

「5G 産業応用に関する調査報告」

～産業用ネットワークと 5G の統合～

本資料は、JEMIMA 会員企業の社内利用限定の参考用資料です。このため、ダウンロードした電子ファイルを会員企業外に送付することは固くお断りいたします。また、本資料に含まれるいかなる情報も、会員企業外に開示することを固くお断りします。

2023年12月

一般社団法人 日本電気計測器工業会

内容

はじめに

1. 製造業の DX 推進の動き
 - 1.1 産業用 IOT
2. 5G（第 5 世代移動通信システム）とは？
 - 2.1 製造現場における 5G の活用
3. 工場への 5G 導入状況
 - 3.1 5G の国内動向
 - 3.2 5G の海外動向
4. 産業計測機器・システムのベンダの課題
 - 4.1 ローカル 5G 導入にあたって
 - 4.2 ローカル 5G 無線局の免許申請の関係者
 - 4.3 ローカル 5G の導入コスト
5. 5G の規格開発体制
6. 5G-ACIA 発行のホワイトペーパー
 - 6.1 産業用ネットワークと 5G システムの構成
 - 6.2 5G システムの展開シナリオの特徴
 - 6.3 産業用通信のための 5G と TSN の統合
 - 6.3.1 産業オートメーションにおける多様な通信
 - 6.3.2 産業用通信ネットワークの要件
 - 6.3.3 産業オートメーションの様々な通信タイプ
 - 6.3.4 TSN 規格
 - 6.3.5 TSN の時刻同期の仕組み
 - 6.3.6 TSN の低遅延のデータ転送の仕組み
 - 6.3.7 TSN の信頼性技術と仕組み
 - 6.3.8 TSN のネットワーク構成の仕組み
 - 6.3.9 TSN を実現する主な IEEE 規格
 - 6.3.10 OT ネットワークへの TSN とローカル 5G の統合
7. まとめ

2022 年度 委員

はじめに

(一社) 日本電気計測器工業会 (以下、JEMIMA と呼ぶ) 産業計測機器・システム委員会の工業用無線技術・調査研究 WG は、工業用無線技術の普及推薦を目的に関連技術の最新動向や国際標準化動向について調査・研究を行っている。本資料は、工業用の無線機器を提供するベンダ様に向けて、第五世代移動通信システム(以降 5G と呼ぶ)の製造現場への活用に関する調査結果の一部をまとめたものである。主な掲載内容には、5G の概要、国内外の動向、標準化体制、産業ネットワークと 5G の統合に関する 5G-ACIA のホワイトペーパーの概説が含まれる。

本書が、5G の概要の理解と産業応用の検討材料の一助になれば幸いである。

一般社団法人 日本電気計測器工業会
JEMIMA 産業計測機器・システム委員会
工業用無線技術調査・研究 WG

1. 製造業の DX 推進の動き

● 製造業を取り巻く状況

➢ 新型コロナウイルス感染症の世界的な流行

- 経済活動の減速、停滞
- 国際物流の混乱：半導体・部素材の不足
- 海上輸送コンテナの不足による輸送遅延

➢ ウクライナ情勢

- 原油価格、原材料価格の高騰
- グローバルサプライチェーンの脆弱性への対策
- 地政学リスクの高まり

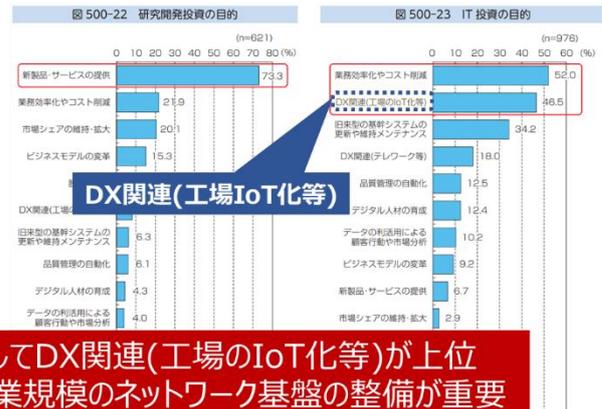
➢ カーボンニュートラルへの対応

- 製造工程におけるCO₂排出削減
- CO₂排出量の見える化
- 再生可能エネルギーの導入

● 製造業のデジタル変革(DX)推進の動き

➢ バリューチェーンの見える化と円滑な情報共有

➢ 大量のデータ収集・分析・共有



製造業におけるIT投資の目的としてDX関連(工場のIoT化等)が上位
→工場のIoT化には、そのための企業規模のネットワーク基盤の整備が重要

出典：経産省 2022年版ものづくり白書
<https://www.meti.go.jp/report/whitepaper/mono/2022/pdf/all.pdf>

資料：三菱JFリサーチ&コンサルティング(株)「数が増えるものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」(2022年3月)

2022年版の経済産業省のものづくり白書では、素材産業における製造プロセスの革新的転換と変革の必要性が年々増している状況にあると報告された。

その背景として、ここに挙げた製造業を取り巻く環境の変化が含まれると論じている。

- ・ 新型コロナウイルス感染症の世界的な流行によって、グローバルサプライチェーンの寸断リスクが顕在化。そのためのサプライチェーンの強靱化が求められ、グローバル競争環境が激化している状況にあること。
- ・ ウクライナ情勢の緊迫により、原油価格が高騰し、その影響は生産コストの増加につながり、事業環境が大きく変化していること。
- ・ カーボンニュートラルへの対応では、サプライチェーン全体の脱炭素化やCO₂排出量削減とその可視化が急務であること。

そして、多くの企業がIT投資の目的として、DX関連(工場のIoT化等)に資する活動을挙げています。工場のDXに向けて企業規模のネットワーク基盤の整備の重要性が増しているといえることができます。

2. 5G（第5世代移動通信システム）とは？

- **主な特徴**
 - 「超高速通信」
 - 「超低遅延通信」
 - 「多数同時接続」
- **通信性能**
 - 最高伝送速度10 Gbps
 - ・ (LTEの100倍、4Gの10倍)
 - 接続機器数 100万台/km²
 - ・ (LTEの100倍、4Gの10倍)
 - 超低遅延 1 ms
 - ・ (LTE、4Gの10分の1)
- **5G仕様**
 - 2018年6月：Release15 仕様にて基本機能策定
 - 2020年6月：Release16 仕様の策定完了 → **産業利用を本格的にサポート**

出典：2020年版ものづくり白書（METI/経済産業省：https://www.meti.go.jp/report/whitepaper/mono/2020/honbun_html/honbun/101031_3.html
総務省 | 平成30年版 情報通信白書 | 5Gの特徴 (soumu.go.jp)

5G

超高速通信

最高速度：
10Gbps

超低遅延通信

無線区間の伝送遅延：
1ms以下

多数同時接続

同時接続数：
100万デバイス/km²

※：ただし、全てを同時には実現できない

5Gとは「第5世代移動通信システム」のことで、国内では2020年3月からサービスが開始された。

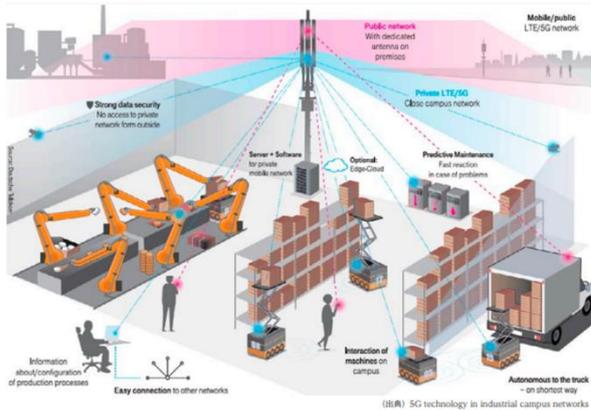
主な特徴は、「超高速通信」、「超低遅延通信」、「多数同時接続」である。5Gはこの特徴を活かして携帯電話ユーザだけでなく、工場の現場機器との接続性も向上させるメリットがあるとされている。

5Gリリース16仕様は、2020年に規格化が完了し、産業用IoTを本格的にサポートする機能まで拡張された。

3.2 5G の海外動向

● ドイツテレコム

- Osrām社に展開中のプライベートLTEの無線ネットワークを今後5Gに移行していく計画を発表



出典: https://monoist.itmedia.co.jp/mn/articles/1904/24/news010_3.html
総務省 | 令和2年版 情報通信白書 | 諸外国におけるローカル5G (soumu.go.jp)
<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r02/pdf/n1300000.pdf>

● シュナイダーエレクトリック

- 製造現場へのローカル5G導入でNTTと提携
[海外の5G動向【2022年3月度】 - 第5世代モバイル推進フォーラム \(5gmf.jp\)](#)

● ボツシュ

- ローカル5Gの免許申請を発表
- 未来の工場には高性能無線技術が必要であり、5Gのローカルキャンパスネットワークを構築することで、Industry 4.0において同社の競争力を確保する必要があるとした

[Bosch applies for local 5G licenses - Bosch Media Service \(bosch-presse.de\)](#)



ドイツでは、主に Industry 4.0 の分野への使用が多く報告され、そのほか、農業や林業にも使用が期待されている。

ドイツテレコムは、シーメンスグループのオスラム社の工場に LTE を展開しており、今後 5G へと移行する計画を発表している。

同じくドイツの Bosch 社は、2019 年 11 月にローカル 5G の免許申請を行ったと発表した。

同社は、未来の工場には高性能無線技術が必要であり、5G ネットワークの構築は、Industry 4.0 における競争力確保のために必要であることを示した。

5G は今後、ドイツが提唱する Industry 4.0 を支える重要な基盤になってくると思われる。

4. 産業計測機器・システムのベンダの課題

● 技術・製品・ソリューション開発の課題

- 5Gの特性・利点を適材適所に取り込んだ、具体的な製品・システムの提供
- 製造現場で要求される耐環境性、堅牢性
- 長期保証・安定供給の確保



● 導入推進面の課題

- 5Gならではのキラーアプリケーションの探索又は創出
- 5G導入の費用対効果を裏付ける評価指標と実績データの提供



工業用無線技術調査・研究WGの取組み

- 製造現場のニーズに応える製品・ソリューション提供につながる、5G関連技術、ユースケース、国際標準化・法規制などの最新動向の調査・研究を進めています

国内外の製造現場において 5G の試験導入や実証試験などが多数報告されている一方で、5G の利活用の幅はあまり広がっていないようにも見受けられる。

5G の産業応用に関する「産業計測機器システム」のベンダの課題としては、2つの側面があると考えている。

1点めは、技術・製品・ソリューション開発の側面である。

5G の特性・利点を取り込んだ、具体的な製品の企画・開発の動きは、まだ広がっているとは言い難い。

2点めは、導入推進の側面であり、5G ならではのキラーアプリケーションの探索・創出や、5G 導入の費用対効果が掴みづらい状況にある。

工業用無線技術調査・研究 WG では、このような課題を念頭に製造現場のニーズに応える製品・ソリューションの提供につながるようなユースケースや最新技術動向の調査・研究を進めている。以降にこれまでの調査・研究の一部を紹介する。

5. 5G の規格開発体制

● 製造業関連アライアンス（要件のインプット）

- **5G-ACIA** (5G Alliance for Connected Industries and Automation) <https://5g-acia.org/>
 - ZVEI（ドイツ電気電子工業連盟）が2018年4月に設立
 - 産業オートメーションへの5G応用のために3GPPに製造業の要件をインプットして5G仕様開発に対して積極的に貢献



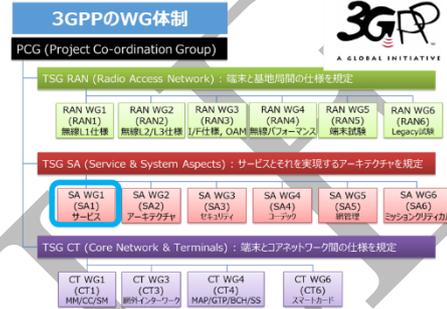
5G-ACIAのWG体制

WG1	WG2	WG3	WG4	WG5
Use cases, Requirements & Standardization	Spectrum & Operator Models	Architecture & Technology	Liasons & Dissemination	Validation & Test
<ul style="list-style-type: none"> 産業オートメーションのユースケースや要件の分析 標準化組織への貢献 	<ul style="list-style-type: none"> ユースケースに必要な周波数帯域の検討 新規帯域モデルの検討 	<ul style="list-style-type: none"> 5G産業ネットワークのアーキテクチャ検討 	<ul style="list-style-type: none"> 他組織との連携・調整 プロモーション活動 ワークショップやボイ付 メンバーの準備 	<ul style="list-style-type: none"> 産業アプリケーション向け評価 相互運用性テスト 認証テスト

製造業における5G要件をインプット

● 国際標準化（5Gの技術仕様策定）

- **3GPP** (Third Generation Partnership Project) <https://www.3gpp.org>
 - 5G システムの実質的な技術標準開発を担当
 - 様々な産業市場からのインプットにより仕様を策定



5Gの仕様開発は3GPPが担当し、5G-ACIAは製造業の要件を3GPPにインプットしている

出典: https://iv-i.org/wp-content/uploads/2020/07/ASG-011_5G-WhitePaper_20200625.pdf

5Gの国際標準は、図右手の3GPPという標準化機関にて策定されている。

一方、製造業からの要件のインプットの仕組みとして、5G-ACIAというアライアンスが2018年4月に設立された。

同アライアンスは、5Gの産業応用のユースケースや産業利用に関する要件を3GPPにインプットしている。

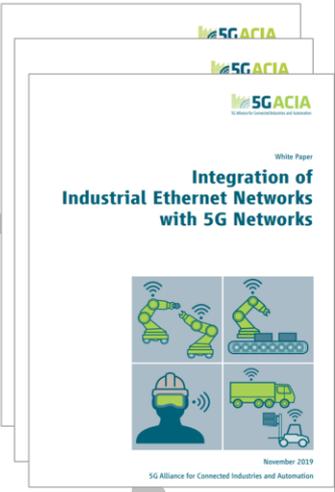
加えて、5G-ACIAは5Gの産業応用の啓発活動として多数のホワイトペーパーを発行している。

6. 5G-ACIA 発行のホワイトペーパー

● 5G-ACIA のホワイトペーパーの例

2021年度に無線WG調が査したホワイトペーパー	概要
Key 5G Use Cases and Requirements	5Gのユースケースと要件
A 5G Traffic Model for Industrial Use Cases	インダストリアル分野のユースケースに適用するための5Gユーザ・データ・モデル
5G for Connected Industries and Automation	5Gの製造業への潜在的な応用の可能性とそのユースケース及び要件
5G Non-Public Networks for Industrial Scenarios	ローカル5Gネットワークの産業用IoTへの導入シナリオ
5G for Automation in Industry	プロセス産業、ディスクリート産業に影響を与える5Gアーキテクチャの解説
Integration of Industrial Ethernet Networks with 5G Networks	5Gネットワークを産業用イーサネットに統合する場合の技術要件
Integration of 5G with Time-Sensitive Networking for Industrial Communications	5GとTSNを統合する場合の機能要件
Exposure of 5G Capabilities for Connected Industries and Automation Applications	ローカル5Gをインダストリアル・オートメーション・アプリケーションに接続するための機能要件
Security Aspects of 5G for Industrial Networks	5Gをインダストリアルネットワークに接続する場合のセキュリティ要件について
Selected Testing and Validation Considerations for Industrial Communication with 5G Technologies	5Gによる産業用ネットワークの評価と検証
Key 5G Use Cases and Requirements	5Gのユースケースと要件

出典: <https://5g-acia.org/resources/whitepapers-deliverables/>



この表は、5G-ACIA が発行したホワイトペーパーの一部であり、当ワーキンググループの委員が分担してその内容を調査した。

以降に 5G と産業用イーサネットの統合および、5G と TSN(Time sensitive network)との統合に関してその概要をご紹介します。

7. まとめ

- 製造業DXのネットワーク基盤として5Gの利活用が期待されている
- 国内外で5Gの実証試験や工場への試験導入の件数が増加の傾向
- 5G-ACIAは、製造業における5Gの要件を3GPPにインプットしている
- 5G-ACIAは5Gの産業応用の啓発として多数のホワイトペーパーを発行
 - 5Gと産業用ネットワークの統合について概要を紹介
- TSNと5Gの統合によりリアルタイムな通信をモビリティのレベルまで拡張できる
- 一方で、製造現場での5Gの超高速、低遅延、多数同時接続の特徴を活かしたキラーアプリケーションの創出、関連製品の技術開発、社会実装はまだ途上

工業用無線技術調査・研究WGは、継続して調査・研究活動を行って参ります

- ・ 製造業 DX のネットワーク基盤技術として 5G の利活用が期待されている。
- ・ 国内外で 5G の実証試験や工場への試験導入の件数が増加の傾向にある。
- ・ 5G-ACIA は、製造業にける 5G の要件を 3GPP にインプットしており、また啓発活動として多数のホワイトペーパーを発行している。ここでは、その中で 5G と産業用ネットワークの統合について紹介した。
- ・ TSN と 5G の統合によりリアルタイムな通信をモビリティのレベルまで拡張できる可能性がある。

一方で、製造現場での 5G の超高速、低遅延、多数同時接続の特徴を活かした、キラーアプリケーションの創出、関連製品の技術開発、社会実装はまだ途上にある。

工業用無線技術調査・研究 WG では、継続して製造業における無線技術の調査・研究活動を進める。

産業計測機器・システム委員会 工業用無線技術調査・研究 WG について

産業計測機器・システム委員会 工業用無線技術調査・研究 WG のミッションは以下の通りである。

日本における国際競争力の維持・発展の観点から、工業用無線技術の国際動向の把握や無線周辺技術を含めた調査・研究を行い、会員各企業への情報提供を行うとともに、国内での無線技術の活用のために、使用周波数帯や電力規制などについて、工業会として行政組織に連携をとるための提案を行う。

<https://www.jemima.or.jp/activities/strategic-project/industrial-process.html>

2022 年度 委員

長谷川 敏	横河電機株式会社	主査
加藤 泰輔	富士電機株式会社	副主査
中川 隆広	アズビル株式会社	
山本 健造	三菱電機株式会社	
瀬和居 裕志	島津システムソリューションズ株式会社	
名村 将由	理化工業株式会社	
宋 欣光	新川電機株式会社	
加藤 憲一	新川センサテクノロジー株式会社	
柴田 浩司	東芝インフラシステムズ株式会社	
渡辺 友馬	東芝インフラシステムズ株式会社	

※：本資料で使用されている会社名、商品名等は、各社の登録商標または商標です

-----禁無断転載-----

「5Gの産業応用に関する調査報告」

本件についてのお問合せ先

〒103-0014 東京都中央区日本橋蛸殻町2-15-12

一般社団法人 日本電気計測器工業会

TEL : 03-3662-8183

政策課題グループ

<https://www.jemima.or.jp/form/contact/index.html>