

# キャンパス内テストベッドとしてのローカル 5G 導入 とキャンパスネットワークとの接続

下地 寛武<sup>1)</sup>, 近堂 徹<sup>1)</sup>, 西村 浩二<sup>1)</sup>

1) 広島大学 情報メディア教育研究センター

h-shimoji@hiroshima-u.ac.jp

## Local 5G deployment as a wireless testbed connecting the campus network

Hiromu Shimoji<sup>1)</sup>, Tohru Kondo<sup>1)</sup>, Kouji Nishimura<sup>1)</sup>

1) Information Media Center, Hiroshima University

### 概要

広島大学では 2023 年 8 月に、広島大学東広島キャンパス敷地内に第 5 世代移動通信システム（ローカル 5G）を整備し、学内外の研究や実証実験フィールドとしての利活用促進に向けた取り組みを進めている。ローカル 5G は、高速・低遅延・多数同時接続の 5G の主要性能を持ったネットワークを自らの敷地内で柔軟に構築できる点に大きなメリットがある。また、ライセンスバンド（無線局免許を必要とする周波数帯）であるため、Wi-Fi 等のアンライセンスバンドと比較し安定かつ高速な通信を見込むことができ、特に信頼性が求められるユースケースで活用が望まれている。その一方で、機材導入から免許取得、さらに利活用に至るまで様々な障壁があり、組織的な取り組みが不可欠となる。本稿では、現在進めているローカル 5G 環境整備について紹介するとともに、キャンパスネットワークとの連携や実証実験等の利活用促進に向けた取り組みについて報告する。

## 1 はじめに

第 5 世代移動通信システム (5G) [1] は、超高速、超低遅延、同時多数接続の主要性能を持つ無線通信環境として、2019 年 4 月に周波数が割り当てられ、2020 年 3 月の商用サービス開始以降、携帯事業者を中心に導入が進みつつある。デバイスも 5G 対応のデバイスが市場に出始め、コンシューマ向けの通信インフラとしての広がりを見せつつあることから、今後、高精細映像や大容量コンテンツの高速伝送、多様なデバイスからのデータ収集や遠隔操作など、AI/IoT 等の様々なサービスを支える通信基盤としてより一層の普及と活用が期待されている。

5G の中でも地域の自治体や企業などが個別のニーズに応じて自らの建物内や敷地内で独自に 5G 網を構築できるローカル 5G の導入も広がりを見せている。ローカル 5G は 2019 年 12 月に制度化され、2023 年 9 月時点で全国 1279 の基地局が運営されている [2]。商用 5G とは異なり、組織が主体的に必要な要件を定義し設定を柔軟にしつつ 5G 環境を整備できるため、自らの課題解決や新たなサービス創出に向けた実証実験等を展開しやすい点で利用拡大に期待が寄せられて

いる。また、管理されたライセンスバンド（免許を必要とする周波数帯域）で運用されるシステムであるため、一般的な Wi-Fi とは異なり、他システムとの干渉を受けることなく、安定的な無線通信を屋内外で提供できる点も利点のひとつとして挙げられる。一方で、導入・運用に当たっては現時点では成熟段階に至っておらず、様々な障壁があるのも事実である。機器コストや設置、免許取得までの手続き的なコストに対して、得られる通信品質との費用対効果の面や、ローカル 5G に対応する端末の少なさ、Wi-Fi 等のアンライセンスバンドと比較した時の使いやすさという点で、十分な理解が得られていない点も多い。5G 利活用型社会デザイン推進コンソーシアム\*<sup>1</sup>が発行する「ローカル 5G 関連市場見通し調査レポート」によると、本格的な普及期は 2025 年以降になる見込みとも予想され、先行する組織における利活用事例の蓄積が今後の展開にも大きく関わってくることも指摘されている。そのためには、限られたエリアであっても、ローカル 5G を実感できる環境を整備し、最先端研究や実証実験を通じて 5G の利活用イメージを多種多様な分野で

\*<sup>1</sup> <https://5g-sdc.jp/>

展開していく必要がある。

広島大学では、Town&Gown 構想に基づき、大学と地域が連携し地域課題の解決と持続可能なまちづくり（スマートシティ）を目指す取り組みを進めている\*2。この取り組みの一環として、大学敷地内でローカル 5G を導入することにより、次世代技術やサービスに関する実証研究環境を整備し、企業および自治体等との共同研究の促進や教育環境の充実を図ることとなった。ローカル 5G を整備するにあたっては、単に無線エリアの設計だけではなく、キャンパスネットワークとの連携や学内外組織に対する利活用促進も含めた検討を進めている。本稿では、2023 年 8 月に整備が完了した、学内ローカル 5G 環境について紹介するとともに、導入までの知見や今後の利活用促進に向けた展望について述べる。

## 2 構築したローカル 5G システム

ローカル 5G システムの導入にあたっては、完全に独立した実験用ネットワークとして運用するのではなく、キャンパスネットワークとの連携を意識しつつ、実証実験フィールドとしての有用性を最大限に発揮できる構成で検討した。本章では、構築したシステム概要について述べる。

### 2.1 システム概要

システム構成図を図 1 に示す。ローカル 5G システムは、5GC(Core), EMS ((Element Management System) のコア装置と、CU (Central Unit) および DU(Distributed Unit) の基地局制御装置、RHUB(Radio HUB) および RU(Radio Unit) の無線装置から構成される。5G の電波を出力する RU(アンテナ) は 3 台の屋外用 RU と 6 台の室内用 RU の合計 9 台を設置している。コア装置および基地局制御装置は東広島キャンパス情報メディア教育研究センター本館に設置し、そこから光ファイバで各無線装置を接続する構成となっている。なお整備エリアの詳細については、2.2 節にて説明する。

コア機能はソフトウェアにより提供され、3GPP Release 15 に準拠した、富士通社製 PW300\*3を導入した。5G の主要諸元を表 1 に示す。Sub-6 帯、SA (スタンドアロン) 方式の 5G 網であり、5G 単独で基地局および端末の制御・データ通信を行うことができる。帯域幅は 100MHz、TDD (時分割複信) は準

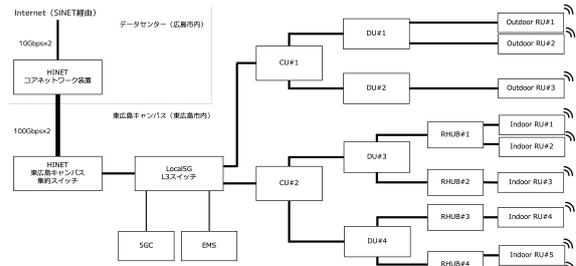


図 1 5G システム概要

表 1 5G システム諸元

項目	諸元
基本仕様	3GPP Release 15, SA 構成
周波数	4.8GHz (屋内, 屋外)
帯域幅	100MHz
ビームフォーミング	あり (屋外のみ)
MIMO 数	DL: 4Layer, UL: 2Layer
セルスループット	DL 0.85Gbps, UL 0.45Gbps
フレームフォーマット	準同期, DL:UL:S=4:4:2

同期運用かつ DL:UL:S=4:4:2 とすることで同期運用に比べてアップリンクのリソースを向上させた形とした。無線区間のスループット性能 (理論値) としては、1 セル (ひとつの RHUB 配下の屋内用 RU, またはひとつの屋外用 RU から送信される電波がカバーするエリア) あたりダウンロード 0.85Gbps, アップロード 0.45Gbps となっている。

次にクライアント端末について述べる。今回、実証実験等の障壁を小さくするために事前にローカル 5G の通信規格に対応した端末装置を複数台整備し、SIM カードを挿した状態で貸出可能な運用とすることとしている。準備した端末の一覧を表 2 に示す。スマートフォン型やノート PC 型といった単体で 5G 通信によるアプリケーションを利用できる端末の他、モバイルルータ型や USB ドングル型の端末も用意し、ユーザーが持ち込む実験機器との接続も可能としている。またこれらの端末用以外にも SIM カードを用意し、必要な免許手続きを行うことで通信機器を持ち込んだ実験にも対応可能としている。

### 2.2 サービスエリア

今回整備したサービスエリアについて説明する。図 2 に基地局マップを示す。

3 台の屋外 RU は、東西約 150m の道路 (図中のスマートストリート)、南北約 300m (図中のスマートアベニュー) の道路を中心にカバーエリアとなるように RU を配置している。図 3 に屋外 RU の設置の様子を示す。南北の道路は車道のほか、歩行者道路もあり、

\*2 <https://tgo.hiroshima-u.ac.jp/>

\*3 <https://www.fujitsu.com/jp/products/network/privatewireless-nw/local5g/>

表 2 整備したクライアント端末一覧

種類	機種	台数
スマートフォン型	FCNT SDME01001	15
ノート PC 型	Fujitsu LIFEBOOK U9312/K	10
モバイルルータ型	KYOCERA K5G-C	15
USB ドングル型	APAL Tributo dongle	20
エッジデバイス型	FCNT AW02	10

移動体におけるユースケースを想定した整備を行なっている。また、特にスマートアベニューの南北側から2つのRUを設置することで、電波伝搬特性の違いによる挙動や基地局間ハンドオーバー時の動作などを確認することができる。

6台の屋内RUは、丸印で示す場所に設置している。会議室やセミナー室などのパブリックスペースや、実験スペースに加え、体育館にも整備し、広い屋内スペースでの実証実験を行うことを想定した整備を行っている。また、一部の場所にはWi-Fi6 (IEEE802.11ax) 対応のアクセスポイントも併設されており、Wi-Fiとローカル5Gの電波比較なども行うことが可能となっている。図4に屋内RUの設置の様子を示す。

このように、多様な実証実験のユースケースで活用できるようなサービスエリアを展開することで、研究開発した技術やサービスをさまざまな環境で確認することが可能となっている。



図 3 屋外 RU 設置の様子



図 4 屋内 RU 設置の様子（上：会議室，下：体育館）



図 2 基地局マップ (Google Map 上にプロットしたもの)

### 2.3 キャンパスネットワークとの接続

整備したローカル5Gシステムは、5Gシステム内でLANを構成し、接続端末間で直接通信も可能としている\*4。また、広島大学キャンパスネットワークHINET[3][4]とも接続し、セキュリティを確保しつつ学内サーバやインターネットへの接続も可能としている。

HINETでは、キャンパスネットワークにおけるIPアドレスやVLAN等のネットワーク資源を全学一元管理し、レイヤ3機能をデータセンターに集約している。ローカル5Gネットワークの資源もこれらの管理に含めることで、例えば研究室ネットワークとローカル5Gネットワークを相互接続する構成をとることも可能である。これにより、研究室で行なってい

\*4 設定によりフィルタすることも可能

る実験をサーバ機器等を移動させることなくローカル 5G 環境に展開することができるようになるなど、利用者の実験準備に要するコストを極力減らす構成としている。

図 5 に、屋外 RU の稼働状況・通信状況を HINET 側から可視化している様子を示す。Telegraf\*<sup>5</sup>、InfluxDB\*<sup>6</sup>、Grafana\*<sup>7</sup>を利用した監視システムを構築し、学内から稼働状況を確認することができるようにしている。



図 5 屋外 RU の通信状況の可視化

### 3 利用促進に向けた取り組みへの展望

学内ローカル 5G システムは、大学と地域が連携し地域課題の解決と持続可能なまちづくりを目指す取り組みの一環として、実証研究および人材育成の環境として整備している。

利用者からの持ち込み端末を対応可能とした柔軟性に加え、現在、実証研究環境として利用価値を高めるための試みとして、実験環境としての基礎性能評価ならびにその視覚化を行なっている。具体的には屋外 RU と屋内 RU の電波伝搬特性や通信速度を 3 次元的に測定し、点群データなどを用いて 3D モデリングされた空間内に測定データを埋め込む。これらと VR 技術と組み合わせることで、利用者に対して実証環境としての用途を実感してもらいながら多角的に提案できると考えている。

また、本学構成員や周辺地域の方などへの普及活動の一環として、システム納入業者らと協力してローカル 5G に関するデモ展示を企画中である。参加者には簡易的な電波強度の可視化や映像を用いた遠隔作業支援などを体験してもらい、研究促進や人材育成へのつながりをにらみながらも、まずは先進技術に親しみをもってもらえるように準備を進めている。その後、定常的な実証環境としての活用を目指し、説明会や利用

相談会など、学内外の利用希望者に向けた実験支援を強化していく予定である。

### 4 まとめ

本稿では、2023 年 8 月に整備を行なった学内ローカル 5G 環境について述べた。今回整備したネットワークは、屋外 3 箇所、屋内 6 箇所の基地局から構成され、様々なユースケースにおける実験を行うことが可能となっている。また、キャンパスネットワークとの接続により、学内ネットワークとの連携や SINET や商用クラウドサービスとの連携も可能な設計としている。現在、2023 年 11 月の正式運用に向けて、基礎性能評価や利用規則等の制度面、手続面での準備を進めている。

今後、学内外の研究者、企業、自治体等の利活用促進に向けた支援を行い、多様な研究成果の社会実装のための実証フィールドとしての利用価値を高め、産学連携、地域連携の基盤として活用していきたい。

### 謝辞

本発表に関する取り組みに尽力頂いている情報メディア教育研究センター、財務総務室 情報部 情報化推進グループおよびタウン・アンド・ガウン (TGO) オフィス、富士通ネットワークソリューションズの関係者各位に感謝致します。

### 参考文献

- [1] 3GPP, 5G System Overview, <https://www.3gpp.org/technologies/5g-system-overview> (参照日: 2023-9-21)
- [2] Accuver 全国ローカル 5G マップ, <https://5gmap.accuver.jp> (参照日: 2023-9-21)
- [3] 近堂徹, 田島浩一, 岸場清悟, 吉田朋彦, 岩田則和, 大東俊博, 西村浩二, 相原玲二, “クラウドコンピューティング活用のための大規模キャンパスネットワーク”, 情報処理学会 インターネットと運用技術シンポジウム (IOTS)2014 論文集, pp.101-108, 2014.
- [4] 近堂 徹, “教育研究を支えるキャンパスネットワーク・クラウドサービスの設計と運用”, 信学技報, vol.122, no.185, IA2022-25, pp.60-60, 2022.

\*<sup>5</sup> <https://www.influxdata.com/time-series-platform/telegraf/>

\*<sup>6</sup> <https://www.influxdata.com/>

\*<sup>7</sup> <https://grafana.com/>