

令和4年度

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  
及び調査検討の請負 報告書

【課題実証編】



---

## 目次

---

1.	調査検討の枠組み.....	1
1.1	全体概要 .....	1
1.1.1	背景 .....	1
1.1.2	目的及び本事業の位置づけ .....	1
1.1.3	事業の全体像 .....	2
1.1.4	本報告書の位置づけ.....	6
1.2	実証内容の設計.....	7
1.2.1	過年度実証で明らかになった課題及び解決の方向性 .....	7
1.2.2	実証事業の内容 .....	12
1.3	実証成果を踏まえた検討 .....	16
1.3.1	概要 .....	16
1.3.2	検討・実施体制.....	16
1.3.3	実施事項(本報告書の内容) .....	17
2.	ローカル 5G を取り巻く動向.....	19
2.1	国内市場の動向(ニーズ調査).....	19
2.1.1	ニーズ調査の目的 .....	19
2.1.2	調査の枠組み.....	19
2.1.3	調査結果.....	20
2.2	ローカル 5G に関する課題整理.....	31
2.2.1	ローカル 5G の位置づけ(総論) .....	31
2.2.2	ローカル 5G に係る具体的な課題及び解決の方向性.....	32
3.	過年度開発実証の状況調査.....	34
3.1	目的.....	34
3.2	調査の枠組み.....	34
3.3	調査結果 .....	35
3.3.1	回答状況.....	35
3.3.2	実証事業終了後の実装に向けた取組み状況について .....	35
4.	ローカル 5G を活用したソリューション等の有効性検証 .....	46
4.1	概要.....	46
4.2	遠隔監視・巡視点検.....	46
4.2.1	ソリューション概要 .....	46

4.2.2	導入効果.....	47
4.2.3	主な適用分野.....	47
4.2.4	課題と対応策.....	49
4.3	自律ロボット／自動運転車両等の遠隔制御 .....	50
4.3.1	ソリューション概要 .....	50
4.3.2	導入効果.....	50
4.3.3	主な適用分野.....	50
4.3.4	課題と対応策.....	51
4.4	遠隔指導・作業支援.....	51
4.4.1	ソリューション概要 .....	51
4.4.2	導入効果.....	52
4.4.3	主な適用分野.....	52
4.4.4	課題と対応策.....	53
4.5	AI を活用した自動判定・異常検知.....	54
4.5.1	ソリューション概要 .....	54
4.5.2	導入効果.....	54
4.5.3	主な適用分野.....	54
4.5.4	課題と対応策.....	55
4.6	既存有線ネットワークの無線への置き換え .....	56
4.6.1	ソリューション概要 .....	56
4.6.2	導入効果.....	56
4.6.3	主な適用分野.....	56
4.6.4	課題と対応策.....	57
4.7	大容量・多様なデータの共有 .....	57
4.7.1	ソリューション概要 .....	57
4.7.2	導入効果.....	57
4.7.3	主な適用分野.....	58
4.7.4	課題と対応策.....	58
5.	ローカル 5G 活用モデルの実装性検証 .....	60
5.1	概要.....	60
5.2	農業・漁業.....	60
5.2.1	背景課題.....	60
5.2.2	分野を取り巻く動向.....	61
5.2.3	ローカル 5G 活用モデル.....	62
5.3	工場・発電所.....	70
5.3.1	背景課題.....	70
5.3.2	分野を取り巻く動向.....	71
5.3.3	ローカル 5G 活用モデル.....	73
5.4	インフラ(空港・港湾)分野.....	83
5.4.1	背景課題.....	83

5.4.2	分野を取り巻く動向.....	85
5.4.3	ローカル 5G 活用モデル.....	90
5.5	インフラ(建設・道路)分野.....	100
5.5.1	背景課題.....	100
5.5.2	分野を取り巻く動向.....	101
5.5.3	ローカル 5G 活用モデル.....	102
5.6	インフラ(鉄道)分野.....	108
5.6.1	背景課題.....	108
5.6.2	分野を取り巻く動向.....	110
5.6.3	ローカル 5G 活用モデル.....	111
5.7	文化・スポーツ.....	118
5.7.1	背景課題.....	118
5.7.2	分野を取り巻く動向.....	118
5.7.3	ローカル 5G 活用モデル.....	119
5.8	防災.....	126
5.8.1	背景課題.....	126
5.8.2	分野を取り巻く動向.....	128
5.8.3	ローカル 5G 活用モデル.....	131
5.9	医療・ヘルスケア.....	137
5.9.1	背景課題.....	137
5.9.2	分野を取り巻く動向.....	138
5.9.3	ローカル 5G 活用モデル.....	139
6.	ローカル 5G 活用モデルに即した端末システムの試作.....	147
6.1	ローカル 5G 端末の現状.....	147
6.1.1	ユーザのニーズや課題.....	147
6.1.2	ローカル 5G 向け端末システムの課題.....	149
6.2	試作した端末システム.....	153
6.2.1	端末システムの概要.....	153
6.2.2	端末システムのユースケース.....	155
6.2.3	端末システムの技術的特性(必然性、新規性等).....	157
6.3	試作結果.....	161
6.3.1	試作端末の詳細.....	161
6.3.2	機能要件.....	164
6.4	課題と解決策.....	166
6.5	端末の実装の方向性.....	169
6.5.1	機能と価格のバランス.....	169
6.5.2	事業モデル.....	172
6.5.3	実装計画.....	172

7.	ローカル 5G の更なる普及展開に向けた将来像 .....	175
7.1	ローカル 5G の実装の方向性.....	175
7.1.1	人命救難・安全確保 .....	175
7.1.2	省力化・不可欠サービスの安定提供 .....	176
7.1.3	地域活性化・賑わいの創出.....	176
7.2	ローカル 5G 活用の普及展開に向けた標準モデル.....	177
7.2.1	他ユーザ(シェアリング)モデルの特徴と課題.....	178
7.2.2	1 ユーザ・単機能(個別課題解決)モデルの特徴と課題.....	179
7.2.3	1 ユーザ・多機能(経営課題解決)モデルの特徴と課題.....	179
7.3	ローカル 5G の更なる普及展開に向けたロードマップ .....	180
7.3.1	各実証における実装計画.....	180
7.3.2	ローカル 5G の普及展開ロードマップ.....	181
7.4	ローカル 5G 活用モデルの実装に係る課題と対応策.....	183
7.4.1	過年度実証の課題と今年度における関係者の実践・進展 .....	184
7.4.2	新たに顕在化した課題と解決の方向性・取組強化の必要性 .....	185
8.	ローカル 5G 導入手引書の作成 .....	186
8.1	ローカル 5G 導入手引書に対するニーズ .....	186
8.2	ローカル 5G 導入手引書の位置づけ .....	187
8.3	作成方法 .....	189

# 1. 調査検討の枠組み

---

## 1.1 全体概要

### 1.1.1 背景

第5世代移動通信システム(5G)は、超高速・超低遅延・多数同時接続といった特長を有しており、我が国の経済成長に不可欠な Society 5.0 を支える基幹インフラとして、様々な産業分野での活用が期待されている。5Gのうち、令和元年12月24日に制度化、令和2年12月18日に周波数帯域が拡充されたローカル5Gは、地域や産業の個別のニーズに応じて地域の企業や自治体等の様々な主体が、自らの建物内や敷地内でスポット的に柔軟に構築できる5Gシステムであり、農業や製造業、建設現場など様々な分野における課題の解決や新たな価値の創造への活用、ポストコロナにおける「新たな日常」の構築、デジタルトランスフォーメーションの推進、引いては「デジタル田園都市国家構想」の実現にも寄与することが期待されている。ローカル5Gの利用においては、一般的な無線局と同様、同一または隣接周波数を使用する他の無線局との混信を避け、適切に電波を使用するために、技術基準等の範囲内での運用が義務付けられている。

総務省では、ローカル5Gをより使いやすくするため、技術基準の緩和等を検討するものとし、令和2年度から、現実の様々な利用場面を想定した多種多様な利用環境下において、電波伝搬等に関する技術的検討を実施するとともに、ローカル5G等を活用したソリューションを創出する「課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証」に取り組んできた。ローカル5Gは、全国5Gとは異なる利用形態も見られるところであり、これに伴い、利用する機器も、全国5Gとは異なる特性が求められるシーンが存在する一方で、ローカル5Gの端末システムは、全国5Gの端末システムをもととしたものが大半であるため、活用シーンに応じた端末システムが必ずしも存在しない場合も存在し、ローカル5Gの普及の支障の1つともなっている。また、昨今、一定以上の広さのエリア等を複数のローカル5G基地局を用いてカバーしたいというニーズが顕在化しつつある。このような環境において活用シーンに応じた端末システムに係る電波伝搬等に関する技術的検討も求められている。

### 1.1.2 目的及び本事業の位置づけ

総務省令和2年度「地域課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証」及び令和3年度「課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証」(以下「総務省令和2年度及び令和3年度開発実証」と言う。)では、ローカル5Gに係る技術的検討等が重ねられてきたところ、ローカル5Gを活用したソリューションとしての可用性や有効性等の面から、更なる向上や改善の必要性が指摘された。また、ユーザ企業等が求める経済性や費用対効果の可視化、より持続的な活用モデルの構築など、ローカル5Gの実装・横展開に向けた更なる工夫が求められている。加えて、ローカル5Gが自己土地利用を原則としたシステムである点を踏まえ、ソリューションとしての可用性、有効性と、他の無線システムへの干渉を抑制することによる安全性を両立させることが肝要である。

令和4年度開発実証は、本開発実証の最終年度の事業として、「デジタル田園都市国家構想」の実現にも寄与すべく、ローカル5Gのより柔軟な制度の実現及び低廉かつ安心安全なローカル5Gの利活

用の実現等に向けた検討を実施し、引き続きローカル 5G の技術基準等の改定の方向性などの技術的検討や、ローカル活用モデルの普及に向けた課題の解決策に着目し、ローカル 5G の実装性を一層高める取り組みを行った。

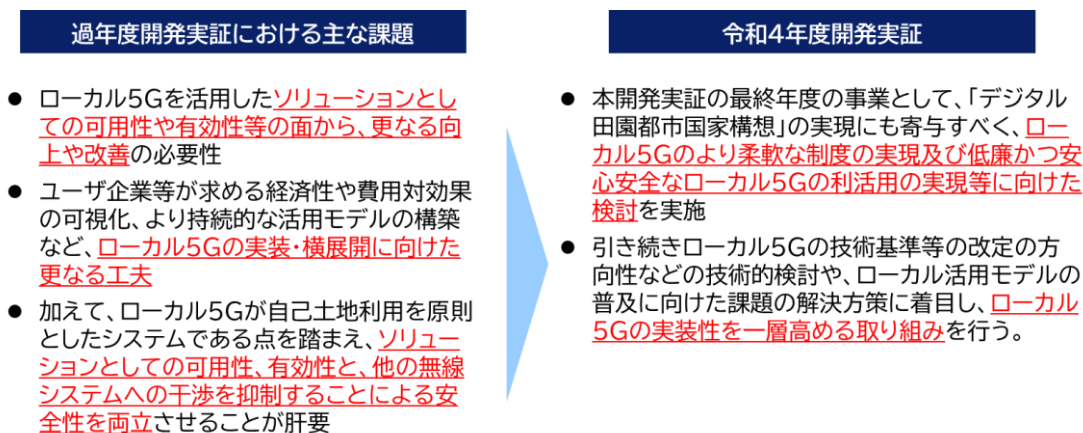


図 1-1 過年度開発実証における主な課題及び令和 4 年度開発実証の方向性

### 1.1.3 事業の全体像

令和 4 年度事業は、更なる検討が必要とされた電波伝搬等について詳細なデータを取得するとともに、引き続きローカル 5G 等を活用したソリューション創出に向け技術的検討等を行った。。また、ローカル 5G の実活用シーンに応じた端末について、安定した電波伝搬を確保しつつ、ローカル 5G の普及展開を促進するため、ローカル 5G 固有の活用シーンに応じた端末システムの在り方を検討するとともに、一定以上の広さのエリア等を複数のローカル 5G 基地局(以下、「テストベッド環境」と言う。)を用いてカバーする環境等の特殊な環境下において当該端末システムを利用する際の電波伝搬等についての詳細なデータを取得するとともに技術的検討等を行った。

本事業は、全体としては 3 つの事業区分より構成されており、技術的な課題の検討ならびにローカル 5G 活用モデルの普及に向けた課題の解決策等について考察を行うため、公募を通じて実証事業を募集・採択した。(表 1-1)。各事業は、基本的には独立して実施し、実装に向けて 3 事業間での情報連携等を適宜実施した。なお、「開発実証事業」のみ、農業分野の実証については、農林水産省『スマート農業産地モデル実証(ローカル 5G)』と連携している。

表 1-1 事業区分

事業区分	開発実証事業 (令和4年度当初予算)	特殊な環境における 実証事業 (令和3年度補正予算)	端末システム試作事業 (令和3年度補正予算)
概要	様々な利用環境におけるローカル5Gの活用ニーズを満たせるよう、ローカル5Gの電波伝搬特性等についての検討を行うとともに、ローカル5G活用モデルの実証を行う。	線路や道路等の線状の空間等の特殊な環境下におけるローカル5Gの活用ニーズを満たせるよう、ローカル5Gの電波伝搬特性等についての検討を行うとともに、ローカル5G活用モデルの実証を行う。	様々な利用環境におけるローカル5Gの活用ニーズを満たせるよう、ローカル5Gでの実現性のある具体的な利用シーンを想定した上で、 <u>端末システムの試作</u> を行うとともに、電波伝搬等に係る測定・試験・分析を行う。
1事業あたり 上限額	1.65億円(税込)	4.4億円(税込)	3.3億円(税込)
採択件数	20件	4件	3件
募集対象	実証コンソーシアム	実証コンソーシアム	端末システム試作者



三菱総合研究所が、調査研究請負事業者として事業全体の取りまとめ及び考察等を行った(図 1-2)。

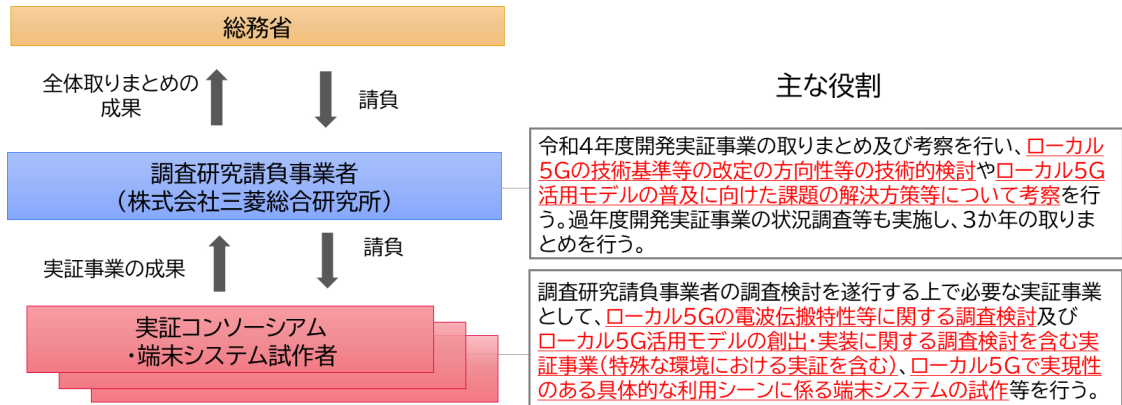


図 1-2 事業実施体制

採択した3事業の各実証概要を図 1-3 に示す。

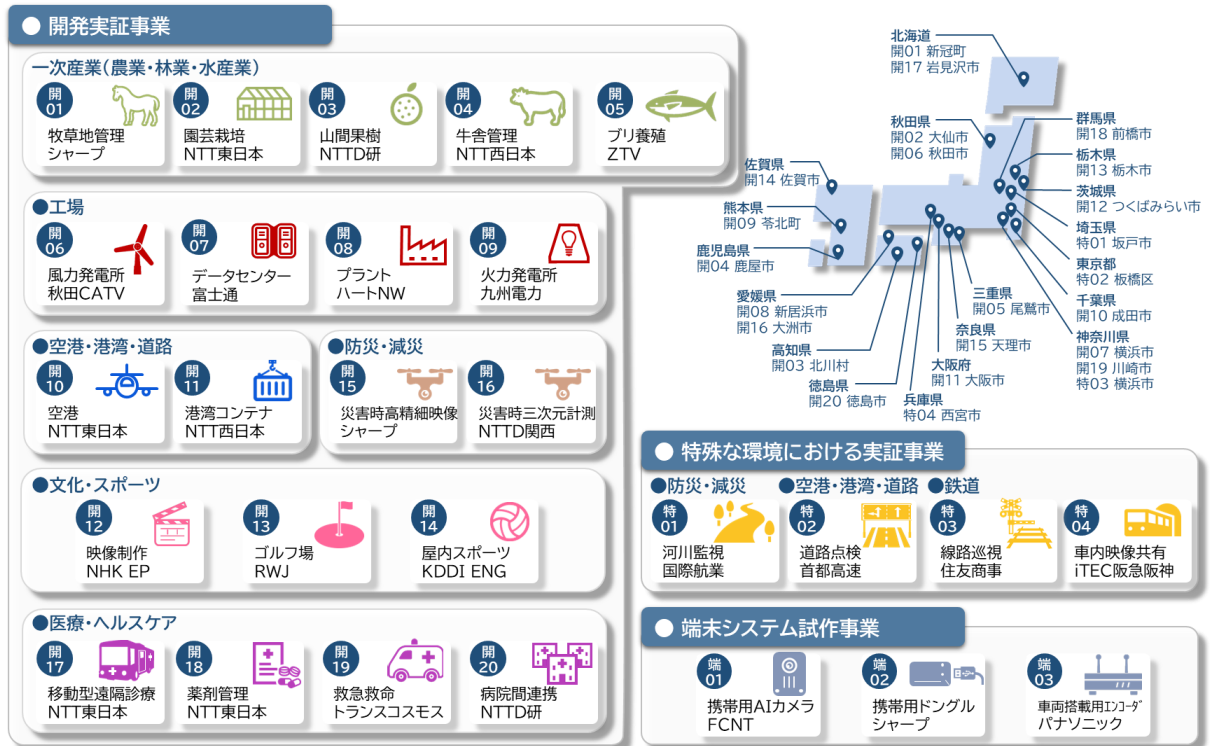


図 1-3 実証事業概要

各実証事業の事業区分、実証 No、実証件名及び実証コンソーシアム代表機関は以下の通りである。  
 (事業区分の「開発」は「開発実証事業」、「特殊」は「特殊な環境における実証事業」、「端末」は「端末システム試作事業」を指す)

表 1-2 実証事業一覧

事業区分	実証 No.	実証件名	代表機関
開発	開 01	広大な放牧地におけるローカル 5G を活用した除雪や草地管理等の効率化・省力化の実現	シャープ株式会社
	開 02	ローカル 5G を活用した自動収穫ロボットや AI 画像認識等による農産物の生産・収穫工程の省人化の実現※	東日本電信電話株式会社
	開 03	ローカル 5G を活用した遠隔監視制御及び遠隔指導等によるゆず生産スマート化の実現※	株式会社エヌ・ティ・ティ・データ経営研究所
	開 04	AI 画像解析や見回りロボットによる高品質和牛の肥育効率化に向けた実証※	西日本電信電話株式会社
	開 05	ローカル 5G を活用した AI 画像認識によるブリ養殖の効率化に向けた実証	株式会社 ZTV
	開 06	ローカル 5G を活用した風力発電の設備利用率向上によるカーボンニュートラル社会の実現	株式会社秋田ケーブルテレビ
	開 07	データセンターにおけるローカル 5G を活用した運用省人化及び安定運営の実現	富士通株式会社
	開 08	ローカル 5G を活用した精製物の AI 粒度判定等による離島プラント工場の業務効率化の実現	株式会社ハートネットワーク
	開 09	地方公共団体と連携したローカル 5G の活用による火力発電所のスマート保安の実現	九州電力株式会社
	開 10	空港制限区域内におけるターミナル間連絡バスの複数台遠隔型自動運転(レベル 4 相当)に向けた実証	東日本電信電話株式会社
	開 11	ローカル 5G を活用したコンテナプランニングデータのリアルタイム伝送等による港湾・コンテナターミナルの DX の実現	西日本電信電話株式会社
	開 12	ローカル 5G を活用したドラマ映像制作の合理化に向けた実証	株式会社 NHK エンタープライズ
	開 13	ゴルフ場におけるローカル 5G を活用したコース運営の効率化及び新たなゴルフ体験の実現	株式会社地域ワイヤレスジャパン
	開 14	ローカル 5G 簡易設置キットを活用した屋内スポーツにおける高精細・多視点の映像サービスモデル構築に向けた実証	KDDI エンジニアリング株式会社
	開 15	ローカル 5G を活用したダムの点検管理及び災害時現場検証による自治体業務支援の実現	シャープ株式会社
	開 16	高精細映像伝送による災害時の迅速な情報共有・意思決定の実現	株式会社エヌ・ティ・ティ・データ関西
	開 17	ローカル 5G を活用した地域モビリティによる遠隔高度医療サービス提供に関する実証	東日本電信電話株式会社
	開 18	ローカル 5G を活用した院内外の次世代薬剤トレーサビリティ及び医療従事者の業務改善の実現	東日本電信電話株式会社
	開 19	ローカル 5G を活用した大都市病院間の広域連携による救命救急医療の強靱化と医師の働き方改革の実現	トランスコスモス株式会社
	開 20	高精細映像伝送による院内 ICU 等の遠隔モニタリング及び救急医療連携の高度化に関する実証	株式会社エヌ・ティ・ティ・データ経営研究所
特殊	特 01	ローカル 5G を活用した河川災害におけるリアルタイムな状況把握と安全かつ迅速な応急復旧の実現	国際航業株式会社

事業区分	実証 No.	実証件名	代表機関
	特 02	ローカル 5G を活用した都市内高速道路での大規模災害発生時における通信手段の確保と迅速な被害状況把握の実現	首都高速道路株式会社
	特 03	複数鉄道駅及び沿線におけるローカル 5G を活用した鉄道事業者共有型ソリューションの実現	住友商事株式会社
	特 04	ローカル 5G を活用した車地上間通信及び AI 画像認識等による鉄道事業のより安心安全かつ効率的な運営の実現	アイテック阪急阪神株式会社
	端末	端 01	移動ロボットや現場作業員の利活用を想定した高画質映像ストリーミング対応小型カメラ端末の試作
	端 02	過酷なフィールドでの利活用を想定した防水・防塵・小型 USB ドングル端末の試作	シャープ株式会社
	端 03	移動ロボット等での利活用を想定したエンコーダ一体型ルーター端末の試作	パナソニック コネクト株式会社

#### 1.1.4 本報告書の位置づけ

本事業は、過年度ローカル 5G 等開発実証事業の成果と、実証を通じて明らかになった技術面・運用面など複数の課題等を踏まえ、ローカル 5G の一層の実装及び普及促進を図ることを目的としている。当該目的に資するように、各事業ともに、表 1-3 に示す「技術実証」と「課題実証」の 2 つの柱から構成しており、3 事業ともそれぞれ「技術実証」及び「課題実証」に相当する実証を実施した。

表 1-3 実証の枠組み

実証内容	概要	目的・狙い
技術実証	ローカル5Gの電波伝搬特性等に関する技術的検討	ローカル5Gの電波伝搬特性等に関する詳細の計測を実施する実証事業を実施し、ローカル5Gの技術基準等の改定の方性等の技術的検討を行う。
課題実証	ローカル5G活用モデルの創出・実装に関する調査検討	ローカル5G活用モデルの創出・実装に関する調査検討を含む実証事業を実施し、ローカル5G活用モデルの普及に向けた課題の解決方策等について検討を行う。

本報告書【課題実証編】は、上記の課題実証に関して取りまとめたものである。具体的には、図 1-2 で示した、実証コンソーシアム・端末システム試作者の実施した実証成果等を踏まえ、調査研究請負事業者である三菱総合研究所が、ローカル 5G の実装に向けた課題の対応策や普及促進の方向性等について取りまとめたものである。

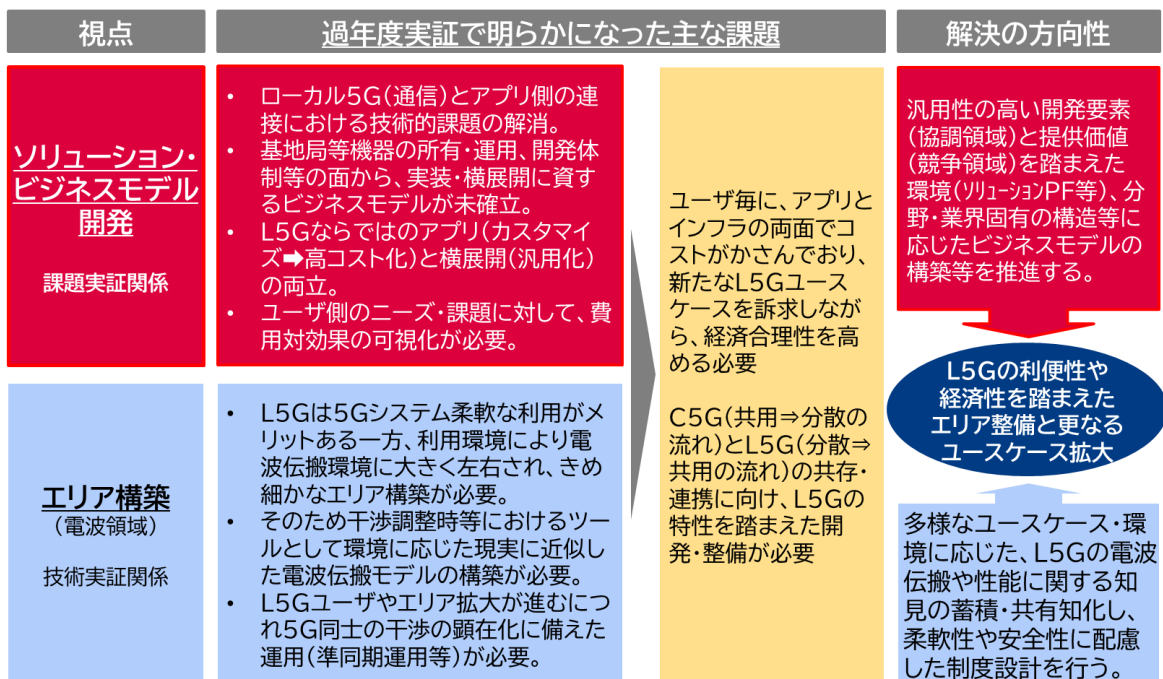
なお、技術実証の取りまとめについては、【技術実証編】を参照されたい。また、各実証コンソーシアム・端末システム試作者による実証成果については各実証事業の報告書を参照されたい。

## 1.2 実証内容の設計

過年度実証で明らかになった課題及び解決の方向性を踏まえた、本年度実証内容の設計の枠組みと方針は以下の通り。

### 1.2.1 過年度実証で明らかになった課題及び解決の方向性

図 1-4 は、過年度実証における 5G を活用したソリューションの開発とエリア構築の側面から浮き彫りとなった主な課題と、想定される解決の方向性に関する整理である。令和 2 年度以降の、5G 税制優遇措置やサブ 6GHz 帯ローカル 5G の制度化を経て、また多くのプレーヤーの参入が進みつつある中、令和 3 年度開発実証事業における取り組みと成果は今後の普及促進のシナリオを決定づける重要な役割を担った。令和 4 年度開発実証事業では、こうした過年度事業の成果を踏まえつつ、引き続きローカル 5G の特性や導入メリット等を明らかにした上で、十分な知識を持たないユーザーに対する情報発信をはじめ正しく誘導していくとともに、事業者側のビジネスの予見性や事業性を見出しながら、ユースケースや市場の拡大と導入・利用に係るコストの低廉化の好循環につないでいくことが肝要であると考えた。



出所)三菱総合研究所

図 1-4 開発実証における課題と解決の方向性概要

本報告書(課題実証編)では、主に「ソリューション・ビジネスモデル開発」の視点から、ローカル 5G の課題と解決の方向性等に着目している。具体的な課題として、ユーザニーズへの対応と実装・横展開に係る課題について説明する。

## (1) ユーザニーズへの対応

### 1) 対象分野、ユーザの課題

令和 3 年度事業で実施したローカル 5G の潜在ユーザ(企業・団体等)へのニーズ調査によれば、企業等ユーザがローカル 5G 等の次世代ワイヤレスシステムを利用したい分野としては、産業分野では工場やインフラ分野、公共分野では防犯・見守りや防災・災害分野のニーズが増大している。各分野の社会課題の解決や、ローカル 5G の普及展開を見据えた場合、特にニーズの強い分野に着目することは重要である。

他方、令和 3 年度事業では、実証コンソーシアムの対象分野によって、ローカル 5G の活用モデルの実装性の評価が異なる傾向が見られた。例えば、産業分野においては、分野の課題に係る切迫感や、企業の経営課題等に対する認識が強く、また自営ネットワークシステムならではの良さ(カスタマイズ、品質制御等)を活用したソリューションへのニーズが比較的強いと言える。公共分野においては、ステークホルダが多岐にわたる、あるいはそれに起因する投資余力やマネタイズの手段が限定的であるといった要因から、総じて持続的なローカル 5G 活用モデルを描くためには相当な工夫が必要である、といった課題が浮き彫りになった。

このように、単に分野でローカル 5G との親和性や可能性を仕分けるのではなく、それぞれの分野の特性やビジネスの構造・制約等を踏まえ、ローカル 5G の活用モデルを構築することが肝要である。当該分野やユーザの課題認識はもとより、事業展開上の構造や各種制約を所与として、実装に近づけるための条件とアプローチを提案し、当該アプローチを徹底的に検証し、課題を解決・改善するための実証を取り進めることが必要である。例えば、いわば「てんこ盛り」な仕様のソリューションの費用対効果を追求したり、事業化(サービス提供体制の構築を含む)の検討を行っても、「実装」という目標からは遠ざかることは自明である。むしろ、費用制約がある場合、低廉なパッケージを構築・提供するために何を検証しなければならないか、という観点から実証を設計するという考え方も採りうる。

### 2) ローカル 5G を活用する機能・ソリューション

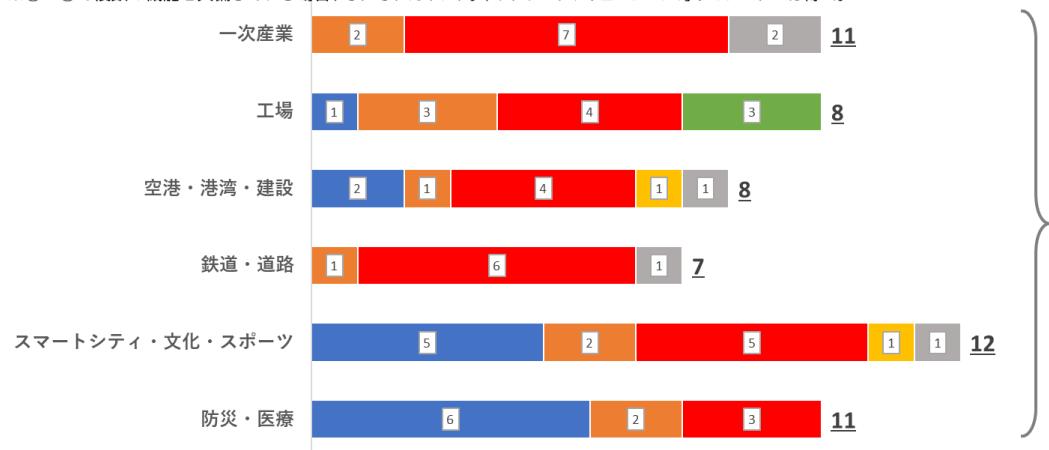
過年度のニーズ調査によれば、企業等ユーザが利用したい機能・ソリューションとしては、遠隔からの作業支援や指導(リモート)や、多様なセンサーを用いた計測・データ収集(高度な自動化)等のニーズが上昇している。これらのニーズは、当該ソリューションの導入(機能の提供価値)によって解決される課題の大きさ・重要度及び当該課題の解決に対する期待値が高いことを表している。そのため、ローカル 5G の特性を踏まえた技術・シーズ起点の発想にとらわれず、それらの機能を、何に、どのように活用して、何を得たいのか、といったソリューションの本質に迫ることが肝要である。

他方、令和 3 年度事業では、例えば、映像伝送や映像の AI 検知を使った機能など、図 1-5 に示すように、類型化できるほど多様なソリューションについて実証が行われた。特に、ローカル 5G の特性や機器の性能(現時点の製品の限界を含む)がある程度見えてきたことから、各種処理機能と接続するこ

とどの程度のパフォーマンスとなるか、表 1-4 に例として示している課題を含め、おおよそ分かるようになってきている。しかしながら、そのソリューションにおいて、何故その機能が必要なのか、どのようにその機能を運用するのが適切なのかなど、起点となるユーザ等のニーズと当該ニーズに基づく要件定義が必ずしも明確ではなかったと言える。



※①～⑥で複数の機能を具備している場合、それぞれカウント。ネットワークソリューション寄りのシステムは除く。



出所)三菱総合研究所

図 1-5 ローカル 5G を活用したソリューションの類型(令和 3 年度事業)

表 1-4 ソリューションの有効性検証に係る成果及び課題

類型	令和 3 年度事業の成果及び抽出された課題
リアルタイム遠隔作業支援・指導、状態確認・診断	<ul style="list-style-type: none"> <li>遠隔地とのコミュニケーションにおいて、映像や遅延等の通信品質は良好。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た。</li> <li>リアルタイム性を犠牲にせずに、指導や診断に必要なかつ正確な情報を十分に伝達できるかがポイント。</li> <li>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。</li> </ul>
AI・映像解析等による検知・フィードバック	<ul style="list-style-type: none"> <li>ユースケースによるが、高精細映像を用いた解析等の検知率は一定水準の水準に達しており、撮影距離を長くしても検知率が下がらず粘り強い。大容量映像が伝送可能なローカル 5G の優位性を確認。</li> <li>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見られたため、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。</li> <li>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。</li> </ul>
移動機器の遠隔	<ul style="list-style-type: none"> <li>ローカル 5G を介した映像伝送やシステム切り替え動作等においては大き</li> </ul>

操作(ロボット・車両等)	<p>な課題は見られない。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 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、<u>作業時間の増大で得られる効果が頭打ちする傾向。</u></li> <li>● <u>作業の複雑性と、システムトータルでの遅延のバランスが課題。</u></li> </ul>
--------------	---

## (2) 実装・横展開に係る課題への対応

### 1) ローカル 5G の必然性・必要性

ローカル 5G の特性や機器の性能(現時点の製品の限界含む)がある程度見えてきたことから、技術的な面のみならず、運用面や経済合理性も含めて、より広義の視点で、ローカル 5G の必然性・必要性について追求していく必要がある。

令和 3 年度の公募においては、「ローカル 5G の早期普及に向けた具体的な取組であること」を要件として、「ローカル 5G を活用したソリューションについて、ローカル 5G の必要性・必然性があること。」といった審査基準を設けた。公募段階では、当該審査基準に対する各コンソーシアムの主張は主として技術的な側面において一般的に明らかになっている必要性・必然性であったが、実証を通じてローカル 5G の具体的な特性や真の価値と限界が浮き彫りになってきた。

このように、ローカル 5G の実装・横展開に向けては、これまで明らかになっているローカル 5G の本質を踏まえ、ローカル 5G を活用する必然性・必要性自体も可視化・評価しながら、対外的に発信していくことも必要と考えられる。そのため、公募においては、必然性・必要性に係る建て付けをエビデンスに基づき一層明確にさせるとともに、ローカル 5G 以外の他技術的手段やアプローチとの比較検証など、ローカル 5G の位置づけが分かるような検証やモデリングを行っていくことを重要視した。

### 2) 実装・横展開の課題への対応

表 1-5 は過年度事業において実証コンソーシアムが取り上げた実装・横展開に関する課題を整理したものである。これらの課題は、総じて実証開始時の初期の計画が不十分であることを表しており、すなわち実証する前からある程度想定がつく内容であり、実装に向けたミッシングピースと対応策を洗い出し、具体的な実装計画、さらには収支等の事業計画に落とし込めるかが肝要である。

特に、令和 3 年度事業では「早期の実装・横展開の見込みがあること」を要件として、「ローカル 5G 活用モデルの実装シナリオに妥当性・確実性があること」を重視した。実証開始段階では、各実証コンソーシアムが提案する実装シナリオにおいて、目指す姿やそれまでのステップについて定性的に挙げていたものの、それを精査するための検証内容や実装計画への落とし込み方など、プロセスとそのコミットメントについては曖昧な部分が残った。その結果、実装性の検証やアウトプットとしての実装計画については、弊社は実証期間中に支援を行ったものの、実証コンソーシアム側の体制(ユーザ企業との向き方等)や実証(PoC)と実装の認識の差・壁が大きかった点が事業全体の課題として浮き彫りとなった。

このように、本実証では、出口・アウトプットに対するプロセスとコミットを実証の仕様・要件において明確にする必要がある。そのため、ユーザとの連携・対話の熟度の他、どのように継続利用や実装に向けて具体化していくか等の計画、収支の想定を含む実装計画、特に肝となる検証結果や計画などは様式として分離(モジュール化)することで、可視化することとした。



表 1-5 実証コンソーシアムが取り上げた実装・横展開に係る課題の例

項目	課題
導入前/導入期における課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 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。</li> <li>✓ 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。</li> </ul>
自走期における課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 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。 例: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</li> </ul>
横展開における課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 自走化主体と横展開主体が異なる場合もあり、ローカル 5G インフラやローカル 5G 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。</li> <li>✓ 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。</li> <li>✓ 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。</li> <li>✓ ローカル 5G 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 5G 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。</li> <li>✓ 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。</li> <li>✓ 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ア構築、及びシステム構成の在り方についての検討不足。</li> </ul>

## 1.2.2 実証事業の内容

### (1) 実証の枠組み

本実証事業は、ユーザ企業や団体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(手段)について、その必然性や優位性を高めるとともに、ユーザ企業や団体等における着実かつ早期の実装を目指したものである。

本事業で言う「実装」とは、本事業の終了後も、本実証において提案するローカル 5G を用いたソリューションの一部または全てを、継続的に活用している状態を指すものとした。また、実装に資するよう、多様なステークホルダ間の連携やビジネスモデルを工夫することで、他の地域のユーザ企業や団体、他分野の課題解決等に資する「横展開」を含め、ローカル 5G の普及展開の加速に資する持続的なモデルを「ローカル 5G 活用モデル」と呼ぶこととした。

前項の課題認識を踏まえ、各実証事業の課題実証については、表 1-6 の通り設計した。

表 1-6 各実証事業の課題実証の内容(実証仕様)

事業区分	開発実証事業	特殊環境実証事業	端末システム試作事業
目的・狙い	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活用モデルについて、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		具体的な利用シーン、ユーザーニーズを反映した端末システム試作・実証、実装要件・課題整理
具体的な検証テーマ	<b>1)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</b> ⇒ 特定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 機能検証:性能要件、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に係る評価・検証 運用検証:ソリューションを実運用した際の保守・運用に係る評価・検証 効果検証: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>1)端末システムの試作及び検証</b> ⇒ローカル5Gの端末システムの試作を行い、端末システムの実装(製品化等)を見据えた必要な評価・検証。実証期間中に設計・試作・検証・改良の一連のプロセスを繰り返す
	<b>2)ローカル5G活用モデルの実装性に関する検証</b> ⇒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 経済性・市場性の検証:ソリューションの持続的な導入・利用による費用対効果等経済性や横展開可能性 運用スキーム・ビジネスモデルの検討:実装を見据えた運用スキーム、ビジネスモデル実装性を高める手法の検討及び実行:実現に向けた障壁やミッシングピースを踏まえた実装性を高めるための手法の検討と実行。5GSCとの連携・協力、その他普及展開の加速に向けた啓蒙活動、等		<b>2)端末システムの実装性に関する検証</b> ⇒端末システムの導入及び導入費用、導入・利用する具体的な主体及びターゲット、横展開可能性などの市場性の検証を行うこと。
	<b>3)ローカル5G活用モデルの実装に向けた課題の抽出及び解決策の検討 (※端末システムは端末が対象)</b> ⇒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		
	<b>4)ローカル5G活用モデルの実装計画の策定 (※端末システムは端末が対象)</b> ⇒提案時に設定した実装シナリオ及び実装計画案について、前提となる外部環境や目指す将来像等含む実装シナリオを整理した上で事業計画を作成(可能な限り長期、実証終了後最低5年間)。収支計画の他、課題の対応策の実施手順、関係者(特に実装を主導する主体)の役割、マイルストーン・スケジュールを明確にしたアクションプランを提示すること。		

### (2) 実証内容(開発実証事業・特殊環境実証事業)

#### 1) ローカル 5G を活用したソリューションの有効性検証

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 活用モデルを創出する観点から、実証環境下において、ローカル 5G 活用モデルについて実証し、ローカル 5G 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毎の更なる課題についての整理を行った。課題の整理にあたっては、技術的課題の他、実装に向けた制度的課題、運用面からの課題など、多面的に検討した。

ローカル 5G を活用したソリューションについては、機能・ソリューションの前提となる要件定義と、当

該要件とユーザ等ニーズやその課題解決との関係性などに留意した。新規性や高い実証目標のみを狙った「てんこ盛り」な仕様のソリューションを促すのではなく、費用制約を所与とした場合のソリューションのあるべき姿(品質水準などの要件定義が肝要)、結果的に低廉なパッケージが必要とされる場合は当該パッケージを構築・提供するためにソリューションとして何を検証しなければならないか、という観点に留意した。新規性や発展系のソリューションや実証を行う場合は、実装計画との関係性を踏まえて仕分けるなど、実装性と両立するような実証設計を目指した。

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検討し、ローカル 5G 活用モデルの早期の実運用を目指すこととした。特に、ローカル 5G の特性を踏まえた技術・シーズ起点の発想にとらわれず、それらの機能を、何に、どのように活用して、何を得たいのか、といったソリューションの本質について明らかにした上で効果検証や機能検証を設計し、また実装時に想定される体制(組織連携、人員配置等)を踏まえた運用検証の在り方も追求した。このため、実施計画段階で目的と検証内容、ゴール(何をもちよとするか等)を様式として明確にし、アウトプットイメージを計画段階で可視化した。とりわけ、過年度事業で実証済みの内容との関係については精査し、単なる塗りなおしにならないように実証の意義を見出せるような取り組みとした。

## 2) ローカル 5G 活用モデルの実装性検証

本事業は、とりわけ社会実装可能性を重視している。そのため、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し、実装困難と判断する場合にはその理由等を明確にした。ユーザ側とソリューション提供側において双務的なミッションを持たせるための案件形成・体制構築を目指し、どのように継続利用や実装に向けて具体化していくか等の計画、収支の想定を含む実装計画を様式化した。

ローカル 5G の必然性・必要性自体を評価・可視化できるように、ローカル 5G 以外の他技術的手段やアプローチとの比較検証など、ローカル 5G の位置づけが分かるような検証やモデリングについて、実証コンソーシアムと連携して、設計した。また、持続的かつ新たな価値の創造等の実現に資するローカル 5G 活用モデルの創出に向けては、過年度事業の課題を踏まえ、実装計画の精査に向けては、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、収益化の流れなどの要素毎に検討を行った。特に、「事業主体の不在」という課題へ向き合うとともに、実装計画やその前提となるビジネスモデルのイメージを具体化するとともに、横展開に係る標準モデルの原型を目指した。

その他、過年度実証における成果として、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。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、コアの地域等での共用モデルや 5G ソリューションのプラットフォーム等を踏まえた共用の方向性についても着目した。

### (3) 実証内容(端末試作事業)

過年度事業におけるニーズ調査によれば、ローカル 5G を活用したい技術として、IoT などデータ収集領域技術と AI 等データ処理技術のニーズが高い。また、活用したい端末等デバイスは、汎用端末に対するニーズが特に高く、次いで高精細カメラ、センサーとなっている。市場の広がりという観点からは、これらのデバイスニーズの大きさと具体的な用途等に着目することが肝要である。

こうした端末ニーズが顕在化している一方で、製品化されている端末のバリエーションが少ないこと、多くの実証実験で見かける海外製の端末(CPE)や評価ボードが中心であること(安価だが性能面やセキュリティ面で不安など)、端末によっては熱や通信の接続安定性など品質面に課題があることなどの点が指摘されている。そのため、経済性の他、日本製品の安心感や、キャリアグレードの品質、使いやすさなど利便性に重点を置きつつ、多様なニーズ(カスタマイズを含む)に対応できるエッジ等デバイスの早期の市場化が求められている。また、開発期・PoC 期などの過渡期においては、ユーザ毎で検証費が発生するため、製品化(端末メーカーの事業化)が進まないと、総体的にユーザが負担する検証費がかさむ一方である。そのため、製品化・流通を早期に進めない限りは、検証コストや導入・運用経費の高止まり、製品化が進まない、などの悪循環が続き、結果的にローカル 5G 実装・横展開における弊害となる。

特に B2B 向けの通信モジュールや通信モジュールを処理機能に組み込んだ一体型の端末の製品化が遅れていることから、小型化・省力化などに対するニーズは強く、実証では解消しにくい実装に向けた課題として挙げられている。また、スマートグラスやタブレット端末等の ICT 機器や、PC・カメラ等、多くの分析用機器・システムについて維持管理の対応が必要であることから、機器の操作性など導入時の操作方法のレクチャーやマニュアルの整備が必要であり、機器の保守契約をオプションとして用意し、保守に係る作業も含むサービスの提供が望ましいといった声も上っているところである。

このように、ユーザの利便性を高めるための端末の筐体や I/F の在り方や、その運用に必要な環境整備については、ローカル 5G 活用モデルに資する端末システムの開発の方向性として検討すべき課題である。これらの点を踏まえ、端末システム試作事業では、過年度事業で行われてきた様々な利用環境におけるローカル 5G の活用ニーズを満たせるよう、ローカル 5G での実現性のある具体的な利用シーンを想定した上で、ローカル 5G の端末システムの試作を行った。特に、現在の 5G において十分には存在しない端末領域を特定し、ユーザニーズを反映した上で、実機による実証を行い、実証結果を踏まえて、実装に向けた要件、課題整理を行った。試作対象とする端末や、試作の目的・アプローチ(例、既存の 5G 対応製品の拡張・改修、既存の非通信汎用製品に通信モジュールの一体化等)に応じて、検証内容と検証・評価プロセスを設計した。また、成果の汎用化・共有知化に向けては、評価・テスト等の実証環境や、評価・テストの前提条件等について詳細に開示し、製品化のロードマップと当該条件との関係性や製品化に向けて不足している点・課題の洗い出しを実施した。

なお、実証においては、試作する端末システムについては、以下に示す「必須要件」及び「選択要件」を満たすものとし、また端末の試作に係る要件についての技術目標と、試作する端末システムの普及についての実装目標の双方を設定した。

#### <必須要件>

端末システムの試作は、以下の要件を全て満たすこと。提案にあたっては、各要件を満たすことをそれぞれ説明すること。

- ローカル 5G の周波数帯である 4.6GHz 帯(4.6GHz～4.9GHz 帯)と 28GHz 帯(28.2GHz～29.1GHz 帯)に対応もしくはどちらかに対応したローカル 5G 端末(SA 方式)について、端末システムの検討を行う上で十分な台数を準備すること。  
※NSA 方式のみでの提案の場合は、その理由を併せて記載すること。
- 運搬・設置・設定が容易であること。
- 低廉な端末の普及を念頭に置き、それが可能となるような構造とすること。
- 通信モジュール部分が分離可能な構造を取る場合、アップデート・交換を考慮した汎用的な構造とすること。
- 長時間継続して大量トラフィックが発生しても安定的に通信疎通が行えること。その際には、機器の発熱にも留意し、十分な放熱がなされること。
- 準同期運用に対応すること。
- 試作する端末の形態は、カメラ等のデバイスに組み込まれる一体型、通信モジュール型、アダプタ型、モバイルルーター型、スマートフォン型、いずれも提案可能とする。ただし、現存しない特長を有し、かつ既存デバイスの課題を解決するものであること。
- 試作する端末システムについて、当社が指定するテストベッド環境において、動作確認、ローカル 5G の受信電力や伝送スループット、伝送遅延時間等の各種データの計測、動作確認を実施すること及びその結果ローカル 5G の技術基準等に課題等があれば当該課題の整理・評価・分析等電波伝搬特性試験を実施することが含まれていること。

#### <選択要件>

試作する端末システムの具体的な利用シーンを踏まえ、以下の(a)～(f)の複数の要件を満たすこと。提案にあたっては、選択した要件を満たすことをそれぞれ説明すること。

- (a) 屋外利用  
ローカル 5G 端末の屋外利用において、安定的・継続的に通信ができること。その際には、電源部、アンテナ部を含めて端末システム一体について、防塵、防水、防雪、耐振動性を有すること。
- (b) 防爆対応  
化学プラント等工場の危険区域内での利用等を念頭に防爆対応を行うこと。その際に、利用が想定される防爆エリアを整理すること。
- (c) 小型化及び軽量化  
スマートグラス、MR、ドローン等への組み込みなど具体的な利用シーンを提示した上で、それに適した小型化及び軽量化を図ること。
- (d) 産業用組み込み  
AGV(無人搬送車)等産業用組み込みを行うことを想定し、具体的な利用シーンを想定した上で、それに適した形態とすること。なお、通信モジュールを組み込む形態とする場合は、M.2、PoE(Power over Ethernet)、USB 等標準的な規格を選定の上、当該規格の選定理由も併せて明らかにするとともに、外付けを含む最適なアンテナ配置等についても検証を行うこと。
- (e) 全国 5G とのシームレスな接続  
私有地と公道の間で全国 5G とローカル 5G の切り替えを必要とする場合等、全国 5G 通信とのシームレスな接続が必要となる具体的な利用シーンを想定し、それに適した形態とすること。
- (f) その他機能  
上記機能以外で、ローカル 5G 端末に搭載する新たな機能の試作または既存機能の改良を希望する場合、その機能が必要となる具体的なローカル 5G の利用シーンを提示し、かつその機能が実現されたことを証明する具体的な目標を明示すること。

## 1.3 実証成果を踏まえた検討

### 1.3.1 概要

実証コンソーシアム及び端末システム試作者と連携し、実証成果及び各種調査結果を踏まえ、ローカル 5G モデルの創出に向けて、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)の観点から評価・分析を行った。特に、他地域、他分野での展開可能性が高いと認められる標準的なローカル 5G 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実装の方向性等を整理し、ローカル 5G を活用した将来像及び普及シナリオ、Beyond 5G も見据えた各分野の実装シナリオやロードマップ(実装・横展開の在り方等)について検討した。

併せて、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、ローカル 5G の導入を検討する企業・団体等にとって参考となる導入手引書(共通編)、具体的な活用ケース、導入時の留意点等を整理した手引き(分野別編)を作成した。

### 1.3.2 検討・実施体制

本調査検討では、ローカル 5G の普及促進に向けて、実証成果も踏まえ、ローカル 5G の有効性、課題及び対応策について整理等を行った。実証コンソーシアム及び端末システム試作者の実証等取り組みをミクロの視点とすると、実装・横展開可能なローカル 5G 活用モデルの創出に向けては、業界や産業構造等のマクロの視点で課題を整理して、普及促進の加速に資する対応策を考えていく必要がある。当社は一次請負事業者として、俯瞰的にローカル 5G に対するニーズや課題を踏まえた上で、何が産業やユーザ等にとって必要なのか、何を解決しなければならないのか、等の観点から深掘した。

検討にあたっては、実装に資する専門的見地、業界側の視点、さらには関係省庁やユーザのニーズ等を反映するために、有識者、関係省庁、ローカル 5G を推進する事業者・業界団体等より構成する課題実証専門会合を設置した(詳細は添付資料参照)。特に、関係省庁の参画にあたっては、今後ローカル 5G が普及段階に入り、工場、農地、交通、医療、建設現場、災害現場など様々な場面におけるローカル 5G の導入を推進していく観点から、それぞれの分野を所管する関係省庁へ、開発実証の課題・成果を共有するとともに、各分野の課題解決策やニーズに対応したローカル 5G の活用モデルの検討、関連施策等の検討に資することを目指した。

請負事業者(実証コンソーシアム・端末システム試作者を含む)と専門会合の役割・位置づけは図 1-6 の通りである。

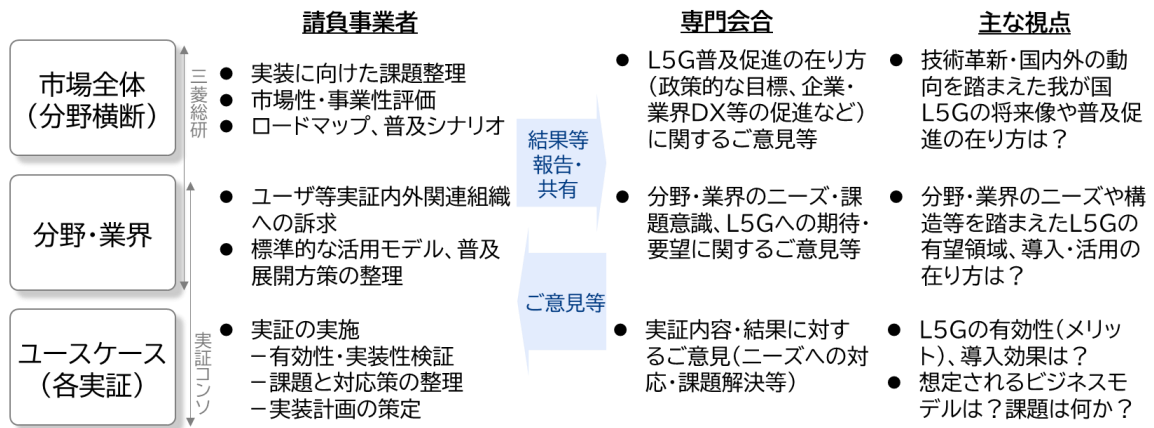


図 1-6 検討・実施体制

### 1.3.3 実施事項(本報告書の内容)

上述した調査検討の内容について、以降の章においてその結果を記載した。

#### 2. ローカル 5G を取り巻く動向

本実証に限らず、ローカル 5G を取り巻く動向について整理した。具体的には、実証コンソーシアムの取り組む方向性の市場性や普及展開シナリオの具体化も見据えて、ローカル 5G の利活用が想定される分野・業態におけるニーズの把握と深堀を行うための国内の企業・団体等を対象とした市場調査を実施した。併せて、海外のローカル 5G の最新の動向について整理した。

上記も踏まえ、ローカル 5G の実装に係る具体的な課題について整理し、解決の方向性について検討し、令和 4 年度実証において着目すべき点(設計上組み込んだ内容)について整理した。

#### 3. 過年度実証の状況調査

総務省令和 2 年度及び令和 3 年度開発実証の追跡調査を実施したとともに、総務省令和 2 年度及び令和 3 年度開発実証に係る事業の結果や課題も踏まえ、分野や課題、ソリューションや提供機能、実装モデル別等に、成果と課題等について総体的に整理した。

#### 4. ローカル 5G を活用したソリューション等の有効性

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 活用モデルを創出する観点から、実証事業における「ローカル 5G を活用したソリューションの有効性検証」等の成果やプロセスを踏まえ、ローカル 5G を活用した主なソリューション別に、機能面及び運用面、さらに課題解決の効果に係る検証について取りまとめた。

#### 5. ローカル 5G 活用モデルの実装性

ローカル 5G 活用モデルの実装性(事業性)や横展開可能性(市場性)の観点から、実証事業における「ローカル 5G 活用モデルの実装性検証」等の成果やプロセスを踏まえ、ローカル 5G の実装分野別に、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。

## 6. ローカル 5G 活用モデルに即した端末システムの試作

端末システム試作の結果を整理するとともに、それを踏まえて、ローカル 5G 端末の実装性(事業性)、横展開可能性(市場性)、今後考えられるローカル 5G 端末の発展の方向性等の観点から、ローカル 5G 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。

## 7. ローカル 5G の更なる普及展開に向けた将来像

上記の章の内容を踏まえ、他地域、他分野での展開可能性が高いと認められる内容について、標準的なローカル 5G 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。各実装分野に係る取組や関連技術の社会実装のステップに考慮した上で、ローカル 5G の更なる普及展開に向けた将来像、普及シナリオ、ロードマップを考察し、提示した。

## 8. ローカル 5G 導入手引書の作成

ローカル 5G の導入を検討する企業・団体等にとって参考となる手引き(共通編)を作成した。加えて、分野別に、具体的な活用ケース、導入時の留意点等を整理した手引き(分野別編)を作成した。



## 2. ローカル 5G を取り巻く動向

### 2.1 国内市場の動向(ニーズ調査)

#### 2.1.1 ニーズ調査の目的

実証コンソーシアムの取り組む方向性の市場性や普及展開シナリオの具体化も見据えて、ローカル 5G の利活用が想定される分野・業態などで、アンケート調査によりニーズの把握と深堀を実施した。本アンケート調査では、令和 3 年度の実証事業において対象としていない分野についても対象とした。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。

#### 2.1.2 調査の枠組み

5G/ローカル 5G は、我が国のユーザ企業等の DX を推進する基盤として位置づけられる。この観点から、ユーザを DX と 5G の導入・利用意向の強度で類型化し、調査対象を定義・設計を行った。

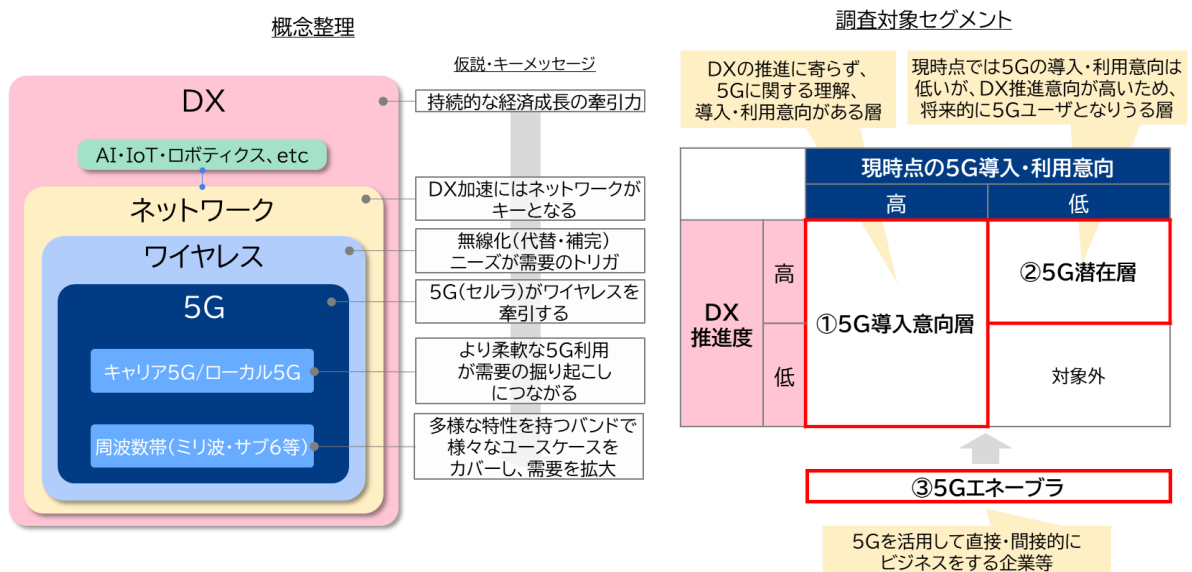


図 2-1 概念整理及び調査対象セグメント

表 2-1 調査枠組み

大項目	内容
実施時期	➤ 2023年2月(同様の設計で実施した2022年2月調査との比較を実施)
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を実施(約 4 万件)。 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 の導入・利活用に関する判断権限または知識を有する人に限定。

大項目	内容
本調査の対象	<p>▶ 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所等とは問わない)を対象に、以下の3区分を設定。</p> <p>① 5G 導入意向層: 5G(キャリア 5G またはローカル 5G)の活用について導入済・運用中、試験導入中・導入準備中(実運用前の PoC を含む)、導入を検討・計画中 (分析によって「ローカル 5G 導入意向層」に絞って集計)</p> <p>② 5G 潜在層 上記以外で、自社・団体の課題解決(業務効率化や付加価値創造等)において、今後5年~10年の中長期的な取り組みとして、より高度なデジタル技術(5G・クラウド・IoT・AI・4K/8K・ドローン・ロボット等)を活用したソリューションやサービスの導入・利用に向けて意向や問題意識を有している</p> <p>③ 5G エネーブラー 5G(キャリア 5G またはローカル 5G)を直接または間接的に活用し、他者へのサービス提供(機器提供、自社製品・サービスと組み合わせたソリューション提供等)やサービス導入支援の事業を展開中・計画中</p>
割付方法	▶ 一次産業を除き、事業所統計に基づき業種・規模区別に比例割付。規模は中小企業庁の定義に基づき、従業員数をもとに定義。

表 2-2 本調査の回収数

大項目		一次産業	製造業	インフラ	情報通信業	モビリティ・流通	商業	サービス業	公共	合計
①② 共通	大企業	50	100	50	50	50	100	75	25	500
	中堅企業	50	100	50	50	50	100	75	25	500
回収数 合計(①+②)		200	400	200	200	200	400	300	100	2000
③		—								500

### 2.1.3 調査結果

#### (1) 市場のポテンシャル

DXに向けデジタル技術を活用したソリューション等の導入・利用割合は計画・検討フェーズ中心が増加傾向。併せて、無線システムやネットワークの導入・利用意向も増加し、ワイヤレス需要の拡大傾向がみとれる。

貴社・貴団体の課題の解決(業務効率化や付加価値創造等)において、今後5年~10年の中長期的な取り組みとして、より高度なデジタル技術(5G・クラウド・IoT・AI・4K/8K・ドローン・ロボット等)を活用したソリューションやサービスの導入や利用状況について、あてはまるものをお選びください。

ソリューションやサービスの導入・利用にあたって、通信ネットワークの利用についてお伺いします。LTE/5Gなどの携帯電話網やWi-Fi等の無線通信システム・ネットワークの導入やリプレースについてどのようにお考えですか。

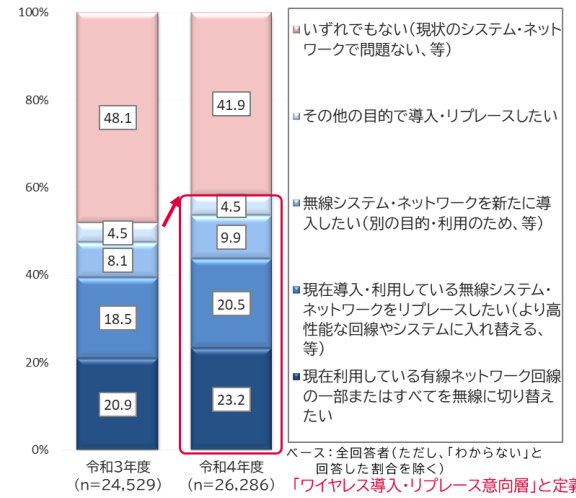
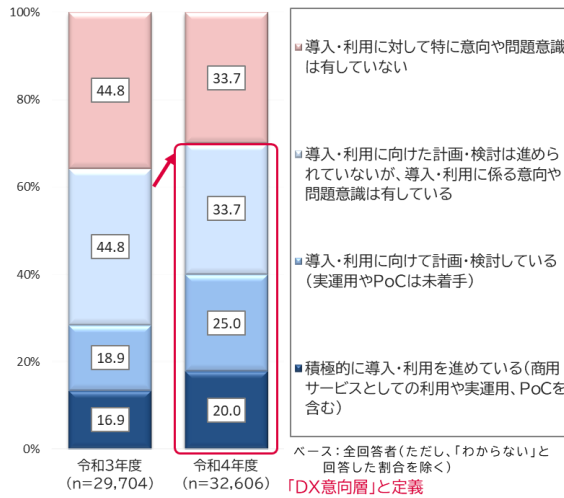


図 2-2 デジタル技術を活用したソリューション等の導入・利用意向(左図)  
無線システム・ネットワークの導入・利用意向(右図)

貴社・団体における、ローカル5Gの導入・利用について、当てはまるものをお選びください。ローカル5Gを直接導入・利用する場合は、ソリューションやサービスと組み合わせて通信ネットワークとして利用する場合を含め、導入・利用するユーザのお立場でお答えください。

貴社・団体では、キャリア5Gまたはローカル5Gに係る事業展開や同技術を活用した事業展開について当てはまるものをお選びください。キャリア5Gまたはローカル5Gを活用したサービス・ソリューション等の供給側の視点でお答えください。

- ・ (直接的なサービス・ソリューションの例)
- ・ キャリア5Gまたはローカル5Gをはじめとする無線システムを活用して自社の製品・サービス等と組み合わせ提供している事業
- ・ キャリア5Gまたはローカル5Gをはじめとする無線システムを活用したサービスの導入や運用に係る事業(コンサルティング、インテグレーション等)
- ・ (間接的なサービス・ソリューションの例)
- ・ 5Gなど超高速・超低遅延を実現する高度な通信ネットワークとの親和性が高いデジタル技術を活用したサービス・ソリューションを提供する事業
- ・ 上記サービス・ソリューションの導入や運用の支援に係る事業(コンサルティング、インテグレーション等)、など

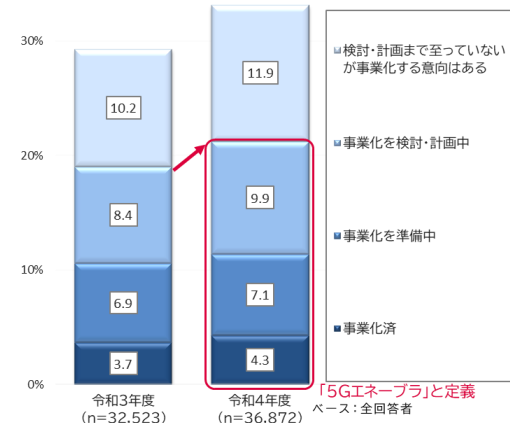
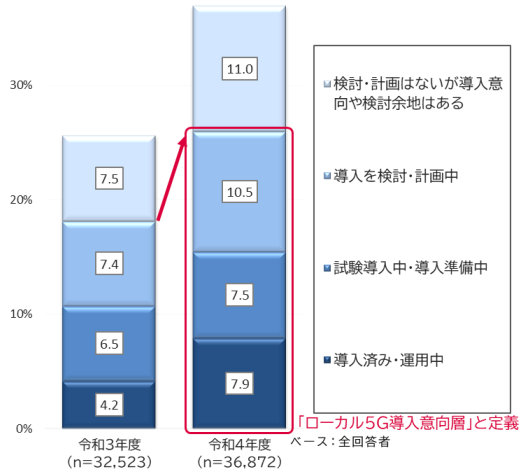


図 2-3 ローカル 5G の導入意向(左図)、5G を活用した事業化意向(右図)

## (2) 導入・利用の目的・ニーズ

5G 導入意向層と 5G 潜在層の比較から特に前者の特徴(何故 5G か)として、導入・利用の目的・ニーズについて分析する。なお、前提として、回答者は、ローカル 5G の活用について検討している場合は、当該技術を想定して回答。活用技術をローカル 5G に絞っていない、または未検討の場合は、無線システム・ネットワークの活用について回答している。

## 1) ユーザの導入・利用の背景・狙い

5G 意向層は、産業分野、特に工場や物流・流通分野の利用意向が高い。5G エネブラーは公共分野での展開希望が、ユーザの利用意向よりもやや高い傾向が見られる。

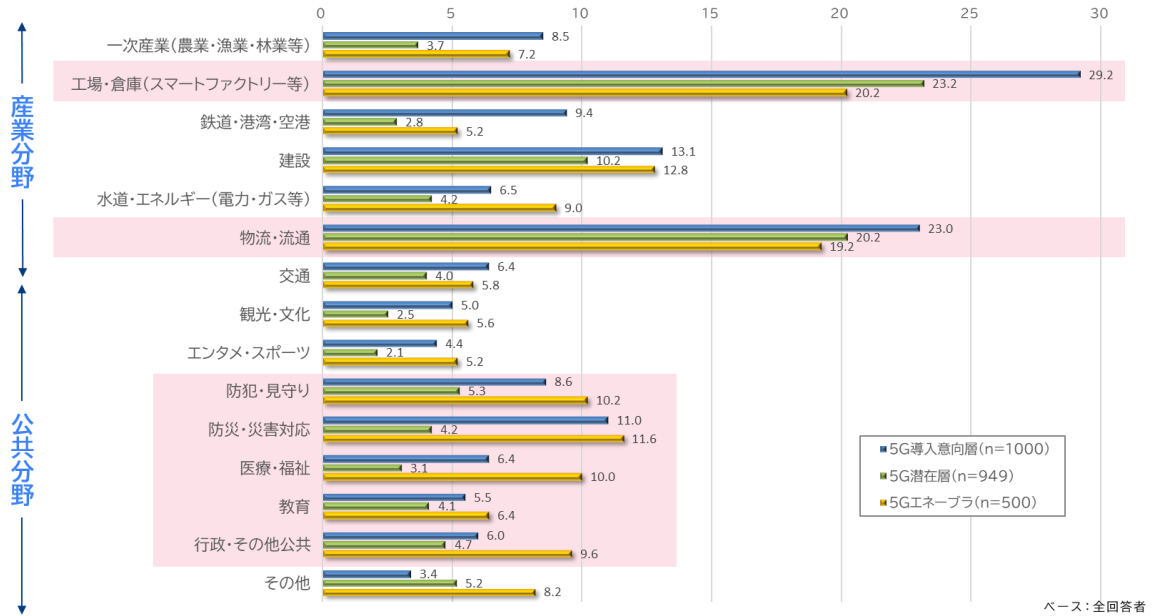


図 2-4 ワイヤレスを利用・展開したい分野

## 2) ユーザの導入・利用したい用途やソリューション

オフィス・設備のネットワーク高度化以外では、遠隔作業支援・指導(リモート)や高精細な映像伝送のニーズが高い。特にインフラ業はリモートに対するニーズが高い。製造業はセンサー計測・データ収集(自動化)も高い傾向が見られる。

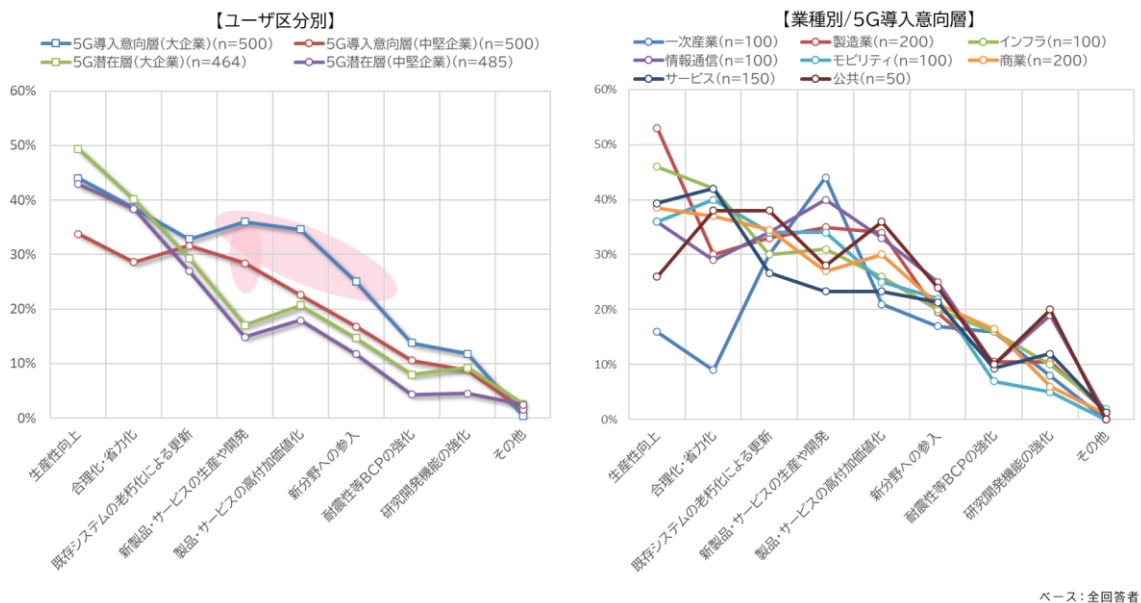


図 2-5 ワイヤレスやそれを活用したソリューションを導入・利用したい背景・狙い

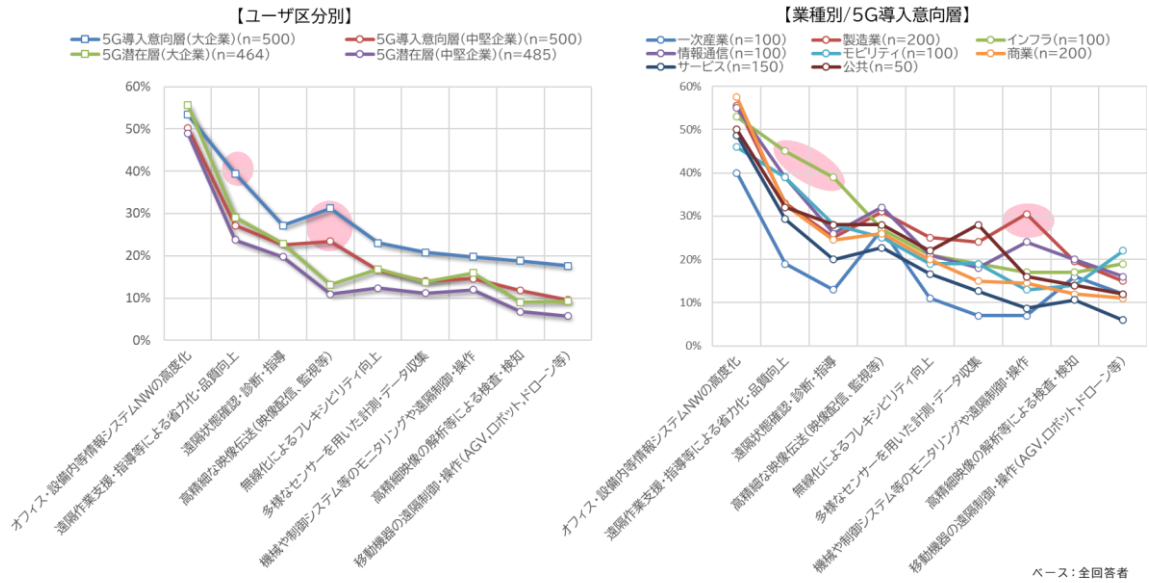


図 2-6 ワイヤレスを活用したいソリューション

### 3) 活用したい関連技術

ローカル 5G 等無線システム・ネットワークと、IoT・AI・ビッグデータを組み合わせるニーズが高い。

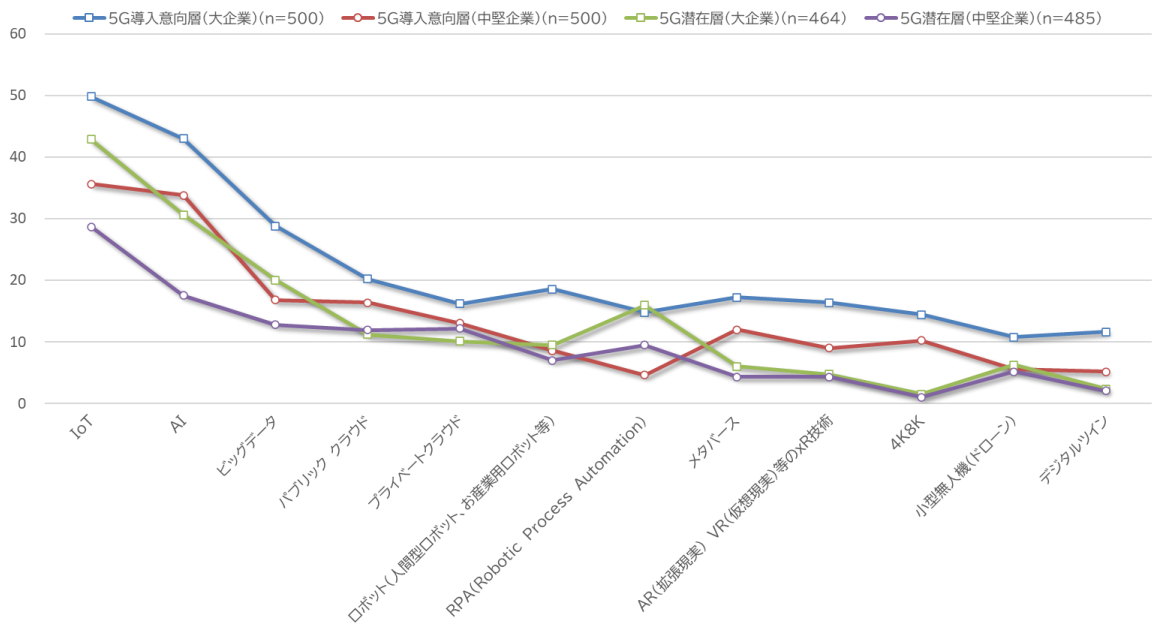


図 2-7 ワイヤレスと組み合わせたい技術や ICT 基盤

### 4) 活用したいデバイス・機器・設備

スマートフォン等端末の他、高精細カメラ・計測センサー、ロボット・ドローン等の活用ニーズが増大。

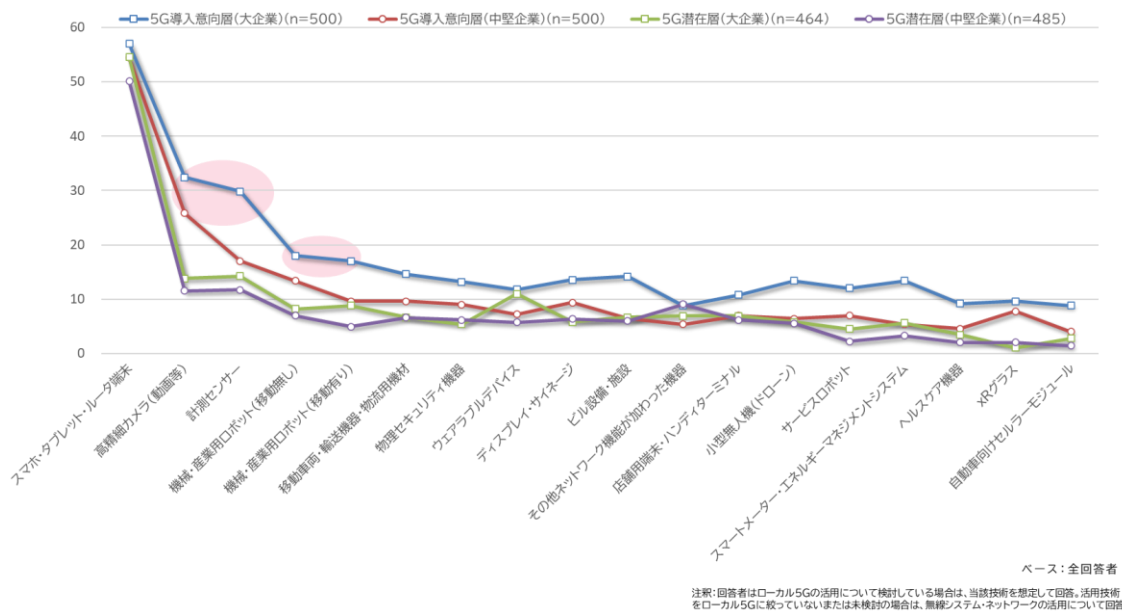


図 2-8 ワイヤレスを接続して利用したいシステムや機器

### 5) 活用したいエリア・場所

活用したい場所は約 7 割が屋内環境。オフィスビル内以外では、工場・物流倉庫・商業施設の順に高い。エリアは 5000m<sup>2</sup> 前後がボリュームゾーンであり、ローカル 5G のメリットが活けると言える。

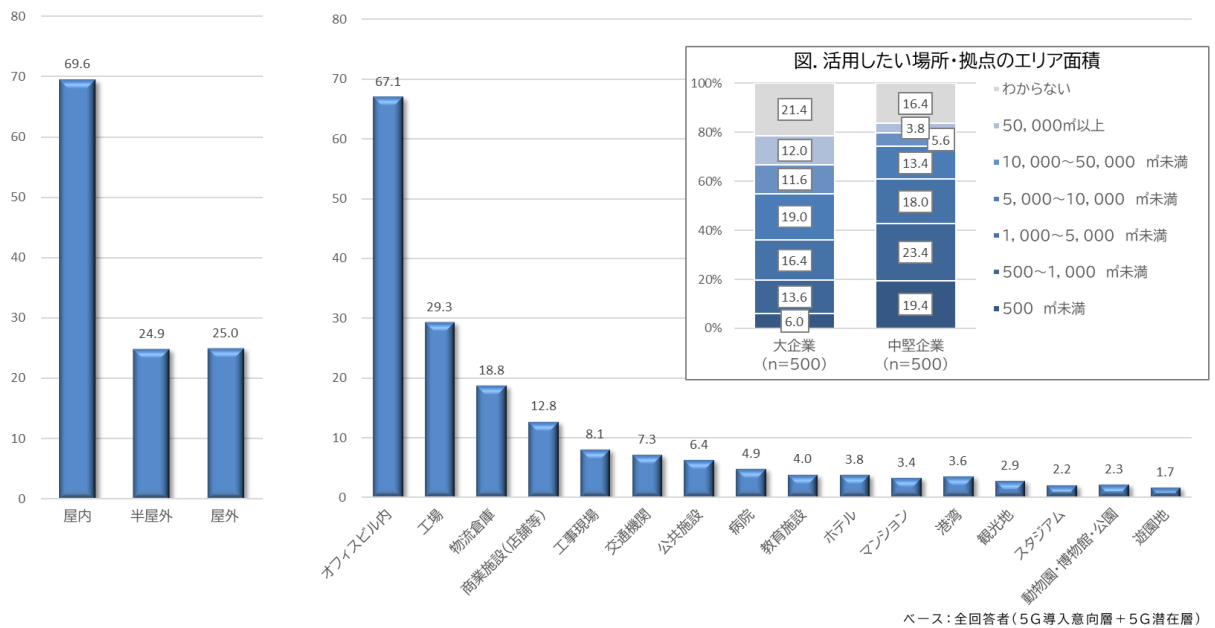


図 2-9 ワイヤレスを活用したいエリア(左図)、ワイヤレスを活用したい具体的な場所(右図)

## 6) ネットワークに期待する性能・運用要件

5Gの性能面の他、「セキュリティの担保」「回線性能の安定性」「運用が簡易であること」に対するニーズ・関心が増大。特に、5G潜在層はその傾向が強い。

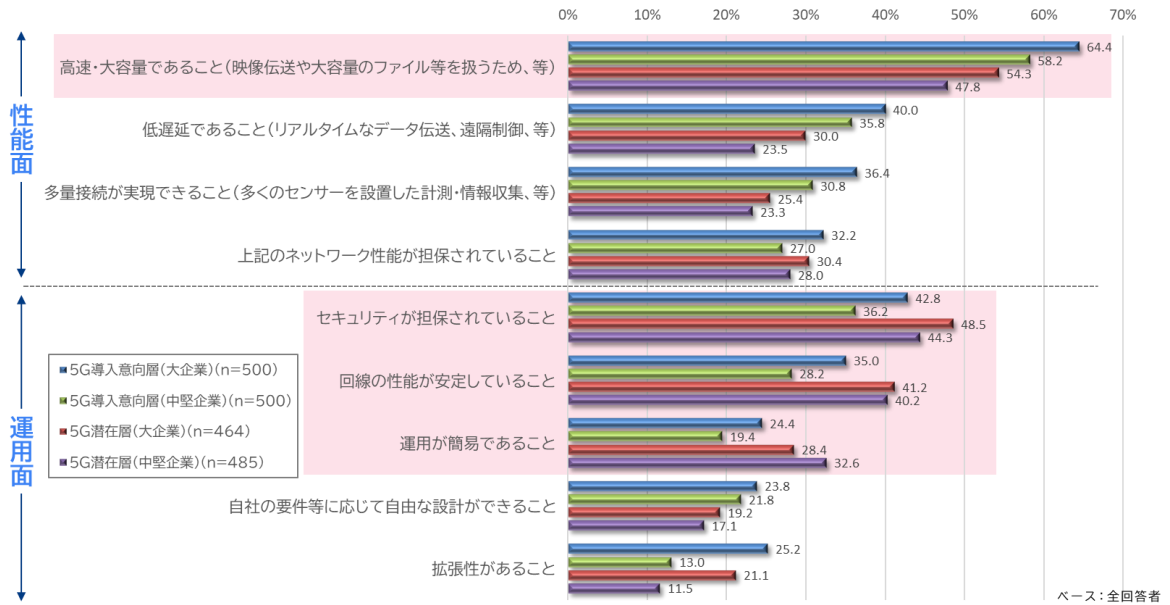


図 2-10 ワイヤレスの活用において特に重視・期待しているネットワーク性能や要件

## 7) ローカル 5G の必然性

ローカル 5G は 5G 性能活用の他、広範囲のカバー、キャリア 5G より先行できる点等が重視されている。5G 導入意向層は、性能の柔軟な設定やセキュリティ強度にも着目している。

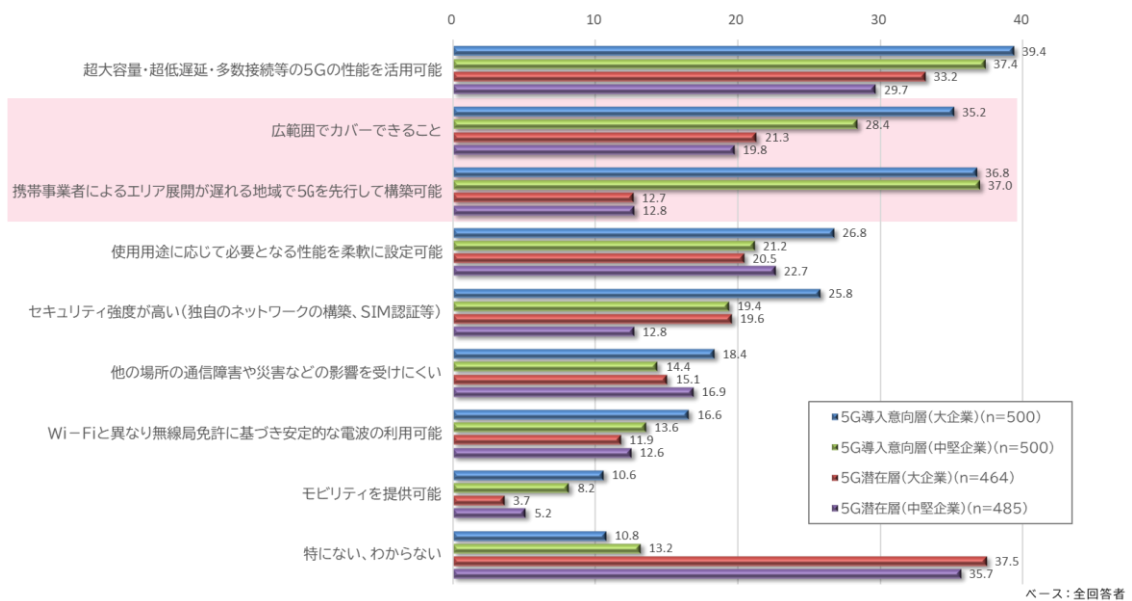


図 2-11 ローカル 5G について重視・期待する点(Wi-Fi やキャリア 5G との比較)

### (3) ローカル 5G の導入運用形態

ローカル 5G 導入意向層に着目し、導入段階別に比較することで、導入を進めるためのポイント等を確認した。

#### 1) ローカル 5G の導入タイミング

ローカル 5G の導入のタイミングは、導入済・運用中のユーザは「他社に先駆けて早期に導入したい」が最も多くアーリーアダプタと言える。導入検討中・計画中のユーザは「ネットワークシステムの更改時」が最も多い。「先行ユーザの導入実績が出てきたら」も高いことから、普及に向けて成功事例が出てくることが望ましい。

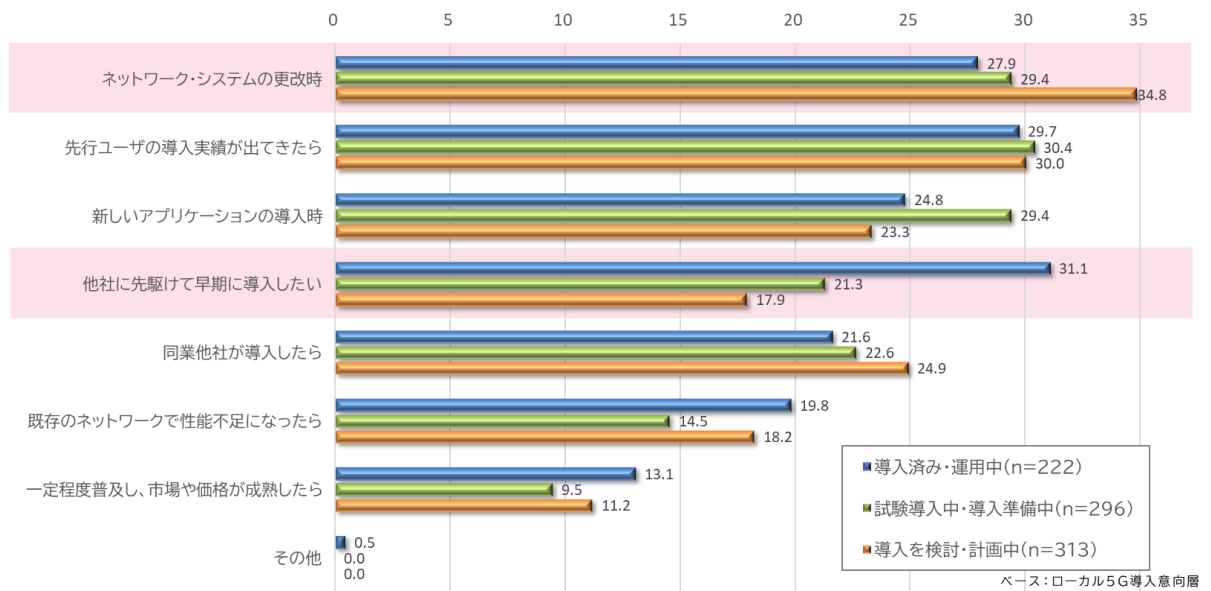


図 2-12 ローカル 5G の導入のタイミング

#### 2) 調達・導入形態

ローカル 5G 導入意向層のうち先行ユーザは自前意向が高い一方、今後導入しうるユーザは、他社への委託など外部への依存度が高い傾向が見られる。



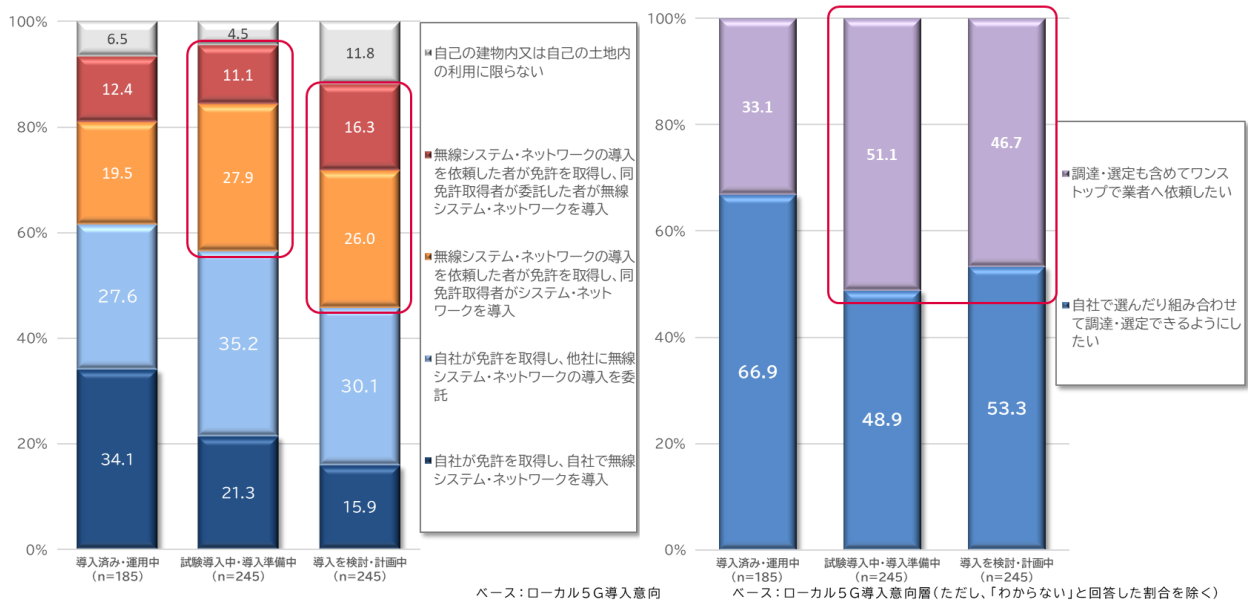


図 2-13 ローカル 5G の導入に係る調達・導入形態(左図)、ローカル 5G の導入に係る調達範囲(右図)

### 3) ネットワークの運用形態

コアネットワークについては、同一企業内の複数拠点間での共有・一元的運用が先行しているが、試験導入中・導入準備中のユーザにおいては異なる企業間で共有・連携も志向している。クラウドコアが先行しているが、自社専有/複数拠点でコア設備を共用したいというニーズも高い。

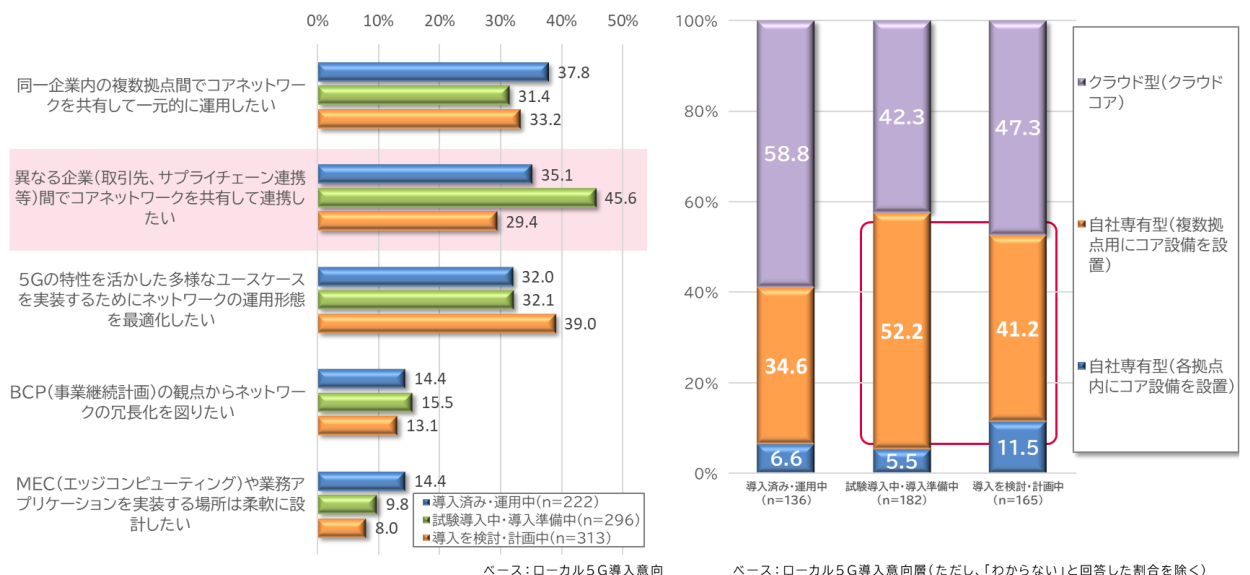


図 2-14 コアなどネットワークの運用形態(左図)、コアネットワークの保有方法(右図)

### 4) ローカル 5G の導入の考え方・判断基準

実運用を見据えたローカル 5G の導入の考え方としては「特定のユースケースに着目し、有効性や費用対効果について十分検証」したいユーザ(特に試験導入中・導入準備中)が最も多い。判断

基準については、今後導入しようとするユーザは特に「運用費用の水準」、次いで「費用対効果」を重視している。

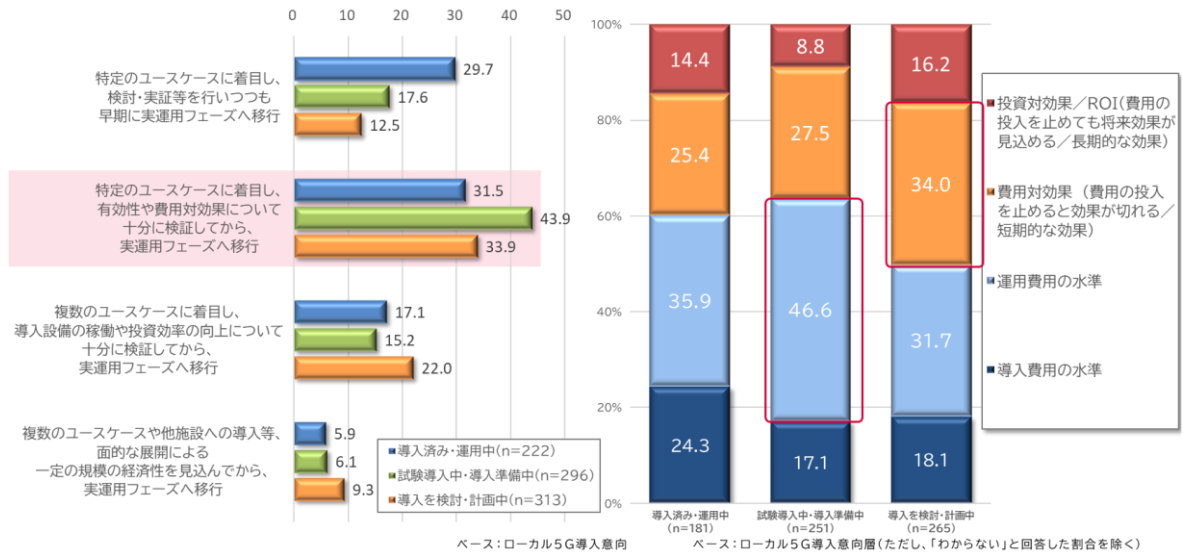


図 2-15 実運用を見据えたローカル 5G の導入の考え方(左図)  
運用を見据えたローカル 5G の導入に係る判断基準(右図)

### 5) 導入・運用コスト

導入・運用コストにおける課題は、ネットワーク機器費用、次いで構築・SI費用。保守・運用費用も課題である。導入に資する費用感(5年間の総コスト)は 1500~2000万円で導入検討・計画中のユーザの約 7 割をカバーしている。

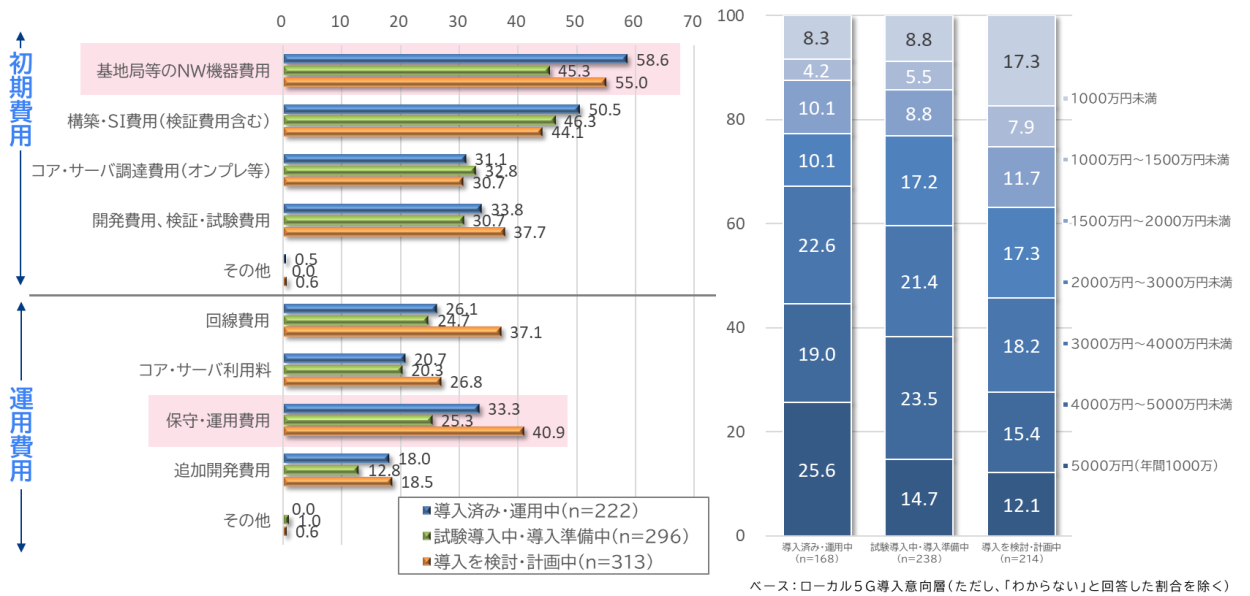


図 2-16 課題となっているローカル 5G の導入コスト/費目(左図)  
導入を判断する 5 年間の総コスト(右図)

#### (4) ローカル 5G の導入や利活用に係る課題

ローカル 5G 導入意向層に着目し、導入段階別に比較することで、課題や期待について確認した。

##### 1) ローカル 5G の導入・利用に係る課題

導入・利用の課題としては、費用面よりも「必要な情報の不足」や「セキュリティ面に不安」が高い。ユーザとエネープラーの間では、情報不足の他、「通信品質・性能の安定性確保が不安」でギャップが見られる。

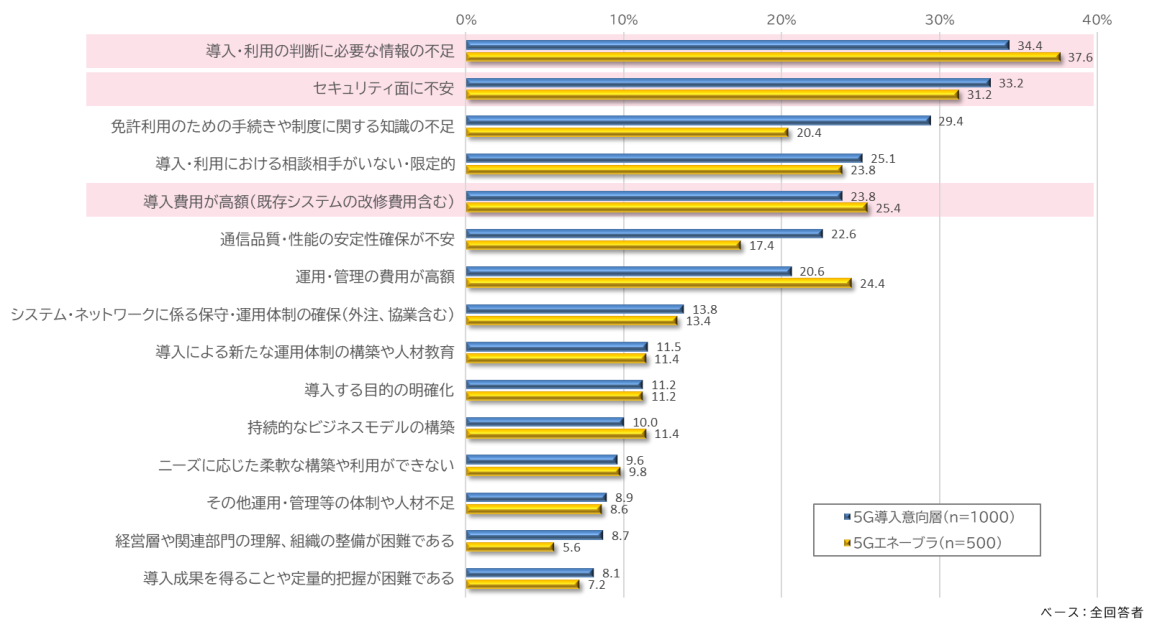


図 2-17 ローカル 5G の導入・利用に係る課題

##### 2) ローカル 5G の導入・利用に係る課題

今後導入しうるユーザは、費用面以外で、「セキュリティ」「通信品質・性能の安定性」に対する不安が課題となっている。

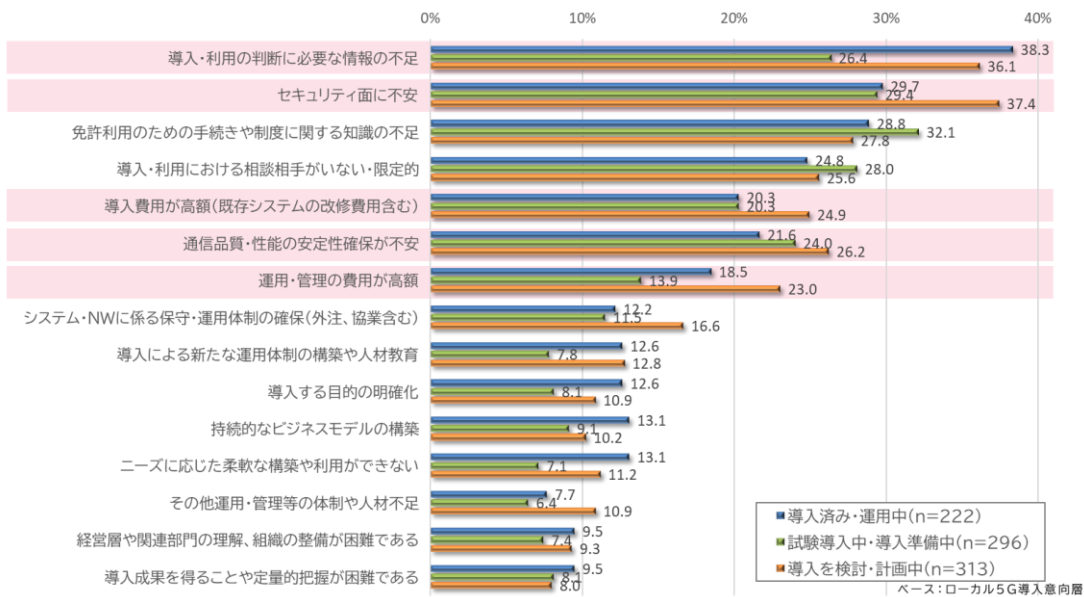


図 2-18 ローカル 5G の導入・利用に係る課題

### 3) 導入・利活用に期待する環境

利用環境の構築に資する情報や体制・支援環境、導入検討・計画中のユーザにおいては費用の低廉化等が期待されている。

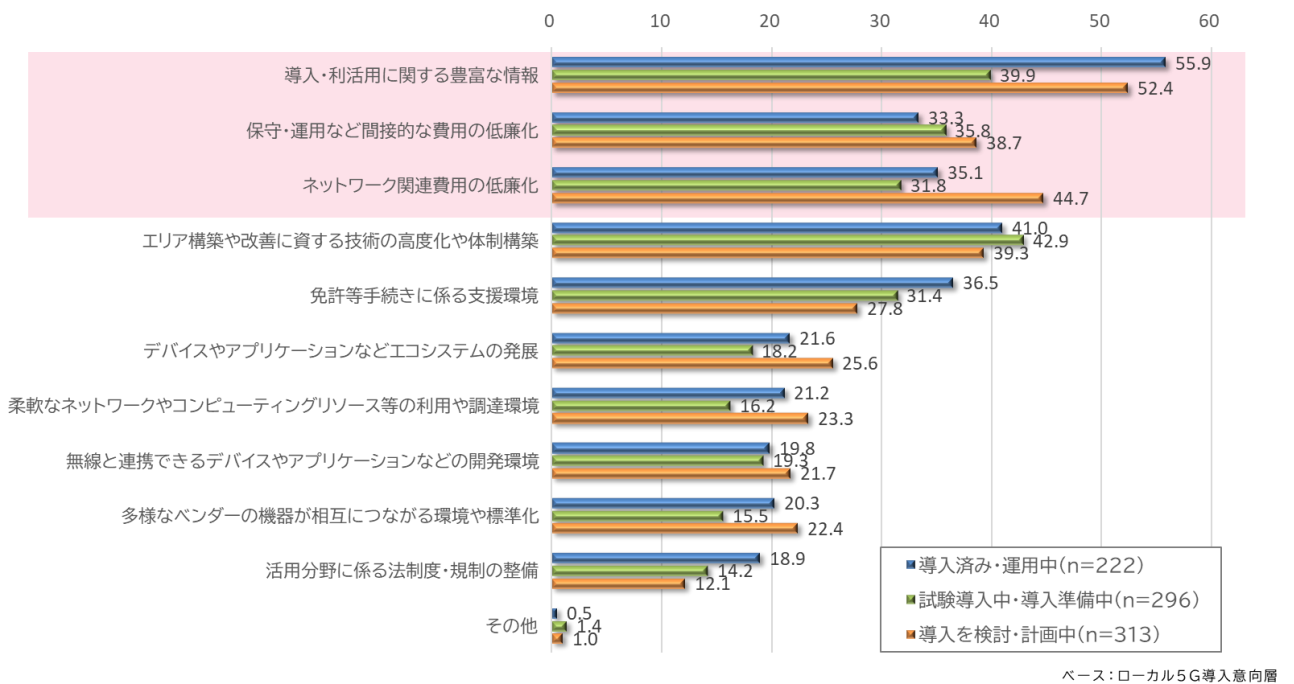


図 2-19 ローカル 5G の導入・利活用に期待する環境

### 4) ローカル 5G に期待する要素

ローカル 5G に期待する技術・機能としては、「ローカル 5G に対応した多種多様な端末」が最も高い。先行するユーザは「ローカル 5G とキャリア 5G と連携するソリューション」に対する期待も高い。

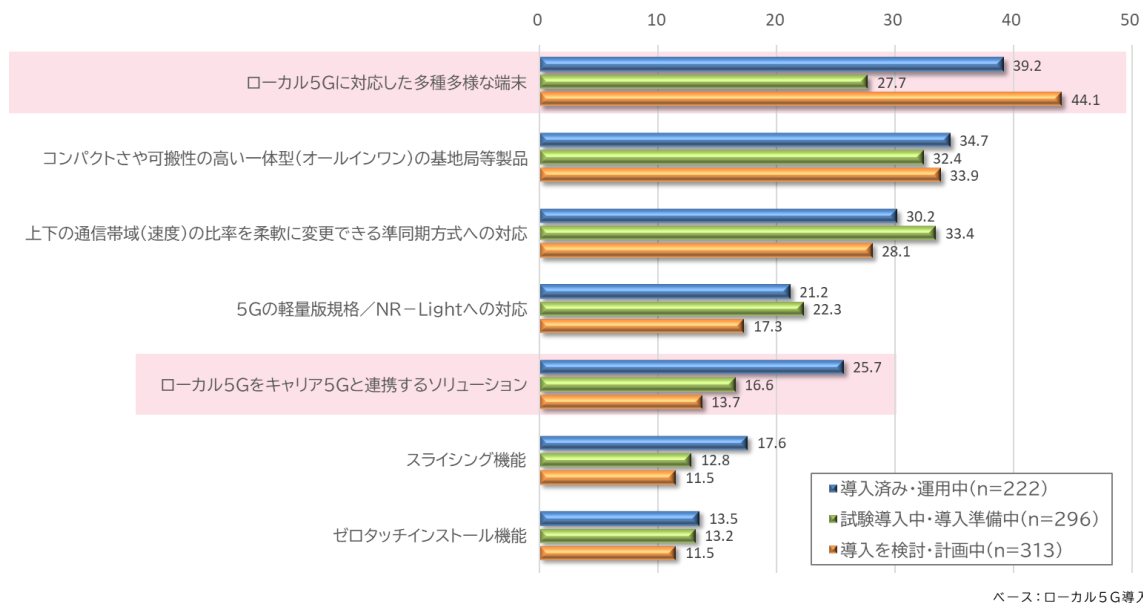


図 2-20 期待しているローカル 5G の技術・機能

## 2.2 ローカル 5G に関する課題整理

### 2.2.1 ローカル 5G の位置づけ(総論)

我が国のローカル 5G の現在地は「幻滅期」(期待値のピークを過ぎた後)にあると言える。特に、ローカル 5G では以下の要件を満たす必要があるがゆえ、実装の難しさがある。

1. 使い方はデータ通信だが、音声や既存システム網との互換性等の様々な 3GPP の要件
2. 自己土地原則を満たすためのきめ細かなエリア設計・整備、免許手続き
3. ユーザの多様かつ高い要件や期待(「基地局があれば手軽・確実につながる」)への対応

表 2-3 ローカル 5G の位置づけ

	キャリア網(4G/5G)	ローカル5G	Wi-Fi
領域	テレコム	テレコム	IT・インターネット
標準化	3GPP	3GPP	IEEE
ユースケース	音声 / データ通信	データ通信	データ通信
エリア	広域(全国)	広域(自己土地内)/ホットスポット	ホットスポット
ネットワーク	公衆網	自営網(自己土地)	公衆網 / 自営網
制度	免許制	免許制	免許不要
主導	キャリア	ユーザ	ユーザ
サービス要件	サービス要件は一定	ユーザ要件が多様	ベストエフォート
チューニング	キャリアが細かいパラメータをチューニングした上で、安定した通信を一律的に実現	通信機器のパラメータが細かくてチューニングの幅が大きいため、SIerやベンダがカスタマイズ	20年以上かけて業界で作ってきた仕組みで手軽につながる規格と環境を利用可能
ビジネス	サービス提供型	SI型	モジュール型
構築・運用の役割分担のイメージ	<div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> <div style="background-color: #0070C0; color: white; padding: 2px;">ユーザ</div> <div style="background-color: #FFC000; color: white; padding: 2px;">キャリア</div> <div style="background-color: #FF0000; color: white; padding: 2px;">ベンダー</div> </div>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> <div style="background-color: #0070C0; color: white; padding: 2px;">ユーザ</div> <div style="background-color: #008000; color: white; padding: 2px;">SIer等</div> <div style="background-color: #FF0000; color: white; padding: 2px;">ベンダー</div> </div>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> <div style="background-color: #0070C0; color: white; padding: 2px;">ユーザ</div> <div style="background-color: #008000; color: white; padding: 2px;">SIer等</div> <div style="background-color: #FF0000; color: white; padding: 2px;">ベンダー</div> </div>

ローカル 5G は様々な活用メリットがあるところ、最大限発揮するために、SIer 等がテレコムの条件

や環境で、ユーザの「IT 寄り」の期待感に応えるために模索している段階であり、ユーザとの向き合いが一層重要になる。具体的には、ユーザ企業の営業/IT 部門のみならず、例えば製造業であれば OT (Operational Technology) など中枢となる部門等と連携して、ビジネスオペレーションへのローカル 5G の組み込み方から、要件定義できることが理想である。また、近年は O-RAN による新たなエコシステム+IT・ユーザ寄りの調達・運用環境の機運も生まれており、より広いマーケット創出に資するパッケージ・サービス型展開が一層重要となっている。

＜ユーザとの向き合いにおける要点＞

体制面：ユーザのどの機能・部門との連携

技術面：コストダウンに資する最新のローカル 5G 機器・ソフトウェアノウハウの取り込み

運用面：セキュリティ等ユーザのビジネスオペレーションへ踏み込んだ KPI・KGI 設定、要件定義

## 2.2.2 ローカル 5G に係る具体的な課題及び解決の方向性

ローカル 5G 制度化後の動向などを踏まえ、具体的な課題と解決の方向性について説明する。主にレイヤ別(技術・運用面)について表 2-4 に示す。また主体別(事業面)について表 2-5 に示す。特に、令和 4 年度開発実証で取り組んだ点・着目した点についてハイライトしている。

表 2-4 具体的な課題と解決の方向性(技術・運用面)

	主な課題	解決の方向性(R4開発実証事業の取り組み含む)
ソリューション (アプリケーション)	<ul style="list-style-type: none"> <li>5G性能を活かしたソリューションの精度(AI検出など)等の改善・向上が必要</li> <li>ソリューションの運用体制、データハンドリング</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ユーザ要件(通信性能/アウトカム)の明確化、見極め</li> <li>複数事業者間での<b>ソリューション共有化・汎用化</b>(R4年度実証では鉄道分野で実施)</li> </ul>
ネットワーク (コア・基地局)	<ul style="list-style-type: none"> <li>基地局の性能・品質が低いまたは安定しない(リアルタイム・安定的に高い精度を求められる分野・領域の要件を満たさない)</li> <li>超低遅延/多数接続等を含む3GPPリリース17が未だであり、真価を発揮できていない</li> <li>自己土地ルールへの対応、エリア設計が複雑、条件不利エリアでの電源や基地局場所が困難</li> <li>コア網のオンプレ運用は費用が大きい</li> <li>エリアが狭いと基地局の経済合理性が低い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>製品開発による品質向上、チューニングや計測実績等のノウハウ蓄積</li> <li>上下比率を変更可能な<b>準同期運用</b>への対応</li> <li>3GPPリリース17の市場化(2023年以降)を見越したソリューション開発</li> <li><b>制度見直しが進展中</b>(共同利用、手続きの簡素化等)</li> <li><b>コア共用/マネージドサービス</b>登場による費用低減</li> <li>ローカル5Gの経済合理性が高まる範囲(500m-数km、工場1棟ごとカバー等)、Wi-Fiエリア化よりもコストメリットが生じる<b>中継器・分散アンテナ(DAS)・漏洩同軸(LCX)</b>による柔軟性・経済性改善</li> </ul>
端末	<ul style="list-style-type: none"> <li>専門的知見及び体制が必要(詳細対応は開発/製造ベンダに依存)</li> <li>ネットワーク要素間で相互接続等が担保されていないため「ワンストップ型」が中心</li> <li>ユーザ視点:多様なユースケース(要件)に応じた端末種別が少ない</li> <li>サプライヤ視点:B2B分野の要件への対応とコストのバランス、規模を見極めにくい</li> <li>ロボット・ドローンなどはまだ通信モジュールと一体化されていない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>ユーザが扱いやすいIT機器に近い</b>NWの保守・運用基盤の製品化(設定変更、障害時の解析・切り分け等)</li> <li>O-RANへの準拠(マルチベンダ対応等)、コア~基地局~端末での相互接続検証実績の蓄積</li> <li>有望領域の端末ニーズの要件(汎用仕様)の定義</li> <li>端末試作事業は<b>農業(農業ロボット用ルータ)及び工場・建設(装着型カメラ、ドングル)</b>向けに以下で対応 <ul style="list-style-type: none"> <li>防水・防塵、耐熱等の対応</li> <li>通信モジュールとエンコーダ等機能の一体化</li> <li>基本機能とオプション機能の設計(I/F追加)</li> </ul> </li> </ul>

表 2-5 具体的な課題と解決の方向性(事業面)

	主な課題	解決の方向性(R4開発実証事業の取り組み含む)
ユーザ (需要サイド)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ユーザ自身が、課題/目的と解決策/手段が明確になっていない場合がある</li> <li>■ 解決策の導入・実運用に移行する判断基準が明確になっていない</li> <li>■ ローカル5Gソリューションの有効性を判断する十分な理解が得られていない</li> <li>■ 判断に資する費用(投資)対効果が見いだせていない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 各分野・ユーザのDXの方向性、デジタルインフラ・L5Gの必然性等を踏まえた要件への落とし込み</li> <li>■ <b>ソリューションの効用・限界/リスク等</b>の明確化と訴求、実運用時の環境条件での検証</li> <li>■ <b>複数の用途・ソリューションの活用</b>による効率的な運用と複数ニーズへの対応</li> <li>■ 今後の<b>機器等価格の低廉化を見越した</b>費用対効果の精緻化(特に、安全性向上やリスク回避など、定量的価値が判断しにくい効果の見極め)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 運用等継続体制が構築できない(特に新規事業の場合は実装主体が不在になりがち)</li> <li>■ 新たなシステム導入にあたってのトレーニング</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>ユーザ間での通信設備・ソリューションの共用</b>、通信以外の関連設備や事業関係者を含む運用体制の構築</li> <li>■ 業務フローに係る運用マニュアルの策定</li> </ul>
SIer/ベンダ (供給サイド)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 費用対効果に資するローカル5Gの必然性・有効性を訴求しきれていない</li> <li>■ 安定した性能や要件への対応と保守・運用等事業体制のバランスが見極めきれていない</li> <li>■ サービス・運用等に係るサポート体制が確立できていない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ユーザのDX実現に資するユースケースに応じた使いやすさ、運用しやすさなど<b>利用者目線での提案</b>(L5Gに限らず、無線等デジタルインフラ需要への対応)</li> <li>■ ローカル5Gの<b>有効性が発揮される領域</b>を踏まえた<b>サービス仕様の定義</b>とそれに見合った体制構築の検討、パッケージ化</li> <li>■ <b>地域事業者(SIer/IT企業、サービス事業者)の支援</b></li> </ul>
その他 外部要因	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 追加開発や継続運用向け予算が確保できない</li> <li>■ 実装分野における関連制度・施策に依存している面があるため計画を立てにくい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 国・自治体等による継続的な支援施策の活用</li> <li>■ 関連制度・施策のマイルストーン・実現を見越した実装計画の策定、L5Gの訴求による潜在需要の掘り起こし</li> </ul>

### 3. 過年度開発実証の状況調査

#### 3.1 目的

ローカル 5G 活用モデルの普及に向けた課題の解決方策等を考察するため、総務省令和 2 年度及び令和 3 年度開発実証の実証コンソーシアムに対し、実証事業終了後の実装状況及び実装体制、継続利用・横展開に係る具体的な課題及び対応策等について調査を実施した。

#### 3.2 調査の枠組み

本調査(以降、状況調査と表記)は総務省令和 2 年度及び令和 3 年度開発実証 実証コンソーシアム代表機関を対象に、Web アンケート形式にて実施した。また、Web アンケートの結果を踏まえ、上記目的と照らし合わせて特に参考になりうると想定される実証コンソーシアムに対しては、さらに具体的な状況や課題等を聴取するためヒアリング調査を実施した。具体的な調査枠組みは以下表 3-1 の通り。

表 3-1 状況調査の枠組み

	Web アンケート調査	ヒアリング調査
実施時期	2022 年 11 月 25 日(金) ～2023 年 1 月 10 日(火)	2023 年 1 月 27 日(金) ～2023 年 2 月 2 日(木)
対象者	総務省令和 2 年度及び令和 3 年度開発実証 実証コンソーシアム代表機関 計 45 件 ※うち令和 2 年度の 2 件からは回答が得られず、回収数は 43 件	令和 2 年度開発実証 2 件 令和 3 年度開発実証 5 件
実施方法	Web アンケート調査	オンライン会議

出所)三菱総研

Web アンケートでは、実装及び普及展開をそれぞれ以下のように定義した。

- 「実装」とは、実証終了後も、同実証地域やユーザにおいてローカル 5G を用いたソリューションの一部または全てを継続的に活用している状態(実運用/商用化)を指す。
- 「普及展開」とは、実証コンソーシアム構成員等による当該ソリューションの商用サービス化等を通じて、他の地域やユーザ、他分野等へ導入・提供している状態を指す。

また、実装・普及展開の状況はそれぞれ下記に示す項目を選択肢として設定した。

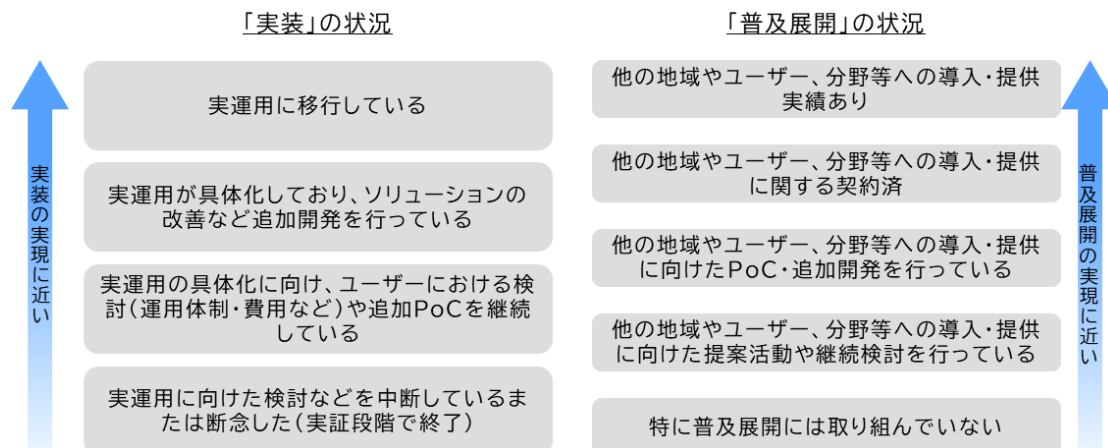


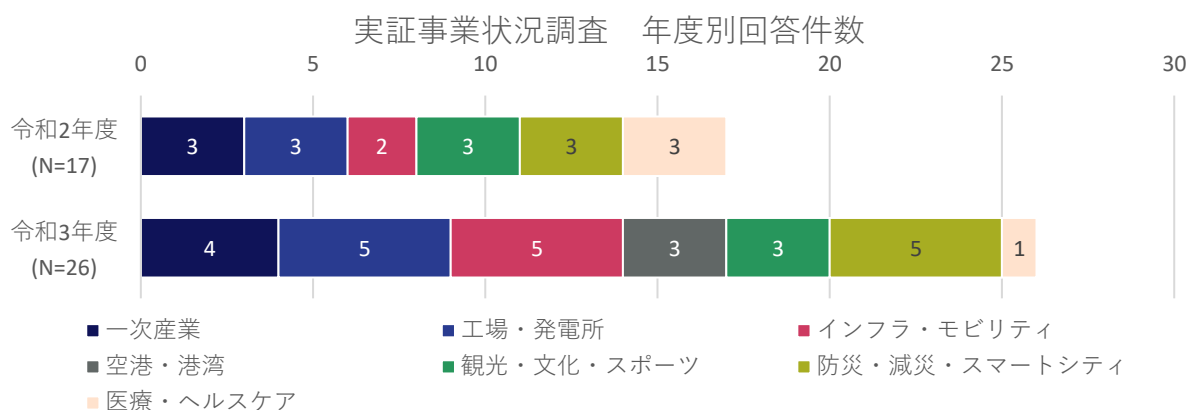
図 3-1 Web アンケートにおける「実装」及び「普及展開」の位置づけ



### 3.3 調査結果

#### 3.3.1 回答状況

令和2年度開発実証19件のうち17件、令和3年度開発実証26件全件(合計43件)の回答を得た。年度・分野別の回答件数は以下の通り。



出所)三菱総研実施「状況調査」

図 3-2 実証事業状況調査 年度別回答件数

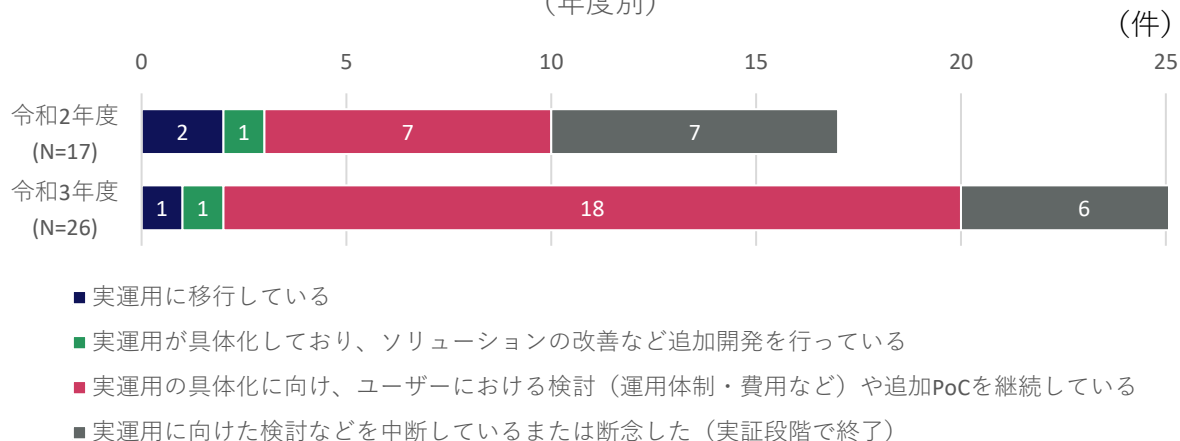
#### 3.3.2 実証事業終了後の実装に向けた取組み状況について

##### (1) 実証終了後の実証事業の環境(基地局等)や成果に係る実装の状況

実証終了後の実証事業の年度別実装状況及び分野別の実装状況は以下の通り。過年度実証の多くが実運用の具体化に向けた検討・追加 PoC を継続している段階である。

※なお、ここで「実装」とは、実証終了後も同実証地域やユーザにおいてローカル 5G を用いたソリューションの一部または全てを継続的に活用している状態(実運用/商用化)を指すと定義した。

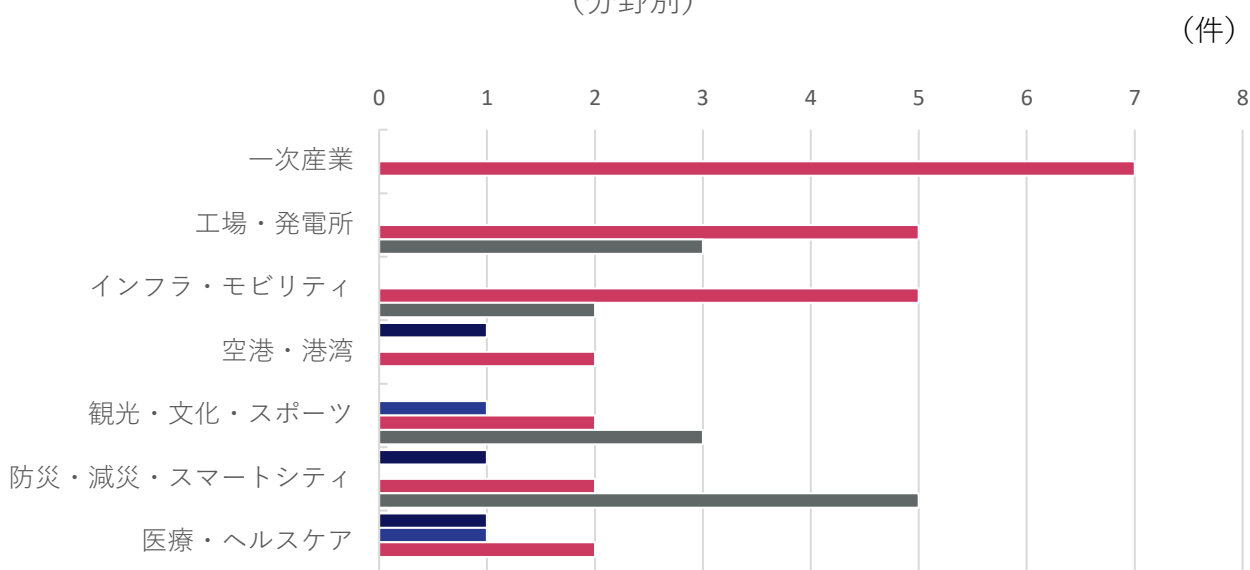
実証事業終了後の実証事業の環境(基地局等)や成果に係る実装の状況  
(年度別)



出所)三菱総研実施「状況調査」

図 3-3 実証事業終了後の実証事業の環境(基地局)や成果に係る実装の状況(年度別)

実証事業終了後の実証事業の環境(基地局等)や成果に係る実装の状況  
(分野別)



- 実運用に移行している
- 実運用が具体化しており、ソリューションの改善など追加開発を行っている
- 実運用の具体化に向け、ユーザーにおける検討（運用体制・費用など）や追加PoCを継続している
- 実運用に向けた検討などを中断しているまたは断念した（実証段階で終了）

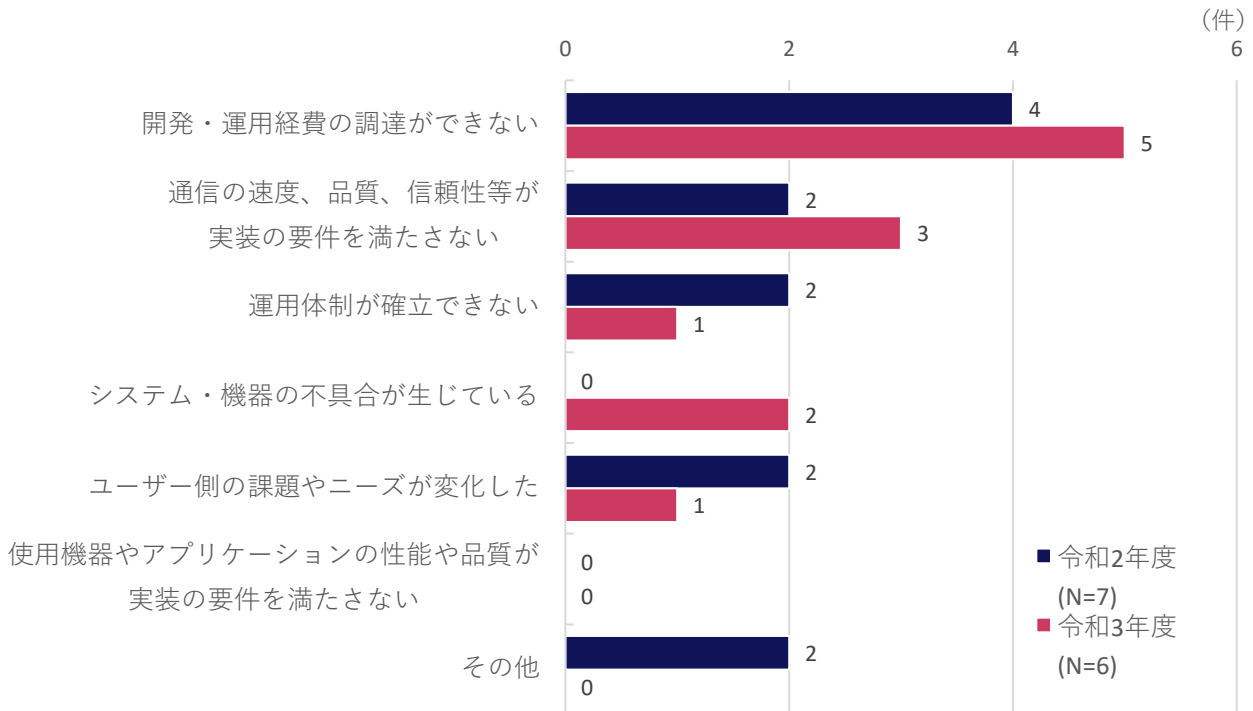
出所)三菱総研実施「状況調査」

図 3-4 実証事業終了後の実証事業の環境(基地局)や成果に係る実装の状況(分野別)

実証事業で開発したソリューションを継続利用していない理由(当てはまるものを全て選択)としては、開発・運用経費の調達が多。

なお、継続利用していない最も大きな理由(1つ選択)では、「開発・運用経費の調達ができない」が9件、「ユーザ側の課題やニーズが変化した」が2件、「通信の速度、品質、信頼性等が実装の要件を満たさない」が1件、「その他」が1件(令和2年度・令和3年度合算)という結果となった。

実証事業で開発したソリューションを継続利用していない理由（全て）



出所)三菱総研実施「状況調査」

図 3-5 実証事業で開発したソリューションを継続利用していない理由(全て)

継続利用するために必要な改善策や要望としては、例えば以下が挙げられた。

表 3-2 継続利用するために必要な改善策・要望(例)

継続利用していない理由	必要な改善策・要望(例)
開発・運用経費の調達ができない	<ul style="list-style-type: none"> <li>ローカル 5G 機器・ソリューションのインシヤル・ランニングコストの低減</li> <li>設備共用による費用低減</li> <li>自治体等受益者における予算確保</li> <li>複数年度にわたる実証が可能な国等の施策の拡充</li> </ul>
運用体制が確立できない	<ul style="list-style-type: none"> <li>利用者がローカル 5G を操作する専門性を持たないケースが多いため、遠隔運用・保守が可能な SaaS 型サービス</li> </ul>

出所)三菱総研実施「状況調査」

一方、実証で活用したローカル 5G 基地局については、令和 2 年度で 1 件、令和 3 年度で 10 件(計 11 件)\*が継続して活用されている。

(※提案内容に鑑み連携事業として 2 事業を一体的に取り進めたケースについては、2 事業として計上。また、うち 1 件については令和 4 年度を以って撤去予定)

また、実証で活用したローカル 5G 基地局を継続して活用していると回答した案件(令和 4 年度を以って撤去する 1 件を除く 10 件)について、現在の当該ローカル 5G 基地局の免許人及び管理、保守・運用を担う事業者の体制は以下のケースに分類される。免許人から管理、保守・運用まで全てを地域の事業者のみで担うケースはうち 4 件であり、その他のケースについては、全国の通信ベンダと役割分担・連携しながら体制を構築している。ユーザ(地域企業)が保守・運用まで担うケースはなく、いずれも地域もしくは全国の通信ベンダが保守・運用を担っているが、自治体が地域の通信ベンダと連携して管

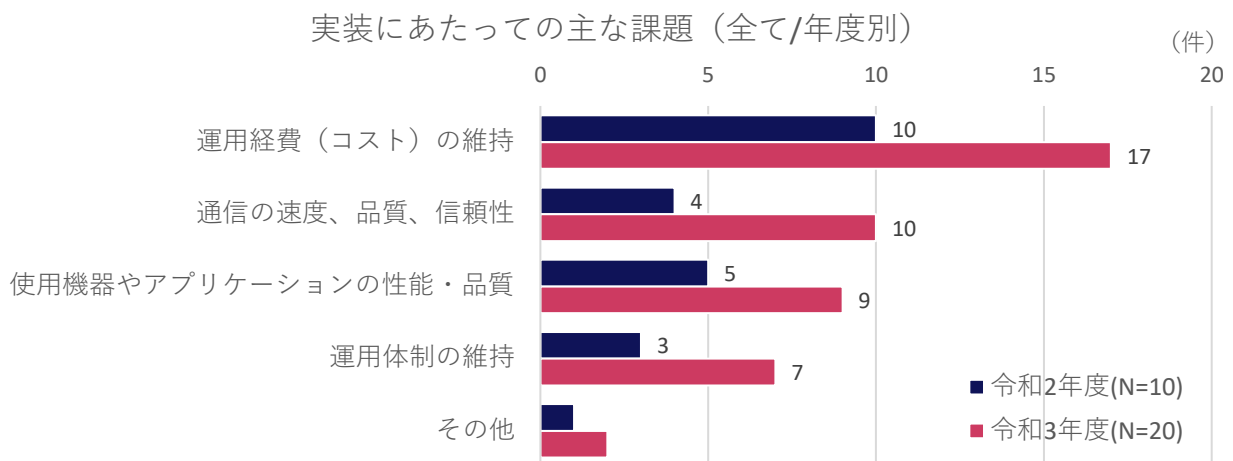
理・保守・運用を実施しているケースも 1 件見られた。

	ローカル5Gの免許人	ローカル5G基地局設備の管理	ローカル5G基地局設備の保守・運用	状況調査における該当件数
地方公共団体・地域企業による運用体制	地域の事業者のみで運用			
		通信ベンダ(地域)		3件
	ユーザ(地域企業)	通信ベンダ(地域)		1件
	ユーザ(自治体)		通信ベンダ(全国)	1件
	通信ベンダ(全国)※ ※実験試験局	ユーザ(自治体) 通信ベンダ(地域)		1件
	ユーザ(地域企業)	ユーザ(地域企業) 通信ベンダ(全国)	通信ベンダ(全国)	1件
全国事業者による運用体制	通信ベンダ(全国)		2件	
	商社/コンサルティング企業(全国)	通信ベンダ(全国)	1件	

出所)三菱総研実施「状況調査」

図 3-6 実証で活用したローカル 5G 基地局の現在の運用体制

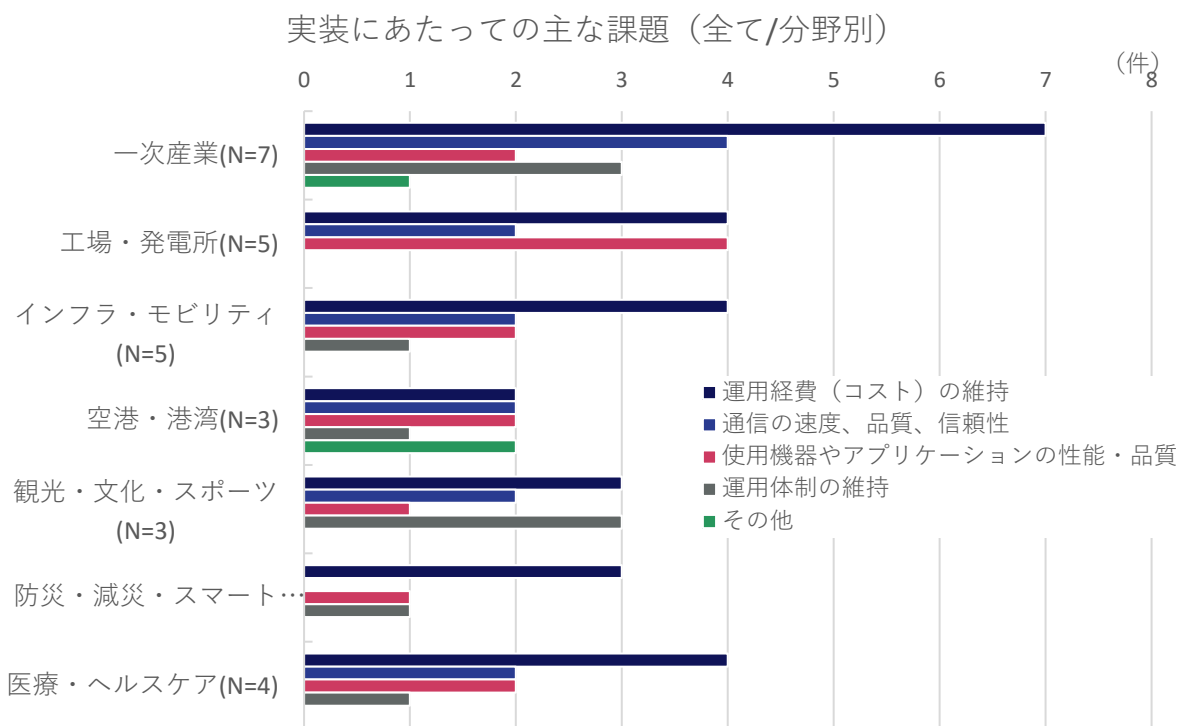
実証終了後の実証事業の実装状況について、「実運用に移行している」/「実運用が具体化しており、ソリューションの改善など追加開発を行っている」/「実運用の具体化に向け、「ユーザにおける検討(運用体制・費用など)や追加 PoC を継続している」/「その他」を選択した案件における、実装にあたっての主な課題を年度別・分野別に示すと以下の通りとなる。年度別では、令和 2 年度・令和 3 年度いずれにおいても「運用経費(コスト)の維持」が最も多い結果となった。なお、実装にあたっての最も大きな課題(1 つ選択)としては、「運用経費(コスト)の維持」が 22 件、「通信機器やアプリケーションの性能・品質」が 4 件、「通信の速度、品質、信頼性」が 3 件、「その他」が 1 件となった(令和 2 年度・令和 3 年度合算)。



出所)三菱総研実施「状況調査」

図 3-7 実装にあたっての主な課題(全て/年度別)

分野別では、大部分の分野で全ての案件が「運用経費(コスト)の維持」を挙げているが、工場・発電所及びインフラ・モビリティにおいて各1件ずつ当該項目を課題として挙げていない。これら2件の案件は、最も大きな課題として「通信の速度、品質、信頼性」(工場・発電所)、「使用機器やアプリケーションの性能・品質」(インフラ・モビリティ)を挙げており、ソリューションに対する要求要件が高いことがうかがえる。

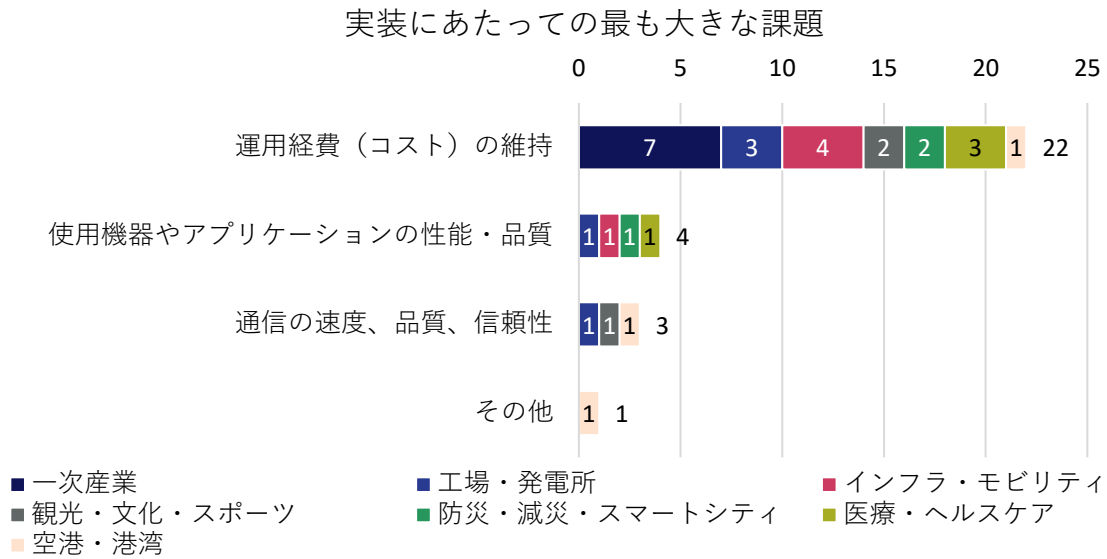


出所)三菱総研実施「状況調査」

図 3-8 実装にあたっての主な課題(全て/分野別)

なお、実証にあたっての最も大きな課題については以下の図の通り、運用経費(コスト)の維持が群を抜いて多い結果となっており、解決策としては複数事業者による運用コストの維持や、利用用途の拡大

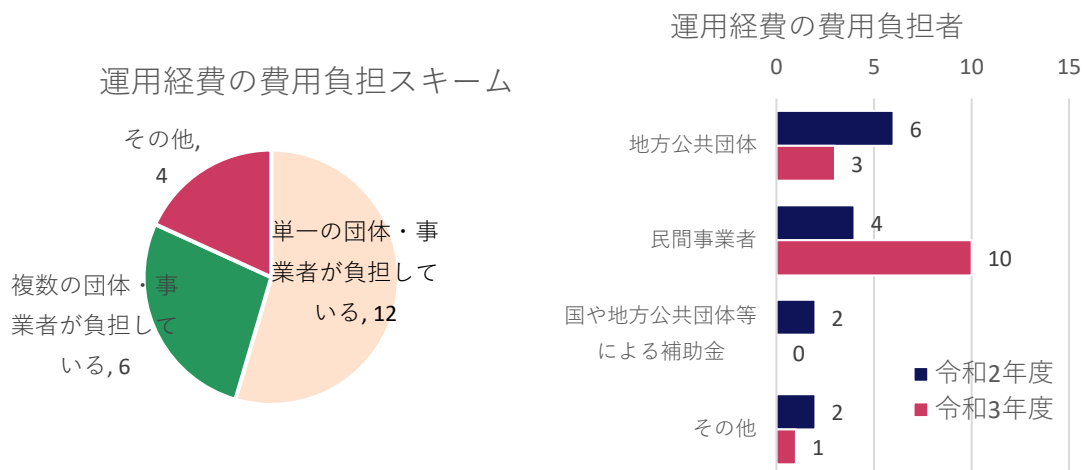
等が挙げられている。



出所)三菱総研実施「状況調査」

図 3-9 実装にあたっての最も大きな課題

上述と同じ対象層における、運用経費の費用負担者(ユーザ)は単一の団体・事業者が負担しているケースが最も多く、次いで複数の団体・事業者の負担となった。具体的な費用負担者としては、令和 2 年度実証案件では地方公共団体が最も多いが、令和 3 年度では民間事業者が最も多く、地方公共団体に差をつけた。

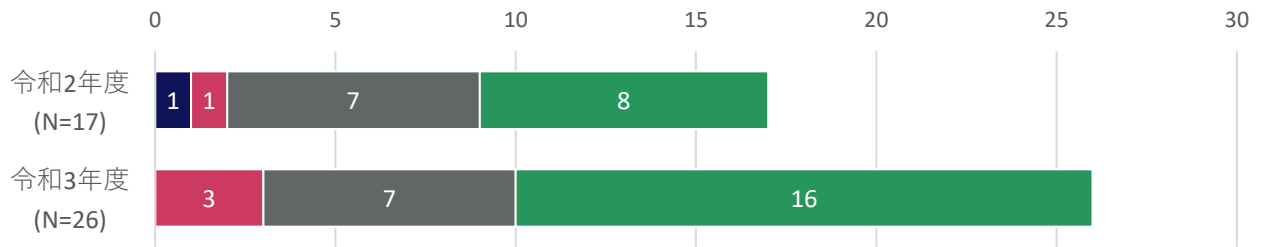


出所)三菱総研実施「状況調査」

図 3-10 運用経費の費用負担スキーム及び費用負担者

実証で新たに開発した機器やシステム、アプリケーションについては、1 件が特許取得、4 件が検討中あるいは未定の状況である。

### 実証で新たに開発した機器やシステム、アプリケーション



- 実証で新たに開発した機器やシステム、アプリケーションがあり、特許を取得している
- 実証で新たに開発した機器やシステム、アプリケーションがあり、特許を取得予定あるいは出願中である
- 実証で新たに開発した機器やシステム、アプリケーションはあるが、特許の取得については検討中あるいは未定である
- 実証で新たに開発した機器やシステム、アプリケーションはあるが、特許は取得していない
- 実証で新たに開発した機器やシステム、アプリケーションはない

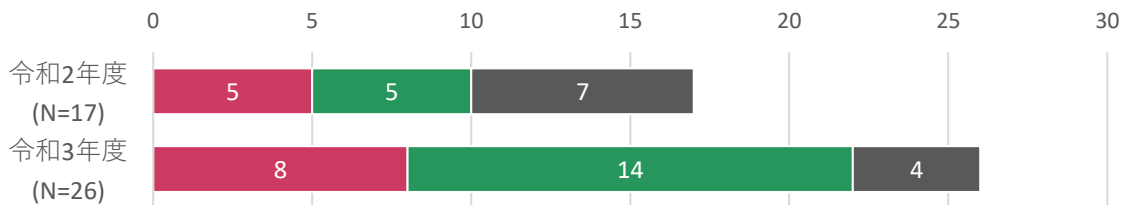
出所)三菱総研実施「状況調査」

図 3-11 実証で新たに開発したシステムや機器、アプリケーション

## (2) 普及展開の状況について

普及展開の状況については、13 件が具体の PoC・追加開発を行っている他、19 件が提案活動や継続検討を行っている。

### 普及展開の状況



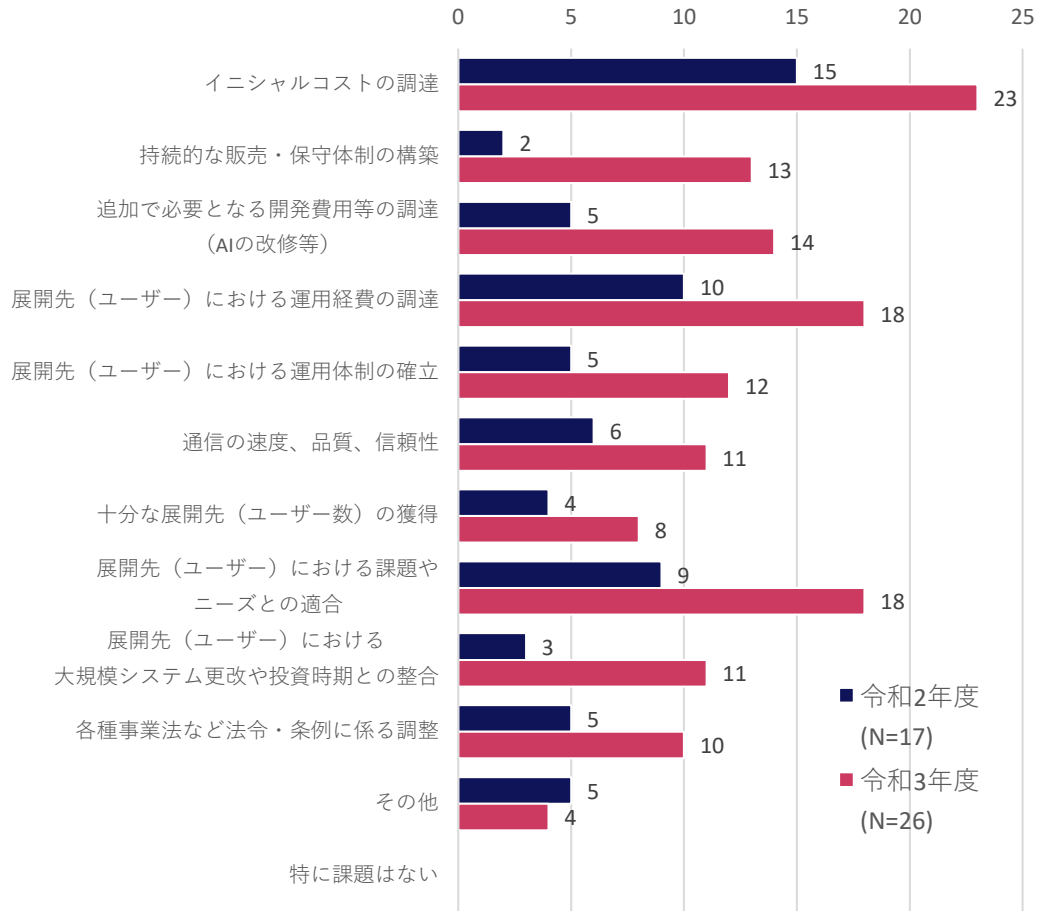
- 他の地域やユーザー、分野等への導入・提供に向けたPoC・追加開発を行っている
- 他の地域やユーザー、分野等への導入・提供に向けた提案活動や継続検討を行っている
- 特に普及展開には取り組んでいない

出所)三菱総研実施「状況調査」

図 3-12 普及展開の状況

普及展開に向けた主な課題は以下の通りである。令和 2 年度、3 年度ともにイニシャルコストの調達が多かった結果となった。また、展開先における運用経費の調達や、展開先における課題やニーズとの適合も主な課題として挙げられている。

### 普及展開に向けた主な課題（全て）

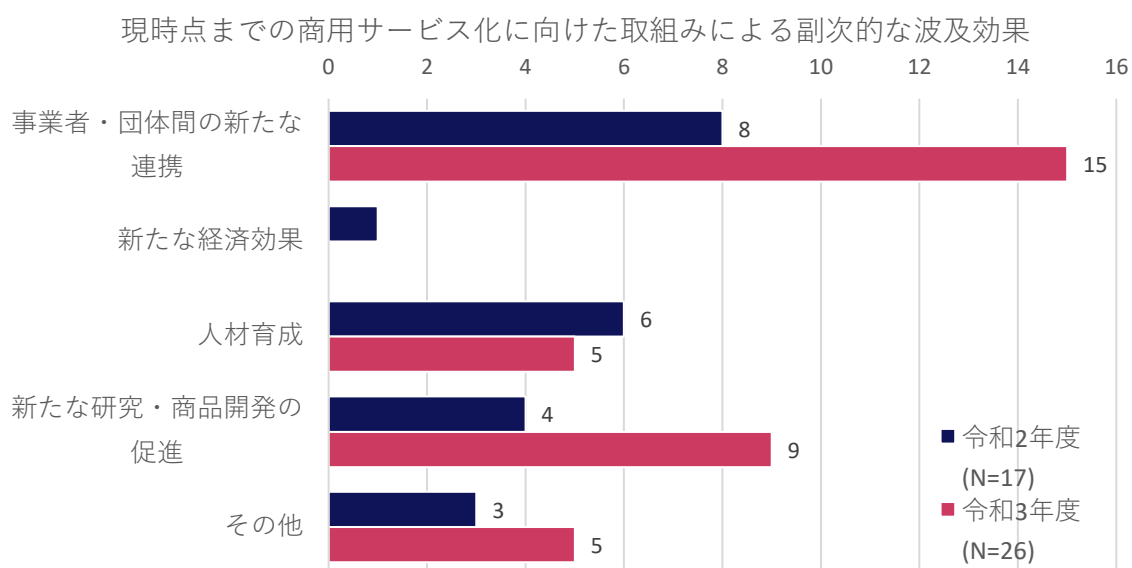


出所)三菱総研実施「状況調査」

図 3-13 普及展開に向けた主な課題(全て)

本実証事業の副次的な波及効果として最も多く挙げられたのは「事業者・団体間の新たな連携」であり、ユーザやベンダとの連携の他、実証をきっかけとした新たな業界関係者等の協議会の立ち上げ・参画等の取組みが生まれている。



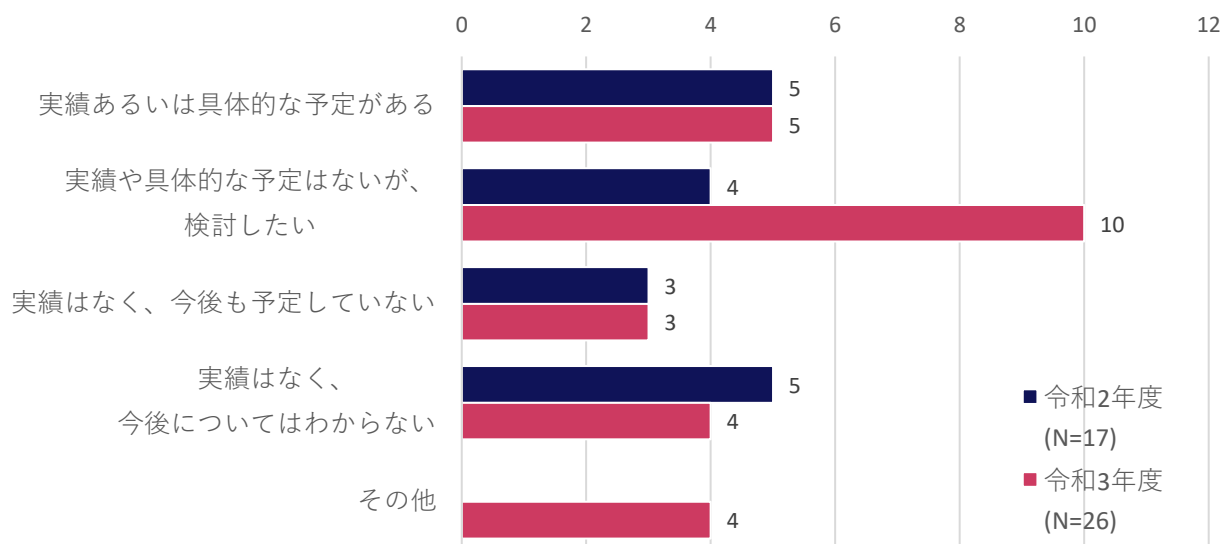


出所)三菱総研実施「状況調査」

図 3-14 現時点までの商用サービス化に向けた取組みによる副次的な波及効果

実証事業終了後、国の機関や地方公共団体による施策との連携については、具体的な実績あるいは予定がある案件が 43 件中 10 件、検討したいとする案件が 14 件となり、こうした施策への期待・重要性が示された。

実証事業終了後に国の機関や地方公共団体による施策と連携した実績  
あるいはその予定

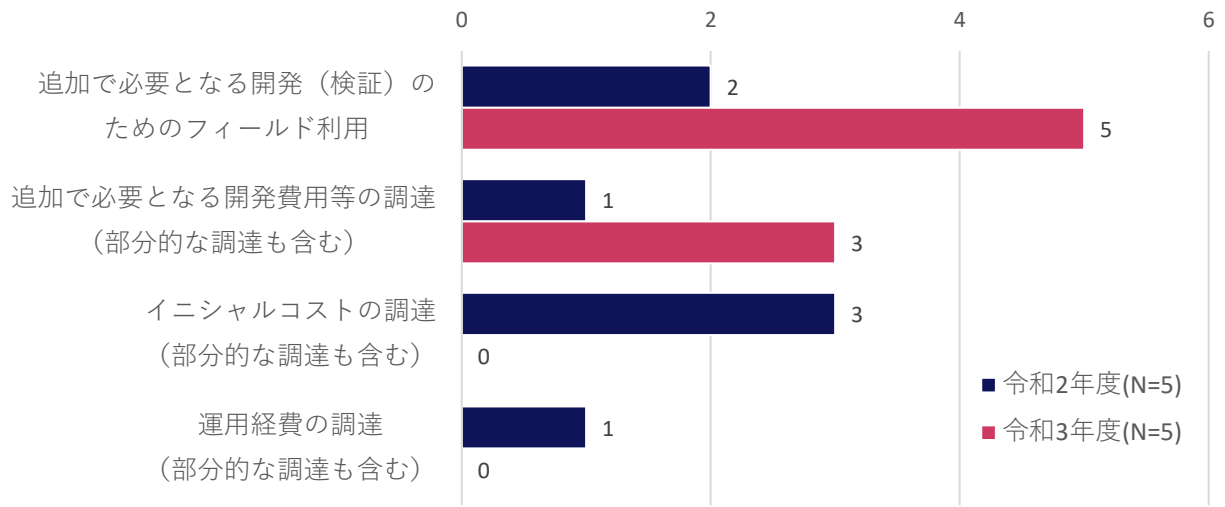


出所)三菱総研実施「状況調査」

図 3-15 国の機関や地方公共団体による試作と連携した実績・予定

また、国の機関や地方公共団体による施策との連携については、具体的な実績あるいは予定がある案件について、その理由として最も多いものは追加で必要となる開発(検証)のためのフィールド利用、次いで追加で必要となる開発費用の調達となった。

実証事業終了後に国や地方公共団体による施策と連携した理由、  
あるいは連携を予定している理由（全て）

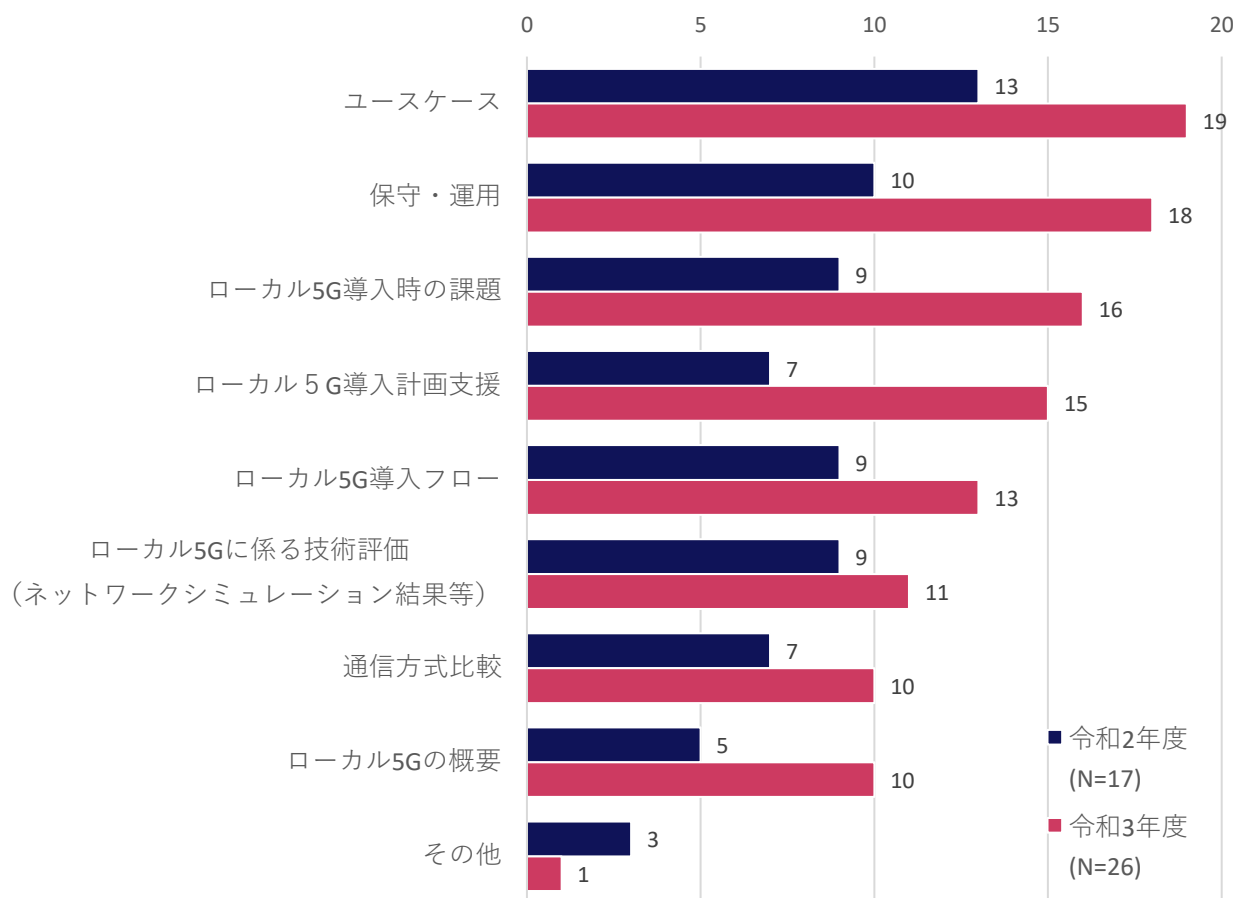


出所)三菱総研実施「状況調査」

図 3-16 実証事業終了後に国や地方公共団体による施策と連携した理由、あるいは連携を予定している理由

実装や普及展開に向けた取組みにおいてニーズの高い情報としては、ユースケースが最も多く、次いで保守・運用、ローカル 5G 導入時の課題となった。

実装や普及展開に向けた取組みにおいて、  
ガイドブックやマニュアル等による情報提供があると良いと思う内容



出所)三菱総研実施「状況調査」

図 3-17 ガイドブックやマニュアル等による情報提供があると良いと思う内容

また、実装や普及展開の促進に向けて国や地方自治体に求める支援等としては、引き続いての実証事業や補助金等(特に、単年度ではなく複数年度にわたるもの)の他、地域内のユーザ企業候補とソリューション提供者のマッチング支援や、人材育成等が挙げられた。

## 4. ローカル 5G を活用したソリューション等の有効性検証

### 4.1 概要

ローカル 5G を活用したソリューションの類型を大まかに示すと、①遠隔監視・巡視点検、②自律ロボット/自動運転車両等の遠隔制御、③遠隔指導・作業支援、④AI を活用した自動判定・異常検知、⑤既存有線ネットワークの無線への置き換え、⑥大容量・多様なデータの共有の 6 類型となる。

さらに、ソリューションの有効性を図る指標としては、通信性能と非通信性能の 2 つに類型化される。通信性能としては、A. 高精細／大容量、B. 低遅延、C. 通信の安定性があり、非通信性能においては、ローカル 5G システムで伝送された映像または画像を用いた AI の性能(検出率、誤検知率)があり、また、User Interface、User Experience といったソリューション利用者にとっての使いやすさ、利用満足度等がある。以降、各ソリューションの類型ごとに概要及び導入効果、主な適用分野、課題と対応策について述べる。



出所)三菱総合研究所作成

図 4-1 ローカル 5G を活用したソリューションの類型

### 4.2 遠隔監視・巡視点検

#### 4.2.1 ソリューション概要

工場・発電所やインフラ施設においては、当該施設の保安を確保するため、不審者の侵入、不審物の発見等のために敷地の場周管理を警備員等の配置により行うとともに、出入口における立入者の身分、訪問目的等の確認を行う場合がある。場周管理においては、定時における警備員の見回りにより行われる場合もあるが、境界部に監視カメラを設置し、フェンスセンサー等と併せて、不審者の侵入を遠隔からモニタリングする場合がある。近年の担い手不足や働き方改革により、こうした警備の担い手は不足する傾向にあり、安全・安心な施設・インフラの管理運営を図る観点からも、遠隔監視や巡視点検の高

度化・省力化が課題となっている。

また、台風や地震による河川構造物やダム被災による影響は大きく、被災を最小限にする観点から、堤防決壊等の異常事象を速やかに検知し、河川管理者や地方公共団体の防災担当部局等、公共の迅速な意思決定を図ることへの需要が高い。リアルタイムで高精細画像を伝送することが技術的に可能なローカル 5G に対する期待は高く、国土交通省においても「被災現場等における臨時回線を構築するため、通信エリア内で確実に通信が行えるローカル 5G について、無線免許手続きの簡略化等の進捗に合わせて、被災箇所、施工現場等への迅速な展開や車載型・可搬型の運用を可能とする技術研究開発を推進する」(「電気通信技術ビジョン 4」、2023 年～2027 年において国土交通省が推進する技術開発や技術導入の方向性を文書として示したもの)としている。災害時に留まらず、通常時の設備や施設の異常を画像解析により早期に判定する予防保全を進めることで、少子高齢化下において設備・施設の異常を早期に発見する熟練者の減少に対応するとともに、人工知能の支援を得ながら、更なる安全・安心の向上に役立てようとする事例がある。

## 4.2.2 導入効果

上記で述べた通り、少子高齢化において設備・施設の点検に必要な知見・ノウハウを有する熟練者の減少等に適確に対応することができる。さらに、人工知能の支援を得ることにより、これまでは足場を組むなど危険な作業を伴いながら確認ができなかった、ひび割れをはじめとする異常の発見を、ドローンや車上カメラから遠隔で行うことを可能にするソリューションの開発が進められている。

実証を進める中で、早期の異常発見による経済価値(人命救助)や点検のリモート化による施設稼働率の向上(ダウンタイムの減少)による経済価値が算出されている。それを例示すると以下となる。

- 河川区域のラストワンマイルにおける堤防決壊等の早期発見

本実証のソリューションを例にすると、河川区域において、氾濫・堤防決壊に係る映像のリアルタイム配信を行い、近隣住民の早期避難を促す等により、36 億円の経済価値(人命救難)を発現するものと試算された。これは、平成 27 年の鬼怒川災害をベンチマークとした場合の試算値である。

- 被雷時等における洋上風力発電施設のドローンによる遠隔点検

従前、発電設備の稼働を一時停止して点検していた作業を、ローカル 5G を活用することにより、風力発電設備の損傷等の確認画像をリアルタイム伝送することにより、撮影作業と確認作業を並列化する。これにより、風力発電設備のダウンタイムを削減する。50 万 kW 級の発電設備の年間のダウンタイム削減効果は、導入コスト 11.4 億円に対し、209.6 億円と試算された。

## 4.2.3 主な適用分野

### (1) 一次産業(農業／林業・水産業)

令和 2 年度～令和 3 年度の開発実証において、一次産業のユースケースとして目立ったソリューションは存在しなかったが、令和 4 年度においては、ICT 導入による精密飼養を通じて畜産の高品質化・省力化を実現することを目的として、商用牛舎(約 5000 頭規模)のうち約 2,500 頭を対象に、他端末同時接続技術と見回りロボット技術の開発がなされた。多端末同時接続技術においては、1,008 台の固

定カメラを9台のUEに有線接続し、事務所とローカル5Gで接続。映像伝送の品質を検証するとともに、同時に最大64台のカメラの4K画質ライブ映像(3860×2160/5fps)をモニタに表示・閲覧することが可能であり、熟練者にとって正しい判断を下すことができるレベルの画質・フレームレート映像であることを確認した。また、1,008台の4Kカメラから28秒間隔での静止画撮影を送信・蓄積し、熟練者が起立困難牛の発見から遡り、健康状態を確認するのに十分な画質であることを確認した。見回りロボット技術においては、見回りロボットのカメラの制御信号伝送・映像伝送をローカル5Gにより実施するとともに、カメラの遠隔操作は遅延が少なくストレスを感じず実施可能だったことを現場職員に確認している。映像品質もフルHD相当の映像品質(1920×1080/15fps)の伝送を行い、牛の行動を詳細把握できるレベルであることを確認した。これらにより、見回り稼働等の軽減にて約2400万/年、死亡牛・緊急出荷牛の回避にて1200万/年、合計3600万/年のコスト効果が期待できるものと試算した。

## (2) 工場・プラント

令和2年度～令和3年度においては、工場等における設備の錆や腐食の確認といったソリューションの開発がなされた。一般に設備の錆や腐食の時間進行性は低く、点検確認のリアルタイム性はそれほど要求されないソリューションであると言える。例えば、切削工具の寿命判断のソリューションに必要な伝送速度は高々1.5Mbpsであり、屋内のWi-Fiで代替できるのであれば、大容量データ伝送、低遅延といったローカル5Gの特長を最大限に活かしたソリューションとは言い難いものであった。

一方、令和4年度においては、屋外といった気象などの条件が厳しい環境においても、遠隔監視・巡視点検に対しローカル5Gが有効であることを実証した事例が複数あった。

火力発電所において、①車両のAI入退管理(車両認識率100%)、②ロボットによる車両誘導(走行ルート逸脱率/障害物回避失敗率0%)、③ドローンによる映像確認(飛行ルート逸脱率/障害物回避失敗率0%)、④高精細カメラによる監視(4K解像度/3,840×2,160、フレームレート/10fps)の実証を行うとともに、発電所所員と一体で各ソリューションの操作性を高め、各種マニュアル、業務フロー等を実装に向けた整備をするなどの取組が成果を上げ、令和9年度のフル実装を見据え、段階整備を図る実装計画となっている。

また、洋上風力発電においては、海岸線上の風力発電所周辺にローカル5G環境を構築し、ドローンで撮影した風車ブレードの高精細画像を陸域に伝送する検証を実施し、伝送速度は最大値60Mbps、伝送遅延は30ms未満を達成した。これにより、技術的には顕在化している課題はなく即実装が可能であることを確認している。

## (3) インフラ(建設道路)

令和3年度開発実証においては、道路工事監視のため、過疎地の上空環境において、固定カメラにより、8K30fpsの高精細映像伝送を行った事例がある。帯域100Mbpsを確保したものの、伝送チャンネルは1チャンネルに留まっている。

令和4年度においては、隣接地が密集する都市内高速道路において、災害時の道路啓開等に必要現場確認のための通信機能の確保可能性に関する実証が行われた。これにより、高精細映像の配信に必要なUL25Mbps、DL500Mbps以上のスループット(パケットロス0)が目標通り確保されていることを確認した。作業マニュアルや過去点検データ(10MB)も10秒程度で現場にてダウンロード可能で

あることを確認している。

#### (4) インフラ(鉄道)

鉄道分野においては、特に小田急線殺傷事件及び京王線殺傷事件に見られるように、容量・低遅延の車地上間通信に対するニーズが高い。令和 4 年度実証においては、車内有事対応ソリューションとして、大容量・低遅延の車地上通信が高速移動する電車において実現可能であることを実証した (UL/6Mbps、遅延 200msec)。

#### (5) 防災・行政

令和 2 年度～令和 3 年度実証において、河川沿線に設置した固定カメラにより、4K 映像のリアルタイム配信が可能であることを実証した。行政機関を経由し、インターネットを介して地域住民に提供するものである。

令和 4 年度においては、可搬型ローカル 5G システム及びドローンを利用することにより、災害情報収集の柔軟性を高めたソリューションが開発された。高精細映像(1080i、30fps)、高精細画像(15MB のデータを 15 秒毎に伝送)を問題なく伝送。基地局から 330m の地点でも UL27Mbps のスループットを達成している。

その他、令和 4 年度における別の実証においても、ドローン活用により、概ね 20～40Mbps の 8K30P 映像を安定して伝送可能であることを実証し、遭難者の発見も撮影距離 47m の環境において遭難者を 93%の確率で検知できることを実証している。平時においても、これまで人手による確認が困難であった 1～2mm 程度のダム筐体のひび割れも、70%弱程度で検知可能なソリューションを開発した。

#### (6) 医療・ヘルスケア

令和 4 年度において、コロナ禍による ICU 等隔離病棟での医療従事者の業務負担を軽減すべく、各隔離病棟を模擬した環境により、医療従事者視点での遠隔モニタリングの有効性を検証している。この結果、患者容態把握等の一部の業務を代替できる映像品質であること、隔離病棟に係る業務負担軽減に資することを実証した。主要な KPI として、4K カメラ映像を UL スループット 57Mbps、遅延時間 1.3sec、30fps で伝送されることを確認している。

### 4.2.4 課題と対応策

過年度の実証の成果としては、従前、固定カメラによる少チャンネル数による高精細映像の配信に留まっていたが、令和 4 年度実証においては、厳しい屋外環境においても、高速移動する電車やドローンから高精細映像のリアルタイム伝送等が可能になったことにより、遠隔監視・巡視点検がより柔軟に実施可能となることが示されたと言える。ただし、防水・防塵・耐振動性を兼ね備えたドローン機材等が乏しく、本格実装に向けては、これらを兼ね備えた設備等の普及が重要となる。

また、防災用途としては、予めどの地点から災害情報等を伝送するかといった環境条件を事前に確定することが難しい。他者土地への電波漏洩を防止する観点から、通常時においても河川流量が多い箇

所その他リスクがあると思われる地点を予め抽出し、電波漏洩等の確認と免許取得を事前に行うなど、運用面の課題をクリアする必要がある。また、運用の実効性を高めるため、ドローン等の資機材の準備・整備及びオペレータの訓練に係る行政と民間の役割分担など、制度作りに向け、官民の体制作りが重要となる。

## 4.3 自律ロボット／自動運転車両等の遠隔制御

### 4.3.1 ソリューション概要

自律ロボット及び自動運転車両等の制御は、多くの場合、GPS、GNSS、磁気マーカーまたはLiDAR が利用され、制御そのものに通信が直接使われるケースは少ない。通信が使われる場合は、非常時に備えた常時監視(何かあった場合において遠隔で介入することや、人が乗車している場合においてはこれらの生命・安全を確保するために車内の状況を適確に把握するとともに、乗客の対応や救急消防等の連絡といった対応のために通信が使われる。

一般公道における自動運転レベル4は、自動運転車が運行設計領域(ODD)から逸脱しないこと、外部から遠隔で常時監視が行われることを前提に、自動運転システムが全ての運転操作を行うことを指す。一般公道に適用される道路交通法関係法規において、遠隔監視装置の要件として「自動運行車両の周囲の全方向の交通状況、車内の状況に係る鮮明な画像及び明瞭な音声、位置情報を常時かつ即時に伝送可能であること」等としている。

空港制限区域においては、遠隔監視装置における規制は道路交通法を可能な限り準用するとしている。

農業機械の自動運転においては、「第三者の接近や接触を感知してロボット農機を自動停止させる装置を装備すること」「ロボット農機が計画上の走行経路から逸脱した場合、安全に停止させることができる措置を講じること」「ロボット農機の状態を把握できる措置を講ずること」「ロボット農機の周囲の状況を把握できる措置を講ずること」「無線通信による映像伝送(監視用モニター等)を使用した遠隔監視を行う場合、データの伝送遅延が生じる危険性を踏まえた安全対策を講ずること」が要件とされている。

### 4.3.2 導入効果

上記のような自律ロボット／自動運転車両等の遠隔装置の利用により、1人の監視者に対し、複数台の自動運転車両等に対する監視が行えることから、省人化等を図ることが可能である。本実証の大規模農場における除雪及び草刈の自動化ソリューションでは、除雪作業で作業時間50%減少、冬季3ヶ月で90万円の削減効果、草刈作業で年686万円の削減効果等が計測されている。

### 4.3.3 主な適用分野

#### (1) 一次産業(農業／林業・水産業)

令和2年度～令和3年度の開発実証においては、トラクターの遠隔監視・制御に関するソリューション開発に取り組み、同時4台の制御・遠隔監視の可能性を実証した。4k×30fpsに対応したカメラを



使用したが、モザイクノイズの発生が見られたことからスループットを 2Mbps に制限しての実証に留まった。

令和 4 年度開発実証においては、DAS を利用することにより、より安定な電波伝搬環境を構築した。放牧地内(200m×250m の長方形型)の任意の地点でローカル 5G を用いて、撮影から表示までの遅延約 1.5 秒でスループット約 50～100Mbps、4K60fps 映像を伝送可能、ロボットトラクターの遠隔制御も可能、安全なリアルタイム遠隔監視・遠隔操作の機能が実現できることを確認した。

## (2) インフラ(空港港湾)

令和 3 年度～令和 4 年度、成田国際空港において、遠隔監視でローカル 5G を適用した場合、自動運転車両の周囲の交通状況・車内の状況を確認するにあたって十分な画像及び音声、位置情報をリアルタイムに伝送可能であることを下記の KPI 達成を通じて確認する実証を行った。この結果、カーブ等見通しの悪い走行ルートを含む、実運用で導入が想定される区間(4.8km)において、映像配信(車載カメラ 7 台、画質 HD or VGA、フレームレート 9fps 以上、映像遅延 400msec 以下)の KPI を、3 つの旅客ターミナル間での複数台(3 台)で概ね達成するとともに、代替ルートを運行する際の通信(ローカル 5G、キャリア通信間)の切替ポイントにおいて、スムーズな映像の切替(400msec 以下)を実現し、通信冗長性が確保されることを実証した。

## (3) インフラ(建設道路)

令和 2 年度～令和 3 年度においては、試験路にローカル 5G 環境を構築し、ローカル 5G を活用した高精細映像を利用した場合と、既存の通信手段による映像を利用した場合を比較することにより、安全確認距離がどの程度増加するか、あるいは、安全確認距離が増えることで運行の平均速度がどの程度向上するかについて検証を行った。ローカル 5G の活用により、既存の通信手段と比較して、平均速度を 20%増加させることができるという実証結果を得ている。

### 4.3.4 課題と対応策

自律ロボット／自動運転車両等の遠隔制御には通信機能そのものが使われることはない。通信機能としての要件は、遠隔監視機能のため「自動運行車両の周囲の全方向の交通状況、車内の状況に係る鮮明な画像及び明瞭な音声、位置情報を常時かつ即時に伝送可能であること」が確保されることである。ローカル 5G システム上においてこのような要件が十分確保されるとともに、キャリア 5G/LTE を並行して利用することでさらに冗長性を確保できることが示された。また、空港や農場のような閉鎖空間かつ低速で自動運転車が走行するケースにおいては、万が一通信断が生じたとしても、その場に速やかに停止するための措置が取られれば、安全上何ら支障がないものと思われる。

## 4.4 遠隔指導・作業支援

### 4.4.1 ソリューション概要

高精細画像をリアルタイム伝送するといったローカル 5G の特長を最大限に活かし、必要に応じてスマートグラスを活用することにより、熟練者の技を伝承したり、指導したりするソリューションの実証が行われた。

一次産業(農業／林業・水産業)においては、都市部の新規就農希望者に対して、農業従事者が遠隔から指導するといったソリューションの他、既に就農した従事者に対しても収穫適期等を遠隔で指導するソリューションが開発されている。

医療・ヘルスケア分野においては、救急搬送にあたり、これまで当直医の所見を専門医に伝える際に主に音声通話のみに依拠していたコミュニケーションを、高精細映像のリアルタイム伝送に代替することにより、両者のコミュニケーションロスを回避し、受け入れ等に係る判断をよりの確に行い、救急医療を真に必要な患者に医療リソースを割り当てようとする実証が進められている。これにより、医療リソースが偏在する地方部における医療の質向上にローカル 5G システムが貢献する可能性を見出すことができている。

#### 4.4.2 導入効果

例えば、高知県北川村のゆずの新規就農希望者に対する遠隔指導においては、ローカル 5G システムの利用により、一度に指導可能な人数が増加し、全体の指導時間を削減する効果などがある。指導者 1 名に対して作業員 3 名のパターンが最も指導品質を維持しながら指導時間の削減効果が大きいことが分かった。また、指導者 1 名が作業員 3 名を遠隔指導した場合、合計指導時間約 57% 減となっている。

その他の農業関係の遠隔指導に際しても、リアルタイムの指導において発生する往復交通費及び指導員の逸失機会費用(時間価値)等の削減効果等が見込まれる。

#### 4.4.3 主な適用分野

##### (1) 一次産業(農業／林業・水産業)

上述の高知県北川村以外の新規就農者に対する遠隔指導では、新規就農者の作業時間を 64% 削減し、指導者の作業時間を 72%、交通費等の費用を 37.2 万円／3 ヶ月削減できることを確認するなどの効果を実証している。さらに、ローカル 5G をシェアリングする道の駅において農産物を直販するメタバースを活用し遠隔ショッピングシステムの実証も実施している。遠隔からメタバース空間内の商品を選択し、店員と会話しながら買い物ができることを確認し、メタバース利用により 3 ヶ月換算で 39.6 万の利益増をもたらすことを実証している。

##### (2) 観光・文化・スポーツ等

令和 4 年度において、ゴルフ場における遠隔レッスンにローカル 5G を活用する実証が行われた。ゴルフ場におけるゴルフプレーヤーがウェアラブルデバイスを装着するとともに、その動き等が遠隔指導者にリアルタイムで伝送され、アドバイスを行うものである。被験者の 52% が 3,000 円以上の料金での利用意向を示し、ゴルフ場における魅力あるコンテンツとして、売り上げ向上に寄与できることを確認し

た。

### (3) 医療・ヘルスケア

令和 2 年度～令和 3 年度においては、離島・へき地における医師に対して、遠隔の専門医がローカル 5G を活用して指導を実施するソリューションが複数実証されている。しかしながら、ローカル 5G による無線通信区間が限られる、あるいは、ローカル 5G の特長である高精細映像・リアルタイム性が十二分に活用されているとは必ずしも言えないソリューションであった。例えば、遠隔健康指導等を行うものの LTE×HD でも許容可能なソリューションであったり、スマートグラスを活用した現場医師と専門医の連携ソリューションであるものの、ローカル 5G 通信区間はスマートグラスと院内拠点間に限られるものであった。

一方、令和 4 年度においては、病院間連携、特に非常時の患者の受け入れで課題が多い、二次救急と三次救急の連携といった複数拠点病院間で高精細映像をリアルタイムに共有するソリューションが複数実証された。例えば、コンサルテーション及び転院搬送の判断に必要な情報(映像・音声・患者情報バイタル・DICOM)がローカル 5G を介して取得可能(4K 映像を EtoE 遅延時間 1sec、30fps で伝送可能)であることを実証している。

また、医療の質向上のみならず、看護師を含む医療関係者の働き方改革に寄与するためのソリューションとして、①持参薬確認②配薬確認③服薬前確認④服薬後(飲み殻)確認⑤院内カルテ参照/トレーシングレポート送信に取り組んだ。薬剤師が行う持参薬確認において、現時点で労務負担を 50%削減可能との現場評価を行っている。

さらに、ローカル 5G を活用した医療機器の開発事例として、婦人科、皮膚科を対象とするリアルハプティクスシステムの開発に取り組んだ。ネットワーク遅延 20～30msec、映像伝送遅延 200～300msec の環境において、超音波検査装置やダーモカメラのような汎用的な検査機器の力触感のある安定操作が可能であり、こうした低遅延性も相まって、85%以上の方が 10 回以内の操作練習で誤差±1 cmレベルの操作を習熟できることを確認した。

#### 4.4.4 課題と対応策

一次産業(農業/林業・水産業)及び観光・文化・スポーツ等のユースケースにおいては、ソリューションの熟度・完成度が主に遠隔指導等を受ける者の顧客満足度に大きく依存する。特に令和 4 年度開発実証においては通信機能の不備等により、利用者の UI/UX を大きく損ねる事態はあまり見られず、通信機能そのものに大きな課題が顕在化することはなかった。一方、通信機能以外に、利用者アンケートから UI の改善要望や、システム課題として呼出通知や通話の不具合による機会損失があったことから、通信機能以外のアプリケーションレイヤにおける機能面、環境面の改善を行うことで利益向上等を図っていく必要がある。

医療・ヘルスケア分野においては、患者の生命・安全確保が最も重要であり、二次救急・三次救急といった緊迫した一連の救急オペレーションの中に、ローカル 5G を活用したソリューションを如何にシームレスに受け入れさせるかが課題である。ソリューションベンダと医療関係者の緊密な連携により、オペレーションの変化や課題を丁寧に洗い出すことが肝要となる。

## 4.5 AI を活用した自動判定・異常検知

### 4.5.1 ソリューション概要

2010年代においてコンピュータのさらなる高性能化に伴い飛躍的に発展した深層学習等により、人工知能(Artificial Intelligence)の性能が飛躍的に高まった。中でも画像認識をはじめとするパターン認識の技術発展は著しく、大量の画像データから超高速にターゲットとなる物体や事象を高精度に検知することが可能となった。大容量・低遅延・高精細画像を常時伝送可能なローカル 5G との組み合わせにより、これまで多数の人手で多大な時間を掛けて行ってきた検査や異常発見を、リアルタイム(瞬時)・高精度で行うといったニーズに応えることが可能となった。

### 4.5.2 導入効果

これまで多数の人手で多大な時間を掛けて行ってきた検査や異常発見といった作業の高頻度化、並列化、リアルタイム化が可能となる。狭義には、こうした人手を省力化することによる経営資源・リソースの高度利用が可能になる。

広義には以下に述べる通り、様々な裨益効果が想定される。

例えば、施設や設備の異常検知にあっては、平常時と異なるわずかな異常音や異常性状(例えば設備に入ったひび割れ、クラック、地面などの変状)を、安全上高リスクの事象、安全上低リスクの事象、リスクなしの事象等の判断を伴うことになるが、こうした高度判断には多様な知識と経験の積み重ねによる熟練技が一般的に必要である一方、昨今の急激な少子高齢化の進展に伴う労働人口が減少する環境下、少なからず事業者が直面している熟練技の伝承・継承の困難の解消に貢献することが可能である。

また、点検から点検までのインターバルが短ければ短いほど、事故リスクなど人命に対する深刻な影響の回避にとっては望ましい。AI×NW の組み合わせによる検査・点検の自動化は、設備・施設の不備を起因とする潜在的な人命リスクの低減に貢献し、安全で安心な社会の形成に役立つことができる。

### 4.5.3 主な適用分野

#### (1) 製造業

製造業においては、石油コンビナート、発電所、製鉄所、データセンターなど、国の重要な経済活動を継続するための重要インフラが数多く存在しており、施設・設備の異常を早期に検知するとともに、それを速やかに保安従事者に通報し、二次的な対応を適確に行うための体制整備が求められる。

例えば、敷地の場周警備や出入管理にAI×NWの組み合わせによるソリューションを導入することが考えられる。具体的には、セキュリティフェンスを故意に突破しようとする不審者の発見をより効果的に行うために、監視カメラの常時監視映像から不審者を検知するソリューション、構内の出入管理に車両のナンバープレートや用務者をデータベースと照合し、本人確認、所属確認、目的確認などのより当該立入の適正性を確認することが考えられる。

また、データセンターにおいては、お客様から預かったサーバ等の資産が適切に作動しているか、異

常を知らせる LED ランプの確認等を人手で行うとともに、異常時においてはお客様に代わり従業員が予め定められた作業書に基づいて、サーバのシャットダウンその他復旧・連絡作業を行っている。こうした確認作業を専用ロボットに巡視させるとともに、ロボットが撮影した映像をクラウドに常時伝送・LED ランプ点灯等の異常を検知するソリューションにより、データセンターの強靱性を高めることが可能である。

## (2) 鉄道

運転席など車上にカメラを搭載し、運転席からの高精細画像を、クラウドサーバにリアルタイムに伝送することにより、AI による異常判定を常時行い、異常とその発生箇所を運転指令などにリアルタイムに通知するシステムが考えられる。これにより、保守員が線路内を徒歩または、列車に添乗して目視確認していた設備点検を、車載モニタリングによる確認方法に代替し、深刻化する労働人口の減少に対応する体制の構築に資することができる。

車上映像から検知する異常の例としては、土木構造物などの法面崩壊、工事用足場崩壊、倒木、道床あおりなどの軌道設備の異常、標識・灯器の見通し状態、トンネルなどの建築限界、ビニールなど架線・電路設備の異常などが考えられる。さらに、踏切道における安全向上のため、自動車など踏切支障検知装置に加え、踏切道から線路への人等の立ち入りを検知するなど、一般的な鉄道路線における自動運転化に必要な技術の一部になることが期待される。

## (3) 防災

例えば、ローカル 5G 基地局付近(目視内)で UAV(ドローン等)を操作し、搭載した高精細カメラとローカル 5G を活用して、リアルタイムで 8K 高精細画像を伝送することにより、行政が被災状況を安全・迅速に把握し、住民に必要な情報を提供するといったソリューション等が考えられる。この際、災害対策本部においては、災害発生現場の映像を抽出するのみならず、AI による遭難者等の検出や超解像処理により、遭難者の救出に必要な情報の把握をより高度化し、早期救出や二次災害発生の抑止などに活用することが期待される。

### 4.5.4 課題と対応策

AI を活用した自動判定・異常検知は、製造業・鉄道・防災といったミッションクリティカルな経済活動及び有事の際における人命に直結するソリューションであることから、特に異常発見の見逃しを避けることが重要である。検知率はほぼ 100%に近いことが極めて重要であるとともに、ソリューションが仮に検知を見逃した場合を想定したフェールセーフの準備と運用が不可欠となる。こうしたソリューション導入のためには、これまで人手によって行ってきた安全管理の水準と同等以上の水準確保が導入の条件になる。また、安全リスクの検知の誤発報に対応するための人員配置などのプロセス構築が重要となる。一般的に、検知率と誤発報はトレードオフの関係にある。異常の有無を判定するための閾値(しきい値)を低くすればリスクなしの事象を高リスクと捉え、逆に閾値を高くすれば誤発報は少なくなるが、リスク事象の見逃しが発生する。この閾値の設定は、施設・設備管理のポリシーによって定められるものであり、システムが自動的に設定することは困難である。一般的には、試運用をしながら、適切な閾値をトライ・アンド・エラーで決めていく必要がある。

野外の設備や施設にソリューションを利用する場合、映像・画像が撮影環境により大きく変動し、施設・設備の異常検知性能に多大な影響を及ぼす。例えば、照度が十分に確保されない地点の映像・画像では判定に必要な特徴点を捉えることが困難である。逆光をはじめとする明暗差の大きな環境下の画像では、本来検知すべき異常が「白飛び」や「黒つぶれ」により検知が困難となる可能性がある。こうした事態を避けるためには、AI を設計する際に、可能な限り多様な環境下において「正解」「不正解」の画像を大量に収集することが必要である。一般に「正解」に相当する施設・設備の異常画像の取得は、平時から安全管理を徹底している事業者であればあるほど困難であるといったパラドックスがある。

## 4.6 既存有線ネットワークの無線への置き換え

### 4.6.1 ソリューション概要

文化・スポーツ関係のイベント開催においては、映像・音声の演出の関係から、数多くの演出装置を有線で接続するなど、その準備に多大な工数と時間を要するという課題がある。こうした準備のため、イベント開催にあっては会場となる体育館等の設備の確保・予約をイベント開催日当日のみならず、確保する必要がある。また、準備に要するスタッフの確保など、イベント開催の収益性にも影響を及ぼす場合もあり、その合理化が求められる。一方、Wi-Fi による無線化なども行われているが、無線通信が輻輳する場合の干渉による通信断は、イベントに参加した観客の顧客満足度に深刻な影響を及ぼす可能性もあり、安定かつ大容量の無線通信が求められる。

### 4.6.2 導入効果

ローカル 5G 簡易設置キットの最適な運用により、有線での作業工数の削減効果が実測された。例えば、バレーボール試合開催の配信に必要な工数で実測したところ、1 試合あたり 22%～46%の工数削減効果(183～373 人分)が実測されている。

### 4.6.3 主な適用分野

#### (1) スポーツ・観光分野

V リーグ等をはじめとするスポーツ観戦客に対して、会場内の選手のプレーなどの動きを複数台のカメラで追跡し、大画面などで映し出すことがよく行われているが、それを更に発展させ、複数のリアルタイム配信映像から、個々の観戦客が個々の関心や興味に応じて、スマートフォンの端末等から映像チャンネルを選択し視聴しながらライブのスポーツを応援とするといった、パーソナライズされたサービスを双方向で提供する等のソリューションがある。

令和 2 年度の開発実証においては、スポーツ会場においてカメラのアップロードの検証が行われ、12 台のカメラによる映像のアップロードがスタジアムにおいて可能であることが実証された。また、同年度の別の実証においては、施設規模 200 m<sup>2</sup>以下といった屋内の小規模施設におけるローカル 5G による e-スポーツ実証が行われ、代替手段(有線、Wi-Fi6 等)と比較して映像・音声等の UX の性能面で同等の性能を発揮することが実証された。さらに、別の実証では、小規模コンサート会場においてカメラ英

城のアップロードを実施し、4K 映像(10Mbps)×5 台の映像配信を実施可能であるものの、画面のカクツキが発生するとともに、0.9 秒ほどの遅延が発生するなどの課題があった。

一方、令和 4 年度においては、スポーツ試合が開催される体育館において、準同期を活用することにより映像のスループットが向上し、カメラ映像のアップリンクと同時に、観客向けのダウンリンクの映像配信が可能であることが、プロスポーツの実際の試合において実証された。準同期のスループットは、UL189~240Mbps、DL242~288Mbps を達成し、来場者に 360 度高画質映像(5 台)のライブ映像をリアルタイムで配信し遅延約 1 秒を達成。スワイプ視聴体験をご利用頂いた 78%が『次回の来場意欲につながる』と回答を得るなど、UI/UX の面でも魅力的なソリューションの開発に成功している。

#### 4.6.4 課題と対応策

3 年間の開発実証の継続により、体育館規模のスポーツ会場においては、準同期等を活用することによりアップリンク及びダウンリンク双方のスループットを確保し、双方向のデータ通信が一定程度可能であることが実証され、通信機能における課題はひとまず解消されたものと考えられる。一方、スポーツ会場の規模及び観客数、配信チャンネル数をスケール化した場合におけるスループットの確保、エリア設計方法等については、取組事例を蓄積し、そのノウハウが蓄積され、横展開されることが望ましい。

また、スポーツ試合の観戦客をさらに誘引するための付加価値サービスとして提供するのか、あるいは、観戦客に対するオプションサービスとして提供するのか、いずれにしても、こうしたサービスのビジネスとしての持続可能性を精査する必要がある。さらに多くの観客にとってソリューションが使いやすくなるよう、リプレイ機能の追加、観客がより映像を自由に操作・視聴する機能等、UI/UX といった通信機能以外のアプリケーションレイヤの改善がなお必要と思われる。

### 4.7 大容量・多様なデータの共有

#### 4.7.1 ソリューション概要

Wi-Fiと比較した場合のローカル 5G の優位性としては、ライセンスバンドであるということもあり、他の電波から影響を受けることなく、管理者の統制が取れた形で安定した大容量・低遅延の通信可能であることにある。

こうした特長を最大限に活かし、これまで有線敷設が困難であった一筆の屋外の土地(自己土地)において、大容量・多様なデータの共有が可能であることが実証された。

#### 4.7.2 導入効果

大容量・多様なデータを一定の管理の下で屋内外において伝送可能になったことにより、計測結果が映像といったリアルデータに加え、3D コンピュータグラフィックスなどのバーチャルデータを送受信できる。また、End to Endでの低遅延という特長を活かし、リアルタイムで両者を融合・レンダリングすることも可能となっており、新たな顧客体験(UX)を創出する、魅力あるコンテンツの提供可能性を、ローカル 5G 開発実証において見出すことができた。

実業部門においても、屋外の広大な土地環境において、局所的な環境に左右されることなく、大容量・

多様なデータ(映像、音声、計測結果)を送受信可能になったことにより、屋外作業の大幅な生産性向上効果が見込まれる。例えば、日本最大級のコンテナターミナルにおいては、1日のコンテナの積卸計画を紙の束にして、高度22mの荷役機械オペレータに渡し、以後の作業変更を音声無線通信のみに依存して作業を行っていた。本実証により、個々のオペレータがターミナル全体のコンテナの動き・船舶の積み付け状況をリアルタイムに把握、また将来予測を可能とすることで、オペレーションの生産性向上(年560万円の稼働削減効果)を見込めるまでに至った。さらに、全域で、平均スループット UL167Mbps、DL353Mbps を実測している。コンテナ密集エリア等狭小エリアでも通信可能であることを確認した。これにより、冷蔵コンテナの温度管理はじめ、これまで人手の巡回で確認していた多くの確認作業を無線通信で代替する可能性の実証に成功した。

### 4.7.3 主な適用分野

#### (1) 農業分野

令和2年度までのローカル5G開発実証においては、屋外環境において、トラクターカメラ映像、トラクター走行履歴データ、土壌水分データ、気象データ、農作業履歴データを収集、保存するシステムの実証が行われた。

#### (2) 空港・港湾分野

令和3年度～令和4年度において、日本最大級のコンテナターミナルである大阪港夢洲コンテナターミナルにおいて、既存の無線アクセスシステムのリプレース(音声会話)他、スマートグラスを用いたコンテナ損傷チェック、荷役機械オペレータに対するプランニングデータのリアルタイム伝送等のマルチタスクをローカル5G環境下で実装できるかを検証した。金属製コンテナなどの遮蔽環境下、DL353Mbps、UL167Mbps以上(いずれも平均値)を達成している。

#### (3) 文化・スポーツ分野

令和2年度において、文化財保護の観点から新たな建造物が困難な屋外の歴史文化資源において、MRによる体験の実証が行われた。

令和4年度においては、屋外の放送コンテンツの作成現場において、カメラ映像に加え、番組撮影時の必要となる撮影カメラ以外の機器(送り返し映像やタリー、インカム)のデータ伝送をワイヤレス化する撮影システムをローカル5G環境化で実現可能かを検証している。さらに、カメラ位置等のメタデータに基づいて、3Dコンピューターグラフィックを撮影映像とリアルタイムで合成・編集を行うインカメラVFXシステムを応用した撮影方法が、ローカル5G環境化で実行可能かを検証した。600～700ミリ秒の遅延が発生するものの、現場の確認作業は許容の範囲に収まることを実証した。

### 4.7.4 課題と対応策

ローカル5Gに対応したCPE(加入者側の敷地や建物の中に設置される中継機器や終端機器、通信端末などの総称)が少なく、基地局のコンフィギュレーションとの相性によっては通信断が生じる場合があ



るなど、リアルタイム性のミッション・クリティカルな利用（例えば、テレビ番組制作における生放送番組の作成）への応用には、なお技術的な知見の積み重ねが必要なケースが散見された。トランスミッター&エンコーダー一体型の製品開発、ルーターを介さずローカル 5G システムに直接接続可能なタブレット端末など、ローカル 5G をより利用しやすい環境の整備が必要になっている。

## 5. ローカル 5G 活用モデルの実装性検証

---

### 5.1 概要

本章では、本事業で実施した各分野の実証(開発実証事業及び特殊な環境における実証事業)について、分野毎に背景課題及び分野を取り巻く動向を整理した。その上で、ローカル 5G 活用モデルの普及展開に向けて、過年度実証の成果と課題、及び今年度実証における成果を取りまとめ、普及展開に向けた課題と解決策を示した。

具体的には、各分野においてそれぞれ以下の項目を取りまとめている。

#### ■ 背景課題

当該分野が抱える課題について、特に社会全体に対するインパクトが大きいものや本実証事業で取り組んだ課題を中心に整理したとともに、関連する国等の主な施策等についても取りまとめた。

#### ■ 分野を取り巻く動向

上述の背景課題に対する国内外の主な取組み事例や、本実証事業の普及展開に向けて参照すべき関連する取組み事例等について取りまとめた。

#### ■ ローカル 5G 活用モデル

当該分野における過年度実証の成果と課題を取りまとめたとともに、今年度実証における具体の取組概要について、それぞれソリューションや導入効果、ステークホルダの役割及び想定されるビジネスモデルの観点から整理した。

さらに、過年度及び今年度実証の成果を踏まえ、ローカル 5G 活用モデルを実装に近づけるための条件・アプローチを具体化すべく、当該分野で有効と想定されるソリューション及び実装・事業化の観点から特に重要と想定されるエリア構築・システム構成等のポイント、普及展開に向けた課題と解決策を取りまとめた。なお、各分野・実証におけるローカル 5G の電波伝搬特性等に関する調査検討の詳細は技術実証編を参照されたい。

### 5.2 農業・漁業

#### 5.2.1 背景課題

農業分野においては、担い手の減少・高齢化の進行等により労働力不足が深刻な問題となっている。農林水産省「農林業センサス」、「農業構造動態調査」によれば、基幹的農業従事者(15 歳以上の世帯員のうち、普段仕事として主に自営農業に従事している者を言う。)の推移は昭和 35 年の 1175 万人から、令和 2 年において 136 万人まで減少している。また基幹的農業従事者の年齢構成も令和 2 年において平均 67.8 歳となっており、60 代以下の従事者は高々 67 万人に留まっている。

農業の現場においては、依然として人手に頼る作業や熟練者でなければできない作業が多く、省力化、人手の確保、負担の軽減が重要な課題となっている。

こうした背景のもと、農林水産省においては、農業に先端技術を導入する「スマート農業」(ロボット、AI、IoT など先端技術を活用する農業)を推進しており、「生産現場の課題を先端技術で解決する！農業分野における Society5.0 の実現」を目指している。

スマート農業の効果として、農林水産省は、

① 作業の自動化ロボットトラクター

- ▶ スマートフォンで操作する水田の水管理システムなどの活用により、作業を自動化し人手を省くことが可能になる

② 情報共有の簡易化

- ▶ 位置情報と連動した経営管理アプリの活用により、作業の記録をデジタル化・自動化し、熟練者でなくても生産活動の主体になることが可能になる

③ データの活用

- ▶ ドローン・衛星によるセンシングデータや気象データの AI 解析により、農作物の生育や病虫害を予測し、高度な農業経営が可能になる

としている<sup>1</sup>。また、スマート農業をデータ面から支えるプラットフォームとして生産から加工・流通・消費・輸出に至るデータを連携する「農業データ連携基盤」の整備を図っている。

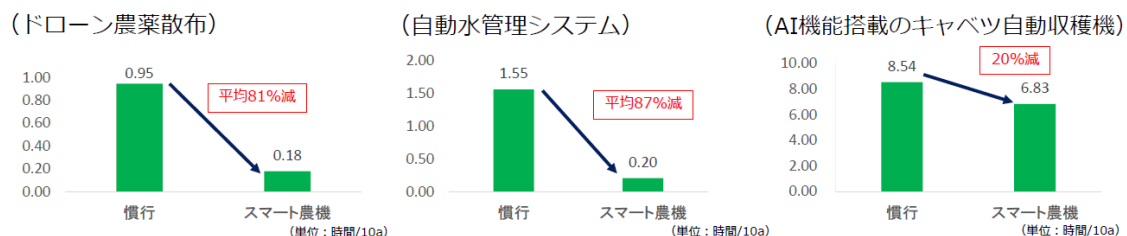
## 5.2.2 分野を取り巻く動向

農林水産省においては、人口減少社会の進展に対応し、地域が一体となって、持続性の高い生産基盤の構築を図るため、サービス事業者等を活用して産地単位で作業集約化等を図るスマート農業産地のモデル実証に加え、先端技術の開発、スマート農業普及のための環境整備について総合的に取り組んでいる。令和 7 年度までに、農業の担い手のほぼ全てがデータを活用した農業を実践することを目標としている(令和 4 年度補正予算 44 億円、令和 5 年度当初予算)。

スマート農業実証プロジェクトにおいては、ロボット・AI・IoT 等の先端技術を実際の生産現場に導入して、技術の導入による経営改善の効果を明らかにするとともに、輸出重点品目の生産拡大やシェアリング等の新たな農業支援サービス等の政策テーマに基づいた実証を行っている。

過年度のスマート農業実証プロジェクトにおいては、ドローン農薬散布において作業時間 81%削減(面積 10a あたりの作業量:0.95 時間→0.18 時間)、自動水管理システムにおいて作業時間 87%削減(面積 10a あたりの作業量:1.55 時間→0.20 時間)、AI 機能搭載のキャベツ自動収穫機において作業時間 20%削減(面積 10a あたりの作業量:8.54 時間→6.83 時間)などの成果を上げている。

なお、令和 4 年度の「スマート農業産地モデル実証」では、総務省の「令和 4 年度課題解決型ローカル 5G 等の実現に向けた開発実証」と連携し、ローカル 5G 通信技術を用いて、作業集約またはシェアリングによりスマート農業技術の効率的な活用に産地ぐるみで取り組む実証を公募した。



出所)「スマート農業の展開について」(2021年9月、農林水産省)、  
[https://www.soumu.go.jp/main\\_content/000775128.pdf](https://www.soumu.go.jp/main_content/000775128.pdf)

図 5-1 スマート農業技術の効果(実証成果の中間報告)

<sup>1</sup> 「スマート農業の展開について」(2021年9月、農林水産省)、  
[https://www.soumu.go.jp/main\\_content/000775128.pdf](https://www.soumu.go.jp/main_content/000775128.pdf)

## 5.2.3 ローカル 5G 活用モデル

### (1) 過年度実証の成果と課題

#### 1) 過年度実証の成果

##### a. トラクター遠隔監視

令和 2 年度～令和 3 年度の開発実証においては、自動走行トラクター等の圃場内複数台協調作業、異なる圃場内の複数台協調作業、圃場間移動の遠隔監視下での安全な運用の実現を目指した。

トラクターの遠隔監視・制御に関するソリューション開発に取り組んだところ、同時 4 台の制御・遠隔監視の可能性を実証した。4k×30fps に対応したカメラを使用したが、モザイクノイズの発生が見られたことからスループットを 2Mbps に制限しての実証に留まった。

##### b. スマート農業

令和 2 年度までのローカル 5G 開発実証において、屋外環境において、トラクターカメラ映像、トラクター走行履歴データ、土壌水分データ、気象データ、農作業履歴データを収集、保存するシステムの実証が行われた。

例えば、大規模農場(工場を併設したお茶栽培)において、拠点間通信の性能確認、収穫ロボットの遠隔制御、LPWA×AI による摘採重量推定が行われたが、相関係数が 0.75 に留まる等、ソリューションに課題が見られた。

また、ブドウの適期収穫判断を AI で検知するソリューションが実証されたが、その精度は高画質 HD 利用で高々 54%程度に留まった。

##### c. 畜産

令和 3 年度において、フリーストール牛舎における個体管理の簡易化という課題の解決に向けて、①跛行検知、②個体識別・位置検索、③遠隔指導の 3 技術について実証を行った。

試験牛舎(乳牛 340 頭)環境下において、乳牛の歩行異常の検知(4K・精度 94%)、個体識別・位置検索(精度 8.6%)等を検証した。

### 2) 過年度実証で得られた課題

#### ア) 広大な作業範囲を網羅するエリア構築

北海道などの広大な圃場などにおいては、作業範囲を網羅する安定したエリア構築など、農機などの遠隔監視の広範囲化が普及展開における大きな課題であった。また、広大な放牧地で、周囲に反射物はほぼない状況のため、1 基地局のみを設置した場合、基地局とローカル 5G 端末との間にトラクターなどの障害物が存在すると電波が遮断され一時的に不感地帯となることがある。

このため、例えば、DAS アンテナ<sup>2</sup>の複数局設置によって、上りスループットの面で満足するエリアの構築と電波遮蔽による不感地帯の解消を目指すことが必要とされた。

## イ) シェアリング等のローカル 5G の整備・運用費用の低廉化

ローカル 5G 活用モデルの普及展開の大きな課題として、ローカル 5G の整備・運用費用の低廉化が挙げられる。特に小規模農家や個人がユーザとなる場合、インフラ利用やソリューション利用など共用化による整備・運用費用の低廉化と活用しやすい環境の構築がソリューションの性能等と同様、重要である。過年度のローカル 5G 開発実証において、共用化を進めた際のソリューションビジネスとしての成立可能性、持続可能性に係る検証が行われたことがなく、当該領域における知見の蓄積がこれまでなかった。

## ウ) AI ソリューションの精度向上

農業熟練者の作業を支援するため、摘採重量推定や適期収穫判断を行う各種 AI ソリューションをローカル 5G システムと連携させる取組が進められたものの、十分な精度の性能を発揮できていない。

この要因としては、気象条件、日照条件(例えば、西日による白トビや影により画像・映像に対象物が明細に映り込みにくい)等、屋外における画像・映像環境が目まぐるしく変わることもあって、各種条件の AI による識別のための学習に相当な工夫が必要であることが考えられる。

## (2) 今年度実証における取組み

### 1) 広大な放牧地におけるローカル 5G を活用した除雪や草地管理等の効率化・省力化の実現

表 5-1 実証概要

実証 No.	開 01
実施体制 (下線:代表機関)	シャープ(株)、(株)道銀地域総合研究所、新冠町、(有)ビッグレッドファーム、東芝インフラシステムズ(株)、エクシオグループ(株)、東京大学、ヤンマーアグリ(株)、(株)調和技研、酪農学園、名古屋テレビ放送(株)
実施地域	北海道新冠町(ビッグレッドファーム明和)
実証概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 放牧地に可搬型のローカル 5G 環境を構築し、ドローンを活用した放牧地状況の AI 解析により生成した最適走行経路を用いて 4K カメラを搭載した無人ロボットトラクターによる最適走行経路での草刈・除雪の遠隔制御に関する実証を実施。</li> <li>➤ 除雪や草刈作業の高度化・自動化を通じた、牧場における安心・安全な労働環境及び経営効率の向上を実現。</li> </ul>

出所)「令和 4 年度課題解決型ローカル 5G 等の実現に向けた開発実証」実証事業企画概要

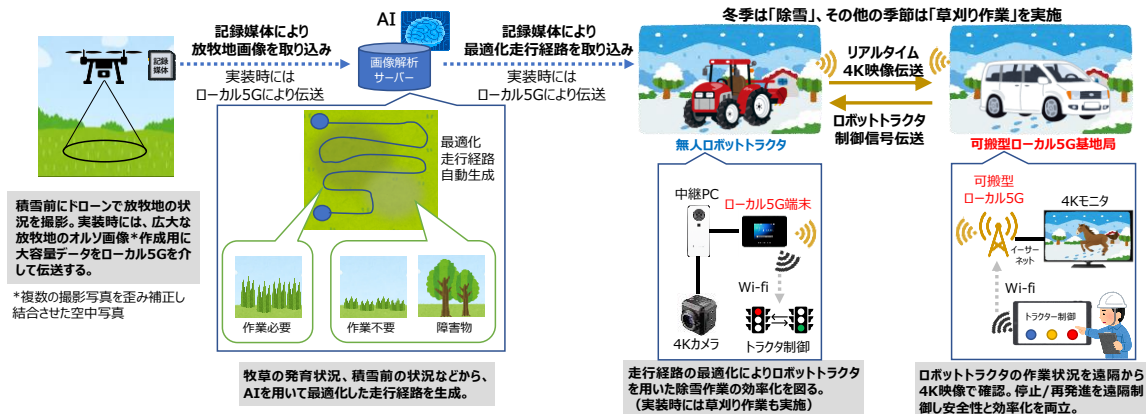
#### a. ソリューション

ドローンやロボットトラクターによる省力化の促進とより安心安全な労働環境の実現とともに、経済性・発展性を狙い、少数の基地局で柔軟なエリア化が可能な分散アンテナシステム(DAS)と可搬型ローカル 5G 基地局を採用、本実証にて基盤となるソリューションモデルを構築した。

<sup>2</sup> DAS(分散型アンテナシステム、Distribution Antenna System)は、基地局から届く電波を光ケーブル等によって多数のアンテナに分配するシステムのことである。

以下のソリューションから構成される。

#### 4Kカメラを搭載した無人ロボットトラクタによる最適走行経路での除雪作業の遠隔制御



出所)ローカル 5G 開発実証事業企画概要

図 5-2 ソリューションの概要(開 01)

### b. 導入効果

以下の KPI を達成している。

- 放牧地内(200m×250m の長方形型)の任意の地点でローカル 5G を用いて、撮影から表示までの遅延約 1.5 秒でスループット約 50~100Mbps、4K60fps 映像を伝送可能、ロボットトラクターの遠隔制御も可能、安全なリアルタイム遠隔監視・遠隔操作の機能実現できる。
- 可搬型基地局の DAS 接続変更によるカバーエリアの変更を検証、牧場内での坂路調教の遠隔監視といった別用途の横展開に関する運用可能性を確認した。
- 除雪作業において、作業人数の半減(3 人→1.5 人)、作業時間の約 50%減(約 3 時間/日→約 1.5 時間/日)により、冬季 3 ヶ月で約 90 万円の人件費削減効果を確認した。
- 草刈作業において、作業人数の半減、作業時間の半減により、作業効率 75%の向上の効果がある(R4 年度は机上検討で概算約 686 万円の削減効果)。

### c. ステークホルダの役割

本ソリューションにおいては、ソリューション提供者がユーザである農場からの委託により、機器設置・運用及びソリューションの提供を一括して行うことを想定する。ソリューション提供に必要な農機等の調達・改造などの手配もサービス提供者が一括して実施することを想定している。

ローカル 5G のネットワークサービスは、サービス提供者からの再委託により、ユーザに提供されることを想定する。

### d. 想定されるビジネスモデル

上記のステークホルダの役割を図示すると、下図の通りとなる。

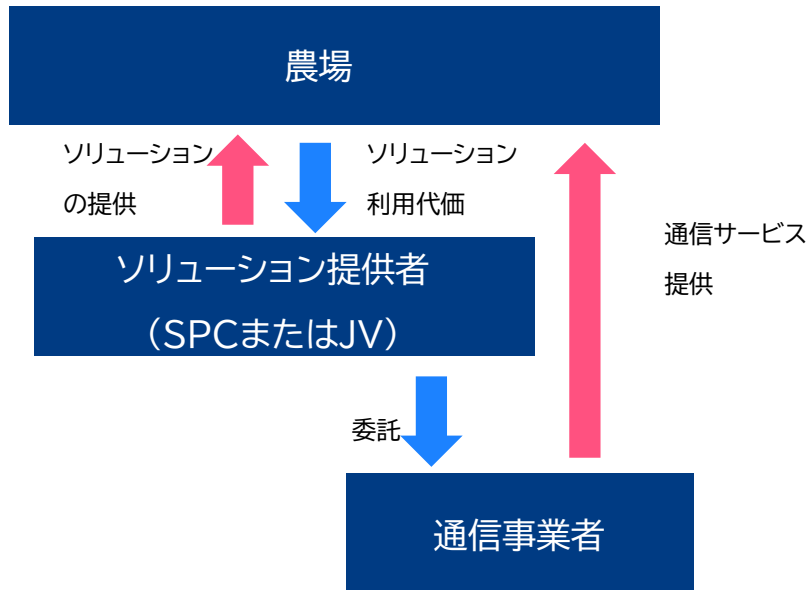


図 5-3 ビジネスモデル(農業)

## 2) ローカル 5G を活用した自動収穫ロボットや AI 画像認識等による農産物の生産・収穫工程の省人化の実現

表 5-2 実証概要

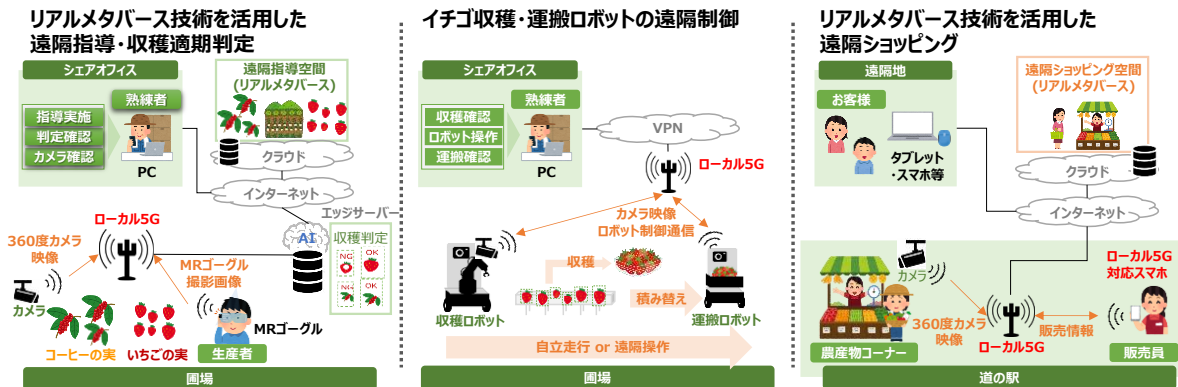
実証 No.	開 02
実施体制 (下線:代表機関)	東日本電信電話(株)、(株)ポケットクエリーズ、(株)秋田食産、秋田県、大仙市、美郷町、潟上市、鹿角市、(株) NTT アグリテクノロジー、(株)フィデア情報総研、秋田県立大学、福島大学、宇都宮大学、山梨大学、(株)恋する鹿角カンパニー、国研 農業・食品産業技術総合研究機構
実施地域	秋田県大仙市、潟上市、美郷町、鹿角市(イチゴ農園フルーツパーク DETO、秋田食産コーヒーハウス、道の駅おおゆ)
実証概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ イチゴやコーヒーの栽培ハウス及び道の駅にローカル 5G 環境を構築し、リアルメタバース技術を活用した遠隔指導・収穫適期判定、イチゴ収穫・運搬ロボットの遠隔制御及びリアルメタバース技術を活用した遠隔ショッピングの実証を実施。</li> <li>➢ データ駆動型農業による持続可能な農業経営、所得向上を通じた国内食料生産基盤の強靱化を実現。</li> </ul>

出所)「令和 4 年度課題解決型ローカル 5G 等の実現に向けた開発実証」実証事業企画概要

### a. ソリューション

就農人口の高齢化、新規就農者減少に伴う国内食糧生産基盤の弱体化や、縮小する県内需要の課題に対し、効率的な就農者の育成やロボット・AI を活用した人手に頼らない手法によりスマート農業の社会実装を加速化し生産基盤強化を目指している。

多様な手段で技術指導を行い、人手に依存しない農業方法を確立することで、新規就農者でも安定した生産を可能とすることを目指した。



出所)ローカル 5G 開発実証事業企画概要

図 5-4 ソリューションの概要(開 02)

## b. 導入効果

以下の KPI を達成している。

- 遠隔指導システム:新規就農者の作業時間を 64%削減し、指導者の作業時間を 72%、交通費等の費用を 37.2 万円/3 ヶ月削減できることを確認した。
- 収穫・運搬ロボットシステム:収穫作業の一部をロボットが担うことで収穫時間を 25%削減(6 時間→4.5 時間)、イチゴのパックロス削減により 40.2 万円/3 ヶ月の追加収益を確認。収穫適期について、ロボットの色彩判定と熟練者との判定一致率は 57%となった。
- 遠隔ショッピングシステム:遠隔からメタバース空間内の商品を選択し、店員と会話しながら買い物ができることを確認。一方、2 週間で 6.6 万円の利益増、3 ヶ月換算で 39.6 万の利益増となった。

## c. ステークホルダの役割

本ソリューションにおいては、ソリューション提供者がユーザである農場からの委託により、機器設置・運用及びソリューションの提供を一括して行うことを想定する。ソリューション提供に必要な農機等の調達・改造などの手配もサービス提供者が一括して実施することを想定している。

ローカル 5G のネットワークサービスは、サービス提供者からの再委託により、ユーザに提供されることを想定する。

## d. 想定されるビジネスモデル

上記のステークホルダの役割を図示すると、下図の通りとなる。



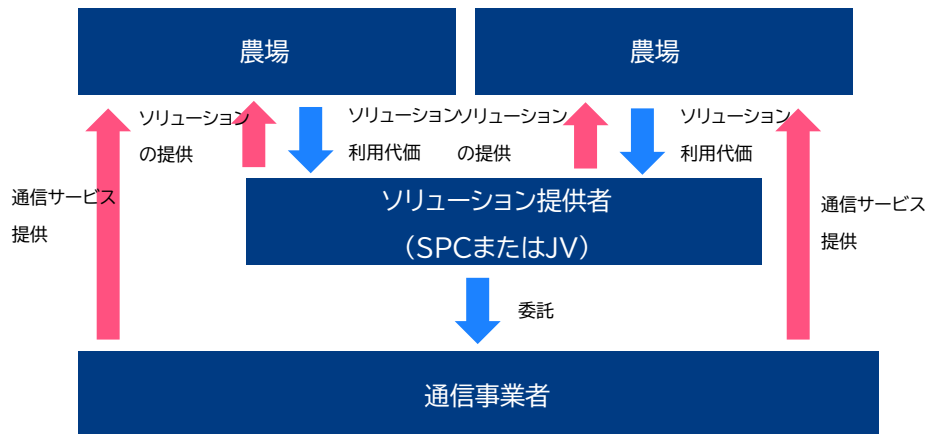


図 5-5 ビジネスモデル(農業)

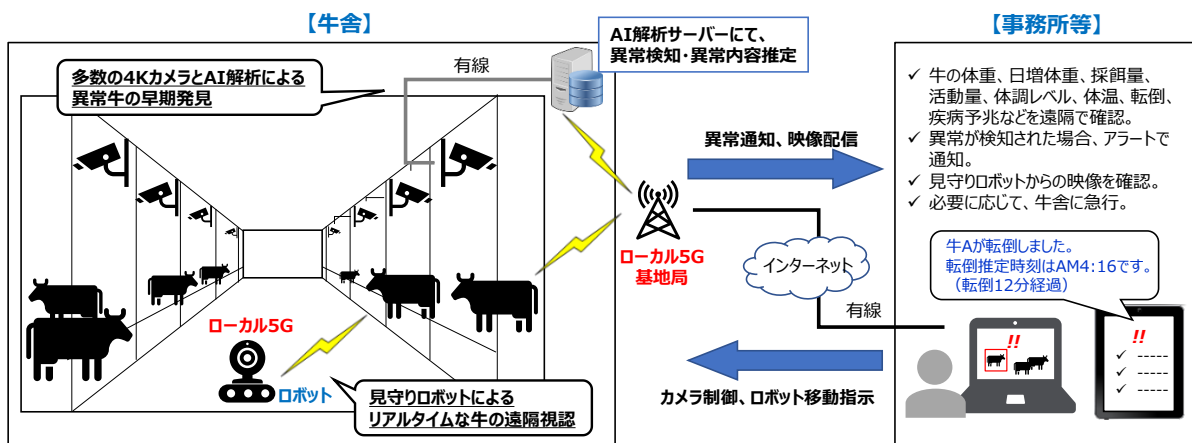
### 3) AI 画像解析や見回りロボットによる高品質和牛の肥育効率化に向けた実証

表 5-3 実証概要

実証 No.	開 04
実施体制 (下線:代表機関)	西日本電信電話(株)、関西ブロードバンド(株)、富士通(株)、富士通 Japan(株)、富士通ネットワークソリューションズ(株)、鹿児島大学、(株)DFC、(株)ロボネット・コミュニケーションズ、ICT プロデュース、(株)コンサル 41
実施地域	鹿児島県鹿屋市(うしの中山大隅ファーム)
実証概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 半屋外の牛舎内にローカル 5G 環境を構築し、多数の 4K カメラと AI 解析による異常牛の早期発見や、見守りロボットによるリアルタイムな牛の遠隔視認の実証を実施。</li> <li>➢ 肥育プロセスの詳細な監視及びデータの分析を通じ、牛の肥育における高品質化・省力化を実現。</li> </ul>

出所)「令和 4 年度課題解決型ローカル 5G 等の実現に向けた開発実証」実証事業企画概要

#### a. ソリューション



出所)ローカル 5G 開発実証事業企画概要

図 5-6 ソリューションの概要(開 04)

#### b. 導入効果

以下の KPI を達成している。

- 多端末同時接続技術:1,008 台の固定カメラを 9 台の UE に有線接続し、事務所とローカル 5G で接続。映像伝送の品質を検証した。

- 同時に最大 64 台のカメラの 4K 画質ライブ映像(3860×2160/5fps)をモニタに表示・閲覧することが可能で、熟練者にとって正しい判断を下すことができるレベルの画質・フレームレート映像であることを確認した(通常運用では 16 分割画面を表示する)。
- 1,008 台の 4K カメラから 28 秒間隔での静止画撮影を伝送・蓄積し、熟練者が起立困難牛の発見から遡り牛の健康状態を確認するのに十分な画質であることを確認した。
- 見回りロボット技術:見回りロボットのカメラの制御信号伝送・映像伝送をローカル 5G により実施した。
  - カメラの遠隔操作は遅延が少なくストレスを感じず実施可能だったことを現場職員に確認。映像品質もフルHD相当の映像品質(1920×1080/15fps)の伝送を行い、牛の行動を詳細把握できるレベルであることを現場職員に確認した。  
(一部牛舎に不感地帯が存在するため、来年度の見回りロボットの実証に支障がないよう、今後ローカル 5G ネットワークの調整を実施)
- 費用削減効果:事務所からの映像確認と見回りロボットの活用による作業時間削減効果や費用削減効果を検証した。
  - 見回り稼働等の軽減にて約 2400 万/年、死亡牛・緊急出荷牛の回避にて 1200 万/年、合計 3600 万/年のコスト効果が期待できる。

### c. ステークホルダの役割

本ソリューションにおいては、ソリューション提供者がユーザである農場からの委託により、機器設置・運用及びソリューションの提供を一括して行うことを想定する。ソリューション提供に必要な農機等の調達・改造などの手配もサービス提供者が一括して実施することを想定している。

ローカル 5G のネットワークサービスは、サービス提供者からの再委託により、ユーザに提供されることを想定する。

### d. 想定されるビジネスモデル

上記のステークホルダの役割を図示すると、下図の通りとなる。

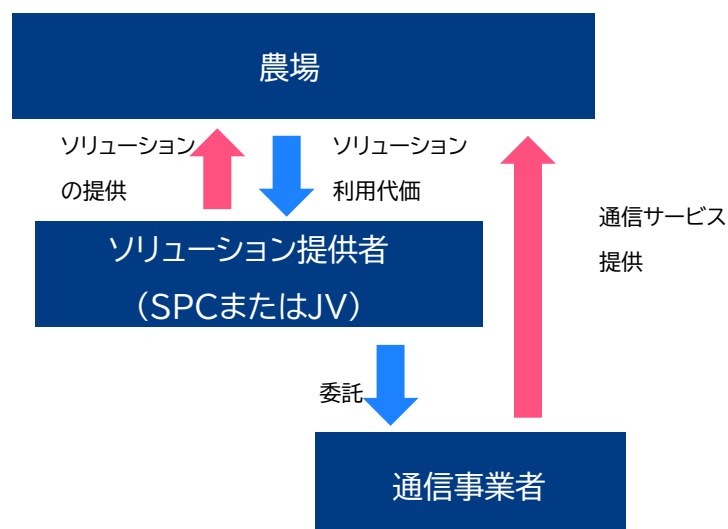


図 5-7 ビジネスモデル(農業)

### (3) 普及に向けた課題と解決策

#### 1) 有効なソリューション

本年度実証により、トラクター遠隔監視、スマート農業、畜産に関するいずれのソリューションも有効である。また、上記に記述はないが、水産業において、餌代がコストの大部分を占めるブリ養殖業務における自動給餌を、高精細映像をもとにした AI 判定により実現するソリューションにも本年度取り組んだが、ソリューションの性能自体、有用性は高いものと判断される。

#### 2) エリア構築・システム構成等のポイント

##### a. DAS 利用によるエリア構築柔軟性の向上

本年度実証の環境において、電波遮蔽が生じた場合、アンテナ 1 局でのエリアカバー率が約 5%に留まるがアンテナ 4 局置局によって約 86%にカバー率が向上する事例があった。

遮蔽等の影響による不感地帯への改善効果が認められる。複数アンテナのエリアを組み合わせることで干渉等を考慮する必要なく容易にエリア確保が実現できる点、さらに複数のアンテナエリアを重ねることでダイバーシティ効果<sup>3</sup>が得られるため DAS は非常に有効的なエリア構築手法と言える。

##### b. リピーター<sup>4</sup>の利用

一般に、隣接する複数のビニールハウスをエリア化する場合、倉庫やハウス内の鉄骨・什器の遮蔽によりハウス内の一部に不感地帯が発生する恐れがある。

本年度実証の環境下において、リピーター設置後に不感地帯が全て解消されたことを確認するなど、リピーターの有用性を示されており、リピーター設置後に受信電力平均+13.9dB 改善、UL スループット平均+120Mbps 改善しシステムの所要性能を十分に達成した事例があった。レイトレースシミュレーション<sup>5</sup>やエリア算出法を用いた不感地帯の事前予測やドナー・サービスアンテナの設置位置検討方法等を取りまとめ、リピーターを活用する際のエリア設計手法などの実践が報告されている。

##### c. LCX<sup>6</sup>利用による効率的な不感地帯の解消

一般に、畜舎の外側から畜舎内に指向性電波を発射した場合、畜舎の電波遮蔽が小さく他者土地への電波漏洩がしやすいことが分かっている。一方で送信電力等を調整して電波漏洩抑制を考慮した場合、自己土地内に不感地帯が発生する可能性があるといったトレードオフ的な課題がある。

これを解消するための手法としては、電波漏洩の軽減が期待できる LCX を用いたエリア構築がある。しかしながら全畜舎への LCX 設置は、機器費や設置工数など膨大なコスト増となることが課題である。

本実証において、指向性アンテナと LCX のハイブリッド構成によるエリア構築手法を確立する取組が

<sup>3</sup> ダイバーシティ効果は、複数のアンテナで同じ電波を同時に送受信することにより、通信途中の電波の強度変動による影響を避け、送受信の質を高める効果のことである。

<sup>4</sup> リピーターは、基地局から電波をいったん受けて再度放射する中継装置のことである。

<sup>5</sup> レイトレースシミュレーションとは、電波を光に見立てて、電波の伝搬路を追跡するシミュレーションのことである。

<sup>6</sup> LCX(漏洩同軸ケーブル、Leaky Coaxial Cable)とは、無線信号伝送用の同軸ケーブルのことである。ケーブルに多数の穴をあけ、ここから電波を少量ずつ放射して用いる。

進められ、指向性アンテナにて広くカバーするとともに、不感地帯や自己土地境界を LCX でカバーするハイブリッド構成がコストを最小限に抑えたエリア設計に有効であることが示唆されている。

### 3) 普及に向けた課題と解決策

5.2.3 節で述べた課題と同様、以下の取組について更なる推進が必要である。

#### ア) シェアリング等のローカル 5G の整備・運用費用の低廉化と多様なビジネス参入

ローカル 5G 活用モデルの普及展開の大きな課題として、ローカル 5G の整備・運用費用の低廉化が挙げられる。特に小規模農家や個人がユーザとなる場合、インフラ利用やソリューション利用など共用化により、整備・運用費用を低廉化し、活用しやすい環境の構築が、ソリューションの性能等と同様重要である。改めて 7.2.1 節に詳述する。

#### イ) AI ソリューションの精度向上

引き続き AI ソリューションの精度向上に取り組んだが、農産物に関しては 1 年を通じて様々な映像・画像の撮影環境におけるデータ取得と学習の積み重ねが必要であるため、単年度で劇的な AI 性能の向上には至っておらず、継続的な取組が必要である。本年度の開発実証で得た知見をもとに AI 性能の磨き上げが必要である。一部においては、農林水産省令和 5 年度「スマート農業実証プロジェクト(スマート農業産地モデル実証(ローカル 5G))」において課題対応が行われ、年間を通じたデータ取得による AI 性能向上に取り組まれる予定である。

## 5.3 工場・発電所

### 5.3.1 背景課題

#### (1) 工場

製造業は我が国の経済を牽引する基幹産業であり、高い技術力を強みとして数多くのイノベーションを生み出してきた。しかし現在、労働人口の減少による人手不足と、それに伴う技術継承等の課題が顕在化している。また、顧客・市場の急速なニーズ変化に伴うプロダクトのライフサイクル短期化や、グローバルでの競争激化(低価格化)といった外部環境の変化、さらに原材料高騰・半導体不足、新型コロナウイルス感染症による需要減・受注減及びサプライチェーンへの影響、さらには地政学リスクといったリスクにも直面している。

こうした課題解決の手段として、設備投資・デジタル化の取組みが求められている。2017 年、経産省は主に製造業を対象とした我が国の目指すべき姿としてコネクテッド インダストリーズ(Connected Industries)を提唱。これは「データを介して、機械、技術、人など様々なものがつながることで、新たな付加価値創出と社会課題の解決を目指す産業の在り方」であり、最終的には我が国が目指す「Society5.0」の実現を目指したものである。また、第 4 次産業革命に対応したもの作りに向け、目指すべきスマート化の方向性やレベルなどを整理した「スマートファクトリーロードマップ」の策定や、産業

用ロボットガイドラインの策定・人材育成拠点の整備支援、IoT 利活用事例の情報提供等の取組みを進めている。

また上述のサプライチェーンリスク等に対する取組みの一環として、経済産業省では 2021 年 6 月、「半導体・デジタル産業戦略」を公表。さらに、同年 11 月には我が国半導体産業復活の基本戦略として、3 段階の実行ステップと、事業環境の整備からなる「半導体産業基盤緊急強化パッケージ」を取りまとめる等、我が国製造業の強靱化に向けた取組みが進められている。

## (2) 発電所

我が国では、2018 年に閣議決定されたエネルギー基本計画において、再生可能エネルギーに対し我が国として経済的に自立し脱炭素化した主力電源化を目指すことを前提に、洋上風力発電の導入拡大の必要性及び導入促進策を講じていくこと等、洋上風力発電が重要な再生可能エネルギーとして位置づけられた。さらに 2021 年度に閣議決定された「第 6 次エネルギー基本計画」では、2030 年度時点で電源構成比に占める再生可能エネルギーの割合を 36～38%にするという目標が示され、2021 年に策定された政府のグリーン成長戦略では、2050 年のカーボンニュートラル実現に向け、洋上風力において 2040 年までに 3,000 万～4,500 万 kW の案件形成を目指すなど、洋上風力に対する再生可能エネルギーの主力電源化としての期待は大きい。また、経済波及効果や雇用創出効果も見込まれている。一方、社会活動の維持に欠かせないエネルギーの供給にあたっては、いくつもの課題が顕在化している。例えば自然災害の激甚化であり、エネルギーの安全性確保に向けた電力インフラの強靱化は非常に重要な課題である。また、高経年設備の増加とそれに伴う不具合・事故の増加や、少子高齢化に伴う人材不足といった社会構造の変化に伴う課題も存在する。

そのため経済産業省スマート保安官民協議会 電力安全部会では、こうした課題に対し、電気保安分野において IoT や AI、ドローン等の新たな技術を導入することで、保安力の維持・向上と生産性の向上を両立させていくことが重要であるとし、アクションプランを策定した(2021 年 4 月)。2025 年をターゲットイヤーとし、スマート保安の導入を促進することで、電気設備棋院の事故の低減を目指すとしている。

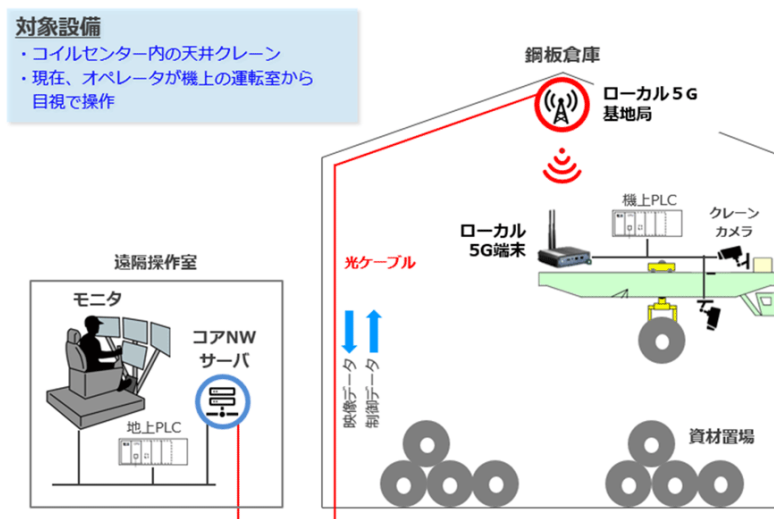
### 5.3.2 分野を取り巻く動向

工場・発電所では上述の課題解決に向けて、省人化・省力化、生産効率向上に向けた取組みが進められている。以下にその例を挙げる。

#### (1) 運搬自動化・無人化

工場における製造工程間の運搬は AGV・AMR の活用やクレーンの自動運転等が進んでいる。一方で、無線 LAN(Wi-Fi)による運搬自動化・無人化では、通信の不安定性や、データ遅延等の課題が存在していた。こうした課題を解決するため、オムロン株式会社では、草津工場内を走行し部品や製品を搬送する自動搬送ロボット(モバイルロボット)の制御にローカル 5G を活用する実証実験を実施してい

る<sup>7</sup>。また、クレーンの遠隔制御においては、AGV・AMR と同様に映像データ・制御信号といったデータの安定伝送が求められることに加え、有線ケーブルを活用する場合はクレーンの広い稼働域に対応する長大なケーブルを保護する装置(ケーブルベア)が必要であること等の課題も存在し、ローカル 5G の有効性が着目されている。例えば、日鉄ソリューションズ株式会社では、豊田スチールセンター株式会社 of 工場において、ローカル 5G による天井クレーンの遠隔運転ソリューションを提供している。



出所)日鉄ソリューションズ株式会社プレスリリース(2022年8月31日)

図 5-8 豊田スチールセンターにおけるクレーンの遠隔運転 システム概念図

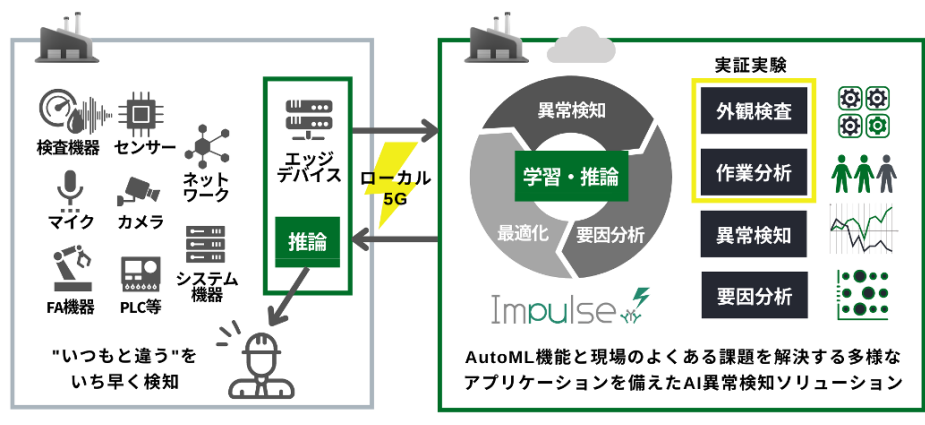
## (2) 品質管理(外観検査)

製造業における品質管理では工程間・最終製品いずれにおいても全数検査が望ましく、従来は目視による検査が行われていたが、コストや精度の面から、センサーや AI 等のソリューション導入が進んでいる。一方で、分野によっては非常に高精細な画像が必要であったり、学習データの不足等により AI による精度が十分に達成できなかつたりといった課題が存在する。また、ラインスピードが非常に速い(例えば 1 分間 500m 程度等)箇所においては、AI による置き換えが困難と想定されているケースもある(現状 CCD カメラやレーザー等を用いた自動検出装置で閾値を設定し外観検査を実施)。

特に最終製品にあつては不良品を見逃すことは許されなため、AI を導入していても安全側に倒す仕組みをとることが多いが、例えば精密工業分野では 1 個の不良品の判断を人の目で実施した場合 3 ~4 分掛かっているという例もあり、完全な自動化の実現が期待されている。

こうした状況において、5G の大容量・低遅延通信を活用することにより、高精細映像の伝送・AI による高精度な自動判定が実現できる可能性があり、過年度総務省実証事業における取組みの他、例えば岡谷鋼機、岡谷機電、ブレインズテクノロジー、オプテージの 4 社は、ブレインテクノロジーの異常検知ソリューション「Impulse」において、ローカル 5G との接続検証に取組み、問題なく動作することを確認している。

<sup>7</sup> 日経クロステック「オムロン草津工場、ローカル 5G で自動搬送ロボットの衝突防ぐ」(2022年5月26日)  
<https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/02073/00001/> (2023/3/24 最終閲覧)



出所)ブレインズテクノロジープレスリリース(2023年1月24日)

図 5-9 「Impulse」を活用したローカル 5G ネットワークとの接続検証

### (3) 洋上風力発電におけるブレードメンテナンス

風力発電のブレードメンテナンスの方法としてはロープワークが一般的であるが、墜落災害の危険性に加え、メンテナンスコスト自体が高いことや、ダウンタイムの長時間化による発電機会損失の発生、洋上風力発電アクセス船が海況の影響を受けることによるメンテナンス遅延の発生などが懸念される。

そのためドローンを活用したブレードの撮影・画像解析による点検システムの検討・ソリューション展開が進められている。ロープワークからドローンによる点検に転換した場合、点検に掛かる時間の大幅な削減、及び発電稼働率の向上が見込める他、作業員の安全確保にも寄与する。一方でドローンによる点検には 5,000~6,000 万画素の高精細画像が必要とされ、かつ撮影漏れや撮影失敗時・損傷箇所発見時の再検査にはリアルタイム性が必要となることから、これを可能とする無線通信手段の実現が求められている。

#### 5.3.3 ローカル 5G 活用モデル

##### (1) 過年度実証の成果と課題

###### 1) 過年度実証の成果

過年度実証では、作業時間短縮・効率化を目指した実証が最も多く実施された。例えば外観検査ソリューションでは、組立・検査工程の作業時間が1台あたり15.2%削減された事例がある他、不良品発生にもつながる工場設備の異常を、センサーデバイスによる収集された音響データと AI によって検知するソリューションでは、28%の不良品発生率削減効果を確認するなど、具体的な効果が明らかになった。

遠隔作業支援等による作業効率化・安全性向上においては、移動時間を含む指導時間が34%削減されるなど、移動時間や出張費用等の削減効果が期待できることが明らかになった。一次検品から二次検品確定までの平均滞留時間は31%の削減効果を確認。また、若手溶接士に対する遠隔指導では、溶接品質を評価する外観試験で100点満点中10点台から80点台まで上昇し、溶接技能の向上が図られることが確認された。一方、運用面での改善点も浮き彫りになった(後述)。

## 2) 過年度実証で得られた課題

過年度実証では上述のような成果が得られた一方、例えば遠隔作業支援に用いた MR システムは、総重量 13kg の PC、GPU 等のバックパックを背負いながら作業する必要があるなど、運用改善が必要であることが明らかになった。また、錆・腐食の確認(リアルタイム性は不要)、切削工具の寿命判断(必要伝送速度 1.5Mbps など、必ずしもローカル 5 G 性能を活かしきれていないソリューションも見受けられた。

さらに、屋内環境、遠隔指導や巡回など単機能のソリューションの場合、費用対効果が得られにくく、工場全体の DX 化を見据え、複数ソリューションを利用可能とする通信インフラの構築の必要性が明らかになった。

## (2) 今年度実証における取組み

### 1) ローカル 5G を活用した風力発電の設備利用率向上によるカーボンニュートラル社会の実現

表 5-4 実証概要

実証 No.	開 06
実施体制 (下線:代表機関)	(株)秋田ケーブルテレビ、NEC ネットエスアイ(株)、(株)Dshift、関西電力(株)、秋田県、ZEIN(株)、東京大学、(一社)日本ケーブルテレビ連盟
実施地域	秋田県秋田市(ユーラス秋田港ウインドファーム)
実証概要	<ul style="list-style-type: none"><li>➢ 海岸線上の風力発電所周辺にローカル 5G 環境を構築し、将来的な洋上風力発電での活用を見据えて、損傷等異常のリアルタイム分析を目指し、ドローンで撮影した風車ブレードの高精細画像を陸域に伝送する実証を実施。</li><li>➢ 風車メンテナンス作業の効率化による風力発電の設備利用率向上を通じ、カーボンニュートラル社会を実現。</li></ul>

出所)「令和 4 年度課題解決型ローカル 5G 等の実現に向けた開発実証」実証事業企画概要

#### a. ソリューション

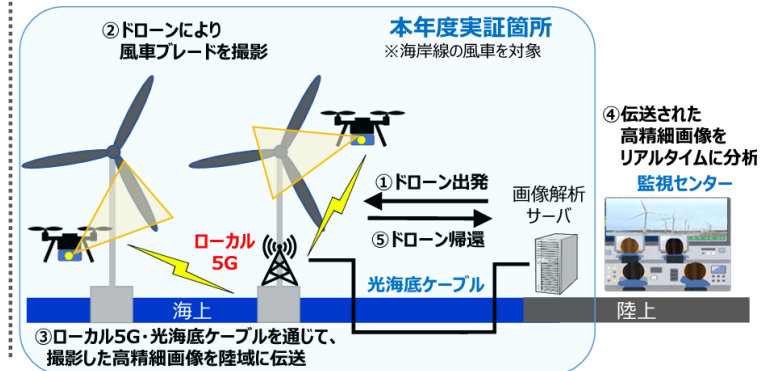
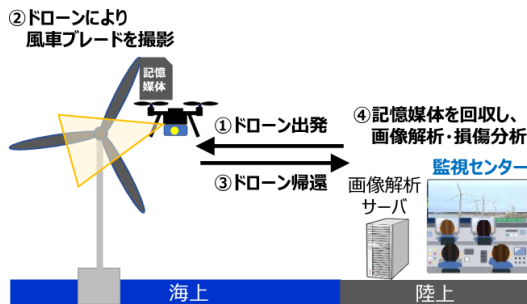
洋上風力発電事業の普及・拡大にあたり、そのライフサイクルコストの 35%以上を占める運転保守の高度化・合理化に着目。ドローンを活用した風車メンテナンスにおいて課題となる点検データの回収をローカル 5G によって効率化し、メンテナンス停止時間を短縮化させることで、発電設備利用率の拡大を実現する。

具体的には、海岸線上の風力発電所周辺にローカル 5G 環境を構築し、ドローンで撮影した風車ブレードの高精細画像を陸域に伝送する検証を実施した。



**現状** ✓ 記憶媒体回収後の画像解析・損傷分析となるため、  
-撮影失敗時は再飛行が必要。  
-再調査が次の日におよぶなど作業効率に課題。

**実装時** ✓ ローカル5Gの活用により、  
-記憶媒体回収のためだけの往復飛行は不要に。  
-撮影結果の即時確認により、再飛行が軽減可能。  
-撮影と分析の同時実施により、作業効率向上。



出所)令和4年度ローカル5G開発実証事業企画概要

図 5-10 ソリューション概要(ローカル 5G を活用した風力発電の設備利用率向上によるカーボンニュートラル社会の実現)

## b. 導入効果

提案する課題解決ソリューションにより、伝送速度は最大値 60Mbps、伝送遅延は 30ms 未満を達成。これにより、技術的には顕在化している課題はなく即実装が可能であることを確認した。

ただし、緊急回避性能における制動距離や洋上風車への基地局の設置など運用面に関しては、ドローン飛行制御に係るシステムの検討や、実環境を想定した追加の実証など、引き続きの対応を実施する必要がある。

また、総出力 20 万 kW と総出力 50 万 kW における 20 年間の費用対効果を実証結果をもとに算出すると、前者:導入コスト 6.1 億円に対する総効果額は 83.6 億円、後者:導入コスト 11.4 億円に対する総効果額は 209.6 億円となり、ともに本ローカル 5G 活用モデルの高い費用対効果を確認した。

## c. ステークホルダの役割

本ソリューションの提供者は全ての洋上風力発電開発地点に対してサービス提案することが可能な株Dshift を想定している。

ローカル 5G 導入時の構築、運用後の保守は㈱秋田ケーブルテレビと NEC ネットズエスアイ㈱が連携して実施する。具体的には、㈱秋田ケーブルテレビは地域通信事業者としてローカル 5G の免許人となり、ローカル 5G 設備の一次保守(ユーザからの問い合わせへの対応、障害発生の確認から機器等の目視確認、障害発生原因の切り分け等)を担う。NEC ネットズエスアイ㈱は二次保守(交換機器の手配、一次保守業者からの問い合わせへの対応としてのバグ等の検証、ファームウェアのバージョンアップ等に係る検証等、メーカー問い合わせ等)を担う。

ユーザとしては、関西電力㈱を含む SPC を想定している。実際の洋上風力発電施設への実装を行う際は、ローカル 5G は SPC が所持する前提である。

秋田県は、民間だけでなく、他の自治体等におけるユーザとのマッチングを支援する。

なお、秋田県外で実証を実施する場合、SPC からの要望によっては、ユーザである SPC が免許人となるケースも想定される。

#### d. 想定されるビジネスモデル

上記をビジネスモデルとして図示すると以下の通りとなる。

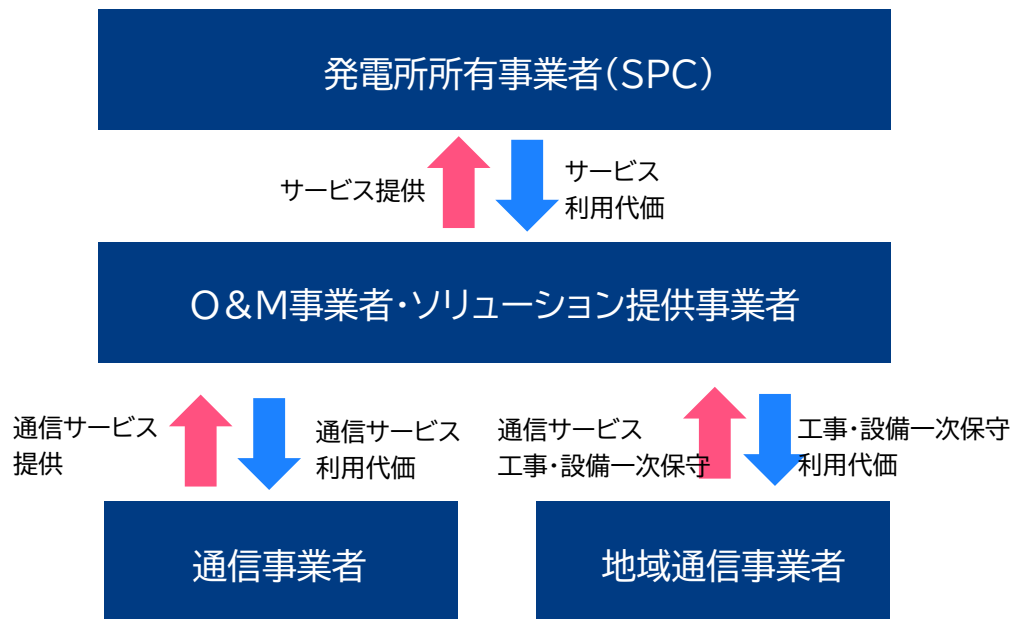


図 5-11 想定されるビジネスモデル(工場・発電所)

## 2) データセンターにおけるローカル 5G を活用した運用省人化及び安定運営の実現

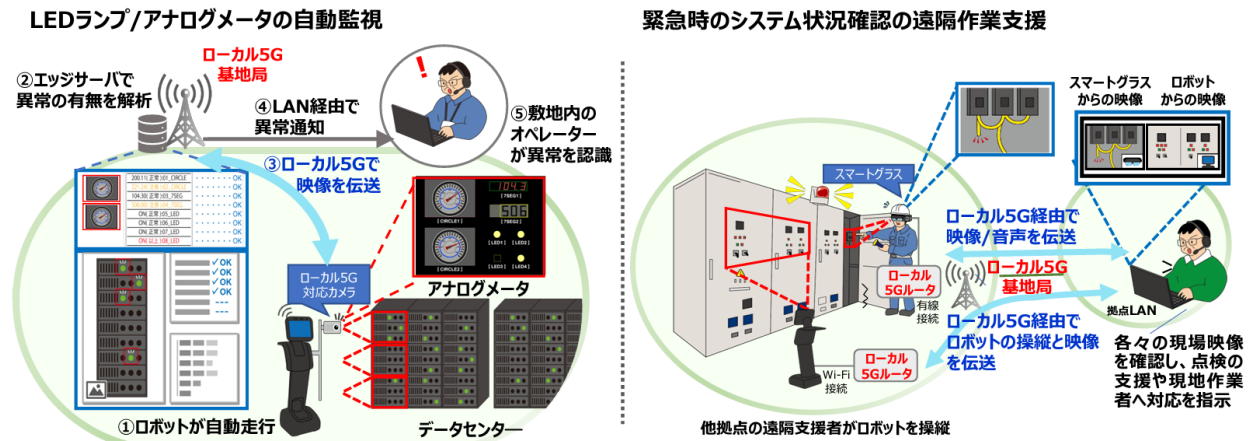
表 5-5 実証概要

実証 No.	開 07
実施体制 (下線:代表機関)	富士通(株)、(株)富士通総研、富士通ネットワークソリューションズ(株)、(株)ブルーストーンリンクアンドサークル
実施地域	神奈川県横浜市(富士通(株)横浜システムセンター)
実証概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>データセンターにローカル 5G 環境を構築し、ロボットを活用したサーバ機器等の状態を示す LED ランプ/アナログメータの自動監視や、外部給電が遮断された場合等緊急時のシステム状況確認の遠隔作業支援に関する実証を実施。</li> <li>データセンター運用の自動化・省人化及び災害時の早期復旧を通じた、デジタルインフラの強靱化を実現。</li> </ul>

出所)「令和 4 年度課題解決型ローカル 5G 等の実現に向けた開発実証」実証事業企画概要

### a. ソリューション

データセンター運用の自動化・省人化と災害時の早期復旧により、サービス品質の維持・向上、デジタルインフラの強靱化を目指し、データセンターに構築したローカル 5G 環境を活用することで、①LED/アナログメータ自動監視ソリューションによる、目視と同等レベルの判定精度かつ作業員の巡回点検作業時間の短縮、及び②スマートグラスを用いた緊急時の遠隔支援ソリューションによる、外部給電の遮断等災害時における迅速な復旧の実現、に係る実証を実施した。



出所)令和4年度ローカル5G開発実証事業企画概要  
 図 5-12 ソリューション概要(データセンターにおけるローカル5Gを活用した運用省人化及び安定運営の実現)

## b. 導入効果

提案する各課題解決ソリューションについて、以下の通り効果を確認。

- (ア) LED/アナログメータ自動監視:判定精度は88~100%、サーバ室(ラック300台)における監視時間の試算は224分であり、点検作業をロボットに置き換えることにより、現行(1日1回)からの巡回点検作業の短縮の目標を達成。自動走行ロボットの1回の充電で全てのサーバラックを巡回できることも確認した。
- (イ) 緊急時作業の遠隔支援:アバターロボットに搭載した4K映像で現地状況を共有し、スマートグラスでの空間描画や資料共有により、現地作業者と遠隔者が点検・復旧作業を円滑に行えることを、習得時間や操作性、映像・音声品質から確認。

## c. ステークホルダの役割

本ソリューションは目下の実装対象として自社(富士通株式会社)横浜データセンターを想定している。このケースにおいては、富士通株式会社はユーザかつ免許人、ソリューション運用者となる。また、免許申請支援や無線機器、ネットワーク機器の設置調査/設計/工事、及びソリューション開発(ロボット)を富士通ネットワークソリューションズ株式会社が担う。LED/アナログメータ自動監視ソリューションの開発は、アキュイティ株式会社を担うことを想定している。

また他社データセンターへの実装(横展開)においては、免許人の主体は導入先のデータセンター事業者を想定する。

## d. 想定されるビジネスモデル

本実証で開発されたソリューション及びローカル5Gシステムの上で機能することが想定される各種アプリケーションは、データセンター事業者のためのものであり、データセンター事業者が自ら整備することが必要となる。データセンター事業者が各ソリューション提供するベンダ及び通信事業者と個別に委託し、その対価としてサービス提供を受けるモデルが原則となる。

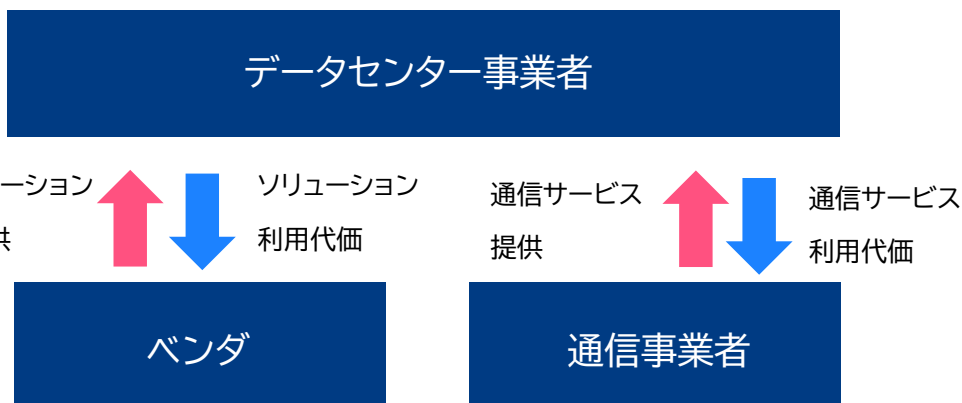


図 5-13 想定されるビジネスモデル(データセンター)

### 3) ローカル 5G を活用した精製物の AI 粒度判定等による離島プラント工場の業務効率化の実現

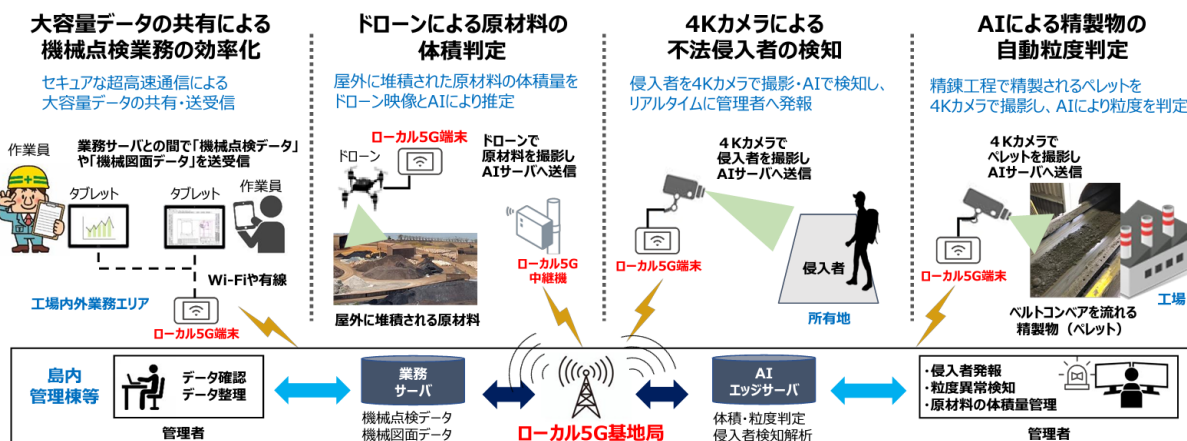
表 5-6 実証概要

実証 No.	開 08
実施体制 (下線:代表機関)	(株)ハートネットワーク、住友金属鉱山(株)、(株)四阪製錬所、ソフトバンク(株)、NEC ネットウエスアイ(株)、日本電気(株)、愛媛大学、(一社)日本ケーブルテレビ連盟、(株)地域ワイヤレスジャパン、新居浜市、新居浜地域スマートシティ推進協議会
実施地域	愛媛県新居浜市、今治市(四阪製錬所、四阪島)
実証概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>離島のプラント工場にローカル 5G 環境を構築し、大容量データの共有による機械点検業務の効率化、ドローンによる原材料の体積判定、4K カメラによる不法侵入者の検知及び AI による精製物の自動粒度判定の実証を実施。</li> <li>地域のモノ作りのデジタル化による生産性向上や業務効率化を実現。</li> </ul>

出所)「令和 4 年度課題解決型ローカル 5G 等の実現に向けた開発実証」実証事業企画概要

#### a. ソリューション

離島のプラント工場にローカル 5G 環境を構築。大規模プラント特有の課題(業務・生産性の非効率や機会損失の工場、盗難リスクへの対応)の解決に向けて、ドローンによる原材料の体積判定、4K カメラによる不法侵入者の検知、AI による精製物の自動粒度判定の 3 つのソリューションの有効性を検証した。



出所)令和 4 年度ローカル 5G 開発実証事業企画概要

図 5-14 ソリューション概要(ローカル 5G を活用した精製物の AI 粒度判定等による離島プラント工場の業務効率化の実現)

## b. 導入効果

一部目標未達(改善が必要)な項目もあるが、ソリューションの有効性を確認することができた。下記のうち、①～③のソリューションについては、令和5年度中の実装を予定している。

- ① 大容量データの共有:点検結果の報告・確認の移動時間を削減。目標に不達であるものの現状より33%効率化(40時間/年の削減)を達成。
- ② 4Kカメラによる不法侵入者の検知:4Kカメラで撮影した動画をAIで解析し、目標には不達だったが目視による監視を実施した場合に比べ33%(3人→2人)の人件費削減、検知率100%を達成
- ③ AIによる精製物の自動粒度判定:4Kカメラで撮影した画像データをAIで解析し、精度は90%、作業時間は導入前と比べて78%(400時間/年)の削減を達成。
- ④ ドローンによる原材料の体積判定:原材料の在庫状況をドローンで把握(体積推定)することにより、在庫量確認頻度は従来の半分に効率化できたが、作業時間が従来より掛かり、トータルでは目標未達となった。

## c. ステークホルダの役割

地域のケーブルテレビ事業者であるハートネットワークがサービス提供の統括的立場となり、ローカル5Gシステムを提供するNEC ネットズエスアイ、保守・工事を担当するネットセーブ、及びソリューション提供を行うソフトバンクを取りまとめ、これら事業主体が複数の企業等にサービス提供を行う。

## d. 想定されるビジネスモデル

上記を踏まえ、想定されるビジネスモデルは以下の通りとなる。

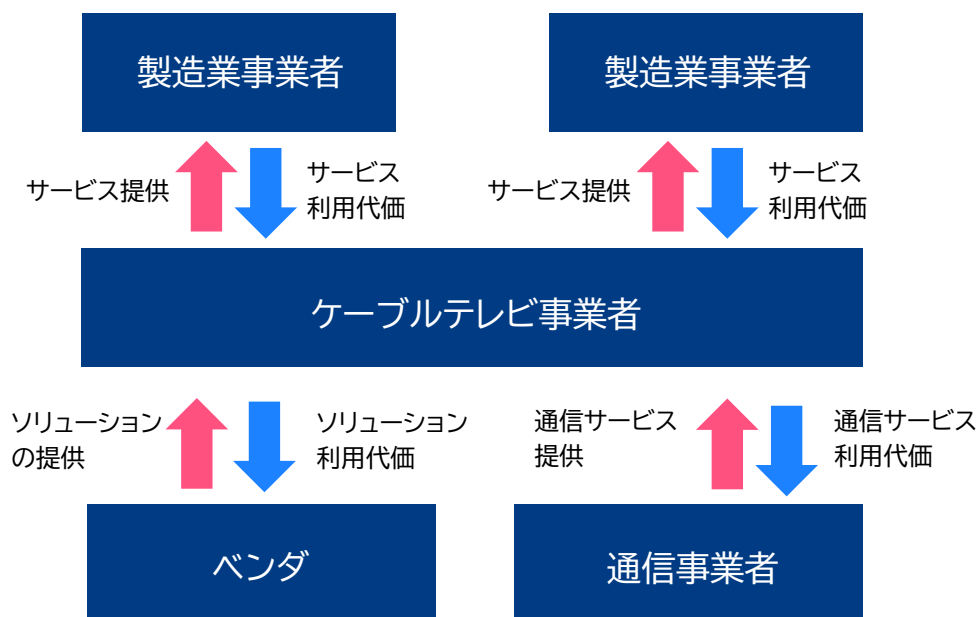


図 5-15 想定されるビジネスモデル(工場)

#### 4) 地方公共団体と連携したローカル 5G の活用による火力発電所のスマート保安の実現

表 5-7 実証概要

実証 No.	開 09
実施体制 (下線:代表機関)	九州電力(株)、日本電気(株)、ニシム電子工業(株)、西日本プラント工業(株)、(株)正興電機製作所
実施地域	熊本県苓北町(九州電力(株)苓北発電所)
実証概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 発電所内の港湾施設付近にローカル 5G 環境を構築し、AI 画像認証による車両の入退管理、自動走行ロボットによる車両誘導、ドローンによる巡視点検、高精細カメラによる不審船の監視の実証を実施。</li> <li>➢ 保安力の維持・向上と生産性の向上を両立させるスマート保安及び、迅速かつ的確な災害対策を実現。</li> </ul>

出所)「令和 4 年度課題解決型ローカル 5G 等の実現に向けた開発実証」実証事業企画概要

##### a. ソリューション

発電所屋外エリア(一部)においてローカル 5G 環境を構築し、平常時及び大規模災害時を想定した以下 4 つのソリューションを実証。

- ① 車両の AI 入退管理: 発電所へ入退する車両を対象に、AI カメラを用いて車両ナンバープレートを自動認識し、事前に登録された情報と照合判定することでセキュリティ、入退管理を実施。大規模災害時には港湾に入港する物資運搬船から出入りする支援物資運搬車両等の入退管理に活用。
- ② 自動走行ロボットによる車両誘導: 大規模災害時における多数の支援物資運搬車両を想定し、予め移動ルートを設定しロボットが自動で指定した場所(発電所入退ゲート)まで車両を誘導(約 1.5km)。
- ③ ドローンによる映像確認: 障害物回避機能を搭載した自律飛行ドローンを使用し、発電所設備の点検を実施するとともに、リアルタイムでの映像伝送を保全業務で活用。ドローンで撮影した構内や港湾部の映像を必要に応じてリアルタイムで地方自治体へ映像伝送を行い、遠隔地から災害への支援状況を監視する。
- ④ 高精細カメラによる監視: 港湾部に配備されたカメラで港湾エリアの不審船、侵入者を常時監視。

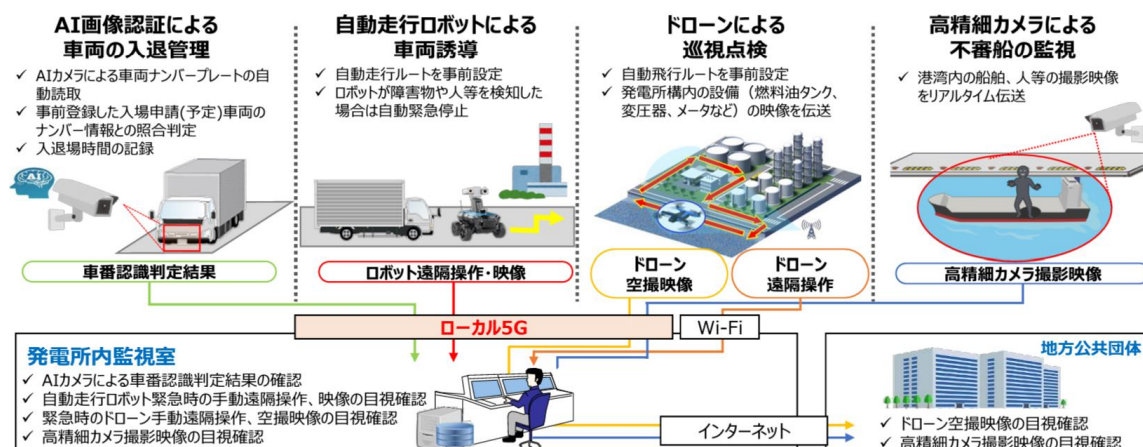


図 5-16 ソリューション概要(地方公共団体と連携したローカル 5G の活用による火力発電所のスマート保安の実現)

## b. 導入効果

### ア) 車両の AI 入退管理

車両ナンバープレートを自動認識し、事前に登録された情報と照合判定した結果、車両認識率 100% を達成。これを踏まえ、以下の削減効果額が算出された。

- 期間入門時における手続き時間の削減時間 27 分/台、年間削減効果額 3,033 千円
- 一時入門時における手続き時間の削減時間 11 分 30 秒/台、年間削減効果額 9,690 千円
- 入退門者の通門時間の削減時間 10 秒/台、年間削減効果額 561 千円

車両 AI 入退管理の年間総削減効果額(時間削減によるもの)は上記を合計した 13, 284 千円となる。

### イ) 自動走行ロボットによる車両誘導

物質輸送回数を 1 年間で 365 回、大規模災害によって天草 5 橋のうち 1 橋が倒壊し、天草地区が効率化、復旧期間に 1 年を要すると仮定した場合において、1 回の物質輸送における削減時間は 115 分、削減効果額は 3,887 千円と算出された。

### ウ) ドローンによる映像点検

ドローンで映像点検を行うことによって削減される移動時間は年間約 671 時間、毎日巡視を行うことを前提に算出した年間効果額総計は 1,863 千円となった。効果が限定的であったため、適用範囲の拡大等の検討が必要と考えられる。

### エ) 高精細カメラによる監視

高精細カメラで監視することによって削減される移動時間は年間約 1,269 時間、年間効果額総計は 3, 525 千円となった。

## c. ステークホルダの役割

本実証は九州電力茶臼山発電所においてスマート保安の実現という旗印のもと令和 9 年度までのフル実装完了を目指す。実装主体となる九州電力が免許人となり、実施内容の検討・計画立案・実施及びローカル 5G システムの運用を担う。また、ローカル 5G ネットワーク機器の継続提供・保守及びエリア拡大への対応は日本電気が担う他、ニシム電子工業・西日本プラント工業が設置工事等を担う。

ソリューションの機能改善・修理については、ドローンを九電ドローンサービス、ロボットを正興電機製作所が担う他、AI 入退管理を日本電気が担う。

## d. 想定されるビジネスモデル

本実証で開発されたソリューション及びローカル 5G システムの上で機能することが想定される各種アプリケーションは、電力会社(発電所)のためのものであり、電力会社が自ら整備することが必要となる。電力会社が各ソリューション提供するベンダ及び通信事業者と個別に委託し、その対価としてサービス提供を受けるモデルが原則となる。

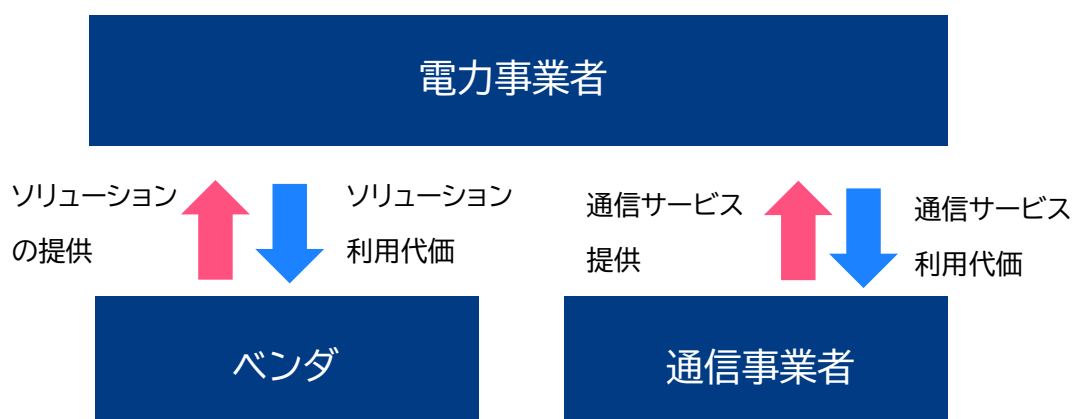


図 5-17 想定されるビジネスモデル(発電所)

### (3) 普及に向けた課題と解決策

#### 1) 有効なソリューション

本事業では、主に省力化・作業時間削減(人件費削減)や、安心・安全確保を目的としたソリューションの検証が行われ、いずれにおいても一定の導入効果が示された。例えば高精細カメラやドローンによる映像伝送ソリューションでは、移動時間等の削減効果の他、危険な作業の代替、これまで人の目だけでは行き届かなかったエリアの監視等、工場の保安に向けた付加価値の提供を実現できたと言える。

#### 2) エリア構築・システム構成等のポイント

##### a. 洋上風力発電

洋上風力発電のウインドファーム(一般海域または港湾区域等沿岸地域)での展開においては、海面反射、潮位変動、波高の影響によって長期、短期の変動が発生する。本実証では、基地局アンテナのチルト角<sup>8</sup>は水平より上向き、かつ電波伝搬路の陸海混合比は 100%海面であることが好ましく、その際、波高及び潮位による顕著な影響はない可能性を確認できた。

##### b. データセンター

データセンターなどのサーバ室ではサーバラックのような金属の遮蔽物の陰などで見通し外となる区画が多く発生し、部分的に電波強度が弱くなる可能性がある。本実証では、DAS により、見通し外となる区画が多い環境下でのエリア化や連続したエリア拡張用途での有効性を確認した。

##### c. 工場・発電所

広域かつ特殊な構造物や建屋が密集する発電所やプラント工場では、局所的な不感エリアが多数発

<sup>8</sup> チルト角とは、水平方向を基準とした上下の傾きの角度をいう。



生ずるリスクがある。不感エリア解消策として、リピーターは送信出力が小さく利用可能エリアが狭いという短所はありつつも、局所的なエリアをカバーできる可能性があり、リピーターの配備によってコスト削減と柔軟なエリア化が実現できる可能性が示唆された。

### 3) 普及に向けた課題と解決策

工場・発電所におけるローカル 5G 活用モデル普及の課題として、まず AI ソリューションの精度向上が複数実証/ソリューションで挙げられている。この対応としては、教師データの蓄積と追加学習による精度向上を目指す必要がある。

また、実装を想定した場合には、保守・運用の体制についても十分に検討する必要がある。工場・発電所は異常等が発生した際にすぐにベンダ等が駆け付けることが難しい立地であることも多い。また、現状の各種設備・品質管理等の運用を代替あるいは新たな動作が追加されることになるという点においても、保守・運用マニュアルや必要なルールの策定、現場への丁寧な説明と教育が必要である。また、ベンダによるリモート保守とユーザによる一次対応を組み合わせた運用体制なども考えられる。

さらに、費用対効果の面では、ローカル 5G の通信インフラを最大限活用し、汎用ソリューションから導入していくことや、単一のソリューションでなく複数ソリューションを想定して実装に取り組むことも重要である。

## 5.4 インフラ(空港・港湾)分野

### 5.4.1 背景課題

#### (1) 空港

現在我が国の空港では、2030 年の訪日旅客 6,000 万人の目標達成に向けて積極的な機能強化が進められている一方で、生産年齢人口の減少に伴う労働力不足が顕在化しており、供給面での制約が懸念されている。国土交通省航空局ではこの課題に対応するため、官民が連携しながら、IoT、AI、自動化技術等の先端技術を活用した「航空イノベーション」を推進し、今後の我が国航空輸送の拡大を支えていく方針としている。このため、2018 年 1 月に「航空イノベーション推進官民連絡会」を立ち上げ、官民一丸となって取り組みを開始した。

こうした中で、特に労働力不足が深刻化している地上支援業務については、省力化・自動化が強く求められている。国土交通省航空局としては、2025 年までに空港内における自動運転レベル 4 相当の導入を目標としており、その取組の一環として、空港の制限区域内において、自動運転の実証実験を実施することとしている。

「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」は、実証実験に係る実施内容の検討及び結果の評価について、委員から意見を聴取し、実証実験を的確に実施するとともに導入に向けた課題を抽出することを目的として設置するものである。

空港制限区域内の自動運転(レベル 4)においては、道路交通法における特定自動運行の許可制度に準じた制度検討、つまり遠隔監視体制を必須とする方針としている。自動運転車両の制御には空港施設に埋設された磁気マーカーや GNSS が使用され、自動運転車の制御に直接通信が使用されることは

想定されていないが、遠隔監視体制(緊急時における遠隔による人の干渉)の構築のため、占有帯域によるリアルタイムで高精細画像の伝送が可能なローカル 5G の利用が期待されている。

表 5-8 空港制限区域内の自動運転実現に向けた経緯

<ul style="list-style-type: none"> <li>● 2018 年度～2021 年度 ランプバス、トーイングトラクターで自動運転レベル 3 相当の実証実験(それぞれの実証実験参加者が車両の技術確認を行うことに主眼)</li> <li>● 2020 年度 国による磁気マーカー、3D マップ整備(羽田空港)、レベル 3 自動運転の指針・ガイドランスを策定</li> <li>● 2021 年度～ レベル 4 に向けた実証実験開始</li> <li>● 2022 年度～ 車両のみで対応困難な課題については、インフラや運用ルールの整備が必要であり、国が主導して取り組む(令和 4 年 9 月 22 日、第 12 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) <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 主要論点 <ul style="list-style-type: none"> <li>◇ ハードウェア故障時の緊急対応</li> <li>◇ 緊急車両の認識</li> <li>◇ 航空機の走行やブラストへの対応</li> <li>◇ 通路への進入時の錯綜回避</li> <li>◇ 横断歩道での人の横断意思確認</li> <li>◇ 電波による自車位置推定が困難な箇所(トンネル、橋下部等)への対応</li> <li>◇ 自動運転車両の低速走行による渋滞の発生</li> <li>◇ 駐停車車両の回避</li> <li>◇ 車線減少部での合流判断</li> <li>◇ 交差点での発進・停止判断→方向性を議論</li> <li>◇ 雨滴による誤判定</li> </ul> </li> <li>➤ 道路交通法における特定自動運行の許可制度に準じた制度検討(遠隔監視体制を必須)</li> </ul> </li> <li>● 2025 年度 実運用開始(目標)</li> </ul>
---

出所)国土交通省航空局「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」資料より三菱総合研究所要約・追記

## (2) 港湾

物流面における、現在の我が国の港湾が抱える課題として、サプライチェーンの効率化が挙げられる。近年の製造業では、工場を東南アジアなどに置いて部品などの基礎素材を製造し、日本に運び製品として組み上げるスタイルが一般的になっている。

物流の窓口であり、重要な機能拠点でもある港湾で、荷物の積み下ろしが滞ってしまうと、その後のサプライチェーン全体に遅延が発生し、完成品のコストが上がり、最終的には消費者が支払う製品に対する値段に跳ね返る。そのため、物流・輸送の経由地点である港湾で如何に迅速かつ正確に作業を進めることができるかが重要になる。

海外の港湾では、荷役機器の自動化や遠隔操作化により競争力を上げている港湾が存在し、我が国でも国際競争力の強化、労働人口の減少等に対し、業務効率化・生産性向上に加え、労働環境や荷役作業の安全性向上に向け、情報通信技術を活用した港湾のスマート化(AI ターミナル構想等)が進められている。

一方、少子高齢化の環境下、ガントリークレーンオペレータ、RTG オペレータといった熟練技を有する港湾労働者の不足とその確保が、円滑なコンテナ物流を担保する上で重要な課題となっている。こうした動きを先取りし、静岡県清水港においては、コンテナターミナル内にローカル 5G 環境を構築するとともに、RTG オペレーションを順次遠隔操作化することにより、RTG オペレータの負担の軽減を図るとともに、一部作業を自動化する等の取組を進めている。さらに、コンテナターミナル内における労働者間のコミュニケーション手段として Wi-Fi が活用される場合が多いが、通信断が生じる場合があり、安全かつ効率的な荷役作業に支障が生じる場合がある。また、屋外に蔵置した冷蔵コンテナの電源接続確認、温度確認などについても、安定した無線環境の構築が困難であったために、人手による作業を余儀なくされており、安全性と効率性の両面で大きな課題となっていた。電力線通信による管理自動化を模索する動きがあったものの、ノイズの発生などにより温度の適確な把握が困難であるなど、安定した無線環境の構築に対する現場サイドの要望は極めて強い。

## 5.4.2 分野を取り巻く動向

### (1) 空港

海外の諸空港においては、ローカル 5G に類するプライベート 5G(自社の敷地内に個別要件に応じた 5G ネットワークを構築するという点ではローカル 5G と同じであるが、周波数帯は一般の利用者と同じものを使用する)を活用する動きが進んでいる。

#### 1) 遠隔監視・巡視点検

ブリュッセル空港においては、将来の IoT (モノのインターネット)、自動化された車両、移動式安全システム、トラック & トレース技術などの追加技術を導入する基盤として整備を進めており、プライベート 5G ネットワークを 2020 年 3 月に供用開始した。第 1 段階では、5G を使用して空港敷地外の接続を提供し、その後、5G を屋内に設置する予定としている。

空港管理者主導の下、プライベート 5G を利用したドローン目視外飛行による空港監視(バードストライク、小動物)を 2021 年 3 月 31 日から 4 月 1 日にかけて実施している。

地上エリアのセキュリティ検査や緊急時の各航空機の監視、滑走路付近への野生動物の侵入検知などにドローンを活用する試みを進めており、ローカル 5G 網は広大な範囲内でのドローン制御や高精細動画のリアルタイム配信などを実現するとしている。

#### 2) 自律ロボット/自動運転車両等の遠隔制御

本実証サイトである成田国際空港において、国際トランジット旅客を対象としたターミナル間連絡バス(自動運転)複数台の遠隔監視(遠隔によるドア開閉、発車指示、緊急停止)のためにローカル 5G を導入する。自動運転の制御そのものはキャリア通信及びローカル 5G を使用せず、車載センサー(LiDAR 取得情報等)と三次元高精度自動運転用地図による自己位置推定により、走行経路を自動運転システムが定めた限定領域(ODD:Operational Design Domain)内に保つ。

### 3) 遠隔指導・作業支援

Vodafone は、ハンブルグ空港のルフトハンザの基地にある 8,500 平方メートルの格納庫に 5G モバイルプライベートネットワーク(MPN) を導入した。格納庫における航空機エンジン検査をトゥールーズ等の航空機メーカーの拠点からリモートで行うために通信基盤が整備された。

高解像度の CAD 画像を使用して、エンジン検査の高解像度ビデオのリアルタイム配信を可能にしている。エンジン検査は精細な精度を要求するため、高いビデオ解像度、映像配信の安定性・信頼性が高いレベルで求められる。スタンドアローンの 5G ネットワークを展開することで、格納庫全体でタイムラグが数ミリ秒以内を実現するとともに、0.3 ミリの傷の識別を可能にしている。さらに、拡張現実 (AR) と仮想現実 (VR) のシミュレーションをリアルタイムで使用できるようになっている。

### 4) 既存有線ネットワークの無線への置き換え

パリ空港公団 ADP はエールフランスとともに、パリ 3 空港(シャルル・ド・ゴール空港、オルリー空港、ル・ブルジェ空港)において、新しいプライベート 4G/5G モバイルネットワークの構築を計画している。

関係従業員 12 万人の業務用エコシステムのために構築するもので、将来的には Flight Management System(FMS)やリモートメンテナンス、自動運転への利用も視野に入れている。

空港の屋外スペースでの 5G モバイル網の運用は 2020 年末から開始し、公共スペース及びスタッフ専用エリアなどの屋内スペースについては 2021 年末から利用可能となっている。

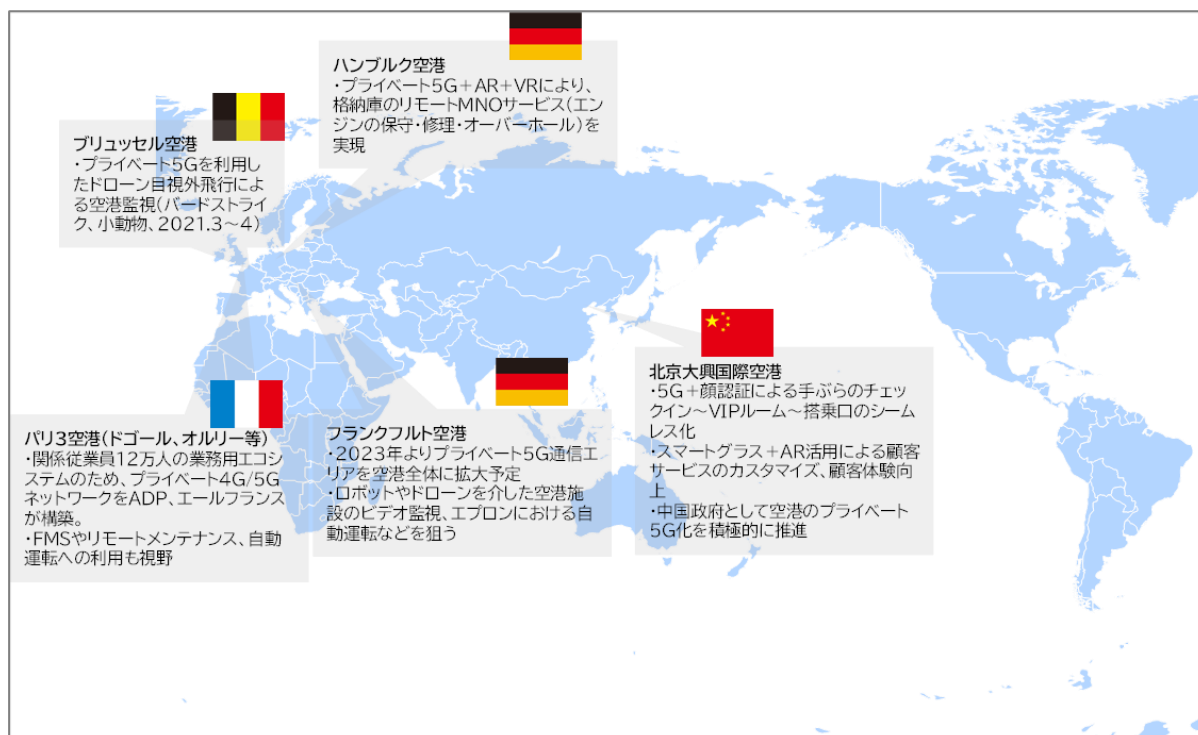
### 5) 大容量・多様なデータの共有

2019 年に新しく開港した北京大興空港においては、プライベート 5G を活用したターミナル内のセキュリティ向上や顧客体験向上に取り組んでいる。

顔認証技術を用いて、チェックイン～VIP ルーム～搭乗口における旅客手続を ID カード、チケットの提示なしに「顔パス」で完了できるようにしている。さらに、AR、VR の支援により、スマートグラスを用いた地上スタッフによる旅客に対するサービス・おもてなしのパーソナライズ化を図っている。また、5G 対応の RFID タグを用いた手荷物追跡システムを導入している。

顔情報を含む乗客データは、安全に保管し、飛行機への搭乗が確認された時点でデータを削除することとしており、顧客データの安全性とセキュリティを確保した新しいスマートサービスを提供するとしている。

さらに、中国民間航空局は中国の空港におけるプライベート 5G の展開を速やかに行うものとしている。



出所)各種報道資料などにより MRI 作成

図 5-18 海外空港におけるプライベート 5G 導入状況

## (2) 港湾

### 1) 遠隔監視・巡視点検

英国の 21 港湾を管理運営する ABP (Associated British Ports) は、BT など 6 社のコンソーシアムにより、InDEPTH (Intelligent Drones for Port and Highways Technology) と呼ばれるプロジェクトを英国政府の資金ファンド (UK Research and Innovation、UKRI) により実施する。InDEPTH を含む Future Flight Challenge プロジェクトには 7300 万ポンドの予算措置がなされている。

無人機を使用して自動的に「目視外」(BVLOS) ミッションを実行し、重要な国家インフラを監視及び制御することに焦点を当てている。AI の支援を受けながら、複雑なインフラストラクチャ環境を常時接続された上空から見ることであれば、港湾施設が常時適切に機能していることをリアルタイムに確認することを可能とする。また、被災時においても津波などからの避難船舶の状況、地震による荷役機械などの設備や係留施設などの施設の損傷などの状況もリアルタイム、かつ、高精細な画像で、他の通信に影響を受けることなく、把握することを可能にする。



図 5-19 サザンプトン港(英国)におけるドローンによる港湾施設常時監視(イメージ)

出所) Associated British Ports ホームページ、<https://www.abports.co.uk/news-and-media/latest-news/2022/consortium-wins-ukri-future-flight-challenge-funding-to-research-and-develop-drones-and-artificial-intelligence-ai-applications-for-ports-and-highways/>、2022年11月18日アクセス

## 2) 大容量・多様なデータの共有

上海港洋山港区においては、150 代の RTG がマニュアル操作を行っていたが、チャイナモバイル、ファーウェイの協力により、5G による遠隔操作化に着手した。

チャイナモバイルは、5G のバーチャルネットワーク(公共ネットワークと港湾専用のネットワークを仮想的に分離することにより、港湾オペレーションに必要な通信帯域を排他的に確保することができる)を構築し、遠隔操作に必要な低遅延を実現した。制御要件としては、ビデオ伝送に必要なアップリンク帯域幅: RTG 毎に 30 Mbps 遠隔信号制御に必要な遅延: 30 ミリ秒未満 上海陽山港プロジェクトで、チャイナ モバイルは、2.6 GHz と 4.9 GHz の 2 つの周波数帯は、業界の顧客のサービス要件に基づいて周波数ソリューションを柔軟に選択できるようにするために確保したものである。

これにより、自動化・遠隔操作に必要な大規模インフラ工事とこれに伴う長期間のターミナルオペレーションの停止を行うことなく、既存のコンテナターミナルにおいても大容量・低遅延の通信を確保することにより、STS/RTG の自動化・遠隔操作化を実現する技術的なケーパビリティを確保するに至った<sup>9</sup>。

また、こうした通信帯域の利用により、上海港ではコンテナシャシの無人配送(自動運転レベル4)をターミナル内外で実編するに至っており、既に 4 万 TEU の配送実績を有するとしている。

<sup>9</sup> ファーウェイ、ZPMC、チャイナモバイル、ボーダフォン「5G Smart Port White Paper」、[https://www-file.huawei.com/-/media/corporate/pdf/x-lab/2019/5g\\_smart\\_port\\_whitepaper\\_en.pdf?la=en](https://www-file.huawei.com/-/media/corporate/pdf/x-lab/2019/5g_smart_port_whitepaper_en.pdf?la=en)、2022年11月18日アクセス



図 5-20 上海港洋山地区におけるコンテナシャーシの自動搬送(自動運転レベル 4)

出所) BRAVO! 40,000 TEUs handled by 5G unmanned trucks in 2021 at Shanghai Yangshan Port、<https://www.youtube.com/watch?v=roTKIYPobRU>、2022 年 11 月 18 日アクセス

なお、ファーウェイ、ZPMC、チャイナモバイル、ボーダフォンは、5G が必要となるコンテナターミナルのアプリケーションと要求性能を以下の通り、取りまとめている。

表 5-9 港湾の 5G ユースケースにおける性能要件(例)

Application Scenario	Scenario Description	Overall Requirement	Network KPI Requirement		
			Latency	Bandwidth	Reliability
Remote control based on video	Remote control (signaling)	Low latency, high reliability, and low bandwidth	< 30 ms	50-100 kbps	99.999%
	Video feed (video streams)	Low latency, high reliability, and large bandwidth		30-200 Mbps	99.9%
IGV/AGV	Autonomous truck	Low latency and high reliability	< 50 ms	10-20 Mbps	99.9%
Video surveillance	Video monitoring with massive data transmission	Large bandwidth and multi-stream concurrency	< 200 ms	2-4 Mbps	90%
Sensor data collection	Data collection with low power consumption sensors	Massive concurrency	Best effort	Best effort	90%

出所) ファーウェイ、ZPMC、チャイナモバイル、ボーダフォン「5G Smart Port White Paper」、[https://www-file.huawei.com/-/media/corporate/pdf/x-lab/2019/5g\\_smart\\_port\\_whitepaper\\_en.pdf?la=en](https://www-file.huawei.com/-/media/corporate/pdf/x-lab/2019/5g_smart_port_whitepaper_en.pdf?la=en)、2022 年 11 月 18 日アクセス

### 3) その他

海外港湾におけるプライベート 5G/ローカル 5G 等の導入状況は、以下の図の通りである。



出所)各種報道資料などにより MRI 作成

図 5-21 海外港湾におけるプライベート 5G 等の導入状況

#### 5.4.3 ローカル 5G 活用モデル

##### (1) 過年度実証の成果と課題

###### 1) 過年度実証の成果

空港分野においては、成田国際空港の第2ターミナルと第3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て遠隔監視でのオペレーションに必要な通信部分の技術要件を検証し、遠隔監視要件の通信システムをローカル5Gとキャリア5G/4Gの冗長による映像監視タスクの簡素化を実施し、ローカル5Gを活用した、遠隔監視型自動運転の実証を実施した。その結果、①HD画質・9fps・7カメラの遠隔映像監視KPI達成した、②420kmの走行実績を積み重ねローカル5Gを起因とした緊急停止の発生はなかった、③通信冗長化のため自営網とキャリア通信の2種通信のアプリ切替を実装し走行中に0.7秒以内で映像/キャリア切替可能であることを実証している。

港湾分野においては、大阪港夢洲コンテナターミナルにおいて、DL100~200Mbps、UL15Mbpsのスループットを確認する他、輸出コンテナ受け入れ時のコンテナダメージチェックにおいて、判断が微妙な場合の熟練者による駆け付けを、ローカル5G+スマートグラスにより遠隔化できることを実証した。

###### 2) 過年度実証で得られた課題

空港分野においては、通信品質に関しては所要の要件を満たし、顕在化した技術的な課題は見当た



らなかったものの、カーブ等見通しの悪い走行ルートを含む等ルート拡張した場合においても、令和 3 年度実証で示したような通信品質確保がなされているかの確認が必要とされた。

港湾分野においては、RTG の遠隔操作化等、港湾 DX を推進するために十分 UL 帯域を確保できたとまでは言えず、基地局の配置方法を始めとする更なる技術的検討が必要であった。

## (2) 今年度実証における取組み

今年度実証では、上記の課題を踏まえ、実証を通じて以下の取組が行われた。

- 空港分野:カーブ等見通しの悪い走行ルートを含む等ルート拡張した場合においても、令和 3 年度実証で示したような通信品質確保がなされているかの確認
- 港湾分野:コンテナターミナルにおける大容量通信確保(UL)の実現及び RTG オペレータの働き方改革に資するアプリケーションの開発

### 1) 空港制限区域内におけるターミナル間連絡バスの複数台遠隔型自動運転(レベル 4 相当)に向けた実証

表 5-10 実証概要

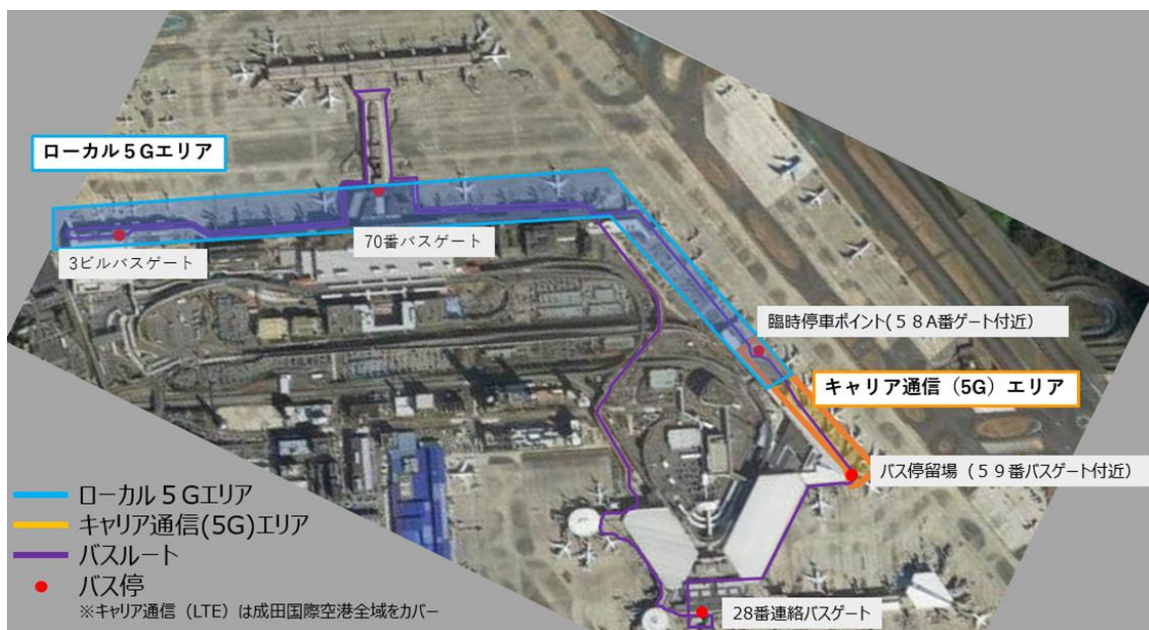
実証 No.	開 10
実施体制 (下線:代表機関)	東日本電信電話(株)、成田国際空港(株)、KDDI(株)、(株)ティアフォー
実施地域	千葉県成田市(成田国際空港)
実証概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 空港制限区域内にローカル 5G 環境を構築し、3 つの旅客ターミナル間の自動運転、複数台の遠隔監視映像配信、代替ルートを想定したキャリア通信・ローカル 5G 切替動作等、遠隔型自動運転(レベル 4*相当)に向けた実証を実施。</li> <li>▶ 自動運転技術の導入を通じ、将来の空港における地上支援業務等の効率化、省人化、車両事故低減を実現。</li> </ul>

出所)「令和 4 年度課題解決型ローカル 5G 等の実現に向けた開発実証」実証事業企画概要

#### a. ソリューション

同空港において、国際トランジット旅客を対象としたターミナル間連絡バス(自動運転)複数台の遠隔監視(遠隔によるドア開閉、発車指示、緊急停止)のためにローカル 5G を導入する。自動運転の制御そのものはキャリア通信及びローカル 5G を使用せず、車載センサー(LiDAR 取得情報等)と三次元高精度自動運転用地図による自己位置推定により、走行経路を自動運転システムが定めた限定領域(ODD:Operational Design Domain)内に保つ。

遠隔監視システムは、クラウド上に構築したサーバと自動運転用遠隔監視室に設けた監視モニタを用いて、遠隔監視者が車載カメラからの映像確認や各種安全等に係かる判断を行い、車両側との連携を実施する。また遠隔監視に加えて安全確認を行う。遠隔監視者は、空港内に設置する遠隔監視室にて作業を実施する。なお、自動運転車両と遠隔監視システム間の通信は、ローカル 5G を用いてインターネット経由で接続する。



出所)令和4年度ローカル5G開発実証報告書(東日本電信電話株式会社)

図 5-22 成田国際空港制限区域内におけるターミナル間連絡バスの複数台遠隔型自動運転(レベル4相当)

## b. 導入効果

成田国際空港における自動運転レベル4のターミナル間連絡バスを導入した場合の効果として、コンソーシアムの報告を要約すると以下の通りである。具体的な省人化効果(投資対効果)等は、コンソーシアムから示されていない。

- 遠隔監視・操作について実装を見据えた運用は可能(画質の問題なし)
- 今回の実証に用いたUIで自動運転車両遠隔監視委託会社が概ね操作可能
- 乗客が安心して乗れる乗り心地になっているか(急停車、酔いやすさ、安心感等)は、試乗実績から特段の問題はない

## c. ステークホルダの役割

上記の通り、空港におけるローカル5G活用が有効と認められるユースケースは、空港運用の高質化、顧客体験価値の向上といった観点から、遠隔監視・巡視点検、自律ロボット/自動運転車両等の遠隔制御、遠隔指導・作業支援、既存有線ネットワークの無線への置き換えなど、多彩である。ユースケース毎に通信をカバーするエリアは異なるものがあるものの、旅客ターミナル近傍など共通するエリアも少なくないため、空港管理会社が主体となって共通の通信基盤を整備・運用し、その基盤上に必要なソリューションを実装していくことが想定される。

具体的には、成田国際空港または中部国際空港にあつては、空港の設置及び管理を行う主体(空港法第4条)として、成田国際空港株式会社または中部国際空港株式会社が共通の通信基盤を整備し、運用し、それぞれの会社の経営課題等に従って必要なソリューションを実装することが想定される。関西国際空港及び大阪国際空港にあつては、航空系事業と非航空系事業を一体経営する関西エアポート株式会社が主体となって、共通の通信基盤を整備・運用し、その基盤上に必要なソリューションを実装していくことが想定される。その他の国管理空港等においても、民生活空港運営法に基づき公共施設等運営権の

設定等を受けた者等が、ローカル 5G システムの整備・運用主体となることが想定される。

#### d. 想定されるビジネスモデル

上記の通り、空港管理会社が主体となって共通の通信基盤を整備・運用し、その基盤上に必要なソリューションを実装していくことが想定されるが、①空港運用上のオペレーションに必要なソリューション、②ターミナル間連絡バスのように旅客サービス提供のために必要なソリューション、③特定の事業者(航空会社)に対して提供する通信基盤といった 3 類型が想定される。

3 類型のソリューションに共通なローカル 5G 通信基盤を通信事業者が一括して空港管理会社に提供し、その代価を空港管理会社は通信事業者に提供することが想定される。ローカル 5G 通信基盤上に実装するソリューションは、空港管理会社がソリューション毎にベンダ個別に調達し、実装することが想定される。

空港運用上のオペレーションに必要なソリューションには、滑走路など空港基本施設の巡視点検や空港制限区域の場周監視、空港業務用通信の無線への置き換え等が含まれる。本ソリューションのエンドユーザとユーザはともに空港管理会社となる。着陸料、停留料などを原資とする空港管理会社の経費によって負担されることが想定される。上記に述べた通り、通信基盤の上に実装するそれぞれのソリューションはベンダがそれぞれ個別に提供する。

ターミナル間連絡バスのように旅客サービス提供のために必要なソリューションについては、旅客がエンドユーザ、空港管理会社がユーザとなる。旅客はターミナル間連絡サービスを空港管理会社から提供を受ける代価として、旅客施設使用料を空港管理会社に支払う。支払う方法は、他の旅客施設使用料と同様、航空券購入の際に航空運賃とともに航空会社に支払い、航空会社が空港管理会社に納入する。

特定の事業者(航空会社)に対して提供する通信基盤には、航空機エンジンの遠隔点検用に空港管理会社が事業者(航空会社)に提供するものが含まれる。特定の事業者(航空会社)は施設使用料を空港管理会社に支払う。その代価として、航空機エンジンの遠隔検査を行うのに必要な通信容量を、空港管理会社は、特定の事業者(航空会社)に対して提供する。

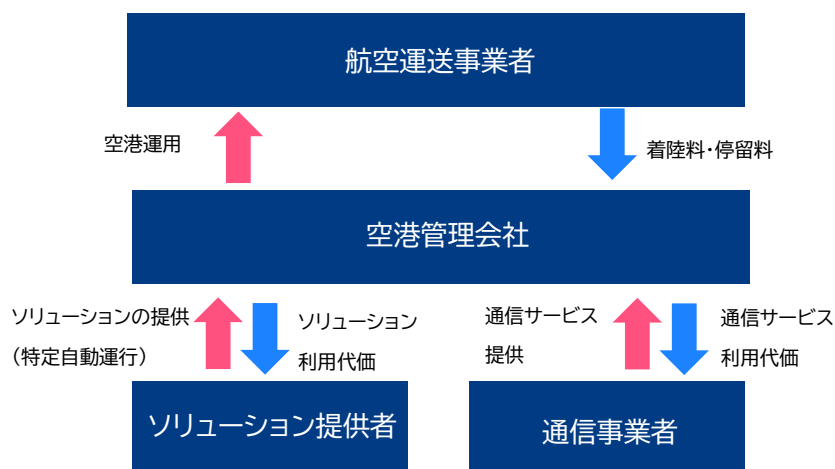


図 5-23 空港運用上のオペレーションに必要なソリューション

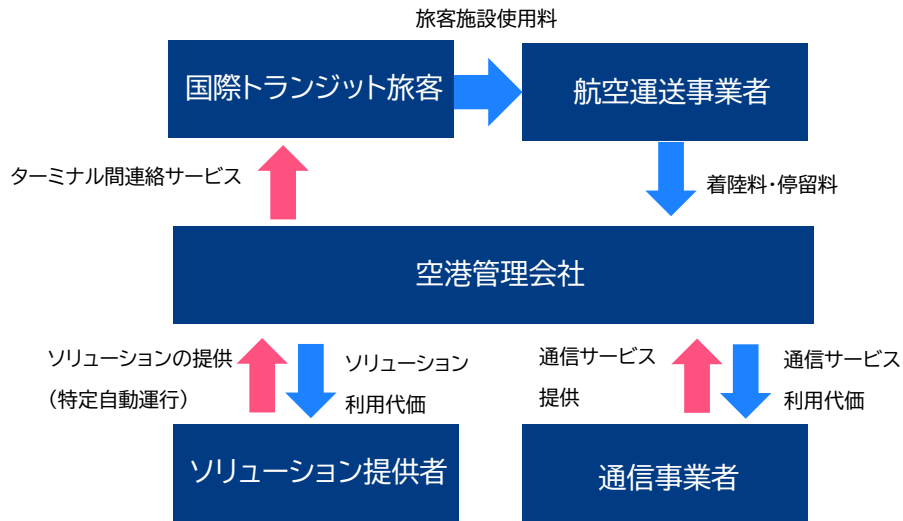


図 5-24 旅客サービス提供のために必要なソリューション

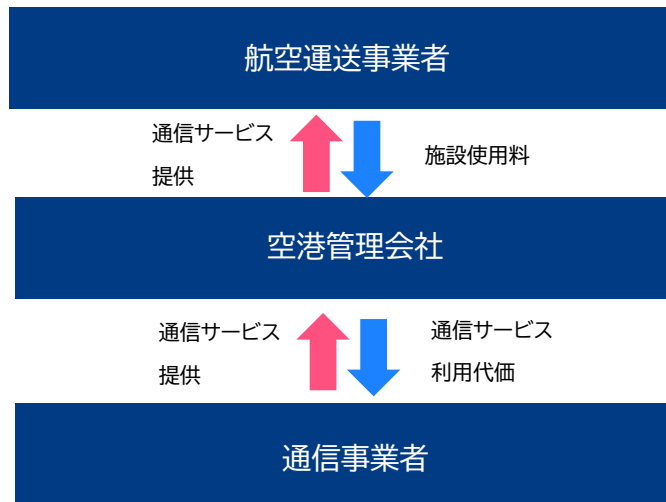


図 5-25 特定の事業者(航空会社)に対して提供する通信基盤

## 2) ローカル 5G を活用したコンテナプランニングデータのリアルタイム伝送等による港湾・コンテナターミナルの DX の実現

表 5-11 実証概要

実証 No.	開 11
実施体制 (下線:代表機関)	西日本電信電話(株)、夢洲コンテナターミナル(株)、三菱ロジスネクスト(株)、大阪市、阪神国際港湾(株)、京セラコミュニケーションシステム(株)、NTT ビジネスソリューションズ(株)
実施地域	大阪府大阪市(夢洲コンテナターミナル)
実証概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 港湾エリアにローカル 5G 環境を構築し、コンテナターミナル内業務ネットワークの高品質化、コンテナプランニングデータ※のリアルタイム伝送による保管工程業務の効率化、トレーラー待機場の混雑状況の可視化の実証を実施。</li> <li>▶ デジタルトランスフォーメーションによる港湾業務の効率化や生産性向上を通じたスマート港湾を実現。</li> </ul>

出所)「令和 4 年度課題解決型ローカル 5G 等の実現に向けた開発実証」実証事業企画概要

## a. ソリューション

コンテナターミナル業務用ネットワークの高品質化を目標に、ローカル 5G の特長である大容量や準同期運用を活かし、既存の業務用通信に加え、令和 3 年度実証済のスマートグラスを活用したユースケース、将来的な RTG 等遠隔操作なども同一ネットワーク上で機能させることが可能なことを確認する。

1 基地局につき 4 台の RTG の遠隔操作に必要な帯域(15Mbps×4)を確保するとともに、残りの帯域でターミナル内の連絡やスマートグラスによるコンテナダメージの確認などのアプリケーション(本船荷役指示データ、温度管理データ、コンテナ蔵置データ、ダメージチェック映像データの送信)に必要な通信領域(15Mbps)が確保されることを確認する。また、コンテナの多段積み上げにより電波が届かない範囲がないか等を技術検証として確認する。

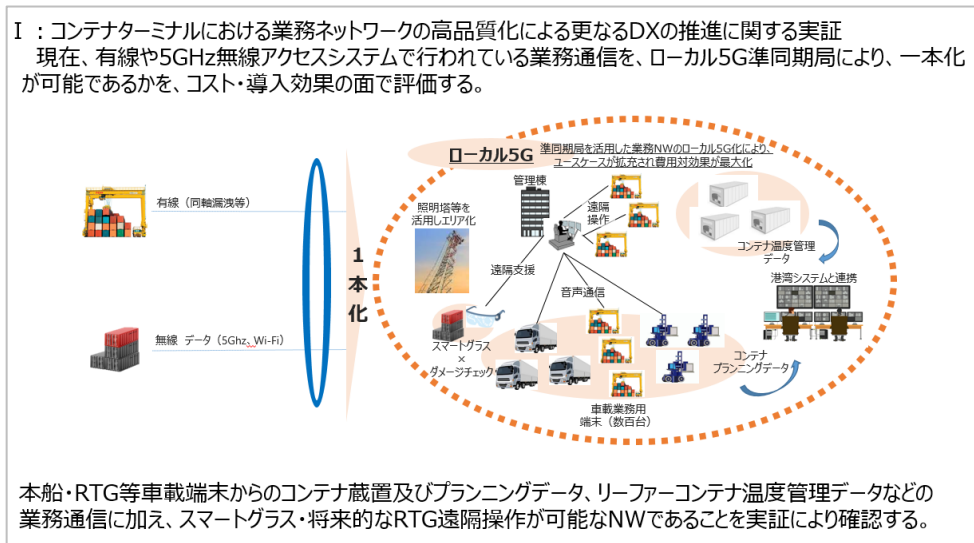


図 5-26 大阪港夢洲コンテナターミナルにおける技術実証・課題実証の目標(イメージ)  
 出所)令和 4 年度課題解決型ローカル 5G 等の実現に向けた開発実証実施計画書(西日本電信電話株式会社)

また、RTG オペレータの現行における働き方改革に資するため、RTG オペレータに対するヤード作業指示をタブレット化することにより、作業変更の度に RTG の乗降といった危険や煩雑な作業を削減するとともに、作業指示を的確化することにより、ヤード作業の安全性向上を目指す。

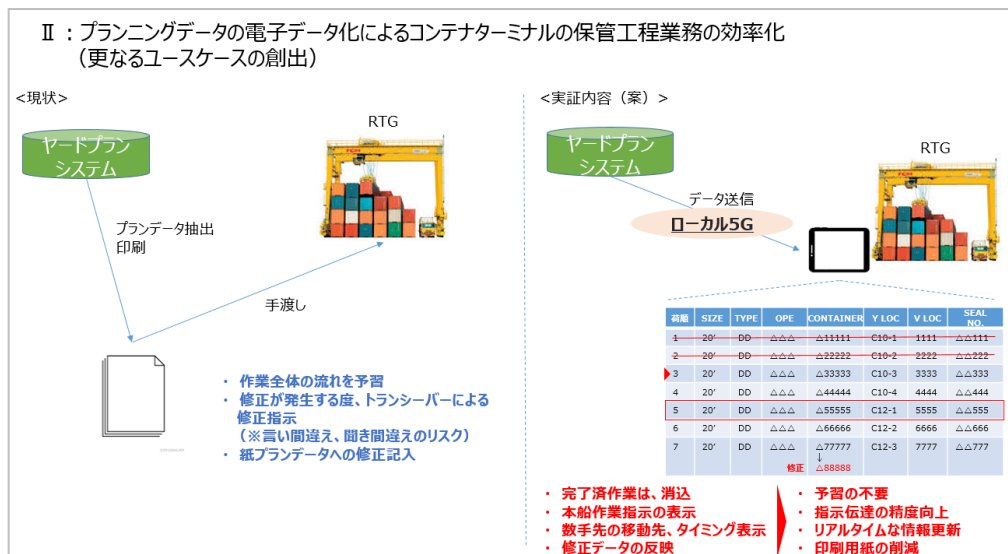
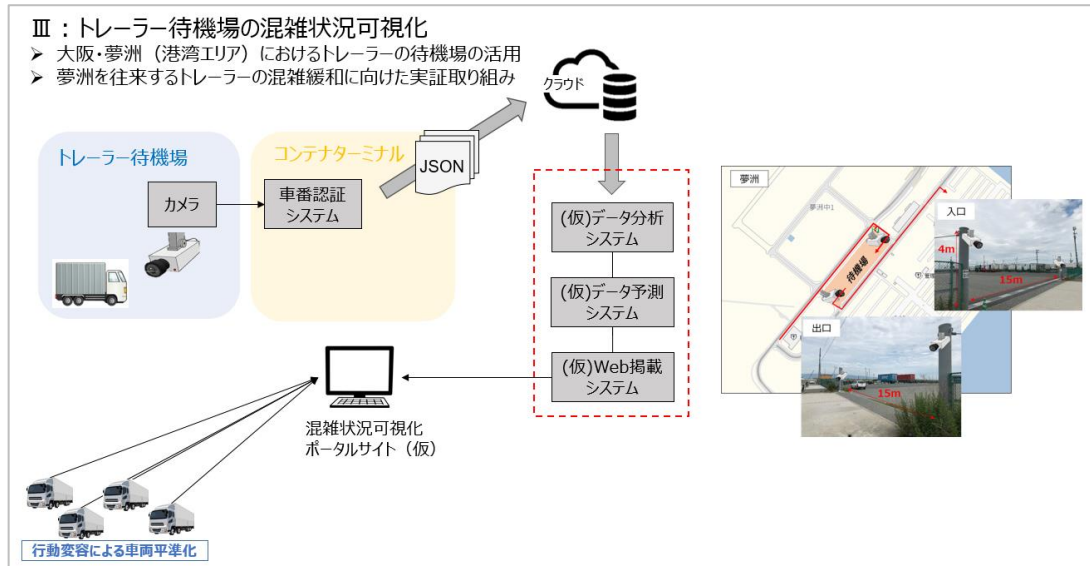


図 5-27 大阪港夢洲コンテナターミナルにおける技術実証・課題実証の目標(イメージ)

出所)令和4年度課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証実施計画書(西日本電信電話株式会社)

さらに、トレーラー待機場の混雑状況可視化のため、待機場の渋滞状況を高精細画像として送付。クラウドで分析したのち、混雑化予測などをWebで配信し、ドライバーの行動変容を促す。将来的にはCOMPASへの接続を目標としている。



出所)令和4年度課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証実施計画書(西日本電信電話株式会社)

図 5-28 大阪港夢洲コンテナターミナルにおける技術実証・課題実証の目標(イメージ)

## b. 導入効果

### ア) コンテナターミナルにおける業務用ネットワークの高品質化による更なるDX推進に関する実証

日本最大級のコンテナターミナル(1350m×500m)全域で、平均スループット UL167Mbps、DL353Mbpsを実測。コンテナ密集エリア等狭小エリアでも通信可能であることを確認した。これにより、冷蔵コンテナの温度管理はじめ、これまで人手の巡回で確認していた多くの確認作業を無線通信で代替する可能性を実証した。

### イ) プランニングデータのリアルタイム伝送による保管工程業務の効率化

プランニングデータを電子化しローカル5Gを介してRTGオペレータにリアルタイムで提供するソリューションを開発。RTG上の個々のオペレータがターミナル全体のコンテナの動き・船舶の積み付け状況をリアルタイムに把握、また将来予測を可能とすることで、オペレーションの生産性向上(年560万円の稼働削減効果)を見込む。全RTG30台への一斉送信が可能な大容量を確保(平均273Mbps)、作業者との対話・FBを積み重ね、UI/UX向上、マニュアル整備など実施しユーザビリティを確保。約70%のRTG作業者から継続利用意思を確認した。

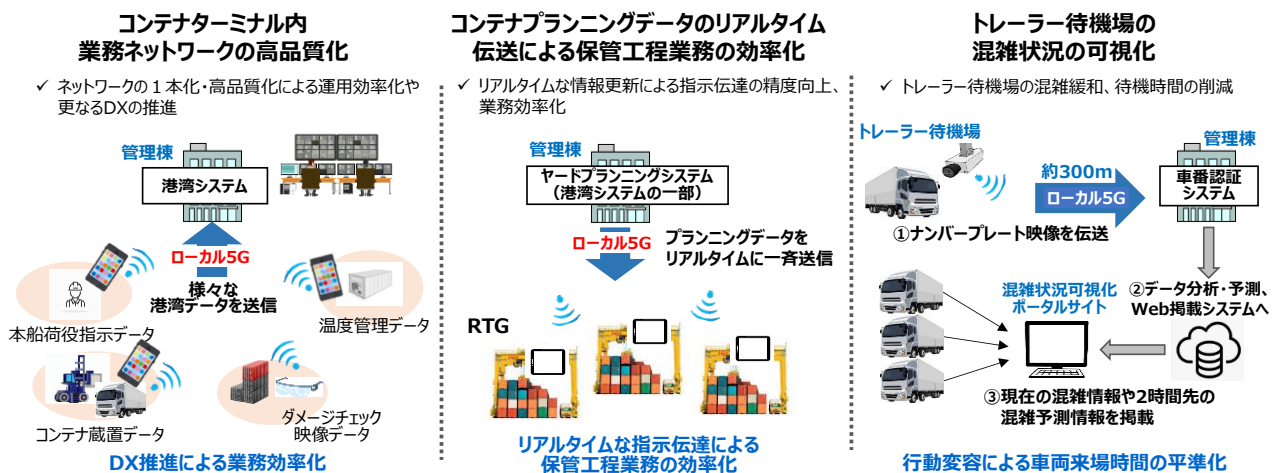
## ウ) トレーラー待機場の混雑状況可視化ソリューション

外来トレーラー混雑状況について、待機時間を可視化することでトレーラードライバの約 30%の行動変容が起きることを実証した。待機時間削減効果は年額 8,100 万円と推計された。直背後で開催される予定の大阪万博の渋滞対策ソリューションとしても有効性が高いことを示した。

## c. ステークホルダの役割

本実証により、日本最大級の規模のコンテナターミナル(全長 1,350m×奥行 500m)においても問題なく、大容量・低遅延の通信を確保可能であることが実証された。今回の実証のユースケースの他、コンテナターミナル内の業務ネットワークの高品質化全般に活用可能であることから、電気設備やクレーン荷役等の機械設備と同様のスキームにより、これらと一括して整備・運営されることが望ましい。

具体的には、港湾運営会社または港湾運営会社の委託を受けて電気設備や機械設備を設置し貸し付ける埠頭株式会社(例えば、横浜港埠頭株式会社等)が、ターミナル再編をはじめとした設備更新のタイミングに合わせ、ローカル 5G システムを設置し、他の設備と一体のものとして借受者(港湾運送事業者、船会社等)に貸し付けるスキームが、施設・設備一体運用により生産性を最大化する上で、望ましいものと考えられる。



出所)令和4年度ローカル5G開発実証事業概要

図 5-29 業務ネットワークの高品質化のイメージ

## d. 想定されるビジネスモデル

本実証で開発されたソリューション及びローカル 5G システムの上で機能することが想定される各種アプリケーションは、いずれもコンテナ荷役及び蔵置に伴うものである。オペレーションに伴う費用は、原則として船舶運航事業者(船会社)がコンテナターミナルに支払う荷役料・蔵置料から支弁されることが基本となる。ただし、上述の通り、港湾運営会社(または埠頭株式会社)がローカル 5G システムの通信基盤を電気設備・機械設備と一体のものとして整備し、これをコンテナターミナルに長期的に貸し付け、施設貸付料から回収を図るスキームも想定される。

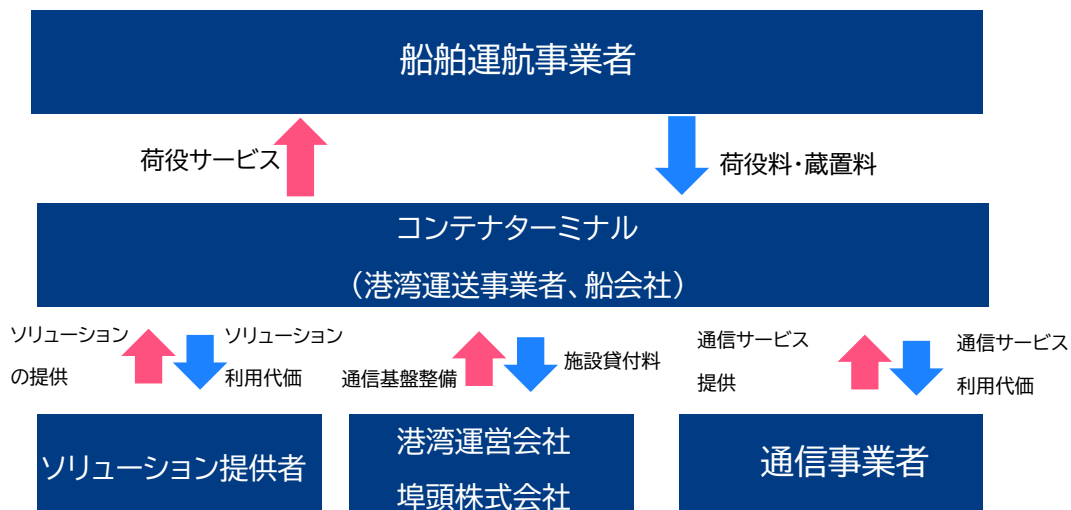


図 5-30 想定されるビジネスモデル(港湾)

### (3) 普及に向けた課題と解決策

#### 1) 有効なソリューション

空港におけるローカル 5G 活用としては、空港運用の高質化、航空旅客の顧客体験の高質化や非航空系収入拡大による経営基盤の安定化など様々な用途が想定される。特に、①遠隔監視・巡視点検、②自律ロボット/自動運転車両等の遠隔制御、③遠隔指導・作業支援、④既存有線ネットワークの無線への置き換え、のソリューションが有効である。

港湾においては、コンテナターミナル全域で大容量のデータ送受信が可能であることが示されており、本船プランニングデータの送受信をはじめ、荷役機械の自動運転・遠隔制御(監視用高精細映像の伝送)等のソリューション全般に有効である。

#### 2) エリア構築・システム構成等のポイント

##### a. 空港

空港環境においては自由空間より電波が伝搬する特異なケースが見られ、市街地、郊外地、開放地のいずれとも異なる特異な環境であるとの示唆を得ている。マルチパス<sup>10</sup>の影響を強く受けている可能性が高い。マルチパスの影響の要因としては、

- 地表面はアスファルト等で平面に整地されており、凹凸や高低差がない
  - 鉄筋コンクリート等による頑強な建造物が多いものの、荷物搬入出及び乗客往来のため半屋外部分も多い
  - 空港内の飛行機、作業用車両、バス等が活動するエリアと、外側の空港外の道路等との間に広い緩衝スペースが存在する
  - PBB(旅客搭乗橋)及び駐機中の航空機といった空港特有の大型物体が存在する
- 等が考えられるところ、エリア構築にあたっては、上記ポイントを踏まえ、他者土地への電波漏洩等の

<sup>10</sup> マルチパスとは、放射された電波が地形や建物・障害物などで反射・回折し、複数ルートで伝搬する現象のことをいう。



入念な確認が必要となる。

自動運転システムサーバはクラウドサービス上に構築されることが前提となる。車載のシステムとはローカル 5G 及びキャリア網と、インターネットを経由して通信を行うことから、通信路を含む各機能群において暗号化や権限管理を適確に行う必要がある。

さらに、空港においては、国民生活や社会経済活動に影響を及ぼし事業継続の取り組み対象となるような重要システムとして、「警戒警備・監視システム」、「フライトインフォメーションシステム」、「バゲージハンドリングシステム」等がある。これらの情報システムに障害が生じた場合、システム利用頻度の高い時間帯などでは遅延の発生や運航等への支障の発生が予想される。このため、ターミナル間連絡バスの自動運転といった業務系システムの不具合が、上記のような重要システムに遡及することがないように、必要な対策を特に講じる必要がある。

## b. 港湾

令和 4 年度実証においては、令和 3 年度実証と異なり、電波の発出方向をコンテナ列と並行に電波発出を行い、コンテナの遮蔽を最低限することにおいて、コンテナターミナル全域で大容量のスループット(平均スループット UL167Mbps、DL353Mbps)を実測した。また、管理棟屋上からの発出ではなく、照明灯から発出することで、場所による電波の強弱も発生せず、良好な通信環境を構築することに成功している。

また、海面の影響を受けて電波伝搬の促進が行われていることが示唆された。海面が 1km を超える環境においては、水面の反射効果が大きく出ていると考えられる。

## 3) 普及に向けた課題と解決策

### a. 空港

本事業により、自動運転レベル 4 の実現に必須となる遠隔監視装置の一部を構成する通信機能として、ローカル 5G システムを活用することにより車両周囲の全方向の道路・交通の状況、車内の状況に掛かる鮮明な映像及び明瞭な音声を常時かつ即時に伝送することが十分可能であることが実証された。従って、通信面での追加の技術検証としては、特に大きな課題は残されていないものと判断される。

その他の残課題としては、①自動運転の実現に向けた運用セーフティールールの策定や合意形成、②これまで運転者同士のアイコンタクト等による意思疎通に任されていた交差点での交通整理と運用ルールの策定となっている。

運用セーフティールールとしては、一般道における自動運転車両関連法令を空港に準用することが想定されており、自動運行実施者の申請に応じて空港管理者が実施することが想定される特定自動運行の許可・適確性審査、車両承認、ODD その他条件の設定、特定自動運行実施者が行う業務従事者の配置・訓練の実施、事故等発生時の対応を含む特定自動運行の実施ルールを詳細に定めることが必要である。

交差点での交通整理と運用ルールについては、自動運転車両が介在することにより、交差点での交通整理のルールメイキングと、そのルールに従って通行させるための指示を行う信号等のインフラが必要となっている。信号等のインフラにあっては視距の確保といった安全面の確保の他、そもそも、どのよ

うなポリシーの下に信号等の制御を行うかについてのステークホルダ間の合意はなされていない。国土交通省の委員会は、定周期、自動運転車両優先、主要通路優先、先着優先の 4 つのパターンを例示しているものの、合意形成や具体的な詳細ルールの設定はこれからであり、なお時間を要することが想定される。

上記のような課題を解決するため、国土交通省主導による制御信号等必要なインフラを設置し、交差点走行時の運用ルールを設定した上で、その条件下での実証実験を実施することが必要である。国土交通省航空局 2025 年度を目標として空港制限区域内の自動運転レベル 4 を実現するとしており、検討や検証の加速が大きく期待される。

## b. 港湾

本事業により、コンテナターミナルにおける低遅延・大容量通信を確保する手段としてローカル 5G システムの活用が極めて有効であることが実証された。過年度実証及び今年度実証においては、スマートグラスによるコンテナダメージ確認の高度化、RTG オペレータに対し本船プランニングデータを伝送することによる荷役作業の生産性向上、コンテナターミナル近傍における渋滞対策のためトレーラーに行動変容を促すリアルタイム混雑検知・予測システムの有効性が示された。本事業の枠外であるが、静岡県清水港においてはローカル 5G を通信基盤とした RTG の自動運転・遠隔操作化の一部供用開始が予定されており、名古屋港鍋田ふ頭においてもローカル 5G とキャリア 5G の組み合わせ(ネットワークカスタマイゼーション)による RTG の自動運転・遠隔操作が開始されている。本実証の夢洲コンテナターミナルにおいても 2024 年度期首からの本格共用に向けた準備が進められている。上述の通り、ローカル 5G によるコンテナターミナル構内で安定かつ大容量通信の実現は、港湾関係者の永年の悲願であるところ、夢洲コンテナターミナルをはじめ全国の港湾におけるローカル 5G 実装の好事例が蓄積されることにより、既存の 5GHz 帯無線アクセスシステムの更改時期等に合わせた横展開が急速に図られるものと期待される。

## 5.5 インフラ(建設・道路)分野

### 5.5.1 背景課題

#### (1) 建設

地球温暖化等の進展もあり、近年の水災害の被害の程度も甚大化する傾向が続いている。河川における増水氾濫、堤防決壊等による人命・財産への影響は甚大であり、ハードインフラによる国土強靱化を適確に図るだけでなく、万一の際においても、適確な情報収集に基づく広域避難の促進や、応急復旧等による二次災害の防止が適確に行われることが求められており、広大な河川区域においてリアルタイムに情報収集手段を確保すべく、直轄河川管理者等において技術研究開発を精力的に進めるなど絶え間ない追求が行われてきたところである。

直轄河川事務所等は閉塞網による光ネットワークを有しており、災害現場の直轄河川事務所まで映像等の伝送を行えば、閉塞網のネットワーク(中央防災無線)を介して、国土交通本省、内閣府防災担当まで映像等をエスカレーションする通信手段を有している。一方、災害現場と直轄河川事務所の間の

「ラストマイル」において安定かつ大容量の通信を確保が課題となっており、ライセンスバンドである特長を最大限に活かし、災害時においても安定した大容量通信を行うことができるローカル 5G の活用に対する期待は極めて高い。国土交通省電気通信ビジョン(2023 年度～2027 年度における技術研究開発ロードマップを示したもの)においても、「機動性の高い防災情報・共有環境の構築」の施策の一部として「被災現場等における臨時回線を構築するため、通信エリア内で確実に通信が行えるローカル 5G について、無線免許手続きの簡略化等の進捗に合わせて、被災箇所、施工現場等への迅速な展開や車載型・可搬型の運用を可能とする技術研究開発を推進する。」としている<sup>11</sup>。

## (2) 道路

首都高速道路をはじめとする都市高速道路においては、大規模災害発生時の緊急車両通行のための緊急輸送路として、早期の道路啓開を実施する必要があるが、現場状況収集による確実な被害状況の把握が必要であるが、キャリア回線による大幅な発信規制や輻輳により、必要な広帯域の通信機能を必ずしも確保することができるとは限らない。このため、ライセンスバンドであるというローカル 5G の特長を活かし、大規模災害発生時においても、安定かつ排他的に利用可能な有効な通信手段の 1 つとして、ローカル 5G の有効性などの検証を速やかに進める必要がある。

また、都市内高速道路においてローカル 5G を導入するためには、道路形状に合わせた線状エリア上での無線網の構築に加えて、線状エリア外への漏洩電波の影響を最小化することが求められる。しかしながら、電波環境は様々な要因により変化するため、線状エリア構築後の維持管理として、実測による日常的な電波環境の確認が必須となる。従来の可搬型測定機を使用した測定方法では、広範囲にわたる線状エリア内外の実測には多大な時間を要するため、維持管理に必要な受信電力データを短時間で効率的に行うための手法の確立が求められている。

### 5.5.2 分野を取り巻く動向

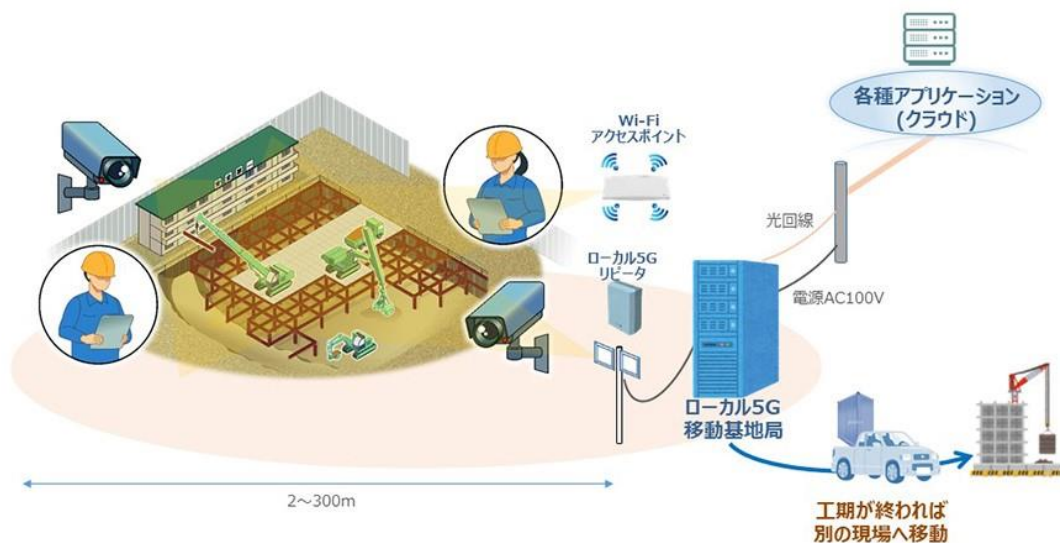
建設業においては、重機の遠隔操作や自立施工の他、安全管理・施工状況の管理といった用途の期待が高い。大林組、安藤ハザマなどいわゆる「ゼネコン」と呼ばれる建設会社が NTT 東日本などのネットワークアーキテクトまたは NEC 等の SIer/ベンダと連携して、建設現場におけるローカル 5G を活用した高速・広帯域無線環境実現に向けた社会実験を実施している。

例えば、安藤ハザマにおいては、①大規模掘削工事現場を実証フィールドとして無線環境を構築するとともに、②安藤ハザマが実際に利用している施工管理アプリケーションの動作確認を実施し、③高精細な 4K 映像にて遠隔地から現場状況を確認できるアプリケーションを新たに用意し、動作確認を行っている。

また、大林組、大裕及び NEC の実証実験においても、トンネル工事を行う現場において、複数台のバックホウが、堆積されている土砂を掘削し、ダンプトラックに積み込むまでの作業を自律運転で実行している。ローカル 5G は建機の監視のみならず、建設重機に搭載したセンサー・コンピュータのみに負荷の掛かる処理を任せるのではなく、ネットワーク上で統合して処理を行うことに特長がある。

---

<sup>11</sup> 電気通信技術ビジョン 4(令和 5 年 3 月 17 日公表、国土交通省電気通信技術ビジョン委員会)、[https://www.mlit.go.jp/report/press/kanbo08\\_hh\\_000948.html](https://www.mlit.go.jp/report/press/kanbo08_hh_000948.html)、2023 年 3 月 22 日アクセス



出所)NTT 東日本プレスリリース「建設現場におけるローカル 5G を活用した高速・広帯域無線環境実現に向けた共同実験の実施」

図 5-31 建設分野を取り巻く動向(建設現場におけるローカル 5G の適用)

### 5.5.3 ローカル 5G 活用モデル

#### (1) 過年度実証の成果と課題

##### 1) 過年度実証の成果

トンネル施工において、ローカル 5G の活用により、高精細映像伝送を行うとともに、トンネル内の安全管理を目的とし、固定カメラと AI の組み合わせによる人物検知及び車両侵入検知を行う実証を行った。

その結果、郊外地の上空環境(固定カメラ)において 8K30fps の高精細映像伝送が可能であることを実証した。ただし、スループットとしては 100Mbps 達成、人物検知や車両検知の認識率は 97～100%の認識率などを実現した。

##### 2) 過年度実証で得られた課題

上記のような実証を行ったものの、郊外地における固定カメラによる映像配信による検証に留まっている。また、映像配信は 1 チャンネルのみの確認に留まり、施工現場における安全管理において多方面・多数のカメラによる作業員の行動や工程進捗を高精細映像と AI を組み合わせる等の高度なユースケースを実証するまでには至らなかった。

また、河川区域や都市高速道路の沿線といった線状におけるローカル 5G エリア構築の可能性など、より厳しい地形環境におけるローカル 5G 活用の可能性についても検証は行われていなかった。さらに、ドローンや移動車などを活用し、より機動的な情報収集を図るためのソリューションに関する実証も行われていなかった。

#### (2) 今年度実証における取組み

今年度実証では、上記の課題を踏まえ、実証を通じて以下の取組が行われた。

- 建設分野：災害発生時に、ローカル 5G 搭載のドローンにより、氾濫や堤防決壊等の状況を河川管理者にリアルタイム伝送し、国交省内や関係行政機関間で共有する。また、応急復旧時の三次元地形計測や無人化施工にも活用し、迅速な人命救助や応急復旧に係る公共の意思決定に役立てる実証を行う
- 道路分野：大規模災害発生時における緊急車両通行に不可欠な高速道路の迅速な道路啓開を可能にするため、ローカル 5G を活用した通信網を整備し、迅速に現地の被害状況を確認する体制を早期に構築する。通常時においてもインフラ運用・維持管理の高度化に活用する。

## 1) 河川災害におけるリアルタイムな状況把握と安全かつ迅速な応急復旧の実現

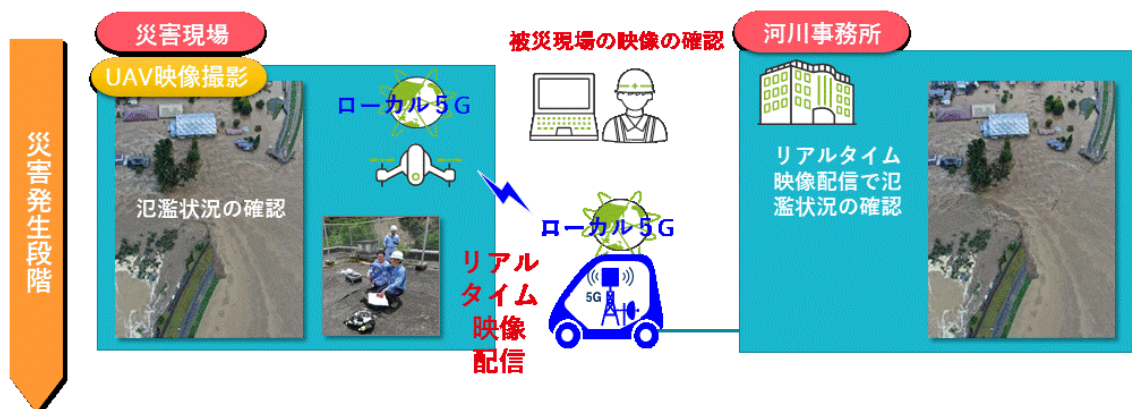
表 5-12 実証概要

実証 No.	特 01
実施体制 (下線:代表機関)	国際航業(株)、日本電気(株)、西尾レントオール(株)、電気興業(株)
実施地域	東京都荒川区(荒川下流域)
実証概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 河川上流域にローカル 5G 環境を構築し、ドローンを活用した高精細映像のリアルタイム伝送による迅速な被害状況把握(災害時)や、3 次元地形データの作成及び建機の無人化施工による安全かつ迅速な応急復旧(復旧時)の実証を実施。</li> <li>▶ 災害発生から復旧までのプロセスを高度化・効率化したスマート災害復旧を実現。</li> </ul>

出所)「令和 4 年度課題解決型ローカル 5G 等の実現に向けた開発実証」実証事業企画概要

### a. ソリューション

災害現場に高速・大容量なネットワーク環境を構築可能な可搬型ローカル 5G システムにより、ドローンで取得した災害現場の高精細画像のリアルタイム伝送を行い、関係機関での速やかな被害状況の把握と共有の実現と、高精細画像より作成される 3 次元地形データを建機等に伝送することで迅速な復旧活動の実現を目指す。





出所)令和4年度課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証実施計画書(国際航業株式会社)

図 5-32 荒川下流域におけるローカル5G実装(イメージ)

## b. 導入効果

### ア) ドローンからのリアルタイム映像配信、画像伝送・3D地形データの自動作成

氾濫・堤防決壊等に係る映像のリアルタイム配信については概ね目標を達成し、1st ユーザとして想定する国交省河川関係職員(本省、関東地整本局・事務所)から高評価。国交省におけるローカル5Gの市場調査・仕様書作成のステージに進む。防風雨下における耐水等・安定飛行確保など通信性能以外のドローンの技術課題がなお残るとともに、運用方法等について継続検証が必要である。

- 高精細映像(1080i、30fps)、高精細画像(15MBのデータを15秒毎に伝送)を問題なく伝送。基地局から330mの地点でもUL27Mbpsのスループットを維持し、作業時間6時間の短縮効果で、短縮の経済価値は最大約36億円と試算される(H27鬼怒川災害をベンチマーク)
- 被災時想定カバーエリア内(概ね400m)でのデータのブラックアウト、動作の支障・影響等は生じない

### イ) 建機のICT施工における設計データの取得と無人化施工での現場の映像配信

従来の現地測量や設計を実施した上で設計施工用データを作成する場合に比べ、約9時間(76%)の短縮を実現できると試算された。基地局とローカル5G端末間に重機のアームが重なると画像に乱れが生じる。重機・ローカル5Gに対応したダイバーシティアンテナ等が望まれる。

### c. ステークホルダの役割

本実証で構築したローカル 5G 活用システムは、可搬型基地局、災害用ドローン、ICT 施工に対応した建機及び 3D 地形データの自動作成システムといった設備とソリューションの組み合わせが必要であり、設備の保有・管理主体は誰なのか、また、その運用を実際に担うのは誰か等に関する役割分担が必要となる。また、直轄河川事務所より上流側の閉塞域の光ケーブルネットワークへの接続に関する直轄河川管理者とソリューション提供者の間のルール作り等が必要である。

### d. 想定されるビジネスモデル

可搬型基地局、災害用ドローン、ICT 施工に対応した建機及び 3D 地形データの自動作成システムといった設備とソリューションの組み合わせを保有・維持することを目的とする SPC または JV が、国・地方公共団体からの請負によりマネージドサービスとして提供するビジネスモデルが想定される。

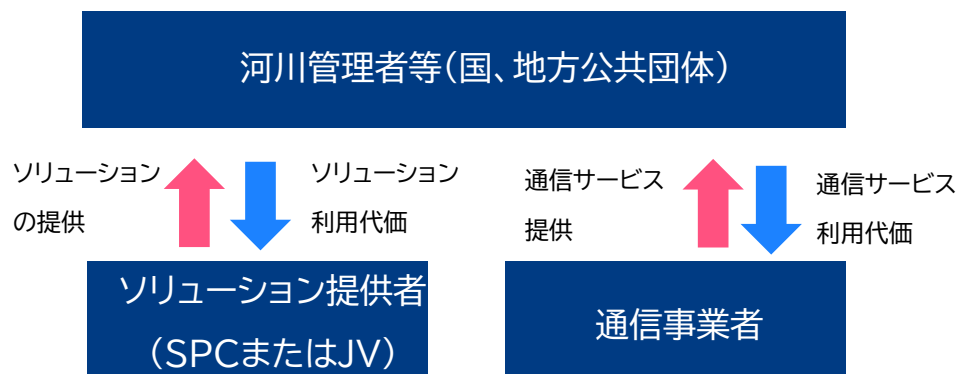


図 5-33 想定されるビジネスモデル(建設)

## 2) 都市内高速道路での大規模災害発生時における通信手段の確保と迅速な被害状況把握の実現

表 5-13 実証概要

実証 No.	特 02
実施体制 (下線:代表機関)	首都高速道路㈱、首都高技術㈱、首都高電気メンテナンス㈱、東芝インフラシステムズ㈱、日本無線㈱、ノキアソリューションズ&ネットワークス(同)、東急電鉄㈱
実施地域	東京都板橋区(首都高速 5 号池袋線 笹目橋付近、高島平付近、西台付近)
実証概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 高速道路にローカル 5G 環境を構築し、高精細映像のリアルタイム伝送による事故現場状況の迅速な共有や道路点検業務の遠隔支援、360°カメラによる道路状況の確認、測定車による電波環境維持管理効率化の実証を実施。</li> <li>➢ 災害時でも輻輳しない通信インフラを活用した道路インフラ運用・維持管理の高度化・効率化を実現。</li> </ul>

出所)「令和 4 年度課題解決型ローカル 5G 等の実現に向けた開発実証」実証事業企画概要

### a. ソリューション

隣接事業者が存在するとともに、線状の高架道路といった特殊環境下において、以下のソリューションの有効性を検証するものである。

- 高精細画像・映像のリアルタイム共有
- スマートグラスによる遠隔地からの点検業務支援

- 首都高ハイウェイビューNowON(360°カメラビュー)
- 線状無線通信エリアを効率的に維持管理可能な 5G Wave Doctor



出所) 令和4年度課題解決型ローカル5G開発実証事業概要

図 5-34 ソリューションの概要(道路分野)

## b. 導入効果

### ア) 高精細画像・映像のリアルタイム共有

高精細映像の配信に必要なUL25Mbps以上のスループット(パケットロス0)が確保されていることを確認し、DL500Mbpsを達成した。

これにより、作業マニュアルや過去点検データ(10MB)も10秒程度で現場にてダウンロード可能である。

### イ) スマートグラスによる遠隔地からの点検業務支援

RTT50msecを達成、違和感なく通話可能であることを実証した。端末の装着性などユーザビリティに課題が残る。

### ウ) 首都高ハイウェイビューNowON(360°カメラビュー)

狭指向アンテナ 12.3~12.6Mbps、LCX(非混雑時)14.3Mbpsの安定したULスループット(平均)を実現。混雑状況等にもよるが画像取得率70~80%以上で映像伝送の障害が少ない。

### エ) 線状無線通信エリアを効率的に維持管理可能な 5G Wave Doctor

受信電力測定を首都高速全線測定(本線上)で実施した場合、可搬型測定機の場合による計測と比較し、約86%の時間削減、約88%のコスト削減効果(2人×96.51日)となることが示された。

## c. ステークホルダの役割

都市高速道路網全般への展開により、より効果が発現するソリューションであることから、当該都市高速道路の管理者による展開主導が期待される。

本実証を実施した首都高速道路株式会社においては、はローカル5G環境構築をDXの重要戦略と



して位置づけ、事業を推進することとしており、東芝インフラシステム(株)、日本無線(株)、首都高技術(株)、首都高電気メンテナンス(株)などのベンダの協力を適宜得ながら実装を進める予定である。

#### d. 想定されるビジネスモデル

本実証で開発されたソリューション及びローカル 5G システムの上で機能することが想定される各種アプリケーションは、道路管理のためのものであり、道路管理者が自ら整備することが必要となる。道路管理者が各ソリューション提供するベンダ及び通信事業者と個別に委託し、その対価としてサービス提供を受けるモデルが原則となる。

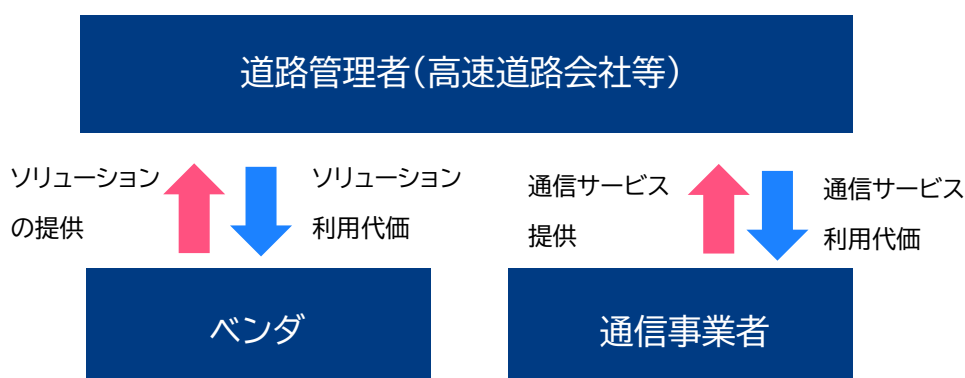


図 5-35 想定されるビジネスモデル(道路)

### (3) 普及に向けた課題と解決策

#### 1) 有効なソリューション

建設・道路分野においては、施工エリアの広い土木現場における安全管理の高度化を目的に、作業エリア全体を撮影した超高精細な 8K ストリーミング映像を、ローカル 5G を介してクラウドへアップロードし、自動抽出した人や建機のマーキング処理を AI 解析にて行い、管理者の目を注視すべき作業領域へスムーズに誘導するソリューション等が有益である。さらに、今年度実証した、固定カメラでないドローン等からの移動体から可搬型基地局等を利用し、高精細映像による機動的な情報収集を行う他、三次元地形モデルの作成、高精細映像の活用による無人化施工建機の安全かつ迅速な応急復旧などを行うソリューションが有効である。

#### 2) エリア構築・システム構成等のポイント

特に都市高速道路等、他者土地との境界までの余裕距離がほとんど取れない場合や、高架道路でかつカーブ区間近傍であるなど、他者土地へ電波漏洩が起りやすい箇所において、所要の強度の電波を確保するためのエリア構築が極めて重要である。

本実証においては、上記のような対応がなされている。主なポイントは以下の通りである。

- LCX の利用により、カーブ区間全体にわたってカバーエリアの構成ができる。遮音壁の設置条件によっては漏洩電力を低減可能であることが、技術実証から示唆された。
- 遮蔽版の利用により、狭指向性アンテナと同等性能を実現することができることが技術実証から示唆されている。

- DAS の利用により、複数の子機の適切な設定がなされ、かつ、遮音壁による電波遮蔽効果により、電波漏洩を抑制可能であることが、本技術実証から示唆された。

### 3) 普及に向けた課題と解決策

本実証事業により建設工事現場におけるスポット的な安全確保のための監視等のソリューションのみならず、道路・河川全線において、ローカル 5G を活用による高精細画像その他の情報収集を、ドローンや車両等の移動体を用いながら可能であることが実証された。ただし、本実証事業で実際にエリア構築を行いソリューションを適用したのは、わずか一部区間に留まり、屋外の様々な実環境における検証やエリア設計等による知見・ノウハウの積み重ねが必要になる。また、都市部においては他者土地との電波干渉対策等が併せて必要になる。

現時点で想定される普及に向けた主な課題としては、以下である。

- ローカル 5G の制度に基づく高架道路上、トンネル内、高架下への線状の無線通信エリアの構築
- 近隣でローカル 5G 運用中のエリアに整備する際の電波の干渉対策
- 近隣の建物内から漏洩する電波の干渉対策
- 広大な線状の無線通信エリアの維持管理
- 近隣で新たにローカル 5G を整備することになった場合の事業者との調整
- 周辺街路等、利用領域の拡大
- 更なる通信速度の高度化
- ドローンにおいては、防水・防塵を備えた機材など、実際の災害時において適用可能な強靱な機器の開発
- 重機にあっては、ローカル 5G に対応したダイバーシティアンテナ等、ローカル 5G 環境下で使いやすい設備や部品の市場展開

上記の課題をを図るため、河川管理者や道路管理者等のユーザ主導による追加実証の積み重ねやローカル 5G に対応した資機材の仕様特定及び関連する技術開発の推進が期待される。

## 5.6 インフラ(鉄道)分野

### 5.6.1 背景課題

#### (1) 車内の防犯対策

鉄道車内における傷害事件の発生を受けた対応については、2021 年 8 月 6 日の小田急線車内傷害事件を受けて、駅係員や警備員による駅構内の巡回や車内の警戒添乗等の実施や業界共通のポスターや車内アナウンス等を活用した警戒警備の周知等の警備の強化の他、被害回避・軽減対策の検討といった各種対策を取りまとめ(同年 9 月 24 日公表)、各鉄道事業者や国土交通省において対策を実施している。

その後、同年 10 月 31 日の京王線車内傷害事件等を受け、国土交通省では、再度 JR、大手民鉄、公営地下鉄等の鉄道事業者と意見交換を行い、線区や車両等の状況を踏まえた取組として、「京王線車内傷害事件等の発生を受けた今後の対策について」を取りまとめている。同対策においては、「車内

防犯カメラの設置」を含む「車内の防犯関係設備の充実」を提言するとともに、「費用面も考慮しつつ、必要な基準の見直しや費用負担の在り方も含め検討を開始する」としている。

これを踏まえ、現在、有識者等をその構成員とする技術基準検討会において、防犯関係設備等に係る技術基準について議論を進めている。

第4回検討会(2022年6月24日)を踏まえ、国土交通省鉄道局は「防犯カメラ設置の基準に係る論点整理及び検討の方向性」を公表している。そこでは、「リアルタイムで映像の共有が可能な防犯カメラの設置により、事件の早期解決やこれによる被害の拡大防止、また、乗客の適切な避難誘導を図ることの方が有効と考えられる」とされている。

## (2) 自動運転

我が国は人口減少社会を迎え、鉄道分野でも、運転士の確保、養成が困難となっている。特に、経営環境の厳しい地方鉄道では深刻な問題になっていること等を踏まえれば、省力化により生産性の向上に資する自動運転の導入は重要な課題である。また、自動運転を進めるにあたっての様々な課題に対しましては、支障物を検知するセンシング技術、準天頂衛星システムによる高精度の位置検知技術、高性能の無線情報通信技術など、鉄道を取り巻く新たな技術を組み合わせて対応する必要がある<sup>12</sup>。

鉄道における運転士の乗務しない自動運転は、これまで人等が容易に線路内に立ち入ることができない踏切道のない構造や高架構造であること、駅にはホームドアがあること、ATO が設置されていること等の要件により建設された新交通やモノレールの自動運転システムで実現されている。一方で、踏切道がある等の一般的な路線では、安全・安定輸送の観点から導入されていない。

鉄道事業者においては、より一層の業務の効率化・省力化が必要となっており、その一環で一般的な路線での自動運転の導入が求められている。また、自動運転化により、従来、運転業務を行っていた乗務員による乗客へのサービス提供や車内のセキュリティの向上、柔軟なダイヤ設定やダイヤ乱れ時の臨時運行等、鉄道に対する多様化・高度化するニーズにも対応することが可能となる。

国土交通省の鉄道における自動運転技術検討会では、このような一般的な路線を対象として、センサー技術や、無線を利用した列車制御技術等の最新技術も利活用し、鉄道分野における生産性革命にも資する自動運転の導入について、安全性や利便性の維持・向上を図るための技術的要件の検討を行っており、2022年3月取りまとめを公表した。

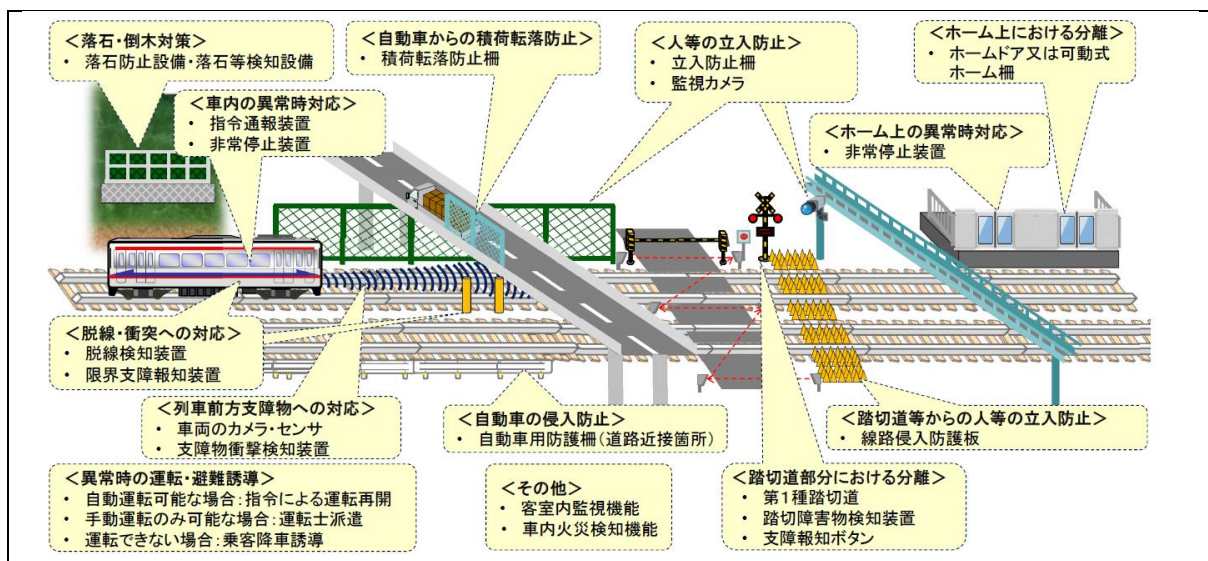
### <GOA3、GOA4 に関する基本的な考え方>

#### 【装置の性能や路線の状況を踏まえた総合的な判断による安全確保】

○一般的な路線における GoA3、GoA4 の導入においては、以下の措置などの組み合わせにより、従来の一般的な路線での安全性と同等以上の性能を確保する。(総合的な判断による安全確保)

- ホーム・踏切道部分以外⇒立入防止柵や自動車用防護柵、積荷転落防止柵、監視カメラ等
- 列車前方支障物への対応⇒車両のカメラ・センサーによる検知、支障物衝撃検知装置等
- 踏切道部分⇒踏切障害物検知装置、支障報知ボタン等
- ホーム部分⇒ホームドアまたは可動式ホーム柵、非常停止装置等
- 脱線・衝突への対応⇒脱線検知装置、限界支障報知装置等
- 車内の異常時対応⇒指令通報装置、非常停止装置等

<sup>12</sup> 第198回国会 衆議院 国土交通委員会 第9号 令和元年5月8日 石井国土交通大臣(当時)の答弁



出所) 以下の資料より MRI 抜粋、国土交通省「鉄道における自動運転技術検討会のとりまとめ(概要)」、[https://www.mlit.go.jp/tetudo/tetudo\\_fr1\\_000058.html](https://www.mlit.go.jp/tetudo/tetudo_fr1_000058.html)、2022年11月18日アクセス

図 5-36 鉄道における自動運転技術検討会の取りまとめ(骨子、2022年9月13日)

## 5.6.2 分野を取り巻く動向

### (1) 車内の防犯対策

2022年3月27日、国土交通省は京王電鉄の協力の下、実車を用いた実証実験をしている。AIカメラによる車内異常を検知した際に、検知時の画像を乗務員室や指令所に自動送信し、必要に応じリアルタイム映像に切り替えるものである。

京王電鉄においては、2022年8月より、4K/800万画素高解像度・高視野角カメラセンサーユニットをジョイント、内蔵されたSIMカードにより4G/LTE回線を利用することで高速移動中の車両から遠隔地よりライブ画像の確認を可能にしている。高機能ネットワークセンサーに4Gネットワーク回線のSIMカードを組み込んだソリューションとなっている。



出所) 伊藤忠テクノソリューションズ株式会社プレス発表資料「京王電鉄に IoT カメラソリューションを提供」、<https://www.ctc-co.jp/company/release/20221031-01492.html>、2022年11月16日アクセス

図 5-37 京王電鉄に導入された4G/LTEによる防犯カメラ映像

### (2) 自動運転

JR 東日本においては、自動運転導入に向けて、2018年度より山手線で終電後の時間帯に試験を行った他、2022年2月には営業時間帯に試験を行い、前後に列車が走行している環境で、自動運転

に必要な運転機能、乗り心地、省エネ性能などの確認を行っている。2022年10月より、旅客が乗車している営業列車で自動運転を目指した実証運転を行い、性能の確認や知見の蓄積を行うとしている。山手線は、今後ATO導入に向けた準備を進め、2028年頃までの導入を目指すとともに、将来のドライバレス運転の実現を目指した開発を進めていくとしている。

### 5.6.3 ローカル 5G 活用モデル

#### (1) 過年度実証の成果と課題

##### 1) 過年度実証の成果

ドローン搭載の高精細 4kカメラで撮影した映像をキャリア 5G 経由でクラウドに送信し、クラウド上に構築された AI 解析基盤によって異常箇所を解析し、その解析結果を遠隔監視拠点に設置される PC 端末等にキャリア 5G 経由で送信して表示させるシステムを構築した。

同システムにおいて、5m おきに検出対象となるダミー障害物(木材、ペットボトル、かき、ハンガー)を設置し、距離と大きさを変えながら AI による検出を行った。

##### 2) 過年度実証で得られた課題

上記の巡視システムにおいては再現率(リアルな異常を AI が異常と正しく判定する割合)は 100% となっていた。しかしながら、鉄道沿線の保守において早期発見が真に求められる、軌道設備における砕石・道床あおり、運転保安設備における標識・灯器類の見通し状態、法面・擁壁における土構造等の降雨影響による状態、電路設備における沿線樹木等の接近状態といったモニタリングに対する有効性の検証は行われていなかった。

#### (2) 今年度実証における取組み

##### 1) 複数鉄道駅及び沿線におけるローカル 5G を活用した鉄道事業者共有型ソリューションの実現

表 5-14 実証概要

実証 No.	特 03
実施体制 (下線:代表機関)	住友商事(株)、東急電鉄(株)、横浜高速鉄道(株)、SCSK(株)、西日本旅客鉄道(株)、沖電気工業(株)、富士通(株)、京セラコミュニケーションシステム(株)、サムスン電子ジャパン(株)、伊豆急行(株)、九州旅客鉄道(株)、名古屋市交通局、西日本鉄道(株)、首都高速道路(株)、東急(株)、イツツ・コミュニケーションズ(株)、Sharing Design(株)、(株)グレイプ・ワン、(株)Insight Edge
実施地域	神奈川県横浜市、東京都目黒区(東急電鉄菊名駅～妙蓮寺駅間の線路区間、自由が丘駅、横浜駅、菊名駅、横浜高速鉄道横浜駅)
実証概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 鉄道駅及び沿線にローカル 5G 環境を構築し、車載カメラと AI を活用した沿線設備異常の自動検知及び沿線カメラと AI を活用した線路敷地内監視の実証を実施。</li> <li>➢ 鉄道設備の保守高度化や異常の自動検知を通じた列車運行の安全性向上、安定輸送の継続を実現。</li> </ul>

出所)「令和 4 年度課題解決型ローカル 5G 等の実現に向けた開発実証」実証事業企画概要

## a. ソリューション

### ア) 車載カメラと AI を活用した鉄道設備メンテナンスの高度化

列車の運転席に搭載した 4K カメラによるモニタリング映像を AI 活用して解析する。「異常が発生している」と推論させ異常アラートをアウトプットすることで、これまで保守員が線路内を徒歩または、列車に添乗して目視確認していた設備を車載モニタリングによる確認方法に移行する。

これにより、深刻化する労働人口の減少に対応する体制の構築に資する。



沿線の法面崩壊



近隣工事現場の工事用足場倒壊



近隣敷地からの倒木

出所)令和 4 年度課題解決型ローカル 5G 等の実現に向けた開発実証実施計画書(住友商事株式会社)

図 5-38 リアルタイム性が求められる鉄道運行支障の事例

### イ) 沿線カメラと AI を活用した線路敷地内の安全性の向上

踏切道及び鉄道用地においては、現地の映像をリアルタイムで運輸指令所や運転士にリアルタイム配信を行うことは困難であり、運転を司る運輸指令と運転士の情報やり取りは、無線による音声会話に限られることから、発災など有事対応や安全確認には非常に多くの時間を要する状況であることから、踏切道近傍及び鉄道用地を多数のカメラで面的に網羅しながら映像監視を行う対策の導入に取り組んだ。

## b. 導入効果

### ア) 車載カメラと AI を活用した鉄道設備メンテナンスの高度化

季節影響による AI 検出率の差は最小限かつ、営業列車での駅停車時間内に大容量映像データ伝送し、WEB 表示までの処理時間は駅到着後 20 分以内(目標 60 分以内)を達成した。

### イ) 沿線カメラと AI を活用した線路敷地内の安全性の向上

日中時間帯(晴れ)の条件化における検知可能距離(150~170m)は良好な結果であった。司令所・運転士までの通知時間は 1 秒(目標 3 秒以内)で、運用上問題のないリアルタイム性を確認した。線路敷地内への侵入から退出経路が判明することで、運転再開時間の短縮及び事故の未然防止が期待で

きる。

### c. ステークホルダの役割

本ソリューションを実運用で利用するためには、現在の人手による安全確保の方法と同等水準以上の安全管理が適確に行われることについて、鉄道事業者の安全管理統括者及び運転指令の確認を得るとともに、既往の安全管理プロセスに溶け込ませることが重要である。

また、施設・設備の巡視・検査頻度については、国土交通省への届出による実施基準によって実施されているが、実施基準の項目が自動化に置き換えられるか、自動化が目視検査と同等の安全性が保てること、また AI による異常検出をした場合の運用方法などが、鉄道に関する技術上の基準(省令事項、同解釈基準を含む。)を遵守しているか否かなどの確認が必要である。

【参考】鉄道に関する技術上の基準を定める省令(平成 13 年国土交通省令第 151 条)

(実施基準)

第三条 鉄道事業者(新幹線にあっては、営業主体及び建設主体のそれぞれ。以下この条において同じ。)は、この省令の実施に関する基準(以下「実施基準」と言う。)を定め、これを遵守しなければならない。

2 (略)

3 実施基準は、国土交通大臣がこの省令の実施に関する細目を告示で定めたときは、これに従って定めなければならない。

4 鉄道事業者は、実施基準を定め、または変更しようとするときは、予め、当該実施基準または変更しようとする事項を地方運輸局長(新幹線に係るものにあつては、国土交通大臣。以下この条において同じ。)に届出なければならない。

5 地方運輸局長は、実施基準がこの省令の規定に適合しないと認めるときは、実施基準を変更すべきことを指示することができる。

### d. 想定されるビジネスモデル

鉄道事業者をユーザとし、それに対しソリューション提供者及び通信事業者がそれぞれ、ソリューションの提供及び通信サービスを提供する形のビジネスモデルが想定される。

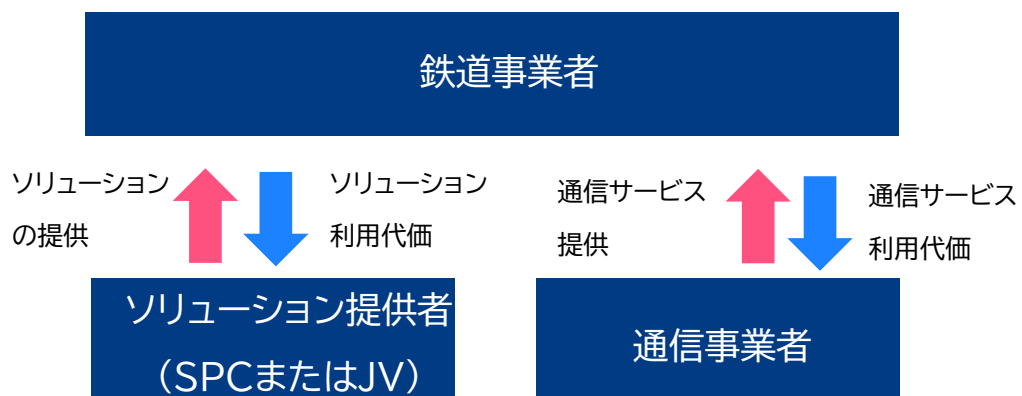


図 5-39 想定されるビジネスモデル(鉄道)

## 2) ローカル 5G を活用したダムの点検管理及び災害時現場検証による自治体業務支援の実現

表 5-15 実証概要

実証 No.	特 04
実施体制 (下線:代表機関)	アイテック阪急阪神(株)、阪神電気鉄道(株)、阪神ケーブルエンジニアリング(株)、日本電気(株)
実施地域	兵庫県西宮市、芦屋市、神戸市(阪神本線芦屋駅～西宮駅区間、御影駅)
実証概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 鉄道駅及び沿線にローカル 5G 環境を構築し、地上カメラと AI 画像認識を用いた列車事故の未然防止、車地上間における車内映像等のリアルタイムな情報連携、車上カメラと AI 画像認識を用いた日常巡視点検の省人化の実証を実施。</li> <li>➢ 列車運行の安全性向上とともに、業務効率化や生産性向上による鉄道事業のコンパクト運営を実現。</li> </ul>

出所)「令和 4 年度課題解決型ローカル 5G 等の実現に向けた開発実証」実証事業企画概要

### a. ソリューション

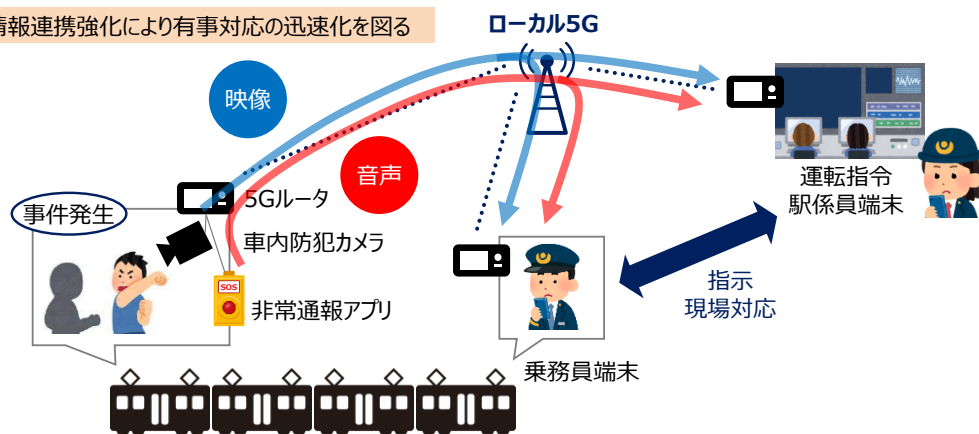
#### ア) 車地上間における車内状況のリアルタイムな情報連携による有事対応の迅速化

乗客安全確保のための有事対応の迅速化を目指す。具体的には、車内カメラの映像や非常通報ボタンからの音声をローカル 5G でリアルタイムに列車内の乗務員、運転指令及び駅係員へ連携する。

現状、乗務員と地上係員間の情報連携は列車無線により口頭で行われるが、有事の際に冷静に分かりやすく状況を伝達することは難しく、また地上係員は乗務員からの情報を受けてからの対応となってしまう。車内の映像や音声をリアルタイムに同時に連携することで、地上係員もただちに車内の状況を把握でき迅速に対応を行えるようになる。

キャリア回線 4G を介した同様のソリューションが、京王電鉄や東急電鉄で実装開始されており、阪神電気鉄道においても実証実験が開始されているが、ローカル 5G を活用するメリットとしては、映像のアップロード帯域を鉄道事業者が占有的に確保できるため、一般ユーザなど他のユーザの携帯電話・スマートフォンによる電波利用状態の影響を受けにくく、有事対応においても映像・音声の伝達の適格性が担保されやすい点にある。

地上係員との情報連携強化により有事対応の迅速化を図る



設備	機能概要
車内カメラ	車内の状況を撮影し、有事の際には乗務員及び地上係員の持つタブレット端末に映像を表示する。



設備	機能概要
非常通報ボタン	ボタンが押下されると乗務員及び地上係員の持つタブレット端末に通知され、必要に応じて通話を行う。また、近くに設置される車内カメラと連動し、映像が乗務員及び地上係員の持つタブレット端末に表示される。

出所)令和4年度課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証実施計画書(アイテック阪神阪急株式会社)

図 5-40 車地上間における車内状況のリアルタイムな情報連携のイメージ

#### イ) 地上カメラ×AI 画像認識による危険検知ソリューション

列車事故の未然の防止を目的として、踏切での立往生や駅ホームからの乗客の転落等、地上で発生した危険を AI 画像認識によって検知し、ローカル 5G で瞬時に走行中の列車乗務員等に通知するとともに立往生者等に対してスピーカによって注意喚起を行うソリューションである。

#### ウ) 車上カメラ×AI 画像認識による設備異常検知ソリューション

沿線設備の日常巡視点検業務の省人化を目指し、列車前方に搭載したカメラの映像を AI によって解析し、設備の異常等を検知し保守作業員へ通知するソリューションである。巡視点検で確認する観点は多岐にわたるため、本実証事業においては、第一ステップとして対象物の中で比較的発生頻度の高い、支持物類(曲線引金具)の脱落、飛来したビニール袋の電線類への付着を検知する AI モデルを開発した。

### b. 導入効果

#### ア) 車地上間における車内状況のリアルタイムな情報連携による有事対応の迅速化

大容量・低遅延の車地上通信が高速移動する電車において実現可能であることを実証した(UL/6Mbps、遅延 200msec)。

非常通報から乗務員の車内状況確認については、非常通報ボタンが押下されてから乗務員が該当車両の車内防犯カメラ映像を閲覧するまでに約 25 秒、車内映像を見つつお客様と通話することによる車内状況の確認に約 25 秒で、合計 50 秒との結果が得られた。車内異常発生時の状況確認を解決しうる可能性が示唆された。

また、駅・指令への状況連携についても、車内防犯カメラ映像は指令員も確認できるため、乗務員から指令員への報告が不要であり、指令員から駅への情報連携のみで対応可能となり、25 秒程度での対応が可能と推定された。

#### イ) 地上カメラ×AI 画像認識による危険検知ソリューション

踏切道における従来のソリューションでは、大きな障害物(自動車等)の検出に留まっていたが、ローカル 5G の特長を活かし車椅子(再現率 100%)、白杖(再現率 90%)も検出可能と実証した。目標値である検知漏れゼロ、誤検知率 1%未満等を達成できない検知対象物があるものの、継続実証の AI の磨き上げにより十分対応可能と見込まれる。

## ウ) 車上カメラ×AI 画像認識による設備異常検知ソリューション

電路設備(曲線引金具)の異常検知 78%、架線のビニール引っ掛かり検知 48%などとなり、教師データの収集と学習の蓄積が課題である。

### c. ステークホルダの役割

5.6.3(2)c.と同様、本ソリューションを実運用で利用するためには、現在の人手による安全確保の方法と同等水準以上の安全管理が適確に行われることについて、鉄道事業者の安全管理統括者及び運転指令の確認を得るとともに、既往の安全管理プロセスに溶け込ませることが重要である。

また、施設・設備の巡視・検査頻度については、国土交通省への届出による実施基準によって実施されているが、実施基準の項目が自動化に置き換えられるか、自動化が目視検査と同等の安全性が保てること、また AI による異常検出をした場合の運用方法などが、鉄道に関する技術上の基準(省令事項、同解釈基準を含む。)を遵守しているか否かなどの確認が必要である。

### d. 想定されるビジネスモデル

5.6.3(2)d.と同様、鉄道事業者をユーザとし、それに対しソリューション提供者及び通信事業者がそれぞれ、ソリューションの提供及び通信サービスを提供する形のビジネスモデルが想定される(再掲)。

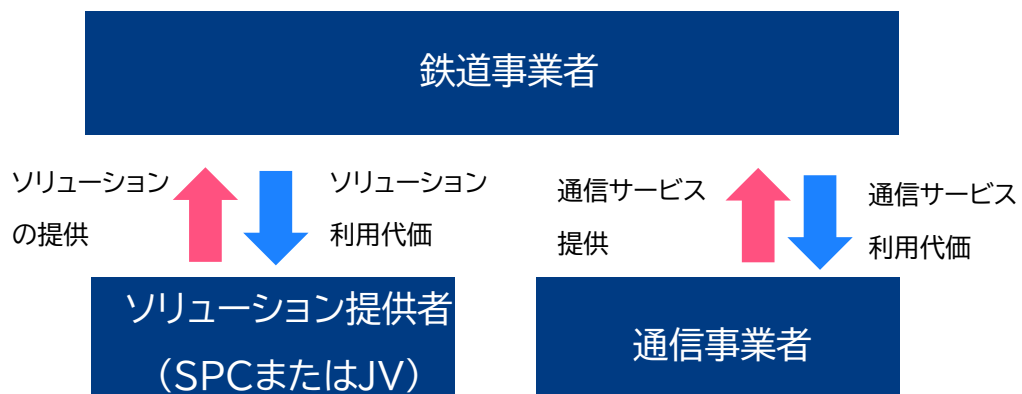


図 5-41 想定されるビジネスモデル(鉄道、再掲)

## (3) 普及に向けた課題と解決策

### 1) 有効なソリューション

鉄道分野においては、上述に述べた①小田急線車内殺傷事件等に見られる車内有事対応ソリューション、②地上カメラ×AI 画像認識による危険検知ソリューション、③車上カメラ×AI 画像認識による設備異常検知ソリューションの全てが有効であると思われる。①については、車内防犯対策の強化の観点から、速やかな横展開が期待される。②については、一般的な路線における列車の自動運転を実現するために必要なソリューションである。③については、少子高齢化の担い手不足の中、鉄道安全管理を現行水準と同等以上に確保することを前提とし、合理化・省力化する観点でも不可欠なソリューションであると言える。

## 2) エリア構築・システム構成等のポイント

特に他者土地との境界までの余裕距離がほとんど取れない場合や、高架線区間である等、他者土地へ電波漏洩が起りやすい箇所において、所要の強度の電波を確保するためのエリア構築が極めて重要である。

本実証においては、上記のような対応がなされている。主なポイントは以下の通りである。

- 狭指向性アンテナと LCX とともに他者土地への電波漏洩が発生するが、LCX は電波漏洩がより少ない傾向がある。高架線区間において空中架設すると LCX を利用する場合にあっても垂直方向に数百 m 電波漏洩が発生する場合がある。
- 比較的短い LCX を縦列に並べつつ、DAS 構成とすることで LCX 間の干渉やハンドオーバー<sup>13</sup>頻度を抑えられる。

## 3) 普及に向けた課題と解決策

上述の通り、本実証事業におけるソリューションを実運用で利用するためには、AI 検知精度の確保が最大の課題である。安全を適確に確保する観点から、モニタリング対象の事象(異常事象)に関しては限りなく 100%に近い検知精度が必要である。天候や西日・夜間を含む厳しい日照条件に関わらず左の検知精度を確保するための AI 性能の磨き上げは極めて重要である。一方、誤検知(リアルでは正常であるにもかかわらず AI が異常と判断すること)も最小限にするための AI 性能の磨き上げが重要である。一般に検出率と誤検知はトレードオフの関係にあり、正常と異常の微妙な違いを見分ける AI の確立のためには、AI の学習上の相当の工夫が必要である。鉄道業界においては異常となる事象自体が極めて少なく、教師データなど学習データの整備そのものも相当の工夫を要する。そうして、現在の人手による安全確保の方法と同等水準以上の安全管理が適確に行われることについて、鉄道事業者の安全管理統括者及び運転指令の確認を得るとともに、既往の安全管理プロセスに溶け込ませることが重要である。

また、他者土地への電波漏洩を行うことなく、鉄道沿線内では安定した通信エリアの確保を行うことも重要であるが、両者はトレードオフの関係にある。本ソリューションの適用範囲を全線に拡大しようとする場合、カーブや高低差等の線路計上に合わせた基地局の配置決定、用途に最適な端末(受信感度、MIMO、接続性等)の選定などもキーとなる。

また、ラッシュ時等多数の列車が接続する際の通信容量ひっ迫などにも対応が必要である。基地局の通信容量、カメラの必要通信量を考慮したインフラ設計が必要である。映像の送り出しの方法(適応ネットワーク制御技術)の活用により、通信路の混雑状況に応じて映像伝送のビットレート等を調整するなど、ハードのみならずソフトでの対応の検討も必要である。

---

<sup>13</sup> ハンドオーバーとは、通信を継続しながら接続する基地局を切り替えることをいう。

## 5.7 文化・スポーツ

### 5.7.1 背景課題

#### (1) 放送事業者の抱える課題

ブロードバンドの普及や動画配信サービスの急速な拡大、視聴スタイルの変化による若年層を中心とした「テレビ離れ」の顕在化等、放送を取り巻く環境が変化しつつある現在、放送市場規模及びテレビ広告市場規模は縮小傾向を辿っている。そのため放送事業者は、災害情報や地域情報等、暮らしの基盤となる情報を高い信頼性で生活者に届けるという重要な役割を担いつつも、経営改善、魅力ある新たな映像コンテンツ等による収益増加等の取組みが求められているところである。経営改善のために番組制作費削減などを行うとコンテンツそのものの品質低下、さらなるテレビ離れという悪循環を生み出すことにもつながりかねない。そのため番組等制作フロー（撮影・編集業務）等の効率化・合理化や、1つの番組コンテンツを複数媒体で使用することで収益源の増加を図るワンソース・マルチユースの取組み等による解決策が検討されている。

#### (2) スポーツビジネスの抱える課題

スポーツ市場においては、コロナ禍の影響による現地会場の試合観戦が困難となったことでチケット収益減少等による大きな経済的打撃を受けており、その余波はスポーツ会場周辺の地域経済等にも及ぶ。そのような中で、無観客開催された試合のライブ配信ニーズが高まり、スポーツ観戦の在り方に変化をもたらしている。そのためスポーツビジネス事業者（スポーツリーグの運営者、施設管理者等）は試合の動画配信コンテンツの充実化及びコスト削減と、来場者増につながる付加価値創出を多面的に取り組む必要性に迫られている。

またレジャーとしてのスポーツ市場も同様にコロナ禍の影響を受けている他、様々な課題を抱えている。例えばゴルフでは参加人口に団塊世代が多く、高齢化に伴うリタイヤが本格化すると予想されている他、従業員の高齢化や労働人口の縮小等により、ゴルフ場の人手不足も課題となっている。一方で、ゴルフにおいては2020年以降、コロナ禍における3密回避が可能なスポーツであることや、日本人プロゴルファーの活躍等により、若者のゴルフ人気は向上している傾向もあり、この機会を活用したゴルフ人口の定着が求められる。

### 5.7.2 分野を取り巻く動向

#### (1) 放送事業者を取り巻く動向

総務省では令和3年11月から開催している「デジタル時代における放送制度の在り方に関する検討会」において、上述のような放送を取り巻く環境の変化を踏まえて、放送の将来像や放送制度の在り方を中長期的な視点で検討している。当該検討会では放送事業者がコンテンツ制作に注力できる環境を整備していくことの重要性が言及されており、「放送コンテンツの制作・流通の促進に関するワーキンググループ」において、放送コンテンツの制作・流通を促進するための方策の在り方について検討を行って

いるところである。

## (2) スポーツビジネスを取り巻く動向

スポーツ庁では、2022年3月25日にスポーツに関する施策の総合的かつ計画的な推進を図るための指針である第3期「スポーツ基本計画」を策定した。当該計画は2022年度から2026年度までの5年間で国等が取り組むべき施策・目標等を定めたものであり、その中では、デジタル技術を活用した新たなビジネスモデル創出の推進の他、スポーツの成長産業化と題して、スポーツ市場規模5.5兆円から2025年までに15兆円に拡大することを目指し、スタジアム・アリーナ施設の整備やスポーツ団体と他産業とのオープンイノベーションによる新しいビジネスモデルの創出支援、国際市場へのスポーツコンテンツ輸出、インバウンドの取り込み等の具体施策が示されている。

### 5.7.3 ローカル 5G 活用モデル

#### (1) 過年度実証の成果と課題

##### 1) 過年度実証の成果

スポーツ分野では、スポーツ施設の有効活用や利便性向上等による地域活性化の実現を目的として、ローカル 5G を活用した e スポーツ対戦及び高精細映像配信や YouTube を用いたマルチアングル映像配信による新たな観戦創出等に取り組み、最小応答速度の性能の高さを確認した。また、スタジアムにおける収益改善を目的とした、会場来場者向け 360°自由視点映像配信システムやオンライン・ギフトリングアプリ、及び非来場者向けデジタルトレーディングカードアプリについては、最大 12 台のカメラ映像合成に成功した他、自由視点映像との連携によりアプリのサービス価値向上に大きく貢献することも確認された。

##### 2) 過年度実証で得られた課題

上述の e スポーツにおいては、ローカル 5G の活用可能性は示された一方で、代替手段有線、Wifi6 等)と比較して映像・音声等の UX の性能面で顕著な優位性を見出すことが難しかった。また、スタジアムにおけるソリューションにおいては、伝送性能や安定化の向上、機器・運用コストの低減が課題とされた。

#### (2) 今年度実証における取組み

##### 1) ローカル 5G を活用したドラマ映像制作の合理化に向けた実証

表 5-16 実証概要

実証 No.	開 12
実施体制 (下線:代表機関)	㈱NHK エンタープライズ、㈱NHK テクノロジーズ、NEC ネットウエスアイ㈱、㈱FLARE SYSTEMS、㈱Stu、㈱クニエ
実施地域	茨城県つくばみらい市(ワープステーション江戸)

実証概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 撮影映像等の無線伝送による撮影業務の合理化・高度化、リアルタイム VFX システム※を活用した編集業務の合理化・高度化及び、複数映像の同期・スイッチングによる訴求力のあるコンテンツ制作の実証を実施。</li> <li>➤ テレビ放送開始以来のケーブルを前提とした業務の変革によるコスト構造の改善及び、コンテンツ品質の向上を実現。</li> </ul>
------	--

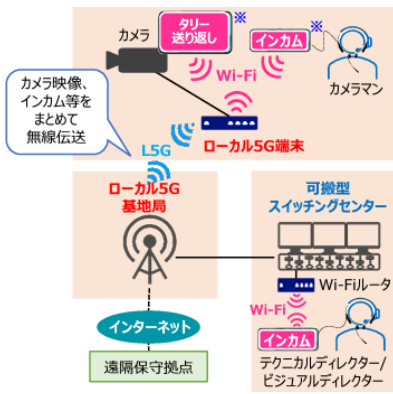
出所)「令和 4 年度課題解決型ローカル 5G 等の実現に向けた開発実証」実証事業企画概要

## a. ソリューション

撮影現場においてローカル 5G を活用し、①ワイヤレス撮影システムとリアルタイム VFX システムによる撮影業務及び編集業務の合理化・高度化、及び②複数箇所でも同時に進行しかつ連動する新たなドラマコンテンツ制作のソリューションによる訴求力のあるコンテンツ制作を目指す。

### 撮影業務の合理化・高度化

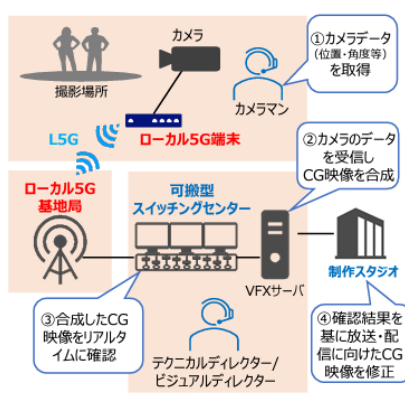
✓ 撮影現場のワイヤレス化により、撮影コストを削減



※タリ-:記録対象のカメラを知らせるランプ ※折り返し:選択されている映像を各カメラに設置されたモニターに送り返して表示させること  
※インカム:インターネットコミュニケーションシステムの略で、特定の区域内で通信する無線機器

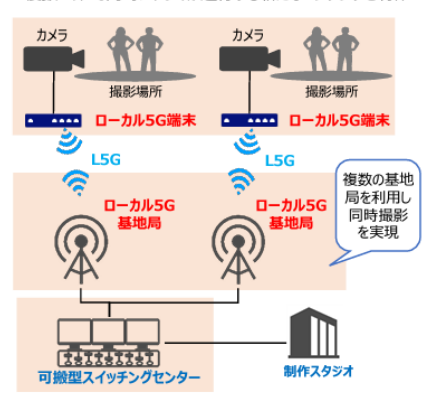
### 編集業務の合理化・高度化

✓ リアルタイムなCG合成映像の確認により、編集コストを削減



### 訴求力のあるコンテンツ制作

✓ 複数エリアで同時にドラマが進行する新たなコンテンツを制作



出所)令和 4 年度ローカル 5G 開発実証事業企画概要

図 5-42 ソリューション概要(ローカル 5G を活用したドラマ映像制作の合理化に向けた実証)

## b. 導入効果

ワイヤレス撮影(カメラ・リターン・タリ-・インカムの無線化)において 10Mbps×4ch の伝送を確認。目標であった HD20Mbps での安定な映像伝送は得られなかったが、ファームウェア改善により 20Mbps×5ch の伝送の実現可能性を追加検証で確認した。また、コスト面では従来の有線カメラ及び中継車・電源車による撮影業務と比較した場合、約 50%の削減となることが分かった。

リアルタイム VFX システムにおける遅延量は実運用上、許容範囲であることを確認。ポストプロ(撮影後の編集作業)において 33%削減効果を実現できた一方、現場での CG 合成試写の追加作業により、ワークフロー全体ではコスト増となる結果となった。

複数箇所でも同時並行に進行し、かつ連動する新たなドラマコンテンツの実現により、ライブ配信、イベント体験、VOD コンテンツのリピート希望はいずれも 88%を越える顧客満足を得て、コンテンツの新規性の評価とともに、新たな収益源の可能性を示した。

## c. ステークホルダの役割

NHK エンタープライズが撮影現場(まずは NHK エンタープライズが運営管理する屋外型撮影専用施設であるワープステーション江戸を想定)に対して機器実装・導入コンサルティングを実施。NHK テクノロジーズが技術相談窓口となる。同様に NHK エンタープライズから委託する形で、ローカル 5G 基

地局の開発・保守管理を NEC ネットズエスアイが、ソリューションのアップデートを株式会社 stu が担当する。

#### d. 想定されるビジネスモデル

上記をビジネスモデルとして図示すると以下の通りとなる。

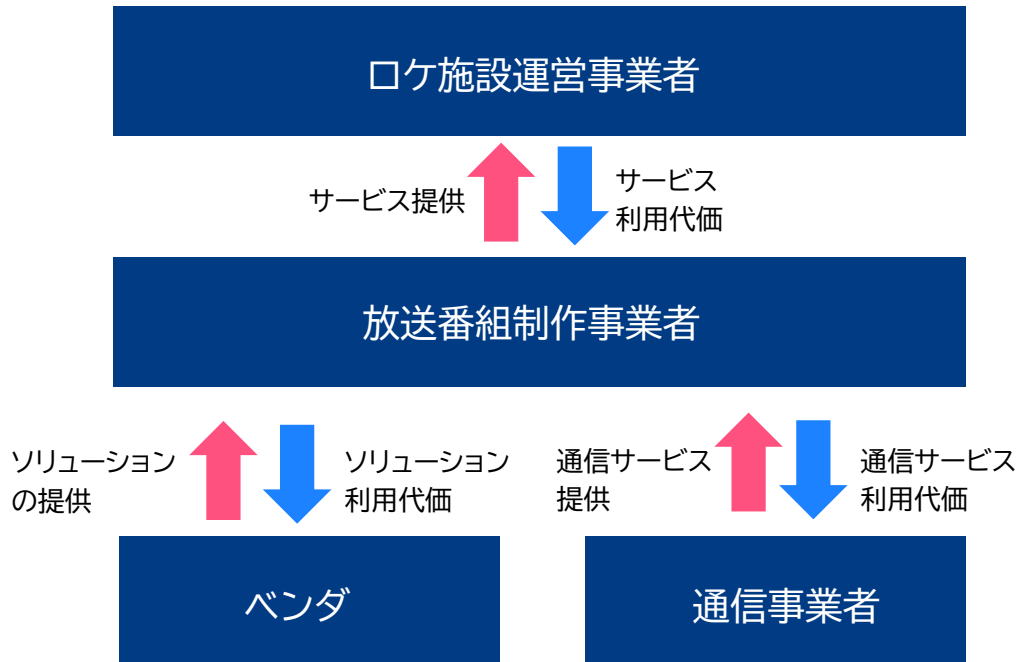


図 5-43 想定されるビジネスモデル(放送)

## 2) ゴルフ場におけるローカル 5G を活用したコース運営の効率化及び新たなゴルフ体験の実現

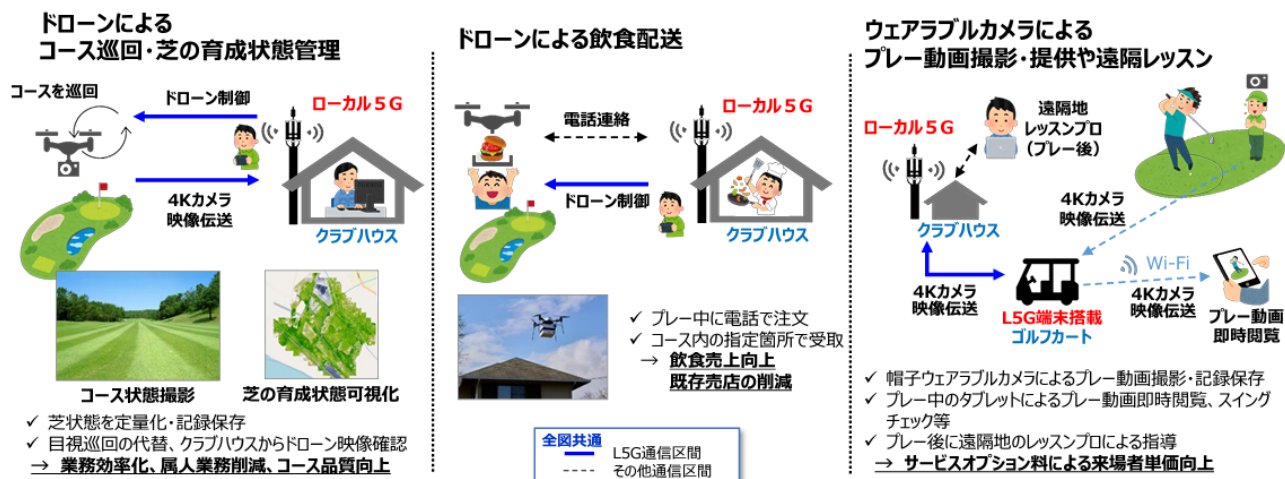
表 5-17 実証概要

実証 No.	開 13
実施体制 (下線:代表機関)	(株)地域ワイヤレスジャパン、ケーブルテレビ(株)、小山工業高等専門学校、エアロセンス(株)、(株)栃木ヶ丘ゴルフ倶楽部、鹿沼グループ、Support Technology Co.,Ltd、(株)関電工、京セラコミュニケーションシステム(株)、サムスン電子ジャパン(株)、DX アンテナ(株)、(一社)日本ケーブルテレビ連盟、(株)グレーブ・ワン、(株)ゴルフダイジェスト・オンライン
実施地域	栃木県栃木市(栃木ヶ丘ゴルフ倶楽部ゴルフ場)
実証概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ ゴルフ場にローカル 5G 環境を構築し、高精細カメラを搭載したドローンによるコース巡回・芝の育成状態管理、ドローンによる飲食配送及びウェアラブルカメラによるプレー動画撮影・提供や遠隔レッスンに関する実証を実施。</li> <li>➢ ゴルフ場の業務効率化、新規プレイヤーの獲得及び付加価値の高いサービスの提供を通じ、ゴルフ市場の活性化を実現。</li> </ul>

出所)「令和 4 年度課題解決型ローカル 5G 等の実現に向けた開発実証」実証事業企画概要

#### a. ソリューション

ローカル 5G インフラを構築し、ドローンと高精細カメラによるコース巡回・芝の育成状態管理及び飲食配送サービス、ウェアラブルカメラによるゴルフのプレー動画撮影・提供や遠隔レッスンの 3 つのソリューションにより、ゴルフ場の業務効率化及び新規プレイヤーの獲得につながる付加価値の高いサービスの提供を目指す。



出所) 令和4年度ローカル5G開発実証事業企画概要  
 図 5-44 ソリューション概要(ゴルフ場におけるローカル5Gを活用したコース運営の効率化及び新たなゴルフ体験の実現)

## b. 導入効果

ドローンに搭載高精度カメラにより、全 18 ホール 30 分での巡回を達成。これにより、人手不足のため 3 ホール程度に限定している毎朝 30 分の目視巡回について、同一時間で全 18 ホール巡回が可能となり、業務効率化とともにコース品質の向上にもつながることが示された。

また、ドローンによる芝の育成状態可視化結果がコース管理熟練者による目視と一致することを確認し、熟練業務の代替可能性を示すことができた。

ドローンによる飲食配送では、高度 100m の飛行において、配送時間 3 分以内を達成。被験者の 80%より有償利用意向を確認し、将来的な売店削減への可能性が示された。

ウェアラブルカメラによるプレー動画撮影・提供については、被験者のうち 87%が 1,000 円以上、遠隔レッスンについては 52%が 3,000 円以上の料金での利用以降を示し、売り上げ貢献へ寄与できる可能性が明らかになった。

## c. ステークホルダの役割

ケーブルテレビ株式会社がソリューション提供者となり、ゴルフ場へローカル 5G インフラとソリューションをパッケージ提供する。ローカル 5G のネットワーク保守・運用はグレープ・ワン、ドローンソリューション提供はエアロセンス、ウェアラブルカメラソリューションは Support Technology から、それぞれケーブルテレビ事業部が調達するスキームとなる。また、普及展開においてはケーブルテレビ株式会社と地域ワイヤレスジャパンが主体となって取組みを進める。

## d. 想定されるビジネスモデル

上記をビジネスモデルとして図示すると以下の通りとなる。



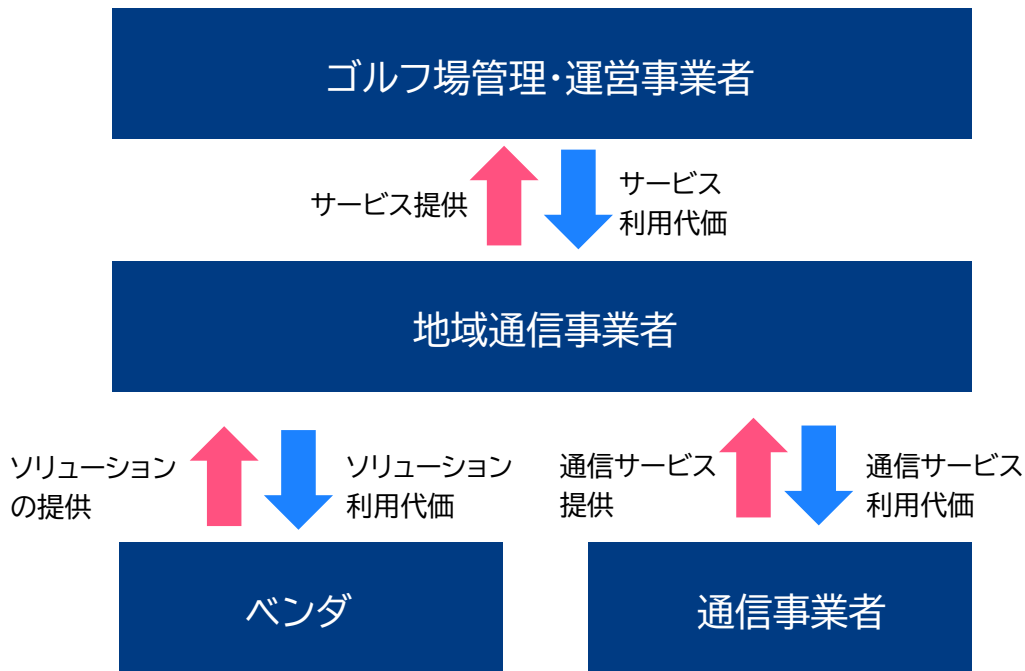


図 5-45 想定されるビジネスモデル(ゴルフ場)

### 3) ローカル 5G 簡易設営キットを活用した屋内スポーツにおける高精細・多視点の映像サービスモデル構築に向けた実証

表 5-18 実証概要

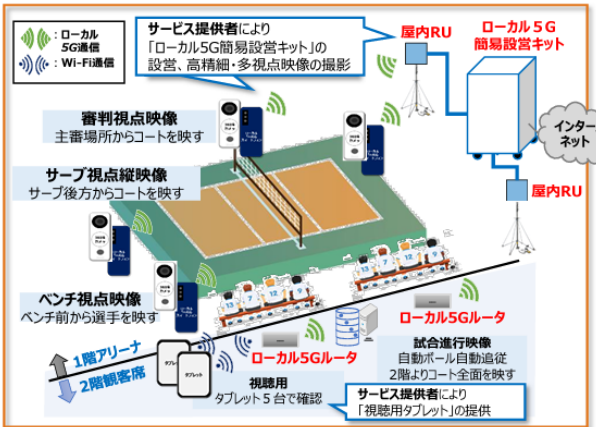
実証 No.	開 14
実施体制 (下線:代表機関)	KDDI エンジニアリング(株)、富士通ネットワークソリューションズ(株)、(株)ID、(株)スポーツマーケティングラボラトリー、(一社)日本バレーボールリーグ機構、SAGA 久光スプリングス(株)(久光スプリングス)、(株)プロス(フォレストリーヴズ熊本)
実施地域	佐賀県佐賀市、熊本県熊本市(佐賀県総合体育館、熊本市総合体育館)
実証概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 屋内スポーツアリーナに簡易設営キットを用いたローカル 5G 環境を構築し、「サービス利用型」のビジネスモデルを見据えて、ボール自動追尾 AI カメラや 360°カメラ等を活用した高精細・多視点映像コンテンツの提供に関する実証を実施。</li> <li>➤ 撮影コストの削減及び魅力的な映像コンテンツの提供を通じた、スポーツ観戦における新たな付加価値創出を実現。</li> </ul>

出所)「令和 4 年度課題解決型ローカル 5G 等の実現に向けた開発実証」実証事業企画概要

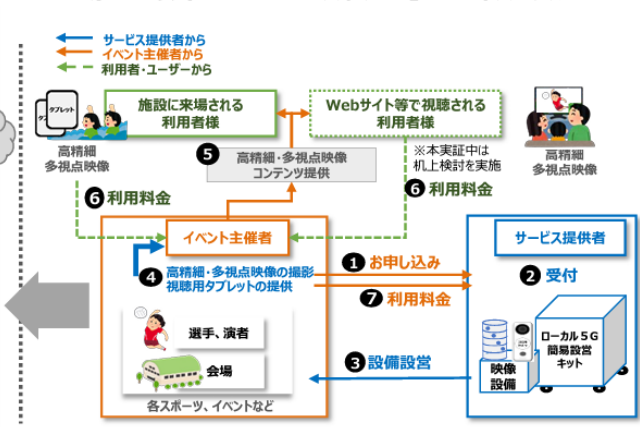
#### a. ソリューション

ローカル 5G 簡易設営キットを活用したボール自動追尾 AI カメラや 360°カメラ等による高精細・多視点の映像サービスにより、臨場感ある魅力的な映像で動画配信コンテンツを「サービス利用型」のビジネスモデルで提供し、映像制作コスト改善と来場者に資する新たな付加価値創出実現を目指す。

### 実証フィールドにおける高精細・多視点映像コンテンツの撮影



### 簡易設置キットによる「サービス利用型」のビジネスモデル



出所)令和4年度ローカル5G開発実証事業企画概要

図 5-46 ソリューション概要(ローカル5G簡易設置キットを活用した屋内スポーツにおける高精細・多視点の映像サービスモデル構築に向けた実証)

## b. 導入効果

Vリーグ公式戦(計4試合)において、以下を確認し、実運用時の機能要件を十分に満たすことを実証した。

- 準同期のスループットは、UL189~240Mbps、DL242~288Mbpsを達成
- 来場者に360度高画質映像(5台)のライブ映像をリアルタイムで配信し遅延約1秒を確認。
- スワイプ視聴体験をご利用頂いた78%が『次回の来場意欲につながる』と回答。
- 有線での作業工数に対し、▲22%~▲46%の削減を確認。

## c. ステークホルダの役割

ソリューション提供者及びネットワーク設備・保守・運用を KDDI エンジニアリング株式会社が担い、免許申請・構築・リモート監視を富士通ネットワークソリューションズ株式会社、保守・ライセンス提供(ボール自動追尾 AI カメラ)を株式会社スポーツマーケティングラボラトリー、ソリューション開発・提供(360°高画質カメラソリューション及び映像配信サーバ)を株式会社 iD が担う体制をとる。

## d. 想定されるビジネスモデル

上記をビジネスモデルとして図示すると以下の通りとなる。

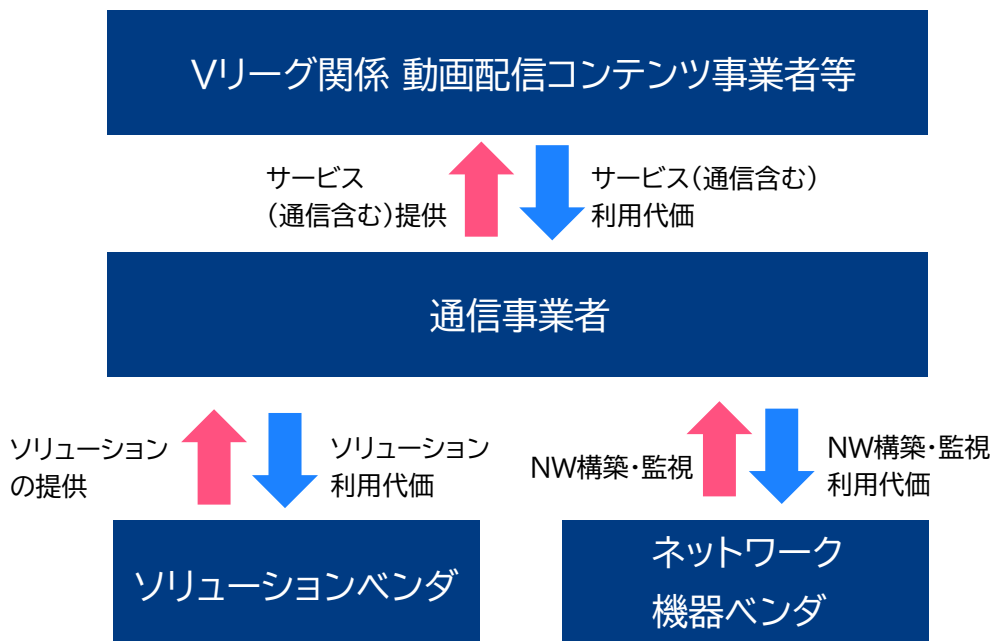


図 5-47 想定されるビジネスモデル(ゴルフ場)

### (3) 普及に向けた課題と解決策

#### 1) 有効なソリューション

文化・スポーツの分野では、5G の特徴を活かした映像伝送・新たなコンテンツ提供に期待が大きく、過年度実証も含め複数の実証において取組が進められてきたところ、体育館やゴルフ場といった多様な環境において大容量映像伝送やアプリケーションの動作を確認することができ、ユーザの利用意向も確認されたことから、前述のような分野を取り巻く課題の解決策として有効であると想定される。

また、ワイヤレス撮影システムは業務効率化のみならずコンテンツの価値向上に直接寄与するものであり、有効性が期待されるとともに、今後こうした撮影システムを活用した魅力的なコンテンツが認知されていくことで、実装が加速化していくものと期待される。

#### 2) エリア構築・システム構成等のポイント

今回実証に取り組んだ屋外ロケ施設では、景観が非常に重要となるため、電波塔を建て高い位置からの電波を吹きおろしにて全エリアを対象とする電波放射が行えず、同等程度の高さから電波を放射することになるが、建物が密集している環境であるため建物が遮蔽物となり不感地帯が発生してしまう。そのため1台の基地局にてカバーエリアを展開することは難しいが、本実証では、DASによって良好な通信エリアを拡大することができ、DASの有効性が示された。

また、ゴルフ場のケースでは樹木により遮蔽されているケースが多くエリア内に不感地帯が発生する可能性があるところ、中継器が広大な屋外環境における柔軟なエリア構築に貢献できることが確認された。

### 3) 普及に向けた課題と解決策

新たなコンテンツ制作においては、運用面のハードルをクリアするためにも、ユースケースを増やし、制作関係者に本ソリューションのメリットを示していくことが重要である。

ゴルフ場におけるコース巡回・芝の育成状態管理では、ゴルフコースの状態は四季を通じて変化があることから、1年を通じた検証が必要であるとされている。また、ドローンの利用を前提としているため、従業員が操作・運行に習熟することも必要である。

## 5.8 防災

### 5.8.1 背景課題

#### (1) 自然災害の頻発化・激甚化

近年、豪雨災害の危険を及ぼす大雨の発生頻度が大幅に増加しており(図 5-48)、それに伴う土砂災害の発生回数も増加傾向にある。また、地震調査研究推進本部 4 地震調査委員会の予測によると、今後 30 年以内の南海トラフ地震(マグニチュード 8~9 クラス)の発生確率は 70~80%、相模トラフ沿いのプレートの沈み込みに伴うマグニチュード 7 程度の地震の発生確率は 70%程度(2022 年 1 月 1 日基準)とされている。今後も、このような自然災害の頻発化・激甚化の傾向が続くことが懸念される。

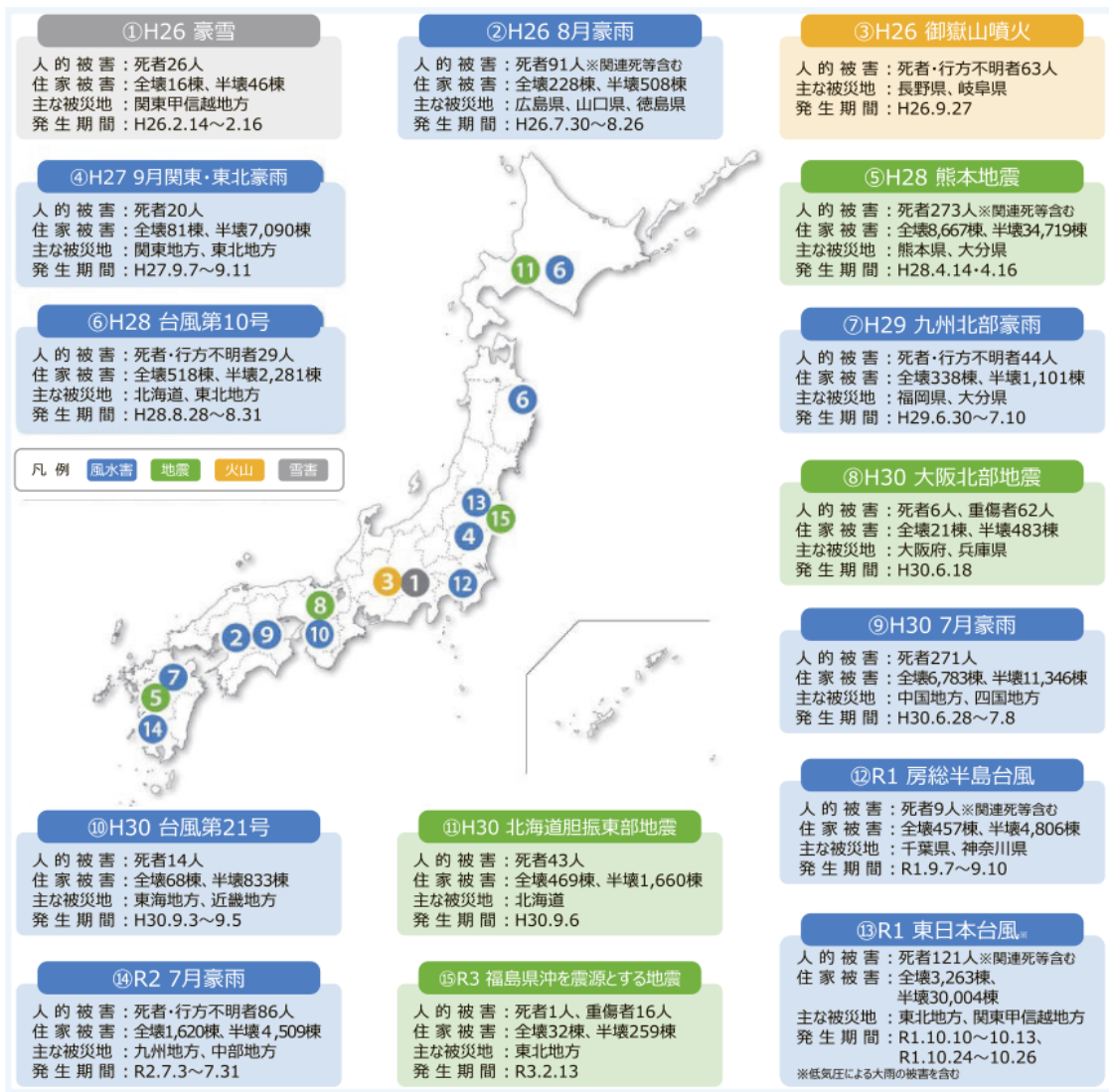


図 5-48 平成 26 年以降に発生した主な災害

出所) 内閣官房(2021)「防災・減災国土強靱化のための3か年緊急対策による取組事例集」

[https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/kokudo\\_kyoujinka/3kanentokusetsu/pdf/jirei1-1.pdf](https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/kokudo_kyoujinka/3kanentokusetsu/pdf/jirei1-1.pdf)

## (2) 地域防災の担い手不足

現在、日本の人口の約3割は65歳以上が占めている。総務省統計局によると、2022年10月1日時点で、65歳以上人口は、3,623万人となり、総人口に占める割合(高齢化率)は29.0%となっている。今後、高齢化率は上昇し、2065年には約4割になると推計されている(図5-49)。このような超高齢化社会に加え、外国人観光客・在留外国人等も増加傾向にあり、今後我が国、特に地域における防災・減災の取組みはさらに重要になると考えられる。

一方で、全国の市町村に設置される地域密着型の消防機関であり、地域防災活動の中核を担う消防団においては、従来の消火・救助活動に加え、避難誘導や避難運営支援活動等、多様な役割が求められているが、消防団員の数は、年々減少する状況となっている(図5-50)。

このような状況を踏まえ、防災・減災の取組みにおいて、迅速かつ効率的に、精度の高い情報収集・共有を行うことが喫緊の課題であると考えられる。

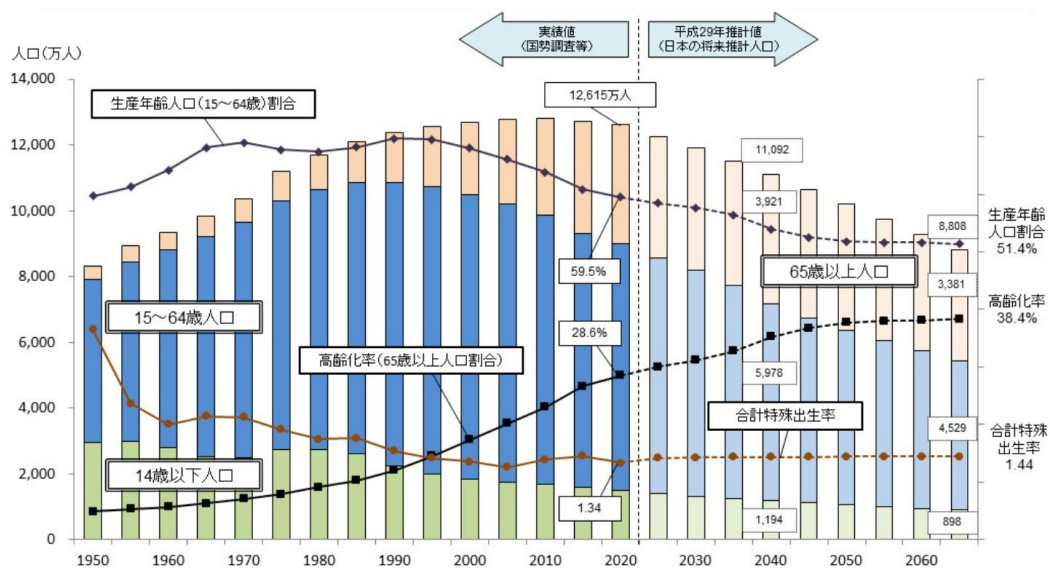


図 5-49 日本の人口の推移

出所) 厚生労働省ホームページ「我が国の人口について」

[https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage\\_21481.html](https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_21481.html)

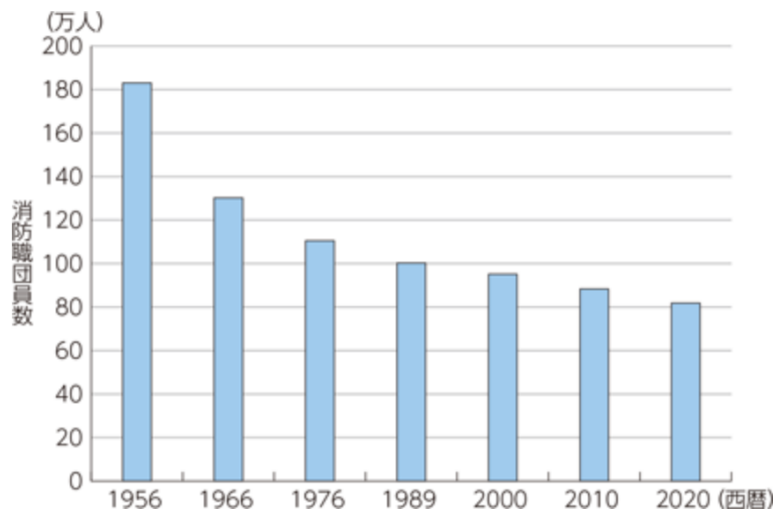


図 5-50 消防団員の推移

出所) 総務省 情報通信白書(令和3年度)

## 5.8.2 分野を取り巻く動向

### (1) 災害時における情報収集・共有の取組み

#### 1) 災害前～災害時

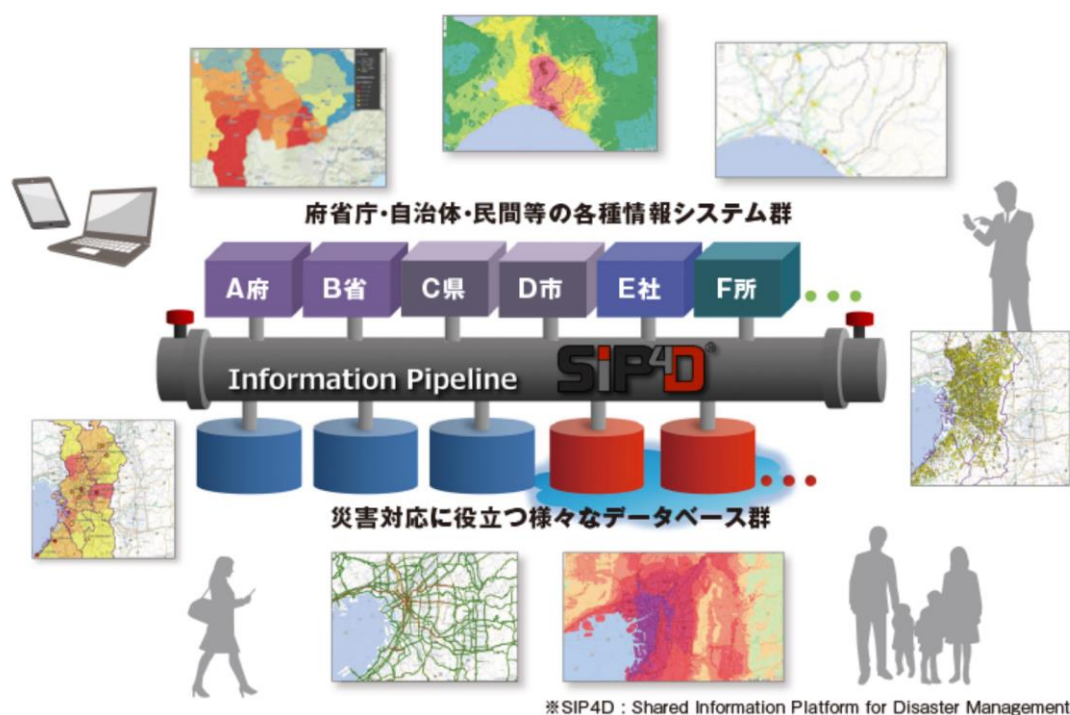
大雨を伴う台風または豪雨では、河川水位の急激な増加に伴う洪水が発生する。そのため、洪水被害から住民の生命を守るためには、避難情報の発信に係る河川の現状把握及び予測を行う必要がある。

国・地方公共団体では、これまで、特に規模の小さい河川において、水位計等が十分に整備されていなかったため、リアルタイムでの状況把握が難しい等の課題があり、水位計や河川監視カメラによるリアルタイムで情報収集を行う取組みが進んでいる。これらは、例えば、令和元年東日本台風において、町道が浸水する前に通行止めを実施する等、迅速な初動対応に貢献している。<sup>14</sup>

## 2) 災害後

自然災害による直接的な被害が沈静化した後においては、生活の基盤である電気、水道、ガス、及び道路といった様々なインフラの早期復旧が求められる。そのため、国・地方公共団体は、これらのインフラ等の被災状況や復旧状況を迅速かつ正確に把握し、関係者と連携する必要がある。一方で、国・地方公共団体の職員の人手による現場確認では、広範囲にわたる土砂崩れ、浸水、倒木、建物の倒壊等による侵入困難地域における被害状況把握が困難であり、また二次災害等の危険性を伴うことから、十分な情報収集に至らないケースが考えられる。そのため、衛星通信を活用した通信設備(Car-SAT や Ku-SAT 等)や上空からの情報収集手段(ヘリテレ/ヘリサット等)といった、様々な手段を活用している。近年では、遠隔から現地の状況が確認可能なドローンの活用も進んでいる。

加えて、災害対応に必要とされる情報を多様な情報源から収集し、利用しやすい形式に変換して迅速に配信する機能を備えた、組織を越えた防災情報の相互流通を担う基盤的ネットワークシステム(SIP4D)(図 5-51)を内閣府が主導して研究開発等を進めるなど、収集した災害情報の活用に関する取組みも進められている。



出所) 国立研究開発法人防災科学技術研究所ホームページ  
[https://www.bosai.go.jp/activity\\_special/center/jouhou.html](https://www.bosai.go.jp/activity_special/center/jouhou.html)

図 5-51 SIP4D の概要

<sup>14</sup> 国土交通省第 1 回気候変動を踏まえた水災害対策検討小委員会配付資料「令和元年台風第 19 号による被害等」(2019.11.22) P.33  
[https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai\\_blog/shaseishin/kasenbunkakai/shouinkai/kikouhendou\\_suigai/1/pdf/](https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/shaseishin/kasenbunkakai/shouinkai/kikouhendou_suigai/1/pdf/)

## (2) 災害時における情報収集・共有に係る現状と課題

上述するように、国・地方公共団体において、災害時における各種取組みが進められているが、今後、さらなる迅速かつ効率的に、精度の高い情報収集・共有を行うことが求められると考えられる。以下に本実証事業の背景となる、国・地方公共団体における現状と課題を述べる。

本実証事業の中で確認した、河川管理における通信設備・情報収集手段に係る現状と課題を、以下表 5-19 に示す。災害時には、通信ビル内の設備やケーブルの損壊、基地局の倒壊や商用電源の途絶等の様々な要因で通信ネットワークが不通もしくは輻輳することが想定されることから、衛星通信をはじめとした多様な通信手段を確保している。一方で、以下のような課題も存在する。

- ・ 災害時に使用する Car-SAT や Ku-SAT は地方整備局に 1 台程度など台数に限りがある。
- ・ 光ファイバーネットワークは有線のため断線する恐れがある。
- ・ 平常時の巡視に使用するドローン映像は、民間の携帯電話回線に依存している状況にある。

これらを踏まえ、公物管理における『眼』を増やす観点からローカル 5G 導入による独自通信網の構築や、「普段使い」ができない設備を災害時に突然使用することは困難であるとの観点から災害時と平時時(設備維持管理等)の双方に活用できるシステムを期待する意見が、本実証事業の中で得られている。

表 5-19 河川管理における通信設備・情報収集手段(現状)

通信設備・情報収集手段	利点	課題	通信
光ファイバーネットワーク	常時稼働 高速・大容量通信が可能	ファイバー断線、長期の停電	独自回線(光)
ヘリサット 	防災初動期に迅速に稼働 パイロットのみで運用可能 専用回線(衛星) 広域監視 道路交通の影響を受けない	台数が少ない(地整 1 台)	独自回線(衛星)
Car-SAT 	災害初動期に迅速に稼働 ドライバーのみで運用可能 専用回線(衛星)	道路交通網の影響を受ける 台数が少ない(地整 1 台)	独自回線(衛星)
Ku-SAT/衛星通信車 	専用回線(衛星)	道路交通網の影響を受ける 設営可能な職員同行が必要	独自回線(衛星)
CCTV カメラ	常時稼働 職員による普通使いが可能	不可視部の存在 固定(その場で旋回)運用	独自回線(光)
ドローン映像 (上空巡視)	災害初動期に迅速に稼働 導入が容易(台数増に対応) 道路交通の影響を受けない	映像伝送手段が民間通信(停止の恐れ) パイロットの同行が必要	民間回線



ウェアラブル映像(地上巡視)	災害初動期に迅速に稼働導入が容易(台数増に対応)	道路交通網の影響を受ける映像伝送手段が民間通信(停止の恐れ)	民間回線
ウェアラブル映像(水上巡視)	導入が容易(台数増に対応) 道路交通の影響を受けない	映像伝送手段が民間通信(停止の恐れ) 電通職の同行が必要 船長の同行が必要	民間 + 独自回線(無線)

出所)「令和4年度課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証」特01 成果報告書

また、地方公共団体における取組みとして、平成30年7月豪雨災害(西日本豪雨災害)における愛媛県の取組みと課題の例を挙げる。

本災害では、県管理の水防警報・水位周知河川(24箇所)のうち、12箇所の河川で氾濫危険水位(レベル4)を超過し、3箇所の河川で避難判断水位(レベル3)を超過しており、いずれも南予を中心に河川水位が上昇し、県内で約30名の死者が出る未曾有の災害となり、多数の土砂災害や河川氾濫、広域での浸水被害が多発した。本災害における被災箇所は、県南部南予地方を中心に広範囲にわたる。特に大洲市、西予市、宇和島市の被害が甚大であったが、このうち大洲市だけでも浸水面積は880haを超える広範囲であったことから、初動期の被害状況の正確な把握と、その情報の共有においての以下のような課題が確認された。

- ・ 情報収集において、県や市町、関係機関がそれぞれ個別に情報収集を実施していた
- ・ 被害現場状況の情報収集とその伝達に時間を要した
- ・ 取得した被害情報の各部への共有に手間と時間を要した
- ・ 収集した被害情報の質や精度(画像解像度やデータ形式)が低かった
- ・ 被災による通信インフラ故障や携帯電話網の輻輳等により、状況がさらに悪化した

愛媛県では、この課題・教訓を受け、来たる南海トラフ巨大地震による広範囲災害に対応するため、愛媛県及び県内市町が連携して様々な取組みを行い、令和3年3月には愛媛県と県下20市町による「愛媛県・市町DX協働宣言」が採択した。これを受け、愛媛県と20市町では愛媛県災害情報システムや被災者支援連携システムなどについて、県及び市町が一体となってシステムを整備・運用するなど、県域での共同調達及び共同利用が進んでいる。このように、愛媛県においては災害時の情報収集・共有における各種取組みが進められているが、災害時の初動に関しては、未だ以下のような課題が残されていることが明らかになっている。

- ・ 被害情報の収集・取得や情報整理(取りまとめ作業)に時間を要する
- ・ 取得できるデータの品質や精度(解像度やデータ形式等)が悪い

これらの課題に対して、ローカル5Gの特長を活かした高精細映像データのリアルタイムな収集・共有について、期待が寄せられている。

### 5.8.3 ローカル5G活用モデル

#### (1) 過年度実証の成果と課題

##### 1) 過年度実証の成果

令和 2 年度において、河川の 4K 高精細映像の遠隔監視と防災ダッシュボードによる情報の一元管理によって避難勧告等の発令判断までの時間を短縮し、また、河川の高精細画像の AI 解析アラート発報により河川の状況変化の見落としを防ぐことを目標として検証を行った。

市街地、河川周辺各地点における受信電力特性、スループット特性と、遅延時間特性、映像伝送特性を計測し、30Mbps 以上のスループット特性と、1 秒以下の遅延時間特性、及び見た目によるカメラ映像の動作を確認した。

## 2) 過年度実証で得られた課題

本ソリューションにおいて固定カメラからの高精細映像の遠隔監視を実現しており、ダッシュボードによる状況の一元把握と避難勧告などの迅速化など一定の効果の発現が認められている。

一方、河川沿線等においては、堤防の決壊や洪水など、局所的な状況を機動的に把握する必要があり、可搬型基地局やドローン等の活用による機動的かつ広域的な対応が行えることが、より望ましい。さらに、非常時においてもソリューションが円滑に活用できるよう、単に訓練において操作手順や方法を習熟するに留まらず、通常からのインフラ点検・管理への「普段使い」といった観点が重要である。

令和 4 年度開発実証においては、ドローンや AI 活用によるソリューションの進化(機動性の向上、高精細映像といったローカル 5G の特長を活かした人の支援)に取り組んだ。

## (2) 今年度実証における取組み

### 1) 高精細映像伝送による災害時の迅速な情報共有・意思決定の実現

表 5-20 実証概要

実証 No.	開 16
実施体制 (下線:代表機関)	(株)エヌ・ティ・ティ・データ関西、愛媛県、大洲市、愛媛大学、西日本電信電話(株)、エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ(株)、エヌ・ティ・ティ・アドバンステクノロジー(株)、シャープ(株)、電気興業(株)、(株)ザイナス、SAP ジャパン(株)、(一社)全国地域情報化推進協会
実施地域	愛媛県大洲市(肱川河川敷)
実証概要	自治体の災害対応業務においては、被害情報収集に時間を要しかつデータ品質・精度が低いことや、情報収集に必要な通信インフラ被災時の迅速な通信体制確立という課題が存在。 > 可搬型のローカル5G環境を構築し、ドローンを活用した高精細映像のリアルタイム伝送による被害概況の迅速な確認や、取得データの3Dモデル解析・360°ビュー化による被害概況の高度な可視化の実証を実施。 > 災害対応業務の高度化を通じ、各関係機関の状況認識の統一及び迅速かつ的確な意思決定を実現。

出所)「令和 4 年度課題解決型ローカル 5G 等の実現に向けた開発実証」実証事業企画概要

### a. ソリューション

自治体では、頻発・激甚化する自然災害への対応が急務となっている中、災害対応業務においては、被害情報収集に時間を要しかつ映像・動画データの品質・精度が低い等の課題が存在。この課題を解決すべく、可搬型ローカル 5G 環境を構築し、ドローンを活用した高精細映像のリアルタイム伝送による被害概況の迅速な確認や、取得データの 3D モデル解析等による被害概況の高度な可視化を行う。

主要な機能は以下の通りである。

- エリア展開時間:愛媛県では、冬季の可照時間は10時間程度であり、機器の移送・設営から、情報収集、機器の撤収までを、この時間以内に収めることを目標とする。
- 伝送時間・データ解析時間:高精細映像(4K 映像)のリアルタイム伝送に必要となる、40Mbps程度の帯域確保を目標とする。
- 取得データの精度:測量と同様の考え方で、土砂量の精度が公差 10%程度であることを目標とする。

## b. 導入効果

本実証の当初目標はいずれもクリアし、機能、運用、効果のいずれの面で実装に向けた主だった課題は本事業により解消された。本格実装(商用運用)に向けた体制整備を図るフェーズに進んだものと認められる。

- エリア展開時間:基地局 60 分、中継装置 30 分達成(当初の目標 2 時間を下回る)
- 伝送時間・データ解析時間、取得データ解析時間:ドローンによる測量データが 3D 解析 60 分以内、公差±10%で取得可能。
- 中継装置からの距離 200m、高度 70m において伝送速度 40Mbps を達成(1GB のデータを 5 分以内で伝送可能)

## c. ステークホルダの役割

### ア) 地方公共団体(ユーザ)

本ソリューションの用途は被災・河川氾濫時等における地方公共団体による正確な情報のリアルタイム把握にある。このため、本ローカル 5G 活用モデルの整備・運用に関しては、一義的に地方公共団体がその主体になる。

既存の防災業務システムの接続、国などの関係行政機関(内閣府(防災)、国土交通省)への映像・情報の得るかに関するエスカレーションルールの確立なども、ユーザである地方公共団体が担当するのが適切である。

本ローカル 5G 活用モデルのうち、ドローンや可搬型基地局などの動産の平時からの保管・管理及び本活用モデルの利用時におけるドローン操作等については、ユーザである地方公共団体自ら実施する場合とマネージドサービスとして、サービス提供者が請負または委託により提供するモデルの 2 種類が考えられる。

本格実装(商用運用)に向けた体制整備を図るフェーズにおいて、役割分担について具体的に協議・整理する必要がある。

### イ) サービス提供者

上述の通り、本ローカル 5G 活用モデルのうち、ドローンや可搬型基地局などの動産の平時からの保管・管理及び本活用モデルの利用時におけるドローン操作等については、ユーザである地方公共団体自ら実施する場合とマネージドサービスとしてサービス提供者に委託するモデルの 2 種類があるが、前者の場合は、地方公共団体職員に対するドローン操作に関する教育・訓練サービスなどを提供すること

が、被災時などの極限的な状況において適確な情報収集を進めるために必要である。

#### d. 想定されるビジネスモデル

上記を整理すると下図の通りとなる。

本ローカル 5G 活用モデルの整備・運用に係る経費は公共負担となることが想定される。そこから、ソリューションの提供に係る費用及び通信サービスの提供に係る費用が支弁されることを想定する。

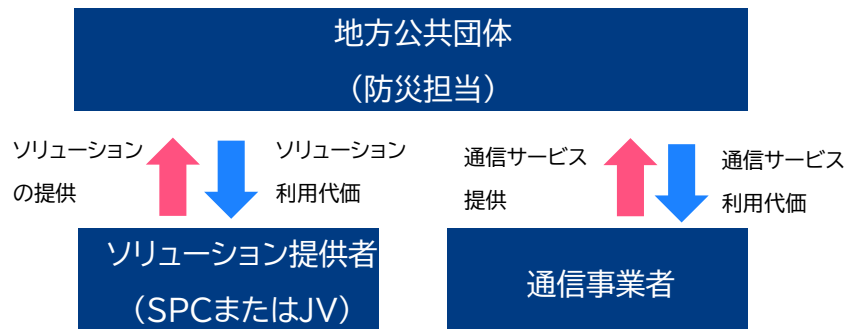


図 5-52 ビジネスモデル(防災・行政)

## 2) ローカル 5G を活用したダムの点検管理及び災害時現場検証による自治体業務支援の実現

表 5-21 実証概要

実証 No.	開 15
実施体制 (下線:代表機関)	シャープ(株)、西日本電信電話(株)、(株)ミラテクトローン、奈良県、天理市、天川村、王寺町
実施地域	奈良県天理市(天理ダム付近)
実証概要	<p>近年、我が国の自治体においては、人手不足や財政悪化に直面している一方、特にインフラ保守業務や災害対応業務の増加・複雑化という課題が存在。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ ダム付近及び山間地にローカル5G環境を構築し、ドローンを活用した8K映像のリアルタイム伝送による、ダム管理業務支援及び遭難者探索時や災害発生時の現場検証支援の実証を実施。</li> <li>▶ インフラ保守業務の省力化・迅速化を通じ、一連の業務の安全性向上、効率性向上を実現。また、災害対応業務の迅速化を通じ、安全な状況確認、二次災害の抑制を実現</li> </ul>

出所)「令和 4 年度課題解決型ローカル 5G 等の実現に向けた開発実証」実証事業企画概要

#### a. ソリューション

県管理ダム(天理ダム)において、ダム躯体の点検(ひび割れ、剥離、漏水)作業を、足場を組んでの危険な人手による方法から、ドローン+8K 映像リアルタイム伝送による遠隔方法に代替し、安全性・効率性の向上を図る。災害時のユースケースとして、ドローン+8K 画像認識による遭難者捜索を行う。

#### b. 導入効果

上記の機能による効果は以下の通りである。

##### ア) 映像品質

天理ダムから天理市役所、奈良県奈良土木事務所、王子町役場に映像をリアルタイム配信。概ね 20～40Mbps の 8K30P 映像を安定して伝送可能である。

## イ) ソリューション

### ① ダム点検

- ダム筐体のひび割れ検出は 1～2mm 程度のヒビに対して 67%の検出可能で有効(ただし当初の目標 70%を下回る)。

### ② 災害時

- 遭難者発見(例:撮影距離 47m で 93%の確率で発見)を可能にするなど、柔軟な災害情報収集を可能である。
- 災害現場の 3D データについても、体積誤差 7%以内、最大誤差 9mm と目標以上の識別性能を示す(ベンチマークとして車両を計測)。

## c. ステークホルダの役割

### ア) 地方公共団体(ユーザ)

本ソリューションの用途は通常時においてはダム管理用、被災・河川氾濫時等における地方公共団体による正確な情報のリアルタイム把握にある。このため、本ローカル 5G 活用モデルの整備・運用に関しては、一義的に地方公共団体がその主体になる。

既存の防災業務システムの接続、国などの関係行政機関(内閣府(防災)、国土交通省)への映像・情報の得るかに関するエスカレーションルールの確立なども、ユーザである地方公共団体が担当するのが適切である。

本ローカル 5G 活用モデルのうち、ドローンや可搬型基地局などの動産の平時からの保管・管理及び本活用モデルの利用時におけるドローン操作等については、ユーザである地方公共団体自ら実施する場合とマネージドサービスとして、サービス提供者が請負または委託により提供するモデルの 2 種類が考えられる。

本格実装(商用運用)に向けた体制整備を図るフェーズにおいて、役割分担について具体的に協議・整理する必要がある。

### イ) サービス提供者

上述の通り、本ローカル 5G 活用モデルのうち、ドローンや可搬型基地局などの動産の平時からの保管・管理及び本活用モデルの利用時におけるドローン操作等については、ユーザである地方公共団体自ら実施する場合とマネージドサービスとしてサービス提供者に委託するモデルの 2 種類があるが、前者の場合は、地方公共団体職員に対するドローン操作に関する教育・訓練サービスなどを提供することが、被災時などの極限的な状況において適確な情報収集を進めるために必要である。

## d. 想定されるビジネスモデル

上記を整理すると下図の通りとなる。

本ローカル 5G 活用モデルの整備・運用に係る経費は公共負担となることが想定される。そこから、ソリューションの提供に係る費用及び通信サービスの提供に係る費用が支弁されることを想定する。

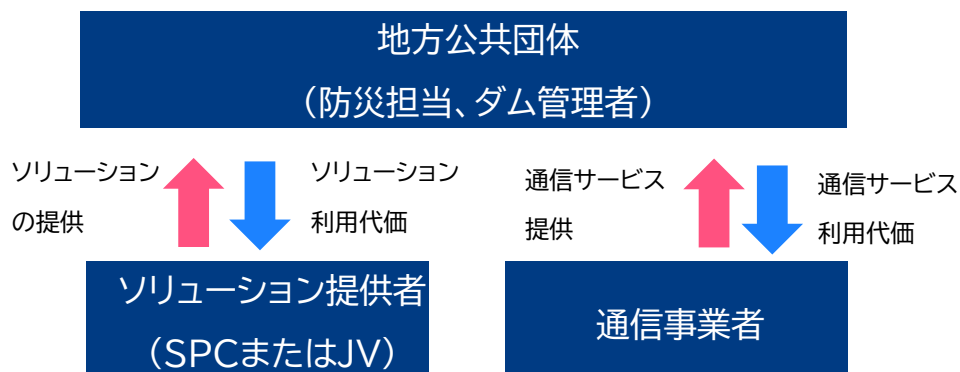


図 5-53 ビジネスモデル(防災・行政)

### (3) 普及に向けた課題と解決策

#### 1) 有効なソリューション

本事業により、ドローンによる高精細映像をリアルタイムに伝送するだけでなく、高精細映像を活用し避難者捜索や測量などの業務を、可搬型基地局または固定基地局を介して実現可能であることを実証した。また、被災時のみならず、平時からの利用として、これまで人手で確認することができなかったダム筐体の 1~2mm 幅のひび割れの検出が容易になるとともに、その進展状況などをデジタル活用により継続的にモニタリング可能であり、インフラの予防保全に効果があることも実証された。これまでの点検は、危険な足場を組んでの人手の作業に依存しており、熟練した点検員の減少など、少子高齢化下の働き方改革にも貢献しうるソリューションであると言える。

#### 2) エリア構築・システム構成等のポイント

エリアによって、以下の配慮が必要である

##### a. ダム近傍

山間地のダム及びその周辺を対象としており、傾斜のあるインフラ構造物や水面による反射、山体による反射や遮蔽が、ドローン飛行空間及び山間地での電波伝搬に影響を与える。山体による複数の反射波の影響があり、反射波が 2~3 波観測される。地形起伏(蛇行して下る溪谷、蛇行して登る溪谷)による影響も大きい。

##### b. 中継器の利用

基地局設備は設置場所が限定されるため、ドローンを飛行させたい災害発生場所までのエリアは基地局以外でエリア化することが望ましい。また、単にエリアを拡張するだけでなく、周辺他者土地への影響を抑制する必要がある。本実証において、準同期 1 利用、基地局から 500m 離隔を確保したサービスアンテナを利用したところ、正面、200m の位置で UL40Mbps 程度が利用可能であることが確か

められた。

### 3) 普及に向けた課題と解決策

機能、運用、効果のいずれの面で実装に向けた主だった課題は本事業により解消された。本格実装（商用運用）に向けた体制整備を図るフェーズに進んだものと認識する。残された課題と解決策は主に以下となる。

#### ア) 管理・防災業務オペレーションへの溶け込み

地方公共団体が実施するダム管理・防災業務においては、既に確立したオペレーションや管理システム等が存在している。本ソリューションの活用シーンが、特に被災・洪水氾濫といった非常時に利用されることから、そのスムーズな運用が一層求められるところであり、ユーザである地方公共団体とサービス提供者の間で、手順・業務フローをステップ・バイ・ステップで確認するなど業務手順を確立するとともに、UX/UI 面での支障・改善等を進めていく必要がある。

本ローカル 5G 活用モデルのうち、ドローンや可搬型基地局などの動産の平時からの保管・管理及び本活用モデルの利用時におけるドローン操作等については、ユーザである地方公共団体自ら実施する場合とマネージドサービスとしてサービス提供者に委託するモデルの 2 種類があるが、特に前者の場合は、地方公共団体職員に対するドローン操作に関する教育・訓練サービスなどを提供する等、運用性を一層高めるための具体の取組が必要である。

#### イ) 初期導入費用低減はじめ効率的な整備・運用体制の確立

本ソリューションを防災情報のリアルタイム把握などのため市町村レベルで導入するケースを想定すると、自治体単体では予算や人材に限られており、それぞれ単独でローカル 5G を導入することを難しくしている。こうした状況を克服するため、例えば、奈良県の橋梁点検・道路修繕事業で既に実施されている「奈良モデル」が参考になる。

「奈良モデル」においては、市町村が担う消防の広域化、道路インフラの長寿命化などを推進するため、機材や役務（計画、ソリューション提供、点検）の調達を県が代行することで、調達単位を高めることにスケールメリットを生み出し契約金額の低減を図るなどの効果を発現している。奈良県においては、土木技術職員不足を背景に、橋梁長寿命化修繕計画の策定、橋梁点検や修繕事業等を、平成 22 年度から県が市町村から受託しており、既に 27 市町村で実施実績がある。

このような、シェアリングや、ノウハウ共有、適材適所の民間外部委託などにより、トータルコストの削減を達成できる可能性があり、その検討を進める必要がある。

## 5.9 医療・ヘルスケア

### 5.9.1 背景課題

我が国の医療は医師の長時間労働に支えられており、今後、医療ニーズの変化や医療高度化、少子化に伴う医療の担い手の減少が進む中で、医師個人に対する負担がさらに増加することが予想される。

厚生労働省によれば、病院常勤勤務医の約 4 割が年 960 時間超、約 1 割が年 1860 時間超の時間外・休日労働を行っているとしており、特に救急、産婦人科、外科や若手の医師は長時間の傾向が強いとされている。

このため、2024 年 4 月より、医師の時間外労働規制が適用される。労働基準法においては、全ての労働者に適用される労働条件の最低基準として、月 45 時間・年 360 時間を原則とし、臨時的に必要な場合においても月 100 時間未満・年 720 時間を上限としている。医業に従事する医師にあっては、2024 年 3 月までこの原則の適用を猶予している。2024 年 4 月以降は、特別条項付の 36 協定を締結した場合は、年 960 時間までを上限とし、都道府県の指定を受けた特定機関であれば、時間外労働の上限規制が緩和され、年間 1860 時間の上限が適用されることになっている。いずれにしても、医師を含む医療スタッフの働き方改革への対応が求められているところである。

さらに、近年の少子高齢化や都市部の一極集中などにより、医師の地域偏在・診療科偏在が課題となっている。厚生労働省においては、平成 20 年以降、医学部入学定員を大幅に増員するなどの対策を継続しているものの、その解消には至っておらず、病院団体・自治体等からの早急かつ抜本的な地域偏在・診療科偏在対策の要望が継続されている状況にある。

## 5.9.2 分野を取り巻く動向

総務省においては、令和 2 年度に「5G 時代における遠隔医療等の在り方に関する調査研究」事業を実施し、ローカル 5G の医療分野への活用について、期待されるユースケースの調査や想定される課題の整理等を行った。専門医、医療・看護関係団体・学会、工学系・医療情報システムの専門家・従事者、自治体、通信事業者等の専門分野の有識者により構成されるワーキンググループの検討等を経て、令和 3 年 6 月に「5G 等の医療分野におけるユースケース(案)【概要改訂版】」を公表しており、以下のような整理をしている<sup>15</sup>。

- 医用画像の種類毎のデータ量と 5G/ローカル 5G・8K の活用可能性
  - 取り扱うデータ容量から、5G/ローカル 5G の活用が期待できる医用画像は、血管造影(アンギオ)、エコー、顕微鏡(病理、手術)、内視鏡映像、手術室での映像等が挙げられる。
- リアルタイム共有の必要性
  - 5G/ローカル 5G の活用が見込まれるシーンは、取得した大容量の情報を伝送する必要がある、かつリアルタイムに共有する必要がある場合が考えられる。そのほとんどが患者に即時に診断、処置等への支援が必要な場合であると考えられる。(遠隔診断支援で患者が依頼側の医師と同席している場合(DtoDtoP または DtoPwithD)、手術支援、救急時の診断支援、病理診断の術中迅速診断等)
- 医療シーンと場所
  - 特に患者宅・診療所や救急車・ドクターカーにおいては情報共有を行う際に 5G 等の移動通信システムの活用が見込まれると想定される。また、診療所において光回線が不通の場合も同様である。
  - さらに、依頼を受ける側の専門医が病院外にいる場合においても、移動通信システムが活

<sup>15</sup> 総務省「5G 等の医療分野におけるユースケース(案)【概要改訂版】」、令和 3 年 6 月、[https://www.soumu.go.jp/main\\_content/000758084.pdf](https://www.soumu.go.jp/main_content/000758084.pdf)、2023 年 3 月 23 日アクセス



用される可能性がある。

- 4K8K などデータ量の多い映像や画像はもちろんのこと、比較的データ量の少ない映像や画像についても、5G/ローカル 5G の普及に応じて 5G/ローカル 5G 環境により幅広く情報共有がなされることが期待される。

### 5.9.3 ローカル 5G 活用モデル

#### (1) 過年度実証の成果と課題

##### 1) 過年度実証の成果

過年度の開発実証において、以下の成果を得ている。

表 5-22 実証概要

報告年度	タイトル	詳細内容	主要な成果
令和 3 年	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療提供体制の充実・強化の実現	1)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、2)院内ストレッチャー移動患者の視覚情報共有、3)既存システムに依存しない遠隔 CT 画像共有、4)大容量 X 線動画データ転送による視覚情報の共有	臨床に近い状況で使用しても情報共有、状況判断の相談などにおいて極めて有効性が高いことが確認され、効率化、高度化による医療提供体制の強化に有効な手段との評価。700MB レベルのサイズの X 線写真データが連続で発生しても、ストレスなく、従来のシステムより早く転送でき、救急医療など即時性が求められる場面でも、医療の高度化として価値が高い
令和 2 年	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	診療所における中核病院の医師によるテレビ通話 を用いた問診やウェアラブルカメラ等による超音波 画像検査等の遠隔診療に関する実証	ローカル 5G (4K、15Mbps) と LTE (HD、5Mbps) では、遠隔診療のうち問診であれば両者に差異はないが、問診以外の診療では、ローカル 5G が優位 (LTE ではカクツキ等により診療ができない場合がある)
令和 2 年	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	離島等の基幹病院における、スマートグラスや 4K カメラ映像を介した専門医の遠隔サポートによる高度専門医療提供に関する実証	実証のフィールド、利用シーンにおいて、通信速度・伝送遅延の面で Wi-Fi との大きな差異が見られなかった (ただし、Wi-Fi は近隣の Wi-Fi の影響を受け最大スループットに変化あり)
令和 2 年	中核病院における 5G と先端技術を融合した遠隔診療等の実現	中核病院内・院外におけるリアルタイムな高精細画像情報の共有による遠隔診療や遠隔技術指導の実証	病棟・仮設建屋映像伝送システム、手術センター映像伝送システム、大腸内視鏡 AI 解析システムにおいて、 ・4K カメラとスマートグラスで撮影した映像をリアルタイム配信 (20Mbps/台×6 台 (基地局 2 台)、遅延 240ms 程度で送受信) など

## 2) 過年度実証で得られた課題

いずれの過去実証も視覚情報の共有に留まっている。また、利用シーンの前提が有線ネットワークも利用可能な病院内に留まっており、医師を含む医療スタッフの働き方改革(救急、産婦人科)や医師の地域偏在・診療科偏在といった社会課題に直接対応したソリューションの創出が必要である。

## (2) 今年度実証における取組み

### 1) 院内外の次世代薬剤トレーサビリティ及び医療従事者の業務改善の実現

表 5-23 実証概要

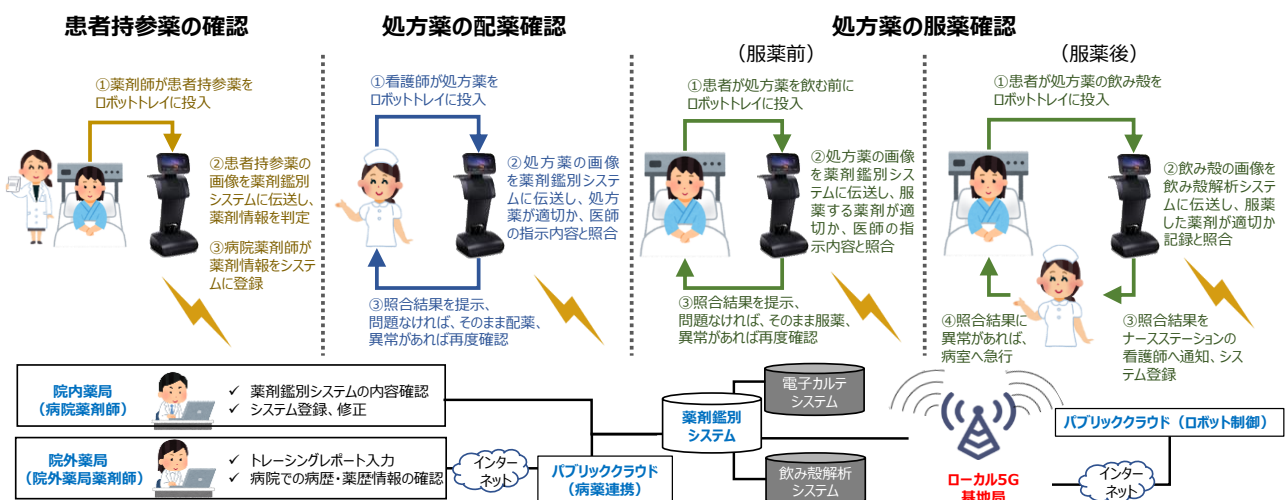
実証 No.	開 18
実施体制 (下線:代表機関)	東日本電信電話(株)、群馬大学、(株)ユヤマ、ウルシステムズ(株)、PHC(株)
実施地域	群馬県前橋市(群馬大学医学部附属病院)
実証概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 病院内にローカル 5G 環境を構築し、AI・薬剤自動認識装置を搭載した自立走行型ロボットによる、患者持参薬の確認及び処方薬の配薬・服薬確認の実証を実施。</li> <li>➢ 院内外の次世代薬剤トレーサビリティを通じ、医療従事者の業務効率化及び安心安全な医療サービスの提供を実現。</li> </ul>

出所)「令和 4 年度課題解決型ローカル 5G 等の実現に向けた開発実証」実証事業企画概要

#### a. ソリューション

ローカル 5G×ロボット/AI 技術により、インシデントの約 4 割を占める薬剤関連の持参薬・配薬・服薬確認の確実な業務遂行を支援することを目的とし、院内外一気通貫の「次世代薬剤トレーサビリティ」の仕組みにより、医療従事者の業務効率化及び患者への安心安全な医療サービス提供を実現する。

具体的には、①持参薬確認②配薬確認③服薬前確認④服薬後(飲み殻)確認⑤院内カルテ参照/トレーシングレポート送信の 5 つの業務を実証した。



出所)令和 4 年度ローカル 5G 開発実証事業企画概要

図 5-54 ソリューション概要(院内外の次世代薬剤トレーサビリティ及び医療従事者の業務改善の実現)

## b. 導入効果

提案する課題解決ソリューションにより、「医療スタッフの時間的、知的労働負担的な労力削減」が実際にどの程度達成されたかを確認するとともに、「実際の医療現場の課題解決につながること」、「実際の医療現場に受け入れられるソリューションであること」を実証した。

- 薬剤師が行う持参薬確認において、現時点で労務負担を 50%削減可能との現場評価を得た。画像の後確認により心理的安心感も得ることが可能との評価も得た。また、院外薬局でも労務負担を 80%削減可能との評価も得ている。
- 画像 AI だけでなく、OCR を組み込むことにより飲み殻確認精度を 0.951 まで向上した。
- 実現場での服薬確認において、ロボットの指示に対して、薬や飲み殻のセット、取り出しなど患者がスムーズに行動できることを確認した。

## c. ステークホルダの役割

図 5-54 に示す通り、本ソリューションは複数のアプリケーションから構成されるため、ソリューションを提供するベンダも複数にわたる。

### ア) 大学医学部附属病院システム統合センター

医療情報分野の標準化への対応、部門システム間の円滑な接続が可能となる連携を進め、医療の質向上・効率化・医療安全・医療情報の連携活用が可能で病院職員が使いやすい病院情報システム構築を目指して活動している。

### イ) 大学医学部附属病院救急科病棟

本実証事業におけるソリューションのユーザである。

### ウ) 大学医学部附属病院薬剤部

処方せんによる調剤を主な業務とし、オーダーリングシステムに連動した薬袋印字システム、散薬監査自動分包システム、錠剤自動分包システムなどを導入し、調剤過誤防止のための工夫をしています。処方せんと RFID を組み合わせた薬剤部調剤ステータスの自動可視化システムの導入も行っている。

### エ) 医療機器販売会社等

病院及び薬局向け医療機器の開発・製造・販売を行う会社で、薬剤識別システムを提供する

### オ) AI ベンダ

飲み殻確認のための AI アルゴリズム等を開発・提供する

### カ) レセプトコンピュータ・ベンダ

薬局向け院内カルテ参照/トレーシングレポート送信システムを提供するとともに、病院・院外薬局と

の情報連携を推進する

### キ) ネットワークアーキテクト

ローカル 5G のマネージドサービスを提供する

### d. 想定されるビジネスモデル

本ソリューションは複数のアプリケーションから構成されるため、ソリューションを提供するベンダも複数にわたる。このため、病院に対してサービス提供者が通信サービスも含め、ソリューションを一括提供するビジネスモデルを想定する。

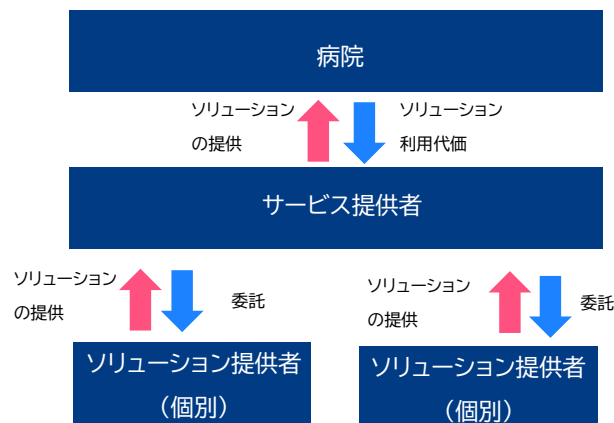


図 5-55 想定されるビジネスモデル(医療・ヘルスケア)

## 2) 高精細映像伝送による院内 ICU 等の遠隔モニタリング及び救急医療連携の高度化に関する実証

表 5-24 実証概要

実証 No.	開 20
実施体制 (下線:代表機関)	(株)エヌ・ティ・ティ・データ経営研究所、NEC ネットウエスアイ(株)、エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ(株)、(株)アルム、徳島県、ケーブルテレビ徳島(株)、フクダ電子四国販売(株)、徳島大学病院、徳島県立中央病院、徳島赤十字病院、徳島県立海部病院
実施地域	徳島県徳島市、阿南市、小松島市、牟岐町(徳島県立中央病院、徳島大学病院、徳島赤十字病院、徳島県立海部病院)
実証概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 病院にローカル 5G 環境を構築し、模擬環境下での無線干渉対策を踏まえた入院患者の遠隔モニタリング、救急車と搬送先病院間及び二次救急病院と三次救急病院間での 4K 映像を活用した患者情報の遠隔連携の実証を実施。</li> <li>➢ 高度な遠隔医療支援を通じ、都市部と専門医の不足する地域との間の医療連携の強化を実現。</li> </ul>

出所)「令和 4 年度課題解決型ローカル 5G 等の実現に向けた開発実証」実証事業企画概要

### a. ソリューション

救急搬送において、特定の病院への搬送集中による負担が高まるなどの課題が顕在化しており、救急車と搬送先病院との間、2 次救急病院と 3 次救急病院との間において、救急患者の高精細映像とバイタルを介したコミュニケーションの仕組みを構築し、メディカルコントロールの質向上と 2 次救急における転院搬送判断の適正化を図る。

## b. 導入効果

走行中の救急車と搬送先病院間、及び 2 次救急と 3 次救急の病院間で、映像を介したコミュニケーションの有効性を検証したところ、映像等の共有により、二次救急と三次救急間での処置と転院搬送判断の質向上に資することを確認した。

主要 KPI としては、4K 映像を End to End の遅延時間で 1sec、30fps で伝送し、バイタルと DICOM 画像が正しく伝送される。また、コンサルテーション及び転院搬送の判断に必要な情報(映像・音声・患者情報バイタル・DICOM)が取得可能である。なお、DICOM とは、CT や MRI、CR の医用画像フォーマット、医用画像機器間で用いる通信プロトコルについて定義する、医用画像の共通規格を指す。

通信機能に課題はないが、アプリケーションレイヤにおける UI/UX の更なる改善が必要(受信側のズーム/パン、録画機能)、システム操作に係る救急隊員の負担の最小化が課題である。

## c. ステークホルダの役割

本ソリューションは県内の複数の県立病院、大学病院、赤十字病院等をエンドユーザとなる。直接のユーザは県庁知事部局であり、映像伝送サービス、コミュニケーションアプリなどのソリューションを提供する複数のベンダ、ローカル 5G 運用保守を行うケーブルテレビ会社等に対して個別に委託契約を結ぶことが想定される。

## d. 想定されるビジネスモデル

都道府県は、日常生活圏で通常必要とされる医療の確保のため、医療法第 30 条の 4 に基づき「医療計画」を定め、地域医療の効率化・体系化を図るものとされている。各都道府県の救急医療体制は、この医療計画に基づき、一次救急・二次救急・三次救急の 3 段階に医療機関を分類している。

上述の通り、地方公共団体をユーザとし、地方公共団体の経費により、通信ネットワーク及びソリューションのコストを負担するビジネスモデルが想定される。

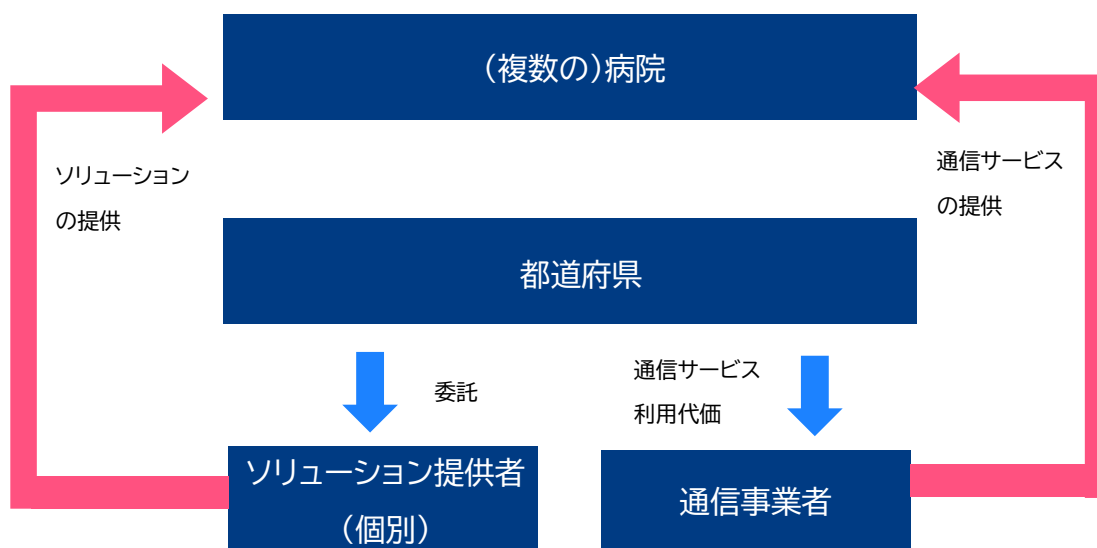


図 5-56 想定されるビジネスモデル(医療・ヘルスケア)

### 3) 地域モビリティによる遠隔高度医療サービス提供に関する実証

表 5-25 実証概要

実証 No.	開 17
実施体制 (下線:代表機関)	東日本電信電話(株)、岩見沢市、北海道大学、(株)はまなすインフォメーション、(株)アストロステージ
実施地域	北海道岩見沢市(岩見沢市役所北村支所、毛陽交流センター)
実証概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ ルーラルエリアの公共施設にローカル 5G 環境を構築し、地域モビリティ内のかかりつけ医と遠隔拠点の医師との間で、8K 映像等を用いたプレ診療システムや触感技術を用いたロボット遠隔制御によるリアルハプティクス システム の実証を実施。</li> <li>➢ 医療を含む質の高いサービスの提供を通じ、ルーラルエリアにおける健康的な生活の持続・促進を実現。</li> </ul>

出所)「令和 4 年度課題解決型ローカル 5G 等の実現に向けた開発実証」実証事業企画概要

#### a. ソリューション

一次産業を主たる生業とするルーラルエリアのコミュニティを持続可能とし、安心して地方定住及び健康的な生活を持続するためには、生活負担軽減と医療を含む質の高いサービスの提供が不可欠である。通院負担・医療体制・医師不足などの問題解決に向け、遠隔高度医療サービス等に対するローカル 5G 等技術の活用可能性を検証した。具体的には、ルーラルエリアの公共施設にローカル 5G 環境を構築し、地域モビリティ内のかかりつけ医と遠隔拠点の医師との間で、8K 映像等を用いたプレ診療システムや触感技術を用いたロボット遠隔制御によるリアルハプティクスシステムの実証を実施した。

なお、リアルハプティクスシステムとは、ロボットに力加減を感じる能力と力加減による制御を行う能力を与え、ロボットがモノの感触を感じながら力加減をすることを可能にする技術を利用したシステムのことである。

#### b. 導入効果

医療関係者からのオピニオン評価、地域モビリティと遠隔医療拠点を結ぶローカル 5G ネットワークにおけるプレ診療システム、リアルハプティクスシステムの運用評価を実施した。

- プレ診療システムとリアルハプティクスシステムは医療関係者 12 名による官能試験において満足度 4.7/5.0 点を達成した。
- ネットワーク遅延 20~30msec、映像伝送遅延 200~300msec の環境において、超音波検査装置やダーモカメラのような汎用的な検査機器の力触感のある安定操作が可能であることを確認した。
- リアルハプティクスのロボット操作習熟における力触感の有効性評価では、85%以上の人が 10 回以内の操作練習で誤差±1 cmレベルの操作を習熟できることを確認した。

#### c. ステークホルダの役割

以下の役割分担・ビジネスモデルが想定される。

##### ア) 遠隔診療・検診サービスのエンドユーザ

自治体及び自治体住民がエンドユーザとなる。原資は自治体負担及び住民負担であり、住民負担の

場合、国民皆保険制度の下の診療報酬を充てることを想定する。

#### イ) 遠隔診療・検診サービス提供者

「遠隔診療・検診サービス事業者」は医療機関を想定している。自治体の病院事業管理者がこれを兼ねることも考えられる。

遠隔診療・検診サービスに必要な専門医、看護師など医療事業者への依頼・委託、及びブルーラルエリアへ往訪するための車両運行や会場借り上げなどの事務も併せて行う。

#### ウ) サービス提供者

ローカル 5G システムの構築・保守・運用を一括して行うマネージドサービスを提供する。

また、プレ診療システム及びリアルハプティクスシステムを保有し、遠隔診療・検診サービス提供者に販売する。「医薬品、医療機器等の品質、有効性及び安全性の確保等に関する法律」(通称「薬機法」)における薬機承認及びこれに必要なデータ収集などは、大学病院の協力を得ながら、当該サービス提供者が当面行うことを想定する。

### d. 想定されるビジネスモデル

上記を図示すると、以下となる。

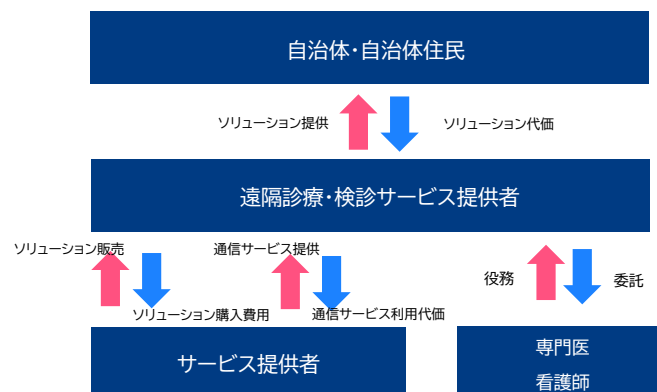


図 5-57 想定されるビジネスモデル(医療・ヘルスケア)

## (3) 普及に向けた課題と解決策

### 1) 有効なソリューション

上記で述べた投薬確認システム等看護師を含めた医療スタッフ全般の働き方改革に貢献するソリューション、緊急搬送連携(二次緊急、三次緊急)にかかる病院間連携などリアルタイムに高精細映像を伝送するソリューション、専門医が遠隔地の患者の腹部エコーや拡大鏡検査(皮膚科)を行うためのリアルハプティクスシステムのいずれも、その有効性が示された。

### 2) エリア構築・システム構成等のポイント

エリア構築のポイントは以下である。

- 屋内環境をエリア化する場合、28GHz 帯の電波は直進性が強いことや壁や柱の遮蔽物により不感地帯が発生する。メタマテリアル反射板での不感地帯が受信電力及び UL スループットの面で有効であることが示された。
- 複雑な壁面構造を有する病院内について、複数の DAS の採用によりエリア化が可能。また、レピータを採用することで、屋外から屋内のエリア化が可能である。
- 病院のような複雑な形状や、広い空間が存在する環境では、単一基地局による設計では不感地帯が発生する。複数の基地局構成では基地局(セル)間干渉による低品質エリア(不感地帯と同等)が発生しスループットが低下する。また、不感地帯の解消のために過大な送信出力にした場合、他者土地への漏れ出しが増加するといった課題があるが、光 DAS で分散された複数の送信器からの出力は同一周波数であっても相互に干渉せず、スループットを劣化させないといった知見が得られた。一方、同一周波数・複数基地局の配置による実装は、カバレッジが重なる部分でスループットが劣化するという知見を得た。

### 3) 普及に向けた課題と解決策

#### a. リアルハプティクスシステム等医療機器に該当するもの

リアルハプティクスシステムは、患者等の体に直接接触するソリューションであることから、様々なシチュエーションや個人差を考慮した実測データの収集・検証が不可欠である。また、現下の国民皆保険制度において、診療報酬として認められてないシステムであり、かつ、「医薬品、医療機器等の品質、有効性及び安全性の確保等に関する法律」(通称「薬機法」)における「薬機承認」が不可欠である。本ソリューションは患者等の体に直接接触するソリューションであり、膨大な被験データの収集が必要となる。

このため、本事業で構築したローカル 5G システムを活用し、医療研究機関等の協力を得ながら、被験データを蓄積するとともに、薬機承認を得るための申請資料作成や関係行政機関への対応を行い、早期の薬機承認を目指す等の対応が必要である。また、事業化に向けたビジネスプランの深堀を進めるとともに、ソリューションを持続可能なものとするための人員体制、保守メンテナンス体制の確立を早急に図っていく必要がある。

#### b. その他のソリューション

開発実証のソリューションを通常の医療提供を行う実運用のプロセスに落とし込むための調整や模擬実証の積み重ね等が大きな課題である。例えば、医療機関間、医療機関と救急隊の間において、既に確立している既存の業務プロセスとの差異を洗い出すとともに、本ソリューションの既存のプロセスに溶け込ませるか、または、全く新しい業務プロセスを検討し、その運用が着実に図られるよう、各ステークホルダの役割分担の明確化を図るための調整と試行等が必要である。

また、搬送患者の個人情報や医療データへの情報セキュリティ対策、救急搬送中の患者の映像の取り扱いといった個人情報への対応が求められる。また、ソリューションの機能面においては、いずれも通信機能に顕在化した課題はないものの、アプリケーションレイヤにおける UI/UX の更なる改善(受信側のズーム/パン、録画機能等)を行うとともに、システム操作に係る救急隊員の負担の最小化等を図っていく必要がある。



## 6. ローカル 5G 活用モデルに即した端末システムの試作

---

### 6.1 ローカル 5G 端末の現状

ユーザの利便性を高めるための端末の筐体や I/F の在り方や、その運用に必要な環境整備については、ローカル 5G 活用モデルに資する端末システムの開発の方向性として検討すべき課題である。これらの点を踏まえ、ローカル 5G の端末システムの試作にあたっては、様々な利用環境におけるローカル 5G の活用ニーズを満たせるよう、ローカル 5G での実現性のある具体的な利用シーンを想定し、ユーザのニーズや課題を反映することが極めて重要である。

本項では、そうしたユーザのニーズや課題について整理し、特に現在の 5G において十分には存在しない端末や機能について具体的に述べる。なお、本項で記載するユーザニーズや課題は、とりわけ対象分野や用途に固有であることから、後述する試作端末がターゲットとしている領域に着目している。

#### 6.1.1 ユーザのニーズや課題

##### (1) 多様な現場で通信利用

ローカル 5G は、地域のニーズや産業分野毎の個別のニーズに応じて通信網の構成や、セキュリティ、端末の性能等目的に特化した無線通信システムを柔軟に設置できるメリットがある。加えて、免許制度に準じた形で通信が必要なエリアを限定して設置が可能であるため、例えば山間部などの大規模工事現場(高速道路、ダム、橋梁など)など公衆通信網の電波が届かないエリアにおいても安定したネットワークを構築し、ミッションクリティカルな運用も可能となる。

そのため、2.1 節の市場調査で確認したように、ローカル 5G の活用ニーズは産業分野、特に工場や物流・流通分野における利用意向が高い。これらの分野において、ローカル 5G の特性を最大限活かして、従来の通信技術(4G/Wi-Fi/LPWA 等)とは異なる新たな通信用途への活用ニーズが増大している。他方で、工場や工事現場、建設現場など、屋内外の様々な環境で安定的に利用するために、基地局のみならず、端末側にも汎用端末(スマートフォン・ルーター等)では対応しきれない高い要件が求められる。

例えば、過酷な現場環境での利用を想定した、防水・防塵をはじめとする耐環境性能の他、現場の業務に応じて周辺機器や設備(PC、機械設備、車両等)との接続性も求められる。また、安定的に通信性能を維持する信号処理機構や耐熱構造も必要となる。既存の屋外向けローカル 5G 端末では、こうしたきめ細かい要件に対応しておらず、結果的に大型で取り回しが難しかったり、設置に必要な場所が取れないなど、多様な現場での活用には向いていない。

##### (2) 作業の自動化

製造業では、多品種少量生産あるいは変種変量生産へ効率に対応するための生産ラインの刷新が求められており、特にこれまで属人的に行われてきた作業の自動化し、例えば製造ラインの細やかな段取り変更がクイックにアップデートされ、それに応じたマテリアルハンドリング(マテハン)や組立作業が時間的ロスなくフレキシブルに稼働することができる、ミッションクリティカルな生産体制の構築が求

められている。具体的には、材料や製造物(ワーク)を AGV によって自動的に搬送するニーズがあり、一部の大企業の工場や倉庫を中心に既に導入が進んでいるが、今後は中小規模の工場を含め幅広く普及が見込まれる。さらに、組立作業現場においては協働ロボットが作業者の代替となることが期待されている。

### (3) 遠隔支援・コミュニケーション

製造業においては、自動化の難しい複雑な作業を現場作業者が正確に効率良く実施するために、技術伝承が課題となっている。具体的には、複数のラインで作業する複数の作業者に対し、少数の熟練作業者あるいは監督者が遠隔からリアルタイムに作業指導することで、複雑な作業の要点を効率良く伝達するソリューションが求められている。プラント内の設備点検や溶接などの専門作業等、適用される範囲は広い。

工事・建設現場においても、「遠隔臨場」による作業者の後方支援による効率化がニーズとなっている。従来公共工事において、国土交通省の直轄土木工事では「段階確認」や「立会」、「材料確認」を監督職員が現場に出向き、発注者立会のもとで実施していた臨場を非接触・リモート化を指向して、現地に出向かず Web 会議システム等を利用して実施する。令和 4 年度からは、原則全ての直轄土木工事に「遠隔臨場」を適用し、リアルタイム性(伝送遅延小)の要求は低いものの、高精細映像伝送への期待は高くなっている。



出所)FCNT

図 6-1 遠隔臨場のイメージ

令和 3 年度開発実証「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・安全性向上に関する開発実証」では、高速道路の保全(メンテナンス)において、ローカル 5G とスマートグラスを活用したトンネル内の遠隔作業支援の実証が行われた。スマートグラス撮像映像での伝送先(PC 確認)にて、「(作業者が)早く(カメラを)動かす、または細かく動くと見づらい」という点について、点検作業には問題ないという結論ではあるものの、より高画質な伝送が可能であれば、使用者の満足度を高くできる可能性はある。スマートグラス等を用いたリモート点検用途等については、より高精細な映像伝送を相手先に送れることから、過年度実証時よりもより詳細な確認をリモート先で実施できる可能性がある。

### (4) 自動運転

農業においては、農業従事者数の低下と高齢化、それに伴う 1 経営あたりの耕地面積の増大という課題を背景に、農業従事者への負担も増大傾向にある。こうした課題を背景に、農業向け自動トラクターの開発が進展している。クボタが 2016 年にオートステアリング(自動操舵)機能を備えたトラクターを発売したのを皮切りにヤンマー等他社も参入し、田植え機やコンバインにまで拡充している。また、2022 年には、農機世界最大手のディア・アンド・カンパニーが自動運転トラクターの生産準備が整ったと表明している。

しかしながら、現行の運用は近接監視型であり、近くに監視者がいる状態での圃場での自動走行である。そのため、自動運転トラクター毎に監視者が必要であり、作業の省人化・効率化には寄与できるが 1 経営体あたりの耕地面積拡大には課題が残る。そのため、搭乗や近接監視を必要としない遠隔監視のみの自動運転農機実現に向けた技術開発が続けられている。令和 2 年度開発実証「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」等を通じて、ローカル 5G を活用した遠隔操縦・監視型での運用確立を目指した実証実験が行われている。

また、地方交通においては、住民の日常の移動手段は路線バスであるが、路線バス事業の約 7 割は赤字であり廃止される路線が後を絶たず、住民の移動手段が途絶え孤立する高齢世帯も増加している。こうした課題に対して、様々な地域で多様な形状の車体を利用した自動運転バスに関する実証実験が実施されている。

バスタイプ車両	(車種) エルガミオ・ボンチョ・リエッセ等	カート・グリーンスローモビリティ車両	(車種) e-comiO・NAVYA ARMA・ランドカー	カートタイプ車両 (公道走行不可)	(車種) Robot Shuttle・Milee
					
これまでの実証実験実績	滋賀県大津市、神奈川県横浜市 大津市シャトルバス、名鉄バス実証実験 前橋市シャトルバスでの運行(公道での有償旅客輸送実証実験) 沖縄県南城市、北海道広尾郡	これまでの実証実験実績	大津市シャトルバス、名鉄バス実証実験、前橋市シャトルバスでの運行(公道での有償旅客輸送実証実験) はまっつらパーク、Spring-S、東京丸の内、北海道土士町町、東京大学柏キャンパス、東京都立芝公園 磐田市、石川県、国プロジェクト等	これまでの実証実験実績	慶應義塾大学湘南藤沢キャンパス、栃木市(公道)、大分市(公道の歩道)、横浜市金沢動物園、九州大学伊都キャンパス、秋田県仙北市、千葉市・イオンモール幕野新都心 愛知県長久手市「愛・地球博記念公園」、豊橋総合動物園公園
乗車定員	約 30~50 名	乗車定員	約 4~16 名	乗車定員	約 4~12 名
自動運転時の速度	最高速度 40~50km/h	自動運転時の速度	最高速度約 20km/h	自動運転時の速度	最高速度 19~40km/h
走行空間の特徴	公道	走行空間の特徴	公道	走行空間の特徴	公道走行不可

出所)国土交通省(基幹的なバスにおける自動運転導入に関する検討 中間取りまとめ)

図 6-2 自動運転路線バス実証実験の状況

現状では、運転手が同乗しており車が停まった後の再出発等の操作は運転手が行っている。地方部のバス運営の課題は採算性であり、今の状態では、バスの維持管理費と運転手人件費に加えシステム費用が上乗せされるので、更に採算性は悪化する。そのため、1 人の運転手で複数台のバスを遠隔から操作する技術の研究開発も進められており、前橋市では 5G を活用した実証実験が実施されている。道路交通法の改正により、2023 年 4 月より限定地域において遠隔監視操縦型の自動運転車両の運用が可能となる。

## 6.1.2 ローカル 5G 向け端末システムの課題

ローカル 5G の普及展開に向けては、3GPP の最新規格へ対応したネットワーク機器と端末の双方の性能・品質(伝送容量、同時接続端末数、伝送遅延時間)が向上し、ユースケースに適した様々な端末が実現することが必要条件となる。しかしながら、前項のユーザのニーズ・課題に対して、現存のローカル 5G 端末が存在しない、または機能的に十分に対応できていないのが現状である。これらの端末の改善の方向性としては、以下の観点が挙げられる。

## (1) 小型化・機能の一体化

例えば、AGV の遠隔制御を実現するためのローカル 5G 機能の組み込みに際して、従前は AGV に汎用的な 5G 通信モジュールや 5G ルーターを組み込み、さらに実証に必要なデバイス(カメラ等)をつなぎ込み、それらを動作させるためのソフトウェアを個別に作りこんでいた。そのため、仕上がりの機器は物理的サイズが期待値よりも大きくなってしまい、またシステム開発に要する費用が高額となり商用導入が促進せず実験段階のまま停滞してしまうケースが多い。小型で AGV やロボットなどの設備に取り付けやすく、周辺機器との接続拡張性やアプリケーションの組み込み容易性が担保された端末があれば、商用導入へのハードルは下がると考えられる。作業員、AGV やロボット、ドローン等に装着、組み込める小型サイズが必要となる。一体化することで小型化したのが、狭い筐体内で多数の発熱部品が動作することより、熱対策が必要になり、効率的に放熱する技術の実装が必要になる。併せて、こうした周辺機器・設備との接続を想定した拡張インタフェースを具備することも求められる。

また、例えば、自動運転バスや自動運転トラクターに係る現行の実証実験では、市販の機器を使用し、安全確認用カメラ 1 台につき 1 台のエンコーダを接続、複数のエンコーダを制御 PC で制御、制御 PC の情報を 5G 端末で伝送する構成である。実際に、過年度の実証実験では、5G 受信端末、映像エンコーダ、装置に電源を供給するバッテリー等を移動体(ロボットや車両)に一時的に仮設し、それぞれの装置をケーブルで接続し検証が行われているが、移動ロボットや AGV、農業トラクターなど実際の移動体内に常設する場合は、設置スペースと配線ルートが限定されるため、極力小さくかつ省配線による一体型が望ましいと言える。

加えて、高精細映像伝送を実現可能なカメラシステムをパッケージ化なども必要となろう。その際に、エッジ AI 処理機能を端末側に一体的に具備することで、物体検知や異常検知を自律的に行うなど、自動制御や遠隔作業指導を効率良く運用する補助的な役割を果たす端末となる。

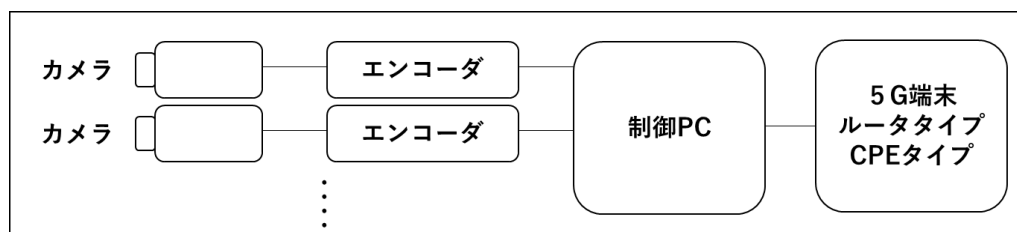


図 6-3 現行の実証試験の端末構成

## (2) 過酷な環境にも使える耐環境性能の向上

様々なユースケースを実現するローカル 5G では、端末の設置環境も通常の 5G とは異なり、より柔軟な設置ができ、さらには防水性や防塵性といった過酷な環境で使えるような性能が求められている。

例えば、令和 3 年度開発実証「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転送システムの実現」においては、高速道路上空の土木建設現場に端末を設置した。同実証では、建設現場にローカル 5G エリアを構築し、建設現場で作業する人物及び建設車両を AI によって抽出するために現場に設置した 8K カメラからの映像をリアルタイムで伝送を行った。8K カメラとともに建設現場を俯瞰する位置に設置された端末は、8K 映像伝送システムの一部の機材と一緒に防水性を確保できるようハウジングケースに収納し、高速道路への機材の落下や作業員の安全性の

確保の観点から単管パイプで作成した柵の内側に設置された。



図 6-4 令和 3 年度総務省開発実証における端末設置方法の一例

設置方法の一例であるが、このように端末を設置した場合、ハウジングケースとローカル 5G 基地局のアンテナ装置との間に設置用の単管パイプがあり、電波伝搬環境が大きく劣化してしまっていると想定される。また、同様に他の機器も防水性を確保するため同一のハウジングケースに小型 PC 等の他の機材と一緒に設置しているため端末のアンテナ付近に障害物となる機器があり、端末の送受信性能が大きく劣化してしまうことが想定される。こうした、屋外に設置・運用できるような防水性、建設現場・工事現場・工場のような粉塵の多い環境に耐えうる防塵性の確保がローカル 5G 端末の要件として必須となる。

また、前述の自動運転農機・バスなどの移動体にローカル 5G 端末を車載機として用いる場合、端末の場合、日本全国津々浦々、様々な走行環境下でも長期に安定した通信を担保する必要がある。移動ロボットや AGV、農業トラクターなど実際の移動車体内に設置には、耐振動性能も高い要求を満たす必要がある。パナソニックコネクットの経験によれば、当該要件は以下の通りである。

- ・温度：-10 度～50 度
- ・振動：車載振動に対応する JIS C 60068-2-6 を満たすこと

前述の要件と照らし合わせた場合、温度、振動、省配線、全てにおいて市販機器は対応できていない。

### (3) 環境・用途に応じた端末の通信性能の確保

端末の内的要因や外的要因により、送受信性能が悪化するという課題がある。端末設計時に 3GPP 仕様に定義された端末性能を満たすことはもちろん、より良い無線通信性能を目指した場合に、端末サイズやコストとのトレードオフとなる。前述の過酷な環境下でのユースケースの場合、電波伝搬路が変動しやすく、性能が劣化するなど、通信の安定性に課題が生じる。通信性能を確保しやすい環境に置く、もしくは置くことが可能な端末が必要になる。

ローカル 5G では全国キャリア 5G と比較して高い通信品質が要求される産業用途で使用されることが想定されるが、多くのユーザが電波伝搬の知見は有しておらず、基地局のアンテナ装置から見通し外となる場所に端末を設置したり、端末のアンテナ付近に金属を含む機器を隣り合わせに配置することで、エリア設計者の意図とは異なる使用方法による通信品質の劣化も見られる。

このような端末の設置上の制約から電波伝搬環境が悪くなってしまう事例は実証試験でも確認され

ている。例えば、工事現場や工場での重機を遠隔から監視・操作したりする場合には、重機に取り付けられた監視カメラやセンサー等の情報をローカル 5G ネットワークにより伝送するが、防水性、防塵性の確保や設置の難易度を考慮して端末や機器等は屋根のある運転席の中に置かれることが多い。重機のボディ(金属フレーム)により伝搬環境が悪かったり、重機が動くことによって端末と基地局の位置関係が電波伝搬環境の観点からは、好ましくない位置関係になることがある。特に、屋外での設置場所や機材の制限上やむを得ず端末と基地局のアンテナ装置との間に障害物がある設置状況では、良好な通信環境が確保できず通信速度が想定より低くなるケースも見られる。また、非防水仕様の端末を移動体の中に搭載する場合、移動体が移動することによって基地局のアンテナ装置と端末とが見通し環境ではなくなり、通信環境が悪化する事例も実証等から明らかになっている。

上記のようなローカル 5G の端末の設置方法や設置場所による電波伝搬環境の悪化は、伝搬特性の揺らぎや周囲の物による電波の反射特性の変化、人や車等の往来による電波の一時的な減衰等により最悪の場合には基地局と端末との接続が失われてしまうことが考えられる。特に、基地局と 5G NR 単独で接続されている SA 方式では 5G NR の接続が失われると再接続までに時間を要し、その間は全くデータ通信ができなくなることから所望のソリューションが実現できなくなることも考えられる。

#### (4) アプリケーションの品質要件等への対応

ローカル 5G の特長として、映像伝送のように端末システムから基地局方向(Uplink)への通信帯域を広く確保できるという利点もあり、帯域制御の面でより柔軟な対応ができる。とりわけ、上下の通信帯域を制御できる準同期方式が注目されている。端末においては、準同期方式へ対応するとともに、当該方式に適した設計を施すことが望ましい。

加えて、前述した通りニーズとして顕在化している超高精細映像伝送については、用途・要件に応じて連続送受信を安定的かつ長時間実現するための設計は必須となる。人が身に着ける端末の場合は、電池駆動や熱放射の制約と通信性能がトレードオフとなる。また、ロボットや移動体車両の遠隔監視等の用途においては、最低でも 4 方向(前後左右)の高精細映像を常に低遅延で伝送する必要があり、またモビリティを提供する観点から、自己土地と他者土地、公道の間を行き来する、という特有の形態を考慮する必要がある。

モビリティを前提とした場合は、異なる通信網往来に対応した映像/音声情報の QoS 制御など、アプリケーションを含む品質制御機能を端末側で具備することも必要となる。特にトラクター等農機ロボットは、車体の安全のみでなく作業機構部のモニタリングと制御も必要になるため、より多くの映像情報とセンサー情報の低遅延伝送が求められる。しかしながら、過年度の実証実験においては、移動ロボットや AGV、農業トラクターなど周囲の映像を複数台のカメラにて映像伝送した場合、上り伝送帯域のネットワークによる帯域揺らぎや帯域急変によってデータの輻輳などが発生し、パケットロス・映像のカクツキ・映像の停止が発生した。このような映像の乱れが発生した場合は遠隔監視や操作にも影響が生じるため、極力発生しないようにする必要がある。

## 6.2 試作した端末システム

### 6.2.1 端末システムの概要

前項のローカル 5G 端末の現状を踏まえ、本事業において試作した端末システムの概要(試作結果含む)を下表に示す。

表 6-1 試作した端末システムの概要

件名	移動ロボットや現場作業員の利活用を想定した高画質映像ストリーミング対応小型カメラ端末の試作	過酷なフィールドでの利活用を想定した防水・防塵・小型 USB ドングル端末の試作	移動ロボット等での利活用を想定したエンコーダ一体型ルーター端末の試作
端末試作者	FCNT	シャープ	パナソニックコネク
試作のモチベーション	製造業や建設業における労働力不足に対し、デジタル技術を活用した効率的な作業指示等のニーズがある一方、遠隔作業指導等を容易に可能とするローカル 5G 端末が十分に存在しない	建設現場や工場等において、周辺の障害物等によって無線通信品質が劣化する事例が見受けられる一方、設置箇所に制限がある過酷な環境での利用に耐えうるローカル 5G 端末が十分に存在しない	地方路線バスの運転手不足、農業の担い手不足、物流業界のドライバー不足等に対し、自動運転技術の活用が期待される一方、業務車両等の長期安定運用を可能とするローカル 5G 端末が十分に存在しない
戦略	エッジ AI 処理能力を内蔵した人体等に装着可能なローカル 5G と高画質映像伝送を内蔵した一体型端末を試作	より良い通信環境で安定した高速通信を行うため、防水・防塵対応かつ設置及び取り回しが容易な小型 USB ドングル端末を試作	遠隔制御による長時間走行を可能にするため、移動する車両やロボットからの映像を滑らかかつ低遅延で伝送可能なエンコーダ一体型のローカル 5G 端末システムを試作
要件	屋外利用、小型化及び軽量化、産業用組み込み	屋外利用、小型化及び軽量化、産業用組み込み	小型化及び軽量化、産業用組み込み、全国 5G とのシームレスな接続
試作の意義	高度な遠隔作業指導等を通じ、熟練者の技術・技能伝承や若手育成、生産性向上を実現	設置の自由度が高い端末システムの活用を通じて、過酷な環境でのローカル 5G による課題解決を実現	遠隔制御型移動ロボット等の社会実装を通じた、地方部の定住化や物流危機の解消を実現
ターゲット市場	工場及び工事・建設現場	工場及び工事・建設現場	自動運転農業ロボット 自動運転バス、配送ロボット

件名	移動ロボットや現場作業員の利活用を想定した高画質映像ストリーミング対応小型カメラ端末の試作	過酷なフィールドでの利活用を想定した防水・防塵・小型 USB ドングル端末の試作	移動ロボット等での利活用を想定したエンコーダ一体型ルーター端末の試作
主な用途	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 作業員視線の高画質映像伝送による遠隔作業指導、支援</li> <li>✓ 移動体を用いた巡視や遠隔監視、点検等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ AR グラスやクラウドを用いた遠隔地コミュニケーション</li> <li>✓ 重機の遠隔操作、カメラを組み合わせた監視</li> <li>✓ 高精細カメラ映像のライブ伝送</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 移動する車両やロボットからの映像伝送</li> </ul>
外観			
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 小型かつ 5G 一体型 エッジ AI カメラ</li> <li>✓ 連続映像伝送</li> <li>✓ 防水防塵</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 小型 USB ドングル</li> <li>✓ 連続データ送受信</li> <li>✓ 防水防塵</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ エンコーダと 5G 一体型</li> <li>✓ 車載耐振動性</li> <li>✓ 映像エンコーダ～デコーダ間遅延 150ms 以下</li> <li>✓ 24h 安定運用</li> </ul>
↓ 試作結果			
小型化	77×96×30mm 242g	42×87×34 mm 102g	180×150×50mm 以下 1600g 以下 (容積削減 50%を達成)
耐環境性能	IPX5/IPX8、IP6X 合格	IP67、MIL 規格準拠検定合格	JIS C 60068-2-6 準拠 (加速度 4G)試験合格
連続動作	フル HD で 2 時間 35 分	UL80Mbps+DL1.1Gbps の連続送受信 本体表面温度が安全上問題のない 60℃以下を確認 (90 分間で熱平衡状態)	連続 24 時間の安定通信 (無線断・映像断:0 回)
伝送遅延 (端末内)	フル HD で 52msec	—	エンコーダとデコーダ間 遅延時間 90.9～93.7ms (フル HD30fps × 4 カメラ映像 伝送時)



## 6.2.2 端末システムのユースケース

試作した3つの端末が想定している具体的なユースケースはそれぞれ以下の通りである。

### (1) 高画質映像ストリーミング対応小型カメラ端末

ニーズが高い建設業や製造業、その施工または実地現場である、工事・建設現場もしくは工場において、労働力不足の解消のため、作業員目線の高画質映像伝送によって効率的な作業指示を行う遠隔作業指導や支援、移動体を用いた巡視や遠隔監視や点検等を主要なユースケースとして想定した。

よりの確に、更には遠地や複数現場においても実現しうる解決手段の1つとして、作業員目線での高画質な撮像映像を伝送してそれを指導者や監督者とリアルタイムで共有すること、または移動体ロボットなどに取り付けての自動化支援が挙げられる。

そのため、ローカル 5G 通信機能を一体化した、作業員に装着可能な小型端末として、主に工場ニーズ向けに、作業員だけではなく AGV/ロボットにも取り付け可能な拡張を可能とするインターフェースを設ける。また、端末側(エッジ)AI 処理能力を有することで、ユースケースの拡張にも備えることを前提に設計した。

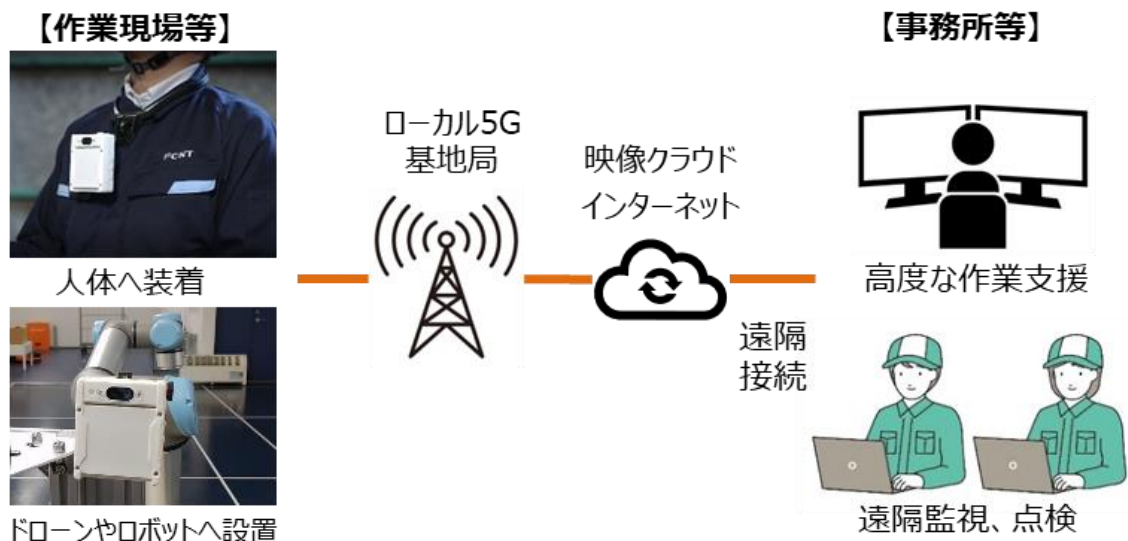


図 6-5 ユースケース(高画質映像ストリーミング対応小型カメラ端末)

### (2) 防水・防塵・小型 USB ドングル端末

工場、工事現場・建設現場向けに、AR グラスやクラウドを用いた遠隔地コミュニケーション、重機の遠隔操作、カメラを組み合わせた監視、高精細カメラ映像のライブ伝送を主なユースケースとして想定した。そのため、より良い通信環境で安定した高速通信に活用できるよう、防水・防塵対応かつ設置及び取り回しが容易なアンテナ内蔵型の小型 USB ドングル端末システムを試作した。

さらに、ローカル 5G の特性を活かして、アップリンクでの高速データ通信が可能な通信手段と、AGV もしくは HMD とを組み合わせることにより、超高精細映像を端末側からエッジサーバに伝送し、映像を AI 解析して端末側にフィードバックするようなソリューションも実現可能になる。

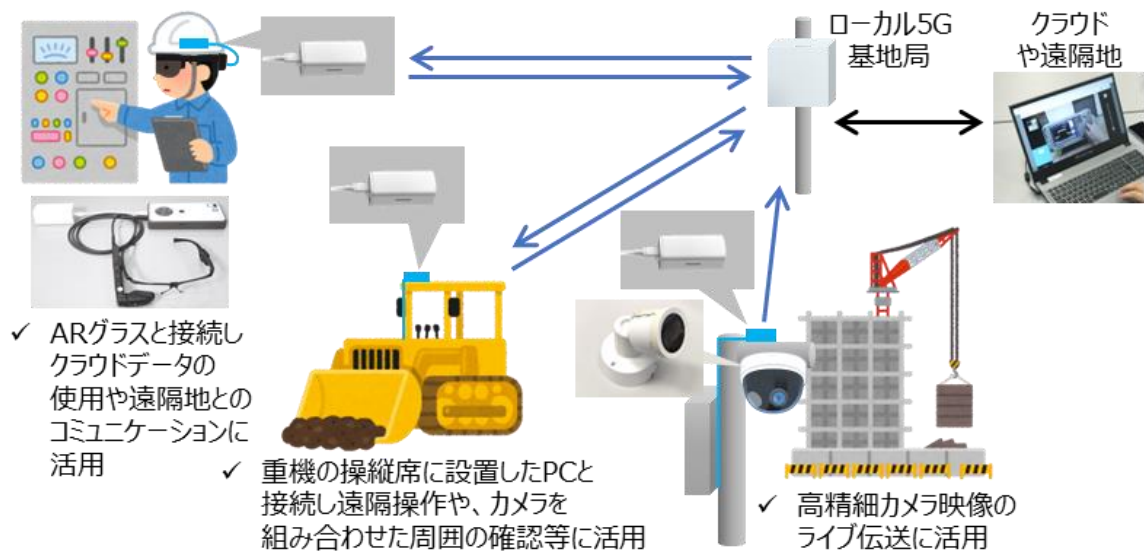


図 6-6 ユースケース(防水・防塵・小型 USB ドングル端末)

### (3) エンコーダー体型ルーター端末

移動する車両やロボットからの映像伝送を利用するユースケースを想定した。具体的には、近接監視を不要とする遠隔監視操縦で、1 人のオペレータが同時に運用する 1:N の運用が期待され、その実運用に向けた環境が整備されつつある、または、整備される見込みがある、自動運転農業ロボット、自動運転巡回バスを中心に、ロボット配送までを想定した。

将来的には、省人化/無人化工場やプラントのロボット制御、建設現場、建設機器の自動運転、除雪車の自動運転、列車の安全運転のための映像伝送などへ応用が想定される。そのため、車体の周囲の映像情報を伝送することを前提に、エンコーダと 5G 通信機能を一体型構造の端末を試作した。

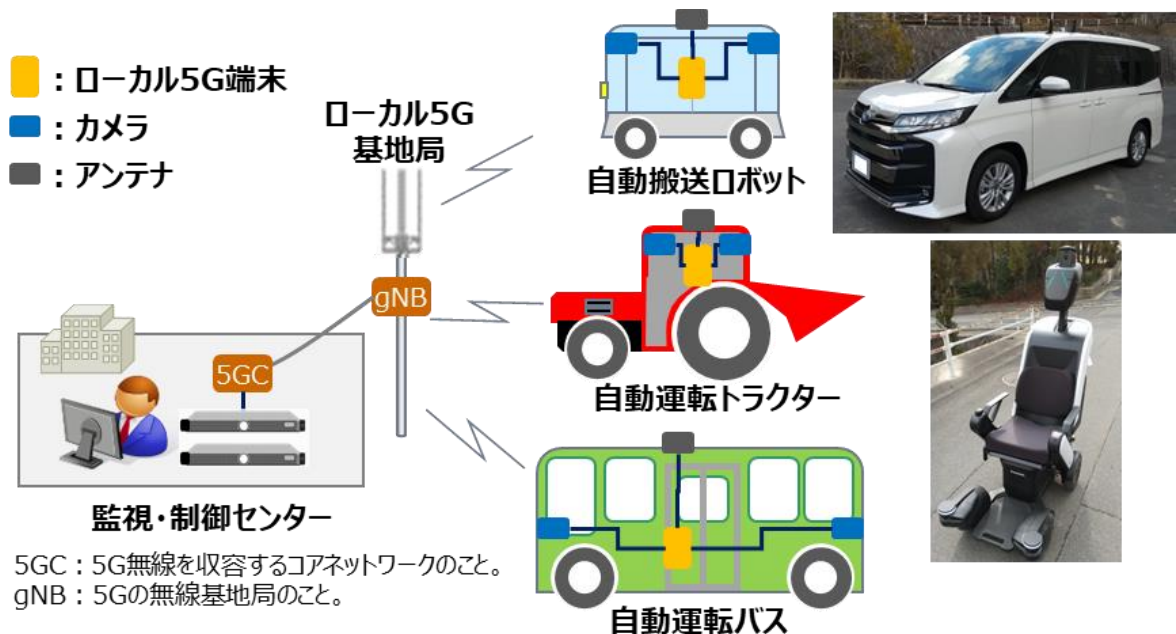


図 6-7 ユースケース(エンコーダー体型ルーター端末)

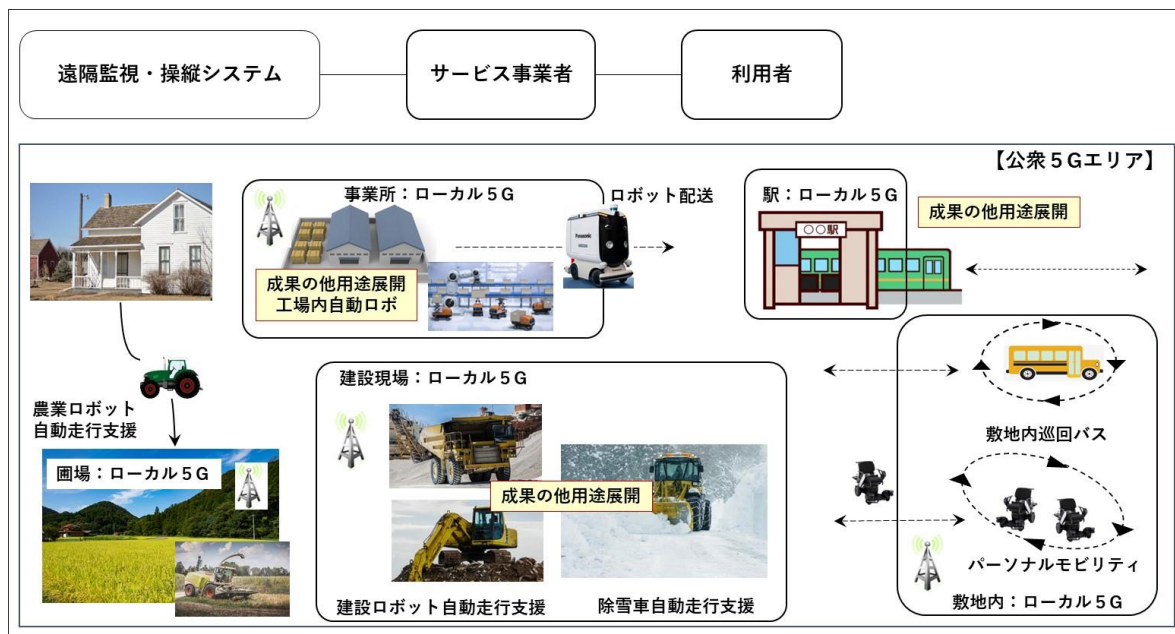


図 6-8 ユースケースの広がりイメージ(エンコーダー一体型ルーター端末)

### 6.2.3 端末システムの技術的特性(必然性、新規性等)

試作した3つの端末の技術的な特性はそれぞれ以下の通りである。

#### (1) 高画質映像ストリーミング対応小型カメラ端末

ローカル5G機能を具備しエッジAI処理能力を内蔵した高画質映像ストリーミング対応小型カメラ端末を試作した。現場作業者が体に装着することで遠隔臨場を実現できる装着容易性や長時間連続稼働ケイパビリティを保有したデバイスとなるもので、このような小型カメラは現時点で製品化されていない。また、将来的な拡張用途としてAGVやロボットに取り付けてこれらを容易にローカル5Gネットワークにアタッチさせ、クラウドやオンプレミスサーバと連携した自動化制御や遠隔制御を実現することを想定し、このような用途を想定したケイパビリティを備えるものとした。

##### 1) 必然性

既存の容易に身体装着可能な小型カメラ端末システムでは、5Gを搭載していないために、5Gルーター等の無線装置が追加で必要になり、作業員自身に無線装置を装着するのは外形や重量の関係で困難であり、無線装置が移動の制約になる。無線一体型のカメラ端末システムも存在するが、身体装着が容易なほど小型ではない。

既存の端末システムでは、高精細な画質(フルHD画像以上)で動画を撮影しながら、通信して映像をライブ伝送するストリーミングを実施する場合に、発熱による動作制限の影響により、長時間連続動作できない問題がある。そのため、長時間連続で使用する場合には、映像品位を落としてライブ伝送を行うことになる。

本端末システムでは、高精細映像での連続使用時間実現を可能にする。さらに、端末システムにAI機能を持たせることで、物体検知や異常検知を自立的に行うことにより、将来的なソリューション拡張要

素や横展開範囲を広げることが可能となる。

## 2) 新規性

フル HD 以上の高画質リアルタイム伝送(ストリーミング)を 2 時間連続で実現可能、かつ人体に装着可能な 5G 無線一体型カメラ端末という新規性を有する。その他の新規性は以下の通りである。

- 3GPP Release16 に対応した無線モジュールを採用しており、低遅延/多重接続についてのパラメータ拡張に将来的に対応
- 小型端末のため運搬は用意であり、人体への装着や三脚での設置を想定した構造や、容易な設定方法を提供する。
- スマートフォンの設計/量産の経験を活かし、低廉な端末を実現する構造設計を実施。
- 通信モジュール部分は一体型構造のため非該当であるが、将来的に通信モジュール部分のアップデートが必要な場合でも、OTA<sup>16</sup>での設計変更が可能
- 長時間継続して大量トラフィックが発生しても安定的に通信疎通できるように、設計段階から熱シミュレーションを活用した放熱構造設計を実施。フル HD/4K での高画質リアルタイム伝送(ストリーミング)でも安定的な通信が可能。
- 放熱構造の工夫により、小型ながらフル HD でのストリーミング通信で 2 時間以上の連続動作が可能。

## (2) 防水・防塵・小型 USB ドングル端末

防塵・防水対応であり、ケースから外に出して使用することができる、設置の自由度が上がる USB ケーブルで PC と接続して使用できるアンテナ内蔵型端末システムを試作した。

### 1) 必然性

既存のローカル 5G 対応データ通信端末では非防水仕様が多く、防水のハウジングケースを使って防水対応を行う必要があった。また、既存の防水・防塵に対応したローカル 5G 端末は、大型の屋外据え置き型端末(ODU : Outdoor Unit)であり、取り回しが難しかったり、設置に必要な場所が取れなかったりする課題があった。

建設現場や工事現場、工場等での設置の柔軟性を考慮した、防水・防塵対応かつ小型化により、「端末の設置環境が悪い」という課題を解決することができる、すなわち端末の設置場所を柔軟に決めることができる端末システムを実現することができる。

### 2) 新規性

端末が連続送受信動作をするときに発する熱処理が必要だが、一般的に端末の体積が大きい方が放熱性能は向上する。従来の小型端末では連続動作を行うと発熱により動作が停止したり、通信速度が低下するという課題があった。

本試作端末では、小型化し、さらに防水・防塵対応ということから端末内部にファンなどを搭載して放

---

<sup>16</sup> Over The Air; 通信を活用したソフトアップデートを指す

熱を促すことができないため、端末のサイズと放熱のトレードオフを考慮した高度な端末設計を施し、アップリンクスループット 80Mbps での連続動作を実現する。このように、小型・防水・防塵ではあるが、安定的な伝送性能を有する。

### 3) その他特徴

端末構成に関する工夫は以下の通りである。

- 端末システムのアンテナ部のみを屋外の電波環境の良い場所に設置する方法が考えられるが、端末からアンテナ部までの距離を長くするためには減衰を最小限にするような配線が必要になる。一般的には同軸ケーブルを使っての配線が用いられるが、ローカル 5G システムの 4×4 MIMO 通信に対応するには 4 本の同軸ケーブルが必要になり、設置が煩雑になる。また、同軸ケーブルを端末と接続するためのコネクタを設ける必要があり、端末サイズも大きくなり、コストも上がってしまうことが予想される。

この課題に対応するため、アンテナ内蔵型の構成とした。

- 従来は、防水ハウジングケースに他の機器と一緒に入れることで、端末のアンテナ性能を劣化させたり、他の機器や設置治具が電波の遮蔽になり、電波伝搬ロスが大きくなる。

この課題に対応するため、長さ 2m の USB ケーブルを使用することで、端末の設置に自由度を持たせ、電波伝搬環境の良い場所に容易に設置することが可能になる。

上記の対応により、従来は重機の運転席のような雨や埃等を避けられる場所に端末を設置せざるを得なかったものが、本実証で試作した端末システムを使用することにより重機のボディに隠れることなく、基地局のアンテナから見通しになるような位置に容易に設置することが可能になる。USB ドングルタイプであるため、AGV や HMD 等、PC 以外にも所定の OS を搭載した機器と接続したソリューションとして活用することも可能である。AGV や HMD のローカル 5G 通信機器として本実証で試作した端末システムを使う場合、移動した際に障害物の影や人体の影になりにくい箇所へ端末システムを取り付けることが可能になり、より良好な通信を安定して行うことが可能になる。



図 6-9 重機や AGV/HMD の搭載するイメージ

### (3) エンコーダ一体型ルーター端末

エンコーダと 5G 通信機能を一体型構造とした。

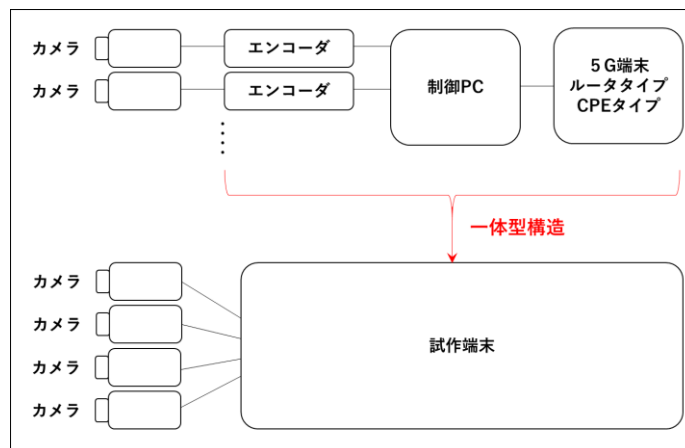


図 6-10 端末システム構成比較イメージ

## 1) 必然性

日本全国津々浦々、様々な走行環境下でも長期に安定した通信を担保する車載端末に求められる要件は以下の通りである。

- ・温度 : -10 度～50 度
- ・振動 : 車載振動に対応する JIS C 60068-2-6 を満たすこと
- ・省配線: 既存の車両は設置スペースと配線ルートが限定されるため一体型が望ましい

市販の映像エンコーダ及び 5G 端末は、ほとんどが温度保証も 0℃～40℃程度であり、振動対策は施されていない。加えて、エンコーダ機能付き 5G 端末も存在していない。屋外仕様の端末例では、温度保証は-10℃～50℃だが、車載搭載を想定した耐振性を備えていない。

最低 4 方向の高精細映像を常に低遅延で伝送する必要がある、自己土地と他者土地、公道の間を行き来する、という移動ロボットの運行形態を想定すると、準同期対応した端末や異なる通信網往来に対応した QoS 制御に対応した端末は存在するが、温度保証、振動対策までを施し、映像エンコーダ機能までを一体型にした形状で準同期と QoS 制御を網羅している端末は存在しない。

そのため、上記の耐環境性能要件を満足し、準同期対応、異なる通信網往来に対応した QoS 制御機能も具備した一体型端末を試作した。

## 2) 新規性

当社の経験より、日本全国津々浦々、様々な走行環境下でも長期に安定した通信を担保する車載端末に求められる要件を全て満足する 5G 端末に新規性がある。

- ・省配線 : 既存の車両は設置スペースと配線ルートが限定されるため一体型
- ・温度 : -10 度～50 度
- ・振動 : 車載振動に対応する JIS C 60068-2-6 を満たすこと
- ・準同期対応
- ・異なる通信網往来に対応した QoS 制御
- ・ローカル 5G から公衆網への切替
- 小型化・省配線化: 映像エンコーダ/デコーダ機能と 5G 通信機能を一体化。電源は、車載やトラクターのバッテリー接続を考慮した 12V/24V の広範囲な入力電圧に対応。

- 温度特性: 一体化での小型化に伴う高密度筐体内の発熱部品熱対策と高温環境下での無線モジュール安定動作を実現するため、基板両面からの熱伝導、及び空冷を組み合わせた最適放熱技術を搭載。
- 耐振動特性: 車載無線端末実績に裏付けされた装置固定構造及び内部デバイスに耐振技術を搭載。
- 準同期対応: 1 台の車両に最低 4 方向の映像伝送に対応するため、上り側情報を円滑に伝送する準同期へ対応。
- 異なる通信網往来に対応した QoS 制御: 当社独自の帯域推定技術と可変レートコーデック制御により、ローカル 5G の大容量の帯域や LTE 等の帯域にも追従し途切れない映像伝送を実現する技術を搭載。
- ローカル 5G から公衆網への切替: ローカル 5G エリアにて運用されている移動ロボットや自動搬送機 (AGV)、農業トラクターなどが、ローカル 5G エリア外や電波環境が劣化した際に運用が停止しないように、ローカル 5G と全国公衆網との切替を実現する新技術を搭載。

## 6.3 試作結果

### 6.3.1 試作端末の詳細

#### (1) 高画質映像ストリーミング対応小型カメラ端末



図 6-11 試作端末システムの外観(画質映像ストリーミング対応小型カメラ端末)

表 6-2 試作端末システムの仕様(高画質映像ストリーミング対応小型カメラ端末)

項目	仕様
LTE バンド	Band3(1.8GHz 帯)
全国 5G バンド	n77(3.7GHz 帯), n78(3.5GHz 帯), n79(4.6GHz~4.9GHz 帯)
ローカル 5G バンド	n79(4.6GHz~4.9GHz 帯)
対応 TDD パターン	同期方式及び準同期方式
対応ネットワーク方式	スタンドアローン方式及びノンスタンドアローン方式
送信電力	+23.0dBm (200mW)
給電線損失	0dB※アンテナは端末システム内蔵

項目	仕様
サイズ/重量	約 77×96×30mm / 約 240g
OS	Linux(Ubuntu)
RAM/ROM	8GB(LPDDR5) / 128GB
ディスプレイ	0.8 インチ,39×96,EL
カメラ	12M
UIM カード形状	Nano UIMx2
Wi-Fi / テザリング	802.11 a/b/g/n/ac
防水 / 防塵	(IPX5/IPX8)/(IP6X)
電池容量	3,400mAh
外部 I/F	USB Type-C
サイズ/重量	約 77×96×30mm / 約 240g

## (2) 防水・防塵・小型 USB ドングル端末

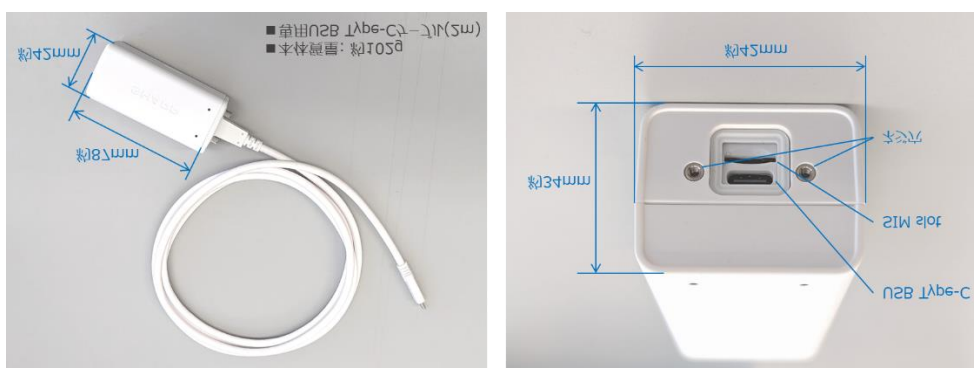


図 6-12 試作端末システムの外観(防水・防塵・小型 USB ドングル端末)

表 6-3 試作端末システムの仕様(防水・防塵・小型 USB ドングル端末)

項目	仕様
ローカル 5G 適用バンド	n79
チップセット	Qualcomm SDX55
サイズ	約 42 × 87 × 34 mm (USB ケーブルなし時)
重さ	約 102g (USB ケーブルなし時)
対応仕様	3GPP Release 15
ネットワーク方式	5G SA (Standalone)
チャンネル帯域幅	100MHz
空中線電力 (最大送信出力)	200mW



項目	仕様
アンテナの指向性	無指向性アンテナ
MIMO 対応	下り 4×4 / 上り 2×2
変調方式	下り 256QAM / 上り 256QAM
アンテナの本数	4 本(送信は同時に 2 アンテナから発射)
準同期対応	対応
動作保証温度	-10℃～+55℃
動作保証湿度	5%～95%
防水対応	IPX7 (専用 USB ケーブル使用時)
防塵対応	IP6X (専用 USB ケーブル使用時)
MIL 規格	MIL-STD-810H 準拠(14 項目)
付属品	専用 USB ケーブル(約 2m)
対応 OS	Microsoft Windows 10, macOS 10.15, Linux (Ubuntu14.04, Linux 3.13 and later,Raspberry Pi)

### (3) エンコーダー一体型ルーター端末



図 6-13 試作端末システムの外観(エンコーダー一体型ルーター端末)

表 6-4 試作端末システムの仕様(エンコーダー一体型ルーター端末)

項目	仕様
5G 仕様	3GPP Rel.15 対応
ローカル 5G 適用バンド	n79 (4.6GHz～4.9GHz)
全国キャリア適用バンド	n77/78(3.7GHz), n79(4.5GHz)
	B1(2.0GHz),B3(1.7GHz),B8(900M),B18(800MH), B19(800M), B21(1.5GHz), B42(3.5GHz), B41(2.5GHz)
MIMO (n79)	5G(Sub6) n79 DL: 4×4MIMO / UL: 2×2 MIMO
送信出力	23dBm (0.2W)

項目	仕様
アンテナ	外部： 屋内無指向性アンテナ:対応周波数:4G/5G(Sub6) 屋外無指向性アンテナ:対応周波数:4G/5G(Sub6) フィルムアンテナ:対応周波数:4G/5G(Sub6)
基地局同期パターン	同期 TDD、準同期 TDD1
コーデック	圧縮符号化方式:H.264/H265 解像度 : SD/HD/Full HD SD : 720×480 HD : 1280×720 FHD:1920×1080 フレームレート:30/60fps
データ用外部 IF	GbE(1000Base-TX)×2、USB3.0×3、USB2.0×1
映像用外部 IF(入力)	4 カメラ入力 GMSL インタフェース (Full HD ~30fps/カメラ) 2 カメラ入力 USB インタフェース (Full HD ~30fps/カメラ) ※(1 カメラ時は Full HD ~60fps)
映像用外部 IF(出力)	HDMI2.0(出力)
電源	DC12/24V 瞬時電圧ドロップ 9V まで対応
装置サイズ/質量	180(W) × 150(D) × 50(H) mm 以下 突起物除く 1600g 以下

### 6.3.2 機能要件

各試作端末の実証目標(技術目標)及びその達成状況を下表に示す。

表 6-5 実証目標(技術目標)と達成状況(画質映像ストリーミング対応小型カメラ端末)

件名	実証目標	結果
小型化	自社エッジ AI カメラ AW02 の体積比で 1/3 程度(250cc/300g 以下)	211cc/約 242g
耐環境性能	防水・防塵(規格上最も厳しい IP68)	IPX5/IPX8、IP6X 検定合格
連続動作時間	フル HD ストリーミング(実装時は 4K)で 1 時間以上/2 時間目標の連続動作	フル HD で 2 時間 35 分
伝送遅延 (端末内)	フル HD ストリーミングでの伝送遅延時間 500msec 以下(実装時は 200msec 以下)	フル HD で 52msec

表 6-6 実証目標(技術目標)と達成状況(防水・防塵・小型 USB ドングル端末)

件名	実証目標	結果
小型化	端末サイズ 42 × 87 × 34mm 以下、重さ 約 102g 以下(設置・携帯の容易性を考慮)	約 42×87×34 mm、約 102g
耐環境性能	防水・防塵(IP67)、堅牢性(MIL 規格準拠)	IP67、MIL 規格準拠 検定合格

件名	実証目標	結果
	(耐久性が重要視される現場での使用を考慮)	
伝送遅延 (端末内)	室温でアップリンク平均 80Mbps の連続送信、2×2 UL MIMO 対応(高精細映像伝送への利用を想定)	UL:80Mbps と同時に DL:1.1Gbps の連続送受信動作、本体表面温度が安全上問題のない 60℃以下を確認(90分間で熱平衡状態)

表 6-7 実証目標(技術目標)と達成状況(エンコーダ一体型ルーター端末)

件名	実証目標	結果
小型化	エンコーダ/デコーダと 5G 端末の一体化による約 50%筐体容積削減(耐温度・耐振動特性改を善含む)	180×150×50mm 以下 (1600g 以下)
耐環境性能	連続 24 時間の安定通信	連続 24 時間の安定通信 (無線断・映像断:0 回)
連続動作時間	映像エンコーダと映像デコーダ間の遅延時間を 150ms 以下	エンコーダとデコーダ間 遅延時間 90.9~93.7ms (フル HD30fps × 4 カメラ映像 伝送時)
伝送遅延 (端末内)	JIS C 60068-2-6 に準拠 (加速度 4G)	JIS C 60068-2-6 準拠 (加速度 4G)試験合格

## 6.4 課題と解決策

### (1) 高画質映像ストリーミング対応小型カメラ端末

#### 1) フル HD/4K ストリーミング伝送時の温度上昇

高画質映像ストリーミング伝送(フル HD/4K)に対して、連続動作 2 時間という目標は達成したが、一部の温度について局部的に上昇していることが判明している。局部的な温度上昇の回避するため、端末のハードウェアでの改善することで対処可能である。具体的には、端末の構造として、フロント部分に放熱フィンを設けているため、発熱体からの熱を電池部分へ断熱しつつ、フロント部分への伝熱を強化するような構造変更を盛り込む。

次に、本実証の連続動作時間は、周囲温度が 25℃程度の常温環境下である。実際のユースケースでより高温環境下で使われる場合、または電波環境が悪く端末の受信電界レベルが低いような弱電界環境の場合は、温度上昇は周囲温度の上昇分が底上げになるため、温度上昇を抑えるための対処が必要である。具体的には、端末の外装ケース部など人体に接触する部分での最も温度が上がる部分について、温度を監視して温度上昇を抑制するような動作制御を実施する方法が想定される。制御は具体的には、アラートを表示した上で、段階的な制御を行うことで、ユーザの使用感への影響を最小限に留めるような工夫が必要となる。温度の監視のための動作の制御については、端末組み込みソフトウェアによる自律的な制御の検討が必要となる。

#### 2) 手振れ補正機能

本実証では、移動中の撮影は十分に実施できていないが、撮影する条件によっては伝送先の映像での「揺れ」が大きく、ユースケースによっては映像を観ている方が、いわゆる「映像酔い」を生じる可能性がある。移動体に装着したり、人体で移動したりする場合には手振れ補正機能は必要との指摘もあった。

手振れ補正は、光学式手振れ補正またはソフトウェアによる手振れ補正が想定される。前者は、光学式では専用のカメラデバイスが必要となり、実装までに要する期間や端末システムのサイズや価格への影響が大きいため、ソフトウェアによる補正が有効とされる。デメリットとして、実際の撮像映像に対して、手振れを目立たなくすべく、映像を切り取る補正する(クロップ)ため、有効な画素数が少なくなる。

#### 3) 連続動作及び耐候性

人体装着というユースケースではなく、監視カメラ的な用途への関心も高い。その中では、連続動作(24 時間)が可能であることが要件として挙げられている。試作端末は USB 端子を使って充電しながら、連続動作は可能である。この場合、人体装着ではない耐え、低温火傷に関する条件は回避できるものの、一方で電池部の温度上昇に関しては、充電も加わるのでより条件が厳しくなる。

また、併せて、屋外設置に対しての関心も高い。具体的には、連続動作をさせるために充電しながら使用する場合に、端末部分に加えて、給電部分(コネクタ接合部分)についても防水対応が必要になる。これを実現するためには、防水タイプのコネクタ(プラグ及びジャック(リセプタクル))を別途準備するか、または端末全体を防水仕様のケース内に格納して使用する等の策があるが、後者の場合は、小型化に対する利点が損なわれる懸念が大きい。

上記の課題に関しては、本試作端末が想定するユースケースとは異なる。給電による連続動作は屋内では使用できるが、屋外での使用の場合は耐候性確保のために追加要件への対応が必要となる。人体装着可能な小型カメラという特徴と合わせて考えると、本追加要件は端末のサイズ、重量等に少なからずインパクトを与えることになる。

## (2) 防水・防塵・小型 USB ドングル端末

### 1) 温度上昇への対応

本実証では、アップリンク 80Mbps/ダウンリンク 1.1Gbps で 90 分間の連続送受信動作を実現している。しかしながら、より高度な用途によってはこれ以上の伝送速度の要望や継続時間の要望があり、また炎天下に設置され運用する場合など、端末温度の上昇が課題になる。試作端末では、表面温度が 60℃を超えるとユーザの安全を考慮し通信を停止し、温度が十分に下がるまで通信が再開できないような設計としている。周囲の環境温度によっては本実証で検証したスループットでも本体温度が 60℃を超える可能性もあり、実際の使用状況と合わせた検証が今後必要になる。

この課題に対しては、一般的には端末の体積、すなわち端末サイズや重さとトレードオフの関係となることを考慮する必要がある。端末システムの筐体構造や、内部の放熱用フィン設計、それに伴いアンテナの設計を見直すなど、実質的には新規設計に近い。その他に、端末の外部に熱伝導性能の高い金属製の放熱フィンを取り付けるなど、運用環境を工夫して放熱効率を改善する方法もある。ただし、取り付け場所によってはアンテナ性能を劣化させる可能性がある。

### 2) アンテナ性能の改善

試作端末は、一般的なスマートフォンと比較すると、約 2dB 程度性能が劣っている。想定通りの性能が得られてはいるものの、例えばコストやサイズを度外視して通信エリアをより広くしたいという要求がある場合は検討が必要になる。

アンテナ性能に関しても、端末サイズとのトレードオフの関係にある。試作端末は Sub6 のダウンリンク 4×4 MIMO、アップリンク 2×2 MIMO に対応しており、受信アンテナ 4 本、送信アンテナ 2 本を搭載している。このうち受信アンテナ 2 本と送信アンテナ 2 本は共用設計となっていることから、Sub6 用のアンテナは合計 4 本搭載していることになる。アンテナ性能としては、アンテナ利得、等方性、アンテナ間アイソレーション性能が重要であるが、これらを改善するには筐体のサイズを大きくする必要がある。一方で筐体サイズを大きくすると、設置時の取り回しが悪くなり、端末の材料費が上がることによる単価のアップになるので、特定のユーザが決まっておきコスト負担を容認できるのであれば、ユーザの要望を反映した方針を立てて設計変更を行うことが望ましい。

### 3) 防水・防塵対応には専用の USB ケーブルが必要

試作端末では、端末本体にある SIM カードインタフェースと USB インタフェースを USB ケーブルで封止することにより防水・防塵対応になることから、構造的に USB ケーブルを専用設計にする必要があった。反面一般的な USB ケーブルを使用したい場合には防水・防塵対応ができないという課題があった。端末システムの設置の自由度を上げるため端末システムと接続して使用する USB ケーブルを

2m の長さとし試作を行った。ハウジングケースの外で遮蔽物がない環境に設置できた場合と、ハウジングケースの中で他の機器や設置用パイプにより遮蔽されてしまった場合とで約 3.5～5dB の差が見られたが、例えばよりコンパクトなシステムとして超小型の PC と組み合わせて使用したいユーザは短く防水機能を有したままにできる USB ケーブルが必要になる。

この点については、ユーザの使用条件やソリューションによって要望する長さが異なり、新たに作成する場合にはコストが掛かることになるが、別途対応は可能である。また、防水・防塵対応が不要である場合には一般的に販売されている USB ケーブルも使用可能であるため用途によってはユーザで用意した USB ケーブルを利用することもできる。

### (3) エンコーダー一体型ルーター端末

#### 1) 耐環境性能の改善

耐振動性(JIS C 60068-2-6)については、過年度実証実験では、アンテナやカメラ等の取付端子が振動で折れた事象が発生した事例があった。実運用のためには、端末本体の振動試験のみでなく、カメラやアンテナを取り付けた状態での検証が必要となる。具体的には、トラクターやバスに端末のみでなく、カメラとアンテナも含めて実装し、走行試験により、アンテナ取付端子等の破損もなく装置本体の異常もなく耐振動性が実運用に耐えうるか、等の確認が必要である。

また、耐温度(-10 度～50 度)については、過年度実証実験では、夏場の圃場での休憩時(エンジン断時)のキャビネット内温度は 80 度程度まで上昇、冬期の夜間での停車時のキャビネット内温度は-20 度程度にまで低下する環境である。実証では、-10 度～50 度までを保証する業務用市販端末を使用しており、故障は発生していないものの、実運用時における耐温度性能の担保も必要となる。

#### 2) 公衆網/ローカル網の切替

現段階では、公衆網とローカル網の切替に約 1 分を要する。走行路に異常(落下物や障害物等)があるとトラクターやバスは自動的に停止するため事故は防止できるが、再スタートには遠隔からの確認が必要になるため、網の切替の間にトラクターやバスが停止すると、網が切り替わるまでの間は、その場に停まりっぱなしとなる。圃場の場合は、1 分程度の停止は許容されるかもしれないが、圃場間の農道や公道で 1 分間の停止は他の車両の妨げになる。現段階においては、自動配送ロボットの公道走行における運用を参考にすると、予め安全な場所を設定しておき、圃場以外の農道や公道において網の切替で通信が途絶える際は、その安全な場所まで走行し停止するという運用になると想定している。

#### 3) 映像品質の改善

トラクターの自動運転は夜間作業のニーズも高い。圃場は街路灯がないためトラクターのライトのみの照度で遠隔監視に耐えうる映像品質が必要となる。現段階では、フル HD 相当のカメラを前提に端末を開発しているが、カメラのスペックを向上させる必要がある場合は、装置のコア部品も変わるため、価格にも影響してくる。加えて、圃場での作業時は、防塵・防水対策が必須である。ただし、装置本体で対応するのではなく取付カバー等での対応も可能である。

具体的には、真夏の昼間や真冬の夜間等の最も厳しい環境下でも正常に稼働するか、夜間作業時に

使用しているカメラの画質で問題ないか、等の確認が必要である。

#### 4) 映像の QoS 制御、システムチューニング

令和3年度開発実証「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」では、通信環境の変動に合わせて映像品質を可変する取組を行ったが、通信環境変動に合わせた映像品質制御の頻度が多くなり過ぎると映像が止まる等の事象も発生している。当該機能は、実際のサービス現場毎の通信環境品質に依存するため、一概に評価はできず、実地・実機検討により判断することになる。具体的には、他社の映像/音声情報制御技術が有効でなかった既実証場所で、当社の AV-QoS 制御技術が有効か否か、等の確認が必要である。

また、遠隔監視側では1人のオペレータが複数台のカメラを同時にモニタリングするが、単純に車載カメラの映像を再現するだけでなく、遠隔監視 UI との整合が必要になる。具体的には、試作端末が既存の遠隔監視システムの UI(カメラ画像モニタリング分割画面やアラーム通知タイミング等)に適合できるか、改造の必要性があるか否か、等の確認が必要である。

## 6.5 端末の実装の方向性

本節では、各試作端末について、試作及び評価・検証結果(6.3 節)及び残る課題(6.4 節)を踏まえて、端末及びローカル 5G の早期実装を目指し、機能と価格の定義及び事業モデルをどのように考えるか、実装の方向性について言及する。

### 6.5.1 機能と価格のバランス

試作端末の実装に向けては、ユーザーニーズに基づき搭載すべき機能・性能と、その搭載・対応によるコストへの影響について見極めが重要となる。ターゲット別に要求性能が異なるということは、端末コストも異なってくる。

高画質映像ストリーミング対応小型カメラ端末においては、想定しているユースケース「人体に装着した作業員目線での映像伝送による遠隔支援、指導」に必要な機能・性能は、端末が小型であり簡単に装着できること、高画質映像のストリーミングが一定時間可能であること(温度上昇による制限回避)、防水・防塵性能、作業員が移動した場合の映像手振れ補正である。一方で「AGV やドローンなどの移動体向け自動化や遠隔点検等」においては、基本的に小型化は必要ではあるが、人体接触がないため温度上昇要件が緩和される、また必須要件ではないが、接続インタフェースを設けることで利便性向上に資する。更には、ユースケースのソリューション対応によっては、より自律的な制御や遅延時間の少ない判断のために、端末に AI による判定機能を具備することも望ましい。

これらをまとめると、表 6-8 に示す。また、同表を踏まえて、端末のモデルとして、表 6-9 の通り早期販売を開始する「基本モデル」と他のユースケースや高度化を図った「機能拡張モデル」に分けることで、実装を早期化する。

表 6-8 用途別の機能・性能対応表(画質映像ストリーミング対応小型カメラ端末)

端末 機能・性能	人体装着 遠隔作業支援・指導	移動体取り付け (AGV,ドローン)	(屋外)監視用途
小型、軽量	必須(○)	必須(○)	あれば良い(△)
高画質ストリーミング伝送	必須(○)	あれば良い(△)	あれば良い(△)
温度上昇(人体接触)	必須(○)	あれば良い(△)	必要なし(-)
温度上昇(部品)	必須(○)	必須(○)	必須(○)
手振れ補正	必須(○)	あれば良い(△)	必要なし(-)
連続動作(10 時間以上)	必要なし(-)	あれば良い(△)	必須(○)
防水、防塵	必須(○)	必須(○)	必須(○)
防水(給電)	必要なし(-)	あれば良い(△)	必須(○)
Ethernet/PoE	必要なし(-)	あれば良い(△)	必須(○)
エッジ AI	必要なし(-)	あれば良い(△)	必須(○)

表 6-9 端末モデル(画質映像ストリーミング対応小型カメラ端末)

端末 機能・性能	基本モデル	機能拡張モデル
小型、軽量	必須(○)	必須(○)
高画質ストリーミング伝送	必須(○)	必須(○)
温度上昇(人体接触)	必須(○)	必須(○)
温度上昇(部品)	必須(○)	必須(○)
手振れ補正	必須(○)	必須(○)
連続動作(10 時間以上)	あれば良い(△)	必須(○)
防水、防塵	必須(○)	必須(○)
防水(給電)	必要なし(-)	必須(○)
Ethernet/PoE	必要なし(-)	必須(○)
エッジ AI	あれば良い(△)	必須(○)

同様に、エンコーダ一体型ルーター端末においても、トラクター等農業ロボット・自動運転バス・自動配送ロボット等、異なるニーズ・要件を有するターゲット・ユースケースに対して仕様をどのように共通化するかが検討のポイントとなる(表 6-10)。

表 6-10 用途別の機能・性能対応表(エンコーダ一体型ルーター端末)

端末 機能・性能	トラクター等 農業ロボット	自動運転バス	自動配送ロボット
耐振動性(JIS C600068-2-6)	必須(○)	必須(○)	あれば良い(△)
耐温度 -10 度~50 度	必須(○)	必須(○)	あれば良い(△)
公衆網/ローカル網 切替	必須(○)	あれば良い(△)	あれば良い(△)
準同期対応	必須(○)	必要なし(-)	必要なし(-)
一体型筐体	必須(○)	必須(○)	必須(○)
連続 24 時間映像伝送	必須(○)	必須(○)	必須(○)



端末 機能・性能	トラクター等 農業ロボット	自動運転バス	自動配送ロボット
AV-QoS 制御	必須(○)	必須(○)	必須(○)

エンコーダ一体型ルーター端末について、試作端末の基本性能 7 項目(耐振動性、耐温度、公衆網/ローカル網切替、準同期、一体型筐体、24 時間連続映像伝送、AV-QoS 制御)の各々の価格を均一とした場合の価格差(概念図)を図 6-14 に示す。各性能の個別価格を N 円とすると、各々の場合の総コストは、試作端末=7N 円、トラクター等農業ロボット向け=6N 円、自動運転バス向け=4N 円、自動配送ロボット向け=2N 円となる。

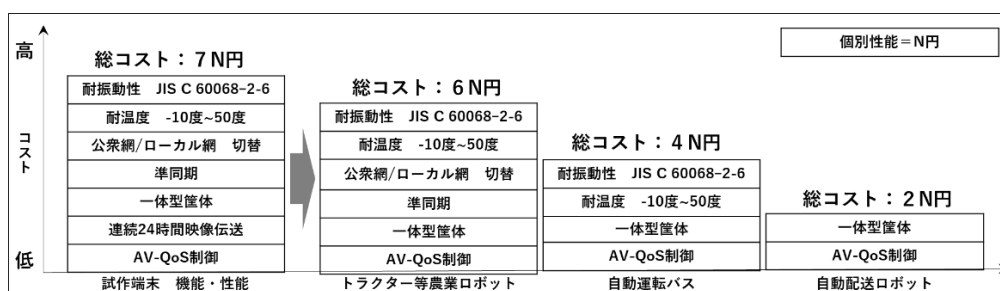


図 6-14 ターゲット(搭載機能・性能)別の価格差

上記を踏まえると、各性能が個別のユニット化されている構造の場合は、図 6-15 の通り、全分野共通の「一体型」と「AV-QoS 制御」を基本性能とし、分野毎にユニットをオプション追加していく手法が想定される。その場合、トラクター等農業ロボットは基本商品に加え 4 つのオプションを追加、自動運転バスは、基本商品に加え 2 つのオプションを追加、自動配送ロボットは基本商品のみを提供する形態となる。このユニット構成のメリットは、ユースケースと運用条件に合わせ、ユニットの組み合わせで柔軟に対応できる。

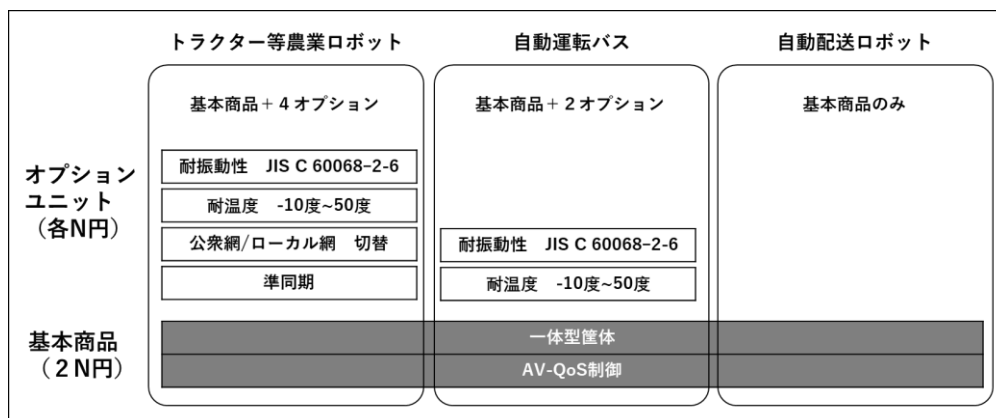


図 6-15 基本商品+オプションユニットモデル(エンコーダ一体型ルーター端末)

一方、各性能を個別オプションとする場合は、オプション毎にソフトとハード部品の組み合わせが異なってくるため、各オプション別の再設計コスト予測を行い、量産化できる事業規模を確保できるかが課題となる。また、「連続伝送時間」については、現行の市販端末で数時間程度の連続映像伝送を行えば、端末が熱を帯び性能も落ちてくることは過年度実証でも立証されている。連続伝送保証時間を短くしてもコスト差はないに等しい。そのため、市販端末では不安定な挙動になるユースケースでも安定し

た映像伝送を行うという考え方にすると、24 時間連続映像伝送の性能も必須要件と言える。性能要求レベルとしては 24 時間連続運用という場面は少ないものの、市販端末ではできない「数時間以上の安定した連続映像伝送」という面では必須要件になると考えられる。

## 6.5.2 事業モデル

端末の実装に向けては、大きく、端末提供(端末のみを販売またはリース契約で販売)、回線サービス(端末は利用料原価の一部を含む 5G ネットワーク利用料契約等)、ネットワーク運用サービス(5G ネットワークの運用監視まで提供等)、サービス・ソリューション提供型(例:自動運転車両向けの人・モノを運ぶソリューションまで提供等)など、概ね 4 つの事業モデルが想定される。

3つの端末種別のユースケース・ソリューションとの関わり方でこれらの事業モデルとの親和性が異なる。小型カメラ端末と USB ドングル端末は、その汎用性から主として端末提供を想定しているが、小型カメラ端末は映像伝送ソリューションとの関わり方によって、例えばクラウドとの連携による映像配信サービス・ソリューション等への展開を想定している。

エンコーダ一体型ルーター端末においては、提供主体が SIer ビジネスを展開していることから、サービス・ソリューション提供型(「自動運転活用サービス」)を含め4つの事業モデルまで想定している。また、これらの事業モデル毎に提供先も複数想定される。具体的には、図 6-16 の通り、事業レイヤとして、運用サービス、遠隔監視操縦、クラウド等まで含めることで、提供先はロボットメーカー、通信事業者、遠隔監視操縦者、サービス利用者等へと広がる。

事業レイヤ	事業モデル			
	端末提供	回線サービス	ネットワーク運用サービス	自動運転活用サービス
運用サービス			●※2	●※3
遠隔監視操縦				●
クラウド			●	●
公衆 5G/ローカル 5G		●※1	●	●
5G端末	●	●	●	●
カメラ	●	●	●	●
移動ロボット				●

※1：公衆MVNO提供、ローカル 5G環境提供を含む  
 ※2：ネットワーク運用監視  
 ※3：自動運転ロボットを活用したサービス事業（地方部向けMaaSほか）

図 6-16 事業モデルの枠組み

## 6.5.3 実装計画

前項までの事業モデルの整理等を踏まえ、各端末の実装計画の概要を以下に示す。

表 6-11 実装計画(高画質映像ストリーミング対応小型カメラ端末)

項目	概要
実施体制	● FCNT が自社開発し、グループ会社のジャパン・イーエム・ソリューションズで

項目	概要
	製造。自社及び販売パートナーで販売を実施。
実施計画	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 試作端末をベースとし、局部温度上昇等技術的課題を解決した基本モデルを令和 5 年度より販売開始。</li> <li>● 令和 6 年度以降にはヒアリング結果に基づき、外部常時設置の監視用途にも耐えうる耐候性を強化し、外部 I/F を増やした機能拡張モデルをラインアップに追加し、ユースケースを拡張する計画。両モデルともエッジ AI 対応可能。</li> </ul>
販売計画	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ターゲットを工場及び工事・建設現場として、令和 5 年度から令和 9 年度までそれぞれ年間 650 台、1,450 台、1,620 台、1,950 台、2,000 台の販売を目標とする。</li> </ul>
実装を確実にする取り組み	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 量産化設計等コスト低減、映像管理クラウド(開発)とのパッケージ販売により期待されるユースケースの実現</li> </ul>

表 6-12 実装計画(防水・防塵・小型 USB ドングル端末)

項目	概要
実施体制	<ul style="list-style-type: none"> <li>● シャープの既存販売・サポート体制で、端末単体の提供、基地局と合わせたシステム提供、SIer 等経由の提供を想定。</li> </ul>
実施計画	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 令和 5 年度はユーザとの共同検証(貸出しによるユーザ所有システムとの接続検証含む)を通じた品質・信頼性仕様の明確化と試験販売を開始し、令和 6 年度より本格的な商用展開を行う。建設・工場等向け多数同時接続や超低遅延に対応した 3GPP Rel.16/17 仕様機器の導入時期に合わせ、令和 7 年度には端末のモデルチェンジを検討する。</li> </ul>
販売計画	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ターゲットを建設・工事現場とし、3GPP Rel.16/17 仕様機器の導入後に市場が拡大する予想を踏まえ、令和 5 年から令和 9 年までそれぞれ年間 50 台、200 台、1,200 台、2,800 台、5,200 台の販売を目標とする。</li> </ul>
実装を確実にする取り組み	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 貸出し及び検証機としての提供や、モデルチェンジ時の部品共通化を行い、導入コスト低減を図る。</li> </ul>

表 6-13 実装計画(エンコーダー体型ルーター端末)

項目	概要
実施体制	<ul style="list-style-type: none"> <li>● パソニックコネクスト(株)とグループ内の他部門が連携し、ロボットメーカー、通信事業者、遠隔操作事業者、利用者業界団体、大学等研究機関、自治体等の多岐にわたるステークホルダに対応し、端末をコアにインフラ構築、サービス事業展開を目指す。</li> </ul>
実施計画	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 実装に向けては、実機・実地検証による機能性能の最終評価、ステークホルダへのアプローチ、公衆網エリア外への通信インフラ整備等が必要。令和 5 年度以降、関係機関との協議、量産設計/開発、プロモーション活動、サービス・アプリケーション開発/提供等を継続し、令和 6 年度より試験販売、令和 7 年度</li> </ul>

	より本格販売を開始。
販売計画	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ターゲットを自動運転農業ロボット、自動運転バスとし、遠隔監視型安全ガイドライン策定等の制度環境を踏まえ、令和9年度まで累積約2900台の販売を目標とする。</li> </ul>
実装を確実にする取り組み	<ul style="list-style-type: none"> <li>● より多くの分野で利用できるようにするための共通プラットフォーム化によるコスト低減、事業者の採算性を確保するための1:N運用に進化させるための開発、ステークホルダとの協業による事業環境整備とプロモーション体制強化。</li> </ul>

## 7. ローカル 5G の更なる普及展開に向けた将来像

### 7.1 ローカル 5G の実装の方向性

第 3 章の状況調査の結果によると、ローカル 5G が企業及び地域においてどの程度実装されるか（「実装性指標」）は、費用対効果（企業にあっては投資対効果）の多寡が、大きく影響を及ぼすものと考えられる。

そこで、今年度の課題実証の効果発現領域を分類したところ、概ね 3 類型に分類できる。補助金・交付金に頼ることなく、持続可能な形でローカル 5G 活用システムが利用されるためには、費用対効果または投資対効果及びキャッシュフロー観点の見極めが重要となる。

効果の発現領域	実装性指標の例(金銭換算)
①人命救難・安全確保 (例:危機管理などリアルタイムの意思決定)	<b>経済評価</b> 早期避難、遭難者発見による死傷者数の低減(人命) インフラ応急対策による浸水域の低減(経済) 緊急搬送の高度化(人命) 開15、開16、開19、開20、特01、特02
②省力化、不可欠サービスの安定提供 (例:少子高齢化下の担い手不足対策)	<b>財務評価</b> 少子高齢化下での熟練作業者の不足解消、働き方改革、省力化 開01、開02、開03、開04、開05、開06、開07、開08、開09、開10、開11、開17、開18、開19、開20、特02、特03、特04
③地域活性化・賑わいの創出 (例:顧客数やサービス付加価値の増加)	<b>財務評価</b> 新たな顧客体験創出、単価増による地域ビジネス拡大 開02、開12、開13、開14

出所)三菱総合研究所作成

図 7-1 実装性指標の類型

#### 7.1.1 人命救難・安全確保

##### (1) 概要

例えば、大規模河川等における現場状況把握のラストワンマイルの通信手段としてローカル 5G の利用に大きな期待が寄せられている。被災状況などをリアルタイムにエスカレーションする通信基盤の整備による人命救難・安全上の費用対効果を明らかにし、社会、関係行政機関などに広く訴求することが重要である。ここでの費用対効果においては、早期避難、遭難者発見による死傷者数の低減(人命)、インフラ応急対策による浸水域の低減(経済、機会費用損失回避)、救急搬送の高度化(人命)といった、経済評価(非財務価値)で評価されることになる。また、ソリューションの活用により、具体的なキャッシュフローを生むわけではないため、原則として、資金の出し手は公共(国・地方公共団体)となることが想定される。

##### (2) 費用対効果の試算例(河川におけるドローンからのリアルタイム映像配信)

ローカル 5G×ドローンを活用した情報伝達において、迅速かつ正確な被害状況把握と災害状況の情

報共有が必要な関連機関に対して、従前より正確な情報連絡が可能となる。本実証により、対応開始時間約 30 分の短縮効果が確認された。洪水や高潮など大規模水害時の避難に要する時間は概ね 30～60 分程度と推定されており、30 分の情報伝達の迅速化がそのまま 30 分の避難行動に結び付けば、人命救助効果を発現することができる。

平成 27 年の関東東北豪雨(死者 16 名)をベンチマークとすると、本ソリューションによる人命救難効果として約 36 億円と試算される、また、2019 年台風第 19 号をベンチマークとすると、本ソリューションによる人命救難効果は約 131 億円となる。

## 7.1.2 省力化・不可欠サービスの安定提供

### (1) 概要

少子高齢化下での熟練作業者の不足解消や働き方改革、省力化のため、人手で行う監視や点検作業の全部または一部を、ローカル 5G を活用したソリューションへと代替する。この際の費用対効果(投資対効果)は、ローカル 5G 活用システムの初期投資・ランニングコストを費用とした場合の省力化効果(人数×時間の積み上げ)によって計測することができる。キャッシュフローを伴うため、財務価値として評価することが可能である。

### (2) 費用対効果の試算例(洋上風力発電の設備利用率向上によるカーボンニュートラル社会の実現)

カーボンニュートラル社会の実現に向け、洋上風力発電をはじめとする再生可能エネルギー発電設備の保守・メンテナンスの省力化により、ダウンタイムの減少による発電効率の向上が期待される。当該ソリューションにおける費用対効果の試算例を示す。

本年度事業において、洋上風力発電設備点検の際、人手やドローンからの録画映像による従来の点検方法に代え、ローカル 5G 環境下の高精細映像をリアルタイム伝送することにより、撮影作業と点検作業を並列化し、設備の稼働率を向上させるソリューションの実証を行った。

総出力 50 万 kW のウインドファームであれば、ドローンへの点検置き換えで年間 9.1 億円、20 年間の総効果額は 182.6 億円の効果が発現すると試算されている。ローカル 5G への置き換えで年間 1.3 億円、20 年間の総効果で 26.0 億円となり、これらを合わせたローカル 5G 活用モデル導入による効果は、年間 10.4 億円、20 年間の総効果で 208.6 億円の効果が見込めると試算されている。

## 7.1.3 地域活性化・賑わいの創出

### (1) 概要

大容量、低遅延といったローカル 5G の特長を最大限に活かすことにより、新しい顧客体験創出、顧客単価増といった地域ビジネスの拡大・活性化、賑わいの創出への貢献が期待されている。

ビジネスの前提となる投資対効果の評価にあたっては、市場性やユーザの満足度に応じた値付けの適切なマーケティングが不可欠となる。

## (2) 費用対効果の試算例(ゴルフ場におけるローカル 5G を活用したコース運営の効率化及び新たなゴルフ体験の実現)

本年度事業において、ゴルフ場にローカル 5G 環境を構築し、ウェアラブルカメラによるプレー動画撮影・提供や遠隔レッスンに関する実証を実施している。新規プレーヤーの獲得及び付加価値の高いサービスの提供を通じ、ゴルフプレーヤーの消費単価を向上させたり、プレーヤーの新たな獲得を通じて、ゴルフ市場の活性化を実現することを目的とした実証が行われた。

実証実験と併せて、ゴルフプレーヤーに対するアンケート調査により、ソリューションの満足度及び支払意思額を把握する試みが行われた。

ウェアラブルカメラによるプレー動画を撮影するソリューションについては、プレー動画撮影のオプション料金では、1,000 円以上が 87.9%以上となった。なおアンケート取得による平均料金は 1,432 円と試算された。5 段階評価による定性評価においても、「大変満足」「満足」と回答した者の割合が 70%を超える結果となった。

また、撮影映像をリアルタイムで遠隔地のレッスンプロに伝送し、指導を受けるソリューションについては、プレー動画撮影のオプション料金では、3,000 円以上が 52.6%以上となった。なおアンケート取得による平均料金 3,263 円であった。5 段階評価による定性評価においても、「大変満足」「満足」と回答した者の割合が 70%を超える結果となった。

## 7.2 ローカル 5G 活用の普及展開に向けた標準モデル

令和 2 年度から令和 4 年度の 3 年間のローカル 5G 開発実証の案件を、①1 つのソリューション機能を複数のユーザで共有する多ユーザ(シェアリングモデル)、②1 ユーザがカスタムメイドの単一機能からなるソリューションを利用するモデル(個別課題解決型モデル)及び③1 ユーザがローカル 5G システムの上で複数のソリューションを活用する 1 ユーザ・多機能モデル、の 3 つのモデルに分類した。

令和 2 年度実証事業と令和 4 年度の実証事業で比較すると、①多ユーザ(シェアリング)モデルが増加し、③1 ユーザ・多機能モデルの実証例が 1 件から 11 件へと飛躍的に増大している。一方、②1 ユーザ・単機能モデルの実証例は 14 件から 8 件へと半減している。この要因について分析を行った。

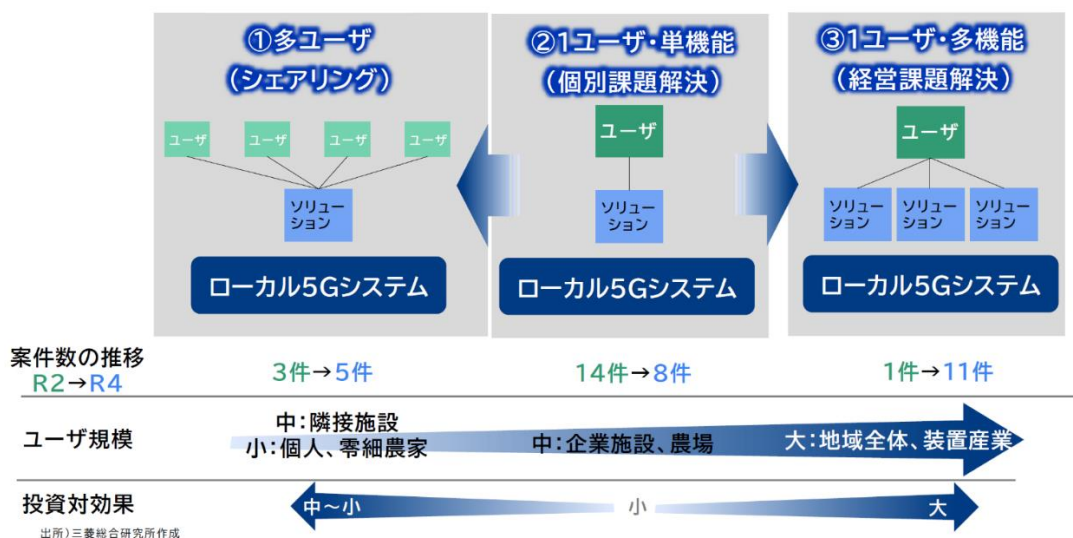


図 7-2 ローカル 5G 活用モデル(標準モデル)の分類

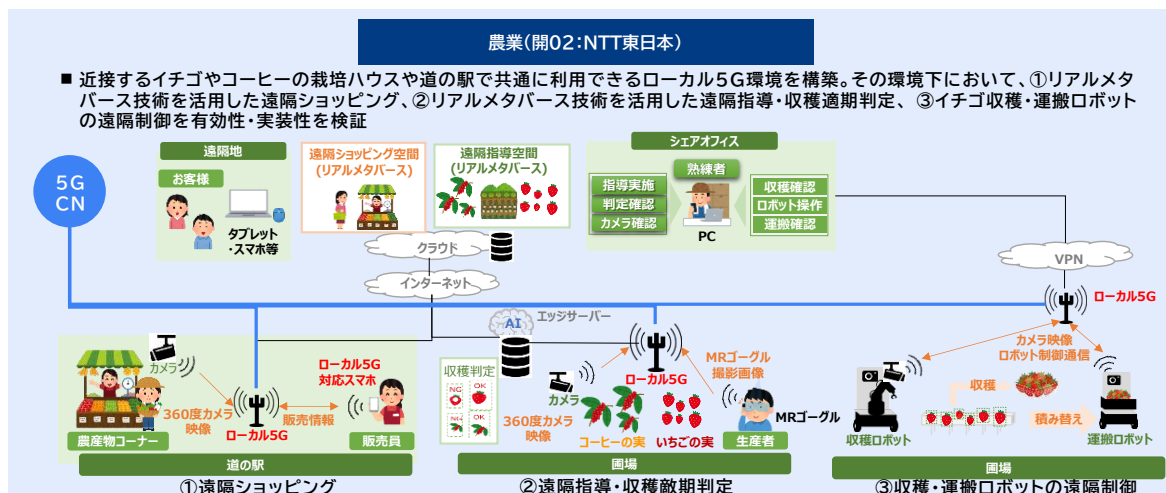
あくまでも定性的な分析に留まるが、一般にライセンスバンドであるローカル 5G システムの構築は Wi-Fi に見られるように汎用的なデバイスが十分流通しているとは言えない等、エリア構築や機器設備の設定・運用に一定のノウハウが必要であり、その初期投資費用及びランニングコストの負担が一般的に課題とされている。こうしたローカル 5G システムの上に構築されるソリューションとして、ローカル開発実証の立ち上がりに見られた、比較的単純なソリューション、具体的には固定点から高精細映像を伝送する等の機能だけでは、監視を容易にする等課題解決の程度が現場レベルに留まるため、投資対効果は少なくなるものと思われる。一方、ソリューションが単機能であっても複数ユーザでシェアするモデル(①多ユーザ(シェアリング)モデル)では、1 ユーザあたりの初期投資費用及びランニングコストの負担が比較的小さくなり、中規模の隣接施設での共有や、個人、零細農家等での共有により、個々のユーザ毎の投資対効果を高めることができる。また、ローカル 5G システムに対し複数ソリューションを組み合わせ、より複雑な課題に対処する場合にあっては、1 ユーザであっても、裨益に対するローカル 5G システム(初期投資費用+ランニングコスト)の負担感は小さくなり、よりローカル 5G システムを導入しやすい環境整備が、ソリューション開発とともに進んでいくものと考えられる。

以下にそれぞれの標準モデルにおける普及展開上の課題について述べる。

## 7.2.1 他ユーザ(シェアリング)モデルの特徴と課題

上述の通り、ローカル 5G の普及展開の大きな課題の 1 つである「初期費用・ランニングコスト」低減のため、地域における設備の多目的利用や共有、運用体制の合理化を図る動きがある。

個人や零細農家がターゲットとなる場合、ソリューションの持続可能性のポイントは、①多数のユーザ獲得による各個人等の負担の減少による費用対効果の向上、②ユーザの囲い込み戦略(一度ソリューションの利用を開始した個人または零細農家が、そのソリューションを魅力的なものと感じ、使い続けること)である。左に特に留意したビジネスモデルを構想する者、そのビジネスモデルを具現化するために各種ステークホルダ(ネットワークアーキテクト、ベンダ/SIer、ユーザ、地方の関係団体(地方自治体))を巻き込み推進する主体が必要である。また、そのような主体の参加を促進する方法(制度設計など)も課題となる。



出所)コンソーシアム作成資料をもとに三菱総合研究所作成

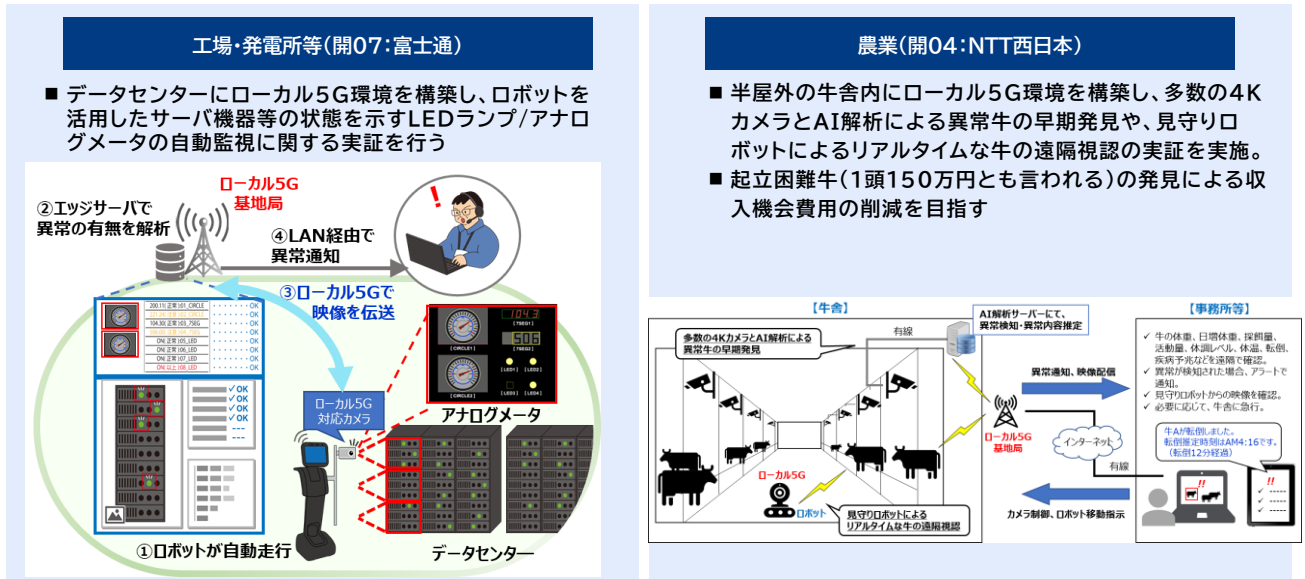
図 7-3 多ユーザ(シェアリング)モデルの例



## 7.2.2 1 ユーザ・単機能(個別課題解決)モデルの特徴と課題

特定のユーザの特定のニーズを十分に満たす、カスタムメイドによるソリューション構築が不可欠となるが、ソリューションの性能として、初期投資+ランニングコストに十分耐えられるだけの性能を発揮することが、ローカル 5G 活用モデル導入の前提となる。

なお、本モデルのソリューションは単機能の提供となることから、センサー×AI など急速な進展が見込まれる代替可能性を常に考慮する必要がある。さらに、映像伝送では 4K/2K 画像などとの差別化できるユースケースの発掘が課題である。



出所)コンソーシアム作成資料をもとに三菱総合研究所作成

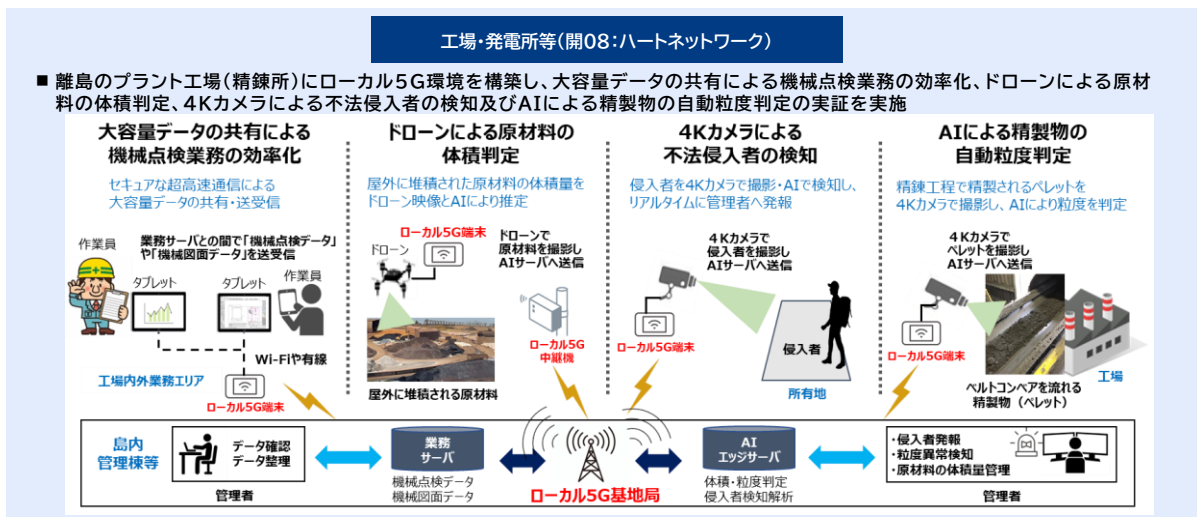
図 7-4 1 ユーザ・単機能(個別課題解決)モデルの例

## 7.2.3 1 ユーザ・多機能(経営課題解決)モデルの特徴と課題

少子高齢化下における熟練作業者の不足や担い手確保をはじめ、ビジネスの持続可能性を担保する観点から、複数のソリューションの組み合わせにより、経営課題・地域課題の解決を図ろうとする動きがある。

一方、検知率・誤検知率などソリューションに用いる AI を所要の性能まで磨き上げるまでに、学習データの準備や AI モデルの構築等に時間を要するのが一般的であり、全てのソリューションを一括してターンキーで準備することが難しい場合がある。

こうした場合、性能が磨きあがったソリューションを順次追加していくことにより、「安定性」と「柔軟性」を両立したローカル 5G 活用モデルの構築が期待される。



出所)コンソーシアム作成資料をもとに三菱総合研究所作成

図 7-5 1 ユーザ・多機能(経営課題解決)モデルの例

## 7.3 ローカル 5G の更なる普及展開に向けたロードマップ

### 7.3.1 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通りまとめた。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章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。

表 7-1 実装計画(一次産業分野の例)

実証No	コンソ・実証拠点の取り組み				
	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度	2027年度
開01 草地管理/ シャープ	草地管理ソリューション 課題対応		コンソ内一部実装 横展開先への提案	本格実装 横展開先への活用・導入	
開02 園芸栽培/ NTT東	課題対応	他システムとの連携 AI精度向上 ロボティクス改修 UIユーザビリティ向上 等		サービス提供開始(想定)	
開03 ゆず生産/ NTTデータ研	シェアリングサービス(自動防除ソリューション、新規就農者遠隔指導ソリューション) 課題対応	民間投資による 体制強化等	コンソ内実装	シェアリングによる北川村内への横展開	
開04 牛肥育/ NTT西	監視ソリューション 課題対応	コンソ内実装	自社内の横展開 他地域・分野への横展開		
開05 ぶり養殖/ ZTV	自動給餌システム、成育管理システム、操船確認システム 継続運用・機能追加		正式導入 自社内への横展開		
	システム提案・構築		他地域への横展開		

出所)三菱総合研究所作成

表 7-2 実装計画(工場・発電所分野の例)

実証No	コンソ・実証拠点の取り組み					他地域・拠点等への横展開				
	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度	2027年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度	2027年度
開06 風力発電/ 秋田CATV	ドローンによる洋上風車ブレード点検(既設施設への実装)									
	課題対応	提案活動(SPC等)	L5G機器選定位置	実装						
	ドローンによる洋上風車ブレード点検(今後商用運転開始予定の施設への実装)									
	課題対応		提案活動(SPC等)	L5G機器選定位置	実装					
開07 データセンタ/ 富士通	自動監視ソリューション、緊急時遠隔ソリューション									
	課題対応	実証拠点での実装	自社内への横展開/他データセンター事業者・他業種への横展開							
開08 プラント/ ハートネット ワーク	セキュア通信、製錬工程における精製物粒度判定、海上からの外部侵入者検知・アラート通知									
	四階製錬所実装		実装			グループ企業への横展開				
開09 火力発電/ 九州電力	高精細カメラによる監視									
	実装									
	AI入退管理									
	課題対応	実装	自動走行ロボットによる車両誘導、ドローンによる巡視点検							
	課題対応		実装		グループ企業への横展開					

出所)三菱総合研究所作成

表 7-3 実装計画(建設・道路/鉄道)

実証No	コンソ・実証拠点の取り組み					他地域・拠点等への横展開				
	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度	2027年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度	2027年度
特01 建設・防災/ 国際航業	災害時の河川高精細映像リアルタイム配信・応急時の3D自動施工データ作成									
	国土省河川事務所河川区域等でのコンソ自社開発・課題対応/提案活動/保守等体制強化等				国土交通省ラストワンマイル環境での実装					
特02 道路/ 首都高速	スマートグラス・高精細映像の共有、車上360°ビューカメラのリアルタイム共有									
	課題対応	首都高速全線へ順次横展開								
特03 鉄道/ 住友商事	車載(前方)モニタリング									
	課題対応	東急線での試運転・実装				コンソ内鉄道事業者への横展開、他鉄道事業者への横展開				
	沿線モニタリング		東急線での試運転・実装			コンソ内鉄道事業者への横展開、他鉄道事業者への横展開				
特04 鉄道/ アイテック阪 急阪神	地上カメラ(踏切道)、車地上間通信(車内モニタリング)、車載(前方)モニタリング									
	課題対応	阪神線での試運転			実装・グループへの横展開					

出所)三菱総合研究所作成

### 7.3.2 ローカル 5G の普及展開ロードマップ

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 7-6 の通りローカル 5G のロードマップを作成した。令和5・6を導入期、令和7年度以降本格的な普及期に入っていくと予想する。

	令和5年度 (2023)	令和6年度 (2024)	令和7年度 (2025)	令和8年度 (2026)	令和9年度 (2027)
普及段階	導入期			普及期	
標準化	リリース18	リリース19	リリース20	リリース21	
商用導入 (機器・端末)	リリース17対応(URLLC/スライミング/TSN) → 端末等のモデルチェンジ		5G内蔵型機器(ロボット等)		多様な用途・機能を 具備した機器・端末の 普及
	◆DAS、準同期の普及 ◆ミリ波活用		◆スライミング機能本格化 ◆NR-Light(軽量版IIoT)		
関連制度	エリア整備柔軟化に資する共同利用・手続き簡素化等		ニーズに応じた制度化(例: ネットワーク間接続)		
インフラ・運用	◆品質・性能安定化 ◆品質保証・セキュリティ強化、要件に応じた運用簡易化				
	コア共用型モデルの普及(同一企業多拠点間、業界内複数企業間運用)		コア間接続・ローミングなど		
	ローカル5G活用ソリューションの汎用化、業界特化型PF(鉄道等)		ユーザ主導型運用など		
ユーザ	ローカル5G導入意向層/実証段階→実装へ(大企業～中堅企業)		DX推進企業への波及(中小企業含む)		
利活用市場	一次産業	スマート農業の加速(農業の担い手のほぼ全てがデータを活用した農業を実践)		★ 農林水産物・食品の輸出増等	
		ソリューション改良、共同利用型モデル等の開発		各地域内の農場等における利用・展開	
	工場・発電所	スマート保安率の増加(巡視・異常検出等スマート技術の活用) (確立した要素技術の普及)		★ 未確立要素技術の普及、新たな保安管理モデル確立	
		汎用ソリューションの導入、高度化・機能開発		運用エリア拡大・多拠点利用、工場DX×5G新機能によるユースケースの拡大	
	インフラ	インフラDXの具現化		AI導入・自動施工等 → DXによる自律施工の実現	
		都市型整備・活用モデル、業界特化型PF等の展開		多様な領域におけるインフラ点検等への応用	
	観光・文化 スポーツ・スマートシティ	観光・文化分野のデジタル化・DX促進			
		映像伝送ソリューション等パッケージ展開、高度化		地域密着型/B2B2Xビジネスモデルへの発展	
	防災・行政	防災・行政のデジタル化・DX促進			
		ドローン・可搬型基地局活用含むソリューション改良		調達と運用の合理化等による運用エリア拡大	
医療・ヘルスケア	医療・ヘルスケア分野のデジタル化・DX促進				
	業務フローに調和したソリューションの展開		医療ロボットと5G連携等の高度化、遠隔医療など社会的要請へ対応した実装		

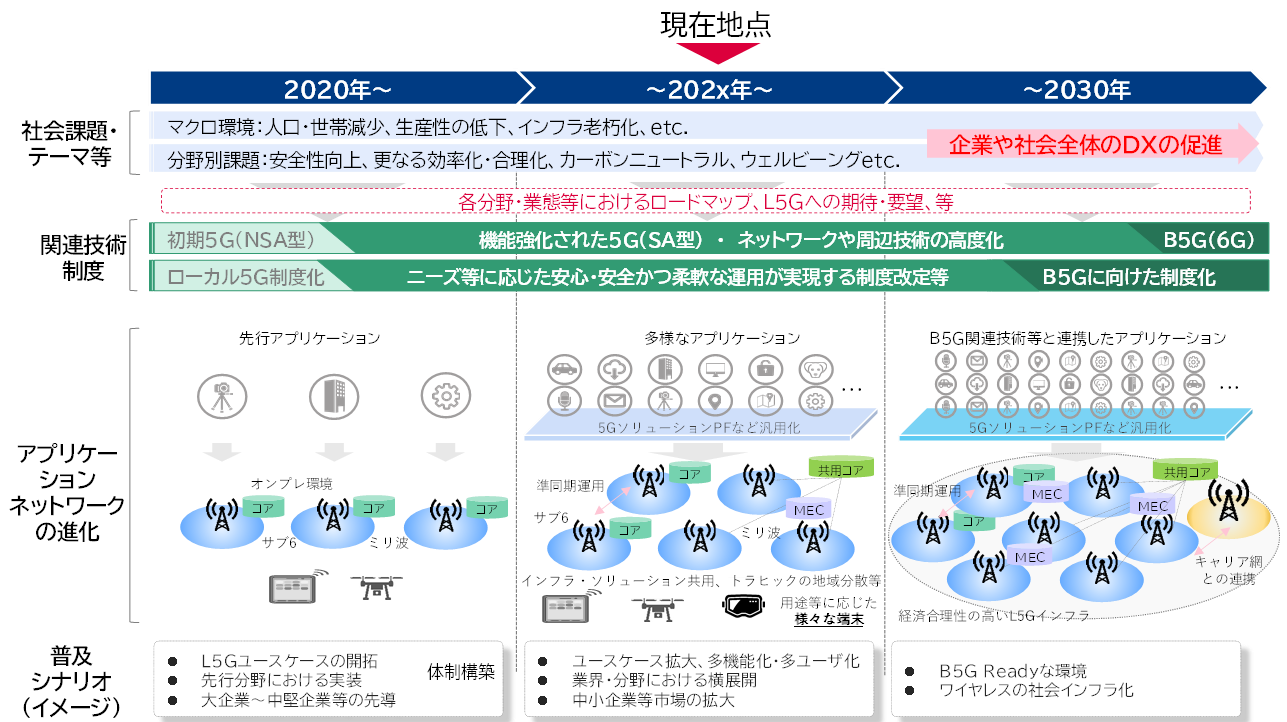
関連分野の政策目標等 L5G活用モデルの展開 ★:政策目標等のターゲットイヤー

出所)三菱総合研究所作成

図 7-6 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 5G 普及展開に向けた方向性案を図 7-7 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、ローカル 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。

過年度の開発事業等の成果や進展を踏まえると、普及展開シナリオはステージアップしている。社会的課題や要請に対して、ローカル5G が貢献できる領域が明確になり、アプリケーションやネットワークについては、点での整備が主だったところ、インフラの共用や複数の用途活用、また業界単位のプラットフォーム型モデルなど、ビジネスの観点から面的な展開へと進展している。



出所)三菱総合研究所作成

図 7-7 ロードマップイメージ

## 7.4 ローカル 5G 活用モデルの実装に係る課題と対応策

3 か年の開発実証を通じた蓄積経験・ノウハウの共有を通じて、ローカル 5G 活用モデル普及展開の一層の加速が期待される。特に、本事業によるローカル 5G 活用モデルの進化を踏まえた、新たな顕在課題は方向性を図 7-8 にまとめた。

左半分は過年度実証の課題と今年度における関係者の実践・進展を要約したものであり、右半分は今年度における関係者の実践・課題解決が進展する中で新たに顕在化した課題及び解決の方向性・取組の強化について要約したものである。レイヤとして、ビジネスモデル、サービス提供者、ユーザ・公共のレイヤ別の進展と課題等をまとめた。

	これまでの課題	関係者の実践(主に今年度)	新たな顕在課題	解決の方向性/取組の強化
	単純な現場解決型ソリューション		複合的な経営課題・地域課題の解決型ソリューション	
ビジネスモデル	基地局等機器の所有・運用、開発体制等の面から、実装・横展開に資するビジネスモデルが未確立(赤字、補助金頼み)	支払意思額に基づく経済性・市場性の検証、収支計画を通じ、サービス提供者とユーザの間で実運用に向けた真摯な議論が活性化(収支±0へ進化)	ローカル5G活用モデルの普及展開のスケール化。提供価値最大化・多様化と提供体制スマート化の同時追求が、一層必要(黒字化⇒高収益化)	
サービス提供者	分野・業界固有の構造に着目するとともに、顧客価値(競争領域)に立脚したソリューションの磨き上げが必要	ネットワークアーキテクト/ベンダ主導で顧客価値立脚型のソリューション開発と運用への落とし込み、通信・アプリの接続の技術課題の解消が進展	多くのプレーヤを巻き込むための高収益モデル等の創出が急務。また、コスト削減ソリューションが中心で社会価値・顧客価値やビジネス機会の創出がなお不足	・低炭素化・エネルギーなどの装置産業やインフラなどの高収益モデルや、防災・農業・医療等の地域課題解決型のソリューション創出を一層推進
	ユーザ側に発生するコストがアプリとインフラの両面でかさみ、初期投資や運用の経済合理性を高める必要	サブスクリプション型マネージドサービスの提供開始や共用モデルなど、ユーザにとって導入・運用しやすい環境の整備が進展	ローカル5Gに対応した通信端末の提供加速、保守運用サービスなど、実証の成果を速やかにマネタイズへ移行するための体制整備、共用モデルの深堀	多様なプレーヤーの巻き込み ・プロジェクトファイナンス、ソーシャルボンド：法律家、金融 ・共用モデル：首長、自治体幹部、地域コーディネーター(NPO)
ユーザ・公共	ローカル5G等の新しいデジタル技術の活用により、現場課題、経営課題を解決するモチベーションが弱い	ユーザ企業による強いリーダーシップによる経営企画等と現場のボトムダウンの連携が一部活性化し、DXが全社戦略の一部に昇華	現場課題解決から、経営課題や地域課題解決を図るための、トップダウンとボトムアップのなお一層の連携を促す仕組みが不可欠(産官学金の連携促進)	自治体・企業トップ向け好事例の周知広報の深化(ハンドブック、セミナー、シンポジウム)、実証視察会を通じた新しい通信技術の有用性の訴求

出所)三菱総合研究所作成

図 7-8 ローカル 5G 活用モデルの実装に係る課題と対応策(サマリ)

## 7.4.1 過年度実証の課題と今年度における関係者の実践・進展

6.2節に既に述べた通り、今年度実証において、「多ユーザ(シェアリング)モデル」及び「1 ユーザ・多機能(経営課題解決)モデル」によるソリューション開発が進展するなど、ローカル 5G 活用モデルの機能は、映像伝送などの単機能からマルチタスク(多機能)化が進むとともに、投資対効果が高まり、より広い射程の経営課題や地域課題に貢献する可能性や実装確度が高まったと言える。ソリューションも、これまで映像伝送等の単純な現場解決型ソリューションから、複合的な経営課題・地域課題の解決型ソリューションへの進化をうかがう実証事例も数多く見られた。

過年度実証においては、主に以下の課題が見られた。

- **ビジネスモデルの課題**: 基地局等機器の所有・運用、開発体制等の面から、実装・横展開に資するビジネスモデルが未確立かつ赤字である。補助金・交付金なくしては、ソリューションの持続可能性の担保が困難であった。
- **サービス提供者の課題**: 分野・業界固有の構造に着目するとともに、顧客価値(競争領域)に立脚したソリューションの磨き上げが不十分であるとともに、ユーザ側に発生するコストがアプリとインフラの両面でかさみ、初期投資や運用の経済合理性を高める必要があった。
- **ユーザ・公共の課題**: ローカル 5G 等の新しいデジタル技術の活用により、現場課題、経営課題を解決するモチベーションが弱かった。

それに対し、今年度の実証等における関係者の取組・実践として、以下の進化が見られた。

- **ビジネスモデルの進化**: ユーザとサービス提供者が協働して開発実証を進める中で、支払意思額に基づく経済性・市場性の検証、持続可能性を確保するための収支計画に関する真摯な議論が活性化し、ビジネスプランが収支±0へ進化した。
- **サービス提供者側の進化**: ネットワークアーキテクト/ベンダ主導で顧客価値立脚型のソリューション開発と運用への落とし込み、通信・アプリの接続の技術課題の解消が進展した。また、サブ

スクリプション型マネージドサービスの提供開始や共用モデルなど、ユーザにとって導入・運用しやすい環境の整備が進展した。

- ユーザ・公共側の進化：ユーザ企業による強いリーダーシップによる経営企画等と現場のボトムダウンの連携が活性化し、DX が全社戦略の一部に昇華する好事例が見られた。

## 7.4.2 新たに顕在化した課題と解決の方向性・取組強化の必要性

今年度における開発実証を通じた関係者の実践により、6.3節で整理した今後見込まれる環境条件の変化(5G の標準化状況、ローカル 5G に対応した機器・端末の商用導入時期やスケールによる低廉化、ローカル 5G エリア構築柔軟化に資する関連制度整備、インフラ・運用面の共用化やプラットフォーム化)も相まって、ローカル 5G 活用モデルの普及展開のスケール化が期待される。提供価値最大化・多様化とソリューション提供体制のスマート化の同時追求により、ローカル 5G 活用モデルの将来の高収益化が期待される。

その実現に向け、現時点での主な顕在課題は、以下の通り整理される。

- サービス提供者側の新たな顕在課題：多くのプレーヤーを巻き込むための高収益モデル等の創出が急務。また、コスト削減ソリューションが中心で、ローカル 5G の特長を活かした新たな社会価値・顧客価値やビジネス機会の創出がなお不足している。また、ローカル 5G に対応した通信端末の提供加速、保守運用サービスなど、実証の成果を速やかにマネタイズへ移行するための体制整備、共用モデルの深堀といった取組が必要である。
- ユーザ・公共側の新たな顕在課題：現場課題解決から、経営課題や地域課題解決を図るための、トップダウンとボトムアップのなお一層の連携を促す仕組み(例えば、産官学金の連携促進)が不可欠である。

上記の主たる顕在課題の解決の方向性や強化すべき取組は、以下の通り整理される。

- サービス提供者側の取組：低炭素化・エネルギーなどの装置産業やインフラなどの高収益モデルや、防災・農業・医療等の地域課題解決型のソリューション創出を一層推進する。
- ユーザ・公共側の取組：自治体・企業トップ向け好事例の周知広報の深化(ハンドブック、セミナー、シンポジウム)、実証視察会を通じた新しい通信技術の有用性の訴求を行う。
- 共通の取組：ローカル 5G 活用モデルの普及展開を加速するためには、外部からの投資資金を誘引するための取組が不可欠である。資金源の多様化方策として、プロジェクトファイナンス、ソーシャルボンド、PFI の利用が想定されるが、資金供給源となりうる金融機関、事業契約等に伴いリスクアロケーション等を行う法律家など、これまでの開発実証とは異なる多様なプレーヤーの巻き込みが重要となる。また、地域課題解決を図るための共用モデルの整備・普及する観点では通信等のリソース配分やローカル 5G に搭載すべきソリューションの優先づけなどの幅広い利害の調整や優先順位の判断が新たに必要とされるところ、首長、自治体幹部、地域コーディネーター(NPO 等)の積極的な参画が期待される。

## 8. ローカル 5G 導入手引書の作成

### 8.1 ローカル 5G 導入手引書に対するニーズ

ローカル 5G 導入手引書の作成にあたり、ユーザ、サービス提供事業者、SIer、ベンダ、技術・ソリューション提供事業等の様々な主体からの意見を聴取すべく、本実証事業の代表機関ならびに実証コンソーシアム構成員を対象に、表 8-1 に示す通り、アンケートにてニーズ調査を行った。

結果として、全 52 件の回答を受領した。内容については、表 8-2 に示す通りである。ローカル 5G 導入における課題感として、ユーザにおける導入ハードル、サービス提供者におけるユーザへの訴求といった、ユーザ及びサービス提供者双方が感じる課題感を確認した。また、ローカル 5G 導入手引書への期待として、ユースケースや導入効果、ローカル 5G の優位性など、これらの導入における課題感の払拭に向けたユーザへの情報提供を期待する意見が得られた。

表 8-1 ローカル 5G 導入手引書に係るニーズ調査概要

項目	内容
期間	2022 年 11 月 28 日～12 月 23 日
対象	本実証事業の代表機関ならびに実証コンソーシアム構成員
アンケート項目	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ DX 推進を通して解決したい課題・実現したい姿</li> <li>➢ 実証の中で生じた課題、生じうる課題</li> <li>➢ ローカル 5G 導入手引書に対する意見・要望</li> </ul>

表 8-2 ローカル 5G 導入手引書に係るニーズ調査結果

アンケート項目	主なご回答
DX 推進を通して解決したい課題・実現したい姿	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 業務の省力化・省人化、迅速化</li> <li>➢ 作業員の作業環境改善、安全性向上</li> <li>➢ 老朽化した施設等の効率的な維持管理</li> <li>➢ 県内全域のネットワーク高速化</li> </ul>
実証の中で生じた課題、生じうる課題	<p>ユーザにおける導入ハードル</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ ローカル 5G 導入にあたっては、ある程度の専門知識が必要であり、ユーザが、利用シーンに合わせた機器選定・エリア構築・ソリューション導入等を行うには、一定のハードルがある</li> <li>➢ 導入までのプロセス(エリアシミュレーション・免許申請・干渉調整他)が煩雑であり、Wi-Fi 等の他の無線システムと比較した際に、ユーザから導入ハードルが高いと感じられるケースがある</li> <li>➢ 導入にあたっては、PoC が必要になるが、PoC の実施にも費用が発生するため、導入のハードルになる</li> <li>➢ ローカル 5G の導入コストが依然高額である。また、安価なローカル 5G 機器は機能制約があり、実現したいソリューションを実現できないことが多い</li> <li>➢ 保守・運用を含めた運用スキームの明確化が必要。特に、ユーザが免</li> </ul>



アンケート項目	主なご回答
	<p>許人となる、保守・運用を行う場合には、ユーザの負担が大きくなり、ローカル 5G 導入のハードルになりうる</p> <p>サービス提供者におけるユーザへの訴求</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ ユーザに対して、ローカル 5G が必要となる提供価値や、導入効果、費用対効果を明確に示すことに難しさがある。また、そのためのビジネスモデルやマネタイズを検討・実現することに難しさがある</li> </ul>
ローカル 5G 導入手引書に対する意見・要望	<p>ユースケース・導入効果:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 導入効果が示されたユースケースがあると、導入を検討しやすい</li> <li>➤ 導入効果や導入時の費用規模感を踏まえた投資対効果が、ユースケース毎に示されるとインパクトがある</li> <li>➤ 様々な業界・分野におけるユースケースが掲載されることを期待</li> </ul> <p>ローカル 5G の優位点:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Wi-Fi 等の他無線システムに対し、ユーザにとって最適な選択肢やローカル 5G が向いている用途など、といった考え方を示してほしい</li> </ul> <p>ロードマップ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ ローカル 5G の市場性、将来性、普及見込み等を盛り込むことで、ユーザが導入を検討する上で、様々な不安感の払拭になると想定する</li> </ul> <p>保守・運用:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 技術的な観点での課題解決ではなく、導入後の保守・運用も含めたユーザ目線での課題解決となる記載が望ましい</li> </ul> <p>継続的なアップデート:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ ローカル 5G の技術動向や法整備の進展と合わせ、手引書が継続的にアップデートされることを期待</li> </ul>

また、関連の業界団体(5GMF、JEITA、CIAJ)に対して、ローカル 5G 導入手引書の位置づけや骨子を共有するとともに、意見交換を行った。各団体からの主なご意見を以下に記載する。ユーザがローカル 5G を導入するための情報として、本実証事業の成果を踏まえた情報提供に対して期待する意見が得られた。

- ・ ソリューション事例に留まらず、ユーザが導入判断をするための導入効果や費用感、課題等が、手引書に反映されることを期待する。
- ・ ユーザが読むことを想定して、なるべくコンパクトにまとめるとともに、ユーザにとって導入のストーリー展開が分かる内容になるとよい。
- ・ 作成後の対応として、業界団体との連携を含め、様々な分野・業界等への発信を見据えて検討するとよい。

## 8.2 ローカル 5G 導入手引書の位置づけ

以下表 8-3 に一例として示す通り、2019 年の制度化以降、ローカル 5G の普及・促進に向け、業界団体等から各種ガイドブック・マニュアル等が発行されている。これら既存のガイドブック・マニュアル等

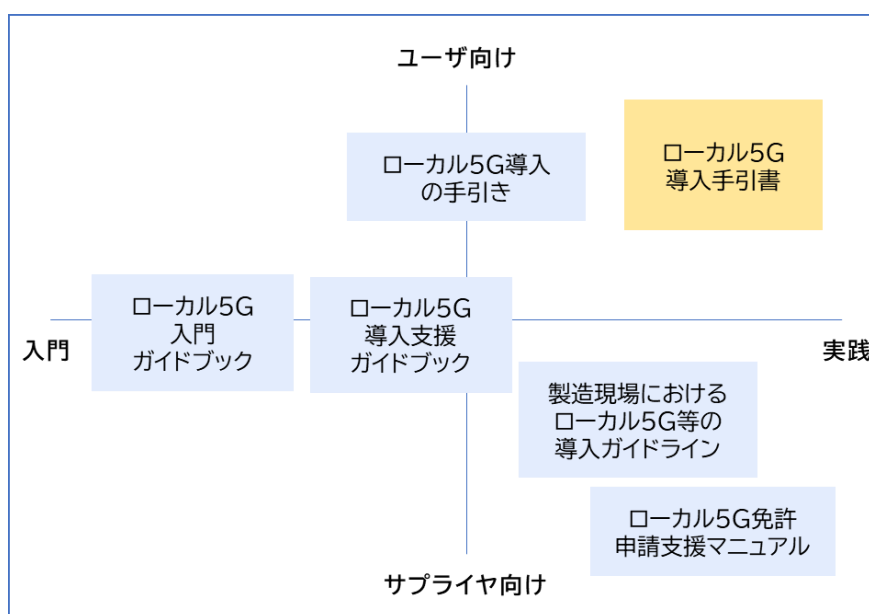
は、基本的には、認知・関心層向けの入門編・事例集、または免許人及び免許人から委託を受けたベンダ等が免許手続きを行うための手順書が主であることから、ローカル 5G 導入手引書は、『実践的かつユーザ向け』であり、現存しないが必要とされているものとして作成するとともに、本実証事業における成果を踏まえた、以下 3 点を盛り込むことを基本方針とした。

- ・ ローカル 5G 活用モデルの概要と適用可能な分野
- ・ ローカル 5G 活用モデルのビジネスモデル・コスト等
- ・ ローカル 5G 導入における課題や対応策等

表 8-3 主な既存のガイドブック・マニュアル等の概要

名称	発行者	概要
導入支援ガイドブック	5GMF	ユーザに留まらず、ローカル 5G に関心のある方向けに、ローカル 5G 全般を幅広く整理したもの。
免許申請支援マニュアル	5GMF	ローカル 5G を構築する方向けに、免許申請に特化して、手続き詳細を整理したもの。
入門ガイドブック	JEITA(5G-SDC)	通信業界に接点のないユーザにも分かるように、ローカル 5G 全般を平易に整理したもの。
製造現場における導入ガイドライン	総務省	製造現場の無線通信担当者が、ローカル 5G 導入検討するにあたり、情報を盛り込んだもの。
導入の手引き	総務省	ユーザが、導入計画策定を通じて、ローカル 5G 導入検討を進められるよう整理したもの。

これにより、既存ガイドブック・マニュアル等にはない、本開発実証の成果を踏まえたよりリアルな情報を提供するとともに、ローカル 5G 活用モデルの横展開を視野に入れた内容として整理した。ローカル 5G 導入手引書の位置づけとして、概念図を以下図 8-1 に示す。



出所) 三菱総合研究所作成

図 8-1 ローカル 5G 導入手引書の位置づけに係る概念図

### 8.3 作成方法

ローカル 5G の導入を検討する企業・団体等にとって参考となる手引き(共通編)、具体的な活用ケース、導入時の留意点等を整理した手引き(分野別編)を作成した。加えて、ローカル 5G の特性に係る理解醸成と導入促進に資する取りまとめとして、本実証事業の技術実証の成果を踏まえ、技術編を作成した。

構成としては、以下図 8-2 に示す通りである。ユーザ企業・団体等における導入プロセスを意識した構成としており、ユーザが把握したい内容(図の左側)と、各章での記載事項(図の右側)を対応させることで、ユーザの関心事項や導入フェーズに応じて、読み進めて頂けるように作成した。

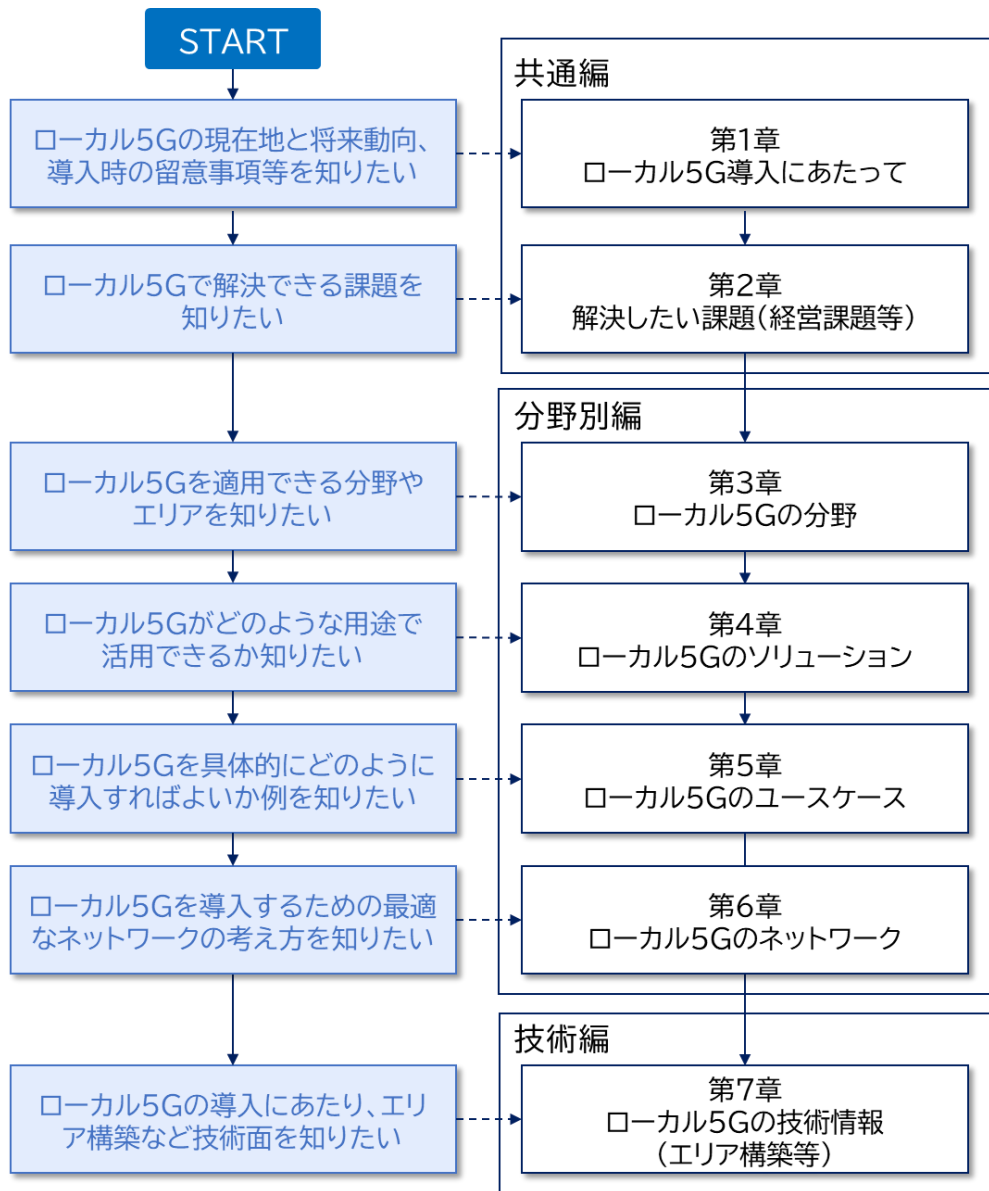


図 8-2 ローカル 5G 導入手引書の構成

なお、分野別編に記載する、分野(第 3 章)、ソリューション(第 4 章)、ユースケース(第 5 章)、ネットワーク(第 6 章)については、以下図 8-3 に示す関係性を意識して整理した。つまり、ローカル 5G を導

入するユーザの分野(工場・発電所等)に対して、ユーザが活用したいソリューション(遠隔監視・巡視点検等)があり、この組み合わせが、ユースケース(ユーザがローカル 5G を導入する姿)となる。また、それらを支えるネットワークがある、という関係性である。

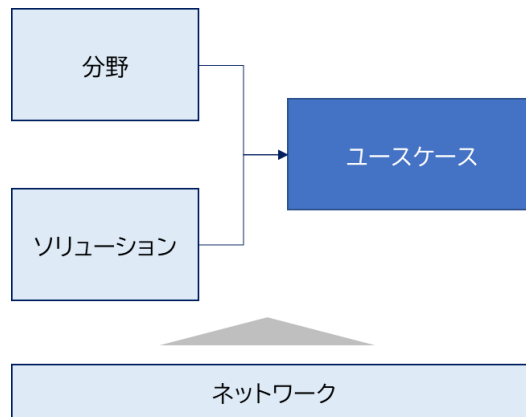


図 8-3 分野別編における各構成の関係性

ローカル 5G 導入手引書の活用イメージとメリットの概念図を、以下図 8-4 に示す。今後、ローカル 5G 導入手引書を活用した様々な業界への情報発信等、総務省様及び業界団体等の関係者と協議の上、検討、対応していくことで、ローカル 5G のさらなる普及・促進につながると考える。

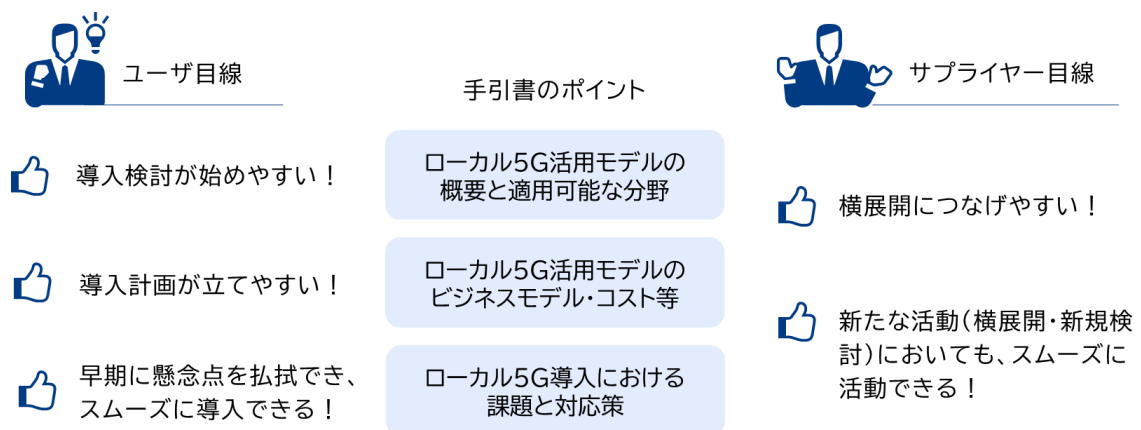


図 8-4 ローカル 5G 導入手引書の活用イメージとメリット(概念図)

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及び調査検討の請負 報告書【課題実証編】

---

2023年3月

株式会社三菱総合研究所  
デジタル・イノベーション本部

---