

Beyond 5G時代の 無線環境把握の活用

電気通信大学

先端ワイヤレス・コミュニケーション研究センター

教授 藤井 威生

2022年5月10日

従来技術とその問題点

無線通信は通信速度・品質・安定性が無線環境依存となるため予見性が低い

- ✓ 無線センサネットワークの情報収集が不安定
- ✓ 工場の無線ネットワーク品質が低い
- ✓ 無線LANの速度が安定しない
- ✓ どこで5Gが使えるか不明、5G切り替え時の通信途絶がサービス展開に影響

無線通信の利活用範囲の拡大の阻害要因になってきた

無線通信の本質的な課題

電波伝搬の正確な予測ができない

- 受信端末での電波受信電力・品質予測が正確にできない
 - 周辺構造物の影響など場所依存性が強い(パスロスモデルの不確定性)
 - 位相レベルの合成は正確な予測ができない(フェージング分布の不確定性)
 - ユーザの利用状態によって電波の混雑状態は変動(需要による時間変動)
 - 周波数が異なると異なる電波伝搬(ミリ波・マイクロ波帯による違い)

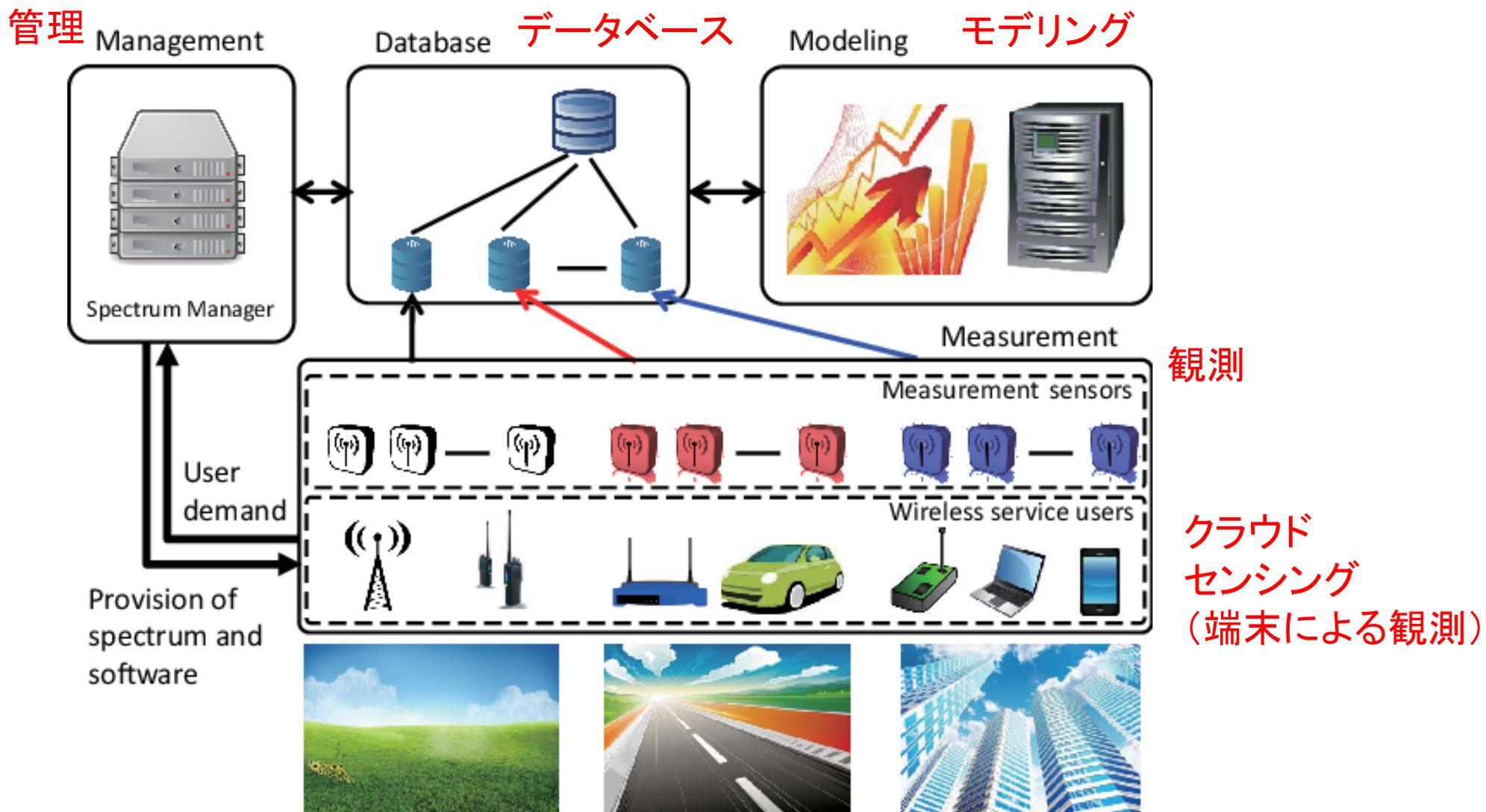
緻密な周波数共用が難しい → 周波数有効利用に制約
無線通信性能の予測が難しい → 高信頼通信や安定通信に課題
場所毎の電波強度が不明 → 無線電力伝送の発電効率に制約

新技術の特徴・従来技術との比較

通信端末の通信ログを活用した無線環境の可視化

- 実際の通信時の電波強度、誤りの状況などの通信パラメータをデータベース化
- 実環境に適合した通信品質予測が可能となることから環境依存性を持つ無線環境の把握が可能
- 従来 of 無線環境把握
 - 経験値モデル: 精度が不十分(大まかな性能に限られる)
 - レイトレーシング: 精度は比較的高いが計算量が膨大
- 新技術で今までに得られなかった精度で無線環境の予測が可能

スマートスペクトラム

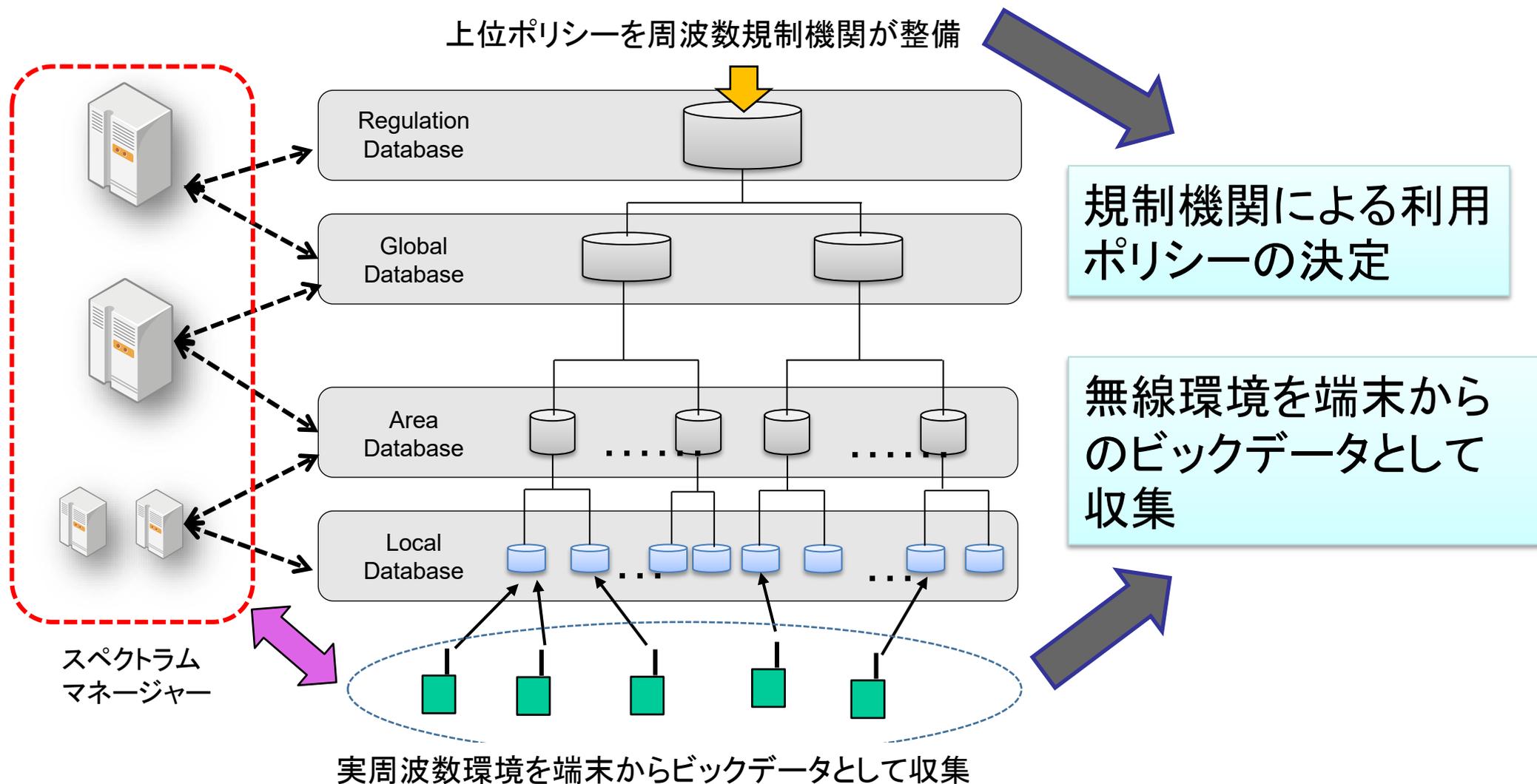


Takeo Fujii, Kenta Umebayashi, "Smart spectrum for future wireless world,"
IEICE Trans. on Commun., vol.E100-B, no.9, pp.1661-1673, Sept. 2017.

スマートスペクトラムを構成する 4つの要素技術

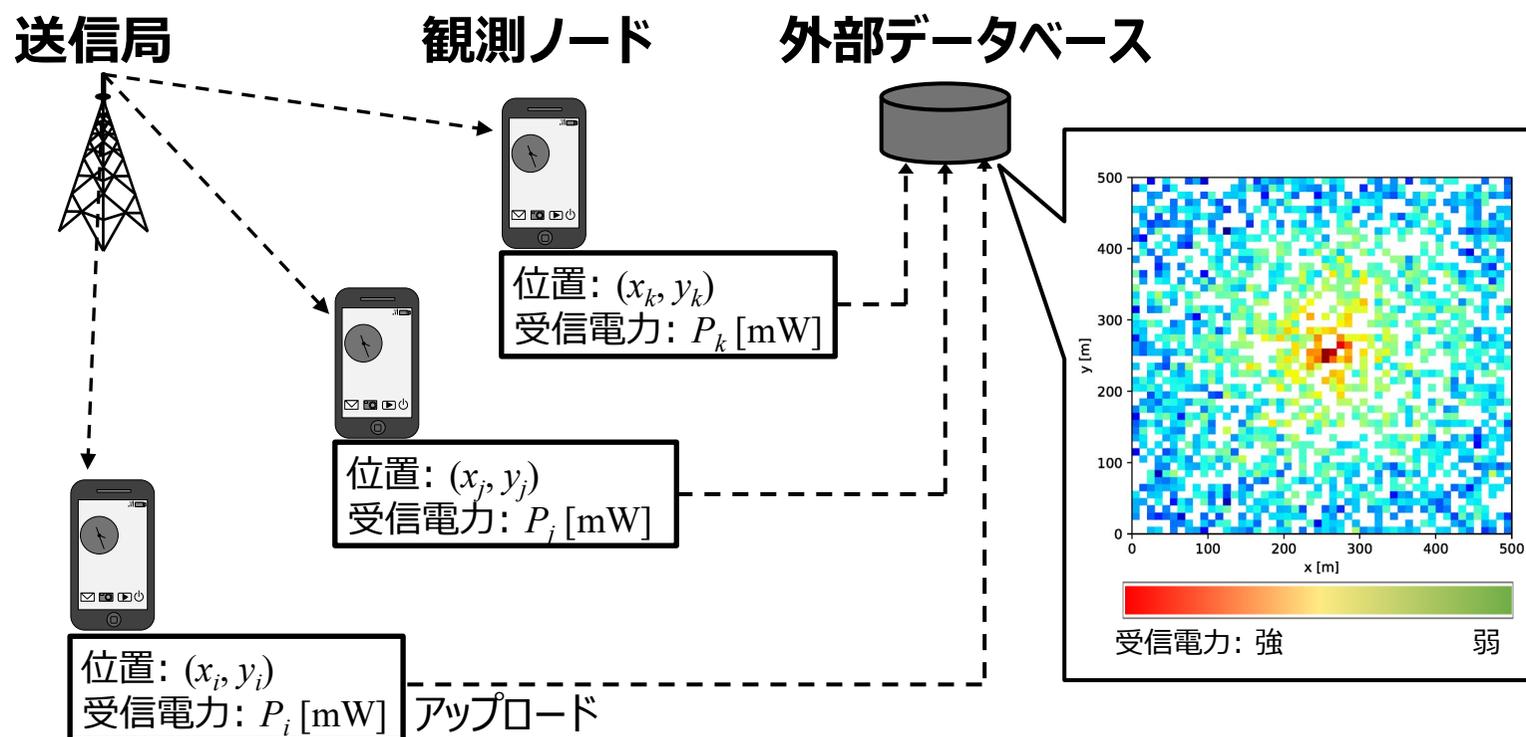
- スペクトラム観測技術
 - 無線環境を実観測により取得
 - 個人端末や簡易センサを用いるクラウドセンシング技術
- スペクトラムのモデリング技術
 - 空間・時間・周波数方向のモデリング技術
 - 特に高効率な周波数共用のためには空間軸の電波伝搬モデリングが重要
- スペクトラムデータベース技術
 - 観測した情報を集約し周辺無線環境を蓄積するデータベース
- スマートスペクトラム管理技術
 - スペクトラムデータベースのデータを利用して効率的に周波数利用を行うためのスペクトラム管理を実施

スペクトラムデータベース



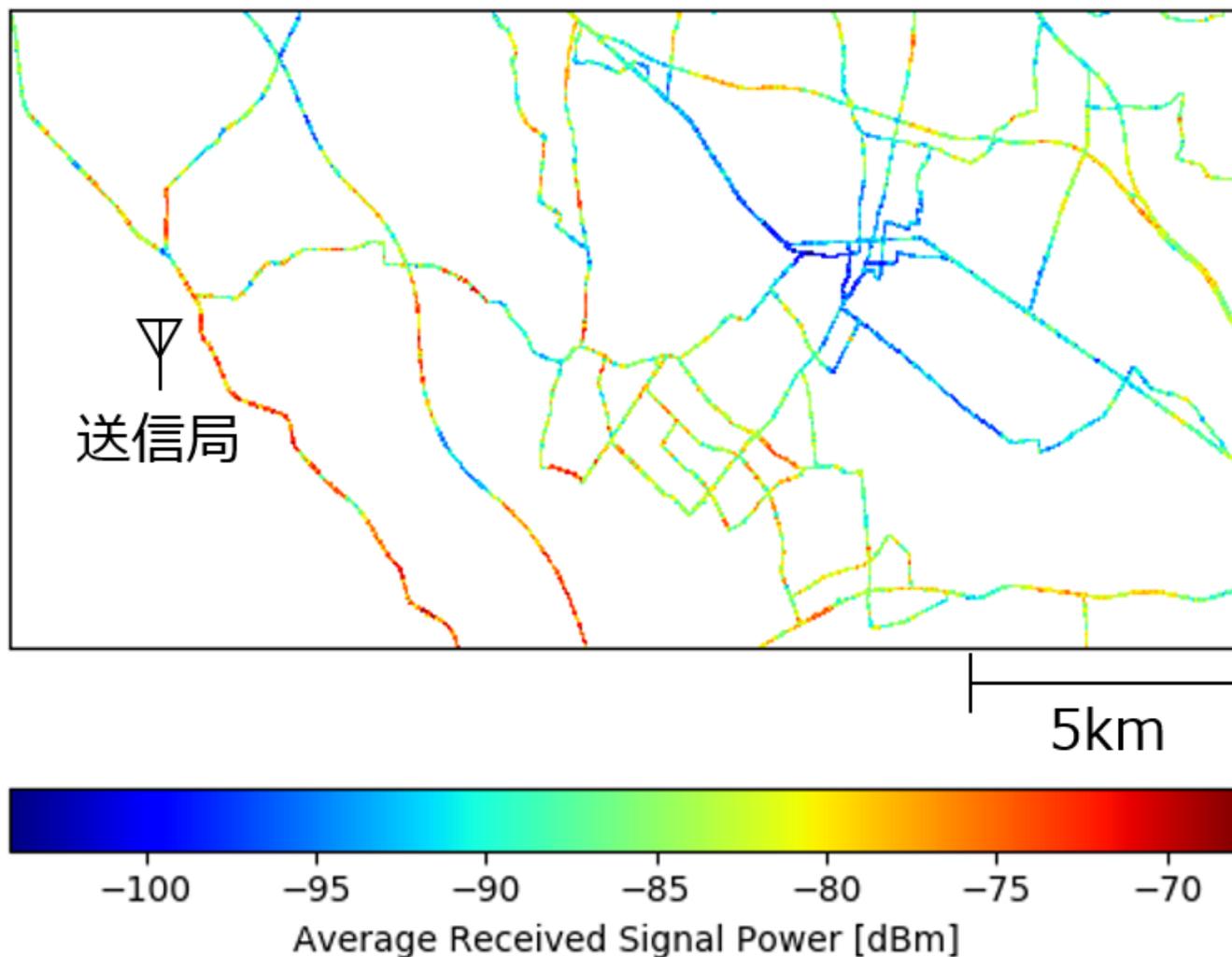
電波マップ

- 電波環境マップの作成
 - 移動端末の位置情報と受信電力情報をスペクトラムデータベースに集約
 - 一定の区画にメッシュ化したものを平均化して電波環境マップの構築



放送信号の実観測値による評価結果

- ✓ 埼玉県熊谷市におけるテレビ放送波(473MHz)の平均受信電力値を使用
- ✓ 10mメッシュで瞬時値を平均化の上プロット



携帯電話回線での評価結果

- 愛媛県松山市でTD-LTEを利用した電波環境測定実験を実施

- 周辺道路を歩行・自転車走行し、スマートフォンによる観測測定

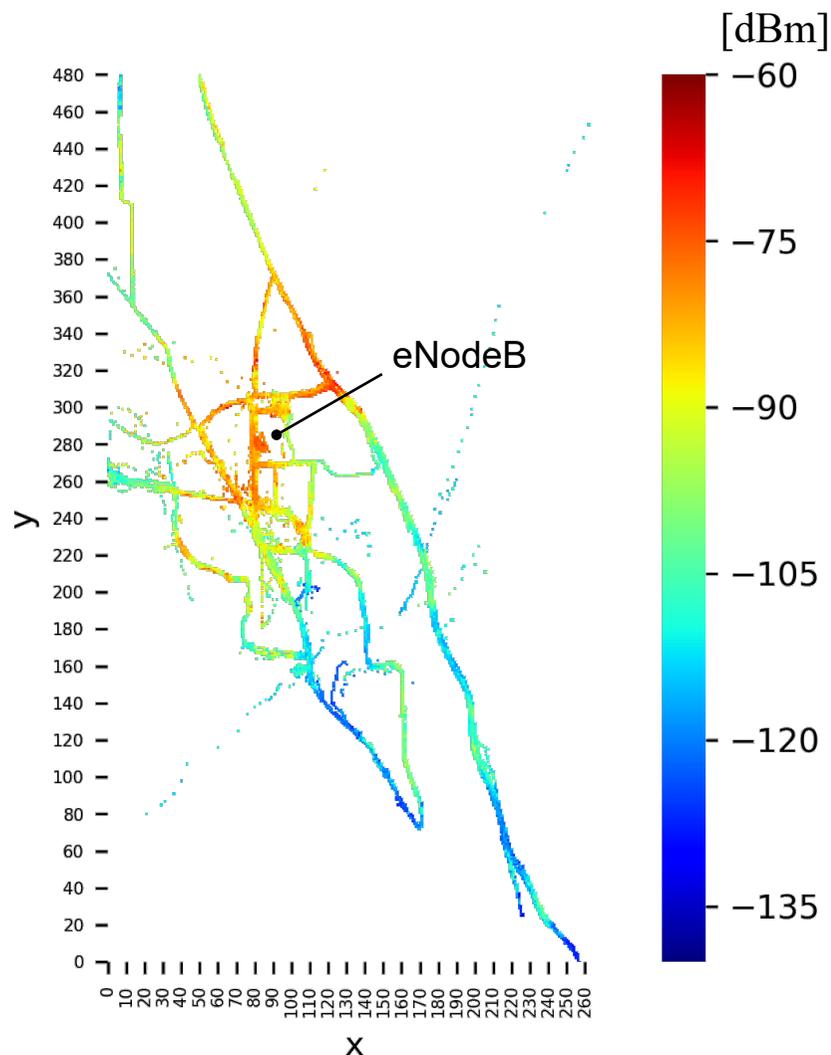
- 測定データを無線環境データベースに蓄積して統計処理

- 統計データを利用した品質予測や帯域制御を計画



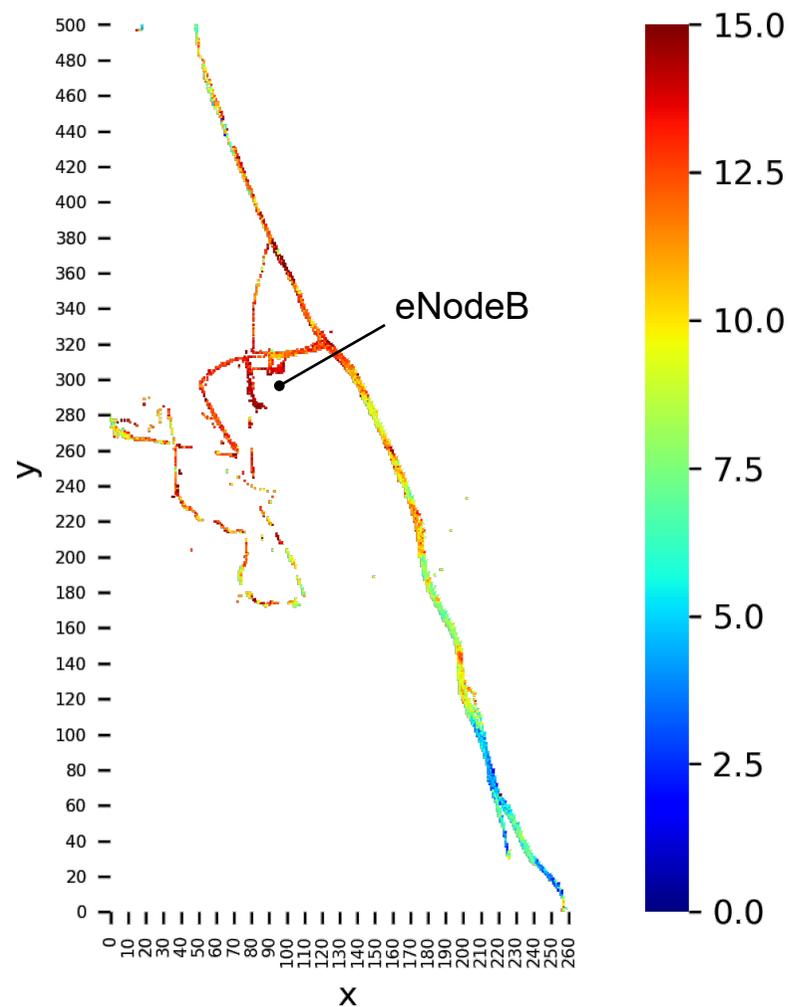
受信信号電力および品質情報マップ

受信信号電力:RSRP



平均RSRP (5m mesh)

受信品質情報:CQI



平均CQI (5m mesh)

動画配信実験

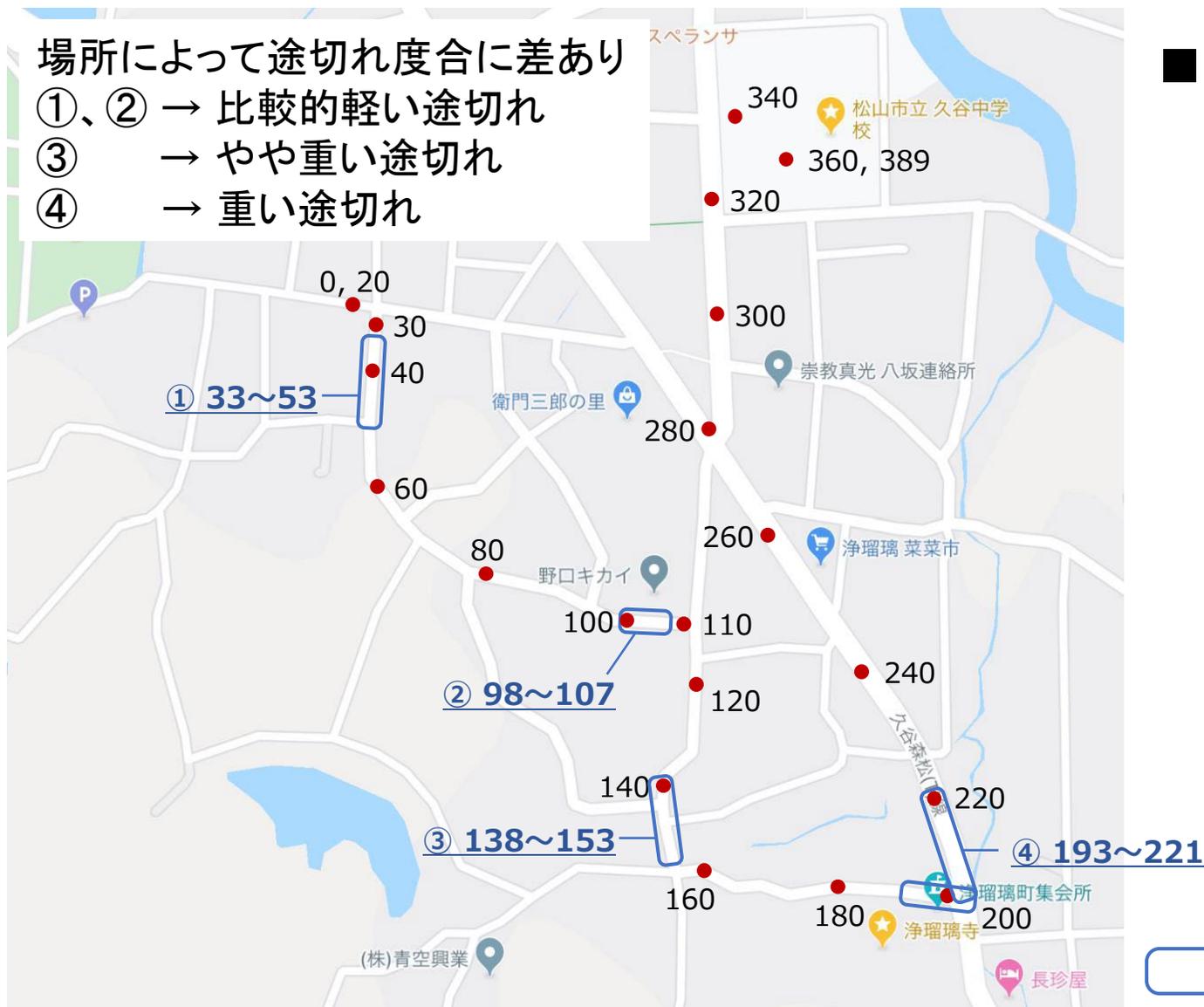
- 自転車からGoPRO映像をFacebookを通してリアルタイム配信し、その動画品質を評価
- CQI平均値マップ、RSRP平均値マップの統計値を利用



動画品質と統計データとの関係調査

場所によって途切れ度合に差あり

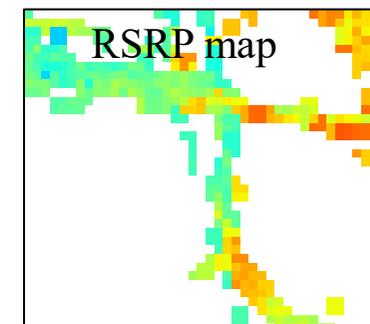
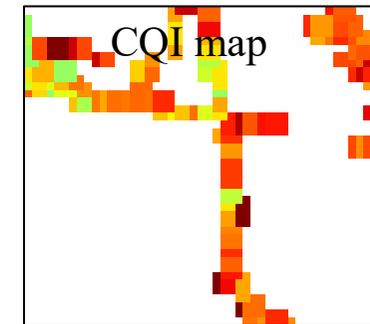
- ①、② → 比較的軽い途切れ
- ③ → やや重い途切れ
- ④ → 重い途切れ



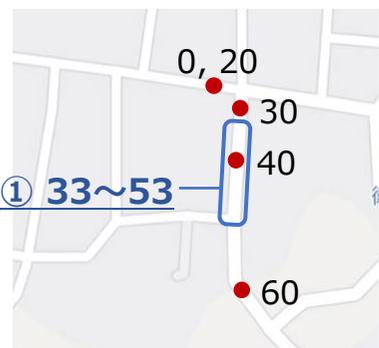
- 動画の配信途切れが発生した位置を抽出して無線リソースの状況を分析

 配信途切れが発生した位置

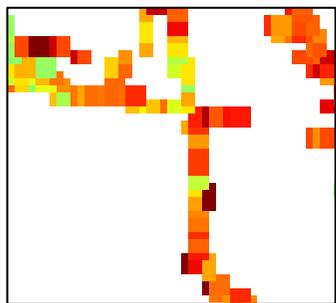
区間①でのビデオ配信の状況



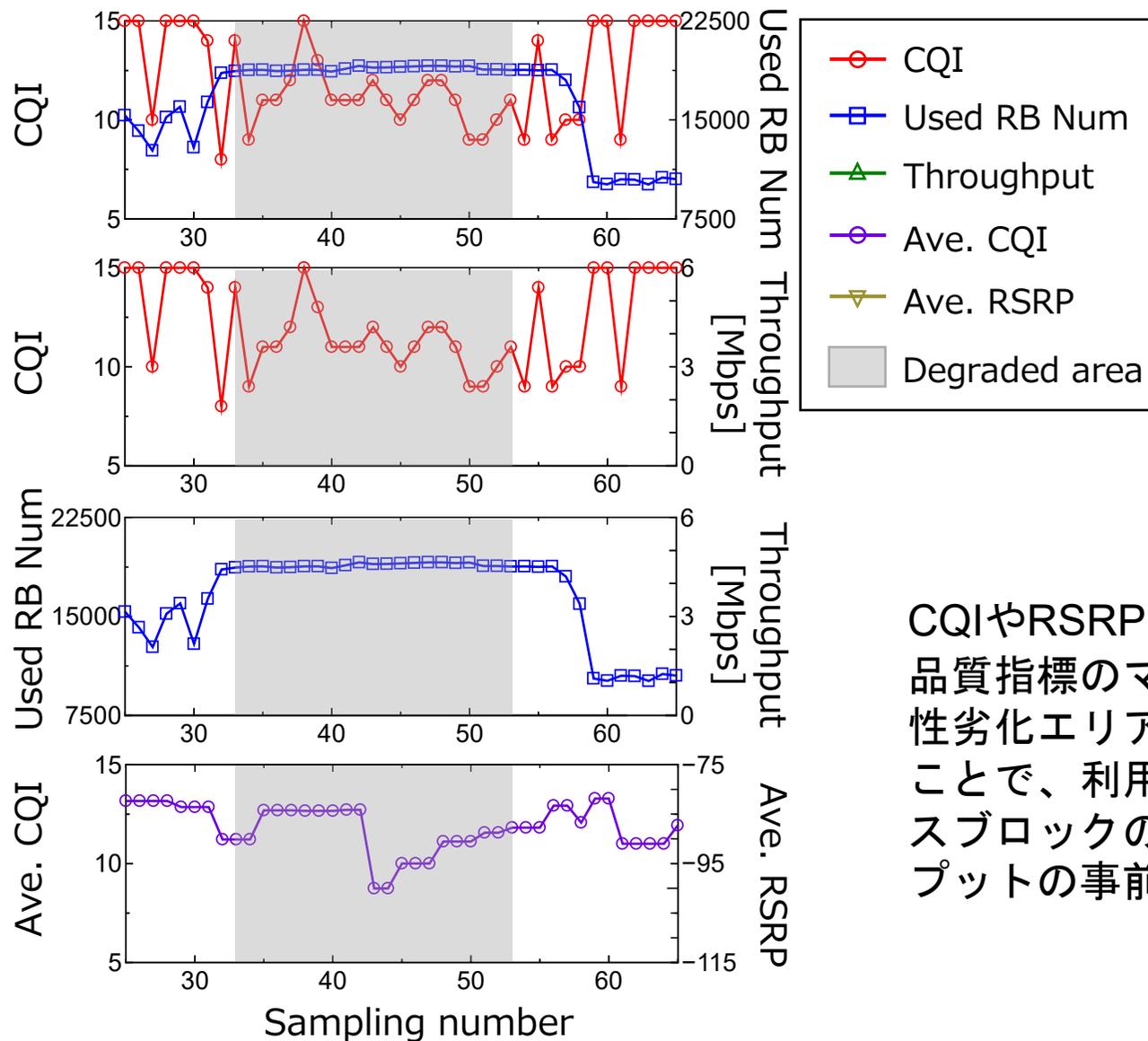
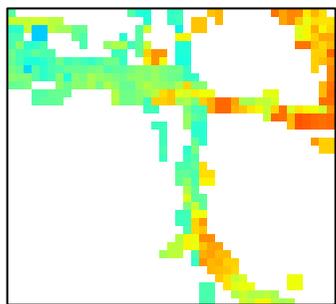
区間①の統計データとの関係



参考：CQIマップ



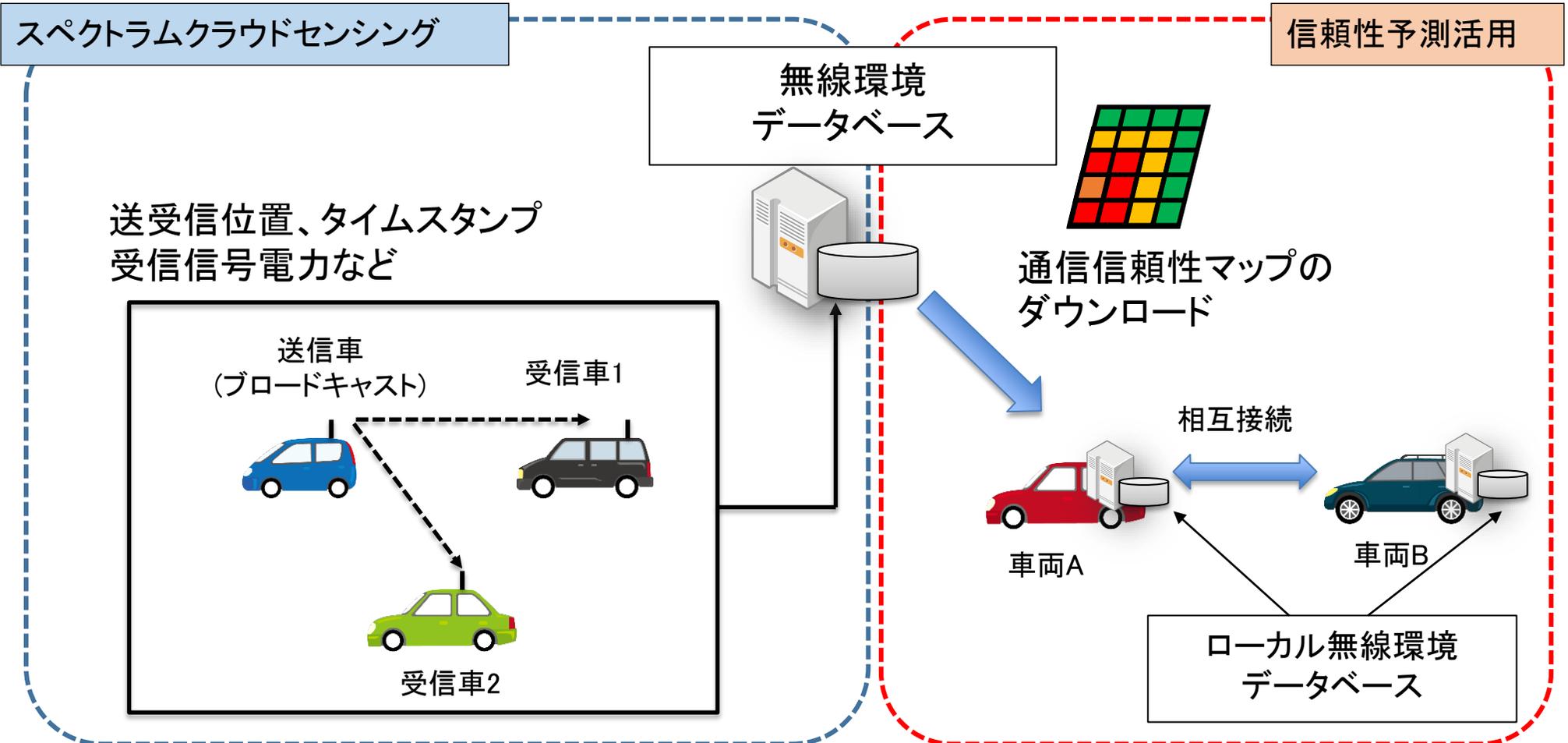
参考：RSRPマップ



CQIやRSRPといった無線品質指標のマップから特性劣化エリアを予測することで、利用するリソースブロックの数やスループットの事前予測が可能

分散環境での実験例(V2X)

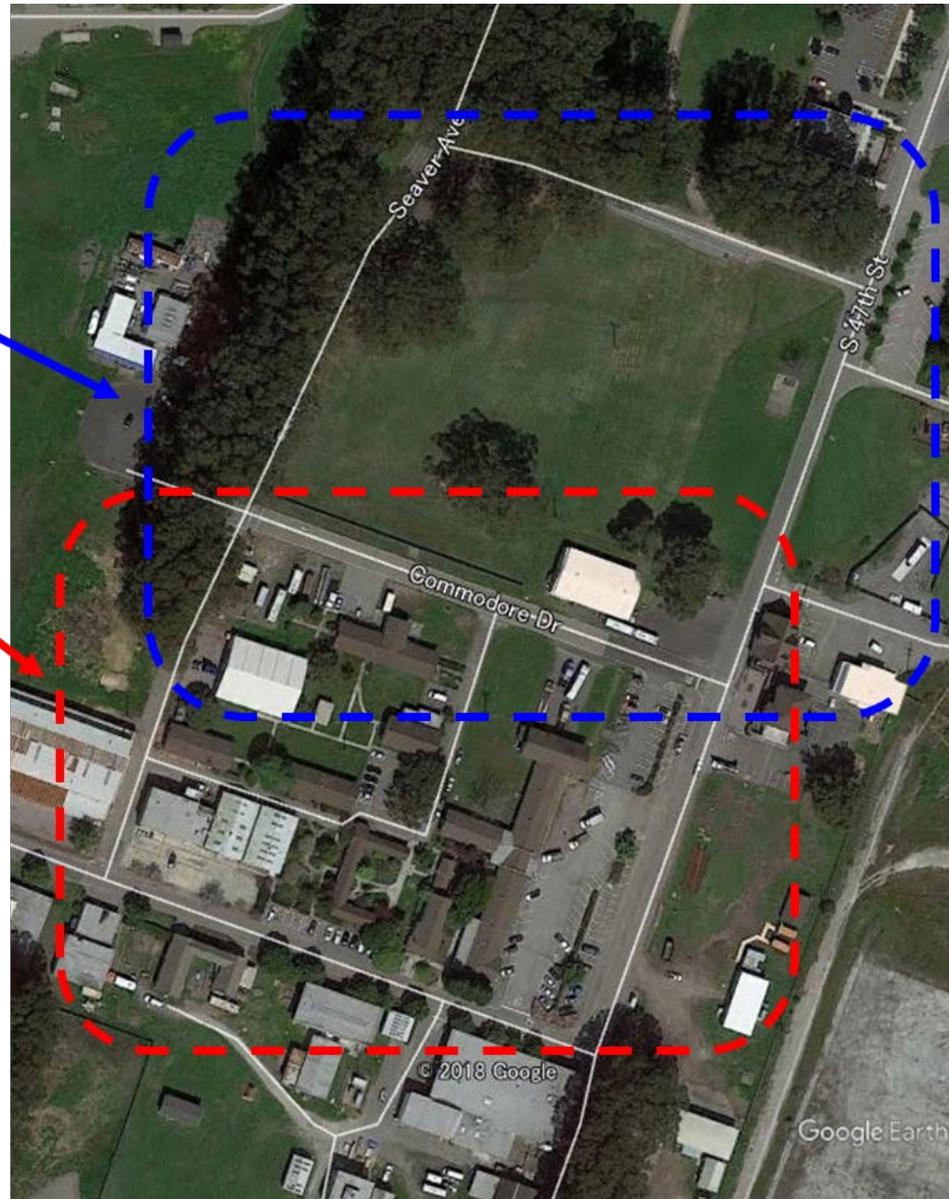
- スペクトラムデータベースのユースケースとしてV2X(Vehicle to Everything)のための通信信頼性予測
- 協調型自動運転などへの活用を想定



実験場所(California PATH, UC Berkeley)

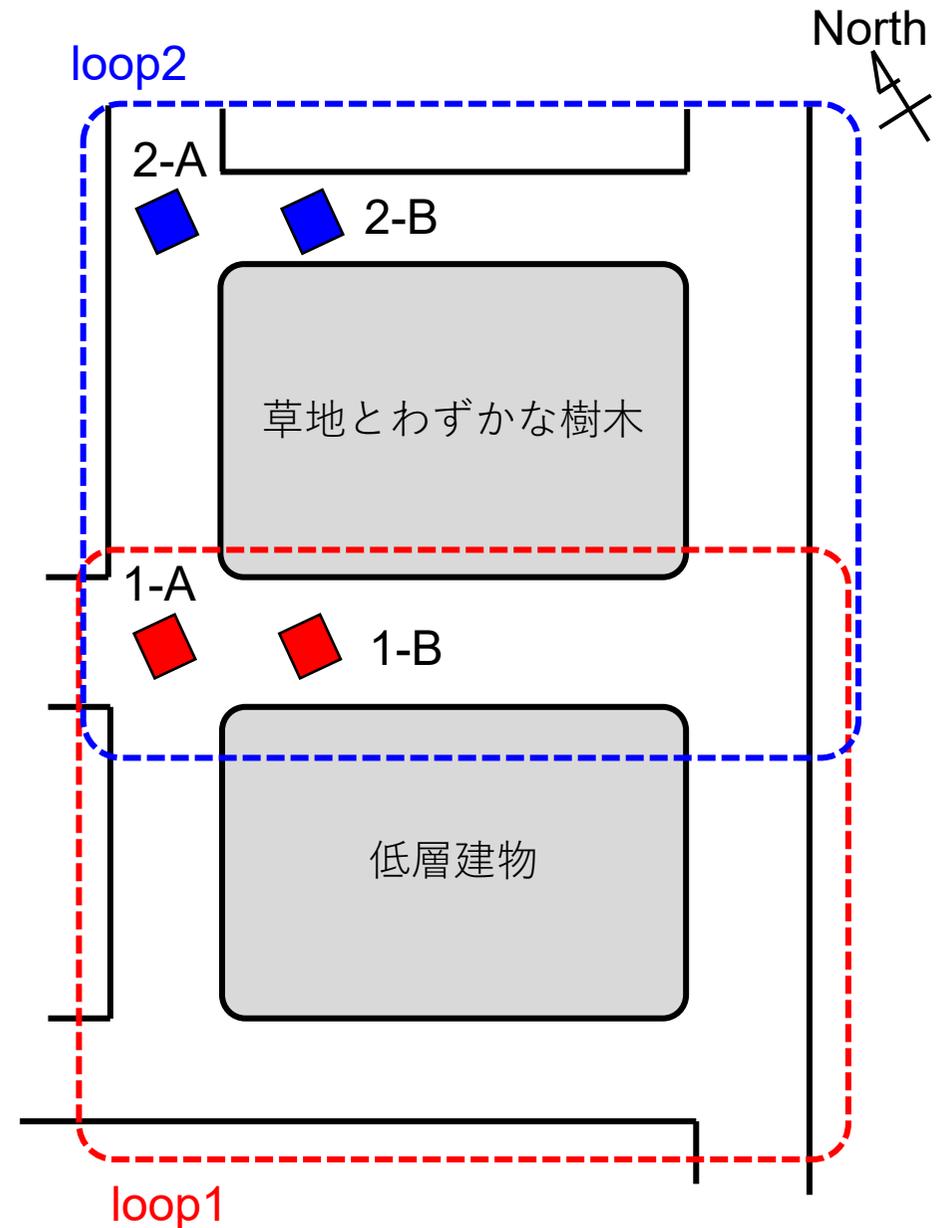
Loop 2
北側ループ

Loop 1
南側ループ

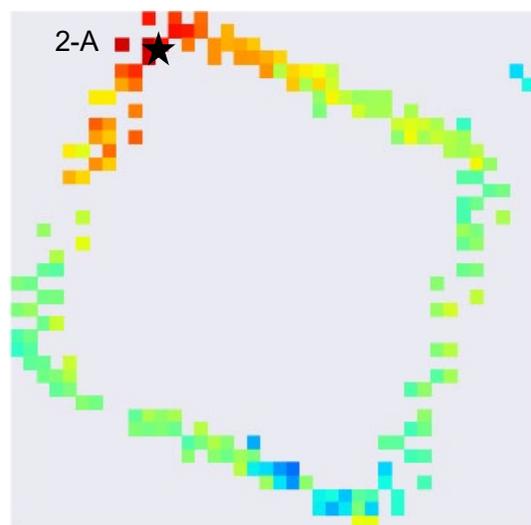


観測データセット

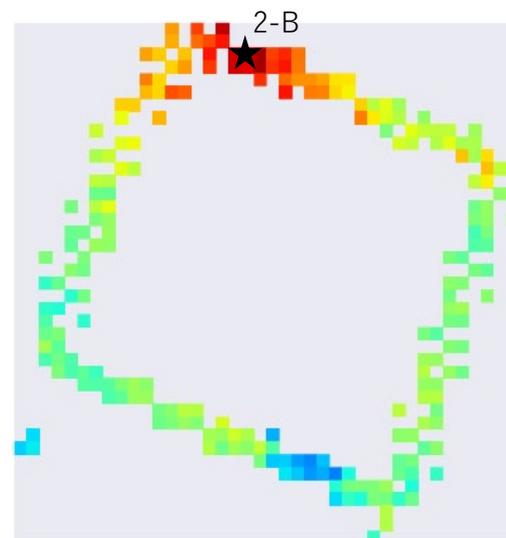
- 5.9GHz帯V2V向け通信
- 30,000,000 データセットを取得
- 2つの受信アンテナを用いてデータを取得
- 送信メッシュに対応した受信電力マップを構築
- メッシュサイズは5m × 5m
- 4つの代表的なメッシュポイントを選択
 - 1-A, 2-A 西側道路に対して見通し環境 (LOS)
 - 1-B, 2-B 西側道路に対して見通し外環境(1-B)、西側道路に対して見通し環境(2-B)



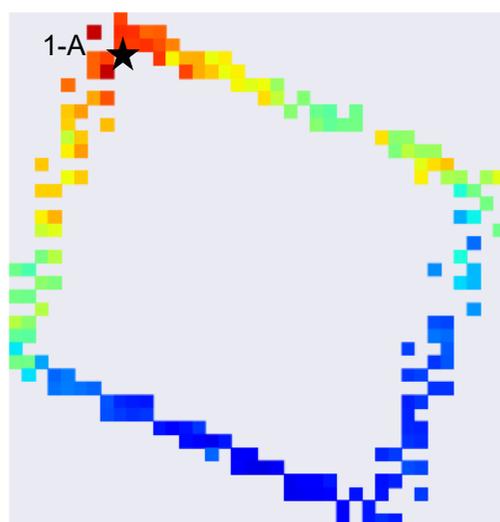
平均受信電力マップ



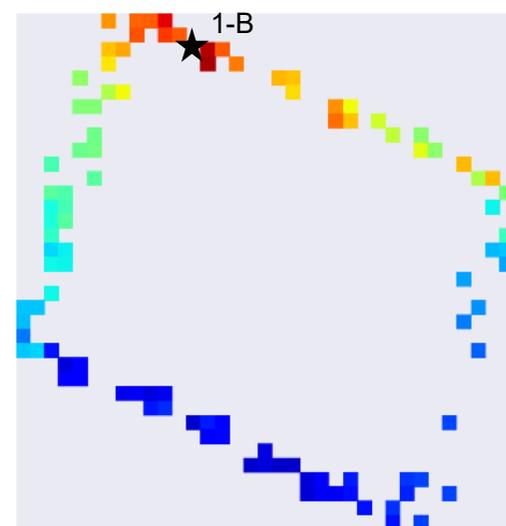
(a) Tx location at 2-A



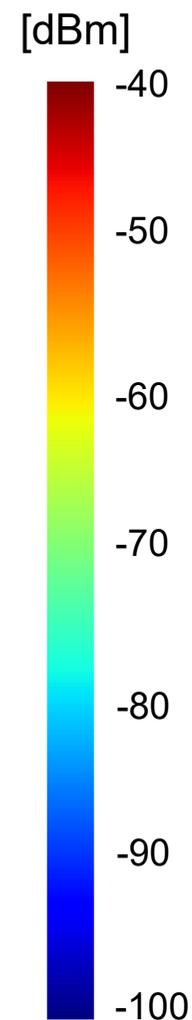
(b) Tx location at 2-B



(c) Tx location at 1-A

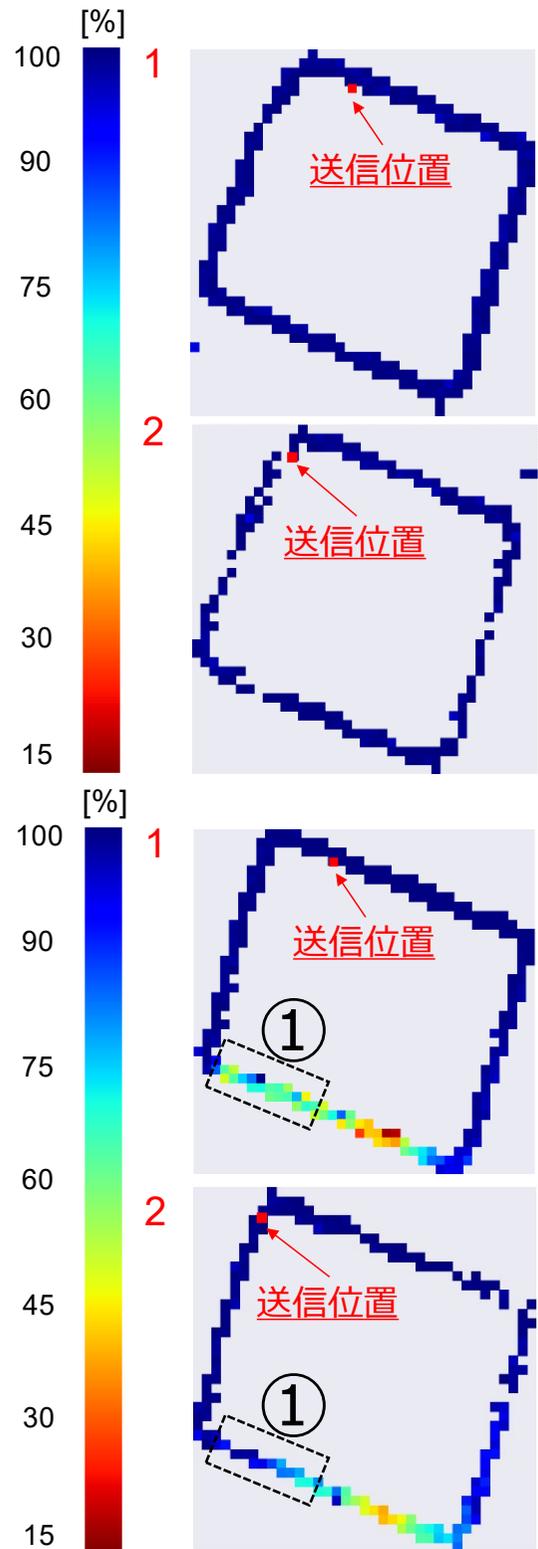


(d) Tx location at 1-B

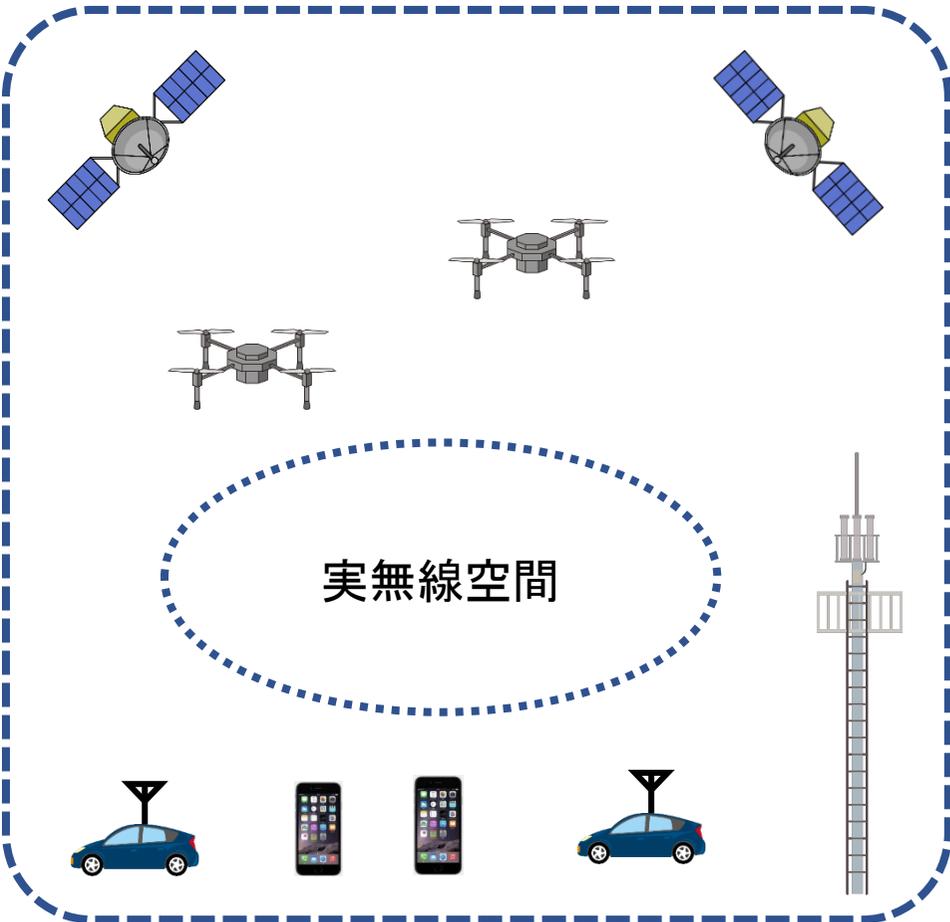


パケット到達率 マップ

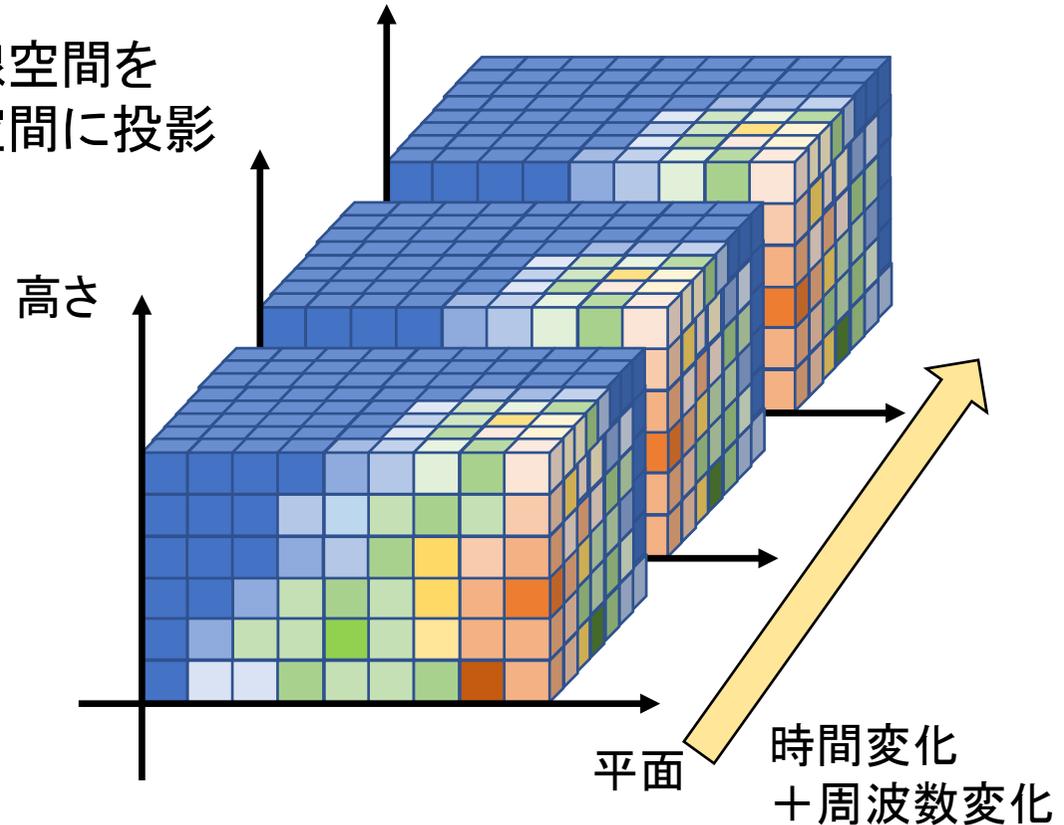
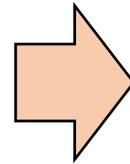
- ✓ 環境に応じて同じ距離でもパケット到達率は大きく異なる
- ✓ 無線信号の到達性の違いを可視化可能



Beyond 5G時代の5次元の無線環境把握



実無線空間を
仮想空間に投影



無線環境のCPS(Cyber Physical System)

NICT B5G委託研究として現在プロジェクト実施中

想定される用途

- 無線通信品質の予見性向上による品質を考慮した通信設計
 - ✓ 無線センサネットワークの安定化
 - ✓ 工場の無線ネットワーク高品質化
 - ✓ 無線LANの速度の予見性向上
 - ✓ 5G利用可能場所が事前判明、5G切り替え時の通信途絶の抑制、通信速度予測

実用化に向けた課題

- 現状は屋外環境を中心にした検討
- 屋内環境での活用に期待があるが情報集約時にGPS信号が使えないことの対策が課題
 - 位置情報なしによる統計化手法の考案
 - 屋内での位置情報を得る手法の考案
 - アクセスポイントへの集約情報を活用した間接的な無線環境把握の実現

企業への期待

- これまでの検証は主に屋外での検討であったため屋内での活用について一緒に考えていただけの企業を募集
- 企業が持つアプリケーションへの適用などを通じて新たな応用範囲の探索を行いたい

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 通信信頼度管理サーバ、通信信頼度管理システムおよび通信信頼度管理方法
- 出願番号 : 特許第6847448号
- 出願人 : 電気通信大学
- 発明者 : 藤井 威生、佐藤 光哉
片桐 啓太

お問い合わせ先

国立大学法人電気通信大学
産学官連携センター
産学官連携ワンストップサービス

TEL 042-443-5871

FAX 042-443-5725

E-mail onestop@sangaku.uec.ac.jp