

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

ローカル5Gを活用した都市内高速道路での  
大規模災害発生時における通信手段の確保と  
迅速な被害状況把握の実現

成果報告書概要版

令和5年3月

首都高速道路株式会社

---

## 実証概要

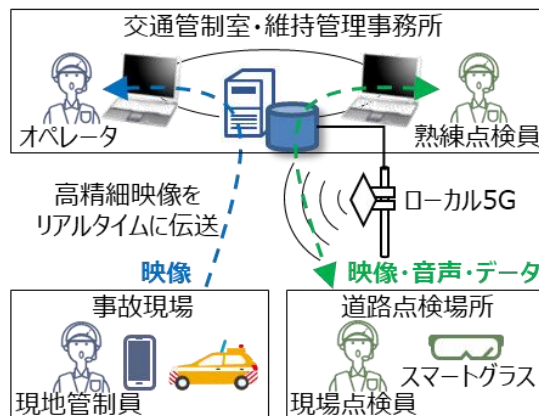
---

# 実証概要

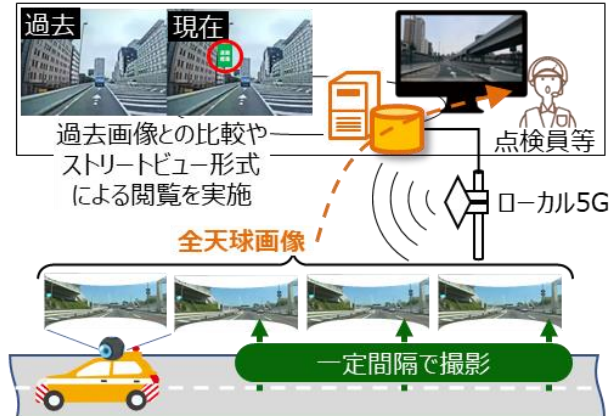
|   |   |             |  |
|---|---|-------------|--|
| <b>実施体制</b><br><small>(下線：代表機関)</small> | 首都高速道路(株)、首都高技術(株)、首都高電気メンテナンス(株)、東芝インフラシステムズ(株)、日本無線(株)、ノキアソリューションズ&ネットワークス(同)、東急電鉄(株)   | <b>実施地域</b> | 東京都板橋区<br>(首都高速5号池袋線 笹目橋付近、高島平付近、西台付近) |
| <b>実証概要</b>                             | 高速道路等においては、大規模災害発生時に緊急車両の通行のため、迅速な道路啓開※が求められる一方、通信輻輳等により迅速に現地の被害状況を確認することが困難という課題が存在。<br>➤ 高速道路にローカル5G環境を構築し、高精細映像のリアルタイム伝送による事故現場状況の迅速な共有や道路点検業務の遠隔支援、360°カメラによる道路状況の確認、測定車による電波環境維持管理効率化の実証を実施。<br>➤ 災害時でも輻輳しない通信インフラを活用した道路インフラ運用・維持管理の高度化・効率化を実現。 |             |  |
| <b>主な成果</b>                             | ➤ 高精細画像・映像のリアルタイム共有、スマートグラスによる遠隔地からの点検業務支援、360°カメラ（首都高ハイウェイビュー-NowON）による道路状況の確認では、アンケート対象者の半数以上から有用性ありの評価を得るも、装着性の改善、装置の小型化、既存システムとの運用性等、今後の課題も確認。<br>➤ 測定車による電波環境維持管理効率化は、可搬型測定機と比較して <b>約86%の時間削減効果</b> 、 <b>約88%の運用コスト削減効果</b> を確認。                |             |  |
| <b>技術実証</b>                             | ➤ カーブや高低差等の特徴を持つ都市内高速道路における線状エリア構築手法の確立のため、遮音壁等を考慮した電波伝搬モデルの精緻化や、分散アンテナシステム、ビームフォーミングアンテナ等を用いたエリア構築の実証を実施。<br>➤ 周波数:4.8-4.9GHz帯(100MHz)、28.2GHz-28.45GHz帯(この間の100MHz) 構成:SA方式 利用環境:屋外   |             |  |
| <b>主な成果</b>                             | ➤ <b>パラメータS、R(コンクリート桁、遮音壁の透過)の仮説値と実測値が近似</b> することを確認。(透光式遮音壁でRの仮説値 $0 < R < 2\text{dB}$ 、実測値 $1.96\text{dB}$ )<br>➤ LCX、分散アンテナ、遮蔽板の <b>いずれの柔軟化手法も不感地対策、他者土地の電波漏洩軽減の有効性</b> を確認。(LCXで8~19dBの電波漏洩軽減)  |             |  |
| <b>今後の展開</b>                            | 本実証成果の実装に向けては、都市内環境における電波干渉回避対策の検討が必要。令和5年度はミリ波帯の活用等の電波干渉対策、共同利用対応、電波干渉不可避を想定した展開計画の検討を実施し、 <b>令和6年度以降、道路啓開優先度の高い路線の実施設計及び展開を推進</b> する。   |             |  |

※ 1車線でも通れるよう、早急に最低限の瓦礫や散乱物を処理し、簡易な段差修正により救援ルートを開けること。

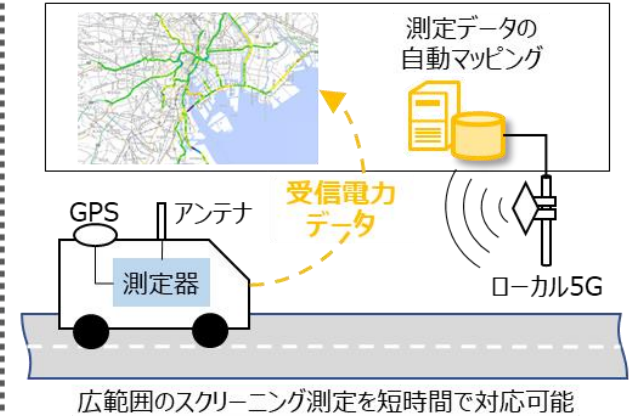
## 高精細画像・映像のリアルタイム共有 スマートグラスによる遠隔地からの点検業務支援



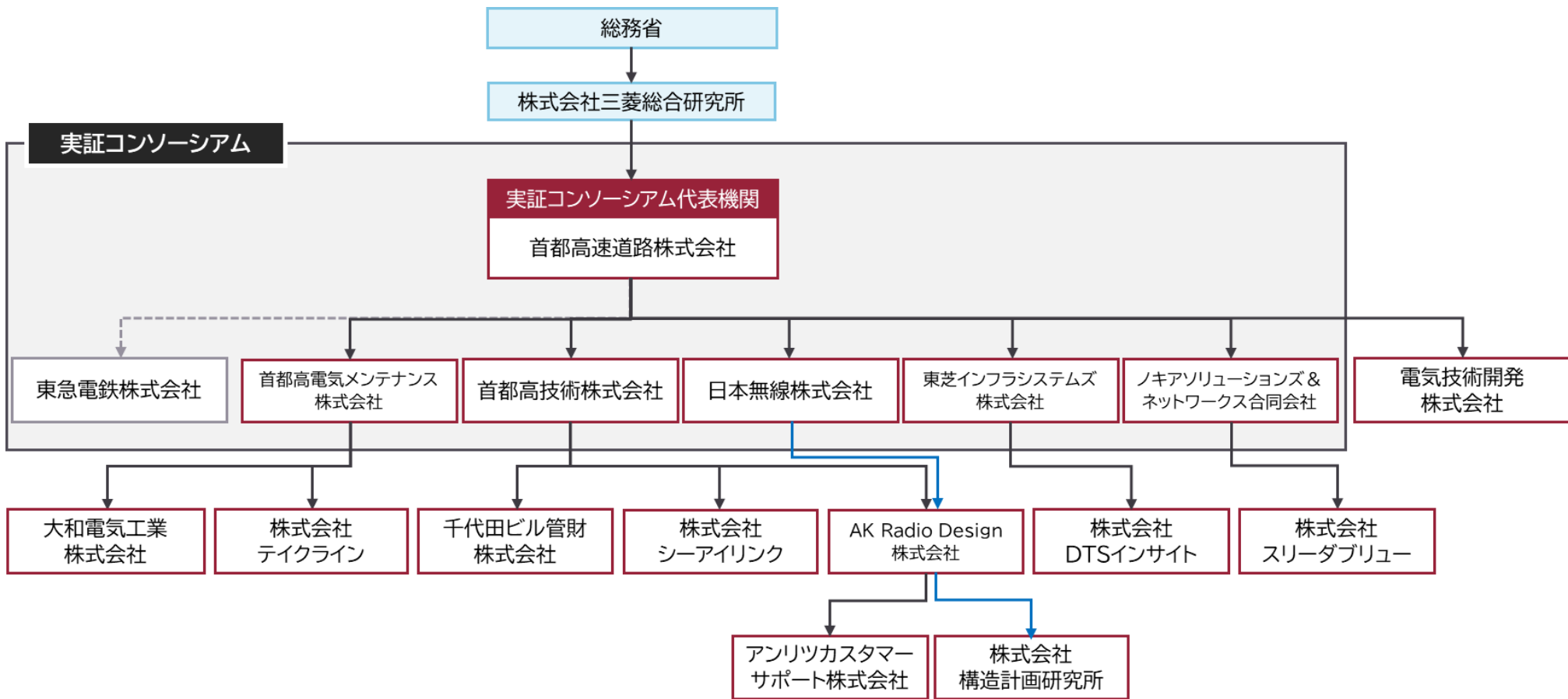
## 首都高ハイウェイビュー-NowON (360°カメラビュー)



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



# 実施体制(1/2)



## 実施体制(2/2)

| 社名                        | 役割   |
|---------------------------|--|
| 首都高速道路株式会社                | 本実証事業の全体統括として、コンソーシアム内の定例会議や各種イベントの企画、無線局免許申請や関係機関協議、事務局との調整、各種提出資料の取りまとめを実施した。また、首都高速の一部を実証環境として提供した。                                       |
| 首都高技術株式会社                 | 課題実証(効率的な電界強度測定技術)の総括として、5G Wave Doctorのソリューションの開発を実施した。また、技術実証の電界強度、スループット等の測定を実施した。  |
| 首都高電気メンテナンス株式会社           | 首都高速上に本実証事業の実施環境を構築した。また、技術実証の実施にあたり、高速上の保安規制、安全管理を実施した。   |
| 東芝インフラシステムズ株式会社           | 課題実証(高精細映像共有、点検業務支援)の総括として、4Kスマートフォンカメラやスマートグラスに関するソリューションの開発を実施した。また、技術実証(分散アンテナシステム)の総括として、技術実証テーマⅡに関する事項の電波シミュレーション、測定計画作成、結果取りまとめを実施した。  |
| 日本無線株式会社                  | 課題実証(360°カメラビュー構築)の総括として、360°カメラビューに関するソリューションの開発を実施した。また、技術実証(狭指向性アンテナ、漏洩同軸ケーブル)の総括として、技術実証テーマⅠ及びテーマⅡに関する事項の電波シミュレーション、測定計画作成、結果取りまとめを実施した。 |
| ノキアソリューションズ & ネットワークス合同会社 | 技術実証(狭指向性アンテナ、Sub6及びミリ波、5GCを含む5Gネットワーク)の総括として、技術実証テーマⅠ及びテーマⅡに関する事項の電波シミュレーション、測定計画作成、結果取りまとめを実施した。   |
| 東急電鉄株式会社                  | 他分野アドバイザー(鉄道分野)として、アドバイザー会議を通じて線状エリア構築技術の汎用性やローカル5G活用モデルの横展開に関する意見交換を実施した。   |
| 電気技術開発株式会社                | 首都高速上に本実証事業の実施環境を構築するにあたり、機器設置及び配線に関する詳細設計を実施した。   |
| 千代田ビル管財株式会社               | 課題実証(効率的な電界強度測定技術)に係る車両運転業務を実施した。  |
| 株式会社シーアイリンク               | 課題実証(効率的な電界強度測定技術)に係る電界強度測定業務及びデータ整理業務を実施した。   |
| AK Radio Design株式会社       | 技術実証テーマⅠ及びテーマⅡにおける3Dシミュレーション、精緻化対応検討、電界強度やスループットの測定及びデータ整理業務を実施した。   |
| 大和電気工業株式会社                | 首都高電気メンテナンス株式会社に協力し、首都高速上に本実証事業の実施環境を構築した。また、技術実証の実施にあたり、高速上の保安規制、安全管理を実施した。   |
| 株式会社テイクライン                | 首都高電気メンテナンス株式会社に協力し、首都高速上に本実証事業の実施環境を構築した。また、技術実証の実施にあたり、高速上の保安規制、安全管理を実施した。   |
| 株式会社DTSインサイト              | 課題実証(高精細映像共有)に用いる高精細映像配信アプリケーションの構築を実施した。  |
| 株式会社スリーダブリュー              | 技術実証(狭指向性アンテナ、ミリ波)に関する免許申請支援、技術実証に係る試験検討及び考察分析を実施した。   |
| アンリツカスタマーサポート株式会社         | 技術実証テーマⅠ及びテーマⅡにおける電界強度やスループットの測定を実施した。   |
| 株式会社構造計画研究所               | 技術実証テーマⅠ及びテーマⅡにおける3Dシミュレーション、精緻化対応に関する測定データ実測比較及び評価を実施した。  |

---

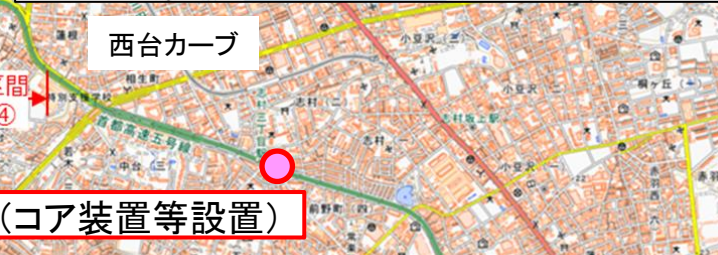
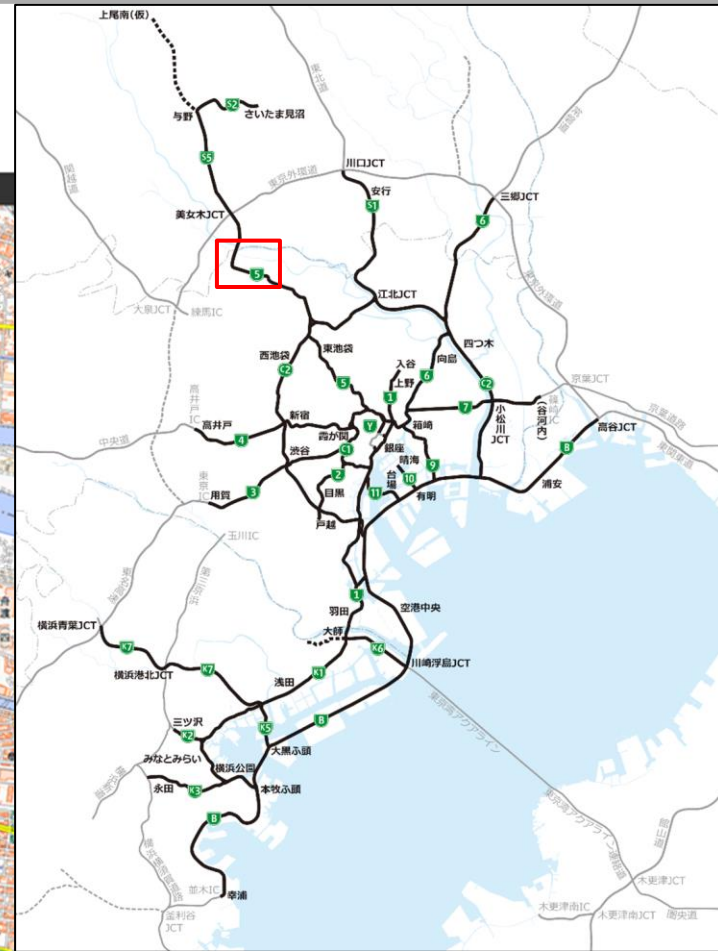
## 実証環境

---

# 実施環境(1/5)

実施場所：東京都板橋区  
5号池袋線 笹目橋～西台付近に4区間を設定

地理院地図 検索：経緯 / 板橋市 / 新保町 / 35度0分0秒 / 135度0分0秒 / 35.00 135.00 / 54SU83694920



# 実施環境(2/5)

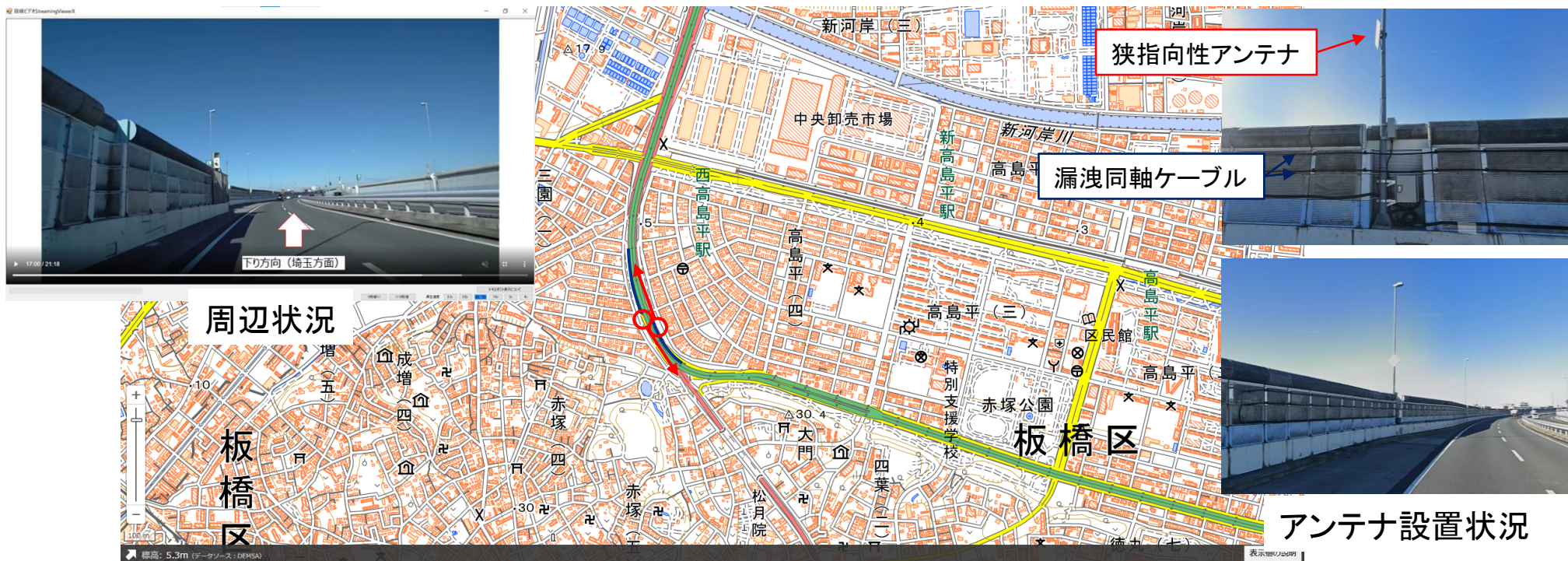
| 区間、道路形状   | 基地局数           | アンテナ種別                                       | 検証内容  |
|---|----------------|--|---|
| <p><b>区間①</b><br/>(直線区間)<br/>目標：電波漏洩を抑えつつ、カバレッジを最大化</p> | <p>Sub6: 1</p> | <p>狭指向性アンテナ<br/>4.8GHz帯(100MHz)<br/>同期運用</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・直線区間の<b>カバレッジの広さ</b>の検証</li> <li>・狭指向性アンテナによる<b>道路外への電波漏洩の程度</b>を検証</li> <li>・<b>遮音壁の効果・影響</b>の検証(アンテナは遮音壁より低い位置に設置)</li> </ul> |





# 実施環境(3/5)

| 区間、道路形状   | 基地局数           | アンテナ種別   | 検証内容   |
|---|----------------|--|--|
| <p><b>区間②</b><br/>(カーブ区間)<br/>目標：少ない基地局で道路内をカバーしつつ、電波漏洩を最小化</p> | <p>Sub6: 2</p> | <p>狭指向性アンテナ × 2<br/>4.8GHz帯(100MHz)<br/>同期運用</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>カーブ区間における狭指向性アンテナによる<b>道路外への電波漏洩の程度</b>を検証</li> <li><b>遮音壁の効果・影響</b>の検証</li> </ul>                        |
|   |                | <p>漏洩同軸ケーブル × 2<br/>4.8GHz帯(100MHz)<br/>同期運用</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>漏洩同軸ケーブルにより<b>道路形状に合わせた通信エリア構築が可能か</b>を検証(ローカル5G周波数帯の屋外使用は国内初)</li> <li><b>大型車等による遮蔽の影響</b>の検証</li> </ul> |



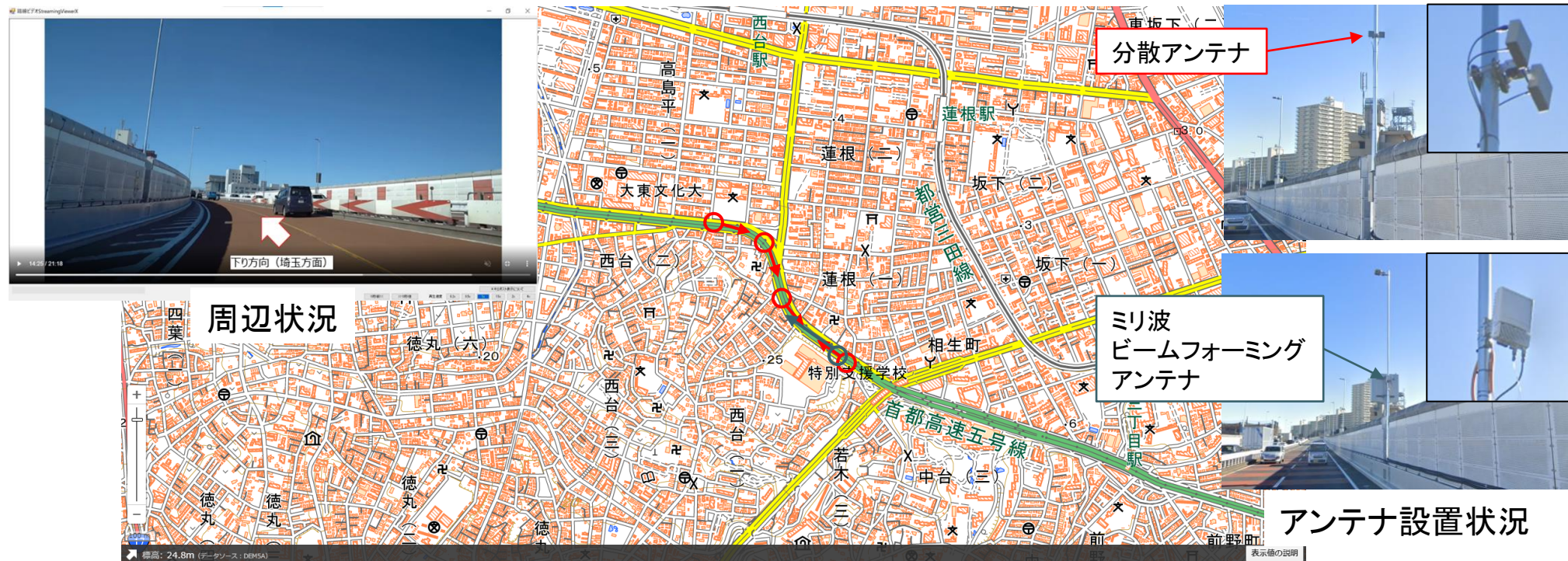
# 実施環境(4/5)

| 区間、道路形状   | 基地局数                      | アンテナ種別   | 検証内容   |
|---|---------------------------|--|--|
| <p><b>区間③</b><br/>(直線区間)<br/>目標：電波漏洩を抑えつつ、カバレッジを最大化</p> | <p>Sub6: 1<br/>ミリ波: 1</p> | <p>狭指向性アンテナ<br/>4.8GHz帯(100MHz)<br/>同期運用</p>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>・直線区間の<b>カバレッジの広さ</b>の検証</li> <li>・狭指向性アンテナによる<b>道路外への電波漏洩の程度</b>を検証</li> </ul> |
|   |                           | <p>ビームフォーミングアンテナ<br/>28.2GHz帯(100MHz)<br/>同期運用</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・<b>ビームフォーミングアンテナの有効性</b>を検証</li> </ul>   |

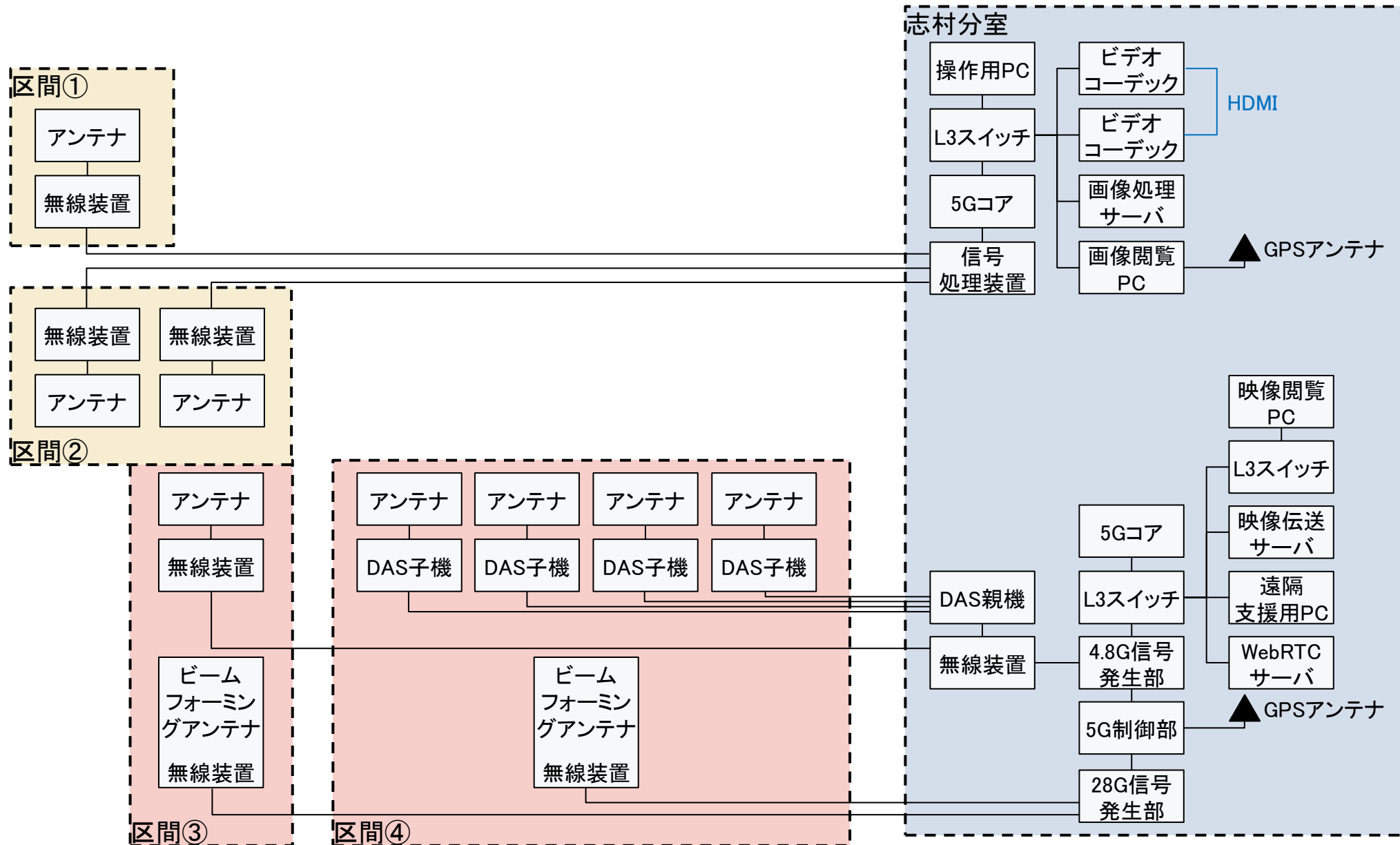


# 実施環境(5/5)

| 区間、道路形状  | 基地局数              | アンテナ種別                                     | 検証内容                                       |
|--|-------------------|--|--|
| <b>区間④</b><br>(カーブ区間)<br>目標：少ない基地局で<br>道路内をカバーしつつ、<br>電波漏洩を最小化 | Sub6: 4<br>ミリ波: 1 | 分散アンテナ × 4<br>4.8GHz帯 (100MHz)<br>同期運用     | ・分散アンテナにより <b>道路形状に合わせた通信エリア構築が可能か</b> を検証 |
|  |                   | ビームフォーミングアンテナ<br>28.2GHz帯 (100MHz)<br>同期運用 | ・ <b>ビームフォーミングアンテナの有効性</b> を検証             |



# ネットワーク・システム構成

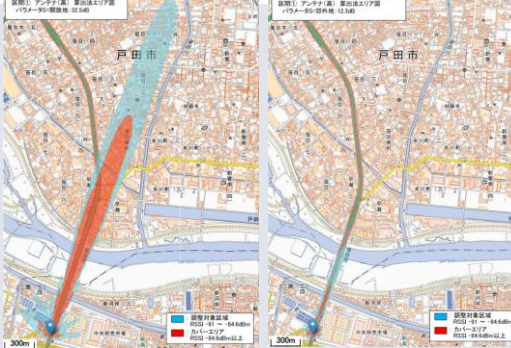
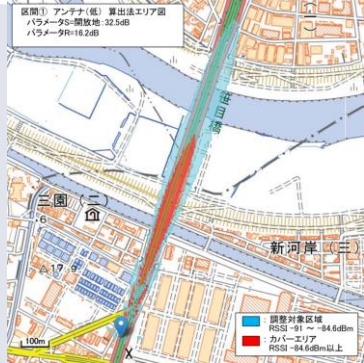

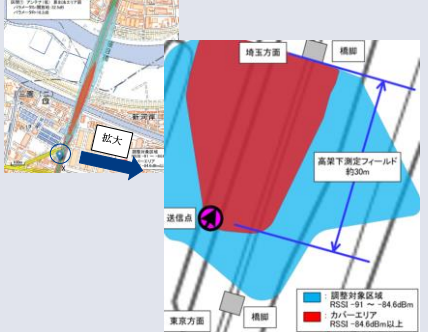

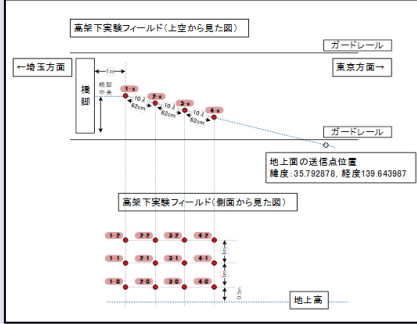


---

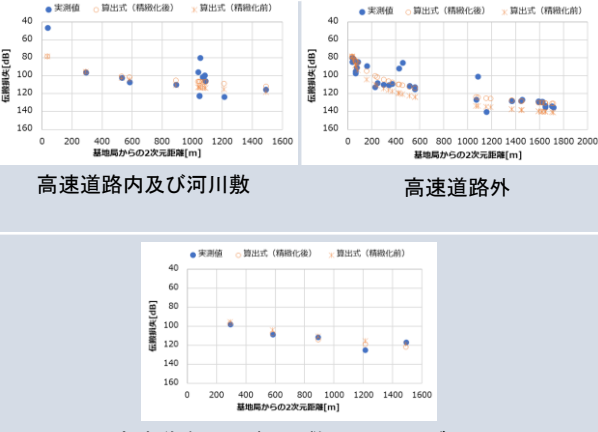
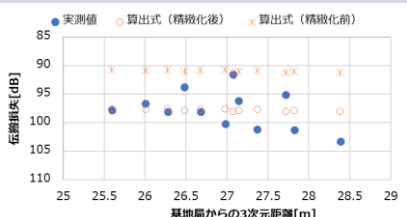
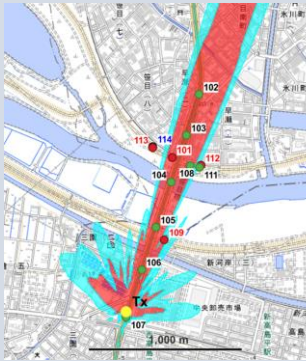

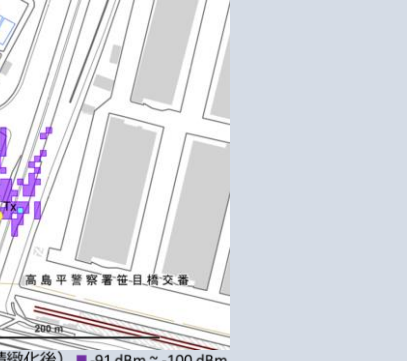
**特殊な環境におけるローカル5Gの電波伝搬特性等に関する技術的検討(技術実証)**

---

# 技術実証テーマ I \_線状の空間における電波伝搬モデルの精緻化(1/3)


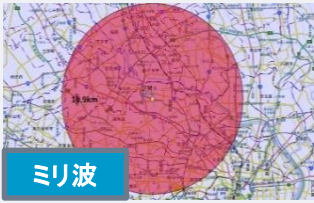

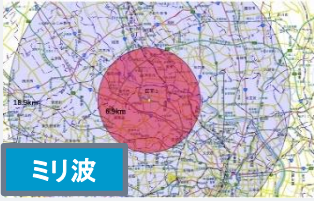
|   | 精緻化パラメータ S   | Sub6 (狭指向性アンテナ)  | 精緻化パラメータ R (コンクリート桁)   | Sub6 (狭指向性アンテナ)  |
|---|--|--|--|--|
| <p><b>算出法エリア図</b></p> <p>仮説値毎に総務省式から算出エリア図を作成</p> <p>高速道路上/河川敷<br/>仮説値=32.5 (開放地)</p> <p>周辺市街地<br/>仮説値=12.3 (郊外地)</p>   | <p>仮説値毎に総務省式から算出エリア図を作成</p> <p>高速道路上/河川敷<br/>仮説値=32.5 (開放地)</p> <p>周辺市街地<br/>仮説値=12.3 (郊外地)</p>  |  <p>開放地モデル      郊外地モデル</p>           | <p>送信点から道路面を透過し高架下の地表に到達する透過波を対象</p> <p>算出法エリア図を作成<br/>R=16.2※<br/>S=32.5 (開放地)</p> <p>※電波法関係審査基準(平成13年1月6日総務省訓令第67号) &lt;抜粋&gt; 記載のRの値を参照</p> |  <p>高架下</p> |
| <p><b>仮説エリア図</b></p> <p>高速道路上/河川敷<br/>開放地モデルの算出法エリア図を参照</p> <p>周辺市街地<br/>郊外地モデルの算出法エリア図を参照</p> <p>道路北側から道路外へ漏洩する電波は、漏洩部が市街地となるため開放地と郊外地のS値の差分: 20.2dBの減衰を伴って減衰するとの仮説。</p> | <p>高速道路上/河川敷<br/>開放地モデルの算出法エリア図を参照</p> <p>周辺市街地<br/>郊外地モデルの算出法エリア図を参照</p> <p>道路北側から道路外へ漏洩する電波は、漏洩部が市街地となるため開放地と郊外地のS値の差分: 20.2dBの減衰を伴って減衰するとの仮説。</p> |                                      | <p>高架下の測定フィールドを送信点位置から送信方向30m程に位置する橋脚手前までとし、道路面の透過に伴う損失について検証を行う。</p>  |             |
| <p><b>検証方法</b></p> <p>各測定点における実測値と仮説した精緻化パラメータを反映した算出式により得られる受信電力値との差分をとり、差分値が最小となるようパラメータの見直しを行う。精緻化後のパラメータ値により再度受信電力を計算し再び実測値との差分をとり、検証を行う。</p>                         | <p>各測定点における実測値と仮説した精緻化パラメータを反映した算出式により得られる受信電力値との差分をとり、差分値が最小となるようパラメータの見直しを行う。精緻化後のパラメータ値により再度受信電力を計算し再び実測値との差分をとり、検証を行う。</p>                       |  <p>測定点(高速内・河川敷)      測定点(高速外)</p> | <p>各測定点における実測値と仮説した精緻化パラメータを反映した算出式により得られる受信電力値との差分をとり、差分値が最小となるようパラメータの見直しを行う。精緻化後のパラメータ値により再度受信電力を計算し再び実測値との差分をとり、検証を行う。</p>                 |           |

# 技術実証テーマ I 線状の空間における電波伝搬モデルの精緻化(2/3)

|                       | 精緻化パラメータ S  | Sub6(狭指向性アンテナ)  | 精緻化パラメータ R<br>(コンクリート桁)  | Sub6(狭指向性アンテナ)  |   |
|-----------------------|---|---|--|---|---|
| <p><b>実測と精緻化</b></p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・高速道路内及び河川敷<br/>仮説値 S=32.5<br/>精緻化後 S=39.3<br/>RMSE 13.97</li> <li>・高速道路外<br/>仮説値 S=12.3<br/>精緻化後 S=22.7<br/>RMSE 8.69</li> </ul> <p>高速内及び河川敷精緻化の改善検討<br/>エリアの測定点においてアンテナのメインローブ方向のみの5点を用いて精緻化<br/>・高速道路内及び河川敷<br/>再精緻化後 S=30.44<br/>改善後 RMSE 3.84</p> |  <p>高速道路内及び河川敷      高速道路外</p> <p>高速道路内及び河川敷(メインローブ)</p> | <p>基地局付近の高架下</p> <p>仮説値 R=16.2<br/>精緻化後 R=22.98<br/>RMSE 3.13</p>  <p>基地局付近の高架下</p> |   |   |
| <p><b>精緻化エリア図</b></p> |  <p>高速内及び河川敷</p>  |  <p>高速外</p>   |  |  <p>基地局付近の高架下</p> |   |
| <p><b>考察</b></p>      | <p>高速内の測定点においては、実測値と精緻化後の算出式の結果が非常によく一致した。同様に市街地における精緻化後の結果も実測値と非常によく一致しており、エリア算出式で推定可能であることを示した。以上より、今回実証した線状の開放地の環境、かつ狭指向性アンテナにおいては、アンテナのメインローブ方向に関しては非常に精度よく精緻化できることを示した。線状エリアにおいて、狭指向性アンテナを導入する際にシミュレーションによるエリア予測に沿う結果を得るには、施工時のアンテナの方位調整を精度よく行うことが重要である。</p>                             |   |  |   | <p>Rの精緻化の結果、精緻化後のRの値は22.98となり、仮説値であった16.2より大きな値となった。高速道路の高架のような厚みのあるコンクリートに対する精緻化パラメータを特定できれば非常によく受信電力を推定できることがわかった。<br/>実測した距離範囲が短かったため、距離に応じた受信電力の減衰特性は確認できなかったが、精緻化後のエリア算出式の結果が実測値に近くなることは確認できた。</p> |

# 技術実証テーマ I 線状の空間における電波伝搬モデルの精緻化(3/3)

### 精緻化パラメータR(遮音壁)

|   |   |  |
|---|---|--|
| <p><b>算出法エリア図</b></p> <p>総務省式から算出エリア図を作成<br/>                 ※対象エリア：高速道路以外<br/>                 Sub6: R=0、K=0、<br/>                 S=0(市街地)<br/>                 ミリ波: R=0</p> |  <p>Sub6</p> |  <p>ミリ波</p> |
| <p><b>推定値と仮説エリア図</b></p> <p>&lt;推定値&gt;<br/>                 既知の別素材の透過損率から推定<br/>                 0&lt;R値&lt;2.0 (Sub6)<br/>                 0&lt;R値&lt;3.98 (ミリ波)</p>          |  <p>Sub6</p> |  <p>ミリ波</p> |



# 技術実証テーマⅡ\_線状の空間におけるエリア構築の柔軟化【LCX】(1/2)

柔軟化の対象：■不感地対策 ☑他者土地への電波漏洩軽減

解決方策 ■反射板 ■中継器 ■DAS ☑LCX ■その他

## エリア構築の課題 技術的課題

狭指向性アンテナは、その指向特性により、直線区間で長距離に渡って無線エリアを構築する際には有利である。しかし、曲線区間においては、高速道路近隣の他者土地への電波漏洩が大きくなってしまふ。アンテナチルトを調整したり無線機の送信出力を下げたりすることで、ある程度の対応は可能だが、電波漏洩を調整対象区域レベル以下に抑えるのは困難である。

## 上記課題の 解決方策

課題解決前：区間中央の2台の無線機に狭指向性アンテナを取り付け、それぞれ、区間の端点に方位を調整してエリアを構築。  
課題解決後：区間中央の2台の無線機に接続した漏洩同軸ケーブルを遮音壁に固定し、それぞれ、区間の端点方向に150mずつ伸ばしてゆく。

### 業務区域、カバーエリア、調整対象区域、自己土地、他者土地



区間②は全域に渡り、上り・下り車線に高さ3m程の遮音壁があるが、据付する際の建築限界基準により、アンテナは遮音壁を越える高さでの設置となる。曲線区間でエリア構築するために、アンテナのチルトや、方位、及び無線機の送信出力の調整を実施したが、アンテナ方位角に従った方向(上図の黒矢印)への電波の漏洩が発生することが見込まれる。路外への電波漏洩を低減するため、遮音壁に漏洩同軸を据付し、300mに渡る区間でエリアを構築する。

### エリア構築のシミュレーション

Wireless InSite (Remcom社製)に建物データ(PLATEAU)及び高速道路データを適用しレイトレースシミュレーションを実施。高速道路外への電波漏洩の影響を検討。



評価：〔実用性、優れる点、留意点等〕  
シミュレータに与えた3Dモデルの物理的な現象を含めシミュレーションが可能。狭指向性アンテナにおける電波漏洩について、実測値とほぼ一致した。従来シミュレーションすることが困難であった漏洩同軸ケーブルのシミュレーション手法の有効性を確認した。

# 技術実証テーマⅡ\_線状の空間におけるエリア構築の柔軟化【LCX】(2/2)

柔軟化の対象：■不感地対策 □他者土地への電波漏洩軽減

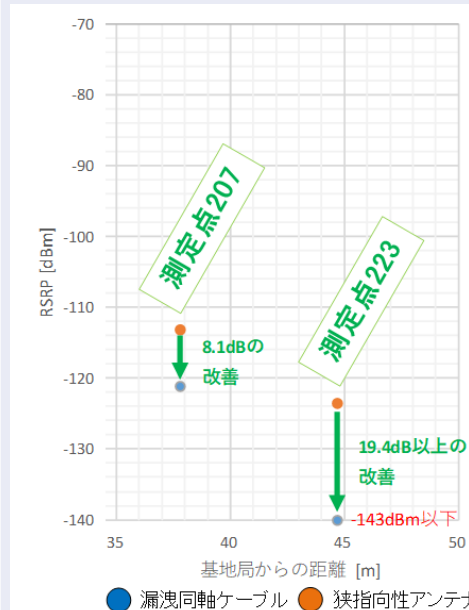
解決方策 ■反射板 ■中継器 ■DAS □LCX ■その他

## 実証結果

電波漏洩軽減評価のための測定点  
漏洩同軸ケーブルからの路外への漏洩を把握するために、漏洩電波の受信電力が最大となる給電点に近い測定点を2点設けた。



漏洩同軸ケーブルの場合の測定結果  
ID207 -121.2dB(RSRP)  
ID223 計測不可



狭指向性アンテナの場合の実測値と比べ、各測定点で漏洩電波が低減した。

高速道路上の漏洩同軸ケーブル敷設区間全域に渡り、エリア構築。

エリア内で4車線で所望の通信性能を得た。

## 実証の成果

- ・得られた知見
- ・課題解決への貢献
- ・シミュレーション精度向上への貢献
- ・さらなる課題の提案

- ・漏洩同軸ケーブル設置側と反対側の車線上での通信において、実験結果としては**4車線(約20m幅)で通信エリア構築を確認**
- ・漏洩同軸ケーブルは通常のアンテナと放射特性が異なり、シミュレーション手法が確立していないが、**単位長の漏洩同軸ケーブルで得た放射特性をアンテナパターンとし、アンテナを1m毎に設置する手法でシミュレーションを実施することにより、実測値と同様の傾向を得られることを確認**
- ・漏洩同軸ケーブルにより**周辺への電波漏洩を抑えられることを確認**
- ・周辺への漏洩が厳しく制限される環境下での利用が有効
- ・直線区間や曲線区間が複合的に含まれる線状エリアにおける置局設計では、直線区間に適する狭指向性アンテナと曲線区間に適する漏洩同軸ケーブルの複合配置が有効

## 写真



漏洩同軸ケーブル  
※遮音壁に据付

# 技術実証テーマⅡ\_線状の空間におけるエリア構築の柔軟化【遮蔽板】(1/2)

柔軟化の対象：■不感地対策 ☑他者土地への電波漏洩軽減

解決方策 ■反射板 ■中継器 ■DAS ■LCX ☑その他

## エリア構築の課題 技術的課題

首都高速の直線線状エリアにおいて、他者土地への電波漏洩を低減するために、アンテナパターンを狭小にする必要がある。専用狭小アンテナを設計、試作するには、時間とコストがかかる。

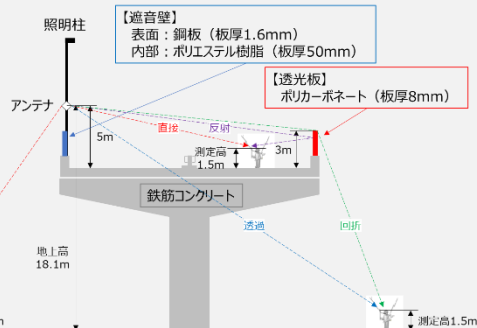
## 上記課題の 解決方策

課題解決前：狭小アンテナを設計し、試作、製作  
課題解決後：既存アンテナに遮蔽板を設置することで、狭小アンテナと同等の性能を実現

## 業務区域、カバーエリア、調整対象区域、自己土地、他者土地



しゅとこうごうせんろーから5Gきちきよく(じっけん)12 (区間③、狭指向性アンテナ)



アンテナを設置するには照明柱が効率的であるが、道路端のため、道路外の他者土地とは何の障害物もなく設置している。反対側も遮音壁はあるものの、全てが遮音壁で遮蔽できるものではない。

## エリア構築のシミュレーション

使用ツール：Wireless InSight (Remcom製)  
方法：拡張泰式をベースにしたレイトレース  
パラメータ：S(市街地)、構造物による反射・透過を考慮



アンテナに遮蔽板を設置したカバーエリア、調整対象区域 (高速道路外)

遮蔽板を設置しない場合のカバーエリア、調整対象区域 (高速道路外)

評価：[実用性、優れる点、留意点等]

設置後のシミュレーションと実測の結果は近似しているが、設置前については実測の方が遠方にサービスエリアが広がっていた。これは、パラメータSを市街地に設定したことで、高速道路南側に沿って存在した公園に合致せず、建物が輻輳する市街地で起こるべき減衰が計算されてしまったため、長距離ほど多くの差分がでてしまったと推察できる。本来シミュレーションツールは、Sのように一様なパラメータを使うのではなく、それぞれの建物や森林について個別に減衰が設定できるので、本来の使用方法でシミュレーションを行えば総務省式より精緻化できると考える。

# 技術実証テーマⅡ\_線状の空間におけるエリア構築の柔軟化【遮蔽板】(2/2)

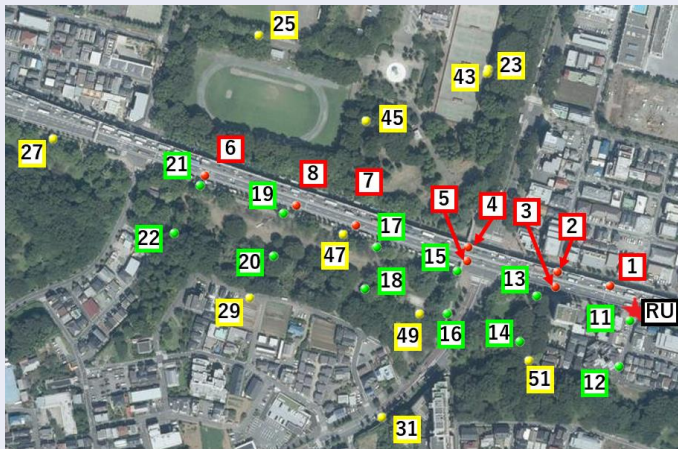
柔軟化の対象：■不感地対策 □他者土地への電波漏洩軽減

解決策 ■反射板 ■中継器 ■DAS ■LCX □その他

## 実証結果

### <測定エリア>

- 路外：12ポイント(固定点)、10点(カバーエリア端)、路上：8ポイントの計30点を測定
- 遮蔽板の有無による、RSRP, SIRを測定



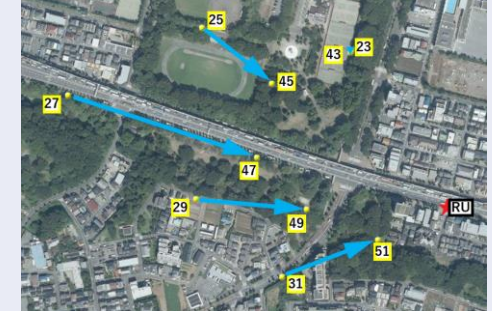
- ：定点測定（路外）
- ：定点測定（高速上）
- ：エッジ探索結果に基づく定点（カバーエリア -84.6dBm）

### <漏洩電力低減（高速道路外）>

固定点  
遮蔽板により、漏洩電力低減

| 測定点 ID | 受信電力(RSRP)[dBm] |       | 目標値[dB] | 改善値[dB] |
|--------|-----------------|-------|---------|---------|
|        | 柔軟化前            | 柔軟化後  |         |         |
| 11     | -50.6           | -54.8 | 10.0    | 4.2     |
| 12     | -57.6           | -63.9 | 10.0    | 6.3     |
| 13     | -56.7           | -59.1 | 10.0    | 2.4     |
| 14     | -70.6           | -79.7 | 10.0    | 9.2     |
| 15     | -53.0           | -62.3 | 10.0    | 9.3     |
| 16     | -76.0           | -78.9 | 10.0    | 2.9     |
| 17     | -66.6           | -77.0 | 10.0    | 10.4    |
| 18     | -79.7           | -86.5 | 10.0    | 6.8     |
| 19     | -79.0           | -89.1 | 10.0    | 10.1    |
| 20     | -75.6           | -86.6 | 10.0    | 11.0    |
| 21     | -80.8           | -94.0 | 10.0    | 13.2    |
| 22     | -85.4           | -95.7 | 10.0    | 10.3    |

カバーエリア端の縮退  
漏洩電力低減の結果、カバーエリアが縮退



### <高速上エリア確保>

遮蔽板により放射電力低減のため受信電力は低減しているが、SIRの劣化はほぼない

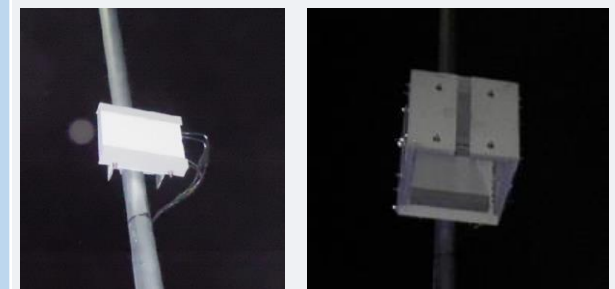
| 測定点 ID | 受信電力(RSRP)[dBm] |       |         | SIR [dB] |      |      |
|--------|-----------------|-------|---------|----------|------|------|
|        | 柔軟化前            | 柔軟化後  | 改善値[dB] | 柔軟化前     | 柔軟化後 | 改善値  |
| 1      | -40.7           | -42.3 | -1.6    | 19.0     | 21.3 | 2.4  |
| 2      | -25.7           | -43.3 | -17.6   | 21.4     | 21.3 | -0.1 |
| 3      | -31.9           | -40.3 | -8.4    | 20.6     | 21.1 | 0.5  |
| 4      | -37.1           | -51.6 | -14.5   | 20.7     | 20.0 | -0.7 |
| 5      | -37.0           | -48.7 | -11.7   | 19.8     | 20.5 | 0.7  |
| 6      | -48.7           | -55.7 | -7.0    | 19.4     | 20.2 | 0.8  |
| 7      | -39.2           | -51.9 | -12.7   | 20.2     | 19.4 | -0.8 |
| 8      | -49.5           | -61.0 | -11.5   | 18.1     | 17.9 | -0.2 |

## 実証の成果

- 遮蔽板により道路外の電波漏洩電力の低減を実現
  - 高速道路上の受信電力は低減されてしまうが、SIRの劣化はほぼ無し
  - 既存アンテナへの後付けが可能であり、柔軟にエリア形成を可能（ただし施工者からの聞き取りでは、プロトタイプのため施工性の問題あり）
  - 道路形状に合わせ、遮蔽板の形状を工夫することにより、様々なケースで柔軟化を行える可能性あり
- 今後、性能と施工性を考慮しながら、将来の商用展開に向けて、さらに検討を進める。

- 得られた知見
- 課題解決への貢献
- シミュレーション精度向上への貢献
- さらなる課題の提案

## 写真



遮蔽板無

遮蔽板有

狭指向性アンテナ

# 技術実証テーマⅡ\_線状の空間におけるエリア構築の柔軟化【DAS】(1/2)

柔軟化の対象：不感地対策 他者土地への電波漏洩軽減

解決方策 反射板 中継器 DAS LCX その他

|                           |   |
|---------------------------|---|
| <b>エリア構築の課題<br/>技術的課題</b> | 不感地帯発生要因として、①カーブによる見通し制限、②大型車等の通行車両による遮蔽、③道路附属物による遮蔽や反射が想定される。不感地帯により、現地動画が途切れる、画質が低下する等の課題がある。また、他者土地への電波漏洩の要因として、①自己土地端まで通信エリアとする必要性、②他者土地との十分な離隔がとれないことが挙げられる。 |
| <b>上記課題の<br/>解決方策</b>     | 課題解決前：基地局のみでエリア化した場合と比較して道路上の不感地帯と他者土地への電波漏洩が生じる<br>課題解決後：DASによるきめ細かいエリア構築により障害物による影響の軽減や不感地帯の解消対策に有効   |

## 業務区域、カバーエリア、調整対象区域、自己土地、他者土地

〔業務区域図、カバーエリア図、調整対象区域図、自己土地図、他者土地図〕



## エリア構築のシミュレーション

方法：遮音壁等、道路構造物による道路外への電波漏洩の影響を確認するため、Wireless InSite (Remcom製)によるレイトレースシミュレーションを実施し、実測値との差異分析を実施

〔シミュレーション値/実測値を比較した図表〕



評価：〔実用性、優れる点、留意点等〕

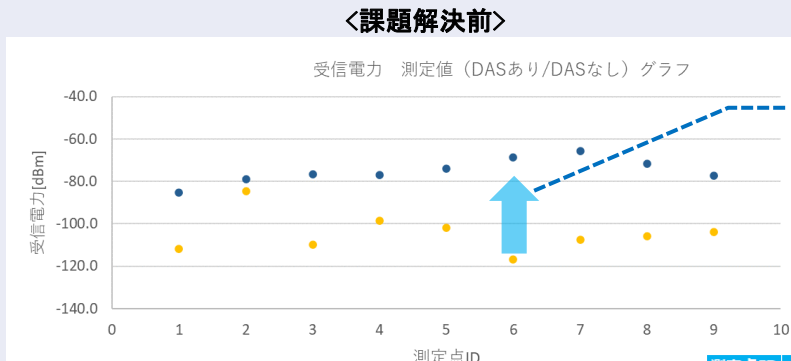
高架道路上の照明柱にアンテナを設置しており、遮音壁を越える条件においては、電波の到来方向に概ね障害物がないものと仮定し、シミュレーション条件を開放地相当に設定することで、実測値に近い結果が得られた。

# 技術実証テーマⅡ\_線状の空間におけるエリア構築の柔軟化【DAS】(2/2)

柔軟化の対象: 不感地対策 他者土地への電波漏洩軽減

解決方策 反射板 中継器 DAS LCX その他

## 実証結果



DASを用いることで高速道路上の不感地帯を解消

同一セルで線状エリアを構築しており、ハンドオーバーが生じないエリアを構築



DAS子機間での  
干渉無し

SIR、UL/DLスループット測定結果

| 測定点ID | SIR/SINR 実測値 [dB] |      |      | UL伝送スループット 実測値 [Mbps] |       |      | DL伝送スループット 実測値 [Mbps] |      |      | PCI |
|-------|-------------------|------|------|-----------------------|-------|------|-----------------------|------|------|-----|
|       | 中央値               | 平均値  | 標準偏差 | 中央値                   | 平均値   | 標準偏差 | 中央値                   | 平均値  | 標準偏差 |     |
| 1     | 12.3              | 12.0 | 3.38 | 25.00                 | 25.01 | 0.41 | 8.02                  | 8.02 | 0.01 | 500 |
| 2     | 11.6              | 11.6 | 4.06 | 25.00                 | 24.98 | 0.80 | 8.01                  | 8.01 | 0.03 | 500 |
| 3     | 14.9              | 14.4 | 3.54 | 25.02                 | 25.01 | 0.32 | 8.02                  | 8.02 | 0.01 | 500 |
| 4     | 17.4              | 17.1 | 2.39 | 25.01                 | 25.01 | 0.12 | 8.01                  | 8.01 | 0.02 | 500 |
| 5     | 17.5              | 17.3 | 2.30 | 25.00                 | 25.01 | 0.49 | 8.02                  | 8.02 | 0.01 | 500 |
| 6     | 16.0              | 15.8 | 2.31 | 25.00                 | 25.01 | 0.12 | 8.01                  | 8.01 | 0.01 | 500 |
| 7     | 20.0              | 19.6 | 2.29 | 25.00                 | 25.01 | 0.14 | 8.02                  | 8.02 | 0.01 | 500 |
| 8     | 16.5              | 16.3 | 2.77 | 25.02                 | 25.01 | 0.90 | 8.01                  | 8.01 | 0.01 | 500 |
| 9     | 14.0              | 12.9 | 3.39 | 25.00                 | 25.01 | 0.18 | 8.01                  | 8.01 | 0.01 | 500 |

## 実証の成果

- ・得られた知見
- ・課題解決への貢献
- ・シミュレーション精度向上への貢献
- ・さらなる課題の提案

- ・高速道路上の**全ての測定点**において、十分な受信電力が得られ、目標とするサービスレベルを満足
- ・DAS子機間で**干渉が生じない**ことや、DAS子機間の**ハンドオーバーが発生しない**ことが確かめられ、安定した通信環境であることを確認
- ・電波漏洩をより軽減するためには、DAS子機の送信出力を抑えることやアンテナチルト角等を調整することが必要
- ・DASは子機毎に出力を設定することが可能であり、細かなエリア設計ができることから、カバーエリア内の通信品質を保ちつつ、電波漏洩を軽減することが可能であり、**広く安定したエリアの構築手法として非常に有効**

## 写真



---

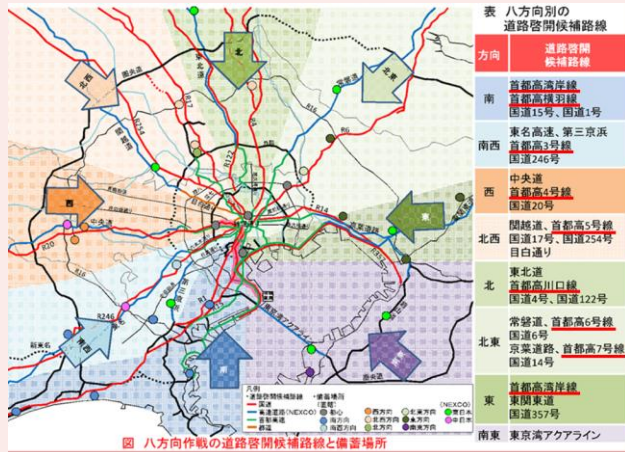
## ローカル5G活用モデルに関する検討(課題実証)

---

# 実証概要/首都高速の現状

## 災害時

・首都高は首都直下地震時の道路啓開候補路線として指定



道路啓開訓練

出典：国土交通省 関東地方整備局 首都直下地震道路啓開計画を一部加工

・緊急車両を通行させるため、**道路啓開**が必要

- ① **高架区間の段差や目開き**の程度確認、修正
- ② 緊急車両の通行に支障となる**停車車両、瓦礫、散乱物の除去**

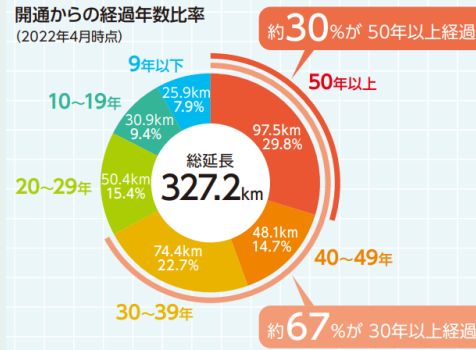
・迅速な道路啓開には、**映像等による現地状況把握**が不可欠

・**通信キャリア回線**は接続規制等により**利用困難**

## 平常時

・首都高は過酷な道路使用状況にさらされている

- ① 首都高の**約30%**が開通から**50年以上経過**
- ② 首都高の**約95%**が**道路構造物**
- ③ **1日100万台**の重交通量、**大型車交通量が一般道の5倍**
- ④ 事故、故障車、落下物等の**交通異常事象が13分に1回発生**



・円滑な道路交通の維持のため、**異常状態の迅速な発見や効率的な対応**が必要(点検、維持補修、交通管理)

特に映像の活用は重要なユースケース

## 課題実証項目選定の観点

- ・ローカル5G整備により、**災害時の安定した通信インフラ確保**とともに、**平常時の業務高度化・効率化**を目指す。(①・②)
- ・ローカル5G整備後も、構築及び調整が難しい**線状の無線通信エリア**の**効率的で持続可能な維持管理**を目指す。(③)

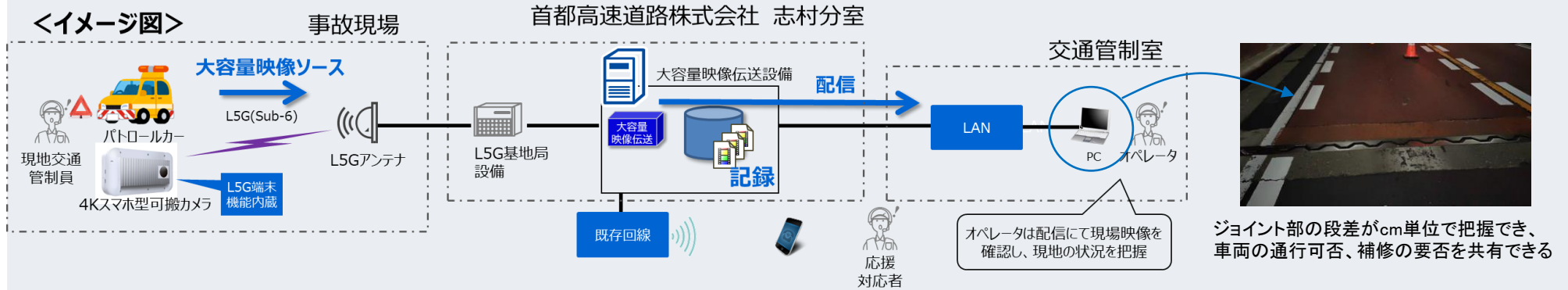
- ① 高精細画像・映像のリアルタイム共有/スマートグラスによる遠隔地からの点検業務支援
- ② 首都高ハイウェイビューNowON(360°カメラビュー)
- ③ 線状無線通信エリアを効率的に維持管理可能な5G Wave Doctor



# 実証概要/実証環境(1/2)

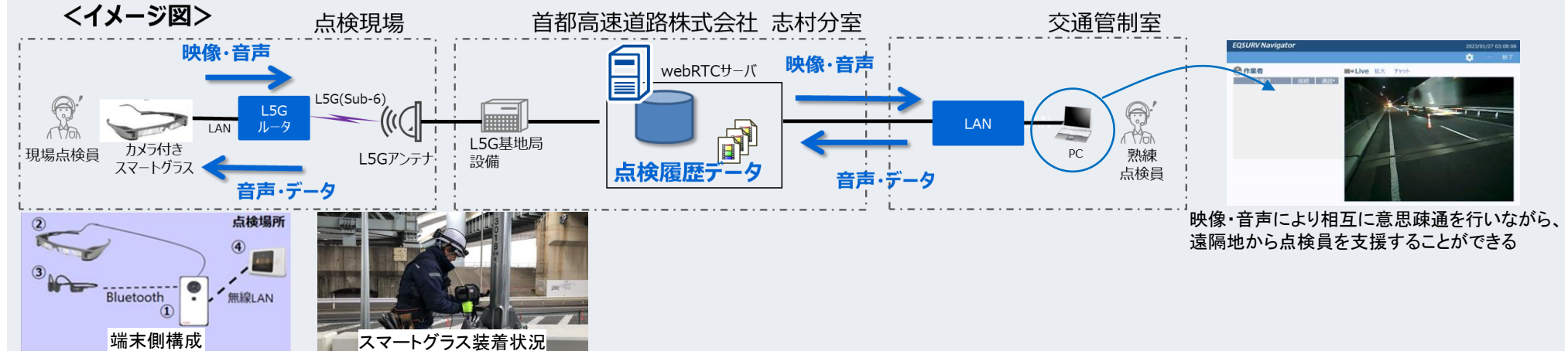
## 高精細画像・映像のリアルタイム共有

4Kスマートフォン型可搬カメラにて撮影した映像を遠隔地のオペレータへ伝送することにより、**災害時の道路状況確認の質が向上し、対応判断の迅速化と精度が向上し**、早期道路啓開を可能とする。また、パトロールカーに**ドラレコのように取り付けることで、走行中の映像を伝送**できる。



## スマートグラスによる遠隔地からの点検業務支援

スマートグラスを介した**映像／音声情報の円滑な共有**により、**点検業務や事故処理対応の迅速化・精度向上**を可能とする。また、**点検作業手順書の電子化や音声認識でのチェックリスト入力により業務効率を改善**できる。



# 実証概要/実証環境(2/2)

## 首都高ハイウェイビューNowON(360° カメラビュー)

首都高の画像・映像共有における運用・管理上の課題を解決するため、**全天球カメラを活用し短時間で更新されるストリートビュー・システム**を構築し、**平常時におけるパトロール業務の効率化**や、**災害時における早期の状況把握及び復旧活動の迅速化**を可能とする。



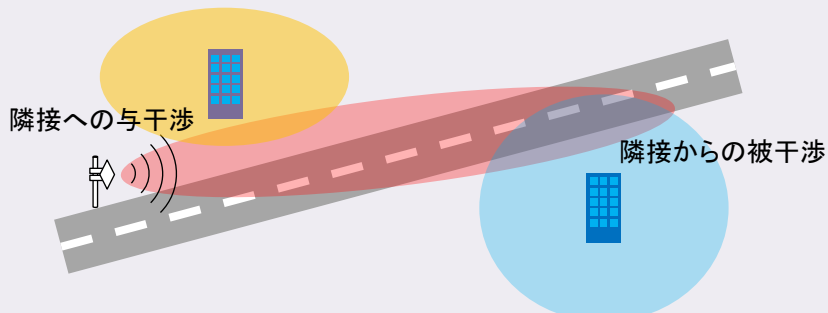
「リアルタイムに近い」首都高のストリートビューを構築する

全パト車に搭載した全天球カメラからの映像を蓄積、閲覧可能にする事で、数分～1時間以内に撮影したストリートビューを構築する。



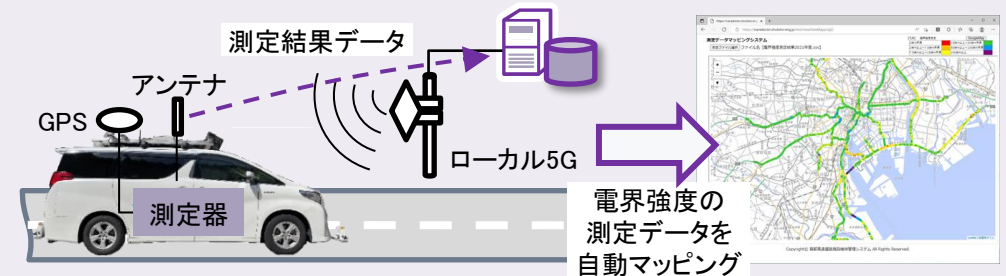
## 線状無線通信エリアを効率的に維持可能な5G Wave Doctor

走行しながら電波環境測定を実施可能な5G Wave Doctorにより、広範囲の線状の無線通信エリアを効率的に維持管理可能とする。



都市内で線状エリアの維持管理は手間がかかる

- ・電波干渉の相手方は多数
- ・隣接事業者の状況変化によって電波環境に影響
- ・高速上の電波測定は車線規制が必須



- ・走行測定と電界強度の自動マッピングにより、測定、分析に係る工数を大幅削減
- ・スクリーニング調査により、迅速に異常箇所を把握可能

# ローカル5G活用モデルの有効性等に関する検証(検証方法)(1/2)

## 高精細画像・映像のリアルタイム共有

### 機能検証

- ・iPerfによるパケットロス率が0%になる送信帯域の上り方向・下り方向**スループット測定**
- ・NTPを介して時刻同期させたスマートフォンによる**エンドツーエンドの遅延時間測定**

### 運用検証

- ・首都高業務に従事する点検員及び交通管制員に対し、巡回業務や管制業務に関する**聞き取り調査を実施**し、現地状況認知の迅速性、業務効率化の可能性を検証

### 効果検証

- ・首都高業務に従事する点検員及び交通管制員に対し、実証システムを利用してもらった上で、端末の機動性、映像の視認性、システム操作性等に関する**アンケートを実施**し、有効性を検証



遅延時間測定状況



アンケート実施状況

## スマートグラスによる遠隔地からの点検業務支援

### 機能検証

- ・Pingによる遠隔支援PC～スマートグラス端末間の直接通信時の**ラウンドトリップタイム測定**
- ・NTPを介して時刻同期させたスマートフォンによる**エンドツーエンドの遅延時間測定**

### 運用検証

- ・遠隔支援が有効と考えられる照明柱点検をターゲットとした上で、首都高業務に従事する点検員に対し、作業フローと課題に関する**聞き取り調査を実施**し、業務工数削減の可能性を検証

### 効果検証

- ・首都高業務に従事する点検員及び交通管制員に対し、実証システムを利用してもらった上で、端末の装着性、リアルタイム性、システム操作性等に関する**アンケートを実施**し、有効性を検証



実証システム利用状況(端末側)



実証システム利用状況(遠隔PC側)

# ローカル5G活用モデルの有効性等に関する検証(検証方法)(2/2)

## 首都高ハイウェイビューNowON(360°カメラビュー)

### 機能検証

- ・ローカル5Gエリア内を実走した上で、**画像データを正しく取得できたかを検証**
- ・画像データ取得と並行して、測定器により電界強度測定を実施し、**画像データ取得時の電波状況を検証**

### 運用検証

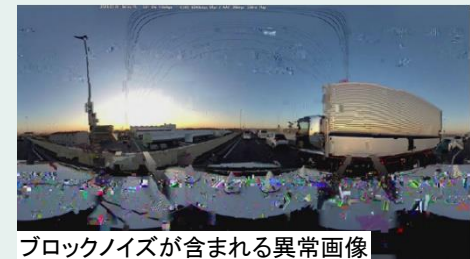
- ・首都高業務に従事する交通管制員に対し、実証システムを利用してもらった上で、状況把握性、現場指示への有用性等に関する**アンケートを実施**し、運用性を検証

### 効果検証

- ・首都高業務に従事する交通管制員に対し、実証システムを利用してもらった上で、リアルタイム性、システム操作性等に関する**アンケートを実施**し、有効性を検証



正常な画像



ブロックノイズが含まれる異常画像

## 線状無線通信エリアを効率的に維持可能な5G Wave Doctor

### 機能検証

- ・技術実証における定点測定の測定地点付近で**走行測定を実施し、定点測定との差異を検証**
- ・低速走行、悪天候時走行、アンテナ高さ変更等、**測定条件の違いによる差異を検証**

### 運用検証

- ・測定データにばらつきがないか、同一区間を5回以上走行測定し、**標準偏差を評価、検証**
- ・自動的にマッピングシステムにより、測定データが**ローカル5G回線を介して送信され、マッピングされるかを検証**

### 効果検証

- ・可搬型測定器と5G Wave Doctorにより首都高全線で受信電力測定を実施した場合の**時間やコストを算出し、5G Wave Doctorによりどの程度削減できるかを検証**

5G Wave Doctorの自動マッピングシステムによる測定結果表示例



道路外測定結果



高速上測定結果

## 有効性検証の考察(サマリー)(1/2)

## 検証結果サマリー

| ソリューション名               | 評価・検証項目 |  | 目標   | 検証結果   | 目標達成状況                       | 考察及び対応策  |
|------------------------|---------|--|--|--|------------------------------|--|
| 高精細画像・映像のリアルタイム共有      | 機能      | 1. 4Kカメラの高精細映像を安定した伝送のためのスループット                        | 1. 上りスループット25Mbps以上  | 1. 上りスループット25Mbps以上  | 1. ○                         | 1. 目標値を上回る結果。マージンがない場合は非同期のバランスを変えて上り方向のスループットの帯域の割り当てを増やすことで対応可能。   |
|                        | 運用      | 1. 状況認知の迅速性<br>2. 業務効率化の可能性                            | 1. 作業員への聞き取り調査による迅速化可能性の確認<br>2. 作業員への聞き取り調査による効率化可能性の確認                         | 1. リアルタイム映像により現場状況把握の迅速化<br>2. 記録された映像の展開により業務効率化                  | 1. ○<br>2. ○                 | 1. 迅速化の可能性は確認。画像処理等を活用した段差・目開き計測作業の支援ニーズも高い。<br>2. 業務効率化の可能性は確認。オペレータは応援車両を手配する際に必要な貨物量を定量的に見積もる支援機能によりさらなる改善可能。   |
|                        | 効果      | 1. 端末の機動性<br>2. 映像の視認性<br>3. システムの操作性<br>4. 映像情報共有の有効性 | 1. アンケート結果で有効性の確認<br>2. アンケート結果で有効性の確認<br>3. アンケート結果で有効性の確認<br>4. アンケート結果で有効性の確認 | 1. やや不満<br>2. やや満足<br>3. やや満足<br>4. やや満足                           | 1. △<br>2. ○<br>3. ○<br>4. ○ | 1. 装備のサイズや重量に対しては否定的。小型の端末の選定により対応。<br>2. パトロールカーの既存機能の拡張・連携でさらなる有効性の可能性。<br>3. スマートフォンに慣れていないと既存のコンシューマ向けアプリと比べて多少使いづらいというコメントもあり。<br>4. 4K映像の情報量の多さが高評価。 |
| スマートグラスによる遠隔地からの点検業務支援 | 機能      | 1. 違和感なく通話できるRTT                                       | 1. RTT約300ms内  | 1. RTT50ms以内   | 1. ○                         | 1. 目標値を大幅に上回る結果。   |
|                        | 運用      | 1. ポール照明点検の業務工数削減の可能性                                  | 1. 作業員への聞き取り調査による工数削減の確認   | 1. 熟練者の遠隔支援による工数削減は不可  | 1. △                         | 1. 現状の点検時間や運用体制から想定していた利用方法は不可。ただし音声認識によるチェックシート記入で報告書作成業務の効率化可能。  |
|                        | 効果      | 1. 端末の装着性<br>2. システムの操作性<br>3. リアルタイム性<br>4. 遠隔支援の有効性  | 1. アンケート結果で有効性の確認<br>2. アンケート結果で有効性の確認<br>3. アンケート結果で有効性の確認<br>4. アンケート結果で有効性の確認 | 1. ルータやケーブル類が邪魔になる<br>2. 音声入力が成功しない<br>3. 満足<br>4. 時間帯によっては会話が途切れる | 1. △<br>2. △<br>3. ○<br>4. △ | 1. 5Gに対応したスマートグラス端末や機器をワイヤレスで接続する製品の採用で対応可能。<br>2. 音声入力実行には慣れが必要のため訓練を行うことことで改善可能。<br>3. 映像と音声は全員から満足評価。<br>4. Wi-Fi環境での検証のため回線品質が悪く、5G回線であれば改善可能。         |

## 有効性検証の考察(サマリー)(2/2)

## 検証結果サマリー

| ソリューション名                             | 評価・検証項目 | 目標  | 検証結果  | 目標達成状況   | 考察及び対応策                      |   |
|--------------------------------------|---------|---|---|--|------------------------------|---|
| 首都高ハイウェイビュー<br>NowON(360°<br>カメラビュー) | 機能      | 1. 安定した上りスループット<br>2. 映像伝送時の障害の有無(取得率)                    | 1. スループット10Mbps以上<br>2. 画像取得率: 80%以上  | 1. 平均値①挟指向(混雑時): 12.3Mbps、②挟指向(非混雑時): 12.6Mbps、③LCX(非混雑時): 14.3Mbps<br>2. ①73%、②38%、③81% | 1. ○<br>2. △                 | 1. 3パターンで平均値として目標値を上回る結果を得られた。<br>2. アンテナ種別や混雑/非混雑の状況により結果がばらついた。混雑状況の影響でなく、アンテナ位置と大型トラック位置関係の影響による電波障害やマルチパスが原因で画像取得率が低下したと考えられる。今後、アンテナ設置位置や画像取得方法の改良により目標値を達成する見込みである。 |
|                                      | 運用      | 1. 状況把握性<br>2. 現場指示への有用性<br>3. 業務効率への影響度<br>4. 過去記録映像の有用性 | 1. 把握性: 20%以上向上<br>2. 有用性: 80%以上<br>3. 影響度: 50%以上<br>4. 過去映像の有用性: 80%以上         | 1. 不明<br>2. 60%<br>3. 33%<br>4. 100%   | 1. ×<br>2. △<br>3. △<br>4. ○ | 1. 1~3に関しては、実際の事故や現地作業中の映像などを取得提供できなかったために実感がわかずに満足する結果が得られなかったものと考えられる。今後、実務に近い映像などを収集して活用する機会を設けることで目標を達成する見込みである。<br>4. 過去画像との比較に対しては100%の有用性を得ることができた。                |
|                                      | 効果      | 1. 操作性<br>2. リアルタイム性<br>3. 遠隔支援の有効性                       | 1. 操作性: 平均3点以上<br>2. リアルタイム性: 平均3点以上<br>3. 有用性: 平均3点以上                          | 1. 3.4点<br>2. 3.2点<br>3. 3.0点  | 1. ○<br>2. △<br>3. △         | 1. 操作性に関しては、ほぼ満足できるという回答を得られた。<br>2. 2~3に関しては、ほぼ満足できる回答ではあったが、運用面と同様に実際の事故や現地作業中の映像などを取得提供できなかったために実感がわかずに満足する結果が得られなかったものと考えられる。   |
| 線状無線通信エリアを効率的に維持管理可能な5G Wave Doctor  | 機能      | 1. 走行測定データの精度検証<br>2. 条件の違いによる測定データ比較検証                   | 1. カバーエリアレベルの受信電力が取得できているか<br>2. カバーエリアレベルの受信電力が取得できているか。また受信電力データの傾向に大きな違いがないか | 1. 全基準点においてカバーエリア以上の受信電力を取得<br>2. ほぼ全ての基準点においてカバーエリアレベル以上の受信電力を確認                        | 1. ○<br>2. ○                 | 1. 全ての区間で目標値をクリア<br>2. ほぼ全ての区間で目標値をクリア。雨天時のデータでカバーエリア端付近で一部基準値を下回る箇所があった。サンプル数を増やし今後も検証する   |
|                                      | 運用      | 1. 測定データのばらつきの評価<br>2. 電波状況の可視化による維持管理効果                  | 1. 5回以上の測定を行い、標準偏差を評価<br>2. 測定データ自動で整理され、可視化されていることを確認                          | 1. 技術実証時の標準偏差の最大値以下の値であることを確認<br>2. 自動マッピングシステムによる測定データの可視化を確認                           | 1. ○<br>2. ○                 | 1. 標準偏差は技術実証時の標準偏差内であることを確認。<br>2. 自動マッピングシステムによりデータ整理時間の削減と維持管理上の運用性の向上が期待できる。将来的には首都高グループ内で共有できるシステムにすることで電波状況の迅速な共有が可能になり、適切な維持管理が可能になる                                |
|                                      | 効果      | 1. 維持管理における時間短縮効果   | 1. 測定時間+データ整理時間を算出し5割程度の時間削減率を目標とする   | 1. 86%の時間削減効果を確認   | 1. ○                         | 1. 60km/hの走行測定でも走行測定が可能であることが実証できた。少ない走行回数でも再測定等のリスクが少なく、信頼性の高いデータの取得が可能。よって高い時間削減が可能になった   |

# ローカル5G活用モデルの実装性に関する検証(1/4)

## 高精細画像・映像のリアルタイム共有

### ローカル5G活用モデルの全体像

#### ・対象となるシステム

災害等での現場状況把握の質の向上と、これに伴う判断・指示の迅速化や適切な車線規制による交通渋滞等の低減に資するシステム

#### ・ニーズが期待できる展開先

首都高と同様に災害時の高度な状況把握や早期交通開放が必要な事業者である**高速道路事業者**  
**設備の定期的な点検を行う管理事業者**(鉄道会社、河川や道路を管理する国土交通省及び地方自治体)

#### ・導入効果

正確な状況把握による**管制室内の判断や指示の迅速化・精度向上**と、**現地応援対応・応急復旧の迅速化**  
**交通事故処理時間の短縮**と、お客様へ提供する**交通情報の精度向上**

### 実装性を高める手法の検討

本ソリューションを有効活用するためには、高精細映像や大容量データの伝送が可能な**ローカル5Gの通信品質を策定することが重要**  
4Kカメラの映像伝送に必要な**上りスループットを25Mbpsと定め、これを確保することを本ソリューションの必要要件に設定**

### ローカル5G活用モデルの実装に係る課題の抽出及び解決策の検討

#### ・4Kカメラ端末の装着性が良くない

⇒ **小型化された製品の採用**

#### ・映像のビットレートに対して、上りスループットに余裕がない

⇒ 基地局の**準同期モードへの変更**による上り方向の帯域割り当ての増強



高速道路上での4Kカメラ使用状況

# ローカル5G活用モデルの実装性に関する検証(2/4)

## スマートグラスによる遠隔地からの点検業務支援

### ローカル5G活用モデルの全体像

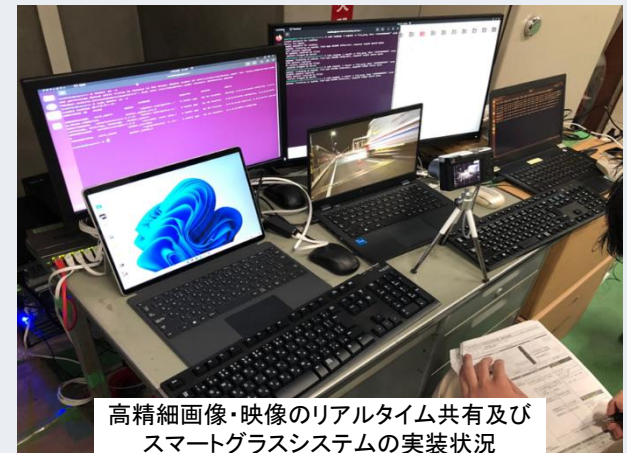
- ・対象となるシステム  
平常時の点検業務における手順書の電子化、遠隔支援者から点検業務支援を受けることで点検の質の向上と業務効率化に資するシステム
- ・ニーズが期待できる展開先  
首都高と同様に災害時の高度な状況把握や早期交通開放が必要な事業者である**高速道路事業者**  
**設備の定期的な点検を行う管理事業者**(鉄道会社、河川や道路を管理する国土交通省及び地方自治体)
- ・導入効果  
点検員の危険作業からの開放、ワークライフバランスの向上  
経験の浅い**若手点検員の業務効率向上**  
点検作業終了後の**報告書作成業務の効率化**

### 実装性を高める手法の検討

本ソリューションを有効活用するためには、高精細映像や大容量データの伝送が可能な**ローカル5Gの通信品質を策定することが重要**  
スマートグラスシステムにおける大容量マニュアルのダウンロードに必要な**下りスループットを8Mbpsと定め、これを確保することを**  
**本ソリューションの必要要件に設定**

### ローカル5G活用モデルの実装に係る課題の抽出及び解決策の検討

- ・スマートグラス端末の操作性と装着性が良くない  
⇒ **スマートグラスと端末が一体化した製品**、5Gに対応した製品の開発を開発元に依頼
- ・事務作業の負荷が高い  
⇒ 点検結果入力の自動化等の業務支援機能の追加にあたり、  
**実作業者を交えた要件整理と開発**



高精細画像・映像のリアルタイム共有及び  
スマートグラスシステムの実装状況



# ローカル5G活用モデルの実装性に関する検証(3/4)

## 首都高ハイウェイビューNowON(360°カメラビュー)

### ローカル5G活用モデルの全体像

#### ・対象となるシステム

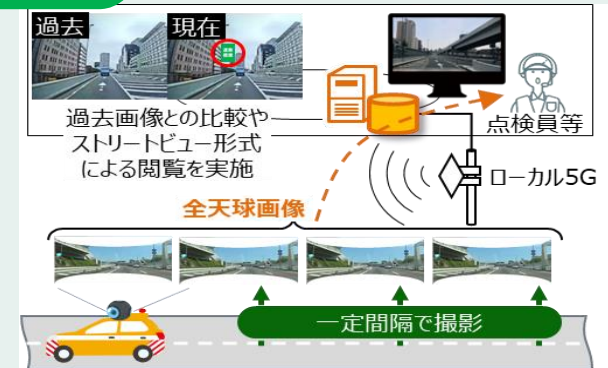
全天球カメラと5G無線機を実装した車載局、車載局からローカル5G回線を経由してデータを収集、閲覧するための監視局で構成するシステム

#### ・ニーズが期待できる展開先

首都高及び360°カメラによる現場状況の迅速な把握、インフラメンテナンスを課題としている事業者(高速道路事業者、鉄道会社、国土交通省及び地方自治体)

#### ・導入効果

パトロールカーで走行するだけでパトロールエリアの全方位画像情報を効率的に集約できる他、過去画像との比較により状態変化を把握できる



首都高ハイウェイビューNowONシステム構成

### 実装性を高める手法の検討

他のユーザ企業や他分野へ展開するための課題と対策を示す

#### ・車両等の移動体への実装時の環境変化の対応

本実証の走行試験では、一部、安定した通信品質を確保できず、異常画像等が発生してしまった。実装性を高めるためには、安定した画像データ収集が課題となる

#### ・ローカル5Gスポット整備への対応

導入コスト、電波干渉等により、ローカル5Gによる線状の業務区域を設定できず、スポット整備にせざるを得ない状況が想定される

⇒ 車載局内で取得した画像データを一時蓄積しておき、通信品質が安定した際に一気に送信する仕組みの構築を検討する。

### ローカル5G活用モデルの実装に係る課題の抽出及び解決策の検討

#### ・車載局を利用するソリューションとして、通信品質の確保が必要

⇒ LCXやDAS等の柔軟化手法の活用により、業務領域における無線通信エリア内の通信品質を確保する

⇒ UDPによるストリーミング方式の伝送からTCP方式の伝送へ変更する

#### ・照明ポール番号等を確認可能となるような高解像度化の検討

# ローカル5G活用モデルの実装性に関する検証(4/4)

## 線状無線通信エリアを効率的に維持可能な5G Wave Doctor

### ローカル5G活用モデルの全体像

#### ・対象となるシステム

広範囲に受信電力を効率的に測定できる車両及び測定データを自動でマッピングし、受信電力分布を把握できるシステム

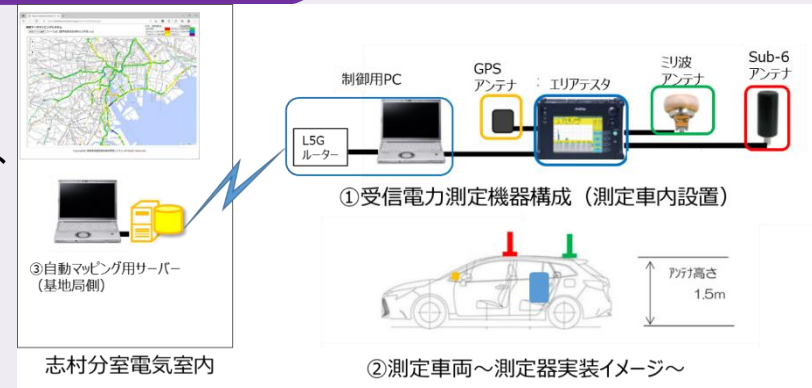
#### ・ニーズが期待できる展開先

首都高及び主に線状無線通信エリアのローカル5G構築を検討している事業者（高速道路事業者、鉄道会社、国土交通省及び地方自治体）

#### ・導入効果

従来の可搬型測定器では、経済的及び作業時間的に広範囲の測定は難しい

本ソリューションを導入することにより、道路上の車線規制が不要になる他、可搬型測定器と比較し作業時間やコストを8割以上削減できる



### 実装性を高める手法の検討

本ソリューションは維持管理の効率化を目的として開発したが、構築検討段階や構築段階でもニーズがあると考えられる

#### ・ローカル5G構築検討段階

近隣からの漏洩電波による干渉調査やノイズ等の事前確認による干渉協議や置局設計の迅速化が可能

#### ・ローカル5G構築段階

アンテナ設置後のカバーエリア、エリア外への漏洩電波の範囲確認等の簡易確認による円滑に試験調整を実施可能

#### ・ローカル5G構築後

広範囲を多頻度で測定できるため、異常箇所を迅速に把握、抽出することが可能

### ローカル5G活用モデルの実装に係る課題の抽出及び解決策の検討

・GPSを受信できない場所（例：トンネル内、ダブルデッキ下層）の測定では、位置情報と測定値の紐付けができない

⇒ 3次元スキャナによる相対位置情報把握等、トンネル内等で運用可能な追加システムを検討する

・日々変化する周辺状況に迅速に対応するため、測定をより多頻度で実施する仕組みを構築する必要がある

⇒ 定期的な測定の実施に加え、他の業務との並行実施による多頻度化を図る（例）パトロールカー等に実装し、測定データを高頻度に取得

# ローカル5G活用モデルの実装・普及展開

|   |  | 令和4年度<br>(2022)            | 令和5年度<br>(2023)                    | 令和6年度<br>(2024)                    | 令和7年度<br>(2025)                    | 令和8年度<br>(2026)                    | 令和9年度<br>(2027)                    |
|---|--|----------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 実装計画  | ソリューション①<br>高精細画像・映像のリアルタイム共有<br>／スマートグラスによる遠隔地からの<br>点検業務支援   | 開発実証                       | 課題対応                               |                                    | 他地域・他分野への横展開                       |                                    |                                    |
|   |  |                            |                                    | コンソ内実装                             |                                    |                                    |                                    |
|   | ソリューション②<br>首都高ハイウェイビューNowON(360°<br>カメラビュー)   | 開発実証                       | 課題対応                               |                                    | 他地域・他分野への横展開                       |                                    |                                    |
|   |  |                            |                                    | コンソ内実装                             |                                    |                                    |                                    |
| ソリューション③<br>線状無線通信エリアを効率的に維持<br>管理可能な5G Wave Doctor | 開発実証   | 課題対応                       |                                    | 他地域・他分野への横展開                       |                                    |                                    |                                    |
|   |  |                            | コンソ内実装                             |                                    |                                    |                                    |                                    |
| ローカル5Gシステム  | 開発実証   | 課題対応(電波干渉対策)               |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |
|   | 民間投資による実証  | コンソ内実装                     |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |
| 収支計画(千円)  | (1)ユーザから得る対価   | -                          | 35,200                             | 1,244,000                          | 1,862,100                          | 906,700                            | 2,172,300                          |
|   |  | -                          | ① 0<br>② 0<br>③ 0                  | ① 0<br>② 0<br>③ 12,100             | ① 457,000<br>② 160,000<br>③ 18,300 | ① 457,000<br>② 160,000<br>③ 24,500 | ① 457,000<br>② 160,000<br>③ 30,600 |
|   | (2)補助金・交付金   | -                          | -                                  | -                                  | -                                  | -                                  | -                                  |
|   | (3)収入((1)+(2))   | -                          | 35,200                             | 1,244,000                          | 1,862,100                          | 906,700                            | 2,172,300                          |
|   |  | -                          | ① 0<br>② 0<br>③ 0                  | ① 0<br>② 0<br>③ 12,100             | ① 457,000<br>② 160,000<br>③ 18,300 | ① 457,000<br>② 160,000<br>③ 24,500 | ① 457,000<br>② 160,000<br>③ 30,600 |
|   | (4)ネットワーク設置費   | -                          | -                                  | 280,000                            | 1,700,000                          | 720,000                            | 1,980,000                          |
|   | (5)ネットワーク運用費   | -                          | 1,000                              | 1,000                              | 1,000                              | 20,000                             | 20,000                             |
|   | (6)ソリューション購入費  | -                          | ① 0<br>② 0<br>③ 4,200              | ① 142,000<br>② 800,000<br>③ 11,000 | ① 142,000<br>② 0<br>③ 16,600       | ① 142,000<br>② 0<br>③ 22,200       | ① 142,000<br>② 0<br>③ 27,800       |
|   | (7)ソリューション開発費  | -                          | ① 0<br>② 30,000<br>③ 0             | ① 0<br>② 10,000<br>③ 0             | ① 0<br>② 2,500<br>③ 0              | ① 0<br>② 2,500<br>③ 0              | ① 0<br>② 2,500<br>③ 0              |
|   | (8)支出((4)+(5)+(6)+(7))   | -                          | 35,200                             | 1,244,000                          | 1,862,100                          | 906,700                            | 2,172,300                          |
| (9)収支((3)-(8))                                      | -  | 0                          | 0                                  | 0                                  | 0                                  | 0                                  |                                    |
|   | -  | ① 0<br>② 30,000<br>③ 4,200 | ① 142,000<br>② 810,000<br>③ 23,100 | ① 599,000<br>② 162,500<br>③ 34,900 | ① 599,000<br>② 162,500<br>③ 46,700 | ① 599,000<br>② 162,500<br>③ 58,400 |                                    |
| 収入、支出の算定根拠  | ※1 首都高速はユーザ企業であり、各ソリューションの横展開による対価は直接得られないため、ソリューション事業者毎に直接入る対価を算出<br>※2 令和5～7年度のネットワーク運用費は、本実証終了後も試験環境を継続運用することをもとに算出<br>① 首都高へのローカル5G整備計画に基づき、6か年で総額を割り戻した費用及び保守費を計上。<br>② 首都高全線をカバーし、全管理車両に導入した場合の費用を想定し算出。令和7年度以降は保守費を計上。<br>③ 令和5年度は実験等による走行測定を1か月程度想定。令和6年度以降は、横展開による受注(1件/年)費用と首都高のローカル5G整備計画に基づき6年で総額を割り戻した損料及び保守費を計上。 |                            |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |

---

## まとめ

---

# まとめ

## 技術実証：

- 技術実証テーマⅠ\_線状の空間における電波伝搬モデルの精緻化
  - ✓ 成果：高速道路環境におけるパラメータS(開放地)、パラメータR(コンクリート柵、遮音壁の透過)の**仮説値と実測値が近似することを確認**(道路内及び河川敷のS=39.3dB、道路外のS=22.7dB、高架による透過損R=23.0dB等)
- 技術実証テーマⅡ\_線状の空間におけるエリア構築の柔軟化
  - ✓ 成果：漏洩同軸ケーブル、分散アンテナシステム、遮蔽板それぞれの柔軟化手法について、**不感地帯の解消や他者土地への電波漏洩の軽減に有効であることを確認**(漏洩同軸ケーブルで19.4dBの他者土地への電波漏洩軽減等)
- 課題
  - ✓ 精緻化、柔軟化では一定の成果は得られたものの、**都市内高速道路の環境では隣接事業者との電波干渉が不可避であるため、電波干渉対策や電波干渉を前提としたスポット整備計画等、ローカル5G環境構築計画の検討が必要**

## 課題実証：

- 高精細画像・映像のリアルタイム共有／スマートグラスによる遠隔地からの点検業務支援
  - ✓ 成果：点検員等へのアンケートにより本ソリューションの有効性を確認、アドバイザー会議により他分野の**有効性を確認**
  - ✓ 課題：**端末装置の小型化等による装着性の向上、実作業者を交えた要件整理と開発の実施**
- 首都高ハイウェイビューNowON(360°カメラビュー)
  - ✓ 成果：管制員等へのアンケートにより本ソリューションの有効性を確認、アドバイザー会議により他分野の**有効性を確認**
  - ✓ 課題：**伝送方式変更による通信品質の確保、端末設置スペースの確保、ポール番号等を確認可能な高解像化**
- 線状無線通信エリアを効率的に維持管理可能な5G Wave Doctor
  - ✓ 成果：可搬型測定器と比較して、**約86%の作業時間削減効果、約88%の運用コスト削減効果を確認**
  - ✓ 課題：**トンネル等、GPSの届かない場所で測定を可能とするための追加システムの検討**

## 実装・普及展開

- ✓ 首都高速へのローカル5G環境構築は、**2023年度の電波干渉に関する課題の検討状況を踏まえ、2024年度より道路啓開優先路線から展開**
- ✓ 各ソリューションは、首都高速のローカル5G環境構築に合わせて順次展開
- ✓ 各ソリューションは、アドバイザー会議を通じ、他分野の有効性が確認できたため、首都高速への展開と並行し横展開を推進