

# **Beyond 5G White Paper 6G Radio Technology Project “AI/ML and Digital Twin Technologies” 【第1.0版, 概要短縮版】**

**XGモバイル推進フォーラム**

**AIとデジタルツインの活用Working Group**

**2025年9月30日**

# AIとDigital Twinの活用WG

- 体制

- Chair: 大槻 知明 (慶應義塾大学)
- Vice Chair: 山崎 敬広 (NTT), 山本 哲矢 (パナソニックホールディングス)
- WG構成員数: 37名

- 活動内容

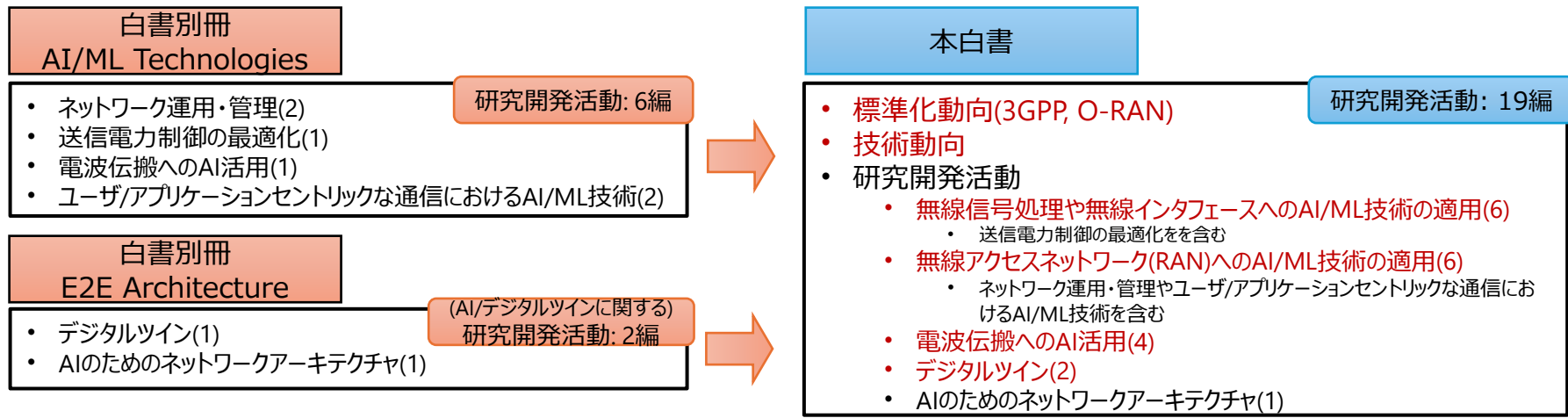
- 技術・標準化動向の把握, 調査, 白書等とりまとめ
- 国内外への発信(Workshop開催等), 海外団体との意見交換
- AI学習のための共有データベース基盤の構築
- AI・デジタルツイン活用のプラットフォームの共有

- アウトプット例

- Beyond 5G白書
- AI学習のための共有データベース基盤
- 国際会議などと連携した企画

# 本白書の成り立ち

- Beyond 5G推進コンソーシアム (2024年3月まで活動)
  - 「Beyond 5Gホワイトペーパー～2030年代へのメッセージ～」および技術トピックごとに白書別冊を発行
    - (注) Beyond 5G推進コンソーシアムは2024年4月1日に5Gモバイル推進フォーラムと統合され、XGMFとして新たに活動が開始。  
「Beyond 5Gホワイトペーパー～2030年代へのメッセージ～」もXGMF発行として、2024年12月に4.0版が公開
- XGMF 6G無線技術プロジェクト AIとDigital Twinの活用WG (2024年11月～)
  - 白書別冊“AI/ML Technologies”をベースとしつつ、無線技術分野のAI/ML技術活用に関する内容を拡充
  - 白書別冊“E2E Architecture”のAIのためのネットワークアーキテクチャおよびデジタルツイン技術の活用に関する内容も追加・拡充
  - 6G無線技術分野における最新の動向や研究開発活動、標準化、および技術動向のまとめ



# 白書構成

- はじめに
- 第I章: 6Gに向けたAI/MLとDigital Twin活用の動向
  - I-1節: 3GPPおよびO-RANにおけるAI/ML活用に関する標準化動向
    - 3rd Generation Partnership Project (3GPP)やOpen Radio Access Network (O-RAN)アライアンスにおける現在のAI/MLに関する標準化の動向をまとめたもの
  - I-2節: 6Gに向けたAI/MLとDigital Twin活用の技術動向
    - 主に第II章の内容に関連した以下の技術分野について、技術動向を簡単にまとめたもの
      - 無線信号処理や無線インタフェースへのAI/ML技術の適用
      - 無線アクセスネットワーク(RAN)へのAI/ML技術の適用
      - 電波伝搬へのAI/ML技術の適用およびデジタルツインの活用
      - AIのための無線ネットワークアーキテクチャ
- 第II章: 日本におけるAI/MLとDigital Twin活用に関する最近の取組み
  - 6Gに向けたAI/MLとDigital Twin活用に関する日本の先進的な研究開発の取組みと成果を紹介

# I-1.1 3GPPの標準化動向

- ユースケース (Rel.18/19で仕様化またはRel.20で仕様化するかを議論中)

## 無線インタフェースへのAI/ML技術の適用

- 端末からのチャネル状態情報(CSI)報告
  - 時間領域のCSI予測
  - 空間・周波数(+時間)領域CSIの圧縮
- ビーム管理
  - 空間領域のビーム推定
  - 時間領域のビーム推定
- ポジショニング
  - 位置情報の直接推定
  - タイミングやLOS/NLOS判定などの測位に役立つ中間統計情報の推定
- 端末モビリティ (例えば、最適な接続先セル選択)
  - 信号強度測定の新規削減
  - ハンドオーバーイベントの予測

## 無線ネットワーク内でのAI/ML技術の適用

- ネットワーク電力削減
- 負荷分散
- モビリティの最適化
- ネットワークスライシング
- カバレッジと容量の最適化
- QoE最適化



白書本編では、主に無線インタフェースへのAI/ML技術の適用について詳細を述べている

# I-1.2 O-RANの標準化動向

- O-RANでは、インテリジェントRAN (RIC: RAN Intelligent Controller)のコンセプトを推進
  - RIC: パラメータ設計や運用を自動最適化する役割を担う
- O-RANにおけるAI/MLをRICに統合したRANのインテリジェント化
  - 通信性能の改善, リソース割当の最適化, ユーザ体感品質の向上などが期待
  - AI/MLモデルの学習, 管理, 推論などの配置の組み合わせに関して複数のシナリオを検討
- ユースケース

- Massive MIMOビームフォーミング最適化
  - ビームシェーピング, ビームベースの負荷分散, ビームモビリティの最適化, アダプティブセルカバレッジエリアなどの高度なネットワーク管理技術にAI/ML技術を適用
- RANスライスサービスレベルアグリーメント(SLA)保証
  - RICによるネットワーク制御機能にAI/ML技術を適用することで, 効率的にネットワークスライスを制御して品質や低遅延などの要件(SLA)を保証
- 消費電力削減
  - セルやRFチャネルのOff/On, スリープ制御にAI/ML技術を適用

# I-2: 6Gに向けたAI/MLとDigital Twin活用の技術動向

- I-2.1: 無線信号処理や無線インターフェースへのAI/ML技術の適用
  - 複雑な非線形問題の解決や膨大なデータの解析を通じた無線信号処理や無線インターフェースの最適化
    - 物理層の信号処理(チャネルコーディング, チャネル推定, ビームフォーミング, 送信電力制御など)
    - AIネイティブ無線インターフェース
    - ミリ波やテラヘルツ帯などの高周波領域への適用
    - 通信とAI/ML双方の観点を考慮した性能指標, 統合システム設計
- I-2.2: 無線アクセスネットワーク(RAN)へのAI/ML技術の適用
  - RANの運用・管理・保守(OAM)への適用による人的作業リソースとヒューマンエラーの削減
  - RANの動的制御へのAI/ML技術による通信品質と電力効率の向上
    - トラフィックオフロード, リソース割り当て, 電力制御など
- I-2.3: 電波伝搬へのAI/ML技術の適用およびデジタルツインの活用
  - デジタルツインのようなデジタル仮想環境における電波伝搬や無線シミュレーションの進化
    - 無線伝搬(チャネル・パラメータ推定, チャネル・モデリング, チャネル予測, LOS/NLOS識別など)にAI/ML技術を適用
    - マルチモーダルな値を用いてMLモデルを作成・利用することでより柔軟な電波伝搬状況やシナリオをサポート
    - より現実的で費用対効果の高い無線シミュレーションの実現
- I-2.4: AIのための無線ネットワークアーキテクチャ
  - AI/MLアプリケーション機能をMECやvRANのコンピューティング・インフラなどRAN側に配置
  - AI/ML機能をコアネットワーク, RAN, ユーザー機器, ネットワーク機能すべてに分散するNWアーキテクチャ

# 第II章: 日本における最近の取組み (1/2)

本章では、6Gに向けたAI/MLとデジタルツインの活用に関する日本の先進的な研究開発の取組みとその成果を紹介

## 無線信号処理や無線インタフェースへのAI/ML技術の適用(6編)

|      | Contributor (筆頭著者の所属)     | タイトル                                                                                            |
|------|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| II-1 | Nokia                     | Scalable AI/ML for Radio Cellular Access                                                        |
| II-2 | Panasonic Holdings        | Study on Training Collaboration at UE- / NW-side for CSI Compression with Two-sided AI/ML Model |
| II-3 | NTT                       | Proof-of-concept for AI-native Air Interface toward 6G                                          |
| II-4 | KDDI Research             | Neural Network-based Digital Pre-distortion for Wideband Power Amplifiers using DeepShift       |
| II-5 | NTT                       | AI Calibration Network under Hardware Limitations                                               |
| II-6 | Huawei Technologies Japan | Performance Requirements and Evaluation Methodology for AI and Communication in 6G              |

## 無線アクセスネットワーク(RAN)へのAI/ML技術の適用(6編)

|       | Contributor (筆頭著者の所属)     | タイトル                                                                                             |
|-------|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| II-7  | KDDI Research             | Study on AP Clustering with Deep Reinforcement Learning for Cell-Free Massive MIMO               |
| II-8  | Sharp                     | Cross-layer Access Control Techniques using AI                                                   |
| II-9  | NEC                       | AI-based Application-aware RAN Optimization                                                      |
| II-10 | KDDI Research             | AI Ops for Autonomous Network                                                                    |
| II-11 | NEC                       | Logic-oriented Generative AI Technology for Autonomous Networks                                  |
| II-12 | Huawei Technologies Japan | In-Network Learning for Distributed RAN AI, ~Distributed LLMs via Latent Structure Distillation~ |



# 第II章: 日本における最近の取組み (2/2)

本章では, 6Gに向けたAI/MLとデジタルツインの活用に関する日本の先進的な研究開発の取組みとその成果を紹介

## 電波伝搬へのAI/ML技術の適用およびデジタルツインの活用(6編)

|       | Contributor (筆頭著者の所属)  | タイトル                                                                                  |
|-------|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| II-13 | NTT                    | Throughput Prediction Technology for 28 GHz Channels using Physical Space Information |
| II-14 | Tokyo Denki University | AI/ML-based Radio Propagation Prediction Technology                                   |
| II-15 | KDDI Research          | AI-Based Radio Propagation Modeling for Wireless Emulator                             |
| II-16 | NTT DOCOMO             | 6G Simulator Utilizing Future Prediction Control Technology Based on AI/ML            |
| II-17 | NTT DOCOMO             | Optimization of 6G Radio Access Using Digital Twin                                    |
| II-18 | Osaka University       | Digital-Twin for and by Beyond 5G                                                     |

## AIのための無線ネットワークアーキテクチャ(1編)

|       | Contributor (筆頭著者の所属)     | タイトル                                            |
|-------|---------------------------|-------------------------------------------------|
| II-19 | Huawei Technologies Japan | Task-Oriented 6G Native-AI Network Architecture |