

革新的情報通信技術（Beyond 5G（6G））基金事業
電波有効利用研究開発プログラム
研究計画書

課題 110

端末／ネットワーク間の AI 協調 RAN による
高効率無線アクセスネットワーク技術の研究開発



1. 研究開発課題

『端末／ネットワーク間の AI 協調 RAN による 高効率無線アクセスネットワーク技術の研究開発』

2. 目的

AI 社会を支える次世代情報通信技術に関して、2024 年 8 月 30 日に示された「AI 社会を支える次世代情報通信基盤の実現に向けた戦略」(Beyond 5G 推進戦略 2.0)において、今後 AI はあらゆる分野で利用され、AI の開発や利活用等のイノベーションが社会課題の解決や我が国の競争力に直結すると期待される一方、現在開発競争が激化している生成 AI については、電力消費の増大や、偽・誤情報等の様々なリスクが指摘されている。これらのリスク等を抑えつつ、イノベーションの加速を図るため、例えば、巨大な汎用 AI で全てを解決するのではなく、個別分野に特化した、小型・分散化した AI 同士を協調させるなどにより、低環境負荷（グリーン）で安全・安心で信頼できる AI があらゆる分野で利用可能な社会を目指すという方向性が示されている。より具体的には、我が国の 3 つの戦略分野（①オール光ネットワーク (APN) 分野、②非地上系ネットワーク (NTN) 分野、③無線アクセスネットワーク (RAN) 分野）について、新たに考慮すべき環境変化及び課題として、災害時・有事を含めたネットワークの自律性の確保、非地上系も含めた通信業界の技術覇権を巡る国際的な構造変化への対応、AI の爆発的普及への対応が挙げられている。特に AI が普及し、かつあらゆるものがネットワーク接続される時代において、トラヒック需要の拡大に対応するための周波数確保、RAN の高度化や更なる高周波数帯の利活用の重要性が示されており、有限な無線リソースをいかに有効利用するかについての研究開発の推進が必要である。Beyond 5G の無線アクセスネットワーク分野においては、端末・デバイスを含む実装技術の競争力強化が重要な課題となっており、スマートフォンに加え、産業 IoT 機器・ドローン・ロボット・移動体等の端末の多様化、及び通信網における通信経路の複雑化に伴い、マルチネットワーク環境（※1）における通信経路及び通信方式の最適化を実現する技術が求められている。

一方、AI に関して、AI の社会実装を支える情報通信基盤の高度化が重要な要素として位置付けられており、令和 7 年 12 月 23 日に閣議決定された「人工知能基本計画」の第 3 章第 2 節「AI 開発力の戦略的強化」において、具体的な取組として、AI エコシステム各層（アプリ・モデル・計算基盤等）の開発と組合せ促進の中で、日本の強みとして「信頼できる AI」を開発、海外にも積極的に展開することを視野に、①AI モデルとアプリを組み合わせた多様なサービス創出、フィジカル AI の開発導入 ②十分な計算資源と基盤となる半導体開発・供給、データセンター及びクラウド環境整備、それらを支える通信ネットワークの構築、安定的な電力供給体制の確保等、戦略的な AI インフラ整備の加速が挙げられている。

これに伴い、近年急速に発展している AI 技術と通信技術の融合が進展し、AI 処理を効率的に支えるネットワークとしての「RAN for AI」、ならびに無線通信そのものを高度化するための「AI for RAN」といった概念に基づく、将来の無線通信インフラである AI RAN の研究開発が進められている。このような背景の下、通信と AI を一体的に設計・最適化し、AI 技術を無線通信インフラへ実装していくための基盤技術の確立が不可欠となっている。

しかしながら、現在進められている AI RAN に関する研究開発の多くは、クラウド側やネットワーク集中制御を前提としたものが中心であり、豊富な計算資源を活用した高度な最適化が可能である一方、無線区間の瞬時変動や端末周辺環境の変化に対して、必ずしも十分な追従性を確保できないという課題が指摘されている。また、フィジカル AI やオンデバイス AI 普及により、無線端末自身が生成・処理するデータ量が増大する中で、端末側の状況を十分に反映しない一方向的なネットワーク制御では、参照信号や制御信号の増加、再送要求の頻発などを招き、結果として無線区間における電波資源の非効率な利用につながる可能性がある。このため、ネットワーク側の AI（以下、「ネットワーク AI」という。）による広域・長時間スケールの最適化と、無線端末側の AI（以下、「端末 AI」という。）による局所・短時間スケールの判断とを協調させ、無線シグナリング及びトラヒック制御を分散的かつ柔軟に最適化する新たな無線制御アーキテクチャの確立が求められている。

そこで本研究開発では、Beyond 5G 時代における無線アクセスネットワーク分野の高度化に向けて、ネットワーク側に集約された AI による最適化に加え、無線端末側に知能を分散配置する端末 AI との協調による AI 協調 RAN の実現を目指す。ネットワーク AI としては、AI を搭載した無線通信端末を起点として、これまで必要とされてきた制御情報や参照信号、閉ループ無線伝送制御のためのフィードバック情報等に使用されていた無線リソースを AI により効率的に活用するための高効率無線通信技術及び端末 AI を活用するための入出力データの最小化技術の確立による、周波数利用効率の向上を目的として研究開発を実施する。

また、端末 AI としては、実デバイスとして実装可能な AI 搭載無線通信デバイス（以下、AI 搭載端末）の研究開発を中核とし、多様化、複雑化する無線アクセスネットワークへのフィジカル AI 活用技術の確立することで、ネットワーク AI と端末 AI が協調動作する分散的な無線制御アーキテクチャの研究開発を実施する。

本研究開発では、無線通信端末単体での周波数利用効率の向上に加え、ネットワーク AI と端末 AI の協調によるネットワーク全体の最適化を行い、Beyond 5G の実現に向けた高効率かつ柔軟な無線通信基盤技術の確立を目指す。

（※1）マルチネットワーク環境：5G、Local 5G、LTE、Wi-Fi、NTN 等の複数の通信ネットワークを組み合わせた環境

3. 内容

本委託研究では、以下の2つの研究開発項目に対し、研究開発を推進するものとする。

各研究開発項目で開発された技術については、他の研究開発項目又は他の実施主体が開発した技術との接続性及び相互運用性を考慮し、本計画書に定めるアウトプット目標に基づき、統合したシステムとしての動作及び性能を検証可能となるよう研究開発を行うものとする。

・研究開発項目1 端末／ネットワーク間の AI 協調を実現する高効率無線通信技術及びデバイス技術の研究開発

分散化した多数の AI 群から構成される情報通信インフラを支える上で基盤となる高効率無線通信技術及びデバイス技術の研究開発を実施する。

具体的には、Beyond5G 時代の情報通信インフラとして、通信経路及び通信方式の最適化として、これまで必要とされてきた制御情報や参照信号、閉ループ無線伝送制御のためのフィードバック情報等に使用されていた無線リソースを AI により効率的に活用するための高効率無線通信技術の研究開発を実施するとともに、それを実現するために実装可能なデバイス技術の研究開発を行う。AI はネットワーク側のみでなく、端末側にも適用されることを想定する。

a) AI を活用したネットワークと連携可能な AI 搭載端末の高効率無線通信技術に関する研究開発

- ・ 瞬時的な通信環境変動に対して、無線通信端末側で取得可能な通信状態や環境情報と AI を活用することにより、100msec オーダーで QoS の追従が可能な無線アクセスネットワークの研究開発を行う。
- ・ 超高速・低遅延・超多接続を実現可能なマルチプラットフォームの研究開発を実施する。この際、ネットワークの負荷低減にも考慮した情報伝達技術及び圧縮技術を用いた実証を行う。
- ・ 以上を考慮した上で、参照信号や制御情報といった無線通信のオーバーヘッドに関して、AI を活用することで無線リソースの利用効率を高める研究開発を行う。

b) AI 搭載端末における高効率無線通信デバイス技術の研究開発

- ・ 多様で複雑化する利用環境に適用可能な分散 AI 基盤の実現を目指すため、研究開発項目 1a) のネットワーク側の最適化手法の適用が可能な、AI 搭載端末を開発し、その有効性を検証する。
- ・ 端末側に搭載される AI 推論処理は、計算資源やメモリ容量が限られた NPU (Neural Processing Unit) などで動作させ、実装規模とのバランスを考慮したアルゴリズム設計及びハードウェア構成を検討し、推論精度、処理遅延、消費電力の改善を図るものとする。

・研究開発項目2 端末／ネットワーク間の AI 協調を前提とした分散協調型無線制御とマルチネットワーク最適化高効率無線アクセスネットワーク技術に関する研究開発

分散配置された端末 AI とネットワーク AI が協調動作する無線アクセスネットワークにおいて、無線トラフィック制御、無線シグナリング及びマルチネットワーク間の資源制御を高度化するための基盤技術の研究開発を実施する。

具体的には、端末 AI が取得可能な通信状態、周辺無線環境、アプリケーション実行状況等の情報をネットワーク側の制御判断に反映することで、従来のネットワーク側単独の制御では困難であった、端末状態を考慮した柔軟かつ動的なトラフィック制御及び無線リソース制御を実現する。

また、アプリケーションごとに異なる情報の重要度や意味的価値、AI 処理におけるトークンの重要度等を踏まえ、必要な情報又は重要なトークンを抽出・伝送するセマンティック通信制御 (※2) を端末 AI とネットワーク AI の協調により実現し、通信品質を維持しつつ無線リソース利用効率の向上を図る。

(※2) セマンティック通信制御：データ全体ではなく、アプリケーションにとって意味・価値のある情報や AI 処理における重要なトークンを抽出し、必要な情報を優先的に伝送する通信制御

a) マルチネットワーク環境におけるトラフィック制御技術の研究開発

- ・ 端末及びネットワーク双方の状態を考慮した柔軟なトラフィック分散、接続先選択、リソース制御の実現に向けた技術検討及び実機を用いた検証を実施する。
- ・ 端末 AI とネットワーク AI での協調制御に基づく柔軟なトラフィック分散技術の確立及び検証を行う。端末 AI とネットワーク AI での AI 処理を適応的に分散することで端末側でのデータ選別・前処理を効率化する。またトラフィック制御のための協調の範囲は、端末からクラウドまでを End to End とし、この区間内で協調可能なノードを定義し、効率的な協調制御の実現を目指す。

b) 状況認識に基づく AI 協調型高効率無線通信技術の研究開発

- ・ 無線環境情報等の測定・収集とアプリケーション通信品質との関係を認識し、無線環境を考慮したクロスレイヤー型通信制御（※3）の有効性を明らかにする。
- ・ 端末 AI によるセンシングデータのアプリケーション上重要な変化や AI 処理におけるトークンの重要度等を抽出し、重要情報を優先的に送信するセマンティック通信制御技術を確立し、冗長トラフィックの削減を実現する。
- ・ 端末 AI とネットワーク AI の協調制御により、セマンティック情報や AI の処理単位であるトークン情報とネットワーク状態を統合した資源割り当て最適化を行う。

(※3) クロスレイヤー型通信制御：アプリケーション層、ネットワーク層、無線制御層など、複数の通信階層の情報を組み合わせて行う通信制御

4. アウトプット目標・アウトカム目標

・ 研究開発項目1 端末／ネットワーク間の AI 協調を実現する高効率無線通信技術及びデバイス技術の研究開発

◇2030 年度末におけるアウトプット目標（最終目標）

a) AI を活用したネットワークと連携可能な AI 搭載端末の高効率無線通信技術に関する研究開発

- ・ AI 搭載端末を用いた移動体通信のユースケースにおいて、端末 AI とネットワーク AI の連携がない場合と比較して周波数利用効率 10%以上向上を確認し、社会実装に向けた技術指針を確立する。

b) AI 搭載端末における高効率無線通信デバイス技術の研究開発

- ・ AI 搭載無線通信デバイスと高効率無線通信技術を統合したシステム実証を実施し、実運用環境を想定した性能評価を行うとともに、社会実装及び事業化に向けた実装指針を確立する。

◇2027 年度末におけるアウトプット目標

a) AI を活用したネットワークと連携可能な AI 搭載端末の高効率無線通信技術に関する研究開発

- ・ 端末／ネットワーク間の AI 協調を想定した無線インターフェース、プロトコル、ネットワーク技術の基本設計を完了する。
- ・ 情報圧縮技術に関する基本設計を完了する。

b) AI 搭載端末における高効率無線通信デバイス技術の研究開発

- ・ 2026 年度に整理した要件に基づき、AI 搭載無線通信デバイスへの実装を想定したアーキテクチャ設計を完了し、実装可能性を確認する。
- ・ 低コスト省電力、高効率無線通信システムの構成要素を試作し、性能評価を実施する。

◇2028 年度末におけるアウトプット目標

a) AI を活用したネットワークと連携可能な AI 搭載端末の高効率無線通信技術に関する研究開発

- ・ 端末／ネットワーク間の AI 協調を想定した無線インターフェース、プロトコル、ネットワーク技術の基本開発の完了及び周波数利用効率の評価を開始する。
- ・ 情報圧縮技術に関する基本開発を完了し、情報圧縮率の評価を開始する。

b) AI 搭載端末における高効率無線通信デバイス技術の研究開発

- ・ AI 搭載無線通信デバイスを用いた実機環境において、分散 AI 協調動作の基本機能及び処理遅延・消費電力特性を評価する。
- ・ 低コスト省電力、高効率無線通信システムの端末への実装による性能実証を行う。

◇2029 年度末におけるアウトプット目標

a) AI を活用したネットワークと連携可能な AI 搭載端末の高効率無線通信技術に関する研究開発

- ・ 端末／ネットワーク間の AI 協調を想定した無線アクセスネットワークの無線インターフェース、プロトコル、ネットワーク技術及び情報圧縮技術により、端末 AI とネットワーク AI の連携がない場合に対して、周波数利用効率を 10%以上向上させることを目標とする。

b) AI 搭載端末における高効率無線通信デバイス技術の研究開発

- AI 搭載無線通信デバイスと a) で確立した高効率無線通信技術を協調させた分散型 AI による通信オーバーヘッド削減効果及び通信処理効率向上効果の実デバイスでの実証を通じた、社会実装や事業化レベルの無線通信デバイス技術を確立する。

◇アウトカム目標

- 2030 年 端末／ネットワーク間の AI 協調による高効率無線通信技術を確立。
実デバイスに本技術を実装。
- 2031 年 ユースケースを想定した端末・システムにおける、実運用環境での評価・実証。
- 2032 年 端末／ネットワーク間の分散 AI 型無線通信デバイス技術として実用化。

• **研究開発項目2 端末／ネットワーク間の AI 協調を前提とした分散協調型無線制御とマルチネットワーク最適化高効率無線アクセスネットワーク技術に関する研究開発**

◇2030 年度末におけるアウトプット目標（最終目標）

a) マルチネットワーク環境におけるトラヒック制御技術の研究開発

- AI 搭載端末を用いた移動体通信のマルチネットワーク環境において、AI 処理を分散しない場合と比較して送出データ量 15%以上削減及び周波数利用効率の向上効果を確認し、社会実装に向けた運用モデル及び設計指針を確立する。

b) 状況認識に基づく AI 協調型高効率無線通信技術の研究開発

- AI 搭載端末を用いた移動体通信のユースケースにおいて、セマンティック通信や AI トークン情報の適用により通信制御信号の情報量 30%以上削減を確認するとともに、無線リソース利用効率向上効果を評価し、社会実装に向けた設計指針及び技術課題を整理する。

◇2027 年度末におけるアウトプット目標

a) マルチネットワーク環境におけるトラヒック制御技術の研究開発

- ネットワーク AI と端末 AI との協調を想定した、マルチネットワーク環境におけるトラヒック制御方式を定義し、机上検討もしくはエミュレーション評価を実施する。

b) 状況認識に基づく AI 協調型高効率無線通信技術の研究開発

- AI 搭載無線通信端末を想定した協調制御方式を確立し、エミュレーション環境で有効性を確認する。

◇2028 年度末におけるアウトプット目標

a) マルチネットワーク環境におけるトラヒック制御技術の研究開発

- ・ 研究開発項目 1 の AI 搭載無線通信端末の仕様を踏まえ、AI 搭載無線通信端末との協調により、多様なアセットを含むマルチネットワーク間のトラヒック分散及び接続制御の有効性を検証環境で評価する。

b) 状況認識に基づく AI 協調型高効率無線通信技術の研究開発

- ・ 研究開発項目 1 の AI 搭載無線通信端末の仕様を踏まえ、端末起点での無線シグナリング削減効果及びトラヒック制御効果を実機評価する。

◇2029 年度末におけるアウトプット目標

a) マルチネットワーク環境におけるトラヒック制御技術の研究開発

- ・ 多様なアセットを含むマルチネットワーク環境において、AI 搭載無線通信端末との協調による動的トラヒック制御方式を実機レベルで確立する。
- ・ AI 処理を分散しない場合に比してネットワークへの送出データ量を 15%以上削減することを目標とし、単位時間・単位周波数当たりの周波数利用効率を向上させる。

b) 状況認識に基づく AI 協調型高効率無線通信技術の研究開発

- ・ AI 搭載無線通信端末を活用し、ネットワーク AI との協調による無線シグナリング最適化方式を実機レベルで確立する。
- ・ セマンティック通信や AI トークン情報を適用することにより通信制御信号の情報量を 30%以上削減することを目標とする。

◇アウトカム目標

- ・ 2030 年 AI 搭載無線通信端末とネットワーク AI の協調による無線シグナリング効率化技術、マルチネットワーク環境における端末側の AI との協調型トラヒック制御技術の有効性を実証し、社会実装に向けた導入検討事例を蓄積。
- ・ 2031 年 キャリア商用ネットワークをはじめ、産業向け 5G/Local 5G 環境、多様なアセットを含むマルチネットワーク環境のユースケースを想定し、端末側の AI 活用型無線制御技術の実証・導入検討を進める。またマルチネットワーク間の柔軟なネットワーク運用に向け、産業用途・公共用途での実運用環境での評価フェーズに移行。
- ・ 2032 年 AI 搭載無線通信デバイス事業、ネットワーク事業への採用により、端末／ネットワーク間の分散 AI 型無線通信デバイス技術として実用化を完了。

5. 採択件数、研究開発期間及び研究開発予算等

採択件数 : 研究開発項目ごとに 1 件

- ・研究開発期間：契約締結日から 2030 年度（2027 年度後半に実施するステージゲート評価を踏まえ、継続の必要性等が認められた場合には、最長で 2030 年度まで継続予定。認められなかった場合は、当該年度末で終了）。
- ・研究開発予算：総額で 52 億円（税込）を上限とし、2026 年度から 2027 年度までの累計額上限を 30 億円（税込）とする。（提案の予算額の調整を行った上で採択する提案を決定する場合がある。また、ステージゲート評価や革新的情報通信技術（Beyond5G（6G））基金事業の後年度予算の状況等により、各年度の研究開発予算を変更する場合がある。）。
- ・研究開発体制：単独の提案も可能であるが、産学官連携等による複数の実施主体からなる体制とすることを推奨する。その際、社会実装を考慮した体制とすること。

6. 提案に当たっての留意点

- 研究開発項目 1 又は研究開発項目 2 いずれか又は全ての研究開発項目に提案することができる。複数の研究開発項目に応募する場合、提案書は一つにまとめること。
- 提案書には、ステージゲート評価後 2030 年度まで実施することを仮定して、2030 年度までの計画を記載すること。
- 具体的目標に関しては、2027 年度後半のステージゲート評価を受ける際の間目標と、当該評価で継続が認められた場合の各年度の目標について、定量的に提案書に記載すること。
- 本委託研究で研究開発する技術について、具体的に Beyond 5G の実現に当たりいつ頃どのような分野のどのような知的財産の取得が期待できるのか、何件程度の特許出願を目指すのか、また、知的財産の取得とともに標準化活動の推進も重要であることから、いつ頃どのような分野のどのような標準の策定が期待できるのか、どのような標準化活動を推進するのか等について提案書に記載すること。
- 実施体制については、本研究開発の目的に則した実施体制を構築することとし、それぞれの役割を明記すること。
- 研究開発の実施に当たっては、関連する要素技術間の調整、成果の取りまとめ方等、研究開発全体の方針について幅広い観点から助言をいただくとともに、実際の研究開発の進め方について適宜指導をいただくため、学識経験者、有識者等を含んだ研究開発運営委員会等を開催すること。
- 本研究開発成果の社会実装に向けて、到達目標の項目に記載したマイルストーンを意識しつつ、具体的な時期（目標）、体制、評価方策等を記載すること。その際、本研究開発が対象としている通信システムのデモンストレーションや、それらの成果を用いたより高度な研究開発活動あるいは通信事業が、持続的に発展するためのライフサイクル計画等についても記載すること。
- 研究開発成果の情報発信を積極的に行うこと。

7. 運営管理

- 複数の機関が共同で受託する場合には、代表提案者が受託者間の連携等の運営管理を行い、受託者間調整会議を定期的を開催すること。
- 国立研究開発法人情報通信研究機構（以下、「機構」という。）と受託者の連携を図るため、代表提案者は、機構の指示に基づき研究開発の進捗状況などについて報告すること。
- 社会情勢や研究環境の変化等、必要に応じて、機構が研究計画書を変更する場合があるので、留意すること。

8. 評価

- 2027 年度後半に評価委員会による評価（ステージゲート評価）を実施し、継続の必要性等が認められた場合には、最長で 2030 年度まで研究開発を継続する。なお、ステージゲート評価の結果を踏まえ、委託研究の中止、縮小、実施体制の変更等を判断する場合がある。
- 機構は、研究開発終了時に終了評価を実施する。
- 機構は、本委託研究終了後に成果展開等状況調査を行い、追跡評価を行う場合がある。
- 機構は、上記以外にも本委託研究の進捗状況等を踏まえて、臨時にヒアリングを実施することがある。

9. 成果の社会実装等に向けた取組

- Beyond 5G の実現を支える技術として、知的財産戦略及び標準化戦略、さらには社会実装と海外市場への展開戦略を記載すること。
- 社会実装・海外展開に向けた事業計画を明確とすること（委託研究後の事業化等に向けた取組を明確にする）。
- 上記の社会実装・海外展開を実現するため、提案に先立ち、事業計画を練り、その実現に向けた研究開発提案を検討すること。また、必要に応じて、成果発表やそれに留まらずコミュニティ先導のための国際ワークショップや国内セッション開催、展示、標準化等を行うこと。