

# 6G 無線技術プロジェクト Advanced MIMO WG — WG活動および白書の紹介 —

2025年5月

Advanced MIMO Working Group

# Advanced MIMO Working Groupに関する紹介

## • Advanced MIMO Working Group (A-MIMO WG)

- Chair: 村岡一志 (NEC)
- Vice chairs: 内田大誠 (NTT)、神渡 俊介 (KDDI総合研究所)
- 38人 (2025/4/1時点)
  - 産業界: KDDI, NTT, NTTドコモ, ソフトバンク, NEC, シャープ, エリクソン・ジャパン, パナソニック, 京セラ, ソニー, Huawei Japan, NICT, キーサイト, 大日本印刷
  - 大学: 北大、電通大、東京理科大、東北大、福岡大、東大、科学大

## • WGの目的

- Advanced MIMO技術に関連する国内および国際的な技術動向、標準化活動、実用的な応用事例やシナリオに関する議論を実施
- Advanced MIMO技術の方向性を提案

## • 最近の活動

- Advanced MIMO関連のトピックを含む月例会議
- 白書作成

# A-MIMO WGの特徴

## • MIMO技術に特化した議論の場

- 将来のMIMO技術、移動通信のMIMO技術、日本ならではのMIMO技術など、様々な視点でMIMO技術を議論
- 大学、ベンダ、キャリア、それぞれの観点からMIMOを議論

## • 他のコンソーシアムにはないヒューマンネットワークの場

- 産学混在のコンソーシアム
  - 学会とはまた違うメンバでのコンソーシアム
- ※オンライン会議が中心ですので気軽に、タイムリーに参加できます。

## • 外部アピール（日本のMIMO研究者・技術者としてのアピール）

- 白書公開：本日概要をご紹介
- 外部投稿：WGとして国際会議の特別セッションなどに投稿
- 展示会などでの活動紹介

# 白書の紹介

Beyond 5G White Paper<sup>←</sup>  
6G Radio Technology Project<sup>←</sup>  
"Advanced MIMO Technology"<sup>←</sup>



Version 1.0  
April x, 2025<sup>←</sup>

XG Mobile Promotion Forum

XGMF

- 序文
- Section I:  
Evolution and Challenges of Advanced MIMO  
Towards 6G
- Section II:  
Recent Activities of Advanced MIMO Technologies  
in Japan

---

# **Section I**

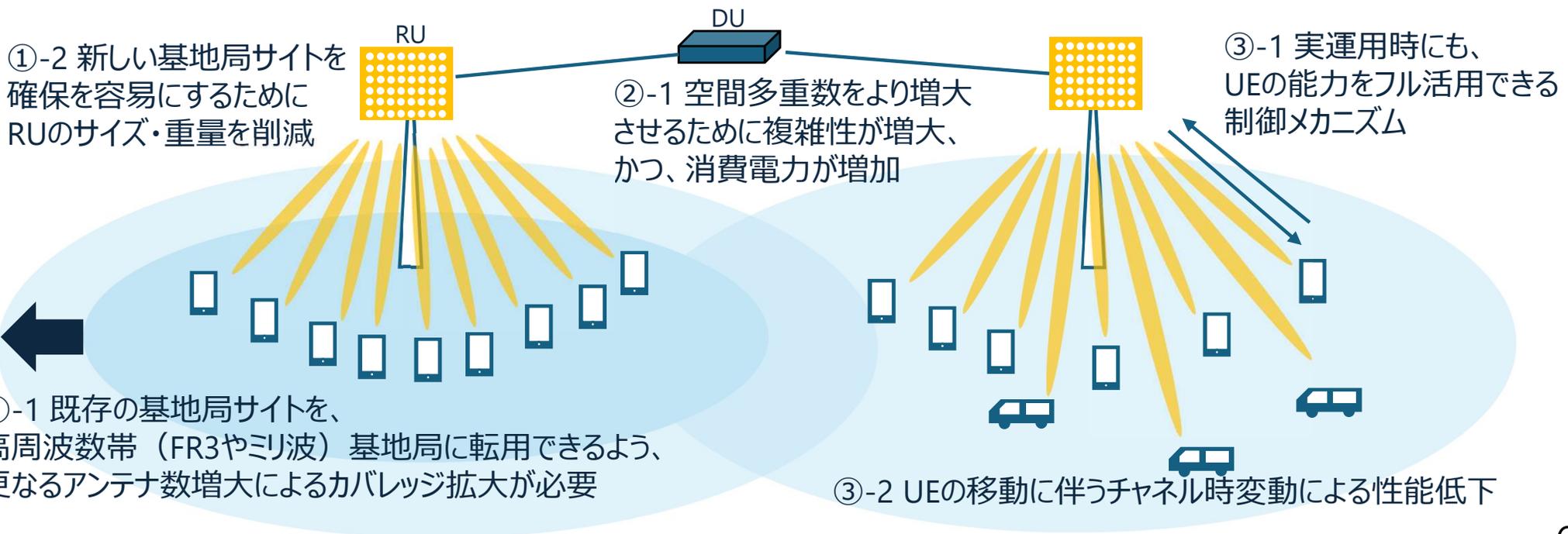
# **Evolution and Challenges of Advanced MIMO Towards 6G**

# I. Evolution and Challenges of Advanced MIMO Towards 6G

## I-1. Current Status and Challenges of Massive MIMO

### Advanced Massive MIMOに向けた技術課題

- ① 基地局展開や周波数に関わる課題
- ② 基地局やユーザ端末の装置上の課題
- ③ 伝送方式上の課題



# I. Evolution and Challenges of Advanced MIMO Towards 6G

## I-1. Current Status and Challenges of Massive MIMO

### 分散MIMOの技術課題

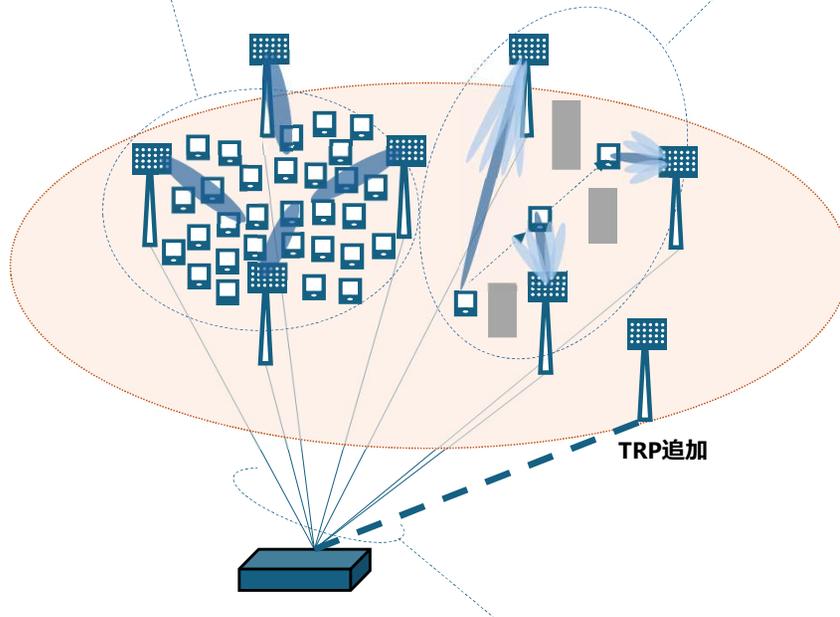
#### TRPという軸の空間リソースの増加:

- スケジューラが複雑化.
- 直交参照信号を柔軟に増加できる仕組み.

#### 高周波数帯適用の場合:

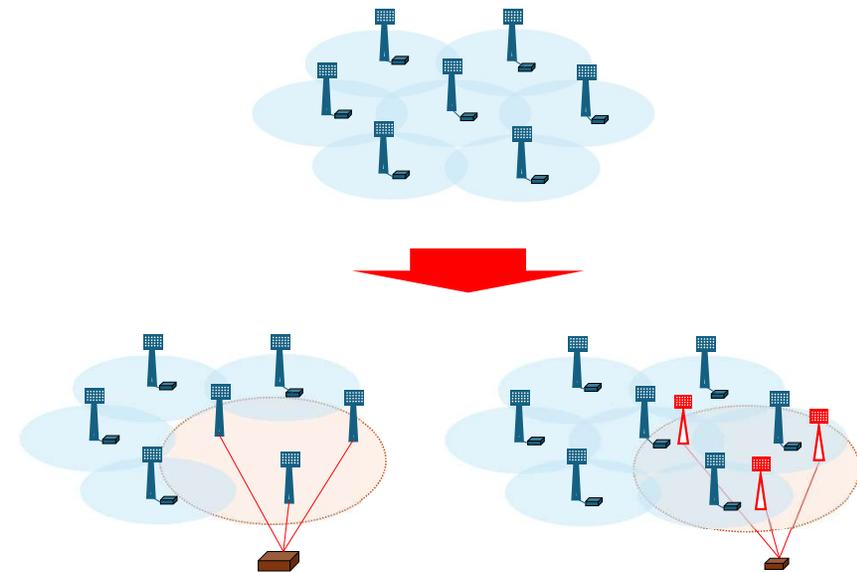
- TRP/ビームの最適組合せの高速検出
- 遮蔽前のTRPの予測選択

現在のセルラ構成から分散MIMO構成をどのように展開するか？



#### TRP追加:

- TRPの低コスト化 (設備コスト・設置コスト・運用コスト)
- フロントホール帯域を柔軟に増加できる仕組み



既存TRPを  
分散MIMO構成

追加TRPに対して  
分散MIMO構成

# I. Evolution and Challenges of Advanced MIMO Towards 6G

## I-3. Recent Activities related Advanced MIMO in 3GPP

### 5G-AdvancedにおけるA-MIMO

#### 分散MIMOの実現

- 下りリンク Coherent Joint Transmission (Rel.18)
- TRP間のキャリブレーション方式の規格化 (Rel.19)

#### MIMOアンテナ/空間多重数の拡張

- DMRS (12→24) (Rel.18)
- CSI-RS (32→128) (Rel.19)

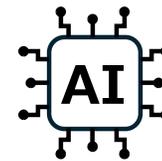
#### ミリ波 (FR2) 通信の安定化

- 端末主導/イベント駆動のビームマネジメント (Rel.19)
- AI/MLを用いたビームマネジメント (Rel.19)

#### 上りリンクの拡張

- 上りリンクレイヤ数/SRS (4→8) (Rel.18)
- STxMP (Rel.18)
- UL-only TRP, 3Tx UE (Rel.19)

### 6Gに向けた期待



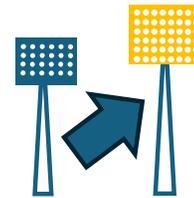
#### AI/MLを前提としたネットワーク

- AIを前提とした機能ブロック
- 参照信号の拡張/最適化



#### 高エネルギー効率なネットワーク

- Network Energy Saving
- MIMOのエネルギー効率向上



#### 更なるMIMO技術の進化

- 更なる多素子アンテナへの対応
- より実用的な分散MIMO
- サイドシステムの活用 (RIS, etc.)



#### 新規周波数帯域の活用

- Frequency Range 3 (FR3)
- 5G周波数帯域(FR1/2)を含めた周波数の有効活用

---

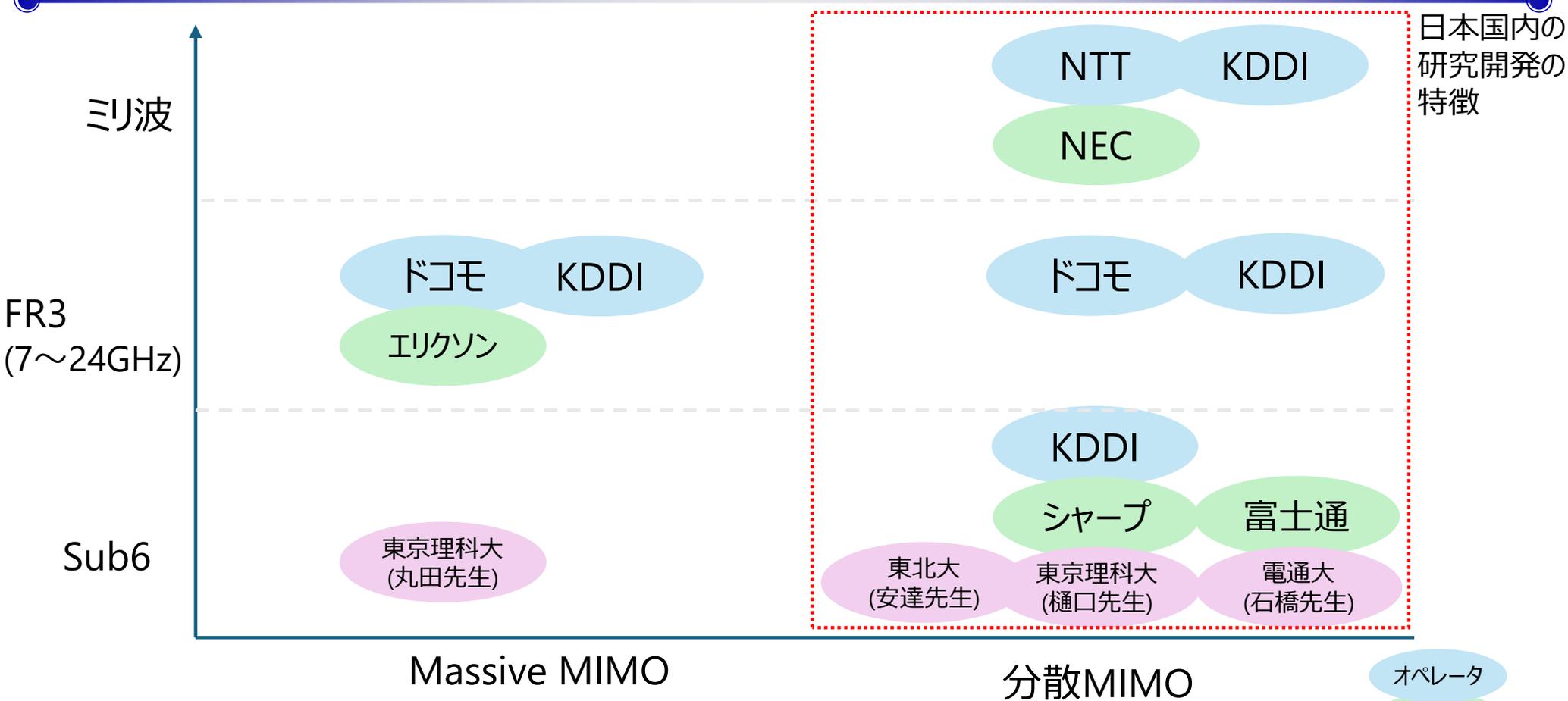
# **Section II**

## **Recent Activities of Advanced MIMO Technologies in Japan**

# Section IIへのコントリビューション

寄稿者 (1st)	タイトル
KDDI総合研究所	Research Activities for MIMO Evolution in Each Frequency Range towards 6G
NTTドコモ	Performance Evaluation of FR3 Distributed MIMO Using 6G Simulator
NTTドコモ	Performance Evaluation of FR3 Massive MIMO in Real Urban Areas through Link-Level Simulation
NTT	High-frequency Band Distributed Antenna System
NEC	Distributed MIMO Technology for Efficient Utilization of Millimeter-Wave Bands
富士通	Distributed Antenna Technology (High-density Distributed Antenna System and Transmission Point Sharing Control)
シャープ	6G views on Coherent Joint Transmission and Multi-User MIMO
エリクソン・ジャパン	A Study on Advanced MIMO Large Arrays in the 7–15 GHz Spectrum for 6G
東北大 (安達先生)	User Cluster-centric Approach for Cell-free Massive MIMO Systems
東京理科大 (樋口先生)	Low-Complexity User-Centric TRP Clustering Method in Downlink Cell-Free MIMO with Regularized ZF-Based Beamforming
東京理科大 (丸田先生)	Robust Massive MIMO Transmission Technology in Mobile Environments
電通大 (石橋先生)	Recent R&D Activities of Distributed MIMO (D-MIMO) Technologies in Japan

# 各コントリビューションの主なターゲット



日本国内の研究開発の特徴

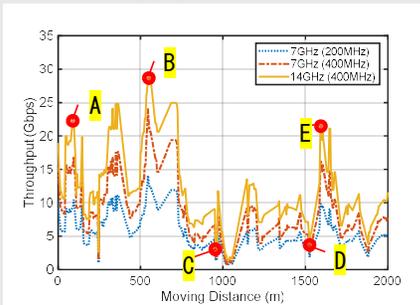
※ 技術的には特定周波数に限定されない技術、Massive MIMO/分散MIMOの両観点を含む技術も含まれるが、俯瞰を容易にするためにマッピングしています

- オペレータ
- ベンダー
- 大学

# Massive MIMO (Sub6、FR3)

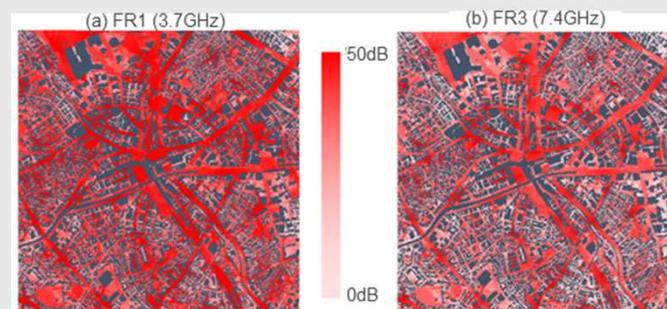
## NTTドコモ

カーイメージング法で再現した伝搬環境にて、  
FR3 Massive MIMOを特性評価



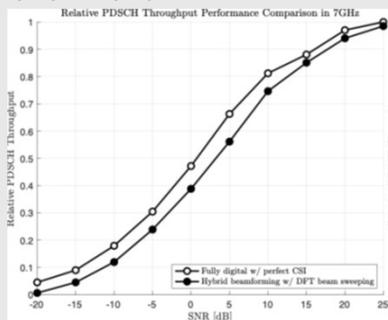
## KDDI総合研究所

FR3 Massive MIMOと、Sub6 Massive MIMOの特性を評価



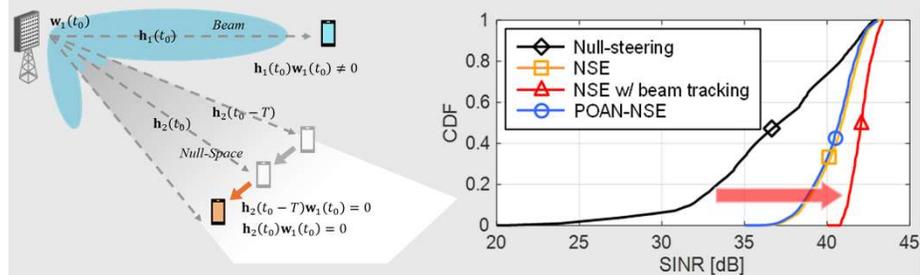
## エリクソン・ジャパン

FR3 Massive MIMOのハイブリッドBFが、フルデジタルBFに迫る  
スループット特性を特性であることをシミュレーション検証



## 東京理科大 (丸田先生)

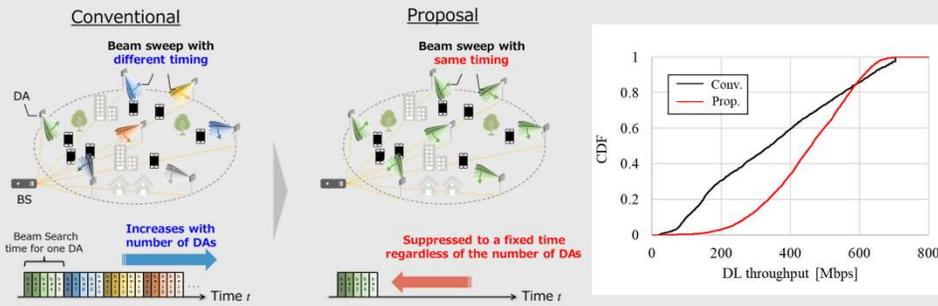
Massive MIMOにヌル空間拡張を用いたBFにより、  
マルチユーザMIMOでのチャネル時変動へのロバスト性向上



# 分散MIMO (ミリ波、FR3)

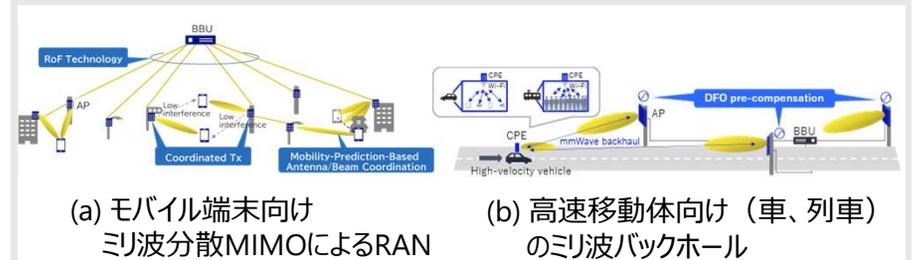
## NTT

ミリ波分散MIMOの分散アンテナ間で同時にスイープする  
ビームサーチを実現



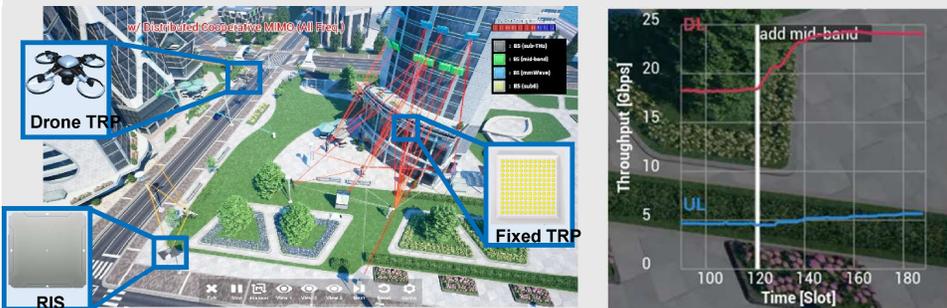
## NEC

モバイル端末向けと高速移動体向けの2ユースケースでの  
ミリ波分散MIMOを実現する要素技術を提案・評価



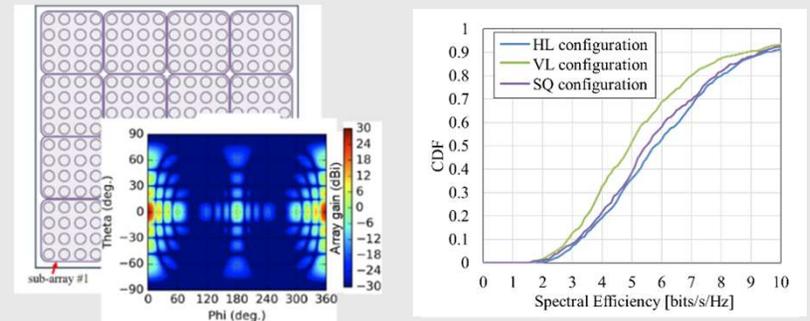
## NTTドコモ

FR3 分散MIMOを、都市部を再現した6Gシミュレータで特性評価



## KDDI総合研究所

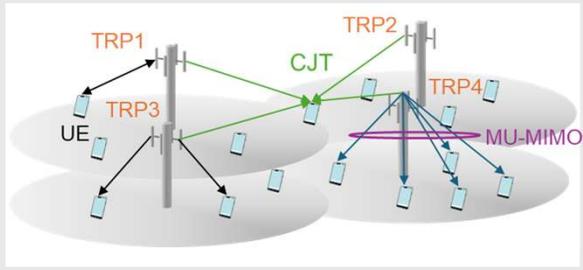
FR3 Cell-free mMIMOを、  
ハイブリッドBFのサブアレイ構成別に特性評価



# 分散MIMO (Sub6)

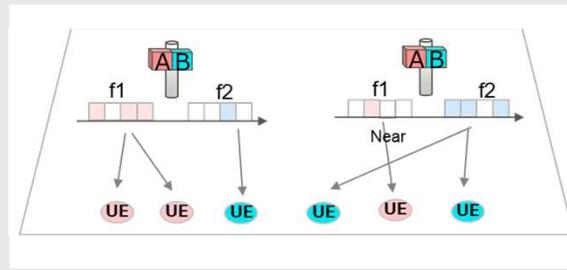
## シャープ

マルチTRP環境のコヒーレントジョイント送信 (CJT) とMU-MIMOを結合



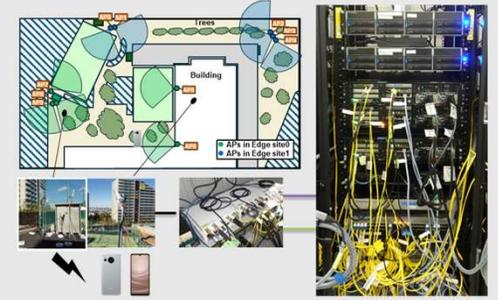
## 富士通

MNO間の共有RUを導入し、各UEに最適なRUから送信することで特性改善



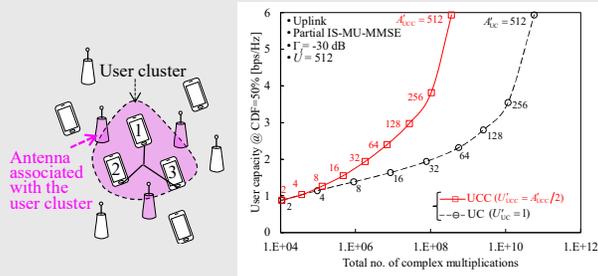
## KDDI総合研究所

4.8GHz帯100MHz幅の10基地局/20アンテナ、8UEのCF-mMIMO実証実験



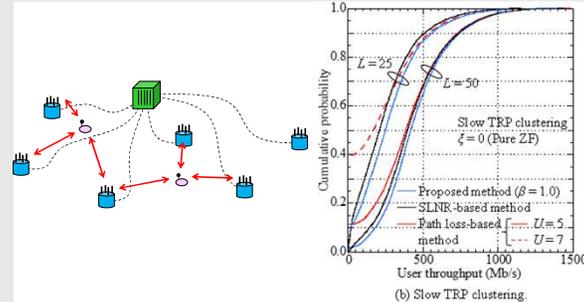
## 東北大 (安達先生)

ユーザクラスセントリックなCF-mMIMOにより演算量対キャパシティ特性を改善



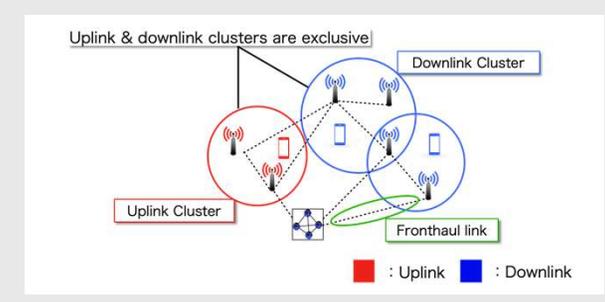
## 東京理科大 (樋口先生)

Regularized ZFに適した低演算量なTRPクラスタリング方式でシステム特性を改善



## 電通大 (石橋先生)

D-MIMOのデュープレックス技術と、フロントホール制約下での受信器設計を議論



## まとめ

- Advanced MIMO (A-MIMO) WGを紹介
  - 産業界・大学から多数の機関が参加
- Advanced MIMO技術に関する白書の概要を、簡単に紹介
  - Massive MIMO、分散MIMOに関する技術
  - Sub6、FR3、FR2にわたる幅広い周波数帯に対する検討

- **技術の詳細を知りたい方は、ぜひ白書をご覧ください**
- **Advanced MIMOに関する議論や情報収集に興味がある方は、ぜひ本WGにご参加ください**