

# ローカル 5G 通信技術と大学 ICT への適用

村瀬 勉

名古屋大学 情報基盤センター

tom@itc.nagoya-u.ac.jp

## Local 5G technology and university campus ICT

Tutomu MURASE

Information Technology Center, Nagoya University

### 概要

ローカル 5G のキャンパス導入に関して、技術、特徴、要件、用途の観点から、その導入の是非を論じる。まず、ローカル 5G の概要について述べ、ローカル 5G と競合すると想定される通信技術との比較によるローカル 5G の特徴を述べる。大学 ICT における通信への要求について述べ、これに対するローカル 5G の相性について議論する。現状の 28GHz 帯を用いたローカル 5G のみが利用できるという前提での結論は以下の通り。まず、科学技術用の高速大容量通信については、既存の有線あるいは Wi-Fi などの通信技術の発展形を使い続けるべきである。一方、認証など高度なセキュリティを要し、干渉の少ない高品質な通信を要求するワイヤレスな通信用途には、ローカル 5G の特徴が強く活かせる。また、将来的に 4.6GHz 帯を用い、高速大容量が提供される状況では、構内配線レスなキャンパスネットワークの構築などが可能であろう。

## 1 はじめに

ローカル 5G についての話題が増えており、大学キャンパスでも、その導入について検討する機運が高まってきた。本稿では、ローカル 5G のキャンパス導入に関して、技術、特徴、要件、用途の観点から、その導入の是非を論じる。なお、できるだけ汎用的に各種大学に適用できるように、幅広い前提で考慮したが、規模や学部構成を全て網羅できているわけではないことに注意されたい。

公衆 5G の普及が加速しつつあるのに伴って、ローカル 5G の利活用も進みつつある[1]。工場やビル内で、閉域網を構築するといった用途の開拓が、先進事例として紹介されている。一方、大学におけるローカル 5G の展開は、後ほど紹介する少数の事例を除いて現状ではほとんど行われていない。多くの大学では、すでに構内有線ネットワークや無線 LAN などのインフラが整っていることが一つの要因であろう。そこで、本稿では、大学キャンパス網として、既存のインフラである有線ネットワークや無線 LAN と比較して、ローカル 5G の立ち位置を議論する。

以下、まず 2 章でローカル 5G の概要について

述べ、3 章では、ローカル 5G と競合すると想定される通信技術との比較によるローカル 5G の特徴を述べる。4 章では、大学 ICT における通信への要求について述べ、5 章で、該要求とローカル 5G の相性について議論し、ローカル 5G の用途について議論する。

## 2 ローカル 5G 概要

ここでは、ローカル 5G の技術概要について、現状および近い将来について、総務省の周波数割り当て計画も含めて述べる。また、現状での市場動向についても、機器や実際の展開について述べる。

### 2.1 ローカル 5G の現状と今後

ローカル 5G は、通信キャリアが提供する公衆 5G と同様の技術を用いて実現される。その概要について述べる。公衆 5G との違い、運営管理方法、通信機器構成、免許、周波数割り当てに関して、現状について述べる。さらに、既導入事例についても簡単にまとめる。

ローカル 5G と公衆 5G には相違もいくつかある。周波数、最大出力、などが異なる。

公衆 5G では、4G に比べて、低遅延・高速・高

密度といった機能・性能の向上がなされ、その特性を用いた新しいアプリケーションが期待されている。公衆 5G のサービスはすでに開始されている。サービス提供エリアは、まだ限定的であるが、増加しており、それに伴って端末も普及していく見込みである。

ローカル 5G では、運営主体は、地方自治体や企業などの非通信事業者になる。例えば、大学が、自キャンパス内での通信のためにローカル 5G を導入するといったことになる。大学内のローカル 5G には、指定された周波数の基地局とアンテナおよびバックホールの通信機器や通信制御サーバ群を設置し、端末の SIM カードを管理し、通信全体を自らが管理運営する。電波を直接送受信するアンテナと基地局は、キャンパス内に設置するが、その他の機器は、キャンパス外、例えば、データセンターやクラウドに収容することも可能である。

通信機器の構成として、2 つの構成方法がある(図 1)。1 つ目は、Non-Stand Alone (NSA) である。一般に、通信は、制御プレーンでの通信とデータプレーンでの通信の 2 つに分けられる。5G や 4G では、制御プレーンの通信を用いて、データプレーンの情報を確実に送受信するように送受信タイミングなどを決定したり、認証などの通信制御を行っている。5G の構成方法において、NSA では、制御プレーンに 4G 機器を用い、データプレーンには、5G 機器を用いる。この方法の利点は、既存の 4G 制御機器が使えることで、早期に安価な通信が行えることである。一方、2 つめの構成は、Stand Alone (SA) である。SA では、5G 機器を用いて全てのプレーンの通信を行う。そのため、5G が持つ全ての魅力を享受できるというメリットがある。

通信を行うには、免許が必要になる。周波数(チャンネル)は、免許申請された基地局の近隣の基地局の通信と干渉を起こさないように割り当てられる。NSA の場合には、4G 側の周波数も既存の BWA

と干渉が起こらないように調整して周波数を用いる必要がある。

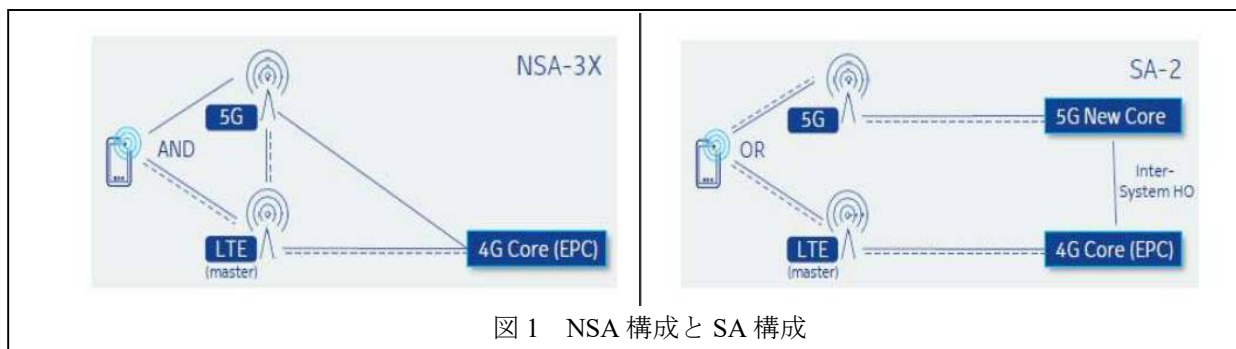
ローカル 5G に割り当てられる周波数は 2 つの周波数帯域がある。28GHz 帯、4.6GHz 帯の 2 つの周波数が割り当てられており、4.6GHz は、2020 年後半に免許が交付される予定。周波数は、屋内用と屋外用で、分けられている。

ローカル 5G を導入するあたり必要となる免許等について詳しく述べる[2]。電波免許取得できるのは、基本的には、建物や土地の所有者もしくは、所有者から依頼を受けた者であることが条件となる。電波法の手続きとして、無線局の免許申請を行う。総務省のガイドラインによると免許申請の標準処理期間は 1 か月半とされている。また、免許申請にあたっては事前の電波干渉調整が必要である。したがって、必要期間としては、免許申請期間に加えて、干渉調整の期間を考慮して準備を進める必要がある。

無線技術者の資格要件として、一般的には、第三級 陸上特殊無線技士の資格者が適用される。ただし、空中線電力 100W を超える場合、第一級陸上特殊無線技士の資格要件が適用される等各種条件があるため確認が必要である。

ローカル 5G を運用する主体について述べる。利用者が所有し運用も自ら行う方法と、サービス型としてサービス提供者が所有および運用する形態がでてくると考えられる。どちらを選択するかは、導入コスト運用コストおよび運用負荷を考慮のうえ決定することとなると考えられる。

今後の ICT インフラについて、総務省は 2020 年度からは地域課題解決型ローカル 5G の開発実証を開始し、実証で得られた知見の横展開を図るとしている[3]。これは、「ICT インフラ地域展開マスタープラン 2.0」のなかで、「新型コロナウイルス感染症の拡大を防止する観点から「遠隔授業」や「オンライン会議」などの新しい生活様式が定着するなかで、社会のデジタル化を支える高速・



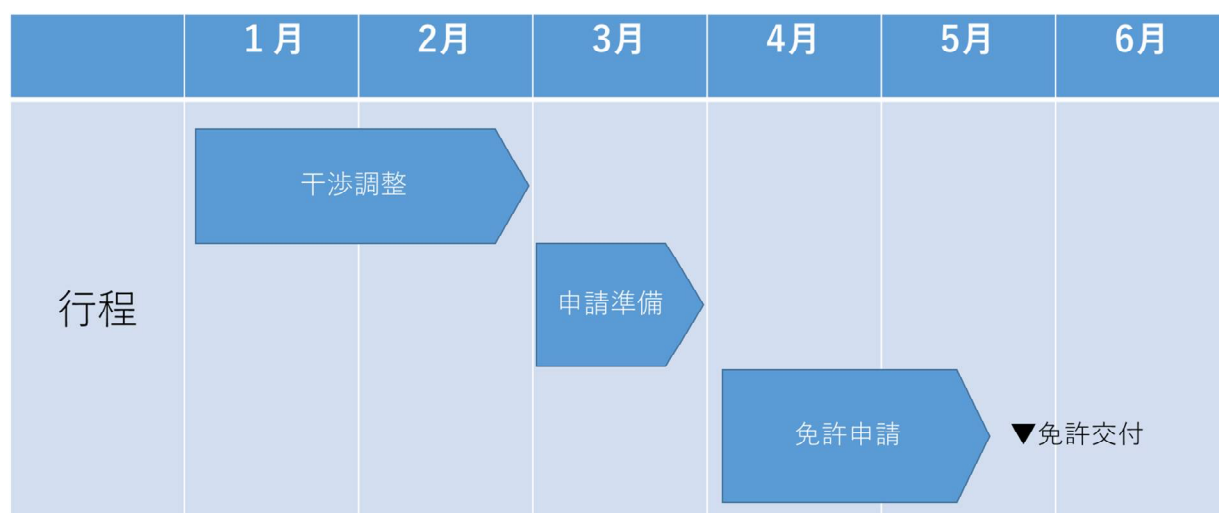


図2 電波免許取得に関する標準スケジュール

大容量通信に対応した I C T インフラの整備がますます急務である」という理由である。

## 2.2 ローカル 5G の性能見込み、機器市場動向、導入状況

ローカル 5G の性能については、ハード・ソフトの構成機器のめざましい進歩が見込まれる。ここでは、2020 年 9 月時点で得られる情報について記す。

ローカル 5G の性能見込みについて述べる。基地局当たりスループット性能は、規格値は 10Gbps である。一方で、実験環境での測定値は電波条件の良好な環境において下り数百 Mbps から 1Gbps 程度が、電波条件の悪い環境において下り数十 Mbps が計測されている。通信遅延の規格値（無線区間）は 1ms である。実験環境では、電波条件の良好な環境において、端末から 5G コアネットワーク機器への ping 折り返しが 10ms 程度であった。

28GHz 帯の電波は、遮蔽物に対する回り込み性能が弱いという特性がある。これは周波数帯が高いことから生じる特性である。電波エリアの設計に際して、エリアを限定しやすいメリットがある一方で、人などの遮蔽物が動く場所や移動する場合などには考慮が必要である。

なお、4.6GHz の導入により、カバーエリアおよび通信速度・遅延といった性能は、28GHz に比べて良い実測値が得られるものと期待されている。

機器市場動向について述べる。先行して制度化された 28GHz 帯対応製品を主に海外メーカーがリリースしている。国内メーカーの動向としては、4.6GHz 帯対応製品の開発を進めており、4.6GHz 帯制度化のタイミングに合わせて近くリリースさ

れてくることが見込まれる。

国内におけるトライアル事例や導入事例について述べる。

トライアル事例として、スマート社会実現へ向けたインフラとしての活用価値を実証する事例がいくつか公表されている。一例として、株式会社ひびき精機と西日本電信電話株式会社による「スマートファクトリー実現に向けたローカル 5G の活用に関する共同実験協定」の締結が公表されている[4]。

日本初の導入事例として、全日空 ANA と NEC が「ANA 総合トレーニングセンターに「ローカル 5G」を日本で初めて導入」として公表している[5]。

大学構内への導入事例としては、東京都立大学がローカル 5G 環境整備工事の調達をしており、大学における大規模な導入事例となることが期待されている。

## 3 ローカル 5G と他の通信技術との比較

ここでは、ローカル 5G の競合となりうる通信技術として、複数の通信技術を挙げ、大学キャンパス ICT の観点から、ローカル 5G との比較を行い、ローカル 5G 技術の長所短所を明らかにする。比較する通信技術として、公衆 5G、LTE、Wi-Fi を挙げる。

### 3.1 評価尺度

一般的な性能指標として、アクセス速度、遅延、端末収容数を挙げ、さらに、実際の構築・運用で重要視する指標として、基地局あたりカバー範囲、干渉、QoS（スループット、優先制御）

を挙げる。また、機能的な指標として、認証、免許、通信料金、初期コスト、運用コストを挙げる。

- ・ **速度：**  
仕様上の最大速度に加えて、実際の機器の最大性能や計測値について述べる。機器に具備されたアンテナの素子数(MIMO 数)や送信出力値などにより、実機の最大速度は、仕様の最大速度よりも小さくなる。
- ・ **遅延：**  
端末からインターネットの入り口までの片道遅延について評価する。
- ・ **収容端末数：**  
収容できる最大の端末数と運用上の現実的な端末数に関して、評価する。
- ・ **基地局あたりカバー範囲(干渉リスク)：**  
1つの基地局の電波が届き、通信が可能な範囲(距離)を意味する。一定の領域をカバーする必要があるとき、この範囲が小さい場合には、基地局を多く設置することになるため、コストが高くなる。一方、この範囲が大きすぎると、収容端末数に比べて接続要求端末数が多い場合に、基地局を増設すると、干渉などが発生する恐れがある。
- ・ **干渉：**  
隣の基地局の電波との干渉が発生すると、通信品質が低下するため、干渉を押さえることが重要である。そのためには、電波の強度や基地局の配置などを計画的に決めることや、運用状況に応じてダイナミックに変更するといった機能が有効になる。
- ・ **QoS (スループット、優先制御)：**  
電波が届いて通信できることは、快適に(あるいは要求通信品質を満たして)使えることに必ずしもつながらない。従って、ユーザやアプリケーションの通信要求に答えるスループットが提供できるかが重要な性能指標である。QoS は、雑音、干渉電波、接続端末数に影響される。
- ・ **認証：**  
そのネットワークあるいは基地局に接続するために異なる認証方法が用いられる。ユ

ーザIDとパスワードを用いる方法やSIMカードのような物理的なIDを用いる方法があり、SIMカードのように複製を用いることがほぼ不可能な認証は、セキュリティ的には堅固であると言える。

- ・ **免許：**  
Wi-Fiのように免許が不要な方式と、5Gなどのセルラーのように免許制のものがある。免許制のものは、運営コストとして、電波使用料の支払いが必要である。免許が不要な場合には、干渉の問題が避けられない。一方、免許が必要な場合は、無線免許取得者の従事などの人的コストも考慮する必要がある。
- ・ **通信コスト：**  
通信コストは、構築コストと運用コストの2つがあり、運用コストには、保守費などに加えて、電波使用料などの従量的に発生するコストがある。

### 3.2 公衆 5G

公衆 5G は、高速かつ広域をカバーできるため、魅力的である。低遅延も魅力的である。また、SIMカードによる本人認証の機能もセキュリティ的に魅力である。盗聴に関する堅牢性もセキュリティ面での利点になる。今後、5G 対応の端末も増加すると思われる。

しかし、経済的観点から、1つの基地局を多数のユーザが共用するであろうこと、ユーザ固有の運用(例えば優先制御)ができないといったカスタマイズの困難さ、ユーザ間の情報が網内で混在するといった情報セキュリティ面での短所がある。

### 3.3 LTE・WiMAX

速度が 5G よりも小さく、バックホールの遅延も大きいことを除いて、5G とほぼ同様の特性を持つ。数年来実用に供されており、枯れた技術になっているため、安心感が高い。プライベート利用用途のための自営 BWA、地域 BWA としてローカルに解放されている WiMAX もある。

### 3.5 MVNO

物理網は 5G/LTE であるが、運営が閉じているという形態である MVNO も候補としてあげられる。例えば、SINET 広域データ収集基盤[6]のよう

に、プロジェクト毎に L2VPN でモバイル端末を接続することで、ほぼ論理的に閉域網を構築できれば、公衆網の良さとセキュリティの良さを併せ持つことができる。すなわち、後述するローカル 5G のアウトソーシング版の特性を持つ。

### 3.5 Wi-Fi (IEEE802.11)

高速な通信が可能であり、仕様上は、Wi-Fi5(IEEE802.11ac wave2) で ほぼ 7Gbps、Wi-Fi6(IEEE802.11ax)において ほぼ 10Gbps までの通信が可能である。用途によっては、有線イーサネットに遜色ない高速な通信が可能である。アンライセンスバンドを用いるため、無線通信コストが運用時に無料であることが、最大の長所である。また、他の通信方式の機材に比較すると、ノート PC やスマホ・タブレットなどの端末側に十分に普及しており、安価であり、導入におけるコスト的な障壁は低い。

一方、一般的な、ユーザ ID とパスワードでの認証の弱さおよび盗聴の容易さは、セキュリティ面での不安を抱える。また、アンライセンスバンドであるため、電波干渉の問題が発生する。持ち込みによる機器によるものまで考慮すると、干渉の影響を予測することは極めて難しい。

### 3.6 ローカル 5G

公衆 5G と同様に認証機能に優れているほか、基地局設置は周波数割り当てと連携した免許制であるため、干渉は十分小さくなり、問題にならないと考えられる。また、SIM カードによるユーザ管理や通信路は、他の運営者と共用する必要は無く、独立性を保てるため、秘密保持の観点から優れている。運用者固有の優先制御なども可能である。また、低遅延は、最大の魅力であり、数 msec という低遅延で、運用者の網内を接続することができれば、リアルタイム系のアプリケーションの導入で、これまでとは違った新しいサービスを実現することもできるであろう。また、将来的に高速性が高まると期待されており、足回りの Wi-Fi を収容するような用途にも適すると思われる。

一方、運用者が、インフラ管理を行う必要があることと電波使用料が必要であるため、運用コストが大きい。端末などへの機能配備がまだ普及していない。そのため、5G から USB や Wi-Fi やイーサネットに変換するモバイルルータのような中継デバイスが必要になる。さらに、端末あたりの

基地局導入コストは、他の無線技術に比べると著しく高価であると考えられる。

### 3.7 総合評価

最後に、他の通信方式と比較したときのローカル 5G の長所短所をまとめる。

#### 【長所】

- SIM 認証により、認証およびユーザ管理の強化が可能である。
- セキュリティ的に優れる。
- 周波数が計画的に割り当てられるので、干渉の心配が非常に低い。
- 通信品質が安定する。
- 低遅延である。
- リアルタイム性を要求する新たなアプリケーションの導入が望める。
- 高速大容量である。
- 高速性を活かした通信および、多重回線としての利用が望める。

#### 【短所】

- デバイス(ハードウェア系)が、まだ高価である。
- 現時点でローカル 5G に解放されている 28GHz 帯では実効的な速度は、5G の宣伝文句ほど速くなさそうである。4.6GHz 帯においても、多くのユーザが使うときの実効速度は仕様通りではないであることが予想される。
- 基地局あたりのカバー範囲がそれほど大きくない。
- 周波数利用料金が発生する。

## 4 大学 ICT からの要求

このようにローカル 5G は万能では無く、現在大学に導入されている無線技術を置き換えることにはならないと思われる。一方、その特性を活かせる場所に活用することで、よりよいサービスを展開できる可能性がある。そこで、本章では、大学における様々な活動からの、通信への要求をまとめる。

通信の要求を次の 4 つに分類した。分類には、前記の各種無線技術を念頭に置いて、大学のキャンパスでの用途別に、ざっくりとまとめた。

#### A.研究者用：

研究者が、リアルタイム性が必要な実験をネットワークを通して行ったり、大容量のデータ転送を行ったりする用途では、高速で低遅延な特性が必要になる。また、研究の機密性を考慮すると、他の運用者の情報と確実に隔離される秘匿性が重要である。また、継続的な実験などもあることから、高い稼働率が望ましく、信頼性の高い通信機器で構成されるべきである。

#### B.学生用：

学生が大学のリソースにアクセスするほか、インターネット接続の利便性を提供する必要がある。BYOD 導入の大学も増加しており、学生にネットワークアクセスを提供することは必須である。高速性や信頼性よりも、キャンパス内を移動することで、ダイナミックに変動する学生数を考慮すること、すなわち高いスケーラビリティを持つことが重要になる。

#### C.事務用：

主に事務職員が使用するバックオフィスのサーバなどへのアクセス用のネットワークには、厳密なネットワークの分離による情報秘匿性と、厳密な認証などの高セキュリティ性が最も重要と思われる。機微な情報を扱う事務システムへのアクセスには、特に、アクセス制御がタイムリーに実行できる必要がある。概して、高スループットなどの性能要求は少ないが、高い信頼性(可用性)が要求される。

#### D.講義用：

講義用としては、安定した品質が最も望まれる。従って、干渉の少ない(あるいは対策ができる)といった特性を持つ通信技術が望まれる。パンデミック下での講義のあるべき姿は、まだ議論・模索中であるが、オンライン講義の必要性は、広く合意されているものと思われる。ただし、豊富に使える通信回線を持たない学生の扱いが課題である。そのために、大学の空き部屋を開放し、そこの Wi-Fi を提供するなどの試行がなされている。ウェアラブル端末の普及で、インターネットにつながればどこでも講義を受けられるという可能性もあるであろう。また、試験もオンラインと言うことになれば、通信品

質の高さが要求される。試験時には、認証の厳密さが求められる。一方、試験時を除けば、秘匿性や認証には厳密性はそれほど要求されない。

## 5 ローカル 5G の用途

以上の議論に基づくと、競合技術に対して、ローカル 5G を大学キャンパスのインフラとして使う場合には、次のような限られたユースケースになる。すなわち、他の通信技術より秀でた特徴である「認証による高いセキュリティ」「確実な品質」を要求し、なおかつ、他技術と比較して弱点である「帯域(速度)」「速度あたりのコスト」をそれほど重要視しないユースケースになる。これらに当てはまるユースケースとして；

- (1)文系の研究室のネットワークへの接続
- (2)学部生のライフライン
- (3)リモート会議・講義
- (4)リモート試験
- (5)事務ネットワークへの接続

が挙げられる。それぞれについて以下説明する。

(1)文系の研究室においては、比較的それほど高速な通信回線は要求されず、どちらかといえば、ロケーションフリーの特性を活かせると思われる。Wi-Fi の AP 接続時のトラブルを避けることができ、SIM 認証のセキュリティと接続しやすさを最大限活用できる。

(2)学部学生に関しては、BYOD で、どこでも接続でき、なおかつ、きっちりとした認証の下、構内ネットに接続することが望まれる。また、通常はそれほど的高速性が要求されず、高速性を要求される講義などにおいては、講義室に重点的に基地局を立てることで対応できそうである。

(3)リモート会議・講義に関しては、参加者の本人確認が行いやすくなる。また、それほど大きな帯域を必要とするわけでも無く、どちらかというと、干渉などで品質に揺らぎのあることを避けたいため、ローカル 5G は、適している。

(4)リモート試験に関しては、やはり受験者の本人確認が行いやすくなる。また、品質も安定していれば、ネットワーク事故によるトラブルを回避することができる。

(5)事務ネットワークへの接続に関しては、認証セキュリティの高さが望まれるため、適している。



図 2 構内配線レス ローカル 5G

大学設備の観点から、5G のような高速かつ無線のアクセス方法は、ケーブリングの運用管理を軽減するものとして期待できる。将来的に、例えば、ビル内の有線回線を無線に置き換えることができるであろう。図 2 に示すように、各部屋の WiFi をローカル 5G に接続するといったことが考えられる。

## 6 おわりに

ローカル 5G 技術を用いた大学 ICT への展望について、要件、技術、特徴、用途などについてまとめた。28GHz のみ利用が可能な現時点では、ローカル 5G は、高い認証が要求される通信の収容など、用途が限定的になる。一方、近い将来、4.6GHz 帯が利用可能になった際には、より幅広い用途に使用できると思われる。

## 謝辞

本稿の作成に当たり、NTT 西日本からローカル 5G に関する情報を提供していただいたことを深謝する。名古屋大学 情報基盤センターの方々には、いろいろ議論をしていただき、深謝する。

## 参考文献

- [1] 総務省 | 情報通信審議会 | ローカル 5G 検討作業班 各種資料  
[https://www.soumu.go.jp/main\\_sosiki/joho\\_tsusin/policyreports/joho\\_tsusin/5th\\_generation/local\\_5g/index.html](https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/policyreports/joho_tsusin/5th_generation/local_5g/index.html)
- [2] ローカル 5G 導入に関するガイドライン、令

和元年 12 月 総務省

[https://www.soumu.go.jp/main\\_content/000659870.pdf](https://www.soumu.go.jp/main_content/000659870.pdf)

- [3] ICT インフラ地域展開マスタープラン 2.0、総務省、令和 2 年 7 月 3 日  
[https://www.soumu.go.jp/menu\\_news/s-news/01kiban14\\_02000449.html](https://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban14_02000449.html)
- [4] 株式会社ひびき精機と西日本電信電話株式会社による「スマートファクトリー実現に向けたローカル 5G の活用に関する共同実験協定」の締結について  
<https://www.ntt-west.co.jp/news/2004/200423b.html>
- [5] ANA と NEC ANA 総合トレーニングセンターに「ローカル 5G」を日本で初めて導入  
[https://jpn.nec.com/press/202003/20200330\\_02.html](https://jpn.nec.com/press/202003/20200330_02.html)
- [6] SINET 広域データ収集基盤  
<https://www.sinet.ad.jp/wadci>