IVI 先進研究分科会ホワイトペーパーVol.06

ASG-011 5G 先進活用研究分科会

産業用5G 活用の課題とその展望

モノづくりの現場から考える情報と制御連携

2020 年 3 月 31 日

一般社団法人
インダストリアル・バリューチェーン・イニシアティブ

1. はじめに 1
1.1. 本書の目的 1
1.2. 対象読者 1
1.3. 関連ドキュメント 2
1.4. 用語略称 2
2. 用語の説明 4
3. 欧州での産業用5G の概要 6
3.1. 5G 標準化の仕組み 6
3.2. 欧州の 5G 産業（FA）向け応用に関する取り組み 7
4. 5G の概要 10
4.1. 5G とは？ 10
4.2. 5G の特徴と性能 12
4.2.1. 2 つの 5G：NSA と SA 12
4.2.2. 高信頼・低遅延通信を実現する技術：URLLC 13
4.2.3. 大容量通信を実現する技術：eMBB 14
4.2.4. 専用網を構築する技術：ネットワークスライシング 15
4.2.5. 産業用 IoT 向け 5G 機能拡張 16
4.3. ローカル 5G 18
4.4. 5G と無線 LAN 20
5. 産業用 5G の活用について 23
5.1. 産業用 5G 活用における WAN 構成 23
5.1.1. 産業領域における 5G 活用ニーズ 23
5.1.2. 閉域網の活用 23
5.2. ものづくり現場の現状と課題 24
5.2.1. 無線技術の活用のニーズ 24
5.2.2. 既存無線技術利用にあたっての課題 24
5.2.3. 5G 利用のメリットと通信の仕様に対応した用途 25
6. ものづくり現場でのユースケース 27
6.1. フレキシブル生産システム [URLLC] 27
6.2. 物流センター [URLLC, mMTC] 28
6.3. レイアウトフリーな組立工程 [URLLC] 29
6.4. 遠隔監視・メンテナンス効率化 [mMTC, eMBB] 30
6.5. 作業情報の収集と生産性向上 [mMTC, eMBB] 31
6.6. 作業行動と品質の向上 [eMBB] 31
6.7. センターからの遠隔作業支援 [mMTC, eMBB] 32
7. 産業用途での応用の課題と期待 33
7.1. モノづくりの現場での無線活用で留意する事項 33
7.2. まとめ 33
著者およびメンバー 35

1. はじめに

1.1. 本書の目的

本書は、5G の産業応用を進めるにあたって、必要となる 5G 無線の概要と特徴についてまとめて、想定されるユースケースを検討するとともに、課題を整理し、導入を検討する参考資料とするために作成した。

本書で示す 5G の産業応用は、まだ様々な施策の展開が始まっている当初の段階で記載されているものであり、一部は専門家の間でも共通認識になっていない将来展望を含んでいることを申し述べる。本書により、将来展望と課題が明らかになり日本のものづくりでの 5G の応用が進み、より効率的なものづくりを支援し日本の製造業の国際競争力強化の一助となることを希望する。

なお、本書は 2020 年 3 月現在の情報に基づいて記載している。

1.2. 対象読者

本書の対象読者は、ものづくりへ 5G の活用を検討している生産管理、生産技術、システム開発管理者、ネットワーク管理者、システムインテグレータを想定している。携帯通信について専門知識をもたない技術者や経営企画部門の関係者であっても理解可能な内容とするように努めた。

また、携帯無線について十分な知識を持っている関係者が、製造現場のユースケースを検討する場合の参考図書となることも想定するものとする。

1.3. 関連ドキュメント

参考文献は各章を参照のこと。

1.4. 用語略称

3GPP（Third Generation Partnership Project：携帯電話システムの技術標準を策定する標準化団体）

5G（Fifth Generation：3GPP で開発された第 5 世代携帯電話システム）

5G-ACIA（5G Alliance for Connected Industries and Automation：ドイツの産業 5G 向け業界団体）

5G-PPP（The 5G Infrastructure Public Private Partnership：欧州の 5G 向け産官連携プロジェクト）

BWA（Broadband Wireless Access：2.5GHz 帯を利用する広帯域無線アクセスシステム）

CPS（Cyber Physical System：実空間とサイバー空間を連携させるシステム）

E2E（End-to-End：通信を行う二者を結ぶ経路全体、例えば端末間）

eMBB（Enhanced Mobile Broadband：5G の機能のひとつである超高速・大容量通信）

FA（Factory Automation：工場における生産工程の自動化を図るシステム）

GSM（Global System for Mobile communications：欧州で開発された第 2 世代携帯電話システム）

LAA（License-Assisted Access：免許不要の周波数帯(アンライセンス周波数帯)を免許周波数と組合わせてセルラー通信を行う方式。無線 LAN などと同じ 5GHz 帯を利用して欧米でサービスが開始されている。免許不要周波数帯のみでセルラー通信を行う NR-U も検討が進められている）

LPWA（Low Power Wide Area：大規模なセンサーシステムなどを想定した、低消費電力、長距離伝送に特化した無線システム）

LTE（Long Term Evolution：3GPP で開発された第 4 世代携帯電話システム）

mMTC（Massive Machine Type Communications：5G の機能のひとつである超多接続通信）

NPN（Non-Public Network：ローカル 5G など非公衆網、特定の端末だけがアクセスできる）

NR（New Radio：3GPP が 5G 用に策定した新たな無線アクセス技術仕様、LTE との後方互換性が無い）

NSA（Non-standalone：5G 基地局と LTE 基地局を併用して構築するネットワーク構成）

PDC（Personal Digital Cellular：日本で開発された第 2 世代携帯電話システム）

QoS（Quality of Service: サービスの品質を示す尺度）

RAN（Radio Access Network：無線アクセスネットワーク）

SA（Service and System Aspects：サービスとシステムアーキテクチャを検討する 3GPP の TSG）

SA（Standalone：5G 基地局のみで構築するネットワーク構成）

TSN（Time Sensitive Network：IEEE で策定された産業イーサネット規格）

URLLC（Ultra Reliable Low Latency Communications：5G の機能のひとつである超高信頼・低遅延通信）

WAN（Wide Area Network：広域ネットワーク、対義語に LAN：Local Area Network 等がある）

WCDMA（Wideband Code Division Multiple Access：3GPP で開発された第 3 世代携帯電話システム）

2. 用語の説明

移動通信システム

移動局(例えば移動する端末)に対して通信サービスを行うシステムであり、俗に携帯電話向けのセルラー通信システムを指す。一般に、端末、基地局、コアネットワークの 3 要素で構成される。

3GPP

日本、米国、欧州、韓国、中国、インドの標準化団体が共同で世界統一の移動通信システムの標準仕様を議論するために設立したパートナーシッププロジェクト。

基地局

端末の無線通信を制御する親局。

端末

ユーザが操作可能な無線通信端末。子局、移動局とも呼ばれ、スマートフォン等が含まれる。

コアネットワーク

端末の登録、認証、移動管理、セッション管理など、通信サービス全般の制御・管理を行う。

公衆網

通信事業者(キャリア)が管理し、加入者への通信サービスを提供するためのネットワーク。パブリックネットワークとも言う。

自営網

自社(個人)が管理し、自社(個人)への通信サービスを提供するためのネットワーク。プライベートネットワークとも言う。

TSN

IEEE で策定された時間応答性を担保したイーサネット標準仕様群であり、産業イーサネットへの適用が想定されている。

電波免許

免許帯(ライセンスバンド)において無線局(基地局、端末)を運用するための免許。電波法に基づいて総務省へ申請を行い、周波数の割当を受ける。

ローカル 5G

第 5 世代移動通信システム(5G)技術と電波免許(免許帯)を、自営網に適用するためのシステムおよび制度の総称。

移動通信

移動局(例えば移動する端末)との通信。

固定通信

固定局(例えば固定された端末)との通信。

閉域網

インターネットから直接アクセスできない”閉じた”ネットワーク。物理的な閉域網の例として、専用線や自社内のみで独立したネットワーク(オンプレミス型)等がある。論理的な閉域網として、VPN (Virtual Private Network)等がある。公衆網においても閉域網サービスが提供される場合がある。

3. 欧州での産業用5G の概要

3.1. 5G 標準化の仕組み

これまでの移動通信システムは、各国独自で開発が進められたアナログ自動車電話の第 1 世代、デジタル化された第 2 世代（GSM や PDC）に始まり、国際的に共通化が進んだ第 3 世代（WCDMA など）、通信速度が高速化された現在の第 4 世代（LTE）に至るまで、主に携帯電話やスマートフォン～大容量移動通信アプリケーションでの利用を想定して検討が行われてきた。第 5 世代移動通信（5G）では、高速大容量に加え、高信頼・低遅延、多数接続を実現する機能が導入される。これを用いて、スマートフォンなどの従来アプリケーションに加え、応用範囲を自動車、鉄道、医療、工場、建設、防犯などいわゆる「異業種アプリケーション」に広げたことが特徴ということができる。

5G の通信システムとしての実質的な技術標準は、3GPP (Third Generation Partnership Project)と呼ばれる、各国の標準化団体間プロジェクトで策定されている。3GPP の内部グループ構成を図 3.1-1 に示す。3GPP では PCG (Project Coordination Group)の配下に 3 つの TSG (Technical Specification Group)を配置して運営されている。TSG-RAN では主に端末と基地局間の仕様、TSG-SA ではサービスとそれを実現するためのアーキテクチャ、TSG-CT では端末とコアネットワーク間の仕様を規定する。5G における標準化の代表的な流れを図 3.1-2 に示す。FA や車分野など異業種応用の場合、それぞれの業界のアライアンスと協力し、同分野で 5G 適用が想定されるユースケース、その要求性能に関する情報を TSG-SA WG1 へ入力する。TSG-SA WG1 では技術的な実現可能性やコストなども考慮し、各リリース（3GPP で一定期間内に策定する規格バージョン）で実現すべき要求条件を決定する。TSG-SA/RAN/CT の各 WG では、同要求条件に基づいてそれぞれの技術仕様（規格）を議論、策定する流れとなっている。

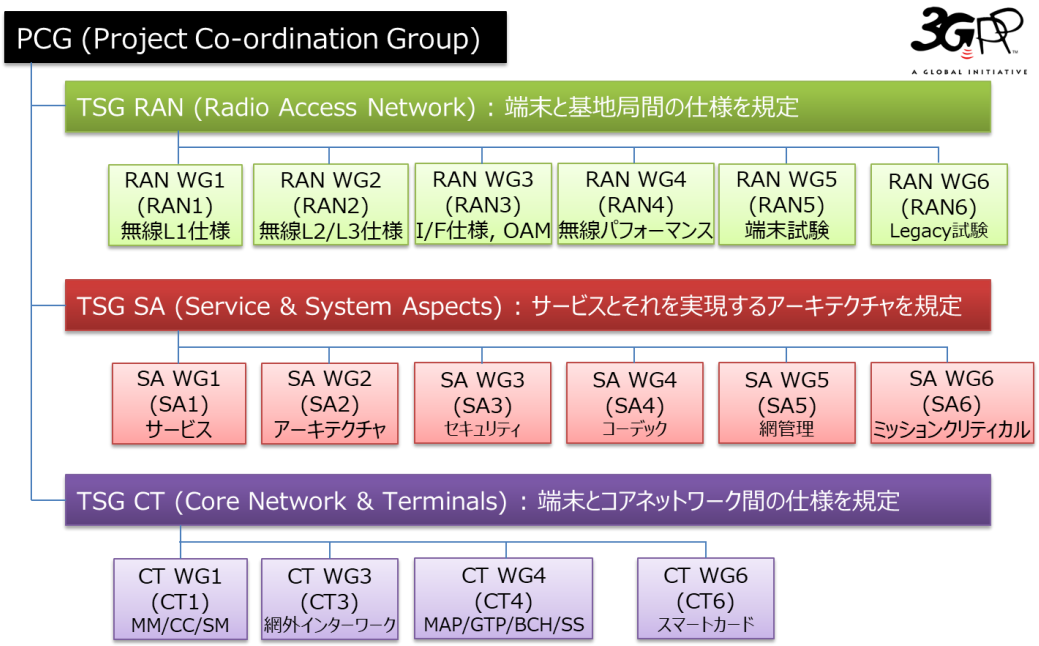


図 3.1-1　　3GPP のワーキンググループ（WG）構成

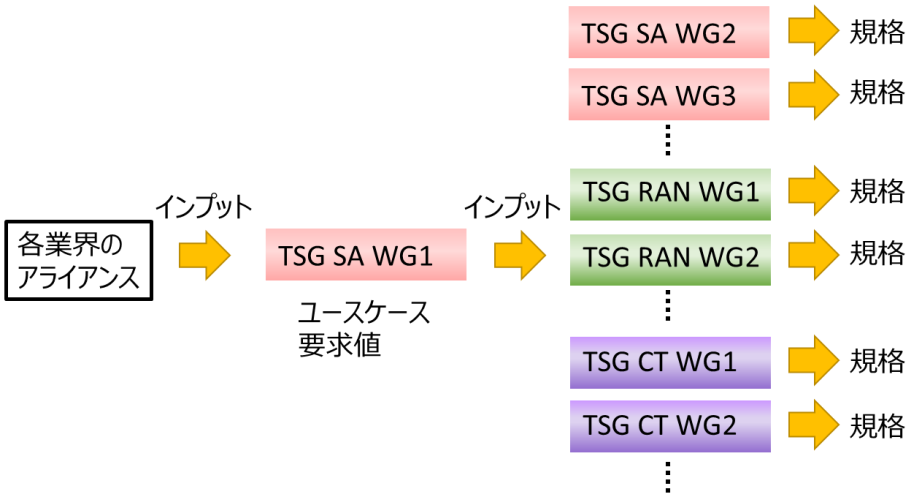


図 3.1-2　　3GPP における標準化の流れ

3.2.　欧州の 5G 産業（FA）向け応用に関する取り組み

欧州ではドイツを中心に産業分野への 5G 適用は関心が高く、Industry 4.0 を実現する手段の一つとして早期から検討が行われた。代表的な取り組みとして、2014 年から開始された EU の産官連携プロジェクトである 5G-PPP (The 5G Infrastructure Public Private Partnership)が挙げられる。同プロジェクトでは 5G 時

代のネットワーク基盤として実現すべき機能や性能、想定される要求条件などを検討するとともに、工場や自動車産業への応用について必要機能、ビジネスモデル、社会実装などの提言を行っている。FA に関係の深い白書として、5G で実装すべきアーキテクチャ[3.2-1]、CPS (Cyber Physical System)と IoT をベースとする工場の将来像[3.2-2]などを公表している。

製造業への 5G 導入に向けた欧州産業界の動きとして、ドイツ電機電子工業連盟（ZVEI）が Task Force 5G を母体として、5G Alliance for Connected Industries and Automation（5G-ACIA）を 2018 年 4 月に設立した。図 3.2-1 に 5G-ACIA の作業グループ（WG）構成を示す[3.2-3]。モノづくり企業（OT）と情報通信企業（ICT）が一体となって、製造業向けの様々な 5G ユースケース調査、標準化、法令化に向けた活動を実施し、Industry 4.0 を推進している。各 WG の取りまとめは Siemens 社、BOSCH 社など主要な FA ベンダが担当しており、3GPP SA#80（2018/6/13～15）において、5G-ACIA から 3GPP に White Paper をインプットするなど、5G 標準化に対して積極的な貢献を行っている。具体的な技術検討成果として、産業分野における 5G ユースケースと要求条件[3.2-4]、トラヒックモデル[3.2-5]、産業用イーサネットの 5G 統合[6]などについて White Paper を公開している。

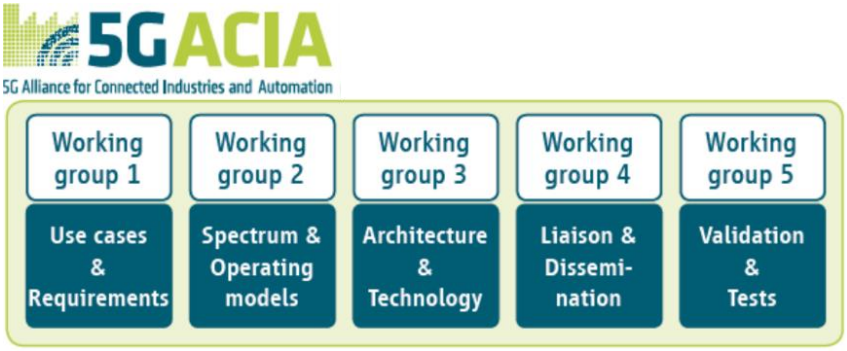


図 3.2-1　　5G-ACIA の作業グループ構成

参考文献

[3.2-1] 5GPPP Architecture Working Group, “View on 5G Architecture,” https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2019/07/5G-PPP-5G-Architecture-White-Paper_v3.0_PublicConsultation.pdf, Version 3.0, Jan. 2019.

[3.2-2] 5GPPP, “White Paper: 5G and the Factories of the Future,” https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2014/02/5G-PPP-White-Paper-on-Factories-of-the-Future-Vertical-Sector.pdf, 2015.

[3.2-3] 5G-ACIA, ”Welcome to 5G-ACIA,” https://www.5g-acia.org/publications/, 2019.

[3.2-4] 5G-ACIA, ”5G for Automation in Industry,” https://www.5g-acia.org/publications/, 2019.

[3.2-5] 5G-ACIA, ”A 5G Traffic Model for Industrial Use Cases,” https://www.5g-acia.org/publications/, 2019.

[3.2-6] 5G-ACIA, ”Integration of Industrial Ethernet Networks with 5G Networks,” https://www.5g-acia.org/publications/, 2019.

Hannover Messe での動向

ハノーバーメッセ 2019 において、産業 5G が注目技術のひとつとなっており、各社産業 5G を用いた展示を行っていた(図 3.2-2 参照)。

特設会場「5G ARENA」　シーメンスデモ展示　クアルコム速度展示　エリクソン　ロボット制御

図 3.2-2　　ハノーバーメッセ 2019 における産業 5G の展示

4. 5G の概要

4.1. 5G とは？

3.1 章で述べた通り、5G とは一般に、現在主流となっている 4G (LTE) の次世代にあたる携帯電話システム (第 5 世代移動通信システム) を示し、専門的には 3GPP で標準化された世界統一の通信規格である。携帯電話システムは約 10 年毎に世代交代が行われており、5G は 2020 年代の使い方を想定した設計となっている。

5G には下記 3 つの機能がある (図 4.1-1 参照):

- eMBB (Enhanced Mobile Broadband：超高速・大容量通信)
- mMTC (Massive Machine Type Communications：超多接続通信)
- URLLC (Ultra Reliable Low Latency Communications：超高信頼・低遅延通信)

この中で mMTC と URLLC は社会的インパクトが大きいとされており[4.1-1]、特に工場を例に考えた場合、3.2 章で述べた通り、URLLC を用いたロボットの無線制御への応用など、ものづくりに変革をもたらす可能性があるとして期待されている。

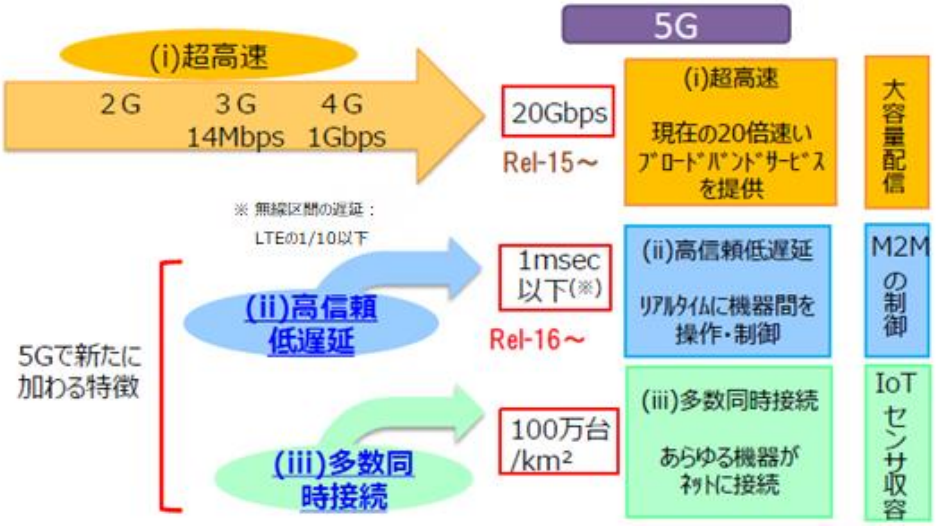


図 4.1-1　　5G の 3 つの機能と性能

一口に 5G と言っても、その機能・性能は年々バージョンアップしていく。3GPP ではこれを Release (版) として定義している。一般的に Release 毎の仕様策定完了から、製品開発完了・サービスインまでに 1-2 年程度の時間を要するため、Release 毎の新機能と商用化時期を見定めて導入計画を立てることが重要である (図 4.1-2 参照)。

- Release 15: 5G 初版規格、2018 年 3 月から 2019 年 6 月に 3 つの drop に分けて仕様策定完了
- Release 16: ”Phase 2”・”フル 5G”とも言われる(URLLC 本格サポート)、2020 年 6 月仕様策定完了
- Release 17: 異業種応用に向けた 5G の更なる高度化、2021 年 9 月仕様策定完了の予定
- Release 18: 2021 年 3 月頃に標準化を開始する予定

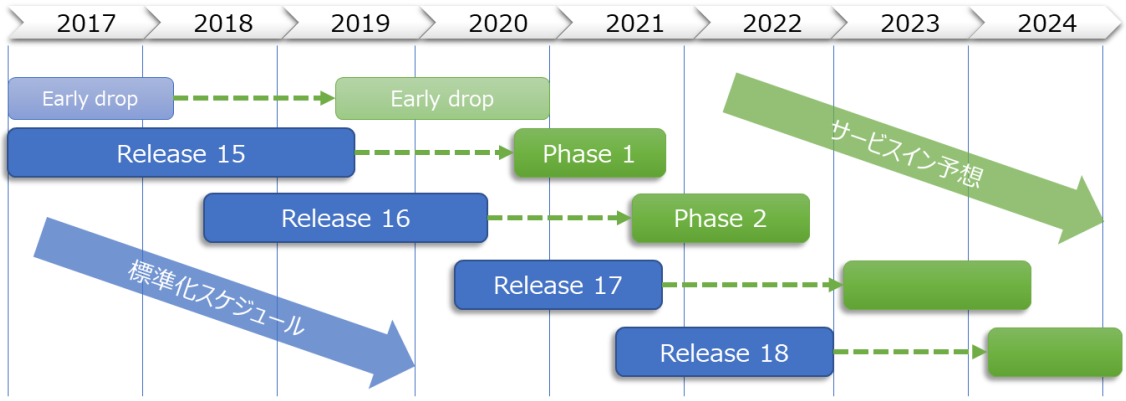


図 4.1-2　3GPP 標準化スケジュールとサービスイン時期 (予測を含む) [4.1-2]～[4.1-6]

参考文献

[4.1-1] 総務省, “第 5 世代移動通信システム (5G) の今と将来展望”, https://www.soumu.go.jp/main_content/000633132.pdf

[4.1-2] 3GPP, “RAN adjusts schedule for 2nd wave of 5G specifications”, https://www.3gpp.org/news-events/2005-ran_r16_schedule

[4.1-3] Nokia (TSG-RAN Chairman), 3GPP, SP-191360, “Summary from RAN#86”

[4.1-4] 5G-ACIA, “5G for Connected Industries and Automation (White Paper -Second Edition)”, https://www.5g-acia.org/fileadmin/5G-ACIA/Publikationen/Whitepaper_5G_for_Connected_Industries_and_Automation/WP_5G_for_Connected_Industries_and_Automation_Download_19.03.19.pdf

[4.1-5] 3GPP, “First 5G NR Specs Approved”, https://www.3gpp.org/news-events/1929-nsa_nr_5g

[4.1-6] RAN Chairman, RAN1 Chairman, RAN2 Chairman, RAN3 Chairman, RAN4 Chairman, RAN5 Chairman, 3GPP, RP-200493, “3GPP Release timelines”

4.2. 5G の特徴と性能

4.2.1. 2 つの 5G：NSA と SA

5G には、NSA (Non-standalone)と、SA (Standalone)の大きく 2 つの方式が存在する。

- NSA： 既存の 4G サービスエリアを流用する形で展開可能な 5G であり、専門的には LTE (eLTE：高度化 LTE) 基地局と NR (New Radio：5G の新無線アクセス技術) 基地局を併用してネットワークを構築する (図 4.2-1 左図参照)。4G 設備(基地局やコアネットワーク)を既に有している場合に効率よく 5G エリアを構築できる利点があるが、性能面では SA に及ばない可能性がある。

- SA： 4G 設備に依存せず、NR 基地局のみでネットワークを構成する (図 4.2-1 右図参照)。よって既存の 4G 設備が存在する場合、システムの刷新が必要となる一方、5G 性能をフルに発揮できるネットワークを構成することが可能となる。

製造現場に 5G を導入する場合、NSA と SA のどちらの方式を採用するのかを検討する必要があるが、工場へローカル 5G を導入する際には、LTE と NR の 2 局運用の煩雑性を考慮し、SA 方式を念頭に置いて検討すべきと思われる。

- 公衆網を活用する場合(キャリア 5G)：NSA で早期に構築した上で、5G の普及に合わせて徐々に SA へネットワークを更新していく。
  2020 年 3 月から順次全国サービスが開始される為、端末など製品も同年から入手可能となる。
  なお、ネットワーク更新・機能追加などは通信事業者(キャリア)が決定する。

- 自営網を構築する場合(ローカル 5G)：SA で構築することが、技術的に見た場合に適切である。
  ネットワーク設備や端末などの製品は、現状一部のベンダから入手可能である。2022 年頃から普及機が登場し、一般市場でも入手が容易になるものと期待される。
  一方、用途や電波法改正状況によって NSA で構築することも可能であるが、この場合アンカー(LTE 基地局)を準備する必要がある。アンカーは、自営等 BWA として自前で準備するか、もしくは通信事業者(携帯電話事業者もしくは地域 BWA 事業者)の既存 4G サービスを活用する必要がある [4.2-1]。また電波利用料などもアンカーの周波数に対して追加で納める必要がある。
  いずれの場合においても、ネットワーク更新・機能追加などの決定は製造現場が行うことができる。但し、通信事業者の既存 4G サービスをアンカーに活用する場合は調整等が必要になる場合もある。

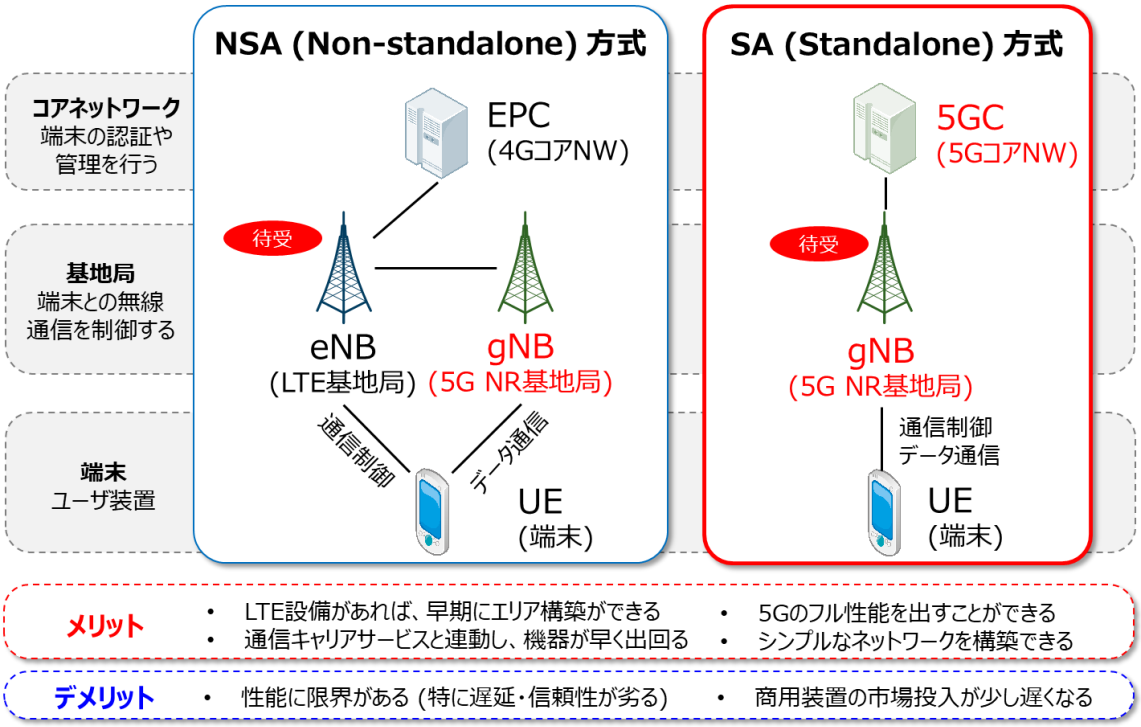


図 4.2-1　　NSA (左図)と SA (右図)の構成例

4.2.2. 高信頼・低遅延通信を実現する技術：URLLC

一般に無線・有線を問わず通信ではパケットロスや伝送遅延が発生するが、URLLC 機能では無線の特性を考慮した様々な技術を用いて、通信の信頼性向上(誤り率低減)と低遅延(制御高速化)を実現している。なお、低遅延アプリケーションにおけるノード間の総遅延（E2E 遅延量）は、マクロ基地局だけでなく、工場内でコア網を含めて完結するローカル基地局も候補として含めた値である。

- Release 15 では、基本的な URLLC 機能として、低速変調・符号化レート、同一パケット重複送信、無線フレーム短縮などの技術をサポートしたことにより[4.2-2] (図 4.2-2 参照)、信頼性(通信サービス可用性)を 10^{-4}、E2E 遅延を 10ms 程度まで対応可能とした[4.2-3](図 4.2-3 参照)。

- Release 16 では、本格的な URLLC 機能として、同一パケット 4 重複送信、優先制御などの拡張機能を追加サポートしたことにより[4.2-4][4.2-5]、信頼性(通信サービス可用性)を 10^{-6}、E2E 遅延を 0.5ms まで高めた[4.2-6](図 4.2-4 参照)。 また、TSN (Time Sensitive Networking)への統合機能により、産業イーサネットの無線への置き換えにも対応した。

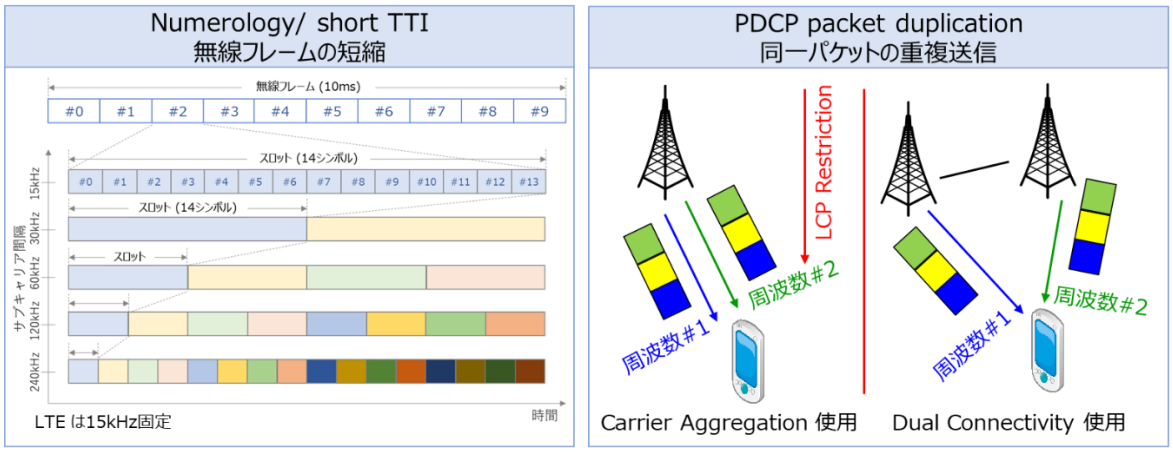


図 4.2-2 RELEASE 15 で導入された URLLC 技術の一例

ユースケース	接続数密度	通信サービス可用性	E2E 遅延	ユーザ体感スループット	サービスエリア
Discrete automation	100 000/km^2	99,99%	10 ms	10 Mbps	1000m x 1000m x 30 m
Process automation – remote control	1 000/km^2	99,9999%	60 ms	1 Mbps up to 100 Mbps	300m x 300m x 50 m
Process automation – monitoring	10 000/km^2	99,9%	60 ms	1 Mbps	300m x 300m x 50 m

図 4.2-3 RELEASE 15 の基本的な URLLC 性能の例 ([4.2-3]を基に作成)

ユースケース	端末数	通信サービス可用性	E2E 遅延	パケットサイズ	サービスエリア
Motion control and control-to-control use cases	20	99,9999% to 99,999999%	0.5 ms	50 bytes	15m x 15m x 3m
Motion control and control-to-control use cases	50	99,9999% to 99,999999%	1.0 ms	40 bytes	10m x 5m x 3m
Motion control and control-to-control use cases	100	99,9999% to 99,999999%	2.0 ms	20 bytes	100m x 100m x 30m

図 4.2-4 RELEASE 16 で追加された本格的な/産業向け URLLC 性能の例 ([4.2-6]を基に作成)

4.2.3. 大容量通信を実現する技術：eMBB

5G において通信速度が飛躍的に向上するが、高速化(通信容量 C の増大)を実現するにはシャノン・ハ

ートレーの定理($C = B \cdot log_2(1 + {}^{S}/_{N})$)で示される通り、帯域幅もしくは S/N 比(信号対ノイズ電力比)を大きくするアプローチがある。

- Release 15 において、4G で用いている 6GHz 以下(Sub-6)に加え、24.25GHz～52.6GHz (mmWave、ミリ波)をサポートしたことにより広帯域化(B)を実現している。また、超多素子アンテナによる Massive MIMO (Multiple Input Multiple Output)技術によって S/N 比を改善している。これら技術の貢献により、最大伝送速度 20Gbps 以上を達成することができる[4.2-7] (図 4.2-5 参照)。
- Release 17 では、更に 71GHz まで運用周波数を拡張する予定である[4.2-8][4.2-9]。

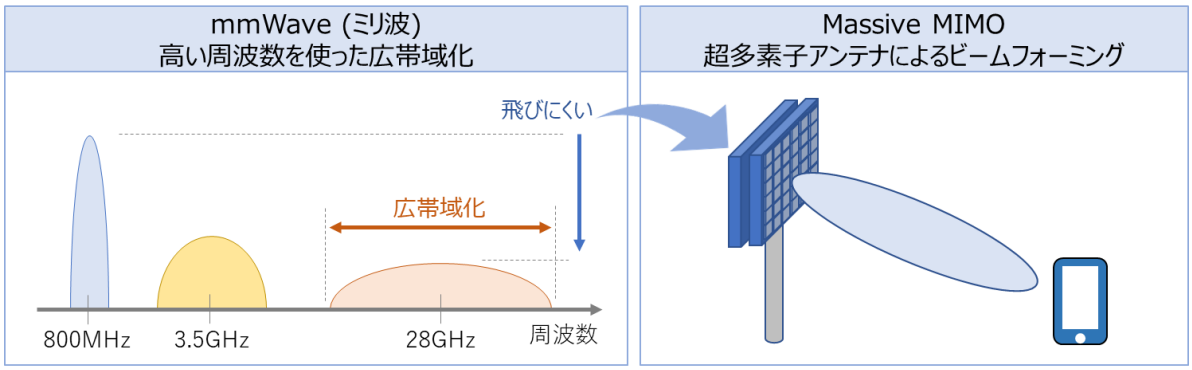


図 4.2-5 RELEASE 15 で導入された EMBB 技術の一例

4.2.4. 専用網を構築する技術：ネットワークスライシング

4G においても DECOR (Dedicated Core Network)など端末毎にネットワークを分離する技術は実用化されている[4.2-10]。5G コアネットワークを用いることにより、一つの端末で複数の独立したトラフィックを運用するような、更に高度化されたネットワークスライシング機能が提供される。

つまり、4G では単一ネットワーク上で複数アプリケーションのトラフィックが混在していたが、5G ではネットワークを仮想化基盤上で"スライス"することが可能となる (図 4.2-6 参照)。

ネットワークスライシングにより、スライス毎にアプリケーションを分離し、必要なネットワーク機能を適切に・動的に配置することで、通信品質を保証することが可能となる。

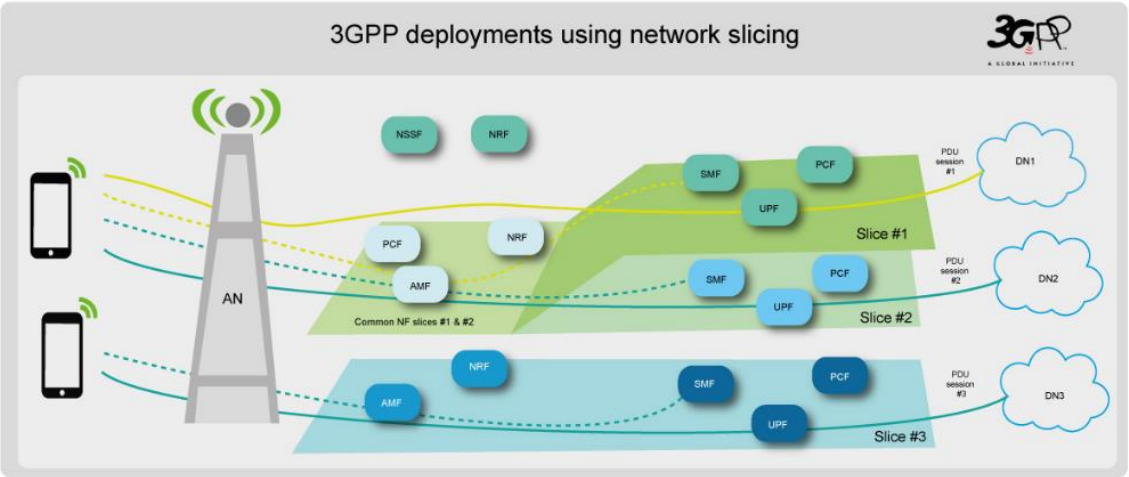


図 4.2-6　　ネットワークスライシングの概念 (出典:[4.2-1])

4.2.5. 産業用 IoT 向け 5G 機能拡張

3GPP において、産業用途を含む一般的な高信頼・低遅延通信機能（URLLC）は、上記 b)項に示した通り Release-16 から実装が進められている。加えて産業用 IoT 向けに、cyber-physical control applications in vertical domains (cyberCAV)として Release-16、Release-17 でユースケースや要求条件について検討が行われた。特に工場分野においては、Factory automation、Process automation、Human machine interfaces、Monitoring and maintenance などのユースケースについて、必要とされる信頼性や遅延時間、通信情報量などの性能値、Non-Public Network (NPN)関連機能、工場内を想定した測位機能などがまとめられている[4.2-12][4.2-13][4.2-14]。また、産業用ネットワーク機能として注目を集める Time Sensitive Networking (TSN)収容機能について Rel-16 から議論が進められている[4.2-15]。想定される TSN 構成例を図 4.2-7 に示す。これは、5G ネットワークシステムを TSN における論理的なブリッジ（Virtual bridge）とみなし、IEEE802.1AS などで規定される TSN の時刻同期プロトコルを透過的に通すことによって、5G を介して TSN を構成するものである。Rel-17 ではさらに時刻同期機能の強化、デバイス間での TSN 情報伝送、複数のマスタークロック収容など議論が行われている。

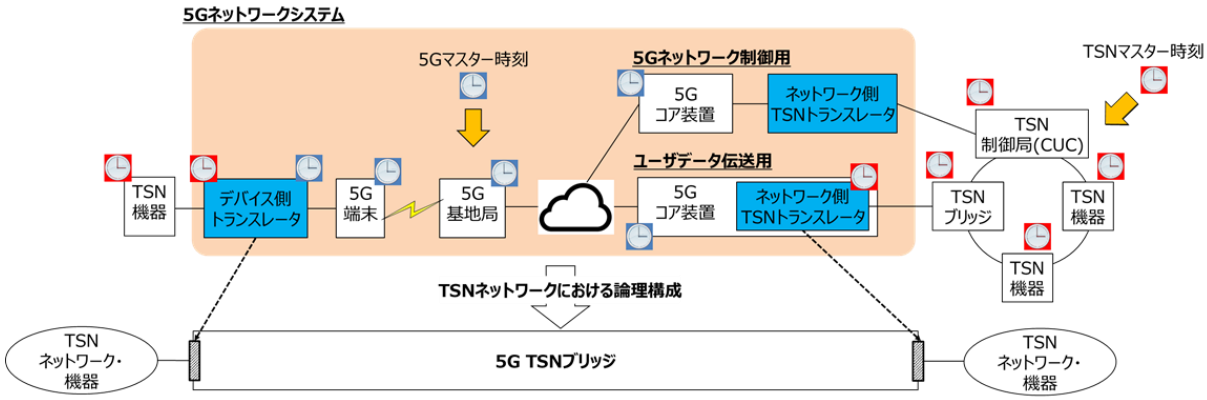


図 4.2-7　5G システムによる TSN 収容例（[4.2-14]を元に作成）

参考文献

[4.2-1] 第 5 世代モバイル推進フォーラム, “ローカル 5G 免許申請支援マニュアル 1.0 版”, https://5gmf.jp/wp/wp-content/uploads/2019/12/5ddb758c02f0c08478436031531e11a8.pdf

[4.2-2] 3GPP, TS 38.300, “NR; NR and NG-RAN Overall Description; Stage 2 (Release 15)”

[4.2-3] 3GPP, TS 22.261, “Service requirements for the 5G system; Stage 1 (Release 15)”

[4.2-4] Nokia, Nokia Shanghai Bell, 3GPP, RP-191561, “Revised WID: Support of NR Industrial Internet of Things (IoT)”

[4.2-5] Huawei, HiSilicon, 3GPP, RP-191584, “Revised WID: Physical Layer Enhancements for NR Ultra-Reliable and Low Latency Communication (URLLC)”

[4.2-6] 3GPP, TR 38.825, “Study on NR Industrial Internet of Things (IoT); (Release 16)”

[4.2-7] 3GPP, TR 37.910, “Study on self evaluation towards IMT-2020 submission (Release 16)”

[4.2-8] Intel Corporation, 3GPP, RP-193259, “New SID: Study on supporting NR from 52.6GHz to 71 GHz”

[4.2-9] Qualcomm, 3GPP, RP-193229, “New WID on Extending current NR operation to 71 GHz”

[4.2-10] 藤島大輔, IM ザヒドル, “端末種別に基づいてトラフィック分離を実現する Dedicated Core Network”, NTT DOCOMO テクニカル・ジャーナル Vol.23 No.4, https://www.nttdocomo.co.jp/binary/pdf/corporate/technology/rd/technical_journal/bn/vol23_4/vol23_4_010jp.pdf

[4.2-11] 3GPP, “System architecture milestone of 5G Phase 1 is achieved”, https://www.3gpp.org/news-events/1930-sys_architecture

[4.2-12] 3GPP, “Study on Communication for Automation in Vertical Domains (Release 16),” TR22.804.

[4.2-13] 3GPP, “Study on enhancements for cyber-physical control applications in vertical domains (Release 17),” TR22.832.

[4.2-14] 3GPP, “Service requirements for cyber-physical control applications in vertical domains,” TS22.104.

[4.2-15] 3GPP, “Study on enhancement of 5G System (5GS) for vertical and Local Area Network (LAN) services,” TR23.734.

4.3. ローカル 5G

これまでの移動通信は通信キャリアが電波免許を取得し、公衆網として通信サービスを提供する形態が主流となっていた。これに対して、5G の「超高速・大容量化」「超低遅延」「多数同時接続」といった特徴を活用し、地域特有のニーズや、産業分野の個別ニーズに応じて様々な運営主体が柔軟に通信ネットワークを構築できる「ローカル 5G」制度について検討が進められている。これは、例えば工場所有者が、自工場専用に 5G ネットワークを構築し、専用周波数で超高信頼・低遅延の高品質な情報伝送を独自に実現できることを意味し、これまでにない新たな生産ラインやアプリケーション創出が期待される。19 年 6 月には総務省よりローカル 5G の技術的条件が、12 月には導入に関するガイドラインが示されている[4.3-1]。ローカル 5G に予定される候補帯域を図 4.3-1 に示す。ローカル 5G には 28GHz 帯（100MHz 幅）を皮切りに、今後 4.5GHz 帯も含めて周波数割り当てが行われる予定である。20 年 3 月現在、4.6GHz～4.8GHz 帯は屋内での利用に限定されている。屋外利用など運用条件緩和に向け、4.8GHz～4.9GHz や 28.3GHz～29.1GHz の他システムとの共用条件について検討が進められている。なお、20 年 3 月現在、ローカル 5G の構築には LTE と NR の 2 種の電波を用いる NSA 構成を選択する必要がある。今後、通信機器ベンダから SA 対応の基地局、端末が提供される見込みである。詳細は 4 章を参照のこと。

ローカル 5G では「自己の建物内」もしくは「自己の土地内」での利用が基本であり、建物または土地の所有者等（（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、所有者からシステム構築を依頼された者を含む）に電波免許が付与され、所有者が自ら構築する 5G システムである。なお、道路など他者の土地や建物をまたがる場合には固定通信に限られるなど制限が課されるため、注意が必要である。ローカル 5G を活用する場合と、公衆網を用いる場合のネットワーク構成例を、図 4.3-2 に示す。ローカル 5G を活用することで、アプリケーションサーバやデータベースを含めて工場内に閉じたシステムを構築することができる。

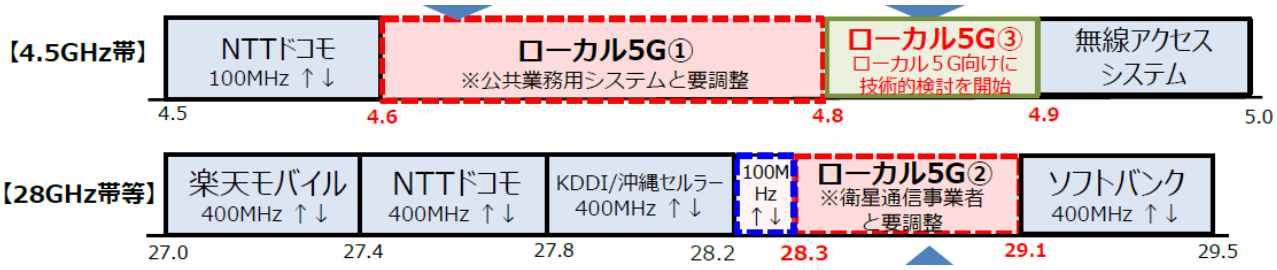


図 4.3-1　　ローカル 5G 向け候補周波数帯
（情通審 新世代モバイル通信システム委員会 資料より[4.3-1]）

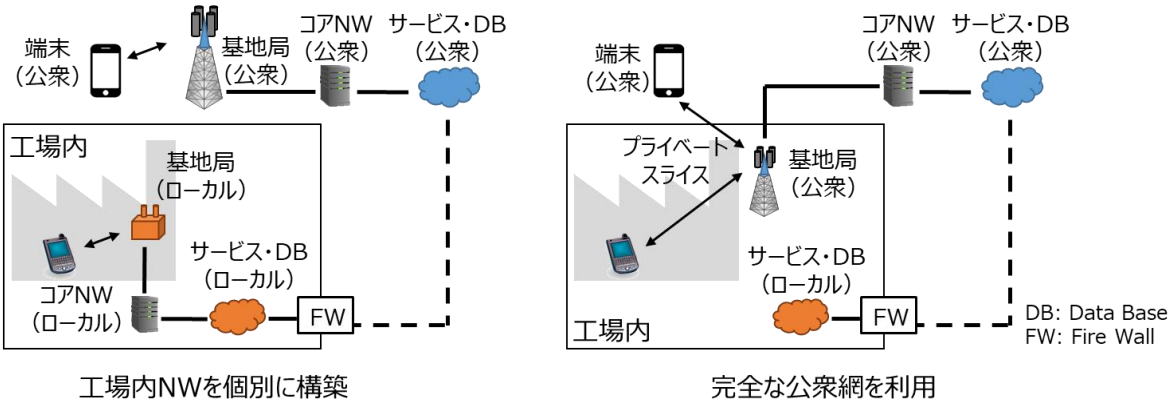


図 4.3-2　　ローカル 5G と公衆網によるネットワーク構成例

ローカル 5G ではユーザの目的に特化した、自由度の高いネットワーク設計が可能となる一方で、公衆網ではキャリア事業者が担っていた運用管理に関わる役割を自ら、もしくは専門業者へ委託して行う必要がある。ローカル 5G を利用する際に必要となる項目の一例を図 4.3-3 に示す[4.3-2]。まず、ローカル 5G を導入するためには、無線局の開設（免許取得）が必要となる。この際、同一周波数帯を利用する近隣のローカル 5G 利用者、隣接周波数を利用しているキャリア事業者などと干渉調整のための協議を実施する。並行して基地局／端末の機器類を準備し、技術基準適合証明を取得（もしくは取得済みの機器を調達）するなどして、日本の法規制に適合していることを確認する。ローカル 5G 基地局を扱うためには無線従事者の資格が必要となるため、有資格者を選任する。ローカル 5G の利用には電波利用料が必要となる。年額で基地局は 2,600 円/局、端末は 370 円/局を支払うことで運用が可能となる。

ローカル 5G の高品質なネットワーク環境を維持するため、ネットワーク状態監視（干渉や輻輳）を含め、端末毎の QoS に応じた各種設定、適切なセキュリティの確保など運用・管理を定常的に実施する必要がある。これらは従来キャリア事業者が提供してきた役割であるが、ローカル 5G では専門業者の知識なども活用しつつ、免許人が実施しなくてはならない。これらの手間や負担を考慮して公衆 5G とローカル 5G どちらを選択するか、選択することが重要である。

図 4.3-3　　ローカル 5G 導入時に必要となる項目例

参考文献

[4.3-1] 次世代競争ルール検討 WG（第 3 回）・グローバル課題検討 WG（第 4 回）合同会合 配布資料・

議事録, 総務省総合通信基盤局電波部, ” ローカル 5Gの概要について” (次世代競争ルール検討 WG（第 3 回）・グローバル課題検討 WG（第 4 回）合同会合 配布資料・議事録), https://www.soumu.go.jp/main_content/000644668.pdf, 2019 年 9 月 11 日

[4.3-2] 総務省報道、”ローカル 5G 導入に関するガイドライン案に係る意見募集の結果及び策定したガイドラインの公表” https://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban14_02000001_00002.html, 2019 年 12 月.

4.4. 5G と無線 LAN

工場環境で利用可能な無線システムは、RFID や特定小電力無線、LPWA、無線 LAN、セルラーシステムなど数多くの種類が存在するが、映像などの大容量データを手軽に伝送できる無線 LAN は有力な選択肢である。本章では 5G に代表されるセルラーシステムと無線 LAN（Wi-Fi 6：IEEE 802.11ax）の差異について紹介する。

表 4.4-1 に性能面ではなく、制度面やシステムの特徴・考え方を中心としたセルラーシステムと無線 LAN の差異を示す。セルラーシステムは元々キャリア事業者が携帯電話サービスを行うためのシステムであり、利用する周波数帯は総務省から独占的に割り当てが行われる。ローカル 5G であっても独占的な割り当てが行われる点で違いはなく、無線局の設置にあたって同一周波数、もしくは隣接周波数を利用する他事業者と事前の干渉調整が義務付けられており、極めて高い電波の品質（干渉排除）が保証される。一方、無線 LAN は免許不要な周波数帯を利用したシステムであり、他システムとの調整などを必要とせず、手軽にシステムの導入が可能である。逆に言えば、同一の周波数帯を近隣工場の無線 LAN や自社内の Bluetooth、LAA（5GHz 帯で運用されるセルラーシステム）などと共用するため、干渉の存在を前提としたシステム設計が必要となる。その一例がキャリアセンスであり、自局の信号送信に先立って、該当チャネルが空いている（他システムが既に送信していない）ことを確認しなくてはならない。また、セキュリティの観点では、基地局（AP）へ端末が接続する際の認証方式として、無線 LAN は SSID とパスワードが用いられる。セルラーシステムでは APN（Access Point Name）／パスワードに加え SIM を用いた強固な手法が利用可能である。自システム内で優先度の異なる複数のセッションを運用する場合、セルラーシステムではコアネットワークによる強力な QoS 管理機能（状態監視、変調方式選択、リソース割り当てなど）が利用できる。無線 LAN では CW（Contention Window）制御などに代表される簡易的な優先制御で対応する必要がある。

表 4.4-1 セルラーシステム（5G）と無線 LAN（Wi-Fi 6）の比較

	セルラーシステム（5G）	無線 LAN（Wi-Fi 6）
周波数帯	3.7G、4.5G、28GHz 帯 免許波	2.4G、5GHz 帯 免許不要
認証方式	APN/パスワード＋SIM	SSID/パスワード
通信の安定性 （干渉対策）	高い （免許時に同一・隣接周波数を用いる他事業者と干渉調整義務付け）	低い （非免許波のため、制度上は干渉回避困難、設置は容易）
干渉制御	―	キャリアセンス
QoS 管理	コア装置による厳密な QoS 管理	簡易な優先制御

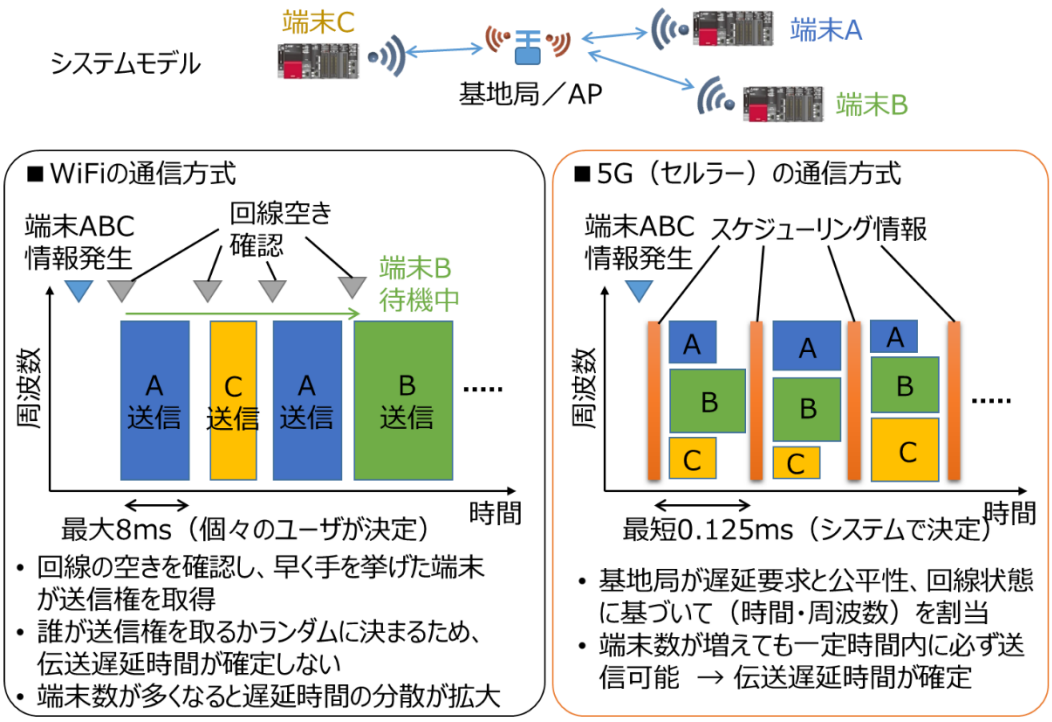


図 4.4-1 無線 LAN (WiFi)とセルラーの回線共用方式 概念説明

図 4.4-1 に無線 LAN とセルラーシステムの回線共用に関する基本的な概念説明を示す。無線 LAN は手軽な導入・運用を目的とした CSMA/CA（Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance：搬送波感知多重アクセス／衝突回避方式）と呼ばれる自律分散的な方式が採用されている。図 4.4-1 では青▼にて送信すべき情報が発生したと仮定した。WiFi の場合キャリアセンスにより回線の空きを確認し、送信権を取得しなくてはならない。この例では、送信権の取得順序が端末 A→C→A→B となった場合を示しており、端末 B は大幅に情報送信が遅延してしまう。送信権の取得は確率論的に決まること、送信されるバースト長は各ユーザの送信パケット長で決まる（日本の法規制では最大 8ms）ことから、情報伝送に要する遅延時間を保証することは困難である。一方、セルラーシステムではスケジューラが全移動局の送信順序（リソース割り当て）を制御するために、一定時間内に確実に送信機会が得られることが特徴である。

Wi-Fi 6 では伝送遅延時間の短縮、周波数利用効率の向上を目指して様々な機能が導入された。代表的な機能として、上り・下り両方向での OFDMA が挙げられる。これは、複数の端末で周波数を分割し、AP の制御下で同時に情報を伝送するものである。これにより、同一 AP 配下の端末については衝突可能性を低減できる。また、異なる AP 間では RTS/CTS、NAV（Network Allocation Vector）による帯域予約も活用し、さらなる効率向上を図っている。しかしながら、CSMA、自律分散動作の考え方は無線 LAN の基本であり、免許不要周波数＝共用周波数を用いる以上、ワーストケースを保証することは困難と考えられる。特に無線 LAN とは異なる制御方式を採用するシステム（例えば、セルラーベースの LAA や NR-U などが欧米で運用開始／検討中）と周波数帯を共用する場合にこの状況は顕著となることが予想される。

無線 LAN は導入や運用の手軽さが特徴であり、平均スループットの向上や平均的な遅延時間の短縮を目指して今後も機能の拡充が行われるものと考えられる。一方、セルラーシステムは免許波の取得、事前の干渉調整など導入に手間がかかる代わりに、安定した通信環境が得られる。この特徴を利用して、品質（遅延量や伝送速度）を保証した通信サービスが提供できる。生産現場への無線システム導入に際しては、上述のような各システムの特徴を考慮の上、アプリケーション要求に応じた適切なシステムを選択する必要がある。

5. 産業用 5G の活用について

5.1. 産業用 5G 活用における WAN 構成

5.1.1. 産業領域における 5G 活用ニーズ

産業領域における 5G 活用のニーズは多岐にわたり、センサーやカメラから取得したデータの AI 解析、ロボットや産業機械の遠隔操作など、生産性向上や人手不足対策といった効果が期待されている。

多種多様なデバイスがネットワークに接続されることにより、これまで LAN 内に閉じていた制御系トラフィックが外部に出ることになるため、セキュリティを考慮したネットワーク構成が重要となってくる。

5.1.2. 閉域網の活用

制御通信等秘匿性の高いトラフィックを扱う産業用ネットワークでは、インターネットのようなオープンなネットワークを利用することはセキュリティの観点では望ましくない。

これに対し、通信事業者が提供する閉域網は、インターネットから独立した専用ネットワークとなり、インターネットを経由せずに企業ネットワークやパブリッククラウドにアクセスすることが可能となる。

図 5.1-1 のようなモバイル網と閉域網が直結できるサービスも提供されており、閉域網を活用することで、セキュリティの高いネットワークを実現できる。

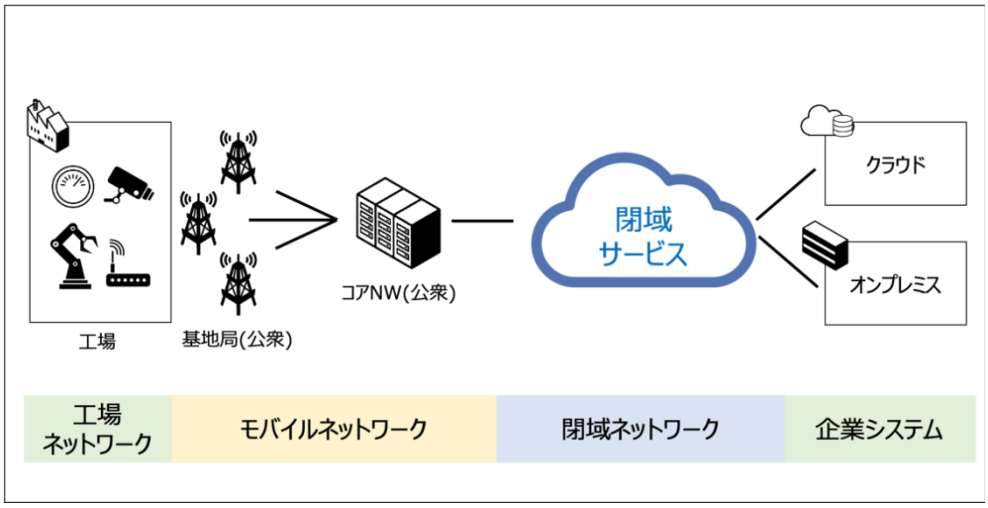


図 5.1-1　　閉域網を活用した産業向けネットワーク構成例

5.2. ものづくり現場の現状と課題

5.2.1. 無線技術の活用のニーズ

ものづくり現場でのニーズとして、現場の生産設備等のデータをリアルタイムで収集して活用することが挙げられる。そこで必要となるのが現場のネットワーク化となるが、有線ネットワーク設備構築後に別のニーズが発生して有線ネットワークを追加で構築する必要が出た場合に、構築にかかる追加コストが多大になることが課題となっている。

そのため多くの現場でネットワークを無線化（Code Cut）することで、設備の配置の柔軟性とネットワーク整備にかかるコスト削減を行いたいというニーズがある。

5.2.2. 既存無線技術利用にあたっての課題

上述の通り、有線ネットワークの代替として利用される無線ネットワークには、大容量画像データ伝送や現場で利用する PC における高速・大容量通信から、各種センサーのモニタリングなどに利用する低速・小容量通信まで様々なニーズが存在する。

一方、現状の無線技術では全てのニーズを満たすものは存在していない（図 5.2-1、図 5.2-2 参照）。そのため、コスト運用面で課題があるが各種用途に合わせた無線技術を複数導入することや、必ずしも利用用途に適した無線システムではなくとも現場の運用面で課題を解決するといった事例がある。

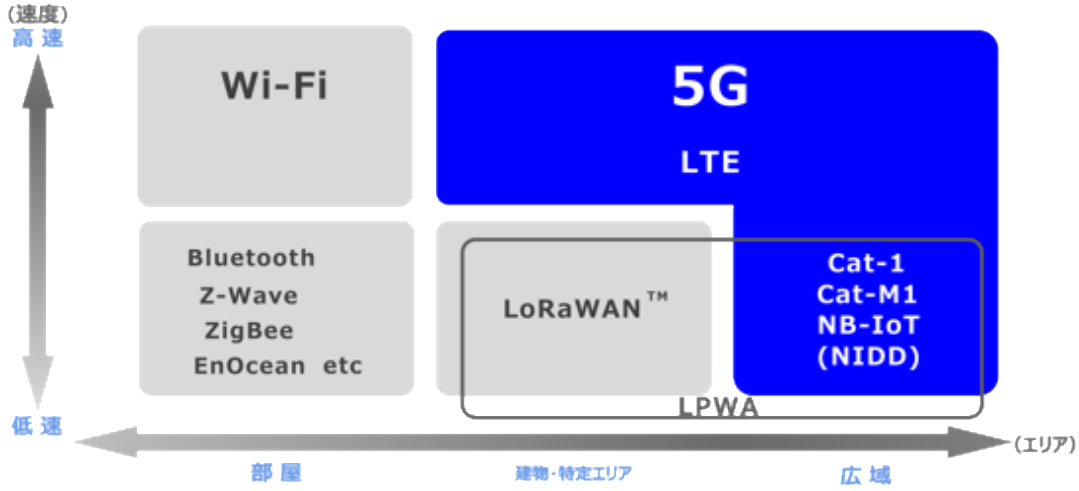


図 5.2-1　　無線技術・速度エリア相関図

用途	技術	現場での課題
高速・大容量通信	Wi-Fi	通信安定性
	LTE	上り帯域不足、無線区間の遅延
低速・小容量通信	Bluetooth	通信安定性・カバレッジ小
	LoRa	
	NB IoT	無線区間の遅延

図 5.2-2　　既存無線技術の課題

5.2.3. 5G 利用のメリットと通信の仕様に対応した用途

① 5G 利用のメリット

5G は、既存無線技術活用で課題となっていた、「通信安定性」、「上り伝送帯域不足」、「無線区間遅延」、「エリアカバレッジ」を解決できる技術として期待されている。ただし、5G は Wi-Fi などの免許不要帯域を使った技術ではないため、5G を導入するためには自営網として免許を取得（ローカル 5G）してネットワーク設備を構築するか、キャリア 5G（公衆網）を活用するかいずれかを選択する必要がある。

② 大容量伝送ユースケース（eMBB）

大容量伝送を使うユースケースとして大容量画像データを 5G で伝送することが挙げられる。具体的には、現場設備の一部がネットワークに接続できない場合にリアルタイムデータ収集を行いたいといったユースケースである（図 5.2-3 参照）。

この場合、メータパネルなどをカメラでリアルタイムに撮影して 5G で伝送し、AI で数値データ化することでリアルタイムデータ収集と蓄積を行うことが可能と考えられる。

なお、大容量ユースケースで使う 5G 機能（eMBB）は、SA（Stand Alone）構成または、NSA（Non Stand Alone）構成で実現可能である。

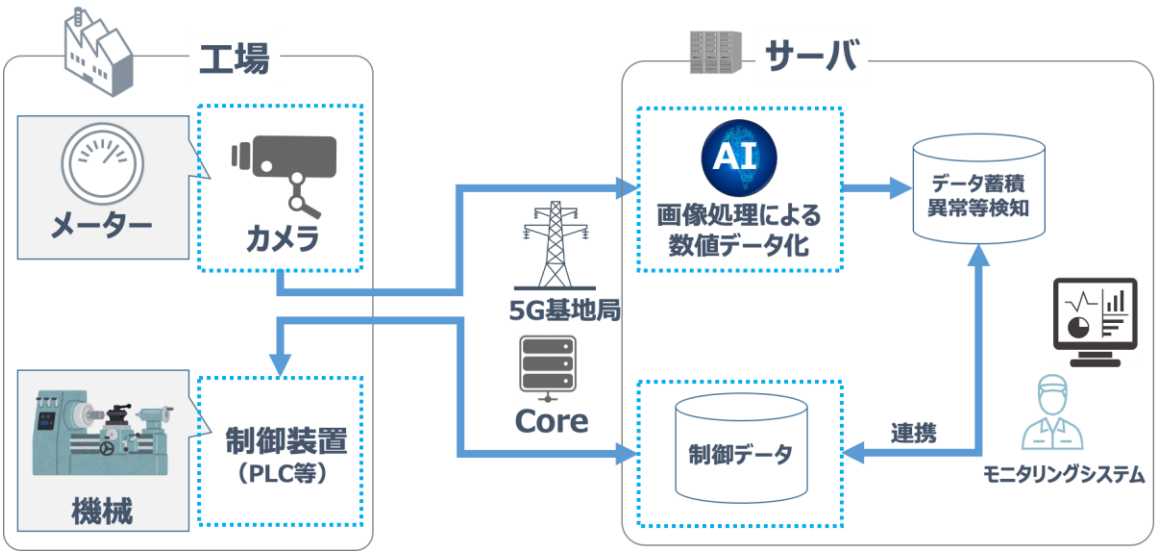


図 5.2-3　　5G リアルタイムデータ収集/制御ユースケース

③　低遅延ユースケース（URLLC）

低遅延を使うユースケースとして、産業設備を制御する制御装置及び制御装置間で 5G ネットワークを使って連携することが挙げられる。（図 5.2-3 参照）

なお、低遅延ユースケースで使う 5G 機能（URLLC）は、SA（Stand Alone）構成のみ実現可能であることに留意が必要である。

④　QoS（ネットワークスライシング機能）ユースケース

大容量（eMBB）や低遅延（URLLC）で述べたユースケースにあるように、5G ネットワークの先には複数のアプリケーションが存在する。ネットワークスライシング機能により制御系のトラフィック（URLLC）と現場で使う PC トラフィック（eMBB）について「スライス」を定義、「スライス」間で優先順位をつけて PC トラフィックが制御系トラフィックを圧迫しないよう制御することが可能となる。

なお、ネットワークスライシング機能は、SA（Stand Alone）構成のみ実現可能であることに留意が必要である。

6. ものづくり現場でのユースケース

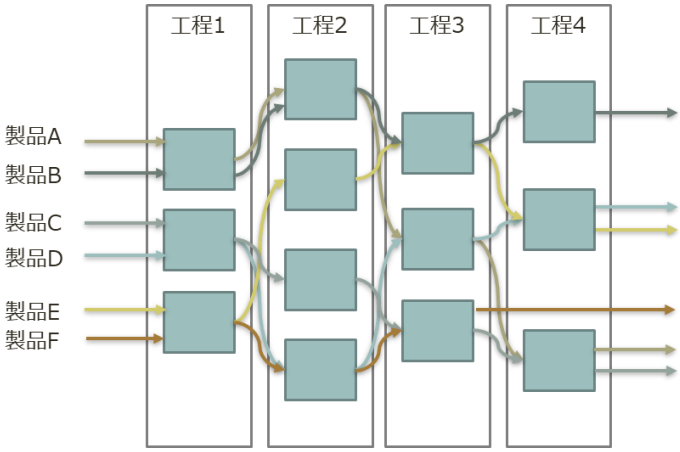
本章では、前章までに示した 5G の特徴を持つユースケースを具体的に述べる。

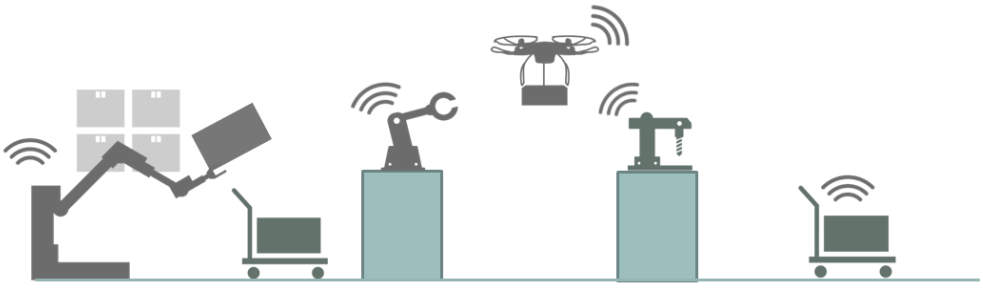
各表題の括弧内に、ユースケースに対応する 5G の特徴を示す。

6.1. フレキシブル生産システム [URLLC]

セル工程の流し方を組み換えることで、多品種少量生産を実現する。生産計画に対し、各セルの稼働効率が最大となるよう工程順序をスケジューリングする。

加工機やロボットなどは安易に移動できない。セル間の部品や生産品の移動は 5G 接続された AGV/ドローンにて行う。5G の多数同時接続及び低遅延が、無線接続された複数機器のオーケストレーション制御を可能とする。





6.2. 物流センター [URLLC, mMTC]

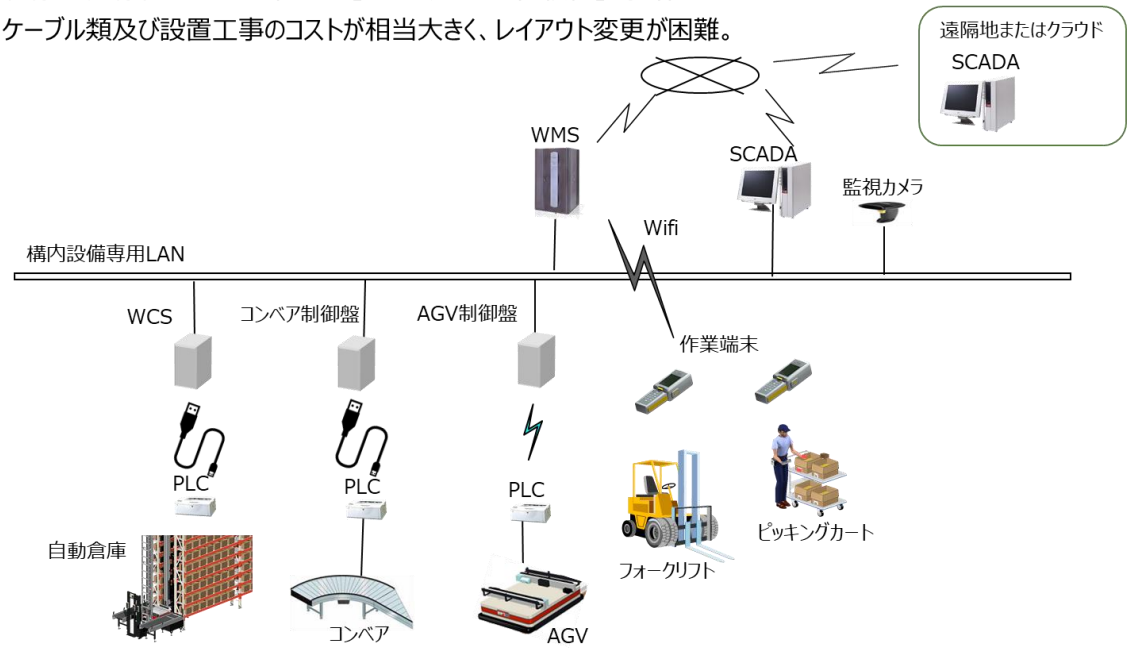
WMS、WCS、コンベア・AGV 等の制御システムは現場に設置し、それらを構内設備専用 LAN で接続することが一般的であり、一部で Wifi も使われているものの有線が多用されている。これを「低遅延」で「途切れない信頼性」を担保できる 5G により無線化できれば、現場に設置されていた WMS、WCS、コンベア・AGV 等の制御システムを遠隔地やクラウドに置くことができ、システム構成そのものが大きく変わる可能性がある。

【略語】 WMS: Warehouse Management System
WCS: Warehouse Control System
SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition

AS-IS

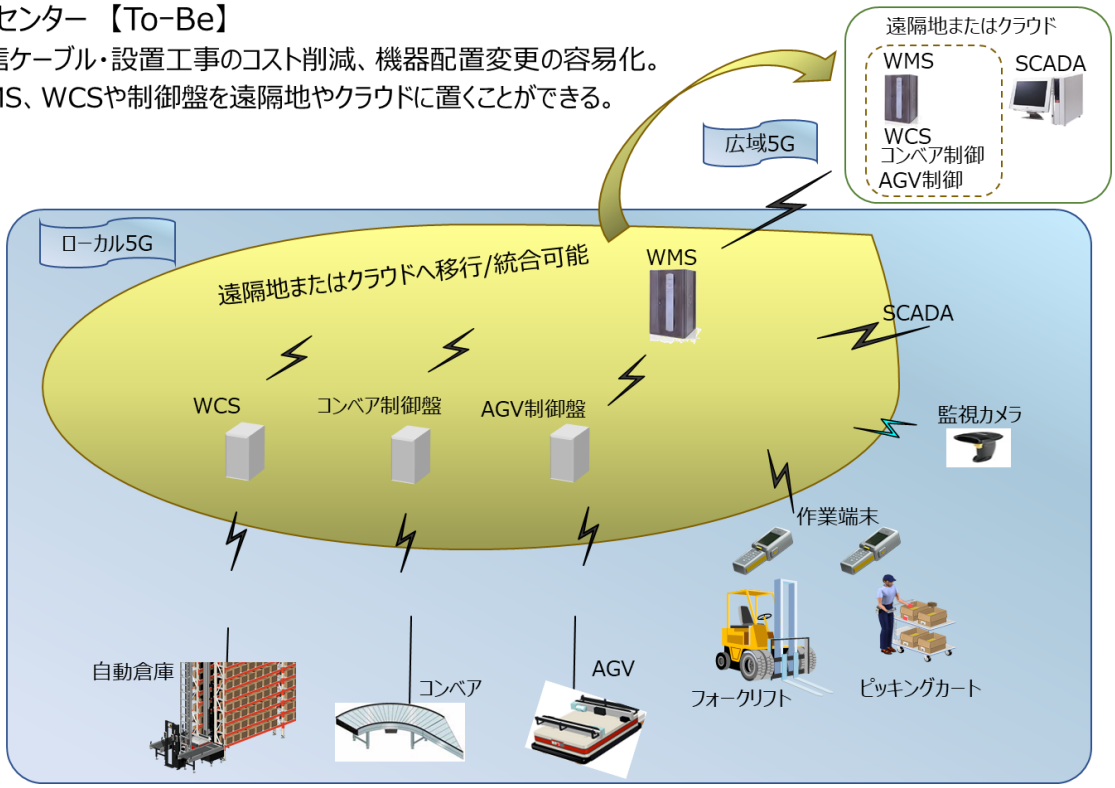
物流センター 【As-Is】

- 有線を"無線化"したいが「低遅延」と「途切れない信頼性」を担保できない。
- ケーブル類及び設置工事のコストが相当大きく、レイアウト変更が困難。



TO-BE

物流センター 【To-Be】
- 通信ケーブル・設置工事のコスト削減、機器配置変更の容易化。
- WMS、WCSや制御盤を遠隔地やクラウドに置くことができる。



6.3. レイアウトフリーな組立工程 [URLLC]

【目的】

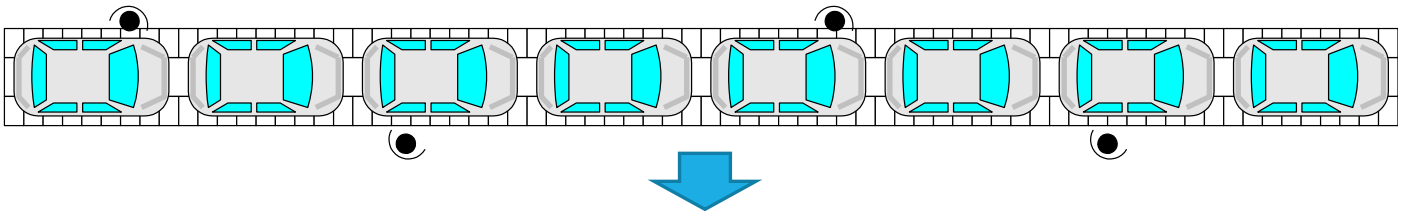
生産台数や生産比率の変動に強い工場。

【手段】

従来のコンベア生産ではなく、無人搬送機器(AGV)に載った製品や部品が、自由に動き回り、自分を完成品にしてくれる作業者や生産設備のところに、自律的に移動する。

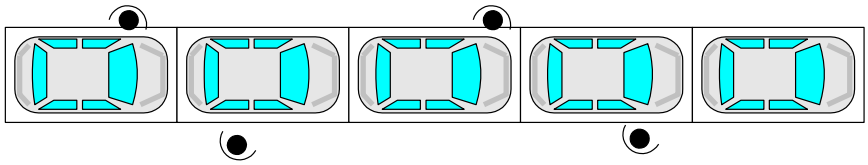
《従来》

台数が変動しても簡単にコンベアを伸ばしたり、縮めたりできない。



《レイアウトフリーな組立工程》

台数変動に合わせて、工程長を伸ばしたり縮めたりすることできる。能減,能増が可能な生産を実現する。



6.4. 遠隔監視・メンテナンス効率化 [mMTC, eMBB]

AS-IS

工場敷地内の排水場で 1 日複数回、排水の品質判定を検査員が実施している。異常時にはアラートが上がり、検査員が事務所から現場に移動して処理を実施している。

TO-BE

屋外遠隔地(工場敷地内)の無線による常時監視が可能となり、検査員による移動・品質判定作業を削減するとともに、排水状態の数値化や異常予知、異常処理対応といったメンテナンス業務の効率化を実現する。

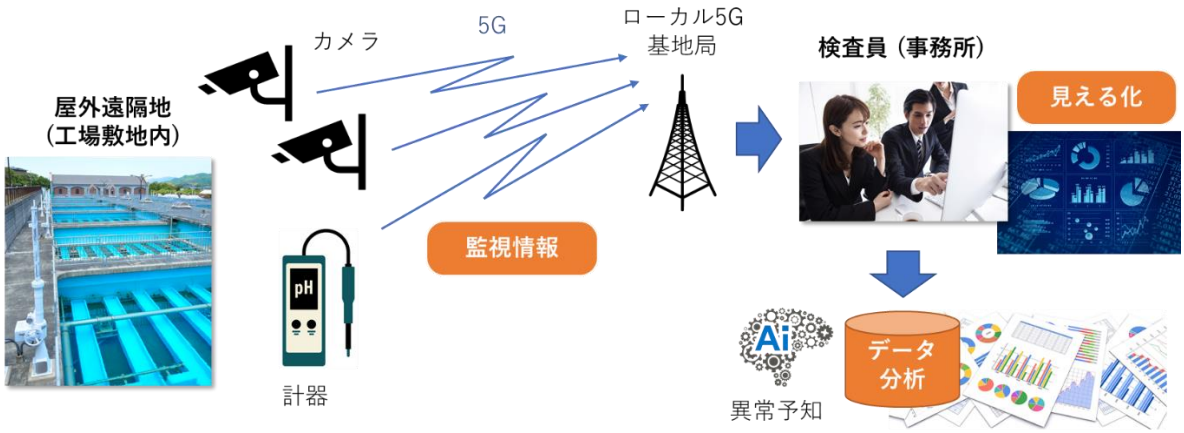


図 6.4-1　　ローカル 5G による遠隔監視・メンテナンス効率化

6.5. 作業情報の収集と生産性向上 [mMTC, eMBB]

AS-IS

自動機工程における段取り作業には熟練者のノウハウがあり、初心者と比較して作業時間に大きな違いがある。

TO-BE

自動機に設置した高画素カメラや作業者が装着したウェアラブルデバイスから作業情報が収集可能となり、データ分析と共有知化によって、初心者～中堅の生産性向上を実現する。

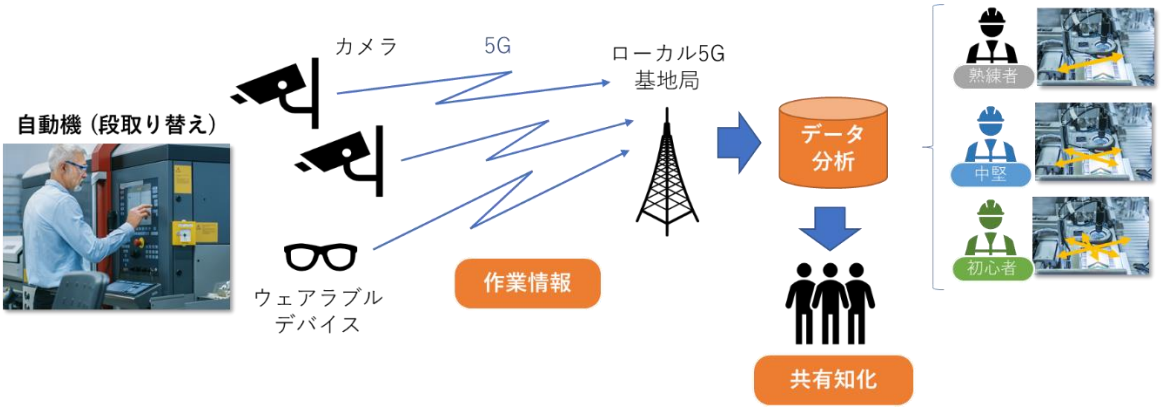


図 6.5-1　ローカル 5G による作業情報の収集と生産性向上

6.6. 作業行動と品質の向上 [eMBB]

AS-IS

組立工程において、作業者によって作業時間・品質にバラツキがある。

TO-BE

作業者に対してポジションなどの制約を与えることなく、多点カメラからのストリーミング映像をリアルタイムで伝送することが可能となり、データ分析によって作業の最適化や品質の向上を実現する。

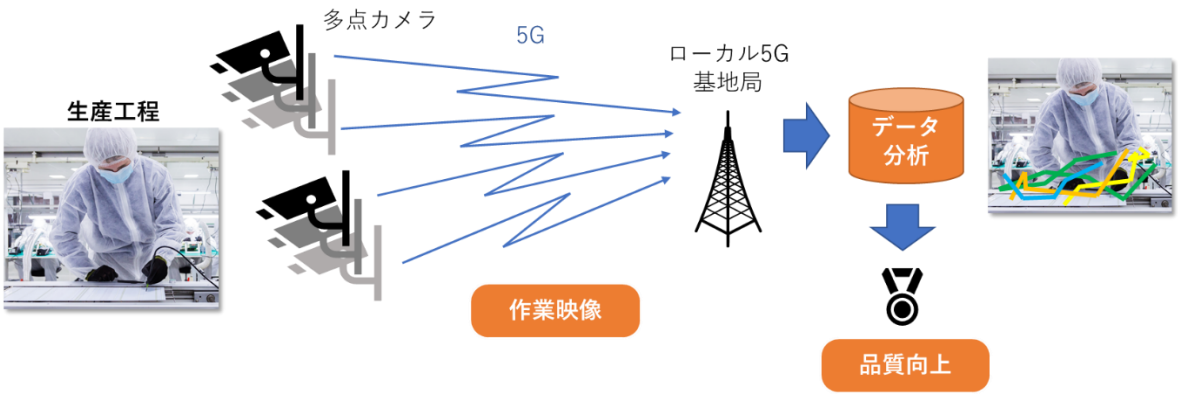


図 6.6-1　　ローカル 5G による作業行動と品質の向上

6.7. センターからの遠隔作業支援 [mMTC, eMBB]

AS-IS

工場敷地内に建屋(生産工程)が分散している大規模な工場では、トラブル発生の際、技術者がセンターから現場へ急行して対処を行っている。

TO-BE

現場(工場敷地内)にある計器や作業者のウェアラブルデバイスと無線で接続、センターからのインタラクティブな作業支援が可能となり、技術者の移動削減やトラブル解決までの時間短縮を実現する。

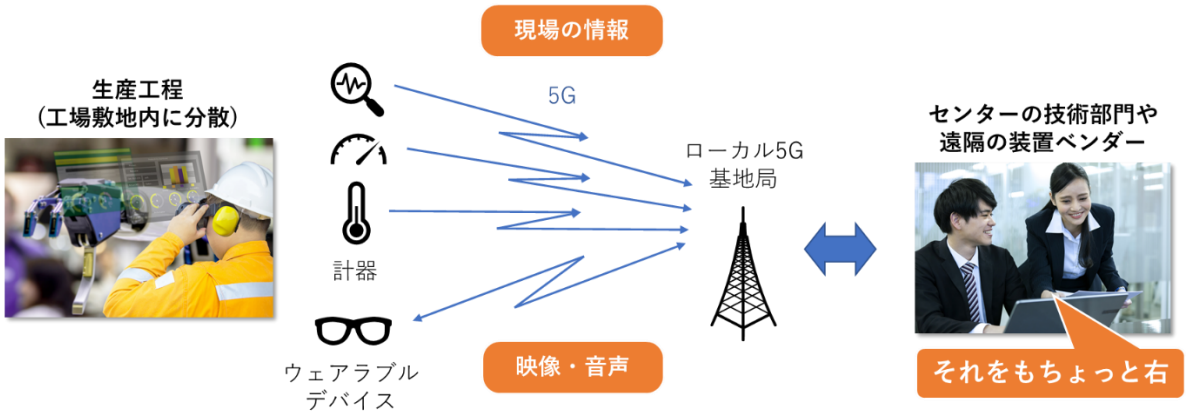


図 6.7-1　　ローカル 5G によるセンターからの遠隔作業支援

7. 産業用途での応用の課題と期待

7.1. モノづくりの現場での無線活用で留意する事項

工場には工作機械等の金属製設備や薬液等（水分）などの電波障害物がある。物流倉庫には金属製の棚や搬送設備等が高密度に設置されている。

これら工場や倉庫において無線ネットワークに接続したいものとして、①作業者が持ち歩くタブレット端末、②構内を走る AGV・フォークリフト、③生産管理 PC 及び様々な設備の制御機器、等が挙げられる。

①②は移動局であり、無線基地局及び電波障害物との位置関係が常時変化する。③は固定局だがレイアウト変更に伴い設置場所や周囲の電波環境が変わることがある。多くの工場や倉庫の建屋床面積 20m×20m から 200m×200m 程度で多層階に渡って人や物が動くようなケースもある。

このような環境において、通信不能エリアが無くなるよう端末局及び電波障害物の位置関係を考慮した基地局を設置する技術が求められる。また、稼働開始後の環境変化によって通信状態が悪化した場合には、速やかに電波状態を測定（モニタリング）して基地局の移設や増設による解決策を打てるような技術サポート体制の確立が必要である。これらの技術は Wi-Fi や LPWA 含むあらゆる無線通信に共通したニーズであるが、5G においては、 たとえば、28GHz という周波数を用いると、直進性が高く、伝搬損失が大きいとされているので、より重要度が増すと言える。

7.2. まとめ

2019 年春頃より急速に国内での 5G の産業応用への期待が高まり、携帯事業者や SIer エンドだけでなく、ユーザである製造メーカの間でも、活用にむけた検討が進んだ。新しい無線への期待が高い一方、実際にローカル 5G の応用を進めようとすると多くの課題があることもわかってきている。事業用途での活用

を広めるための主な課題は以下のとおり。

1. 産業系で 5G をつかうには、コストが低く使いやすいことが求められる。

端末の数によって課金されるこれまでの携帯電話回線の課金体系では、工場での無線の普及の促進をはかることが難しい。特定の工場内など特性を限るなど工夫をするなどして、端末数の制約を少なくした定額でのサービスの設定などが、普及のためには求められる。

2. 情報と制御産業での連携強化、産業用 5G で可能になる応用に注目する。

制御関係者で議論をすると、無線の信頼性に議論が集中し、5G の上で成立する新しいビジネスモデルへの発想の展開が難しいなど、新しい価値・プラットフォームへの移行の議論が進まないなど課題がある。欧州で実施されているような、情報系と制御系工業会が連携した応用の議論を、業界団体を通じて実施するなど、情報と制御の溝や壁を超えて、情報や人・文化の融合をはかることが求められている。

3. 5G によるビジネスモデルは、不連続な変化で 10 年ほどの長期にわたる。

一旦技術に高い注目が集まると、関心が薄れる傾向にあるが、この 5G 普及に伴う変革は、不連続で 10 年の長期にわたるといわれており、息の長い活動が求められる。フレキシブルな変化に追従できる生産を実現するためには、無線の network の活用は、必至の技術になるので、継続した息の長い活動が求められている。

著者およびメンバー

著者・研究会メンバー

苗村万紀子（株式会社日立製作所）正会員：主査
秋山智宏（アンリツ株式会社）正会員
秋好一平（日本電気株式会社）正会員
浅香忠満（伊藤忠テクノソリューションズ株式会社）正会員
伊藤貴之（株式会社東芝）正会員
上村勇貴（ソフトバンク株式会社）正会員
高鹿初子（富士通株式会社）正会員
朱厚道（華為技術日本株式会社）正会員
関行秀（日本電気株式会社）正会員
平明徳（三菱電機株式会社）正会員
寺田正和（トヨタ車体株式会社）正会員
内藤信吾（株式会社ダイフク）正会員
中野信一（川崎重工業株式会社）正会員
鍋野敬一郎（株式会社フロンティアワン）正会員
浜川耕次（トヨタ自動車株式会社）正会員
日野行祐（ソフトバンク株式会社）正会員
藤代真人（京セラ株式会社）正会員
藤田敬史（ソフトバンク株式会社）正会員
渕上浩孝（日本電気株式会社）正会員

一般社団法人
インダストリアル・バリューチェーン・イニシアティブ

タイトル　産業用5G 活用の課題とその展望

発行者　一般社団法人インダストリアル・バリューチェーン・イニシアティブ
理事長　西　岡　靖　之

〒103-8548 東京都中央区日本橋小網町 14-1
モノづくり日本会議内
電子メール：office@iv-i.org　URL: https://iv-i.org

発行日　2020 年 3 月 31 日

定価　非売品

（発行者に無断で複製または印刷を禁止します。）