

①ポスト5G情報通信システムの開発

(c) 基地局

(c1) 仮想化基地局制御部の高性能化技術の開発

[仮想化基地局制御部の高性能化技術の開発](#)

[仮想化5G無線アクセス装置の研究開発](#)

(c2) 基地局無線部の高性能化技術の開発

[基地局RUの高性能化技術の研究開発](#)

[基地局無線部における低消費電力技術と超低遅延通信技術の研究開発](#)

(c3) 基地局装置間の相互接続性等の評価・検証技術の開発

[基地局装置間の相互接続性等の評価・検証技術の研究開発](#)

(c4) 高周波デバイスの高出力・小型化技術の開発

[新規結晶成長製造技術と、それを用いた高出力GaNデバイスの研究開発](#)

[新規結晶を用いた高出力GaNデバイスの実用化技術の研究開発](#)

(c5) 高温動作可能な光接続技術の開発

[高温動作可能なシリコンフォトニクス光モジュール技術の開発](#)

(c6) 高周波帯アンプ一体型アレイアンテナ実装技術の開発

[高周波帯アンプ一体型アレイアンテナ実装技術の開発](#)

(c7) RAN制御高度化技術の開発

[RAN制御高度化技術の開発](#)

[ポスト5Gの産業応用を支えるオープン仮想化RANインテリジェント制御技術の研究開発](#)

(c8) O-RANインテグレーション基盤技術の開発

[高度化Open RANインテグレーション基盤の研究開発](#)

(c9) O-RAN基地局シェアリング技術の開発

[オープンRAN対応の仮想化基地局を用いたインフラシェアリングの研究開発](#)

①ポスト5G情報通信システムの開発



(c) 基地局

(c10) O-RAN基地局の省エネ化技術の開発

[O-RAN対応RUおよび仮想化基地局の省電力化技術の研究開発](#)

(c11) ユーザー品質と省エネの両立を目指した最適通信制御装置の開発

[ユーザ品質と省エネの両立を目指したスケーラブル通信ノードの研究開発](#)

(c12) ローカル5G基地局の省エネ化及び可搬性向上に向けた開発

[国内産業発展を加速するローカル5G基地局の省エネ化及び可搬性向上に向けた開発](#)

仮想化基地局制御部の高性能化技術の開発

実施者	富士通株式会社
概要	5Gネットワークインフラの幅広い普及に向けて、性能及び運用面から実用性の高いポスト5G基地局制御部(CU/DU)のソフトウェア化技術の開発を行う。キャリア5Gで運用実績のある基地局のソフトウェアをベースに、ポスト5G機能である超高速通信、超低遅延、多数同時接続への対応に加え、仮想化システムとしての柔軟性、機敏性を活かしたネットワークスライシング、および、可用性にも対応するソフトウェア技術を開発する。開発したCU/DUは、適用する各サービス特性に応じたクラウド環境で提供が可能であり、パブリック5Gからローカル5Gを運用する事業者、自治体、企業まで幅広い市場への展開を目指す。

事業項目① 《大容量》

5G機能のソフトウェア化技術の開発

目標(自社専用ハードウェア 5G基地局比)
1.3倍のセル毎のスループット(Gbps)を達成

大容量

ポスト
5G

低遅延

多接続

事業項目② 《多接続・低遅延》

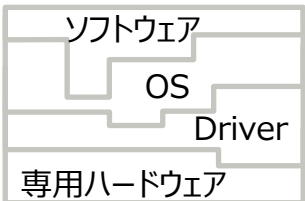
ポスト5G機能のソフトウェア化技術の開発

目標(自社専用ハードウェア5G基地局比)
単位伝送速度当たりのCAPEX/OPEX 30%削減
セル毎の同時接続数3倍以上

キャリア向け高信頼・高機能 5G基地局(現行5G装置)



専用ハードウェア



専用HWとSWが密接に関わる構造

ポスト5G仮想基地局 ソフトウェア（本開発）



汎用サーバ



Hardware依存の無いソフトウェア構造

基地局制御部の仮想化により、様々な現場/分野でモバイルネットワークを容易に利活用



仮想化5G無線アクセス装置の研究開発

実施者	楽天モバイル株式会社
概要	ポスト5G時代の基地局は専用ハードウェアを用いずに汎用ハードウェア上にクラウド技術を用いて無線アクセス網を構築することで、CAPEX、OPEXの削減が求められる。一方でクラウドプラットフォームやソフトウェア処理に起因するオーバーヘッドに対処しなくてはならない技術的課題がある。本研究開発では無線アクセス装置をより高度化することを目的とし、仮想化環境上に最新技術である5Gスタンドアローンアーキテクチャおよびネットワークスライシングを実現するための研究開発を行う。

仮想化された無線アクセス装置をより高度化するための研究開発

- ① Stand-alone方式5Gモバイルネットワークの実現の為の研究開発
- ② ネットワークスライシングを仮想化RANで実現する為の研究開発
- ③ より高効率の、より高度化された仮想化RANを実現する為の研究開発

②

＜例：ライブパブリックビューイング＞

例えば放送事業者がTV中継を行う際、中継地点と放映地点間の帯域を確保し必要な時に、必要な分だけネットワーク資源を提供（準備期間とコストを大幅削減）

中継地点
スポーツ、ライブ中継など

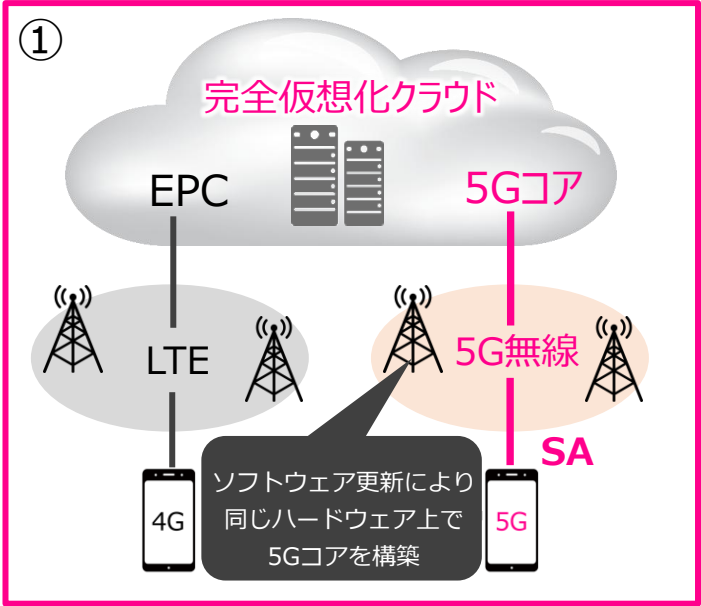
↑
Up

↓
Down

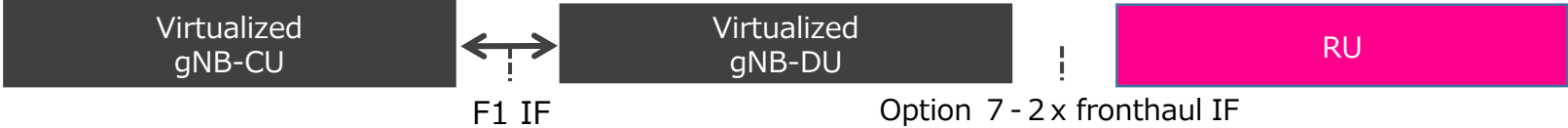
放映地点
パブリックビューイングなど

エンドツーエンドのネットワークスライシング

Rakuten Mobile



- ③
- vCU及びvDUでのユーザーデータ処理の効率化：スループットなどの性能の最適化
 - vCU及びvDU・DUでの3GPP機能拡張



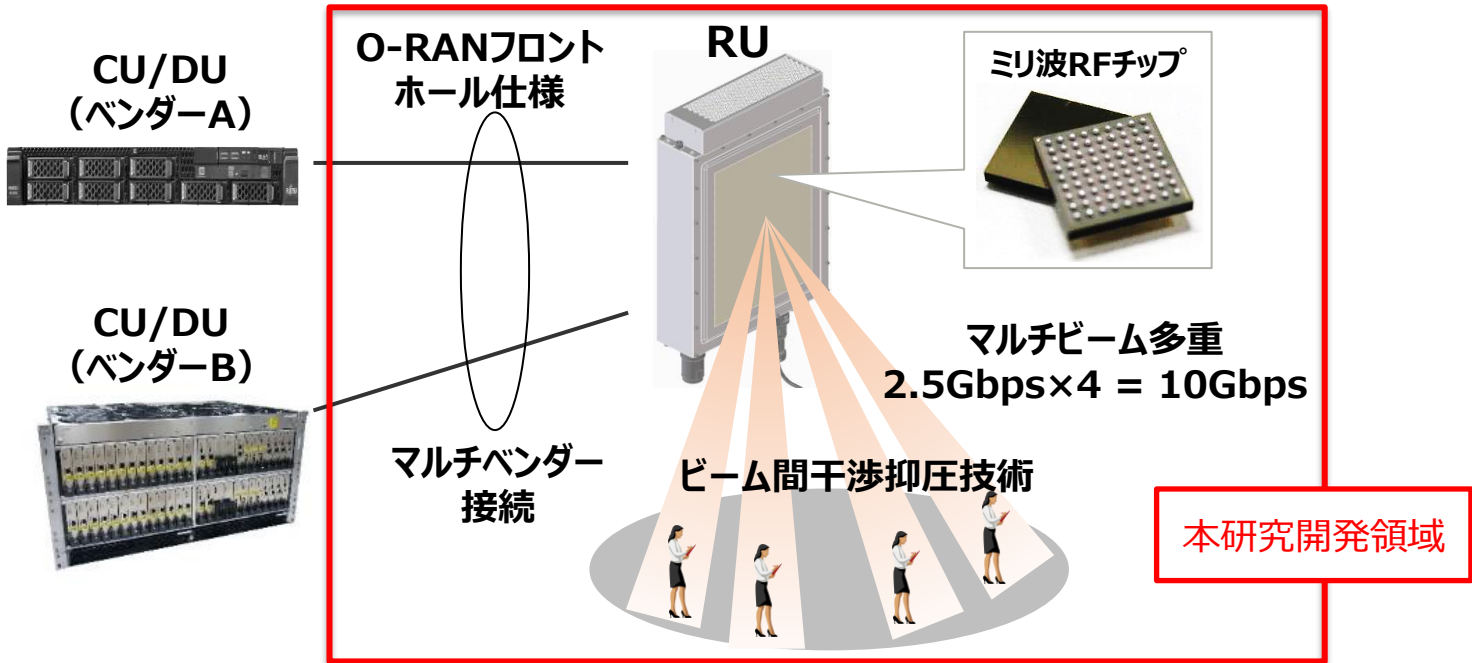
基地局RUの高性能化技術の開発

実施者

富士通株式会社

概要

ポスト5G情報通信システムの中核となる半導体基盤技術を開発するとともに、開発した半導体を搭載した無線基地局装置（RU: Radio Unit）を開発する。5Gの特徴の一つである「新周波数活用（ミリ波帯などの高周波活用）」は、デバイスや装置設計のノウハウが必要である。本研究開発では、装置ベンダーにとって差異化しやすいミリ波RUの開発に注力し、O-RAN等の基地局装置のオープン化の普及にともない拡大が予想されるグローバル市場への展開を目指す。



- 【数値目標】
- ① **10Gbps以上**の下り**最大伝送速度**に対応したミリ波RUを開発
 - ② システム容量あたりの**装置サイズ**を従来技術の**1/2以下**かつ**消費電力同等以下**に削減
- ※ポスト5Gに対応したCU/DUと接続することで、「超低遅延」「多数同時接続」の要求性能にも対応可能

基地局無線部における低消費電力技術と超低遅延通信技術の研究開発

実施者	日本電気株式会社
概要	ポスト5G社会の超低遅延・超多接続の要求と、小型・低コスト・低消費電力の要求を同時に満足する、高い市場競争力を有する無線基地局を実現するため、NECが保有する高度な要素技術・基盤技術を活用して、 <u>ポスト5G無線基地局用のNEC製無線キーデバイス、無線処理IP技術の開発を推進するとともに、超低遅延通信を実現する研究開発を推進する。</u>

事業項目①: 共通プラットフォーム化要素技術開発
NEC製無線キーデバイスの開発

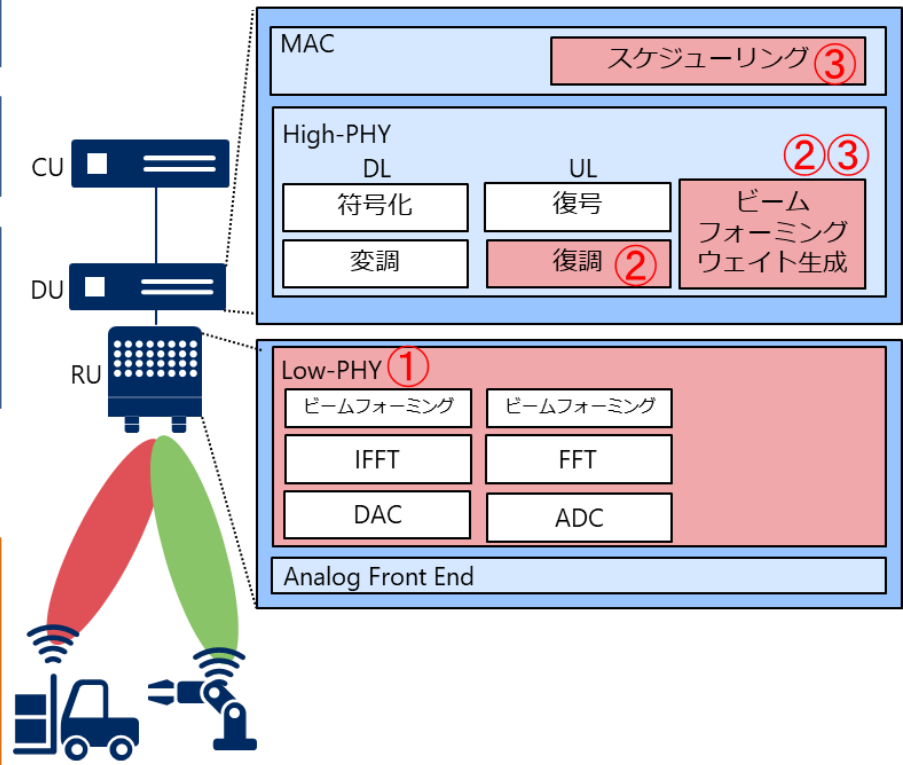
事業項目②: 高効率デジタル信号処理部開発
NEC製無線処理IP技術の開発

事業項目③: 超低遅延を実現する無線リソース制御方式・ビームフォーミング方式開発
超低遅延通信を実現する研究開発

低消費電力化

超低遅延通信端末数増加

研究開発アウトカム目標
超低遅延、および、小型・低コスト・低消費電力を同時に満足する無線基地局の普及、および、グローバル市場における日本のプレゼンスの向上。



基地局装置間の相互接続性等の評価・検証技術の開発

実施者	富士通株式会社、日本電気株式会社
概要	グローバルなO-RANフロントホールインタフェース仕様の普及とこれに準拠した基地局機器の導入促進による早期の市場形成実現に向けて、異なるベンダー間での相互接続性及び運用影響性を効率的に検証する技術（検証プロセス・ツール・ソフトウェア等）を確立し、さらにO-RANインタフェース準拠装置を組み込んだ実運用に近い検証環境の構築技術の開発を行う。富士通、NECはそれぞれ海外に設置した検証環境に本検証技術を導入し、実環境でのマルチベンダー検証を実施することで、ORAN仕様のグローバルな普及を目指す。

【目標】

多様なベンダーの多様な装置間での相互接続性を確保する上では、検証に必要なプロセスや共通的に使用可能なツール、検証環境が整備されていない等、技術的なハードルが存在する。そこで、装置の相互接続性検証をいち早く実現し、グローバルなO-RANフロントホールインタフェース仕様の普及とこれに準拠した基地局機器の導入促進による市場形成の加速を図るため、以下の実施項目について技術開発を行う。

実施項目 1 相互接続性および運用影響性の検証技術

海外オペレータの適用プロファイルを見据えたO-RAN Alliance フロントホール仕様に準拠した基地局装置の相互接続性および通信システム全体への運用影響性を検証する技術。



実施項目 2 国際的な相互接続性の検証環境の構築技術

O-RAN Alliance フロントホール仕様に準拠した様々なベンダーの基地局装置組合せによるオープンな相互接続性を国際的に普及させるための検証環境を構築する技術。



研究開発アウトカム目標

O-RANフロントホール仕様のグローバルな普及、および、これに準拠した機器の導入促進による市場形成の加速。

【実現手法】

実施項目1:

- ・海外の事業者・ベンダと共同で様々なフロントホール接続条件(プロファイル)の抽出
- ・国内向けに開発したフロントホール検証技術(P-DU、FHA)を海外の事業者・ベンダ向けに汎用化・拡充

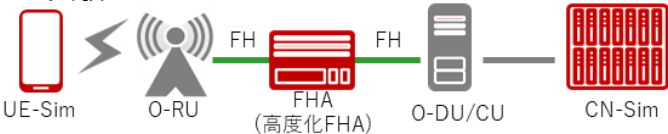
実施項目2:

- ・O-RANフロントホールインタフェースに準拠したキャリア商用網相当を模擬する検証環境を構築
- ・相互接続性・運用影響性の確認に向けた検証プロセス、項目・手順・判断基準の策定
- ・海外ベンダ製O-DU/CU、O-RUを組み合わせて様々なフロントホール接続条件(プロファイル)を考慮した検証を実施

単体試験



E2E試験



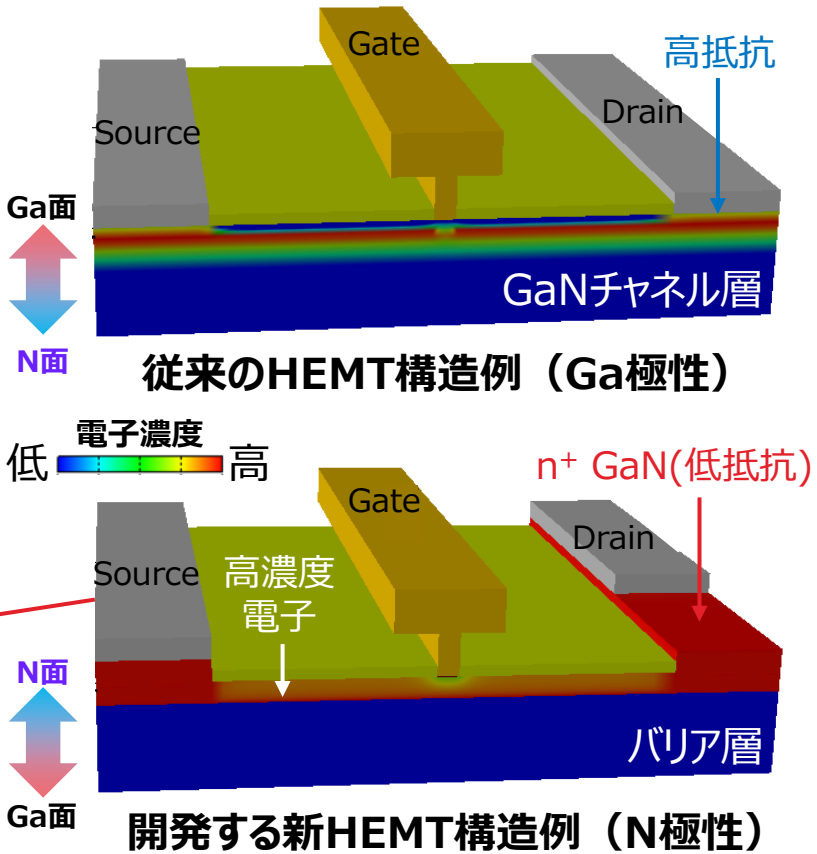
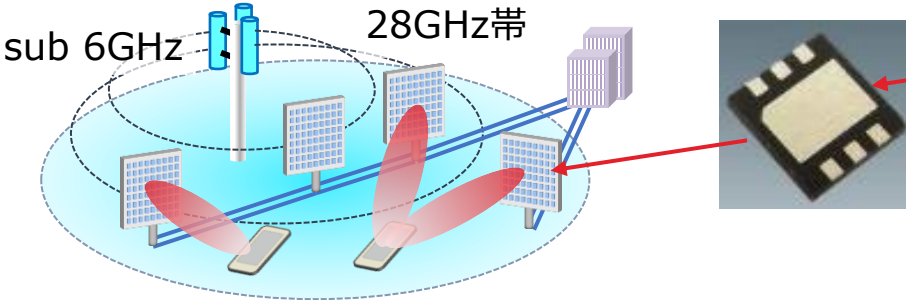
P-DU: O-RUに対向しM/C/U-planeの動作が可能な疑似DU装置
FHA(高度化FHA): O-DU対向及びO-RU対向の
M/C/U/S-plane信号情報を取得可能な
Front-Haul protocol analyzer装置

新規結晶成長製造技術と、それを用いた高出力GaNデバイスの研究開発

実施者	住友電気工業株式会社
概要	5Gの大容量通信に多数同時接続・超低遅延性を加えたポスト5Gは、遠隔医療、自動運転、工場の無人化など、社会に大きな変革をもたらす。これらのサービスは、安定した高速・広帯域無線通信網を必要としており、その中核をなす基地局向け増幅器には、更なる小型・高出力密度化が求められる。本研究開発では、 <u>新規の結晶成長製造技術を基盤として、プロセス技術と回路技術を垂直統合</u> することで、従来の出力性能を凌駕する窒化ガリウムトランジスタを開発する。更に、基地局増幅器小型化に寄与する関連技術も開発することで、基地局増幅器の優位性を最大化し、国際競争力を維持強化する。

4Gサービス開始時に実用化された窒化ガリウムトランジスタ (GaN HEMT) を用いた増幅器には、高出力化の限界が近づいており、ポスト5Gの無線通信サービスの高度化に対応するためには、新規の半導体デバイスが必要である。本研究開発では、最先端の結晶成長設備などを導入することにより、未だ研究段階のN極性HEMT構造を含む半導体結晶と、n⁺ GaNを用いた電極技術により、高電圧・高電流動作トランジスタ構造を実現する。

図示するように、新たなGaN HEMT構造では高濃度の電子をトランジスタ内部に生成できる。この構造をベースに、sub 6GHz及び28GHz帯それぞれの周波数帯向けにHEMTを最適設計し、これを当社の保有する量産製造技術に展開することで、早期のポスト5Gサービス実現に寄与する。



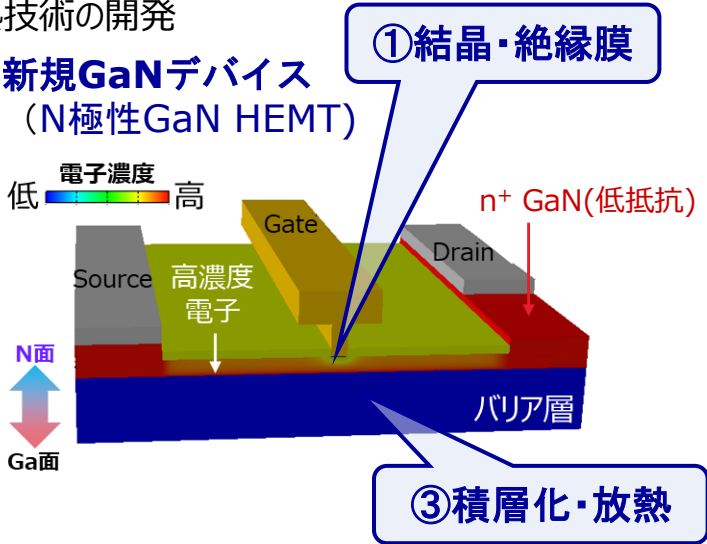
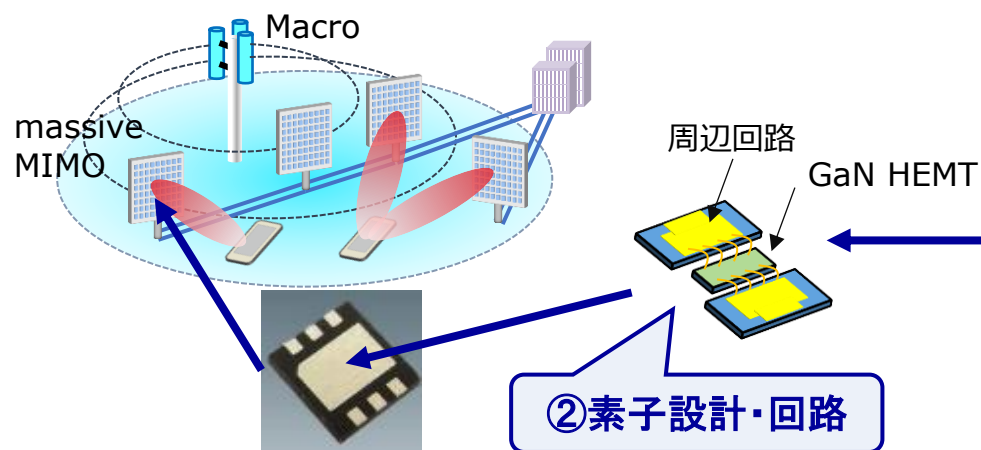
新規結晶を用いた高出力GaNデバイスの実用化技術の研究開発

実施者	住友電気工業株式会社
概要	ポスト5G時代の通信基地局には高速・大容量伝送を実現する為に高周波帯を用いたmassive MIMO技術が重要となる。その中核をなす基地局向け増幅器には、更なる高周波化と小型・高出力密度化が求められる。実施済みの研究(c4)では新規の結晶成長技術を中心とした新規GaNデバイスを開発し、従来技術の2倍の出力密度を達成した。本研究開発では要となる新規結晶並びにゲート絶縁膜の信頼性技術と高周波化に対応した集積・放熱技術の開発を進め、新規GaNデバイスの実用化を目的とする。基地局増幅器の性能優位性を最大化し、国際競争力を維持強化する。

ポスト5Gの高速・大容量伝送を実現する為にはmassive MIMO基地局の高度化(高周波・高密度化)が要となる。基地局の無線増幅器には高周波特性・低消費電力に優れるGaNデバイスの普及が進んでいる。高い電子濃度を実現できる新規のGaN結晶(N極性)やn + GaNの形成技術の開発によって従来技術の2倍の高出力密度化を達成している。この新規GaNデバイスの実用化に向けて必須となる以下の技術の開発を行う。

- ① 信頼性の為の結晶の高抵抗化及び低欠陥(低電子トラップ)な絶縁膜の技術開発
- ② 新規GaNデバイスの広帯域化用素子設計及び回路技術開発
- ③ 高周波化の為の回路の積層化技術と高電力密度に対応した高放熱技術の開発

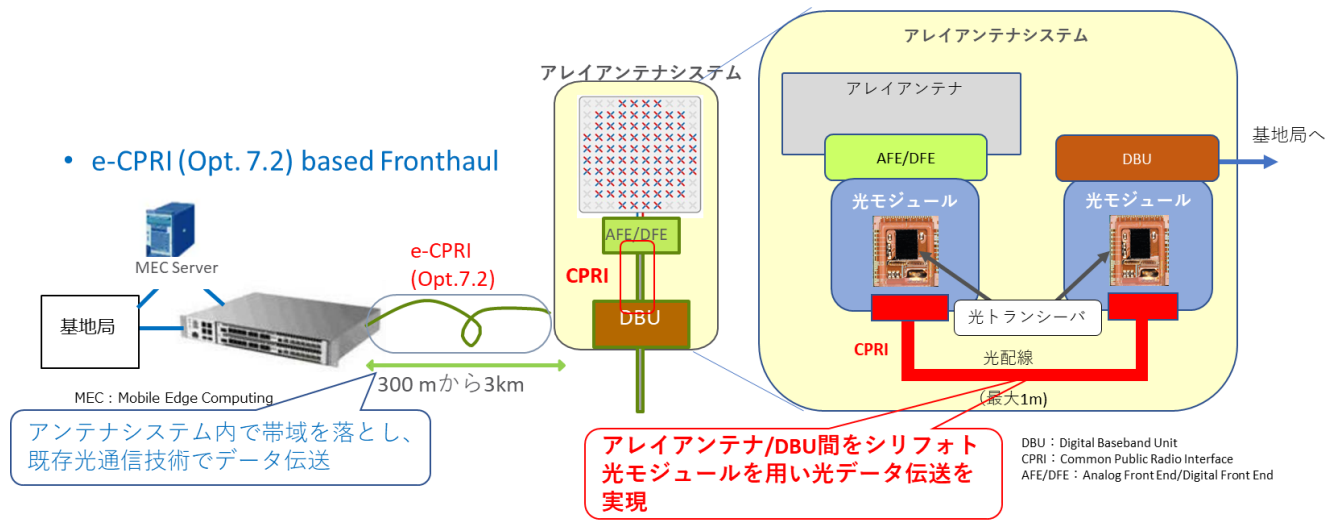
ポスト5G通信ネットワーク



高温動作可能なシリコンフォトニクス光モジュール技術の開発

実施者	アイオーコア株式会社
概要	基地局内で膨大な信号を低遅延で処理するため、基地局内部の<u>高温環境下</u>において、高い伝送速度を確保することが求められる。 本研究開発プロジェクトは、<u>基地局のアレイアンテナシステム内の100℃の環境で動作可能な伝送速度400Gbpsのシリコンフォトニクス光モジュール</u>を実現する技術、並びに当該モジュールを基地局のアレイアンテナシステム内に搭載し、アレイアンテナとその制御回路等を光配線により接続するための実装技術を開発する。

- アンテナシステム内のデータ伝送容量は、5 G以降ますます大容量化し電気伝送では非常に困難な伝送容量となり、光インターコネクトの実現が必須となる。
- 屋外での使用や高周波用ICの発熱により最大100℃でかつ十分な高信頼性動作を実現する必要があり、限られたスペースに配置できる小型(薄型)化（1Tbps/cm²）が求められる。
- アイオーコア社は、世界最小で高温動作のシリフト光トランシーバ（光I/Oコア）の製品化実績を活かし、高速シリコンフォトニクス回路技術、電子回路技術等を開発し、上記アレイアンテナシステムの要求に適合する光モジュールを開発する



高周波帯アンブー一体型アレイアンテナ実装技術の開発

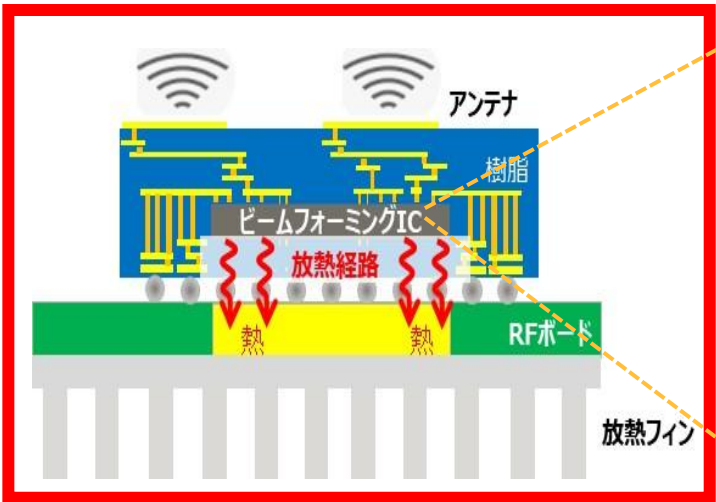
実施者

富士通株式会社

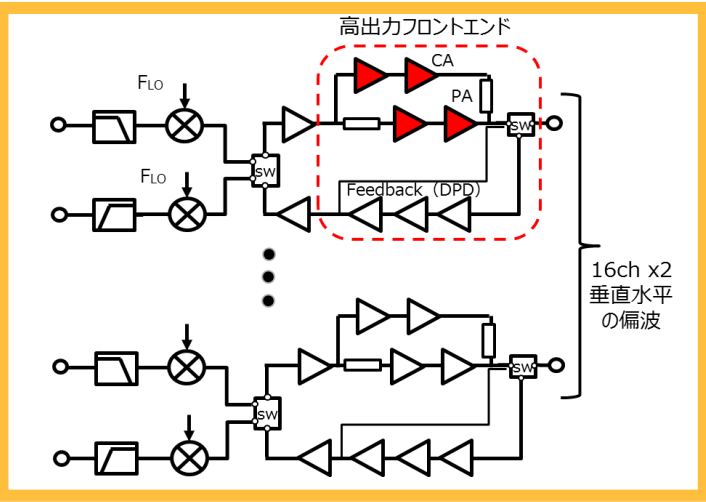
概要

ポスト5Gにおいて必要となる40GHz以上の高周波数帯の無線基地局実現に向け、アレイアンテナとRF送受信回路を集積したRFモジュールの開発を行う。このモジュール実現に向けて、集積したICからの放熱とアンテナ放射を両立可能とするアレイアンテナ一体型パッケージと、小型で高出力・低消費電力な多チャンネルビームフォーミングICの技術開発を行う。

アレイアンテナ一体型パッケージ



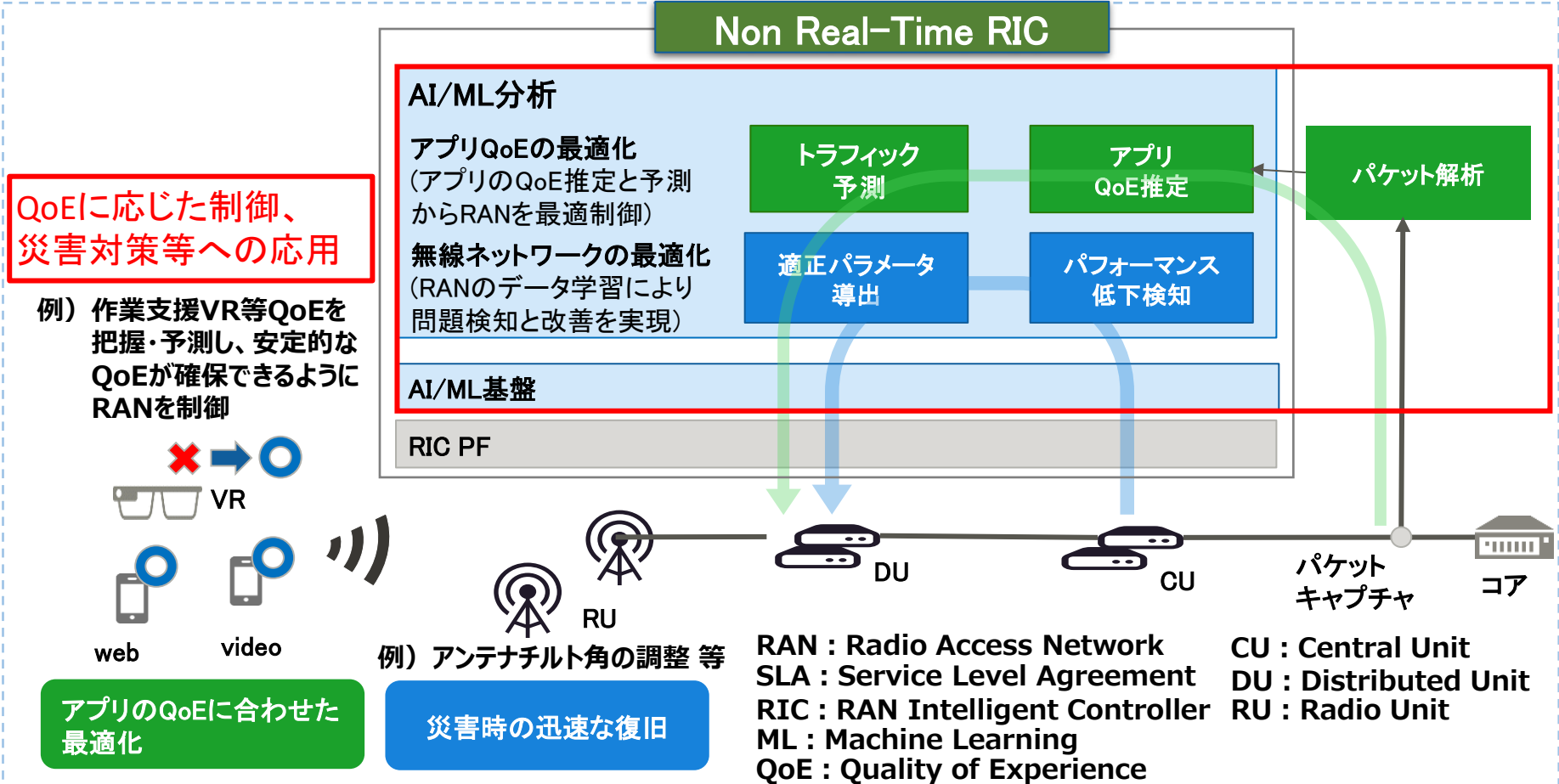
多チャンネルビームフォーミングIC



- 【開発目標】
- ① **熱抵抗1.0K/W以下（従来技術の1/5）** を有するアレイアンテナとICを一体に集積したパッケージ技術を開発
 - ② 40GHz以上で**チャンネルあたり5mW以上（従来技術の2倍以上）** の出力を有する多チャンネルビームフォーミングICを実現

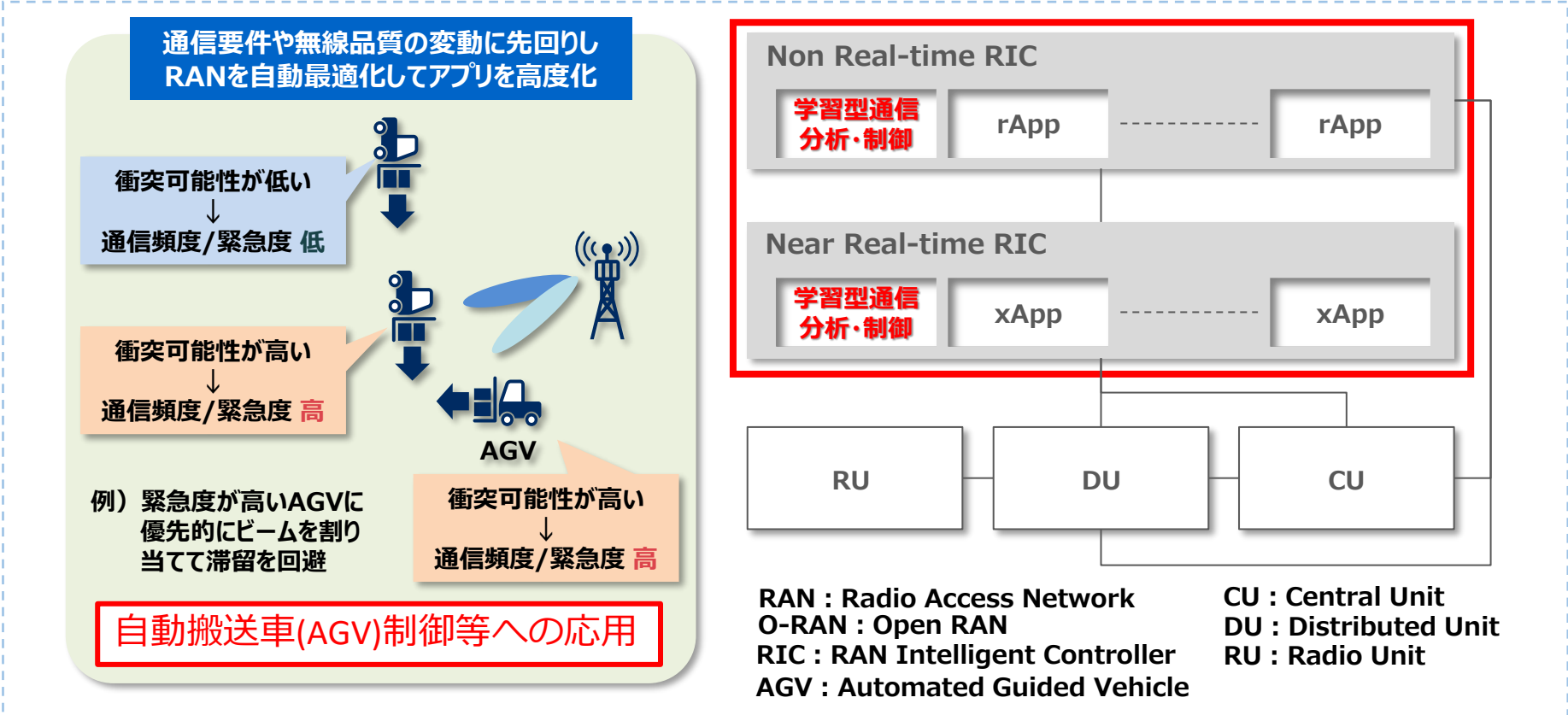
RAN制御高度化技術の開発

実施者	富士通株式会社
概要	産業アプリケーションの5 Gネットワークに対する多様な要件が出てきており、それらに応じたSLAを担保するための高度な制御が必要とされている。このためにRANの最適制御を行うため、RICにAIと機械学習(ML)を搭載して、無線ネットワークの変化に応じて基地局の設定を迅速に最適化する技術、およびパケット解析情報を活用したアプリケーションのQoE評価に応じてRAN最適化を行う技術の開発を行う。



ポスト5Gの産業応用を支えるオープン仮想化RANインテリジェント制御技術の研究開発

実施者	日本電気株式会社
概要	O-RAN Non Real-time RIC（RAN Intelligent Controller）とNear Real-time RICに、AIによる学習型の通信・分析制御機能を搭載して、産業アプリケーション通信要件や無線品質の変動をリアルタイム予測し、ダイナミックに無線基地局のビームや無線スケジューラ等を最適化する技術を開発する。 これによりアプリケーション通信要件を達成できない確率を大幅に低減することで、5Gの産業活用において生産性の飛躍的な向上を実現する。



高度化Open RANインテグレーション基盤の研究開発

実施者	楽天モバイル株式会社
概要	Open RANは多様なベンダーが参画可能となるため、従来事業者が考慮していなかったインテグレーションが発生。また、様々な種類の測定器を使って品質保証する必要があるが、経験のない事業者では対応困難。本事業では、①仮想化したRAN構成において複数マーケットの異なる要求仕様を同一ソフトウェアバージョンで満たせる共有ソフトウェアの開発、②多くの市場で活用できる様に主要な技術要素・検証項目をパッケージしたPOC環境モデルの開発、③汎用的な機器で様々なインテグレーション環境の検証を自動化するOpen RAN自動品質検証システム開発、及び④海外の複数事業者に対してField POCを実施し、システムの妥当性検証の研究開発を行うことで、商用品質確保に関する膨大な検証を抜本的に効率化することを目指す。

本研究開発の実施内容は以下となる。

- ① Global向けOpen RAN共通ソフトウェアの開発
- ② POC環境モデルの開発
- ③ Global向けOpen RAN自動品質保証システムの開発
- ④ Global向けField POC実施

Open RANによる低コスト化が期待される一方、依然、顧客および国・地域によるニーズの違いから、インテグレーションの複雑化が課題である。さらに、Open RANベンダーが自社の独自手法でインテグレーションを行っており、第三者観点でO-RAN準拠の確認ができなかったことが、Open RAN機器の導入を検討しているオペレータへの障壁となっている。

①②本事業では、オペレータ環境非依存の共通的なO-DU/O-CU共通ソフトウェアを開発し、異なる環境への適用を効率化する。また、楽天モバイルにおける商用化等の取組みを通じて蓄積されたインテグレーションのノウハウを活かし、従来統合されていなかったインテグレーション環境を統合し、主要なPOC環境モデルを確立する(図1)。

③④さらに、統合検証プラットフォームにより品質保証を自動化し、Field POCの実証結果を検証環境にフィードバックさせる仕組みを作ることによって、永続的に進化する品質保証環境を確立する(図2)。

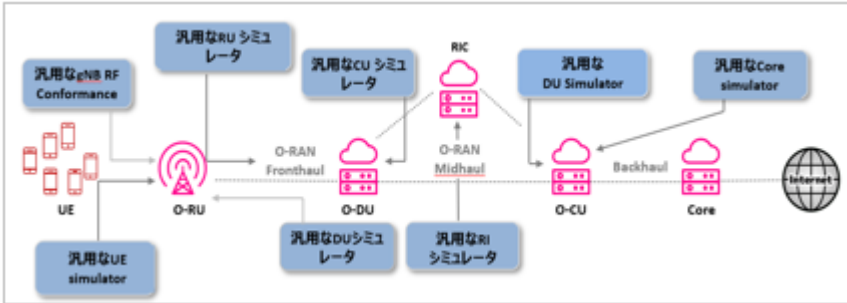


図1 汎用的な3rd party製品で統合されたインテグレーション環境

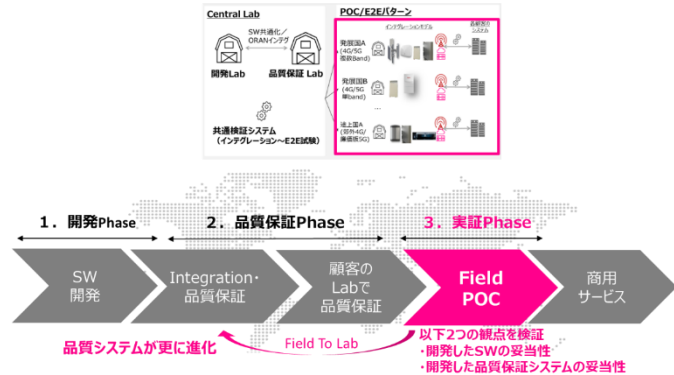


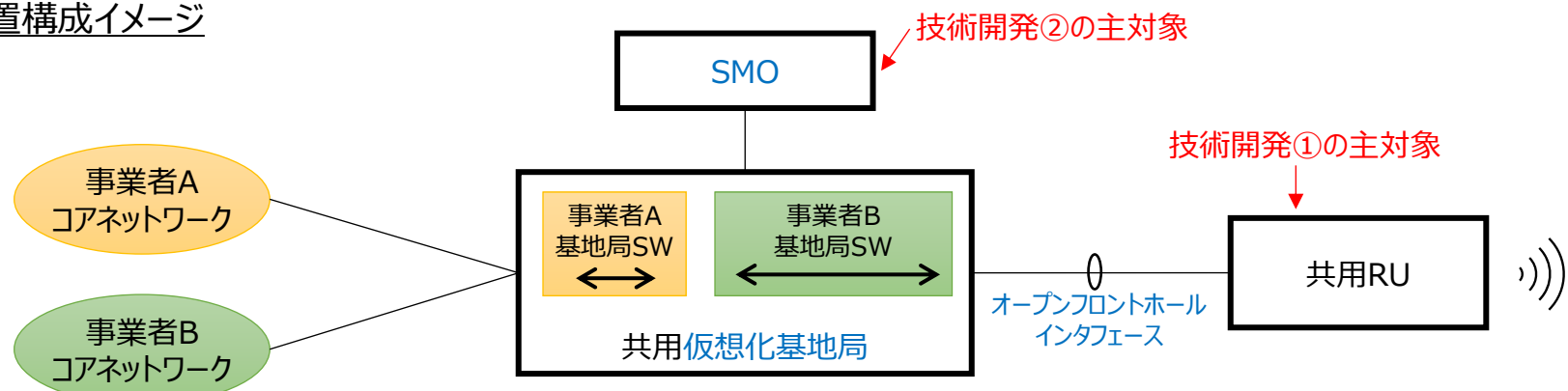
図2 Global向けField POC研究開発のイメージ

オープンRAN対応の仮想化基地局を用いたインフラシェアリングの研究開発

実施者	株式会社NTTドコモ、1 FINITY株式会社、株式会社OREX SAI
概要	オープンRANを用いた海外事業を展開するためには、各国・地域の要求条件に対応する必要がある。その一つが複数通信事業者で無線通信機器を共用するインフラシェアリングである。本提案事業では、 <u>オープンRANを用いたインフラシェアリングの迅速な展開を可能とするため、主に共用無線装置（RU）と、インテリジェントな制御機能を含む運用管理ソフトウェア（SMO）に対して、研究開発を行う。</u> さらに課題抽出や開発技術の検証を目的として、海外の実フィールドでの実証実験を実施する。

- 本研究の対象となる装置はオープンRANの主要素である「基地局～RU間のオープンインタフェース」「仮想化された基地局」「インテリジェント機能としてのSMO」の要素を含んだ構成となる。（以下イメージの青字部分）
- 本構成に複数事業者で基地局及びRUを共用するインフラシェアリングを導入するにあたり、迅速な対応とオープンRAN要素への付加価値提供のために、主に以下の技術を開発する。
 - ① 異なる周波数割り当ての組み合わせ（中心周波数、帯域幅）へ柔軟に変更可能なRUのハードウェア・ソフトウェアの開発
 - ② 様々なインフラシェアリング形態（4G／5Gの世代選択、通信事業者間／タワー会社を介した共用）に対応しつつ、サービス展開する規模等に応じて柔軟に基地局リソースを変更可能なSMOの高度化開発

装置構成イメージ

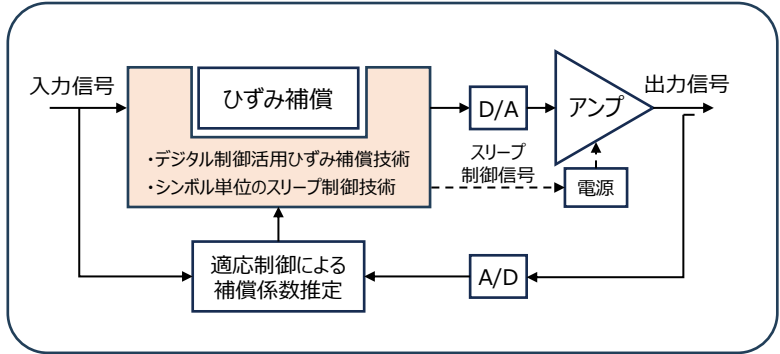


O-RAN対応RUおよび仮想化基地局の省電力化技術の研究開発

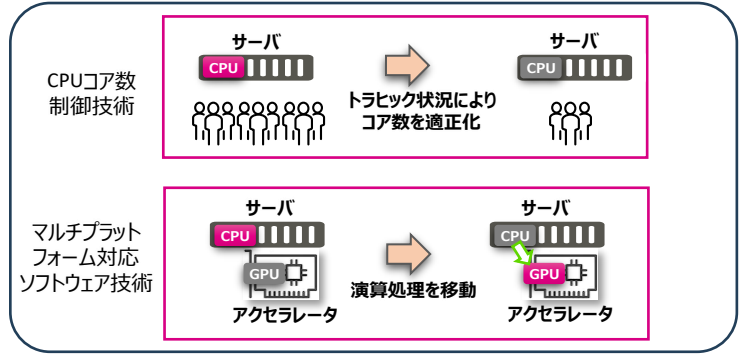
実施者	富士通株式会社
概要	5Gの市場展開が本格化する中で、「オープンRAN」を導入する通信事業者が増加している。オープンRANのさらなる普及に向けては、導入コストだけでなく消費電力などの性能面においてもオープンRANのメリットを強化して行く必要がある。本提案事業では、 <u>O-RAN対応基地局において、基地局無線部（RU）および仮想化基地局（CU/DU）それぞれの低消費電力化に加えて、RUとCU/DUを組み合わせた5G基地局全体で、優れた省エネ化を実現する技術の研究開発に取り組む。</u>

- O-RAN対応基地局の低消費電力化技術を確立し、モバイルネットワークインフラの電力消費量を大幅に低減
- ① 基地局無線部（RU）：「デジタル制御を活用したパワーアンプのひずみ補償技術」および「シンボル単位のスリープ制御技術」により、従来技術と比較して消費電力を50%以上削減
- ② 仮想化基地局（CU/DU）：「CPUコア数の制御技術」および「マルチプラットフォームに対応したソフトウェア技術」により、従来技術と比較して消費電力を50%以上削減

RU向け省電力技術



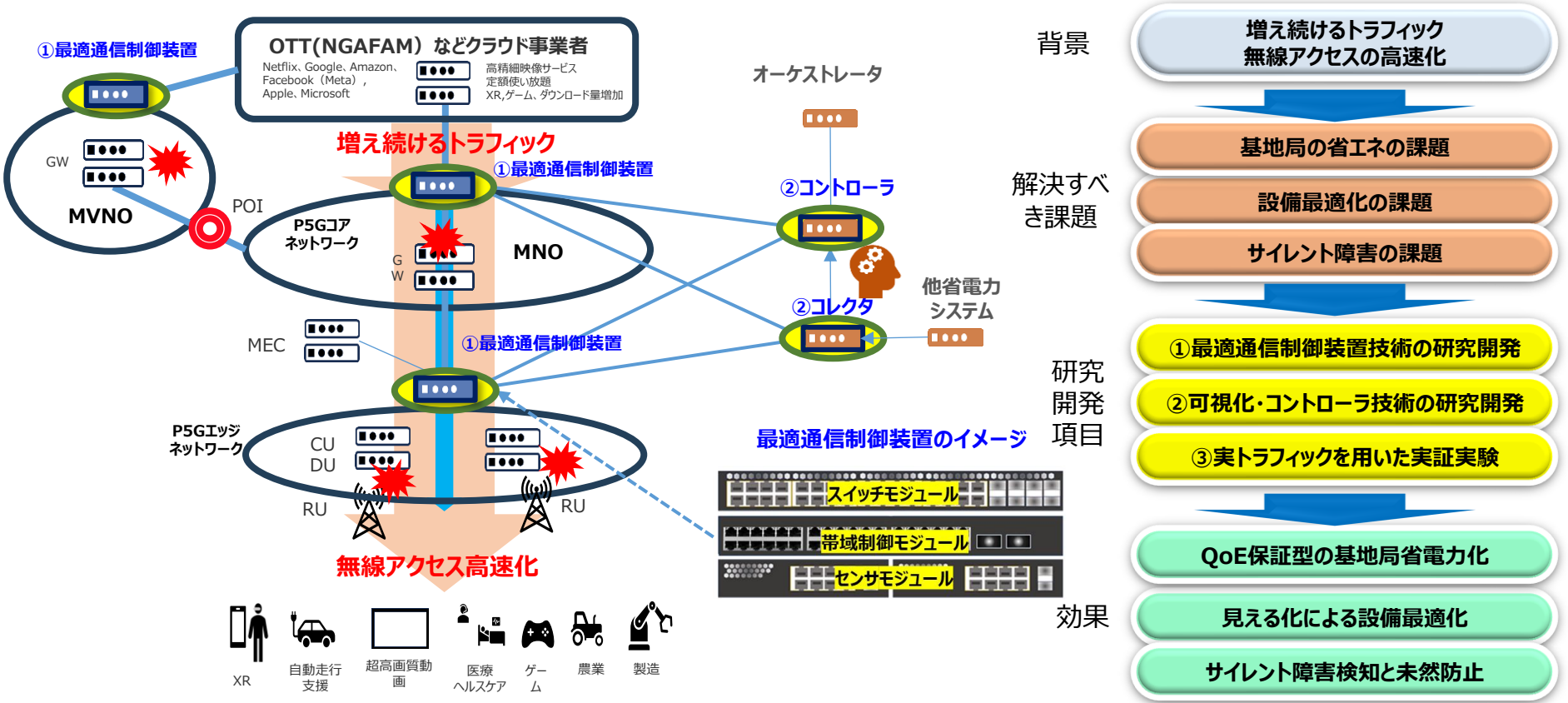
CU/DU向け省電力技術



上記技術を搭載したRUおよびCU/DUを用いて、トラフィック状況に応じた制御を行うことで、基地局 1 サイトあたり15MW h／年以下の省エネ目標を達成する。

ユーザ品質と省エネの両立を目指したスケーラブル通信ノードの研究開発

実施者	アラクサネットワークス株式会社
概要	ポスト5 G時代の課題となりうる基地局の省エネの課題、設備最適化の課題、サイレント障害の課題の解決に向けた革新的技術として、①最適通信制御装置技術の研究開発、②可視化・コントローラ技術の研究開発を行う。更に、研究成果を用いて、③実トラフィックを用いた実証実験を行い、その成果をフィードバックする。 <u>基地局の省エネの課題については、基地局電力のトラフィック依存性に着目し、コア側からトラフィックを制御することで、基地局の消費電力を制御する技術を開発し、ユーザ品質と省エネの両立を目指したネットワークシステムを開発する。</u>



国内産業発展を加速するローカル5G基地局の省エネ化及び可搬性向上に向けた開発

実施者	NECネットエスアイ株式会社
概要	今後 5G、ポスト5G社会の進展に伴い、政府が大きな投資して進める先端半導体が智能デバイスとして国内産業に展開され、Society5.0を実現するには、それらを集約し接続するインフラとなる通信技術の進化を必要とする。既存通信インフラ利用困難、電力インフラ未整備、機器導入コスト大、災害時の通信確保といった通信インフラ整備に対する課題解決を目的に、事業主体が自ら整備可能なローカル5Gを展開性向上：超小型・超軽量・超低消費電力の観点で開発を行う。 当該技術を国内市場に適用（社会実装）し、Society5.0を支える通信インフラ整備という事業展開をすることを想定する。

展開性向上を目的とした「超小型・超軽量・超低消費電力」のローカル5G基地局を開発

市場適用例:ダム建設、発電所運営 離島プラント工場



各市場ごとの課題

【現場の安全、人手不足による作業効率化、DX実現】

- ・電気の整備が必要、コスト削減: **超低消費電力**
- ・工事進捗に基づき通信整備を移動: **超小型、軽量**

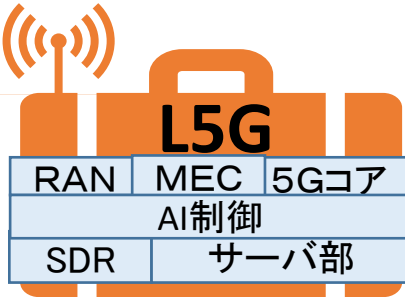
市場適用例:災害等有事活用※フェーズフリーの設計



各市場ごとの課題

【災害時の情報伝達や安全確保】

- ・電気がない: **超低消費電力**
- ・平時利用場所から必要な場所に可搬: **超小型、軽量**



L5G		
RAN	MEC	5Gコア
AI制御		
SDR	サーバ部	

ソフトウェア制御による超小型・超軽量・超低消費電力を実現する。

- SDRの柔軟さとAI活用による動的な処理能力や送信電力のソフトウェア制御による低消費電力の実現
- RAN、5Gコア、MECの一体化とリソース配置の最適化による低消費電力と小型・軽量化を実現
- フィールド実証により、ユーザから見た機能、性能・コスト等のスペック検証を実施し、実用的な技術的要件のフィードバックを行う。