

6Gに向けた新たな無線技術の創出をめざして

須山 聡

張 裕淵

株式会社NTTドコモ
6Gテック部



6G無線技術プロジェクト（PJ） リーダー

慶應義塾大学 大槻 知明



産学連携を通じて、6G無線に関する新技術の創出や、国内学会との連携、海外の国際会議での企画運営などを通じて、6G無線に関する日本のプレゼンスを高めると同時に、6Gを世界的にリードすることを目指して活動したいと思います

サブリーダー

株式会社NTTドコモ
須山 聡



サブリーダー

KDDI総合研究所
菅野 一生



<https://xgmf.jp/project/pj-2404/>

- 1. 端末連携技術（23名）**
- 2. 無線中継・反射板技術（40名）**
- 3. 電波伝搬（37名）**
- 4. 無線デバイス・モジュール・アンテナ・実装技術【無線デバイス】（32名）**
- 5. Advanced MIMO（39名）**
- 6. 無線センシング（28名）**
- 7. AIとDigital Twinの活用（36名）**

括弧は現時点のWGメンバー登録数

6G無線技術PJのBeyond 5Gホワイトペーパーを公開

XGMF白書「Beyond 5Gホワイトペーパー 6G無線技術プロジェクト 1.0版 (Beyond 5G White Paper 6G Radio Technology Project Ver.1.0)」(英語版のみ)を公開しました。

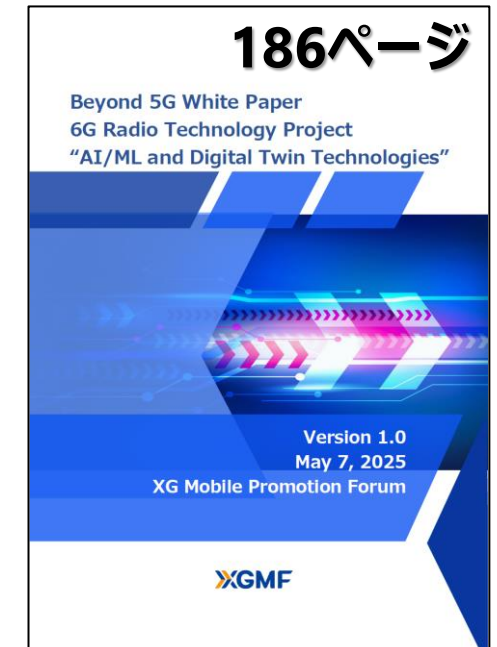
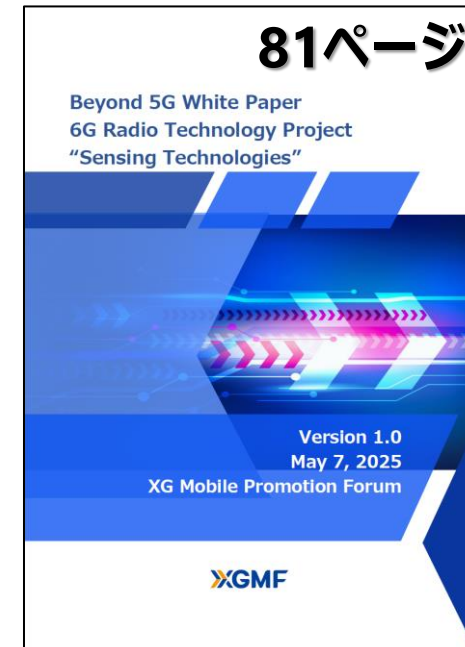
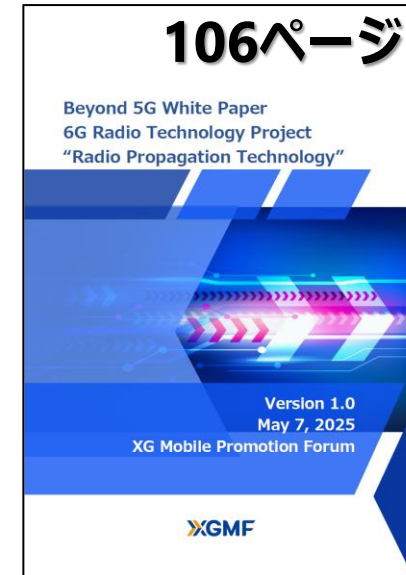
2025.05.07



XGモバイル推進フォーラム6G無線技術プロジェクトでは、5つのWG（無線中継・反射板技術、電波伝搬、Advanced MIMO、無線センシング、AIとDigital Twinの活用）の検討成果をとりまとめたXGMF白書「Beyond 5Gホワイトペーパー 6G無線技術プロジェクト 1.0版 (Beyond 5G White Paper 6G Radio Technology Project Ver.1.0)」を公開いたしました。

<https://xgmf.jp/2025/05/07/1339/>

- 無線中継・反射板WG、電波伝搬WG、Advanced MIMOWG、無線センシングWG、AIとDigital Twinの活用WGの白書を公開済み
- 端末連携WGの白書も近日公開予定



6Gの実現に向けて、5つの観点から提供できる価値を定義し、研究開発および標準化活動を推進



Connectivity Everywhere

■ 背景・課題

- 6Gで超高速・大容量通信を達成するため、広い帯域幅を確保できる高周波数帯の活用が注目されているが、高い伝搬損失の補償が技術課題

■ 取り組み概要

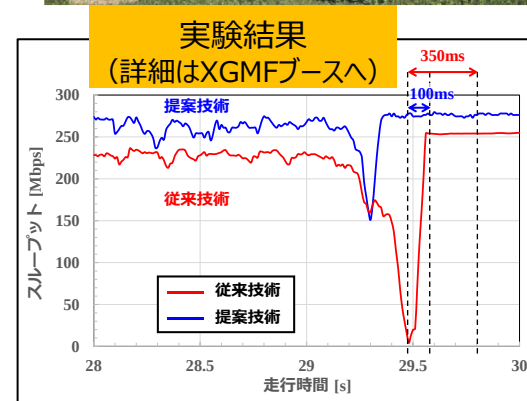
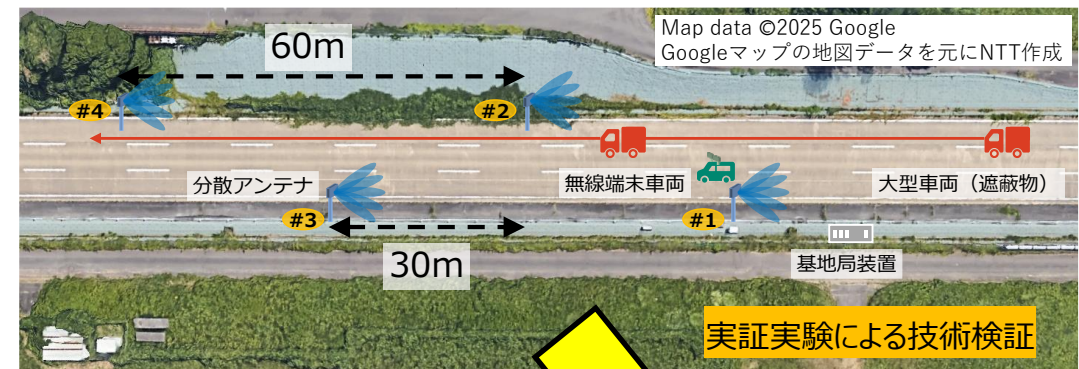
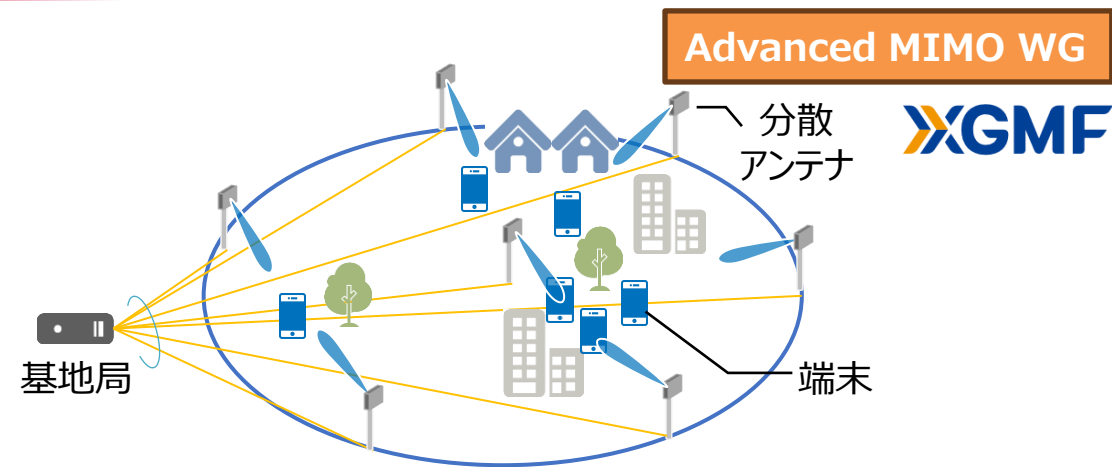
- 基地局アンテナを分散配置し協調制御することで、高速移動する場合でもスムーズにアンテナを切り替え、直進性の強い高周波数帯を高効率利用
- シミュレーション評価や実証実験を通じて、分散アンテナ制御技術の高度化・社会実装を推進

■ ポイント

- 実証実験で取得した環境データでデジタルツインを構築し、シミュレーションにより実験のトレースや実験の制約を超えた評価が可能であり、引き続き評価を継続

共創パートナー： NTT、NEC

→
報道発表
リンク



■ 背景・課題

- 大容量化に向けては高周波数帯の活用が必要
- 高周波数帯は遮蔽に弱く、伝搬損失も大きいいため、通信品質が劣化しやすい

➤ 遮蔽・伝搬損失に強い高周波数帯エリアを構築

■ 取り組み概要

- メタサーフェス（電波の反射方向を任意に設計できる平面デバイス）を透明な窓ガラス上に大規模に展開
 - マルチパス環境（複数の方向から電波が到来し、基地局-端末間の遮蔽があっても通信が途切れない環境）を構築
- 屋外で電波の到来角度について評価し有効性を確認

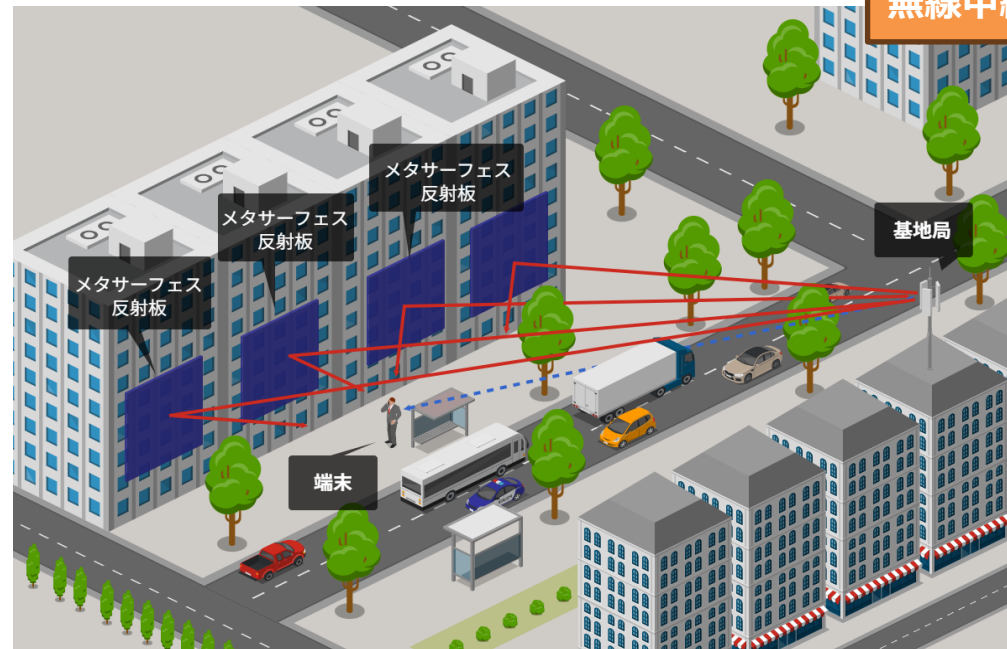
■ ポイント

窓ガラスによる都市部ミリ波エリア改善をめざす

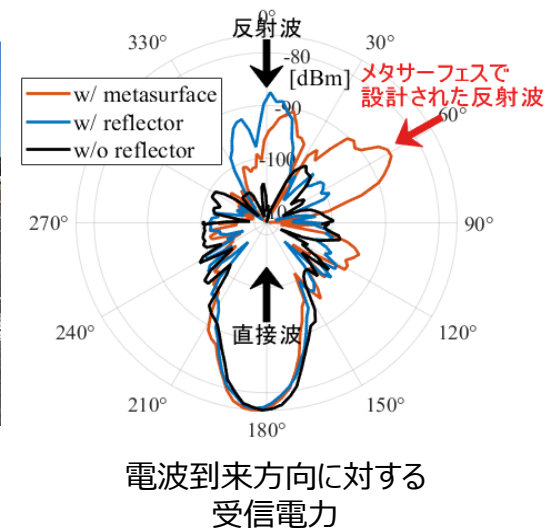
共創パートナー： NTT, AGC

無線中継・反射板技術WG

XGMF



メタサーフェス反射板



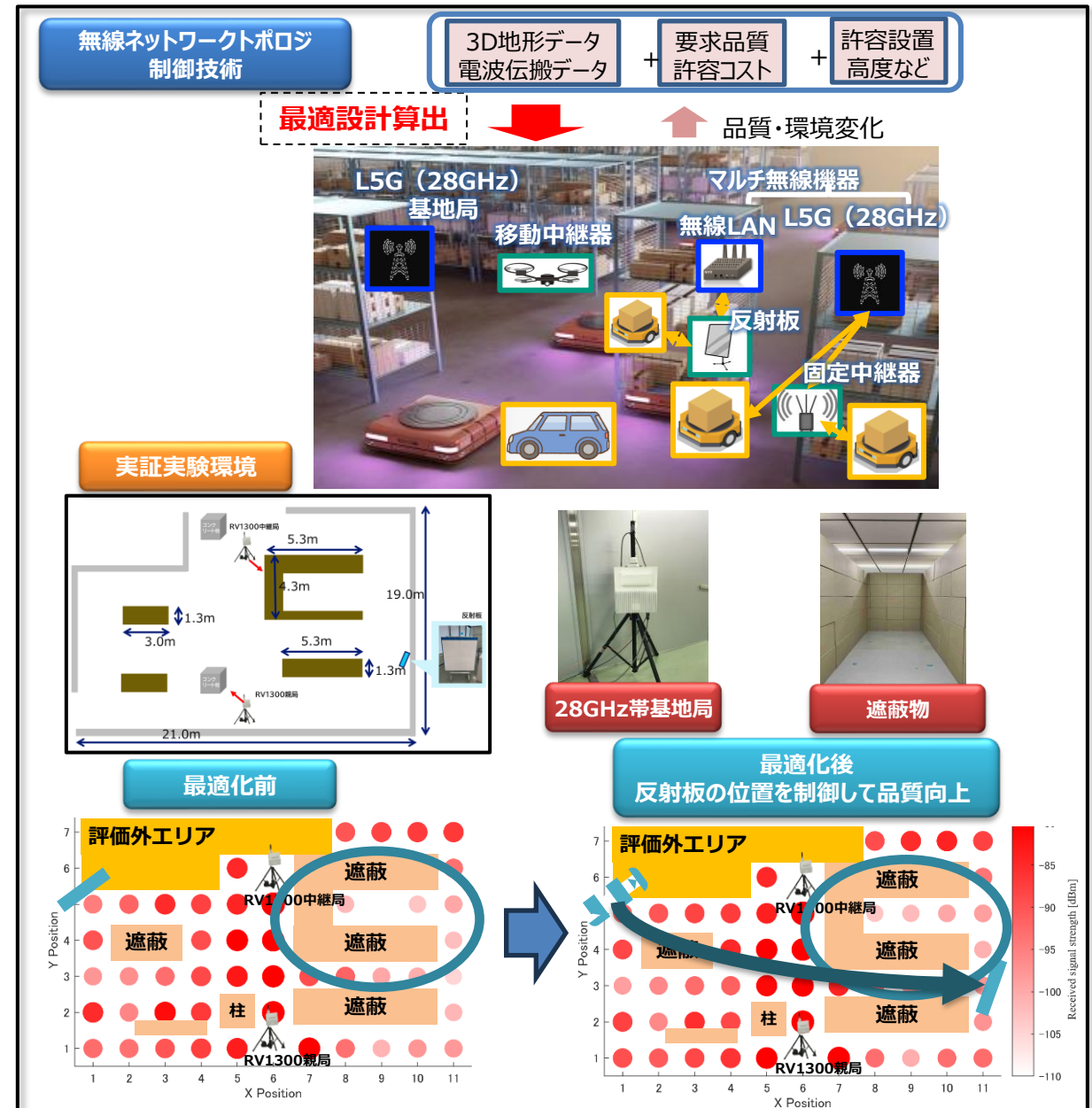
■ 背景・課題

- 大容量化に向けてはミリ波帯の活用が必要
- 無線基地局・中継局・反射板等から構成される New Radio Network Topology (NRNT)によるミリ波帯の安定・低コストな運用が必要

■ 技術ポイント

- エリアの複数クラスタ分割 + 各クラスタ無線機器 (基地局/中継器/反射板等) 最適配置技術により安定・低コストなエリアを高速に設計
- 本技術の実現により、自走ロボットから高精細な監視映像を安定して伝送できるようになるなど、6G時代に向けたソリューションの提案に貢献

無線中継・反射板技術WG



■ 背景・課題

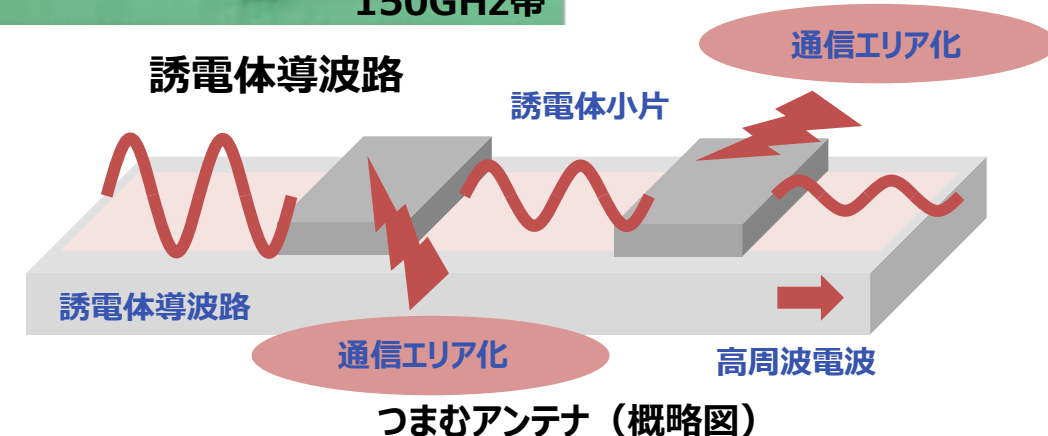
- 高周波数帯の電波は直進性が高く、電波障害物が多く存在する見通し外環境では伝送特性が著しく劣化し電波不感地帯化
- 高周波数帯での不感地帯対策ツールが必要

■ 取り組み概要

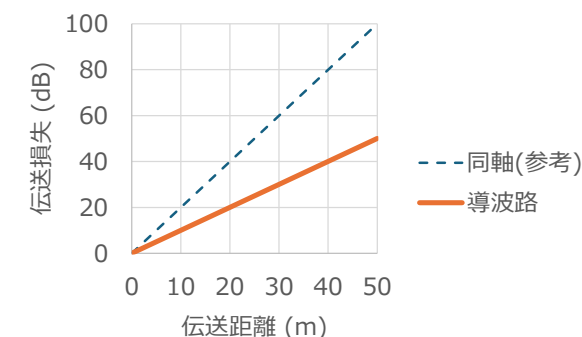
- 高周波数帯において同軸ケーブルより低損失な誘電体導波路を活用
- 「つまむアンテナ」とは、誘電体導波路と呼ばれる線路に誘電体小片を接触させることで電波を放射し、周囲をエリア化する技術
- 小片の位置を変更すれば、エリアを即座に移動可能

■ 技術のポイント

- 誘電体導波路により数10mの伝送が可能
- 障害物を迂回し、見通し通信環境を構築
- つまむ誘電体小片の形状により放射方向をコントロール
- ミリ波帯からサブテラヘルツ帯まで対応
 - ✓ 28GHz帯、60GHz帯、150GHz帯での伝送実証に成功
- 28GHz帯（ミリ波帯）における実験試験局免許を取得し、今後多様なシーンにて実証に取り組む



28GHz帯伝送系（帯域幅100MHz）



28GHz帯伝送損失の比較例

Customer Experience

■ 背景・課題

- 6Gでは「ISAC（通信とセンシングの融合）」の実現により、セルラーネットワークにおける通信用途以外への電波の活用による新たな価値創造が期待されています

■ 取り組み概要

- 電波を活用したセンシング情報により無線区間の高度化を検討
- 伝搬チャネル情報とAIを活用したラベル付け&学習により、状態の検出や認識ができるか検証

■ 技術のポイント

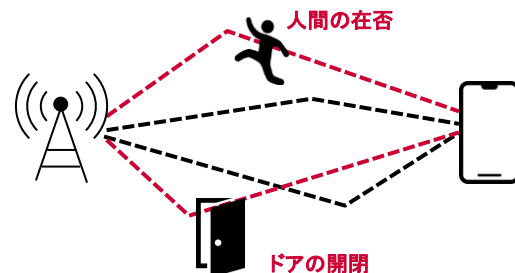
- 伝搬チャネル情報（CSI）を取得、膨大なデータをAIにより解析
- 状態に対しラベル付けや学習などを実施
- 人体の存在可否やドアの開閉状況などの状態を検出や認識

共創パートナー：NTT、ローデ&シュワルツ

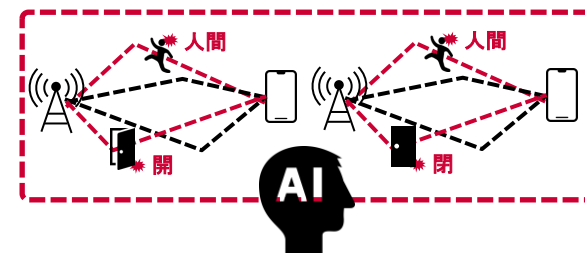
無線センシングWG

XGMF

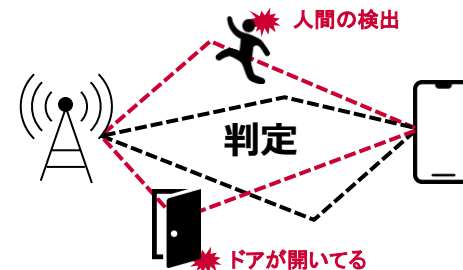
① 伝搬チャネル情報(CSI)の取得



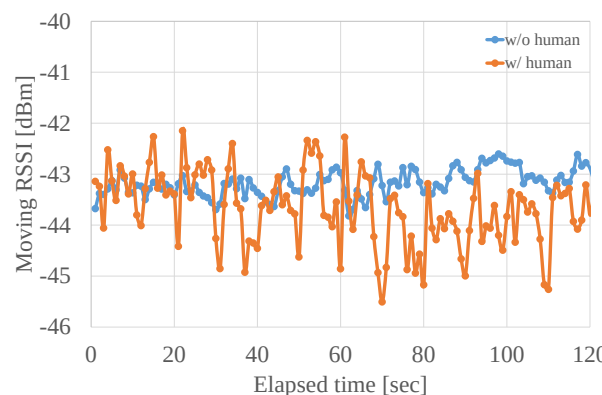
② 状態に応じたラベル付け&学習



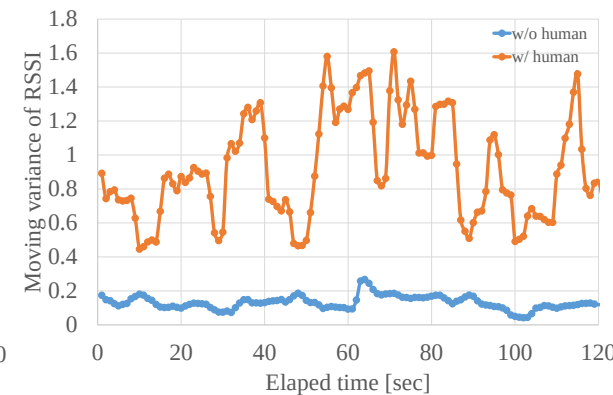
③ 状態の検出&認識



例. 人の有無に対する受信レベル変化の測定結果



受信レベルの時間変動



受信レベルの移動分散

Efficiency

■ 背景・課題

- 6Gでは、送受信機で無線インターフェースを最適化するAI-native Air Interface (AI-AI) が注目されている

■ 取り組み概要

- AI-AIを実現する手法の一つとして提案されている「深層学習に基づくパイロットレス伝送技術」を活用
- ドコモ/NTT/Nokia/SKTは、技術の有効性や適用領域を明らかにするために、実証実験を推進中

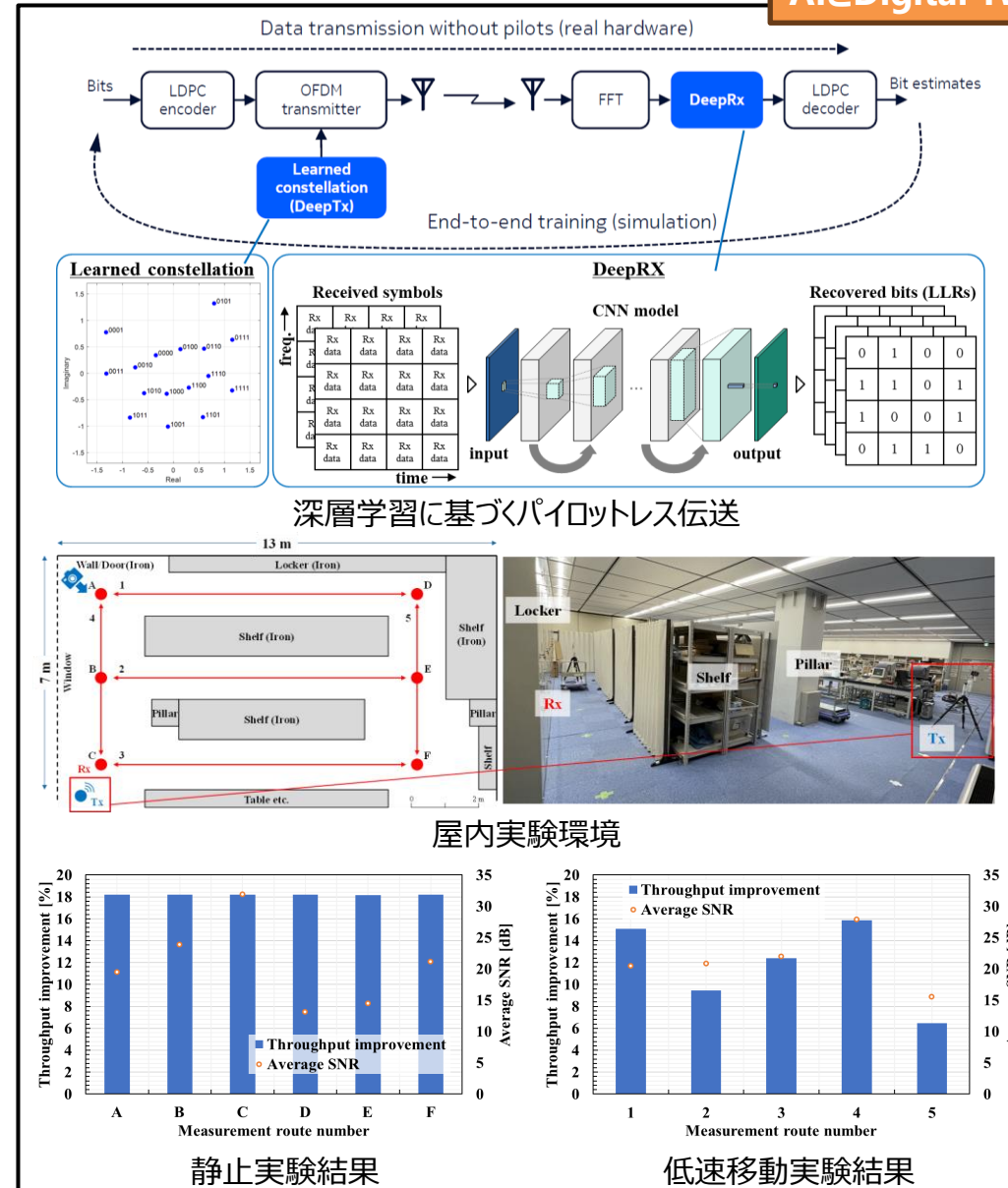
■ ポイント

- 送受信機で協調した事前学習・最適化手法により、パイロット信号が無くても無線伝送が可能になる
- 5G方式のスループットと比較すると、屋内の静的環境下でおよそ18%、低速移動環境下で6~16%の向上を確認

共創パートナー：NTT、Nokia Bell Labs、SK Telecom

AIとDigital Twinの活用WG

XGMF



■ 背景・課題

- 6Gにおける超高速・大容量通信の要求条件として、100Gbps超、どこでもGbps等の実現が目標

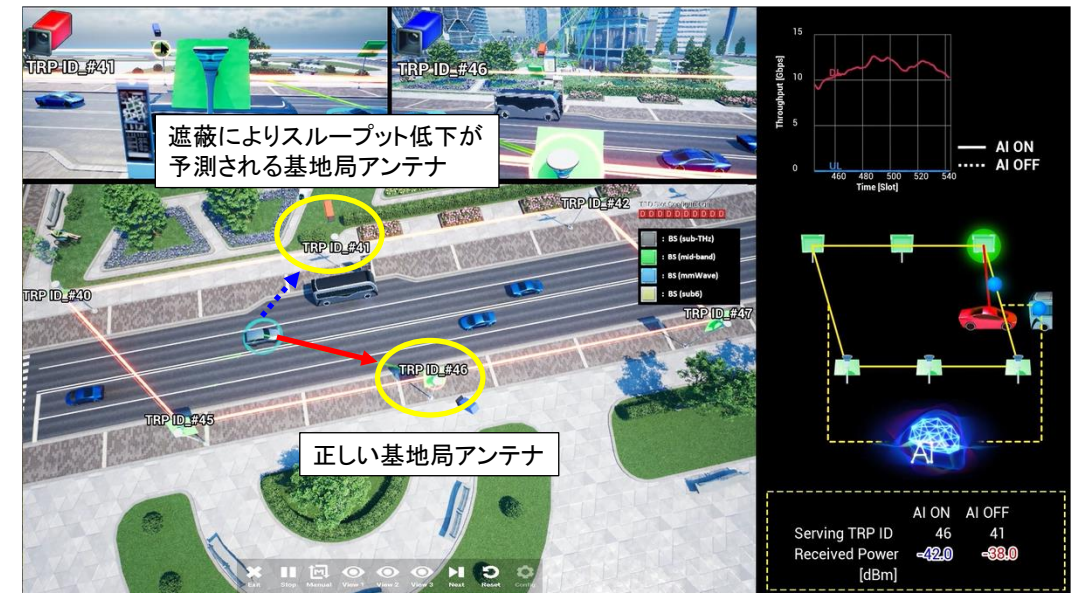
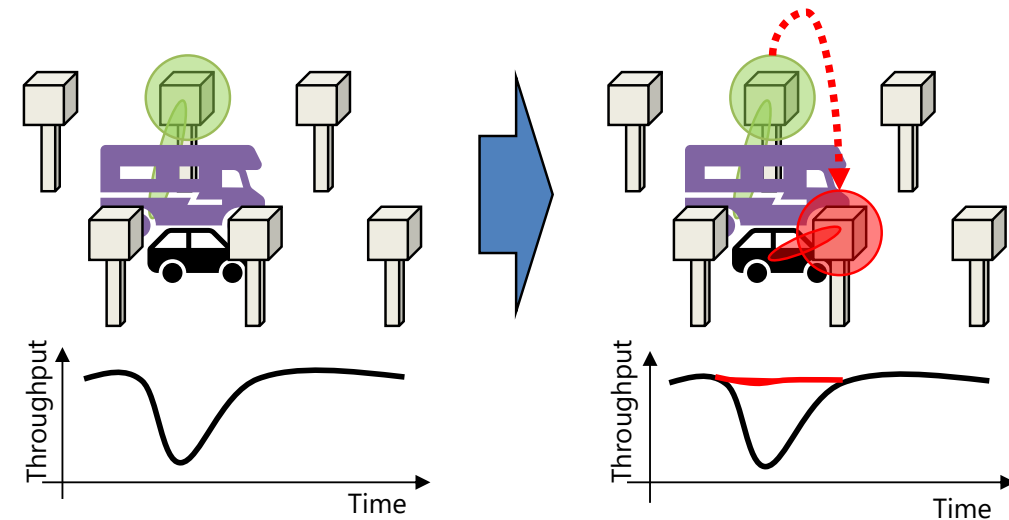
■ 取り組み概要

- 6Gにおける要求条件の実現に向け、検討技術を統合し様々なシナリオで評価・可視化する6Gシミュレータを開発

■ ポイント

- 5Gや6Gで検討されている、複数の周波数帯(Sub-6帯、ミリ波帯、ミッドバンド、Sub-THz帯)を実装
- 機械学習を用いた将来予測制御技術を適用し、予期せぬ遮蔽が発生する場合でも良好な通信品質を維持
- シミュレーションにより、フィールド実験にかかる相応の時間とコストを低減するとともに、システム全体としての性能評価および可視化を実施

AIとDigital Twinの活用WG



点群データを利用した5G/6Gシミュレータ

■背景・課題

- 5G/6Gの基地局を設置し産業現場で活用するためには、お客様が想定する通信環境におけるシステム性能を事前に把握できないと導入が困難

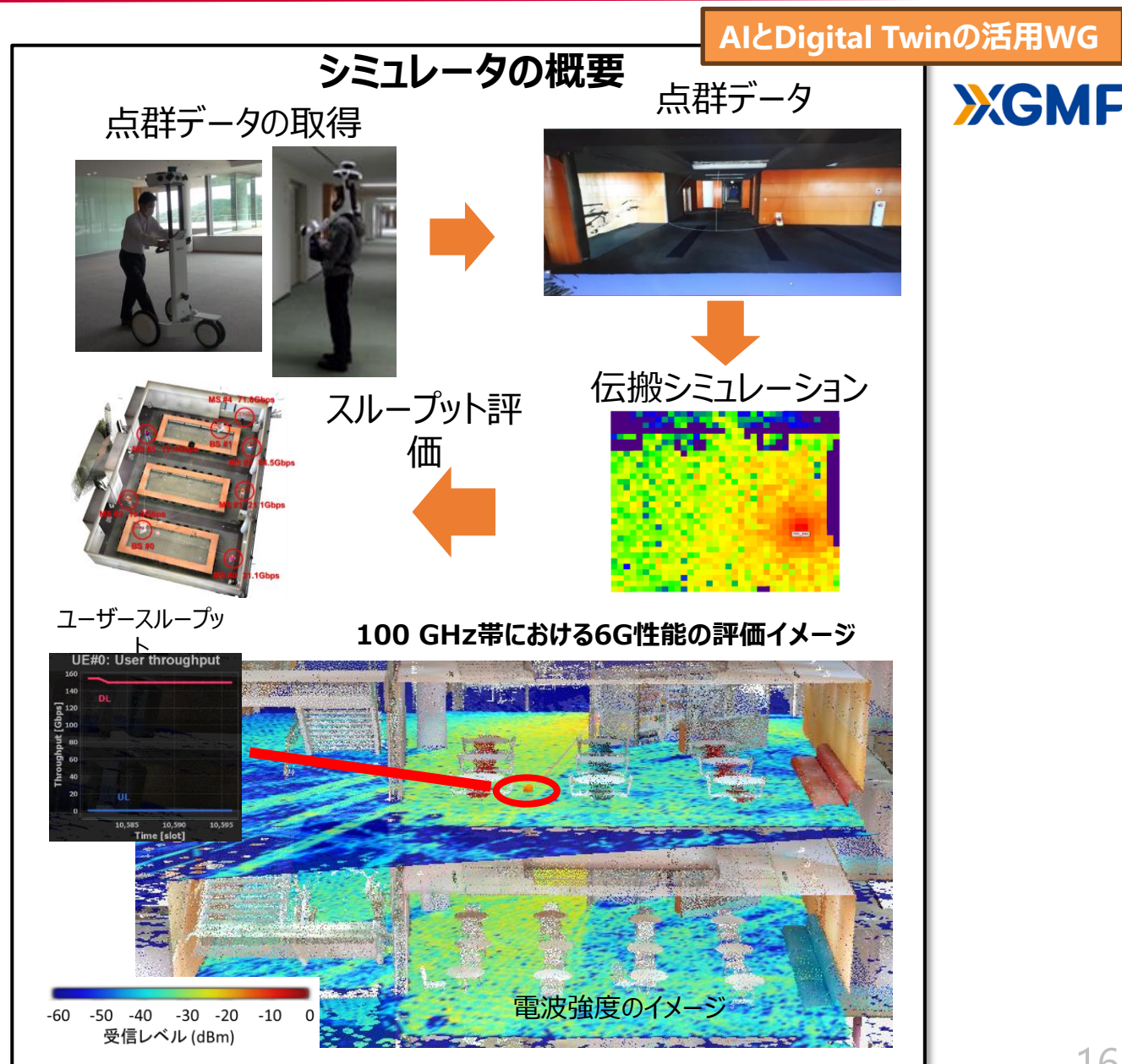
■取り組み概要

- 点群データの取得からシミュレータによる性能評価まで実施することで、お客様へ想定する通信環境の期待値をお伝えし、「お客様環境×5G/6G」の組み合わせの最適な運用の支援をめざす

■ポイント

- 5G/6G通信におけるユーザ数等多様な条件を設定し評価することが可能であり、複数階エリアやユーザ移動時等の評価結果の可視化が可能なため、多様なケースでの導入の検討がより容易となる

AIとDigital Twinの活用WG



■ 背景・課題

- 6Gの100Gbpsを超える高速通信実現に向け、広帯域利用可能な100～300GHzのサブテラヘルツ帯活用を検討
- 新たな周波数帯の開拓には、電波の遅延時間や到来方向などの電波の特性解明が必須
- 非常に波長が短いサブテラヘルツ帯は様々な事物の影響を受けるため、より高分解能な電波特性の解析技術が重要

■ 取り組み概要

- 12GHz幅の超広帯域信号を活用した遅延時間・到来方向などの解析装置“チャネルサウンダ”をパートナーと共同で構築

■ 技術のポイント

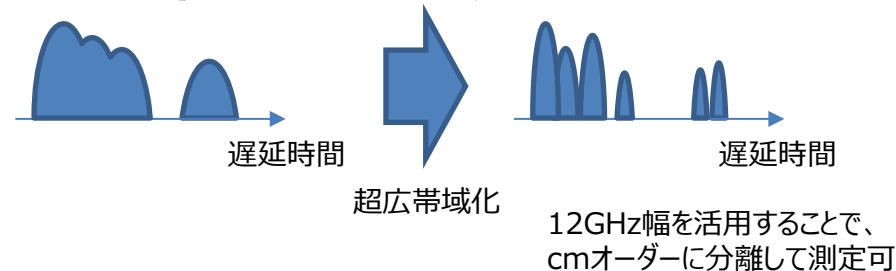
- 12GHz幅の超広帯域信号活用により、電波のパスごとにcmオーダーの超高分解能で分離した測定が可能
- 本装置によりチャネルモデルを構築することで、実利用環境の変動追従性を持ち、かつ6Gの超広帯域通信が可能なシステムの効率的な設計に貢献

共創パートナー：NTT、キーサイト・テクノロジー

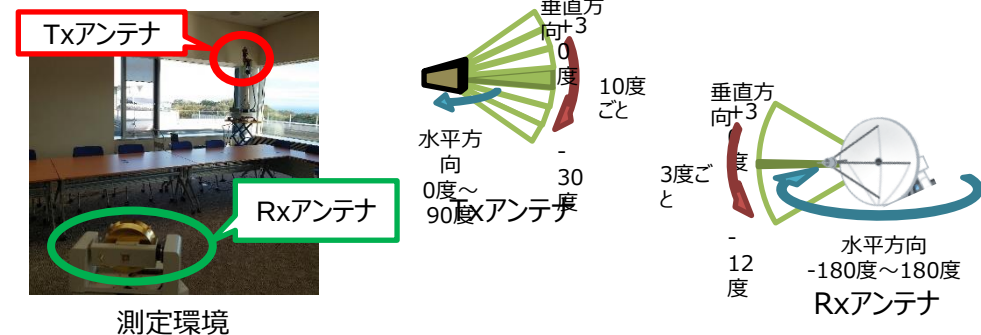
電波伝搬WG

XGMF

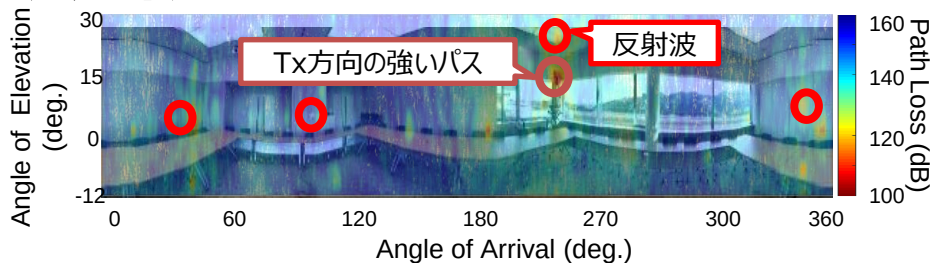
超広帯域信号を活用した高分解能測定



測定の様子



測定イメージ



■ 背景・課題

- 6G以降の将来ネットワークで期待される100 Gbps超の超高速・大容量通信に向けては、新しい周波数帯の開拓が必要
- サブテラヘルツ帯（100 GHz～300 GHz）に着目

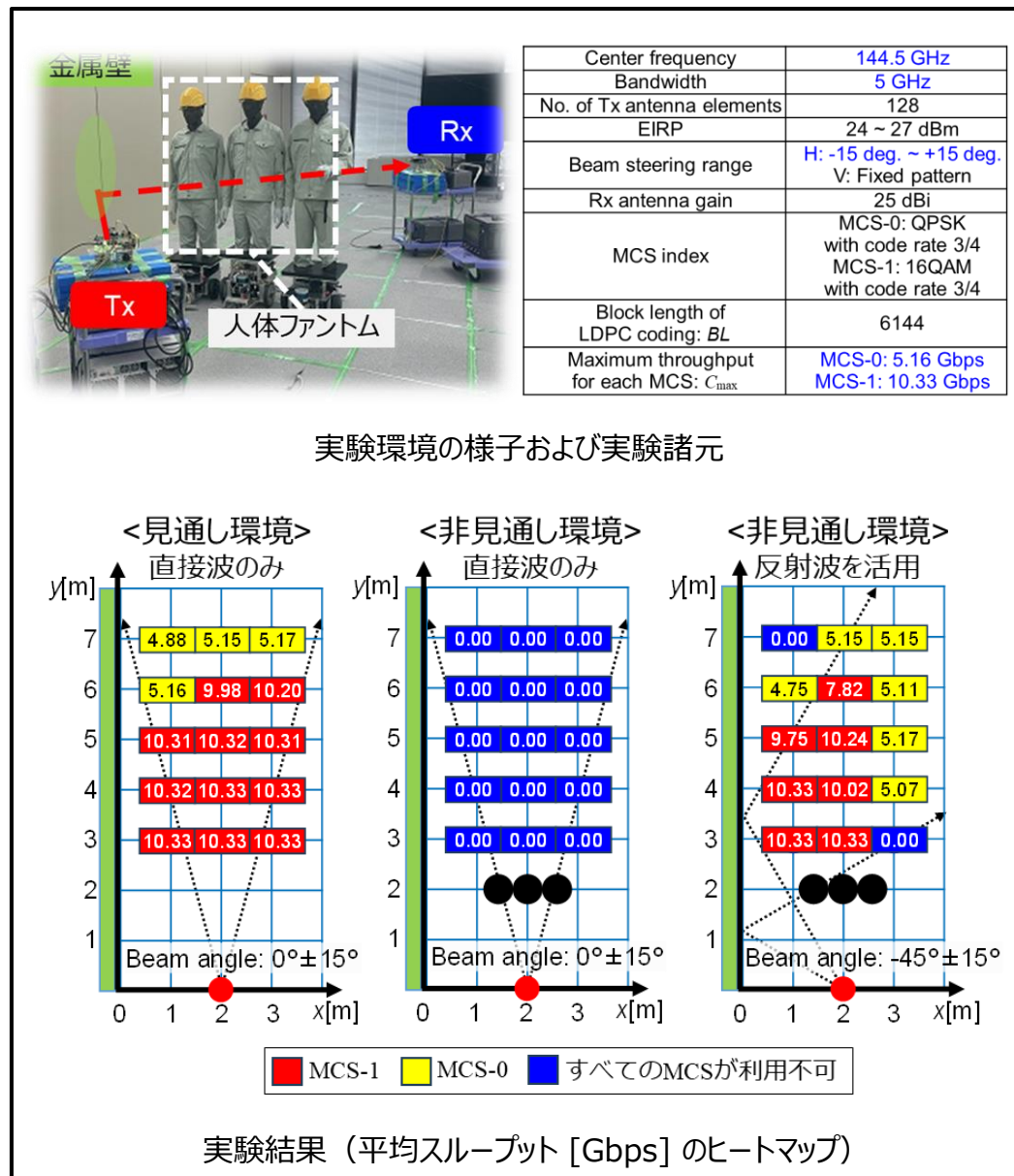
■ 取り組み概要

- Nokia Bell研が開発した140 GHz帯のRFICおよびフェーズドアレイアンテナにより、ビームを形成して無線伝送を実現
- ドコモ/NTT/Nokiaは、技術の有効性や適用領域を明らかにするために、基本的な伝送特性の取得や屋内カバレッジの評価を実施

■ ポイント

- 環境に応じてビームの方向を変化させ、反射波を活用することで、非見通し環境でのカバレッジ改善を確認

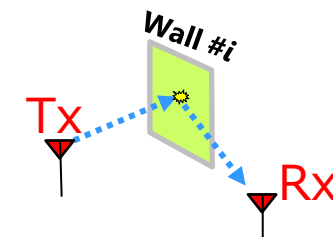
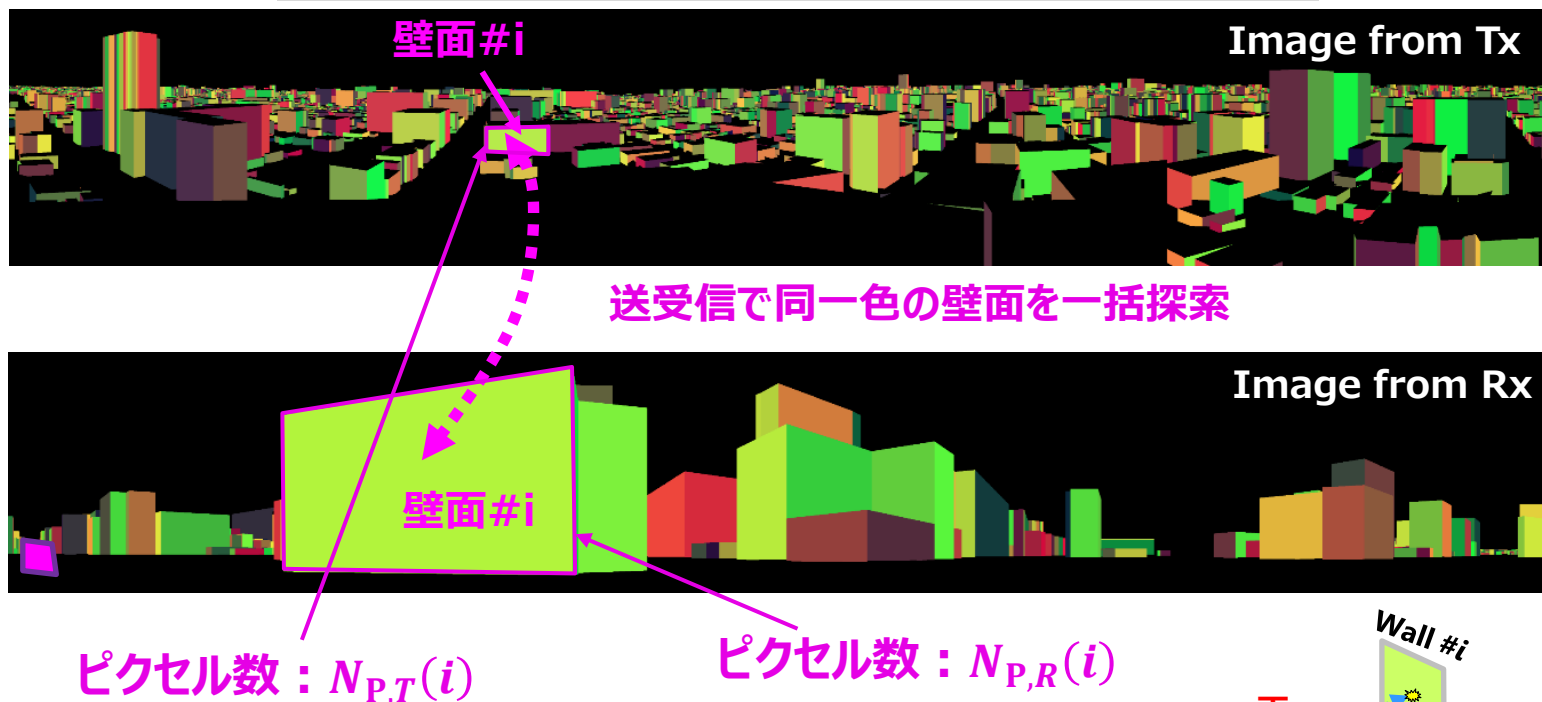
共創パートナー：NTT、Nokia Bell Labs



XGMFブースにおける展示 「高速伝搬シミュレーション技術」

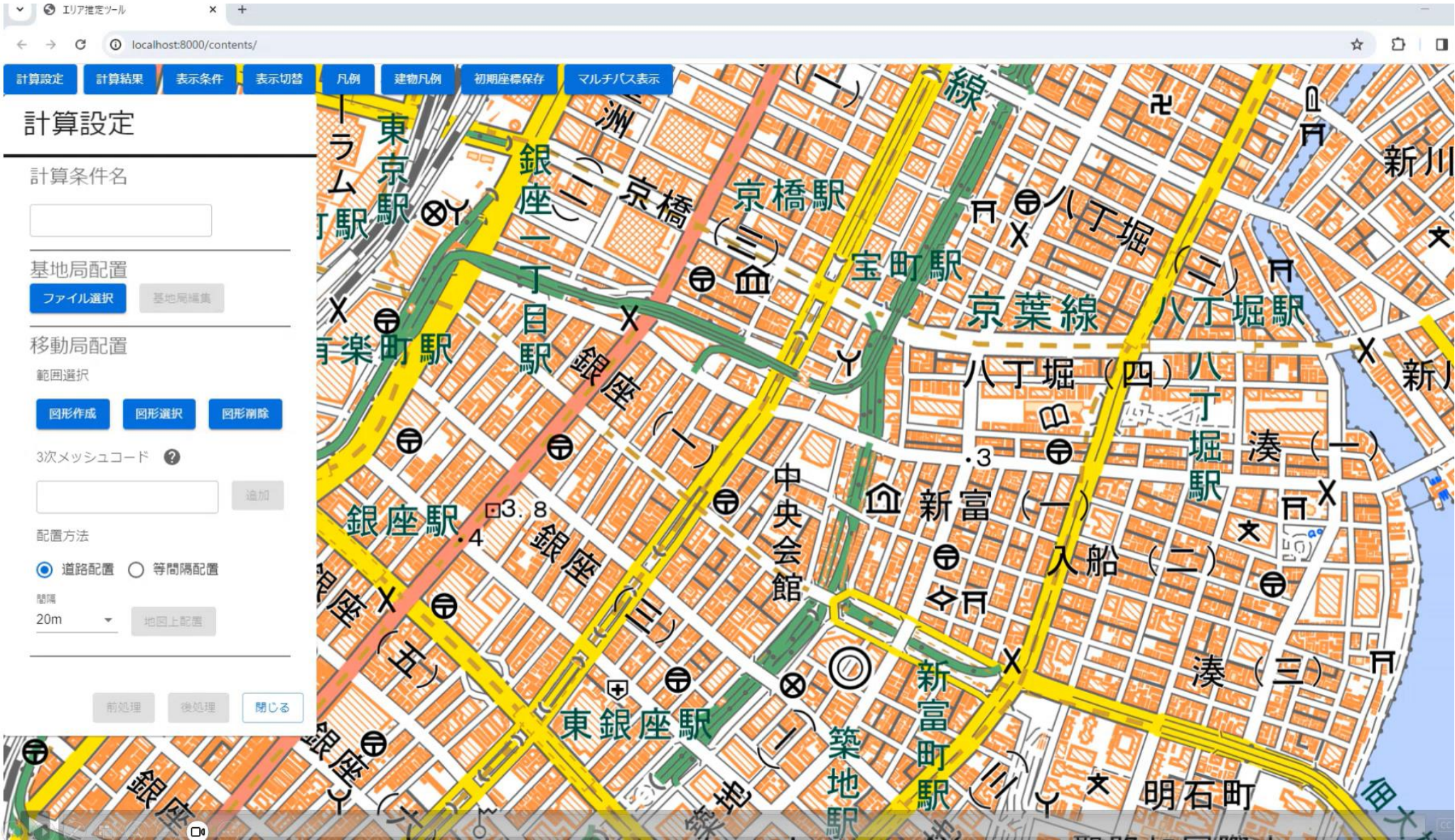
- 直接波及び散乱波を考慮
- 散乱波の探索及び計算のため、すべての建物の壁面に識別色（例:RGB）を割り当てた上で、これらの壁面を送受信点から見たイメージに変換し、両イメージからお互いの色コードが一致する壁面を散乱壁面として一括抽出
- 散乱壁面の色のピクセル数及び係数の乗算で、散乱波の受信電力を計算

送受信点から見たカラーイメージ



- ✓ 従来のレイトレーシング法と比較して、評価環境にも依存するが、数百～数千倍以上の高速化が可能
- ✓ 散乱壁面の面積（ピクセル数）を用いた受信電力計算により、従来のレイトレーシング法と比較しても高精度な推定が可能

カラーイメージ法を用いたエリア推定ツール【動画】

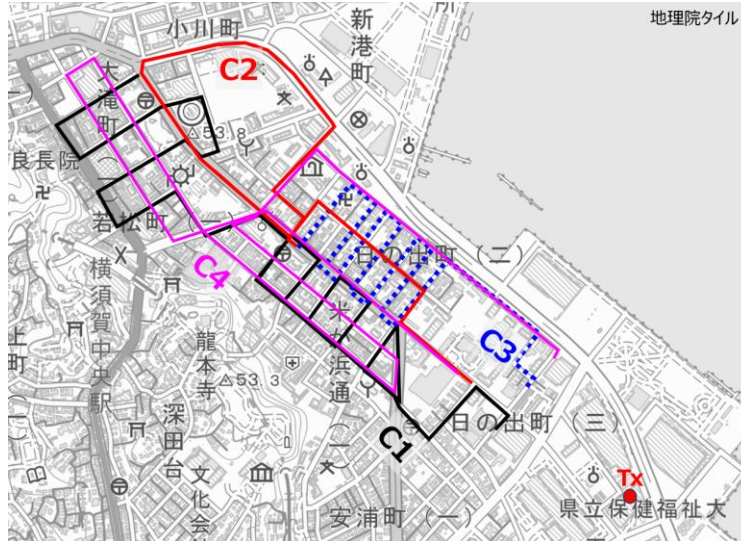


カラーイメージ法の推定精度

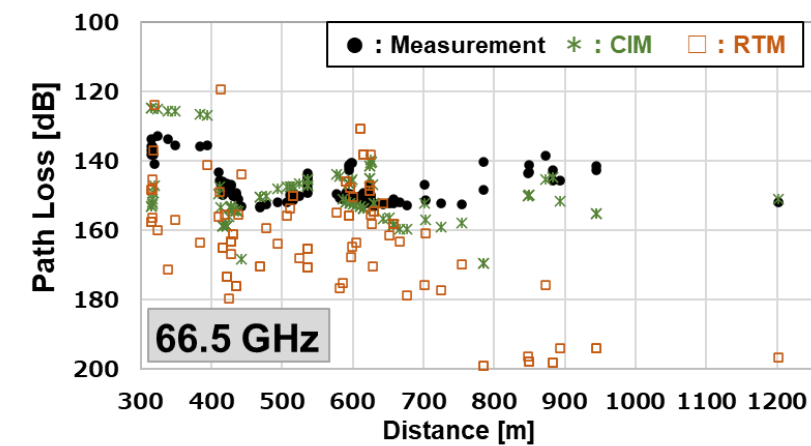
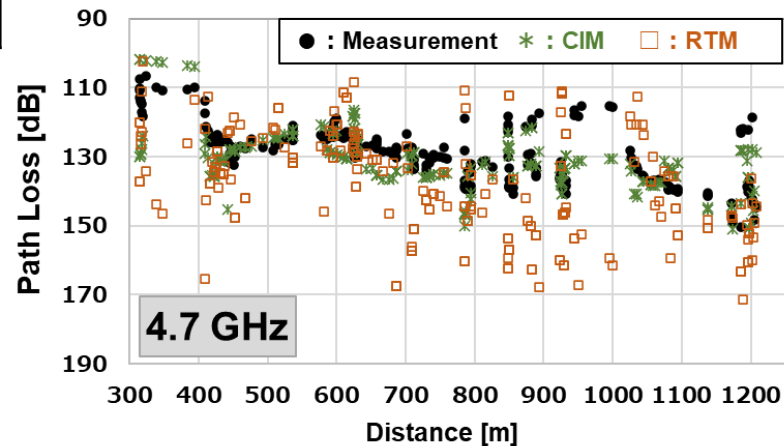
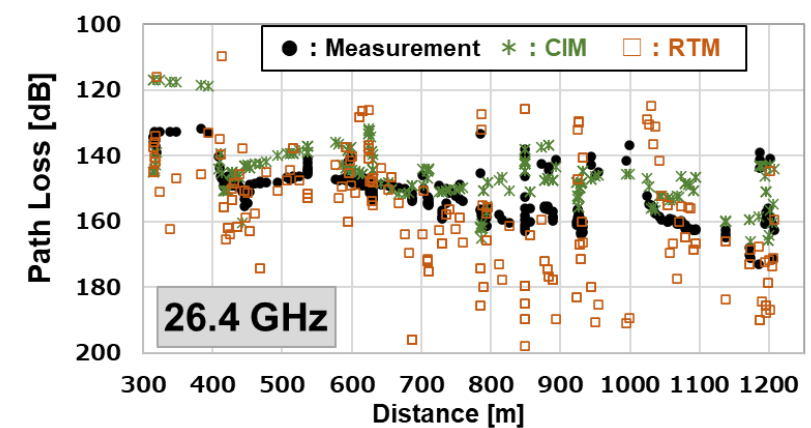
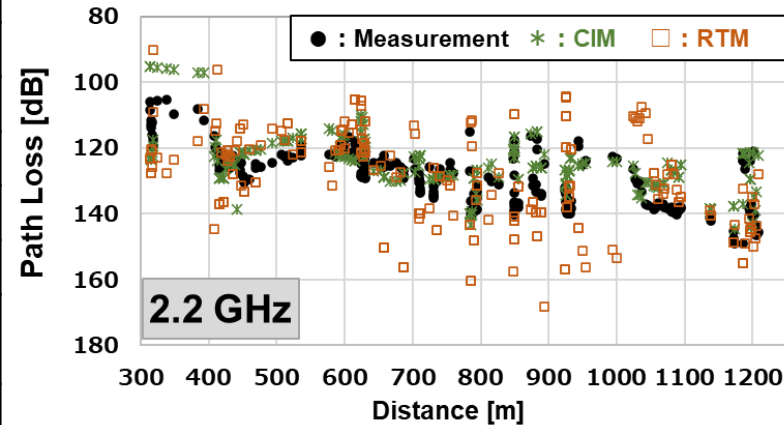
伝搬測定環境と条件

測定環境	神奈川県横須賀市の市街地環境	
周波数	2.2, 4.7, 26.4, 66.5 GHz	
送信局 (Tx) の高さ	26 m	
受信局 (Rx) の高さ	2.5 m	
送信局アンテナの3dBビーム幅	60 deg.	2.2, 4.7, 26.4GHz
	30 deg.	66.5 GHz
受信局アンテナの3dBビーム幅	360 deg. (オムニ)	
建物の平均高	20 m	
短区間長	10 m	

Tx位置と測定コース



コースC1における比較結果



- カラーイメージ法 (CIM) は実測値とよく一致
- レイトレーシング法 (RTM) は実測値に対し、大きな差分あり



5G Evolution & 6G

Technologies that enrich human life

Thanks!

^{NTT}
docomo