

工場向けワイヤレスIoT講習会

事前学習テキスト

バージョン	発行日
Ver 1.0	2018年12月7日
Ver 1.1	2019年10月25日
Ver 1.2	2020年12月21日

1. はじめに [P4](#)
2. 無線が解決する課題 [P10](#)
3. 無線の基礎知識 [P16](#)
4. 工場における無線によるシステム構成例 [P32](#)
5. 工場における無線の特徴 [P37](#)
6. 工場における無線の導入手順 [P54](#)
7. 無線の管理・運用 [P63](#)
8. 最新の動向 [P75](#)
9. 無線のQ&A [P81](#)
10. 無線の用語集 [P102](#)

1.はじめに

本書は、総務省における「IoT機器等の適正利用のためのICT人材育成事業」の一環として開催する「工場向けIoTワイヤレス講習会」のテキストとなっております。

我が国においては、「未来投資戦略2018」や「経済財政運営と改革の基本方針2018（骨太の方針）」等の閣議決定にも組み込まれているとおり、IoTをはじめとしたICT技術の円滑な社会実装・普及を推進し、生産性の向上や非連続的なイノベーションの創出へと繋げることが急務となっている状況です。

こうした時代の要請に対応するためには、電波有効利用の観点からも、適切なIoT機器等の選定や利用に係るリテラシーの向上を図っていくことが不可欠である旨、情報通信審議会等でも報告されているところです。

このような背景を鑑み、総務省では上記の人材育成事業を実施しておりますところ、受講者のニーズも踏まえ、特定分野向けの体験型講習メニューとして、昨年度より本講習会を開催することと相成りました。

本講習会は、工場等の製造現場における実務担当者・管理者等を対象とし、IoT機器等の電波利用に係る知識及び技術の実践的な習得を目指すものです。

講習プログラムにおいては、そもそものワイヤレス化・IoT化の意義や、無線の基礎知識、導入・運用手順、活用事例、トラブル時の解決方法等、現時点で必要な情報が体系的・網羅的に整理されております。

最後に、本講習プログラムが十分に活用され、電波の適正利用等への理解が促進されるとともに、工場におけるワイヤレス化・IoT化が加速し、我が国の生産性革命の実現へと繋がっていくことを期待しております。

本教材の位置づけ

本教材の対象者

- 主に製造業の方で、工場向けワイヤレスIoTの導入を検討又は既に導入しており、その適正な運用方法についての知識・スキルを習得したい方

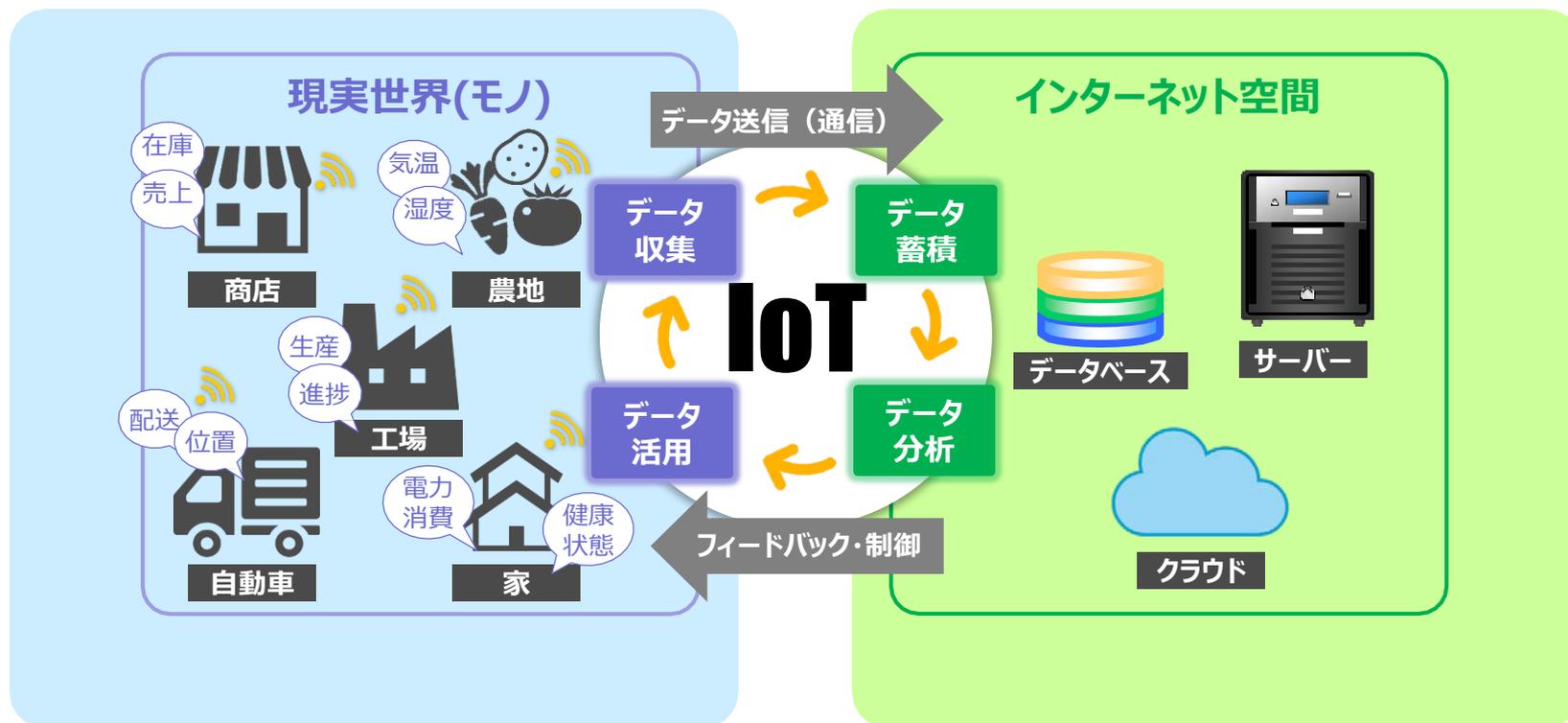
本教材の位置づけ

- 対象者が無線に関する知識を深め、工場への無線の導入を具体的にイメージできるようになるための教材です。

IoT (Internet of Things)

- IoT(Internet of Things)とは、現実世界の様々なモノがインターネットとつながることです。
- モノの世界で収集したデータが、通信によりインターネット空間に送信・蓄積され、データを分析・活用することで新たな価値の創出につながります。

IoTの活用イメージ

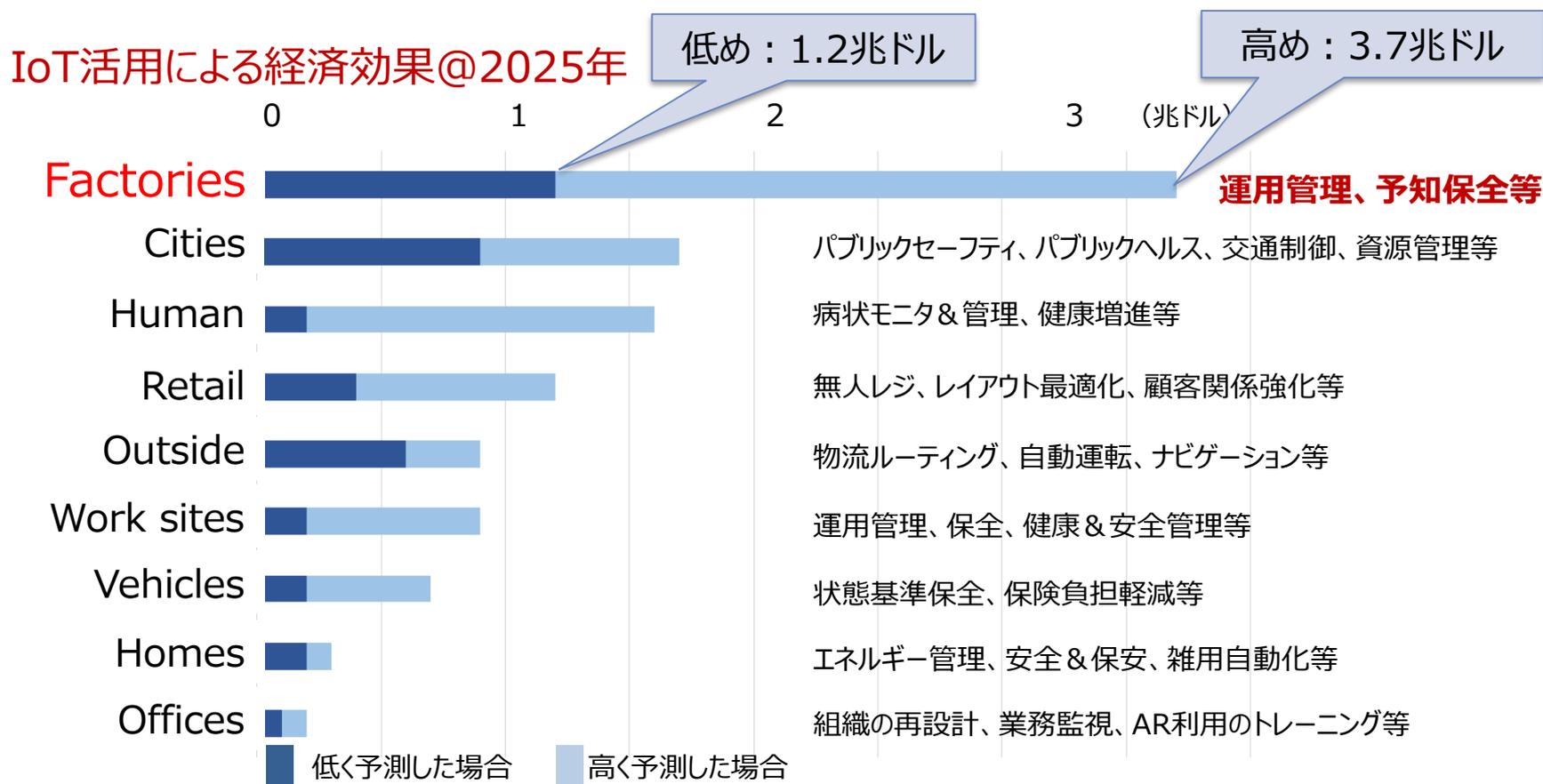


出典

「講習会テキスト IoT機器等の電波利用システムの適正利用のためのICT人材育成事業」総務省

IoT活用の経済効果

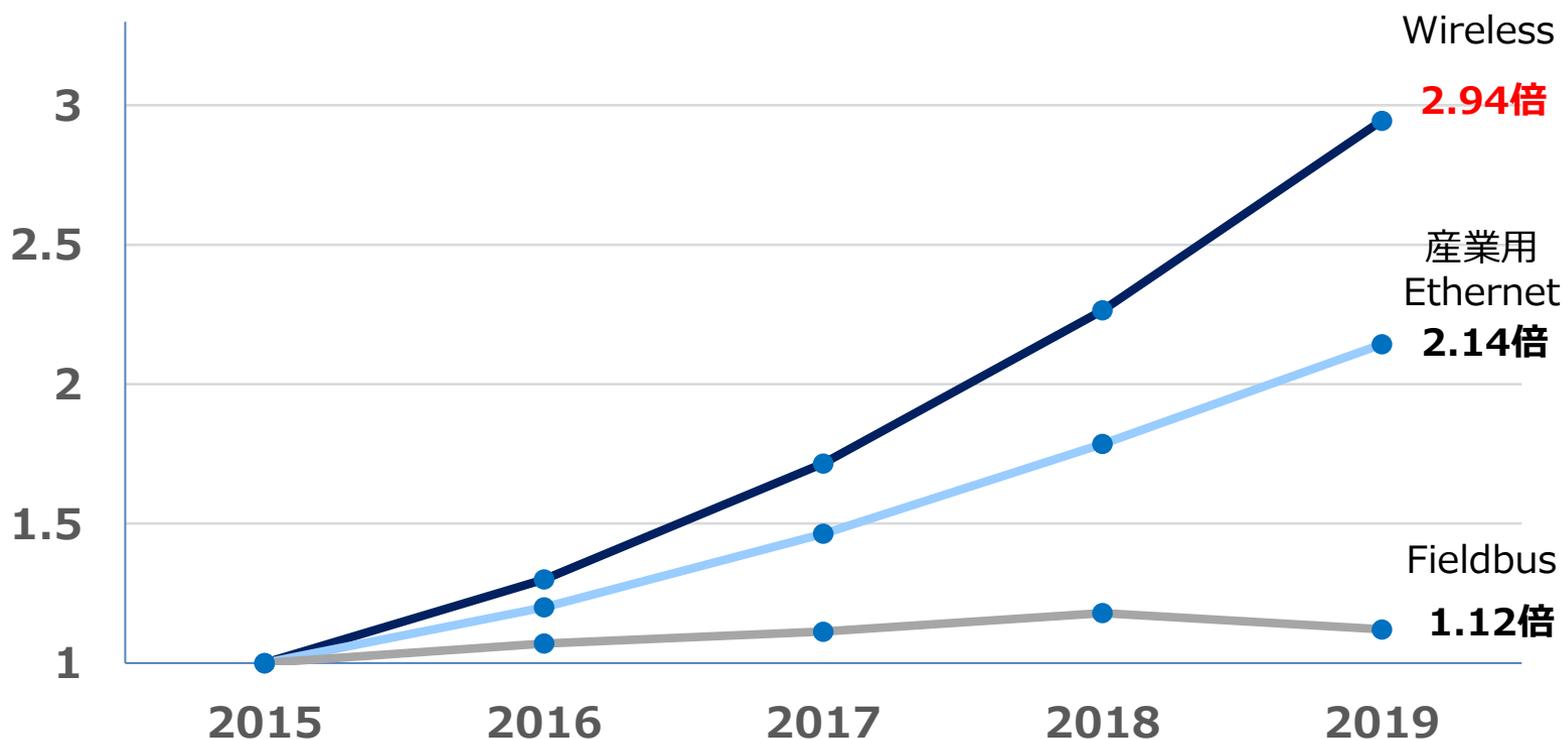
- 製造業の分野が最も大きく、2025年には最大3.7兆ドルに達する予測。
- 労働人口や熟練工の不足、多品種少量生産の拡大、製造業のサービス化によるバリューチェーンの変化等に対応するため、IoTの導入が期待されています。



工場における無線利用の拡大

- 工場における通信は、近年はデジタル系ネットワークが普及してきています。従来から利用されているFieldbus（工場等向け有線シリアルネットワーク）に代わり、産業用Ethernetと無線が普及しています。
- 特にIoT活用の拡大による無線の普及の伸びは大きく、2015年～2019年で3倍近くに拡大しています。

工場用通信種類別の市場成長 * 2015年の規模を1としたときの値、予測値



2.無線が解決する課題

事例紹介

- 工場には、通常業務及び工場内の有線ネットワークの整備や設備管理に係る手間やコストの削減、設備稼働の効率化といった課題があります。
- ネットワークを無線化することで、上記の課題が解決することが期待できます。

事例	課題	解決策	無線化による期待・効果
①	設備が効率的に稼働していない	画像、センサー等による工程等の可視化	TPM (Total Productive Maintenance) 活動の一助となります
②	広い工場内に点在する設備をうまく管理できない	距離のある建屋からの無線による監視・通報	集約的な管理の実現により、設備異常の早期発見・ダウンタイム削減が可能です
③	工場内の物品搬送に人手がかかる	移動体(AGV等)の活用	物品搬送における移動体の遠隔制御・位置管理を実現できます
④	有線ネットワークでは工場内のレイアウト変更に手間とコストがかかる	工場用Ethernetの無線化	無線ネットワークを構築することで、ライン組替の煩雑さが解消されるため、最適な工場内レイアウトを容易に実現できます
		PLCツールの無線化	

事例①「設備が効率的に稼働していない」

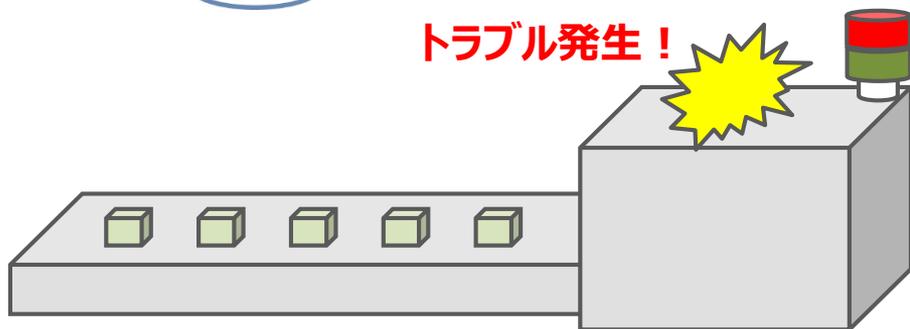
- 無線ネットワークを構築することでTPM活動による効率化が可能となります。

Before



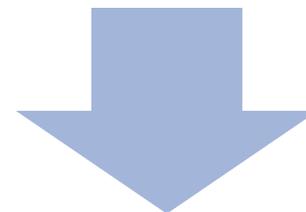
いつも機械にトラブルが発生するけど、原因が分からない・・・

トラブル発生！



解決策
(無線の活用)

画像、センサー等による工程等の可視化



After



壊れる前に直せば安定的な設備稼働につながる生産性への貢献が大きい

データ解析による
故障予兆・稼働率改善

TPM (Total Productive Maintenance) 活動の一助となります

センサー



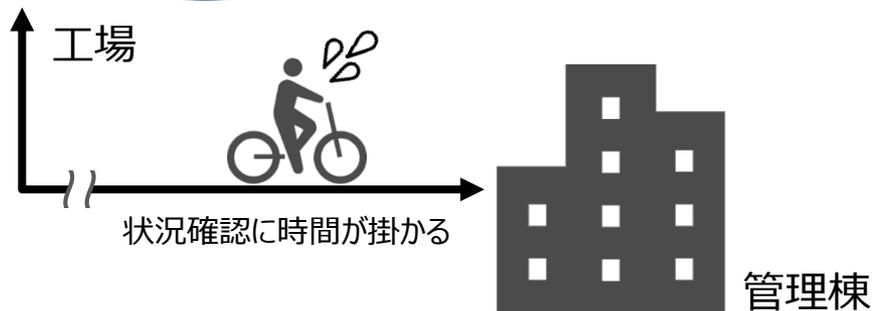
事例②「広い工場内に点在する設備をうまく管理できない」

- 集約的な管理の実現により、設備異常の早期発見・ダウンタイム削減が可能です。

Before



工場が管理棟から離れているから、設備異常時の状況把握にタイムラグがある・・・



After



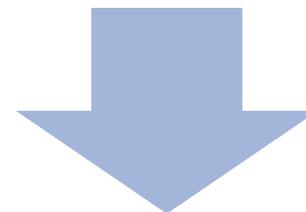
異常がすぐに分かって、人手も掛からないから一石二鳥

工場設備に設置したセンサー



解決策
(無線の活用)

距離のある建屋からの無線による監視・通報



集約的な管理の実現により、
設備異常の早期発見・
ダウンタイム削減が可能です

事例③「工場内の物品搬送に人手がかかる」

- 無線ネットワークを構築することで工場内の物品搬送工程を可視化することができます。

Before



AGVやAMRを導入したいけど、
制御や管理をうまくできるか・・・

?



人手による搬送

AGV等による搬送の自動化/省力化

After



無線だとAGVやAMRを
簡単に制御できる
どこにあるのかも把握可能だ

AGV

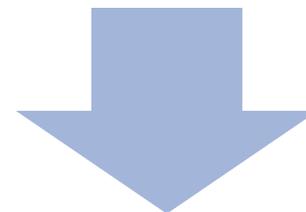


AMR



解決策
(無線の活用)

移動体(AGV等)
の活用



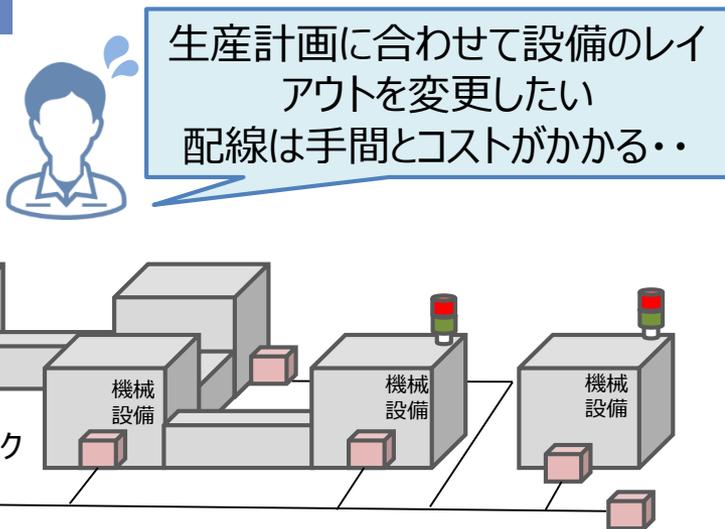
物品搬送における移動体の遠隔制御・位置
管理が実現できます

※AMR : Autonomous Mobile Robot 自律走行搬送ロボット
※AGV : Automatic Guided Vehicle 無人搬送車

事例④「有線ネットワークでは工場内のレイアウト変更に伴って手間とコストがかかる」

- 無線ネットワークを構築することで最適な工場内レイアウトを容易に実現できます。

Before



After



解決策
(無線の活用)

工場用Ethernetの
無線化

PLCツールの無線化

無線ネットワークを構築することで、
ライン組替の煩雑さが解消されるため、
最適な工場内レイアウトを容易に実現できます

※PLC : Programmable Logic Controller 電子制御装置

3.無線の基礎知識

電波の有効利用

- IoTでは、膨大な数の機器等が電波を利用することになります。
- そのため、電波の干渉等が発生しないよう、電波を有効利用することが不可欠です。

背景

詳細

IoTによる 電波利用の増大

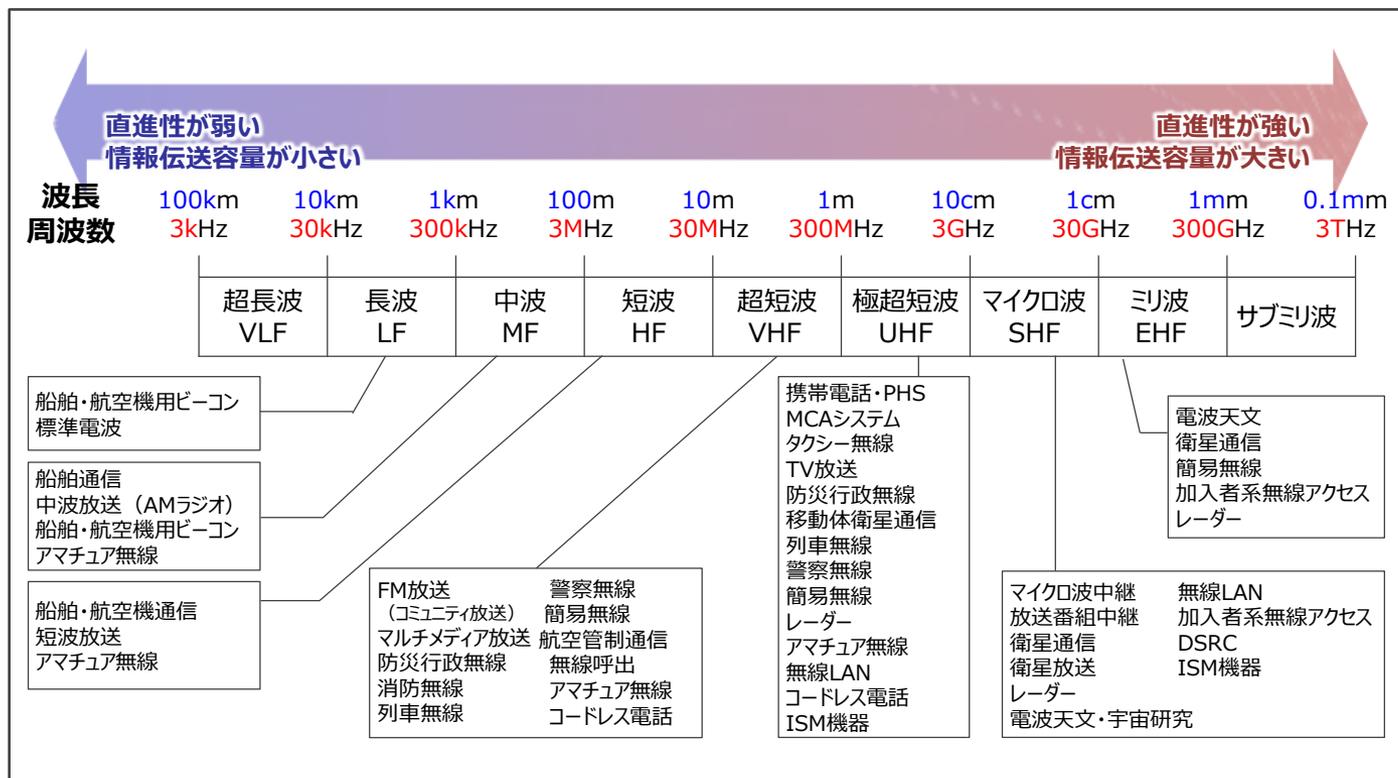
- 今後、多種多様な分野・業種で、膨大な数のIoT機器が利用されることが予想されています。
- IoT機器は、データを有線または無線で送信しますが、無線を利用する場合には電波を利用したものが、大多数となります。
- そのため、今後、膨大な数のIoT機器による電波の利用が急増することが見込まれています。

電波の有効利用の 必要性

- 利用できる周波数は用途によって電波関連法令で規定されています。
- これは、電波は有限希少な資源であり、電波利用の要求があるからといって、無計画に周波数を割り当てると、電波資源が枯渇してしまうからです。
- また、電波を利用する無線の通信では、同じ周波数の電波を複数の機器が同時に使用すると干渉してしまい、通信が不安定になったり、速度低下を招くことがあります。

電波と周波数

- 「電波」とは周波数 3THz(テラヘルツ) 以下の電磁波と定義されています。
- 電波法では用途によって使用できる電波の周波数、強さ、目的等を規定しています。
- 通信や放送のほかに、レーダーのような測位・測定や、電子レンジのようなエネルギー伝達にも利用されています。

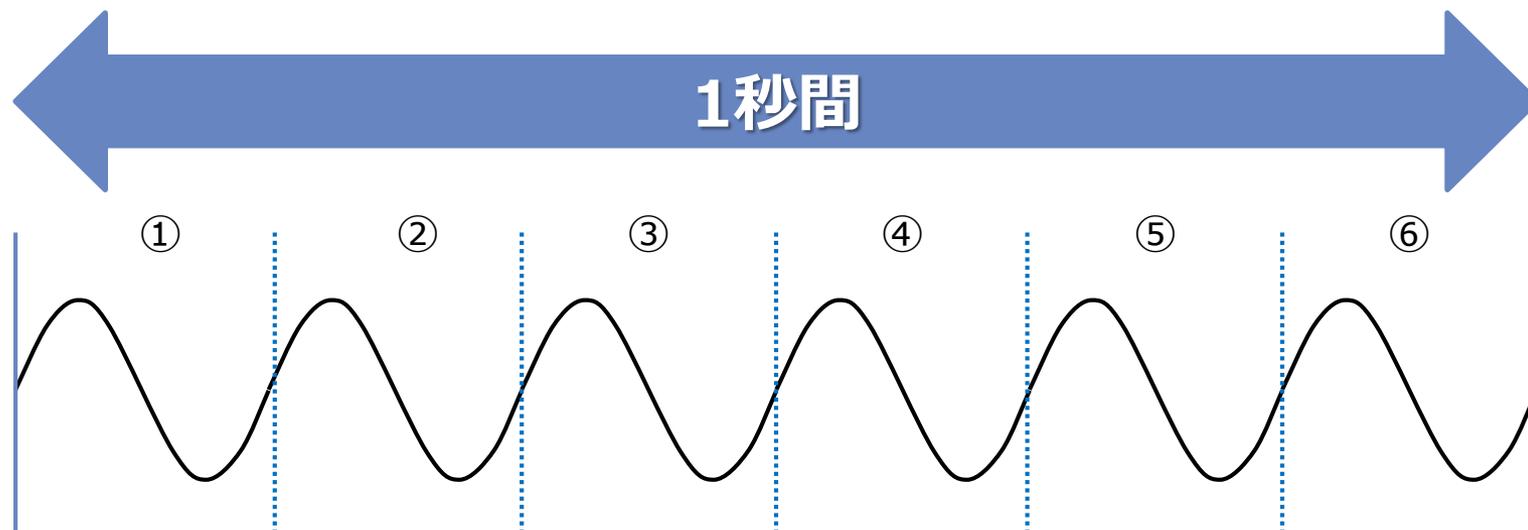


出典

「周波数帯ごとの主な用途と電波の特徴」総務省(<http://www.tele.soumu.go.jp/resource/search/myuse/use/ika.pdf>)

参考) 周波数の定義と単位

- 周波数とは1秒間に電流や電波が振動する数。単位は^{ヘルツ}Hzです。



1秒間に6回の振動 = 6Hz

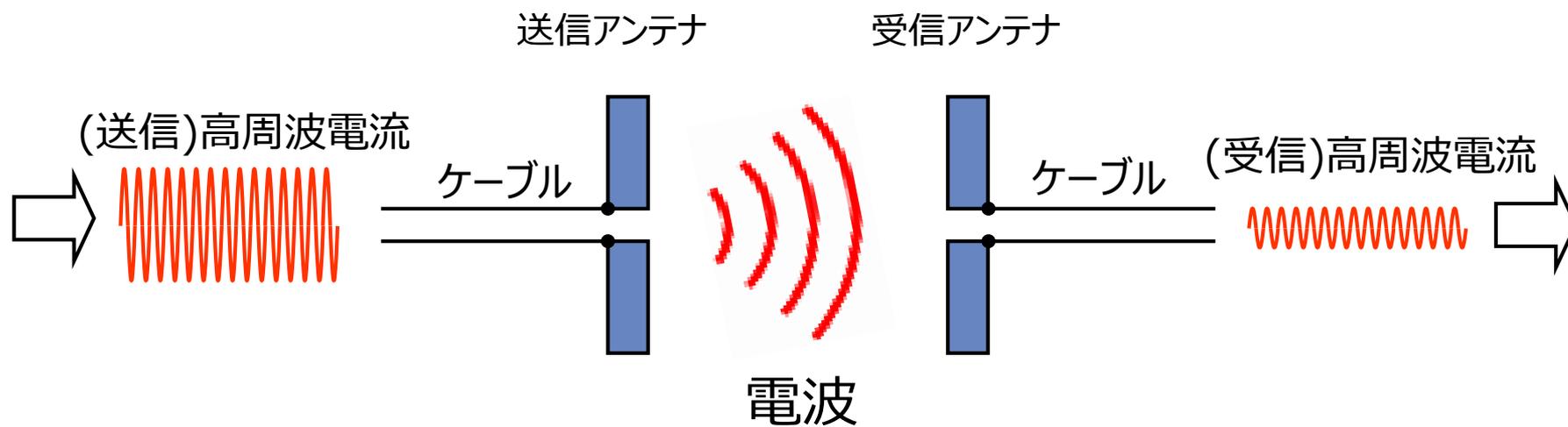
フリケンシー

Frequency

無線の世界で **f** と1文字書いてあれば
ほぼ100パーセント 周波数の意味。

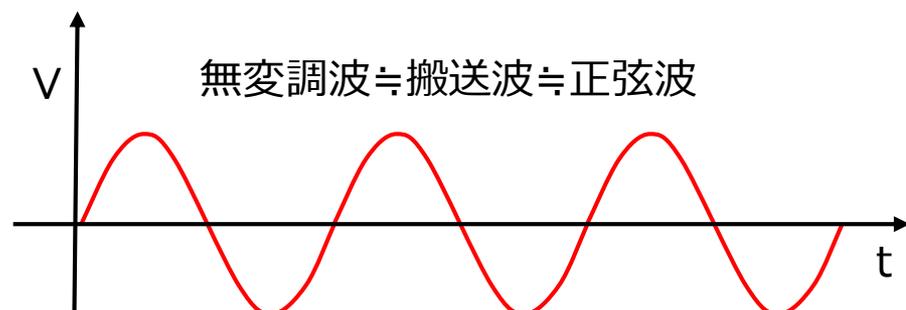
参考) 電波の発生と受信の原理

- 電波は交流電流が空間に放射されたものとなります。
- 高周波の交流電流をアンテナへ加えることで、効率的に電波が放射されます。
- 電波を受信したアンテナは、交流電流を出力します。



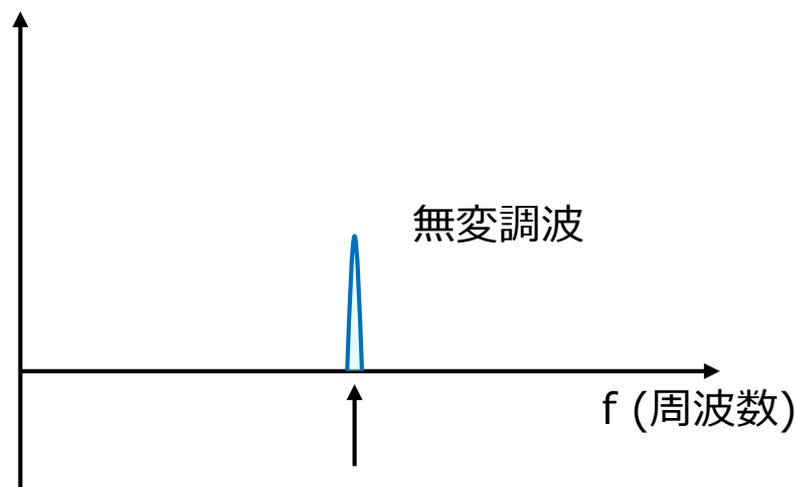
参考) 無線変調と搬送波

- 無線変調は、電波に情報を乗せる操作のことを指します。
- 情報を全く載せていない無線信号のことを搬送波（キャリア）と呼びます。
- 1つの周波数成分しか持たない純粋な波（正弦波）のため、周波数幅は、ほぼゼロとなります。

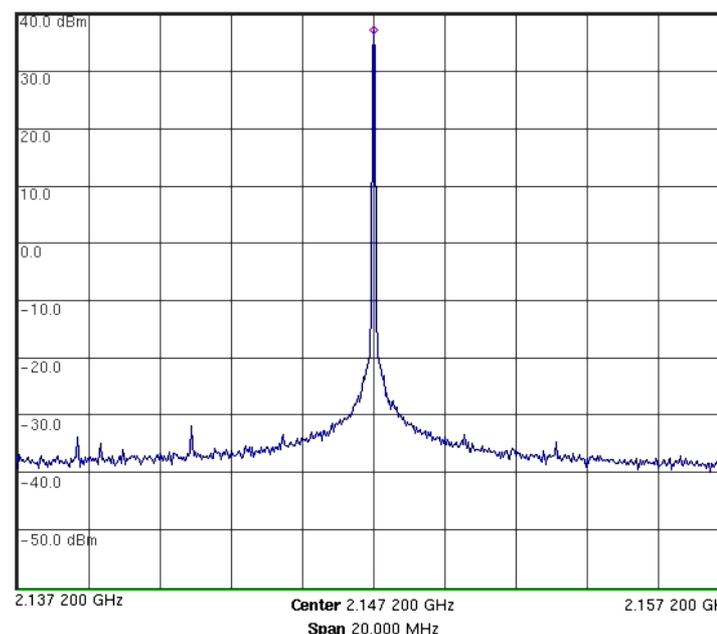


参考：正弦波の式

$$V = A \sin (2\pi f t) = A \sin(\omega t)$$



中心周波数(キャリア周波数)



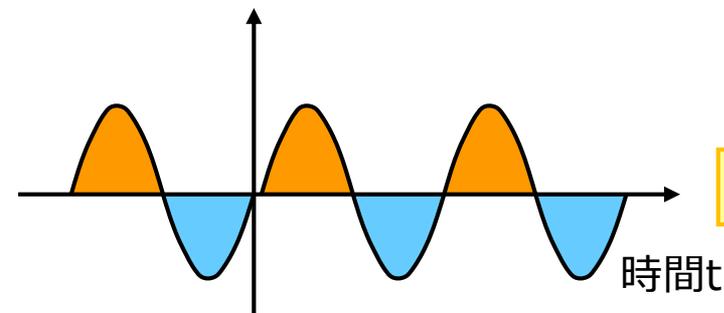
無変調キャリアの実際のスペクトル

参考) 無線変調の3要素

- 正弦波には、振幅、位相、周波数の3要素があり、それぞれを変化させることで情報を乗せることができます。

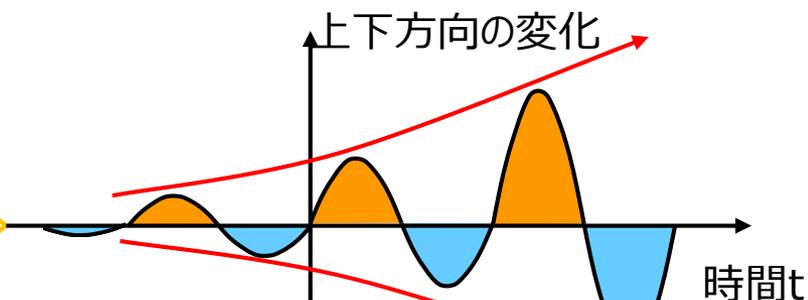
$$V = A \sin (2\pi ft + p)$$

キャリア(正弦波)



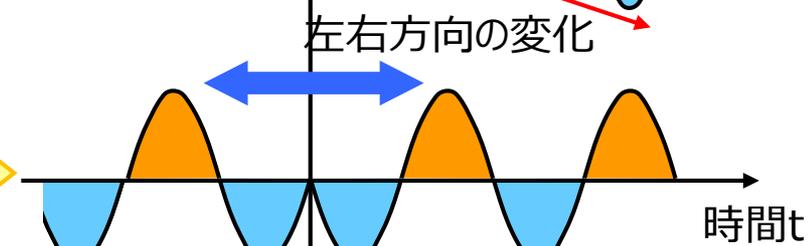
Amplitude : A

振幅変化



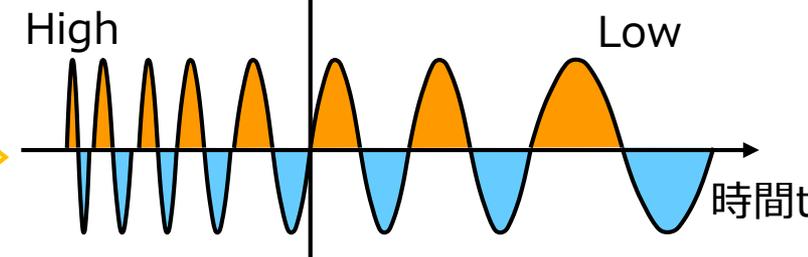
Phase : p

位相変化



Frequency : f

周波数変化

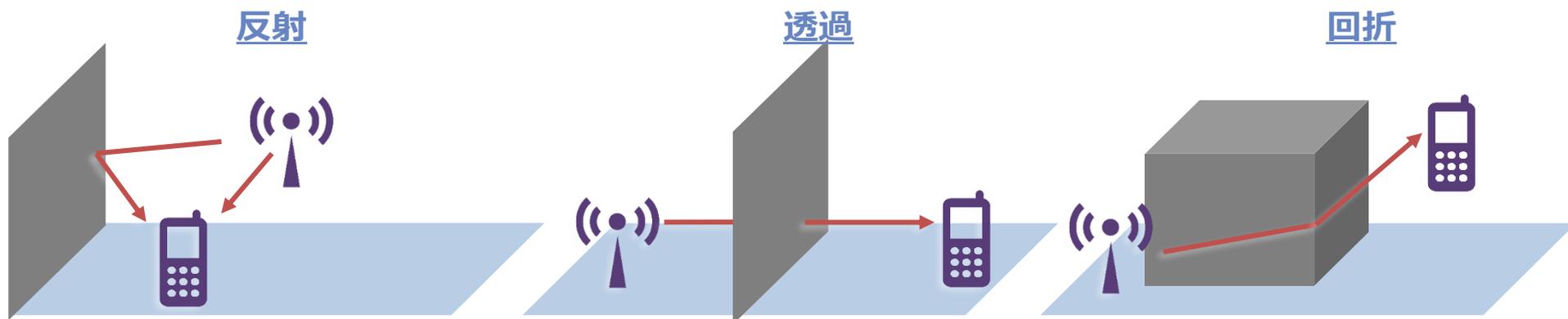


電波の伝わり方

- 電波の多様な伝わり方を理解した上で、無線機器等を使用する必要があります。

電波の伝わり方一覧

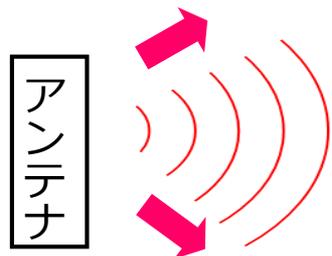
名称	補足
直進	電波は障害物の無い限り直進し、自ら方向を変えることはありません。
減衰(げんすい)	電波は3次的に広がり距離が離れるほど、電力が減衰していきます。
反射	光が鏡等で反射するのと同様に、電波は金属のような電気を通しやすい障害物があると反射します。
透過	光がガラスや水を透過するのと同様に、木やガラス窓、壁等の電気を通しにくい障害物であれば電波はある程度透過します。
回折(かいせつ)	ビルの影や山の裏側等、障害物の後ろにも回り込んで伝わります。回折で回り込む度合いは、基本的に周波数が低いほど大きくなります。
吸収	電波は反射や透過をする際にエネルギーの一部が障害物に吸収されます。したがって反射や透過を繰り返したり、厚みのある障害物を透過すると電力が減衰していきます。
その他	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。



参考) 電波伝搬

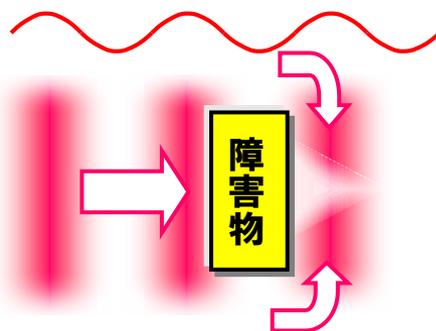
- 電波の飛び方を「電波伝搬」と呼び、周波数によって性質が変わります。
- 低い周波数ほど広いエリアを確保しやすくなります。
- 電波の強さを「電界強度」と呼びます。

周波数が低い場合



広がりやすい

■ 波長が長いため、音の性質に近い



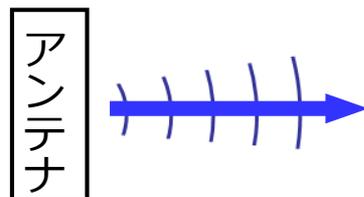
障害物の陰に回りこむ

低周波になるほど減衰が小さい



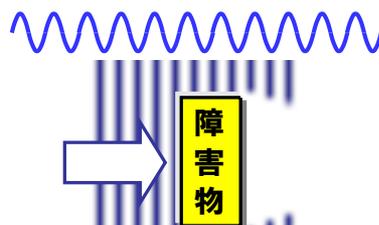
高周波

周波数が高い場合



直進性が強い

■ 波長が短いため光の性質に近い



遮蔽に弱い

高周波になるほど減衰が大きい

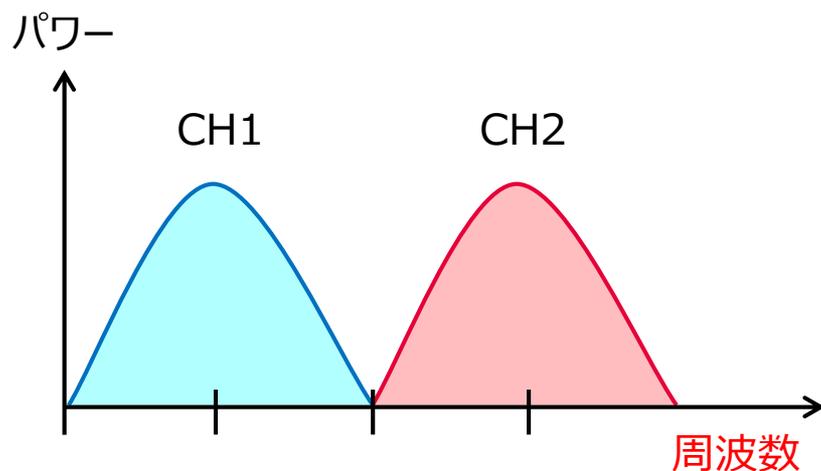
参考) OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)

- OFDMは、周波数の分割間隔を極限まで狭くすることで、周波利用効率の高い無線伝送方式です。

FDM

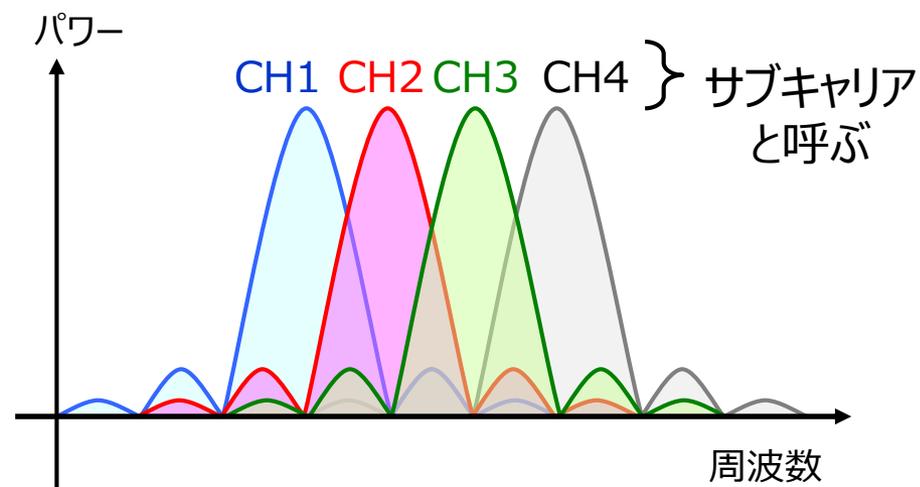
Frequency Division Multiplexing
(周波数分割多重)

※第一世代携帯電話に適用された方式



OFDM

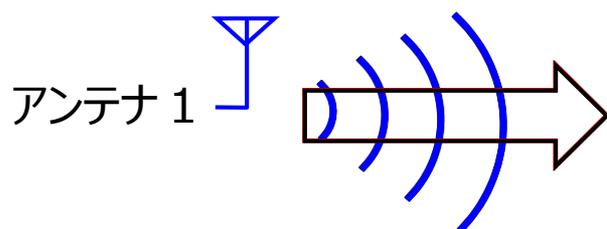
Orthogonal Frequency Division Multiplexing
(直交周波数分割多重)



参考) ビームフォーミング技術

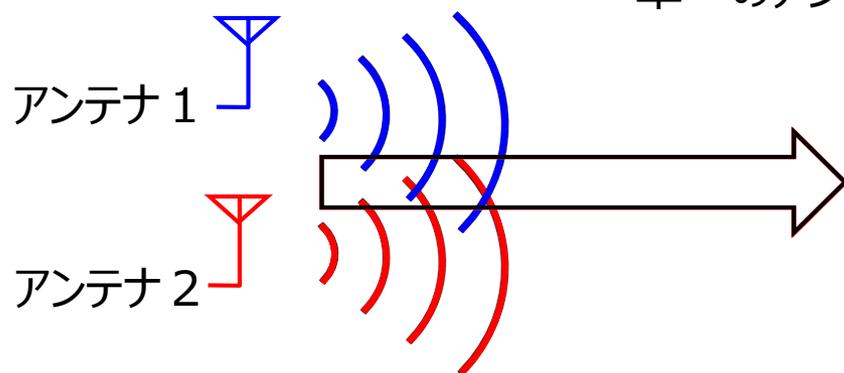
- 複数のアンテナを利用して電波に指向性を持たせる技術です。
- 5Gや無線LAN (WiFi) など利用されています。
- 特定の方向に電波を集中的に送信することで、より遠くまで電波を届かせることができます。

ビームフォーミングをしない場合



- 単一のアンテナから電波が放射状に送信されるため、周波数帯の特性と環境に応じて到達距離が決まる

ビームフォーミングをする場合



- 複数のアンテナから送信される電波を強め合うことで、単一のアンテナから送信した場合に比べて到達距離が伸びる

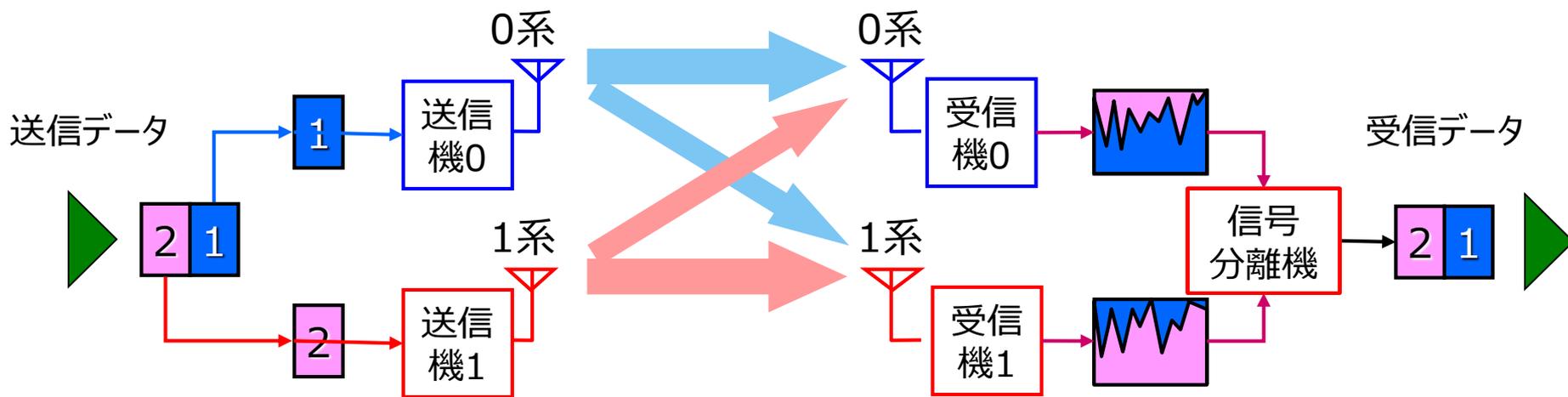
複数のアンテナを制御することで、電波に指向性を持たせることができる
これにより以下のメリットがある

1. 送信した電波を強め合える
2. 干渉を抑える

⇒同じ周波数で複数の目的地に送信可能

参考) MIMO (Multiple-Input Multiple-Output、マイモ)

- MIMOとは複数のアンテナを設置して、高速な無線伝送を可能とする技術です。
- 無線通信の基本となる送信1本と受信1本の方式に対して、MIMOでは、複数のアンテナから複数の経路を通して電波が届くことを利用しています。
- 例えば2x2 MIMOではSISOに比べて2倍の速度向上が期待できます。



電波干渉・ノイズ・フェージング

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

干渉

通信したい相手からの受信電波に、他の通信機からの電波が同じ周波数・同じタイミングで重なると干渉になります。強い干渉を受けると通信ができなくなることがあります。

ノイズ (雑音)

周辺にある機械や受信機自体から発生するノイズも、通信したい電波の受信を邪魔します。干渉と同じく、強いノイズが突発的に発生したり、定常的なノイズが複数重なると、通信ができなくなることがあります。

フェージング

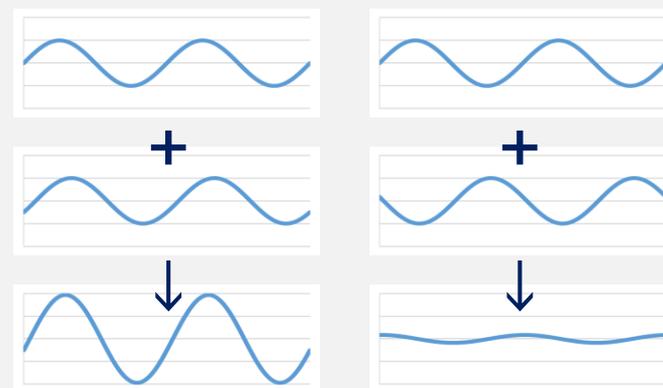
受信機は同じ送信機から発射された反射波と直接波の合成波を受信します。波の山と山が合成されれば強め合い、山と谷が合成されれば弱め合います。そのため、送信機からの距離が同じでも受信状態が良い場所と悪い場所が存在することがあります。また、送受信機や周りのものが動いていると受信状態が変動し、通信の品質が悪くなります。

到達する電波のイメージ



同じ電波でもいろいろな経路で受信機まで到達する。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する。

フェージングのイメージ



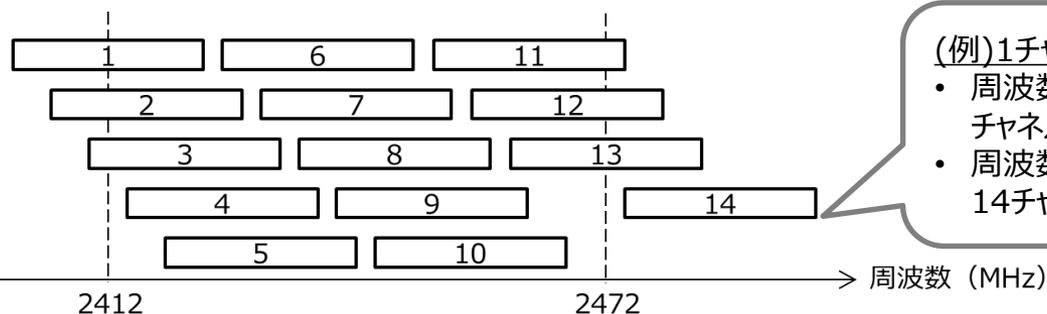
参考) 電波干渉やノイズを避ける手法 (例)

- 同じ周波数帯、同じ空間、同じ時間に発生した電波は相互に干渉するノイズになります。
- 電波干渉やノイズを避けるためには、周波数帯、空間、時間をずらすことが効果的です。

周波数帯

- 使用する周波数帯を指定するチャンネル設定を適切に行いましょう。
- 各チャンネルが使用する周波数帯が重複していないか確認しましょう。
 - 例) 2.4GHz帯のWi-Fiで重複しないチャンネルは5チャンネル以上離れたチャンネル

IEEE 802.11 仕様で定められたチャンネルと使用する周波数帯



(例) 1チャンネルを使用する場合

- 周波数帯が重複する2~5チャンネルは使用しない
- 周波数帯が重複しない6~14チャンネルを使用する

空間

- 電波の発生源となる機器から十分に距離をとりましょう。
- 同じ周波数帯を使用する機器でも十分に距離をとれば電波が減衰し干渉しません
 - 例)



時間

- 電波を発生する時間を最小限に抑えましょう。

電波法（1/2）

- 電波法は、電波の公平かつ能率的な利用を確保することにより、公共の福祉を増進することを目的としており、無線局の開設とその運用、無線設備を操作する無線従事者、無線設備の技術基準、周波数の割当等について規定しています。
- 電波の利用には原則として、免許又は登録が必要ですが、条件を満たした場合には、免許や登録が不要となります。

免許や登録が不要となる対象

免許や登録が不要となる条件

発射する電波が著しく微弱な無線局

- 発射する電波が著しく微弱な無線設備で、総務省令で定めるものをいいます。
- 例えば、模型類の無線遠隔操縦を行うラジコン用発振器やワイヤレスマイク等が該当します。

市民ラジオの無線局

- 26.9MHzから27.2MHzまでの周波数帯の電波の中で、総務省令で定める電波の型式及び周波数の電波を使用し、かつ、空中線電力が0.5W以下で、技術基準適合証明を受けた無線設備のみを使用する無線局が該当します。

小電力の特定の用途に使用する無線局

- 特定の用途及び目的の無線局であり、次の条件をすべて満たすものが該当します。
- （1）空中線電力が1W以下であること。
 - （2）総務省令で定める電波の型式、周波数を使用すること。
 - （3）呼出符号または呼出信号を自動的に送信または受信する機能や混信防止機能を持ち、他の無線局の運用に妨害を与えないものであること。
 - （4）技術基準適合証明を受けた無線設備だけを使用するものであること。

電波法（2/2）

- **技術基準適合証明は、無線設備が電波法に定める技術基準に適合していることを証明するものであり、同証明を受けた無線機器には、「技適マーク」が付されています。**
- **無線機器を利用する際には、「技適マーク」がついていることを必ず確認してください。**

概要

- 技術基準適合証明は、無線設備が電波法に定める技術基準に適合していることを証明するものであり、同証明を受けた無線機器には、「技適マーク」が付されています。
- 無線機器を利用する際には、この「技適マーク」がついていることを必ず確認してください。

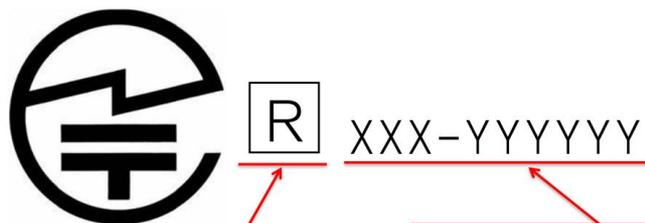
注意点

- 外国から輸入された無線機器を利用しようとする場合には、「技適マーク」がない場合もあり、電波法違反となるおそれがあるため注意が必要です。

技適マーク

- 正しい表示に従わない技適マークが付いている無線設備についても「適合表示無線設備」とはならず、技適マークが付いていないものと同様になりますので、ご注意ください。

認証マークのデザイン



Rマーク（Rは□で囲う）

※端末設備の技術基準適合認定、
設計認証の場合はTマーク

技適番号

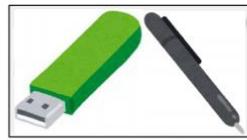
- ・ 技術基準適合証明の場合
（例）123XXX0000001
- ・ 工事設計認証の場合
（例）001-XXXXXX
- ・ 技術基準適合自己確認の場合
（例）123456AB03

- ✓ 特定無線設備の技術基準適合証明等に関する規則（昭和56年郵政省令第37号）様式第7号に規定
- ✓ 証明規則様式第7号、第14号の注1を次のとおり改正※
「注1 大きさは、表示を容易に識別することができるものであること。」

電磁的表示方法のケース



本体ディスプレイに表示



ディスプレイのない特定無線設備

接続



外部ディスプレイ

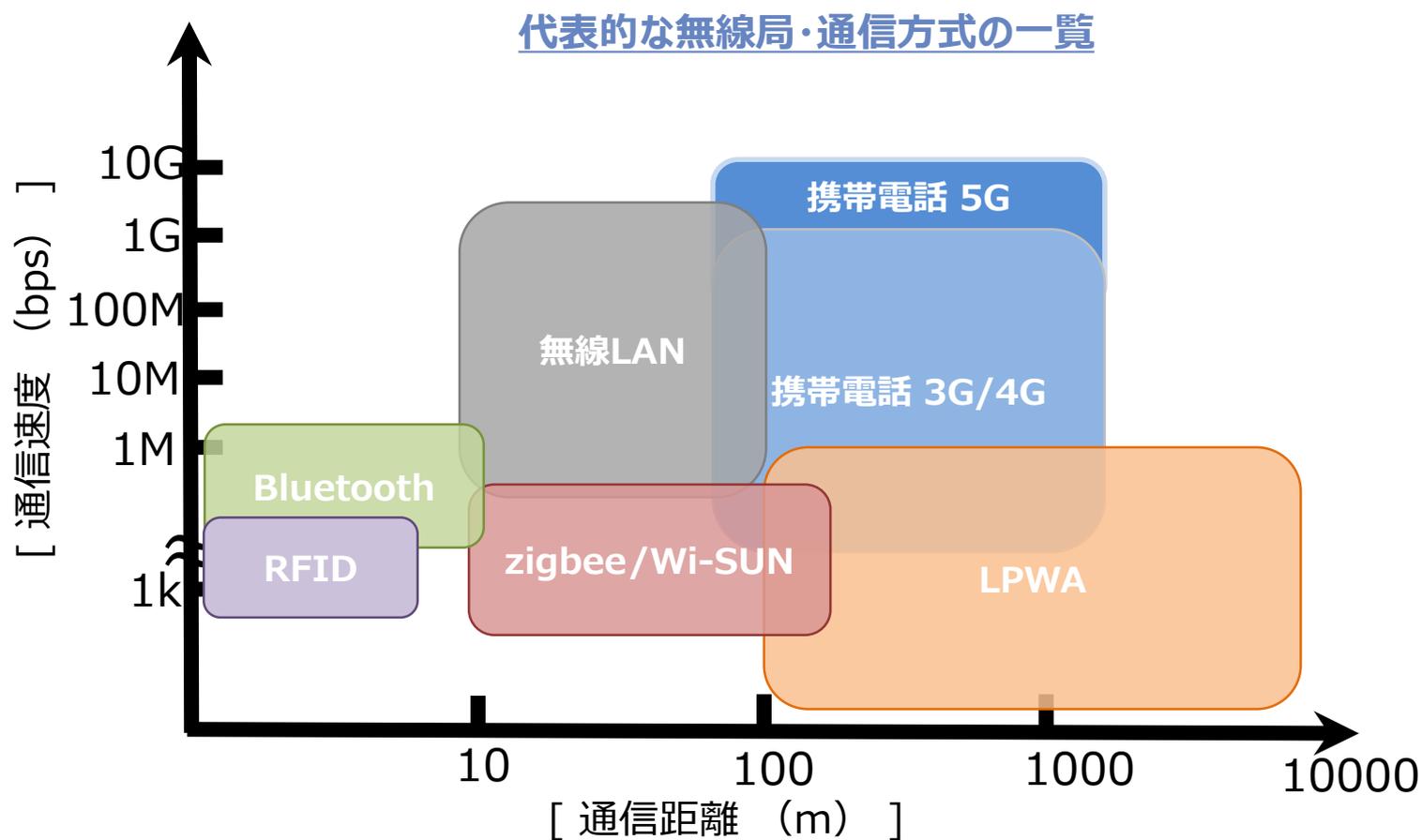
- ✓ 証明規則第8、20、27、36、41条に次の規定を追加※

「様式第七号による表示を技術基準適合証明を受けた特定無線設備に電磁的方法により記録し、当該表示を特定の操作によつて当該特定無線設備に接続した製品の映像面に直ちに明瞭な状態で表示することができるようにする方法（ただし、当該特定無線設備の運用を最初を開始する前に、映像面を有する他の製品と有線で接続することにより表示することができる場合に限る。）」

※2019年2月8日付で端末機器の技術基準適合認定等に関する規則および特定無線設備の技術基準適合証明等に関する規則を改正

無線局・通信方式

- 無線局の種類や通信方式により、通信距離や通信速度が異なるため、使用用途（ユースケース・アプリケーション）に合った通信方式を選定する必要があります。

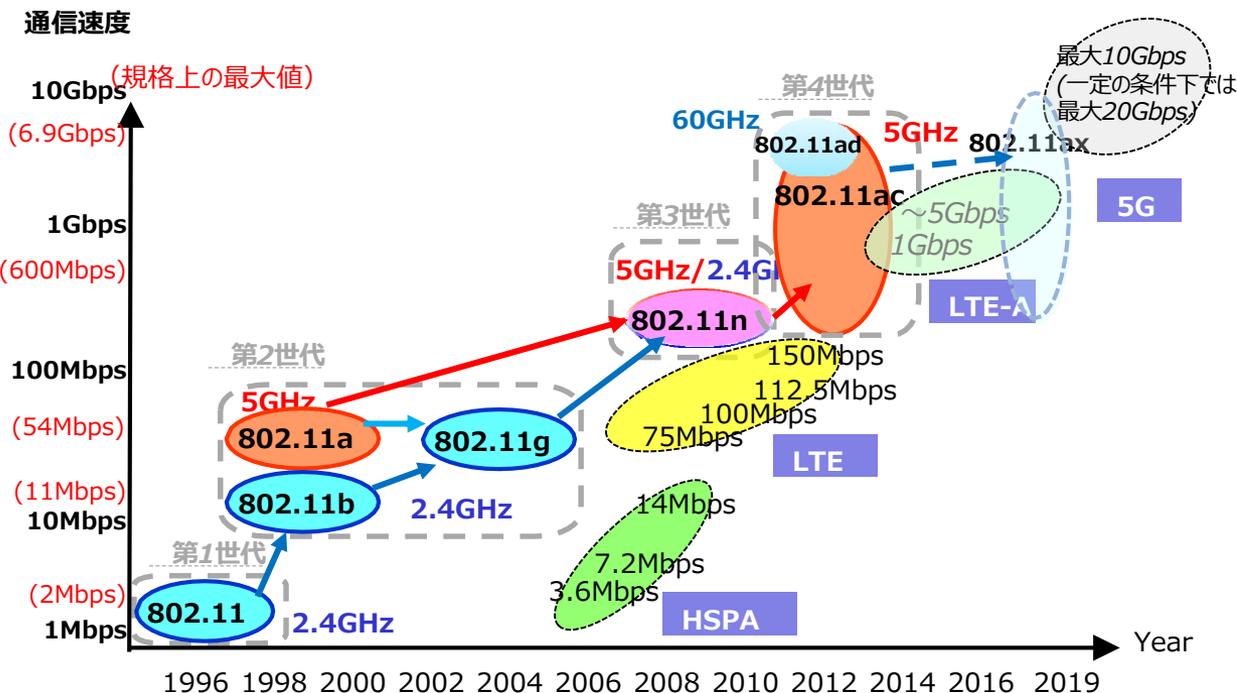


無線LAN

- 無線LANは高速化しており、工場でも活用が進んでいます。

主要な無線LAN規格

無線LAN規格	周波数帯	最大通信速度
IEEE 802.11b	2.4GHz	11Mbps
IEEE 802.11a	5GHz	54Mbps
IEEE 802.11g	2.4GHz	54Mbps
IEEE 802.11n	2.4GHz/ 5GHz	600Mbps
IEEE 802.11ac	5GHz	6.93Gbps
IEEE 802.11ax	2.4GHz/ 5GHz	9.6Gbps
IEEE 802.11ad	60GHz	6.8Gbps



2.4GHz帯及び5GHz帯無線LANの比較

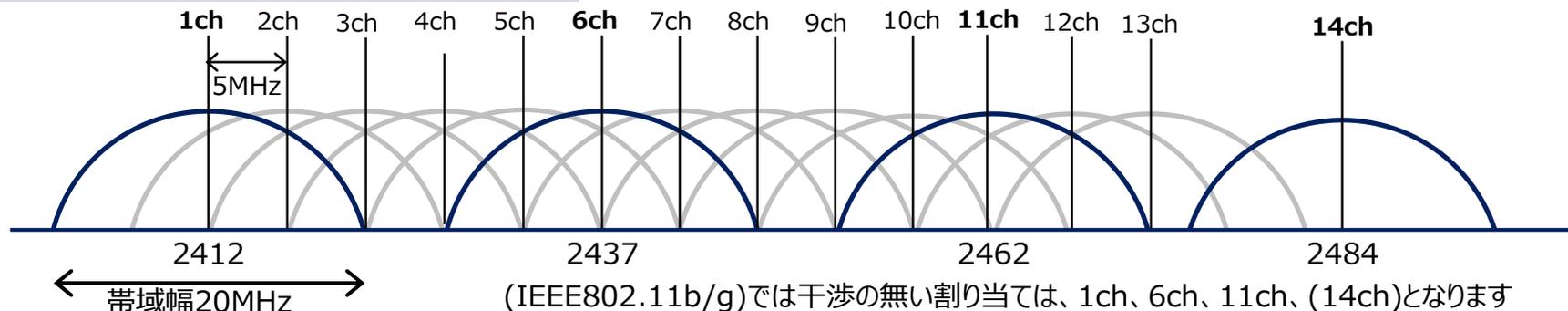
出典：「無線インフラ・サービスの動向について」総務省
(http://www.soumu.go.jp/main_content/000397391.pdf)

	2.4GHz帯	5.2GHz帯 (W52)	5.3GHz帯 (W53)	5.6GHz帯 (W56)
隣接チャンネル間干渉	干渉あり	干渉なし		
屋外利用	○	×		○
電波特性	遮蔽物に強い	遮蔽物に弱い		
周波数の特徴	ISMバンド上に割り当てられており、無線LAN以外の製品においても利用されている。無線LAN以外の機器も干渉源となり得る。	無線LAN専用に提供されているため、通信は比較的安定。但し、5.3GHz帯、5.6GHz帯はレーダーと共用のため、DFSというレーダー検知/レーダー回避の機能が必要。		

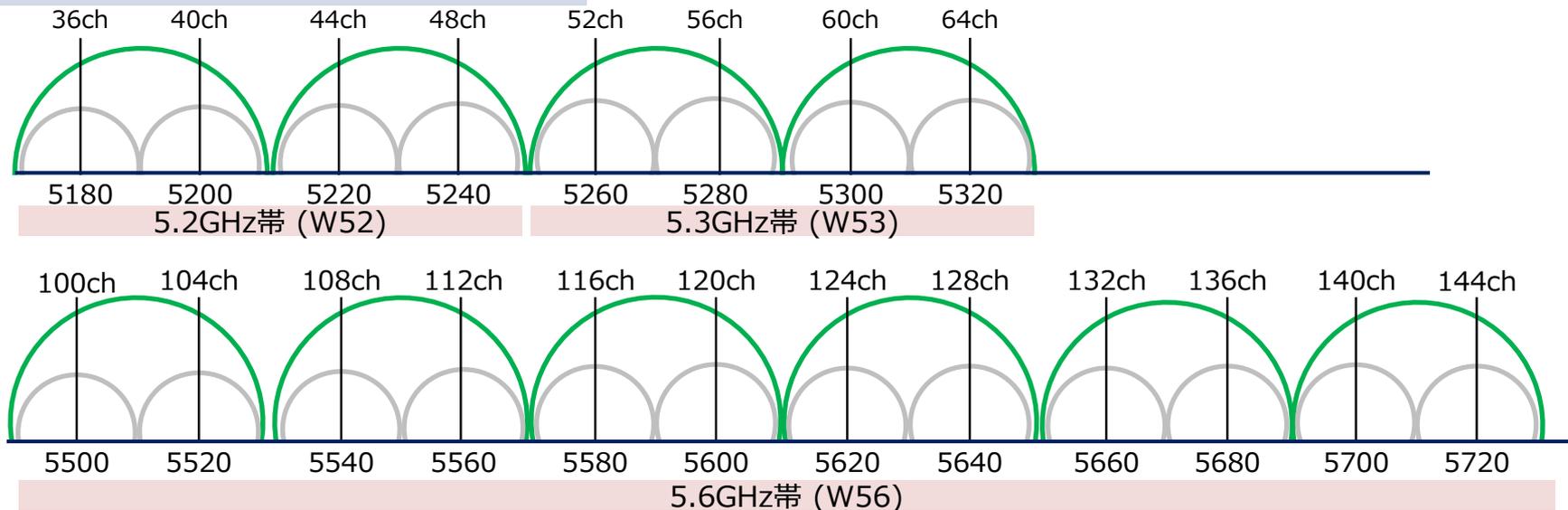
無線LANの周波数（チャンネル）の割り当て方法

- 無線LANの周波数（チャンネル）を割り当てる際には、チャンネル配置を確認し、使用する機器・システム間で干渉しない周波数（チャンネル）を選択します。

2.4GHz帯無線LANチャンネル配置



5GHz帯無線LANチャンネル配置



※ 複数のチャンネルを束ねて用いることにより通信速度を高める技術。IEEE802.11n等の規格で利用可能。

無線LAN以外の無線規格

- IoTでは無線LAN以外にも、ネットワーク設計が無くとも使用可能な携帯電話回線や、通信速度は遅いが低消費電力が特徴の無線規格も多数活用されています。

IoTで活用されている無線LAN以外の無線規格

	携帯電話(3G:UMTS、HSPA/4G:LTE)	Bluetooth (最新5.1)
規格(団体)	3GPP	IEEE802.15.1/Bluetooth SIG
通信速度	DL 最大1Gbps ※LTE category16の場合	最大 2Mbps
周波数帯(国内)	800MHz帯、1.5GHz帯、2GHz帯 等	2.4GHz帯
特徴	MNO、MVNOから様々なIoT向けのプランが提供されている。また、キャリア網から特定のネットワークへ直接VPN接続し閉域網を構築するサービスもセキュリティ確保の手段として活発に利用されてきている。	スマートフォンにBluetoothが実装されているため、バイタルをはじめとした人周辺のセンサー収集用途で多く使用されている。周波数ホッピングにより耐干渉が強いという特徴がある。

	RFID	zigbee	Wi-SUN
規格(団体)	ISO/IEC	IEEE802.15.4 zigbee Alliance	IEEE802.15.4g、4e Wi-SUN Alliance
通信速度	記憶容量 ~数kbyte	最大 250kbps	最大 400kbps
周波数帯(国内)	13.56MHz、900MHz、2.4GHz帯	主に 2.4GHz帯	920MHz帯
特徴	非接触ICカードやNFCに用いられている技術。タグに電池を持たない電磁誘導方式と、電池を持つ電波方式がある。物品管理に活用。	通信経路を自動的に構築するマルチホップ通信が可能。センサネットワークに適している。	920MHz帯の利用により省電力で広範囲の通信が可能。ガス/電気/水道のスマートメーターやセンサネットワークに適している。用途に応じた複数の仕様が存在し、マルチホップ通信にも対応している。

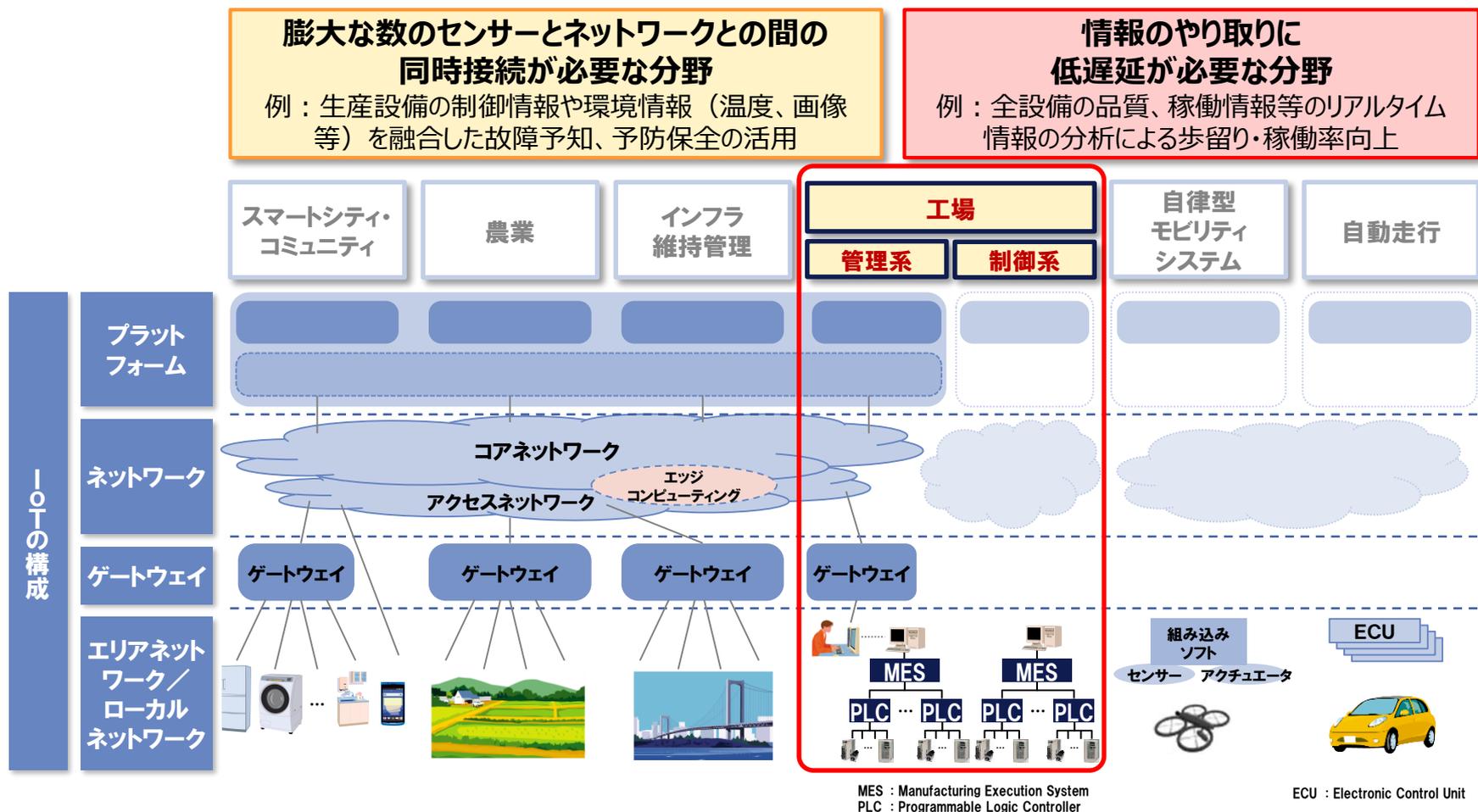
出典：3GPP(<http://www.3gpp.org/>)、Bluetooth SIG(<https://www.bluetooth.com/ja-jp/>)、
Wi-SUN Alliance(<https://www.wi-sun.org/>)

DL : Downlink/UL : Uplink

4.工場における無線によるシステム構成例

工場における無線システム構築における前提

- 工場におけるIoT活用を推進していく上で、「①膨大な数のセンサーとネットワークとの間の同時接続を求められる分野」に加えて、制御情報をはじめ「②低遅延が必要な分野」があることを考慮することが求められます。
- このような工場向けIoTの特徴を踏まえた無線活用の方向を検討することが必要になります。



工場における無線システムを利用する際の留意事項

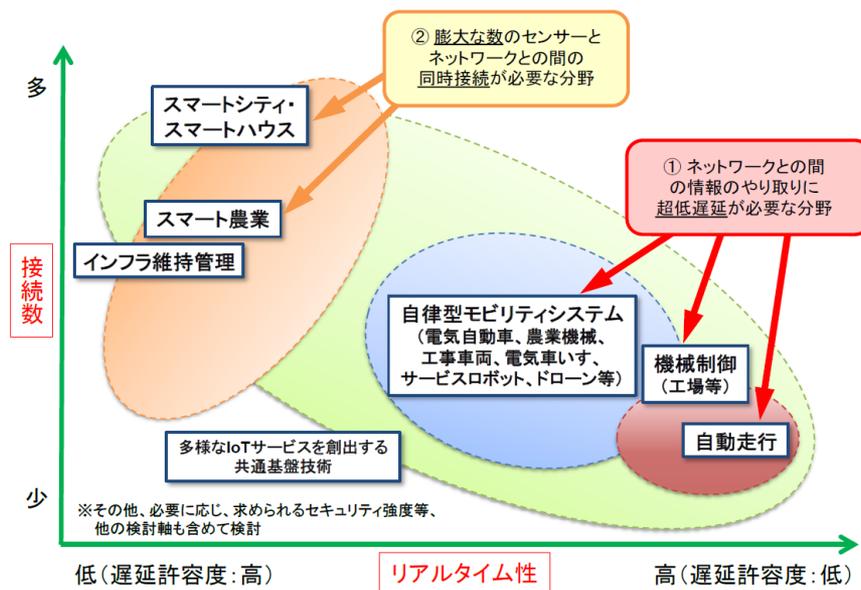
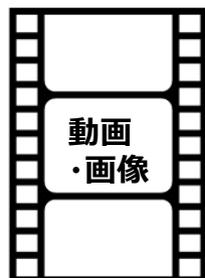
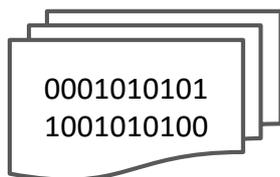
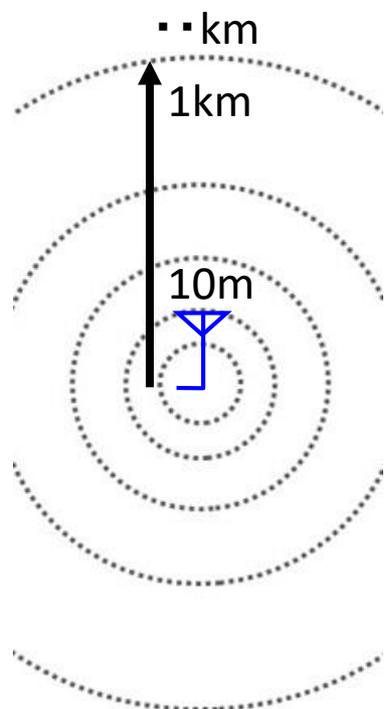
- 工場における無線の活用においては、「無線区間の距離」や「データサイズ・種類」「リアルタイム性」「接続数」を考慮したうえで無線方式と機器を選定することになります。

無線区間の距離

データのサイズ・種類

リアルタイム性

接続数



工場における主な無線規格一覧

無線規格	周波数帯	速度（規格上）	実効距離（目安）
IEEE 802.15.4g/e (Wi-SUN)	920 MHz	50~400 kbps	500m
Bluetooth 2.1	2.4 GHz	3 Mbps	5 m
Bluetooth 4.0 (Bluetooth Low Energy)	2.4 GHz	1 Mbps	5 m
Bluetooth 5.0 (Bluetooth Low Energy)	2.4 GHz	125・500 kbps 1・2 Mbps	10 m
IEEE 802.15.4 (zigbee)	2.4 GHz	250 kbps	50 m
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 GHz	6.93 Gbps	30 m
IEEE 802.11ax (Wi-Fi 6)	2.4 GHz、 5 GHz	9.6 Gbps	30 m~40m
IEEE 802.11ad (WiGig)	60 GHz	320 Mbps~6.8 Gbps	20m

個別システム例 ①工場内の無線LAN化

- 無線を導入することで、工場的情報を事務所等でも確認可能となります。

現場の課題

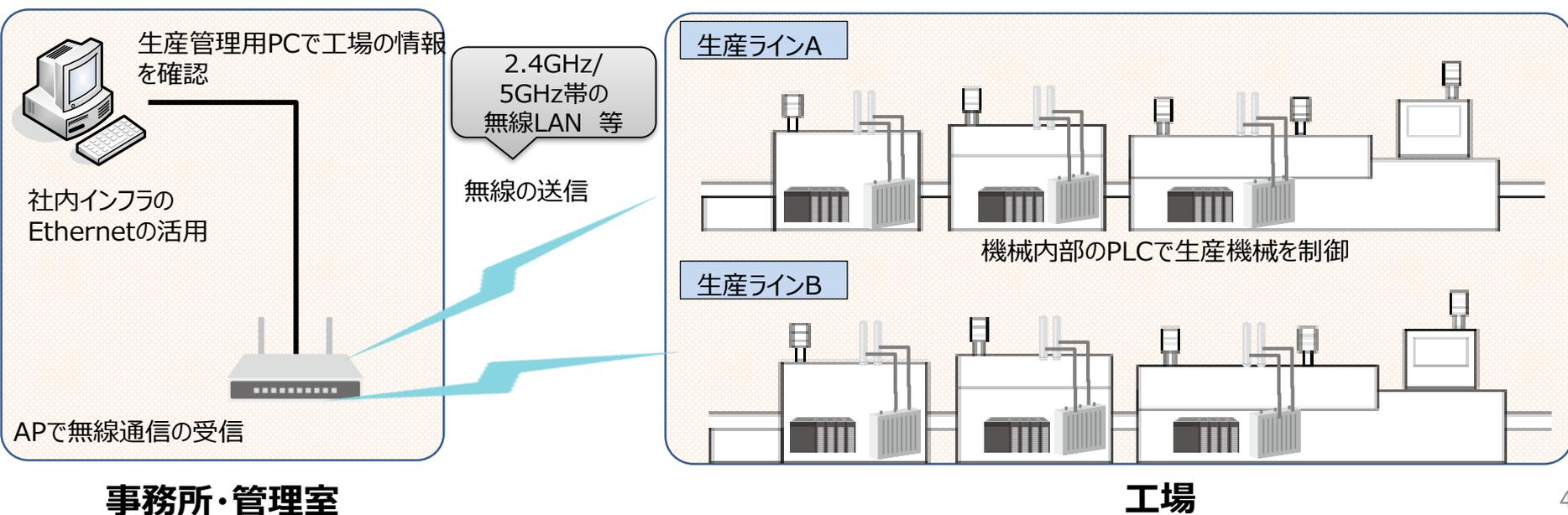
- 工場的情報を事務所で共有したい。
- ネットワーク化をしたいが配線工事に費用がかかる。

解決方法(例)

- 無線機なら社内インフラのEthernetをそのまま接続可能。

無線導入のメリット

- 事務所等で工場的情報を確認できる環境を構築可能。
- 配線工数、配線費用の低減が可能。
- 工場のレイアウトフリーを実現。



個別システム例 ②無線バーコードリーダーシステム

- 無線を導入することで、バーコードリーダーの使用可能数を増やすことが可能です。
- また、バーコードリーダー読み取りに関連する作業範囲の拡大が可能です。

現場の課題

- 有線のバーコードリーダーを使用しているが作業範囲が限定される。
- 台数増加時に容易にバーコードリーダーシステムを構築したい。

解決方法(例)

- 無線機アクセスポイント(親機)を使用した無線バーコードリーダー(子機)との接続。

無線導入の メリット

- バーコードリーダーを用いた読み取りに関連する作業効率の向上。
- 工場のレイアウトフリーを実現。



生産管理用PCでバーコードリーダー読み取り情報を収集

Ethernetの活用



APで無線通信の受信

2.4GHz/
5GHz帯の
無線LAN 等

事務所・管理室

無線通信によるバーコードリーダー関連の作業可能範囲



工場

個別システム例 ③セル生産方式の省配線システム

- 無線を導入することで、セル生産方式における配線ミス、コネクタジョイントミスの撲滅が可能となります。

現場の課題

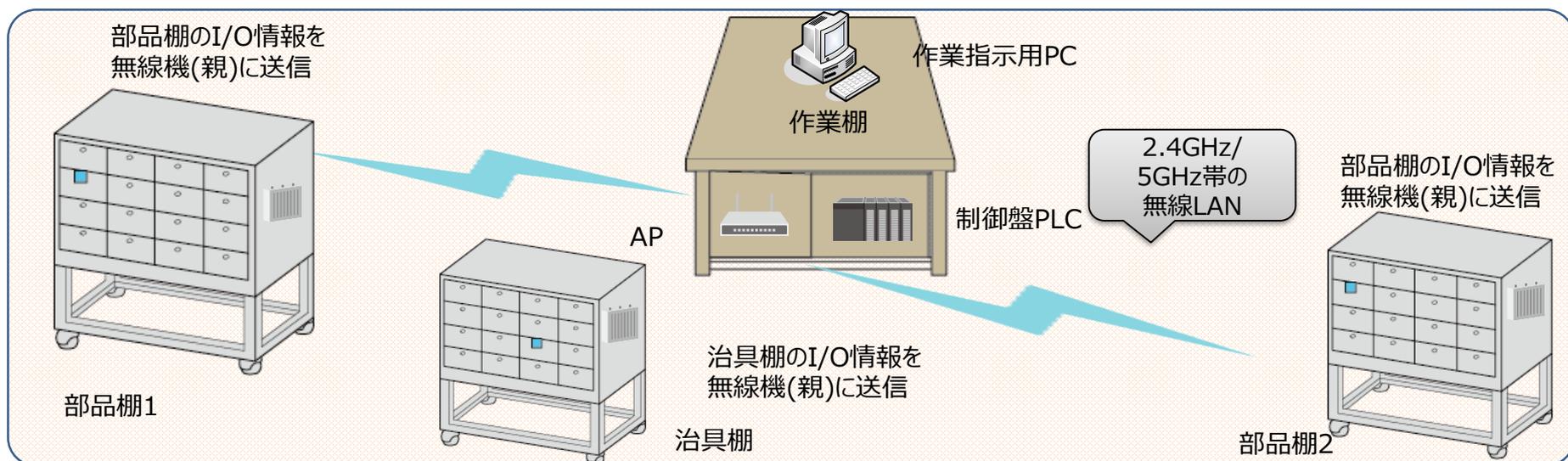
- セル生産では多品種少量生産が主流であり、段取り替えに時間がかかる。
- 配線の引き回しにも注意が必要。

解決方法(例)

- 部品、治具棚のI/O情報を無線機に集約する。

無線導入のメリット

- 電源再投入でのスピーディな立ち上がりが可能。
- 配線ミス、コネクタジョイントミスの撲滅が可能。
- 工場のレイアウトフリーを実現。



個別システム例 ④クリーンルームのフルリモート監視

- 無線を導入することで、クリーンルームの定期計測、異常対応作業の効率化が可能となります。

現場の課題

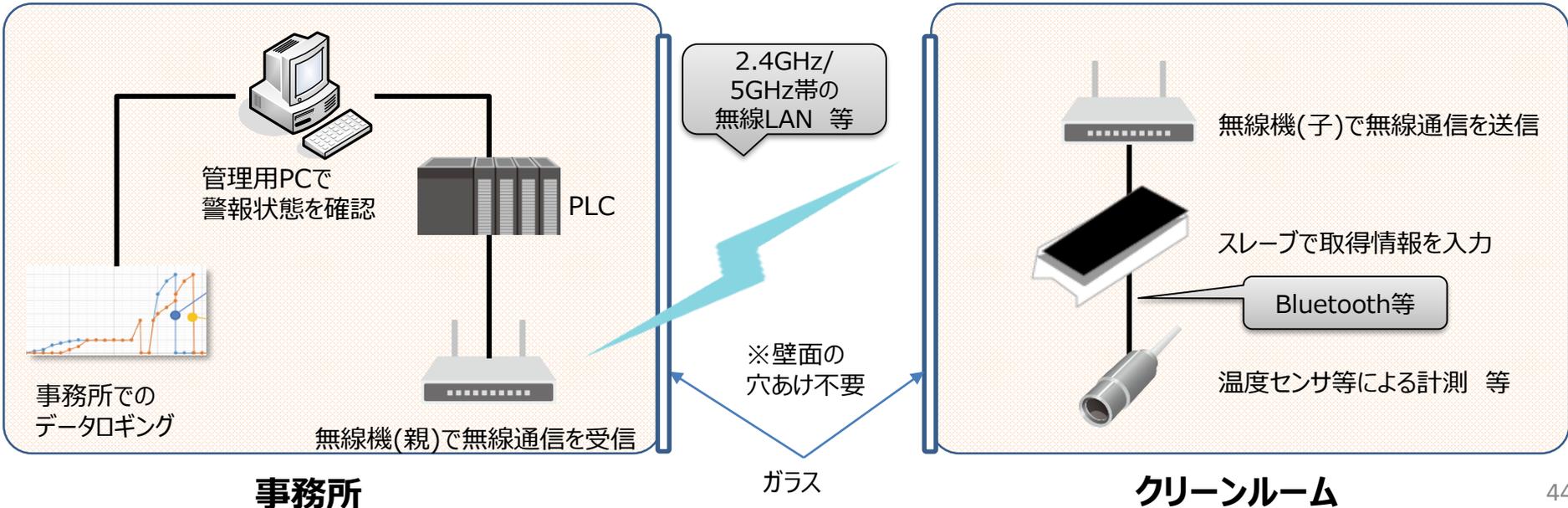
- クリーンルームでの定期計測、異常対応による事務所とクリーンルームの往復が増加。
- 出入りのたびに専用作業着の着脱、エアシャワーを浴びるのが手間。

解決方法(例)

- 無線機によるクリーンルームのフルリモート監視。

無線導入のメリット

- 事務所でのデータロギング、警報状態確認が可能。
- ガラスは電波を透過するため、壁面の穴あけが不要。



個別システム例 ⑤ 回転体のスリッピングレス化

- 無線を導入することで、回転体のモニタリングやデータ収集が可能となります。

現場の課題

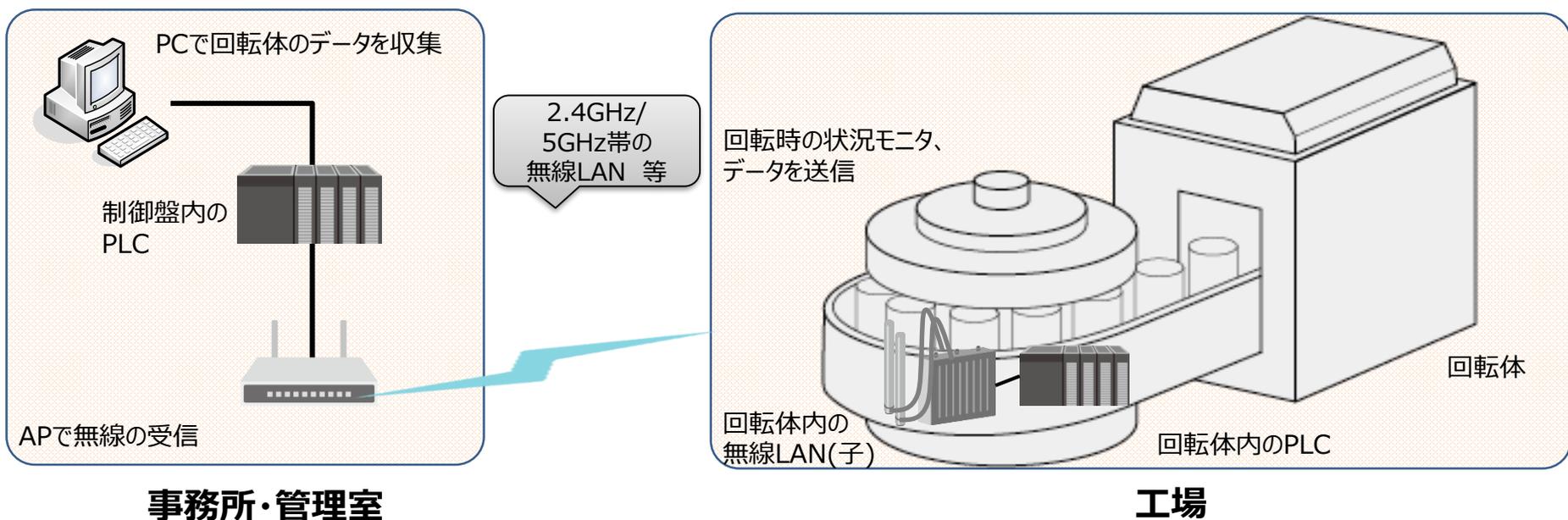
- 充填機等の回転体に対して、回転時の状況モニタやデータ収集をしたいが、配線するにはスリッピング等が必要。
- スリッピングは大容量データの収集には適さず、消耗品の定期交換も必要。

解決方法(例)

- 回転時の状況モニタやデータ収集等、大容量データを無線で取得

無線導入のメリット

- 回転体のあらゆるデータを収集可能。
- 配線工数・配線費用の低減が可能。
- 消耗品の定期交換も不要。



個別システム例 ⑥TPM活動現場情報収集システム

- 無線を導入することで、TPM（Total Productive Maintenance）活動の効率化が可能となります。

現場の課題

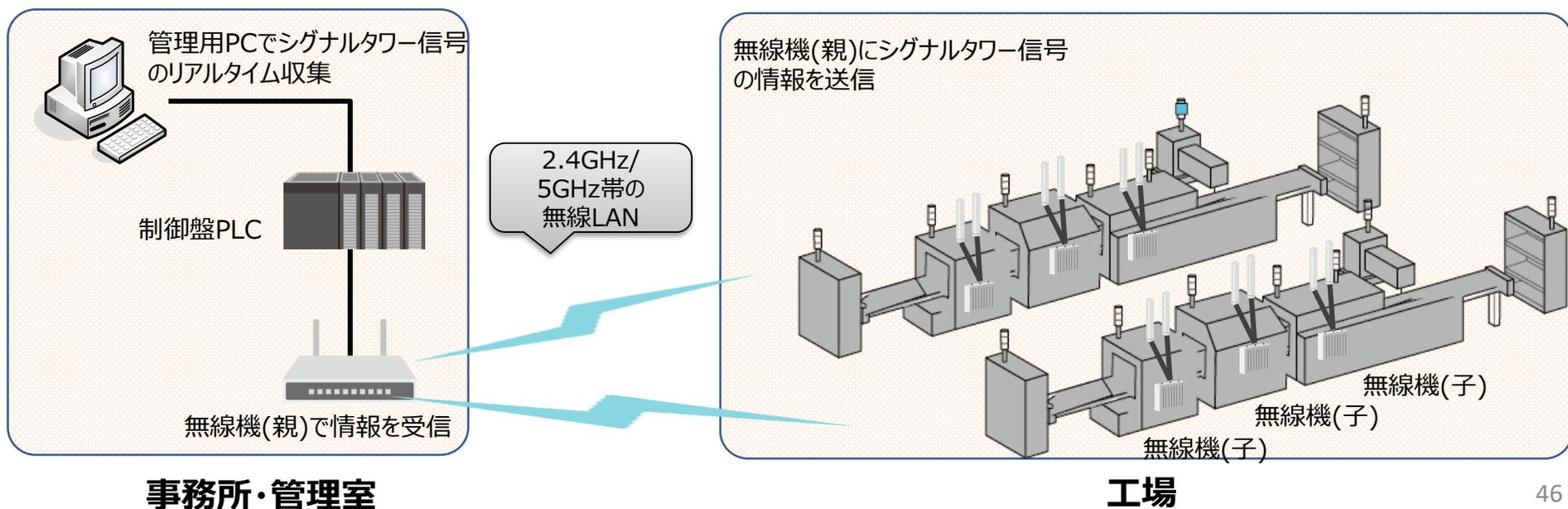
- TPM活動のために工場に様々な仕掛けが必要となり、煩雑な配線となっている。
- レイアウト変更があると配線の引き直し工数が膨大になる。

解決方法(例)

- 無線機によるシグナルタワー信号のリアルタイム収集。

無線導入のメリット

- 配線工数・配線費用の低減が可能。
- 保全員への迅速な呼び出しが可能。
- 工場のレイアウトフリーを実現。



個別システム例 ⑦AGVの呼び出し・行先指示システム

- 無線を導入することで、PCを用いたAGVの呼び出し・行先指示が可能となります。

現場の課題

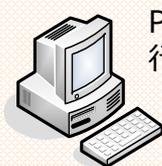
- AGVとのデータ通信を行いたいが、移動体のため配線が不可能。
- 光通信も検討したが、ホコリの影響や光軸ズレが心配。

解決方法(例)

- 地上局、移動体、分岐・合流切り替え盤を無線で制御。

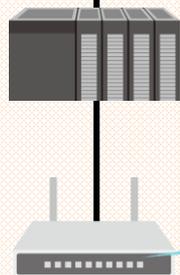
無線導入のメリット

- 配線工数・配線費用の低減が可能。
- 工場のレイアウトフリーの実現。



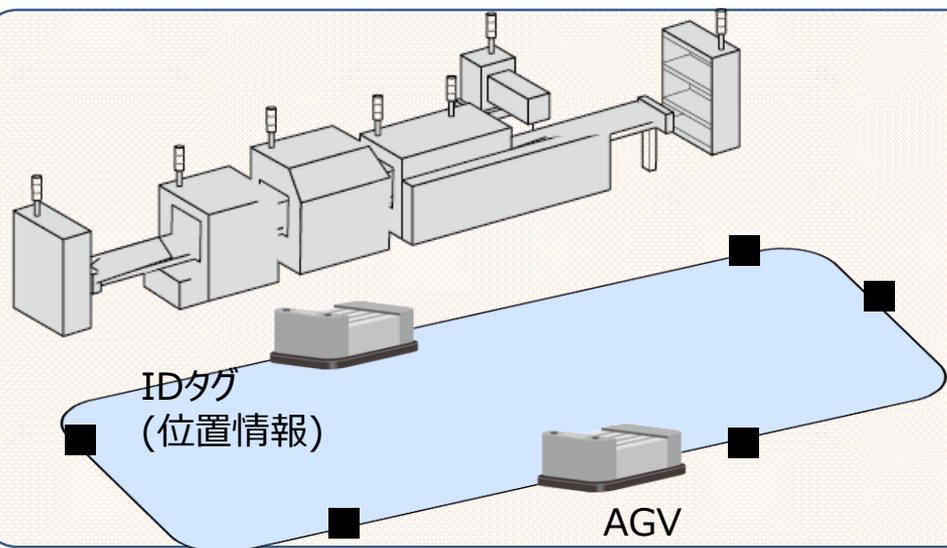
PCでAGVの呼び出し・
行先を指示

PLC



APで無線通信の送受信

920MHz帯
特定小電力無線
2.4GHz/5GHz帯の
無線LAN 等



事務所・管理室

工場

個別システム例 ⑧ 部品ピッキング指示の表示

- 無線を導入することで、部品ピッキング作業における作業効率の向上、作業ミスの撲滅が可能となります。

現場の課題

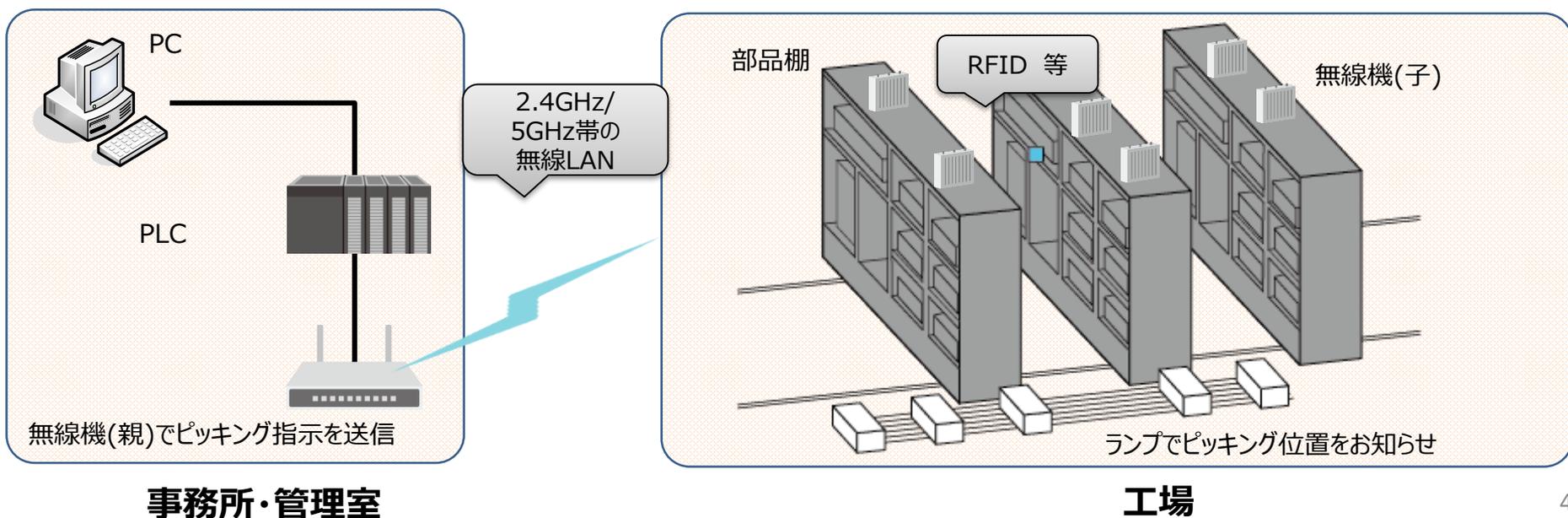
- 部品ピッキング作業は作業者の品番暗記であり、ピッキング工数や作業のムラが発生し、ミスの危険性もある。

解決方法(例)

- 無線機で部品ピッキング指示の送信

無線導入のメリット

- 配線工数・配線費用の低減が可能。
- 作業者の作業効率の向上、作業ミスの撲滅が可能。
- 工場のレイアウトフリーを実現。



個別システム例 ⑨工場内建物間の信号伝送

- 無線を導入することで、工場内建物間の装置監視を効率的に実施できるようになります。

現場の課題

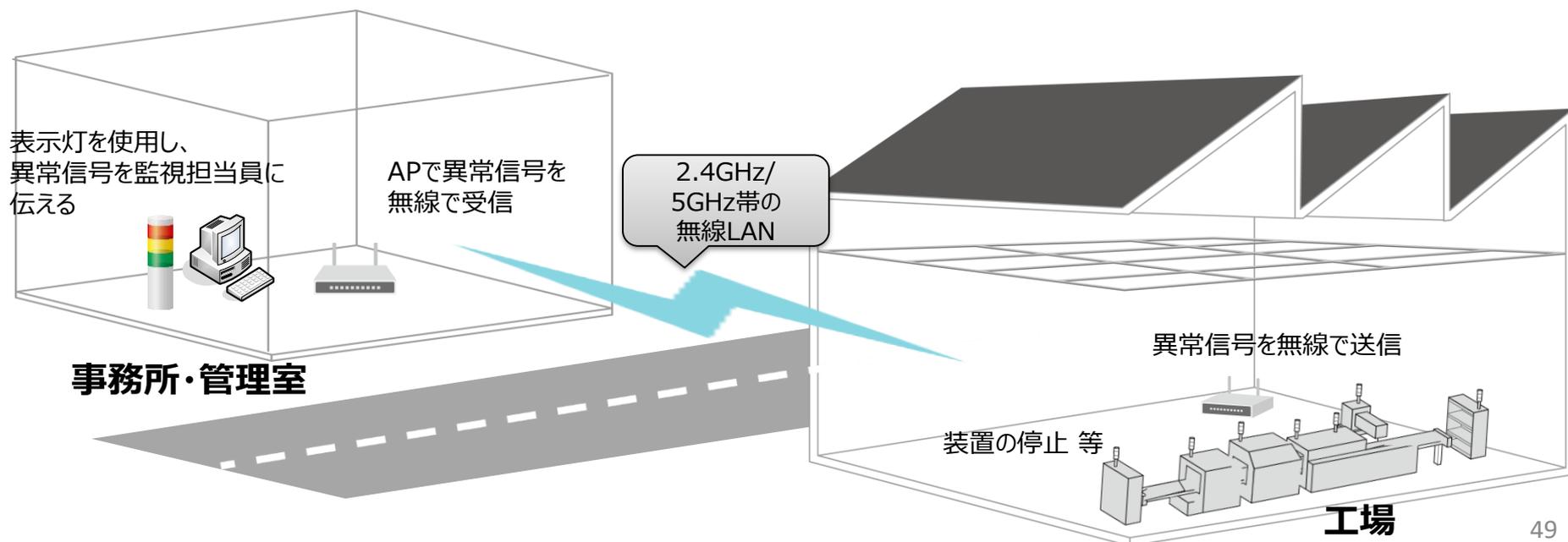
- 工場内の建物をまたぐ装置監視を人間が行っており、定期的な見回り、監視が必要。
- そのため、装置の稼働率低下や監視担当員の業務効率の低下が発生。

解決方法(例)

- 無線機により、装置の異常信号を無線通信で把握。

無線導入の メリット

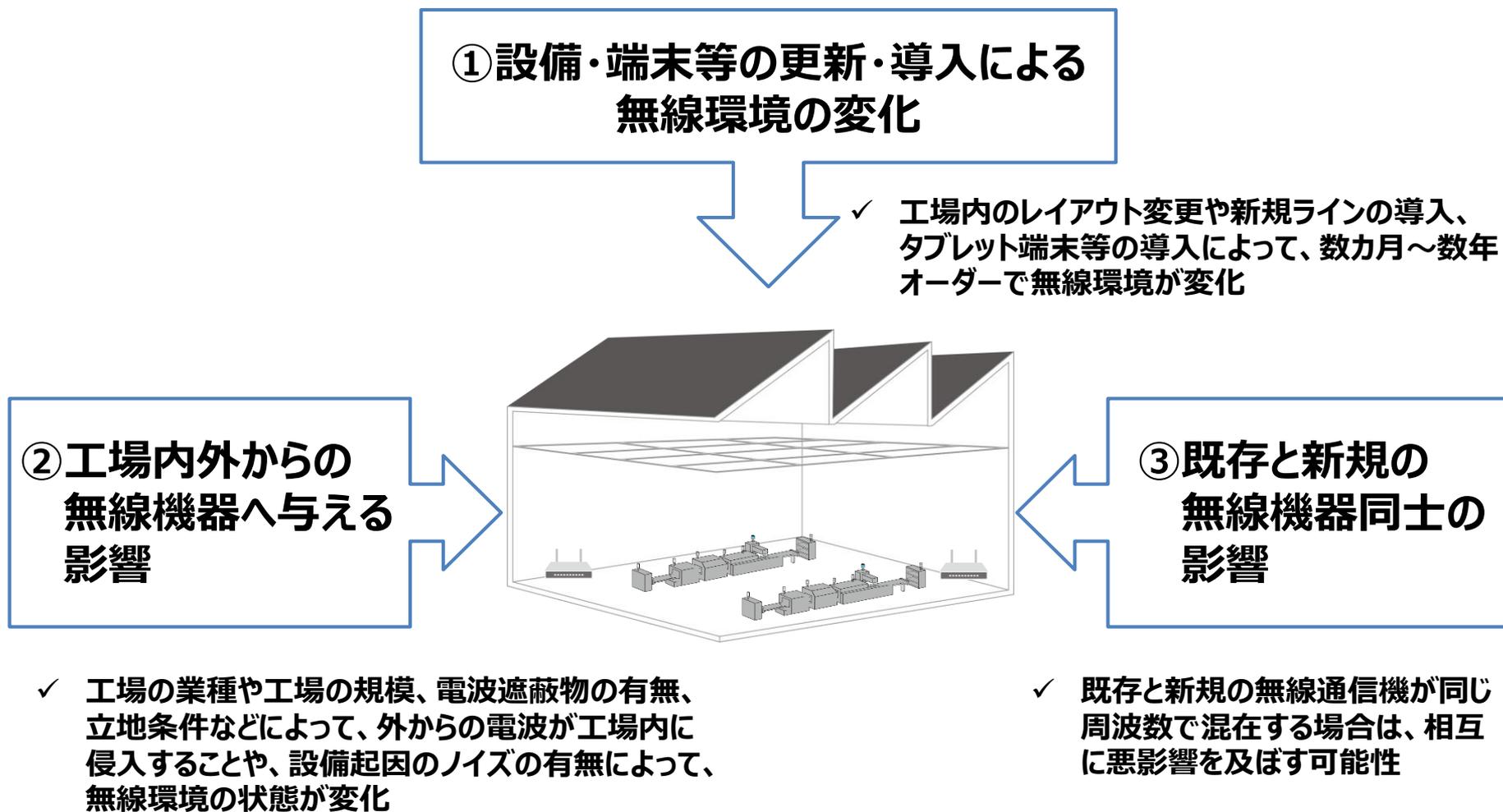
- 配線工数、配線費用の低減。
- 装置の稼働率、監視担当員の業務効率の向上。



5.工場における無線の特徴

工場における無線の特徴

- 工場における無線環境の特徴を把握しながら、目的とする使用方法を検討していくことが求められます。



工場で無線の使用状況を把握する方法（1/2）

- 無線の使用状況を把握するためのツールには、スペクトラムアナライザやパケットキャプチャ等があります。

スペクトラムアナライザ

【概要】

無線の波形や強さを測定するツール。

【主な利用シーン】

- 無線機器が使用している周波数の状況確認
- 受信強度の確認
- 通信可能エリアの確認

パケットキャプチャ

【概要】

ネットワーク上のパケットを取得するソフトウェア。PC等にインストールした上で計測したいネットワークに接続して使用する。

【主な利用シーン】

- 無線に関する障害が発生した際の原因特定
(例：無線が繋がらない場合 等)

工場で無線の使用状況を把握する方法（2/2）

- 無線の波形や強さをスペクトラムアナライザによって測定できます。
- 無線LANが使用する周波数帯（2.4GHz帯や5GHz帯）に特化したスペクトラムアナライザの場合、PCのUSBに接続して使用する比較的廉価なタイプもあります。

(参考)スペクトラムアナライザを用いた無線環境

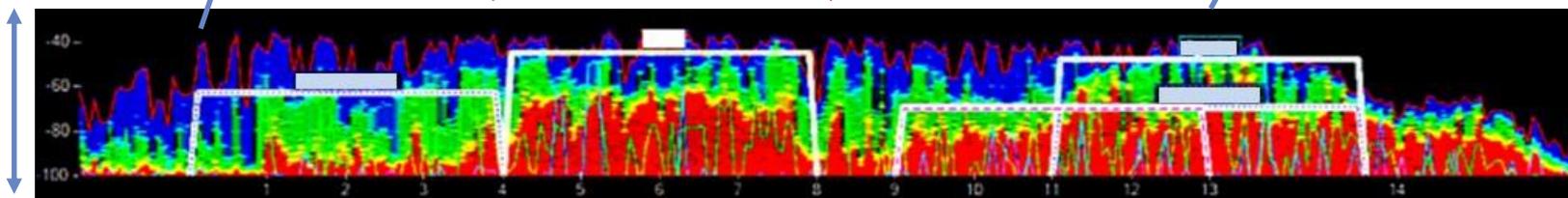
② 表示タイプによって電波の強度、電波の密度、電波の頻度を表示

弱/低/少  強/高/多

① 信号強度

③ 無線LANのSSID名

工場に導入した無線



周辺で利用されている無線

周辺で利用されている無線

④ チャンネル番号、もしくは周波数(MHz)

6.工場における無線の導入手順

無線の導入の概要

- 現場に無線を導入する際には3つの手順があります。
- 特に、事前調査と導入時のテストが重要となります。
- 無線は環境の変化による影響を受けるため、ある程度の期間にわたる事前調査とテストが必要となります。

現場に無線を導入する際の3つの手順

事前調査

導入作業

導入時のテスト

事前調査

① 現場での位置関係の確認

- 無線機の設置場所
- 無線機での通信経路

② 現場での無線環境確認

- 工場に導入済みの無線
- 工場周辺で利用されている無線

③ 模擬的な無線実験

導入時のテスト

現場での通信品質の確認

- 受信信号強度(RSSI)
- パケットエラー率(PER)

事前調査 ①現場での位置関係の確認

事前調査

導入作業

導入時の
テスト

- 事前調査における位置関係の確認では、無線の設置場所と通信経路を検討します。

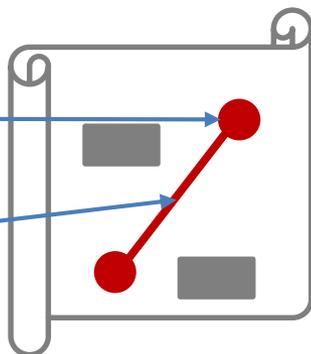
現場に向かう前の事前準備

- フロアマップ上で無線機の設置場所と無線での通信経路を検討

設置場所	<input type="checkbox"/> すぐ近くには金属が無い <input type="checkbox"/> アンテナを立てられる <input type="checkbox"/> アンテナは高い位置に設置できる <input type="checkbox"/> 電源を確保できる
通信経路	<input type="checkbox"/> 経路上に障害物が無い ※金属の塊や網は経路を遮断 <input type="checkbox"/> 経路上に人の往来が無い <input type="checkbox"/> 経路は高い位置にある

設置場所

通信経路



現場での実施事項

- フロアマップ上での検討通りの設置場所、通信経路を確保できるか確認
- 現場での実際の状況を考慮し、最終的な位置関係を決定

事前調査 ②現場での無線環境の確認

事前調査

導入作業

導入時の
テスト

- 事前調査における無線環境の確認では、工場に導入済みの無線、無線環境を考慮した上で、使用する周波数（チャンネル）を決定します。

現場に向かう前の事前準備

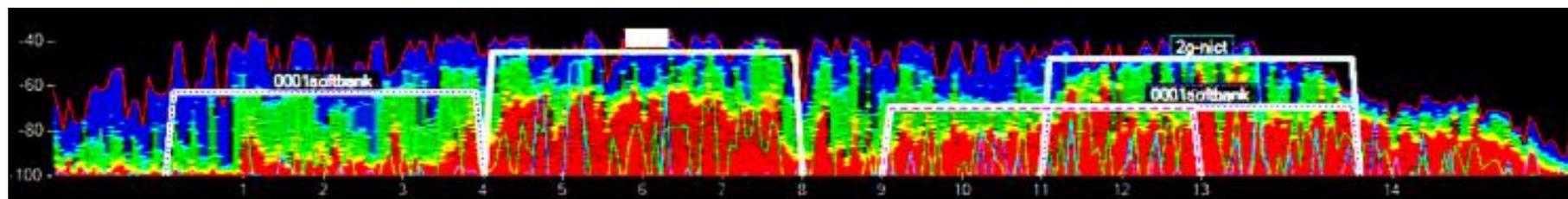
- 工場に導入済みの無線を確認
(既存の※管理記録等を参照)
※管理記録については、次ページ

現場での実施事項

- スペクトラムアナライザで無線機の設置予定場所での無線環境を確認
- 現場での実際の状況を確認し、使用する周波数(チャンネル)を決定

(参考)スペクトラムアナライザを用いた無線環境の確認

工場に導入済みの無線 ← 管理記録通りの周波数で動いているか



周辺で利用されている無線

周辺で利用されている無線

事前調査 ②現場での無線環境の確認

事前調査

導入作業

導入時の
テスト

- 管理記録には、機器名、台数、無線関連情報、通信関連情報、設置場所、管理部門、管理者名等を記録します。

管理記録(例)

管理No	機器名	台数	無線関連情報				通信関連情報		設置場所	管理部門	管理者
			無線仕様	周波数帯 [Hz]	チャンネル [ch]	周波数 [MHz]	頻度	データ量			
1	監視カメラ	3	IEEE802.11g	2.4G	1	2412	常時	2MB/sec (1台ごと)	第3工場 第2組み立て ライン	生産 管理部	田中M
2	環境 センサー	50	独自	920M	60	927.9	1回/時	0.1kB/h (1台ごと)	第2工場 全フロア	総務部	佐藤M
3	プレス機	1	ノイズ	2.4G	-	-	プレス加工 時	-	第1工場 北側	プレス加工 部	鈴木M
..

事前調査 ③ 模擬的な通信実験

事前調査

導入作業

導入時の
テスト

- 事前調査における模擬的な通信実験では、現場での無線の通信品質を考慮したうえで、変動を含めて許容可能なら無線を導入します。

現場に向かう前の事前準備

通信方法、無線機の性能の机上検討

- 送受信したいデータ量、無線機の通信速度を確認し、比較と選定

導入予定の無線機、または同等の通信を行う無線機の準備

- 使用する周波数で、送受信したいデータを実際に送受信できる無線機が理想

現場での実施事項

実験機を導入予定位置に設置して送受信を試行し、通信品質を確認

- 現場での実際の状況を確認し、使用する周波数(チャンネル)を決定
- 現場での実際の通信品質を確認し、変動を含め許容可能なら導入

通信実験における確認事項

理想

後述の「導入時のテスト」と同様の評価を、ある程度の期間実施

- 評価項目：RSSIおよびPER(詳細後述)
- 期間：環境の周期的な変化が一巡する1週間以上

最低限

許容範囲のエラー率で送受信ができることを確認

導入作業

事前調査

導入作業

導入時の
テスト

- 予め、無線機の設定を完了した上で、導入想定位置に無線機を設置します。
- 疎通が確認できない場合は、疎通可能な位置を探ります。

現場に向かう前の事前準備

- 電波が確実に届く範囲で無線機の設定を完了し、疎通を確認
- 設定ミスが無いことを予め確認することで、現場での負担を軽減

(例) インフラストラクチャモードの
Wi-Fi 無線機を利用する場合の事前準備

- 親機（アクセスポイント）と子機（クライアント）に同じチャンネルとSSIDを設定
- クライアントからアクセスポイントにpingコマンドでデータ送信し受信を確認

現場での実施事項

- 疎通確認済みの無線機を想定位置に設置し、疎通を確認

現場で疎通しない場合の対応

- 事前調査で送受信ができており、設定ミスが無いことが確認できている場合、事前調査から導入までに環境が変化し、電波が届いていない可能性あり
- 無線機の設置位置を近付ける等の調整を行い、疎通可能な位置を探る

導入時のテスト

事前調査

導入作業

導入時の
テスト

- 無線環境の周期的な変動が一巡する間、実際のデータを送受信し、RSSIとPERの値の変動が許容範囲であれば合格とみなします。

(製品付属のツール等を用いて実行します※具体的な手順等は製品マニュアル等を参照)

確認対象

定義

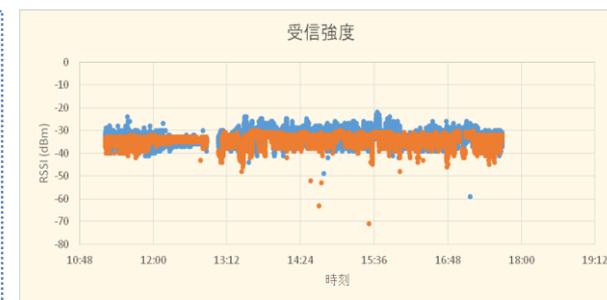
確認ポイント

グラフ例

RSSI

受信信号強度
受信機が受け取った電波の強さ

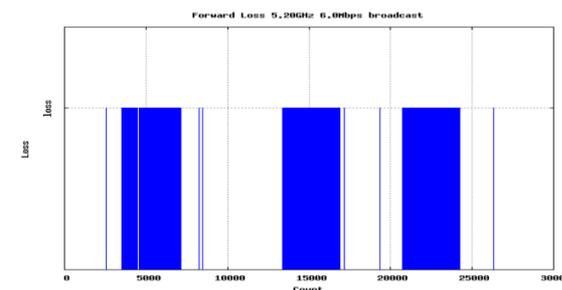
- 無線環境の周期的な変動が一巡する期間、RSSIの値が無線機の仕様で定められている最低受信感度に対して余裕があること



PER

パケットエラー率
送信データが受信されない割合

- 無線環境の周期的な変動が一巡する期間、PERの値が無線機の利用目的に対し許容範囲内であること



導入時のテスト（参考）

事前調査

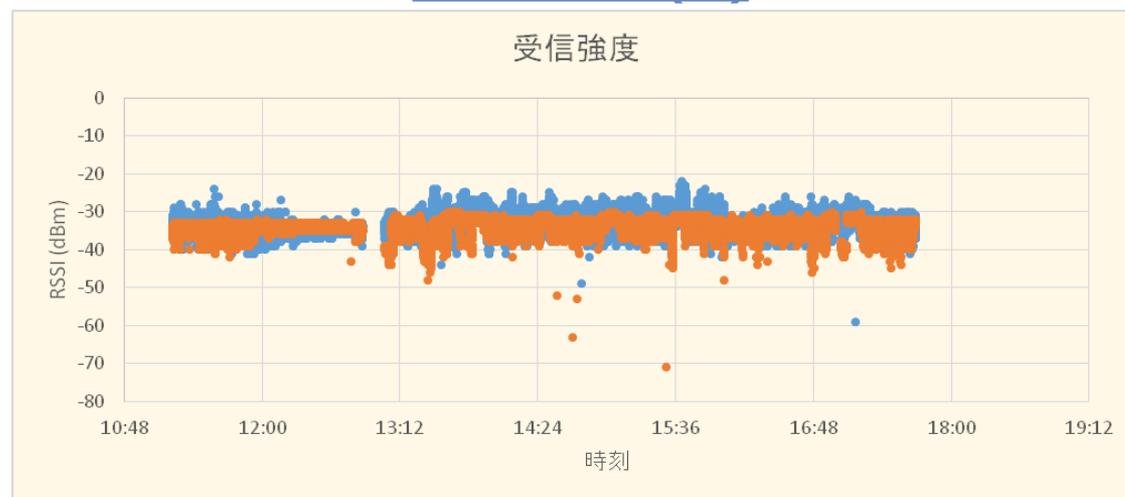
導入作業

導入時の
テスト

RSSIのグラフ(例)の解説

- 青：固定局、オレンジ：移動局
- 周囲で人の動きあり。
- 40dBm～-30dBmと、RSSI的には十分な強さがあり、変動も少ない。

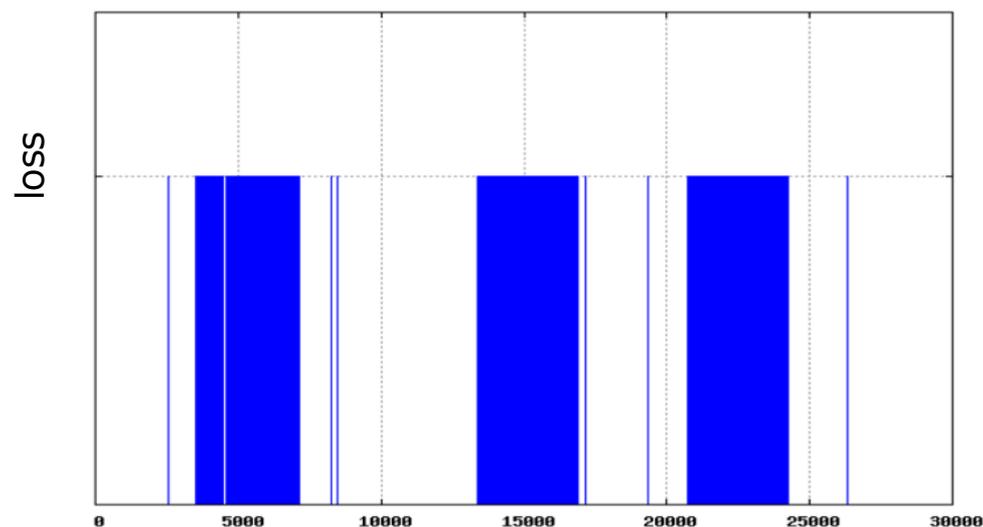
RSSIのグラフ(例)



PERのグラフ(例)の解説

- 横軸はパケット番号を示している。
- パケットロスが発生する度に、縦線が引かれる。
- 線の密度が高い程、高頻度にパケットロスが生じている。

PERのグラフ(例)



7.無線の管理・運用

無線管理の概要

- 工場において適切に無線を管理するためには、**予め理解しておくべきこと**と、**決めておくべきこと**があります。

項目	実施事項
予め理解しておくべきこと	管理目的
	管理方針
決めておくべきこと	管理対象
	管理実施者
	管理方法

無線の管理目的

- 無線管理の目的は、工場で使用する無線通信において、用途に適した通信品質を保ち、通信品質劣化に起因したトラブルを避けることです。

無線を管理することで、以下が可能となります。

使用中の無線周波数とその使用機器が把握できます

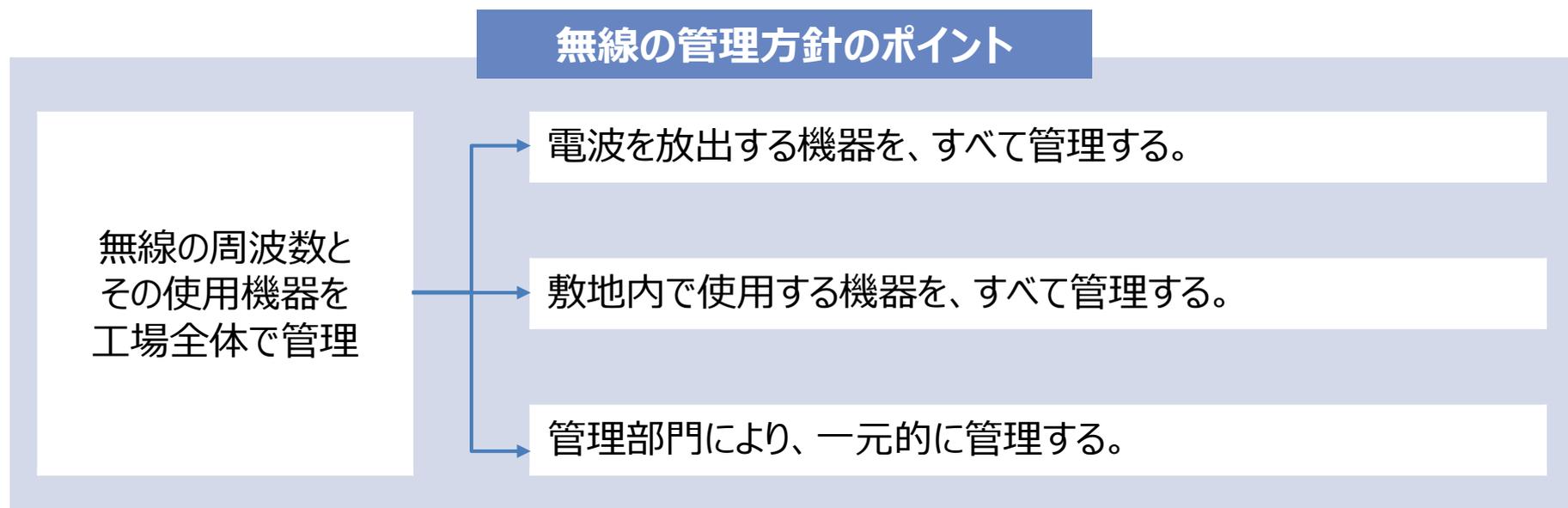
無線の使用状況を把握し、周波数を割り当てることで干渉を避けます

干渉を避けることで、用途に適した速度や品質での通信が可能となります

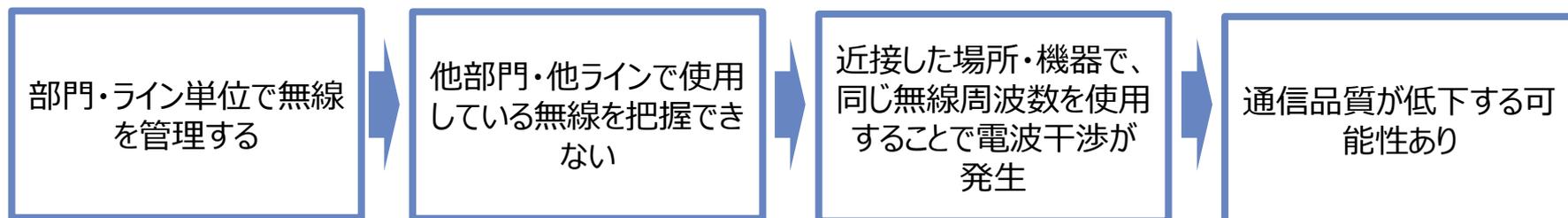
通信品質劣化に起因したトラブルを避けることが可能となります

無線の管理方針

- 無線の管理方針として、無線の周波数とその使用機器を工場全体で管理する必要があります。



(参考)部門・ライン単位で無線を管理している場合(※工場全体で管理していない場合)



無線の管理実施者と管理方法

- 無線の管理は工場の通信・制御ネットワーク全体を管理する部門が担当し、管理する際には機器の使用状況を文書に残す必要があります。

無線の管理実施者と管理方法

管理実施者

工場の通信・制御ネットワーク全体を管理する部門が担当

管理方法

機器の使用状況を文書に残し、定期的に更新

使用機器と周波数等を帳票で管理

イベント発生時や定期的に帳票を更新

文書管理のポイント

管理表を作成し、以下の内容を記入。

- 無線通信機器の使用周波数
- 電波を発する製造機器と出す周波数
- 新たに導入する無線通信機・製造機器
- 機器の個数
- 設置場所
- 管理者 等

更新のポイント

- イベントとは、無線通信機器・製造機器の新規追加や、無線通信機器や製造機器の移動、工場のレイアウト変更等を指す。
- 定期的な棚卸は、1年に1、2回実施。

(参考) 無線機器の使用状況の管理方法

- 文書(=帳票)は、工場全体で使用します。
- 文書には機器名、台数、無線関連情報、通信関連情報、設置場所、管理部門、管理者名等を記録します。

機器の使用状況の管理文書の例(例) ※再掲

管理No	機器名	台数	無線関連情報				通信関連情報		設置場所	管理部門	管理者
			無線仕様	周波数帯 [Hz]	チャンネル [ch]	周波数 [MHz]	頻度	データ量			
1	監視カメラ	3	IEEE802.11g	2.4G	1	2412	常時	2MB/sec (1台ごと)	第3工場 第2組み立て ライン	生産 管理部	田中M
2	環境 センサー	50	独自	920M	60	927.9	1回/時	0.1kB/h (1台ごと)	第2工場 全フロア	総務部	佐藤M
3	プレス機	1	ノイズ	2.4G	-	-	プレス加工 時	-	第1工場 北側	プレス加工 部	鈴木M
..

無線のトラブル①

- 問題発生状況から、問題の原因・対処方法を考えてみましょう。

新たな無線通信機器の導入

状況

- Aラインでは、作業に無線LAN(IEEE802.11a)を使用したタブレットを導入していました。

問題発生

- あるとき、サーバーとの通信速度が遅くなり、作業に時間がかかるとの苦情がでました。

この状況における、問題の原因・対処方法を考えてみましょう



無線のトラブル①

- 本ケースにおいては、以下のような対処方法が考えられます。

問題の原因

概要

新たに追加した無線通信機器による無線通信の混雑が原因でした。

詳細

- BラインにAラインと同じ無線LANのチャンネルを使用した無線通信機器が導入され、その無線通信機器は監視カメラデータを常時送信しており、帯域が圧迫されていました。
- また、工場全体で無線を管理しておらず、無線機器導入時に限られた期間のみの観察に基づいて、一見使用していないように見える無線LANチャンネルを設定していました。

対処方法

1

- Bラインに導入した無線通信機器が使用する無線LANのチャンネルを変更しました。

2

- 使用する無線LANチャンネルを一覧表で管理し、無線通信機器導入時には一覧表を確認の上、使用量が少ないチャンネルを選択するように、運用方法を変更しました。

無線のトラブル②

- 問題発生状況から、問題の原因・対処方法を考えてみましょう。

無線機器の設置変更

状況

- 生産効率を上げるためにDラインを、Cラインと同じ建屋内（となり）に移動しました。

問題発生

- 移動後、Cラインから無線LAN(IEEE802.11a)を使用した内線電話が切れるようになったとの苦情が出ました。

この状況における、問題の原因・対処方法を考えてみましょう



無線のトラブル②

- 本ケースにおいては、以下のような対処方法が考えられます。

	概要	詳細・補足
問題の原因	<p>無線LANアクセスポイントを近距離に設置し、さらにチャンネルも隣接していたことが原因でした。</p>	<ul style="list-style-type: none">無線LAN機器によっては、近距離で使用すると隣接チャンネルの通信と干渉する場合があります。
対処方法	<ol style="list-style-type: none"><ul style="list-style-type: none">Dラインの無線LAN(IEEE802.11a)アクセスポイントのチャンネルを、Cラインのチャンネルと2チャンネル以上離れたチャンネルに設定しなおしました。<ul style="list-style-type: none">無線LAN(IEEE802.11a)アクセスポイント間の距離を離しました。	

無線のトラブル③

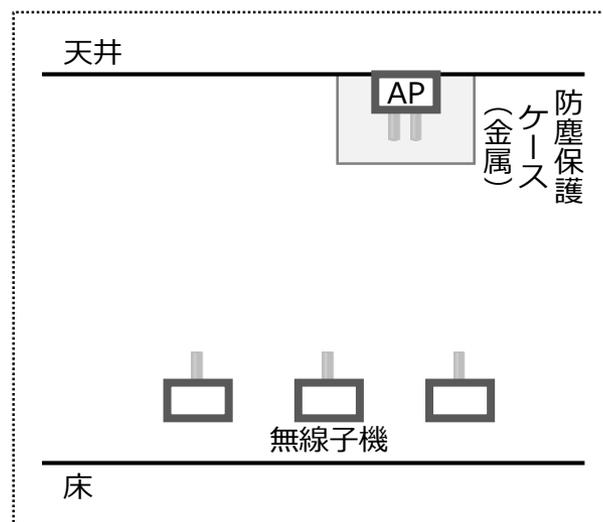
- 問題発生状況から、問題の原因・対処方法を考えてみましょう。

新たなアンテナの設置

状況

- 粉塵から守るため、無線LANのアクセスポイントを金属のケースに収納しました。
- また、アクセスポイントは、天井の高い位置に、アンテナの先端を下に向けて設置しました。（右図参照）

〈アンテナ配置のイメージ図〉



問題発生

- 無線LANの途切れや通信ができない現象が発生し、定期的に届くはずのデータが一部欠落するなどの苦情が出ました。

この状況における、問題の原因・対処方法を考えてみましょう



無線のトラブル③

- 本ケースにおいては、以下のような対処方法が考えられます。

概要

詳細・補足

問題の原因

- 金属でできた防塵保護ケースにより電波が遮蔽されている事が原因でした。
- また、アンテナが真下に向いていたことにより、真下にある機器へ電波が届きにくくなっていたことが原因でした。

- 一部のアンテナでは、先端が向いている方向の電波が弱くなります。

対処方法

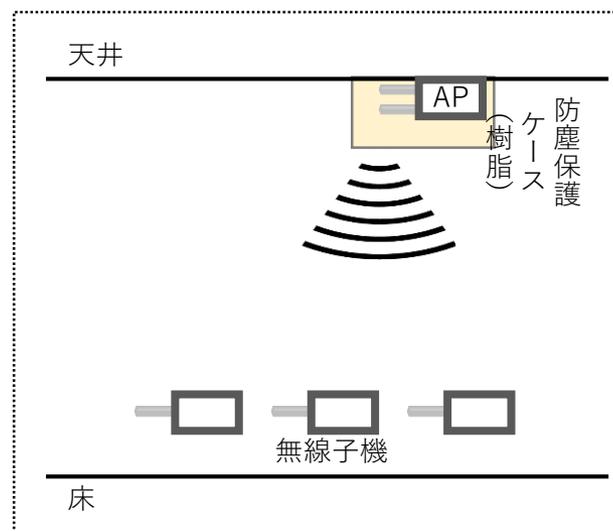
1

- 防塵保護ケースを、電波を通しやすい樹脂素材に変更しました。

2

- アンテナの向きを、子機の方に電波が届きやすいよう変更しました。

〈アンテナ配置のイメージ図(変更後)〉



8.最新の動向

LPWA (Low Power Wide Area)

- 低消費電力(電池で最大10年)、長距離伝送(都市部：数km)、低レート(<数十kbps)の通信で、広域のセンサーデータ収集を中心に活用が検討されています。

活用のメリット

低消費電力により、電池交換等の機器メンテナンスの頻度が抑えられ保守を効率化できる

長距離伝送により、1台の基地局で広範囲のデバイスが収容でき運用コストが下げられる

アンライセンスバンドを使用する通信では、独自ネットワークの構築が可能、通信コストも不要

	Sigfox	LoRaWAN	Cat-M1	NB-IoT
規格(団体)	独自	LoRa Alliance	3GPP	3GPP
通信速度	最大100bps(UL)/600bps(DL)	最大0.3kbps~50kbps	最大1Mbps(UL)/1Mbps(DL)	最大62kbps(UL)/21kbps(DL)
周波数帯	920MHz帯	920MHz帯	LTEの一部のBand	LTEの一部のBand
特徴	低速だが長距離が特徴の通信規格。数km~郊外では10数kmの通信が特徴。昨今様々な分野で活用が見込まれている通信規格。		携帯電話標準化仕様(3GPP)で規定されたIoT向け通信で通信キャリアが提供。標準的な携帯電話技術と比較して、バッテリー寿命の長期化と通信範囲の拡大が可能。NB-IoTは移動通信を想定しない用途で使用。	

出典

3GPP(<http://www.3gpp.org/>),

「LPWAに関する無線システムの動向について」総務省(http://www.soumu.go.jp/main_content/000543715.pdf)

LoRa Alliance(<https://lora-alliance.org/>),

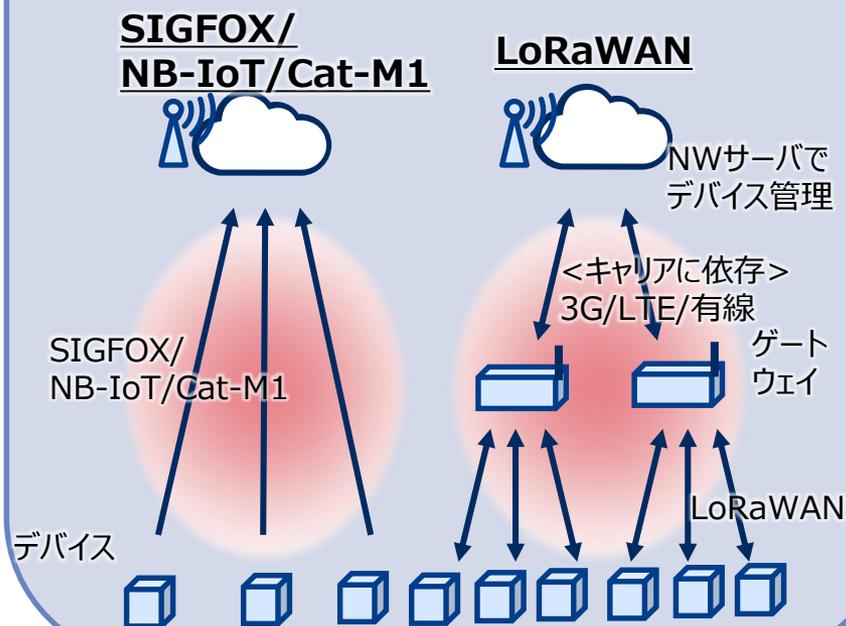
Sigfox(http://www.soumu.go.jp/main_content/000450876.pdf)

LPWA (Low Power Wide Area)

- キャリアが提供するパブリックネットワーク（IoT向け携帯電話の規格も含む）と、独自に構築が可能なプライベートネットワークが存在します。

パブリックネットワーク

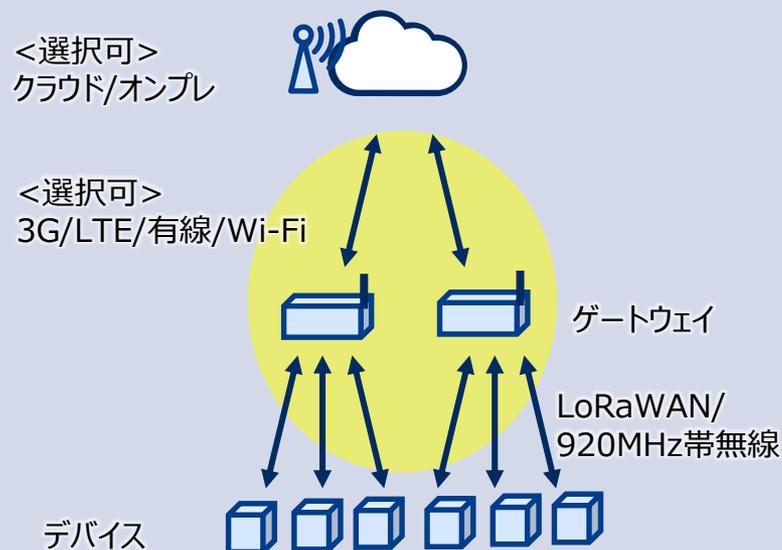
- ✓ キャリアと契約（要通信費）
- ✓ サービスエリア内で利用可



プライベートネットワーク

- ✓ 通信費不要
- ✓ ネットワーク構築必要

LoRaWAN/920MHz帯無線



第5世代移動通信システム（5G）

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

5Gの特徴

「多数接続」により、家電、クルマ等、身の回りのあらゆる機器（モノ）がつながります

「超低遅延」により、遠隔地においてもロボット等の操作をスムーズに行うことができます

超低遅延

移動体無線技術の
高速・大容量化路線

2G 3G 4G

5G

多数同時接続

超高速
現在の移動通信システムより100倍速いブロードバンドサービスを提供

⇒2時間の映画を3秒でダウンロード



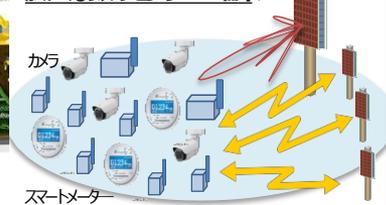
超低遅延
利用者が遅延(タイムラグ)を意識することなく、リアルタイムに遠隔地のロボット等を操作・制御

⇒ロボット等の精緻な操作をリアルタイム通信で実現



ロボットを遠隔制御

膨大な数のセンサー・端末



スマートメーター

多数同時接続
スマホ、PCをはじめ、身の回りのあらゆる機器がネットに接続

⇒自宅屋内の約100個の端末・センサーがネットに接続
(現行技術では、スマホ、PCなど数個)

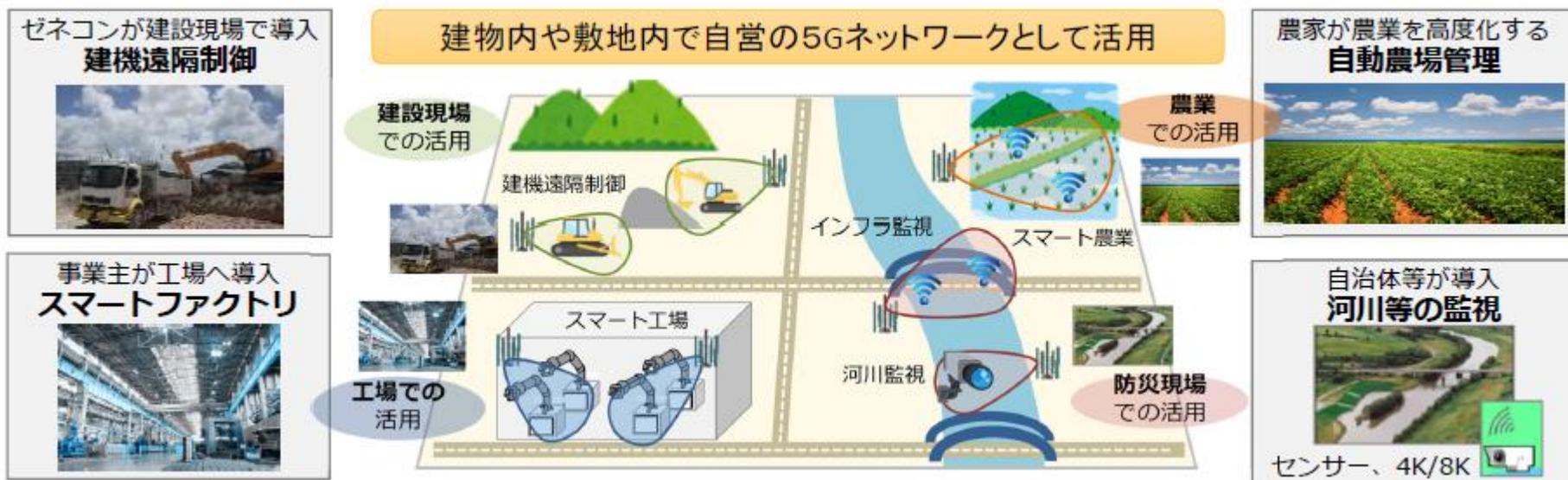
社会的なインパクト大

ローカル5G

- ローカル5Gは、地域や産業の個別のニーズに応じて地域の企業や自治体等の様々な主体が、自らの建物内や敷地内でスポット的に柔軟に構築できる5Gシステムです。

<他のシステムと比較した特徴>

- 携帯事業者の5Gサービスと異なり、携帯事業者によるエリア展開が遅れる地域において5Gシステムを先行して構築可能です。
- 使用用途に応じて必要となる性能を柔軟に設定することが可能です。
- 他の場所の通信障害や災害などの影響を受けにくく、Wi-Fiと比較して、無線局免許に基づく安定的な利用が可能です。



ワイヤレス電力伝送システム（WPT）

- WPTは、無線により電力を伝送し、金属接点やコネクタを接続することなく、迅速かつ容易に充電することを可能とするシステムです。コードレス電話や電動歯ブラシ、携帯電話、ノートPCなどに利用されています。
- 近年、電気自動車への利用が注目され、実用化や国際標準化の取り組みが活発化しているほか、家庭電化製品や工業製品等についても活用の際の拡大が期待されています。

対象	電気自動車用 非接触電力伝送装置	一般用非接触電力伝送装置	
		6.7MHz帯磁界結合型 非接触電力伝送装置	400kHz帯電界結合型 非接触電力伝送装置
給電対象・ システムイメージ	電気自動車 	スマートフォン、 タブレットPC等 	ノートPC等 
電力伝送方式	磁界結合方式（注1）		電界結合方式（注2）
伝送電力	～7.7kW	～100W程度	～100W程度
使用周波数	79kHz～90kHz	6.765MHz～6.795MHz	425～524kHz（注3）
送受電距離	0～30cm程度	0～5cm程度	0～1cm程度

（注1）磁界結合型：送電側と受電側にコイルを設置し、磁界によるコイルの結合を利用して電力を伝送する。

（注2）電界結合型：送電側と受電側の、電極が接近したときに発生する電界を利用して電流を伝送する。

（注3）アマチュア無線、海上無線、中波ラジオ放送に割り当てられた周波数帯は除く。

9.無線のQ&A

Question	ページ	Question	ページ
電波とは何ですか？アンテナからは何が出るのですか？	P83,	無線機からアンテナを別のものに付け替えて使用できますか？	P93,
ノイズとは何ですか？ノイズとはどんなものから出るのですか？	P83,	アンテナの周辺に金属があると通信に影響がありますか？	P93,
電波が送信されてから相手に届くまで何秒くらいかかりますか？	P84,	無線機器がデータ化けして誤ったデータを出力することは無いのですか？	P94,
電波はアンテナからどのように出ているのですか？	P84,	無線にはセキュリティの問題はないのですか？	P94,
電波が出て行かない/通らないようにする方法はありますか？	P85,	無線機器が混信する場合の対策にはどのような手段がありますか？	P95,
障害物による電波の減衰はどれくらいありますか？	P85,	無線機器を制御用にも使用できますか？	P95,
使い方によって法的に罰せられることがありますか？	P86,	データ通信中に、無線が途切れることはありませんか？	P96,
無線機器の通信距離はどれくらいですか？	P86,	切れない、遅れない無線は実現できますか？	P96,
アンテナの設置高さによって通信距離は変化しますか？	P87,	無線が他のシステムの電波に影響を与えたり受けたりすることはありますか？	P97,
アンテナの設置方向によって通信距離は変化しますか？	P87,	無線の利用による他の機器への影響はありますか？	P97,
通信距離を伸ばすことはできますか？	P88,	無線は天候による影響を受けますか？	P98,
無線機器の一般的な耐用年数を教えてください。	P88,	無線機器導入後にどのようなメンテナンスが必要ですか？	P98,
防水対応の無線機はありますか？	P89,	現場の電波環境を確認できますか？	P99,
無線機器は屋外でも使用できますか？	P89,	無線機器を動かせる台数に上限はありますか？	P99,
無線機同士の通信状態を確認できますか？	P90,	他社の無線機器と通信できますか？	P100,
家庭やオフィスで利用される無線機器を工場においても利用できますか？産業用の無線機器とはなにが違うのですか？	P90,	無線機器はそのまま海外で使えますか？	P100,
無線機器はノイズに弱いのですか？	P91,	小エリア簡易無線の免許申請方法を教えてください。	P101,
無線機器は工場環境の外来ノイズの影響を受けますか？	P92,	無線電波は人体への影響がありますか？	P101,

電波とは何ですか？アンテナからは何が出るのですか？

- 「電波」とは周波数 3THz(テラヘルツ) 以下の電磁波のことです。
- アンテナからは電磁波が放射されています。
- アンテナ上で時間変動する電流により、磁界の変化が発生し、その磁界の変化により電界の変化が発生します。
- 更に、電界の変化が磁界の変化を発生させ、以降、磁界と電界の変化が交互に発生することで空間を伝搬していきます。

ノイズとは何ですか？ノイズとはどんなものから出るのですか？

- 雑音や不要な漏洩電磁波のことです。
- この講習では、特に無線通信を妨害する可能性のある電磁ノイズのことを指しています。
- 工場等の製造現場では、動力を伴う機器、電源、溶接機等から無線に影響を与えるノイズが発生するケースがあります。

電波が送信されてから相手に届くまで何秒くらいかかりますか？

- 電波は光の速さと同じなので瞬時に相手に届きます。
- しかし、受信機の内部での処理時間があるため、データとして出力されるまでには時間がかかります。

電波はアンテナからどのように出ていますか？

- アンテナの種類や形状によって異なります。
- アンテナの放射パターンは指向性と無指向性に大別されます。
- アンテナを設置するときは放射パターンを考慮する必要があります。

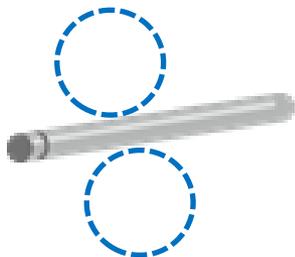
【半波長ダイポールアンテナの場合】

無指向性と8の字のパターンが見えます。

【指向性アンテナの場合】

特定方向へ絞られたビームが放射されるため、その方向への利得(感度)が上昇し通信距離が長くなります。また、不必要な方向からのノイズを拾わないため、ノイズ耐性も上がります。

8の字



無指向性



電波が出て行かない/通らないようにする方法はありますか？

- 金属の壁によって、ある程度は電波を遮蔽できます。
- 但し、電波は天井や隙間を反射・回折しながら通ることがあり、完全に遮蔽することは困難です。

障害物による電波の減衰はどれくらいありますか？

- 障害物の材質により異なります。
- 一般的に、金属はほとんど透過しません。
- コンクリートは電波の減衰が大きいです。
- ガラスについては、ワイヤ入りガラスでは電波の減衰が大きいですが、透明ガラスでは電波の減衰は比較的小さくなります。

材料による電波損失の計算例(dB)

	2.4GHz	5GHz
ガラス(厚さ10mm)	1.3～3.6	1.3～1.6
コンクリート(厚さ7.5cm)	5.9	11.5
モルタル(厚さ7.5cm)	6.3	12.1
天井材(厚さ9mm)	0.14	0.33

出典

「電波伝搬の実際」電子情報通信学会(NTTアドバンステクノロジー株式会社)

電波は使い方によって法的に罰せられることがありますか？

- 法的に罰せられることがあります。
- 有限の資源である電波の利用に関しては、各国が法律や規則を定めており、それらに違反した場合、罰せられることがあります。
- 日本では電波法令で定めている技術基準に適合している無線機であることを証明する技適マークを無線機に付与していますが、技適マークを付与された無線機であっても、改造を施した場合、技適マークの効力は失われ、違法になり罰せられることがあります。

無線機器の通信距離はどれくらいですか？

- 無線局の種類や通信方式、設置環境(設置位置、見通し、障害物等)により異なります。
- 電波は障害物の材質により影響を受け、ガラス、プラスチック等は透過、コンクリート壁、石膏ボード、モルタル等は減衰、金属体には反射します。

無線局の種類と通信距離

無線局の種類	微弱無線	無線LAN	スペクトラム拡散無線	特定小電力無線	小エリア無線
通信距離 (目安)	10m	屋内：40m以上 中継機なしの時	屋内：60m以上 屋外：300m以上 (見通し) 中継機なしの時	屋内：100m以上 屋外：300m以上 (見通し) 中継機なしの時	郊外：1km以上 屋外：3km以上 (見通し) 中継機なしの時

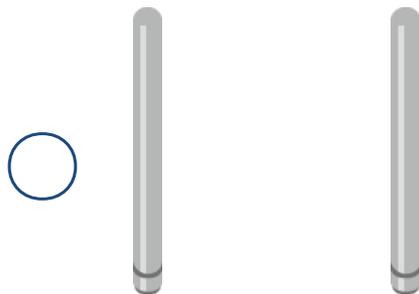
アンテナの設置高さによって通信距離は変化しますか？

- 変化します。
- 低い位置に設置すると通信距離は短くなり、高い位置に設置する通信距離は長くなる傾向があります。
- 使用する無線通信の周波数と、通信距離から、フレネルゾーンを算出することで設置すべき高さを決めることができます。

アンテナの設置方向によって通信距離は変化しますか？

- 変化します。
- 良好な通信を行うためには、送信アンテナの偏波と受信アンテナの偏波を合わせる必要が有ります。
- 送受信アンテナが同じ場合、同じ方向を向けて設置します。偏波が90度違うと通信距離が短くなります。

適切な設置方向



不適切な設置方向



通信距離を伸ばすことはできますか？

- アンテナを指向性があるものに変えることで、通信距離を伸ばすことができます。
- 通信機器メーカーが提供するアンテナの中から、利得の高いアンテナや、指向性アンテナを使用することで通信距離伸ばすことができます。
- 但し、技術適合を取得したアンテナ以外を購入し、接続することは電波法上違法となります。

無線機器の一般的な耐用年数を教えてください。

- 使用環境や初期不良の有無に依存しますが、製造現場向けの機器では10年を目安とした事例が存在します。

防水対応の無線機はありますか？

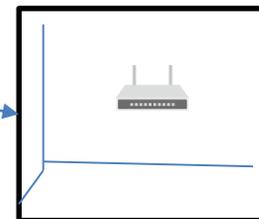
- 防水対応の無線機はあります。
- 屋外での使用等を想定した無線機も市場には存在しています。
- アンテナのみ防水に対応した製品や、無線機本体を含む全体を防水ケースに格納した製品等、様々な製品が存在します。

無線機器は屋外でも使用できますか？

- 屋外でも利用できます。
- 但し、無線LANの5.18～5.32GHzは屋外では使用できません。
- 雨がつかないように樹脂製のBOXに入れてください。
- 樹脂製ケースの場合、電波を透過するので減衰しません。ただし、樹脂製ケースに銀色塗装はしないでください。塗装にアルミ粉が含まれているため、電波が透過しにくくなります。
- 防水仕様のアンテナ、ケーブルを使用可能（技適取得済み）であれば、アンテナを外に設置することが可能です。

屋外設置の例

樹脂製のケース等



無線機同士の通信状態を確認できますか？

- ツール等を用いて確認できます。
- 送達確認を行うためのPingコマンドを使って到達状況を確認することができます。

家庭やオフィスで利用される無線機器を工場においても利用できますか？産業用の無線機器とはなにが違うのですか？

- 家庭やオフィスで利用される無線機器でも利用は可能です。
- 産業用の無線機器については、無線通信の機能は変わりませんが、高温多湿の場所だったり、粉塵が多い場所等過酷な環境におかれることを想定して、高温対策や粉塵対策が取られています。

無線機器はノイズに弱いのですか？

- 電源に由来するノイズの影響に関しては、有線機器と無線機器とで大きな差はありません。
- データ信号の入出力に由来するノイズに関しては、有線機器と無線機器とで異なる特徴があります。
- 有線機器の場合、ケーブルを引き回すため、ケーブルに誘導ノイズが乗りやすく、一般に入出力信号線にはフィルタを取り付けないため、幅広い周波数のノイズの影響を受けることになります。
- 無線機器の場合、データの送受信に使用する周波数帯にノイズが存在する場合、当該ノイズの影響を受けることになります。
- 但し、使用する周波数帯の幅は狭い範囲に限定されるため、当該範囲に乘るノイズは限定的になります。

無線機器は工場環境の外来ノイズの影響を受けますか？

- 製品、使用環境により、機器が受けるノイズ等の影響度合いが変わりますので、実際の環境でテストを行ってから使用してください。
- 特定小電力無線局、微弱無線局の場合
 - ✓ モータ、ディスプレイからノイズがでることがありますが、1m程度離せば、影響が減ります。

無線機器が影響を受けるノイズの範囲

機器	影響を受ける範囲	機器	影響を受ける範囲
飲料用自動販売機	影響なし	ガソリンエンジン	影響なし
コピー機		家庭用コードレス電話	
エアコン室外機		携帯電話(800MHz)	10cm以内
CB無線機(27MHz)		インバータ蛍光灯	20cm以内
エンジン式草刈機		通常の蛍光灯	20cm以内
ディーゼルエンジン		電気ドリル	30cm以内
PHS		ノートパソコン	50cm以内
タイマ・カウンタ		感電式虫取り灯	50cm以内
掃除機		電子レンジ	80cm以内

- 注：個々の機器の形式により影響が異なります。

- SS無線局の場合
 - ✓ 同じ周波数帯を利用する無線LANの影響が一番大きいと考えられます。使用する周波数が重ならないように周波数チャネルを設定してください。

出典：「無線導入の手引き」オムロン株式会社

無線機からアンテナを別のものに付け替えて使用できますか？

- 電波関連の法令に違反する可能性があります。

アンテナの周辺に金属があると通信に影響がありますか？

- 影響があります。
- 金属は電波を反射するため、アンテナの周辺に金属体があると特定の方向に電波が弱くなります。

無線機器がデータ化けして誤ったデータを出力することは無いですか？

- ありません。
- 通信パケットごとにエラーチェックコードが付加されており、誤りの検出と再送が行われています。
- ノイズ等の影響でデータ化けが起きたとしても、エラーチェックによってそのデータは破棄されます。

無線にはセキュリティの問題はないのですか？

- 正しくセキュリティ対策をしておくことが必要です。
- セキュリティの設定が無効になっていたり、脆弱性が見つかったりしているセキュリティ機能を使い続けると、セキュリティ上の問題が生じます。

無線機器が混信する場合の対策にはどのような手段がありますか？

- 使用周波数に他の機器の電波があると通信が止まります。
- 空きチャンネルを設定して混信を回避してください。

無線機器を制御用にも使用できますか？

- 条件や実装方法によってはできます。
- 無線通信では単発の通信で100%のデータ到達を保証することができません。
- 制御信号の遅延がある程度許容されるのであれば、再送等により冗長性を向上することで制御に利用できます。

データ通信中に、無線が途切れることはありませんか？

- 無線が途切れることはあります。
- ものや人の移動により遮蔽されて途切れることや、反射体となっていたものの移動により途切れることがあります。

切れない、遅れない無線は実現できますか？

- 絶対に切れない、遅れない無線を実現するのは困難です。
- しかし、用途に応じて適切な機器の選定、配置や設定をすることで切断や遅延の発生を限りなく抑えることは可能です。

無線が他のシステムの電波に影響を与えたり受けたりすることはありますか？

- あります。
- 同一または隣接の周波数を利用しているシステムについては、お互いの通信が衝突し通信できなくなる場合があります。

無線の利用による他の機器への影響はありますか？

- 無線機器を含めた電気機器から放出された電磁波は、エミッションレベルが電波法（EMC適合）で定められた限度値以内であれば、他の機器を誤動作させることは基本的にありません。
- 人命や財産に大きな影響が予測される等、特に安全性が要求される用途でご使用の場合、事前に無線機器製造ベンダーへの確認が必要です。

無線通信は天候による影響を受けますか？

- 一般的には、微弱無線局、特定小電力無線局、SS無線局、無線LANの通信が雷以外の天候による影響を受けることはありません。
- 電波が天候により影響をうけるのは、酸素(O₂)と水蒸気(H₂O)による吸収です。雨についていえば、豪雨の状態では数GHz以上の周波数、普通の雨の状態では10GHz以上(BS放送等)の周波数が影響を受けるといわれます。
- 天候の影響で壁や地面等の水分量に変動があり、電波の反射環境に影響が出る可能性があります。

無線機器導入後にどのようなメンテナンスが必要ですか？

- 製品によりますが、適切な設置・設定をしてあれば無線機器自体には定期的なメンテナンスを必要とするものは少ないです。
- 本編の「無線の管理・運用」にもあるように、電波環境に影響する周辺の構造物の配置変更や、同じ周波数帯や近い周波数チャンネルを使用する他の無線機器の導入、対象無線機器自体の設置場所変更や増設がある場合には、導入時に行ったのと同様のチャンネルやアンテナ設定の変更が必要になることがあります。

現場の電波環境を確認できますか？

- 確認できます。
- 無線通信機器に電波環境測定ツール（アプリケーション）が付属している場合、ツールにより電波環境を確認できます。
- または、別途用意した簡易スペクトラムアナライザー等を使用することで、現場での電波環境を確認できます。

無線機器を動かせる台数に上限はありますか？

- 無線機器が通信する（電波を発信する）時間や回数により、動かせる台数は変わります。
- 無線も有限な資源であるため、周波数を効果的に使用できる台数に上限があります。台数の上限は、環境や通信の状況により変動します。
- 無線LAN アクセスポイントによっては、メーカーにより接続できる最大クライアント数が決められている製品もあります。

他社の無線機器と通信できますか？

- 無線規格によって他社の無線機器と相互通信できるものとできないものがあります。
- 無線LAN(IEEE802.11)やBluetooth(IEEE802.15.1)の様な認証団体が存在する無線規格は、他社の無線機器と相互接続運用（ interoperability ）が可能です。
- 一方、920MHz帯の通信(IEEE802.15.4)は、ベンダー独自のプロトコルを用いて他社の機器と接続が出来ないものも多数存在します。
- 不明な場合は、製造ベンダーへのお問合せをお勧めします。

無線機器はそのまま海外で使えますか？

- 海外で無線機器を使用する場合、使用周波数や送信出力といった各国の電波法令で定めている技術基準に適合している必要があります。
- 日本で使用する場合は基本的には技術基準適合証明（通称“技適”と呼ばれる）が取得された無線機が使用できます。

小エリア簡易無線の免許申請方法を教えてください。

- 簡易無線局は申請者の簡易な事務又は個人的用務を行うためにのみ使用できます。
- 初めてデジタル簡易無線免許局、簡易業務用無線機、小エリア（新簡易）無線機をご使用の際には"新設"の免許申請手続きが必要です。
- 申請書類を全国陸上無線協会に提出、総務省総合通信局より免許状を受け取ります。

無線電波は人体への影響がありますか？

- 電波法の技術適合を得ている無線通信機器が送信する電波は、人体に対する影響がないとされています。
- 詳細は総務省HPを参照ください。 <http://www.soumu.go.jp/soutsu/tokai/denpa/jintai/>

10.無線の用語集

用語	ページ	用語	ページ	用語	ページ	用語	ページ
Bluetooth	P104,	TCP/IP	P114,	スペクトル拡散方式	P123,	反射	P133,
BSSID	P104,	UWB	P114,	スマートローミング	P124,	ハンドオーバー	P133,
DFS	P105,	Wi-Fi	P115,	相互変調	P124,	微弱無線	P134,
DSSS	P105,	Wireless HART	P115,	ダイバーシティ	P125,	ビット誤り率 (BER: Bit error rate)	P135,
IEEE	P106,	Wi-SUN	P116,	単向方式	P125,	フレネルゾーン	P135,
IPアドレス	P106,	zigbee	P116,	単信方式(半二重)	P126,	プロトコル	P136,
ISA100.11a	P107,	誤り制御	P117,	通信速度	P126,	変調・復調	P136,
ISMバンド	P107,	誤り訂正符号	P117,	通信方式	P127,	マルチパスフェージング	P137,
ITU	P108,	暗号化方式	P118,	電波	P127,	無線通信	P137,
LPWA	P108,	アンテナ	P118,	電波干渉	P128,	無線LAN	P138,
LTE	P109,	技術基準適合証明	P119,	電波法	P128,	ローミング	P138,
MACアドレス	P110,	空中線電力	P119,	透過	P129,	5G	P139,
MNO	P110,	サブネットマスク	P120,	同報通信方式	P129,		
MU-MIMO	P111,	シャドウイング	P120,	特定小電力無線局	P130,		
MVNO	P111,	周波数チャネル	P121,	トランスペアレント モード	P130,		
NFC	P112,	周波数ホッピング	P121,	ノイズ (雑音)	P131,		
OFDM	P112,	受信レベル	P122,	バイナリデータ	P131,		
RTS/CTS	P113,	小エリア簡易無線	P122,	パケット	P132,		
SSID	P113,	ステルスモード	P123,	パケットロス	P132,		

Bluetooth

- Bluetoothは2.4GHz帯の免許不要な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用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ます。
- 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ています。

BSSID

- Basic Service Set-Identifierの略。
- 無線LANをMAC層で識別するためのIDです。
- 無線ユニットのAP間通信機能で使用しています。

DFS (Dynamic Frequency Selection)

- 5GHz帯には、気象レーダーのように、Wi-Fi以外の用途で使われている周波数があり、レーダー等の電波を検知したら通信チャンネルを切り替えなければなりません。
- この切り替えを行うのがDFSです。
- 5GHz帯の無線のうち、以下のチャンネルが該当します（日本の場合。国によって異なります。）
 - W53 : ch 52 - 64
 - W56 : ch 100 - 140
- 切り替えの際、一時的に通信が途絶えるので、これらのチャンネルを使う場合には気をつける必要があります。

DSSS

- Direct Sequence Spread Spectrumの略
- DSSSは無線通信でデータを送信する際に行われるスペクトラム拡散という変調方式の一つです。

IEEE

- Institute of Electrical and Electronics Engineers の略。
- 米国に本部を持つ電気・電子技術に関する学会です。
- 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ます。

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です。
- 論理アドレスとも呼ばれます。
- IPアドレスは、IPv4では32bit、IPv6では128bitの数値で表現されます。
- 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いて、グローバルアドレスは所定の機関から割り当てをもらう必要があります。

ISA100.11a

- ISA100.11aはISA100委員会で標準化された工業用無線規格です。
- ISA100.11aはIEEE 802.15.4-2006規格をベースとしており、2.4GHz帯で動作し、250kbpsの通信速度を実現しています。

出典

「工業用無線規格ISA100.11aとその実用」ISA日本支部 年次総会記念講演会

ISMバンド

- 産業・科学・医学用の機器に用いられている周波数帯ということから、これらの頭文字をとって「ISM バンド」(Industry Science Medicalband)と呼ばれています。

P典

「高度な利活用に向けた取組 最終報告（案）（20）」ユビキタスネットワーク時代における電子タグの高度利活用に関する調査研究会（第6回会合）資料6－3 電子タグ(P)
「我が国の電波の使用状況」総務省（P）
「新たな電波応用の課題－身近な電波利用環境の変化－」一般財団法人 テレコムエンジニアリングセンター
(http://www.soumu.go.jp/main_content/000185973.pdf)

ITU

- International Telecommunication Union(国際電気通信連合)の略。
- 電気通信に関する国際標準の策定を目的とした、国際連合の組織です。

LPWA

- Low Power Wide Areaの略。
- 転送速度は低速ですが、少ない消費電力で数km～数十kmもの広域距離の転送を可能とする通信方式です。

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です。
- 近年では、以下のような、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ます。

方式	周波数帯	免許	用途
sXGP	1.9GHz	不要	構内電話等
PS-LTE (900MHz帯自営用移動通信システムの高度化)	900MHz	必要	公共安全無線
地域BWAシステム (高度化システム)	2.5GHz	必要	地域公共サービス
MulteFire	5GHz (2.4GHz、他)	不要	日本での導入は未定

MACアドレス

- 個々のEthernet機器や無線LANカードに設定されている物理アドレスです。
- このアドレスは、各ノードを識別するために世界中で重複しない独自の番号が割り当てられています。
- Ethernet機器や無線LANカードでは、このアドレスを元にしてフレームの送受信をしています。

MNO

- Mobile Network Operatorの略。
- 移動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、当該移動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です。

P典:

「電気通信紛争処理用語集」総務省 (P)

「情報通信用語集」総務省 (<http://www.soumu.go.jp/hakusho-kids/word/>)

MU-MIMO

- マルチユーザーMIMO (Multi User MIMO) の略。
- 同一基地局配下の複数端末が同時刻に同周波数を共用することで、周波数利用効率を上げる空間多重技術です。

出典

「広帯域移動無線アクセスシステムの 高度化のための特定基地局の 開設計画の認定に係る審査結果 ～2,625MHzを超え2,650MHz以下の周波数を使用する特定基地局～」 総合通信基盤局 (http://www.soumu.go.jp/main_content/000240663.pdf)

MVNO

- Mobile Virtual Network Operatorの略。
- MNOの提供する電気通信役務としての移動通信サービスを利用して、又はMNOと接続して、移動通信サービスを提供する電気通信事業者であって、当該移動通信サービスに係る無線局を自ら開設（開設された無線局に係る免許人等の地位の承継を含む。）・運用していない者のこと。

P典

「電気通信紛争処理用語集」 総務省 (P)

「情報通信用語集」 総務省 (<http://www.soumu.go.jp/hakusho-kids/word/>)

NFC

- Near Field Communicationの略。
- 近距離無線通信のことです。
- 非接触型IC（アイシー）カード技術方式とも呼ばれています。

P典

「電気通信紛争処理用語集」総務省（P）

「情報通信用語集」総務省（<http://www.soumu.go.jp/hakusho-kids/word/>）

OFDM(Orthogonal Frequency-Division Multiplexing)

- 直交周波数分割多重方式とも呼ばれるデジタル変調方式です。
- 多数の搬送波に分割して変調するデジタル変調方式です。
- 搬送波1本当たりの変調速度が遅いため、反射妨害に強い特徴があります。
- 搬送波の変調方式はQPSK、16QAM、64QAM 等を使用します。

出典

「有線テレビジョン放送事業用固定局における地上デジタル放送の伝送に関する調査検討-参考資料」 四国総合通信局
（http://www.soumu.go.jp/soutsu/shikoku/chosa/chideji_densou/pdf/chap01_1.pdf）

RTS/CTS

- 無線LANにおいて通信衝突を回避するための通信制御方式です。
- データを送信したい端末はRTSフレームをアクセスポイントへ送信します。
- 受信したアクセスポイントは、データ通信が行われることをCTSフレームを使って配下の端末に通知します。
- CTSフレームを受信した端末は、通知された期間データ送信を停止し、通信衝突を回避します。

SSID

- Service Set-Identifier の略。
- 無線LANで、複数のネットワークグループを通信可能なエリア内に形成するときの識別用の名前です。

TCP/IP

- Windows等、主要なOSでサポートする、現在最も普及したインターネットの基本プロトコルです。
- SMTP、FTP等はこのプロトコルを利用しています。

UWB

- Ultra Wide Bandの略。
- 500MHzから数GHzの広い周波数の帯域を使用した無線通信方式の1つです。

Wi-Fi

- 無線LANに関する登録商標であり、Wi-Fi Alliance（アメリカ合衆国に本拠を置く業界団体）によって、国際標準規格であるIEEE 802.11規格を使用したデバイス間の相互接続が認められたことを示す名称です。

Wireless HART

- HART（有線規格）を無線通信に拡張した規格です。
- このため、HARTで使用していたソフトウェアをそのまま使用することが可能です。
- 無線周波数は2.4GHz帯を使用します。
- ネットワークは複数経路を持つため、通信経路上に障害が発生した場合でも、通信が可能です。

Wi-SUN

- Wireless Smart Ubiquitous Networkの略。
- Sub-GHz帯の免許不要なISMバンドを使用した無線通信方式の1つです。
- 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ます。
- 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ます。
- 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ています。

zigbee

- センサーネットワークに適した無線通信規格の一つです。
- 転送可能距離が短く、転送速度も低速ですが、一方で消費電力が少なく、低コストという特徴があります。
- zigbeeの名称はzigzag+beeで、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ました。

誤り制御

- 伝送路で生じる誤りを、誤り訂正符号や誤り検出符号等を用いて低減し、回線の信頼性を高める手法です。
- 誤り制御技術として、ARQやFEC等があります。
 - ARQ (Automatic Repeat request)
 - 誤り部分を再送して訂正する自動再送要求方式
 - FEC (Forward Error Correction)
 - 送信側から符号化による冗長データを付加し、受信側で誤りを訂正する前方誤り訂正

出典

「次世代 GIS の実用化に向けた情報通信技術の研究開発 成果報告書」 三菱電機株式会社、株式会社 NTT ドコモ、株式会社パスコ
(http://www.soumu.go.jp/menu_seisaku/ictseisaku/ictR-D/pdf/060315_1.pdf)

誤り訂正符号

- データの誤り検出だけではなく、誤りの訂正まで可能な符号です。
- ノイズ等でデータの一部が化けても、誤り訂正符号によって修復が可能になります。
- 但し、誤り訂正符号の訂正能力を超える量のデータ化けが発生すると、修復できなくなります。

暗号化方式

- 無線LAN アクセスポイントと子機間の無線通信区間を、送受信されるデータを暗号化する際に使用する方式です。
- 暗号化方式には、WEP/WPA/WPA2/WPA3等があります。

アンテナ

- 日本語では空中線とも呼ばれ、空間に電波として電力を放射し、又は空間を伝搬している電波を吸収して電力を得る装置のこと。
- 電波の周波数や用途により、様々な形状や大きさがあります。
- 小型化の技術進歩により、現在では無線局に内蔵されている場合も多いです。

P典

「電気通信紛争処理用語集」総務省 (P)
「用語集」KDDI株式会社 (<http://www.kddi.com/yogo/>)

技術基準適合証明

- 無線設備が電波法に定める技術基準に適合していることを事前に確認し、証明する制度です。
- この証明を受けた無線設備のみ使用して免許申請を行う場合には、予備免許や落成検査が省略される等の簡易な免許手続きの適用が可能となるほか、設備によっては免許不要の措置がとられる等のメリットがあります。
- 詳細は総務省HPを参照ください(<http://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/equ/tech/>)

出典

「制度の概要」 総務省 (<http://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/equ/tech/>)

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。
- 電波の強さを表します。

サブネットマスク

- 1つのアドレスをネットワークアドレスとホストアドレスに区別するために使用します。
- 例えば、IPアドレス：192.168.0.1、サブネットマスク：255.255.255.0 であったとします。2進数で表現すると次のようになります。

11111111.11111111.11111111.00000000	(255.255.255.0)
11000000.10101000.00000000.00000001	(192.168.0.1)
<hr/>	<hr/>
ネットワークアドレス	ホストアドレス

- IPアドレスのうち、サブネットマスクのビットが1になっている部分をネットワークアドレス、0になっている部分をホストアドレスとして扱います。
- ネットワークアドレスが同じ端末同士は、直接通信することができます。
- ネットワークアドレスが異なる場合は、ルーターで中継する必要があります。

シャドウイング

- 送信機と受信機の間には吸収、反射、散乱、回折といった信号電力を減衰させる障害物が入り、この影響で電波が遮られる事象のこと。

出典

「ワイヤレス通信工学」 熊澤 弘之、小園 茂、大友 功

周波数チャンネル

- 通信方式で定義されたデータ通信に使う周波数幅、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単位を表します。

周波数ホッピング

- スペクトル拡散方式の1つ。
- 情報信号を変調した電波の周波数を高速で変化させて広く拡散する方式です。

受信レベル

- 無線機器の受信機における受信した電波の強さのこと。
- 電波の強さを示す値の一つとして、RSSI : Received Signal Strength Indication(Indicator) が用いられており、数値が高いほど受信レベルが良好となります。
- 但し、無線には干渉の影響があるため、受信レベルが良い環境のすべての無線通信品質が良好となるとは限りませんので注意が必要です。

小エリア簡易無線

- 無線従事者を必要としない簡易無線のうち、350MHz帯で空中線電力1W以下の無線のこと。
- イベント会場や工事現場等、半径2～3km程度のエリアにおいて通信を行うことのできる無線であり、最大20波の周波数を使用できることから複数のグループに分かれた通信が可能です。
- 音声通信の他、データ伝送も可能です。
- 使用に際しては、免許申請が必要です。

ステルスモード

- 無線LANにおいて、ブロードキャストされるビーコンにSSIDを含まない、あるいはSSIDを空にしたプローブ要求フレーム(ANY接続)に対してSSIDを応答しない機能のこと。
- セキュリティ対策の一つとして、アクセスポイントが自動的に検出されないようにするために使用されます。

スペクトル拡散方式

- 電波に情報信号を乗せることを変調といい、電波は変調されると、ある程度の周波数の幅をもつようになりますが、一般のラジオ等に用いられる変調方式では、この幅は情報信号の周波数幅と同じ程度です。
- 一方、スペクトル拡散方式では情報信号の周波数幅に比べて非常に広く（数十倍～数千倍）なっています。
- 周波数（スペクトル）を広く拡散するのでスペクトル拡散（Spread Spectrum=SS）と呼ばれます。
- このように広く拡散することで、①耐ノイズ性の向上、②データの秘匿性の向上、といった効果があります。
- 拡散する方式は大きく分けて2つあります。
- 1つは情報信号を変調した後さらに拡散変調と呼ばれる広く拡散するための変調をかける方式で、直接拡散方式（DS）と呼ばれます。
- 2つめは情報信号を変調した電波の周波数を高速で変化させて広く拡散する方式で、周波数ホッピング方式（FH）と呼ばれます。

スマートローミング

- 現在通信中のアクセスポイントとの通信を維持したまま、より電波状況が良いアクセスポイントをスキャンし、接続先を切り替えること。
- 短い時間で接続の切り替えを行うことが可能です。

相互変調

- 希望波信号を受信しているときにおいて、2以上の強力な妨害波が到来し、それが、受信機の非直線性により、受信機内部に希望波信号周波数又は受信機の間周波数と等しい周波数を発生させ、希望波信号の受信を妨害する現象のこと。

出典

「地域振興用周波数の有効利用のための技術的条件に関する調査検討会」 東北総合通信局 無線通信部企画調整課
(http://www.soumu.go.jp/main_content/000406326.pdf)

ダイバーシティ

- 無線機器の2本のアンテナのうち、受信状態の良好な方を使って受信することが可能です。
- このような受信方法をダイバーシティ受信と呼びます。
- マルチパスフェージング対策として有効で、無線通信の安定性が向上します。

単向方式

- 送信機から受信機への一方向のみの通信方式のこと。
- 受信確認/リトライは不可能です。



単向方式のイメージ図

単信方式(半二重)

- 同一の周波数を使用して、送受信を切り替えて通信する方式のこと。
- 送信しながら受信する、もしくは、受信しながら送信すること不可能です。
- 身近な例ではトランシーバが挙げられます。

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)で表されます。
- 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です。
- 5GHz帯のWi-Fi規格であるIEEE 802.11acでは最大6.93Gbpsをサポートしています。
- 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であったり、通信の衝突回避を避けるための待ち合わせ時間があるため、実際の通信速度は理論値よりも低下します。

出典

「用語解説辞典」 株式会社エヌ・ティ・ティピー・シーコミュニケーション

(<https://www.nttpc.co.jp/yougo/%E9%80%9A%E4%BF%A1%E9%80%9F%E5%BA%A6.html>)

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です。

電波

- 周波数が3THz以下の電磁波のこと。
- 詳細は講義資料の「無線の基礎知識」をご覧ください。

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します。
- 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うけます。
- 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）が拡大する事による通信速度低下も干渉の一つといわれます。

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です。
- 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)の条件等について定めたもので、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ます。

透過

- 電波が物体を通り抜けること。

同報通信方式

- 特定の2つ以上の受信機に対して同時に、同一内容の通報を行う方式のこと。
- 受信確認は不可能です。
- IPネットワークにおける、ブロードキャスト送信、マルチキャスト送信等が代表的な例です。

特定小電力無線局

- 以下の条件を満たす無線設備のことを特定小電力無線局と呼びます。
 - 空中線電力が0.01W以下である無線局のうち総務省令で定めるもの
 - 電波法第4条の2第1項の規定により指定された呼出符号又は呼出名称信号を自動的に送受し、又は受信する機能その他総務省令で定める機能を有するもの
 - 電波法第4条第2号に規定する適合表示無線設備のみを使用するもの
 - 総務大臣が別に告示する用途、電波の形式及び周波数並びに空中線電力に適合するもの

出典

「特定小電力無線局」近畿総合通信局 (<http://www.soumu.go.jp/soutsu/kinki/dempa/radio/bijaku/tokusyou.html>)

トランスペアレントモード

- 既存の有線接続のシステム（アプリケーション）をそのまま無線化でき、無線機の独自コマンドを使用せずに行う通信手順のこと。

ノイズ（雑音）

- 不必要な電波や電気雑音のこと。

P典

「コラムVol.42 ノイズ」 東海総合通信局（P）

バイナリデータ

- テキスト形式（文字データ）以外のデータ形式全般のこと。
- バイナリ形式のデータをバイナリデータと呼びます。

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ます。

パケットロス

- 無線通信の過程でパケットが失われ、期待される受信先に届かないこと。

反射

- 光が鏡等で反射するのと同様に電波も反射します。
- 紙やガラス等は電波を透しますが、金属製のものは電波をよく反射します。

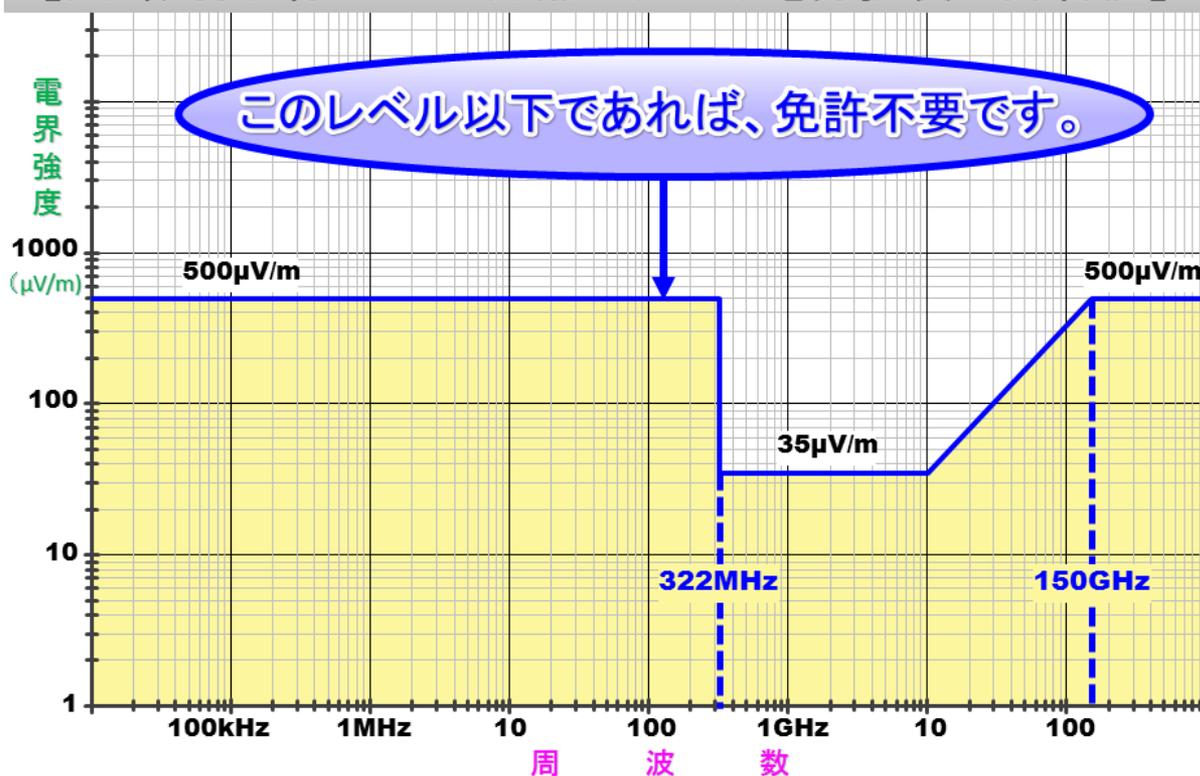
ハンドオーバー

- 携帯電話等の移動局が通信する基地局を移動中に切り替えること。

微弱無線

- 著しく微弱な電波しか発しない無線装置は免許の申請や届出が必要ありません。
- おもちゃのトランシーバ等では微弱無線が使用されていますが、電波が弱いために遠距離の通信は行えません。

【図：微弱無線の3mの距離における電界強度の許容値】



出典

「微弱無線局の規定」総務省 (<http://www.tele.soumu.go.jp/j/ref/material/rule/>)

「技適？ 微弱無線？ 今さら聞けない電波法規の基礎知識」岡田 信孝 (<https://thinkit.co.jp/article/9947>)

ビット誤り率 (BER: Bit error rate)

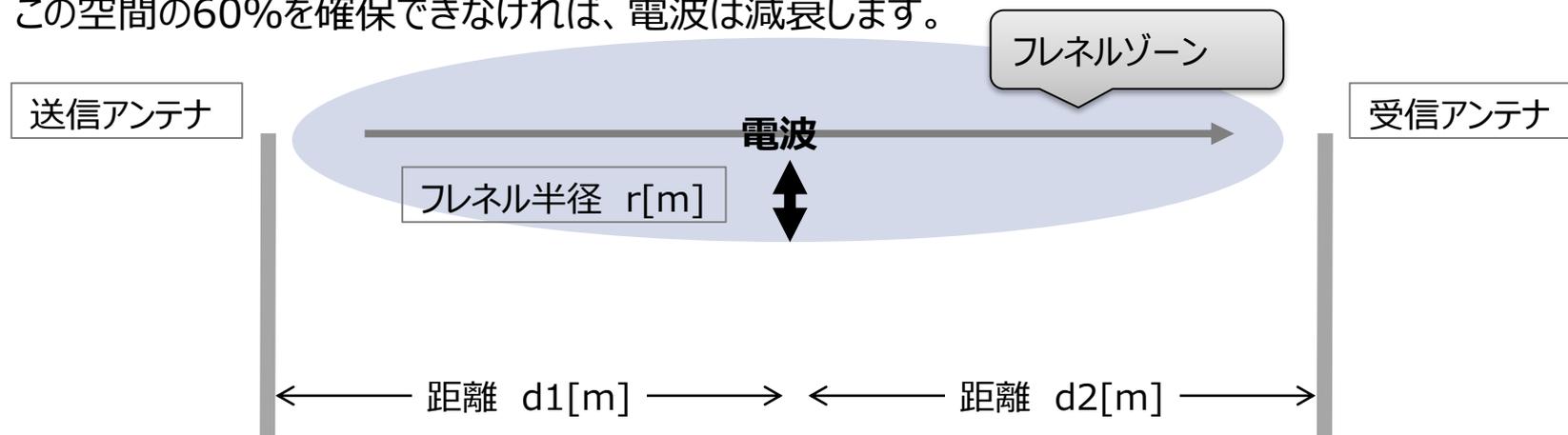
- 復調したデジタル信号の誤りビット数をカウントし、全ビット数に占める誤りビット数の割合を表した指標。

出典

「地デジ用語集」 東海総合通信局 (<http://www.soumu.go.jp/soutsu/tokai/housou/digital/yougo/yougo.html>)

フレネルゾーン

- 電波はアンテナ間を結んだ線に対し、回転楕円体の形状で空間を広がり伝播します。
- この空間をフレネルゾーンと呼びます。
- この空間の60%を確保できなければ、電波は減衰します。



フレネルゾーン : 電波伝播経路の束が占める空間
波長 λ と距離 $d_1 d_2$ から求められる

$$\text{フレネル半径} : r [\text{m}] = \sqrt{\lambda [\text{m}] \frac{d_1 \times d_2}{d_1 + d_2}}$$

フレネル半径計算例

920MHz帯 : 2.9m ($d_1 : 50\text{m}$ 、 $d_2 : 50\text{m}$)

2.4GHz帯 : 1.8m ($d_1 : 50\text{m}$ 、 $d_2 : 50\text{m}$)

5GHz帯 : 1.2m ($d_1 : 50\text{m}$ 、 $d_2 : 50\text{m}$)

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びます。

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びます。
- 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びます。
- 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ります。
- 周波数変調(FM: Frequency Modulation)、振幅変調(AM: Amplitude Modulation)、位相変調(PM: Phase Modulation)等の方法があります。

マルチパスフェージング

- 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ます。

出典
「用語集(地域振興用周波数の有効利用のための技術的条件に関する調査検討会報告書)」総務省
(http://www.soumu.go.jp/main_content/000406326.pdf)

無線通信

- 物理的な配線無しで、2地点間をデータ通信すること。

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)等があります。
- 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くなっています。

P典

「ICT用語集」東海総合通信局 (P)

「平成28年度情報通信白書 用語解説」総務省

(<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h28/html/nd300000.html>)

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です。

出典

「802.11高速無線LAN教科書」守倉 正博 (監修)、久保田 周治 (監修)

5G（第5世代通信方式）

- 新たに規格化・実用化が進行している次世代の無線通信システム・方式のこと。
- 携帯電話の世代の進行が第1世代から第4世代まであり、その次の無線通信システムであることから5G(5th Generation)と呼ばれています。

本教材について（1／2）

- 「工場におけるIoT機器の適正な電波利用を図るための人材育成研究会（2019年度）」の構成員の協力により初版が作成されました。

※順不同、敬称略

- 山田 亮太 （オムロン株式会社 イノベーション推進本部 オープンイノベーション推進室）
- 大堀 文子 （株式会社構造計画研究所 事業開発部）
- 雨海 明博 （サンリツオートメーション株式会社 研究開発室）
- 青木 信也 （サンリツオートメーション株式会社 ITエンジニアリング部）
- 尾関 敦 （サンリツオートメーション株式会社 ITエンジニアリング部）
- 板谷 聡子 （国立研究開発法人情報通信研究機構 ワイヤレスネットワーク総合研究センター）
- 内山 裕乃 （株式会社NTTドコモ 東海支社 企画総務部）
- 小林 宰 （日本電気株式会社 デジタルプラットフォーム事業部）
- 中島 健智 （日本電気株式会社 デジタルプラットフォーム事業部）
- 加藤 凜太郎 （日本電気株式会社 デジタルプラットフォーム事業部）
- 江連 裕一郎 （日本電気通信システム株式会社 ソリューション開発本部 新技術開発グループ）
- 伊藤 睦 （日本電気通信システム株式会社 ビジネス開発本部）
- 堀端 研志 （パナソニック株式会社 コネクティッドソリューションズ社イノベーションセンター ネットワーク事業統括部）
- 長谷川 淳 （富士通関西中部ネットテック株式会社 ICTシステム事業部）

本教材について (2/2)

- 「工場等におけるIoT 機器の導入促進に関する調査検討会（2020年度）」の構成員により2020年度に改定されました。

※順不同、敬称略

- 岡崎 正一 スマートエスイーコンソーシアム 事務局長
- 川西 素春 沖コンサルティングソリューションズ株式会社 シニアマネージングコンサルタント
- 黒木 太司 独立行政法人 国立高等専門学校機構 呉工業高等専門学校 副校長
- 田島 公博 NTT アドバンステクノロジー株式会社 グローバル事業本部 環境ビジネスユニット
EMC センタ センタ長（主席技師）
- 南部 修太郎 株式会社アセット・ウィッツ 代表取締役
- 日比野 浩典 東京理科大学 理工学部経営工学科 准教授
- 藤岡 雅宣 エリクソン・ジャパン株式会社 チーフ・テクノロジー・オフィサー（CTO）
- 松倉 隆一 株式会社富士通研究所 特任研究員
- 柳橋 達也 ノキアソリューションズアンドネットワークス合同会社 カスタマーCTO
- 渡邊 敏康 株式会社NTTデータ経営研究所 社会システムデザインユニット アソシエイトパートナー

本教材の取り扱いについて

1. 本テキストは、総務省「IoT機器等の電波利用システムの適正利用のためのICT人材育成事業 工場向けワイヤレスIoT講習会」におけるテキストとして作成したものです。
2. 企業・団体等における各種教育・研修等において活用頂く際には、以下の点にご留意頂けますようお願いいたします。
 - 本テキストを引用する場合には、出典を明示すること。
 - 本テキストを編集・加工して利用する場合には、その旨、明示すること。その際、あたかも総務省が作成したかのような態様で公表・利用しないこと。
 - 本テキストを用いて各種教育・研修等を行う場合には、非営利又は適正な対価での実施とし、不当な対価は得ないこと。
 - その他、公序良俗に反する使用はしないこと。
3. 本テキストを営利目的で第三者に提供・販売することは禁じます。
4. 本テキストをウェブサイト等へ無断で転載することは禁じます。
5. 本テキストの内容やその変更、提供の中断、終了等に関して生じたいかなるトラブル・損害等についても総務省はその責を負いません。