

地域デジタル基盤活用推進事業(自動運転レベル 4 検証タイプ)

東京都狛江市

ローカル 5G を活用した混雑環境でのレベル 4 自動運転の実証

実績報告書

2025 年 1 月 31 日

東日本電信電話株式会社

狛江市自動運転レベル 4 実証機関

目次

1.	実証の背景・目的	1
1.1	実証の背景	1
1.2	レベル4 自動運転を社会実装する上での実証地域における課題	1
1.3	実証の目的	2
1.4	最終目標・構想イメージ	3
1.5	「最終目標・構想イメージ」における本実証の位置づけ・目標	4
2.	業務実施体制	7
2.1	実証機関	7
2.2	実施体制図	8
3.	自動運転の運行結果	9
3.1	運行場所	9
3.2	運行期間	12
3.3	運行時間帯・頻度・運行方式	12
3.4	運行者	14
3.5	運行体制	15
3.6	自動運転車両の特徴	16
4.	実証の手法	18
4.1	自動運転システムのセキュアな常時接続を実現する通信システムの実証	18
4.2	交差点における車両の認知機能の補助機能(自動車の死角にいる交通参加者/交通弱者の情報を車両に通知する機能)の検証	18
4.2.1	ローカル 5G スマートポールを活用した信号無し交差点における、車両および遠隔監視者の認知機能の補助	18
4.3	見通し外や路駐車など複雑な交通環境下における周辺環境情報のリアルタイム映像分析及び車側の危険回避行動の連携	40
4.3.1	駅前ロータリーの周辺環境情報の検知	40
4.4	明瞭な映像・音声による常時遠隔監視を実現する自動運転用軽量映像伝送システムの実証	66
4.5	高度な安全配慮が必要な踏切道や緊急車両行き違い等ボトルネックケースにおける他者とのシステム連携による安全性向上	66
4.6	経済性・実装性向上のための通信システムの標準化・量産化・共通化の実証	66

4.7	レベル4の社会実装に向けた検討	66
4.7.1	運用検証	66
4.7.2	効果検証	76
5.	通信システムに関する構築	80
5.1	通信システムの全体像	80
5.1.1	各通信システム設置場所及びエリアカバレッジ	81
5.1.2	ローカル 5G サーバラック・GPS の設置場所及び写真	82
5.1.3	ローカル 5G 基地局及びローカル 5G スマートポール(装柱型)の設置場所及び写真	85
5.1.4	ローカル 5G スマートポール(可搬型)の写真	89
5.2	使用機器・ソフトウェア一覧	90
5.2.1	ローカル 5G システム	90
5.2.2	Wi-Fi システム機器	97
5.2.3	NW 機器	99
5.2.4	ローカル 5G スマートポール	101
5.3	システム構築・ネットワーク構築にあたっての留意事項等	103
5.3.1	公道におけるローカル 5G 置局設計について	103
5.3.2	ローカル 5G における基地局の切り替わるポイントの設計について	103
5.3.3	ローカル 5G スマートポールの公道への設置について	104
5.3.4	建柱設備への架空配線ルートについて	104
5.3.5	建柱場所確定までの確認事項について	104
6.	実証結果・考察	105
6.1	自動運転システムのセキュアな常時接続を実現する通信システムの実証	105
6.2	交差点における車両の認知機能の補助機能(自動車の死角にいる交通参加者/交通弱者の情報を車両に通知する機能)の検証	105
6.2.1	ローカル 5G スマートポールを活用した信号無し交差点における、自動運転車両および監視員の認知機能の補助	105
6.3	見通し外や路駐車など複雑な交通環境下における周辺環境情報のリアルタイム映像分析及び車側の危険回避行動の連携	119
6.3.1	駅前ロータリーにおける周辺環境検知	119
6.4	軽量映像伝送システムの実証	137
6.5	高度な安全配慮が必要な踏切道や緊急車両行き違い等ボトルネックケースにおける他者とのシステム連携による安全性向上	137
6.6	経済性・実装性向上のための標準化・量産化・共通化の実証	137
6.7	レベル4の社会実装に向けた検討	138
6.7.1	運用検証	138

6.7.2	効果検証	150
7.	本実証の成果・課題	169
7.1	本実証による通信課題検証の成果と課題	169
7.2	次年度以降の検討課題の整理	170
7.2.1	自動運転走行課題の整理	171
7.2.2	商用運行を実施するための社会受容性課題の整理	171
7.3	狛江市における次年度以降の自動運転の展開	172
7.3.1	狛江市における自動運転車両ルートの考察	172
7.3.2	狛江市における自動運転状況	173
7.3.3	次年度以降の自動運転に対する取り組み	174
8.	参考資料	176
8.1	狛江市内人流調査の結果・考察	176
8.1.1	利用データについて	176
8.1.2	分析方針・分析項目について	177
8.1.3	分析結果	179
8.1.4	まとめ・考察	186
8.2	住民試乗会及び関係者試乗アンケート	188
8.2.1	住民試乗会アンケート結果	188
8.2.2	関係者試乗会アンケート結果	198
8.3	報道発表を通じての普及啓発活動	203
8.4	参考文献	205

1. 実証の背景・目的

1.1 実証の背景

実証地域である狛江市は小規模な都市でありながら人口密度が高いうえに、多摩川住宅地区においては多摩川地区計画に基づく再開発により、計画が完了する 2027 年度には約 7,000 人の人口増加が見込まれています。しかし、2023 年 10 月 13 日の狛江市地域公共交通会議では、2024 年の改善基準告示により乗務員不足が深刻化し、路線の見直しや減便が必要であると運行事業者から報告がなされました。今後の需要増の見込みに対しては、サービス供給が縮小傾向にあることから、持続可能な公共交通サービスの確立が喫緊の課題となっています。

それらの課題解決の一環として、2023 年度にはグリーンスローモビリティ実証運行で試乗会を実施するなど、公共交通における次世代交通への理解促進活動にも積極的に取り組んでいます。

また、市内の移動手段の多くが徒歩および自転車とされており、自転車の利用率 21%は周辺都市に比べ高く、交通事故の 6 割以上は自転車に関与する事故です。公共交通を充実させることで安心・安全な交通環境を実現する必要があります。

このように狛江市では持続可能で、安心安全な公共交通を通して市民の住環境形成を目指しており、その解決策として自動運転車両の導入検討が進められています。

1.2 レベル 4 自動運転を社会実装する上での実証地域における課題

多摩川住宅地域は現在再開発中のため、移動需要を一定程度満たしているものの、2025 年度から地区内の再開発が順次完了し、狛江市域では 2027 年度から住民増を見込んでいます。通勤する若い世代が増えるため、移動供給の増強手段を確保することが喫緊の課題です。このような需要増が見込まれる地域への対応や、減便によりさらに発生する交通不便地域の解消のためには、乗務員の負担に頼らないレベル 4 自動運転による公共交通の実現が求められます。

レベル 4 自動運転の社会実装には、利用者となる地域住民に受け入れられるサービスレベルになること、またサービスを提供する地域の交通事業者の理解が得られることが肝要です。そのため社会実装を見据えた乗客サービスレベルを充足したレベル 4 自動運転を実現させることが不可欠となってきます。

この「乗客サービスレベル」という点が日本でのレベル 4 自動運転の社会実装に重要なポイントだと考えます。米国・中国などの自動運転導入が進む諸外国に対し、日本は都市～都市近郊の道路幅が狭く、道路沿いに障害物が立ち並ぶ特徴を有しています。例えば歩行者や自転車等の交通弱者が見通し外に位置し、認知ができない場合にブレーキが強めにかかるなど、今までドライバーが運転していたバスに比べて乗り心地が異なり、シートベルトを着用しない乗客からサービスレベルが低下したと受け止められ、社会実装の障壁となる恐れがあります。乗客に安心してドライバー不在の自動運転車両を利用いただき、社会実装を進めることが肝要と考えます。

将来的に自動運転をビジネスモデルとして成り立たせるためには、立位の乗客を含め、多くの方に安心して乗車いただく必要があり、「乗客サービスレベルを維持した自動運転車両走行」の実現にあたっては、以下のユースケース検証および社会受容性の醸成が必要であると考えます。

- ユースケース検証

1) 遠隔監視型（レベル 4）自動運転（以下、レベル 4 自動運転）※実現に向けた交差点等スポットでの通信検証

都心と神奈川県央部を結ぶ小田急線の駅が出発点であることから、通勤時間帯を中心にキャリア通信が混雑する環境であることおよび、交通量が多いことにより通信混雑が発生しやすい状況であることなど、通信観点で遠隔監視の障害が発生する可能性が高い条件下で、レベル 4 自動運転システムを実現させることが可能か検証。

2) 円滑な走行にむけた車載センサ等の見通し外周辺環境情報の有用性検証

駅前ロータリーや交通量の多い交差点における渋滞環境下での走行や、住宅地域の生活道路と接道し、見通しの悪い信号が無い交差点の通過にあたり、車両に搭載しているセンサー・カメラなどのシステムを主とし、周辺環境情報を提供する補完的なセンサー・カメラより認識情報を得ることができるか否かの検証。

※本実証では運転手同乗型レベル 4 自動運転と区別しています

- 地域の公共交通を支えるステイクホルダーの理解促進

将来的に乗務員が乗車しないレベル 4 自動運転車両を本実証地域で適用するため、地域の交通事業者や自治体、他の道路利用者が運用しやすい通信技術を採用する必要があります。本実証においては、コンソーシアムの実証機関に閉じることなく、地域の交通事業者や自治体など地域公共交通を支えるステイクホルダーに対して、技術理解やシステム構築するための前提条件を整理するための意見を求めるべく試乗会等に参画いただく形で進め、社会実装に向けた機運醸成を図りました。

1.3 実証の目的

実証では前項の通り「乗客サービスレベルを維持した自動運転走行」を実現するために、通信混雑エリアやレベル 4 自動運転が困難なシーンにおける通信の適用可能性検証を行うとともに、地域の公共交通を支えるステイクホルダーの理解促進や社会受容性を醸成することを目的としています。

具体的には、ユースケース検証の中で時間帯により交通と通信がともに集中する環境において、自動運転車両に取り付けた LiDAR センサー・カメラからだけでなく、補完的な LiDAR センサー・カメラから、周辺環境を情報をローカル 5G 等の専用無線を用い、一般住民が利用しない通信帯域を用いて伝送します。

また本実証はコンソーシアムに閉じることなく、地域の交通事業者や自治体など地域公共交通を支えるステイクホルダーに対して、これらの取り組みにより、都市部の集合住宅など老朽化が進み、大規模な再開発が行われる地域における地域公共交通課題の解決をめざします。

1.4 最終目標・構想イメージ

本実証の最終的な目標は 2027 年度までに狛江市の地域社会において、レベル 4 自動運転を社会実装し、特に需要増が見込まれる多摩川住宅周辺の交通課題解決を狙うことで、住民生活のウェルビーイングを向上させるものです。

狛江市では、「狛江市都市計画マスタープラン」の立地適正化計画において「コンパクトで機能的な生活しやすいまち」を目標にかかげ、人口減少の始まる 2033 年を見据えて 3 つの鉄道駅と市内拠点を公共交通・自転車ネットワーク・都市計画道路等でつなぐ「コンパクト・プラス・ネットワーク」の都市づくりに取り組んでいます。自動運転に関しては、図 1-2「狛江市都市計画マスタープラン 第 4 章」にある通り道路・交通の方針に合せ、自動運転の普及を見据えた道路空間の有効利用に向けて検討を進めています。

直近の取り組みとして、2023 年度に実施したグリーンスローモビリティ実証運行にて、駅前の商店街や広場、駅から離れた居住者の高齢化と建物の老朽化により再整備が予定されている多摩川住宅や狛江団地を経由し、駅から離れた総合病院につなぐなどの取り組みを検証しました。

持続可能な公共交通ネットワークの実現に向けて人流調査を行い、「本実証で検証する自動運転技術を地域交通課題の解決および商用運行化に向けて、地域へいかに位置づけていくか」の議論の参考情報となるファクトデータ（実証エリア内の移動課題（交通弱者）の有無や移動需要の濃淡など）を位置情報データの加工・可視化・分析を通じて整理し、主要な移動区間、来訪者の属性やタイミングを調査しました（詳細な分析結果は 8.1 章「狛江市内人流調査の結果・考察」参照）。調査結果を踏まえレベル 4 自動運転システムを含めた基幹バス路線の安定的なサービス供給を行うことで、路線バスや AI オンデマンド交通、MaaS との連携等、質の高い一体的な公共交通サービスの提供の実現を目指します。

将来的に、交通効率が向上することにより高齢者の遠隔地域へのアクセスが容易になり、健康増進活動やレクリエーション施設利用が促進され、高齢者の健康促進やライフスタイルの向上も期待できます。また、新たな雇用の創出も本事業の重要な成果の一つです。レベル 4 自動運転の運営や保守、ドライバーの確保などにより地域の雇用機会が増加するなど経済的な側面からもプラスの影響をもたらすと期待しています。更に、車両の運行効率が向上することで排出ガスの削減が期待され、クリーンな移動手段の提供が実現することで地域の環境保全に貢献します。

上述した地域社会の変化をめざし、自治体、企業、住民が協力し合いながらレベル 4 自動運転実現にむけた課題解決に取り組むことで、地域コミュニティの結束が一層強まり、住民生活のウェルビーイングを向上させることを最終目標と考えています。

今後は、レベル 4 自動運転の社会実装に向け当該地域の理解を得ていくことが肝要です。地域公共交通会議の構成員をはじめとしたステイクホルダーとの対話を交えながら 2027 年度の実装に向けて収支も含めて運行可能なモデルを検討・形成します。

イ. 安全性・利便性・快適性の向上に資する道路・交通環境の確保

狛江市内の代表交通手段において、自転車利用が周辺都市と比較して高い割合であると同時に、交通事故のうち、自転車に関与した件数割合についても、全国及び東京都と比較して非常に高い状況です。そのため、安全性を高めるための交通環境の整備・改善を推進する必要があります。

近年の都市再生の動向として、居心地が良く歩きたくなるまちを目指した公共空間の利活用の取組が加速しており、本市でも国土交通省によりウォーカブル推進都市の認定を受けて、道路空間をはじめとした、まちなかの公共空間の活用に向けた検討をはじめめています。これらは、コロナ禍でオープンスペースの必要性が再認識され、ニーズが高まる現在の状況にも適した取組と言えます。

これらの状況を踏まえ、次の方針に従い取組を行います。

〈 方針 〉

2-1-1	道路空間の改善・利活用
目 的	安全かつ円滑な歩行者・自転車・ベビーカー等も含めた全ての利用者の移動の確保や生活道路の安全性確保を図る。また、道路空間を拠点やまちなかの活性化に活用できるよう、国の制度活用や自動運転の普及も見据えた中で道路空間の有効活用を検討する。
取組内容	● バリアフリー化（歩道切り下げ、段差解消、点字ブロック）、無電柱化の推進 テーマ3-③ ●ゾーン 30 の指定・運用 テーマ3-③ ○ 移動時の憩いの場となる思いやりベンチの設置 ○ 拠点やまちなかの活性化に資するウォーカブルな道路空間の形成 ○ 市民要望の多い場所での交通安全対策向上に向けた交通安全管理者への要望

図 1-1 狛江市都市計画マスタープラン 第4章

出典：狛江市 HP『狛江市都市計画マスタープラン・立地適正化計画（令和4年12月）』

1.5 「最終目標・構想イメージ」における本実証の位置づけ・目標

●本実証の位置付け

本実証の最終的な目標は、前述のとおり 2027 年度までに狛江市の地域社会において、特に需要増が見込まれる多摩川住宅周辺の交通課題解決を狙うものです。そのうちの1つの選択肢として、レベル4 自動運転の適用可能性を見極めたうえで、持続可能なモビリティシステムを構築し、住民のウェルビーイングを向上させることを目標にしています。以下のとおり 2024 年度からの4ヵ年程度で事業を進めていくことを企図しており、本実証はその STEP1 として位置づけております。

STEP1. (2024 年度)：駅周辺・大規模交差点を含むレベル4 自動運転に向けセンサー等による周辺環境の検知を実証

STEP2. (2025 年度)：上記シーンの自動運転車両における認知判断を実現

STEP3. (2026 年度)：地域公共交通事業者へのスキル継承を含む社会実装に向けた運用モデルを完成

STEP4. (2027 年度)：許認可等取得を前提とした、レベル4 自動運転の商用運行開始

●本実証の目標

本実証では以下の取り組みを通じてレベル4 自動運転の適用可能性を明らかにし、社会実装を

目指すものです。

1. 通信混雑エリアやレベル4自動運転が困難なシーンにおける通信技術の適用可能性検証

目標 1-1. キャリア通信が混雑するエリアに対するローカル 5G の活用

キャリア通信で通信混雑の懸念がある公道において、ローカル 5G を併用しレベル4自動運転に対応した車両を用いた実証を行います（比較検証のため Wi-Fi も用意、運転手ありレベル2相当の運用で本実証は実施）。

車両カメラ数8台（フロント画面 HD 画質、その他 VGA 以上、9fps 以上）の情報を伝送する手段として、キャリア通信とローカル 5G を用いて品質の差を確認します。

またカメラ4台（HD 画質、15fps 以上）&センサー1台の情報を伝送する手段として、Wi-Fi とローカル 5G を用いて品質の差を確認します。

ローカル 5G 基地局は、和泉多摩川駅ロータリー、信号付きおよび信号なし交差点に置局し、周囲約 300m 程度範囲をカバーすることを目標とします。住宅地や交通集中に伴う道路上の通信混雑に関する解析と人流解析データを掛け合わせ、混雑懸念のある個所の抽出や年齢・性別等の解析を行います。

目標 1-2. センサー・カメラから取得した情報の活用

カメラおよび LiDAR 等センサーとローカル 5G 及び Wi-Fi を搭載したローカル 5G スマートポールを開発します。①車両、②スマートポール、③遠隔監視拠点の3拠点間を閉域網で接続し、拠点間をセキュア通信で結びリアルタイムに情報伝送が行うことができるかを確認します。3次元地図および LiDAR、カメラデータを処理し、自動運転車両および遠隔監視装置へ送信します。

目標 1-3. レベル4自動運転システムによる経路走行

和泉多摩川駅～多摩川住宅間の3次元高精度地図および点群地図を作成し、経路に沿ってセーフティドライバーとオペレータ同乗のもとレベル4自動運転に対応した中型バスにて自動運転走行を行います。車両位置を3次元高精度地図上で正確に特定の上で自動運転走行のスコアリングを行い、走行区間全体における自動運転走行距離の割合70%以上を目標にします。

【ユースケース】

- ・ 信号無し交差点の非優先道路側における歩行者、自転車/二輪車、自動車の存在と進行方向の検知
- ・ 駅前ロータリーの停車場所付近の他車両や路駐車などの状況、および交通量の多い信号付き交差点における右左折後の進入道路混雑状況の検知

また上記にあたり本実証に係る関係機関との調整や、地域公共交通への実装に向けた適

用課題整理・調整を行います。

2. 地域公共交通事業者や道路利用者への認知・理解促進

レベル4自動運転の社会実装に向けては、1.4章「最終目標・構想イメージ」に記載のとおり当該地域の理解を得ていくことが肝要です。地域公共交通会議に参加するステイクホルダーへの認知・理解を促進するため、狛江市より周知を実施していただき、試乗会や意見収集を本実証期間内に実施します。地域のステイクホルダーとの対話を交えながら、実際に走行するうえでの既存交通手段との共存や懸念点等をヒアリングし、行動変容につながる意識醸成を図ります。

目標	交通事業者のドライバ不足課題に対応するため、一部走行可能なエリアは2027年度ごろを目途に自動運転化			
	STEP 1	STEP 2	STEP 3	STEP 4
	2024年度	2025年度	2026年度	2027年度
マイルストーン	駅周辺・大規模交差点を含むレベル4自動運転に向けた通信および周辺環境情報を提供する補完的なセンサー・カメラ等によるモニタリング支援を含む自動運転実証	- 地域交通事業者等へのスキル移転 2024年度実証で明らかにした社会実装への課題解決検証（ローカル5G基地局の増設など）	- 国交省補助事業での車両購入 - 自動運転レベル4申請 - 実運用試験運行～商用化	許認可等取得を前提とした、レベル4自動運転の商用運行開始
商用運行に向けた実施内容	【実証検証】 - 需要解析、ルート、ダイヤ設計 - 自動運転用地図生成 - ルート上の走る・止まる・曲がるの自動走行、遠隔対応 - ローカル5Gインフラ敷設 - 遠隔監視型（レベル4）自動運転の実証トライアル - 自動運転車（2週間×4回）	【同乗者運行・遠隔あり実証（ドライバ同乗/ドライバレス）】 - 季節/繁忙期等向けチューニング - 貸与車両用いた実証仕様Fix - 計120日程度の実証で地域での運行モデル決め - 地域事業者へのスキル移転（住民/ロードサービス/整備工場棟）	【ドライバ無し案内人のみ実証】 - 実証実験（関係者） - ドライバレス用チューニング - 有償旅客輸送の実証 - 定時運用に向けた運行面の落とし込み - メンテナンスなど緊急時対応の検証	【ドライバ無し商用運行】 - 実証実験（関係者） - ドライバレス用チューニング

図 1-2 レベル4自動運転の商用運行に向けたロードマップ

2. 業務実施体制

2.1 実証機関

表 2-1 実証機関

代表機関	法人名	東日本電信電話株式会社
	代表者氏名	澁谷 直樹（代表取締役社長）
	所在地	東京都新宿区西新宿 3 丁目 19 番 2 号
	業務の概要	・ 本実証におけるプロジェクト管理 ・ ローカル 5G 通信環境の構築、ローカル 5G を活用した自動運転の実現性評価 等
構成員	法人名	株式会社ティアフォー
	代表者氏名	加藤 真平
	所在地	東京都品川区北品川 1 丁目 12-10 ジャコムビル
	業務の概要	自動運転車両および自動運転システムの開発・提供（自動運転のオープンソフトウェア Autoware の開発を主導）
	構成員とする理由	レベル 4 自動運転の実証に関する知見・ノウハウを保有し、実証における自動運転車両（社会実装を想定したコミュニティバス相当）の提供が可能のため
構成員	法人名	株式会社マップフォー
	代表者氏名	橘川 雄樹
	所在地	愛知県名古屋市中区錦 2 丁目 19 番 1 名古屋鴻池ビルディング 2 階
	業務の概要	高精度 3 次元地図データ作成に係る計測システム及びソフトウェアの提供
	構成員とする理由	自動運転の 3 次元地図作成およびスマートポールシステムに関する知見を有するため
構成員	法人名	一般財団法人 計量計画研究所
	代表者氏名	岸井 隆幸
	所在地	東京都文京区後楽 1 丁目 4 番 14 号後楽森ビル 12 階
	業務の概要	都市・地域、社会基盤、経済・産業、生活・言語・価値意識等の諸分野について、政府・企業等の政策意思決定、計画策定に関する計量的な調査研究
	構成員とする理由	自動運転を絡めた地域公共交通に関する知見および交通コンサルティングのノウハウを有するため
構成員	法人名	株式会社 unerry
	代表者氏名	内山 英俊
	所在地	東京都港区虎ノ門 4 丁目 1 番 1 号 神谷町トラストタワー 23 階
	業務の概要	人流・需要データ分析・解析
	構成員とする理由	人流・需要データ分析・解析を用いながら、将来的な実装を前提とした走行ルートの策定・地域交通需要を含めた社会受容性を実証するため

2.2 実施体制図

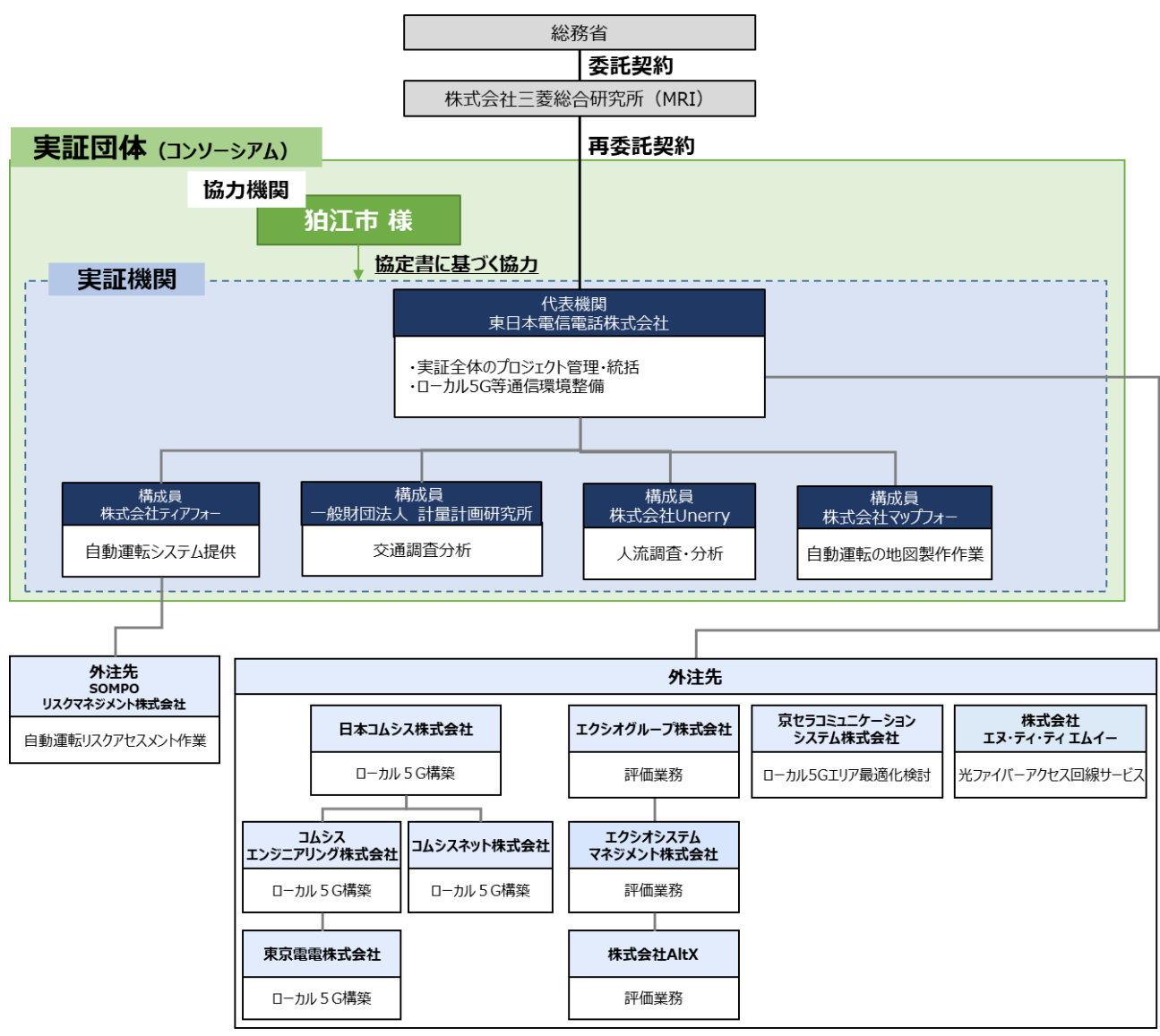


図 2-1 実施体制図

3. 自動運転の運行結果

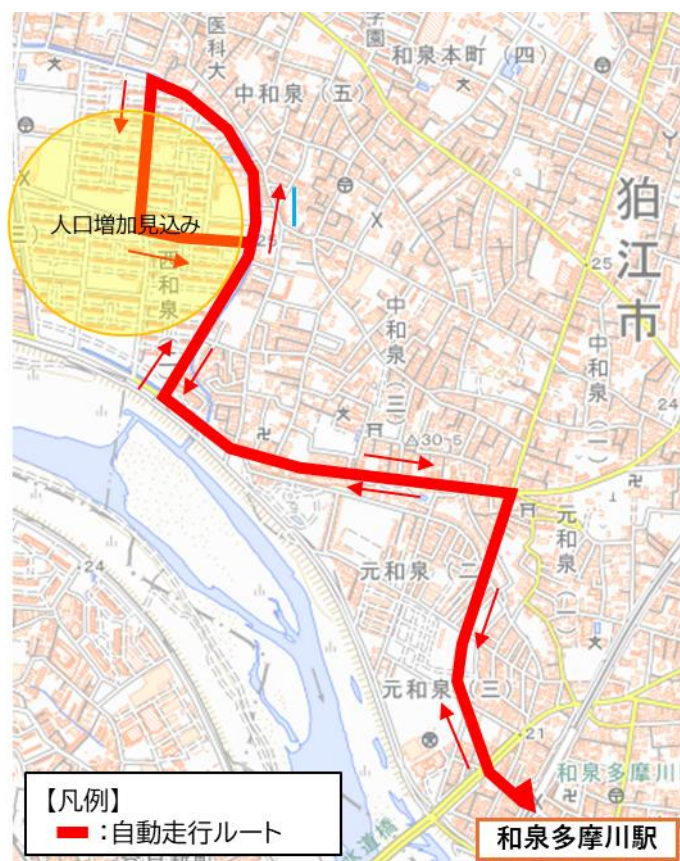
3.1 運行場所

(1) 運行場所概要

- 走行箇所：和泉多摩川駅～田中橋交差点～多摩川住宅を周回するルート
- 走行距離：約 5.1km
- 自動運転レベル：レベル 2 自動運転

※レベル 4 自動運転システムを目指した車両等含む装置を利用しますが、走行実験においてはセーフティドライバーおよびオペレータが同乗し、レベル 2 相当で走行しました。

本実証の走行ルートは、赤線で示す約 5.1km 区間としました。



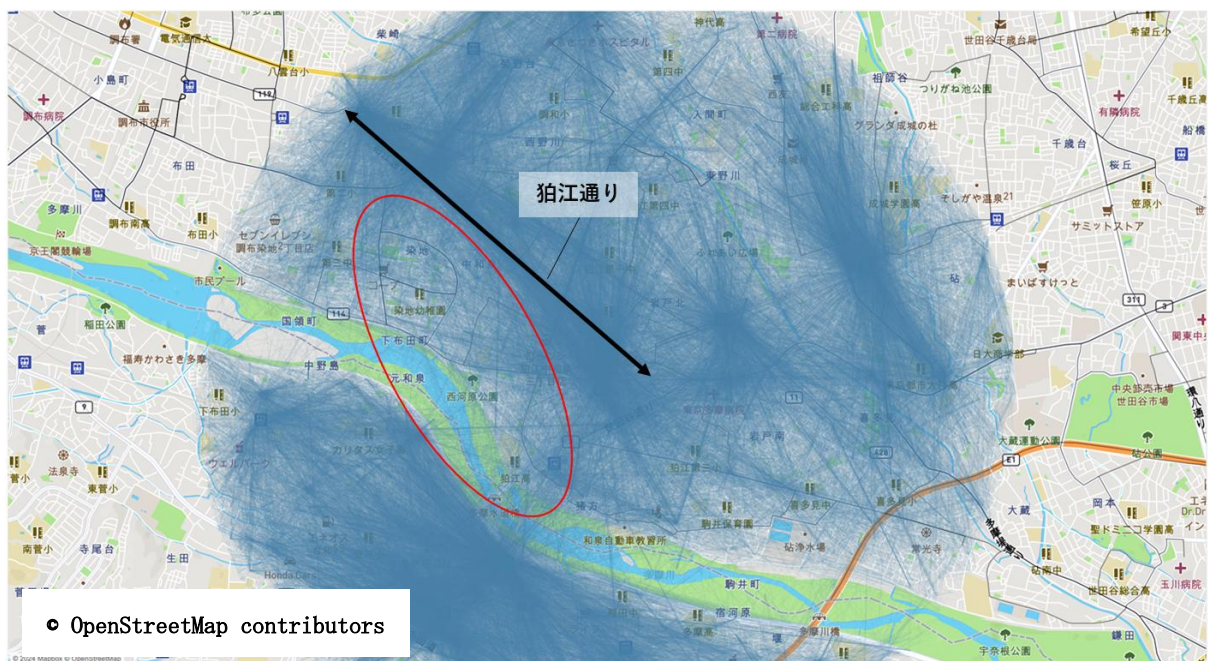
「地理院地図」(国土地理院 <https://maps.gsi.go.jp>)を加工して作成

図 3-1 実証ルート

(2) 実証ルート周辺の移動特性と実証ルートの妥当性

● 移動量の観点：適度な移動総量

- ・ 以下の図は実証ルート周辺の徒歩・自動車の移動量をマッピングしたものです。実証ルート周辺の移動量は相対的には基幹バス路線エリア（狛江通り等）に比べて少ないものの、一定の移動需要が見られます。
- ・ 実証ルートは基幹バス路線外に位置するものの、適度な移動量があり、交通モードの拡充が求められるエリアです。今後多摩川地区の再開発等による需要増も見込まれることから、本実証を実施するエリアとして適していると考えます。



OpenStreetMap のデータを加工して作成 (<https://www.openstreetmap.org/copyright>)

図 3-2 実証ルート周辺の徒歩・自動車 OD マッピング

● 移動者の属性：運行ルート周辺居住者の性別・年代比率

- ・ 以下の図は運行ルート周辺および狛江市全体の居住者の年代を比較したものです。狛江市全体と比較すると運行ルート周辺は 60 代以上の割合が高くなっています。
- ・ 実証ルート周辺は、狛江市内において相対的に日常生活での交通手段に難を抱える方が今後増えていくことが想定される特徴的なエリアであり、新たなモビリティサービスのニーズ検証を行うのに適したエリアであると言えます。

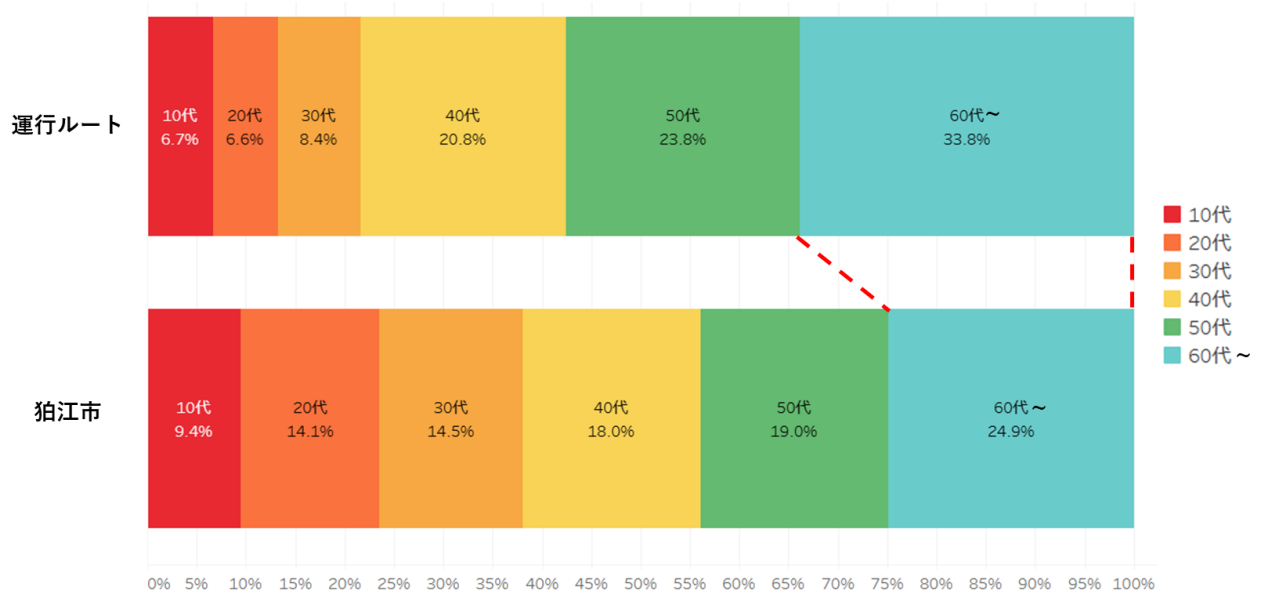


図 3-3 運行ルート周辺居住者の年代比率

以上、「移動量」・「移動者の属性」の 2 つの観点から、本ルートを自動運転レベル 4 検証の実証ルートとしました。

3.2 運行期間

表 3-1 運行期間

運行内容	運行期間・運行日数
第 1 期 準備走行・関係者試乗	10 月 21 日（水）～11 月 8 日（金）・（14 日間）
第 2 期 準備走行・関係者試乗	12 月 2 日（月）～12 月 18 日（水）・（13 日間） 1 月 6 日（火）～1 月 10 日（金）・（4 日間）
住民試乗会	12 月 20 日（金）～21 日（土）・（2 日間）
その他運行	なし

第 1 期の準備走行・関係者試乗においては、自動運転制御有走行実験を行いました。自動運転車両単体の認知判断で、手動運転による介入シーンを中心に、特に交差点や歩道上での立ち往生や、見通し外へ進入する際に強めのブレーキがかかる恐れがあるシーンについて、リファレンスデータを取得しました。第 1 期における関係者試乗に関しては、本実証における関係者による進捗の確認を目的としました。

第 2 期の準備走行・関係者試乗においては、第 1 期で取得したリファレンスデータを元にローカル 5G とキャリア通信における冗長環境下で自動運転車両に加え、ローカル 5G を活用したスマートポールからの補助情報による認知判断に関するデータ収集・実証を行いました。第 2 期における関係者試乗に関しては、本実証のユースケース検証を交えながら、走行ルート上を安全に自動運転走行できるかの確認を目的としました。

3.3 運行時間帯・頻度・運行方式

- 走行実験時間帯：朝 9 時～夕方 4 時までの日中帯において試験計画に応じ実施
- 走行頻度：1 日 3.5 往復程度

関係者試乗については、地域住民への認知向上・理解促進を目的として、狛江市を含めた自治体関係者および交通事業者、地域住民、総務省様、三菱総合研究所様等にご参加いただきました。また試乗計画については、2023 年度のグリーンスローモビリティ実証で蓄積・経験したノウハウを活かし、路線バスダイヤを詳細に確認のうえ、安全に十分留意して設計しました。関係者試乗及び住民試乗会の詳細なタイムテーブルは以下のとおりです。

第一期関係者試乗タイムテーブル 11/5(火)~11/7(木)

AM	PM	所要時間	実施事項	説明内容
~10:00	~14:00	-	集合（和泉多摩川駅）	-
10:00~10:10	14:00~14:10	5分	概要説明	・総務省事業概要 ・地域特有の課題、自動運転レベルの説明 ・乗車時の注意事項
		5分	ローカル5Gスマートポール説明	・ローカル5Gスマートポール概要 ・ローカル5Gスマートポールからの配信動画
10:10~10:40 （目安）	14:10~14:40 （目安）	30分	自動運転車両 試乗	・実証ルートのチェックポイント ・自動運転時のハンドル操作（動画） ・アンケート案内
10:45	14:45	-	解散（和泉多摩川駅）	-

図 3-4 第 1 期関係者試乗タイムテーブル

第二期関係者試乗タイムテーブル 12/9(月)~12/12(木)

AM	PM	所要時間	実施事項	説明内容
~10:00	~14:00	-	集合（和泉多摩川駅）	-
10:00~10:10	14:00~14:10	5分	概要説明	・総務省事業概要 ・地域特有の課題、自動運転レベルの説明 ・乗車時の注意事項
		5分	ローカル5Gスマートポール説明	・ローカル5Gスマートポール概要 ・ローカル5Gスマートポールからの配信動画
10:10~10:40 （目安）	14:10~14:40 （目安）	30分	自動運転車両 試乗	・実証ルートのチェックポイント ・自動運転時のハンドル操作（動画） ・実証進捗状況 ・車両映像 ・アンケート案内
10:45	14:45	-	解散（和泉多摩川駅）	-

図 3-5 第 2 期関係者試乗タイムテーブル

第二期関係者試乗タイムテーブル 12/13(金)

1便	2便	3便	4便	所要時間	実施事項	説明内容
～10:00	～11:00	～14:00	～15:00	-	集合（和泉多摩川駅）	-
10:00～ 10:10	11:00～ 11:10	14:00～ 14:10	15:00～ 15:10	5分	概要説明	・総務省事業概要 ・地域特有の課題、自動運転レベルの説明 ・乗車時の注意事項
				5分	スマートポールユニット説明	・ローカル5Gスマートポール概要 ・ローカル5Gスマートポールからの 配信動画
10:10～ 10:35 (目安)	11:10～ 11:35 (目安)	14:10～ 14:35 (目安)	15:10～ 15:35 (目安)	25分	自動運転車両 試乗	・実証ルートのチェックポイント ・自動運転時のハンドル操作(動画) ・実証進捗状況 ・車両映像 ・アンケート案内
10:40	11:40	14:40	15:40	-	解散（和泉多摩川駅）	-

図 3-6 第 2 期関係者試乗タイムテーブル

住民試乗会タイムテーブル 12/20(金)～12/21(土)

1便	2便	3便	4便	所要時間	実施事項	説明内容
～10:20	～11:00	～14:20	～15:00	-	集合（和泉多摩川駅）	-
10:20～ 10:45 (目安)	11:00～ 11:25 (目安)	14:20～ 14:45 (目安)	15:00～ 15:25 (目安)	25分	自動運転車両 試乗	・概要説明 ・実証ルートのチェックポイント ・自動運転時のハンドル操作(動画) ・自動運転レベルの説明 ・アンケート案内
10:45～ 11:00	11:25～ 11:40	14:45～ 15:00	15:25～ 15:40	15分	アンケート回答	-
11:00	11:40	15:00	15:30	-	解散（和泉多摩川駅）	-

図 3-7 住民試乗会タイムテーブル

3.4 運行者

自動運転実証として、レベル 2 相当自動運転のテストドライバーおよびオペレータは、株式会社ティアフォーにて担当しました。

NTT 東日本は東京都狛江市と共に、試乗者への案内や本実証の試験計画立案等を支援しました。

3.5 運行体制

表 3-2 運行体制

項目		内容
運行管理者の選任・人員体制		本実証では有償乗客輸送を想定しない 実施要項に基づき、NTT 東日本にて選任
遠隔監視装置	種類・特徴	車載カメラ：8 カメラ、フロント画面 HD 画質、その他 VGA 以上 通信網：キャリア通信およびローカル 5G ディスプレイ：4K 28 インチ程度のモニターと、GPU 搭載 PC を設置
	機能	・ 自動運転車両の状態監視 ・ 映像の受信 ・ 自動運転車両へのルート送信、地図更新、エラーログ
	設置場所	・ 東京都狛江市役所 ・ NTT 中央研修センタ
遠隔監視者	事業者	本実証においてはレベル 2 自動運転を前提とするため、監視員は設けない。車両のシステム監視は同乗オペレータにより実施。実証ユースケースの試験シナリオに応じて、監視員の人員を必要なデータ収集のために NTT 東日本において配置
	人員体制	0 名（レベル 2 自動運転のため）
	オペレーション	特に行わない。レベル 4 自動運転に向けた必要なデータ収集を行う場合に、NTT 東日本または株式会社ティアフォーでデータ収集係員を配置
	遠隔監視体制	特に設けない（レベル 2 自動運転のため）
	業務従事者教育	データ取得を担当する者は、下記テストドライバーのスキルトランスファートレーニング受講済の NTT 東日本または株式会社ティアフォー担当者が監督および指示のもと実施
テストドライバー	事業者	株式会社ティアフォー
	人員体制	運転手の人数：1 人 自動運転車両 1 台当たりの配置人数：1 人
	オペレーション	・ 運転操作の実施 ・ ハンドルおよびステアリング、ブレーキの自動操作の監視 ・ 車両へ自動運転の指示および解除を実施 ・ ドライバー判断で交通状況や車両状況に応じ介入操作を実施
	テストドライバーの確保及びこれらに対する業務従事者教育・訓練の計画	・ 株式会社ティアフォーが指定する走行試験トレーニングプログラム（自動運転の認可に対応）を受講完了し、走行試験の習熟をおこなったものがテストドライバーとして走行を実施。テストコースにおいて制御失陥、自己位置推定の欠落や障害物の誤認識および非検知時のオーバーライドに関するトレーニングをおこなったものが担当 ・ 本車両は中型運転免許を有する者が担当 ・ 手動運転時は、自動走行制御を OFF 状態で株式会社ティアフォーまたは NTT 東日本従業員も運転を実施。
保安員 （※上記以外で運行の安全のために配置する人員）	事業者	株式会社ティアフォー又は NTT 東日本
	人員体制	自動運転車両 1 台当たりの配置人数：1 人
	オペレーション	・ 株式会社ティアフォーの自動運転実証基準に基づいて、自動運転車両の認知判断操作状態が監視可能な画面と車両周囲の状況を確認し、異常が認められる場合にはテストドライバーに自動運転制御 OFF を行うように助言 ・ 本実証においてルート設定操作等のテストドライバーの補助を実施
	業務従事者教育	上記テストドライバーと同等のトレーニングを受けたものが従事

3.6 自動運転車両の特徴

表 3-3 自動運転車両の特徴

項目		内容
台数		1 台
所有者		株式会社ティアフォー
車両 スペック	車両名	株式会社ティアフォー Minibus
	自動運転レベル	レベル 4 認証対応 (本実証においてはレベル 2 で走行する)
	車両定員	23
	試乗枠の定員	14 (着座指定)
	最高速度	車両機能上限 : 70km/h
		実証時上限 : 35km/h
	センシングデバイス	3DLiDAR : 8 台 (長 : 4 台・短 : 4 台) ミリ波レーダー : 6 台 カメラ (信号認識用) : 1 台 カメラ (物体認識用) : 7 台 カメラ (遠隔監視用) : 8 台 GNSS : 1 台 IMU : 1 台 6
	車両性能 (チェックを入れること)	☑ 走行中に自動運転と手動運転を切り替えることが可能な遠隔型自動運転システムを備えた自動車として生産された車両である
		☑ 自動運転レベル 2 以上での走行が可能であり、かつ将来的に車両調整等により自動運転レベル 4 での走行が可能であること
		☑ 乗車定員は、実証地域で将来的に実装することを想定した適当な規模であること走行可能であること
	運行管理システム (チェックを入れること)	☑ 車両に搭載したカメラによる車両内外の遠隔監視
		☑ 緊急時における車内との通話
		☑ 速度や位置等の車両走行状態のリアルタイムでの取得
		☑ 実験車両に車両周辺の状況や車両状態情報の記録を行うドライブレコーダーやイベントデータレコーダー等を搭載すること
		☑ 公道実証実験中の実験車両に係るセンサー等により収集した車両状態情報を含む各種データ、センサーの作動状況等について、交通

			事故又は交通違反が発生した場合の事後検証に利用することが可能な方法により、適切に記録・保存すること	
	その他装備		ローカル 5G とキャリア通信による冗長系対応済、電気自動車	
走行可能環境	天候		晴れ、曇り、雨に対応（15mm 以下）	
	照度		1～100,000 lux 街灯がある環境においては夜間～昼間まで対応 （本ルートにおいては夜間も走行可能だが、本実証実験は日中実施）	
保有機能	自車操作	左折	走行可否	可
		右折	走行可否	可
		車線変更	走行可否	可
		障害物回避	対応可否	可
	対象認識		20cm 立方体以上	
	白線認識		行わない	
	標識認識		行わない	
	信号認識		可（カメラおよび信号連携（V2I））	
	MRM		有り	
本実証のために実施する自動運転システム改修の内容			特になし	
その他特徴等			・センサ情報の受信および表示性能を確認するために、試験用の受信機器と表示機器を搭載 ・BYD 社より購入した車両を日本国内で改造 ・業務委託契約の別添 1 の 6 条 1（1）に記載のある、基準緩和認定について、当案件で使用する車両は今回の走行においては「特別装置型自動運転車」に該当しないため、基準緩和認定は不要	

4. 実証の手法

4.1 自動運転システムのセキュアな常時接続を実現する通信システムの実証

※当該ユースケースは本実証対象外のため記載なし

4.2 交差点における車両の認知機能の補助機能（自動車の死角にいる交通参加者/交通弱者の情報を車両に通知する機能）の検証

4.2.1 ローカル 5G スマートポールを活用した信号無し交差点における、車両および遠隔監視者の認知機能の補助

(1) 目的

見通しの悪い信号無し交差点を走行する際、金属柵等の遮蔽物によって交差する生活道路や歩道の様子が一部遮蔽されてしまいます。自動運転車両に搭載されたセンサーやカメラだけでは歩行者、自転車/二輪車、自動車を緩やかに停止可能な距離で認識ができない場合、接近してからのブレーキとなるため、シートベルトを着用しない乗客を想定しているサービスレベルの低下につながり、レベル 4 自動運転の社会実装に対して利用者や当該地域の他の交通事業者、道路利用者の受容性が低下する可能性があります。

本実証は、見通しの悪い信号無し交差点を走行する際に、自動運転車両にとって見通し外となる交差点内や交差する生活道路・歩道を見渡せる位置にローカル 5G スマートポールを設けて、見通し外の歩行者、自転車/二輪車、自動車を予め認知を行うことで、その認知結果をカメラデータ等とともに、遠隔監視装置および自動運転車両へ伝送できるかを検証しました。



図 4-1 走行風景（自動運転車両から見通しの悪い交差点を撮像した視点）

本実証においては、自動運転車両に搭載したものと同等性能の 3 次元 360 度赤外線センサー (LiDAR) および広角カメラ等を搭載したローカル 5G スマートポールによって生活道路から飛び出す恐れのある歩行者、自転車/二輪車、自動車の動きを検知し、認識性能を評価します。また、ローカル 5G 通信を活用してローカル 5G スマートポールからセンサー・カメラデータを遠隔監視装置及び自動運転車両へ伝送し、監視員が状況を捉えて、自動運転車両側へ伝えることで、同乗者が予め見通し外の状況を把握できることを確認します。

また、将来的にはローカル 5G スマートポールが取得した見通し外の周辺環境情報を自動運転車両システムへ伝送し、自動運転車両の制御（制御接続）への活用を見据えています。

そのため遠隔視拠点に加え、自動運転車両へデータを伝送し、自動運転車両内にて情報を表示し、同乗者が内容を確認できるかについても検証を行います。

(2) 実施内容の詳細

道路脇の金属の柵等の遮蔽により、車載センサー単体では交差点に接近しないと歩行者、自転車/二輪車、自動車の検知が難しいエリア（信号無し交差点）付近に、ローカル 5G スマートポールを設置します。そこで取得したセンサー・カメラデータを自動運転車両および遠隔監視装置へ配信しました。本実証においては、自動運転車両と制御接続までは行わないため、監視員が見通し外を含む信号無し交差点への接近時に、歩行者、自転車/二輪車、自動車の存在を認識し、バスへ音声通知し、自動運転車両に同乗した保安員が存在を検知できることを確認するとともに、その際のデータ収集を行い評価しました。将来的にレベル 4 自動運転車両について、監視員または乗務員等の認知を補助できるか本実証にて確認しました。

また、ローカル 5G スマートポールのセンサーにて、計測対象範囲である 25m 内に存在する歩行者、自転車/二輪車、自動車を認識できるかの認識率及び検知率と 25m 超先において認識結果として表示される物体の移動方向にローカル 5G スマートポールが配信するカメラデータの録画映像を目視照合する一致率を計測しました。

さらに、無線通信方式による通信品質（遅延量、通信速度、伝送映像のフレームレート）の差分を計測するため、ローカル 5G と Wi-Fi のそれぞれに対して通信品質の計測を行いました。

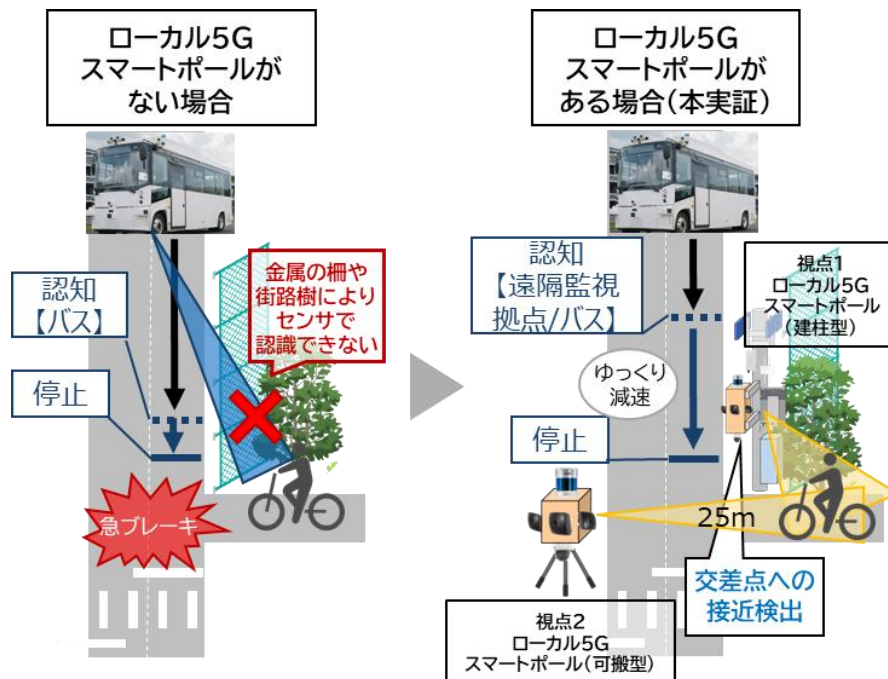


図 4-2 検証イメージ図

1) ユースケース実証概要

信号無し交差点に対してローカル 5G スマートポールを装柱型と可搬型の 2 台を設置し、金属の柵等遮蔽により自動運転車両のセンサーで見通し外となる生活道路エリアにおいて歩行者、自転車/二輪車、自動車の認識を行いました。



図 4-3 実証環境写真

ローカル 5G スマートポール（可搬型）は、当該エリアに対して反対車線の直線的に確認可能な場所に配置しました。なお、ローカル 5G 基地局からローカル 5G スマートポール（可搬型）までの距離は約 20m です。



図 4-4 ローカル 5G スマートポール（可搬型）配置実証風景

交差点における自転車の走行速度が約 10km/h 前後から減速して交差点に進入することを想定して検証を行いました。自動運転車両からは見通し外となる生活道路エリアの状況をローカル 5G スマートポールのセンサー・カメラにて認識し、遠隔監視装置と車両に伝送します。監視員は、自動運転車両が交差点に到達する 5 秒以上前に自動運転車両に通知を行い、0.1～0.2G 程度のブレーキで減速操作が行えることを前提としました。

センサー等において自動運転車両からは見通し外となる交差点周囲約 25m 範囲に存在する歩行者、自転車/二輪車、自動車が、監視員および自動運転車両側で映像を通して視認可能となる映像品質の検証と、周辺環境情報の通知の検証をしました。

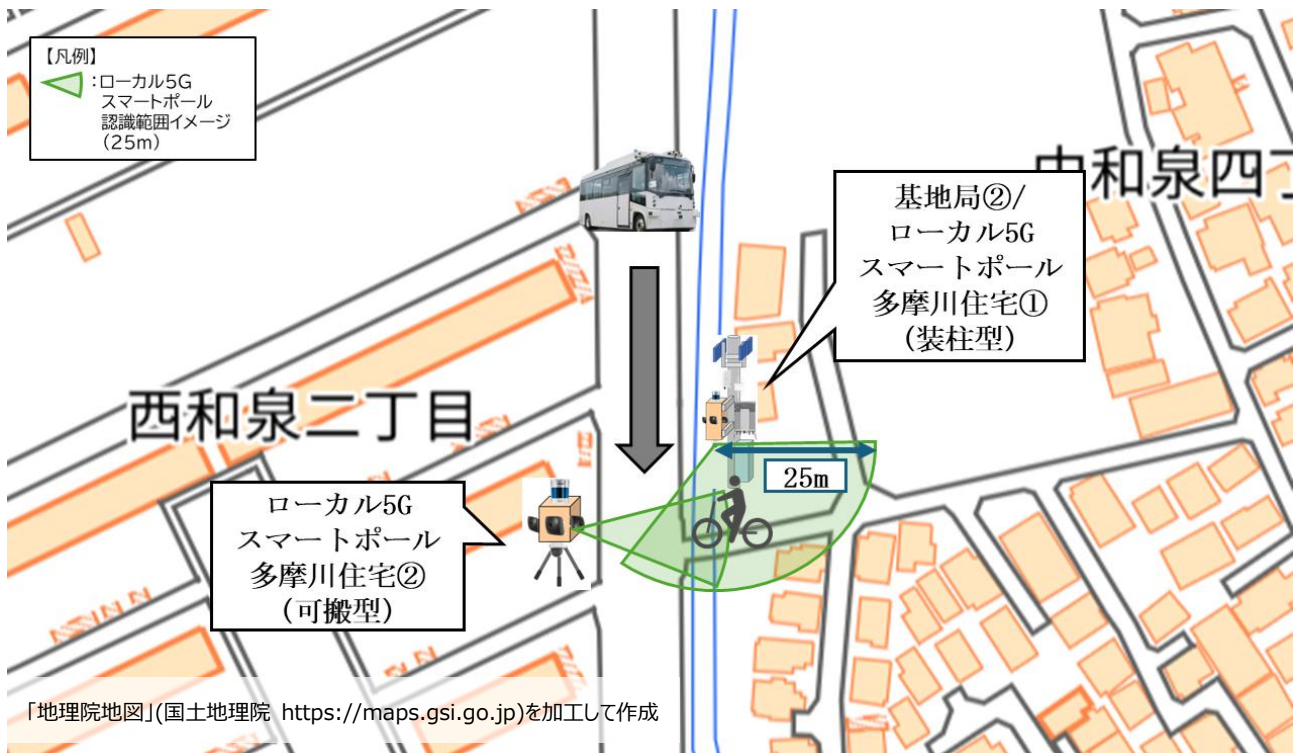


図 4-5 ローカル 5G スマートポールの計測範囲



図 4-6 ローカル 5G スマートポールの遠隔監視実証風景

2) ユースケース実証手順

実証の具体的な実証手順は下記の表の通りとなります。

表 4-1 実証手順

実証手順	説明	検証項目
1	自動運転車両が走行ルートを自動運転走行にて走行	レベル 2 自動運転走行にて走行ができることを確認
2	ローカル 5G スマートポールに設置したセンサーとカメラが横断歩道の歩行者や死角からの歩行者、自転車/二輪車、自動車の存在を認識	・ 定量評価 KPI の達成を確認 ・ ローカル 5G スマートポールに設置したセンサーとカメラが、自動運転車両側から見通せないエリアの歩行者、自転車/二輪車、自動車の存在を認識できることを確認
3	ローカル 5G スマートポールからの認識した情報を監視員役にリアルタイムで通知	・ 定量評価 KPI の達成を確認 ・ 認識情報を元に遠隔監視拠点へ遅滞なく通知がされることを確認
4	ローカル 5G スマートポールからの認識情報の通知を受けて監視員役が自動運転車両における進行先の状況を把握	遠隔監視拠点の監視画面にて画像の乱れなく高精細な映像で視認できることを確認
5	信号無し交差点まで走行させ、自動運転車両センサーによって歩行者、自転車/二輪車、自動車を検知	監視員役からの共有により歩行者、自転車/二輪車、自動車の存在を認識し、減速が可能となるタイミングと、実際に自動運転車両が検知する場合の差分を確認
6	信号無し交差点の横断歩道の安全を確認し再度走行	再度レベル 2 自動運転にて走行を開始できることを確認

(3) 利用技術

各利用技術について下記に記載します。

なお、物品の各仕様については 5.2 章「使用機器・ソフトウェア一覧」に記載しています。

1) ローカル 5G

ローカル 5G は、①柔軟なエリア設計②アップリンク重視の準同期設定③通信混雑及び輻輳の影響が無い専用周波数帯という特長を活かし、将来的な遠隔監視型レベル 4 自動運転に不可欠となる高精細・低遅延の遠隔監視映像の配信において有効だと考えます。特にキャリア電波が弱いエリアで複数のセンサー・カメラを連携させる場合には、安定した通信を実現するために、ローカル 5G をスポット的に設置することで要所をカバーする構成が将来的に必要なと想定しています。なお、③については人流解析データを活用し、通信混雑が懸念される箇所についてローカル 5G の配置を検討しました。

本実証におけるローカル 5G 基地局において、利用周波数帯は Sub6 帯（4.6～4.9GHz）のうち屋外で利用できる 4.8～4.9GHz 帯を利用しました。また、遠隔監視映像の配信を円滑に進めるためアップロード側伝送（アップリンク）速度を重視した準同期 TDD 方式を採用しました。

セキュリティ面では、ローカル 5G にて無線ネットワークを論理的に分割する DNN(Data Network Name) 機能と VLAN・VPN 技術を組み合わせることで、インターネットアクセスと本実証データ通信を分離したネットワークを構築しました。将来的なレベル 4 自動運転システムにおいては、同一セグメント間通信の安全を確保することが重要であり、これらの機能によりインターネット接続通信とは分離したネットワークを構成することで、情報の改ざんや漏洩、消去等のリスクを軽減することが可能です。

2) キャリア通信

本実証においてローカル 5G のカバーエリア外はキャリア通信を使用しました。本実証走行時は、ローカル 5G 通信とキャリア 5G 通信の双方が常時アクティブ状態で走行します。ローカル 5G 通信とキャリア 5G 通信の切り替えは、双方の無線通信状況と映像伝送の品質を判断し切り替えを行いました。

3) Wi-Fi

本実証においては、ローカル 5G との通信品質を比較する通信規格として、屋外対応クライアントが豊富にそろった Wi-Fi4 (IEEE802.11n) 通信も併せて実証します。Wi-Fi で利用する周波数帯域はアンライセンズバンド（2.4GHz 帯および 5GHz 帯）であり、他の Wi-Fi 利用者等が通信を発生させた場合に、自動運転用途向けに利用制約を受ける可能性があるなど、事前に設計を行うことが難しい性質にあります。また想定外の通信が発生するなど通信品質が周辺環境に依存するため、遠隔監視映像のような高スループットが要求される通信を安定して送信することが難しい可能性があります。本実証においては、実利用を想定した通信を発生させて、実データで規定の KPI/KGI を満たすことが可能かどうかをローカル 5G のケースと比較し、検証しました。

4) ローカル 5G スマートポール

交差点・ロータリーを見通すことができるローカル 5G スマートポールとして、LiDAR センサー・AI カメラ・PC カメラを具備した装柱型および可搬型の 2 種のローカル 5G スマートポールを開発し、本実証にて使用しました。

各ローカル 5G スマートポールの配置場所は下記の図の通りです。

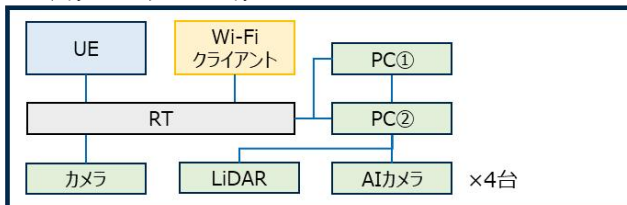


「地理院地図」(国土地理院 <https://maps.gsi.go.jp>)を加工して作成

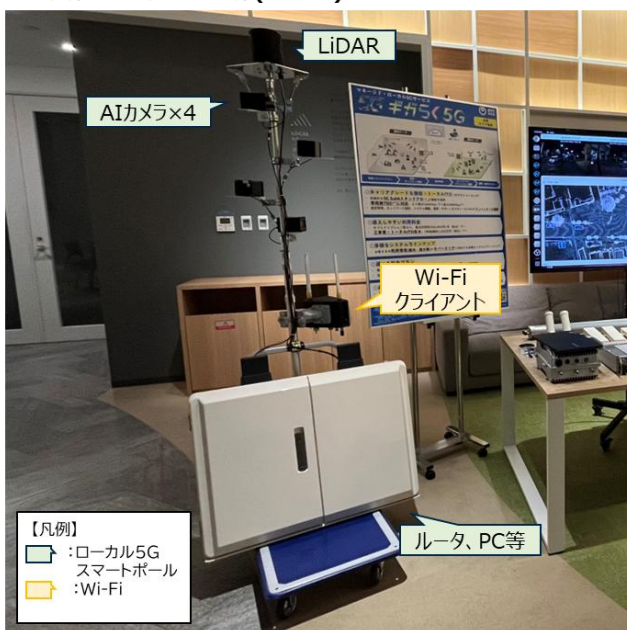
図 4-7 ローカル 5G スマートポールの配置場所

ローカル 5G スマートポールの構成は下の図の通りです。

ローカル5Gスマートポール構成



ローカル5Gスマートポール(可搬型)



ローカル5Gスマートポール(装柱型)

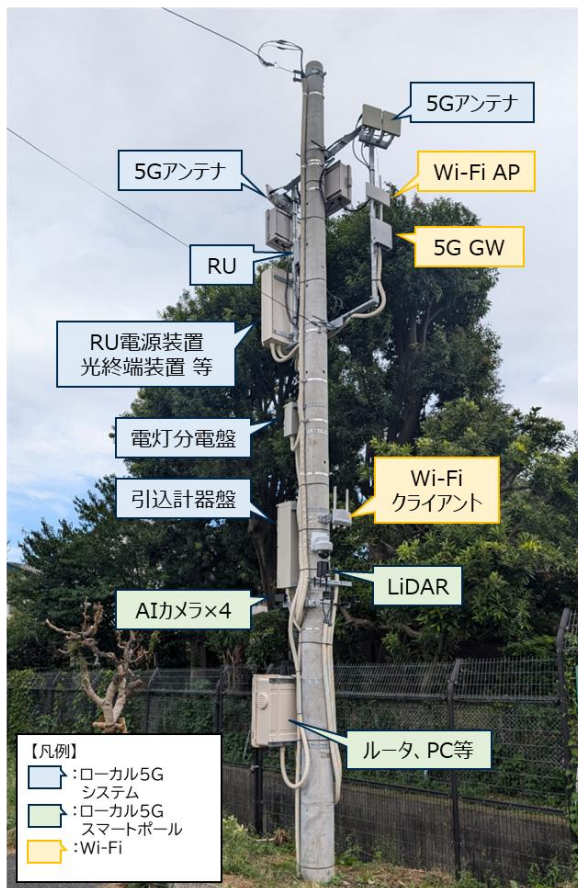


図 4-8 ローカル 5G スマートポールの構成

a. LiDAR センサー

LiDAR センサーは、3 次元 360 度赤外線センサーとして物体認識に用いました。

LiDAR センサーの情報をもとに、3 次元地図上で歩行者、自転車/二輪車、自動車の認識結果と移動方向を識別することで、道路上の歩行者、自転車/二輪車、自動車の認識や進入方向の判別を実施しました。

b. AI カメラ

AI カメラはローカル 5G スマートポールからの映像撮影に用いました。

ローカル 5G スマートポール 1 台につき AI カメラが 4 台ずつ接続されており、1 カメラが 90 度ずつ撮影することで、360 度方位での撮影を行います。また、撮影角度による見落としの防止とキャリブレーションを容易にするため、本実証では画角 120 度のカメラを採用しました。

LiDAR センサーと AI カメラを合わせて、ローカル 5G スマートポール 1 台辺り最大約 120Mbps 程度の通信が発生するシステムです。

c. PC

LiDAR センサーおよび AI カメラからの識別情報を処理し、その結果を遠隔監視拠点および自動運転車両へ送信します。

d. カメラ

パンチルトズームが可能な屋外用のカメラによりローカル 5G スマートポールの周辺環境を詳細に把握し、遠隔監視を行います。

(4) 必要性・緊急性・新規性

1) 必要性

本ユースケースは生活道路に接道する優先道路上を自動運転走行する際、横断歩道通過をスムーズに行うために必要なシステム構成の評価を行いました。

本ユースケースでは、車載のセンサー・カメラから見通し外となる領域で従来バスドライバーの経験と勘により、優先道路であったとしても、生活道路の交通状況やカーブミラー等に映る生活道路上の交通状況に応じて速度を調整し、強いブレーキがかからないように通過していたシーンの通過を選定しています。ローカル 5G スマートポールで見通し外が見渡せることと、それにより余裕を持った速度調整が可能かどうかを見極めることを狙います。

本エリアではドライバーは走行中約 50m 手前で状況を認識しはじめ、25m 手前で判断、操作を行うシーンですが、生活道路の状況は十分に見渡せないケースを選定しています。本ケースを解くことにより、生活道路に接道する優先道路（片側 1 車線の 2 車線道路）で、見通しの悪いカーブミラー等が設置されるようなエリアでの交差点進入支援をローカル 5G スマートポールが担えることを確認します。

乗客のシートベルト装着有無、着座有無、係員の有無などの変動要素とともに、ブレーキ等の強さ如何で乗客輸送に適した乗客サービスレベルの走行を再現性高く実現できるかどうかは重要な判断要素となるためレベル 4 自動運転の社会実装に不可欠な検証であると考えます。

2) 緊急性

当該地域の多摩川地区再開発計画による住民増加見込みと、ドライバー不足による路線バスの減便を抱える当該エリアの住民移動サービスの維持を行うために、路線バスの維持は喫緊の課題です。2027 年に自動運転技術を活用したバスの実現を見極めていくため、生活道路に接道した住宅内の優先道路をスムーズに走行していくことが求められております。

3) 新規性

2027 年度の社会実装に向け、より無人遠隔監視型（レベル 4）自動運転システムに負担をかけずにデータを流通させることを検討し、ローカル 5G スマートポールを用いました。ローカル 5G スマートポールは自動運転システムで利用しているセンサー仕様、ソフトウェア、処理 AI、ミドルウェア、メッセージフォーマット、時刻同期、3 次元高精度点群地図について同一性を確保した構成を採用しています。公道にローカル 5G スマートポールを設置した過年度実証では、自動運転車両とローカル 5G スマートポールの同一性は確保しておらず、本実証は初の試みとなります。

また、過年度実証において基地局及び拠点間については実証されているものの、ローカル 5G スマートポールおよび自動運転車両、遠隔監視装置を、ローカル 5G の DNN および VLAN、VPN 技術を活用してインターネットアクセスとは分離した形で構成することで、路車間のセキュアな接続は初の試みとなります。

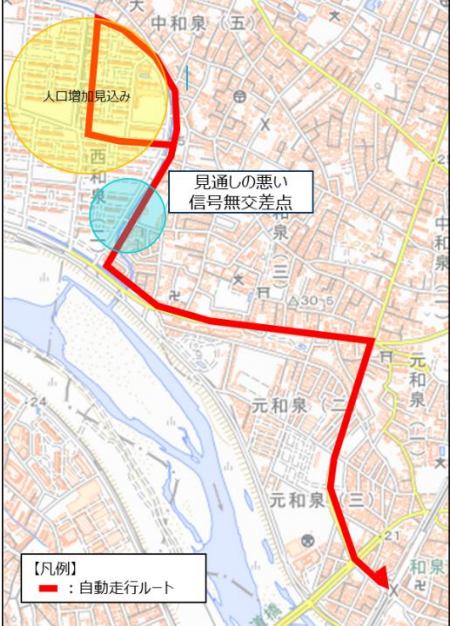
そのうえで、横断歩道付近における歩行者、自転車/二輪車、自動車の周辺環境情報を種類や位置とともにリアルタイムで映像とあわせて送信することを本ユースケースで確認します。

(5) 検証条件

本実証における検証条件は下の表の通りです。

表 4-2 検証条件

検証条件	開発・評価項目
地理的条件	見通しの悪い交差点：優先道路と交差する生活道路や歩道の周辺に一部遮蔽（金属柵等）があり、自動走行中に自動運転車両搭載のセンサーやカメラだけでは緩やかなブレーキが強くなり、乗客サービスレベルが低下する恐れのある個所を選定します
時間的条件	データ計測時間帯は、カメラデータが高速伝送を要する条件かつ、走行実験を日中帯で行える実験として、十分な光量を確保できる 9 時～16 時に実施します。
その他条件	参考として走行時の天候状況を記録します

実証ルート	検証条件	開発・評価項目
	地理的条件	【検証場所】見通しの悪い信号なし交差点  ・優先道路と交差する生活道路や歩道の周辺に街路樹や金属柵によって一部遮蔽があり、見通しが悪いシーンにおいて、自動走行中に車載のセンサーやカメラだけではブレーキが強くかかり、乗客サービスレベルが低下する恐れのある箇所 ・優先道路と交差する生活道路や歩道付近に横断歩道がある場所を選定
	時間的条件	データ計測時間帯は、カメラデータが高速伝送を要する条件かつ、走行実験を十分な光量を確保できる日中帯にて設定(9時～16時)
	その他の条件	参考として走行時の天候状況を記録

「地理院地図」(国土地理院 <https://maps.gsi.go.jp>)を加工して作成

図 4-9 本実証の検証シーン・課題・解決策

(6) 開発・評価項目

開発・評価項目については下の表の通りです。

表 4-3 開発・評価項目

番号	開発・評価項目
1	ローカル 5G・Wi-Fi でフレームレート・映像遅延・通信速度を比較
2	見通し約 25m 範囲超における歩行者、自転車/二輪車、自動車の認識について
3	歩行者、自転車/二輪車、自動車の移動方向の区別（交差点へ近づく・遠ざかる）

1) ローカル 5G・Wi-Fi でフレームレート・映像遅延・通信速度を比較

ローカル 5G スマートポールが配信するセンサー・カメラデータにおいて、映像伝送時の無線通信としてローカル 5G・Wi-Fi を利用します。それぞれの無線通信方式での遅延量、通信速度、伝送する映像のフレームレートを測定します。

a. 画質評価・フレームレートの評価方法

本実証において設定した KPI（映像遅延：平均 300msec 以内、フレームレート：平均 15fps 以上、画質：HD 画質）について、ローカル 5G スマートポールにて配信するカメラ映像が KPI を満たすことを確認しました。

カメラ映像は、ローカル 5G と VPN を介して、遠隔監視装置へ送信し、遠隔監視装置および接続されたモニターに表示、4 台のカメラ映像すべてで継続的に HD 画質を維持できていることを確認します。

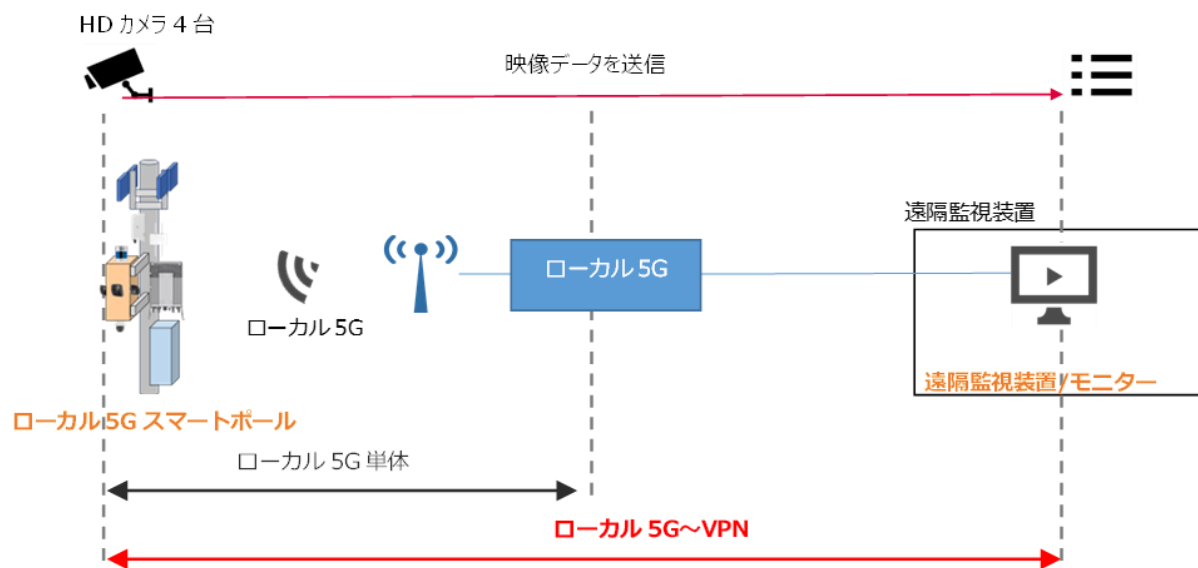


図 4-10 ローカル 5G スマートポールと遠隔監視装置間の映像データ伝送方式概念図

4カメラ映像の画面イメージ



図 4-11 ローカル 5G スマートポール映像の遠隔監視装置での表示画面（実証風景）

また、各評価項目について映像伝送時の無線通信としてローカル 5G と Wi-Fi を利用し、本実証における走行経路の自動運転走行に係る時間（約 25 分間）のデータ取得をそれぞれの通信方式で 2 回程度実施し、取得データのログや録画映像について測定時間内に欠損がないかを確認のうえ評価します。

画質については、計測地点毎に要求仕様を満たすことを確認することで評価を行い、システム動作時のログについても併せて記録します。

フレームレートは、画質と同様に計測地点毎に映像配信時のフレームレートを確認し、要求仕様を満たすか評価します。ログについても画質と同様に記録します。

b. 映像遅延の評価方法

ローカル 5G を通じてローカル 5G スマートポールと遠隔監視装置を接続し、映像遅延の評価を実施します。

映像遅延の評価方法は、ネットワーク経由で NTP サーバから時刻を同期した時刻表示 PC をローカル 5G スマートポールにて撮影し、同じくネットワーク経由で NTP サーバから時刻を同期した遠隔監視装置に対して映像配信を行います。ローカル 5G スマートポールから受信した映像と遠隔監視装置の時刻の差を映像遅延として計測します。

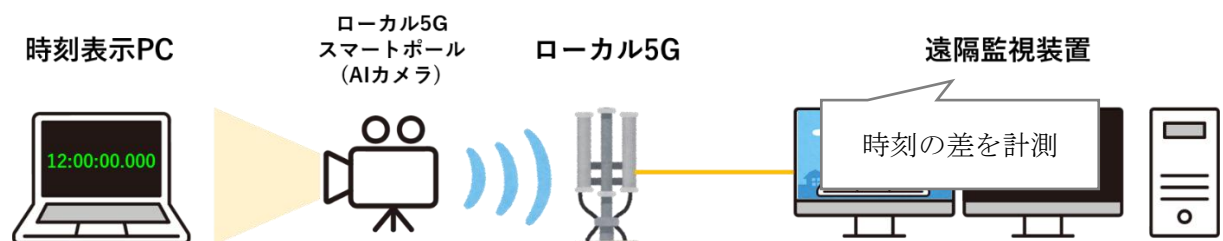


図 4-12 試験構成概念図

計測における NTP サーバは、独立行政法人情報通信研究機構（NICT）の日本標示時に同期された公開サーバ（NICT 公開 NTP サービス：ntp.nict.jp）を利用し、NTP サーバが提供する時刻を各 PC およびサーバにて同期します。



図 4-13 受信側映像の時刻表示画面（実証風景）

映像遅延時間の計測は、時刻表示 PC と遠隔監視装置を時刻同期させたうえで、「時刻表示 PC に接続されたモニター画面の現在時刻表示」と「遠隔監視装置に接続したモニター画面の現在時刻表示」の差分を確認しました。

本実証における映像遅延の計測時間を示すタイミングチャート概念図は下の図の通りです。

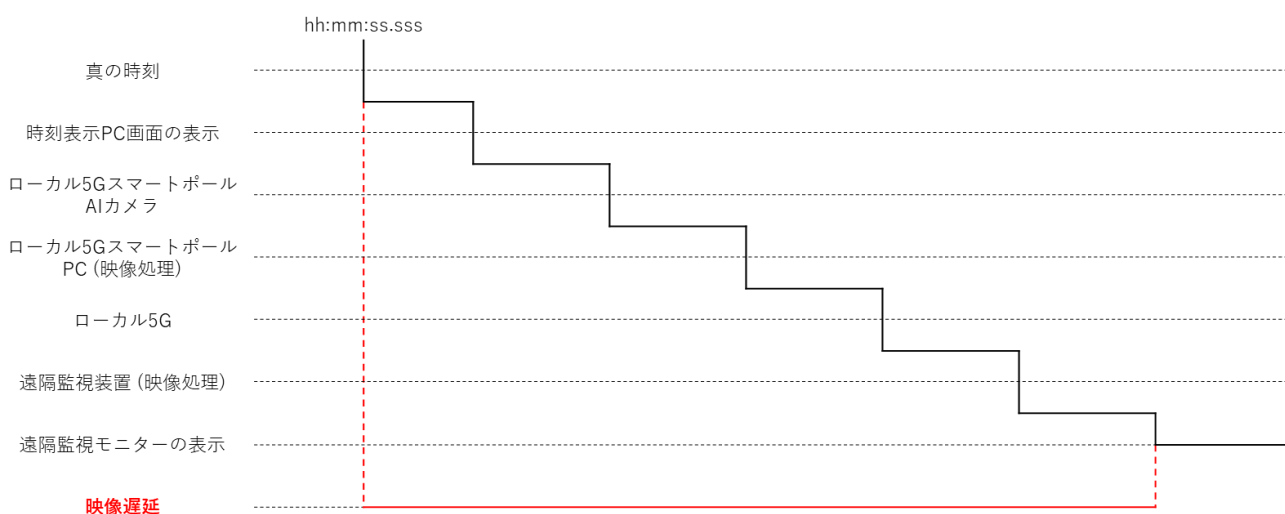


図 4-14 ローカル 5G 区間を含む映像遅延時間の計測区間

c. ローカル 5G スマートポールのデータ伝送時における通信速度の評価方法

ローカル 5G スマートポールが配信するセンサー・カメラデータを遠隔監視装置に送信する際の、データ伝送時における通信速度の評価を実施します。

通信速度の評価方法として、ローカル 5G スマートポールが配信するセンサー情報・カメラ映像を本実証で構築した NW を介して遠隔監視装置に送信・表示した際に遠隔監視装置で受信するデータの伝送速度を計測します。映像伝送時の無線通信としてローカル 5G と Wi-Fi を利用し、本実証

における走行経路の自動運転走行に係る時間（約 25 分間）のデータ取得をそれぞれの通信方式で実施し評価します。

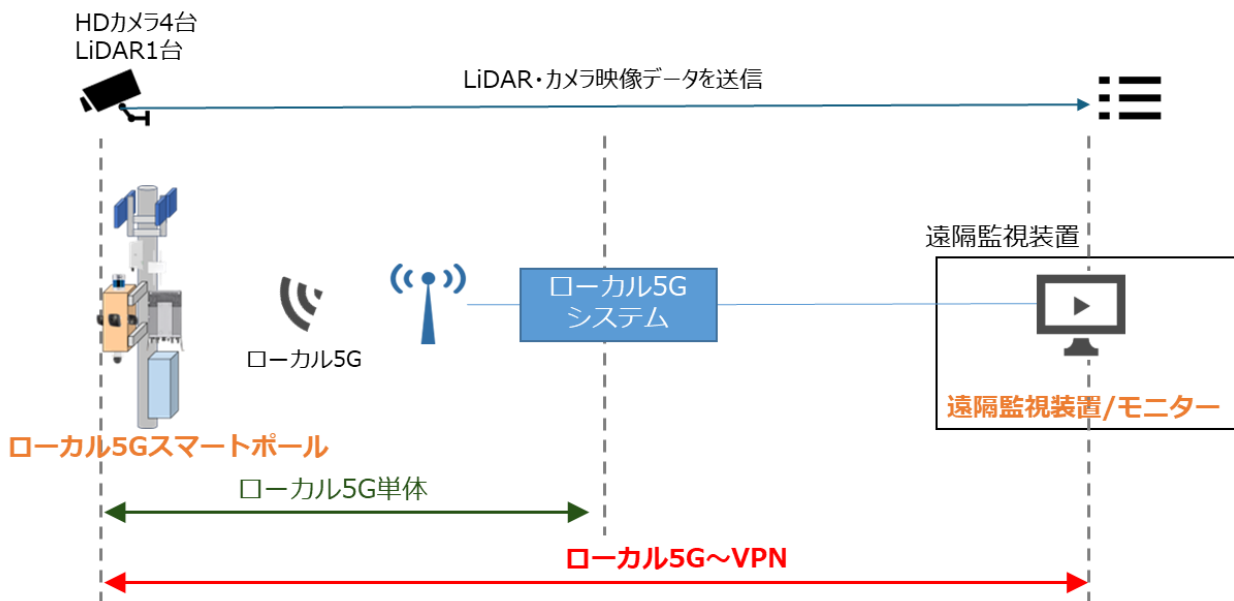


図 4-15 ローカル 5G スマートポールと遠隔監視装置間の映像データ伝送方式概念図

2) 見通し約 25m 範囲超における歩行者、自転車/二輪車、自動車の認識について

交差点からの見通し約 25m 範囲超に存在する自動車・二輪車・自転車・歩行者をローカル 5G スマートポールのセンサー情報により検知及び認識出来るかについて検知率/認識率/過検知数を計測しました。

a. 見通し約 25m 範囲超における歩行者、自転車/二輪車、自動車の評価方法

交差点から生活道路方向へローカル 5G スマートポール視点から見通し約 25m 範囲超における歩行者、自転車/二輪車、自動車等について、ローカル 5G スマートポールのセンサー情報により認識出来るか測定しました。

センサーおよび物体認識ソフトウェアの出力による物体検知情報を評価対象に、真値としてローカル 5G スマートポールが配信するカメラデータの録画映像を目視照合することで検知率を計測しました。なお、録画データに関しては真値とするために当該時間帯に異常な遅延や途切れが発生していないことをログにより確認の上、計測を行いました。

認識率は、センサーによる認識情報が自動車であることを区別した結果と、カメラ映像で視認できる存在が自動車であるかを目視確認で照合し、センサーとカメラ映像の認識率を算出しました。

また、他の物体を車両と誤認識したケースを解析するため、歩行者および自転車/二輪車についての認識率も併せて計測しました。

さらに、誤認識数(内過検知数)及び非検知数の計測も行い、確認された場合は、その内容および件数を集計しました。

表 4-4 検知率/認識率の定義

用語	定義
検知率	カメラが取得した映像内で視認した計測対象物（歩行者、自転車/二輪車、自動車）のうち、LiDAR センサーが取得した周辺環境情報と、一致している割合
認識率	カメラが取得した映像内で視認した計測対象物から歩行者、自転車/二輪車、自動車に区別した結果のうち、LiDAR センサーが取得した周辺環境情報から歩行者、自転車/二輪車、自動車に区別した結果と一致した割合

表 4-5 真値/正解数/誤認識数/非検知数の定義

用語	定義
真値	カメラ映像にて目視照合した存在（自転車、自転車/二輪車、歩行者）の数
正解数	LiDAR センサーが取得した周辺環境情報（自転車、自転車/二輪車、歩行者）の数
誤認識数 (内過検知数)	真値と比較し LiDAR センサーが取得した周辺環境情報が誤っていた数
非検知数	カメラ映像に歩行者、二輪/自転車、自動車のいずれかが視認できるが LiDAR で物標を検知出来なかった数

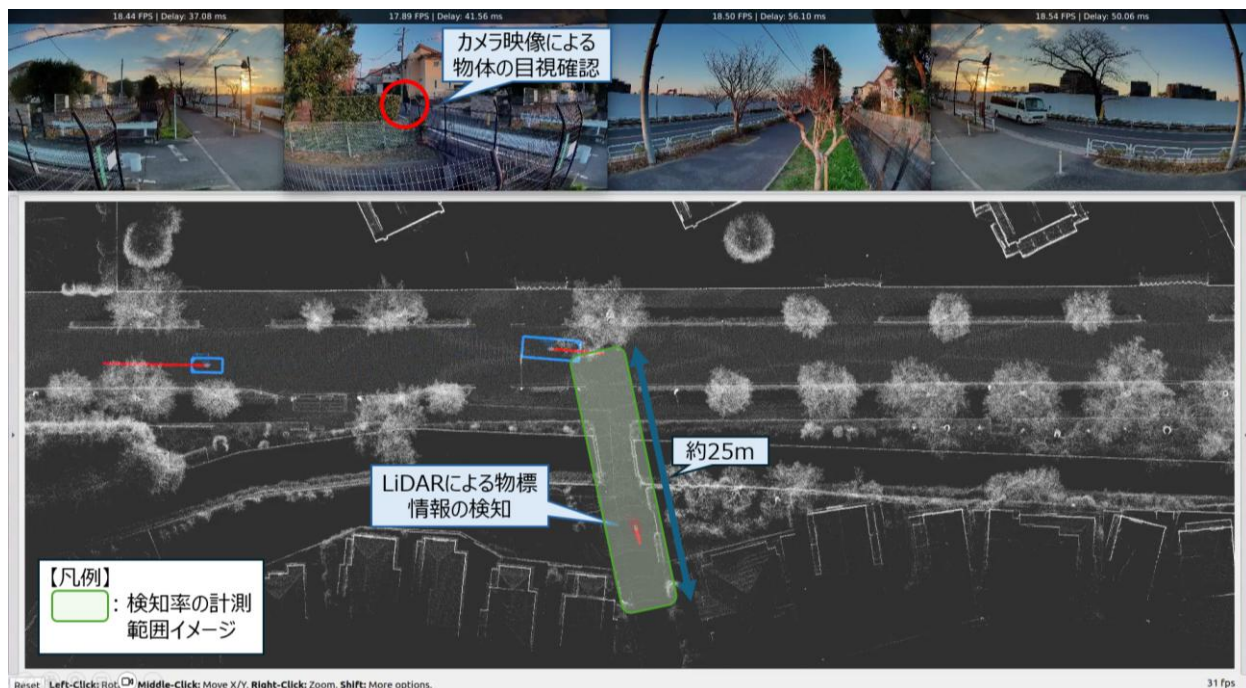


図 4-16 検知率の計測実証風景

3) 歩行者、自転車/二輪車、自動車の移動方向（交差点へ近づく・遠ざかる）

ローカル 5G スマートポールについて交差点からの見通し約 25m 範囲超に存在する歩行者、自転車/二輪車、自動車の移動方向について、遠隔監視拠点の監視員役が配信映像を通して移動方向（交差点へ接近しているか・遠ざかっているか）を区別可能であることを確認し、その一致率を計測しました。

a. 一致率の計測方法

交差点から見通し内の交差点約 25m 範囲におけるローカル 5G スマートポールが配信するセンサー・カメラデータの録画映像を用い、センサーおよび物体認識ソフトウェアの出力による認識結果として表示される物体の移動方向に真値としてローカル 5G スマートポールが配信するカメラデータの録画映像を目視照合することで、一致率を算出しました。

なお、録画データに関しては真値とするために当該時間帯に異常な遅延や途切れが発生していないことをログにより確認の上、計測を行いました。

表 4-6 一致率の定義

用語	定義
一致率	カメラが取得した映像内で視認した計測対象物（歩行者、自転車/二輪車、自動車）の移動方向のうち、LiDAR センサーが取得した周辺環境情報における移動方向情報と、一致している割合

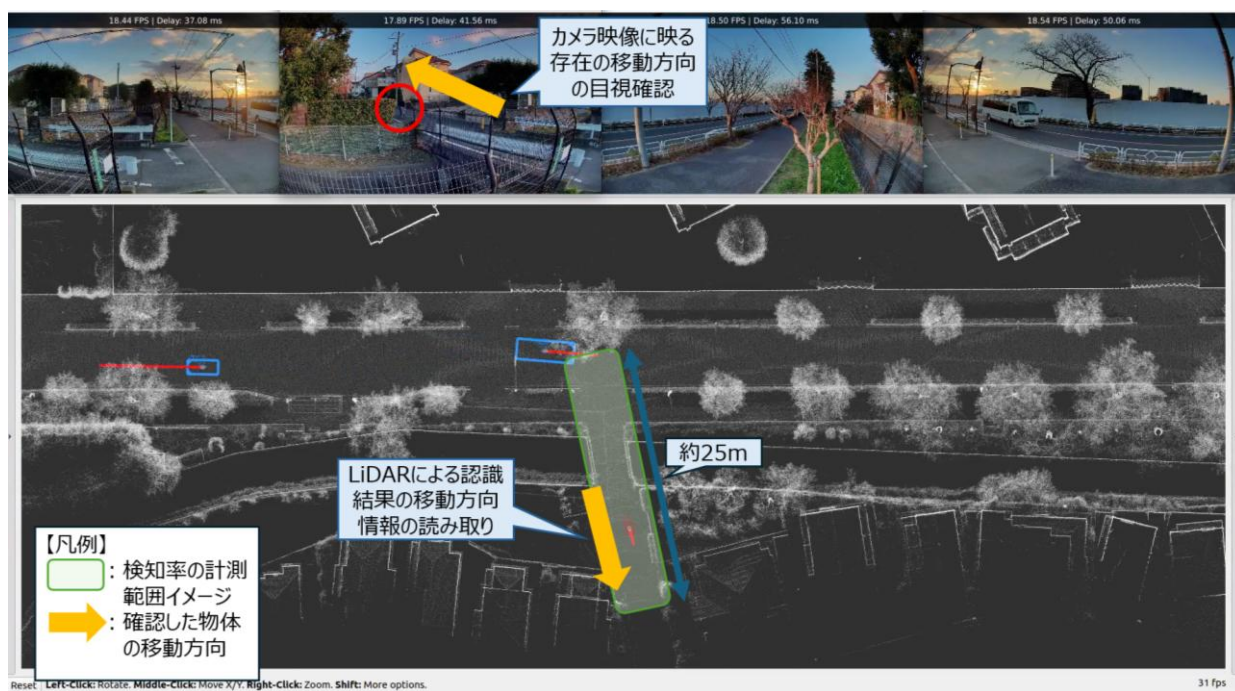


図 4-17 検知率の計測方法実証風景

(7) KGI/KPI

表 4-7 KPI/KGI

定性評価 /定量評価	番号	目標値
定性評価	1	センサー・カメラの情報通知
	2	監視員による視認、存在の区別
定量評価	3	ローカル 5G スマートポールの配信映像条件 ・映像遅延：平均 300msec 以内 ・フレームレート：平均 15fps 以上 ・画質：HD 画質 (ローカル 5G スマートポールに設置したカメラ 4 台にて確認)

1) センサー・カメラの情報通知

ローカル 5G スマートポールに付属のセンサー・カメラデータを通して、ローカル 5G スマートポール視点で交差点から見通し内約 25m 範囲に存在する歩行者、自転車/二輪車、自動車の情報を遠隔監視拠点の監視員に正しく通知できることを確認しました。

a. 情報通知の評価方法

第二期関係者試乗期間において、ローカル 5G スマートポールの見通し内における交差点からの約 25m 範囲超に存在する歩行者、自転車/二輪車、自動車を、ローカル 5G スマートポールのセンサーおよびカメラのデータを通して、遠隔監視拠点の監視員が視認できることを確認し、視認できた回数（試乗期間走行のうち見通し外のエリアが確認できた回数）を計測しました。

2) 監視員による視認、存在の区別

ローカル 5G スマートポールが配信するセンサー・カメラデータについて、ローカル 5G スマートポールから見通し内約 25m 範囲超に存在する歩行者、自転車/二輪車、自動車の存在を、遠隔監視拠点の監視員役が正しく視認・区別できることを確認しました。

a. 視認性の評価方法

ローカル 5G スマートポールのセンサー・カメラ双方の情報から、ローカル 5G スマートポール拠点から見通し内約 25m 範囲超に存在する歩行者、自転車/二輪車、自動車の存在を遠隔監視拠点の監視員が視認でき、さらに歩行者、自転車/二輪車、自動車の移動方向（交差点へ接近しているか・遠ざかっているか）を区別可能であることを確認しました。遠隔監視役が歩行者、自転車/二輪車、自動車の視認ができない場合や、その移動方向の区別がつかない場合は、通信品質やセンシング機器の精度など事象発生時の原因を考察しました。

また、遠隔監視役からの視認・区別の確認については、ローカル 5G スマートポール設置場所にスタッフを配置して監視員へ連絡を行い、遠隔監視拠点のモニター映像とローカル 5G スマートポール設置場所のスタッフから見た視認情報（歩行者、自転車/二輪車、自動車の存在および移動方向）に差分がないことを確認しました。

さらに、ローカル 5G スマートポールからの情報に基づいて、監視員が交差点約 50m 手前の距離から自動運転車両に歩行者、自転車/二輪車、自動車の存在および移動方向を通知し、自動運転車両が安全に信号無し交差点を通過できることを確認し、その回数を計測しました。



図 4-18 監視員から自動運転車両への通知タイミング（信号無し交差点）

3) ローカル 5G スマートポールの配信映像条件

ローカル 5G スマートポールが配信するセンサー・カメラデータについて、配信映像が遠隔監視に必要な映像条件を満たしていることを確認しました。

a. 映像品質の評価方法

令和4年度課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証【開発実証事業】「空港制限区域内におけるターミナル間連絡バスの複数台遠隔型自動運転（レベル4相当）に向けた実証」では、遠隔監視に必要な映像の要求仕様として「フロント画面HD画質（1280x720）、周囲・車室内画質（640x480）」を設定し、ローカル5G網内に設置したMEC型映像配信試験用WebRTCサーバを用いて評価し、全ての走行ルート上の地点にて充足することを確認しました。

本実証では、対象物の動きを視認することに着目し、新しい映像条件を設定しました。ローカル5Gスマートポールによる遠隔監視からの配信映像において、システム全体で必要とされる所要性能として画質の要求仕様をHD画質としました。フレームレートについては、過年度の実証にて設定した9fps以上から平均15fps以上へ引き上げました。映像遅延についても、過年度の実証にて設定した平均400msec以下ではなく、平均300msec以下としました。これらの所要性能を設定し、配信映像の映像品質を測定することで、過年度実証よりも「動き」を重視したローカル5Gによる映像配信が可能であるかを評価しました。また、映像配信時の通信品質（画質、フレームレート、映像遅延、通信速度）については、ローカル5GおよびWi-Fiで測定値の比較評価を行いました。

4.3 見通し外や路駐車など複雑な交通環境下における周辺環境情報のリアルタイム映像分析及び車側の危険回避行動の連携

4.3.1 駅前ロータリーの周辺環境情報の検知

(1) 目的

二次交通手段（主要な駅等から目的地までの移動手段）として自動運転車両を定時定路線運行した場合、交通結節点の駅に向かうにつれて混雑していく通信や交通環境への対処を行うことが求められます。

混雑する駅前ロータリー（始終点）を通過する際、他車両がロータリー内に滞留している場合はロータリー手前の交差点内等での停車を避けて、手前の停止線で停車し、ロータリー内の滞留解消後に再発進する必要性が生じます。仮に停止線で停止の判断ができなかった場合、ロータリー手前の横断歩道にて自動運転車両が立ち往生するなどの課題が想定されます。

路側に街路樹などの物体がある場合において、自動運転車両に搭載されたセンサーやカメラだけでは交差点先やその先のロータリーを見渡せず、ロータリー手前の交差点内や横断歩道で立ち往生する、ブレーキ操作が急となる等の恐れがあります。その結果、周囲の道路利用者との協調や、立位の乗客や高齢者等に配慮した乗客サービスレベルを維持できず、利用者や当該地域の他の交通事業者、道路利用者の受容性が低下する可能性が考えられます。

本実証エリアにおける通信状況は、東京都と神奈川県を結ぶ小田急線と和泉多摩川駅近辺であり、ロータリーがある和泉多摩川駅前は電車の通過が多数あります。大勢の通信利用者の発生などが想定されることから、キャリア通信や Wi-Fi の混雑が発生し、映像やセンサーデータの安定した通信が困難となる可能性が想定されます。そのため、本実証エリアではローカル 5G による安定した通信が求められます。

これらの課題を解決するため、駅前ロータリーと交通量の多い交差点にローカル 5G を活用したスマートポールを設置します。ローカル 5G スマートポールに取り付けたセンサー・カメラからのデータを元に他車両の滞留状況や交通状況を自動運転車両および遠隔監視拠点へ通知し、事前に走行ルート上の障害物など見通し外の状況を検知し、自動運転車両の認知判断を早め、危険に近づかないことを狙います。

また、将来的にはローカル 5G スマートポールが取得した見通し外のセンサー情報を車両の自動運転システムへ伝送し、自動運転車両の制御（制御接続）への活用を見据えています。

そのため遠隔監視装置に加え、自動運転車両へデータを伝送し、自動運転車両内にて情報を表示し、同乗者が内容を確認できるかについても検証を行います。

(2) 実施内容の詳細

主に通勤時間帯にキャリア通信の混雑が発生する駅前ロータリー（和泉多摩川駅前）と交通量

が多く複雑な交通状況が発生する交差点（田中橋交差点）で検証を行いました。

街路樹や建物の遮蔽により自動運転車両のセンサーでは、滞留している自動車が認識できないエリア（駅前ロータリー及び交差点右折先）付近にローカル 5G スマートポールを設置しました。そこで取得したセンサー・カメラデータを自動運転車両および遠隔監視拠点へ配信します。監視員役は、駅前ロータリー及び複雑な交通状況が発生する交差点進入時において、自動車の存在を認識し、遠隔監視拠点からバスへ音声にて通知し、同乗者が予め存在を把握できているかを本実証（レベル 2）で確認しました。なお、ドライバー自らの判断で必要と分かった場合には必要な運転操作（ブレーキ等）を行いました。将来的な自動運転車両制御と特定自動運行主任者（監視員または同乗保安員）の運用を見据えて、認知補助適用可能性を検証しました。

また、ローカル 5G スマートポールのセンサーにて、計測対象範囲であるロータリー全体（見通し約 50m）範囲超に存在する自動車、自転車/二輪車、歩行者を認識できるかの認識率及び検知率とロータリー全体（見通し約 50m）範囲超において認識結果として表示される物体の移動方向にローカル 5G スマートポールが配信するカメラデータの録画映像を目視照合する一致率を計測しました。

さらに、無線通信方式による通信品質（遅延量、通信速度、伝送映像のフレームレート）の差分を計測するため、ローカル 5G と Wi-Fi のそれぞれに対して通信品質の計測を行いました。

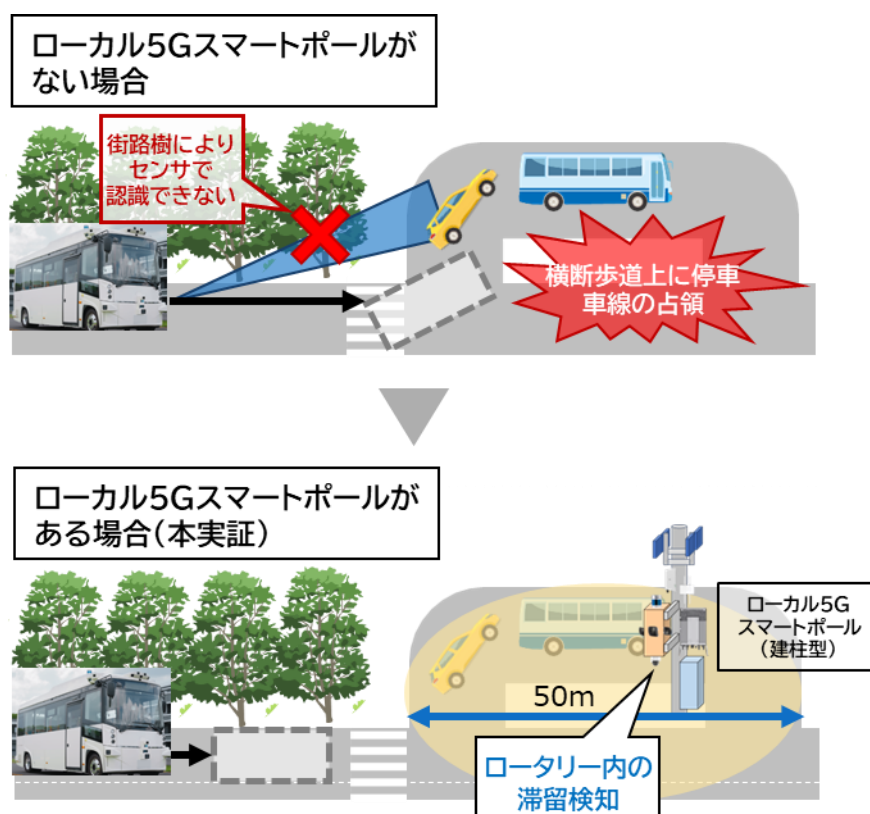


図 4-19 検証イメージ図（和泉多摩川駅前ロータリー）

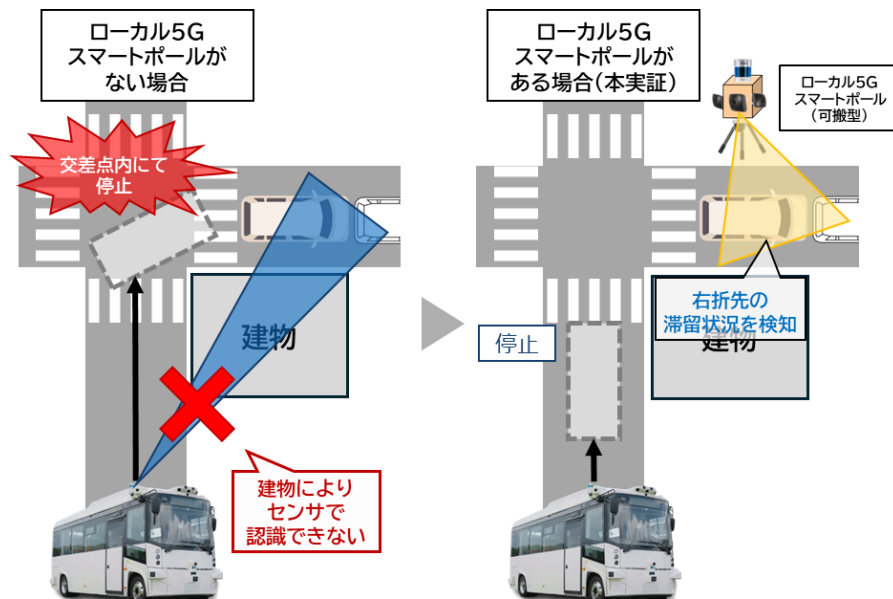


図 4-20 検証イメージ図（田中橋交差点）

1) ユースケース実証概要

本ユースケースは、主に通勤時間帯にキャリア通信の混雑が発生する駅前ロータリー（和泉多摩川駅前）と交通量が多く複雑な交通状況が発生する交差点（田中橋交差点）の2か所で行いました。それぞれの実証概要は下記の通りです。

a. 駅前ロータリー（和泉多摩川駅前）

主に通勤時間帯にキャリア通信の混雑が発生する駅前ロータリーに対して装柱型のローカル5Gスマートポールを1台設置しました。自動運転車両の走行経路上の車載センサーからでは、ロータリー内が街路樹などによる遮蔽により見通し外となる領域における、歩行者、自転車/二輪車、自動車が認識できないエリアをカバー範囲としました。

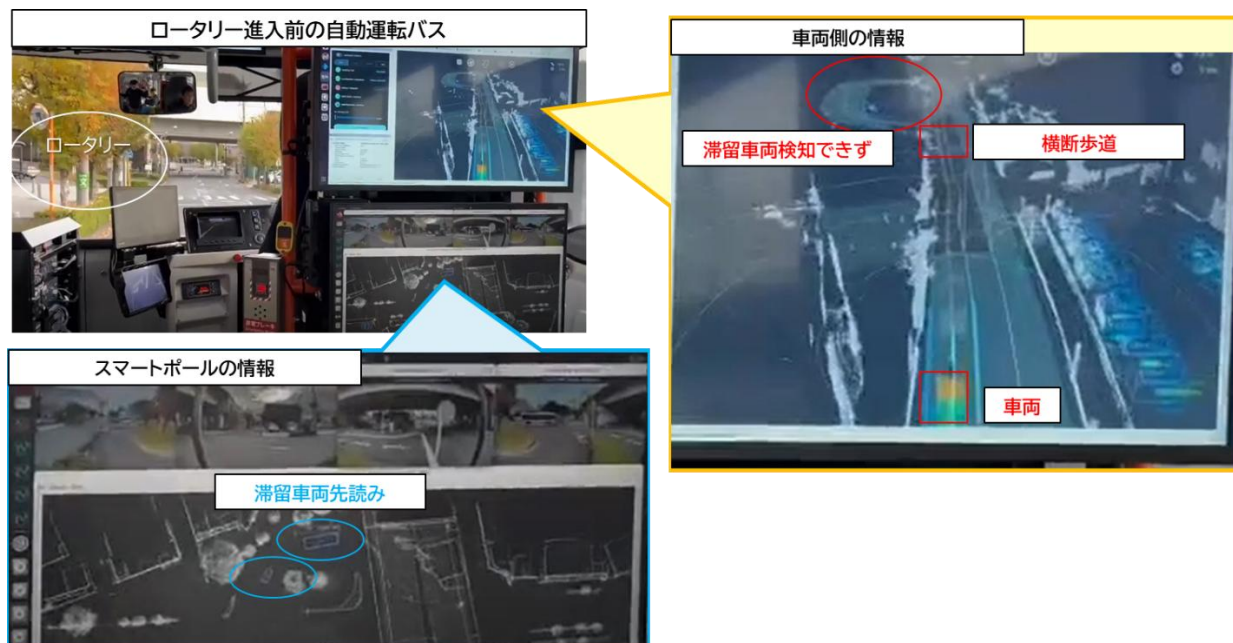


図 4-21 実証風景写真（自動運転車両内で同乗係員が確認した画面）

装柱型のローカル 5G スマートポールはロータリー内に設置し、1 台でロータリー全体（直径約 50m）を確認しました。

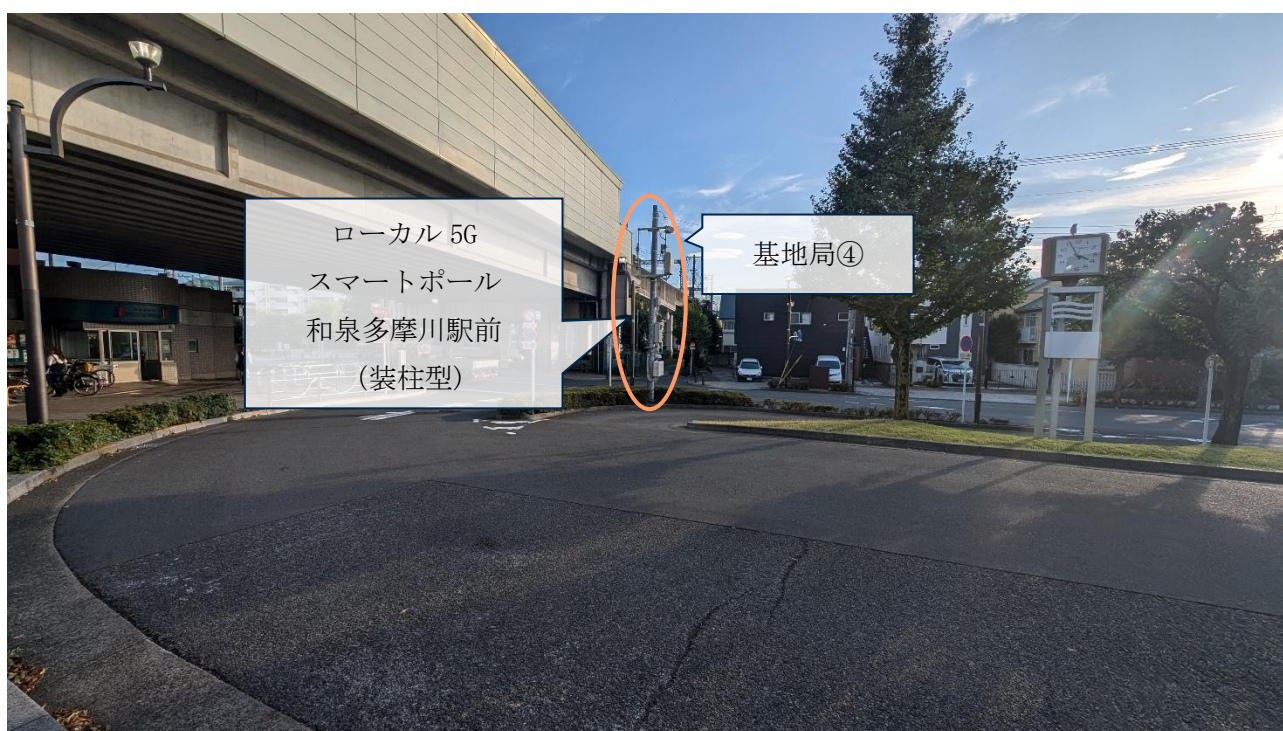


図 4-22 和泉多摩川駅構内ロータリーとローカル 5G スマートポール（基地局④含む）の設置風景写真

ローカル 5G スマートポールからのセンサー・カメラデータについて、自動運転走行経路上から見通し外となりうる、およそ 50m 範囲の駅前ロータリー内について、自動車・二輪車/自転車・歩

行者が、遠隔監視拠点にいる監視員役が映像を通し、視認可能な映像品質であるか、そして物体認識ソフトウェアの出力から物体認識情報の出力を確認しました。このため、ローカル 5G スマートポールはロータリー全域 50m 範囲をカバーすることとしました。

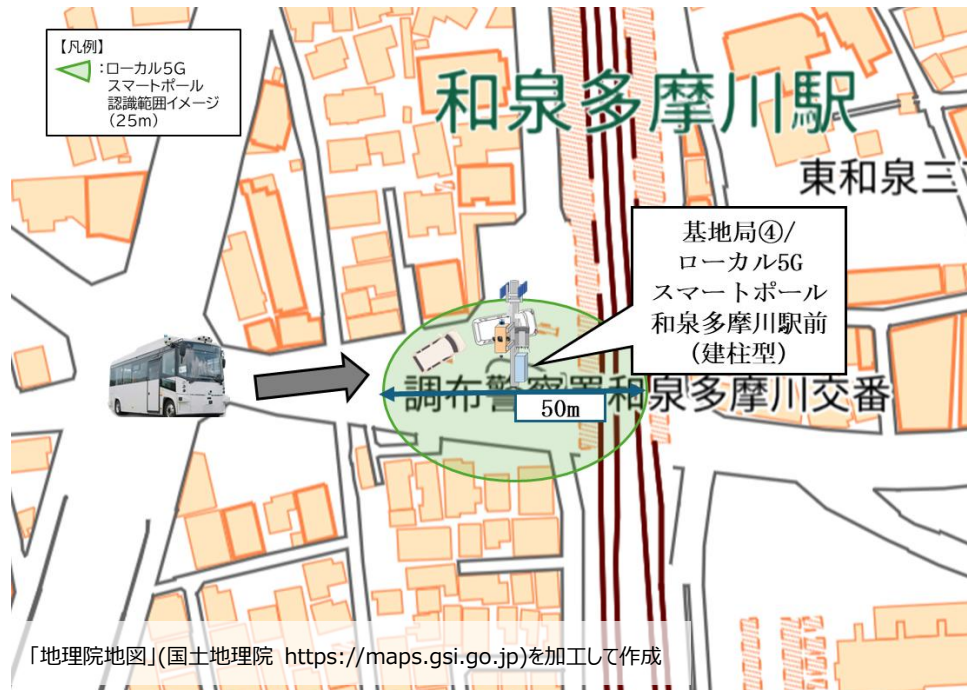


図 4-23 ローカル 5G スマートポールの計測範囲



図 4-24 ローカル 5G スマートポールの遠隔監視実証風景

b. 複雑な交通状況が発生する交差点（田中橋交差点）

本ユースケースでは、交通量が多く複雑な交通状況が発生する交差点に対して可搬型ローカル 5G スマートポールを 1 台配置し、建物などの遮蔽により自動運転車両のセンサーでは右折先の滞留している他車両が検知できないエリアをカバーし、交差点右折後に車両全体が通過完了できることについて検証しました。



図 4-25 実証環境写真

ローカル 5G スマートポール（可搬型）は右折先の道路上車両滞留状況が見通せる位置に配置しました。本実証では安全を留意し、十分スペースが確保可能な駐車場に設置をしました。なお、ローカル 5G 基地局からローカル 5G スマートポール（可搬型）までの距離は約 25m でした。



図 4-26 ローカル 5G スマートポール配置写真

ローカル 5G スマートポール設置場所からの見通し約 25m 範囲に存在する滞留している他車両が、遠隔監視拠点にいる監視員役が映像を通して視認可能な映像品質であるか確認します。当該位置は交差点右折進入前の自動運転車両からは建物に遮蔽され、見通し範囲外でした。

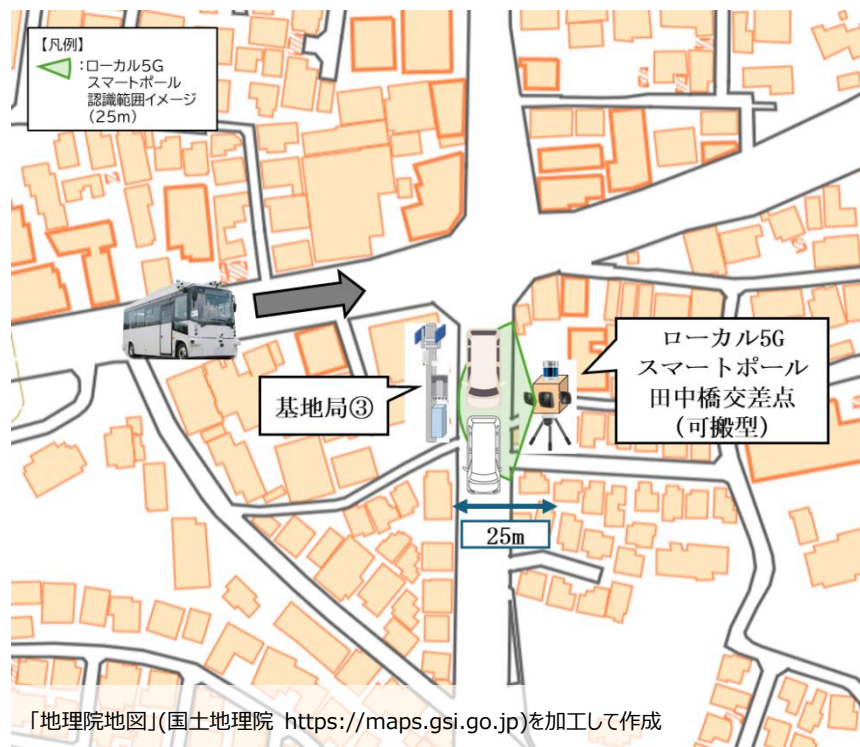


図 4-27 ローカル 5G スマートポールの計測範囲イメージ

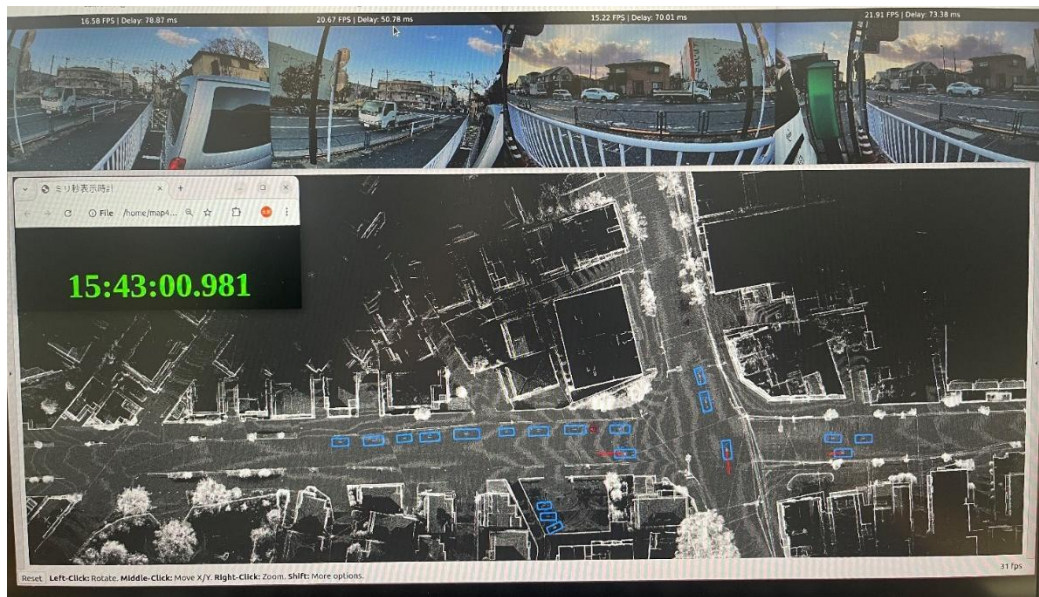


図 4-28 ローカル 5G スマートボールの遠隔監視実証風景

2) ユースケース実証手順

実証の具体的な手順は下の表の通りです。

表 4-8 実証手順

実証 手順	説明	検証項目
1	自動運転車両が走行ルートを自動運転走行にて走行	レベル 2 自動運転走行にて走行ができることを確認
2	ローカル 5G スマートポールに設置したセンサーとカメラが右折先の交通状況（渋滞等）/ロータリー内の他車両等の滞留状況を認識	・ 定量評価 KPI の達成を確認 ・ ローカル 5G スマートポールに設置したセンサーとカメラが右折先の交通状況（渋滞等）/ロータリー内の他車両等滞留状況を認識できることを確認
3	ローカル 5G スマートポールからの認識情報を監視員役にリアルタイムで通知	・ 定量評価 KPI の達成を確認 ・ 認識情報を元に遠隔監視拠点へ遅滞なく通知がされることを確認
4-1	信号付き横断歩道の停止線前まで走行させ、自動運転車両のセンサーによって右折先の交通状況（渋滞等）を検知	監視員役からの共有により右折先の交通状況（渋滞等）を認識し、減速が可能となるタイミングと、実際に自動運転車両が検知する場合の差分を確認
4-2	ロータリー進入前の停止線前まで走行させ、自動運転車両のセンサーによってロータリー内の交通状況（渋滞等）を検知	監視員役からの共有によりロータリーにおける他車両の滞留状況等を把握し、減速が可能となるタイミングと、実際に自動運転車両が検知する場合の差分を確認
5	右折先/ロータリー内の交通・滞留状況に問題が無いことを確認し再度走行	再度レベル 2 自動運転にて走行を開始できることを確認
6	自動運転車両が走行ルートを自動運転にて走行	レベル 2 自動運転走行にて走行ができることを確認

(3) 利用技術

各利用技術について下記に記載します。

なお、物品の各仕様については 5.2 章「使用機器・ソフトウェア一覧」に記載しています。

1) ローカル 5G

ローカル 5G は、①柔軟なエリア設計②アップリンク重視の準同期設定③通信混雑及び輻輳の影響

響が無い専用周波数帯という特長を活かし、将来的なレベル 4 自動運転に不可欠となる高精細・低遅延の遠隔監視映像の配信において有効だと考えます。特にキャリア電波が弱いエリアで複数のセンサー・カメラを連携させる場合には、安定した通信を実現するために、ローカル 5G をスポット的に設置することで要所をカバーする構成が将来的に必要なものと想定しています。

本実証におけるローカル 5G 基地局において、利用周波数帯は Sub6 帯（4.6～4.9GHz）のうち屋外で利用できる 4.8～4.9GHz 帯を利用しました。また、遠隔監視映像の配信を円滑に進めるためアップロード側伝送（アップリンク）速度を重視した準同期 TDD 方式を採用しました。

セキュリティ面では、ローカル 5G にて無線ネットワークを論理的に分割する DNN (Data Network Name) 機能と VLAN・VPN 技術を組み合わせることで、インターネットアクセスと本実証データ通信を分離したネットワークを構築しました。将来的なレベル 4 自動運転システムにおいては、同一セグメント間通信の安全を確保することが重要であり、これらの機能によりインターネット接続通信とは分離したネットワークを構成することで、情報の改ざんや漏洩、消去等のリスクを軽減することが可能です。

2) キャリア通信

本実証ではローカル 5G のカバーエリア外についてはキャリア通信を使用します。自動運転の走行中はローカル 5G、キャリア通信の双方を常時アクティブ状態（接続している状態）で走行します。ローカル 5G とキャリアの切り替えは、双方の無線通信状況と映像伝送の品質を判断して切り替えを行います。

3) Wi-Fi

本実証においては、ローカル 5G との通信品質を比較する通信規格として、屋外対応クライアントが豊富にそろった Wi-Fi4 (IEEE802.11n) 通信も併せて実施します。Wi-Fi で利用する周波数帯域はアンライセンズバンド（2.4GHz 帯および 5GHz 帯）であり、他の Wi-Fi 利用者等が通信を発生させた場合に、自動運転用途向けに利用制約を受ける可能性があります。事前に設計を行うことが難しい性質にあります。また想定外の通信が発生するなど通信品質が周辺環境に依存するため、遠隔監視映像のような高スループットが要求される通信を安定して送信することが難しい可能性があります。本実証においては、実利用を想定した通信を発生させて、実データで規定の KPI/KGI を満たすことが可能かどうかをローカル 5G のケースと比較し、検証しました。

4) ローカル 5G スマートポール

交差点・ロータリーを見通すことができるローカル 5G スマートポールとして、LiDAR センサー・AI カメラ・PC カメラを具備した装柱型および可搬型の 2 種のローカル 5G スマートポールを開発し、本実証にて使用しました。

各ローカル 5G スマートポールの配置場所は下の図の通りです。

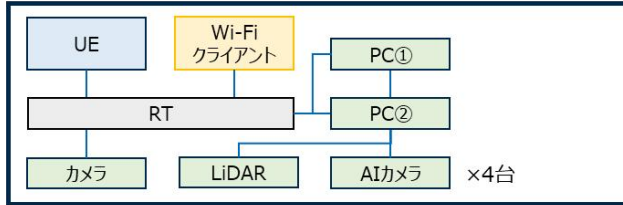


「地理院地図」(国土地理院 <https://maps.gsi.go.jp>)を加工して作成

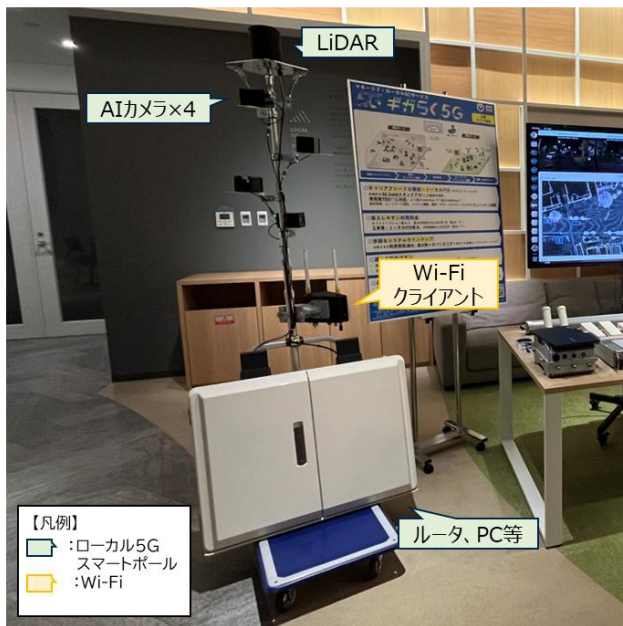
図 4-29 ローカル 5G スマートポールの配置場所

ローカル 5G スマートポールの構成は下の図の通りです。

ローカル5Gスマートポール構成



ローカル5Gスマートポール(可搬型)



ローカル5Gスマートポール(装柱型)

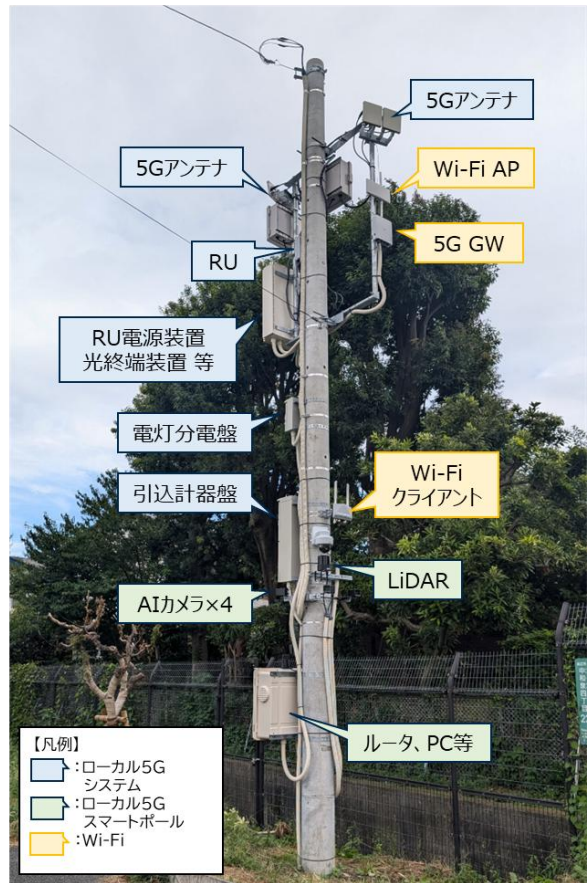


図 4-30 ローカル 5G スマートポールの構成

a. LiDAR センサー

LiDAR センサーは、3 次元 360 度赤外線センサーとして物体認識に用いました。

LiDAR センサーのセンサー情報をもとに、3 次元地図上で歩行者、自転車/二輪車、自動車の認識結果と移動方向を識別することで、道路上の歩行者、自転車/二輪車、自動車の認識や進入方向の判別を実施しました。

b. AI カメラ

AI カメラはローカル 5G スマートポールからの映像撮影に用いました。

ローカル 5G スマートポール 1 台につき AI カメラが 4 台ずつ接続されており、1 カメラが 90 度ずつ撮影することで、360 度方位での撮影を行います。また、撮影角度による見落としの防止とキャリブレーションを容易にするため、本実証では画角 120 度のカメラを採用しました。

LiDAR センサーと AI カメラを合わせて、ローカル 5G スマートポール 1 台辺り最大約 120Mbps 程度の通信が発生するシステムです。

c. PC

LiDAR センサー及び AI カメラの情報を処理し、結果を遠隔監視拠点及び自動運転車両に送信します。

d. カメラ

パンチルトズームが可能な屋外用のカメラによりローカル 5G スマートポールの周辺環境を詳細に把握し、遠隔監視を行います。

(4) 必要性・緊急性・新規性

1) 必要性

2つのシーンについて、本技術を用いた解決可能性を検討します。

1つ目のシーンは、路線バスの発着点となりうる鉄道駅のロータリー進入および退出です。明確に区分されていない道路では、送迎車両や他の路線バス、自転車や歩行者が混在します。そのうえ、右左折を伴うため、自動運転車両の車載センサーにとって路側の街路樹等で見通しの悪い交差点を通過し、進入することは難しいシーンとなります。このため、見通し外の認知支援をするための路側センサーにより、適切な位置で一時停止し、ロータリーおよび手前の交差点が進入できることを確認したうえで再発進することが求められます。そのうえ通信の観点においては、鉄道駅特性上、都市近郊では多くの鉄道利用乗客が往来し、走行中の電車や乗降客で通信利用がひっ迫するといった課題があります。こうした課題に対しては、安定した通信が可能なローカル 5G を用いることで解決する可能性があります。

通信の著しい混雑がある地域でレベル 4 自動運転システムを運行するためには、自動運転車両と遠隔監視拠点での信頼性・可用性の高い円滑な通信が不可欠であり、通信区間においては E2E で約 1 秒以下のレスポンスタイムで、対象事象のセンシングと処理、表示が行えることで、汎用性があるかの適用可能性を定量的に本実証で見極める必要があります。このうえで、ローカル 5G 単体の往復通信遅延は 1 サイクル標準値にて 50msec 程度と見込んでおり、走行実験でその適用可能性を実データ収集で評価する必要があります。駅前ロータリーで実際に認識判断を行い、遠隔監視向けに伝送されるセンサー・カメラデータとアプリケーションデータ授受を収集し、適用可能性を見極め、必要性和残課題の整理を図ります。

2つ目のシーンは、片側 1 車線道路の交差点進入において、右折後の道路渋滞を予め検知し、交差点右折続行の判断を行います。走行実験でセンサ等から自動運転車両および遠隔監視拠点への情報通知と自動運転車両からの遠隔監視映像・操作情報の遠隔監視拠点への伝送および認知判断部分のデータ収集評価を行い、適用可能性評価を行います。

2) 緊急性

当該地域の多摩川地区再開発計画による住民増加見込みと、ドライバー不足による路線バスの減便を抱える当該エリアの住民移動サービスの維持を行うために、路線バスの維持は喫緊の課題です。2027年に自動運転技術を活用したバスの実現を見極めていくため、生活道路に接道した住宅内の優先道路をスムーズに走行していくことが求められています。

3) 新規性

2027年度の社会実装に向け、より遠隔監視型（レベル4）自動運転システムに負担をかけずに路車間でデータを流通させることを検討し、ローカル 5G スマートポールを用いました。ローカル 5G スマートポールは自動運転システムで利用しているセンサー仕様、ソフトウェア、処理 AI、ミドルウェア、メッセージフォーマット、時刻同期、3次元高精度点群地図について同一性を確保した構成を採用しています。公道にローカル 5G スマートポールを設置した過年度実証では、自動運転車両とローカル 5G スマートポールの同一性は確保しておらず、本実証は初の試みとなります。

また、過年度実証において基地局及び拠点間については実証されているものの、ローカル 5G スマートポールおよび自動運転車両、遠隔監視拠点を、ローカル 5G の DNN および VLAN、VPN 技術を活用してインターネットアクセスとは分離した形で構成することで、路車間のセキュアな接続は初の試みとなります。

そのうえで、ローカル 5G スマートポールを交差点及びロータリー周囲に配置し、交差点及びロータリー内を確認することで、停止線からおよそ 50m 程度手前（約 5 秒前）までに、進入後のタスクを判別し、予備動作が行えることを狙います。自動運転車両側での受信データをもとに、右折後の道路状況、ロータリーにおける滞留車の有無・状況等の多視点の認識性能および通信性能の確認を行います。

(5) 検証条件

本実証における検証条件は下記の表の通りです。

表 4-9 検証条件

検証条件	
地理的条件	交通量の多い交差点：交通量が多く右左折先の混雑状況が交差点に入らないとわからず、交差点内で一時停止し、対向直進車の通行の妨げになる可能性があります 駅前ロータリー：ロータリーの様子の一部遮蔽（街路樹）のため、交差点や横断歩道内に進入するまでロータリーの様子がわからず、交差点や横断歩道内で一時停止し、他の交通の妨げになる可能性があります
時間的条件	データ計測時間帯は、カメラデータが高速伝送を要する条件かつ、走行実験を日中帯で行える実験として、十分な光量を確保できる9時～16時に実施します
その他条件	参考として走行時の天候状況を記録します



「地理院地図」(国土地理院 <https://maps.gsi.go.jp>)を加工して作成

図 4-31 本実証の検証シーン・課題・解決策

(6) 開発・評価項目

開発・評価項目については下記の表の通りです。

表 4-10 開発・評価項目

番号	開発・評価項目
1	ローカル 5G・Wi-Fi でフレームレート・映像遅延・通信速度を比較
2	ロータリーへ進入した先の他車両を検知でき、他車両がある際は手前の停止線で停車する判断が予め約 50m 前で可能かを確認
3	見通し約 50m 範囲超における自動車の認識について
4	他車両の移動方向（遠ざかる/近づく）を区別可能か確認

1) ローカル 5G・Wi-Fi でフレームレート・映像遅延・通信速度を比較

ローカル 5G スマートポールが配信するセンサー・カメラデータにおいて映像伝送する際の無線通信としてローカル 5G・Wi-Fi を利用する。それぞれの無線通信方式での遅延量、通信速度、伝送する映像のフレームレートを測定します。

a. 画質評価・フレームレートの評価方法

本実証において設定した KPI（映像遅延：平均 300msec 以内、フレームレート：平均 15fps 以上、画質：HD 画質）について、ローカル 5G スマートポールにて配信するカメラ映像が KPI を満たすことを確認しました。

カメラ映像は、ローカル 5G と VPN を介して、遠隔監視装置へ送信し、遠隔監視装置および接続されたモニター表示、4 台のカメラすべてで継続的に HD 画質を維持できていることを確認します。

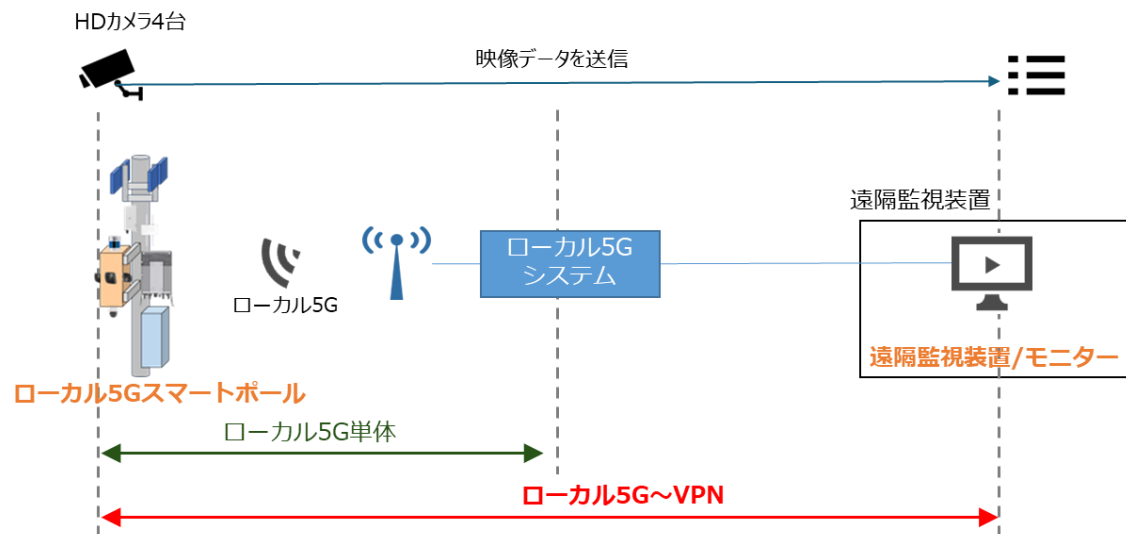


図 4-32 ローカル 5G スマートポールと遠隔監視装置間の映像データ伝送方式概念図

4カメラ映像の画面イメージ



図 4-33 ローカル 5G スマートポール映像の遠隔監視装置での表示画面（実証風景）

また、各評価項目について映像伝送時の無線通信としてローカル 5G と Wi-Fi を利用し、本実証における走行経路の自動運転走行に係る時間（約 25 分間）のデータ取得をそれぞれの通信方式で 2 回程度実施し、取得データのログや録画映像について測定時間内に欠損がないかを確認のうえ評価します。

画質については、計測地点毎に要求仕様を満たすことを確認することで評価を行い、システム

動作時のログについても併せて記録します。

フレームレートは、画質と同様に計測地点毎に映像配信時のフレームレートを確認し、要求仕様を満たすかどうかで評価を行います。ログについても画質と同様に記録します。

b. 映像遅延の評価方法

ローカル 5G を通じてローカル 5G スマートポールと遠隔監視装置を接続し、映像遅延の評価を実施します。

映像遅延の評価方法は、ネットワーク経由で NTP サーバから時刻を同期した時刻表示 PC をローカル 5G スマートポールにて撮影し、同じくネットワーク経由で NTP サーバから時刻を同期した遠隔監視装置に対して映像配信を行います。ローカル 5G スマートポールから受信した映像と遠隔監視装置の時刻の差を映像遅延として計測します。



図 4-34 試験構成概念図

計測における NTP サーバについては、独立行政法人情報通信研究機構（NICT）の日本標示時に同期された公開サーバ（NICT 公開 NTP サービス：ntp.nict.jp）を利用し、NTP サーバが提供する時刻を各 PC およびサーバにて同期します。



図 4-35 受信側映像表示画面の実証風景

映像遅延時間の計測は、時刻表示 PC と遠隔監視装置を時刻同期させたうえで、「時刻表示 PC に接続されたモニター画面の現在時刻表示」と「遠隔監視装置に接続したモニター画面の現在時刻表示」の差分としました。

本実証における映像遅延の計測時間を示すタイミングチャート概念図は下記の図の通りです。

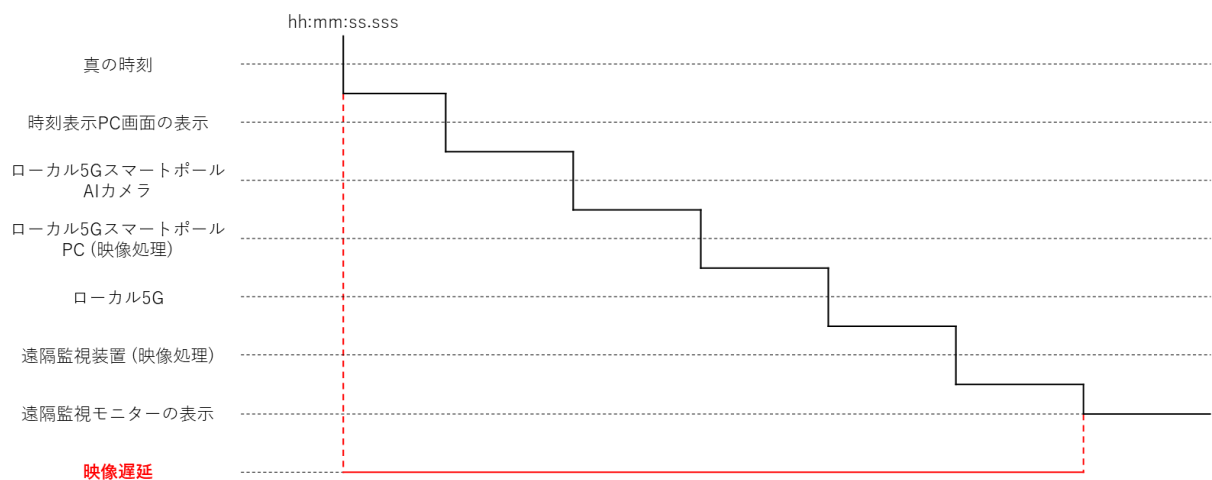


図 4-36 ローカル 5G 区間を含む映像遅延時間の計測区間（概念図）

c. ローカル 5G スマートポールのデータ伝送時における通信速度の評価方法

ローカル 5G スマートポールが配信するセンサー・カメラデータを遠隔監視装置に送信する際の、データ伝送時における通信速度の評価を実施します。

通信速度の評価方法として、ローカル 5G スマートポールが配信するセンサー情報・カメラ映像を本実証で構築した NW を介して遠隔監視装置に送信・表示した際に遠隔監視装置で受信するデータの伝送速度を計測いたします。映像伝送時の無線通信としてローカル 5G と Wi-Fi を利用し、本実証における走行経路の自動運転走行に係る時間（約 25 分間）のデータ取得をそれぞれの通信方式で実施し評価します。

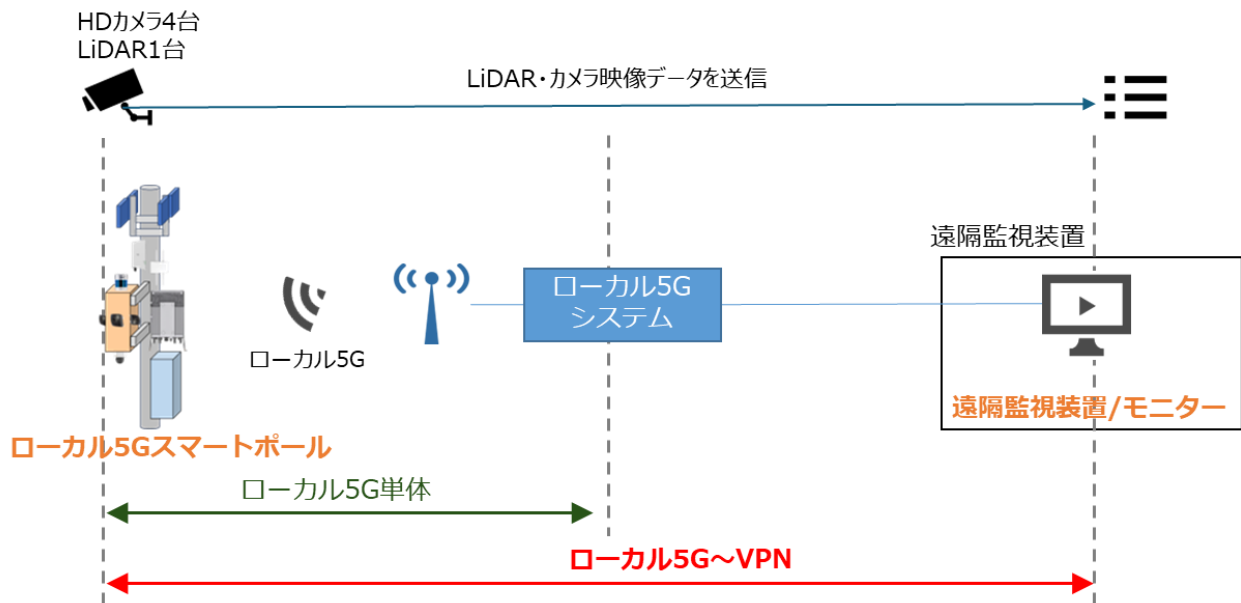


図 4-37 ローカル 5G スマートポールと遠隔監視装置間の映像データ伝送方式概念図

2) ロータリーへ進入した先のお車両が検知でき、他車両がある際は手前の停止線で停車する判断が予め約 50m 前で可能かを確認

ローカル 5G スマートポールがロータリーへ進入した先のお車両を検知することができることを確認しました。また、他車両が存在していた場合には、手前の停止線前にて停車するという判断が可能かを確認しました。

a. ロータリーへ進入した先のお車両検知における評価方法

ロータリー全体（見通し約 50m）範囲超における他車両情報の検知率について、ローカル 5G スマートポールが配信するセンサー・カメラデータの録画映像を用いて、センサーによる物体の認識情報とカメラ映像で視認できる存在を目視確認により照合することで計測しました。検知率は、センサーによる認識情報がカメラ映像で視認できる他車両情報であることをそれぞれ区別した結果と、カメラ映像で視認できる存在が他車両情報であることを目視確認で照合し、各項目でのセンサーとカメラ映像の認識率及び検知率を算出しました。さらに、非検知（カメラ映像において他車両情報を計測範囲内に確認した際にセンサーによる結果が得られない）、および誤認識（カメラ映像による他車両情報の視認結果とセンサーによる認識情報の区別が異なる）の計測も行い、非検知および誤認識が確認された場合は、その内容および件数を集計しました。

b. 他車両が存在していた場合の停車判断における評価方法

進入した先に滞留している他車両がある際に予め手前の停止線で停車する判断について 50m 程手前で行うことができた件数をまとめました。

3) 見通し約 50m 範囲超における自動車の認識について

ロータリー全体（見通し約 50m）範囲超に存在する自動車・二輪車/自転車・歩行者をローカル 5G スマートポールのセンサー情報により検知及び認識出来るかについて検知率/認識率/過検知数を計測しました。

a. 見通し約 50m 範囲超における自動車の評価方法

ローカル 5G スマートポール視点からロータリー全体（見通し約 50m）範囲超におけるロータリー内に駐停車し、自動運転ルートを占有している自動車をローカル 5G スマートポールのセンサー情報により認識出来るかを測定しました。

センサーおよび物体認識ソフトウェアの出力による物体検知情報を評価対象に、真値としてローカル 5G スマートポールが配信するカメラデータの録画映像を目視照合することで検知率を計測しました。なお、録画データに関しては真値とするために当該時間帯に異常な遅延や途切れが発生していないことをログにより確認の上、計測を行いました。

認識率は、センサーによる認識情報が自動車であることを区別した結果と、カメラ映像で視認できる存在が自動車であるかを目視確認で照合し、センサーとカメラ映像の認識率を算出しました。

また、他の物体を車両と誤認識したケースを解析するため、歩行者および自転車/二輪車についての認識率も併せて計測しました。

さらに、誤認識数(内過検知数)及び非検知数の計測も行い、確認された場合はその内容および件数を集計しました。

表 4-11 検知率/認識率の定義

用語	定義
検知率	カメラが取得した映像内で視認した計測対象物（歩行者、自転車/二輪車、自動車）のうち、LiDAR センサーが取得した周辺環境情報と、一致している割合
認識率	カメラが取得した映像内で視認した計測対象物から歩行者、自転車/二輪車、自動車に区別した結果のうち、LiDAR センサーが取得した周辺環境情報から歩行者、自転車/二輪車、自動車に区別した結果と一致した割合

表 4-12 真値/正解数/誤認識数/非検知数の定義

用語	定義
真値	カメラ映像にて目視照合した存在情報(自転車、自転車/二輪車、歩行者)の数
正解数	LiDAR が取得した周辺環境情報(自転車、自転車/二輪車、歩行者)の数
誤認識数 (内過検知数)	真値と比較し LiDAR が取得した周辺環境情報が誤っていた数
非検知数	非検知はカメラ映像に歩行者、二輪/自転車、自動車のいずれかが視認できるが LiDAR で物標を検知出来なかった数

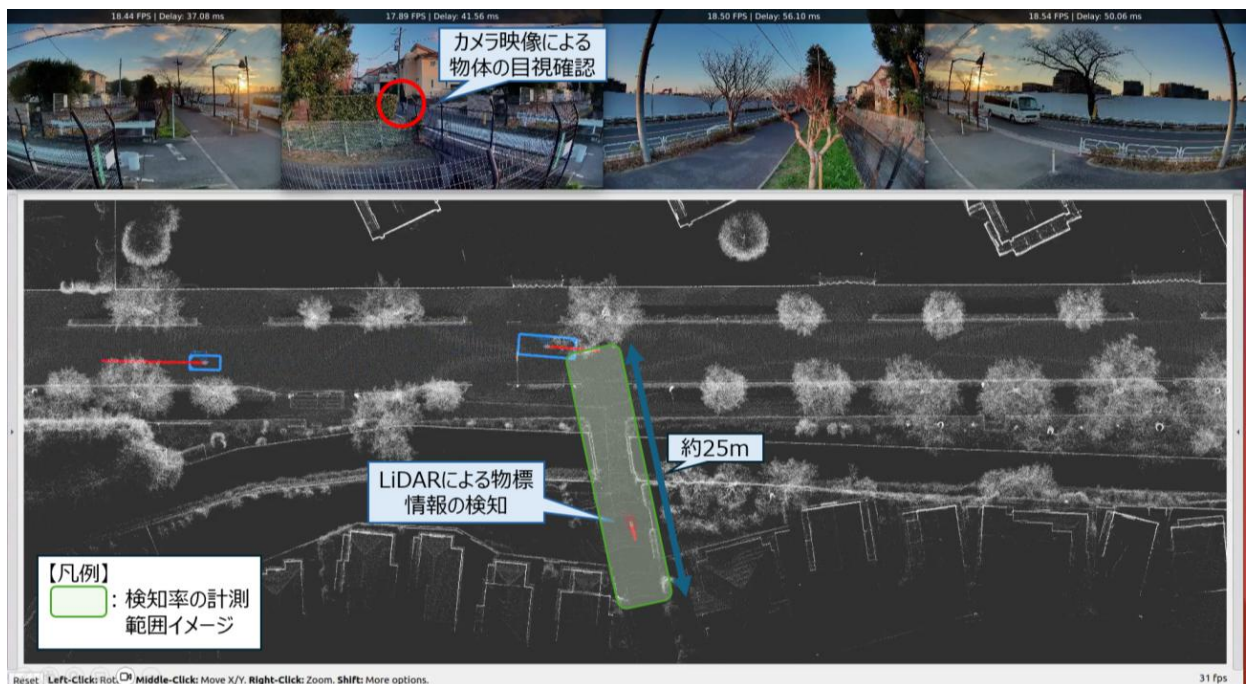


図 4-38 検知率の計測実証風景

4) 他車両の移動方向（遠ざかる/近づく）を区別可能か確認

ロータリー全体（見通し約 50m）範囲超に存在する他車両について、遠隔監視拠点にいる監視員役が映像を通してロータリーへ遠ざかっているか、接近しているかを判断可能か確認しました。

a. 一致率の計測方法

ロータリー全体（見通し約 50m）範囲超におけるローカル 5G スマートポールが配信するセンサー・カメラデータの録画映像を用い、センサーおよび物体認識ソフトウェアの出力による認識結果として表示される物体の移動方向に真値としてローカル 5G スマートポールが配信するカメラデータの録画映像を目視照合することで、一致率を算出しました。なお、録画データに関しては真値とするために当該時間帯に異常な遅延や途切れが発生していないことをログにより確認の上、計測を行いました。

表 4-13 一致率の定義

用語	定義
一致率	カメラが取得した映像で視認した計測対象物（歩行者、自転車/二輪車、自動車）の移動方向のうち、LiDAR センサーが取得した周辺環境情報における移動方向情報と一致している割合

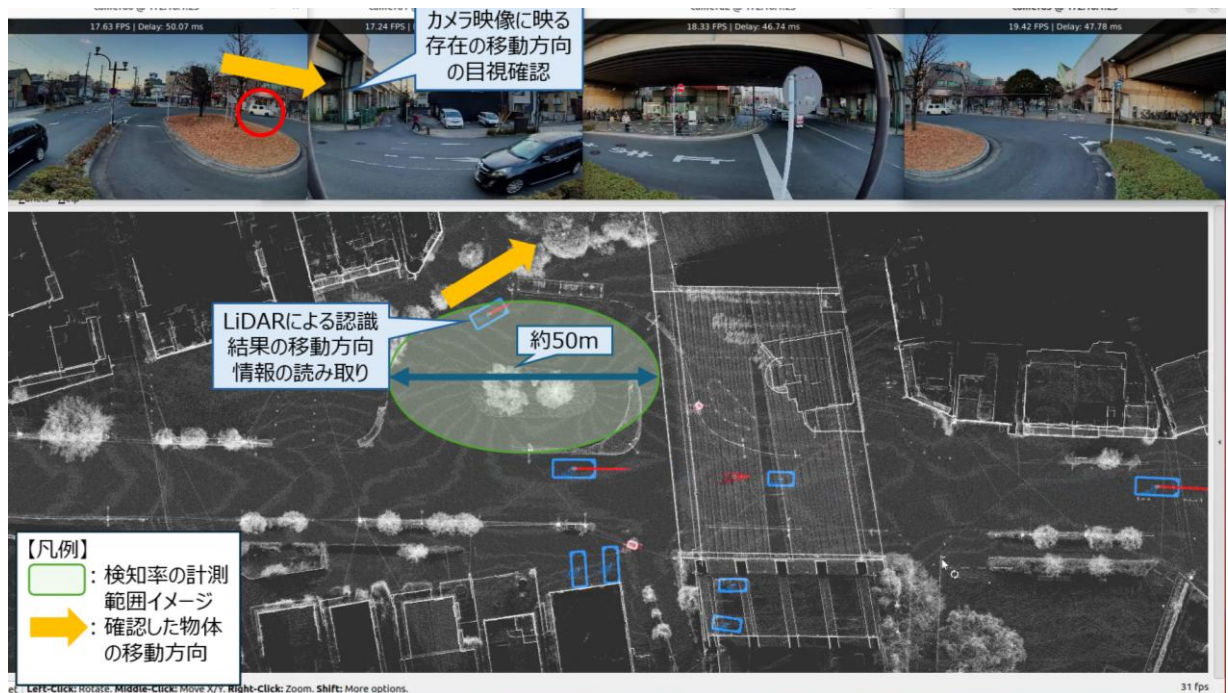


図 4-39 監視映像を用いた移動方向認識率の実証風景

(7) KGI/KPI

表 4-14 KGI/KPI

定性評価 /定量評価	番号	目標値
定性評価	1	センサー・カメラの情報通知
	2	駅前ロータリーでの動作
	3	監視員による視認、存在の区別
定量評価	4	ローカル 5G スマートポールの配信映像条件映像遅延：平均 300msec 以内 フレームレート：平均 15fps 以上 画質：HD 画質 (ローカル 5G スマートポールに設置したカメラ 4 台にて確認)

1) センサー・カメラの情報通知

ローカル 5G スマートポールのセンサー・カメラデータを通して、ローカル 5G スマートポールの見通し内かつロータリー内約 50m 範囲超に存在する歩行者、自転車/二輪車、自動車の情報を遠隔監視拠点の監視員役に正しく通知できることを確認しました。

a. 情報通知の評価方法

第二期関係者試乗期間において、ローカル 5G スマートポールの見通し内かつロータリー内約 50m 範囲超に存在する歩行者、自転車/二輪車、自動車を、ローカル 5G スマートポールのセンサー・カメラデータを通して遠隔監視拠点で監視員役が視認できることを確認し、視認できた回数を計測しました。

2) 駅前ロータリーでの動作

ローカル 5G スマートポールに設置したセンサー・カメラデータから、ロータリーへ進入した先のお他車両が検知できることを確認しました。

a. ロータリーでの動作の評価方法

自動運転車両が進入するロータリー内に、先に滞留している他車両がある際に、ロータリー 5G スマートポールより通知された情報を元に、予め手前の停止線で停車する判断が実施できることを確認しました。

具体的には、ロータリー内に進入する 50m 以上手前で、走行継続あるいは緩いブレーキ等の運転操作で停止線停止を行う判断等を、余裕をもって予め認知判断が可能かについて自動走行実験結果をもとに確認しました。なお、ローカル 5G スマートポールからの認識情報は直接車両接続には用いず、本実証においては同乗係員が余裕をもって認識できたかどうかまでを確認し、ドライバーは自らの目視判断で必要な運転操作を行い実証しました。

3) 監視員の視認、区別

ローカル 5G スマートポールが配信するセンサー・カメラデータから、ローカル 5G スマートポールの見通し内かつロータリー内約 50m 範囲超に存在する歩行者、自転車/二輪車、自動車の存在を、遠隔監視拠点の監視員役が正しく視認・区別できることを確認しました。

a. 視認性の評価方法

ローカル 5G スマートポールのセンサー・カメラ双方の情報から、ローカル 5G スマートポール拠点から見通し内約 50m 範囲超に存在する歩行者、自転車/二輪車、自動車の存在を遠隔監視拠点の監視員役が視認でき、さらに歩行者、自転車/二輪車、自動車の移動方向（交差点へ接近しているか・遠ざかっているか）を区別可能であることを確認しました。遠隔監視役が歩行者、自転車/二輪車、自動車の視認ができない場合や、その移動方向の区別がつかない場合は、通信品質やセンシング機器の精度など事象発生時の原因を考察しました。

ローカル 5G スマートポールに設置したセンサー・カメラデータから、ロータリー全体（見通し約 50m）範囲超に存在する歩行者、自転車/二輪車、自動車を、遠隔監視拠点から監視員役が視認でき、歩行者、自転車/二輪車、自動車の移動方向（東西南北の方位相当）を区別可能であることを確認しました。

監視員役による歩行者、自転車/二輪車、自動車の視認ができない場合や、その移動方向の区別がつかない場合は、通信品質やセンシング機器の精度など原因に対する考察しました。

また、遠隔監視役からの視認・区別の確認については、ローカル 5G スマートポール設置場所にスタッフを配置して監視員役へ連絡を行うことで、遠隔監視拠点のモニター映像とローカル 5G スマートポール設置場所のスタッフから見た視認情報（歩行者、自転車/二輪車、自動車の存在および移動方向）に差分がないことを確認しました。

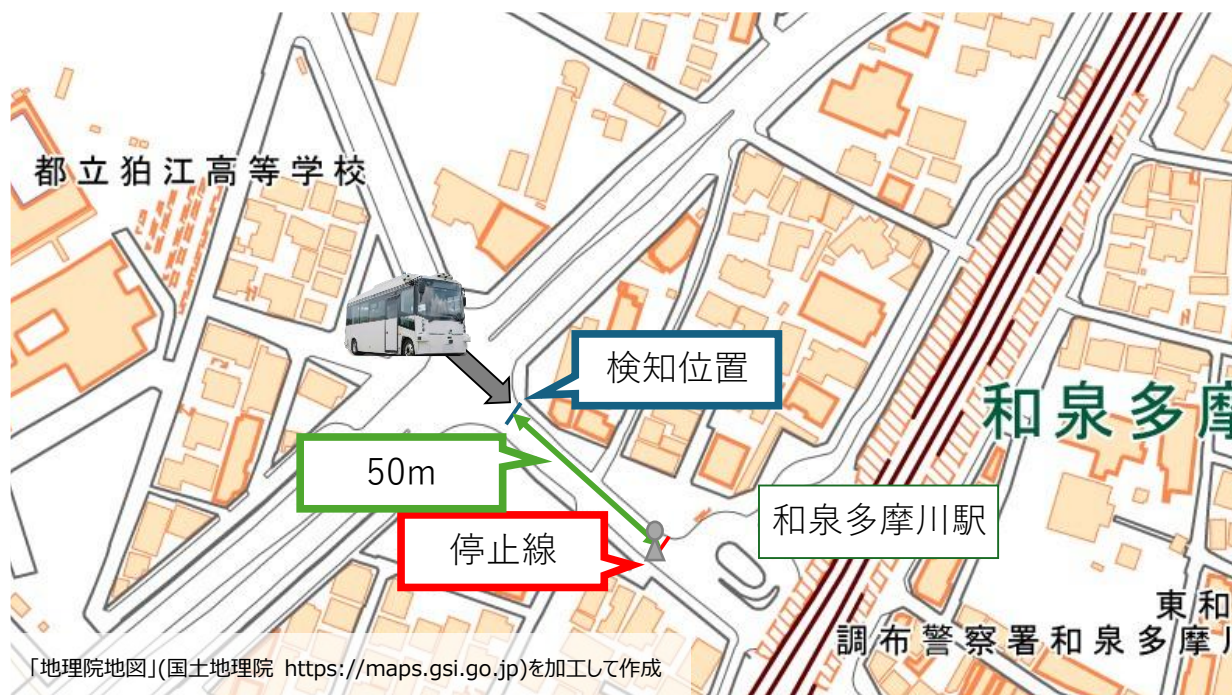


図 4-40 監視員から自動運転車両への通知タイミング（駅前ロータリー）

4) ローカル 5G スマートポールの配信映像条件

ローカル 5G スマートポールが配信するセンサー・カメラデータについて、配信映像が遠隔監視に必要な映像条件を満たしていることを確認しました。

a. 映像品質の評価方法

令和 4 年度課題解決型ローカル 5G 等の実現に向けた開発実証【開発実証事業】「空港制限区域内におけるターミナル間連絡バスの複数台遠隔型自動運転（レベル 4 相当）に向けた実証」では、遠隔監視に必要な映像の要求仕様として「フロント画面 HD 画質（1280x720）、周囲・車室内画質（640x480）」を設定し、ローカル 5G 網内に設置した MEC 型映像配信試験用 WebRTC サーバを用いて評価し、全ての走行ルート上の地点にて充足することを確認しました。

本実証では、対象物の動きを視認することに着目し、新しい映像条件を設定しました。ローカル 5G スマートポールによる遠隔監視からの配信映像において、システム全体で必要とされる所要性能として画質の要求仕様を HD 画質としました。フレームレートについては、過年度の実証にて設定した 9fps 以上から平均 15fps 以上へ引き上げました。映像遅延についても、過年度の実証にて設定した平均 400msec 以下ではなく、平均 300msec 以下としました。これらの所要性能を設定し、配信映像の映像品質を測定することで、過年度実証よりも「動き」を重視したローカル 5G による映像配信が可能であるかを評価しました。また、映像配信時の通信品質（画質、フレームレート、映像遅延、通信速度）については、ローカル 5G および Wi-Fi で測定値の比較評価を行いました。

4.4 明瞭な映像・音声による常時遠隔監視を実現する自動運転用軽量映像伝送システムの実証

※当該ユースケースは本実証対象外のため記載なし

4.5 高度な安全配慮が必要な踏切道や緊急車両行き違い等ボトルネックケースにおける他者とのシステム連携による安全性向上

※当該ユースケースは本実証対象外のため記載なし

4.6 経済性・実装性向上のための通信システムの標準化・量産化・共通化の実証

※当該ユースケースは本実証対象外のため記載なし

4.7 レベル4の社会実装に向けた検討

4.7.1 運用検証

(1) システムの操作性やユーザインターフェースに関する評価（特に監視員の軽減負担等）に対応

本実証においては、センサー・カメラで取得した情報を遠隔監視拠点、自動運転車両、ローカル 5G スマートポールの三拠点間で伝送しました。

基礎的な検証としてローカル 5G スマートポールに搭載したカメラおよびセンサーの監視映像を KPI（平均映像遅延 300msec 以下・HD 画質・平均フレームレート 15fps 以上）を満たし、リアルタイムかつ滑らかに表示するため、通信区間の遅延等に必要な通信評価を行いました。

通信区間においては、ローカル 5G スマートポール PC①～遠隔監視拠点処理サーバ間で 50msec（映像関連処理 250msec）と設計しました。なお、ドライバーの認知反応時間（裁判例 87 件の認知反応時間統計）0.75～0.8 秒[1]（中川他，“人間ドライバの実交通環境における認知反応時間に関する研究”，交通安全環境研究所, 令和 4 年度後援会）を参照し、認知・判断・制御を行う時間内に収まり、自動車や自転車/二輪車、歩行者について、センシングや処理、表示できることまでを行えることを目的として、映像遅延 300msec（通信区間）と設定しました。

レベル 4 自動運転車両の社会実装に向けて、取得した周辺環境情報について、通信を介して伝送が行えることを検証しました。これにより、監視員の負担軽減について、まず特定自動運行主任者が状況を即時かつ常時映像と補足的にセンサーデータによって、車両周囲の交通状況が見通し外の領域で自動運転車両および、ローカル 5G スマートポールを介して入手できることを確認し

ました。

本実証においては上記を考慮し、以下検証を行いました。

1. ローカル 5G スマートポールにて認識した存在を監視員役へ通知し、監視員が通知を受けて自動運転車両を停止するなどゆっくり制動を取るまでに要する時間を計測しました。
2. ローカル 5G スマートポールにて認識した存在を監視員役へ通知し、監視員が通知を受けて自動運転車両へ情報共有をした段階での存在情報元（横断する歩行者や死角から飛び出す自転車等）までの距離を計測しました。

1) 通信区間における遅延計測方法

計測クライアントと計測サーバをローカル 5G システムに接続し、計測クライアントから送信した時間と受信した時間の差をローカル 5G 単体の往復通信遅延として計測しました。

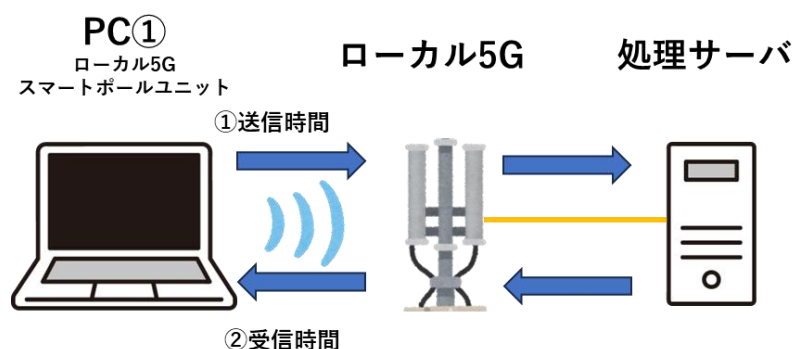


図 4-41 ローカル 5G を含めた通信遅延（往復時間）の計測

2) ローカル 5G スマートポール情報の伝送に要する時間の計測方法

ローカル 5G スマートポールにて認識した存在を監視員役へ通知し、監視員役が通知を受ける（自動運転車両を停止するなどゆっくり制動を取れる状態になる）までに要する時間を計測しました。

3) 自動運転車両の同乗者に通知したときの交差点までの距離を計測

ローカル 5G スマートポールにて認識した存在を監視員役へ通知し、自動運転車両に同乗する保安員が通知を受けた時点の停止線（信号のない交差点や横断歩道の手前）までの距離を計測しました。

(2) 通信システム等の導入による業務フローや運行経路、人員配置等の見直しなど、地域交通の持続性への寄与度

将来的なレベル 4 自動運転車両の実装に向けて、特定自動運行に係る許可制度で必須とされている特定自動運行主任者が同乗せず監視員として役割を担うことが、ドライバーレスによる運行を推進するために重要です。特に、本実証を進める狛江市だけではなく、ドライバー不足問

題を抱える各基礎自治体とその地域で事業を営む地域公共交通事業者にとって、第二種大型・中型自動運転免許を持つドライバーが不要な運行とすることが、区域内における地域公共交通全体のドライバー不足解消に寄与することを狙います。

本実証においては、遠隔監視装置にて自動運転車両の周囲状況を高精細な映像で確認できることを検証します。具体的には、予め定めた映像要件（フロント画面 HD 画質、その他 VGA 以上、映像遅延 400msec 以下）を満たし、映像伝送で送られている動画がブロックノイズ等で被写体が見えにくいことや、コマ落ちなどの遅延が生じて動きを制御することの意義は大きいと考えています。

表 4-15 本実証で目標とする映像要件

項目	条件
映像遅延	400msec 以内（無線区間は 50msec 以内）
映像伝送 （スループット・フレームレート）	スループット：上り 40Mbps 以上 フレームレート：9fps 以上 フロント画面 HD 画質、その他 VGA 以上 計 8 台のカメラ（1 台あたり 5Mbps）

また、ローカル 5G スマートポールからのデータを事前に監視員が把握することは、監視員のサポートだけでなく走行エリア・ルートにおける危険走行箇所の洗い出しにも繋がるため、走行経路の策定にも寄与すると考えます。

ローカル 5G 単独のエリア構築ではなく、キャリア通信と冗長化させてローカル 5G をスポット的に導入することで、導入を検討している自治体のコスト低減を図るとともに、本実証におけるローカル 5G スマートポールとの連携などマルチユースケース化を図ることで、地域交通への受容性や持続可能性を高めることに寄与するものと考えています。

本実証により、路線バスのドライバー不足（バス運転者の高齢化、改善基準告示の改正、コロナによる離職等）、若者・子育て層・高齢者等の様々な世代が暮らしやすい住環境の構築（自動車に依存しない移動環境、市内・市内外の交流等の地域活性化）、安全な交通環境の維持等の課題解決を図ります。また、自動運転、グリーンスローモビリティ、AI オンデマンド交通、MaaS 等の先端技術の積極的な導入を行うことで、未来に向けたチャレンジを市民に示し、シティプライドのシンボル形成を図ります。

1) 自動運転車両の走行ルートにおける測定地点の策定

本実証における自動運転車の走行ルート上に 39 箇所の測定地点を設け、時系列に沿って和泉多摩川駅ロータリー入口を始点とした 1 往復分につきローカル 5G における計測対象エリアを設定し計 23 回測定しました。以下に測定地点と詳細情報を示します。

表 4-16 測定地点の詳細情報

項番	地点名	緯度	経度	ローカル5G対象エリア
1	和泉多摩川駅ロータリ入口	35.62675	139.57265	対象
2	和泉多摩川駅ロータリバス停	35.62681	139.57291	対象
3	和泉多摩川駅ロータリ出口	35.62658	139.57289	対象
4	信号①（狛江高校前）	35.62730	139.57189	対象
5	信号②（狛江高校横）	35.62881	139.57111	-
6	信号③（西河原通り）	35.63014	139.57128	-
7	信号④（田中の池児童公園横）	35.63141	139.57178	対象
8	信号⑤（田中橋交差点）	35.63308	139.57246	対象
9	信号⑥（古民家園前）	35.63318	139.57129	対象
10	バス停①（児童公園）	35.63332	139.57005	-
11	信号⑦（あいとぴあセンター）	35.63349	139.56826	-
12	信号⑧（麺工房太田亭）	35.63373	139.56633	-
13	信号⑨（水神前）	35.63401	139.56529	-
14	信号⑩（多摩川住宅南口）	35.63508	139.56344	対象
15	バス停②（多摩川住宅南口）	35.63607	139.56420	対象
16	交差点①（スーパードライバーズ）	35.63742	139.56521	対象
17	信号⑪（多摩川住宅東）	35.63836	139.56575	対象
18	信号⑫（西和泉グラウンド）	35.63904	139.56590	対象
19	交差点②（品川道行）	35.64006	139.56566	対象
20	交差点③（西和泉体育館）	35.64058	139.56517	対象
21	信号⑬（多摩川住宅北）	35.64134	139.56408	-
22	交差点④（多摩川住宅内入口）	35.64174	139.56325	-
23	交差点⑤（多摩川住宅内出口）	35.63874	139.56281	-
24	交差点⑥（多摩川住宅中央通り）	35.63841	139.56455	-
25	信号⑪（多摩川住宅東）	35.63836	139.56575	対象
26	交差点①（スーパードライバーズ）	35.63742	139.56521	対象
27	バス停②（多摩川住宅南口）	35.63607	139.56420	対象
28	信号⑩（多摩川住宅南口）	35.63508	139.56344	対象
29	信号⑨（水神前）	35.63401	139.56529	-
30	信号⑧（麺工房太田亭）	35.63373	139.56633	-
31	信号⑦（あいとぴあセンター）	35.63349	139.56826	-
32	バス停①（児童公園）	35.63332	139.57005	-
33	信号⑥（古民家園前）	35.63318	139.57129	対象
34	信号⑤（田中橋交差点）	35.63308	139.57246	対象
35	信号④（田中の池児童公園横）	35.63141	139.57178	対象
36	信号③（西河原通り）	35.63014	139.57128	-
37	信号②（狛江高校横）	35.62881	139.57111	-
38	信号①（狛江高校前）	35.62730	139.57189	対象
39	和泉多摩川駅ロータリ入口	35.62675	139.57265	対象



「地理院地図」(国土地理院 <https://maps.gsi.go.jp>)を加工して作成

図 4-42 測定地点の概要情報



「地理院地図」(国土地理院 <https://maps.gsi.go.jp>)を加工して作成

図 4-43 測定地点の詳細情報 (項番 1～5)



「地理院地図」(国土地理院 <https://maps.gsi.go.jp>)を加工して作成

図 4-44 測定地点の詳細情報 (項番 6～12)



「地理院地図」(国土地理院 <https://maps.gsi.go.jp>)を加工して作成

図 4-45 測定地点の詳細情報 (項番 13～16)



「地理院地図」(国土院 <https://maps.gsi.go.jp>)を加工して作成

図 4-46 測定地点の詳細情報 (項番 17～24)

2) スループット評価方法

走行ルートにおいて、ローカル 5G 網内の電波品質・強度が映像要件を充足しているかを確認するために UDP プロトコルを用いた iPerf を実行し、アップロードのスループットを計測します。本検証は自動運転車両実験を開始する前に、弊社にて実験車両を試作し、走行ルート内区間で手動運転にて実施しました。

3) 画質評価・フレームレート評価方法

映像要件として定めた HD 画質 (1280x720) カメラ 8 台及びフレームレートについて、ローカル 5G 網内に設置した MEC 型映像配信試験用 WebRTC サーバを用いて評価し、表 4-16 で定めた (測定地点の詳細情報) 走行ルート上のローカル 5G 計測対象地点にて充足することを確認しました。本検証は自動運転車両実験を開始する前に、弊社にて実験車両を試作し、走行ルート内区間で手動運転にて実施しました。

4) 映像遅延評価方法

映像要件として定めた映像遅延について、ローカル 5G を通じてパブリッククラウド上にある自動運転車両内の映像と遠隔監視装置を用いて評価し、表 4-16 で定めた (測定地点の詳細情報) 走行ルート上のローカル 5G 計測対象地点にて充足することを確認しました。

映像遅延の評価方法は、ネットワーク経由で NTP サーバから時刻を同期した時刻表示 PC を自動運転車両内で映像用車内カメラに投影し、同じくネットワーク経由で NTP サーバから時刻を同期

した遠隔監視装置に対して映像配信を行います。自動運転車両内での送信側映像と遠隔監視装置に出力された受信側映像との時刻の差を映像遅延として計測しました。

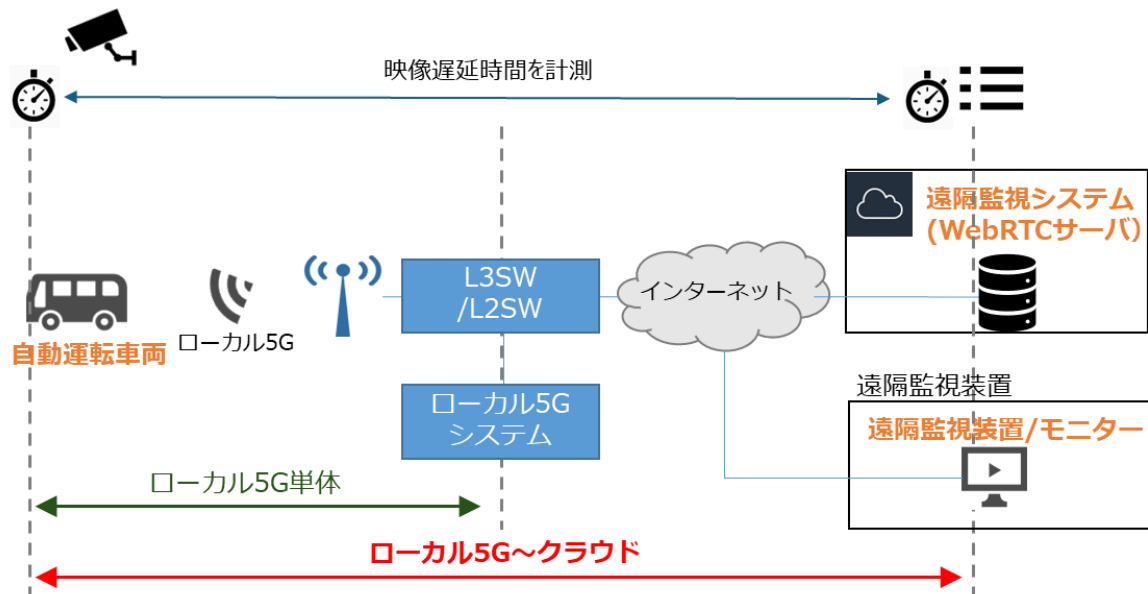


図 4-47 試験構成概念図

計測における NTP サーバについては、独立行政法人情報通信研究機構（NICT）の日本標示時に同期された公開サーバ（NICT 公開 NTP サービス：ntp.nict.jp）を利用し、NTP サーバが提供する時刻を各 PC およびサーバにて同期しました。



図 4-48 受信側映像の時刻表示画面例

映像遅延時間の計測は、時刻表示 PC と遠隔監視装置を時刻同期させたうえで、「時刻表示 PC に接続されたモニター画面の現在時刻表示」と「遠隔監視装置に接続したモニター画面の現在時刻表示」の差分としました。

本実証における映像遅延の計測時間を示すタイミングチャート概念図は下記の図の通りです。

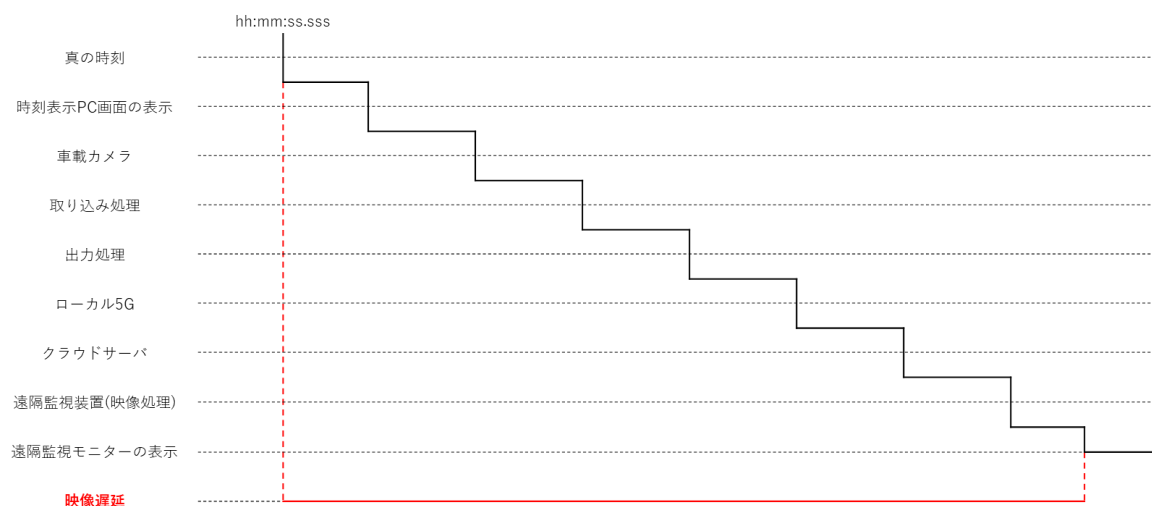


図 4-49 ローカル 5G 区間を含む映像遅延時間の計測区間

(3) データの処理・管理に係る運用などのセキュリティ対策

国連規格 UN-R155/156 及び ISO 21434 の技術要件に基づいて自動運転車両のセキュリティ対策を実施し、ISO 21434 の組織要件に対応します。収集データは車載のローカルストレージで処理・保管され、クラウドへの転送時には暗号化とデバイス認証によりデータ保護し、なりすまし防止を図ります。クラウドストレージ上のファイルも暗号化することで、データ漏洩リスクを最小限に抑えています。

クラウド環境におけるアクセス制御は、権限管理とマルチファクタ認証を組み合わせた厳格な対策を実施しており、不正アクセスを防止しています。

さらに、常時監視システムを導入するため、異常を即座に検知可能です。機密データへのアクセスは最小特権の原則に基づき制限し、データの機密性と整合性を確保します。

加えて、従業員に対するセキュリティ教育にも注力しています。定期的なトレーニングや模擬演習を通じて、ポリシーの周知徹底とセキュリティ意識の向上を図り、人的ミスによるリスクの低減に努めました。

以上の多層的なセキュリティ対策により、レベル 4 自動運転システム全体のセキュリティを担保し、データ保護と安全な運用を実現するとともに、継続的な監視と改善でリスク低減を図りました。

また、ローカル 5G スマートポール部分については前述のとおり、ローカル 5G の DNN および VLAN 技術を活用した、他のインターネットアクセスと隔離した接続構成による情報の改ざんや漏洩、消去等を防止する工夫を施しているため情報漏洩などの心配はありません。

さらに、レベル 4 自動運転システムで用いる遠隔監視装置は TLS 接続前提でクラウドサービスへ接続しています。また、キャリア通信とローカル 5G を跨る構成を充足しており、こちらも Web をベースとした IF へ変換してやりとりされており、400msec 以内の遅延基準を満たしており問題ありません。

1) 通信システムにおけるセキュリティ対策の評価方法

本実証における通信システムの構築結果について論理構成図等をもとにセキュリティ対策を記載し、実証期間中のセキュリティインシデントの件数を確認しました。

(4) 通信システムの維持管理・保守

●自動運転車両/システム

自動運転車両（Minibus）においては走行開始前に、始業前点検と終業後点検を行います。自動運転車両自体の状況確認（タイヤの空気圧など走行における支障や劣化状態の確認）に加え、外装されたセンサー・カメラ等の具備された機器の状態確認も行いました。その後、手動運転および自動運転で経路上の安全確認の試走を行いました。点検等で不具合発生時には、現場で復旧可能な器具類を用意し、必要な是正を行い、簡易整備で難しい場合は近隣拠点の NTT 中央研修センタ等で整備を行ったうえで実証を再開します。

加えて、必要なサイバーセキュリティ対策を行いました。なお、本実証で構成する VPN 技術を活用したセキュアなシステム構成についても外部からのインターネットアクセスを遮断した状態で開発中のため、必要なエンジニアを配置し試験運用しました。

●ローカル 5G システム（ギガらく 5G）

1. 状態監視

- ・専用監視システムでセンター拠点、ユーザー拠点を 24 時間 365 日監視、アラーム検知
- ・アラーム発生箇所を切り分け、一次措置。必要時、訪問修理手配を実施（平日 9:00-21:00）

2. 問合せ対応

- ・サービスに関する問合せや設定変更代行、故障申告等をサポートセンタ対応（平日 9:00-21:00）

3. 訪問修理

- ・サービス利用不可の申告があった場合、故障箇所の切り分け及び、故障箇所の復旧対応等を実施

4. メンテナンス

- ・サービスの品質維持のため、不定期に 5G コア及び RAN 装置各種のソフトウェアバージョンアップ等を実施

●ローカル 5G 基地局、ローカル 5G スマートポール

1. 保守対応：平日 9:00-17:00

2. 機器オンサイト：

- ・建柱取付け機器（アンテナ/RU/カブラ）または光ケーブル補修のオンサイト対応
- ・発生想定回数期：2 回/基地局毎（SLA 無し）

3. 目視点検：

- ・安全確認観点より設置機器の損傷確認、RU ランプの正常可否確認
- ・実施回数：2 回/月（保守期間中）

1) 通信システムの維持管理・保守の評価方法

本実証における通信システムの維持管理・保守について実施内容（点検実施回数等）を記録し、保守対応件数を確認しました。

4.7.2 効果検証

(1) 通信システム等の運用の有無による手動介入回数・運行停止時間等の変化

走行区間全体における手動運転介入回数について測定しました。将来的なレベル 4 自動運転の社会実装に向けては、人的な介入なしで安定した走行が実現できることが求められるため、

走行予定経路を自動運転で一定期間走行し、エラー等による緊急停止にてテストドライバーによるマニュアルオーバーライドが必要な区間や回数を確認します。アウトカムとして、走行区間全体における手動運転の介入回数とその起因となる事象の発生回数を測定しました。

そのうえで、自動運転車両単体では対処が困難であったテストドライバーによるオーバーライドシーンについて、遠隔側から車載映像やローカル 5G スマートポールの情報を用いることで、円滑な走行を継続できるケースを整理し、有用性の確認を行いました。

1) 手動介入回数の発生件数測定とカテゴライズ方法

走行中の手動介入の発生回数と起因となる事象を記録し、各起因となる事象ごとの件数をまとめて集計しました。

(2) 自動運転走行車を含む道路交通全体の安全性・円滑性向上の寄与度

以下 2 つのケースについて、ローカル 5G スマートポールによる安全性・円滑性の向上の寄与について確認しました。

- 交通量が多く渋滞が発生しやすいエリア（交差点・駅前ロータリー）で、右左折後の他車両滞留の有無がわかり、交差点進入の継続をあらかじめ確認できる
 - ・ 対象の道路種別：信号付き交差点、駅前ロータリー
 - ・ 通信技術：朝夕の住宅地内における 40Mbps 超の自動運転車両の帯域利用及びスマートポールユニット等の 2 式からの計 40Mbps 程度（1 式あたりカメラ 4 台）のセンサーアップロード通信および、道路沿いで通信利用の混雑に対応するため、ローカル 5G を用いました。
 - ・ 構成：キャリア通信と Wi-Fi を比較対象に効果検証等を行いました。
 - ・ センサ・カメラ技術：交差点右折後の進入路のスペースについて、渋滞時に交差点進入前の見通しの悪い環境にて利用できるか確認しました。また、LiDAR やセンサー、オフボードでの認識処理、映像等を表示し、遠隔監視装置側および車室内側モニターで確認しました。
- 歩行者及び自転車を主体とした交通体系の道路で混走し、余裕をもって一時停止できる
 - ・ 対象の道路種別：信号無し交差点進入
 - ・ 通信技術：朝夕の住宅地内における 40Mbps 超のレベル 4 自動走行システム向け自動運転車両の帯域利用と、スマートポール 2 式からの計 40Mbps 程度（1 式あたり 4 カメラ）のセンサーアップロード通信および、道路線沿いで通信利用の混雑に対応するため、ローカル 5G を用いました。
 - ・ 構成：キャリア通信と Wi-Fi を比較対象に、効果検証等を行いました。
 - ・ センサ・カメラ技術：道路周辺の構造物等で見通しの悪い箇所を通過する際、あらかじめ周辺の

- ・ 歩行者、自転車/二輪車、自動車の様子を確認可能なセンサー情報及び映像情報に処理を加えることでの利便性向上を確認しました。

1) 右左折後の他車両滞留有無検出についての評価方法

交差点からの見通し約 25m 範囲とロータリー全体（見通し約 50m）範囲超において、ローカル 5G スマートポールによって監視員役が映像を通して歩行者、自転車/二輪車、自動車を視認できるか確認しました。

(3) 通信システム等による支援によるルート設定の柔軟化・時間短縮・交通利便性の向上効果

自動運転単体の認知判断で、交差点や歩道上での立ち往生シーンや、見通し外のある交差点において横断歩道付近での急な減速などが想定されるシーンについて、第 1 期のリファレンスデータを取得する際にデータ収集を行いました。

そのうえで、ローカル 5G スマートポールによる効果シナリオが具体的に想定されるシーンについて、繰り返し走行等を行い、その利便性を確認しました。

● 時間短縮の確認

交差点内での緊急停止による立ち往生、緊急停止からの運転再開までのリードタイムと事前に停止線で停止し、再発進するまでのリードタイムを比較することで短縮可能性があるかを検討しました。

● 交通利便性の向上効果

ロータリーや交差点での緊急停止を未然に防ぐことは円滑な道路交通に寄与するためローカル 5G スマートポールにより、事前に進入先の交通状況（滞留車の有無など）を把握し、停止線などで進入前に停止可能か確認しました。

● 指標

- ・ 交差点内、横断歩道付近での立ち往生シーン
(10 月期ローカル 5G スマートポール設置前と設置後に予め反応できたケースの比較：意図的なオーバーライドによる停止回数)
- ・ 横断歩道付近再発進後の急停止等のシーン
(10 月期ローカル 5G スマートポール設置前と設置後に予め反応できたケースの比較：意図的な横断歩道付近での停止継続の回数)

(4) 初期コスト・ランニングコスト負担の在り方、自動運転システムと他サービスの連携、シェアリング等によるコスト低減化方策

初期コスト・ランニングコスト負担の在り方を検討するために本実証をもとにレベル4自動運転を実装した場合にかかる初期コストと、ランニングコストの想定を試算し、ビジネスモデルとしての適用可能性を検証しました。

1) ビジネスモデルとしての適応可能性の検証方法

実装に向け本実証にかかる初期コストやランニングコストについて確認し、それをもとにビジネスモデルとしての適応可能性を検討するための必要なポイントを示しました。

(5) 自動運転車両利用者、沿線・道路利用者への影響・社会受容性

レベル4自動運転の社会実装に向けては、1.4章「最終目標・イメージ」で前述のとおり当該地域の理解を得ていくことが肝要です。本実証期間内に地域住民に実際に自動運転車両に試乗いただく機会を作るとともに、試乗した際の自動運転に対する意識を確認すべく、地域住民の自動運転に対する懸念点を調査しました。

また、地域公共交通会議に参加するステイクホルダーへの認知・理解を促進するため、狛江市より周知を実施していただき、関係者試乗走行および意見収集を本実証期間内に実施しました。さらに、地域のステイクホルダーとの対話を交えながら、実際に走行するうえでの既存交通手段との共存や懸念点等をヒアリングし、行動変容につながる意識醸成を図りました。

1) 地域住民の自動運転に対する懸念点の調査方法

自動運転車両利用者、沿線・道路利用者の受容性向上に向け住民試乗会を実施し、自動運転車両に試乗した狛江市居住者を対象に、個人属性、自動運転車両について、道路利用者視点での自動運転車両についての大きく3パートに分類し、実際に試乗した感想や導入に向けた意向等をアンケート調査によって収集し、地域住民の自動運転に対する懸念点を調査しました。

5.1 通信システムの全体像

本実証では、レベル4自動運転車両及び通信システムとローカル5Gスマートポールを構築しました。本実証におけるネットワーク構成の各要素は以下の通りです。

- LiDAR や AI カメラ映像で検知した情報を、ローカル 5G または Wi-Fi の通信により遠隔監視装置および自動運転車両へ伝送し、必要に応じて監視員役より自動運転車両へ動作を指示しました。

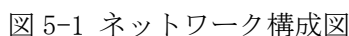
- ローカル 5G のコア設備を搭載するサーバラックとローカル 5G で使用する GPS のアンテナを設置しました。

- 自動運転車両及びローカル 5G スマートボールの情報を表示しました。

●NTT 中央研修センタ

自動運転車両及びローカル 5G スマートポールの情報に関する各種計測を実施しました。

また、上記について全体のネットワーク構成を下記の図に示しました。

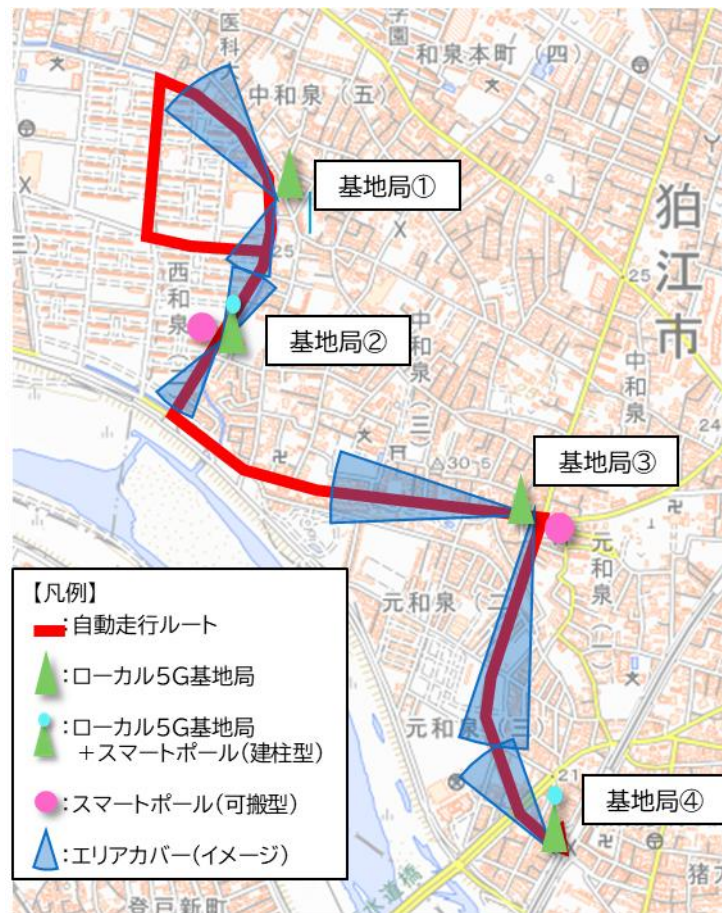


5.1.1 各通信システム設置場所及びエリアカバレッジ

各通信システム設置場所及びローカル 5G のエリアカバレッジを以下に示します。

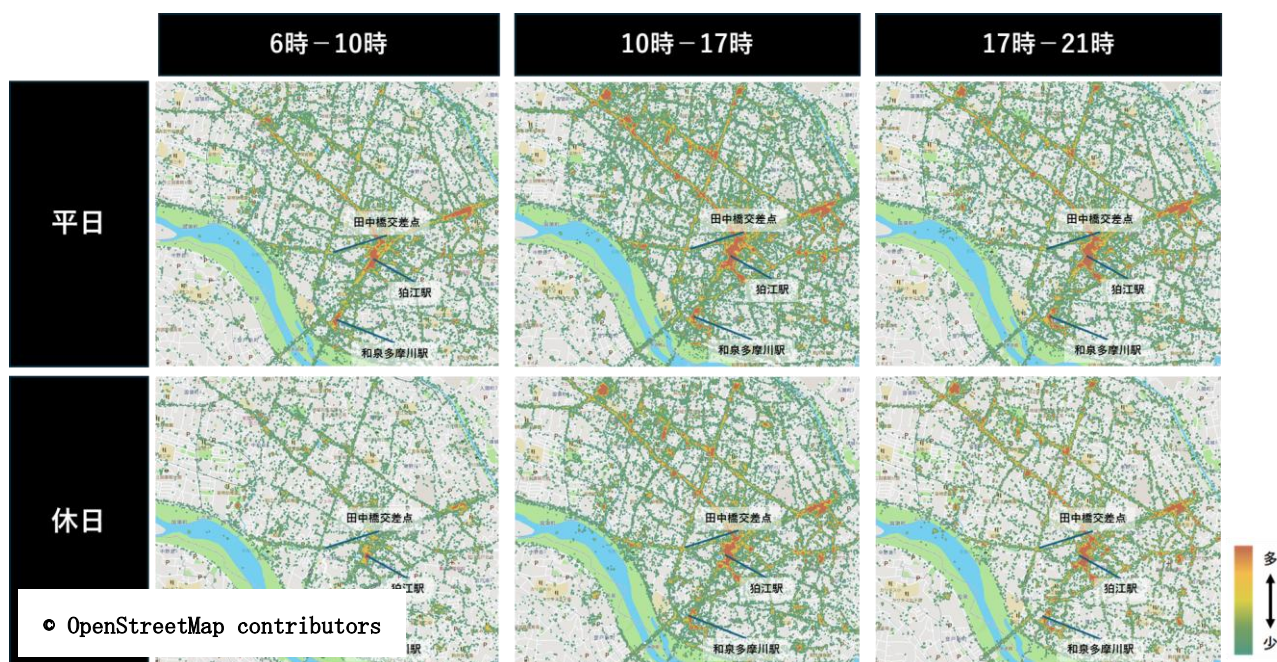
なお、ローカル 5G のカバーエリア以外については、キャリア通信を用いて実証しました。

ローカル 5G 基地局の設置箇所の検討にあたっては、平日・土休日それぞれの時間別の人流量の比較をヒートマップでの人流量可視化等を参考としました。狛江市内全体では狛江駅周辺が特に人流量が集中しています。実証ルート周辺においては「田中橋交差点」および「和泉多摩川駅前ロータリー」が、相対的に人流量が集中し、キャリア通信の混雑・遅延等が懸念されるスポットとなっております。



「地理院地図」(国土地理院 <https://maps.gsi.go.jp>)を加工して作成

図 5-2 ローカル 5G のエリアカバレッジ



OpenStreetMap のデータを加工して作成 (<https://www.openstreetmap.org/copyright>)

図 5-3 平日・土休日それぞれの時間別人流ヒートマップ

5.1.2 ローカル 5G サーバラック・GPS の設置場所及び写真

ローカル 5G サーバラック・GPS の設置場所及び写真を以下に示します。

サーバラック・GPS：あいとぴあセンター

住所：東京都狛江市元和泉 2 丁目 35-1



「地理院地図」(国土地理院 <https://maps.gsi.go.jp>)を加工して作成

図 5-4 サーバラック・GPS の設置場所

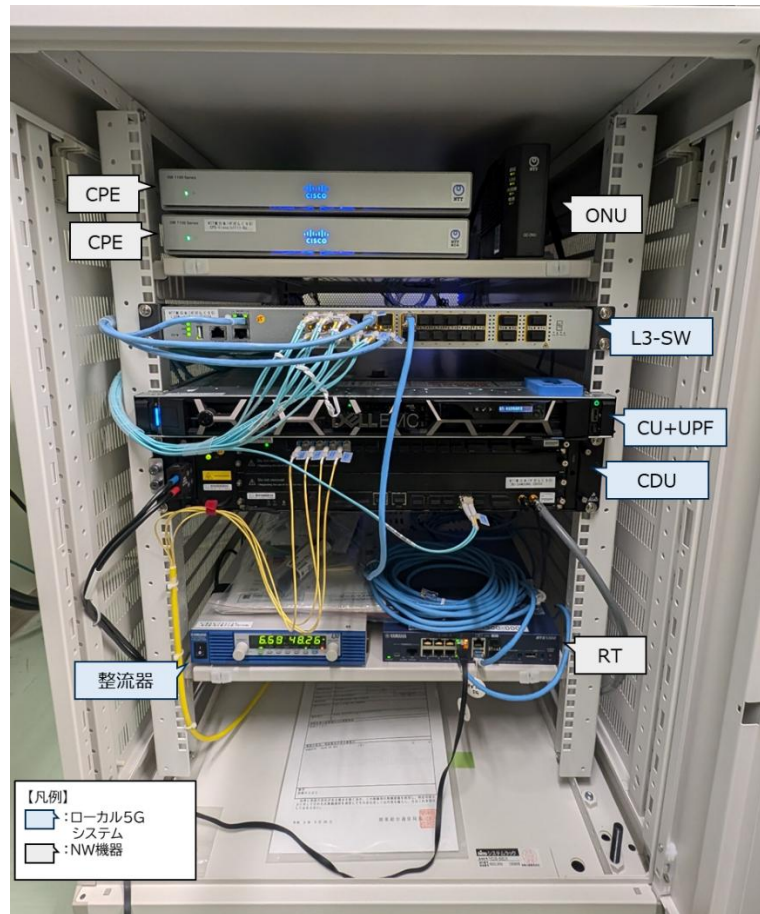


図 5-5 サーバラックの設置写真



図 5-6 GPS の設置写真

5.1.3 ローカル 5G 基地局及びローカル 5G スマートポール（装柱型）の 設置場所及び写真

ローカル 5G 基地局及びローカル 5G スマートポール（装柱型）の設置場所及び写真を以下に示します。

(1) 基地局①：多摩川住宅北側

- ・住所：東京都狛江市中和泉 5 丁目 22 付近

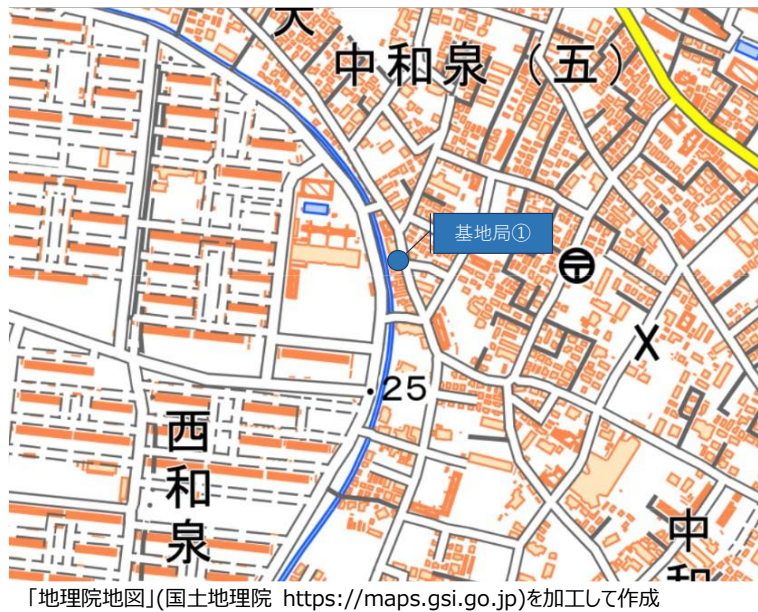


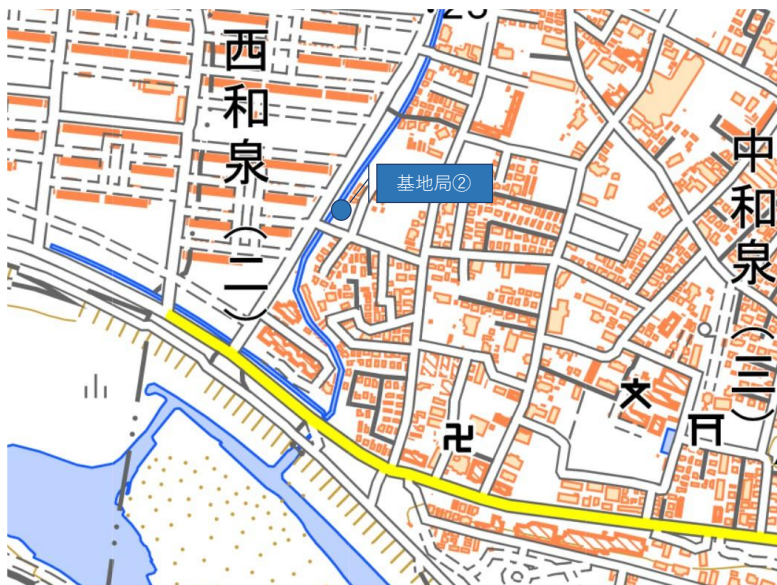
図 5-7 基地局①の設置場所



図 5-8 基地局①の設置写真

(2) 基地局②：多摩川住宅南側

- ・住所：東京都狛江市中和泉4丁目22付近



「地理院地図」(国土地理院 <https://maps.gsi.go.jp>)を加工して作成

図 5-9 基地局②の設置場所

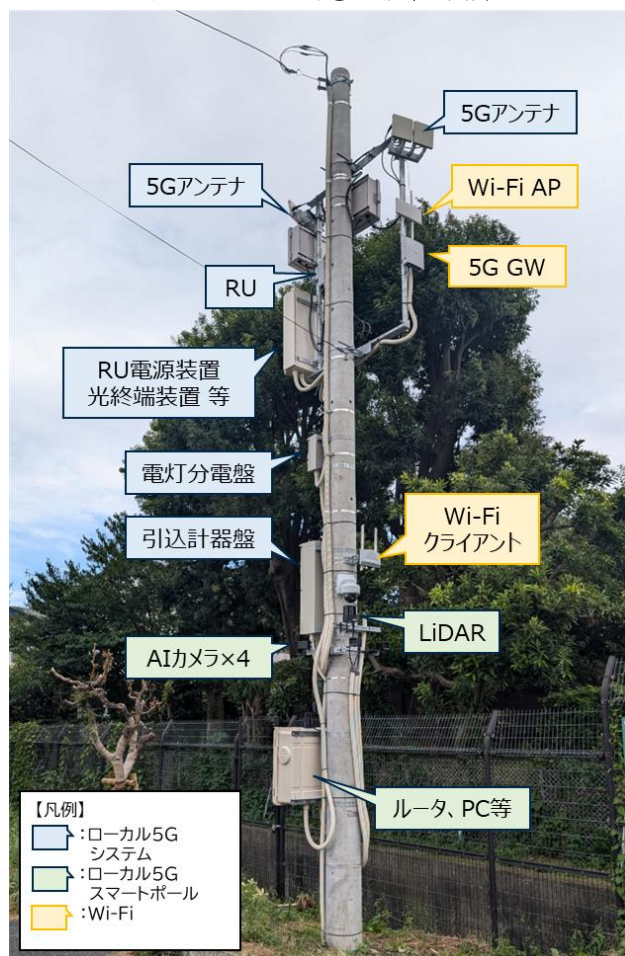


図 5-10 基地局②の設置写真

(3) 基地局③：田中橋交差点

- ・住所：東京都狛江市元和泉2丁目14付近



「地理院地図」(国土地理院 <https://maps.gsi.go.jp>)を加工して作成

図 5-11 基地局③の設置場所

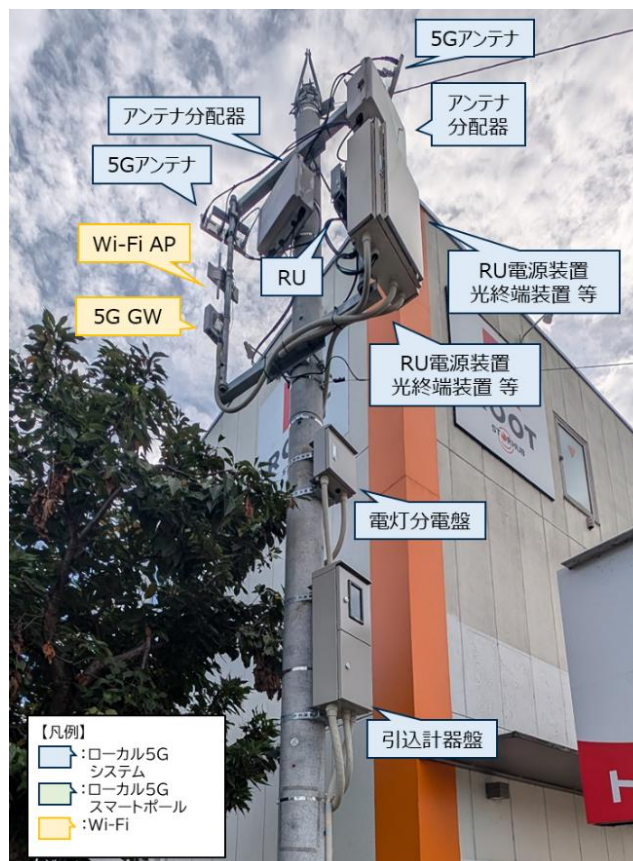


図 5-12 基地局③の設置写真

(4) 基地局④：和泉多摩川駅

- ・住所：東京都狛江市東和泉4丁目6付近



「地理院地図」(国土地理院 <https://maps.gsi.go.jp>)を加工して作成

図 5-13 基地局④の設置場所

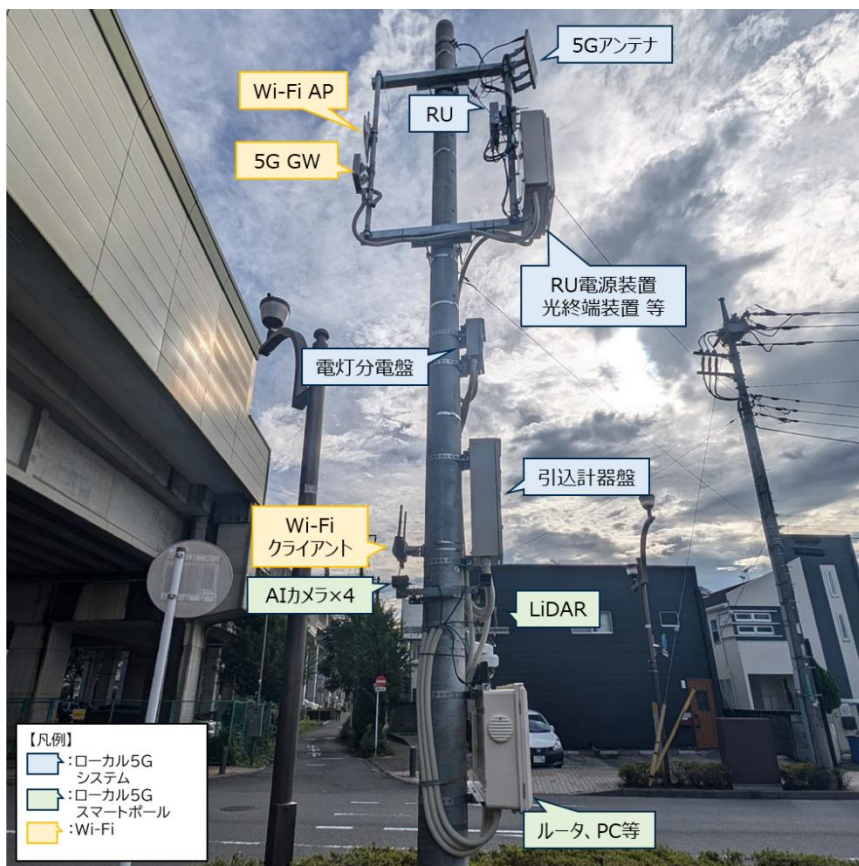


図 5-14 基地局④の設置写真

5.1.4 ローカル 5G スマートポール（可搬型）の写真

ローカル 5G スマートポール（可搬型）の写真を以下に示します。



図 5-15 ローカル 5G スマートポール（可搬型）の写真

5.2 使用機器・ソフトウェア一覧

5.2.1 ローカル 5G システム

本実証で利用するコアネットワーク装置、およびローカル 5G システムについては、NTT 東日本の提供するローカル 5G マネージドサービスである「ギガらく 5G」を使用します。システムの最大接続数は、1DU あたり基地局 6 台まで接続可能です。1 基地局あたり、端末の同時接続数は最大 512 台です。ローカル 5G システムの仕様は下記の表のとおりです。

表 5-1 ローカル 5G システム仕様

構成		5G SA 構成
周波数帯		4. 8GHz-4. 9GHz
帯域幅		100MHz
準拠仕様		3GPP Release 16
コア		閉域クラウド型のローカル 5G コア
通信方式		TDD
変調方式		QPSK/16QAM/64QAM/256QAM
スループット	同期 TDD	DL : 最大 1, 488Mbps UL : 最大 230Mbps
	準同期 TDD	DL : 最大 988Mbps UL : 最大 466Mbps
MIMO		DL : 4Layer UL : 4Layer

本実証では、価格低減や今後の拡張性を念頭にマネージドサービスのローカル 5G システムを導入します。当該マネージドサービスの 5G コアは、データセンタに構築された共用のクラウドコアであり、コアサーバの諸元は非公開となります。

(1) CU+UPF (Server PER640)

CU+UPF (Server PER640) 1 台をサーバラック内に設置しました。仕様は以下のとおりです。

表 5-2 Server PER640 仕様

寸法	482mm (W) × 805. 8mm (D) × 42. 8mm (H)
重量	21. 9kg
消費電力	MAX: 716. 1W/100%: 492W/70%: 387W ※MAX: 理論計算値の最大値電力値 100%: CPU ロード 100%時の電力値 70%: CPU 負荷 70%の時の電力値

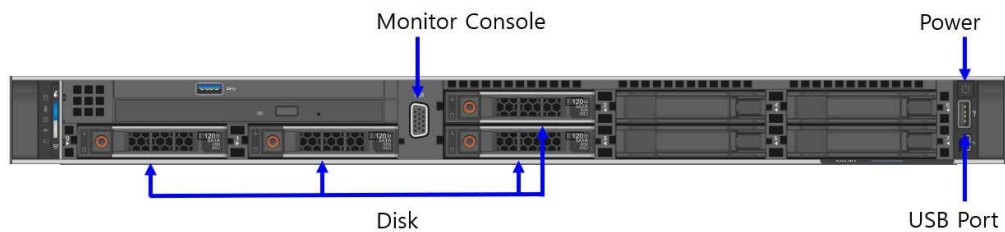


図 5-16 Server PER640 外観

(1) L3 スイッチ (ubiQuoss E7124)

L3 スイッチ (ubiQuoss E7124) 1 台をサーバラック内に設置しました。仕様は以下のとおりです。

表 5-3 ubiQuoss E7124 仕様

寸法	440mm (W) x400mm (D) x44mm (H)
重量	9.35kg
消費電力	(1) 常温 (25 度) 最大消費電力:175W (2) 50 度最大消費電力:201W



図 5-17 ubiQuoss E7124 外観

(1) DU (CDU50)

DU (CDU50) 1 台をサーバラック内に設置しました。仕様は以下のとおりです。

表 5-4 CDU50 仕様

寸法	434mm (W) × 385mm (D) × 88mm (H)
重量	18kg
消費電力	-GMA1+GCB1x1 :Max477W @25°C, Max577W @50°C -GMA1+GCB1x3 :Max1,079W @25°C, Max1,219W @50°C



図 5-18 CDU50 外観

(1) 整流器 (PWX750ML)

整流器 (PWX750ML) 1 台をサーバラック内に設置しました。仕様は以下のとおりです。

表 5-5 PWX750ML 仕様

機種名	菊水電子工業:PWX750ML
寸法	214mm (W) × 490mm (D) × 43mm (H)
重量	5kg
消費電力	750W, 0~80V/0~28A 薄型ワイドレンジ直流電源



図 5-19 PWX750ML 外観

(1) GPS アンテナ (GZ0000)

GPS アンテナ (GZ0000) 1 台をサーバラックが設置されている建物の屋上に設置しました。仕様は以下のとおりです。

表 5-6 GZ00001 仕様

寸法	高さ : 98.4mm, 幅 : 88.5mm
重量	187g (アンテナ単体)
消費電力	20mA 標準 (27mA 以下)
雷サージ耐量	IEC61000-4-5 Level4



図 5-20 GZ00001 外観

(1) ローカル 5G 基地局 (OutdoorRU)

ローカル 5G 基地局 (OutdoorRU) 4 台を実証エリア内の自動運転車両走行経路沿いに設置しました。仕様は以下のとおりです。

表 5-7 OutdoorRU 仕様

寸法	221mm (W) × 82.9mm (D) × 264mm (H)
重量	4.9kg
消費電力	MAX:101VA



図 5-21 RU 装置

(1) ローカル 5G アンテナ (X25-3545FTD)

ローカル 5G アンテナ (X25-3545FTD) 7 台をローカル 5G 基地局 4 箇所に対して設置しました。仕様は以下のとおりです。

表 5-8 X25-3545FTD 仕様

寸法	200mm (W) × 27mm (D) × 200mm (H)
重量	2.0kg
消費電力	—
備考	— (RU より入力)



図 5-22 X25-3545FTD 外観

(1) ローカル 5G 端末 (HW5G-3100-SS)

ローカル 5G 端末 (HW5G-3100-SS) 5 台を各ローカル 5G スマートポールと自動運転車両に設置しました。仕様は以下のとおりです。

表 5-9 HW5G-3100-SS 仕様

対応ネットワーク	SA/NSA
対応バンド	TDD 5G:n77/n78/n79 FDD 5G:n1//n3/n8/n25 FDD LTE:B1/B3/B8/B18/B19/B26 TDD LTE:B39/B41/B42
対応キャリア	NTT docomo KDDI (au) SoftBank
変調方式	QPSK/16QAM/64QAM/256QAM
寸法	(W) 77.4mm × (D) 68.5mm × (H) 26mm 突起部除く
重量	150g
有線インターフェース	2.5G/1000/100/10BASE RJ-45
スループット	DL : 最大 2.4Gbps

	UL : 最大 900Mbps
MIMO	2 × 2



図 5-23 HW5G-3100-SS 外観

(1) ローカル 5G 端末/キャリア通信端末 (HW5G-3200-V2N)

ローカル 5G 端末/キャリア通信端末 (HW5G-3200-V2N) 2 台を自動運転車両に設置しました。仕様は以下のとおりです。

表 5-10 HW5G-3200-V2N 仕様

対応ネットワーク	SA/NSA
対応バンド	TDD 5G:n77/n78/n79 FDD 5G:n1/n3/n8/n21 FDD LTE:B1/B3/B8/B18/B19/B26 TDD LTE:B39/B41/B42 WCDMA : B1/B8/B9/B19
対応キャリア	NTT docomo KDDI (au) SoftBank
変調方式	QPSK/16QAM/64QAM/256QAM
寸法	(W) 225mm × (D) 115mm × (H) 25mm 突起部除く
重量	765G
有線インターフェース	1000/100/10BASE RJ-45
スループット	DL : 最大 4Gbps UL : 最大 700Mbps
MIMO	4 × 4



図 5-24 HW5G-3200-V2 外観

(1) 屋外用 5G ゲートウェイ (XC-WN930J-01)

屋外用 5G ゲートウェイ (XC-WN930J-01) 3 台を基地局②と基地局③と基地局④に設置しました。仕様は以下のとおりです。

表 5-11 XC-WN930J-01 仕様

対応ネットワーク		SA/NSA
対応バンド		5G:n77/n78/n79/n257 4G:B1/B3/B8/B18/B19 /B21/B42/B39/B41
変調方式		QPSK/16QAM/64QAM/256QAM
寸法		(W) 206mm × (D) 65.5mm × (H) 246mm
重量		1.6kg
有線インターフェース		5G/2.5G/1000/100BASE RJ-45
スループット	4G	DL : 最大 1584Mbps UL : 最大 131Mbps
	4G+5G (FR1)	DL : 最大 3313Mbps UL : 最大 218Mbps
	4G+5G (FR2)	DL : 最大 3975Mbps UL : 最大 483Mbps
MIMO		4 × 4



図 5-25 C-WN930J-01 外観

5.2.2 Wi-Fi システム機器

ローカル 5G との比較を行うための Wi-Fi システムの仕様は以下のとおりです。

(1) Wi-Fi AP (Cisco Meraki MR86)

Wi-Fi AP (Cisco Meraki MR86) 3 台を基地局②と基地局③と基地局④に設置しました。仕様は以下のとおりです。

表 5-12 Cisco Meraki MR86 仕様

対応		802.11a/b/g/n/ac/ax
周波数帯		2.4GHz 帯／5GHz 帯
変調方式		最大 1024QAM
寸法		(W) 300mm × (D) 153mm × (H) 55mm 突起部除く
重量		1.5kg
有線インターフェース		2.5G/1000/100BASE RJ-45
スループット	2.4GHz 帯	最大 574Mbps
	5GHz 帯	最大 2402Mbps
MIMO		4 × 4



図 5-26 Cisco Meraki MR86 外観

(2) Wi-Fi クライアント (AWK-4131A)

Wi-Fi AP (AWK-4131A) 4 台を各ローカル 5G スマートポールに設置しました。仕様は以下のとおりです。

表 5-13 AWK-4131A 仕様

対応		802.11a/b/g/n
周波数帯		2.4GHz 帯／5GHz 帯
変調方式		最大 1024QAM
寸法		(W) 224mm × (D) 147.7mm × (H) 66.5mm 突起部除く
重量		1.4kg
有線インターフェース		1000/100BASE RJ-45
スループット	802.11b	1 to 11Mbps
	802.11a/g	6 to 54Mbps
	802.11n	6.5 to 300Mbps
MIMO		2 × 2



図 5-27 AWK-4131A 外観

5.2.3 NW 機器

(1) ONU

ONU6 台をサーバラック及び各拠点に設置しました。仕様は以下のとおりです。

表 5-14 ONU 仕様

規格	1000BASE-T、100BASE-TX、10BASE-T
消費電力	6.5W 以下（電源アダプタを含む）
外形寸法	1.1（W）×4.4（H）×17.1（D）cm
重量	600g 以下（電源アダプタは含まず）



図 5-28 ONU 外観

(2) IP-VPN CPE（C1111）

IP-VPN CPE（C1111）4 台をサーバラック内及び各拠点に設置しました。仕様は以下のとおりです。

表 5-15 C1111 仕様

外部インターフェース	2×1GE（WAN）
	8×1GE（LAN）
消費電力	最大 66W
外形寸法	4.2（H）×32.3（W）×23（D）cm
重量	約 2.1kg



図 5-29 C1111 外観

(3) NW ルーター (RTX1300)

NW ルーター (RTX1300) 9 台をサーバラック及び各拠点、ローカル 5G スマートポールに設置しました。仕様は以下のとおりです。

表 5-16 RTX1300 仕様

LAN/WAN ポート	LAN1 : 8 ポート ※10BASE-T/100BASE-TX/1000BASE-T
	LAN2 : 1 ポート ※100BASE-TX/1000BASE-T/2.5GBASE-T/ 5GBASE-T/10GBASE-T
	LAN3 : 1 ポート ※100BASE-TX/1000BASE-T/2.5GBASE-T/ 5GBASE-T/10GBASE-T
SFP+スロット	2 ポート (LAN ポートと排他)
最大消費電力 (皮相電力)、 最大消費電流、発熱量	25.9W (48VA) , 0.48A, 93.24kJ/h
外形寸法	220 (W) × 42 (H) × 294 (D) mm



図 5-30 RTX1300 外観

5.2.4 ローカル 5G スマートポール

今回実証に際してローカル 5G スマートポールを開発し、可搬型 2 基と装柱型 2 基を構築しました。

開発したローカル 5G スマートポールの仕様は以下のとおりです。

(1) LiDAR センサー

LiDAR センサー 4 台を各ローカル 5G スマートポールに設置しました。仕様は以下のとおりです。

表 5-17 LiDAR センサー 仕様

チャンネル数		128
FOV 水平		360°
FOV 垂直		40° (-25° ~+15°)
測定距離		0.3~200m (10%ref)
測定スピード		10 or 20Hz
マルチエコー		Single (Last or Strongest) , Dual
測定ポイント数	Single	3,456,000 点/秒
	Dual	6,912,000 点/秒
分解能 水平		0.1° /0.2° (10Hz)
		0.2° /0.4° (20Hz)
分解能 垂直		0.125° ~1° (non-linear)
精度		±8cm (0.3~0.5m)
		±5cm (0.5~1m)
		±2cm (1~200m)
干渉ノイズ除去機能		あり
レーザークラス・波長		905nm, Class1 Eye Safe
出力データ		距離、回転角度、輝度
データレート		Single

(2) AI カメラ

AI カメラ 16 台を各ローカル 5G スマートポールに設置しました。仕様は以下のとおりです。

表 5-18 AI カメラ仕様

解像度	2880 × 1860 (5.4MPix)
ダイナミックレンジ (dB)	120 (Max.)
フレームレート (fps)	最大 30

(3) PC①

PC①4 台を各ローカル 5G スマートポールに設置しました。仕様は以下のとおりです。

表 5-19 PC①仕様

GPU	2048-core NVIDIA Ampere with 64 Tensor Cores
CPU	12-core Arm® Cortex®-A78AE v8.2 64-bit CPU 3MB L2 + 6MB L3
メモリ	64GB
ストレージ	64GB internal eMMC 5.1

(4) PC②

PC②4 台を各ローカル 5G スマートポールに設置しました。仕様は以下のとおりです。

表 5-20 PC②仕様

GPU	2048-core NVIDIA Ampere architecture GPU with 64 Tensor Cores
CPU	12-core Arm® Cortex®-A78AE v8.2 64-bit CPU3MB L2 + 6MB L3
メモリ	64GB 256-bit LPDDR5
ストレージ	64GB eMMC 5.1

(5) カメラ

カメラ 4 台を各ローカル 5G スマートポールに設置しました。仕様は以下のとおりです。

表 5-21 カメラ仕様

最大ビデオ解像度	2688x1512
最大フレーム/秒	50/60
焦点距離	4.7-47mm
水平視野	59.1-6.5°
垂直視野	35-3.67°
パン範囲	360endless
チルト範囲	0 to 90

5.3 システム構築・ネットワーク構築にあたっての留意事項等

5.3.1 公道におけるローカル 5G 置局設計について

公道におけるローカル 5G 基地局の置局に際して、環境要因などにより置局位置の選定が制限される場合が考えられます。その場合には、公道沿いに存在する街路樹や建物、フェンス等多くの遮蔽物が存在し、それらも考慮したうえで十分な電波強度を確保できるかという観点で置局設計を行う必要があります。特に街路樹については夏と冬で樹木の葉による遮蔽の状況が異なります。

本実証においては、基地局①と基地局②においてアンテナの方向に街路樹が存在しており、ローカル 5G の遮蔽物となる可能性がありましたが、もっとも遮蔽が大きいと想定される夏場に葉が生い茂った場合での遮蔽を考慮したうえでローカル 5G の電波シミュレーションを行い、置局位置を設計しました。

5.3.2 ローカル 5G における基地局の切り替わるポイントの設計について

ローカル 5G の基地局間の切り替わるポイント（両基地局からの電波強度が同じ地点）にて停車する際、接続する基地局が頻繁に切り替わることで NW 品質が低下し、映像の品質が低下することが考えられます。基地局間の切り替わるポイントについて、交差点など停車が想定される場所を避けて設計することで、安定した通信品質を維持できるような設計することが必要だと考えます。

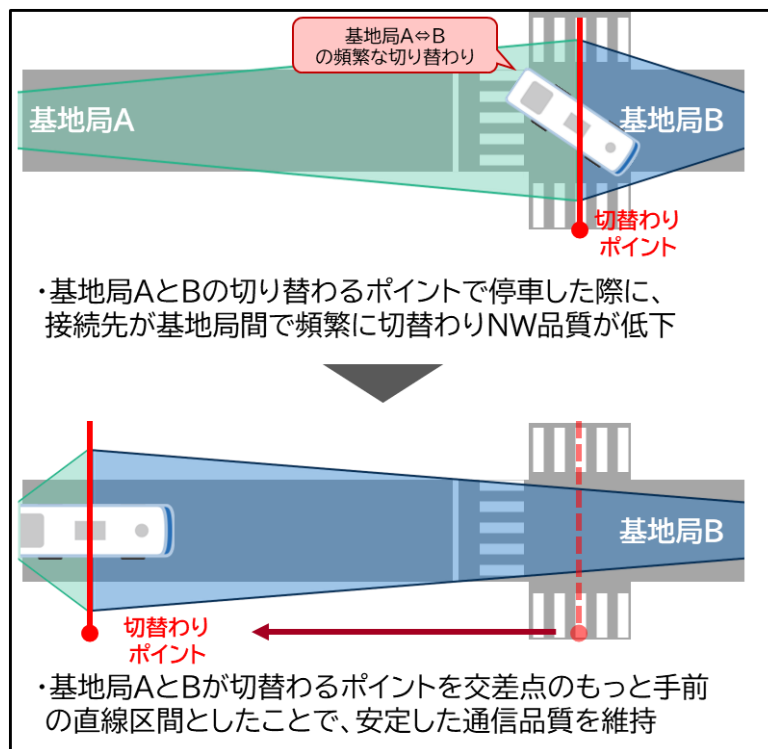


図 5-31 基地局切り替わりポイント設定イメージ

5.3.3 ローカル 5G スマートポールの公道への設置について

ローカル 5G スマートポールの公道への設置に際しては、設置環境に合わせた大きさや重量、デザインを検討することが望ましいと考えます。

また、公道における自動運転において、ローカル 5G 基地局やローカル 5G スマートポールの配置場所についても制限される場合が考えられます。本実証においては、新規に柱を建柱し、その柱に設置しました。

5.3.4 建柱設備への架空配線ルートについて

建柱設備まで電源及び光回線の引き込みを実施する際、架空配線ルートが私有地の上空を通過する必要があるため、土地所有者に説明を実施し承諾を頂いて配線作業を実施しました。このように、電源及び光回線の引き込みにあたっては、架空配線ルートも含めて事前確認することが必要と考えます。

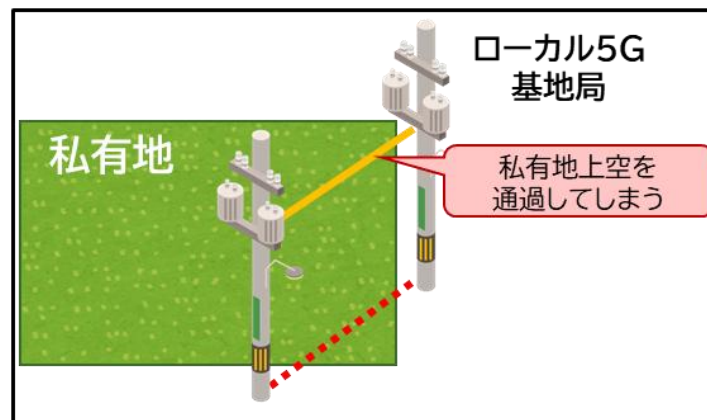


図 5-32 架空配線ルート選定の留意事項イメージ

5.3.5 建柱場所確定までの確認事項について

建柱場所検討に伴って電気、水道、ガス、鉄道、NTT などと地下埋設物等の確認が必要になりましたが、各社が保持している埋設物図面の資料が古く最終的には現地で試掘をする事で建柱位置を確定しました。建柱場所確定にあたっては各種確認が必要となるため、建柱場所の候補や検討期間は余裕をもって検討することが望ましいと考えます。

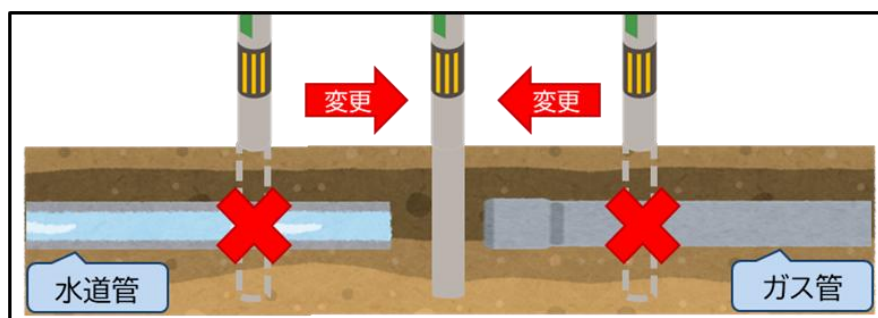


図 5-33 建柱場所選定の留意事項イメージ

6. 実証結果・考察

6.1 自動運転システムのセキュアな常時接続を実現する通信システムの実証

※当該ユースケースは本実証対象外のため記載なし

6.2 交差点における車両の認知機能の補助機能（自動車の死角にいる交通参加者/交通弱者の情報を車両に通知する機能）の検証

6.2.1 ローカル 5G スマートポールを活用した信号無し交差点における、自動運転車両および監視員の認知機能の補助

(1) 実証スケジュール

実証スケジュールは下記の通りとなります。

表 6-1 実証スケジュール

ユースケース	主項目	2024年										2025年	
		5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月		
共通	プロジェクト管理												
	ローカル 5G構築												
	免許申請												
	システム構築												
② 交差点における 車両の認知機能の補助機能	実証												
共通	報告書作成												

(2) 開発・評価項目の結果

開発・評価項目については下の表の通りです。

表 6-2 開発・評価項目

番号	開発・評価項目
1	ローカル 5G・Wi-Fi でフレームレート・映像遅延・通信速度を比較
2	見通し約 25m 範囲超における歩行者、自転車/二輪車、自動車の認識について
3	歩行者、自転車/二輪車、自動車の移動方向の区別（交差点へ近づく・遠ざかる）

1) ローカル 5G・Wi-Fi でフレームレート・映像遅延・通信速度を比較

ローカル 5G スマートポールが配信するカメラ映像について、4 台のカメラすべてで遠隔監視装置および接続されたモニターによる表示が継続的に HD 画質を維持できていることを確認しました。

対象エリアである多摩川住宅に設置したローカル 5G スマートポール（多摩川住宅①、②）について、ローカル 5G・Wi-Fi それぞれの無線通信方式における映像伝送評価（映像遅延、フレームレート）をそれぞれ約 25 分間行いました。



「地理院地図」(国土地理院 <https://maps.gsi.go.jp>)を加工して作成

図 6-1 ローカル 5G スマートポールの配置場所

結果は以下の通りです。

表 6-3 ローカル 5G スマートポール映像伝送評価結果 (多摩川住宅①)

(データ計測日 : 2024 年 12 月 26 日 11 時~14 時 晴天)

KPI		ローカル 5G	Wi-Fi (IEEE 802.11n)
映像遅延時間 平均 300ms 以下	最大	217msec	4750msec
	最小	34msec	55msec
	平均	114msec	971msec
フレームレート 平均 15fps 以上	最大	23fps	26fps
	最小	13fps	12fps
	平均	18fps	17fps
画質 HD 画質		HD 画質	HD 画質

表 6-4 ローカル 5G スマートポール映像伝送評価結果 (多摩川住宅②)

(データ計測日 : 2024 年 12 月 26 日 14 時~16 時 晴天)

KPI		ローカル 5G	Wi-Fi (IEEE 802.11n)
映像遅延時間 平均 300ms 以下	最大	196msec	1182msec
	最小	58msec	55msec
	平均	108msec	187msec

フレームレート 平均 15fps 以上	最大	22fps	31fps
	最小	13fps	6fps
	平均	18fps	17fps
画質 HD 画質		HD 画質	HD 画質

動画像で被写体（歩行者および自転車）等の動きを確認する目的で、映像遅延平均 300msec とフレームレート平均 15fps と KPI を定めています。

Wi-Fi は、一時的にカメラ映像等でデータ通信量が増大する場合や周囲の通信環境等に依存し、映像遅延の KPI に影響がありました。多摩川住宅①においては、平均映像遅延 300msec を超えるケースが評価時間約 25 分のうち、約 20 分間程度で、多摩川住宅②については約 3 分程度あり、本実証において安定性に課題がある状況でした。

一方ローカル 5G では、上記 KPI を安定して満たし、適用可能性があることがわかりました。

次に、ローカル 5G・Wi-Fi それぞれの無線通信方式における映像伝送評価（通信速度）をそれぞれ約 25 分間行いました。結果は以下の通りです。

表 6-5 ローカル 5G スマートポール映像伝送評価結果（多摩川住宅①）
（データ計測日：2025 年 1 月 17 日 10 時～11 時、2025 年 1 月 20 日 14 時～15 時 晴天）

計測項目		ローカル 5G	Wi-Fi (IEEE 802.11n)
通信速度	最大	117.2Mbps	100.8Mbps
	最小	68.4Mbps	55.8Mbps
	平均	96.3Mbps	90.4Mbps

通信速度については、ローカル 5G で日中帯に最大約 120Mbps でした。一方 Wi-Fi においても最大約 100Mbps と、ローカル 5G スマートポール利用時の通信速度としては大きな差がないことが確認できました。映像伝送評価として、Wi-fi と比較しローカル 5G が主に映像遅延時間において安定して KPI を満たし適していると考えます（iPerf によるローカル 5G 単体のスループット評価結果については 6.7.1(2) 章「通信システム等の導入による業務フローや運行経路、人員配置等の見直しなど、地域交通の持続性への寄与度」に記載します）。

2) 見通し約 25m 範囲超における歩行者、自転車/二輪車、自動車の認識について

交差点からの見通し約 25m 範囲超に存在する歩行者、自転車/二輪車、自動車をローカル 5G スマートポールのセンサー情報により認識出来るか、測定しました。以下の表は、晴天の日の約 2 時間の計測結果で、認識率の結果は表 6-7 の通りです。

また、計測結果として誤認識したケース分離を、自転車/二輪車のケースを表 6-8、歩行者のケースを表 6-9 に示しました。

表 6-6 ローカル 5G スマートポールの検知データ（多摩川住宅①）
（データ計測日時 2024 年 12 月 10 日 10 時～12 時 晴天）

	物標の種類			
	合計	歩行者	自転車/ 二輪車	自動車
真値 (カメラ映像を 目視確認)	100	39	42	19
LiDAR による 物体検出数	100	－	－	－
検出率	100%	－	－	－

表 6-7 ローカル 5G スマートボールの認識データ（多摩川住宅①）
（データ計測日時 2024 年 12 月 10 日 10 時～12 時 晴天）

(a) 認識結果

	歩行者	自転車/ 二輪車	自動車
真値 （カメラ映像を目視確認）	39	42	19
正解数 LiDAR により、物標を正しく認識できた数	39	42	19
誤認識数 （内過検出数）	1 (1)	1 (1)	0 (0)
非検出数	0	0	0
認識率	100%	100%	100%

表 6-8 ローカル 5G スマートボールの認識データ（多摩川住宅①）
（データ計測日時 2024 年 12 月 10 日 10 時～12 時 晴天）

(b) 誤認識の解析（自転車/バイク）

	誤認識数
歩行者	0
自動車	0
物体なし（過検出）	1

表 6-9 ローカル 5G スマートボールの認識データ（多摩川住宅①）
（データ計測日時 2024 年 12 月 10 日 10 時～12 時 晴天）

(c) 誤認識の解析（歩行者）

	誤認識数
自転車/二輪車	0
自動車	0
物体なし（過検出）	1

ターゲットとして設定した見通し外約 25m の範囲において歩行者、自転車/二輪車、自動車ともに 100% の検出率、認識率を計測しましたが、誤認識が 2 件ありました。下記の表に内容をまとめました。

表 6-10 誤認識内容

		誤って検知した物標種別	件数	具体的な内容	内数
真値として視認した物標	無し (過検知)	歩行者	1	物標確認できず	1
		自転車/二輪車	1	自転車 1 台を 2 台と認識	1
	歩行者	－	0	－	－
	自転車	－	0	－	－
	バイク	－	0	－	－
	自動車	－	0	－	－
計			2		

1 ケース目は 1 秒程度、物体がないシーンで歩行者と過検知したケース、2 ケース目は 1 秒程度、生活道路上で 1 台の自転車を 2 台の自転車と過検知したケースがありました。

また、監視員役が見る映像データを図 6-2「ローカル 5G スマートポール画像データ」に示します。



図 6-2 ローカル 5G スマートポール画像データ

3) 歩行者、自転車/二輪車、自動車の移動方向の区別(接近・隔離)

交差点からの見通し約 25m 範囲超に存在する歩行者、自転車/二輪車、自動車を、ローカル 5G スマートポールカメラ映像の目視確認結果とセンサーによる物体認識数を比較することで、交差点へ接近しているか、もしくは遠ざかっているかを判断できることを確認しました。

以下の表は、晴天の日の約 2 時間の視認性計測結果です。

表 6-11 ローカル 5G スマートポールデータの移動方向の区別（多摩川住宅①）
(データ計測日時 2024 年 12 月 10 日 10 時～12 時 晴天)

	東 (遠ざかる)	西 (接近)	南	北	計
真値 (カメラ映像 を目視確認)	26	35	25	12	98
LiDAR による 物体認識数	26	35	25	12	98
一致率	100%	100%	100%	100%	100%

以下に遠隔監視装置で監視員役が確認したカメラの画像データ及び、センサーのデータを示します。

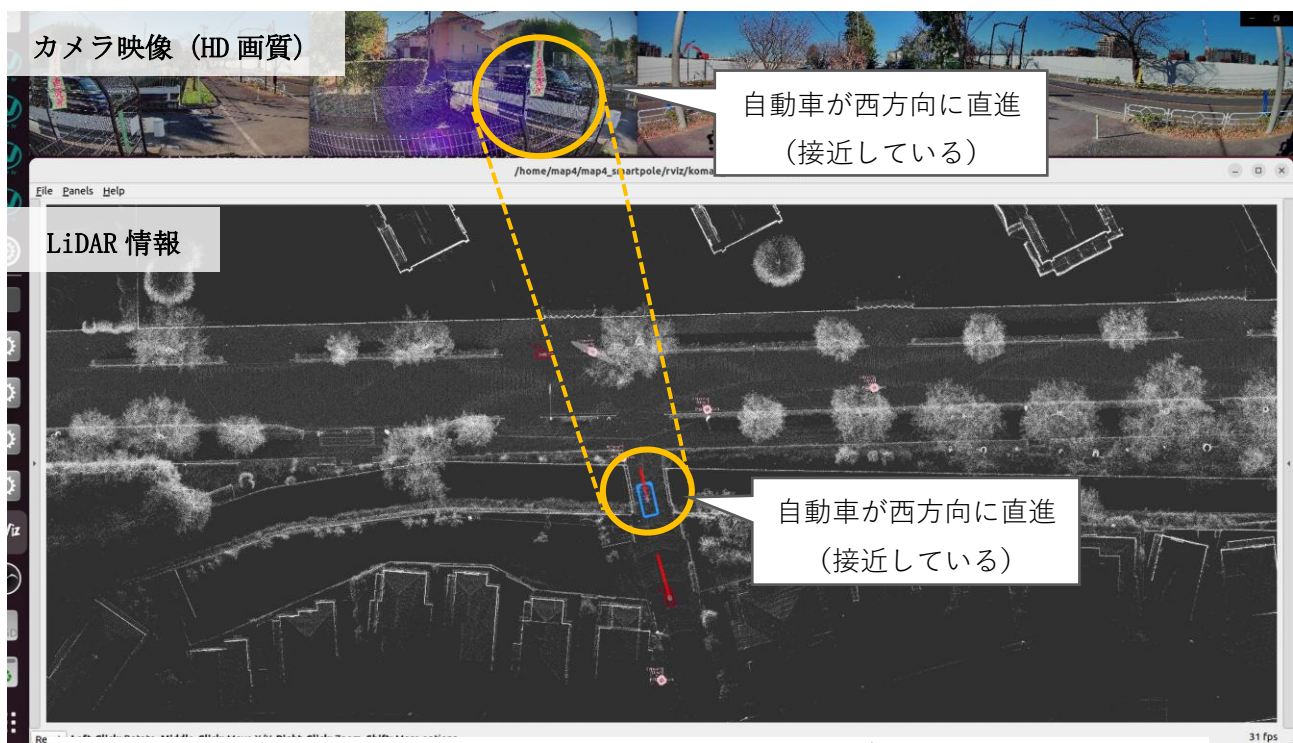


図 6-3 遠隔監視拠点のローカル 5G スマートポール画像データ (方向区別)

(3) KGI/KPI との比較結果

KGI/KPI については以下の通りです。

表 6-12 KGI/KPI

定性評価 / 定量評価	番号	目標値
定性評価	1	センサー・カメラの情報通知
	2	監視員による視認、存在の区別
定量評価	3	ローカル 5G スマートポールによる遠隔監視に必要な映像条件 ・映像遅延：平均 300msec 以内 ・フレームレート：平均 15fps 以上 ・画質：HD 画質（ローカル 5G スマートポールに設置したカメラ 4 台にて確認）

1) センサー・カメラの情報通知

第二期関係者試乗期間の走行時および現地スタッフを配置したユースケース実証走行時において、自動運転車両接近時に、交差点からの見通し約 25m 範囲超に存在する歩行者、自転車/二輪車、自動車の有無について、ローカル 5G スマートポールのセンサー・カメラの映像を通して遠隔監視装置上で視認できることを確認し、視認できた回数を計測しました。

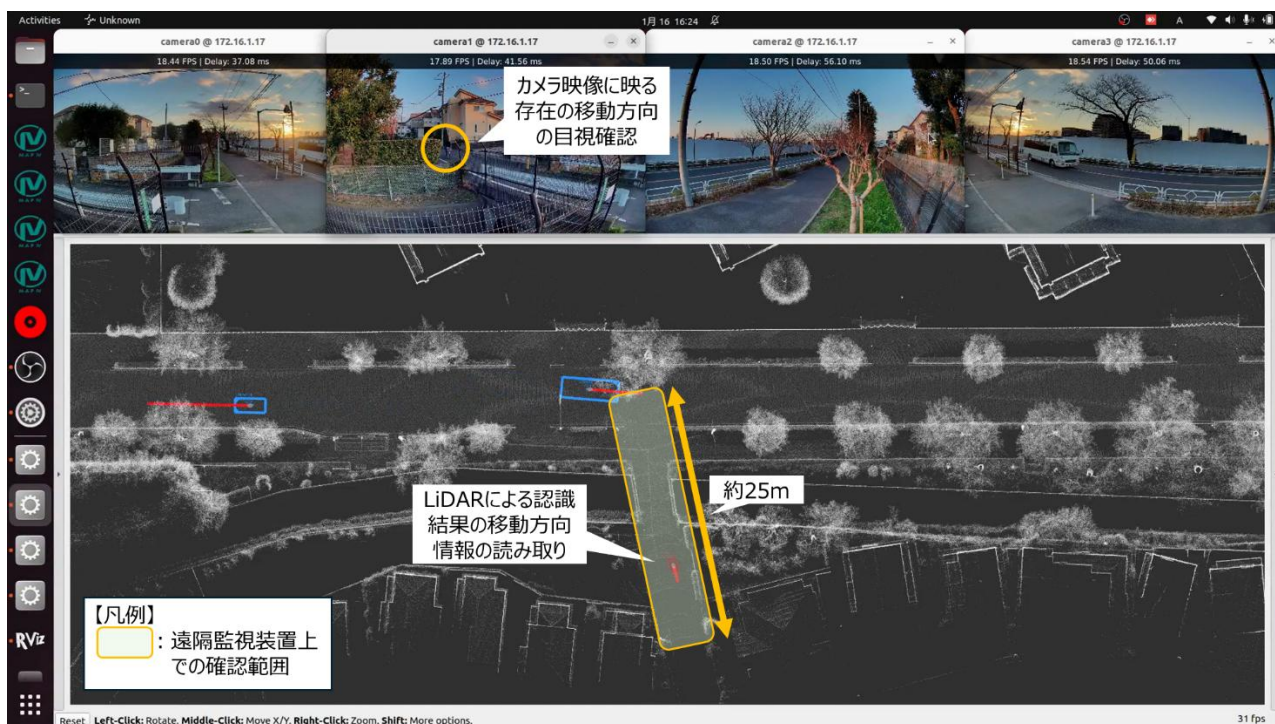


図 6-4 遠隔監視装置上の確認範囲

表 6-13 第二期関係者試乗期間等における情報確認回数

	走行回数	走行のうち視認による歩行者、自転車/二輪車、自動車の有無を確認できた回数
第二期関係者試乗	12 回	12 回
ユースケース実証走行	17 回	17 回

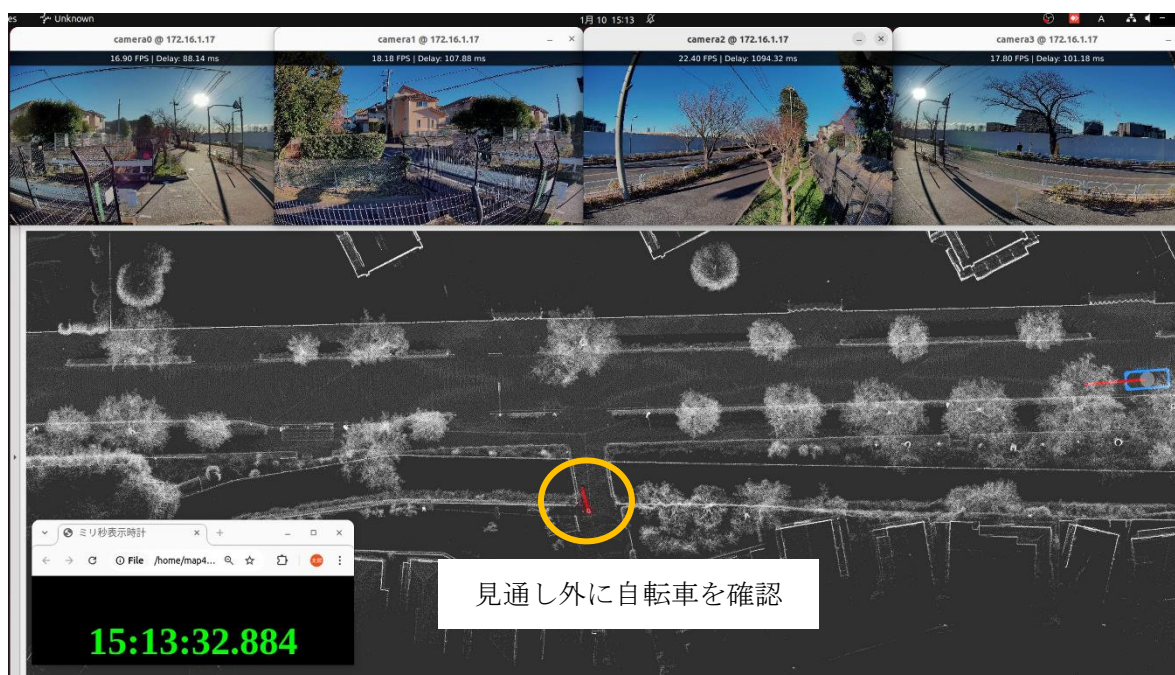


図 6-5 遠隔監視装置上の確認画面

2) 監視員による視認、存在の区別

第二期関係者試乗期間および現地スタッフを配置したユースケース実証走行において、交差点からの見通し約 25m 範囲超に存在する歩行者、自転車/二輪車、自動車が、ローカル 5G スマートボールのセンサー・カメラの映像を通して遠隔監視装置上で視認、監視員が交差点約 50m 手前の距離から自動運転車両へ通知、歩行者、自転車/二輪車、自動車の有無を伝え、減速が可能であることを確認しました。

表 6-14 第二期関係者試乗期間等における監視員から自動運転車両への通知回数

	走行回数	走行のうち歩行者、自転車/二輪車、自動車の有無を自動運転車両へ通知できた回数
第二期関係者試乗	12 回	12 回
ユースケース実証走行	17 回	17 回

また、ユースケース実証走行については、現地に配置したスタッフからの現地情報と、監視員役が視認したローカル 5G スマートポールからの情報に差異が無いことをユースケース実証走行の 17 回全てで確認できました。



図 6-6 監視員の確認模様



図 6-7 現地スタッフの交差点確認の模様



図 6-8 自動運転車両・システムの認識画面

監視員役が確認したローカル 5G スマートポールの映像については、歩行者、自転車/二輪車、自動車の認識や移動方向の区別についての情報も含まれております。(6.2.1 (2) 参照)

また、ローカル 5G スマートポールから取得したセンサー・カメラ映像、については自動運転車両へもデータ伝送し、自動運転車両内にて情報を表示、同乗者が内容を確認できるかについて確認を行いました。遠隔監視装置上で視認できるものと同様の映像が、VPN 閉域接続を通じて自動運転車両内から確認できました。



図 6-9 自動運転車両内のローカル 5G スマートポール映像確認模様

3) ローカル 5G スマートポールの配信に必要な映像条件

本実証で定めた映像条件としての KPI に対してのローカル 5G を活用した通信における達成状況については以下の通りです。

表 6-15 ローカル 5G スマートポール KPI 達成状況（多摩川住宅①）
（データ計測日：2024 年 12 月 26 日 11 時～14 時 晴天）

項目	KPI	ローカル 5G		Wi-Fi	
		結果	達成状況	結果	達成状況
映像遅延	平均 300msec 以内	平均 114msec	達成	平均 971msec	未達成
フレーム レート	平均 15fps 以上	平均 18fps	達成	平均 17fps	達成
画質	HD 画質	HD 画質	達成	HD 画質	達成

表 6-16 ローカル 5G スマートポール KPI 達成状況（多摩川住宅②）
（データ計測日：2024 年 12 月 26 日 14 時～16 時 晴天）

項目	KPI	ローカル 5G		Wi-Fi	
		結果	達成状況	結果	達成状況
映像遅延	平均 300msec 以内	平均 108msec	達成	平均 187msec	達成
フレーム レート	平均 15fps 以上	平均 18fps	達成	平均 17fps	達成
画質	HD 画質	HD 画質	達成	HD 画質	達成

ローカル 5G については各 KPI を達成し、映像条件を満たすことが確認できました。

(4) 考察

本実証において、ローカル 5G スマートポールが配信するセンサー・カメラデータの配信映像について、ローカル 5G の通信で定めた KPI（映像遅延：平均 300msec 以内、フレームレート：平均 15fps 以上、画質：HD 画質）を達成し、ローカル 5G スマートポールの伝送にかかわる要件を満たしていることが確認できました。一方、Wi-Fi については一部 KPI を達成したものの、最大で 1 秒～4.5 秒の遅延が発生し、本実証において安定性に課題がある状況でした。ローカル 5G スマートポールが配信するセンサー・カメラデータの配信映像を通じて監視員役が視認、区別を行い自動運転車両へ見通し外の歩行者、自転車/二輪車、自動車の情報を通知することで有用性を確認できました。

また、自動運転車両の認知機能の補助については、ソフトウェア処理により、ローカル 5G スマートポールのセンサーによる、自動運転走行ルートに交差する生活道路 25m（自動運転車から

は見通し外領域)の物体検出率は100%となっており、歩行者および自転車/バイク、自動車を識別できました。そのうえで、過検出が2件あり、何かしらの物体や反射等の影響を受けて歩行者と誤認識したケースや1台の自転車を2台の自転車と検知したケースなどでした。過検知したケースにおいても自動運転車両は安全停止を行うため、不安全な状況にはなりません、不要ブレーキ操作による乗客サービスレベルへの悪影響や旅行時間の増加につながるため、頻度次第では改善策を講じることも考えられます。

頻度的におおきく乗客サービスに影響を与えるものとは現時点で想定されませんが、学習データは生データを要し、学習サーバへのアップロードによるソフトウェア改良が必要なため、推論し認識結果を導くことに対し、伝送するデータ量や学習データサーバへの転送などの仕組みを入れることが無線区間に新たに要求となる可能性があります。継続的に誤認識の頻度や重要性を精査し、学習用データや処理をデータセンタとローカル5Gスマートポールを接続したアーキテクチャ等を考慮すべきか精査を要することがわかりました。

なお、認識率を高める対策で、学習データを要するシーンを表6-17「誤認識の事象と対策(例)」に示します。

表 6-17 誤認識の事象と対策 (例)

事象	想定要因	対策	課題
人がいないときに人と検知	・カメラには映らない物体(鳥など)が横切り歩行者と認識した ・ガラス・鏡等の反射によって点群が生じ、それを歩行者と認識した	・左記現象のノイズも含んだ学習データを作成し、認識モデルをアップデート	・データ収集(期間含む)と学習データ作成のコスト
1台の自転車を2台の自転車と検知	・学習データの不足(自転車)	・現状の認識モデルのアップデート	

本実証において、自動運転走行ルートから見通し外25mの領域の周辺環境情報の検知について、ローカル5Gスマートポールの適用可能性が示唆されたと考えております。一方、監視員の視認を介することで常時監視が必要となります。今後についてはレベル4自動運転の実現に向け、監視員の視認を介さずローカル5Gスマートポールのセンサー・カメラデータを自動運転車両の制御機能へ連携し、認知できる方向性について、認識率の向上と併せて検討していきます。

6.3 見通し外や路駐車など複雑な交通環境下における周辺環境情報のリアルタイム映像分析及び車側の危険回避行動の連携

6.3.1 駅前ロータリーにおける周辺環境検知

(1) 実証スケジュール

実証スケジュールは下記の通りとなります。

表 6-18 実証スケジュール

ユースケース	主項目	2024年										2025年	
		5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月		
共通	プロジェクト管理												
	ローカル 5G構築		▲ 契約締結					▲ 中間報告		▲ 実証視察会		▲ 実証完了	▲ 最終報告
	機器調達												
	配線工事												
	機器設置・試験												
③ 複雑な交通環境下における物標情報のリアルタイム映像分析及び車側の危険回避行動の連携	免許申請												
	システム構築												
共通	実証												
	報告書作成												

(2) 開発・評価項目の結果

開発・評価項目については下記の表の通りです。

表 6-19 開発・評価項目

番号	開発・評価項目
1	ローカル 5G・Wi-Fi でフレームレート・映像遅延・通信速度を比較
2	ロータリーへ進入した先の他車両が検知でき、他車両がある際は手前の停止線で停車する判断が予め約 50m 前で可能かを確認
3	見通し約 50m 範囲超における自動車の認識について
4	他車両の移動方向（遠ざかる/近づく）を区別可能か確認

1) ローカル 5G・Wi-Fi でフレームレート・映像遅延・通信速度を比較

対象エリアである多摩川住宅に設置したローカル 5G スマートポール（田中橋交差点、和泉多摩川駅前）について、ローカル 5G・Wi-Fi それぞれの無線信方式における映像伝送評価（映像遅延、フレームレート）をそれぞれ約 25 分間行いました。結果は以下の通りです。



「地理院地図」(国土地理院 <https://maps.gsi.go.jp>)を加工して作成

図 6-10 ローカル 5G スマートポールの配置場所

表 6-20 ローカル 5G スマートポール映像伝送評価結果（田中橋交差点）

（データ計測日：2024 年 12 月 27 日 13 時 45 分～15 時 曇り）

KPI		ローカル 5G	Wi-Fi (IEEE 802.11n)
映像遅延時間 平均 300msec 以下	最大	177msec	2669msec
	最小	26msec	81msec
	平均	95msec	442msec
フレームレート 平均 15fps 以上	最大	22fps	26fps
	最小	14fps	13fps
	平均	19fps	19fps
画質 HD 画質		HD 画質	HD 画質

表 6-21 ローカル 5G スマートポール映像伝送評価結果（和泉多摩川駅前）

（データ計測日：2024 年 12 月 27 日 10 時～12 時 晴天）

KPI		ローカル 5G	Wi-Fi（IEEE 802.11n）
映像遅延 平均 300msec 以下	最大	234msec	3500msec
	最小	24msec	84msec
	平均	95msec	537msec
フレームレート 平均 15fps 以上	最大	24fps	24fps
	最小	14fps	13fps
	平均	19fps	18fps
画質 HD 画質	HD 画質	HD 画質	HD 画質

動画像で被写体（歩行者および自転車等）の動きを確認する目的で、映像遅延平均 300msec とフレームレート平均 15fps と KPI を定めています。

Wi-Fi は、一時的にカメラ映像等でデータ通信量が増大する場合や周囲の通信環境等に依存し、映像遅延の KPI に影響がありました。田中橋交差点においては、平均遅延 300msec を超えるケースが全体の約 9 分間程度で、和泉多摩川駅については約 8 分程度あり、本実証において安定性に課題がある状況でした。

反面ローカル 5G は、上記 KPI を安定して満たし、適用可能性があることがわかりました。

次に、ローカル 5G・Wi-Fi それぞれの無線信方式における映像伝送評価（通信速度）をそれぞれ約 25 分間行いました。結果は以下の通りです。

表 6-22 ローカル 5G スマートポール映像伝送評価結果（和泉多摩川駅前）

（データ計測日：2025 年 1 月 17 日 10 時～11 時、2025 年 1 月 20 日 14 時～15 時 晴天）

計測項目		ローカル 5G	Wi-Fi（IEEE 802.11n）
通信速度	最大	103.8Mbps	97.0Mbps
	最小	59.4Mbps	45.4Mbps
	平均	83.8Mbps	84.3Mbps

通信速度については、ローカル 5G で日中帯に最大約 105Mbps でした。一方 Wi-Fi においても最大約 100Mbps と、ローカル 5G スマートポール利用時の通信速度としては大きな差がないことが確認できました。映像伝送評価として、Wi-Fi と比較しローカル 5G が主に映像遅延時間において安定して KPI を満たし適していると考えます（iPerf によるローカル 5G 単体のスループット評価については 6.7.1(2)「通信システム等の導入による業務フローや運行経路、人員配置等の見直しなど、地域交通の持続性への寄与度」に記載します）

2) ロータリーへ進入した先の他車両の検知ができ、他車両がある際は、手前の停止線で停車する判断が予め約 50m前で可能かを確認

ローカル 5G スマートポールがロータリーへ進入した先の他車両を検知することが出来ること
および他車両が存在していた場合には手前の停止線前約 50m で停止する判断が可能なことを確認
しました。

ロータリーに他車両が滞留している時に、自動運転車両側センサーの情報とローカル 5G スマートポール画面を比較したところ、自動運転車両側センサーではロータリーに滞留している他車両を検知できないが、ローカル 5G スマートポールのセンサーやカメラでは滞留している他車両を検知できることを確認することができました。

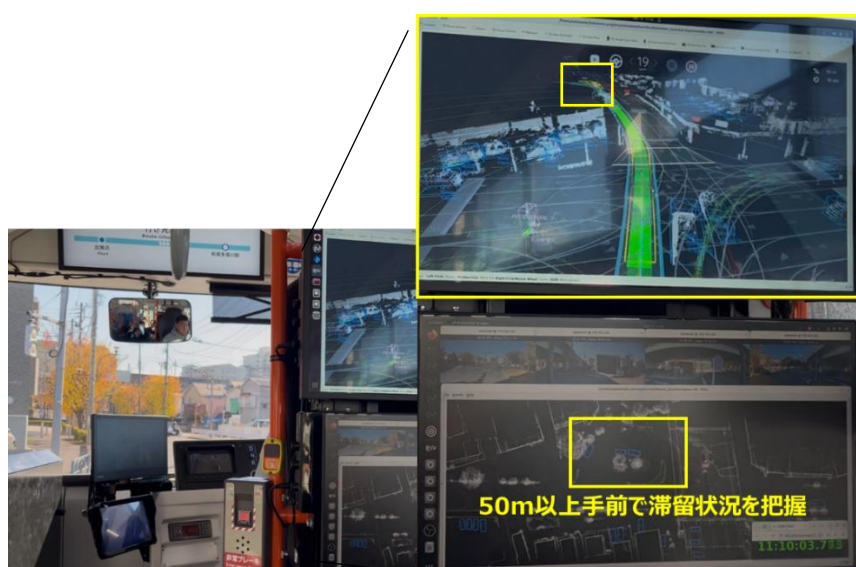


図 6-11 自動運転車内側情報

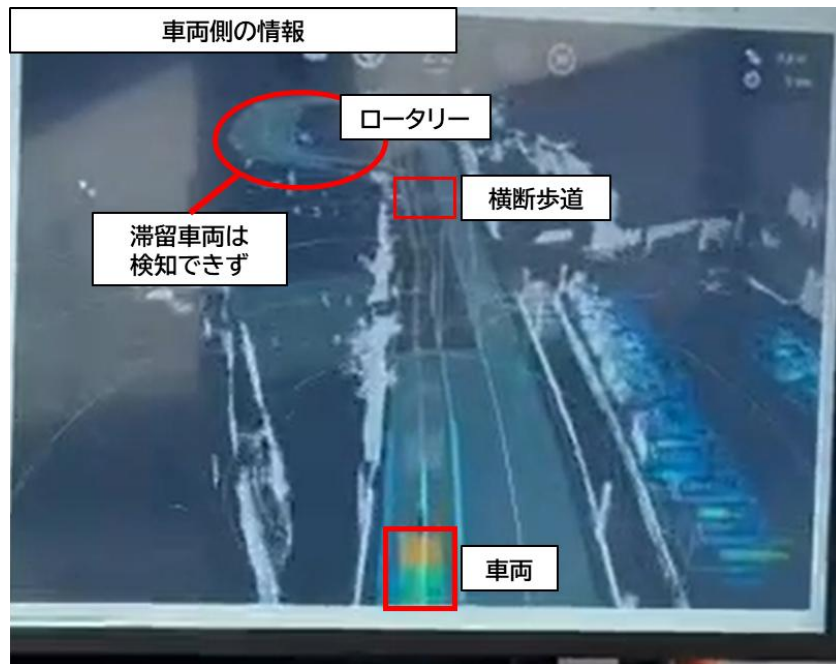


図 6-12 自動運転車両側情報

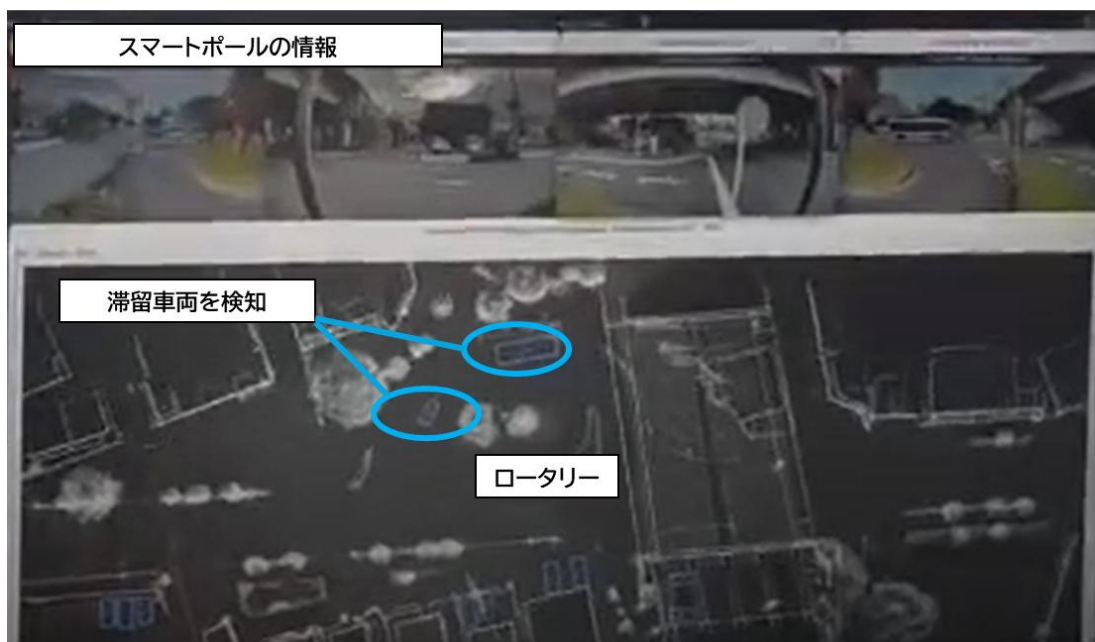


図 6-13 ローカル 5G スマートポール側情報

この結果から、遮蔽物により自動運転車両側センサーで把握できない箇所を安全に走行するためにはローカル 5G スマートポールからの補完情報が有用であることが確認できました。

3) 見通し約 50m 範囲超における自動車の認識について

ロータリー全体（見通し約 50m）範囲超で、ロータリー内に駐停車し、自動運転ルートに滞留している自動車をローカル 5G スマートポールのセンサー情報により認識出来るか、測定しました。以下の表は、晴天の日の約 2 時間の計測結果で、認識率の結果は表 6-24 です。

また、他の物体を車両と誤認識したケースを解析するため、歩行者および自転車/二輪車についての認識率も併せて計測しました（表 6-25）。そのうえで、誤認識したケース分離を、自転車/二輪車のケースを（表 6-26）、歩行者のケースを（表 6-27）に示しました。

表 6-23 ローカル 5G スマートポールの検出データ（和泉多摩川駅前）
（データ計測日時 2024 年 12 月 10 日 11 時 45 分～13 時 15 分、15 時 45 分～16 時 晴天）

	物標の種類			
	合計	歩行者	自転車/ 二輪車	自動車
真値 （カメラ 映像を目 視確認）	100	11	22	67
LiDAR によ る物体検 出数	100	－	－	－
検出率	100%	－	－	－

表 6-24 ローカル 5G スマートポールの認識データ（和泉多摩川駅前）
（データ計測日時 2024 年 12 月 10 日 11 時 45 分～13 時 15 分、15 時 45 分～16 時 晴天）

(a) 自動車

自動車	
真値 （カメラ映像を目視確認）	67
正解数 LiDAR により、車両と正しく認識できた数	67
誤認識数 （内過検出数）	0
非検出数	0
認識率	100%

表 6-25 ローカル 5G スマートボールの認識データ（和泉多摩川駅前）
 (データ計測日時 2024 年 12 月 10 日 11 時 45 分～13 時 15 分、15 時 45 分～16 時 晴天)
 (b) そのほかの物体（車両と誤認識するケースの解析）

認識ケース	歩行者	自転車/ 二輪車
真値 (カメラ映像を目視確認)	11	22
正解数 LiDAR により、正しく認識できた数	8	15
誤認識数 (内過検出数)	4 (1)	7 (0)
非検出数	0	0
認識率	73%	68%

表 6-26 ローカル 5G スマートボールの認識データ（和泉多摩川駅前）
 (データ計測日時 2024 年 12 月 10 日 11 時 45 分～13 時 15 分、15 時 45 分～16 時 晴天)
 (c) 誤認識の解析（自転車/バイク）

誤認識数	
歩行者	0
自動車	7

表 6-27 ローカル 5G スマートボールの認識データ（和泉多摩川駅前）
 (データ計測日時 2024 年 12 月 10 日 11 時 45 分～13 時 15 分、15 時 45 分～16 時 晴天)
 (d) 誤認識の解析（歩行者）

誤認識数	
自転車/二輪車	3
自動車	0
物体なし(過検知)	1

以上より、ロータリー内で自動車の認知を行うため、車両を真値とした場合の認識率は 100% で、センサーの認識性能に対し十分余裕を持った設計を行うことで、見通し外の領域でも進入可能であることがわかりました。

そのうえで、検知による誤認識等の評価を行いました。この結果、歩行者を車両と認識したケースはありませんでした。反面、二輪車/自転車を車両と認識したケースは 7 件ありました。

二輪車/自転車の中でも、比較的大きなサイズのデリバリーバイク（一般に約 2m x 1.2m x 0.8m 程度）は、自動車の 1/3 程度のサイズであるため、もしこれらデリバリーバイクがバス停付近に停車をした場合には手前で止まる必要がある可能性のある物体でした。また、リヤカー付き自転車（一般的に全長約 2m~2.8m 程度）についても同様にバス停付近に停車をした場合には手前で止まる必要がある可能性のある物体であると考えます。

これらを加味すると、本実証でロータリー内に車両が滞留した場合に、その手前の交差点進入可否を判断する目的において、実質影響が少ない車両誤認識内容でした。

表 6-28 誤認識内容（歩行者および自転車/二輪車）

		誤って検知した 物標種別	件数	具体的な内容	内数
真値として視 認した 物標	無し (過検知)	歩行者	1	物標確認できず	1
	歩行者	自転車/二輪車	3	手に旗を持っている	1
				手に大きな荷物を持っている	2
	自転車	自動車	4	リヤカー付き自転車	2
				荷台に大きな荷物を積載	2
	バイク	自動車	3	デリバリーバイク	2
				リアボックスを積載	1
	自動車	-	0	-	-
計			11		

また、監視員役が見る映像データを図 6-14「ローカル 5G スマートポール画像データ」に示します。



図 6-14 ローカル 5G スマートポール画像データ（認識率）

4) 他車両の移動方向（遠ざかる/近づくを区別可能か確認

ロータリー全体（見通し約 50m）範囲超に存在する歩行者、自転車/二輪車、自動車を、ローカル 5G スマートポールのカメラ映像の目視確認結果とセンサーによる物体認識数を比較することで、交差点へ接近しているか、もしくは遠ざかっているかを判断できることを確認しました。

以下の表は、晴天の日の約 2 時間の視認性計測結果です。（データ計測日時 2024 年 12 月 10 日 11 時 45 分～13 時 16 分、15 時 49 分～16 時 10 分）

表 6-29 ローカル 5G スマートポールデータの移動方向の区別（和泉多摩川駅前）

	東	西	南	北	計
真値 （カメラ映像 を目視確認）	20	1	12	57	90
LiDAR による 物体認識数	20	1	12	57	90
一致率	100%	100%	100%	100%	100%

以下に遠隔監視装置上で遠隔監視員役が確認したカメラの画像データ及び、センサーのデータを示します。

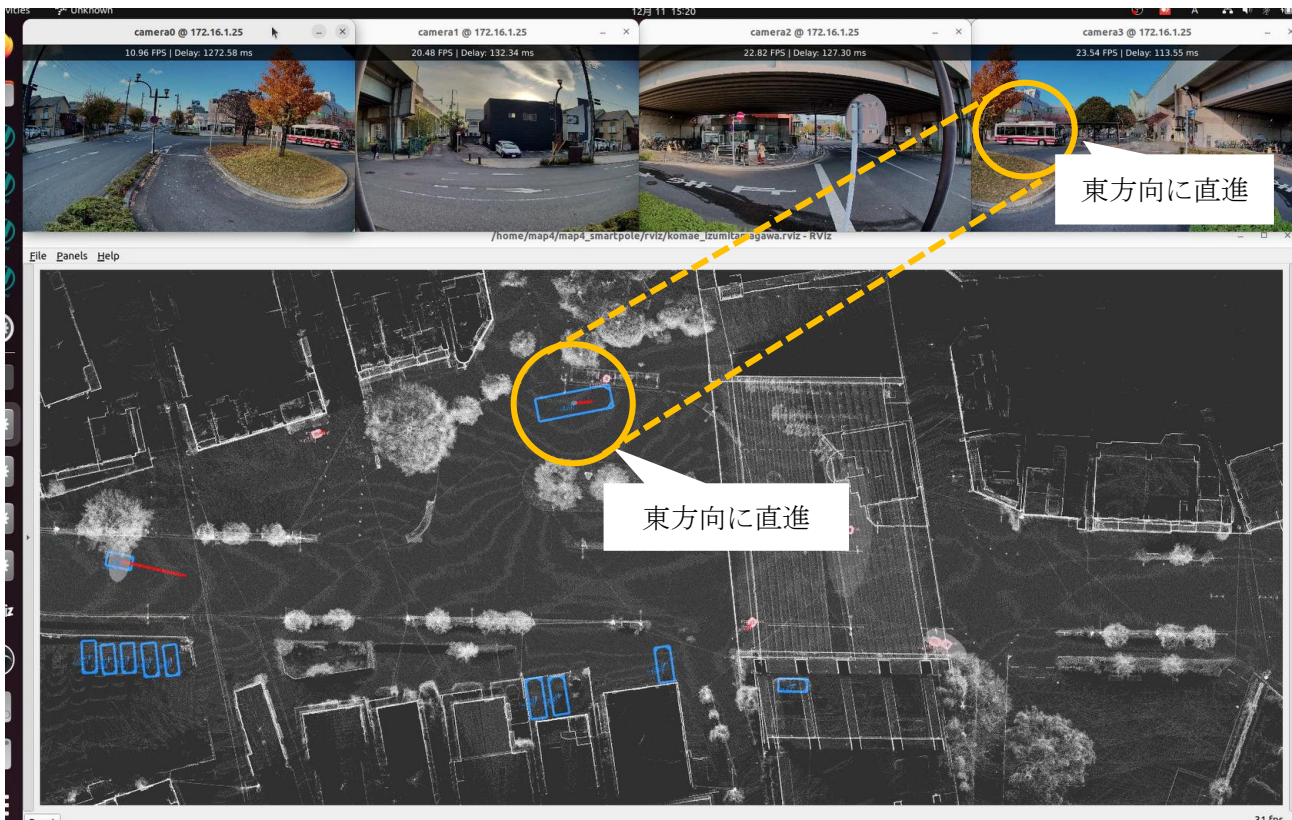


図 6-15 ローカル 5G スマートポール画像データ（方向区別）

(3) KGI/KPI との比較結果

KGI/KPI については以下の通りです。

表 6-30 KGI/KPI

定性評価/ 定量評価	番号	目標値
定性評価	1	センサー・カメラの情報通知
	2	駅前ロータリーでの動作
	3	監視員による視認、存在の区別
定量評価	4	ローカル 5G スマートポールの配信に必要な映像条件 映像遅延：平均 300msec 以内 フレームレート：平均 15fps 以上 画質：HD 画質 (ローカル 5G スマートポールに設置したカメラ 4 台にて確認)

1) センサー・カメラの情報通知

第二期関係者試乗期間および現地スタッフを配置したユースケース実証走行において、自動運転車両接近時における駅前ロータリーの見通し約 50m 範囲超に存在する歩行者、自転車/二輪車、自動車の有無について、ローカル 5G スマートポールの映像を通して遠隔監視装置上で視認できる回数を確認しました。



図 6-16 遠隔監視装置上での確認範囲

表 6-31 第二期関係者試乗期間等における情報確認回数

	走行回数	走行のうち視認による歩行者、自転車/二輪車、自動車の有無を確認できた回数
第二期関係者試乗	12 回	12 回
ユースケース実証走行	9 回	9 回



図 6-17 遠隔監視装置上の確認画面

2) 駅前ロータリーでの動作

自動運転車両が侵入する駅前ロータリーの見通し約 50m 範囲超に、先に滞留している自転車/二輪車、自動車がある際に、ロータリー内に進入する 50m 以上手前で、走行継続あるいは緩いブレーキ等の運転操作で停止線停止をドライバーが行う判断等を、ローカル 5G スマートポールのセンサー・カメラの映像を通して遠隔監視装置で視認、監視員役がロータリー約 50m 手前の距離から自動運転車両へ余裕をもって伝えることで予め認知判断が可能かについて確認しました。

なお、ローカル 5G スマートポールからの認識情報は直接車両接続には用いず、本実証においては同乗係員が余裕をもって認識できたかどうかまでを確認し、ドライバーは自らの目視判断で必要な運転操作を行い実証しました。



「地理院地図」(国土地理院 <https://maps.gsi.go.jp>)を加工して作成

図 6-18 遠隔監視装置上の自動運転車両への通知場所

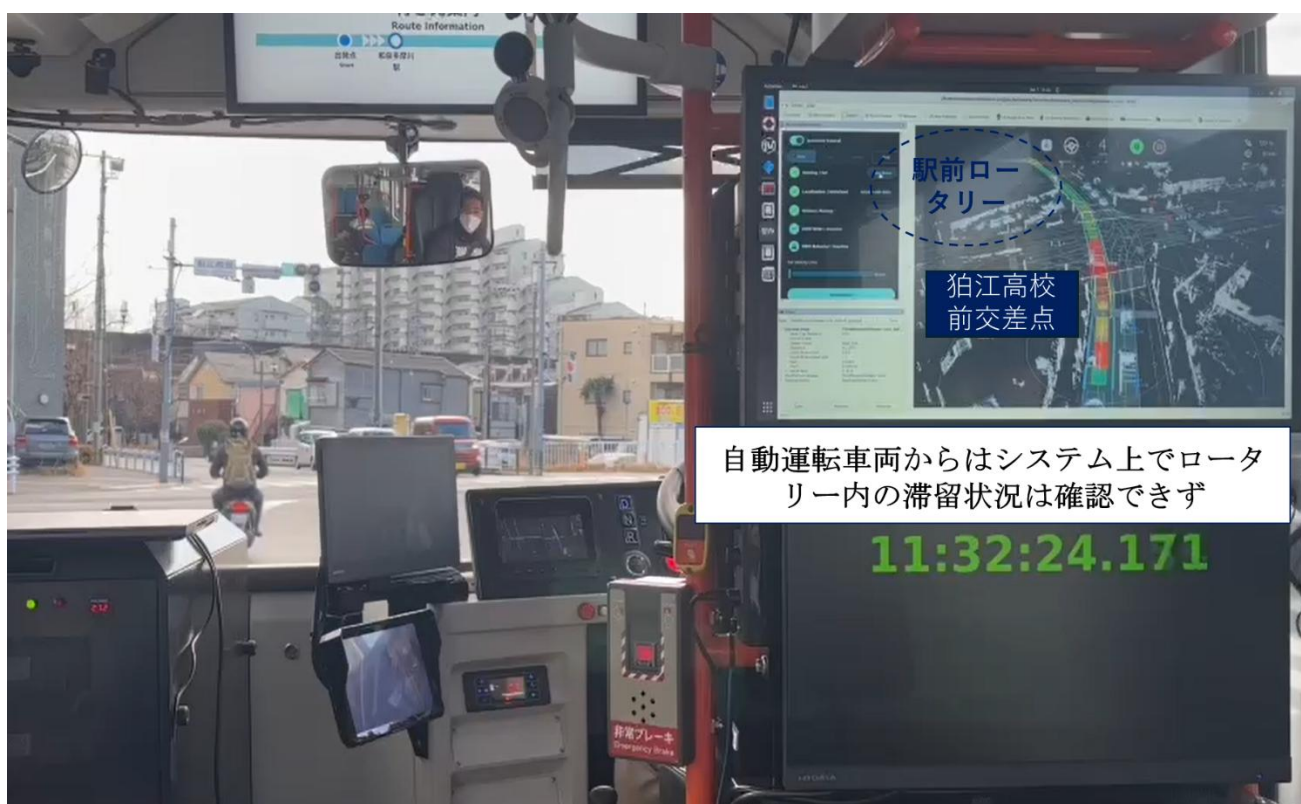


図 6-19 自動運転車両側のロータリー確認状況



図 6-20 監視員からの自動運転車両への通知模様

本検証では、駅前ロータリーの概ね 100m 手前の地点で自動運転車両からは見通し外のロータリー内に滞留している自動車について通知できることを確認できました。通知タイミングについては、今回の実証では駅前ロータリー到着まで約 20 秒、仮に実証時最高速度上限の 35km/h で走行している場合でも約 10 秒とある程度の余裕をもって通知することができました。

3) 監視員による視認、存在の区別

第二期関係者試乗期間および現地スタッフを配置したユースケース実証走行において、駅前ロータリー全体（見通し約 50m）範囲超に存在する歩行者、自転車/二輪車、自動車が、ローカル 5G スマートポールのセンサー・カメラの映像を通して遠隔監視装置上で視認、監視員役がロータリー約 50m 手前の距離から自動運転車両へ通知、歩行者、自転車/二輪車、自動車の有無を伝え、減速が可能であることを確認しました。

表 6-32 第 2 期関係者試乗期間等における監視員から自動運転車両への通知回数

	走行回数	走行のうち歩行者、自転車/二輪車、自動車の有無を自動運転車両へ通知できた回数
第 2 期関係者試乗	12 回	12 回
ユースケース実証走行	9 回	9 回

また、現地に配置したスタッフからの現地の情報と、監視員役が確認した情報に差異が無いことをユースケース実証走行の9回全てで確認できました。



図 6-21 現地スタッフの駅前ロータリーの確認模様

監視員役が確認したローカル 5G スマートポール映像については、歩行者、自転車/二輪車、自動車の認識や移動方向の区別についての情報も含まれております。(6.3.1 (2) 参照)

また、ローカル 5G スマートポールから取得したセンサー・カメラ映像、については自動運転車両へもデータ伝送し、自動運転車両内にて情報を表示、同乗者が内容を確認できるかについて確認を行いました。遠隔監視装置上で視認できるものと同様の映像が、VPN 閉域接続を通じて自動運転車両内から確認できました。



図 6-22 自動運転車両内のローカル 5G スマートポール映像確認模様

4) ローカル 5G スマートポールの配信に必要な映像条件

本実証で定めた映像条件としての KPI に対してのローカル 5G を活用した通信における達成状況については以下の通りです。

表 6-33 ローカル 5G スマートポール KPI 達成状況（田中橋交差点）
（データ計測日：2024 年 12 月 27 日 13 時 45 分～15 時 曇り）

項目	KPI	ローカル 5G		Wi-Fi	
		結果	達成状況	結果	達成状況
映像遅延	平均 300msec 以内	平均 95msec	達成	平均 442msec	未達成
フレームレート	平均 15fps 以上	平均 19fps	達成	平均 19fps	達成
画質	HD 画質	HD 画質	達成	HD 画質	達成

表 6-34 ローカル 5G スマートポール KPI 達成状況（和泉多摩川駅前）
（データ計測日：2024 年 12 月 27 日 10 時～12 時 晴天）

項目	KPI	ローカル 5G		Wi-Fi	
		結果	達成状況	結果	達成状況
映像遅延	平均 300msec 以内	平均 95msec	達成	平均 537msec	未達成
フレームレート	平均 15fps 以上	平均 19fps	達成	平均 18fps	達成
画質	HD 画質	HD 画質	達成	HD 画質	達成

各 KPI を達成し、必要な映像条件を満たすことが確認できました。

（4）考察

本実証において、ローカル 5G スマートポールが配信するセンサー・カメラデータの配信映像について、ローカル 5G の通信では定めた KPI（映像遅延：平均 300msec 以内、フレームレート：平均 15fps 以上、画質：HD 画質）を達成し、ローカル 5G スマートポールの伝送にかかわる要件を満たしていることが確認できました。一方、Wi-Fi については一部 KPI を達成したものの、最大で 2.5 秒～3.5 秒の遅延が発生し、本実証において安定性に課題がある状況でした。ローカル 5G スマートポールが配信するセンサー・カメラデータの配信映像を通じて監視員役が視認、区別を行い自動運転車両へ見通し外の歩行者、自転車/二輪車、自動車の情報を通知することで有用性を確認できました。

また、自動運転車両の認知機能の補助について、ソフトウェア処理により、ローカル 5G スマートポールのセンサーについて、自動運転走行ルートに対し前方にある駅前ロータリー約 50m（自動運転車からは見通し外領域）の物体検出率は 100%であり、ロータリー内に駐停車し、自動運転ルートに滞留している自動車に対する認識率についても 100%でした。一方、歩行者および二輪車/自転車については誤認識が 11 件（内過検知 1 件）ありました。何かしらの物体や反射等の影響を受けて歩行者と誤認識したケースや自転車/二輪車などを自動車と誤認識したケースがありました。自転車/二輪車などを自動車と誤認識したケースについては、デリバリーバイクなどがありました。二輪車/自転車の中でも、比較的大きなサイズのデリバリーバイク（一般に約 2m x 1.2m x 0.8m 程度）は、自動車の 1/3 程度のサイズであるため、もしこれらデリバリーバイクがバス停付近に停車をした場合には手前で止まる必要がある可能性のある物体でした。また、リヤカー付き自転車（一般的に全長約 2m～2.8m 程度）等についても同様にバス停付近に停車をした場合には手前で止まる必要がある可能性のある物体であると考えます。誤認識したケースにおいても自動運転車両は安全停止を行うため、ただちに不安全な状況になりませんが、走行時間の増加や不要なブレーキ操作を行う可能性があるため、頻度次第では改善策を講じることも考えられます。

頻度的におおきく乗客サービスに影響を与えるものとは現時点で想定されませんが、学習データは生データを要し、学習サーバへのアップロードによるソフトウェア改良が必要なため、推論

し認識結果を導くことに対し、伝送するデータ量や学習データサーバへの転送などの仕組みを入れることが無線区間に新たに要求となる可能性があります。継続的に誤認識の頻度や重要性を精査し、学習用データや処理をデータセンタとローカル 5G スマートポールを接続したアーキテクチャ等を考慮すべきか精査を要することがわかりました。

なお、認識率を高める対策で、学習データを要するシーンを以下に例として示します。

表 6-35 誤認識の事象と対策（例）

事象	想定要因	対策	課題
人がいないときに人と検知	・カメラには映らない物体（鳥など）が横切り歩行者と認識した ・ガラス・鏡等の反射によって点群が生じ、それを歩行者と認識した	・左記現象のノイズも含んだ学習データを作成し、認識モデルをアップデート	・データ収集（期間含む）と学習データ作成のコスト
自転車/二輪車を自動車と誤認識	・学習データの不足（デリバリーバイク、リヤカー付き自転車 等）	・現状の認識モデルのアップデート	
歩行者を自転車/二輪車と誤認識	・学習データの不足（手に旗/荷物を持っている人）		

今年度の実証において、自動運転走行ルートから見通し外 50m のロータリーまたは交差点の領域に滞留する自動車の検知について、ローカル 5G スマートポールの適用可能性が示唆されたと考えております。一方、監視員の視認を介することで常時監視が必要となります。今後についてはレベル 4 自動運転の実現に向け、監視員の視認を介さずローカル 5G スマートポールのセンサー・カメラデータを自動運転車両の制御機能へ連携し、認知できる方向性について、認識率の向上と併せて検討していきます。

6.4 軽量映像伝送システムの実証

※当該ユースケースは本実証対象外のため記載なし

6.5 高度な安全配慮が必要な踏切道や緊急車両行き違い等ボトルネックケースにおける他者とのシステム連携による安全性向上

※当該ユースケースは本実証対象外のため記載なし

6.6 経済性・実装性向上のための標準化・量産化・共通化の実証

※当該ユースケースは本実証対象外のため記載なし

6.7 レベル 4 の社会実装に向けた検討

6.7.1 運用検証

(1) システムの操作性やユーザインターフェースに関する評価（特に監視員の軽減負担等）

1) 実施結果

ローカル 5G 単体の往復通信遅延は通信区間 1 区間ごとに 50msec 程度を KPI としていたところ平均往復通信遅延は 13.39msec でした。

6.2.1 (3)「KGI/KPI との比較結果」のとおり、ローカル 5G スマートポールに設置したセンサーおよびカメラから通知される自動運転車両の見通し外の情報（信号無し交差点付近の死角や信号有り交差点の右折時の交通状況、駅前の他車両滞留状況等）については、遠隔監視装置上から確認し、音声による指示により緩やかな減速につながる検知が可能であることが確認できました（12 回/12 回）。

検知した周辺環境情報を遠隔監視装置と自動運転車両で確認できるかを評価しました。

ローカル 5G スマートポールにて認識した存在を監視員に通知し、監視員が通知を受けて見通し外の物体を監視員が認知できるかを確認しました。ローカル 5G スマートポールによる映像条件として定めた KPI（映像遅延：平均 300msec 以内、フレームレート：平均 15fps 以上、画質：HD 画質）を満たすことを確認し、適用可能性があることがわかりました。また、見通し外として定めた対象領域（交差点 25m、ロータリー内 50m）における自動車の検知率・認識率ともに 100%（25m 範囲では歩行者、自転車/二輪車も 100%）であることを確認しました。

2) 考察

本実証においてはローカル 5G スマートポールにて取得した情報を監視員が確認し、状況を確認でき、監視員が自動運転車両周囲と見通し外の情報を即時かつ明瞭な映像で確認できる適用可能性があることがわかりました。

自動運転車両を乗合交通サービスとして社会実装をする場合には、バスの運行、オペレーション、管理を交通事業者が担うことになります。実際のバス事業者によるオペレーションでは、運行頻度や定時制を確保しつつ、複数の運行エリアやルートを複数の車両で実施するとともに、営業所への回送も含めてオペレーションを行うため、往復通信遅延についてはさらなる削減を図り、目標を設定、検証していくことが重要と考えられます。

さらに複数の自動運転車両を運行することを想定した場合には、自動運転車両の見通し外の情報をすべて確認・判断を行うこととなり監視員の負担が高い状態になるため、長時間走行を考慮すると監視員の負担を減らす検討も必要となると考えます。

ローカル 5G スマートポールの活用により、自動運転車両から見通し外の歩行者、車両の動きと

方向が即時かつ常時に明瞭な映像で把握できるため、監視員の負担軽減に寄与できると考えます。

そのため、レベル4自動運転の社会実証に向けては、自動運転システムとローカル5Gスマートポールなどとの制御接続が重要になると考えます。

(2) 通信システム等の導入による業務フローや運行経路、人員配置等の見直しなど、地域交通の持続性への寄与度

1) 実施結果

本実証の自動運転車両における走行ルート上に設定したローカル5G計測対象地点におけるアップロードスループット及びローカル5G単体の往復通信遅延（映像遅延）の結果を以下に示します。映像要件として掲げたKPIは以下の通り達成したことを確認しました。

表 6-36 アップロードスループット及び映像遅延の計測結果

項番	地点名	アップロードスループット(Mbps)	RTT(msec)	判定	ローカル5G対象エリア
1	和泉多摩川駅ロータリ入口	237	12	OK	対象
2	和泉多摩川駅ロータリバス停	236	9	OK	対象
3	和泉多摩川駅ロータリ出口	180	14	OK	対象
4	信号①（狛江高校前）	201	10	OK	対象
5	信号②（狛江高校横）	-	-	-	-
6	信号③（西河原通り）	-	-	-	-
7	信号④（田中の池児童公園横）	86.1	11	OK	対象
8	信号⑤（田中橋交差点）	192	10	OK	対象
9	信号⑥（古民家園前）	156	13	OK	対象
10	バス停①（児童公園）	-	-	-	-
11	信号⑦（あいとびあセンター）	-	-	-	-
12	信号⑧（麺工房太田亭）	-	-	-	-
13	信号⑨（水神前）	-	-	-	-
14	信号⑩（多摩川住宅南口）	56.5	16	OK	対象
15	バス停②（多摩川住宅南口）	194	14	OK	対象
16	交差点①（スーパードライバース）	97.7	10	OK	対象
17	信号⑪（多摩川住宅東）	88.2	15	OK	対象
18	信号⑫（西和泉グラウンド）	142	12	OK	対象
19	交差点②（品川道行）	181	19	OK	対象
20	交差点③（西和泉体育館）	131	14	OK	対象
21	信号⑬（多摩川住宅北）	-	-	-	-
22	交差点④（多摩川住宅内入口）	-	-	-	-
23	交差点⑤（多摩川住宅内出口）	-	-	-	-
24	交差点⑥（多摩川住宅中央通り）	-	-	-	-
25	信号⑭（多摩川住宅東）	90.1	19	OK	対象
26	交差点①（スーパードライバース）	46.6	19	OK	対象
27	バス停②（多摩川住宅南口）	236	14	OK	対象
28	信号⑩（多摩川住宅南口）	82.1	11	OK	対象
29	信号⑨（水神前）	-	-	-	-
30	信号⑧（麺工房太田亭）	-	-	-	-
31	信号⑦（あいとびあセンター）	-	-	-	-
32	バス停①（児童公園）	-	-	-	-
33	信号⑥（古民家園前）	123	12	OK	対象
34	信号⑤（田中橋交差点）	209	10	OK	対象
35	信号④（田中の池児童公園横）	128	15	OK	対象
36	信号③（西河原通り）	-	-	-	-
37	信号②（狛江高校横）	-	-	-	-
38	信号①（狛江高校前）	109	13	OK	対象
39	和泉多摩川駅ロータリ入口	236	16	OK	対象

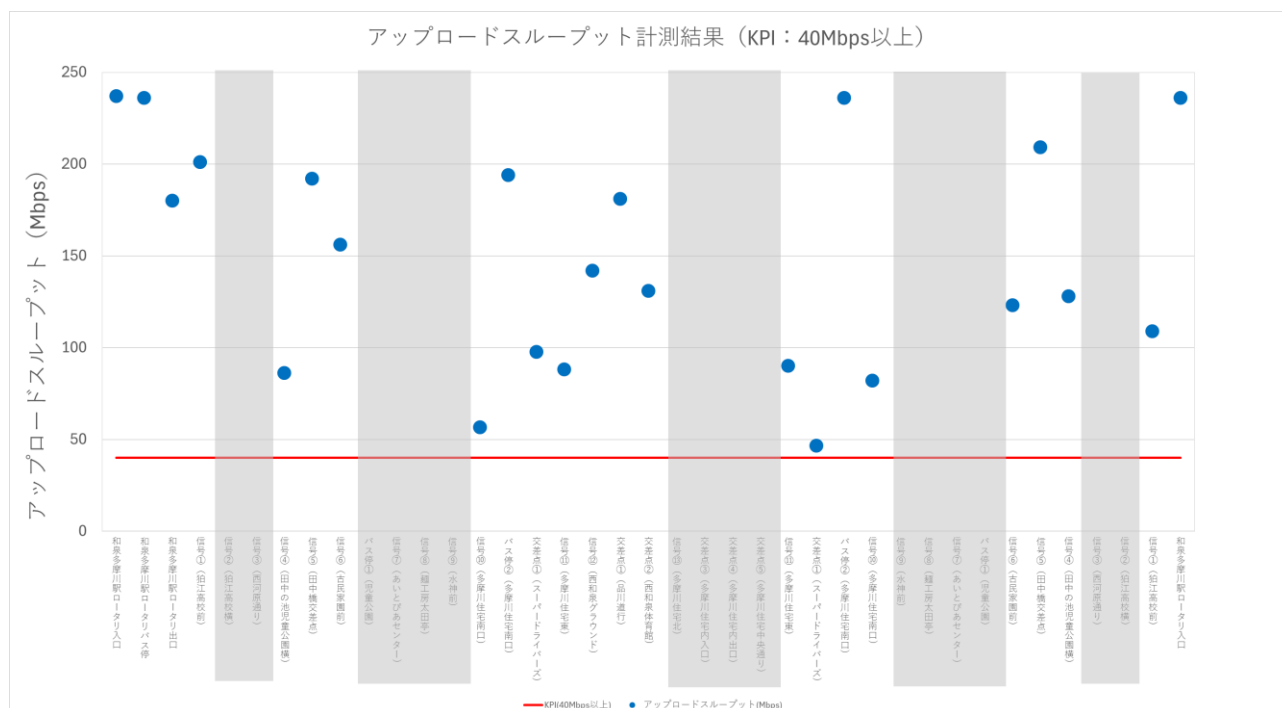


図 6-23 アップロードスループット計測結果

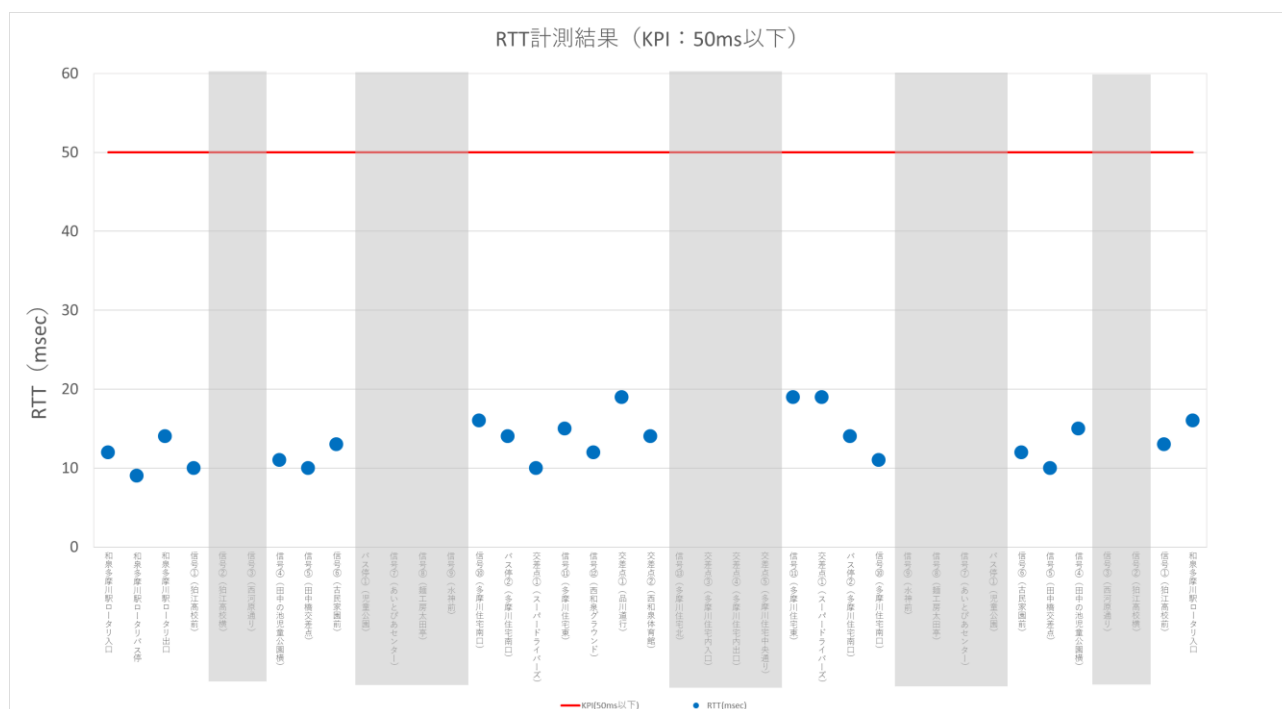


図 6-24 ローカル 5G 単体の往復通信遅延（映像遅延）計測結果

本実証の自動運転車両における走行ルート上に設定したローカル 5G 計測対象地点における映像のフレームレート及び画質の計測結果を以下に示します。映像要件として掲げた KPI は以下の通り達成したことを確認しました。

表 6-37 フレームレート及び画質の計測結果

通番	地点名	fps(/sec)	画質	判定	ローカル5G対象エリア
1	和泉多摩川駅ロータリ入口	29	1280x720	OK	対象
2	和泉多摩川駅ロータリバス停	29	1280x720	OK	対象
3	和泉多摩川駅ロータリ出口	30	1280x720	OK	対象
4	信号①（狛江高校前）	20	1280x720	OK	対象
5	信号②（狛江高校横）	-	-	-	-
6	信号③（西河原通り）	-	-	-	-
7	信号④（田中の池児童公園横）	29	1280x720	OK	対象
8	信号⑤（田中橋交差点）	29	1280x720	OK	対象
9	信号⑥（古民家園前）	29	1280x720	OK	対象
10	バス停①（児童公園）	-	-	-	-
11	信号⑦（あいびあセンター）	-	-	-	-
12	信号⑧（麺工房太田亭）	-	-	-	-
13	信号⑨（水神前）	-	-	-	-
14	信号⑩（多摩川住宅南口）	29	1280x720	OK	対象
15	バス停②（多摩川住宅南口）	29	1280x720	OK	対象
16	交差点①（スーパードライブス）	29	1280x720	OK	対象
17	信号⑪（多摩川住宅東）	30	1280x720	OK	対象
18	信号⑫（西和泉グラウンド）	29	1280x720	OK	対象
19	交差点②（品川道行）	29	1280x720	OK	対象
20	交差点③（西和泉体育館）	29	1280x720	OK	対象
21	信号⑬（多摩川住宅北）	-	-	-	-
22	交差点④（多摩川住宅内入口）	-	-	-	-
23	交差点⑤（多摩川住宅内出口）	-	-	-	-
24	交差点⑥（多摩川住宅中央通り）	-	-	-	-
25	信号⑭（多摩川住宅東）	30	1280x720	OK	対象
26	交差点①（スーパードライブス）	29	1280x720	OK	対象
27	バス停②（多摩川住宅南口）	29	1280x720	OK	対象
28	信号⑩（多摩川住宅南口）	29	1280x720	OK	対象
29	信号⑨（水神前）	-	-	-	-
30	信号⑧（麺工房太田亭）	-	-	-	-
31	信号⑦（あいびあセンター）	-	-	-	-
32	バス停①（児童公園）	-	-	-	-
33	信号⑥（古民家園前）	29	1280x720	OK	対象
34	信号⑤（田中橋交差点）	29	1280x720	OK	対象
35	信号④（田中の池児童公園横）	29	1280x720	OK	対象
36	信号③（西河原通り）	-	-	-	-
37	信号②（狛江高校横）	-	-	-	-
38	信号①（狛江高校前）	20	1280x720	OK	対象
39	和泉多摩川駅ロータリ入口	25	1280x720	OK	対象

表 6-38 映像遅延の計測結果

地点名	キャリア5G遅延時間(msec)	ローカル5G遅延時間(msec)	判定	ローカル5G対象エリア
和泉多摩川駅ロータリ入口	-	136	OK	対象
和泉多摩川駅ロータリバス停	-	147	OK	対象
和泉多摩川駅ロータリ出口	-	131	OK	対象
信号①（狛江高校前）	-	128	OK	対象
信号②（狛江高校横）	284	-	-	-
信号③（西河原通り）	275	-	-	-
信号④（田中の池児童公園横）	-	134	OK	対象
信号⑤（田中橋交差点）	-	144	OK	対象
信号⑥（古民家園前）	-	143	OK	対象
バス停①（児童公園）	183	-	-	-
信号⑦（あいどぴあセンター）	197	-	-	-
信号⑧（麺工房太田亭）	184	-	-	-
信号⑨（水神前）	248	-	-	-
信号⑩（多摩川住宅南口）	-	118	OK	対象
バス停②（多摩川住宅南口）	-	139	OK	対象
交差点①（スーパードライバース）	-	141	OK	対象
信号⑪（多摩川住宅東）	-	141	OK	対象
信号⑫（西和泉グラウンド）	-	141	OK	対象
交差点②（品川道行）	-	129	OK	対象
交差点③（西和泉体育館）	-	133	OK	対象
信号⑬（多摩川住宅北）	272	-	-	-
交差点④（多摩川住宅内入口）	260	-	-	-
交差点⑤（多摩川住宅内出口）	254	-	-	-
交差点⑥（多摩川住宅中央通り）	235	-	-	-
信号⑭（多摩川住宅東）	-	124	OK	対象
交差点①（スーパードライバース）	-	127	OK	対象
バス停②（多摩川住宅南口）	-	125	OK	対象
信号⑩（多摩川住宅南口）	-	135	OK	対象
信号⑨（水神前）	180	-	-	-
信号⑧（麺工房太田亭）	254	-	-	-
信号⑦（あいどぴあセンター）	211	-	-	-
バス停①（児童公園）	203	-	-	-
信号⑥（古民家園前）	-	135	OK	対象
信号⑤（田中橋交差点）	-	155	OK	対象
信号④（田中の池児童公園横）	-	129	OK	対象
信号③（西河原通り）	253	-	-	-
信号②（狛江高校横）	219	-	-	-
信号①（狛江高校前）	-	144	OK	対象
和泉多摩川駅ロータリ入口	-	151	OK	対象

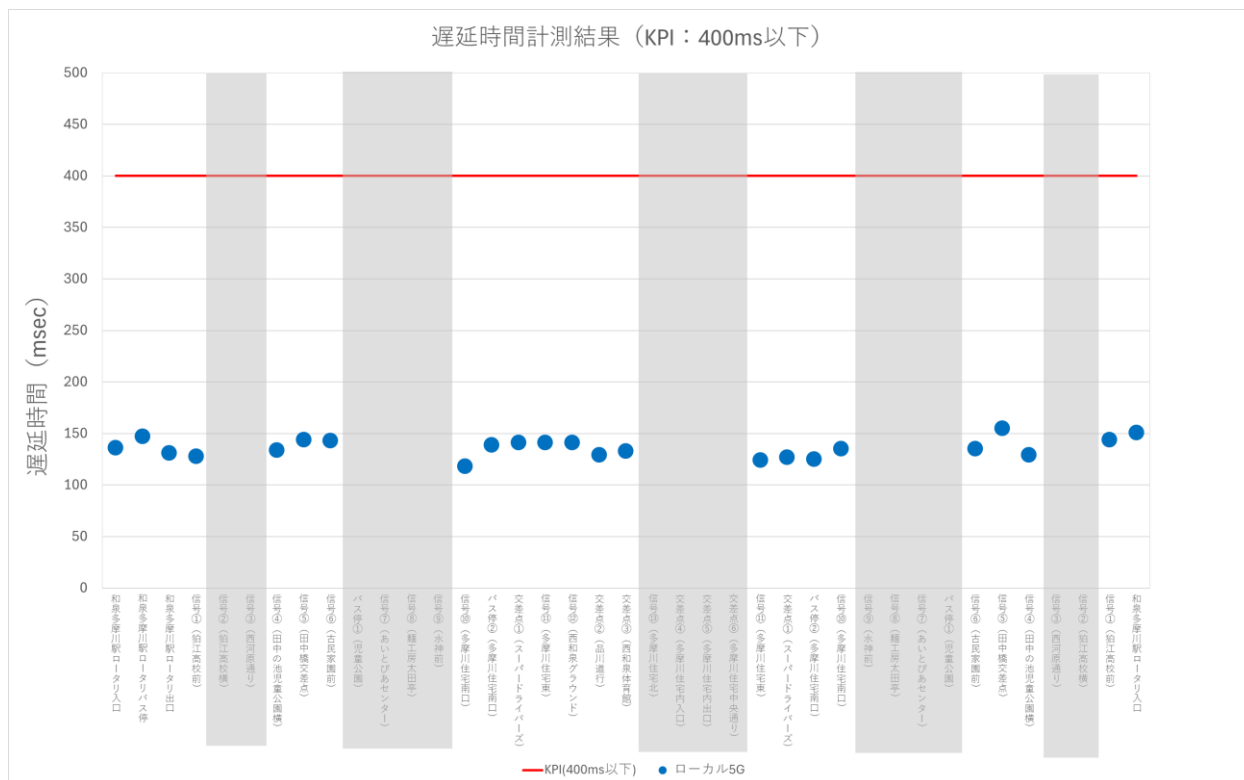


図 6-26 ローカル 5G 単体での映像遅延計測結果

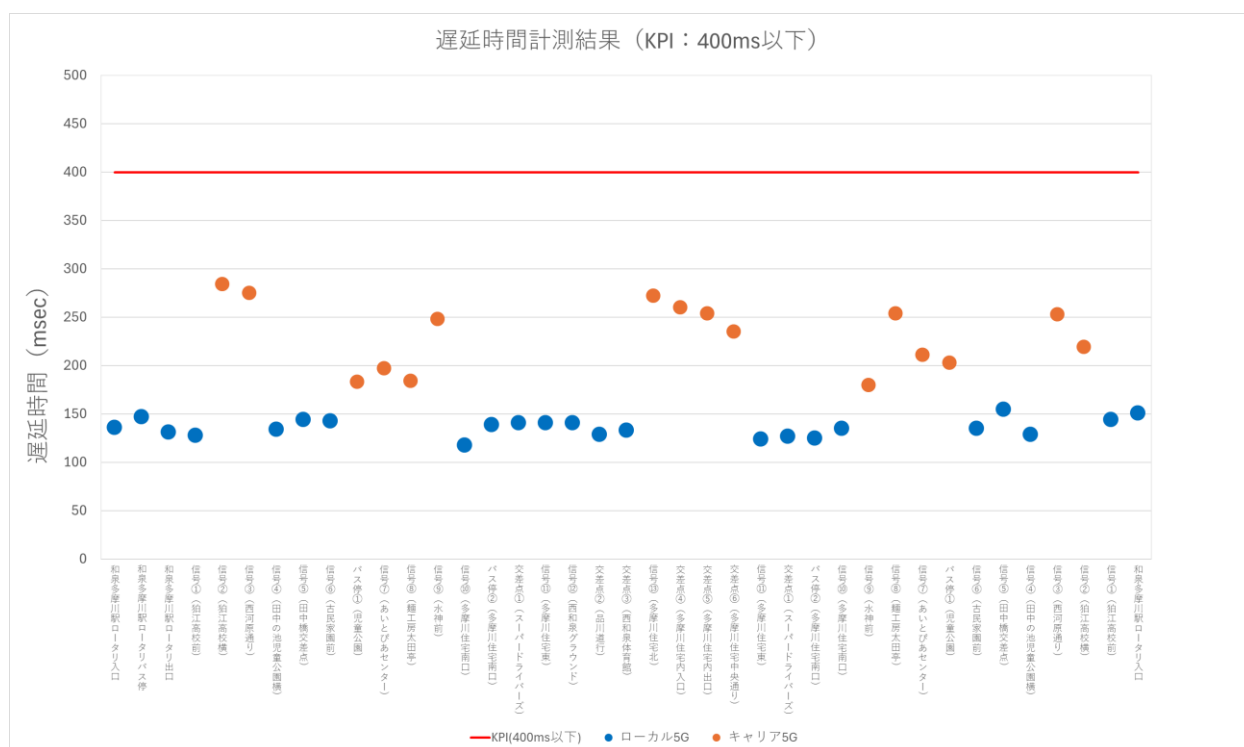


図 6-27 ローカル 5G/キャリア 5G の映像遅延計測結果

2) 考察

本実証においては、商用運行時において発生する工事発生や事故等による突発的な走行ルート上の変化に応じて、映像の伝送が出来る環境を構築しうるかを検証しました。設定した測定地点において計測した KPI はアップロードスループット、映像遅延及び隔監視映像のフレームレート、画質について、いずれにおいても目標値を達成しています。

これらの結果からは、商用運行時に定時定路線運行に支障をきたす路線環境の情報を車両から監視員に速やかに伝送、監視者による現場判断による円滑な運行オペレーションの継続に資するシステムを構築するためには、ローカル 5G 利用に優位性があることが実証されました。

また、定時定路線運行を前提とした場合には、交通環境の変化（工事時間帯、一時通行止め等）が予測できる場合に、可搬式スマートボールの現場への設置等をオペレーションの選択肢として持つことで、より精度の高い運行オペレーションが可能となる点も、商用運行では意義を持つことも考えられます。

一方で、事業者による商用運行においては、一般車両と車線を共有するため、事前に想定が難しい事故の発生や、自動運転車両の判断遅れからのスタック発生による後続車両の追い越し等、突発的な道路環境の変化により、さらに複雑な運行継続のための判断が求められる可能性も考えられます。そのため、レベル 4 自動運転の社会実証に向けては、商用運行として実装することを見据えて、引き続き手動介入の発生場所と要因のケースを蓄積した上で、自動運転車両のオペレーションについて交通事業者と実際の運用におけるシステムの条件、運用上必要な技術を具体的に洗い出していくことが求められます。

(3) データの処理・管理に係る運用などのセキュリティ対策

1) 実施結果

自動運転車両については国連規格 UN-R155/156 及び ISO 21434 の技術要件に基づいて自動運転車両のセキュリティ対策を実施し、ISO 21434 の組織要件にも対応し、収集データは車載のローカルストレージで処理・保管され、クラウドへの転送時には暗号化とデバイス認証によりデータ保護となりすまし防止を図りました。クラウドストレージ上のファイルも暗号化することで、データ漏洩リスクを最小限に抑えました。

クラウド環境におけるアクセス制御は、権限管理とマルチファクタ認証を組み合わせた厳格な対策を実施しており、不正アクセスを防止しました。

また、レベル 4 自動運転システムで用いる遠隔監視装置は TLS 接続前提でクラウドサービスへ接続しています。

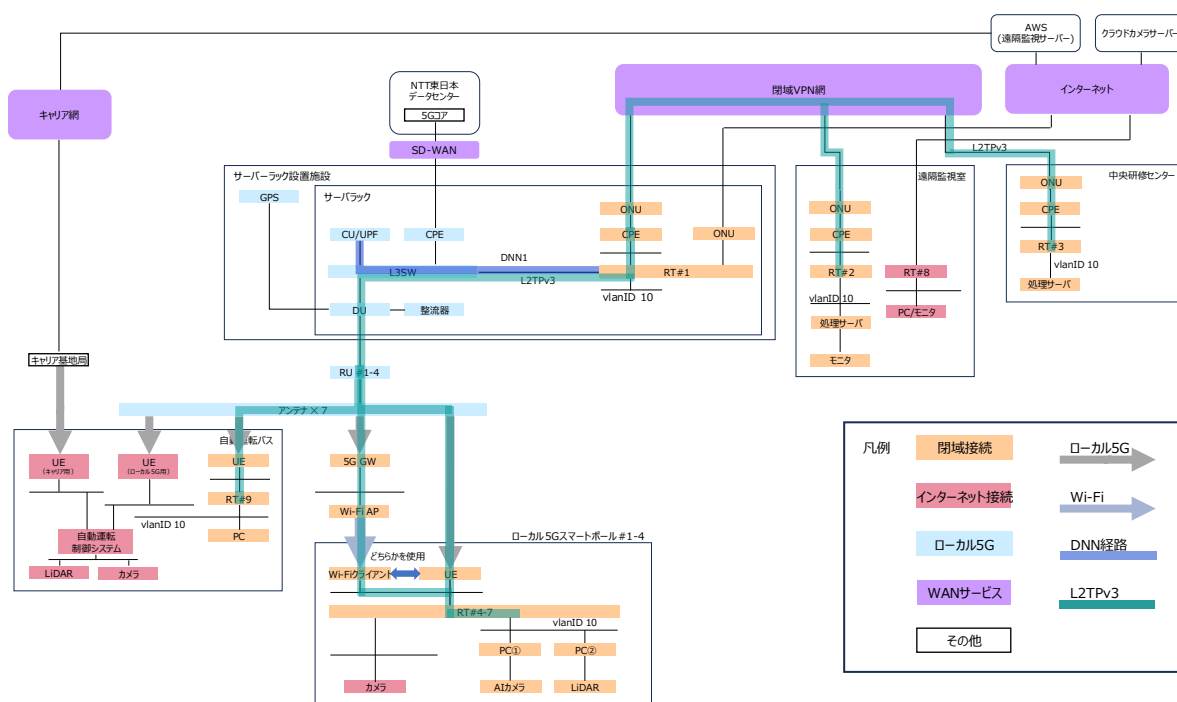
さらに、常時監視システムを導入したため、異常を即座に検知可能とし、機密データへのアクセスは最小特権の原則に基づき制限し、データの機密性と整合性を確保しています。

加えて、従業員に対するセキュリティ教育にも注力し、ポリシーの周知徹底とセキュリティ意識の向上を図り、人的ミスによるリスクの低減に努めました。

以上の多層的なセキュリティ対策により、レベル 4 自動運転システム全体のセキュリティを担保し、データ保護と安全な運用を実現するとともに、継続的な監視と改善でリスク低減を図りました。

ローカル 5G スマートポール部分については前述のとおり、ローカル 5G の DNN および VLAN 技術を活用した、他のインターネットアクセスと隔離した接続構成を構築しました。

ローカル 5G スマートポールに搭載したルーターから遠隔監視装置、中央研修センター及び自動運転車両のルーターに対して L2TP v3 による VPN を実施し、拠点間通信には閉域 VPN 網によって構成することで他のインターネットアクセスと隔離した接続構成による情報の改ざんや漏洩、消去等を防止する工夫を施しているため情報漏洩などの心配はありません。



また、本実証期間におけるセキュリティインシデントは 0 件でした。

2) 考察

今後の社会実装には、より広域な収集データを複数の自動運転車両で扱う可能性が高く、クラウドの利用が想定される。クラウドへのデータ転送が発生する場合には、暗号化とデバイス認証によりデータ保護となりすまじ防止を図り、クラウドストレージ上のファイルも暗号化することで、データ漏洩リスクを最小限に抑える構成が求められます。また、クラウド環境における機密データへのアクセス制御は、最小特権の原則に基づき制限した権限管理とマルチファクタ認証を組み合わせた厳格な対策を実施し、外部からの不正アクセスの防止も求められます。さらに、常時監視システムにおいて、異常を即座に検知することで、データの機密性と整合性を確保し、イ

ンシデント発生時には、自動運転車両をクラウドから瞬時に切断することが求められます。

併せて、通信要件としてもレベル 4 自動運転の実装に向けた更なる見極めが必要です。本実証ではローカル 5G 基地局に収容する通信は、自動運転車両一台分の映像（40Mbps 程度）とローカル 5G スマートポール 1 局分（最大 120Mbps 程度）であったため、安定した通信が維持できましたが、今後のレベル 4 自動運転実装を見越して、複数台の自動運転車両と複数のローカル 5G スマートポールを収容していくことが想定した通信要件の整理が必要になると考えます。

更に、本システムを運用する従業員に対してのセキュリティ教育も重要で、定期的なトレーニングや模擬演習を通じて、ポリシーの周知徹底とセキュリティ意識の向上を図り、人的ミスによるリスクの低減に努める必要もあります。

以上の多層的なセキュリティ対策により、レベル 4 自動運転システム全体のセキュリティを担保し、データ保護と安全な運用を実現するとともに、継続的な監視と改善でリスク低減が求められます。

（4）通信システム（の維持管理・保守

1) 実施結果

●自動運転車両/システム

自動運転車両（Minibus）においては走行開始前に、始業前点検と終業後点検、経路上の安全確認の試走を行いました。

なお、点検等で不具合は発生しませんでした。

表 6-39 自動運転走行日数と点検等実施回数

自動運転走行日数	点検等実施回数
33 日	33 回

また、必要なサイバーセキュリティ対策についても外部からのインターネットアクセスを遮断した状態で、試験運用しました。

●ローカル 5G（ギガらく 5G）

ローカル 5G（ギガらく 5G）における状態監視等を実施しました。

1. 状態監視

- ・アラーム検知：0 件

2. 問合せ対応

- ・問合せや設定変更代行、故障申告等をサポートセンタ対応：0 件

3. 訪問修理

- ・故障箇所の切り分け及び、故障箇所の復旧対応等：0 件

4. メンテナンス

- ・ 5G コア及び RAN 装置各種のソフトウェアバージョンアップ等：0 件

●無線局、ローカル 5G スマートポール

実証期間について目視点検（月 2 回）を実施しました。

- ・ 目視点検日時：2024 年 11 月 5 日、26 日、12 月 5 日、24 日、1 月 9 日、24 日
- ・ 目視点検内容：安全確認観点より設置機器の損傷確認、RU ランプの正常可否確認
- ・ 目視点検結果：異常無し

2) 考察

自動運転車両、ローカル 5G（ギガらく 5G）、ローカル 5G スマートポールについては、本検証では定期的な点検を行ったことで異常や障害発生がなく安定稼働をしていました。実装に向けてより長期的な運用を行なう際は、本実証で示したように定期的な点検を行うことで異常を予め検知し、予防保全を行うことで通信システムや自動運転車両の高い稼働率が期待できると考えられます。点検内容については、本実証では運用期間が定められているため目視点検を実施しましたが、より長期的な運用時においては留め具（ボルト・ナットなど）の緩みや配線劣化状況を点検するための詳細点検やポールの劣化度合いを確認する点検が必要となると考えます。

そのうえで長期運用を考えた際は日本という地理的特性上、台風や地震などの災害も視野に入る必要があります。本検証のローカル 5G スマートポールのように建柱し、各種ケーブルを引き込んでいる構造は災害によるケーブル断線や各種装柱機器や建柱したポールの損傷も考えられるため、長期運用時には定期点検だけでなく災害発生に合わせたスポットとしての点検対応も必要になってくると考えられます。併せて、本検証では体制構築を行いながらも実施する機会がなかった修繕対応についても、長期運用時のサービスレベルを維持するために必要な体制を見極めていく必要があります。

6.7.2 効果検証

(1) 通信システム等の運用の有無による手動介入回数・運行停止時間等の変化

1) 実施結果

本実証では自動運転車両走行中における手動介入の発生件数の測定と発生した際に起因となる事象についてカテゴライズして確認しました。

手動介入の発生件数は44回の走行の中で191回発生し、その発生した起因となる事象は主に路駐車の回避（73件）、道路上における工事現場の回避（56件）、道路上での横断者の検知（22件）でした。

表 6-40 第2期手動介入の発生件数

No.	事象	件数
1	障害物(路駐車)回避	73
2	障害物(工事)回避	56
3	予防的手動介入(横断者の検知)	22
4	予防的手動介入(信号)	17
5	予防的手動介入(対向車)	13
6	障害物(自転車・歩行者)回避	8
7	誤認識	1
8	予防的手動介入(緊急車両)	1
	総計	191

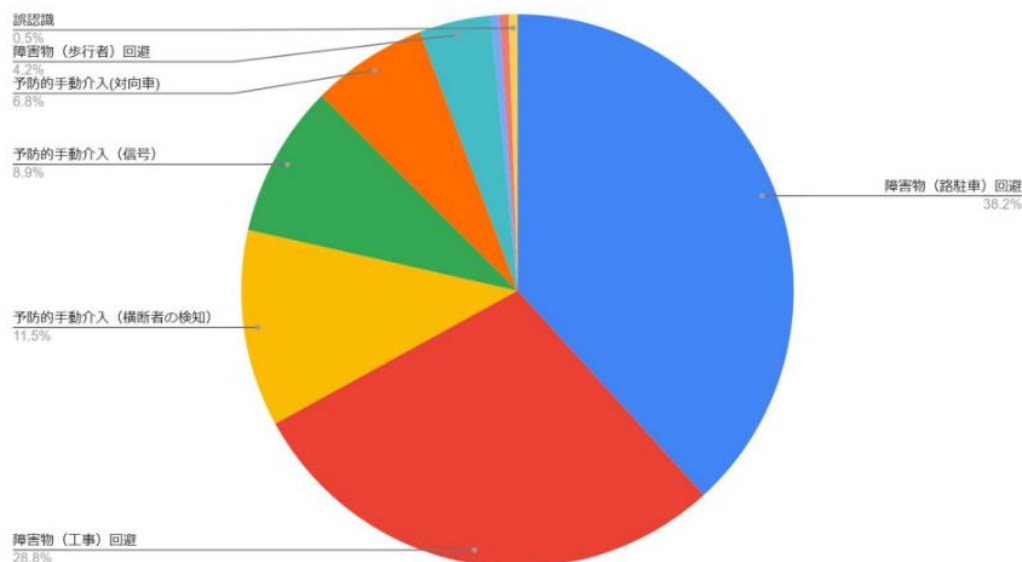


図 6-29 第2期手動介入の発生事象と割合

2) 考察

本実証においては、自動運転走行時の手動介入の発生件数と要因となる事象を確認し、現状では、障害物回避による手動介入の場面が多く発生することがわかりました。

6.7.1 章 (2)「通信システム等の導入による業務フローや運行経路、人員配置等の見直しなど、地域交通の持続性への寄与度」においても記載した通り、定時定路線運行を前提とした場合には、交通環境の変化（工事時間帯、一時通行止め等）が予測できる場合に、スマートポールなどを現場へ設置するなどのオペレーションの選択肢として持つことで、より精度の高い運行オペレーションが可能となる点も、商用運行では意義を持つことも考えられます。

一方で、今回の実証において手動介入回数が最も多いのは路駐車発生時となっており、路線バス運行においては、予測が難しく、かつ道路において場所を問わず頻発する可能性が高い路駐車については、特に事前検知、判断、走行ルート変更の精度を高めていく必要があることも重要な課題となります。

そのため、レベル 4 自動運転の社会実証に向けては、商用運行として実装することを見据えて、引き続き手動介入の発生場所と要因のケースを蓄積した上で、実際の運用におけるシステムの条件、運用上必要な技術を自動運転車両のオペレーションを担う交通事業者とともに具体的に洗い出していくことが求められます。これらの交通事業者との連携の中では、自動運転の路線バス等への地域実装の中で運行ルートが定められることから、採算性・持続的な運行のために必要な通信システムの整備、投資の観点からも、今後の実証で積み上げられる手動介入回数の発生箇所等のデータをもとに、計画を定めていくことが重要となります。

(2) 自動運転走行車を含む道路交通全体の安全性・円滑性向上の寄与度

1) 実施結果

交差点からの見通し約 25m 範囲とロータリー全体（見通し約 50m）範囲超において、ローカル 5G スマートポールによって歩行者や自転車などを監視員が映像を通して確認できることにより、進入前に交差点やロータリーの交通状況を把握し、必要に応じて停止指示を出すことは安全性向上の寄与に繋がります。そのため、監視員が映像を通して自転車/歩行者を視認できるか確認しました。

●信号なし交差点

交差点からの見通し約 25m 範囲超に存在する自転車/歩行者が、監視員役が映像を通して視認可能な映像品質であるか確認しました。以下の表は、晴天の日の約 2 時間の視認性計測結果です。

表 6-41 ローカル 5G スマートポールの 認識データ（多摩川住宅①）
（データ計測日時 2024 年 12 月 10 日 10 時～12 時 晴天）

	歩行者	自転車/ 二輪車	自動車
真値 （カメラ映像を目視確認）	39	42	19
正解数 LiDAR により、物標を正し く認識できた数	39	42	19
誤認識数 （内過検出数）	1 (1)	1 (1)	0 (0)
非検出数	0	0	0
認識率	100%	100%	100%

ターゲットとした見通し外約 25m の範囲において歩行者、自転車/二輪車、自動車ともに 100% の認識率を計測しましたが、過検知が 2 件ありました。下記の表に内容をまとめました。

表 6-42 過検知内容

		誤って検知した物標種別	件数	具体的な内容	内数
真値として視 認した 物標	無し (過検知)	歩行者	1	物標確認できず	1
		自転車/二輪車	1	自転車 1 台を 2 台と認識	1
	歩行者	-	0	-	-
	自転車	-	0	-	-
	バイク	-	0	-	-
	自動車	-	0	-	-
計			2		

1 ケース目は 1 秒程度、物体がないシーンで歩行者と過検知したケース、2 ケース目は 1 秒程度、生活道路上で 1 台の自転車を 2 台の自転車と過検知したケースがありました。

●ロータリー

ロータリー全体（見通し約 50m）範囲超に存在する自転車/歩行者について、監視員役が映像を通して交差点へ接近しているかもしくは遠ざかっているかを判断可能か確認しました。

画像のデータから自転車/歩行者の移動方向、移動速度を監視員役が判断できることを確認しました。以下の表は、晴天の日の約 2 時間の視認性計測結果です。（データ計測日時 2024 年 12 月 10 日 11 時 45 分～13 時 16 分、15 時 49 分～16 時 10 分）

表 6-43 ローカル 5G スマートポールの認識データ（和泉多摩川駅前）
（データ計測日時 2024 年 12 月 10 日 11 時 45 分～13 時 15 分、15 時 45 分～16 時 晴天）

	物標の種類			
	合計	歩行者	自転車/ 二輪車	自動車
真値 （カメラ映像を目視確認）	100	11	22	67
LiDAR による物体検出数	100	－	－	－
検出率	100%	－	－	－

ロータリー内で自動車の認知を行うため、車両を真値とした場合の認識率は 100% で、センサーの認識性能に対し十分余裕を持った設計を行うことで、見通し外の領域でも進入可能であることがわかりました。

そのうえで、検知による誤認識等の評価を行いました。この結果、歩行者を車両と認識したケースはありませんでした。反面、二輪車/自転車を車両と認識したケースは 7 件ありました。

表 6-44 誤認識内容（歩行者および自転車/二輪車）

		誤って検知した 物標種別	件数	具体的な内容	内数
真値と して視 認した 物標	無し (過検知)	歩行者	1	物標確認できず	1
	歩行者	自転車/二輪車	3	手に旗を持っている	1
				手に大きな荷物を持っている	2
	自転車	自動車	4	リヤカー付き自転車	2
				荷台に大きな荷物を積載	2
	バイク	自動車	3	デリバリーバイク	2
				リアボックスを積載	1
	自動車	-	0	-	-
計			11		

二輪車/自転車の中でも、比較的大きなサイズのデリバリーバイクやリヤカー付き自転車などが誤認識内容でした。

2) 考察

現行の乗客輸送においてドライバーは、見通しの悪いエリアへ進入する際に、物陰に隠れる歩行者や自転車、車両を推測し、カーブミラーを確認の上経験と勘に基づき、判断を行うことができます。反面、現在の自動運転システムは、ある程度はっきりと姿かたちが判別できる歩行者および自転車、車両に対する認識を可能とすることから、ドライバーに比べて認識に時間を要することがあります。この結果、ドライバーに比べ強めにブレーキがかかるあるいは、手動介入を要するケースが本実証でありました。

このような遮蔽する物体や車両等によって見通しの悪い交差点に対し、見通せる位置にローカル 5G スマートポールを設置することで、交差点右左折時の進入先の様子や、優先道路上の自動走行ルートに交差する生活道路上の歩行者や自転車/バイク、自動車の動きを 100%認識することができた実証結果を得ることが出来ました。センサ等と協調することで、よりスムーズに自動走行がおこなっていけることの適用可能性があることを確認しました。

また、本実証では、検知した情報をローカル 5G により低遅延で監視員や自動運転車両に伝送し、監視員から車両側の保安員へリアルタイムな通知が可能かどうかを確認し、違和感なく見通しの先の状況を確認できました。自動運転車両のセーフティドライバーも同乗する保安員から交通状

況を聞いており、そのうえでドライバーによる認知・判断で余裕を持った運転操作を行えていることも確認できました。

将来的には、ローカル 5G スマートポールで認識した情報を自動運転車両へ伝え、判断・制御に連携することができれば、監視員や同乗保安員、ドライバーの介入等を減らし、乗客輸送事業に対応したスムーズな走行へ寄与できる可能性があると考えられます。

また、道路交通全体の円滑性という観点では、自動運転車両から見通しの悪くなっている駅前ロータリーに対し、交通混雑によって車両が入るスペースが無い状態で進入を試みた場合、ロータリーの入り口や手前の交差点内等で車両が一時停止し、他の道路利用者がバスを避けて通行をするケースが生じる恐れがあります。本実証において、ロータリー内にローカル 5G スマートポールを設置することで、自動運転車両がまだ認識できていない距離においてもロータリー内の車両滞留状況を認識していることを小田急線泉多摩川駅ロータリーの実環境で試験し、確認しました。

将来的にはローカル 5G スマートポールで検知した情報を自動運転車両へ伝送し、車両制御に連携することにより、ロータリー手前の交差点内やロータリー内での一時停止や、再発進時の監視員の通知等に係る停止時間を短縮させることなどを通じ、乗客の利便性や旅行時間短縮のみならず、道路交通全体に対し、円滑性を維持した通行を維持し、自動運転導入後においても、地域内の旅行時間を維持ないし、短縮できる可能性があると考えられます。

(3) 通信システム等による支援によるルート設定の柔軟化・時間短縮・交通利便性の向上効果

1) 実施結果

6.2.1 章 (2)「開発・評価項目の結果」及び 6.3.1 章 (2)「開発・評価項目の結果」でローカル 5G が通信方式として有用であることを示しました。

また、上記の 2 つの章で示した通りローカル 5G スマートポールを利用し、見通しの悪い交差点やロータリーにおける歩行者、二輪車/自転車、自動車の視認ができること、進入先の交通状況を予め認知し、停止線の手前約 50m で停止する判断が可能なことを確認しました。

なお、街路樹などにより進行先が見通せない状態で、進行先に他車両が滞留している時に、自動運転車両側センサーの情報とローカル 5G スマートポールの情報を比較したところ、自動運転車両側センサーでは進行先に滞留している他車両を検知できないが、ローカル 5G スマートポールのセンサーやカメラでは滞留している他車両を検知できることを確認することができました。

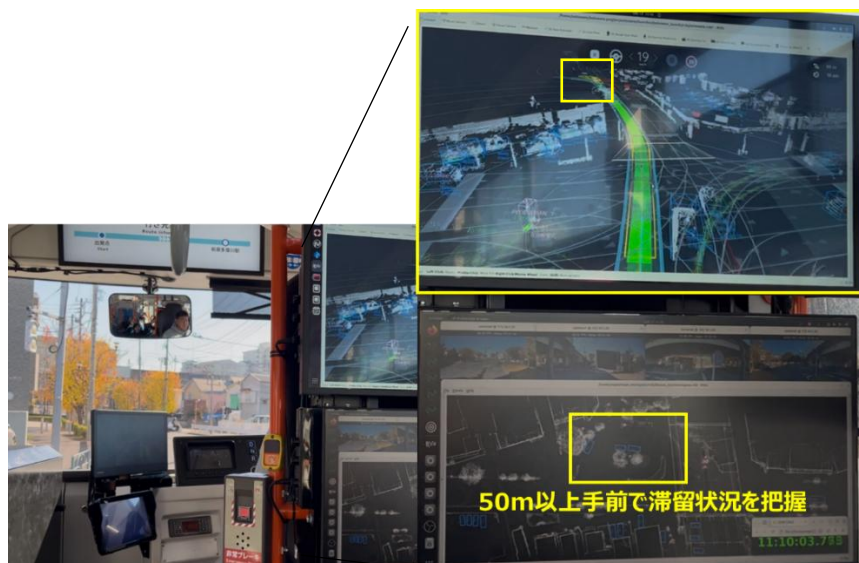


図 6-30 自動運転車内側情報

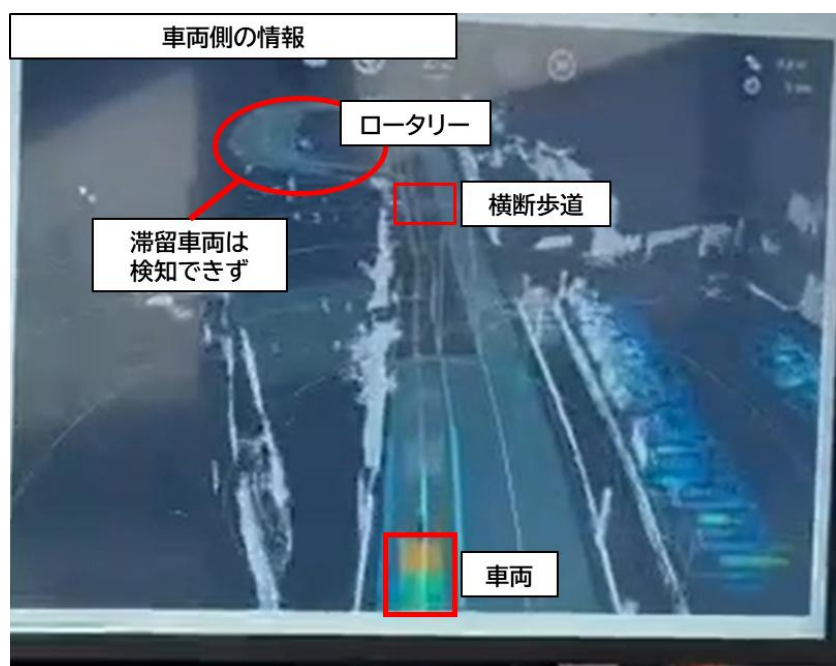


図 6-31 自動運転車両側情報

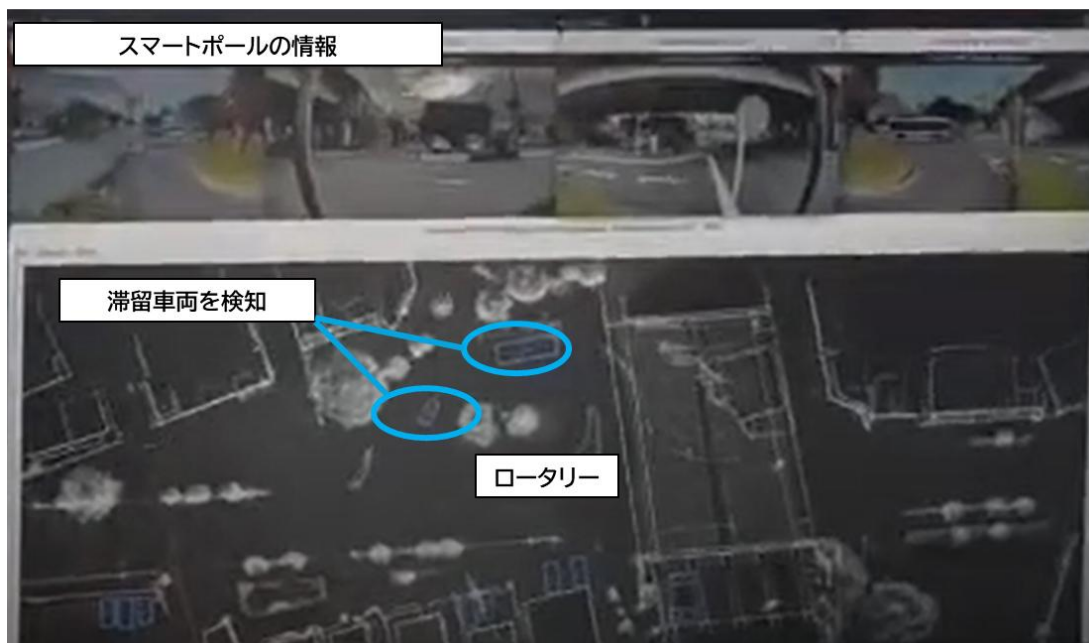


図 6-32 ローカル 5G スマートポール側情報

この結果から、遮蔽物により自動運転車両側センサーで把握できない箇所を安全に走行するためにはローカル 5G スマートポールからの補完情報が有用であることが確認できました。

ロータリーや信号のある交差点において、予め進入先の交通状況を確認することによりロータリーや交差点内で度重なる停止を妨げることができ、度重なる停止をする際と比較してルート走行における総合的な時間短縮の可能性を示すことができました。

上記により見通しの悪い生活道路に接しており強いブレーキが頻発するような道路については、ローカル 5G スマートポールで見通し外の交通状況を検知することで、見通しの悪い信号無し交差点でも緩やかなブレーキ操作で通過可能となることが分かりました。

2) 考察

●通信システム等による支援によるルート設定の柔軟化

キャリア通信の弱電および混雑エリアなど映像が低品質となるエリアや、見通しの悪い生活道路に接しており強いブレーキが頻発するような道路は、レベル 4 自動運転という観点においても、乗客サービスとしての受容性という観点においても、ルート設定が難しいのが現状です。

この課題に対し、ローカル 5G スマートポールを設置することによって、通信混雑エリアにおいても十分な品質の映像が伝送可能になるとともに、見通し外の交通状況を検知することで、見通しの悪い信号無し交差点でも緩やかなブレーキ操作で通過可能となることが分かりました。

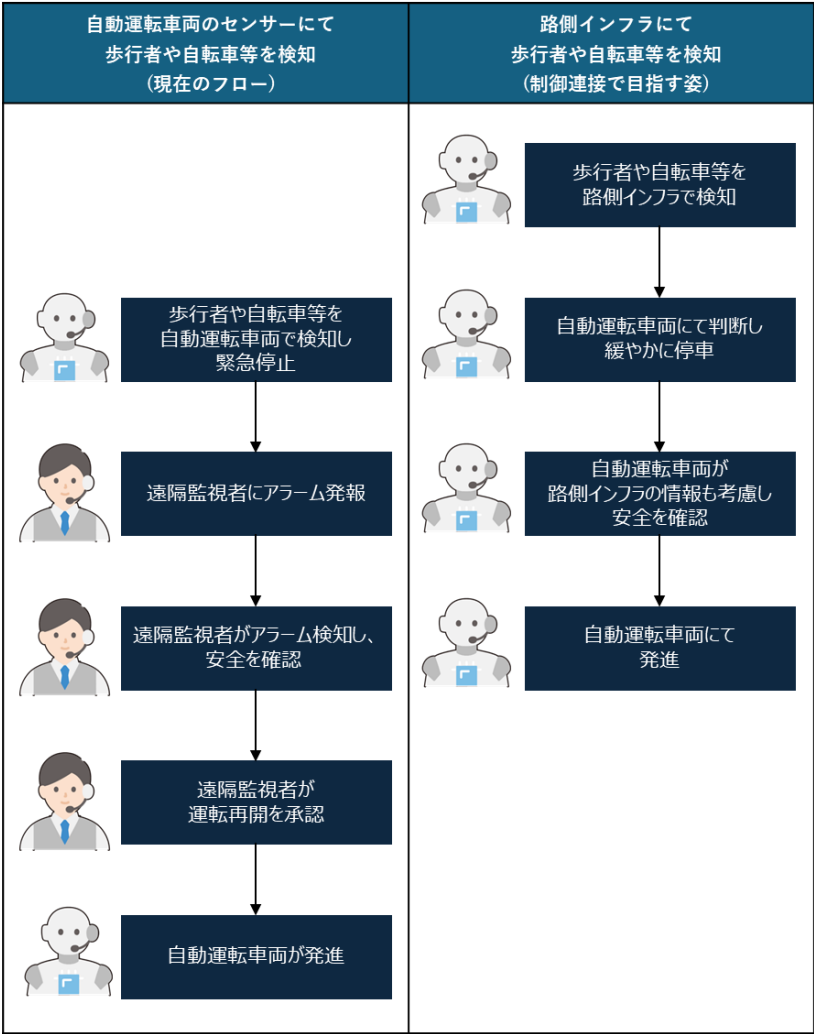
これにより需要に合わせた柔軟な走行ルート設定ができる可能性が高まるため、社会実装においても重要な対応策だと考えます。

●通信システム等による支援による時間短縮および交通利便性向上

自動運転車両がローカル 5G スマートポールの周辺環境情報を活用し、交通量の多い交差点の先

やロータリー内の滞留している他車両、見通しの悪い交差点からの飛び出し等を検知し、予め主体的に停止・減速を行うことで、交差点、ロータリー内での緊急停止や立ち往生の低減に繋がります。緊急停止や立ち往生を低減することで、監視員による状況確認から運転再開を承認するプロセスを減らすことができるため時間短縮、ひいては交通利便性の向上に寄与する対応策だと考えます。

表 6-45 現状のフロート制御連接で目指す姿



(4) 初期コスト・ランニングコスト負担の在り方、自動運転システムと他サービスの連携、シェアリング等によるコスト低減化方策

1) 実施結果

実装に向け本実証にかかる初期コストやランニングコストについて確認しました。

本実証において、遠隔監視装置およびその通信に資する経費は初期コスト約 1 億円、ランニングコスト約 1,000 万円/年となりました。

2) 考察

初期コスト、ランニングコストについては、自動運転を乗合交通として導入する政策目的や課題認識により評価が異なるものと考えられます。これまで行政が主体となり維持、確保してきたコミュニティバス等については、民間交通事業者では営利運行が難しいものの、行政として地域に必要最低限のサービスを提供するため、赤字を補填する形で導入、維持されてきたものが主流ななになっています。そのため、運行台数やサービスが限定的であり、この運行に係るコストのみを比較すると、自動運転導入のコストを受認する判断は難しい状況にあると考えられます。

しかしながら近年では、これまで民間交通事業者が独立採算で運行できた自治体内の幹線路線についても、運転手不足や人件費、燃料費等の高騰により減便や廃止が見込まれることが、多くの自治体で問題意識としてあげられています。これらの路線については、地域のニーズも鑑みて、交通事業者と自治体が連携しながらある程度のサービス水準を維持した運行を持続することが必要になる可能性があります。自動運転の導入コストについては、これらの高水準のサービス維持コストとのトレードオフとなるため、自治体によっては適応する可能性があります。加えて、幹線路線での自動運転導入により、例えばコミュニティバスの運行のために限られた人的リソースを振り分ける等、地域での全体最適に資する可能性も考えられます。

●初期コストに関する考察

仮に自動運転車両の車両本体を購入する場合は、デジタル庁が示す「自動運転等新たなデジタル技術を活用したモビリティサービスの社会実装に向けた論点」（2023. 12. 5）では、車両 1 台あたり約 5.5～8 千万円と記載がありますが、実際にはメンテナンス費やリース料、消耗品の交換等を考慮すると、数倍に膨らむ可能性があります。

また、無人（レベル 4）自動運転を行うためには、初期にローカル 5G や LiDAR センサー、コンピュータ等の多機能・精密部品等を車両ともに導入する必要があります。仮に市街地などで、乗客サービスレベルを維持して複数台の自動運転車両を走行させるためには、センサー等の増設が必要となります。このような初期コストを自治体や地域の公共交通事業者が単独で全て負担することは難しく、レベル 4 自動運転の黎明期に当該技術を普及させるためには、全国展開して量産効果が出るまでの当面の期間、国や自治体からの経済的補助が肝要です。

●ランニングコストに関する考察

国や都道府県の経済的な支援を受けずにビジネスモデルとして成立させるためには、複数のステイクホルダーでコスト回収を行う、病院やスーパーなどの企業からスポンサー協力を得る等のビジネスモデルを採用するといった対応策を検討する必要があります。

狛江市内を走るコミュニティバス「こまバス」は1日約520人、年間約19万人に利用されています。うち約50%が東京都シルバーパスの利用者になっており、直近では、こまバスの運行経費に約2,000万円の補助金を支出するなど、運行経費を回収できていないのが現状です。

概算のため諸条件により大きく変動しますが、現行のコミュニティバス「こまバス」の利用料を踏襲した場合、ランニングコストに関しては年間約16万人程度の利用で運行経費を回収できる可能性があります（図6-33 社会実装時のランニング収支シミュレーション参照）。しかしながら実際にはシルバーパス等を活用する利用者等を想定すると、引き続き国や都道府県・自治体による経済的な補助が必要になる見込みです。

社会実装時のランニング収支（単位：万円）

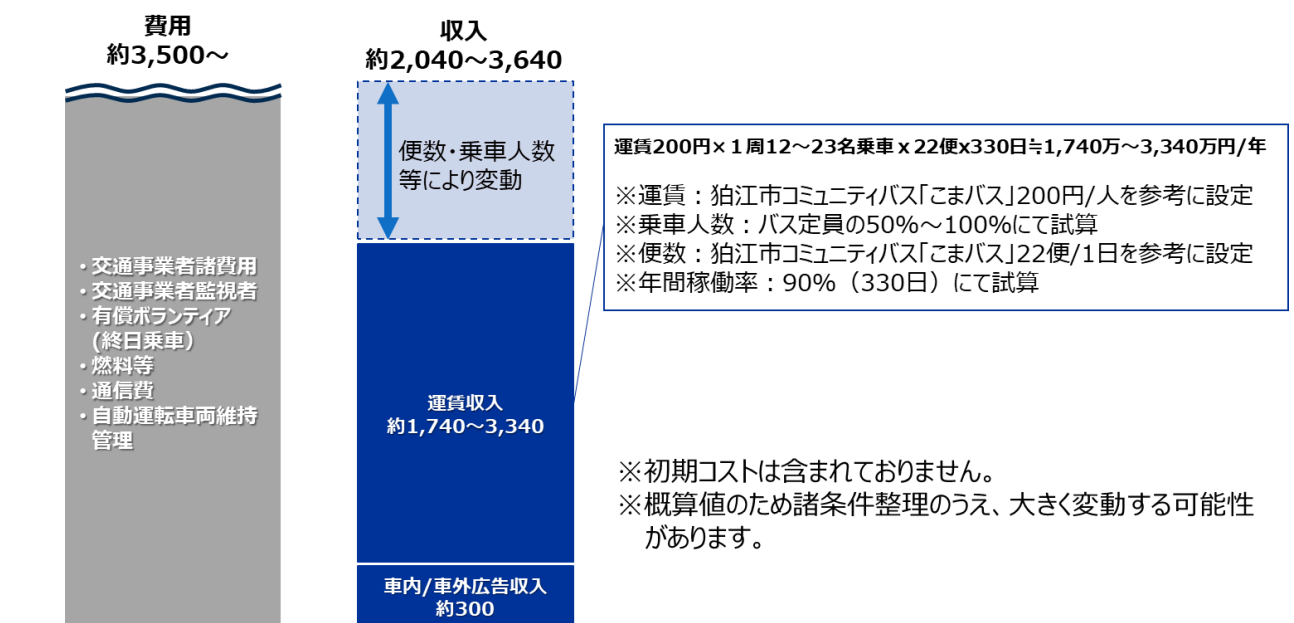


図 6-33 社会実装時のランニング収支シミュレーション

●低減化方策に関する考察

将来的にはセンサーなどによる認知補助および自動運転車両への制御が実現することにより、自動運転車両が自立走行することで1対nでの運用を行い、1台あたりにかかる運行経費を低減することを目指します。

またこうしたコストの最適化に当たっては、ローカル5Gや周辺環境の検知に必要な通信システムの要否、設置方法について十分に考慮する必要があります。

センサー等の設置は必要十分とした上で、自動運転走行用途だけでなくマルチユースし、コストシェアリングを検討することも必要となります。実装に向けて河川監視などの防災利用、防犯利用や人流分析などへの利用も検討を継続してまいります。

(5) 自動運転車両利用者、沿線・道路利用者への影響・社会受容性

1) 実施結果

今年度の実証では、狛江市の地域住民等に自動運転走行車両に試乗頂き、自動運転車両利用者、沿線・道路利用者への影響・社会受容性についての意見・評価を収集していました。

無人（レベル 4）自動運転で商用運行を狙うため、乗客サービスを想定した主観的評価（安心、快適性）を高めていくことが求められます。アンケート結果から、自動運転車両の運行の安全性について、8 割弱が安心して乗車できたと評価されました。

一方で、乗り心地については、非高齢者の 1 割程度が“普段のバスより急・危険・悪い”と回答している一方で、高齢者では 3 割の方が“普段のバスより急・危険・悪い”と回答していました。この点は、乗客輸送を推進していくうえで、より受け入れられる自動運転となるため、スムーズなブレーキを考慮した走行を、交通環境改善や自動運転車両、センサー等との協調など総合的な対策をチューンして進めることが肝要と考えます。

また、狛江市において、将来にわたって乗客輸送を維持し高齢者の移動の足を確保するためにも基幹路線バスへの自動運転バスの導入が必要と考えられます。そのため、地域実装の観点では、利用者のみならず、道路利用者や地域住民の理解促進や意見の収集による改善も求められてくるものと考えます。今年度のアンケート結果からも大多数の方から自動運転車両の利用意向があり、具体的には地域内の交通手段として、買い物や通院など駅の行き来のみならず暮らしの足の維持・確保に資する導入を期待する声が寄せられました。

次年度以降は、さらなる地域住民への理解、自動運転に対する期待を醸成することが求められます。地域住民に対し、住民試乗体験機会の拡大に加え、地域活動と連携した企画の立案として、買い物支援実証や通院支援実証、コミュニティ創出のための活動支援実証に自動運転を活用することや、出前講座等で住民への説明機会を増やすなど多様な選択肢を考慮していくことが必要と考えます。地域公共交通課題を解くための 1 つの手段として、自動運転サービス導入による意義を地域と共有し、積極的な参加を促すことで、道路利用者や地域住民の自動運転走行に対する懸念を洗い出しと解決策を検討し、2027 年度以降の商用運行開始に向けた社会受容性の形成を図っていけるものと考えます。

a. 住民試乗会

自動運転車両利用者、沿線・道路利用者の受容性向上に向け住民試乗会を実施しました。市民への反響は大きく、約 100 名の募集枠が募集開始後 3 時間で満員となりました。

住民試乗会の乗車人数等を下記の表にまとめます。

表 6-46 住民試乗会参加者集

日時	便名	時間	人数	未成年者数
12月20日(金)	1便	10時20分～11時	12人	0人
	2便	11時～11時40分	12人	0人
	3便	14時20分～15時	12人	0人
	4便	15時～15時30分	12人	1人
12月21日(土)	1便	10時20分～11時	12人	4人
	2便	11時～11時40分	12人	1人
	3便	14時20分～15時	12人	5人
	4便	15時～15時30分	12人	3人
人数合計			96人	14人

自動運転バス(レベル4)の実証運行について

2024.8.26
定例記者会見資料
(情報提供)



KOMAE CITY
狛江市

【問い合わせ】
狛江市 都市建設部 道路交通課 交通対策係 係長 佐藤 03(3430)1111(内線2521)

図 6-34 住民試乗会概要 (2024/8/26 狛江市定例記者会見資料)



『見て』『乗って』 体験しよう！

～自動運転バス実証運行～

2024.12.20 FR・21 SAT

★ご利用案内・注意事項★

- ・荒天時中止
- ・乗車定員：12名
- ・対象：一人で着座できる方
- ・車内撮影は係員の許可がある場合を除き禁止です。
- ・途中下車は不可となります。
- ・出発と到着時間は目安になります。
- ・走行中、急停車や急減速する可能性、および緊急停車を知らせる警報等が鳴動する可能性があります。

参加のお申込みは
こちらから

6



申込締切：11月29日(金)

主催 **狛江市**

お問い合わせ 道路交通課交通対策係 **03(3430)1314**

図 6-35 住民試乗会参加申し込みパンフレット（2024 年 11 月 配布資料）

住民試乗会の様子は以下の通りです。

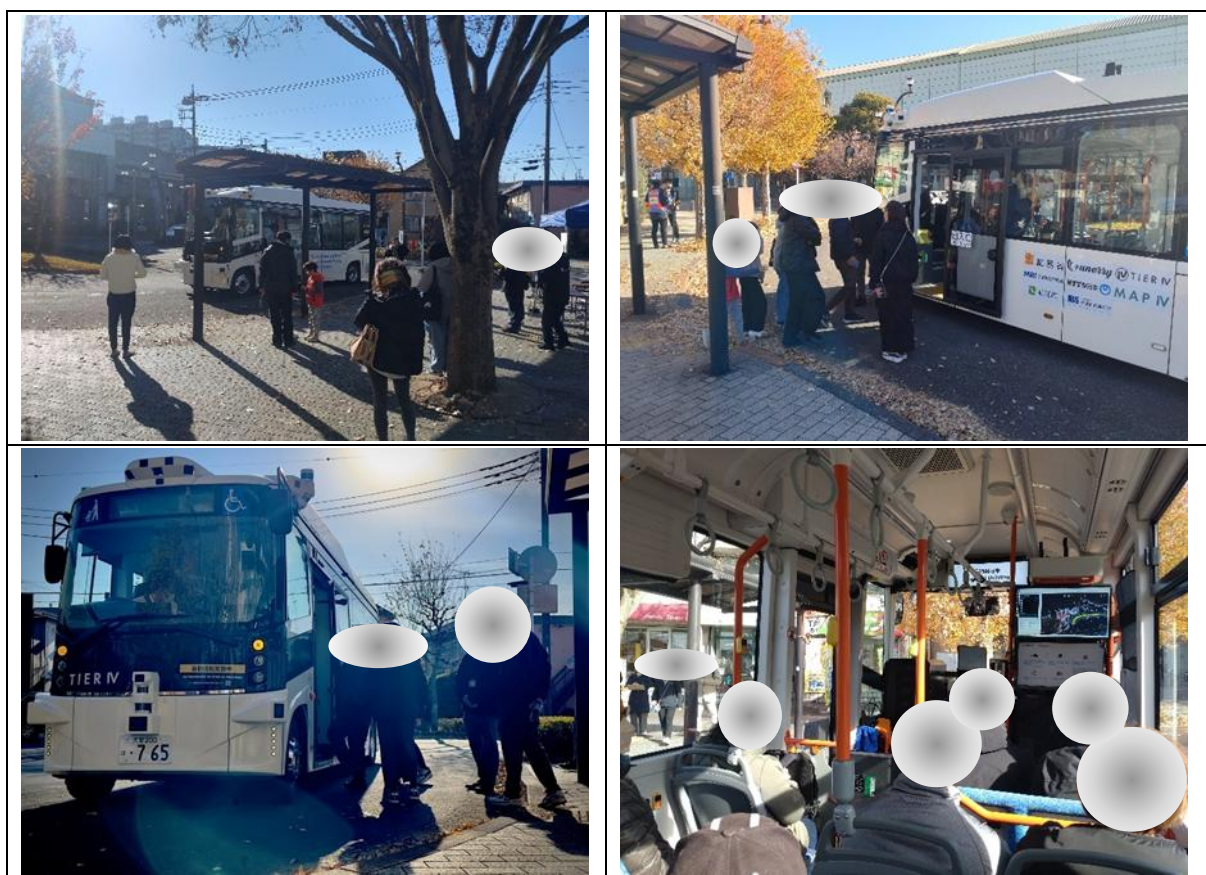


図 6-36 住民試乗会模様

また、自動運転車両に試乗した狛江市居住者を対象に、個人属性、自動運転車両について、道路利用者視点での自動運転車両についての大きく 3 パートに分類し、実際に試乗した感想や導入に向けた意向等をアンケート調査しました。

今回の住民試乗会では、自動運転車両の安心感について、全体の 8 割弱の方が安心して乗車できたと評価しており、現段階の自動運転技術で乗車時に不安を抱く水準にはないことがわかりました。

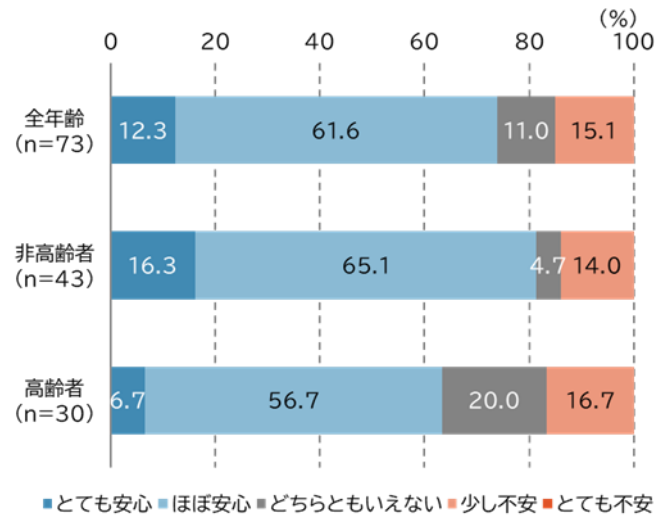


図 6-37 自動運転車両に乗車した際の安心度

また、住民試乗アンケートでは、狛江市で自動運転車両が導入された場合、“利用したい”と回答する方がどの年代でも 8 割以上となっており、“利用したくない”という否定的な回答はありませんでした。

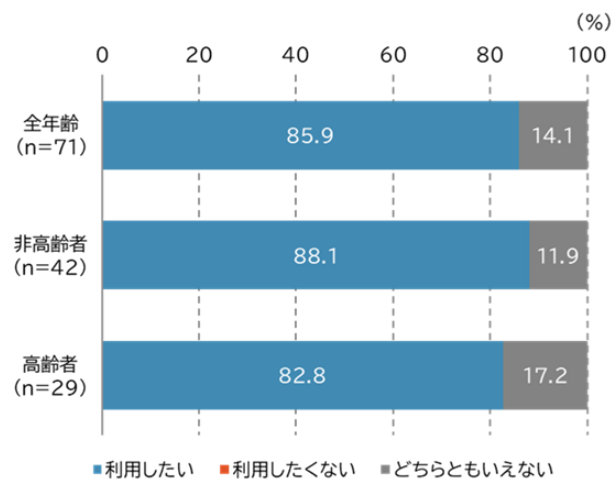


図 6-38 狛江市で自動運転車両が導入された場合の利用意向

自動運転車両に対しては、“将来もバスが引き続き運行されること”、“いまはバスが走っていない地域でもバスが走るようになること”、“バスの本数が減らないこと”など、持続的にバス利用できる環境を確保するために、有効な手段として期待が寄せられていることがわかりました。

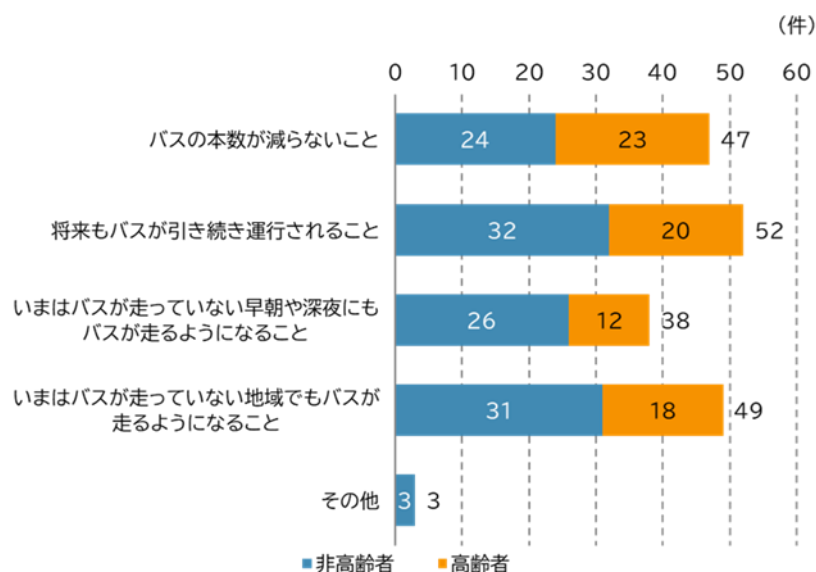


図 6-39 自動運転車両への期待

アンケート結果から、概ね参加者は自動運転車両を受け入れられることが分かりましたが、不安を感じている方も少数ですが存在していることが分かりました。不安を取り除くため乗客サービスレベルを満たす自動運転運行や意識醸成が必要と考えます。

その他アンケート結果詳細は、8.2.1 章「住民試乗会アンケート結果」に記載しています。

b. 関係者試乗運行

本実証における関係者試乗運行を第 1 期（2024 年 11 月 5 日～7 日）、第 2 期（2024 年 12 月 9 日～13 日）の 2 回に分けて実施しました。

近隣含め自治体関係者や議員、交通事業者などに乗車いただき、自動運転車両走行についての理解と、解決すべき課題についてご意見を提示いただきました。

表 6-47 関係者試乗運行の試乗者数と内訳

	狛江市 関係者	近隣自治 体関係者	地方支分 部局	議員	交通 事業者	警察 関係者	報道 関係者	その他
第 1 期 試乗会	28 人	20 人	9 人	2 人	11 人	2 人	0 人	0 人
第 2 期 試乗会	45 人	32 人	4 人	25 人	0 人	6 人	11 人	7 人
合計	73 人	52 人	13 人	27 人	11 人	8 人	11 人	7 人

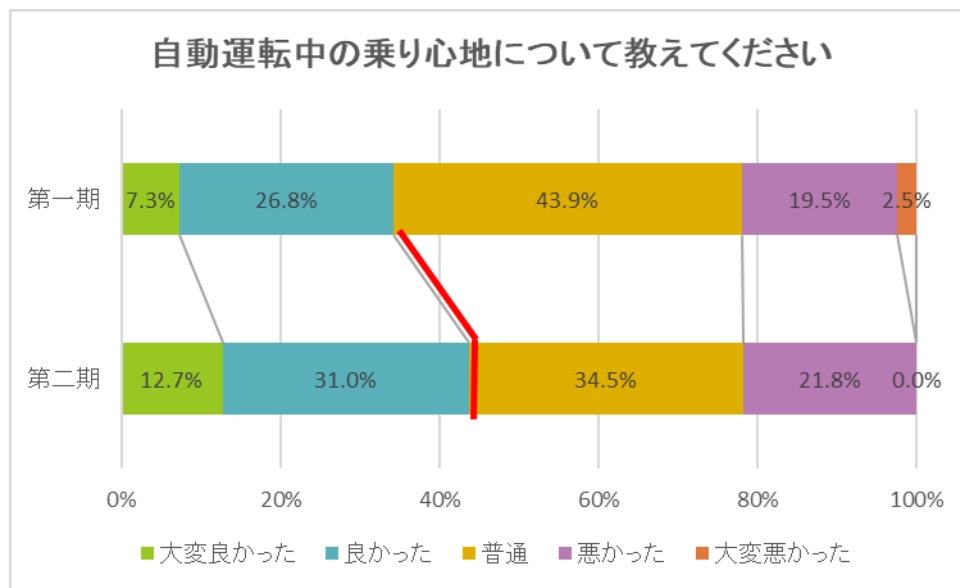


図 6-40 関係者試乗会アンケート

乗り心地に関する意見として、

「思っていたよりスムーズであり、スピードもストレスが無いレベルで安全に加速していた。」（類似回答他 15 名）といった意見から、「ブレーキがキツイと感じた。よくバスを利用する高齢者を考えると、少し不安を感じた」（類似解答他 16 名）「ブレーキがいきなりかかることがあった。高齢者などが乗っていた場合、バランスを崩す恐れがあると感じた」（類似回答他 3 名）「ブレーキのかけ方や発進のスムーズさも実用化に向けて改善が必要と感じた（類似回答他 6 名）」という乗客サービスレベルを基準とした課題を頂きました。

社会受容性を高めるためにも提示いただいた意見への対応が必要となります。

また、報道関係者の方も多く試乗され、記事として取り上げていただき、住民理解の促進を図ることができたと考えています。報道関係者にとりあげていただいた記事等は 8.3 章「報道発表を通じての普及啓発活動」に記載しています。

2) 考察

住民試乗会は、募集開始後 3 時間で満員となるなど、住民から高い関心が寄せられていることがわかります。

住民試乗会参加者へのアンケート結果より 8 割強の方が、普段利用しているバスと比較しても自動運転車両に安心して乗車することができたと答えております。多くの方から「バス会社の人手不足を解決することができる」「バスの減便・廃止を防げらると思う」との回答がありました。また、狛江市で自動運転車両が導入された場合に利用したいかという質問に関しても 8 割以上の方が利用したいと回答しており、多くの住民の方にも受け入れられていることが分かりました。

自動運転車両を運行することにより公共交通を維持することができるのであれば乗車したいという意向がよみとれますが、一方、2 割の方が普段のバスより少し不安を感じたと回答しており、

乗客サービスレベルの維持ができているかどうかの観点で、課題が残されていると考えられます。

特に狛江市においては地域に自動運転を導入する意義として、今後運転手不足等に起因して路線バスの維持や地域交通の確保が難しくなる地域において自動車が運転できない高齢者の足として活用することが求められています。そのため、今回のアンケートにおいて高齢者層は非高齢者層よりも乗り心地など乗客サービスをドライバーによる運転並みに維持できるかどうかの評価、及び地域実装に向けた公共交通確保等への要望が高い傾向にあり、乗客サービス水準の評価をより深めていくことが重要と考えられます。また、自動運転車両に対してのサービス低下の懸念として、システムが故障した際の対応や、事故時の対応、障害物、道路工事・路駐車などの事態に対応できるのか、という声がありました。自動運転制御の頑健性の向上、運用ルールの策定等が自動運転車両の実装には必要な要素となるため、実装に向け更なる検討を進めていきます。

7. 本実証の成果・課題

7.1 本実証による通信課題検証の成果と課題

本実証では、車両が交錯する駅前ロータリーへの進入や、交通量が多く複雑な交通状況が発生する交差点の通過、見通しの悪い信号無し交差点の優先道路通過といった自動走行を行う上で課題となるシーンを選定し、検証を行いました。ローカル 5G スマートポールで取得したセンサー・カメラデータによって、見通し外の歩行者、自転車/二輪車、自動車の検知や、混雑するロータリー内の交通状況把握が可能であることが分かりました。

本実証においては、見通しの悪い道路環境においてもローカル 5G スマートポールのセンサー・カメラデータを組み合わせることによって設定範囲に入った歩行者、自転車/二輪車、自動車を 100%認識できることを確認するとともに、合計最大 120Mbps 程度となるカメラの映像+センサで取得した点群データを、駅前ロータリーのような通信混雑エリアを含む対象区間において信頼性高く低遅延（平均遅延 100msec 程度）で車両や遠隔監視装置への伝送が可能であることが確認できました。

また、センサー等で検知した情報を監視員が低遅延で受信し、車両側に指示を行うことで、前もって緩やかなブレーキ操作ができることも確認できました。

今後の無人（レベル 4）自動運転実現に向けては、センサ側で検知した情報を自動運転車両の制御に連携させ、エンド・ツー・エンドでの制御実現に向けた検証を行うことが重要になってきます。

また 6.7.2 章（1）で述べた通り、本実証において明らかとなった手動介入が多く発生するシーン（路駐車や工事箇所回避など）への対処についても、見通し外のエリアに対する検知・判断が必要となるため、センサや監視員との連携による解消方法検討を行うとともに、将来的に起点から終点までの制御を実現していくことがレベル 4 実現に向けて重要となると考えます。

併せて、通信要件としてもレベル 4 自動運転の実装に向けた更なる見極めが必要です。本実証ではローカル 5G 基地局に収容する通信は、自動運転車両一台分の映像（40Mbps 程度）とローカル 5G スマートポール 1 局分（最大 120Mbps 程度）であったため、安定した通信が維持できましたが、今後のレベル 4 自動運転実装を見越して、複数台の自動運転車両と複数のローカル 5G スマートポールの通信を収容していくことを想定した通信要件の整理が必要になると考えます。

7.2 次年度以降の検討課題の整理

レベル 4 自動運転の実現に向けて解決する課題として、自動運転走行の課題と、商用運行を実施するための社会受容性の課題の 2 つに分けて課題を整理します。これらの課題を解決していくことが、商用運行の路線バスにおける自動運転の導入（＝社会実装）につながると考えています。

商用運行にあたっては、「地域公共交通計画」等で地域公共交通にかかわるステイクホルダーへの理解と、推進していく位置付けを明確にすることを見据え、実装する地域やの実装に向けた方針、方策を具体化していくことが求められます。

そのため商用運行での自動運転の導入に向け、実際に地域に導入された場合に影響を受ける道路利用者や交通事業者、行政、住民等の観点で社会受容性向上に向けた活動が必要と考えられます。

レベル 4 自動運転を自治体の交通体系に位置付けて展開していくにあたっては、地域公共交通会議での合意形成や関連する施策の立案等で、レベル 4 自動運転の方向性を示して、より理解を得ていく取り組みが必要となります。

東京都江戸川区では「地域公共交通計画・利便増進事業」で事業者と幹線路線のサービス維持を位置付けており、課題解決に向けた方針を明示している他、東京都葛飾区ではバス運転手確保を直接支援することを目論み、地域公共交通計画策定の検討を進めています。

今後に向け、下記に示すような自動運転を含む公共交通を地域に展開する狙いを明確にし、実装計画を打ち出していくことが求められます。

【自動運転を自治体の交通体系に位置付けるポイント】

- ① 自治体の交通環境を総合的にデザイン
- ② サービスの住民利用を促進
- ③ 交通事業者と連携・協力・合意形成の場づくり
- ④ 交通体系を明確化
- ⑤ 自治体、交通事業者、住民の役割分担の明確化
- ⑥ 乗合交通の各種事業、自動運転・新モビリティ等の各種実証事業の補助と連動

7.2.1 自動運転走行課題の整理

本実証での自動運転走行実験で明らかになった、レベル4自動運転の実装に向けた課題と到達点を以下に整理します。具体的には本実証課題の考察による整理や自動運転走行時に手動介入をしたケースを紐解くことで、自動運転走行の課題を示しています。

手動介入については6.7.2章「効果検証」に記載されている通り下記の表にて今年度の振り返りとともに記載します。

表 7-1 自動運転走行課題と振り返り

自動運転走行課題	今年度の振り返り
車両が交錯する駅ロータリーの通過	当初想定課題で、本実証より解決見込みあり
渋滞する交差点の進入	
見通しの悪い信号無し交差点の優先道路通過	
路駐車回避	走行実験で手動介入あり 要対策
工事区間回避	
緊急車両通過時の一時停車	
交差点進入中に赤信号遷移したときの交差点進入	

上記各課題について解決の道筋をそれぞれ検討し紐解いていく必要があると考えます。そのうちのひとつの手段として、センサー等による協調を組み込んだレベル4自動運転も有用と考えます。例えば以下の3つの段階をステップアップすることにより、実装へつなげることができると考えています。

- ① センサー等と協調し認識・検知ができること
- ② センサー等と協調し判断・操作ができる機能を有すること
- ③ センサー等と自動運転車両が人手を介さずにルート走行可能なこと

7.2.2 商用運行を実施するための社会受容性課題の整理

レベル 4 自動運転での商用運行実現を目指すにあたって、商用運行としての移動ニーズを適切に充足すること、公共交通のサービス水準として定時制や安全性、乗車時の快適性、円滑な乗降を実現すること、運行のための適切なオペレーションについて具体的に検討・対処していくことなどにより社会受容性を醸成する必要があります。

その上で、地域公共交通事業者と連携し、採算性・持続性のある運行のために必要なインフラ整備や投資を行っていくことが重要となります。

まずは、商用運行を担う地域公共交通事業者と、利用する地域住民や道路利用者が懸念する課題（社会受容性の課題）を整理する必要があります。そのためにも、地域公共交通事業者が当事者となり、交通事業者観点での課題の洗い出しが必要となります。また乗客サービスレベルの維持、乗車時の快適性やニーズの把握については、本実証でも住民試乗会での試乗者アンケートの結果をまとめていますが、引き続き住民へ試乗した感想をいただき、洗い出された検討項目や問題点について、技術面・運用面から対処することで、レベル 4 自動運転の商用運行につなげられると考えています。

7.3 狛江市における次年度以降の自動運転の展開

狛江市は、レベル 4 自動運転の適用可能性を見極めたうえで、持続可能なモビリティシステムを構築し、住民のウェルビーイングを向上させることを目標にしています。交通効率が向上することで高齢者を含め遠隔地域へのアクセスが容易になり、健康増進活動やレクリエーション施設利用が促進され、高齢者の健康促進やライフスタイル向上が期待されます。また、レベル 4 自動運転の運営や保守、ドライバーの確保などにより地域の雇用機会が増加するなど、経済的なプラス効果も期待されています。更に、車両の運行効率が向上することで排出ガスの削減が期待され、クリーンな移動手段の提供が実現し、地域の環境保全に貢献できるものと考えています。

このような目標に対し狛江市では、2027 年度までに特に需要増が見込まれる多摩川住宅地区周辺における交通課題の解決を行うことが直近の課題となっており、そのうちの 1 つの選択肢として、狛江市内において、レベル 4 自動運転の商用運行について実施することを目標としています。

7.3.1 狛江市における自動運転車両ルートの考察

狛江市では、鉄道と市内の基幹バス路線が最も主要な幹線軸（幹）となっており、その他の地域をコミュニティバス「こまバス」が担う（枝）交通体系が構築され、市内のほぼすべての地域をカバーしています。

一方で、将来にわたって移動の足を、持続可能な形で維持していく必要性が公共交通の課題となっています。そのため、公共交通、特にバスに自動運転を導入し、直面する運転手不足や将来的な需要増に対応することが望ましいと考えられます。次年度以降は、狛江市の政策方針、交通事業者の方針、地域住民のニーズなどを検討したうえで、追加ルート等を選定する必要があります。

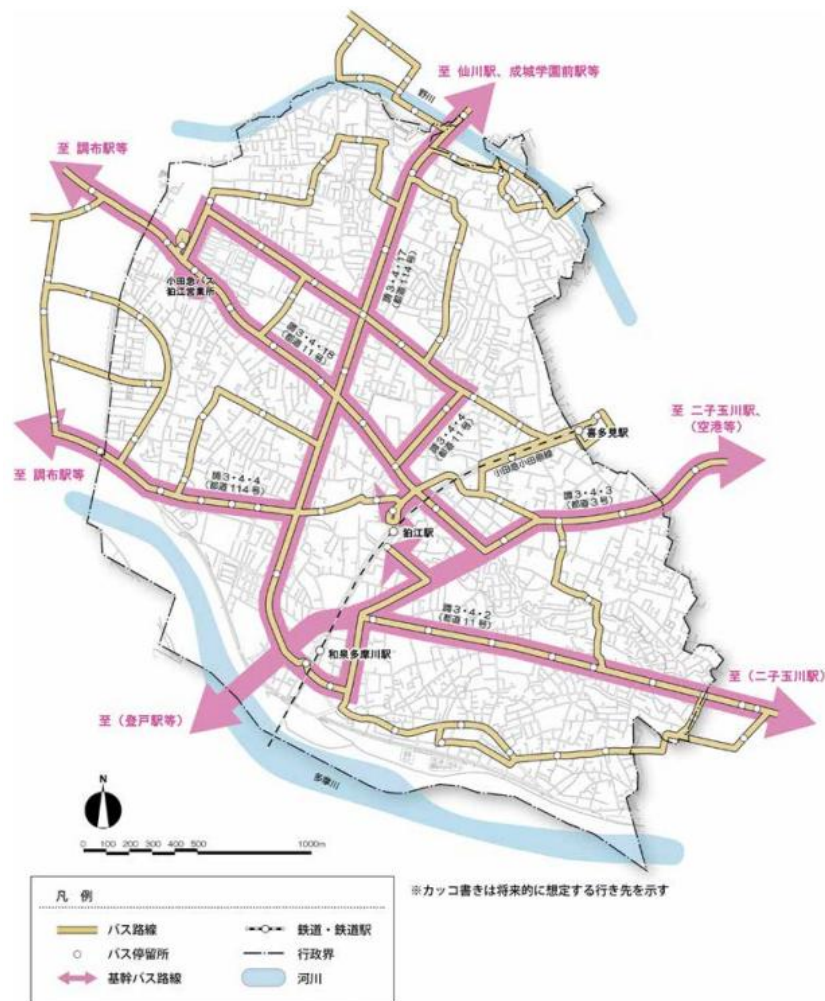


図 7-1 狛江市の公共交通体系

出典：狛江市都市計画マスタープラン

7.3.2 狛江市における自動運転状況

前述の通り、商用運行を実施するには、自動運転走行の課題、社会受容性の課題といった 2 つの観点での課題解決が必要となります。

自動運転走行課題は、本実証でも検証した通り特にシートベルトを着用しない乗客や立位の乗客、高齢の乗客などの乗車に耐えられるかなど、乗客サービスレベルを意識した走行への検討が不可欠です。また自動運転を公共交通機関として運行する際、センサー等を活用して自動運転走行時の手動介入回数・頻度を減らすなどの検討が必要です。

一方、社会受容性は、運行を担うこととなる地域の交通事業者、実際に自動運転車両に乗車する地域住民、バスの周囲を走る車両等を運転する道路利用者の 3 者が受け入れることが必要となります。

本実証で、ローカル 5G スマートポールを利用することで、自動運転車両の死角となるポイント

を走行する際に、監視員による検知及び自動運転車両への通知により、危険を早期に知ることによって乗客サービスレベルを意識した走行ができることを実証しました。

また、社会受容性の観点から関係者試乗会、住民試乗会を開催することにより、地域の交通事業者、地域住民、道路利用者が実際に自動運転車両に実際に乗車し、自動運転車両が身近にあるものであると認識頂きました。また、乗車いただいた 8 割の方が「安全に乗れる」と回答いただいたとおり、安全な走行はできており、より安全性を高め、乗客サービスレベルを維持するためにローカル 5G スマートポールを活用した走行実験を実施していることを認知頂くことができました。

7.3.3 次年度以降の自動運転に対する取り組み

次年度以降、自動運転走行課題と社会受容性課題のそれぞれに解決する課題を検討し、ステップアップすることで 2027 年度の商用運行の実現を目指します。

今年度、実証課題のうちデータ収集等で機能性能評価を行ったものから順次、実装を推進していきます。一例として、センサ・カメラ等の情報と自動運転車両の接続があげられます。今年度の実証で、ローカル 5G スマートポールで取得した情報を遠隔監視装置及び自動運転車両へ送信し、監視員が自動運転車両へ通知し、ドライバーの判断により適切に運転操作を行うことができました。

次年度の取り組みとしては、ローカル 5G スマートポールの情報を遠隔監視装置と自動運転車両へ送信、自動運転車両が保有する地図情報へ接続することにより、自動運転車両を自動で制御することを目指します。なお、本実証で設置したローカル 5G スマートポールおよび、自動運転走行データや作成した地図情報等を活用しつつ、さらなる高度化を目指した接続方法、判断ポイントや通信要件等を検討します。

また、今年度の実証走行では障害物（路駐車等）の回避のために手動介入が発生しております。レベル 2 自動走行における手動介入は、レベル 4 自動運転の際には、監視員による制動となります。監視員の運用負担を軽減するためにも手動介入回数の削減が課題となります。この課題に対する自動運転の道筋を検討します。

社会受容性の観点として、地域の交通事業者とともに、自動運転の運用ルールを検討を進めます。商用運行を担う地域の交通事業者の理解を得るために、交通事業者の観点からの課題の提示と解決への道筋を検討します。また、引き続き住民試乗を実施し、意見を伺い、地域住民へ受け入れられる走行を目指します。

自動運転走行課題としては、ほかにも複数台の自動運転車両走行時の通信負荷の検討、複数台運行時における通信システムの改善による監視員の負荷軽減、バス停留所の電子化等によるバス停と自動運転バス間の乗客サービス対応などの解決が必要と考えられます。

社会受容性の観点では、地域住民の需要が多い病院や公共施設、駅等をつなぐ路線走行の検討、運賃収入を含めた収益構造の検討、近隣市との連携により、さらなる自動運転車両の利便性向上などの対応が必要です。

次年度以降、このような自動運転走行課題と社会受容性の課題について解決方法を検討し、本

実証地域における商用運行を目指します。

8. 参考資料

8.1 泊江市内人流調査の結果・考察

8.1.1 利用データについて

株式会社 unerry（以下、unerry）が多数のアプリ（図 8-1「データ取得イメージ」参照）に位置情報技術を提供することで、収集している位置情報を人流データ分析のデータソースとして活用しました。

データ規模も日本全国で月間約 7,000 万人のアクティブユーザーのデータを保持し、任意の条件でデータを抽出・活用できます。



図 8-1 データ取得イメージ

加えて、unerry では、図 8-2「分析データイメージ」の通り緯度・経度や取得時間のデータから、各アプリユーザーの居住地や勤務地、移動手段の判定なども行っていたため、分析要件に応じてこれらのデータも活用しつつ、分析を実施しました。



図 8-2 分析データイメージ

8.1.2 分析方針・分析項目について

(1) 分析方針

「本実証で検証された自動運転技術を、地域公共交通の課題解決および商用運行化に向けて、地域へいかに位置づけていくか」の議論の参考情報となるファクトデータ（実証エリア内の基本的な人流、移動課題（交通弱者）の有無や移動需要の濃淡など）を位置情報データの加工・可視化・分析を通じて、整備しました。

まず、エリア内の人流を俯瞰的に可視化・分析しました。

移動課題（交通弱者）有無の理解に、実証エリア内での外出の出控えの発生状況を、実証エリア居住者の「外出率」指標を算出することで可視化・分析をしました。

移動需要の濃淡理解に向けては、実証エリア内の来街者・居住者問わない形で、「主要な移動区間（OD）」および「移動先施設への来訪者の属性・商圈・来訪タイミング」を可視化しました。

(2) 分析項目

1) エリア人流の基礎分析

実証エリアの基本的な人流可視化を目的に、実証エリア全体のヒートマップ・ODの可視化および居住者の属性を狛江市全体と実証ルート周辺を比較する形で実施しました。

2) 外出率分析

狛江市内の居住者を対象に分析しました。

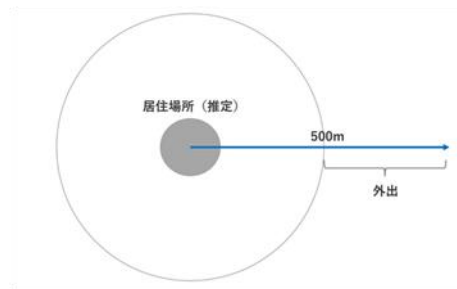
居住地判定情報から得られる推定居住地の緯度・経度からそれぞれ一日または特定の時間帯の間（例えば、9時-16時の日中時間帯）500m, 1000m, 3000m以上の外出があったかをそれぞれ判定し、500mメッシュ別で外出した日の割合の平均値を算出します。

500m以上は徒歩での外出距離圏として、1000m以上は自転車での外出距離圏として、3000m以上は自家用車または公共交通利用での外出距離圏として分析・評価しました。

通勤・通学の移動影響を排除し、日常の移動課題を捉えるため、特に平日の日中時間帯（9時-16時）の結果に着目し、分析・考察を行いました。

また、今後実証エリア内で増加が予測され、移動弱者予備軍である60代以上の高齢者層について、特に着目し分析を実施しました。

算出方法



分析例

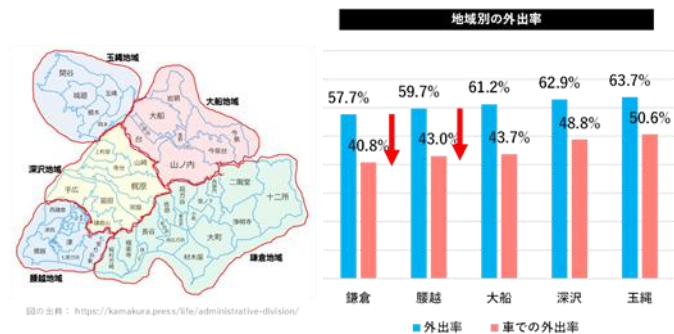


図 8-3 外出率の分析イメージ

3) 主要な移動区間（OD）分析

人流データから狛江市内居住者・来街者の移動と滞在を判定し集計を行うことで、主要な移動区間（OD）を 500m メッシュ単位でまとめ可視化・分析を行いました。

特に実証エリア内でのサービス実装の検討がされる平日の日中時間帯（9 時-16 時）の結果に着目し、分析・考察を実施しました。

4) 主たる移動先来訪者の属性・商圈・来訪タイミング分析

2) での分析結果を踏まえて、特に移動需要メッシュの主要滞在施設について、その来訪者の基本属性（性別・年代）、商圈（来訪者の居住地分布）、来訪タイミング（曜日・時間）について分析を行いました。

表 8-1 分析項目・目的まとめ

大項目	分析項目	目的
エリア人流の基礎分析	エリア全体の人流・移動量分析 属性分析	実証エリア全体の人流傾向を俯瞰的に理解し、エリア内における運行ルート的位置づけを理解すること
移動課題の定量化	外出率分析	移動手段（公共交通）の不足により起こる移動課題の一つである外出控えの実態を理解すること
移動需要の定量化・理解	主要な移動区間（OD）分析	メッシュ間の移動量の多寡を理解することで商用化に向けた移動ニーズを理解すること
	主たる移動先来訪者の属性・商圈・来訪タイミング分析	移動先へのどこに住むどんな人がいつ来ているのかを理解することで、より具体的に交通手段の利用ニーズを理解する

8.1.3 分析結果

- エリア全体および実証エリアの人流基礎分析

分析条件は以下の通り。

- ・ 分析期間：2023 年 10 月
- ・ 分析対象：狛江市来訪者すべて（属性のみ居住者を対象）

エリア全体および実証エリアの人流量傾向

以下の図はエリア全体のヒートマップ（人流量の大小を濃淡で表したもの）です。

図から、エリア全体としては、各駅に人流量が多く集中する傾向が見られます。小田急電鉄小田原線の狛江駅と京王電鉄京王線の国領駅をつなぐ、狛江通り沿いの人流量が特に多く、ロードサイドにある大型商業施設（イトーヨーカドー）や総合病院（東京慈恵会医科大学付属第三病院）に滞在が集中しています。実証ルート周辺エリアには滞在が集中するスポットはなく、滞在者の中心は居住者であると考えられます。



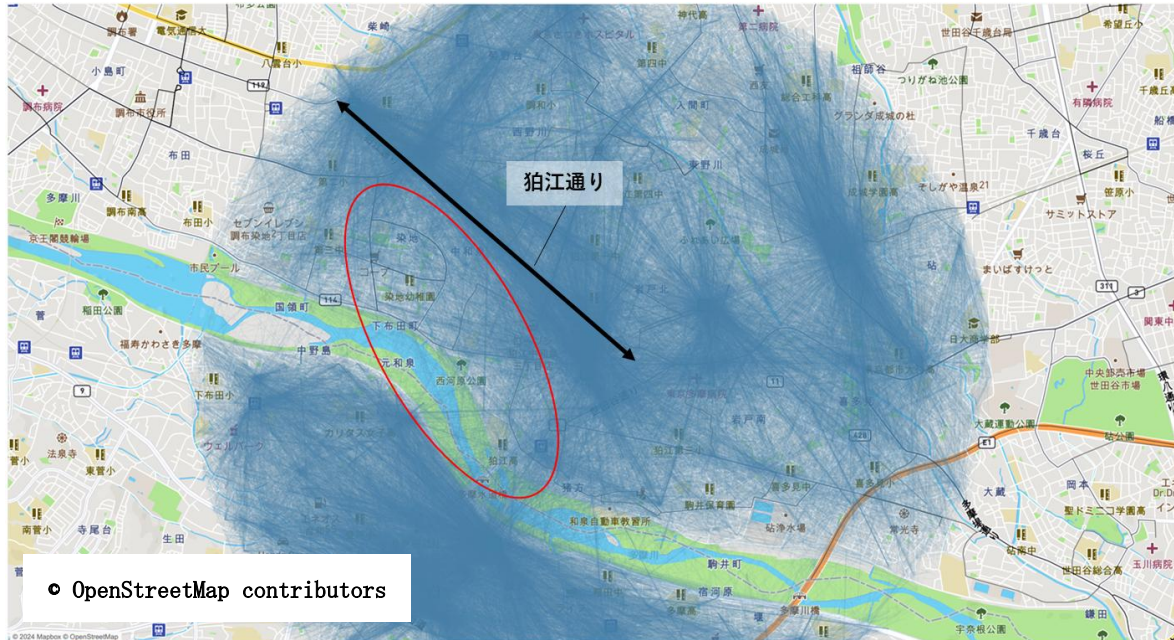
OpenStreetMap のデータを加工して作成 (<https://www.openstreetmap.org/copyright>)

図 8-4 エリア全体のヒートマップ（平日・日中時間帯）

- エリア全体の OD 量

以下の図は実証ルート周辺の徒歩・自動車の移動量をマッピングしたものです。

実証ルート周辺の移動量は相対的には基幹バス路線エリア（狛江通り等）に比べて少ないものの、一定の移動需要が見られます。実証ルートは基幹バス路線外に位置するものの、適度な移動量があり、交通モードの拡充が求められるエリアです。今後多摩川地区の再開発等による需要増も見込まれることから、本実証を実施するエリアとして適していると考えます。



OpenStreetMap のデータを加工して作成 (<https://www.openstreetmap.org/copyright>)

図 8-5 エリア全体の徒歩・自動車 OD マッピング

1. 居住者の性別・年代分布

以下の図は運行ルート周辺および狛江市全体の居住者の性別・年代を比較したものです。狛江市全体と比較すると運行ルート周辺は女性 60 代以上の割合が高くなっています。

実証ルート周辺は、狛江市内において相対的に日常生活での交通手段に難を抱える方が今後増えていくことが想定される特徴的なエリアであり、新たなモビリティサービスのニーズ検証を行うことに適していると考えられます。

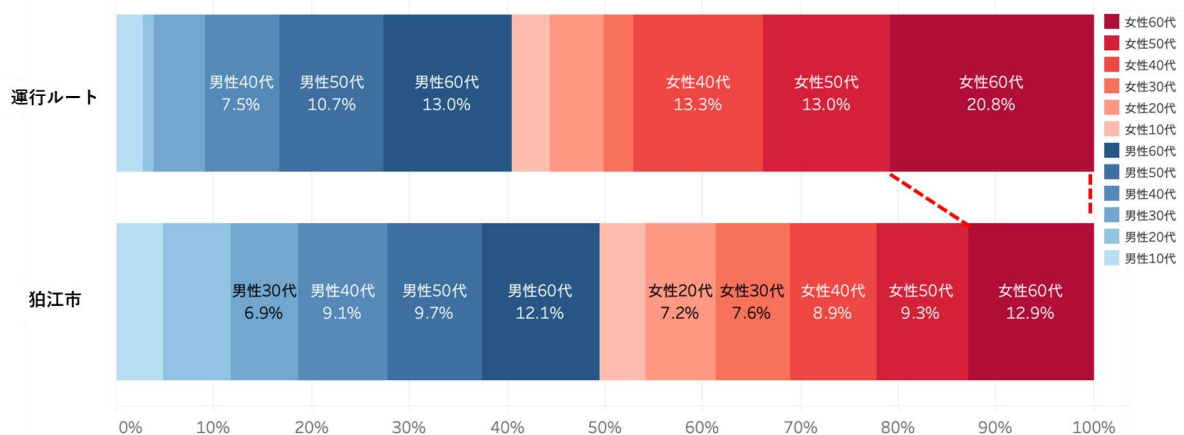


図 8-6 実証エリア周辺居住者の性別・年代分布

2. 外出率分析

分析条件は以下の通り。

- ・ 分析期間：2024 年 7 月
- ・ 分析対象：狛江市居住者
- ・ 分析の切り口：平日・日中時間帯（9-16 時）・60 代以上

1) 平日（日中時間帯：9-16 時）・60 代以上の狛江市民外出率



OpenStreetMap のデータを加工して作成 (<https://www.openstreetmap.org/copyright>)

図 8-7 平日（日中時間帯）・60 代以上の狛江市民外出率

500m～距離圏の外出率では、狛江駅前のメッシュなど、生活利便性が高いエリアにおいて外出率が低くなる結果が得られました。一方で、駅など中心市街地から離れたエリアでは、外出率が高くなりました。この結果は駅前の中心市街地では遠出をせずとも、基本的な買い物などが問題なくでき、駅から距離のある住宅地エリアでは、500m 以上の移動をしないと日常的な買い物ができないためだと考えられます。このような傾向は 1000m～・3000m～距離圏で見られた。

そこで本分析を通じて評価したい交通充実度の外出率への影響を評価するために、個別の距離帯の外出率に着目するのではなく、距離帯が長くなるにつれて移動のハードルが高く中で、外出率がどの程度減少しているか（外出率下落幅）を中心に分析・考察を行いました。

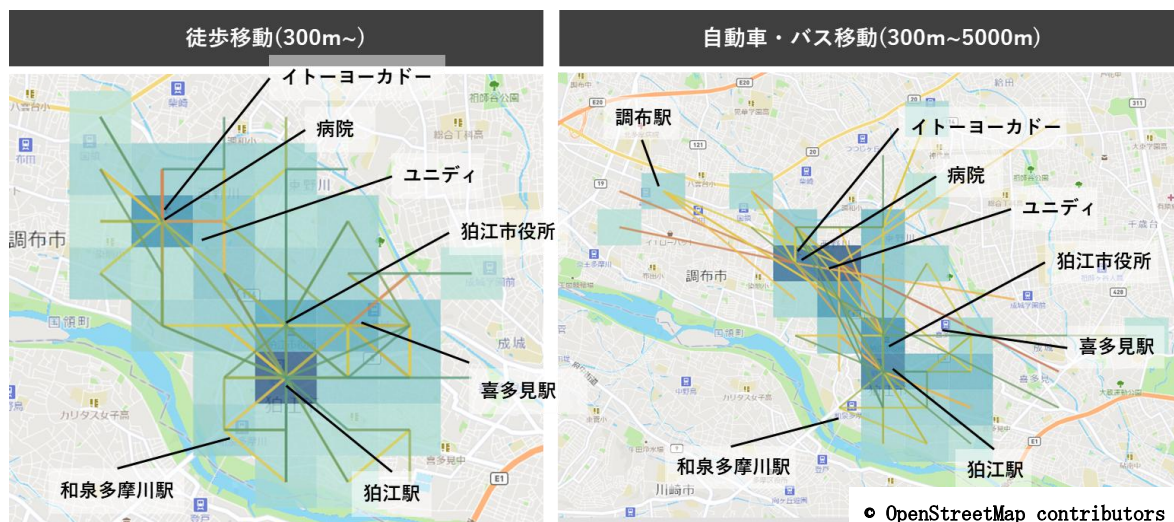
最も交通利便性の高い狛江駅前エリア外出率下落幅は 17pt でとどまっている一方で、相対的に交通利便性が低い駅から遠方のエリアの東野川地区については下落幅が大きく 34pt となっています。そのほか、喜多見駅北側の「岩戸北～東野川地区」や「西野川地区」和泉多摩川駅の南側の「猪方地区」と「駒井地区」、本実証を行った多摩川住宅エリアなど、主要なバス路線から外れたエリアにおいては、駅前に比べて 10pt 以上の外出率の下落幅が見られ、出控えの傾向が見られました。

3. 主要な移動区間（OD）分析

分析条件は以下の通り。

- ・ 分析期間：2024 年 7 月
- ・ 分析対象：狛江市居住者・来街者
- ・ 分析の切り口：平日・日中時間帯・60 代以上・徒歩移動/自動車またはバス移動

1) 平日（日中時間帯）・60 代以上の移動区間（OD）可視化



OpenStreetMap のデータを加工して作成 (<https://www.openstreetmap.org/copyright>)

図 8-8 平日（日中時間帯）・60 代以上の OD・目的地メッシュの可視化

上の図は、500m メッシュ間での徒歩移動および自動車、またはバス移動量を上位 100 位のメッシュ間の組み合わせのみを線状で可視化したもの。下地のメッシュは、メッシュごとの移動の目的地とした人数の大小を濃淡で表しています。

徒歩移動・自動車・バス移動ともに共通して、「駅」「病院」「SC・ホームセンター」を含むメッシュ間の移動が多いことが分かります。

徒歩移動では、主な移動先メッシュへの、周辺住宅地からの移動がみえる。交通結節点以外のメッシュでは「イトーヨーカドー国領店」および、「東京慈恵会医科大学付属第三病院（総合病院）」を含むメッシュが移動先として集中しています。自動車・バス移動についても「駅周辺」を起点とした「イトーヨーカドー」「総合病院」を含むメッシュへの移動が顕著にみられることから、市外からも公共交通を用いた「総合病院」への移動需要がみえます。

(1) 移動先施設への来訪者の属性・商圈・来訪タイミング

徒歩および自動車・バス双方で移動先となっていたメッシュの中にある主な移動先施設として、「東京慈恵会医科大学付属第三病院」を対象として、来訪者の属性（性別・年代）・商圈（居住地分布）・来訪タイミング（来訪時間分布）を分析しました。

分析条件は以下の通り。

- ・分析期間：2024 年 7 月
- ・分析対象：狛江市居住者・来街者

1) 属性（性別・年代）

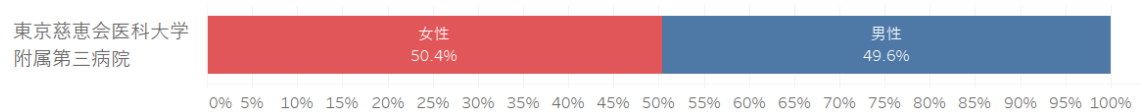


図 8-9 性別分布

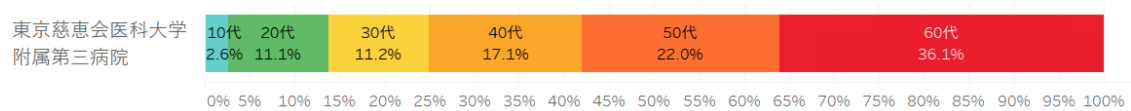
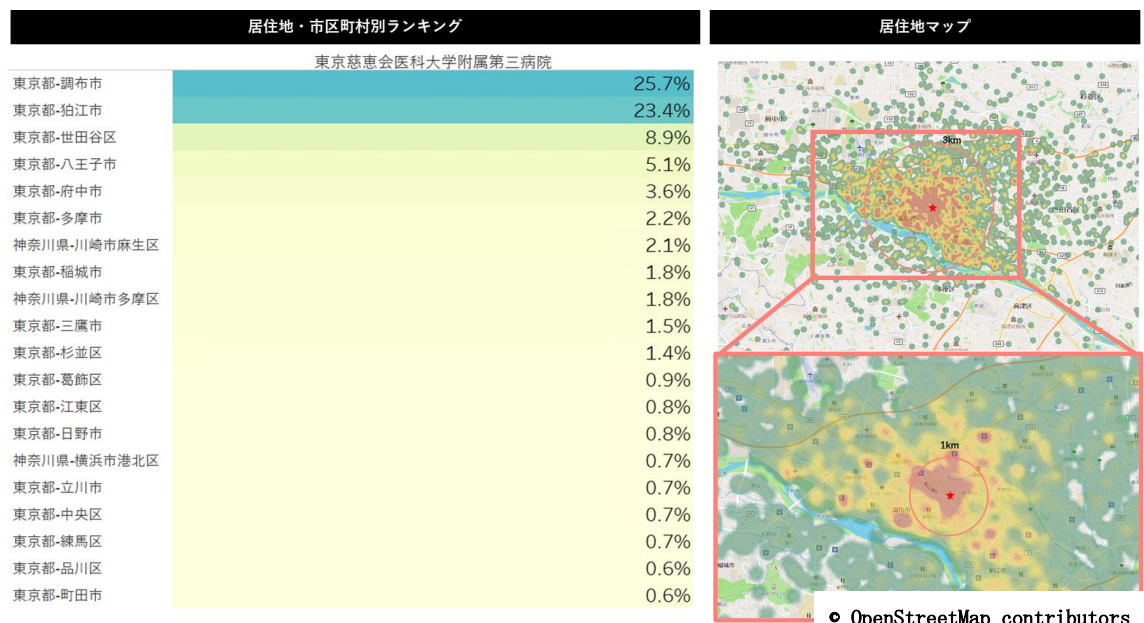


図 8-10 年代分布

性別については男女半分ずつで偏りは見られません。年代については年代が増えるごとに割合が増加し、40 代以上の割合が 70%以上を占めており 60 代以上が最も多い（36.1%）結果となりました。

2) 商圈（居住地分布）



OpenStreetMap のデータを加工して作成 (<https://www.openstreetmap.org/copyright>)

図 8-11 居住地・市区町村別ランキング、ヒートマップ

居住地は狛江市および隣接する調布市・世田谷区で 60%弱を占めるが、40%は八王子市・府中市・多摩市など隣接していない市区町村の居住者の来訪も見られました。

居住地の分布を地図上で可視化すると 3km 圏内に分布が集中している。多摩川を超える必要がある神奈川県在住者は、川崎市で一定見られるものの、比較的少なく、東京都から概ね同心円状に居住地は分布しています。

3) 来訪タイミング（来訪時間分布）

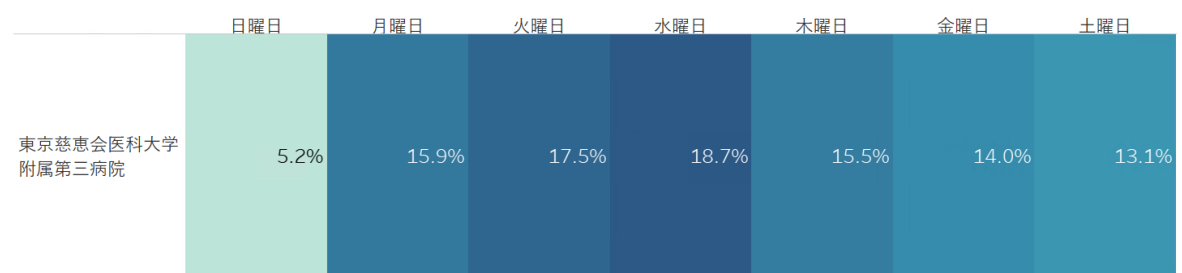


図 8-12 来訪曜日

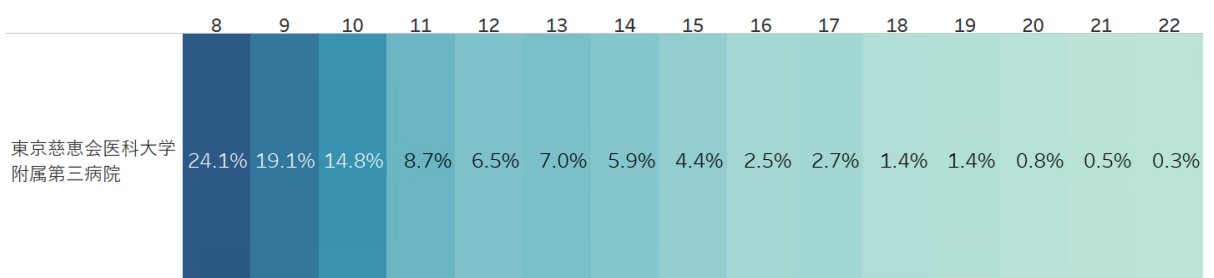


図 8-13 来訪時間

来訪曜日については、平日が中心で、その中でも水曜日の割合が特に高くなっています。

来訪時間については、病院の一般診療の受付開始時間である 8 時台をピークに、午前中の来訪者が多く、来訪時間帯の偏りが大きいことがわかります。

8.1.4 まとめ・考察

1. まとめ

各分析についての目的・結果については下記の通りです。

表 8-2 分析結果まとめ

分析項目	目的	結果
基礎分析	実証エリア全体の人流傾向を俯瞰的に理解し、エリア内における運行ルートの位置づけを理解すること	・駅および狛江駅・国領駅をつなぐ狛江通り沿いに人流が集中している ・運行ルートは幹線バス路線から外れたエリアにありながら適度な移動需要があり、また女性・高齢層の比率が高い
外出率分析	移動手段（公共交通）の不足により起こる移動課題の一つである外出控えの実態を理解すること	・外出の距離帯が伸びることによる外出率の下落幅に着目したところ、交通利便性の高い駅前エリアに比べて 10pt 以上下落幅が高い地区が複数存在した ・下落幅の大きい地区は相対的に移動利便性が低い基幹バス路線を外れるエリアで見られた
主要な移動区間（OD）分析	メッシュ間の移動量の多寡を理解することで商用化に向けた移動ニーズを理解すること	・徒歩移動・自動車・バス移動ともに共通して、「駅」「病院」「SC・ホームセンター」を含むメッシュ間の移動が多い。 ・交通結節点以外のメッシュでは「イトーヨーカドー国領店」および、「東京慈恵会医科大学付属第三病院」を含むメッシュが移動先として集中している。
主たる移動先来訪者の属性・商圈・来訪タイミング分析	移動先へのどこに住むどんな人がいつ来ているのかを理解することで、より具体的に交通手段の利用ニーズを理解する	・東京慈恵会医科大学付属第三病院を対象に分析 ・特定の年代（高齢層）が平日午前中に集中して来訪している ・狛江市周辺以外の市区町村からの来訪も一定ボリューム存在することが確認できる

（1）考察

人流基礎分析の結果から、今回の実証ルートは、幹線バス路線から外れたエリアにありながら適度な移動需要があり、女性・高齢層の比率が高く今後、移動に難がある方が増加する懸念があるエリアであり、本実証の対象エリアとして適切であると考えられました。

外出率分析の結果から相対的に移動利便性が低い基幹バス路線を外れるエリアを中心に、外の距離帯が伸びることによる外出率の下落幅が大きい結果となっています。

本結果から期間バス路線以外の地域においては、一定交通手段不足による出控えが発生している可能性があると考えられ、新たな交通手段による交通利便性拡充の必要性を確認できました。

OD 分析および施設来訪者分析の結果から、駅以外では総合病院・イトーヨーカドーなどを含む特定エリアへの移動が特に多いこと、施設レベルでの来訪傾向に着目した際には、病院への移動需要は病院の受付開始時間である午前に偏っていることが明らかになりました。

本結果から今後、最適なエリアにとって最適な交通モードを検討する際には、特定エリア・時間帯別の移動需要を定量的に評価した上で、定時での路線バスやドア to ドアのオンデマンドバスサービスなど、移動需要に合ったサービス設計をしていく必要性が示唆されました。

8.2 住民試乗会及び関係者試乗アンケート

8.2.1 住民試乗会アンケート結果

- 6.7.2 章（5）の記述の通り、住民試乗会を実施し、参加者の方にアンケートにご回答いただきました。アンケートの結果については下記の通りです。

（1）アンケート属性

1) あなたの性別を教えてください

住民試乗者の性別は、男性が 5 割強、女性が 4 割強となっています。

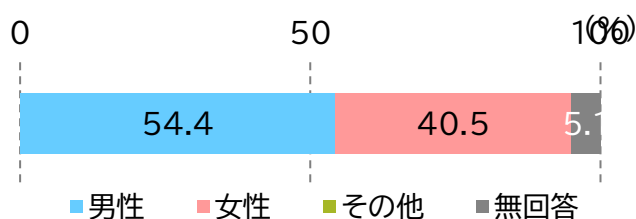


図 8-14 性別割合

2) あなたの年齢を年代で教えてください

住民試乗者の年齢は、60 代が最も多く 2 割強となっています。30 代～70 代までは回答割合に大きなばらつきが無く概ねすべての年代から回答を得られている状況にあります。次頁以降では世代別（非高齢者、高齢者別）に分析を実施しており、非高齢者は 50 代以下、高齢者は 60 代以上として分析しています。

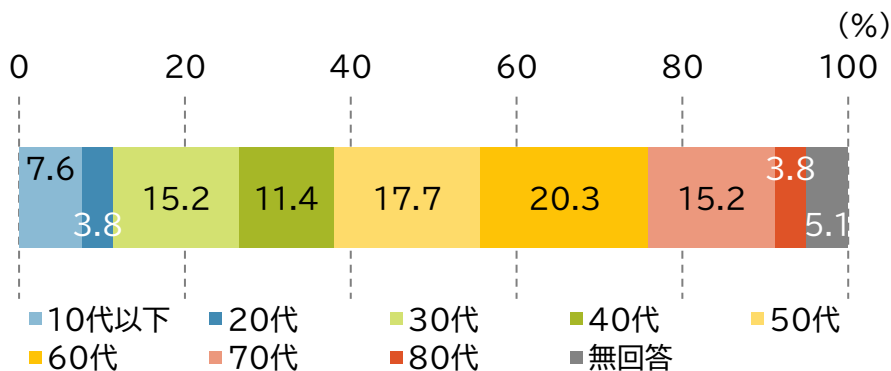


図 8-15 年齢階層割合

3) 普段の鉄道、バス、自家用車の利用状況について教えてください

① 普段の利用頻度

鉄道、バス、自家用車の利用頻度をみると鉄道の利用頻度が高く、バスの費用頻度は低い傾向が見られます。

鉄道利用をみると非高齢者は通勤通学時に利用する方が多いためか週に3回以上利用する方が過半数を占めています。一方で高齢者は、週に1～2回利用する方が最も多い結果となっています。

バスをみると、非高齢者、高齢者ともに似た傾向が見られます。差がある点としては、非高齢者と比較して高齢者の方が週3回以上利用する方が多い状況にあります。

自家用車をみると、非高齢者では、週1～2回が最も割合が高く、高齢者では、週3回以上の方と使っていない方の二極化が見られます。

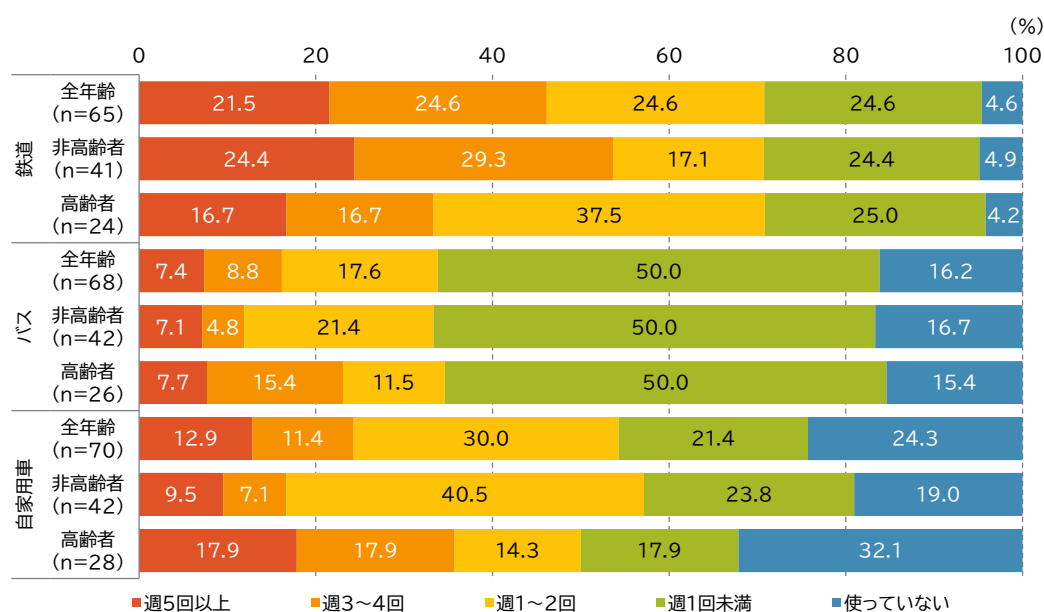


図 8-16 利用頻度

② 利用目的

鉄道利用をみると非高齢者は通勤に利用する方は7割弱である一方で、高齢者は、私用で利用される方が最も多い結果となっています。

バスをみると、非高齢者、高齢者ともに私用が最も多く4割を占めています。また、高齢者では3割の方が買い物、2割弱の方が通院で利用する結果となっています。

自家用車をみると、非高齢者では私用が最も多く4割弱であり、高齢者では買物が最も多く4割強を占めています。

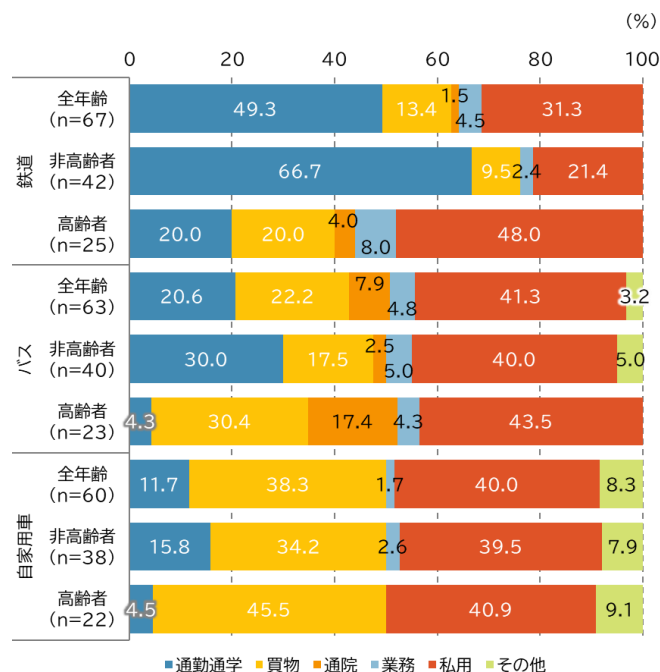


図 8-17 利用目的(全年齢)

(2) 自動運転車両について

1) 自動運転車両に安心して乗車できましたか

全体でみると 8 割弱の方が安心して乗車できたと回答しています。

年代別にみると非高齢者では 8 割強の方が安心して乗車できたと回答いただいている一方で、高齢者では 6 割強にとどまっています。また、どの年齢層でも 2 割未満の方が“少し不安”と回答していますが、“とても不安”と回答した方はいない状況となっています。

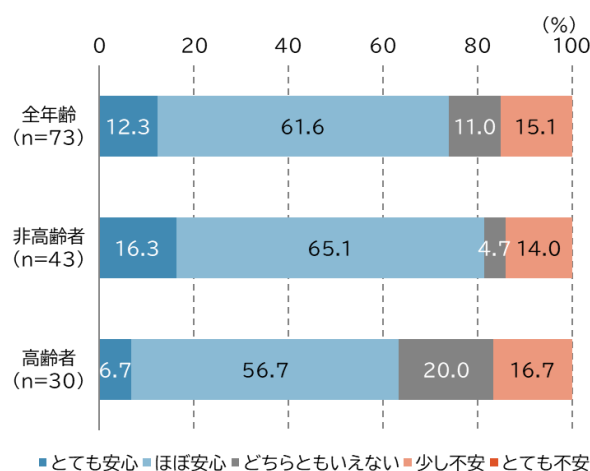


図 8-18 自動運転車両に乗車した際の安心度

2) 普段利用しているバスとの違いをどのように感じましたか。

a. 発進時の加速・停止時のブレーキ

発進時の加速と停車時のブレーキでは、年代問わず半数以上の方が“普段のバスより急・危険・悪い”と回答しています。

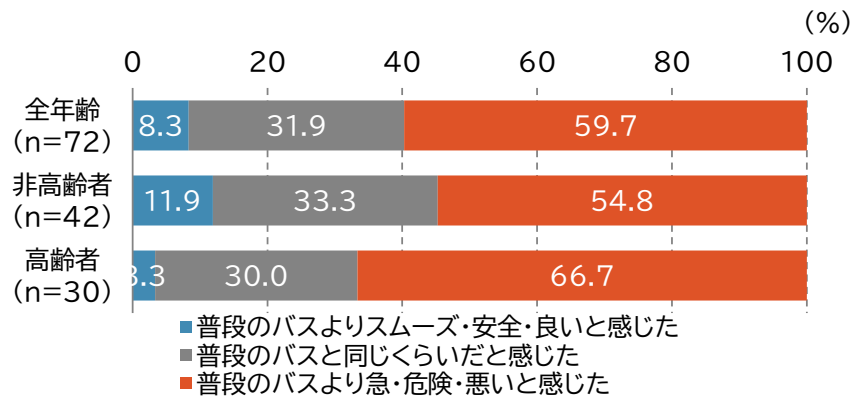


図 8-19 発進時の加速・停車時のブレーキの違い

3) 駅前広場での走行

駅前広場での走行では、年代問わず7割以上の方が“普段のバスと同じくらいだと感じた”と回答しています。

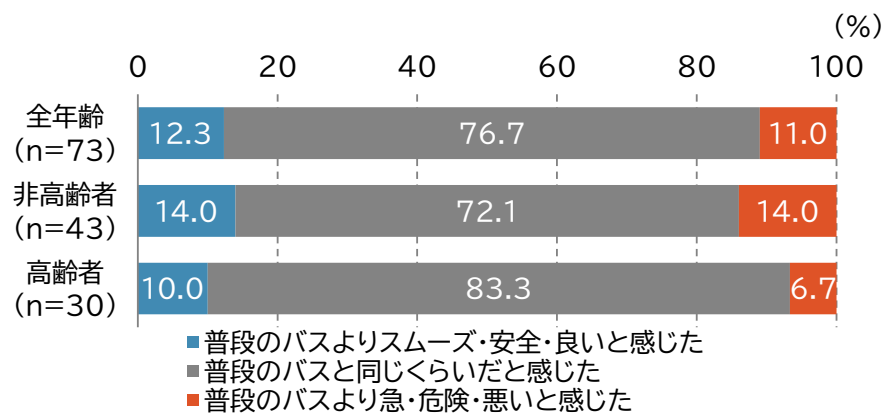


図 8-20 駅前広場での走行の違い

4) 交差点で右左折する際の走行

交差点で右左折する際の走行では、3割程度の方が“普段のバスより急・危険・悪い”と回答しています。

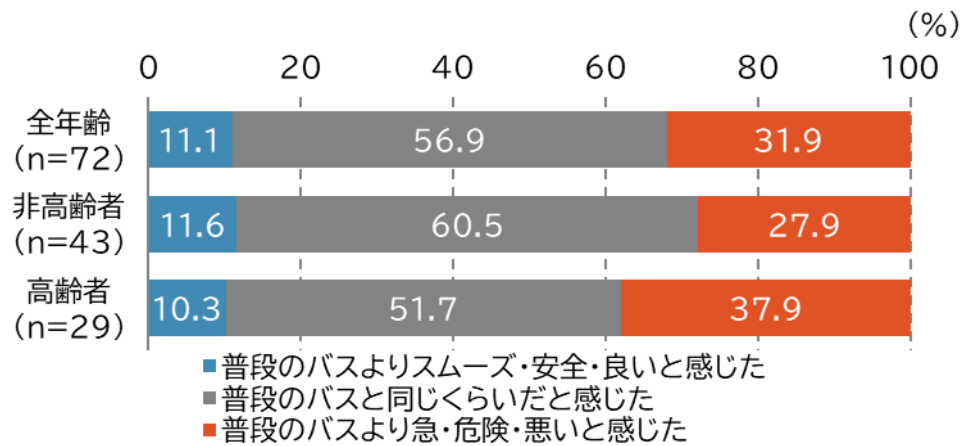


図 8-21 交差点で右左折する際の走行の違い

5) 歩行者や自転車を避ける際の走行

歩行者や自転車を避ける際の走行では、3 割程度の方が“普段のバスより急・危険・悪い”と回答しています。

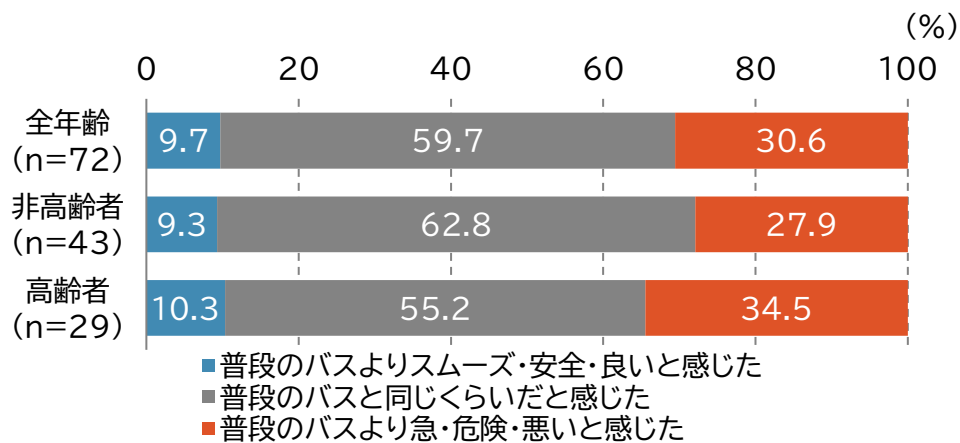


図 8-22 歩行者や自転車を避ける際の走行の違い

6) 路駐車している車両を避ける際の走行

路駐車している車両を避ける際の走行では、非高齢者では 1 割程度の方が“普段のバスより急・危険・悪い”と回答している一方で、高齢者では 4 割強の方が“普段のバスより急・危険・悪い”と回答しています。

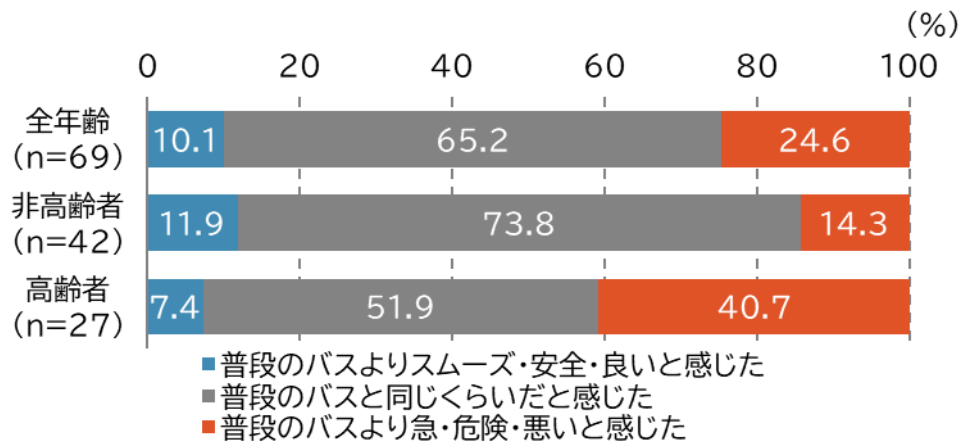


図 8-23 路駐車している車両を避ける際の走行の違い

7) 乗り心地

乗り心地では、非高齢者では1割程度の方が“普段のバスより急・危険・悪い”と回答している一方で、高齢者では3割の方が“普段のバスより急・危険・悪い”と回答しています。

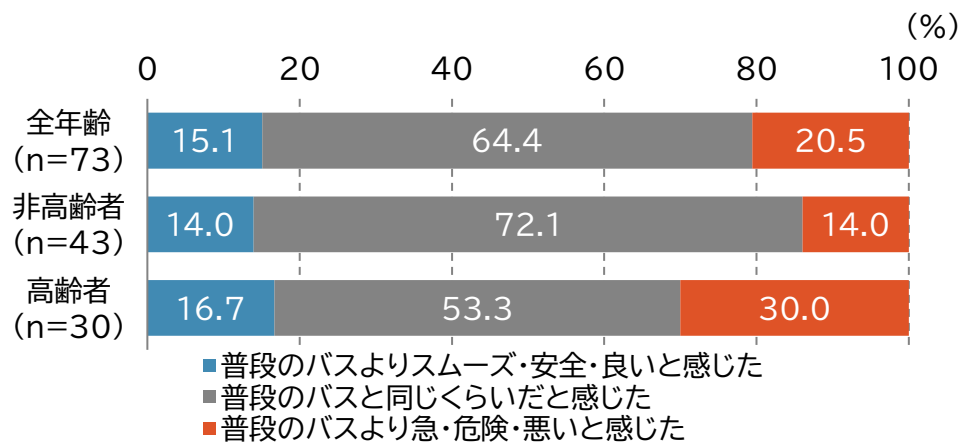


図 8-24 乗り心地の違い

8) 普段利用しているバスとの違いをどのように感じましたか。

普段利用しているバスとの違いとして多くの方が、“バス会社の人手不足を解決できるので、バスの減便・廃止を防げると思う”と回答しています。

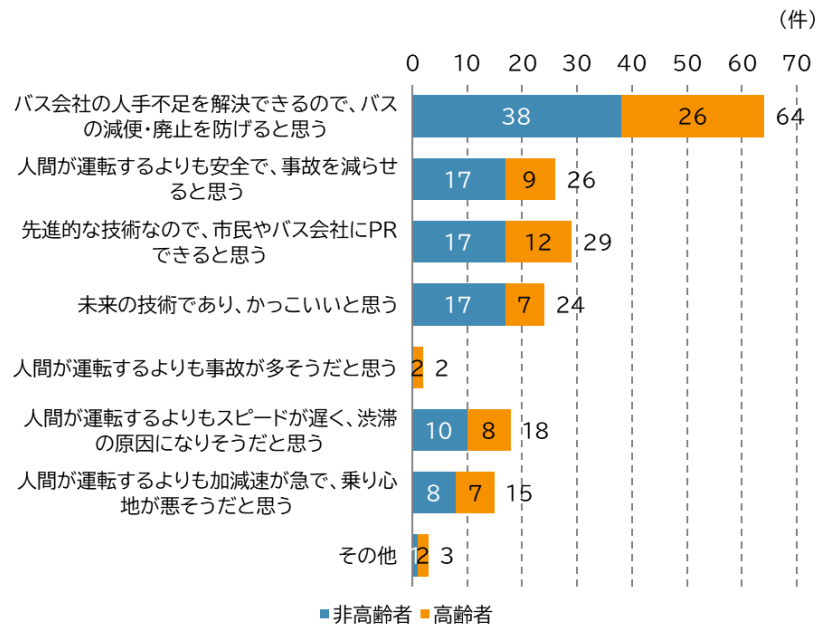


図 8-25 普段利用しているバスとの違いについて

- 9) 自動運転の車両を使った移動サービスは、自動運転の技術がどのレベルに達した段階で導入すべきだと考えますか。

どの年代でも“いかなる場合でも導入すべきではない”という否定的な回答はありませんでした。一方で、非高齢者では2割強の方が“今すぐにも導入すべきである”と回答している一方で、高齢者では、1割程度にとどまっています。

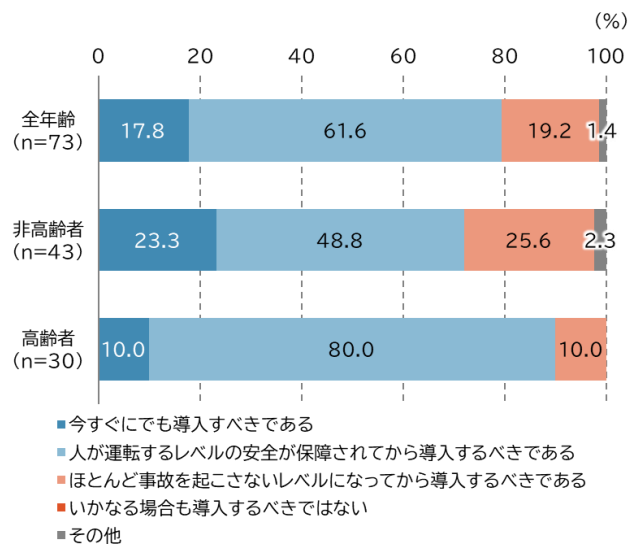


図 8-26 自動運転の技術がどのレベルに達した段階で自動運転の車両を使った移動サービスを導入するべきか

- 10) 狛江市では、バスの運転手が減少する中で現在のバスサービスを維持するために、今後自動運転車両を導入することを検討しています。狛江市で自動運転車両が導入された場合、利用したいと思いますか。

狛江市で自動運転車両が導入された場合、“利用したい”と回答する方がどの年代でも8割以上となっており、“利用したくない”という否定的な回答はありませんでした。

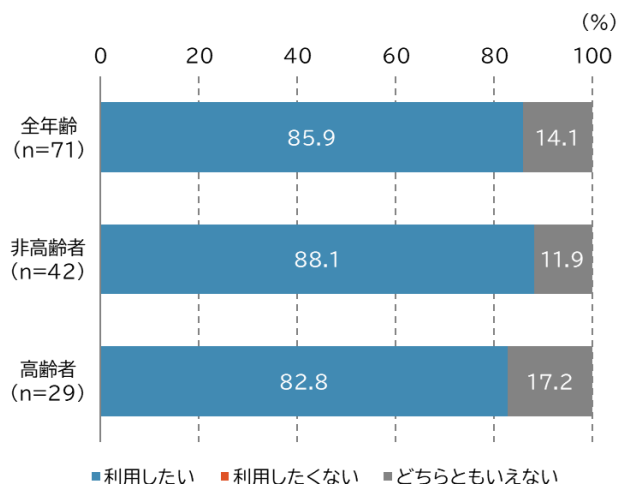


図 8-27 狛江市で自動運転車両が導入された場合の利用意向

- 11) 自動運転車両にどのようなことを期待しますか。

自動運転車両への期待としては、“将来もバスが引き続き運行されること”が最も多く、次点で“いまはバスが走っていない地域でもバスが走るようになること”、“バスの本数が減らないこと”など、持続的にバス利用できる環境を望んでいることが分かります。

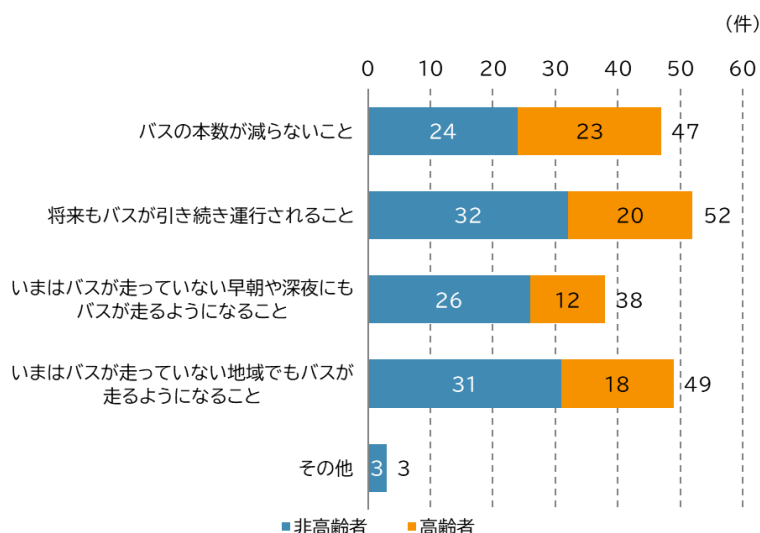


図 8-28 自動運転車両への期待

- 12) 自動運転車両は、運転手や車掌といった乗務員を乗せずに運行することも可能です。自動運転車両に乗務員が必要か教えてください。

自動運転車両に乗務員が必要か否かについては、どの年代でも“車内に乗務員がいなくても良いが、遠隔で案内やトラブル対応がされるようにしてほしい”が6割強となっているため、対面でなくても連絡の取れる体制があることが望まれます。

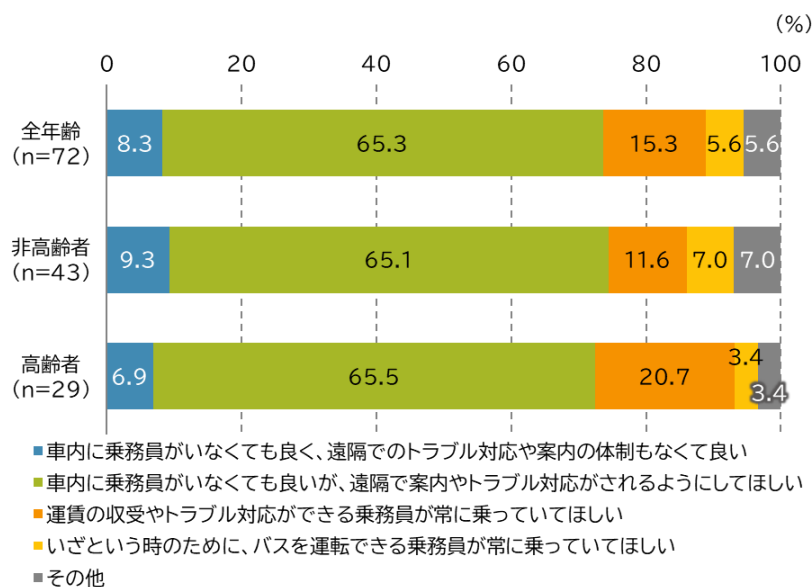


図 8-29 自動運転車両への乗務員の必要可否

13) 自動運転車両が走行する道路環境について

非高齢者では、半数以上の方が“どの道路を走っても構わない”と回答している一方で、高齢者では3割強にとどまっています。高齢者では、3%程度ですが“自動運転車両専用レーンだけを走ってほしい”と回答している方もいます。

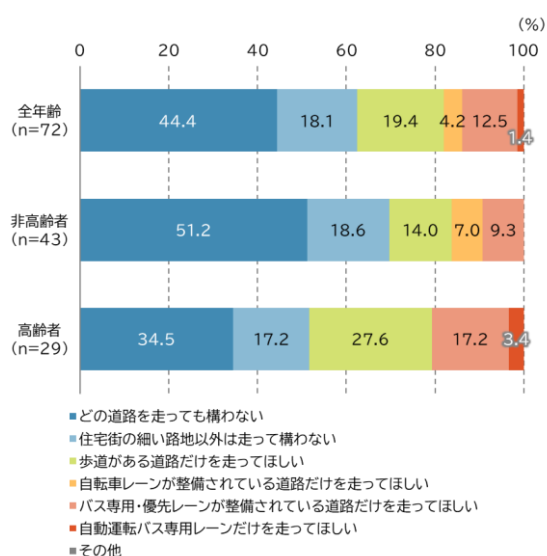


図 8-30 自動運転車両が奏功する道路環境について

14) 狛江市民として、今後狛江市で自動運転車両が走ることにどう思いますか。

狛江市民として、今後狛江市で自動運転車両が走ることは、“自動運転車両が狛江市内を走ってほしい”が最も多く、次点で“自動運転車両が狛江市内の様々な地域で走ってほしい”、“自動運転車両が走ることで、狛江市のバスサービスが将来にわたって維持され、安心して暮らせる地域になると思う”となっています。

今後狛江市で自動運転車両が走ることにどう思いますか

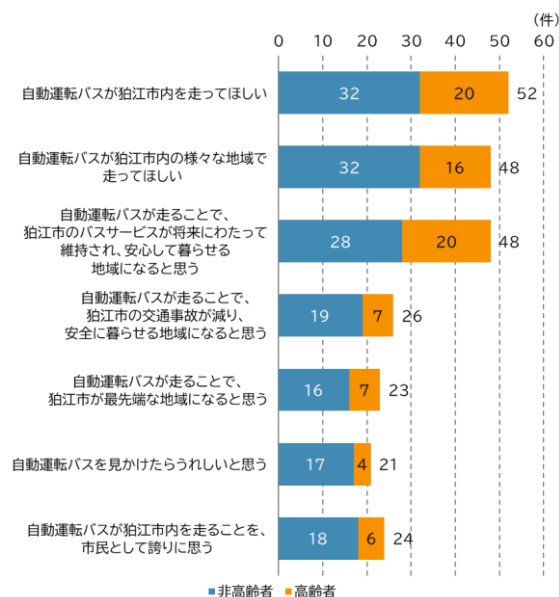


図 8-31 今後狛江市で自動運転車両が走ることにどう思いますか

15) 自動運転車両に対して、不安を感じますか。

自動運転車両に対しての不安としては、“システムが故障したときに立ち往生や、暴走するのではないか”が最も多く、次点で“運転手がいなくて、事故の対応や後処理に手間取るのではないか”、“障害物や道路工事・路上駐車など、イレギュラーな事態に対応できないのではないか”となっています。

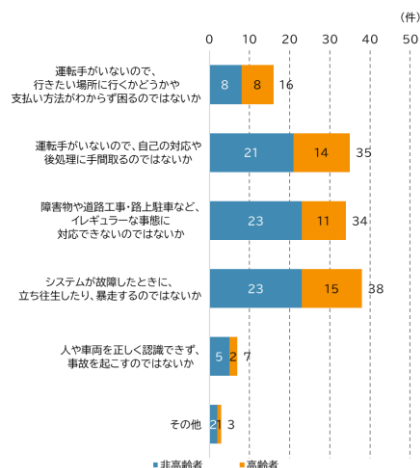


図 8-32 自動運転車両に対する不安

8.2.2 関係者試乗会アンケート結果

関係者試乗会の参加者にアンケートを実施しました。アンケート項目は自動運転中の乗り心地についてと危険を感じた場面の有無について集計し、それぞれ感想を記載いただきました。

(1) 第 1 期関係者試乗会

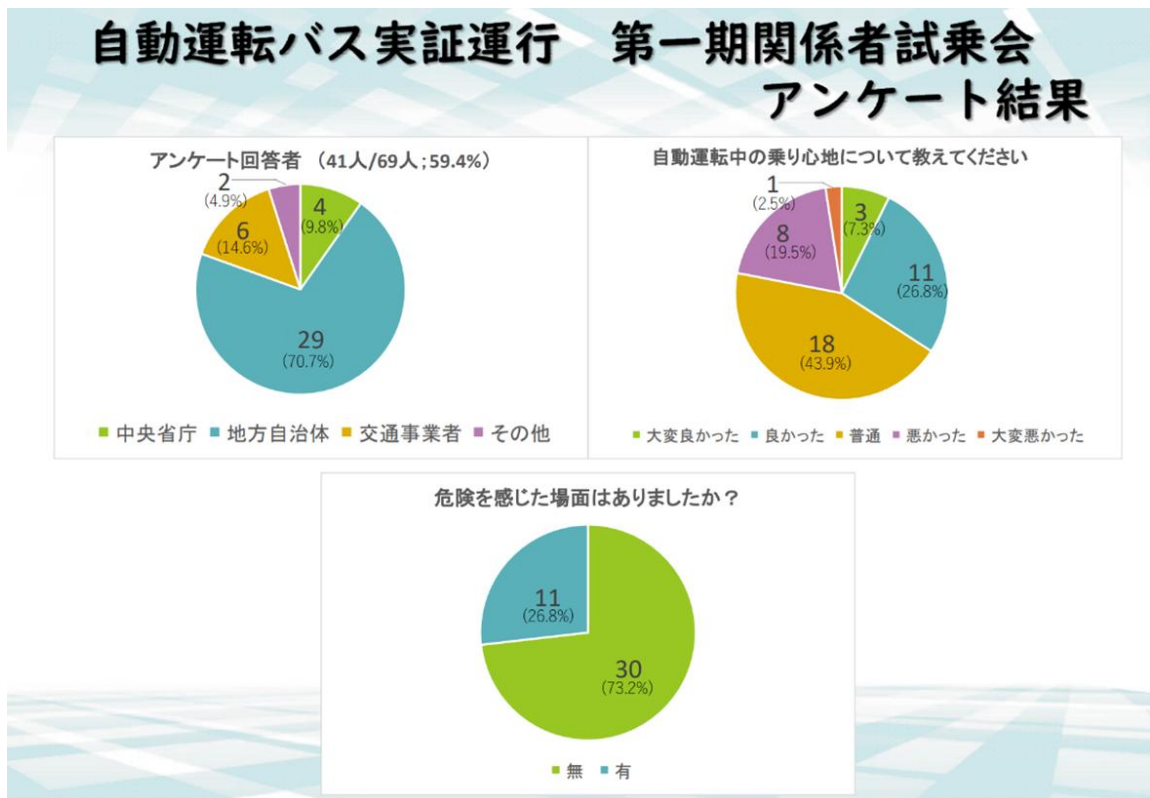


図 8-33 第 1 期関係者試乗会アンケート結果

● 乗り心地に関する主な感想について

『大変よかった』『良かった』と回答された方

- ・以前に乗車した自動運転に比べて、とても円滑な運行だったから。
- ・特に問題ない直進道路はスムーズに進んでいて、普通のバスと変わらなかったです。(類似回答他 6 名)

『普通』と回答された方

- ・乗り心地は一般バスと同程度かなと感じました。障害物や歩行者を検知した際のブレーキの感じが、少しのように感じました。(類似回答他 6 名)

『大変悪かった』『悪かった』と回答された方

- ・動き出しの揺動が大きかったこと。交差点の停車時における揺動。車体側面の車窓しか見え

ず、モニター画面だけでは前方の安全性に不安を感じた。車や歩行者の交通マナーが悪い地域ではスムーズに進行できず更に乗り心地が悪くなりそうに感じた。(類似回答他 12 名)

- 危険を感じた具体的な場面について

- ・信号のない横断歩道を通過しようとした際、間隔をおいて歩行者や自転車が横断する場面があり、が連続したため。(類似回答他 5 名)
- ・交通弱者は車内にもいます。車両の揺動にもっと配慮すべし。
- ・対向車がセンターラインをはみ出してきたのを感知し、を行った場面。理由の説明がなければ不安になったと思う。(類似回答他 3 名)
- ・交差点内で右折待ちをしている間に信号が赤になり、そのまま停車状態になってしまうのかと思ったところ、手動で右折していました。

- 改善が必要と感じた主な内容や感想

- ・ブレーキのかけ方や発進のスムーズさも実用化に向けて改善が必要と感じた。(類似回答他 8 名)
- ・条件判断をするのに、AI に学習させる事項が非常に多いと感じる (類似回答他 9 名)
- ・右折の際、歩行者等の通行が多い場合や歩行者等が赤なのに横断してしまう等の場合、バスが交差点で停車してしまい、交通渋滞につかながる。地域の交通網の速達性を妨げる結果となり、ネットワーク全体で良い効果が得られない。更には、駐停車の車両回避など、自動運転には、交通ルールに関しての地域の意識改革が必要であると改めて感じた。(類似回答他 14 名)
- ・設備投資に多額の費用がかかることが想定され、既存の路線バス網をどのように構築するか、未来への課題かと思います。(類似回答他 7 名)

(2) 第 2 期関係者試乗会

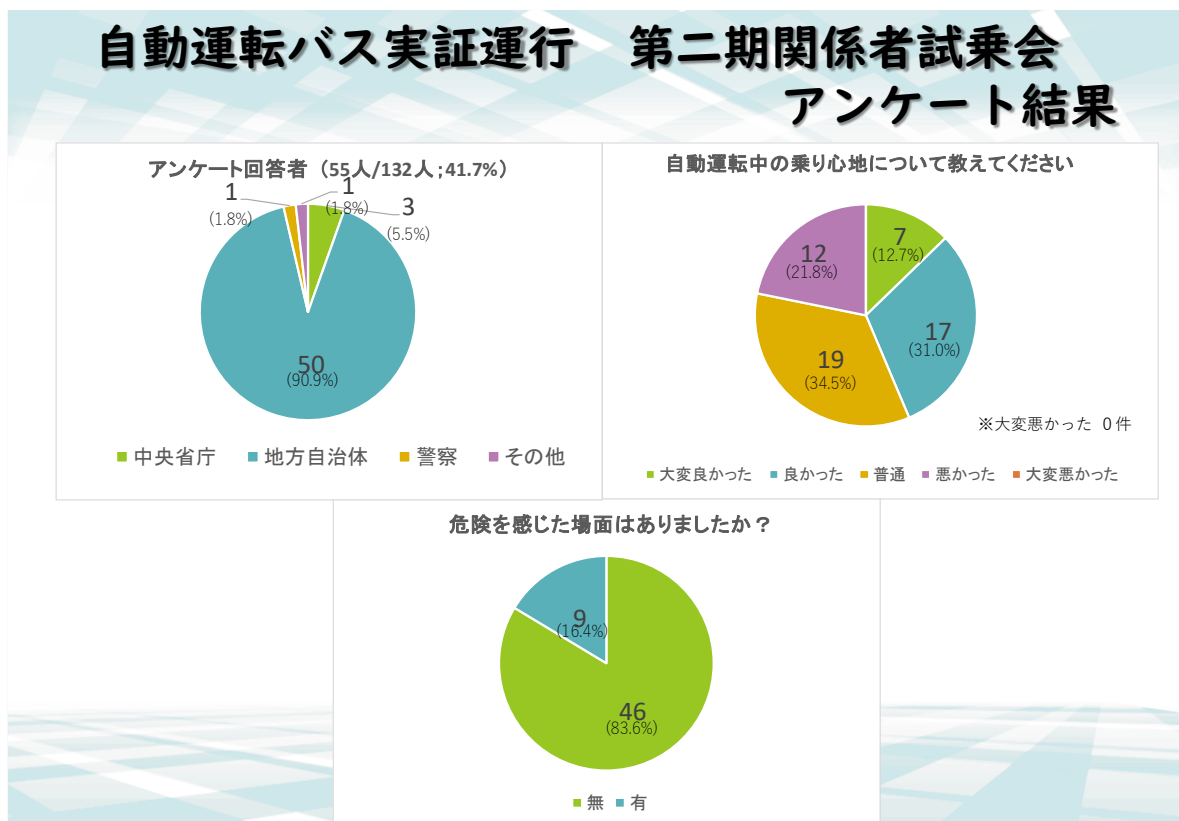


図 8-34 第 2 期関係者試乗会アンケート結果

自動運転バス実証運行関係者試乗会 第一期と第二期関係者試乗会アンケート結果比較

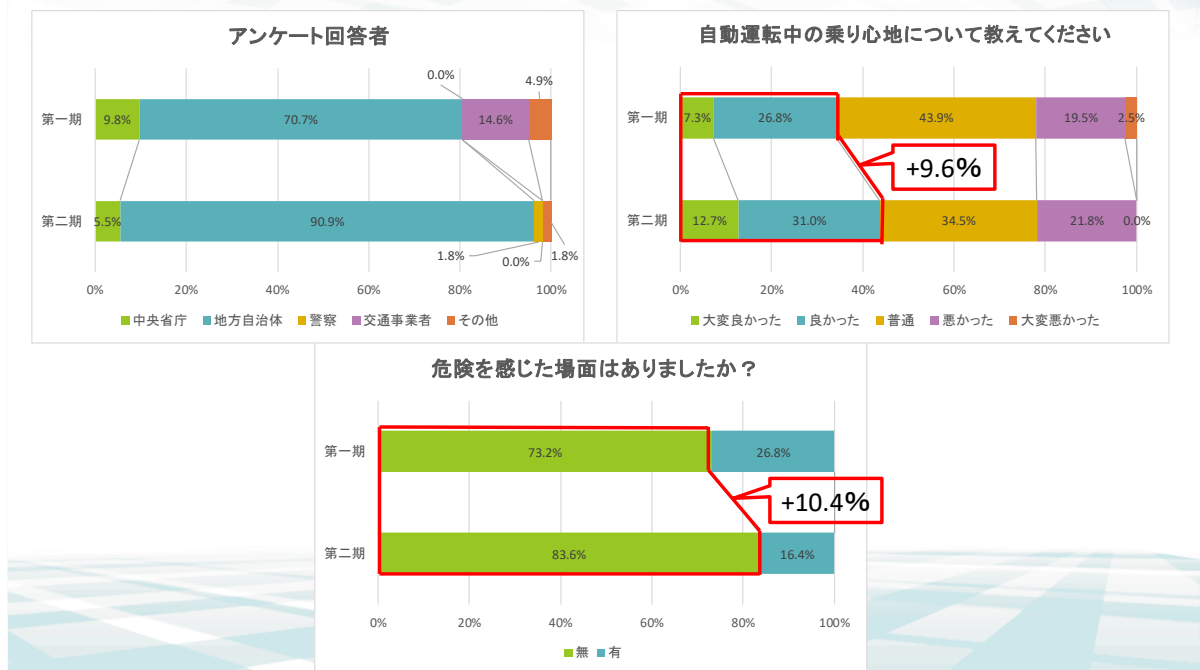


図 8-35 関係者試乗会アンケート結果比較

● 乗り心地に関する主な感想

- ・ がきついと感じました。よくバスを利用する高齢者を考えると、少し危ないかなと感じました。(類似回答他 16 名)
- ・ 思っていたよりスムーズであり、スピードもストレスが無いレベルで安全に加速していた。(類似回答他 15 名)
- ・ 手動運転と比べるとやはり機械特有のカクカクした動きが、曲がり角やブレーキなどで垣間見えました。(類似回答他 14 名)
- ・ 慎重な運転で、減速するのも理由が感じられて逆に安心感があった。(類似回答他 2 名)

● 危険を感じた具体的な場面

- ・ がいきなりかかることがあった。高齢者などが乗っていた場合、バランスを崩してぶつかったり転倒したりする恐れがあるかと感じました。(類似回答他 3 名)
- ・ 人の運転では、ある程度、前の車の状況を見てから交差点に入るが、バスが交差点に入って右折しようとしたところ、歩行者がいたことから、前に車が詰まっていたため、信号が赤に変わってからの右折になった(ヒトの運転でも、そのような状況はあるので、特に危険とは感じませんでしたが)。(類似回答他 2 名)
- ・ 根川さくら通りを左折後に、自転車の横断時が危険だった。一時停車した自転車の再スタートとバスの動き出しが一致した場面だった。(類似回答他 1 名)

● 改善が必要と感じた主な内容や感想

- ・交差点付近や道路渋滞等の状況に合わせた運行管理が可能になれば素晴らしいと思います。

(類似回答他 16 名)

- ・ブレーキのかけ方や発進のスムーズさも実用化に向けて改善が必要と感じた。(類似回答他 6 名)

- ・ブレーキの制御や走行速度、路駐車の追い越しに課題があると考ええる。特にブレーキ制御について、公道に出る際には体が押し出されるような強い衝撃を感じたため改善が必要と考ええる。

(類似回答他 7 名)

- ・歩車分離されていない道路も走行できると良い。そのほとんどに歩道がないので。(類似回答他 4 名)

8.3 報道発表を通じての普及啓発活動

本実証内容をコンソーシアム代表機関等ホームページにて報道発表を実施するとともに、各種講演会や媒体（テレビ・新聞・Web・記事等）を通じて広く普及啓発活動を実施しました。

弊社としても、「光ファイバー×ローカル 5G」を活用した地域・企業の課題解決ビジネスモデルの創出は、今後の主力ビジネスのひとつと考えているため、普及啓発活動には一層注力しました。

今年度の普及啓発活動の実績は下記となります。

表 8-3 普及啓発活動の実績

掲載日	掲載元	公開内容
2024/11/25	東日本電信電話株式会社	東京都狛江市内でローカル 5G 等を活用した遠隔型自動運転実証実験を実施中～東京都多摩地区初＊の公道自動運転実証！～ https://www.ntt-east.co.jp/tokyo/info/detail/1288555_2608.html
2024/11/25	日経クロステック	NTT 東日本など、東京都狛江市内でローカル 5G 等を活用した遠隔型自動運転実証実験を実施中 https://active.nikkeibp.co.jp/atcl/r/19/RSP682621_25112024/
2024/11/25	NEXT MOBILITY	狛江市ら 6 者、ローカル 5G 活用の遠隔型自動運転実証 https://www.nextmobility.jp/economy_society/komae-city-and-six-other-parties-demonstrate-remote-controlled-autonomous-driving-using-local-5g20241125/
2024/11/25	ビジネスネットワーク	NTT 東らが東京都狛江市でローカル 5G 等を活用した遠隔型自動運転バスの実証 https://businessnetwork.jp/article/24243/
2024/11/26	マイナビニュース	東京都狛江市でローカル 5G など活用した遠隔型自動運転実証、NTT 東ら https://news.mynavi.jp/techplus/article/20241126-3071745/
2024/11/26	Response.	東京狛江市で遠隔型自動運転バスの試乗会、ローカル 5G 活用の成果を披露 12 月 20-21 日 https://response.jp/article/2024/11/26/389034.html
2024/11/26	IoT NEWS	NTT 東日本・ティアフォーなど、レベル 4 自動運転の社会実装を目指し遠隔型自動運転バスの公道試乗会を実施

		https://iotnews.jp/smart-city/258604/
2024/11/27	FISCO	u n e r r y ---東京狛江市内で 5G 等を活用した遠隔型自動運転 実証実験を実施中 https://web.fisco.jp/platform/selected- news/00093500/0009350020241127024
2024/11/27	LIGARE	NTT 東日本ら、ローカル 5G 等を活用した遠隔型自動運転の実証開 始 https://ligare.news/story/ntteast-1127/
2024/12/4	新・公民連携最 前線	レベル 4 実装を見据えた遠隔型自動運転バス、狛江市が住民向け 試乗会 https://project.nikkeibp.co.jp/atclppp/PPP/news/120303617/
2024/12/12	NHK 首都圏ネッ トワーク	人口増見込み自動運転車両の実証運行
2024/12/12	NHK 首 都 圏 NEWS WEB	東京 狛江市 自動運転バスを公道で走らせる実証運行 https://www3.nhk.or.jp/shutoken- news/20241212/1000112047.html
2024/12/13	公明新聞	バス乗務員不足に対応 都内で斉藤代表、飯田氏ら自動運転の実証事業を視察
2024/12/15	東京新聞	自動運転車両 快適な乗り心地 狛江市が試乗会 発進・停止で揺 れる場面も 本紙記者が体験乗車 https://www.tokyo-np.co.jp/article/373703
2024/12/20	TOKYO MX 『堀潤 Live Junction』	狛江市「遠隔型自動運転バス」住民試乗会
2024/12/20	TOKYO MX	多摩地域初の実証実験・狛江市「遠隔型自動運転車両」住民が試 乗 3 年後の実装目指す https://s.mxtv.jp/mxnews/article/chiiki/1815018yanbzkslyu. html
2025/1/9	公明新聞	導入進む自動運転車両「レベル 4」での無人運行 自治体や民間事業者が実施
2025/1/9	J:COM(大田／世 田谷／調布／狛	自動運転バス 実証運行 関係者・地域住民向け試乗会

	江)	
2025/1/15	読売新聞	運転手不要「レベル4」目標 自動運転実用化へ加速
2025/1/16	株式会社マイナビ	NTT 東日本が多摩地区初の“公道での遠隔型自動運転”を実証 - 狛江市で自動運転車両試乗会 https://news.mynavi.jp/article/20250116-3101822/

8.4 参考文献

- ・ 中川 正夫他「人間ドライバの実交通環境における認知反応時間に関する研究」
https://www.ntsel.go.jp/Portals/0/resources/kouenkai/r4/06_kouen_220609.pdf (2025)
- ・ デジタル庁 モビリティワーキンググループ（モビリティ WG）「自動運転等新たなデジタル技術を活用したモビリティサービスの社会実装に向けた論点」
https://www.digital.go.jp/assets/contents/node/basic_page/field_ref_resources/2b3315d1-5865-4712-99dd-84c54a396f9b/fdaf1653/20231211_meeting_mobility-working-group_outline_02.pdf (2025)

地域デジタル基盤活用推進事業（自動運転レベル4 検証タイプ）

実績報告書

東京都狛江市

2025 年 1 月

東日本電信電話株式会社・狛江市自動運転レベル4 実証機関
