

マッチングファンドをはじめとする 協創プロジェクト事例紹介

九州工業大学大学院
工学研究院

池永 全志

情報通信研究機構
ソーシャルイノベーションユニット

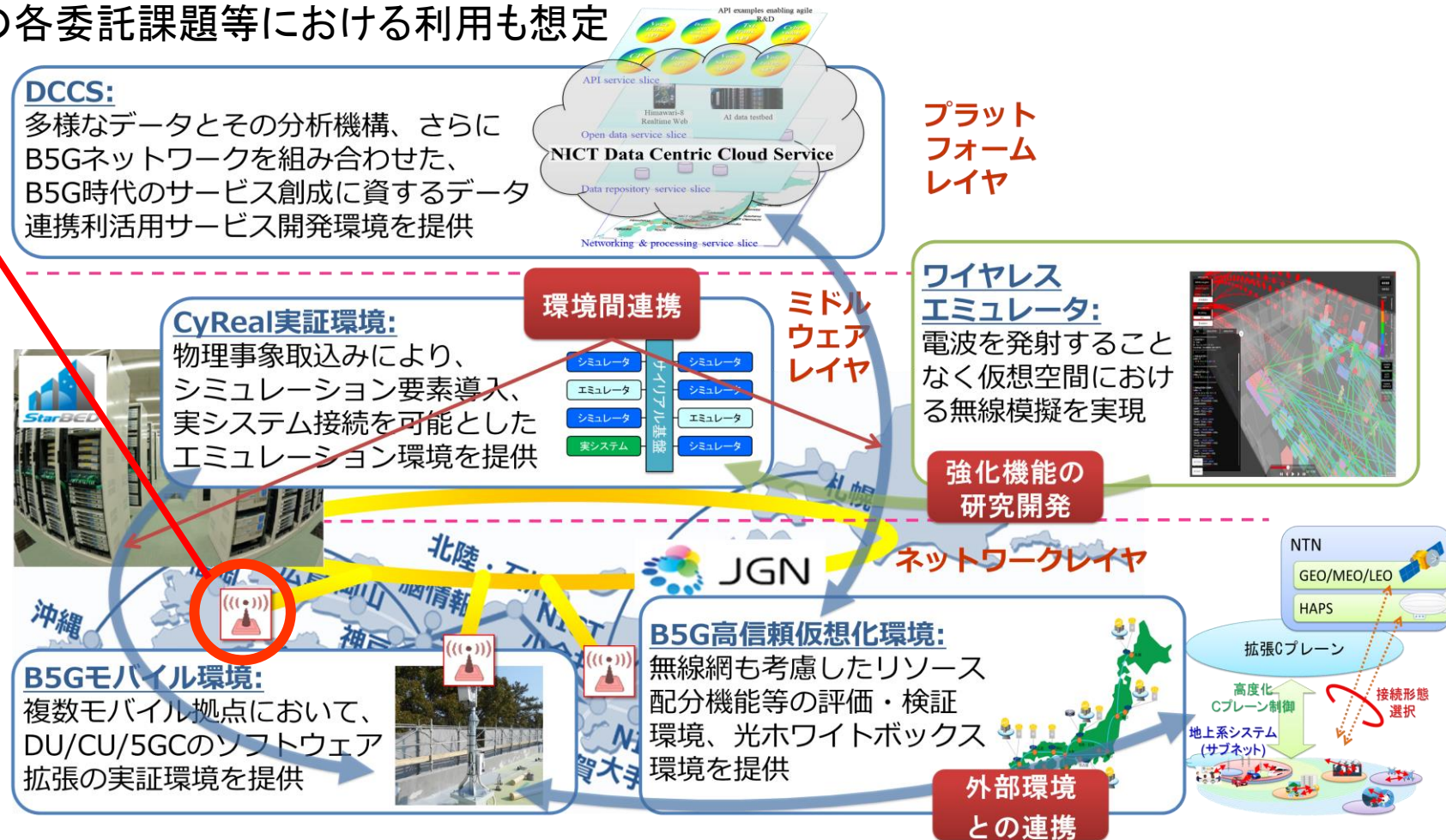
©児島 史秀

B5Gモバイルテストベッド実証イベント

2025年1月27日

- 九州工業大学(九工大)・情報通信研究機構(NICT)は、**B5Gモバイル環境**の利活用に基づく、**マッチングファンド**をはじめとする協創プロジェクトを推進してきた
- **高度化・多様化が見込まれるB5G無線通信システム**に関する研究開発を実施している
 - ▶ フローティングCPS広域基盤技術
 - ▶ 動的リソース割当・遠隔コア配置技術
 - ▶ NTN等へテロネットワーク連携技術
- 研究開発・協創プロジェクトは、イベントや展示会で発信。当該テストベッド設備を**コアとするさらなる連携**につながることが期待される

- 高信頼・高可塑B5G/IoTテストベッドの構築を推進。2022年10月より順次提供開始
 - ▶ 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定



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

「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～

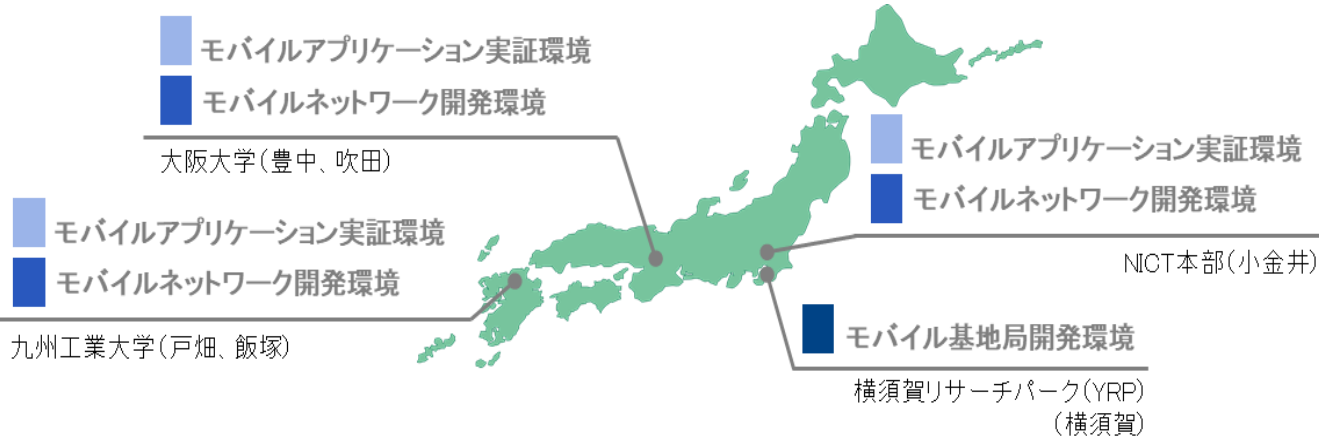
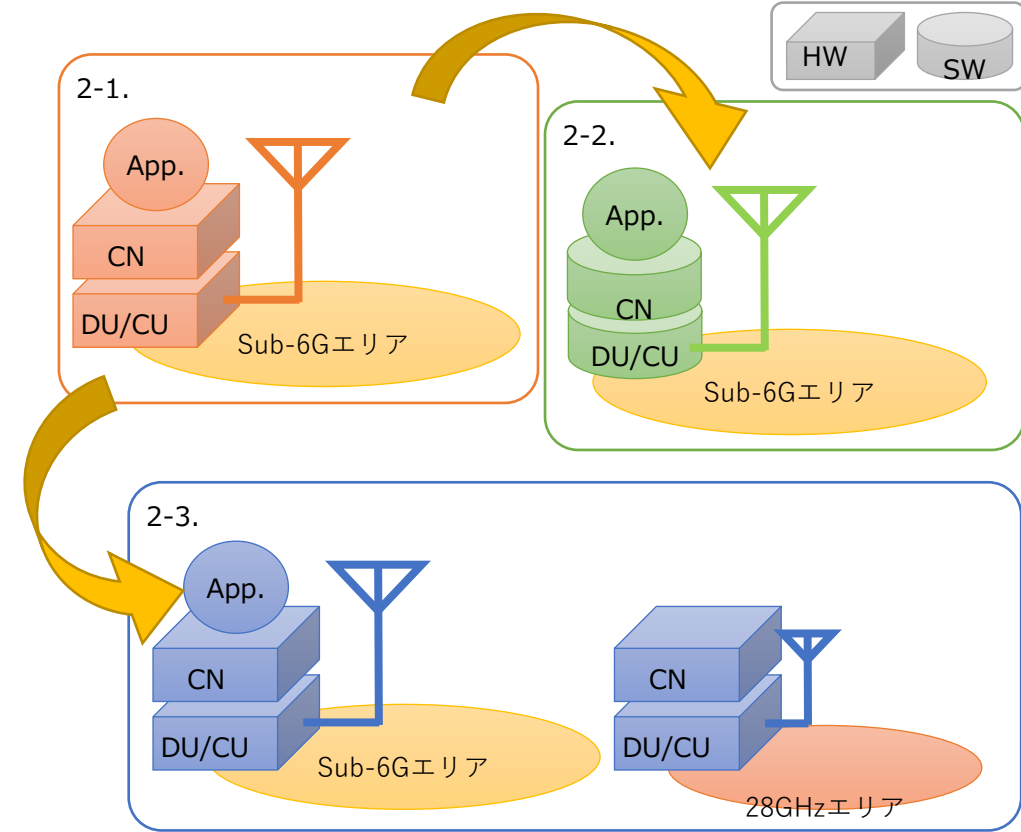
- 基地局設備、アンテナ等で構成されるモバイルネットワーク環境を提供。5Gネットワークを活用する**アプリケーション技術の研究開発**を実施可能。課題抽出を経てB5Gネットワークの要件等を明確化

2-2. モバイルネットワーク開発環境 : 2022年10月～

- 汎用サーバ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～

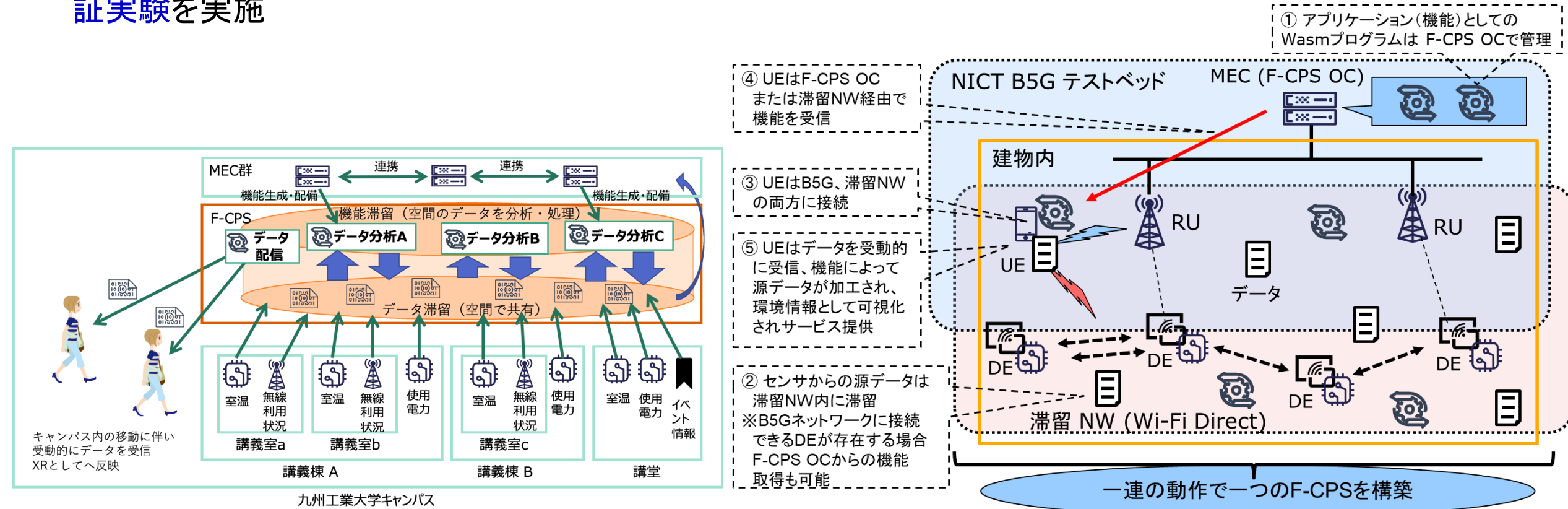
- **複数基地局(28GHz帯、Sub-6GHz帯)**及びこれらに接続可能な**マルチバンド端末局**を用いるモバイルシステムの実証環境を提供。端末は事前設定により、共通エリアにおいて基地局選択可能



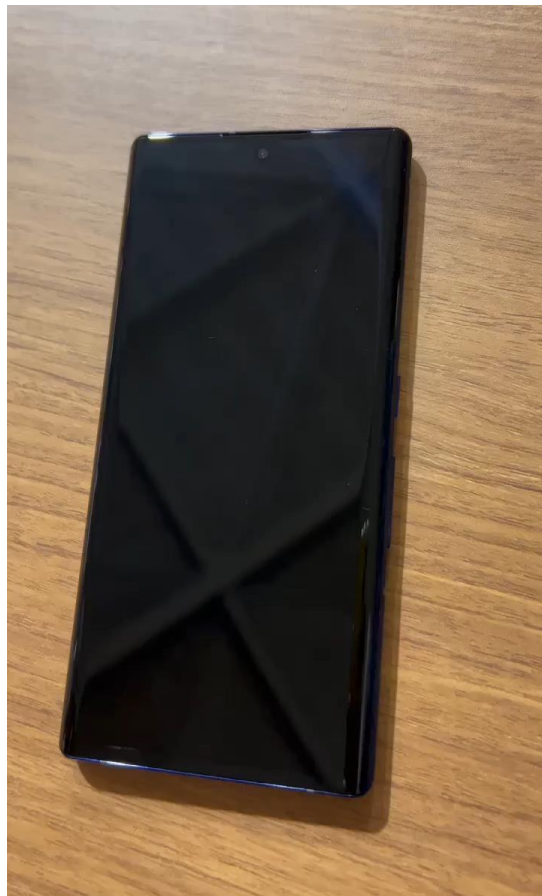
拠点	モバイルアプリケーション実証環境		モバイルネットワーク開発環境	モバイル基地局開発環境
	屋内	屋外		
NICT本部(小金井)	●	●	●	
大阪大学 豊中キャンパス		●	●	
大阪大学 吹田キャンパス	●	●		
九州工業大学 戸畑キャンパス	●	●		
九州工業大学 飯塚キャンパス	●	●	●	
横須賀リサーチパーク(YRP)				●

「フローティングCPS広域基盤技術」概要

- Beyond 5G研究開発促進事業（一般型）における「Beyond 5G国際共同研究型プログラム」に採択（05501）
 - ▶ テーマ名「低遅延・自律性を実現するフローティングサイバーフィジカルシステムと広域連携の研究開発」
- フローティングコンポーネント技術、Beyondコンテナ実行基盤技術の成果を統合
 - ▶ F-CPSを実現する基盤（プラットフォーム）を開発・実装
- 単一または近隣のF-CPSを用いたユースケースとして、F-CPS内を流通する時空間データ(STD)を用い実証実験を実施



- 滞留システムも介し受信したSTDをWasmアプリケーションで分析、表示可能
 - ▶ データ地産地消: 取得STDの分析・表示により「過ごしやすい地点」を可視化
 - ▶ Android端末・ノートPC上で、同一アプリでの実行を確認



15:13 5G 95%

172.16.16.13/#/main

Wasmコンテナ管理基盤

管理基盤名: Wasmコンテナ管理基盤

IPアドレス: 172.16.16.13

バージョン: 1

基盤状態: 通常

'https://localhost:8443/fcps.html'に新たなSTDを受信しました。

---GYM LAB 西側(センサA)---

不快指数による体感は'快い'です。

周辺は'かなり混雑して'いて、騒音値は'うるさい'です。

気温:24.11℃, 湿度:35.64%,

騒音:69.92db, 接続デバイス数:31台

計測時間:2024/01/22 20:34:13

---GYM LAB 東側(センサB)---

不快指数による体感は'暑くない'です。

周辺は'かなり混雑して'いて、騒音値は'うるさい'です。

気温:27.06℃, 湿度:30.19%,

騒音:56.73db, 接続デバイス数:25台

計測時間:2024/01/22 20:09:54

● 認証済みです。認証時刻: Fri, 02 Feb 2024 13:41:30 GMT

Wasmコンテナ管理基盤

管理基盤名: Wasmコンテナ管理基盤 IPアドレス: 172.16.16.13 バージョン: 1 基盤状態: 通常

test
Fri, 02 Feb 2024 13:38:00 GMT

UUID: WASM-5a9ef736-9a20-43f3-8ce5-343746ef8a10

コンテナ名: test

コンテナイメージ名: kyutech_gymlabo_1.3

配置先ノード: Node-c62b3384-ecc4-4cb3-93d3-f4aa7346808

Wasmコンテナ状態: running

エラー原因:

Wasmコンテナメトリック

CPU使用率:

Hello F-CPS in Kyutech
開始時刻: 2024年02月02日 22時38分00秒

'https://localhost:8443/fcps.html'に新たなSTDを受信しました。

---GYM LAB 西側(センサA)---

不快指数による体感は'暑くない'です。

周辺は'やや混雑して'いて、騒音値は'きわめてうるさい'です。

気温:24.4℃, 湿度:44.28%,

騒音:80.98db, 接続デバイス数:15台

計測時間:2024/2/2 20:55:99

---GYM LAB 東側(センサB)---

不快指数による体感は'快い'です。

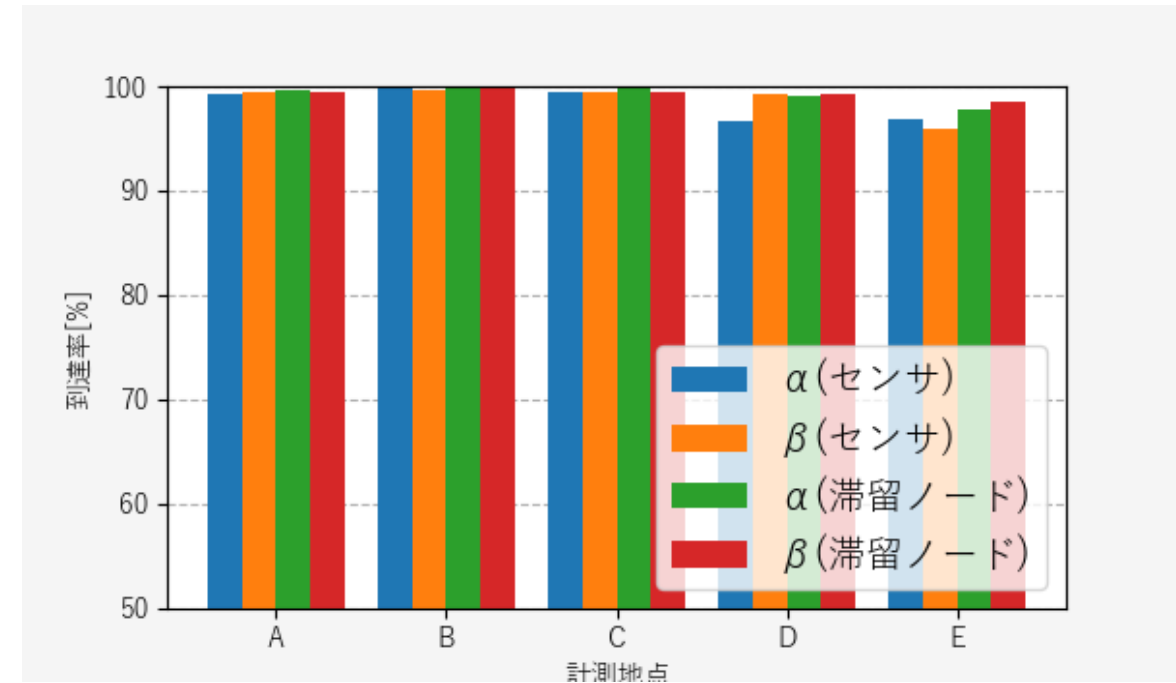
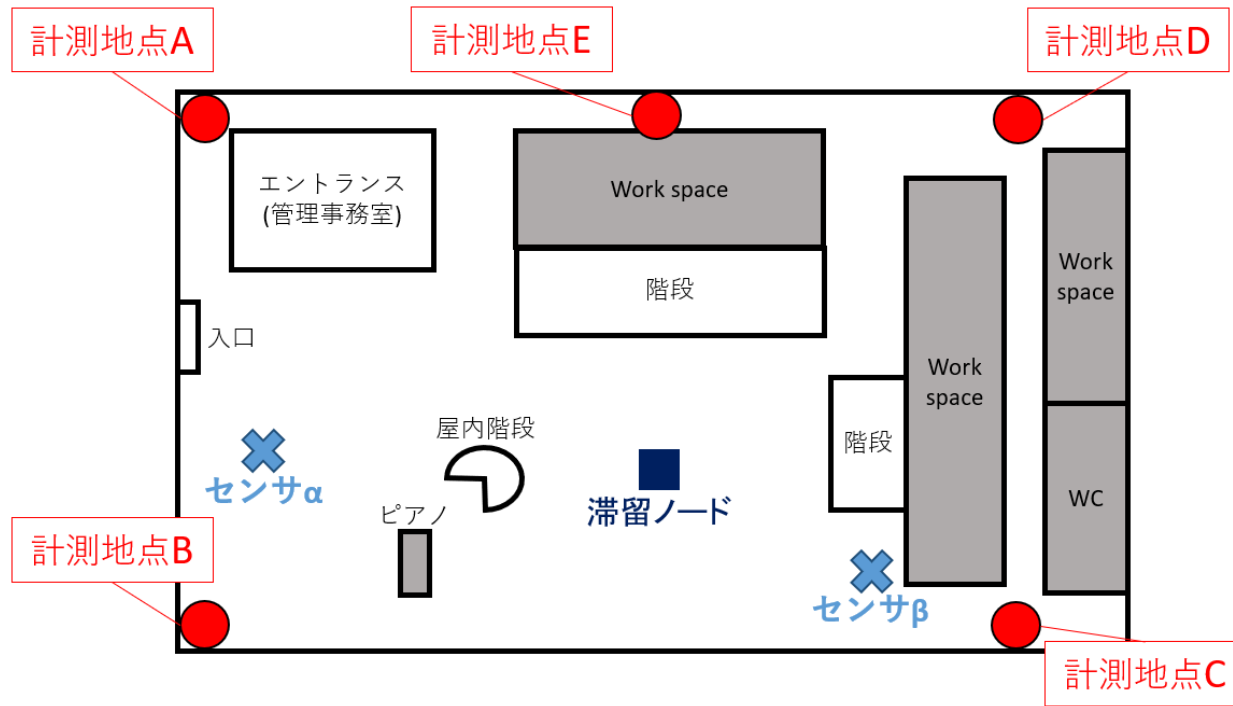
周辺は'かなり混雑して'いて、騒音値は'きわめてうるさい'です。

気温:23.66℃, 湿度:49.14%,

騒音:89.42db, 接続デバイス数:16台

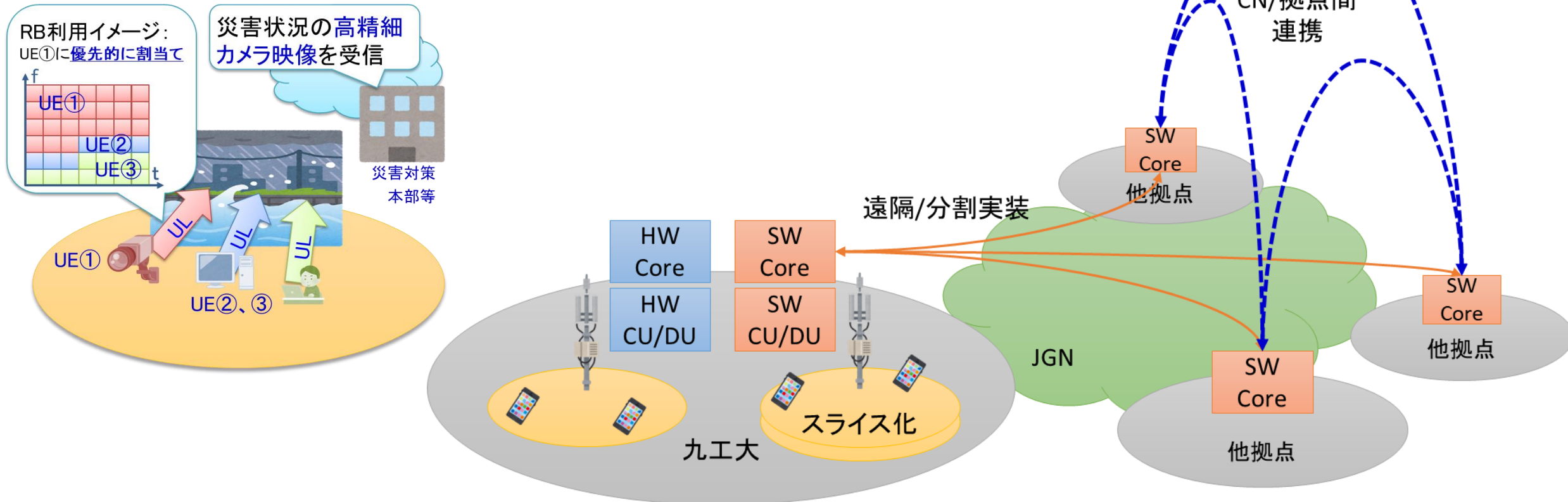
計測時間:2024/2/2 20:55:70

- 全計測地点において、**ほぼ100%のSTD取得率**を実現
 - ▶ 提供された滞留ネットワーク内の**滞留ノード中継**により、センサから直接のSTD受信が難しい場合にも、STD取得率特性を改善



「動的リソース割当・遠隔コア配置技術」概要

- 九州工業大学ーNICT マッチング研究支援事業(R4-5年度)に採択
 - ▶ テーマ名「オンデマンドリソース割当てによる L5G基地局の循環進化技術」
- 九州工業大学内のL5G準拠のテストベッド環境を活用し、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

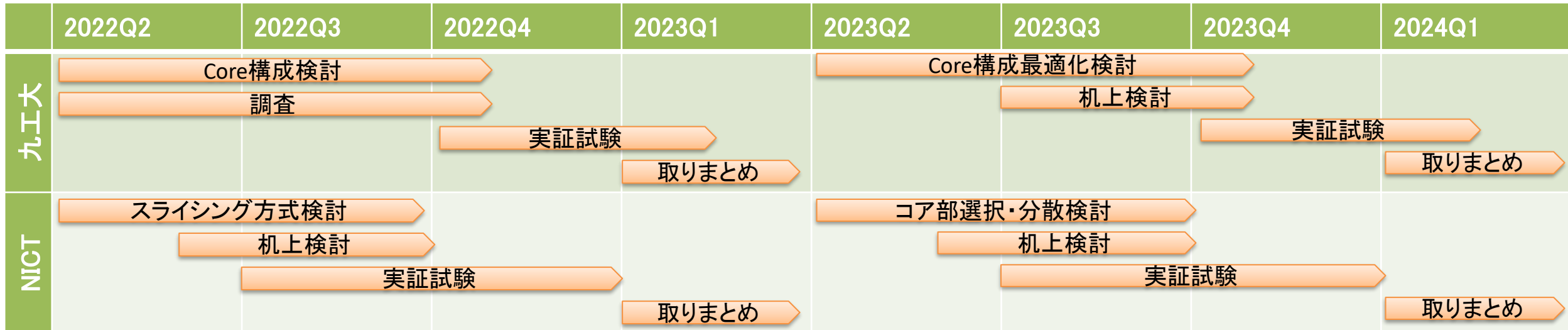


研究開発分担・線表

● 研究開発分担

	R4年度	R5年度
九工大	<ul style="list-style-type: none"> ソフトウェアコア設備の研究開発、評価実験主担当 ソフトウェアコア設備の構成について検討を行うとともに、当該設備の物理的な実装手法について検討し、基本的な動作特性について評価 	<ul style="list-style-type: none"> ソフトウェアコア設備の構成最適化について検討を行うとともに、当該設備の物理的な実装手法について検討、コア部カスタマイズを想定し特性評価
NICT	<ul style="list-style-type: none"> 高度スライス機能の研究開発、評価実験主担当 オンデマンド要求に基づきスライスを定義する機能を実装する手法について検討し、基本的な動作特性について評価 	<ul style="list-style-type: none"> オンデマンド要求に基づきスライスを定義する機能を実装する手法について検討し、コア部カスタマイズを想定した特性について評価

● 線表



- スライシングにより複数の特性比較のため、帯域に関して異なる条件を適用した無線端末 (UE) 同士での動作比較を示している

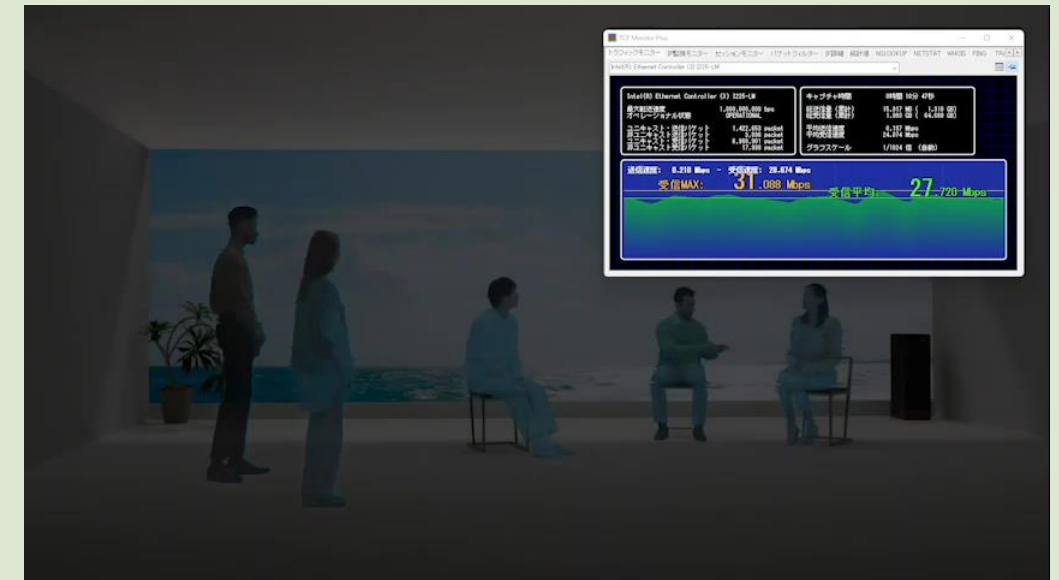
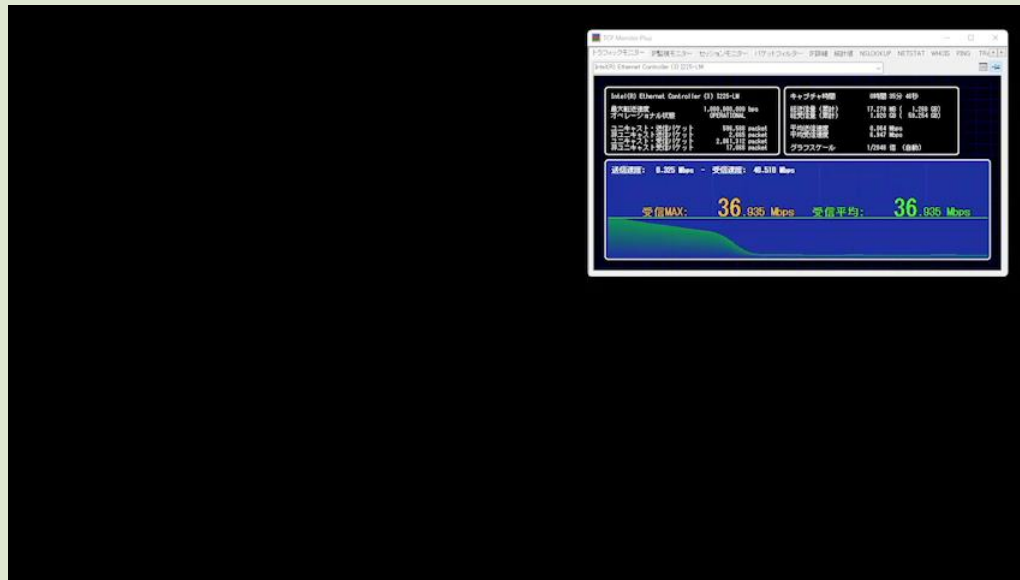
	「帯域大」スライシング	「帯域小」スライシング
スループット	 <p>スライス#1 Downlink Throughput (UDP) 310 Mbps</p>	 <p>スライス#2 Downlink Throughput (UDP) 19.6 Mbps</p>
動画像品質		

- スライシングにより「帯域確保」を実現し、他の通信サービスからの干渉を回避し良好な無線通信を行うことも可能

スライシングによる「帯域確保」なし

スライシングによる「帯域確保」あり

動画像
品質



- 異なる拠点に置かれたコアに対するダウンリンク性能の比較を示す

北陸設置コア利用時



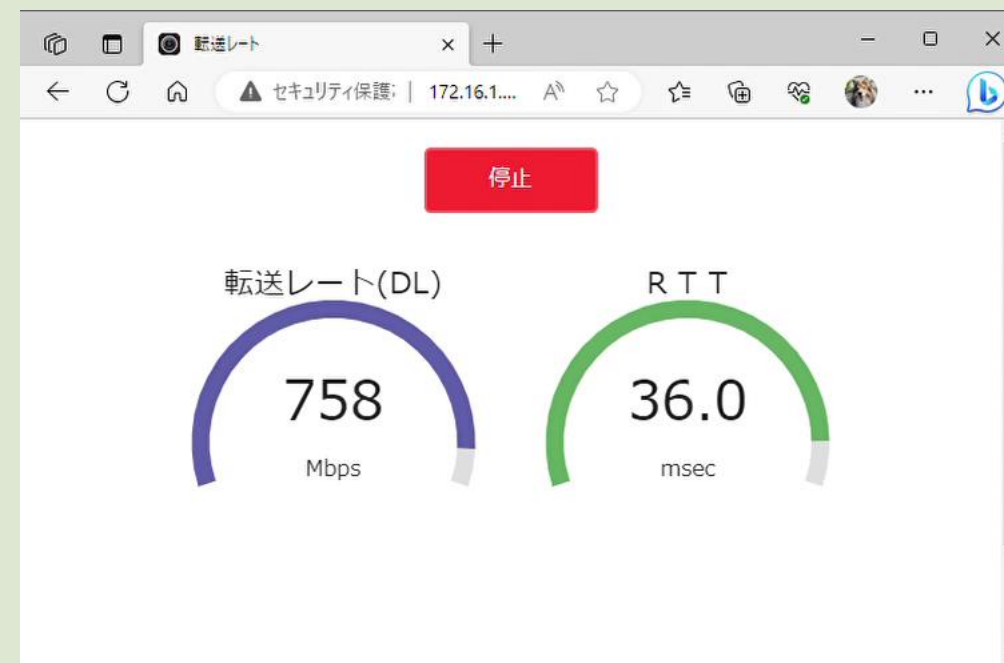
転送レート中央値

約250 Mb/s

RTT中央値

約60 ms

小金井設置コア利用時



転送レート中央値

約800 Mb/s

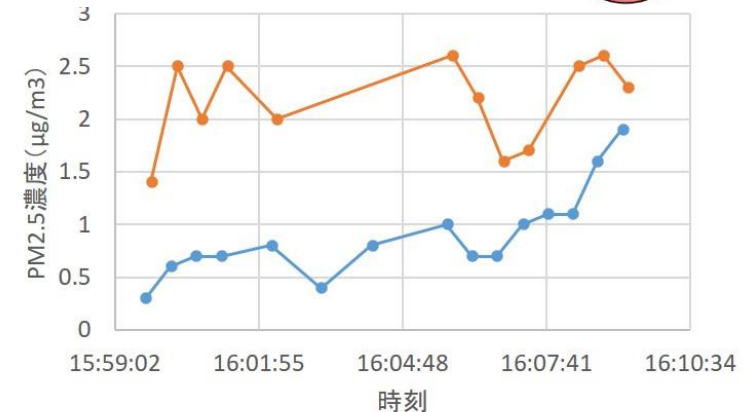
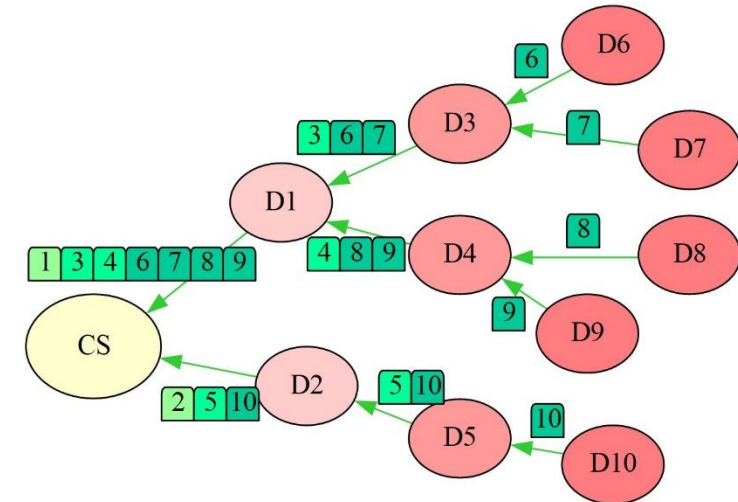
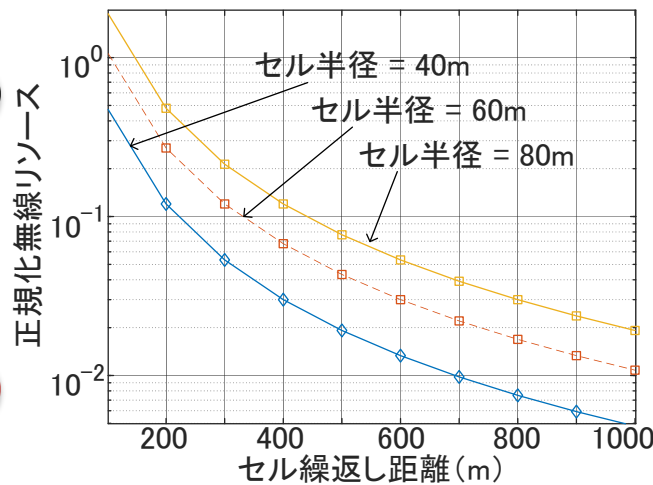
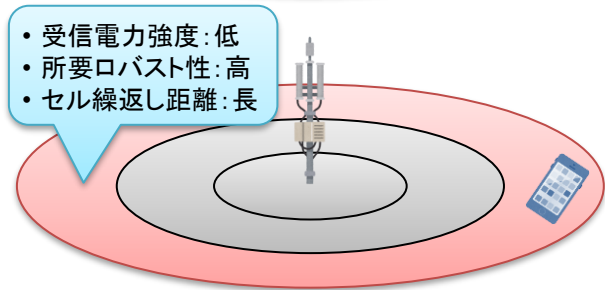
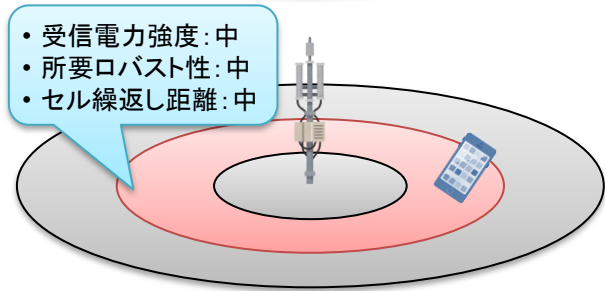
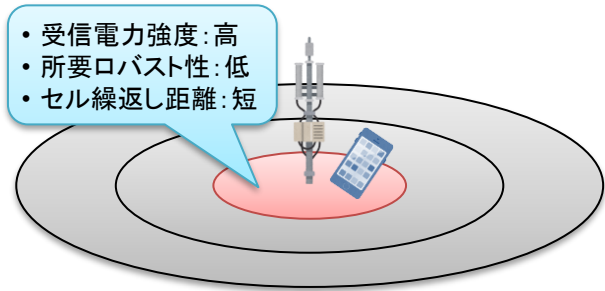
RTT中央値

約25 ms

地上系システム(TN)における連携拡張検討例

● 適用エリアに即した地上系モバイルの高度化機能検討

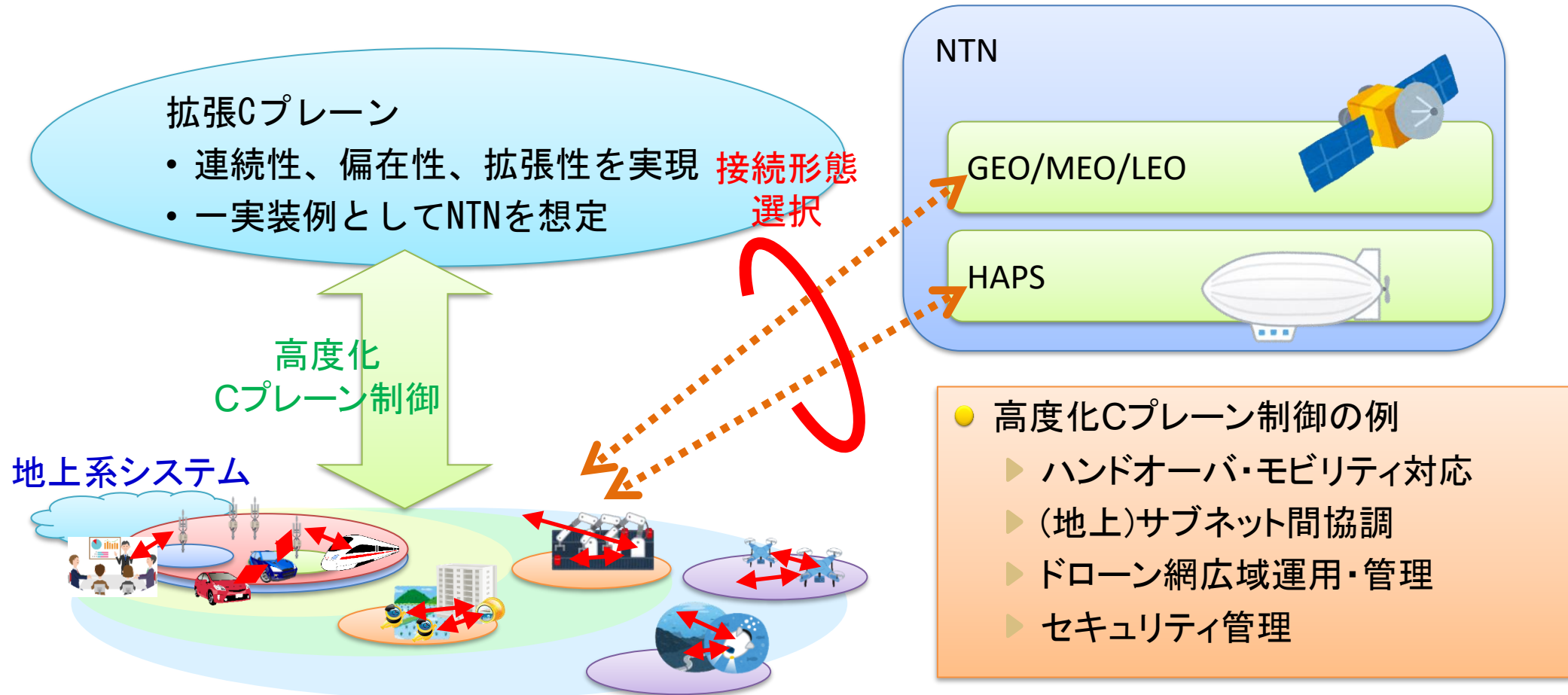
- ▶ 市街地：稠密・不均一な電波利用を想定し、**低速適応変調**の適用検討
- ▶ 河川周辺：状況変化を検知する**LPWAシステム**との連携検討



低速適応変調の概要とエリア構築検討

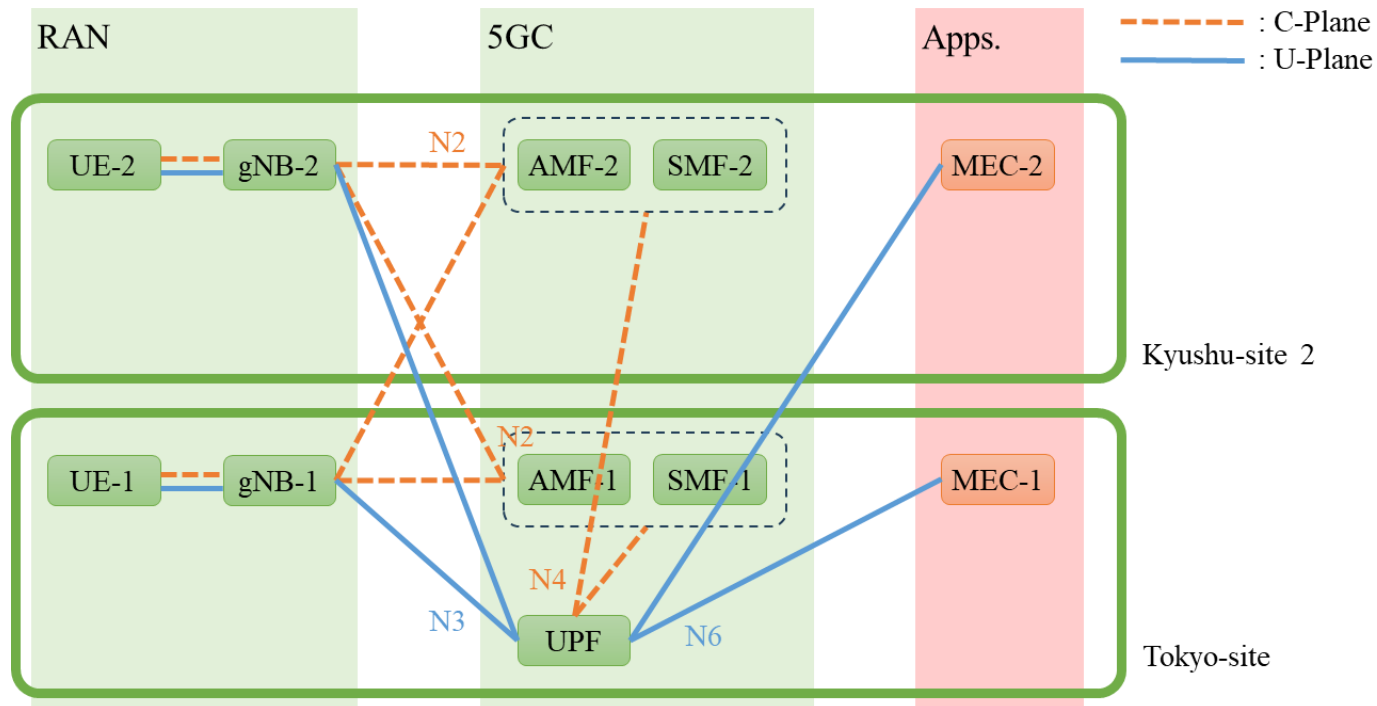
LPWAシステム連携による環境センシング実証

- 地上系無線通信システムの高度化に不可欠な**拡張Cプレーン**のNTN実装を検討
 - ▶ 拡張Cプレーンの連続性、偏在性、拡張性を実現
 - ▶ 要件に応じてNTNアーキテクチャ(Space/Air borne、Transparent/Regenerative)を選択



基本特性評価：モバイルネットワーク開発環境

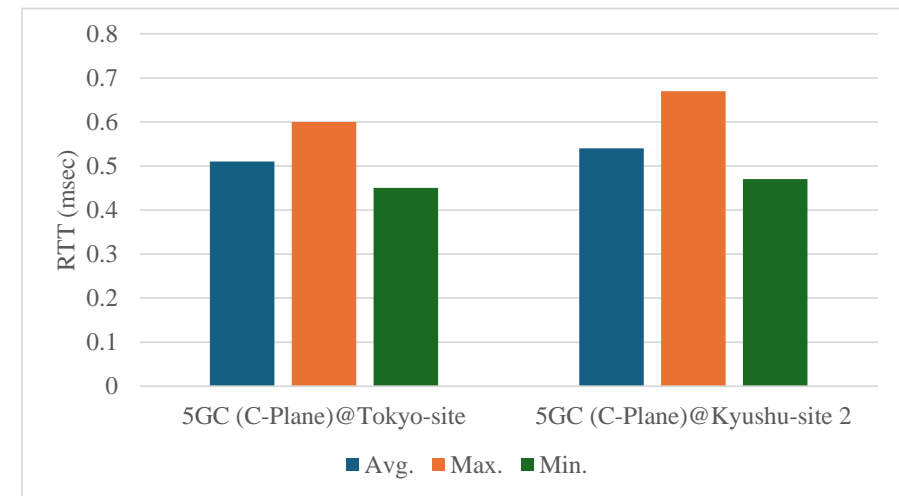
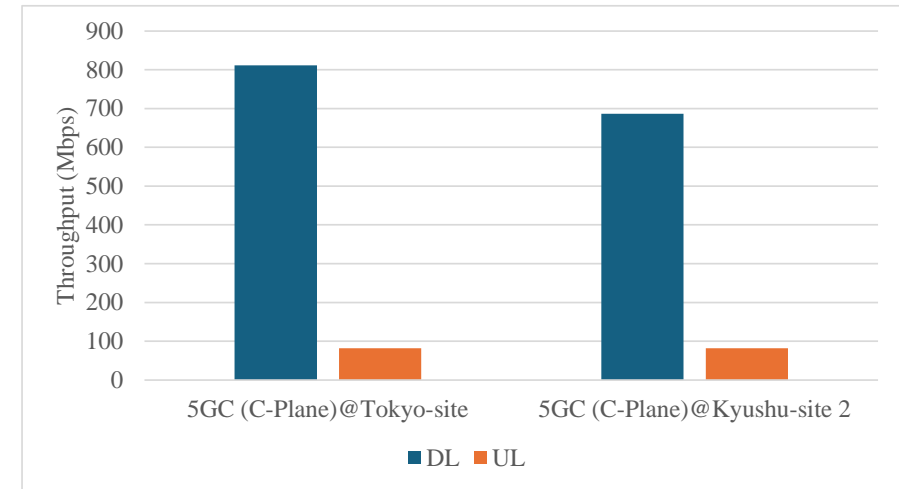
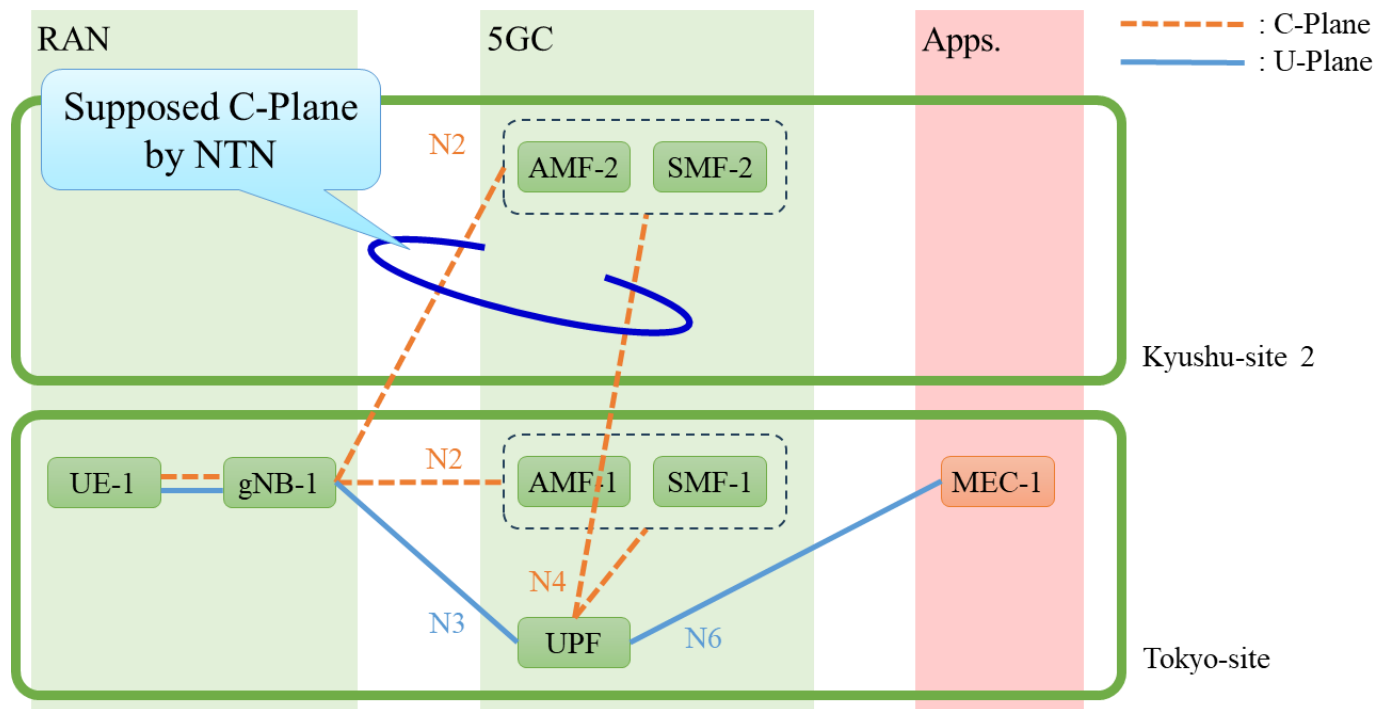
- ソフトウェアベースの5GCの遠隔/分散設置(モバイルコア)を利用した拡張Cプレーンの基礎評価を実施
 - ▶ B5Gモバイル拠点間の距離を活用し、NTNリンクを想定した評価を実施
 - ▶ UEとして、エミュレータによる動作実装



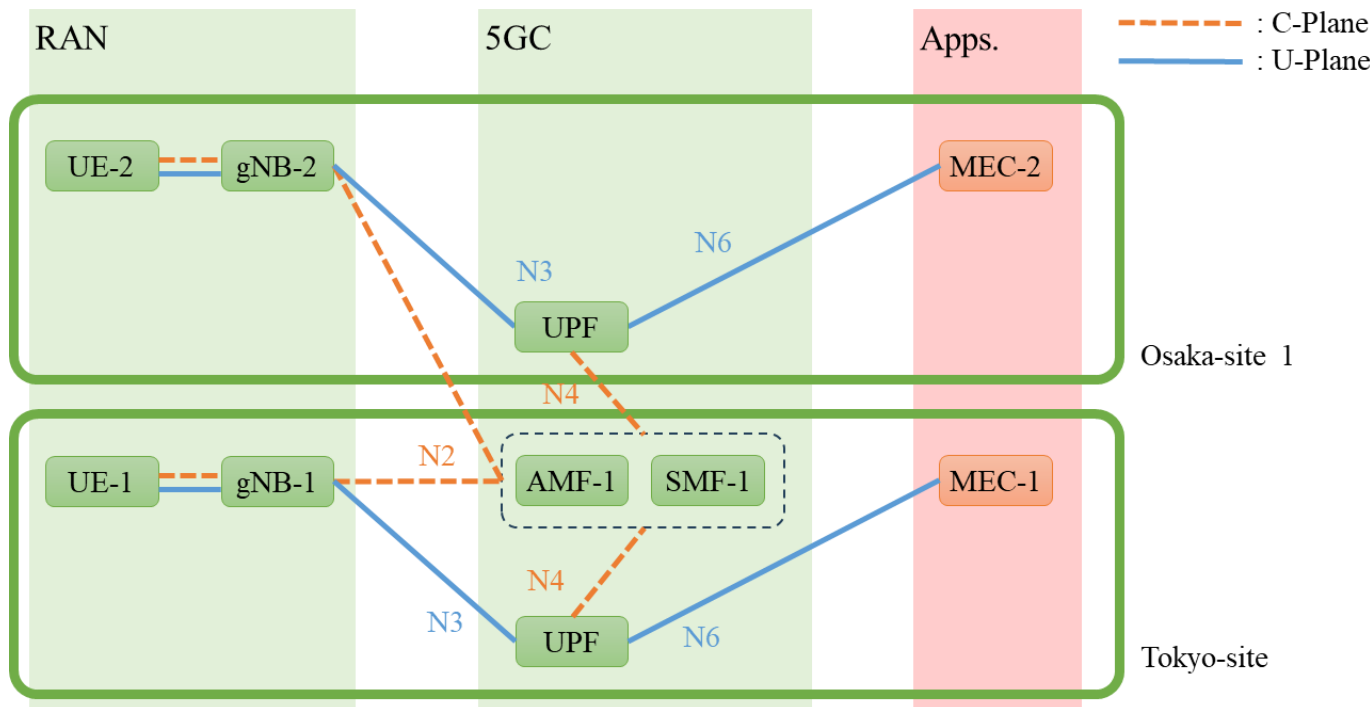
Client		Server			
		Tokyo-MEC		Kyushu-MEC	
UE-1 @Tokyo-site	5GC (C-Plane) @Tokyo-site	DL	1148 Mbps	DL	119 Mbps
		UL	1165 Mbps	UL	189 Mbps
	5GC (C-Plane) @Kyushu-site 2	DL	928 Mbps	DL	125 Mbps
		UL	1190 Mbps	UL	223 Mbps
UE-2 @Kyushu-site 2	5GC (C-Plane) @Tokyo-site	DL	346 Mbps	DL	191 Mbps
		UL	498 Mbps	UL	334 Mbps
	5GC (C-Plane) @Kyushu-site 2	DL	319 Mbps	DL	214 Mbps
		UL	495 Mbps	UL	313 Mbps

Client		Server			
		Tokyo-MEC		Kyushu-MEC	
UE-1 @Tokyo-site	5GC (C-Plane) @Tokyo-site	Avg.	0.52 msec	Avg.	17.26 msec
		Max.	0.64 msec	Max.	17.76 msec
		Min.	0.43 msec	Min.	17.04 msec
	5GC (C-Plane) @Kyushu-site 2	Avg.	0.57 msec	Avg.	17.25 msec
		Max.	0.70 msec	Max.	18.37 msec
		Min.	0.48 msec	Min.	17.01 msec
UE-2 @Kyushu-site 2	5GC (C-Plane) @Tokyo-site	Avg.	18.86 msec	Avg.	35.50 msec
		Max.	18.98 msec	Max.	36.46 msec
		Min.	18.71 msec	Min.	35.28 msec
	5GC (C-Plane) @Kyushu-site 2	Avg.	18.83 msec	Avg.	35.50 msec
		Max.	19.17 msec	Max.	36.18 msec
		Min.	18.71 msec	Min.	35.26 msec

- 想定したNTNリンクによる特性劣化は見られず、拡張C-Planeの意義について確認することができた



- ハードウェアベースの5GC(東京拠点に固定)を適用し、UE、MECを遠隔実装することで評価
 - ▶ UEとして、実端末を適用

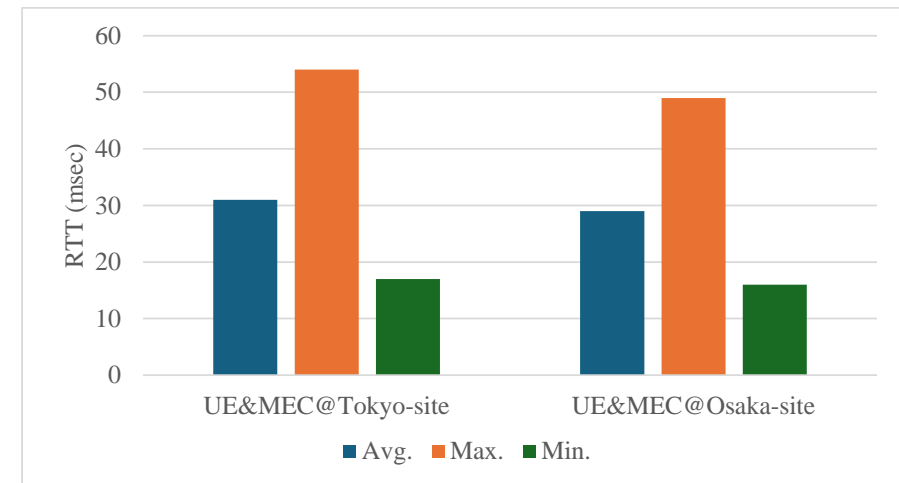
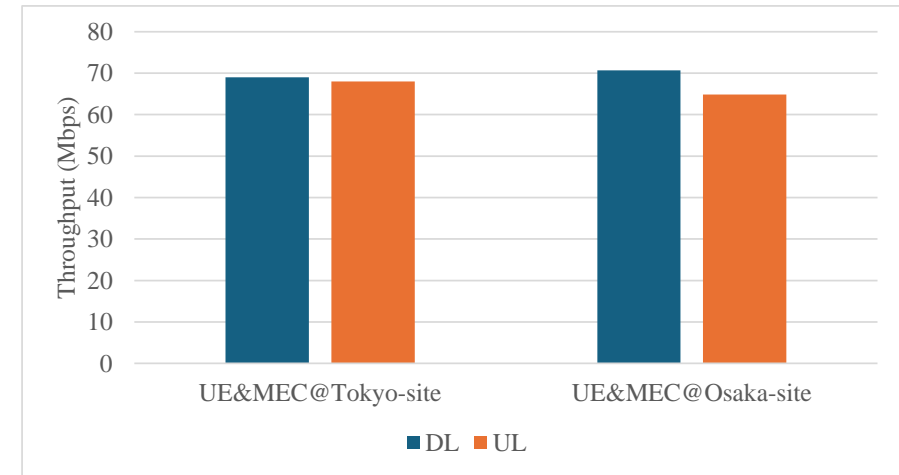
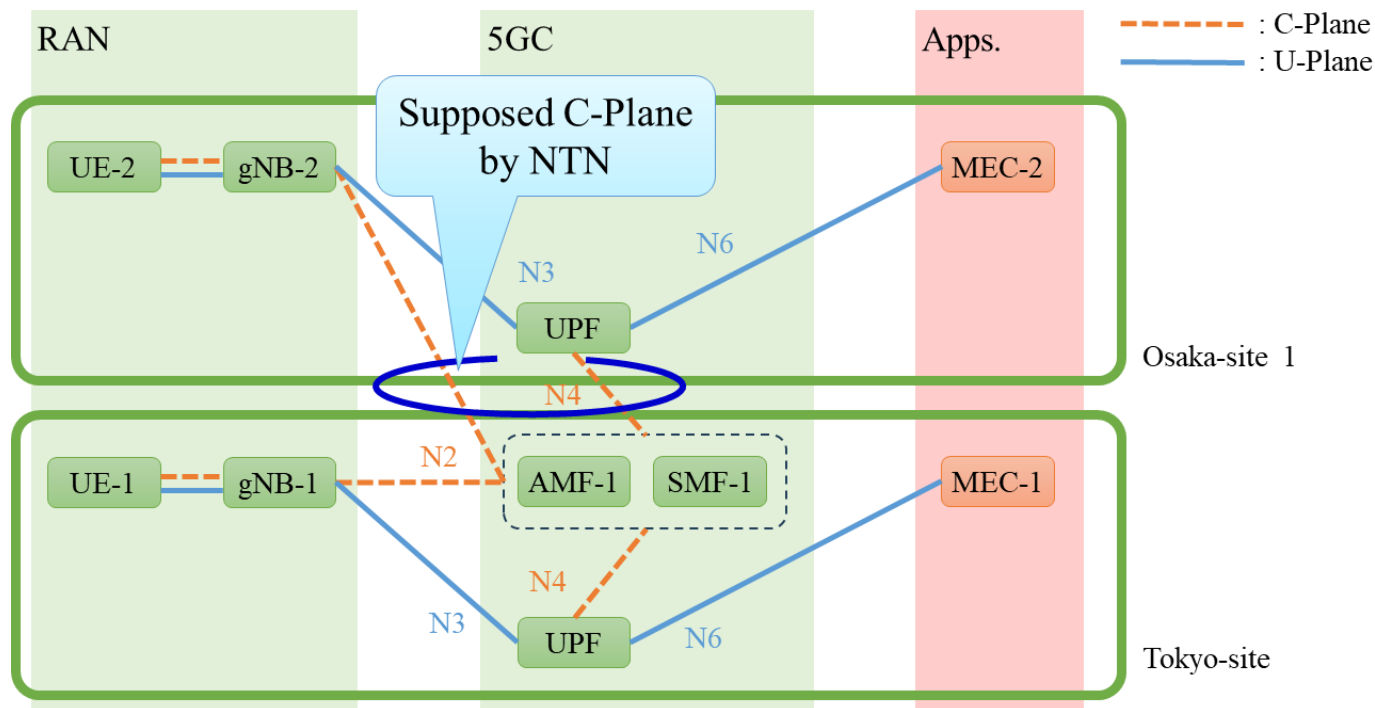


Client		Server			
		Tokyo-MEC		Osaka-MEC	
UE-1 @Tokyo-site	5GC (C-Plane) @Tokyo-site	Avg.	31 ms	Avg.	38 ms
		Max.	54 ms	Max.	59 ms
		Min.	17 ms	Min.	24 ms
UE-2 @Osaka-site 1	5GC (C-Plane) @Tokyo-site	Avg.	36 ms	Avg.	29 ms
		Max.	56 ms	Max.	49 ms
		Min.	23 ms	Min.	16 ms

Client		Server			
		Tokyo-MEC		Osaka-MEC	
UE-1 @Tokyo-site	5GC (C-Plane) @Tokyo-site	DL	69.02 Mbps	DL	57.65 Mbps
		UL	70.68 Mbps	UL	55.83 Mbps
UE-2 @Osaka-site 1	5GC (C-Plane) @Tokyo-site	DL	55.03 Mbps	DL	68.02 Mbps
		UL	53.23 Mbps	UL	64.85 Mbps

- モバイルネットワーク開発環境と同等の傾向を確認できた

デモンストレーション実演中



- 査読付き国際会議論文採択・発表済
- 査読付き国際誌上論文採録決定済み
- 外部資金獲得等についても検討中

Dynamic Radio Resource Allocation Scheme for the B5G Mobile Systems Evaluated on the B5G/IoT Testbed with High Reliability and High Elasticity

F. Kojima

ICT Testbed Research and Development Promotion Center, Social Innovation Unit, National Institute of Information and Communications Technology (NICT)
4-2-1 Nukui-Kitamachi, Koganei, Tokyo, Japan
f-kojima@nict.go.jp

R. Nakano

ICT Testbed Research and Development Promotion Center, Social Innovation Unit, National Institute of Information and Communications Technology (NICT)
4-2-1 Nukui-Kitamachi, Koganei, Tokyo, Japan
n.renri@nict.go.jp

T. Ikenaga

Department of Electrical, Electronic and Computer Engineering, Faculty of Engineering, Kyushu Institute of Technology
1-1 Sensui-cho, Tobata-ku, Kitakyushu, Fukuoka, Japan
ike@ecs.kyutech.ac.jp

Abstract

This chapter reports on a dynamic radio resource allocation scheme according to the radio utility conditions for B5G mobile applications that is evaluated in the B5G/IoT testbed environment with high reliability and high elasticity that provides wired and wireless network evaluation environments with adequate back-up infrastructure and expandable functions via the software defined technologies.

Terrestrial Mobile Testbed Enhancement employing the Reconfigurable Evaluation Environment for the Non-Terrestrial Networks toward B5G Systems

(Paper ID-1571086659)

Fumihide KOJIMA⁺ Renri NAKANO⁺ and Takeshi IKENAGA⁺⁺
⁺National Institute of Information and Communications Technology (NICT)
⁺⁺Kyushu Institute of Technology

This research has been conducted under the contracts "R&D for the realization of high-precision radio wave emulator in cyberspace" and "R&D on the deployment of mobile communication systems in the millimeter wave band and other frequencies" (JPJ000254) made with the Ministry of Internal Affairs and Communications of Japan.

Copyright © 2024 National Institute of Information and Communications Technology. All Rights Reserved



本研究開発、テストベッドの発信について

- 本研究開発・協創プロジェクトは、イベントや展示会で発信。当該テストベッド設備をコアとするさらなる連携につながることを期待される



KITFES-62 工大祭とは 企業 スケジュール プロコン 模擬店 協賛 交通案内 九工大HP

次世代高速通信を実現する 6G 設備とデモ紹介

研究室： 情報・通信工学科ネットワーク研究室 (鶴・塚本・川原研)

5G 通信技術により様々なサービスが低遅延で提供されていますが、2030 年から始まる 6G 通信を用いたより高度なサービス提供の実現に向け、飯塚キャンパスに情報通信研究機構 (NICT) が運用する実験用設備が設置されています (現在、日本で 3 か所のみ)。本展示では 6G 通信技術やその実験の様子を紹介し、実際の設備見学もを行います。

工大祭での実証



日本学術振興会「ひらめき☆ときめきサイエンス～ようこそ大学の研究室へ～KAKENHI」での活用 (<https://www.jsps.go.jp/j-hirameki/>)

【基本編】 B5Gモバイル環境を使ってみる

■基本的な動作：B5Gモバイル環境から外部サイトへアクセスし

【準備】

B5Gモバイル環境	5G端末	PC
<ul style="list-style-type: none"> 利用申請を行い、NICTモバイル環境へお越しください。 	<ul style="list-style-type: none"> 利用権限は発行します。 今回使うのは COMPAQ 社製 HAKUKU+ (R17) (G17-917) 	<ul style="list-style-type: none"> ご準備



テストベッドのハンズオンイベント



未来思考実証センター設置記念シンポジウム



NICTオープンハウスでの実証

「B5Gモバイル環境」当日デモンストレーション

- 3号館付近屋外無線アクセスポイントより電波発射動作を実施
- 無線端末によるアクセス実証をご確認可能

現在位置 You are here.

無線アクセスポイント Radio AP

電波発射エリア

デモ Demonstration

- 九州工業大学(九工大)・情報通信研究機構(NICT)は、**B5Gモバイル環境**の利活用に基づく、**マッチングファンド**をはじめとする協創プロジェクトを推進してきた
- **高度化・多様化が見込まれるB5G無線通信システム**に関する研究開発を実施している
 - ▶ フローティングCPS広域基盤技術
 - ▶ 動的リソース割当・遠隔コア配置技術
 - ▶ NTN等ヘテロネットワーク連携技術
- 研究開発・協創プロジェクトは、イベントや展示会で発信。当該テストベッド設備を**コアとするさらなる連携**につながることが期待される
 - **北九州地区の産学官が参加する産学連携共創**への取組を継続したい