



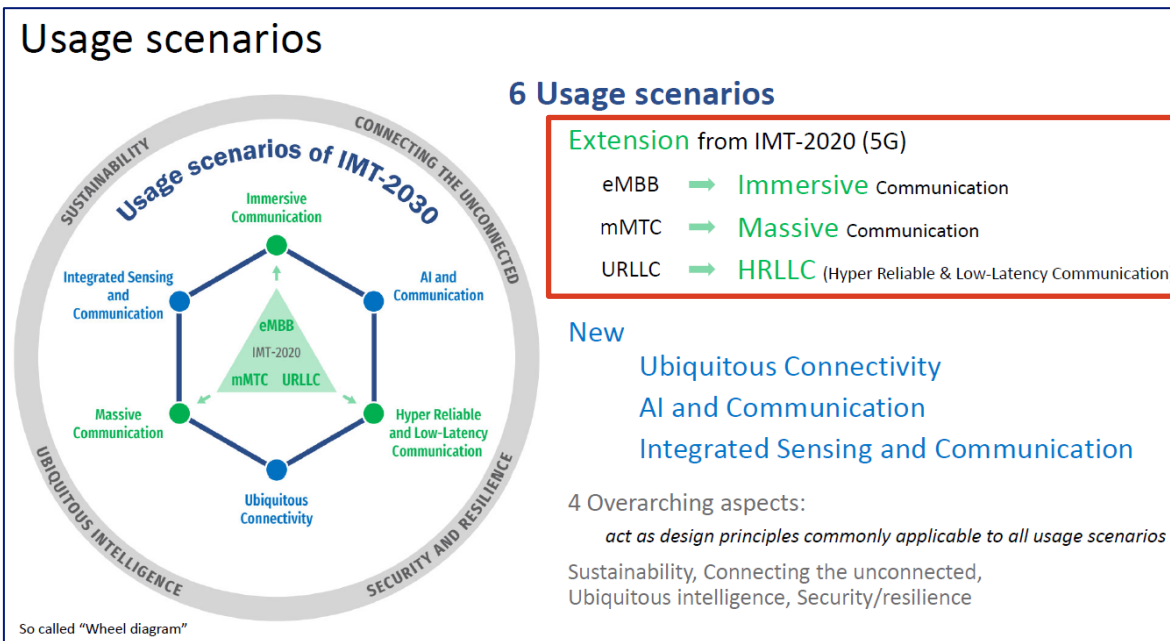
あの手この手でミリ波を繋ぐ New Topology 制御

NTTアクセスサービスシステム研究所

ミリ波活用に向けて

- 6G時代の高速大容量通信を達成するため、ミリ波などの高周波数帯をより多数の場面で活用することが求められている。
- 遮蔽物が多い複雑な環境での無線NWエリア構築技術としてメタマテリアル／メタサーフェス技術を用いた反射板などでエリアを構築するNRNT（New Radio Network Topology）が議論されてきた

IMT-2030のフレームワーク勧告



<https://www.itu.int/en/itu-r/study-groups/rsg5/rwp5d/imt-2030/pages/default.aspx>

NRNTの世界



- 空間領域の分散ネットワーク高度化技術（New Radio Network Topology）では、できるだけ近い距離や見通し環境（ロスの少ないパス）で通信すること、および、できるだけ多数の通信路をつくり、パス選択の余地を多くする（冗長性を増やす）ことで、超高速・大容量化（特に上りリンク）や無線通信の信頼性向上を追求する

空間領域の分散ネットワーク
高度化技術（New Radio
Network Topology）



周波数領域のさらなる広帯域化
および周波数利用の高度化技術



非陸上（Non-Terrestrial Network）
を含めたカバレッジ拡張技術



Massive MIMO技術および
無線伝送技術のさらなる高度化



低遅延・高信頼通信（URLLC）
の拡張および産業向けネット
ワーク



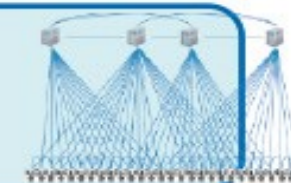
無線通信システムの多機能化
およびあらゆる領域でのAI技術
の活用



移動通信以外の無線通信技術の
インテグレーション



ネットワーク・アーキテクチャ



引用元： **5G evolution & 6Gへの動向とめざす世界** (<https://journal.ntt.co.jp/article/15175>)

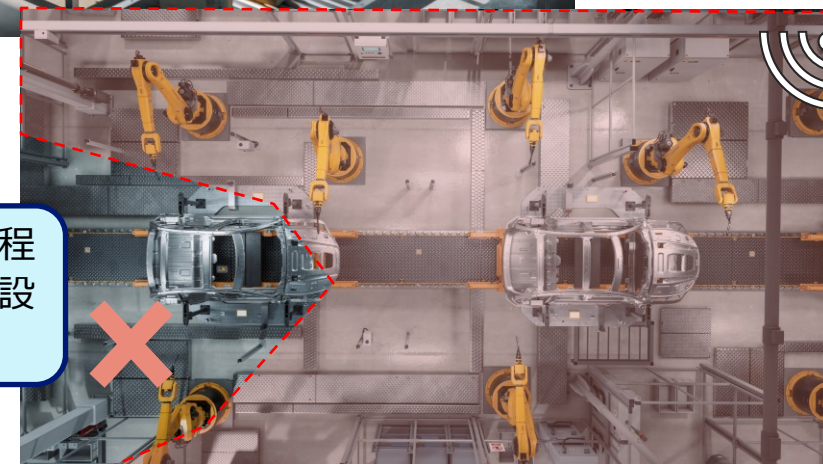
具体的な課題

- ミリ波を普及させるためのポイントとして十分なカバレッジ確保や置局や運用の低コスト化が挙げられている
- 一度置局した無線エリアも遮蔽物の移動やトラヒック発生個所の移動など、環境変動が発生し、必要な場所に十分な通信環境が整わない可能性がある



複雑な構造の工場内で高速無線通信を導入したいが、
基地局や中継局はコスト(※)が高い
※初期導入、維持管理、運用コスト

コストが限られている中で、全ての製造工程
や状況に応じて完璧に無線通信を届かせる設
計は難しい。



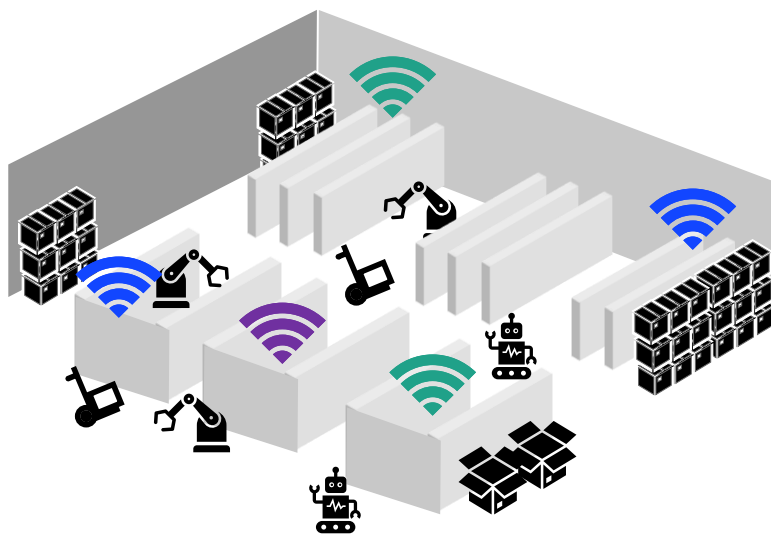
NRNTのエリア形成技術概要



- 必要なカバレッジを確保しつつより経済的にローカル5Gのミリ波を活用するためには、設置総コスト（初期コスト＋維持管理コスト※）を考慮した置局設計が必要
- レイアウト変更や大容量通信が必要となるスポットが変動する場合は、移動中継局や移動する反射板を用いて、環境変動に追従可能となる高速な置局設計制御に基づくエリア構築が有効

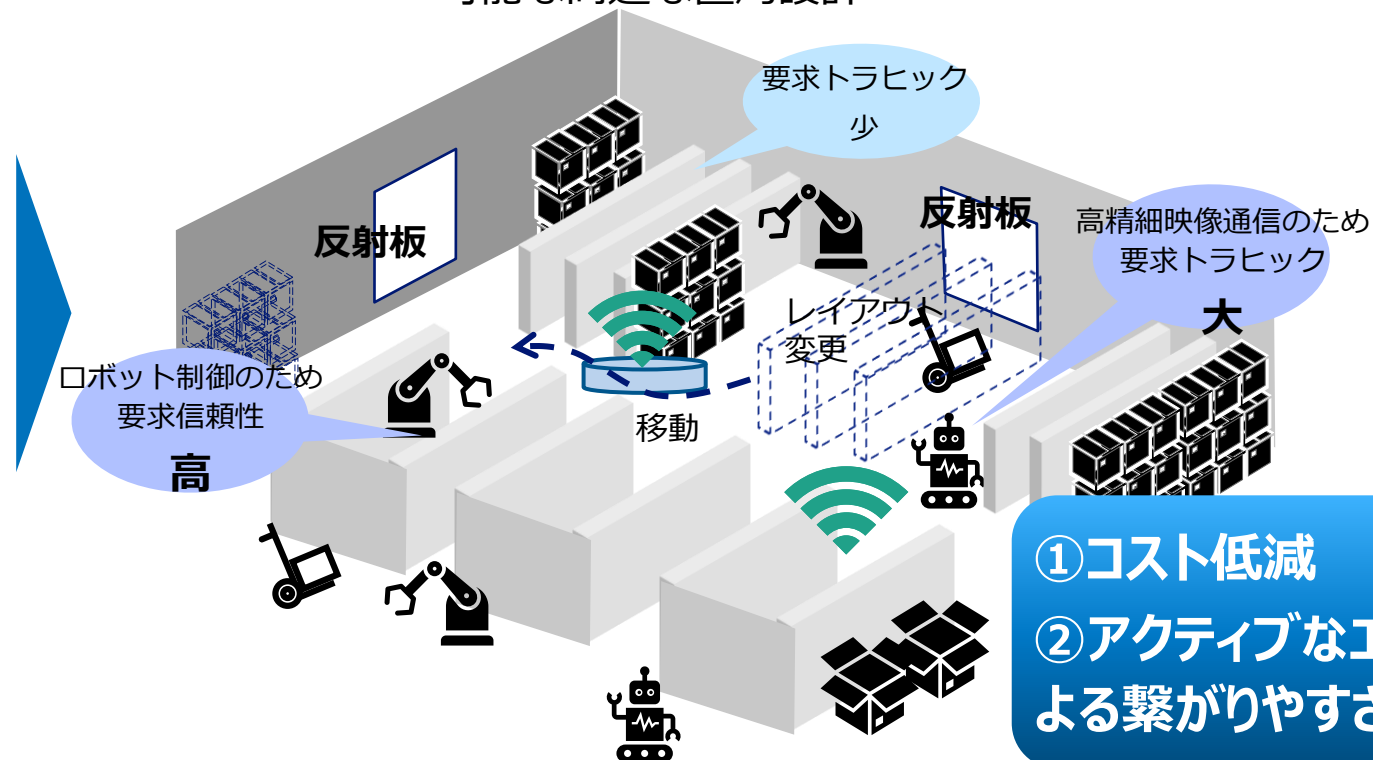
従来技術

カバレッジを確保するため、基地局・中継局を固定配置する置局設計を導出可能



提案技術

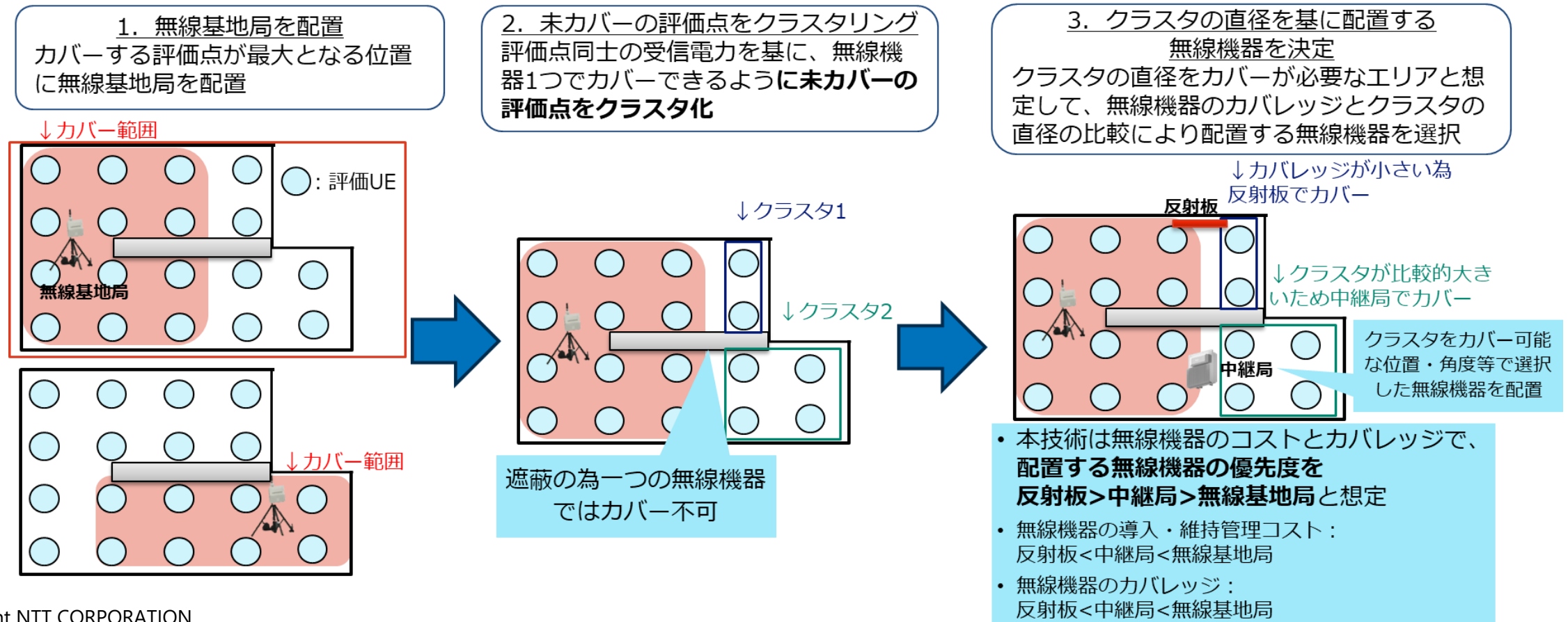
- ①反射板を含む設置総コストを考慮した置局設計
- ②レイアウト変更や要求トラフィック発生場所の変更に対応可能な高速な置局設計



- ①コスト低減
- ②アクティブなエリア構築による繋がりやすさの確保

従来の置局設計（総当たり法）：全設置候補位置に無線機器（中継局・反射板・無線基地局）を配置してから最適な無線機器設計を算出する為計算量が増大

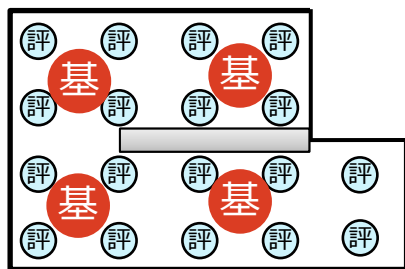
本技術：未カバーの評価点からクラスタを作成して、各クラスタに無線機器のどれを置くのが最適なのを事前に判定することで計算量を削減



参考) 置局設計アルゴリズム

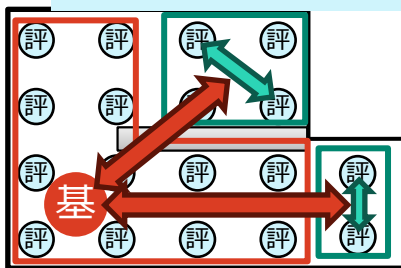
赤太字が新規実装箇所

想定
エリア



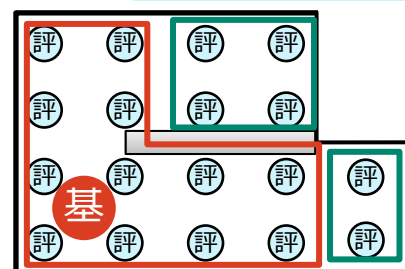
- ①・基地局の候補位置から評価点までの電波伝搬推定を実行

↓ここまでPhase1

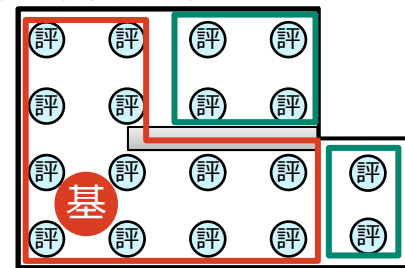


- ④・各クラスターの直径+クラスターの重心-基地局間の距離がそれぞれ閾値以下になるクラスター数が最小?となる候補点に基地局を設置(RISを優先したいなら、この距離の閾値を厳しくする)

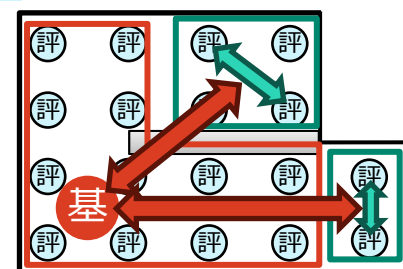
基地局からの受信電力が閾値以下のRIS・中継局の候補点を排除



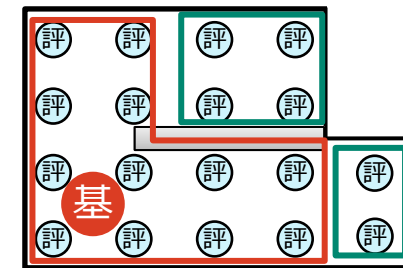
- ②・各基地局の候補点において、カバーしていない評価点を抽出
・カバーしていない評価点が存在するエリアを確認する為、**カバーしていない評価点を各基地局候補点からの電波伝搬推定結果を用いてX-means法等によってクラスタリング**
※X-means法: クラスタ数が自動で決定するクラスタリング手法



- ⑤・設置した基地局のカバレッジの中で、各クラスターに対して**最も多くの評価点をカバーできる位置・角度**でRIS・中継局を設置。現状各クラスターに対して**独立に最適位置・角度**を算出(村山さんRIS設置アルゴリズムの利用を想定)



- ③・カバーしてない評価点をRISや中継局でカバー可能か確認する用の指標として「RIS-UE+RIS-BS」の距離と似た値をここで概算する為、**各クラスターの直径+クラスターの重心-基地局間の距離**を算出



- ⑥・カバーしてない評価点が残っている場合は、すべてカバーするまで②-⑤のフローを繰り返す

実証実験のNW構成およびパラメータ



基地局および中継局パラメータ

項目		数値
L5G	周波数帯	28GHz
	EIRP	20dBm
	送信帯域幅	400MHz
	Beam水平面角度	±45度
WiGig ※移動中継の 中継局のみ	周波数帯	60GHz
	EIRP	40dBm
	送信帯域幅	2.16GHz
	アンテナ水平面走査範囲	90度

基地局および
中継局

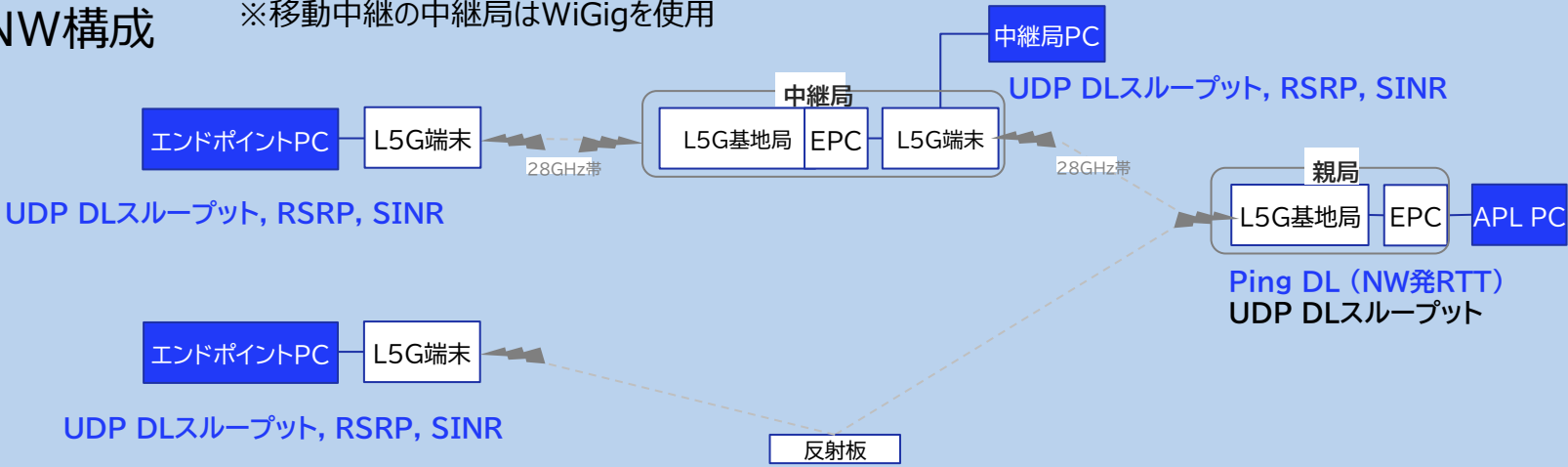


遮蔽物
(アルミ泊入り段ボール)



NW構成

※移動中継の中継局はWiGigを使用



反射板

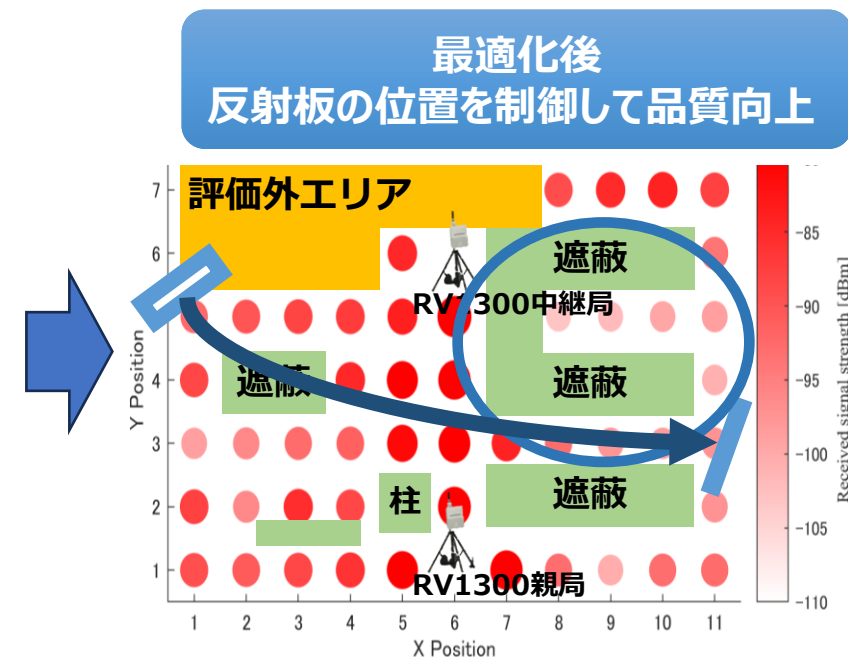
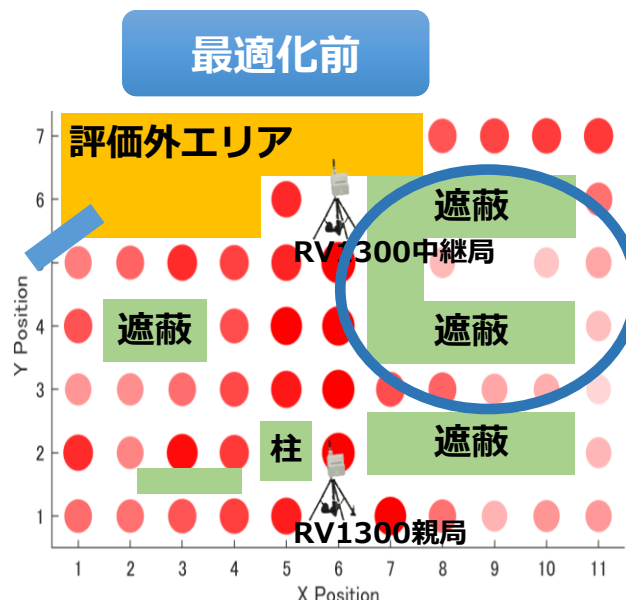
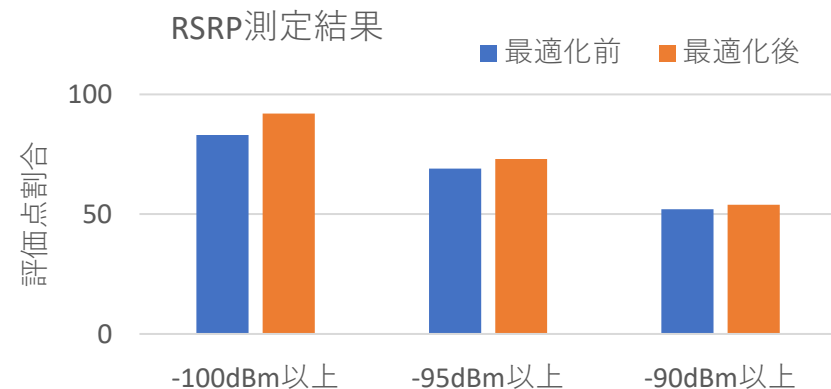
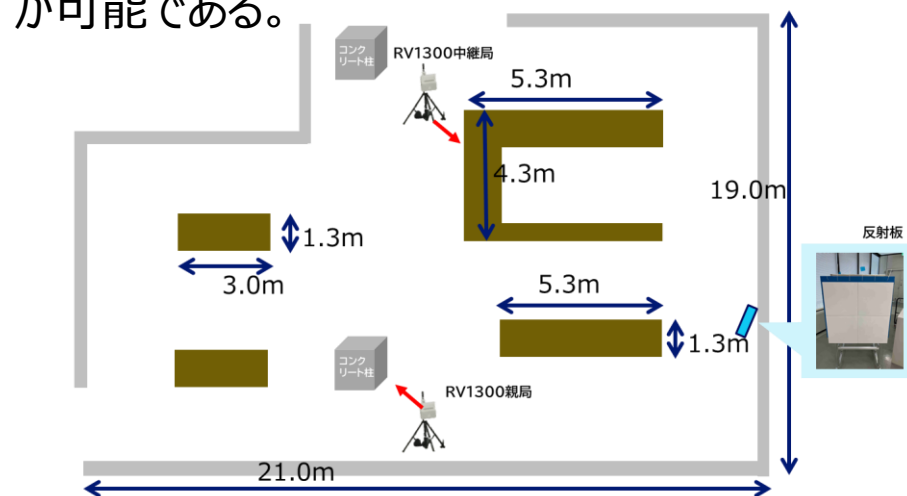


設置総コストを考慮した設計

図のような複数の遮蔽がある場合、基地局 + 中継局でおおよそのエリアはカバーできるが、遮蔽物がコの字型になっているようなエリアはカバレッジの穴になってしまっている。

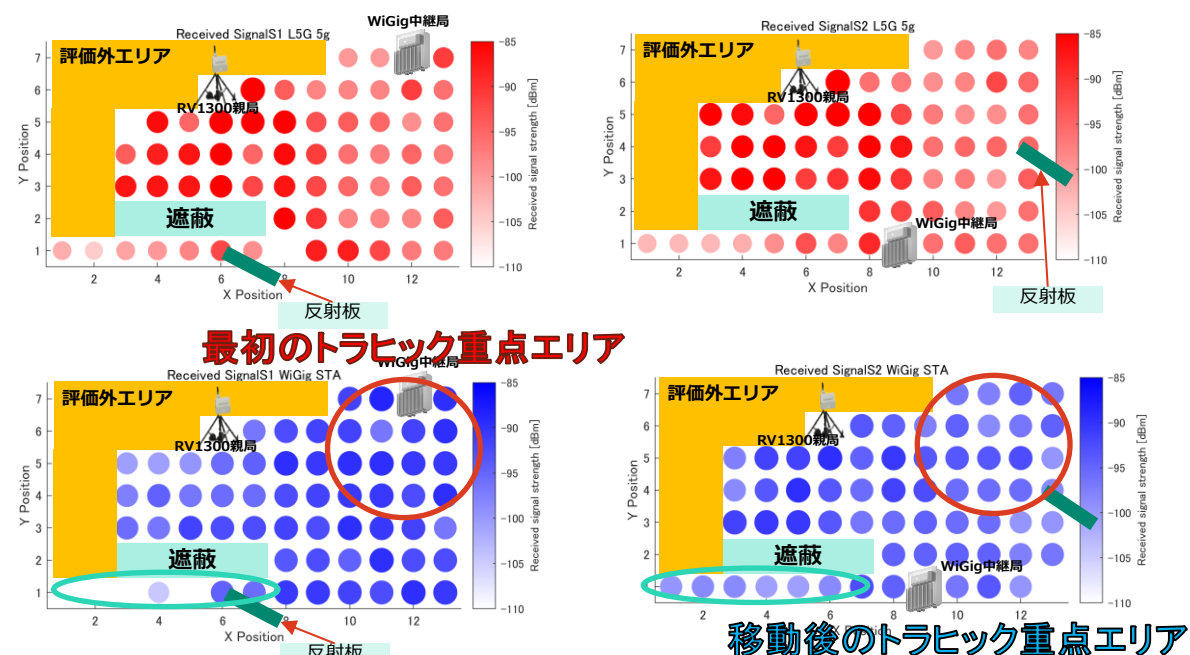
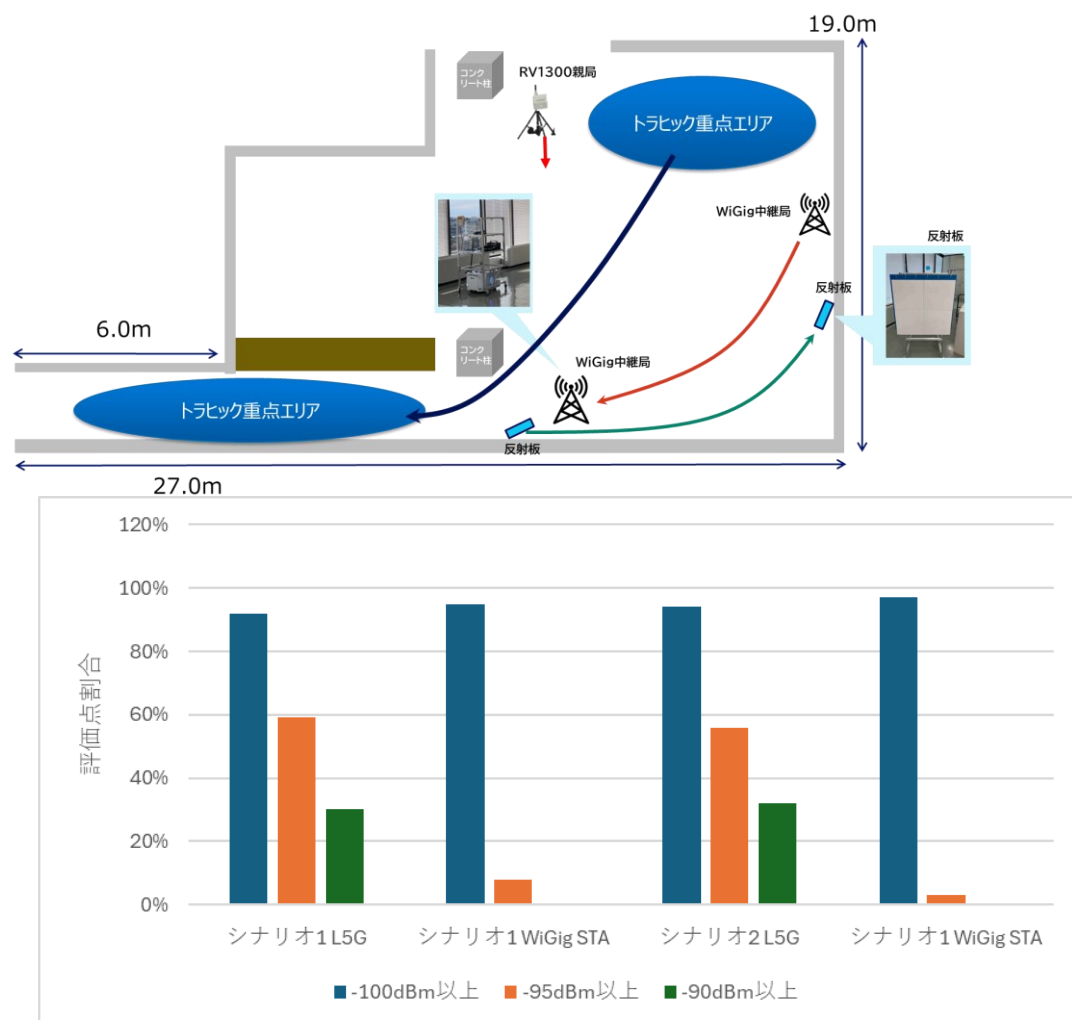
このようなエリアに対しても中継局を増設することでエリアを強化することは可能だが、コストはその分高くなる。

提案手法により反射板のような中継器よりも廉価な設備を適切に置局設計に活用することでカバレッジを十分向上させることが可能である。



無線環境変動へ追従するミリ波エリア制御

カバレッジは常に均一に必要とは限らず、必要な場所に必要なカバレッジが確保されていることが重要である。
トラヒック重点エリアが移動し、それに追従するように自走ロボットに装備された中継局や反射板が異動する。



左上段：親局受信電力
左下段：中継局受信電力

中継局が移動することで、トラヒック重点エリアに追従したエリア制御が確認できる。

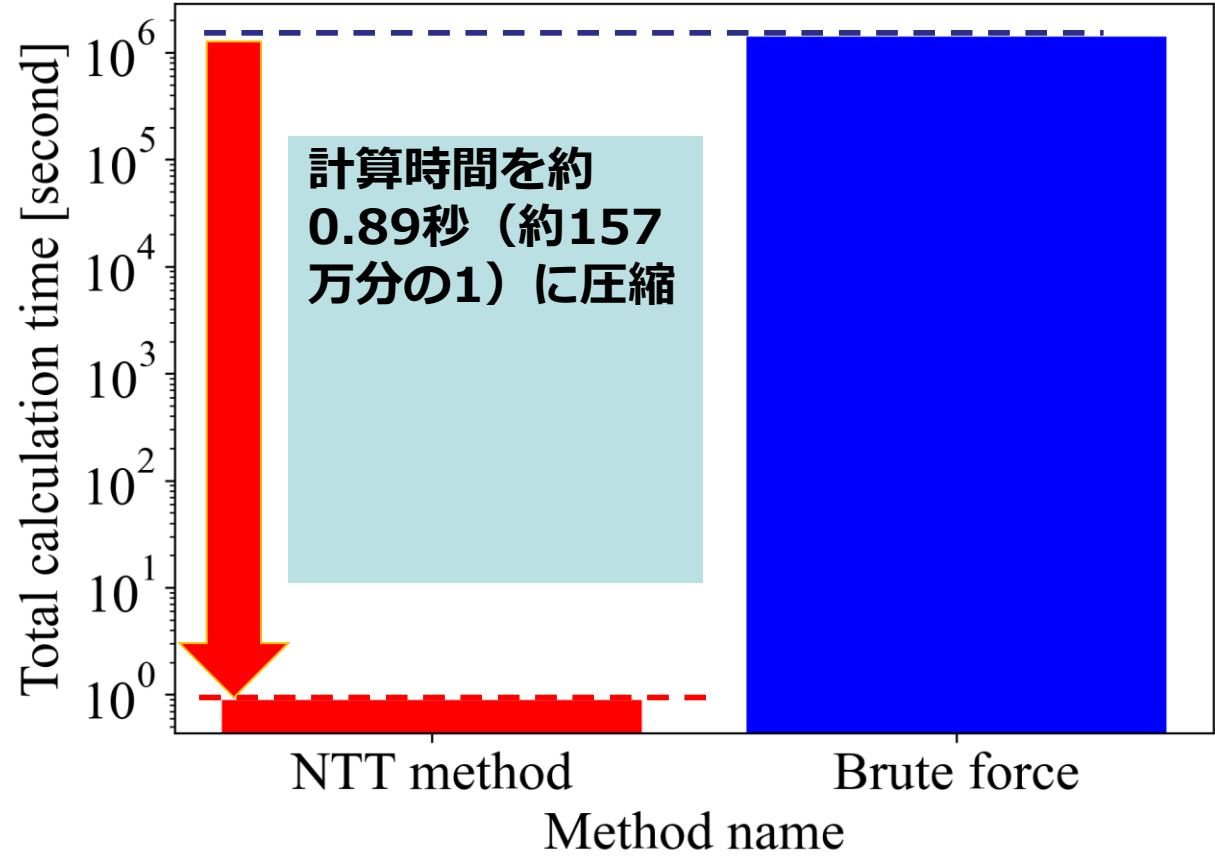
環境変動に必要なエリア制御にかかる計算時間の比較



クラスタ化して高速演算する本提案手法では、計算時間を大幅に短縮できることを確認

計算時間結果

パラメータ	値
無線基地局の設置数	1台
中継局・反射板の設置数	計2台
無線基地局の配置候補数	896
中継局・反射板の配置候補数	1776



- 6G時代の大容量通信を実現するため、ミリ波活用が期待されている
- コストやカバレッジに関する課題への解決として中継局や反射板の効果的な活用が必要である
- コスト考慮およびクラスタ化による高速演算によって、無線通信環境に柔軟に追従可能なエリア形成技術を提案
- 反射板を活用したカバレッジ改善および計算量の大幅な削減を確認
- New Topology技術として引き続き検討