御。	•					
///		360度カメラ・スマグラ視覚情 報共有	簡易設置可能な360度カメラ等による俯瞰的視覚情報共有、スマートグラスを利用した主観的視覚情報共有。災害時の多数傷病者発生時等。		•				
		院内ストレッチャー移動患者の 視覚情報共有	移動中患者の遠隔からの状況把握を客観的かつ確実にリアルタイムに実施。 ストレッチャー移動する患者周囲に360度カメラと4Kカメラを配備。医療 行為を行えないスタッフを移動担当者に選定することでによる稼働削減等。	•					
	25	既存システムに依存しない遠隔 CT画像共有	CT撮影後モニターに表示されるCT画像を4Kカメラで映像共有し、画像 診断医がタブレットを介してリアルタイムにその画像を確認、診断映像共有。 検査画像判断の迅速化、複数医師の同時関与診断の質向上等。	•					
		大容量X線動画データ転送	場所を問わず高度な画像情報を伝送・解析を行う。	•					
		既存システムに依存しない期間 内チューブ等位置AI判定	モニターに映しだされたX線画像を4Kカメラで撮影し、映像をクラウドでAI判定を行う、リアルタイムに解析結果を出力する。			•			

4.3.2 各ソリューションの特性

本項では特にニーズの高いソリューションの特性について実証結果を踏まえながら整理 する。

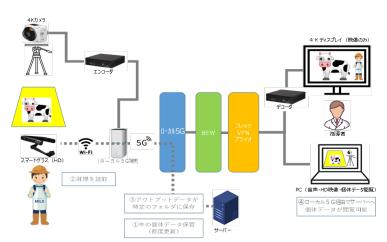
4.3.2.1 類型②リアルタイム遠隔作業支援・指導、状態確認・診断

遠隔地とのコミュニケーションにおいて、ローカル5G経由映像や遅延等の通信品質は 概ね良好であった。実証で得られた結果の例として、遠隔指導前後で品質向上を定量的に 立証し、実用に耐えうる水準との評価も得られている。

リアルタイム性を犠牲にせずに、指導や診断に必要かつ正確な情報を十分に伝達できるかがポイントだということが明らかになった。将来的に、送受信側で xR 技術を活用するなどの応用・拡張型のモデルを実現するには、通信回線や I/F 設計、新たな操作や運用を前提とした教育や業務設計が課題となる。

<事例>一次産業(農業)分野 実証 No.2

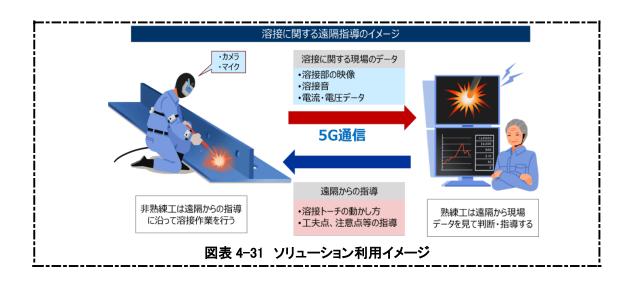
- ・ スマートグラスとともに、4Kカメラ・4Kディスプレイを併用することで、高精 細画像を獣医師等に円滑に送信し、乳牛の状態を正確に診断。
- ・ 検証結果: 対面指導再現率(現地訪問による目視との差)は、概ね"普通(評点 3)"以上。指導するポイントによっては遠隔業務が可能であることを確認。
- ・ 課題:従来の目視で必要とする見え方が生産者の撮影方法や機器性能により十分 に情報伝達できず、生産者の習熟度による解消が必要(安定運用、カメラ選定、 照度確保対策等で要改善)



図表 4-30 ソリューション利用イメージ

<事例>工場分野 実証 No.5

- ・ デバイスで収集した映像・音声等の情報を一元的に遠隔地の熟練工がモニタで確認しながら、非熟練工に指導。
 - 技術レベルで品質差が生じやすい「突き合せ溶接」を対象に検証(別途 JIS 検定基準に照らし合わせて品質評価)。
- ・ 検証結果: 指導前後で品質向上を定量的に立証。映像品質は良好。現場·熟練工まで 500~800ms(体感的に 0.5s 程度)と、クラウド活用型でも実用に耐えうる水準 との評価が得られた。
- ・ 課題: ヘッドセットの改善、5G 等環境構築期間の短縮化。習熟度を踏まえた指導、1 対 N の複数指導の実現等。



4.3.2.2 類型③AI・映像解析等による検知・フィードバック

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に進化してきており、例えば警備や見守り分野では人(警備員や監視員)主体の監視から、高精細映像とAIによる高精度な監視による補完に対して期待が高まっている。特に高精細映像については、従来の解像度(HD,Full HD等)では得られなかった検知対象の詳細な情報(明確なシルエット等)が得られ、AIの精度を向上させることが可能である。また、数倍の範囲の映像となるため、例えば顔認証の認識範囲が広がり同時に多数の認証が可能となることや、監視対象が移動しても映像中に映る時間も長くなる。さらに、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繋がる。例えば、顔認証率においては、4G伝送速度時にはフレームレート落ちが発生したことで顔検知頻度が極端に落ち、認証出来ないケースが発生する。また、フレームレートを維持するために解像度を落とした場合には、顔認証率が運用に耐えられないレベルまで低下する結果となるが、5G伝送環境では高解像度・高フレームレートでの映像伝送が可能であり、顔認証精度についても警備運用において有効な数値となる。

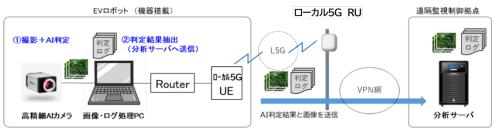
本実証では高精細映像伝送による解析力・検知率は総じて高く、撮影距離を長く(エリアを広く)とっても検知率は下がらず粘り強い。大容量映像伝送可能なローカル5Gの優位性を発揮したといえる。横展開に向けては汎用性の高いモデルの構築が課題である。他方で、検知結果のフィードバックに遅延が発生するケースもみられたため、まずは、リアルタイム性が求められない(ノンミッションクリティカルな)ユースケースへの活用が期待されるといえる。

横展開に向けては、汎用性の高いモデルの構築が求められる一方、解析による検知率の 精度向上やサービスレベルの定義等が課題である。つまり、検知率に対する要件定義やそ の安定性、検知できなかった場合のリスク評価などは、本格的な運用に向けた検討が必要 である。

<事例>一次産業(農業)分野 実証 No.3

・ 病害検知システムでは、AIカメラ搭載 EV で病虫害予兆(枝・葉・房、虫など)

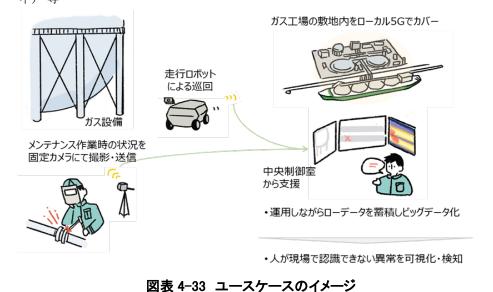
- を AI 判定し、EV 搭載時でも対象物 (正解数) に対して正しく検知できたか評価。
- ・ 検証結果:撮影機能及び画像抽出処理機能により、イチゴの病害検知も正答率 94% と高い認識率を得られ、イチゴの撮影および病害診断に活用できることを確認。
- ・ 課題:農薬使用量・費用・散布稼働及び病害発見に要する時間削減効果はでの効果は 得られなかったため、システムの運用方法の変更等の工夫が必要。



図表 4-32 ソリューション利用イメージ

<事例>工場分野 実証 No.6

- ・ カメラ搭載走行ロボット(ガス漏洩を検知する赤外線カメラ、設備の異常点検カ メラ➡AI解析)で、保安業務の一部補完(既存ではできていない検知を含む)等 を評価。
- ・ 検証結果:帯域は問題なし。情報取得から PC 表示まで最大 10 秒程度の遅延があるが、リアルタイム性を要する業務以外など一定の範囲での活用可能性を確認。
- ・ 課題:配管群が障害となり走行ロボットの位置情報が受からない、検知以外の保守・点検の活用検討、他工場との連携の仕組み構築(広域化、データセキュリティ)等

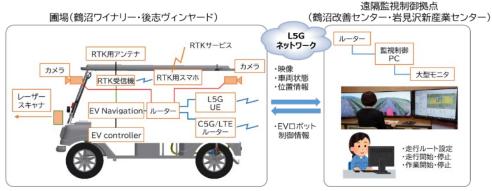


4.3.2.3 類型⑤移動機器の遠隔操作(ロボット・車両等)

ローカル 5 Gを介した映像伝送やシステム切り替え動作や遠隔制御等に係る機能上の性能 評価については大きな課題はみられなかった。他方、遠隔操作は、システム全体で生じる 遅延・操作不慣れ等により、複雑な操作内容の場合、作業時間の増大で得られる効果が頭打ちする傾向がある。そのため、作業の複雑性と、システム全体での遅延時間など、各要件のバランスが課題となる。

<事例>一次産業(農業)分野 実証 No.1

- ・ EV ロボットを遠隔からの走行制御(発信、停止動作の遠隔操作)、映像監視(動作状態・安全確認)時の異常検知時の安全性について、単体・複数台・複数拠点における同時複数台での動作確認を実施。
- ・ 検証結果: EV ロボットと遠隔監視センタの往復遅延時間 (ローカル 5G:約35ミリ秒、キャリア5G:約97ミリ秒)により、遠隔監視制御 (緊急停止動作)は空走距離約0.8m・制動距離約0.1mとなり、実証目標(停止距離1m以内)を達成。制御動作・緊急停止時におけるローカル5Gの有効性を確認。



図表 4-34 ソリューション利用イメージ

<事例>一次産業(農業)分野 実証 No.4

- ・ 遠隔操作による作業車両の移動や搬出作業効率化に資するよう、実証フィールド の林道の一部(約 60m)で遠隔操作あり/なしで作業速度の測定を実施。
- ・ 検証結果: 遠隔操作の準備に伴う追加工数、遅延・操作不慣れ等により従来の 1.3 倍の時間を要した(約 135 分/人増)。他方、作業工程の見直し(移動時間の削減、遠隔での現地確認等)で約390分/人削減。差し引きで、約255分/人削減。 現場事故リスクの回避、他業務実施による人的リソースの再分配が可能、経営的メリットにも寄与するとの評価。
- ・ 課題: 通信遅延の解消、作業者習熟度向上、遠隔操作ミスによる事故等の回避





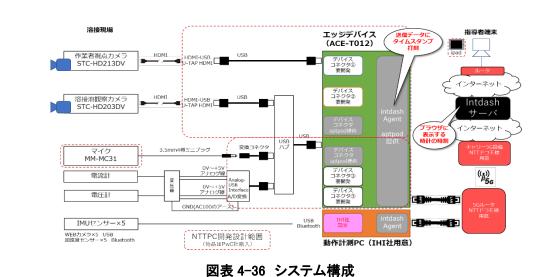
図表 4-35 ソリューション利用イメージ

4.3.2.4 類型⑥多様なセンサーを用いた計測・データ収集

現場における多様なセンサーを用いて計測・データ収集を行うことで、現場の状況やシステムの稼働状態等をリアルタイムで、正確かつ多面的に把握することが可能となる。例えば、複数のカメラによる溶接作業、溶接士の視界、俯瞰映像といったデータや、使用されている電流・電圧のデータ、音声データを同期が図られた状態で一元的に把握することができる。

<事例>工場分野 実証 No.5

- ・ カメラ (動画)、電流・電圧センサ、音声等のデータをローカル(エッジコンピュータ)でフュージョン (統合・同期) させた後、時刻同期のためのタイムスタンプを付与しつつ、5G で低遅延でクラウドへデータを送信する仕組みとしてデータフュージョンシステムを構築。
- ・ データフュージョンを実行するエッジ機器と各デバイス (カメラ、マイク、電流 計、電圧計) との接続インタフェース (デバイスコネクタ) を開発。



- 181 -

4.4 ローカル5Gの社会実装に向けた検討

4.4.1 ローカル5Gインフラの社会実装の方向性

ローカル 5 G が様々な地域における産業のニーズや課題への対応に資する ICT 基盤であることから、以下では、地域における産業構造や地域経済等を踏まえて、地域を起点にみた場合と、産業を起点にみた場合のローカル 5 G の社会実装の方向性について整理する。

4.4.1.1 地域の ICT 基盤としてのローカル 5G

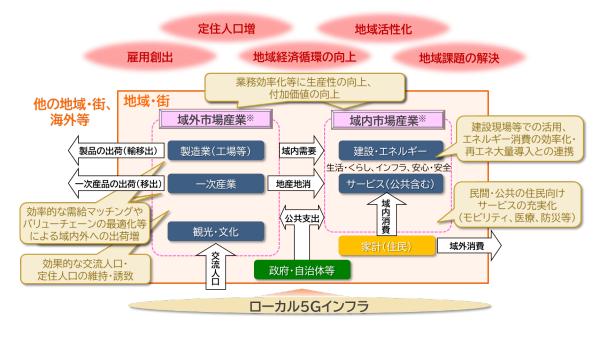
一般に、地域の産業は「域外市場産業」と「域内市場産業」に分けて考えることができる。 域外市場産業とは、他地域との取引を通じて稼ぐ基幹産業を指し、一般に農林水産業、製造 業、観光業などが含まれる。実際にどのような業態が域内または域外市場産業に位置づけら れるかは地域・街やその範囲によって異なる。例えば、地域の農林水産業や製造業における ICT 基盤の貢献経路としては、効率的な需給マッチングやバリューチェーンの最適化等に よる域内外(海外市場)への出荷の増加等が想定される。また、観光業においては、ビッグ データの収集・利活用等を通じた効果的な国内外観光客の誘致などが想定される。

一方、域内市場産業とは、域内の住民の生活や企業の活動を支える産業を指し、一般にインフラ業 (建設、エネルギー等)、交通、サービス業 (医療・教育等の公共部門を含む) などが含まれる。例えば、インフラ業における ICT 基盤の貢献経路としては、スマートホーム等におけるエネルギー消費の効率化、自動運転を活用した新たなモビリティサービスの実現、医療・教育分野など民間・公共の住民向けサービスの充実化、キャッシュレス化などの決済基盤の充実化などが挙げられる。

さらに、域内外市場産業に係らず、地域におけるあらゆる生産活動において、ICT 基盤の活用を通じて、業務効率化や付加価値向上による労働生産性の向上が期待される。他の地域や街、海外地域等の取引を通じた、ヒト・モノ・カネ・情報の効果的な連携が期待される。

これらの多様な効果は、地域課題の解決の側面と、地域における新たな市場創出や市場拡大の側面を併せ持つ。例えば、ICT 基盤を活用した生活・健康管理等の新たな地域住民向けサービスにおいては市場を創出し、域内経済循環に寄与するとともに、適切な生活習慣や治療により生活習慣病の発症や重症化を防止する効果が期待されることから、将来的な医療費・介護費の増大の抑制という課題解決にもつながる。

ローカル5Gインフラは、効果的なソリューションとしての活用を通じて、こうした地域 経済への貢献において役割を果たすことが期待される。



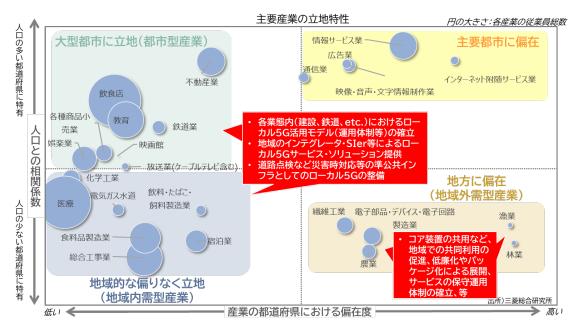
出所) 三菱総合研究所

図表 4-37 地域におけるローカル 5G インフラの貢献経路

4.4.1.2 産業の立地特性を踏まえた展開

次に、産業の立地特性をみることで、産業起点でローカル 5G インフラの在り方を考える。 図表 4-38 は、都道府県単位でみた人口規模と主要産業の地域分布を表したものである。 縦軸が都道府県別の人口と産業別就業者数の相関係数を示しており、上に位置するほど人 口の多い都道府県に特有の産業であることを表している。横軸は産業別の偏在度(ジニ係 数)を示しており、右に位置するほど地理的な偏りが大きい産業を表している。円の大き さは各産業の規模(従業員ベース)を表している。

両軸から国内の主要産業は大きく4つに分類できる。右上の象限は、主要都市に偏在(特化)している都市一極集中型の産業である。右下の象限は、一次産業に代表されるように、地方に偏在する産業で前述の地域外外需型産業である。これらの産業では、相対的に規模が小さくかつ多くの小規模のユーザから構成され、また地域で偏在していることから特にネットワークやシステムに係る費用や保守・運用体制が課題となる。そのため、4.2節で整理したようなコア共用型などインフラの共用や地域内での共同利用など、体制上の工夫が必要になる。左上の象限は大型都市に立地している都市型産業、左下の象限は地域的な偏りなく立地している地域内需型産業である。これらの産業では、各業態内の標準や共通仕様化によるローカル5G活用モデルの確立や、当該モデルを各地域で根付かせるためのプレイヤー(地域のインテグレータ・SIer等)の巻き込みが必要となろう。特に、地域内需型産業においては、各地域において前述のとおり地域に根差したICT基盤として、いわば準公共インフラとして役割を担うことが期待される。



図表 4-38 産業立地からみたローカル5Gの普及展開

4.4.2 ローカル5Gの普及展開ロードマップ

4.4.2.1 各実証における実装計画

各実証事業の実装計画案に基づき、分野別の実装計画を下図のとおりまとめた。ここでは、課題実証専門会合において重点分野を対象に整理した。各分野とも、実証を行った地域や拠点での取り組み(継続的利用や機能拡張等)と、他地域・拠点等への横展開と、2つの側面を有している。後者については、同様の課題を有するユーザのニーズ等を反映したローカル5G活用モデルのさらなる標準化が必要となる。そのためには、4.3 節で整理した各種ソリューションの改善を図るとともに、一定の要件及び費用構造の中で安定的に提供できる商材の開発を進め、成功事例を増やしていくことが極めて重要と考えられる。

図表 4-39 一次産業分野の実装計画



図表 4-40 工場分野の実装計画



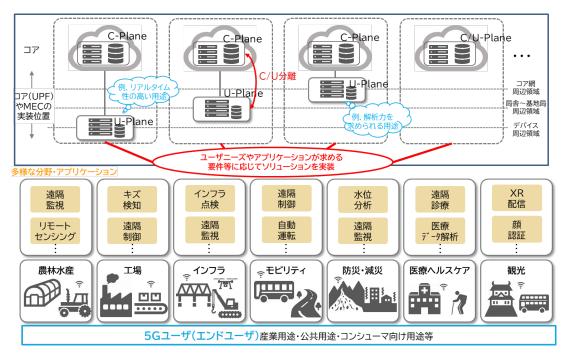
図表 4-41 空港・港湾・建設分野の実装計画



4.4.2.2 ローカル 5G の普及展開ロードマップ

4.2~4.3 節で整理したローカル 5G のネットワーク・システムやソリューションの在り方を踏まえると、ユーザのニーズやアプリケーションが求める様々な要件(伝送容量・遅延時間等)に応じて、多様な構成で提供できることが望ましい。

具体的には、ユーザが導入・利用しやすい形態提供の実現として、一定のサービスレベルを規定したローカル 5 G のサービス型の提供、コアネットワーク共用型モデルの実現、ローカル 5 G活用ソリューションのパッケージ化等の提供が期待される。



図表 4-42 ローカル5Gネットワーク・ソリューションイメージ

こうしたローカル 5G の提供側の実現シナリオと併せて、前述の重点分野別の実装計画、さらに当該分野の政策的な取り組み(実現目標時期等)を重ねることで、図表 4-43 のとおりローカル 5G のロードマップを作成した。

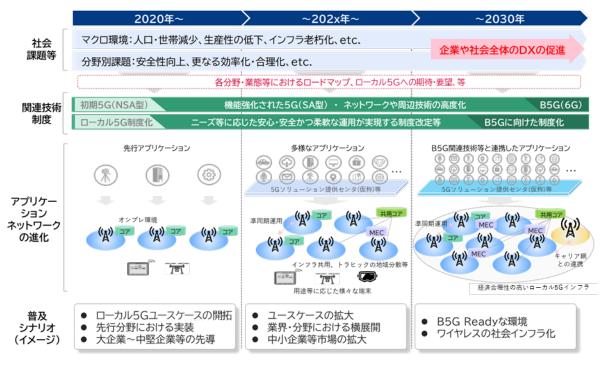


図表 4-43 具体的なロードマップ

さらに、長期の視点で、我が国が抱える社会的課題、技術革新・制度の進展を踏まえた、

ローカル 5 G普及展開に向けた方向性案を図表 4・44 に示す。特に、2030 年に向けては、 我が国の社会課題はより深刻となり、静かなる有事に対する危機感が増大することは必至 である。こうした背景により、ICT 基盤の必然性やニーズがさらに強まることで、例えば 本実証で検証を行ったような課題解決システムの実用化に係る要件(例.検知率等の性能 指標、SLA など)はより厳しくなっていくと予想される。

個々のシステムの費用対効果に基づく短期的な判断に依存せず、将来的な社会課題の解決に向けて何に取り組むべきか、企業や社会全体のDXを促進するために、さらに2030年にはBeyond5G時代を迎える中で、u-カル5G活用モデルを通じて、何を積み上げていく必要があるかを考えることが重要である。



図表 4-44 ロードマップイメージ

5. 5G ソリューションプラットフォーム (5GSC)

5.1 共同利用型プラットフォームに関する考え方

5.1.1 概要

本検討において、ローカル5G等の広帯域、大容量、低遅延のワイヤレス技術を活用することで、各法人事業のビジネスユース等を中心としたデジタル化施策を加速させ各種のユースケースやソリューションの共有知化を進めることの有用性や、共同利用型プラットフォームの在り方について、別途企画検討されている総務省の「5Gソリューション提供センター(5GSC)」の構築等に係る調査検討」と連携し整理を実施した。本実証事業に参画した事業者(以下、「実証事業者」という。)に対して、共同利用型プラットフォームが具備することで、社会実装がより円滑かつ迅速に進むような機能等への要求事項や、5Gソリューション提供センター(仮称)(以下、「5GSC」という。)を通じた各実証事業者の実証成果の展開に向けた各種ドキュメントやソフトウェア、ソリューションの展開に向けた連携方式や知財の扱い等について検討を進めた。

なお、本調査研究における「共同利用型プラットフォーム」とは、令和 2 年 6 月 30 日公表の総務省「Beyond 5G 推進戦略 -6G へのロードマップー」で言及されている『5G ソリューション提供センター(仮称)』(以下、5G ソリューション提供センター)の企画に資するものと位置づけている。

また、第 5 世代モバイル推進フォーラム内に設けられたローカル 5G 普及推進官民連絡会において、令和 3 年 11 月 17 日に『5G ソリューション提供センターの取組』として、本検討と連携する総務省事業である「5G ソリューション提供センター(5GSC)」の構築等に係る調査検討」についての言及、公表が成されている。

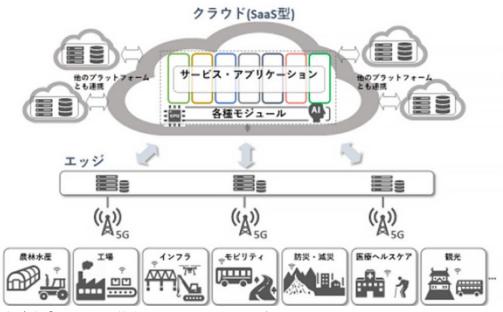
(総務省「Beyond 5G推進戦略 -6Gへのロードマップー」 より抜粋)

- Beyond 5Gの早期かつ円滑な導入を図るためには、その前提として、5Gがあらゆる分野や地域において浸透し、徹底的に使いこなされている必要がある。これにより生まれる「Beyond 5G ready」な環境(あらゆる者が必要なリテラシーを備え、Society5.0の恩恵を十分に享受できる環境)を早期に実現。そのために、5Gの早期の面的展開と産業利用・公的利用への拡大を強力に推進。
- 5Gの産業利用・公的利用の拡大に当たっては、特に、海外利用を当初から念頭に 置くこと、セキュリティ・バイ・デザインに基づいたものとすること等に留意し つつ、大胆な規制緩和と大学・企業等の能力の最大限の活用により、「既存の枠 組みに囚われずに5Gを使いこなす社会」の早期実現を目指す。
- 各種モデルの構築とともに、データ利活用型スマートシティにおいて各種機能等 のモジュール化を進め、これらのソリューションモデルをクラウド型の共通プラ ットフォーム(SaaS)により、「5Gソリューション提供センター(仮称)」として提

<u>供</u>。これにより、中<u>堅</u>・中小企業や地方公共団体等による利用開始のハードルを 大幅に引き下げるとともに、横展開を促進。

(ローカル5G普及推進官民連絡会「5Gソリューション提供センターの取組」より抜粋)

- 総務省の「「5Gソリューション提供センター (5GSC)」の構築等に係る調査検討」 に関し、株式会社NTTドコモが受託し、5Gを活用したソリューション提供・利活 用に係る企業とユーザのマッチングプラットフォームの検討に着手されました。
- 本事業は株式会社NTTドコモのほか、日本アイ・ビー・エム株式会社、エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社が参加し、5Gネットワークの利活用を 促進すべく、5Gソリューションの利用者とソリューションの提供者のマッチング プレイスの創出を企図しプラットフォーム構築を行います。
- また、その市場受容性の調査、事業化に向けた課題とその解決策の調査を行うため、コンソーシアムを設立し、検討を行います。
- 上記環境の実現により、利用者は自社の事業を促進させる安全な5Gソリューションを本環境から選択・活用することが可能となり、提供者は自社が知りえない利用者との機会を通じて事業が拡大・促進できるだけでなく更なるサービスの向上に集中できる環境を得ることが可能になります。



出所) 総務省「Beyond 5G 戦略—6G へのロードマップ」

図表 5-1 5Gソリューション提供センター(仮称)のイメージ

上記の基本的指針や関連団体の動き等を踏まえ、5GSC については多様な 5G ソリューションをユーザがワンストップでシームレスに利用できる環境が整備されており、各種企画・設計ドキュメントが閲覧可能であり、ノウハウを有する事業者との相互連携や仲介の

推進や、ダウンロード型、SaaS型等でソリューションが迅速かつ簡易に利用可能となる、といった各種機能群を提供するプラットフォームとして整備されることが想定される。

これらの機能整備が行われるには一定の期間を有するため、その整備における範囲や段階論的な展開について「「5G ソリューション提供センター (5GSC)」の構築等に係る調査検討」の受託者(以下、「5GSC調査事業者」という)と共に、必要となる検討軸の考察を行った。

プラットフォームの機能検討やビジネスモデル等の概要や詳細は、5GSC 調査事業者に委ね、本報告書では実証事業者の取りまとめを担う立場から、同センターをワイヤレス技術を活用したデジタル化施策の普及促進に資する取り組みの一環としてとらえ、例えば関係省庁、事業者等と連携する際の課題や、将来的な展開計画案についてマクロ的な視点からの考察を行うこととした。

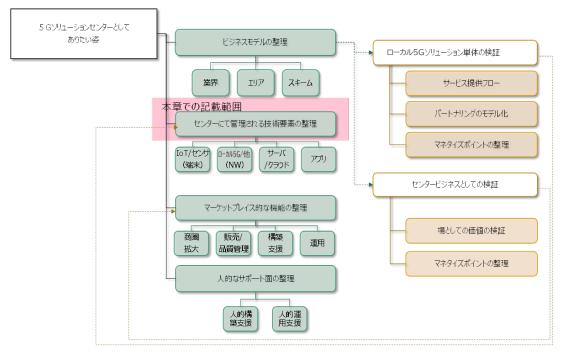
5.1.2 共同利用型プラットフォームの考え方と実証事業者からの意見収集

本センターの意義・狙い(仮説)は、5G 基地局の面的展開にあわせて、サービスレイヤにおいて一定の水平分離を進めることで、5G ソリューションの開発と利用拡大を進め、5G 導入に対して意欲的なユーザによる先行的・先進的活用を加速させることにある。他方、既に民間事業者が 5G ソリューションの各種展開を推進している環境も踏まえ、施策として本センターの環境整備の必要性の整理も必要である。そのため、過年度実証事業で当社が整理した 5GSC の基本設計案も踏まえつつ、5GSC 調査事業者と連携して検討するとともに、5GSC のコンセプトや機能等に係る、各実証事業者へのアンケート・ヒアリング調査の支援を行った。

5.2 5G ソリューション提供センターに対する想定要求事項

5.2.1 概要

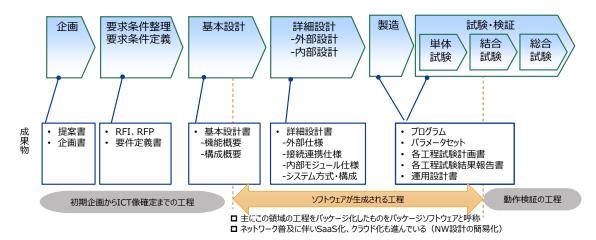
5GSC への要求事項を整理するために、5GSC 調査事業者との初期検討において、次のような要求事項の整理フレームを提示し、検討を支援した。ビジネスモデルについては、5GSC 調査事業者が詳細検討を行う分担となったため、各実証事業コンソーシアムとの各種調整等の支援を中心に実施した。本項では、5GSC に対する今後の技術的な想定要求事項や整理等を中心に記載する。マーケットプレイスの検討については後述する。



図表 5-2 5GSC への要求整理のフレーム

5.2.1.1 要求事項(技術要素)の整理

サービス提供の考え方として、サービス内容の具体化レベル、サービスレイヤの 2 軸がある。「サービス内容の具体化レベル」については、5G ソリューションの提供に至るプロセスと、一般的な ICT システム開発における工程と想定成果物との相関について、共有知化の範囲や課題を整理した。



図表 5-3 一般的な ICT システム開発工程

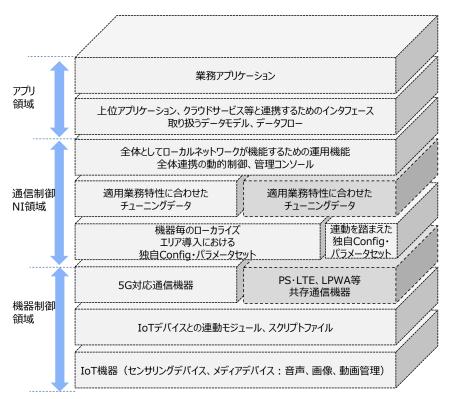
どの領域の成果物を 5GSC において共有化していくことが、各ステークホルダの裨益に繋がるかが論点となる。また、各ステークホルダにとっての裨益要素はソリューションの普及状況や汎化の度合いなど、時系列によって変化する。そのため、短期的・中長期的な裨益効果や、共有する技術要素等の範囲を考慮する必要がある。

技術要素としては、企画書や設計書等のドキュメント共有のレベルに留まらずソフトウェアの共有を本センター上で行うことが有用と想定される。その理由として、5GSCを自らの業務改善等のために利用する事業者にとっては提供サービスのイメージが具体的に想起されるためサービスの利用が促進される点がある。また、サプライヤ(機器ベンダー・ソフトウェアベンダー)等の事業者にとっては、自社製品や開発プロジェクトへの参画といった営業機会の拡大・営業効率向上といった裨益効果が想定される。一方で、全体のプロジェクトの整合や連携を推進するシステムインテグレータ等の開発事業者にはインテグレーションノウハウの流出などのデメリットも想定されるため、デメリットを補う対策の検討が必要となる。

- ▶ 汎化範囲を定め、ラボ等での共創ソリューション形式でハイブリッド型での推進を行う
- ▶ ソフトウェア周辺領域での投資回収モデルを検討する
- ▶ 5GSC における成果物の取り扱いを明確にする 等

現時点での 5G ソリューションの提供状況においては、広範にデモ環境 (ソフトウェアの共有) を積極的に提供、展開しているサプライヤやインテグレータといった事業者等は存在しない。ユーザとなる事業者が通信キャリアやインテグレータ等とのやり取りを通じ、PoC を実施するなどのラボ形式のサービスが主となっている。しかし、今後市場が活性化していく中で、営業リソースの有効活用、サービス標準化などの理由でデモ環境 (ソフトウェアの共有)を提供する形式での 5G ソリューション提供はより有効に機能する可能性があると思料する。

「サービスレイヤ」の検討においては、検討の軸として、5G ソリューションを構成する アプリケーションの領域、通信制御を中心としたネットワークインテグレーションの領域、 IoT 機器等の連携や制御を行う機器制御の領域を定義し、当該領域のうち、どの領域について 5GSC が共同的機能を展開すれば普及促進等に繋がるかを整理した。



図表 5-4 5G ソリューションの構成要素、技術要素の例

アプリ領域におけるサービス提供が 5G ソリューションの普及を促進する可能性について、次の論点がある。

- ① インテグレータの裨益や付加価値の設計
- ② 業務ノウハウが含まれているアプリケーションの共有範囲

①については、業界におけるインテグレータの競争力の源泉である、各技術要素の組合せや各要素の連動をおこなう開発要素に対して、共有知化に対する一定の抵抗感がある。各社がデメリットと感じる要素を上回るメリットの導出や共同的な検討が重要となる(例:営業機会の増加・効率化、サービス提供時の課金モデル、周辺サービス領域での投資回収モデルなど)。これらを通じて、5G ソリューション提供センターへの参画インセンティブを形成することが肝要である。また、5GSC における成果物の知財について、取り扱いを明確にすることも重要である。

上記と関連し、②については、固有の業務ノウハウを一定程度汎化したアプリケーションを共有する、アプリケーションの利用可能な機能を制限する、利用可能な期間を限定するといった対応策も考え得る。

通信制御/ネットワークインテグレーション領域においては、ネットワークインテグレー

ションにおける設備投資額の負荷と開発負荷に対しての意見が挙げられた。それらの解消 に資するプラットフォーム的、モジュール提供的なサービスを展開することで、デジタル 化の促進と、各事業者の課題、ひいては社会課題の解決が加速する可能性は充分にあると 思料する。ここにおいても、インテグレータの裨益や付加価値の設計が重要となる。

機器制御領域においては、従来のネットワークサービスの利用よりも圧倒的なレスポンスが得られるとの意見も挙げられた。今後の展開においては、ローカル 5G、キャリア 5G、Wi-Fi6 や LPWA 等の様々な通信方式を組み合わせたサービス提供において、各種最適なソリューションをユースケースに合わせ、どのように効率的に提供するか、汎化的に整理し得るか、という観点が重要となる。

5.2.1.2 アプリケーションやモジュールの開発・調達方法・提供の継続性

前述のとおり、企画書や設計図といった設計ドキュメントに加え、アプリケーションやモジュールといったソフトウェアの共有化についても検討することが、5GSCの価値の発現において有用と考える。

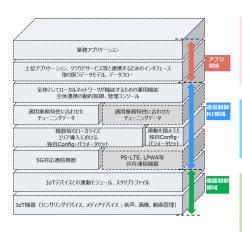
ソフトウェアの調達、提供に際しては、ユーザの利便性のみではなく各ステークホルダの裨益効果を考慮することが非常に重要である。各ステークホルダに対して、より具体に、5Gソリューションを構成する各種ソフトウェア、ハードウェアの具体的な提供イメージ、提供スキーム案や、上記の提供イメージ、提供スキーム案と合致した既存の製品や知的財産が導入にいたるパターンやビジネススキームについてもより明確化することで、よりその位置づけが明確となる。

整理のパターンとしては次のような要素が考えられる。

- ・アプリケーション領域における整理要素(例)
 - ▶ SaaS型、DL型、パッケージ型等
 - ▶ ソフトウェア試用の在り方(時限性、規模、利用範囲、等)
 - ▶ インタフェース用モジュールの有償、無償
 - ▶ インテグレーション要素の明確化
 - ▶ 動作環境の前提(必要環境、クラウド条件、等)
- ・ネットワーク領域における整理要素(例)
 - 機器試用の在り方(無償貸出・有償レンタル、時限性、規模、利用範囲、等)
 - ▶ ネットワーク設定パラメータやモジュール・スクリプトの有償、無償
 - ▶ インテグレーション要素の明確化
 - ▶ 動作環境の前提(方式、ネットワーク機器の汎用性、キャリアとの接続条件、等)
- ・IoT 機器(カメラ、センサー、ロボット・ドローン、ウェアラブル等)領域における整

理要素 (例)

- 機器試用の在り方(無償貸出・有償レンタル、時限性、規模、利用範囲、等)
- ▶ 機器設定パラメータやモジュール・スクリプトの有償、無償
- ▶ インテグレーション要素の明確化



ロ アプリケーション領域における整理要素(例)

- > SaaS型、DL型、パッケージ型 等 > ソフトウェア試用の在り方(時限性、規模、利用範囲、等)
- インタフェース用モジュールの有償、無償 インテグレーション要素の明確化
- ▶ 動作環境の前提(必要環境、クラウド条件、等)

ロ ネットワーク領域における整理要素(例)

- イットソーン領域にあげる登壁要素 (例)

 ・機器試用の在り方 (無償貸出・有償レンタル、時限性、規模、利用範囲、等)

 ・ ネットワーク設定が「ラメータやモジュール・スクリプトの有償、無償

 ・ インテグレーション要素の明確化

 ・ 動作環境の前提(方式、ネットワーク機器の汎用性、キャリアとの接続条件、等)

ロ IoT機器(カメラ、センサー、ロボット・ドローン、ウェアラブル等)領域における整理要素

- 機器試用の在り方 (無償貸出・有償レンタル、時限性、規模、利用範囲、等)機器設定パラメータやモジュール・スクリプトの有償、無償
- ▶ インテグレーション要素の明確化

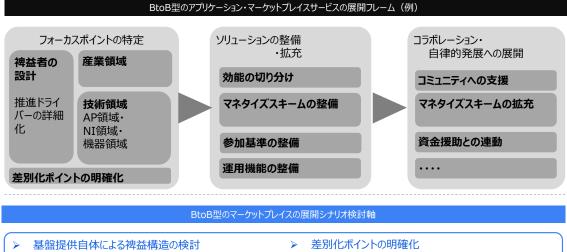
- □ 実証1-スケース全体に伴う調整要素> 法制度や認可取得におけるノウハウ、様式等の共有> ユースケースと合致したエリアの特性等の観点(産業の集積度、天候・地形といった要素、 ,-等) -----

図表 5-5 各技術要素における共有化に向けた整理要素

5.3 マーケットプレイスの考え方

5.3.1 概要(実装の考え方)

本センターの企画検討や実装の在り方について、前年度に引き続き「ソリューションの共有化、ビジネス化」を推進している各マーケットプレイス事業者の事業展開フレーム等を参考に、本センターの実装に向けた整理を実施した。また、5GSC調査事業者に対しても検討の軸の一助となるよう、本件情報の展開を行った。



- ▶ 各プレイヤーの巻込、展開論と時間軸設計
- 効果的な産業領域と技術領域の検討、特定
- 対象的な産業関係に対例関係の検討、特定 資金援助スキームの時系列的な発想の整理
- ▶ 参加基準、品質基準の整理

- 無償モジュール、有償アプリの切分け
- 貸与機器、有償機器の切り分け
- ▶ 運用機能の具体化

等

図表 5-6 マーケットプレイスサービスの展開フレーム(例)

マーケットプレイスの検討においては、次の観点で検討を進めることが有用である。

・センター(場)としてフォーカスポイントの特定

【必要な検討要素】

- ▶ 裨益者の設計(場の維持発展を推進する動機・ドライバーの詳細化)
- ▶ 産業領域
- ▶ 技術領域(アプリケーション、ネットワークインテグレーション、IoT デバイス 等の機器の領域)
- ▶ 差別化ポイントの明確化(共有化によるメリットの明確化)
- ソリューションの整備・拡充

【必要な検討要素】

- ▶ ソリューションの効能の切り分け、整理
- ▶ マネタイズスキームの整備(民間事業における自走を留意)
- ▶ 参加基準の準備(場としての安心感、品質の維持)

- ▶ 運用機能の整備(セキュリティ対応などソリューションのアップデートの仕組み)
- ・コラボレーションや自律的発展への展開

【必要な検討要素】

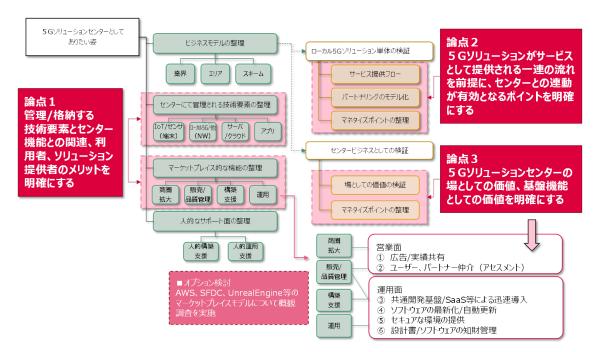
- ▶ 成立した場に集う、ステークホルダの様々なコミュニティ成立の支援
- ▶ マネタイズスキームの拡充(柔軟性かつ拡張性のある相互価値共有モデルによる 範囲の拡大、場としての安定化)
- ▶ 資金援助との連動(継続的な場の活性化、参入障壁の軽減)
- ▶ 運用機能の整備(セキュリティ対応などソリューションのアップデートの仕組み)

上記を踏まえ、次の検討軸に留意しながら本センターの企画を進めていくことが有用と 考える。

- ▶ 基盤(共同プラットフォーム)の提供自体による裨益構造や維持モデルの検討
- ▶ 各プレイヤー(ステークホルダ)の巻込や展開計画と時間軸の設計
- ▶ 共同化がより効果的な産業領域や技術領域の検討、特定
- ▶ 民間企業等の相互出資等、資金援助による活性化や連携スキームにおける時系列 的な発想の整理
- ▶ 共同プラットフォームへの参加基準、品質基準の整理
- ▶ 差別化ポイントの明確化

以上 6 つの検討軸を中心に、5GSC のあるべき姿を検討する中で、下記 3 つの論点を中心に議論を行い、マーケットプレイスの機能を待たせるための整理を行った。

- ➤ 論点 1:管理/格納する技術要素とセンター機能との関連、利用者、ソリューション提供者のメリットを明確にする。
- ➤ 論点 2:5G ソリューションがサービスとして提供される一連の流れを前提に、センターとの連動が有効となるポイントを明確にする。
- ➤ 論点 3:5G ソリューション提供センターの場としての価値、基盤機能としての価値を明確にする。



図表 5-7 5GSC への要求整理のフレームと論点

5.3.2 共同利用型プラットフォームに係る共通仕様に係る検討

各実証事業者に要請した横展開や共同プラットフォーム化に関する整理内容は次のとおりとなる(仕様書記載内容より抜粋)。

【仕様書記載内容】

(総務省「Beyond 5G推進戦略 -6Gへのロードマップー」 より抜粋)

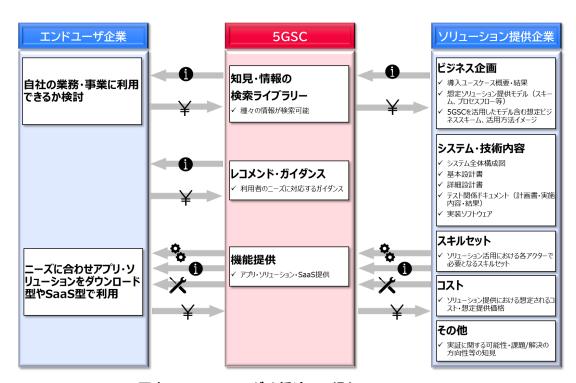
- Beyond 5Gの早期かつ円滑な導入を図るためには、その前提として、5Gがあらゆる分野や地域において浸透し、徹底的に使いこなされている必要がある。これにより生まれる「Beyond 5G ready」な環境(あらゆる者が必要なリテラシーを備え、Society5.0の恩恵を十分に享受できる環境)を早期に実現。そのために、5Gの早期の面的展開と産業利用・公的利用への拡大を強力に推進。
- 5Gの産業利用・公的利用の拡大に当たっては、特に、海外利用を当初から念頭に 置くこと、セキュリティ・バイ・デザインに基づいたものとすること等に留意し つつ、大胆な規制緩和と大学・企業等の能力の最大限の活用により、「既存の枠 組みに囚われずに5Gを使いこなす社会」の早期実現を目指す。
- 各種モデルの構築とともに、データ利活用型スマートシティにおいて各種機能等のモジュール化を進め、これらのソリューションモデルをクラウド型の共通プラットフォーム(SaaS)により、「5Gソリューション提供センター(仮称)」として提供。これにより、中堅・中小企業や地方公共団体等による利用開始のハードルを大幅に引き下げるとともに、横展開を促進。

当該仕様書の記載内容を踏まえ、次のとおりのドキュメントやソフトウェア等が将来的

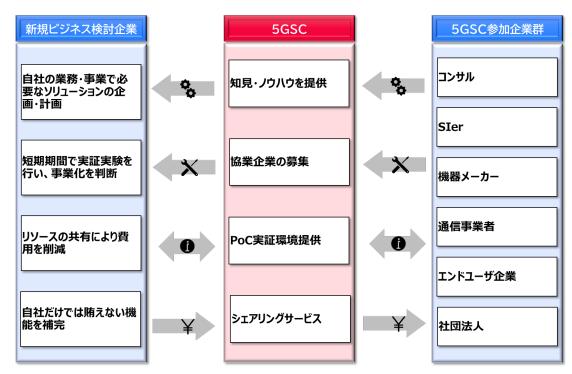
に 5GSC のマーケットプレイスとしての役割の中で提供される可能性のある要素として整理したうえで、各実証事業者と実証背景や目的、5Gの寄与度や今後のビジネス展開などについてヒアリング等を行った。また、従前より事業者が所有している知的財産等のため、今回の実証事業にて利用しているプラットフォームでの提供に課題のあるノウハウやソフトウェアについても、今後の展開に向けた在り方を整理した。

5GSC がマーケットプレイスの機能を実装するための各種モデルの構築を想定するうえでは、5GSC に参画する企業は、大きく3種類に分類整理される。「エンドユーザ企業」と「ソリューション提供企業」とをマッチングや橋渡しの場や、「新規ビジネス検討企業」に対して知見を共有し新たなアイデアを創出する場としての役割を取り持つことが5GSCに求められるモデルのひとつと言える。

- ▶ 既存の業務に対し5Gソリューションを利用してDXを図りたい「エンドユーザ企業」
- ▶ 既存の 5G ソリューションを提供したい「ソリューション提供企業」
- ▶ 新ソリューションを企画開発してビジネスを開拓したい「新規ビジネス検討企業」



図表 5-8 マッチングや橋渡しの場としての 5GSC



図表 5-9 知見の共有やアイデア創出の場としての 5GSC

5.3.3 関連動向に関する調査

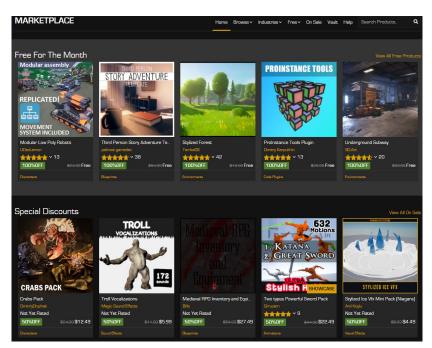
マーケットプレイス機能の検討に有用となる関連動向について調査を実施した。VR やAR の技術利用の進むゲーム開発プラットフォームの業界では、海外の大手各社を中心に、クラウド技術やコンテナ技術を活用したマーケットプレイスを立ち上げ、各種アプリケーション提供を行う形態でビジネスが拡大している。これらのゲーム開発プラットフォーム(ゲームエンジン)は、今後、メタバース空間の生成に大きな影響力を持つと予想されており、デジタルツイン的な環境のプラットフォーム提供者ともなり得る。5Gの特長である大容量低遅延の特性は、メタバースを生成する各種ゲーム開発プラットフォームやゲームエンジンとの連携においても有用と想定される。将来的な参考として、代表的なゲーム開発プラットフォームにおけるマーケットプレイス概要を示す。

<u>Unreal Engine のマーケットプレイス概要</u>

多様なプラグインやアセット(環境を構成する事物、キャラクター)の市場が生成されている。マーケットプレイスでの販売カテゴリは16に分かれており、2D、3Dのキャラクターやマテリアル(構造物)、というメタバース上のモデルは勿論、エフェクト、サウンドエフェクト等の映像や音声の加工処理ロジックや、音源等も開発者向けに販売されている。カテゴリの中にコードプラグイン、というプラットフォームとのインタフェースモジュールの生成も包含したカテゴリが存在している。

スマートフォンや IoT デバイスとの連動においては、RFID NFC Helper という

Android 携帯との NFC 連携をサポートするモジュールや、Flying Navigation System と いったドローンの飛行シミュレーション用のモジュール等も販売されている(2021 年 6 月 24 日時点)。



出所) https://www.unrealengine.com/ja/

図表 5-10 Unreal Engine のマーケットプレイス

Unreal Engine はビジネス上、PlyaStation 等のゲーム機の世代交代にてアップグレードされていく構造となっている。シームレスなプラットフォーム運用、多階層のメタバース生成においての基盤環境の下位互換や移管の方式などは、5GSC のプラットフォーム運用においても、方式上一部参考となる点があると思料する。

なお、ゲーム開発プラットフォームのダウンロードは原則無償となっており、利用ライセンスは商業利用時の製品や作品が成功した時に数%のロイヤリティを支払う規定となっている。内部利用や無料プロジェクト等においては原則無償で扱えるフリーミアム的な要素があり利用者の拡大を企図していると思われる。

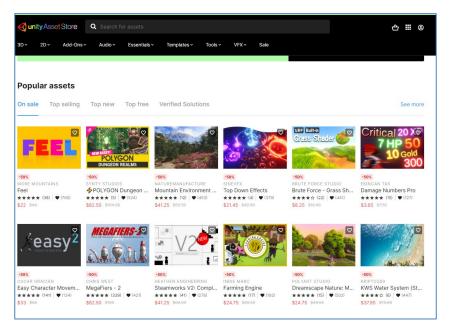
Unity のマーケットプレイス概要

Unreal Engine 同様にアセットストア (AssetStore)、というマーケットプレイスが展開されている。販売アイテムに対し、5 段階でユーザ評価が成されており、アイテムやアプリケーションが 11,000 以上格納されている。85,000 以上の顧客、登録ユーザは 10 万以上の規模となっている。販売カテゴリは 8 つに分かれており、3D、2D というゲーム上のアイテム、ゲームのテンプレートや音楽などが取り扱われている。Unreal Engine ほど現実世界接点を強化するモジュールが目立って配置されているわけではないが、スマートフォ

ンと連動した課金機能などは、個別の販売アイテムとは別に Unity の基盤上の基本機能として提供されている。

Unreal Engine のように統合的なゲーム開発プラットフォームの環境が大規模にバージョンアップするモデルではなく、比較的、細分化された機能群が、細かく機能補正のアップデートを行いながら提供が継続されるモデルとなっている(モバイルアプリ等への対応による特性)。こういった、プラットフォームとしての基盤の特性も 5GSC の、ソリューション展開踏まえた環境検討時には一定の示唆となるであろう。

利用に関するライセンス体系は、シートという単位で製作者アカウント数と、利用機能によって課金されるモデルとなっている。また、無料利用可能な Personal 版も存在するが、収入・資金が 10 万ドル以下/年、という制限がある。



出所) https://unity.com/ja

図表 5-11 Unity のマーケットプレイス

ゲーム業界、メタバース業界においても当該事業者の共同型プラットフォームが各事業の中心となり、ユーザとアプリケーション開発者の双方に価値提供をしていることがマーケットプレイスの運営を軌道に乗せている事業者の特徴となっている。SaaS型のマーケットプレイスを運営するにあたっては、アプリケーションが搭載される共同型プラットフォームの機能自体も、どれだけ魅力的なものにできるかが重要であることがわかる。

5.4 実証事業を通じた 5G ソリューション提供センター (仮称) に対する示唆

5.4.1 プラットフォーム事業の展開に対する課題事項

5GSC の展開においては、各実証事業者と 5GSC 調査事業者とのやり取りや、5.2 において整理した要求条件等を踏まえ、次のとおりの課題事項が存在すると思料する。

- ▶ 5GSC に格納されるソリューションの汎用度
- ➤ 5GSC での人的支援の提供
- ▶ 5GSC におけるコミュニティ形成の在り方

5.4.2 5G ソリューション提供センター(仮称)に格納されるソリューションの汎用度

ソリューションの提供やその後の実装に向けては、ソリューションが対象とする業界や事業、業務の範囲がどの程度、具体化されているかによって、迅速性や市場における即効性に影響が生ずる。例えば、特定の業界やユースケースに特化した 5G を用いたソリューションがあれば個別具体的な導入効果やコストなどについて、実装に向けた検証負荷は低減する。一方、業界の個別領域に特化したアプローチは 5G ソリューション全体の広範な普及や、事業規模に拠らない各企業の裨益や地域貢献といった面も満たされるよう、対象業界や業務の適用による社会貢献について、より留意した整理を行う必要が生ずるだろう。

一方、5G ネットワークの適用は勿論のこと、大容量・低遅延・高信頼といった 5G の特長と連動することで、より有用となる技術要素を軸に、5GSC が提供するサービスを提供する、といった案もある。例えば、「5G の特性を活かした映像や動画を伝送する技術/機能」を軸にして、業界や業務を限定しすぎずに横断的な技術/機能要素としてソリューションを部品的に提供するイメージである。この場合は、ソリューションの適用範囲は業界・業務が特定される形と比較すると、より広範な適用の可能性が担保され、また情報発信も簡明となる。しかしながら、どういった業界のどの業務領域に適用されるか、発想を利用者側に委ねる、ということになりがちであり、社会実装までの初期検討や設計に関する期間は業界・事業・業務が限定されている場合に比べ、長期化する傾向となる。

上記のバランスについては「5GSC 調査事業」においても検討を進めていると思料するが、ソリューションとしては極力多くの業界・事業・業務に適用可能な技術要素軸でラインナップを拡充しながら、有用な導入事例・ユースケースを多く取りそろえることで、縦横に利用者のニーズをフォローすることが望ましい。ただし、5GSC の初期段階においてプラットフォームの運用を軌道に乗せるために、必要となるコストや期間を勘案することも重要な観点である。例えば、初期段階では適用度が高く社会実装も迅速に可能な特定業界・事業・業務領域に対し集中的にソリューションを取り揃え、そのうえで技術の軸を元に、汎用性の高いソリューションの品揃えを拡充していく、といった段階的な展開・発展のシナリオを検討すべきである。

5.4.3 5G ソリューション提供センター (仮称) における人的支援の提供

5GSC におけるソリューション提供にあたっては、各種認可、初期段階での導入効果の検証、技術評価、機器の選定、5G を用いたソリューション導入に向けたインテグレーションといった技術者を中心とした人的な支援も含め、どこまで提供の対象とするかを整理していく必要がある。

例えば、5Gを用いたソリューションはIoT機器とクラウド環境上に格納された各種アプリケーションの連携処理等を前提として提供される可能性が高いと考えられるが、その場合において、一例として次のような観点での評価、検証、設計が必要になると考える。

- ▶ 最適な IoT 機器等の評価、選定
- ➤ IoT機器等の設置、動作の検証
- ▶ IoT機器等と5Gネットワークとの連動の設計、設定、動作確認
- ▶ 最適なアプリケーションの評価、選定
- ▶ アプリケーションを格納する環境の準備(クラウド利用や事業者が自ら調達等)
- ▶ アプリケーションの各種設計、設定、開発、試験
- ▶ 5G ソリューション全体として動作検証
- ▶ 導入にあたっての利用者への研修や育成の実施 等々

これらの一連の導入プロセスが、5GSC に格納されている情報の閲覧や、ソフトウェアの利用により、どこまでサポート可能なのかを順次明確にしていく必要があるだろう。社会実装の迅速性や、広範な5G ソリューションの展開流布においては、5GSC ヘアクセスすることにより、ソリューションの導入を検討している事業者のみで導入が完了する形が理想的である、とも考えられる。機器やアプリケーションの製品評価や選定については、多くの事例、ユースケースを閲覧可能とすることによって、一定程度、事業者のみでの判断が可能となると思料する。一方で、機器やアプリケーションの設定、設計、開発といった工程においてはどこまで5GSC において事前の準備を行い、簡易かつ迅速なソリューション導入を可能とするかが課題となるだろう。

クラウドでの利用をベースとした SaaS 型のアプリケーションとの組合せであったとしても、ネットワーク環境や連携する IoT 機器との連動において、一定程度の設計や試験等が発生することは避け得ないと想定されるため、インテグレーションについてどのようなサポートを 5GSC 側で提供していくかが、5GSC のエコシステム、ビジネスモデルとしての成立に大きな影響を与える要素となる。

5.4.2 で述べた 5GSC に格納されるソリューションの汎用度によって、インテグレーションの期間、費用 (例えば技術者の工数等) といった軽重にも変化が生ずる。業界業務に特化し、簡易な設定で利用可能なソリューションとして準備されていれば、インテグレーションの必要性や導入負荷は低減する。しかしながら、5GSC が支援可能な社会実装の範囲

は一定程度、限定的にならざるを得ない。その一方、汎用化された共通的な技術の「部品」に近いような提供形態を取った場合は、ICT の専門技術者をプロジェクトに参画させ、ソリューションが安定的に機能するに至るまでのインテグレーションが必要となる可能性が高い。そのため、5GSC にて提供するサービスの在り方を検討するにあたって人的支援の範囲設計が非常に重要となると考える。インテグレーションが必要となった場合の提供形態においては、次のような形式(例)が想定される。

- ▶ 5GSC の運営主体がインテグレーションサービスも提供する形式
- ➤ 5GSC に格納されているソリューション毎に推奨するシステムインテグレータ、ネットワークインテグレータ等を紹介する形式
- ▶ 導入事業者が自らインテグレータを選定し 5GSC のソリューションを活用する形式 等々

5GSC が、小規模で業務業界特化型で開始される場合は運営主体が導入支援やインテグレーションを行うことも、迅速性等の観点から有用である。一方、広範な範囲に適用可能なソリューションの格納先や、0で示したようなマーケットプレイス的な位置付として 5GSCを成立させる場合には、インテグレータの保有するノウハウも業界業種に応じた得意領域がそれぞれ異なり、最適なインテグレータを 5G ソリューションの導入を検討している事業者に紹介するマッチング的な要素がセンターの機能として求められることとなる。このマッチングの機能要素は事例や実績のドキュメント共有の部分とも関連する。インテグレータやソリューションベンダーにとっては営業的な効果等も発生するため、5GSC における有償、無償の利用形態も含めたバリエーションと、メリット/デメリットを整理する必要がある。

また、5G ソリューションの運用の観点に立つと、事業者が独自に設置するローカル5G を採用した場合において、構築されたシステムの稼働状況や障害の状態の監視や復旧について5GSC がどこまでのサポートを行うか、という整理も重要となる。従来のICT システムは、システムインテグレータや通信キャリアが複合的に稼働状況の運用管理を行い、障害発生時の復旧も含めたサービスを提供しているケースが多い。5GSC を活用して導入されたシステムの運用管理は、これまで同様のスキームで事業者主導で外部パートナーの力を借りながら実施していくのか、ある程度パッケージされた形で 5GSC が提供するかによって、事業者の導入ハードル、ひいては社会実装展開に影響が発生すると考える。運用監視等の支援が一定のビジネスボリュームとなり、5GSC と 5GSC を利用する事業者にとって双方メリットのある Win-Win のモデルになることが望ましいが、5G 技術の安定性や適用される業務領域におけるミッションクリティカル度を勘案し、要求条件や具体的な運用監視スキームの在り方を具体化していく必要がある。

5.4.4 5G ソリューション提供センター (仮称) におけるコミュニティ形成の在り方

有識者との議論においても、事例の紹介や参考事例の共有等、5Gソリューションのベストプラクティスの収集や発信においては、官主導での5GSC運営の意味合いが進めていく

ことが有用なのではないかという見解をいただいた。一方で、5.4.2 や 5.4.3 において整理したとおり、ソリューションの汎用度や人的支援の充実等を見据えた際には、官民連携により民間の ICT ビジネスで培われた知見を織り込みながら、一定の経済合理性に基づいた自由度の高い運営が 5GSC には必要ではないか、という見解を得ている。

今後、どういった事業体での運営が最適か、様々な体制/スキームを設定したうえで、 5GSC としてのあるべき姿、運営する事業体の継続性、利用する事業者のメリット/デメ リットなどを明確化することが重要である。それにより、ソリューションの展開により直 接、間接に発生する国民への裨益効果がどのように生ずるかも明らかになると考える。