



製造現場におけるローカル5G等の導入ガイドライン

～無線通信の基礎知識やローカル5Gの概要、工場における導入事例などを紹介します～



はじめに

本ガイドラインの背景、目的

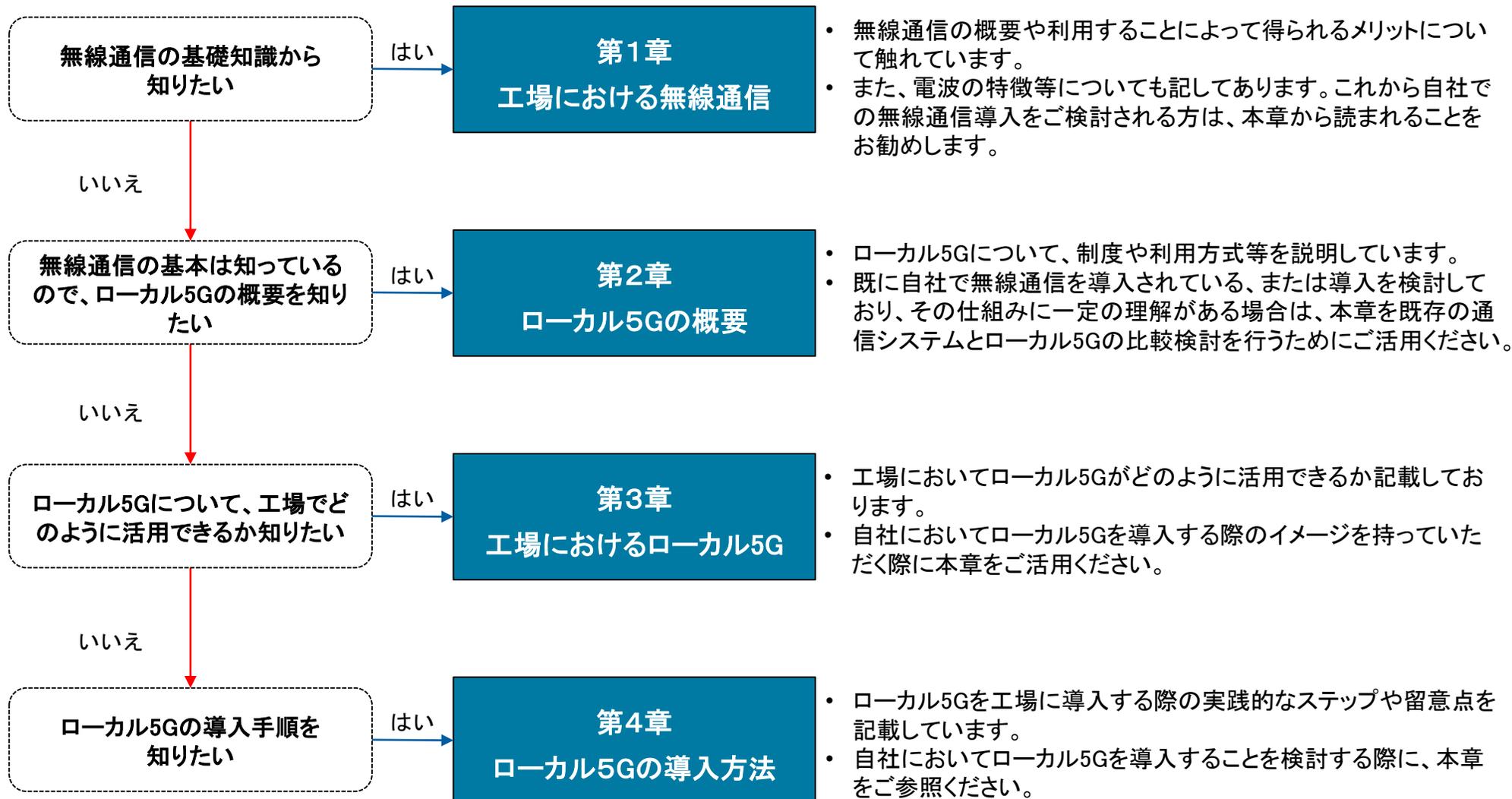
- 近年、製造現場における課題として、労働人口減少への対応や、生産性向上、作業者の安全確保、変種変量生産による多様なニーズへの対応などの必要が生じており、こうした課題の解決のため、IoTや無線通信といったICT技術の導入が急速に進んでいます。
- また、これらの課題解決に資することが期待されているのが、第5世代移動通信システム(5G)です。5Gは、超高速・多数同時接続・超低遅延といった特徴を持ち、高精細映像の伝送、機器の遠隔制御、多数のセンサーの活用等にサービスを提供することが期待されています。
- 総務省においては、5Gに関する技術基準の策定等の取組に加えて、地域のニーズや多様な産業分野の個別ニーズに応じて様々な主体が柔軟に構築し利用可能な「ローカル5G」の導入に向けて、関係規定の整備や開発実証事業を実施しています。
- 他方で、ローカル5G等の更なる普及に向けては、制度自体の拡充や認知の拡大、ローカル5Gの実用的な活用方法や導入方法に関する周知が望まれています。
- 本ガイドラインは、製造現場における無線通信のご担当者の方々が、ローカル5Gやその他の無線通信規格の導入を検討するにあたって参考となるように、基礎知識や導入手順のポイントを解説したものです。
- 本ガイドラインを通じて、ローカル5G活用に係る理解を深めていただき、自社における最適な無線通信の活用に役立てていただければ幸いです。

目次

第1章 工場における無線通信	1-1. 無線通信の基礎知識	.....	P.6
	1-2. 工場における無線環境の特徴	.....	P.15
第2章 ローカル5Gの概要	2-1. ローカル5Gとは	.....	P.21
	2-2. ローカル5Gの制度概要	.....	P.24
	2-3. ローカル5Gの利用方式	.....	P.32
第3章 工場におけるローカル5G	3-1. ローカル5Gへの期待	.....	P.41
	3-2. 工場における電波伝搬特性	.....	P.46
	3-3. ユースケースの紹介	.....	P.49
	3-4. 導入事例紹介	.....	P.55
第4章 ローカル5G の導入方法	4-1. ローカル5G導入の手順	.....	P.66
	4-2. 検討・準備フェーズ	.....	P.68
	4-3. 導入フェーズ	.....	P.71
	4-4. 保守・運用フェーズ	.....	P.75
巻末資料	1. 電波伝搬シミュレーション評価結果	.....	P.78
	2. ユースケースごとのNWシミュレーション評価結果	.....	P.103
	3. 令和2年度アンケート調査の概要	.....	P.114

本ガイドラインの構成

- 無線通信やローカル5Gに関するご理解の状況に応じて、各章から読み始めてください。



第1章 工場における無線通信

1-1. 無線通信の基礎知識

1-2. 工場における無線環境の特徴

1-1. 無線通信の基礎知識

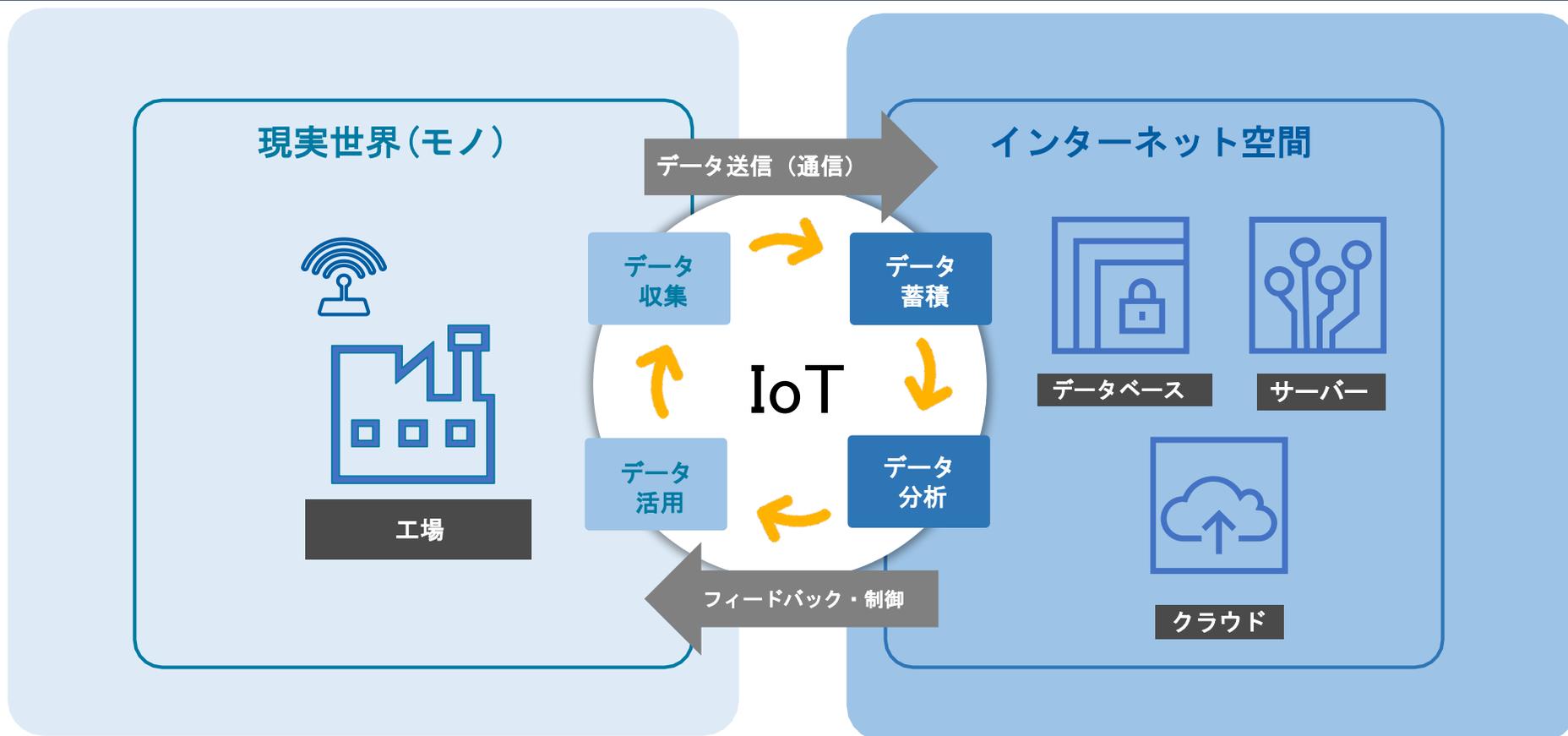
第1章 工場における無線通信

1. 無線通信の基礎知識

(1) 製造現場におけるIoT活用への期待

- IoT(Internet of Things)とは、現実世界の様々なモノがインターネットとつながることです。
- 特に製造現場では、センサーやカメラ等による情報収集、動作制御を伴う設備の自動化等の活用可能性が高く、無線通信を利用したIoT活用は重要な役割を果たすことが期待されています。

製造現場におけるIoT活用のイメージ



第1章 工場における無線通信

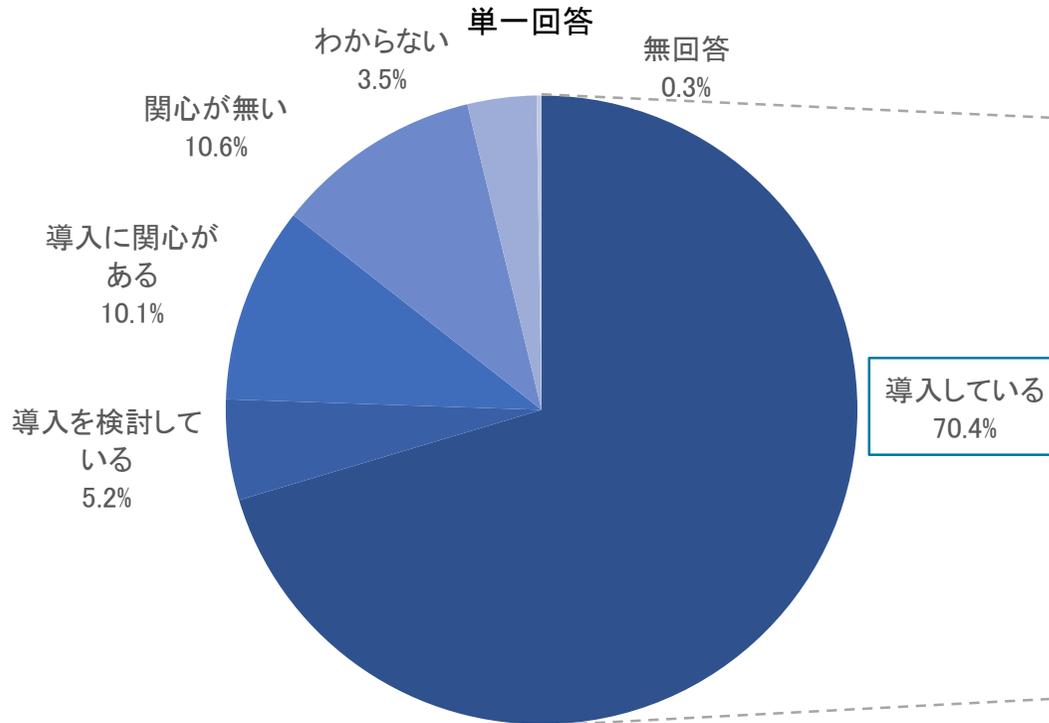
1. 無線通信の基礎知識

(2) 無線通信の導入状況

- 総務省が令和2年に行った全国の製造業を対象としたアンケート調査によれば、70.4%の企業が工場内で無線通信を導入しており、そのうち56.3%が無線通信の利用を「今後は増やしたい」と回答していることから、工場内における無線通信の導入・利用は今後も更に拡大していくと考えられます。

無線通信の導入状況

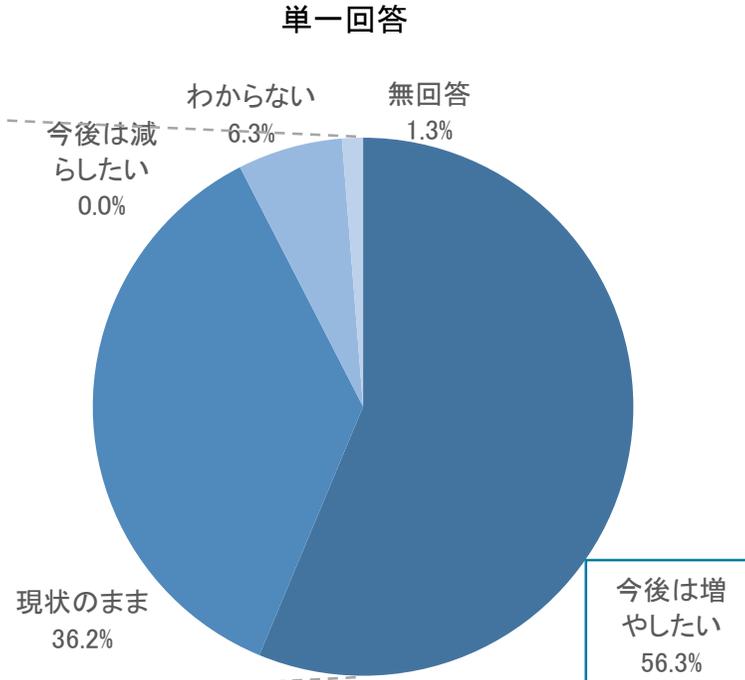
設問「貴社工場における無線通信導入状況をご選択ください」より



総回答：793件

無線通信の今後の活用意向

「無線通信の今後の活用意向をご選択ください」より



総回答：558件

※アンケート調査では、工場における無線通信とは、「Wi-fiやBluetooth等を使用して、物理的な配線を必要とせずに多様な設備・機器をネットワークに接続する仕組みを指すもの」と記載

第1章 工場における無線通信

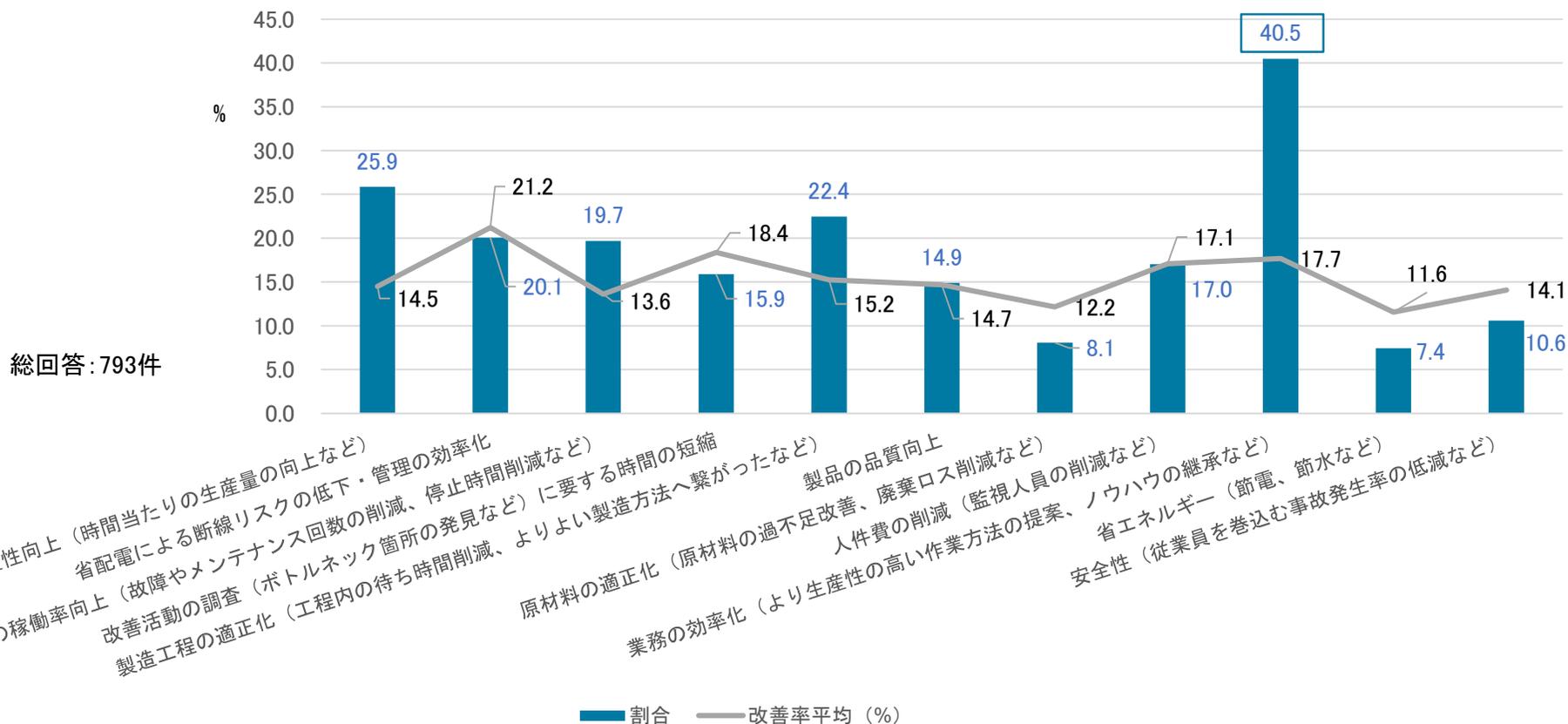
1. 無線通信の基礎知識

(3) 無線通信の導入効果

- 無線通信の導入効果として、「業務の効率化(より生産性の高い作業方法の提案、ノウハウの継承など)」(40.5%)が最も多く挙げられていることから、多くの企業が無線導入による業務効率の改善を実感しており、導入メリットの大きさが伺えます。

無線通信により得られた効果(未導入の場合は期待する効果)と改善率

無線通信の導入により得られた効果とそれがもたらした改善率(体感値、%)を問う設問より

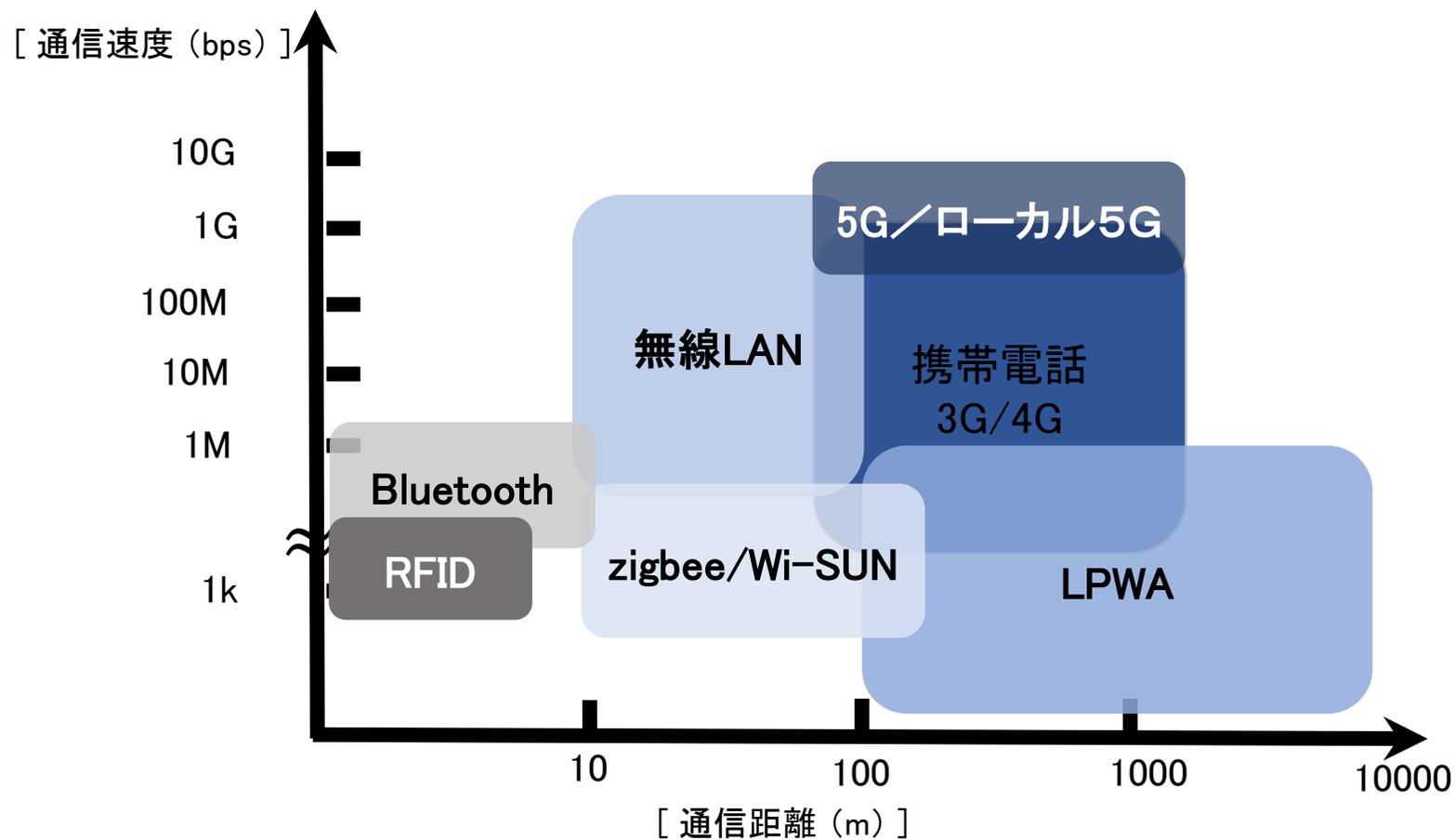


第1章 工場における無線通信

1. 無線通信の基礎知識

(4) 代表的な無線通信の一覧 (1/2)

- 無線局の種類や通信方式により、通信距離や通信速度が異なるため、使用用途(ユースケース・アプリケーション)に合った通信方式を選定しましょう。



第1章 工場における無線通信

1. 無線通信の基礎知識

(4) 代表的な無線通信の一覧 (2/2)

- 無線通信を導入する際には、工場のニーズに沿ったシステムを比較、選定評価する必要があります。伝送速度や伝送距離等を比較したうえで、自社の用途に最適な無線通信規格を検討しましょう。

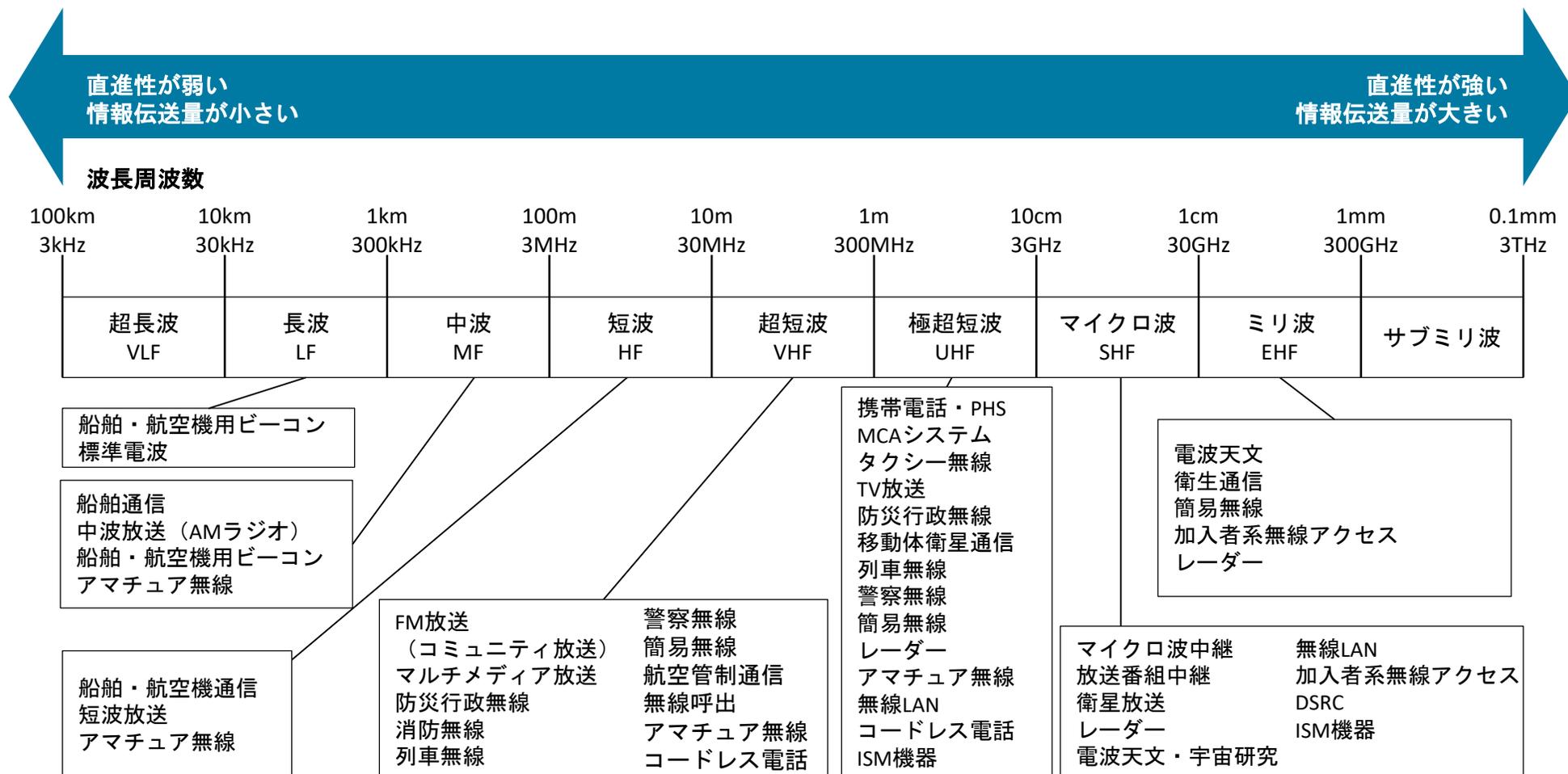
主な通信方式	周波数帯域	無線区間伝送速度 (理論値)	遅延(規格値)	同時接続(規格値)	伝送距離
Wi-Fi	2.4GHz 5GHz	9.6 Gbps	-	~8台 (MU-MIMO)	数十m
Bluetooth	2.4GHz	2 Mbps	-	7台	10m-100m程度
Zigbee	2.4GHz	250 kbps	-	65,000台	10m-75m程度
LPWA	200/400/ 800/900MHz	250 bps ~ 50 kbps	-	100台~	約2~15km
4G	3.5/3.4/2.0/ 1.7GHz, 800MHz	1.0 Gbps (2020/3)	10ms	数百~数千 デバイス/km ² (規格目標:10万 デバイス/km ²)	約1~5km
キャリア5G	3.7/4.5/ 28GHz	20 Gbps	1ms	数千 デバイス/km ² (規格目標:100万 デバイス/km ²)	3.7/4.5GHz: 数百m~1km 28GHz: 数十m
ローカル5G	4.6-4.9/ 28.2-29.1GHz	20 Gbps	1ms	不明 (規格目標:100万 デバイス/km ²)	4.6-4.9GHz: 数百m~1km 28.2-29.1GHz: 数十m

第1章 工場における無線通信

1. 無線通信の基礎知識

(5) 無線通信の特徴 ①電波と周波数

- 「電波」は周波数 3THz(テラヘルツ) 以下の電磁波と定義されています。
- 電波法では用途によって使用できる電波の周波数、強さ、目的等を規定しており、無線通信等の用途に応じた使い分けが求められています。



第1章 工場における無線通信

1. 無線通信の基礎知識

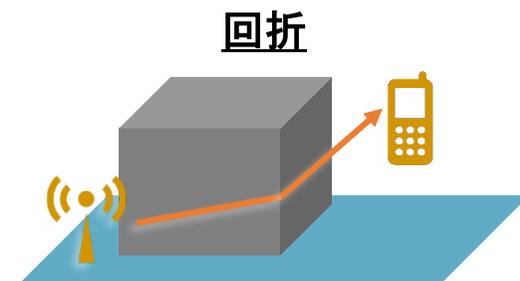
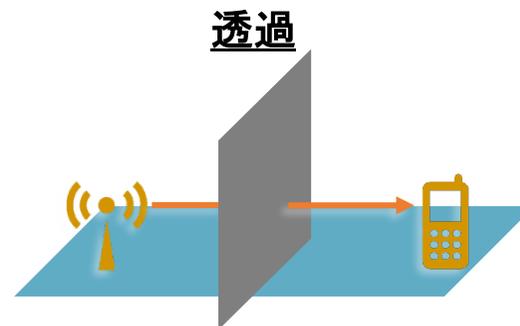
(5) 無線通信の特徴 ②電波の伝わり方

- 無線通信を利用するにあたっては、電波の伝わり方に関する特徴を把握したうえで、無線機器の導入をすることが求められます。

電波の伝わり方

説明

直進	<ul style="list-style-type: none">電波は障害物の無い限り直進し、自ら方向を変えることはありません。
減衰 (げんすい)	<ul style="list-style-type: none">電波は3次元的に広がり距離が離れるほど、電力が減衰していきます。
反射	<ul style="list-style-type: none">光が鏡等で反射するのと同様に、電波は金属のような電気を通しやすい障害物があると反射します。
透過	<ul style="list-style-type: none">光がガラスや水を透過するのと同様に、木やガラス窓、壁等の障害物であれば電波はある程度透過します。
回折 (かいせつ)	<ul style="list-style-type: none">ビルの影や山の裏側等、障害物の後ろにも回り込んで伝わります。回折で回り込む度合いは、基本的に周波数が低いほど大きくなります。
吸収	<ul style="list-style-type: none">電波は反射や透過をする際に、エネルギーの一部が障害物に吸収されます。したがって反射や透過を繰り返したり、厚みのある障害物を透過すると電力が減衰していきます。
その他	<ul style="list-style-type: none">電波は凹凸の多い障害物や複雑な構造物、降雨等により散乱し減衰します。また電波が伝わる際には減衰するばかりではなく、複数の伝搬経路の合成により増幅されることもあります。



第1章 工場における無線通信

1. 無線通信の基礎知識

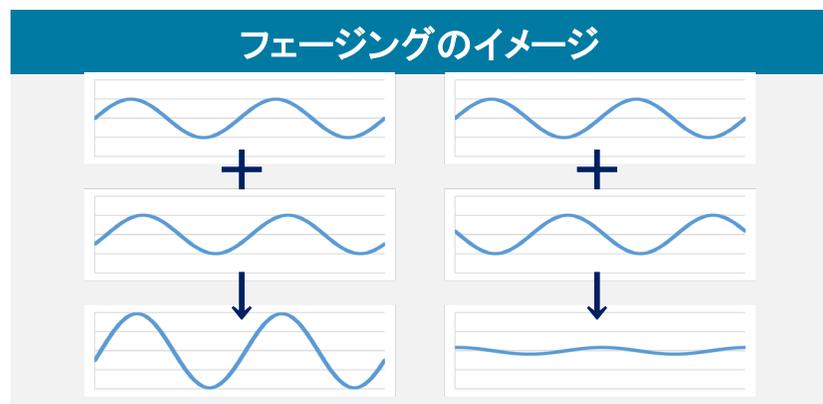
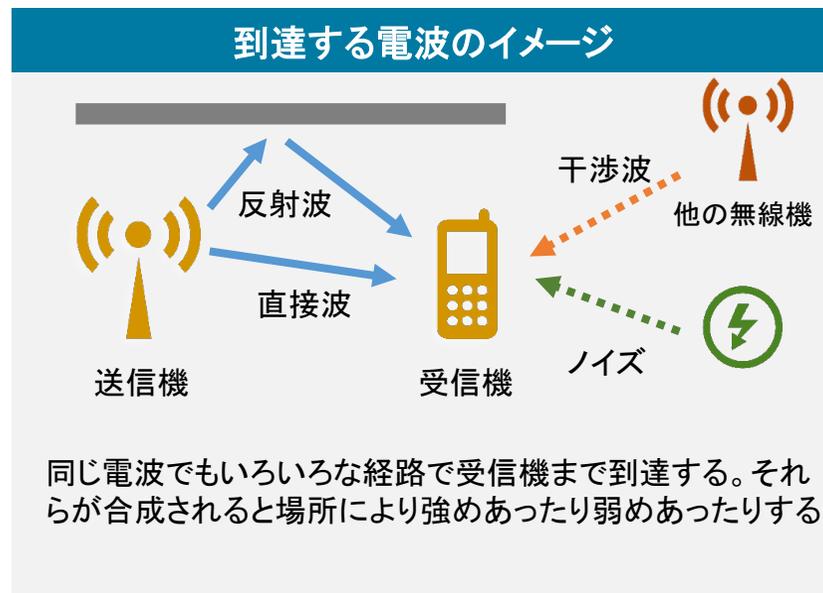
(5) 無線通信の特徴 ③通信品質に悪影響を与える要因

- 無線通信品質に悪影響を与える代表的な要因として、「干渉」、「ノイズ」、「フェージング」があります。

干渉	<ul style="list-style-type: none">通信したい相手からの受信電波に、他の通信機からの電波が同じ周波数・同じタイミングで重なると干渉になります。強い干渉を受けると通信ができなくなることがあります。
-----------	---

ノイズ (雑音)	<ul style="list-style-type: none">周辺にある機械や受信機自体から発生するノイズも、通信したい電波の受信を邪魔します。干渉と同じく、強いノイズが突発的に発生したり、定常的なノイズが複数重なると、通信ができなくなることがあります。
---------------------	--

フェージング	<ul style="list-style-type: none">受信機は同じ送信機から発射された反射波と直接波の合成波を受信します。波の山と山が合成されれば強め合い、山と谷が合成されれば弱め合います。そのため、送信機からの距離が同じでも受信状態が良い場所と悪い場所が存在することがあります。また、送受信機や周りのものが動いていると受信状態が変動し、通信の品質が悪くなります。
---------------	--



1-2.工場における無線環境の特徴

第1章 工場における無線通信

2. 工場における無線環境の特徴

(1) 工場における無線環境

- 工場において無線通信を導入するにあたっては、無線環境が変化しやすいことや内外設備起因のノイズが発生することなど、工場の特徴を踏まえておく必要があります。

工場における無線環境	説明
ダイナミックな無線環境の変化	<ul style="list-style-type: none">レイアウト変更や新規ラインの導入等で数カ月～数年オーダーで無線環境が変化するため、固定的な無線システムの運用に限界がある。
多様な無線環境	<ul style="list-style-type: none">工場は業種、工場の規模、電波遮蔽物の有無、立地条件による外来波の到来、または設備起因のノイズの有無により、無線環境の状態が異なる。
異種システムの混在	<ul style="list-style-type: none">工場ではシステムごとに個別最適化された個々の設備や、個々の工程ごとに段階的に異種の無線システムが導入されることが一般的であり、システム全体の最適化が行われにくい。グローバルで使いやすい2.4GHz帯から混雑する傾向がある。

第1章 工場における無線通信

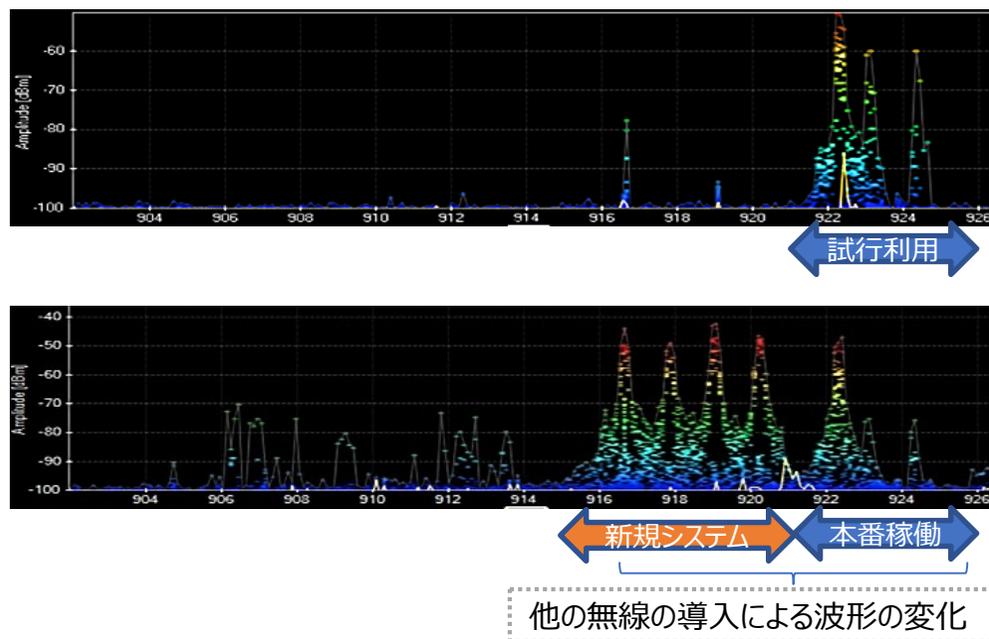
2. 工場における無線環境の特徴

(2) 電波環境変化の要因

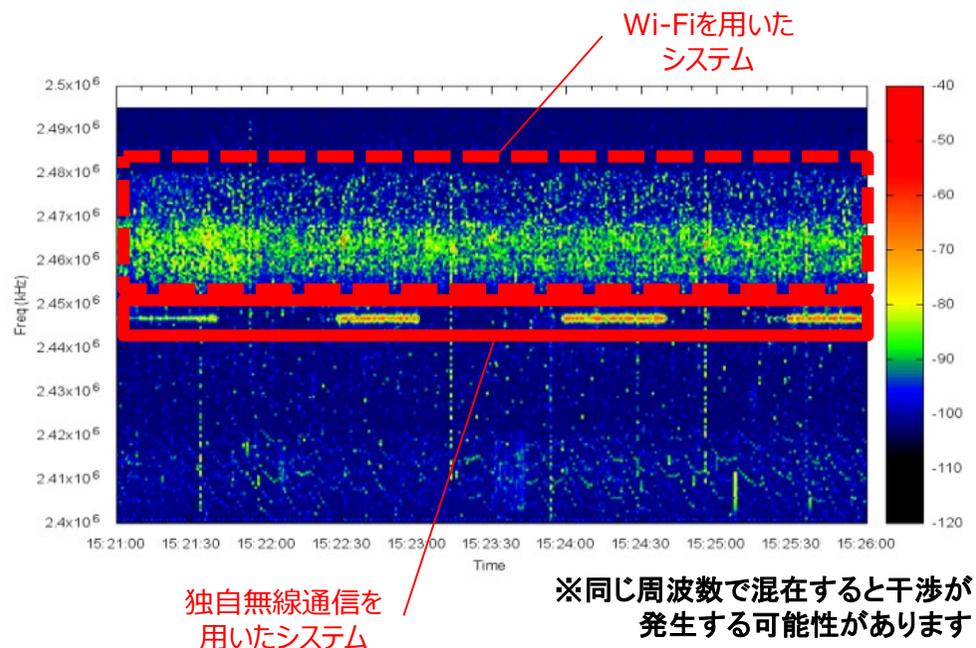
- 電波環境は固定的でなく、ラインの動きや配置換え、無線の新規導入、外部の電波、通信設備による他周波数等により変化します。

新規の機器導入	• 既存の無線通信に加えて新たなシステムを導入した場合、電波環境が変化します。
外部からの電波	• 他社の工場や居住地域に工場が隣接する場合、外部からの電波が自社の電波に影響を及ぼす可能性があります。
同周波数帯の共存	• 既存の無線通信機と新しい無線通信機が同じ周波数で混在する場合は、相互に悪影響を及ぼす場合があります。

【新規システムの導入による電波環境の変化(例)】



【異なる周波数で共存する例】



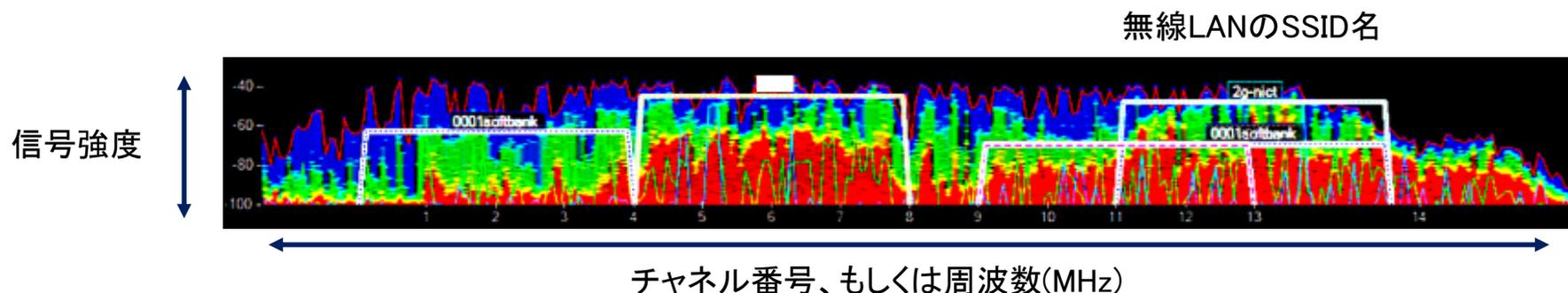
第1章 工場における無線通信

2. 工場における無線環境の特徴

(3) 工場で無線の使用状況を把握する方法

- 無線に関する使用状況の把握には、スペクトラムアナライザやパケットキャプチャ等が用いられます。
- スペクトラムアナライザとは、無線の波形や強さを測定するツールで、無線機器が使用している周波数や、受信強度、通信可能エリアの確認に利用されます。

【スペクトラムアナライザの表示画面イメージ】



表示色: 表示タイプによって電波の強度、電波の密度、電波の頻度を表示しています。 弱/低/少  強/高/多

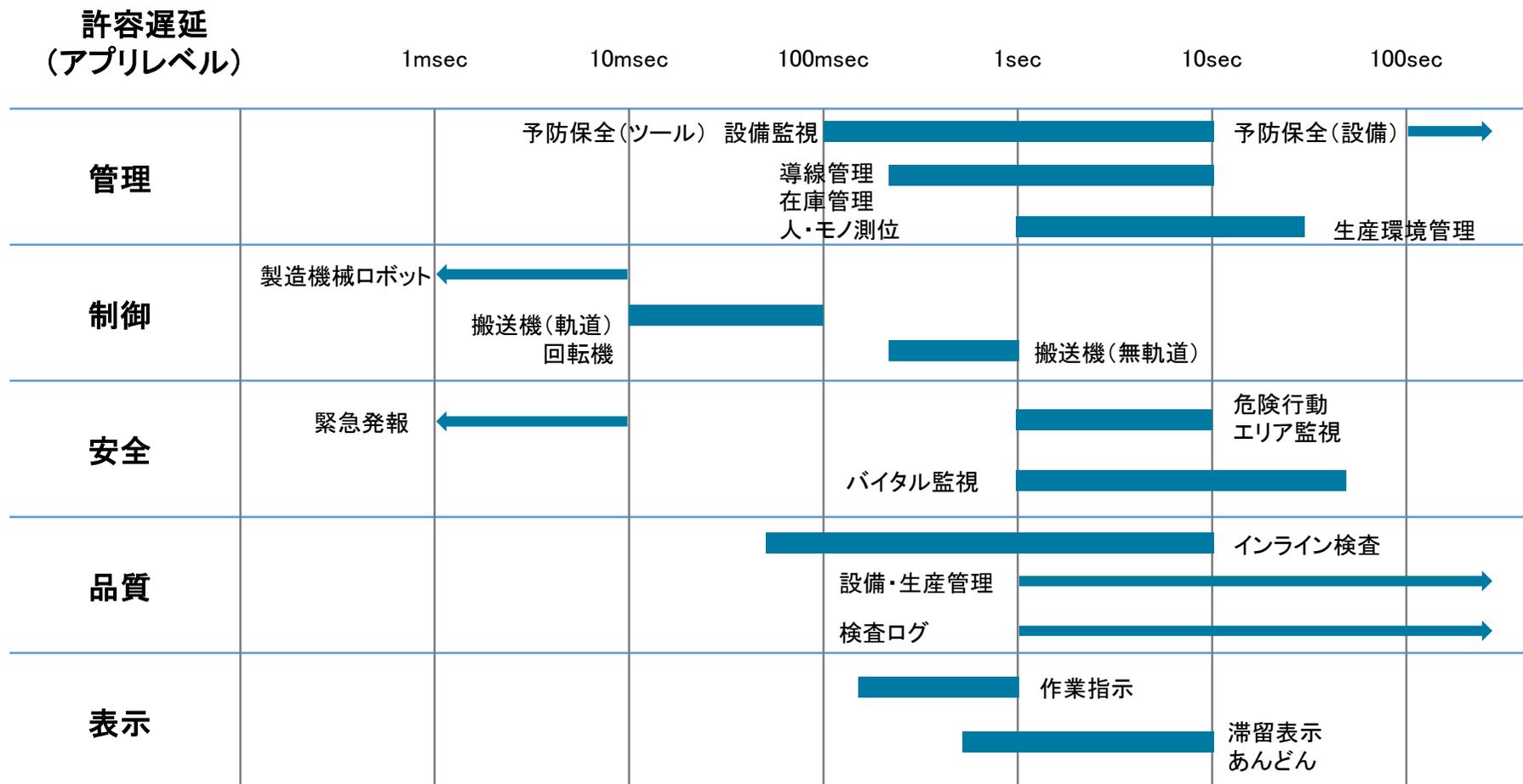
表示タイプ	測定内容	概要	測定方法
Color by Amplitude[dBm]	強度	入感した電波が強いほど赤くなる。使用頻度が高くて電波が弱ければ青くなる。	入感した電波の強さを測定
Color by Density[%]	密度	入感した電波が同じ周波数と同じ強度に存在するほど赤くなる。同じ周波数であっても強度が異なれば密度は薄まり青くなる。	入感した電波が同じ周波数、同じ強度で存在する割合を密度として測定
Color by Utilization[%]	頻度	使用頻度が高い周波数ほど赤くなる。強い電波であっても瞬間的であれば青くなる。	単位時刻内毎に信号が存在した時間を頻度として測定

第1章 工場における無線通信

2. 工場における無線環境の特徴

(4) 工場における無線通信の許容遅延について

- 工場における用途ごとに、許容される遅延の程度は異なります。そのため、許容遅延を考慮したうえで、無線方式や機器を選定する必要があります。



第2章 ローカル5Gの概要

- 2-1. ローカル5Gとは
- 2-2. ローカル5Gの制度概要
- 2-3. ローカル5Gの利用方式

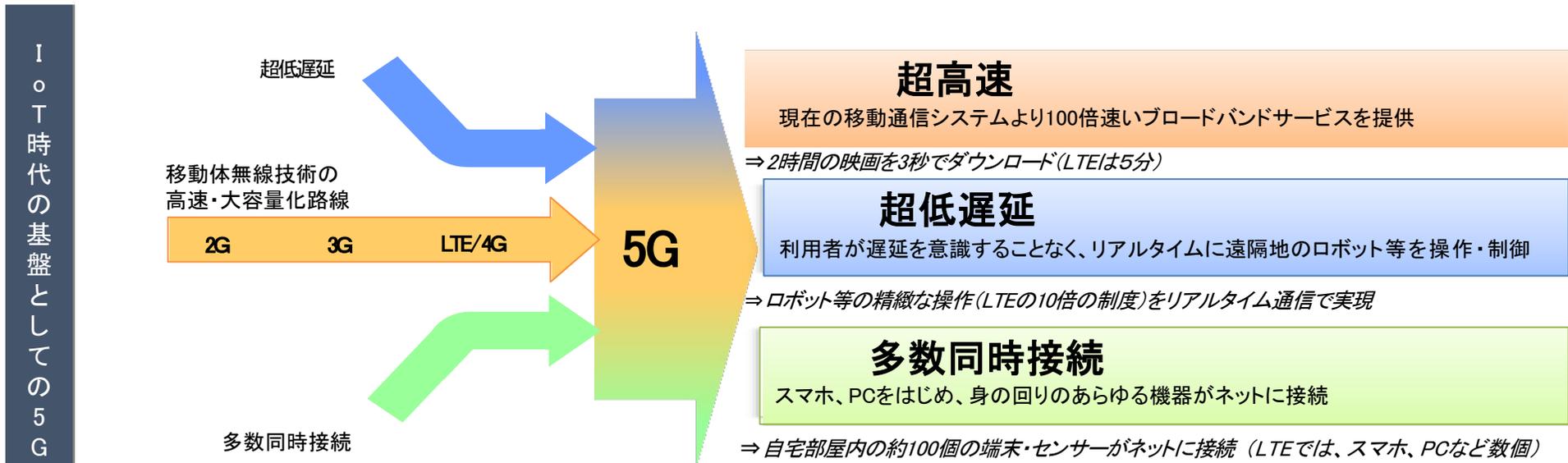
2-1. ローカル5Gとは

第2章 ローカル5Gの概要

1. ローカル5Gとは

(1) 第5世代移動通信システム（5G）

- 5Gとは、4Gを発展させた「超高速」だけでなく、「超低遅延」、「多数同時接続」といった新たな機能を持つ次世代の移動通信システムのことです。



	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年	2022年	2023年
ITU	周波数共用検討	特定周波数検討	世界無線通信会議 (WRC-19)	5Gでの利用を想定したミリ波等の周波数がIMT用に特定	周波数共用検討	特定周波数検討	世界無線通信会議 (WRC-23)
3GPP		5G無線インタフェース提案受付	5G無線インタフェース勧告作成	ITU-R WP 5D	5Gの技術性能要求を満たす無線規格を策定。3GPPの提案する5G NRが中心となる見通し。	Beyond 5Gビジョン勧告作成	
		リリース15 (~2018.6)	リリース16 (~2020.7)	リリース17 (~2021.9)	リリース18 (時期未定)		
		NSA策定 SA策定	※NSA, Non-Standalone SA, Standalone				
		5Gの最初の仕様。 2017年12月にLTEと連携するNSAの仕様を、2018年6月に5G単独運用のSAの仕様を、それぞれ策定。	様々なユースケースに対応できる拡張した5Gの仕様を策定	WRC-23でのIMT特定候補周波数帯である7-24GHzや52.6 GHz以上のさらなる高周波数帯における5G対応、ネットワーク最適化や省電力化など既存技術の拡張、IoT機器向けに機能を抑えたNR Light等の仕様を策定。			

- 3G以降の移動通信システムの仕様検討、標準化を行っている3GPP (3rd Generation Partnership Project) では、リリース15において 5Gの最初の仕様を策定されました。
- また、3GPPにおけるリリース16においては、様々なユースケースに対応できる拡張した5Gの仕様を策定されました。
- 今後は、5Gの機能拡張やBeyond 5Gに向けた議論が本格化する見込みです。

第2章 ローカル5Gの概要

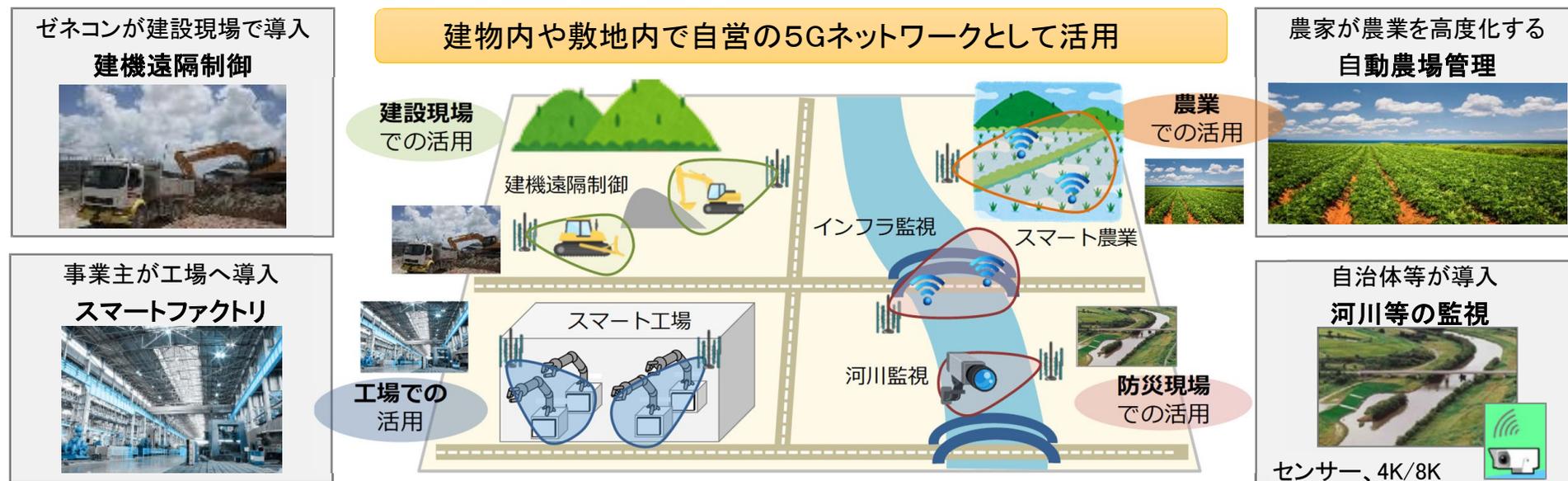
1. ローカル5Gとは

(2) ローカル5G

- 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等の様々な主体が、自らの建物内や敷地内でスポット的に柔軟に構築できる5Gシステムです。

ローカル5Gの特徴

ネットワーク構築	<ul style="list-style-type: none">携帯事業者によるエリア展開が遅れる地域において5Gシステムを先行して構築可能
性能	<ul style="list-style-type: none">使用用途に応じて必要となる性能を柔軟に設定することが可能無線局免許に基づく安定的な利用が可能
通信障害/災害時	<ul style="list-style-type: none">他の場所の通信障害や災害などの影響を受けにくい



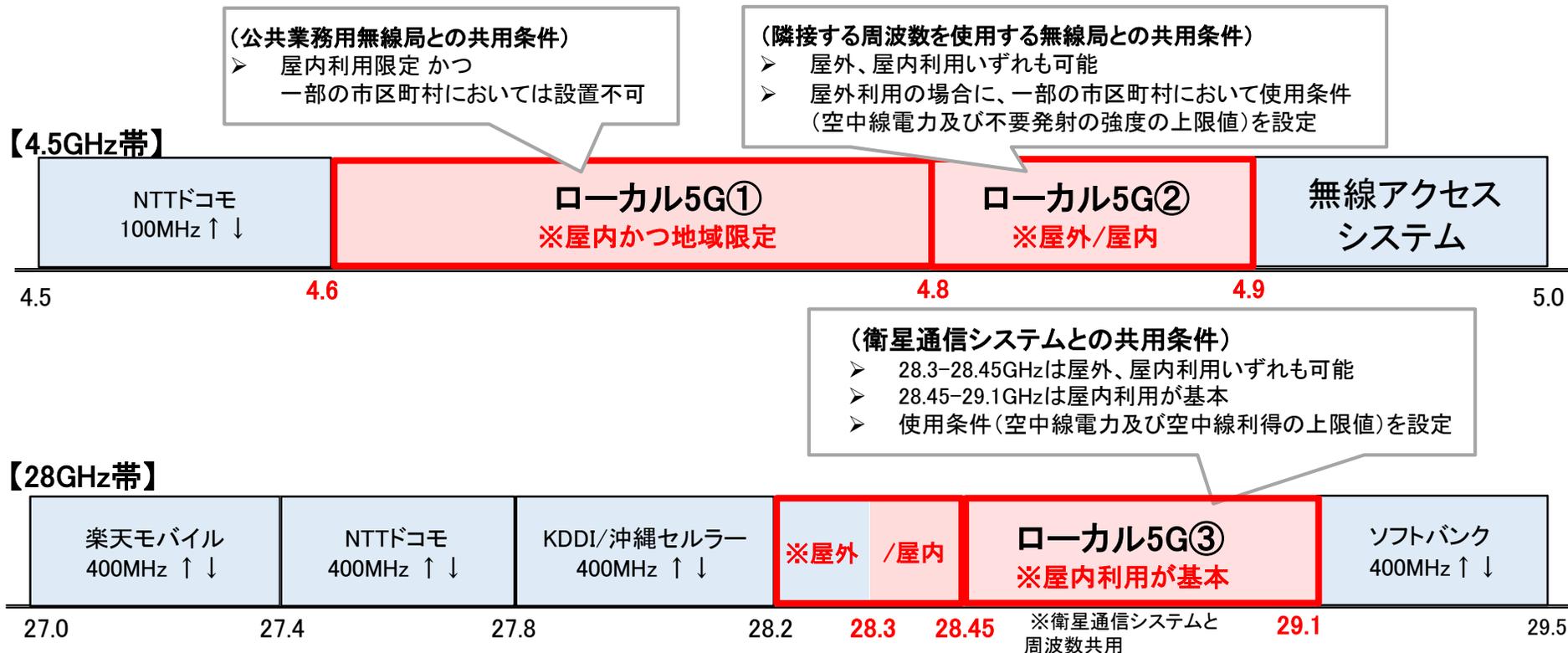
2-2. ローカル5Gの制度概要

第2章 ローカル5Gの概要

2. ローカル5Gの制度概要

(1) ローカル5Gで使用可能な電波の周波数帯

- 28.2-28.3GHzの100MHz幅について、先行して2019年12月に制度化されました。
- また、4.6-4.9GHz及び28.3-29.1GHzの周波数帯は、2020年12月に制度化されました。



■ 5Gシステム同士の共用条件

- 同一周波数を利用する近接するローカル5G同士は、免許申請時にエリア調整を実施
- 隣接周波数を利用する全国5G等と非同期の運用を行う場合は、「準同期TDD」を導入

第2章 ローカル5Gの概要

2. ローカル5Gの制度概要

(2) ローカル5G 導入に関するガイドラインの概要

- ローカル5Gの概要、免許の申請手続、事業者等との連携に対する考え方等の明確化を図るため、総務省はガイドラインを策定・公表しました。

1. ガイドラインの目的

- ローカル5Gは当面「自己の建物内」又は「自己の土地内」での利用を基本とする。
- 建物や土地の所有者が自らローカル5Gの無線局免許を取得可能。
- 建物や土地の所有者から依頼を受けた者が、免許を取得し、システム構築することも可能。
- 携帯事業者等(※)によるローカル5Gの免許取得は不可。

※ 携帯電話サービス用及び広帯域無線アクセス用の周波数帯域(2575-2595MHzを除く)を使用する事業者

2. ローカル5G導入に係る電波法の適用関係

- 無線局の免許申請及び事前の干渉調整が必要。(標準的な免許処理期間は約1ヶ月半)
- 基地局は個別の免許申請が必要。端末は、包括免許の対象として、手続きを簡素化。

3. ローカル5G導入に係る電気通信事業法の適用関係

- ローカル5Gを実現するサービス形態によっては、電気通信事業の登録又は届出が必要。

4. ローカル5Gの免許人による全国MNO等との連携

- ローカル5Gの提供を促進する観点から、携帯事業者等による支援は可能。(ただし、携帯事業者等のサービスの補完としてローカル5Gを用いることは禁止)
- 公正競争の確保の観点から、ローカル5G事業者は、ローミング接続の条件等について不当な差別的取扱いを行うこと(特定の事業者間の排他的な連携等)は認められない。
- NTT東西について、携帯事業者等との連携等による実質的な移動通信サービスの提供を禁止。

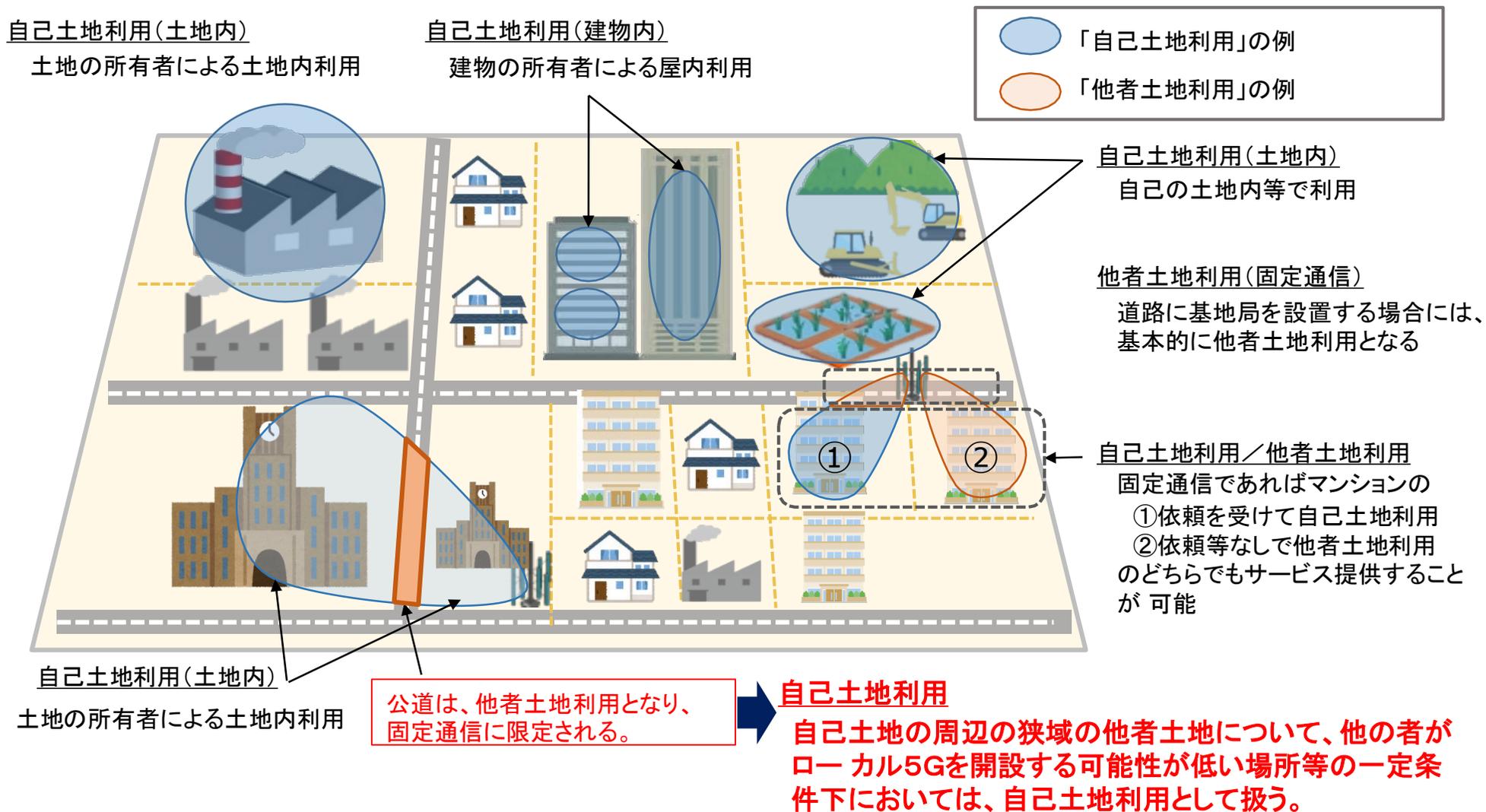
5. ガイドラインの見直し

- 技術・サービスの進歩、ローカル5Gの進展の程度、今後の使用周波数帯の拡充等を踏まえ、必要に応じその内容を見直すものとする。

第2章 ローカル5Gの概要

2. ローカル5Gの制度概要

(3) 自己土地利用/他者土地利用 (1/2)



第2章 ローカル5Gの概要

2. ローカル5Gの制度概要

(3) 自己土地利用/他者土地利用 (2/2)

- 電波法上、ローカル5Gの基地局を自己土地か他者土地のどちらに設置するかによって、免許の主体や空中線の調整必要有無が異なるので注意が必要です。

総務省「ローカル5G導入に関するガイドライン」より抜粋(2020年12月改定内容)

- ローカル5Gは、自己の建物内又は自己の土地内で、建物又は土地の所有者等(賃借権や借地権等を有し、当該建物又は土地を利用している者を含む。以下同じ。)が自ら構築することを基本とする5Gシステムである。また、当該所有者等からシステム構築を依頼された者も、依頼を受けた範囲内で免許取得が可能である(以下「自己土地利用」という。)
- 一方、上述の「自己土地利用」以外の場所、すなわち他者の建物又は土地等での利用(当該建物又は土地の所有者等からシステム構築を依頼されている場合を除く。)については、固定通信(原則として、無線局を移動させずに利用する形態)の利用のみに限定する(以下「他者土地利用」という。)
- 自己土地利用は、他者土地利用より優先的に導入することができるものとして位置づけられるものである。このため、他者土地利用は、自己土地利用が存在しない場所に限り導入可能とする。また、他者土地利用のローカル5G無線局の免許取得後に、自己土地利用の免許申請がなされた場合には、他者土地利用側が自己土地利用のローカル5G無線局に混信を与えないように、空中線の位置や方向の調整等を行うことが必要である。
- 他者土地利用の場合であっても、以下のような一定の条件下においては、自己土地利用として扱うこととする。
 - 大学のキャンパスや病院等の私有地の敷地内の間を公道や河川等が通っている場合等の自己土地周辺にある狭域の他者土地について、別の者がローカル5Gを開設する可能性が極めて低い場合
 - 近隣の土地の所有者が加入する団体によって、加入者の土地において一体的に業務が行われる場合

第2章 ローカル5Gの概要

2. ローカル5Gの制度概要

(4) 電波法関連・電気通信事業法の規定について

- ローカル5Gを利用するためには、「電波法」と「電気通信事業法」が定める事項を満たす必要があります。

電波法・電気通信事業法において対応が必要な事項

<p>電波法関連の対応が必要な事項</p> <p>(ローカル5G導入に関して求める事項)</p>	<ol style="list-style-type: none">1. 提供範囲において「自己土地利用」と「他者土地利用」の形態があり、それぞれの制約条件に基づいた利用2. 必要に応じて、アンカーを構築(①自営等 BWA、②1.9GHz 帯 TD LTE 方式デジタルコードレス電話を自ら構築するか、③地域 BWA または携帯電話事業者の4G網を使用するかのいずれかが求められる)3. ローカル5G周波数用の無線局の免許申請が必要4. 電波利用料の支払い5. 無線従事者が必要6. 技術基準適合証明が必要7. 包括免許の適用
<p>電気通信事業法関連の対応が必要な事項</p> <p>(ローカル5G導入に関して求める事項)</p>	<ol style="list-style-type: none">1. 電気通信事業を行う場合は、電気通信事業の登録又は届出が必要2. IMSI(International Mobile Subscription Identity)の使用が必要

第2章 ローカル5Gの概要

2. ローカル5Gの制度概要

(5) 電波利用料について

- 電波利用料について、4.6-4.9GHz周波数帯と28.2-29.1GHz周波数帯を利用する場合で年間利用料が異なることに留意する必要があります。

■基地局(4.6-4.9GHz)

無線局の区分		金額(年額)
移動しない無線局であって、移動する無線局又は携帯して使用するための受信設備と通信を行うために陸上に開設するもの	3600MHzを超え 6000MHz以下の周波数の電波を使用するもの 空中線電力0.01W を超えるもの	5,900円

支払額= 5,900円× 無線局数

※空中線電力が0.01W以下の場合は、2,600円(年額)

■基地局(28.2-29.1GHz)

無線局の区分		金額(年額)
移動しない無線局であって、移動する無線局又は携帯して使用するための受信設備と通信を行うために陸上に開設するもの	6000MHzを超える周波数の電波を使用するもの	2,600円

支払額= 2,600円× 無線局数

ローカル5Gと自営等BWAを1免許として開設する場合、上記の電波利用料額に変更が生じます。

※ローカル5Gと自営等BWAを1免許として開設する場合：19,000円(年額)

■端末(特定無線局)

無線局の種類	金額(年額)
広域使用電波を使用しない電波法第27条の2第1号に係る特定無線局	370円

支払額= 370円× 特定無線局数

第2章 ローカル5Gの概要

2. ローカル5Gの制度概要

(6) 政府による検討背景

- ローカル5Gの普及促進のため、技術的条件の整理や法制度の制定が行われています。

日付	検討事項・制度改定の概要
2020/6/1	情報通信審議会情報通信技術分科会新世代モバイル通信システム委員会がローカル5Gの拡張周波数帯における技術的条件等について委員会報告(案)を取りまとめ公表・意見募集
2020/7/14	情報通信審議会から拡張周波数帯における技術的条件等について一部答申
2020/8/24	総務省は、周波数拡張等のための電波法関係省令案を公表・意見募集
2020/10/12	電波法関係省令について、電波監理審議会への諮問・答申
2020/12/11	ローカル5G導入に関するガイドライン改定案に係る意見募集の結果及び改定したガイドラインの公表
2020/12/18	ローカル5Gの周波数拡張等について制度改正及び免許申請開始

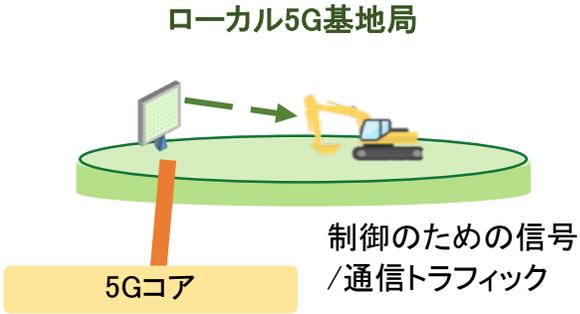
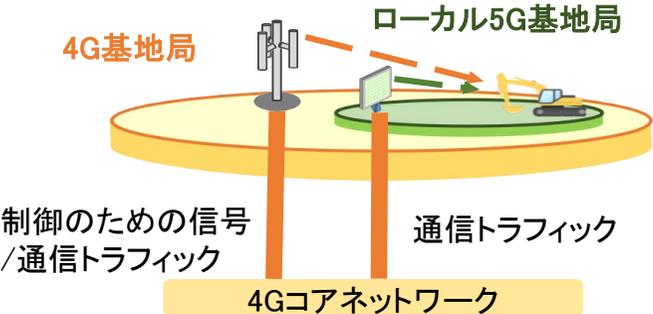
2-3. ローカル5Gの利用方式

第2章 ローカル5Gの概要

3. ローカル5Gの利用方式

(1) SA(スタンドアロン)/NSA(ノンスタンドアロン)方式

- 5Gの無線局、4Gの基地局、コアネットワークを構築したNSA方式に加えて、2021年からは5Gの基地局、コアネットワークのみで動作するSA方式も本格的に普及する見込みです。

SA方式	NSA方式
 <p>ローカル5G基地局</p> <p>5Gコア</p> <p>制御のための信号 /通信トラフィック</p>	 <p>4G基地局</p> <p>ローカル5G基地局</p> <p>4Gコアネットワーク</p> <p>制御のための信号 /通信トラフィック</p> <p>通信トラフィック</p>
<ul style="list-style-type: none">4G LTEのコアネットワークに頼らず、制御信号とデータ信号を搬送し、ローカル5G基地局単独で通信が可能	<ul style="list-style-type: none">無線はLTEと5G NRが併用され、ネットワークと端末間の制御にはLTEを使用ローカル5G事業者等が、局所的な4Gの基地局、コアネットワークを自前で運用する仕組みとして、2019年12月に2.5GHz帯自営等BWA*¹の制度を合わせて整備既存の全国MNOや地域BWA*¹事業者から4Gの基地局やコアネットワークを借り受けることも可能1.9GHz帯TD-LTE方式デジタルコードレス電話(sXGP)についても、ローカル5Gの制御を行う「4Gの基地局」として利用可能にする制度が整備

*1地域広帯域移動無線アクセス(Broadband Wireless Access)システム。2.5GHz帯(2575-2595MHz)の周波数の電波を使用し、地域の公共サービスの向上やデジタル・ディバイド(条件不利地域)の解消等、地域の公共の福祉の増進に寄与することを目的とした電気通信業務用の4Gによる無線システム。

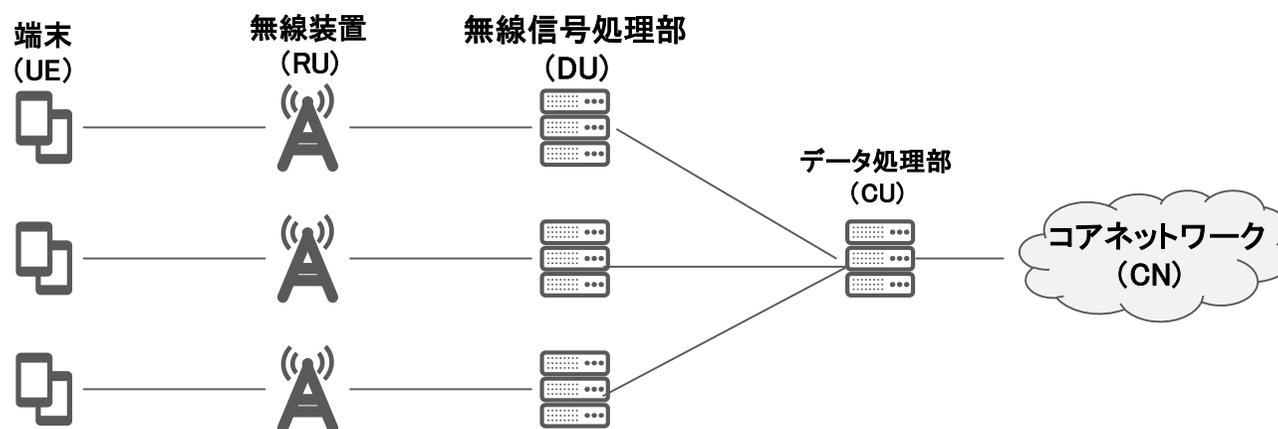
第2章 ローカル5Gの概要

3. ローカル5Gの利用方式

(2) ローカル5Gのネットワーク構成 (1/4)

- ローカル5Gのネットワークは、大きく以下のネットワーク(イメージ)によって構成されます。

ローカル5Gのネットワーク構成図(イメージ)



RU(Radio Unit)	送受信されるデジタル信号の無線周波数変換や電力の増幅を担う無線装置
DU(Distributed Unit)	主に無線信号処理を行う無線信号処理部
CU(Centralized Unit)	主にデータ処理を行うデータ処理部

UE・・・User Equipment の略

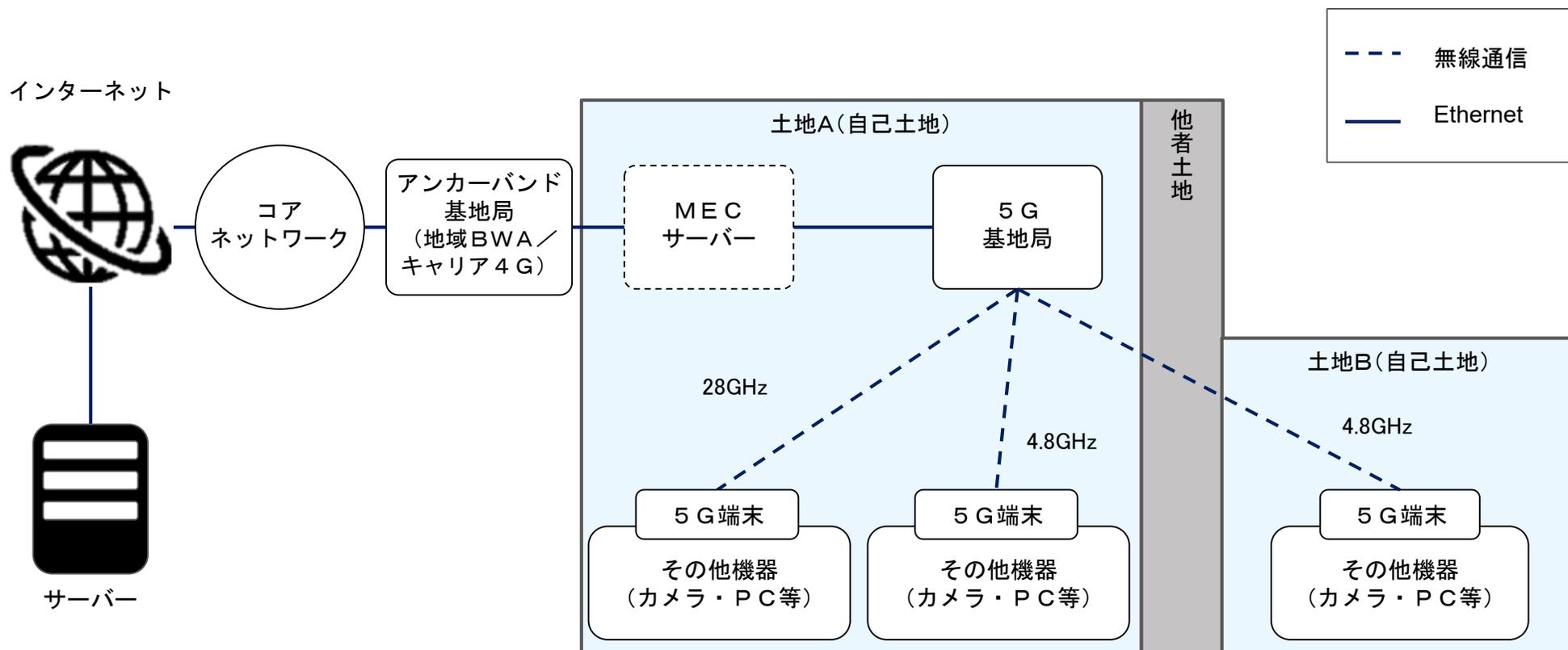
第2章 ローカル5Gの概要

3. ローカル5Gの利用方式

(2) ローカル5Gのネットワーク構成 (3/4)

- NSA方式(地域BWA・キャリア4G利用)は、アンカーバンドとして地域BWAまたはキャリア4Gを利用するNSAの形式です。

NSA方式(キャリアサービス・地域BWA利用)でのネットワーク構成例



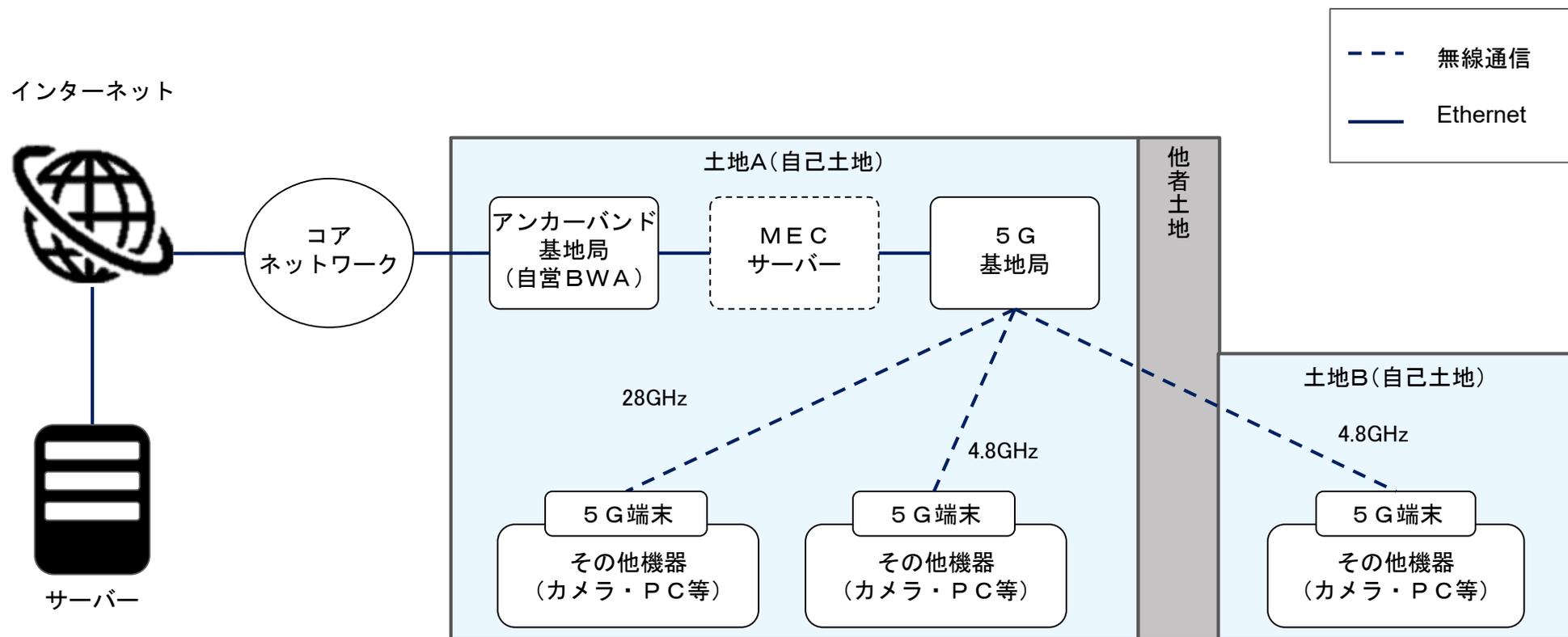
第2章 ローカル5Gの概要

3. ローカル5Gの利用方式

(2) ローカル5Gのネットワーク構成 (4/4)

- NSA方式(自営BWA利用)は、アンカーバンドとして自営BWAを利用するNSAの方式です。

NSA方式(自営BWA利用)でのネットワーク構成例



第2章 ローカル5Gの概要

3. ローカル5Gの利用方式

(3) オンプレミス方式・クラウド方式

- ローカル5Gの構築方法として、自己運用型のオンプレミス方式と、クラウドサービスを利用するクラウド方式の2つがあります。

オンプレミス方式

- ローカル5G機器をオンプレミス方式として導入します。

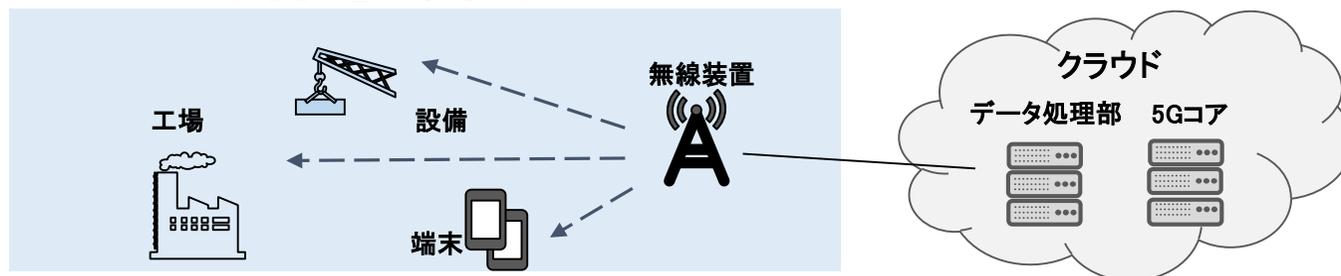


- ローカル5G機器をデータ処理部・5Gコアをデータセンタ等の借用スペースに導入します。



クラウド方式

- 端末・無線装置を導入しますが、データ処理部・5Gコアの機能は、クラウドサービスとして提供されるものを利用します。



第2章 ローカル5Gの概要

3. ローカル5Gの利用方式

(4) 周波数帯ごとの特徴

- 2020年12月時点、総務省のローカル5G導入に関するガイドラインでは、周波数帯域ごとの要件を下表のように定めています。
- 設置地域の制限等に関する詳細は、最新の総務省ガイドラインを確認するようにしてください。

	4.7GHz帯(Sub6)		28GHz帯(ミリ波)	
	4.6GHz-4.8GHz	4.8GHz-4.9GHz	28.2GHz-28.45GHz	28.45GHz-29.1GHz
伝搬距離	数百m		数十m	
遮蔽物影響	低		高	
屋内利用	△ -20dBm/MHz以下 (設置地域の制限あり)	○ 48dBm/MHz以下 (設置地域の制限あり)	○	○
屋外利用	× 利用不可	○ 48dBm/MHz以下 (設置地域の制限あり)	○	△ 屋内利用が基本
帯域幅	300MHz		900MHz	

第3章 工場におけるローカル5G

- 3-1. ローカル5Gへの期待
- 3-2. 工場における電波伝搬特性
- 3-3. ユースケースの紹介
- 3-4. 導入事例紹介

3-1. ローカル5Gへの期待

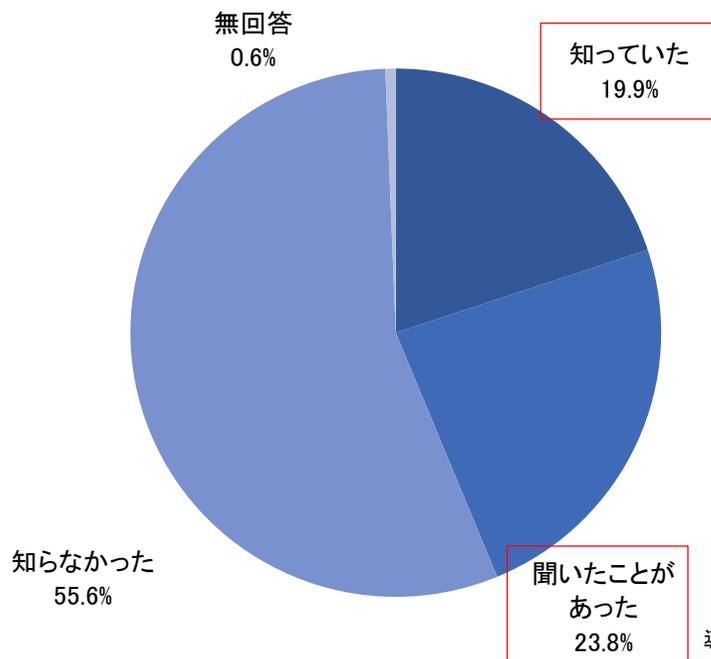
第3章 工場におけるローカル5G

1. ローカル5Gへの期待

(1) ローカル5Gの認知

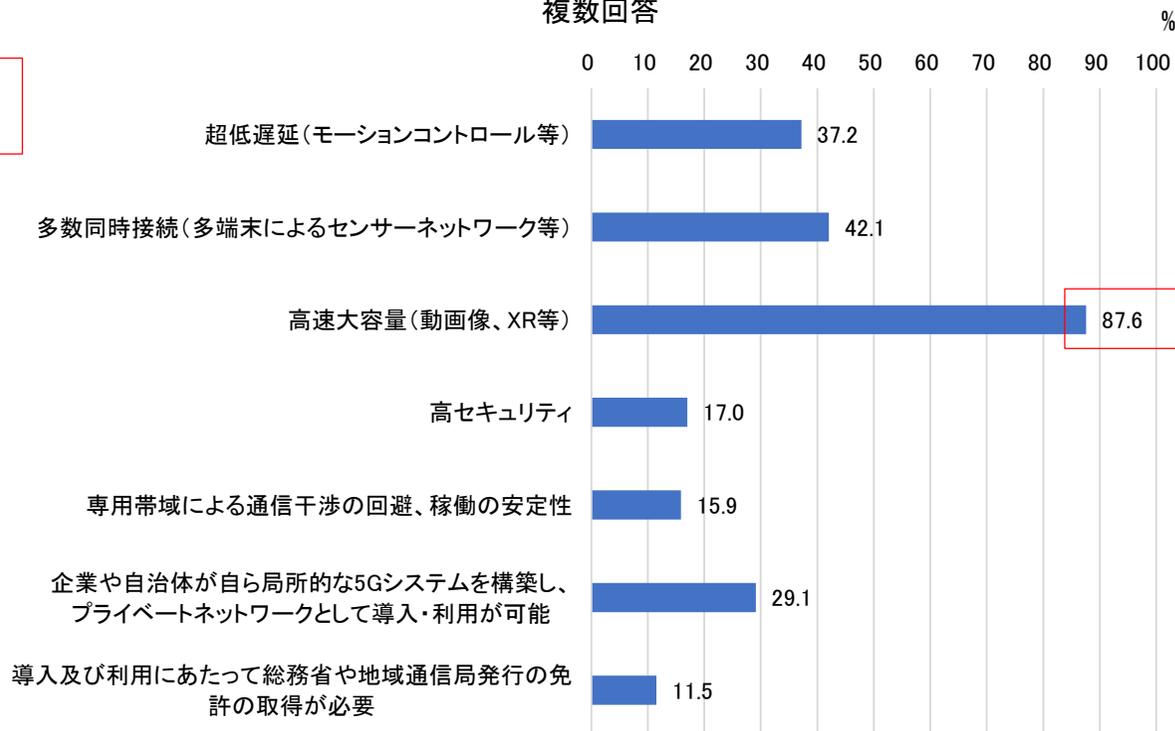
- ローカル5Gに関するアンケート調査結果では、全国の約半数の企業が、ローカル5Gについて「知っていた」または「聞いたことがあった」と回答しており、高い注目がされています。

ローカル5Gの認知度
設問「ローカル5Gについて知っていましたか。」より
単一回答



総回答: 793件

ローカル5Gの特徴に関する認知度
設問「ローカル5Gの特徴のうち、既に知っていたものをご選択ください。」より
※ローカル5Gを「知っていた」、「聞いたことがあった」人による回答結果
複数回答



総回答: 347件

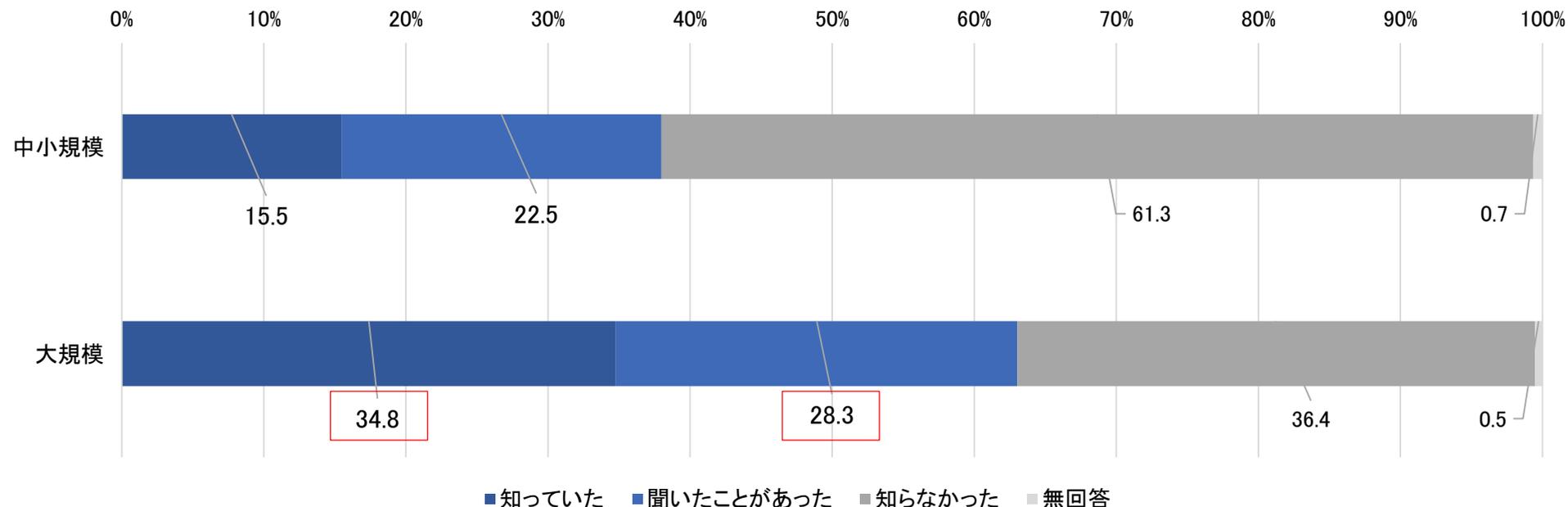
第3章 工場におけるローカル5G

1. ローカル5Gへの期待

(2) ローカル5Gの認知（企業規模別）

- ローカル5Gの認知について企業規模別で見ると、大規模企業の63.1%がローカル5Gを認知しており、特に高い関心が払われています。

ローカル5Gの認知度
設問「ローカル5Gについて知っていましたか。」より
単一回答
※規模別回答結果



*1 本調査では、従業員数が300人以上の企業を大規模、300人未満の企業を中小規模と定義した

総回答：792件

※回収数793件から、従業員数無回答(1件)の回答を除いた

第3章 工場におけるローカル5G

1. ローカル5Gへの期待

(3) ローカル5Gの導入意向（業種別）

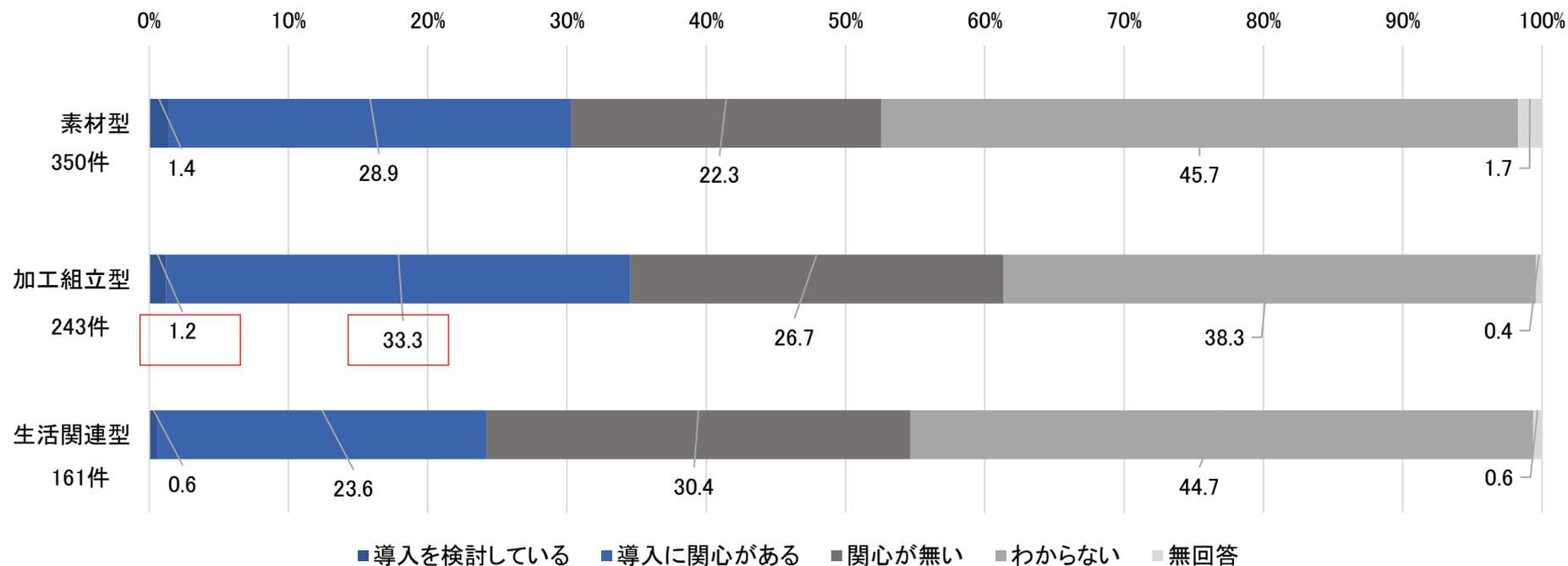
- ローカル5Gの導入検討状況については、特に加工組立型の製造企業で「導入を検討している」または「導入に関心がある」企業が多く(34.5%)、3社に1社以上が導入に前向きです。

ローカル5Gの導入意向

設問「貴社工場におけるローカル5G導入検討状況をご選択ください。」より

単一回答

※業種別回答結果



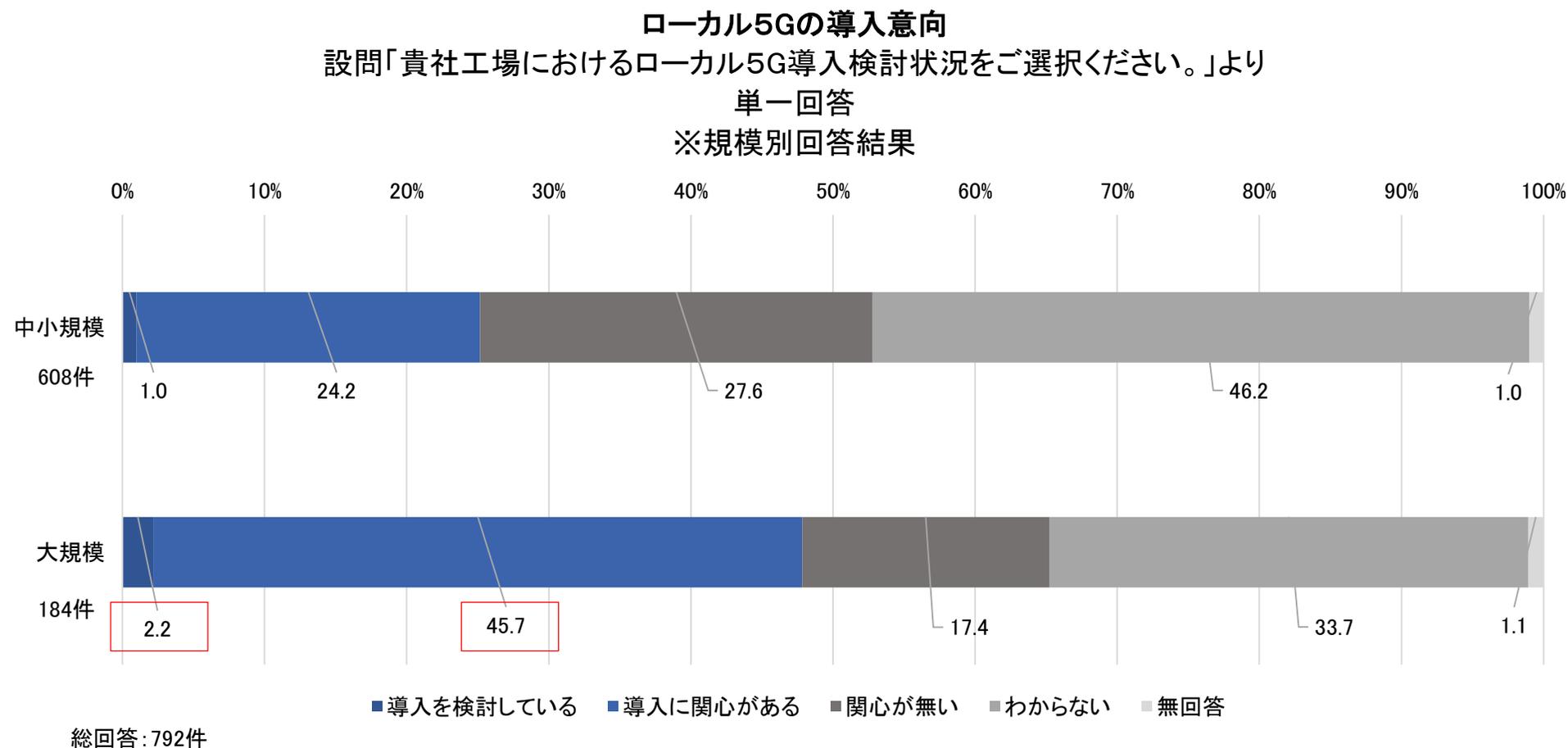
総回答：754件

第3章 工場におけるローカル5G

1. ローカル5Gへの期待

(4) ローカル5Gの導入意向（企業規模別）

- ローカル5Gの導入検討状況について、大規模企業では、おおよそ半数(47.9%)の企業が導入に対して前向きであることから、今後もローカル5Gに関する導入事例は増加していくと考えられます。



3-2.工場における電波伝搬特性

第3章 工場におけるローカル5G

2. 工場における電波伝搬特性

(1) 電波伝搬シミュレーションの実施目的

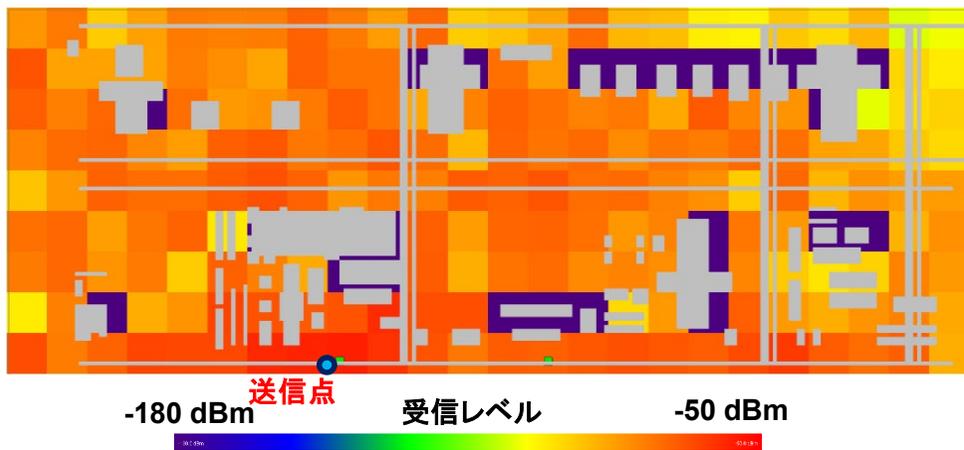
- 製造現場における無線通信、特にローカル5Gの無線環境を把握するため、電波伝搬シミュレーションの評価結果の活用も検討ください。

実施目的・内容

- ローカル5Gによるネットワーク構成を想定した無線伝搬環境特性を把握するため、4.6GHz帯、28.3GHz帯に関する電波伝搬シミュレーションを実施しました
- 工場モデルとして4つ(プラント、自動車工場、物流倉庫、金属加工工場)を対象に評価を行いました

電波伝搬シミュレーションとは

- 電波伝搬に関するシミュレーション評価を実施することで、受信点における電波強度を測定し、無線環境の特徴を事前に把握することができます。



※金属加工工場における評価結果(参考図)

シミュレーション評価結果の活用

工場モデルの特徴に応じた無線環境の把握

- 電波伝搬シミュレーション評価結果から、工場モデルの特徴に応じた無線環境の把握時の参考にしてください。

ローカル5Gの周波数帯による違いの把握

- ローカル5Gで利用される周波数帯を想定した電波伝搬シミュレーション評価結果から、周波数帯の違いによる無線通信への影響を把握するための参考にしてください。

第3章 工場におけるローカル5G

2. 工場における電波伝搬特性

(2) 電波伝搬シミュレーションの結果考察

- 4.6 GHz帯と28.3 GHz帯の特徴や、工場モデルの構造物、材質等によって電波伝搬の状況は異なることから、自社の環境に適した周波数帯を考慮して利用することが重要です。

電波伝搬シミュレーションの結果考察

距離による伝搬損失	<ul style="list-style-type: none">4.6 GHz帯と28.3 GHz帯のPLEを比較すると、すべての工場モデルで28.3 GHzの方が大きい値となった。周波数が大きいほど、距離に対する伝搬損失の増加が大きいことが予測されます。
反射波の影響	<ul style="list-style-type: none">28.3 GHz帯においても、金属加工工場の結果のように、壁や天井が金属で構成されている場合は、反射の影響によって見通しがいい位置にも一定程度電波が届いていることがわかりました。
回折による影響	<ul style="list-style-type: none">障害物によって遮蔽される位置に受信点がある場合であっても、4.6 GHz帯では28.3 GHz帯と比べると、回折による電波の回り込みが期待され、受信レベルが向上する可能性があります。

4.6 GHz帯の活用シーン	28.3 GHz帯の活用シーン
<ul style="list-style-type: none">4.6 GHz帯の場合には、見通しがいい受信点であっても、回折によって一定の電波が到達する傾向があるので、障害物のある工場環境でも活用が期待できます。今回のシミュレーションでは、物流倉庫における荷物のかげに位置する受信点（小型センサ）や、自動車のかげに位置する受信点（AGV）でも一定の受信レベルが確認されました。なお、適切に電波環境を構築できるかどうかは、現実の環境を踏まえた検討が必要です。	<ul style="list-style-type: none">28.3 GHz帯は電波の回り込みが弱く、遮蔽物の影響を強く受けるという特徴があります。そのため、基地局を高い位置に設置することや、ラインごとに複数の基地局を配置するといった対応を行い、見通しを確保することが重要になります。また、遮蔽物の影響を受けやすいという特徴を踏まえると、セキュリティや干渉回避の観点から、特定のエリアに閉じた通信を実現することも考えられます。

3-3. ユースケースの紹介

第3章 工場におけるローカル5G

3. ユースケースの紹介

(1) ローカル5Gの活用可能性が高いユースケース ① 管理

- 管理に関するユースケースとしては、工場内の環境や設備に関する情報取得等の利用が挙げられます。

カテゴリ	目的	対象となる情報	システム要件						
			平均データサイズ		到達許容時間		通信頻度		工場内ノード数
管理	クリーンルーム(ブース) 塵埃量管理	塵埃量	32	Byte	5	s	Once	per minute	10
管理	二酸化炭素濃度管理	CO2濃度	16	Byte	5	s	Once	per minute	20
管理	照度管理	照度	16	Byte	5	s	Once	per minute	20
管理	資産管理(ビーコン送信)	設備やモノの情報	200	Byte	1	s	Once	per second	100
管理	ワークのカウンタ	ON/OFF	16	Byte	-	-	-	-	-
管理	製造した製品数カウンタ	カウンタ値	数十	Byte	A few	s	Once	per second	10-100
管理	電力の自動分散切替制御のための配電盤	プラントやデータセンタ向けの電力消費量の管理と停止	Under 1,500	Byte	Less than 5	ms	More than once	every 1ms to 60 seconds	20
管理	分散型電圧制御	センサ、アクチュエータ、インバータ	Less than 100	Byte	Under 100	ms	-	-	≤ 100,000
管理	保全情報システム	生産管理	20-255	Byte	0.1-60	s	Once	every 100 ms to 60 seconds	10,000-100,000
管理	スマートグリッドを用いたミリ秒レベルの高精度な負荷分散制御	工場での電気自動車の充電池や非連続生産電源管理	Less than 100	Byte	Less than 50	ms	-	-	10-100/1km ²

第3章 工場におけるローカル5G

3. ユースケースの紹介

(2) ローカル5Gの活用可能性が高いユースケース ② 制御

- 制御に関するユースケースとしては、工作機械や移動ロボット等の動作制御などが考えられ、厳しい到達許容時間が求められる傾向があります。

カテゴリ	目的	対象となる情報	システム要件						
			平均データサイズ		到達許容時間		通信頻度		ノード数
制御	工作機械に関する動作制御	工作機械	50	Byte	500	us	Once	per minute	≤ 20
制御	梱包機械に関する動作制御	梱包機械	40	Byte	1	ms	Once	per minute	≤ 50
制御	印刷機械に関する動作制御	印刷機械	20	Byte	2	ms	Once	per minute	≤ 100
制御	移動ロボットに関する動作制御	AGV	40 to 250	Byte	1-50	ms	Once	per second	≤ 100
制御	遠隔制御パネル(組立ロボットや切削ロボットに関する制御)	組立ロボットや切削ロボット	40 to 250	Byte	4-8	ms	-	-	TBD
制御	遠隔制御パネル(クレーンやポンプなど固定された機器に関する制御)	クレーンやポンプなど固定された機械	40 to 250	Byte	A few	s	Once	per second	TBD
制御	自動生産管理のための双方向通信	生産管理のためのセンサおよびアクチュエータ	20	Byte	Less than 5	ms	More than once	every 1ms to 60 seconds	10 - 20
制御	一次周波数制御	機器に対するエネルギー供給量	Under 100	Byte	Under 100	ms	-	-	≤ 100,000
制御	動画像制御による遠隔ロボット	周期的な動作制御	15-250	Kbyte	0.1-60	s	Once	every 100 ms to 60 seconds	≤ 100
制御	移動ロボット	トラヒック量を含む周期的な動作制御	40-250	Kbyte	Less than 50	ms	-	-	≤ 100
制御	風力プラントの制御	風車	-	-	16	ms	-	-	< 1,000

第3章 工場におけるローカル5G

3. ユースケースの紹介

(3) ローカル5Gの活用可能性が高いユースケース ③ 安全・品質・表示

- 安全・品質・表示に関するユースケースとしては、危険動作検知や異常検知等の活用が挙げられます。

カテゴリ	目的	対象となる情報	システム要件						
			平均データサイズ		到達許容時間		通信頻度		工場内ノード数
品質	温湿度による予防保全	温度、湿度	100	Byte	1	min	-	-	100
表示	滞留管理	フラグセンサ	A few	Byte	A few	sec	Once	per second	10-100
安全	危険動作検知	画像	100	Kbyte	100	ms	10 times	per second	50
安全	作業環境異常検知	ガス	12	Byte	0	-	Once	every 10 seconds to 1 minute	10-202
安全	非常停止スイッチ操作	ON/OFF	-	Byte	Under 500	ms	-	-	-
安全	高所作業などの遠隔作業	遠隔作業用動画伝送	124	Kbyte	200	ms	30 times	per second	1-5
表示	移動ロボットのための動画ストリーミング	熟練工による生産工程	-	Byte	10	ms	-	-	≤ 100
表示	ARのための双方向の動画通信	生産工程、作業手順の確認、メンテナンスやサービス業務のための遠隔地からのサポート	-	Byte	Less than 10	ms	1	Month	≥ 3
表示	動作制御のためのリアルタイム動画通信	非同期通信	Under 100	Byte	-	-	-	-	≤ 100

第3章 工場におけるローカル5G

3. ユースケースの紹介

(4) ローカル5Gの活用可能性が高いユースケース ④ その他

- その他のローカル5G活用可能性が高いユースケースとして、ローダのティーティングや、多品種少量生産のデータ伝送などが挙げられます。

カテゴリ	目的	対象となる情報	システム要件						
			平均データサイズ		到達許容時間		通信頻度		工場内ノード数
その他	ローダのティーティング	手動パルス信号	50	Byte	30	ms	Once	every 200ms	5
その他	多品種少量生産のデータ伝送	生産物毎のデータ	4	Gbyte	1	min	Once	every 1 to 5minutes	1-500
その他	動作制御のための双方向通信	Sercos, PROFINET, EtherCAT, OPC UAなどのプロトコル通信で管理、制御される機器	1	Kbyte	10	ms	Over once	every 10ms	5-10

第3章 工場におけるローカル5G

3. ユースケースの紹介

(5) ローカル5Gの活用が期待されるユースケース

- 管理、制御、安全・品質等といった工場における各業務分野において、以下のようなユースケースでの活用に期待が寄せられています。

ローカル5Gを活用したいと考えているユースケース(アンケート調査結果より)

管理		制御		安全・品質等	
工場内の設備やモノに関する資産管理	27.3	工作機械に関する動作制御	24.8	在庫管理システムによる過重在庫・滞留在庫の検知	29.0
製造した製品数カウント	26.2	センサおよびアクチュエータに関する双方向通信の制御	13.2	動画像による異常検知	24.8
作業工程漏れ防止のための動作数カウント	22.7	組立ロボットや切削ロボットに関する制御	9.5	温湿度に関する情報収集による予防保全(故障検知)	18.7
保全情報システムによる生産管理	20.4	動画像による遠隔ロボットの制御	7.4	生産物ごとのデータ伝送	17.2
工場内環境に関する管理(塵埃、CO2、温湿度、照度等の管理)	19.4	移動ロボットに関する制御	7.3	非常停止スイッチ操作	9.3
プラントやデータセンタ向けの電力消費量の管理	6.4	梱包機械に関する動作制御	5.8	空気環境(ガス、CO2、有害物質等)による異常検知	6.1
分散型電圧制御の管理	1.4	クレーンやポンプなど固定された機器に関する制御	5.5	移動ロボットのための動画像通信	5.5
スマートグリッドを用いた電力管理(電気自動車の充電機活用等)	1.1	機器に対するエネルギー供給量の制御	4.7	ARのための動画像通信	4.3
		印刷機械に関する動作制御	3.7	高所作業などの遠隔作業のための遠隔作業用動画通信	2.9
		風力プラントなど、エネルギー関連設備の制御	1.6	Sercos, PROFINET, EtherCAT, OPC UAなどのプロトコル通信で管理、制御される機器のための通信	1.1
				手動パルス信号の通信	0.4

単位は%

3-4.導入事例紹介

第3章 工場におけるローカル5G

4. 導入事例紹介

(1) 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ついて

- 総務省では、多種多様なローカル5G基地局の設置場所・利用環境下を想定し、ローカル5G等を活用した地域課題解決モデルを構築するための開発実証を19件実施しました。本ガイドラインでは、工場分野で実施された4件の実証概要を紹介します。

工場分野

件名	請負者
自動トラクター等の農機の遠隔監視制御による自動運転の実現	東日本電信電話株式会社
業務ロボットによる農作業の自動化の実現	関西ブロードバンド株式会社
スマートグラスを活用した熟練農業者技術の「見える化」の実現	日本電気株式会社
海中の状況を可視化する仕組み等の実現	株式会社レイヤーズ・コンサルティング
地域の中小工場等への横展開の仕組みの構築	沖電気工業株式会社
MR技術を活用した遠隔作業支援の実現	トヨタ自動車株式会社
目視検査の自動化や遠隔からの品質確認の実現	住友商事株式会社
工場内の無線化の実現	日本電気株式会社
自動運転車両の安全確保支援の仕組みの実現	一般社団法人ICTまちづくり共通プラットフォーム推進機構
遠隔・リアルタイムでの列車検査、線路巡視等の実現	中央復建コンサルタンツ株式会社
観光客の滞在時間と場所の分散化の促進等に資する仕組みの実現	株式会社十六総合研究所
eスポーツ等を通じた施設の有効活用による地域活性化の実現	東日本電信電話株式会社
MR技術を活用した新たな観光体験の実現	日本電気株式会社
防災業務の高度化及び迅速な住民避難行動の実現	株式会社地域ワイヤレスジャパン
遠隔巡回・遠隔監視等による警備力向上に資する新たなモデルの構築	総合警備保障株式会社
遠隔会議や遠隔協調作業などの新しい働き方に必要なリアルコミュニケーションの実現	東日本電信電話株式会社
へき地診療所における中核病院による遠隔診療・リハビリ指導等の実現	株式会社エヌ・ティ・ティ・データ経営研究所
専門医の遠隔サポートによる離島等の基幹病院の医師の専門外来等の実現	株式会社NTTフィールドテクノ
中核病院における5Gと先端技術を融合した遠隔診療等の実現	特定非営利活動法人滋賀県医療情報連携ネットワーク協議会

第3章 工場におけるローカル5G

4. 導入事例紹介

(2) 「地域の中小工場等への横展開の仕組みの構築」 (沖電気工業株式会社) (1/2)

- 「地域の中小工場等への横展開の仕組みの構築」においては、①外観検査異常判定システム、②画像判断データ転送システムに関する実証が行われました。

	目指す効果	ユースケースの構成
<p>外観検査異常判定システム</p>	<p>・熟練者の技術ノウハウが必要とされる組立・検査工程において、深刻な人手不足により筐体のキズの見落としや工程飛ばしといった問題が発生する課題があるので、「組立・検査工程における製品の自動目視検査システム」の実現を図る。</p>	
<p>画像判断データ転送システム</p>	<p>・従来のシステムでは、社内LANとネットワークを共用していたためトラフィックがひっ迫し、しばしば転送エラーが発生して転送作業の再試行および人が介在しての復旧作業というロスが発生する課題があるので、「検査工程・製品データの効率的な高速転送の検証システム」の実現を図る。</p>	

第3章 工場におけるローカル5G

4. 導入事例紹介

(2) 「地域の中小工場等への横展開の仕組みの構築」 (沖電気工業株式会社) (2/2)

実証事業において直面した課題、苦労した点

- 工場内における無線環境の確認においては、稼働中の工場における計測方法を検討する必要があるとあり、測定する場所・時間が限定されてしまう問題がありました。また、測定ツール(スループット、伝送遅延)を用いた実測では、取得データの量が膨大となり、**データを効率的に解析するためのツールの開発およびデータ処理に苦労しました。**

実証事業において工夫したこと、うまくいった点

- 電波状況を計測する際、当初は受信アンテナを1本で測定していましたが、生産設備等の反射や遮蔽に伴う伝搬環境の変化により、数cmの位置ズレで無線通信特性が大きく変わってしまうという問題がありました。**受信アンテナを2本(ダイバーシティ受信)とすることにより、安定した通信ができるようになりました。**
- 外観検査異常判定システムに用いるAIキズ検知の構築においては、アルゴリズム作成をパターンマッチングで行いました。当初は**事務所で撮像したモデルを使用したところ、製造現場では検知しないケースが発生しましたが、改めて製造現場で撮像したモデルを作成・使用することによって、検知精度を向上させることができました。**

ユースケースの導入によって得られた効果

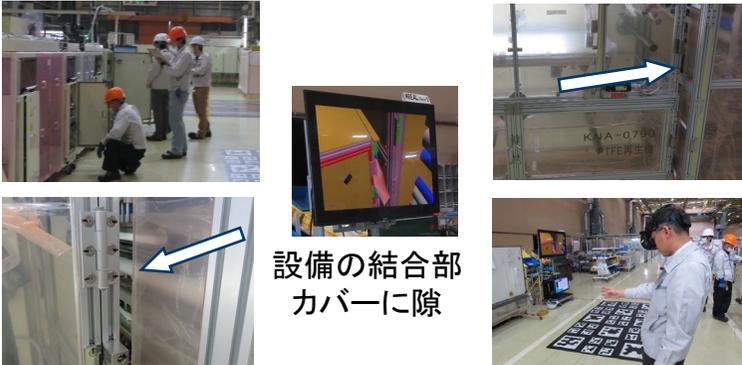
- 外観検査異常判定システムの導入前後の環境で、被験者5名(熟練作業員×1名、若年作業員×4名)に内製製品Aの組立・検査作業を10回ずつ行ってもらい、「作業時間」と「作業ミス」を測定しました。また、被験者に対して作業難易度／肉体的負担／精神的負担の変化をアンケート調査しました。結果として、**作業時間の短縮と作業ミスの低減を確認**しました。また、作業難易度／肉体的負担／精神的負担が低減されました。
- 画像判断データ転送システムでは、「自動化・省力化・無人化」と「設置の自由度」について検証を行い、**従来の作業時間や費用と比較して効果が出ていることを確認**できました。

第3章 工場におけるローカル5G

4. 導入事例紹介

(3) 「MR技術を活用した遠隔作業支援の実現」(トヨタ自動車株式会社) (1/3)

- 「MR技術を活用した遠隔作業支援の実現」においては、MRシステムを活用したユースケースに関する実証が行われました。

	ユースケース1	ユースケース2
名称	生産設備(初号機)製作途中の不具合確認	生産設備製作時の配線作業遠隔支援
説明	製作設備横にMRで設備を再現し、作業者自らが現実と比較しながら確認する。	製作設備の組立作業時にMRで組付部品を再現し、他者が作業姿勢・配線方法等を遠隔から指導する。
期待効果	ローカル5Gで無線化されたMRシステムを用いることで、従来よりも現場作業者の移動範囲や動作自由度が広がり、実際の設備製作前に、不具合確認作業の効率化や安全性の向上とともに実機製作後のやり直し削減が期待できる。	ローカル5Gで無線化されたMRシステムを用いることで、熟練技術者が遠隔から、現場作業者に作業姿勢・組立方法等を指導可能となり、工場現場に足を運ぶ手間や時間、移動費用の削減が期待できる。
イメージ	 <p>設備の結合部カバーに隙</p>	<p>作業性の確認 (作業姿勢指示)</p> 
該当する地域課題	<p>① 工場における後継者不在問題・人手不足の解消</p> <p>② 工場現場における働き方改革(現場の改善活動)の実施</p> <p>③ 多品種少量生産に対応するための、生産準備工程や開発工程の効率化</p>	<p>④ 遠隔地からの各種検討・実作業支援</p>

第3章 工場におけるローカル5G

4. 導入事例紹介

(3) 「MR技術を活用した遠隔作業支援の実現」(トヨタ自動車株式会社) (2/3)

- MRシステムの実証では、生産設備の製作における効率化・安全性向上といった効果を確認できました。

ユースケース	検証項目		最終目標	検証結果		補記
(1) 生産設備(初号機)製作途中の不具合確認	安全	安全性	向上	向上 ／低下	△	ケーブル躓きの危険が解消され、足元の床を気にせずに確認作業が実施できるようになった。 一方、バックパックが重い(約13kg)ため屈伸が必要な下部の確認でバランスを崩す等のリスクを感じた。また、MRシステムを装着するとヘルメットをしっかりと被ることができず、安全性は確保されていない。
	品質	検討品質	作業性、視認性、 保全性やり直しゼロ	向上	○	無線化によって現場で簡単に生産設備の3Dデータ入れ替えが可能になり、様々な検討が実施でき漏れがなくなった。
		移動可能範囲	制限なし	向上(10m⇒ 制限なし) ／低下	△	ケーブル取り回しの制約がなくなり、足元の床を気にせずに作業を実施できるようになった。一方、大きなバックパックで背中が固定、作業姿勢が制限されることがあった。
	コスト	連続使用可能時間	30分	低下(30分⇒ 20分)	△	バックパックが重い(約13kg)ため連続作業が困難になり、1回当たりの作業時間に20分の上限を設けた。
		人数	3名	変化なし(3名⇒3名)	○	－
(2) 生産設備製作時の配線作業遠隔支援	品質	検討品質	向上	向上	○	熟練技術者による的確な遠隔支援により、検討漏れがなくなり品質が向上した。遠隔支援者が客観視の映像を見ることができれば、更なる品質の向上に期待できる。
		映像品質(遠隔)	有線並	未達	×	無線通信の不安定さにより遅延・コマ落ち等、映像品質が落ちることがあった。
	コスト	移動時間・出張費用	不要	不要	○	遠隔支援により、熟練技術者が現地に移動する時間・交通費を削減することができる。
		人数	2名+遠隔1名	減少(3名⇒ 2名+遠隔1名)	○	課題解決システムの活用によって遠隔から支援できる目途が立った。

第3章 工場におけるローカル5G

4. 導入事例紹介

(3) 「MR技術を活用した遠隔作業支援の実現」(トヨタ自動車株式会社) (3/3)

実証事業において直面した課題、解決のために工夫したこと

- 4.7GHz帯がマルチパスによる影響を受け、想定よりも電波が伝搬していないことがありました。**4.7GHz帯設備のマルチパスによる影響を改善するため、アンテナの追加および吸収体の設置**を行いました。
- 電波伝搬試験では、無指向性アンテナを使用して試験したところ、距離的には電波が届く範囲でありながら、通信不能なポイントがありました。**マルチパスの影響があることを想定し、指向性アンテナを使用して試験を実施したところ、通信可能な測定ポイントの増加(改善)が確認**されました。反射/マルチパスの影響は大きく、安定した通信を確保するためには、反射/マルチパスの影響を受けないようにする工夫が必要ということが改めて確認できました。
- MRシステムの構築は、機器をバックパックに格納する方式で進めましたが、リハーサル時を実施した際に、熱がバックパック内にこもってしまうことを発見しました。そのため、バックパックを背負子にするに変更することで対応しました。
- ローカル5Gの設備投資効果を最大化させるためには、MRシステム以外のシステムもローカル5G上で稼働させ、費用対効果を向上させる等の対応が考えられます。

ユースケースの導入によって得られた効果

- MRシステムの実証においては、生産設備の製作における効率化や安全性の向上という効果を確認することができました。(詳細は、前頁の効果検証結果の表をご参照ください)

第3章 工場におけるローカル5G

4. 導入事例紹介

(4) 「目視検査の自動化や遠隔からの品質確認の実現」 (住友商事株式会社) (1/2)

- 開発実証「目視検査の自動化や遠隔からの品質確認の実現」では、高精細画像データ及びAI解析を用いた目視検査の自動化や遠隔作業支援に関する課題実証が行われました。

	ユースケース1	ユースケース2
名称	高精細画像データ及びAI解析を用いた目視検査の自動化	高精細映像伝送による品質確認等(遠隔作業支援)
実証目標	<ul style="list-style-type: none"> サミットスチール大阪工場の第二スリッターライン(S2)における目視検査の作業工数を”ゼロ”にすること 高精細な8Kラインスキャンカメラと画像処理AIを活用して、製造業の現場課題を踏まえた機能および運用を検証すること 	<ul style="list-style-type: none"> 営業担当者の大阪工場への品質確認時の移動時間削減効果を検証すること 4Kの高精細映像を活用して、製造業の現場課題を踏まえた様々なユースケースでの機能および運用を検証すること
活用イメージ	<p>現状</p>  <ul style="list-style-type: none"> サミットスチール大阪工場では、鋼板表裏面の外観品質を目視で検査している。 鋼板に近づいてしゃがんだ姿勢で目視検査を実施しているため、負荷がかかる作業となっている。 身体的負荷のかかる作業を削減し、作業効率を向上することが現場課題として挙げられている。 <p>将来像</p>  <ul style="list-style-type: none"> 「人の目を介さない検査」を実施することで、作業工数の削減および身体的負荷のかかる作業の低減が可能になる。 作業者の経験値に頼らず精度の高い検査を実施することで、高水準の品質基準の維持確立できる。 作業者の休業や退職等による引継ぎの負荷を低減する。 	<p>現状</p>  <p>本社から工場まで 往復1時間かけて確認作業をすることも</p> <ul style="list-style-type: none"> サミットスチール本社営業部(淀屋橋)と大阪工場は、社有車で往復約1時間程の移動時間がかかる。 工場だけでは出荷可否を判断できない品質不良等が発生した場合、本社と工場の担当者等が電話で不良内容を確認している。 場合によっては、営業担当者が工場に訪問して品質を確認することもある。 <p>将来像</p>  <p>遠隔地から4K映像を確認</p> <ul style="list-style-type: none"> 細かなキズでも撮影できるよう4Kカメラを使用し、高精細な映像を大阪工場から本社へ配信することで、遠隔からでも品質確認の支援が可能になる。 「工場設備の保守メンテナンス」等、他の用途に活用することもできる。 新型コロナウイルスの感染対策として、遠隔からでも工場内の様子が確認できる。

第3章 工場におけるローカル5G

4. 導入事例紹介

(4) 「目視検査の自動化や遠隔からの品質確認の実現」 (住友商事株式会社) (2/2)

実証事業において直面した課題、苦労した点

- 目視検査自動化に用いるAIアルゴリズムの精度向上のため、**多くの学習データ(鋼板にキズがあるNGデータ)を取得する必要がありました**が、**データ取得やAIの精度向上に苦労**しました。アルゴリズム開発に時間をかけることができなかったことが一因です。本実証は実施期間が限られていましたが、一般に開発を行う場合には、余裕を持ったスケジュール設定できると良いのではないのでしょうか。

実証事業において工夫したこと、うまくいった点

- カメラ等の設置にあたっては、工場内の限られたスペースにて行う必要があり、最適な設置場所や取り付け方法を検討する必要がありました。検討においては、**知見のあるベンダーに依頼したことで、現場で実物を見ながらライトやカメラ角度等について適切な助言をいただきました。**
- 遠隔作業支援の実施において、データを確認する本社側の環境も実務上考慮する必要**がありました。本社ではWi-fiを利用していますが時間帯によっては、配信が止まってしまうことがあり注意が必要です。

ユースケースの導入によって見込まれる効果

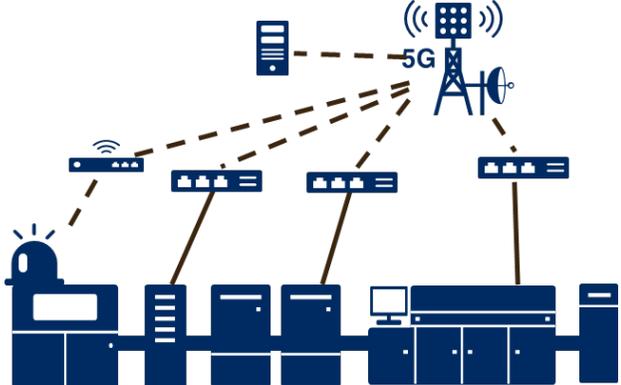
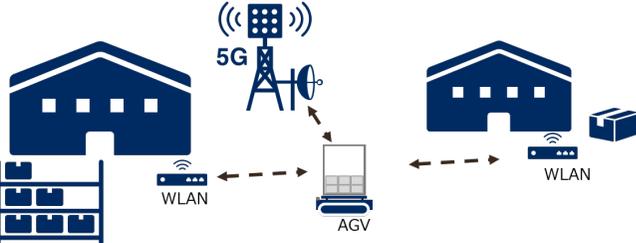
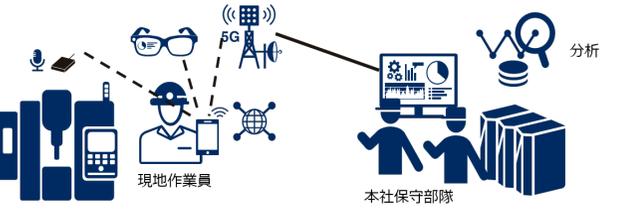
- 目視検査の自動化に関するユースケースについて、自動判定の精度が上がり、品質確認にかかる時間が削減された場合には、加工時間が▲2,000分/月程度の効果が見込まれます。
- 遠隔作業支援のユースケースについて、活用が進んだ場合には、品質確認のための改善効果▲20分/月、大阪本社から大阪工場への移動時間削減効果▲180分/月の効果が見込まれます。

第3章 工場におけるローカル5G

4. 導入事例紹介

(5) 「工場内の無線化の実現」 (日本電気株式会社) (1/2)

- 開発実証「工場内の無線化の実現」では、制御系ネットワークの無線化、無軌道型AGVの遠隔制御、遠隔保守作業支援のユースケースについて課題実証が行われました。

名称	変種変量生産に資する制御系ネットワークの無線化	無軌道型AGVの遠隔制御	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
ユースケースの概要	<ul style="list-style-type: none"> 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。 	<ul style="list-style-type: none"> 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。 	<ul style="list-style-type: none"> 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ない。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。
ユースケースの活用イメージ	<ul style="list-style-type: none"> 製造ラインの柔軟な変更による少量多品種生産の実現に資する制御系ネットワークの無線化 	<ul style="list-style-type: none"> 無軌道型AGVの遠隔制御 	<ul style="list-style-type: none"> 効率的な機器等の遠隔からの保守作業支援 

第3章 工場におけるローカル5G

4. 導入事例紹介

(5) 「工場内の無線化の実現」 (日本電気株式会社) (2/2)

実証事業において工夫したこと、うまくいった点

- システムの構築にあたっては、**光ケーブルの増設を行いました。ローカル5Gの環境を整備する場合、ワイヤレスの部分が注目されますが、ネットワーク構成全体を踏まえ配線工事にも注意が必要です。**
- **28GHz帯の利用において、アンテナを高い位置に設置したことで、天井・壁(金属)による反射の影響もあって電波が届きやすかったです。**本実証を実施した工場においては、遮蔽物の影響を受けやすい28GHz帯であっても、天井や壁の金属による反射波があり、見通しあり/なしにかかわらず、高い受信レベルが期待できると分かりました。
- ローカル5G導入に際して、不感地帯をなくす方策としては、特に28GHz帯を使用する場合、反射板の活用を検討しても良いかもしれません。**金属板の反射板を使う場合は改善エリアが狭いため、特定の動かない設備に対しての使用が有効**だと考えられます。他方で、移動を伴うもの等、広いエリアでの改善が必要な場合は、反射波のビームが広いメタサーフェスの反射板の使用を検討しても良いのではないのでしょうか。

ユースケースの導入によって得られた効果

- 無軌道型AGVの遠隔制御の検証結果としては、カメラ映像とAGV制御の通信は、約30mの距離まで可能でした。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ました。

第4章 ローカル5Gの導入方法

- 4-1. 導入方法全体の手順
- 4-2. 検討・準備フェーズ
- 4-3. 導入フェーズ
- 4-4. 運用フェーズ

第4章 ローカル5Gの導入方法

1. ローカル5G導入の手順

(1) 導入方法全体の手順

- ローカル5G導入の流れを以下の手順に沿って次頁より解説します。

導入方法全体の手順

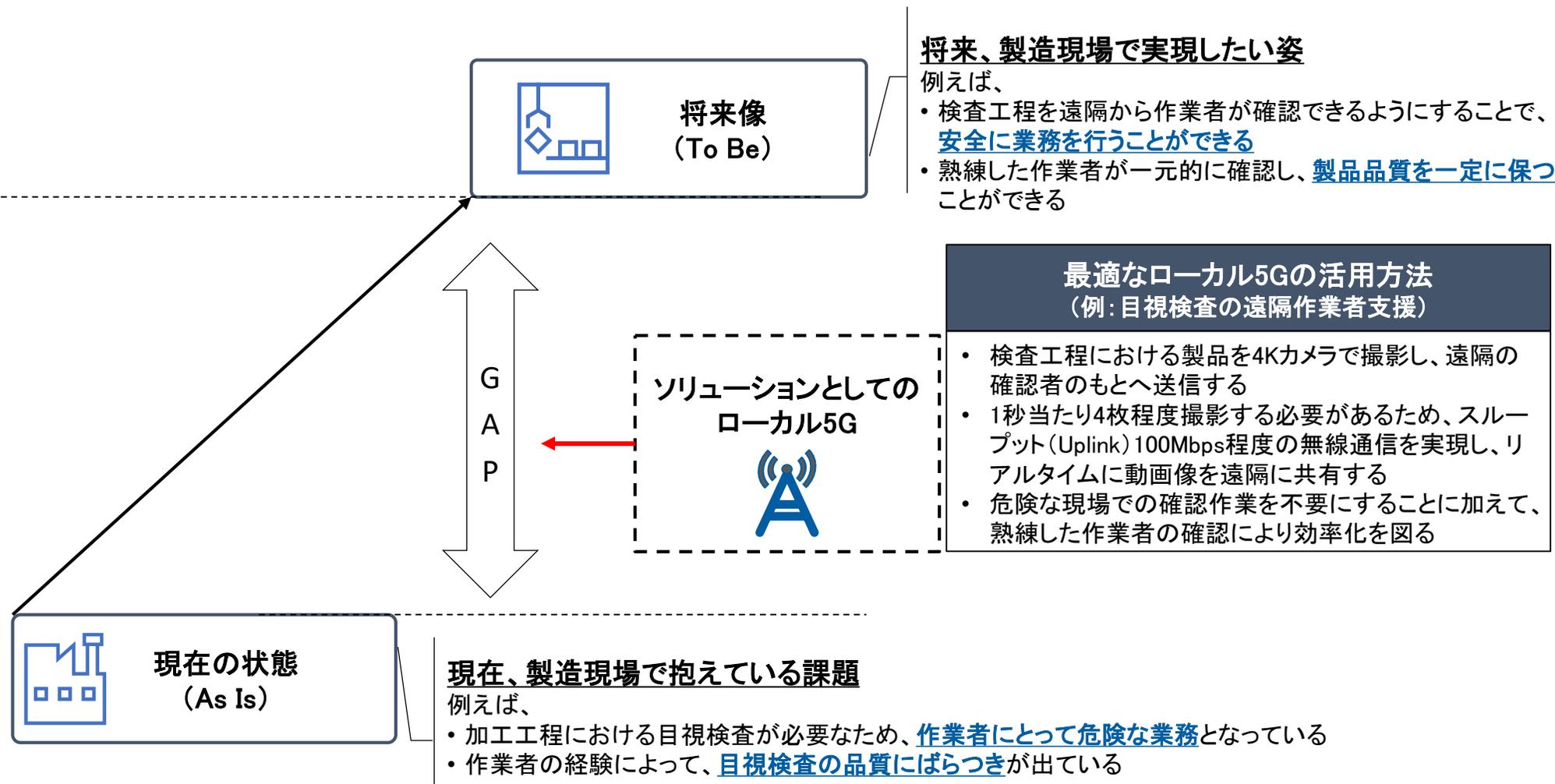
検討・準備	導入目的の明確化	<ul style="list-style-type: none">ローカル5Gの導入目的を明確にするためには、「現状の課題」と「実現したい将来像」のギャップを認識したうえで、ユースケースとして最適なローカル5Gの活用方法検討しましょう。
	導入・運用体制の検討	<ul style="list-style-type: none">免許主体や、運用管理者、ユーザー企業の責任者等を検討して、導入・運用体制を考えることが必要です。
	導入計画の策定	<ul style="list-style-type: none">導入計画を策定することによって、ローカル5G導入に係る実施事項・スケジュールをあらかじめ整理することが重要です。
導入	環境構築	<ul style="list-style-type: none">ローカル5G導入にあたっては、機器の選定・調達、無線環境の確認、ソフトウェアの開発を行います。
	干渉調整・免許申請	<ul style="list-style-type: none">携帯電話事業者、ローカル5G基地局（他者）との干渉調整を踏まえて、適切に免許申請を行う必要があります。
	落成・設置	<ul style="list-style-type: none">ローカル5G機器の導入に際しては、設置工事等を行う必要があります。
運用	保守・運用	<ul style="list-style-type: none">ローカル5G機器の保守・運用にあたって注意すべき点

第4章 ローカル5Gの導入方法

2. 検討・準備フェーズ

(1) ローカル5G導入目的の明確化

- ローカル5Gの導入目的を明確にするためには、「現状の課題」と「実現したい将来像」のギャップを認識したうえで、ユースケースとして最適なローカル5Gの活用方法を検討しましょう。



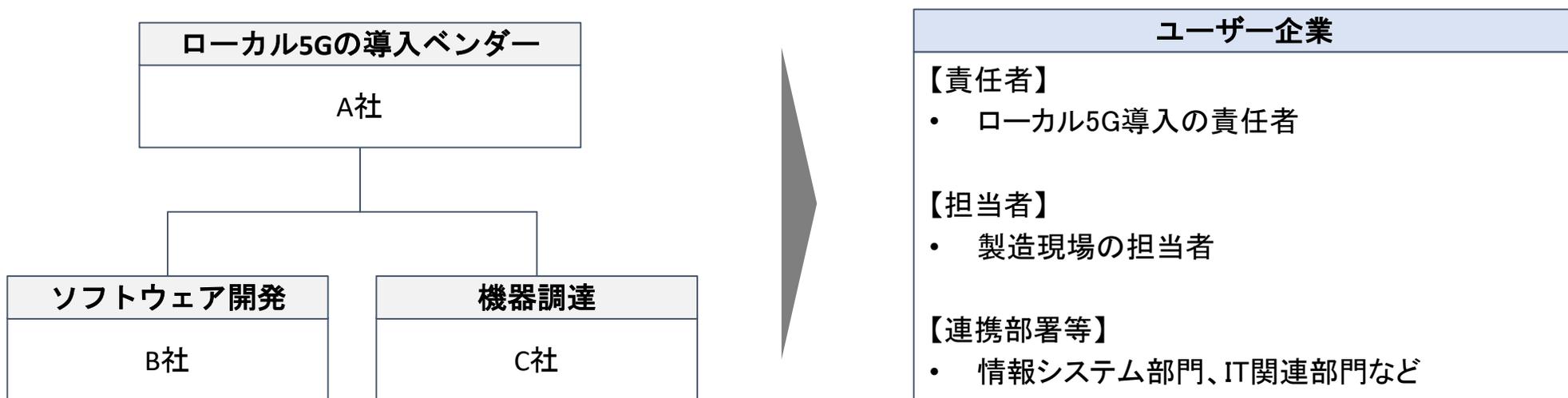
第4章 ローカル5Gの導入方法

2. 検討・準備フェーズ

(2) 導入・運用体制の検討

- ローカル5Gの導入・運用体制を検討するにあたっては、まずユーザー企業（製造現場を抱える導入主体）における責任者の明確化や連携部署等との役割分担を図ることが重要です。
- そのうえで、ローカル5Gに関する導入ベンダーや、ソフトウェア開発、機器調達先を選定しましょう。

検討体制



ローカル5G導入におけるポイント(導入企業、関係者等のコメント)

- ユーザー企業の担当者は、自社の製造現場で働く人々や、ローカル5Gの導入を担当するベンダー企業と定期的にコミュニケーションを取っており、導入するユースケースの検討を円滑に進めることができました。**製造現場のニーズと、無線通信の活用可能性を把握しておくことが重要**だと考えられます。
- ローカル5Gの利用方法を検討するにあたっては、**導入責任者や製造現場の担当者、ソフトウェア開発担当者などが集まってワークショップを複数回開催しました。技術的な性能だけではなく、実運用を想定した検討を行うことが、実務的に有益な運用に結び付くのではないのでしょうか。**

第4章 ローカル5Gの導入方法

2. 検討・準備フェーズ

(3) 導入計画の策定

- 導入計画を策定することによって、ローカル5G導入に係る実施事項・スケジュールをあらかじめ整理することが重要です。

ローカル5Gに関する導入計画書の主な策定項目(例)

① 導入の背景・目的		
1	ローカル5G導入の背景・目的	・ 製造現場の抱える課題や、ローカル5G導入の背景、実現したい将来像を整理
② 導入するシステムの概要		
1	システムの要件	・ スループット、許容遅延、通信可能範囲、利用する周波数帯等を整理
2	ネットワーク構成図	・ ローカル5Gのネットワーク構成(ケーブル、サーバー等を含む)を整理
3	ネットワークを構成する機器・サービス	・ 機器の調達先、製品スペック、利用目的等を整理
③ 導入の効果及びコスト		
1	見込まれる導入効果	・ 導入によるKPIとして定量目標または定性目標を決定
2	導入・運用コストの概算	・ ローカル5G導入にかかるコスト、運用コストの概算を算出
3	投資回収見込み	・ コスト削減効果や導入効果を踏まえた投資回収見込みを算出
④ 導入の実施		
1	実施スケジュール	・ 実施事項の明確化と所要期間を整理
2	導入・運用体制	・ 導入の実施体制や、運用管理責任者、保守委託業者等の役割分担を明確化
3	導入資金計画	・ 導入資金の調達先や、調達スキームを検討

第4章 ローカル5Gの導入方法

3. 導入フェーズ

(1) 環境構築

- ローカル5Gの環境構築に際しては、機器選定・調達、無線環境の確認、ソフトウェア開発を実施する必要があります。

実施事項

機器選定・調達	<ul style="list-style-type: none">ローカル5Gのネットワーク構成機器や関連機器を用途に合わせて選定したうえで調達します。
無線環境の確認	<ul style="list-style-type: none">工場における無線環境や、機器の設置方法等をあらかじめ確認します。
ソフトウェア開発	<ul style="list-style-type: none">ユースケースの実現に当たっては、ソフトウェアの開発を伴う場合があります。

ローカル5G導入におけるポイント(導入企業、関係者等のコメント)

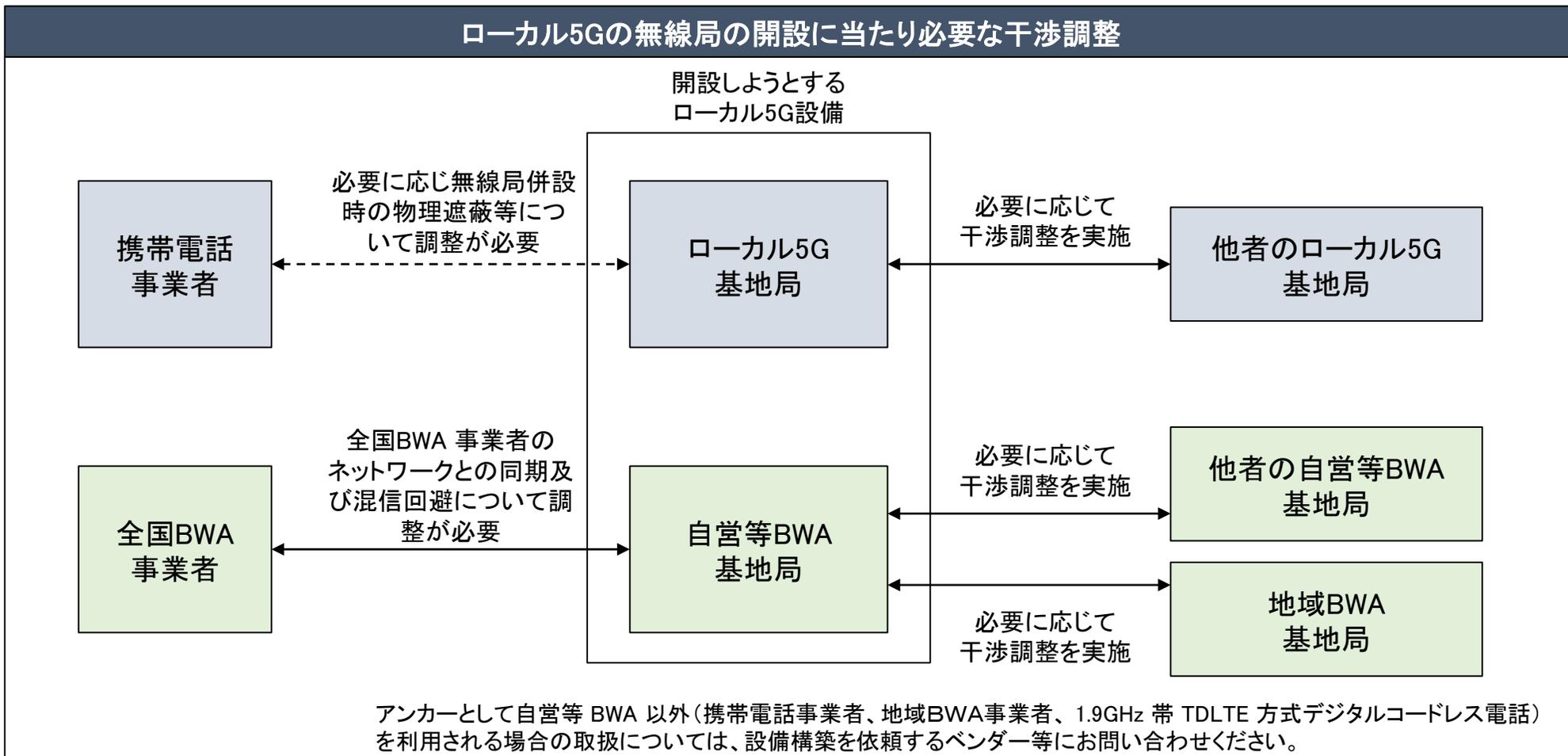
- 1日の変化によって、無線環境が変化する可能性があることに注意しましょう。例えば、人の往来によって影響が出る可能性があることや、クレーンの移動等、環境の変化が生じることに留意が必要です。
- 工場の中では、設備等が日々稼働しており、AGVやクレーンのように動きがあり、電波環境に影響を与える機械等も存在するので、マルチパスフェージングの影響を避けるため、高くて見通しがきくところに基地局を設置することが効果的ではないでしょうか。**
- ソフトウェア開発上、懸念となり得る点は事前に把握して対応を考えておくことが重要です。例えば、キズ検知に用いる映像データを取得する場合、**現場の撮影環境で取得したデータでなければ、照度や撮影角度の違いといった点から、うまくキズを認識できない可能性もあります。**

第4章 ローカル5Gの導入方法

3. 導入フェーズ

(2) 干渉調整・免許申請 (1/2)

- ローカル5Gは、同一周波数を他のローカル5Gと共用したり、隣接する周波数帯において、携帯電話事業者がサービスを行っているため、それらの無線局との間で有害な混信が発生しないよう干渉調整を行うことが必要です。



第4章 ローカル5Gの導入方法

3. 導入フェーズ

(2) 干渉調整・免許申請 (2/2)

- ローカル5G無線局免許申請に必要な書類一覧は、以下の通りです。なお、最新の必要書類等に関する詳細は総務省HPをご確認ください。

ローカル5G 無線局免許申請に必要な書類一覧

書類名	ファイル名
免許申請書	①免許申請書
無線局事項書	②無線局事項書
工事設計書	③工事設計書
無線設備系統図	④工事設計書 無線設備系統図
アンカーの調達 ※1	アンカーの調達を示す書類: BWA免許状、卸契約書等
自己土地 ※2	自己土地の範囲図
自己土地 ※2	登記事項証明書、賃借契約書、所有者からの依頼状など
混信等の防止	基地局設置場所
混信等の防止	業務区域の図
混信等の防止	カバーエリアの図
混信等の防止	調整対象区域の図
混信等の防止 ※1	アンカーのカバーエリア及び調整対象区域の図

書類名	ファイル名
混信等の防止	他ローカル5G事業者との同意書(必要に応じて)
物理遮蔽の防止	全国携帯事業者との同意書(様式任意、必要に応じて)
無線設備のサイバーセキュリティ対策	サイバーセキュリティ対策を講じた電気通信設備の概要を記した資料
無線従事者	選任を予定している無線従事者リスト

第4章 ローカル5Gの導入方法

3. 導入フェーズ

(3) 落成・設置

- ローカル5Gを製造現場に導入するにあたって、機器の設置や、ソフトウェアの設定、電源・空調等の付帯設備を伴う設置作業を行います。

実施事項

落成・設置

- ローカル5G機器やソフトウェアの設定、電源・空調等の付帯設備を伴う設置作業を行います。

ローカル5G導入におけるポイント(実証事業者等のコメント)

- ローカル5G導入に際して、不感地帯をなくす方策としては、特にミリ波帯を利用する場合、反射板の活用を検討しても良いかもしれません。なお、**金属板の反射板を使う場合は改善エリアが狭いため、特定の動かない設備に対しての使用が有効**だと考えられます。他方で、**移動を伴うもの等、広いエリアでの改善が必要な場合は、反射波のビームが広いメタサーフェスの反射板の使用を検討しても良いのではないのでしょうか。**
- 無線通信の性能評価を行うにあたっては、取得データの量が膨大となったことで、スループット、伝送遅延等のデータを管理することに苦労しました。社内のネットワークにCSV形式で保存していたが、クラウドへの自動保存などの仕組みを事前に用意しておくとは便利ではないのでしょうか。
- 実証事業においては可搬型の機器を利用したため、設置工事の負担は少なかったです。また、可搬式の機器を工場間で移設しましたが、所要期間は数日であり、**複数の箇所でローカル5Gの機器を使用することが想定される場合には、可搬型の機器を使用しても良いのではないのでしょうか。**

第4章 ローカル5Gの導入方法

4. 運用フェーズ

(1) 保守・運用

- ローカル5Gに関する設備の保守・運用にあたっては、工場のレイアウト変更等、工場の環境変化を想定したルール作りをあらかじめ実施しておくことが重要だと考えられます。

実施事項

保守・運用

- ローカル5Gに関する設備の管理体制を事前に適切に定め、保守・運用を行います。

ローカル5G導入におけるポイント(実証事業者等のコメント)

- ローカル5G関連機器は、5年に一度の定期点検があるため、準備事項をあらかじめ把握しておく必要があります。
- ローカル5Gの保守・運用にあたっては、事前に工場のレイアウト変更や、無線機器の新規導入等、工場の環境変化を想定した取り決めをしておくことが重要**ではないでしょうか。ローカル5Gは免許によって決められた範囲でしか動かせないこと、また、取り扱いができる者も限定されることや、再申請の必要性が生じる可能性もあるため、ローカル5Gの導入ベンダー企業とユーザー企業の担当者、IT部門等との間で役割分担を事前に明確化しておく必要があります。
- ローカル5G機器に関連する電波状況を可視化して把握しておくこと、配置図や台帳に電波状況、機器の設置箇所の詳細等を記録しておくことで、保守・運用上問題が生じた場合などにスムーズに対応できると考えられます。

おわりに

- 本ガイドラインでは、製造現場におけるローカル5G等の活用を検討する際の参考となるよう、ローカル5Gに関する概要や、工場の電波伝搬特性、活用事例、導入上の注意点等を中心に解説してきました。
- 今後の技術動向や、ローカル5G関連機器の普及、各種制度等を踏まえたうえで、本ガイドラインも参照いただき、自社に最適なローカル5G等の導入検討に役立てていただくと幸いです。

本ガイドラインの執筆体制

総務省 国際戦略局 通信規格課
PwCコンサルティング合同会社(執筆)

検討会構成員:

早稲田大学リサーチイノベーションセンター 稲田 修一 様
国立研究開発法人情報通信研究機構 板谷 聡子 様
オムロン株式会社 山田 亮太 様
株式会社国際電気通信基礎技術研究所 長谷川 晃朗 様
村田機械株式会社 富田 尚孝 様
パナソニック株式会社 市川 泰史 様

協力:

国立研究開発法人情報通信研究機構 フレキシブル・ファクトリー・プロジェクト(FFPJ)

巻末資料

1. 電波伝搬シミュレーション評価結果
2. ユースケースごとのNWシミュレーション評価
3. 令和2年度「工場現場における無線通信の利用状況や導入意向に関する調査」実施概要

巻末資料

1. 電波伝搬シミュレーション結果

(1) 電波伝搬シミュレーションの実施目的

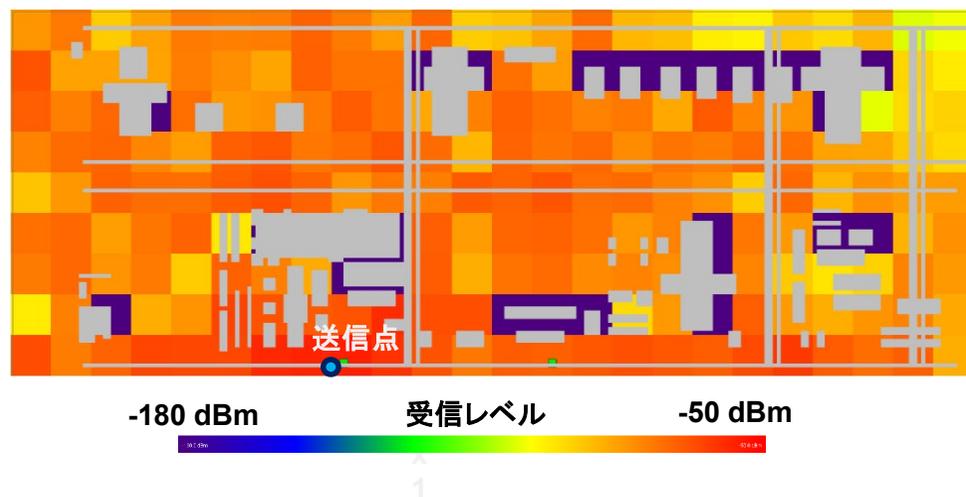
- 製造現場における無線通信、特にローカル5Gの無線環境を把握するため、電波伝搬シミュレーションの評価結果の活用も検討ください。

実施目的・内容

- ローカル5Gによるネットワーク構成を想定した無線伝搬環境特性を把握するため、4.6GHz帯、28.3GHz帯に関する電波伝搬シミュレーションを実施しました
- 工場モデルとして4つ(プラント、自動車工場、物流倉庫、金属加工工場)を対象に評価を行いました

電波伝搬シミュレーションとは

- 電波伝搬に関するシミュレーション評価を実施することで、受信点における電波強度を測定し、無線環境の特徴を事前に把握することができます。



シミュレーション評価結果の活用

工場モデルの特徴に応じた無線環境の把握

- 電波伝搬シミュレーション評価結果から、工場モデルの特徴に応じた無線環境の把握時の参考にしてください。

ローカル5Gの周波数帯による違いの把握

- ローカル5Gで利用される周波数帯を想定した電波伝搬シミュレーション評価結果から、周波数帯の違いによる無線通信への影響を把握するための参考にしてください。

巻末資料

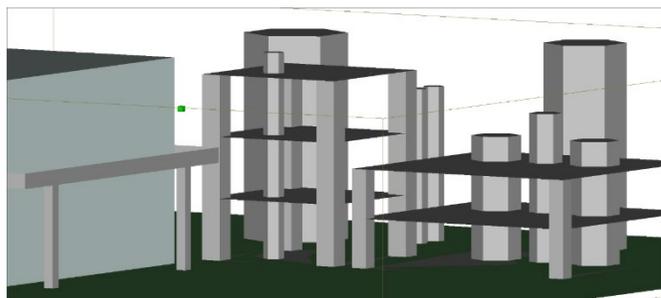
1. 電波伝搬シミュレーション結果

(2) シミュレーション対象とする工場モデル

- 工場モデル4つの電波伝搬シミュレーションの結果を紹介します。自社工場の環境と近いシミュレーション結果を参考としてください。

プラント

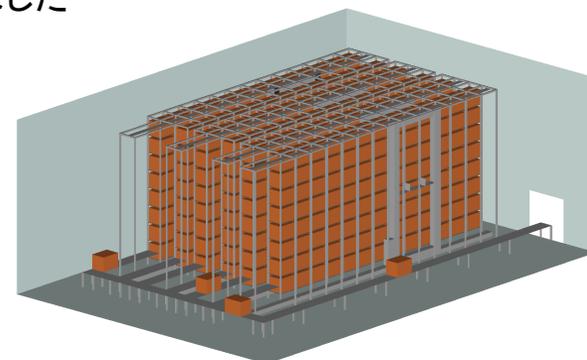
- 屋外にローカル5G基地局を設置するプラントを想定しました



(評価結果の詳細は
P.82-P.86)

物流倉庫

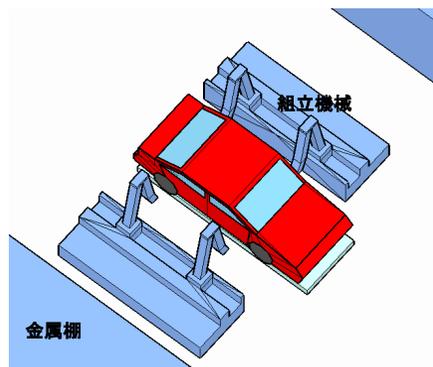
- 荷棚、スタッカクレーン、コンベヤによって構成された立体自動倉庫を想定しました



(評価結果の詳細は
P.93-P.99)

自動車工場

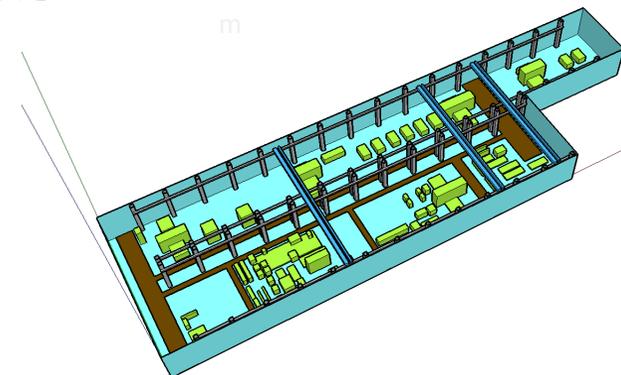
- 機械組立工場の例として、金属の障害物も多い自動車工場を想定しました



(評価結果の詳細は
P.87-P.92)

金属加工工場

- 金属加工工場として、工場内に高さの異なる障害物が置かれた環境を想定しました



(評価結果の詳細は
P.100-P.101)

巻末資料

1. 電波伝搬シミュレーション結果

(3) 前提条件

- シミュレーション評価に際しては、共通の計算条件と、モデルごとの材質等を設定しています。

計算条件(共通の諸元)

周波数		• 4.6 GHz、28.3 GHz
送信	種類	• 無指向性
	送信電力	• 0 dBm
	偏波	• 垂直偏波
受信	種類	• 無指向性
	偏波	• 垂直偏波
計算条件	最大反射回数(R) 最大回折回数(D) 最大透過回数(T)	• R2D1T0
出力	• 受信レベル(複素振幅加算)	
解析法		• レイトレース法
解析ツール		• Wireless InSite

工場モデルにおける構造物の材質

プラント	建物	コンクリート
	装置および足場	金属
	地形	湿土
自動車工場	工場(壁、床)	コンクリート
	工場(天井)、金属棚、AGV、組立機械、DPS、台車	金属
	車(窓)	ガラス
	車(車体)	金属
	人	水
物流倉庫	倉庫(壁、床)	コンクリート
	倉庫(天井)、荷棚、コンベヤ、スタッカクレーン	金属
	荷物	木材
金属加工工場	工場(床)	コンクリート
	工場(壁、天井)、什器、クレーン、支柱	金属

巻末資料

1. 電波伝搬シミュレーション結果

(4) シミュレーション結果の用語解説

- 次頁以降で使用されている用語を解説します。

用語	解説
Tx	<ul style="list-style-type: none">• 送信点(Transmitter)を表します
Rx	<ul style="list-style-type: none">• 受信点(Receiver)を表します
LoS	<ul style="list-style-type: none">• TxとRxの間に障害物が存在しない、見通しあり(Line-of-Sight)の状態を表します
NLoS	<ul style="list-style-type: none">• TxとRxの間に障害物が存在する、見通し無し(Non-Line-of-Sight)の状態を表します
PLE	<ul style="list-style-type: none">• Path Loss Exponentの略語を表す。伝搬損失と距離をグラフに描いたときのグラフの傾きを表します
dBm	<ul style="list-style-type: none">• 電力の単位を表し、一般的なW(ワット)の単位に換算すると以下の関係となります<ul style="list-style-type: none">• 0 dBm = 1 mW(10⁻³ W)• -30 dBm = 1 μW(10⁻⁶ W)• -60 dBm = 1 nW(10⁻⁹ W)

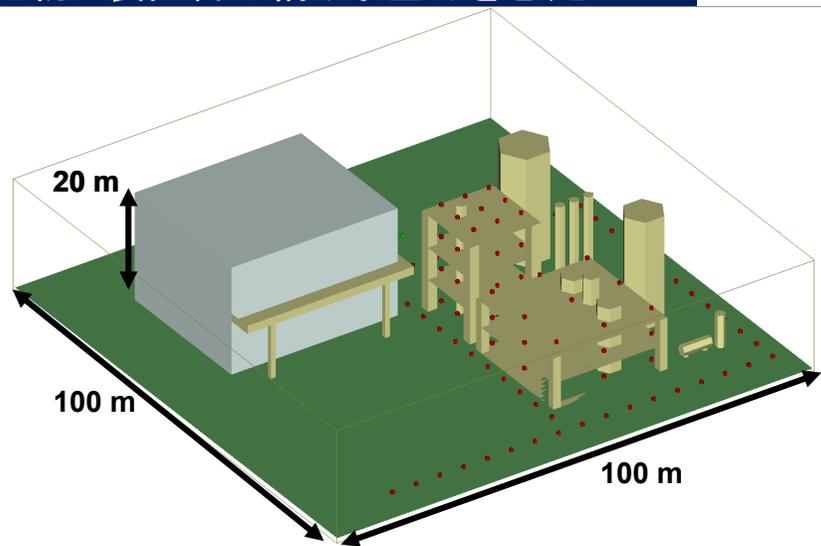
巻末資料

1. 電波伝搬シミュレーション結果

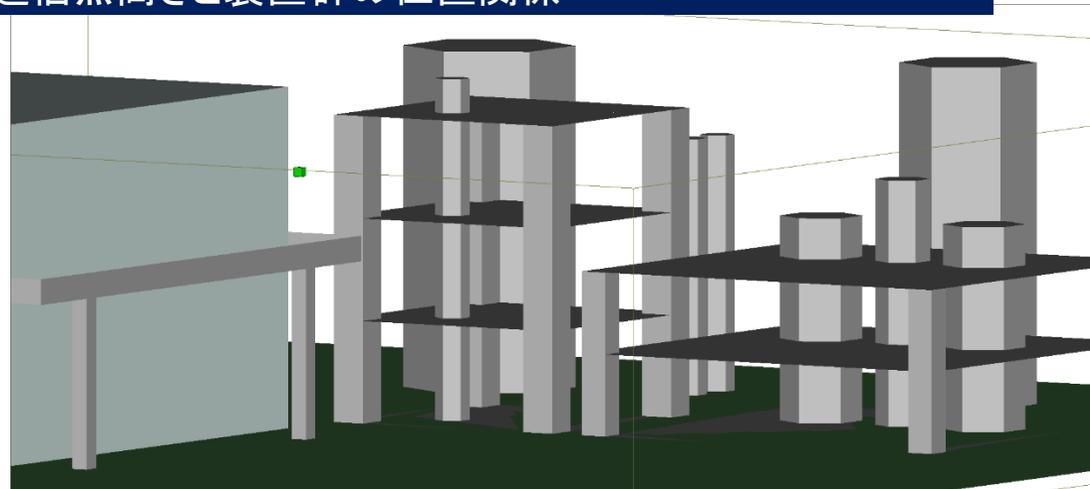
(5) プラントのモデル詳細 (1/2)

- プラントの工場モデル詳細を示します。

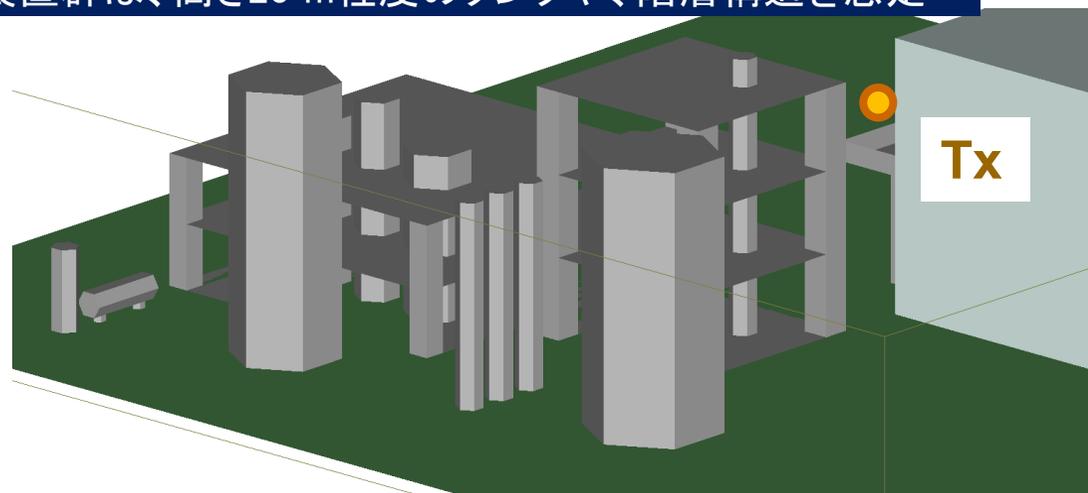
建物と装置群で構成。屋外を想定



送信点高さと装置群の位置関係



装置群は、高さ20 m程度のタンクや、階層構造を想定

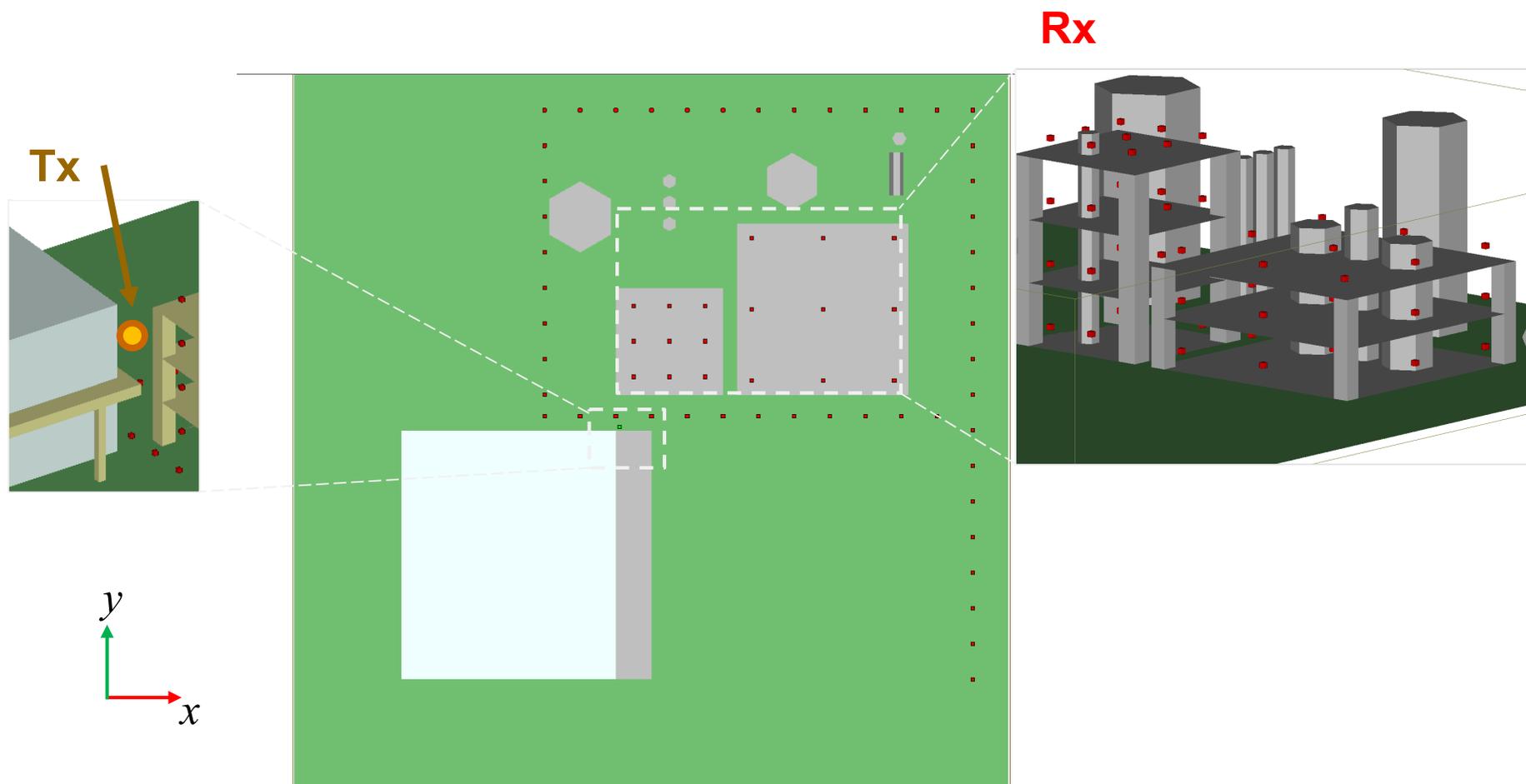


巻末資料

1. 電波伝搬シミュレーション結果

(5) プラントのモデル詳細 (2/2)

- Tx(送信点)は、建物の外壁付近に配置しています。
- Rx(受信点)は、地面付近にルート配置し、階層構造には、各フロアに配置しています。



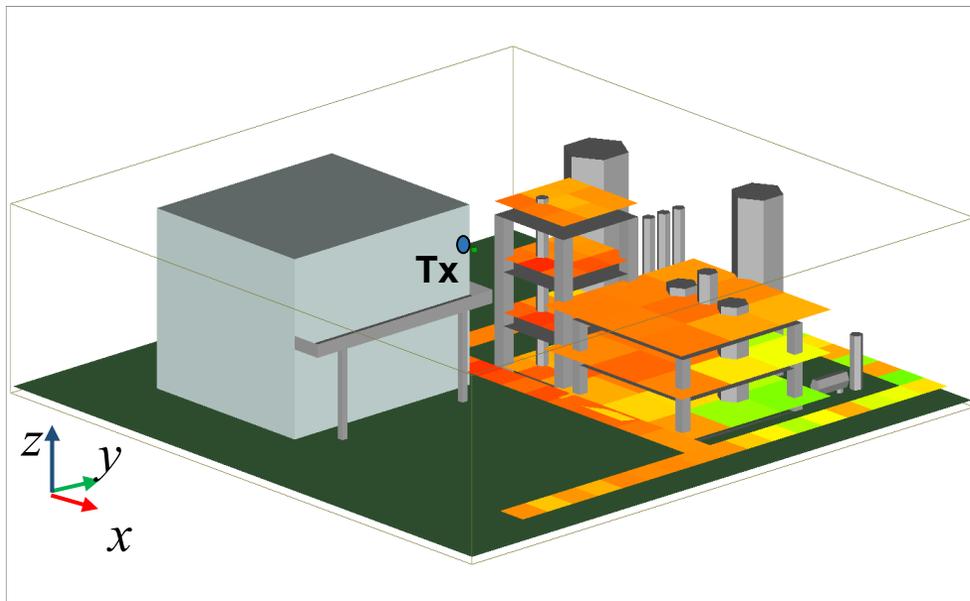
巻末資料

1. 電波伝搬シミュレーション結果

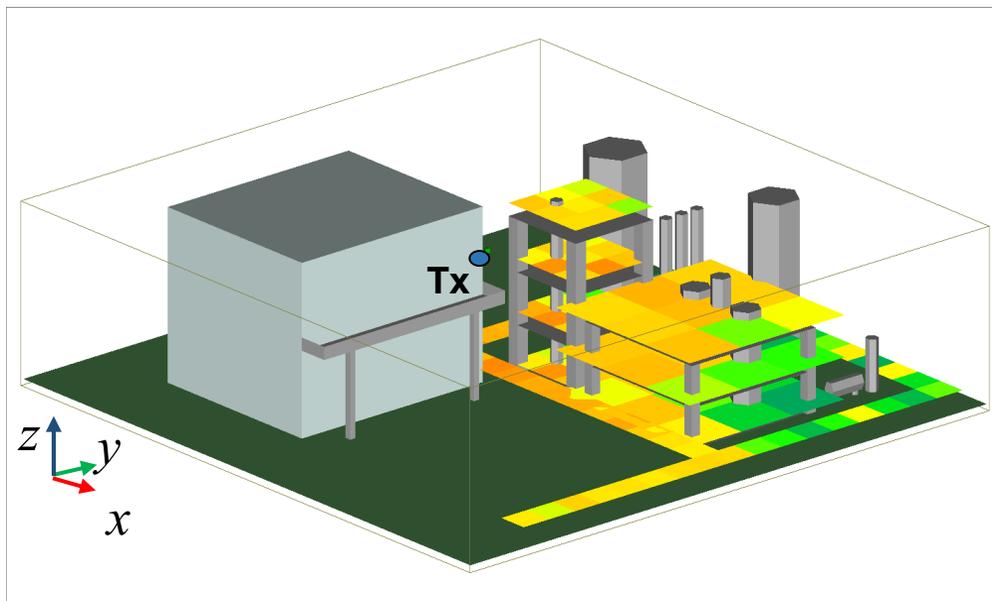
(6) プラントにおける電波伝搬シミュレーションの評価結果 (1/3)

- Txに近い地面付近および地上高の高い階層構造部分で受信レベルが大きい傾向となります。この傾向は、28.3 GHzにおけるシミュレーション評価でも同様の傾向が見られました。
- 低い階層でTxから遮蔽される受信点へは、電波の回り込みが小さくなっており、特に28.3 GHzでは受信レベルが下がっていることに注意が必要です。

4.6 GHz帯の評価結果



28.3 GHz帯の評価結果



-180 dBm

受信レベル

-50 dBm



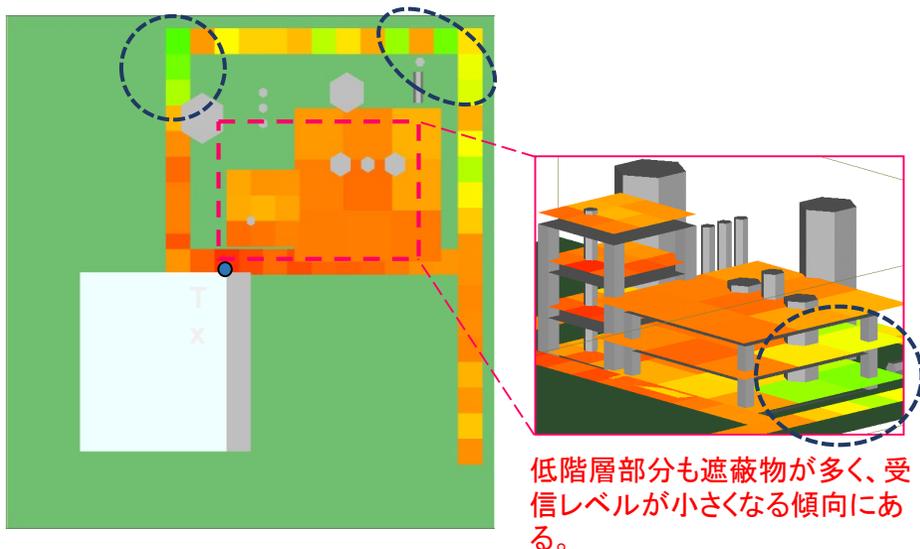
巻末資料

1. 電波伝搬シミュレーション結果

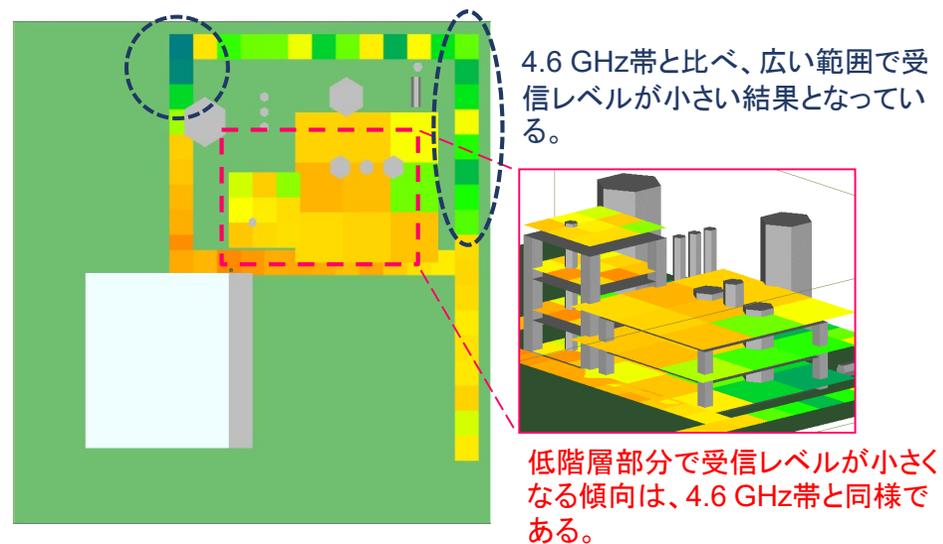
(6) プラントにおける電波伝搬シミュレーションの評価結果 (2/3)

- 送信点から見て大型構造物の影となる領域で顕著に受信レベルが落ちていきます。
- また、28.3 GHz帯では、4.6 GHz帯の計算結果と比べて、送信点から距離が離れた受信点における受信レベルの減少が大きくなっています。これは、4.6 GHzに比べ28.3 GHzの方が波長が短く、障害物に対して電波の回り込みが小さくなることで、28.3 GHz帯の結果の方が、受信レベルが小さくなっていると考えられます。

4.6 GHz帯の評価結果



28.3 GHz帯の評価結果



-180 dBm

受信レベル

-50 dBm



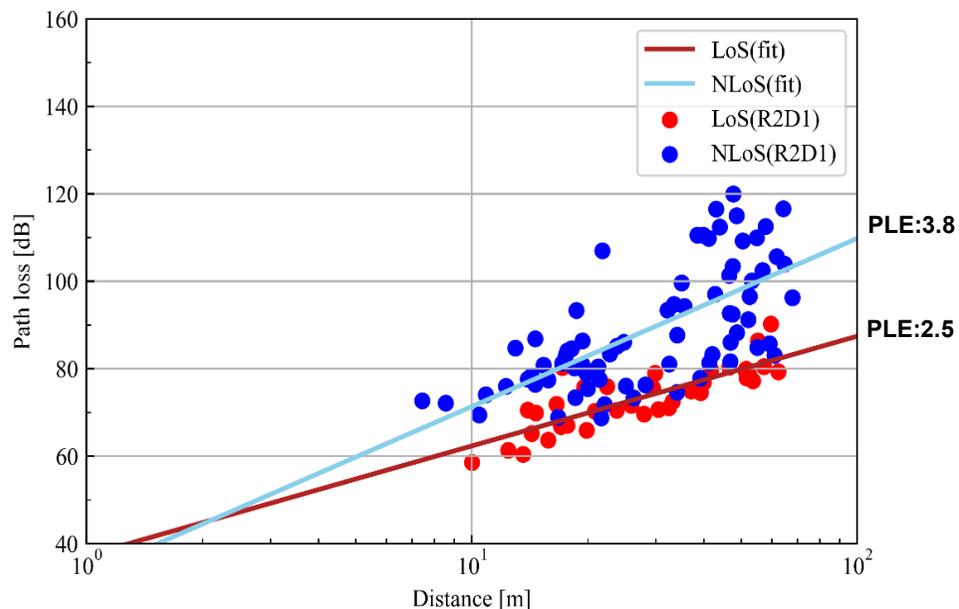
巻末資料

1. 電波伝搬シミュレーション結果

(6) プラントにおける電波伝搬シミュレーションの評価結果 (3/3)

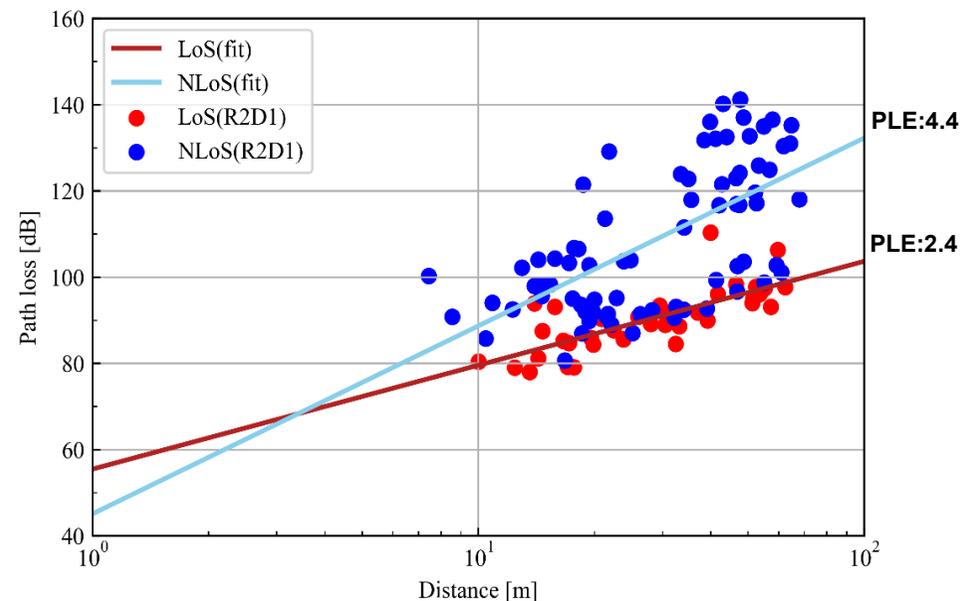
- LoSのRxの結果から近似して求めた伝搬損失推定式の傾き(PLE)は、4.6 GHzおよび28.3 GHzで2.4~2.5程度です。一般に自由空間伝搬損失のPLEは2とされており、自由空間伝搬に近い伝搬損失の距離依存性を有していると考えられます。
- 他方で、NLoSのRxの結果から近似して求めた伝搬損失推定式の傾き(PLE)は、4.6 GHzの値(3.8)に比べて28.3 GHzの値(4.4)の方が大きいため、28.3 GHz帯の方が電波の回り込みが小さく、4.6 GHz帯の場合と比べて、Txから同じ距離でも伝搬損失が大きくなります。

4.6 GHz帯の評価結果



	LOS	NLOS
標準偏差[dB]	3.9	10.4

28.3 GHz帯の評価結果



	LOS	NLOS
標準偏差[dB]	4.7	13.8

- グラフ中のLoSはTx-Rx間に障害物がない「見通しあり」のRxを表し、NLoSは障害物による遮蔽によって「見通し無し」のRxを表す。
- PLE: Path Loss Exponent

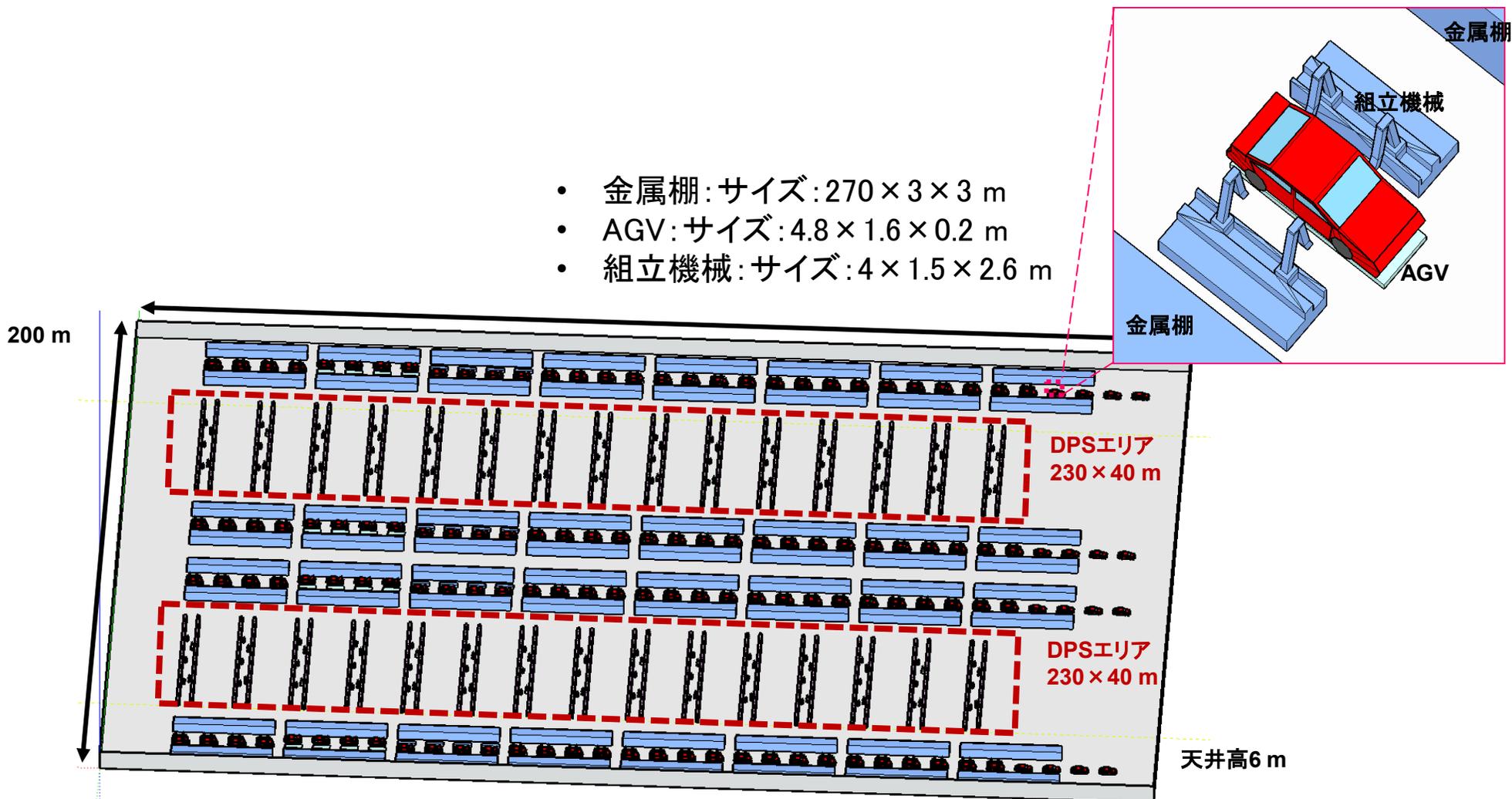
巻末資料

1. 電波伝搬シミュレーション結果

(7) 自動車工場のモデル詳細 (1/4)

- 自動車工場モデルの詳細を解説します。

- 金属棚: サイズ: $270 \times 3 \times 3$ m
- AGV: サイズ: $4.8 \times 1.6 \times 0.2$ m
- 組立機械: サイズ: $4 \times 1.5 \times 2.6$ m

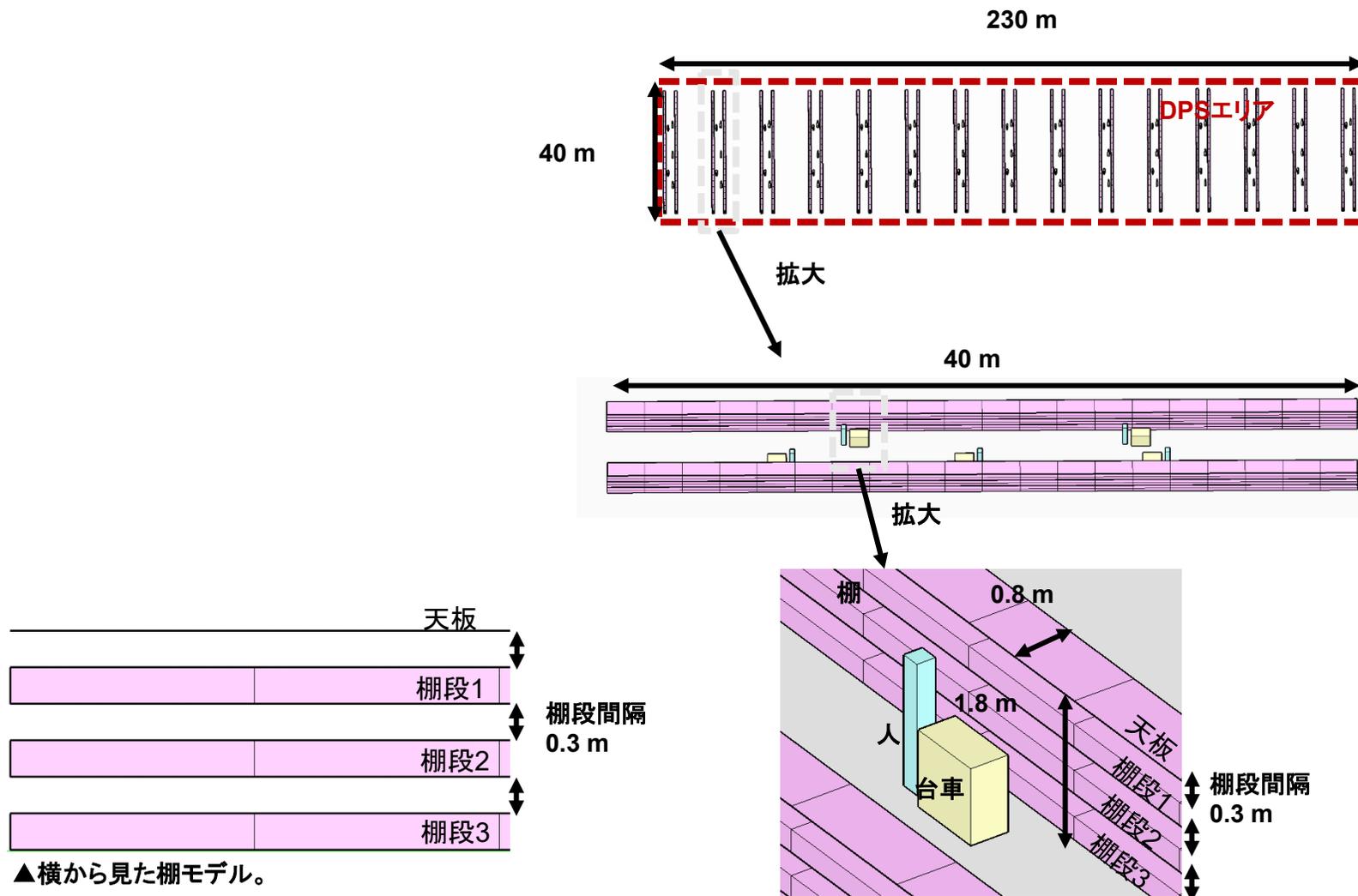


巻末資料

1. 電波伝搬シミュレーション結果

(7) 自動車工場のモデル詳細 (2/4)

- 3段組の棚を想定し、棚間隔は0.3 mとなっています(サイズ:40×0.8×1.8 m)。
- また、人(0.25×0.25×1.7 m)と台車(0.5×1×1 m)を各棚群に5組配置しています。



巻末資料

1. 電波伝搬シミュレーション結果

(7) 自動車工場のモデル詳細 (3/4)

- Tx: 工場の隅2か所に配置し、地上高は5 mとしています。



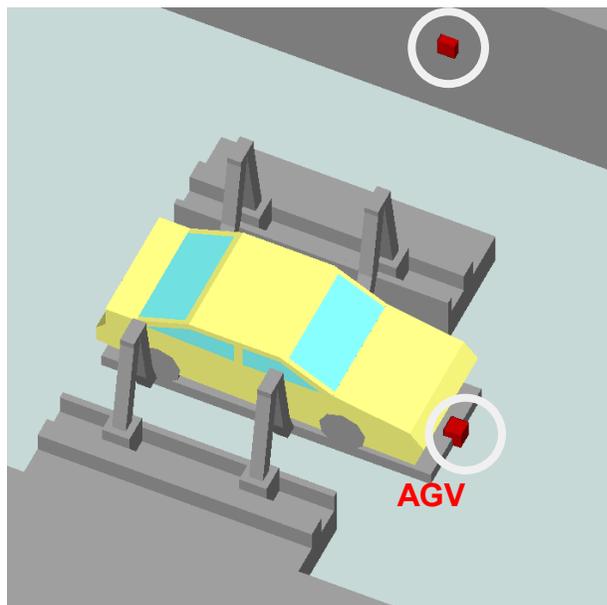
巻末資料

1. 電波伝搬シミュレーション結果

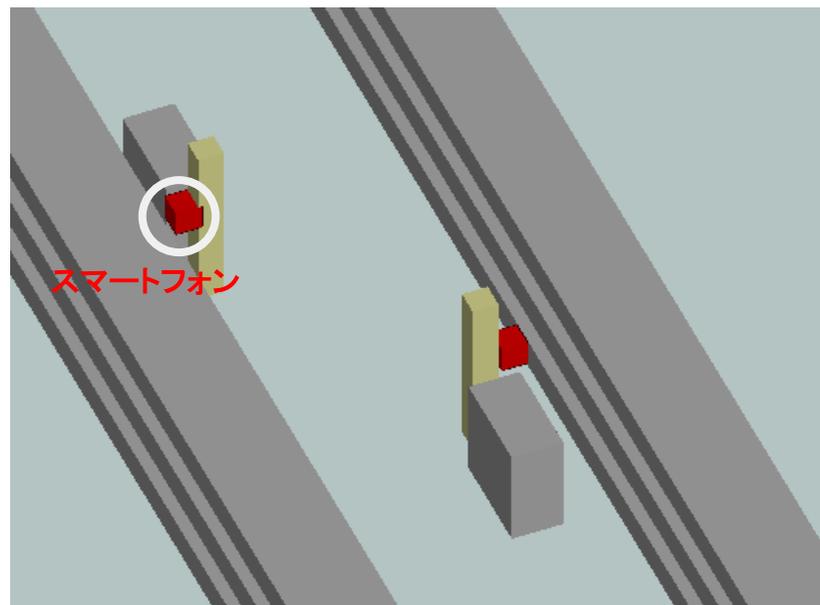
(7) 自動車工場のモデル詳細 (4/4)

- 組立ライン左右の金属棚に、ポカヨケ、温湿度センサ、パーティクルセンサ等を想定したアンテナを地上高1.5 mに配置しています。
- また、自動車を輸送するAGVにアンテナを配置し、地上高0.2 mとしています。
- DPSエリアでは人の側面(棚側)にスマートフォン(部品管理用途を想定)を想定したアンテナを地上高1 mに配置しています。

温湿度センサ,他



▲組み立てライン拡大図。



▲DPSエリア拡大図。

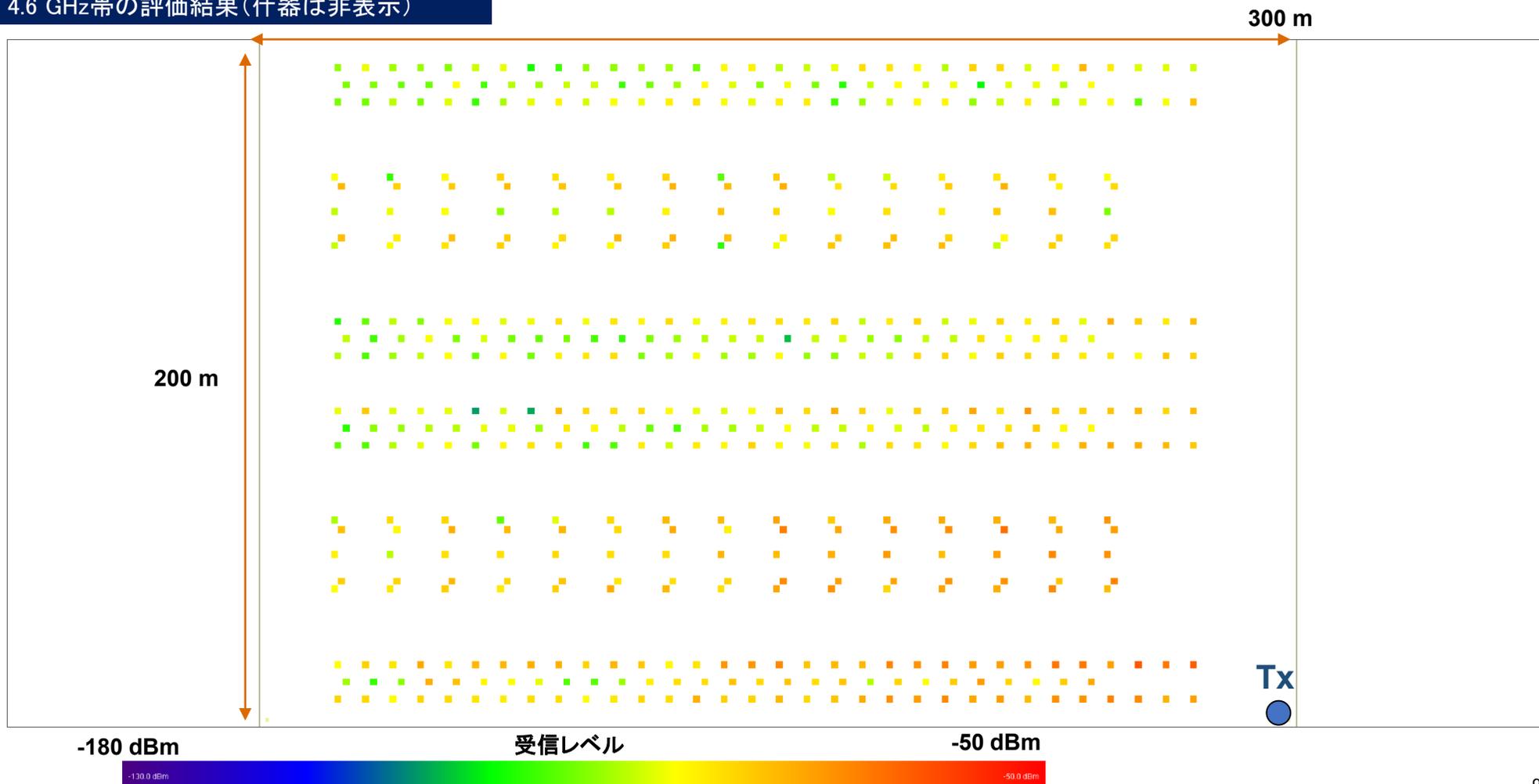
巻末資料

1. 電波伝搬シミュレーション結果

(8) 自動車工場の電波伝搬シミュレーション評価結果 (1/2)

- Txから最も離れた組立ラインのRxでは、Txの配置によって受信レベルが大きく変動することが確認されました。本モデルのように障害物の密度が大きい工場環境でも、適切な場所にTxを配置することで、工場内全域をカバレッジできうと考えられます。

4.6 GHz帯の評価結果(什器は非表示)



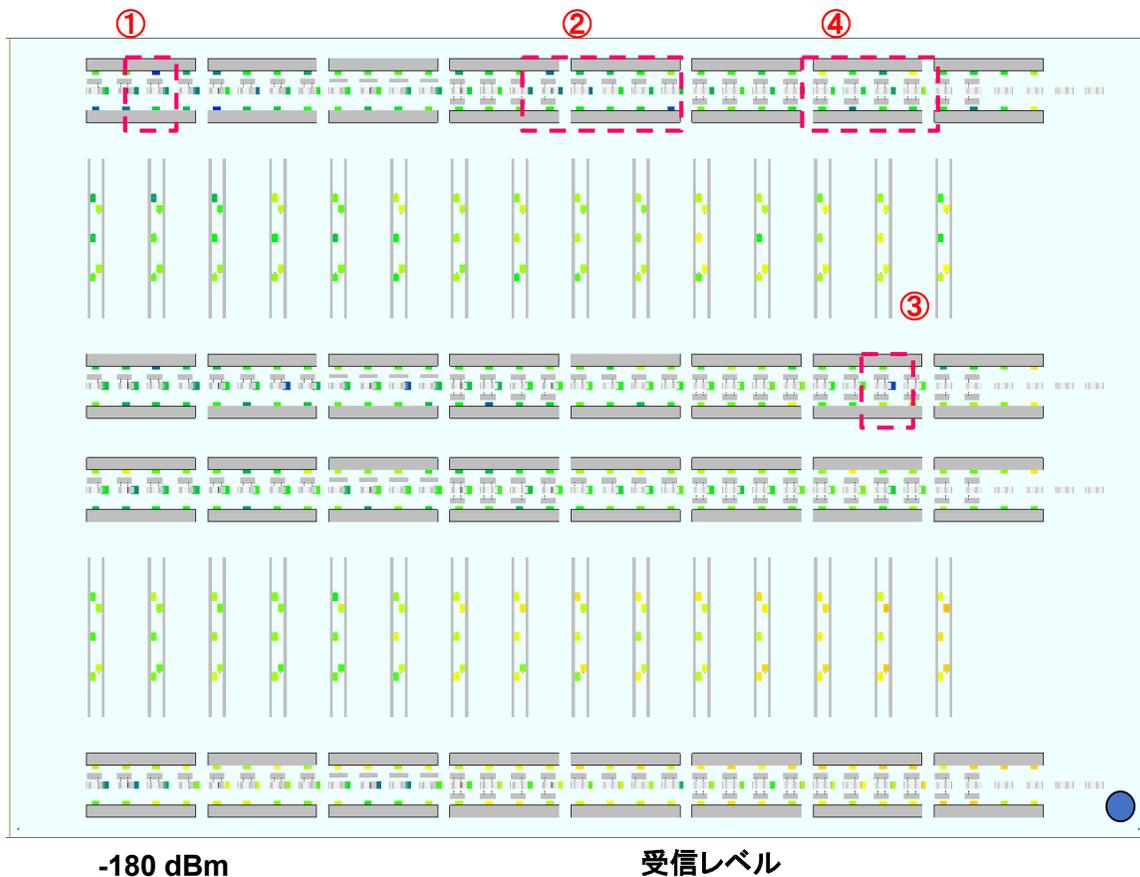
巻末資料

1. 電波伝搬シミュレーション結果

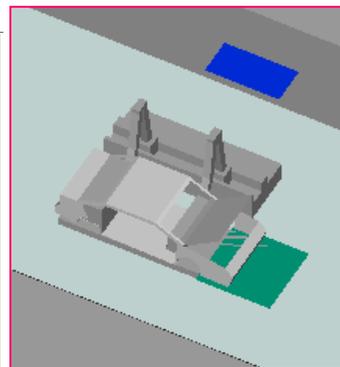
(8) 自動車工場の電波伝搬シミュレーション評価結果 (2/2)

- 特に組立車両の下にあるAGVでは、その違いが大きく表れています。今回のAGVを例として、Txから見て障害物による遮蔽が大きいRxでは、受信レベルが周辺の受信点に比べて著しく小さくなる場合があります。

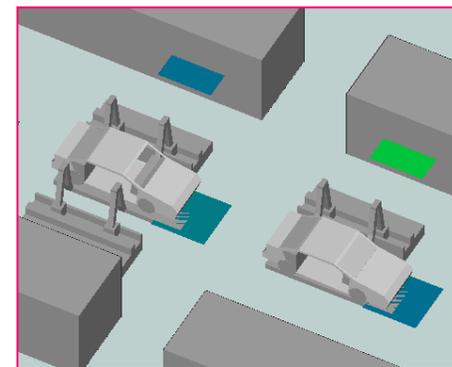
28.3 GHz帯の評価結果



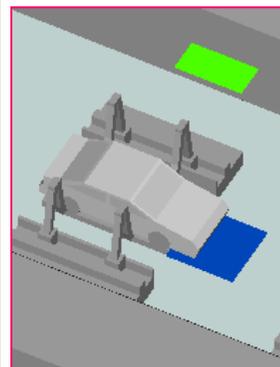
①



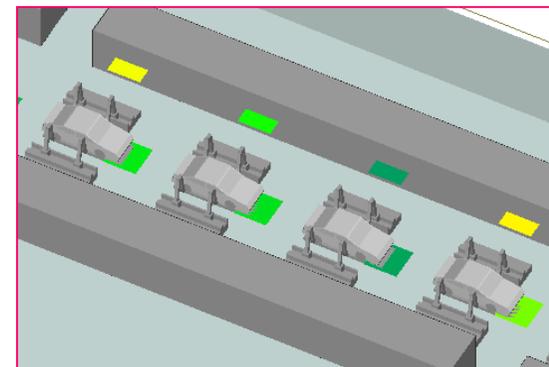
②



③



④

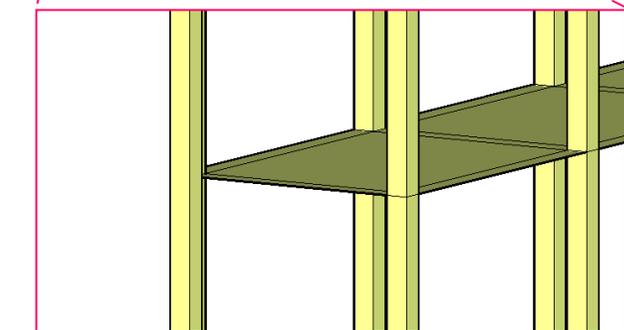
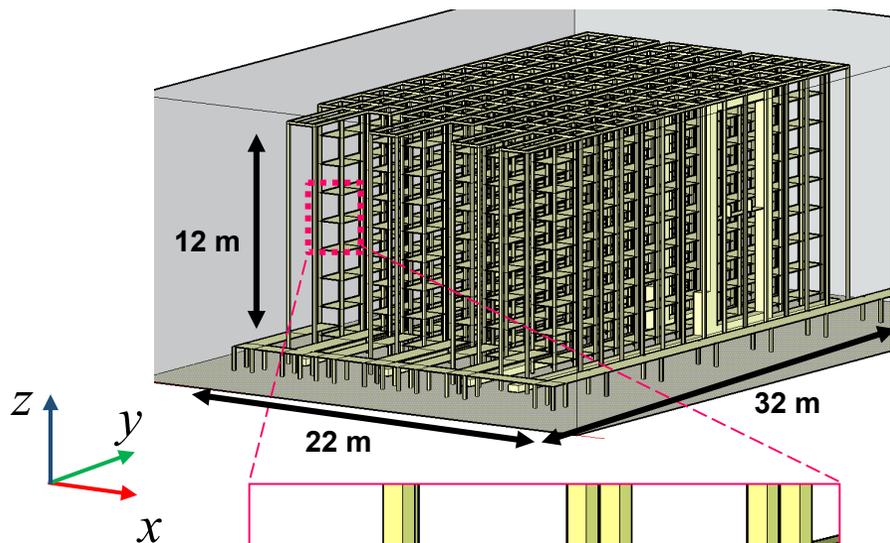


巻末資料

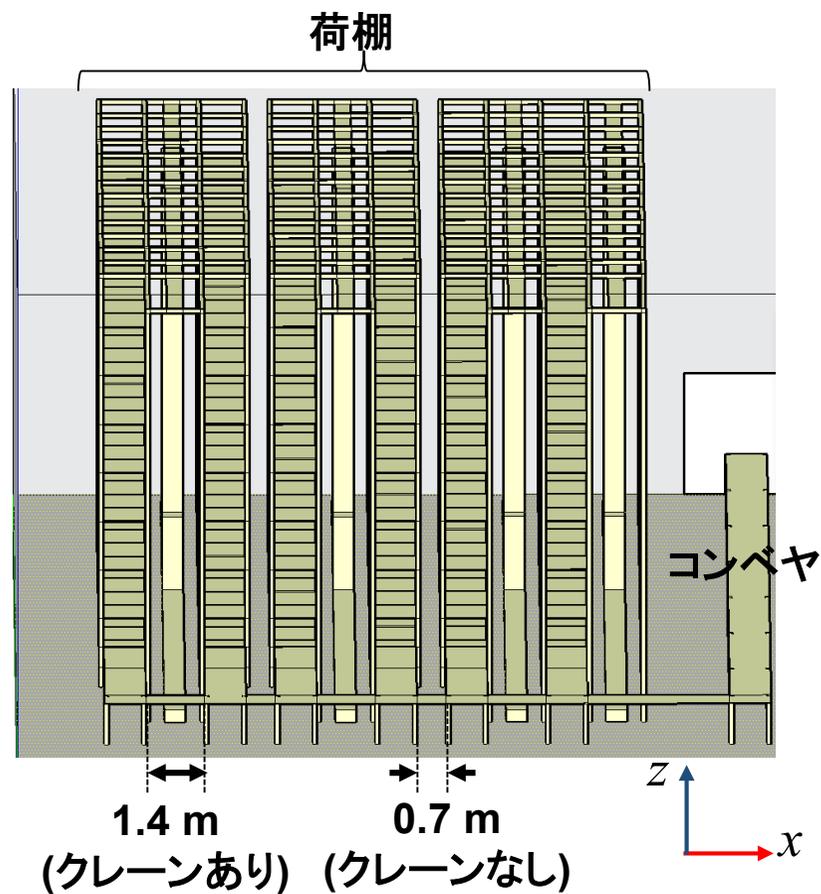
1. 電波伝搬シミュレーション結果

(9) 物流倉庫のモデル詳細 (1/5)

- 荷棚は6列の荷棚を想定しています。1列当たりのサイズは、 $1.2 \times 19.6 \times 10.2$ mです。
- コンベヤは、幅1 m、高さ1 mとしています。



荷棚は0.1 m角の鉄骨と棚板で構成。

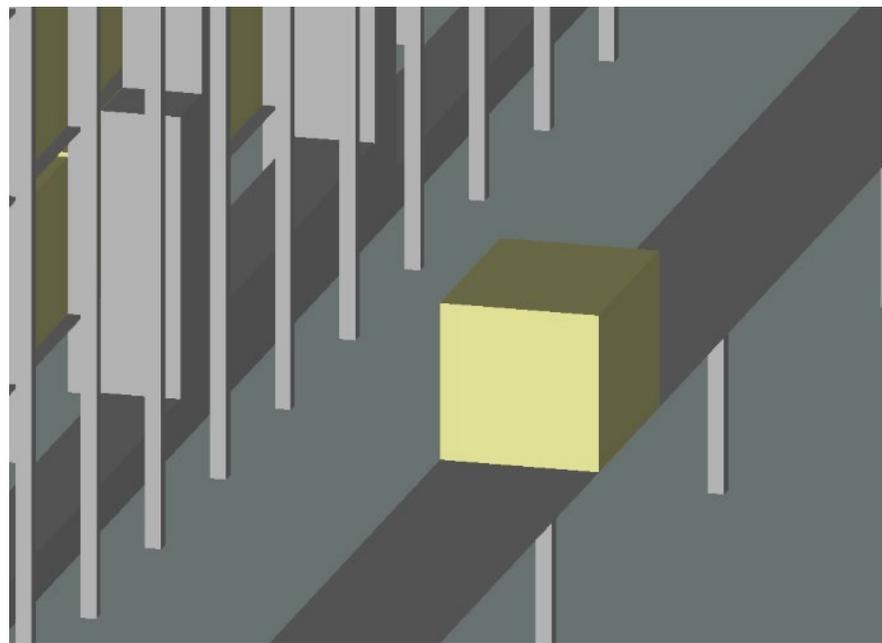
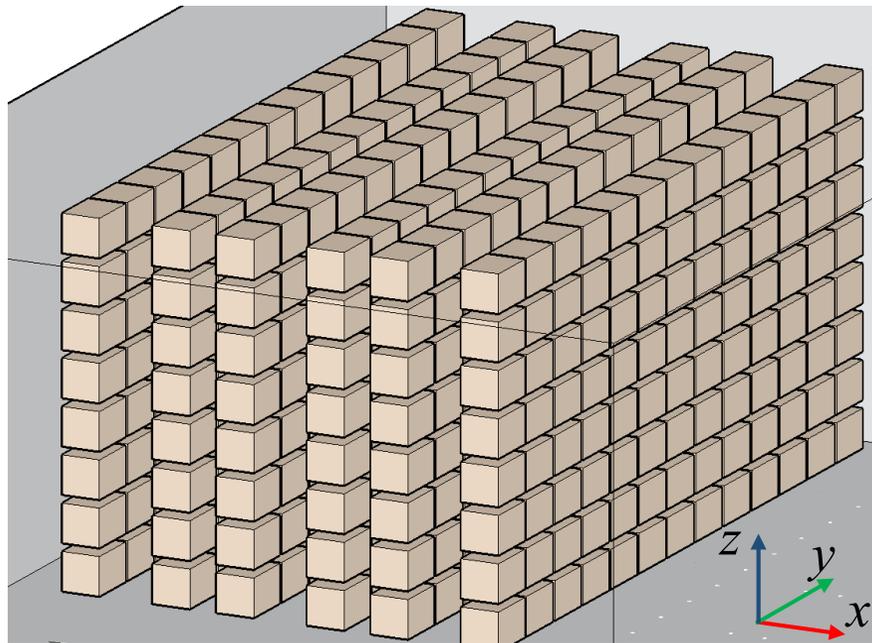


巻末資料

1. 電波伝搬シミュレーション結果

(9) 物流倉庫のモデル詳細 (2/5)

- 荷物サイズは、 $1.4 \times 1 \times 1$ mを想定し、6列の荷棚に13個 \times 8段配置しています。

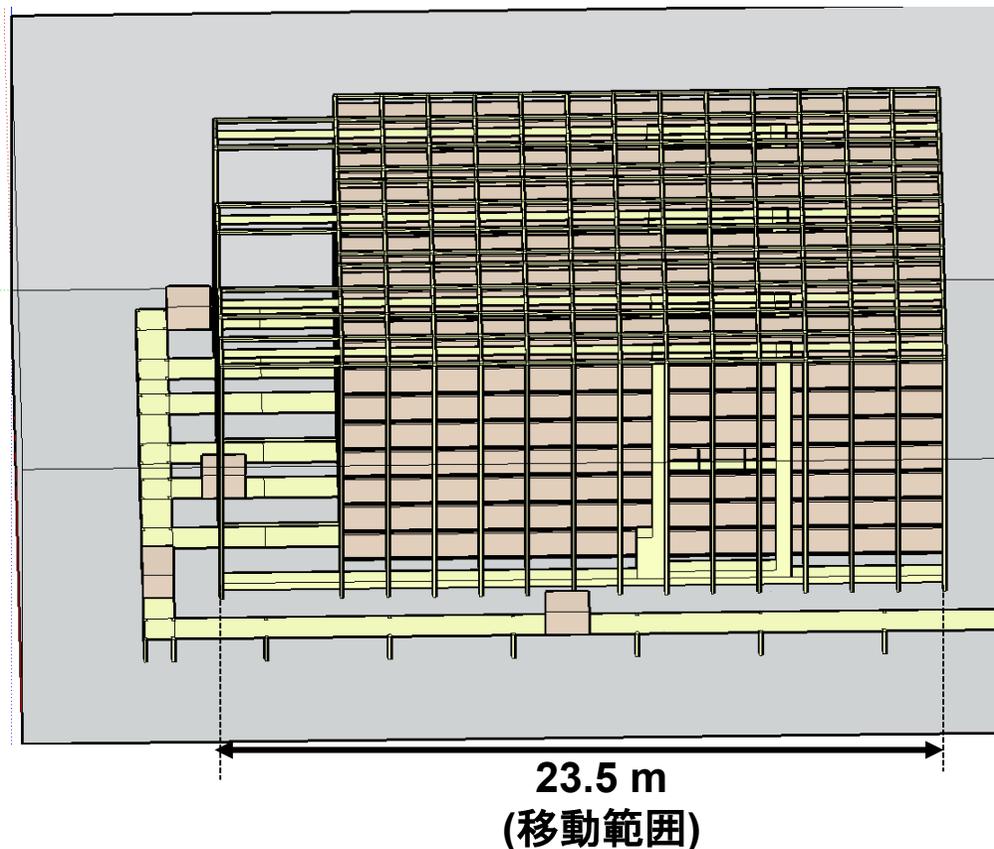
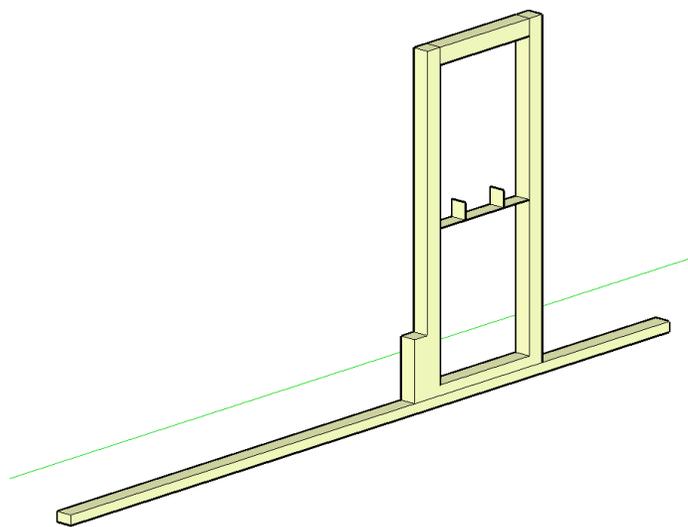


巻末資料

1. 電波伝搬シミュレーション結果

(9) 物流倉庫のモデル詳細 (3/5)

- スタッククレーン(サイズ: $5 \times 0.5 \times 10.1$ m)は、荷棚間に4基配置し、移動範囲は23.5 mを想定しています。

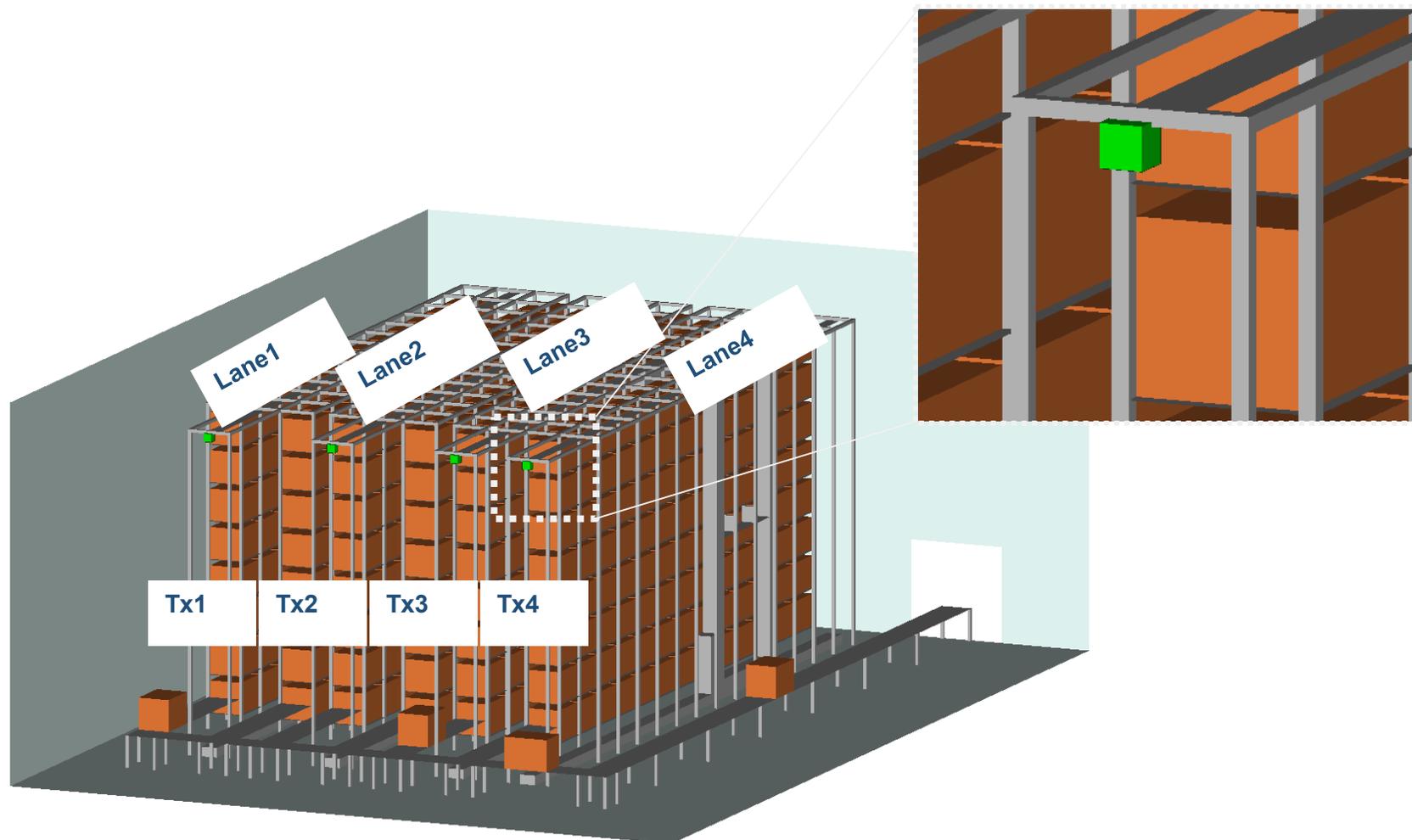


巻末資料

1. 電波伝搬シミュレーション結果

(9) 物流倉庫のモデル詳細 (4/5)

- Tx: 各スタッカクレーンの端部に合計4点配置しています。

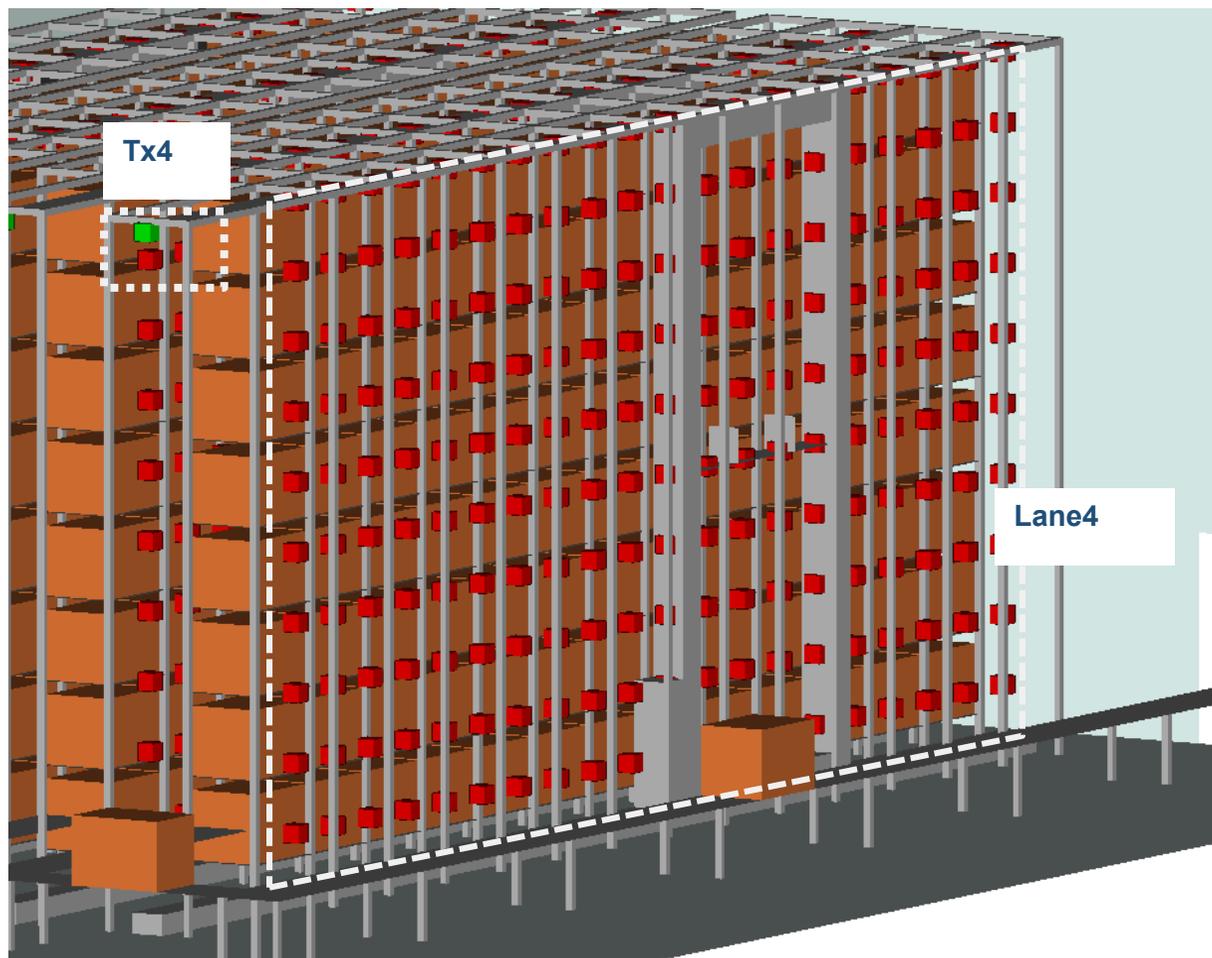


巻末資料

1. 電波伝搬シミュレーション結果

(9) 物流倉庫のモデル詳細 (5/5)

- Rx: 各スタッカクレーンの移動範囲に面で配置しています。縦・横とも1 m間隔に配置し、小型カメラ、クレーンの動力系センサ等を想定しています。



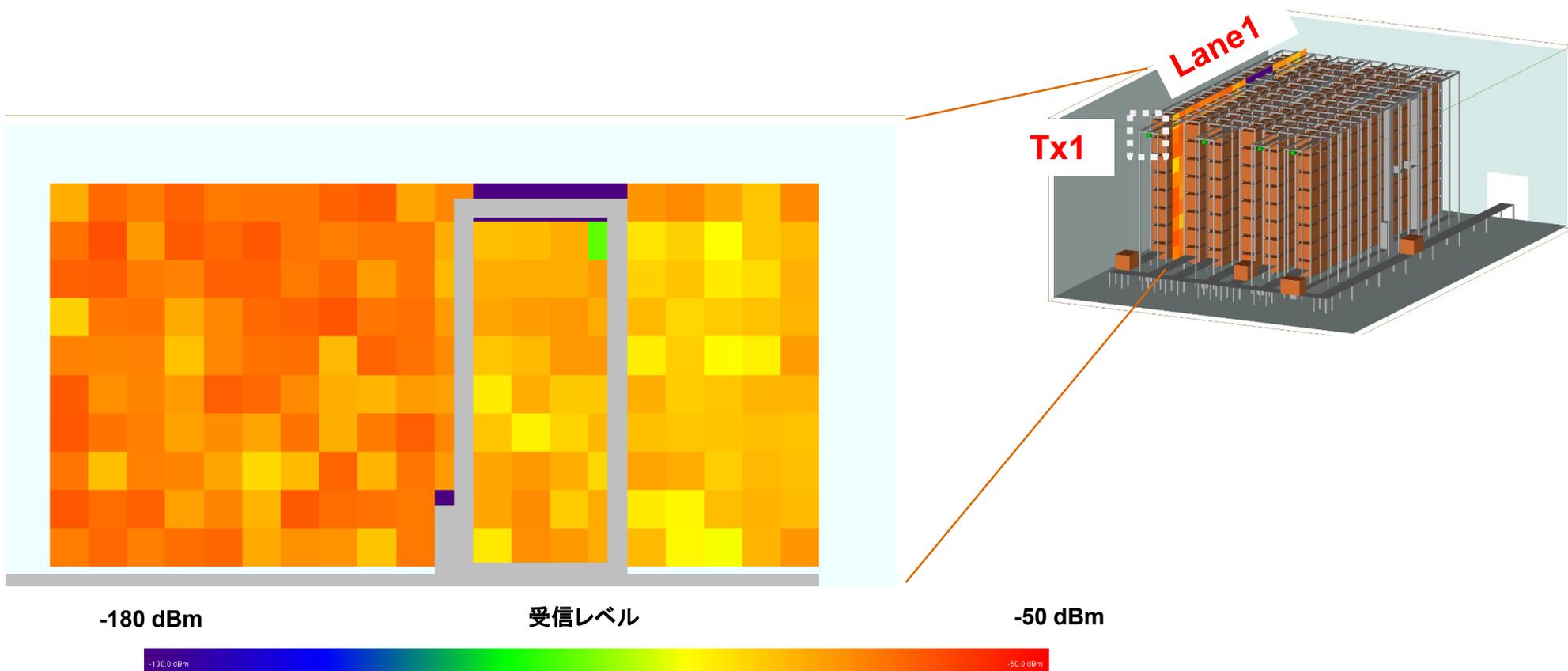
巻末資料

1. 電波伝搬シミュレーション結果

(10) 物流倉庫の評価結果 (1/2)

- 同一レーン(Tx1-Lane1)の受信レベル分布を示しています。Tx2,3,4でも同一レーン間で同様の傾向が見られました。同一レーン上であれば、一定の受信レベルが見込まれます。

28.3 GHz帯の評価結果(Lane1)



巻末資料

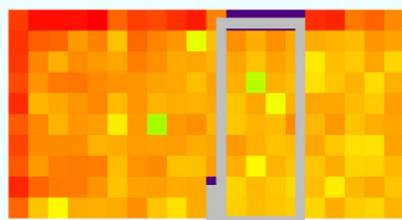
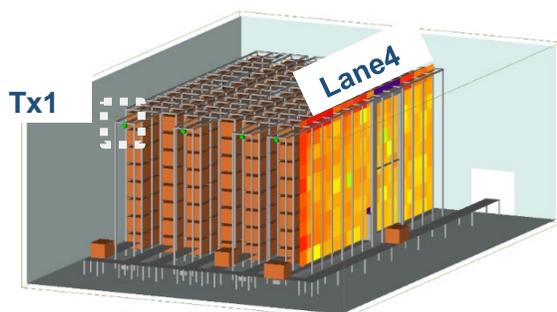
1. 電波伝搬シミュレーション結果

(10) 物流倉庫の評価結果 (2/2)

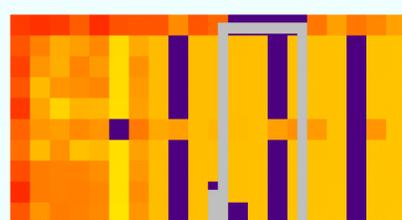
- Txから見て同一レーンのRxの結果は、4.6 GHzではスタッカクレーンの前後ともほぼ同程度の受信レベルとなった一方で、28.3 GHz帯では、Txから見てスタッカクレーンに遮蔽されるRxで受信レベルが小さくなる傾向となっています。28.3 GHz帯では、4.6 GHz帯に比べ波長が短く電波の回り込みが小さくなるため、スタッカクレーンに遮蔽されるRxでは受信レベルの低下に注意する必要があります。

4.6 GHz帯の評価結果

- 他レーン(Tx1-Lane4)の受信レベル分布
- 反射パスがほぼすべての受信点へ到達しています



▲反射2回、回折1回の計算結果。



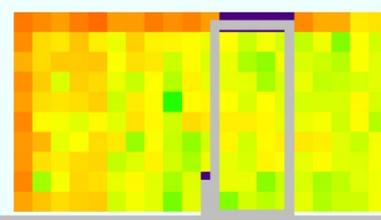
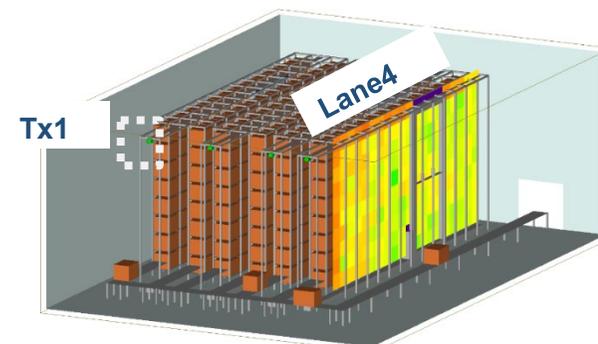
▲反射2回のみ計算結果。

-180 dBm

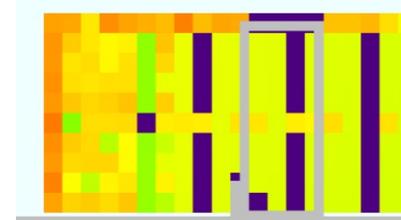
受信レベル

28.3 GHz帯の評価結果

- 他レーン(Tx1-Lane4)の受信レベル分布



▲反射2回、回折1回の計算結果。



▲反射2回のみ計算結果。

-50 dBm

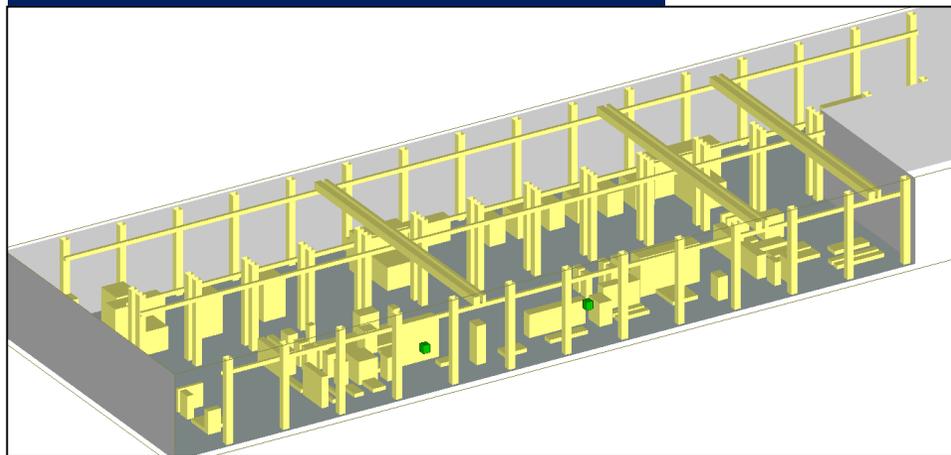
巻末資料

1. 電波伝搬シミュレーション結果

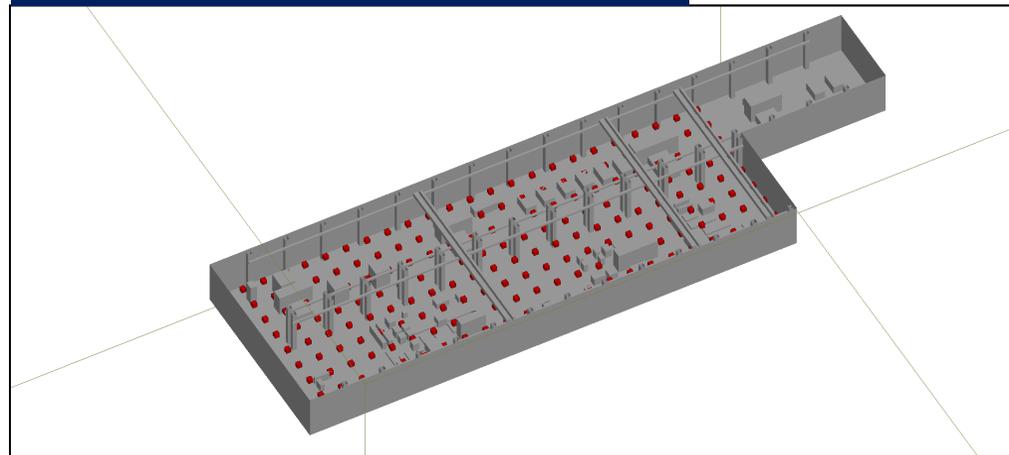
(11) 金属加工工場のモデル詳細

- Tx:地上高5 m位置に配置しています。
- Rx:地上高1.5 mおよび0.15 mに水平間隔5 mに配置しています。

Tx(送信点)の設置



Rx(受信点)の設置



巻末資料

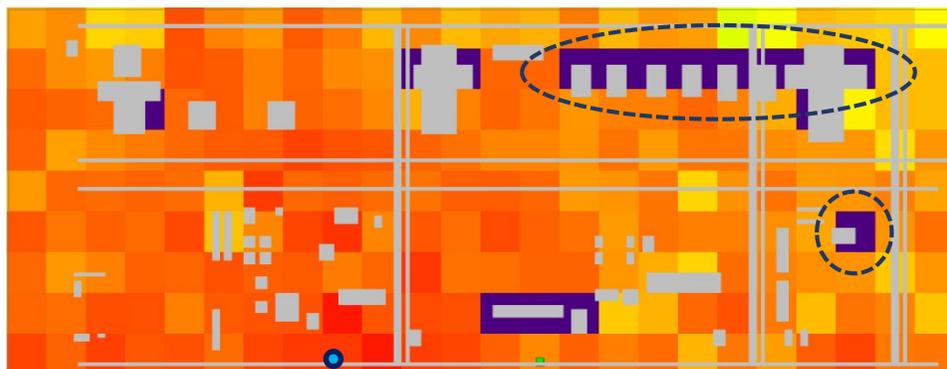
1. 電波伝搬シミュレーション結果

(12) 金属加工工場の電波伝搬シミュレーション評価結果

- 4.6 GHzと28.3 GHzの結果を比較すると、受信レベルが小さい範囲が28.3 GHz帯の方が広がっています。
- 28.3 GHz帯の方が障害物に対して電波の回り込みが小さくなるため、受信レベルの小さい範囲が4.6 GHz帯の結果に比べて広がったと考えられます。

4.6 GHz帯の評価結果

- Tx1-受信点地上高1.5 mの受信レベル分布を示す。
- 障害物により遮蔽される受信点で受信レベルが小さい。



Tx1

-180 dBm

受信レベル

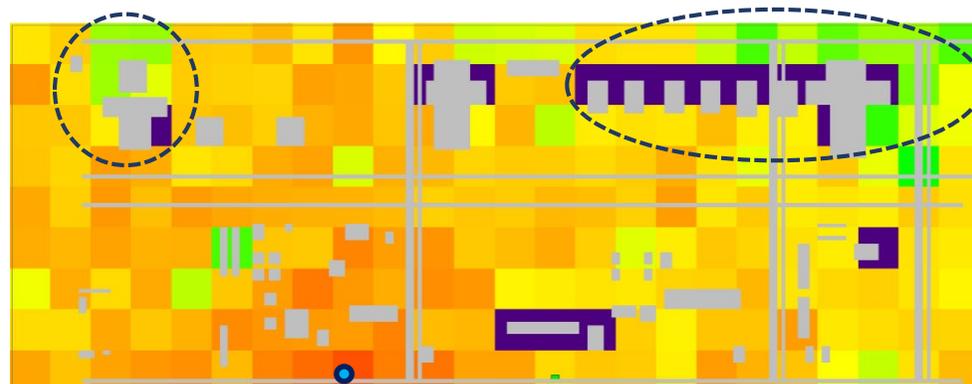
-50 dBm

-130.0 dBm

-50.0 dBm

28.3 GHz帯の評価結果

- Tx1-受信点地上高1.5 mの受信レベル分布を示す。
- 4.6 GHz帯と比べ、装置に遮蔽される広い範囲で受信レベルが小さい。



Tx1

巻末資料

1. 電波伝搬シミュレーション結果

(13)工場モデルごとの結果比較

- 工場モデルごとのシミュレーション評価によると、屋内かどうか、構造物の材質、送信点と天井の距離等の違いによって、電波の受信レベルは大きく影響を受けるという結果になりました。

工場モデルごとのシミュレーション結果比較

プラント	<ul style="list-style-type: none">LoS(見通しあり)の結果について、4.6 GHz帯と28.3 GHz帯のどちらもプラントのPLE(Path Loss Exponent)が最も大きい値となりました。プラントは4つの工場モデルのうち唯一屋外を想定しているため、周辺からの反射波が少ないことが影響していると考えられます。
物流倉庫	<ul style="list-style-type: none">NLoS(見通しなし)の結果について、4.6 GHz帯と28.3 GHz帯のどちらも物流倉庫のPLEが最も大きい値となった。物流倉庫は比較的狭い荷棚間にRxを配置しているため、障害物からの遮蔽が大きく、電波の届きにくい傾向があります。また、受信レベルのばらつきの程度は、物流倉庫が最も大きい値となりました。他の工場モデルに比べて、回折波の影響が大きいことが影響していると考えられます。
金属加工工場と自動車工場の比較	<ul style="list-style-type: none">金属加工工場では、障害物に遮蔽されるRxでは、Rxの高さによる受信レベルの差が小さかった一方で、自動車工場では、Rxの高さによって受信レベルに差が出ていました。両工場で結果に違いが出た要因として、金属加工工場モデルは、①金属の壁を想定していること(自動車工場はコンクリート)、②Txの高さは同じだが天井高が高いこと(自動車工場6 m、金属加工工場11 m)の2点が異なるため、壁での反射による損失が小さいことに加え、天井側から反射して到来するパスが多いことが予測されます。結果として、Rxの高さによらない受信レベルの傾向が見られたと考えられます。

ユースケースごとのNWシミュレーション評価

巻末資料

2. ユースケースごとのNWシミュレーション評価

(1) 目的・実施内容

- ローカル5Gを導入するユースケースの参考とするため、システムレベルのNWシミュレーション評価を行いました。想定ユースケースとして、①AGVの動作制御、②異常検知のための画像センサ、③保守管理情報の収集に用いる携帯端末の3つを想定しました。

実施目的・内容

- ユースケースごとの通信特性を把握するため、4.6GHz帯、28.3GHz帯についてシステムレベルNWシミュレーションを実施しました。
- 想定ユースケースとして、①AGVの動作制御、②異常検知のための画像センサ、③保守管理情報の収集に用いる携帯端末の3つを想定しました。
- NWシミュレーションの実施にあたっては、前述の自動車工場モデルの電波伝搬シミュレーションで得られた伝搬ロスモデルを適用しています。

ユースケースの想定システム要件

端末種別	通信方向	データサイズ	到達許容時間	通信間隔	台数	最大レート
■ 基地局					2	
■ 携帯端末	Uplink	20 - 255 Byte	0.1 - 60 秒	0.1 - 60 秒	150	36 Kbps
■ AGV	Uplink	40 - 250 Byte	1 - 50 ミリ秒	1 - 50 ミリ秒	108	5 Mbps
	Downlink	40 - 250 Byte	1 - 50 ミリ秒	1 - 50 ミリ秒		5 Mbps
■ 画像センサ	Uplink	100 KByte	100 ミリ秒	100 ミリ秒	256	2 Gbps

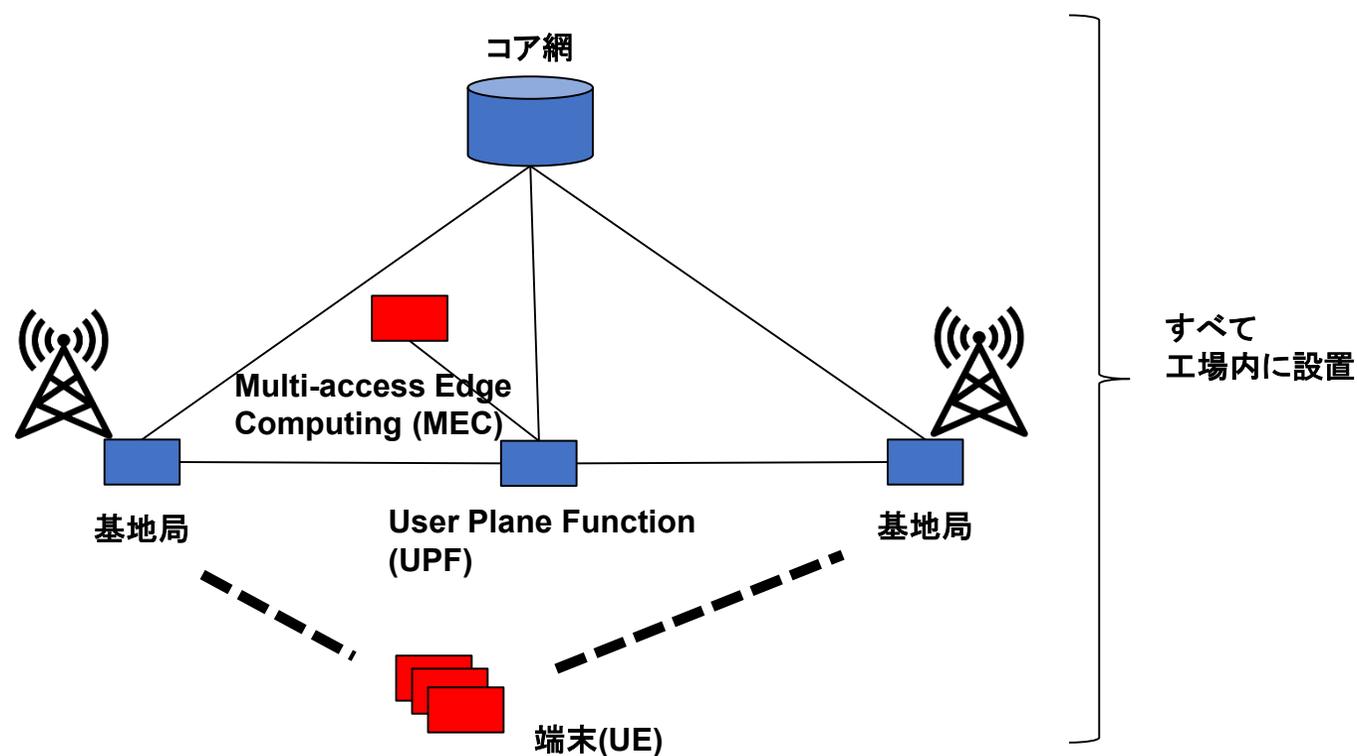
巻末資料

2. ユースケースごとのNWシミュレーション評価

(2) 前提条件 (1/3)

- 評価モデルの設備構成としては、SAのコア網、制御用UPF、基地局、端末のすべてを工場内に設置していることを想定しています。

計算条件 (評価モデルの設備構成)



- データ通信は端末-MEC間で発生
- 工場外のデータセンタ、インターネットへの接続は含まない

巻末資料

2. ユースケースごとのNWシミュレーション評価

(2) 前提条件 (2/3)

- シミュレータ(QualNet および 5G Model Library)はNWレイヤーに対応するモデル構成となっている
 - 5G Core Model
 - 5G Layer 2 Model
 - 5G PHY Model
- 5G Core Model 構成要素
 - Authentication Server Function (AUSF)
 - Core Access and Mobility Management Function (AMF)
 - Session Management Function (SMF)
 - Unified Data Management (UDM)
 - User Plane Function (UPF)
 - 5g Node B (gNB)
 - Data Network (DN)(スライド#5のMEC相当)
- QualNet 5G PHY Model では、1フレーム10スロットの以下の3種類のスケジューリングモデルから選択可能
 - DL-HEAVY: DDDDUDDDDU
 - UL-HEAVY: UUUUDUUUUD
 - MIXED: DDDUDDUUUU
- NWシミュレーションの主要な 5G PHY Model パラメータ
 - 4.6GHz 帯のチャンネル n79 で使える帯域幅の最大値は 100MHz

巻末資料

2. ユースケースごとのNWシミュレーション評価

(2) 前提条件 (3/3)

分類	項目	採用値	備考
主要な 5G Core Model パラメータ	gNB数	2	2 gNB 間でハンドオーバ可能とした
主要な 5G Layer 2 Model パラメータ	運用モード	SA	NSA: 非スタンドアロンモード(5G+LTE) SA: スタンドアロンモード(5G only)
	多重化方式	TDD	デュプレックスモード FDD: 周波数分割多重 TDD: 時分割多重
	TDD Slot 構成タイプ(*)	“UL-HEAVY”	スロット構成タイプ。 DL-HEAVY: ダウンリンクのトラフィックが多い場合 MIXED: ダウンリンクとアップリンクトラフィックがほぼ均等な場合 UL-HEAVY: アップリンクのトラフィックが多い場合 注: このパラメータはMAC-NR-DUPLEX-MODEがTDDに設定されている場合にのみ適用される。
	gNBとUEの間で交換されるフレーム長	4.6 GHz: 0.5 [ms] 28.3GHz: 0.25 [ms]	gNBとUEの間で交換されるフレームの長さを定義する数値。 フレームの長さは 0: 1ミリ秒 1: 0.5ミリ秒 2: 0.25ミリ秒 3: 0.125ミリ秒 注: このパラメータはMAC-NR-DUPLEX-MODEがTDDに設定されている場合にのみ適用される。
主要な 5G PHY Model パラメータ	gNB 最大送信電力	23 [dBm]	QualNet 5G Model Library デフォルト値
	UE 最大送信電力	23 [dBm]	QualNet 5G Model Library デフォルト値
	コンポーネントキャリアのチャンネル帯域幅	100 [MHz]	SAかつTDDの場合、5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 80, 90, 100, 200, 400 から選択可能。詳細は 5G standard “TS 38.101-1 Section 5.3.5-1” 参照。
	使用周波数帯	n79 または n257	n79 (4.6GHz帯) n257 (28GHz帯)

巻末資料

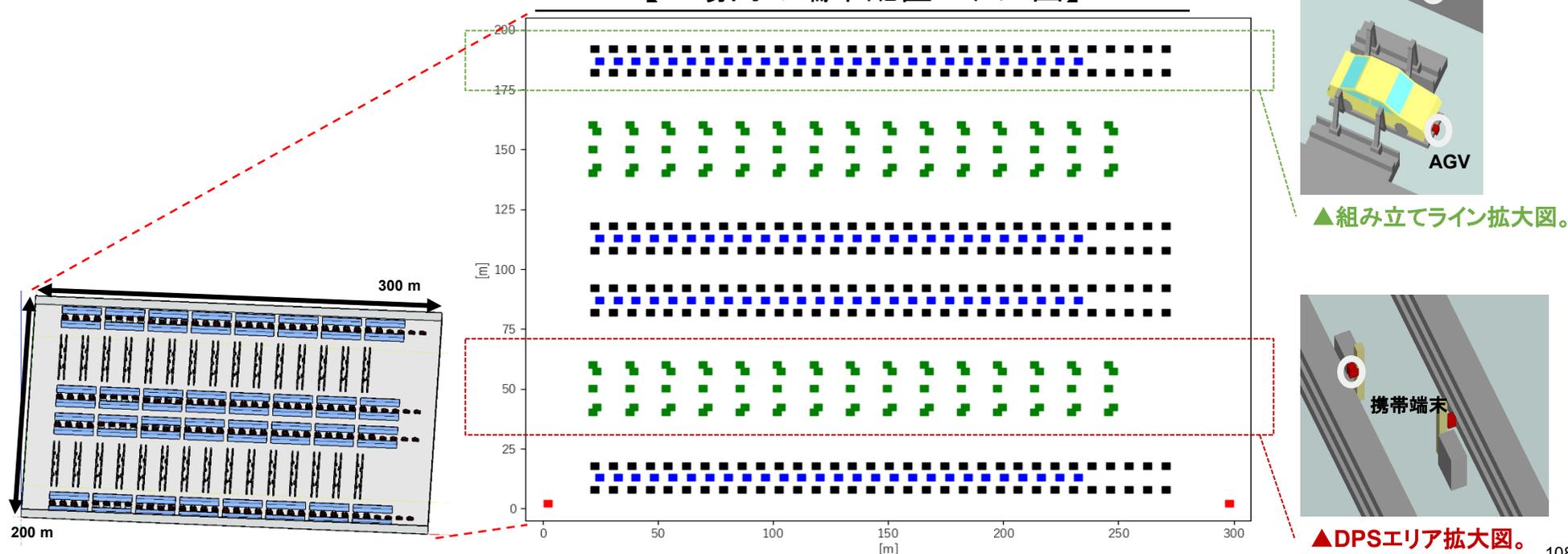
2. ユースケースごとのNWシミュレーション評価

(3) ユースケースの要件

- 各ユースケースの要件と設置箇所を示します。

端末種別	通信方向	データサイズ	到達許容時間	通信間隔	台数	最大レート
■ 基地局					2	
■ 携帯端末	Uplink	20 - 255 Byte	0.1 - 60 秒	0.1 - 60 秒	150	36 Kbps
■ AGV	Uplink	40 - 250 Byte	1 - 50 ミリ秒	1 - 50 ミリ秒	108	5 Mbps
	Downlink	40 - 250 Byte	1 - 50 ミリ秒	1 - 50 ミリ秒		5 Mbps
■ 画像センサ	Uplink	100 KByte	100 ミリ秒	100 ミリ秒	256	2 Gbps

【工場内の端末配置モデル図】



巻末資料

2. ユースケースごとのNWシミュレーション評価

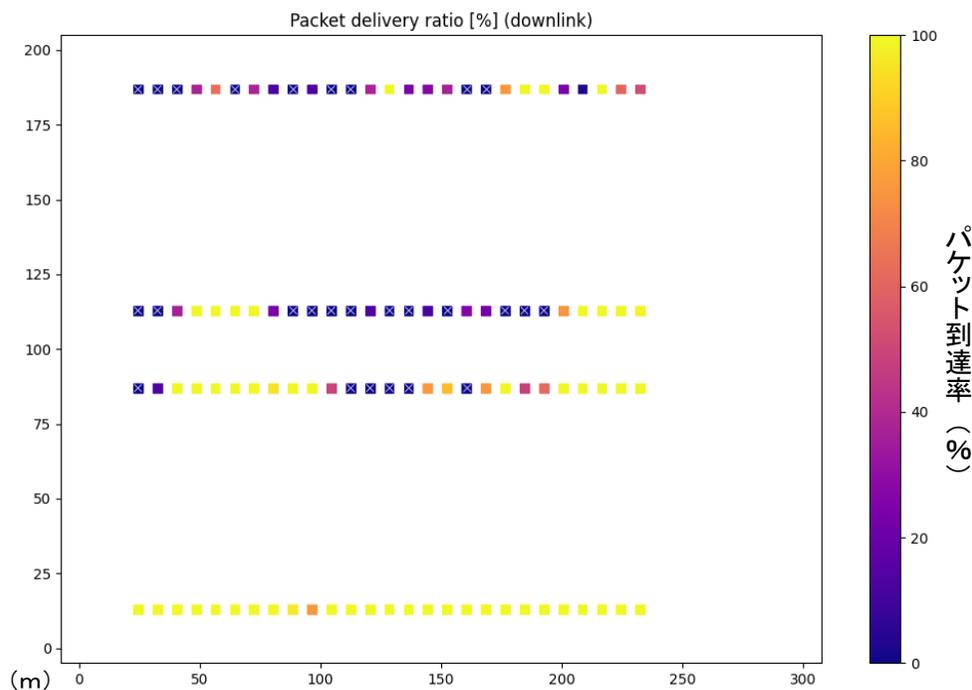
(4) ユースケースごとのシミュレーション結果 (AGV)

- AGVのみのシミュレーション評価結果を示します。4.6 GHz帯では、半数近い端末がパケット到達率100%である一方、28.3 GHz帯ではほとんど到達できておらず、周波数帯による違いが顕著にみられます。

端末種別	通信方向	データサイズ	到達許容時間	通信間隔	台数	最大レート
AGV	Uplink	40 - 250 Byte	1 - 50 ミリ秒	1 - 50 ミリ秒	108	5 Mbps
	Downlink	40 - 250 Byte	1 - 50 ミリ秒	1 - 50 ミリ秒		

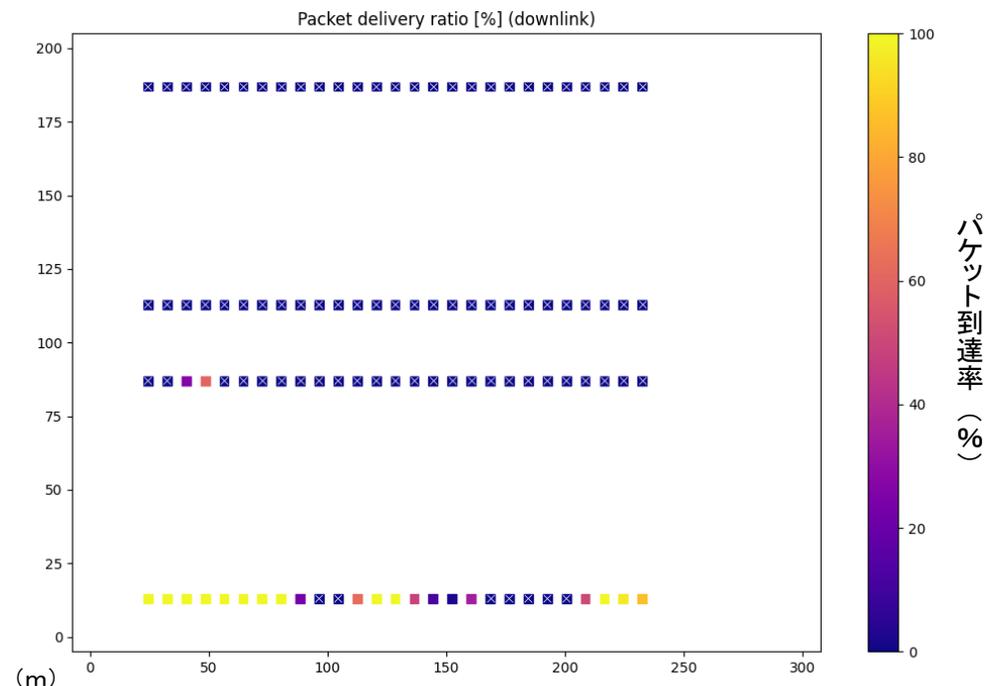
4.6 GHz帯 (downlink)

- パケット到達率100%に近い端末が半数程度の方、20%程の端末でパケット到達率0-2%という結果となっています。



28.3 GHz帯 (downlink)

- パケット到達率100%に近い端末は1割程度しかなく、8割以上の端末では、パケット到達率0-2%となっています。



上記2つの図は、自動車工場(縦200m、横300m)における端末の配置場所を示しています。それぞれの■は端末を示し、端末(■)ごとのパケット到達率を色で示しています。

巻末資料

2. ユースケースごとのNWシミュレーション評価

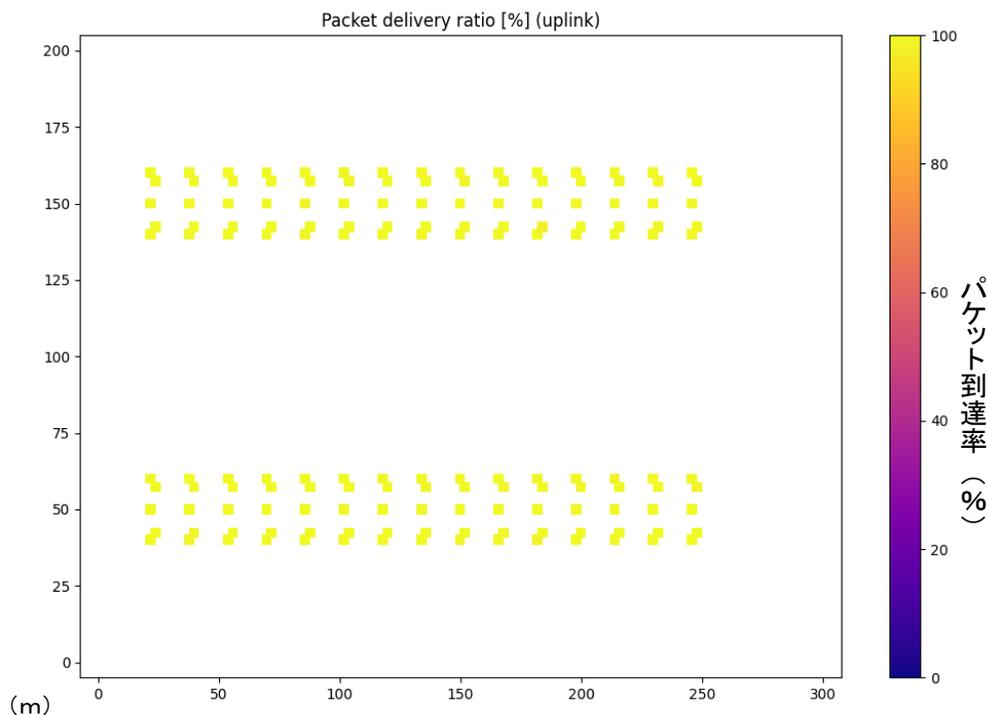
(4) ユースケースごとのシミュレーション結果 (携帯端末)

- 携帯端末のみのシミュレーション評価結果を示します。

端末種別	通信方向	データサイズ	到達許容時間	通信間隔	台数	最大レート
携帯端末	Uplink	20 - 255 Byte	0.1 - 60 秒	0.1 - 60 秒	150	36 Kbps

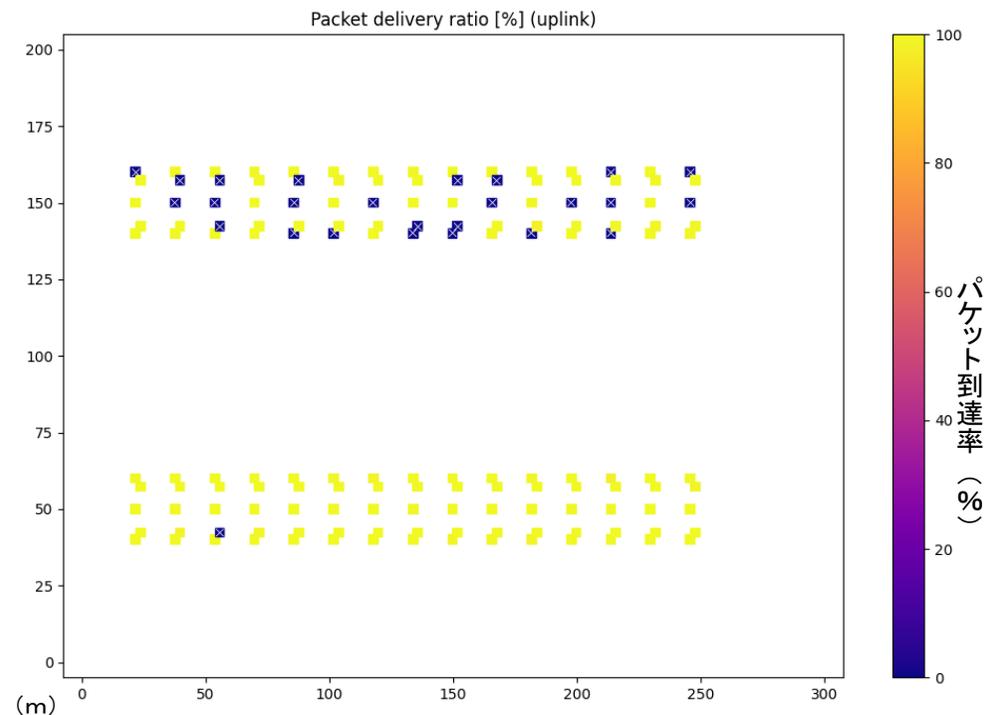
4.6 GHz帯 (uplink)

- ほとんどすべての端末で到達率100%となりました。



28.3 GHz帯 (uplink)

- 距離の遠い端末については未達端末の割合が高く、20%程度の端末においてパケット到達率が0-2%となりました。



巻末資料

2. ユースケースごとのNWシミュレーション評価

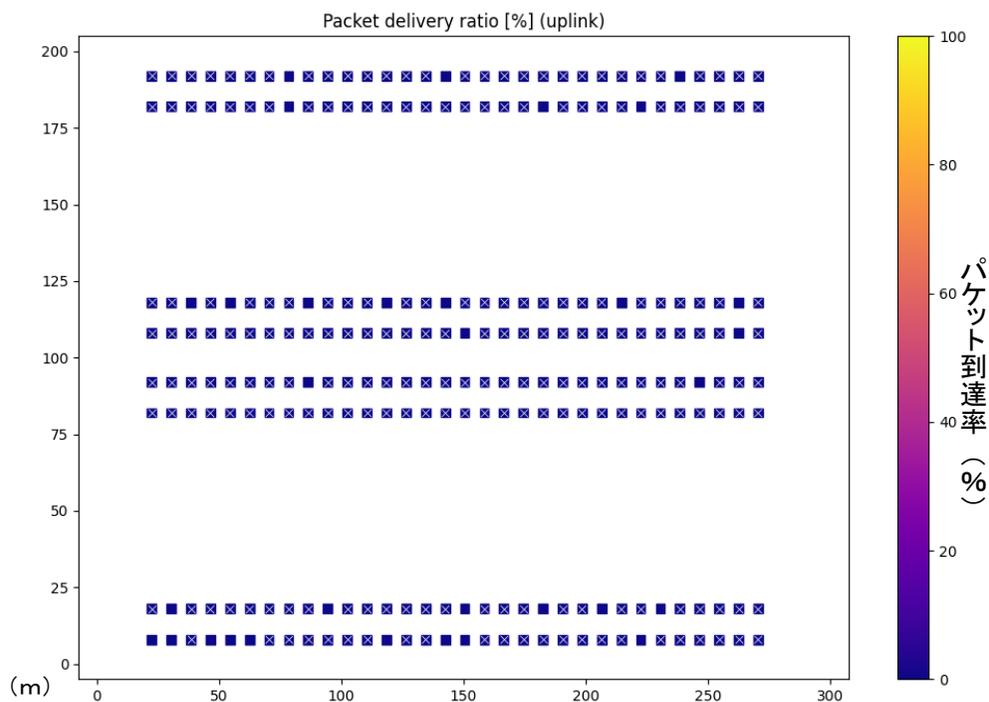
(4) ユースケースごとのシミュレーション結果（画像センサ端末）

- 画像センサ端末のみのシミュレーション評価結果を示します。
- 画像センサによる大容量のデータ通信を同時に行う場合は、4.6 GHz帯、28.3GHz帯ともにパケット到達率が低くなる可能性があります。

端末種別	通信方向	データサイズ	到達許容時間	通信間隔	台数	最大レート
画像センサ	Uplink	100 KByte	100 ミリ秒	100 ミリ秒	256	2 Gbps

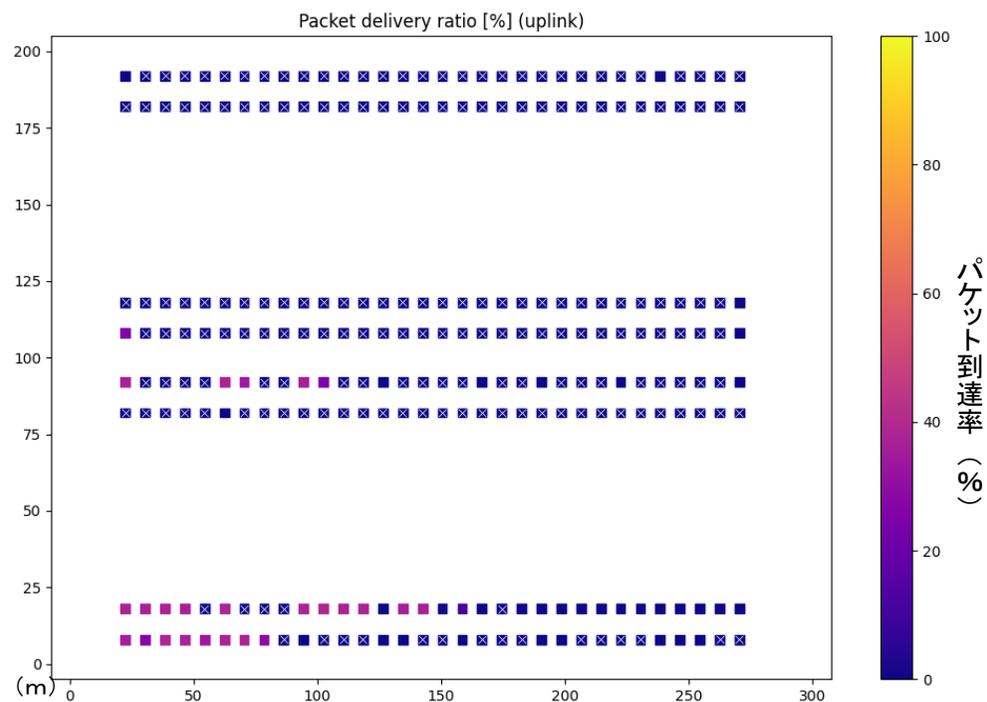
4.6 GHz帯 (uplink)

- 全ての端末においてパケット到達率は0-2%でした。



28.3 GHz帯 (uplink)

- 到達パケット数自体は4.6 GHzに勝るものの、90%の端末でパケット到達率が0-2%でした。



上記2つの図は、自動車工場(縦200m、横300m)における端末の配置場所を示しています。それぞれの■は端末を示し、端末(■)ごとのパケット到達率を色で示しています。

巻末資料

2. ユースケースごとのNWシミュレーション評価

(5) 端末数を4分の1にした場合のシミュレーション結果

- 端末数は4分の1に削減したうえで、全ユースケースを同時に実施した結果を示します。
- 4.6GHz帯では全ての端末が通信可能となり、端末との通信間隔やデータサイズを削減するといった工夫が有効なことが分かります。
- また、28.3GHz帯の結果からは、遮蔽物の影響を受けていることが分かります。

4.6GHz帯

- 全ての端末において、80%以上のパケット到達率を示しています。



28.3GHz帯

- 障害物の影響を強く受けていることがわかりますが、端末内でも到達率に若干の向上が見られます。



巻末資料

2. ユースケースごとのNWシミュレーション評価

(6) 工場におけるNWシミュレーション評価結果の考え方

- 今回のシミュレーション結果からは、特に28.3 GHzにおいて遮蔽物による通信への影響が顕著であることや、画像や動画などの容量の大きいデータは通信状況を圧迫する可能性があることから、多数の端末が同時に大容量のデータ通信をする場合端末との通信間隔やデータサイズを削減するといった工夫が必要になります。

評価結果から得られた課題など

遮蔽物の影響を強く受ける
特に28.3 GHzにおいて遮蔽物による通信
への影響が顕著であった

画像や動画などの容量の大きい
データは通信状況を圧迫す
る

考えられる対応策など

- 基地局を高い位置に設置することで、マルチパスフェージングの影響を緩和することが考えられる。
- 組み立てラインごとに基地局を配置することで、見通しを確保する。
- 特に28.3GHz帯の利用において、反射板を活用するなどの対応を行うことで、不感地帯をなくす工夫が考えられる。

※28.3GHz帯は、電波の回り込みが弱く、遮蔽物を影響を受けやすいという特徴があるが、特定のエリアに閉じた通信を実現したい場合など、特徴に応じた利用方法を検討することができる。また、利用できる帯域幅の拡大等によって、活用可能性が変化する可能性がある。

- 5G通信であっても、多数の端末が同時に大容量のデータ通信をする場合は、基地局1台あたり収容可能な端末接続台数を考慮しネットワークを設計する必要がある。
- 多数の端末が同時に大容量のデータ通信をする場合端末との通信間隔やデータサイズを削減するといった工夫が必要となる。

巻末資料

3. 令和2年度「工場現場における無線通信の利用状況や導入意向に関する調査」実施概要

項目	詳細	備考
配布数	<ul style="list-style-type: none"> 3,000社 	
調査票配布期間	<ul style="list-style-type: none"> 2020年11月9日～12月4日 	
回収方法	<ul style="list-style-type: none"> 紙媒体返送、オンライン回答の併用 	
回収数(回収率)	<ul style="list-style-type: none"> 793件(26.4%) 	
対象地域	<ul style="list-style-type: none"> 全国 	
対象業種	<ul style="list-style-type: none"> 製造業 	<ul style="list-style-type: none"> 工場を附設する企業本社を抽出
クロス集計	<ul style="list-style-type: none"> 業種 企業規模 無線通信の導入有無 	<ul style="list-style-type: none"> 素材型: 木材・木製品製造業(家具を除く)、パルプ・紙・紙加工品製造業、化学工業、石油製品・石炭製品製造業、プラスチック製品製造業、ゴム製品製造業、窯業・土石製品製造業、鉄鋼業、非鉄金属製造業、金属製品製造業 加工組立型: はん用機械器具製造業、生産用機械器具製造業、業務用機械器具製造業、電子部品・デバイス・電子回路製造業、電気機械器具製造業、情報通信機械器具製造業、輸送用機械器具製造業 生活関連型: 食料品製造業、飲料・たばこ・飼料製造業、繊維工業、家具・装備品製造業、印刷・同関連業、なめし革・同製品・毛皮製造業 中小規模: 10人未満～299人 大規模: 300人以上