

製造現場における無線通信技術の導入ガイドライン

～無線活用シーン・ユースケースに応じた導入・運用のポイント～



国立研究開発法人

新エネルギー・産業技術総合開発機構

New Energy and Industrial Technology Development Organization

| | | |
|---|-----------------------------|--------------|
| 第1章 はじめに | 1-1. 本ガイドライン作成の背景と目的 | P. 3 |
| | 1-2. 製造現場での無線活用シーン | P. 6 |
| 第2章 製造現場での無線通信技術の活用に必要な 基礎知識 | 2-1. 無線通信技術の基礎知識 | |
| | 2-1-1. 代表的な無線通信規格 | P. 11 |
| | 2-1-2. 無線通信の特性 | P. 18 |
| | 2-1-3. 無線通信を構成する要素 | P. 21 |
| | 2-2. 製造現場の無線通信環境 | |
| | 2-2-1. 製造現場の無線通信環境の特徴 | P. 26 |
| 2-2-2. 工場別の無線通信環境の留意点 | P. 30 | |
| | 2-3. 製造現場における無線環境構築時の観点 | P. 35 |
| 第3章 製造現場における無線通信技術の導入事例 | 3-1. 製造現場における無線通信技術の活用・実証事例 | P. 39 |
| | 3-2. 無線通信活用ユースケースの詳細 | P. 42 |
| 第4章 無線通信技術の導入にむけて | 4-1. 導入・運用の全体像 | P. 58 |
| | 4-2. 導入における実施事項と進め方 | P. 60 |
| | 4-3. 導入のケーススタディ | P. 72 |
| | 4-4. その他の検討事項 | P. 98 |
| 第5章 おわりに | 5-1. メッセージ、謝辞 | P. 101 |
| | 5-2. 参考文献 | P. 102 |
| 巻末資料 | | P. 104 |

本ガイドラインの構成

・本ガイドラインの構成（第2章～第4章）は以下の通りです。目的に応じて、該当する箇所からお読み下さい。



無線通信技術に関する基礎知識を得たい

YES

第2章 製造現場での無線通信技術の 活用に必要な基礎知識

- 無線通信の概要や電波の特徴等について説明しています。
- これから初めて無線通信の導入を検討される方は、本章から読まれることをお勧めします。

No



製造現場における無線通信技術の先行実証実験や導入事例を知り、自社での導入・運用に向けた情報を収集したい

YES

第3章 製造現場における 無線通信技術の導入事例

- 製造現場における無線通信技術のユースケースやそこから浮かび上がった課題を多数掲載しています。
- 既に無線通信の仕組みに一定の理解がある場合は、本章をご覧ください、活用事例の収集にお役立てください。

No



無線通信技術を導入・運用する具体的な手順・方法や、つまづきやすいポイントと対処法についての知見を得たい

YES

第4章 無線通信技術の 導入における

- 第3章に掲載したユースケースをもとに、検討項目やつまづきやすいポイント、導入時の実践的なステップや留意点について解説しています。
- 実際に無線通信技術を導入・運用に向けた検討をされる際に、本章をご参照ください。

4-1. 導入・運用の全体像

- 無線通信技術の導入の全体像をスケジュール形式で提示しています。検討項目や検討順序を大まかに把握できます。

4-2. 導入における実施事項と進め方

- 無線通信技術の導入における一連の実施事項と進め方を順を追って説明しています。

4-3. 導入のケーススタディ

- 無線通信の導入にあたって進めるべき各作業を、ケーススタディを交えながら詳細に解説しています。

第1章 はじめに

1-1. 本ガイドライン作成の背景と目的

1-2. 製造現場での無線活用シーン

第1章 はじめに

1-1. 本ガイドライン作成の背景と目的 ～背景～



【本ガイドライン作成の背景】

- 2020年初頭からの新型コロナウイルス感染症の世界的流行をはじめ、世界各地での地政学的リスクの増長や国内災害の多発等も含め、サプライチェーン寸断リスクを引き起こす「不確実性」は今後も更に高まることが予想されています。製造事業者にとっては、こうした状況においてもなお**柔軟・迅速な対応によりサプライチェーンを維持するための「企業変革力」（ダイナミック・ケイパビリティ※）の強化**が一層重要な課題になるものと想定されます。
- これらの課題解決に資するものとして期待されているのが、第5世代移動通信システム（5G）をはじめとした無線技術です。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。
- こうした想定を基、国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）は2021年度より「5G等の活用による製造業のダイナミック・ケイパビリティ強化に向けた研究開発事業」（以下、「5GDC事業」とする）を開始し、製造現場において、5G等の無線通信技術の活用により、柔軟・迅速な組換えや制御が可能な生産ライン等の構築や、IT/OTのシームレスなデータ連携によるサイバーフィジカルシステムの構築を通じて、工場の自律的かつ全体最適な稼働を可能とすることで、不測の事態においても柔軟・迅速に対応できる「企業変革力」（ダイナミック・ケイパビリティ）の強化を目指しています。

※ダイナミック・ケイパビリティとは、環境や状況が激しく変化する中で、企業が、その変化に対応して自己を変革する能力のこと

（出典：経済産業省 2020年版ものづくり白書）

【本ガイドライン作成の目的】

- 本ガイドラインは、製造現場における各種無線通信技術の導入に興味・関心をお持ちであったり、将来的な導入を予定されている技術者や生産現場の方々を対象とし、無線通信技術の導入検討・運用時に参照いただく目的で作成しています。
- 本ガイドラインを通じて、5G等の無線通信技術の活用に係る理解を深めていただくとともに、皆さまの製造現場における無線通信の安全かつ効果的な活用に役立てていただき、将来的な「ダイナミック・ケイパビリティ」の獲得につなげていただければ幸いです。

【本ガイドライン作成の範囲】

- 本ガイドラインでは、無線通信技術に関する基礎知識、製造現場における無線通信技術の先行実証実験や導入事例、導入の検討から運用に至るまでに考慮すべき事項や留意点等について概説しています。
- 特に、製造現場の業種や規模の違いによる無線通信技術の実証事例・活用方法や、ケーススタディを交えた導入・運用時のポイントを記載しています。
- 皆さまの製造現場に置き換えて読んでいただき、無線通信技術の活用に向けた具体的な検討の一助となれば幸いです。

第1章 はじめに

1-1. 本ガイドライン作成の背景と目的

1-2. 製造現場での無線活用シーン

第1章 はじめに

1-2. 製造現場での無線活用シーン

- 次頁以降で、製造現場で想定される無線通信技術の活用シーンを、代表的な3種類の製造現場を例として紹介します。無線通信活用の大まかなイメージ構築にお役立てください。
- イラスト中の無線通信の詳細な活用方法は第3章以降で解説しています。

FA(Factory Automation)分野

FA(Factory Automation)：素材を加工したり、部品を組み立てて製品を製造する工程に係る自動化

【工場例】

- 自動車組立工場
- 電気・電子部品・製品工場
- 重電機製品工場
- 工作機械・産業機械・ロボット製造工場

- 金属・樹脂加工工場
- 日用品工場
- 造船工場
- 精密機械工場 etc

PA(Process Automation)分野

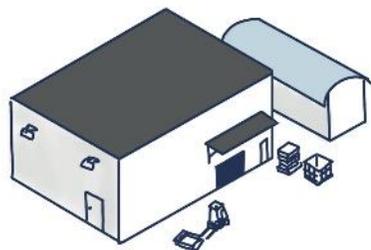
PA(Process Automation)：原料に熱や圧力などを加え、資源・加工素材となる製品を製造するプロセス産業の工場における製造プロセスの自動化

【工場例】

- 石油工場
- ガス工場
- 化学工場
- 製鉄工場
- 金属工場
- セメント工場
- 紙・パルプ工場
- ゴム工場 etc

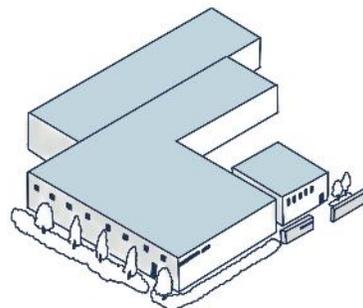
1 中小規模工場

大型の加工機器等が少ない、あるいは設置されておらず、敷地を含め工場の規模が小さい屋内中心の工場



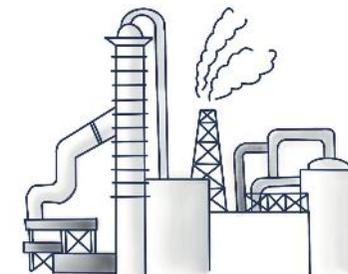
2 大規模工場

高さを含め大型の加工機器等が存在する、大規模な屋内中心の工場



3 プラント工場

素材や資源を製造する、複数のパイプ等の大規模な設備群で構成されている工場

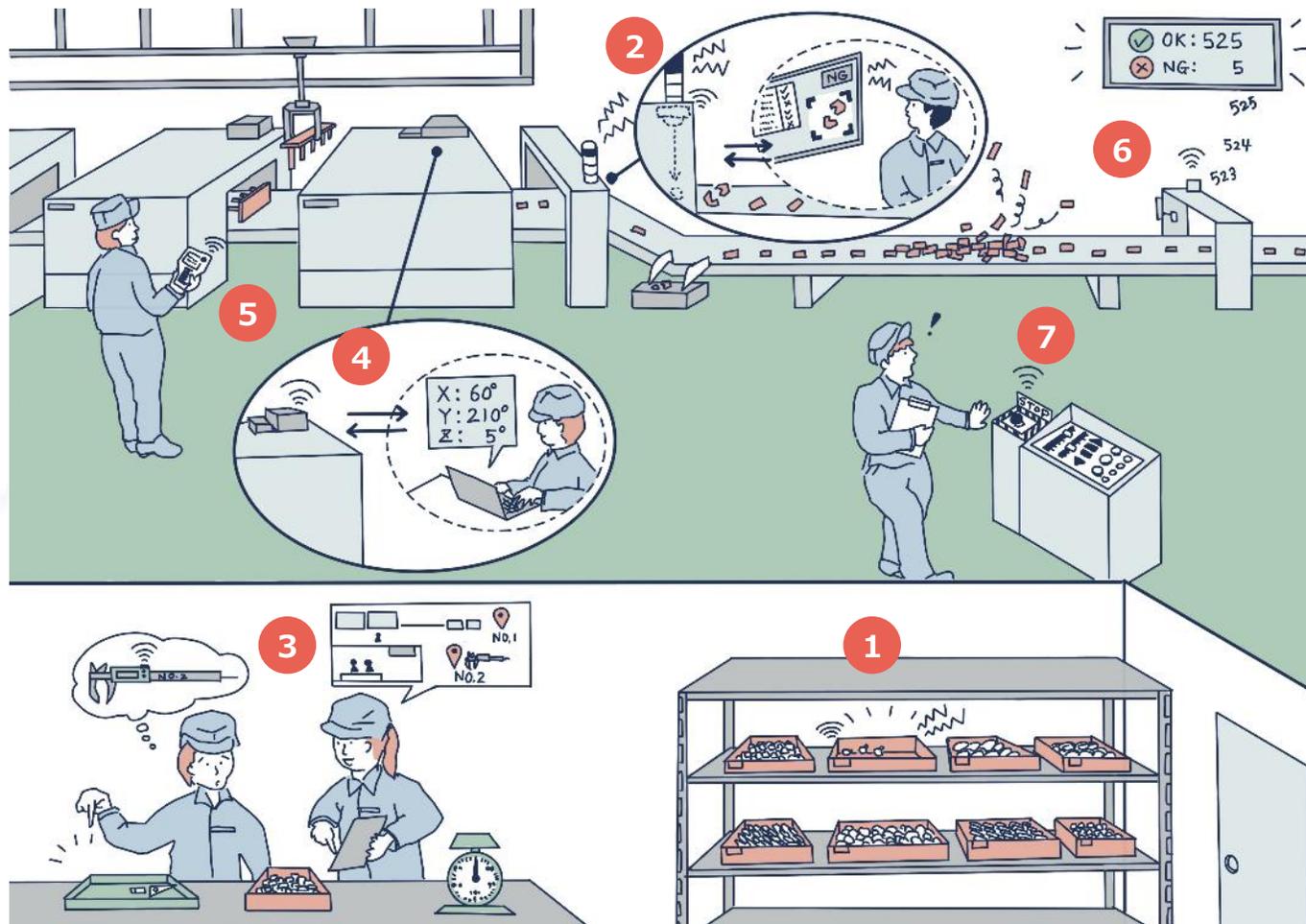
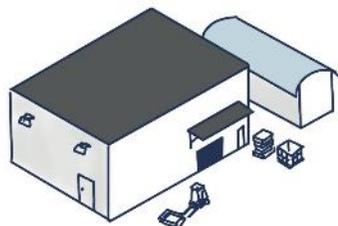


第1章 はじめに

1-2. 製造現場での無線活用シーン ～中小規模工場～



- 中小規模工場では、製造ライン上での異常検知や工作機械に関するモニタリング等において、無線通信が活用されています。



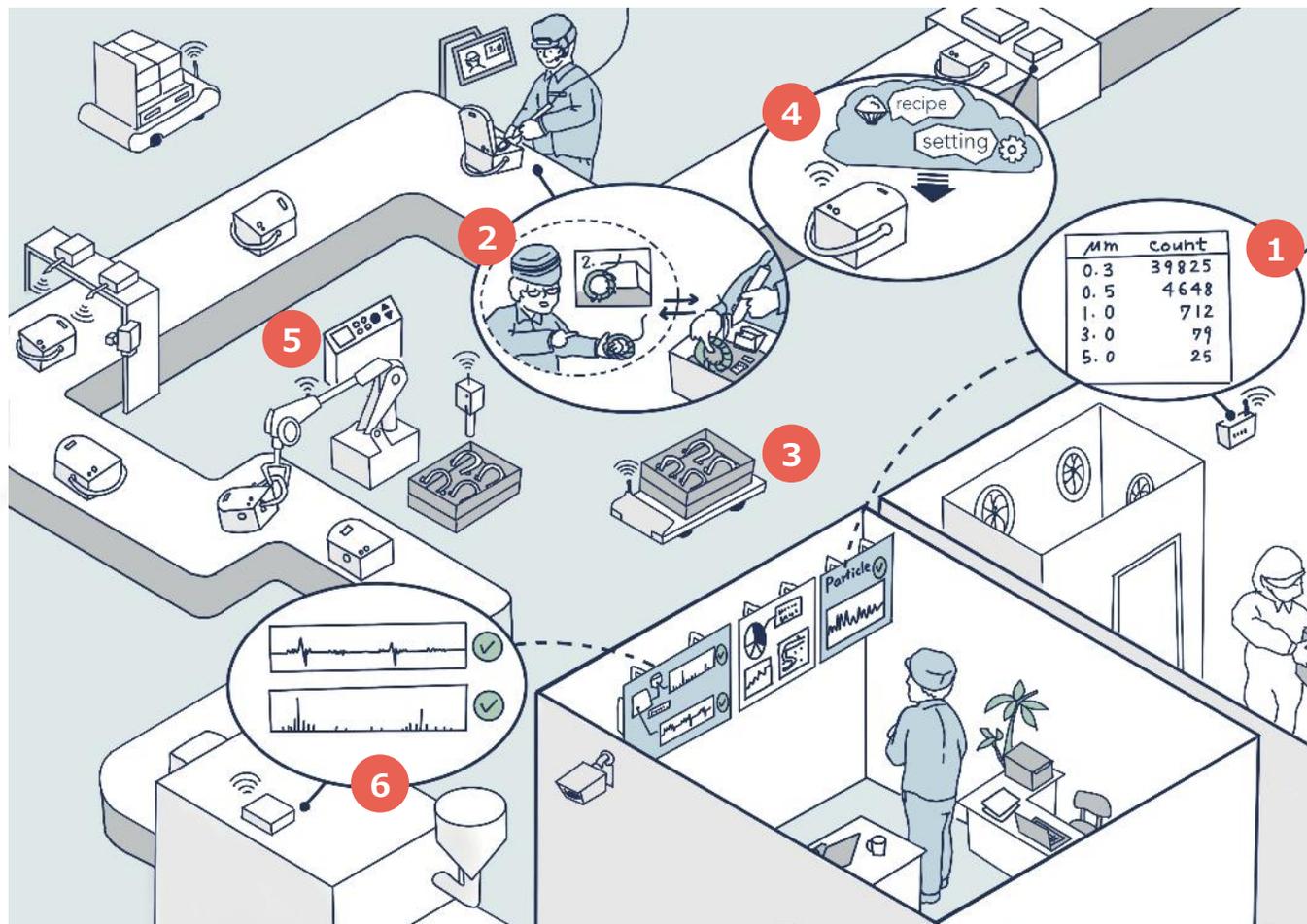
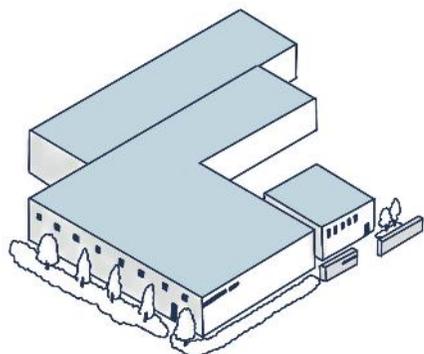
| No. | ユースケース |
|-----|-------------------|
| 1 | センサ情報を用いた在庫管理 |
| 2 | カメラ画像を用いた製品の異常検知 |
| 3 | 工場内の設備や備品に関する資産管理 |
| 4 | 工作機械の遠隔モニタリング |
| 5 | ローダのティーチングの無線化 |
| 6 | 製品カウントの無線化 |
| 7 | 非常停止スイッチの無線操作 |

第1章 はじめに

1-2. 製造現場での無線活用シーン ～大規模工場～



- 大規模工場では、中小規模工場での無線活用に加え、製造環境監視、映像転送による作業支援、移動ロボットの遠隔制御等、幅広いシーンで無線通信が活用されています。



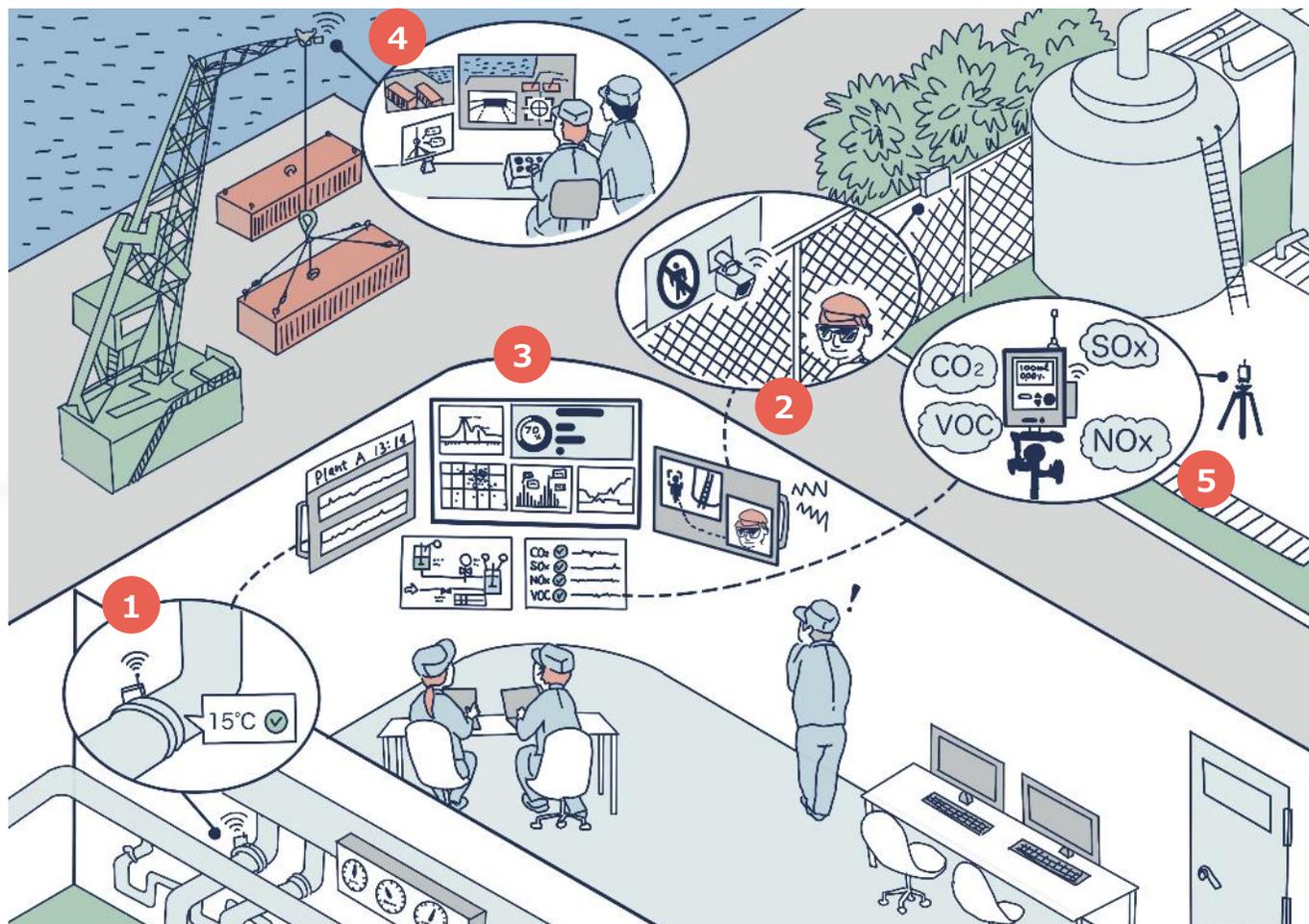
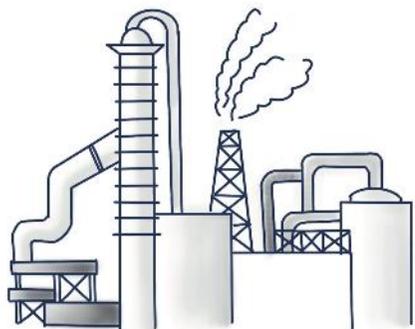
| No. | ユースケース |
|-----|---------------------------|
| 1 | 工場内の環境センサで取得したデータの管理 |
| 2 | 映像転送による複雑な現場作業の支援 |
| 3 | AGV等の移動ロボットの遠隔制御 |
| 4 | 組立製品ごとのデータ転送の無線化 |
| 5 | プロトコル通信で管理・制御される機器の通信の無線化 |
| 6 | 設備管理システムの無線化 |

第1章 はじめに

1-2. 製造現場での無線活用シーン ～プラント工場～



- プラント工場では、プラント全体の電力・エネルギー消費量の可視化・管理や、コンテナを扱う際の高所作業支援等において、無線通信が活用されています。



| No. | ユースケース |
|-----|--------------------------------|
| 1 | 過酷環境の生産設備の 予防保全・故障予知 |
| 2 | カメラを用いた不法侵入者の検知 |
| 3 | 電力・エネルギー消費量の管理 |
| 4 | 高所状況を取得したカメラ映像の 伝送による遠隔作業支援 |
| 5 | 現場の空気環境の異常検知 |

第2章 製造現場での無線通信技術の活用に必要な基礎知識

2-1. 無線通信技術の基礎知識

2-1-1. 代表的な無線通信規格

2-1-2. 無線通信の特性

2-1-3. 無線通信を構成する要素

2-2. 製造現場の無線通信環境

2-2-1. 製造現場の無線通信環境の特徴

2-2-2. 工場別の無線通信環境の留意点

2-3. 製造現場における無線環境構築時の観点

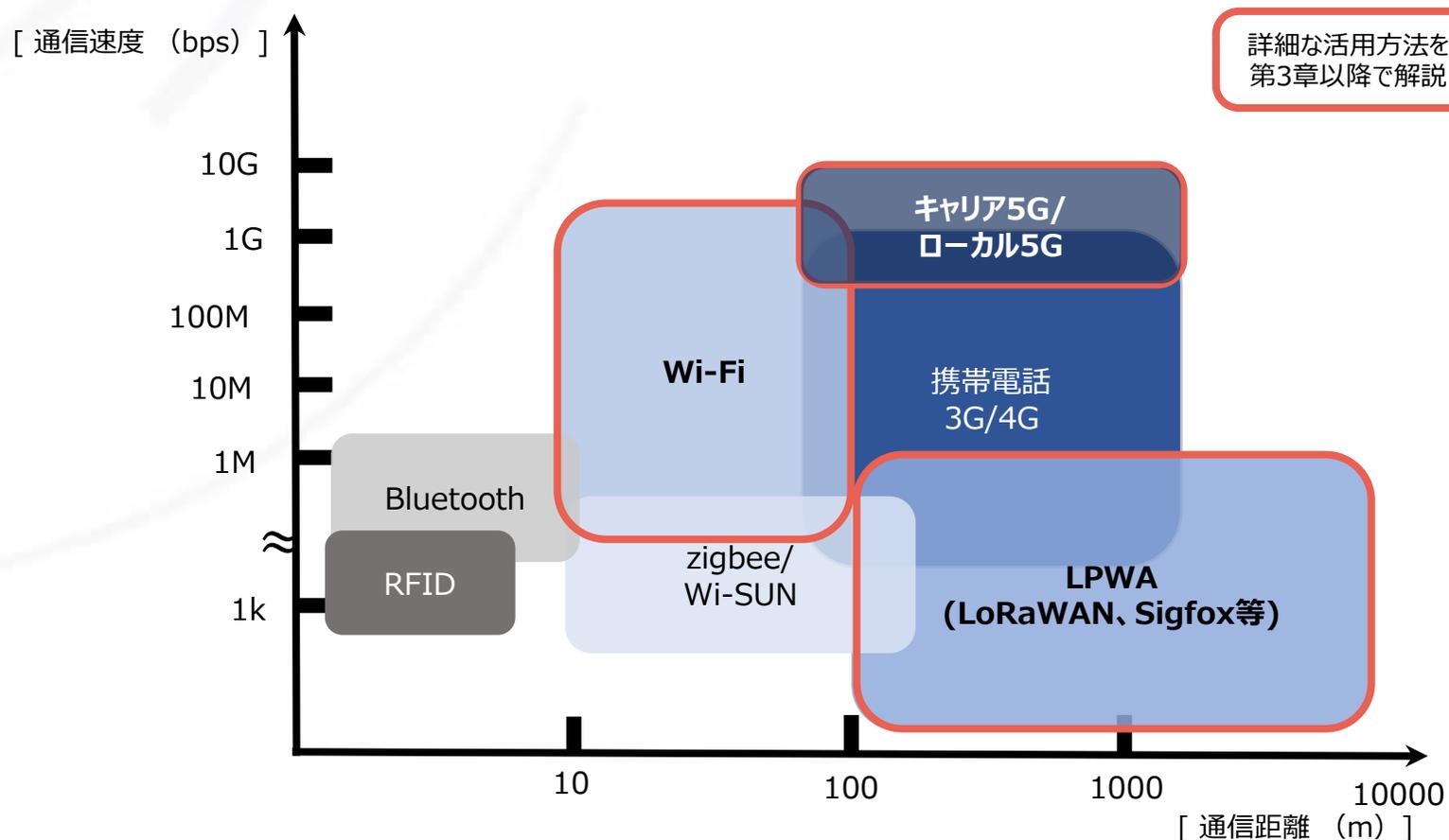
第2章 製造現場での無線通信技術の活用に必要な基礎知識

2-1. 無線通信技術の基礎知識

2-1-1. 代表的な無線通信規格

- 代表的な無線通信方式の通信速度と通信距離の分布は、下図のように整理されます。
- 無線通信技術を最大限活用するためには、使用用途に合った通信方式の選定が重要です。

代表的な無線通信方式の通信速度と通信距離の分布



第2章 製造現場での無線通信技術の活用に必要な基礎知識

2-1. 無線通信技術の基礎知識

2-1-1. 代表的な無線通信規格 ～Wi-Fi～



- Wi-Fiは、世界で幅広く利用されている無線通信規格であり、様々なデバイスとの接続が可能です。

Wi-Fiとは

- 無線LAN（Local Area Network）規格の1つである「IEEE 802.11」に準拠しており、Wi-Fi Allianceの登録商標です。
- アンライセンスバンド（免許不要の周波数帯）を使用するため、**使用に当たって電波法の免許等の取得は不要です。**
（注：公衆無線LANのアクセスポイントを用いて、利用者にインターネットに接続するサービスを事業として提供する場合は、原則として電気通信事業法上の届出又は登録が必要）
- 規格ごとに周波数帯や通信速度が異なり、基本的には、**新しい規格ほど高速な通信が可能**です。周波数には2.4GHz帯、5GHz帯のほかに2022年9月に日本国内でも認可された6GHz帯があり、周波数ごとの特徴は表のとおりです。

| 無線規格 | 周波数帯 | 速度(規格上) | 実効距離(目安) |
|--------------------------|-----------------------|------------|----------|
| IEEE 802.11b/g/n (Wi-Fi) | 2.4 GHz | 1～600 Mbps | 40 m |
| IEEE 802.11a/n (Wi-Fi) | 5 GHz | 6～600 Mbps | 30 m |
| IEEE 802.11ac (Wi-Fi 5) | 5 GHz | 6.93 Gbps | 30 m |
| IEEE 802.11ax (Wi-Fi 6) | 2.4 GHz, 5 GHz | 9.6 Gbps | 30～40 m |
| IEEE 802.11ax (Wi-Fi 6E) | 2.4 GHz, 5 GHz, 6 GHz | 9.6 Gbps | 30～40 m |

特徴

- **高速通信が可能**：Wi-Fi6であれば通信速度が9.6Gbps(理論値)であり、LPWA等の他の無線通信規格と比べて高速な通信が実現できます。
- **汎用性が高い**：Wi-Fi規格に対応しているデバイスの数・種類が豊富で様々な機器の無線化に対応でき、環境構築も容易です。

活用シーン (一例)

- 製造現場のPCで生産指示確認・生産履歴入力をするための社内ネットワーク接続に利用（レイアウト変更によるPCの移動も可）
- 屋内の製造現場内で材料や半製品を搬送するためのAGVの制御や稼働経路データの転送に利用

今後の見通し

- より高速（規格上の理論値46Gbps）・低遅延を目指す次世代規格IEEE802.11be 対応デバイスが国内で発売されており、今後の普及・利用拡大が見込まれます。なお周波数帯はWi-Fi 6Eと同様です。

第2章 製造現場での無線通信技術の活用に必要な基礎知識

2-1. 無線通信技術の基礎知識

2-1-1. 代表的な無線通信規格 ～Wi-Fi（最新動向）～



- Wi-Fiの最新動向として、Wi-Fi HaLow、Wi-Fi6E等の規格が新たに制定され、今後の活用が期待されています。

Wi-Fi HaLow

- Wi-Fi HaLowは、Wi-FiとLPWAの双方のメリットが搭載されたIoTに適した通信技術として注目されている、低消費電力・動画像の通信が可能な新しい無線通信技術です。

| 項目 | 通信規格 | | |
|-----------|----------------------|---------|---------------|
| | Wi-Fi HaLow | Wi-Fi5 | LPWA |
| 通信速度(理論値) | 150kbps～4Mbps | 6.9Gbps | 250bps～50Kbps |
| 通信伝送 | 動画像○ | 動画像○ | 動画像× |
| 通信距離 | 1km～数km | 数十m | ～数十km |

<特徴>

- アンライセンスバンド(920MHz帯)の活用により無線局免許不要でネットワーク構築が容易
- 低消費電力
- 従来型のWi-Fiと比較して長い通信距離に対応し、工場・倉庫単位などの広範囲での整備や活用が可能
- 通信速度が従来型のLPWAと比較して速い

<今後の見通し>

- 2022年9月の電波法令改正により日本国内でも利用可能となり、現在、徐々に普及している段階です。IoTやスマートシティ分野などでの今後の更なる普及が見込まれています。

Wi-Fi6E

- Wi-Fi6Eは、新しい周波数帯域(6GHz帯)におけるWi-Fi規格で、飽和状態にある既存のWi-Fi帯域と比較し、大容量伝送や多数端末の同時接続が可能です。

| 項目 | 通信規格 | |
|-----------|-------------------|-------------|
| | Wi-Fi 6E | Wi-Fi5 |
| 通信速度(理論値) | 9.6Gbps | 6.9Gbps |
| 通信伝送 | 大容量○ | 大容量△(通信不安定) |
| 周波数帯 | 2.4/5/6GHz | 5GHz |

<特徴>

- 6GHz帯はWi-Fi専用の周波数帯であるため、高速かつ電波干渉や混雑を避けた安定的な通信が可能

<今後の見通し>

- Wi-Fi6E機器の世界出荷台数について、Wi-Fi Allianceは、2024年に約15億台になると予想しており、今後の普及が見込まれます。

第2章 製造現場での無線通信技術の活用に必要な基礎知識

2-1. 無線通信技術の基礎知識

2-1-1. 代表的な無線通信規格 ～キャリア5G/ローカル5G～



- 5Gには、通信キャリアが提供する「キャリア5G」と、企業や自治体等の様々な主体が独自に構築できる「ローカル5G」があります。

| | | |
|---------------|---|--|
| 5Gとは | <ul style="list-style-type: none">従来の4G/LTEでは達成できなかった新たな機能を実現する規格として、2015年にITUによって策定され、世界中で整備・実装されつつあります。5Gの要求条件である「高速大容量」、「多数同時接続」、「超低遅延」のうち利用シーンに応じた必要な性能を提供できればよいとされ、現在では、主に高速大容量通信を志向した基地局が整備されています。 | |
| 特徴 | キャリア5G | <ul style="list-style-type: none">無線局免許を有する通信事業者によって全国的に展開されている通信システムで、免許の取得が不要・特に都心部ではエリア全体で接続可能といった利点があります。各通信事業者に割当てられた5Gの周波数（3.7/4.5/28GHz）および4Gの周波数帯を使用します。 |
| | ローカル5G | <ul style="list-style-type: none">無線局免許を取得し、無線従事者を置くことで、建物内や敷地内（自己土地内）で自営の5Gネットワークとして活用でき、通信事業者によるエリア展開が遅れる地域等において、5Gシステムを先行して構築可能です。このため、使用用途に応じて必要となる性能を柔軟に設定できること、他の場所の通信障害や災害などの影響を受けにくいことが利点として挙げられます。使用する周波数帯域によって電波伝搬の特性が異なります。ミリ波帯（28.2～29.1GHz）はSub6帯（4.6～4.9GHz）と比べて直進性が強いいため電波の回り込みが発生せず、障害物の影響を受けやすいといった特徴があります。なお、「ローカル5G導入に関するガイドライン」が2023年8月に改定され、一定の条件下において他者土地を自己土地相当と見なすことができる「共同利用」の概念が導入されるなど、より使いやすくなるための見直しが進んでいます。 (ローカル5Gの制度概要については、巻末資料をご参照ください。) |
| 活用シーン (一例) | <ul style="list-style-type: none">製造現場に導入し、低遅延性を生かした産業用ロボット稼働による生産能力強化、複数の生産設備の連携による製造関連データのリアルタイム収集および在庫・設備保守管理等の一括化、高精細画像検知による品質管理の効率化等に利用建設現場に導入し、リアルタイムかつ高解像度動画・画像データを介した工事の進捗管理や建機の遠隔制御等に利用 | |
| 今後の見通し | <ul style="list-style-type: none">今後は、様々なユースケースに対応するための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 製造現場での無線通信技術の活用に必要な基礎知識

2-1. 無線通信技術の基礎知識

2-1-1. 代表的な無線通信規格 ～LPWA～



- LPWAは、低消費電力、長距離伝送、低速通信という特徴を有し、主に広域におけるセンサーデータ収集等に活用されています。

LPWAとは

- LPWA（Low Power Wide Area）は、低消費電力・長距離のデータ通信が可能な無線通信技術で、IoTに適した通信技術として注目されています。
- LPWAにはライセンスバンドとアンライセンスバンドの2種類が存在します。**アンライセンスバンドのLPWAは、電波法の免許・登録手続き不要で利用可能**です。アンライセンスバンドの規格と特徴は表のとおりです。

| 項目 | アンライセンスバンドのLPWA規格（例） | | |
|-------------|----------------------|---------------|-----------------|
| | Sigfox | LoRaWAN | ZETA |
| 関連団体 | Sigfox独自 | LoRa Alliance | ZETA Alliance |
| 最大通信速度(理論値) | 上り 100bps、下り 600bps | 50kbps | 50kbps |
| 周波数帯 | 920MHz帯 | 920MHz帯 | 920MHz帯、429MHz帯 |

特徴

- 消費電力が小さい**：電池寿命が最大10年程度であることから、電池交換等の頻度を抑えられ、効率的な保守管理が可能です。
- 長距離伝送が可能**：1台の基地局で広範囲のデバイスが収容できるため、運用コストを下げることができます（都市部で最大数kmの伝送が可能）。
- 独自ネットワークの構築が容易**：無線局の免許が不要なアンライセンスバンドであれば、ネットワーク構築が比較的容易です。

活用シーン (一例)

- 施設や装置等の簡便かつ連続的なデータセンシングによる稼働状況監視
- 公園内に設置したカメラやセンサーで環境状態を継続的にモニタリング
- 冷蔵庫の温度管理を遠隔で行うシステムへの活用
- 船や飛行機で使う輸送パレットにLPWAモジュールを装着し、紛失を防止（LPWAは国や地域をまたいでも通信可能）

今後の見通し

- 総務省の「情報通信白書 令和5年版」によれば、世界のLPWAモジュールの出荷台数は2022年時点で2.8億台、2025年には7.2億台に達すると予測されており、LPWAは利用用途や分野で5Gと併用されるなど、今後も拡大が見込まれています。

第2章 製造現場での無線通信技術の活用に必要な基礎知識

2-1. 無線通信技術の基礎知識

2-1-1. 代表的な無線通信規格 ～無線通信規格の比較～



- 利用用途や周波数特性を踏まえて通信規格や周波数帯を選定し、無線を導入することが必要です。

波長・周波数と直進性・情報伝送量の関係

| | | | | | |
|-------|--------|------|-------|--------|-------|
| 波長 | 1m | 10cm | 1cm | 1mm | 0.1mm |
| 周波数 | 300MHz | 3GHz | 30GHz | 300GHz | 3THz |
| 直進性 | ← 弱い | | | | 強い → |
| 情報伝送量 | ← 少ない | | | | 多い → |

周波数ごとの主な電波の特徴については、総務省ウェブサイト参照 <https://www.tele.soumu.go.jp/j/adm/freq/search/myuse/summary/>

代表的な無線通信規格の比較

| 主な通信規格 | 周波数帯域 | 伝送距離 | 無線区間伝送速度 (理論値) | 遅延 (規格値) | 同時接続 (規格値) |
|-----------|-------------------------------|----------------|----------------------|-------------|----------------------------|
| LPWA | 200/400/ 800/900MHz | 約2～15km | 250bps～ 50Kbps | - | 100台～ |
| Wi-Fi | 2.4/5/6GHz | 数十m | 9.6 Gbps | - | 数台～数百台 |
| Bluetooth | 2.4GHz | 10～100m程度 | 2Mbps | - | 7台 |
| Zigbee | 2.4GHz | 10～75m程度 | 250kbps | - | 65,000台 |
| 4G | 3.5/3.4/2.0/1.7GHz, 800MHz | 約1～5km | 1.0 Gbps (2020/3) | 10ms | 規格目標:10万台/km ² |
| キャリア5G* | 3.7/4.5GHz 28GHz | 数百m～1km 数十m | 20 Gbps | 1ms | 規格目標:100万台/km ² |
| ローカル5G | 4.6～4.9GHz 28.2～29.1GHz | 数百m～1km 数十m | 20 Gbps | 1ms | 規格目標:100万台/km ² |

赤枠：詳細な活用方法を第3章以降で解説
*キャリア5Gは4Gの周波数帯域も含む

第2章 製造現場での無線通信技術の活用に必要な基礎知識

2-1. 無線通信技術の基礎知識

2-1-1. 代表的な無線通信規格

2-1-2. 無線通信の特性

2-1-3. 無線通信を構成する要素

2-2. 製造現場の無線通信環境

2-2-1. 製造現場の無線通信環境の特徴

2-2-2. 工場別の無線通信環境の留意点

2-3. 製造現場における無線環境構築時の観点

第2章 製造現場での無線通信技術の活用に必要な基礎知識

2-1. 無線通信技術の基礎知識

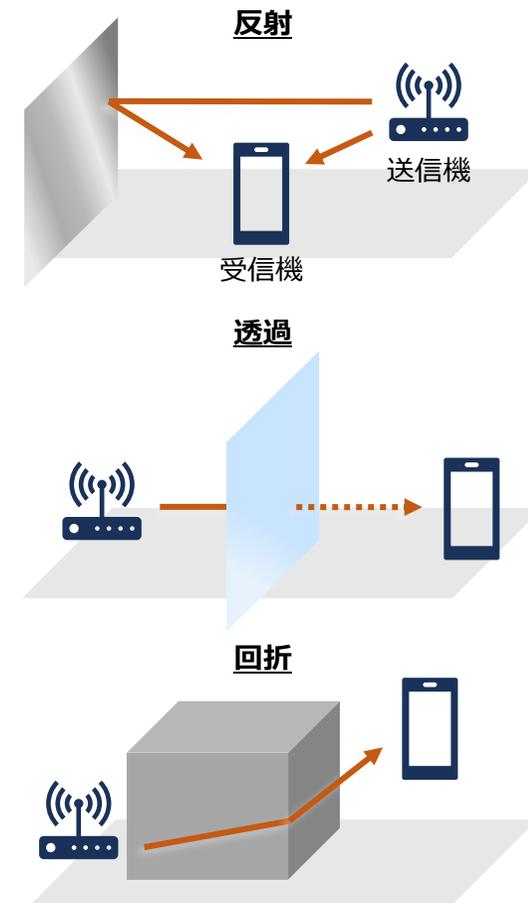
2-1-2. 無線通信の特性 ～① 電波の伝わり方～



- 無線通信技術を最大限活用するためには、電波の伝わり方に関する特徴を把握し、無線機器の設置場所等に配慮することが重要です。

無線通信の特性 ①電波の伝わり方

| | | |
|---|---|---|
| 直進 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) 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 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 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) 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 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るため、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 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2章 製造現場での無線通信技術の活用に必要な基礎知識

2-1. 無線通信技術の基礎知識

2-1-2. 無線通信の特性 ～② 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。

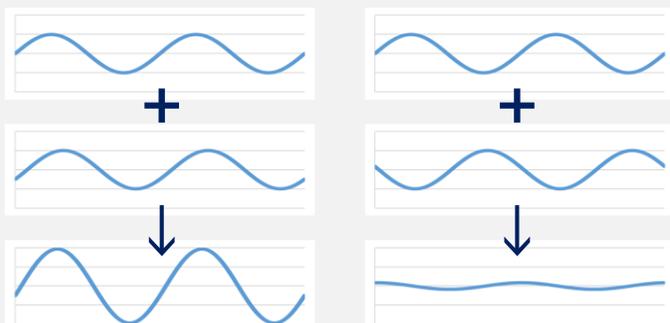
無線通信の特性 ②通信品質に悪影響を与える要因

フェージング

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。

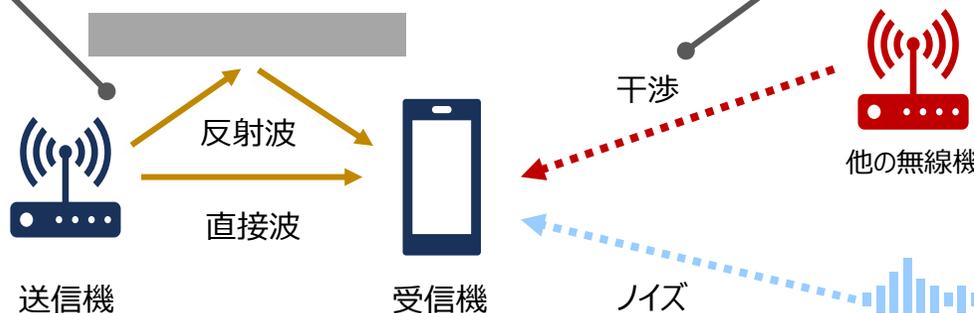
<フェージングのイメージ>

同じ電波でもいろいろな経路で受信機まで到達します。それらが合成されると場所により強めあったり弱めあったりします。



干渉

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が生じます。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)

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。

第2章 製造現場での無線通信技術の活用に必要な基礎知識

2-1. 無線通信技術の基礎知識

2-1-1. 代表的な無線通信規格

2-1-2. 無線通信の特性

2-1-3. 無線通信を構成する要素

2-2. 製造現場の無線通信環境

2-2-1. 製造現場の無線通信環境の特徴

2-2-2. 工場別の無線通信環境の留意点

2-3. 製造現場における無線環境構築時の観点

第2章 製造現場での無線通信技術の活用に必要な基礎知識

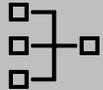
2-1. 無線通信技術の基礎知識

2-1-3. 無線通信を構成する要素



- 無線通信規格を決定し、製造現場に導入するにあたっては、電波を発するアンテナ以外にも関連機器や、それらを接続するネットワークといった、様々な要素について検討、整備する必要があります。
- 各通信規格において必要となる、代表的な機器・設備要素について、次頁以降で解説します。

無線通信環境の整備に必要な要素

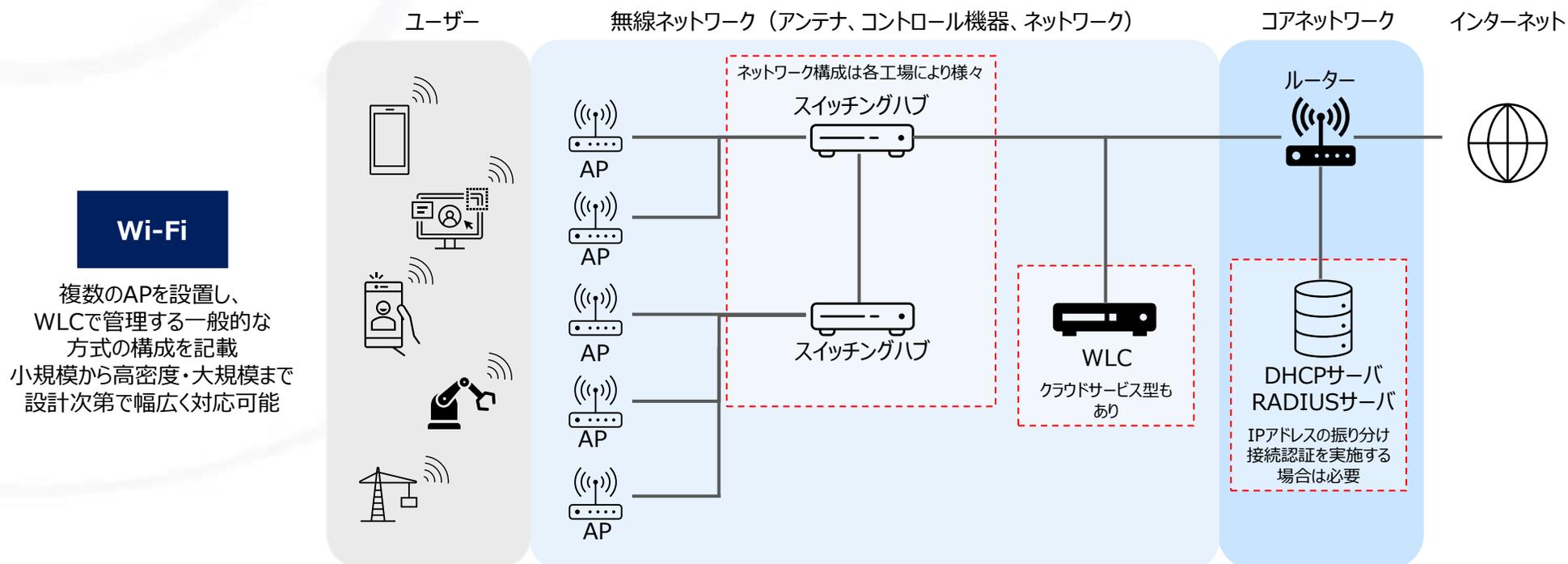
| | | 通信規格 | 代表的な機器 |
|--|--|--|--|
| アンテナ  | <ul style="list-style-type: none"> 無線通信を行うための電波を発する機器 ユーザー側の端末・機器との電波の送受信を行ったり、コントロール機器との通信を行い、無線通信を実現する | Wi-Fi | ✓ AP (Access Point) |
| | | ローカル5G | ✓ RU (Radio Unit) |
| | | LPWA (LoRaWANの場合) | ✓ ゲートウェイ |
| データ処理・コントロール機器  | <ul style="list-style-type: none"> 主にアンテナ(RU、AP)の協調・管理や、ユーザー側とアンテナの通信制御を行う機器 各RU、APの出力の調整や通信の制御、機器管理等の無線通信機器のコントロールを行っている | Wi-Fi | ✓ WLC (Wireless LAN Controller) |
| | | ローカル5G | ✓ DU(Distributed Unit) ✓ CU(Central Unit) |
| コアネットワーク  | <ul style="list-style-type: none"> 主にユーザー認証やインターネットへの出口を担う機器群 ユーザーが通信を行おうとする際に、ネットワークに接続し通信を行う資格のある機器かを判断したり、IPアドレスの割り当てを行う機器などが該当する | Wi-Fi | ✓ DHCPサーバ ✓ RADIUSサーバ 等 |
| | | ローカル5G | ✓ 5GC |
| | | LPWA (LoRaWANの場合) | ✓ ネットワークサーバ |
| ネットワーク  | <ul style="list-style-type: none"> 機器間の接続を行う基本となる通信インフラ 企業内のネットワークを物理的・論理的に構成し、無線通信を含め、企業内の情報通信の根幹となる機器・設備 | ✓ 通信ケーブル ✓ L2スイッチ ✓ L3スイッチ ✓ ルーター 等 | |

第2章 製造現場での無線通信技術の活用に必要な基礎知識

2-1. 無線通信技術の基礎知識

2-1-3. 無線通信を構成する要素 ～Wi-Fiの構成例～

- Wi-Fi導入の際に必要なとなる、主な機器及び要素は以下のとおりです。
- ユーザー認証の方式や、導入規模、利用するメーカーなどにより差はありますが、一般的な構成として示します。



- Wi-Fi製品は幅広く普及しており、メーカーや価格帯によって有する機能が大きく異なるので、機器選定に注意が必要
- メーカーや製品によって機器構成が大きく異なる（スタンドアロン、メッシュ、WLC、クラウド管理等）
- ケーブルや中継するスイッチなどのネットワーク環境についても、APの通信容量に合わせたスペックが必要

第2章 製造現場での無線通信技術の活用に必要な基礎知識

2-1. 無線通信技術の基礎知識

2-1-3. 無線通信を構成する要素 ～ローカル5Gの構成例～

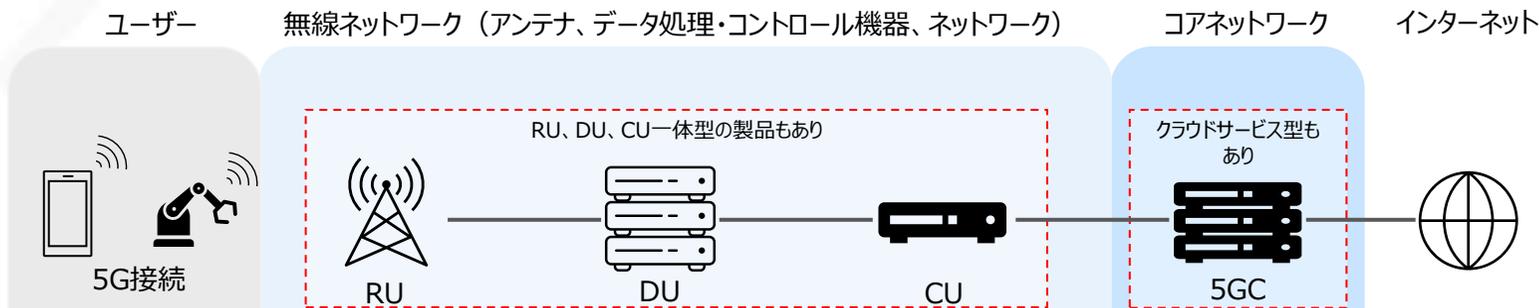


- ローカル5Gの導入を行う際には、導入する方式に応じて必要となる構成機器が異なります。各方式ごとに必要となる機器は以下の図のとおりです。
- なお、現在は4Gの技術を転用したNSA方式ではなく、5G固有の構成であるSA方式が主流となってきています。

現在主流

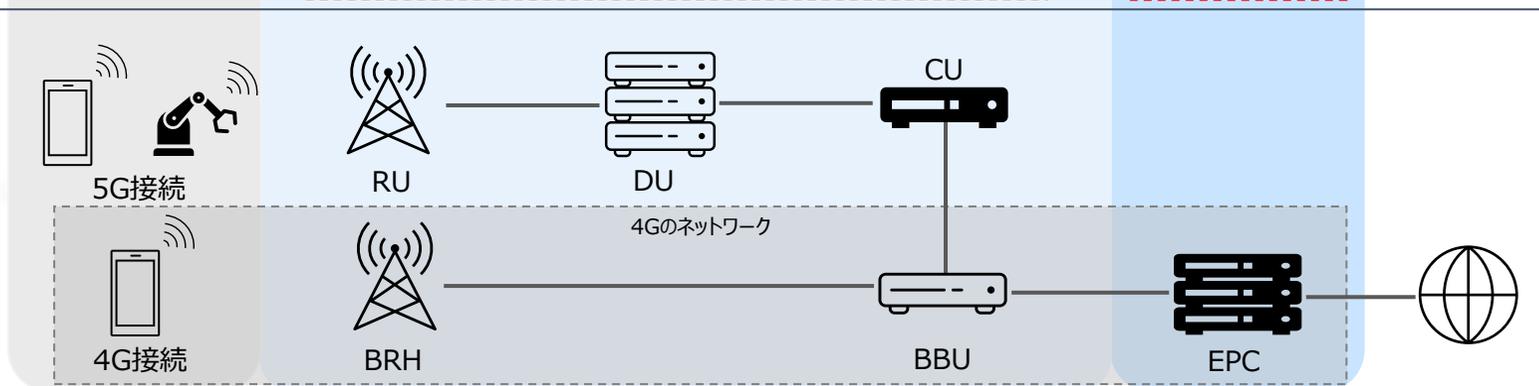
ローカル5G (SA方式)

5Gネットワーク固有の構成であり、ネットワークスライシングなどの5G特有の機能が使えるため、5Gのメリットを最大化できる



ローカル5G (NSA方式)

4GのコアネットワークであるEPCを使って、ローカル5Gの周波数帯と従来の4G周波数を転用して5Gエリアを実現
※現在はSA方式が主流



- 現在は5Gのメリットを最大化できるSA方式が主流になっており、NSA方式では利用できない機能が存在する
- RU、DU、CUが一体化された基地局や、クラウドサービスも充実してきている
- ケーブルや中継するスイッチなどのネットワーク環境についても、ローカル5Gの通信容量に合わせたスペックが必要

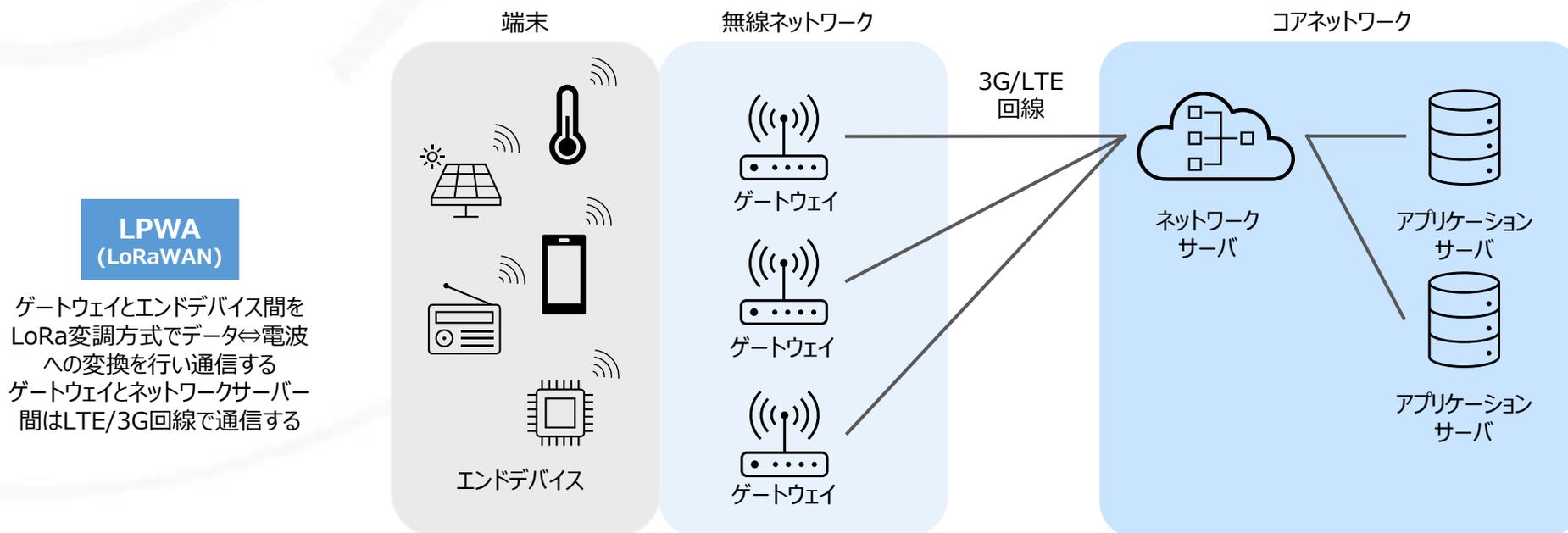
第2章 製造現場での無線通信技術の活用に必要な基礎知識

2-1. 無線通信技術の基礎知識

2-1-3. 無線通信を構成する要素 ～LPWA(LoRaWANの場合)の構成例～



- LPWAについては、規格等によって構成が大きく異なりますが、一例としてLoRaWANの場合の構成を記載します。
- LoRaWANは既設のゲートウェイを利用することも可能ですが、実際は広いエリアで普及が進んでいないこと等から、基本的には自社でのゲートウェイの用意が必要になります。



- 広く普及している通信とはまだ言えないため、ゲートウェイ、エンドデバイスをはじめ機器類の選択肢は限られる
- エンドデバイスと通信するクラスが省電力性とダウンリンクの柔軟性が反比例する関係で3つ存在し、クラスAが省電力性重視、クラスBが中間、クラスCがダウンリンク重視となっているため、用途に応じて選択が必要

第2章 製造現場での無線通信技術の活用に必要な基礎知識

2-1. 無線通信技術の基礎知識

2-1-1. 代表的な無線通信規格

2-1-2. 無線通信の特性

2-1-3. 無線通信を構成する要素

2-2. 製造現場の無線通信環境

2-2-1. 製造現場の無線通信環境の特徴

2-2-2. 工場別の無線通信環境の留意点

2-3. 製造現場における無線環境構築時の観点

- 製造現場に無線通信を導入する場合、製造現場に特有の無線通信環境の変動要因（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）を把握し、自社の工場で発生する可能性を想定しておく必要があります。

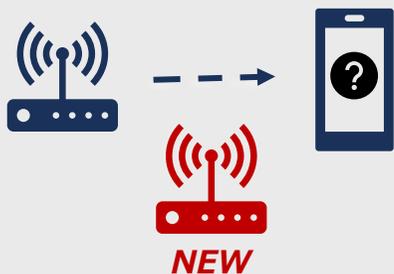
| 製造現場の無線環境 | 概要 |
|----------------|---|
| ダイナミックな無線環境の変化 | <ul style="list-style-type: none">レイアウト変更や新規ラインの導入等により、数カ月～数年オーダーで無線環境が変化するため、固定的な無線システムの運用に限界がある。 |
| 多様な無線環境 | <ul style="list-style-type: none">業種、工場の規模、電波遮蔽物の有無、立地条件による外来波の到来、または設備起因のノイズの有無により、製造現場ごとに無線環境の状態が異なる。 |
| 異種システムの混在 | <ul style="list-style-type: 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、システム全体として利用する電波(周波数帯)の全体最適化が行われにくい。2.4GHz帯は、Wi-Fiでの利用に加えて、Bluetoothなど他の無線通信及び電子機器にも利用されており、工場環境においては、同一周波数帯を利用する他のシステムとの兼ね合いで、干渉や混雑が発生する。 |

- 製造現場においては、無線通信環境は固定的でないことに注意が必要です。
- 電波環境の主な変動要因として、新規の無線機器導入、外部からの電波影響、他の無線通信機の周波数の影響などが挙げられます。

製造現場における無線通信環境の主な変動要因

新規の無線機器導入

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。



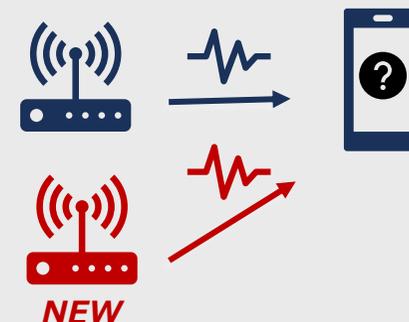
外部からの電波影響

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。



第2章 製造現場での無線通信技術の活用に必要な基礎知識

2-2. 製造現場の無線環境

2-2-1. 製造現場の無線通信環境の特徴 ～無線通信環境に影響を与える要因～



- 製造現場への無線環境の導入を検討する際に、特に注意が必要な通信環境・エリア設計に影響を与える要因として、「距離」「見通し」「マルチパス」「干渉」「エリア外への漏洩」が挙げられます。
- これらの要因が、自社の工場環境においてはどの程度発生しうるのかを、現地調査やシミュレーションで事前に把握・想定することが、無線通信環境の導入にあたって重要です。

製造現場において無線通信環境構築に影響を与える要因

距離



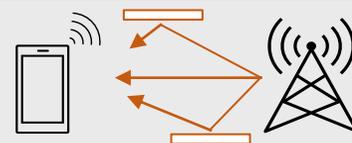
工場環境は敷地や建物の規模が大きく、アンテナ設置箇所が限られることなどにより、距離が離れて電波が届かない

見通し



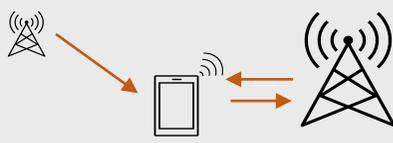
工場設備の遮蔽に加え、作業員、トラックの移動、シャッターの開閉等により、アンテナからの見通し変動する

マルチパス



工場環境は金属製の構造物等、電波を反射するものが多く、アンテナからの直接波以外の電波を受信してしまう

干渉



工場外からの電波に加え、ライン毎に無線機器が設置されることがあり、同一周波数帯の電波で干渉が発生する

**エリア外への漏洩
(ローカル5G等の免許を要する規格)**



反射波を発生させる構造物が多い一方で開けた空間も存在する環境から、自己土地の外まで電波が漏洩する

➤ 各要因への対応の考え方については、P37-38に記載

無線通信環境の構築を検討する際には、上記の観点について、事前の現地調査やシミュレーションで把握し、無線設計時に対応を検討することが必要

第2章 製造現場での無線通信技術の活用に必要な基礎知識

2-1. 無線通信技術の基礎知識

2-1-1. 代表的な無線通信規格

2-1-2. 無線通信の特性

2-1-3. 無線通信を構成する要素

2-2. 製造現場の無線通信環境

2-2-1. 製造現場の無線通信環境の特徴

2-2-2. 工場別の無線通信環境の留意点

2-3. 製造現場における無線環境構築時の観点

第2章 製造現場での無線通信技術の活用に必要な基礎知識

2-2. 製造現場の無線環境

2-2-2. 工場別の無線通信環境の留意点



- 製造現場は様々な業種、工場規模によって様々な無線環境と留意点が想定されます。
- 本ガイドラインでは、工場をFA/PA、規模の観点から、「中小規模工場」、「大規模工場」、「プラント工場」に大別し、次頁以降でそれぞれの工場における無線環境の特徴と留意点を整理しています。

FA(Factory Automation)分野

FA(Factory Automation)：素材を加工したり、部品を組み立てて製品を製造する工程に係る自動化

【工場例】

- 自動車組立工場
- 電気・電子部品・製品工場
- 重電機製品工場
- 工作機械・産業機械・ロボット製造工場
- 金属・樹脂加工工場
- 日用品工場
- 造船工場
- 精密機械工場 etc

PA(Process Automation)分野

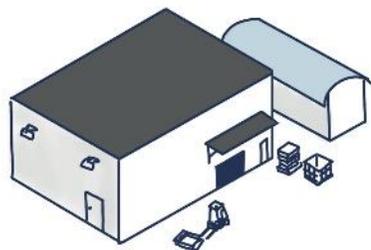
PA(Process Automation)：原料に熱や圧力などを加え、資源・加工素材となる製品を製造するプロセス産業の工場における製造プロセスの自動化

【工場例】

- 石油工場
- ガス工場
- 化学工場
- 製鉄工場
- 金属工場
- セメント工場
- 紙・パルプ工場
- ゴム工場 etc

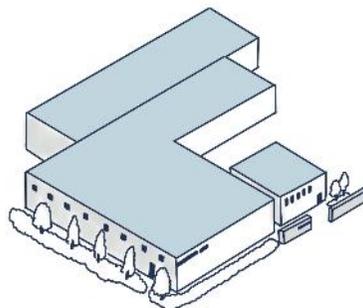
1 中小規模工場

大型の加工機器等が少ない、あるいは設置されておらず、敷地を含め工場の規模が小さい屋内中心の工場



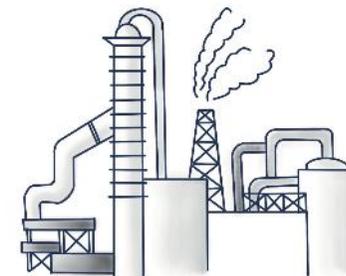
2 大規模工場

高さを含め大型の加工機器等が存在する、大規模な屋内中心の工場

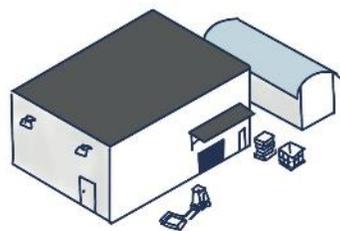


3 プラント工場

素材や資源を製造する、複数のパイプ等の大規模な設備群で構成されている工場



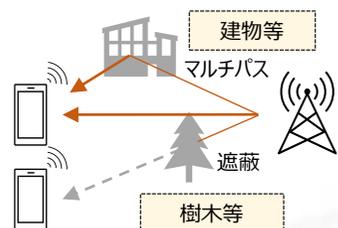
- 中小規模工場は、各種部品類などを主に屋内環境で製造しています。
- 電波を遮蔽・反射する生産設備が工場内に多数存在することや、屋外に設置したアンテナからの電波を利用する場合は、敷地内の樹木等による遮蔽にも留意が必要です。



【工場環境】

- ✓ 各種部品類などを主に屋内で生産するため、無線通信利用環境は主に屋内が想定される
- ✓ 建物や敷地が小さいため、無線通信設備は屋内設置に加え、屋外に設置し複数建屋で共用することも可能
- ✓ 大規模工場ほど大型ではないが、金属製の加工機器等の電波を遮蔽・反射する障害物は多数存在する
- ✓ 複数建屋で共用する場合は、各建物に加え敷地内の樹木やタンク等の設備も通信に影響を与える

中小規模工場の無線環境において特に留意が必要な点



建物同士や樹木等の影響
(無線設備を屋外に設置する場合)

【影響の分類】

見通し

マルチパス

- 敷地内の建物同士が陰になり電波の伝搬路を確保できないことが想定される。
- 樹木による遮蔽も発生するため、冬季と夏季では樹木の茂り方が異なる点に留意し、夏季の状況を踏まえて見通しを確認することが重要。



工場空間、自己土地が狭いことによる影響

【影響の分類】

電波漏洩

- 自己土地が狭いことや、周辺環境も市街地から郊外地に該当するものまで、様々な電波伝搬環境が混在することから電波漏洩が発生しやすい。

※特記していないが、屋内の生産設備による、遮蔽・反射は工場規模に関わらず発生する点は留意が必要

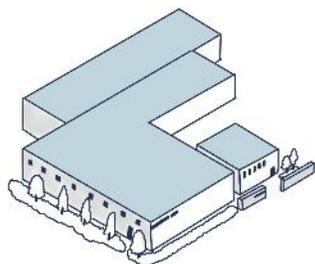
第2章 製造現場での無線通信技術の活用に必要な基礎知識

2-2. 製造現場の無線環境

2-2-2. 工場別の無線通信環境の留意点 ～大規模工場～



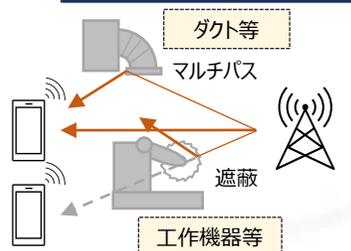
- 大規模工場は、広い屋内空間を中心とした工場環境で、大型の工作・加工機器で自動車等のサイズが比較的大きい製品の組立・製造を行っています。
- 工場内に大型の機器が多数設置されている点や、建物も大きく柱や大型のダクトなども存在するため、工場建物内での電波の反射や遮蔽に留意が必要です。



【工場環境】

- ✓ 広い建物内で大型の製品を生産するため、無線通信の利用環境は生産を行う屋内が中心
- ✓ 建物が大きく工場内の空間が広いことから、無線通信設備は屋内に設置して利用することが想定される
- ✓ 工場内は柱やダクト等の構造物や、大型の工作・加工機器等の生産設備、組立中の製品など電波を遮蔽・反射してしまう障害物が多数存在する

大規模工場の無線環境において特に留意が必要な点



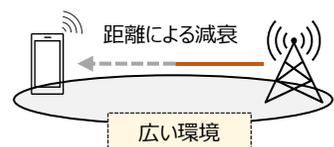
柱やダクト、 工作機器等の 大型設備による影響

【影響の分類】

見通し

マルチパス

- 工場の構造物や大型の生産設備が多数存在するため、それらが電波を遮蔽・反射してしまうことで、見通しの悪さやマルチパスが発生する。
- 大型の製品を製造する工場では、オーバーヘッドクレーン等の工場上部設備が存在する場合があります、アンテナの設置箇所に制限が発生し、見通しが確保できない可能性がある。



建物規模・屋内空間 が広いことによる影響

【影響の分類】

距離

- 大規模工場は工場内の空間が広いいため、基地局やアクセスポイントと端末間の距離が離れやすく、一つの基地局や少ないアクセスポイントでは無線を使いたいエリアをカバーできない可能性がある。

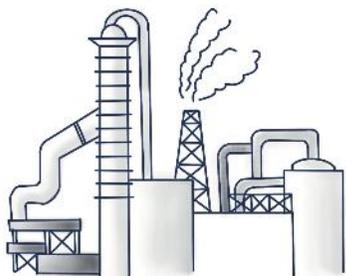
第2章 製造現場での無線通信技術の活用に必要な基礎知識

2-2. 製造現場の無線環境

2-2-2. 工場別の無線通信環境の留意点 ～プラント工場～



- プラント工場は、パイプ群やタンク類をはじめとした生産設備等が、多数屋外環境に存在します。
- 工場の敷地面積も大きく、広い環境で無線通信を行うことや、複数の金属パイプ等の複雑な構造物による無線通信への影響に対して留意が必要です。



【工場環境】

- ✓ プラント工場は、生産設備が主に屋外に存在するため、無線利用環境は屋外が想定される
- ✓ 生産設備のパイプ群やタンク類は主に金属製であり、電波を反射する構造物が多数存在する
- ✓ 生産設備の規模が大きく、工場の敷地面積が広い
- ✓ 湾岸エリアなどの開けた環境に多く立地しており、航空レーダーや船舶レーダー等を受信しやすい

プラント工場の無線環境において特に留意が必要な点

| | | | |
|---|------------------------------------|---------------------------------|---|
| <p>マルチパス 遮蔽 パイプ群やタンク 反射波の漏洩</p> | パイプ群やタンクなど 金属構造物の影響 | 【影響の分類】 見通し マルチパス 電波漏洩 | <ul style="list-style-type: none">□ プラント工場は多くの建物や生産設備が複合して存在するため、それらが電波を遮蔽・反射してしまうことで、見通しの悪さやマルチパスが発生する。□ ローカル5Gにおいては、自己土地外への電波漏洩対策が必要だが、プラント工場は金属構造物が多い屋外環境に基地局を設置するため、反射波による外部への漏洩対策が必要。 |
| <p>周波数の制限 レーダー等の干渉 船舶・航空機等</p> | 利用可能な 周波数帯と 電波干渉の影響 | 【影響の分類】 電波干渉 | <ul style="list-style-type: none">□ 屋外では利用できる周波数が、実質的に2.4GHzと5.6GHzに限定される。2.4GHzは外来波による干渉が想定され、5.6GHzでは船舶・航空レーダーとの干渉を回避するDFS機能によって通信に影響が出る。 |

第2章 製造現場での無線通信技術の活用に必要な基礎知識

2-1. 無線通信技術の基礎知識

2-1-1. 代表的な無線通信規格

2-1-2. 無線通信の特性

2-1-3. 無線通信を構成する要素

2-2. 製造現場の無線通信環境

2-2-1. 製造現場の無線通信環境の特徴

2-2-2. 工場別の無線通信環境の留意点

2-3. 製造現場における無線環境構築時の観点

第2章 製造現場での無線通信技術の活用に必要な基礎知識

2-3. 製造現場における無線環境構築時の観点 ～無線通信規格の選び方～



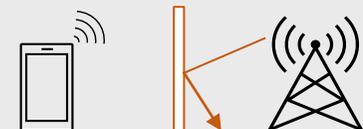
- 製造現場においては、利用環境や用途に応じて、適切な通信規格での無線環境の整備が求められます。
- 各通信規格の特徴を整理すると、向いている利用場面と不向きな利用場面を区別することができます。

各通信規格の特徴を踏まえた利用環境の整理

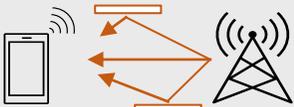
| 通信規格 | Wi-Fi | ローカル5G(ミリ波、Sub6) | LPWA |
|----------------|--|--|---|
| 特徴 | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 2.4GHzと5GHz帯の大きく2種類が存在 ✓ アクセスポイントの数や、配置によって柔軟な利用が可能(小規模から大規模利用まで) ✓ 2.4GHz帯は広く利用されている周波数のため外部からの電波やアクセスポイント間の干渉が発生しやすい ✓ 5GHz帯は、2.4GHz帯と比較して、電波干渉が発生しにくいですが、衛星や各種レーダーとは干渉があるため、屋外で利用可能な周波数が限られる | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 特性の異なるミリ波とSub6の周波数帯が存在 ✓ 免許で周波数を占有できるため、特定の周波数を除き、屋内外関係なく広範囲で利用可能 ✓ 高速大容量・低遅延・多数同時接続 ✓ ミリ波は直進性が強いので電波の回り込みが発生せず、障害物の影響を受けやすい 一方で、Sub6はミリ波よりも電波が回り込みやすく、減衰も少ないため広いエリアをカバー可能 ✓ ミリ波は利用できる帯域が広いので、Sub6以上の高速大容量が期待される | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 長距離伝送が可能 ✓ 消費電力が小さい ✓ 多数同時接続 ✓ 通信速度や容量は小さい ✓ 障害物が多い環境でも電波が届きやすい |
| 向いている利用場面 ○ | <ul style="list-style-type: none"> □ 小規模や簡易的に無線を導入したい場合 □ 多層階の工場建屋内等、複数のアンテナでなければエリアをカバーできない場合 □ ライン替えなどで物理配置が変動し、無線通信環境を柔軟に修正する環境 | <ul style="list-style-type: none"> □ 他の通信等からの干渉を避けたい場合(周波数を占有でき、干渉を受けないため) □ 高速大容量・低遅延等の高い通信スペックが求められる場合 □ 敷地・建物が広い工場環境 | <ul style="list-style-type: none"> □ 屋外の電源供給が難しい場所 □ 少量のデータを多数送受信する場合 □ 設備が入り組んでいる工場環境 |
| 不向きな利用場面 × | <ul style="list-style-type: none"> □ 1台のアクセスポイントでの広範囲利用 | <ul style="list-style-type: none"> □ ライン替えなど変動が多い環境 | <ul style="list-style-type: none"> □ 通信容量や速度が求められる場面全般 |

- 製造現場への無線通信環境構築を検討する際に注意が必要な、通信環境・エリア設計に影響を与える要因は、実際の工場環境に応じて様々です。
- 本頁では、「距離」「見通し」による影響への対応の考え方を整理しています。

工場稼働の有無によって電波環境が異なるため、事前に稼働状態で1週間程度、電波状況の調査を行うことが好ましい。
また、工場内で他の無線通信を利用している場合は、それらの周波数や利用時間帯を整理し、工場全体の電波の利用状況を台帳等を用いて管理しておくことも、トラブルなく無線通信環境を導入するためには有効になる。

| 環境構築の影響要因 | 対応の考え方 |
|---|---|
| <h4>距離</h4>  <p>アンテナとの距離が離れてしまい電波が届かない</p> | <ul style="list-style-type: none">✓ 利用エリアがアンテナ背面等の電波が弱くなる位置にあたる場合は、アンテナの向きを変えることや、設置位置を高いところに変更することで、当該エリアに対する通信距離が改善できることがある。 ※ただし、不用意にアンテナ位置を変更すると、干渉等が起きる場合があるので注意する。✓ アンテナと利用エリアの間が離れており、電波が届かないことが見込まれる場合、及び無線環境導入後に届いていない場合は、基地局やアクセスポイントを増設する必要がある。✓ Wi-Fiを利用して、通信距離が足りない場合には、より出力が高く広範囲をカバーできるローカル5G等の他の規格に無線通信環境を変更する。 |
| <h4>見通し</h4>  <p>アンテナからの電波が遮られてしまう</p> | <ul style="list-style-type: none">✓ 利用エリアとの間に遮蔽物が存在しない箇所にアンテナを設置することや、可能な場合は遮蔽物を撤去・移動する。✓ 特定の利用エリアに限定して電波が届かない場合は、反射板を利用して一時的に電波の伝搬路を用意することや、レピーターなどの電波を中継する機器を用いて電波を補う。✓ 広範囲に電波が届かない利用エリアが発生する場合は、距離への対応と同様に、基地局やアクセスポイントを増設する。 |

- 前頁に続き、本頁では製造現場における、「マルチパス」「干渉」「エリア外への漏洩」による影響への、対応の考え方を整理しています。

| 環境構築の影響要因 | 対応の考え方 |
|--|---|
| マルチパス  反射波などの電波を受信する | <ul style="list-style-type: none">✓ シミュレーションや工場稼働状態の現地環境調査で、発生するマルチパスについて事前検証・把握を行い、エリアやアンテナ設置箇所等の無線設計を行う。✓ 導入後に通信が不安定となった場合は、現地でアンテナの設置箇所や設定値の調整を行う。 ※ただし、ローカル5G等の免許が必要な規格の場合、無線免許上の手続きが発生する。 |
| 干渉  他の電波を受信し通信が不安定になる | <ul style="list-style-type: none">✓ 工場内で利用されている無線周波数を台帳等で管理し、重複する周波数帯やチャンネルを避けて利用する。✓ アンテナ間の距離を離すことや、電波を発する時間を最短にする。✓ 航空レーダーや船舶レーダーを受信する環境の場合は、Wi-Fi以外のローカル5Gなどの周波数を占有できる規格を利用することや、Wi-Fiの場合はレーダーとの干渉を回避するDFS機能が有効な5GHz帯ではなく2.4GHz帯に限定して利用する。 |
| エリア外への漏洩  意図せず自己土地外まで電波が漏洩する | <p>ローカル5G等免許を要する場合のみ</p> <ul style="list-style-type: none">✓ 反射波により漏洩が発生する場合、反射波の発生源となる構造物の位置と、漏洩先の隣接事業者の位置を考慮し、アンテナの設置場所や角度を調整する。✓ アンテナの高さやチルト角の調整で対応が難しい場合は、出力を絞ることにより漏洩を低減させることも検討する。 |

第3章 製造現場における無線通信技術の導入事例

3-1. 製造現場における無線通信技術の活用・実証事例

3-2. 無線通信活用ユースケースの詳細

第3章 製造現場における無線通信技術の導入事例

3-1. 製造現場における無線通信技術の活用・実証事例 ～NEDO～



- NEDOでは、「5G等の活用による製造業のダイナミック・ケイパビリティ強化に向けた研究開発事業（5GDC事業）」にて、製造現場におけるローカル5G等の無線通信技術の活用に関する実証事業が行われています。

| 時期 | 代表機関 | テーマ名 | 実証内容 |
|--------|-------------|--|---|
| 2022年度 | ラティス・テクノロジー | 3Dデジタルツインを活用したデジタル擦り合わせと現場力向上による製造業のダイナミック・ケイパビリティ強化 | <ul style="list-style-type: none"> • 遠隔拠点間でのデジタル擦り合わせを実現するVR技術を開発 • スマートグラス上でのARを活用したハンズフリー作業支援システムを開発 |
| | ツウテック | 多品種小ロット精密部品製造プロセスにおける5G活用型遠隔操作・検品システム開発 | <ul style="list-style-type: none"> • 地域共有型ローカル5Gネットワーク評価及び切削機械の遠隔操作実証 • 高精細カメラ画像AI分析による3DCADと連動したAI検品システムを開発 • スマートグラスを活用した遠隔支援システムを開発 |
| | アルム | 完全自動化とリモート化による切削加工業の可変型サプライチェーン構築に係る研究開発 | <ul style="list-style-type: none"> • 全国の切削加工工場を繋ぎ、設備稼働状況や図面特性などを加味して生産を振り分ける「自律的生産管理システム」と24時間無人稼働する「完全自動切削加工機」を開発 |
| 2021年度 | ロジック・リサーチ | 5G無線通信技術を使った半導体製造工場の生産と品質管理手法の開発 | <ul style="list-style-type: none"> • 製造時の各種情報（温度、湿度、気圧、映像）のデータを収集し、生産管理、品質管理に結び付ける生産品質管理システムを開発 |
| | DMG森精機ファナック | 既存生産設備と協働可能な多能工自走ロボットによるダイナミック生産ラインの実現 | <ul style="list-style-type: none"> • 多能工自走ロボット（AMR）に搭載する加工アシストモジュール（監視、評価、支援）の開発と動的ライン変更や省人化に適した生産設備に対するロボットアシストの実証 |
| | 三菱重工業 | サステナブルサプライチェーンの構築を目指したデジタル製造システムの確立 | <ul style="list-style-type: none"> • AM工場に遠隔製造機能を付与し、バーチャル空間で用途に応じた工場システムを最適配置 • AM製造の国内普及を目的に、低コストで利用可能なバーチャルファクトリシステムを確立 |
| | OTSL | 工場DXにおける低遅延クラウド・エッジシステムの研究開発 | <ul style="list-style-type: none"> • 遠隔での一括最適制御に向けた遠隔分散リアルタイムOSを開発 • 同OSを搭載した低遅延制御クラウド・エッジシステムを開発 |
| | ヤンマーアグリ | 5Gを活用した多品種変量生産工場における柔軟かつ省力搬送システムの構築および実証 | <ul style="list-style-type: none"> • AGVのリアルタイム位置制御による自動部品搬送システムを開発 |

第3章 製造現場における無線通信技術の導入事例

3-1. 製造現場における無線通信技術の活用・実証事例 ～総務省～



- 総務省では、「課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証」が実施され、以下一部の実証事業においては、工場分野におけるローカル5G等の無線通信技術の活用に関する実証事業が行われています。

| 時期 | 代表機関 | テーマ名 | 実証内容 |
|--------|-------------|--|--|
| 2022年度 | 富士通 | データセンターにおけるローカル5Gを活用した運用省人化及び安定運営の実現 | <ul style="list-style-type: none"> 走行ロボットを用いたデータセンターの状態監視 緊急時作業の遠隔支援 |
| | ハートネットワーク | ローカル5Gを活用した精製物のAI粒度判定等による離島プラント工場の業務効率化の実現 | <ul style="list-style-type: none"> カメラを搭載したドローンを用いた原材料の体積推定 高精細カメラを用いた不法侵入者の検知 AI画像解析による精製物の自動粒度判定 |
| 2021年度 | PwCコンサルティング | 5G及びデータフュージョンによる熟練溶接士の技能の見える化及び遠隔指導の実証 | <ul style="list-style-type: none"> 溶接作業に関する複数情報のデータフュージョンとリアルタイム伝送による遠隔指導の支援 |
| | 広島ガス | プラントの遠隔監視によるガス漏れ等設備異常の効率的検知の実現 | <ul style="list-style-type: none"> 走行ロボットを用いたガス漏れや設備劣化の検知 走行ロボットに搭載したカメラを用いたメンテナンス作業の遠隔支援 |
| | 愛媛CATV | 中小企業における地域共有型ローカル5GシステムによるAI異常検知等の実証 | <ul style="list-style-type: none"> 音響分析診断による設備の異常検知 高精細画像データとAI解析を用いた目視検査の自動化 スマートグラスを用いた熟練者技術の伝承 |
| 2020年度 | 沖電気工業 | 地域の中小工場等への課題解決モデルの横展開の仕組みの構築の実現 | <ul style="list-style-type: none"> 組立・検査工程における高精細映像のAI画像解析を活用して製品の自動目視検査システムを構築 工場における検査工程・製品データの効率的な高速転送システムを構築 |
| | トヨタ自動車 | MR技術を活用した遠隔作業支援の実現 | <ul style="list-style-type: none"> MRシステムを用いて生産設備制作時の配線作業を遠隔支援 |
| | 住友商事 | 目視検査の自動化や遠隔からの品質確認の実現 | <ul style="list-style-type: none"> 高精細画像データと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遠隔からの品質確認 |
| | 日本電気 | 工場内の無線化の実現 | <ul style="list-style-type: none"> 制御機器間の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などの遠隔保守作業支援 |

第3章 製造現場における無線通信技術の導入事例

3-1. 製造現場における無線通信技術の活用・実証事例

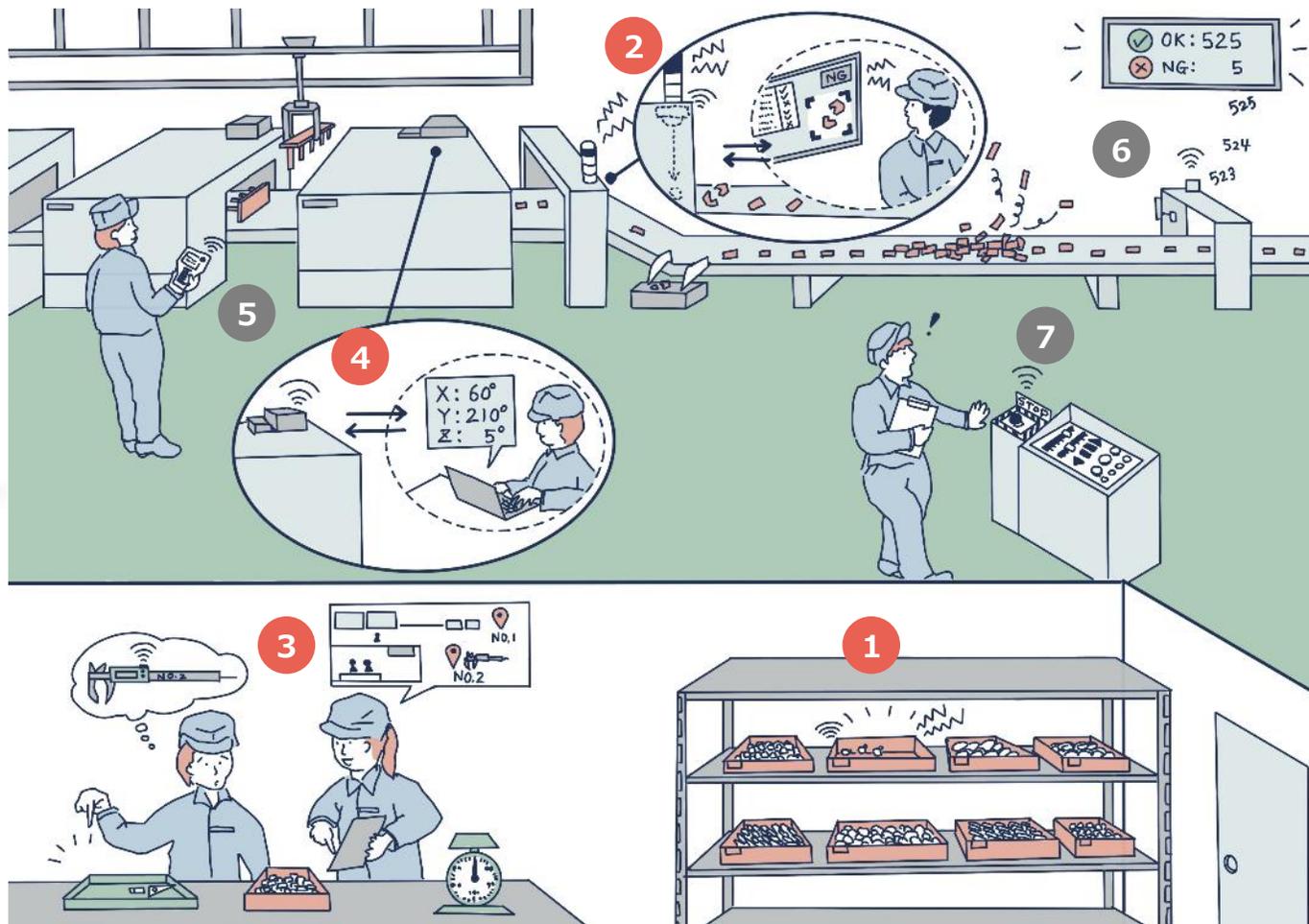
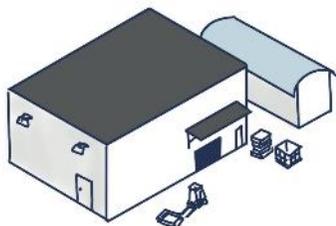
3-2. 無線通信活用ユースケースの詳細

第3章 製造現場における無線通信技術の導入事例

3-2. 無線通信活用ユースケースの詳細 ～中小規模工場～ ※第1章より再掲



- 中小規模工場では、製造ライン上での異常検知や工作機械に関するモニタリング・制御等において、無線通信が活用されています。



| No. | ユースケース |
|-----|-------------------|
| 1 | センサ情報を用いた在庫管理 |
| 2 | カメラ画像を用いた製品の異常検知 |
| 3 | 工場内の設備や備品に関する資産管理 |
| 4 | 工作機械の遠隔モニタリング |
| 5 | ローダのティーチングの無線化 |
| 6 | 製品カウントの無線化 |
| 7 | 非常停止スイッチの無線操作 |

第3章 製造現場における無線通信技術の導入事例

3-2. 無線通信活用ユースケースの詳細 ～中小規模工場～



- 中小規模工場のユースケース例としては以下が挙げられます。数字を赤で表記しているユースケースについて、次頁以降で詳しく紹介します。

| ユースケース | 概要 | 通信要件で特に考慮すべき観点 | 活用が期待される通信規格 | 本紙で紹介* |
|---------------------|--|--|--|--------|
| 1 センサ情報を用いた在庫管理 | フラグセンサやカウンタ等の情報を無線通信で一元管理し、在庫の過剰、不足、滞留を検知 | 多くのセンサ情報を取り扱うことが想定されるため、多接続性が求められる | <ul style="list-style-type: none"> Wi-Fi Bluetooth | P.45 |
| 2 カメラ画像を用いた製品の異常検知 | カメラで取得した画像を無線通信で伝送し、AI画像解析あるいは遠隔の作業員による目視で製品の表面のキズ等を確認 | 高精細なカメラ画像を伝送する場合は、大容量通信が求められる | <ul style="list-style-type: none"> ローカル5G Wi-Fi | P.46 |
| 3 工場内の設備や備品に関する資産管理 | 工場内の設備やモノの所在がわかるように一元管理 | 多くの設備や備品の管理をすることが想定されるため、多接続性が求められる | <ul style="list-style-type: none"> Wi-Fi LPWA Bluetooth | P.47 |
| 4 工作機械の遠隔モニタリング | 金属や樹脂等を加工する工作機械の熱や振動などを遠隔からモニタリング | 工作機械の制御はリアルタイム性や途切れない通信が必要であるため、低遅延、安定性が高い水準で求められる | <ul style="list-style-type: none"> ローカル5G Wi-Fi | P.48 |
| 5 ロータのティーチングの無線化 | 工作機械にワークを設置するローダ等のティーチングを無線通信で実施 | 複数台の機器制御に関わると想定されるため、低遅延性と多接続性が求められる | <ul style="list-style-type: none"> ローカル5G Wi-Fi | - |
| 6 製造品カウントの無線化 | 工場で製造された商品数のカウントを無線で実施 | 多くの機器との接続が想定されるので、多接続性が求められる | <ul style="list-style-type: none"> Wi-Fi | - |
| 7 非常スイッチの無線操作 | 工作機械等の非常停止スイッチを無線通信で操作 | 作業員の安全に関わるため、低遅延性が求められる | <ul style="list-style-type: none"> ローカル5G Wi-Fi LPWA | - |

*総務省「製造現場におけるローカル5G等の導入ガイドライン」（2021）における掲載アンケート結果から活用ニーズがあると判断されたもの、あるいは実証で取り組まれているものを本紙で紹介

第3章 製造現場における無線通信技術の導入事例

3-2. 無線通信活用ユースケースの詳細

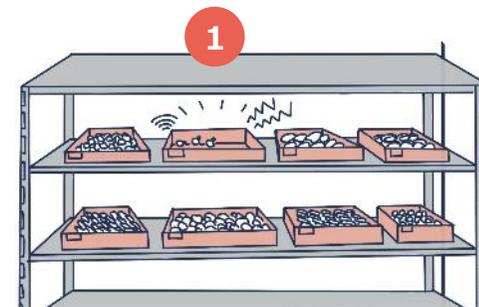
～中小規模工場 ①～ センサ情報を用いた在庫管理



- 製造現場における在庫管理を無線通信で行うことで、在庫の過剰、不足、滞留の検知に関する自動化・効率化を図ることができ、在庫管理の高精度化や省人化が可能です。

ユースケースの特徴

| | |
|---------|---|
| 利用用途 | <ul style="list-style-type: none"> フラグセンサやカウンタ等の情報を無線通信で一元管理し、在庫の過剰、不足、滞留を検知 |
| 機能要件* | <ul style="list-style-type: none"> 平均データサイズ：数 Byte 到達許容時間：数秒 通信頻度：1秒に1～30回 |
| 通信規格の候補 | <ul style="list-style-type: none"> Wi-Fi、Bluetooth |



製造現場で抱える問題・期待される導入効果

現場の抱える問題

- 在庫管理は適正になされていないと販売の機会損失などの原因を招く恐れがある
- 在庫管理は入出庫確認などの記録作業が煩雑であるため、ヒューマンエラーが起こりやすいなどの課題が考えられる。

導入効果

- 在庫管理はIoTの導入により、リアルタイムに数量等に関する精度の高い管理が実施できるようになる。
- 記録作業等の省人化を実現できる。

無線通信システムの導入における課題と対応策

想定される課題 ①

製造現場の建屋内で人やモノの位置を把握するために、Bluetoothを用いる場合、Wi-Fi（2.4GHz帯）の干渉により無線が切断される場合が想定される。

想定される課題 ②

休憩スペースに設置された電子レンジなどから発せられる、2.4GHz帯のノイズが無線環境センサーとデータ収集端末との間の通信を妨害する恐れがある

対応策 ①

無線LAN側の通信チャンネルを整理する、機器の設置場所を離す、同エリア内の無線LAN端末の通信は2.4GHz帯の代わりに5GHz帯を使うといった対応が考えられる。

対応策 ②

特に2.4GHz帯を利用する際には、電子レンジの存在・使用状況に注意する。
Wi-Fiの場合は、他の2.4GHz帯からの干渉を避けるために、5GHz帯を利用する。

*：機能要件は目安のものであり、利用用途に応じて設計が必要

第3章 製造現場における無線通信技術の導入事例

3-2. 無線通信活用ユースケースの詳細

～中小規模工場 ②～ カメラ画像を用いた製品の異常検知



- カメラで取得した製品画像を伝送し、製品の表面状態を確認する際に無線通信を活用することで、熟練作業者が現場に出向く移動コストを削減することができます。

ユースケースの特徴

利用用途

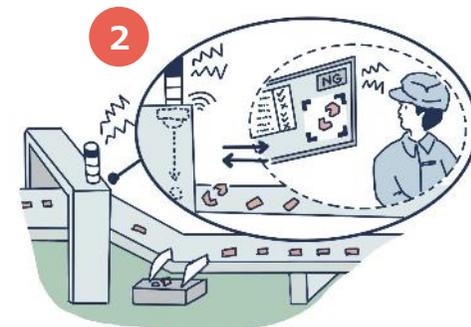
- カメラで取得した画像を無線通信で伝送し、AIによる画像解析あるいは遠隔の作業者による目視で商品の表面のキズ等を確認

機能要件*

- 平均データサイズ：数～数十 MByte
- 到達許容時間：1分
- 通信頻度：1分に1回

通信規格の候補

- ローカル5G、Wi-Fi



製造現場で抱える問題・期待される導入効果

現場の抱える問題

- 製品の状態の目視確認は、熟練作業者の経験やノウハウが求められるものの、生産年齢人口の低下や新規就労者減少に伴い、人手が不足している。
- 無理な姿勢で目視検査を行うこともあり、作業者にかかる負荷が大きく省力化が求められている。

導入効果

- AIによる画像解析により製品状態の目視検査を自動化する場合は、省力化、省人化が進み、生産性の向上、作業者の安全性担保が期待される。
- 遠隔の作業者による目視検査の場合は、熟練作業者が現場に出向く必要が無くなるため、移動コストが削減される。

*：機能要件は目安のものであり、利用用途に応じて設計が必要

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

無線通信システムの導入における課題と対応策

想定される課題

高精細画像を取り扱う場合は、高いスループットが求められるため、その要件を担保できない場合、映像表示の遅延や情報欠落が発生し、AIによる画像解析や遠隔からの目視確認が困難になる可能性がある。

対応策 ①

カメラの解像度を下げる、あるいはデータを圧縮する等、データを伝送する際の情報量を小さくすることで、高いスループットの実現が困難な環境でも、安定して伝送できるようにする。

対応策 ②

データ通信のアップリンクとダウンリンクの伝送割合を調整し、アップリンクの伝送速度を増加させることで、大容量のデータを高速に伝送できるようにする。

第3章 製造現場における無線通信技術の導入事例

3-2. 無線通信活用ユースケースの詳細

～中小規模工場 ③～ 工場内の設備や備品に関する資産管理



- 工場内の設備や備品を無線通信を用いて資産管理することで、効率的にアセットモニタリングを行うことができます。

ユースケースの特徴

利用用途

- 工場内の設備やモノの所在がわかるように一元管理

機能要件*

- 平均データサイズ：200 Byte
- 到達許容時間：1秒
- 通信頻度：1秒に1回

通信規格の候補

- Wi-Fi、LPWA、Bluetooth



製造現場で抱える問題・期待される導入効果

現場の抱える問題

- 工場内にネットワーク接続される機器が増え続ける中では、従来の目視による記録作業では運用管理上、人手がかかりすぎるため現実的ではないという状況も想定される。

導入効果

- 工場内の資産について、アセットモニタリング（資産監視）を自動化することによって、省人化、資産管理の効率化を図ることができると考えられる。

無線通信システムの導入における課題と対応策

想定される課題 ①

設置段階では距離も見通し等も確保できていたが、工場稼働時は、アクセスポイントと無線子機の間にある扉やゲートの開け閉めが頻繁に行われることで、電波が遮られる場合が想定される。

想定される課題 ②

製造現場の建屋内において、Bluetoothを用いる場合、ビーコン送信から設備の位置を正確に把握できない場合が想定される。

対応策 ①

工場非稼働、稼働時における人や物の動き等が異なる場合があるので、扉やゲート等の障害物の動きを把握しアクセスポイントの位置を見直すことにより障害を回避する。
また、鉄線や被膜の金属が入っているガラス窓についても考慮する必要がある。

対応策 ②

タグが送信するBLEビーコンを複数設置するゲートウェイが受信し、受信電力から位置を特定する。また、タグから加速度の情報をIDと合わせて取得することにより、位置情報の精度を高めることができる。

*：機能要件は目安のものであり、利用用途に応じて設計が必要

第3章 製造現場における無線通信技術の導入事例

3-2. 無線通信活用ユースケースの詳細

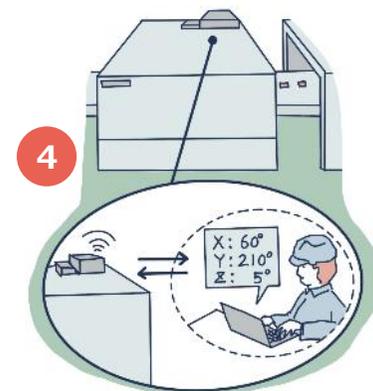
～中小規模工場 ④～ 工作機械の遠隔モニタリング



- 工作機械が稼働中に発生する熱や振動を取得しモニタリングする際に無線通信を用いることで、遠隔でも工作機械の迅速な状況把握ができ、予防保全に活かすことができます。

ユースケースの特徴

| | |
|---------|---|
| 利用用途 | <ul style="list-style-type: none"> 金属や樹脂等を加工する工作機械から発生する熱や振動などを遠隔からモニタリングする |
| 機能要件* | <ul style="list-style-type: none"> 平均データサイズ：数百 Byte 到達許容時間：1秒 通信頻度：1秒に1回 |
| 通信規格の候補 | <ul style="list-style-type: none"> ローカル5G、Wi-Fi |



製造現場で抱える問題・期待される導入効果

現場の抱える問題

- 工作機械に不具合が発生した場合、作業品質が下がり不良品が多く生産される、あるいは工作機械に深刻な問題が起きる可能性があるため、迅速に対応する必要がある。
- 工作機械のモニタリングは長時間行う必要があるため、作業負荷が大きく、自動化が求められている。

導入効果

- 人が認識することができないような工作機械の状態変化を定量的に把握することができるので、モニタリングの品質が向上し、迅速に異常を検知することができるようになる。
- その結果、工作機械を長く使用することができ、作業品質を維持することが期待される。

*：機能要件は目安のものであり、利用用途に応じて設計が必要

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

無線通信システムの導入における課題と対応策

想定される課題 ①

工作機械の周辺での作業者の移動や製造現場のレイアウト変更等により電波環境が変わると通信不良が生じる可能性がある。

対応策 ①

製造現場のレイアウト変更など、電波環境の変化が想定されるたびに、電波状況を確認し、アンテナ位置の変更、反射板の設計などを行う。

想定される課題 ②

Wi-Fiを用いる場合、通信の干渉や輻輳により、通信が不安定になるとまわく工作機械の稼働状況を把握できなくなる可能性がある。

対応策 ②

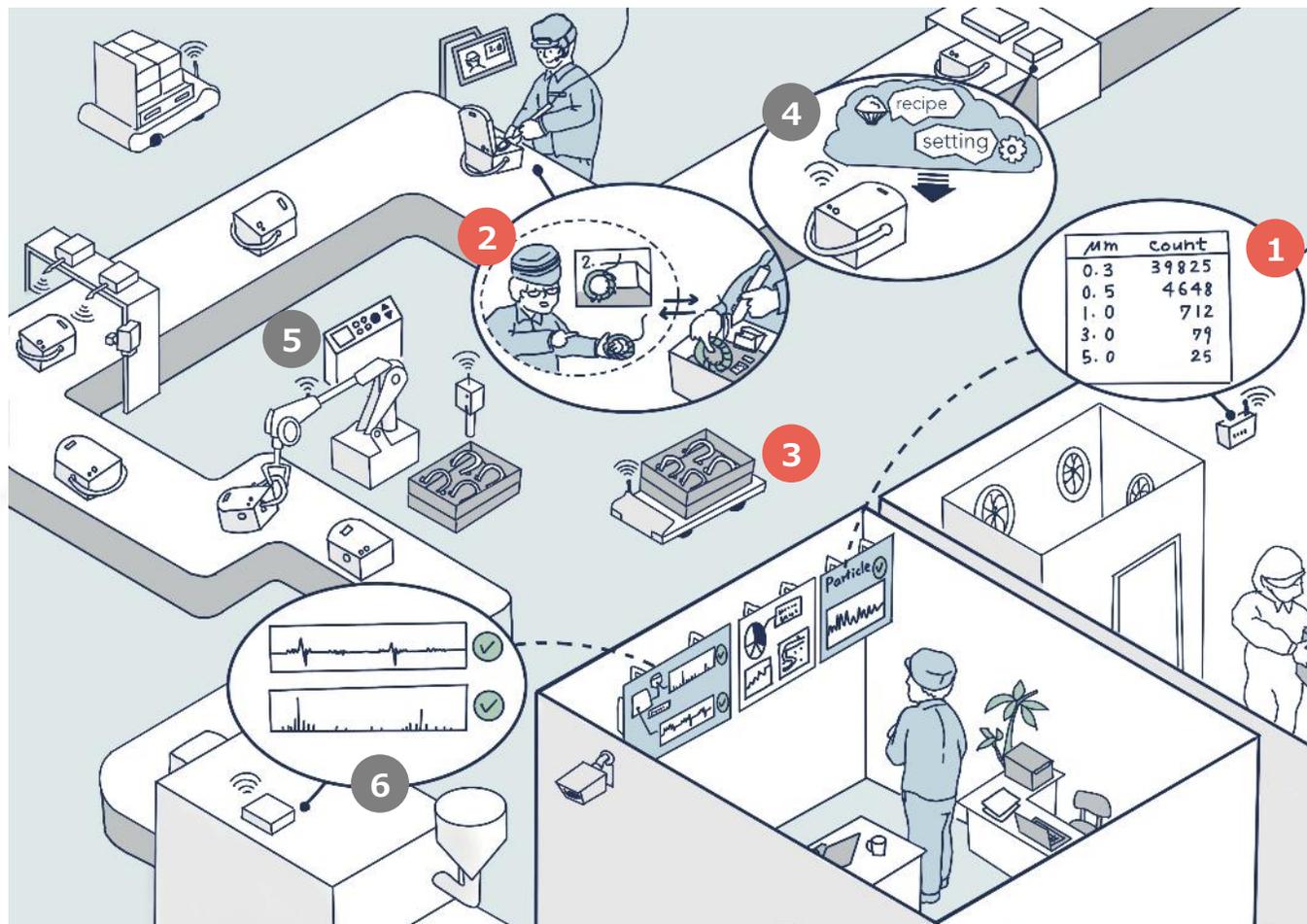
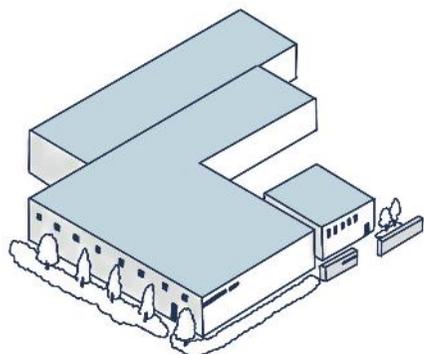
ローカル5Gの活用などで通信の干渉を回避する、あるいは通信が集中しないように通信頻度や帯域を調整することで輻輳を回避する。

第3章 製造現場における無線通信技術の導入事例

3-2. 無線通信活用ユースケースの詳細 ～大規模工場～ ※第1章より再掲



- 大規模工場では、中小規模工場での無線活用に加え、製造環境監視、映像転送による作業支援、移動ロボットの遠隔制御等、幅広いシーンで無線通信が活用されています。



| No. | ユースケース |
|-----|---------------------------|
| 1 | 工場内の環境センサで取得したデータの管理 |
| 2 | 映像転送による複雑な現場作業の支援 |
| 3 | AGV等の移動ロボットの遠隔制御 |
| 4 | 組立製品ごとのデータ転送の無線化 |
| 5 | プロトコル通信で管理・制御される機器の通信の無線化 |
| 6 | 設備管理システムの無線化 |

第3章 製造現場における無線通信技術の導入事例

3-2. 無線通信活用ユースケースの詳細 ～大規模工場～



- 大規模工場のユースケース例としては以下が挙げられます。数字を赤で表記しているユースケースについて、次頁以降で詳しく紹介します。

| ユースケース | 概要 | 通信要件で特に考慮すべき観点 | 活用が期待される通信規格 | 本紙で紹介* |
|------------------------------------|---|---|---|--------|
| 1 工場内の環境センサで取得したデータの管理 | 半導体工場、クリーンブース内等の塵埃、CO ₂ 、温湿度、照度に関するデータを一元管理 | 工場に多くの環境センサを設置することが想定されるため、多接続性や長い通信距離が求められる | <ul style="list-style-type: none"> LPWA | P.51 |
| 2 映像伝送による複雑な現場作業の支援 | カメラで取得した現場状況を遠隔の熟練者にリアルタイムに伝送し、遠隔からの作業指示やマニュアルを現場作業者のデバイス（HMDやタブレット等）に表示することで、組立等の現場の複雑な作業を支援 | 高精細なカメラ画像を伝送する場合は、大容量通信が求められる | <ul style="list-style-type: none"> ローカル5G Wi-Fi | P.52 |
| 3 AGV等の移動ロボットの遠隔制御 | 材料や部品等を搬送するAGV、AMR等の移動ロボットの稼働状況や位置情報等を一元管理し、広範囲で効率的に運用する | 移動ロボットの制御はリアルタイム性や途切れない通信が必要であるため、低遅延、安定性が求められる | <ul style="list-style-type: none"> ローカル5G Wi-Fi | P.53 |
| 4 組立製品ごとのデータ転送の無線化 | 生製品毎に必要なデータが異なる場合の個別のデータ転送を無線通信で実施（PC組立後のキitting情報の伝送等） | 大容量のデータを取り扱い、工場内のノード数が多いことが想定され多接続性が求められる | <ul style="list-style-type: none"> ローカル5G Wi-Fi | - |
| 5 プロトコル通信で管理・制御される機器の通信の無線化 | Sercos, PROFINET, EtherCAT, OPC, UA等の通信に対応している機器の通信 | 制御機器に関する大容量のデータを取り扱い、低遅延性が求められる | <ul style="list-style-type: none"> ローカル5G | - |
| 6 設備管理システムの無線化 | オシロスコープ、スペクトラムアナライザ等の記録や製造機器のログ等の管理を無線通信で実施 | 多くの機器との接続が想定されるので、多接続性が求められる | <ul style="list-style-type: none"> Wi-Fi | - |

*総務省「製造現場におけるローカル5G等の導入ガイドライン」（2021）における掲載アンケート結果から活用ニーズがあると判断されたもの、あるいは実証で取り組まれているものを本紙で紹介

第3章 製造現場における無線通信技術の導入事例

3-2. 無線通信活用ユースケースの詳細

～大規模工場 ①～ 工場内の環境センサで取得したデータの管理



- 製造現場内に配置された環境センサが取得したデータを無線通信で管理することで、工場環境の可視化・点検作業の省人化を実現し、製造現場での異常検知を迅速に行うことが可能です。

ユースケースの特徴

| | |
|---------|--|
| 利用用途 | <ul style="list-style-type: none">製造現場の環境管理のために、温湿度センサやパーティクルセンサ等を用いることで、リアルタイムに環境データを把握する。環境管理のデータとしては、塵埃、CO₂、温湿度、照度等が想定される。 |
| 機能要件* | <ul style="list-style-type: none">平均データサイズ：16～32 Byte到達許容時間：5秒通信頻度：1分に1回 |
| 通信規格の候補 | <ul style="list-style-type: none">LPWA |



製造現場で抱える問題・期待される導入効果

現場の抱える問題

- 工場環境の様子を常に把握するためには、点検作業員の労働力確保や設備への機器取付などの対応が必要になる。
- 工場敷地が広大な場合や、天井が高い場合には配線敷設が高所作業になり、有線通信の配線敷設コストが高くなることから、無線通信を活用したIoTセンサの活用が求められる。

導入効果

- 無線通信を活用したIoTセンサを導入することによって、様々な工場内の環境データを収集することが可能になり、工場環境の見える化を図ることができる。
- 環境を遠隔でリアルタイムで把握することによって、作業員による点検や状況把握の省人化、工場内異常の早期発見に繋げることが期待される。

*：機能要件は目安のものであり、利用用途に応じて設計が必要

無線通信システムの導入における課題と対応策

想定される課題 ①

工場内のレイアウト変更や構造物・大型製品の移動等によって、電波環境の変化が生じる可能性があり、環境データの欠損により適切な環境把握ができない場合が想定される。

対応策 ①

環境データに抜け漏れが生じないよう一定期間のデータ取得状況を監視する仕組みを設けることや、トラブル発生時に通信経路を確認できること、電波が届きにくい場合に中継機を設置すること等の対応が求められる。

想定される課題 ②

IoTセンサから取得したデータをゲートウェイからサーバに伝送する場合、距離が離れている等の理由で、ゲートウェイ・サーバ間の接続にも無線通信を用いなければならない場合が想定される。

対応策 ②

ゲートウェイとサーバ間において、無線LANや、ポイント間無線通信システム等のバックボーンを設ける必要がある。また、その際はIoTセンサとゲートウェイ間の通信との干渉も考慮する必要がある。

第3章 製造現場における無線通信技術の導入事例

3-2. 無線通信活用ユースケースの詳細

～大規模工場 ②～ 映像伝送による複雑な現場作業の支援



- 作業現場の映像伝送や遠隔作業指示を無線化することで、熟練者が現場に出向く移動コストを削減し、また、配線による作業者の危険を排除することができます。

ユースケースの特徴

| | |
|---------|--|
| 利用用途 | <ul style="list-style-type: none">カメラで取得した現場状況を遠隔の熟練者にリアルタイムに伝送し、遠隔からの作業指示やマニュアルを現場作業者のデバイス（タブレットやヘッドマウントディスプレイ（HMD）等）に表示することで、組立等の現場の複雑な作業を支援 |
| 機能要件* | <ul style="list-style-type: none">平均データサイズ：数～数十 MByte到達許容時間：500ミリ秒通信頻度：100ミリ秒に1回 |
| 通信規格の候補 | <ul style="list-style-type: none">ローカル5G、Wi-Fi |



製造現場で抱える問題・期待される導入効果

現場の抱える問題

- 組立作業等の熟練作業者のカンやコツが求められる複雑な作業の場合、熟練作業者が現場に出向く必要があるため、移動コストがかかる。
- 有線でHMDやタブレット等のデバイスを接続する場合、配線が作業者の作業を妨げ、安全性を損なう懸念がある。

導入効果

- 現場作業者であっても、熟練作業者同様に高品質な作業が可能になり、熟練作業者が現場に出向く必要がなくなるため、移動コストを削減することができる。
- 機器接続の無線化することで、配線の取り回しに注意を払う必要がなくなり、作業者の安全性を担保できるため、作業者は集中して作業をすることができる。

無線通信システムの導入における課題と対応策

想定される課題 ①

HMDを装着、あるいはタブレットを持った作業者が移動するため、作業場所によっては電波が入りにくく通信が不安定になり、情報が欠落する可能性がある。

対応策 ①

データ通信のアップリンクとダウンリンクの伝送割合を調整し、アップリンクの伝送速度を増加させることで、大容量のデータを高速に伝送できるようにする。またはパケットリプレイ機能を実装する。

想定される課題 ②

HMDを使用する場合、通信が不安定になると通信遅延が生じ、作業者の見ている現実世界と情報提示の差異が大きくなるため、作業者の酔いが発生する可能性がある。

対応策 ②

作業者が装着しているHMDやタブレットで表示される解像度やフレームレートを下げることで、通信遅延の時間を一定にする。

第3章 製造現場における無線通信技術の導入事例

3-2. 無線通信活用ユースケースの詳細

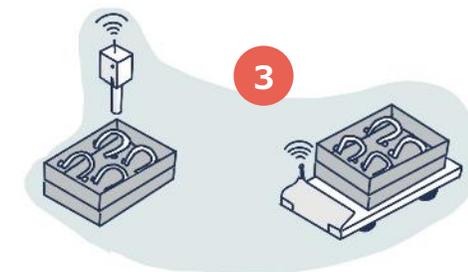
～大規模工場 ③～ AGV等の移動ロボットの遠隔制御



- AGV、AMR等の移動ロボットの稼働状況の管理や位置制御を無線で行うことで、製造現場のレイアウト変更のハードルを下げることができます。

ユースケースの特徴

| | |
|---------|---|
| 利用用途 | <ul style="list-style-type: none"> 材料や部品等を搬送するAGV、AMR等の移動ロボットの稼働状況や位置情報等を一元管理し、広範囲で効率的に運用する |
| 機能要件* | <ul style="list-style-type: none"> 平均データサイズ：40～250 KByte 到達許容時間：500ミリ秒 通信頻度：1秒に1～10回 |
| 通信規格の候補 | <ul style="list-style-type: none"> ローカル5G、Wi-Fi |



製造現場で抱える問題・期待される導入効果

現場の抱える問題

- 生産年齢人口の低下や新規就労者の減少に伴い、製造現場における人手が不足しているため、材料や部品の搬送を自動化するニーズが大きい。
- 多品種少量生産に向けて製造現場のレイアウトを柔軟に変更したいが、移動ロボットの設定を都度行う手間がかかる。

導入効果

- 無線で移動ロボットを使用することで、人手に頼っていた材料や部品の搬送を自動化することができる。
- 製造現場のレイアウトが変更しても、移動ロボットの設定を大幅に変更することなく使用できるため、レイアウト変更に伴う移動ロボットの設定の作業を削減できる。

無線通信システムの導入における課題と対応策

想定される課題 ①

ロボットの移動に伴うため、移動場所によっては電波が入りにくい、あるいは複数台の接続を想定する場合は、通信干渉の影響を受ける可能性がある。その結果瞬断し、移動ロボットがフェールセーフで止まること懸念される。

対応策 ①

ロボットの移動範囲において電波が入りにくいところがないか、通信干渉が起こらないかを確認し、電波環境や使用する周波数帯を検討する、あるいはローカル5Gを活用し、他の通信規格との干渉が起きないようにする。

想定される課題 ②

材料や部品の搬送のために移動ロボットを広い領域で活用するためには、高スループットで安定的に通信できる領域を担保する必要がある。

対応策 ②

1つのアクセスポイントではカバーエリアが限られるため、複数のアクセスポイントを設置することで、通信できる領域を拡大し、移動ロボットを安定して広い領域で運用することができるようにする。

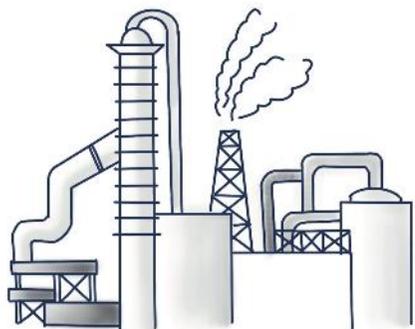
*：機能要件は目安のものであり、利用用途に応じて設計が必要

第3章 製造現場における無線通信技術の導入事例

3-2. 無線通信活用ユースケースの詳細 ～プラント工場～ ※第1章より再掲



- プラント工場では、プラント全体の電力・エネルギー消費量の可視化・管理や、コンテナを扱う際の高所作業支援等において、無線通信が活用されています。



| No. | ユースケース |
|-----|--------------------------------|
| 1 | 過酷環境の生産設備の 予防保全・故障予知 |
| 2 | カメラを用いた不法侵入者の検知 |
| 3 | 電力・エネルギー消費量の管理 |
| 4 | 高所状況を取得したカメラ映像の 伝送による遠隔作業支援 |
| 5 | 現場の空気環境の異常検知 |

第3章 製造現場における無線通信技術の導入事例

3-2. 無線通信活用ユースケースの詳細 ～プラント工場～



- プラント工場のユースケース例としては以下が挙げられます。数字を赤で表記しているユースケースについて、次頁以降で詳しく紹介します。

| ユースケース | 概要 | 通信要件で特に考慮すべき観点 | 活用が期待される通信規格 | 本紙で紹介* |
|-------------------------------------|--|--|--|--------|
| 1 過酷環境の生産設備の予防保全・故障予知 | 環境センサから温度や湿度の情報を無線通信で管理し、生産設備の予防保全や故障予知に活用 | 工場に多くの環境センサを設置することが想定されるため、多接続性や長い通信距離が求められる | <ul style="list-style-type: none"> ローカル5G Wi-Fi LPWA | P.56 |
| 2 カメラを用いた不法侵入者の検知 | カメラで現場環境を撮像し、侵入禁止エリアでの人の不法侵入を検知 | 高精細なカメラ画像を伝送する場合は、大容量通信が求められる | <ul style="list-style-type: none"> ローカル5G Wi-Fi | P.57 |
| 3 電力・エネルギー消費量の管理 | 設備や機械ごとの電力量、電流量、エネルギー計量等を無線通信で管理 | 多くの機器との接続が想定されるので、多接続性が求められる | <ul style="list-style-type: none"> Wi-Fi Bluetooth LPWA | - |
| 4 高所状況を取得したカメラ映像の伝送による遠隔作業支援 | 作業クレーン等の高所からカメラ映像を地上の操作室に伝送し遠隔操作を実施 | 高精細なカメラ画像を伝送する場合は、大容量通信と低遅延性が求められる | <ul style="list-style-type: none"> ローカル5G Wi-Fi | - |
| 5 現場の空気環境の異常検知 | 屋外の空気環境（ガス、CO ₂ 高濃度、有害物質等）の情報を無線通信で管理し、現場環境の異常を検知 | 工場に多くの環境センサを設置することが想定されるため、多接続性や長い通信距離が求められる | <ul style="list-style-type: none"> Wi-Fi LPWA | - |

*総務省「製造現場におけるローカル5G等の導入ガイドライン」（2021）における掲載アンケート結果から活用ニーズがあると判断されたもの、あるいは実証で取り組まれているものを本紙で紹介

第3章 製造現場における無線通信技術の導入事例

3-2. 無線通信活用ユースケースの詳細

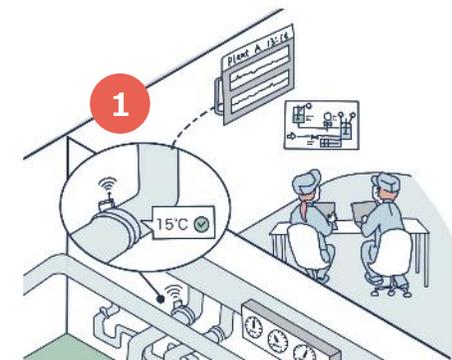
～プラント工場 ①～ 過酷環境の生産設備の予防保全・故障予知



- 高温多湿等過酷環境での生産設備の情報を無線通信で管理することで、高精度かつ迅速に生産設備の予防保全や故障予知をすることができます。

ユースケースの特徴

| | |
|---------|--|
| 利用用途 | 環境センサから温度や湿度の情報を無線通信で管理し、生産設備の予防保全や故障予知に活用 |
| 機能要件* | 平均データサイズ：10～100 Byte 到達許容時間：1秒～1分 |
| 通信規格の候補 | ローカル5G、Wi-Fi、LPWA |



製造現場で抱える問題・期待される導入効果

現場の抱える問題

- 化学プラント工場や製鉄工場などの製造現場では、高温多湿の過酷な環境や衝突や落下等の危険が潜んでいる場合などがあるため、作業員の状況把握や、省配線による無線通信の活用が求められる。
- 生産設備は長期稼働することを前提としており、予防保全の観点から設備の稼働情報収集および稼働監視が必要となる。

導入効果

- 設備稼働監視用のカメラや表示灯などのシステムにおいて、後付けが容易な無線の活用を行うことによって、予防保全の観点から設備の稼働情報収集および稼働監視ができる。
- 乾燥炉や溶鉱炉など高所・高温が想定される製造現場においては、製造現場環境情報（温湿度、圧力、簡易露点など）を収集することで、設備異常等の予防保全や故障予知を行うことができる。

無線通信システムの導入における課題と対応策

想定される課題 ①

温度・湿度によって、壁や床の水分量が変化し、反射波の電波減衰に影響を与え、結果として日によって受信信号強度が異なる場合が生じることが想定される。

対応策 ①

湿度が高くなる梅雨時期や乾燥する冬等に通信品質の変動が発生する可能性があるため、年間を通じてデータの収集状況を確認して、対策の要否を検討する必要がある。

想定される課題 ②

アクセスポイントに取り付けた一部金属製の防塵保護ケースにより電波が遮蔽されるケースが生じる場合がある

対応策 ②

アクセスポイントに取り付けた、一部に金属を含む防保護ケースを、電波を通しやすい樹脂素材に変更する等の対応が考えられる。

第3章 製造現場における無線通信技術の導入事例

3-2. 無線通信活用ユースケースの詳細

～プラント工場②～ カメラを用いた不法侵入者の検知



- 多数台の監視カメラで取得した映像の伝送を無線化することで、カメラ設置の自由度を向上させた不法侵入者の検知を実現できます。

ユースケースの特徴

- | | |
|---------|---|
| 利用用途 | <ul style="list-style-type: none"> カメラで現場環境を撮像し、侵入禁止エリアでの人の不法侵入を検知 |
| 機能要件* | <ul style="list-style-type: none"> 平均データサイズ：数～数十 MByte 到達許容時間：100 ミリ秒 |
| 通信規格の候補 | <ul style="list-style-type: none"> ローカル5G、Wi-Fi |



製造現場で抱える問題・期待される導入効果

現場の抱える問題

- 監視を広範囲で行うためには、多数台のカメラを設置する必要があるため、有線接続の場合は手間がかかる。
- 監視カメラを有線接続する場合は、設置場所に制限が生まれ、死角が生まれる可能性がある。

導入効果

- 監視カメラを広範囲に多数台設置する際の作業コストを削減することができる。
- 監視カメラの無線化により、通信が届く範囲内であれば自由に設置することができ、監視領域を広げ敷地を網羅できるようになる。

無線通信システムの導入における課題と対応策

想定される課題①

多数台の監視カメラを運用する場合、通信量が多くなるため、伝達する映像に遅延や欠損が生じ、不法侵入者の検知が困難になる懸念がある。

対応策①

カメラの解像度を下げる、あるいはデータを圧縮する等、データを伝送する際の情報量を小さくすることで、高いスループットの実現が困難な環境でも、安定して伝送できるようにする。

想定される課題②

広範囲を監視する場合は、監視カメラを広範囲に設置する必要があり、通信のカバーエリアを拡大させる必要がある。

対応策②

ローカル5GとメッシュWi-Fiなど、異種の通信規格を組み合わせることで通信のカバーエリアを拡大する。

*：機能要件は目安のものであり、利用用途に応じて設計が必要

第4章 無線通信技術の導入にむけて

4-1. 導入・運用の全体像

4-2. 導入における実施事項と進め方

4-3. 導入のケーススタディ

4-4. その他の検討事項

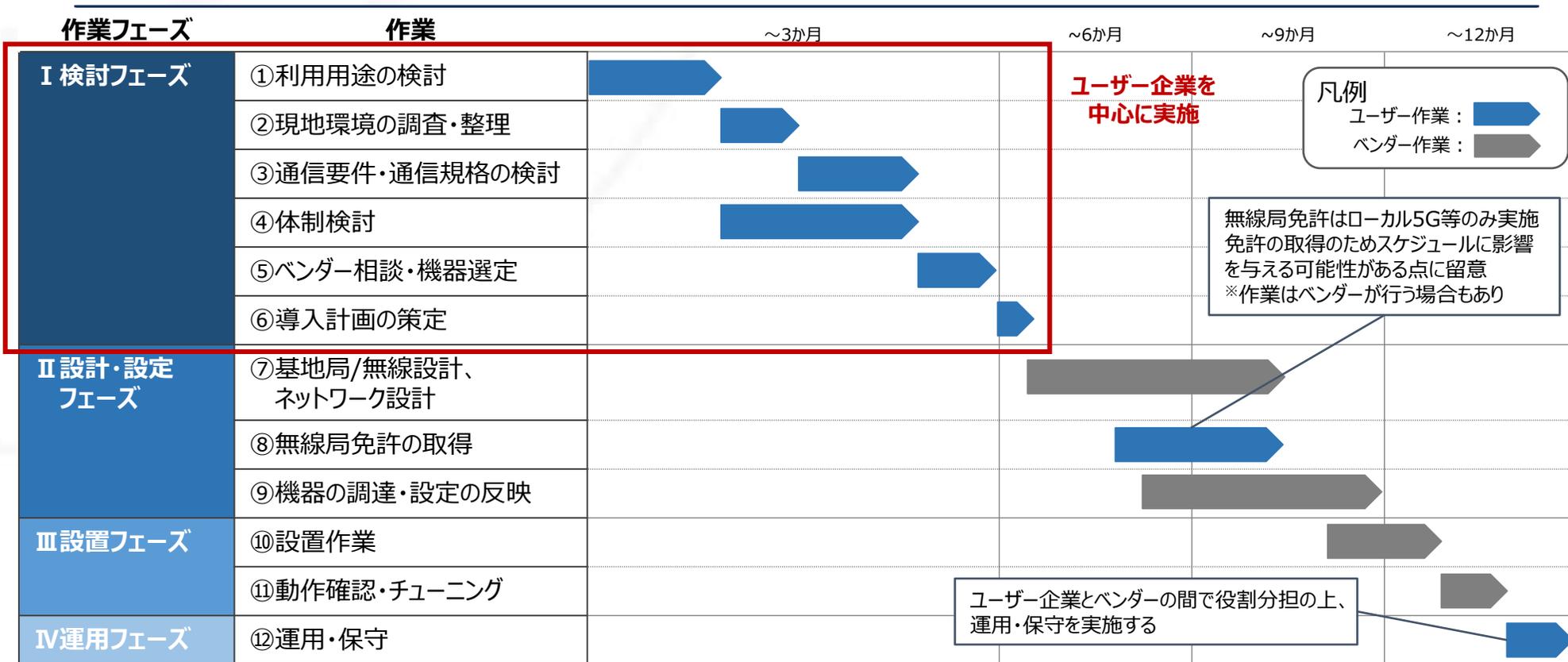
第4章 無線通信技術の導入に向けて

4-1. 導入・運用の全体像



- 無線環境導入にあたっては、ユーザー主体で検討フェーズ（利用用途や自社環境の整理、導入計画の策定等）を実施し、ベンダー企業を中心に設計・設定フェーズを進めていきます。
- ローカル5Gの場合は無線局免許の取得が発生するため、スケジュールに影響を与える可能性がある点留意ください。

無線環境導入までの全体像



第4章 無線通信技術の導入にむけて

4-1. 導入・運用の全体像

4-2. 導入における実施事項と進め方

4-3. 導入のケーススタディ

4-4. その他の検討事項

第4章 無線通信技術の導入に向けて

4-2. 導入における実施事項と進め方 ～各作業の概要～



- 無線通信の導入にあたって進めるべき各作業の概要は以下のとおりです。
- ユーザー企業が無線通信導入にあたり主に関与するのは、検討フェーズとなります。

無線環境導入までの各作業概要

| | | |
|--------------|--------------------|---|
| I 検討フェーズ | ①利用用途の検討 | 自社の工場における課題や目的を明確にし、利用用途を検討・決定する。 |
| | ②現地環境の調査・整理 | 導入を予定している実際の工場環境を視察し、無線環境に影響を与える要因を特定する。 |
| | ③通信要件・通信規格の検討 | 利用用途に求められる通信要件及び現地環境に応じて、利用する通信規格を検討・決定する。 |
| | ④体制検討 | 実際の整備に向けた体制の検討を行う。 |
| | ⑤ベンダー相談・機器選定 | 策定した要件をベンダーに相談し、具体的な機器・アプリケーションの選定を進める。 |
| | ⑥導入計画の策定 | ベンダーと無線環境整備に向けた実施事項・スケジュールをあらかじめ整理する |
| II 設計・設定フェーズ | ⑦基地局/無線設計、ネットワーク設計 | 基地局やアクセスポイントの設置位置や設定条件、カバーエリアを設計する。また、無線環境構築に必要な各機器を接続するネットワークの物理設計及び論理設計をする。 |
| | ⑧無線局免許の取得 | ローカル5G等の免許申請に当たっては、まず管轄の総合通信局と事前打ち合わせを行う。導入計画、干渉調整等を踏まえて免許申請書類を作成し総合通信局に提出する。 |
| | ⑨機器の調達・設定の反映 | 機器を調達し、基地局設計、無線設計、ネットワーク設計で作成したパラメータを各機器に設定する。 |
| III 設置フェーズ | ⑩設置作業 | 設定済機器を工場環境に設置する。その際には配線工事や既存ネットワークとの調整も必要となる。 |
| | ⑪動作確認 | 構築した無線を実際に稼働させ、問題なく動作するか、シミュレーションとの差異はないか確認する。 |
| IV 運用フェーズ | ⑫運用・保守 | 本番稼働後、継続して無線環境を安定稼働できるよう運用・保守を行っていく。 |

第4章 無線通信技術の導入に向けて 4-2. 導入における実施事項と進め方 ～各作業の紹介(ページガイド)～



- 以降のページで各作業事項の進め方について解説します。

各作業の詳細紹介ページ

| | | |
|--------------|--------------------|----------------|
| I 検討フェーズ | ①利用用途の検討 | P.63～P.66で詳細説明 |
| | ②現地環境の調査・整理 | |
| | ③通信要件・通信規格の検討 | |
| | ④体制検討 | |
| | ⑤ベンダー相談・機器選定 | |
| | ⑥導入計画の策定 | |
| II 設計・設定フェーズ | ⑦基地局/無線設計、ネットワーク設計 | P.67～P.69で詳細説明 |
| | ⑧無線局免許の取得 | |
| | ⑨機器の調達・設定の反映 | |
| III 設置フェーズ | ⑩設置作業 | P.70、P.71で詳細説明 |
| | ⑪動作確認 | |
| IV 運用フェーズ | ⑫運用・保守 | |

- まず初めに「I 検討フェーズ」の「①利用用途の検討」で、工場環境における、どういった課題への対応策として無線通信を導入するのか、無線通信の利用用途を検討します。
- 「②現地環境の調査・整理」では、無線通信を導入する実際の工場環境を調査します。

① 利用用途の検討

無線環境の導入を進めるにあたっては、自社の解決したい課題や目的を明確にし、その解決手段として無線通信の利用用途及び必要な構成要素を整理する。

課題特定

自社の工場の概要、現在の運用や設備面での解決したい課題や実証で検証する内容を検討・特定し、システム導入の目的を整理する。

対応方針検討

特定した課題に対して、想定される対応方法を検討し、費用面や実現可能性等を加味して、課題に対する対応方針を決定する。

詳細用途・構成要素の整理

決定した対応方針を踏まえ、無線通信を含めた詳細なシステムの利用方法、システム構成要素、利用開始時期等を整理する。

② 現地環境の調査・整理

利用用途を決定したら、無線通信を利用する現地環境の調査を実施し、工場環境の特徴や留意すべき通信への影響要因の存在を整理し可視化する。

調査

実際に無線環境整備を行う工場環境の現地で以下の観点を確認する

- 配線・機器設置環境
- 無線通信で留意が必要な点(距離、見通し、マルチパス、干渉、漏洩)

可視化

調査結果を観点ごとに整理し、取りまとめることで、自社の工場における無線整備環境を可視化する

- 「③通信要件・通信規格の検討」では、利用用途を踏まえて通信要件を整理し、工場環境を考慮した上で、利用する通信規格を検討します。

③ 通信要件・通信規格の検討

利用用途に求められる通信要件及び現地環境に応じて、利用する通信規格を検討・決定する。

システム構成・要件の検討

通信規格の選定

- Step1** 利用用途を踏まえ、システム全体で必要となる構成要素を詳細に整理する。
- Step2** 利用するアプリケーションの性質に応じて、システムに求められる要件を定量的に算出する。
- 通信要件を満たすために必要、かつ導入する工場環境に最適な通信規格を選定し、要件として整理する。

| 構成要素 | 通信要件を設定する観点 |
|----------|---|
| ハードウェア | <ul style="list-style-type: none"> □ センサー・カメラ <ul style="list-style-type: none"> 取得データの大きさ データの通信頻度 データ送時の圧縮率 ... |
| アプリケーション | <ul style="list-style-type: none"> □ データ分析・AI処理ツール <ul style="list-style-type: none"> システムが機能するために許容される遅延時間 ... |
| 通信環境 | <ul style="list-style-type: none"> □ クラウド利用かオンプレミスか <ul style="list-style-type: none"> 無線通信を活用するエリアの広さ ... |

通信要件

- スループット
- 許容遅延時間
- 通信距離
- ...

| 工場環境 | 留意点 |
|--------|--|
| 中小規模工場 | <ul style="list-style-type: none"> • 建物同士や樹木等の影響(無線設備を屋外に設置する場合) • 工場空間、自己土地が狭いことによる影響 |
| 大規模工場 | <ul style="list-style-type: none"> • 柱やダクト、工作機器等の大型設備による影響 • 建物規模・屋内空間が広いことによる影響 |
| プラント工場 | <ul style="list-style-type: none"> • パイプ群やタンクなど金属構造物の影響 • 利用可能な周波数帯と電波干渉の影響 |

通信規格の候補

- Wi-Fi
- ローカル5G
- LPWA
- ...

- 「④体制検討」では、ここまでに整理した内容を踏まえ、具体的にどういった体制が妥当か検討します。
- 「⑤ベンダー相談・機器選定」においては、無線通信の導入を複数のベンダーに相談し、具体的な機器選定を行い、構築ベンダーを選定します。

④ 体制検討

無線環境整備に向けて、システム領域毎に担当ベンダーを分けることや、プロジェクト管理を自社単体で行うのか、関係する社内部門はどこが該当するのかといった、プロジェクト推進体制の検討を行う。

体制検討の観点（例）

- ✓ 1ベンダーのみですべてのソリューションを整備可能か
⇒できなければ複数ベンダー体制になる
- ✓ システム規模・構成は大規模・複雑か
⇒大規模で複雑な場合、自社のみでの管理は困難
- ✓ 自社リソースに余裕があるか
⇒無ければプロジェクト統括管理もベンダーに依頼

1ベンダー体制

プライムベンダーを選定し、一社でプロジェクト管理から無線環境構築、アプリケーションそれぞれの領域まで一貫して担当

領域別ベンダー体制

自社がプロジェクト管理を担当し、無線環境構築、アプリケーションのそれぞれにベンダーを選定

階層型ベンダー体制

プロジェクト管理を行うプロジェクト統括事業者を選定し、その配下に無線環境構築、アプリケーションそれぞれの領域別ベンダーを選定

⑤ ベンダー相談・機器選定

定義した要件、実施体制を踏まえ、自社の導入方針に合致するベンダーに相談し、具体的な機器やアプリケーションを決定した上で、各社からの提案を受けベンダーを決定する。

ベンダー相談

複数のベンダー候補に対し、要件や機器、費用感に関する情報収集・相談を行う。
ベンダー候補は、自社の既存システムを担うベンダーや、有用なソリューションを持つベンダー等から選定。

機器選定

ベンダーへの相談結果を踏まえ、候補となる機器・ソリューションの中から、環境要件や通信要件に応じて機器を選定する
選定にあたっては、要件の優先度付けなどを行うとスムーズな選定が行える

ベンダー選定

相談したベンダー各社から導入にあたっての提案を受け付ける
提案を受けた中で、提案内容、実績等の技術力、費用面、関係性等から、自社が重視する点を満たすベンダーを選定する

- ベンダー選定後は、当該ベンダーとともに導入計画書を策定します。

⑥ 導入計画の策定

ベンダーと共同で無線通信導入に向けた実施事項・スケジュール等を整理する。

⑤までで整理した内容を踏まえ、選定したベンダーと共同で、右記のような項目について整理・策定していく。

特に実施スケジュールについては、機器調達のリードタイム等も考慮しベンダーと計画を立て、導入に向けた準備を進める。

無線通信技術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 | 無線通信導入の背景・目的 | ・ 製造現場の抱える課題や、無線通信導入の背景、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 | ネットワーク構成イメージ図 | ・ 無線通信で利用するネットワーク構成（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 | ・ 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 |

- 「II 設計・設定フェーズ」では、要件に基づき、無線及びネットワークの設計から機器の調達・設定作業を行います。
- 無線設計にあたっては利用エリアと実環境に応じた設計を行い、ネットワーク設計においては、既存のネットワーク環境を踏まえ導入範囲を明確にした上で設計を進めます。

⑦ 基地局/無線設計、ネットワーク設計

基地局やアクセスポイントの設置位置や設定条件、カバーエリアを設計する。
また、無線環境構築に必要な各機器を接続するネットワークの物理設計及び論理設計をする。

既存のネットワーク環境整理

無線、ネットワーク設計を進めるにあたり、まずは既存環境の整理を行う。
特に既存のネットワークのスペックを把握することで、無線通信構築にあたって、新規で設計・構築が必要な範囲を明らかにする。

- 既存ネットワーク構成及びポートの空き情報等の確認
- 各ネットワーク機器・配線に利用しているケーブルの通信スペックの確認

【整理する内容】(一例)

- ✓ 既存ネットワークの流用範囲
- ✓ 新規ネットワーク構築範囲
- ✓ 既存ネットワークの要設定変更範囲

基地局・無線設計

工場稼働状態で1週間程度サイトサーベイを行い、現地の電波状況を調査する。
調査結果と利用エリアをもとに、アンテナの設置箇所や数、パラメーターを設計する。

- 工場内で既に導入されている無線通信の利用周波数帯・チャンネルの状況を管理表に整理
- 工場稼働状態で1週間程度、電波状況を調査

| | |
|-------------|------|
| 基地局数 | XX |
| 周波数・チャンネル | XXXX |
| カバーエリアイメージ図 | |

ネットワーク設計

新たに無線通信用のネットワーク構築が必要な場合は、ネットワーク全体の新規設計を行う。
既存ネットワークの流用が可能な場合は、設定の変更が必要な箇所の設計を行う。

- 新規ネットワークで利用する機器の選定
- ネットワークの物理設計(各機器とケーブルの接続ポート等)

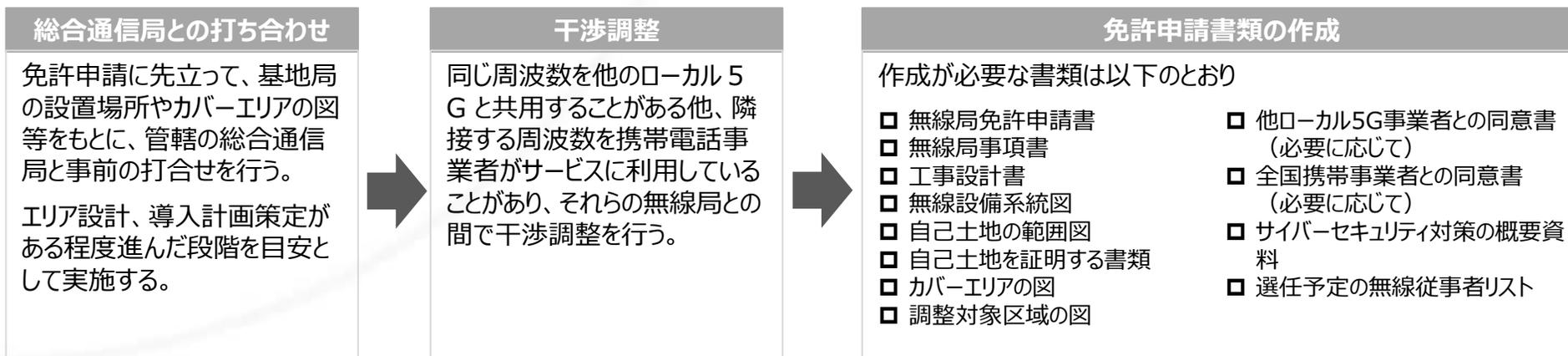
- ✓ 新規ネットワーク機器の設定値の作成
- ✓ 既存ネットワーク機器への変更内容の作成

- ローカル5G等の無線局免許の取得が必要な通信規格を選定した場合には、無線局免許の取得作業が必要です。

⑧ 無線局免許の取得

ローカル5G等の免許申請に当たっては、まず管轄の総合通信局と事前打ち合わせを行う。その後、導入計画、干渉調整等を踏まえて免許申請書類を作成し総合通信局に提出する。

※ローカル5G等の免許取得を要する規格の場合に発生する作業
本資料ではローカル5Gを想定して記載



- 必要な機器リストアップの上、メーカーから調達し、「⑦基地局/無線設計、ネットワーク設計」で設計・作成した設定を実際の機器に反映します。

⑨ 機器調達・設定の反映

機器を調達し、基地局設計、無線設計、ネットワーク設計で作成したパラメータを各機器に設定する。

調達物品リストの作成

無線通信の導入にあたり、調達が必要となる各機器・物品をリスト化し整理する。

メーカーへの発注・納品

整理したリストに基づき、各メーカーに機器・物品を発注する。

設定の反映（流し込み）

納品された機器に対して、設計で作成した設定を流し込む。

| カテゴリ | 型番 | 数量 |
|------------------|----------|----|
| ルーター | XXXXXXXX | 1 |
| L3スイッチ | XXXXXXXX | 1 |
| L2スイッチ | XXXXXXXX | 5 |
| 無線LAN コントローラー | XXXXXXXX | 1 |
| アクセスポイント | XXXXXXXX | 30 |



リードタイム、納品目安を随時確認し、
設定の反映作業の着手可能目途を
正確に把握する

把握した納品時期を踏まえ、機器の設定
順序や着手時期等の作業計画を事前に
検討する

機器の納品が始まったら、順次、機器への
設定の反映（流し込み）を実施する

本作業は、機器の納品時期が伸びるリスクや、調達する機器の数が多いため分割での調達となり作業が進まないリスク等、調達リードタイムの変動により、スケジュールを圧迫する可能性があるため、納品目安を踏まえ機器への設定流し込みを計画する必要がある。

- 「⑩設置作業」では、現地環境に実際に機器を設置していきます。
- 機器の設置後は、「⑪動作確認」で実際に無線通信環境を稼働させ、機器が問題なく動作するか、通信環境は設計通りにエリアをカバーできているかを確認します。

⑩ 設置作業

設定が完了した各機器を工場環境に設置する。

機器の設置に際しては、配線工事や既存ネットワークとの接続に係る調整・設定変更も必要となる。

なお、高所作業は高所作業の資格を有する作業員、免許を要する通信規格のアンテナの設置には免許人が作業を行う必要がある点には留意が必要となる。

⑪ 動作確認

構築した無線環境を実際に稼働させ、問題なく動作するか、シミュレーションとの差異はないか確認する。

動作確認の際には、以下のような観点で確認を行っていく。

確認を行う中で問題が発生した場合は、当該問題の発生要因の切り分けを行い、設定変更や設置箇所の調整等の対策を講じる。

確認する観点（例）

電波は想定通り受信できるか？

アンテナ間の干渉は発生していないか？

想定していた通信速度は出ているか？

ネットワーク全体で問題なくトラフィックは流れているか？

無線環境でアプリケーションは動作しているか？

- 「IV運用フェーズ」では、導入を行った無線通信環境を、継続して安定稼働できるよう運用・保守を行います。

⑫ 運用・保守

本番稼働後、継続して無線環境を安定稼働できるよう運用・保守を行っていく。

運用・保守にあたっては、本番稼働前に、運用・保守体制、障害発生時の対応方針といった管理体制を事前に定めておく。
 なお、一般的には、稼働停止できないシステムの場合はバックアップを用意する冗長化を重視し、一定時間の稼働停止程度であれば許容できるシステムの場合は、迅速な機器交換と復旧が行える体制を構築しておく。

障害の分類と発生時の対応方針(例)

| 障害の分類 | 詳細 | 対応方針 |
|----------|--------------------------------|--------------------------------------|
| ハードウェア故障 | アクセスポイント、基地局、スイッチ、ケーブル等の物理的な故障 | |
| 通信不具合 | マルチパスフェージングの発生 | ユーザー企業と運用・保守ベンダーの間で事前に検討し、役割分担を明確化する |
| | 信号強度不足 | |
| | 通信端末の過多 | |
| 端末側故障 | センサー、ロボット機器、ルーター等の物理的な故障 | |
| | | |

第4章 無線通信技術の導入にむけて

- 4-1. 導入・運用の全体像
- 4-2. 導入における実施事項と進め方
- 4-3. 導入のケーススタディ**
- 4-4. その他の検討事項

第4章 無線通信技術の導入に向けて

4-3. 導入のケーススタディ

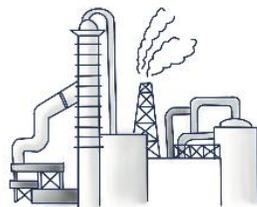


- 前頁までに解説した各導入作業について、ケーススタディとして紹介します。
- Case1では検討フェーズから運用フェーズまで、Case2、3ではユーザ企業が主となり進める検討フェーズに絞って解説します。

次頁以降のケーススタディで解説する範囲

| I 検討フェーズ | ①利用用途の検討 ②現地環境の調査・整理 ③通信要件・通信規格の検討 ④体制検討 ⑤ベンダー相談・機器選定 ⑥導入計画の策定 | Case1 【ユースケースの内容】 プラント工場における、 ガス、CO₂、有害物質等 の異常検知 | Case2 【ユースケースの内容】 大規模工場における、 AGV等の移動ロボットの 遠隔制御 <small>※ケースによらず共通作業の「導入計画の策定」は割愛</small> | Case3 【ユースケースの内容】 中小規模工場における、 カメラ画像を用いた製品 の異常検知 <small>※ケースによらず共通作業の「導入計画の策定」は割愛</small> |
|--------------|---|--|---|--|
| II 設計・設定フェーズ | ⑦基地局/無線設計、ネットワーク設計 ⑧無線局免許の取得 ⑨機器の調達・設定流し込み | 本ケースでは、「検討フェーズ」だけでなく、「設計・設定フェーズ」以降の各フェーズについても一般的な内容を解説 | <div style="border: 1px dashed gray; padding: 10px; text-align: center;"> Case2、Case3については、ユーザー企業が中心に実施する、検討フェーズについて解説 </div> | |
| III 設置フェーズ | ⑩設置作業 ⑪動作確認 | | | |
| IV 運用フェーズ | ⑫運用・保守 | | | |

プラント工場における、ガス、CO₂、有害物質等の異常検知のための無線導入の場合



【本ケースにおける無線活用方法の概要】

プラント工場において、自走ロボット搭載型カメラによる検知システムの導入にあたり、映像伝送をローカル5Gを使って無線化

本ケースの 要点

| | |
|---------------|---|
| ①利用用途の検討 | 多数のカメラの増設の煩雑さを避けるため、増設ではなく、自走ロボット搭載型カメラによる監視を行う方法を選択し、プラント内を柔軟に監視できるスマートな試みを選択した |
| ②現地環境の調査・整理 | 現地調査を実施し、多数の金属構造物が存在すること、湾岸エリアのため航空レーダー、船舶レーダーとの干渉が予想されることを、自社のプラント工場において留意が必要な点と整理した |
| ③通信要件・通信規格の検討 | 大容量・低遅延・長距離伝送が通信要件で、屋外環境での利用のため、ローカル5Gを選定した |
| ④体制検討 | 自社リソースが不足していること、ローカル5Gの構築、自走ロボットの双方に知見を有するベンダーが限られることを加味し、プロジェクト全体を統括する事業者を据える階層型ベンダー体制を選択した |
| ⑤ベンダー相談・機器選定 | 無線通信機器については、設置箇所の物理的な制約等を踏まえ小型の機器を選定した また、防爆仕様や自社のプラント工場への理解がある「既存ベンダー」をプロジェクト管理事業者（プライムベンダー）に選定 |

Case1

プラント工場における、ガス、CO₂、有害物質等の異常検知のための無線導入の場合

- プラント工場において、ガス漏れ検知能力の向上を目指すケースを想定した場合、自走ロボットに搭載したカメラによるガス漏れ検知を行うことが考えられます。

① 利用用途の検討

課題特定

自社の工場の概要、現在の運用や設備面での解決したい課題や実証で検証する内容を検討・特定し、システム導入の目的を整理する。

対応方針検討

特定した課題に対して、想定される対応方法を検討し、費用面や実現可能性等を加味して、課題に対する対応方針を決定する。

詳細用途・構成要素の整理

決定した対応方針を踏まえ、無線通信を含めた詳細なシステムの利用方法、システム構成要素、利用開始時期等を整理する。

本ケースの場合

| | |
|------|--|
| 工場環境 | プラント工場 (湾岸エリアに立地) |
| 目的 | 工場内における、ガス漏れや異常に対する保安レベルの向上 |
| 課題 | 定点カメラによるガス漏れや設備劣化等の異常検知を行っているが、定点観測のみではカバーできないエリアが存在する |



定点カメラ 増設

多数のカメラの増設が必要であり、設置には工期がかかる大規模な配線設置工事が必要



カメラ搭載型 自走ロボット

多数のカメラは不要で数台のロボットで監視が可能ただし、新たなシステムの導入が必要

Point

対応方針の検討時には、当該対応のメリットだけでなく、課題や想定されるトラブルも検討する

【詳細用途】

4K映像及び赤外線計測カメラを搭載した自走ロボットをプラント内で走行させ、ガス漏れ及び設備異常の兆候を検知する

【構成要素】

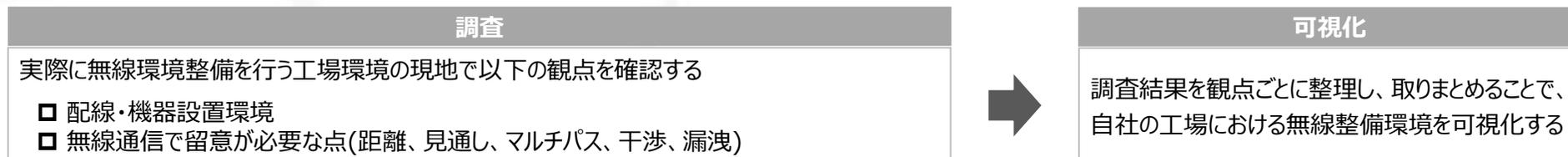
自走ロボット、カメラ(4K、赤外線)、計測データを管理・分析アプリケーションが構成要素であり、カメラ映像の伝送に無線通信を用いる

Case1

プラント工場における、ガス、CO₂、有害物質等の異常検知のための無線導入の場合

- 利用用途を踏まえ、プラント工場において無線環境を構築する場合、自走ロボットが走行するプラント全体を広くカバーすることや、パイプ等の金属構造物による遮蔽・反射、航空レーダー等との干渉が通信への影響要因として考慮することが留意点となります。

② 現地環境の調査・整理



本ケースの場合

本ユースケースにおける無線通信構築環境の整理結果

本ケースでは、プラント工場において、取得したカメラ映像を伝送する、無線環境構築を行うため、プラント工場の屋外環境の調査を実施する。

調査結果のイメージは右記のとおり。

| | | |
|-----------|---|--|
| 利用環境 | 屋外（アンテナ設置：屋外） | |
| 配線、機器設置環境 | 屋内のように容易に配線経路と機器設置箇所を確保することは難しい | |
| 留意が必要な観点 | 距離 | 自走ロボットの稼働範囲が広いとため、工場全体をカバーできる無線環境の構築が必要 |
| | 見通し | パイプ群やタンクが存在し、アンテナとの見通しの悪さが見込まれるエリアが複数存在する |
| | マルチパス | 金属製のパイプ群やタンク類などからの反射波により、マルチパスの発生が想定される |
| | 干渉 | 湾岸エリアのため、航空レーダー、船舶レーダーとの干渉に注意が必要 |
| エリア外への漏洩 | 周辺に遮蔽物となるものがなく開けた環境のため、エリア外に容易に漏洩することが予想される | |

Case1

プラント工場における、ガス、CO₂、有害物質等の異常検知のための無線導入の場合

- プラント工場では、配管・遮蔽物が多いことが想定されるため、有線・定点カメラでは工場全体のカバーが困難であると考えられます。そのため、カメラを搭載した自走ロボットシステムを採用し、求められる通信要件を実現することが可能な通信規格を選定します。

③ 通信要件・通信規格の検討

システム構成・要件の検討

Step1

利用用途を踏まえ、システム全体で必要となる構成要素を詳細に整理する。

Step2

利用するアプリケーションの性質に応じて、システムに求められる要件を定量的に算出する。

通信規格の選定

通信要件を満たすために必要、かつ導入する工場環境に最適な通信規格を選定し、要件として整理する。

本ケースの場合

システム構成

| | |
|--------|---|
| 計測カメラ | <ul style="list-style-type: none"> 外観検査用の解像度が4Kの高精細カメラを用いて外観検査を実施（30Mbps程度） 近赤外線カメラを用いてガス漏洩による近外線スペクトル変化を検出（20Mbps程度） |
| 自走ロボット | <ul style="list-style-type: none"> カメラで取得した映像データをEdgeサーバで処理し、カメラ映像に応じた異常検知を実施 異常内容に応じて映像データを圧縮し、転送 |
| 通信範囲 | <ul style="list-style-type: none"> 屋外のプラント工場全体を自走ロボットが走行し、映像を取得するため、敷地内全域をカバーできる無線通信環境が必要 |

通信要件

複数種類のカメラで取得した情報を安定して伝送し、設定したエリアにおいてシステムがうまく機能させるため、下記の通信要件を設定。

スループット：数十Mbps～

許容遅延時間：500ミリ秒

通信距離：最大150m

通信規格

利用環境には下記の特長がある。

- 屋外環境（港湾エリア）
- パイプ群やタンクなどによる遮蔽・反射の影響
- 航空・船舶レーダーとの干渉

大容量・低遅延という通信要件に加え、敷地の広い屋外環境での利用となるため、「ローカル5G(Sub6)」を選定

Case1

プラント工場における、ガス、CO₂、有害物質等の異常検知のための無線導入の場合

- ここまで要件を整理したシステムの導入に向けて、実施体制を検討します。
- 本ケースの場合は、無線環境構築とアプリケーション導入が必要ですが、双方に知見を有するベンダーに限られること、自社でプロジェクト全体を管理することがリソース上厳しいことなどを考慮して、階層型ベンダー体制を選択します。

④ 体制検討

| | |
|-----------|--|
| 1ベンダー体制 | プライムベンダーを選定し、一社でプロジェクト管理から無線環境構築、アプリケーションそれぞれの領域まで一貫して担当 |
| 領域別ベンダー体制 | 自社がプロジェクト管理を担当し、無線環境構築、アプリケーションのそれぞれにベンダーを選定 |
| 階層型ベンダー体制 | プロジェクト管理を行うプロジェクト統括事業者を選定し、その配下に無線環境構築、アプリケーションそれぞれの領域別ベンダーを選定 |

体制検討の観点（例）

- ✓ 1ベンダーのみですべてのソリューションを整備可能か
⇒できなければ複数ベンダー体制になる
- ✓ システム規模・構成は大規模・複雑か
⇒大規模で複雑な場合、自社のみでの管理は困難
- ✓ 自社リソースに余裕があるか
⇒無ければプロジェクト統括管理もベンダーに依頼

本ケースの場合

本ケースは、ローカル5Gによる無線通信環境の構築、ロボットと監視カメラ等のアプリケーション導入の2つに導入領域を分割できる。

ローカル5G構築の知見とロボットによる監視、双方の知見を有するベンダーは限られるため、プロジェクトを統括する事業者(プライムベンダー)を据えて、両領域それぞれにベンダーを選定する。

Point

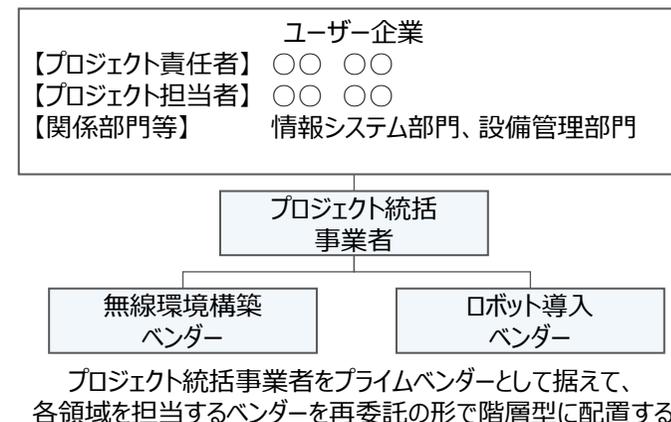
委託範囲と自社で実施する範囲を体制検討時に切り分けておくと、ベンダーとの調整が容易になる

- 無線環境(ローカル5G)と自走ロボット双方を1社で整備できるベンダーがない
- 社内リソースに余裕がなく、プロジェクト全体のマネジメントを自社で行うことが困難

プロジェクト統括事業者を据える階層型ベンダー体制を選択

要望は整理するが、詳細な機器選定はベンダーに任せる方針

本ケースの実施体制イメージ

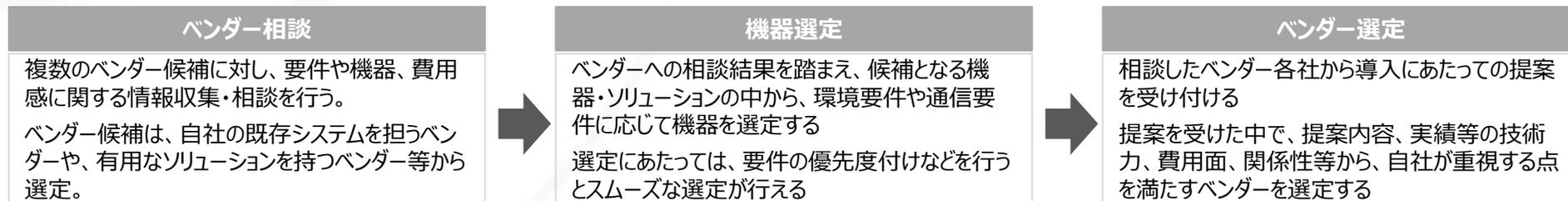


Case1

プラント工場における、ガス、CO₂、有害物質等の異常検知のための無線導入の場合

- ここからは自社で検討した要件を踏まえ、整備を委託するベンダーや具体的な機器を選定します。
- 本ケースでは、防爆仕様や自社のプラント工場への理解がある「既存ベンダー」をプロジェクト管理事業者（プライムベンダー）に選定する想定としました。

⑤ ベンダー相談・機器選定



本ケースの場合

プロジェクト全体を統括するプライムベンダー候補の企業を選定し、整備に向けた相談をする。

- 【既存ベンダー】
既存システムのベンダー
- 【類似事例のベンダー】
類似事例のあるベンダー
- 【有力製品のベンダー】
有力製品を有するベンダー

自社で接点の有る企業や、導入するユースケースに近い実績を有するベンダー等に相談

環境要件

- ✓屋外環境で広範囲で利用
- ✓物理的な制約で大型機器は不可
- ✓パイプ群やタンク等による遮蔽・反射が見込まれる

通信要件

- ✓大容量のデータを低遅延かつ長距離で伝送することが求められる

利用環境、通信要件を一定カバーした上で、物理的に省スペースなRUを選定

Point

メーカーの機器供給状況は、社会経済状況に強く影響を受けるため、機器選定時にも留意する

費用面は提案のあった各社に大きな差はない前提で、以下の観点を重視してベンダーを選定

- ① プラント工場で防爆仕様の必要性など特殊な環境での知見
- ② 自社リソースが限られている場合、自社に代わりプロジェクトを推進可能

防爆仕様や自社のプラント工場への理解がある「既存ベンダー」を選定

Case1

プラント工場における、ガス、CO₂、有害物質等の異常検知のための無線導入の場合

- ここまでの内容を踏まえ、無線通信導入に向けた実施事項・スケジュール等を整理します。
- 本作業は、整備する内容(ケース)に関わらず、基本的には同様の観点・項目で導入に向けた計画を行います。

⑥ 導入計画の策定

本ケースの場合

※ケースによらず共通作業

⑤までで整理した要件を踏まえ、選定したベンダーと共同で、右記のような項目について整理・策定していく。

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 |

Point

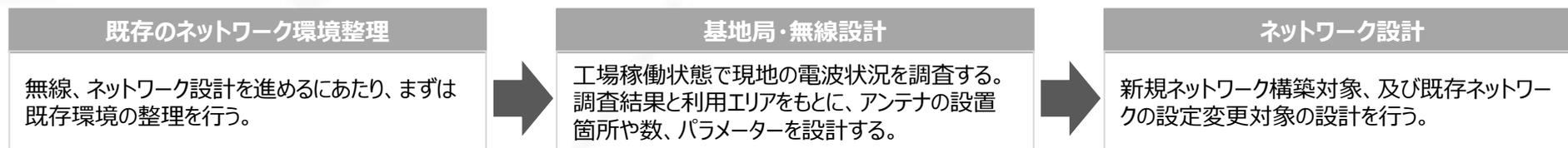
無線局免許の取得が必要な通信規格（ローカル5G等）を導入する場合は、当該手続きに必要な期間を十分に確保し、導入計画を圧迫しないよう、関係者との調整や申請書類作成の進め方をベンダーと調整する

Case1

プラント工場における、ガス、CO₂、有害物質等の異常検知のための無線導入の場合

- ここからは、実際の無線環境整備に向け、ベンダーが主となり進める設計・設定作業です。
- 無線環境を整備するにあたっては、基地局、アクセスポイントの設計に加え、それらの通信経路であるネットワークの設計・構築作業も必要です。

⑦ 基地局/無線設計、ネットワーク設計



本ケースの場合

本ケースでは、ローカル5Gの無線環境を構築するため、既存のネットワークを構成する機器(スイッチングハブ類、ルーター等)及び配線のスペックがローカル5Gに対応可能か確認する。

【本ケースの想定】

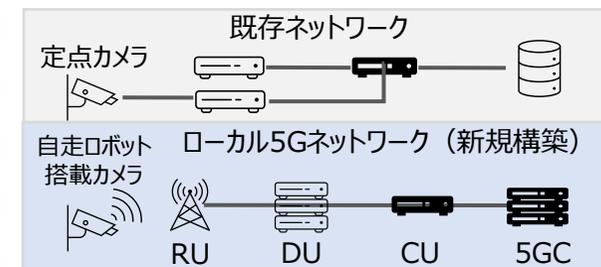
既存のネットワークで利用されている機器及び配線のスペックが、ローカル5Gで利用するには不足するため、新たにローカル5G用のネットワークを構築する必要がある

工場稼働状態で1週間程度の期間、
現地の電波状況を調査

| | |
|-------------|------------------------------|
| 基地局数 | 2基 |
| 基地局設置箇所 | 敷地の南北からエリアを挟みこむ形で設置(可能な限り高所) |
| カバーエリアイメージ図 | |

設置箇所を踏まえ、空中線電力等の基地局に設定する詳細なパラメータを設計する

ローカル5G用に新たに別のネットワークを構築する。ローカル5Gに必要なRU、DU、CU、5GCを接続するスイッチングハブとルーターの物理的なネットワーク構成の検討、機器選定とパラメータの設計を行う。



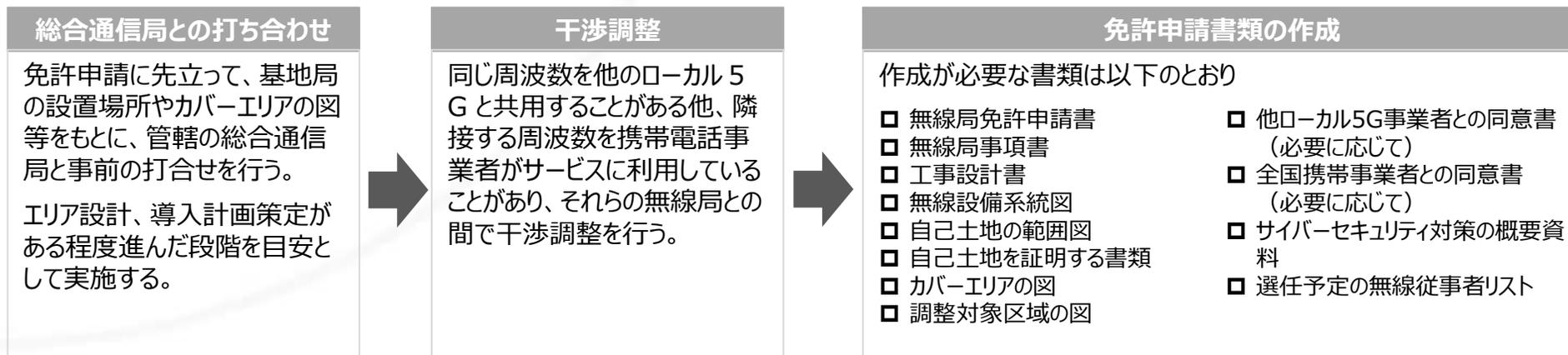
Case1

プラント工場における、ガス、CO₂、有害物質等の異常検知のための無線導入の場合

- ローカル5Gや自営LTEの場合、無線局免許の取得が必要になるため、必要な手続きを実施します。
- Wi-Fiなどの無線局免許が不要な通信規格の場合は、本作業は実施する必要はありません。

⑧ 無線局免許の取得

※ローカル5G等の免許取得を要する規格の場合に発生する作業
本資料ではローカル5Gを想定して記載



本ケースの場合

上記、手続き内容に則り、携帯電話事業者及び他社のローカル5G事業者が存在する場合には当該事業者と、干渉調整を実施の上、必要な書類を作成し、免許取得手続きを行う。

Case1

プラント工場における、ガス、CO₂、有害物質等の異常検知のための無線導入の場合

- 導入する各機器を調達し、設計作業で作成したパラメーターを反映します。
- 本作業は、機器調達のリードタイムがスケジュールを圧迫するリスクが高いため、正確な納品時期の把握と作業計画が重要です。

⑨ 機器調達・設定の反映

調達物品リストの作成

無線通信の導入にあたり、調達が必要となる各機器・物品をリスト化し整理する。

| カテゴリ | 型番 | 数量 |
|------------------|----------|----|
| ルーター | XXXXXXXX | 1 |
| L3スイッチ | XXXXXXXX | 1 |
| L2スイッチ | XXXXXXXX | 5 |
| 無線LAN コントローラー | XXXXXXXX | 1 |
| アクセスポイント | XXXXXXXX | 30 |

メーカーへの発注・納品

整理したリストに基づき、各メーカーに機器・物品を発注する。



リードタイム、納品目安を随時確認し、
設定の反映作業の着手可能目途を
正確に把握する

設定の反映（流し込み）

納品された機器に対して、設計で作成した設定を流し込む。

把握した納品時期を踏まえ、機器の設定
順序や着手時期等の作業計画を事前に
検討する

機器の納品が始まったら、順次、機器への
設定の反映（流し込み）を実施する

本ケースの場合

ケース固有の作業や大きな注意点はないため、上記の流れに沿って、機器の調達と設定の流し込みを実施する。

Case1

プラント工場における、ガス、CO₂、有害物質等の異常検知のための無線導入の場合

- 機器への設定が完了したら、実際の工場環境に各機器の設置・配線を実施します。
- 各機器の設置後は、問題なく動作するかの動作確認を実施し、問題が発生した場合は、当該問題の発生要因の切り分けを行い、設定変更や設置箇所の調整等の対策を講じます。

⑩ 設置作業

設定を終えた各機器を、現地に持ち込み設置・配線を行う。

機器の設置に際しては、配線工事や既存ネットワークとの接続に係る調整・設定変更も必要となる。

なお、高所作業は高所作業の資格を有する作業員、免許を要する通信規格のアンテナの設置には免許人が作業を行う必要がある点には留意が必要となる。

⑪ 動作確認

動作確認の際には、以下のような観点で確認を行っていく。

確認を行う中で問題が発生した場合は、当該問題の発生要因の切り分けを行い、設定変更や設置箇所の調整等の対策を講じる。

確認する観点（例）

電波は想定通り受信できるか？

アンテナ間の干渉は発生していないか？

想定していた通信速度は出ているか？

ネットワーク全体で問題なくトラフィックは流れているか？

無線環境でアプリケーションは動作しているか？

本ケースの場合

ケース固有の作業や大きな注意点はないため、上記の流れに沿って、機器の設置と動作確認を実施する。

Case1

プラント工場における、ガス、CO₂、有害物質等の異常検知のための無線導入の場合

- 無線環境の工場環境への整備が完了したら、本番稼働を開始し、無線環境を安定稼働できるよう、運用・保守を実施します。

⑫ 運用・保守

運用・保守にあたっては、本番稼働前に、運用・保守体制、障害発生時の対応方針といった管理体制を事前に定めておく。
 なお、一般的には、稼働停止できないシステムの場合はバックアップを用意する冗長化を重視し、一定時間の稼働停止程度であれば許容できるシステムの場合は、迅速な機器交換と復旧が行える体制を構築しておく。

障害の分類と発生時の対応方針(例)

| 障害の分類 | 詳細 | 対応方針 |
|----------|--------------------------------|--|
| ハードウェア故障 | アクセスポイント、基地局、スイッチ、ケーブル等の物理的な故障 | <div style="background-color: #cccccc; border-radius: 15px; padding: 10px; text-align: center;"> ユーザー企業と運用・保守ベンダーの間で 事前に検討し、役割分担を明確化する </div> |
| 通信不具合 | マルチパスフェージングの発生 | |
| | 信号強度不足 | |
| | 通信端末の過多 | |
| 端末側故障 | センサー、ロボット機器、ルーター等の物理的な故障 | |
| | | |

本ケースの場合

ケース固有の作業や大きな注意点はないため、上記の流れに沿って、機器の設置と動作確認を実施する。

大規模工場における、AGV等の移動ロボットの遠隔制御のための無線導入の場合



【本ケースにおける無線活用方法の概要】

材料や部品等を搬送する移動ロボット(AGV等)の稼働状況や位置情報等を一元管理し、広範囲で運用するための通信を無線化する

本ケースの 要点

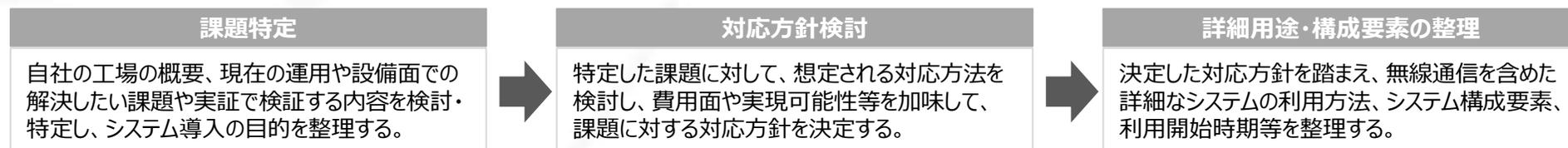
| | |
|---------------|---|
| ①利用用途の検討 | 柔軟なレイアウト変更に対応できる省人化の方法として、AGV等の移動ロボットによる、材料や部品等の自動搬送を導入する方法を選択した |
| ②現地環境の調査・整理 | 大型の生産設備による遮蔽・反射が多数発生すること、レイアウト変更に伴う無線通信環境の変動が予想されることに留意が必要と整理した |
| ③通信要件・通信規格の検討 | ローカル5Gも候補に挙げられたが、屋内環境で柔軟な運用が求められるため、「Wi-Fi」を選定した |
| ④体制検討 | Wi-Fiによる無線環境構築、AGVの遠隔制御の双方の知見を有するベンダーが複数存在するため、多重構造化や体制の煩雑化に伴うコストの増加を避けることを目的に、1ベンダー体制を選択した |
| ⑤ベンダー相談・機器選定 | 無線通信機器については、システム要件で求められるスペックを実現し、環境変動に応じた、アクセスポイントの追加・設定変更が容易な機器を選定した また、各要件を満たした上で導入コストが安いベンダーを選定した |

Case2

大規模工場における、AGV等の移動ロボットの遠隔制御のための無線導入の場合

- 大規模工場において、製造現場の人手不足、多品種少量生産に向けた、製造現場のレイアウトの柔軟な変更を実現するため、AGV等の材料や部品等を搬送する移動ロボットをするにあたり、ロボットの遠隔制御に用いる通信として無線環境を構築します。

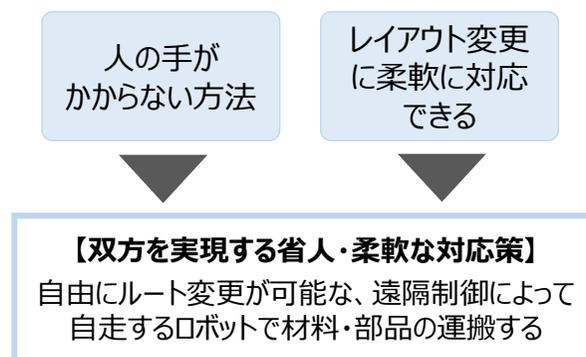
① 利用用途の検討



本ケースの場合

| | |
|------|---|
| 工場環境 | 大規模工場（電子機器製造） |
| 目的 | 製造現場の柔軟なレイアウト変更の実現、人手不足の改善 |
| 課題 | 生産年齢人口の低下や新規就労者の減少に伴う製造現場における人手不足。 多品種少量生産に向けた、レイアウト変更の柔軟性の実現。 |

求められる要件



【詳細用途】

材料や部品等を搬送するAGV等の移動ロボットを導入し、省人化と柔軟なレイアウト変更に対応する

【構成要素】

自走ロボット、監視カメラ、ロボットの稼働を管理するアプリケーションが構成要素であり、自走ロボットの制御及び稼働データの転送に無線通信を用いる

Case2

大規模工場における、AGV等の移動ロボットの遠隔制御のための無線導入の場合

- 利用用途を踏まえ、大規模な工場の屋内環境で無線通信を利用する場合、工場内に存在する大型の工作機器による遮蔽・反射が主な影響として想定され、レイアウト変更を行う場合には、変更の都度、それらによる影響度合いや影響範囲が変動することが懸念されます。

② 現地環境の調査・整理

調査

実際に無線環境整備を行う工場環境の現地で以下の観点を確認する

- 配線・機器設置環境
- 無線通信で留意が必要な点(距離、見通し、マルチパス、干渉、漏洩)



可視化

調査結果を観点ごとに整理し、取りまとめることで、自社の工場における無線整備環境を可視化する

本ケースの場合

本ユースケースにおける無線通信構築環境の整理結果

本ケースでは、大規模工場の建屋内において、自走ロボットの制御通信の伝送を行う、無線環境を構築するため、工場の屋内環境の調査を実施する。

調査結果のイメージは右記のとおり。

| | | |
|-----------|-----------------------------------|--|
| 利用環境 | 屋内（アンテナ設置：屋内） | |
| 配線、機器設置環境 | 既存の配線経路や梁などが存在するため、比較的自由に配線・設置が可能 | |
| 留意が必要な観点 | 距離 | 自走ロボットの稼働範囲が広い場合、工場全体をカバーできる無線環境の構築が必要 |
| | 見通し | 大型工作機器が多数存在するため、特定の場所から見通しが確保できないエリアがある また、柔軟なレイアウト変更を行う場合、その都度大きく見通しが大きく変動する |
| | マルチパス | 工作機器等の構造物の反射波により、マルチパスが発生することが想定される |
| | 干渉 | 郊外で屋内利用のため、外来波の影響は少ないと思われるが、 建物内を反射するマルチパスによる干渉は想定される |
| エリア外への漏洩 | 敷地・建物共に広い場合、特筆して懸念はされない | |

Case2

大規模工場における、AGV等の移動ロボットの遠隔制御のための無線導入の場合

- 大規模工場では、生産設備の変更などに伴いレイアウト変更が高頻度に起きると想定されるため、材料や部品の搬送をAGVの遠隔制御により実施する構成とし、求められる通信要件を実現する通信規格を選定します。

③ 通信要件・通信規格の検討

システム構成・要件の検討

Step1

利用用途を踏まえ、システム全体で必要となる構成要素を詳細に整理する。

Step2

利用するアプリケーションの性質に応じて、システムに求められる要件を定量的に算出する。

通信規格の選定

通信要件を満たすために必要、かつ導入する工場環境に最適な通信規格を選定する。

本ケースの場合

システム構成

| | |
|------------|--|
| カメラ | <ul style="list-style-type: none">異常時の遠隔制御を行う際に、ロボットの周辺環境の映像を取得し伝送（約10Mbps） |
| ロボット (AGV) | <ul style="list-style-type: none">ロボットの自動制御を行う制御コントローラーとの通信（約2Mbps）遠隔からの制御命令に従い移動 |
| 通信範囲 | <ul style="list-style-type: none">工場施設内の製造エリア(製品の加工・組立・保管を行うエリア)内をAGVが走行するため、当該エリアをカバーできる無線通信環境が必要 |

通信要件

制御コントローラーとの通信に加え、カメラで取得した情報を安定して伝送し、システムがうまく機能するために下記の通信要件を設定する。

スループット：10Mbps以上

許容遅延時間：100ミリ秒～1秒

通信距離：～数十m

通信規格

利用環境には下記の特長がある。

- 郊外の大規模工場の屋内
- 大型設備等による遮蔽・反射
- レイアウト変更に伴う通信環境の変化

**ローカル5GとWi-Fiが候補として挙げられるが、
屋内環境で柔軟な運用が求められるため、
「Wi-Fi」を選定**

Case2

大規模工場における、AGV等の移動ロボットの遠隔制御のための無線導入の場合

- 本ケースの場合は、材料や部品を搬送するAGVの遠隔制御と Wi-Fiによる工場内の無線環境構築の双方に知見を有するベンダーが複数存在すると仮定して、1ベンダー体制でのプロジェクト推進を想定します。

④ 体制検討

| | |
|-----------|--|
| 1ベンダー体制 | プライムベンダーを選定し、一社でプロジェクト管理から無線環境構築、アプリケーションそれぞれの領域まで一貫して担当 |
| 領域別ベンダー体制 | 自社がプロジェクト管理を担当し、無線環境構築、アプリケーションのそれぞれにベンダーを選定 |
| 階層型ベンダー体制 | プロジェクト管理を行うプロジェクト統括事業者を選定し、その配下に無線環境構築、アプリケーションそれぞれの領域別ベンダーを選定 |

体制検討の観点（例）

- ✓ 1ベンダーのみですべてのソリューションを整備可能か
⇒できなければ複数ベンダー体制になる
- ✓ システム規模・構成は大規模・複雑か
⇒大規模で複雑な場合、自社のみでの管理は困難
- ✓ 自社リソースに余裕があるか
⇒無ければプロジェクト統括管理もベンダーに依頼

本ケースの場合

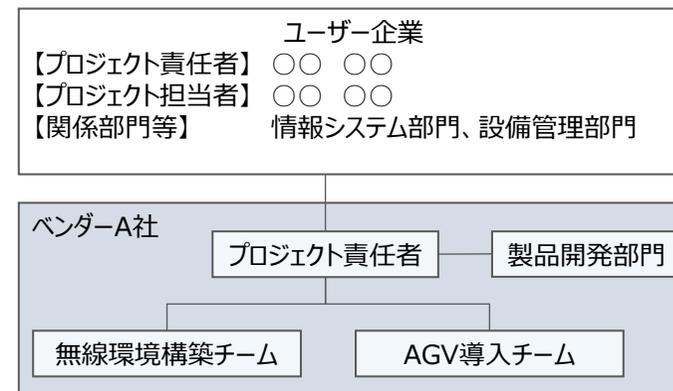
本ケースは、Wi-Fiによる無線通信環境の構築、AGVによる材料・部品の自律運搬ソリューション導入の2つに領域を分割できる。

Wi-Fiによる無線通信環境構築、AGVの遠隔制御の双方の知見を有するベンダーが複数存在するため、本ケースでは、多重構造化や体制の煩雑化に伴うコストの増加を避けることを目的に、1ベンダー体制での実施とする。

- ❑ Wi-FiとAGV双方を1社で整備できるベンダーが複数存在する
- ❑ 複数のベンダーとの契約や多重構造化することによるコスト増加を避けたい

すべての領域を1社に依頼する
1ベンダー体制を選択

本ケースの実施体制イメージ

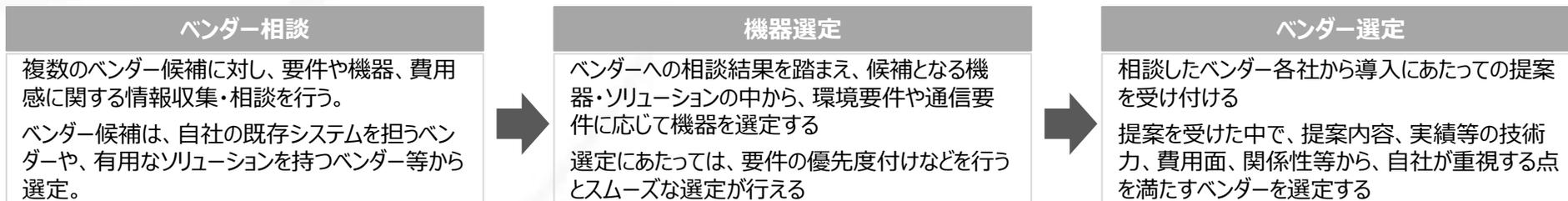


Case2

大規模工場における、AGV等の移動ロボットの遠隔制御のための無線導入の場合

- 本ケースでは、必要な要件を満たした上で、運用・保守までを含めたコストが抑えられる、新規で有力製品を有するベンダーに依頼する想定としました。

⑤ ベンダー相談・機器選定



本ケースの場合

1社でシステム全体の構築を行えるベンダーを選定し、整備に向けた相談をする。

【既存ベンダー】

既存システムのベンダー

【類似事例のベンダー】

類似事例のあるベンダー

【有力製品のベンダー】

有力製品を有するベンダー

自社で接点の有る企業や、導入するユースケースに近い実績を有するベンダー等に相談

環境要件

- ✓屋内環境で利用
- ✓レイアウト変更に伴う環境変動
- ✓大型の生産設備による遮蔽・反射

通信要件

- ✓スループットが10Mbps程度、許容時間が1秒程度

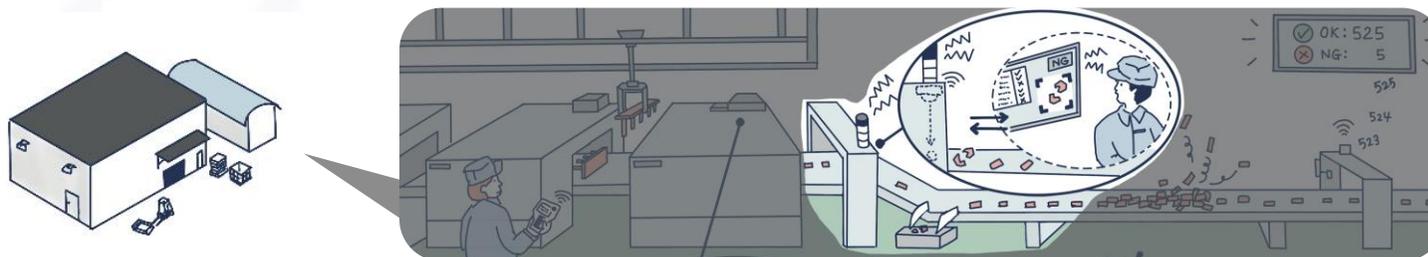
通信要件で求められるスペックを実現し、環境変動に応じた、アクセスポイントの追加・設定変更が容易な機器を選定

提案内容は各社に大きな差はない前提下で、以下の観点を重視してベンダーを選定

- ① 無線環境の変動に応じた、柔軟な設定・配置変更等が可能な提案であること
- ② 運用・保守まで含め導入コストが安いこと

提案内容が要件を満たしたうえで、コストが安かった「有力製品のベンダー」を選定

中小規模工場における、カメラ画像を用いた製品の異常検知のための無線導入の場合



【本ケースにおける無線活用方法の概要】

外観検査の自動化による、作業員負担の軽減のために利用する、高精細カメラ映像とAI解析サーバ間の大容量データの通信を無線化する

本ケースの 要点

①利用用途の検討

製造現場の人手不足、作業員負荷の解消を実現する方法として、高精細カメラとAI解析による検査業務の自動化を選択した

②現地環境の調査・整理

電波を反射する構造物等が多数存在し、建物が狭い屋内環境のため、反射波によるマルチパス・干渉の発生及び外部への電波の漏洩に留意が必要と整理した

③通信要件・通信規格の検討

アップリンクの性能が求められるため、通信容量が大きくUL:DL比の調整が可能なローカル5Gを選定

④体制検討

構築にあたりユーザー企業が工場の自動化に係る知見を蓄積するため、自社がプロジェクトをマネジメントし、無線通信環境、製品検査ソリューションをそれぞれベンダーから調達する体制とした

⑤ベンダー相談・機器選定

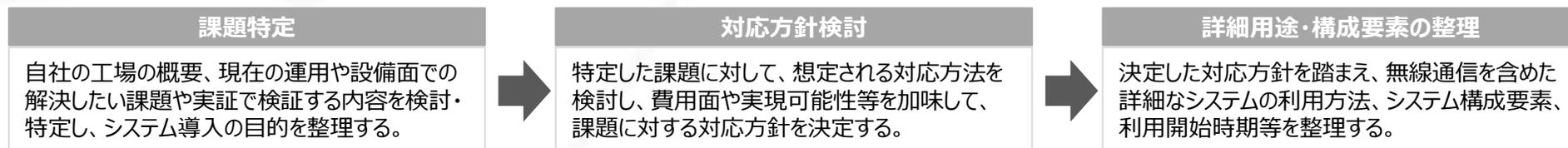
無線通信機器については、外観検査ソリューションが難易度の高い取組みのため、無線通信(ローカル5G)については、機器として実績が豊富で安定した運用が見込めるSub6の製品を選定した
また、自社への知見の移入が見込める類似の事例を有するベンダーを選定した

Case3

中小規模工場における、カメラ画像を用いた製品の異常検知のための無線導入の場合

- 中小規模工場において、製造現場の人手不足、作業員負荷の解消を目的として、高精細カメラとAI解析による検査業務の自動化を実現するため、8K高精細カメラからAIサーバへの映像データ伝送に無線通信を用いる環境を構築します。

① 利用用途の検討



本ケースの場合

| | |
|------|--|
| 工場環境 | 中小規模工場(金属加工) |
| 目的 | 外観品質検査の自動化による、従業員負荷低減・人員削減 |
| 課題 | 現状の外観品質検査では負荷が高い体勢で、目視による製品確認を行っており、作業員の身体的負荷が高い |

× カメラ映像による遠隔監視

通常のカメラ映像では微細な不良(表面のキズ)を認識できないことに加え、現状と変わらず作業員の目視確認は必要になる

○ 高精細カメラとAI解析による検査自動化

作業員の負荷がかかる検査作業を自動化可能
ただし、高精細カメラと不良を検知・学習できるAI、それらを接続する高度な通信環境が必要

【詳細用途】
高精細カメラで取得した映像をAIで解析することにより、外観品質検査を自動化する

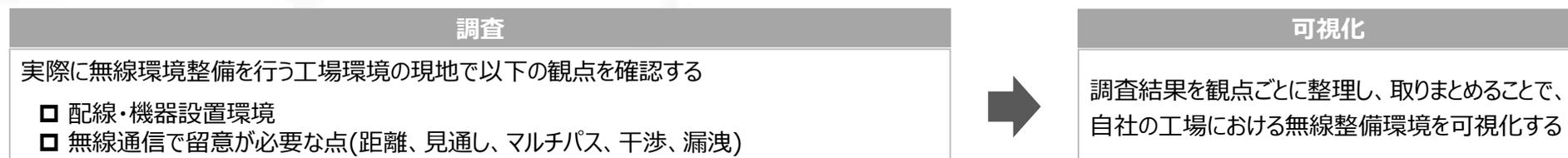
【構成要素】
 8K高精細カメラと外観検査AIサーバが構成要素であり、8K高精細カメラからAIサーバへの映像データ伝送に無線通信を用いる

Case3

中小規模工場における、カメラ画像を用いた製品の異常検知のための無線導入の場合

- 電波を反射する構造物等が多数存在し、建物が狭い屋内環境で無線通信を利用するため、反射波によるマルチパス・干渉の発生及び外部への電波の漏洩に留意が必要です。

② 現地環境の調査・整理



本ケースの場合

本ケースでは、中小規模工場の建屋内において、高精細映像の伝送を行う、無線環境を構築するため、工場の屋内環境の調査を実施する。

調査結果のイメージは右記のとおり。

本ユースケースにおける無線通信構築環境の整理結果

| | | |
|-----------|-----------------------------------|--|
| 利用環境 | 屋内（アンテナ設置：屋内） | |
| 配線、機器設置環境 | 既存の配線経路や梁などが存在するため、比較的自由に配線・設置が可能 | |
| 留意が必要な観点 | 距離 | 中小規模工場のため、アンテナと無線利用エリア間の距離に問題は発生しないと想定される |
| | 見通し | 大型の工作機器が多数存在するため、特定の場所からは見通しが確保できない箇所がある |
| | マルチパス | 工作機器等の構造物に加え、加工した金属製品の反射波により、マルチパスが発生することが想定される |
| | 干渉 | 建物の規模が中小規模で金属が多数存在するため、建物内を反射するマルチパスによる干渉は想定される |
| エリア外への漏洩 | 敷地・建物共に狭いため、反射波による外部への漏洩が想定される | |

Case3

中小規模工場における、カメラ画像を用いた製品の異常検知のための無線導入の場合

- 中小規模工場では、高精細画像とAI画像解析を用いて製品の外観検査を行うことを想定し、求められる通信要件を実現する通信規格を選定します。

③ 通信要件・通信規格の検討

システム構成・要件の検討

Step1

利用用途を踏まえ、システム全体で必要となる構成要素を詳細に整理する。

Step2

利用するアプリケーションの性質に応じて、システムに求められる要件を定量的に算出する。

通信規格の選定

通信要件を満たすために必要、かつ導入する工場環境に最適な通信規格を選定する。

本ケースの場合

システム構成

| | |
|--------|--|
| 高精細カメラ | <ul style="list-style-type: none"> 解像度が8Kの高精細カメラを複数台設置し、製品の表面状態を撮像 |
| AIサーバ | <ul style="list-style-type: none"> カメラから伝送された高精細画像に対して、CNNを用いたAI画像解析を行い、不良有無を判定 AIの高度な処理精度が求められる |
| 通信範囲 | <ul style="list-style-type: none"> 工場施設内の製品加工を行う、限られたエリアでの無線通信が主となる |

通信要件

複数台の高精細カメラで取得した情報を圧縮し効率的に異常検知を行うために、下記の通信要件を設定する。

スループット：数十Mbps～

許容遅延時間：1秒

通信距離：～数十m

通信規格

利用環境には下記の特徴がある。

- 建物が狭い屋内環境
- 反射によるマルチパス・干渉
- 外部への電波漏洩



Wi-Fiとローカル5Gが候補として挙げられたが、アップリンクの性能が求められるため、大容量通信が特徴でUL:DL比の調整が可能な「ローカル5G」を選定

Case3



中小規模工場における、カメラ画像を用いた製品の異常検知のための無線導入の場合

- 本ケースでは、構築にあたりユーザー企業が工場の自動化に係る知見を蓄積するため、自社がプロジェクトをマネジメントし、無線通信環境、製品検査ソリューションをそれぞれベンダーから調達するケースを想定しています。

④ 体制検討

| | |
|------------------|--|
| 1ベンダー体制 | プライムベンダーを選定し、一社でプロジェクト管理から無線環境構築、アプリケーションそれぞれの領域まで一貫して担当 |
| 領域別ベンダー体制 | 自社がプロジェクト管理を担当し、無線環境構築、アプリケーションのそれぞれにベンダーを選定 |
| 階層型ベンダー体制 | プロジェクト管理を行うプロジェクト統括事業者を選定し、その配下に無線環境構築、アプリケーションそれぞれの領域別ベンダーを選定 |

体制検討の観点（例）

- ✓ 1ベンダーのみですべてのソリューションを整備可能か
⇒できなければ複数ベンダー体制になる
- ✓ システム規模・構成は大規模・複雑か
⇒大規模で複雑な場合、自社のみでの管理は困難
- ✓ 自社リソースに余裕があるか
⇒無ければプロジェクト統括管理もベンダーに依頼

本ケースの場合

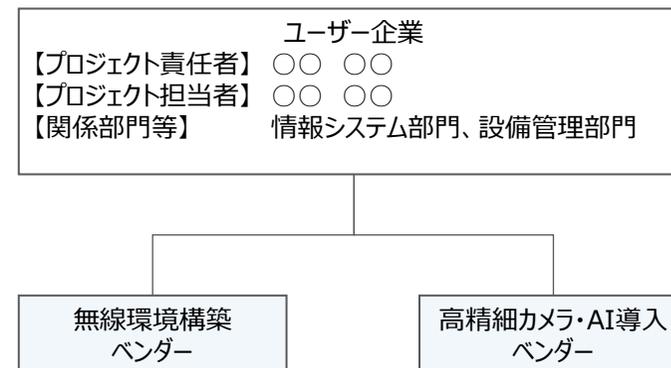
本ケースでは、無線通信環境と外観検査ソリューション(8Kカメラ、AIサーバ)の2領域の構築が必要となる。

ユーザー企業が、工場の自動化に係る知見を蓄積することを目指しているケースを想定し、自社でプロジェクトのマネジメントを行い、無線通信環境、製品検査ソリューションそれぞれでベンダーを選定する、領域別ベンダー体制で構築を行う。

- ❑ 無線環境(ローカル5G)と外観検査ソリューションを1社で整備できるベンダーがない
- ❑ 自社で工場の自動化に係る知見の蓄積を目指している

**自社でプロジェクトマネジメントをする
領域別ベンダー体制を選択**

本ケースの実施体制イメージ

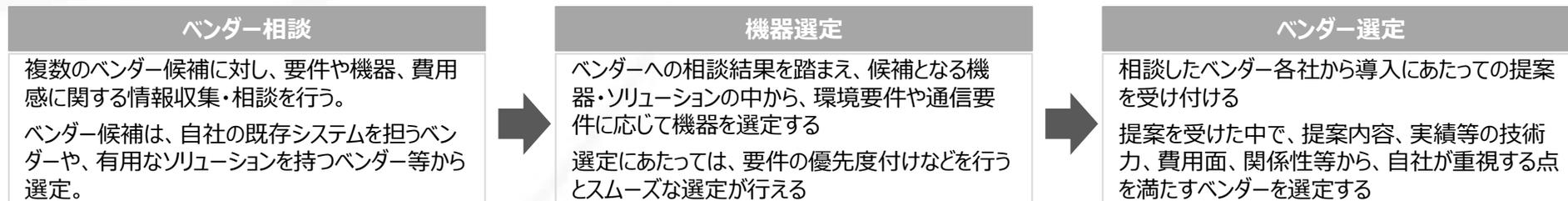


Case3

中小規模工場における、カメラ画像を用いた製品の異常検知のための無線導入の場合

- 本ケースでは、豊富な事例や知見を有しており、導入にあたって自社への知見の移入が見込める、類似の事例を有するベンダーに依頼する想定とします。

⑤ ベンダー相談・機器選定



本ケースの場合

自社がプロジェクトマネジメントを行うため、無線環境、外観検査ソリューションそれぞれを依頼できるベンダーに相談し、情報収集を行う。

- 【既存ベンダー】
既存システムのベンダー
- 【類似事例のベンダー】
類似事例のあるベンダー
- 【有力製品のベンダー】
有力製品を有するベンダー

自社で接点の有る企業や、導入するユースケースに近い実績を有するベンダー等に相談

| | |
|------|--|
| 環境要件 | ✓ 中小規模な屋内環境で利用 ✓ マルチパス・反射の発生 ✓ 敷地が狭く外部漏洩しやすい |
| 通信要件 | ✓ 高精細映像を伝送するアップリンクのスループットが高い水準で求められる |

外観検査ソリューションが難易度の高い先進的な取組みのため、無線通信(ローカル5G)については、機器として実績が豊富で安定した運用が見込めるSub6の製品を選定

費用面は提案のあった各社に大きな差はない前提で、以下の観点を重視してベンダーを選定

- ① ローカル5G及び外観検査ソリューションに係る豊富な知見
- ② 自社への知見の移入が見込める

自社で知見を蓄積するため、既に他の事例の知見を有する「類似事例のベンダー」を選定

第4章 無線通信技術の導入にむけて

- 4-1. 導入・運用の全体像
- 4-2. 導入における実施事項と進め方
- 4-3. 導入のケーススタディ
- 4-4. その他の検討事項**

- ローカル5Gによる無線通信システムの導入にあたっては、導入・運用費用が高額になる可能性があることから、費用対効果の見込める構築・運用方法を検討する必要があります。費用対効果の高い構築・運用に向けては、複数ユースケースでの利用やサブスクリプション型サービスの活用、5Gコア設備の地域共有化といった観点が考えられます。

費用対効果向上の
観点（例）

検討の方向性、詳細

複数ユース ケースでの 利用

- ローカル5Gを活用した無線通信システムは導入費用や維持費が高額になる恐れがあるため、単一のシステム（ユースケース）の実装を目的とした利用では、費用対効果が見合わない可能性が想定される。
- そのため、少数の基地局で多数の端末を収容できるローカル5Gのメリットを生かすことで、無線LANにおいて多数のアクセスポイントを設置する場合と比較して、費用対効果を向上させることができると考えられる。

クラウド型、 サブスク型の 利用

- ローカル5Gのサブスクリプション型サービスも提供が開始されており、月額数十万円程度から利用可能なものもある。
- 設計・構築・運用を含めたトータルサポートを利用できるが、利用環境や構築内容によって料金は変動することに留意が必要。

5Gコア設備 の地域共有

- 中小企業等におけるローカル5Gの実装コスト抑制を目的として、5Gコア設備の地域共有型モデルを検討することが考えられる。
- 総務省令和3年度開発実証においては、愛媛CATVが提供するコア設備の共有化を図る実証が行われ、地域コア設備共有型はオンプレミス型と同程度の遅延特性、5Gコアを東京（遠隔地）に設置した構成との比較においては遅延特性が優れていることが確認されており、高い性能を実現することも可能であると想定される。

第5章 おわりに

- 5-1. メッセージ、謝辞
- 5-2. 参考文献

第5章 おわりに

5-1. メッセージ、謝辞



メッセージ

- 本ガイドラインでは、無線通信技術を製造現場で活用する上で参考となるような先行実証実験や導入事例、導入の検討から運用に至るまでに検討すべき事項等について、活用シーンと併せた解説を行いました。
- 今後の技術動向や、無線通信関連機器の普及、各種制度の拡充等を踏まえたうえで、本ガイドラインも参照いただき、自社に最適な無線通信の導入検討にお役立ていただければ幸いです。

謝辞

今回のガイドライン作成のためのアンケートやインタビューの趣旨をご理解いただき、快くご協力いただきました事業者の皆さまに、深く感謝申し上げます。

著作体制

著作： 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO） IoT推進部

受託： PwCコンサルティング合同会社

技術指導： 国立研究開発法人 情報通信研究機構 経営企画部企画戦略室 総括プランニングマネージャー
板谷 聡子

第5章 おわりに

5-2. 参考文献 (1/2)



参考文献一覧

総務省「LPWAに関する無線システムの動向について」(2018)

総務省「工場向けワイヤレスIoT講習会座学講習テキスト」(2019)

総務省「ローカル5G等を活用した地域課題の解決に向けて」(2021)

総務省「製造現場におけるローカル5G等の導入ガイドライン」(2021)

総務省「総務省におけるローカル5G等の推進」(2021)

総務省「ローカル5G導入の手引き(令和4年3月版)」(2022)

総務省「地域デジタル基盤活用推進事業のご案内」(2023)

総務省「ローカル5G導入に関するガイドライン」(2023年8月改定)

総務省「最近の電波政策の動向について」(2023)

総務省「【参考資料2】基地局の共同利用のイメージ」(2023)

国立研究開発法人情報通信研究機構「情報通信機構研究報告(Vol 63 No.2 2017)」(2017)

国立研究開発法人情報通信研究機構「製造現場における無線ユースケースと通信要件(概要版)」(2017)

国立研究開発法人情報通信研究機構「製造現場における無線通信トラブル対策事例集」(2019)

国立研究開発法人情報通信研究機構「無線通信を用いた製造システムの導入」(2020)

第5世代モバイル推進フォーラム「ローカル5G導入支援ガイドブック 2.0版」(2022)

「製造現場における多種無線通信-製造現場における無線通信の課題」板谷聡子, システム/制御/情報, 2019, 64(5), p.206-211

第5章 おわりに

5-2. 参考文献 (2/2)



参考文献一覧

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「5G等の活用による製造業のダイナミック・ケイパビリティ強化に向けた研究開発事業 別紙1」(2022)

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「5G等の活用による製造業のダイナミック・ケイパビリティ強化に向けた研究開発事業 (2022年度) 別紙1」(2023)

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「5G等の活用による製造業のダイナミック・ケイパビリティ強化に向けた研究開発プロジェクト事業原簿 概略版」(2023)

トヨタ自動車株式会社「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 (MR技術を活用した遠隔作業支援の実現) 成果報告書」(2021)

沖電気工業株式会社「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 (地域の中小工場等への横展開の仕組みの構築) 成果報告書」(2021)

住友商事株式会社「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 (目視検査の自動化や遠隔からの品質確認の実現) 成果報告書」(2021)

日本電気株式会社「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) 成果報告書」(2021)

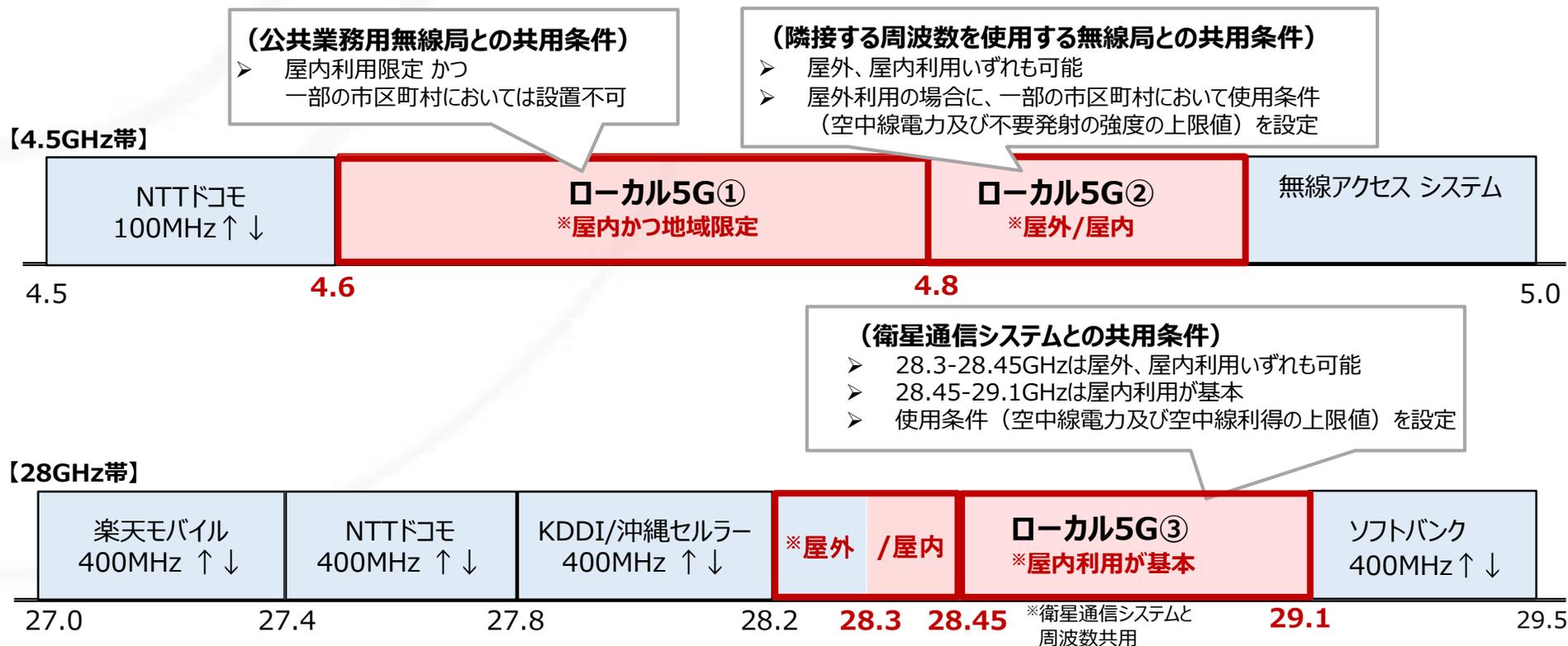
PwCコンサルティング合同会社「令和3年度課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証 5G及びデータフュージョンによる熟練溶接士の技能の見える化及び遠隔指導の実証 成果報告書」(2022)

株式会社愛媛CATV「令和3年度課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証 中小企業における地域共有型ローカル5GシステムによるAI異常検知等の実証 成果報告書」(2022)

広島ガス株式会社「令和3年度課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証 プラントの遠隔監視によるガス漏れ等設備異常の効率的検知の実現 成果報告書」(2022)

株式会社ハートネットワーク「令和3年度課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証 ローカル5Gを活用した精製物のAI粒度判定等による離島プラント工場の業務効率化の実現 成果報告書」(2022)

ローカル5Gで使用可能な電波の周波数帯および共用条件



■ 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

ローカル5G導入に関するガイドラインの概要

1. ガイドラインの目的

- ローカル5Gの導入を促進する観点から、ローカル5G等に係る制度について明確化するものであり、本ガイドラインにより新たな規制の導入を企図するものではない。
- ローカル5Gは「自己の建物内」又は「自己の土地内」での利用を基本とするが、一定の条件下において他者土地を自己土地相当と見なすことができる「共同利用」の概念等の導入に関し、必要な法整備を実施した。
- 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、ただし共同利用の基地局の免許人は電気通信事業者に限る。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。

ローカル5G導入の制度概要（自己土地利用/ 他者土地利用）

総務省「ローカル5G導入に関するガイドライン」より抜粋（2023年8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。）を「他者土地利用」という（以下同じ。）。
- 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、まず当事者間において干渉調整を実施し、合意できない場合は、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。
 1. 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
 2. 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
- また「共同利用」の場合も同様に他者土地利用の場合であっても自己土地利用として扱う場合がある。「共同利用」とは、複数の利用者が土地又は建物の所有権等を有する場合において、当該複数の利用者が、一の基地局を共同で利用することをいう。この際、共同利用により、それぞれの自己土地において通信を行う場合において、複数の利用者の自己土地及び一の基地局を含む必要最低限の区域（「共同利用区域」という。以下同じ。）内における利用は、他者土地利用であっても自己土地利用相当として取り扱う。
- 共同利用区域内において既に自己土地利用しており、周波数を共用することとなる他の免許人がいる場合は、その土地を共同利用区域に含めることはできない。ただし、当該免許人と協議の上、自己土地利用に係る無線局を廃止又は共同利用に係る無線局に変更し、当該免許人を共同利用の利用者に含める場合や、両者協議の上で使用周波数帯を分ける等、混信を回避するための措置をとることに合意した場合等ははこの限りではない。また、共同利用区域は再免許の際に見直しを行うこととし、共同利用区域内で新たに自己土地利用を希望する者が現れた場合は、共同利用区域から当該土地を除外しなければならない。これらの場合において、両者お互いの自己土地利用に対して混信を起ささないように必要な措置を講じなければならない。

ローカル5G導入の制度概要（共同利用）

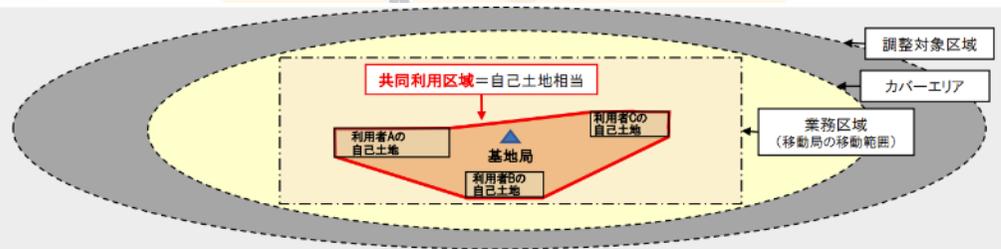
従来

エリアに含まれる他者の土地の所有者が後発でローカル5Gを利用しようとした場合、後発の所有者が優先となり、サービスが安定的に提供できない

「共同利用」 概念の導入

- ローカル5Gの更なる普及のため、**共同利用**という新しい概念を導入する。具体的には、**共同利用区域（一の基地局と利用者の自己土地を含む必要最小限のエリア）を設定し、当該区域は自己土地相当とみなす。**
- ただし、無秩序にエリア拡大することがないよう、共同利用区域の設定のほか、一定の条件の下で認めることが適当。

共同利用のイメージ



共同利用に求められる一定の条件（共同利用区域の設定以外）

- ① 免許主体は、電気通信事業者とする。
- ② 共同利用区域内において自己土地を有する複数の利用希望者からの同意を得る。ただし、農林水産事業者等、複数の利用者が集まった団体等から同意を得た場合は、この限りではない。
- ③ 共同利用の基地局の設置場所は、原則、共同利用区域内とする。ただし、他のローカル5Gの無線局への影響等を鑑み、共同利用区域外に置局することがエリア設計上合理的な場合は、この限りではない。
- ④ 共同利用の免許人は、共同利用区域内で新たに当該共同利用を希望する者に対して、共同利用サービスの提供を拒否してはならない。また、基地局等設備の技術的制約の範囲内で、免許人は可能な限り、新たに当該共同利用を希望する者の要請に応えるよう努めるものとする。
- ⑤ 利用者の変更があって共同利用区域に変更が生じる場合は、直ちに共同利用区域の変更申請を行う。
- ⑥ 共同利用区域内の他の新規利用希望者が容易に共同利用サービスの存在を把握できるよう、適切な方法による周知広報を行う。

各ユースケースに求められる通信要件

| 工場分類 | ユースケース | 平均データサイズ | 到達許容時間 | 通信頻度 | 機器接続数 |
|--------|----------------------------|---------------------|-----------|-------------------------|--------|
| 中小規模工場 | センサ情報を用いた在庫管理 | A few Byte | A few sec | 1~30 times per 1 sec | 10~100 |
| | カメラ画像を用いた商品の異常検知 | A few ~ tens MByte | 1 min | Once per 1 min | 1~10 |
| | 工場内の設備や備品に関する資産管理 | 200 Byte | 1 sec | Once per 1 sec | 100 |
| | 工作機械の遠隔モニタリング | A few hundreds Byte | 1 sec | Once per 1sec | 10 |
| | ローダのティーチングの無線化 | 50 Byte | 30 msec | Once every 200 msec | 10~100 |
| | 製造品カウントの無線化 | A few tens Byte | A few sec | Once per 1 sec | 10~100 |
| | 非常停止スイッチの無線操作 | - | ~500 msec | - | - |
| 大規模工場 | 工場内の環境センサで取得したデータの管理 | 16~32 Byte | 5 sec | Once per 1 min | 10~20 |
| | 映像転送による複雑な現場作業の支援 | A few ~ tens MByte | 500 msec | Once every 100 msec | 10 |
| | AGV等の移動ロボットの遠隔制御 | 40~250 Kbyte | 500 msec | 1~10 times per 1 sec | 10 |
| | 組立製品ごとのデータ転送の無線化 | 4 GByte | 1 minute | Once every 1~5 min | 1~500 |
| | プロトコル通信で管理・制御される機器の通信の無線化 | 1 KByte | ~10 msec | Over once every 10 msec | 5~10 |
| | 設備管理システムの無線化 | 100 Byte | 3 sec | Once every 5 min | 50 |
| プラント工場 | 過酷環境の生産設備の予防保全・故障予知 | 10~100 Byte | 1~60 sec | - | 10~100 |
| | カメラを用いた不法侵入者の検知 | A few ~ tens MByte | 100 msec | - | 1~10 |
| | 電力・エネルギー消費量の管理 | 32~64 Byte | 1 min | Once per 1 min | 20 |
| | 高所状況を取得したカメラ映像の伝送による遠隔作業支援 | 124 KByte | 200 msec | 30 times per 1 sec | 1~5 |
| | 現場の空気環境の異常検知 | 16~32 Byte | 5 sec | Once per 1 min | 10~20 |

| 本ガイドラインで使用した用語 | 解説 |
|----------------------------|---|
| 5GC | 5th Generation Core networkの略。5G専用のコアネットワーク。 |
| AGV | Automated Guided Vehicle の略。自動搬送機または無人搬送機のこと。人手を介さず自動で走行できる搬送車のこと。 |
| AP | Access Pointの略。無線LANで通信を行う端末を収容し、有線LAN等他のネットワークに接続するゲートウェイ装置の役割を担う。 |
| Bluetooth | 無線通信方式の1つ。2.4GHz帯の免許不要なISMバンドを使用している。既に全世界のスマートフォンやタブレット等で幅広く普及しており、製造現場においても活用が期待される。 国際的な業界団体であるBluetooth SIGが仕様の策定と普及の促進に取り組んでおり、各種市場における接続要件を満たす製品を開発できるよう、ワイヤレスオーディオ等のデータストリーミングを行うアプリケーションに最適化したBluetooth Basic Rate/Enhanced Data Rate (BR/EDR)と、低消費電力でのデータ転送に最適化したBluetooth Low Energy (LE)の、2つの方式に対応している。 |
| Bluetooth Low Energy (BLE) | Bluetoothに対して、省電力かつ省コストでの動作を考慮した近距離無線通信規格。 |
| DFS | Dynamic Frequency Selectionの略。5GHz帯には、Wi-Fi以外の用途で使われている周波数（※）が存在する（例：気象レーダー）。このレーダー等の電波を検知した際に、通信チャンネルを切り替える技術をDFSと呼ぶ。 ※5GHz帯の無線のうち、以下のチャンネルが該当する(日本の場合であり、国によって異なる)。切り替え時は、一時的に通信が途絶えるため、下記チャンネルを使う際には気をつける必要がある。W53：ch52 -64, -W56：ch100 -140 |
| DHCP | Dynamic Host Configuration Protocolの略。IPネットワークにおいて、IPアドレスやデフォルトゲートウェイアドレス等の設定情報を動的にネットワーク装置に設定するプロトコル。 |
| EPC | Evolved Packet Coreの略。4G/LTE向けのコアネットワーク。5G-NSA(Non standalone)でも利用。 |
| IEEE | Institute of Electrical and Electronics Engineers の略。米国に本部を持つ電気通信関連の仕様の標準化にかかわる団体で、例えば無線LANのIEEE 802.11 等様々な規格を策定している。 |
| IoT | Internet Of Thingsの略。様々なモノがインターネットにつながる事、あるいはインターネットにつながる様々なモノを指す。日本語では「モノのインターネット」とも訳される。 |
| IP | Internet Protocolの略。複数の通信ネットワークを相互に接続可能とするプロトコルの一つ。 |
| IPアドレス | IPでネットワーク上の機器を識別するために指定するネットワーク層における識別用の番号。論理アドレスとも呼ばれる。IPアドレスは、IPv4では32bit、IPv6では128bitの数値で表現される。インターネットに接続できるグローバルアドレスと、接続できないローカルアドレスに分かれており、グローバルアドレスは所定の機関から割り当てられる。 |
| ISMバンド | Industrial Scientific and Medical Bandの略。産業・科学・医療分野で汎用的に使うために割り当てられた周波数の帯域（バンド）のこと。国際電気通信連合（ITU）によって取り決められている。 |

| 本ガイドラインで使用した用語 | 解説 |
|----------------|---|
| LOS/NLOS | 無線通信において、送信機と受信機の間障害物がなく、見通しがある場所のことをLine Of Sight、略してLOSと呼ぶ。見通しがない2点間をNLOS (Non Line of Sight) と呼ぶ。見通しの有無によって電波の届く程度に影響がある。 |
| LPWA | Low Power Wide Areaの略。低消費電力かつ広域・長距離通信を特徴とする無線通信技術。 |
| LTE | Long Term Evolutionの略。携帯電話の通信規格の1つで、世代の長期的進化・発展を目指して国際的な標準化団体である3GPPで標準化が進められたもの。近年では、LTEと互換性のある無線システムや、LTE方式を応用した無線システムも登場している。 |
| MNO | Mobile Network Operatorの略。移动通信サービスを提供する電気通信事業を営む者であって、当該移动通信サービスに係る無線局を自ら開設・運用している者のこと。 |
| NSA/NSA構成 | 5Gのネットワークを構成には、NSA (Non-Stand Alone) 構成と呼ばれるノンスタンドアローン型と、SA (Stand Alone) 構成と呼ばれるスタンドアローン型の2種類がある。NSAは、制御信号を4Gのインフラ基盤を利用して動作させる仕組みであり、4Gと5Gを同時に利用するもの。具体的には、4G LTEのコアネットワークと5Gの基地局を組み合わせたシステム構成をとっており、ネットワークのインターフェースに4Gのものを流用することが可能である。そのため、通信事業者や通信機器メーカーにとって、SAよりも参入しやすいという特徴がある。既存の基地局を流用すれば、5Gの基地局を設立するよりもコストも時間も負担がかからず、5G普及の初期段階において導入が進められている。 |
| OS | Operating Systemの略。コンピュータを動作させるための基本となるソフトウェアのこと。 |
| RFID | Radio Frequency Identifierの略。ID情報などを埋め込んだRFタグから、電磁界や電波などを用いた近距離の無線通信によって情報をやり取りするもの。 |
| RU | Radio Unitの略。 |
| SA/SA構成 | 5Gのネットワークを構成には、NSA(Non-Stand Alone)構成と呼ばれるノンスタンドアローン型と、SA(Stand Alone)構成と呼ばれるスタンドアローン型の2種類がある。SA (Standalone) のシステム構成では、コアネットワークも含めて5G の新しい技術に基づいたもので構成される。 |
| Sub6 | ローカル5G で使用される電波帯域のうち、4.6 4.9GHz の周波数帯のこと。 |
| Wi-SUN | Wireless Smart Ubiquitous Networkの略。 免許不要なISMバンドを使用した無線通信方式の1つ。 国際的な業界団体であるWi-SUN Allianceが仕様の策定と普及の促進に取り組んでいる。日本では920MHz帯を利用したWi-SUN HAN (Home Area Network) が全ての電力会社のスマートメーターで採用されており、既に全国に普及している。標準化された技術をベースとしたマルチホップメッシュネットワークを実現するWi-SUN FAN (Field Area Network) の仕様策定が進められており、製造現場での活用が期待される。 |

| 本ガイドラインで使用した用語 | 解説 |
|----------------|--|
| zigbee | 無線通信規格の一つ。センサーネットワークに適している。転送可能距離が短く転送速度も低速だが、消費電力が少なく低コストという特徴がある。zigbeeの由来は、zigzag+bee。ミツバチがジグザグに飛び回り情報を伝達する様にちなんで名づけられた。 |
| アクセスポイント | 無線LANの構築に必要となる装置。無線 LAN で通信を行う端末を収容し、有線LAN 等のネットワークに接続するゲートウェイ装置の役割を担う。 |
| 回折 | 電波が障害物の後ろに回り込むこと。 |
| 解像度 | 画像における画素の密度を示す数値のこと。 |
| カバーエリア | 申請に係る基地局又は陸上移動局との間の通信を行うことが可能な区域。「カバーエリア及び調整対象区域の図」は申請の際に添付資料として必要。 |
| 干渉調整 | 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、他の通信事業者がサービスを行っている。それらの無線局との間で有害な混信が発生しないように調整を行うこと。 |
| 空中線 | アンテナ - 空間の電波（電磁波）を放射し変換するための装置。 |
| 空中線電力 | 無線の送信機からアンテナに供給される電力のこと。電波の強さを表す。 |
| 空中線利得 | 電波法施行規則第二条 七十四「空中線の利得」とは、与えられた空中線の入力部に供給される電力に対する、与えられた方向において、同一の距離で同一の電界を生ずるために、基準空中線の入力部で必要とする電力の比をいう。この場合において、別段の定めがないときは、空中線の利得を表わす数値は、主輻射の方向における利得を示す。 注) 散乱伝搬を使用する業務においては、空中線の全利得は、實際上得られるとは限らず、また、見かけの利得は、時間によつて変化することがある。 |
| クラウドサービス | 利用者が自前のコンピュータで利用していたデータやソフトウェアをネットワーク経由で、サービスとして利用者に提供するもの。 |
| 携帯電話事業者 | 携帯電話サービスを行う事業者。2021年3月時点ではNTTドコモ、KDDI/沖縄セルラー、ソフトバンク、楽天モバイル。 |
| ゲートウェイ | 異なる通信規約（プロトコル）のネットワーク間を接続するための装置。 |
| 減衰 | 電波の移動距離や障害物への衝突により電力密度が低下すること。 |
| コアネットワーク | 5Gネットワークの構成要素は、基地局等のアクセス設備（RAN：Radio Access Network）と、コアネットワーク設備に分けられる。コアネットワークは、認証・セキュリティ管理、セッション管理、ポリシー制御、パケット転送等の機能を司る。 |
| 散乱 | 電波の進行方向が不定になる事象のこと。 |

| 本ガイドラインで使用した用語 | 解説 |
|--------------------------|---|
| 周波数 | 1秒間に繰り返す波の数のことで単位はHz。 |
| スループット | 単位時間当たりのトラフィック量のこと。 |
| 総務省「ローカル5G 導入に関するガイドライン」 | ローカル5Gの導入を促進する観点からローカル5Gに係る制度について明確化したもの。 |
| 帯域 | 無線通信に用いる一番高い周波数と一番低い周波数の幅のこと。 |
| 第5世代移動通信システム | 4G (LTE) に続く最新の無線通信システムのこと。「超高速」、「多数同時接続」、「超低遅延」の特徴を持つ。英語の5th Generation mobile networkから5Gと呼ばれる。 |
| チャンネル | 周波数チャンネルとも呼ばれ、通信方式で定義されたデータ通信に使用する周波数幅、もしくは通信方式で利用が規定されている周波数帯においてデータ通信に使う周波数幅の1単位のこと。 |
| 調整対象区域 | <p>自無線局が他の無線局に影響を与える可能性があるエリアのこと。ローカル5Gの免許申請にあたり考慮すべき対象は以下。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1)全国MNO事業者:NTTドコモ(4.6G-4.9GHz)、KDDI・ソフトバンク(28.2-29.1GHz) 2)近接のローカル5G事業者 3)地域BWA事業者(アンカーバンド使用時) 例:秋田ケーブルテレビ、BWAジャパン、阪神ケーブルエンジニアリング、愛媛CATV 等 4)全国BWA事業者(アンカーバンド使用時) 例:UQコミュニケーションズ、Wireless City Planing等 5)自営等BWA事業者(アンカーバンド使用時) 例:大阪ガス等 |
| 通信速度 | 1秒間にどれだけデータを送信できるかを示す指標のこと。単位はbps (bit per second)で表される。1,000bps=1k(キロ)bps、1,000,000bps=1M(メガ)bps、1,000,000,000bps=1G(ギガ)bpsというように単位表記されることが多い。5GHz帯のWi-Fi規格であるIEEE 802.11acでは、最大6.93Gbpsをサポートする。但し、この数値は理論値であり、データに対して宛先等のヘッダー情報が必要となる点や、通信の衝突回避を避けるための待ち合わせ時間が発生する点から、実際の通信速度は理論値よりも低下する。 |
| 通信方式 | 端末間においてデータを送受信する場合のやり取りの仕方を定義したもの。 |
| 電気通信事業 | <p>電気通信事業は電気通信事業法第2条に規定する電気通信役務を行う事業のこと。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・電気通信役務電気通信設備を用いて他人の通信を媒介し、その他電気通信設備を他人の通信の用に供すること ・電気通信事業電気通信役務を他人の需要に応ずるために提供する事業（放送法第118条第1項に規定する放送局設備供給役務に係る事業を除く。） |

| 本ガイドラインで使用した用語 | 解説 |
|----------------|--|
| 電気通信事業法 | 電気通信事業は、電気通信事業法第2条に規定する電気通信役務を行う事業のこと。 電気通信事業法は、電気通信事業の公共性に鑑み、その運営を適正かつ合理的なものとするとともに、その公正な競争を促進することにより、電気通信役務の円滑な提供を確保するとともにその利用者の利益を保護し、もって電気通信の健全な発達及び国民の利便の確保を図り、公共の福祉を増進することを目的としている。 |
| 電波 | 周波数が3THz以下の電磁波のこと。 |
| 電波干渉 | 2つ以上の電波が同じ地点に到達して重なり、お互いに強めあったり弱めあったりする現象のこと。 特に、他の無線局からの妨害等通信系に混入する妨害現象を指す。 例えば、2.4GHz帯の無線は、同一周波数帯を使用する電子レンジの電磁波から干渉の影響を受ける。 更に無線LANでは、送信前に他の無線機が電波を発している場合、通信衝突を避けるため、送信タイミングを遅らせる仕組みがあり、同一エリア/システムに多数の通信機器を設置した場合、伝送待ち時間（遅延）の拡大による通信速度低下も干渉の一つと言われる。 |
| 電波伝搬 | 電波が空中を伝わり、離れた場所に到達すること。 |
| 電波法 | 電波の公平かつ能率的な利用を確保することによって、公共の福祉を増進することを目的とする日本の法律。電波の利用に関して基本的な事柄について定めた法律であり、無線局の免許、無線設備の条件、無線設備を操作するもの(無線従事者)の条件等が含まれる。この規則に基づいて、利用できる電波の周波数、強さ、目的等が規定されている。 |
| 伝搬経路 | 電波が通過する経路のこと。 |
| 透過 | 電波が物体を通り抜けること。 |
| 同期／非同期／準同期 | 5GのTDD無線運用方法の一つ。通信キャリアが展開する全国5Gや他局のローカル5Gに干渉を生じさせないようにするため、基地局と端末間の無線フレーム開始タイミング及び上下リンク通信パターンを一致させて通信することを同期（同期運用）という。非同期（非同期運用）は、無線フレーム開始タイミング及び上下リンク通信パターンが揃っておらず、基地局間・移動局間の干渉を生じうる。準同期は、非同期運用の1種であるが、上りリンク速度増大・低遅延を実現しつつ、同期局との干渉調整の簡素化が可能な通信パターンにより運用するもの。なお、原則として同期運用を行う無線局（同期局）が、非同期運用を行う無線局（非同期局）よりも優先的に保護される。 |
| パケット | 「小包」という意味。ネットワーク上を流れるひとかたまりのデータのこと。プロトコルヘッダ、送受信アドレス、データ本体、エラー検出コード等が含まれている。 |
| 反射 | 光が鏡等で反射するのと同様に、電波も反射する。紙やガラス等は電波を透すが、金属製のものは電波をよく反射する。 |
| フレームレート | 1秒あたりの動画を構成する画像の枚数のこと。 |

| 本ガイドラインで使用した用語 | 解説 |
|--------------------|--|
| プロトコル | 通信規約のこと。具体的には、コンピュータ、通信端末、通信網等の機械と機械とが相互に通信するために、情報の表現手段、情報の意味内容、通信手段等を定めた種々の約束ごとをプロトコルと呼ぶ。 |
| 変調（・復調） | 通信において情報を電波等の通信媒体にのせて送ることができるように変換することを変調と呼ぶ。逆に、受信した電波等の通信媒体から情報を取り出すことを復調と呼ぶ。電波で情報を送る場合、搬送波（キャリア）と呼ばれる一定の周波数の電波を様々に変化させることが変調にあたる。周波数変調（FM: Frequency Modulation）、振幅変調（AM: Amplitude Modulation）、位相変調（PM: Phase Modulation）等の方法がある。 |
| 変調方式 | 通信において情報を電波等の通信媒体に乗せて送ることができるように変換する変換方法のこと。 |
| 包括免許 | 携帯電話端末等の陸上移動局のうち、適合表示無線設備のみを使用するものは、個別の無線局毎に免許を受けることなく、目的、通信の相手方、電波の型式及び周波数並びに無線設備の規格を同じくするものである限りにおいて、複数の無線局を包括して対象とする1つの免許を受けることができる。（電波法第27条の2） |
| マルチパスフェージング（マルチパス） | 無線通信で届く電波の強度が、複数の経路を経て到達することにより変動すること。無線局の移動や時間経過により、障害物や大気中の電離層による反射等が変化し、時間差をもって到達した電波の干渉に変化が発生することで起きる。 |
| ミリ波 | ローカル5Gで使用される電波帯域のうち、28.2～29.1GHzの周波数帯のこと。 |
| 無線従事者 | 無線従事者とは電波法上で「無線設備の操作又はその監督を行うものであつて、総務大臣の免許を受けたもの」と定義されている。なお、ローカル5G基地局の運用には、第三級陸上特殊無線技士の資格を持つ無線従事者が必要となる。第三級陸上特殊無線技士の資格者は、陸上の無線局の無線設備（レーダー及び人工衛星局の中継により無線通信を行う無線局の多重無線設備を除く）で掲げるものの外部の転換装置で電波の質に影響を及ぼさないものの技術操作が可能となる。 1. 空中線電力50W以下の無線設備で25010kHzから960MHzまでの周波数の電波を使用するもの 2. 空中線電力100W以下の無線設備で1215MHz以上の周波数の電波を使用するもの |
| 無線LAN | 無線を使って構築されるLAN（Local Area Network）のこと。通信方式は、2.4GHz帯を用いるIEEE 802.11b（最大伝送速度11Mbps）や、5.2GHz帯を用いるIEEE 802.11a（最大伝送速度54Mbps）等がある。IEEE 802.11諸規格に準拠した機器で構成されるネットワークのことを指す場合が多い。 |
| 免許／免許申請 | 無線局の免許は、所在地を管轄する地方総合通信局（沖縄総合通信事務所を含む）に申請する。総合通信局の管轄地域と所在地は、総務省の以下URLに記載。 https://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/fees/other/commtab1/ |

| 本ガイドラインで使用した用語 | 解説 |
|----------------|---|
| ローカル5G | 地域の企業や自治体等が無線局免許を取得し、個別に利用できる 5G ネットワーク。 |
| ローカル5G無線局 | ローカル5G用周波数を利用した免許を受けた無線局の総体をさす。NSA方式の場合は、5Gの無線局に加えて、4Gの基地局、コアネットワークを含む。 |
| ローミング | 無線子機が現在接続している無線親機から他の無線親機へ接続先を変更する機能のこと。ローミングにより移動しながら、無線通信を継続することが可能。 |

本ガイドラインは、国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術開発機構（NEDO）の委託業務「5 G等の活用による製造業のダイナミック・ケイパビリティ強化に向けた研究開発事業(JPNP21010) / 製造現場における無線通信技術の活用と課題に係る調査事業」の成果として、得られたものです。