

ローカル 5G 無線通信特性の実証実験 ～スマート工場及びスマートモビリティ～

浅野 欽也 金丸 忠宏
浜口 雅春

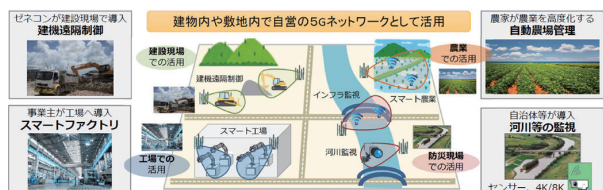
2020年春より日本でも本格的なサービスがスタートした「第5世代移動通信システム(5G)」は、超高速/大容量・超低遅延/高信頼性・多数同時接続といった特徴を持ち、次世代の通信インフラとして社会に大きな技術革新をもたらすことが期待されている。一方で、5Gと同等の特徴を持ちつつも局所的にプライベートなネットワークを構築して利用可能な「ローカル5G」は、さまざまな分野でローカル5G活用ユースケースを想定した実証実験が実施されている。

OKIは、OKI本庄地区にローカル5Gを検証するためのテストベッドを構築し、「スマート工場」と「スマートモビリティ」の分野でのユースケースに関して実証実験を開始する。本稿では、OKI本庄地区テストベッドの構築と各ユースケースを想定したローカル5G無線通信特性の技術的検証への取り組みを紹介する。

ローカル 5G の概要

ローカル5Gは、地域や産業の個別のニーズに応じて、地域の企業や自治体などが、自らの建物内や敷地内でスポット的に構築可能な5Gシステムである。携帯事業者の5Gサービスと異なり、使用用途に応じて必要となる機能・性能を柔軟に設定することが可能であり、他の場所での通信障害や災害などの影響を受け難い、Wi-Fiに比べて高い安定性確保やセキュリティ担保が可能などのメリットがある。

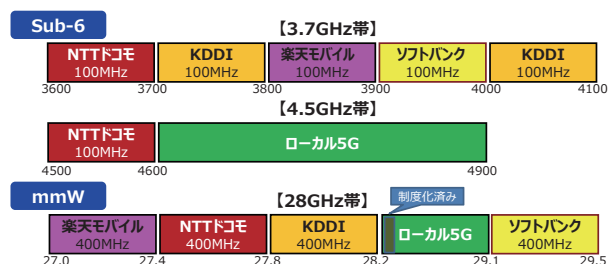
図1に、ローカル5Gの利用イメージを示す。現時点でのローカル5Gの利用場所は自己の建物内若しくは自己の土地内を基本とし、その建物や土地の所有者が電波法に基づく無線局の免許を取得するとされている。



出典：総務省資料「ローカル5Gの概要」¹⁾

図1 ローカル 5G の利用イメージ

図2に、5G及びローカル5Gに割り当てられる周波数帯を示す。ローカル5Gの周波数帯として、「Sub-6」と呼ばれる4.5GHz帯(ローカル5Gでは4.7GHz帯と言う)の4.6～4.9GHz帯と、「mmW」と呼ばれる28GHz帯の28.2～29.1GHz帯が想定されている。現時点で制度化されているのは28.2～28.3GHzの100MHz幅であるため、それ以外の周波数帯を使用する場合は、実験試験局の免許を取得する必要がある。Sub-6及び28.3～29.1GHz帯は、2020年内の制度化が予定されている。



参考文献1)、2)を元にOKIで作成

図2 5G / ローカル 5G の周波数帯

図3に、5G及びローカル5Gの運用形態を示す。運用形態として、SA(Stand Alone)方式とNSA(Non-Stand Alone)方式が定義されている。SA方式は5Gの機能・性能をフルに活用できるメリットがあるが、すべての機器を準備、又は入れ替える必要があり、普及までに時間が掛かるなどのデメリットがある。そのため携帯事業者は、既存のLTEシステムをアンカーバンドとして活用してまずはNSA方式で運用をスタートし、順次SA方式へ移行することにより5Gの早期普及を目指している。

一方のローカル5Gは、アンカーバンドとして利用可能な既設の地域/自営BWA(Broadband Wireless Access)が展開されていない地域もあり、初期導入コスト面からもSA方式での運用が望ましいケースがあるため、対象地域の状況やユースケースを考慮した上で、運用形態を検討する必要がある。

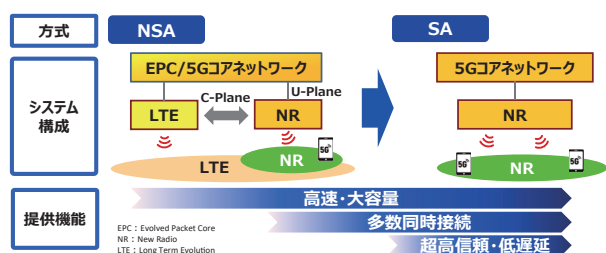


図3 5G / ローカル 5G の運用形態

OKI のローカル 5G への取組み

OKIはこれまで、AIエッジ処理を特長とした社会インフラ×IoTの社会実装を推進し、顕在化するさまざまな社会課題の解決に取り組み、DX(Digital Transformation)による世の中の変革を目指している。ローカル5Gに対しては、通信データ量の爆発的な増加への対応(超高速・大容量)、家電・車両・産業機器などあらゆる機器(モノ)のネットワーク接続への対応(多数同時接続)、機器を遠隔から遅延なく制御する対応(超低遅延・高信頼性)など、高度なIoT社会を実現するためのプラットフォームとしての期待が高まり、「AIエッジ×ローカル5G」の組合せによってDXを加速させることが可能になると考える。

今回、ローカル5Gを適用するユースケースとして外観検査異常判定システム(スマート工場)と自動運転向け情報提供(スマートモビリティ)を検証対象と設定し、それらユースケースを検証する場所として製造工場(以下、工場)と敷地内にテストコースを保有するOKI本庄地区を選定した。OKI本庄地区へローカル5Gテストベッドを構築し、各ユースケースの利用形態を想定したローカル5Gの無線通信特性を検証する。

工場内では、屋内での電波伝搬特性を考慮し、障害物に対して電波の透過や回込みなどが期待できるSub-6(4.7GHz帯)のローカル5Gを設置し、屋外のテストコースでは、道路の形状などを踏まえて電波の直進性が高いmmW(28GHz帯)のローカル5Gを設置する。図4に、OKI本庄地区に構築するローカル5Gテストベッド及び工場内・敷地内テストコースでのユースケースのイメージを示す。工場内では、組立・検査工程(以下、工程)で、現在は目視により行っている製造品の外観検査異常判定をAIによる画像解析で行う³⁾。検査設備に取り付ける高精細カメラの映像データをローカル5Gにより伝送し、AIエッジコンピューター(AE2100)で判定する。ローカル5Gの高信頼性により工程の高い信頼性を保証できる。また、屋外では、自動運転車両への情報提供を目的とした検証を実施する⁴⁾。カメラやLiDAR(Light Detection And Ranging)などの路側センサーが収集した情報を5Gにより自動運転車両へ伝送する。高速で移動する車両との迅速な情報伝達には、5Gの高速・大容量・低遅延特性が重要となるため、敷地内テストコースでローカル5Gを使用して評価を実施する。

以上述べたように、実環境で技術的な検証を実施し、その知見を活かしてユースケースに最適なローカル5Gシステムを提供することを目指す。

ローカル 5G の無線通信特性評価

図5に、工場内で用いるローカル5Gの機器構成、表1に、ローカル5G無線局の諸元を示す。工場内では屋内利用が前提となっているSub-6の(4.7GHz帯)を用いることとし、運用形態として導入時のコストメリットが期待できるSA方式のローカル5Gシステムを採用する。

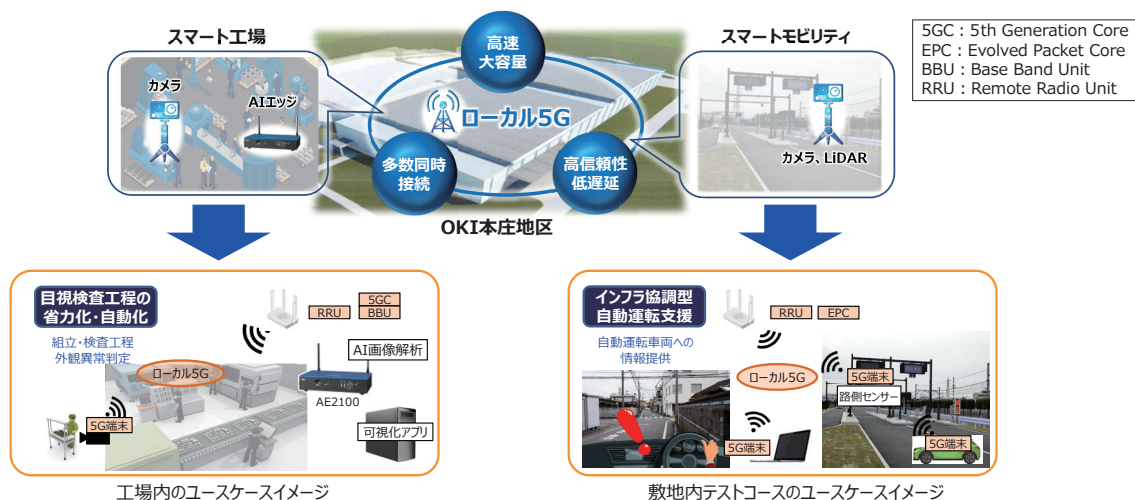


図4 OKI 本庄地区のローカル 5G テストベッド

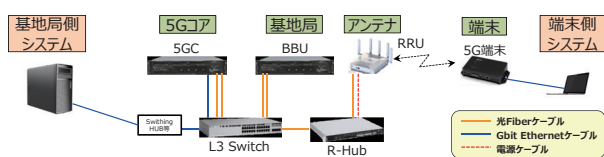


図5 ローカル5Gのシステム構成(工場内)

表1 ローカル5G無線局の諸元(工場内)

項目	基地局(RRU)	端末(DTU)
無線局種別	実験試験局	
中心周波数	4.85 GHz	
占有帯域幅	100 MHz以下 (4.8~4.9 GHz)	
送信出力	1 W以下 (30 dBm以下) 250 mW以下(24 dBm以下) × 4アンテナ	250 mW 以下 (24 dBm以下)
アンテナ利得	4 dBi以下	3 dBi以下
アンテナ指向性	水平無指向, 垂直偏波	水平無指向, 水平偏波
実効放射電力	32 dBm e.i.r.p.以下	26 dBm e.i.r.p.以下
変調方式	OFDM	
MIMO	4Tx / 4Rx	なし
送信タイミング	非同期	-(基地局に従う)

敷地内テストコースでは、屋外利用が可能なmmW (28GHz帯)を用いることとする。通信相手が車両(移動体)であり、ローカル5Gの通信エリアはスポット的であることから、通信エリア外でも車両との通信を継続することを想定し、運用形態はNSA方式のローカル5Gシステムを採用する。

スマート工場のユースケースを満足するRRU(基地局)と5G端末の最適配置条件の選定などの通信要件把握を目的に、工場内にローカル5Gの基地局と端末を設置し、基地局からの受信電力・伝送スループット・伝送遅延時間・PER(Packet Error Rate)などの無線通信特性を測定する。

一般的に見通し環境では、無線通信距離が長くなるにつれて無線通信特性は劣化する。しかし、工場内では、生産設備・パーティション・壁・作業者などにより電波の回折・反射・遮蔽(しゃへい)が発生するなど、見通し環境とは異なる電波伝搬環境が想定される。従って、ユースケースでの利用形態を考慮した基地局の設置場所や端末の配置などの置局設計が課題になると考える。測定に当たっては、基地局の設置場所として工場内の中央付近・壁際などの複数の場所を選定し、基地局のアンテナ高を3~4mの範囲で可変しつつ無線通信特性を測定する。また、端末を配置する測定地点として見通し、物陰、壁際などの環境条件が異なる地点を選定し、周囲環境の違いによる無線通信特性を測定する。基地局は上記選定した設置場所へ固定し、端末は上記選定した複数の測定地点で測定する。基地局からの受信電力に関しては、測定地点にスペクトラムアナライザ(測定器)などを設置して測定する。伝送スループット・伝送遅延時間・PERは、ローカル5Gの基地局側、端末側にそれぞれPCなどを接続し、当該PCへ搭載する測定ツ

ルなどを用いて測定する。これらの測定結果より得られる工場内でのローカル5Gの無線通信特性を基に、最適なローカル5Gのエリア構築やシステム構成を検証し、ローカル5G機器の置局設計に活かすことを目標とする。また基地局を壁際へ設置した場合には、建物外への電波漏洩(ろうえい)有無も課題になる可能性があるため、工場外での受信電力も併せて測定する予定である。

スマートモビリティのユースケースでは見通し環境での通信を前提としているため、主に無線通信距離による無線通信特性を測定する。表2に、ローカル5Gの検証項目を示す。

表2 検証項目

No	検証内容	検証パラメータ	検証項目	検証環境	検証形態	備考
1	距離特性	・RRU-DTUE間の距離 ・DownLink / UpLink	・受信電力 ・スループット ・通信遅延 ・PER	工場内 テストコース	1vs1通信	高低差なし
2	高低差特性	・RRU-DTUE間の高低差 ・DownLink / UpLink	・スループット ・通信遅延 ・PER	工場内	1vs1通信	距離は一定
3	見通し外特性	・反射物, 遮蔽物の有無 ・DownLink	・受信電力 ・スループット ・通信遅延 ・PER	工場内	1vs1通信	
4	接続台数特性	・DTU台数 ・UpLink	・スループット ・通信遅延 ・PER	工場内 テストコース	1vs2通信	
5	建物外への電波漏洩	・屋外壁からの距離	・受信電力	屋外	1vs1通信	測定機にて計測

なお今回検証するユースケースは、いずれもUL(UpLink)を重視した通信になることが想定されるため、携帯事業者の5GサービスではDL(DownLink)偏重となっているスロット割当をUL偏重のスロット割当に変更するなど、UL/DL比を変更しての無線通信特性も測定する。

また特に工場内では、測定地点周辺の作業員や台車などの移動、部材や完成品などの移動、作業台やパーティションなどの移動などの環境変動による電波の遮蔽やマルチパスなどの電波伝搬環境の変化が発生すると想定されるため、瞬間的ではなく長時間の無線通信特性変化なども検証する予定である。工場の1日のサイクル(製造スケジュール)を考慮し、例えば朝・昼・夕の時間帯に、それぞれ1時間程度の連続測定を実施し、受信電力・伝送スループット・伝送遅延時間・PERなどの無線通信特性変化に関して最大値・最小値・平均値などを測定する。本測定結果により、ローカル5Gを工場へ導入する際の置局設計に係る回線設計に対して、定常的な遮蔽損失などに加えて、どの程度の設計マージンを確保すれば良いかなどの知見を得ることを目標とする。

今後の展望

2021年3月末にOKI本庄地区テストベッドでローカル5Gの無線通信特性評価を実施し、今回設定した各ユー

スペースローカル5Gを適用した場合の効果を検証する予定である。またOKIは、令和2年度の総務省の国家プロジェクト「地域課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証に係る工場分野におけるローカル5G等の技術的条件等に関する調査検討の請負」を受託している⁵⁾。そこでの調査検討、及び本取組みから得られるローカル5G活用事例に関するソリューション構築の知見・ノウハウを活かす。さらに、図6に示すように、AIエッジの優れた技術を組み合わせる。今後、OKIが注力する事業領域に対して「AIエッジ×ローカル5G」によるDXを加速し、より安全で便利な社会インフラ×IoTの提供を推進していく計画である。◆◆

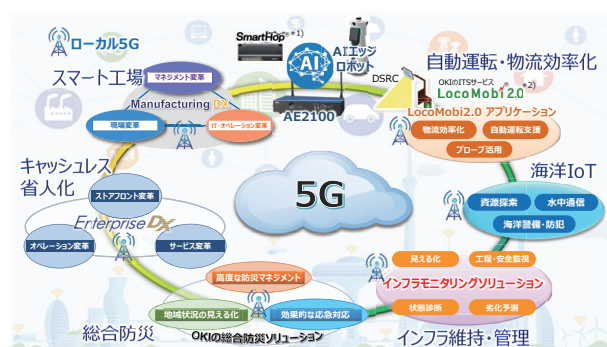


図6 OKIの取組み

参考文献

- 1) 総務省:5Gの普及展開に向けた取組、令和2年1月
https://www.soumu.go.jp/main_content/000668256.pdf
- 2) 総務省:第5世代移動通信システム(5G)の導入のための特定基地局の開設計画の認定(概要)、平成31年4月
https://www.soumu.go.jp/main_content/000613734.pdf
- 3) OKIプレスリリース 映像とカメラにより生産現場での作業ミスのゼロ化を支援する「プロジェクトンアッセンブリーシステム」を販売開始、2018年8月28日
<https://www.oki.com/jp/press/2018/08/z18034.html>
- 4) OKIプレスリリース 次世代交通事業拠点「ITSテストコース」を開設、2017年11月9日
<https://www.oki.com/jp/press/2017/11/z17050.html>
- 6) OKIプレスリリース 総務省「地域課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証に係る工場分野におけるローカル5G等の技術的条件等に関する調査検討の請負」を受託、2020年9月17日
<https://www.oki.com/jp/press/2020/09/z20050.html>

*1) SmartHopは、沖電気工業株式会社の登録商標です。 *2) LocoMobiは、沖電気工業株式会社の登録商標です。

●筆者紹介

浅野 欽也:Kinya Asano. ソリューションシステム事業本部 IoT事業推進センター

金丸 忠宏:Tadahiro Kanemaru. ソリューションシステム事業本部 IoT事業推進センター

浜口 雅春:Masaharu Hamaguchi. ソリューションシステム事業本部 IoT事業推進センター

TiPO 【基本用語解説】

5G (5th Generation)

携帯電話などに用いられる次世代通信規格の5世代目という意味。

LTE (Long Term Evolution)

5Gと同様に携帯電話などの通信規格であり、3.9Gや4Gとも呼ぶ。

DX (Digital Transformation)

進化したデジタル技術を社会へ浸透させることにより、人々の生活をより良いものへと変革することを意味する。

アンカーバンド

5GのNSA方式で、4Gと共用される周波数帯のこと。