

高信頼・高可塑B5G/IoT テストベッドの 運用開始について

情報通信研究機構
総合テストベッド研究開発推進センター
児島 史秀

第13回 テストベッド分科会
2022年9月27日

- B5G/6G時代の無線通信は、通信サービス要件の向上、多様化に加えて、**サイバー・フィジカル連携**を通じた要件間の連携と調和が前提
 - ▶ ヒトからモノへ、これまでにない環境へ； CPS技術を活用したさらなるサービス多様化・高度化が期待されている
- B5G/6G時代の**多様化システム・サービス**の検証にテストベッドは不可欠
 - ▶ **先進性・中立性・透明性**を有するNICTは、これに貢献できる
- 将来のテストベッドは**柔軟性**を旨とし、**循環進化**を実現する
 - ▶ 動向・ニーズを**迅速に汲み上げ**、適切な**ビジネス化・サービス創出**に寄与する
 - ▶ テストベッド環境を有機的に構築・運用するために、**ネットワークレイヤに加えて、プラットフォームレイヤ、ミドルウェアレイヤ**を含めた充足が重要
- 「**高信頼・高可塑B5G/IoTテストベッド**」の構築を推進
 - ▶ 柔軟性・拡張性があり、有無線インフラ、データ分析、電波模擬等も含む検証環境
 - ▶ 「B5G高信頼仮想化環境」、「B5Gモバイル環境」、「CyReal実証環境」、「DCCS」の4サービスは、**10月より順次提供開始**

NICTのテストベッド構築・運用方向性

テストベッドのあるべき姿

- Society5.0実現に向けたB5Gシステムの技術開発に柔軟に利用可能な基本機能の保有
- 技術開発動向に合わせて機能拡張、外部開発技術の取込みが容易
- 外部利用を容易とする運用環境の保有

方向性

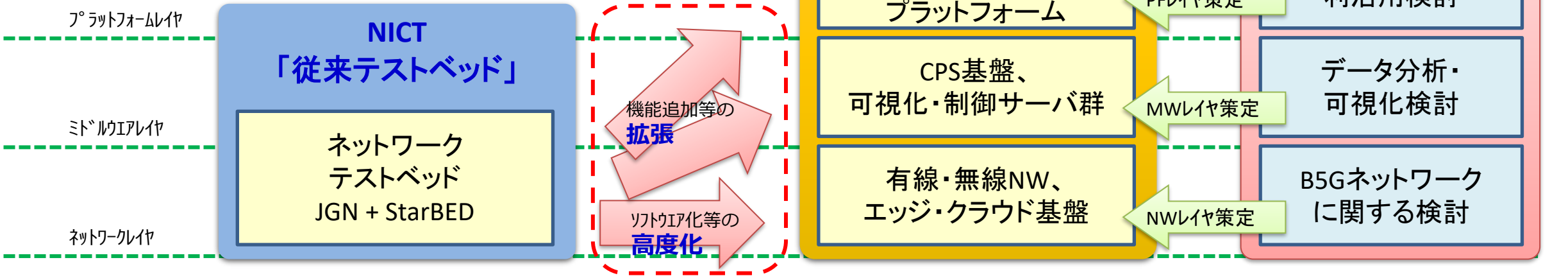
- サイバーフィジカルシステム実現への貢献に向け、ネットワークからアプリケーションまでの研究開発、社会実証が可能な構成とする
- 技術開発動向に合わせて柔軟な機能拡張を進め、B5Gテストベッド機能の循環進化を進める
- スムーズな外部利用と運用効率化を両立する

開発の進め方

- ネットワークレイヤ機能からミドルウェア/プラットフォームレイヤ機能を拡張し、相互に連携利用できるような開発
- HWとSW機能を分離しソフトウェアによる柔軟な機能拡張を実現
- ネットワークレイヤ等のHW機能とミドルウェアレイヤを連携させ、将来のネットワーク機能のエミュレーションを実現
- 各機能モジュール間のインタフェースを整理し、柔軟な機能拡張とともに運用性向上も実現
- 各機能開発の方向性を外部利用者と協調して進めるための外部連携体制の整備

【狙い】
テストベッドを活用して多種多様なプレイヤーが連携し、B5G実現に向けた研究開発、社会実証が加速する

• 外部動向に即し、外部連携を踏まえたサイクルによって実現
• サイバーとフィジカルの融合、サービスとネットワークの連携を具現化

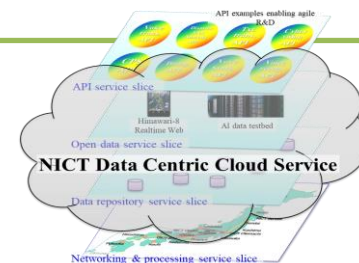


- 高信頼・高可塑B5G/IoTテストベッドの構築を推進。10月頃より順次提供予定
 - ▶ 柔軟性・拡張性があり、有無線インフラに加え、データ分析や電波模擬等も含めた検証を想定
 - ▶ 施設の一部は、九工大、阪大にも置かれ、研究機関間の連携や、地域産業との関わりも重視
 - ▶ Beyond 5G研究開発促進事業の各委託課題等における利用も想

1. B5G高信頼仮想化環境: JGN上に実装され、国内の複数JGN拠点にわたる実証が可能
2. B5Gモバイル環境: JGNに接続するモバイル拠点を東京、大阪、九州に設置。一部コア設備は北陸拠点に設置
3. CyReal実証環境: StarBED上に実装され、JGNを介した遠隔利用にも対応
4. DCCS: StarBED上に実装され、JGNを介した遠隔利用にも対応

4. DCCS:

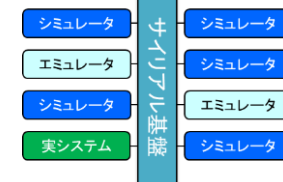
多様なデータとその分析機構、さらにB5Gネットワークを組み合わせた、B5G時代のサービス創成に資するデータ連携利活用サービス開発環境を提供



プラットフォームレイヤ

3. CyReal実証環境:

物理事象の取込みにより、シミュレーション要素導入、実システム接続を可能としたエミュレーション環境を提供



ミドルウェアレイヤ



2. B5Gモバイル環境:

複数モバイル拠点において、DU/CU/5GCのソフトウェア拡張の実証環境を提供



1. B5G高信頼仮想化環境:

無線網も考慮したリソース配分機能や耐障害機能等の評価・検証環境を提供

「1. B5G高信頼仮想化環境」の概要

1-1. 次世代仮想化サービス環境 :2022年10月頃～

- ソフトウェア化されたネットワーク機能と仮想化技術により、リソースを柔軟に配分可能とする高速で高信頼なテストベッドサービスを提供

1-2. 光ホワイトボックス環境 :2022年10月頃～

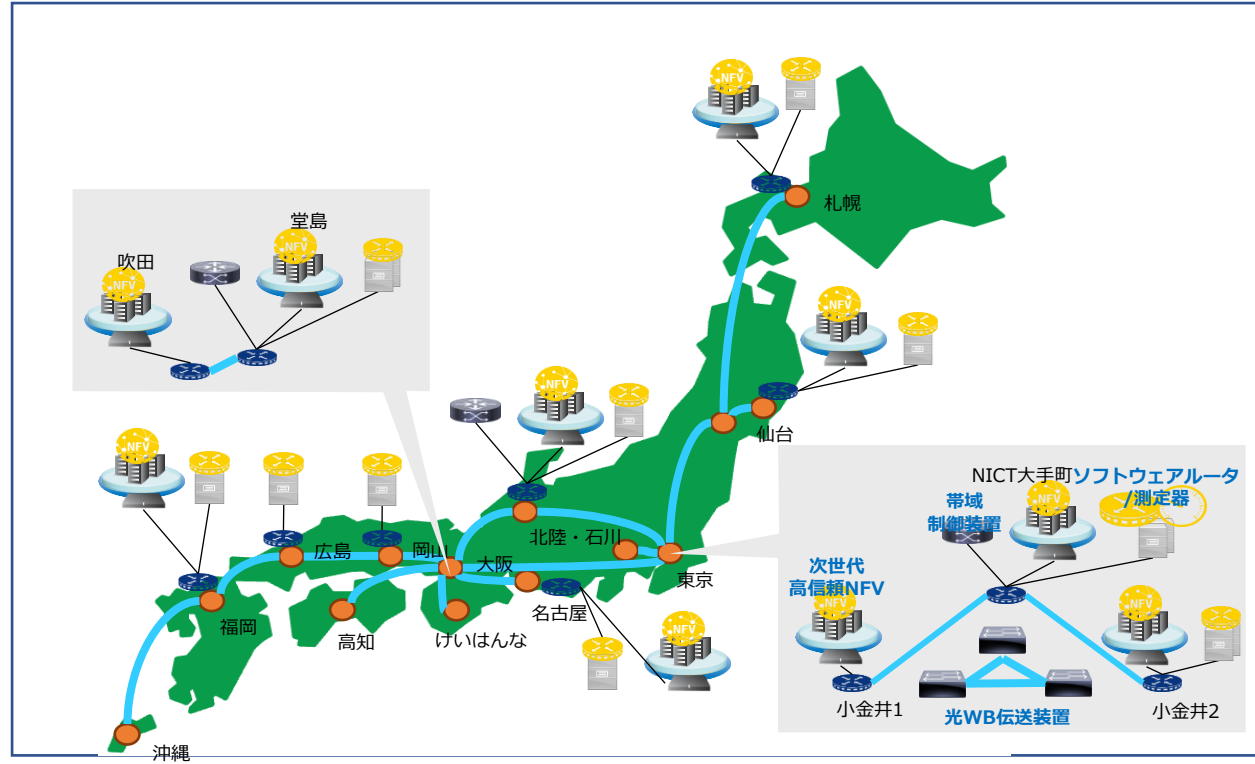
- 光伝送装置のディスアグリゲーション、ハードウェア・ソフトウェア分離及びオープン化による、光伝送技術の高度化を推進するテストベッドを提供

1-3. 次世代ISP/クラウド実証環境 :2024年4月頃～

- ISPやクラウドサービス事業を実施するために必要な仮想化技術を提供

・ B5G高信頼仮想化環境(10月)は、2つのパートと合計6つの機能部で構成される

- | | |
|------------------|------------------|
| 1-1 次世代仮想化サービス | |
| 1. 次世代高信頼NFV | 10 拠点 |
| 2. ソフトウェアルータ | 10 拠点 |
| 3. 仮想測定器理機 | 1 拠点 (測定器は仮想マシン) |
| 4. 帯域制御装置 | 3 拠点 |
| 1-2 光ホワイトボックス環境 | |
| 1. 光ホワイトボックススイッチ | 2 拠点 (3セット) |
| 2. 広帯域光伝送路 | |



課題	原因	解決策（テストベッド）	効果
堅牢で高信頼なシステムが求められている	<ul style="list-style-type: none"> 高信頼を実現する技術の確立 アプリとネットワークの機能毎にハードウェアが必要 	<ul style="list-style-type: none"> 災害に強い高信頼システムの実現 開発者向けの環境提供 商用サービスへの応用 	<ul style="list-style-type: none"> 社会基盤の高信頼化 新たなサービス創出 国力増強
プライベートクラウドで高速なネットワークを利用したい	<ul style="list-style-type: none"> 仮想環境での性能 リソース確保 	<ul style="list-style-type: none"> 高速なプライベートクラウドの実現 超高精細映像伝送プラットフォーム 	<ul style="list-style-type: none"> 研究開発の促進 新たなサービス創出

■ユースケース① 災害に強い高信頼システムの実現

自然災害など拠点単位で被災した場合にもシステムが別の拠点に移動してサービスを継続できるDR（Disaster Recovery）を実現

◎想定利用者

- DR投資が限られる自治体、小規模なシステム運営者
- kamuee.netダウンロードサイト
- 防災関係の研究者

■ユースケース② 高速なプライベートクラウドの実現

高速ネットワーク通信が必要なユーザにプライベートクラウドサービスを提供。従来のクラウドでは提供できなかった高速ネットワーク通信を実現。研究用途としてトラフィック可視化機能も提供可能

◎想定利用者

- Webクロール研究、トラフィック可視化を求める研究者

■ユースケース④ 超高精細映像伝送プラットフォーム

広帯域・低遅延データ転送と網上のコンピューティングリソースを連携させた高精細映像配信プラットフォームの研究開発に活用。

◎想定利用者

- 大学、リモートプロダクション開発企業、映像配信企業

■ユースケース⑤ 開発者向けの環境提供 ⑩商用サービスへの応用

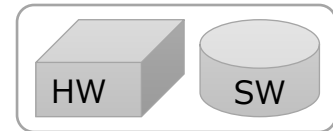
各ユースケースで得られた知見を活用し、Smart Worldの実現に向けた商用サービスの実証を行い、商用サービスへ応用を目指す

◎想定利用者

- サービス事業者（スマートファクトリー、モビリティ等）
- 車車間通信研究者

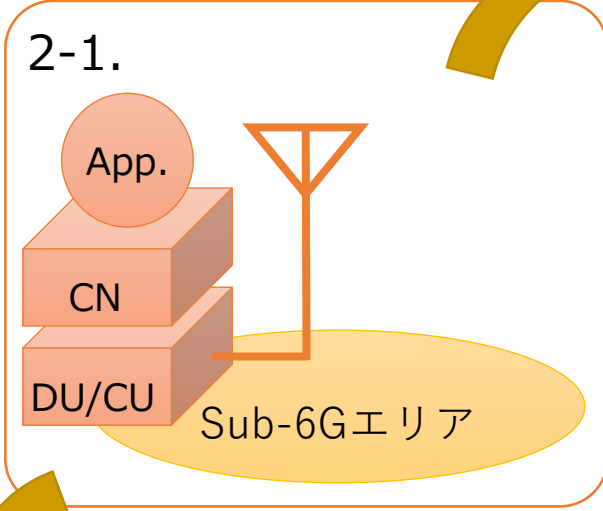


「2. B5Gモバイル環境」の概要



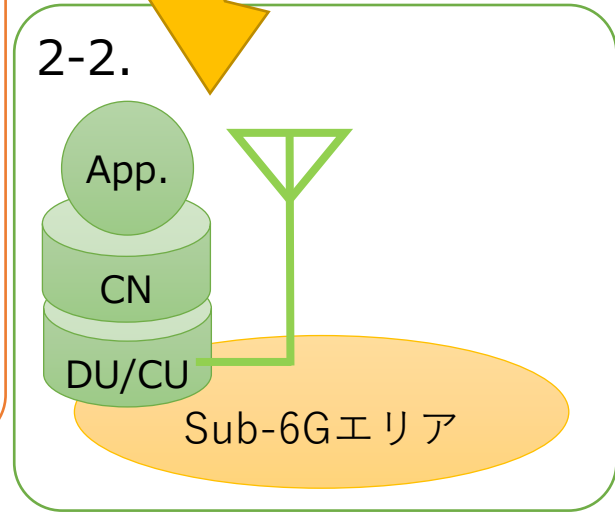
2-1. モバイルアプリケーション実証環境 :2022年10月頃～

- 基地局設備、アンテナ等で構成されるモバイルネットワーク環境を提供。5Gネットワークを活用するアプリケーション技術の研究開発を実施可能。課題抽出を経てB5Gネットワークの要件等を明確化



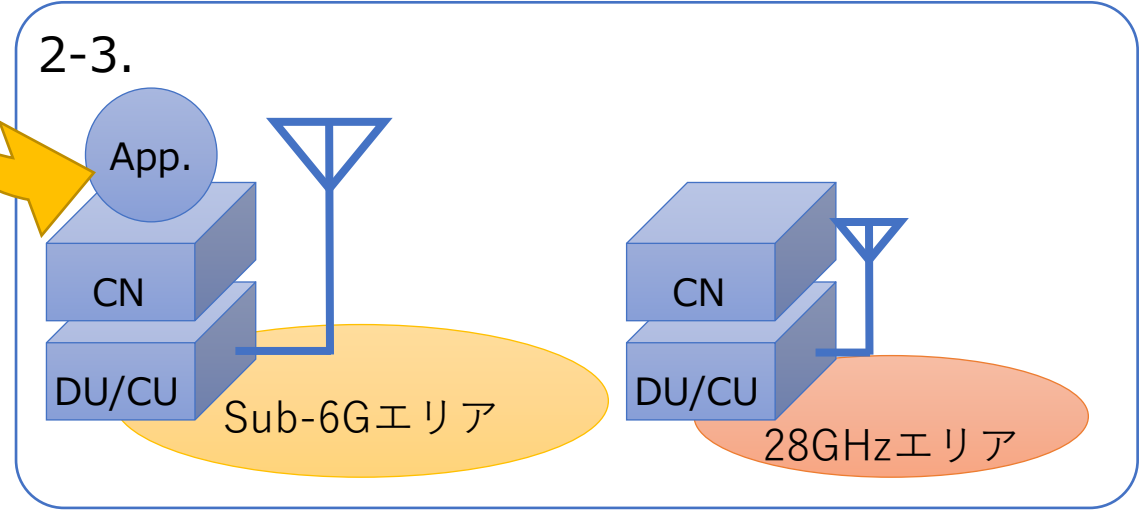
2-2. モバイルネットワーク開発環境 :2022年10月頃～

- 汎用サーバーを用いたクラウドネイティブな基地局設備とアンテナ等によるモバイルネットワーク環境を提供。基地局機能のソフトウェア変更が可能で、C-Planeによるスライシング等の評価が可能



2-3. モバイル基地局開発環境 :2022年10月頃～

- 複数基地局(28GHz帯、Sub-6GHz帯)及びこれらに接続可能なマルチバンド端末局を用いるモバイルシステムの実証環境を提供。端末は事前設定により、共通エリアにおいて基地局選択可能



「2-1.モバイルアプリケーション実証環境」の想定活用事例

課題	原因	解決策（テストベッド）	効果
B5Gモバイル環境と、有線基幹部との適切な統合が必要	<ul style="list-style-type: none"> モバイル環境間通信の必要性 遠隔サーバ等へのアクセスの必要性 	<ul style="list-style-type: none"> モバイル環境の提供 JGNの提供 光ネットワークとのインタフェース提供 	<ul style="list-style-type: none"> 社会的基盤の確立 新たなサービス創出
他の無線ネットワークとヘテロジニアスに連携したい	<ul style="list-style-type: none"> B5Gエリアにおける他の無線サービスの適用が必要 	<ul style="list-style-type: none"> モバイル環境の提供 UE側インタフェースの開示 	<ul style="list-style-type: none"> 地域課題等解決 新たなサービス創出
分散コンピューティング等の処理機能の最適化を行いたい	<ul style="list-style-type: none"> 計算リソースの見地より、適切な負荷分散制御等が必要 	<ul style="list-style-type: none"> モバイル環境の提供 JGN、サーバの提供 	<ul style="list-style-type: none"> 研究開発の促進 新たなサービス創出

■ユースケース① 空間多重光ネットワークとの連携

モバイル環境間アクセス、またはモバイル環境から遠隔サーバ等へのアクセスをサポートするための広域・高速網との連携

◎想定利用者

- 自治体、システム運営者
- 広域網提供業者

■ユースケース② 自営無線ネットワークとの連携

低遅延特性、省電力動作等に特化した自営無線ネットワークとゲートウェイを通じて連携し、B5Gエリアにおける多様化・複雑化したサービスに対応

◎想定利用者

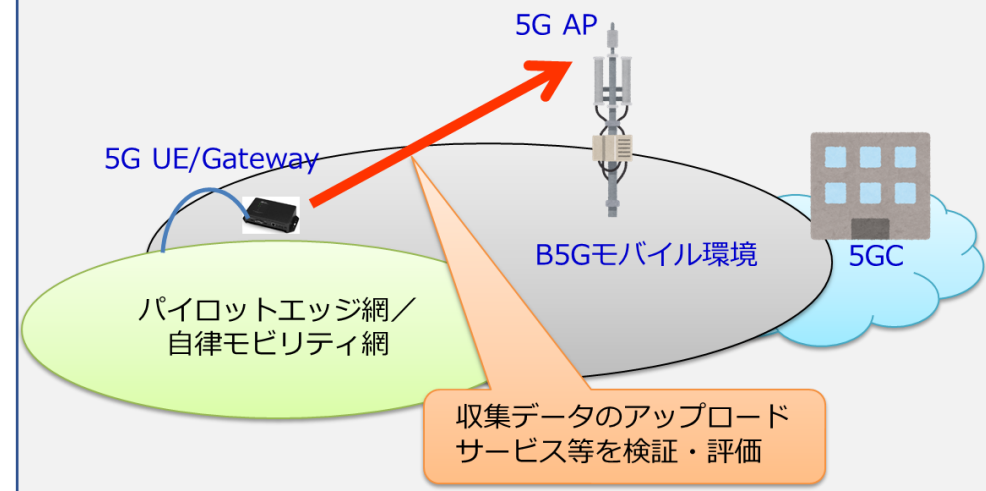
- スマート工場等の製造現場、農業
- 自治体

■ユースケース③ 分散コンピューティング環境との連携

基地局側のリソースを最適配置したコンピューティング環境の構築と評価

◎想定利用者

- 大学
- コンテンツ配信事業者



課題	原因	解決策（テストベッド）	効果
B5Gモバイル環境におけるサービス内容のカスタマイズ化・最適化を行いたい	<ul style="list-style-type: none"> 地理的にサービス要件が異なる サービス要件が時間的に変動する 	<ul style="list-style-type: none"> モバイル環境の提供 DU/CUスライシング機能の提供 モバイルコア環境の提供 	<ul style="list-style-type: none"> 地域課題等解決 新たなサービス創出
同一エリアにおいて、異なるサービスをサポートしたい	<ul style="list-style-type: none"> 要求サービスの多様化 ユーザ間、機器間でサービス要件が異なる 	<ul style="list-style-type: none"> モバイル環境の提供 DU/CUスライシング機能の提供 	<ul style="list-style-type: none"> リソース有効利用 新たなサービス創出

■ユースケース① 動的QoS制御技術との連携

DU/CUスライシング技術により、状況に応じて、低遅延、多数接続等の多様なQoSを確立する技術について検証・評価

◎想定利用者

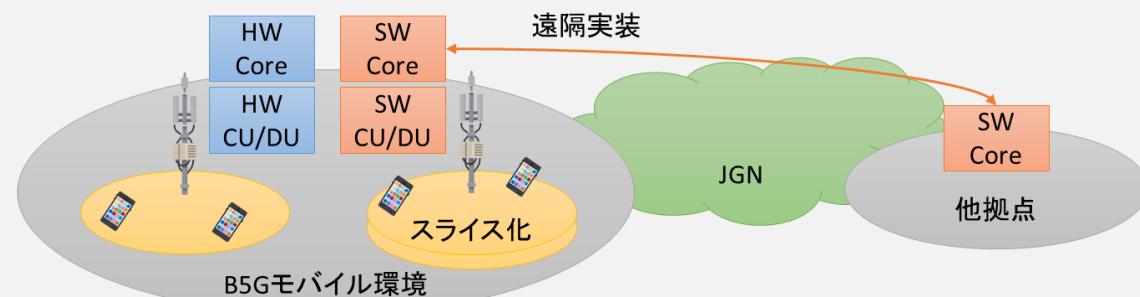
- ITS
- コンテンツ配信業者
- 自治体
- システム運営者

■ユースケース② 多地点アクセス動作との連携

モバイルコアの適用による広帯域・低遅延リアルタイム配信処理プラットフォームの実証と検証

◎想定利用者

- コンテンツ配信業者
- 自治体
- 広域網提供業者



課題	原因	解決策（テストベッド）	効果
B5Gモバイル環境のエリア拡張に資する技術検討が必要	<ul style="list-style-type: none"> ドローン等、3次元エリアを構築するシステム・サービスへの拡張が必要 	<ul style="list-style-type: none"> モバイル環境の提供 ハンドオーバーアプリの提供 	<ul style="list-style-type: none"> 地域課題等解決 サービスエリア拡張 新たなサービス創出
今後敷設・普及が予想される無線システムとの連携が必要	<ul style="list-style-type: none"> テラヘルツ等の新たな無線リソース、システムの普及が予想される 	<ul style="list-style-type: none"> モバイル環境の提供 マルチモード端末の提供 	<ul style="list-style-type: none"> リソース有効利用 新たなサービス創出

■ユースケース① エリア拡張のための基地局配置

3次元的な基地局配置ならびにエリア設定について検証・評価

◎想定利用者

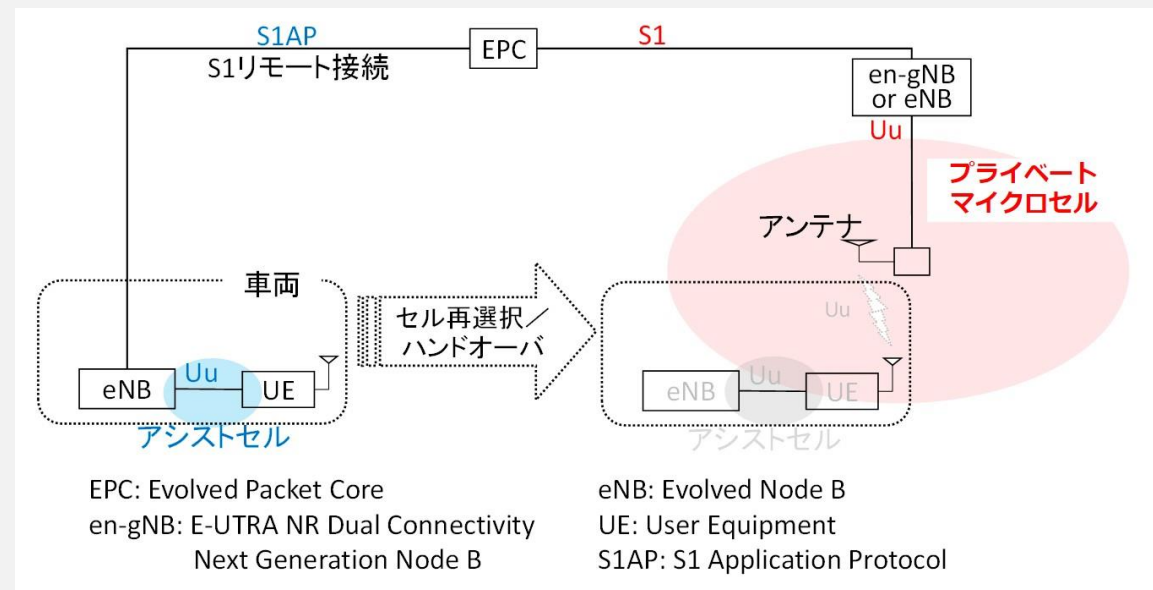
- ITS
- ドローンシステム
- 自治体
- システム運営者

■ユースケース② ヘテロジニアスな基地局間連携

ヘテロジニアスな基地局配置における、モバイル端末のマルチモードアクセスに関する実証と検証

◎想定利用者

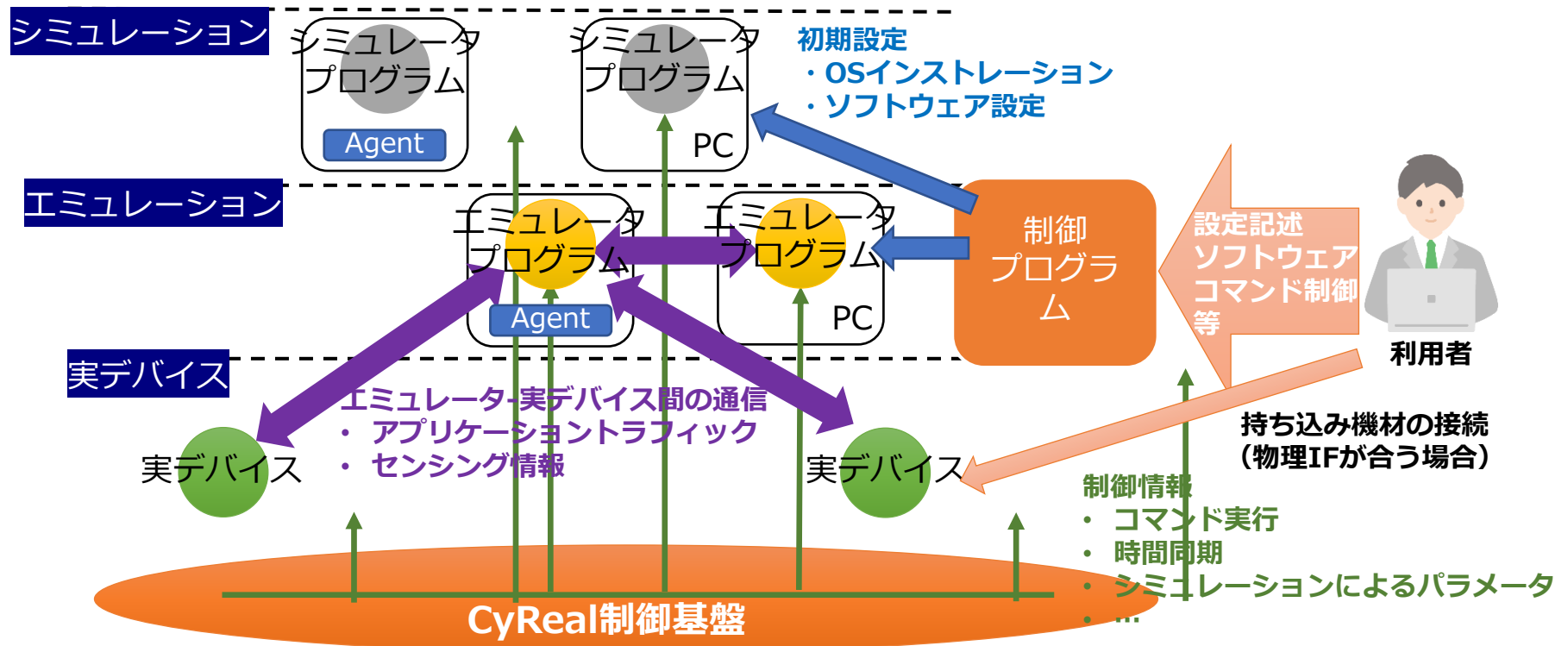
- コンテンツ配信業者
- 自治体



「3. CyReal実証環境」の概要

3. CyReal実証環境 : 2023年4月頃～

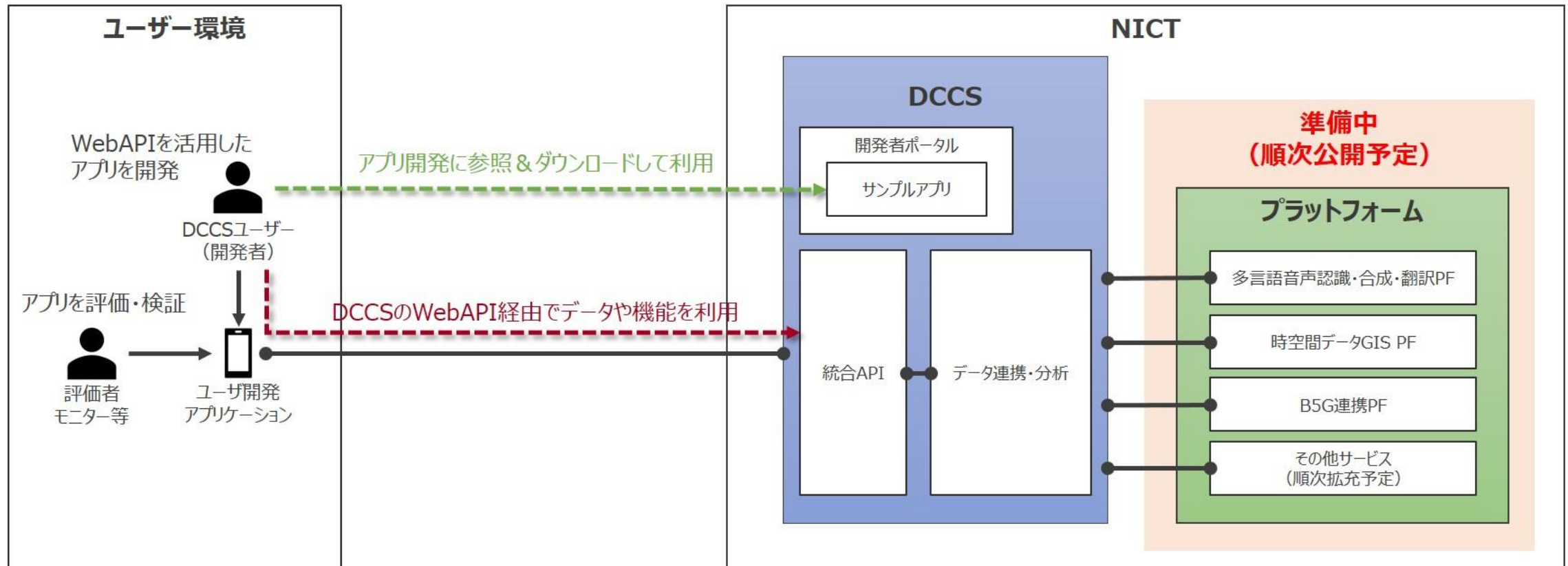
- 利用者はStarBEDのPCへ必要なプログラムを導入・実行可能。OSインストールやVMのセットアップ、ネットワーク環境に関する情報を入力することで、自動的に環境を構築。StarBEDのPCは一般的なものであるため、Linuxなどをインストールして、プログラムの動作制御やOS、アプリケーション設定変更が可能
- CyRealの制御基盤を通して、シミュレータやエミュレータ、実デバイスなどの要素との情報交換が可能。それぞれの要素はSSHを活用したAgentによるコマンドによる制御や専用API(利用する要素により異なる)での通信が必要。制御のための通信インタフェースは機構である程度規定しているが利用者で定義することも可能



「4. DCCS」の概要

4. DCCS:2022年10月頃～

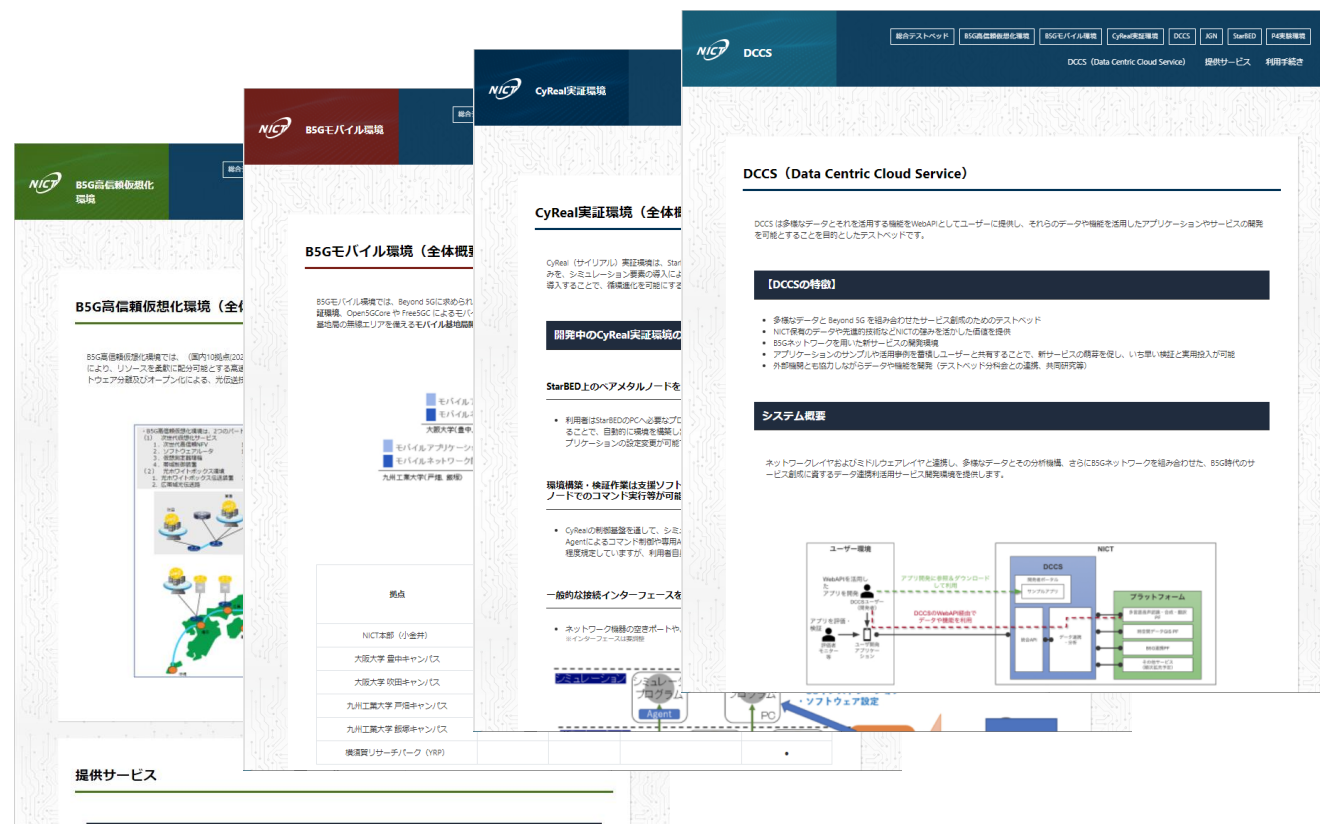
- 多様なデータとそれを活用する機能をWebAPIとして提供。ユーザはそれらのデータや機能を活用しアプリケーションやサービスの開発が可能。ユーザが保有するデータもDCCS上にアップロードでき、各種処理が可能
- APIはコーディングしやすいPythonベース、API仕様・使い方のドキュメントやサンプルプログラム等を揃えた開発者ポータルを提供しアプリ開発を支援



- 利用イメージが伝わるよう、サービス概要、システム仕様等をウェブサイトで公開中
- わかりやすさを最優先に、ページ構成及びナビゲーションを工夫し、デザインも一部リニューアル



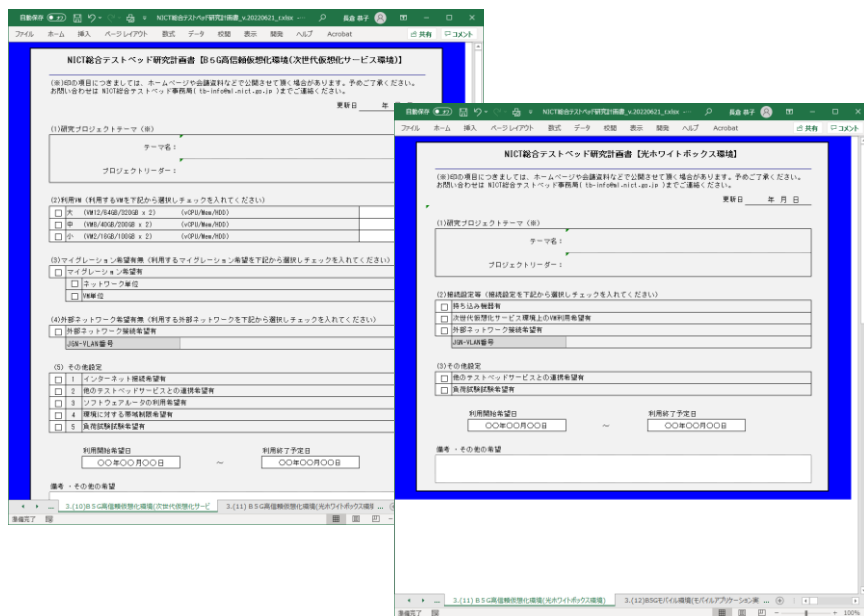
<https://testbed.nict.go.jp/>



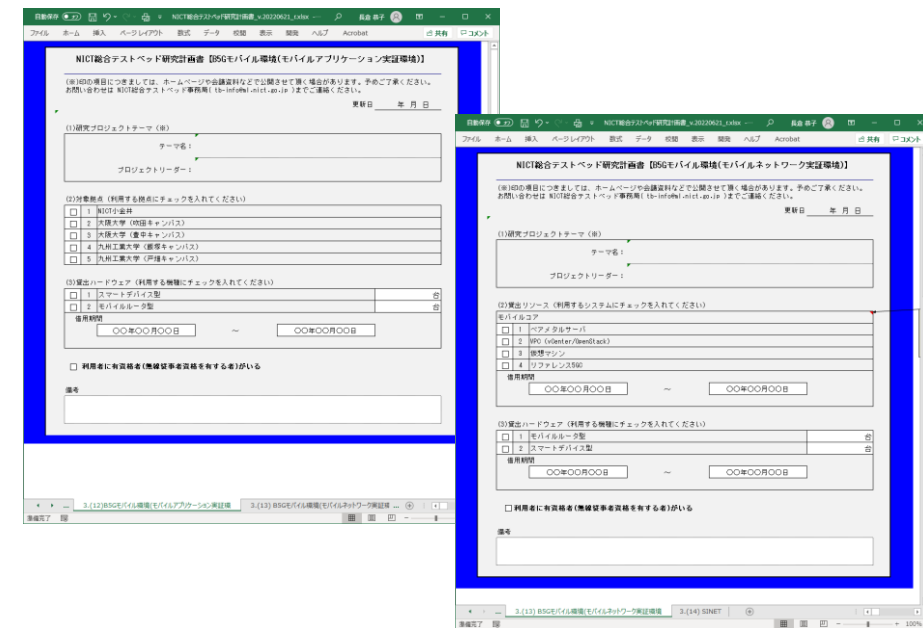
▲ NICT総合テストベッドのトップページをリニューアル

ページ構成を工夫し新機能を紹介▶

- 新機能に対応した利用申請書(研究計画書)はウェブサイトからダウンロード可能
 - ▶ <https://testbed.nict.go.jp/procedure.html>
- 利用相談・利用申込はテストベッド事務局まで。新機能の利用相談・利用申込も受付けています
- 利用スケジュールの調整、有資格者(無線従事者資格を有する者)の確保・配置及びライセンス契約等に関して事前相談が必要となる場合がありますので、あらかじめ利用内容、時期等についてご相談ください



▲ B5G高信頼仮想化環境の利用申請書(研究計画書) リソースシート(見本)



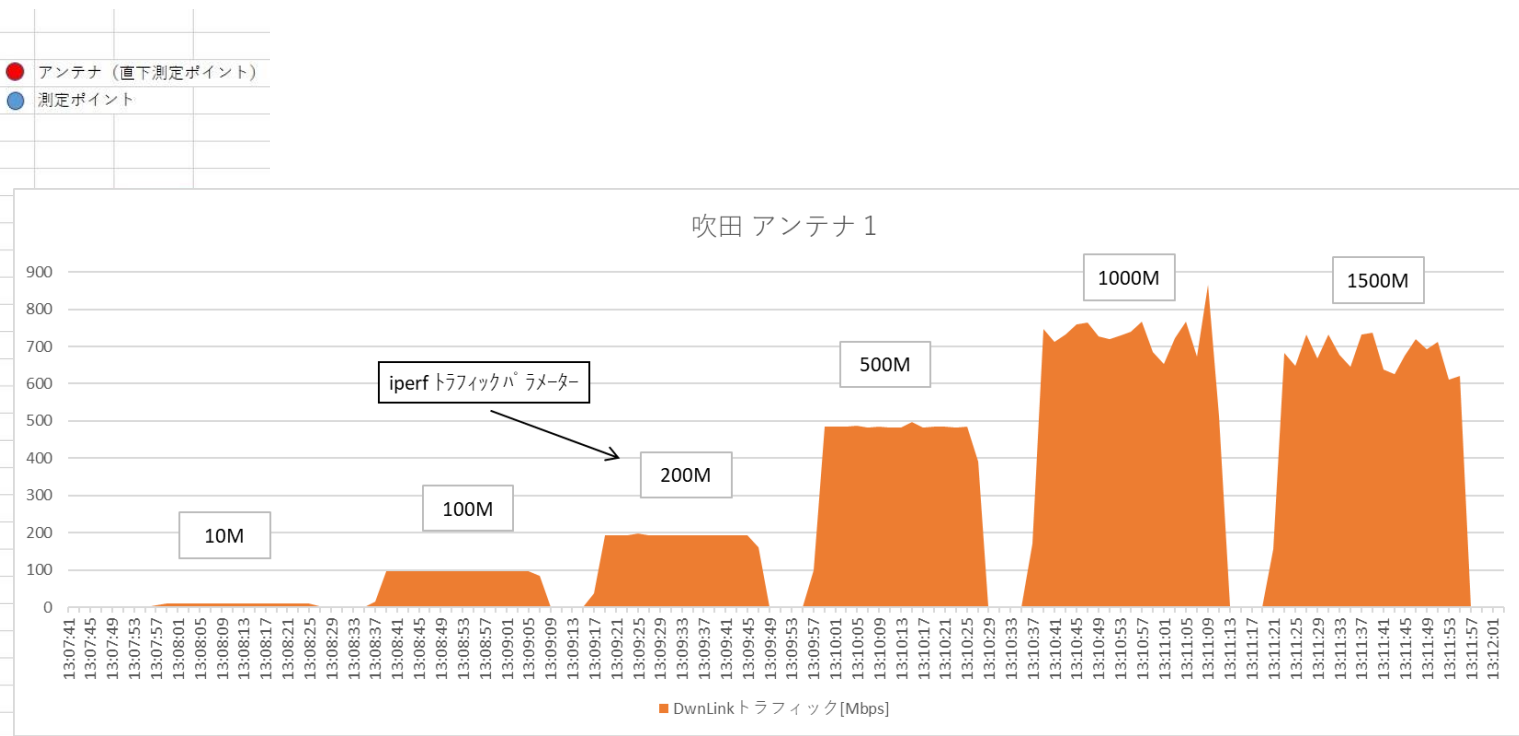
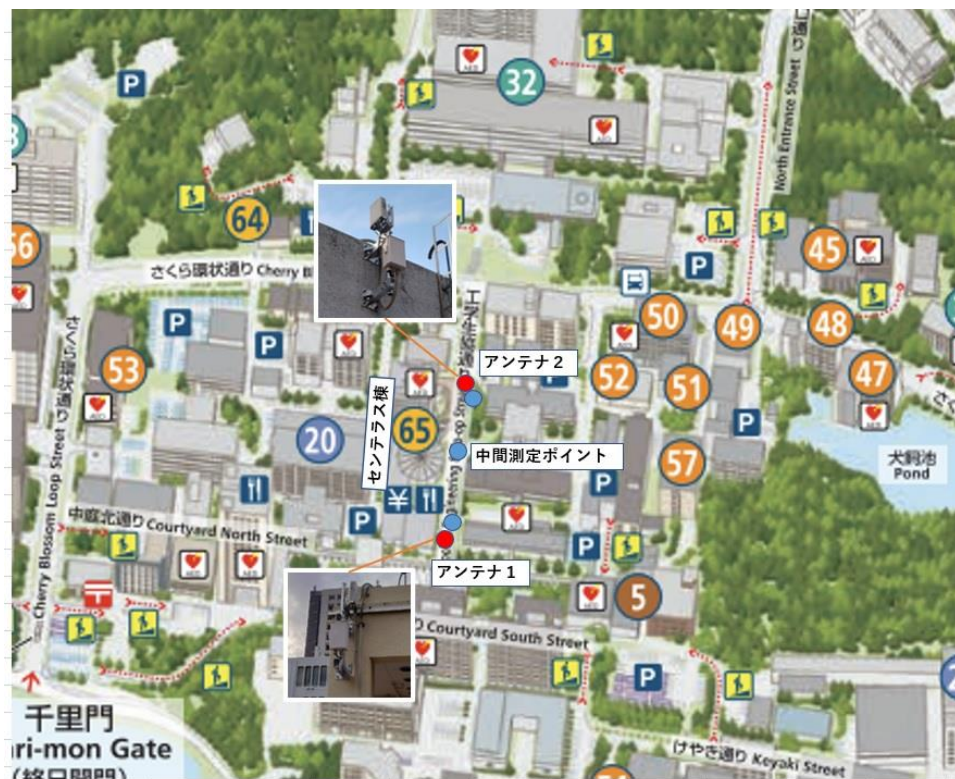
▲ B5Gモバイル環境の利用申請書(研究計画書) リソースシート(見本)

動作試験と基礎データ取得について

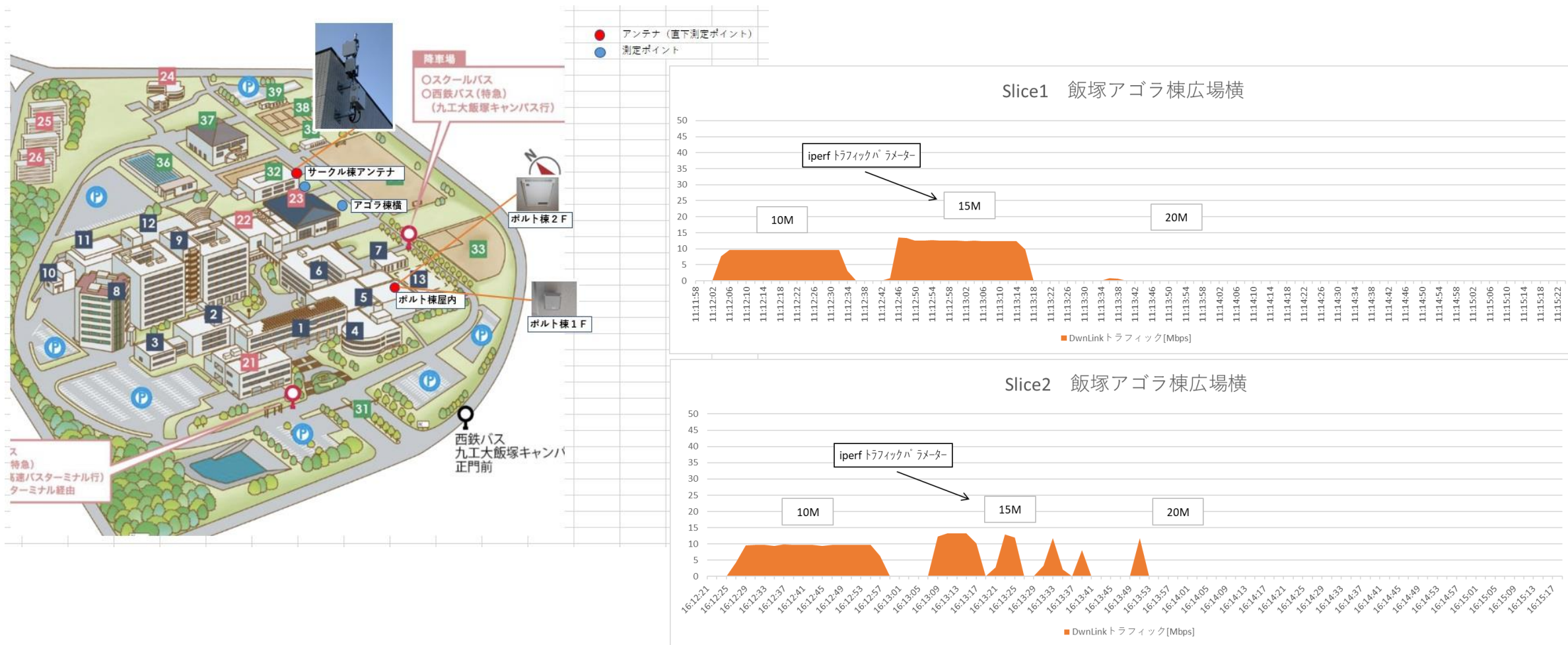
- B5Gモバイル環境をはじめ、各サービスに関して、動作試験と基礎データの取得を実施している
 - ▶ 9月の時点で、最低限の確認・データ取得は実施済だが、今年度末にかけて補足作業を行う

	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
2-1: モバイルアプリケーション								
・ 基本無線特性		22, 29週						
・ 基幹網特性								
・ Gateway性能								
2-2: モバイルネットワーク								
・ 基本無線特性		22, 29週						
・ スライスパラメータ特性		22, 29週						
・ コア設置場所特性								
2-3: モバイル基地局								
・ 基本無線特性		~9/20週						
・ 3D空間特性								
・ ハンドオーバ特性								
TB分科会、シンポジウム等		▲ 次世代NW TF(9/20) ▲ TB分科会 (9/27)			▲ シンポジウム (12/5月)			

- 大阪大学吹田キャンパスの屋外エリアにおいて、動作試験ならびに基礎データ取得を実施
 - ▶ アプリケーションの評価として、iperfのパラメータに対する伝送特性データを取得



- 九州工業大学飯塚キャンパスの屋外エリアにおいて、動作試験ならびに基礎データ取得を実施
 - ▶ DU/CUスライシングパラメータ(リソース比が9:1)に対する伝送特性データを取得



- 横須賀YRP地区の屋内エリアにおいて、動作試験ならびに基礎データ取得を実施
 - ▶ Sub6GHz帯、ミリ波帯それぞれの伝送特性データを取得



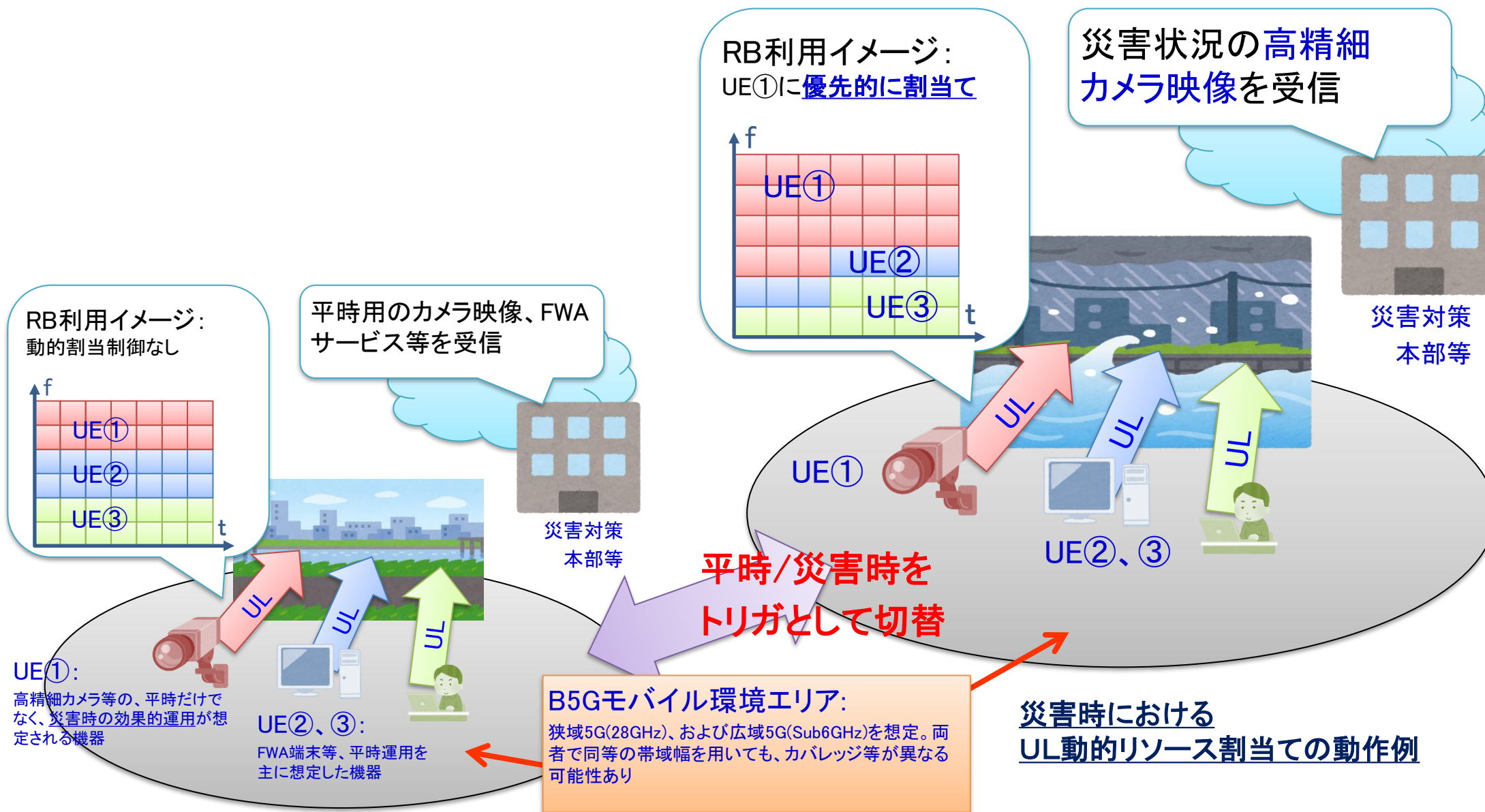
- ①Sub6自営網 屋外局
- ②Sub6自営網 屋内局 (移動局)
- ③Sub6公衆網模擬 屋内局 (移動局)
- ④ミリ波帯自営網 屋外局
- ⑤ミリ波帯自営網 屋内局 (移動局)
- ⑥端末局 (モバイルルータ型)

無線エリア	スループット	
Sub6 GHz-屋内	UL	167 Mb/s
	DL	716 Mb/s
Sub6 GHz-屋外	UL	103 Mb/s
	DL	256 Mb/s
ミリ波帯-屋内	UL	52.6 Mb/s
	DL	199 Mb/s

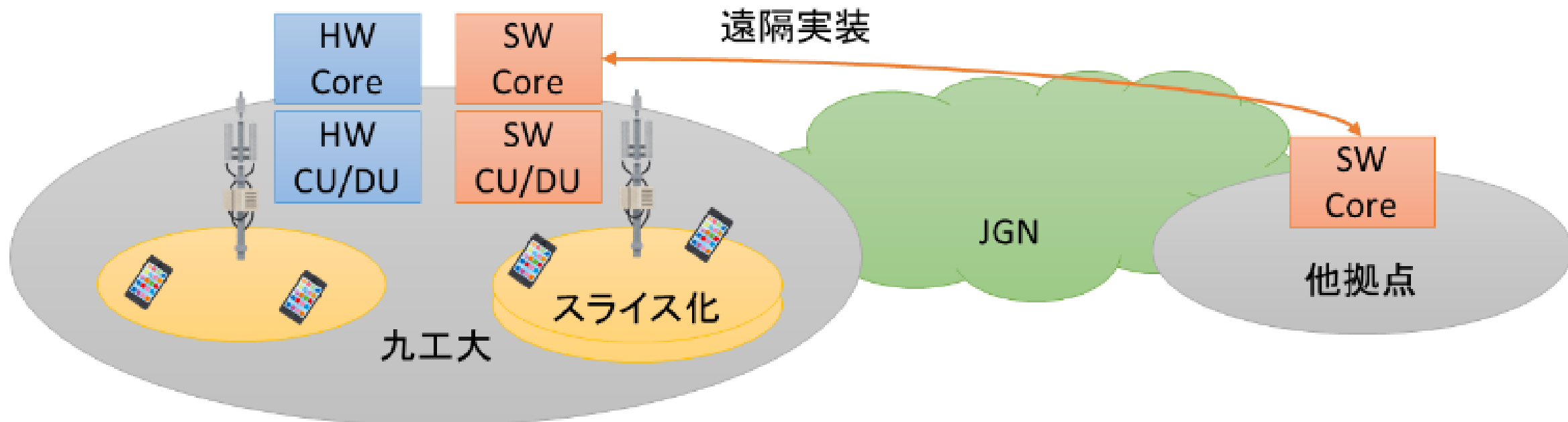
```

accepted connection from 192.168.254.100, port 61962
[5] local 192.168.225.30 port 5201 connected to 192.168.254.100 port 50760
[ID] Interval      Transfer      Bandwidth      Jitter      Lost/Total Datagrams
[5] 0.00-1.00    sec  18.6 MBytes  156 Mb/s/sec  0.297 ms  151/2538 (5.9%)
[5] 1.00-2.00    sec  22.8 MBytes  191 Mb/s/sec  0.425 ms  39/2962 (1.3%)
[5] 2.00-3.00    sec  22.1 MBytes  186 Mb/s/sec  0.151 ms  0/2830 (0%)
[5] 3.00-4.00    sec  23.5 MBytes  197 Mb/s/sec  0.313 ms  0/3009 (0%)
[5] 4.00-5.00    sec  22.0 MBytes  185 Mb/s/sec  0.204 ms  141/2961 (4.8%)
[5] 5.00-6.00    sec  23.3 MBytes  195 Mb/s/sec  0.212 ms  85/3068 (2.8%)
[5] 6.00-7.00    sec  23.4 MBytes  196 Mb/s/sec  0.256 ms  0/2990 (0%)
[5] 7.00-8.00    sec  23.6 MBytes  198 Mb/s/sec  0.124 ms  0/3017 (0%)
[5] 8.00-9.00    sec  23.3 MBytes  195 Mb/s/sec  0.684 ms  1/2983 (0.034%)
[5] 9.00-10.00   sec  23.7 MBytes  199 Mb/s/sec  0.201 ms  0/3038 (0%)
[5] 10.00-10.32  sec  7.38 MBytes  197 Mb/s/sec  3.194 ms  0/945 (0%)
[ID] Interval      Transfer      Bandwidth      Jitter      Lost/Total Datagrams
[5] 0.00-10.32   sec  0.00 Bytes  0.00 bits/sec  3.194 ms  417/30341 (1.4%)
    
```

ミリ波帯屋内DLスループット特性



- 九州工業大学内に、L5G準拠の基地局を2台設置(いずれもCU/DU部とCore部によって構成)
 - ▶ 1台はハードウェア中心に実装
 - ▶ もう1台は、ソフトウェア技術を適用した変更拡張が可能な実装
- ソフトウェア技術適用の基地局における変更拡張による特性改善について、机上計算および、現地実証試験で評価
 - ▶ CU/DU部: スライス技術の適用による多様なトラフィックへの対応性の確立
 - ▶ Core部: 遠隔実装も含めた上での、構成の最適化による機能向上



- B5G/6G時代の無線通信は、通信サービス要件の向上、多様化に加えて、サイバー・フィジカル連携を通じた要件間の連携と調和が前提
 - ▶ ヒトからモノへ、これまでにない環境へ； CPS技術を活用したさらなるサービス多様化・高度化が期待されている
- B5G/6G時代の多様化システム・サービスの検証にテストベッドは不可欠
 - ▶ 先進性・中立性・透明性を有するNICTは、これに貢献できる
- 将来のテストベッドは柔軟性を旨とし、循環進化を実現する
 - ▶ 動向・ニーズを迅速に汲み上げ、適切なビジネス化・サービス創出に寄与する
 - ▶ テストベッド環境を有機的に構築・運用するために、ネットワークレイヤに加えて、プラットフォームレイヤ、ミドルウェアレイヤを含めた充足が重要
- 「高信頼・高可塑B5G/IoTテストベッド」の構築を推進
 - ▶ 柔軟性・拡張性があり、有無線インフラ、データ分析、電波模擬等も含む検証環境
 - ▶ 「B5G高信頼仮想化環境」、「B5Gモバイル環境」、「CyReal実証環境」、「DCCS」の4サービスは、10月より順次提供開始

測定対象だけでなく、技術、知見、人脈がつながるテストベッドを目指す