

ADVNET2023

ローカル5G環境における無線伝搬状況の モニタリング・分析技術の実現性検証実験

アンリツ株式会社

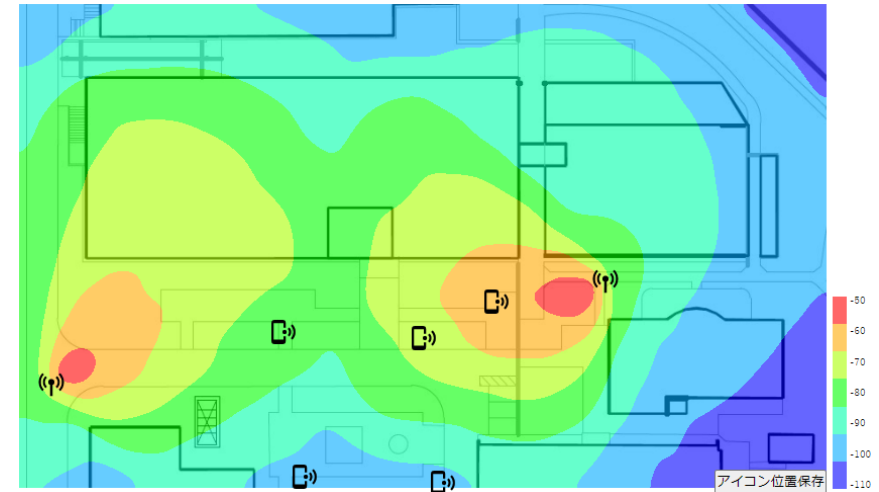
佐々木 聖志

2023年10月5日

無線ネットワーク環境においては、人やモノの移動、レイアウトの変更、気象条件などの環境変化により、通信品質の低下を招くことがある。これら環境変化への対応、さらには無線ネットワークの安定運用のためには、無線伝搬特性・状態を時系列に可視化し分析することが必要と考える。

今回、国立研究開発法人情報通信研究機構(NICT)のB5Gモバイル環境テストベッド(以降、NICTテストベッド)の小金井にて、上記の課題解決に向けた新しい無線伝搬モニタリング・分析技術の実証実験を行ったので、内容について共有させて頂く。

目に見えない無線環境を可視化



画像出展：NICT B5Gモバイル環境 [testbed \(nict.go.jp\)](https://nict.go.jp/testbed)

ローカル5G (L5G) の課題

L5Gは、信頼性の高い無線ネットワークとしてミッションクリティカル用途などへの利用も期待されている



無線環境は、人やモノの移動や、レイアウト変更、温度・湿度などの天候条件といった現場環境の些細な変化により影響を受け、通信品質の低下につながることもある。信頼性の高いL5Gであっても、安定運用には、電波特性を常時把握することが必要



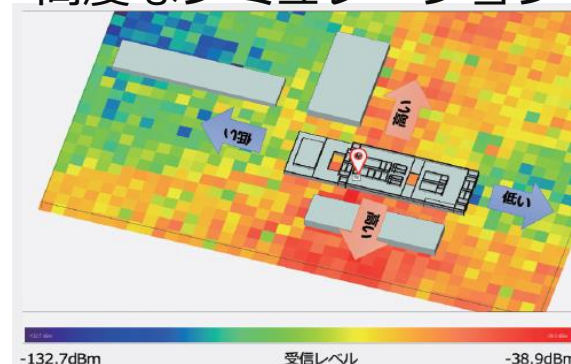
以下のような課題がある

- ・無線の電波は目に見えないため把握が難しい
- ・下記のような従来の無線環境可視化手法では測定結果を得るまでに多くの時間・コストが必要
 - ✓ 測定器で歩き回って実測してカバーエリアマップを作成
 - ✓ 現場環境の3Dモデルを用意して高度なシミュレーションを実施

実測によるカバーエリアマップ

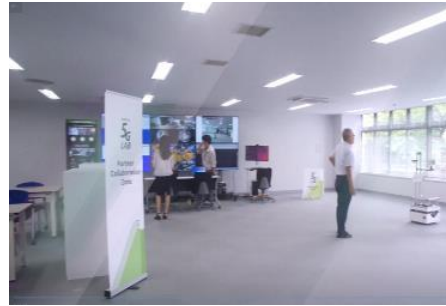


高度なシミュレーション



- ✓ アンリツは、前記のような課題解決に貢献する、L5G無線環境を短時間で可視化できるL5Gモニタリング技術を開発中
- ✓ 社内に、5Gラボ (Sub6, ミリ波)があるが、1 RU構成のため、複数RU環境での評価ができなかった。

Sub6, SA



ミリ波, NSA



Sub6、ミリ波ともに1 RU構成のため、複数RU環境の評価できず・・・



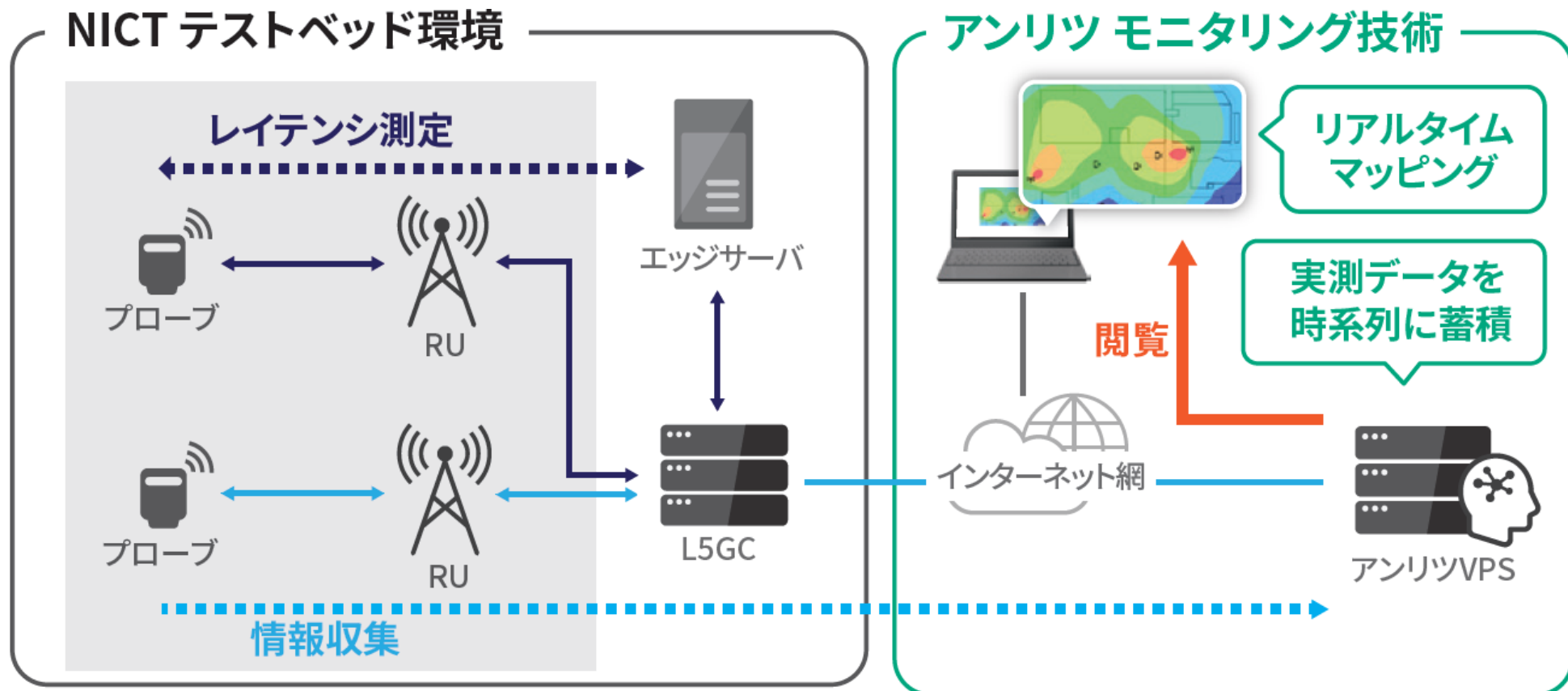
L5Gの複数RU環境を提供するNICTテストベッドにて、この開発中のL5Gモニタリング技術の有用性検証の実証実験を行った。

- ✓ NICTテストベッド(小金井)に、測定用アプリをインストールしたプローブを5台配備
- ✓ その実測データをインターネット上のサーバ(VPS: Virtual Private Server)へ、L5G網およびインターネット網を経由して格納
- ✓ 専用サーバアプリにて、事前設定した電波伝搬シミュレーションデータと実測データを統合することにより、閲覧PC上でリアルタイムにヒートマップを生成

プローブは、京セラ社製
L5G対応端末K5G-C-100A
を使用

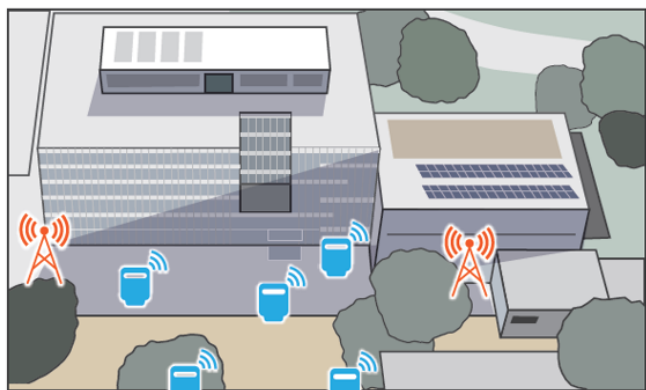


画像出展：京セラ 5G対応デバイス製品のご紹介
K5G-C-100A | IoT通信機器・IoT通信モジュール |
製品情報 (法人のお客様) | 京セラ (kyocera.co.jp)



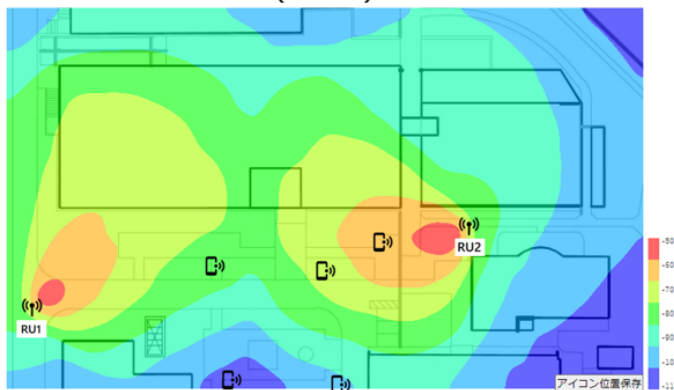
アンリツモニタリング技術の特長

①シミュレーションと実測データにより目に見えない無線環境を可視化



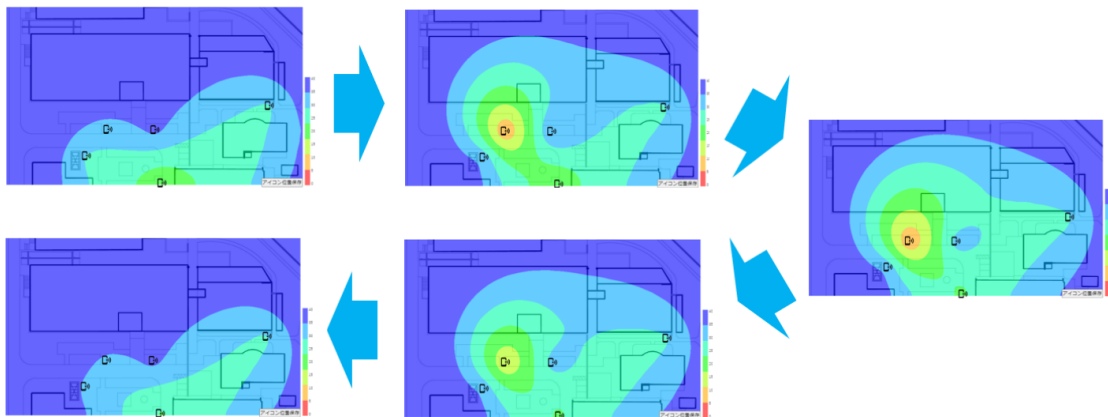
電波は目に見えない・・・

受信電力(RSRP)ヒートマップ



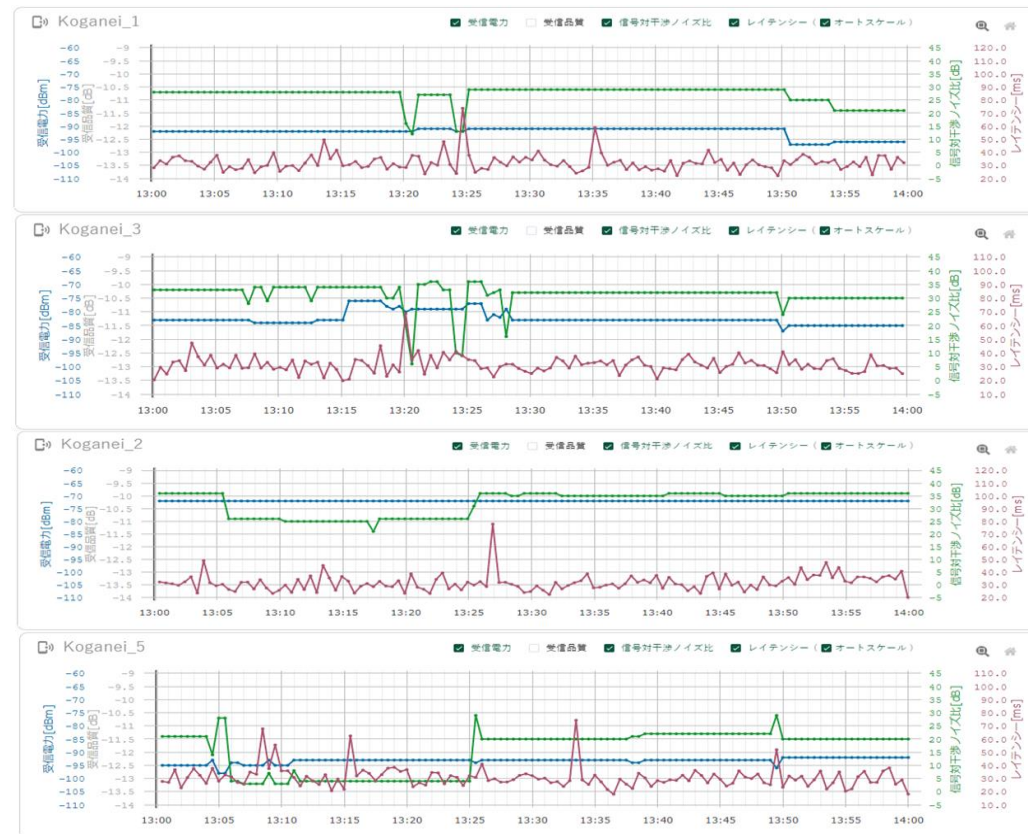
可視化により、無線環境を直観的に把握

②SINR(信号対ノイズ干渉比)ヒートマップにより、ノイズ発生源、干渉波の到来方向を推定

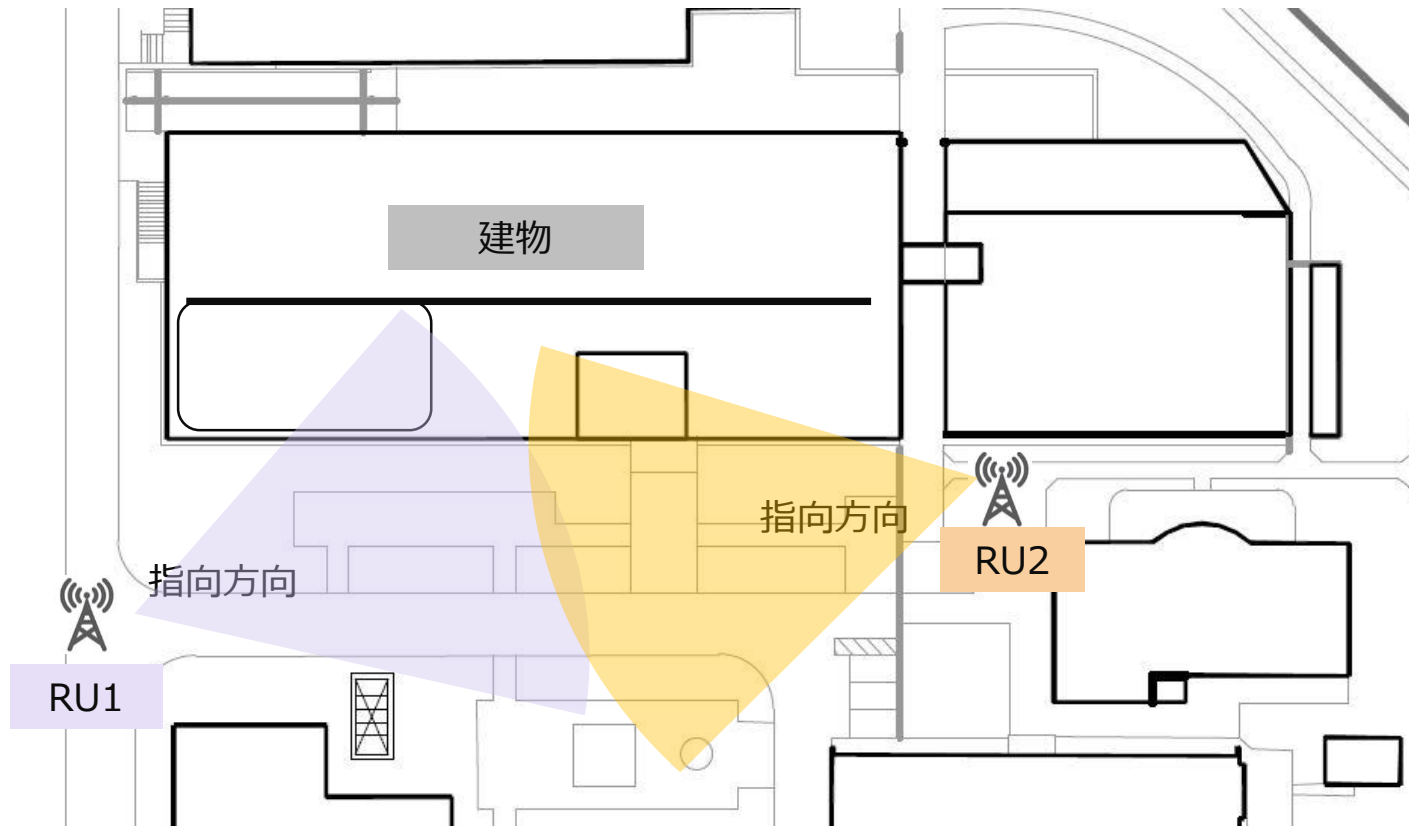


ノイズの変化を時系列に可視化

③プローブ端末ごとの複数時系列グラフにより、複数個所で変化する電波伝搬特性も逃さず捕捉



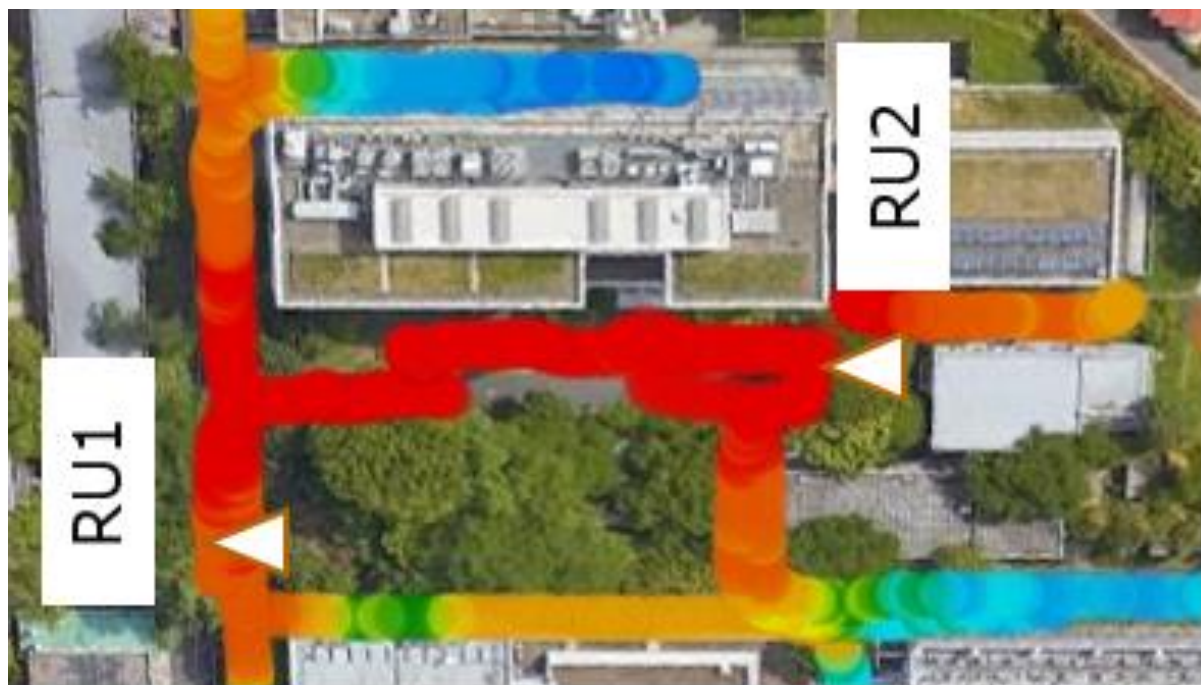
- (1) 複数RU環境における電波環境の可視化
- (2) 複数RUのカバーエリアが重なる場所での電波遮蔽の影響
- (3) ハンドオーバー時の電波環境への影響



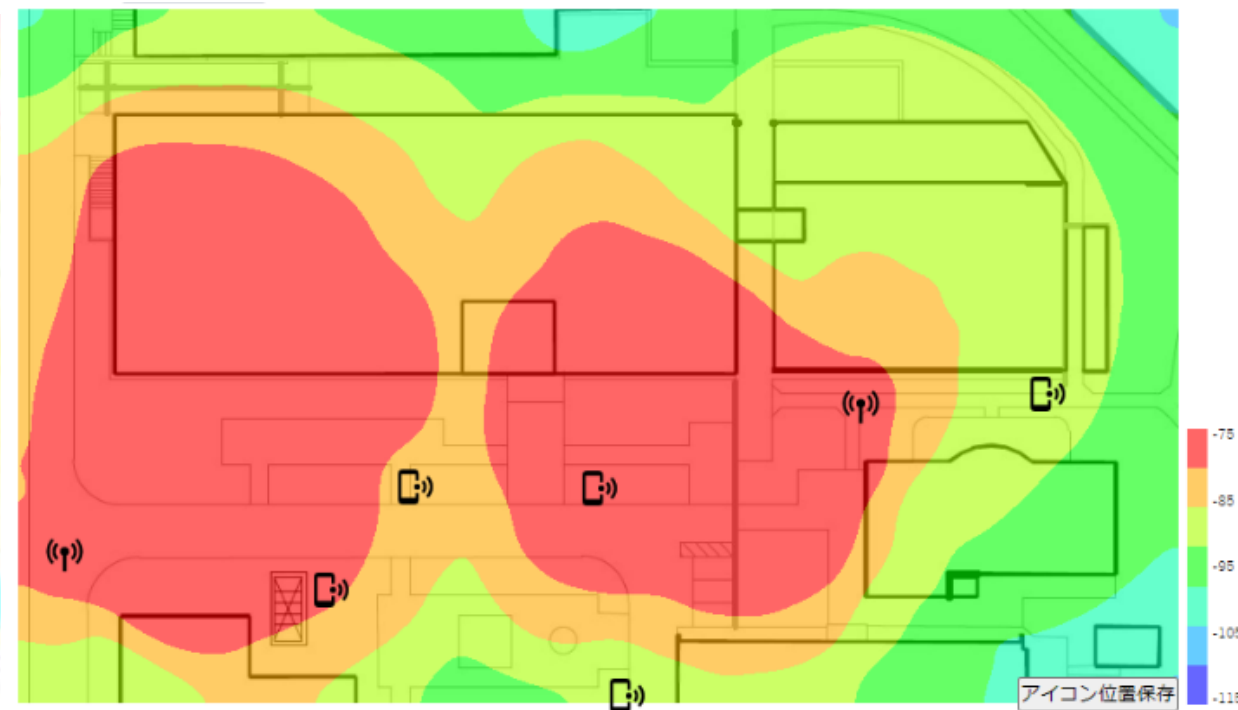
実験内容 (1)複数RU環境における電波環境の可視化

今回の実証実験において、下図のように、RUが複数存在する環境においても、エリアテストの実測プロットによるカバーエリアマップと相関が取れたカバーエリアマップ(RSRPヒートマップ)が描けることが確認できた。

エリアテスト実測値によるカバーエリアマップ



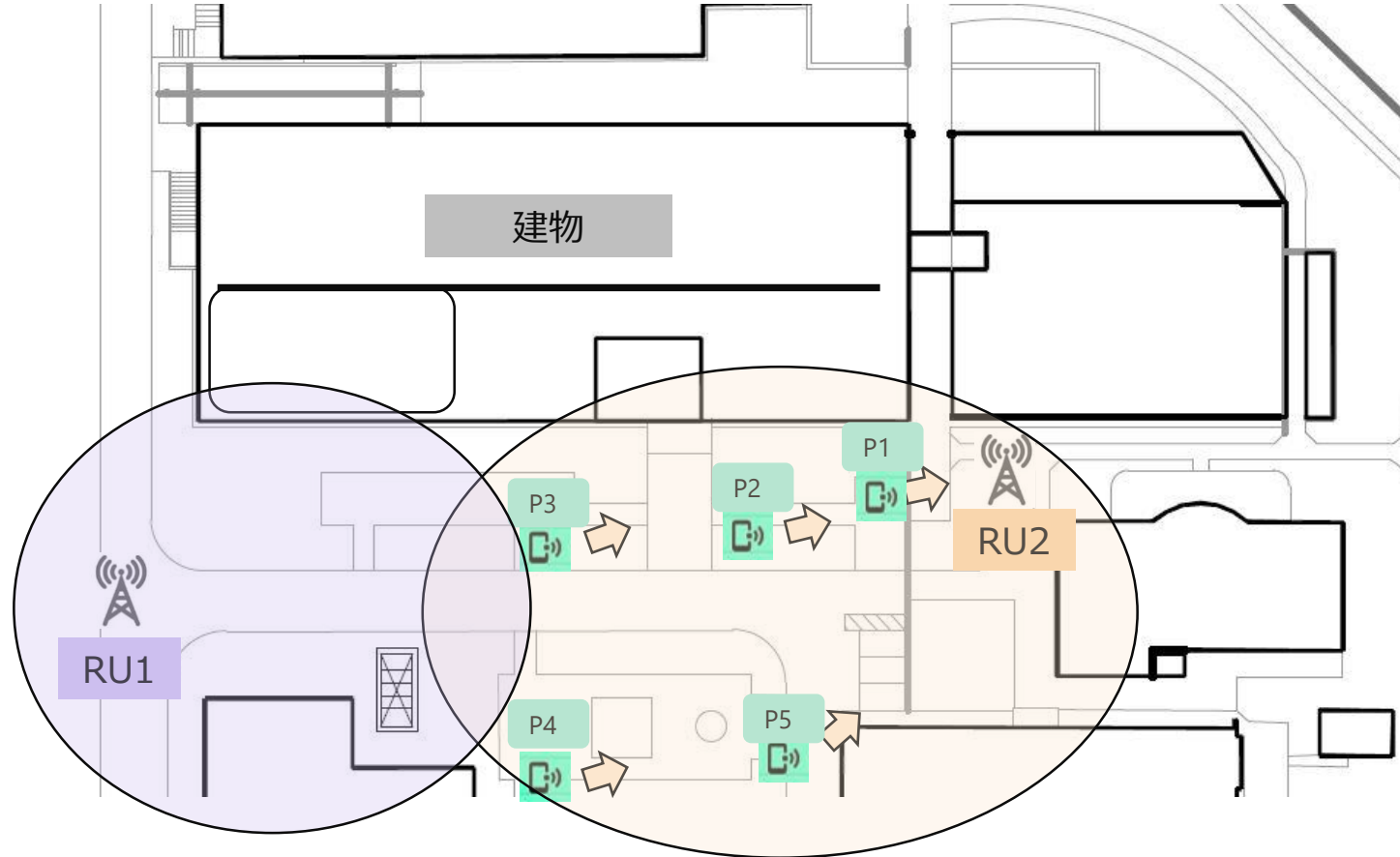
アンリツモニタリング技術によるカバーエリアマップ



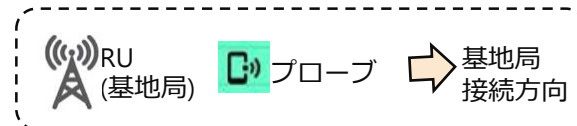
課題： 周囲構造物の遮蔽や反射の影響を考慮しないシンプルなシミュレーション結果を使用しているため、建物内や建物裏などの場所で実測結果との乖離が出る。
⇒実際に近づきたい場合には、設置するプローブ端末の数を増やす必要がある

プローブ配置

- ✓ プローブ端末5台は、すべてRU2に接続される位置に配置



P1～P5すべてのプローブがRU2に接続



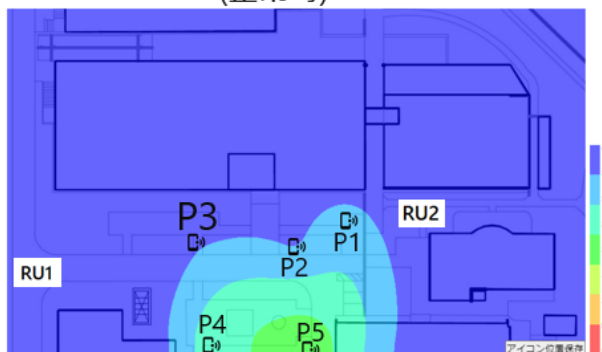
実験内容 (2)-2 複数RUのカバーエリアが重なる場所での電波遮蔽の影響

RU2接続中のP3プローブのRU2方向を5分間(11:20~11:25)遮蔽

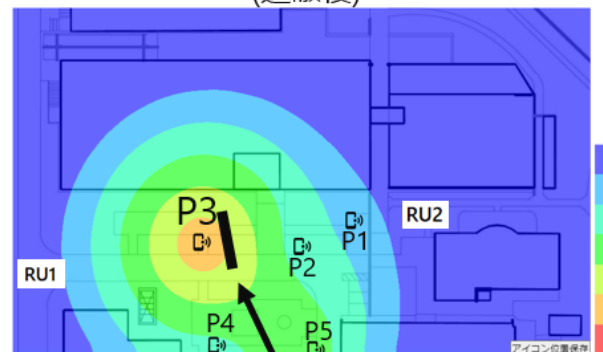
⇒ 受信電力(RSRP): 数dB悪化、SINR: 約25dB悪化

⇒ 複数RUのカバーエリアが重なる境界付近での遮蔽はSINRの悪化原因となることが分った

SINRヒートマップ
(正常時)



SINRヒートマップ
(遮蔽後)



P3のSINRが大幅に悪化



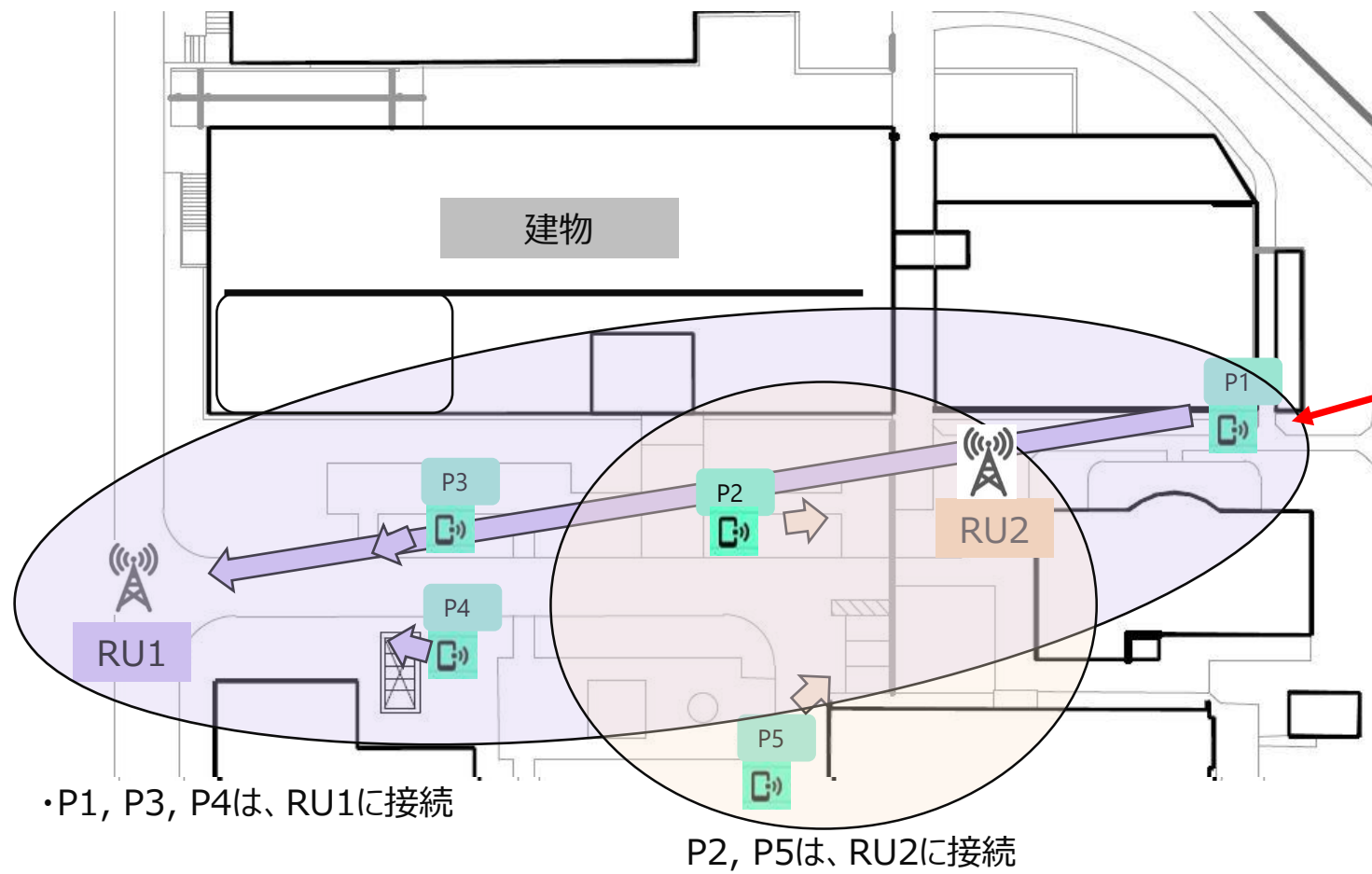
Koganei_3

受信電力 受信品質 信号対干渉ノイズ比 レイテンシー (オートスケール)

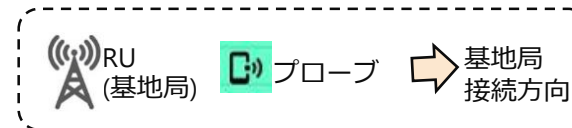


プローブ配置

- ✓ プローブ端末は、RU1に3台、RU2に2台に接続される位置に配置

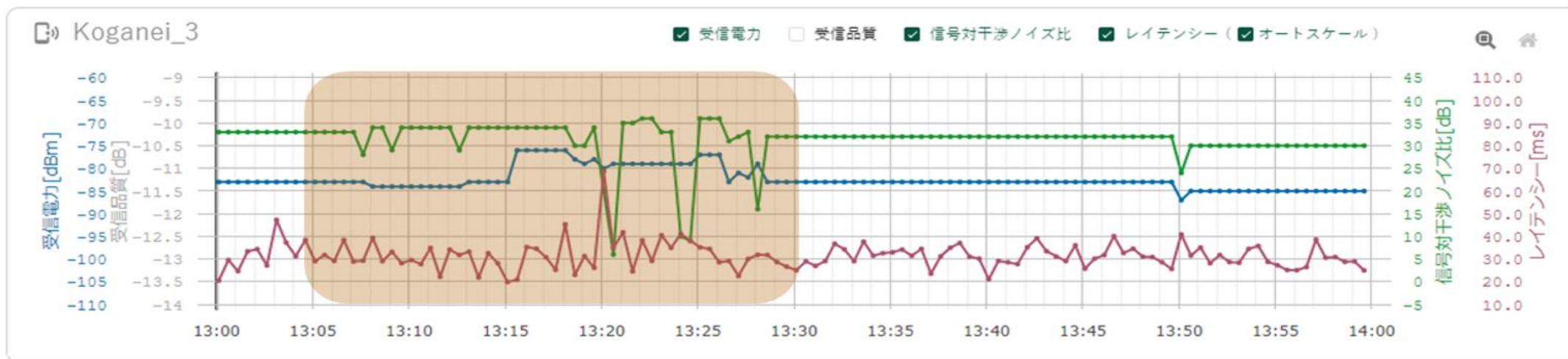
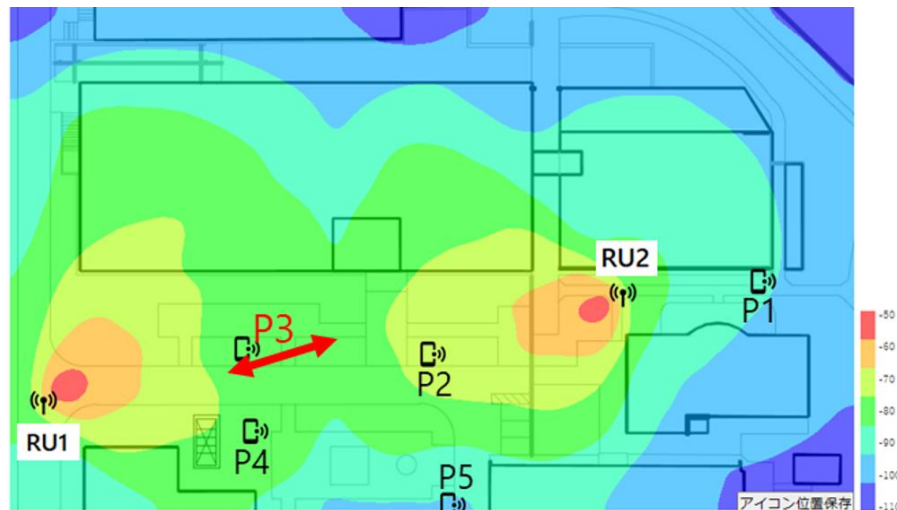


P1は、RU2を飛び越してRU1と接続
(RU2背面方向の受信電力よりも、
RU1の受信電力の方が強い)



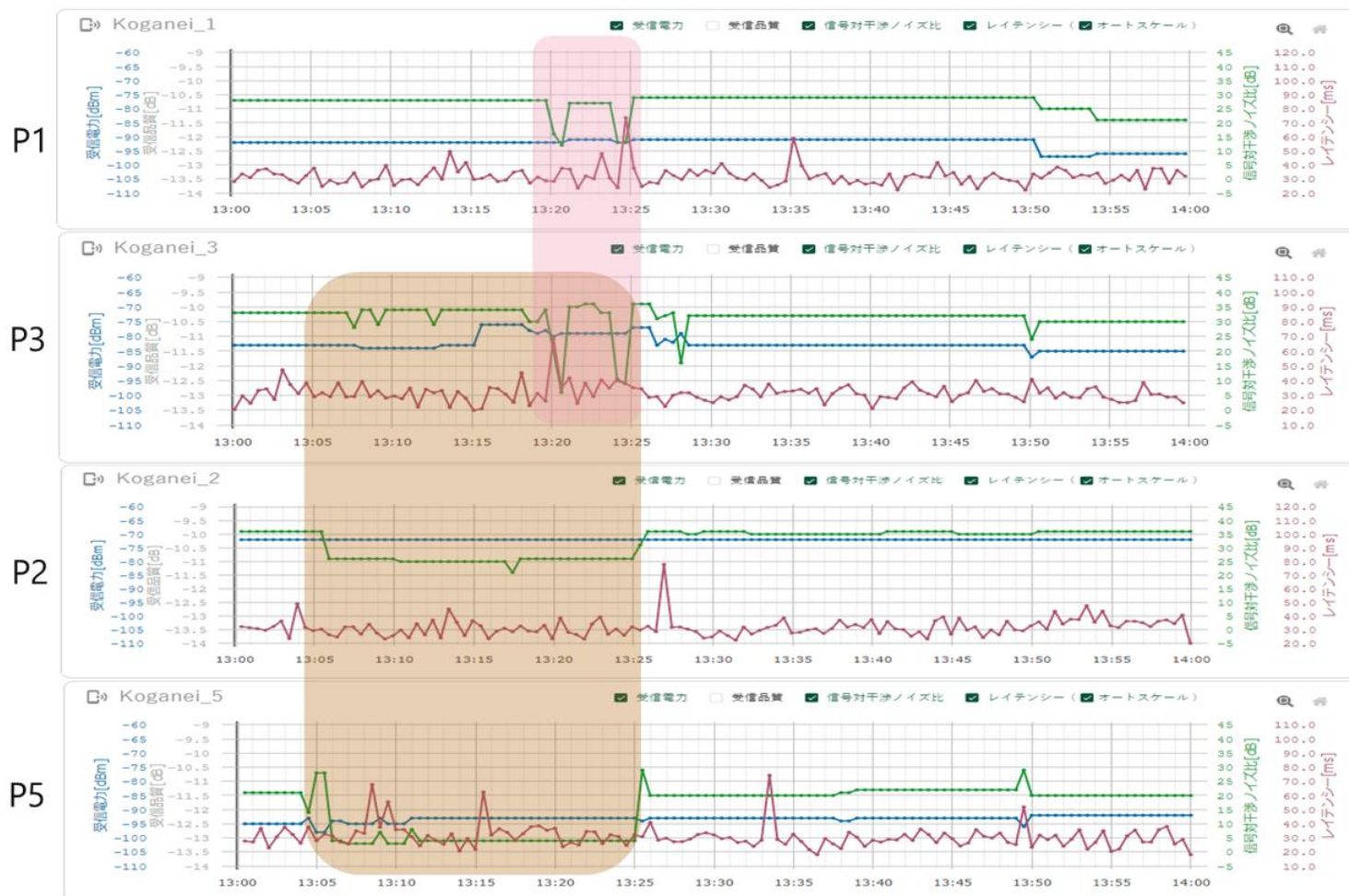
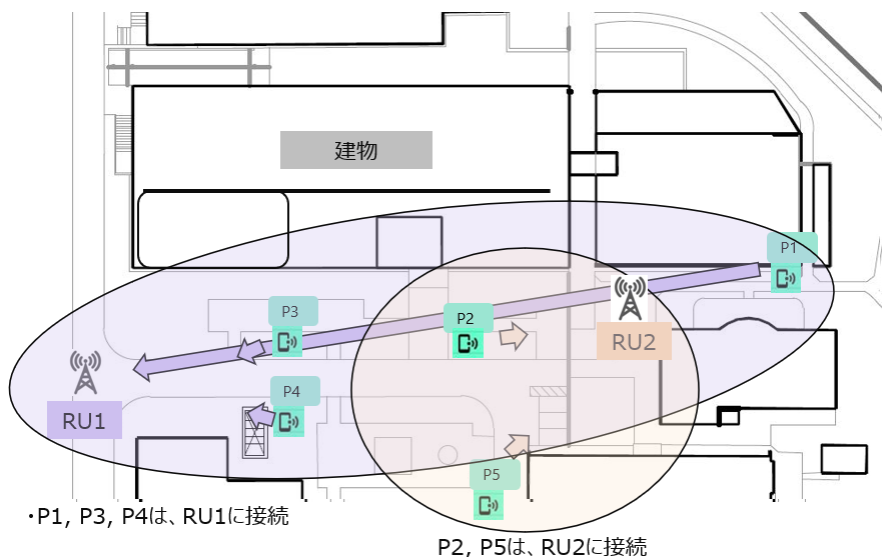
実験内容 (3)-2 ハンドオーバー時の電波環境への影響

RU1とRU2のカバーエリア境界付近のP3プローブを25分間(13:05~13:30)複数回2m程度移動させ、
RU1⇔RU2間のハンドオーバーを強制的に発生
⇒SINRが約25dB悪化、レイテンシーも悪化 (30ms前後 ⇒ 約70ms)



実験内容 (3)-3 ハンドオーバー時の電波環境への影響

- ⇒P3プローブの移動が、他の場所のSINRにも影響
- ⇒P1プローブはP3プローブと同じタイミングでSINRが悪化
- ⇒P2とP5プローブは、P3が移動を繰り返していた25分間、継続してSINRが悪化



ハンドオーバー発生時のRU2の波形

リアルタイムスペアナ(MS2090A)でハンドオーバー発生前後の波形を観測

通信開始時(RU2⇔端末)



時間経過と共に周波数がシフト

ハンドオーバー発生前(RU1接続時)



20MHz帯域のスペクトラム

ハンドオーバー発生後(RU2接続時)



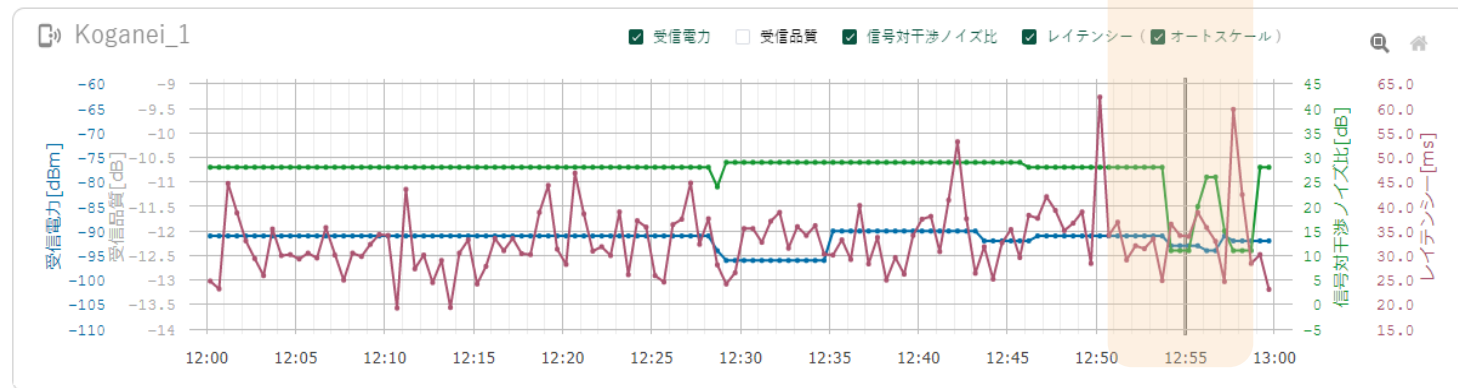
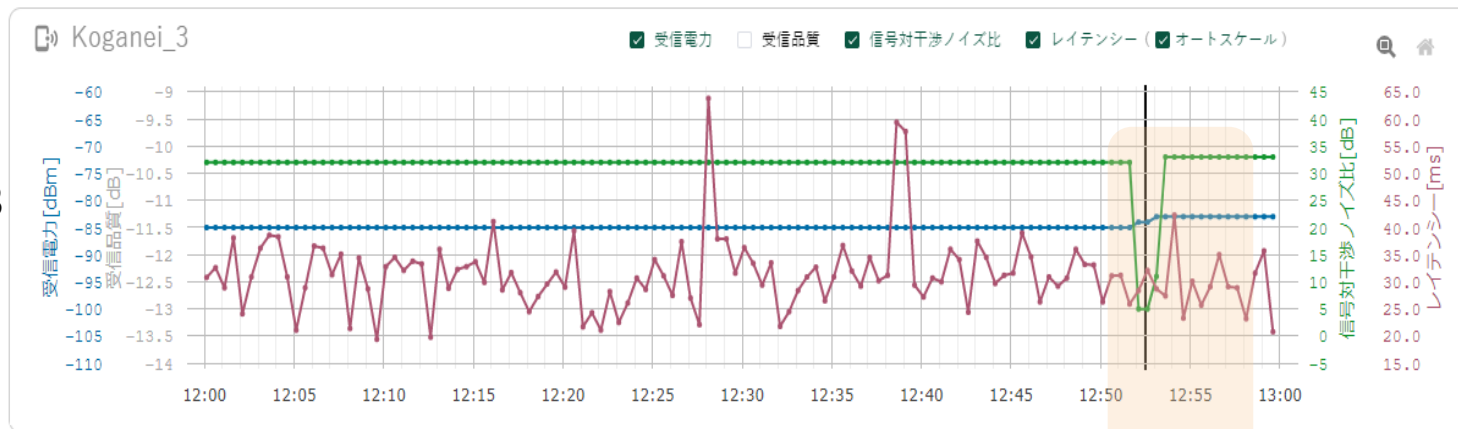
100MHz帯域のスペクトラム

⇒以上のように、ハンドオーバー発生時には、通常とは異なる振る舞いが生じ、SINRが悪化することが確認できた。多数端末で運用し、ハンドオーバーの発生頻度が高い場合には、通信品質への影響に注意が必要

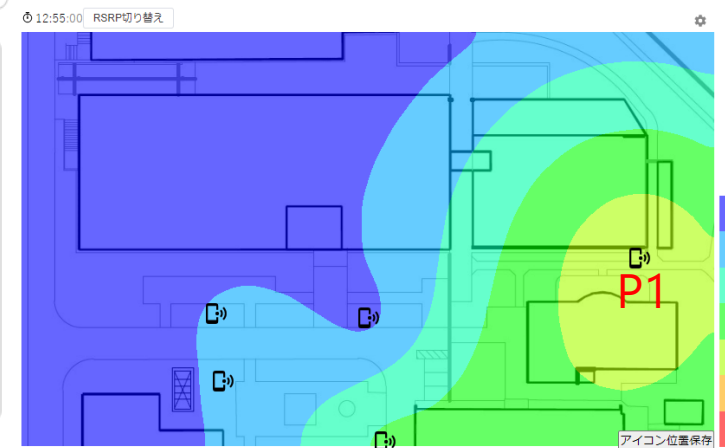
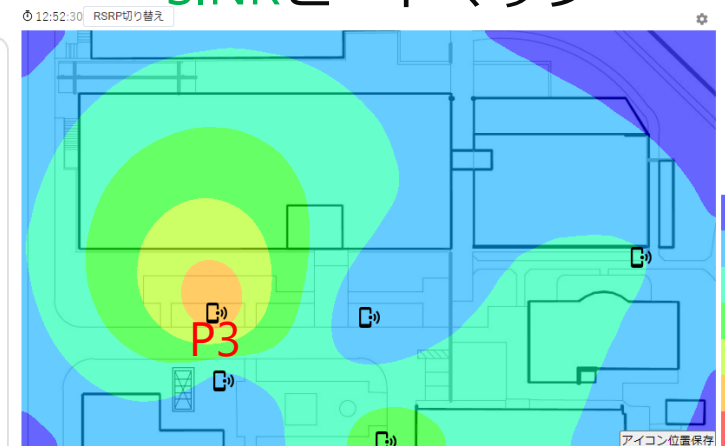
実験内容 (その他)

- ✓ 昼休み時間帯の12:52~12:59において、P3、P1プローブでSINRが悪化
- ✓ SINRの悪化は、単一プローブのみのため、人や車両による遮蔽などが要因と推定

時系列グラフ



SINRヒートマップ



課題：現象発生時に何が起きたのかを知るために、監視カメラ映像との連携などが必要

今回の実証実験で、L5G複数RU環境にて、電波伝搬シミュレーション技術と複数プローブの多点同時測定結果を統合するモニタリング技術の検証を行い、以下の知見を得ることができた。

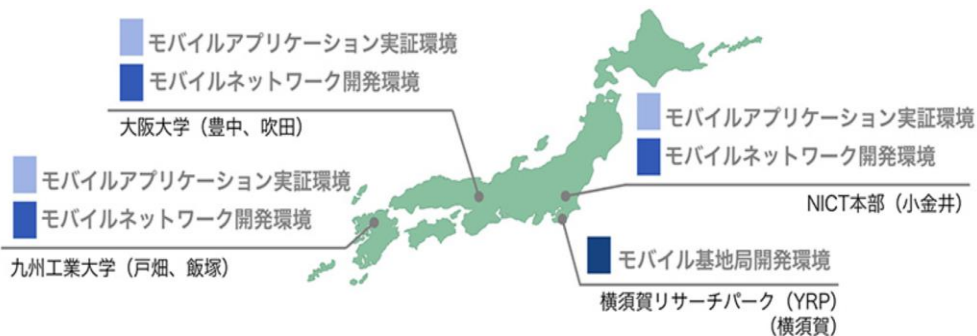
- ✓ シミュレーションと実測の統合により、複数RU環境においても、少数プローブでリアルタイムマッピング可能
- ✓ 複数RUのカバーエリアが重なる境界付近での遮蔽はSINRが大きく悪化する
- ✓ ハンドオーバー時には、レイテンシーやSINRが悪化し、他の端末にも影響を与える

⇒L5G電波伝搬をリアルタイムに可視化でき、電波遮蔽物の有無やハンドオーバー発生などによる電波伝搬特性の変化を逃さずに捉えられるモニタリング技術の有用性を実証できた。



今後、NICTテストベッドを再度活用して更なる実証実験を行うと共に、社会実装に向け、様々なパートナー企業様と一緒に、多様なL5G環境での実証実験を行い知見を高め、L5Gの安定運用への貢献を目指して参ります。

NICTテストベッドを活用した 更なる実証実験



画像出展：NICT B5Gモバイル環境 [testbed \(nict.go.jp\)](https://nict.go.jp/testbed)

様々なパートナー企業様と一緒に、
多様なL5G環境での実証実験



パートナー企業様 募集中

その他の実証実験から見てきた課題

- ✓ 金属物が多い工場の通信環境は時々刻々と変化する…
- ✓ レイアウト変更で無線通信性能が低下する…
- ✓ 複数端末が移動する環境で通信性能が劣化する…
- ✓ 受信電力は充分だがスループットが何故か出ない…

ご清聴ありがとうございました

Appendix

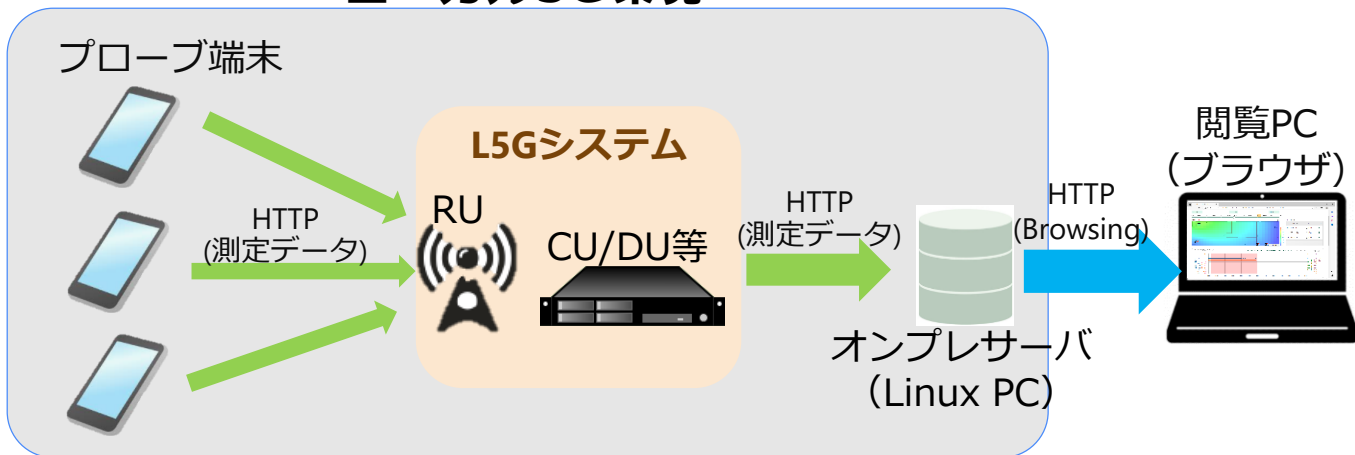


ローカル5G運用トラブル時の課題

- ✓ L5Gシステムが正常でも、無線区間で、干渉波、ノイズ、遮蔽、反射の影響で、システム全体の性能が出ないことがある
- ✓ 無線は目に見えないため、何が起きているのか把握が難しい
- ✓ トラブル発生後に、不具合解析を始めると、現象が再現しなかったり、原因究明までに数日以上かかることがある

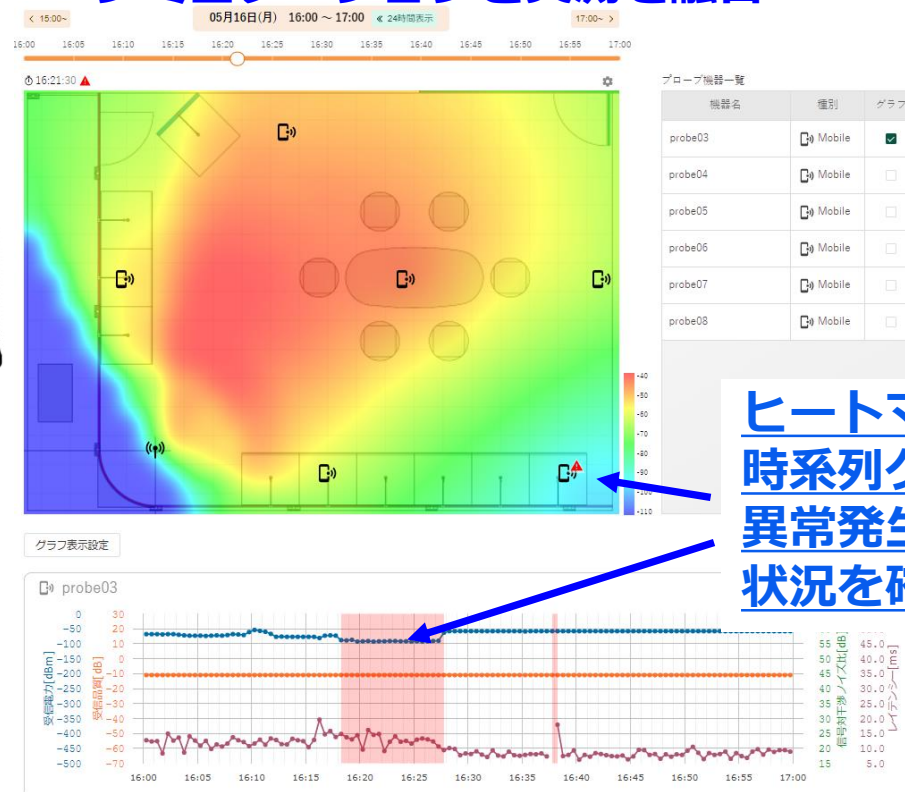
目に見えない無線環境を可視化し、障害の未然防止・迅速復旧に貢献するモニタリングソリューションで解決

ローカル5G環境



- ✓ 複数プローブ端末で、受信電力(RSRP)、受信品質(RSRQ)、信号対干渉ノイズ比(SINR)、遅延(RTT)を多点同時測定
- ✓ RSRPヒートマップで目に見えない無線環境を可視化
- ✓ SINRヒートマップで干渉・ノイズの到来方向を推定
- ✓ 監視カメラ映像との連携で、異常発生原因の特定が可能

シミュレーションと実測を融合



Anritsu
Advancing beyond

