

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  
(工場内の無線化の実現)

報告書

---

概要版

令和3年3月30日

日本電気、サンリツオートメーション、構造計画研究所  
三菱重工工作機械、NTTドコモ  
(L5G実証 工場無線化コンソーシアム)

---

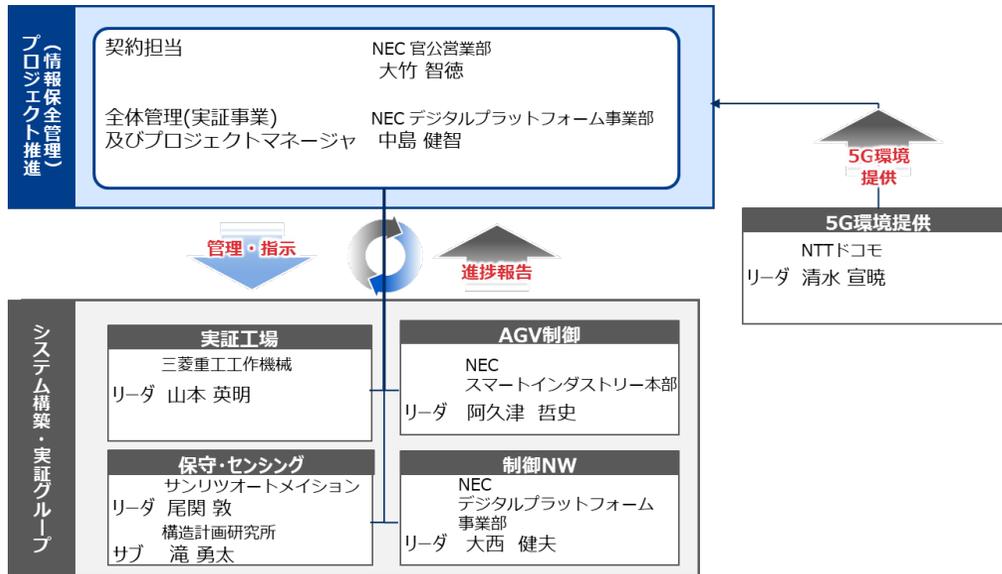
---

# 実証概要

# 実証概要

## 本調査の目的

工場分野について、最適にローカル5Gの導入を促進するため、金属製設備・部材等の環境下にある工場におけるローカル5G等の電波伝搬特性の解明及び課題解決システムによる具体的なアプリケーションを想定した映像伝送等に基づくローカル5Gの性能評価を実施すること



## 実証体制

## 役割分担

企業名	役割
NEC	代表企業 ローカル5G技術試験事務実施者、構築、ソリューション開発等の中心を担う
サンリツオートメーション	振動センシング関連の担当
構造計画研究所	AR/VR、AI関連の担当
三菱重工工作機械	実証環境の整備・配線および工場ユースケース検討の支援
NTTドコモ	5Gシステムの提供

# 地域等課題及び本実証の課題解決システムとの関係性

## 工場領域課題・地域課題

工場では、労働者・熟練工不足の人材問題、ITの活用不足による顧客ニーズの多様化による多品種少量生産への対応などの課題が山積しており、これらへ対応し、省力化・無人化、熟練技術者の一人当たりの対応範囲の拡大、製造ラインの自由度の向上による生産性の向上を図る必要がある。

実証地域周辺は、多くの工場がある地域であり、製造業に従事する人口率が高くなっている。そのため、上記の課題を解消できずに製造業が衰退していくことは、地域経済にとって大きなインパクトを持つ。

## 課題の解決策

### 変種変量生産に資する制御系ネットワークの無線化

変種変量生産を実現する為には、製造ラインのレイアウト変更の自由度の向上が必要であり、レイアウト変更の都度発生する配線コストの削減求められる。その中で、制御系ネットワークの無線化が5Gにより実現できるのではないかと期待されており、本実証で5Gで制御ネットワークを動作させ検証を行う。

### 無軌道型AGVの遠隔制御

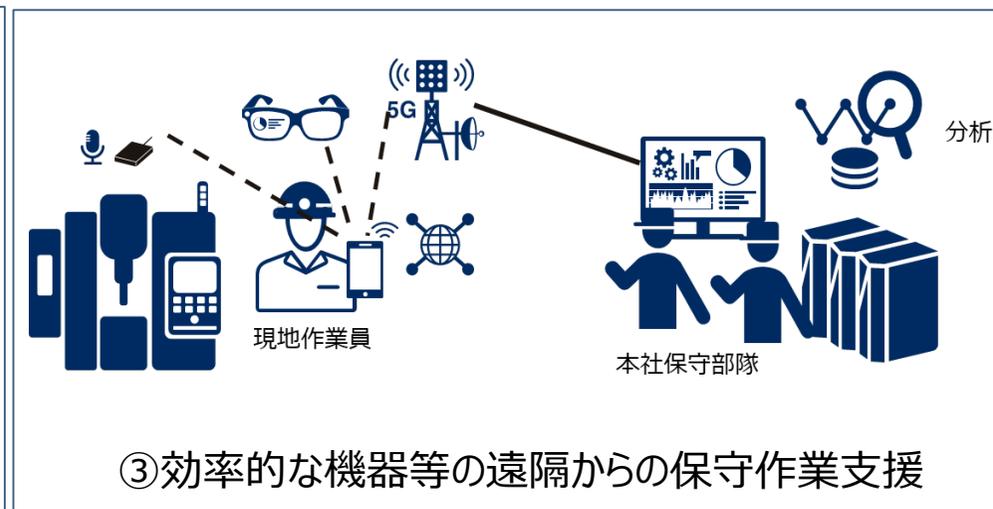
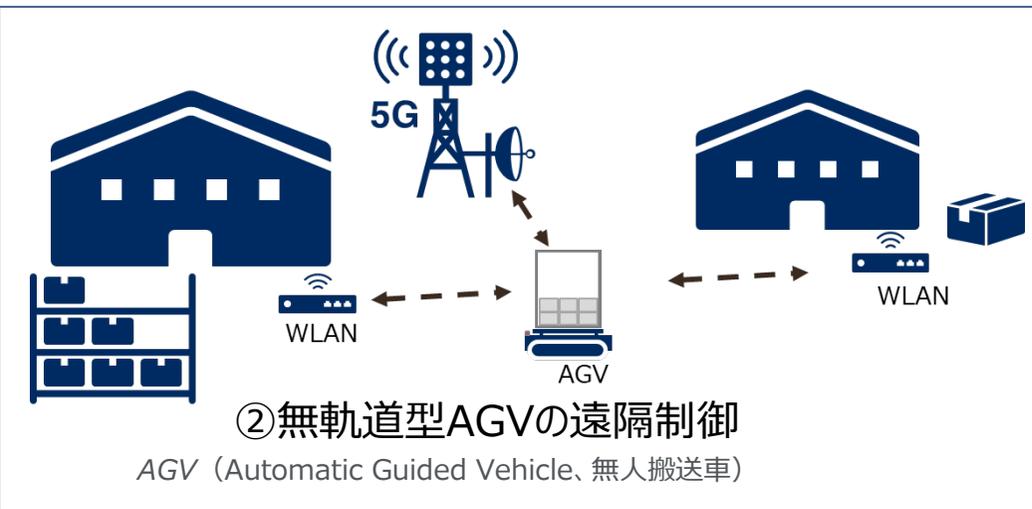
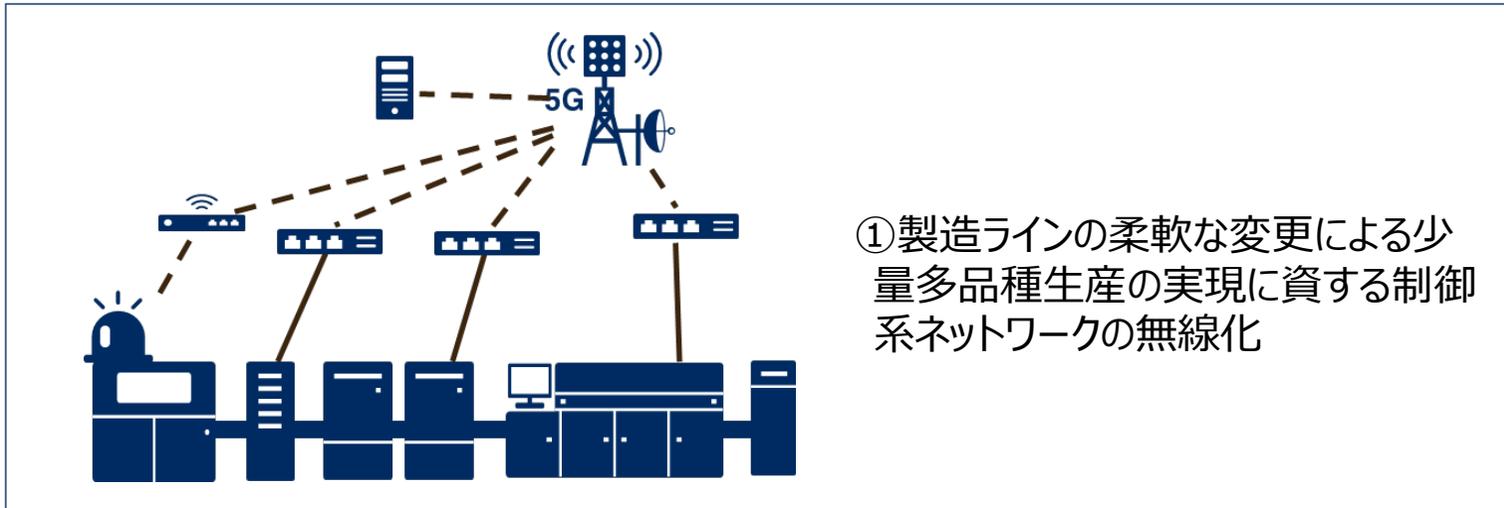
製造現場のレイアウトフリー化を行うには無軌道型AGVが必要となり、その運用には安定かつ広範囲の無線が必要です。本実証ではWiFiと5Gの無線を組み合わせる事により、無軌道型AGVの遠隔制御を実現する。

### 熟練工を対象とした効率的な機器等の遠隔保守作業支援

現在、特に古い工作機械の保守には高度な知識と経験を持った熟練工が欠かせません。しかし熟練工の人数は限られており、少ない熟練工で保守を実施する必要がある。そのため、5Gの大容量・低遅延の特性を活かし、AR/VR等のリモート環境とセンシング技術及びAIを組み合わせる事により、遠隔での熟練工による保守業務支援を実現する。

# 課題解決システムの全体像

以下の3つの課題解決システムについて実証実験を通して評価・分析し、導入効果及び実装に向けた機能面、運用面の検証を行った。

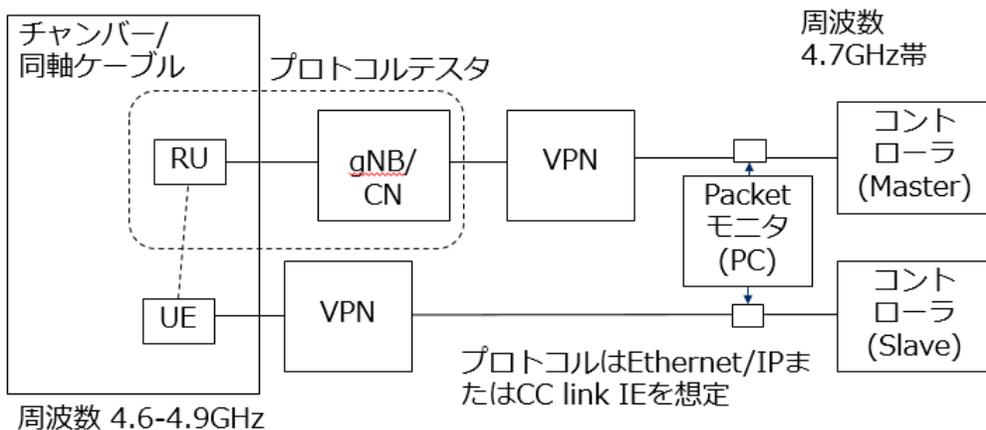


# 実証環境(テストベッドの実証環境)

NEC 玉川事業所(神奈川県川崎市)内の実験室にテストベッドの実証環境を構築

## 技術的概要

SA/NSA構成	SA構成
使用周波数帯	4.7GHz
Duplexモード	TDD
DU比	4 : 1 (DL:UL) ※同期運用に準じて設定
サブキャリア幅	30 kHz
バンド幅	100 MHz



ネットワーク構成



実証環境の外観

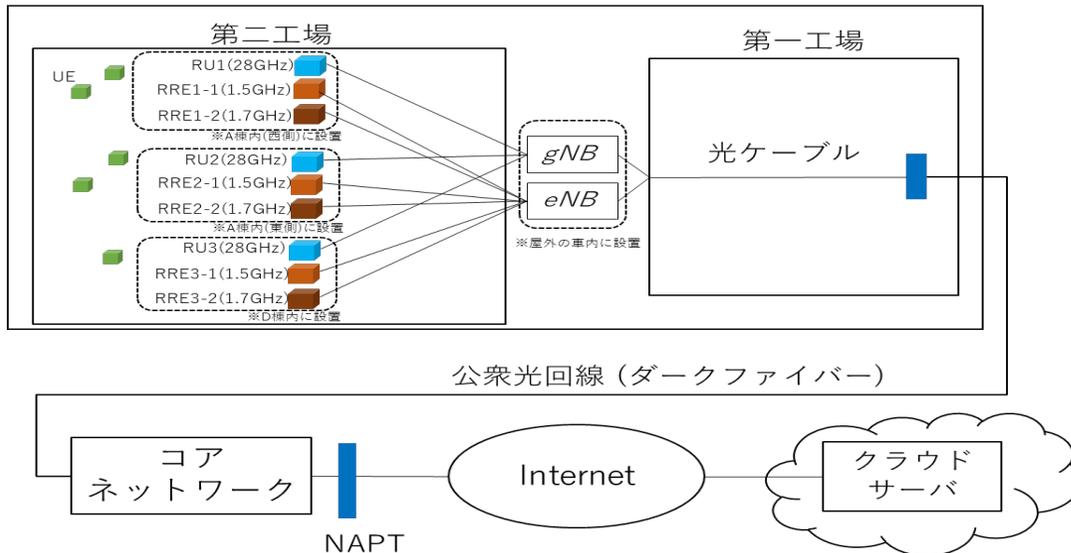
# 実証環境(5Gの実証環境)

## 滋賀県栗東市にある三菱重工工作機械栗東工場内に5Gの実証環境を設置 技術的概要

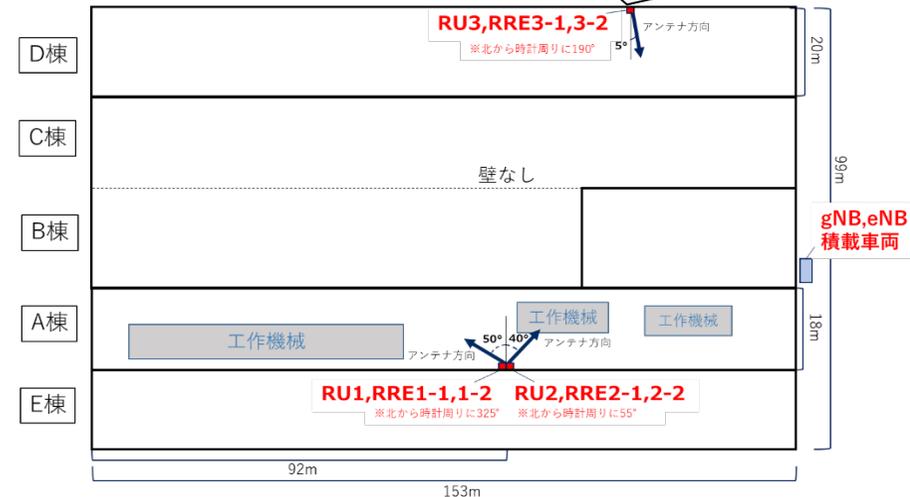
SA/NSA構成	NSA構成
使用周波数帯	28GHz(5G)、1.5GHz(4G)、1.7GHz(4G)
屋内外環境	屋内
基地局の台数、設置環境	5Gの無線局:3局、4Gの無線局:6局 アンテナ高:9mに設置
同期・非同期運用	同期運用
DU比	4:1 (DL:UL)
バンド幅	400MHz



三菱重工工作機械 栗東工場



ネットワーク構成



基地局の設置場所(三菱重工工作機械 工場内)

---

# 課題解決システムの実証

# 変種変量生産に資する制御系ネットワークの無線化の検証

## 目標

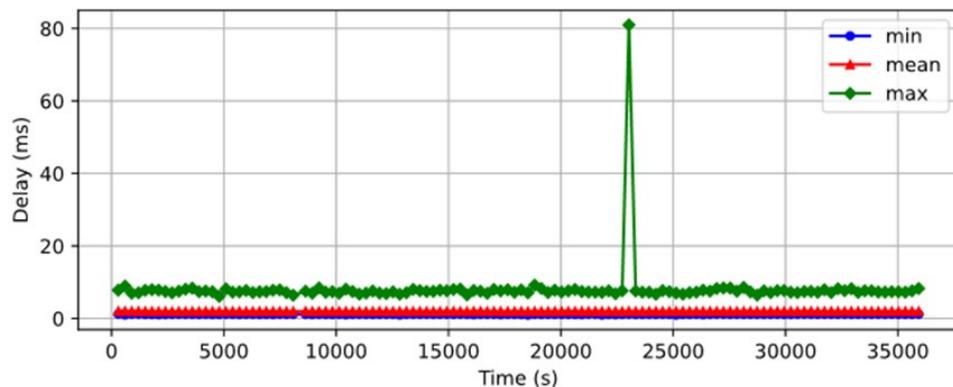
工場内において有線接続で使用している制御系ネットワークをローカル5Gによる無線化を行い、現在利用されている機器が、どの程度動作できるかを検証し、ローカル5Gによる無線化が可能な範囲を明らかにする。なお、検証は、制御系ネットワークで広く利用されているプロトコルであるEthernet/IPおよびCC-Link IEで検証を行う。

ネットワークへの機能要件	ネットワークの性能目標
制御系ネットワークの検証に資する帯域・遅延及び連続稼働時間の担保	帯域:32byteの packets を100msec以下の間隔で送信できる帯域を有すること 遅延:100msec以下 連続稼働時間:10H

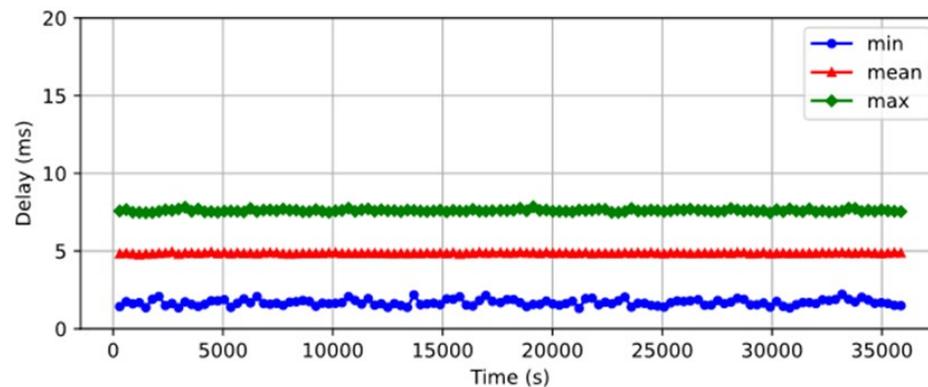
## 検証結果

実運用を想定したエリア設計内の電界強度環境(SS-RSRP:-120dBm)で、性能目標を達成する低遅延の実現を確認できた。最高で20msec周期(タイムアウト 4回以下)での動作を確認。

Ethernet/IP ダウンリンクの遅延



Ethernet/IP アップリンクの遅延



# 変種変量生産に資する制御系ネットワークの無線化の検証 まとめ

## 課題解決システムに関する効果検証

- 業務改善効果についてはヒアリングにより、配線コスト削減や、表示器の取り回し改善による作業効率改善などが挙げられた。
- 制御系ネットワークの通信は、非免許周波数帯で通信性能の担保が困難な無線LANでは実現が困難であるとはいえ、5Gでの構成は高費用が想定され、5G端末など様々な費用圧縮が必要となる。無線化によるメリットは、無線化による配線コスト圧縮や作業効率改善等複数にわたるため、それらと5Gの導入コストとを総合的に比較検討する必要がある。

## 課題解決システムに関する機能検証

- 産業用イーサネット規格への対応として、Ethernet通信機能への対応やQoS機能への対応の必要となる。工場などの一定規模のネットワークに関しては、サブネットで区切る運用がネットワーク管理・資源運用効率上、通常であるので、機能レベルだけでなく運用面も考慮した対処が必要となる。

## 課題解決システムに関する運用検証

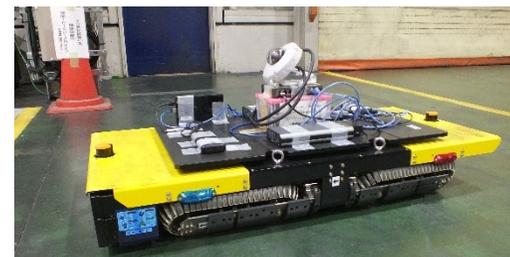
- 5Gの数ある仕様・制御パラメータから遅延性能に関わる仕様・制御パラメータを抽出し、それらの遅延性能への影響を実測を通して検証した。
- 従来の無線通信と異なり、データの転送効率よりも信頼性を向上させる運用が必要となる。具体的には、データ転送の冗長度を高める種々のチューニングを施すこととなる。例えば、MCSをエラー耐性が強いものに設定する等が挙げられる。但し、周波数利用効率とのトレードオフになるため、端末数やトラフィック量などを踏まえた上での運用が想定される。

# 無軌道型AGVの遠隔制御の検証

## 目標

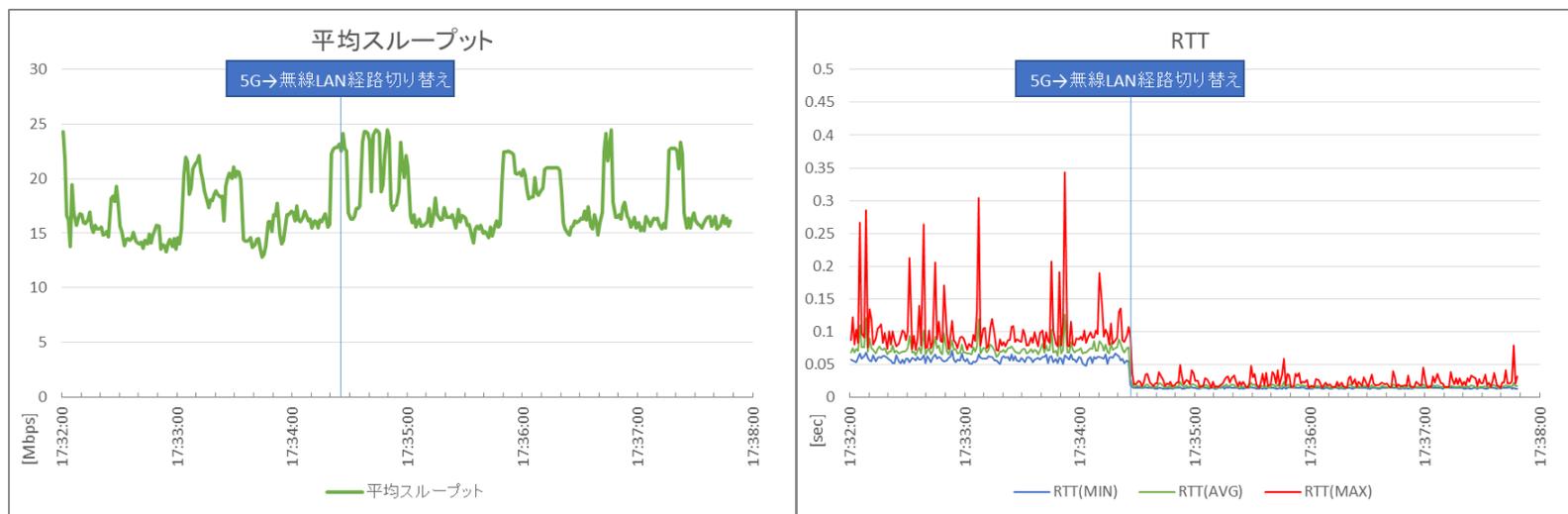
5Gを用いた無軌道型AGVシステムを構築し、遠隔制御が可能なエリアを明らかにする。さらに、5Gでは金属遮蔽等による通信品質劣化が懸念される為、無線LANエリアも併設し、広範囲をカバーするシステムの実用性検証を行う。

ネットワークへの機能要件	ネットワークの性能目標
AGV制御が途切れない遅延および瞬断時間の担保	帯域:10Mbps(カメラ画像) 遅延:通常時500msec以下の通信遅延確保、切り替え時1000msec以内の遮断時間



## 検証結果

カメラ映像とAGV制御の通信は、約30mの距離まで可能であった。5Gと無線LANの経路切り替え機能により、性能目標を達成する高スループット低遅延の実現を確認できた。



# 無軌道型AGVの遠隔制御の検証 まとめ(1)

## 課題解決システムに関する効果検証

- 業務改善効果のヒアリング結果として、「作業効率化・作業時間の短縮」や「安全性の向上」が多く期待されていた。「作業効率化・作業時間の短縮」の期待は事前想定どおりで、本システムにより人手不足解消につながると思われる。「安全性の向上」の期待が想定より高く、例えば重量物輸送は人手よりも安全性向上が期待できる。
- ローカル5G導入費用のヒアリングでは、「1000万円～」の回答が最多で、参考記載の無線LAN単独システム導入「3000万円」より低額であった。無線LANよりも、5Gによる構成は高費用が想定され、システム提供側は費用圧縮の検討が必要となる。システム利用側は5G共有利用による費用分担などが必要であろう。ただ、費用は対象範囲や導入台数などで変動するため、より具体的な検証が必要となる。

# 無軌道型AGVの遠隔制御の検証 まとめ(2)

## 課題解決システムに関する機能検証

- AGV搭載のカメラ映像に関し、フレームレート(FPS)を変化させながら、工場の方にAGV制御を体感いただいた。確認の背景はFPSが低すぎると、手動走行時に障害物などをリアルタイムに検知できず、安全性に関わるためである。QoS(映像品質)の向上に伴うQoE(工場作業員の体感品質)の向上はある程度(今回検証であれば15FPS程度)あれば十分と確認できた。その分の高スループットを安定的に通信できる環境が必要となる。なお、検証時は常時カメラ映像を確認可としていたが、「走行中の制御は映像を見ずともAGVのシステム側で自動制御が望ましく、積み荷を乗せる/降ろす際の確認ができれば良い」という声があり、必要時のみ確認する運用が望まれる。
- 今回検証時の監視カメラ設置方法だと、視野が広い監視カメラを用いても、死角があるとの指摘もあった。監視カメラの設置位置などを工夫する必要がある。検証時は、AGVの天板上に監視カメラを設置したため映像視野が限定されたが、カゴ車を使用して上方部に監視カメラ設置することで、360度カバーも可能と考えられる。

# 無軌道型AGVの遠隔制御の検証 まとめ(3)

## 課題解決システムに関する運用検証

- 5Gのカバーエリアは、カメラ映像とAGV制御を同時に通信する本システム利用方法では30m程度のエリアという検証結果であった。エリアは広くないため、それを考慮したエリア設計が重要となる。5Gは無線LANと比較してメリット・デメリットがある。メリットは干渉影響が少なく安定的な通信が期待できる。デメリットは設置時や運用中の変更時の作業が容易でない。5Gと無線LANでお互いエリア補完しあうことが適切だと考えられる。
- カメラ映像とAGV制御の通信を5Gと無線LANで品質比較するヒアリングでは、同程度の回答が多く、5Gが良いとの回答もあった。5Gと無線LANのエリア跨ぎでは、映像途絶など違和感ないと5人全員が回答した。性能目標達成の定量的な面だけでなく、定性的な面でも良好な結果を得られた。
- 今後の課題の一つとして、検証時はAGV1台であったが、AGVの多数台運用は当然考えられ、その分の高スループットの安定通信が必要となる。その一方で、人が常にカメラ映像を監視しているわけにはいかない。効率化のためにも、異常発生時の対象映像を確認する運用や、時分割で各AGVのカメラ映像を切り替えていく運用が想定される。

# 熟練工を対象とした効率的な機器等の遠隔保守作業支援の検証

## 目標

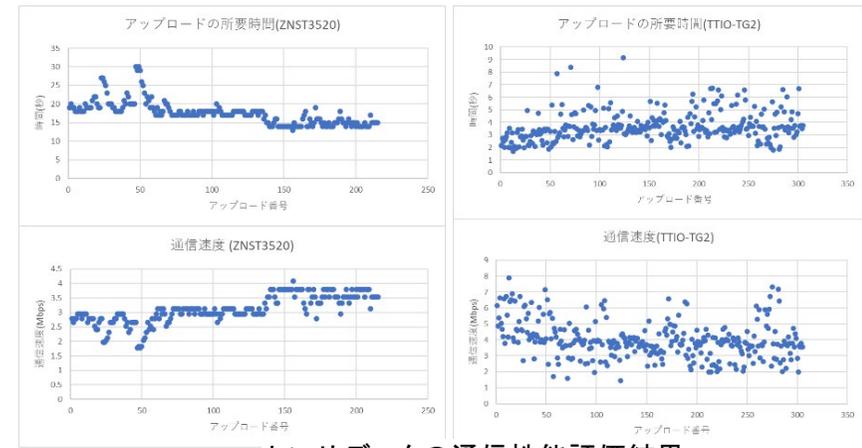
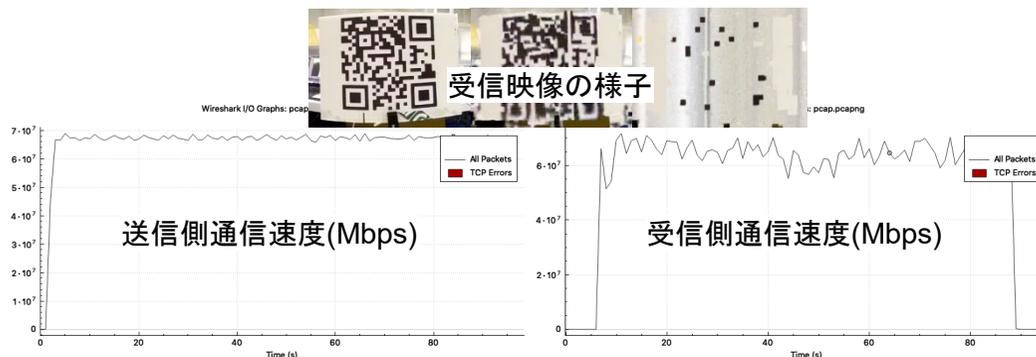
5Gを用いて振動データの収集を行い、AIによる機器の異常検知を行うシステムを構築するとともに、現地映像のリアルタイム配信による情報共有システムを構築する。上記システムの利用による工場内設備の遠隔保守支援の有用性について検証を行う。

ネットワークへの機能要件	ネットワークの性能目標
20台以上の5G端末による同時通信が可能な伝送帯域及び実用的な遅延性能の担保	帯域: 10Mbps × 20 遅延: 同時通信時に各端末のアプリケーション遅延が1秒以下のリアルタイム性を有する



## 検証結果

- 映像配信に関しては、60Mbpsの送信に対して概ね60Mbpsの受信が担保できているが、パケットロス等により映像品質がやや劣化した。
- センサデータのアップロードには平均で3から5秒程度要しており、TCPによる通信速度の担保が課題として明らかとなった。



# 熟練工を対象とした効率的な機器等の遠隔保守作業支援の検証 まとめ(1)

## 課題解決システムに関する効果検証

- システムの効率化・高度化の観点でのヒアリング結果としては、現場とのコミュニケーションが効率化されるとともに、移動時間や手順書等を探す時間が短縮できるといった回答が多く得られた。遠隔保守ではコミュニケーションや作業の円滑化が重要であるため、想定された効果が期待できると考えられる。
- 保守業務コストの変化(費用対効果)の観点では、「未知」との意見が多かったものの、効率の工場や特定機種に限定されない技術者の増加、雇用形態の変化が期待できるなど、前向きな回答が確認できた。なお、費用の観点では、海外の工場なども多いため、移動に要する費用は削減できるとの意見もあった。

# 熟練工を対象とした効率的な機器等の遠隔保守作業支援の検証 まとめ(2)

## 課題解決システムに関する機能検証

- 現地状況の把握に関しては、制御盤の文字のような小さなものまで遅延なく視認できる必要がある。本検証では、映像品質評価のため映像の解像度(FWVGA相当～4K)及びビットレート(1Mbps～60Mbps)に関して複数条件下で映像中のQRコード認識率を検証した。
- 検証の結果、映像中に動きのある物体が写る状態では、4K解像度・30Mbps(4Kでの推奨設定)の設定でQRコードの認識率は750フレーム中400フレーム弱(51.9%)となり、半分程度は映像にパケットロスに起因すると思われる乱れが生じた。
- 一方で、スループットに関しては60Mbpsまでの設定においては、概ね送受信ビットレートに応じた結果が得られており帯域は十分であると考えられるため、アプリケーション側での通信方法の最適化により映像品質を向上要件を満たすことができると考えられる。
- なお、現地の全体像を俯瞰する目的であれば高い解像度は必要ないと言った意見も聞かれたため、目的に応じたデバイス・映像品質・アプリケーションを構築し、運用していくことが望ましい。
- 振動データのリアルタイム取得に関しては、データ計測からクラウド上のDB格納までに要する時間を計測した。
- 結果としては、アップロードに3秒から5秒程度要しているため、リアルタイム性を担保するためには、複数のTCPストリームを用いるなどの工夫が必要である。

# 熟練工を対象とした効率的な機器等の遠隔保守作業支援の検証 まとめ(3)

## 課題解決システムに関する運用検証

- システムの導入・運用の観点でのヒアリングでは、AR機器と適用作業とのマッチング、現場(特に顧客先や海外)のルールとシステムの適合性を明確化する必要がある。製造現場では撮影やカメラの持ち込みを禁じていることも多いため、システムのセキュリティに留意する必要がある。
- AR機器に関しては、耐用性や機器の準備の容易性、バッテリーの持続時間に留意する必要がある。また、ARグラスに関しては周囲の状況の視認の妨げになるとの意見もあったため、現地の状況や作業内容などに応じて、適切な機器を選定する必要がある。

---

# ローカル5Gの性能評価等の技術実証

# 実証目標

## 技術的な課題

- ◆ 28GHz帯の周波数のエリアカバーの狭さ
- ◆ 同時接続数増加による実際に使用可能なスループットの低下
- ◆ 反射体、遮蔽物が頻繁に動く環境における無線環境変動による通信品質劣化

## 実証目標

- ◆ 工場環境において、28GHz帯を使用したローカル5Gのエリア設計を行う際に考慮すべき項目を明らかにすること
- ◆ 工場環境において、5G通信性能の劣化リスクを明らかにし、5Gを適用するシステム構築を行う際に考慮すべきことを明らかにすること
- ◆ 工場環境において、ローカル5Gのエリア改善に効果があるアプローチを提示すること
  - ✓ その他ローカル5Gに関する技術実証では、28GHz帯の周波数のカバーエリアの狭さという技術的課題を解消するための手段として、反射板を用いることによる不感地帯の通信性能の改善効果を明確化した。

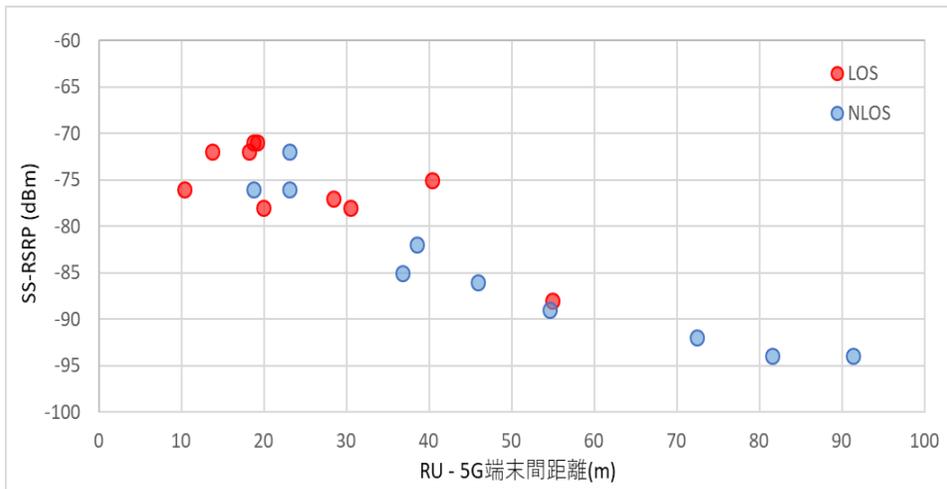
# ユースケースに基づくローカル5Gの性能評価等

今回の測定環境では、金属の壁や構造体による反射波を有効に使えたことにより、遮蔽の影響が少なく、NLOS環境でもLOS環境と匹敵する性能を確認した。

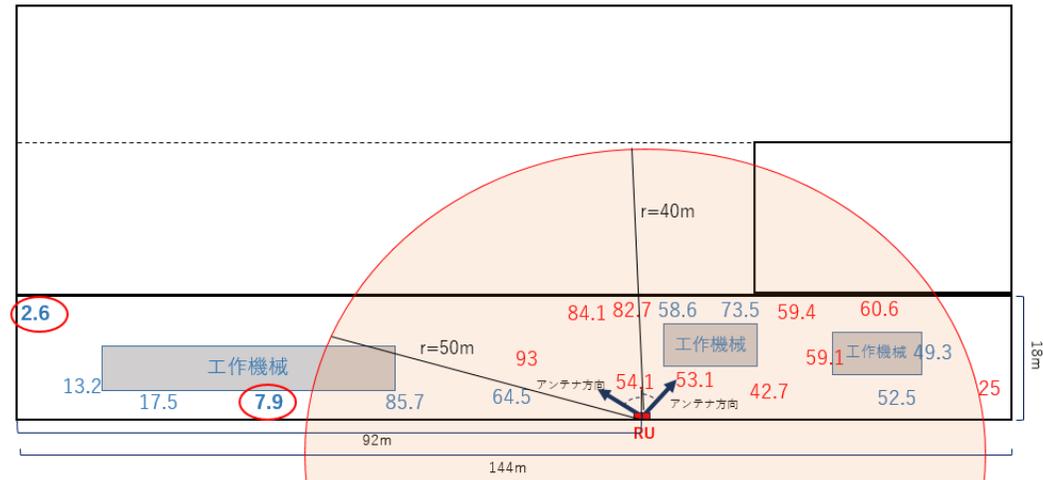
- ◆ 高速・大容量が期待できるエリアは半径50m程度、通信が可能なエリアは半径100m程度であった。

今回の課題実証のNW性能要件を評価では、DU比が4:1でDLスループット偏重の設定であったため、ULスループットが性能不足となるケースが目立った。

- ◆ 無軌道AGVの遠隔制御は、ULスループットがネックとなり、カバーエリアは半径40m程度と考えられる。



SS-RSRPの距離特性



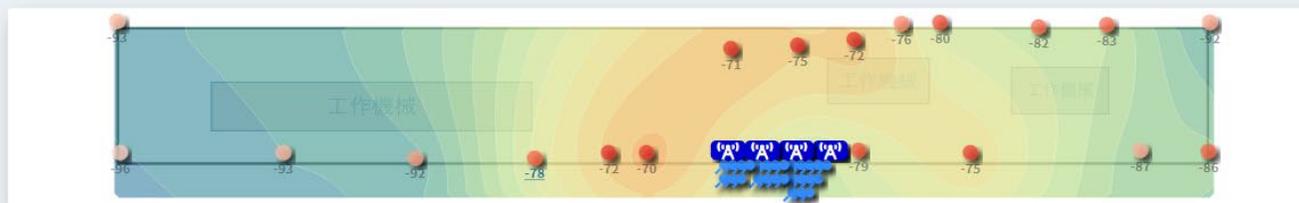
無軌道AGVの遠隔制御における想定するカバーエリア (図中の数値はULスループット(Mbps)の測定値)

# ローカル5Gのエリア構築やシステム構成の検証等

動的電波MAP生成試験の結果、フォークリフト、クレーンの移動等による電波遮蔽や、工作機械の稼働によるマルチパスフェージングなどの工場特有の要因により、無線品質が劣化してしまう時間があることを確認。

- ◆ 使用できるスループットや遅延が時間的に大きく変動するため、一般的なTCPプロトコルとの相性が良くないことが分かった。

※RSRP、RSRQは、28GHz帯の5Gセルのデータを表示。  
ただし、NSA構成のため、時系列グラフの色の変化は、  
4G LTEのセル間でハンドオーバーをしていることを意味する。



2021/1/27 9:30時点の電波MAP



01/27 09:30:00

01/27 16:59:00



動的電波MAPおよび時系列データの可視化の様子(2021/1/27 9:30-17:00)

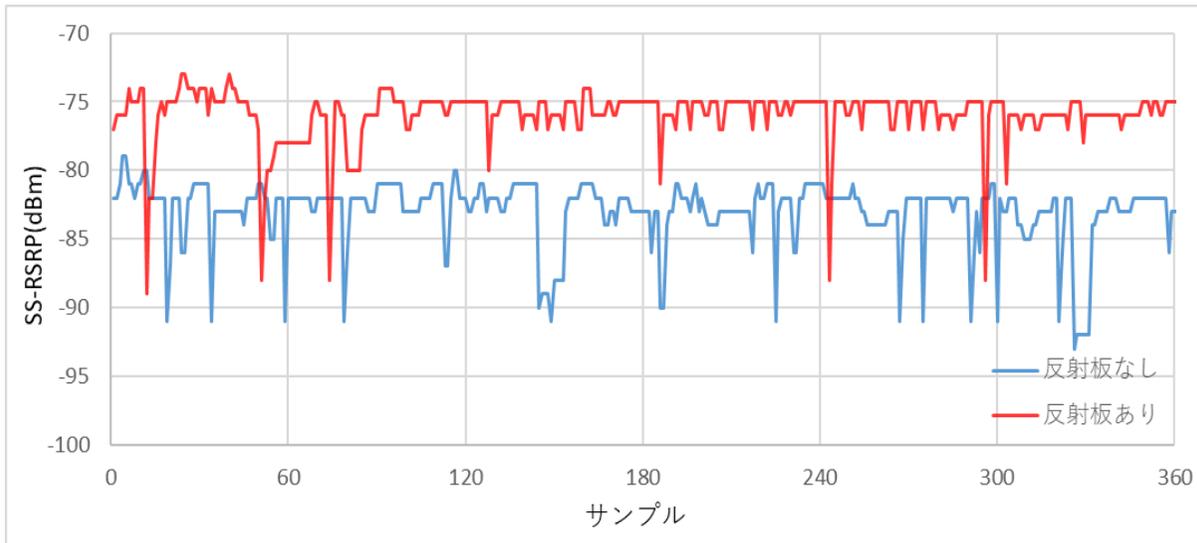
# その他ローカル5Gに関する技術実証

金属板の反射板によりスポット的に無線品質を改善することを確認した。

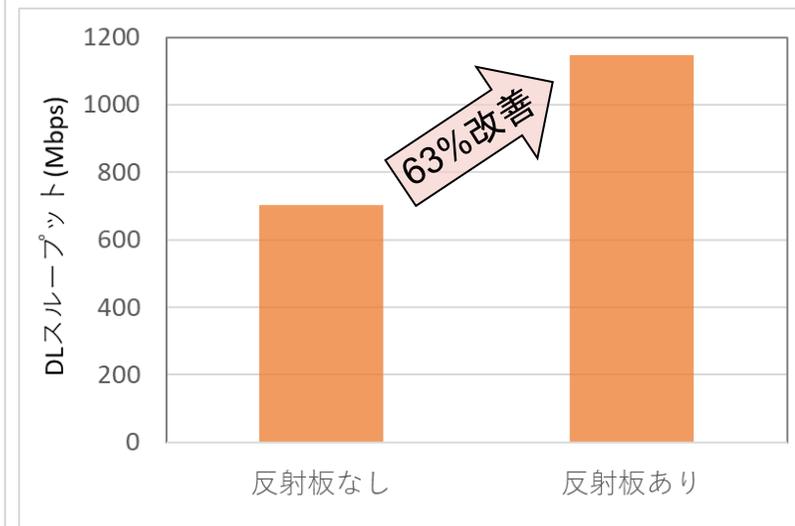
- ◆ 反射板設置によって、RSRPの中央値は7dBm改善し、DLスループットも63%改善した。
- ◆ 金属板の反射板は、反射波のビーム幅が狭い(約2度)ため、改善するエリアは半径数m程度とかなり限定的なエリアとなった。
- ◆ 金属板の反射板は、現場設備などの通信や無線コンバータのバックホールなど動かないものに対しての適用が現実的であることが分かった。



反射板の評価の様子



反射板によるRSRPの改善効果



反射板によるDLスループットの改善効果

# ローカル5Gの性能評価等の技術実証

## まとめ

### 28GHz帯を使用したローカル5Gのエリア設計を行う際に考慮すべき項目

- ◆ 屋内に基地局を設置する場合、NLOS環境の改善のため、屋内の主要な遮蔽物よりも十分に高い位置にアンテナを設置することが重要である。
- ◆ ダウンリンク・アップリンクの帯域のバランスを損ねることにより、カバーエリアを制限する可能性があるため、導入前に使用するユースケース、その使用場所、所要スループットのバランスを考慮した上で5Gシステムを設置することが重要である。

### 5Gを適用するシステム構築を行う際に考慮すべき項目

- ◆ 使用できるスループットや遅延の変動幅(ジッタ)が大きく、一般的なTCPプロトコルとの相性が良くないため、アプリケーションを含めたフルレイヤでのシステム設計が重要である。

### 工場環境において、ローカル5Gのエリア改善に効果があるアプローチ

- ◆ 金属板の反射板を使う場合、改善はするものの、エリアがかなり狭いため、現場設備などの通信や無線コンバータのバックホールなど動かないものに対しての使用が現実的である。
- ◆ 移動を伴うものとの通信を改善したい場合、反射波のビームが広いメタサーフェスの反射板等の使用を考えるべきである。
- ◆ 電波が飛びやすい工場環境より、電波が飛びにくい屋外等の環境の方が、反射板の導入メリットは大きいと考えられる。

### <更なる技術課題・提言>

- ◆ 電波法関係審査基準にローカル5Gの屋内電波伝搬モデルの追加が必要と考えられる。
- ◆ 様々なユースケースに使用できるようにするため、非同期・準同期運用の規制緩和が必要と考えられる。

---

## 実装・横展開に関する検討

# 前提条件

今回の工場での実証は、主に期間や機器調達の問題がありキャリア5Gを用いて構築しており、またキャリア5Gのサービスエリア外の地域であったことから5GのRU、および4GのRREを実証用に臨時で設置。また5GのgNB、および4GのeNBは車載で移動可能な物を利用し、5Gのエリア化を行った。

その為、本課題解決システムは実証完了後に臨時で設置した機器や車載した装置をそのまま継続して利用するのは困難であるが、キャリア5Gが圏内になった後や、4Gで運用できる範囲での利用、または別にローカル5Gの基地局装置及び端末を用意すれば利用が可能である。

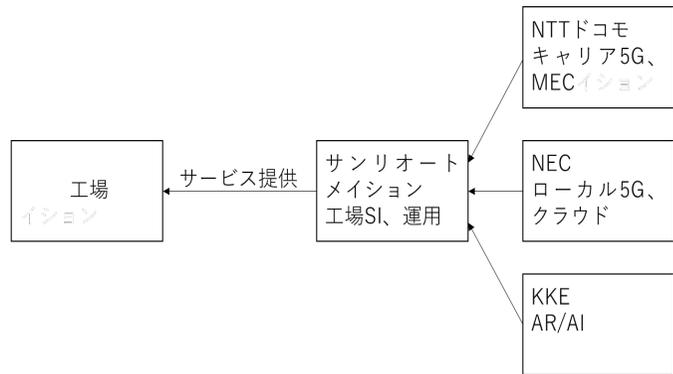


臨時に車載設置したgNB/eNB  
(アンテナはLTEで補助的に利用)

# 持続可能な事業モデル等の構築・計画(1)

本実証の成果自体を継続利用する為には、本格的なローカル5G機器を導入する必要があり、次年度より第2工場建屋全体にNEC製のローカル5G導入を進めたい

今後もNECを主体に本コンソーシアムで継続して構築・維持運用にあたる計画である



事業運用時のフォーメーション

事業モデル	設備保持者	運用主体	維持管理	費用
サービスモデル	設備提供者	設備提供者	設備提供者	約月300万円
売り切りモデル	工場	工場 (IT部門)	スポット保守	約1億円 + 維持費

事業モデルの比較

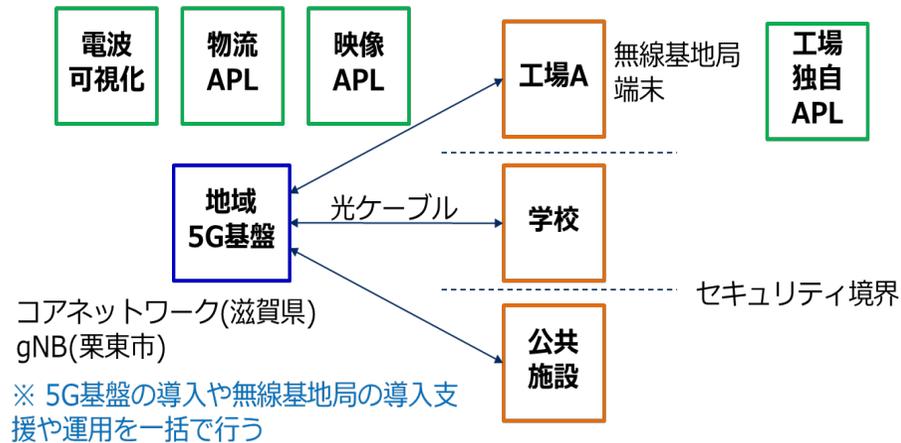
令和3年度	令和4年度	令和5年度	令和6年度	令和7年度
ローカル5G 第2工場全体導入	ローカル5G全建屋(3棟) 導入 URLCC基地局導入			
センシングAI高度化 汎用映像サービスの 取り込み		5Gを利用したリモート保守サービス		
建屋間含む移動体への ローカ5G適用		移動体向け5G制御サービス		
制御NWへのローカル5G適用の 実工場実証・標準化			クラウド型制御NW 製品化・サービス化	

展開スケジュール

# 持続可能な事業モデル等の構築・計画(2)

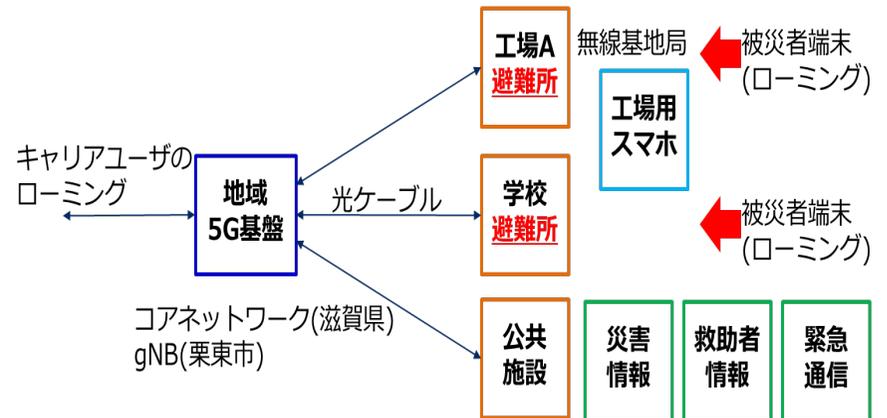
ローカル5Gの構築・運用コストを低減する為に、地域密着型の共用モデルを模索  
特に価格の高いgNBやコアネットワークを地域で運用し、平常時と災害時の双方で共有できる事業モデルを検討。

- 地域で5G基盤を管理し、各工場には無線基地局(RU)のみを配備
- 共有すべきサービス(APL)を決め、地域5G基盤を整備



平常時の共有モデル

- 地域の工場や学校は避難所として利用。通信網として5G利用。
- 一般ユーザ(スマートフォン等)のローミングを許可



災害時の共有モデル

# 横展開に資する普及モデルに関する検討

今回の実証にあたり、実証テーマは特定の工場や業種に強く依存する物ではなく、構内物流やリモート保守サポート、制御ネットワークの無線化といった、特に工場における共通性の高い課題を中心に選定

⇒ その為、同じ工場分野における水平展開については、ほぼ同じフォーメーションで実施する事が可能

工場以外の分野については、課題の近い物流と建設業への横展開を進める。

業種	近い課題	ニーズ
物流	自動搬送	自動化による物流の省人化
建設	遠隔サービス 制御NW	高所等における映像を利用したリアルタイムコミュニケーション 建設機械のリモート操作

次年度より物流分野より横展開を進めていく予定

⇒ 無線LANと5G(直近はLTE)の併用による、トライアルを計画中

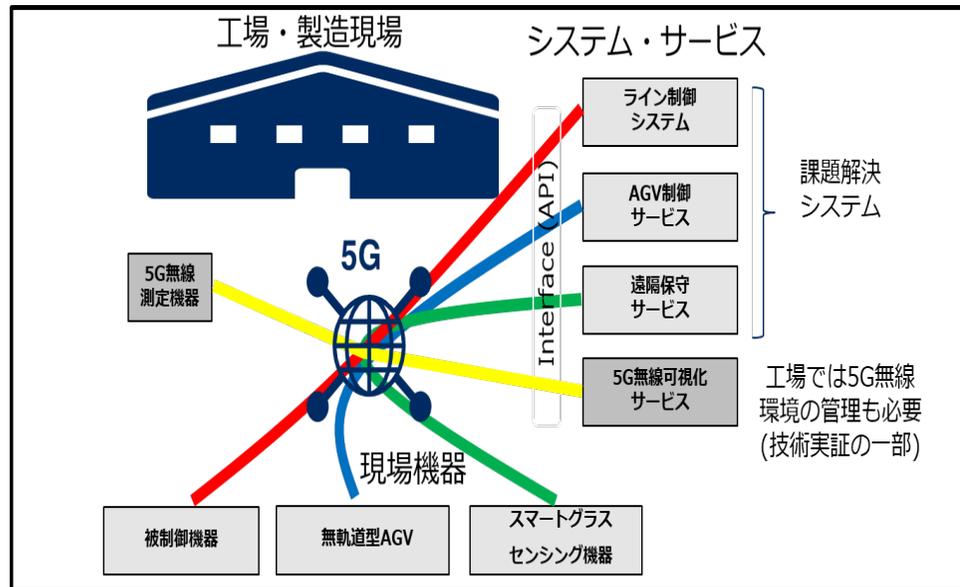
# 共同利用型プラットフォームに関する検討

本実証のシステムは、クラウド利用型のプラットフォームを意識して構築

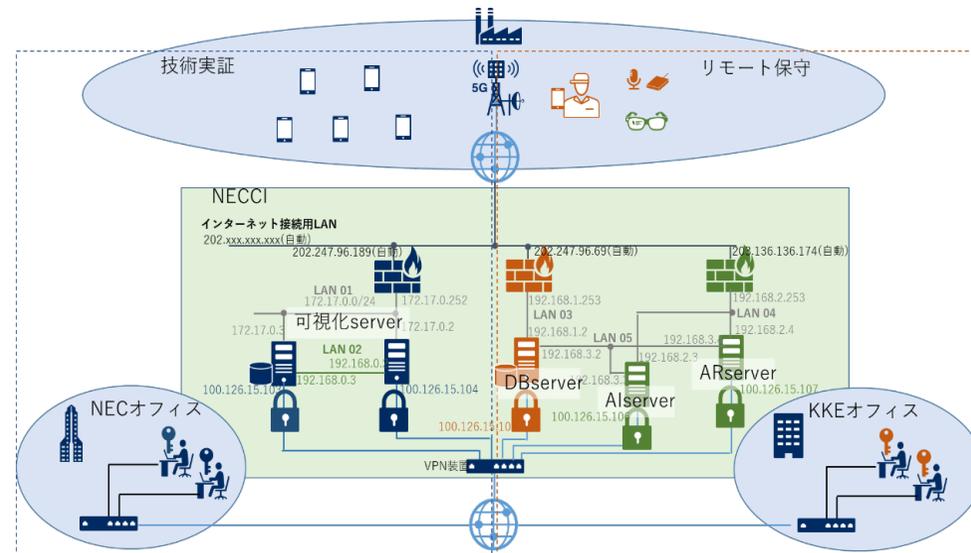
⇒ そのまま共同利用プラットフォームのベースとして利用可能

課題解決システムの汎用化、メンテナンス機能の拡充、標準化などを進め、プラットフォームの構築を進めていくのが良いと考える。

⇒ 本実証のうち5Gの電波可視化に利用してAPIは、すでにFFPA(Flexible Factory Partner Alliance)にて標準化実施中。汎用的に誰でも利用できる標準プラットフォームを目指す。



共同利用型プラットフォームのイメージ



本実証で構築したクラウド

---

## まとめ

## まとめ

日本の製造業の課題である労働者・熟練工不足の人材問題、ITの活用不足、技術継承、顧客ニーズの多様化による多品種少量生産への対応などを解決するものとしてため、3つの課題解決システムによる実証を行い、以下のことが分かった。

- ローカル5Gによる工場設備の制御系ネットワークの無線化を行った場合に、低ノイズ環境において、制御系システムの伝送遅延の要件である100ミリ秒以内の伝送が可能であることを確認できた。
- 無軌道型AGVについて5Gを用いた遠隔制御にて運用が可能となることを確認。また、5Gのエリア端では無線LANとのハンドオーバーが可能であり、作業効率化に向けた工場エリア全体でのハイブリッド運用が可能となることを確認できた。
- ローカル5G等を活用した遠隔での機器保守を支援するシステムとして、スマートグラスを用いた保守支援が可能となることを確認。また、工場設備に付随した振動センサーの情報をクラウドへ伝送し、機械の異常個所をリアルタイムに分析できることを確認できた。

また、ローカル5Gを導入するにあたり技術的課題に対する以下の知見を得た。

- 工場環境では、工作機械の稼働やクレーンの移動により無線性能が劣化するため、5Gの無線性能の劣化を踏まえた上で、アプリケーションを含めたフルレイヤでのシステム設計が重要である。