



**FLEXIBLE FACTORY  
PARTNER ALLIANCE**



製造現場では、人手不足、熟練工の減少、顧客ニーズの多様化、グローバル競争の激化など、急速な環境の変化が生じています。この変化に対応するため、データを介して人・モノ・設備・システムをつなぎ、人と技術のつながりから新たな付加価値の創出を目指す段階へと差し掛かってきています。設備の柔軟な運用・管理、移動する人と設備の協働を見据え、製造現場で増加するデータをやり取りするために、無線通信の利活用は不可欠です。

フレキシブルファクトリパートナーアライアンス (FFPA) では、混雑・変動する無線環境下でも無線システムが止まらない信頼性、多数かつ多様な無線システムを収容できるシステムキャパシティ、IT 専門家が不在でも管理ができるシステムの保守性を特長とする SRF (Smart Resource Flow) 無線プラットフォームの標準化を推進しています。

FFPA は、オープンなエコシステムを形成し、機器ベンダー、システムインテグレーターに事業機会を、ユーザー (オペレーター) に利便性を提供し、製造現場のデジタル化を通して生産性向上に貢献します。

## 1. イントロダクション

### 1.1. 製造現場での無線利活用への期待

製造現場では、人手不足、熟練工の減少といった人材の問題が起きていると同時に、顧客ニーズの多様化やグローバル競争の激化といった市場環境の急速な変化への対応も求められています。製造現場の競争力を維持するために、これまでも人の手によるカイゼンは行われてきました。

しかし、現在は、データを介して人・モノ・設備・システムをつなぎ、人と技術のつながりから新たな付加価値の創出を目指す段階へと差し掛かってきています。そのためには、生産設備から得られる情報や各種センサによる環境情報等をリアルタイムに把握するためのIoT技術、さらに、AI等による分析を行った結果を製造現場にフィードバックすることで生産性向上に結びつけるためのICTが必要不可欠です。そして、ICTを活用した生産設備を構築するにあたって、設備の柔軟な運用・管理、人と設備の協働といった観点から、無くてはならないのが無線技術です。

無線であれば通信ケーブルの配線が不要であるため、既存の設備をIoT化する際のコストを低減できます。生産品種の変更や工程改善に伴う生産ラインのレイアウト変更があっても、通信ケーブルの再配線が不要であれば工事費を削減でき、停止期間も短縮できます。また、人(作業員)やAGV (Automated Guided Vehicles) のような移動体は無線でなければ通信が出来ません。このように、

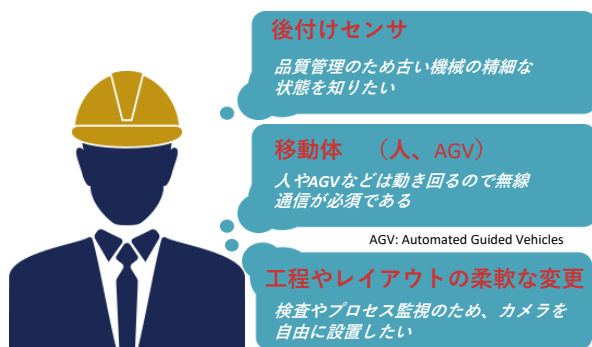


図1 無線通信における製造現場の声

無線通信には多くのメリットがあり、製造現場での無線通信の活用が見込まれます(図1)。

現在、工場で使われる通信のうち無線のシェアは6%に過ぎませんが、市場規模は年率32%という勢いで伸びています(図2)。Ethernetベースの通信やフィールドバスによる通信も拡大していますが、それらを上回る成長率となっており、工場における通信手段としての無線に大きな期待が寄せられていることがわかります。

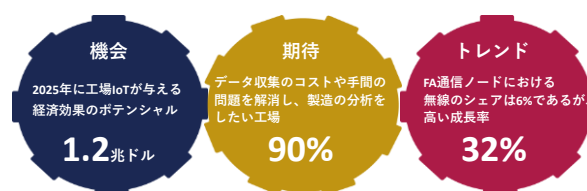


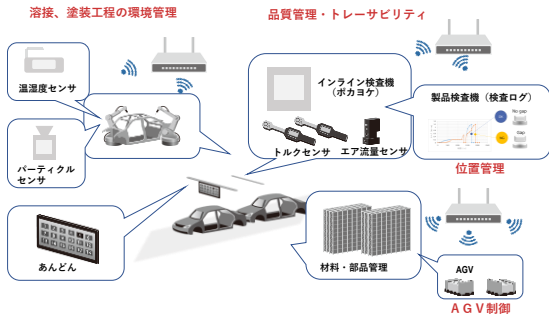
図2 無線通信のトレンド[1]-[3]

### 1.2. 無線通信のユースケース

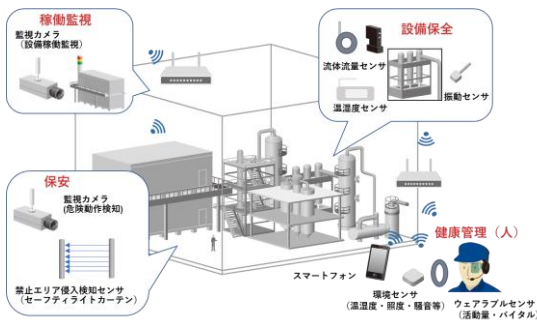
ここでは機械組立工場及び高温作業現場での無線通信の活用事例をとりあげ、製造現場での具体的なユースケースを説明します(図3)。

(1) 品質：品質管理・トレーサビリティ  
多数のワークベンチで取られた検査データや、機械制御で用いるPLC(Programmable Logic Controller)に記録された動作シーケンス、エラー情報、環境情報をサーバへ送信する際に無線通信が利用されます。さらに、トルクレンチ等の作業用ツールが、締め付けねじ数のカウントや作業のOK/NG情報のみならず、振動やトルクの波形といった時系列データを取得し、無線通信を用いてサーバに送信されます。

(2) 管理：環境管理  
塗装工程やクリーンブースなどでは、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が用いられます。壁面の工事をすることなく別室でのデータ管理を可能にし、クリーンブース内で後付対応が容易で



(a) 機械組立工場



(b) 高温作業現場

図3 無線通信の活用事例

の過酷な環境や、衝突・落下などの危険性のあるエリアが存在します。作業員がどこで、どのような状況にあるのかを、バイタルセンサや映像などを使ってモニタリングします。作業員は動き回りますから、無線での通信が必須となります。

これらの事例を、より一般的なカテゴリと用途で整理したものが表1です。製造現場では、品質管理、環境管理、表示システム、機器制御、安全管理などさまざまな用途で無線通信が活用されています。

表1 製造現場の無線通信の活用事例の分類[4]

カテゴリ	用途
品質	<ul style="list-style-type: none"> <li>製品が正しい精度で生産できていることを確認</li> <li>生産が正しい手順、状態で行われていることを確認</li> </ul>
管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>製造現場の環境が適切に管理されていることを確認</li> <li>人やモノの動線を把握</li> <li>設備や資材（在庫）の管理状況を確認</li> <li>生産設備が保全されていることを確認</li> <li>作業や生産状態の適切な記録</li> </ul>
表示	<ul style="list-style-type: none"> <li>作業支援の適切な提供</li> <li>工程が滞りなく進んでいることの可視化</li> <li>生産状況を把握するための可視化</li> </ul>
制御	<ul style="list-style-type: none"> <li>生産設備、付帯設備の制御、操作、指示</li> </ul>
安全	<ul style="list-style-type: none"> <li>作業員の安全確保</li> </ul>

あるため、センサ情報の取得には無線通信が用いられています。

(3) 表示：生産管理

生産管理表示（あんどん）では生産管理システムと連動し、生産予定と生産実績、生産ラインの稼動状況などの生産状況をリアルタイムにモニタ表示するためのデータが無線通信を用いて送信されます。

(4) 制御：位置情報

AGVは、現在位置や移動経路をAGV自身が把握しながら動作します。AGVに動作指示を出す運行管理システムに対して、現在位置を報告したり、次の動作のための指示を仰ぐといった通信が、無線を介して行われます。

(5) 安全：作業員のモニタリング

化学プラントや製鉄工場などでは、高温多湿

このように用途がそれぞれ異なるため、無線通信に求められる通信要件もさまざまです。製造現場の無線通信に要求されている通信要件の一例を表2に示します[5]。この表に示すとおり、製造現場ではさまざまな通信品質が要求される異種システムがあり、それらが混在しています。

表2 製造現場の無線通信に求められる通信品質の一例

カテゴリ	通信品質の許容度						
	遅延 (msec)			要求帯域 (kbps)		パケットロス	
	<100	100~1000	>1000	>1000	100~1000	<100	Loss less
品質	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
管理		✓	✓	✓	✓	✓	✓
表示		✓	✓	✓	✓	✓	✓
制御	✓	✓				✓	✓
安全	✓		✓	✓	✓	✓	✓
その他		✓	✓	✓			✓

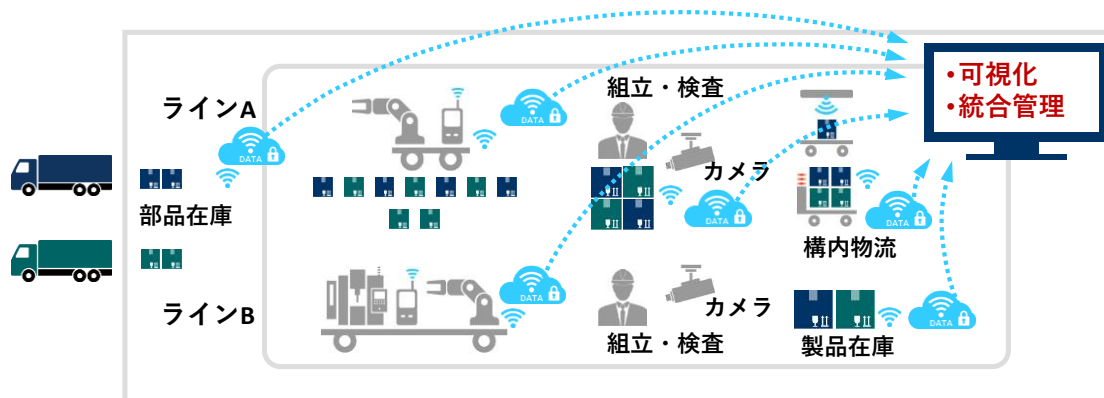


図4 製造現場のデジタル化による可視化と統合管理

## 2. 市場のニーズに応えるために

### 2.1. ビジョン

現在の製造現場では、通信ネットワークの導入・運用・保守にコストや手間がかかることから、大量のデータ・情報が活用されず、品質管理や生産管理のノウハウが十分に蓄積できていないという事例が少なからず存在します。第1章に記載した様々な無線利活用のニーズを満たし、通信ネットワークを低コストで、手間がかからず利用できるようになれば、製造現場における情報のデジタル化が進み、可視化および統合管理が可能となり（図4）、生産性が向上できます。

製造現場を俯瞰的にモニタリングできるようになったとしても、個々の工程において改善や不具合対策を行う場合に現場で対応することができず、このような可視化および統合管理は製造現場では受け入れられません。そのため、製造現場の全体を俯瞰しつつも、個々の工程においてフレキシブルな現場対応が可能でなければなりません。

FFPA は、データ・情報を、低いコストや少ない手間でフレキシブルに収集するための手段として、製造現場における無線通信の利活用を推進しています。また複数の無線システムが混在する環境下での安定した通信を実現する協調制御技術の規格策定及び標準化、普及促進に向けた活動を

行っています。

### 製造現場のデータの可視化・統合管理を可能にするプラットフォームの実現

製造現場のデータの可視化・統合管理を実現する上で鍵となる、SRF(Smart Resource Flow) 無線プラットフォームの構築を目指しています（図5）。SRFは、製造に関わる資源（人、設備、機器、材料、エネルギー、通信など）をスムーズに流れるように最適に管理するコンセプトです。

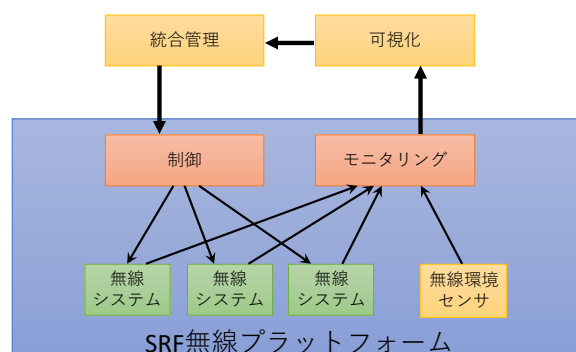


図5 SRF 無線プラットフォームのスコープ

製造現場では、データ収集のために無線通信の利活用が要望される一方で、高い信頼性、大きなシステムのキャパシティ、安定性と保守性の確保が

必要とされています。こうした課題へ取り組み、SRF 無線プラットフォームによって、製造現場のデータ収集における無線通信技術構築を進めています。技術的な説明は3章に記載しています。

### 国際的な仲間づくり

製造現場では、無線通信を使用する多様な機器、サービスが利用されている一方で、電波の使用は各国で規制があり周波数資源に限りがあります。そのため、周波数資源を適切に利活用するための合理的なルールが必要であり、そのルールを作るためにステークホルダーが協力して知見を結集することが重要になります。

FFPA では、様々な既存規格の利用・協調を図るために SRF 無線プラットフォームの機能とインターフェースの標準規格化を推進するうえで、国際的に仲間づくりを始めています。一例として、ドイツ機械工業連盟 (VDMA) の協力を得て、工場での無線活用におけるセキュリティガイドラインを策定しています。

#### 2.2. 無線通信の利活用における制約

現在、製造現場において無線通信が採用されている事例は多くありますが、ユーザーが製造現場に導入する前、あるいは実際に導入する際の制約が存在する場合があります。

1.2 章の「無線通信のユースケース」でも記載しましたが、製造現場では様々な用途の無線通信が使用されています。製造現場で稼働している設備は、非常に長い期間使用され、その一方で新規の設備投資も行われるため、製造現場には新旧の設備が混在し (図 6)、設備と同時に導入されたレガシーな無線通信も含めて多様な規格が存在しています。そのため工場内では、多様な通信規格が混在することを前提として、無線通信の利活用を検討しなければならないことが、制約の1つになっています。

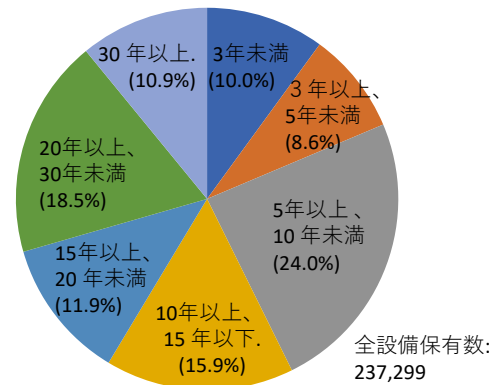


図 6 製造現場における設備の使用年数[6]

今後、製造現場における情報のデジタル化が進められていく中で、さらに多くの無線通信が工場内で利用されていくと考えられます。それにより、製造現場において多様な無線通信が混在することによる制約は、より一層厳しくなります。

しかし、工場内の機器、装置を提供するベンダーは多岐に渡り、特定のベンダー1社だけで上記の制約を解消することは困難です。

#### 2.3. 製造現場での無線通信の特徴

製造現場で考慮しなければいけない無線通信の特徴としては以下のようなものがあります。

##### - ダイナミックな無線環境の変化

- ・ミリ秒～秒(分)：閉空間での人や物の動き (不感帯が出現・消滅・移動)
- ・数時間～数日：段取り替え、システム電源のオン/オフ
- ・数か月～数年：レイアウトの変更、新規ライン導入

##### - 多様な無線環境：業種、工場の規模、無線通信の導入状況、電波遮蔽物の有無、外来・設備起因のノイズの有無

これらの特徴を考慮した無線通信を導入することにより、製造現場でのデータ・情報の利活用が



加速し、生産性の向上に貢献できます。

#### 2.4. エコシステムとベネフィット

FFPA は、無線通信の課題に取り組み、制約を取り外すため、SRF 無線プラットフォームを活用した安全・安心な無線通信のオープンインターフェースの標準化に取り組んでいます (図 7)。

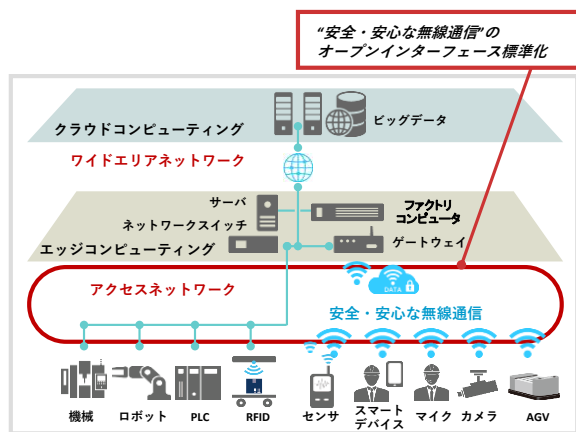


図 7 安全・安心な無線通信のオープンインターフェース

SRF 無線プラットフォームを活用してエコシステムを構築できるようになることで、市場成長を促します。機器ベンダー、システムインテグレーターに事業機会を、ユーザー（オペレーター）に利便性を提供し、以下のような SRF 無線プラットフォームのベネフィットを享受することが可能になります。

- 機器ベンダー  
無線利用製品の安心・確実な動作の保証
- システムインテグレーター  
安価で拡張性の高いネットワーク基盤の利用。導入時の設計・設置の負担軽減  
トラブル発生時の症状確認・責任分解・対策の容易性
- ユーザー（オペレーター）

より多くの情報によるきめ細やかな設備管理による運用・保全

FFPA では、この SRF 無線プラットフォームの標準規格化・認証・相互接続試験を目指しており、さらには SRF 無線プラットフォームの導入をベースとして、製品や工場の認定を行うことを計画しています。

#### 2.5. VoC Community

ユーザーからは「製造現場において情報通信技術を活用する上での課題や事例を共有し、解決のための糸口を見つけない」という要望があるものの、こうした情報交換をする場がほとんどありません。

このような要望に応えるために、製造現場での情報の活用を推進するユーザーグループとして VoC (Voice of Customer) Community を設立しました (図 8)。VoC Community の情報交換で出てきた要望は、FFPA の会員企業が提供する製品/サービスに反映させます。



図 8 FFPA と VoC Community

### 3. SRF 無線プラットフォームの技術要件

#### 3.1. アーキテクチャ

現状の製造現場では、さまざまなアプリケーションが、免許不要周波数帯の無線規格を用いて独立に運用され始めてきた結果、無線区間での干渉問題により、アプリケーションの要求通信品質が満足されずアプリケーションが正常に動作しないという問題が起こり始めています (図 9)。

SRF 無線プラットフォームは、無線リソース (周

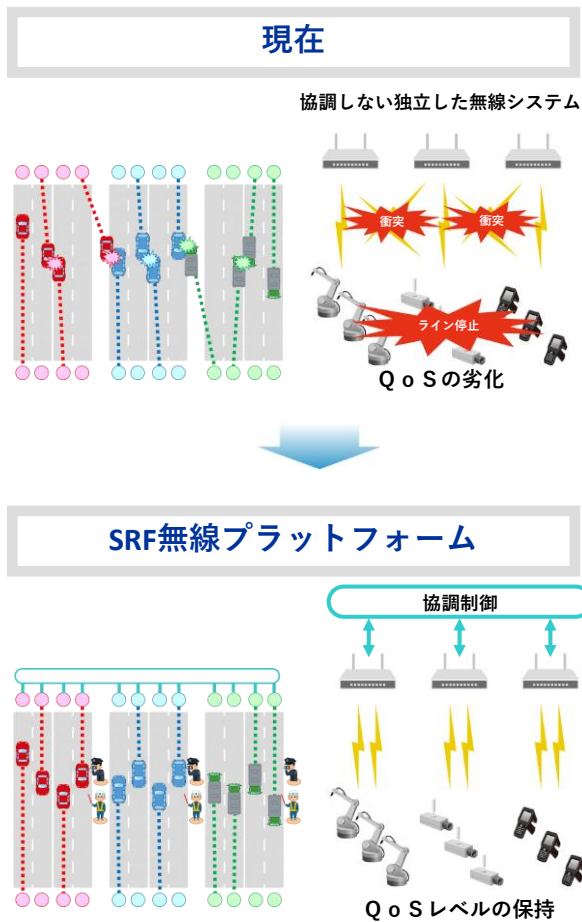


図9 SRF 無線プラットフォームの動作イメージ

波数、時間、空間)を制御しアプリケーションの要求通信品質に従って複数のシステムを協調させることにより、この課題を解決します。

SRF 無線プラットフォームのアーキテクチャを図 10 に示します。フィールドマネージャが、ゲートウェイや無線端末から構成される複数の無線システムを管理・協調制御します。その際、

- ① 各無線システムに無線リソース制御ポリシーを与えることにより無線リソースを配分すること、
- ② 無線ネットワークとアプリケーションの状態を意識した管理を行うこと、
- ③ 無線環境の監視を行うこと、

により、多様な無線通信を安定かつ効率的に運用することが可能となります(グローバル制御)。また無線環境が局所的に、急激に変化することに対応するため、ポリシーの範囲内で、単システムでの自律的な制御を可能にしています(ローカル制御)。

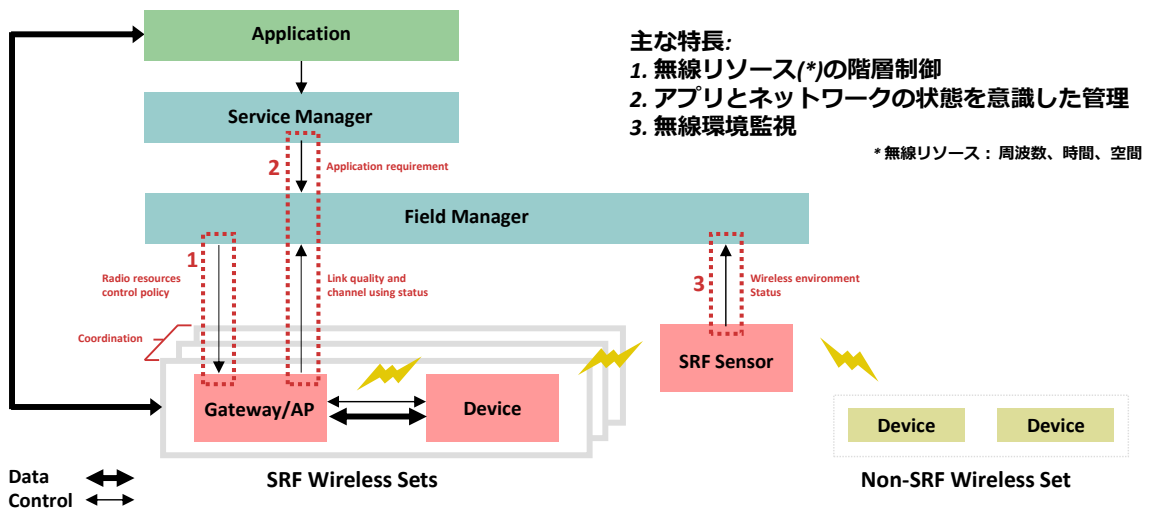


図 10 SRF 無線プラットフォームのアーキテクチャ (実装例)

### 3.2. 特長

SRF 無線プラットフォームは、動的な階層制御（グローバル制御／ローカル制御）により、無線環境の変動に応じた無線リソースの最適管理と、要求品質（帯域/遅延など）が異なるさまざまなアプリケーションの統合管理の両立を実現します（図 11）。

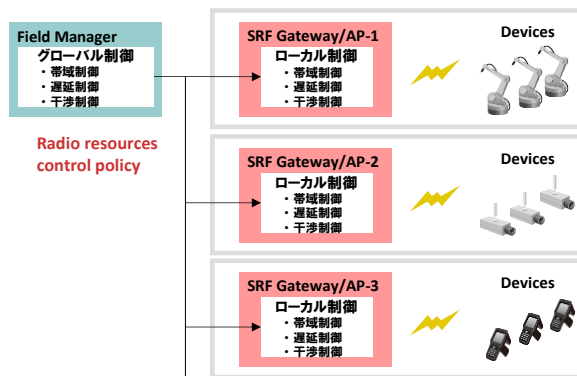


図 11 無線リソースの階層制御  
(グローバル制御/ローカル制御)

SRF 無線プラットフォームが目標としている性能指標は以下のとおりです。

- 遅延 100msec(max)、ロスレス通信
- センサー設置密度 3 倍
- 無線通信の可視化、レガシー無線への対応

これらの性能を実現することにより、製造現場に、①混雑・変動する無線環境下でも無線通信システムが止まらない信頼性、②製品品質や生産性を向上させるための多数かつ多様な無線システムを収容できるシステムキャパシティ、③IT 専門家が不在でもデータフローや無線環境の管理ができるシステムの安定性と保守性を提供します。

### 4. マイルストーン

標準規格(Ver. 1)策定: 2019 年中旬予定

認証プログラム: 2019 年末開始予定

### 引用文献

- [1] <https://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/the-internet-of-things-the-value-of-digitizing-the-physical-world>
- [2] <http://tech.nikkeibp.co.jp/dm/atcl/feature/15/122200045/120700315/>
- [3] <http://www.automationinside.com/2017/03/industrial-network-market-shares-2017.html>
- [4] 製造現場における無線ユースケースと通信要件（要約版）第 1.0 版，国立研究開発法人情報通信研究機構、2017 年 3 月
- [5] Nendica (IEEE802 "Network Enhancements for the Next Decade" Industry Connections Activity), Flexible Factory IoT, Pre-Draft White Paper, 2018-05-15 (翻訳)
- [6] 生産設備保有期間等に関するアンケート調査～結果概要～、経済産業省、2013 年 <http://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/10217941/www.meti.go.jp/press/2013/05/20130531001/20130531001-2.pdf>