

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

スマートシティにおける移動体搭載カメラ・AI画像認識
による見守りの高度化

成果報告書

令和4年3月25日

株式会社長大

目次

1. 実証概要	1
1.1 背景・目的	1
1.2 実証の概要	4
1.2.1 全体概要	4
1.2.2 実証フィールド	7
2. 実証環境の構築	11
2.1 実施環境	11
2.2 ネットワーク・システム構成	11
2.2.1 設置場所	11
2.2.2 実証環境	13
2.2.3 ネットワーク・システム構成	14
2.2.4 基地局無線部特性	15
2.2.5 コアネットワーク性能	15
2.2.6 端末の概要	15
2.3 システム機能・性能・要件	16
2.3.1 ローカル 5G システム構成	16
2.3.2 ローカル 5G 機器一覧及び性能要件	17
2.3.3 課題実証システムの構成	30
2.3.4 課題実証機器一覧及び性能要件	32
2.4 免許及び各種許認可	48
2.5 その他要件	49
2.6 実証環境の運用	50
2.6.1 実証環境の構築等	50
2.6.2 移動体走行に対するリスクアセス	53
3. ローカル 5G の電波伝搬特性等に関する技術的検討（技術実証）	55
3.1 実証概要	55
3.2 実証環境	56
3.3 実証内容	63
3.3.1 ローカル 5G の電波伝搬特性等の測定	63
3.3.2 電波伝搬モデルの精緻化	84
3.3.3 電波反射板によるエリア構築の柔軟化	105
3.3.4 準同期 TDD の追加パターンの開発	106
3.3.5 その他のテーマ	130
3.3.6 技術実証における追加提案	140
4. ローカル 5G 活用モデルの創出・実装に関する調査検討（課題実証）	141
4.1 実証概要	141

4.2 背景となる課題を踏まえた実装シナリオ・実証目標	142
4.2.1 地域課題と課題解決に用いるローカル 5G 活用モデルとの関係性	142
4.2.2 ローカル 5G 活用モデルの創出	151
4.2.3 実装シナリオおよび実証目標	156
4.3 実証環境	159
4.4 実証内容	169
4.4.1 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	175
4.4.2 ローカル 5G を用いたソリューションの実装性に関する検証	221
4.4.3 ローカル 5G の実装に向けた課題の抽出及び解決策の検討	237
4.4.4 継続利用の見通し・実装計画	241
5. 普及啓発活動の実施.....	244
5.1 映像制作への協力.....	244
5.2 実証視察会の実施.....	245
5.3 その他普及啓発活動	247
6. 実施体制	250
7. スケジュール	252
8. 参考資料	253

1. 実証概要

1.1 背景・目的

現在、我が国の都市行政においては、社会経済情勢の変化に伴い、人口減少・超高齢社会、厳しい財政制約等の諸課題が顕在化している。

また、近年、AI、IoT、5G、自動運転、ロボットなどの社会の在り方に影響を及ぼす新たな技術の開発が進んでいる。我が国でも、これら先端技術を産業や社会生活の様々な場面で活用する取り組みが進められており、経済発展と社会的課題の解決を両立していく新たな社会「Society 5.0」（超スマート社会）が、我が国が目指すべき未来社会の姿として提唱されている。

Society 5.0におけるスマートシティとは、『都市の抱える諸課題に対して、ICT等の新技術を活用しつつ、マネジメント（計画、整備、管理・運営等）が行われ、全体最適化が図られる持続可能な都市または地区』（国交省）と定義されている。具体的には、産業の生産性向上やインバウンド観光への対応、公共交通の維持・改善、高齢者や児童の見守りによる安心安全なまちづくり、住民の健康保持、子育て支援や未来を担う人材の育成等、様々な課題を解決し、社会実装を加速することが極めて重要となる。

一方で、これらスマートシティの具現化にあたっては、最適な地域情報基盤構築が不可欠である。特に自動運転車両、AIロボット等の移動体に関しては、高速・広帯域・低遅延の無線通信が不可欠となっている。

また、三郷町では、令和元年7月にSDGs未来都市に選定され、「奈良県三郷町SDGs未来都市計画」において、「人にもまちにもレジリエンスなスマートシティSANGO」の実現をスローガンにSDGsの基本理念である「誰一人取り残さない」まちづくりのため、ICT技術とメンターの力で地域課題の解決やまちづくりを進める「スマートシティ」を目指し、さらには、内閣府が進める誰もが地域で活躍できる全世代・全員活躍型「生涯活躍のまち」を将来像としている。

そのような中、三郷町内にある奈良学園大学三郷キャンパス（約13万㎡）が町外へ移転されるに伴い、その跡地を三郷町が譲り受けることになった。当大学の移転は、三郷町にとって地域活力の衰退の原因となり、これは喫緊の課題である。学生・教職員含めて約600人の流入人口が減少し、これにより最寄り駅のスーパーやビジネスホテルが撤退し、さらに路線バスの廃止が予定されている。

この課題解決に向けて、跡地をまちづくりとして有効的に活用するため、三郷町は跡地を①産業振興ゾーン ②健康・交流ゾーン ③教育・研究ゾーンの3つのゾーンに分け、各ゾーンの趣旨に合う事業者へ建物を貸し出す。そして将来像である全世代・全員活躍型「生涯活躍のまち」のモデル地域として、先進的な取り組みを進めていく。

具体的には、高齢者住宅や障がい者福祉施設といった高齢者・障がい者の居場所づくりや就労の支援を実施していく。こども園・専門学校等の誘致や大学の図書館をブックカフェにすることで子どもや若者がいきいきと学べる場所を創出する。さらにサテライトオフィスを整備することで企業が集う場所を実現する。また、体育館・テニスコートのスポーツ施設を活用し、地域住民も利用できるエリアにする。

以上の取り組みを実現することで全世代の方がいきいきと活躍できる「FSS35 キャンパ

ス」にする。

しかし、三郷町は坂道が多く、特に跡地内は勾配が7%以上ある坂道であり、跡地内の移動や跡地までの移動手段として、公共交通の確保が不可欠であるが、人口減少によるドライバー不足が懸念される。

また、三郷町はベッドタウンとして発展してきたまちであることから、昼間に人通りが少なく、さらに人口減少も重なり、地域の見守りを維持することが難しい状況となっている。特に跡地内は、多くの人が集い、加えて高齢者や障がい者、子どもや若者等、特に犯罪のターゲットとなりやすい方が多く集うことから、跡地利用者の安全確保も重要な課題である。学舎が8棟建ち並ぶ中、急な坂道がある跡地内は死角が多い点を懸念される。

これらの課題を解決するため、将来像に向けた取り組みとして、「自動運転車両の運行」及び「AI技術・ローカル5Gネットワークを活用した顔認証・画像認識による地域の見守り・防犯対策システムの導入」により、まちの抱える課題の解決を図る事業が認められ、内閣府の未来技術社会実装事業に選定された。

本実証では、未来技術社会実装事業で掲げた将来の展望や目標のうち、スマートシティにおける高齢者や児童の見守りによる安心安全なまちづくりを目的として、超高速・超低遅延・多数同時接続を実現し、かつ、地域の課題に対しても対応可能な第5世代移動通信システム（ローカル5G）に関し、実証フィールドにおける電波伝搬特性等に関する技術的検証を行うとともに、ローカル5Gを用いた「スマートシティにおける移動体を活用したAI画像認識による見守りの高度化」の具現化と課題解決に向けた検証・評価を実施した。

なお、未来技術社会実装事業における補助金等の支援はない。

(ローカル 5G における三郷町の役割)

三郷町は、以前より ICT を活用した防災・防犯・福祉・教育等、住民が安心して暮らして頂けるよう鋭意、努力を重ねてきている。

その一環として、平成 28 年度に子どもや高齢者の見守り、犯罪の抑止、防災の観点から、町内 21 箇所にネットワーク型防犯カメラ（固定式）を設置し、三郷町役場へ集約できるようにしたところ、一定の犯罪抑止効果が見られた。（平成 28 年度 117 件→令和 2 年度 73 件）

また、災害（特に大和川の水害）の多いまちであることから、防災無線をアナログからデジタルに変更するときに防災無線の内容をメール配信するとともに、災害対策本部（役場）が万が一、被災した際に第 2 の災害対策本部（給食センター）の設置も行った。

一方、子ども、高齢者の見守りにおいては、特に高齢者は、上記の防犯カメラでの成果はあったものの、行方不明者の場所の特定、人海戦術の人員不足等により、過去 10 年間で 2 名の未発見者が出てしまっている状況である。

上記で述べた取り組みは、ほんの一例だが、本町として、ICT を活用したスマートシティ化を掲げ、地域 BWA によるまちづくりを行ってきた。

地域 BWA は、今秋開局予定となり、町内全域に新たな高セキュリティでデジタルデバイドの解消等に寄与する通信インフラが出来るものの、今後の行政運営を見通した際、高速大容量、低遅延、高セキュリティな通信インフラ（ローカル 5G）が必須条件となる。

そこで本町の役割は、企業の強みと企業の強みである得意分野を結び付けることにより、安価にて高セキュリティで高度なプライバシーの保護ができる通信インフラを構築するとともに他自治体にも広めることである。

1.2 実証の概要

1.2.1 全体概要

本実証では、未来技術を用いた Society5.0 社会の具現化により、人口減少下・超高齢化社会においても地域社会の持続性を確保することを目的に、地域情報通信基盤としてのローカル 5G に関する技術検証、そしてローカル 5G を用いた「スマートシティの社会実装」及び「スマートシティにおける安心安全なまちづくり」を目的とした地域課題解決に向けた検証を実施した。

(1) 技術実証

技術検証では、4.8～4.9GHz を地方都市エリアで活用し、本実証と同様のローカル 5G 事業モデルが導入検討される地域課題を有する地域でのローカル 5G 導入の一助となるよう、本提案書にて実証目標としての仮説を設定し、机上検討、フィールドでの実測データにより仮説検証を行い、ローカル 5G 技術基準改定等に対する提言を行った。

(2) 課題実証

課題検証では、実証フィールドにおいて、ローカル 5G を利活用した安心安全な「スマートシティ」を実現するための方式（可用性・経済性）として、次のローカル 5G 事業モデルを構想し検証を行った。

- ・スマートシティの社会実装を目的とし、ローカル 5G を用いて、移動体に搭載したカメラを活用した、AI 顔認証・画像認識技術を用いた「顔認証」「人・白杖・車椅子・倒れこみ検知」「ナンバー認識」による見守りの高度化の実現

■全体概要図



奈良県三郷町

面積：8.79km²

人口：約23,000人



奈良学園大学



■スマートシティにおける移動体を活用したAI画像認識による見守りの高度化

スマートシティの社会実装を目的とし、ローカル5Gを用いて、移動体に搭載したカメラを活用した、AI顔認証・画像認識による、見守りの高度化の実現



図 1.2.1 全体概要図

表 1.2.1 実証項目概要

■ 実証項目一覧（概要）	
・使用周波数帯	・4.8~4.9GHz 帯
・実証環境	・屋外（複数校舎・樹木が存在する 13 万 6 千㎡を有する大学キャンパス） ・地方都市
・技術実証テーマ	I. 電波伝搬モデルの精緻化
	III. 準同期 TDD の追加パターンの開発（机上検討）
	IV. その他のテーマ 「登録局等簡易な申請を可能とするための技術的条件（案）の検討」
・技術実証追加テーマ	なし
・課題実証追加提案	なし
・ローカル 5G 要件	・超高速（eMBB） ・UL 速度：課題実証のローカル 5G 事業モデルにおいては、20Mbps（エリア内の屋外 UE が対象）として技術実証を行う。なお、継続利用においてはローカル 5G の各種利活用の追加を想定しており、継続運用時の目標値は 50Mbps に設定する。

なお、本実証プロジェクトと連動展開する内閣府「未来技術社会実装事業（令和 2 年度採択）」では、自動運転、ローカル 5G、AI 顔認証・画像認識等の先端技術を活用したスマートシティの社会実装に向け、公道（一般車両混在）におけるレベル 4 自動運転車両の遠隔監視制御機能に関する検証等を予定している。

1.2.2 実証フィールド

(1) 地方公共団体が目指す将来像

三郷町では、令和元年7月にSDGs未来都市に選定され、「奈良県三郷町SDGs未来都市計画」において、「人にもまちにもレジリエンスなスマートシティSANGO」の実現をスローガンにSDGsの基本理念である「誰一人取り残さない」まちづくりのため、ICT技術とメンターの方で地域課題の解決やまちづくりを進める「スマートシティ」を目指し、さらには、内閣府が進める誰もが地域で活躍できる全世代・全員活躍型「生涯活躍のまち」を将来像としている。

三郷町内にある奈良学園大学三郷キャンパス（約13万㎡）が町外へ移転されることに伴い、その跡地を三郷町が譲り受けることになった。

この跡地をまちづくりとして有効的に活用するため、将来像である全世代・全員活躍型「生涯活躍のまち」のモデル地域に位置付け、実証フィールドとする。

(2) 解決すべき町の課題

本町は、奈良県平均よりも高齢化率が高く、30%以上となっている。また、障がい者の就労支援施設が少なく、障がい者の活躍の場が少ない状況となっている。

さらに、本町は大阪のベッドタウンとして発展した町であるため、商業施設や工場等を誘致することが難しく、町内に雇用の場が少ない地域となっている。そのため、若者が就職を機に町外に転出する等の数値がデータとして表れている。

以上のことから、全世代が町内で活躍できる場所づくりとして、全世代・全員活躍型「生涯活躍のまち」の実現が本町の課題の解決に大きく寄与するものである。

また、本町には坂道が多いため、高齢者にとって移動手段の確保も重要な課題となっている。本町としても平成23年度より、自宅から目的地までドアトゥドアで、地域内を手軽に移動できる公共交通として、乗合タクシー事業を実施している。しかし、人口減少による人手不足が今後さらに深刻化すれば、将来的に公共交通の安全性の確保や維持そのものが厳しいものになると予想される。このような状況の中、公共交通の維持が求められている。

さらに、人口減少や高齢化が進む中、大阪のベッドタウンという地域性もあり、昼夜間人口比率が高く、昼間に人通りが少ないのが特徴となっており、見守りの維持が課題となっている。

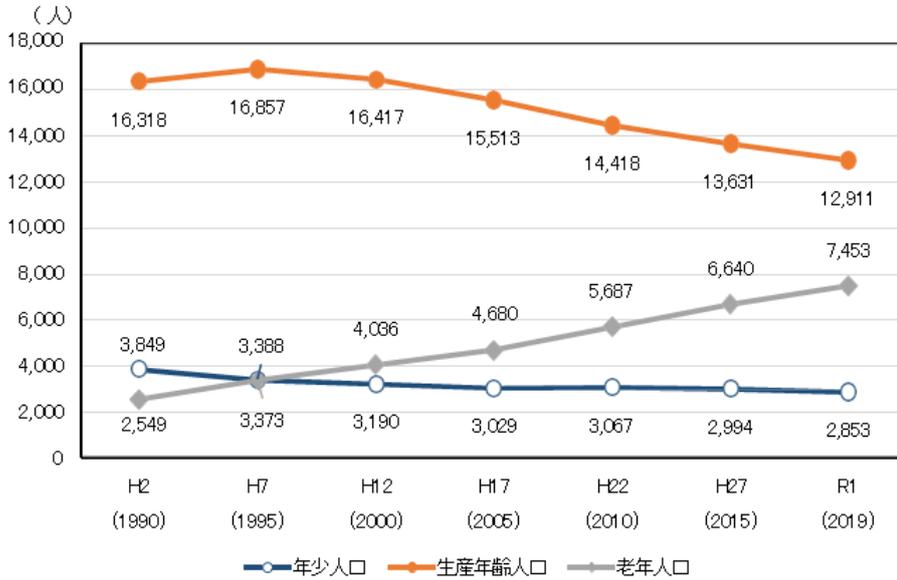
具体的に、町内にある保育園や幼稚園は、坂道の上にあるところもあり、平坦な道に比べ、視認できる距離（視距）が短く、道路を横断中の子どもたちが車両から見えづらく、危険な思いをするケースがあり、町内にある保育園や幼稚園、またその園児の保護者から子どもたちの安全対策を危惧する声も挙がっている。

また、町内には子ども達の通学路や主要な道路に固定式監視カメラを設置している。一定の効果はあるが、すべてをカバーできるものではなく、住民からカメラの設置をもっと増やすよう要望も出ている。

さらに、高齢者や障がい者の方が徘徊等により行方不明になるケースがあり、町職員や地元消防団員等が連携して捜索する状況となっている。 捜索方法としては、行方不明地点から

各方面に人員を配置し、捜索を行っている状況にあり、捜索が難航するケースもある。

以上のことから、子どもの見守りだけでなく、高齢者や障がい者の見守りによる住民の安全確保を求める声が多く寄せられており、防犯対策だけでなく、地域での見守りの強化が本町の重要な課題である。



出典：三郷町人口ビジョン 改訂版

図 1.2.2 年齢区分別人口の推移

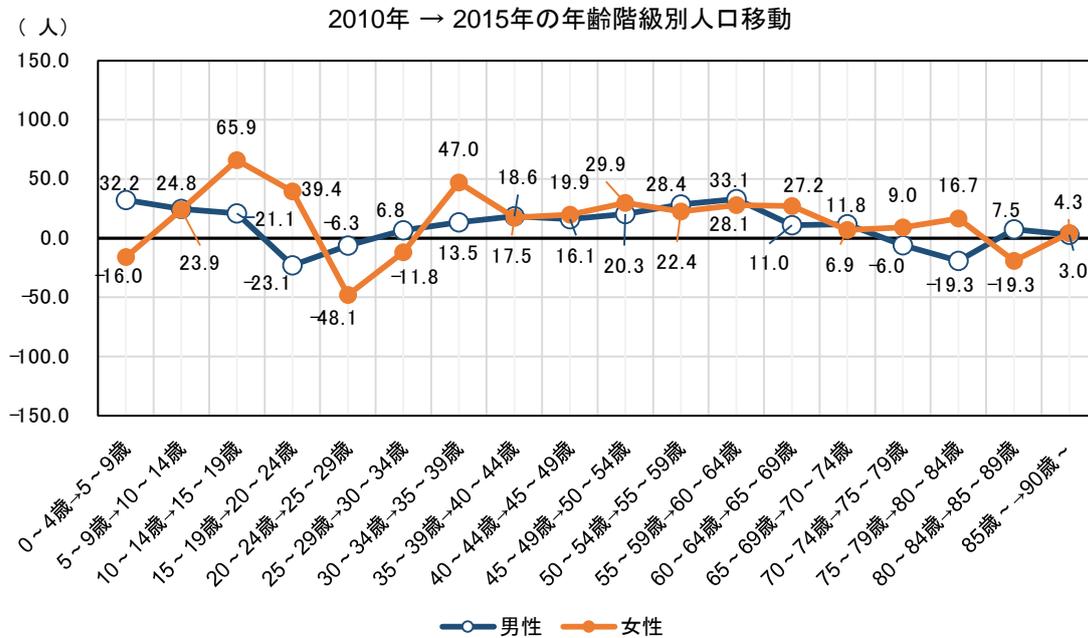


図 1.2.3 年齢階級別人口移動



図 1.2.4 三郷町の全体図と東西・南北断面図

(3) 実証エリアと想定される課題

三郷町は、町内にある奈良学園大学三郷キャンパスが令和4年3月末に町外へ移転されることに伴い、その跡地を譲り受けることが決まっている。

三郷町では、内閣府が進める誰もが地域で活躍できる全世代・全員活躍型「生涯活躍のまち」を将来像としていることから、この跡地を目指すまちづくりのモデル地域として、「健康交流ゾーン」、「教育研究ゾーン」、「産業振興ゾーン」の3つに分け、「FSS35 キャンパス」として活用することとしており、当該エリアは、高齢者や障がい者、子ども等が集まる場所となる。

このため、このエリアでは前述の本町で抱えている課題と同様の課題が発生することに加え、夜間は高齢者、障がい者施設の利用者と、関わる施設の職員だけになり、エリア内の人口が夜間に大幅に減る中、13万㎡の広大な敷地の中では、不審者の侵入も容易になり、また高齢者や障がい者が施設外で徘徊や転倒をしても、すぐに発見することは困難である。特に夜間となるが、こうした状況を解決するためには、エリア内をくまなく見守る仕組み、有事の際には即座に周知できる仕組みが必要である。本実証においては、このエリアを実証フィールドとし、大きなまちの課題、エリアの課題である「地域の見守り」を課題として実証を実施した。

FSS35 (さんごう) キャンパス 構想 未来技術 Future implementation
SDGs Sustainable development goals
共生社会 Symbolic society

①産業振興ゾーン
本町は大阪のベッドタウンとして発展したまちであり、大阪への通勤者が多い。その背景から、都市郊外型のサテライトオフィスを整備し、大阪にある企業を中心に誘致を行う。対象業種は、テレワークで都市部と同様に仕事が行いやすい情報サービス業等を想定している。
また、実証フィールド等を整備し、将来的に町内での導入を検討している自動運転の実証を行うだけでなく、ドローン、産業用等ロボットの実証を希望する県内外企業、学校等の活用も可能とする。

②健康・交流ゾーン
内閣府が進める「生涯活躍のまち」を目指し、高齢者や障がい者の居場所（高齢者住宅、障がい者グループホーム等）づくりやエリア利用者や地域住民の健康増進（フィットネス、健康相談）に取り組み、エリア利用者や地域住民が交流を図る場所とする。

③教育・研究ゾーン
学校施設としての機能を活かし、大学のサテライトキャンパスや専門学校、児童施設等の誘致を行う。「健康・交流ゾーン」で高齢者住宅の誘致を行うこともあり、福祉系の学校を想定している。

その他
奈良学園大学三郷キャンパスの移転に伴い、現在運行しているJR三郷駅から奈良学園大学三郷キャンパス内までの路線バスが廃止されることから、地域住民や将来的な当跡地利用者の交通確保として、その区間において自動運転車両による運行を行う。



キャンパス見取り図と各ゾーンの配置



奈良学園大学三郷キャンパス敷地内の様子

奈良学園大学三郷キャンパスの全景

図 1.2.5 FSS35 キャンパス構想

(4) 現 奈良学園大学三郷キャンパスの位置

- ・奈良学園大学三郷キャンパス（三郷町立野北 3-12-1）

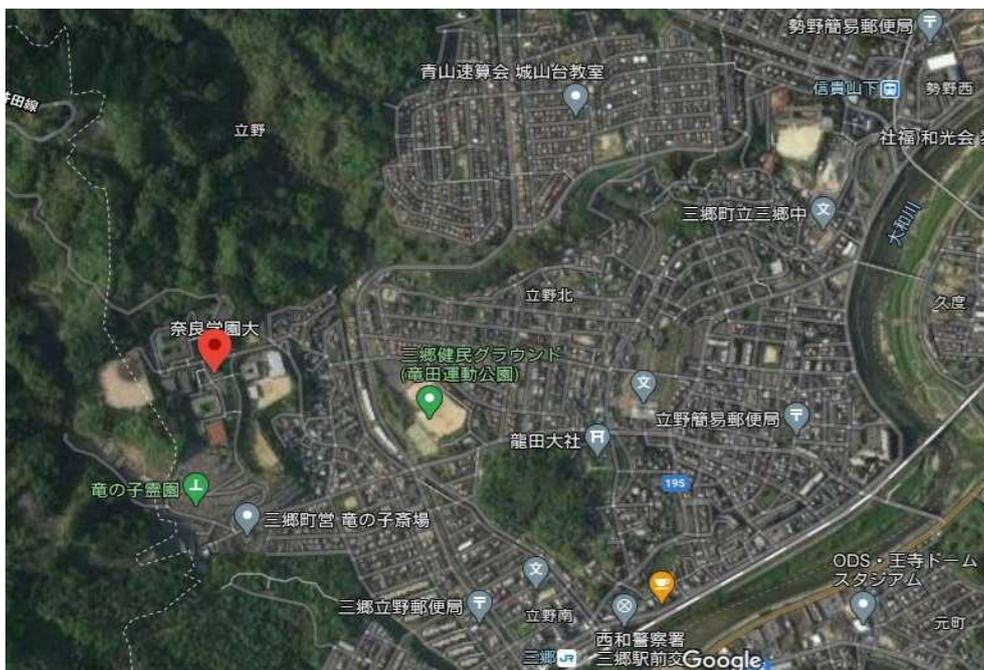


図 1.2.6 奈良学園大学三郷キャンパス及びその周辺

2. 実証環境の構築

以下の要件を満たす実証環境を構築した。

2.1 実施環境

実証環境の構築にあたっては、構築・運用に係るコストを可能な限り削減し、代替可能性及び事業継続性を考慮した持続可能な普及モデルとして必要かつ十分な要件を備えたものとなるよう構築した。

2.2 ネットワーク・システム構成

本実証を構成する「ローカル5Gに関する技術検証」及び「課題解決に向けた検証」の効率的な実施に向け、各検証に必要な機能を具備したシステムを構築した。

2.2.1 設置場所

センター装置及び基地局の設置場所を次図に示す。



図 2.2.1 センター装置・基地局 設置場所

センター装置は10号館第113研究室内に、基地局は屋外に、それぞれ設置した。技術実証は同キャンパス内及びその周辺で、課題実証は同キャンパス内の道路にて実施した。

センター装置及び基地局の設置風景をそれぞれ次図に示す。



図 2.2.2 センター装置 設置風景



図 2.2.3 基地局 設置風景

2.2.2 実証環境

電波法関係審査基準におけるカバーエリア及び調整対象区域について、伝搬損失算出式を拡張秦式（郊外）で計算すると、カバーエリア：242m、調整対象区域：368mとなる。本距離を基地局1及び2から円状に赤色線がカバーエリア、黄色線が調整対象区域とし、地図上に記載したものを次図に示す。



図 2.2.4 基地局1 カバーエリア及び調整対象区域



図 2.2.5 基地局2 カバーエリア及び調整対象区域

おおよそ本カバーエリア、調整対象区域となることを想定し、実証を実施した。

2.2.3 ネットワーク・システム構成

構築したネットワーク・システム全体を次図に示す。なおローカル 5G は SA 構成とした。

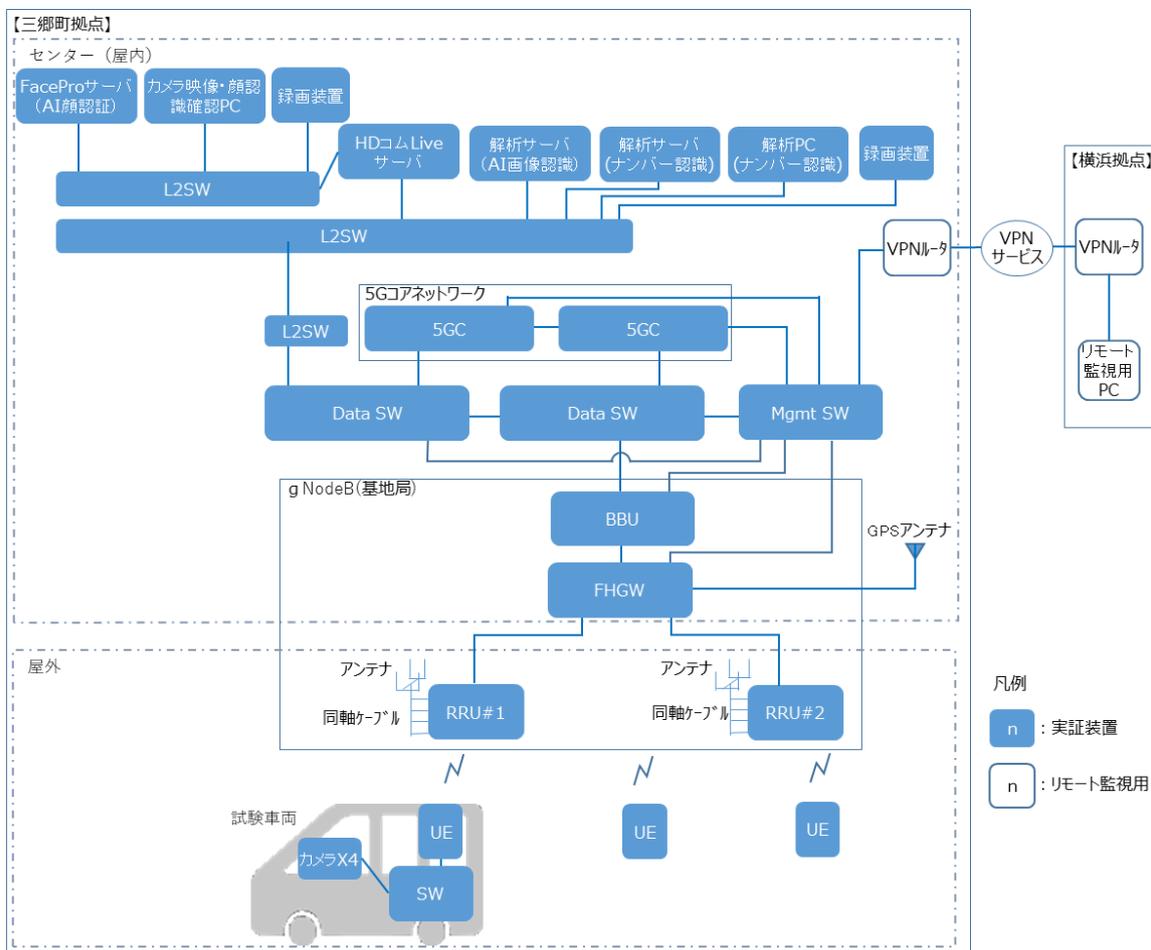


図 2.2.6 ネットワーク・システム全体構成

構成はオンプレミスとし、基地局及び5Gコアネットワーク監視用としてVPNにて横浜拠点のリモート監視用PCと接続した。

2.2.4 基地局無線部特性

基地局無線部特性を次表に示す。

表 2.2.1 基地局無線部特性

No.	項目	内容																																																															
1	無線局数	2																																																															
2	周波数帯	4.8-4.9GHz																																																															
3	中心周波数 (帯域幅)	4849.98MHz (99.96MHz)																																																															
4	通信方式	TDD ※TDDパターンは下記に対応 <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>スロット番号</th> <th>0</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th><th>11</th><th>12</th><th>13</th><th>14</th><th>15</th><th>16</th><th>17</th><th>18</th><th>19</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>同期TDD</td> <td>D</td><td>D</td><td>D</td><td>S</td><td>U</td><td>U</td><td>D</td><td>D</td><td>D</td><td>D</td><td>D</td><td>D</td><td>S</td><td>U</td><td>U</td><td>D</td><td>D</td><td>D</td><td>D</td><td>D</td> </tr> <tr> <td>準同期TDD1</td> <td>D</td><td>D</td><td>D</td><td>S</td><td>U</td><td>U</td><td>D</td><td>S</td><td>U</td><td>U</td><td>D</td><td>D</td><td>S</td><td>U</td><td>U</td><td>D</td><td>S</td><td>U</td><td>U</td><td>D</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center; font-size: small;">※D:下りスロット、U:上りスロット、S: DからUへの切替期間を含む特別スロット</p>	スロット番号	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	同期TDD	D	D	D	S	U	U	D	D	D	D	D	D	S	U	U	D	D	D	D	D	準同期TDD1	D	D	D	S	U	U	D	S	U	U	D	D	S	U	U	D	S	U	U	D
スロット番号	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19																																													
同期TDD	D	D	D	S	U	U	D	D	D	D	D	D	S	U	U	D	D	D	D	D																																													
準同期TDD1	D	D	D	S	U	U	D	S	U	U	D	D	S	U	U	D	S	U	U	D																																													
5	変調方式	OFDM																																																															
6	送信出力	1素子当たり：250mW(24dBm) 総送信出力：1000mW(30dBm)																																																															
7	最大空中線利得	9dBi																																																															

2.2.5 コアネットワーク性能

コアネットワーク性能を次表に示す。

表 2.2.2 コアネットワーク性能

No.	項目	内容	備考
1	UE同時接続数	128台	BBU1台時
2	最大スループット (DL)	1480Mbps	同期TDD、BBU1台、4レイヤ時の理論値
3	最大スループット (UL)	65Mbps	同期TDD、BBU1台、1レイヤ時の理論値

2.2.6 端末の概要

実証で使用した端末（陸上移動局）の諸元を次表に示す。

表 2.2.3 端末(陸上移動局)の諸元

No.	項目	内容
1	無線局数	3
2	変調方式	OFDM
3	送信出力	総送信出力： 200mW(23dBm)
4	最大空中線利得	3dBi
5	防水/防塵性能	IP66
6	メーカー	Panasonic
7	型番	XC-WN930J-01

2.3 システム機能・性能・要件

ローカル 5G システム（基地局、5G コア、端末等）と、課題実証に使用するシステム（カメラ、サーバ、PC 等）について、本実証の実施及び実証目標の達成に必要な機能及び性能を以下に説明する。

2.3.1 ローカル 5G システム構成

技術実証及び課題実証で利用するローカル 5G システム構成を次図に示す。

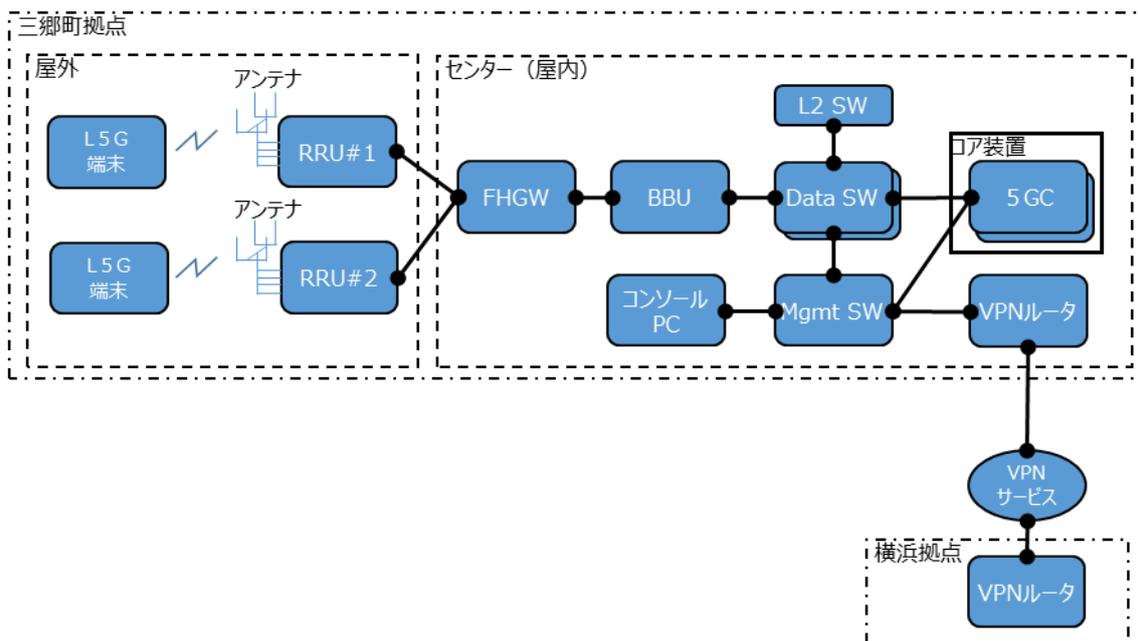


図 2.3.1 ローカル 5G システム構成

2.3.2 ローカル 5G 機器一覧及び性能要件

ローカル 5G システムの機器一覧を次表に示す。

表 2.3.1 ローカル 5G 機器一覧

No.	物品	主な機能・性能	設置場所	メーカー等	数量
1	コア装置 (5GC)	ユーザデータの送受信処理及び一連の 制御処理 ・ BBU と接続し、セッション管理、 認証・セキュリティ、端末の位置管 理等を担う	三郷キャンパス屋内	Quanta Cloud Technology	2
2	Data スイッチ	BBU とコア装置間のデータスイッチ ・ ユーザデータ通信のためのスイッチ	三郷キャンパス屋内	Quanta Cloud Technology	2
3	Mgmt スイッチ	BBU とコア装置間のマネージメント スイッチ ・ 管理・監視データ通信のためのスイ ッチ	三郷キャンパス屋内	Quanta Cloud Technology	1
4	BBU	ベースバンドユニット ・ 5G における CU および DU 機能を 実装	三郷キャンパス屋内	Quanta Cloud Technology	1
5	FHGW	BBU と RRU 間のフロントホールゲ ートウェイ ・ BBU から複数の RRU にダウンリ ンク信号を配信する BBU の拡張ユ ニット	三郷キャンパス屋内	Quanta Cloud Technology	1
6	コンソール PC	基地局、コア監視・操作用 ・ 基地局、コアの監視、設定、操作用 PC	三郷キャンパス屋内	DELL	1
7	RRU	リモートラジオユニット ・ BBU / FHGW に接続し、デジタル 信号を変換して 5G-NR 無線信号を 5G 端末に送信	三郷キャンパス屋外	Quanta Cloud Technology	2
8	RRU 用 アンテナ	コーリニアアンテナ (屋外型) ・ 水平無指向の 9dBi 屋外アンテナ	三郷キャンパス屋外	日本アンテナ	2
9	L5G 端末	屋外用 CPE ・ L5G 周波数(4.6-4.9GHz)対応の屋外 用 CPE	三郷キャンパス屋外 及びその周辺	Panasonic	3
10	L2 スイッチ	上位ネットワーク接続用 L2 スイッチ ・ 課題実証システム側ネットワークへ の接続用スイッチ	三郷キャンパス屋内	NETGEAR	1
11	VPN ルータ	基地局、コア監視用 ・ 三郷拠点と横浜拠点を VPN で結び L5G システム監視するための VPN ルータ	三郷キャンパス屋外 及び横浜拠点	YAMAHA	2
12	VPN サービ ス	基地局、コア監視用 ・ 三郷拠点と横浜拠点を VPN で結び L5G システム監視するための VPN 通信サービス	—	NTT-COM Arcstar Universal One	1

各機器の外観及び諸元を以下に示す。

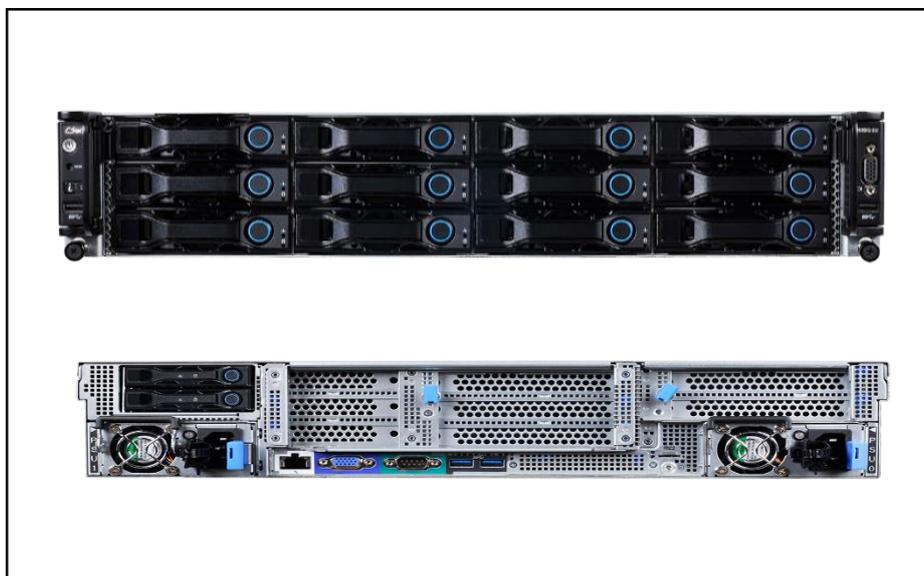


図 2.3.2 コア装置(5GC)

表 2.3.2 コア装置(5GC)の諸元

No.	項目	内容
1	性能	CPU: Intel Xeon 5218N×2 Memory : 16GB 2666 RAM×8 RAID : QS 3516 Drives : 960GB SSD×2
2	インターフェイス	NIC#01 : Intel X710-DA4×2 NIC#02 : Intel XXV710-DA2×4
3	ハードウェア	環境 : -5 °C ~ +40 °C 最大消費電力 : 600W×2 サイズ : 447(W)×87.5(H)×780(D)mm×2 重量 : 30kg×2
4	メーカー	Quanta Cloud Technology

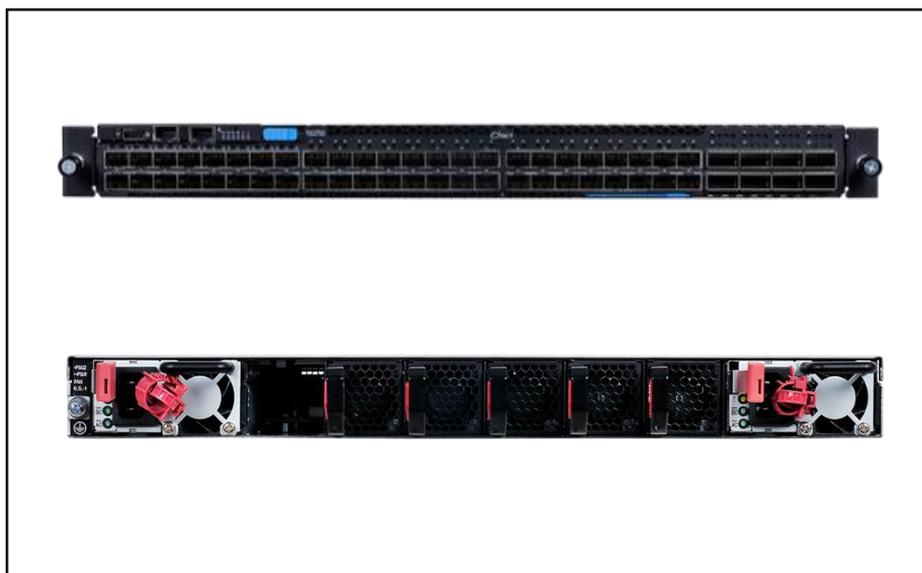


図 2.3.3 Data スイッチ

表 2.3.3 Dataスイッチの諸元

No.	項目	内容
1	性能	ASIC : BRCM TD3 BCM56873 CPU : Intel Atom Denverton, TPM 2.0 Memory : 8GB DDR4 with ECC Storage : 128GB M.2 SATA for storage
2	インターフェイス	ポート構成 : 48 25G SFP28 and 8 100G QSFP28 管理ポート : Out-of-band management port (RJ-45, 10/100/1000Base-T) コンソールポート : 1 (RJ-45) USB : USB 2.0
3	ハードウェア	環境 : 0 °C ~ +45 °C 最大消費電力 : 66W×2 サイズ : 440(W)×44(H)×508(D)mm×2 重量 : 27.87kg×2
4	メーカー	Quanta Cloud Technology

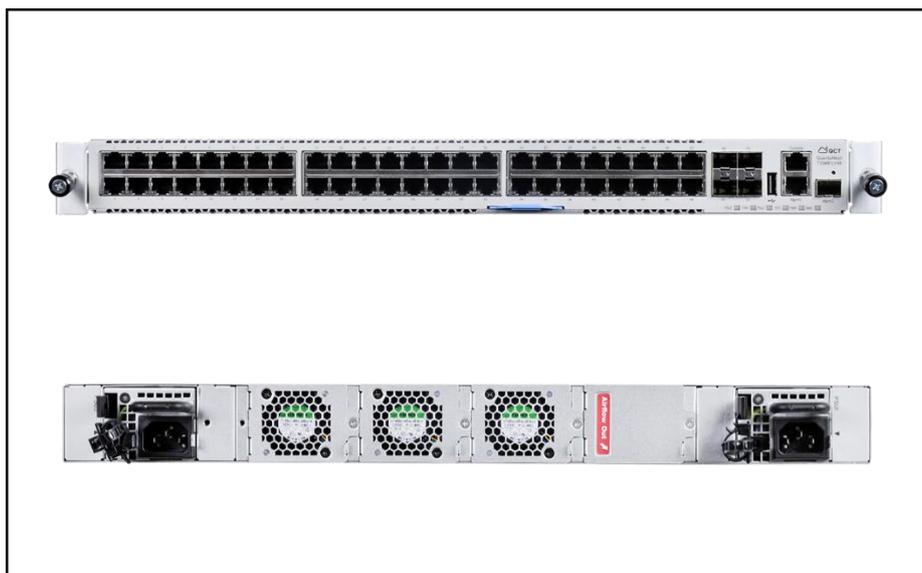


図 2.3.4 Mgmt スイッチ

表 2.3.4 Mgmtスイッチの諸元

No.	項目	内容
1	性能	ASIC : Broadcom StrataXGS Hurricane2 CPU : Intel ATOM Processors Memory : 4GB DDR3/ECC Storage : 8GB Micro SD
2	インターフェイス	ポート構成 : 48 10/100/1000BASE-T and 4 1/10GbE SFP+ ports 管理ポート : Out-of-band management port: 1 x RJ-45 (10/100/1000BASE-T) 1 x SFP (1000BASE-X) コンソールポート : 1 (RJ-45) USB : USB 2.0
3	ハードウェア	環境 : 0 °C ~ +45 °C 最大消費電力 : 66W サイズ : 440(W)×44(H)×394(D)mm 重量 : 27.87kg
4	メーカー	Quanta Cloud Technology

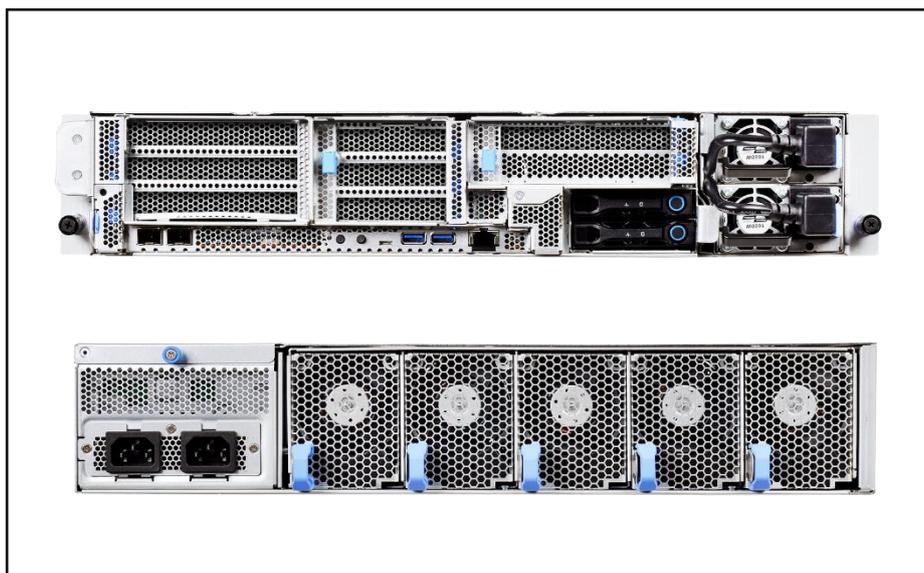


図 2.3.5 BBU

表 2.3.5 BBUの諸元

No.	項目	内容
1	性能	CPU: Intel Xeon-Gold Cascade Lake 2.5GHz 20C SRGLN×2 Memory : 256GB DDR4 RDIMM Storage : 480GB SATA SSD×2 FPGA : Xilinx FPGA×1
2	インターフェイス	NIC Port : 10Gb SFP+×4(10Gbps×2 fronthaul interfaces connected with RRU or FHGW, 10Gbps×1 backhaul interface connected with 5G core network)
3	ハードウェア	環境 : -5 °C ~ +55 °C 最大消費電力 : 800W サイズ : 447.8(W)×86.2(H)×420(D)mm 重量 : 27.87kg
4	メーカー	Quanta Cloud Technology

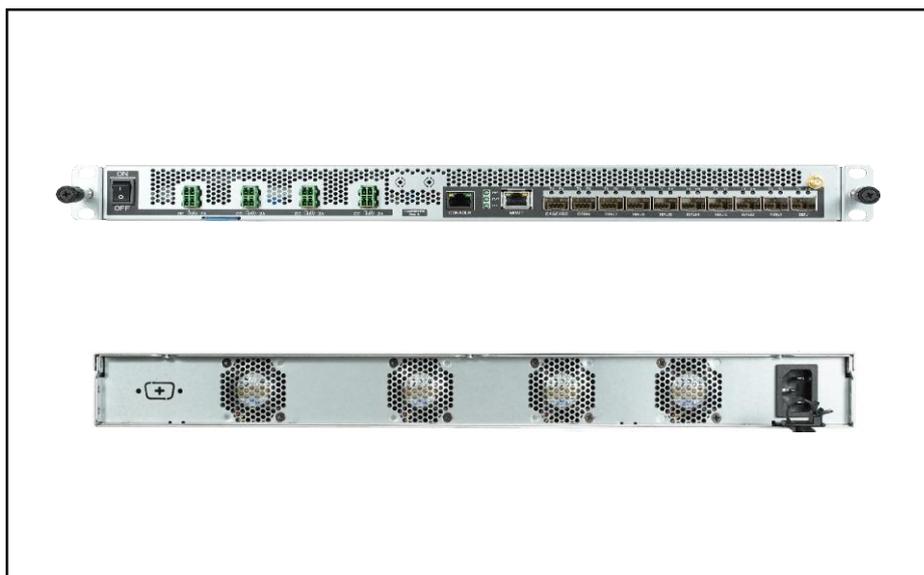


図 2.3.6 FHGW

表 2.3.6 FHGWの諸元

No.	項目	内容
1	性能	MaxRRU:4 Synchronization : IEEE 1588v2
2	インターフェイス	1. SFP+ 10Gbps×4 for RRU connection 2. SFP+ 10Gbps×1 for BBU connection 3. Up to 2km for eCPRI data transmission by single mode fiber OpticalCable:Single mode
3	ハードウェア	環境 : -5 °C ~ +45 °C 最大消費電力 : RRU(0基)68~RRU(4基)376W サイズ : 251.2(D)×43.8 (H)×447.8(W)mm 重量 : 4.0~4.5kg
4	メーカー	Quanta Cloud Technology



図 2.3.7 コンソール PC

表 2.3.7 コンソールPCの諸元

No.	項目	内容
1	性能	CPU: Core i7-9850H(2.6GHz-2.6GHz) Memory : 32GB 記憶容量 : 512GB SSD 表示部 : 15.6inch FHD TFT(1,920×1,080) OS : Windows 10 Pro 64bit
2	インターフェイス	NIC : RJ45×1 USB : 3.1×3 HDMI : 1 Thunderbolt3 : 1
3	ハードウェア	環境 : -5℃ ~ +40℃ 最大消費電力 : 28W サイズ : 359.1(W)×24.5(H)×263.3(D)mm 重量 : 1.88kg
4	メーカー	DELL



図 2.3.8 RRU

表 2.3.8 RRUの諸元

No.	項目	内容
1	サポートBAND	n79
2	インターフェイス	Ethernet : 5G/2.5G/1G/100Mbps×1 USB : 3.0×1(Type-C) SFP+×1
3	ハードウェア	サイズ RRU:204.7(W)×259.6(H)×52.5(D)mm 筐体:459(W)×503(D)×930(H)mm 重量 RRU : 1.26kg以下 筐体 : 75kg以下
4	メーカー	RRU: Quanta Cloud Technology 筐体 : Panasonic



図 2.3.9 RRU アンテナ

表 2.3.9 RRUアンテナの諸元

No.	項目	内容
1	アンテナ型式	コーリニア型アンテナ
2	用途	固定局用 垂直偏波
3	使用周波数	4600～4900MHz
4	入力インピーダンス	公称50Ω
5	VSWR	1.5以下
6	利得（最大値）	9dBi
7	指向性（標準値）	E面半値幅：8度 H面無指向性
8	ビームチルト角（標準値）	下向き3度
9	絶縁抵抗	給電にて乾燥時DC500Vにて500MΩ以上
10	耐電圧	給電点にて乾燥時AC1000V1分間加え異常ないこと
11	給電部接栓	N-J型
12	許容電力	10W
13	ハードウェア	質量：0.5kg 受風面積：約0.017m ² 最大受風荷重：60m/secの時約37.7N 耐風速：最大瞬間風速60m/sec
14	メーカー	日本アンテナ
15	型番	HG-4.6GP9T3



図 2.3.10 L5G端末

表 2.3.10 L5G端末の諸元

No.	項目	内容
1	セルラー	周波数 5G : n77/n78(3.7GHz/100MHz)、n79(4.5GHz/100MHz)、n257(28GHz/400MHz) 4G : B1(2.0GHz)、B3(1.7GHz)、B8(800MHz)、B18(800MHz)、B19(800M)、B21(1.5GHz)、B42(3.5GHz)、B39(1.9GHz)、B41(2.5GHz) GNSS : 対応 アンテナ 5G : Sub6 : 4×4MIMO(内蔵) / mmW : 2×2MIMO(内蔵) 4G : 4×4MIMO(内蔵) GNSS : 内蔵
2	インターフェイス	Ethernet : 5G/2.5G/1G/100Mbps×1 USB : 3.0×1(Type-C) 保守インターフェイス : シリアルコンソール USIM : nanoSIM
3	機能	ネットワーク機能 : ルータ機能(DHCP含む) 運用管理 : CLI,GUI,SSH,SFTP,TR-069,syslog, 遠隔FW更新
4	ハードウェア	動作温度範囲 : -10 °C ~ +50 °C 電源 : PoE、DC12V 防水/防塵 : IP66 消費電力 : 25.5W以下 サイズ : 246(H)×206(W)×65.5(D)mm 重量 : 1.6kg
5	メーカー	Panasonic
6	型番	XC-WN930J-01



図 2.3.11 VPN ルータ

表 2.3.11 VPNルータの諸元

No.	項目	内容
1	インターフェイス	LAN : 4ポート (10BASE-T/100BASE-TX/1000BASE-T) WAN : 1ポート (10BASE-T/100BASE-TX/1000BASE-T) microSDスロット : 1スロット (SDHC対応) USBポート : 1ポートコンソールポート (設定用)
2	メモリ	Flash ROM : 32MB RAM : 256MB
3	性能	内蔵L2スイッチ機能 : ポート分離, LAN分割 (ポートベースVLAN) , ポートミラーリング VPN機能 : IPsec (VPN機能 : NATトラバーサル,XAUTH) +AES128/256、3DES、DES (暗号機能 : ハードウェア処理) +IKE/IKEv2 (メインモード,アグレッシブモード) 、PPTP (VPN機能) +RC4 (暗号機能) 、L2TP/IPsec,L2TPv3,L2TPv3/IPsec、IPIPトンネル、マルチポイントトンネル (クライアント)
4	ハードウェア	動作温度範囲 : -0 °C ~ +50 °C 電源 : AC100~240V (50/60Hz) 消費電力 : 11W 筐体 : 金属筐体, ファンレス サイズ : 220(W) ×43.5(H) ×160(D)mm 重量 : 1.1kg
5	メーカー	YAMAHA
6	型番	RTX-830



図 2.3.12 L2 スイッチ

表 2.3.12 L2スイッチの諸元

No.	項目	内容
1	インターフェイス	100M/1G/2.5G/5G/10G RJ-45ポート : 4 10G SFP+スロット : 1 MDI/MDI-X 自動切替 : 対応 パケットフォワーディング : 74.4Mpps MACアドレスデータベースサイズ : 2K プライオリティキュー数 : 8 ジャンボフレームサイズ : 最大9K
2	メモリ	パケットバッファメモリ : 128KB MACアドレスデータベースサイズ : 2K
3	ハードウェア	冷却ファン : 低ノイズファン×1 動作温度 : 0~50℃ 筐体 : 金属 サイズ: 328(W)×169(D)×43.2(H) mm 重量 : 1.38 kg 最大消費電力 (W) : 22.5W
4	メーカー	NETGEAR
5	型番	XS505M-100AJS

ローカル 5G システムに求める性能要件については、課題実証において移動体に取付けるカメラのフレームレート 10fps、データレート FullHD の品質レートを考えた場合 5Mbps のスループットが必要となり、カメラは同時最大 4 台接続となるため、アップリンク (UL) のスループットが課題実証実施フィールドの端において 20Mbps 以上とした。

2.3.3 課題実証システムの構成

課題実証で使用した画像認識システムの機器構成及び課題実証システム全体図を次図に示す。

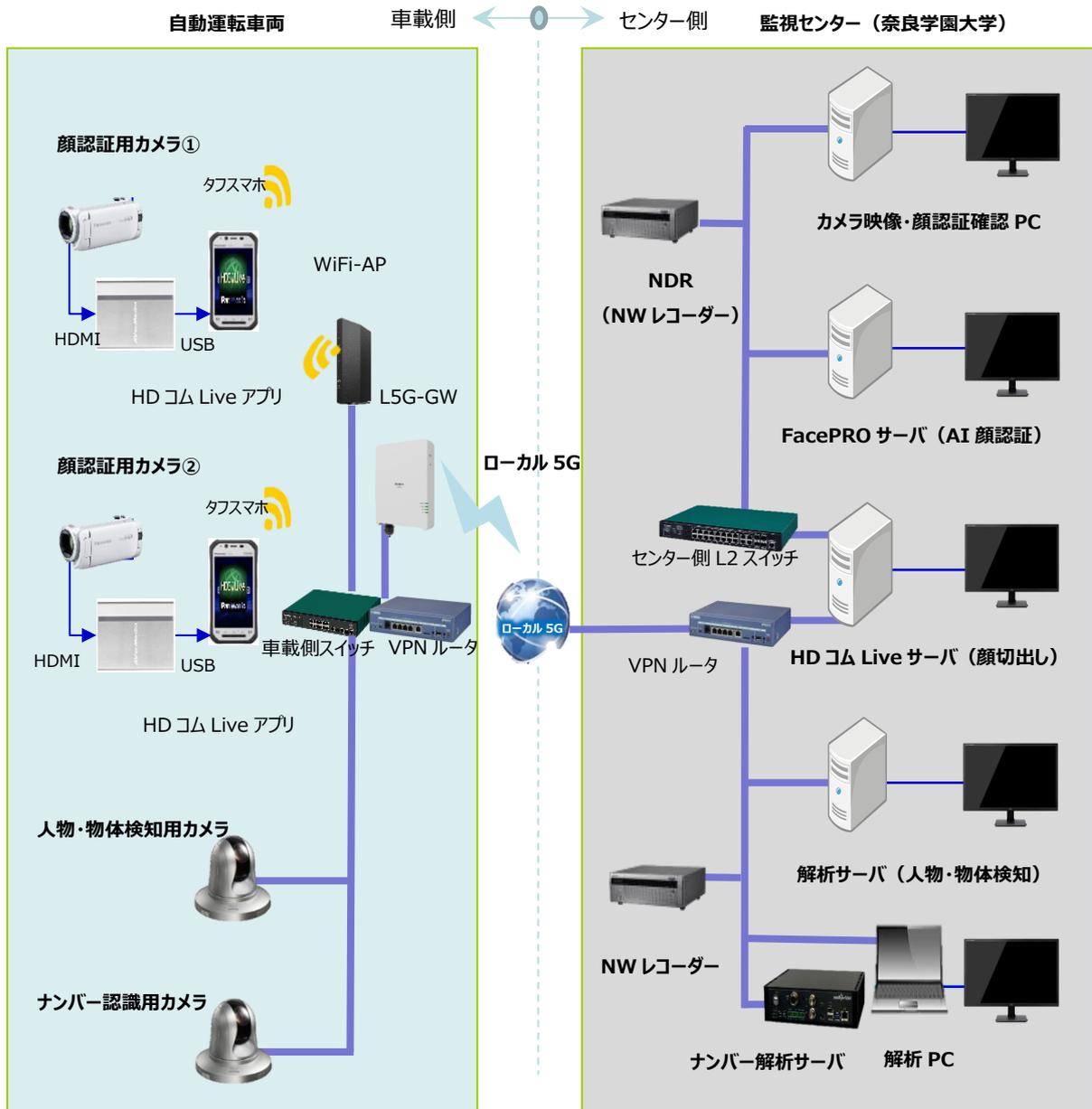


図 2.3.13 画像認識システム機器構成

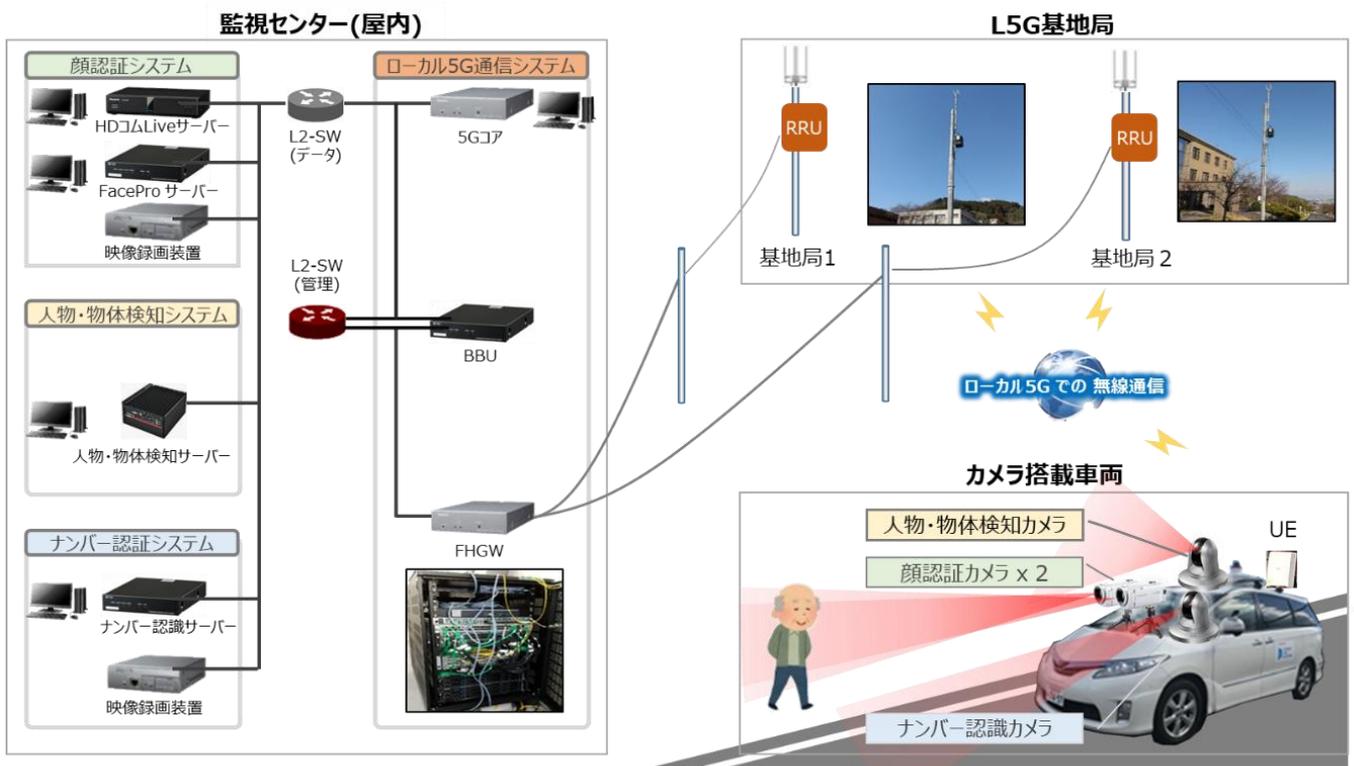


図 2.3.14 課題実証システム全体図

2.3.4 課題実証機器一覧及び性能要件

課題実証で使用した機器一覧を以下に記載する。

表 2.3.13 課題実証で使用した機器一覧

No.	機器名	主な機能	備考
1	人物・物体検知カメラ	映像収集機能	NV-S6130
2	ナンバー認識カメラ	映像収集機能	NV-S6130
3	顔認証カメラ①	映像収集機能	HC-WZ590M-W
4	顔認証カメラ②	映像収集機能	HC-WZ590M-W
5	FacePRO サーバ	収集した顔画像と事前登録・指定された顔データを照合し、顔認証する機能 顔認証機能として ・未登録顔検知機能 登録されていない人物（部外者など）を検知し、アラーム通知 ・登録顔検知機能 あらかじめリストに登録した人物（不審者など）を検知し、アラーム通知 の両方が可能	WV-ASF950
6	HD コム Live サーバ	収集した映像から顔画像を切り出す機能	KX-VCM316W
7	カメラ映像・顔認証確認 PC	収集した映像や顔認証結果を確認する機能	WV-ASM300
8	解析サーバ (人物・物体検知)	収集した映像から人物を自動で検知する機能	
9	解析サーバ (ナンバー認識)	収集した映像より車のナンバーを読み取る機能	JNA-VA4-LPR
10	解析 PC (ナンバー認識)	収集した映像より車のナンバーを読み取る機能	Vostro15 3000(3500)
11	録画装置 (NDR)	収集した映像を録画する機能	WJ-NX200/05
12	タフスマホ	映像収集機能	FZ-N1EDJAZKJ
13	WiFi アクセスポイント	映像収集機能(車内用)	WSR-1500AX2S
14	センター側 L2 スイッチ	センター側装置接続用	SWX2320-16MT
15	車載用スイッチ	車載用装置接続用	PN230893B3
16	VPN ルータ	車とセンター間接続用	RTX830

各機器外観及び諸元を以下に示す。



図 2.3.15 人物・物体検知カメラ、ナンバー認識カメラ

表 2.3.14 人物・物体検知カメラ、ナンバー認識カメラの諸元

No.	項目	内容
1	撮像素子	約 1/2.9 型 MOS センサー／約 240 万画素
2	走査方式	プログレッシブ
3	解像度	3,840×2,160
4	最低照度	カラー 0.015lx 白黒 0.006lx
5	画角	水平 3.5° (TELE)～74° (WIDE)(16:9 モード) 垂直 2.0° (TELE)～42° (WIDE) (16:9 モード)
6	撮像素子	約 1/2.9 型 MOS センサー／約 240 万画素
7	メーカー	Panasonic
8	型番	NV-S6130



図 2.3.16 顔認証カメラ

表 2.3.15 顔認証用カメラの諸元

No.	項目	内容
1	撮像素子	1/5.8 型 MOS センサー / 有効画素 220 万画素 (16:9)
2	走査方式	プログレッシブ
3	解像度	1920×1080
4	最低照度	41x (シーンモード LowLight 1/30 時) 11x (ナイトモードカラー)
5	画角	35mm 換算: 動画 28.0~1740mm (16:9) 水平 74° ~1.4° (16:9)
6	撮像素子	光学式 (ハイブリッド手ブレ補正、アクティブモード (回転補正) 搭載、手振れロック機能搭載) 傾き補正
7	メーカー	Panasonic
8	型番	HC-W590M



図 2.3.17 FacePRO サーバ

表 2.3.16 FacePROサーバの諸元

No.	項目	内容
1	性能	CPU: Xeon W-2133 3.6GHz 1P4C CPU Memory : 32GB (8GB×4) PC4-2933Y-R 記憶容量 : 1TB HDD GPU : ATX5000 OS : Windows 10 Pro 64bit
2	インターフェイス	NIC : RJ45×2 USB : 3.1×10 オーディオ : 3(Realtek ALC221)
3	ハードウェア	電源 : AC100-240 50Hz/60Hz 最大消費電力 : 750W サイズ : 169(W)×465(H)×386(D)mm 重量 : 11.3kg
4	メーカー	Hewlett-Packard



図 2.3.18 HD コム Live サーバ

表 2.3.17 HDコムLiveサーバの諸元

No.	項目	内容
1	性能	CPU: Xeon 4216 2.1GHz 1P16C CPU×2 Memory : 32GB (8GB×4) PC4-2933Y-R 記憶容量 : 1TB HDD OS : CenstOS Ver.7.3 64bit
2	インターフェイス	NIC : RJ45×2 USB : 3.1×4 オーディオ : 3(Realtek ALC221)
3	ハードウェア	電源 : AC100-240 50Hz/60Hz 最大消費電力 : 800W サイズ : 174(W)×648(H)×462(D)mm 重量 : 42kg
4	メーカー	Hewlett-Packard



図 2.3.19 カメラ映像・認証確認 PC

表 2.3.18 カメラ映像・認証確認PCの諸元

No.	項目	内容
1	性能	CPU: Core i7-7700(8C/2.5GHz/16M) Memory : 16GB (8GB×2)DDR4-3200 DIMM 記憶容量 : 500GB HDD GPU : AMD Radeon R7 430 LP 2G OS : Windows 10 Pro 64bit
2	インターフェイス	NIC : RJ45×1 USB : 2.0×4 USB : 3.1×6 オーディオ : 1(Realtek ALC3205)
3	ハードウェア	最大消費電力 : 110W サイズ : 154(W)×370(H)×365(D)mm 重量 : 9.86kg
4	メーカー	Hewlett-Packard



図 2.3.20 解析サーバ（人物・物体検知）

表 2.3.19 解析サーバ（人物・物体検知）の諸元

No.	項目	内容
1	性能	CPU: Core i7-8700(6C12T,12M Cache,3.20Hz,TDP65W<FCLGA1151)1搭載 Memory : 32GB DDR4 non-ECC SO-DIMM(16GB×2) 記憶容量 : 240GB SDD×1 グラフィックス : Intel UHD Graphics 639 GPU:NVIDIA RTX A2000
2	インターフェイス	NIC : 1GbE×2 USB : 3.0×2,3.1×4,2.0×2 HDMI:1 DisplayPort:1 DVI-I:1 COM:RS232C/422/285×2
3	ハードウェア	電源 : DC 9-48V 環境 : -40℃ ~ +70℃ 最大消費電力 : 220W サイズ : 286(W)×128(H)×246(D)mm
4	メーカー	FANTIC



図 2.3.21 解析サーバ (ナンバー認識)

表 2.3.20 解析サーバ (ナンバー認識) の諸元

No	項目	内容
1	性能	NVIDIA Jetson Nano 搭載
2	インターフェイス	HD-SDI 映像入力 (1920x1080/30p) HD-SDI 映像スルー出力 モニタ映像出力 (1920x1080/60p) LAN(10BASE-T/100BASE-TX/1000BASE-T) USB3.0 1ポート (ストレージ用) USB2.0 2ポート (ホスト、ターゲット)
3	ハードウェア	電源: DC12V / 約 24W 温度 0~40°C (オプション : -10 ~ 55°C版) 湿度 20 ~ 80% (結露なきこと) サイズ: 228(W)×180(D)×50(H)mm 突起部除く
4	メーカー	株式会社 ブレインズ



図 2.3.22 解析 PC (ナンバー認識)

表 2.3.21 解析PC (ナンバー認識) の諸元

No.	項目	内容
1	性能	CPU: Core i3-1115G4 Memory : 8GB 記憶容量 : SSD 256GB ビデオカード: インテルREG UHD グラフィックス 共有 OS : Windows10 Pro
2	インターフェイス	NIC : RJ45×1 USB : 2.0×1、3.2 Gen×2 HDMI: 1 SDスロット:1 WiFi:1
3	ハードウェア	電源 : AC100V × AC240V 50Hz/60Hz 環境 : -0 °C ~ +40 °C 最大消費電力 : 65W サイズ : 363.96(W)×19(H)×249(D)mm 重量:1.98kg
4	メーカー	DELL



図 2.3.23 録画装置(NDR)

表 2.3.22 録画装置(NDR)の諸元

No.	項目	内容
1	性能	録画圧縮方式：H.265、H.264、JPEG 搭載 HDD：500GB ×1
2	インターフェイス	映像出力：BNC×1、HDMI ×2 音声入力：専用アナログマイク端子×1、RCA×1、ステレオミニプラグ×1／音声出力：RCA×1 ネットワーク：RJ45×2(10BASE-T/100BASE-TX/1000BASE-T) マウス接続ポート：USB2.0 ×2 コピーポート：USB3.0 ×2
3	ハードウェア	動作温度範囲：-0 °C ~ +45 °C 電源：AC100 (50/60Hz) 消費電力：約49W 筐体：樹脂+金属筐体 サイズ：約465(W) ×約98.5(H) ×約300(D)mm 重量：約 5.3kg
4	メーカー	Panasonic
5	型番	WJ-NX200/05



図 2.3.24 タフスマホ

表 2.3.23 タフスマホの諸元

No.	項目	内容
1	性能	OS : Android9.0 メインメモリー : 3GB CPU : Qualcomm SDD660 64bit ストレージ : eMM 32GB 表示方式 : 4.7 型 HD
2	インターフェイス	WiFi : IEEE802.11a(W42/W53/W56)/b/gn/ac 準拠 microUSBポート(Type-B)×1 有線LANポート : 1(クレードル使用時のみ)
3	ハードウェア	動作温度範囲 : -0 °C ~ +50 °C 電源 : AC100~240V (50/60Hz) 消費電力 : 約9W 筐体 : 樹脂+金属筐体 サイズ : 約74(W) ×約16.3(H) ×約156(D)mm 重量 : 約 0.274kg
4	メーカー	Panasonic
5	型番	FZ-N1シリーズ

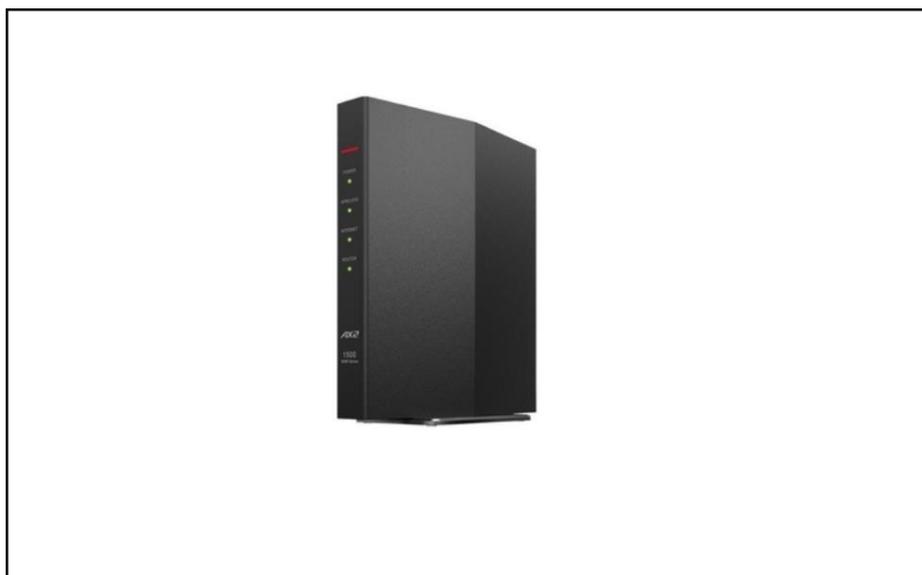


図 2.3.25 WiFi アクセスポイント

表 2.3.24 WiFiアクセスポイントの諸元

No.	項目	内容
1	性能	準拠規格：5GHz：IEEE 802.11ax/ac/n/a、2.4GHz：IEEE 802.11n/g/b セキュリティ：WPA3 Personal、WPA2 Personal、WPA2/WPA3 Personal、WPA/WPA2 Personal、WEP(128-bit/64-bit)、Any 接続拒否、MAC アクセス制限（最大登録許可台数：64 台）
2	インターフェイス	LAN：ポート：3(最大1GB) INTERNETポート：1(最大1GB)
3	ハードウェア	動作温度範囲：-0℃～+40℃ 電源：AC100V（50/60Hz） 消費電力：約8.8W 筐体：樹脂 サイズ：約40(W)×約148(H)×約133(D)mm 重量：約0.3kg
4	メーカー	BUFFALO



図 2.3.26 センター側 L2 スイッチ

表 2.3.25 センター側L2スイッチの諸元

No.	項目	内容
1	インターフェイス	10G/5G/2.5G/1G/100M RJ-45ポート : 12 SFP+ : 4 MDI/MDI-X 自動切替 : 対応
2	メモリ	パケットバッファメモリー : 3MB MACアドレスデータベースサイズ : 32K スイッチング容量 : 320Gbps ジャンボフレーム対応 : 10KB
3	ハードウェア	冷却ファン : ×3 動作温度 : 0~50°C 筐体 : 金属 サイズ: 330(W) ×250(D) ×44(H) mm 重量 : 2.7 kg 最大消費電力 (W) : 84W
4	メーカー	YAMAHA



図 2.3.27 車載側スイッチ

表 2.3.26 車載側スイッチの諸元

No.	項目	内容
1	インターフェイス	10M/100M/100M RJ-45ポート：12(PoE対応) MDI/MDI-X 自動切替：対応
2	メモリ	パケットバッファメモリー：1.5KB MACアドレスデータベースサイズ：8K スイッチング容量：24Gbps ジャンボフレーム対応：9KB
3	ハードウェア	入力電圧：AC100V 50/60Hz 動作温度：0～50℃ 筐体：金属 サイズ：210(W)×280(D)×44(H) mm 重量：2.2 kg 最大消費電力 (W)：89.2W
4	メーカー	Panasonic

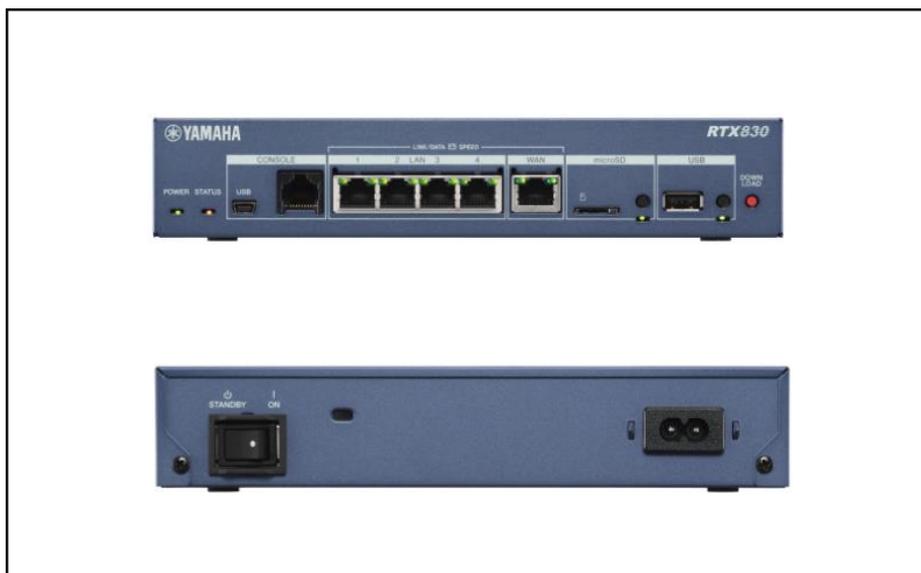


図 2.3.28 VPN ルータ

表 2.3.27 VPNルータの諸元

No.	項目	内容
1	インターフェイス	LAN : 4ポート (10BASE-T/100BASE-TX/1000BASE-T) WAN : 1ポート (10BASE-T/100BASE-TX/1000BASE-T) microSDスロット : 1スロット (SDHC対応) USBポート : 1ポート コンソールポート (設定用)
2	メモリ	Flash ROM : 32MB RAM : 256MB
3	性能	内蔵L2スイッチ機能 : ポート分離, LAN分割 (ポートベース VLAN) , ポートミラーリング VPN機能 : IPsec (VPN機能 : NATトラバースル, XAUTH) + AES128/256, 3DES, DES (暗号機能 : ハードウェア処理) + IKE/IKEv2 (メインモード, アグレッシブモード) 、 PPTP (VPN機能) + RC4 (暗号機能) 、 L2TP/IPsec, L2TPv3, L2TPv3/IPsec, IPIPトンネル、マルチポイントトンネル (クライアント)
4	ハードウェア	動作温度範囲 : -0 °C ~ +50 °C 電源 : AC100~240V (50/60Hz) 消費電力 : 11W 筐体 : 金属筐体, ファンレス サイズ : 220(W) × 43.5(H) × 160(D)mm 重量 : 1.1kg
5	メーカー	YAMAHA
6	型番	RTX-830

また、移動体に取り付けたカメラ映像をローカル 5G で伝送させ、以下の画像認識の実証を行った。

- ・人物検知（滞留）、車椅子、白杖、倒れ込み検出による見守り機能実証
- ・顔認証機能による見守り機能実証
- ・ナンバー認識センシング

その際の各画像認識機能における性能要件は、以下の表の通り。

表 2.3.28 画像認識機能における性能要件

画像認識機能	性能要件
人物検知機能	映像から人物状況を検知し、情報を収集する
車椅子、白杖、倒れ込み検知機能	映像から車椅子、白杖、倒れ込みを検知し、要援助者情報を収集する
顔認証機能	顔情報を活用し、特定されている人を検知する
ナンバー認識機能	車両ナンバーを収集し、特定されている車両を検知する

2.4 免許及び各種許認可

実験試験局免許の申請を総務省近畿総合通信局に行い、次表の内容の無線局免許を取得した。なお RRU は 2 局設置したが、同一構内の設置のため基地局（相当）は 1 局として申請した。

表 2.4.1 取得した無線局免許の内容

	基地局（相当）	陸上移動局（相当）
免許人	パナソニック システムソリューションズ ジャパン株式会社	
無線局の種別	実験試験局	
免許の番号	近実4840号	近実4841号～近実4843号
免許の年月日	令和3年12月17日	
識別信号	さんごうちょう L 5 G きちきよくじっけん	さんごうちょう L 5 G いどうきよくじっけん 1～3
電波の型式、周波数及び空中線電力	99M9X7W 4849.98MHz 1W	99M9D1A 99M9D1B 99M9D1C 99M9D1D 99M9D1F 99M9D1X 99M9D7W 99M9G1A 99M9G1B 99M9G1C 99M9G1D 99M9G1F 99M9G1X 99M9G7W 4849.98MHz 200mW

また、当該調査検討が円滑に実施できるよう、第 6 章の実施体制（以下「コンソーシアム」という。）の構成主体の協力を得て実証に必要な許可等の取得を行った。

2.5 その他要件

本開発実証において使用したローカル 5G システムは試作機のため、実験試験局として実証実験期間のみの運用であった。なお、継続運用時には別途システムを更新する予定である。その際、特定高度情報通信技術活用システムの開発供給及び導入の促進に関する法律（令和 2 年法律第 37 号）に基づく開発供給計画認定を受けた実績を有する事業者が開発供給した機器に基づくシステムを導入予定である。

なお本開発実証において使用したローカル 5G システムは試作機のため、事前にパナソニック佐江戸事業場にて有線接続等により実証に機材（実証に用いる測定器等を含む）の動作検証を行い、動作として問題無いことを確認後、現地フィールドに設置を行った。

(1) 開発実証で使用したローカル 5G システムの内容

メーカー	種別	型番・型式	主な仕様等（概要）
Quanta Cloud Technology	交換設備	※試作機	コア装置 4.8-4.9GHz 帯、SA 構成
Quanta Cloud Technology	特定基地局以外の基地局の無線設備	※試作機	BBU（ベースバンドユニット）
Quanta Cloud Technology	特定基地局以外の基地局の無線設備	※試作機	FHGW（フロントホールゲートウェイ）
Quanta Cloud Technology	特定基地局以外の基地局の無線設備	※試作機	RRU（リモートラジオユニット）

(2) システムの安全性・信頼性、供給安定性及びオープン性の確保措置

項目		確保措置の内容
安全性・信頼性	サイバーセキュリティ上の事案が発生した場合の、事業所管省庁に対して速やかに報告を行うための体制の整備	※実証実験設備の外部接続においては、保守用のリモート接続（VPN 回線として NTT-COM の Arcstar Universal One (AUO) を利用）のみで、サイバーセキュリティへの対応はできていたと判断する。
	サイバーセキュリティ上の事案が発生した場合の、関係主体に対して適切な情報共有を行うための体制の整備	
	サプライチェーンリスク対応を含むサイバーセキュリティ対策の実施	
供給安定性	システムの導入に係る国内関係法令の遵守	<input checked="" type="checkbox"/> システムの導入に係る国内関係法令（電波法、電気通信事業法等）を遵守した。
	保守及び管理を適切に行うために必要な方針等の整備の確認	※実証実験期間中のみ運用するため対象外
オープン性	マルチベンダーによる相互接続性・相互運用性の確保	※試作機のため対象外

2.6 実証環境の運用

2.6.1 実証環境の構築等

ローカル 5G システムの実証環境構築に向けて、実施した内容実施した時期及び実施内容を次表に示す。

表 2.6.1 ローカル 5G システムの実証環境構築時期と内容

内容	2021年11月		2021年12月		2022年1月	
実証現場の準備 (三郷拠点)			建柱、配線 工事 ←→		設置 工事	システム 調整
ラボでの検証 (横浜拠点)	システム動作 検証試験		有線接続での 課題実証システム 性能試験		接続試験	

実証現場の三郷拠点では、ローカル 5G 設置に向け、事前に建柱・配線工事を実施の上、設置工事及びシステム調整を実施した。実証現場は奈良学園大学三郷キャンパス内であったため、実証現場の準備に関しては大学の運用に支障が出ない範囲で実施した。具体的には建柱や設置工事等において音が出る作業は、大学の休校日に実施した。

基地局設置風景を次図に示す。



図 2.6.1 基地局 1 設置風景



図 2.6.2 基地局 2 設置風景

ラボの横浜拠点では、ローカル 5G システムの動作検証試験を実施後、有線接続での性能試験、課題実証システムとの接続試験を実施した。ラボでの試験風景を次図に示す。

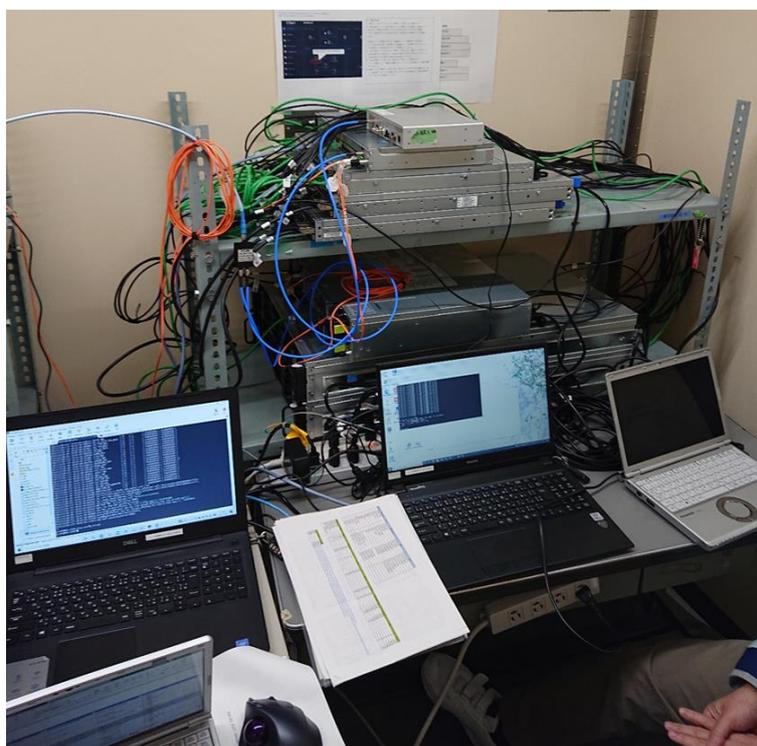


図 2.6.3 ローカル 5G システムの動作検証試験風景



図 2.6.4 課題実証システムとの接続試験風景

実証中に関しては、大学の授業・試験期間中は、音を考慮して車により移動する実証は行わず、徒歩による移動のみで実施できる測定を行った。車により移動する実証は、周囲の安全を十分に配慮して実施した。

またスムーズに実証を進めるために、奈良学園大学三郷キャンパス（三郷町拠点）とパナソニック佐江戸事業場（横浜拠点）とを VPN 回線にて接続し、ローカル 5G システムを横浜からも監視できる環境を構築し、実証を実施した

2.6.2 移動体走行に対するリスクアセス

実証時において自動制御の移動体（自動運転車両）が走行する際に事故等が発生しないよう、事前の現地踏査を通じて想定されるリスクを抽出したうえで、その対応方針について検討・整理した。

（想定されるリスク）

- ・路上駐停車
- ・自転車・バイク等
- ・追越し車両

1) 路上駐停車

施設内の建物・施設等を利用する方が、移動体（自動運転車両）の走行経路上に一時的に駐停車等することで、実証走行に支障をきたす恐れがある。

そのため、移動体（自動運転車両）が走行するルート上の駐停車を基本禁止とするとともに、救急車、消防車など緊急車両のほか、作業上やむを得ない駐停車が発生した場合には、自動ではなく人手による操作（手動）で対応することとした。



図 2.6.5 走行経路上の駐停車車両

2) 自転車・バイク等

自転車、バイク等が同一空間を走行し混在する場合、移動体（自動運転車両）と接触するリスクが想定される。

対策としては、移動体（自動運転車両）と、自転車、バイク等のその他車両の走行空間の分離が理想であるが、実証実験の期間が限定的であるため、事前に関係者に周知するとともに、混在した場合にはセンサー等の検知状況に応じて制御を自動から手動に切り替え対応した。

3) 追越し車両

一般車両に比べ移動体（自動運転車両）は低速であるため、後続に一般車両が存在する場合には追越し行動が考えられる。一方で、実証実験ルートは、車道幅員が十分ではなく、また側溝に蓋がないため、安全な追越しが行えない可能性が高い。

実証実験中においては、事前に低速車が走行することを関係者に周知するとともに、万一、後続の一般車両との距離が極端に短くなった場合には、安全に追越しができるよう移動体（自動運転車両）を路肩に停車させることとした。

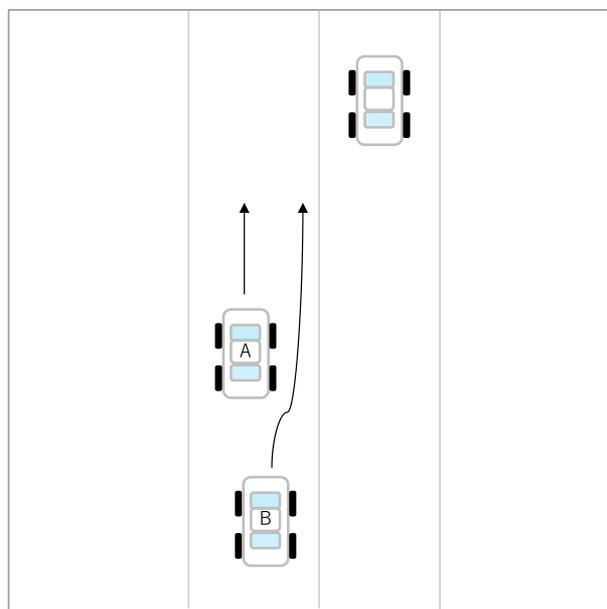


図 2.6.6 追越し車両

3. ローカル5Gの電波伝搬特性等に関する技術的検討（技術実証）

3.1 実証概要

ローカル5Gによる柔軟な運用及び低廉かつ安心安全なローカル5Gの利活用の実現に向け、ローカル5Gの電波伝搬特性等の測定として受信電力（RSRP：Reference Signal Received Power）、スループットの詳細データの取得、電波伝搬モデルの精緻化として調整対象区域とカバーエリアの算出式のパラメータに関する検討、準同期TDDの追加パターンの開発として準同期TDDパターンを追加した際の運用条件（案）の検討、さらにその他のテーマとしてローカル5Gの普及促進を踏まえ登録局等簡易な申請を可能とするための条件（案）の検討を実施した。

技術実証の概要を次表に示す。

表 3.1.1 技術実証の概要

項目		該当（○、×）		
技術実証の 実施環境	周波数帯	4.7GHz 帯	○	
		28GHz 帯	×	
		キャリア 5G の周波数帯	×	
	屋内外	屋内	×	
		屋外	○	
		半屋内	×	
	周辺環境	都市部	×	
		郊外	○	
		開放地	×	
		その他	×	
	テーマ別 実証	I.電波伝搬モデルの 精緻化	Kの精緻化	×
			Sの精緻化	○
Rの精緻化			×	
その他の精緻化			○	
II.電波反射板による エリア構築の柔軟化		実施の有無	×	
III.準同期 TDD の追 加パターンの開発		TDD2 の検討	○	
		TDD3 の検討	○	
		TDD2、3 以外のパターンの検討	×	
		追加パターンを具備した実機での検証	×	
IV.その他のテーマ		実施の有無	○	

3.2 実証環境

奈良学園大学三郷キャンパス内の屋内に 5G コア装置等のセンター装置及び同キャンパス内の屋外にローカル 5G 基地局を 2 局設置した。測定は、ローカル 5G 端末 (UE) 及び PC にてスループットを、エリアテストにて RSRP の測定を実施した。

技術実証に使用したローカル 5G システム構成を次図に示す。

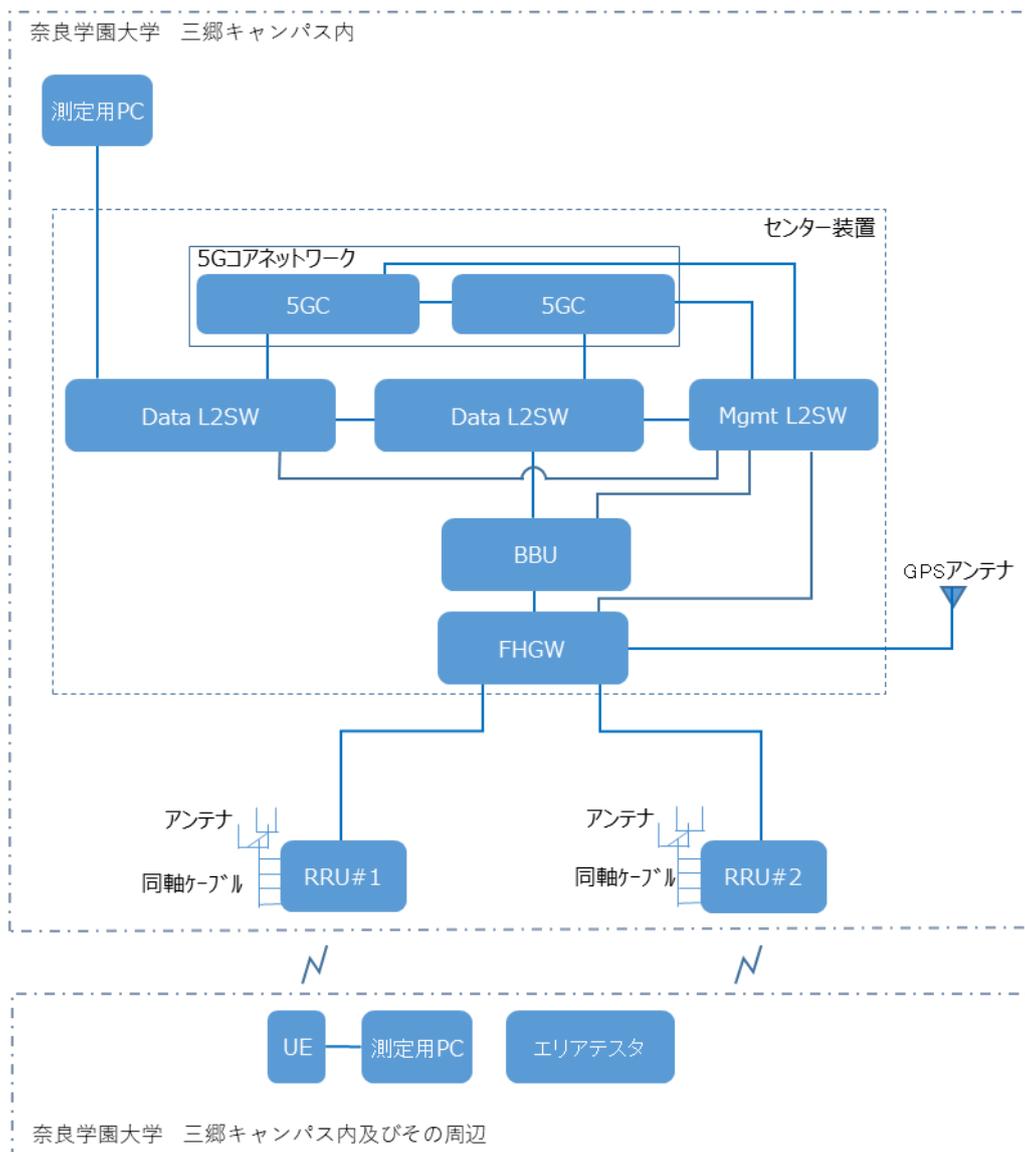


図 3.2.1 ローカル 5G 技術実証システム構成

ローカル 5G のセンター側に設置した装置の設置風景を次図に示す。

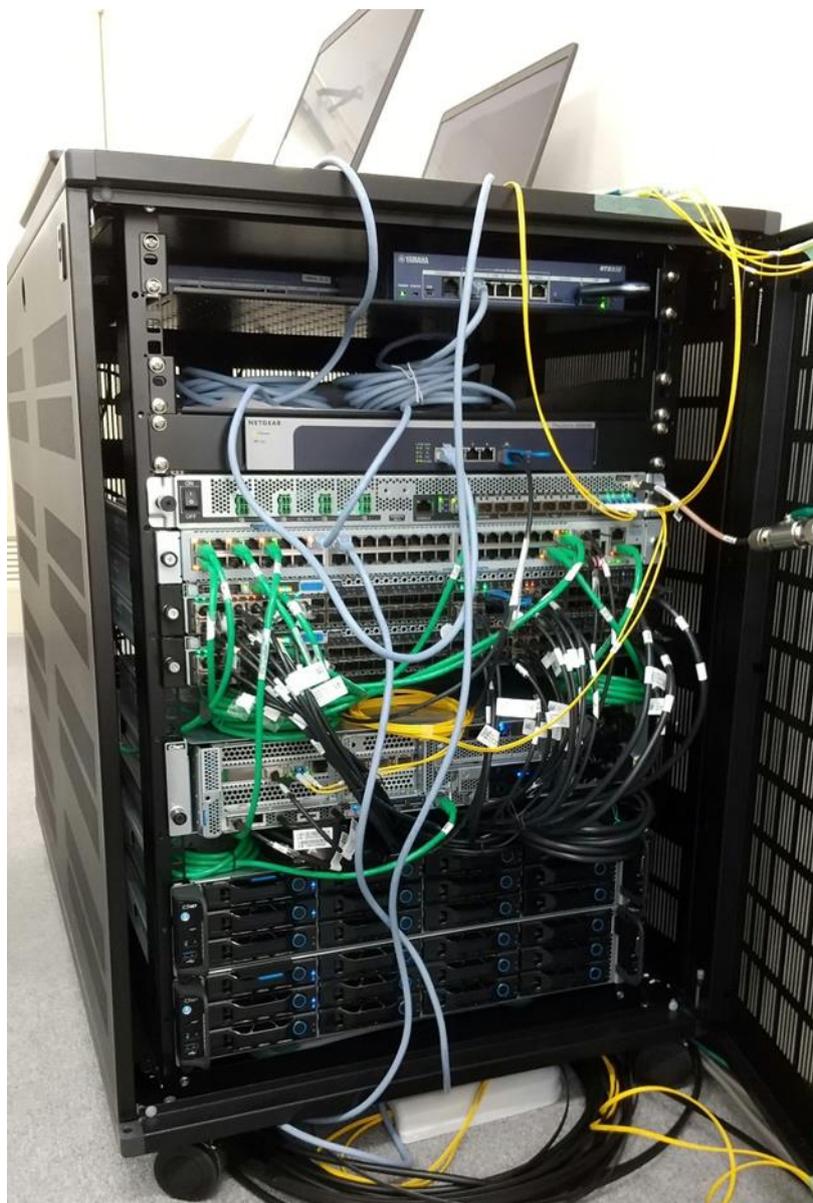


図 3.2.2 ローカル 5G センター装置 設置風景

ローカル 5G 基地局の設置風景と諸元を次図及び次表に示す。



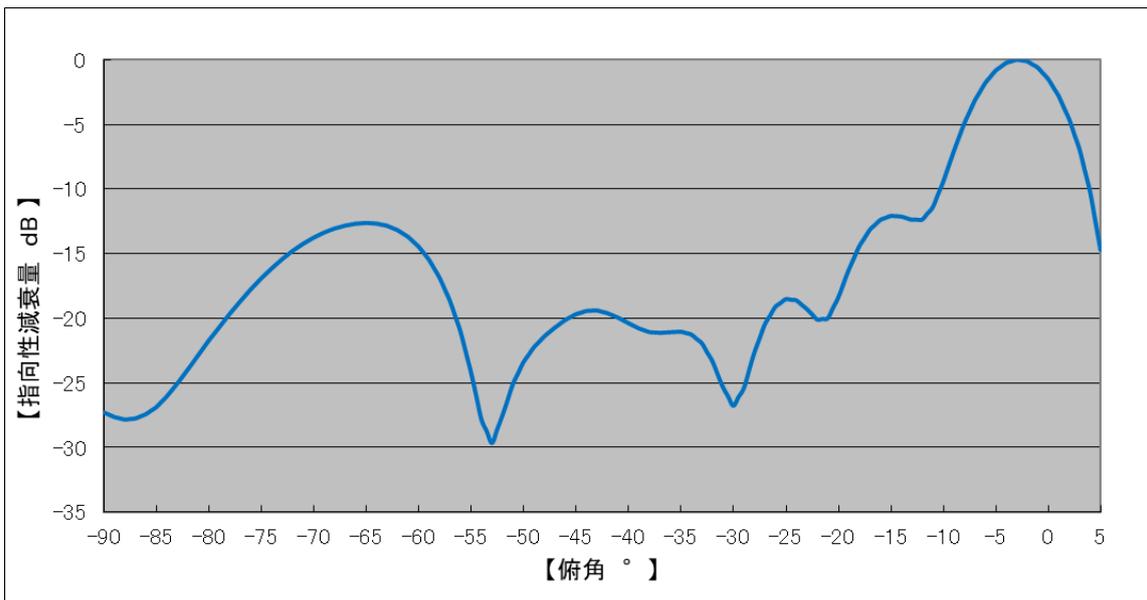
図 3.2.3 ローカル 5G 基地局 1 設置風景



図 3.2.4 ローカル 5G 基地局 2 設置風景

表 3.2.1 ローカル基地局 諸元

項目		仕様	備考
RRU	周波数	4.8-4.9GHz	
	空中線電力	4 x 250mW @ antenna port	
	送受信帯域	100MHz	
	レイヤ数 (最大)	DL : 4レイヤ UL : 1レイヤ	
	バックホールインターフェース	10G SFP+	
アンテナ	アンテナ形式	コーリニア型アンテナ	
	アンテナ利得	9dBi	
	垂直面半値角	約8°	
	ビームチルト角	下向き3°	
	指向性	水平 : 無指向 垂直 : 次図参照	



※ビームチルト角：下向き 3° を含む

図 3.2.5 ローカル 5G 基地局アンテナ 垂直指向特性

ローカル 5G 端末の設置風景と諸元を次図及び次表に示す。



図 3.2.6 ローカル 5G 端末 設置風景

表 3.2.2 ローカル 5G 端末 諸元

項目		仕様	備考
周波数		4.8-4.9GHz	本試験での周波数
空中線電力		200mW (23dBm) max	
送受信帯域		100MHz	
レイヤ数		DL : 4レイヤ UL : 1レイヤ	
外部 インターフェイス	Ethernet	5G/2.5G/1G/100Mbps x1	
	USB	3.0 x1 (Type-C)	
	USIM	nanoSIM	
アンテナ利得		Max:3dBi Typical:0dBi	

またローカル 5G システムの事前動作検証、後述する「3.3.1 ローカル 5G の電波伝搬特性等の測定」の有線接続でのスループット測定、及び「3.3.3 準同期 TDD の追加パターンの開発」の有線接続での干渉測定については、ローカル 5G システムをフィールドに設置する前に、パナソニック佐江戸事業場（横浜拠点）のシールドルーム（次図）内にて実施した。



図 3.2.7 パナソニック佐江戸事業場（横浜拠点）のシールドルーム

3.3 実証内容

3.3.1 ローカル5Gの電波伝搬特性等の測定

電波法関係審査基準の算出法に基づき、電波伝搬損失を拡張秦式（郊外）にて算出したカバーエリア及び調整対象区域の図をエリアシミュレータにより作成した。

エリアシミュレータに設定した基地局及び移動局の諸元を次表に示す。

表 3.3.1 エリアシミュレータに設定した基地局及び移動局の諸元

項目	記号	数値	単位	備考
周波数	f	4850	MHz	
帯域幅	BW	100	MHz	
基地局 空中線電力	Pt	30	dBm	今回の基地局の値
基地局 空中線利得	Gt	9	dBi	今回の基地局の値
基地局 給電線損失	Lf	2	dB	今回の基地局の値
基地局 空中線地上高	hb	15	m	今回の基地局の値
移動局 空中線利得	Gr	0	dBi	電波法関係審査基準
移動局 給電線損失	Lf	0	dB	電波法関係審査基準
移動局 空中線地上高	hr	1.5	m	電波法関係審査基準
移動局 人体吸収損失		8	dB	電波法関係審査基準
受信電力:カバーエリア		-84.6	dBm	電波法関係審査基準(100MHzシステム)
受信電力:調整対象区域		-91.0	dBm	電波法関係審査基準(100MHzシステム)

本諸元にて実施した基地局1及び基地局2のエリアシミュレーションを次図に示す。

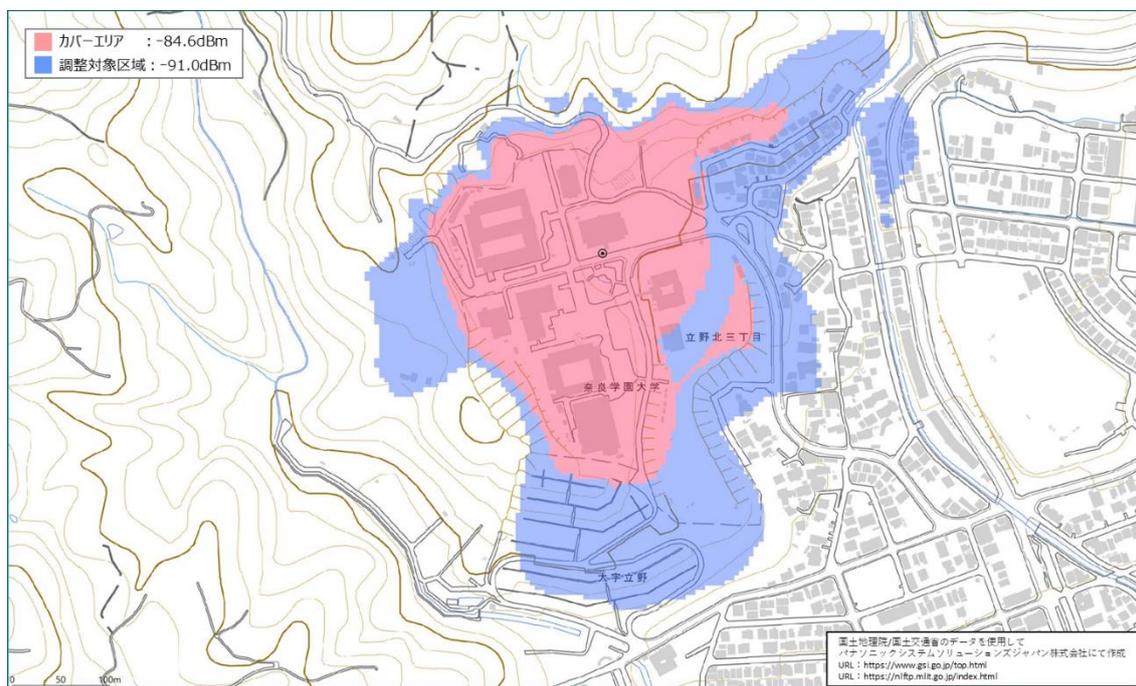


図 3.3.1 基地局1 エリアシミュレーション（電波法関係審査基準に基づく）

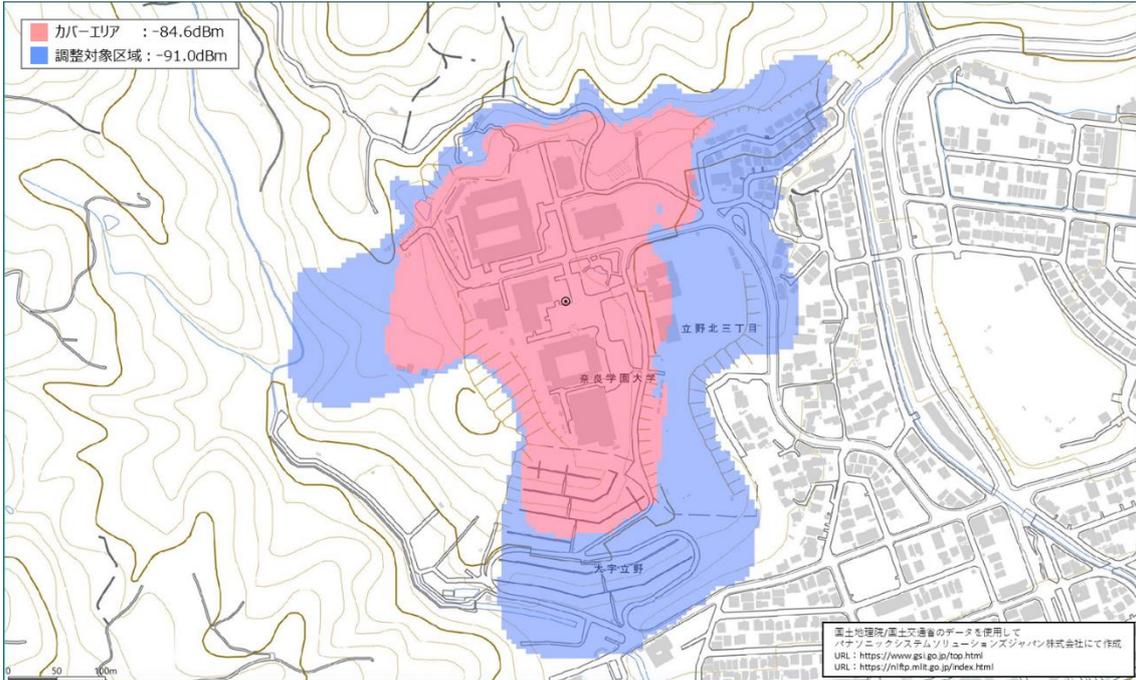


図 3.3.2 基地局2 エリアシミュレーション（電波法関係審査基準に基づく）

なお、課題実証で実施する検証は移動局を人が携帯する形ではなく、車両上部に移動局を取り付けての検証となる。よって電波法関係審査基準の算出基準から人体吸収損失を除いたエリアシミュレーションも合わせて実施した。人体吸収損失を除いた基地局1及び基地局2のエリアシミュレーションを次図に示す。

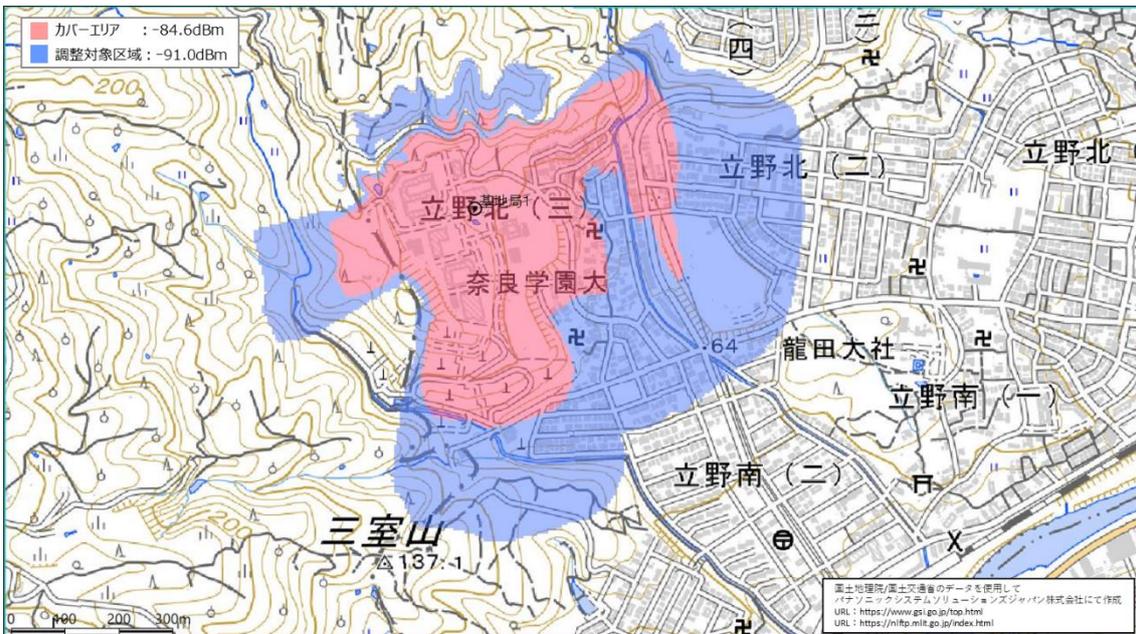


図 3.3.3 基地局1 エリアシミュレーション（人体吸収損失除く）

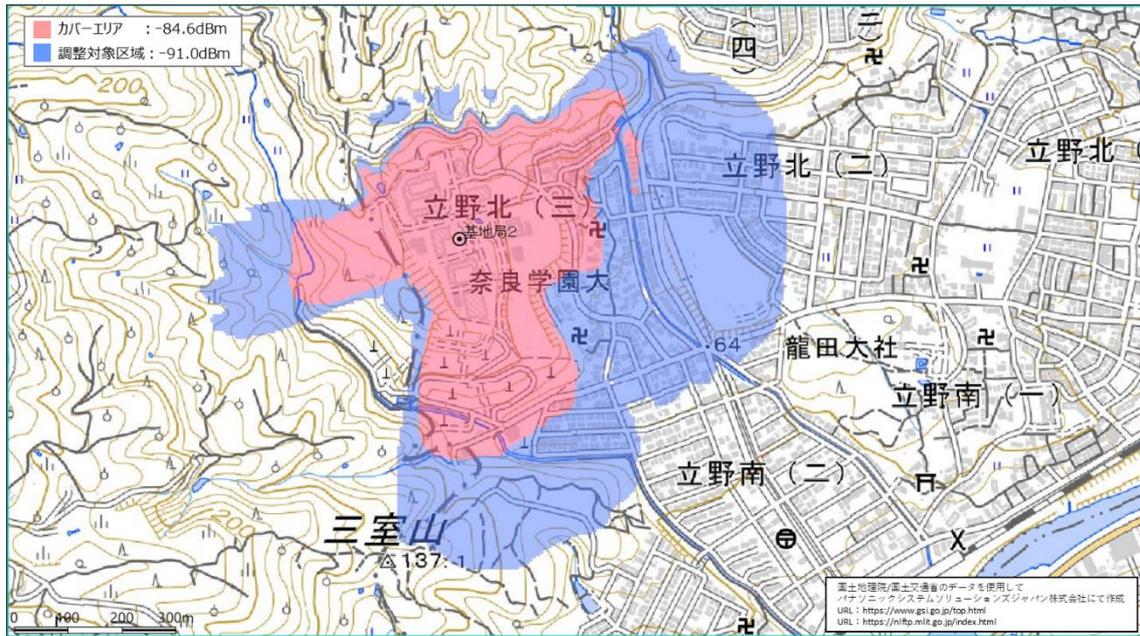


図 3.3.4 基地局 2 エリアシミュレーション (人体吸収損失除く)

人体吸収損失を除いたエリアシミュレーションを踏まえ、カバーエリア内及び調整対象区域内の 20 地点にて測定を実施した。測定地点を次図に、各測定地点の基地局からの水平距離を次表に示す。



図 3.3.5 測定地点

表 3.3.2 各測定地点の基地局からの水平距離

測定地点	基地局からの水平距離(m)	
	基地局 1	基地局 2
①	263	218
②	172	127
③	136	97
④	48	44
⑤	56	93
⑥	111	156
⑦	78	132
⑧	59	66
⑨	91	50
⑩	160	95
⑪	169	127
⑫	230	180
⑬	153	181
⑭	116	170
⑮	320	377
⑯	306	350
⑰	280	316
⑱	317	349
⑲	210	191
⑳	224	222

20 測定地点 (2 基地局のため計 40 測定実施) において、受信電力 (SS-RSRP) 及び UE1 台での伝送性能としてダウンリンク (以下、DL) 及びアップリンク (以下、UL) 別のスループットの測定を実施した。

3.3.1.1 実証目標

課題実証では、車両に4台のカメラ（約5Mbps/台）を取り付けて画像送信を行うため課題実証エリアの端においても20Mbps程度のULスループットが必要となる。

よって、課題実証エリアの端におけるULのスループット20Mbps以上を目標とする。

3.3.1.2 評価・検証項目

本実証で評価検証する項目を以下に示す。

- ・受信電力（SS-RSRP）
- ・DLスループット
- ・ULスループット

またTDDパターンは準同期TDDパターン1（次図）とした。

スロット番号	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
準同期TDD1	D	D	D	S	U	U	D	S	U	U	D	D	D	S	U	U	D	S	U	U

図 3.3.6 使用する準同期TDDパターン

3.3.1.3 評価・検証方法

(1) 有線接続測定

フィールド測定の基準データとして有線接続にてスループットの測定を実施した。受信電力（SS-RSRP）は移動局（UE）にて取得し、スループットの測定はiperfにて行った。またiperfのデータはUDPにて送信した。

有線接続での測定系を次図に示す。

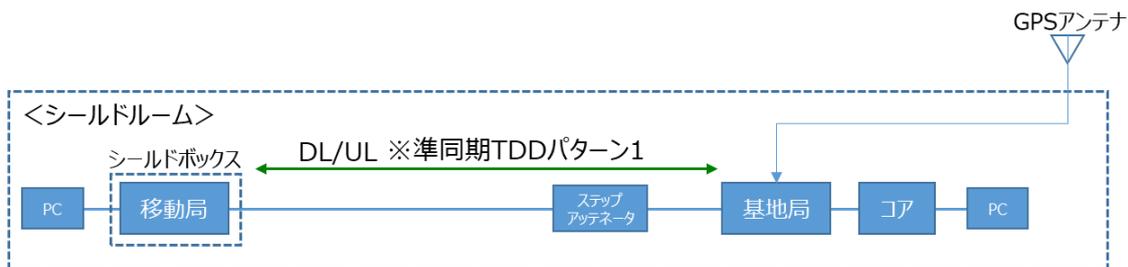


図 3.3.7 有線接続測定系

UE下位側及び5Gコアサーバの上位側にそれぞれ測定用PCを接続し、iperfによりDL及びULのスループットを測定した。

以下に測定を実施した風景を示す。

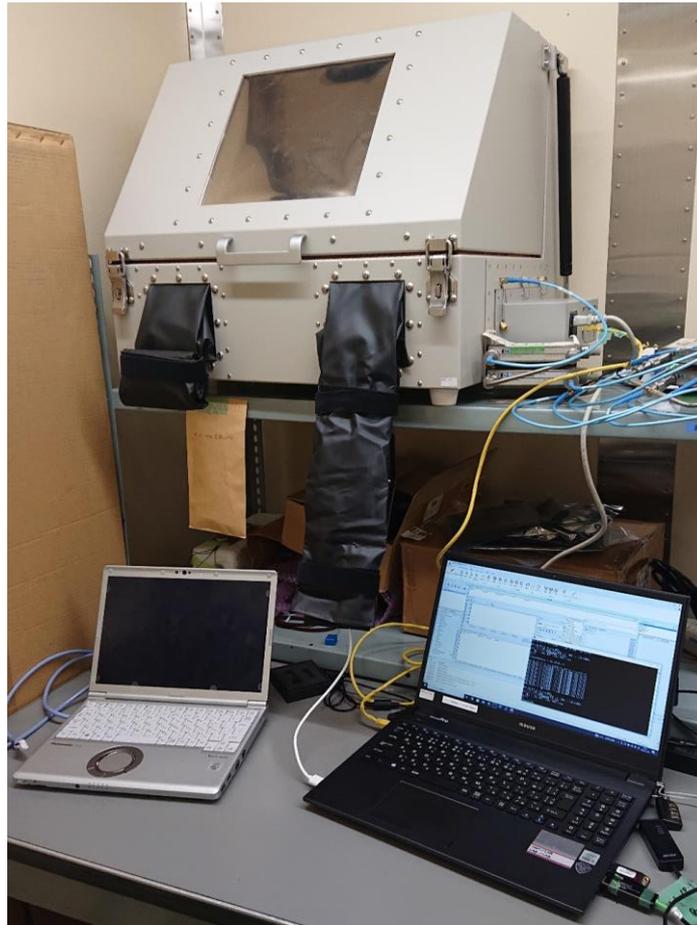


図 3.3.8 有線接続での測定 実施風景

(2) フィールド測定

受信電力 (SS-RSRP) の測定はエリアテスタを使用し、スループットの測定は iperf にて行った。iperf のデータは UDP にて送信した。

受信電力 (SS-RSRP) の測定系を次図に示す。

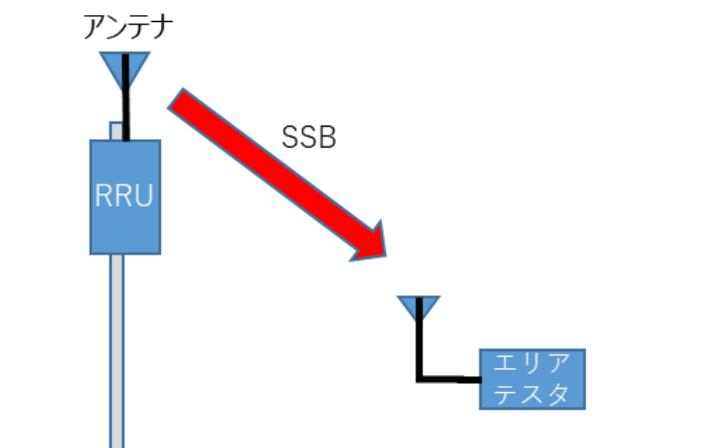


図 3.3.9 RSRP 測定系

受信電力（SS-RSRP）はエリアテスタを使用し、基地局から送信される SSB の電力を測定した。各測定地点において受信電力（SS-RSRP）は以下の通り測定した。

- ・ 定在波の影響を避けるため、1つの測定地点において、 10λ (今回の周波数では約 60 cm)の範囲の各 3箇所を測定を実施。そこで得られたすべてのサンプルを統計処理した。
- ・ 測定地点あたり、合計 1,000 サンプルの測定を実施し、測定結果に対し統計処理として中央値、 σ 、上位 10%値、下位 10%値を算出した。

エリアテスタは PCTEL 社製の IBflex を使用した。エリアテスタの主な諸元と設定を次表に示す。

表 3.3.3 エリアテスタの主な諸元と設定

項目	仕様	備考
測定データ	PSS-RSRP、SSS-RSRP、SSS-RSRQ、PSS-RSRP、SS-CINR、SSS-CINR	本試験での測定データ
サブキャリア間隔 (SCS)	30kHz	本試験での設定
最大チャネル数	12	
ダイナミックレンジ (CINR)	PSS/SSS : -10~33dB	
アンテナ利得	Max:3dBi Typical:0dBi	ケーブル損失含む

RSRP 測定に使用したエリアテスタを次図に示す。



図 3.3.10 RSRP 測定に使用したエリアテスト

スループットの測定系を次図に示す。

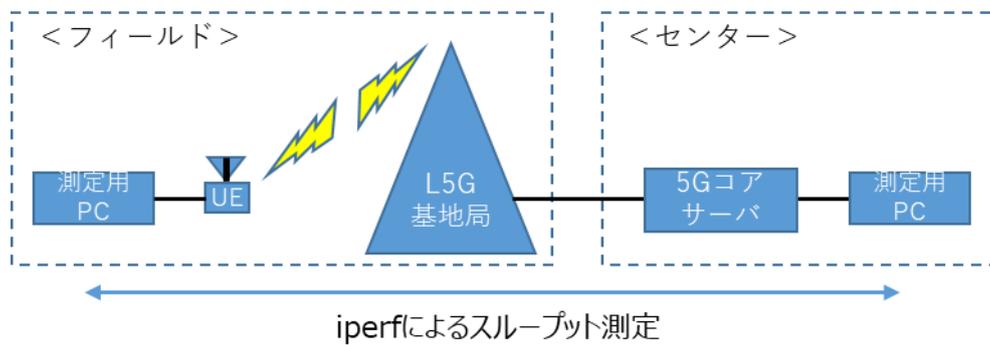


図 3.3.11 スループット測定系

UE 下位側及び 5G コアサーバの上位側にそれぞれ測定用 PC を接続し、iperf により DL 及び UL のスループットを測定した。

スループット測定に使用した UE 及び測定用 PC を次図に示す。



図 3.3.12 スループット測定に使用した UE 及び測定用 PC

フィールドでの測定風景を次図に示す。



図 3.3.13 フィールド測定 実施風景

本測定装置により、20 測定地点（2 基地局のため計 40 測定実施）の受信電力（SS-RSRP）及び伝送性能（DL 及び UL 別のスループット）の測定を実施した。

3.3.1.4 実証結果及び考察

(1) 評価・検証結果

1) 有線接続測定

有線接続での DL のスループット測定結果を次表及び次図に示す。

表 3.3.4 有線接続測定 DL スループット

RSRP[dBm]	Min[Mbps]	Max[Mbps]	Avg[Mbps]
-80	792.6	903.6	814.5
-85	794.6	822.6	805.3
-90	702.5	762.4	755.4
-95	609.2	646.4	621.8
-100	458.2	482.8	467.8
-105	303.3	333.3	324.0
-110	159.0	177.7	163.7
-115	65.5	77.1	76.0
-116	54.7	74.2	64.6
-117	47.9	60.6	56.6
-118	35.1	57.0	50.6
-119	38.0	48.9	46.6
-120	5.5	7.2	6.7
-121	5.0	6.1	5.8
-122	3.4	4.2	3.9
-123	2.1	2.9	2.6
-124	1.9	2.3	2.0
-125	圏外		

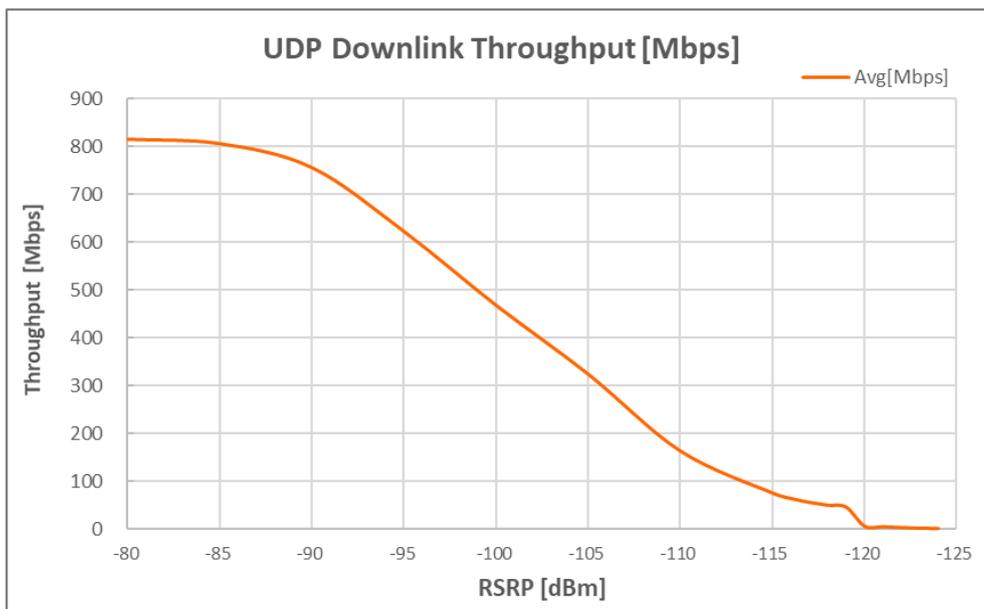


図 3.3.14 有線接続測定 DL スループット

DL スループットの平均値は、RSRP : -80dBm にて 814.5Mbps、RSRP : -100dBm にて 467.8Mbps、RSRP : -120dBm にて 6.7Mbps という結果であった。

有線接続での UL のスループット測定結果を次表及び次図に示す。

表 3.3.5 有線接続測定 UL スループット

RSRP[dBm]	Min[Mbps]	Max[Mbps]	Avg[Mbps]
-80	102.1	123.2	117.4
-85	106.1	123.0	116.2
-90	113.7	125.4	120.5
-95	109.5	126.0	120.9
-100	112.7	125.0	121.2
-105	106.5	121.5	118.2
-110	82.6	95.7	93.5
-115	60.4	64.8	61.8
-116	45.7	56.7	51.6
-117	36.9	45.2	41.2
-118	38.6	42.0	39.4
-119	28.9	38.6	32.6
-120	23.3	34.1	29.5
-121	15.0	21.1	18.3
-122	12.1	13.7	13.2
-123	9.6	13.4	11.6
-124	10.5	11.4	10.8
-125	圏外		

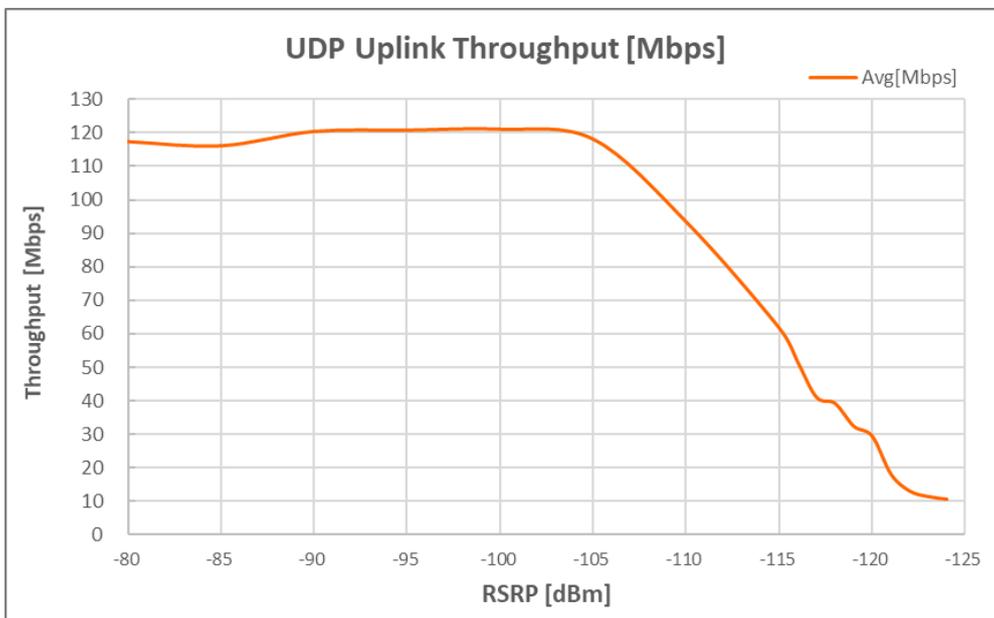


図 3.3.15 有線接続測定 UL スループット

UL スループットの平均値は、RSRP : -80dBm にて 117.4Mbps、RSRP : -100dBm にて 121.2Mbps、RSRP : -120dBm にて 29.5Mbps という結果であった。

2) フィールド測定

フィールド測定での基地局1のRSRP測定結果を次表に示す。

表 3.3.6 基地局1 RSRP

測定地点	RSRP(dBm)		差(dB) (実測値-理論値)
	理論値※1	実測値※2	
①	-116.7	-119.8	-3.2
②	-112.2	-99.4	12.8
③	-103.0	-89.5	13.5
④	-92.4	-92.9	-0.5
⑤	-90.7	-104.4	-13.8
⑥	-99.8	-102.7	-2.9
⑦	-104.6	-104.8	-0.2
⑧	-97.9	-106.0	-8.1
⑨	-97.8	-97.4	0.4
⑩	-105.4	-130.7	-25.3
⑪	-107.1	-112.7	-5.7
⑫	-111.1	-126.8	-15.7
⑬	-111.8	-110.0	1.8
⑭	-112.8	-111.1	1.7
⑮	-118.5	-118.9	-0.4
⑯	-119.4	-121.2	-1.8
⑰	-122.2	-122.6	-0.4
⑱	-120.8	-121.1	-0.3
⑲	-120.9	-129.3	-8.4
⑳	-121.9	-130.7	-8.8

※1 電波法関係審査基準の拡張秦モデル（郊外）にて算出した値(人体吸収損を除く)

※2 各測定地点で実測した全データの平均値

※3 赤色セルは、実測値と理論値の差が±4dBを超えた測定地点を示す

11 地点においては拡張秦式（郊外）で計算した理論値と±4dB 以内の差であり、概ね一致した。

7 地点においては拡張秦式(郊外)で計算した理論値から-4dB 超低い値となっているが、これは、基地局と端末の間に遮蔽物として建物等があったためと考えられる。一例として測定地点⑩の風景を次図に示す。



図 3.3.16 測定地点⑩（建物等が遮蔽）

2 地点においては拡張秦式（郊外）で計算した理論値から+4dB 超高い値となっているが、これは、基地局と端末の間に障害物が無い見通しの条件であったためと考えられる。一例として測定地点③の風景を次図に示す。



図 3.3.17 測定地点③（基地局が見通し）

フィールド測定での基地局2のRSRP測定結果を次表に示す。

表 3.3.7 基地局2 RSRP

測定地点	RSRP(dBm)		差(dB) (実測値-理論値)
	理論値※1	実測値※2	
①	-112.9	-128.1	-15.2
②	-105.5	-105.2	0.3
③	-98.3	-109.9	-11.5
④	-92.1	-93.4	-1.3
⑤	-100.6	-100.2	0.4
⑥	-105.0	-101.8	3.2
⑦	-113.8	-111.9	1.9
⑧	-101.2	-102.9	-1.7
⑨	-94.1	-95.6	-1.5
⑩	-101.1	-127.8	-26.8
⑪	-107.9	-107.5	0.4
⑫	-108.5	-131.0	-22.5
⑬	-114.4	-115.6	-1.2
⑭	-114.6	-117.9	-3.3
⑮	-120.3	-118.5	1.8
⑯	-120.5	-118.9	1.6
⑰	-122.9	-123.2	-0.3
⑱	-122.3	-123.9	-1.6
⑲	-120.4	-130.4	-10.0
⑳	-122.7	-125.1	-2.3

※1 電波法関係審査基準の拡張秦モデル（郊外）にて算出した値(人体吸収損を除く)

※2 各測定地点で実測した全データの平均値

※3 赤色セルは、実測値と理論値の差が±4dBを超えた測定地点を示す

15地点においては拡張秦式（郊外）で計算した理論値と±4dB以内の差であり、概ね一致した。

5地点においては拡張秦式(郊外)で計算した理論値から-4dB超低い値となっているが、これは、基地局と端末の間に遮蔽物として建物等があったためと考えられる。一例として測定地点⑫及び⑲の風景を次図に示す。



図 3.3.18 測定地点⑫ (樹木、建物等が遮蔽)



図 3.3.19 測定地点⑬ (斜面等が遮蔽)

フィールド測定での基地局1のスループット測定結果を次表に示す

表 3.3.8 基地局1 スループット

測定地点	RSRP(dBm) ※1	スループット(Mbps)※1	
		DL	UL
①	-119.8	5.0	18.0
②	-99.4	214.7	112.3
③	-89.5	410.2	113.0
④	-92.9	388.8	114.8
⑤	-104.4	201.8	88.3
⑥	-102.7	179.7	100.1
⑦	-104.8	196.0	109.6
⑧	-106.0	182.7	81.5
⑨	-97.4	308.0	114.4
⑩	-130.7	-	-
⑪	-112.7	79.9	21.7
⑫	-126.8	-	-
⑬	-110.0	157.4	44.7
⑭	-111.1	109.5	38.7
⑮	-118.9	70.0	16.7
⑯	-121.2	5.8	6.0
⑰	-122.6	10.0	13.1
⑱	-121.1	7.4	9.1
⑲	-129.3	-	-
⑳	-130.7	-	-

※1 各測定地点で実測した全データの平均値

DL スループットは 5.0Mbps~410.2Mbps であった。UL スループットは 6.0Mbps~114.8Mbps であった。なお4地点においては、RSRPが低く基地局との接続ができなかった。

フィールド測定での基地局2のスループット測定結果を次表に示す

表 3.3.9 基地局2 スループット

測定地点	RSRP(dBm) ※1	スループット(Mbps)※1	
		DL	UL
①	-128.1	-	-
②	-105.2	228.6	90.1
③	-109.9	149.0	42.4
④	-93.4	384.5	111.8
⑤	-100.2	288.7	113.8
⑥	-101.8	255.2	113.1
⑦	-111.9	100.9	24.9
⑧	-102.9	303.1	113.4
⑨	-95.6	390.4	108.7
⑩	-127.8	-	-
⑪	-107.5	131.0	72.0
⑫	-131.0	-	-
⑬	-115.6	118.1	14.1
⑭	-117.9	60.0	12.0
⑮	-118.5	95.8	13.6
⑯	-118.9	63.2	12.8
⑰	-123.2	5.1	9.7
⑱	-123.9	3.1	1.3
⑲	-130.4	-	-
⑳	-125.1	-	-

※1 各測定地点で実測した全データの平均値

DL スループットは 3.1Mbps~390.4Mbps であった。UL スループットは 1.3Mbps~113.8Mbps であった。なお5地点においては、RSRP が低く基地局との接続ができなかった。

(2) 考察・まとめ

拡張秦式（郊外）の伝搬損失算出式にて求められる RSRP の理論値と実測にて求められた値との比較を次図に示す。

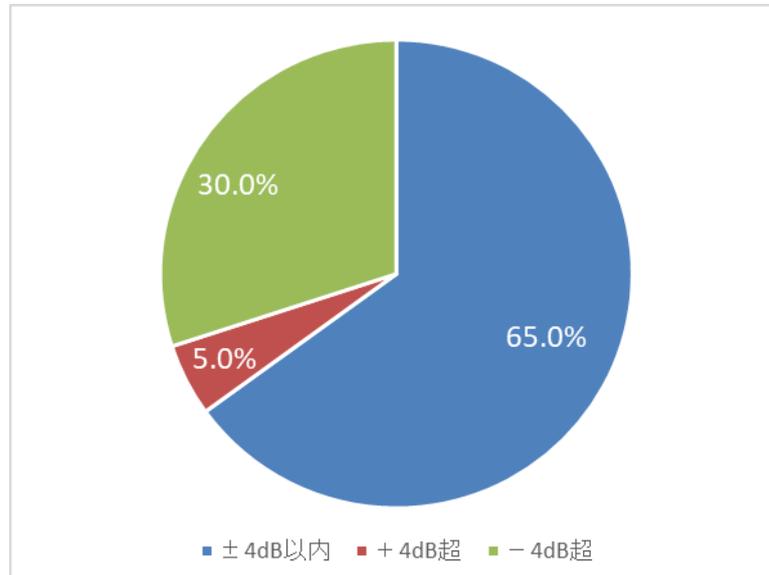


図 3.3.20 RSRP の理論値と実測値の比較

拡張秦式（郊外）の伝搬損失算出式にて求められる理論値（人体吸収損を除く）と実測値を比較した場合、65.0%が±4dB 以内の差であった。理論値と比較し+4dB 超となる地点は見通しであったこと、-4dB 超となる地点は基地局と移動局の間に大きな遮蔽物があったことを考慮した場合、今回のフィールドでの受信電力は拡張秦式（郊外）での理論値と概ね相関が取れることが確認された。

有線測定でのスループット測定値と、フィールドにて実測したスループット測定値の DL 及び UL それぞれの比較を次図に示す。

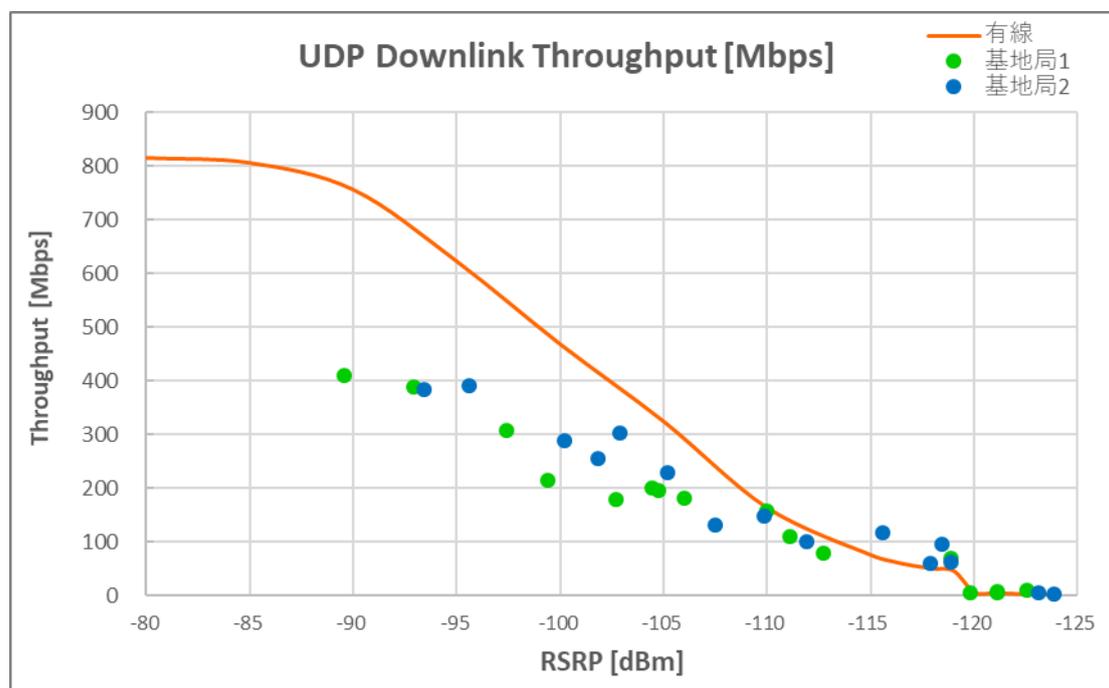


図 3.3.21 有線接続とフィールドでのスループットと RSRP (DL)

DL スループットはパナソニック佐江戸事業場のシールドルーム内で有線測定にて測定したスループットより、全体的に低い値となっている。有線測定は、周囲の影響が無い理想環境であるが、フィールドでは受信レベル変動があるため、有線測定よりはスループットが下がっていることが考えられる。

また RSRP が強い -105dBm 以上では、有線測定では 4 レイヤで動作していたが、フィールドでは 2 レイヤ (一部 3 レイヤ) の動作であった。今回のフィールドは屋外で、反射等による複数の伝送路が確保されるような環境ではなかったため、このレイヤ数が低くなったことも有線測定よりはスループットが下がっている要因と考えられる。

なお -115dBm ～ -118dBm の地点で、RSRP が有線測定より若干高くなっているデータがあるが、これはフィールドでの受信レベル変動によるものと考えられる。

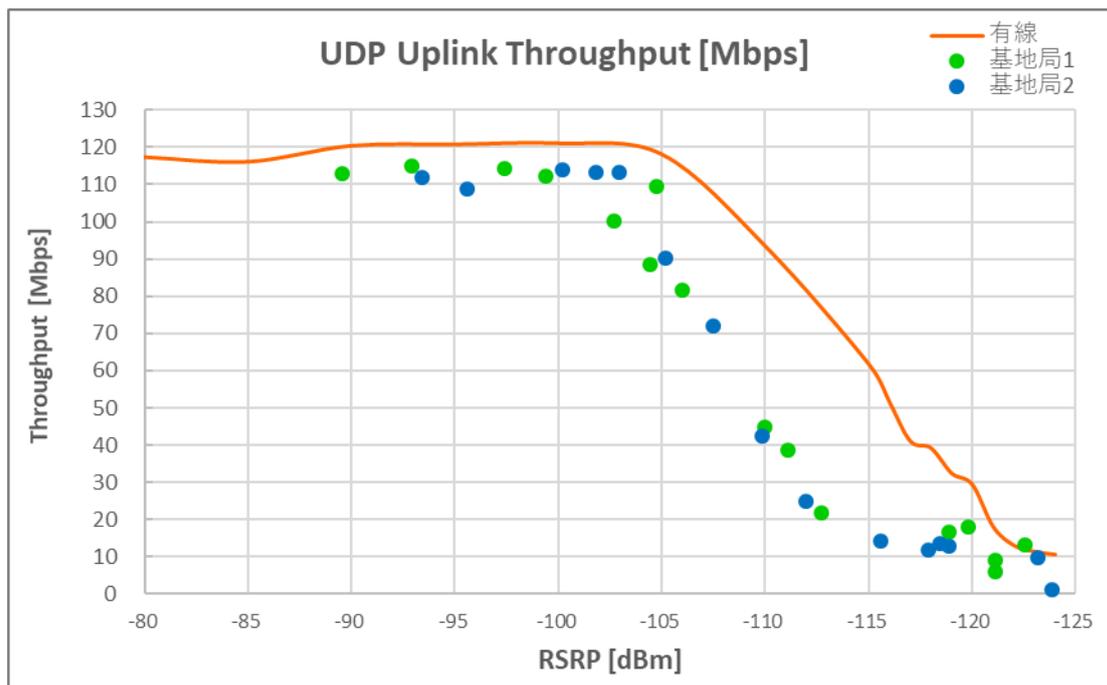


図 3.3.22 有線接続とフィールドでのスループットと RSRP (UL)

UL スループットはパナソニック佐江戸事業場のシールドルーム内で有線測定にて測定したスループットより、全体的に若干低い値となっている。有線測定は、周囲の影響が無い理想環境であるが、フィールドでは受信レベル変動があるため、有線測定よりはスループットが下がっていることが考えられる。

スループットが若干低い事を除けば、有線測定にて測定した結果とフィールド測定結果はほぼ相関がみられた。

また実証目標である「課題実証エリアの端における 20Mbps 以上の UL スループット」については、測定地点⑭が課題実証エリアの端であったが、この測定地点での基地局 2 の UL スループットは 12.0Mbps と下回ったが、基地局 1 の UL スループットは 38.7Mbps であり、本実証で基地局 2 局設置したことにより、本目標は達成できた。

3.3.2 電波伝搬モデルの精緻化

3.3.2.1 実証の目的・目標

(1) 背景となる技術的課題と実証目的

ローカル 5G の免許申請者は近接するローカル 5G の免許人との間で干渉調整を行う必要がある。干渉調整における調整対象区域とカバーエリアについては電波法関係審査基準(平成 13 年 1 月 6 日総務省訓令第 67 号)で下記規定となっている。

※電波法関係審査基準(平成 13 年 1 月 6 日総務省訓令第 67 号)より抜粋

(E) 次に掲げるいずれかに該当する場合には、基地局を開設しようとする事について以下に該当する他の免許人に通知を行っていること。また、当該他の免許人から周波数共有の可能性等に係る協議を求められた場合は、当該協議に応じていること。

a 申請に係る基地局の自己土地内のカバーエリアが、他の免許人所属のローカル 5G の基地局の調整対象区域と重複する場合

b 申請に係る基地局の自己土地内の調整対象区域が、他の免許人所属のローカル 5G の基地局のカバーエリアと重複する場合

今回の課題実証で検証するローカル 5G を用いた移動体からの画像伝送は、本実証のスマートシティの他、スマート工場、建設現場等の自己土地内において広く利用されることが想定される。現在の電波法関係審査基準のカバーエリアの値は受信感度点にて規定されているが、画像伝送のように一定の UL スループットが必要な場合は、運用可能エリアは受信感度点でのカバーエリアより、狭くなることも想定されることから、本ユースケースを踏まえた実フィールドでのカバーエリア（運用可能エリア）検証が必要である。

これを踏まえ、現実の利用環境に近いカバーエリア（運用可能エリア）及びそれに伴う調整対象区域のパラメータについて検討を実施した。

(2) 実証目標

電波法関係審査基準において伝搬損失は自由空間伝搬損失式及び拡張秦式を基礎として算出することとなっている（本実証では、拡張秦式（郊外）で算出）。本算出式に、精緻化として樹木、植生、水面のデータや建物データ（鉄筋コンクリート、木造、建物高、建物幅等）等の様々なデータ加味してシミュレーションするという方法も考えられるが、これらのデータを全て入れたシミュレーションを実施するためには高度なシミュレータの準備及びシミュレーションの実施が必要となるため、免許申請時におけるコストや時間を考慮してローカル 5G の免許申請を諦めるケースが発生する可能性もあり、ローカル 5G 普及の妨げの一因となることも考えられる。

現在の算出式による伝搬損失での計算及び「カバーエリア及び調整対象区域の算出に当たっては、100m メッシュの精度の地形情報をもとに算出」という比較的簡易なシミュレーションで免許申請を可能とする制度を維持しつつ、(1)で記載した課題を解決するために、現在の「カバーエリア及び調整対象区域の算出法」のパラメータの内、受信電力として規定

されている「100MHz システム カバーエリア：-84.6dBm、調整対象区域(許容干渉レベル)：-91.0dBm」のパラメータについて検討を実施した。

また「3.3.1 ローカル5Gの電波伝搬特性等の測定」にて測定したRSRPに加え、本項で測定した値も含めて、拡張秦式におけるS(dB)の値が本フィールドでは郊外地の値(12.3dB)に近似するののかについても検証を実施した。

3.3.2.2 実証仮説

ローカル5Gは、多くが自己土地内において自営網としての利用が見込まれるが、この場合、移動局側から画像情報等の様々なデータ情報を送信する等、ULを重視した利用シーンがメインと考えられ、今回の実証するアプリケーションの実用化においてもULのスループットを確保することが求められている。ULを重視した場合、準同期TDDパターン(DDDSUUDSUU)を利用することとなるが、ローカル5Gのスループットとしては、同じ自営網として利用可能な自営BWA(同期方式)の最大ULスループット(約10Mbps)の倍である20Mbps以上が今回の実証と同様に運用エリアの端においても必要なケースが多いと考えられる。

電波法関係審査基準のカバーエリア：-84.6dBmという値は、RSRPに換算した場合-120dBm程度となる。パナソニック佐江戸事業場のシールドルーム内の有線接続でのULスループット測定結果を次図に示す。

表 3.3.10 有線接続測定 ULスループット

RSRP[dBm]	Min[Mbps]	Max[Mbps]	Avg[Mbps]
-80	102.1	123.2	117.4
-85	106.1	123.0	116.2
-90	113.7	125.4	120.5
-95	109.5	126.0	120.9
-100	112.7	125.0	121.2
-105	106.5	121.5	118.2
-110	82.6	95.7	93.5
-115	60.4	64.8	61.8
-116	45.7	56.7	51.6
-117	36.9	45.2	41.2
-118	38.6	42.0	39.4
-119	28.9	38.6	32.6
-120	23.3	34.1	29.5
-121	15.0	21.1	18.3
-122	12.1	13.7	13.2
-123	9.6	13.4	11.6
-124	10.5	11.4	10.8
-125	圏外		

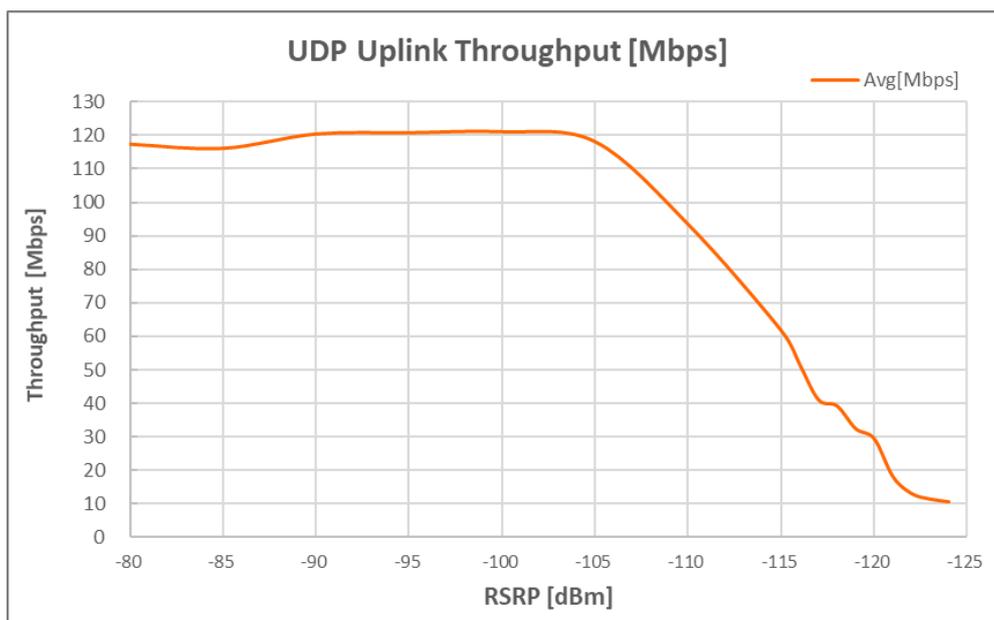


図 3.3.23 有線接続測定 UL スループット

有線接続の測定では準同期 TDD パターンで平均 20Mbps 以上となる RSRP は-120dBm 以上という結果であった。本実証では実フィールドにおいて、準同期 TDD パターンで平均 20Mbps 以上となる RSRP 値を測定し、その値をカバーエリアの受信電力として導き出すこととした。また調整対象区域の受信電力は電波法関係審査基準において「100MHz システム カバーエリア:-84.6dBm、調整対象区域:-91.0dBm」とカバーエリアに対して 6.4dB 低い値となっていることから、同様に調整対象区域の受信電力は、カバーエリアの受信電力として導き出された値から 6.4dB 低い値とすることとした。

有線接続の測定で、平均 20Mbps 以上となる RSRP は-120dBm 以上であったがフィールドでの受信レベル変動を考慮し、平均 20Mbps 以上となる RSRP は、有線接続の測定より数 dB 高い値となることを想定し、仮に RSRP : -116dBm がカバーエリアという結果となった場合の仮説を立てた。

カバーエリア及び調整対象区域計算における基地局と陸上移動局の諸元を次表に示す。

表 3.3.11 計算における諸元

項目	記号	数値	単位	備考
周波数	f	4850	MHz	
帯域幅	BW	100	MHz	
基地局 空中線電力	Pt	30	dBm	今回の基地局の値
基地局 空中線利得	Gt	9	dBi	今回の基地局の値
基地局 給電線損失	Lf	2	dB	今回の基地局の値
基地局 空中線地上高	hb	15	m	今回の基地局の値
移動局 空中線利得	Gr	0	dBi	電波法関係審査基準
移動局 給電線損失	Lf	0	dB	電波法関係審査基準
移動局 空中線地上高	hr	1.5	m	電波法関係審査基準
移動局 人体吸収損失		8	dB	電波法関係審査基準
受信電力:カバーエリア		-84.6	dBm	電波法関係審査基準(100MHzシステム)
受信電力:調整対象区域		-91.0	dBm	電波法関係審査基準(100MHzシステム)

伝搬損失算出式は拡張秦式（郊外）とした。また調整対象区域の受信電力は、電波法関係審査基準において「100MHz システム カバーエリア：-84.6dBm、調整対象区域：-91.0dBm」

とされていることから RSRP が-116dBm をカバーエリアとした場合においても調整対象区域の受信電力はカバーエリアに対して 6.4dB 低い値とし計算した。

電波法関係審査基準におけるカバーエリア及び調整対象区域の図と、仮説として RSRP -116dBm をカバーエリアとした場合のカバーエリア及び調整対象区域の図を次に示す。

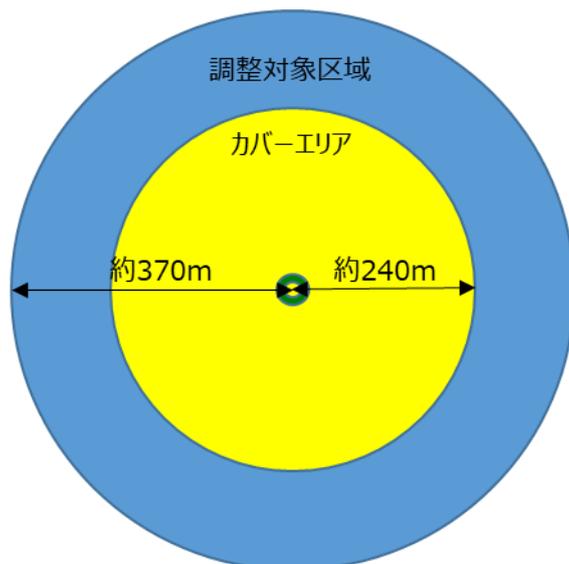


図 3.3.24 電波法関係審査基準でのカバーエリア及び調整対象区域

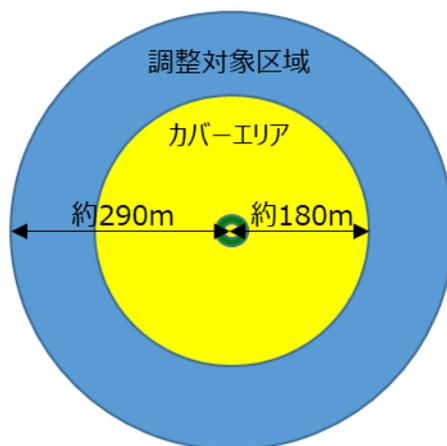


図 3.3.25 RSRP-116dBm をカバーエリアとした場合のカバーエリア及び調整対象区域

実運用での RSRP を考慮した場合は、仮説としては上図のようにカバーエリア、調整対象区域とも狭まるものと考えられる。

3.3.2.3 評価・検証項目

本実証で評価検証する項目を以下に示す。

- ・受信電力 (SS-RSRP)
 - ・UL スループット
- また TDD パターンは準同期 TDD パターン 1 (次図) とした。

スロット番号	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
準同期TDD1	D	D	D	S	U	U	D	S	U	U	D	D	D	S	U	U	D	S	U	U

図 3.3.26 使用する準同期 TDD パターン

3.3.2.4 評価・検証方法

「3.3.1 ローカル 5G の電波伝搬特性等の測定」にて測定したデータに加え、UL スループットが 20Mbps 程度となる各基地局 10 測定地点 (2 基地局のため計 20 測定実施) において受信電力 (SS-RSRP) を測定。受信電力 (SS-RSRP) の測定はエリアテスタを使用し、スループットの測定は iperf にて行った。iperf のデータは UDP にて送信した。

受信電力 (SS-RSRP) の測定系を次図に示す。

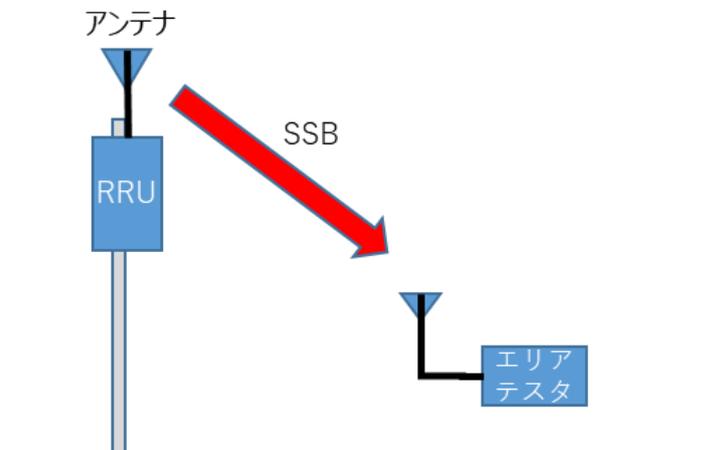


図 3.3.27 RSRP 測定系

受信電力 (SS-RSRP) はエリアテスタを使用し、基地局から送信される SSB の電力を測定した。各測定地点において受信電力 (SS-RSRP) は以下の通り測定した。

- ・定在波の影響を避けるため、1つの測定地点において、 10λ (今回の周波数では約 60 cm) の範囲の各 3 箇所で測定を実施。そこで得られたすべてのサンプルを統計処理した。
- ・測定地点あたり、合計 1,000 サンプルの測定を実施し、測定結果に対し統計処理として中央値、 σ 、上位 10% 値、下位 10% 値を算出した。

エリアテスタは PCTEL 社製の IBflex を使用した。エリアテスタの主な諸元と設定を次表に示す。

表 3.3.12 エリアテストの主な諸元と設定

項目	仕様	備考
測定データ	PSS-RSRP、SSS-RSRP、SSS-RSRQ、PSS-RSRP、SS-CINR、SSS-CINR	本試験での測定データ
サブキャリア間隔 (SCS)	30kHz	本試験での設定
最大チャンネル数	12	
ダイナミックレンジ (CINR)	PSS/SSS : -10~33dB	
アンテナ利得	Max:3dBi Typical:0dBi	ケーブル損失含む

RSRP 測定に使用したエリアテストを次図に示す。



図 3.3.28 RSRP 測定に使用したエリアテスト

スループットの測定系を次図に示す。

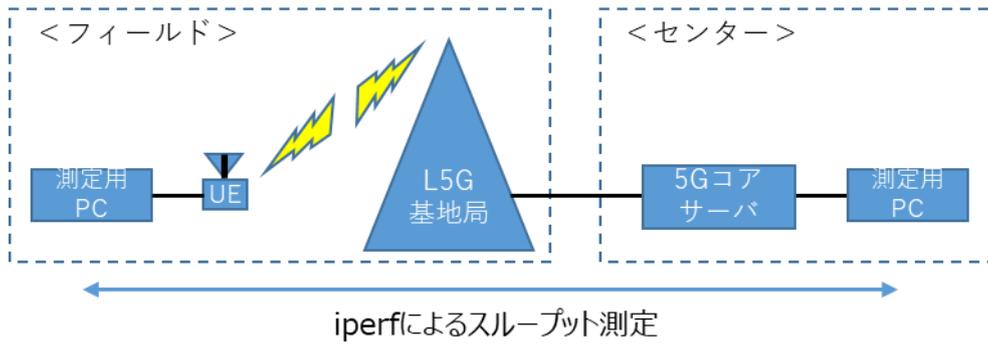


図 3.3.29 スループット測定系

UE 下位側及び 5G コアサーバの上位側にそれぞれ測定用 PC を接続し、iperf により UL のスループットを測定した。

スループット測定に使用した UE 及び測定用 PC を次図に示す。



図 3.3.30 スループット測定に使用した UE 及び測定用 PC

フィールドでの測定風景を次図に示す。



図 3.3.31 フィールド測定 実施風景

基地局 1 及び基地局 2 の測定地点を次図に、各測定地点の基地局からの水平距離を次表に示す。



図 3.3.32 測定地点（基地局 1）

表 3.3.13 各測定地点の基地局 1 からの水平距離

測定地点	基地局 1 からの水平距離(m)
(1)	160
(2)	132
(3)	162
(4)	126
(5)	112
(6)	164
(7)	194
(8)	200
(9)	262
(10)	240



図 3.3.33 測定地点（基地局 2）

表 3.3.14 各測定地点の基地局 2 からの水平距離

測定地点	基地局 2 からの水平距離(m)
[1]	181
[2]	178
[3]	164
[4]	112
[5]	136
[6]	123
[7]	134
[8]	168
[9]	140
[10]	154

各基地局 10 地点（2 基地局のため計 20）の測定を行った。

3.3.2.5 実証結果及び考察

(1) 評価・検証結果

基地局1のRSRP測定結果を次表に示す。

表 3.3.15 基地局1 RSRP

測定地点	RSRP(dBm)		差(dB) (実測値-理論値)
	理論値※1	実測値※2	
(1)	-111.4	-112.2	-0.8
(2)	-114.3	-115.5	-1.1
(3)	-117.0	-114.6	2.4
(4)	-113.1	-113.2	-0.1
(5)	-100.0	-111.6	-11.6
(6)	-107.9	-110.5	-2.6
(7)	-114.1	-114.0	0.1
(8)	-108.8	-111.5	-2.6
(9)	-114.2	-114.2	0.1
(10)	-113.4	-111.5	1.9

※1 電波法関係審査基準の拡張秦モデル（郊外）にて算出した値(人体吸収損を除く)

※2 各測定地点で実測した全データの平均値

※3 赤色セルは、実測値と理論値の差が±4dBを超えた測定地点を示す

9地点においては拡張秦式（郊外）で計算した理論値と±4dB以内の差であり、概ね一致した。

1地点においては拡張秦式（郊外）で計算した理論値から-4dB超低い値となっているが、これは、基地局と端末の間に遮蔽物として建物等があったためと考えられる。測定地点(5)の風景を次図に示す。



図 3.3.34 測定地点(5) (建物等が遮蔽)

基地局 2 の RSRP 測定結果を次表に示す。

表 3.3.16 基地局 2 RSRP

測定地点	RSRP(dBm)		差(dB) (実測値-理論値)
	理論値※1	実測値※2	
[1]	-114.4	-111.3	3.1
[2]	-114.1	-115.9	-1.8
[3]	-111.8	-113.0	-1.2
[4]	-101.2	-110.7	-9.5
[5]	-103.1	-112.8	-9.7
[6]	-101.5	-113.8	-12.3
[7]	-104.0	-110.0	-6.0
[8]	-115.6	-115.9	-0.4
[9]	-115.2	-116.3	-1.1
[10]	-114.2	-112.3	2.0

※1 電波法関係審査基準の拡張秦モデル (郊外) にて算出した値(人体吸収損を除く)

※2 各測定地点で実測した全データの平均値

※3 赤色セルは、実測値と理論値の差が±4dBを超えた測定地点を示す

6 地点においては拡張秦式 (郊外) で計算した理論値と±4dB 以内の差であり、概ね一致した。

4 地点においては拡張秦式 (郊外) で計算した理論値から-4dB 超低い値となっているが、これは、基地局と端末の間に遮蔽物として建物等があったためと考えられる。一例として測

定地点[4]、[6]の風景を次図に示す。



図 3.3.35 測定地点[4] (建物等が遮蔽)



図 3.3.36 測定地点[6] (樹木等が遮蔽)

基地局 1 のスループット測定結果を次表に示す。

表 3.3.17 RSRP 及びスループット測定結果 (基地局 1)

測定地点	RSRP(dBm) ※1	100MHz幅 換算値(dBm)	現カバーエリア 値※2との差 (dB)	スループット(Mbps) ※1
				UL
(1)	-112.2	-77.0	7.6	20.2
(2)	-115.5	-80.3	4.3	10.3
(3)	-114.6	-79.4	5.2	12.3
(4)	-113.2	-78.1	6.5	12.7
(5)	-111.6	-76.5	8.1	27.7
(6)	-110.5	-75.3	9.3	38.8
(7)	-114.0	-78.9	5.7	12.7
(8)	-111.5	-76.3	8.3	25.7
(9)	-114.2	-79.0	5.6	17.0
(10)	-111.5	-76.3	8.3	30.0

※1 各測定地点で実測した全データの平均値

※2 電波法関係審査基準のカバーエリア値：-84.6dBm

上りスループットが 20Mbps 以上となる RSRP 値は-112.2dBm 以上で、現在の電波法関係審査基準のカバーエリアの値 (-84.6dBm) に対して 7.6dB 以上大きい値となるという結果であった。

基地局 2 の RSRP 及びスループット測定結果を次表に示す。

表 3.3.18 RSRP 及びスループット測定結果 (基地局 2)

測定地点	RSRP(dBm) ※1	100MHz幅 換算値(dBm)	現カバーエリア 値※2との差 (dB)	スループット(Mbps) ※1
				UL
[1]	-111.3	-76.1	8.5	35.3
[2]	-115.9	-80.7	3.9	16.2
[3]	-113.0	-77.9	6.7	16.4
[4]	-110.7	-75.6	9.0	44.1
[5]	-112.8	-77.6	7.0	27.3
[6]	-113.8	-78.6	6.0	18.0
[7]	-110.0	-74.8	9.8	38.9
[8]	-115.9	-80.8	3.8	9.6
[9]	-116.3	-81.1	3.5	14.7
[10]	-112.3	-77.1	7.5	28.5

※1 各測定地点で実測した全データの平均値

※2 電波法関係審査基準のカバーエリア値：-84.6dBm

上りスループットが 20Mbps 以上となる RSRP 値は-112.8dBm 以上で、現在の電波法関係審査基準のカバーエリアの値 (-84.6dBm) に対して 7.0dB 以上大きい値となるという結果であった。

(2) 考察・まとめ

本検証は、端末を人が携帯しての測定ではなかったため、電波法関係審査基準の計算で入れられている人体吸収損を除きエリアシミュレーションを実施した。拡張秦式 (郊外) の計算式にて、カバーエリア及び調整対象区域の受信電力を電波法関係審査基準の値とした場合の基地局 1 及び基地局 2 のエリアシミュレーションを次図に示す。

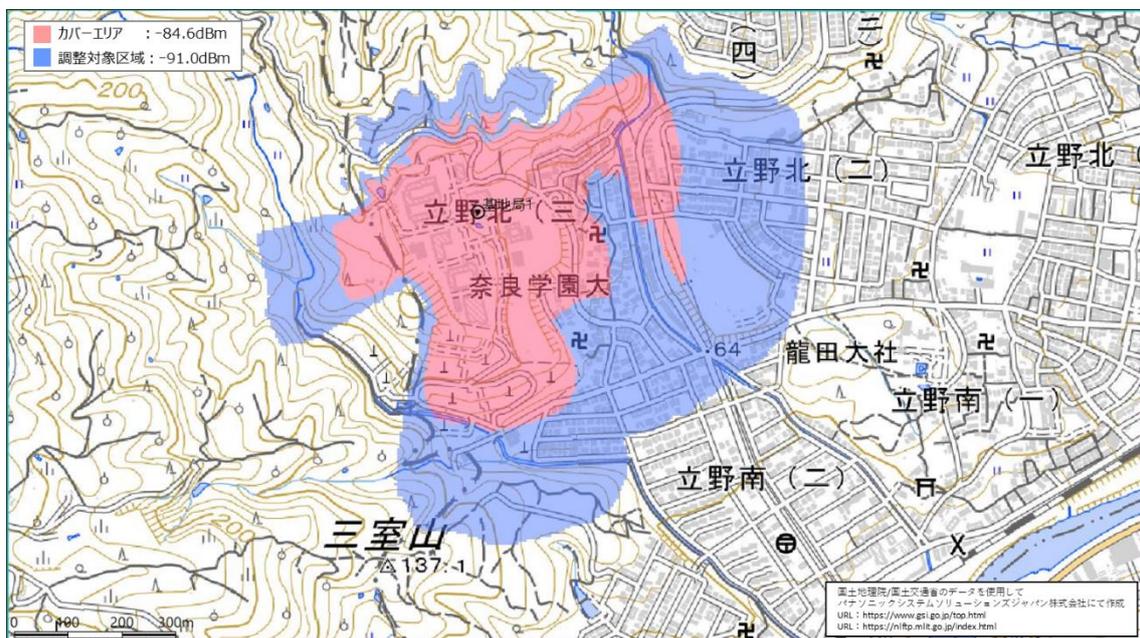


図 3.3.37 電波法関係審査基準値でのエリアシミュレーション (人体吸収損除く) 基地局 1

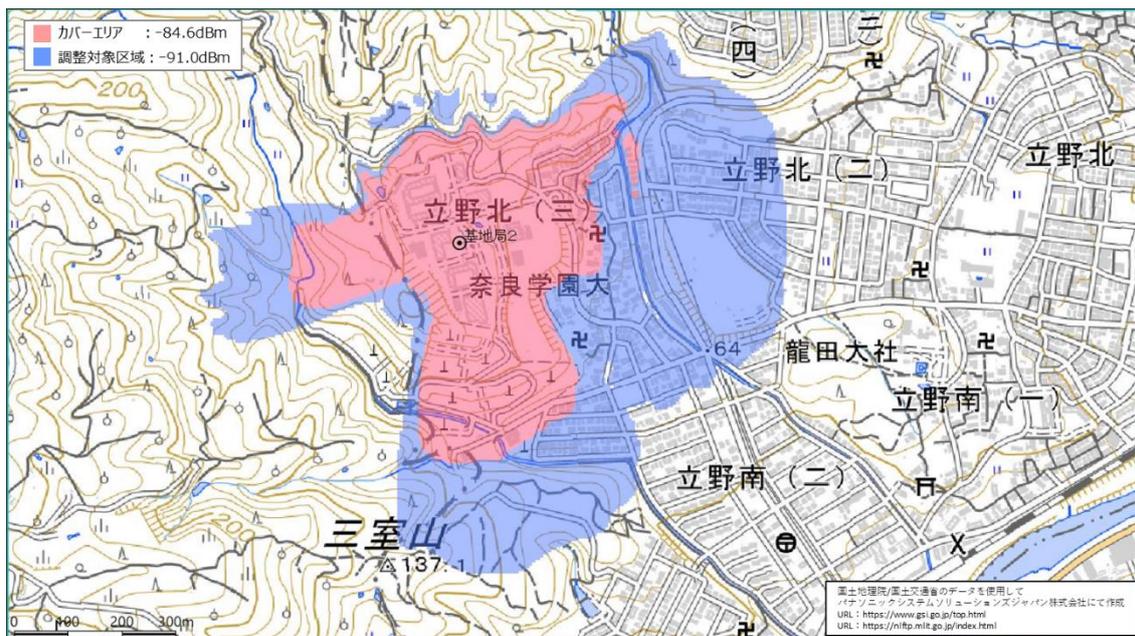


図 3.3.38 電波法関係審査基準値でのエリアシミュレーション（人体吸収損除く）基地局 2

本エリアシミュレーションに対し、フィールドでの測定値にて補正した基地局 1 及び基地局 2 のカバーエリア及び調整対象のエリアシミュレーションを次図に示す。

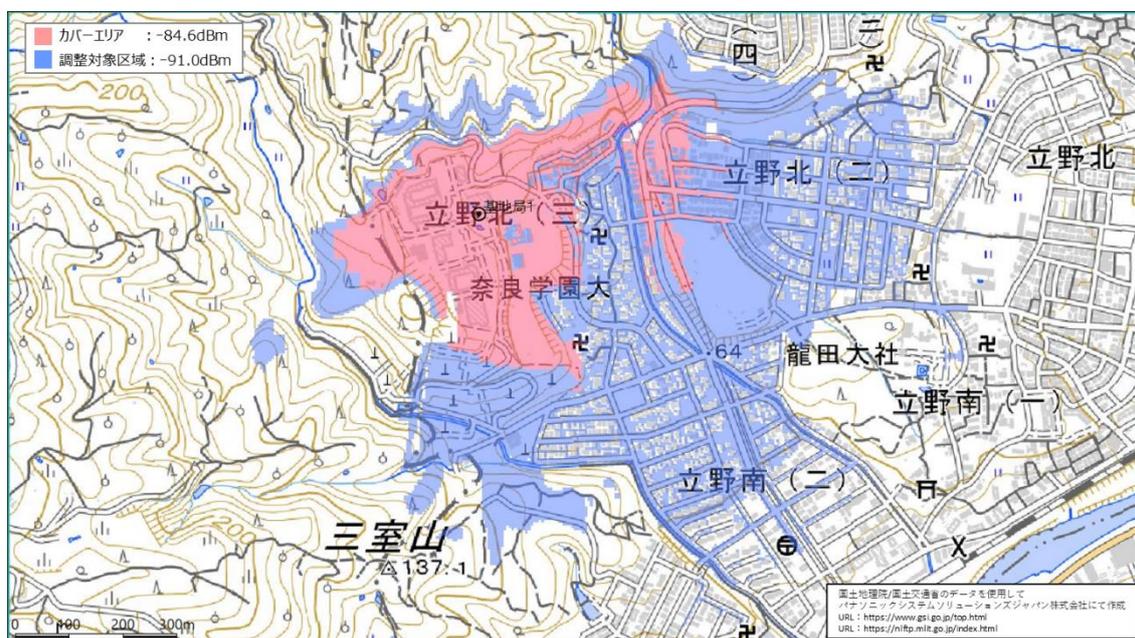


図 3.3.39 測定値にて補正したエリアシミュレーション（カバーエリア：-84.6dBm）基地局 1

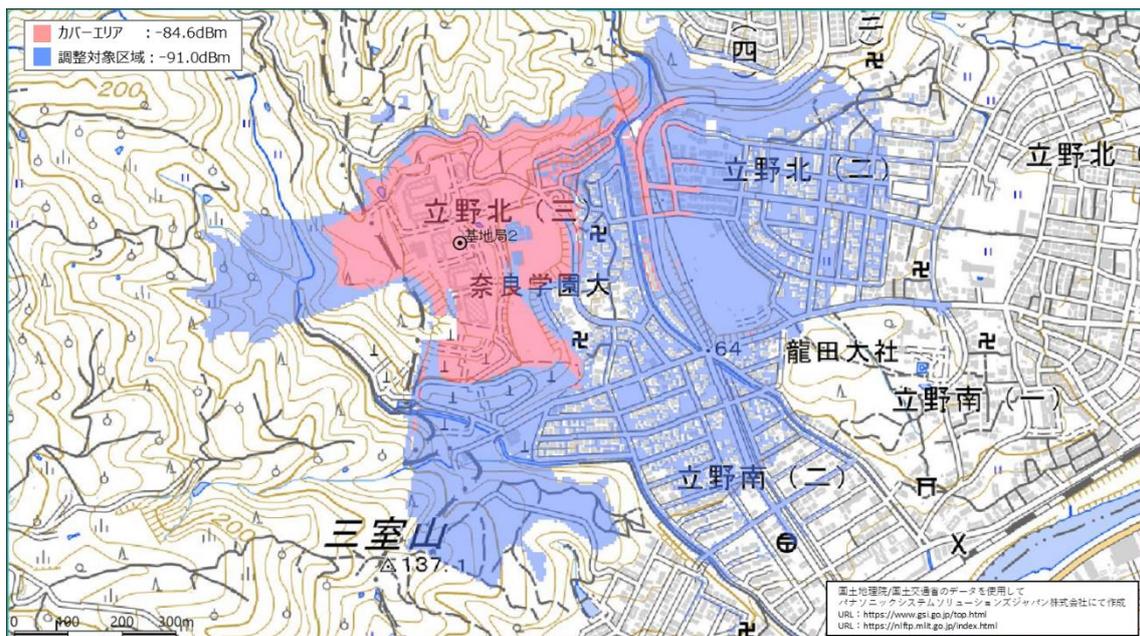


図 3.3.40 測定値にて補正したエリアシミュレーション (カバ-エリア: -84.6dBm) 基地局 2

電波法関係審査基準の拡張秦式 (郊外) で実施したエリアシミュレーションと測定値にて補正したエリアシミュレーションでは、若干のエリアの違いはあるものの、概ね近似する結果となった。よって、本実証フィールドでは、拡張秦式の郊外の補正値の $S=12.3\text{dB}$ を適用することが妥当であると考えられる。

次に拡張秦式 (郊外) の計算式にて、今回の実証で得られた結果からカバーエリア及び調整対象区域の受信電力を電波法関係審査基準の値+7dB とした場合の基地局 1 及び基地局 2 のエリアシミュレーションを次図に示す。

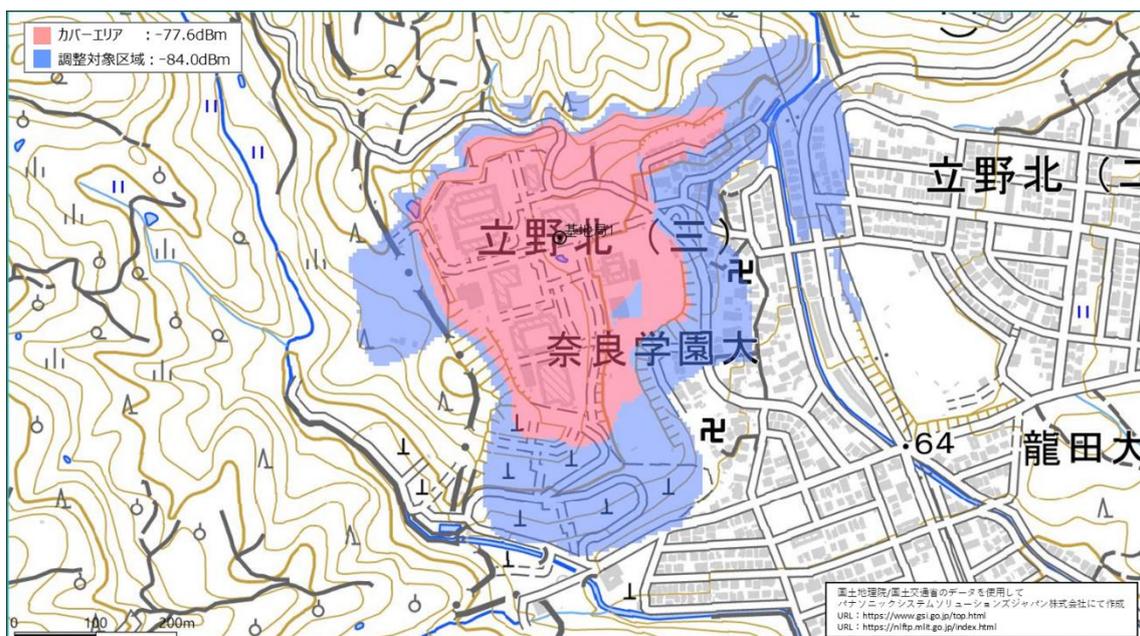


図 3.3.41 電波法関係審査基準値+7dB でのエリアシミュレーション (人体吸収損除く) 基地局 1

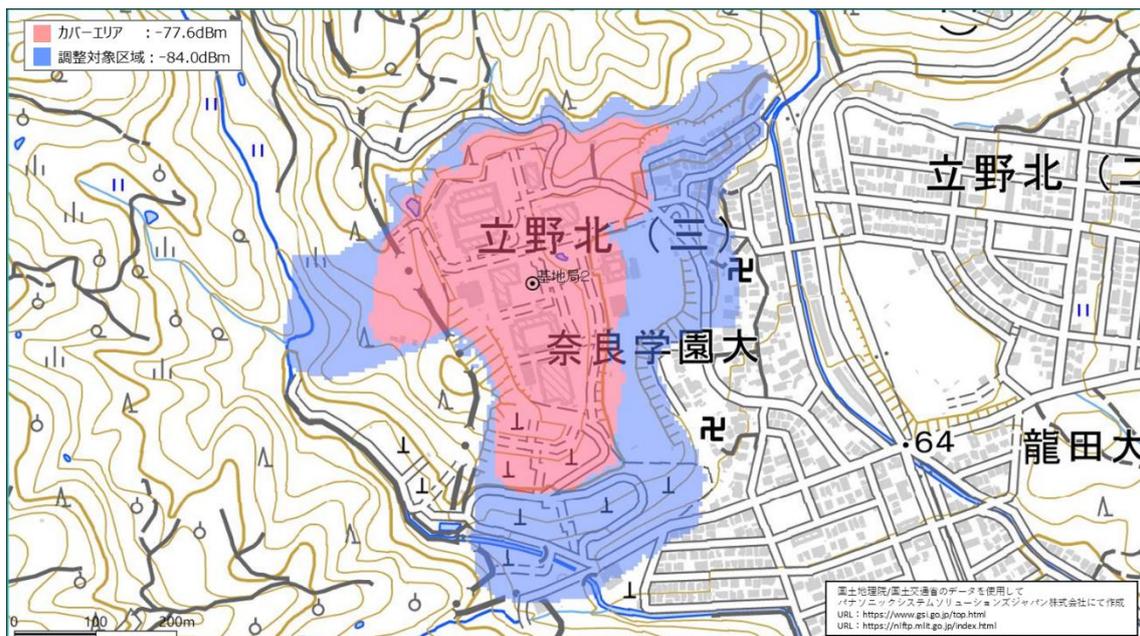


図 3.3.42 電波法関係審査基準値+7dB でのエリアシミュレーション (人体吸収損除く) 基地局 2

電波法関係審査基準の値より+7dB したため、カバーエリア及び調整対象区域とも狭くなる。

本エリアシミュレーションに対し、フィールドでの測定値にて補正した基地局 1 及び基地局 2 のカバーエリア及び調整対象のエリアシミュレーションを次図に示す。

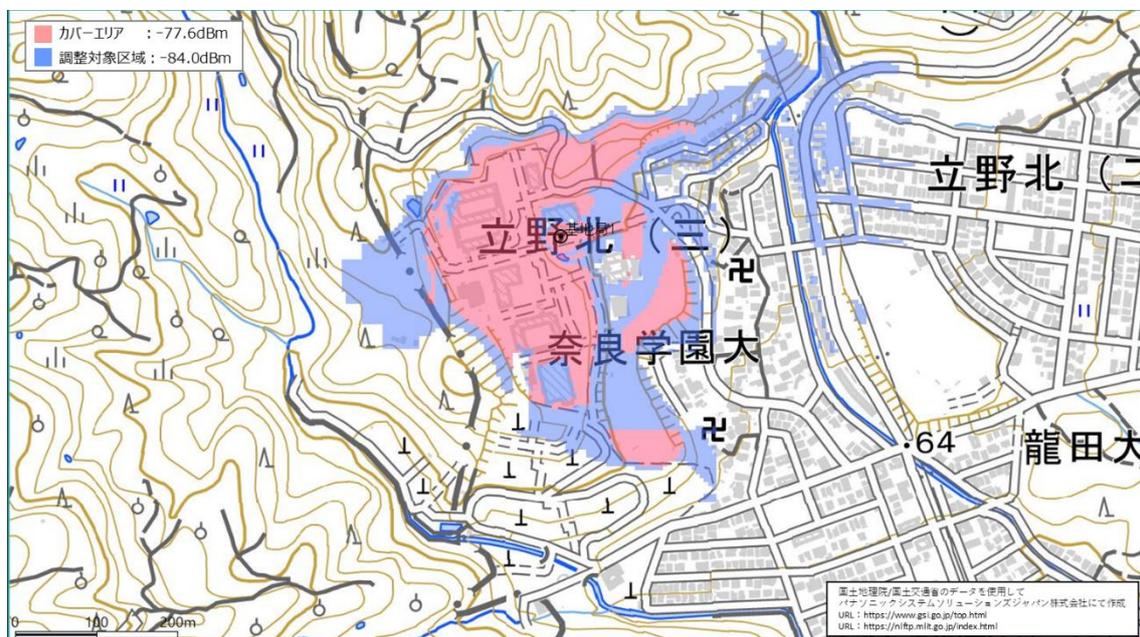


図 3.3.43 測定値にて補正したエリアシミュレーション (カバーエリア：-77.6dBm) 基地局 1

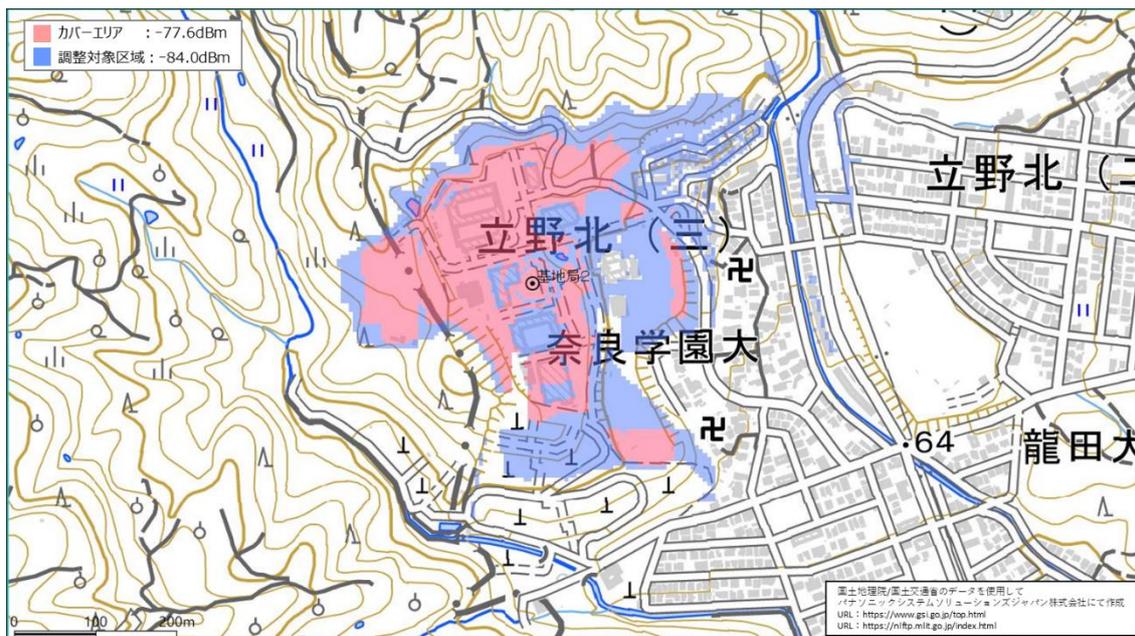


図 3.3.44 測定値にて補正したエリアシミュレーション (カバーエリア: -77.6dBm) 基地局 2

電波法関係審査基準の拡張秦式 (郊外) で実施したエリアシミュレーションと測定値にて補正したエリアシミュレーションでは、若干のエリアの違いはあるものの、概ね近似する結果となった。よって、本実証フィールドでは、拡張秦式の郊外の補正值の $S=12.3\text{dB}$ を適用することが妥当であると考えられる。

拡張秦式 (郊外) の伝搬損失算出式にて求められる RSRP の理論値と本項の実測にて求められた値との比較を次図に示す。

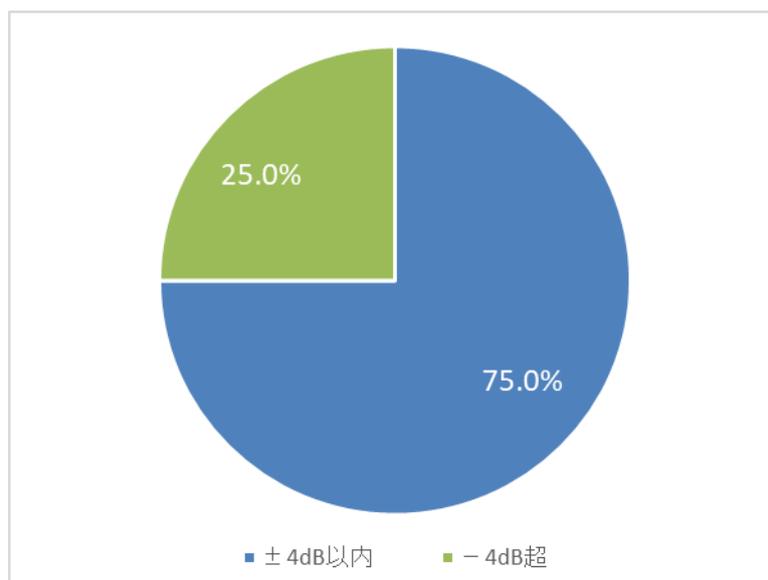


図 3.3.45 RSRP の理論値と実測値との比較 (精緻化)

拡張秦式 (郊外) の伝搬損失算出式にて求められる理論値 (人体吸収損を除く) と実測値

を比較した場合、75.0%が±4dB 以内の差であった。理論値と比較し-4dB 超となる地点は基地局と移動局の間に大きな遮蔽物があったことを考慮した場合、今回のフィールドでの受信電力は拡張秦式（郊外）での理論値と概ね相関が取れることが確認された。

拡張秦式（郊外）の伝搬損失算出式にて求められる RSRP の理論値と前項（3.3.1 ローカル 5G の電波伝搬特性等の測定）及び本項の実測にて求められた値を合わせた比較を次図に示す。

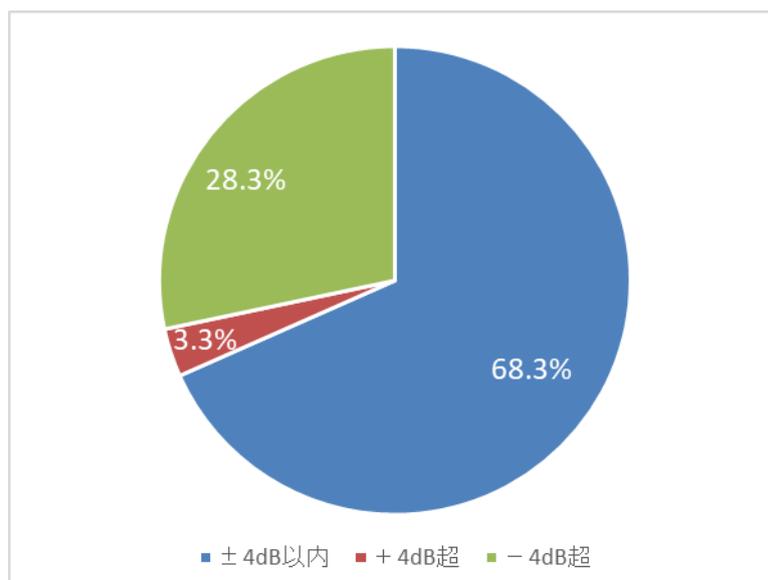


図 3.3.46 RSRP の理論値と実測値との比較（電波伝搬等の測定+精緻化）

拡張秦式（郊外）の伝搬損失算出式にて求められる理論値（人体吸収損を除く）と実測値を比較した場合、68.3%が±4dB 以内の差であった。本結果からも本実証フィールドでは、拡張秦式の郊外の補正值の $S=12.3\text{dB}$ を適用することが妥当であると考えられる。

本実証フィールドは大学のキャンパス内でグラウンド、駐車場及び比較的幅の広い道路等があり建物間も比較的離れていたため、都市部（建物等が密集している地域）の環境ではなく、郊外地（樹木、家屋等の散在する田園地帯、郊外の街道筋など陸上移動局近傍に障害物はあるが密集していない地域）の環境に近かったことから、拡張秦式の郊外の補正值と比較検証を行ったが想定通りの結果となった。

これらのことから、大学のキャンパス等、広大な土地に建物間が離れて位置するようなフィールドでは拡張秦式の郊外の補正值の $S=12.3\text{dB}$ を適用することが望ましいと考えられる。

またローカル 5G では UL を重視した利用シーンがメインと考えられるため、UL のスループットは準同期 TDD パターン（DDDSUUDSUU）で 20Mbps 以上という基準にした場合、現在の電波法関係審査基準でのカバーエリア及び調整対象区域の値に対して+7dB するのが妥当という結果となった。本実証で得られた値を次表に示す。

表 3.3.19 電波法関係審査基準と本実証にて得られた受信電力 (100MHz システム)

	カバーエリア	調整対象区域(許容干渉レベル)
電波法関係審査基準	-84.6dBm	-91.0dBm
本実証で得られた値	-77.6dBm	-84.0dBm

ULのスループットが20Mbps以上という基準にて考慮した場合は、カバーエリア：-77.6dBm、調整対象区域：-84.0dBmとなる。

但し、今回の実証では端末は人が携帯しての測定ではないため、人体吸収損損失は除いて検討を進めたが、電波法関係審査基準では人体吸収損損失：-8dBを入れた値にてエリアの算出をする規定となっている。今回実証にて得られた+7dBと人体吸収損損失：-8dBを踏まえた場合は、相殺されて電波法関係審査基準で算出されるエリアとほぼ同一エリアとなるため、ULのスループットが20Mbps以上という基準に照らした場合も現在の電波法関係審査基準の計算式のままとするのが妥当と考えられる。

なお今回実証したユースケースでは、端末を車両にとりつけての運用となるため、人体吸収損を考慮する必要がなく、結果電波法関係審査基準で算出されるエリアとほぼ同一エリアとなることが確認されたが、人が端末を携帯して且つ一定のULスループット(20Mbps以上等)が必要となるユースケースでの運用可能エリアは、電波法関係審査基準で算出されるエリアより7dB程度狭くなると今回の結果から考えられる。よってこのようなユースケースでは、運用可能エリアを電波法関係審査基準で算出されるエリアより7dB程度狭くなることを考慮し、エリア設計をすることが望ましいと考えられる。

3.3.3 電波反射板によるエリア構築の柔軟化

このテーマには取り組まない。

3.3.4 準同期 TDD の追加パターンの開発

3.3.4.1 実証の目的・目標

(1) 背景となる技術的課題と実証目的

ローカル 5G では、本実証と同様移動体の画像伝送を行う利用シーンが考えられる。本実証では、1 台の車両でのカメラ送信を考慮し、準同期 TDD パターン 1 にて課題実証エリアの端で UL20Mbps を目標とした実証を実施したが、将来的に複数の移動体が同時運用される場合も考えられる。このような場合は、カメラの画質等を下げて運用する方法も考えられるが、画像解析等のためにはある程度の画質確保が必要なため、下げられる画質には限界がある。よって UL のスループットを上げるために準同期 TDD パターン 1 より UL スロットを増やす必要がある運用も考慮し、準同期 TDD パターン 1 より UL スロットを増やした準同期 TDD パターンの追加について検討を実施した。

(2) 実証目標

追加の検討をする準同期 TDD パターンは以下の図の通り、準同期 TDD パターン 2 及び 3 とした。

スロット番号	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
同期TDD	D	D	D	S	U	U	D	D	D	D	D	D	D	S	U	U	D	D	D	D
準同期TDD 1	D	D	D	S	U	U	D	S	U	U	D	D	D	S	U	U	D	S	U	U
準同期TDD 2	D	D	S	U	U	U	D	S	U	U	D	D	S	U	U	U	D	S	U	U
準同期TDD 3	D	S	U	U	U	U	D	S	U	U	D	S	U	U	U	U	D	S	U	U

既存

本TDDパターン追加を検討

※D:下りスロット、U:上りスロット、S: DからUへの切替期間を含む特別スロット

図 3.3.47 追加の検討をする準同期 TDD パターン

3.3.4.2 実証仮説

ローカル 5G 間において同期 TDD パターンを被干渉、準同期 TDD パターン 3 を与干渉の場合、同期 TDD パターンの DL のスロット（スペシャルスロットのスロット番号 3 及び 13 には DL が最大 6 シンボルあるため、スロット番号 3 及び 13 も DL スロットに含む）の半分が、準同期 TDD パターン 3 の UL スロットからの干渉を受けることになる。この干渉形態である [移動局送信（与干渉）⇒移動局受信（被干渉）] に関して非同期に近い状態と仮定した場合、情報通信審議会情報通信技術分科会新世代モバイル通信システム委員会報告（総務省：令和 2 年 7 月）では、非同期での [移動局（与干渉）⇒移動局（被干渉）] の干渉について検討されており、今回実証を行う [屋外（移動局）⇒屋外（移動局）] のケースでは以下の検討結果となっている。

表 3.3.20 委員会報告 非同期での[屋外(移動局)⇒屋外(移動局)]の検討結果

【隣接周波数を使用する5G間】
最悪値条件で20dB 以上の所要改善量が残るため、モンテカルロ・シミュレーションによる確率的評価を実施した結果、GB 無しで所要改善量がマイナスとなることから、GB に関わらず共用可能な範囲と考えられる。
【同一周波数を使用する5G間】
見通し外（NLOS）条件で10m 程度の離隔で共用可能と考えられる。サービスエリア間で見通し（LOS）条件とならないよう、サイトエンジニアリングの工夫を要する。

本検討結果より、隣接周波数を使用する 5G との共用においては、非同期運用においても情報通信審議会での共用可能との検討結果がでてきていることから、ローカル 5G 間で同一周波数を使用するケースにおいて検討が必要となるが、情報通信審議会での共用可能な条件の見通し外（NLOS）とすることに関しては、実運用において移動する端末間を全て見通し外（NLOS）の条件とすることは難しいと考えられるため、電波法関係審査基準に照らして検討する必要があると考えた。

電波法関係審査基準のカバーエリア及び調整対象区域と希望波及び干渉波を次図に示す。

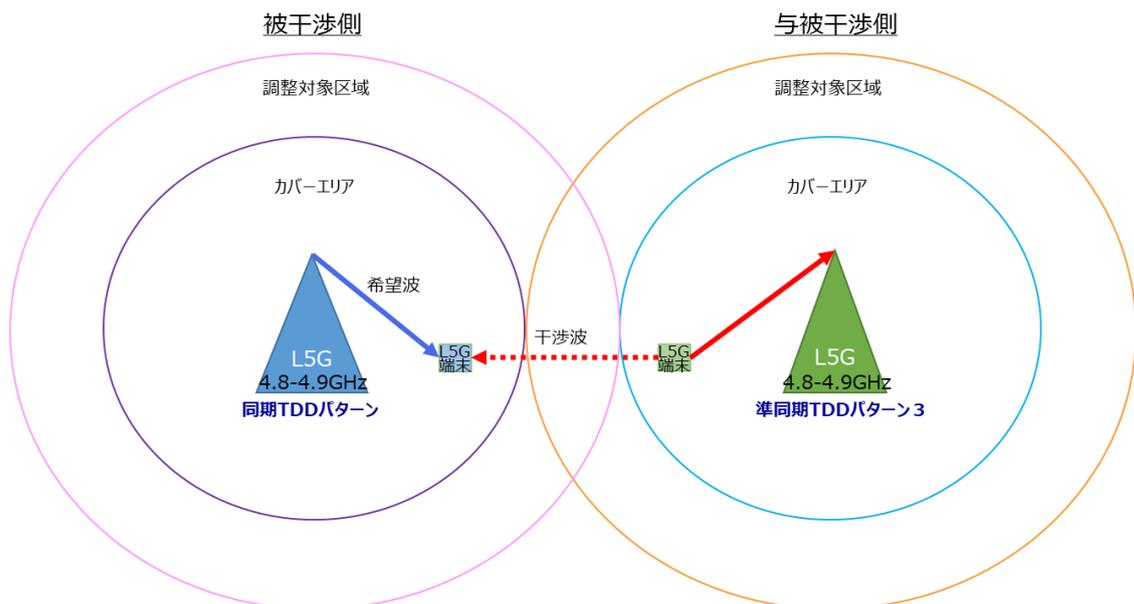


図 3.3.48 カバーエリア及び調整対象区域と希望波及び干渉波

電波法関係審査基準では、それぞれの免許人所属のローカル 5G のカバーエリアに対して調整対象区域が重複しないことが必要となっている。カバーエリアの受信電力を希望波 (C)、調整対象区域の受信電力を干渉波 (I)とした場合、希望波 (C)に対して干渉波 (I)は 6.4dB 低い値 (CIR:6.4dB) となっているため、同期 TDD パターンに対して CIR で 6.4dB 以下の値の干渉波が端末に入った場合にスループットに影響が無いかの確認を行った。CIR が 6.4dB 以下の値にてスループットに影響が無い場合は、準同期パターンを追加した場合も、現在の電波法関係審査基準の調整対象区域の受信電力の値にて問題ないと考えら

れる。なお干渉波(I)を 6.4dB より低い値にしないとスループットに影響があるという結果が得られた場合には、追加された準同期パターンを使用する場合における調整対象区域の受信電力の値について検討を実施することとした。

また、同一周波数を利用するローカル 5G の移動局間干渉について、情報通信審議会情報通信技術分科会新世代モバイル通信システム委員会報告（総務省：平成 30 年 7 月及び令和 2 年 7 月）におけるモンテカルロシミュレーションの手法及びパラメータを参考にしつつ、電波法関係審査基準におけるローカル 5G のカバーエリア及び調整対象区域を踏まえたプロテクション距離や対象半径、及び準同期 TDD パターン 2 及び 3 の同期 TDD パターンに対する干渉スロットの比率等も踏まえた同時送信台数等のパラメータを設定し、モンテカルロシミュレーションを実施した。なおモンテカルロシミュレーションは上記報告書と同様に ECO（European Communication Office）で開発されているモンテカルロ手法に基づく干渉確率計算プログラムである SEAMCAT（Spectrum Engineering Advanced Monte Carlo Analysis Tool）を用いることとした。モンテカルロシミュレーションにおいては、上記報告書と同様に干渉確率 3%を基準とし、干渉確率 3%を満たすための所要改善量（dB）を算出した。

これら実機での干渉測定結果及びモンテカルロシミュレーションで得られた所要改善量を踏まえ検討を実施した。

3.3.4.3 評価・検証項目

本実証で評価・検証する項目は以下の通り。

(1) 実機での干渉測定

- ・同期 TDD パターンの DL 送信（希望波（C））に対して干渉波（I）を送信し、DL スループットに影響を与えない CIR の測定

(2) SEAMCAT を用いたモンテカルロシミュレーション

- ・干渉確率 3%を満たすための所要改善量

また評価・検証する組合せを以下の表に示す。

表 3.3.21 評価・検証する組合せ

組合せ	被干渉	与干渉
1	同期TDDパターン DL (4.8-4.9GHz)	準同期TDDパターン2 UL (4.8-4.9GHz)
2	同期TDDパターン DL (4.8-4.9GHz)	準同期TDDパターン3 UL (4.8-4.9GHz)

3.3.4.4 評価・検証方法

(1) 実機での干渉測定

実機での干渉評価のために、測定器としてベクトル信号発生器（以下「SG」という）及びスペクトラムアナライザ（以下「スペアナ」という）を用意し、各装置とは有線にて接続し、干渉測定を実施した。測定系を次図に示す。

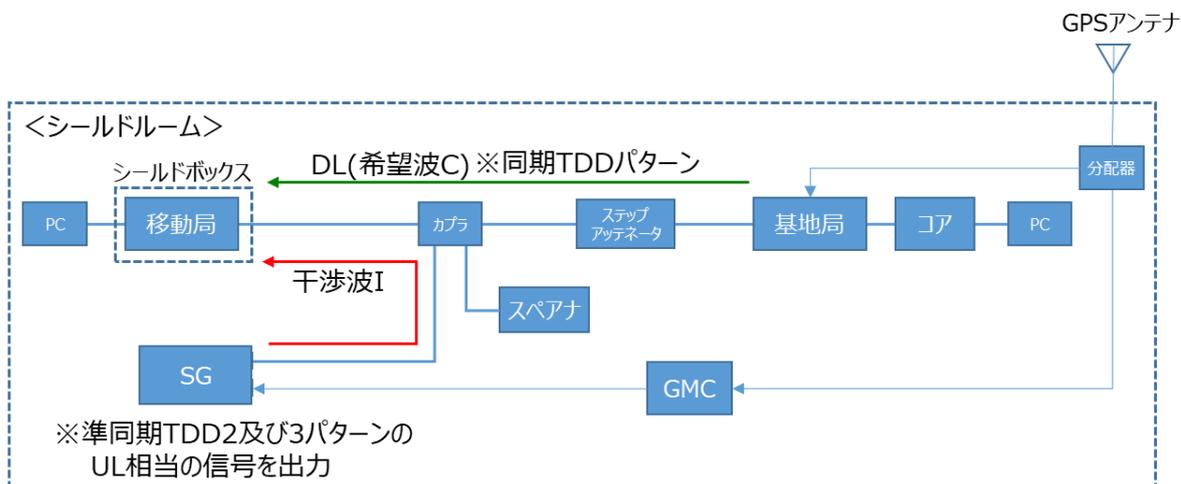


図 3.3.49 CIR 測定系

GPS アンテナを除き全ての装置は、シールドルーム内に設置し、外部の電波からの影響が無い環境にて設置した。加えて移動局は、基地局本体からの輻射波の影響が無いようにシールドボックス内に設置した。なお移動局は今回用意した3台の受信感度性能に差が無いの確認の上、3台の内1台を使用した。またSGと基地局はGPS信号を基準に同期をとった。

基地局から移動局のDL（希望波C）は、ステップアッテネータにより移動局の受信電力が以下の4つの値となるように設定した。

表 3.3.22 移動局のDL（希望波C）受信電力値

希望波(C)	RSRP (dBm)	全受信電力 (dBm)
1	-120	-85
2	-115	-80
3	-110	-75
4	-105	-70

干渉波IはSGから出力し、SGの設定により干渉波Iの電力を変更した。また、希望波Cの電力と干渉波Iの電力はスペアナにより測定し、CIRを算出した。使用したSG及びスペアナを次図に示す。



図 3.3.50 SG (Keysight Technologies 社製 : N5182B)

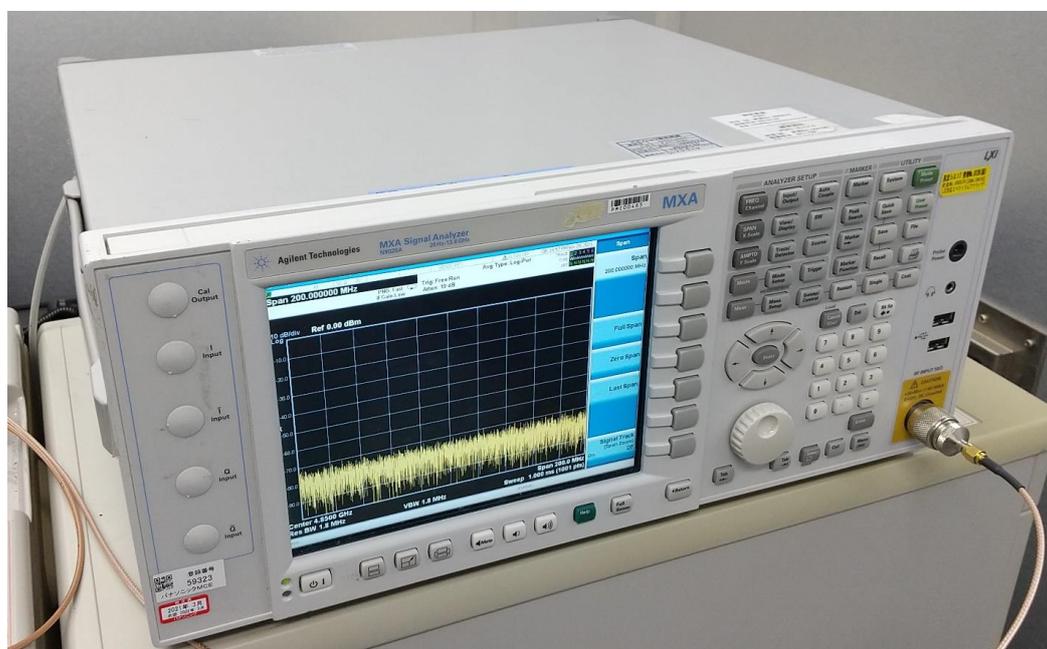


図 3.3.51 スペアナ (Agilent Technologies 社製 : N9020A)

スループットはコアに接続した PC と移動局に接続した PC 間で iperf にて以下の測定を実施した。

- 測定① 干渉波無しで 4 つの各 RSRP 値にて同期パターンでの基地局と移動局間の DL スループットを測定しこれを基準値とする。
- 測定② 干渉波として準同期 TDD パターン 2 と同じ UL スロットにて SG から 100MHz 幅の AWGN 相当の信号を 1dB ステップで出力を変えて送信し、4 つの各 RSRP 値にて同期パターンでの基地局と移動局間の DL スループットを測定。
- 測定③ 干渉波として準同期 TDD パターン 3 と同じ UL スロットにて SG から 100MHz 幅の AWGN 相当の信号を 1dB ステップで出力を変えて送信し、4 つ

の各 RSRP 値にて同期パターンでの基地局と移動局間の DL スループットを測定。

測定①の DL スループット（基準値）に対し、測定②及び測定③の各 CIR 値におけるスループットの率を算出した。

準同期 TDD パターン 2 及び 3 と同じ UL スロットにて SG から出力した AWGN 相当の信号を次図に示す。



図 3.3.52 準同期 TDD2 相当 UL 干渉波(AWGN)

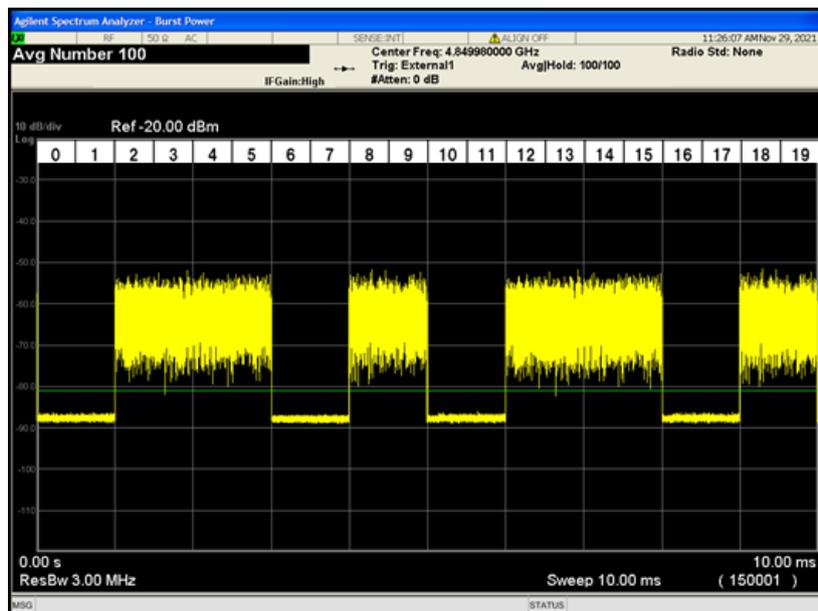


図 3.3.53 準同期 TDD3 相当 UL 干渉波(AWGN)

また情報通信審議会情報通信技術分科会新世代モバイル通信システム委員会報告（令和

2年7月)において移動局の受信感度は以下の通り規定されている。

表 3.3.23 移動局の受信感度

周波数帯域	システム毎の基準感度 (dBm)				
	40 MHz システム	50 MHz システム	60 MHz システム	80 MHz システム	100 MHz システム
4.7GHz帯 (4.6GHz-4.9GHz)	-88.6	-87.6	-86.9	-85.6	-84.6

本検証は100MHzシステムのため、受信感度は、-84.6dBmとなり、この値は電波法関係審査基準においても同じ値が規定されている。本受信感度は、3GPPの規定を基準としており、この時のMCSは以下の表のMCS index table 1(64QAM)のMCS4での基準となっている。

表 3.3.24 MCS index table 1 for PDSCH

MCS Index I_{MCS}	Modulation Order Q_m	Target code Rate $R \times [1024]$	Spectral efficiency
0	2	120	0.2344
1	2	157	0.3066
2	2	193	0.3770
3	2	251	0.4902
4	2	308	0.6016
5	2	379	0.7402
6	2	449	0.8770
7	2	526	1.0273
8	2	602	1.1758
9	2	679	1.3262
10	4	340	1.3281
11	4	378	1.4766
12	4	434	1.6953
13	4	490	1.9141
14	4	553	2.1602
15	4	616	2.4063
16	4	658	2.5703
17	6	438	2.5664
18	6	466	2.7305
19	6	517	3.0293
20	6	567	3.3223
21	6	616	3.6094
22	6	666	3.9023
23	6	719	4.2129
24	6	772	4.5234
25	6	822	4.8164
26	6	873	5.1152
27	6	910	5.3320
28	6	948	5.5547
29	2	reserved	
30	4	reserved	
31	6	reserved	

3GPP T Release 16 27 S 38.214 V16.6.0 (2021-06)より

よって、DLのMCSは64QAMテーブルのMCS4に固定して測定を実施した。また、よ

り厳しい条件として、MCS5、MCS6、MCS8 に固定した場合においても測定を実施した。

次図に測定を実施した風景を示す。

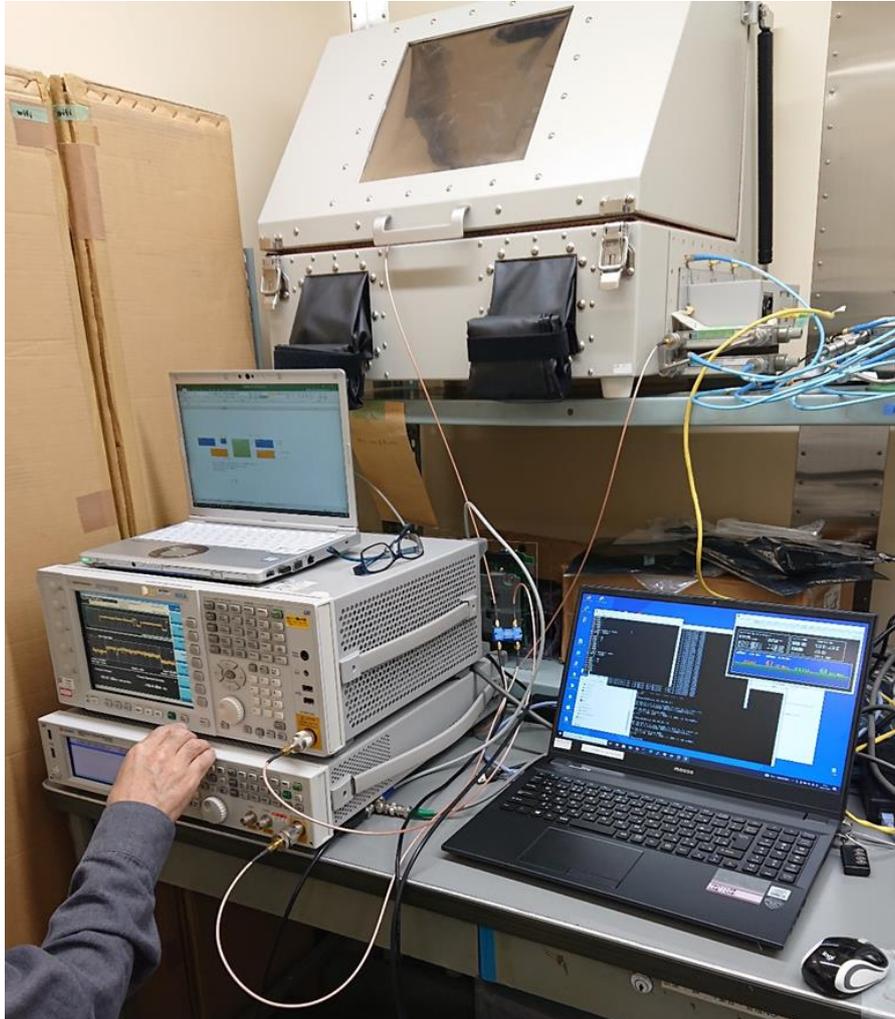


図 3.3.54 実機での干渉測定 実施風景

なお受信感度は、静特性下において最大値の 95%以上のスループットで受信するために必要な最小受信電力（基準感度）である。また、情報通信審議会情報通信技術分科会新世代モバイル通信システム委員会報告（令和 2 年 7 月）の移動局間のモンテカルロシミュレーションにおいて、干渉の許容基準として干渉確率 3%以下との基準がある。これらを考慮し、干渉波が無い状態のスループット（基準）に対して、92%以上のスループットとなる CIR 値を許容 CIR 値とした。

(2) SEAMCAT を用いたモンテカルロシミュレーション

同一周波数（4.8-4.9GHz）において同期 TDD パターンの DL が被干渉、準同期 TDD パターン 2 及び 3 の UL が与干渉でのモンテカルロシミュレーションを実施した。
被干渉局及び与干渉局は以下の諸元内容にて設定した。

表 3.3.25 同期 TDD パターンの DL（移動局受信）被干渉 諸元

項目	単位	値
周波数	GHz	4.8-4.9
空中線利得	dBi	0
人体吸収損失	dB	-8
地上高	m	1.5
許容干渉電力	dBm	-91
アンテナ指向特性	—	無指向

表 3.3.26 準同期 TDD パターン 2 及び 3 の UL（移動局送信）与干渉 諸元

項目	単位	値
周波数	GHz	4.8-4.9
空中線電力(最大)	dBm	23
空中線利得	dBi	0
人体吸収損失	dB	-8
地上高	m	1.5
アンテナ指向特性	—	無指向

また与干渉側の準同期 TDD パターン 2 及び 3 の UL（移動局送信）の送信電力分布は情報通信審議会情報通信技術分科会新世代モバイル通信システム委員会報告（総務省：平成 30 年 7 月及び令和 2 年 7 月）と同様に次図の通りとした。

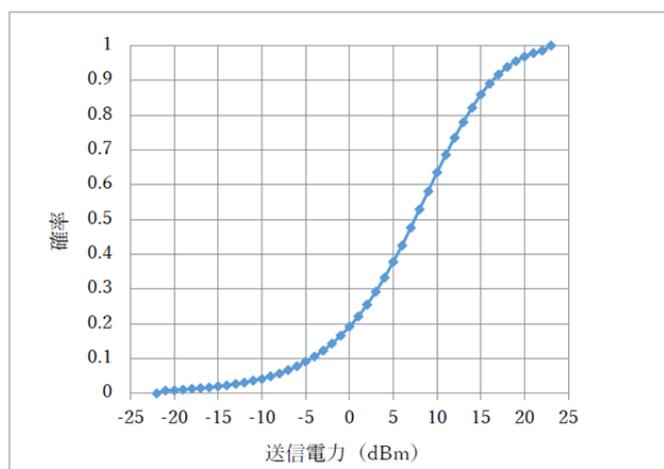


図 3.3.55 移動局の送信電力分布

モンテカルロシミュレーションにおける被干渉局、与干渉局のイメージ図を次図に示す。

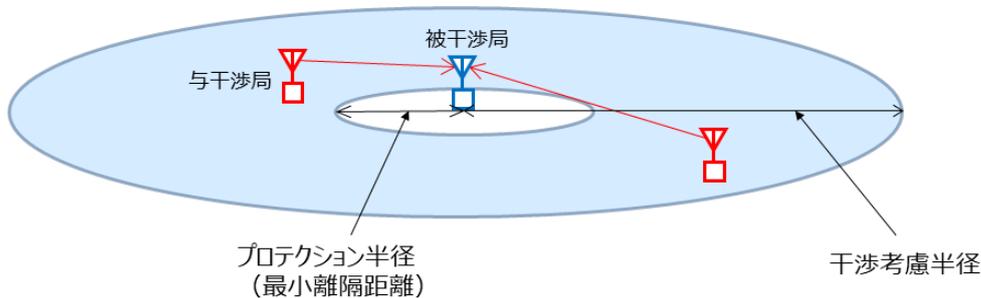


図 3.3.56 モンテカルロシミュレーションのイメージ図

設定したモンテカルロシミュレーションの条件を次表に示す。

表 3.3.27 モンテカルロシミュレーションの条件

項目	内容
計算ソフトウェア	SEAMCAT 5.0.1
試行回数	20,000回
伝搬モデル	自由空間
干渉考慮半径	今回の実証条件の計算で調整対象区域までの距離が約370mとなるため50m単位で切り上げて400mとする
プロテクション半径	今回の実証条件の計算で調整対象区域の距離が130mとなるため50m単位で切り上げて150mとする

また与干渉局同時送信台数については、情報通信審議会情報通信技術分科会新世代モバイル通信システム委員会報告（総務省：平成30年7月及び令和2年7月）において、携帯電話システムの移動局の同時送信台数は5MHz及び1km²当たり3台とされている。但しこれは、携帯キャリアを考慮した台数であるため、自己土地等利用エリアが限られるローカル5Gの移動局は携帯キャリアの移動局と比べ大幅に普及台数が少なくなるとが考えられることから、多めに考えた場合も携帯キャリアの移動局の台数に対して2割程度とするのが妥当と考えられる。また今回の同期TDDパターンに対して干渉するスロットの比率は、準同期TDDパターン2では24%、準同期TDDパターン3では34%であり、これら考慮した上記シミュレーションエリアの条件での同時送信台数を以下の通り算出した。

$$\begin{aligned} \text{準同期 TDD パターン 2} &: 3 \times 100/5 \times (0.4^2 \times \pi - 0.15^2 \times \pi) \times 0.2 \times 0.24 = 1.26 \text{ 台} \quad \approx 1 \text{ 台} \\ \text{準同期 TDD パターン 3} &: 3 \times 100/5 \times (0.4^2 \times \pi - 0.15^2 \times \pi) \times 0.2 \times 0.34 = 1.78 \text{ 台} \quad \approx 2 \text{ 台} \end{aligned}$$

SEAMCAT で出力されるシミュレーション結果の例を次図に示す。

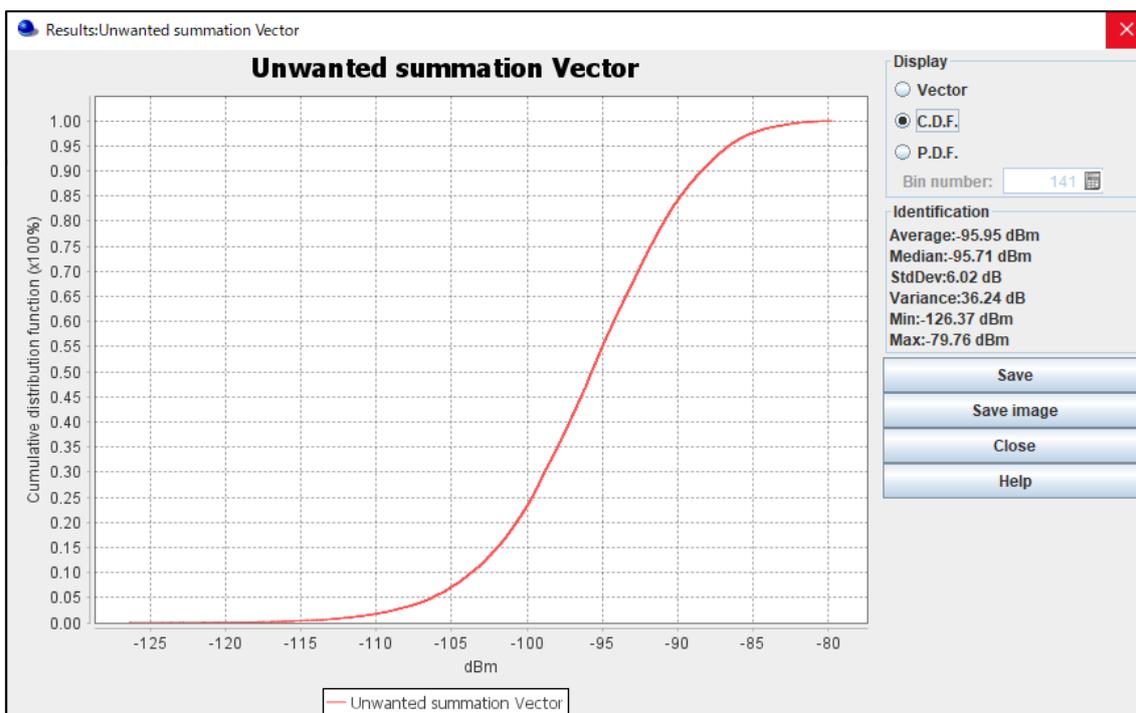


図 3.3.57 SEAMCAT で出力されるシミュレーション結果の例

シミュレーション結果から得られる 97%(干渉確率 3%)値と許容干渉電力との差分を「干渉確率 3%を満たすための所要改善量(dB)」として算出した。

3.3.4.5 実証結果及び考察

(1) 評価・検証結果

1) 実機での干渉測定

【与干渉：準同期 TDD2、被干渉：同期 TDD (MCS4)】

与干渉を準同期 TDD パターン 2 の UL 送信、被干渉を同期 TDD パターンの DL 受信 (MCS4) の時の結果を次表及び次図に示す。

表 3.3.28 与干渉：準同期 TDD2、被干渉：同期 TDD (MCS4) 検証結果

RSRP	-105		-110		-115		-120	
CIR	Tput(Mbps)	比率	Tput(Mbps)	比率	Tput(Mbps)	比率	Tput(Mbps)	比率
干渉波無	29.6	-	29.5	-	29.5	-	29.5	-
10	29.6	100.0%	29.5	99.7%	29.5	99.7%	29.6	100.0%
9	29.6	100.0%	29.5	99.7%	29.5	99.7%	29.6	100.0%
8	29.6	100.0%	29.6	100.0%	29.6	100.0%	29.5	99.7%
7	29.5	99.7%	29.5	99.7%	29.5	99.7%	29.6	100.0%
6	29.5	99.7%	29.5	99.7%	29.5	99.7%	29.6	100.0%
5	29.6	100.0%	29.5	99.7%	29.6	100.0%	29.6	100.0%
4	29.6	100.0%	29.6	100.0%	29.6	100.0%	29.5	99.7%
3	29.5	99.7%	29.5	99.7%	29.5	99.7%	28.1	94.9%
2	29.5	99.7%	29.6	100.0%	29.5	99.7%	24.4	82.4%
1	29.6	100.0%	29.6	100.0%	29.6	100.0%	20.5	69.3%
0	29.2	98.6%	29.3	99.0%	27.9	94.3%	20.5	69.3%

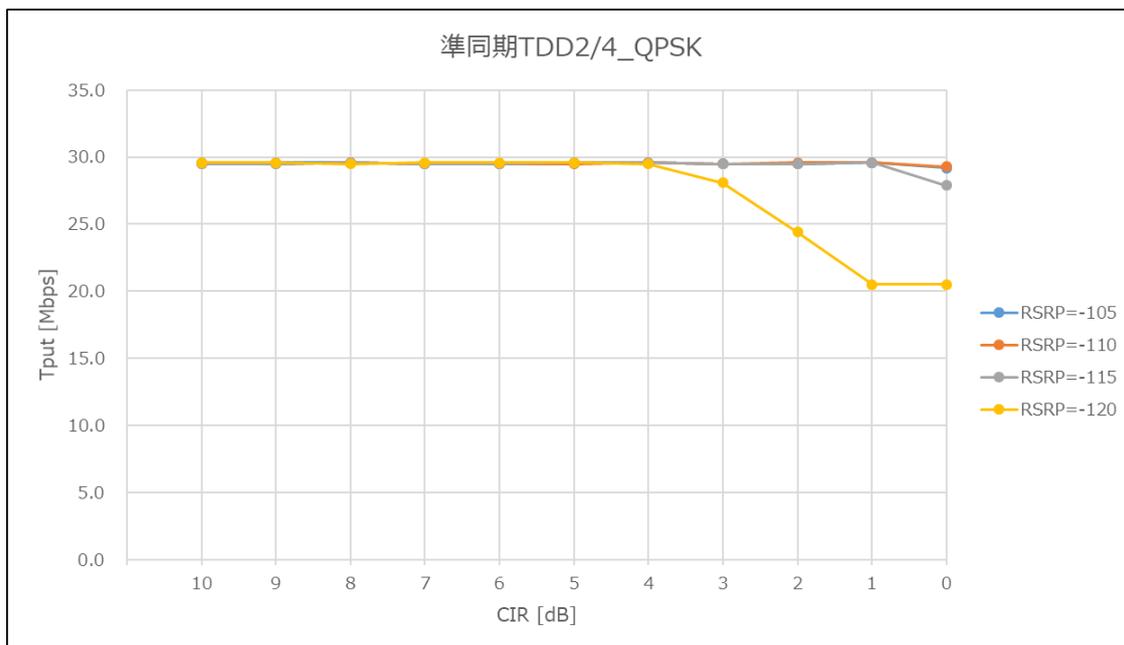


図 3.3.58 与干渉：準同期 TDD2、被干渉：同期 TDD (MCS4) 検証結果

RSRP : -105dBm, -110dBm, -115dBm の時の所要 CIR は 0dB、RSRP : -120dBm の時の所要 CIR は 3dB であった。

【与干渉：準同期 TDD2、被干渉：同期 TDD (MCS5)】

与干渉を準同期 TDD パターン 2 の UL 送信、被干渉を同期 TDD パターンの DL 受信 (MCS5) の時の結果を次表及び次図に示す。

表 3.3.29 与干渉：準同期 TDD2、被干渉：同期 TDD (MCS5) 検証結果

RSRP	-105		-110		-115		-120	
CIR	Tput(Mbps)	比率	Tput(Mbps)	比率	Tput(Mbps)	比率	Tput(Mbps)	比率
干渉波無	36.6	-	36.6	-	36.6	-	36.6	-
10	36.6	100.0%	36.6	100.0%	36.6	100.0%	36.5	99.7%
9	36.6	100.0%	36.6	100.0%	36.6	100.0%	36.6	100.0%
8	36.6	100.0%	36.6	100.0%	36.6	100.0%	36.6	100.0%
7	36.6	100.0%	36.6	100.0%	36.6	100.0%	36.6	100.0%
6	36.6	100.0%	36.6	100.0%	36.6	100.0%	36.4	99.5%
5	36.6	100.0%	36.6	100.0%	36.6	100.0%	36.3	99.2%
4	36.6	100.0%	36.5	99.7%	36.6	100.0%	33.2	90.7%
3	36.6	100.0%	36.6	100.0%	36.6	100.0%	27.5	75.1%
2	36.6	100.0%	36.6	100.0%	33.8	92.3%	25.3	69.1%
1	35.5	97.0%	34.3	93.7%	25.4	69.4%	25.4	69.4%
0	25.4	69.4%	25.1	68.6%	25.4	69.4%	25.4	69.4%

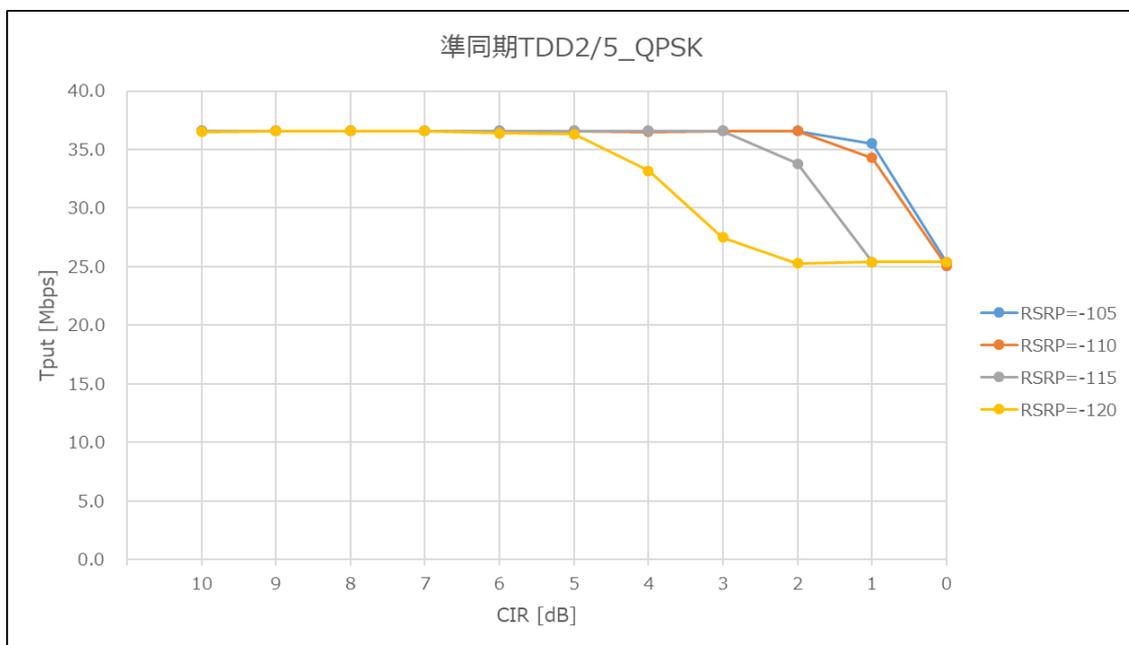


図 3.3.59 与干渉：準同期 TDD2、被干渉：同期 TDD (MCS5) 検証結果

RSRP : -105dBm, -110dBm の時の所要 CIR は 1dB、RSRP : -115dBm の時の所要 CIR は 2dB、RSRP : -120dBm の時の所要 CIR は 5dB であった。

【与干渉：準同期 TDD2、被干渉：同期 TDD (MCS6)】

与干渉を準同期 TDD パターン 2 の UL 送信、被干渉を同期 TDD パターンの DL 受信 (MCS6) の時の結果を次表及び次図に示す。

表 3.3.30 与干渉：準同期 TDD2、被干渉：同期 TDD (MCS6) 検証結果

RSRP	-105		-110		-115		-120	
CIR	Tput(Mbps)	比率	Tput(Mbps)	比率	Tput(Mbps)	比率	Tput(Mbps)	比率
干渉波無	43.7	-	43.7	-	43.8	-	43.7	-
10	43.7	99.8%	43.7	99.8%	43.7	99.8%	43.3	98.9%
9	43.7	99.8%	43.7	99.8%	43.7	99.8%	43.0	98.2%
8	43.7	99.8%	43.6	99.5%	43.7	99.8%	39.4	90.0%
7	43.7	99.8%	43.7	99.8%	43.7	99.8%	30.8	70.3%
6	43.7	99.8%	43.7	99.8%	43.7	99.8%	30.3	69.2%
5	43.7	99.8%	43.7	99.8%	43.7	99.8%	30.3	69.2%
4	43.7	99.8%	43.7	99.8%	43.7	99.8%	30.3	69.2%
3	43.7	99.8%	43.7	99.8%	38.8	88.6%	30.3	69.2%
2	42.7	97.5%	42.0	95.9%	30.3	69.2%	30.3	69.2%
1	30.3	69.2%	30.3	69.2%	30.3	69.2%	30.3	69.2%
0	30.3	69.2%	30.3	69.2%	29.9	68.3%	30.2	68.9%

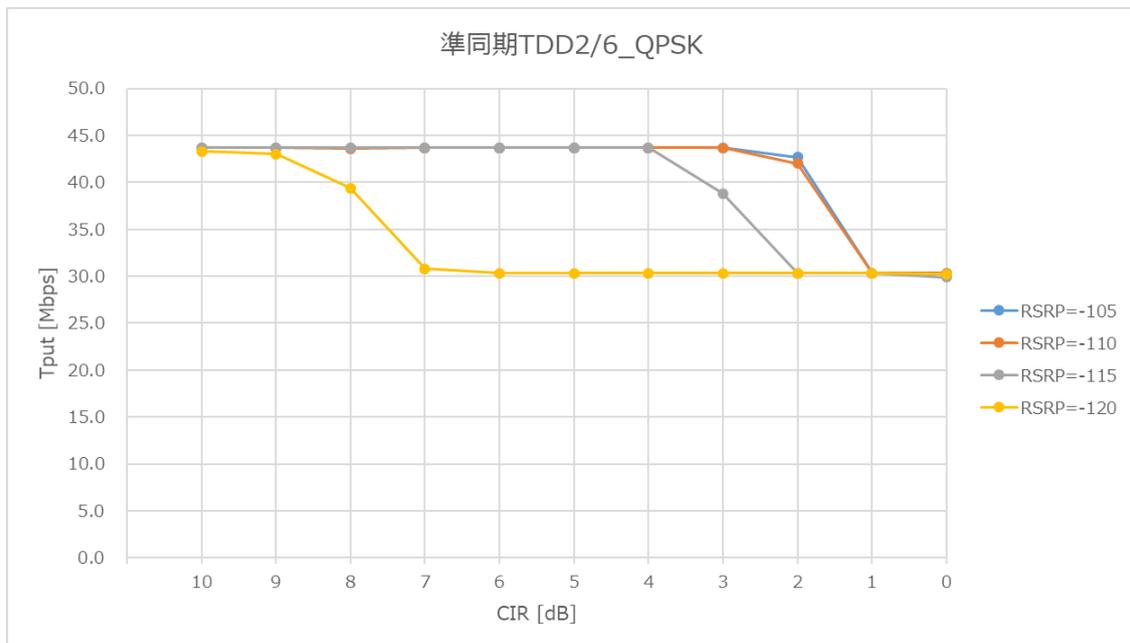


図 3.3.60 与干渉：準同期 TDD2、被干渉：同期 TDD (MCS6) 検証結果

RSRP : -105dBm, -110dBm の時の所要 CIR は 2dB, RSRP : -115dBm の時の所要 CIR は 4dB, RSRP : -120dBm の時の所要 CIR は 9dB であった。

【与干渉：準同期 TDD2、被干渉：同期 TDD (MCS8)】

与干渉を準同期 TDD パターン 2 の UL 送信、被干渉を同期 TDD パターンの DL 受信 (MCS8) の時の結果を次表及び次図に示す。

表 3.3.31 与干渉：準同期 TDD2、被干渉：同期 TDD (MCS8) 検証結果

RSRP	-105		-110		-115		-120	
CIR	Tput(Mbps)	比率	Tput(Mbps)	比率	Tput(Mbps)	比率	Tput(Mbps)	比率
干渉波無	57.8	-	57.9	-	57.9	-	27.5	-
10	57.9	100.0%	58.0	100.2%	58.0	100.2%	27.6	47.7%
9	57.9	100.0%	57.9	100.0%	57.9	100.0%	27.6	47.7%
8	57.8	99.8%	58.0	100.2%	57.9	100.0%	27.5	47.5%
7	57.9	100.0%	58.0	100.2%	53.7	92.7%	27.6	47.7%
6	57.9	100.0%	57.9	100.0%	40.2	69.4%	27.6	47.7%
5	57.8	99.8%	57.9	100.0%	40.2	69.4%	27.6	47.7%
4	57.9	100.0%	40.2	69.4%	40.2	69.4%	27.6	47.7%
3	40.2	69.4%	40.2	69.4%	40.2	69.4%	27.4	47.3%
2	40.2	69.4%	40.2	69.4%	40.2	69.4%	27.5	47.5%
1	40.2	69.4%	40.2	69.4%	40.2	69.4%	27.2	47.0%
0	39.7	68.6%	39.9	68.9%	39.6	68.4%	27.1	46.8%

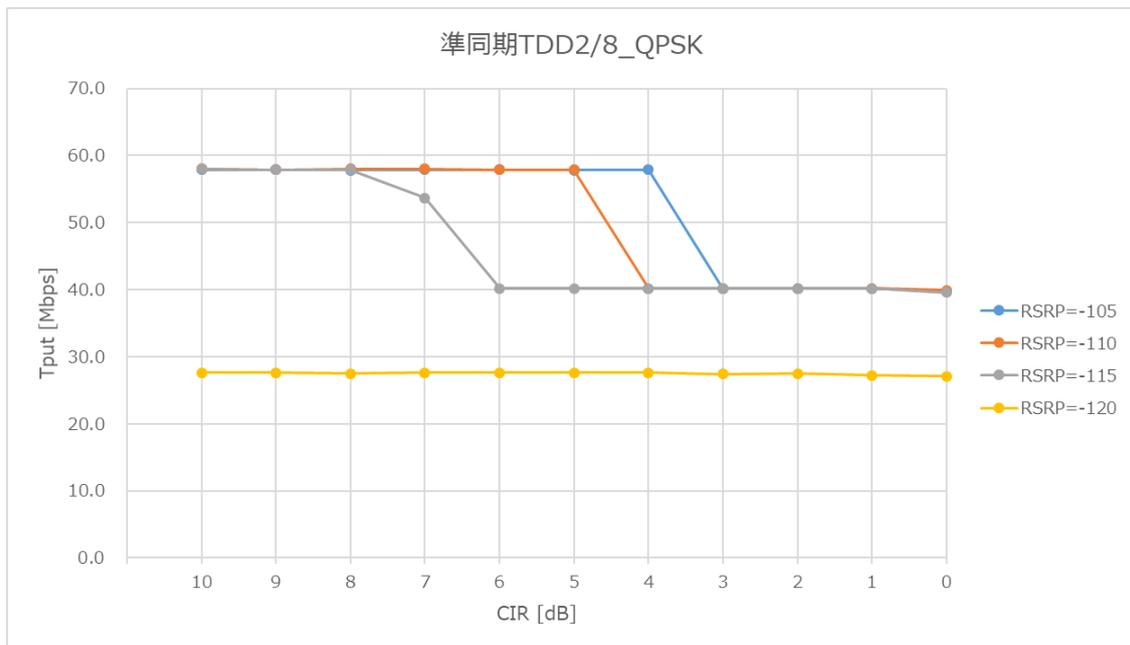


図 3.3.61 与干渉：準同期 TDD2、被干渉：同期 TDD (MCS8) 検証結果

RSRP : -105dBm の時の所要 CIR は 4dB、-110dBm の時の所要 CIR は 5dB、RSRP : -115dBm の時の所要 CIR は 8dB、RSRP : -120dBm の時は干渉波が無い状態でもスループットが低い結果となった。

【与干渉：準同期 TDD3、被干渉：同期 TDD (MCS4)】

与干渉を準同期 TDD パターン 3 の UL 送信、被干渉を同期 TDD パターンの DL 受信 (MCS4) の時の結果を次表及び次図に示す。

表 3.3.32 与干渉：準同期 TDD3、被干渉：同期 TDD (MCS4) 検証結果

RSRP	-105		-110		-115		-120	
CIR	Tput(Mbps)	比率	Tput(Mbps)	比率	Tput(Mbps)	比率	Tput(Mbps)	比率
干渉波無	29.5	-	29.5	-	29.5	-	29.5	-
10	29.5	100.0%	29.5	100.0%	29.5	100.0%	29.5	100.0%
9	29.5	100.0%	29.5	100.0%	29.5	100.0%	29.5	100.0%
8	29.5	100.0%	29.5	100.0%	29.5	100.0%	29.4	99.7%
7	29.5	100.0%	29.5	100.0%	29.5	100.0%	29.4	99.7%
6	29.5	100.0%	29.4	99.7%	29.5	100.0%	29.5	100.0%
5	29.5	100.0%	29.5	100.0%	29.5	100.0%	29.6	100.3%
4	29.5	100.0%	29.5	100.0%	29.5	100.0%	29.6	100.3%
3	29.4	99.7%	29.5	100.0%	29.5	100.0%	29.5	100.0%
2	29.5	100.0%	29.6	100.3%	29.5	100.0%	27.5	93.2%
1	29.5	100.0%	29.5	100.0%	29.5	100.0%	19.6	66.4%
0	29.5	100.0%	29.4	99.7%	24.5	83.1%	18.4	62.4%

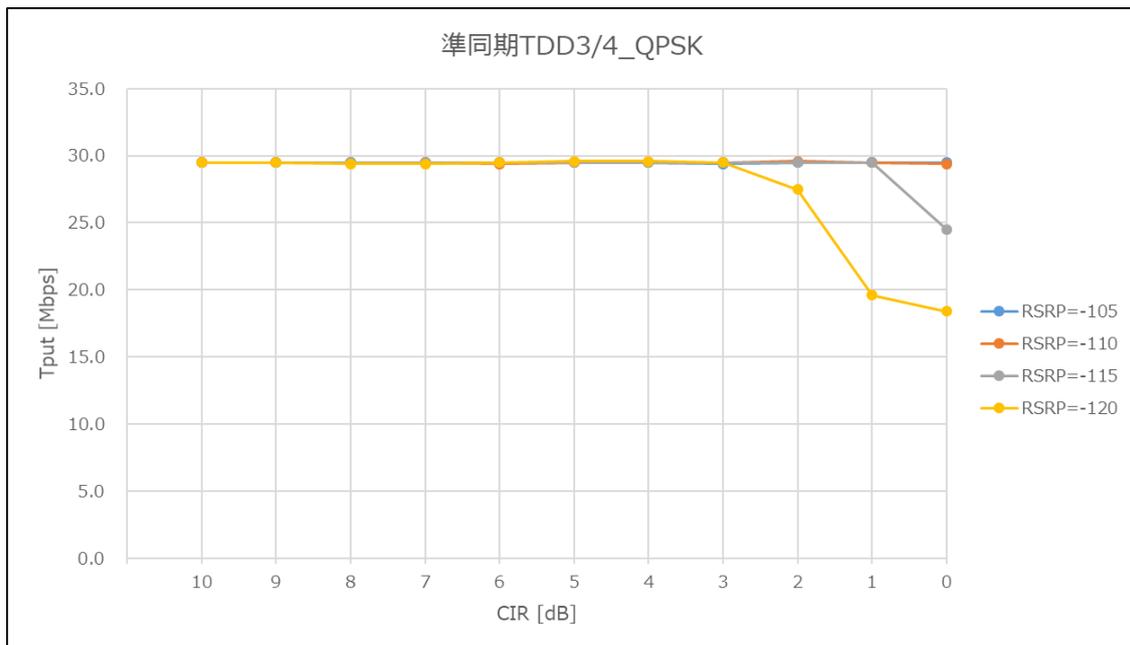


図 3.3.62 与干渉：準同期 TDD3、被干渉：同期 TDD (MCS4) 検証結果

RSRP : -105dBm, -110dBm の時の所要 CIR は 0dB, RSRP : -115dBm の時の所要 CIR は 1dB, RSRP : -120dBm の時の所要 CIR は 2dB であった。

【与干渉：準同期 TDD3、被干渉：同期 TDD (MCS5)】

与干渉を準同期 TDD パターン 3 の UL 送信、被干渉を同期 TDD パターンの DL 受信 (MCS5) の時の結果を次表及び次図に示す。

表 3.3.33 与干渉：準同期 TDD3、被干渉：同期 TDD (MCS5) 検証結果

RSRP	-105		-110		-115		-120	
CIR	Tput(Mbps)	比率	Tput(Mbps)	比率	Tput(Mbps)	比率	Tput(Mbps)	比率
干渉波無	36.6	-	36.6	-	36.6	-	36.6	-
10	36.5	99.7%	36.5	99.7%	36.6	100.0%	36.6	100.0%
9	36.6	100.0%	36.6	100.0%	36.6	100.0%	36.6	100.0%
8	36.6	100.0%	36.5	99.7%	36.6	100.0%	36.6	100.0%
7	36.6	100.0%	36.6	100.0%	36.6	100.0%	36.6	100.0%
6	36.6	100.0%	36.5	99.7%	36.6	100.0%	36.2	98.9%
5	36.6	100.0%	36.5	99.7%	36.6	100.0%	32.9	89.9%
4	36.6	100.0%	36.6	100.0%	36.6	100.0%	31.4	85.8%
3	36.6	100.0%	36.5	99.7%	36.5	99.7%	23.3	63.7%
2	36.6	100.0%	36.5	99.7%	33.3	91.0%	22.9	62.6%
1	35.9	98.1%	35.9	98.1%	23.0	62.8%	22.9	62.6%
0	22.9	62.6%	22.8	62.3%	22.9	62.6%	22.8	62.3%

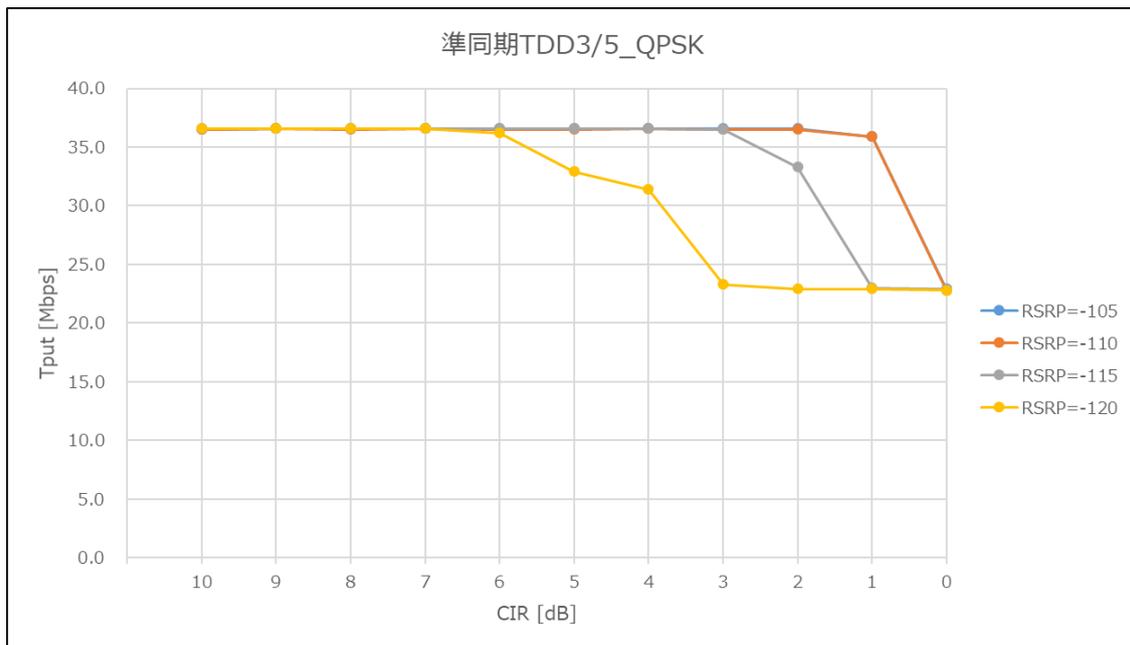


図 3.3.63 与干渉：準同期 TDD3、被干渉：同期 TDD (MCS5) 検証結果

RSRP : -105dBm, -110dBm の時の所要 CIR は 1dB, RSRP : -115dBm の時の所要 CIR は 3dB, RSRP : -120dBm の時の所要 CIR は 6dB であった。

【与干渉：準同期 TDD3、被干渉：同期 TDD (MCS6)】

与干渉を準同期 TDD パターン 3 の UL 送信、被干渉を同期 TDD パターンの DL 受信 (MCS6) の時の結果を次表及び次図に示す。

表 3.3.34 与干渉：準同期 TDD3、被干渉：同期 TDD (MCS6) 検証結果

RSRP	-105		-110		-115		-120	
CIR	Tput(Mbps)	比率	Tput(Mbps)	比率	Tput(Mbps)	比率	Tput(Mbps)	比率
干渉波無	43.7	-	43.7	-	43.7	-	43.7	-
10	43.7	100.0%	43.7	100.0%	43.7	100.0%	43.0	98.4%
9	43.7	100.0%	43.6	99.8%	43.6	99.8%	38.4	87.9%
8	43.7	100.0%	43.7	100.0%	43.7	100.0%	31.3	71.6%
7	43.7	100.0%	43.6	99.8%	43.6	99.8%	29.5	67.5%
6	43.7	100.0%	43.8	100.2%	43.6	99.8%	27.3	62.5%
5	43.7	100.0%	43.7	100.0%	43.7	100.0%	27.2	62.2%
4	43.7	100.0%	43.7	100.0%	42.7	97.7%	27.2	62.2%
3	43.7	100.0%	43.7	100.0%	29.5	67.5%	27.2	62.2%
2	43.7	100.0%	42.7	97.7%	27.2	62.2%	27.2	62.2%
1	27.3	62.5%	27.2	62.2%	27.2	62.2%	27.2	62.2%
0	27.2	62.2%	27.2	62.2%	27.2	62.2%	27.0	61.8%

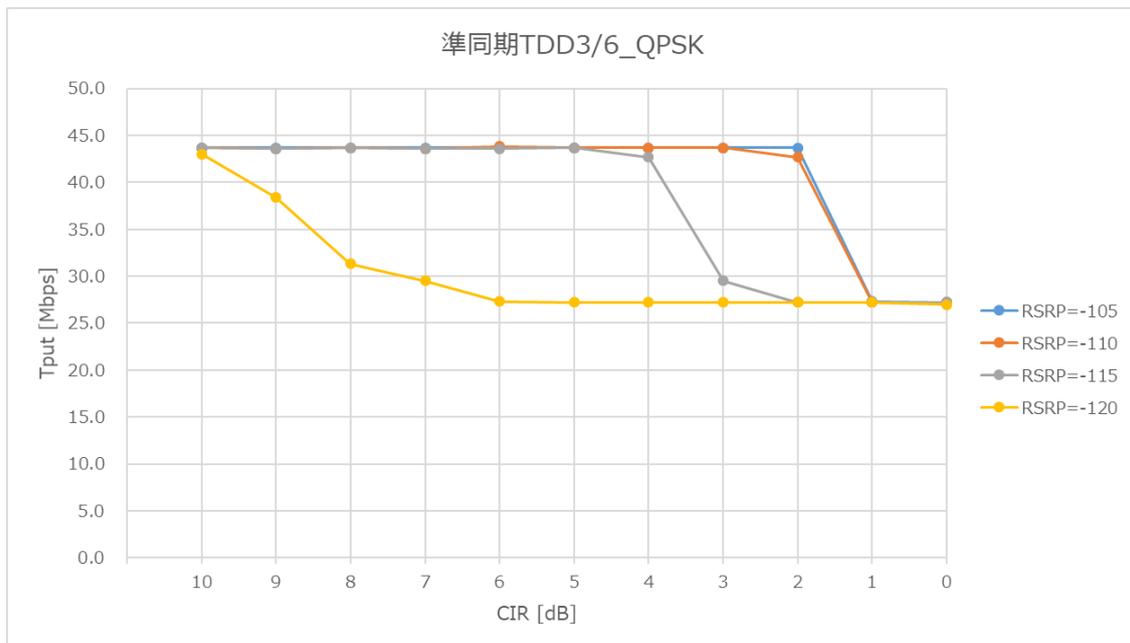


図 3.3.64 与干渉：準同期 TDD3、被干渉：同期 TDD (MCS6) 検証結果

RSRP : -105dBm, -110dBm の時の所要 CIR は 2dB, RSRP : -115dBm の時の所要 CIR は 4dB, RSRP : -120dBm の時の所要 CIR は 10dB であった。

【与干渉：準同期 TDD3、被干渉：同期 TDD (MCS8)】

与干渉を準同期 TDD パターン 3 の UL 送信、被干渉を同期 TDD パターンの DL 受信 (MCS8) の時の結果を次表及び次図に示す。

表 3.3.35 与干渉：準同期 TDD3、被干渉：同期 TDD (MCS8) 検証結果

RSRP	-105		-110		-115		-120	
CIR	Tput(Mbps)	比率	Tput(Mbps)	比率	Tput(Mbps)	比率	Tput(Mbps)	比率
干渉波無	57.8	-	57.9	-	57.9	-	27.5	-
10	57.8	99.8%	57.8	99.8%	58.0	100.2%	27.5	47.5%
9	57.8	99.8%	57.8	99.8%	58.0	100.2%	27.5	47.5%
8	57.8	99.8%	57.7	99.7%	58.0	100.2%	27.5	47.5%
7	57.8	99.8%	57.7	99.7%	44.8	77.4%	27.1	46.8%
6	57.7	99.7%	57.8	99.8%	36.0	62.2%	27.0	46.6%
5	57.8	99.8%	57.8	99.8%	36.1	62.3%	26.1	45.1%
4	57.7	99.7%	37.0	63.9%	35.9	62.0%	24.5	42.3%
3	36.0	62.2%	36.0	62.2%	36.0	62.2%	23.8	41.1%
2	36.0	62.2%	36.0	62.2%	36.0	62.2%	22.9	39.6%
1	35.9	62.0%	36.0	62.2%	32.8	56.6%	19.4	33.5%
0	35.4	61.1%	31.5	54.4%	31.5	54.4%	18.7	32.3%

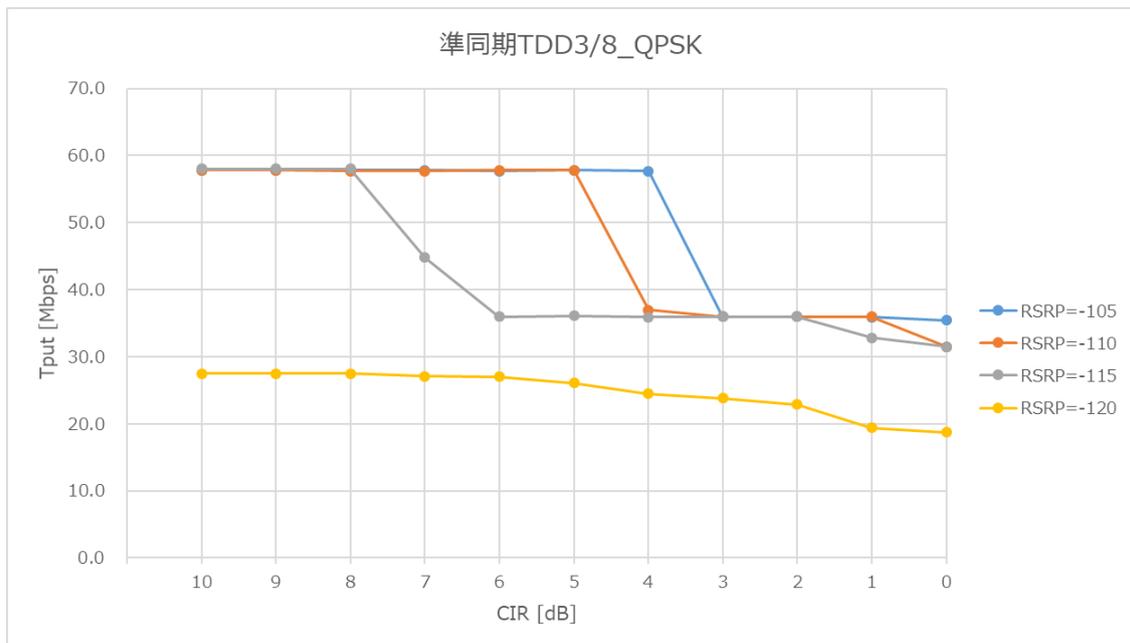


図 3.3.65 与干渉：準同期 TDD3、被干渉：同期 TDD (MCS8) 検証結果

RSRP : -105dBm の時の所要 CIR は 4dB、-110dBm の時の所要 CIR は 5dB、RSRP : -115dBm の時の所要 CIR は 8dB、RSRP : -120dBm の時は干渉波が無い状態でもスループットが低い結果となった。

2) SEAMCAT を用いたモンテカルロシミュレーション

SEAMCAT を用いたモンテカルロシミュレーションにより得られた干渉確率 3%を満たすための所要改善量(dB)を次表に示す。

表 3.3.36 干渉確率 3%を満たすための所要改善量(dB)

被干渉	与干渉	準同期TDDパターン2 UL	準同期TDDパターン3 UL
	同期TDDパターン DL		3.3dB

与干渉が準同期 TDD パターン 2 の時に 3dB 程度、準同期 TDD パターン 3 の時に 5dB 程度のプラスの所要改善量が残る結果となった。

(2) 考察・まとめ

1) 実機での干渉測定

実機での干渉測定において得られた同期 TDD 下りへの干渉に関して、MCS4 及び MCS5 の時の所要 CIR を次表に示す。

表 3.3.37 所要 CIR (下り MCS4、MCS5)

同期TDD MCS		MCS4		MCS5	
干渉波		準同期TDD2	準同期TDD3	準同期TDD2	準同期TDD3
RSRP	-105dBm	0dB	0dB	1dB	1dB
	-110dBm	0dB	0dB	1dB	1dB
	-115dBm	0dB	1dB	2dB	3dB
	-120dBm	3dB	2dB	5dB	6dB

いずれの結果でも RSRP : -120dBm 時が最も大きい CIR となった。RSRP : -120dBm は 100MHz 幅の全受信電力とした場合は -84.85dBm となり、100MHz 幅で規定されている受信感度の -84.6dBm とほぼ同等となるが、受信感度点では、干渉波(I)のみでなく、熱雑音(N)の影響もあり、C/I+N となるため最も大きい CIR が必要となると考えられる。

この RSRP : -120dBm において 3GPP の受信感度で規定されている MCS4 で干渉波が準同期 TDD パターン 2 の時の所要 CIR が 3dB、準同期 TDD パターン 3 の時の所要 CIR が 2dB と電波法関係審査基準のカバーエリアの値と調整対象区域の値の差である 6.4dB よりもいずれも低い値となった。なお今回の実証では移動局は 1 機種のみを検証であったが、移動局により受信感度性能に若干の差があることも考えられる。しかしながら、6.4dB まで

は 3dB 以上の余裕度があるため、他の機種等の場合でも 6.4dB 以下となると考えられる。

また、3GPP での規定より厳しい条件として実施した MCS5 においても干渉波が準同期 TDD パターン 2 の時の所要 CIR が 5dB、準同期 TDD パターン 2 の時の所要 CIR が 6dB と電波法関係審査基準のカバーエリアの値と調整対象区域の値の差である 6.4dB よりもいづれも低い値となった。

以上より、準同期 TDD パターン 2 及び 3 を追加した場合も、現在の電波法関係審査基準のカバーエリア及び調整対象区域の値のままで良いと考えられる。

実機での干渉測定において得られた同期 TDD 下りへの干渉に関して、MCS6 及び MCS8 の時の所要 CIR を次表に示す

表 3.3.38 所要 CIR (下り MCS6、MCS8)

同期TDD MCS		MCS6		MCS8	
干渉波		準同期TDD2	準同期TDD3	準同期TDD2	準同期TDD3
RSRP	-105dBm	2dB	2dB	4dB	4dB
	-110dBm	2dB	2dB	5dB	5dB
	-115dBm	4dB	4dB	8dB	8dB
	-120dBm	9dB	10dB	—	—

MCS6 時は、RSRP : -120dBm では干渉波が準同期 TDD パターン 2 の時の所要 CIR が 9dB、準同期 TDD パターン 3 の時の所要 CIR が 10dB と電波法関係審査基準のカバーエリアの値と調整対象区域の値の差である 6.4dB よりも大きい結果となった。但し、RSRP : -120dBm は MCS4 時の受信感度点であるため、実運用上は RSRP : -120dBm では MCS4 程度で動作することになるため問題無いと考えられる。RSRP-115 dBm 以上では、いずれも所要 CIR は 4dB 以下となった。

MCS8 時は、RSRP : -120dBm では干渉波が無い時においてもスループットが下がる状態となった。RSRP : -120dBm は MCS4 時の受信感度点であるためと考えられる。RSRP : -115 dBm では干渉波が準同期 TDD パターン 2 及び 3 の時の所要 CIR が 8dB と電波法関係審査基準のカバーエリアの値と調整対象区域の値の差である 6.4dB よりも大きい結果となった。但し、RSRP : -115dBm 程度では MCS4~6 程度で動作することになるため問題無いと考えられる。RSRP : -110dBm 以上では、いずれも所要 CIR は 5dB 以下となった。

以上より、より高い MCS を考慮した場合も、準同期 TDD パターン 2 及び 3 を追加においては、現在の電波法関係審査基準のカバーエリア及び調整対象区域の値のままで良いと考えられる。

2) SEAMCAT を用いたモンテカルロシミュレーション

準同期 TDD パターン 2 からの干渉において 3dB 程度のプラスの所要改善量、準同期 TDD パターン 3 からの干渉において 5dB 程度のプラスの所要改善量を残す結果となったが実機での干渉測定結果は、受信感度点 (RSRP : -120dBm) 且つ MCS 4 においては、所要 CIR2~3dB となり、電波法関係審査基準のカバーエリアの値と調整対象区域の値の差である 6.4dB よりも 3~4dB 程度余裕度がある。これらも踏まえた場合は、所要改善量はゼロか若干のプラス程度となる。

また本シミュレーションにおいては、被干渉の移動局は受信感度点 (RSRP : -120dBm) にて運用していることが前提となるが、実際の環境においては受信感度点で運用を続けるケースは比較的少ないと考えられる。実機での干渉測定結果では RSRP : -115dBm 以上且つ MCS 4 における所要 CIR は 0~1dB であり、これらも踏まえた場合は、所要改善量はゼロかマイナスとなる。

以上より準同期 TDD パターン 2 及び 3 を追加した場合も、現在の電波法関係審査基準のカバーエリア及び調整対象区域の値のままで良いと考えられる。

3) 準同期 TDD パターン 2 及び 3 を被干渉、同期 TDD パターンを与干渉のケース

準同期 TDD パターン 2 及び 3 を被干渉、同期 TDD パターンを与干渉の場合、[基地局(与干渉)⇒基地局(被干渉)]の干渉となる。準同期 TDD パターン 2 及び 3 を被干渉、同期 TDD パターンを与干渉については今回の試験系では測定ができないこと、及び基地局間の干渉にはモンテカルロシミュレーションが適用できないことから、「情報通信審議会情報通信技術分科会新世代モバイル通信システム委員会報告（総務省：令和 2 年 7 月）」における非同期での基地局間干渉の検討結果、及び「ローカル 5G 導入に関するガイドライン（令和 2 年 12 月改定）」の非同期運用の基本的考え方から考察した。

上記委員会報告の非同期の基地局間干渉における検討結果を次表に示す。

表 3.3.39 委員会報告 非同期での[屋外(基地局)⇒屋外(基地局)]の検討結果

【同一周波数を使用する5G間】
基地局同士のアンテナ方向を反対向きとすることで、見通し外 (NLOS) 条件で4,500m 程度の離隔で共用可能と考えられるが、サイトエンジニアリングや、送信電力・アンテナ利得・指向性等の調整、スモールセル基地局の利用等で、更なる離隔の短縮が期待できる。

同期 TDD パターンから準同期 TDD パターン 2 及び 3 の基地局への干渉は、非同期の基地局間よりも影響は少ないと考えられるが、同期 TDD パターンのスペシャルスロットからの干渉も含め、準同期 TDD パターン 2 では 1 フレーム中の 10UL スロットの内 6 スロット (60%)、準同期 TDD パターン 2 では 1 フレーム中の 12UL スロットの内 8 スロット (67%) で影響を受けるため、これらのスロットの干渉を考慮した場合は、上記委員会報告での検討結果から、見通し外 (NLOS) 条件で 4,500m 程度の離隔をとる、又はサイトエンジニアリングや、送信電力・アンテナ利得・指向性等の調整等を行う必要があると考えられる。

「ローカル 5G 導入に関するガイドライン（令和 2 年 12 月改定）」における非同期運用の基本的考え方について次表に示す。

表 3.3.40 ローカル 5G 導入に関するガイドライン 非同期運用の基本的考え方

(非同期運用の基本的な考え方)
① 先発・後発にかかわらず、非同期局が同期局から有害な混信を受ける場合は、非同期局が同期局からの混信を容認するものとし、非同期局は保護を求めてはならない。
② 先発・後発にかかわらず、非同期局が同期局に有害な混信を与えてはならない。同期局へ有害な混信が生じた場合は、非同期局が混信回避の対策を実施するものとする。

準同期 TDD パターン 2 及び 3 の DL スロットは、同期 TDD パターンの DL スロットの関係を次図に示す。

図 3.3.66 準同期 TDD パターン 2 及び 3、同期 TDD パターンの DL スロット

スロット番号	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
同期TDD	D	D	D	S	U	U	D	D	D	D	D	D	D	S	U	U	D	D	D	D
準同期TDD 2	D	D	S	U	U	U	D	S	U	U	D	D	S	U	U	U	D	S	U	U
準同期TDD 3	D	S	U	U	U	U	D	S	U	U	D	S	U	U	U	U	D	S	U	U

※D:下りスロット、U上りスロット、S:DからUへの切替期間を含む特別スロット

図中の青色のスロットは、DL 送信があるスロットである。同期 TDD パターンの DL スロットと重なる準同期 TDD パターン 2 及び 3 の S（スペシャル）スロットについては、現在の準同期 TDD パターン 1 と同様に、UL シンボル無しとすることにより、準同期 TDD パターン 2 及び 3 の S スロットも含む DL 送信は、全て同期 TDD パターンの DL スロットと重なるため、準同期 TDD パターン 2 及び 3 の基地局から同期 TDD パターンの基地局への干渉は無い。よって基地局間干渉において表 3.3.40 の②の記載については除外して良い。

既に規定されている同期 TDD パターン及び準同期 TDD パターン 1 の基地局から準同期 TDD パターン 2 及び 3 の基地局への干渉に関しては、表 3.3.40 の①に記載のガイドラインの考え方を踏襲し、先発・後発に関わらず、準同期 TDD パターン 2 及び 3 の基地局側が UL スループットの低下など混信を容認する、又は干渉回避のために基地局のアンテナ向きを変える、基地局の設置位置を見通しとならない位置に変更する等の必要な対策をとることが妥当であると考えられる。

準同期 TDD パターン 2 及び 3 の基地局側がこのような運用となった場合には、

- ・準同期 TDD パターン 2 及び 3 の基地局は、周囲に別のローカル 5G 基地局が設置される可能性が極めて低い場所、又は周囲に別ローカル 5G 基地局を設置した場合も、その基地局から見通しとならない位置に設置する
- ・上記のような位置に設置が難しい場合には、指向性のアンテナを利用し、アンテナの向きを容易に変えられるような設置をする
- ・無指向性アンテナを使用する場合には、基地局の設置位置を容易に変えられるような設置をする

・これらの設置方法が難しい場合には、干渉を受けている状態では干渉が発生するスロット数を考慮した場合、最大 50%程度 UL スループットが低下する可能性があるが、これを許容しながら運用する
とすることが望ましい。

今回の実証に当てはめた場合は、今回の実証フィールドは屋外で且つ坂の上の周囲より高い位置であったため、基地局を実証エリア外から見通しとならない位置に設置するのは難しい環境であった。基地局のアンテナについては、今回の実証では無指向性アンテナを使用した。向きを変えられる金具を使用した指向性アンテナを設置することも可能である。また今回の実証のように無指向性アンテナを使用する場合は、位置を変える事を考慮しケーブル余長をとる等の対策をとることが望ましいと考えられる。なお、干渉により UL スループットの低下が避けられない場合には、今回の実証では運用エリアの端において UL スループット 20Mbps 以上を目標としたが、画像解析に支障がでない範囲で画像レートを下げた上で運用エリアの端において UL スループット 10Mbps 以上を目標とするなどの対策を取ることが望ましい。

4) 干渉検討結果のまとめ

本実証では、同一周波数における準同期 TDD パターン 2 及び 3 の UL から同期 TDD パターンの DL への干渉検討、同期 TDD パターンの DL から準同期 TDD パターン 2 及び 3 の UL への干渉検討を行った。検討の手法としては、準同期 TDD パターン 2 及び 3 の UL から同期 TDD パターンの DL への干渉については、同期 TDD パターンのローカル 5G システムの実機と SG を用いて行い、同期 TDD パターンの DL から準同期 TDD パターン 2 及び 3 の UL への干渉については、「情報通信審議会情報通信技術分科会新世代モバイル通信システム委員会報告（総務省：令和 2 年 7 月）」における非同期での基地局間干渉の検討結果、及び「ローカル 5G 導入に関するガイドライン（令和 2 年 12 月改定）」の非同期運用の基本的考え方から考察した。

結果次表の結果が得られた。

表 3.3.41 本実証で得られた干渉検討結果

与干渉 \ 被干渉	準同期TDDパターン2及び3 UL	同期TDDパターン DL
準同期TDDパターン2及び3 UL	—	現在の電波法関係審査基準のカバーエリア及び調整対象区域の値のままで良いと考えられる。
同期TDDパターン DL	先発・後発に関わらず、準同期TDDパターン2及び3の基地局側がULスループットの低下などの混信を容認する、又は干渉回避のために基地局のアンテナ向きを変える、基地局の設置位置を見通しとならない位置に変更する等の必要な対策をとることが妥当。	—

3.3.5 その他のテーマ

3.3.5.1 実証の目的・目標

(1) 背景となる技術的課題と実証目的

現状のローカル 5G の免許制度においては、1W 以下程度のスモールセルの導入においても、電波法関係審査基準に基づくカバーエリア及び調整対象区域の算出法にてエリアシミュレーションを実施し、カバーエリアと調整対象区域が重複する場合は事業者間調整が必要となるなど、免許及び登録を要しない無線局である WiFi と比べ導入までのハードルが高くなっている。

これらのことからローカル 5G のセキュア性や WiFi と比較した場合、干渉が少なく安定した通信が可能である等のプライベートワイヤレスシステムに必要な大きなメリットを理解しながらも、直ぐに導入可能な WiFi を選択するユーザも見受けられるのが現状である。

これらを踏まえ、より簡易にローカル 5G を導入することができるようにすることで、ローカル 5G の普及が進み、結果ローカル 5G システムの低廉化にも寄与すると考えられるため、登録局等簡易な申請により導入可能な条件（案）について検討を実施した。

(2) 実証目標

登録局を前提とした場合の

- ・技術的条件（案）
- ・運用条件（案）

の提示を行う事を目標に検討を実施した。

3.3.5.2 実証仮説

登録の対象となる無線局の主な条件を次表に示す。

表 3.3.42 登録の対象となる無線局の主な条件

No	内容
1	他の無線局に混信を与えないように運用することのできる機能を有するもの
2	適合表示無線設備のみを使用するものであること
3	定められた区域内に開設するものであること

表 3.3.42 の 1 項目の「他の無線局に混信を与えないように運用をすることのできる機能を有するもの」については、TDD システムにおける他の無線局との混信を防止には、TDD パターンを同じにして同期を取って運用をすることが最も効果的であると考えられる。ローカル 5G の TDD パターンは現在同期 TDD パターンと準同期 TDD パターン 1 が制度化されており、本実証において準同期 TDD パターン 2 及び 3 の追加についても検討を実施した所である。

この中で準同期 TDD パターン 2 及び 3 については、「3.3.3 準同期 TDD の追加パターンの開発」においても記載した通り、基地局間干渉において、同期 TDD パターンの基地局からの干渉影響が考えられる。この干渉対策は準同期 TDD パターン 2 及び 3 の基地局側が実施するのが望ましいと考えられるが、比較的簡易に運用に入る事を目的とした登録局に対して対策を実施することを求めるような規定にするのは望ましくないと考えられることから、現在制度化されている同期 TDD パターン又は準同期 TDD パターン 1 とするのが良いと考えられる。

同期 TDD パターンは DL 重視であるが、ローカル 5G では UL 重視のアプリケーションが比較的多い等の様々な利用シーンを想定し、DL と UL のスロット比率が同じであり、現在既に制度化されている次図の準同期 TDD パターン 1 とするのが妥当と考えられる。

スロット番号	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
準同期TDD 1	D	D	D	S	U	U	D	S	U	U	D	D	D	S	U	U	D	S	U	U

※D:下りスロット、U:上りスロット、S: DからUへの切替期間を含む特別スロット

図 3.3.67 準同期 TDD パターン 1

表 3.3.42 の 2 項目の「適合表示無線設備のみを使用するものであること」については、本条件のとおり、適合表示無線設備のみとすることが妥当と考えられる。

表 3.3.42 の 3 項目の「定められた区域内に開設するものであること」については、現在のローカル 5G の運用は自己土地内に加え、一定の条件を満たすことにより他者土地での運用も認められている。登録局は定められた区域内とする必要があることから、登録局の運用は自己土地内に限定することが妥当であると考えられる。

次に帯域幅について検討する。ローカル 5G の Sub6 の周波数帯は 4.6-4.9GHz であるが、この帯域で免許局と同様に 100MHz 幅とすると 3 波のみとなり、工業団地やコンビナート等、多くの事業所が立地する環境においては、隣接する事業所でローカル 5G を使用できないケースが多く発生する可能性がある。よって n79 (NR バンド) の SCS30kHz での規定の内、下図の通り 50MHz 幅以下 (40MHz 幅、50MHz 幅) として規定するのが妥当と考えられる。

NRバンド	SCS[kHz]	BSチャンネル帯域幅 (MHz)													
		5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100	
n79	15							✓	✓						
	30							✓	✓	✓		✓		✓	
	60							✓	✓	✓		✓		✓	

図 3.3.68 3GPP の n79 バンドでの帯域幅の規定

50MHz 幅以下とした場合の、4.6-4.9GHz 帯における周波数配置 (案) を次図に示す。

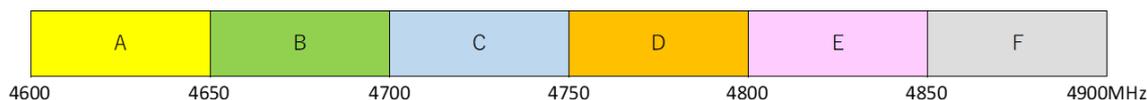


図 3.3.69 50MHz 幅以下とした場合の 4.6-4.9GHz 帯における周波数配置 (案)

なお 40MHz 又は 50MHz 幅とした場合でも、4G の最大幅である 20MHz 幅と比較し 2~2.5 倍の帯域幅となり、通信速度等においてもローカル 5G として十分運用可能であると考えられる。

次に空中線電力及び空中線利得について検討する。登録局の運用を自己土地のみとした場合は、ローカル 5G の運用場所は屋内がメインとなると考えられる。現状の屋内限定の周波数である 4.6-4.8GHz 帯の基地局の空中線電力及び空中線利得の規定を次表に示す。

表 3.3.43 4.6-4.8GHz の基地局の空中線電力及び空中線利得の規定

項目	規定
最大空中線電力	14dBm/MHz (31dBm/50MHz) (34dBm/100MHz)
最大空中線利得	3dBi (EIRP 34dBm/50MHz)

屋内使用がメインと考えた場合、この規定に近似した規定にするのが望ましいと考えられる。

隣接周波数の 4.9-5.0GHz 帯で登録局として運用されている 5GHz 帯無線アクセスシステムの空中線電力及び空中線利得の規定を次表に示す。

表 3.3.44 5GHz 帯無線アクセスシステムの空中線電力及び空中線利得の規定

項目	規定
最大空中線電力	250mW (24dBm)
最大空中線利得	13dBi (EIRP 37dBm)

5GHz 帯無線アクセスシステムは EIRP で 37dBm という規定となっている。

これらの 2 つの規定に近い値として登録局として運用する場合の基地局の空中線電力及び空中線利得の規定 (案) を次表に示す。

表 3.3.45 登録局として運用する場合の基地局の空中線電力及び空中線利得の規定（案）

項目	規定
最大空中線電力	1W (30dBm)
最大空中線利得	3dBi (EIRP 33dBm)

移動局については、登録局となっても現状のローカル 5G と共通のものを使用すると考えられることから、次表の通り、現行の空中線電力及び空中線利得の規定のままとするのが妥当と考えられる。

表 3.3.46 登録局として運用する場合の移動局の空中線電力及び空中線利得の規定（案）

項目	規定
最大空中線電力	200mW (23dBm)
最大空中線利得	20dBi (EIRP 43dBm)

なお不要発射強度の値、空中線電力の許容偏差、周波数の許容偏差等については、現行のローカル 5G の規定を踏襲することが望ましい。

3.3.5.3 評価・検証項目

本評価検証で運用条件として検討した項目を以下に示す。

- ・隣接した事業所において登録局の使用周波数振分けをした場合の検討
- ・免許局のカバーエリア及び調整対象区域に対して免許局が先発している場合の検討
- ・免許局のカバーエリア及び調整対象区域に対して登録局が先発している場合の検討

3.3.5.4 実証結果及び考察

(1) 評価・検証結果

1) 隣接した事業所において登録局の使用周波数振分けをした場合の検討

左右に隣接した事業所において、登録局の使用周波数を振分けした場合の一例を次図に示す。

自己土地① ※屋内使用	自己土地② ※屋外使用あり	自己土地③ ※屋内使用	自己土地④ ※屋外使用あり	自己土地⑤ ※屋内使用	自己土地⑥ ※屋内使用	自己土地⑦ ※屋内使用
A (4600-4650MHz)	E (4800-4850MHz)	C (4700-4750MHz)	F (4850-4900MHz)	B (4650-4700MHz)	D (4750-4800MHz)	A (4600-4650MHz)

図 3.3.70 左右に隣接した事業所の登録局周波数振分けの一例

左右に隣接する事業場の場合、6波であれば周波数を繰り返し振分けする場合も十分な離隔を持つことができると考えられる。

次に前後左右に隣接した事業所において、登録局の使用周波数を振分けした場合の一例を次図に示す。

自己土地① ※屋内使用	自己土地② ※屋内使用	自己土地③ ※屋外使用あり	自己土地④ ※屋内使用
A (4600-4650MHz)	C (4700-4750MHz)	F (4850-4900MHz)	D (4750-4800MHz)
自己土地⑤ ※屋外使用あり	自己土地⑥ ※屋内使用	自己土地⑦ ※屋内使用	自己土地⑧ ※屋内使用
E (4800-4850MHz)	D (4750-4800MHz)	B (4650-4700MHz)	A (4600-4650MHz)
自己土地⑨ ※屋内使用	自己土地⑩ ※屋外使用あり	自己土地⑪ ※屋内使用	自己土地⑫ ※屋外使用あり
B (4650-4700MHz)	F (4850-4900MHz)	C (4700-4750MHz)	E (4800-4850MHz)

図 3.3.71 前後左右に隣接した事業所の登録局周波数振分けの一例

前後左右に隣接する事業場の場合、6波であれば周波数を繰り返し振分けする場合もある程度の離隔を持つことができると考えられる。

登録局を自己土地のみ且つ空中線電力 1W とした場合、屋内利用がメインとなると考え

られるが、屋内利用の場合、通信距離は最大 50m 程度となると考えられる。TDD パターンを準同期 TDD パターン 1 のみに限定した場合、基地局間及び移動局間干渉は考慮する必要が無いことから次図の基地局から移動局への干渉、及び移動局から基地局への干渉のみ考慮すれば良いことになる。

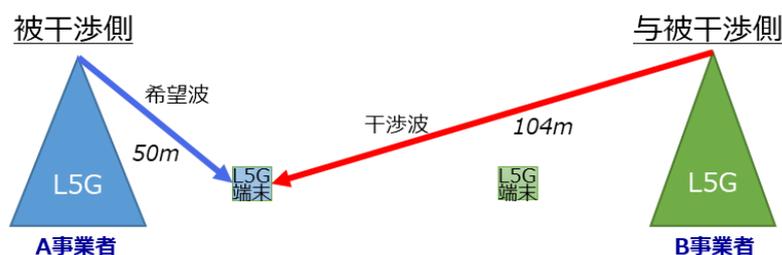


図 3.3.72 基地局から移動局への干渉

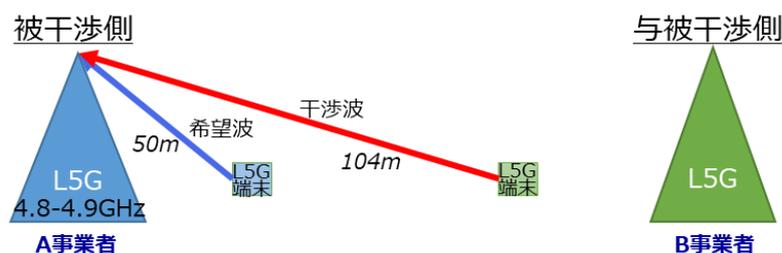


図 3.3.73 移動局から基地局への干渉

通信距離を 50m とした時の電波法関係審査基準のカバーエリアと調整対象区域（許容干渉レベル）の差 6.4dB を考慮した場合、自由空間損失での計算で約 104m の離隔が必要となる。図 3.3.72、図 3.3.73 の通り、周波数を繰り返し振分けする場合も離隔を取ることができることから現在免許局で行っている事前の事業者間調整の必要がない登録局として運用が可能であると考えられる。

また前述の通り登録局を自己土地のみ且つ空中線電力 1W とした場合、屋内利用がメインとなると考えられるが、屋内利用においては双方の壁透過損 10dB+10dB 程度が見込まれ干渉波のレベルもこの分低下することから、同一周波数で隣接しなければ、運用上問題ないと考えられる。

なお屋外で利用可能な周波数は 2 波となるため、現在の電波法関係審査基準と同様に「4.6GHz から 4.9GHz のうち基地局の設置が屋内のみの場合には、原則として、4.6GHz から 4.8GHz までの間から優先して割り当てることとする。」とすることが望ましい。

2) 免許局のカバーエリア及び調整対象区域に対して免許局が先発している場合の検討

同一周波数において、先発しているローカル 5G 免許局の調整対象区域が、後発のローカル 5G 登録局の自己土地に重複した場合を次図に示す。

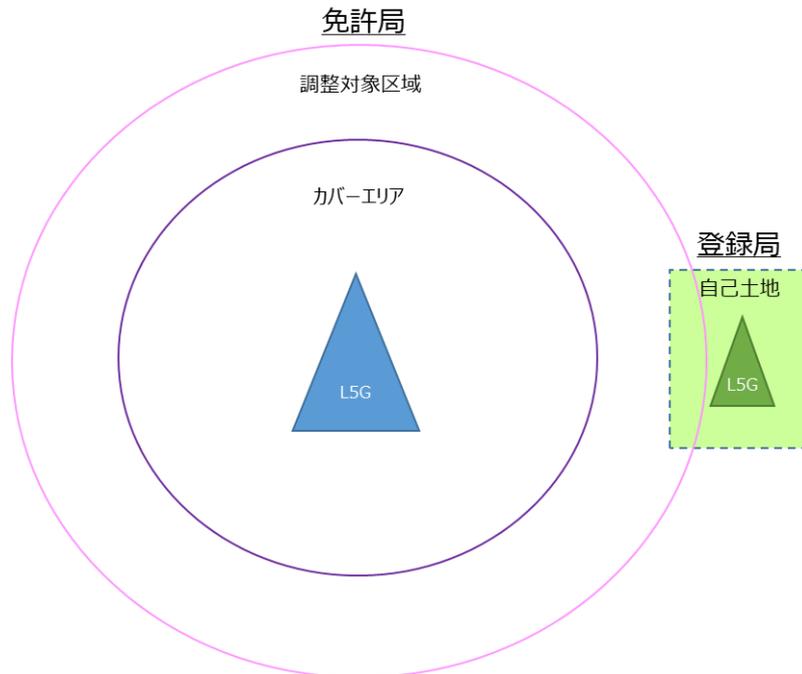


図 3.3.74 先発の免許局の調整対象区域に後発の登録局の自己土地が重複

登録局は簡易な申請で運用可能とすることが目的であることから、事前の事業者間調整を必須としないためにも、同一周波数において先発している免許局の調整対象区域が、後発の登録局の自己土地に重複した場合は、登録局としての運用は不可とすることが妥当であると考えられる。

なお新世代モバイル通信システム委員会報告（平成 30 年 7 月）において、隣接する周波数を利用する 5G システム間で「ガードバンドや離隔距離等の設定は不要であり、事業者間調整を行わずに運用可能である」とされている。また新世代モバイル通信システム委員会報告（令和 2 年 7 月）の準同期運用の導入の検討において「基本的には特定のローカル 5G 移動局が特定の全国 5G 移動局に対して大きな干渉を継続して与える可能性は低いと考えられる。」とされている。さらに本検討はスモールセルでの運用を前提にしているが、新世代モバイル通信システム委員会報告（令和 2 年 7 月）において「送信電力制御パラメータの調整やスモールセル運用などによりローカル 5G 移動局の送信電力を低く制御するなどの処置を講ずることで、移動局間干渉の影響をさらに低減することが可能。」として、準同期 TDD パターン 1 が制度化されていることも踏まえ、図 3.3.74 の位置関係となった場合も、登録局の周波数が先発の免許局とは別の周波数であれば、登録局の運用は可能とすることが望ましい。

また、様々な事業者での運用や利用シーンを考慮し「但し、ローカル 5G の免許人とローカル 5G 登録局の事業者との間で混信その他の妨害を与えないことについて合意している場合は、この限りでない。」との規定も設けることが望ましい。

3) 免許局のカバーエリア及び調整対象区域に対して登録局が先発している場合の検討

同一周波数において、先発しているローカル 5G 登録局の自己土地に、後発のローカル 5G 免許局の調整対象区域が重複した場合は、次図に示す。

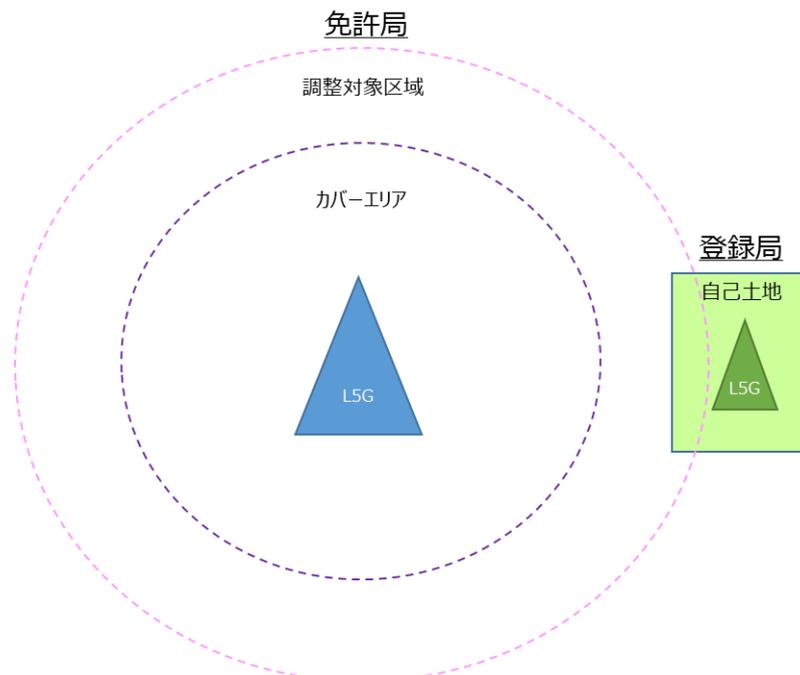


図 3.3.75 先発の登録局の自己土地に後発の免許局の調整対象区域が重複

免許局と登録局において、免許局優先とすると、簡易な申請で運用が可能となる登録局を制度化したとしても、将来的なリスクも考慮し、普及が進まないことが考えられるため、登録局が先発であった場合も、免許局が先発であった時と同様の考え方が適用されることが望ましい。

同一周波数において先発している登録局の自己土地に、後発の免許局の調整対象区域が、重複した場合は、後発の免許局側が、

- ・ 基地局アンテナの向きや位置を変える
- ・ 基地局の送信電力を下げる
- ・ 遮蔽対策をとる

等の重複が生じないための必要な対策を講じるものとするのが望ましい。

なお前述と同様に、図 3.3.75 の位置関係となった場合も、後発の免許局の周波数が先発の登録局とは別の周波数であれば、免許局の運用は可能とすることが望ましい。

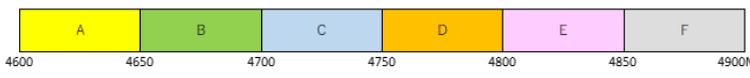
また前述と同様に、様々な事業者での運用や利用シーンを考慮し「但し、ローカル 5G の免許人とローカル 5G 登録局の事業者との間で混信その他の妨害を与えないことについて合意している場合は、この限りでない。」との規定も設けることが望ましい。

(2) まとめ

1) 登録局を前提とした技術的条件（案）

登録局を前提として基地局の技術的条件案を検討した結果を次表に示す。

表 3.3.47 基地局 技術的条件（案）

項目	内容																																										
周波数帯	4.7GHz 帯（4.6GHz-4.9GHz）																																										
キャリア周波数	4.6-4.65GHz、4.65-4.7GHz、4.7-4.75GHz 4.75-4.8GHz、4.8-4.85GHz、4.8-4.9GHz の6波  ※4.6GHz~4.8GHzは屋内のみ設置可能																																										
占有周波数帯幅の許容値	40MHz／50MHz																																										
空中線電力	1W																																										
空中線利得	3dBi以下 ※但し等価等方輻射電力が絶対利得3dBiの空中線に最大の空中線電力を加えたときの値以下となる場合は、その低下分を空中線の利得で補うことができる																																										
TDDパターン	準同期TDDパターン1 <table border="1" data-bbox="598 1097 1348 1164"> <thead> <tr> <th>スロット番号</th> <th>0</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th><th>11</th><th>12</th><th>13</th><th>14</th><th>15</th><th>16</th><th>17</th><th>18</th><th>19</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>準同期TDD1</td> <td>D</td><td>D</td><td>D</td><td>S</td><td>U</td><td>U</td><td>D</td><td>S</td><td>U</td><td>U</td><td>D</td><td>D</td><td>D</td><td>S</td><td>U</td><td>U</td><td>D</td><td>S</td><td>U</td><td>U</td> </tr> </tbody> </table> ※D:下りスロット、U:上りスロット、S: DからUへの切替期間を含む特別スロット	スロット番号	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	準同期TDD1	D	D	D	S	U	U	D	S	U	U	D	D	D	S	U	U	D	S	U	U
スロット番号	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19																							
準同期TDD1	D	D	D	S	U	U	D	S	U	U	D	D	D	S	U	U	D	S	U	U																							
不要発射強度の値 空中線電力の許容偏差 周波数の許容偏差	現行のローカル5Gの規定と同じとする																																										

なお、上記の空中線電力等が現行のローカル 5G の電波法関係審査基準に記載されている地域毎の規定を超えている場合は、電波法関係審査基準の値とすることが望ましい。また設置不可の地域も同様とすることが望ましい。

移動局については、現行のローカル 5G の規定のどおりとすることが望ましいと考えられるため、現行の規定と同様の技術的条件とした案を次表に示す。

表 3.3.48 移動局 技術的条件（案）

項目	内容
空中線電力	200mW
空中線利得	20dBi以下 ※但し等価等方輻射電力が絶対利得20dBiの空中線に最大の空中線電力を加えたときの値以下となる場合は、その低下分を空中線の利得で補うことができる

2) 登録局を前提とした運用条件（案）

登録局を前提として検討した運用条件（案）を次表に示す。

表 3.3.49 運用条件（案）

項目	内容
無線局種別	登録局
使用範囲	自己土地のみ
使用する無線設備の条件	適合表示無線設備のみを使用するものであること。
使用周波数の割り当て	<p>キャリア周波数6波の中から隣接する事業者が使用していない周波数を割り当てる。</p> <p>※4.6GHzから4.9GHzのうち基地局の設置が屋内のみの場合には、原則として、4.6GHzから4.8GHzまでの間から優先して割り当てることとする。</p>
隣接に先発のローカル5G免許局がある場合	<p>同一周波数において先発している免許局の調整対象区域が、後発の登録局の自己土地に重複した場合は、登録局としての運用は不可。</p> <p>※ローカル5G登録局の周波数が先発のローカル5G免許局とは別の周波数の場合はこの限りでは無い。</p> <p>※ローカル5Gの免許人とローカル5G登録局の事業者との間で混信その他の妨害を与えないことについて合意している場合は、この限りでない。</p>
先発のローカル5G登録局の隣接で、ローカル5G免許局が後発で運用される場合	<p>同一周波数において先発しているローカル5G登録局の自己土地に、後発の免許局の調整対象区域が、重複した場合は、後発の免許局側が、重複が生じないよう必要な対策を講じること。</p> <p>※ローカル5G免許局の周波数が先発のローカル5G登録局とは別の周波数の場合はこの限りでは無い。</p> <p>※ローカル5Gの免許人とローカル5G登録局の事業者との間で混信その他の妨害を与えないことについて合意している場合は、この限りでない。</p>

3.3.6 技術実証における追加提案

技術実証における追加提案には取り組まない。

4. ローカル5G活用モデルの創出・実装に関する調査検討（課題実証）

4.1 実証概要

実証フィールドの奈良学園大学三郷キャンパスの敷地は、前述の通り令和4年度より「FSS35 キャンパス」として新たに生まれ変わる予定であり、そこに集まる高齢者や障がい者、子ども達等が安心して過ごせる安全な環境を整備するためには、エリア内の見守りシステムの構築が必要不可欠である。ただし、従来の固定式監視カメラによる見守りシステムでは、監視できるエリアがカメラの設置場所に依存し、かつ限定される。そこで、三郷町では、当該エリアに移動支援サービスとして導入検討している自動運転車両、AIロボット、自動車椅子等の様々な移動体に見守り用カメラを設置し、ローカル5Gを活用したリアルタイムかつ高精細な映像の無線通信とAI顔認証・画像認識技術を融合することで、エリア全体を対象とした効果的かつ効率的な、高度な見守りシステムの実現を目指している。

そのため、本実証では、移動体を活用して、移動体の速度やカメラの設置位置等を変更して検証し、自動運転車両以外にも、AIロボットや自動車椅子等の様々な移動体による見守りの活用可能性を検証する。

上記を踏まえ、本実証プロジェクトにおけるローカル5G活用モデル（課題実証）の概要図を以下に示す。

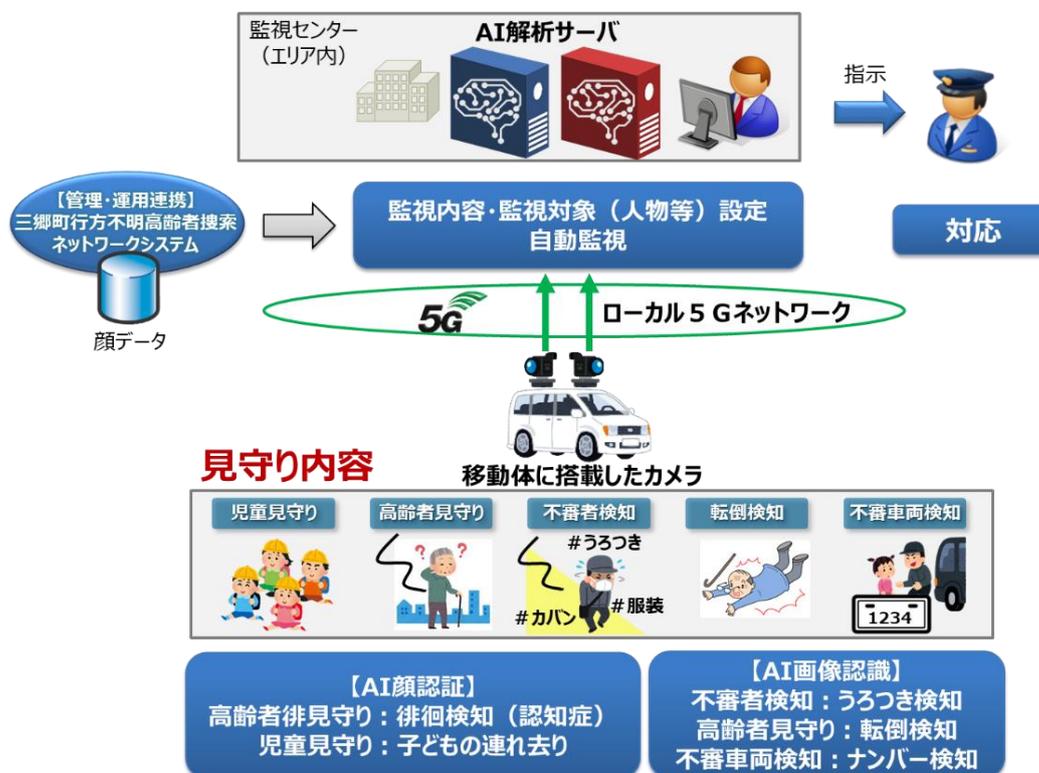


図 4.1.1 ローカル5G活用モデルの概要

実証エリアにおける移動体による見守りルートを以下に示す。

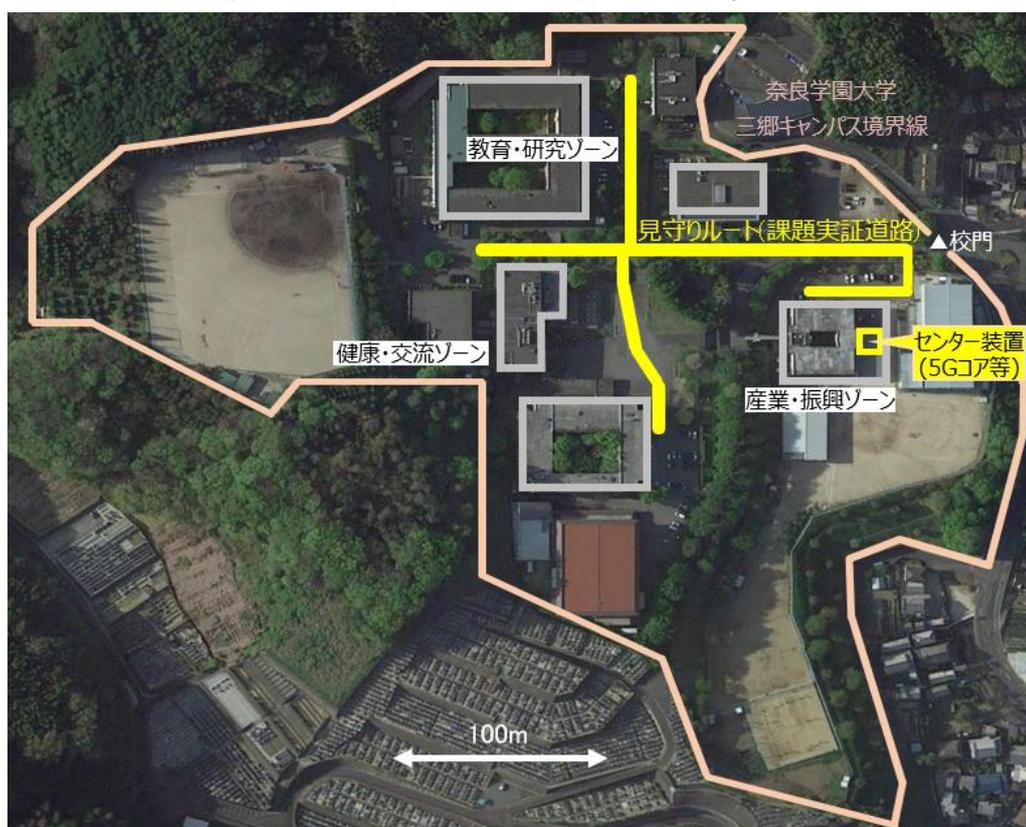


図 4.1.2 見守りルート

4.2 背景となる課題を踏まえた実装シナリオ・実証目標

4.2.1 地域課題と課題解決に用いるローカル 5G 活用モデルとの関係性

(1) 背景となる地域課題とニーズ

三郷町では、人口減少や高齢化が進む中、大阪のベッドタウンという地域性もあり、昼夜間人口比率が高く、昼間に人通りが少ないことが特徴となっており、見守りの維持が課題となっている。

具体的には、町内にある保育園や幼稚園は、坂道の上にあるところもあり、平坦な道に比べ、視認できる距離（視距）が短く、道路を横断中の子どもたちが車両から見えづらく、危険な思いをするケースがあり、町内にある保育園や幼稚園、またその園児の保護者から子どもたちの安全対策を危惧する声も挙がっている。さらに、高齢者や障がい者の方が徘徊等により行方不明になるケースがあり、町職員や地元消防団員等が連携して捜索する状況にある。捜索方法としては、行方不明地点から各方面に人員を配置し、捜索を行っている状況にあり、捜索が難航するケースもある。

本実証フィールドにおいては、上記の三郷町全体で抱えている課題と同様の課題が発生することに加え、夜間は高齢者、障がい者施設の利用者と、関わる施設の職員だけになり、

エリア内の人口が夜間に大幅に減る中、13万㎡の広大な敷地の中では、不審者の侵入も容易になり、また高齢者や障がい者が施設外で徘徊や転倒をしても、すぐに発見することは困難である。特に夜間では、こうした状況を解決するため、エリア内をくまなく見守る仕組みや有事の際には即座に周知・対応できる仕組みが必要となる。

以上のことから、子どもの見守りだけでなく、高齢者や障がい者の見守りによる住民の安全確保を求める声が多く寄せられており、防犯対策だけでなく、地域での見守りの強化が本町の重要な課題となっている。

本実証においては、このエリアを実証フィールドとし、大きなまちの課題、エリアの課題である「地域の見守り」を課題として実証を行った。

(2) ローカル 5G を活用した課題解決等の実現・実装に係る現時点の課題

三郷町では、実証エリアの町内および FSS35 キャンパスにおける高齢者、障がい者、子ども達に安心安全な環境整備を目指しているが、町内の人口減少、高齢化の進展により見守りの対象となる人口は増える一方で、見守りをする人口が減少しているため、地域住民の間での見守り体制を維持するのが困難な状況になっている。

これに対し、三郷町ではこれまでに固定式の監視カメラ（ネットワーク型防犯カメラ）21台を設置し見守りを行ってきたが、費用の面からも設置できるカメラの台数は限られ、監視可能なエリアが限定的になっていることから、住民からカメラの設置をもっと増やすよう要望も挙げられている。同様に本実証エリアの FSS35 キャンパスも、広大なエリアであることに加え、建物の陰で死角になるエリアなども存在するため、固定式の監視カメラにより全てのエリアをカバーすることは困難な状況にある。

以上のような状況のこれまでの解決手段と課題を以下の表に整理した。

表 4.2.1 徘徊に関するこれまでの解決手段と課題

手段	課題
人手による見守り	町職員や地元消防団等が連携して捜索するようにしているが、前述の通り捜索が難航し長期化するケースが多い。また、少子高齢化により、人手の確保が困難な状況
GPS、アクティブタグの使用	徘徊者は何も持たず(身につけず)に出て行ってしまふことが多く、このような装置での運用は困難な状況

見守りをする人口の減少など、見守り体制維持に関する課題に対しては AI 画像処理技術の適用が有効な対策である。AI 画像処理による「顔認証」や「人物・物体検知」では、AI ソフトウェアが監視映像の中から見守りに必要な情報を自動的に抽出し発報を行うため、見守り対象者に特別な装置を持たせる必要は無く、見守りに必要な人的コストの削減が可能となる。

また、顔認証や人物・物体検知による検出は固定式の監視カメラでも可能だが、広いエリアをカバーするためには多数のカメラを設置する必要があることや、死角が生まれてしまうことが課題として残る。このような状況の中、三郷町では、最新の ICT を活用し、固定式の監視カメラではカバーしきれない広いエリアや死角となるエリアを監視対象としてカバーするための、I.移動体への監視カメラ搭載による監視カバーエリアの効率的な拡充、さらに、人手不足の問題を解消するための、II.AI 画像解析技術を活用した自動見守り（必要な事案の自動検知）の組み合わせが、「高齢者、障がい者、子ども達に安心安全な環境整備」を実現するために不可欠であると考えている。

ここで、上記の I.移動体に搭載した監視カメラによる見守り、II.AI 画像解析技術を活用した自動見守りの実現に向け、現時点でクリアしなければいけない課題とその解決策を以下に示す。

I. 移動体に搭載した監視カメラによる見守りの課題と解決策

I-① 無線通信網

見守りとは対象となる事案が発生した際に、直ちにそれを発見し対処することが重要である。そのため、移動体の監視カメラからリアルタイムに映像を伝送することが課題であり、無線通信網（ローカル 5G）を構築することがその解決策となる。

I-② UE の小型化・モジュール化・省電力化

監視カバーエリアを効率的に拡充するためには、自動運転車両のみならず、多様な移動体を活用して監視カメラの台数を増やすことが重要であり、また、監視すべきエリアを利用する（移動する）ヒト・モノのニーズに応じて対象とする移動体を変化させることが必要である。その場合、例えば、FSS35 キャンパスで移動支援サービスとして導入検討している AI 配送ロボットや自動車椅子等の小型の移動体を活用するためには、限られたスペースに収納でき、かつ消費を抑えることが課題であり、UE (5G-GW) の小型化、モジュール化、省電力化を図ることがその解決策である。

II. AI 画像解析技術を活用した自動見守りの課題と解決策

II-① 移動体映像に対応した AI 画像解析アルゴリズム

これまでに開発されてきている AI 画像解析の技術は固定式カメラで撮影された映像・画像を前提に対象物の認証・検知等を行う技術だが、三郷町では、移動体から撮影された映像・画像に対し AI 画像解析を行う必要がある。このため、見守り・防犯の実運用で活用可能な検知精度の確保が課題であり、移動体映像に対応した AI 画像解析アルゴリズムの適用がその解決策である。

II-② 大容量 UL 通信

AI 画像解析の検知精度は、上記①で示した画像解析アルゴリズム（性能）に加えて、画像解析に用いる映像・画像の解像度もポイントであり、検知精度を向上させるためには、高精細な映像・画像を監視カメラより取得することが課題となる。また、より多くのエリアを効率的に監視するためには、監視対象エリア（解析範囲）を拡大することが必要であり、そのためにも遠方の対象物を鮮明に把握可能な高精細な映像・画像の取得が必要となる。監視カメラより高精細な映像・画像を取得するには、大容量 UL 帯域を確保可能な通信網の構築が解決策であり、移動体カメラから映像伝送するための無線通信網（I-①）と、大容量 UL 帯域の双方を実現可能なローカル 5G 通信網の構築が最善の解決策である。

II-③ 運用事業スキーム検討、監視センタークラウド化

前項までに示した「移動体カメラ+AI 画像解析」による見守りシステムを技術的に実現できたとしても、実運用（業務）の中で活用できなければ意味がない。特に、AI 画像解析により事案検出後の通知方法、および通知内容の確認と対応（運用体制の構築）の部分が課題であり、当該エリアの管理者や、社会福祉施設の事業者など、実際

に見守り業務を行う運用主体の業務実態に即した運用・事業スキームを検討することが解決策となる。また、特に他地域への普及展開・横展開を促進していくためには、AI 画像解析に必要なサーバ群の構築費用や運用負荷を軽減するための監視センターの共通化（クラウド化）が有効な解決策となる。

II-④ 個人情報管理体制の構築

AI 画像解析における、監視カメラにより映った方の映像を使用することになる。本事業における実証時には、コンソーシアムメンバーの実施主体を中心としたモニタ等を対象に画像解析するが、実装時や上記③で示した、普及展開・横展開時に向け、クラウドによる監視センターの共通化を図る場合には、個人情報・プライバシーを保護した管理・運用が課題となる。そのため、個人情報保護ならびにプライバシー保護に関連する法律等の関係法令等を遵守し、適切に個人情報・プライバシーを保護し、管理・運用するための情報管理体制を構築することが解決策となる。

上記の I ①-②、II ①-④の課題を整理、解決策をまとめたものを「ローカル 5G 活用モデル (ICT を活用した見守りシステム)」と定義し、下図に示す。

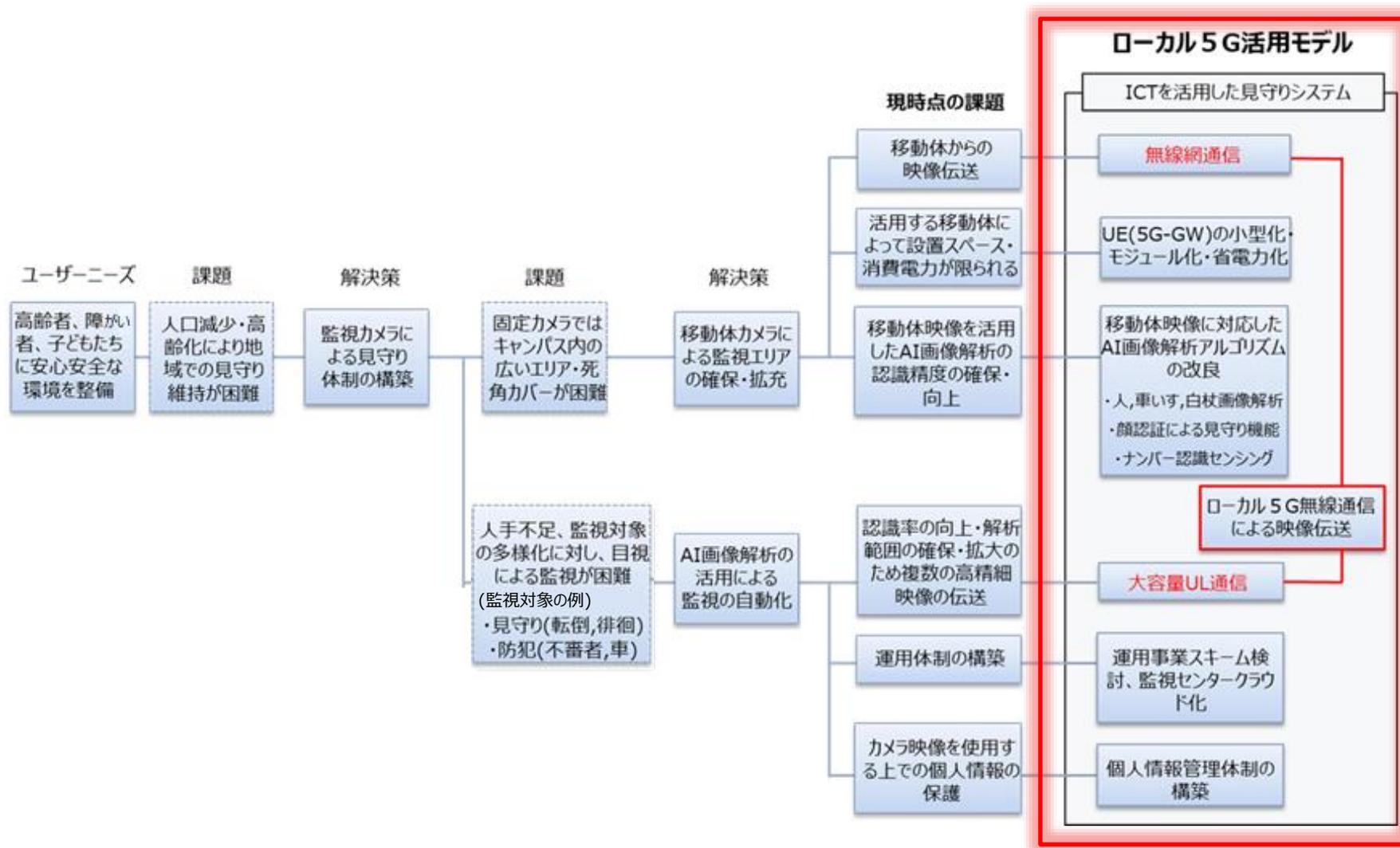


図 4.2.1 ローカル5G活用モデル

また、各課題の解決策に対する本実証で検証した内容及び継続して検討していく内容を以下に示す。

1) 本実証にて検証した内容

a) ローカル 5G 無線通信による映像伝送

実証エリアに構築するローカル 5G 通信環境下において、移動体（自動運転車両）に設置した監視カメラより、AI 画像解析に用いるための高精細な映像を遅滞なくリアルタイムに伝送できるかを本実証にて検証した。特に、当該エリアは学舎が 8 棟建ち並ぶ中、建物による遮蔽等の影響により通信速度の低下等が懸念されるため、エリア内をくまなく見守る仕組の各地点からの映像伝送の状況を計測・検証した。

b) 移動体映像に対応した AI 画像解析アルゴリズムの改良

本実証では、移動体カメラおよび固定式監視カメラで、AI 画像解析による以下の見守り項目の実施が可能か、および移動体カメラと固定式監視カメラでの見守り範囲を比較し効果確認を行った。（効果検証）

- ・人、車いす、白杖画像解析
- ・顔認証による見守り機能
- ・車両ナンバー認識センシング

AI 画像解析機能ごとに用意されているカメラの共用化を目的に、他カメラで撮像された映像の AI 画像解析が可能かどうか検証を行った。また伝送映像の処理時間を測定し実運用に耐えられるレベルの性能を有しているかの確認も行った。（機能検証）

移動体カメラについては、自動運転車両以外の AI 配送ロボットや自動車椅子等の様々な移動体の活用を想定し、自動運転車両の移動速度変更し、検知精度を比較検証した。この時、実運用時に想定される明暗の変化（昼間／夜間／西日の影響）や天候などの異なる環境下で撮影した映像・画像を用いて検知精度を比較検証した。（運用検証）

c) 運用・事業スキーム検討

本実証にて、移動体カメラおよび AI 画像認識を活用した見守りシステムの実装に向け、AI 自動検出後の通知・対応フローと運用・事業スキームを検討した。また、運用に関しては、実装するユーザの体制・事業スキームによって異なるため、複数のモデルを想定した上で、免許人・ネットワーク・システム構築・運用等の役割分担など、法人・自治体の一体運営の事業スキームを検討した。以下に本実証における各ステークホルダとその関連性を示した事業スキームのモデルを示す。

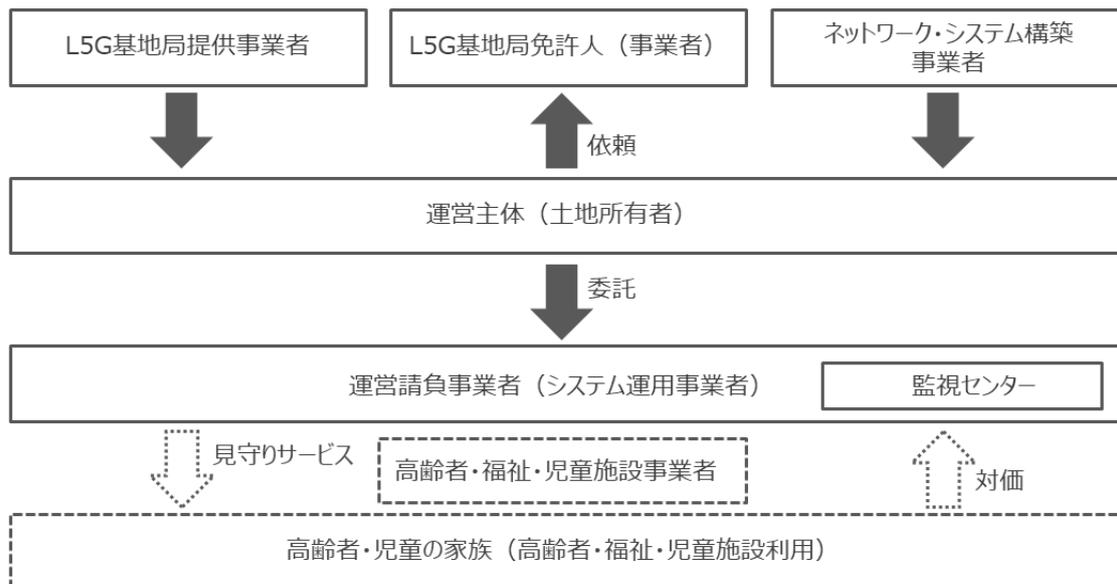


図 4.2.2 本実証での事業スキームのモデル(ベンダ委託モデル)

2) 本実証後も継続的に検討していく内容

a) UE(5G-GW)の小型化・モジュール化・省電力化

本実証では、移動体として自動運転車両に監視カメラを搭載して実証を行うが、将来の実装時には、当該エリアの移動支援サービスとして導入を検討しているAI配送ロボットや自動車椅子等の他の小型移動体を活用した効率的かつ効果的な見守りシステムを実現すべく、UE(5G-GW)の小型化、モジュール化、低消費電力化に向けた開発を、本実証事業終了後も継続的に実施する。なお、コンソーシアム外の技術開発にも依存するので合わせて継続検討を実施する。

b) 移動体映像に対応したAI画像解析アルゴリズムの改良

本事業の実証結果を踏まえ、実装に向けて更なる検知精度向上のため、移動体カメラ向けのAI画像認識アルゴリズムの改良を継続的に検討する。

c) 運用・事業スキーム検討

運用・事業スキームの検討は本実証事業終了後も継続的に実施する。

d) 個人情報管理体制の構築

本実証では、実証への参加に賛同を得たモニタ等を対象に画像認識や顔認証等を行う。ただし、実装に向けては当該エリアにおいて主な見守り対象となる高齢者、障がい者、児童などの顔データの登録や、監視カメラで撮影した情報の取り扱いなど、個人情報・プライバシーを保護した適切な情報管理体制を構築するため引き続き検討する。

4.2.2 ローカル 5G 活用モデルの創出

(1) ローカル 5G の必然性

これまでの屋外における高精細カメラによる見守りは、一般的に FTTH や光ファイバー等による有線回線を使用して運用されている。有線回線は、回線の敷設において大きな工事を伴うことが多く、費用面、保守性等において課題があり、見守り用のカメラの設置においては、可能であれば無線回線で運用したいという現場の声、ニーズが多く挙がっているのが現状である。

屋外における無線通信回線構築について検討した場合、屋外 WiFi については混信等により通信の信頼性、運用性に欠けることから、現実的にはキャリアの LTE 回線（将来的には 5G）を使用せざるを得ない状況であった。キャリア回線は、まずキャリア自身の判断によるサービスエリアにサービスが限定されてしまうことが大きな課題である。またキャリア回線は、動画の視聴といったユーザの利用シーンを踏まえて、ダウンリンクスロットが多い同期 TDD パターンにて運用されている。キャリア 5G の場合、このパターンではアップリンクの通信速度は最大 50-60Mbps 程度で平均的にはこの半分程度と考えられる。さらにベストエフォート回線であるため、キャリア回線の通信利用者が通信を多用する時間帯等においては輻輳によりそのアップロード速度さえも保証されないことから、今回のアップリンクスロットの目標である UL_20Mbps を安定的に確保することは難しいと考えられる。

しかし、新しい技術であるローカル 5G 無線ネットワークを活用することで、ローカル 5G の特長であるアップリンクの高速大容量伝送性能と、通信の安定性により、見守り用の高精細カメラのようなミッションクリティカルな用途においても無線環境で運用することが現実的になった。よって、高精細カメラを使用した見守りサービスを構築するうえでは、ローカル 5G が最も適した通信環境だと言える。将来的には、ローカル 5G サービスエリア内においては、見守り用の高精細カメラは有線ではなくローカル 5G を使用して運用されていくと推測される。また、費用面、運用面により他回線との組み合わせによる運用も想定される。今回の実証において、ダウンリンクスロットとアップリンクスロットの数が同じとなる準同期 TDD パターンにて実証をしたが、同期 TDD パターンと比べ UL のスロットは倍となる。通信利用者でシェアするキャリア 5G と異なり、自営 NW となるので、UL_20Mbps を安定的に確保することが可能になると考えられるので、今回の利用シーンではローカル 5G が適していると考えられる。

また、ローカル 5G のモビリティという特長に注目した場合、従来の固定式監視カメラによる見守りのみならず、これまで実現できなかった移動体に搭載した高精細カメラによる見守りも可能となる。移動体による見守りサービスの実現、これが見守りサービスにローカル 5G を活用する理由である。

本実証においては、ローカル 5G 無線ネットワークを活用することにより、モビリティ&アップリンク高速大容量伝送の特長を活かし、これまで実現できなかった移動体に搭載したカメラで AI 画像認識することで、どのくらいの検出率が期待できるのかを検証した。

表 4.2.2 に、本実証における移動体に搭載したカメラの映像伝送におけるローカル 5G の必然性について、有線やキャリア回線（LTE、C5G）と比較したものを示す。

本表においては、ユースケースとして「固定カメラを活用した場合」・「1台の移動体にカメラを1台のみ搭載した場合」・「1台の移動体にカメラを複数台搭載した場合(本実証ユースケース)」・「複数台の移動体にカメラを1台以上搭載する場合」に分類し、通信回線ごとに項目を記載した。

表 4.2.2 ローカル 5G の必然性 (比較)

ユースケース	通信回線	安定性	通信速度	運用	コスト
固定カメラを活用した場合	有線	○	○	△ (工事必要)	△
	キャリア回線 (LTE、C5G)	△	○ (UL遅い)	○	○
	L5G	○	○	○	×
1台の移動体にカメラを1台のみ搭載した場合	有線	-	-	-	-
	キャリア回線 (LTE、C5G)	△	○ (UL遅い)	○	○
	L5G	○	○	○	×
1台の移動体にカメラを複数台搭載した場合 ★本実証ユースケース	有線	-	-	-	-
	キャリア回線 (LTE、C5G)	×	×	×	○
	L5G	○	○	○	×
複数台の移動体にカメラを1台以上搭載する場合	有線	-	-	-	-
	キャリア回線 (LTE、C5G)	×	×	×	○
	L5G	○	○	○	×

(2) 令和 2 年度開発実証におけるローカル 5G 活用モデルとの相違点

本実証においては、移動体へのカメラ搭載により、ローカル 5G を活用することは勿論、AI 解析アルゴリズムについても移動体向けの専用アルゴリズムを用いて実証を行った。

なお、令和 2 年度の実証で詳細のアルゴリズムが開示されていないため、アルゴリズムに関する詳細な比較はできない。

(3) 最終的な実装の姿

実装時には、車両、AI ロボット等への搭載となるため、カメラの小型化、5G 端末の小型化・モジュール化、低消費電力化が必要となる。

また、移動体による見守りは、固定式監視カメラを完全に代替するものでなく、固定式監視カメラの死角、すなわち全エリアをカバーしきれない課題を解決するものとして固定式監視カメラを補完する形での運用を想定している。

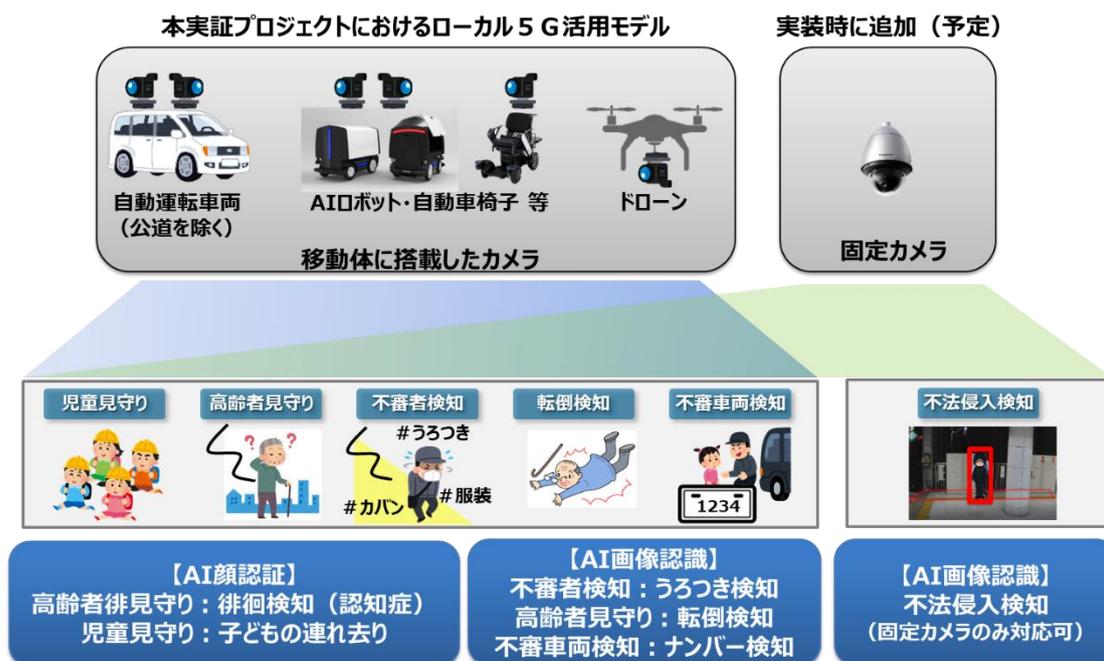


図 4.2.3 最終的な実装の姿 (目標)

(4) 他地域への横展開

本地域・エリア同様に、居住者の高齢化や人口減少などによって、子供や高齢者等の地域での見守りが課題となっている地域は、オールドニュータウンをはじめ全国各地の住宅地域で多数存在している。また本実証エリアのように、勾配や建物による死角が多いことや企業エリア・住居エリアが入り混じる複雑なエリアで、かつ高齢化が加速している地域において、今後、安心・安全な地域づくりを進めていくためには、「ICTを活用した効率的な見守りシステム」は極めて重要な技術であり、類似する他地域への展開が望まれる。

そのため、本実証実験によって得られた知見を横展開モデルとして検討・整理したうえで、テレビ・新聞・WEB 記事等における報道発表・インタビュー対応や、「共創ラボ」によるパネル展示 (常設) と共創検討、イベント開催によるパネル展示などの普及促進活動を通じて、他地域への横展開を促す。

4.2.3 実装シナリオおよび実証目標

(1) 実装シナリオ

本実証プロジェクトと連動展開する内閣府「未来技術社会実装事業（令和 2 年度採択）」の実装目標でもある令和 6 年度（2024 年度）をマイルストーンとして、そこまで「ICT を活用した効率的な見守りシステム（移動体カメラ+AI 画像解析）」の実装完了を目指し、表 4.2.3 に示す通り、大きく 3 段階の実装シナリオで社会実装を進めていく。

1) 2022 年度：「ICT を活用した効率的な見守りシステム」プロトタイプの実装

本事業（2021 年度）でローカル 5G 通信と自動運転車両による移動体カメラの映像を用いた AI 画像解析の実証を行った結果を踏まえ、課題的については改良を行ったうえでまずは 2022 年度内に「ICT を活用した効率的な見守りシステム」のプロトタイプとして、移動体としては（自動運転）車両を対象としたシステムの実装を目指す。

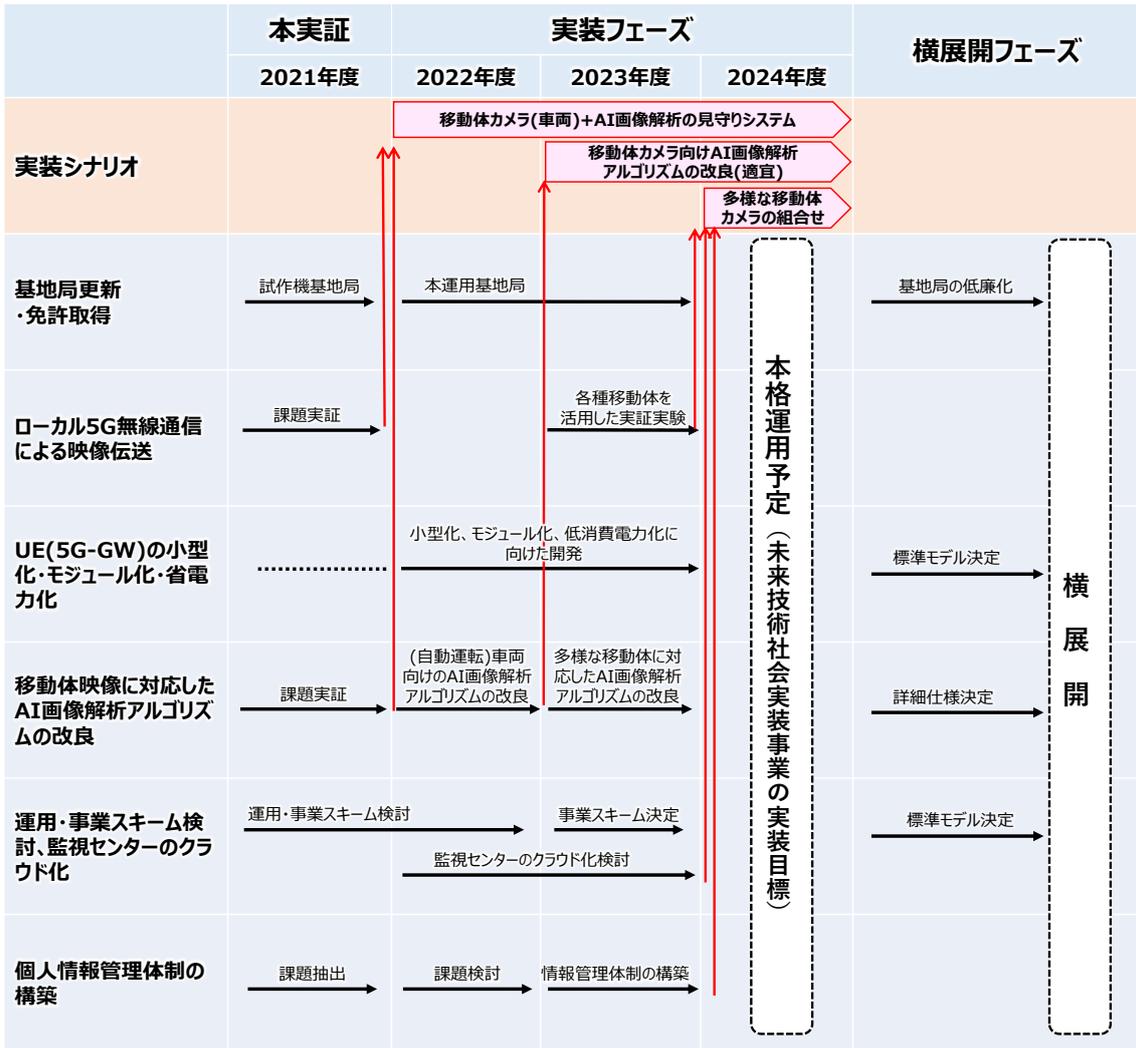
2) 2023 年度：移動体向け AI 画像解析アルゴリズムの改良

本実証で車両以外の各種移動体を想定した画像解析の実証も実施するため、そこで得られた結果をもとに多様な移動体を活用可能とするための、移動体向け AI 画像解析アルゴリズムの改良を 2022 年度より実施し、2023 年度以降に実装モデルのバージョンアップを適宜行っていく。

3) 2024 年度：多様な移動体を活用した見守りシステムの実装

AI 配送ロボットや自動車椅子などの小型移動体の活用により本見守りシステムの汎用性を高めるための UE（5G-GW）の小型化、モジュール化、省電力化に向けた開発や、他地域への横展開も見据え、システム（サーバ）導入費用・運用負荷の低減を可能とする監視センターのクラウド化、個人情報保護ならびにプライバシー保護のための情報管理体制の検討を 2022 年度以降に実施し、2024 年度には多様な移動体を活用した AI 画像解析による見守りシステムのフルパッケージとしての実装を目指す。

表 4.2.3 実装・横展開シナリオ・スケジュール



(2) 実証目標

本実証プロジェクトでは、来年度からブラッシュアップを重ね、最終的な実装の姿に基づき、「ICT を活用した効率的な見守りシステム」として、2024 年度の実装完了を目指す。そのため、今年度の実証実験では、その足掛かりとして、また実装シナリオ・スケジュール面においても今年度必須と認識しているローカル 5G 活用モデル「移動体を活用した AI 画像認識による見守り」の①ローカル 5G 無線通信による映像伝送、②移動体映像に対応した AI 画像解析アルゴリズム、③AI 自動検出後の通知・対応フローについて、奈良学園大学跡地「FSS35 キャンパス」という実装するエリア環境において、三郷町、医療法人・社会福祉法人など当該エリアを運営・管理する主体者自身が実証実験することにより、「移動体として自動運転車両を使用する条件において実運用可能なレベルとして各機能が適切に機能すること」を目標基準値として、現時点の課題、あるいは実証を通じて明らかになる課題に対する解決策までを含めた実証実験ができることを目標とした。なお、目標基準値は「検出の即時性が、想定される運用に十分かどうか」とした。具体的な運用については、運営・管理する主体者を含むコンソーシアム内での協議をもって決定していくこととした。また、10fps の固定カメラより収集した映像に対して正しく処理(人物の検知、ナンバー認識、顔認証)を行うことが可能であるが、移動体映像に対する画像解析精度については、今回の検証を通して、カメラの画角等の設定や取り付け方法を調整しつつ評価していくこととした。通知・対応フローについても、現時点では検知ログのみの出力のため、管理・運営主体者を含め実装すべき機能を精査していくこととした。

4.3 実証環境

(1) 実証機器

自動運転車両、監視センターに図 4.3.1 のカメラ・解析装置を実装し、実証を行った。

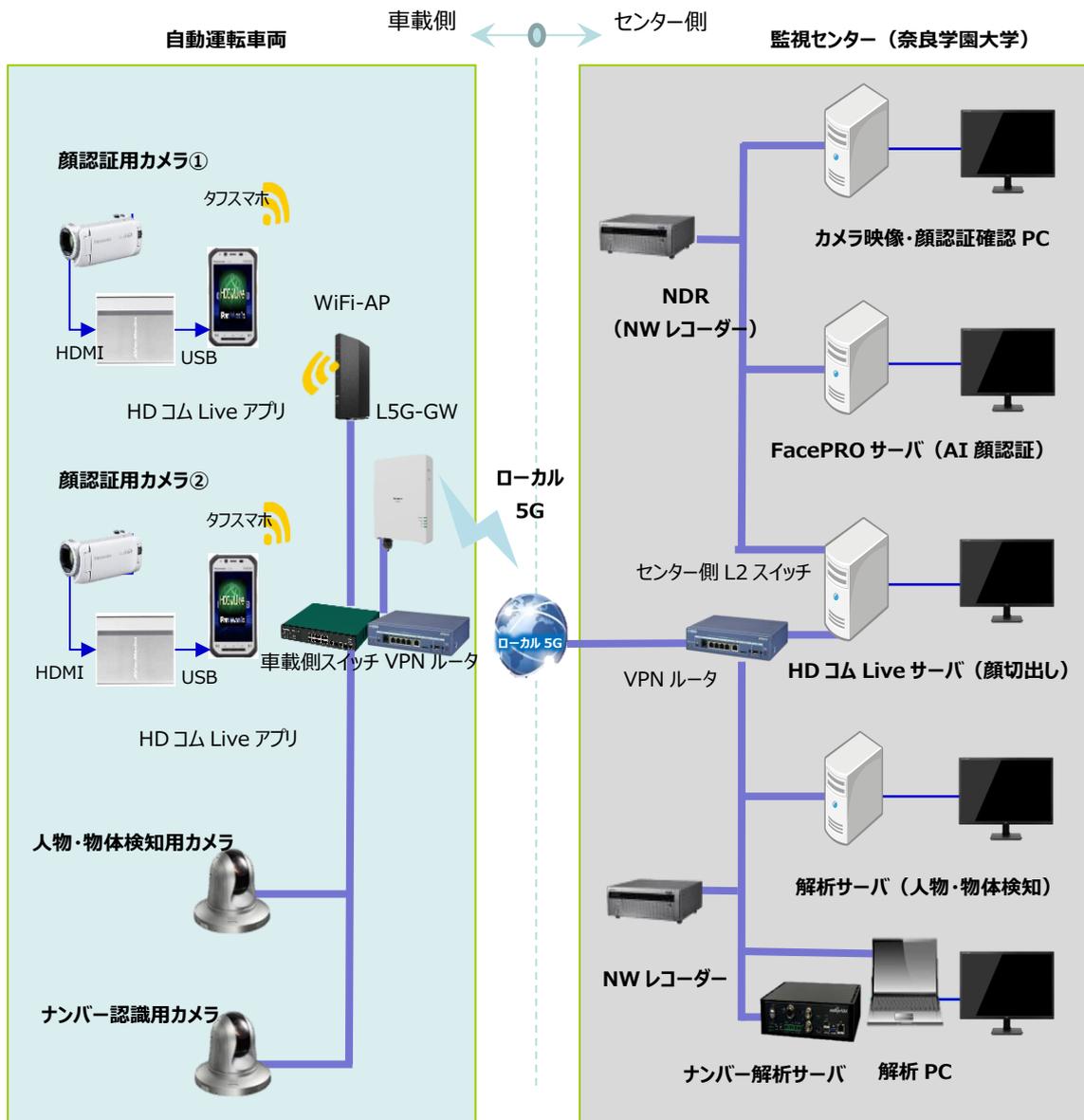


図 4.3.1 課題実証システム構成

各機器仕様を表 4.3.1 に示す。

表 4.3.1 機器仕様

No	機器名	備考
1	人物・物体検知カメラ	WV-S6130
2	ナンバー認識カメラ	WV-S6130
3	顔認証カメラ①	HC-WZ590M-W
4	顔認証カメラ②	HC-WZ590M-W
5	FacePRO サーバ	WV-ASF950
6	HD コム Live サーバ	KX-VCM316W
7	カメラ映像・顔認証確認 PC	WV-ASM300
8	解析サーバ (人物・物体検知)	FAM-8120
9	解析サーバ (ナンバー認識)	Y265WV3500Q
10	NDR	WJ-NX200/05

(2) 現地調査

実証に先立ち現地の調査を実施した。調査結果を以下に示す。

FSS35 キャンパスは丘陵地に造成されており、敷地への入り口（校門）から野球部グラウンドへと続く道は傾斜約 7°Cの坂道となっている。このため最も低地にある校門含む 10 号館と頂上付近の 5 号館との高低差は約 26.4m となっている。



図 4.3.2 FSS35 キャンパス地形的な特徴



図 4.3.3 5号館と10号館の高低差

このため、課題実証の見守りルート沿いから各建物への入り口には階段が設置されているケースが多く（スロープ設置箇所もあり）、高低差から建物の間が斜面となっている箇所がある。



図 4.3.4 建物入り口の階段



図 4.3.5 建物入り口のスロープ



図 4.3.6 高低差による建物間の斜面 1



図 4.3.7 高低差による建物間の斜面 2

また階段の段差に点字ブロックが敷設されている箇所もあるが、見守りルート沿いの歩道上には点字ブロックの設置は無い。



図 4.3.8 見守りルートの路面 1



図 4.3.9 見守りルートの路面 2

上記は、これまで大学生および大学職員が施設利用者であったため問題にはならなかったが、主な施設利用者が高齢者、障がい者、車椅子の利用者となった場合、見回りや介助などの対応が必要で、且つ移動体による見回りが必要なフィールドであることが確認された。

(3) 使用した移動体

使用する移動体は、手動運転での検証でトヨタ製ノア、自動運転での検証でトヨタ製エスティマ及び JAPAN タクシーを使用した。使用した車両を以下に示す。



図 4.3.10 手動運転検証車両（ノア）



図 4.3.11 自動運転検証車両（エスティマ）



図 4.3.12 自動運転検証車両 (JAPAN タクシー)

(4) 実施スケジュール及び走行ルート

手動運転での実証を前半に、自動運転での検証を後半に実施した。実施スケジュールを以下に示す。

表 4.3.2 実施スケジュール

項目	2022年1月	2022年2月
検証項目設定・準備	—————→	—————→
現地検証		手動運転実証 (2/1~2/10) —————→ 自動運転実証 (2/15~2/25) —————→
考察・検証		—————→

走行ルートは見守りルートを基に現地調査を実施、技術実証の結果からアップリンク 20Mbps が安定的に確保可能であり、且つ実際に車両が走行可能なルートから選定を行った。走行速度は 20km/時以下を基本とし、実証内容に応じて、速度を変えて実施した。図 4.3.13 に課題実証での走行ルートを示す。



図 4.3.13 移動車の走行ルート (黄色線箇所)

4.4 実証内容

移動体に取り付けたカメラ映像をローカル 5G で伝送させ、以下の画像認識を行う実証検証を行った。本実証では移動体カメラ+AI 画像認識により以下の見守り機能についてエリア・検知性能・検知速度を測定した。

また、課題実証担当者にて異常を発見した場合、本実証主担当部署より業務実施責任者から代表機関へご報告することとしていたが、実証期間中に異常は発見されなかった。

本実証において対象とすべき見守り項目については、「4.3 (2)現地調査」結果およびFSS35 キャンパスへの入居が予定されている福祉団体（運営主体者）へのヒアリングを行った上で、最終的な決定を行った。ヒアリングでは福祉団体(2 団体)に対して、業務内容や業務課題、課題解決に有効と思われる見守り項目などの意見聴取を会合形式にて行った。以下にヒアリング内容の要約を記載する。

<基本情報>

高齢者住宅の運営：50 人程度、障がい者施設：30 人程度、保育園施設の運営
入所者 3 人につき約 1 人の介護職員が担当する。

<抜け出される方への対応>

① 施設を抜け出される方への対応

- ・入所されたばかりの方が無断で施設から抜け出すケースあり(月に 1 回程度)。
- ・面会者も施設へ出入りする関係上、守衛では施設入居者か面会者かの判断は困難。
- ・抜け出しが発覚した場合は、施錠やエレベータの停止などの措置を行った上、自治体職員の方に連絡し総出で捜索を行う。
- ・施設のイベントなど抜け出しが発生しやすいタイミングがある。
- ・一度抜け出された方に対しては、職員がずっと寄り添い見守りを行う。
→抜け出し防止のために個人を特定できる手段が欲しい。

<入居者の行動に関して>

- ② 施設入居者の方でも自立されている方は、一人で散歩されている。
- ③ 長時間歩行（施設周囲の徘徊含む）される施設入居者がいる。
- ④ 車椅子の方に対しては、職員含めて誰かが介助できるようにする。

<園児に関して>

- ⑤ 園児は散歩時や公園で遊ばせている時にいなくなる可能性あり。
- ⑥ 泣いている子供など、表情の読取りができるとういかもしれない。

<見守りシステム運用時の通知方法>

- ⑦ 抜け出す人に対して、警告灯（回転灯）などによる警告はあまり意味が無い。
逆に驚かせてパニックを誘発する可能性あり。
- ⑧ 建物から出た瞬間にタグなどで検知する仕組みの方が有効か？
→裸足で外出する人もおられる。常に何かを持つ、身に着けているという保証

は無いため不向き。

- ⑨ 見守発報時には静止画での通知があるとよい。また職員の位置情報を管理し、近くの職員に指示ができれば対応が素早くなる可能性がある。
- ⑩ 発報数が多くなるのであれば、事務所である程度処理する必要があるかもしれない。

<その他>

- ⑪ 部屋の中の様子はプライバシーの観点で映像監視による見守りはできない。
- ⑫ 福祉施設へは不特定多数の人間（面会人含む）の出入りがある。
- ⑬ 他の施設では送迎バスでの送り迎えを実施している。



図 4.4.1 ヒアリング風景

ヒアリング結果から、施設を抜け出される方への対応に多くの課題があること、車椅子の方に対する介助が必要なこと、システムからの通知方法は福祉施設であるという特性の考慮が必要なことなどが判明した。これらを加味した上で、以下の通り見守り項目の決定を行った。

- ・ヒアリング結果①より個人特定的手段として「**顔認証**」を見守り項目とする。
- ・ヒアリング結果④の対応が必要となるため「**車椅子**」の利用者を見守り項目とする。
- ・敷地内には階段、段差や斜面があり、ヒアリング結果②、③、⑥から視覚障がい者や高齢者、園児の転倒事故発生の可能性があるため「**白杖**」「**倒れこみ**」を見守り対象とする。
- ・福祉施設への訪問者は主に車を利用すると思われる(※)が、①、②より面会者含めて人の出入りに制限は無く、且つ敷地内へ車での乗り入れが可能なため、誰でも容易に立入が可能となっている。車での幼児の連れ去りやその他犯罪防止を目的に敷地内に進入している車両の「**ナンバー認識**」も見守り対象とする。
(※2022年2月時点では、奈良学園大学利用者向けの路線バスが構内乗り入れを行っているが将来的には路線廃止となる予定)
- ・不審者（うろつき）検知については、③の徘徊される方などから検知アルゴリズムの更なる改善検討が追加で必要となるため本実証では見守り対象外とする。

以上から、本課題実証において検証を行う見守り項目は以下とした。

- ・「人物」、「車椅子」、「白杖」、「倒れ込み」検知
- ・顔認証
- ・ナンバー認識

表 4.4.1 各実証機能に対する概要

実証機能	基本的なアルゴリズム	検知内容
人物、車椅子、白杖、倒れ込み検出による見守り機能実証	物体検知アルゴリズム	人物や車椅子の方、白杖の方、倒れ込んでいる方を検知
顔認証機能による見守り機能実証	顔マッチングアルゴリズム	予め登録していた顔情報から一致する人物を検知
ナンバー認識センシング	物体検知・文字読取りアルゴリズム	車両のナンバーを検知

画像認識は検出する対象によって適正画角があり、技術毎にカメラが必要となる。ローカル 5G の大容量伝送を用いて、複数カメラの高精細な映像を同時伝送することで、リアルタイムで、より現場の動きに適した画像センシングが行えると想定し実証を行った。

また、今回は移動体として自動運転車両を用いたが、移動体の速度による画像認識機能の評価を行い、将来的に車椅子、自転車等の他の移動体での拡充の可能性を考慮した実証を行った。

検証毎の走行ルートを図 4.4.2 に記載する。移動者のルート内で順光と逆光の環境差が確認できる検知場所として設定した。



往復の経路において、各経路画角内に対象が入るよう移動

- ①車椅子 ②白杖 ③倒れこみ ④人

- 出発点 ● 折返し地点

図 4.4.2 移動車の走行ルート（白線箇所）

実証試験風景を以下に示す。

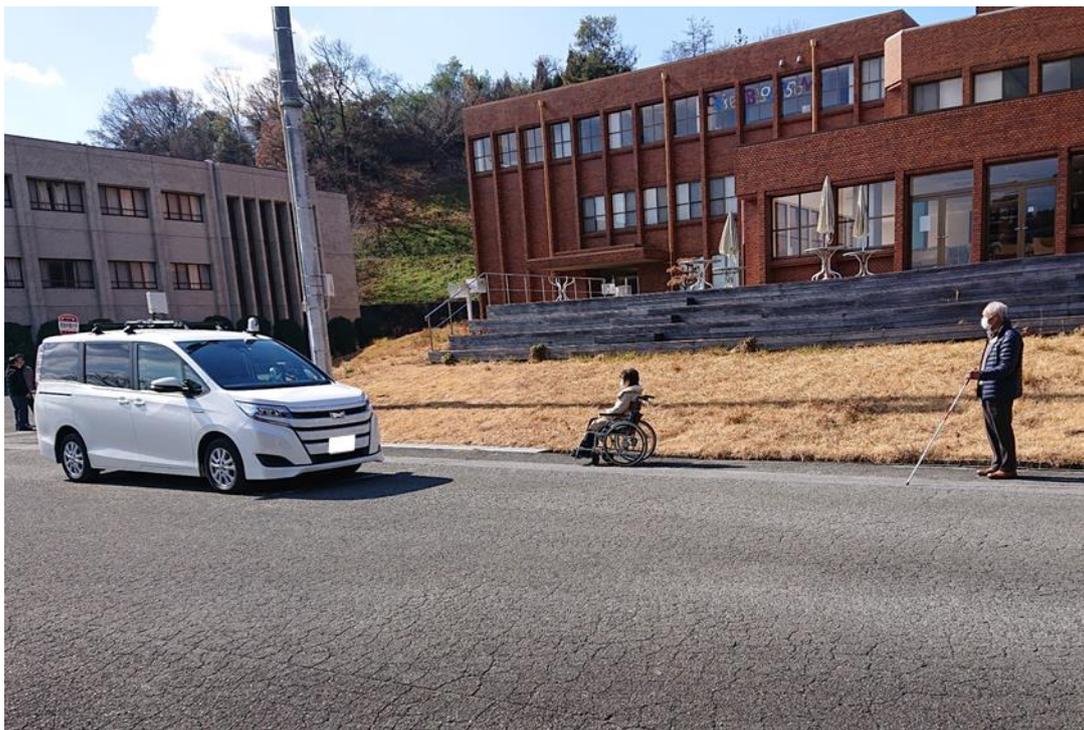


図 4.4.3 物体検知試験風景



図 4.4.4 顔認証試験風景



図 4.4.5 夜間での試験風景



図 4.4.6 自動運転車両での試験風景

4.4.1 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

4.4.1.1 効果検証

ローカル5Gを用いる事で、移動体に複数カメラを取り付けし、映像伝送させることが可能になり、固定式カメラシステムにて同様の見守り監視を行った場合と比較し、カメラ台数の削減、監視エリア・パターンの拡充、その他の有効活用が可能となり、見守りの機会が向上する。検証項目、検証方法について次に詳細を記載する。

(1) 評価・検証項目

- ① 固定式監視カメラと移動体カメラの見守り範囲の比較
固定式監視カメラによる見守り範囲（カメラ1台分）と移動体に取り付けされたカメラの見守り範囲の比較を行った。
- ② 固定式監視カメラと移動体カメラのAI画像解析実施可否の比較
移動体カメラと固定式監視カメラ、それぞれの設置位置および画角においてAI画像解析の実施が可能か評価を行った。
- ③ 固定式監視カメラと移動体カメラでの見守りシステム構築費用の比較
見守りシステムにおけるシステムコストの比較（カメラを対象とする）を行った。

(2) 評価・検証方法

- ① 固定式監視カメラと移動体カメラの見守り範囲の比較
固定式監視カメラシステムで使用するNWカメラ1台を選定し、固定式監視カメラと移動体カメラそれぞれ1台分の画角と見守り範囲との比較を行った。なお固定式監視カメラについて実証は行わず製品仕様からの情報で比較を行った。
- ② 固定式監視カメラと移動体カメラのAI画像解析実施可否の比較
固定式監視カメラ(1台分)および移動体に取り付けられたカメラの設置方法およびAI画像解析機能の動作条件を確認。見守り項目である「顔認証」「人・白杖・車椅子・倒れこみ」「ナンバー認識」のAI画像解析を行うことが可能か、またその他課題の有無について机上および実証にて明らかとなった設置位置、画角情報を踏まえ比較し検証を行った。
- ③ 固定式監視カメラと移動体カメラでの見守りシステム構築費用の比較
実証環境で見守りを行う際、固定式監視カメラシステムで必要となる構築費用を算出、合わせて、移動体による見守りを行う際の構築費用を算出し、導入費用で比較評価を行った。本検証では、カメラ台数の比較をベースに構築費用の比較を行った。

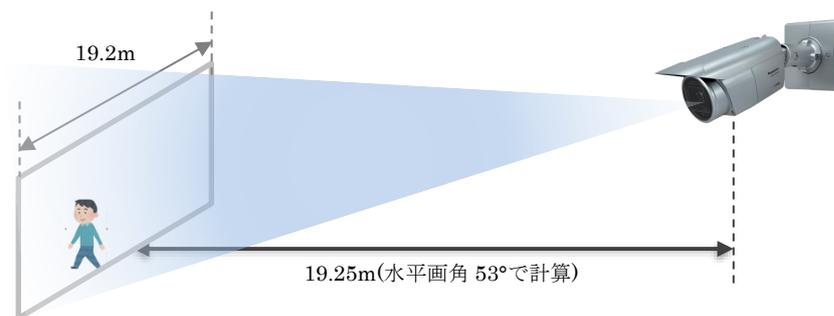
(3) 実施結果および考察

① 固定式監視カメラと移動体カメラの見守り範囲の比較

固定式監視カメラの性能・画角と見守り範囲について、以下に記載する。

表 4.4.2 屋外カメラ機器性能

品番	WV-X1571LNJ
外観	
撮像素子	約 1/1.8 型 CMOS センサー / 約 840 万画素
走査方式	プログレッシブ
解像度	3840×2160
最低照度	カラー 0.09lx (50IRE) 白黒 01lx (50IRE IR LED 点灯時)
画角	水平 : 53° ~ 104° 垂直 : 30° ~ 56°



人物（横幅）	: 800 mm (0.8m)
顔（横幅）	: 300 mm (0.3m)
ナンバー（横幅）	: 330 mm (0.33m)
人物、物体検知限界	: 80dot
顔検知限界	: 60dot
ナンバー検知限界	: 60dot
画像処理解像度	: 1920 x 1080
最大画角（水平）	: $1920 \div 80 \times 0.8 = 19.2\text{m}$
認証距離	
人物・物体検知	: ~22m(物体の 50%以上が画角内に存在)
顔認証	: 8~16m (推奨設置距離)
ナンバー認識	: 5~10m

図 4.4.7 固定カメラの見守り範囲

移動体に取り付けたカメラについては、車両からの検知距離（車両から 2m、4m、6m、8m、10m～）を想定した画角設定を行い、見守り範囲の検証を行った。移動体カメラ機器の性能については表 4.4.3、表 4.4.4 に、設定した画角イメージを図 4.4.8 に記載する。

表 4.4.3 人物・物体検知/ナンバー認識カメラ機器性能

品番	WV-S6130
外観	
撮像素子	約 1/2.9 型 MOS センサー / 約 240 万画素
走査方式	プログレッシブ
解像度	3840×2160
最低照度	カラー 0.015lx 白黒 0.0061lx
画角	水平 3.5° (TELE) ~ 74° (WIDE) (16:9 モード) 垂直 2.0° (TELE) ~ 42° (WIDE) (16:9 モード)

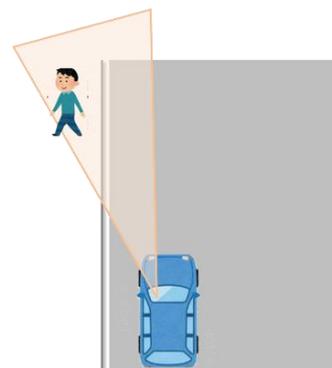
表 4.4.4 顔認証用カメラ機器性能

品番	HC-W590M
外観	
撮像素子	1/5.8 型 MOS センサー / 有効画素 220 万画素 (16:9)
走査方式	プログレッシブ
解像度	1920×1080
最低照度	41x (シーンモード LowLight 1/30 時) 11x (ナイトモードカラー)
画角	35mm 換算: 動画 28.0~1740mm (16:9) 水平 74° ~ 1.4° (16:9)
手振れ補正	光学式 (ハイブリッド手ブレ補正、アクティブモード (回転補正) 搭載、手振れロック機能搭載) 傾き補正

<設定項目>

- ① ズーム率
ズーム無し／2倍／3倍
- ② 解像度
 - ・フル HD (1920×1080)
 - ・HD (1280×720)

※帯域制限より HD の使用を想定、フル HD は参考



見守りカメラ画角イメージ

図 4.4.8 移動体カメラの設定項目

上記項目にて設定した、「人物・物体検知機能」・「顔認証機能」・「ナンバー認識機能」について、各検知機能の移動体からの検知範囲検証結果を以下 a), b), c)に記載する。

a) 人物・物体検知機能

a-1) 結果

人物・物体検知機能の実証における測定要件を以下に示す。

- 映像伝送帯域：最大 4Mbps、 伝送解像度：HD (1280×720)
- カメラはルーフとダッシュボードに水平に取り付け検知距離を測定
- 対象物体を「常時検知時：○」、「一部未検知時(3 フレーム以上検知)：△」、「検知無し時(3 フレーム未満)：×」 とする。

表 4.4.5 人物・物体検知機能の実証結果(カメラ取付位置：ルーフ)

検知距離	カメラの画角設定：ズームなし(28mm：約 75 度) ※設定画角毎に最適のパン（横方向位置）を設定する			
	人	白杖	車椅子	倒れこみ
~10m	○	○	○	○
12m	○	○	○	○
14m	○	○	○	○
16m	○	○	○	△
18m	○	△	○	△
20m	○	△	○	△
22m	○	×	△	×
24m	○	×	△	×
26m	△	×	△	×
28m	△	×	×	×
30m	△	×	×	×

(○：検知、△：一部検知、×：未検知)

表 4.4.6 人物・物体検知機能の実証結果(カメラ取付位置：ダッシュボード)

検知距離	カメラの画角設定：ズームなし(28mm：約 75 度) ※設定画角毎に最適のパン（横方向位置）を設定する			
	人	白杖	車椅子	倒れこみ
~10m	○	○	○	○
12m	○	○	○	○
14m	○	○	○	△
16m	○	△	○	×
18m	○	△	○	△
20m	○	×	△	×
22m	○	×	△	×
24m	△	×	△	×
26m	△	×	×	×
28m	△	×	×	×
30m	△	×	×	×

(○：検知、△：一部検知、×：未検知)

a-2) 考察

- ・検知距離は、検出対象物体それ自体の大きさや見え方のパターンが影響を及ぼしていると思われる。“人” および “車椅子” は一定以上のサイズがあり且つ見え方もほぼ固定しているのに対し “白杖” は背景に溶け込み易い、また “倒れこみ” は縦向き、横向きなど見え方に複数のパターンが存在する等の要因から検知距離に差が出ていると思われる。
- ・カメラ取り付け位置の違いによる検知精度の差異について
検知結果から、カメラ取り付け位置の違いが倒れこみの検知精度に影響を及ぼしていることが推察される。これは以下2点の理由によるものと考えられる。

理由1：カメラ取り付け高さ

ダッシュボードとルーフでカメラの取り付け高さを比較した場合、ノアで約 52cm、エスティマで約 56cm の差があった。これによりダッシュボードから撮影された画像はルーフから撮像された画像と比較して俯角が小さくなる。AI モデルが学習している「頭」や「足」など “倒れこみ” と判定するための特徴点が映像内に見え難くなるため検知精度の低下に繋がっているものと考えられる。

- ・ルーフから撮像された倒れこみ映像



- ・ダッシュボードから撮像された倒れこみ映像

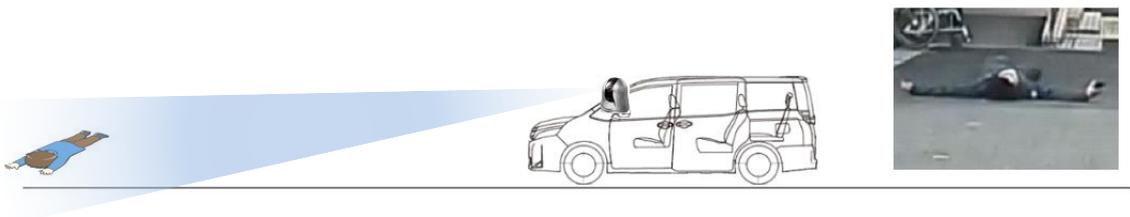


図 4.4.9 カメラ取り付け位置による撮像映像の違い

理由2：学習用データの特性

人物・物体検知の学習モデル作成時に使用された訓練用の画像はルーフとほぼ同じ高さから撮像された画像が多数使用されていた。このため人物・物体検知学習モデルはダッシュボード上から撮像された映像よりもルーフから撮像された映像の方が精度高く検知を行っているものと考えられる。



図 4.4.10 学習時に使用された訓練画像の例

上記から精度を優先させる場合には、人物・物体検知カメラの取り付け位置はルーフが最良と思われる。但しカメラ屋外設置の場合には屋外使用に耐えうるカメラの選定と車内に設置されている NW 機器への LAN ケーブルの配線が必要となる。

b) 顔認証機能

b-1) 結果

顔認証機能の実証における測定要件を以下に示す。

- 映像伝送帯域：最大 4Mbps、 伝送解像度：HD (1280×720)
- 顔認証システムのアラーム感度（閾値）：0.95（ほぼ本人と思われる設定）※
- ビデオカメラを車両ダッシュボードの上に小型三脚で、やや左／ほぼ水平に取り付け
- ビデオカメラの手振れ補正 ON にし車両の揺れを吸収する
- 各項目毎に 10 回ずつ試行し、顔認証できた回数をカウントする

※アラーム感度：FacePRO におけるアラーム感度とは、顔照合した結果の類似度がアラーム感度を超えるとアラーム発報する閾値である。デフォルト値は「1.04」となっており、今回は探索利用&検証目的のため少し低い数値「0.95」（ほぼ本人と思われる）を設定した。アラーム感度を上げると失報（本人なのに発報しない）の可能性がある、アラーム感度を下げ過ぎると誤報（他人と間違える）の可能性がある。

表 4.4.7 顔認証機能の実証結果(昼間・マスク無し)

認証距離	カメラの画角設定 ※設定画角毎に最適のパン（横方向位置）を設定する		
	ズームなし (28mm : 約 75 度)	ズーム 2 倍 (56mm : 約 45 度)	ズーム 3 倍 (84mm : 約 29 度)
5m	10/10	10/10	10/10
6m	—	10/10	10/10
7m	—	10/10	10/10
8m	—	7/10	10/10
9m	—	6/10	10/10
10m	—	4/10	10/10
11m	—	2/10	10/10
12m	—	0/10	10/10
13m	—	—	10/10
14m	—	—	10/10
15m	—	—	10/10
16m	—	—	9/10
17m	—	—	3/10
18m	—	—	1/10

b-2) 考察(昼間・マスク無し)

「ズームなし」では 5m、「ズーム 2 倍」では 7m、「ズーム 3 倍」では 15m まで認証可能との結果である。今回のプロトタイプでは、切り出し顔画像が小さい場合、拡大して顔認証システムへ送る機能が実装されており、この機能が働いて、認証距離が伸びていると考える。※切り出し画像からもストレッチした画像と判断できる。また、画角については、画角が広いと広範囲をカバーできるが顔が小さく映るため、現状の顔認証システムでは、ある程度画角を絞る必要がある。今回は、画角 30 度程度が最適であることが確認できた。今回の顔認証の類似度も平均して「1.02」程度が出ているため、十分に本人確認ができるレベルと判断できる。



図 4.4.11 顔認証機能（昼間）の実証結果

表 4.4.8 顔認証機能の実証結果(昼間・マスク有り)

認証距離	カメラの画角設定 ※設定画角毎に最適のパン（横方向位置）を設定する		
	ズームなし (28mm : 約 75 度)	ズーム 2 倍 (56mm : 約 45 度)	ズーム 3 倍 (84mm : 約 29 度)
2m	10/10	10/10	10/10
3m	4/10	3/10	10/10
4m	0/10	0/10	10/10
5m	-	-	10/10
6m	-	-	9/10
7m	-	-	7/10
8m	-	-	1/10
9m	-	-	0/10

b-2) 考察(昼間・マスク有)

「ズームなし」では2m、「ズーム2倍」では2m、「ズーム3倍」では5mまで認証可能との結果である。これは、マスクをしていない場合に比べて、認証距離限界が約1/3の距離となっている。また、マスクをすると、認証回数にバラツキが見られ、特に、晴れて直射日光が強い場合にNGの傾向がみられた。マスクをした場合は、マスクを除いた部分に重みづけをした顔照合になるため、顔の影の影響が大きくてたと思われる。今回の顔認証の類似度も平均して「1.00」程度が出ているため、探索における本人確認ができるレベルである。コロナ禍では、屋外で多くの人がマスクを装着するため、この結果が実用に向けた能力と判断すべきと考える



図 4.4.12 顔認証機能 (昼間・マスクあり) の実証結果

表 4.4.9 顔認証機能の実証結果(夜間・マスク無し)

認証距離	カメラの画角設定 ※設定画角毎に最適のパン（横方向位置）を設定する		
	ズームなし (28mm : 約 75 度)	ズーム 2 倍 (56mm : 約 45 度)	ズーム 3 倍 (84mm : 約 29 度)
2m	10/10	10/10	10/10
3m	10/10	10/10	10/10
4m	1/10	0/10	9/10
5m	0/10	-	8/10
6m	-	-	0/10
7m	-	-	-
8m	-	-	-
9m	-	-	-

b-2) 考察(夜間・マスク無し)

「ズームなし」では 3m、「ズーム 2 倍」では 3m、「ズーム 3 倍」では 3m まで認証可能との結果である。夜間になると、ビデオカメラのインテリジェントオートでは、薄暗くなると撮影モード：📷(ローライト)となり、シャッター速度が遅くなる影響で動きのある部分にブレが出る傾向にあるが、歩行者が停止しているため画像にブレはない。また、ヘッドライトはズボンの部分を照らすだけで顔にあたらないため、ヘッドライトは意味をなさなかった。

今回の顔認証の類似度も平均して「1.00」程度が出ているため、探索における本人確認ができるレベルであるが、夜間において歩行者が歩いて動くことを考慮すると、ブレが予想でき、より夜間撮影能力の高いカメラが必要と考える。



図 4.4.13 顔認証機能（夜間・マスク無し）の実証結果

c) ナンバー認識

c-1) 結果

ナンバー認識機能の実証における測定要件を以下に示す。

- 映像伝送帯域：最大 4Mbps、 伝送解像度：HD (1280×720)
- カメラはダッシュボードに水平に取り付け検知距離を測定
- 各項目において検知できた回数／検証回数をカウントする。
- 検知できた回数はナンバープレートの地域名、業種、仮名、4桁を全て認識したものを1とする。

表 4.4.10 ナンバー認識機能の実証結果

認証 距離	カメラの画角設定		
	※設定画角毎に最適のパン（横方向位置）を設定する		
	ズームなし (28mm：約 75 度)	ズーム 2 倍 (56mm：約 45 度)	ズーム 3 倍 (84mm：約 29 度)
3m	5/5	5/5	5/5
5m	4/5	5/5	5/5
7m	1/5	4/5	5/5
9m	-	-	2/5

c-2) 考察

定点（固定）カメラであれば車両番号をターゲットとし、車両が必ずターゲットのポイントを追加すると予測できるため、画角およびプレートの検出サイズを規定できる。しかし移動体にカメラを設置し解析を行う場合は、画面上のプレート表示位置、検出サイズを予想することは困難である。今回、移動体カメラ映像からナンバー認識を実施するためには、映像画面からプレートの切り出し、その画像から解析を行わなければならないが、誤ったデータを蓄積すると検索精度が劣化するため、まずはカメラの特性も考慮し、切り出しプレートサイズとその認識精度を確認したところ、ほぼ 100%精度、80%以上の精度を保持するサイズを規定した。

定点（固定）カメラでの検証時：100%認識サイズ（93×54 以上）

80%認識サイズ（63×33 以上）

d) 評価結果まとめ

一般的な固定式監視カメラを設置した場合、1台のカメラで見守り機能が実装される範囲は設置位置および機能ごとに異なるが、最長で**22m**先までの範囲となる。

それと比較し、移動体カメラは走行ルートを前提のエリアをカバー可能であるため、カメラ1台当たりの見守りエリア情報は広範囲にわたる。これに加えて移動体カメラでは交差点等で発生する死角をカバー出来ると考えられる。固定カメラと移動体カメラの比較を表4.4.11に記載する。

表 4.4.11 固定カメラと移動体カメラの比較

	常時監視性	監視業務と画像処理との親和性	駆付現場におけるリアルタイム性	死角について
固定カメラ	○	△	×	×
	常時監視可能	監視エリアすべてが画像処理対象とはならない	固定カメラ死角外での事象に対しては検出不可	死角なしで設置することで、全エリアの無死角監視は実現可能だが、高コスト
移動体カメラ	△	○	○	△
	移動しながらの撮像となるため、常時すべての箇所の監視は不可	車両や介護ロボットなどで移動しながら撮像するため、画角内の画像処理が行いやすい	パトロール中、駆付けにおいても検出可能。また、画角変更にも対応可能	移動ルート、及び設置画角により死角を減らすことは可能

固定カメラで発生する死角と移動による検知について図 4.4.14 に記載する。

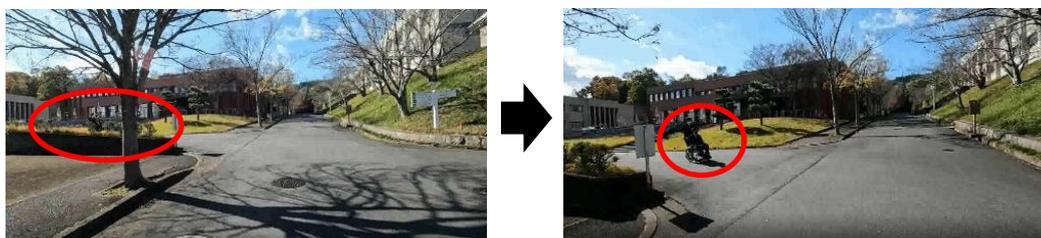


図 4.4.14 固定カメラで発生する死角と移動による検知

固定式監視カメラと移動体カメラによる見守り範囲（カメラ一台分）の見守り範囲の比較結果を表 4.4.12 に記載する。

表 4.4.12 見守り範囲の比較

条件	画像認識範囲	検知タイミング
移動体カメラ	走行ルート範囲	走行時 (1 時間に 1 回)
固定式監視カメラ	カメラ位置から 20m	常時

以上の結果から、見守り機会の向上に向けてのエリア全域監視に対して、移動体カメラは有効であると考えられる。但し夜間の見守りでは、移動体に適切な照明を設置する、夜間撮影能力の高いカメラを採用するなどの対策が必要である。昼間と夜間の照度変化を感知し、認証や検知に最適な映像が撮像できるようなカメラ設定を自動的に行う仕組みも併せて検討する必要がある。

- ② 固定式監視カメラと移動体カメラの AI 画像解析実施可否の比較
比較結果を表 4.4.13 に示す。

表 4.4.13 見守り項目の比較

見守り項目	固定式監視カメラシステム	移動体に取り付けられたカメラ
顔認証	設置位置は、隠蔽やいたずら防止などから高所に設置されるのが一般的である。一方で人は 5 度下向きに歩くと言われており、上からの撮像時には顔の特徴点抽出がしづらくなるため顔認証には不向き。	顔の目線とほぼ同じ高さからの撮影となる、また遠方から被写体に接近しながら何度も撮影・認証を行うことが可能となる。
白杖・車椅子・倒れこみ	画角内に一定サイズ以上で撮影できれば検知可能	画角内に一定サイズ以上で撮影できれば検知可能。
ナンバー認識	道路が画角中央に映り、ナンバープレートが一定サイズ以上撮像できるように設置位置を調整すれば認識可能。 但し、道路にはみ出して設置する場合には道路法に基づく「道路占用許可」が必要。	ナンバープレートが一定サイズ以上に撮像できれば認識可能。

上記結果より、固定式監視カメラでは「顔認証」の用途には利用することが困難であることが判明。またナンバー認識においては、固定式監視カメラはナンバーが常に撮像できるような位置への設置調整が必要、加えて公道上に設置の場合には落下事故防止のための、公的許可を取るなどの手続きが必要となる。

- ③ 固定式監視カメラと移動体カメラでの見守りシステム構築費用の比較
見守りシステムの構築設計を行い必要なカメラ台数を算出した。カメラに画角内で画像認識機能実装を前提としたカメラ配置を検討した。コスト比較した結果を表 4.4.14 に記載する。

表 4.4.14 カメラを想定したシステムコスト比較

	見守りにかかる 人件費/年(千円)	機器費(千円)	システム構築費 (千円)	設置工事費(千円) (SI費含む)
通常の見守り体制 概算費用	43,800	-	-	-
固定カメラによる見 守り 概算費用	21,900	70,000	75,000	100,000
移動体カメラによる 見守り 概算費用	21,900	58,000	30,000	62,000

- (*1) 機器費はローカル 5G 設備を含む(コア設備 1 式・基地局 2 式)
- (*2) 移動体(車両)にはカメラ 4 台の設置を想定
- (*3) 固定カメラはカメラ 1 台に対し、柱を 1 本建柱する想定
- (*4) 本実証の見守りルートを固定カメラのみで見守りを行う場合は、カメラ 31 台が必要
- (*5) 移動体費用は別途

固定式監視カメラの設定イメージを図 4.4.15 に記載する。



図 4.4.15 固定式監視カメラ設置イメージ

通常の見守り体制の概算費用については、現状の大学内で警備にかかる人数を基に交代にかかる人員も含め 6 名で算出している。システムを導入して見守りをする場合、監視センターには人手が必要になるため完全無人での運用は困難だが、半数程度の人員で運用ができると仮定している。実運用での削減効果については、今後の継続検証事項とする。

システム整備にかかる概算金額は表 4.4.15 「カメラを想定したシステムコスト比較」の通りである。本実証における見守りルート上での無死角監視を固定式のカメラで実現する場合、交差点監視も含めると 31 台のカメラが必要になり、機器費だけでなく設置にかかる工事費についても多額の費用が必要となる。またシステム面についても、カメラの台数が増えれば増えるほど、画像解析のライセンスの必要数が増える、解析に必要なハードウェアのスペックが上がるといった費用増の要因が増えるので、カメラ台数を可能な限り削減することは大きなコストメリットを生む。しかし、移動体を用いたカメラのみの運用では、重要な出入口など常時監視が必要な場所で、必要なタイミングで映像が取得できていないというリスクもあるため、重要箇所について固定式カメラによる常時監視をし、エリア広域での見守りは移動体カメラで実施するなど、組み合わせて運用することで、コストメリットを出しながらも、現場の運用に沿った形での構築が可能になる。

カメラによる画像認識による見守り機会の向上は地域見守りに有効ではあるものの見守りエリアは全域である事が条件と考えられる。

本実証で検証した通り、移動体カメラによる見守り機能はエリア全域の見守りに非常に効率的であり、固定化される設備も最小化可能なため、継続性のあるシステム運用も可能と考えられる。

4.4.1.2 機能検証

ローカル 5G の有効性を確認するために、必要カメラ台数の検証および画像処理の性能について、次の通り、検証・評価を行った。

(1) 評価・検証項目

検証項目を以下に示す。

① 設置カメラ台数の削減を目的に、AI 画像解析機能ごとに用意されたカメラの共用化が可能かどうかの検証

例) 顔認証用に設置したカメラをナンバー認識用カメラの画角に変更

② ローカル 5G 経由で伝送されてきた映像がスムーズに画像解析処理が可能かを検証

(2) 評価・検証方法

検証方法を以下に示す。

① 設置カメラ台数の削減を目的に、AI 画像解析機能ごとに用意されたカメラの共用化が可能かどうかの検証。

AI 画像解析サーバに、別カメラで撮影された映像を取り込み AI 画像解析が可能かの検証を行った。具体的には以下の組み合わせでの検証を行った。

- ・ 人物・物体検知カメラの映像 → 顔認証サーバ、ナンバー認識サーバで解析
- ・ 顔認証カメラの映像 → 人物・物体検知サーバ、ナンバー認識サーバで解析
- ・ ナンバー認識カメラの映像 → 人物・物体検知サーバ、顔認証サーバで解析

カメラ画角変更の構成イメージを図 4.4.16 に記載する。

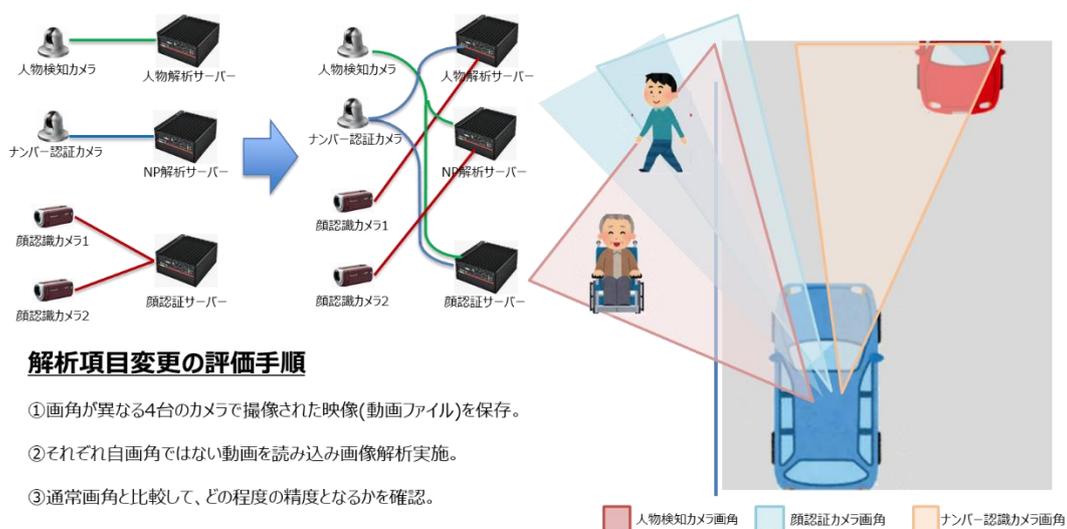


図 4.4.16 カメラ画角変更の構成イメージ

また、検証を行うパターンを表 4.4.16 に記載する。

表 4.4.16 カメラ画角変更の検証パターン

No	検証カメラ（画角）	画像認識（機能）
1	人物・物体検知用に設置したカメラ	顔認証
2	人物・物体検知用に設置したカメラ	ナンバー認識
3	顔認識用に設置したカメラ	人物・物体検知
4	顔認識用に設置したカメラ	ナンバー認識
5	ナンバー認識用に設置したカメラ	人物・物体検知
6	ナンバー認識用に設置したカメラ	顔認識

② ローカル 5G 経由で伝送された映像がスムーズに画像解析処理が可能かの検証方法

事案発生から検知までの時間について有線 NW 上（社内事前検証）とローカル 5G 上で比較評価する。検証のイメージを図 4.4.17 に記載する。



図 4.4.17 検知時間測定の検証イメージ

本検証では、従来の施設監視システムとの比較として、有線接続時の処理時間との比較を行う。処理時間は各機能のログ等で出力されるタイムスタンプの時間から算出した。

(3) 実証結果及び考察

- ① 設置カメラ台数の削減を目的に、AI 画像解析機能ごとに用意されたカメラの共用化が可能かを検証。

解析用途ごとのカメラ画角（試験画像）の比較を下図に記載する。



地点 A：顔認証カメラの映像



地点 A：人物・物体検知カメラの映像



地点 B：ナンバー認識カメラの映像



地点 B：人物・物体検知カメラの映像

図 4.4.18 解析用途ごとのカメラ映像の比較（実証実験時）

また検証パターンごとの検知条件と検知結果を以下に記載する。

a) 人物・物体検知

構成については、図 4.4.16 参照

①車番認識カメラ（WV-S6130/FHD）、②顔認証カメラ（HC-W590M/HD）で撮影した映像を、人物・物体検知システムに流し込み検証を実施。

検証条件としては、昼間、速度 20km/h の映像を使用した。顔認証、車番検知カメラともに進行方向にカメラの向きが設定されているため、対象物体がフレームインしてからフレームアウトまでの時間が長く、画角内に捉えた対象物体は全て検知（3 フレーム以上発報）可能との結果となった。ただし、ズーム時には検知対象が画角内に映りこまないケースが存在しており、この場合未検知となっている。

b) 顔認証

カメラ変更の検証構成と検証結果を以下に示す。



図 4.4.19 顔認証のカメラ変更の構成

検証環境としては、車両の車内で NW カメラの映像をノート PC にローカル録画 (FHD) し、ビデオカメラの代わりに録画したノート PC で映像再生 (FHD) をし、「HDMI⇒USB 変換器」に入力し映像伝送することで、顔認証の動作検証を実施した。

①人物・物体検知、②ナンバー認識で使用しているネットワークカメラ (WV-S6130) の映像を、モバイル顔認証システムに流し込み検証を行った。検証条件としては、昼間、マスク無し、走行中の映像となる。各映像において、顔認証用ビデオカメラ (HC-W590M と同等の性能が確認できた。ただし、顔認証用に比べて①人物・物体検知、②ナンバー認識で使用しているカメラは画角が少し広角 (画角: 47 度) なので、認証距離は短くなる傾向にある。顔認証における走行テスト、距離検証における「ズーム 2 倍、画角 45 度」と、ほぼ同様の検証結果となった。

c) ナンバー認識

構成については、図 4.4.16 参照

①人物・物体検知カメラ (WV-S6130/FHD)、②顔認証カメラ (HC-W590M/HD) で撮影した映像を、車番認識システムに流し込み検証を行った。検証条件としては、昼間、速度 20km/h で、駐停車を想定した車番検知にて比較を行った。人物・物体検知カメラの場合、画角も広いことと、路側帯方向に特化した形で設置されていることもあり、検出精度は高く、車番認識カメラと同等の性能が確認できた。ただし車番検知用カメラと異なり、カメラの向きがほぼ車両の左側を対象としていることから、駐停車中の車両に対して、速度が上昇した際には視野角が狭いということとなり、認識精度が落ちてしまう。顔認証カメラの場合、視野角が狭いという点から速度が上がった場合においては画面内にナンバープレートをとらえる時間が少ないということもあり、認識精度が落ちてしまう結果となった。

表 4.4.17 カメラ画角変更時の画像認識検証結果

No	検証カメラ（画角）	画像認識（機能）	検証結果
1	人物・物体検知用に設置したカメラ	顔認証	カメラ映像での認証 OK
2	人物・物体検知用に設置したカメラ	ナンバー認識	カメラ映像での認証 OK
3	顔認証用に設置したカメラ	人物・物体検知	カメラ映像での検知 OK
4	顔認証用に設置したカメラ	ナンバー認識	カメラ映像での認証 OK
5	ナンバー認識用に設置したカメラ	人物・物体検知	カメラ映像での検知 OK
6	ナンバー認識用に設置したカメラ	顔認証	カメラ映像での認証 OK

検証の結果、どの機能も画角内に目的とする対象物体を捉えることができれば認証および検知は自カメラと同程度に行うことが可能であることが分かった。未検知が発生する主な要因は、各機能のターゲットが存在する位置の想定が各機能で異なることに起因する。

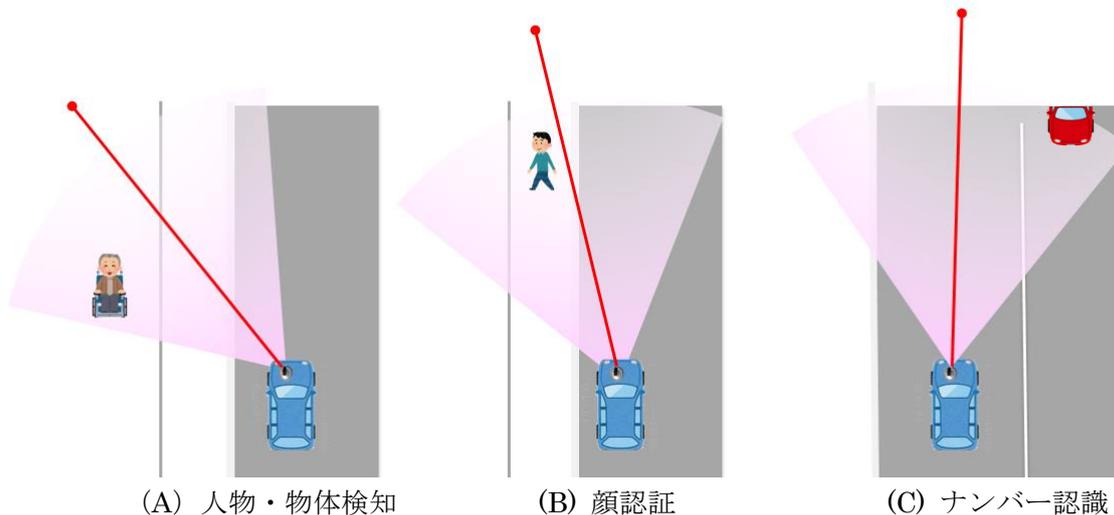


図 4.4.20 各機能のカメラ向き

(A)の人物・物体検知機能では、倒れこみや要介助者の発見など見守り用途から歩道を含む側道を画角の中心に向けている。(B)顔認証では、主に歩道の歩行者を正面から捉える向きに、(C)ナンバー認識では他の車両が存在する車両の進行方向および対向車線を含む車道を中心に向けている。このように各機能が対象としない向きに画角の中心が設定された場合、未検知発生となる可能性があるため 1 台のカメラを複数機能で併用する運用は難しいと考える。

但し、実際の運用における要件定義、高精細な映像が取得可能な全方位カメラの採用、将来的なカメラ解像度の向上、画像認識機能の向上などによっては、カメラの併用は考えられると想定される。

② ローカル 5G 経由で伝送されてきた映像がスムーズに画像解析処理が可能かの検証

検証により測定した、検知時間について表 4.4.18 に記載する。

表 4.4.18 検知時間測定結果

ネットワーク接続環境	測定時間[msec]		
	パケット受信間隔	検知	認証
ローカル 5G 接続	16	エンコード遅延：33～66 デコード遅延：250～1000	人物・物体検知：約 90 ナンバー認識：30～100
有線接続	14	伝送遅延(※)：10～30 エンコード遅延：33～66 デコード遅延：250～1000	人物・物体検知：約 90 ナンバー認識：30～100

※エンコード/デコードによる時間と比較し、はるかに小さいため解析にほぼ影響はない

検証の結果、ローカル 5G 接続の環境においては、数 msec 程度の遅延は見込まれるが映像データのエンコード、デコードによる遅延差分に比べてはるかに小さいため、実際の解析映像としてはほぼ変わらず、突発的なパケットロスが発生しない限り、解析精度としても影響はない結果となり、実走行運用検証の結果を合わせても十分な性能を確保できると考えられる。機能検証の結果、ローカル 5G の伝送容量、伝送速度性能により、移動体カメラに車番認識機能の実装は十分に可能と考える。但し、システム構成機器の最小化・効率化を検討する上では、カメラ再選定・画像認識アルゴリズムの低解像度対応が有効になると考えられる。

顔認証については、今回、有線接続でのシステム再構築ができず、有線接続の実測はできていない。ただし社内ラボで実測した結果があるので、これをベースに記載する。



図 4.4.21 社内ラボでの顔認証・速度計測結果

表 4.4.19 ローカル 5G/有線接続の比較表 (推定値)

接続環境	測定時間 (ms)	
	映像伝送時間	顔認証時間
ローカル 5G	500~700msec	約 2 秒 (3 秒以内※2)
有線接続 (WiFi)	400~600msec	約 2 秒 (3 秒以内※2)

※1：映像エンコード/デコード時間を含む伝送時間

※2：FacePRO の登録顔検知モード（登録顔画像が最大 3 万件登録された場合）の仕様は 3 秒以内

4.4.1.3 運用検証

移動体による見守りは、通常の見守り運用と大きく異なり、かつローカル 5G 回線を経由しての検知となるため、移動体による見守りを行う際の全体運用を定義し、検証・評価を行った。

(1) 評価・検証項目

検証項目を以下に示す。

移動体による見守りについて、実際の運用を想定した以下の 3 点について検証を行った。

- ① 見守り運用フロー
- ② 設置・メンテナンス方法
- ③ 自動運転車両以外の移動体での見守り

(2) 評価・検証方法

① 見守り運用フロー

事前の仮説に基づく機能要件を抽出、機能要件から実現すべき内容を運用フローとして机上で検討。当該運用フローについて、“運用検証 ②設置・メンテナンス”で得られた知見の反映および運営主体者(福祉団体)へのヒアリングによって検証を行った。

② 設置・メンテナンス方法

事前に自社内でレンタカーを用いた模擬試験を実施。そこで得られた設定位置や設置に必要な部材などのノウハウを収集し、設置・メンテナンスに必要な内容の洗い出しを行った。その内容で過不足なく対応可能であったかについては”効果検証① 固定式監視カメラと移動体カメラの見守り範囲の比較”、“運用検証③ 自動運転車両以外の移動体での見守り”での実証を通じて確認を行った。

③ 自動運転車両以外の移動体での見守り

自動運転車両以外の移動体（車椅子、自転車等）での見守りが実施可能かどうかの確認を目的に、自動運転車両の速度を変えて検証を行い模擬的に他移動体での見守りが可能かを評価した。その際には、実際の運用を考慮し明暗による検知性能への影響も併せて評価を行った。

自動車を含めカメラ設置が想定される移動体の速度を下表に記載する。

表 4.4.20 見守りカメラ設置が想定される移動体

移動体	移動速度	運用例
徒歩	3~5 km/s	<ul style="list-style-type: none"> ・ 徒歩/自転車見回り <p>守衛や職員による見守り。体に固定する BWC(ボディウォンカメラ)の利用が想定される。所持が必要な機器や常時見守りの実現性に課題はあるものの、無死角での見守りの実現、およびこれまで守衛では判断できなかった施設入居者かどうかの判定および事象検知後の即時一斉通知などのメリットがある。</p>
自転車	15 km/s	<ul style="list-style-type: none"> ・ 徒歩/自転車見回り <p>守衛や職員による見守り。体に固定する BWC(ボディウォンカメラ)の利用が想定される。所持が必要な機器や常時見守りの実現性に課題はあるものの、無死角での見守りの実現、およびこれまで守衛では判断できなかった施設入居者かどうかの判定および事象検知後の即時一斉通知などのメリットがある。</p>
走行式ロボット	6 km/s	<ul style="list-style-type: none"> ・ 小型低速ロボット (自動走行) <p>規定ルートを定期的に自律走行するよう事前にプログラミングされた走行式ロボットを用いた見守り。FSS35 キャンパスの地形から走行式ロボットは坂道や段差に対応したモデルを選択する必要がある。</p>
ドローン	10~20 km/s	<ul style="list-style-type: none"> ・ 小型ドローン (自動飛行) <p>規定ルートを定期的に自律飛行するよう事前にプログラミングされたドローンを用いての見守り。飛行高度にもよるがカメラ設置位置は数メートル上空からの撮影となるため人物・物体検知の利用に適している。顔認証・ナンバー認識実施時には高度を下げての飛行が必要。</p>
自動車	20 km/s	<ul style="list-style-type: none"> ・ 送迎用巡回車両 <p>定期的に規定ルートを走行する車両が望ましいが「路線バス」は廃線予定、「タクシー」は走行ルート不定のため、敷地内を普段走行する機会が多い送迎用車両または職員用車両が適していると考えられる。また、車両を自動運転車とすることで深夜などの業務時間外でも見守りを継続することが可能となる。</p>

実証ではカメラ搭載した車両の速度は0 km～30 km(一部項目では40km迄実施)と変更させて検証を行った。これは上記の車両(移動体)が最大20kmの速さで移動、且つ検知対象となる人物が3～5 km(最大10km)で移動体に向かってくる状態を想定している。検証方法について図4.4.22に記載する。

- 対向物体(人/車)の移動速度を考慮した項目とします
- 移動体(車両)の速度を変更しながら測定します。

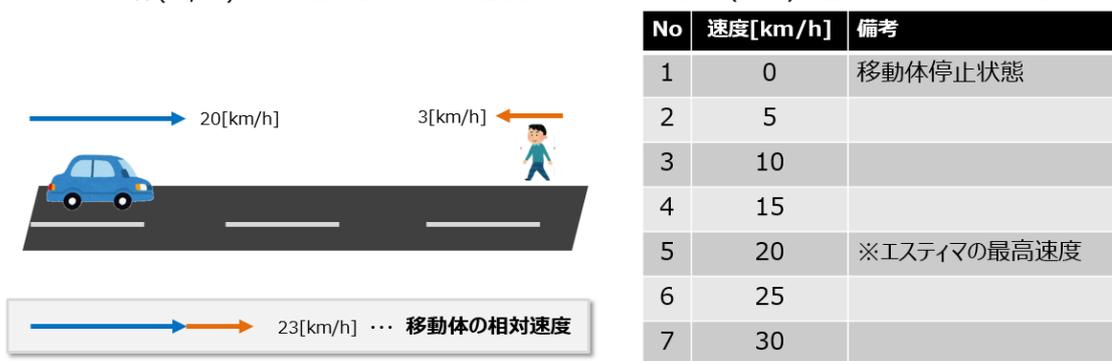


図 4.4.22 移動体の速度差による画像認識機能の評価

(3) 実施結果および考察

1) 見守り運用フロー

机上で検討していた見守りに必要な機能について、運用主体へのヒアリングおよび現地調査の活動を通じて得られた内容を反映し見守り機能の要件定義としてまとめた。以下に機能要件の一覧を記載する。

表 4.4.21 見守り機能の要件定義

項目	概要	要件定義
検知	見守り機会の向上に直結する、検知項目、検知頻度、エリアについての検討	(ア) 倒れ込み検知 (イ) 車椅子 (ウ) 長時間歩行 (エ) 個人追跡 (オ) エリア全域監視 (L5G エリア内)
分析	検知した場合に、状況を確認するために必要な情報	(カ) 個人識別 (キ) 表情分析 (ク) 検知位置
確認	確認・介助を開始するために必要な条件	(ケ) 介助前の個人識別 (コ) 広域発信 (L5G エリア外)

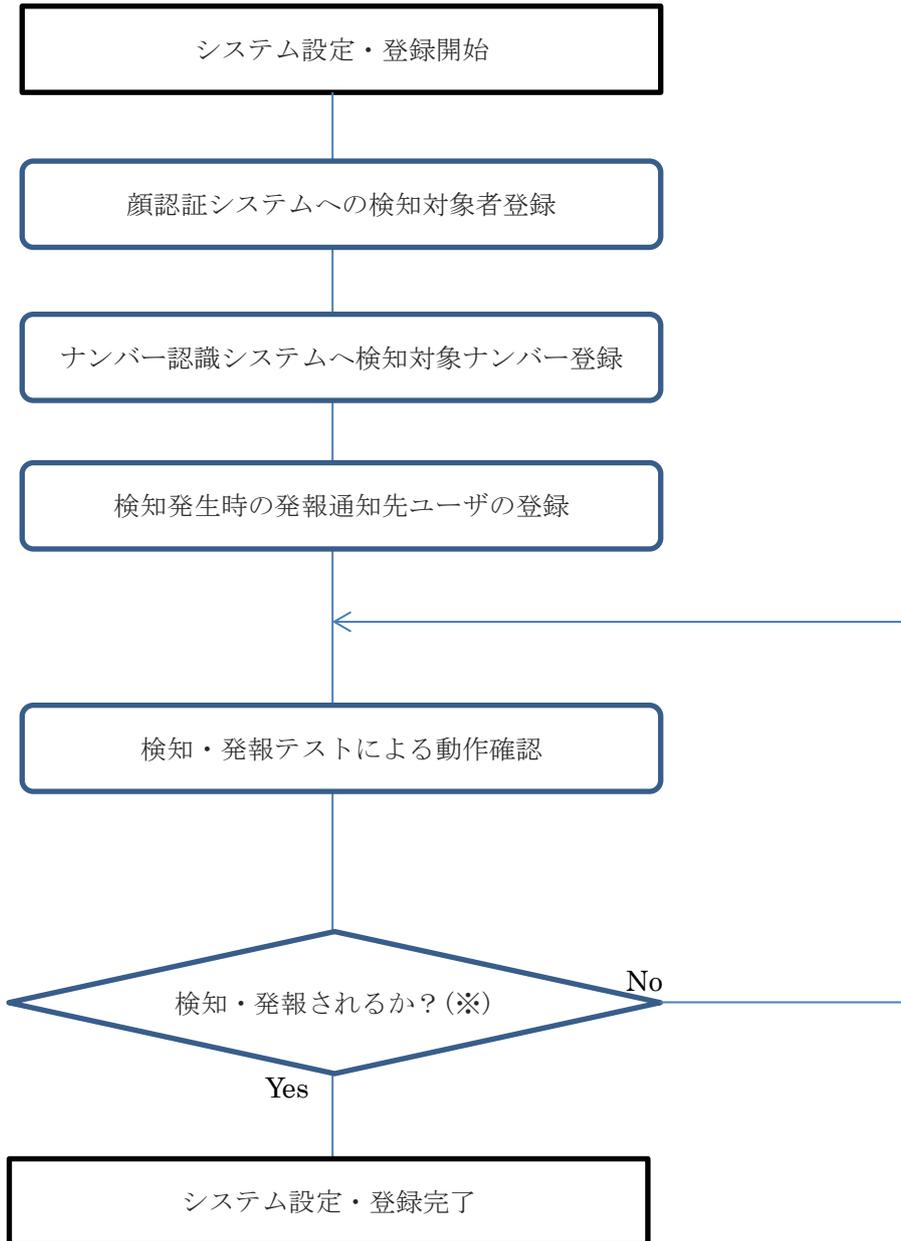
ヒアリングから (ウ) 長時間歩行(徘徊)、(キ) 表情分析、(ク) 検知位置の必要性などが判明した。(ア)～(コ)に対して現時点で考えられ得る実現手段を記載する。

表 4.4.22 要件定義の実現手段

項目	要件定義	構築方法
(ア)	倒れ込み検知	人物認識技術検討 (本実証)
(イ)	車椅子検知	物体認識技術検討 (本実証)
(ウ)	長時間歩行	人物行動技術検討 (人物認識+追跡+歩行映像解析による「歩容」の検出等)
(エ)	個人追跡	人物属性・顔認証技術検討 (顔認証は本実証)
(オ)	エリア全域監視 (L5G エリア内)	移動体による見守システムの構築検討
(カ)	個人識別	顔認証技術検討 (本実証)
(キ)	表情分析	感情分析技術検討
(ク)	検知位置	位置測位技術検討 (GPS、GNSS-RT)
(ケ)	介助前の個人識別	モバイル顔認証システムの検討
(コ)	広域発信 (L5G エリア外)	モバイル発信の検討

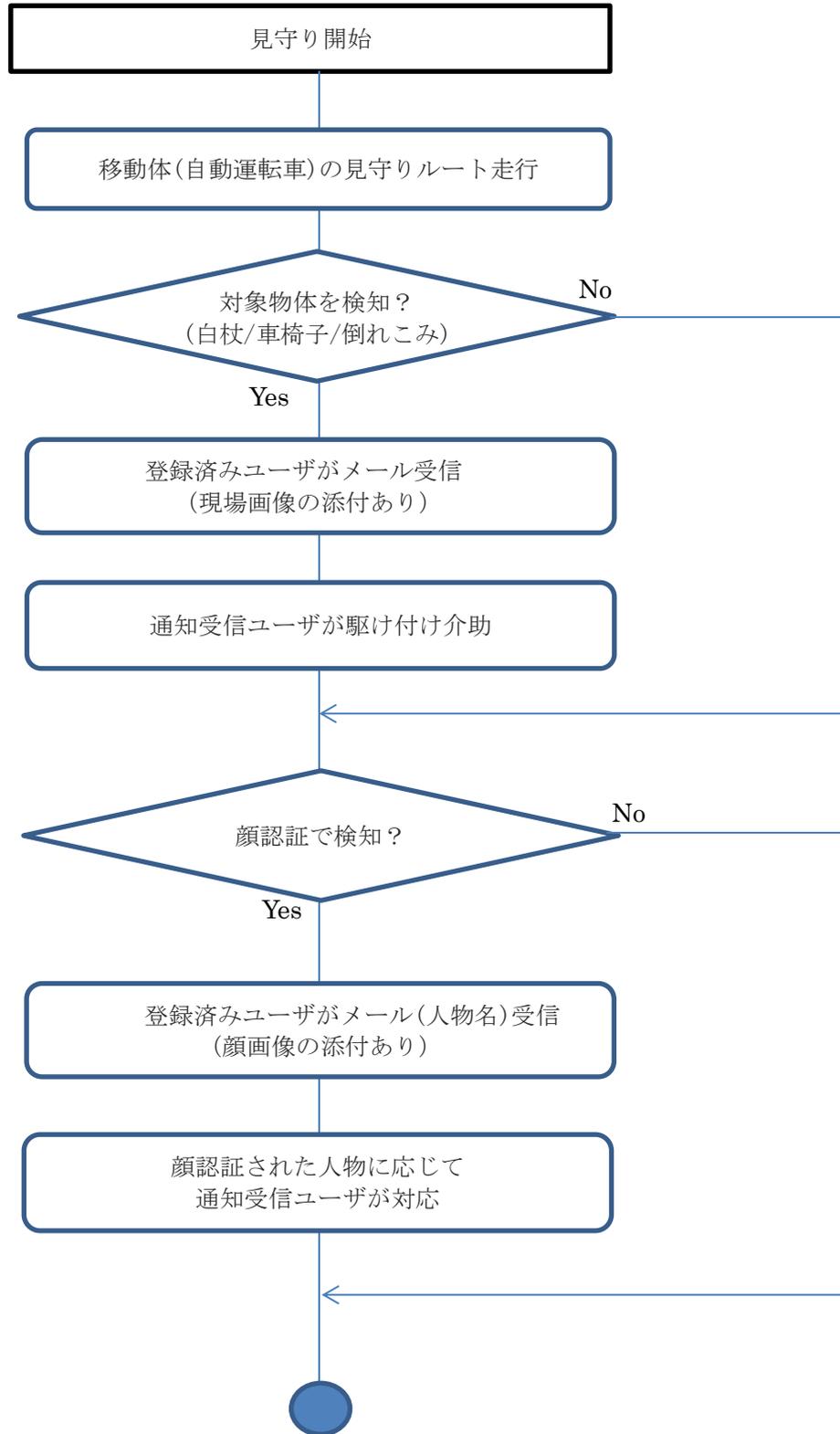
前述の機能要件から今回課題実証で実施する内容に関して、事前定義フローの修正を行い見守り運用フローの構築を行った。見守り運用フローは、システム導入時および検知対象の追加時などのシステム保守フローと、実際の見守り機能を運用時の見守り実施時フローとに分かれる。以下に見守り運用フローを記載する。

- ・システム保守(設定・登録)フロー／対象ユーザ：システム管理者



※動作しない場合は、メーカーへの連絡を行う

・見守り実施時フロー／対象ユーザ：福祉団体職員



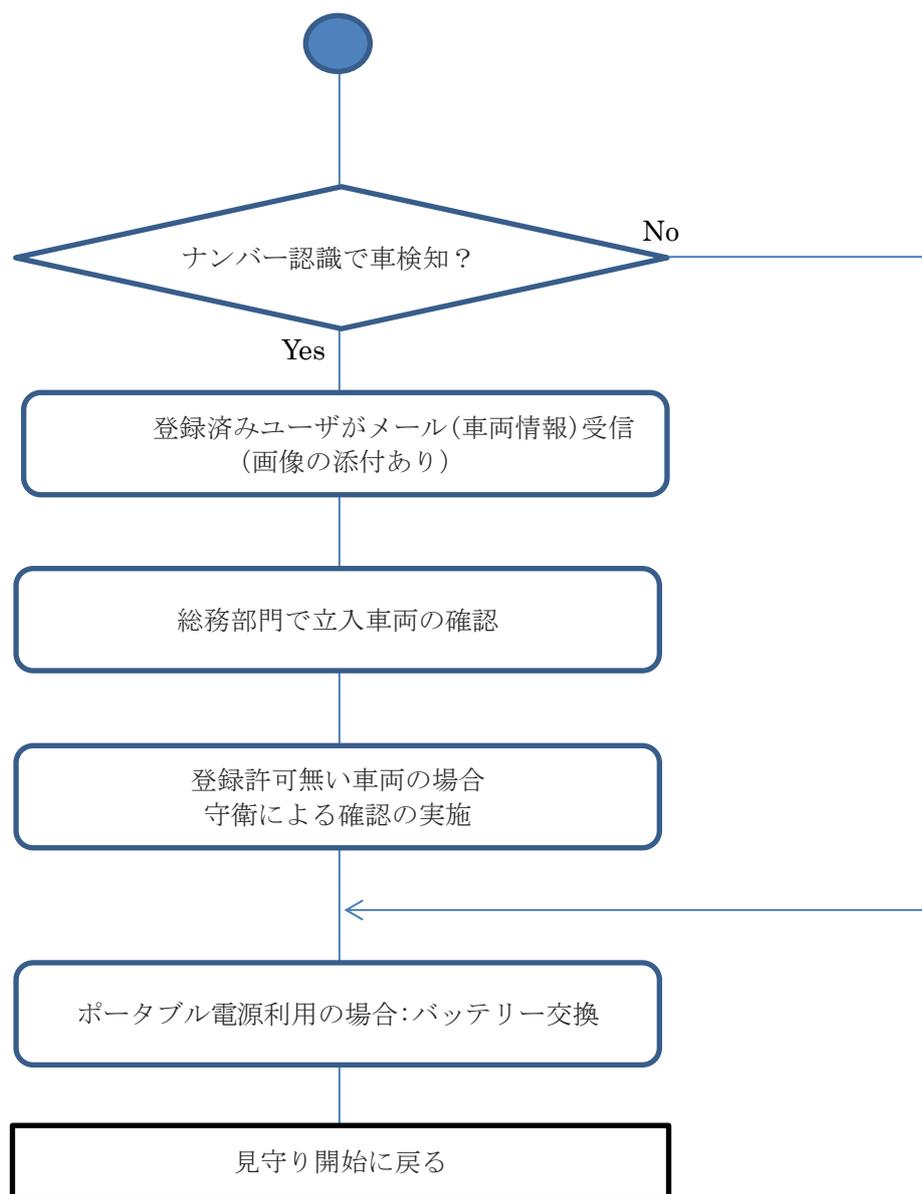


図 4.4.23 運用フロー

見守り運用フローの構築に際しては、ヒアリング結果から、

- ・職員（登録済みユーザ）が持つスマホなどへの端末にシステムが発報を上げたタイミングで静止画像を添付して通知することで状況把握が可能となる見守りには望ましい。

- ・駆けつけ介助を行う職員は、常に移動していることが多く一定の場所で作業していることは少ないため、非常灯(パトランプ)による通知は通知手段としては有効ではない。また検知対象者に対する警告灯の使用も異常行動を誘発する恐れがあるため使用に適さない。このためスマートフォンへの通知を発報の手段に使用するのが望ましい。

- ・車両および登録済みユーザの位置情報などを管理し、もっとも現場に近いユーザ

に対して対して通知を送るなどの機能が実装されると素早い見守り対応の実現が可能となる。

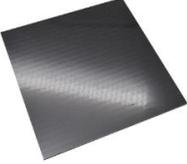
運用フローの検討および課題実証を通して判明した内容で考慮すべきなのは、移動体に設置するカメラの電源をどう確保するかという点である。車両に搭載の移動体カメラに車のバッテリーから電源が引けない場合には、ポータブル電源等を複数用意し交換・充電などの作業を日々の業務に組み込む必要がある。

2) 設置・メンテナンス

自動運転車両(移動体)へのカメラ取り付け方法、およびメンテナンスの方法について車内設置時と車外設置時とで比較を行った。結果を表 4.4.23 に示す。

表 4.4.23 取り付け方法とメンテナンスの容易性の確認

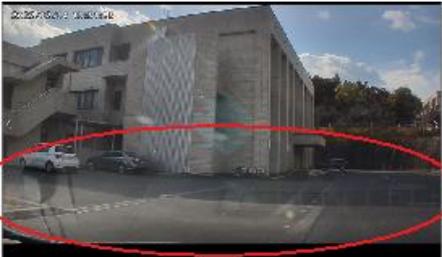
項目	ダッシュボード設置	屋外設置
振動影響 (画像処理性能)	課題実証で車両通行した走行ルートでは速度30km/h以下での振動影響はほぼ無し	課題実証で車両通行した走行ルートでは速度30km/h以下での振動影響はほぼ無し
交換の簡便性	<p>カメラ底部に粘着性のある振動吸収・転倒防止ジェルで固定しており取り外し自体は容易</p>  <p>転倒防止ジェル</p>	<p>カメラ固定用のマグネットスタンドを使用してルーフに設置。</p>  <p>カメラ固定用マグネットスタンド カメラ交換はマグネットごとカメラを外してマグネットスタンドから取り外す、またはカメラを回転させて雲台のネジ留め部を外して実施。但し、NWケーブル接続部には雨風から保護する部材(カバー)が取り付けられているため取り付け、取り外しには時間がかかる。</p>
設置性	<p>・ダッシュボードが水平の場合、設置は比較的容易に行うことが可能。またカメラの画角、向きもプリセット呼び出しで簡単に実施可能。</p>  <p>ノアのダッシュボード</p>  <p>エステイマのダッシュボード</p>	<p>車両のルーフ部は曲線形、またマグネットマウントの自由雲台部分はネジで固定するためカメラの画角や向きをライブ映像で確認しながらの調整が必要</p>

	<ul style="list-style-type: none"> ・ダッシュボードが水平でない場合 - カメラ底部にクッション材を敷く - ダッシュボード上にマグネットシートを養生テープで固定、その上にカメラ固定用マグネットスタンドを載せてカメラを設置等を行う必要あり。 <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>マグネットシート</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>マグネットシートを固定し 上にカメラスタンドを設置</p> </div> </div>	<div style="text-align: center;">  <p>ルーフ上のカメラ設置(養生テープは車の傷防止用)</p> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  <p>カメラを載せ、台の傾きを調整後にネジ締めし固定</p> </div>
機能性	防水機能は不要	屋外使用且つ移動体のため IP65 相当以上の防水・防塵性能が必要。
その他	<p>Japan タクシーは、ミラーの形状がドアミラーでは無く、フェンダーミラーであるため画面内にミラーが映り込み隠蔽の発生となった。</p> <p>ズーム倍率を上げ、画面内の隠蔽領域を減らすことが可能ではあるが、人物・物体検知機能ではカメラが歩道側を向いているため隠蔽を完全に除去することは不可能であり、移動体が車両の場合はドアミラータイプの必要がある。</p> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  <p>ドアミラーによる隠蔽</p> </div>	ルーフ設置では影響なし。

	 <p>ドアミラーによる隠蔽(ズーム実施時)</p>	
--	---	--

その他、課題実証を通じて明らかとなった設置性、メンテナンスに関する課題とその対策およびノウハウを以下に示す。

表 4.4.24 機材設置に関する課題と対策案

項番	課題	対策案
1	<p>ダッシュボード上の物や構造がフロントガラスに反射し映像内に映りこんでいた。</p>  <p>ダッシュボード上の機材(左側)やエアコン吹き出し口(右側)が映りこんでいる。</p>	<p>ダッシュボード上に黒い布を敷きフロントガラスに映りこむのを防止。</p>  <p>ダッシュボード上の機材やエアコン吹き出し口の映り込みは見られない。</p>
2	<p>車内(荷台)に設置した PoE ハブなどの機材が車両の発信やブレーキ時に滑って移動してしまう。</p>	<p>荷台に滑り止めマットを敷き、その上に PoE ハブなどの機材を置き横滑り防止とした。</p>  <p>ノンスリップマット</p>
3	<p>車両のシガーソケットに接続するタイプの電源は、自動運転車では別用途に占有されていたため別途電源の確保が必要となった。</p>	<p>車内にポータブル電源を持ち込み、カメラや NW 機器の電源とした。</p>



Jackery ポータブル電源 400

※ポータブル電源の持続時間は約 6 時間のため

- ・実証開始時に車両へ持ち込み接続
- ・実証終了時に持ち帰り充電を毎日行う必要がある。

今回の課題実証では降雨および降雪時の評価は実施できなかった。天候の違いによる認証・検知精度の検証は別途実施が必要であるものの、設置性および機能性などから顔認証カメラ、ナンバー認識カメラは車内(ダッシュボード)設置、精度面から人物・物体検知カメラは車外(ルーフ)設置が望ましいと考える。

3) 自動運転車両以外の移動体での見守り

移動体の速度に対する検知結果を表 4.4.25 以降に記載する。

a) 人物・物体検知機能

a-1) 結果

条件

■対象物体がフレームインからフレームアウトする迄に3フレーム検知で発報とする

車両 速度	カメラの画角（倍率）設定							
	ズームなし(28mm：約75度)				ズーム2倍(56mm：約45度)			
	人	白杖	車椅子	倒れこみ	人	白杖	車椅子	倒れこみ
5[km/h]	10/10	10/10	10/10	10/10	10/10	10/10	10/10	10/10
10[km/h]	10/10	9/10	10/10	10/10	10/10	9/10	10/10	10/10
15[km/h]	10/10	9/10	10/10	8/10	10/10	10/10	10/10	10/10
20[km/h]	10/10	9/10	10/10	8/10	10/10	9/10	10/10	10/10
25[km/h]	10/10	10/10	10/10	9/10	10/10	6/10	10/10	10/10
30[km/h]	10/10	7/10	9/10	10/10	10/10	7/10	10/10	10/10
40[km/h]	10/10	4/10	6/10	—	5/5	4/5	3/5	—

表 4.4.25 人物・物体検知機能の実証結果(昼間) (発報回数/試行回数)

a-2) 考察(昼間)

- ・“人”については全ての速度において検知可能であった。
- ・“車椅子”は速度が30[km/h]以上で検知精度が低くなっているが、これはナンバー認識用に置いた工事用コーンによる部分的な隠蔽が原因で発生している。
- ・“白杖”は、白杖を所持している人物自身や障害物により白杖が遮蔽される時間が長い場合に未検知発生となっている。一般的な白杖の使用方法には「スライドテクニック」や「タッチテクニック」というものがある(※)が、どちらも白杖使用者の左右側に石突が出るタイミングがあるため、この瞬間を確実に捉えて検知する必要がある。
- ・“倒れこみ”は、検知対象が低い位置で画面内に映るため隠蔽が発生しやすい。未検知発生のは多くは“倒れこみ”“手前にある構造物(階段)による隠蔽が原因となっていた。
- ・隠蔽発生時でも検知精度を上げるためには、検知対象が画面内に映る時間を長くする必要がある。上記結果から移動体の速度は20Km程度迄に抑えることが望ましいと思われる。また、背後から白杖使用者を撮像した画像の収集と追加学習により精度向上が見込めるものと思われる。

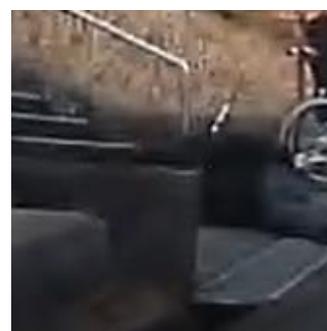
(※)出展：「白杖」ってどう読む？今更聞けない視覚障害者が使う白杖とは | 公益財団法人
日本ケアフィット共育機構 (carefit.org)



工事用コーンによる隠蔽



白杖使用者による隠蔽



構造物による隠蔽

図 4.4.24 隠蔽発生ケース

表 4.4.26 人物・物体検知機能の実証結果(夜間) (検知回数/試行回数)

車両速度	カメラの画角 (倍率) ズームなし(28mm : 約 75 度)			
	人	白杖	車椅子	倒れこみ
5[km/h]	4/4	4/4	4/4	4/4
10[km/h]	4/4	2/4	4/4	4/4
20[km/h]	4/4	2/4	4/4	4/4
30[km/h]	4/4	0/4	2/4	2/4

a-2) 結果(夜間)

- ・白杖の検知精度が低いがこれはカメラのシャッター速度によっては白杖自体が AI 学習モデルの学習時の白杖とは異なった映り方で撮像されていることに起因している。
- ・また車椅子や倒れこみも検知可能ではあったが、検知距離は昼間よりも数メートル低下している。
- ・シャッター速度は固定シャッター(1/30)設定とすることで未検知の発生は若干低減されるが、大きな改善は見られなかった。光量が安定しない屋外での使用、且つ 10[km/h]以上で走行しながら人物・物体検知を行うには夜間でも物体のエッジを正確に抽出可能なカメラの使用を検討する必要がある。



非固定シャッターで撮影した白杖



固定シャッターで撮影した白杖

図 4.4.25 夜間撮像された白杖映像

b) 顔検知機能

b-1) 結果

表 4.4.27 顔認証機能の実証結果(昼間/マスク無し) (認証回数/試行回数)

車両速度	カメラの画角 (倍率) 設定		
	ズームなし (28mm : 約 75 度)	ズーム 2 倍 (56mm : 約 45 度)	ズーム 3 倍 (84mm : 約 29 度)
5[km/h]	10/10	10/10	10/10
10[km/h]	10/10	10/10	10/10
15[km/h]	10/10	10/10	10/10
20[km/h]	9/10	10/10	10/10
25[km/h]	9/10	10/10	10/10
30[km/h]	9/10	10/10	10/10
40[km/h]	8/10	9/10	10/10

b-2) 考察(昼間/マスク無し)

「ズームなし」では 15km/h、「ズーム 2 倍」では 30km/h、「ズーム 3 倍」では 40km/h (構内ではこれ以上の速度での検証できず) まで、100%認証 (10/10) できる結果となった。40Km/h であれば、市街地での制限速度に近いと、昼間であれば実用に向けた能力を保有することが確認できた。

ただし、逆光の場合、フロントウィンドウの汚れが目立つ/顔が暗く映る等の影響で認識率が極端に下がる場合もあり、フロントウィンドウのクリーニングや逆光に強いカメラを選択する等、運用に向けての注意事項・課題も確認できた。今回は顔認証の類似度も平均して標準の閾値である「1.04」程度が出ているため、十分に本人確認ができています。

顔認証アラーム検索画面

顔切り出し画像



図 4.4.26 顔認証機能 (昼間) の実証結果

表 4.4.28 顔認証機能の実証結果(昼間/マスク有り) (認証回数/試行回数)

車両速度	カメラの画角 (倍率) 設定		
	ズームなし (28mm : 約 75 度)	ズーム 2 倍 (56mm : 約 45 度)	ズーム 3 倍 (84mm : 約 29 度)
5[km/h]	9/10※	9/10※	10/10
10[km/h]	8/10	10/10	10/10
15[km/h]	2/10	10/10	10/10
20[km/h]	1/10	7/10	8/10
25[km/h]	2/10	3/10	7/10
30[km/h]	1/10	0/10	9/10
40[km/h]	-	-	1/10

※5km/h における 9/10 の数値は、晴の直射日光による顔の影の影響がでていと思われる

b-2) 考察(昼間/マスク有)

「ズームなし」では 5km/h、「ズーム 2 倍」では 15km/h、「ズーム 3 倍」では 15km/h までが認証精度が高い結果となった。これは、マスクをしていない場合に比べて、1/2~1/3 の速度となっている。また、マスクをすると、認証回数にバラツキが見られ、特に、晴れて直射日光が強い場合に NG の傾向がみられた。マスクをした場合は、マスクを除いた部分に重みづけをした顔照合になるため、顔の影の影響が大きくでたと思われる。今回の顔認証の類似度も平均して「1.00」程度が出ているため、探索における本人確認できるレベルである。コロナ禍では、屋外で多くの人がマスクを装着するため、この結果が実用に向けた能力と判断すべきと考える。



図 4.4.27 顔認証機能 (昼間) の実証結果

表 4.4.29 顔認証機能の実証結果(夜間) (認証回数/試行回数)

車両速度	カメラの画角 (倍率) 設定		
	ズームなし (28mm : 約 75 度)	ズーム 2 倍 (56mm : 約 45 度)	ズーム 3 倍 (84mm : 約 29 度)
5[km/h]	0/10	0/10	0/10
10[km/h]	—	—	—
15[km/h]	—	—	—
20[km/h]	—	—	—
25[km/h]	—	—	—
30[km/h]	—	—	—

b-2) 考察(夜間/マスク無し)

5km/h でも認証不可との結果となった。切り出された顔データを確認すると顔画像にブレがあり、このブレの影響で顔認証ができなかったと判断できる。夜間になると、ビデオカメラのインテリジェントオートでは、薄暗くなるとローライト撮影モードとなり、シャッター速度が遅くなる影響で動きのある部分にブレが出ると思われる。また、上記画像のようにヘッドライトはズボンの部分を照らすだけで顔にあたらないため、ヘッドライトは意味をなさない。家庭用のビデオカメラでは夜間撮影能力が足りず、夜間撮影能力の高いカメラが必要となるため、夜間においては運用シーンを含め（固定カメラとの組み合わせ等を含め）検討が必要と考える。



図 4.4.28 顔認証機能 (夜間) の実証結果

c) ナンバー認識機能

c-1) 結果

表 4.4.30 ナンバー認識機能の実証結果：画質 HD (検知回数/試行回数)

品川400
 68-05 地域名：品川、業種：400、仮名：ふ、4桁：88-05

車両速度	天候	カメラの画角（倍率）設定							
		ズームなし(28mm：約 75 度)				ズーム 2 倍 (56mm：約 45 度)			
		地域名	業種	仮名	4 桁	地域名	業種	仮名	4 桁
10[km/h]	晴	8/8	8/8	8/8	8/8	—	—	—	—
	曇	6/8	6/8	2/8	6/8	6/8	4/8	4/8	6/8
15[km/h]	晴	—	—	—	—	—	—	—	—
	曇	—	—	—	—	—	—	—	—
20[km/h]	晴	8/8	8/8	8/8	8/8	8/8	8/8	8/8	8/8
	曇	4/8	4/8	2/8	4/8	2/8	2/8	2/8	8/8
30[km/h]	晴	6/8	4/8	6/8	8/8	—	—	—	—
	曇	0/8	2/8	0/8	4/8	2/8	2/8	6/8	8/8

車両速度	天候	カメラの画角（倍率）設定							
		ズーム 3 倍(85mm：約 30 度)							
		地域名	業種	仮名	4 桁				
10[km/h]	晴	—	—	—	—				
	曇	8/8	6/8	8/8	8/8				
15[km/h]	晴	—	—	—	—				
	曇	—	—	—	—				
20[km/h]	晴	8/8	8/8	8/8	8/8				
	曇	8/8	8/8	6/8	8/8				
30[km/h]	晴	8/8	8/8	8/8	8/8				
	曇	8/8	8/8	6/8	8/8				

表 4.4.31 ナンバー認識機能の実証結果：画質 FullHD (検知回数/試行回数)

車両速度	天候	カメラの画角 (倍率) 設定							
		ズームなし(28mm : 約 75 度)				ズーム 2 倍 (56mm : 約 45 度)			
		地域名	業種	仮名	4 桁	地域名	業種	仮名	4 桁
10[km/h]	晴	8/8	8/8	8/8	8/8	8/8	8/8	8/8	8/8
	曇	6/8	6/8	6/8	3/4	8/8	8/8	8/8	8/8
15[km/h]	晴	—	—	—	—	8/8	8/8	8/8	8/8
	曇	—	—	—	—	—	—	—	—
20[km/h]	晴	8/8	8/8	8/8	8/8	8/8	8/8	8/8	8/8
	曇	8/8	8/8	8/8	8/8	—	—	—	—
30[km/h]	晴	8/8	8/8	8/8	8/8	8/8	8/8	8/8	8/8
	曇	8/8	8/8	8/8	8/8	6/8	4/8	4/8	8/8

車両速度	天候	カメラの画角 (倍率) 設定							
		ズーム 3 倍(85mm : 約 30 度)				—			
		地域名	業種	仮名	4 桁	—	—	—	—
10[km/h]	晴	—	—	—	—				
	曇	8/8	8/8	8/8	8/8				
15[km/h]	晴	—	—	—	—				
	曇	—	—	—	—				
20[km/h]	晴	8/8	8/8	8/8	8/8				
	曇	8/8	8/8	8/8	8/8				
30[km/h]	晴	8/8	8/8	8/8	8/8				
	曇	8/8	8/8	8/8	8/8				

表 4.4.32 ナンバー認識機能の実証結果（夜間）：画質 FullHD（検知回数/試行回数）

車両速度	天候	カメラの画角（倍率）設定							
		ズームなし(28mm：約 75 度)				ズーム 2 倍 (56mm：約 45 度)			
		地域名	業種	仮名	4 桁	地域名	業種	仮名	4 桁
10[km/h]	夜	—	—	—	—	1/4	1/4	1/4	1/4
20[km/h]	夜	—	—	—	—	—	—	—	—
30[km/h]	夜	—	—	—	—	—	—	—	—

車両速度	天候	カメラの画角（倍率）設定			
		ズーム 3 倍(85mm：約 30 度)			
		地域名	業種	仮名	4 桁
10[km/h]	夜	4/4	2/4	4/4	4/4
20[km/h]	夜	4/4	2/4	4/4	4/4
30[km/h]	夜	4/4	2/4	4/4	4/4



図 4.4.29 画質による比較



図 4.4.30 シャッタースピードによる比較

c-2) 考察

走行速度（10～30km/h）において、対向車線も考慮した等倍（28mm）、1車線を対象とした2倍（50mm）、ナンバープレートに特化した3倍（75mm）映像それぞれで高い認識率が確認できた。今回検出したデータの中から分析し、画面上に表示されたナンバープレート情報の認識判定を実施したが、検出データを蓄積させ、蓄積したすべてのデータの中から検索を実施し、対象のナンバープレート情報が読み取れていたかの検証を実施した場合、データ数が増加することから、さらに正解を含む割合は上昇すると考えられる。送信画質 HD と FHD での検証においては、認識する切り出し画像の画質向上に伴い、認識率、正解率も上がった。天候による検証では、くもり時にて HD 画質での検証時にナンバーの小さい文字部の読取り誤差が多く発生した。これは、5G 接続環境にて 15fps、30fps は確保されているものの、カメラ自体のシャッタースピードが撮影環境に応じて、遅くなっているためであり、解析に用いる画像そのものが劣化してしまった原因にある。屋外および移動体での撮影に関しては、通信環境改善のほかにカメラおよびレンズの選定、シャッタースピードの確保も重要となる。

また夜間において一般的なカメラを用いての検証は、カメラのシャッター速度の観点から街灯および車両のヘッドライトのみで実施することは難しい。ある程度の照明を用意し、対象物に照射の上、画角も対象物に特化した形で設定することが必要となる。今回、赤外線投光器を用いて検証も実施したが、認識となると FHD 画質かつ画角も3倍（75mm）で拡大した映像のみにて検出することが可能であった。

d) 評価結果まとめ

昼間においては、ズーム2倍(56mm)の映像で、人物・物体検知で約20[km/h]、顔認証マスク有りでは15[km/h]、ナンバー認識ではズーム3倍(85mm)で20[km/h]での走行速度で検知/認識が可能との結果であった。他の移動体の速度は、歩行者、自転車、走行式ロボットが15[km/h]以下での移動となるため、速度面ではこれら移動体での見守りには対応可能である。ドローンは10～20[km/h]で飛行を行うため、見守り用途として使用するためには、最高速度を15[km/h]程度までに抑えて飛行させる必要がある。夜間の見守りでは、人物・物体検知で5[km/h]、それ以外では検知できなかったとの結果から、AI学習モデルの夜間対応、顔およびナンバープレート高さに照明を当てる光源の準備、夜間撮影に対応したカメラの使用などの対応が必要である。

4.4.2 ローカル5Gを用いたソリューションの実装性に関する検証

本実証プロジェクトにおいて提案するローカル5G活用モデル「移動体を活用したAI画像認識による見守り」の横展開時の実装性を高めるための課題解決等について、本実証プロジェクトの実証実験における検証内容を以下に記述する。

4.4.2.1 ローカル5G活用モデルの構築・検証

(1) 想定される具体的な主体及びターゲット

本実証プロジェクトにおいて提案する、ローカル5G活用モデルについて、現時点で仮説として想定している横展開先、ターゲットは以下の通りである。

また、前提条件として本実証環境と同様に、ローカル5Gの運用は4.7GHz帯(4.8~4.9GHz)における屋外運用を想定している。

なお、ローカル5Gの4.7GHz帯(4.8~4.9GHz)における屋外運用における法制度面の前提条件については、基地局の屋外設置は可能である、一部市区町村において使用条件(空中線電力及び不要発射の強度の上限値)が設定されているため、導入地域においては事前確認が必要となる。(参考:総務省「ローカル5G導入に関するガイドライン」令和2年12月改定版)

①地域

- ・屋外にローカル5G無線エリアを確保できる地域

②市場

- ・セキュリティサービス市場の一部に適用可能
(現時点で国内3,000億円の市場、今後も市場規模拡大する予測が多数)

③ユーザ

- ・自治体のみならず、各種法人、団体に利用可能
- ・特に、高齢者、児童が集う屋外エリアを持つユーザ

しかし、本ローカル5G活用モデルは屋外だけでなく、屋内についても展開の可能性がある。屋内での運用を検討した場合、一般的に移動体はフロア間の移動が難しく、結果的に複数の移動体が必要となることから、設備費用の観点で非効率となる。ただし、AIロボット等を空港等の大規模屋内施設で運用する場合は、ワンフロアの面積が大きいため移動体コストの影響が少なくなるため実装の検討が可能である。また、屋内・屋外ともに、上空での活用も期待される。

移動体にドローンを活用することも検討可能だが、上空からの撮影では撮影角度が大きくなることから、AI画像認識の検出精度を含めて別途検証が必要となる。

撮影角度等については、本実証の撮影角度のデータ等を基に机上検討を行った。

移動体カメラ毎の映像確度について、図 4.4.31 に記載する。

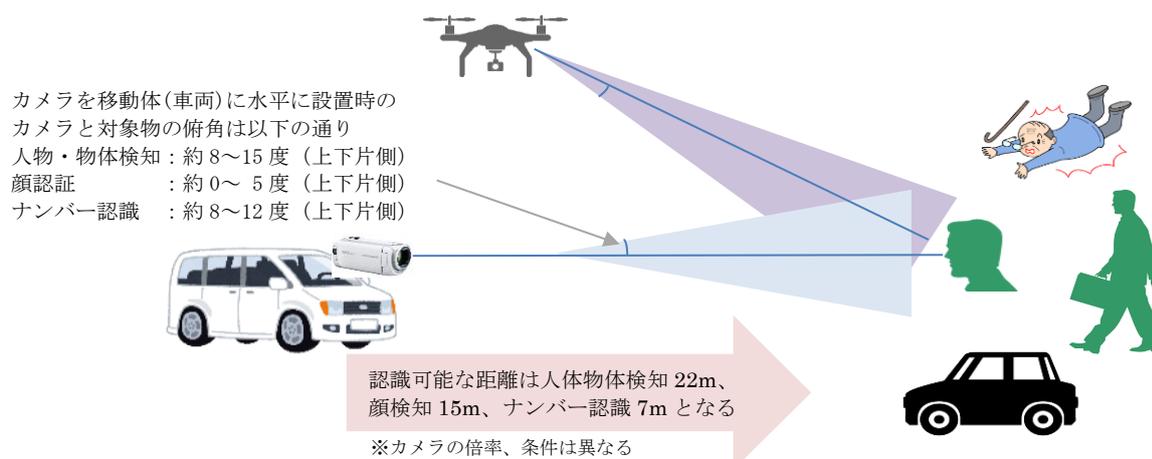


図 4.4.31 移動体における撮像面角の確認

移動体カメラの種別として、徒歩、自転車、車両、AI ロボットについては正面映像による画像認識となるため、本実証結果による検討が有効であると考え。但し、ドローン撮像については上方からの撮像となるため、検知対象のシルエットが変わるため、別途実証を行う必要があると考える。また、顔認識やナンバー認識等の正面映像前提の機能については、ドローンが低空飛行する必要となる。将来的な実装においてのドローン活用については、画像認識検証の他、ドローンの制御検証含めた運用検証も行う必要がある。

(2) 見守りシステム

本実証プロジェクトにおいて提案する、ローカル 5G 活用モデルについて、横展開時に導入するソフトウェアパッケージシステムは以下の二つで、移動体映像に対応した AI 画像解析アルゴリズムを追加する予定となっている。なお「見守りシステム」とは、本実証で使用したシステム全体を指す。

①AI 顔認証システム

- ・パナソニック(株)製「FacePRO」
- ・パナソニック(株)製「HD コム Live サーバ (顔切り出し機能プロトタイプ)」

②AI 画像認識システム

- ・パナソニック システムソリューションズジャパン(株)製
「現場向け画像解析パッケージ (プロトタイプ)」

現時点で、当該システムはオンプレミスによる運用としているが、横展開時において移動体向けのシステムの普及加速、実装性を高めるため、システムのクラウド化も必要があると考えている。

本実証においては、システムをクラウド化した場合のユーザのメリット・デメリット等の課題抽出までを机上検討を実施した。

(3) 標準モデル

本実証プロジェクトにおいて提案する、ローカル 5G 活用モデルについて、横展開時に導入する標準モデルの機能要件・非機能要件、ネットワークシステム構成、業務・処理フロー、運用ノウハウについて、以下に記述する。なお「標準モデル」とは横展開を検討するうえで、ベースとなる要件をまとめたモデルを指す。顧客の運用により、カスタムが必要な場合は本モデルをベースに要件を追加し「カスタムモデル」と位置づける。

① 機能要件

- カメラの要件
 - ・ 解像度：FullHD（カメラ台数：4台）
 - ・ 画角：実証結果により最適な画角について考察する
 - ・ カメラの取り付け位置（地上高）：1m 以上
 - ・ 撮影角度：実証結果により撮影角度について考察する
- 移動体の要件
 - ・ 走行速度：20km/h 以下

本実証においては横展開可能な標準モデルの確立に向けて、移動体による見守りに必要な解像度・最適な画角、取り付け位置・撮影角度・移動体の速度の検証を行った。また、実証フィールドにおける最適なカメラ台数についての検証を実施した。

検証結果として、20km/h での画像認識の性能確認が取れたことを鑑みると、実装する移動体として、自動車、AI ロボット、ドローンという選択肢も十分に考えられると想定される。

② 非機能要件（個人情報）

個人情報保護ならびにプライバシー保護に関しては、個人情報保護法や IoT 推進コンソーシアムが策定したカメラ画像利活用のガイドラインに則ることは勿論、かつ生活者の感情や心証に十分配慮した上で、導入によるベネフィットを説明し、理解を得られるような運用、システム構築が求められる。

● 顔データの取り扱い

顔データについては高齢者、児童ともにご家族の承認を得て運用する。

・ 高齢者用データ

三郷町においては、現在「行方不明高齢者捜索ネットワークシステム」を運用中であり、当該システム上の顔データの使用用途の拡大をご家族に承認を得て運用する。

・ 児童用データ

実装までに運用対象の児童施設等と共に、子どもの見守りサービス希望者を募集し、ご家族同意のうえ顔データを登録運用する。

- 監視カメラで撮影した情報の取り扱い
 - ・公道での運用でなくエリア内に閉じたスポット運用とする。
 - ・カメラ画像の管理およびエリア利用者に対する情報開示
 - ・録画しないカメラ画像については個人情報保護ならびにプライバシー保護の観点から録画しない運用とする。
 - ・顔認証、画像認識に必要なメタデータのみ取り扱い AI 画像認識を行う。
 - ・移動体の巡回スケジュールを限定する（日時限定による運用）。

- ・個人情報保護に関しては、個人情報保護委員会によって規定されている「個人情報の保護に関する法律についてのガイドライン」および自治体ごとに規定されているガイドライン（本実証においては奈良県の「防犯カメラの設置及び運用に関するガイドライン」）を順守する必要がある。以下に、対応が必要となる取り組み内容を記載する。

I. 「個人情報の保護に関する法律についてのガイドライン」

- ・個人情報の利用目的をできる限り特定、当該利用目的の範囲内でカメラ画像や顔認証データを利用のこと
 - ⇒顔認証および人物・物体検知では、施設利用者の探索および白杖・倒れこみ・車椅子の見守り用途に限定。ナンバー認識は事前登録済み車両の判定にのみ使用。

- ・個人情報の利用目的をあらかじめ公表するか、又は個人情報の取得後速やかに本人に通知若しくは公表
 - ⇒「カメラ画像及び顔認証データの利用目的と問合せ先」をエリア全体にポスター掲示、HP 上への掲載により公表する。また見守り目的での映像撮影中であることをユーザに認識させるために、車両（移動体）に“見守りのための個人情報取得中”などの表示を行う。これらにより個人情報の利用目的を明示すると同時に、ユーザが安心して FSS35 キャンパスを利用できる環境構築を行う。

- ・カメラ画像や顔認証データを体系的に構成して個人情報データベース等を構築した場合、個々のカメラ画像や顔認証データを含む情報は個人データに該当するため、個人情報保護法に基づく適切な取扱いが必要
 - ⇒見守りサービスを受ける施設利用者については、事前説明および家族の合意を得た上で個人情報保護法に基づく契約締結を行う。

II. 防犯カメラの設置及び運用に関するガイドライン（奈良県）

- ・設置場所と撮影範囲については、どのような場所に、どのような目的で設置するかを明確にし、撮影範囲を必要最小限にする必要がある。
 - ⇒ I に記載の対応内容に同じ。

③ 非機能要件（セキュリティ）

移動体で撮像したデータや顔認証に用いる画像データの取り扱いに関しては、三郷町・医療法人・社会福祉法人を中心に、本コンソーシアム内でセキュリティ要件の検討を行った。

- ・撮影データの管理運用においては管理責任者を定め、適正に実施する必要がある。
また映像データの保存・取り扱いでは外部に漏れることの無いよう、一定の基準を定めて適正に管理する必要がある。
⇒撮影映像含む取得データについては保存期間・破棄タイミングを明確にしデータ管理を実践する。具体的には以下のような対応が必要となる。
 - 管理者選定 : データ管理者を選任
 - 保管期間決定 : データ保持期間または保管のポリシー決定、関係者と合意した上で書面化
 - 定期棚卸し : 定期的に保有データの棚卸を実施（最低でも半期に1度）
 - 廃棄 : 保持期間を過ぎたデータについては完全破棄を行う
 - 記録保管 : 保管期間を定めた文書、廃棄日とその内容を記録として保管

- ・映像データはセキュア性を確保した録画専用装置にて保存するものとする。また、データの暗号化により、意図せずに持ち出された映像は閲覧不能とする。保管期間は、設備利用者の家族の来訪や図書館等の利用者が多い休日も加味し1週間にて検討を行う。

- ・カメラの管理責任者等は、カメラ撮影によって人の容貌・姿態という個人情報を大量に収集・管理することになる。よって管理責任者等は、画像データそのものはもちろんのこと、画像から知り得た情報を人に漏らしたり、不当に使用したりしてはならない。なお管理責任者等でなくなった後においても同様とする。
⇒データ管理責任者との間にデータ取り扱いに関する罰則規定を設け不正利用防止を行う。

④ ネットワークシステム構成

本実証プロジェクトのローカル 5G 活用モデルについて、ネットワークシステムの基本構成を以下に記述する。

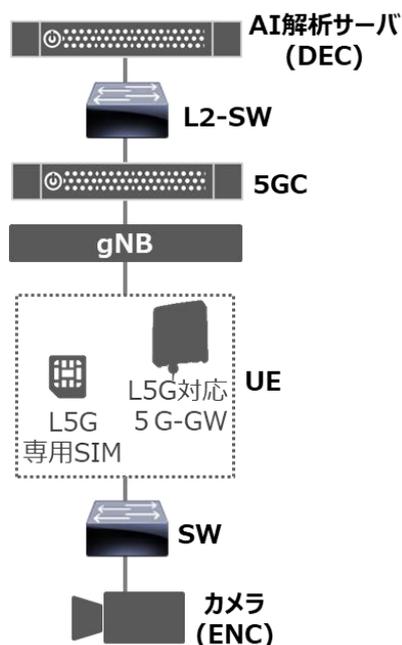


図 4.4.32 ネットワークシステム構成 (基本)

本実証における見守りのシステムでは、上記ネットワークシステム構成の中で UE～カメラ(ENC)を移動体に搭載し、今回の実証の目的と現場機器実装の両面の具現化を検証した。

⑤ 業務・処理フロー、運用ノウハウ

本実証プロジェクトのローカル 5G 活用モデルについて、横展開時に導入する標準モデルの業務・処理フローを以下に記述する。但し移動体の運用を除く。

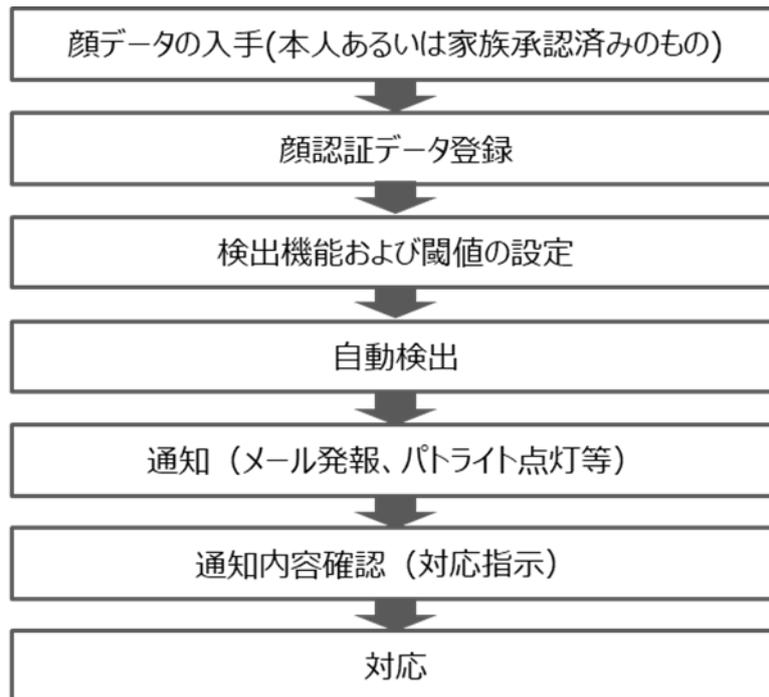


図 4.4.33 業務・処理フロー（移動体の運用を除く）

本システムの運用ノウハウとしては、業務・処理フローの通り、AI 検出後の通知方法、および通知内容の確認と対応の部分が運用面の最も重要な検討課題となる。通知方法に関しては、一般的に、機器室と事務室が離れている場合はメール発報、同じ事務所内の場合にはパトライトを加える方法が望ましいとされている。本実証においては、医療法人や社会福祉法人と連携し、メール発報やパトライトを含めた別の通知方法等についての検討・検証を行う。

表 4.4.33 通知方法の検討・検証

		警報アラーム	パトライト点灯	メール通知	アプリによる通知
通知 検討	評価	×	△	○	○
	検証・考察	施設利用者が驚きパニックを起す可能性あり (福祉法人見解)	監視センターが無人の際、アラームに気付かない。 ヒアリングにより運用者は基本巡回している	運用者全員にメール通知される仕組みにて通知漏れが発生しない	運用者は全員モバイル端末を携帯している。アプリ通知される仕組みにて通知漏れが発生しない

検討の結果、見守り機能の実装において、メール発信やパトライトの通知のみではなく、共通端末（アプリ）等を活用した、エリア全体に対する情報発信と介助者を支援する顔認証などを活用した個人特定ツールが必要であることが分かった。2024 年の実装を視野にいた、エリア外向けの発信・サポート機能の検討・実装について継続的な検討が必要と考える。

なお通知内容の確認と対応の運用に関しては実装するユーザの体制・事業スキームによって異なる。当該体制・事業スキームについては後述する。

⑥ 実装方法・手順

本実証においては、ローカル 5G 活用モデルの実装性を高めるための取り組みは多面的に実施し実証を行う、ここでは移動体への機器実装について記述する。

移動体への機器実装に関しては、カメラ、UE、SW の取り付け位置の検討に加えて、カメラおよび UE (5G-GW) の電源確保も必要となる。

本実証においては、移動体を車両に限定としつつも、横展開時には様々なユーザの要望に応えるために、特にカメラの設置位置（車内、車外）や取付方法（金具、ダッシュボード等）について実証を行った。

車外設置の条件化において、当初は振動が大きいと予想されていたが実証の結果、それほど大きな影響は無いことが判明した。設置場所については、防水・防塵性能を備えたカメラの選定や降雨/降雪時のフロントガラス越し映像での検知/認証精度を基に判断する必要はあるものの、顔認証/ナンバー認識は車内設置、人物・物体認識は車内設置を検討した。実用に向けた機器実装については、実装する見守りに適したカメラ選定を行い、機能限定したカメラによる小型化、設置方法の標準化検討は必要となる。

(4) 体制・事業スキームのモデル

本実証プロジェクトのローカル 5G 活用モデルにおいて、①本実証プロジェクトの実装時のモデル、②現時点の標準モデル、③実装・横展開時のモデルの体制・事業スキームを検討した。

①ベンダ委託モデル：本実証プロジェクトの実装時（想定）

・免許人について

免許人は基本的に土地所有者であることが前提であるが、自治体の場合は人事異動が多いこと等の理由から地域 ICT ベンダ等への委託となる場合がある。

・運用について

自治体の場合、運用コストを下げるため、指定管理者制度などを活用した運営委託となることが多くなる。

本実証においては、本モデル（ベンダ委託モデル）について実証を行った。

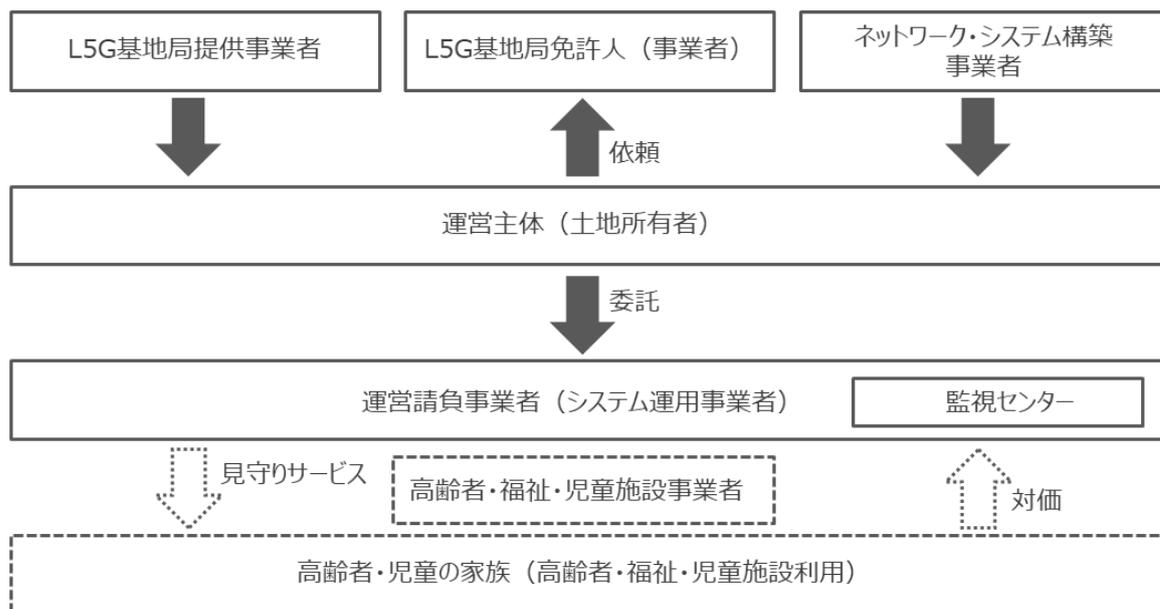


図 4.4.34 委託モデル

本モデルにおいては、運営主体が運営請負事業者へ委託する形となるので、委託費用は必要となるものの、サービス設定については運営請負事業者が設定をしてくれるため、運営主体はサービス設定について検討する必要がなく、管理工数も不要となる。特定の施設において、運営を一括で指定管理者へ委託できる場合においては有効であると考えられる。一方で当該実証エリアのように、運営主体の他に医療法人や社会福祉法人など管理が多数の業者を跨ぐような場合はあまり有効的ではない。

②標準モデル

- ・免許人について
自己土地所有者自身が免許人になる標準パターン。
- ・運用について
運営主体者自身が監視センターを含めた運用を行う。

本実証においては、前項のベンダ委託モデルにて実証を行ったが、本モデル（標準モデル）については、特に免許人について免許申請から運用までの業務内容を詳細に精査してユーザのメリット・デメリットを整理して机上検討を行った。

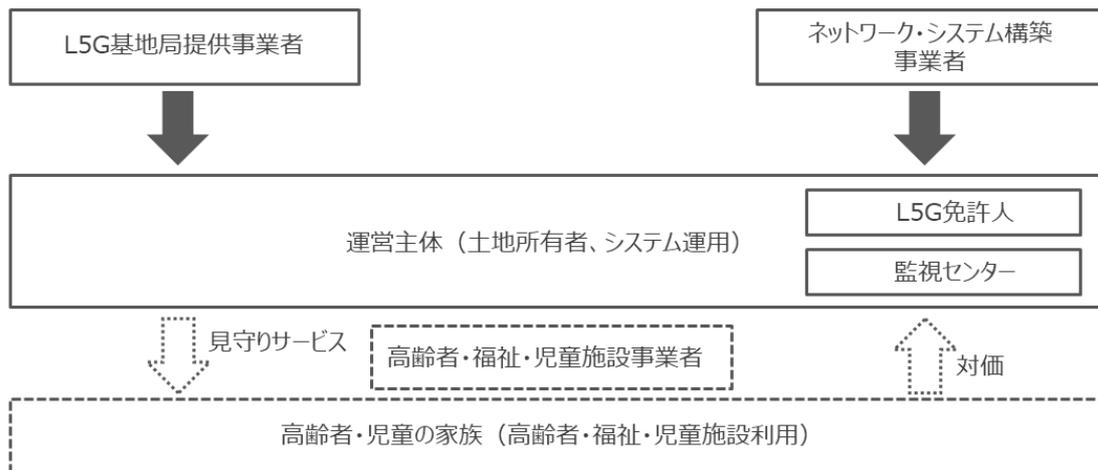


図 4.4.35 標準モデル

本モデルでは、運営主体(三郷町)が直接見守りサービスを提供する形となるので、実現性は高いと考える。運営主体が自らサービス内容を決定することができるので、地域からあがってくる住民からの意見・ニーズを反映しやすい。また、エリア内で運営する施設内外の見守りについて、有効性も高く、別のインフラを活用した町全体への見守りシステムの構築への発展の可能性も十分に検討可能である。

③横展開モデル (仮説)

普及展開、横展開時には、クラウド利用および運用サービスによる監視センターを活用することにより、運用負荷の軽減を図ることができる。

本実証においては、前々項のベンダ委託モデルにて実証を行ったが、本モデル(横展開モデル)については、特に監視センターの業務内容(クラウド+運用サービス)の精査および運用委託によるユーザのメリット・デメリットを整理して机上検討を行った。なお、監視センター業務において、適切に個人情報・プライバシーを保護し、管理・運用することについても机上検討を行った。

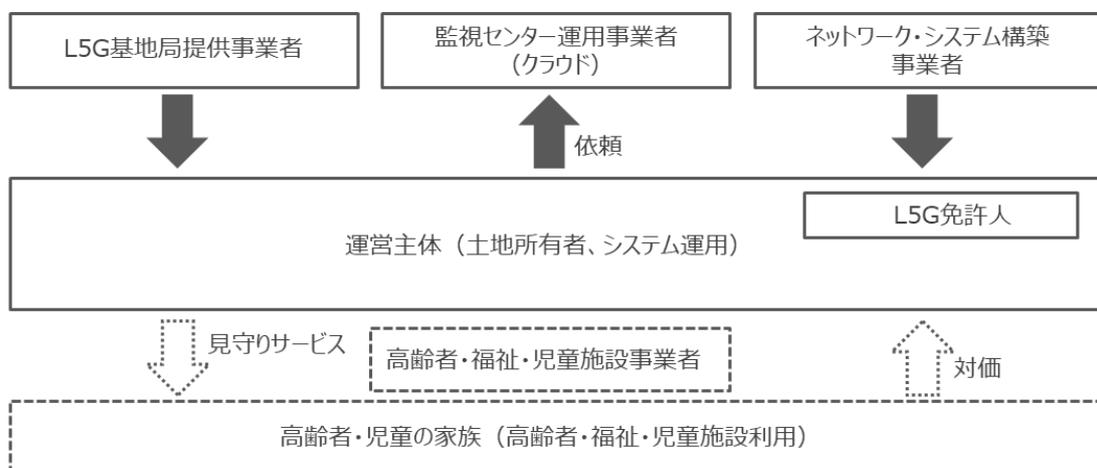


図 4.4.36 横展開モデル (監視センターのクラウド化)

運用・管理コストを考慮した場合、横展開のモデルとして、サービスを配信するインターフェースとしてクラウドを活用することが有効であると考ええる。

本モデルの実現に向けては、運営主体から監視センター運用事業者への委託を想定しているため、運営主体単独での利用ではなく、ある程度まとまった規模で構築し、コストメリットを創出する必要がある。また、クラウドにした場合、利用者のサービス利用の選択肢が広がる。具体的な運用スキームの検討が必要になるため、継続検討内容と位置づけを 2022 年度の検討課題とする。

(5) 導入効果

①ターゲットの特長

高齢者、児童が集う施設を持ち、徘徊老人の発見、高齢者の転倒検知、子どもの連れ去り、不審者検知、不審車両検知等の見守りが必要なエリアを持つ自治体、各種法人、団体がターゲットとなる。

②全般的な効果・有用性

従来の監視カメラでは、人手による監視が必要であり、また、総じて事件、事故が発生した後に監視記録データを活用する監視モデルであった。

今後は AI 活用によりリアルタイムでの自動検知が可能となり、さらに本実証プロジェクトで実証する移動体に搭載したカメラを使うことにより、固定式監視カメラの死角をカバー可能となり、見守りの効果を全体として向上させることが期待される。さらに、不審者行動における固定式監視カメラの死角を狙った犯罪の阻止にも繋がり、地域の安心安全に更なる貢献ができると考えている。

上記の期待や考えが効果立証をできるかどうか、本実証において、実証フィールドにおける移動体による見守り監視の範囲について実証を行い、固定式監視カメラを仮想的に設置した場合の死角のカバー率等の机上検討を行った。

実証フィールドにおいても、移動体による見守り検知範囲は走行エリア全域であることが確認できた。固定式監視カメラにて無死角監視を行うためには、20m おきにカメラ設置が必要となる。本実証のフィールドで固定式監視カメラを 10 台設置したと想定した場合、カバー率は 30% となり、移動体カメラの 3 分の 1 となる。結論として、エリア全域カバーは重要となる見守りに対し、移動体カメラは非常に効果的であると考えられる。

(6) 課題と対応策

本実証プロジェクトにおいて提案する、ローカル 5G 活用モデルにおける課題と対応策について、ここでは実装・横展開に係る制約条件について以下に記述する。

①法制度面

本システムは、警備ではなく見守りサービスのため警備業法には触れない。ただし、運営主体者が警備会社との契約において本システムを運用する場合には、警備業法の

適用範囲となるため、体制・事業スキームを構築する際には警備会社との契約面で業法上の確認が必要となる。

②技術的な制約事項

実装性を高めるために、UE（5G-GW）の小型化、モジュール化、低消費電力化により、自動車だけでなくAIロボットやドローン等の他移動体への機器実装が可能となる。本実証においては、横展開時には様々なユーザの要望に応えるために、AIロボット、ドローン等の他の移動体に対して、各々の電源容量を考慮して実装機器の消費電力ならびに機器寸法に関する要件について机上検討を行った。

見守り機能が搭載されると予想される移動体を表 4.4.34 に記載する。

表 4.4.34 移動体のスペック（ドローン）

品番	PD4-AW-AQ
外観	
大きさ	730×730×520 mm
機体重量	6.1 kg
最大ペイロード	2 kg
防水性	IP55 相当
前方監視カメラ	GoPro

見守りロボットを想定した移動体（ドローン）への展開を考慮すると搭載される通信装置は2 kg以下（最大ペイロード参照）と考える。設置スペースも限られることから、実装機器の小型化・軽量化が必須条件となる。

③運用面の対策

普及展開、横展開時の監視センターの共通化（クラウド化、運用サービス）を目標とする。

前述の通り、本実証においては、システムのクラウド化、運用サービスを実施した場合のユーザのメリット・デメリット等の課題抽出までを机上検討を行った。

表 4.4.35 システム構成によるメリット・デメリット（運用）

	データ閲覧性	相互接続性	運用管理	設置スペース	回線障害時 (インターネット回線断時)
オンプレ環境	○	○	△	×	○
	ネットワーク経由で閲覧可能	処理サーバー・閲覧端末間でデータ連携可能	二重化対策、予備品など自前管理が必要	監視端末だけでなく、各種サーバー設置が必要	自前回線にて構築のため運用可能
クラウド化	○	○	○	○	×
	インターネット経由で閲覧可能	クラウドサーバー・閲覧端末間でデータ連携可能	サーバーの保守メンテも一括運用可能。しかし、運用コストが別途必要	クラウドサーバーにて実現のためオンプレと比較し、省スペースにて実現可能	クラウドサーバーにアクセス不可となり、運用影響大

運用の面からも、多数ユーザが見守り結果を受信し、ローカル 5G エリア外の機能も必要となるため、データ・運用管理をクラウドで実現することが非常に重要と考える。

4.4.2.2 普及展開方策の検討

本実証を実施したエリアにおいて顕在化すると予測される課題として、人口減少や急速な高齢化によって地域の見守り体制維持が困難になることがあげられる。この状況は、今後国内で増えていくことが容易に想定できる。また、今回実証フィールドとした大学跡地などを利活用した、いわゆる Gated Community のようなスモールタウンや工場跡地を利用したスマートタウンといったコミュニティが今後増えてくるとも推察される。このような社会情勢の中、同様の課題を抱える他ユーザへの展開を想定している。

(1) ステークホルダの役割と想定されるビジネスモデル

各ステークホルダの役割と、想定されるビジネスモデルについて以下の通り整理した。

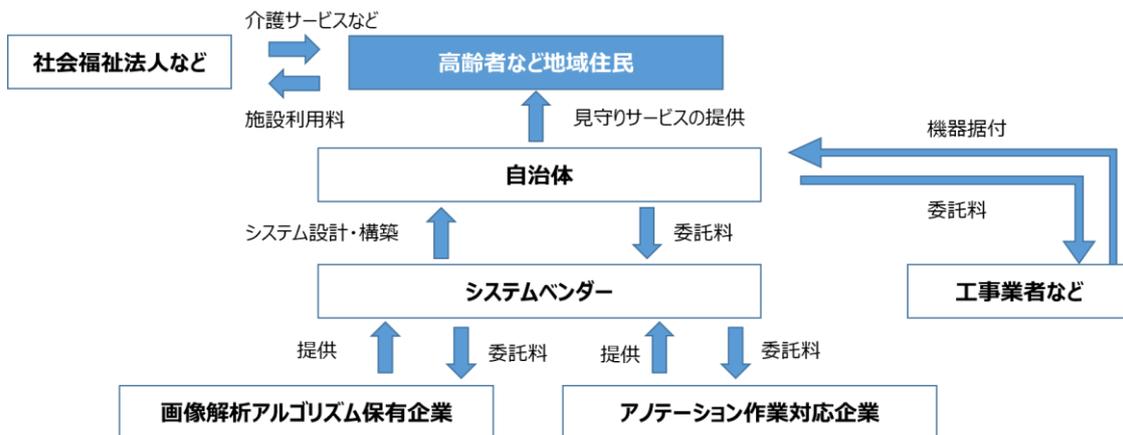


図 4.4.37 各ステークホルダの役割と、想定されるビジネスモデル

当該実証フィールドにおける具体的な担い手を以下の通り整理する。

- 社会福祉法人など・・・医療法人藤井会、社会福祉法人檸檬会
- 自治体・・・三郷町
- システムベンダー・・・パナソニックシステムソリューションズジャパン(株)
- 画像解析アルゴリズム開発企業・・・モルフォ AI ソリューションズ(株)
- アノテーション作業対応企業・・・パーソル HR エクセルパートナーズ(株)

※上記担い手について、特に企業は変更の可能性あり。

奈良学園大学が移転した後、当該実証エリアを運営する三郷町と医療法人藤井会・社会福祉法人檸檬会により、高齢者や児童への福祉サービスや見守りサービスを提供することになるが、システム実装に向けては上記の担い手で実装を目指すことを想定している。

(2) 通信インフラの機能性・拡張性

見守りのためのシステムを構築する上では、個人情報保護ならびにプライバシー保護、当該エリアの確実な見守り機能の継続のための BCP 対策が重要となる。こういった観点

から、閉域網による構築は有効である。また、今回の実証では移動体から複数台カメラの高精細映像を同時に伝送したため、UL スループット確保のためローカル 5G が不可欠であったが、フレームレートを落とした定点カメラによるスポットエリアの監視等、帯域をそこまで使用しないユースケースにおいてはキャリア 5G 等の公衆網の活用も考えられる（例えば、不法侵入検知などで出入口を常時監視するケース）。公衆網を活用した際の BCP 対策については残課題とし、今後の継続検討事項とする。

(3) 最適なネットワークによるエリア構築及びシステム構成のポイント

今回のフィールドでは、キャンパス内の広大なエリアの屋外にローカル 5G の基地局を 2 局設置、キャンパス内の主要道路をカバーし、実証を行った。当該エリアには、8 棟の鉄筋コンクリート製の建物があるが、「3.3.1 ローカル 5G の電波伝搬特性等の測定」の結果から、主要道路以外の建物間の道路等においては、建物等による遮蔽のため RSRP が低く端末が基地局との接続ができない箇所（ローカル 5G が圏外となるエリア）も散見された。スマートシティとして今回のフィールド全体に見守りシステムを構築するためには、これらローカル 5G の圏外エリアや建物内にも無線ネットワークエリアを構築する必要があるが、これら全てをローカル 5G のエリアとすることに関しては、現状のローカル 5G 機器のコストを考えた場合は現実的ではない。このような広大なエリア内に建物が複数あるようなフィールドは、大学キャンパスの他に、工場、プラント、試験場等多くあるが、これらへの展開を考慮した場合も同様であると考えられる。

前述の通り本実証ではローカル 5G が不可欠であったが、アップリンクにそこまで帯域を必要としない見守りや、スマートシティ内でのスマホやタブレット利用、比較的容量の少ないデータ収集等を踏まえた場合は、全てのエリアをローカル 5G とするのではなく、免許及び登録を要しない無線局であり且つ比較的低コストな sXGP(1.9GHz 帯プライベート LTE) や WiFi を組み合わせて、無線ネットワークエリアを構築することがローカル 5G の活用、普及を考えた場合においても望ましい姿である。

今回のフィールドでの今後の運用を考慮した場合は、屋外の広大なエリアはローカル 5G でカバーし、屋内エリアは基本 sXGP でカバーした上で、屋内の事務所等のノート PC を使用するエリア等は WiFi も構築する等、必要に応じた最適なネットワーク構築を行うことが重要であると考えられる。なお、前述の「ローカル 5G の必然性」で整理したとおり、実装初期など直近の段階において固定カメラや同時接続台数が少なく、アップリンクにそこまで帯域を必要としない場合、キャリア 5G や LTE 回線、有線回線といった公衆網の活用も考えられる。

エリア内にローカル 5G、sXGP、WiFi といった複数の無線 NW を導入した場合、それぞれのコアネットワークやセンター設備を設ける形態では、運用上やコスト上も最適な形態とは言えないため、これら無線ネットワークを一元的に管理できるコアネットワーク及びセンター設備が望ましい。

自営ネットワークとしての大きなメリットである BCP 対策や、ネットワーク遅延の低減等を考慮した場合、コアネットワークやセンター設備は利用場所に設置されるのが、好ましいが、これらの無線ネットワークシステムを利用場所ごとに運用・監視する場合、高度な技術スキルを要する運用者を利用場所ごとに配置する必要があり、最適な運用形態とは言え

ない。複数の利用場所の無線ネットワークシステムをリモートで一元的に運用・監視仕組みを設けることが、ローカル 5G の活用、普及を考えた場合も望ましいと考えられる。

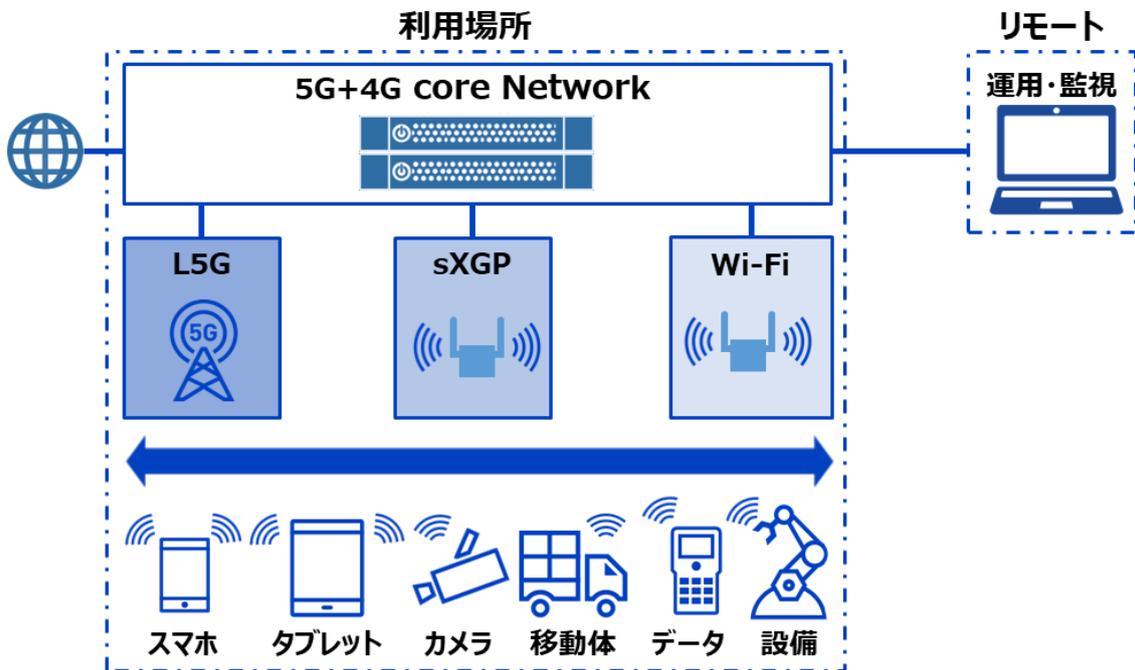


図 4.4.40 ローカル 5G、sXGP、WiFi を組み合わせたマルチ無線ネットワークの概念図

今回、課題実証で使用したシステムは全てオンプレミス型での構築を行っている。見守りのためのシステムを構築する上では、個人情報保護ならびにプライバシー保護や当該エリアの確実な見守り機能の継続のための BCP 対策が重要となるため、ローカル環境で全てを実現できる形での構築が望ましい。一方で、横展開をする上ではインシャルコスト削減を踏まえクラウド環境でのシステム構築も検討する必要がある。監視センターは共通化しつつも、個人情報保護ならびにプライバシー保護や BCP 対策に必要なものはオンプレミス、その他はクラウドで運用するなど無線ネットワーク以外の各種サーバも含めた最適な構成の在り方については今後も継続的に検討を実施する。

以上の内容と、本実証成果を基に本コンソーシアムにとどまらない、全国ユーザへのモデル展開の実現を目指す。

今後については普及の加速と、モデル昇華を目指し、「共創ラボ」による共創検討の実施を行う。本ラボは 2021 年 6 月に開設された、パナソニック株式会社とパナソニックシステムソリューションズジャパン株式会社による、ローカル 5G など現場マルチネットワークを検証できる共創ラボ「NetworkConnectLab」(神奈川県横浜市の佐江戸事業場内)において、本実証プロジェクトのローカル 5G 活用モデルについて、パナソニックの独自技術である AV-QoS(画像伝送に必要な映像コーデック画像圧縮技術のソフトウェア)を用いたローカル 5G における映像伝送の実演を行うことが可能となっている。

引き続き共創ラボにおいて本実証の実証動画の放映やローカル 5G 活用モデルの展示を行い、本実証結果をもとに共創ラボ利用ユーザとのワーキングを実施し、モデル昇華を検討する。

4.4.3 ローカル5Gの実装に向けた課題の抽出及び解決策の検討

課題実証実施に向けた課題の抽出及び解決策の検討方法については、課題実証実施前に、エリアの運営主体である三郷町、医療法人、社会福祉法人を含め実証内容のすり合わせを行う中で、実装に向けた課題の洗い出しを行い、4.4 実証内容の記載の通り当初想定していた項目での実証を実施することとした。

合わせて、実装・横展開に係る制約事項等の課題の抽出及び解決策について以下に記述する。

(1) 法制度面

現在のローカル5Gの免許制度では、「3.3.5 その他のテーマ」においても検討した通り、1W以下程度のスモールセルの導入においても、電波法関係審査基準に基づくカバーエリア及び調整対象区域の算出法にてエリアシミュレーションを実施し、カバーエリアと調整対象区域が重複する場合は事業者間調整が必要となるなど、免許及び登録を要しない無線局であるWiFi等と比べ導入までのハードルが高くなっている。

「4.4.2 ローカル5Gを用いたソリューションの実装性に関する検証」において横展開モデル等について検討を実施したが、これらモデルの普及展開を促進するためにも「3.3.5 その他のテーマ」において検討した登録局など簡易な申請により導入可能となるような制度改正が望まれる。

(2) 技術的な制約事項

前述の通り、UE(5G-GW)の小型化、モジュール化、低消費電力化により、車両だけでなくAIロボットやドローン等、他の移動体への搭載が可能となるため、ローカル5G対応UEモジュールの普及加速化が本システムの普及展開に大きく影響する。

AI画像解析機能については夜間での検出精度が低かったことから、学習モデルの更新が必要となる。本実証を通じて、夜間の撮影ではカメラの設定値(シャッタースピード)が、想定以上にAI画像解析の精度に影響を及ぼすことが明らかとなった。そのため、現地の照明環境に応じ調整、撮影された夜間の映像を訓練データとした学習モデルを作成し、検知精度の向上を図る。うろつき検知/不審者検知への対応については、以下3種類の機能

- ① 顔認証による既知ユーザ判定
- ② 属性判定アルゴリズム追加による年代・性別・服の色、持ち物の推論
- ③ 人物の特徴を数値化、過去撮像された人物との一致度判定

に撮影時間帯のパラメータを組合せることで判定アルゴリズムの構築を行う。表情分析については顔認証用に切り出された顔の表情を6つのクラスに分類するFER(Face Emotion Recognizer)の適用を、また検知位置については車内に設置しているタブレット端末の測位情報との連携による特定を行うことで機能実現を図る。

これらアルゴリズムの構築は、コンソーシアムメンバーであるパナソニックシステムソリューションズジャパン(株)が2023年度末までに実施する。

(3) 運用面の対策

前述の通り、画像解析に必要なサーバ群の運用負荷を軽減するために、横展開時には監視センターの共通化（クラウド）化を目標とする。

1) システム面での課題

本実証で車両以外の各種移動体を想定した画像解析の実証も実施するため、移動体の速度を可変して検証を行った。そこで得られた結果をもとに夜間・斜陽などの外的要因やカメラ特性などを考慮したカメラの選定や、環境変化に対してロバストな学習モデルの構築が必要と考える。また、多様な移動体を活用可能とするための、移動体向け AI 画像解析アルゴリズムの改良を 2022 年度より実施し、2023 年度以降に実装モデルのバージョンアップを適宜行っていく。

2) 遠隔監視等の見守り体制の構築

夜間や悪天候時においては、移動体の映像だけでは十分に見守れない可能性がある。また、夕方の西陽など太陽の日差しが強いと、映像が光で飛んでしまう恐れもある。そのため、街灯などを整備し十分な照度を確保することで映像の精度を確保するとともに、移動体等のほか必要に応じて路側機センサー等も組み合わせることで、見守りの死角をなくすよう各施設の運営事業者等と協議し検討していく。

また、24 時間 365 日の見守り体制を人手により維持することは、体力的・集中力的に限界がある。よって、異常検知時における自動アラートの仕組みづくり等について継続的に検討するとともに、その際の駆け付け等の運用方法・基準についても明確化していく。



図 4.4.38 西陽が強い場合に映像例

3) 移動体（自動運転車両等）の走行に伴う安全確保

歩行空間と車両の走行空間の分離を基本とするものの、今後、自動配送車両等も活用する場合には、歩車共存空間での運用等も想定される。

各施設の利用状況や利用者の動線等を考慮し、各施設の運営事業者等と協議し適宜安全対策も検討していく。

現在、想定されるリスクを以下に整理する。

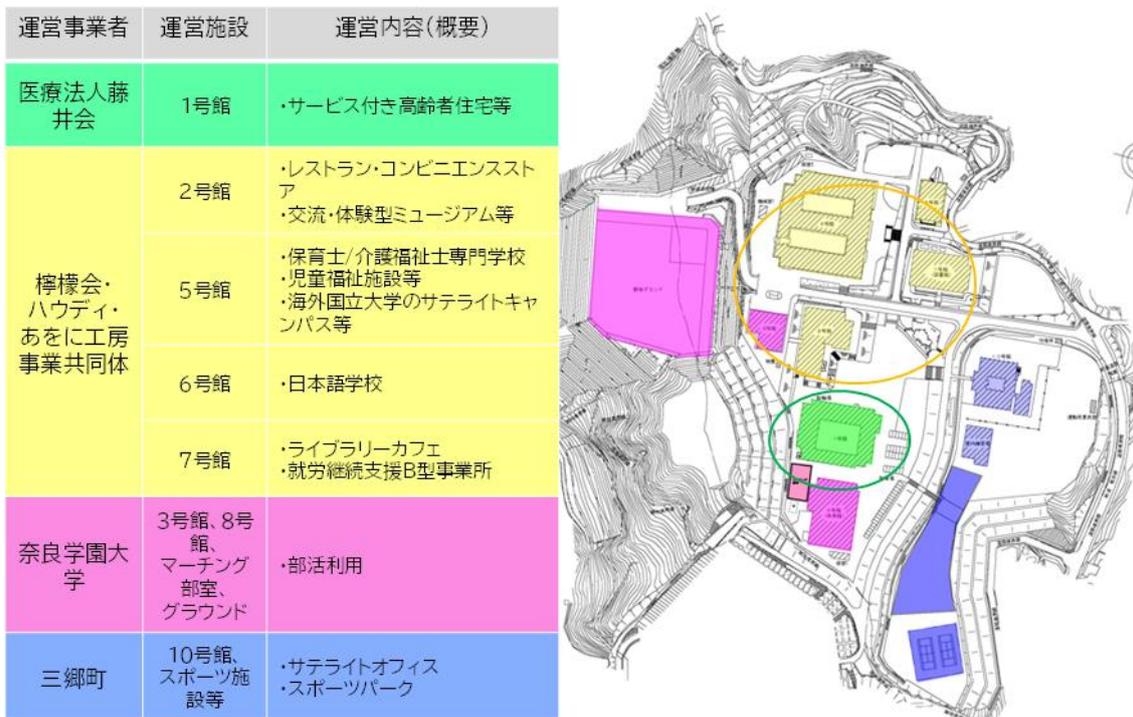


図 4.4.39 今後予定されている FSS35 キャンパスの運営施設

(1 号館周辺：高齢者施設)

高齢者が利用する施設であり、身体の機能や認知機能が低下している方が数多く利用する可能性がある。

そのため、高齢者が滞在する場所は、移動体（自動運転車両）を徐行させて走行させる等の対策を検討する。また、移動体（自動運転車両）からの音や光の発出や、走行ルートの間への看板や柵の設置等により、高齢者等利用への周知を検討する。

(2, 5～7 号館周辺：子供・身障者施設・外国人利用施設)

児童福祉施設を利用する児童や障がい者の方の飛び出し・倒れ込み等の恐れがある。

そのため、できる限り児童が活動するエリアと重複させないよう移動体が走行する経路を設計するとともに、支援される関係者や本人への周知（啓蒙）を徹底する。また、高齢者同様に、移動体（自動運転車両）からの音や光の発出や、走行ルートの間への看板や柵の設置等による対応も検討する。

(4) 社会的受容性

見守られるユーザの立場で本システムの運用を考えた場合、顔認証で移動体から個人情報を取得されることへの抵抗感や、夜間に低速走行しながらユーザに接近してくる車両に対する不安感に配慮が必要であることが分かる。見守り対象ユーザおよびその家族に対しては事前説明および契約により理解を得ることが可能であるが、外部から FSS35 キャンパスを訪問するユーザに対しては、これらの機会が無い点が課題となる。

本課題の解決には、広く、正確に取り組み内容を“知ってもらう”ための活動が必要である。個人情報保護法では「個人情報を取得すること」および「利用目的」を通知・公表することが義務付けられているため、FSS35 キャンパス入口や敷地内でのポスター掲示、ホームページ上で情報を公表することとなっているが、この告知・公表内容に本システムで実現可能なサービスを、その有効性も含めて掲載することで見守りシステムへの理解を深めて貰う。また移動体(車両)からの音や光の発出による接近通知(高齢者や障がい者への安全対策含む)や、移動体(車両)本体への“見守りパトロール中/映像撮影中”などの表示により、見守りサービス実施中であることを周知させる。これら一連の周知・啓蒙活動を通じて、移動体に対する「不信感」や「不安感」を「見守られている安心感」に、つまり移動体での見守りによる犯罪抑止効果をユーザに実感してもらうことで地域コミュニティ内での理解をより深めてもらいながら社会的受容性の向上に繋げていく。

4.4.4 継続利用の見通し・実装計画

本実証終了後の継続利用の見通しを下記の通り記載する。

三郷町においては、今回の実証をもとに実験局ではない、製品版のローカル5G設備の導入も含め実証フィールド内でローカル5Gを継続利用できるよう、また本格的な運用に向け、2022年度以降、下記の通り取り組んでいく。

表 4.4.36 2022年度以降の取り組み

	本実証	実装フェーズ			
	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度以降
顔認証システム					本格運用予定 ※
移動体による映像伝送	課題実証	モデル構築・アルゴリズム改良 (精度改善、不審者検知、表情分析)		(継続開発)	
AI学習モデル(移動体映像最適化含む)					
人物・物体検知システム	課題実証				
移動体による映像伝送		モデル構築・アルゴリズム改良 (精度改善、不審者検知、位置情報取得)		商品開発	
AI学習モデル(移動体映像最適化含む)					
ナンバー認識システム					
移動体による映像伝送	課題実証	モデル構築・アルゴリズム改良 (精度改善)			
AI学習モデル(移動体映像最適化含む)					
通信網					
無線伝送による映像伝送	技術実証			(継続開発)	
商品開発(省電力化・性能強化)		商品開発			
システム展開					
運用・事業スキーム		事業・運用スキーム検討	事業スキーム決定		
システム設計		システム設計(UI設計含む)			
監視センター オンプレ運用		システム設計			
監視センター クラウド化		クラウド化検討		システム設計	
その他				個人情報保護/広報活動	

- ・2023年度にオンプレ環境によるスモールスタートを目指し、2022年度はスキーム検討と実現に向けた実証を進めます
- ・人物・物体検知システムは2024年度の商品化を目指し、商品開発を行います。
- ・顔認証 / ナンバー認識システムは現状の商材を基にスモールスタートを目指した運用検討が可能と判断しております。

奈良学園大学
跡地改修工事期間

※ 本格運用における見守りは固定カメラ、移動体カメラによる総合的な見守りとなります。

【2022年度】

2021年度の実証をもとに、移動体を活用した見守りシステムを構築するため、フィールドを活用する事業者（医療法人藤井会、社会福祉法人檸檬会、学校法人奈良学園大学）と連携し、改めてフィールド内におけるシステムを活用した見守り体制を検討する。具体的には、フィールド内での見守りが必要な場所・時間帯等の整理、ローカル5Gを活用する場合やしない場合の検討、また今回の実証では移動体として自動運転車両を用いたが、適切な移動体の検討、技術的な課題をコンソーシアムで協議し、本フィールドに最適な見守り体制を構築する。

なお、2022年度はフィールドが町に譲渡され、大学用途から用途変更のために建物等を改修する1年となる。また、提案当初は分からなかったが、都市計画法の規制により建物の用途変更に加え、フィールド内にあるメイン道路を町道にし、公道として管理しなくてはならなくなった。

そのため、2022年度は検討、実証で終わってしまう可能性が高い。当該年度ではローカル5Gの実験局として継続利用を予定しており、夜間撮影に対応したAI学習モデルの作成、うろつき検知／不審者検知、表情分析および位置情報の取得など、各種アルゴリズムの構築を目的とする追加実証をパナソニックシステムソリューションズジャパン(株)が主体で実施する。また、ドローンといった自動車以外の移動体を用いた画像解析による見守りの有効性を検証したいと考えている。その検証の中で、検知した後の駆けつけ、運用フローの取り決めについても議論を重ねる予定である。また、メイン道路が町道になるが「ローカル5G導入に関するガイドライン 令和元年12月(令和2年12月最終改定) 総務省」に記載がある通り、「1)大学のキャンパスや病院などの私有地の敷地内の間を公道や河川等が通っている場合等の自己土地周辺にある狭域の他社土地について、別の者がローカル5Gを開設する可能性が極めて低い場合」においては自己土地利用として扱うこととなっているため、町道も含めた範囲での見守りを検討していく必要がある。現時点では、移動体を車両ではなく、もっと小型なものが望ましいと考えている。

【2023年度】

実証フィールドが、「FSS35キャンパス」として開設する。2022年度で検討した内容をもとに実装に向けて取り組む。実装に係る経費負担については、フィールドを活用するまち、事業者(医療法人藤井会、社会福祉法人檸檬会、学校法人奈良学園大学)が費用負担するのを原則として検討を進める。また、収入源確保の一つの手段として、国の補助金等の活用も視野に入れており、具体的には「デジタル田園都市国家構想推進交付金(デジタル実装タイプ)」や「地方創生推進交付金」の活用を想定している。概算の維持費用は以下の通りである。デジタル田園都市国家については補助率1/2のため、補助を活用する場合は、概算導入費用の1/2程度の活用を想定している。また、地方創生推進交付金は定額補助のため、枠内において活用を検討する。

表 4.4.37 システムの概算運用コスト

	概算運用コスト/年
ローカル5G設備	3,500千円～
顔認証システム	2,000千円～
画像解析システム	2,000千円～
車番検知システム	1,500千円～

本フィールドでは、事業者によるサービス付き高齢者住宅や、専門学校、ブックカフェの

運営等を予定し、まちとして、サテライトオフィスを整備することによる企業誘致、体育館・テニスコートなどのスポーツ施設の運営などを検討しており、共益費や誘致した企業の共創の場としての設備利用費などといった収益が想定されるため、こういった費用の運用コストへの充当も視野にいれている。その際には、イニシャル、ランニングを含めて費用対効果を検討し、システム等の商品化がより利用者目線となるよう協議を進めていく。

【2024 年度】

人物・物体検知システムは 2024 年度の商品化を目指し、商品開発を行う。顔認証/ナンバー認識システムは現状の商材で運用検討が可能であることから、引き続き継続開発を行いながら、2024 年度からスモールスタートでのローカル 5G の構築、本格運用の実施を行う。フィールドを活用するまち、事業者（医療法人藤井会、社会福祉法人檸檬会、学校法人奈良学園大学）で費用を負担し、運用に向けた設備整備を行うことを検討している。イニシャルコストについては、ローカル 5G や見守りに必要な機器に 58,000 千円、見守りのためのシステム構築に 30,000 千円、設置工事費に 62,000 千円が概算だが必要な見込みである（移動体本体の費用は除く）。当該費用については、国の補助金を活用することも視野に入れており、国の補助金としては「デジタル田園都市国家構想推進交付金（デジタル実装タイプ）」や「地方創生推進交付金」を想定している。また、2023 年度に協議を行った内容も踏まえたシステムの運用を行うことで、他地域での横展開にも繋がることを期待する。

本格運用を前に、個人情報保護法対応および地域コミュニティへの理解を得ること等を目的に、各所へ本システムに関するポスター掲示や HP での公表を行う。またお披露目会の開催や SNS での発信など各種メディアを活用した広報活動を町主体で実施する。

なお、整備後の運用についても、フィールドを活用する 4 者で費用負担を行い、継続して取り組むとともに、利用者にとって安心・安全な場所になるよう努める。

5. 普及啓発活動の実施

5.1 映像制作への協力

三菱総合研究所様より受領した、「ローカル5G撮影依頼書」に基づき、「三郷町の風景」「モデルエリア(奈良学園大学三郷キャンパス)の風景」「自動運転車両での動作・撮影」「監視センターの様子」「監視センターでのモニタリング・解析の様子」についての映像撮影、提供協力を実施した。映像撮影の様子を次図に示す。



図 5.1.1 映像撮影 センター側



図 5.1.2 映像撮影 自動運転車側

5.2 実証視察会の実施

実証視察会については、オンラインによる視察会及び現地での視察会を開催した。オンライン視察会の開催概要については以下の通りである。

表 5.2.1 オンライン視察会実施内容

三郷町スマートシティ実証コンソーシアム オンライン視察会	
開催日時	2月18日(金) 17:00~18:00
参加者数	50名程度
アジェンダ	<ul style="list-style-type: none"> ■ 実証事業の背景・目的 ■ 実証事業の内容説明 ■ 現地実証実験の紹介(動画放映) ■ 質疑応答

本視察会では、三郷町での地域課題や本実証の背景の説明をしたのちに、技術実証内容の説明、課題実証で実施した顔認証システム、人物・物体検知システム、ナンバー認識システムの説明を実施した。また、事前に録画・作成した実証風景動画の放映を実施した。

現地での視察会については、コロナの状況を鑑みて複数日程での開催とし、一回の参加人数を絞っての開催を実施した。参加者については以下の通りである。

- 2月15日 奈良県 水循環・森林・景観環境部 様
- 2月22日 近畿運輸局奈良運輸支局 様
近畿地方整備局奈良国道事務所 様
柏原市 副市長様 政策推進部 様
- 2月25日 奈良県 総務部 様 県土マネジメント部 様
奈良交通株式会社 経営戦略室 様

現地視察会においては、今回の見守りシステムを稼働させている仮の監視センターでの顔認証システム、人物・物体検知システム、車番検知システムをリアルタイムで稼働させ、実際に動いている車両からの検知の様子の説明、と質疑応答による意見交換を実施した。また、今回移動体として自動運転車両を活用していることから自動運転車両の試乗体験を実施し、実装時のイメージを掴みやすい視察会の構成で実施した。

現地視察会の様子を次図に示す。



図 5.2.1 視察会 全体説明



図 5.2.2 視察会 自動運転車試乗



図 5.2.3 視察会 センター側説明

5.3 その他普及啓発活動

(1) イベント開催によるパネル展示

2021年10月に開催された、パナソニックシステムソリューションズジャパン株式会社の取り組みである、Co-Creation Meeting2021でのパネル展示を実施した。本展示は、同社における有力顧客企業や有力パートナー企業の経営幹部層向けへの完全招待制となっており、本実証のユースケースのPRの場とした。

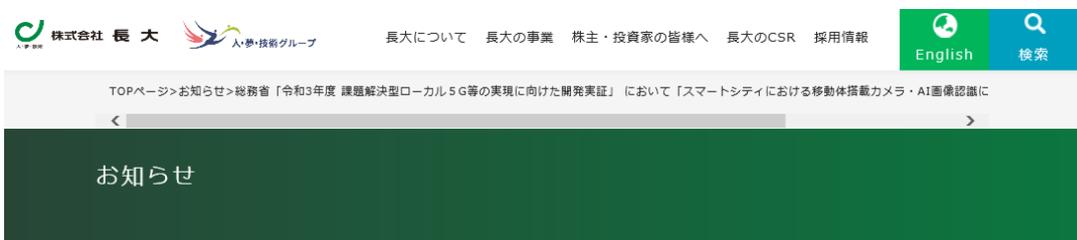


図 5.3.1 Co-Creation Meeting2021 パネル展示

また、本開発実証が終了してからの取り組みとして、2022年夏季に実施予定の同社の全国ソリューション展示会「Solution Japan2022」（コロナ禍以前の来場者数：2万5千人超）において、本実証プロジェクトのローカル5G活用モデルのパネル展示を予定している。専用の説明員を配置して、横展開モデルの普及展開活動を実施。本展示会では、ワーキングスペースが設けられており展示をご覧になったユーザとワーキングを実施することができる。全国のユーザやパートナー企業への説明、意見交換会を実施し、横展開モデルの更なる展開を図る。

(2) テレビ・新聞・WEB 記事等における報道発表およびインタビュー対応

採択直後に、本コンソーシアムとしてプレスリリースを発行した。



総務省「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」において「スマートシティにおける移動体搭載カメラ・AI画像認識による見守りの高度化」の実証事業企画が採択

2021年09月21日

当社、および奈良県三郷町（以下、三郷町）、パナソニック システムソリューションズ ジャパン株式会社、アイサンテクノロジー株式会社、損害保険ジャパン株式会社等は、当社を代表機関とする三郷町スマートシティ実証コンソーシアムを形成し、ローカル5G等を活用した地域課題解決モデルを構築する総務省「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」において、「スマートシティにおける移動体搭載カメラ・AI画像認識による見守りの高度化」の実証事業企画を提案し、2021年8月31日に採択されました※1。

実証フィールドとなる三郷町では、坂道が多く移動手段として公共交通機関の確保が不可欠な一方で、人口減少によるドライバー不足が懸念されています。また、ベッドタウンとして発展した町のため、昼間に入通りが少なく、さらに人口減少も重なると、地域の見守り維持が困難な状況になると予想されます。

これらの課題を解決するため、将来に向けた取組みとして「自動運転車両の運行」および「AI技術・ローカル5Gネットワークを活用した顔認証・画像認識による地域の見守りの高度化」を進めており、内閣府の「未来技術社会実装事業」に選定されています。

本実証では、「未来技術社会実装事業」のうち、スマートシティにおける高齢者や児童の見守りによる安心・安全なまちづくりを目的に、超高速・超低遅延・多数同時接続を実現するローカル5Gを活用した技術実証とローカル5G活用モデルの調査検討を行います。調査検討では、移動体（自動運転車両）に搭載したカメラから、ローカル5Gを活用して高精細な映像をリアルタイムに伝送し、AI画像センシング技術・顔認証技術により解析することで、見守りの高度化を目指します。

今後、三郷町における地域課題の解決に向けてローカル5Gやユースケースを社会実装し、全世代・全員活躍型「生涯活躍のまち」の実現を目指していきます。また、人口不足など同様の課題を抱える自治体へ本実証で検証する活用モデルを構築することで、全国各地の地域課題の解決に貢献していきます。

図 5.3.2 プレスリリース発行

また、プレスリリース後にメディアからの取材要請があり協力を実施した。

株式会社リックテレコムより「月刊テレコミュニケーション 11月号」への掲載に向けた取材を受けた。

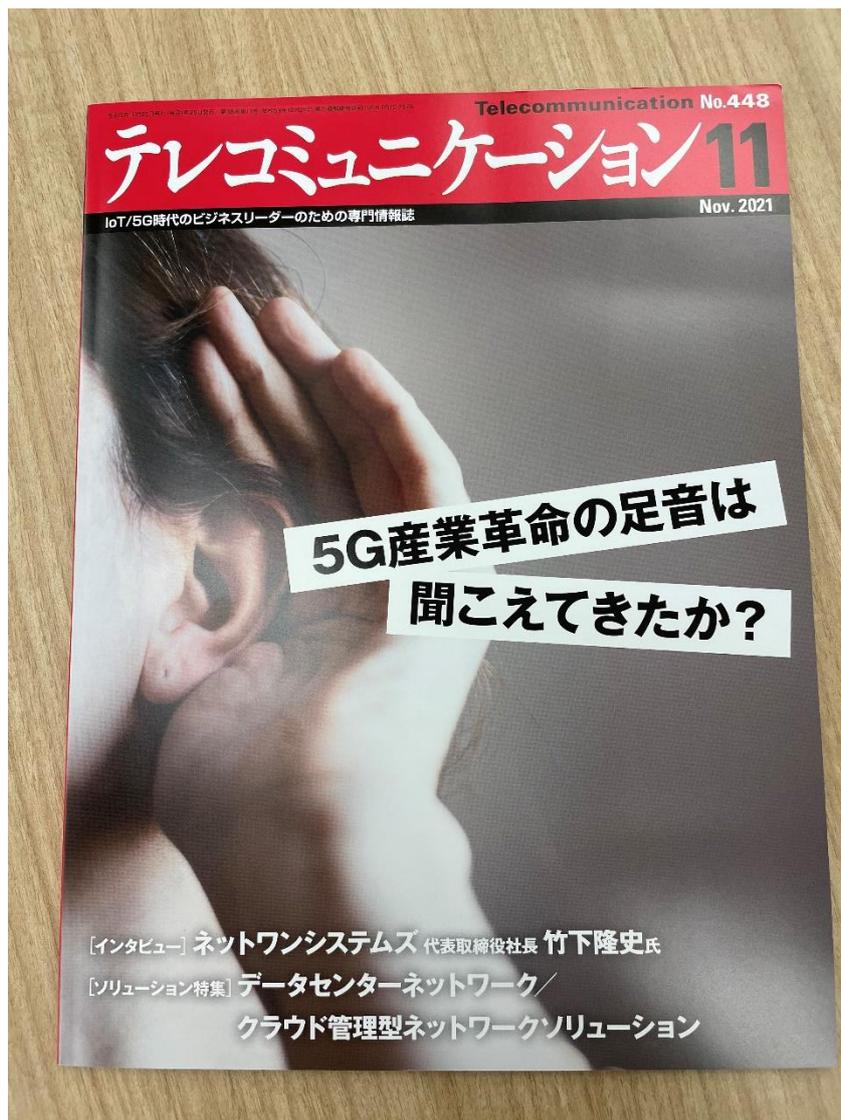


図 5.3.3 月刊テレコミュニケーション 11月号

6. 実施体制

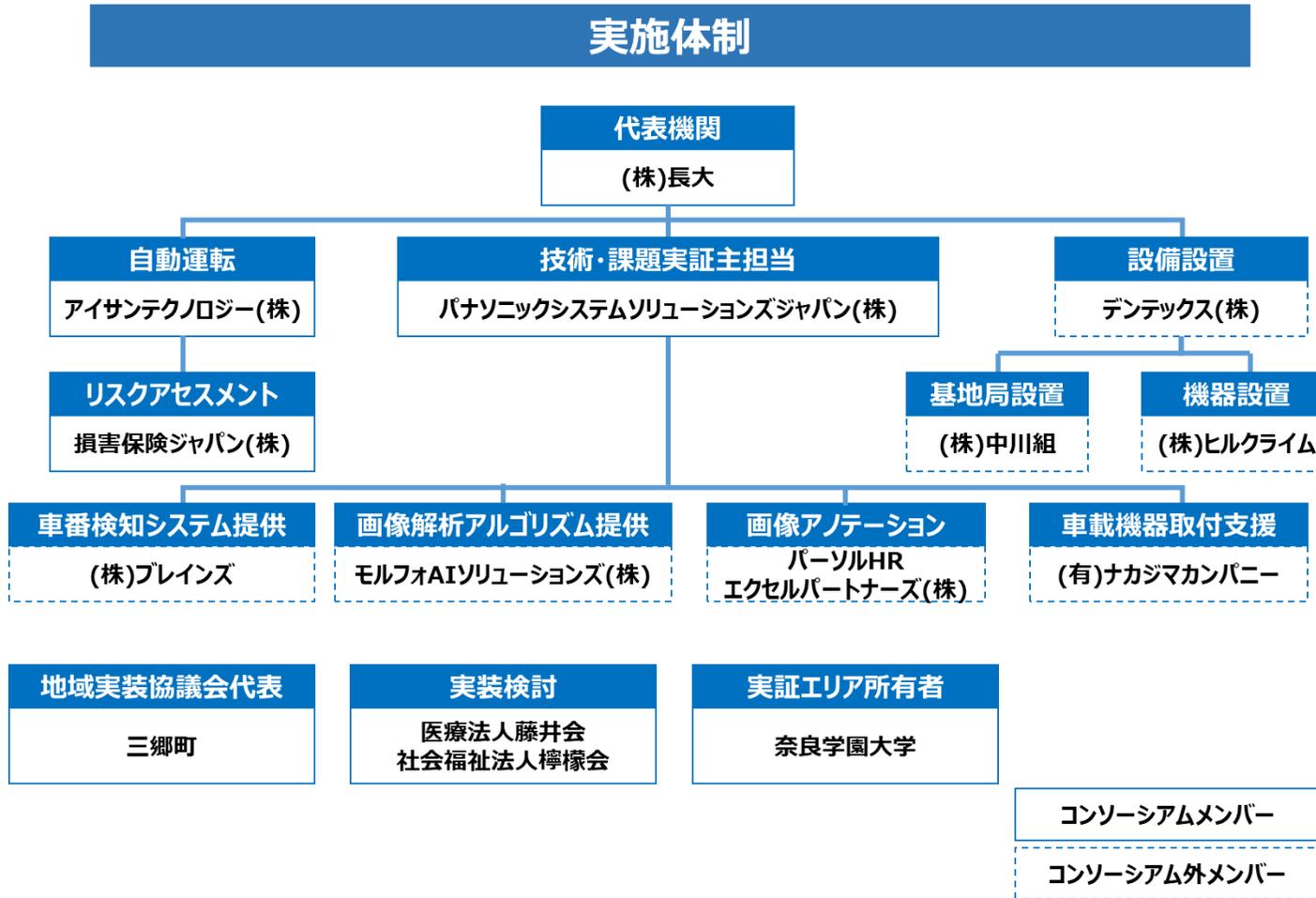


図 6.1 全体実施体制図

表 6.1 コンソーシアムメンバーの役割

体制	機関名	主な役割
代表機関	株式会社長大	全体統括
共同実証機関	パナソニックシステムソリューションズジャパン株式会社	ローカル 5G ネットワーク環境構築・技術実証統括・課題実証統括 ローカル 5G の実験試験局免許申請主体及び免許人
	三郷町	本実証プロジェクトと連動展開する内閣府「未来技術社会実装事業（令和 2 年度採択）」における地域実装協議会代表
	アイサンテクノロジー株式会社	課題実証で用いる移動体（自動運転車両）の提供 当該地域等への自動運転の社会実装に向けた検討
	損害保険ジャパン株式会社	課題実証における自動運転走行を含むリスク評価
	医療法人藤井会	専門的知見による見守りの高度化への助言・検討
	社会福祉法人檸檬会	専門的知見による見守りの高度化への助言・検討
	奈良学園大学	土地所有者

8. 参考資料

伝搬距離計算及び共用検討で使用した伝搬モデルについて

伝搬距離計算及び共用検討において、利用した伝搬モデルを示す。なお以下伝搬モデルで用いている対数（log）は全て底が 10 となる常用対数である。

①自由空間伝搬モデル

自由空間伝搬損失は、あるポイントのエネルギーが同心円状に拡散するような理想環境において示される伝搬損失式である。伝搬損失 L [dB]の式を以下に示す。

$$\begin{aligned} L &= 20\log\left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right) = 20\log\left(\frac{4\pi f d}{c}\right) = 20\log f + 20\log d + 20\log\left(\frac{4\pi}{c}\right) \\ &= 20\log f + 20\log d + 32.4 \text{ [dB]} \end{aligned}$$

f : 周波数 [MHz]

d : 距離 [km]

c : 光速 3.0×10^8 [m/s]

同心円の表面積が $S = 4\pi d^2$ で表され、エネルギーは表面積で割った値に減少する。よって伝搬損失は距離の二乗に反比例して減衰することになる。

②SEAMCAT 拡張秦モデル

無線システム間の干渉評価として、報告 ITU-R SM.2028 で示されるモンテカルロシミュレーションに基づく干渉評価ソフトウェア SEAMCAT (Spectrum Engineering Advanced Monte-Carlo Analysis Tool)がある。このソフトウェアはヨーロッパ CEPT の Spectrum Engineering WG で開発され、携帯電話システムを中心として多くのシステム干渉検討に用いられている実績を持つ。SEAMCAT で使用する与干渉局と被干渉局との間の伝搬モデルには、前述の拡張秦モデルが用意されている。伝搬距離、環境、周波数範囲によって伝搬損失を求める式を分けている。伝搬損失計算式を参表 1.1.1 に示す。

参表 1.1.1 SEAMCAT 拡張秦モデルで用いる伝搬損失計算式

距離範囲 [↙]	環境 [↙]	周波数範囲 [↙]	伝搬損失 [↙]
$d \leq 40\text{m}$ [↙]	[↙]	[↙]	$L = 32.4 + 20\log f + 10\log \left[d^2 + \frac{(H_b - H_m)^2}{10^6} \right]$ [↙]
$100\text{m} \leq d$ [↙]	都市 [↙]	$30\text{MHz} < f \leq 150\text{MHz}$ [↙]	$L = 69.6 + 26.2\log(150) - 20\log\left(\frac{150}{f}\right)$ [↙] $-13.82\log(\max\{30; H_b\})$ [↙] $+ [44.9 - 6.55\log(\max\{30; H_b\})](\log(d))^\alpha$ [↙] $- a(H_m) - b(H_b)$ [↙]
		$150\text{MHz} < f \leq 1500\text{MHz}$ [↙]	$L = 69.6 + 26.2\log(f)$ [↙] $-13.82\log(\max\{30; H_b\})$ [↙] $+ [44.9 - 6.55\log(\max\{30; H_b\})](\log(d))^\alpha$ [↙] $- a(H_m) - b(H_b)$ [↙]
		$1500\text{MHz} < f \leq 2000\text{MHz}$ [↙]	$L = 46.3 + 33.9\log(f)$ [↙] $-13.82\log(\max\{30; H_b\})$ [↙] $+ [44.9 - 6.55\log(\max\{30; H_b\})](\log(d))^\alpha$ [↙] $- a(H_m) - b(H_b)$ [↙]
		$2000\text{MHz} < f \leq 3000\text{MHz}$ [↙]	$L = 46.3 + 33.9\log(2000) + 10\log\left(\frac{f}{2000}\right)$ [↙] $-13.82\log(\max\{30; H_b\})$ [↙] $+ [44.9 - 6.55\log(\max\{30; H_b\})](\log(d))^\alpha$ [↙] $- a(H_m) - b(H_b)$ [↙]
	郊外 [↙]	[↙]	$L = L(\text{Urban})$ [↙] $-2 \cdot \left\{ \log \left[\frac{(\min\{\max\{150; f\}; 2000\})^2}{28} \right] \right\} - 5.4$ [↙] ※ L(urban)は都市部の伝搬損失値 [↙]
開放 [↙]	[↙]	$L = L(\text{Urban})$ [↙] $-4.78 \cdot \{\log[\min\{\max\{150; f\}; 2000\}]\}^2$ [↙] $+18.33 \cdot \{\log[\min\{\max\{150; f\}; 2000\}]\}$ [↙] -40.94 [↙] ※ L(urban)は都市部の伝搬損失値 [↙]	
$40\text{m} < d < 100\text{m}$ [↙]	[↙]	[↙]	$L = L(0.04)$ [↙] $+ \frac{[\log(d) - \log(0.04)]}{[\log(0.1) - \log(0.04)]} \times [L(0.1) - L(0.04)]$ [↙]

ここで

$$a(H_m) = (1.1\log(f) - 0.7) \cdot \min\{10; H_m\} - (1.56\log(f) - 0.8) + \max\left\{0; 20\log\frac{H_m}{10}\right\}$$

$$b(H_b) = \min\left\{0; 20\log\frac{H_b}{30}\right\}$$

$$\alpha = \begin{cases} 1 & d \leq 20\text{km} \\ 1 + (0.14 + 1.87 \times 10^{-4} \times f + 1.07 \times 10^{-3} \times H_b) \left(\log \frac{d}{20} \right)^{0.8} & 20\text{km} < d < 100\text{km} \end{cases}$$

である。

f : 周波数 [MHz, 30~3000MHz]

h_1 : 送信局アンテナ高 [m]

h_2 : 受信局アンテナ高 [m]

$H_b = \max\{h_1; h_2\}$

$H_m = \min\{h_1; h_2\}$

d : 距離 [km, ~100km]

この伝搬損失式で計算した結果が自由空間伝搬損失より小さい値を示す場合、 L は自由空間伝搬損失値に置き換える。

なお、参表 1.1.1 に示されている環境（土地区分）は都市部の場合は建物等が密集している地域のことを示す。郊外の場合は樹木、家屋等の散在する田園地帯、郊外の街道筋など移動局近傍に妨害物はあるが密集していない地域のことを示す。開放地場合は電波の到来方向に高い樹木、建物の妨害物がない開けた地域のことを示す。目安として前方 300~400m 以内が開けているような畑地、田地、野原などが該当する。

本検証では、「郊外モデル」を使用した。