

③先導研究（委託）

(c) 基地局関連技術

(c1) 新規アンテナ技術

[6G向けミリ波・テラヘルツ帯基地局の高度化のためのアンテナ技術の研究開発](#)

[ポスト5Gのワイヤレスインフラストラクチャ向けの高効率で低コストのミリ波トランシーバーの研究開発](#)

(c2) ミリ波・テラヘルツ帯向け集積回路技術

[Beyond-5G/6Gに向けた高精度評価設計方法による100GHz超CMOSアンプの高性能化の研究開発](#)

(c3) 新規基板材料等の高機能材料技術

[ミリ波・テラヘルツ帯向け高機能材料・測定の研究開発](#)

(c4) 基地局増幅器のための広帯域化回路技術

[基地局増幅器のための広帯域化回路技術の研究開発](#)

(c5) ソフトウェア基地局の自動最適化技術

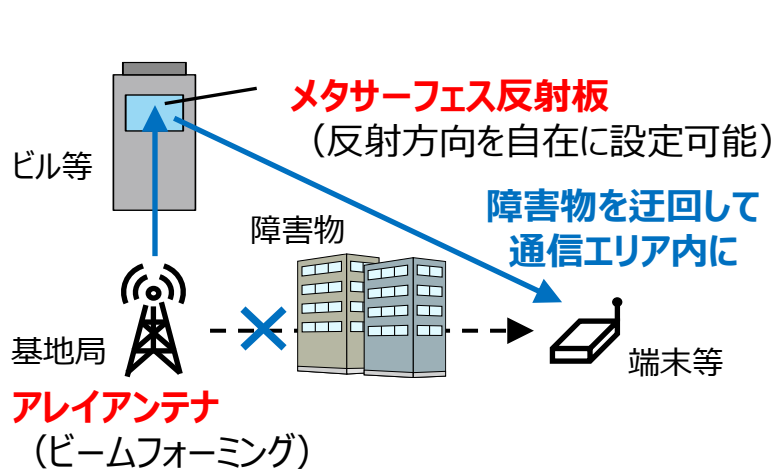
[6G\(ポスト5G\)に向けた次世代ソフトウェア開発基盤の技術開発](#)

(c6) 基地局の仮想化、柔軟化技術

[オープン性を活用する公衆網・自営網の設備共用技術の先導的研究開発](#)

6G向けミリ波・テラヘルツ帯基地局の高度化のためのアンテナ技術の研究開発

実施者	国立研究開発法人産業技術総合研究所、TDK株式会社、国立大学法人大阪大学
概要	2030年頃サービスが開始される5Gの次の通信世代では、直進性が高い100GHz超の電波を利用するため、通信エリア拡大にアレイアンテナとメタサーフェス反射板の複合が有望視される。この要求にこたえた100GHz超アンテナシステムを実現するため、本事業では100GHz超のアンテナやメタサーフェス反射板を <u>世界に先駆けて開発・実証</u> する。100GHz超でのアンテナ等の開発には基盤となる計測技術が必須であるため、高精度な設計を担保する100GHz超の材料評価技術や100GHz超のアンテナ諸特性の評価技術確立し、材料評価、材料・製造・設計と性能評価の三位一体の開発スキームを確立する。

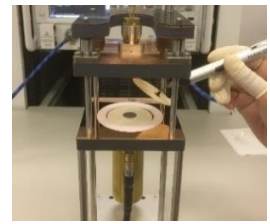


アレイアンテナとメタサーフェス反射板の実現のための、

- (1) 材料・アンテナ計測の確立、
- (2) 材料・製造技術の選定、
- (3) 高効率動作設計の確立

⇒ ポスト5G/6G向け高性能基地局システムへ展開

100 GHz超での誘電率・導電率評価
技術の確立



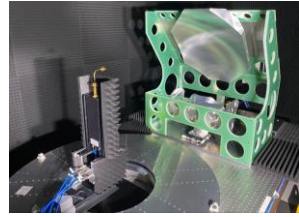
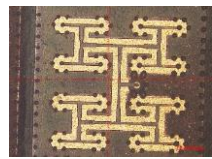
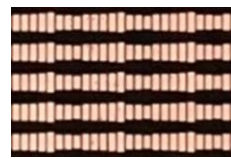
材料評価

材料・製造・設計

性能評価

- 100 GHz超のアンテナ等に適した**材料・製造技術の選定**
- 高精度物性データに基づく**高信頼の設計**
- **高効率動作設計**の確立

100 GHz超での**アンテナ・反射板**
評価技術の確立



300 GHzまでのアレイアンテナ・メタサーフェス反射板の開発・実証

ポスト5Gのワイヤレスインフラストラクチャ向けの高効率で低コストのミリ波トランシーバーの研究開発

実施者	ルネサスエレクトロニクス株式会社、Renesas Electronics America Inc.
概要	<p>ポスト5G乃至6Gにおける高速、低遅延、高密度ネットワーク実現のために利用するミリ波は、デジタルビームフォーミング技術によってMU-MIMO（Multi User MIMO）システムに究極の柔軟性が提供されることで利用が広がります。その際、多数設置するトランシーバーによる無線ユニットの電力増大は大きな課題となります。更にトランシーバーが高価な化合物半導体で構成されている場合、多数設置時のコストにも課題が生じます。本先導研究では、<u>今までにない高い電力効率のトランシーバーをシリコンベースのテクノロジーに集積し、アンテナとの協調設計により高効率（低電力）、低コストを実現するミリ波トランシーバーモジュールの実現性を実証を伴って示します。</u></p>

【研究開発内容】

本研究開発の目標は、シリコンテクノロジーに集積する今までにない高効率で低コストのデジタルフォーミングの次世代統合ミリ波トランシーバーモジュールの実現性を示すことにあります。

実施内容は、

- a. **高いバックオフパワー効率のパワーアンプの研究開発**
商用において世界最高効率を実現します。
- b. **アンテナ毎のトランシーバー研究開発**
デジタルビームフォーミングのトランシーバーをシリコンテクノロジー上へ集積し低コスト化を実現します。
- c. **トランシーバーモジュールの研究開発**
LSIとパッケージの協調設計によるアンテナ・イン・パッケージを搭載した高効率（低電力）、低コストのモジュールを実現します。

いずれの実施項目も業界における最高水準を追求しつつ、システムとしてのトランシーバーへの統合技術や、高効率モジュール実現のための協調設計は長年の経験と先端の知識に基づく総合力によって遂行します。比類なき高効率（低電力）と低コスト化を実現した次世代トランシーバーをいち早くお客様に評価頂けることを目指します。

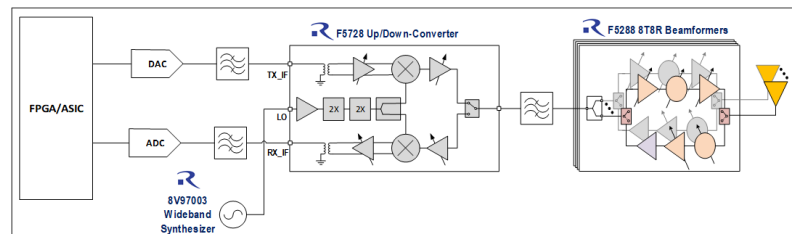


Fig.1 従来（現在）のミリ波5G無線ユニットアーキテクチャー

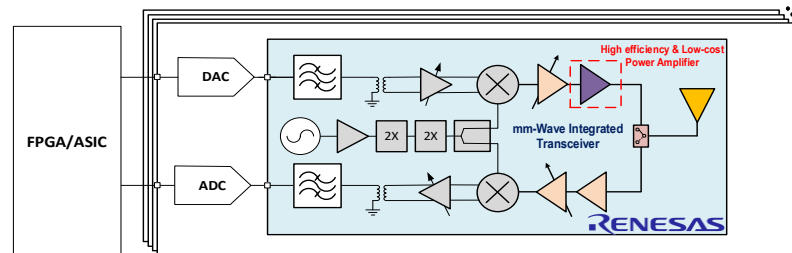


Fig.2 本研究で提案する無線ユニットアーキテクチャー（高効率/低コストのデジタルビームフォーミングトランシーバー）

Beyond-5G/6Gに向けた高精度評価設計方法による100GHz超CMOSアンプの高性能化の研究開発

実施者	国立大学法人広島大学、三菱電機株式会社、国立研究開発法人産業技術総合研究所
概要	2030年ころ開始予定の6Gでは、100GHz超の電波を利用する。そのため、ミリ波基地局(スモールセル)には性能に加えて量産性と低コストも求められる。この要求にこたえるには、100GHz超CMOS回路の量産化が必須である。本事業では100GHz超の6G向けCMOS回路の高精度設計・評価技術を開発する。また、高精度な測定結果を用いた新規の設計技術に取り組む。提案する計測手法の優位性・有効性を、CMOSアンプの設計・試作と動作実証により示す。

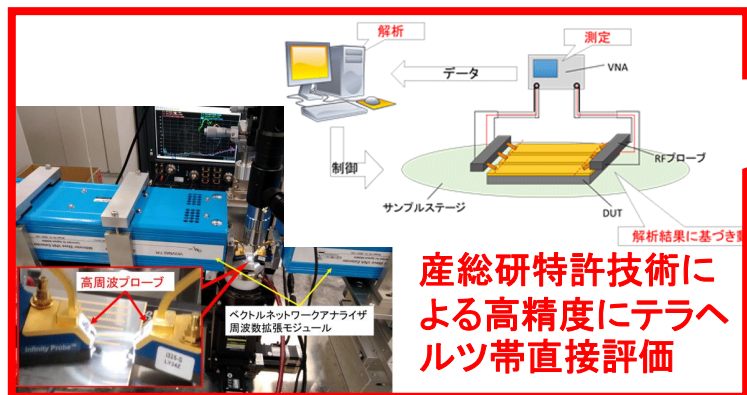
独自の高精度な評価情報に基づく設計により、100 GHz超先端CMOS高性能アンプを実現

- 第3軸「高精度な計測技術に基づく設計」の実現: 300 GHz帯における伝送線路などの高周波特性の高精度な測定 (精度7%以内) とトランジスタの限界性能(遮断周波数など)の外挿しない高精度直接測定 (~500 GHz)
- 設計パラメータの高精度抽出: 測定結果からの信号線設計に必要な物性値やトランジスタの設計パラメータの抽出技術
- ミリ波帯回路設計技術: 先端CMOSによる100 GHz超アンプの動作結果と設計値の比較による設計精度の検証(一致度15%以内)

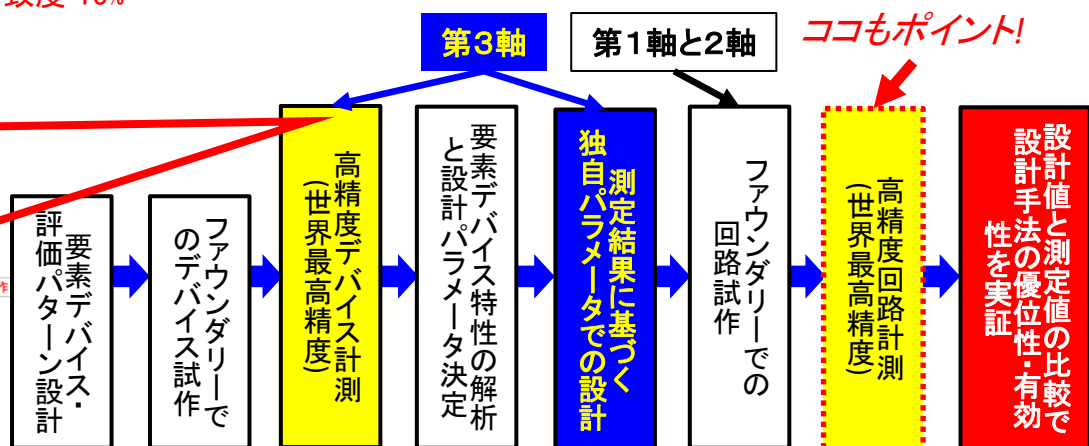
第1軸「微細化」: 130 nm, 65 nm, 40 nm, 22 nmと微細化
→ 微細化でトランジスタ性能は向上の反面、信号線の損失が大きく限界か

第2軸「プロセス」: Si系: CMOS, SOI, SiGe, 化合物: GaAs, InP, GaN
→ Si系は微細化限界に近く、化合物もいずれ微細化限界が到来か

第3軸「計測と設計」: 高周波化の効果的な手段、高精度計測に課題
信号線特性・材料定数・トランジスタ特性: 周波数が高いと精度不足
トランジスタ性能: ミリ波帯では外挿で、高周波ほど精度の不足

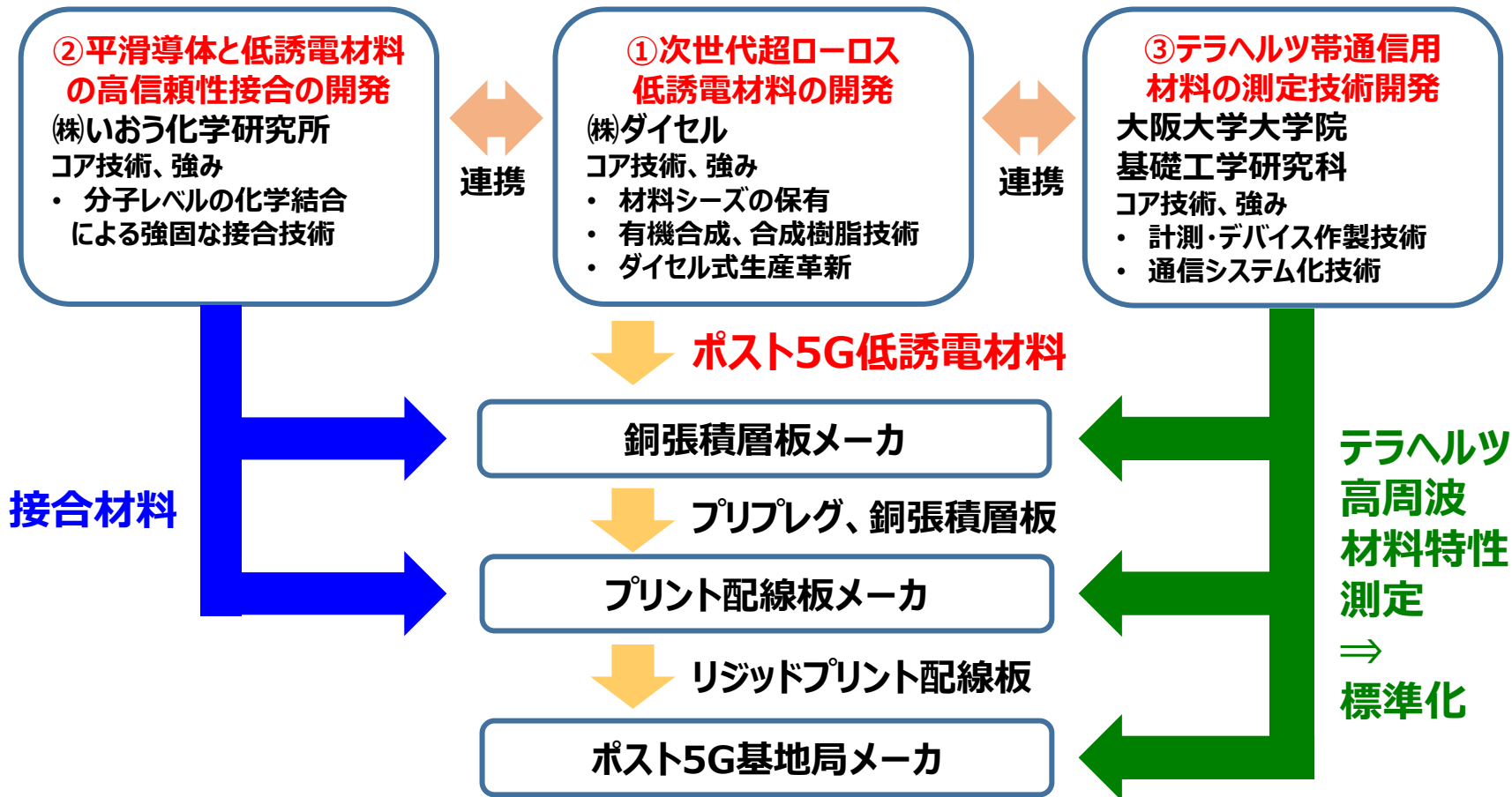


産総研特許技術による高精度にテラヘルツ帯直接評価



ミリ波・テラヘルツ帯向け高機能材料・測定の研究開発

実施者	株式会社ダイセル
概要	ポスト5Gでは、ミリ波の高周波数帯からテラヘルツ帯を利用することで通信帯域を確保し、更なる高速大容量、超低遅延、および多数同時接続の実現が期待されている。本高周波数領域における高速伝送の実現に向けて、ポスト5Gの基地局向けリジッドプリント配線板向けに①次世代超ローロス低誘電材料、②平滑導体と低誘電材料の高信頼性接合、③テラヘルツ帯通信用材料の測定技術を開発する。

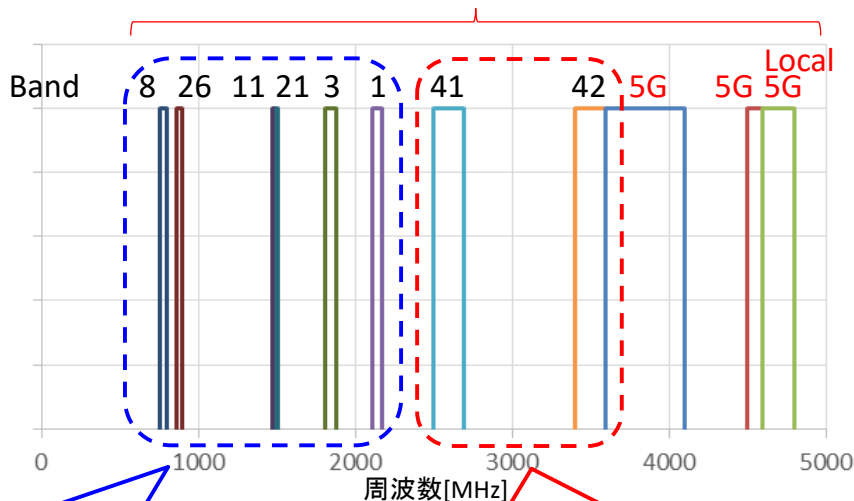


基地局増幅器のための広帯域化回路技術の研究開発

実施者 三菱電機株式会社、学校法人湘南工科大学

概要 本研究開発では伝搬損失が小さく、電波伝搬特性に優れ、国土の広範な範囲をカバーすることができると期待される6GHz以下の周波数帯（いわゆるSub6帯）を対象として、4G、5G、ポスト5G、さらにはその次の通信世代での使用が想定される広い周波数帯域（800MHz～4800MHz）をカバーすることが可能な基地局増幅器の広帯域化技術（従来比で20倍以上）の開発、および4Gに比べて100倍以上、5Gに比べて10倍以上の多数同時接続時の通信品質向上技術の開発を行う。

これらすべての周波数をカバーする増幅器を開発する



通信速度は遅いが、隅々まで電波が届きやすい

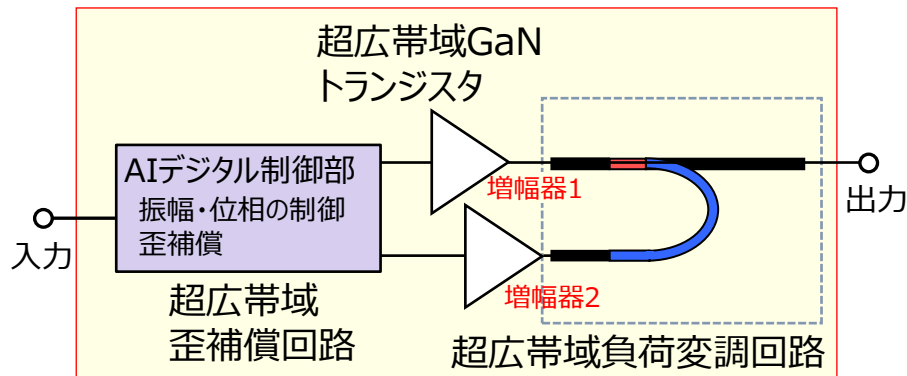
→IoT通信に適す

通信速度は速いが、回り込みにくい

→高速大容量通信に適す

Sub6帯における4G, 5G周波数帯

超広帯域GaNトランジスタに超広帯域負荷変調回路と超広帯域歪補償回路を組み合わせることで、従来比20倍以上の動作周波数帯域を有する基地局増幅器を実現する



超広帯域基地局増幅器

<開発技術の特徴>

増幅器1と増幅器2のふたつの増幅器への入力信号（振幅・位相）をAIデジタル制御により最適化することで従来技術では成しえない超広帯域動作を実現する

開発技術の概要

6G(ポスト5G)に向けた次世代ソフトウェア開発基盤の技術開発

実施者	富士通株式会社
概要	<p>ポスト5G情報通信システムにおける様々なニーズに対応するには、柔軟な基地局ネットワークを構築できる手法が求められる。その実現手段として、事業項目①として、Cコードのみで構成されたソフトウェア基地局のベースとなるソフトウェア構成を使用し、HWアクセラレータに最適化させたソースコード変換により性能向上を実現する技術の開発、事業項目②として、FPGA、CPUやASIC等のHW要素が混在した環境においても、適切なソフトウェア基地局アルゴリズムを可視化し、サービスやユースケースに最適なアルゴリズムを実現する技術の開発を行う。</p>

【事業項目①】

パブリック5Gの高信頼・高機能・高性能な基地局資産を、ソフトウェア基地局など幅広い市場（「高速大容量(eMBB)」、「超低遅延通信(URLLC)」や「多数同時接続通信(mMTC)」等）で活用していくためには、Generic C/C++コードで作成されたソフトウェアをカスタマイズして、多種・多様なサービス/ユースケースに個々に対応する必要がある。その場合、今までの開発スタイルを踏襲してしまうと、必要な性能を実現するためには、それぞれで性能実現に向けたソフトウェア構成の見直しを行ったうえで設計・評価が発生し、その結果、開発費が膨らみ、リリースまで時間を要してしまう課題がある。

本研究開発では、Cコードのみで構成されたソフトウェア基地局のベースとなるソフトウェア構成を使用し、HWアクセラレータに最適化させたソースコード変換により性能向上を実現する技術の開発を目指す。

図1は、CPU/FPGA等で構成されたHWを追加し、ベースとなるソフトウェアをそのHW構成に最適なアルゴリズムとなるように可視化を行い、性能向上を実現する図である。

【事業項目②】

次の通信世代では、5Gよりも要求が高度化する(スループット、多元接続、超低遅延、高信頼性)ため、CPU/FPGA/ASIC等様々なHWをサービス/ユースケース毎に考慮が必要となり、システム検討は非常に複雑化する。

本研究開発では、様々なサービス/ユースケースを異種HW混合システムで実現する場合、各HW要素へ最適な機能分割を実現する自動最適化技術の開発を行う。ベースとなるソフトウェアに対して、要求サービス/ユースケースから、例えば、A機能はFPGAへ、B機能はCPUへ、C機能部はASICへという最適な機能分割を行い、さらに、事業項目①の技術を適用して、性能向上も図る。

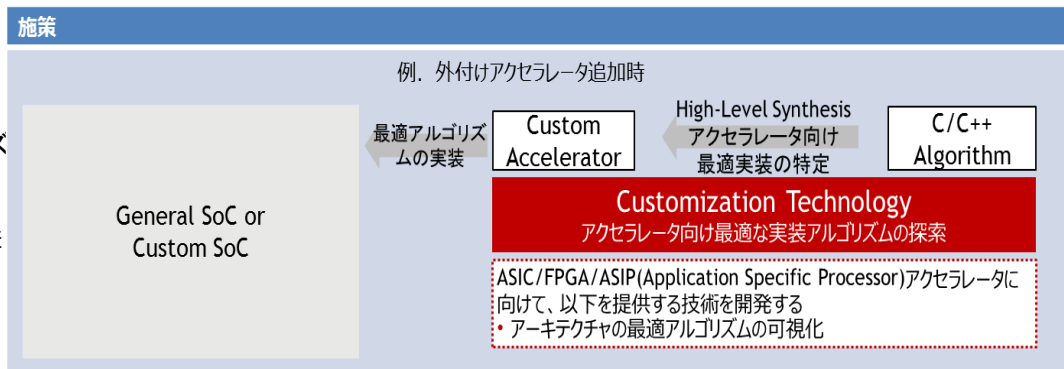


図1. 事業項目①

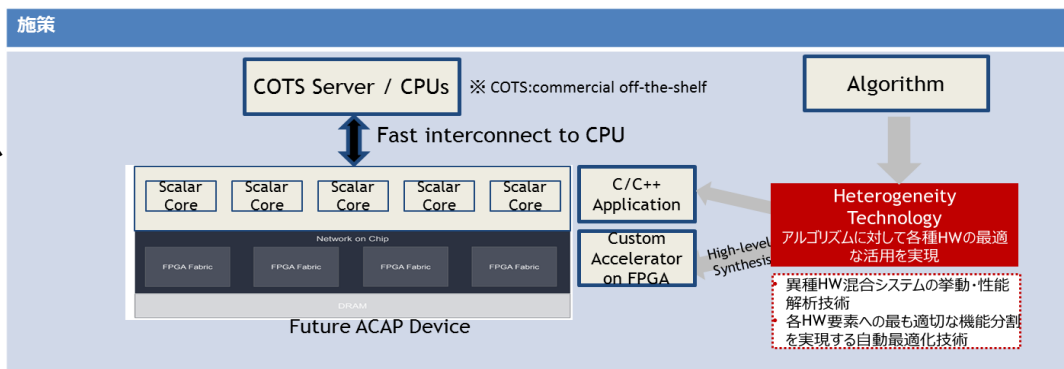
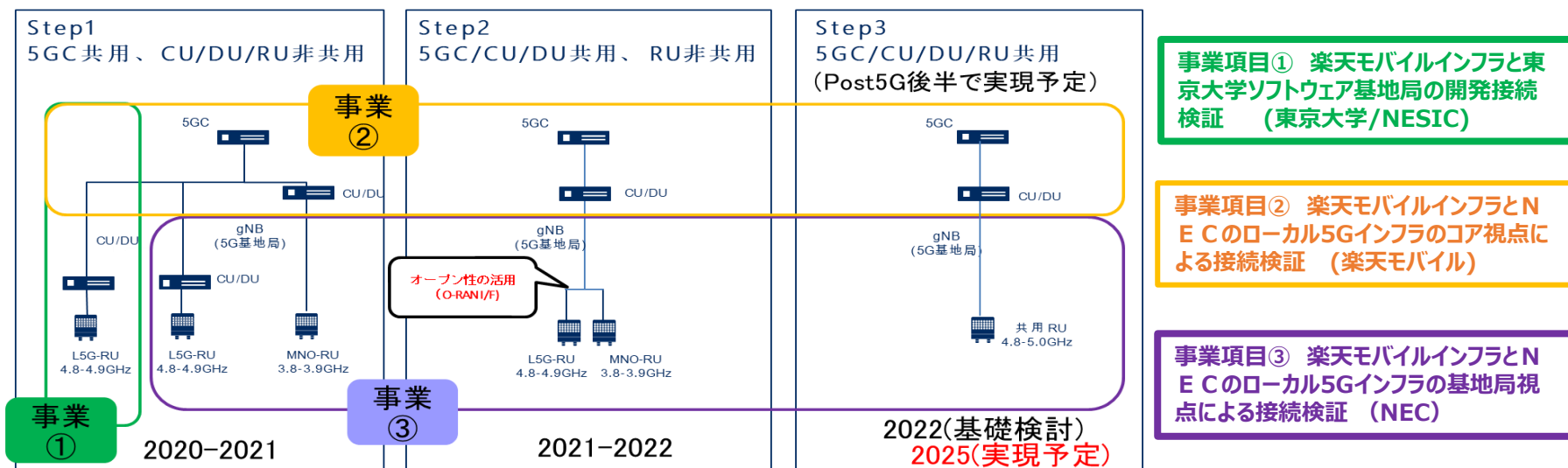


図2. 事業項目②

オープン性を活用する公衆網・自営網の設備共用技術の先導的研究開発

実施者	楽天モバイル株式会社、日本電気株式会社、NECネットエスアイ株式会社、国立大学法人東京大学
概要	ポスト5Gの後半（2025年頃）では、(1) オープン性の高いソフトウェアを活用するインフラ機器構成（ソフトウェア化）(2) 公衆網・自営網の設備共用、が当たり前となるというビジョンに基づき、MNO (Mobile Network Operator)の設備をソフトウェア化・クラウド化して、自営網の運用主体に共用可能とし、ローカル5Gの実装における低価格化の実現など、 <u>地域展開の大幅なコスト削減を実現する「設備共用」のモデルを、「MNO+ベンダー+大学+Sier」の産学連携により、PoC開発し、有効性の確認を進め実用化につなげる。</u>

5G周波数帯に隣接するローカル5Gのためのシステムを統合して準備をし、MNOの5Gビジネスと共に、ローカル5Gの施設を貸し出すクラウドビジネスの探究を提案する。本研究開発における新規性は、ローカル5G+5Gの設備共用とポスト5G及び次の通信世代への展開（スライシング収容）である。



ステップ1、2および3の各々の形態において、ローカル5Gの装置を公衆網5Gの楽天モバイルの装置と接続し、5G機能をローカル5Gの運用主体へ低コストで提供する「設備共用」の仕組みを開発・検証。

ステップ1では5GCの共用、ステップ2では5GC/CU/DUの共用、ステップ3では5GC/CU/DU/RUの共用を提案する。ステップ2までは可能な時期に前倒しで実用化、ステップ3は2022年までに基礎検討を完了し、ポスト5Gの後半である2025年の実用化を目指す。また、実用化に向けて設備共用の免許条件・法整備に向けた提案の検討を行う。