

令和7年度 地域社会DX推進パッケージ事業
(実証事業 先進無線システム活用タイプ)

ローカル5Gの鉄道利用による運営の効率化・維持と、 線路外漏れ電波を活かした沿線の自治体インフラ点検の同時活用 成果報告書

2026年3月31日

阪神ケーブルエンジニアリング株式会社

成果報告書 目次

I. 地域の課題と目指す姿

1. 地域の課題と目指す姿
2. これまでの取り組み状況と今後の実現ステップ
3. 過年度の実証内容と本年度の実証内容の差分
4. 実証の必要性
5. 成果 (アウトカム) 指標
ロジックツリー
成果 (アウトカム) 指標の設定:
本実証
成果 (アウトカム) 指標の設定:
実装・横展開

II. ソリューション

1. 活用ソリューション
ソリューションの概要
活用している先進技術
2. ネットワーク・システム構成
 - a. ネットワーク・システム構成図
 - b. 設置場所・基地局等
 - c. 設備・機器等の概要
3. ソリューション等の採用理由
 - a. 他ソリューションに対する優位性・新規性
 - b. 無線通信技術の優位性
4. 期待効果/費用対効果
期待効果/資金計画_導入先
期待効果/資金計画_販売主体
期待効果の根拠_販売主体
費用対効果

III. 実証

1. 計画概要
2. 検証項目・方法
 - a. 効果面
 - b. 技術面
 - c. 運営面
 - d. 展開先
3. スケジュール
4. リスクと対応策
5. PDCAの実施方法
6. 実施体制

実証

実証・実装・
横展開

IV. 結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

1. スケジュール (実績)
2. 検証項目ごとの結果
3. 実装・横展開に向けた準備状況
4. 実装・横展開に向けた課題および対応策
5. (参考) 実証視察会
 - a. 概要
 - b. 質問事項と対応方針

V. 実装・横展開の計画

1. 実装の計画
 - a. 実装において今後目指す状態
 - b. 今後3年間で実施するアクション
 - c. 実装の体制
 - d. ソリューション (変更点)
2. 横展開の計画
 - a. 横展開の体制
 - b. ビジネスモデル
3. 期待効果/資金計画
 - a. 販売主体
 - b. 導入先
4. 資金計画

VI. 指摘事項に対する反映状況

1. 実証過程での指摘事項に対する反映状況
2. 成果報告会での指摘事項に対する反映状況

1 地域の課題と目指す姿

本事業の対象とする地域課題

対象者	内容
a 地域輸送を担うインフラ事業者（鉄道事業者）	<ul style="list-style-type: none"> ● 鉄道分野の有効求人倍率は令和4年度に約3.5倍へ達し（参議院事務局企画調整室）、人手不足は極めて深刻である。この課題は、神戸-大阪間における沿線住民・通勤客の基幹輸送を担う阪神電鉄においても同様である。阪神地域における鉄道関連の有効求人倍率も約3倍と高止まりしており（大阪労働局）、人材確保は慢性的に逼迫している。そのため、同社は将来ワンマン運転を導入し、本線系統でもさらなる省人化運行への移行を検討している。 ● 一方、省人化を進めるほど安全対策の重要性は増す。国土交通省は2023年に鉄道運輸規程等を改正し、防犯カメラの車両設置を義務づけた。しかしワンマン運転下では車掌が不在であり、車掌が1名だけの場合でも現場へ即応することは難しい。近年、車内の犯罪が増加する中（神戸新聞）、異常発生時に遠隔で初動判断を行える体制を構築しなければ、収録映像の事後解析では、乗客の安全を十分に確保できない。よって、走行中の列車から高精細映像を遅延なく安定伝送できるローカル5Gなどの高速無線ネットワークは、鉄道運行の省人化と安全確保を両立させるうえで不可欠である。
b インフラの維持・管理を行う自治体	<ul style="list-style-type: none"> ● 兵庫県西宮市が管理する橋梁は676橋に上り、道路法施行規則により5年ごとの近接目視点検が義務づけられている。現在主流の橋梁点検車を用いた直接目視方式では、1橋あたり約50万円を要し、巨額の維持管理コストが市財政を圧迫している。加えて、建設後50年を超えるいわゆる「高齢化橋梁」は2019年時点で全体の46%（309橋）を占め、2039年には85%（574橋）にまで急増すると見込まれるため、補修・更新費用のピークはこれから本格化する（兵庫県西宮市橋梁個別施設計画）。 ● また、人材面の課題も深刻である。国土交通省の推計によれば、インフラメンテナンスを担う建設関連技術者は2023年時点で約21万人不足しており、高所作業を伴う橋梁点検の担い手確保は年々難しくなっている。このように財政負担と人員不足が同時に進行するなか、ドローンやローカル5Gを活用した遠隔点検など、省人化かつ低コストで安全に実施できる新しい点検手法の導入が、西宮市にとって喫緊の課題である。

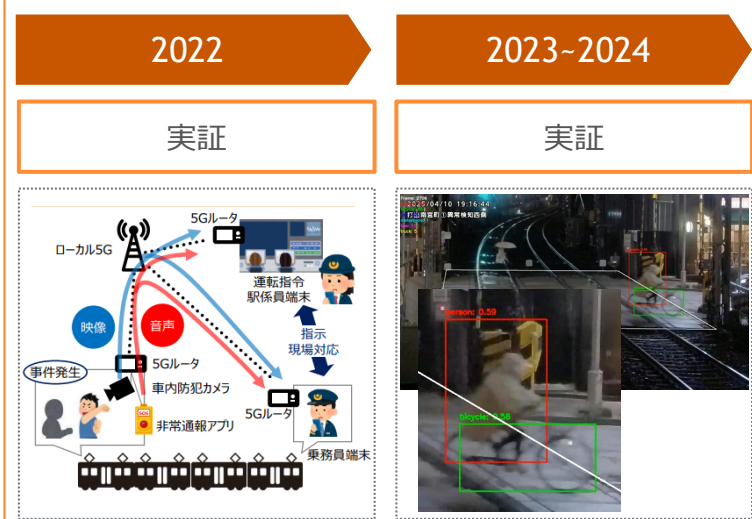
目指す姿

鉄道事業者が運営効率化のために整備したローカル5Gの余剰帯域を沿線自治体が共同利用できるスキームを構築し、地域輸送の持続性を担保するとともに**鉄道と自治体双方の発展**に結びつける。

- **鉄道運営の省人化と安全確保の両立**
反射板や狭指向性アンテナを活用して基地局を疎らに配置しつつも効率的にカバーし、全線で走行列車内でも下り最大数百Mbps級の安定通信を実現する。これにより、車内映像やセンサ情報を指令所がリアルタイムで把握し、運転士単独でも即応できる安全オペレーションを確立する。
- **鉄道由来ローカル5Gの「漏れ電波」を沿線自治体の橋梁点検等に活用**
阪神電鉄が設置するローカル5G基地局から外部へ漏れる電波を、兵庫県内の沿線自治体と共同利用できるスキームを構築し、各市が管理する橋梁のドローン遠隔点検に接続回線として活用する。これにより、既存網を効率的に共有して橋梁点検の省人化・安全化と維持費の削減を実現する。また、将来的には、交通量の多い主要駅前ロータリーにおけるレベル4自動運転にも同じローカル5G網を共同利用し、「漏れ電波」の活用範囲をさらに広げる。
- **ドローン遠隔点検による橋梁メンテナンス革新**
ローカル5G網を用いて、ドローンで遠隔点検し、危険作業を排除するとともに点検コストを1橋当たり25%削減する。

2 これまでの取り組み状況と今後の実現ステップ

これまでの取り組み



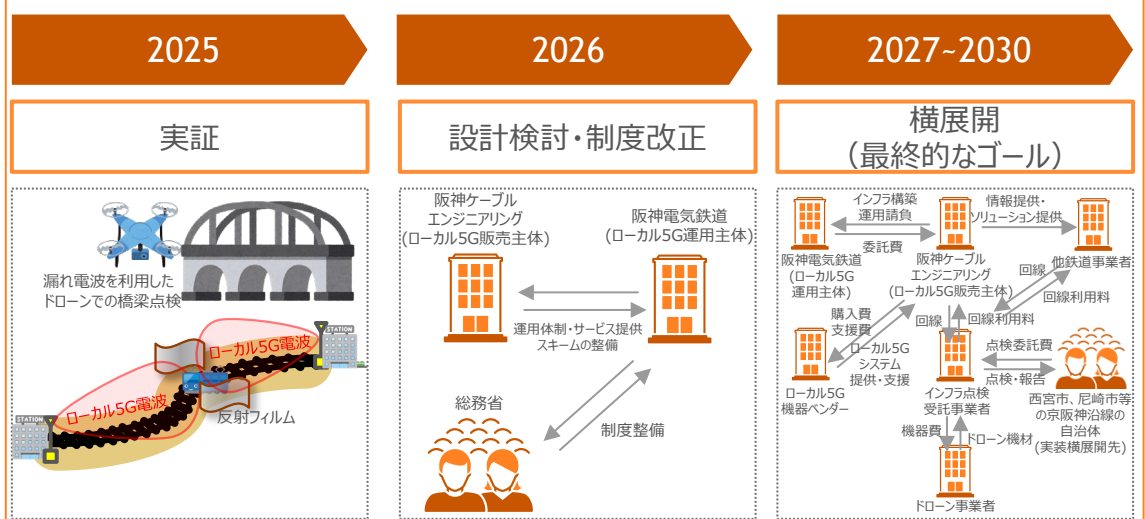
課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証（当時は、漏れ電波を抑制する技術検証の環境下で合わせて実証）

- 鉄道運営効率化に向けた活用検証（踏切/ホームにおける安全対策の高度化、走行列車内における有事対応の迅速化、沿線設備の点検効率化）
- AI精度面での磨き上げが必要、低コストかつ線路上を途切れなく利用できるローカル5Gの環境整備手法が必要

AI精度の磨き上げ（自主検証）

- 踏切の安全対策高度化に向けたAI精度の向上および雨天、夜間など環境変化時の精度検証

目指す姿に向けた実現ステップ



本実証では漏れ電波の有効活用を視点を2項目で実施

- 漏れ電波の有効活用にユースケースの制限はないが、今回は特に有益と考えられる、自治体インフラの点検ソリューションの実現性および費用対効果の評価・検証
- 漏れ電波対策の制約なく本来のエリア整備の視点で、ローカル5Gの鉄道利用に向けた反射板等を用いた効率的な環境整備手法の検証

阪神電鉄でのローカル5Gインフラの設計および運用体制、漏れ電波のサービス提供スキームの整備する。特に、漏れ電波活用については、総務省と連携して制度整備を実現する

また、AI検知システム（駅ホーム、踏切、線路設備の巡視点検、車内監視等）の2023～2024年度の自主検証に基づき、最初の商用版を確定・整備する

阪神電鉄でのローカル5Gインフラ整備（一部線区から順次拡大）

西宮市における次回の橋梁定期点検（2027年度予定）での実装

ローカル5Gエリアの拡大に合わせて兵庫県下の市町へドローン点検の横展開、および阪急電鉄も含めた京阪神の沿線自治体（20規模）への展開

他の民鉄事業者や地域BWA事業者への情報提供・ソリューション提供等による展開

3 過年度の実証内容と本年度の実証内容の差分

過年度の実証を通じ見えてきた／解決できなかった課題

狭指向性アンテナでのエリア整備では、曲線部や坂路部において通信品質の確保が難しく通信が途切れる。また、品質改善のために基地局を密に配置するとインフラ構築コストが増大し導入ハードが高い。特に、2022年度のローカル5G開発実証では、細長い自己土地からの漏れ電波を如何に抑制できるか、が主要なテーマとなっていたことから、線路外への電波漏れをできるだけ抑えることを前提としたアンテナ配置の置局設計であった。このため、線路内の電波環境で商用に耐えうる通信品質管理を含めた構築手法がそもそも確認できていない課題がある。

また今回、線路外の漏れ電波を沿線自治体に有効活用してもらう同時利用（共同利用）の運用※）を新たに実施するが、その場合、ミッションクリティカルな鉄道運用に支障をきたすことなく、漏れ電波を不自由なく活用してもらうための通信品質確保の検証が必要となる。

※）ローカル5Gの免許制度では、鉄道や道路などの細長い自己土地利用については正式に認められていない。理由は、自己土地から漏れる電波のエリアが比較的大きく、他者土地への影響が大きくなることから制度化が見送られている。電波漏れエリアを他者土地利用として免許取得することは可能となっているものの、後に他者土地エリアでローカル5Gを希望する事業者が現れた場合には、電波干渉等で最悪の場合、鉄道利用を停止しなければならないリスクもあることから、参入する事業者はなく、いまだ商用の実現には至っていない。

一方、過去のローカル5G開発実証で、当社も含めて複数の鉄道事業者や道路事業者が電波漏れの抑制に取り組んできたが、電波漏れを期待通りに抑えることは難しいとの結論に至っている。

このような状況において現在、細長い自己土地利用の実現に向けて総務省と協議を進めているのは、電波漏れエリアでローカル5G希望者が現れた場合には、阪急阪神ホールディングスグループが電気通信事業者としてローカル5Gサービスを積極的に提供する「ローカル5Gの共同利用」的な運用であり、机上検討は概ねまとまっているところである。

今後は、本事業で具体的なユースケースの活用実証をリアルに示すことにより、公共交通網による新たな柔軟な運用（制度化）の実現に向けて最後の一押しとなると期待しており、制度化は2026年度を見込んでいる。

令和7年度の実証で取り組む実証内容

反射板による基地局間の通信品質改善により線路形状に関わらず比較的疎な基地局配置で途切れず安定して通信可能なインフラ構築が可能か検証する。



また、線路外の漏れ電波を沿線自治体に有効活用してもらう同時利用（共同利用）の実証において、ミッションクリティカルな鉄道運用に支障をきたすことなく、漏れ電波を不自由なく活用してもらうための通信品質確保の検証を実施する。具体的には、ネットワークスライシングやパケット優先割当などの技術を活用して、漏れ電波を活用する側のユースケースが将来広がる可能性も視野に、ベストエフォート品質の在り方も含めて検証・評価する。

4 実証の必要性

実装する上での課題(今のままでは実装できない理由)

基地局（アンテナ）のみで走行列車内のカメラ映像伝送などの大容量データを安定的に通信可能なエリア整備を行う場合、密に基地局を配置し、異なる基地局同士のエリアを大きく重ねて設計を行う必要がある。これまでの実績においては、列車内でも十分な電波強度を確保するためには、基地局間を200～300m間隔とする必要があったが、これでは阪神電鉄の路線長（約49km）を全てカバーすると数十億円規模の投資が必要となり、実用化は現実的でない。**反射板の利用によって比較的”疎”に基地局を配置することができ、基地局数の削減による導入コストの低減は期待できるが、反射板を用いた場合の鉄道環境下における電波伝搬特性やハンドオーバー挙動は実地検証を行わなければ判断できない。**

さらに、本提案では線路上、走行車両内や駅など地上部での鉄道利用を前提に設計・整備されたローカル5Gインフラからの漏洩電波を沿線の橋梁点検用ドローン（高度数メートル～30メートル）でも共同利用する。しかし、線路中心から離れた（アンテナの半値角幅を超えた範囲での）上空において点検に必要な帯域を確保できるかどうか通信品質に関する実測データは不足している。



左記課題をクリアするために、実証事業を通じて検証すること

- 反射板によって基地局配置を疎にした場合でも安定通信可能なエリアを確保できるかの検証
- 現状点検手法からの代替可能性や費用・工数面での効果の大きさの検証

技術面

- ドローンで撮影しローカル5Gによって伝送された映像によって直接目視での点検の代替が可能か検証（点検受託事業者による定性評価による）
- 線路外上空で上り25Mbpsの通信帯域を確保できるか

効果面

- どれくらいローカル5Gインフラの整備コストが低減されるか（基地局の実用的な通信エリア260%に拡大）
- 点検コスト（自治体からの委託費用）が低減されるか（目標：25%削減）

運営面

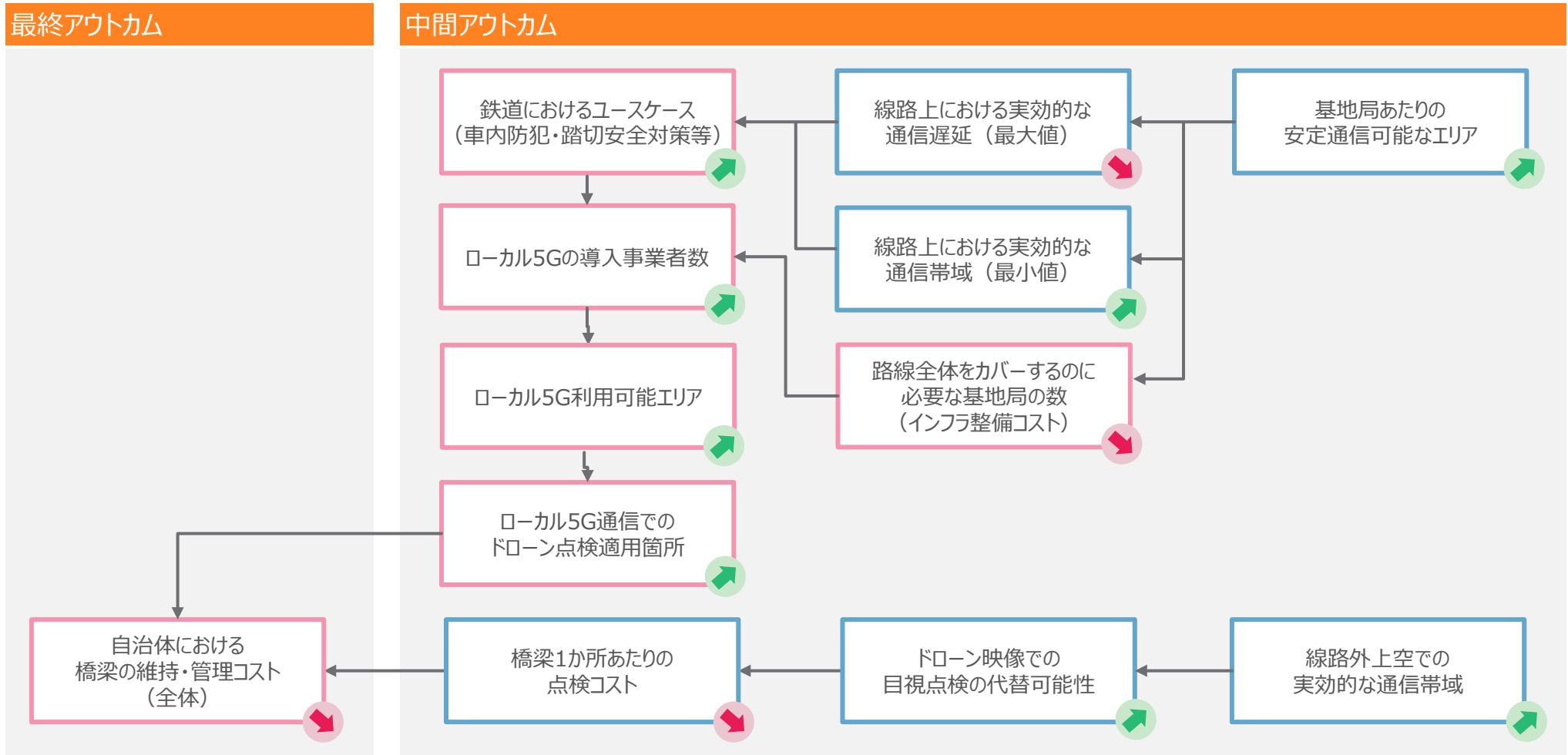
- 漏れ電波の有効活用（共同利用）に関するスキームや費用負担の在り方の検証点検コスト

展開先

- 阪神電鉄の路線他、異なる条件の路線においても効果が期待できるか検証
- 技術センターでインフラ点検を受託している他地域において汎用的な利用が期待できるか検証（目標：20自治体）

5 成果 (アウトカム) 指標

ロジックツリー



5 成果 (アウトカム) 指標

成果 (アウトカム) 指標の設定: 本実証

成果 (アウトカム) 指標	現状値	目標値	目標値設定の考え方	測定方法
基地局あたりの安定通信可能なエリア	基地局から約200～300m (過去使用実績のある装置で走行列車内の場合)	基地局から800m程度 (過去実績と同条件の場合)	受信電力 (RSRP) の値が電波伝搬シミュレーション等によって理論上-100dBm程度確保できる距離であり、反射板の利用によって実効値を理論値に近づける	電波測定や映像伝送試験によって通信品質を評価
線路上における実効的な通信遅延 (最大値)	通信不可区間あり	200ミリ秒以下	例えば、踏切等における危険を映像解析AIによって判定し、結果をローカル5Gを用いて各所へ通知する場合、危険が発生してから1秒以内の通知が求められる。この場合、映像のエンコード処理やAI解析処理にかかる時間から逆算すると通信遅延に許容される時間は200ミリ秒となるため。(エンコード処理: 100ミリ秒、AI解析処理: 500～700ミリ秒)	線路上の複数地点において端末からサーバまでのpingの応答時間等を計測
線路上における実効的な通信帯域 (最小値)	通信不可区間あり	上り20Mbps以上	例えば、列車内防犯カメラの映像伝送にローカル5Gを用いる場合、カメラ1台あたりの映像伝送に必要な上り通信帯域は約6Mbpsである。防犯カメラは1車両あたり概ね3台設置され、有事の際には車両ごとの状況把握のために3台分の映像を伝送する場合を想定すると、 $6\text{Mbps} \times 3\text{台} = 18\text{Mbps}$ 必要なため目標値としては20Mbpsを設定。	線路上の複数地点において速度測定ソフトウェア等によって測定

5 成果 (アウトカム) 指標

成果 (アウトカム) 指標の設定: 本実証

成果 (アウトカム) 指標	現状値	目標値	目標値設定の考え方	測定方法
線路外上空での実効的な通信帯域	なし	上り25Mbps以上	既存の直接目視点検を映像で代替するためにはひび割れや錆など細かい部分を確認できる高精細な映像が求められると考え、4K映像を伝送可能な通信帯域として上り25Mbps以上を設定	速度測定ソフトウェア等によって測定
ドローン映像での目視点検の代替可能性	なし	検査項目の映像による代替率100%	現行の検査項目がドローンにて同様に検査可能である前提条件となるため、全ての検査項目について映像で代替可能と判断されることを目標として設定	実際に橋梁点検を受託している事業者（兵庫県まちづくり技術センター）と連携して定性評価
橋梁1か所あたりの点検コスト	平均約50万円	約37.5万円 (25%削減)	近畿地方整備局レポート「360度周囲を認識するドローンを用いた橋梁点検支援技術 (Skydio)」からドローン点検によって期待できるコスト削減効果の最低ラインを目標に設定	2か所程度で実際にドローンによる点検作業を実施し、ドローンへの代替によって削減される工数や高所作業のための機材・部材などの経費の削減額から試算

I 地域の課題と目指す姿

5 成果 (アウトカム) 指標

成果 (アウトカム) 指標の設定: 実装・横展開

成果 (アウトカム) 指標	現状値	目標値	目標値設定の考え方	測定方法
路線全体をカバーするのに必要な基地局の数 (インフラ整備コスト)	約196局	約62局	現状値は阪神電車の線路長49kmの電波強度を確保するために基地局間を200m～300mとして試算し、目標値は上記の基地局間を800mとして試算。 (必要な基地局数が3分の1程度となることで、ローカル5G整備の初期投資が大幅に抑えることができる)	実証結果をもとにした設計により評価
ローカル5Gの導入事業者数 (ローカル5G漏れ電波の利用可能エリア)	なし	4市	阪神電車の通過する沿線自治体である、尼崎・西宮・芦屋・神戸を目標として設定。	漏れ電波でのドローン点検が可能となる橋梁の数・点検コストから検討
ローカル5G通信でのドローン点検適用箇所	なし	阪神電車の線路から50m以内の橋	アンテナの指向方向ではないが、ドローンの通信に耐えうる通信帯域を確保できる漏れ電波を確保できると期待する距離を設定	阪神電車のローカル5G整備後に周辺の電波測定を行うことで対象となる橋を設定
自治体における橋梁の維持・管理コスト (全体)	100%	25%削減	橋梁点検にかかる労務費と機械経費を合わせたものを全体の経費とし、ドローンにより機械経費を削減することで、全体として25%の経費削減を目指す。	労務費と機械経費を合わせたものを全体の経費とし、ドローンにより機械経費を削減することで、全体として25%の経費削減を目標に設定

II ソリューション

① 活用ソリューション

ソリューションの概要

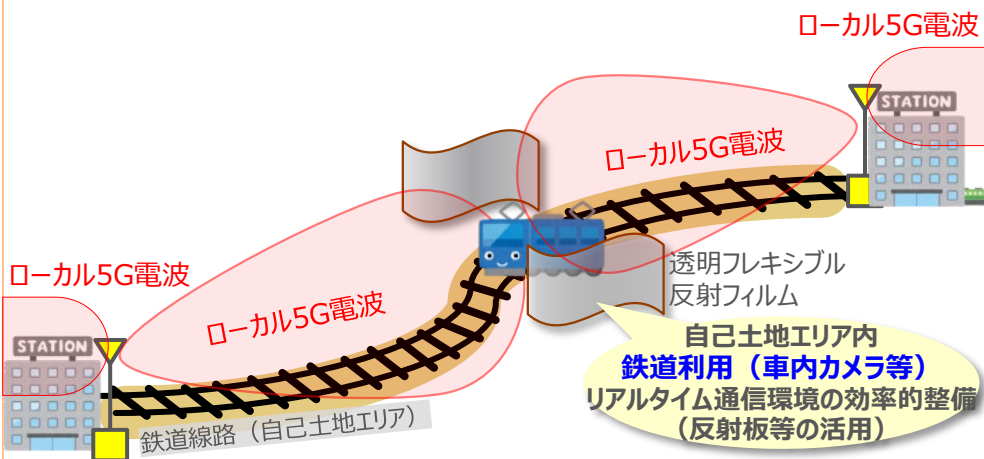
ソリューションの概要

反射板による効率的なローカル5Gインフラ整備



社内カメラ等の鉄道利用でローカル5Gを使用するため、反射板を使用して実用的な通信エリアの拡大を図り、ローカル5Gの構築コスト削減を目指す。

阪神電気鉄道



中間アウトカム (実証)

定量アウトカム

- 基地局あたりの安定通信可能なエリア、800m程度
- 線路上における実効的な通信遅延、200ミリ秒以下
- 線路上における実効的な通信帯域、上り20Mbps以上

定性アウトカム

- ローカル5Gの全線整備に必要なコストが削減

中間アウトカムの実現に繋がるソリューションの価値

- これまで1局あたりの実用的な通信エリアはせまく、全線配置には多数の基地局の購入が必要となり、ローカル5G整備への初期投資が大きかったが、反射板で実用的な通信エリアを延長することで、必要な基地局数が減り、初期投資を抑えることができる

II ソリューション

① 活用ソリューション

活用している先進技術

概要

AI	活用なし
IoT	活用なし
ドローン	活用なし
ロボティクス	活用なし
自動運転	活用なし

AI技術に関する詳細情報

今回、AI技術の活用はない。過去に実施したローカル5G開発実証で、鉄道利用における「駅構内のホーム」「踏切」「線路上の施設管理（巡視点検）」等を対象としたカメラとAIサーバの解析によるリアルタイム検知&通知に取り組んでおり、基本的な技術成果を得ていることから、今回はカメラ映像等が途切れなく連続してリアルタイム伝送できることを確認することで判断する。

また、実装時においては、同じAI解析システムを活用することで、電車内のトラブル発生を迅速に判定して運転手や車掌の端末（タブレットPC等）に通知が届く仕組みを構築する。

II ソリューション

① 活用ソリューション

ソリューションの概要

ソリューションの概要

ローカル5G通信を用いたドローンによるインフラ点検



直接目視で行っている橋梁の点検を、鉄道で使用しているローカル5Gの漏れ電波を活用した、ドローンの映像での代替を目指す。

西宮市

自己土地エリア外
沿線地域の上空利用
公共施設（橋梁）の点検効率化
（ドローンの活用）

武庫川橋



ローカル5G線路エリア整備に伴って
副次的に生じる上空利用の航路
（上空の電波漏れエリアも含む）



ローカル5G電波

ローカル5G電波

鉄道線路（自己土地エリア）

ローカル5Gの線路外の電波漏れエリア（地上・上空）

中間アウトカム（実証）

定量アウトカム

- 線路外上空で上りの通信速度
25Mbps
- 橋梁1か所あたりの点検コスト
25%削減

定性アウトカム

- ドローンで撮影しローカル5Gによって伝送された映像によって直接目視での点検の代替が可能となる

中間アウトカムの実現に繋がるソリューションの価値

- 既存の直接目視点検を映像で代替するために必要な4K映像を伝送可能な通信帯域が確保でき、目視からドローン撮影の映像で点検が代替可能となる

II ソリューション

① 活用ソリューション

活用している先進技術

概要

AI	活用なし
IoT	活用なし
ドローン	自治体インフラ（橋梁）の目視点検を行う。 ローカル5Gによるリアルタイムの映像確認等により 危険作業をなくし、作業工数の低減も図る。
ロボティクス	活用なし
自動運転	活用なし

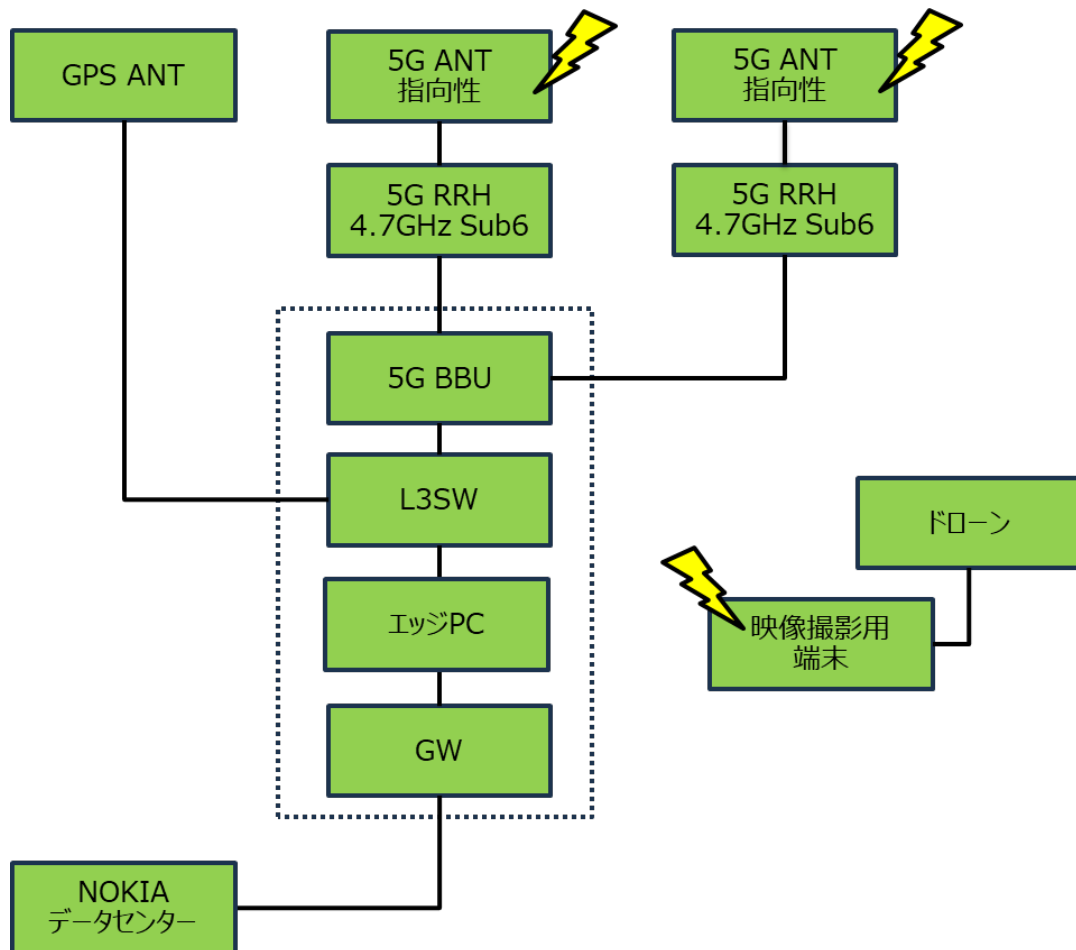
AI技術に関する詳細情報

AI技術は活用なし

② ネットワーク・システム構成

a. ネットワーク・システム構成図

イメージ



説明

HPE DL110 Gen11
7250 IXR-e 14SFP+ 4T GNSS
SRX300
5G RRH (AWHTA)
5G BBU (AMIA+ABIO+ASIB)

阪神電鉄の線路上にローカル5G基地局を設置し、線路上を走行する電車でローカル5Gを利用する。その際に線路外に漏れ出る電波を有効活用するため、線路外にある橋梁の映像監視をドローンを用いて行う。その映像をローカル5Gにて伝送する。

II ソリューション

② ネットワーク・システム構成

b. 設置場所・基地局等

イメージ

シミュレーション図は右のとおり

基地局間の見通しがあるため、

上図：郊外地（樹木、家屋等の散在する田園地帯）

下図：市街地（都市の中心部であって、2階建て以上の建物と繁茂した高い樹木の混合地域等）

の2パターンで実施

● アンテナ設置予地

RSSI[dBm]

凡例



~ -64.9

※ 強電界エリア



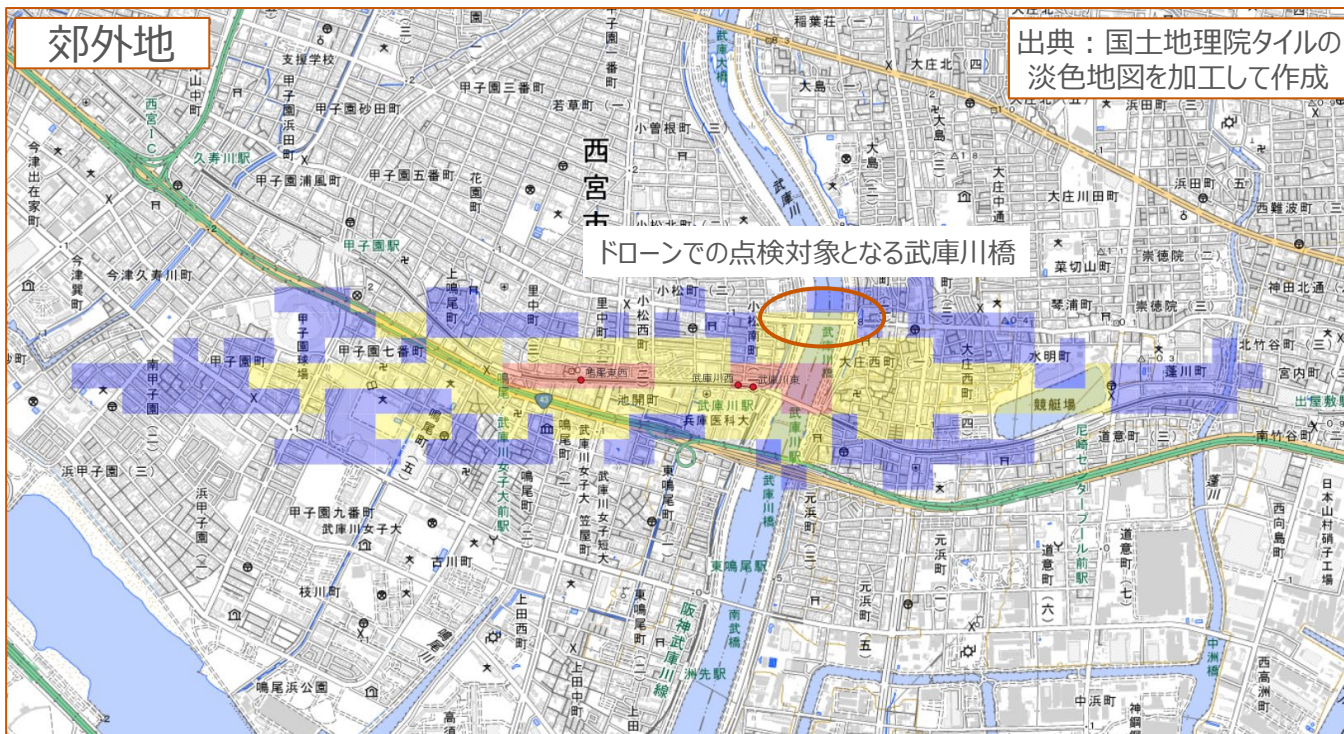
-64.9 ~ -84.6

※ カバーエリア



-84.6 ~ -91

※ 調整対象区域



II ソリューション

② ネットワーク・システム構成

c. 設備・機器等の概要

a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
名称	区分	型番	数量	開発供給計画 認定実績の有 無 ¹	eが○でない場合サプライ チェーンリスク対応を含む十 分なサイバーセキュリティ対 策の内容	機能	設置形態 (固定・可 搬)	製造企業名称	本店(又は主たる事 務所の所在地)
エッジPC	サーバ	HPE DL110 Gen11	1	○		使用端末の認証や、移 動体の通信制御など	固定	株式会社国際電気 ※Nokia Innovations Japan合同会社	東京都港区西新橋 2-15-12 ※東京都港区六本 木6-10-1
L3SW	ネットワーク 機器	7250 IXR-e 14SFP+ 4T GNSS	1	○		各機器間の通信のセ キュリティ接続、ルーティン グなど	固定	株式会社国際電気 ※Nokia Innovations Japan合同会社	東京都港区西新橋 2-15-12 ※東京都港区六本 木6-10-1
GW	ネットワーク 機器	SRX300	1	○		保守管理用データセンタ へ接続	固定	株式会社国際電気 ※Nokia Innovations Japan合同会社	東京都港区西新橋 2-15-12 ※東京都港区六本 木6-10-15
5G BBU	ネットワーク 機器	Multi RAT Indoor BBU Kit	1	○		端末と直接通信を行う 無線部を集約し、通信 を制御	固定	株式会社国際電気 ※Nokia Innovations Japan合同会社	東京都港区西新橋 2-15-12 ※東京都港区六本 木6-10-1
GPS ANT	ネットワーク 機器	AYGE	1	○		時刻情報の配信、同期	固定	株式会社国際電気 ※Nokia Innovations Japan合同会社	東京都港区西新橋 2-15-12 ※東京都港区六本 木6-10-1
5G RRH 4.7GHz Sub6	ネットワーク 機器	NDAC Airscale Micro RRH Kit n79 No Ant	2	○		端末と無線で直接通信 を実施	固定	株式会社国際電気 ※Nokia Innovations Japan合同会社	東京都港区西新橋 2-15-12 ※東京都港区六本 木6-10-1
5G端末	ネットワーク 機器	K5G-C-100A	3	○		5G基地局と無線で直接 通信を実施	可搬	京セラ株式会社	〒612-8501 京都 府京都市伏見区竹 田鳥羽殿町6番地

1. e 開発供給計画認定実績の有無については、特定高度情報通信技術活用システムの開発供給及び導入の促進に関する法律（令和2年法律第37号）に基づく開発供給計画認定を受けた実績を有する事業者が開発供給した機器であるか否かにより判断すること。

3 ソリューション等の採用理由

a. 他ソリューションに対する優位性・新規性

ソリューション 反射板による効率的なローカル5Gインフラ整備

名称	他ソリューションに対する優位性の比較	他ソリューションに対する新規性の比較
<p>リピータ（陸上移動中継局）によるエリア拡張</p>	<p>リピータは能動型の電気装置で反射板より大型になりやすく、電源確保と設置スペースの点で鉄道線路沿いには適さない。一方、反射板は受動素子で電源不要、薄型フィルムを壁面等に貼り付けるだけで済むため、限られた空間でも容易に施工でき、鉄道用途では施工性で明確な優位性を持つ。</p> <p>具体的に想定する優位性は以下の通り。</p> <ul style="list-style-type: none"> • コスト優位：阪神電鉄全線（約49km区間）をカバーする場合、基地局を設置する場合やリピータで対策する場合より大幅にコスト削減が可能。 • 施工性優位：本反射板は軽量のため架線高さ内に片手で貼付でき、終電後の夜間作業で施工が完了する。基地局／リピータは重機・配電・光敷設が必要で、工期が延び列車ダイヤへの影響が大きい。 • 保守優位：受動素子のため故障モードがほぼなく、10年間無保守運用が可能。基地局／リピータ（能動機器）はファン・電源劣化により平均5年で交換が発生する。 • 運用優位：基地局を疎な配置に抑えつつ、反射板で線路方向へ電波を誘導するため、列車最高時速約100km/hの走行中でも安定的なハンドオーバー実現できる。 	<p>これまでリピータや反射板を用いたエリア構築柔軟化方法に関する実証実験は実施されてきたが、その多くが見通しが無い場所（ビル陰など）へのエリア拡張や通信改善に対する検証である。本提案は、視通性のある鉄道路線を疎な基地局配置と反射板だけでカバーし、列車最高時速約100km/h走行中でも安定的なハンドオーバーを実現できることを実証する前例のない取り組みである。反射板は片手で貼れる薄膜フィルムで電源不要の完全受動素子であり、追加基地局方式と比べて導入コストを大幅に削減できるうえ、10年間無保守運用が可能である。</p> <p>線路沿いという設置スペース・夜間施工・保守制約が最も厳しいインフラを対象に、これほど大幅なコスト削減と高速移動体向け通信品質を両立させる手法は前例がなく、その点で高い新規性を有する。</p>

II ソリューション

3 ソリューション等の採用理由

b. 無線通信技術の優位性

通信技術	ソリューション実現の要件を満たす通信技術の特徴	許認可の状況	他無線通信技術との比較	
ローカル5G	<p>輻輳等が発生しない安定性 (通信キャパシティ、通信優先度やトラフィックを自らコントロール可能)</p> <p>ローカル5Gの特性である大容量性・低遅延性</p>	本実証地域において過去実験試験局免許の取得実績があり、本実証においても同様に対応可能	名称 携帯電話事業者が提供する公衆回線 (4G/LTE/5G)	比較結果 鉄道運行で用いる通信は、 非常時でも確実に帯域と遅延性能を担保できることが絶対条件 である。本実証では列車内に多数設置する防犯カメラ映像を有事にリアルタイム伝送することを想定しているが、公衆回線は同じ非常時に一般利用者のアクセスが一斉に集中し、輻輳によって上り帯域が著しく低下するおそれがある。一方、ローカル5Gは鉄道事業者が専用帯域を自営運用し、QoS設定でトラフィックを優先制御できるため、 緊急時でも安定した映像伝送が可能 である。よって、公衆回線と比べてローカル5Gは可用性・信頼性の面で大きく優位と評価される。

3 ソリューション等の採用理由

a. 他ソリューションに対する優位性・新規性

ソリューション ②ローカル5G通信を用いたドローンによるインフラ点検

名称	他ソリューションに対する優位性の比較	他ソリューションに対する新規性の比較
<p>Wi-Fiや携帯電話事業者の公衆回線通信を用いたドローン点検</p>	<p>Wi-Fi (2.4GHz帯/5GHz帯) を用いる場合、理論値では通信帯域は1Gbps級をうたうが市街地においては、他でも多く利用されていることから隣接チャンネル干渉が常態化しており、実効速度は数Mbpsに落ち込む場合もあり通信の安定性の課題がある。インフラ点検を映像で行うためには、ひび割れや錆など細かい部分まで確認する必要があるため高精細な映像が求められるが、データ容量が大きくなり例えば4K映像では25～70Mbpsの通信帯域の確保が必要であり、安定的に大容量通信が可能なローカル5Gが適している。</p> <p>また、携帯電話事業者の公衆回線を利用する場合は、ドローンでネットワーク利用するための手続きが飛行ごとに必要となるケースが多く、手続きの煩雑さや時間がかかるため点検スケジュールに支障するおそれもある。加えて、映像を用いた点検では高精細な映像データを常に伝送する必要があるため通信利用量が大きくなり通信コストが高額となる課題がある。</p> <p>本ソリューションにおいては、専用周波数帯であるローカル5Gを用いるため電波の干渉や混信の不安がなく、かつ鉄道利用向けに整備されたインフラからの漏れ電波を有効活用するため、インフラの維持・管理にかかる費用を抑えられ低コストでの利用が期待できる。</p>	<p>これまで自治体や企業がローカル5Gを利用するには、①総務省から個別に無線局免許を取得し、②基地局・コア装置（コア装置＋基地局1台の最小構成で約3,000万、基地局を追加する場合はプラス数百万円程度）を自前で整備・運用するのが一般的であった。一方、本提案は鉄道事業者が既に免許・設置したローカル5G網を活かし、その“漏えいエリア”（線路中心から最大約500m）を沿線自治体が占有帯域として共同利用する仕組みである。自治体側は免許申請や設備投資が不要となる。</p> <p>ローカル5Gの運用主体を鉄道会社に一本化し、外部機関が合法的にローカル5G帯域をシェアするモデルは、国内制度下では前例が確認されておらず、ローカル5G普及のハードルとされた「免許取得・投資負担」を一挙に解消する点で際立った新規性を有する。</p>

II ソリューション

3 ソリューション等の採用理由

b. 無線通信技術の優位性

通信技術	ソリューション実現の要件を満たす通信技術の特徴	許認可の状況	他無線通信技術との比較	
ローカル5G	他電波と干渉しない安定性 ローカル5Gの特性である大容量性・低遅延性	本実証地域において過去実験試験局免許の取得実績がある。 上空利用においては、制度施行前の場合には総務省本省との調整も行う。	名称	比較結果
			Wi-Fi	漏れなく目視と同等の点検を実施するためには、ドローンで撮影された映像を途切れなく安定して通信できる必要があり、そのためには 専用帯域で他電波に影響を受けない免許制の通信が適している 。
			携帯電話事業者が提供する公衆回線	細部を点検するために点検中は常時高精細な映像をリアルタイム伝送する必要があることから、 通信の容量制限がなく大容量データを扱える通信が適している 。公衆回線においては、通信量が大きくなると利用料が高額となる。なお、公衆5Gについては、ローカル5Gと同様に2025年夏前の上空利用制度整備が見込まれているが、まだ具体的なサービス提供がないため、技術面の評価ができない。 上記から、 免許制で安定しているかつ大容量通信が可能な特徴をもつローカル5Gが適している 。

II ソリューション

④ 期待効果/資金計画_導入先

		2026年度	2027年度	2028年度
収益		—	1,250万円	1,250万円
費用	イニシャル	—	—	—
	ランニング/件	—	3,750万円	3,750万円
	合計	—	3,750万円	3,750万円
資金調達方法	西宮市 橋梁点検予算	—	5,000万円	5,000万円

投資の妥当性
(現時点見立て)

導入先
(支払元)

- 今回の取り組みは従来必要であった点検コストをソリューションの導入によって低減する取り組みであり、現状より少しでもコスト低減が図れることについて前向きなアクションを得られている。

妥当性を高めるための目標

目標

- ローカル5Gを用いたドローン点検により点検コストを25%低減する（5,000万円-3,750万円=1,250万円削減）。
- 阪神電鉄でのローカル5G整備に合わせて、阪神沿線に存在する約100か所へ拡大してソリューションを適用することで、点検コスト全体に対する低減効果を高め、導入への妥当性が高まる。

アクション

- 2027年度に予定される次回定期点検に向けて、西宮市の橋梁点検を担う点検受託事業者である兵庫県まちづくり技術センターと具体的な点検手法・スキームの確立を行うことで、従来の直接目視点検で必要であった高所作業をなくし、高所作業にかかる機材、経費や工数を削減することで点検コストの低減が可能となる見込み。

④ 期待効果の根拠_導入先

導入先 西宮市

		項目	金額	算出の根拠	数量	計(金額)
効果	定量	点検コストの削減額	12.5万円/か所	26.3※-13.8万円/か所 ※近畿地方整備局レポート「360度周囲を認識するドローンを用いた橋梁点検支援技術 (Skydio)」における機械経費率 (52.6%) を参考に西宮橋梁点検の平均コスト (50万円) から機械経費を算出	100か所	1,250万円
	定性	高所作業 (危険作業) の排除	-	高所作業をドローンで代替することで高所作業をなくし、作業安全性を高めるとともに、3Kに起因する担い手不足を改善	-	-
費用	イニシャル	-	-	-	-	-
	ランニング	ドローン関係費	12万円/か所	ドローン関係費 (約1,200万円) を橋梁の箇所 (100か所) で按分	100か所	1,200万円
		ローカル5G利用料	1.8万円/か所	ローカル5G利用料 (約180万円※) を橋梁の箇所 (100か所) で按分 ※次ページ以降で根拠記載	100か所	180万円
		橋梁点検労務費	23.7万円/か所	西宮橋梁点検の平均コスト (50万円) における上述の機械経費以外の費用	100か所	2,370万円

II ソリューション

4 期待効果/資金計画_販売主体

		2026年度	2027年度	2028年度
収益	収益/件	0	12万円	12万円
	件数(導入先数)	0	5	10
	合計	0	60万円	120万円
費用	イニシャル	0	1万円	2万円
	ランニング/件	0	0	0
	件数(導入先数)	0	0	0
	合計	0	1万円	2万円

資金調達方法

点検受託事業者へのローカル5G通信の提供にあたり、回線利用料からSIMカードなどの必要経費を拠出するため、特別な資金調達は見込まない。

投資の妥当性
(現時点見立て)

販売主体

鉄道用途のために整備したローカル5Gインフラの漏れ電波を有効活用する取り組みであり、インフラ等の投資については鉄道事業者にて進める。阪神ケーブルエンジニアリングを通じて鉄道事業者の投資コストの一部が還元されることで沿線自治体と鉄道事業者でWIN-WINの関係となることを見込む。

妥当性を高めるための目標

目標

移動通信事業者の公衆回線をドローンで利用するには手続きが煩雑であることから、優位性を確立するため漏れ電波を手軽に利用できる提供スキームの構築が必要

アクション

ローカル5G運用主体である阪神電気鉄道と販売主体である阪神ケーブルエンジニアリングにおいて協議を行い、回線卸などのスキームを構築する。

II ソリューション

④ 期待効果の根拠_販売主体

販売主体 阪神ケーブルエンジニアリング

		項目	金額	算出の根拠	数量	計(金額)
効果	定量	ローカル5G利用料 2027年度利用料 2028年度利用料	12万円/年 同上	下記の合計値 1万円/SIM×12か月 同上	5SIM 10SIM	180万円 60万円 120万円
	定性	— —	— —	— —	— —	— —
費用	イニシャル	SIMカード調達費 2027年度分 2028年度分	2,000円/SIM 同上	下記の合計値 過去のSIMカード調達実績から想定 同上	5枚 10枚	3万円 1万円 2万円
	ランニング	ローカル5Gインフラの運用にかかる費用は、鉄道用途のなかで考慮し、本ソリューションには含めない。			0 —	0

4 費用対効果

		項目	引下げの工夫内容	コスト削減効果 (見込み額)	実行タイミング	実行主体/担当者
費用	イニシャル	L5G基地局数の最小化	反射板によるエリア拡張の有用性を実証にて確かめることにより、L5G基地局数を減らし、コストを引き下げる	数億円程度（阪神電鉄全線に展開した場合）	実装時	阪神ケーブルエンジニアリング株式会社
	ランニング					

1 計画概要

実証実施計画の概要

対象とする課題

基地局（アンテナ）のみで走行列車内のカメラ映像伝送などの大容量データを安定的に通信可能なエリア整備を行う場合、密に基地局を配置し、異なる基地局同士のエリアを大きく重ねて設計を行う必要がある。これまでの実績においては、列車内でも十分な電波強度を確保するためには、基地局間を200～300m間隔とする必要があったが、これでは阪神電鉄の路線長（約49km）を全てカバーすると数十億円規模の投資が必要となり、実用化は現実的でない。**反射板の利用によって比較的“疎”に基地局を配置することができ、基地局数の削減による導入コストの低減は期待できるが、反射板を用いた場合の鉄道環境下における電波伝搬特性やハンドオーバー挙動は実地検証を行わなければ判断できない。**

さらに、本提案では線路上、走行車両内や駅など地上部での鉄道利用を前提に設計・整備されたローカル5Gインフラからの**漏洩電波を沿線の橋梁点検用ドローン（高度数メートル～30メートル）でも共同利用する。**しかし、**線路中心から離れた（アンテナの半値角幅を超えた範囲での）上空において点検に必要な帯域を確保できるかどうか通信品質に関する実測データは不足している。**

実証の概要

- 反射板によって基地局配置を疎にした場合でも安定通信可能なエリアを確保できるかの検証
- 現状点検手法からの代替可能性や費用・工数面での効果の大きさの検証

検証ポイント

効果面

- どれくらいローカル5Gインフラの整備コストが低減されるか
- 点検コスト（自治体からの委託費用）が低減されるか

技術面

- 反射板により実用的な通信エリアの拡大が拡大されるか
- 反射板により拡大した実用的な通信エリアで基地局間のハンドオーバーが可能か
- 線路外上空でドローン利用可能な上りの通信帯域を確保できるか

運営面

- ドローンで撮影しローカル5Gによって伝送された映像によって直接目視での点検の代替が可能か検証（点検受託事業者による定性評価による）
- 漏れ電波の有効活用（共同利用）に関するスキームや費用負担の在り方の検証点検コスト

展開先

- 阪神電鉄の路線他、異なる条件の路線においても効果が期待できるか検証
- 技術センターでインフラ点検を受託している他地域において汎用的な利用が期待できるか検証

Ⅲ実証

② 検証項目・方法

a. 効果面

ソリューション	検証ポイント		検証方法	実装化の要件	
	項目	目標		要件	要件の妥当性の根拠
反射板による効率的なローカル5Gインフラ整備	① どれくらいローカル5Gインフラの整備コストが低減されるか	基地局の実用的な通信エリア260%に拡大	事前にエリアスタを使用して1基地局あたりの電波伝搬範囲を確認する。その後、直線区間と曲線区間において反射板の設置を行い、エリアスタを使用してあらかじめ電波伝搬範囲の測定を行って、実用的な通信エリアが拡大されていることを確認する。	基地局数の60%削減	阪神電車の線路長が約49kmであり、1基地局2方向に電波発射を行い、電波強度を確保したうえで（RSRP約-100dbm以上）の基地局配置を設計すると、基地局間は400m～600mで基地局数は約100局となる。 目標を達成し基地局間が約1300mとなれば基地局数は約40局となり、反射板の費用が増えても構築費用の大きな削減となる。
ローカル5G通信を用いたドローンによるインフラ点検	① 点検コスト（自治体からの委託費用）が低減されるか	25%削減	2か所程度で実際にドローンによる点検作業を実施し、ドローンへの代替によって削減される工数や高所作業のための機材・部材などの経費の削減額から試算	点検コストの25%削減	近畿地方整備局レポート「360度周囲を認識するドローンを用いた橋梁点検支援技術（Skydio）」からドローン点検によって期待できるコスト削減効果の最低ラインから

Ⅲ実証

② 検証項目・方法

b. 技術面

ソリューション	検証ポイント		検証方法	実装化の要件	
	項目	目標		要件	要件の妥当性の根拠
反射板による効率的なローカル5Gインフラ整備	I 反射板により実用的な通信エリアが拡大されるか	基地局の実用的な通信エリア260%に拡大	事前にエリアスタを使用して1基地局あたりの電波伝搬範囲を確認する。その後、直線区間と曲線区間において反射板の設置を行い、エリアスタを使用してあらかじめ電波伝搬範囲の測定を行って、実用的な通信エリアが拡大されていることを確認する。	基地局間の距離が260%拡大されることで、必要となる基地局数も同様に削減されること	電波強度を確保したうえで（RSRP約-100dbm以上）の基地局配置を設計すると、基地局間は約200～300m（過去使用実績のある装置で走行列車内の場合）。基地局から800m程度（過去実績と同条件の場合）となれば反射板の費用が増えてもローカル5G環境構築費用の大きな削減となる。
	II 反射板により拡大した実用的な通信エリアでハンドオーバーが可能か	電波強度が強い（RSRP-100dBm以上）状態で端末の接続先基地局が切り替わること	端末の測定機能を使用し、電車内で基地局間を走行する際の電波受信強度を測定する。	電波強度が強い（RSRP-100dBm以上）状態で端末の接続先基地局が切り替わること	これまでの実証結果から鉄道利用で必要な上りのスループットを満たせる電波強度はおおよそRSRP-100dBm
ローカル5G通信を用いたドローンによるインフラ点検	I 線路外上空でドローン利用可能な上りの通信帯域を確保できるか	25Mbps	ドローンを飛ばす橋梁上にて、速度測定を実施する。速度測定はローカル5G端末とコア側に設定した速度測定サーバを使用して行う。	4K映像を伝送可能であること	既存の直接目視点検を映像で代替するためには最低限4K程度の解像度が必要と予想されるため

Ⅲ実証

② 検証項目・方法

c. 運営面

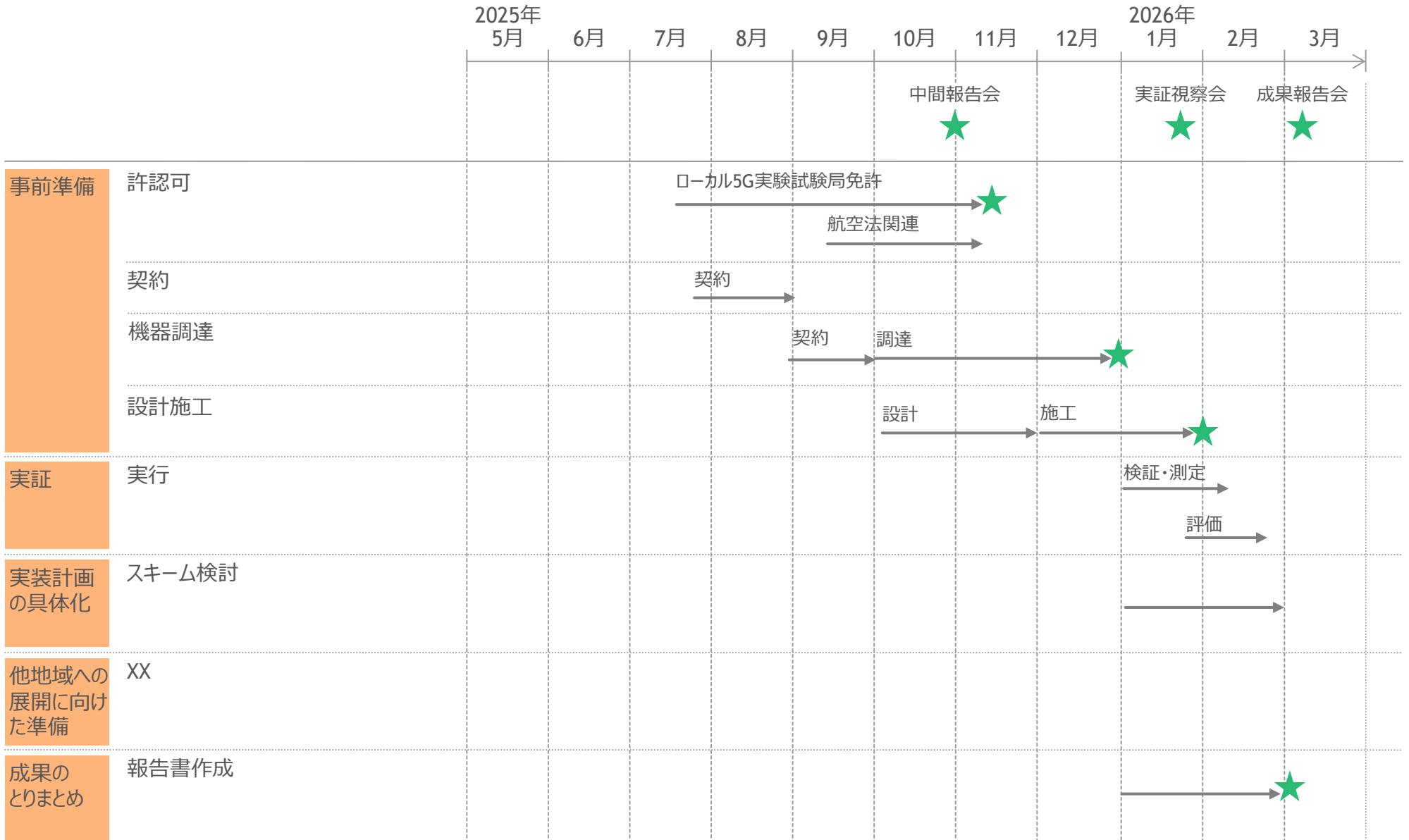
ソリューション	検証ポイント		検証方法	実装化の要件		
	項目	目標		要件	要件の妥当性の根拠	
反射板による効率的なローカル5Gインフラ整備	I					
	II					
ローカル5G通信を用いたドローンによるインフラ点検	I	ドローンで撮影しローカル5Gによって伝送された映像によって直接目視での点検の代替が可能か検証（点検受託事業者による定性評価による）	代替率100%	実際に橋梁点検を受託している事業者（兵庫県まちづくり技術センター）と連携して定性評価	現行の検査項目がドローンにて同様に検査可能	全ての検査項目についてドローンで撮影した映像で確認可能であれば代替可能
	II					

② 検証項目・方法

d. 展開先

ソリューション	検証ポイント		検証方法	実装化の要件	
	項目	目標		要件	要件の妥当性の根拠
反射板による効率的なローカル5Gインフラ整備	I 阪神電鉄の路線他、異なる条件の路線においても効果が期待できるか検証	他鉄道事業者でも導入可能	反射板の設置が可能な側壁のある、高架部分の割合や、他に設置できるポイントの有無で検討	反射板設置可能エリア5割	5割のエリアで反射板の設置が可能であれば、必要基地局数の大幅な削減が見込めるため
ローカル5G通信を用いたドローンによるインフラ点検	I 技術センターでインフラ点検を受託している他地域において汎用的な利用が期待できるか検証	他自治体でも導入可能	ローカル5Gを導入している、鉄道事業者の路線付近にある橋梁の数から、点検コスト削減が見込める自治体の数を検討		

③ スケジュール



④ リスクと対応策

	リスク		対応策
	項目	概要	
事前準備	ローカル5G機器の納入遅れ	ローカル5G機器は現在納期が12月中旬であり、納入が遅れる可能性がある	契約完了に先立ちリース会社との納期調整を行い、できる限りリードタイムを確保する。万一、予定納期より大幅に遅延し実証事業の実施に影響が生じることが判明した場合、速やかにボストンコンサルティンググループ様へ報告のうえ、別機種等による代替方法を検討し協議する。
実証	ローカル5Gの電波発射後に干渉調整が必要となった場合	本実証事業の実施場所周辺において、他の事業者によって自己土地利用の免許申請がなされることで干渉のおそれが生じる	他事業者による免許申請が判明した場合は、速やかに相手方と協議を行い、ローカル5G導入に関するガイドライン（令和5年8月最終改定版、総務省）に則り、混信を与えないよう空中線の位置や方向の調整等を実施する。
実装計画の具体化			
他地域への展開に向けた準備			
成果のとりまとめ			

5 PDCAの実施方法

課題把握を実施する体制

通常時

週次進捗報告

- 開催時期: 週次
- 方法: メール等による管理表の共有
- 体制: 阪神ケーブルエンジニアリング、アイテック阪急阪神、
阪神電気鉄道、国際電気、積水化学工業、西宮市
- アジェンダ
 - 準備・実証の状況確認
 - 緊急時でない課題の共有

月次進捗報告

- 対面もしくはWEBでの会議
- 体制: 阪神ケーブルエンジニアリング、アイテック阪急阪神、
阪神電気鉄道、国際電気、積水化学工業、西宮市
- アジェンダ
 - 準備・実証の状況確認
 - 緊急時でない課題の共有
 - 実装・横展開に向けた課題の炙り出し

対策を立案・実行する体制

対策方針の議論・決定

- 実施条件: 進捗が予定よりも遅れた場合
- 頻度: 課題を認識したらオンデマンドに開催
※緊急性が高い場合、発生から1週間以内
- 方法: 対面もしくはWEBでの会議
- メンバー: 阪神ケーブルエンジニアリングおよび課題に関連する団体
課題ごとの必須メンバーは以下のとおり
 - アウトカム目標の達成状況: 西宮市
 - 実証環境の構築: 阪神電気鉄道
国際電気
中央電設
 - ドローン: 国際電気
- アジェンダ:
 - 課題の確認・共有
 - 原因の分析
 - 解決策について議論・方針決定

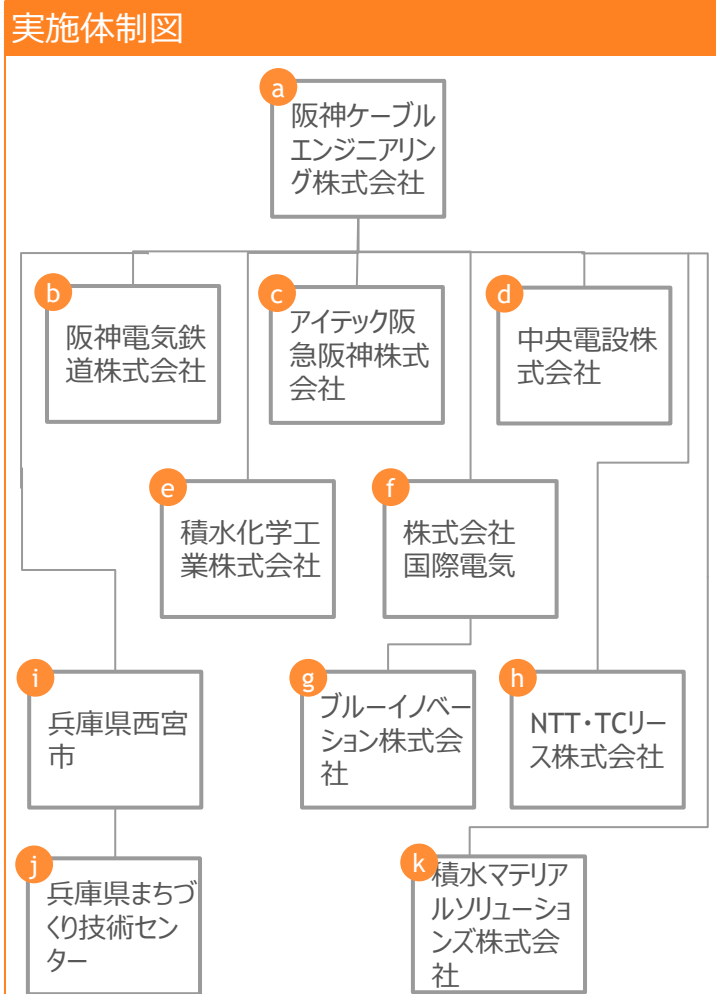
緊急時

課題発生時の情報共有

- 実施条件: 全体進捗に影響を及ぼす問題が発生した場合
- 頻度: 問題発生当日中
- 方法: メール、必要に応じてweb会議開催
- 体制: 阪神ケーブルエンジニアリング、アイテック阪急阪神、
阪神電気鉄道、国際電気、積水化学工業、西宮市

上記のとおり

6 実施体制

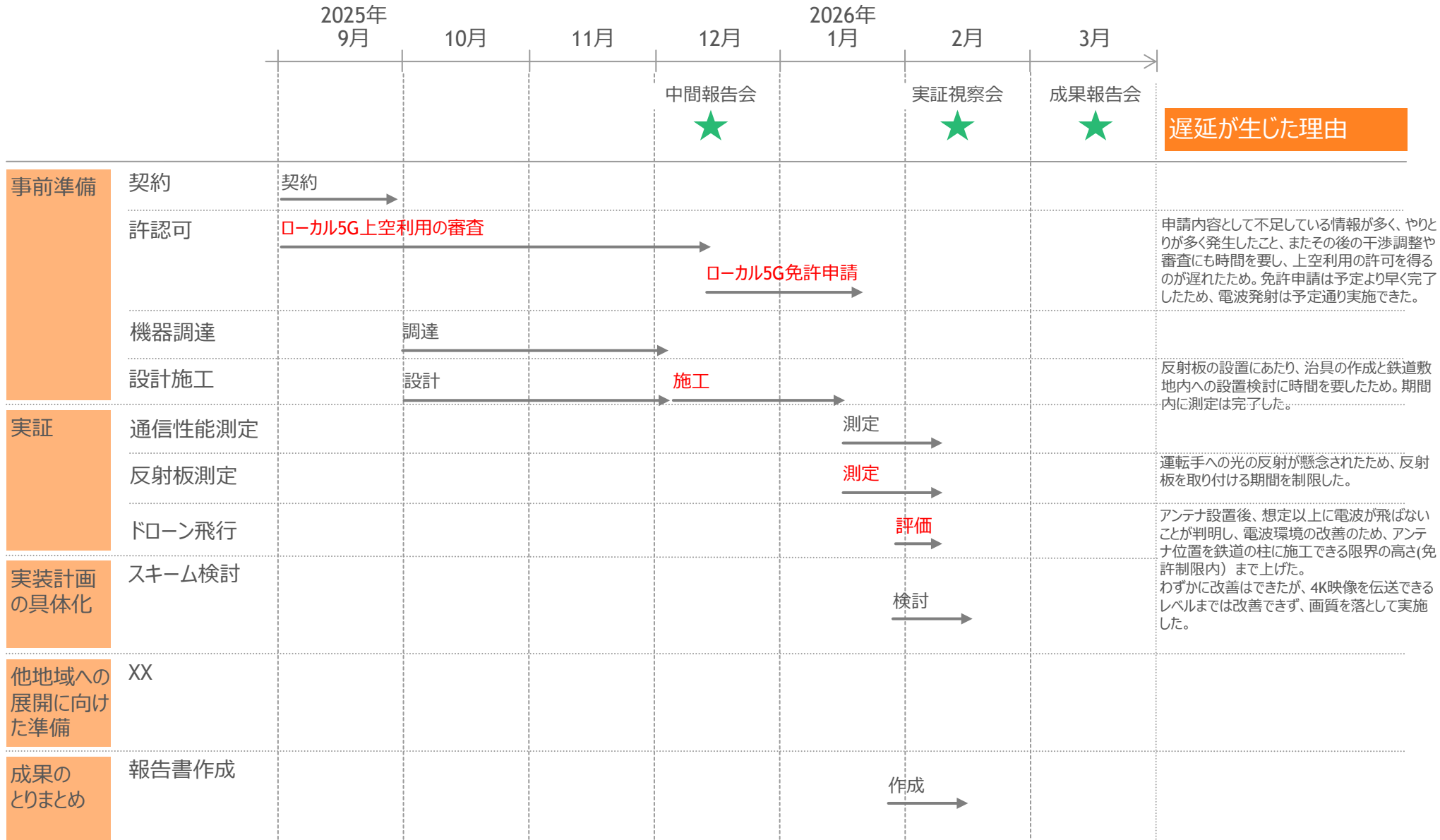


団体名	役割	リソース	担当部局/担当者
a 阪神ケーブルエンジニアリング株式会社	プロジェクトの全体管理・検証		通信事業部/ 井田 和希
b 阪神電気鉄道株式会社	ローカル5Gインフラ運用主体・沿線自治体への横展開支援		電気部/ 石橋 直樹
c アイテック阪急阪神株式会社	システム・スキーム検討、検証支援		イノベーション&アライアンス推進本部/森川 惇
d 中央電設株式会社	環境構築		大阪支店 鉄道第一部/吉川 昌伯
e 積水化学工業株式会社	反射板の効果検証		コーポレート 新事業開発部/佐野 方敏
f 株式会社国際電気	通信インフラの環境構築・実証作業支援		民需営業本部/ 今頭 ひかる
g ブルーイノベーション株式会社	映像ドローンの実証作業支援		営業部/ 柴崎 誠
h NTT・TCリース株式会社	通信インフラの環境構築に係るリース業務		市場開発営業部門/ 田中 涼
i 兵庫県西宮市	実証実施場所提供・評価		西宮市総務局デジタル推進課/山本 祐之介
j 兵庫県まちづくり技術センター	点検助言評価		まちづくり推進部/ 岩本 茂樹
k 積水マテリアルソリューションズ株式会社	反射板のリース業務		第二営業本部/ 山田 孝一郎

IV 結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

① スケジュール(実績)

赤字: 当初の計画から変更になった箇所



IV 結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

② 検証項目ごとの結果

a. 効果面

ソリューション	検証ポイント		検証結果	考察
	項目	目標		
反射板による効率的なローカル5Gインフラ整備	どれくらいローカル5Gインフラの整備コストが低減されるか	基地局の実用的な通信エリア260%に拡大	基地局の実用的な通信エリアが約 110% に拡大 個別地点の測定では一部の不感地帯で電波環境の改善が確認されたが、区間全体として一様に実用的な通信エリアが拡張したとは言えなかった。	反射板は弱くなった電波を強くするものではないので、目標設定した260%のエリア拡大に無理があった。 基地局の数を大幅に減らすのではなく、設計した基地局数で問題なく進められるよう、不感地帯の改善に反射板は活用可能と考える。 既存設備へ無差別に追加設置するのではなく、実測に基づき費用対効果の高い区間（カーブ区間等）に限定して適用する方針とすることが望ましい。
ローカル5G通信を用いたドローンによるインフラ点検	点検コスト（自治体からの委託費用）が低減されるか	25%削減	橋梁点検事業者にて、4K録画映像により現地に行かなくても遠隔地から映像を確認することで点検可能であることを確認した。 橋梁点検車ではなくドローンを使用することで、必要となる人数が11人から5人に（ 50% ）削減され、時間も3日から2日に（ 30% ）削減されることを確認した。 橋梁点検車と異なり、ドローンはレンタルしても申請が必要であることや操縦者に資格が求められる。 ※ 橋梁点検車の場合でも道路使用に申請が必要 橋梁点検事業者自体がドローンを持つのであればコストの削減は可能だが、外注する場合はコストが増加する場合もある。 また、打音検査やボルトのゆるみ確認はドローンでは対応できないため、目視点検以外の点検項目は人の手が必要となる。	4K映像配信が可能なエリアであれば、遠隔地にいる点検者がリアルタイムで現地の橋梁の様子を確認できることがメリットとなるため、人件費や交通費の削減につながる。 見通しの良い箇所に基地局を計画的に配置し、段階的な適用で費用対効果を検証することで、漏れ電波の有効活用には実務的価値がある。 ドローンで現状対応できない打音検査等については、打音ではないドローン自身の音を拾わないよう、ノイズを除去するようなアプリケーションの開発と搭載可能量の増加、叩いた時の反動に対応できる機構設計の改善などが期待される。

IV 結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

② 検証項目ごとの結果 (検証結果の詳細)

a. 効果面 (参考資料)

機器配置

出典：国土地理院タイルの
上空写真を加工して作成

鳴尾・武庫川女子大前駅

武庫川橋

武庫川駅

コア設備
(尼崎センタープール前駅)

■ 反射板 (縦1m*横2.5m*2セット)

▶ アンテナ



IV 結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

② 検証項目ごとの結果 (検証結果の詳細)

a. 効果面 (参考資料)

課題 鳴尾・武庫川女子大前駅の駅壁の遮蔽による弱電界エリア/通信品質低下の発生

出典：国土地理院タイルの
上空写真を加工して作成



IV 結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

② 検証項目ごとの結果 (検証結果の詳細)

a. 効果面 (参考資料)

設計 鳴尾・武庫川女子大前駅の東側40m~50m付近の線路壁面に反射板を設置し、駅の上りホームに電波を届ける。

出典：国土地理院タイルの
上空写真を加工して作成



IV 結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

② 検証項目ごとの結果 (検証結果の詳細)

a. 効果面 (参考資料)

設計 武庫川駅の西側300m付近の線路壁面に反射板を設置し、電波を反射させることで線路内の電波強度改善を図る。



IV 結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

② 検証項目ごとの結果 (検証結果の詳細)

a. 効果面 (参考資料)

結果 曲線部分に設置した反射板の線路内・ホーム内の歩行測定

● 試験場所

- 鳴尾・武庫川女子大前駅
上り・下りホーム

● 試験条件

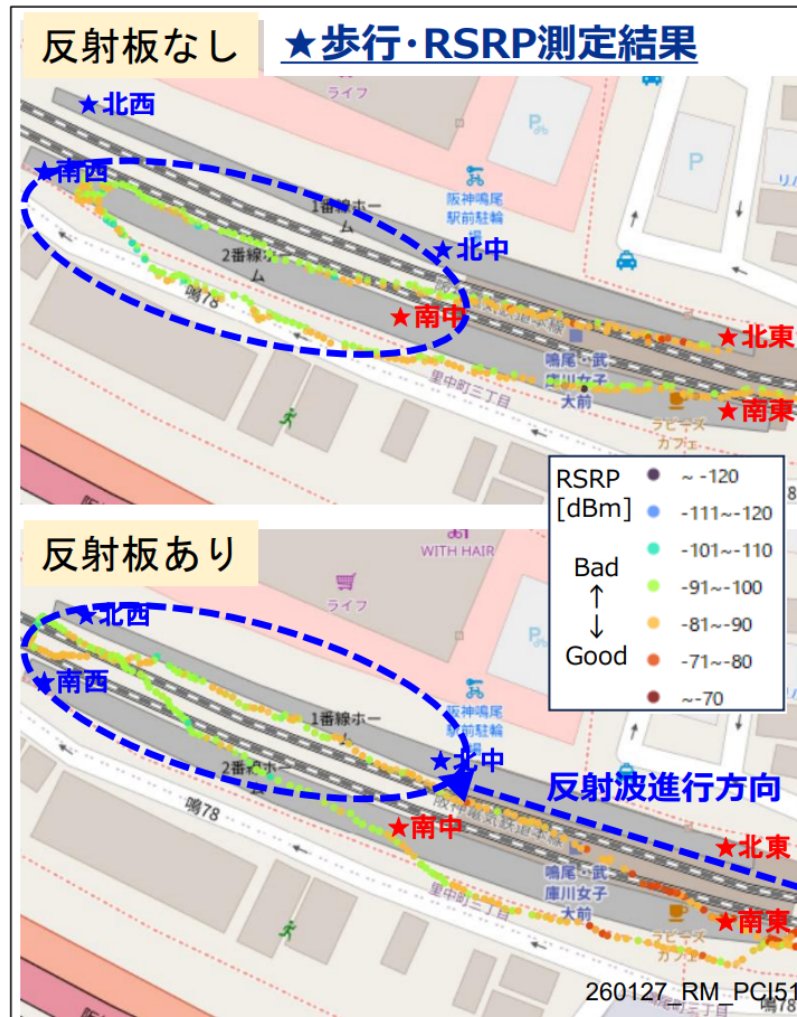
- 測定器：VIAVIエリアテスタ
- 測定高：約1.5m
- アンテナ：オムニ
- 歩行・定点測定

● 試験結果

- 駅ホーム上は反射板設置前後ともにRSRP=-110dBm以上
- ★特性良好
- 下りホーム壁での反射により電波が届いていると考えられる。

● 反射板効果

- 反射波進行方向にあるホーム西側エリアで改善傾向あり(弱電界の想定エリア)
- 定点測定ではRSRP:5dB~13dBの改善



★ 定点・RSRP測定結果

単位 [dBm]

PCI_51(反射板なし)

	西	中央	東
北側	-96	-96	-82
南側	-92	-91	-86

PCI_51(反射板有)

	西	中央	東
北側	-83	-90	-83
南側	-87	-89	-84

+13dB +6dB -1dB
+5dB +2dB +2dB

IV 結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

② 検証項目ごとの結果 (検証結果の詳細)

a. 効果面 (参考資料)

結果 直線部分に設置した反射板の線路内・ホーム内の歩行測定

● 試験場所

- 鳴尾・武庫川女子大前駅
～武庫川駅間 線路上
※武庫川局から西に約600m

● 試験条件

- 測定器：VIAVIEリアスタ
- 測定高：約1.5m
- アンテナ：オムニ
- 歩行測定

● 試験結果

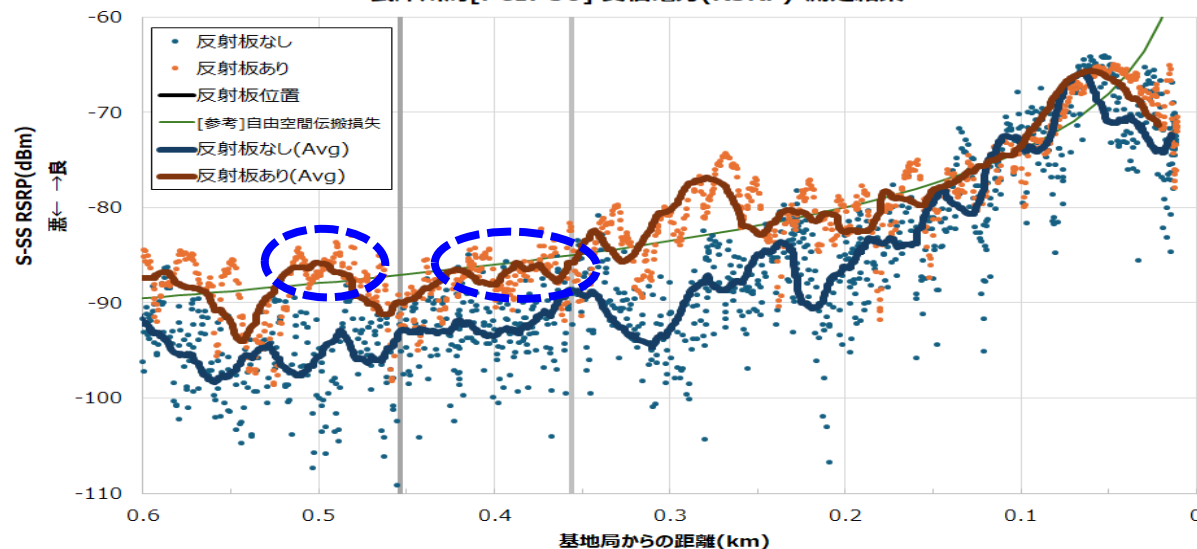
- 測定区間内は
RSRP=-100dBm以上
★特性良好

● 反射板効果

- 反射波進行方向のエリアに良化傾向の部分は見られる。
- ただし、反射板設置後は、設置前に比べ全般的に良化しており、反射板効果ではない可能性あり



武庫川局[PCI: 50] 受信電力(RSRP) 測定結果



IV 結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

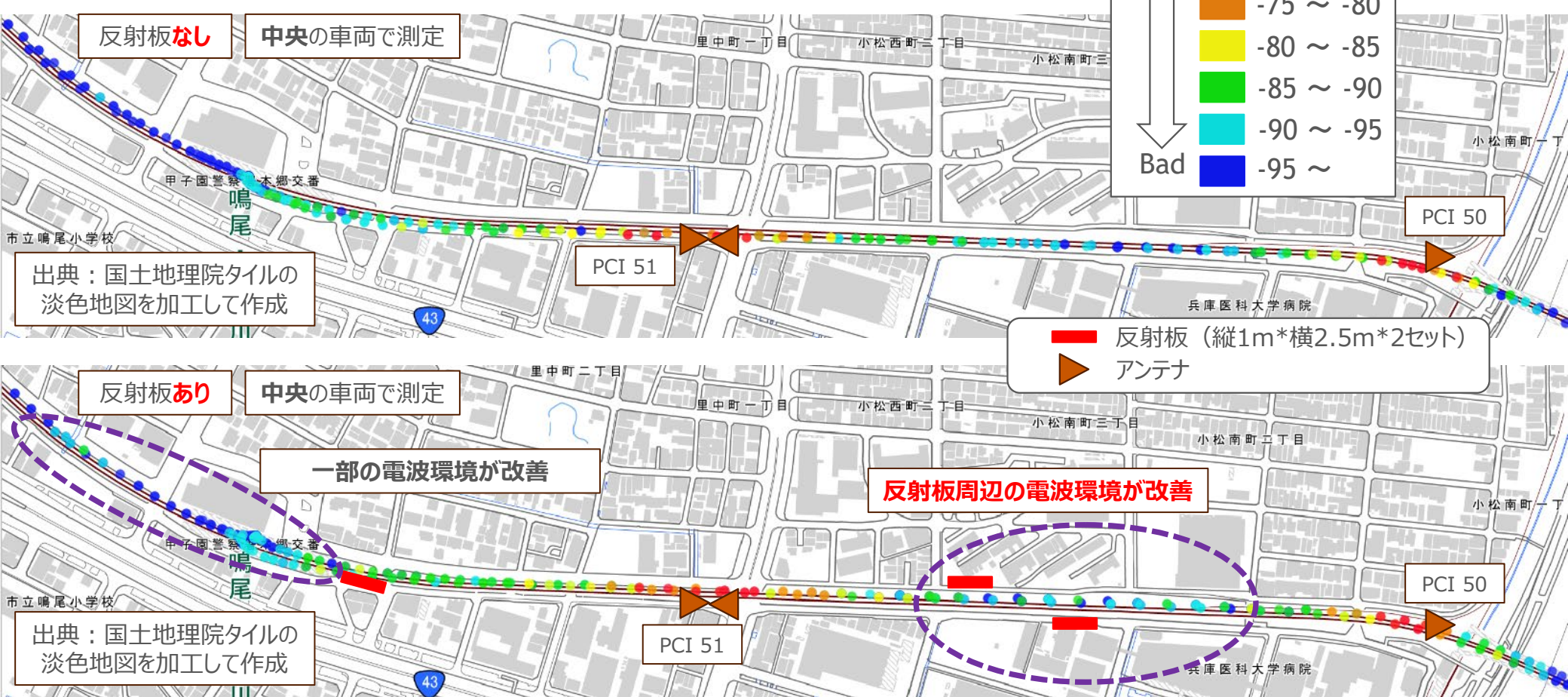
② 検証項目ごとの結果 (検証結果の詳細)

a. 効果面 (参考資料)

結果 列車内の測定

直線区間に設置した反射板により電波環境の改善が見られた。

曲線区間に設置した反射板により一部のポイントで電波環境の改善が見られた。



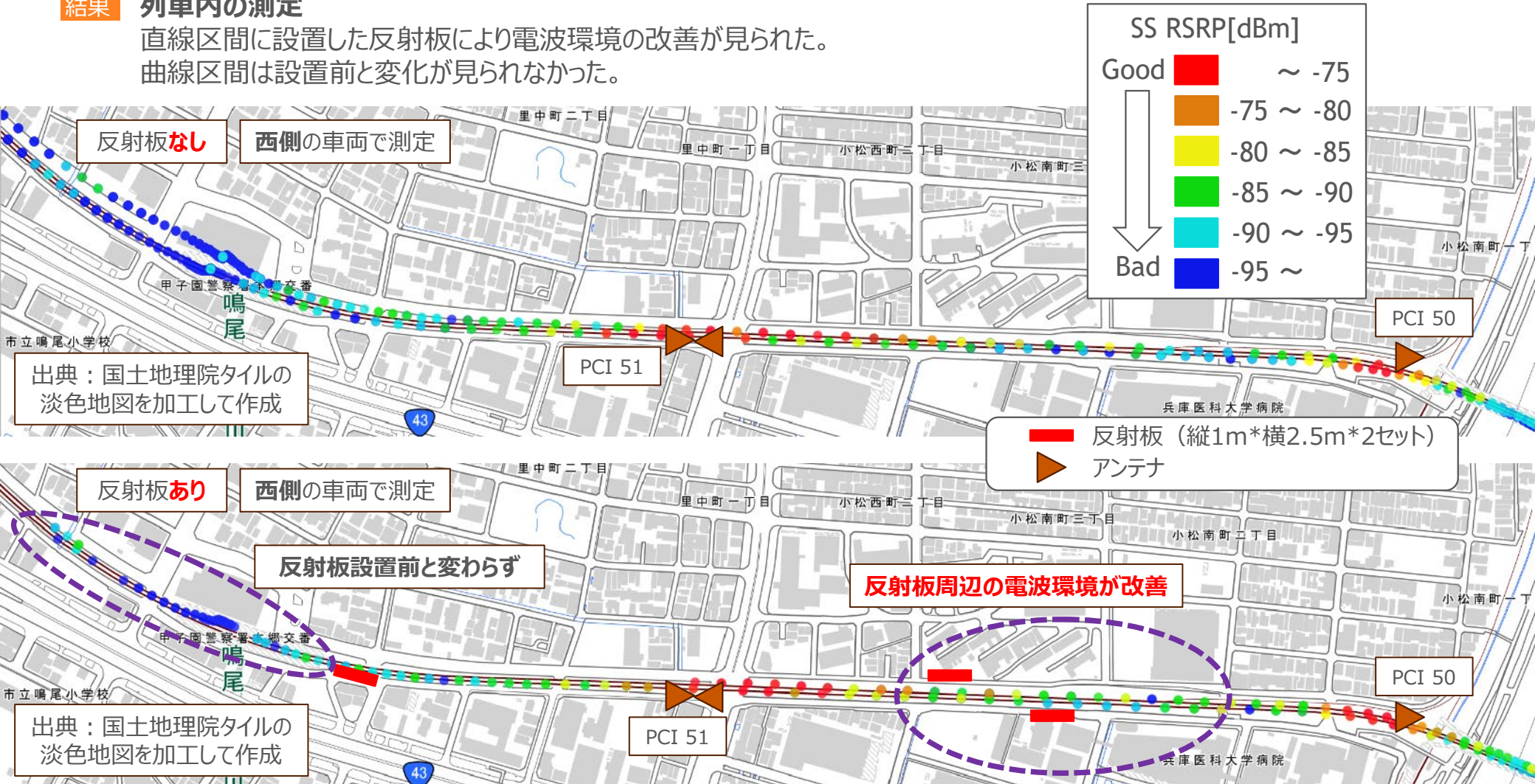
IV 結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

② 検証項目ごとの結果 (検証結果の詳細)

a. 効果面 (参考資料)

結果 列車内の測定

直線区間に設置した反射板により電波環境の改善が見られた。
曲線区間は設置前と変化が見られなかった。



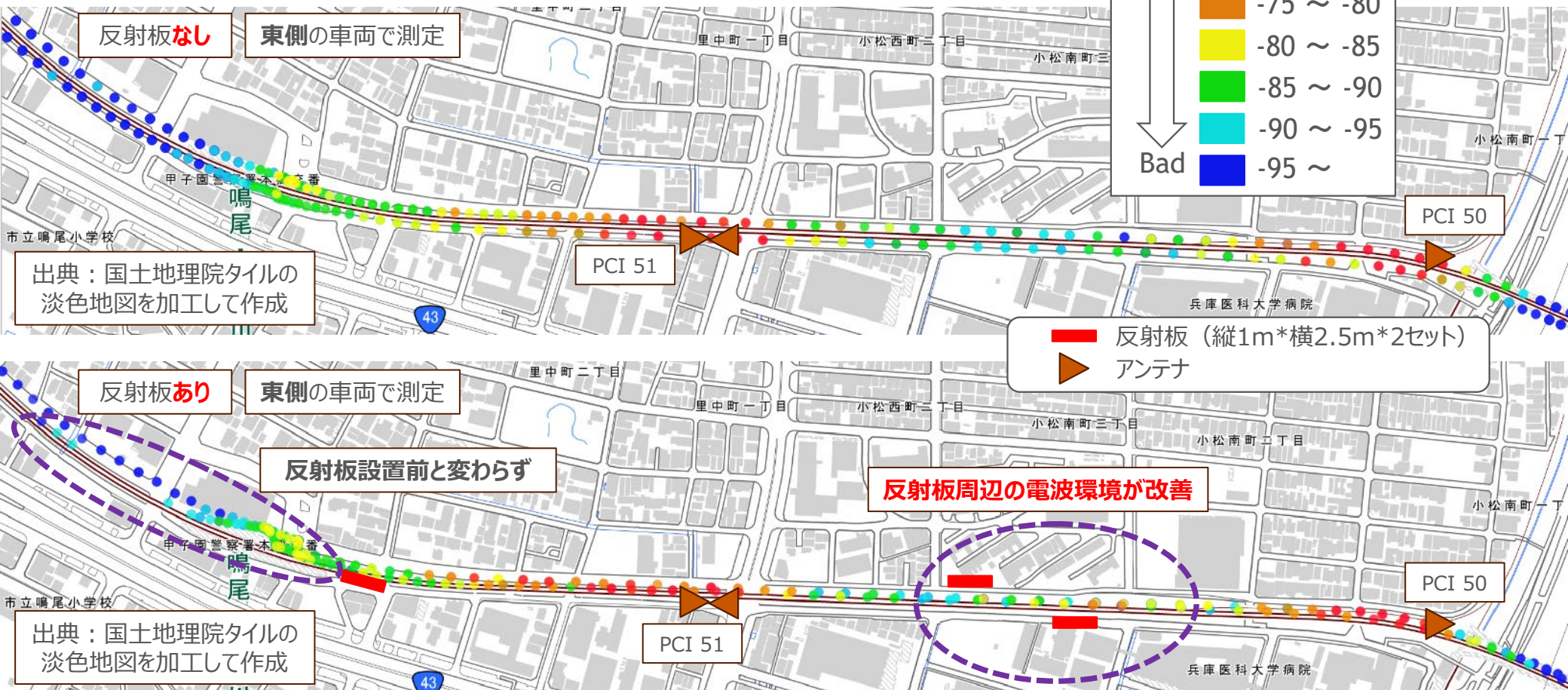
IV 結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

② 検証項目ごとの結果 (検証結果の詳細)

a. 効果面 (参考資料)

結果 列車内の測定

直線区間に設置した反射板により電波環境の改善が見られた。
曲線区間は設置前と変化が見られなかった。



IV 結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

② 検証項目ごとの結果 (検証結果の詳細)

a. 効果面 (参考資料)



【橋梁点検車を使用する場合】

第1・第5径間は梯子を使用し、第2～第4径間が橋梁点検車もしくはロープアクセスでの点検となる。

必要工数

- ・梯子部分 2名×2日、
- ・橋梁点検車部分 3名×3日 (運転手1名、点検員2名)
- ・交通誘導警備員 6名×3日

【ドローンを使用する場合】

第1・第5径間は梯子を使用し、第2～第4径間でドローンを使用する。

ローカル5Gを使用した映像伝送によるドローン点検を行う場合、映像伝送に使用するスマートフォンの向き(真上と真横)を固定する都合上、パイプの撮影も含めて約14回のルート飛行が必要となる。

またルート飛行だけでなく橋脚など個別で撮影が必要な部分もあり、カメラの向きを変えるために都度スマートフォンを外すことによりコストが増加する。

必要工数

- ・梯子部分 2名×2日、
- ・ドローン部分 3名×2日



IV 結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

② 検証項目ごとの結果

b. 技術面

ソリューション	検証ポイント		検証結果	考察
	項目	目標		
反射板による効率的なローカル5Gインフラ整備	反射板により実用的な通信エリアが拡大されるか	基地局の実用的な通信エリア260%に拡大	基地局の実用的な通信エリアが約 110% に拡大 個別地点の測定では一部の不感地帯で電波環境の改善が確認されたが、区間全体として一様に実用的な通信エリアが拡張したとは言えなかった。	鉄道において設置できる場所が制限されており、設置量も少なかったことが原因と考える。 【鉄道における設置制限】 ・設置できるのは高架部分等、側壁がある区間のみ ・作業員の通行を妨げず退避スペースを確保できること ・側壁より上に設置しないこと ・運転士の操業に支障しないこと
	反射板により拡大した実用的な通信エリアでハンドオーバーが可能か	電波強度が強い(RSRP-100dBm以上)状態で端末の接続先基地局が切り替わること	RSRPが-100以上の状態で接続先基地局の切り替わりが発生した。	側壁に設置した反射板により、電車の側面から電波が入ることになったことで、車内の電波環境が改善している。
ローカル5G通信を用いたドローンによるインフラ点検	線路外上空でドローン利用可能な上りの通信帯域を確保できるか	25Mbps	線路外の上空では上り 25Mbps以上 の通信速度を確保できる地点が確認された。一方で、アンテナから約 400m 離れた 橋梁付近では上り約2Mbps程度 にとどまり、十分な通信速度は確保できなかった。 なお、4K映像配信には上り通信帯域として25Mbps程度が必要であり、ローカル5Gによる安定した配信のためにはRSRPが-100dBm以上の電波環境が必要であるため、今回4K映像をリアルタイムで伝送して遠隔で橋梁を点検することはできなかった。 プライベートLTE（地域BWA）では上りの通信帯域が理論値で10Mbpsであり、4K映像で配信しようとすると音声のみとなり映像は配信できなかった。 WiFiであればドローンに搭載したカメラと操縦者は同じ場所にいることとなり、直接通信することとなるので、安定して高画質の映像を配信可能。 ローカル5Gのメリットは遠隔地から4K映像をリアルタイムに確認できることであり、現地に派遣する人権費の削減が可能。	実測結果から、線路沿いの「漏れ電波」だけで全域をカバーするには対象が限定されやすいことが分かった。今後、制度改革により線路外での電波利用が前提で認められる場合は、見通しが良い箇所への基地局配置を優先することで、電波漏れを計画的に有効活用する方針としたい。 橋梁点検事業者からはリモートでの確認について、下記の需要が見込めるとのコメントをいただいている。 ①写真を見た時と動画を見た時で損傷の見え方が少し変わる場合があり、動画の方が明確に損傷が見える。 ②現地に行く人員の削減が図れる。 ③会社内や出張先など損傷を複数人で確認でき、損傷の見落とし防止や二重チェックができる。

IV 結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

② 検証項目ごとの結果 (検証結果の詳細)

b. 技術面 (参考資料)

京セラ製5G対応モバイルルータ (K5G-C-100A) を使用して阪神電車の線路上の各地点でスループットの測定を実施した。結果は下記のとおり、見通しがある直線部分ではアンテナから約400mの地点でも鉄道利用に十分なスループットであったが、曲線部分から先の見通しがとれないエリアでは電波の受信感度が大きく低下した。



	RSRP[dBm]	DL[Mbps]	UL[Mbps]	Ping[ms]	Jitter[ms]
①	-112	134	8.55	20.9	17.0
②	-104	220	16.3	24.5	10.3
③	-103	219	16.0	24.9	8.39
④	-100	313	31.2	24.9	8.0
⑤	-103	301	22.7	25.6	7.56
⑥	-83	453	121	19.9	12.4
⑦	-77	657	140	27.0	12.0
⑧	-71	705	125	17.4	30.8

	RSRP[dBm]	DL[Mbps]	UL[Mbps]	Ping[ms]	Jitter[ms]
⑨	-65	860	151	25.6	16.5
⑩	-77	830	156	27.9	4.36
⑪	-77	773	138	22.0	18.5
⑫	-86	601	77.4	22.5	18.9
⑬	-89	652	95.9	17.0	21.9
⑭	-90	677	95.4	13.3	19.3
⑮	-93	531	66.1	22.2	16.6
⑯	-90	459	60.2	30.8	8.9

IV 結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

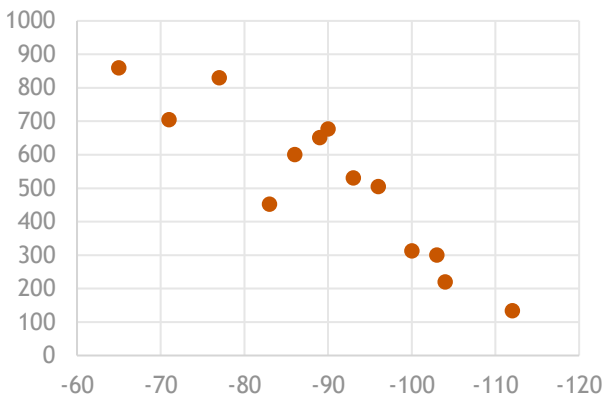
② 検証項目ごとの結果 (検証結果の詳細)

b. 技術面 (参考資料)

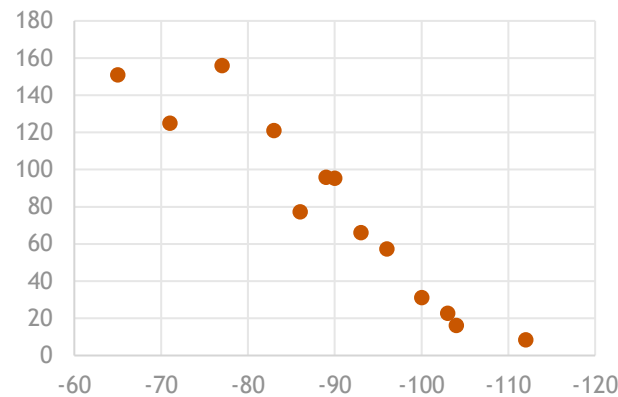
京セラ製5G対応モバイルルータ (K5G-C-100A) を使用して阪神電車の線路上の各地点で電波の受信強度 (SS RSRP) を測定した。結果は下記のとおり、鳴尾・武庫川女子大前駅から先の見通しがとれないエリアでは電波の受信強度が大きく低下した。



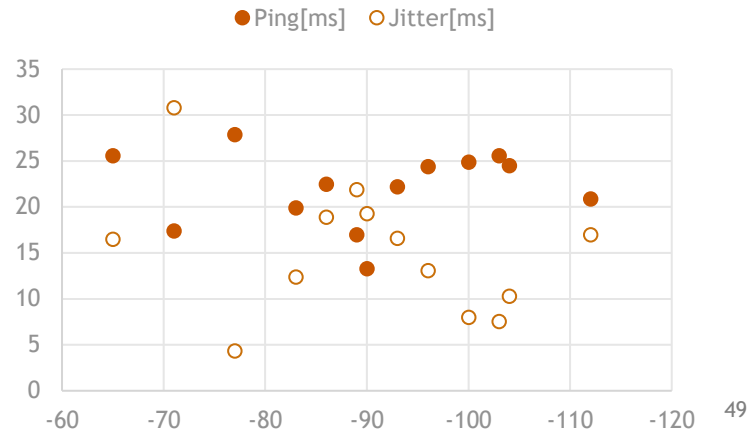
RSRPに対するDL [Mbps]



RSRPに対するUL [Mbps]



RSRPに対するPing [ms]とJitter [ms]

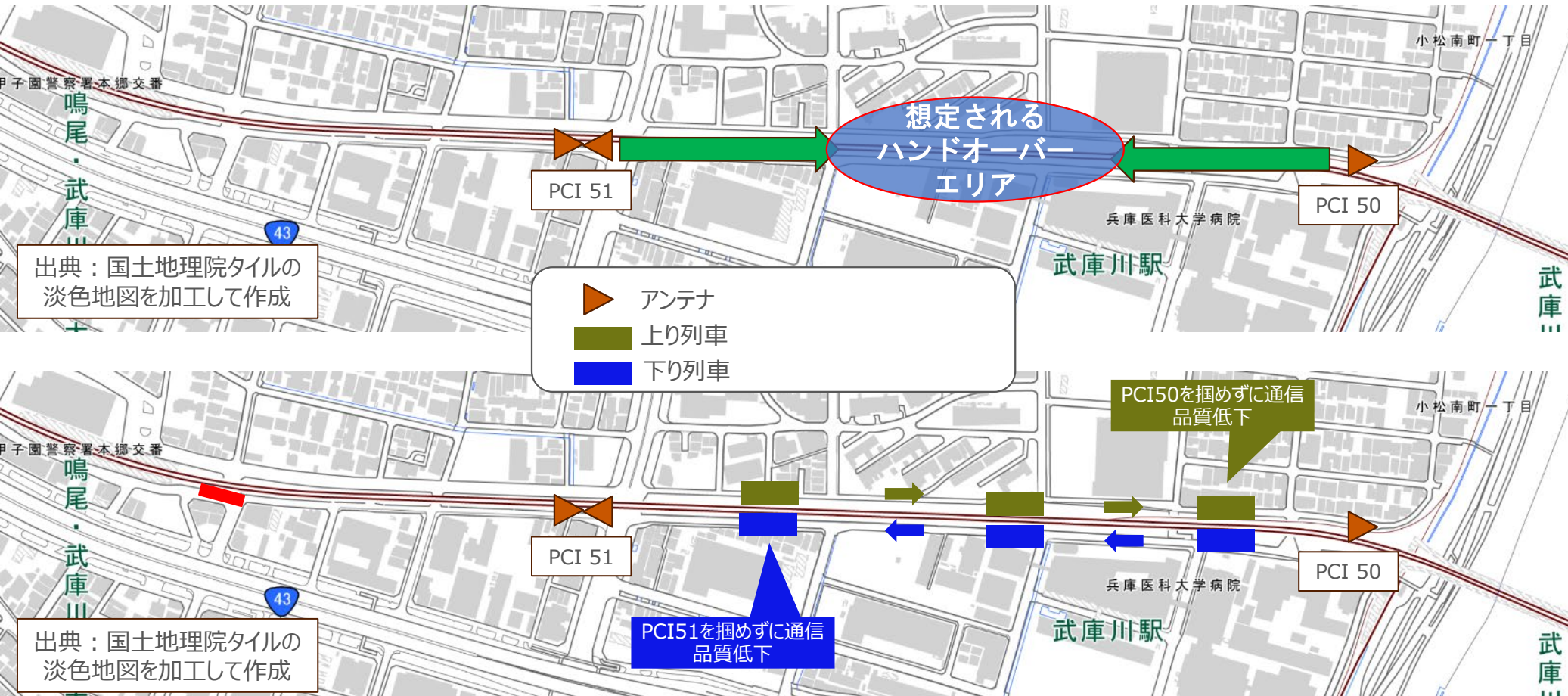


② 検証項目ごとの結果 (検証結果の詳細)

b. 技術面 (参考資料)

課題 反射板によるハンドオーバーの改善

上り列車がPCI50の電波を掴みにくく、PCI51ので接続を長く保持することで、受信電力の低下→通信品質の劣化が考えられる。
下り列車がPCI51の電波を掴みにくく、PCI50ので接続を長く保持することで、受信電力の低下→通信品質の劣化が考えられる。

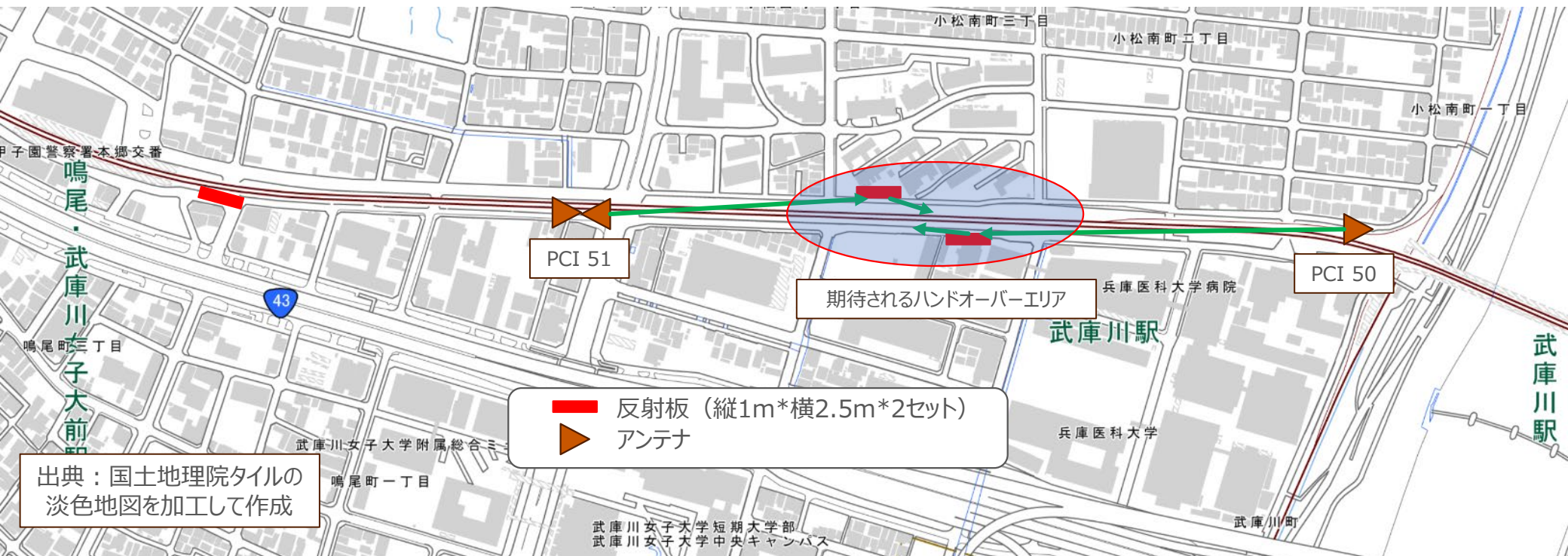


IV 結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

② 検証項目ごとの結果 (検証結果の詳細)

b. 技術面 (参考資料)

設計 反射板により、山側と海側から列車内に電波を届けることで、反射電波での受信電力・通信品質の改善を図る。



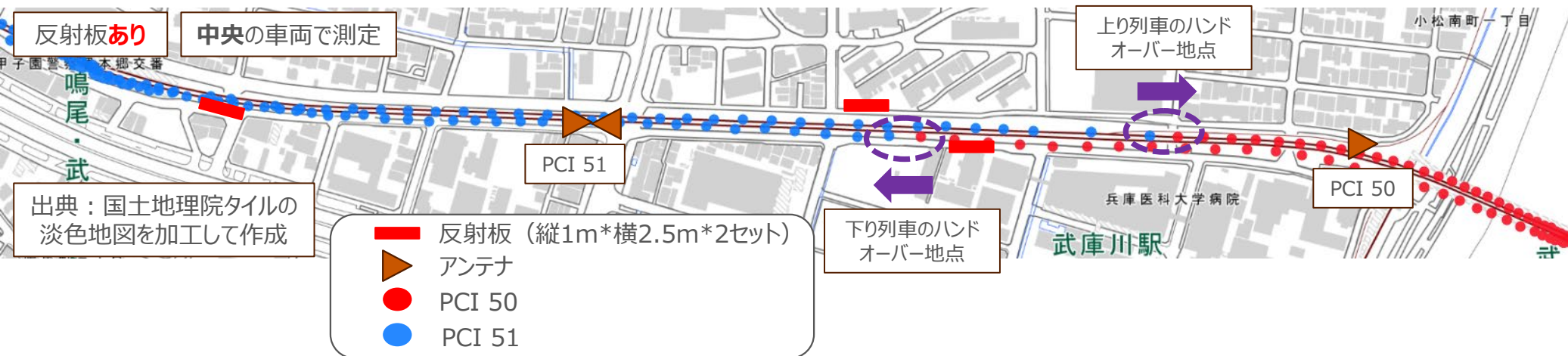
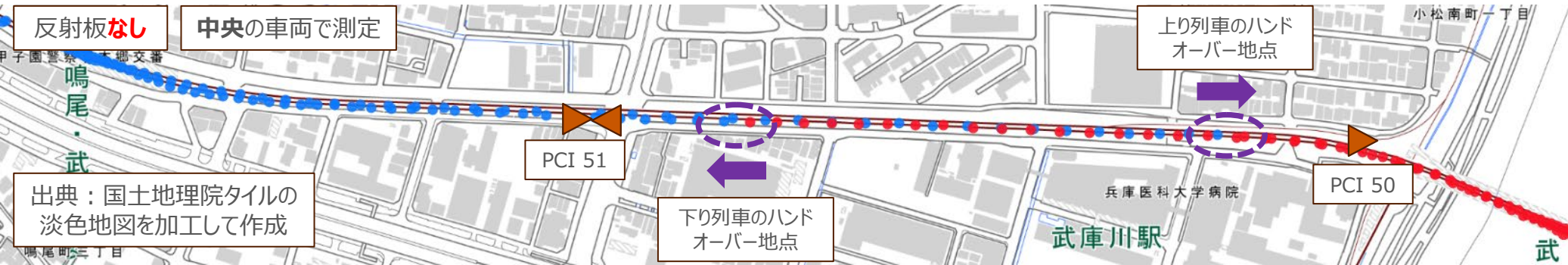
IV 結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

② 検証項目ごとの結果 (検証結果の詳細)

b. 技術面 (参考資料)

結果 列車内での測定

京セラ製5G対応モバイルルータ (K5G-C-100A) を使用して阪神電車の普通車に乗り、ハンドオーバーが発生する位置を確認した。反射板設置後は反射板に近い位置でハンドオーバーしているため、反射により車内に電波が届きやすくなっていると考えられる。



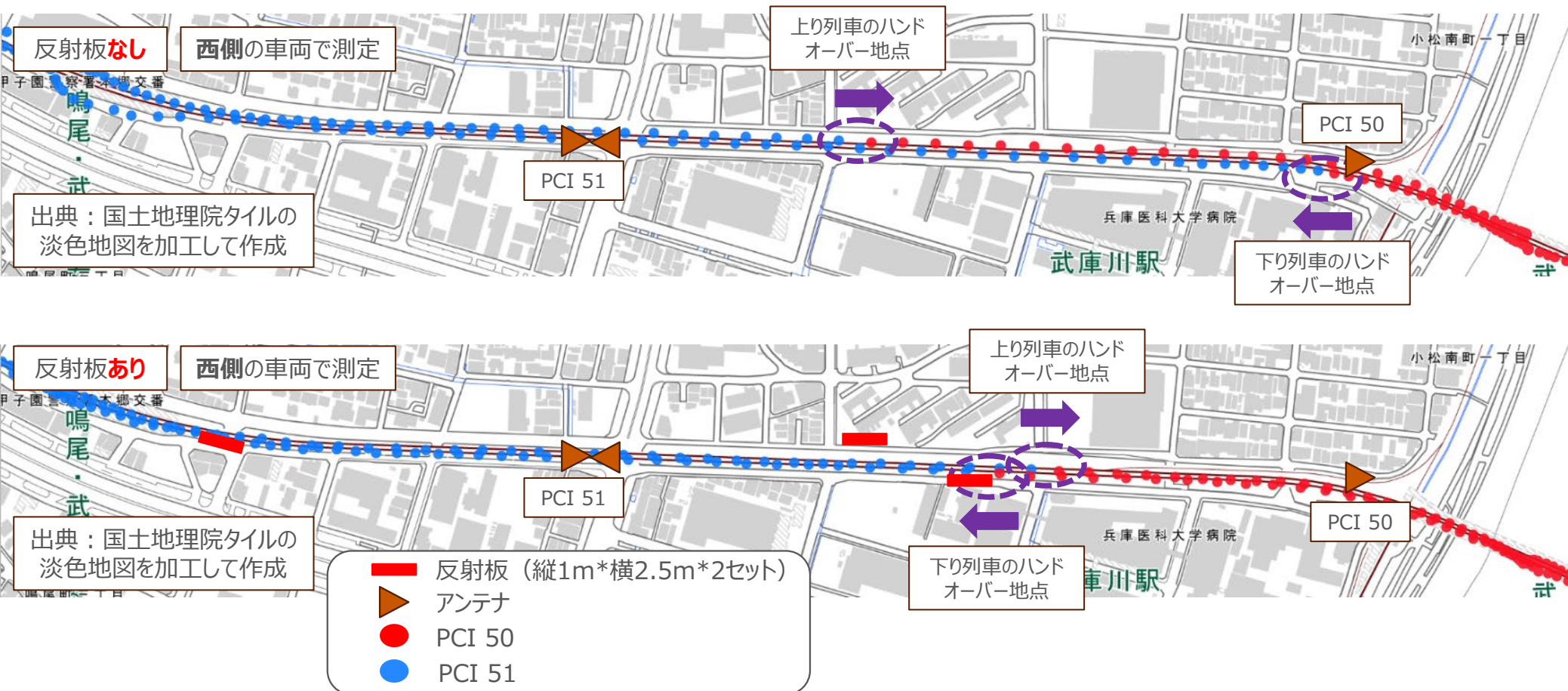
IV 結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

② 検証項目ごとの結果 (検証結果の詳細)

b. 技術面 (参考資料)

結果 列車内での測定

京セラ製5G対応モバイルルータ (K5G-C-100A) を使用して阪神電車の普通車に乗り、ハンドオーバーが発生する位置を確認した。反射板設置後は反射板に近い位置でハンドオーバーしているため、反射により車内に電波が届きやすくなっていると考えられる。



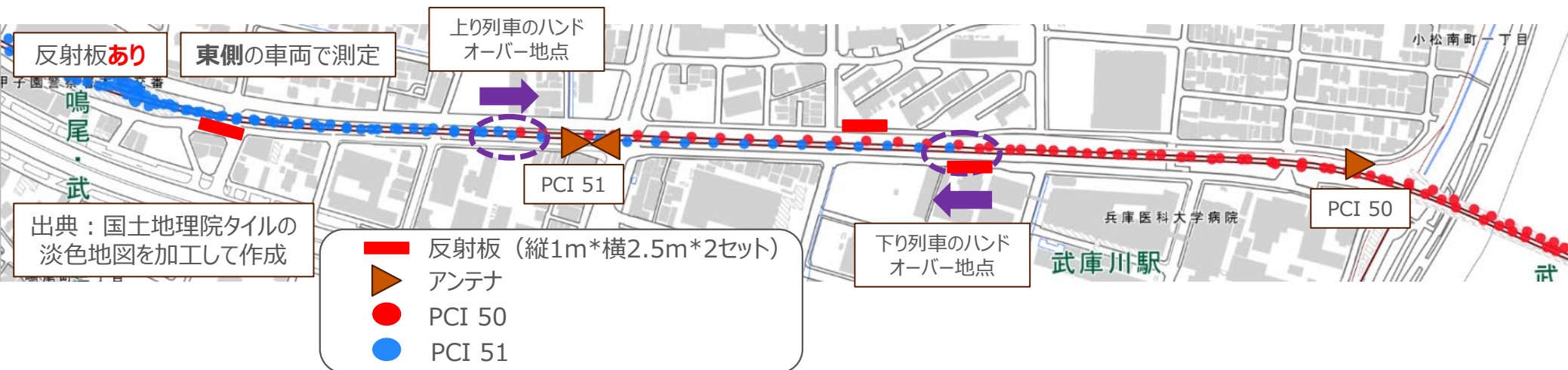
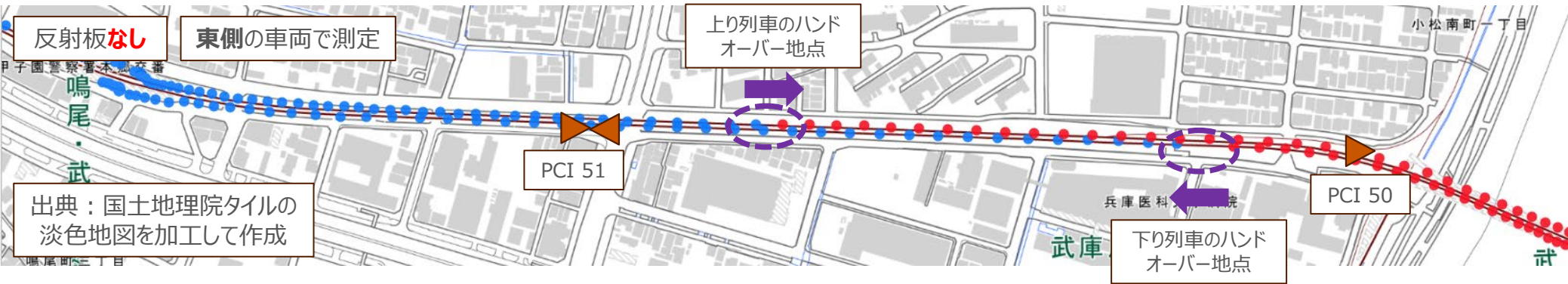
IV 結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

② 検証項目ごとの結果 (検証結果の詳細)

b. 技術面 (参考資料)

結果 列車内での測定

京セラ製5G対応モバイルルータ (K5G-C-100A) を使用して阪神電車の普通車に乗り、ハンドオーバーが発生する位置を確認した。下り列車は反射板設置後は反射板に近い位置でハンドオーバーしているため、反射により車内に電波が届きやすくなっていると考えられる。上り列車は想定より遠い地点でのハンドオーバーとなった。

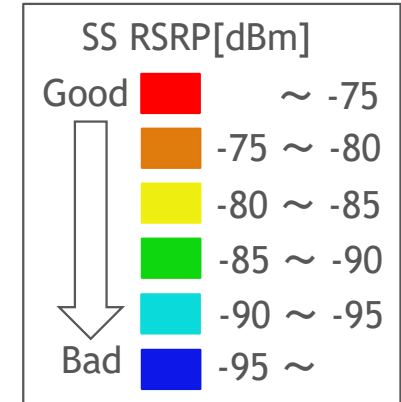


IV 結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

② 検証項目ごとの結果 (検証結果の詳細)

b. 技術面 (参考資料)

ドローンでの橋梁点検に使用するASUSスマートフォン (ASUS_AI2205_C) を使用して、アンテナから武庫川橋までの電波の受信強度 (SS RSRP) を測定した。結果は下記のとおり、アンテナから武庫川橋までの間にある樹木により見通しがとれず、武庫川橋周辺の受信強度は弱くなっていた。



遮蔽となっている樹木



通信性能・映像伝送検証を行ったポイント (橋梁の上下で実施)

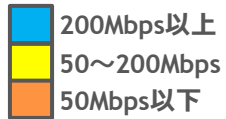
IV 結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

② 検証項目ごとの結果 (検証結果の詳細)

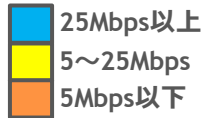
b. 技術面 (参考資料)

ドローンでの橋梁点検に使用するASUSスマートフォン (ASUS_AI2205_C) を使用して、武庫川橋の各地点で電波の受信強度 (SS RSRP) と速度を測定した。結果は下記のとおり、4Kの映像配信可能な上りの通信帯域を確保できる地点は存在しなかった。

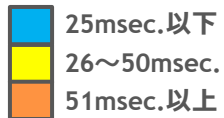
検証項目：スループット (DL)



検証項目：スループット (UL)



検証項目：ping



検証項目：RSRP



IV 結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

② 検証項目ごとの結果 (検証結果の詳細)

b. 技術面 (参考資料)

ドローンでの橋梁点検に使用するASUSスマートフォン (ASUS_AI2205_C) を使用して、武庫川橋の各地点で画質を切り替えて映像配信を実施した。結果は下記のとおり、安定配信できるのはVGAのみであり、不安定だがフルHDの配信可能なポイントも存在した。

検証項目：ライブ映像 (4K)
(3840×2160/15)

- 可能
- 条件付き可能 (コマ送り、画質低下あり)
- 不可能 (音声のみで映像不可)



検証項目：ライブ映像 (フルHD)
(1920×1080/15)

- 可能
- 条件付き可能 (コマ送り、画質低下あり)
- 不可能 (音声のみで映像不可)



検証項目：ライブ映像 (VGA)
(640×480/15)

- 可能
- 条件付き可能 (コマ送り、画質低下あり)
- 不可能 (音声のみで映像不可)



検証項目：RSRP

- ① -123dBm
- ② -117dBm
- ③ -112dBm
- ④ -105dBm
- ⑤ -114dBm
- ⑥ -97dBm



IV 結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

② 検証項目ごとの結果

c. 運用面

ソリューション	検証ポイント		検証結果	考察
	項目	目標		
反射板による効率的なローカル5Gインフラ整備	線路内への設置について	鉄道運行を妨げないこと	作業員の通行を妨げず、電車接近時の退避スペースを確保する必要がある。設置枚数の増加により、光の反射が運転士の操業に支障することが懸念される。反射板を設置できるのは、高架部分等、側壁がある箇所に限られる。	検証を重ねて影響を確認し、必要であれば透明ではなく黒色等、光を反射しない素材を用いた開発を検討する。
ローカル5G通信を用いたドローンによるインフラ点検	ドローンで撮影しローカル5Gによって伝送された映像によって直接目視での点検の代替が可能か検証（点検受託事業者による定性評価による）	代替率100%	ローカル5G対応スマートフォンに搭載の4Kカメラの録画映像から、直接目視での点検との代替が可能であることを確認した。（ 代替率100% ） しかし、打音検査やボルトのゆるみ確認はドローンでは対応できないため、目視点検以外の点検項目は人の手が必要となる。	現時点での「100%代替」達成は困難である。まず映像代替が有効な項目と区間に限定した段階導入を行い、ひび割れのサイズをAIで解析する等、通信・解析・制度面での整備を順次実施し代替範囲を拡大する。

② 検証項目ごとの結果 (検証結果の詳細)

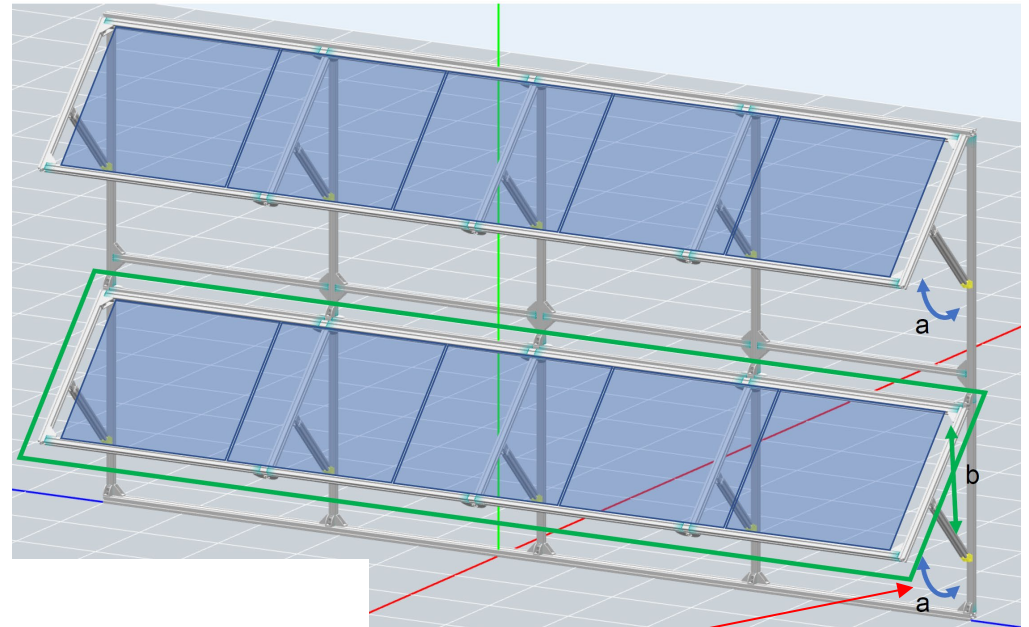
c. 運用面 (参考資料)

鉄道において反射板を設置できるのは、高架部分等、側壁がある箇所に限られる。
また、作業員の通行を妨げず、電車接近時の退避スペースを確保する必要があるため、壁に対して隙間なく設置し、垂直方向に持ち上げて角度をつけるような運用は不可である。

また、今回の実証では透明の反射フィルムをアクリル板に挟み込む形で治具に固定しているが、本運用の際には設置枚数の増加により、光の反射が運転士の操業に支障することが懸念されるため、さらに検証を重ねて影響を確認し、必要であれば透明ではなく黒色等、光を反射しない素材を用いた開発を要望する。



作業員が通行するための幅は、壁にぴったり設置してもぎりぎりであり、実装の際は治具の改良も必要となる



垂直方向に角度をつける場合、作業員の通行を妨げ、電車接近時の退避スペースも確保できなくなる

IV 結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

② 検証項目ごとの結果 (検証結果の詳細)

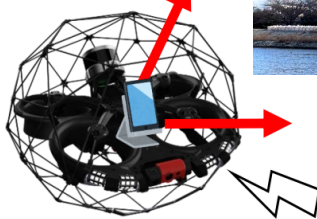
c. 運用面 (参考資料)

ドローンにデフォルトで搭載されているカメラとは別に、治具により4Kでの撮影が可能なスマートフォンを載せ、配信しながら橋梁点検を行う。

ASUS
AI2205_C



ブルーイノベーション
ELIOS 3



L5G



ドローンに搭載されているカメラで撮影した映像



ドローンに治具で固定したスマートフォンで撮影した映像



IV 結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

② 検証項目ごとの結果 (検証結果の詳細)

c. 運用面 (参考資料)

打音検査などドローンでは対応できない項目はあるが、目視のみで行える項目は代替可能であった。

構造	部材	武庫川橋梁 該当項目	評価項目	点検精度	対応方法 (点検不可等の場合)	目視点検時の工数	橋梁点検要否
鋼橋 (上部構造)	主桁・縦桁	○	腐食 (錆の発生、板厚減少等)	4K映像は作業員の目視と代替可能	-	-	要(第2~第4径間のみ)
		○	亀裂 (特に断面急変部、溶接部)	4K映像は作業員の目視と代替可能	-	-	要(第2~第4径間のみ)
		○	破断 (完全断裂または著しい断裂)	4K映像は作業員の目視と代替可能	-	-	要(第2~第4径間のみ)
		○	防食機能の劣化 (塗装剥離等)	4K映像は作業員の目視と代替可能	-	-	要(第2~第4径間のみ)
		○	ボルトの脱落・ゆるみ	ドローン不可	河川敷は高所作業車や梯子、川の上は橋梁点検車など	車両のレンタル、交通整理の件数	要(第2~第4径間のみ)
		○	異常な変形 (座屈、たわみ、凹み)	4K映像は作業員の目視と代替可能	-	-	要(第2~第4径間のみ)
		○	異常な音・振動	ドローン不可	河川敷は高所作業車や梯子、川の上は橋梁点検車など	車両のレンタル、交通整理の件数	要(第2~第4径間のみ)
	横桁・対傾構	○	腐食、亀裂、破断の有無・程度	4K映像は作業員の目視と代替可能	-	-	要(第2~第4径間のみ)
		○	ボルトの脱落・ゆるみ	ドローン不可	河川敷は高所作業車や梯子、川の上は橋梁点検車など	車両のレンタル、交通整理の件数	要(第2~第4径間のみ)
	支承部	○	支承の機能障害 (荷重支持、変位追従の損失)	4K映像は作業員の目視と代替可能	-	-	要(P2橋脚,P3橋脚のみ)
		-	支承ローラー脱落	4K映像は作業員の目視と代替可能	-	-	-
	伸縮継手部	○	アンカーボルトの腐食	4K映像は作業員の目視と代替可能	-	-	要(P2橋脚,P3橋脚のみ)
		○	漏水・遊離石灰の発生	4K映像は作業員の目視と代替可能	-	-	要(P2橋脚,P3橋脚のみ)
	床版	○	遊間の異常 (詰まり、閉塞)	4K映像は作業員の目視と代替可能	-	-	要(P2橋脚,P3橋脚のみ)
		○	ひび割れ (方向、幅、間隔)	4K映像は作業員の目視と代替可能	-	-	要(第2~第4径間のみ)
		○	剥離・鉄筋露出	4K映像は作業員の目視と代替可能	-	-	要(第2~第4径間のみ)
		○	抜け落ち	4K映像は作業員の目視と代替可能	-	-	要(第2~第4径間のみ)
		○	転倒(削除)・浮き	ドローン不可	河川敷は高所作業車や梯子、川の上は橋梁点検車など	車両のレンタル、交通整理の件数	要(第2~第4径間のみ)
コンクリート橋 (上部構造)	桁部 (RC・PC共通)	-	ひび割れの状況 (最大幅、間隔で評価)	武庫川橋では対象外	-	-	-
		-	漏水・遊離石灰	武庫川橋では対象外	-	-	-
		-	剥離・鉄筋露出	武庫川橋では対象外	-	-	-
		-	抜け落ち	武庫川橋では対象外	-	-	-
		-	PC定着部の異常 (錆汁、剥離、部材損傷)	武庫川橋では対象外	-	-	-
	床版	-	ひび割れ (格子状、方向)	武庫川橋では対象外	-	-	-
		-	抜け落ち	武庫川橋では対象外	-	-	-
		-	支承機能障害 (変位追従、荷重支持障害)	武庫川橋では対象外	-	-	-
下部構造 (橋脚・橋台)	○	ひび割れ、剥離・鉄筋露出	4K映像は作業員の目視と代替可能	-	-	-	要(P2橋脚,P3橋脚のみ)
	○	沈下・移動・傾斜の有無	ドローン不可	河川敷は高所作業車や梯子、川の上は橋梁点検車などで近づき、沈下量や移動量はコンベックス等で、傾斜角は角度計で計測	車両のレンタル、交通整理の件数	要(P2橋脚,P3橋脚のみ)	
	-	洗掘 (基礎周辺の土砂消失)	ドローン不可	水中に作業員が入り、防水デジカメで基礎周辺を撮影する、水深が深ければ潜水士が潜水して撮影する	車両のレンタル、交通整理の件数	-	
	○	変色・劣化 (錆汁やエフロレッセンス)	4K映像は作業員の目視と代替可能	-	-	要(P2橋脚,P3橋脚のみ)	
路面関係	○	路面の凹凸・段差 (衝撃増加要因)	交通規制が必要なため、本実証ではNG	目視	交通整理の件数	不要	
	○	舗装の異常 (ひび割れ、剥離等)	交通規制が必要なため、本実証ではNG	目視	交通整理の件数	不要	
共通・ 付属構造物	防護柵・照明灯・添架物	○	補修・補強材の損傷	4K映像は作業員の目視と代替可能	-	-	要(第2~第4径間までの添架物のみ)
		○	ボルトの脱落・ゆるみ	ドローン不可	歩いて接近もしくは高所作業車による目視	車両のレンタル、交通整理の件数	要(第2~第4径間までの添架物のみ)
		○	異常なたわみ・変形	4K映像は作業員の目視と代替可能	-	-	要(第2~第4径間までの添架物のみ)
		○	異常な音・振動	ドローン不可	歩いて接近もしくは高所作業車による目視	車両のレンタル、交通整理の件数	要(第2~第4径間までの添架物のみ)
		○	土砂詰まり等の堆積物の有無	4K映像は作業員の目視と代替可能	-	-	要(第2~第4径間までの添架物のみ)

IV 結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

③ 実装・横展開に向けた準備状況

	アクション	結果	得られた示唆・考察
実装に向けて	抱える課題/ニーズの確認	橋梁だけでなく、阪神電車沿線の漏れ電波が届く、多くの施設でユースケースを考え、より費用対効果を高める必要がある。	線路沿いの商業施設や駅前の公園、球場のようなエンタメ施設などでの利用を検討する。一般向けのネット接続サービスも考えられる。
	実証内容の検討	上記の施設において、ローカル5Gでのカメラ映像伝送とAI解析による人流計測等のユースケースの実証が必要。 また、線路上においてもトンネル区間や営業列車での実証が必要。	2026年度以降も、総務省の実証事業等の活用を検討する。
	実装に必要な要件の検討	沿線における反射板の使用について、光の反射や軌道内に設置する場合はスペースの確保が必要となり、設置箇所が限られる。	線路上に反射板を施工する方法と、それに合わせた反射板や治具の開発が必要。
	導入可能コストの確認 削減可能コストの確認	さらなる費用対効果の検証が必要。	今後も引き続き鉄道営業効率化に資するソリューションの検討や自治体からの利用料収入スキームへの拡大などを検討していく。
	ローカル5G事業者へのヒアリング(制度改正) 鉄道・道路事業者へのヒアリング(制度改正) 点検事業者へのヒアリング	総務省と協議の上、ソニーワイヤレス、NTT東日本、愛媛CATVをヒアリングし、線路外の電波漏洩について許容（共存）する方向で理解を得られた。 総務省と協議の上、東急電鉄、首都高速道路をヒアリングし、電波漏洩を許容する制度改正に向けて協力していくことを確認した。	ソニーと愛媛CATVは漏洩電波を利用してもらう方向で、NTT東日本は周波数分割による共存が希望だった。 両社とも電波漏洩対策がネックで事業化を見合わせており、制度改正を望んでいた。
横展開に向けて	展示会への参加	2025年11月に開催された「第9回鉄道技術展2025」に出展。	鉄道業界において、都市部においてもツーマン運転からワンマン運転へ移行する動きが本格化しており、従来の乗務員が担っていた業務をシステムや指令等の地上係員にて代替する必要が生じている。そのためには、地上と車上をつなぐ通信が必須になりローカル5Gへの関心も高まっている。
	鉄道事業者への営業活動	5GHz帯無線アクセスシステムの移行方針を受け、現在当該システム利用している事業者に対するローカル5Gへの置き換え提案を実施。	既存システムは遠隔でのカメラ映像確認による運転支援など低遅延性が求められる利用方法であるため、ローカル5Gのユースケースとも合致。実証実験から始め、実現性検証を進めることとなった。

④ 実装・横展開に向けた課題および対応策 (鉄道へのローカル5G導入)

	課題	対応策	対応する団体名	対応時期
実装に向けて	鉄道や道路等の細長い自己土地でローカル5Gを整備する場合、線路外への電波漏洩制御が難しく、導入に踏み切れない。	ローカル5G免許制度の見直しが必要。2023年より総務省（移動通信課）と制度見直しについて協議を進めており、電波の漏れを許容して他者に有効活用してもらう制度改正でまとまる方向。	阪神電気鉄道 情報・通信統括部	2026年度内の議論の決着を見込む（制度化は2027年度上期までを想定）
	光の反射が運転士の操業に支障することが懸念される。作業員の通行を妨げず、電車接近時の退避スペースを確保する必要がある。	光が反射しない素材を用いることにより、反射を防ぐ。 壁に直接貼り付けるような施工方法の検討により、スペースを確保する。	積水化学工業 阪神電気鉄道 電気部	2027年4月～2028年3月 2026年4月～2027年3月
横展開に向けて	運用体制の整備・強化	<ul style="list-style-type: none"> ・遠隔監視体制の構築 ・オンサイト対応パートナーの開拓 	阪神ケーブルエンジニアリング	2027年4月～2028年3月
	鉄道事業者ごとのシステム要件への対応	共用型5GCやオンプレ向け小型5GCなど事業者ごとに導入しやすいシステムラインナップの拡充	阪神ケーブルエンジニアリング アイテック阪急阪神	2027年4月～2028年3月
	費用対効果の向上	<ul style="list-style-type: none"> ・さらなるインフラ投資額低減策（リピータ、ハイパワーUE等）の検討および実用化（費用減の取り組み） ・高精細映像の解析によるメンテナンス作業の省力化や運行経路上の安全対策などローカル5Gユースケースの開拓（効果増の取り組み） 	阪神ケーブルエンジニアリング アイテック阪急阪神	2026年4月～2027年3月

④ 実装・横展開に向けた課題および対応策（鉄道へのローカル5G導入）の補足

鉄道の線路のような細長い区間をローカル5Gでエリア化するにあたり、自己土地利用の考え方から漏れ電波を抑える設計が必要となり、それに伴い基地局も多数必要となることからコストが増大することが大きな課題となっていた。2022年度のローカル5G開発実証では、あえて低出力型の無線機を採用したが、現在は漏れ電波を許容する制度化で動いていることから、今回はローカル5G免許の範囲内で最大の出力が可能な機器を選定して実証に取組んだ。2022年度に行なった漏れ電波を抑えるローカル5Gエリア構築と、本実証での漏れ電波の有効活用を目標としたローカル5Gエリア構築の違いは以下のとおりである。

・目標とする電波強度：鉄道利用を前提とした実用的な通信可能な電波強度である「RSRP -90dBm」で設定



2022年度
HFR社製無線機
送信出力：20W
RSRP-90dBm以上となるエリア：
アンテナから約200～300m
※ 見通しのとれる直線区間の場合



本実証
NOKIA社製無線機
送信出力：63W（31.5W×2方向で使用）
RSRP-90dBm以上となるエリア：
アンテナから約400～500m×2方向
※ 見通しのとれる直線区間の場合

これにより、Nokia製の無線機、あるいは同等クラスの無線機を用いてフルパワー出力63Wで使用すれば、**1基地局で約800～1,000m**近くのエリア整備が可能となり、実装時のエリア整備に必要な設計値が得られる。本実証においても、ローカル5G端末による簡易的な測定を実施しており、電波エリアの拡大を確認している。

一方で、電波エリアの端（エッジ）は電波強度が弱くなるため、隣の基地局の電波と重なることで、線上のエリアを順に構築していく形となる。この時、どの程度の重なりとするかでトータルの基地局数の数が決まってくる。できるだけ重なりを少なくすることができれば基地局数の削減に寄与するが、この箇所では本実証で用いた反射板の活用が期待できる。本実証では、電波エリアを拡大するという目標では10%程度の効果に留まったが、“エリア拡大”ではなく“重なるエリアの電波強度の改善”という観点では、今回の実証結果から反射板活用における有用な知見が得られたとみている。

今後は本格的な実装に向けて、本実証による知見を活かし、反射板の効率的な配置等の活用と、基地局の出力などスペックも含めた置局設計により、導入コストの削減等に取り組んでいく。

IV 結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

④ 実装・横展開に向けた課題および対応策 (漏れ電波を活用したドローンでの橋梁点検)

	課題	対応策	対応する団体名	対応時期
実装に 向けて	ローカル5G機材（カメラ+通信）がドローンのペイロードを超過し安定飛行に支障	<ul style="list-style-type: none"> ・小型・軽量のローカル5G対応スマートフォンの調査・選定 ・ペイロードが大きく橋梁点検可能なドローンの調査・選定 	阪神ケーブルエンジニアリング 国際電気 ブルーイノベーション	2026年4月～2027年3月
	アプリケーションの作り込み	遠隔地で簡単にリアルタイムに映像を確認できるシステムの開発	国際電気 ブルーイノベーション	2026年4月～2027年3月
	実運用への落とし込み ※兵庫県内での実装・横展開	<ul style="list-style-type: none"> ・定期点検公募要件の整理 ・点検請負事業者への普及啓発 ・点検ソリューション提供スキームの確立 	兵庫県まちづくり技術センター 国際電気 ブルーイノベーション	2026年4月～2027年3月
	sub6帯における上空利用の運用規制があり、端末のアンテナ利得により、高度に関わらず、無条件に上空利用ができない。 (+1dBi超で不可)	端末の送信電力23dBm固定ではなく、「端末の送信電力制御を必須とする」条件も選択可能とすることで、低高度利用時の規制緩和を認めてもらう。	阪神電気鉄道 情報・通信統括部	2026年度内の制度改正を見込む（制度化は2027年度上期までを想定）
横展開に 向けて	ローカル5Gエリアの拡充（電波漏洩を最小限に抑える設計での漏れ電波では、4Kなどの高精細映像の伝送に利用するには不十分）	<ul style="list-style-type: none"> ・沿線での利活用を前提とした比較的広範囲をカバー可能な空中線の選定およびエリア設計 ・上記を実現するための制度改定に向けた働きかけ 	阪神ケーブルエンジニアリング 阪神電気鉄道	2026年4月～2027年3月
	ローカル5Gおよびドローンでの点検に対する関心喚起 ※兵庫県外への横展開	<ul style="list-style-type: none"> ・兵庫県内での実装効果を周知 ・他地域で利用しやすい提供スキームの検討 	兵庫県まちづくり技術センター 国際電気 ブルーイノベーション	2027年4月～2028年3月
	免許申請の簡略化	・周辺ビルの高さを下回る低高度における上空利用に対する規制緩和に向けた働きかけ	阪神ケーブルエンジニアリング 阪神電気鉄道	2026年4月～2027年3月

IV 結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

5 (参考) 実証視察会

a. 概要

開催場所: 阪神電車の鳴尾・武庫川女子大前駅～武庫川駅の区間、武庫川橋周辺

開催日時: 2/10 (火) 13:30~15:30

デモ項目	内容	備考
反射板の見学	鳴尾・武庫川女子大前駅のホームから曲線区間に設置した反射板を見学 鳴尾・武庫川女子大前駅から武庫川駅への普通列車内で直線区間に設置した反射板を見学	サンプルとしてミニサイズの反射フィルムを回覧
ローカル5G基地局の見学	武庫川駅ホームと線路沿いの道路から基地局を見学	電波環境のよい地点で映像配信のデモンストレーションも実施
ドローン飛行デモ	ドローンでの橋梁点検とローカル5Gでの映像伝送デモンストレーションを実施	チラシ配布

IV 結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

5 (参考) 実証視察会

b. 質問事項と対応方針

質問事項	回答内容	アクション	
		内容	期限
反射フィルムの材質は？	PET基材に金属の細い配線を形成している。		
設置面より上部に飛んでいる電波は沿線周囲に漏れ出してしまうのか？	はい。反射板設置位置を壁面より上にすればその部分は漏れでないようにすることは可能。		
反射板の角度を変える事で、上方向に反射させることはできるのか？	設置角度を変える事で可能。 現状、垂直方向はホーム上に反射波が来るような仰角設定になっている。 反射板設置は、水平方向の反射波がホームの中央付近になるような位置とした。		
アンテナの向きが橋の方を向いているが、漏れ電波ではないのか？	軌道方向に向けると武庫川橋まで届かないのでそうしている。 L5G免許申請もそのようにしている。		
ドローンで撮影した映像での点検精度は？	橋梁点検事業者にて、4K映像であれば十分評価可能とコメントいただいている。		
4Kで見ることができるところしか目視と代替できないが採算はとれるのか？	P42に記載のとおり、現地作業費における人件費の削減が可能。	今回使用したローカル5G設備で、アンテナから300m以内かつ見通しがあることが条件となる。	
反射板で基地局数を1/3にできるという見込みだったと思うが、実際はどうか？	1/3にできるかはデータを見て検討したい。少なくとも減る方向にはなる。環境次第であるが、見通し外にかかる部分に反射板を設置することで基地局数を削減することは可能と考える。		
1/3まで減らせないと導入が難しいのでは？	阪神電鉄次第ではあるが、グループで引き続き検討していく。	阪神電鉄へのローカル5G導入可能コストの算出	2027年3月
L5Gですべてを解決するのではなく、キャリアのLTEなど他の無線方式との併用は検討しないのか？	鉄道としては独自の通信網でなければ運用はきびしい。		

V 実装・横展開の計画

① 実装の計画（鉄道へのローカル5G導入）

a. 実装において今後目指す状態

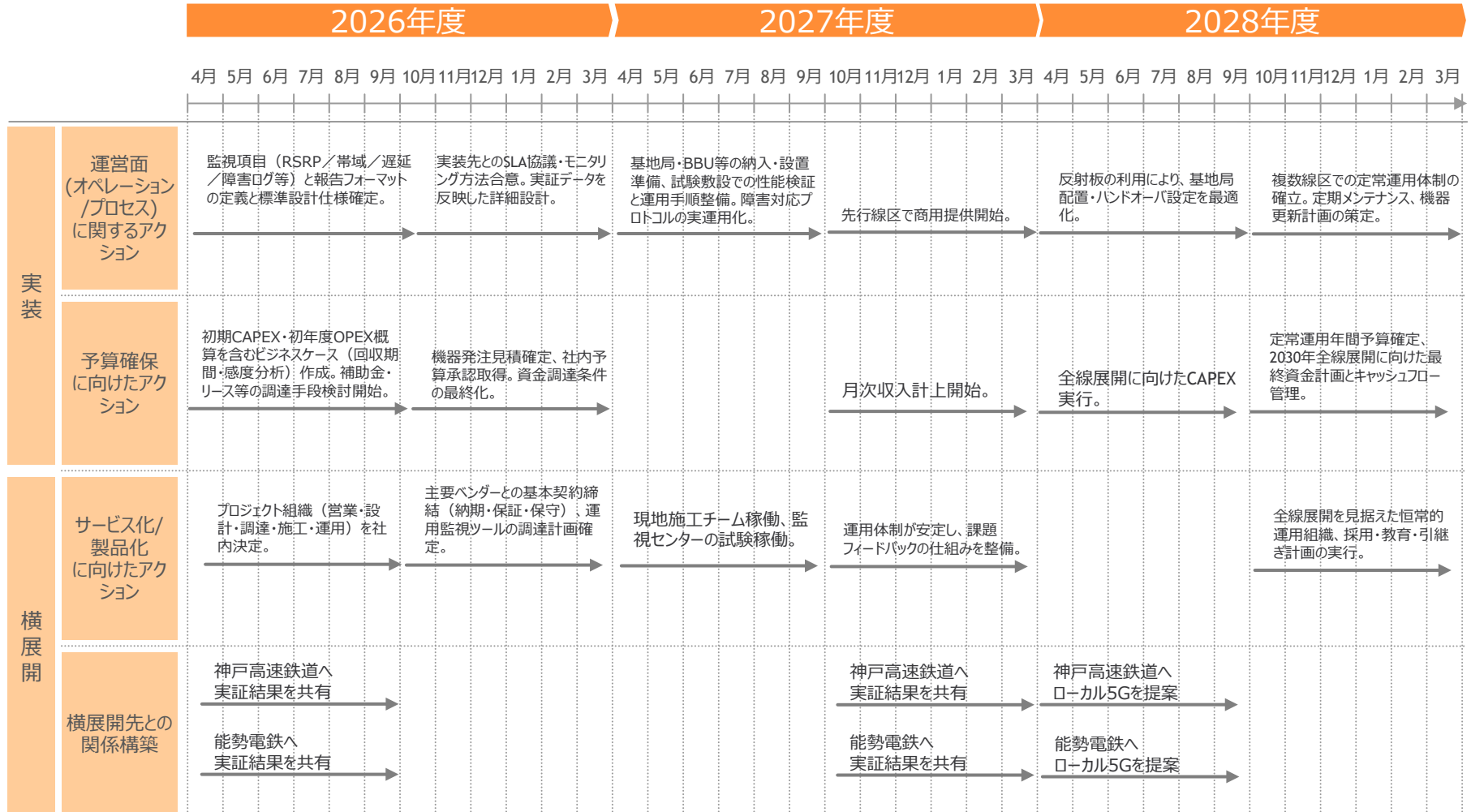
実装先 阪神電気鉄道株式会社

	2026年度		2027年度		2028年度	
	上期	下期	上期	下期	上期	下期
運用	監視項目（RSRP／帯域／遅延／障害ログ等）と報告フォーマットの定義と標準設計仕様確定。	実装先とのSLA協議・モニタリング方法合意。実証データを反映した詳細設計。	基地局・BBU等の納入・設置準備、試験敷設での性能検証と運用手順整備。障害対応プロトコルの実運用化。	先行線区で商用提供開始。	反射板の利用により、基地局配置・ハンドオーバ設定を最適化。	複数線区での定常運用体制の確立。定期メンテナンス、機器更新計画の策定。
予算	初期CAPEX・初年度OPEX概算を含むビジネスケース（回収期間・感度分析）作成。補助金・リース等の調達手段検討開始。	機器発注見積確定、社内予算承認取得。資金調達条件の最終化。	—	月次収入計上開始。	全線展開に向けたCAPEX実行。	定常運用年間予算確定、2030年全線展開に向けた最終資金計画とキャッシュフロー管理。
体制	プロジェクト組織（営業・設計・調達・施工・運用）を社内決定。	主要ベンダーとの基本契約締結（納期・保証・保守）、運用監視ツールの調達計画確定。	現地施工チーム稼働、監視センターの試験稼働。	運用体制が安定し、課題フィードバックの仕組みを整備。	—	全線展開を見据えた恒常的運用組織、採用・教育・引継ぎ計画の実行。
ビジネスモデル	料金モデル案と収益シミュレーション提示。	正式な利用料金表の提示準備、初年度収支ベースライン確定。	先行区間のサービス契約締結準備、課金開始条件の合意。	稼働実績に基づく定期報告で料金妥当性を検証。	段階展開に伴う収益予測更新。	長期サービス契約（複数年）や拡張時の料金スキーム最終化、標準化による横展開採算性確保。

V 実装・横展開の計画

① 実装の計画（鉄道へのローカル5G導入）

b. 今後3年間で実施するアクション

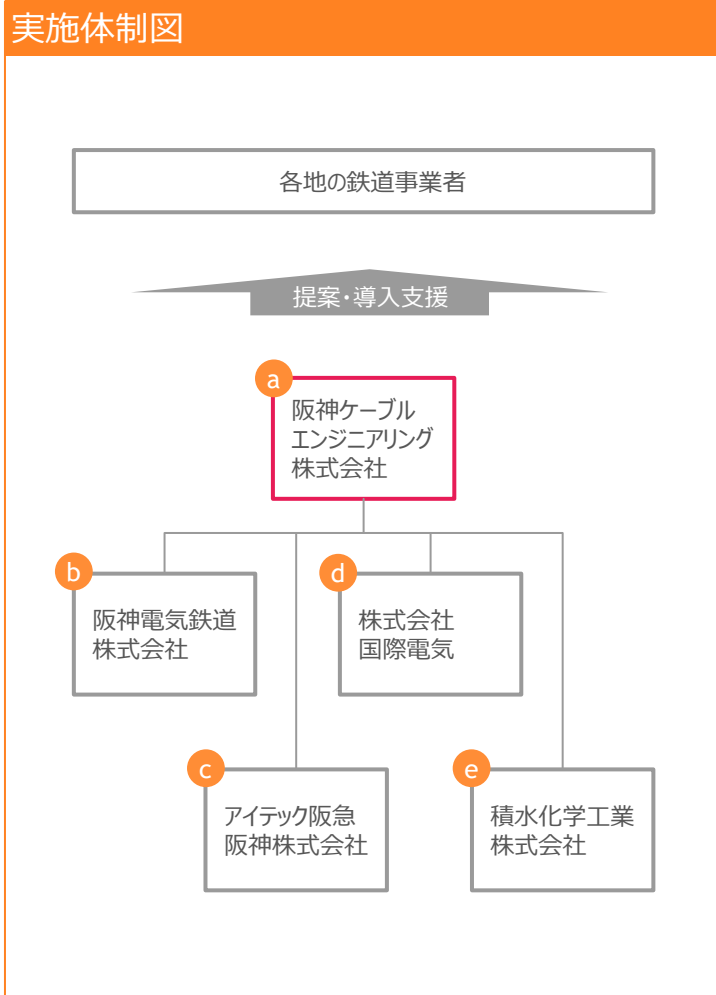


V 実装・横展開の計画

① 実装の計画 (鉄道へのローカル5G導入)

c. 実装の体制

□:横展開の取組全体の責任団体



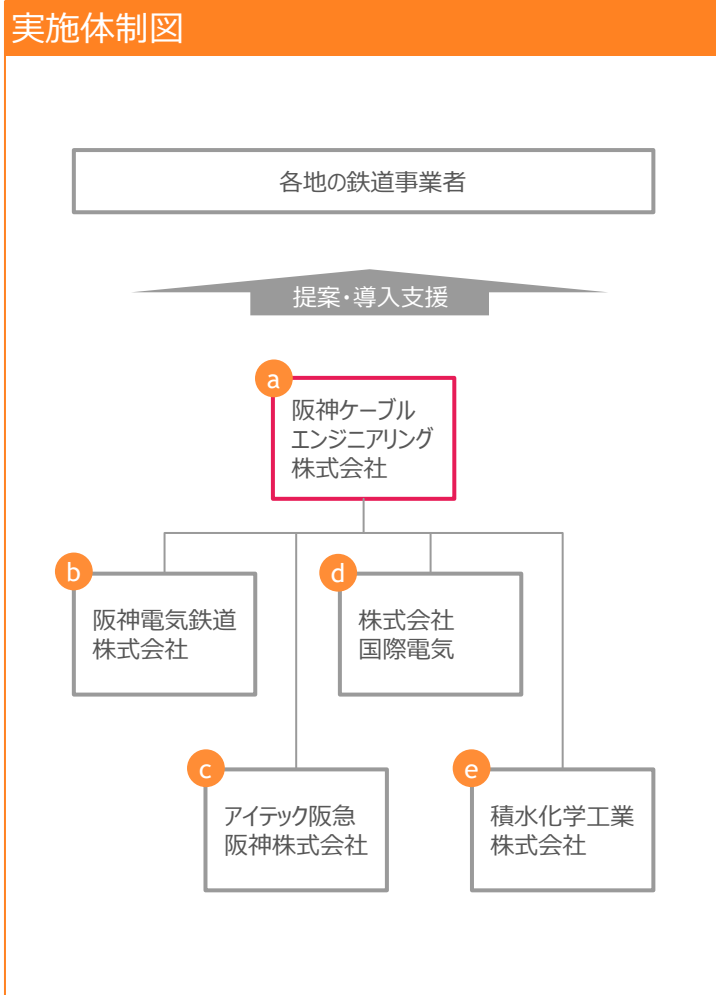
団体名	役割	リソース
a 阪神ケーブルエンジニアリング株式会社	・全体管理 ・各地の鉄道事業者のローカル5Gシステム導入支援 (設計～運用保守)	5名
b 阪神電気鉄道株式会社	・ローカル5Gユースケースの利用検討 ・免許制度改定に向けた活動	5名
c アイテック阪急阪神株式会社	・ローカル5Gユースケースの開拓・開発	2名 + 鉄道各社営業担当
d 株式会社国際電気	・ローカル5Gシステムの手配・提供 ・ローカル5Gシステムにかかる技術支援	2名
e 積水化学工業株式会社	・反射板の手配・提供 ・反射板に関する技術支援	2名

V 実装・横展開の計画

② 横展開の計画（鉄道へのローカル5G導入）

a. 横展開の体制

□:横展開の取組全体の責任団体



団体名	役割	リソース
a 阪神ケーブルエンジニアリング株式会社	・全体管理 ・各地の鉄道事業者のローカル5Gシステム導入支援（設計～運用保守）	3名
b 阪神電気鉄道株式会社	・各地の鉄道事業者への普及啓発 ・免許制度改定に向けた活動	2名
c アイテック阪急阪神株式会社	・各地の鉄道事業者への提案活動 ・ローカル5Gユースケースの開拓・開発	2名 + 鉄道各社営業担当
d 株式会社国際電気	・ローカル5Gシステムの手配・提供 ・ローカル5Gシステムにかかる技術支援	2名
e 積水化学工業株式会社	・反射板の手配・提供 ・反射板に関する技術支援	2名

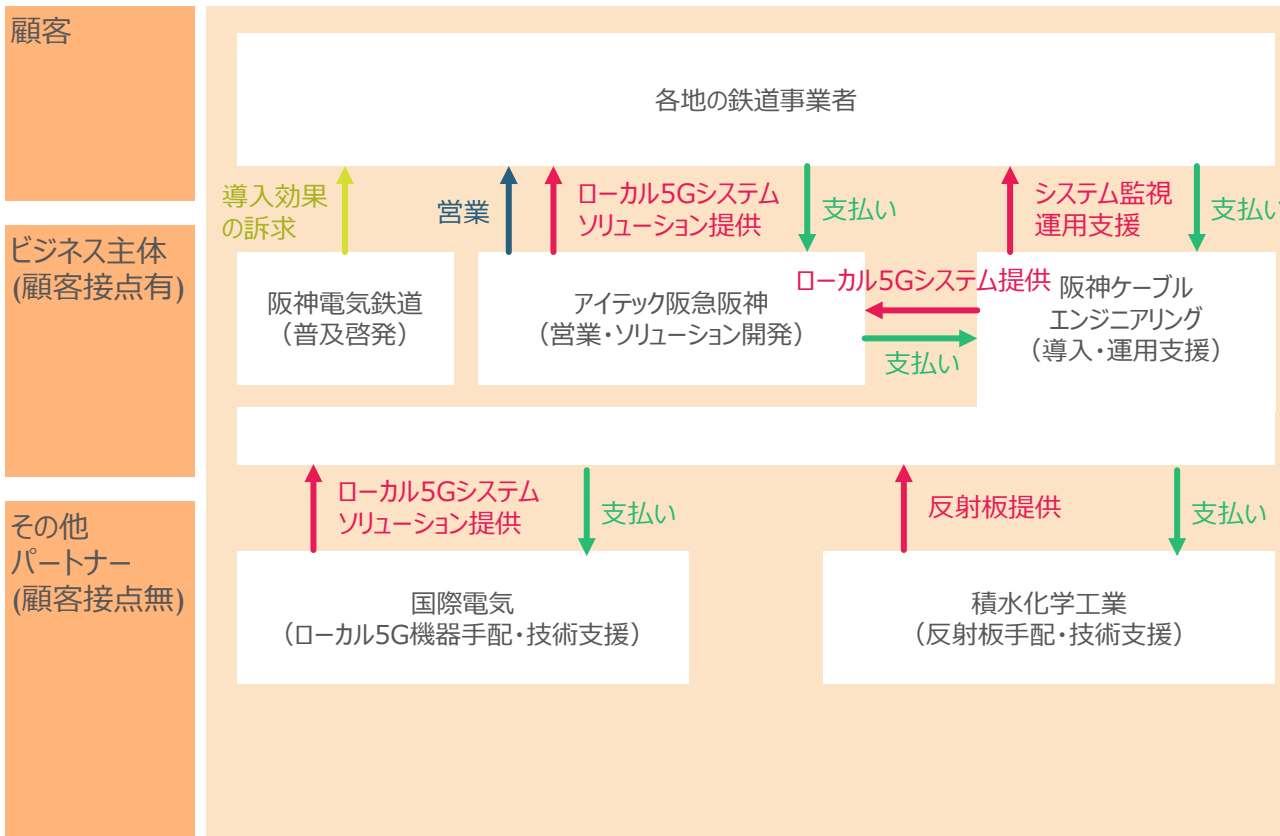
V 実装・横展開の計画

② 横展開の計画（鉄道へのローカル5G導入）

b. ビジネスモデル

- ← 商品・サービス
- ← 営業(顧客向け)
- ← お金
- ← その他(適宜記載)

ビジネスモデル図



ビジネスモデル図

概要	<p>アイテック阪急阪神が鉄道事業者との営業窓口となりローカル5Gシステムやソリューションを一体的に提供。ローカル5Gシステムについては、阪神ケーブルエンジニアリングが取りまとめ。また、監視運用については知見が豊富な阪神ケーブルエンジニアリングで直接請け負う。</p>
ポイント(工夫)	<p>マネタイズモデル</p> <p>下記を基本とし、顧客ニーズに合わせ柔軟に調整を行う</p> <ul style="list-style-type: none"> ローカル5G基地局：売り切り ローカル5Gコア：サブスクリプション その他、監視や保守業務を請負
	<p>ターゲット顧客</p> <ul style="list-style-type: none"> 全国の鉄道事業者
	<p>その他</p> <ul style="list-style-type: none"> ローカル5Gインフラだけでなく、AIを活用した省力化、安全性向上ソリューション等、投資効果を高めるユースケースも合わせて提案

V 実装・横展開の計画

① 実装の計画（漏れ電波を活用したドローンでの橋梁点検について）

a. 実装において今後目指す状態

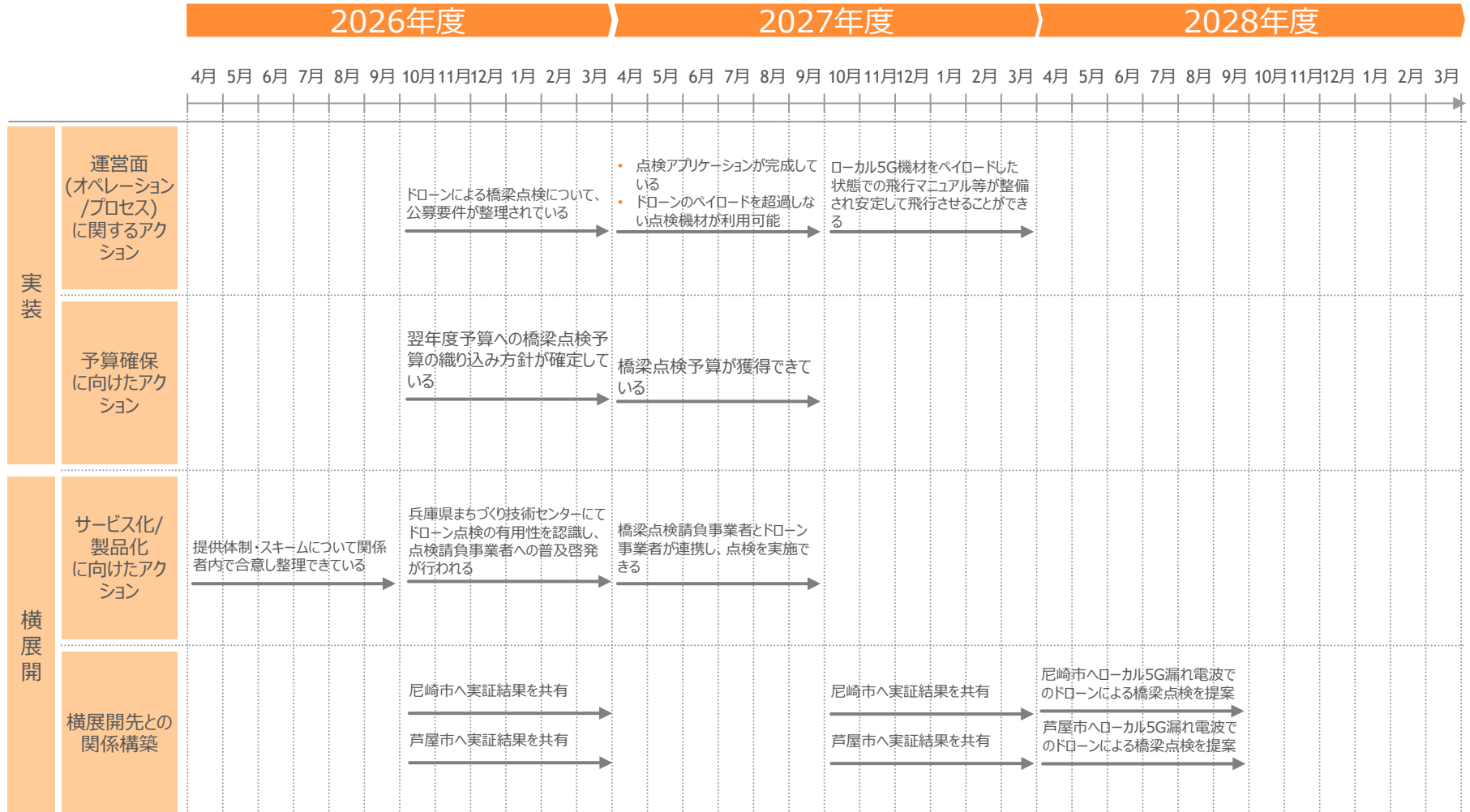
実装先 西宮市

	2026年度		2027年度		2028年度	
	上期	下期	上期	下期	上期	下期
運用		ドローンによる橋梁点検について、公募要件が整理されている	<ul style="list-style-type: none"> 点検アプリケーションが完成している ドローンのペイロードを超過しない点検機材が利用可能 	ローカル5G機材をペイロードした状態での飛行マニュアル等が整備され安定して飛行させることができる		
予算		翌年度予算への橋梁点検予算の織り込み方針が確定している	橋梁点検予算が獲得できている			
体制	提供体制・スキームについて関係者内で合意し整理できている	兵庫県まちづくり技術センターにてドローン点検の有用性を認識し、点検請負事業者への普及啓発が行われる	橋梁点検請負事業者とドローン事業者が連携し、点検を実施できる			
ビジネスモデル	ローカル5Gの制度改定に向けた具体的な取り組みが進み、改定方針が示されている	ローカル5Gの制度改定がなされ、鉄道沿線でローカル5G整備が可能となる		阪神沿線（西宮市内）においてローカル5Gの整備がなされている		阪急沿線（西宮市内）においてローカル5Gの整備がなされている

V 実装・横展開の計画

① 実装の計画 (漏れ電波を活用したドローンでの橋梁点検について)

b. 今後3年間で実施するアクション

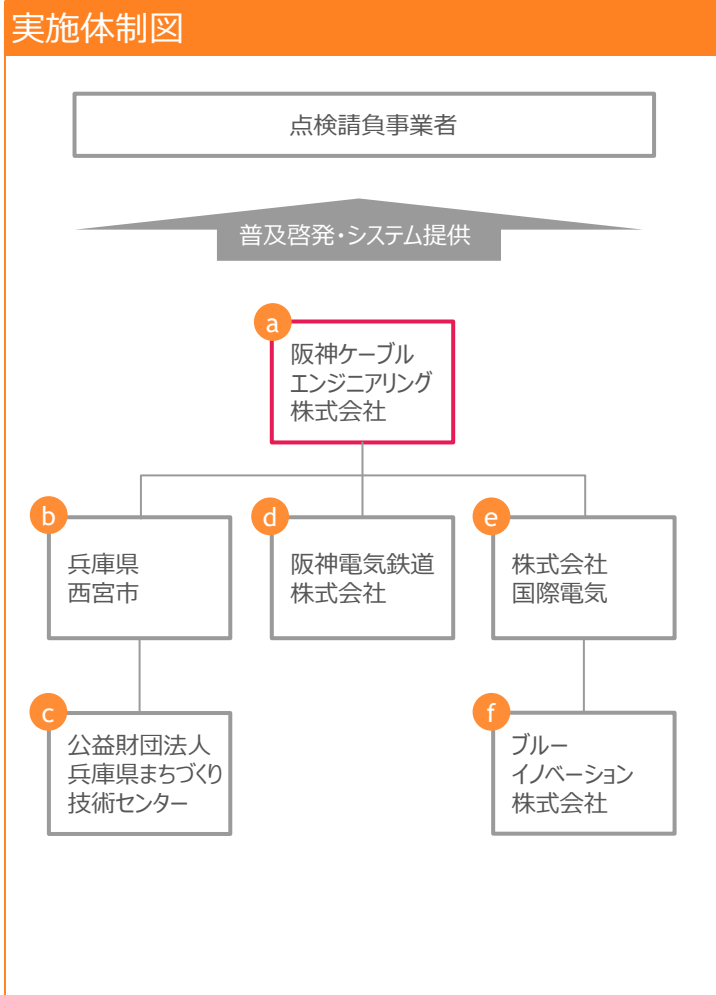


V 実装・横展開の計画

① 実装の計画 (漏れ電波を活用したドローンでの橋梁点検について)

c. 実装の体制

□: 実装の取組全体の責任団体



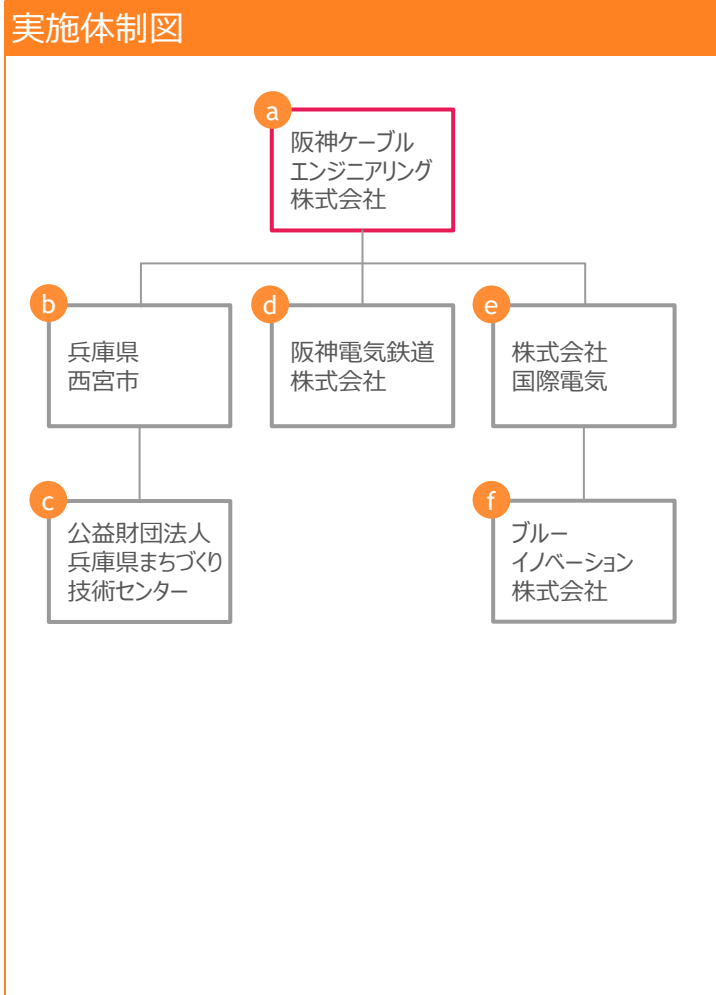
団体名	役割	リソース
a 阪神ケーブルエンジニアリング株式会社	全体管理 ローカル5G回線の提供	3名
b 兵庫県西宮市	実装協力 (橋梁点検予算の確保等)	4名
c 公益財団法人兵庫県まちづくり技術センター	実装協力 (技術研修、スキーム整理等)	2名
d 阪神電気鉄道株式会社	ローカル5Gインフラの運用主体 ローカル5G回線卸	2名
e 株式会社国際電気	パイロード用ローカル5G機材の選定・開発	2名
e ブルーイノベーション株式会社	ドローンの選定・開発 ドローン点検サービス (飛行業務) の提供	4名

V 実装・横展開の計画

② 横展開の計画（漏れ電波を活用したドローンでの橋梁点検について）

a. 横展開の体制

□ :実装の取組全体の責任団体



団体名	役割	リソース
a 阪神ケーブルエンジニアリング株式会社	全体管理 提案活動（阪神沿線）	3名
b 兵庫県西宮市	横展開協力（他自治体への普及啓発等）	4名
c 公益財団法人兵庫県まちづくり技術センター	横展開協力（兵庫県下での情報発信等）	2名
d 阪神電気鉄道株式会社	ローカル5G運用主体（阪神沿線） 他の鉄道事業者への普及啓発（他地域展開）	2名
e 株式会社国際電気	パイロード用ローカル5G機材の選定・開発	2名
e ブルーイノベーション株式会社	提案活動（他地域展開） ドローンの選定・開発 ドローン点検サービス（飛行業務）の提供	4名

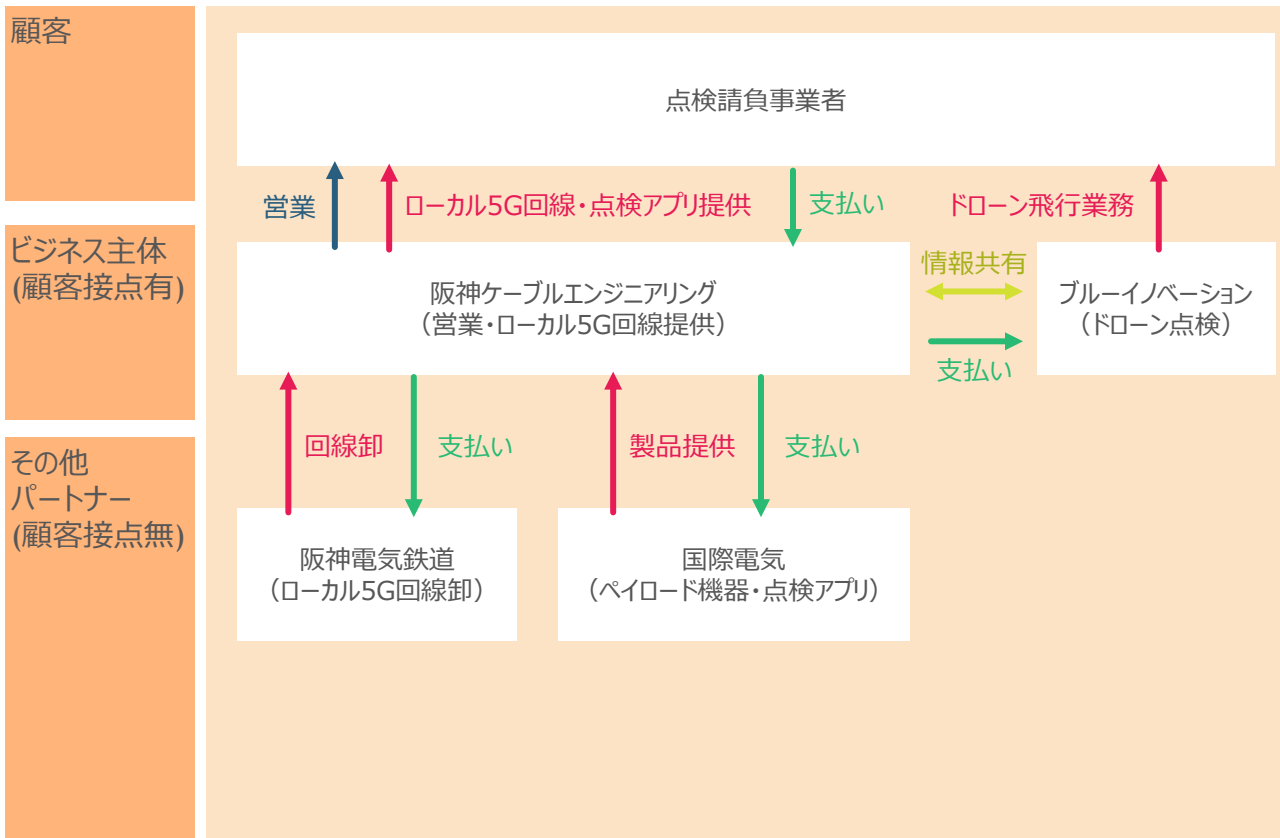
V 実装・横展開の計画

② 横展開の計画 (漏れ電波を活用したドローンでの橋梁点検について)

b. ビジネスモデル

- ← 商品・サービス
- ← 営業(顧客向け)
- ← お金
- ← その他(適宜記載)

ビジネスモデル図 (阪神沿線での横展開の場合)



ビジネスモデル図

概要	点検に必要なドローン、ローカル5G回線、遠隔点検用アプリケーションを点検請負事業者へ提供する。阪神ケーブルエンジニアリングが取りまとめ、関係各社と連携し点検業務を遂行する。	
ポイント(工夫)	マナタイズモデル	点検請負事業者の再委託としての業務請負により、ローカル5G回線やドローンによる点検サービスの提供を行う想定
	ターゲット顧客	自治体等インフラ管理者の定期点検業務を請け負う事業者
	その他	業務請負等のスポット活用しやすいビジネスモデルにより点検請負事業者の利用ハードルを下げる

3 期待効果/資金計画 (鉄道へのローカル5G導入)

a. 販売主体

		2027年度	2028年度	2029年度	2030年度
収益	収益/件 ^①	500万円	500万円	500万円	500万円
	件数(導入先数) [×]	0.2	1	2	3
	合計	100万円	500万円	1,000万円	1,500万円
費用	イニシャル ^②	10,300万円	18,000万円	28,300万円	28,300万円
	ランニング/件 ^③	240万円	240万円	240万円	240万円
	件数 (導入先数) [×]	4	24	48	72
	合計	11,260万円	23,760万円	39,820万円	45,580万円
資金調達方法	阪神電気鉄道株式会社	11,360万円	24,260万円	40,820万円	47,080万円

投資の妥当性(現時点見立て)	販売主体	ローカル5G設備に関わる監視・保守費を阪神電気鉄道株式会社よりいただくことにより、収益化予定
妥当性を高めるための目標	目標	イニシャル費の低減
	アクション	補助金事業への応募

3 期待効果/資金計画 (鉄道へのローカル5G導入)

b. 導入先

		2027年度	2028年度	2029年度	2030年度
収益	収益/件 ^①				
	件数(導入先数) [×]				
	合計				
費用	イニシャル ^②	10,400万円	18,500万円	29,300万円	29,800万円
	ランニング/件 ^③	240万円	240万円	240万円	240万円
	件数 (導入先数) [×]	4	24	48	72
	合計	11,360万円	24,260万円	40,820万円	47,080万円
資金調達方法	自社投資	11,360万円	24,260万円	40,820万円	47,080万円

投資の妥当性 (現時点見立て)	導入先 (支払元)	地域BWAや4G回線では十分な通信性能 (遅延時間・通信容量等) を確保できない。また、非常時の通信帯域確保のため自前の通信回線としてL5Gが必要。
妥当性を高めるための目標	目標	予算の確保
	アクション	ローカル5Gを用いて構築するシステムによる便益を考慮して総合的に判断する。

3 期待効果/資金計画 (漏れ電波を活用したドローンでの橋梁点検について)

a. 販売主体

		2026年度	2027年度	2028年度
収益	収益/件 ^①		12万円	12万円
	件数(導入先数) [×]		5	10
	合計		60万円	120万円
費用	イニシャル ^②		1万円	2万円
	ランニング/件 ^③			
	件数 (導入先数) [×]			
合計		1万円	2万円	

点検受託事業者へのローカル5G通信の提供にあたり、回線利用料からSIMカードなどの必要経費を拠出するため、特別な資金調達は見込まない。

資金調達方法

投資の妥当性(現時点見立て)	販売主体	鉄道用途のために整備したローカル5Gインフラの漏れ電波を有効活用する取り組みであり、インフラ等の投資については鉄道事業者にて進める。阪神ケーブルエンジニアリングを通じて鉄道事業者の投資コストの一部が還元されることで沿線自治体と鉄道事業者でWIN-WINの関係となることを見込む。
妥当性を高めるための目標	目標	移動通信事業者の公衆回線をドローンで利用するには手続きが煩雑であることから、優位性を確立するため漏れ電波を手軽に利用できる提供スキームの構築が必要
	アクション	ローカル5G運用主体である阪神電気鉄道と販売主体である阪神ケーブルエンジニアリングにおいて協議を行い、回線卸などのスキームを構築する。

③ 期待効果/資金計画 (漏れ電波を活用したドローンでの橋梁点検について)

b. 導入先

		2026年度	2027年度	2028年度
収益	①		300万円	300万円
	②			
費用	ランニング/件		1,700万円	1,700万円
	③			
合計			1,700万円	1,700万円
資金調達方法	西宮市 橋梁点検予算		2,000万円 (橋梁点検車が必要となる 橋梁の点検予算)	2,000万円



投資の 妥当性 (現時点 見立て)	導入先 (支払元)	今回の取り組みは従来必要であった点検コストをソリューションの導入によって低減する取り組みであり、現状より少しでもコスト低減が図れることについて前向きなアクションを得られている。
妥当性を 高めるため の目標	目標	ローカル5Gを用いたドローン点検により点検コストを低減する。橋梁点検車からドローンにすることで、1橋梁あたり人件費が30万円削減される見込み。阪神電鉄でのローカル5G整備に合わせて、阪神沿線に存在する約10か所 ※へ拡大してソリューションを適用することで、点検コスト全体に対する低減効果を高め、導入への妥当性が高まる。
	アクション	2027年度に予定される次回定期点検に向けて、西宮市の橋梁点検を担う点検受託事業者である兵庫県まちづくり技術センターと具体的な点検手法・スキームの確立を行うことで、従来の直接目視点検で必要であった高所作業をなくし、高所作業にかかる機材、経費や工数を削減することで点検コストの低減が可能となる見込み。

※ 線路外へのローカル5G漏れ電波を抑える設計ではなく、広域で共同利用する設計に変わること、橋梁点検車が必要であった橋梁10か所すべてを対象とする。

VI 指摘事項に対する反映状況

① 実証過程での指摘事項に対する反映状況

指摘事項

反映状況

ローカル5Gの導入費用が高いとのコメントがあるようですが、関係者間で十分な事前検討を行ったのでしょうか。

これまで行った実証実験により、鉄道の列車内で十分な電波強度を確保するためには、基地局間を200m～300mほどの間隔とする必要があると考えております。その場合、阪神電鉄の線路長（約49km）をすべてカバーすると数十億円規模の投資が必要となり、実用化は現実的ではないという結論になりました。

反映
ページ

68ページ
70ページ

反射板を使用したローカル5G電波伝搬範囲の拡大による初期投資削減ですが、どの程度削減したら実装・横展開につながるかと考えてでしょうか。報告書では、可能ならば数値目標とその実現可能性について示していただきたい。

数値目標とその実現可能性を算出には阪神電車のL5G全線整備を前提とした設計が必要であり、設計に不可欠なトンネル区間および営業列車内での実証実験が未実施であることから、現時点で削減目標の数値およびその実現可能性を具体的に示すことは困難です。今後、追加検証を通じて削減効果の詳細検討を進めます

68ページ

現状ローカル5Gの運用調整で課題が出ているようなところはあるか？直線状のエリアを構築するために工夫しているようなところはあるか？反射板は効果的に動作する見込みはたっているか？漏れ電波でどのくらいの沿線エリアまで有効に活用できるかをしっかり評価してもらいたい

今回の実験試験局構築にあたり、ドローンの映像伝送を行うためのローカル5G上空利用について申請を行いました。電波高度計(4.2～4.4GHz)とローカル5GSub6(4.8～4.9GHz)は周波数が大きく離れているにも関わらず、送信出力や利得に応じて多くの制限があり、他のローカル5G事業者や航空事業者だけでなく、総務省と国土交通省との間で調整が発生することで審査の時間が長くなり、予定より1か月ほど遅れが発生しております。直線状のエリア構築については2022年度から狭指向性アンテナや漏洩同軸ケーブルでの実証を行いました。狭指向性アンテナを使用しても漏れ電波は抑えきれず、漏洩同軸ケーブルで列車内でも十分な電波強度とする場合は設置する方法が限られ、コストも大きいという結論となりました。反射板については線路の側壁の設置することで、線路内で有効に動作することを期待しており、取り付け方や設置角度について検討を行っております。今回の実証でも同じ狭指向性アンテナを使用しますが、漏れ電波により線路外でどの程度活用できる見込みがあるか電波測定により評価します。

68ページ
69ページ

VI 指摘事項に対する反映状況

① 実証過程での指摘事項に対する反映状況

指摘事項

「2026年4月に西宮市で実証を行なうローカル5Gの漏れ電波を利用したドローンでの橋梁点検が有効であれば提案を行っていく」とありますが、報告書では有効であると判断するメルクマールを明確化してください。ドローンによる橋梁点検は、人の目を助けることには極めて有用ですが（足場を組むことなしに確認できるなど）、打音点検や触診などの代替はまだ実証中ではないでしょうか。この部分については、専門家の知見が相当量蓄積されていますので、それを調べてください。

インフラ点検受託事業者がこのサービスを利用したいと思うかどうかについてのヒアリングはされていないのでしょうか？点検事業者である兵庫県まちづくり技術センターとはこの点を議論されているのでしょうか？インフラ点検事業者からの回線利用料が入るかどうかがこのビジネスモデルが成り立つかどうかの鍵だと思います。

市場として想定されている鉄道路線L5Gのカバーエリアは具体的にはどこでしょうか？またその地域にはドローンによる点検対象となる橋梁の数はどれくらいあるのでしょうか？全般的に需要をどう発掘するかについての議論をさらに深める必要があると感じました。

反映状況

内容

兵庫県の橋梁点検は国土交通省が作成した橋梁点検要領をもとに作成した、兵庫県道路橋定期点検要領（兵庫県市町版）を使用しておりますが、今回の実証では目視点検のみを代替対象とし、目視点検項目が100%代替可能となることを目標としております。

目視以外の点検項目についてはドローンでの代替不可として、コスト面でのメリットを整理します。

報告書としては兵庫県道路橋定期点検要領（兵庫県市町版）において、どれだけ項目をドローンで代替できるかに加え、既存のドローンで使用している通信（WiFi2.4GHz）に対するローカル5Gの優位性を示します。

橋梁点検にドローンを使用するかどうかについては、兵庫県まちづくり技術センターの委託先である点検事業者にて検討し、実施計画として兵庫県まちづくり技術センターへ提案を行います。実際に兵庫県まちづくり技術センターや過去に委託されて点検を行った事業者からヒアリングを行っております。ローカル5G使用により遠隔で現地の点検映像をリアルタイムに確認できることで、立ち合い人数の削減や点検漏れの防止が期待できることを兵庫県まちづくり技術センターと点検事業者に提示できればと考えております。

阪神電車の路線近くにある橋梁を想定しております。阪神電車が整備したローカル5G漏れ電波のエリア内かつ、これまでの定期点検において橋梁点検車を使用している橋梁での使用になると考えております。今回検討した西宮市ではこれまでの点検実績から、
・橋梁点検車を使用している橋梁：5本
・ドローンを使用している橋梁：5本
のため、ローカル5Gを利用したドローンでの橋梁点検の対象は10本となります。

反映 ページ

42ページ

53ページ

87ページ

VI 指摘事項に対する反映状況

② 成果報告会での指摘事項に対する反映状況

指摘事項

反映状況

反射フィルムは期待できる性能であったはずだが、実用的な通信エリアの拡大率が110%にとどまった原因は何か。
反射板は鉄道既存形状がボトルネックであったなど、メタサーフェイスを利用した実証によって得られた発見はあるか。

内容

反射板は弱くなった電波を強くするものではないので、目標設定した260%のエリア拡大に無理があった。
基地局の数を大幅に減らすのではなく、設計した基地局数で問題なく進められるよう、不感地帯の改善に反射板は活用可能と考える。
鉄道において設置できる場所が制限されており、設置量も少なかったことが原因と考える。
鉄道の線路に設置するにあたり、課題となる点を右記のページに記載

反映 ページ

42ページ
53ページ

漏れ電波の活用が橋梁点検と相性がいいか、商業施設のビルメンテナンスなど沿線で想定されるほかのユースケースが考えられるか

基地局配置の設計として、漏れ電波を許容し高所から電車を包むように基地局を設置していれば、橋梁にも電波は届き、利用も可能であったと考える。
電波利用は汎用性が高く、漏れ電波エリアで繋がる環境であれば、あらゆるユースケースが考えられるため、線路沿いの商業施設や駅前の公園、球場のようなエンタメ施設などでも活用は可能

68ページ