

## 国際標準化活動報告

### 無線共存管理（IEC 62657シリーズ）の解説

IEC TC65国内委員会

#### 1. はじめに

工業用無線ネットワーク関連の国際標準化活動を紹介する。スマート製造や産業用IoTを支えるフィールドネットワーク技術の1つとして、省配線化、ネットワーク構築の柔軟性、拡張性などの優位性から、無線通信を用いたアプリケーションの工場・プラントへの導入が進められている。

製造現場のIT化が進む中、現場作業支援用のWi-Fiを利用したモバイル端末や、現場の監視強化を目的とした無線センサーネットワークなど複数の異なる無線通信技術が適材適所で使われるようになってきている。一方で、無線通信の電波の周波数資源は限られており、同一環境下に複数の無線通信を用いるアプリケーションが共存する状況では、相互の電波干渉に配慮する必要がある。他の無線アプリケーションからの電波干渉の影響を受けると通信性能の低下や安定性が欠如し、各アプリケーションの必要条件を満足できなくなるリスクがある。今日、工場での無線技術の利活用の範囲が拡大する中で、電波干渉の影響を低減させるための無線電波の管理、すなわち無線共存管理が増々重要となってきた。無線共存管理は、工場の無線アプリケーションの安定した通信や、通信周波数の効率的な利活用のために複数の無線システムの周波数資源を適切に配分して電波干渉を低減させるための管理を行うことである。

特に複数バンドによる異なる無線アプリケーションが工場内の同一環境下に配置される場合には、無線共存管理のための周波数資源の管理手法の標準化が重要となる。つまり、共存管理を実行するために必要となる無線アプリケーションの共通的な用語、手順、管理パラメータなどを定義することが求められる。こうした背景から、工場・プラントで利用される無線通信を対象とした共存管理の規格開発が2009年よりIEC SC65C/WG17（無線共存）においてIEC 62657シリーズとして開始され、2022年4月に開発が完了した。

本稿では、IEC 62657シリーズの中で2022年4月に国際規格の開発が完了した、IEC 62657-2 ED3、IEC 62657-3 ED1、IEC 62657-4 ED1を中心に技術概要を紹介する。

#### 2. 市場・背景

通信機能が搭載された工場オートメーション（FA）機器などの、産業機器におけるIoT化は着実に進んでいる。機器間通信の普及に伴い産業分野はIoTの成長の牽引役の一つとして大きく成長し、今後も引き続き拡大する分野の1つであると想定される。産業用IoTにおける無線の活用先として、工期の削減・ケーブル配線コストの削減、計測・監視できなかった箇所の監視強化、容易な監視点の追加や仮設による監視、移動体や回転体への設置・監視などが想定される。これにより、監視強化による見える化や、監視・制御への適用による生産効率向上、設備管理・予知保全への応用による安定操業、安全管理・警報への活用による安全操業などの実現を支援する。このような産業用IoT市場の成長による無線活用の拡大を背景に無線共存管理の重要性は高まっている。

#### 3. SC65C/WG17概要

IEC 62657シリーズ（無線共存管理）の審議を行っているSC65C/WG17の概要を以下に示す。

- ・英文タイトル：“Wireless Coexistence”
- ・テーマ：地域および国の規制を考慮して、さまざまなワイヤレス デバイスとネットワークの共存に関する定義とガイダンスを提供する。
- ・WG体制：2010年に設立され、現在11カ国、34名の国際エキスパートが登録されている。
- ・国内体制：TC65国内委員会から7名と最多の国際エキスパートが登録されている。
- ・外部連携：ISA100と連携関係を結んでいる。
- ・対象規格：IEC 62657-1: Wireless communication requirements and spectrum considerations  
IEC 62657-2: Coexistence management  
IEC 62657-3: Formal description of the automated coexistence management and

application guidance  
 IEC 62657-4: Coexistence management with central coordination of wireless applications

#### 4. IEC 62657シリーズ技術概要

IEC 62657シリーズは、無線の通信周波数の共存管理を行うための要件定義、パラメータ、共存管理の自動化のためのパラメータの相互関係のモデル化や、自動化による集中管理の概念や監視設定パラメータ・コマンドなどを定義し、4つのPartで構成される。IEC 62657シリーズの技術概要を紹介する。

##### 4.1. IEC 62657-1 Wireless communication requirements and spectrum considerations (産業オートメーションの無線通信の要件と通信周波数の考察)

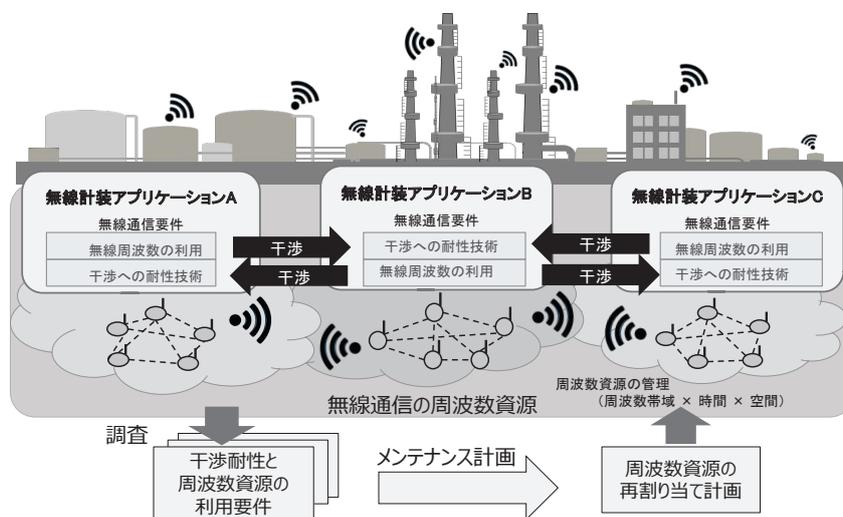
Part1では、産業オートメーションに無線を導入するにあたって周波数の特性、例えば工業用途のアプリケーションに適した利用可能な周波数帯や工業用途のアプリケーション専用スペクトルの訴求を提案している。併せて産業オートメーションにおける無線通信の要件と関連する内容をオートメーションの視点と無線通信ネットワークの視点で整理し解説している。また、オートメーションの視点における通信要件の整理では、無線通信利用の利点についても述べられており、アプリケーション別に無線通信の利点が整理されている。

##### 4.2. IEC 62657-2: Coexistence management (共存管理)

Part2では、産業オートメーションにおける無線通信の共存に関する基本的な前提条件、概念、パラメータ、および手順を規定している。また、共存パラメータの定義と無線共存を必要とするアプリケーションでのそれらの使用方法についても規定している。本規格では、無線共存管理のライフサイクルを、「調査」、「計画」、「実装」、「運用」のフェーズに分けている。そして各フェーズでの具体的な作業内容と共存管理に必要なドキュメントとその管理方法を規定している。これらの無線共存管理に関わる作業の規定や定義を行い標準化することで、工場内のスタッフによる手動での無線ネットワークの維持管理を実現する。

##### 4.2.1. IEC 62657-2で定義する共存管理のコンセプトモデル

図1にIEC 62657-2で規定している無線共存管理コンセプトモデルを示す。本コンセプトモデルでは、各無線アプリケーションの「干渉耐性」と「周波数資源利用」の要件を調査し、周波数資源（周波数、空間、時間）の割り当て計画を策定し、該当する無線アプリケーションに設定することで、共存管理することを示している。各無線アプリケーションの「干渉耐性」と「周波数資源利用」の要件を満たさなくなった場合は、再度調査を行い周波数資源の割り当て計画を修正するプロセスを繰り返す。



具体的には、無線アプリケーションの導入時に「利用周波数」、「障害物の有無」、「干渉源の把握」などの電波環境の調査に基づき、通信パラメータや通信周波数の設定などのエンジニアリングを行い安定した通信環境を構築する。無線アプリケーションの導入後には、「通信エラー率」、「信号強度」などの統計情報のパラメータを監視し電波環境の変化や他の無線アプリケーションとの電波干渉の状態を監視する。電波環境の変化や他の無線アプリケーションとの電波干渉により、無線アプリケーションの要件を満たさなくなった場合は周波数資源の割り当ての再調整を行う。

#### 4.2.2. IEC 62657-2 ED3改定のポイント

IEC 62657シリーズの各Partでは、IEC 62657-2で定義した共存管理パラメータを利用している。IEC 62657-2のED2からED3への改定は、IEC 62657-3 ED1とIEC 62657-4 ED1の規格開発にあたり、Part間のパラメータ定義の一貫性を維持する目的で実施した。IEC 62657-4 ED1で規定する無線共存管理の自動化にあたり語彙や情報モデルの共通化が必要になるため、IEC 62657-2が定義している71個の共存管理パラメータをIEC CDD (Common Data Dictionary) に登録する作業も併せて行った。

#### 4.3. IEC 62657-3: Formal description of the automated coexistence management and application guidance (自動化共存管理の形式的記述とアプリケーションガイド)

Part3では、IEC 62657-2 で定義されている共存管理パラメータとシステム要素間の関係を使用して、無線通信の自動共存管理機能を確立する方法について説明している。具体的には共存管理パラメータを、共存状態に影響を与える影響パラメータと、無線アプリケーションの通信性能の要件と評価指標に関わる特性パラメータの2つの区分に分けて定義している。

影響パラメータは、無線共存管理の相互関係をモデル化した形式的記述(UML)の各クラスの構成要素(インスタンス)に利用されている。無線共存モデルは分散オートメーションシステム、電波環境、無線通信システムの3つの要素で構成される。これらの要素が相互に影響しあいながら、共存状態を維持していることを示している。例えば、新たな干渉源が発生した場合は、共存管理モデルの構成要素のどの影響パラメータの調整が必要なのかなどを体系的に管理することができるようになる。

さらにPart3では、無線共存管理を自動化するための実装例として集中調整機能(Central coordination point: CCP)の構造と構成要素について概説している。CCPは、工場内の複数の無線システムの管理機能部に接続され、前述の共存管理に関わる影響パラメータと特性パラメータのデータを収集する。そしてCCPは無線共存モデルに基づき影響パラメータを調整して周波数資源を再調整するための演算処理を行い、当該無線システムの影響パラメータを再設定して共存管理を図る。

##### 4.3.1. 無線共存モデル

Part3で規定する無線共存モデルの形式的記述を紹介する。無線共存モデルはISO/IEC 19505-1で定義されているUML、特にその属性と関係を含むクラス図パターンに準拠して記述される。図2に無線共存モデルの構成要素の一つである電波環境(Class radio environment)の形式的記述を示す。電波環境は、無線共存管理に影響を与える重要な構成要素である。

Part3では、その構成を図2のような関係で記述している。無線システムが送受信する電波は、周囲の電波環境に影響を与える。また電波環境は、静的な電磁干渉の影響と、動的な電磁環境の影響を受ける。静的な環境の影響要素には、障害物による電波の反射、回折、吸収や通信距離による減衰などがある。動的な環境の影響要素には、他の無線通信アプリケーションによる干渉と、高周波を利用した装置や電磁ノイズに分類される。このように電波環境をモデル化することで、電波の干渉源の種類や相互関係を把握することができ、周波数の再配置、通信のタイミングの調整、空間的な離隔などの共存管理の計画策定に役立てることができる。

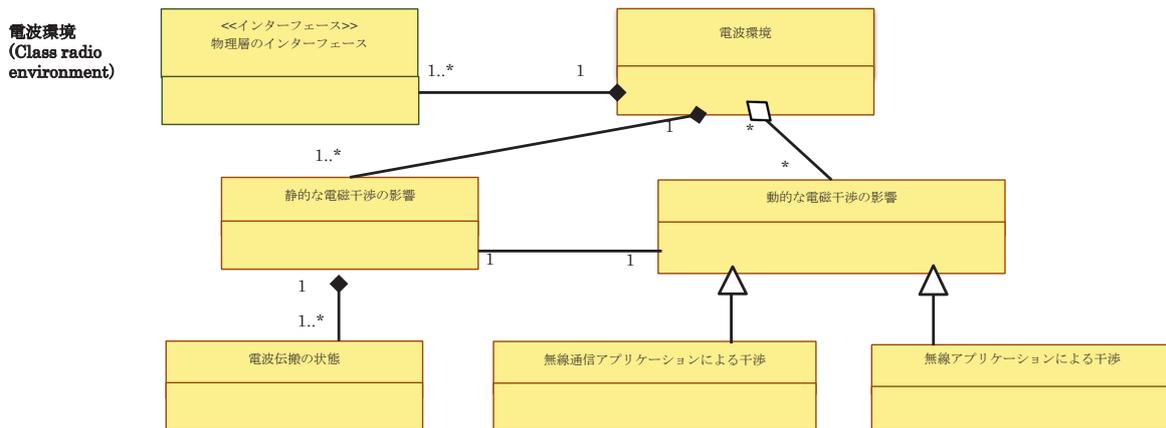


図2. 電波環境の形式的記述の例

#### 4.4. IEC 62657-4: Coexistence management with central coordination of wireless applications (無線アプリケーションの中央協調制御による共存管理)

Part4は、Part3で概説した無線アプリケーションの集中調整 (Central coordination) の概念と手法を規定している。IEC 62657-2では、手動による無線共存管理の手法を規定しているのに対し、本Partはその機能を拡張して共存管理を自動化するための仕様を規定している。複数の無線アプリケーションの周波数資源を自動管理するCCP (Central coordination point) を中心とする無線共存管理システムの構造および、その機能仕様を規定している。具体的には、CCP管理下の無線システムとのインターフェース仕様として、影響パラメータや特性パラメータの監視・制御を行うための管理用のサービス/コマンドを規定している。さらに、運転中の無線通信に関わる統計情報を監視し、評価することで共存状態を維持する概念が説明されている。

##### 4.4.1. CCP(Central coordination point)の概要

CCPは、複数の無線アプリケーションの通信周波数を自動的に管理する集中調整機能を有しており、図3にその構成を示す。CCPの主な構成要素は以下の通りである。

- ・ 周囲の電波環境の状態を把握するためのスペクトル計測ユニット (Spectrum sensing unit)
- ・ 無線アプリケーションの通信周波数の割当管理を行うスペクトラムエンジン (Spectrum engine)
- ・ 無線アプリケーションの通信要件を管理するリソースエンジン (Resource engine)
- ・ 電波規制を順守するための無線電波を管理するポリシーエンジン (Policy engine)
- ・ 無線アプリケーションのインターフェース (Access to backplane)
- ・ スペクトル計測ユニットとのインターフェース (Access to the RF channel)

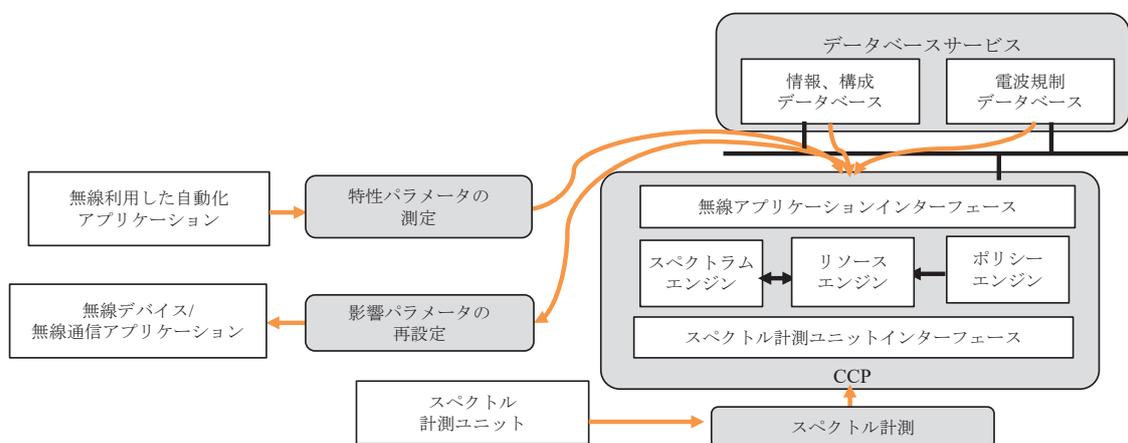


図3. CCP(Central coordination point)の概要

CCPによる無線アプリケーション稼働中の共存管理の自動化プロセスの概要は以下の通りである。

- ・ CCPはデータベース (Database service) より電波法や無線アプリケーションの通信要件を取得する。
- ・ CCPは無線アプリケーションの共存管理の評価指標 (特性パラメータ) と周波数スペクトル計測ユニット (Spectrum sensing unit) が計測する電波の状態を常時監視する。
- ・ 無線アプリケーションの共存管理の評価指標 (特性パラメータ) が通信要件を満たさなくなった場合、CCPは無線を利用した自動化アプリケーションの通信要件を満たすように通信周波数の割り当て計画の見直しを行う。
- ・ CCPは見直した通信周波数の割り当て計画に則り、無線アプリケーションの共存管理の指標 (特性パラメータ) に影響を与える設定パラメータ (影響パラメータ) の再設定を行う (再設定する影響パラメータの例として周波数帯域または送信電力などが挙げられる)。

#### 4.4.2. CCPによる制御・管理サービス

Part4では、CCPによる共存管理を行うために当該無線アプリケーションを制御・管理するサービスの仕様も規定している。具体的には、以下の5つの制御・管理サービスを用意している。

- ・ オートメーションの機能、性能の監視サービスコマンド
- ・ 無線インフラおよび配下の無線デバイスからの通知サービスの設定コマンド
- ・ 無線インフラおよび配下の無線デバイスの制御・管理用のサービスコマンド
- ・ 周波数スペクトル計測ユニットの制御・管理用のサービスコマンド
- ・ データベースにアクセスするためのサービスコマンド

CCP は、上記 5 つの制御および管理サービスを使用することで、同じ環境内の複数のベンダからなるさまざまな無線アプリケーションの通信周波数の自動管理を可能にする。

## 5. まとめ

本稿では無線共存管理 (IEC 62657シリーズ) の技術概要を紹介した。冒頭でも述べたように無線通信の工場・プラントへの導入が進んでいく流れは今後も継続していくと想定される。多数の無線通信機が配置された環境下において安定した通信の実現と通信周波数の効率的な利活用のために、無線の通信周波数の、自動化による集中管理システムの具体的な実装が不可避なものになるかもしれない。

IEC 62657シリーズで規格化した、共存管理の自動化の概念、システム要素間のインターフェース、制御・管理サービス/コマンド、要素間の通信シーケンス等は、無線共存管理の実施にあたり一般的で共通の内容である。規格を適用した通信周波数の自動管理を具体化するために2023年1月にIEC 62657-2とIEC 62657-4のメンテナンスプロジェクトが開始された。SC65C/WG17国内委員会はドラフト文案の提供を行い、規格のメンテナンスに貢献している。

今後、具体的な共存管理の自動化システムの導入が進めば、IEC 62657シリーズの新たなPartとして、中央協調制御 (Central coordination) の具体的な実装仕様の規格提案が行われる可能性も考えられる。SC65C/WG17国内委員会は、引き続き規格開発の動向を注視していく。

執筆

TC65/SC65C/WG17国内委員会幹事 国際エキスパート

加藤 泰輔 (富士電機株式会社)