

製造現場におけるワイヤレスIoT化と生産性の向上 ～5GやWi-Fi6の活用を含む国内外の動向～

2024/2/6

国立研究開発法人情報通信研究機構(NICT)

ワイヤレスシステム研究室

板谷 聡子



**FLEXIBLE
SOCIETY
PROJECT**

本研究は、総務省の「電波資源拡大のための研究開発(JPJ000254)」における委託研究「リアルタイムアプリケーションを支える動的制御型周波数共用技術に関する研究開発」により実施した成果を含む。本研究開発は総務省SCOPE（国際標準獲得型）JPJ000595の委託を受けたものである。



**FLEXIBLE
FACTORY
PROJECT**

本日のお話

- 製造現場の課題と無線通信の活用
- Flexible Factory Project
- 製造現場における無線通信の課題とアプローチ
- 生産性向上を支える無線通信の要件
- 5G/B5Gへの期待と問題点
- 最後に

国立研究開発法人情報通信研究機構

- 国立研究開発法人情報通信研究機構（NICT）は、情報通信分野を専門とする我が国唯一の公的研究機関です

製造現場の課題と無線通信の活用



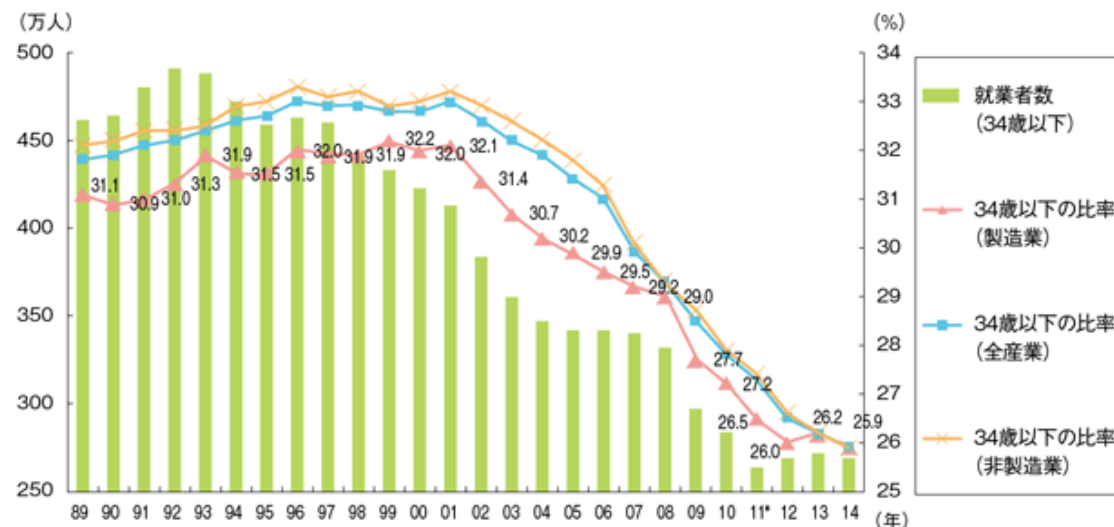
日本の製造業の抱える課題

厳しい国際競争

- 品質・生産性向上のための改善
- 多品種少量生産/ライフサイクルの短期化への対応

労働人口の減少

- 少子高齢化に伴う人手不足と熟練工の減少
- 数値化・デジタル化が必要



備考: 1. 「労働力調査」の産業区分は2003年から、2002年改定の産業分類で表章しており、それ以前の産業分類で表章している2002年以前の数値とは、数値が接続しない点、留意が必要。
2. 2011年平均は、岩手県、宮城県及び福島県を除く全国の結果を用いている。
3. 34歳以下の比率は、年齢階級別の就業者の合計に占める34歳以下の割合である。
資料: 総務省「労働力調査」

図211-11 製造業における若年就業者（34歳以下）の推移, 経産省ものづくり白書 2015より抜粋
“http://www.meti.go.jp/report/whitepaper/mono/2015/honbun_html/010201.html”

製造現場で大切なこと

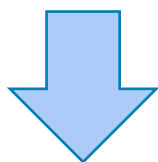
安全第一、品質第二、生産第三

- 現場では毎日命がけでこれらを守っている
- この3つで語れないものに投資はされない

ラインを止めない

避けられない

洗い替え、段取り切り替え、組み換え、
定期点検など



短時間での入れ替え・切り替え

避けられる

ミス・事故・故障など



予兆検知・マネジメント

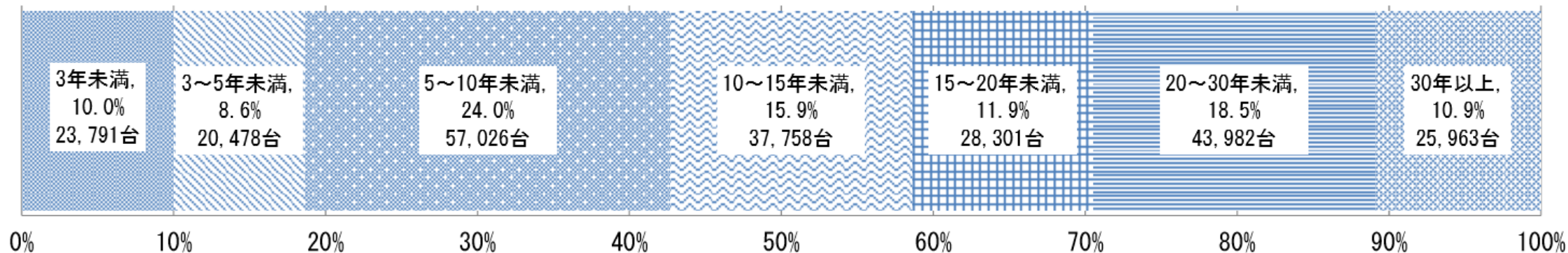
情報通信技術でどうサポートする？



センシングしたいのは古い機械

1 5年を超えて利用する機械が40%以上を占める

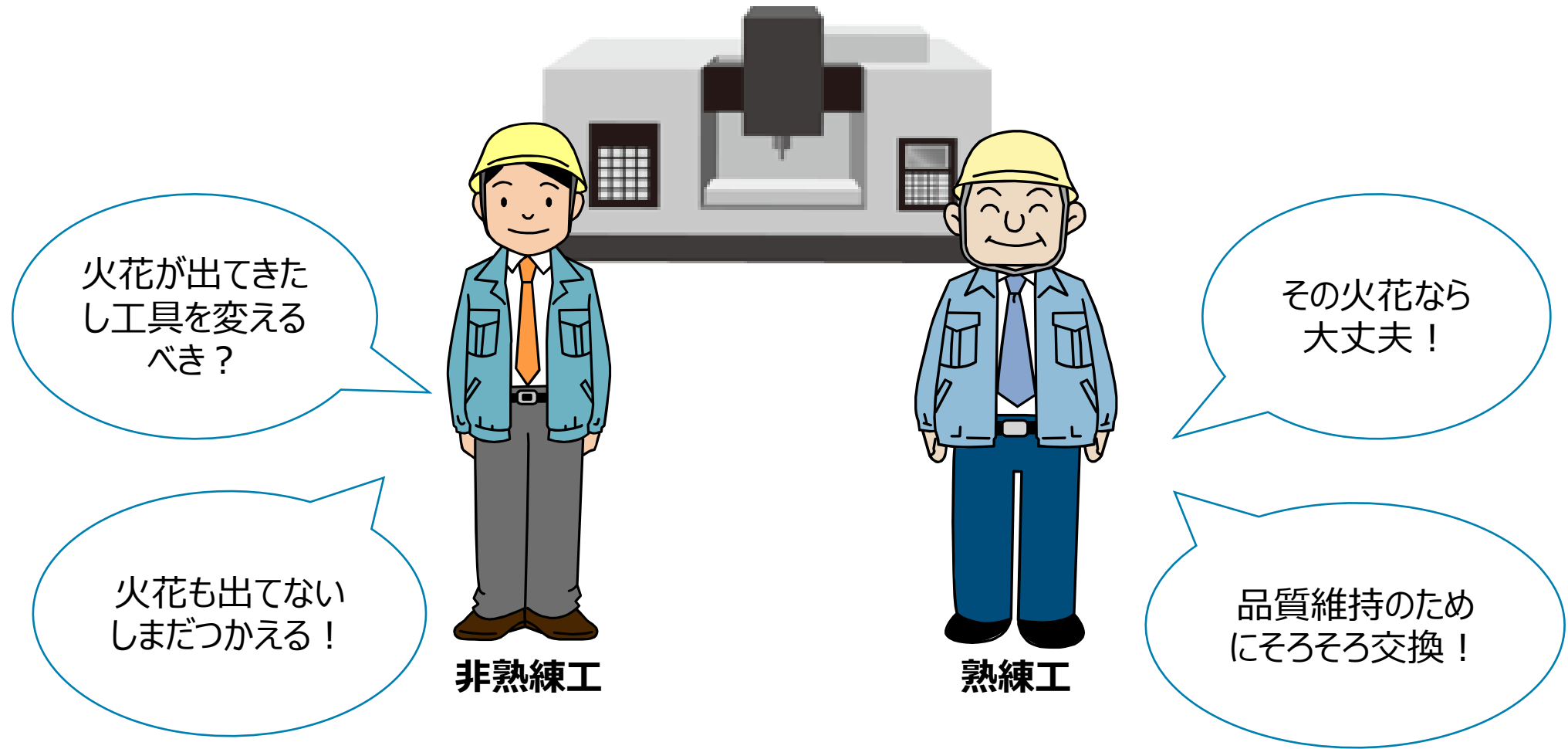
【回答総台数の経過年数（総台数：237,299台）】



センサーは基本後付け

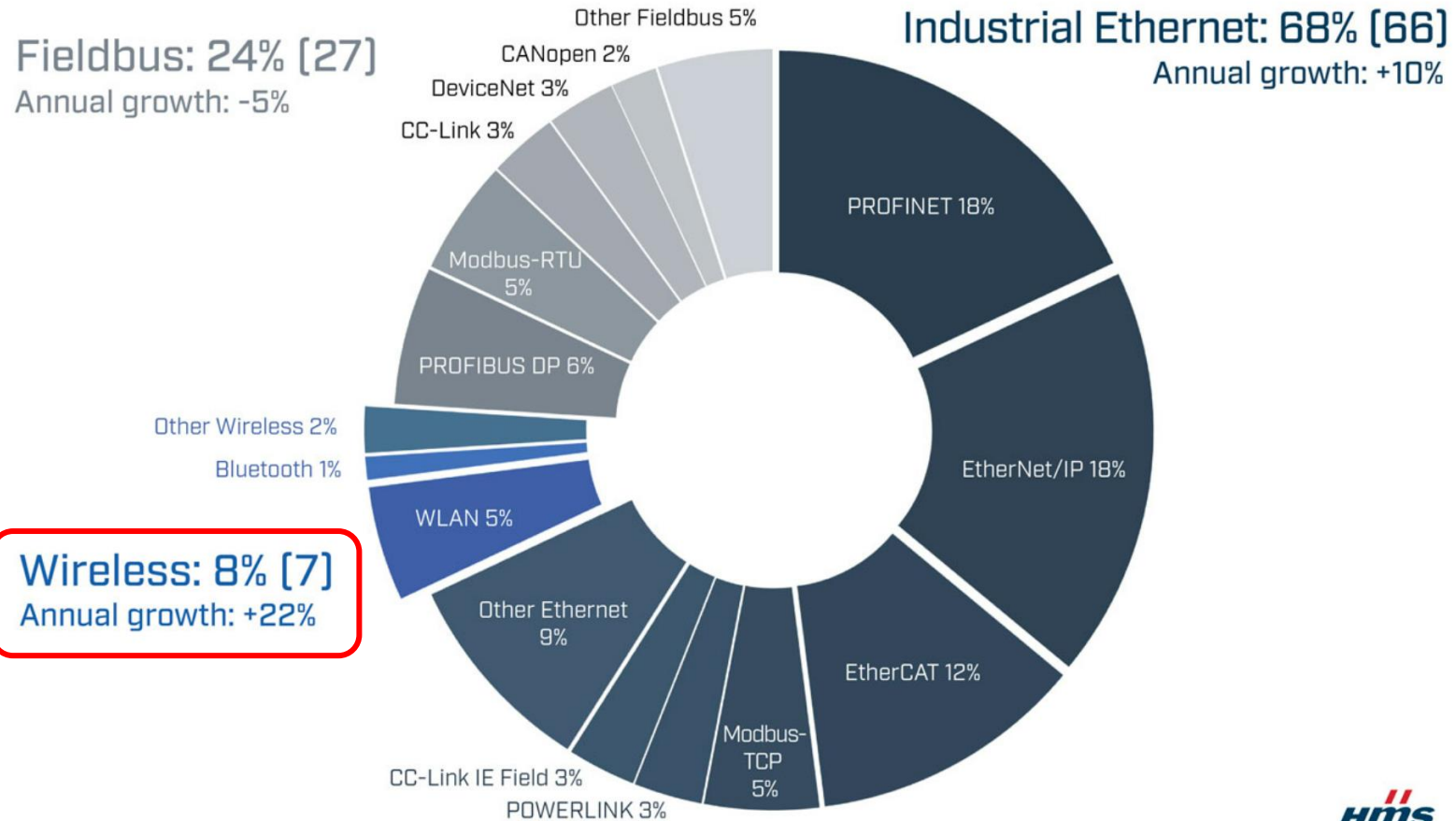
“生産設備保有期間等に関するアンケート調査～結果概要～”,平成25年5月 経済産業省 産業機械課 より抜粋

部品交換タイミングは熟練のなせる業



熟練工の感覚をセンシング情報で代替できるかがカギ

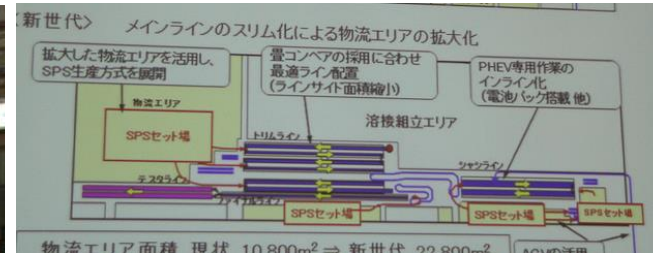
製造現場で用いられる通信



自動車組み立て工場での自動搬送機利用

三菱自動車岡崎工場

写真は自動搬送機が車のボディを次の工程へ運んでいる様子。ダイナミックセル生産方式のイメージに近いラインは自動車業界では部分的にすでに稼働している。



Set-Parts-Supply (SPS)方式：
トヨタが開発した作業者が部品棚から自分で必要な部品を選ぶのではなく、あらかじめ別の作業者が組み立て作業者のために、1人1台分の部品を選んで供給するやりかた。ラインの動きと部品の位置が完全に同期している必要がある。

間違いを探せ！



無線制御のAGV(自動搬送機) が止まっ
てしまい、業者をお願いして無線に関する
調査をしてもらいましたが、結局何もわかり
ませんでした。

調査のやり方

- ①現場を見学（機器の高さなどを調査）
- ②通信機の親機と子機を持ち帰り自社で干渉実験
→状況を再現できず、データをとりあえずまとめたレポートが提出

複雑系 (Complex System)

- 相互に関連する複数の要因が合わさって全体としてなんらかの性質（あるいはそういった性質から導かれる振る舞い）を見せる系
- しかしその全体としての挙動は個々の要因や部分からは明らかでないようなもの

(<https://ja.wikipedia.org/wiki/複雑系>)

Flexible Factory Project



Flexible Factory Project (FFPJ) : 2024年で9年目を迎えました！

- 現場の課題に取り組む
 - 稼働中の工場での無線環境評価、無線通信性能評価
 - 製造現場に必要な無線通信要件を明確化
- 共同実験で企業の垣根を越える(2015年～)
 - 参加メンバー(24社) :
NICT、オムロン、NEC、富士通、ATR、モバイルテクノ、サンリツオートメーション、村田機械、パナソニック コネクト、IIJ、構造計画研究所、サイレックス・テクノロジー、トヨタテクニカルディベロップメント、NTTコミュニケーションズ、PwCコンサルティング、竹中工務店、京セラ、AK Radio Design、フクダ電子、マイクロウェーブ ファクトリー、岩崎通信機、アンリツ、積水化学工業、NTT東日本
 - 協力工場 :
ニテックマシンツール様を含む20工場以上
- FFPJメンバーのうち、標準化に興味のある企業様が集まりFFPAを設立(2017年)



約80名の協力研究員の
ボランティア活動

現場の方々と一緒に何ができるかを検討

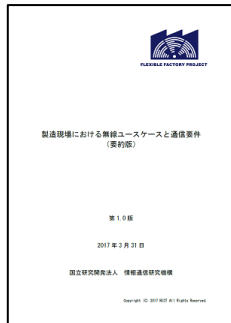


2018年4月27日（金）に開催されたウェアブルデバイスを使ってみる会@ニデックマシンツール様

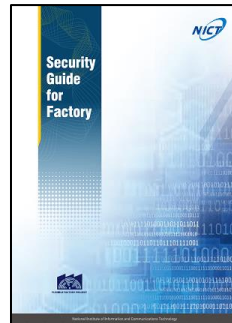


製造現場の皆様は無線を安心して使って頂くために

- FFPJのメンバーで各種文書を作成し、無償公開中
<https://www2.nict.go.jp/wireless/ffpj.html>
 - “製造現場における無線ユースケースと通信要件” 2017年3月発行
 - “セキュリティ導入ガイド” 2019年3月発行
 - “製造現場における無線通信トラブル対策事例集” 2019年10月発行
 - “無線通信を用いた製造システムの導入” 2020年10月発行
 - “製造現場をガッカリさせない無線評価虎の巻” 2021年6月発行
 - “工場向けワイヤレスIoT講習会 座学講習テキスト” 2022年5月発行
 - “製造現場における無線通信トラブル対策事例集 第二弾” 2022年10月発行
 - “使えるデータをしっかり残す無線通信性能評価のための周辺環境計測ガイドライン” 2023年9月発行



製造現場における
無線ユースケースと
通信要件



セキュリティ
導入ガイド



製造現場における
無線通信トラブル
対策事例集



無線通信を用いた
製造システムの導入



製造現場を
ガッカリさせない
無線評価虎の巻



工場向けワイヤレス
IoT講習会
座学講習テキスト

公開資料ダウンロード情報

FFPJ公開資料



<https://www2.nict.go.jp/wireless/ffpj.html>

工場向けワイヤレスIoT講習会



<https://www2.nict.go.jp/wireless/wliot-seminar.html>

製造現場における無線通信技術の導入ガイドライン ～無線活用シーン・ユースケースに応じた導入・運用のポイント～

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

製造現場における無線通信技術の導入ガイドライン ～無線活用シーン・ユースケースに応じた導入・運用のポイント～

NEDOは、「5G等の活用による製造業のダイナミック・ケイパビリティ^{※1}強化に向けた研究開発事業」(本事業^{※2})の一環で、「製造現場における無線通信技術の活用と課題に係る調査」(本調査^{※3})を行い、今般、製造現場への無線通信技術の活用における課題、課題解決のための要件、導入・運用の際の留意すべきポイントについてまとめた「製造現場における無線通信技術の導入ガイドライン～無線活用シーン・ユースケースに応じた導入・運用のポイント～」を公開しました。

本ガイドラインでは、無線通信技術を製造現場で活用する上で参考となるような先行実証実験や導入事例、導入から運用に至るまでに検討すべき事項などについて、活用シーンとそれに合わせた解説をしています。

今後、本ガイドラインが、工場など製造現場で無線通信技術の導入を検討している製造事業者等に活用され、社会実装の促進につながることを目指します。

【注釈】

※1 ダイナミック・ケイパビリティ

環境や状況が激しく変化の中で、企業が、その変化に対応して自己を変革する能力のことです。(出典：経済産業省 2020年版ものづくり白書)

※2 本事業

事業名：5G等の活用による製造業のダイナミック・ケイパビリティ強化に向けた研究開発事業

事業期間：2021年度～2025年度

事業概要：[5G等の活用による製造業のダイナミック・ケイパビリティ強化に向けた研究開発事業](#)

※3 本調査

事業名：5G等の活用による製造業のダイナミック・ケイパビリティ強化に向けた研究開発事業／製造現場における無線通信技術の活用と課題に係る調査

事業期間：2023年度

事業概要：[「5G等の活用による製造業のダイナミック・ケイパビリティ強化に向けた研究開発事業／製造現場における無線通信技術の活用と課題に係る調査事業」に係る実施体制の決定について](#)



資料ダウンロード

 [製造現場における無線通信技術の導入ガイドライン \(4.0MB\)](#)

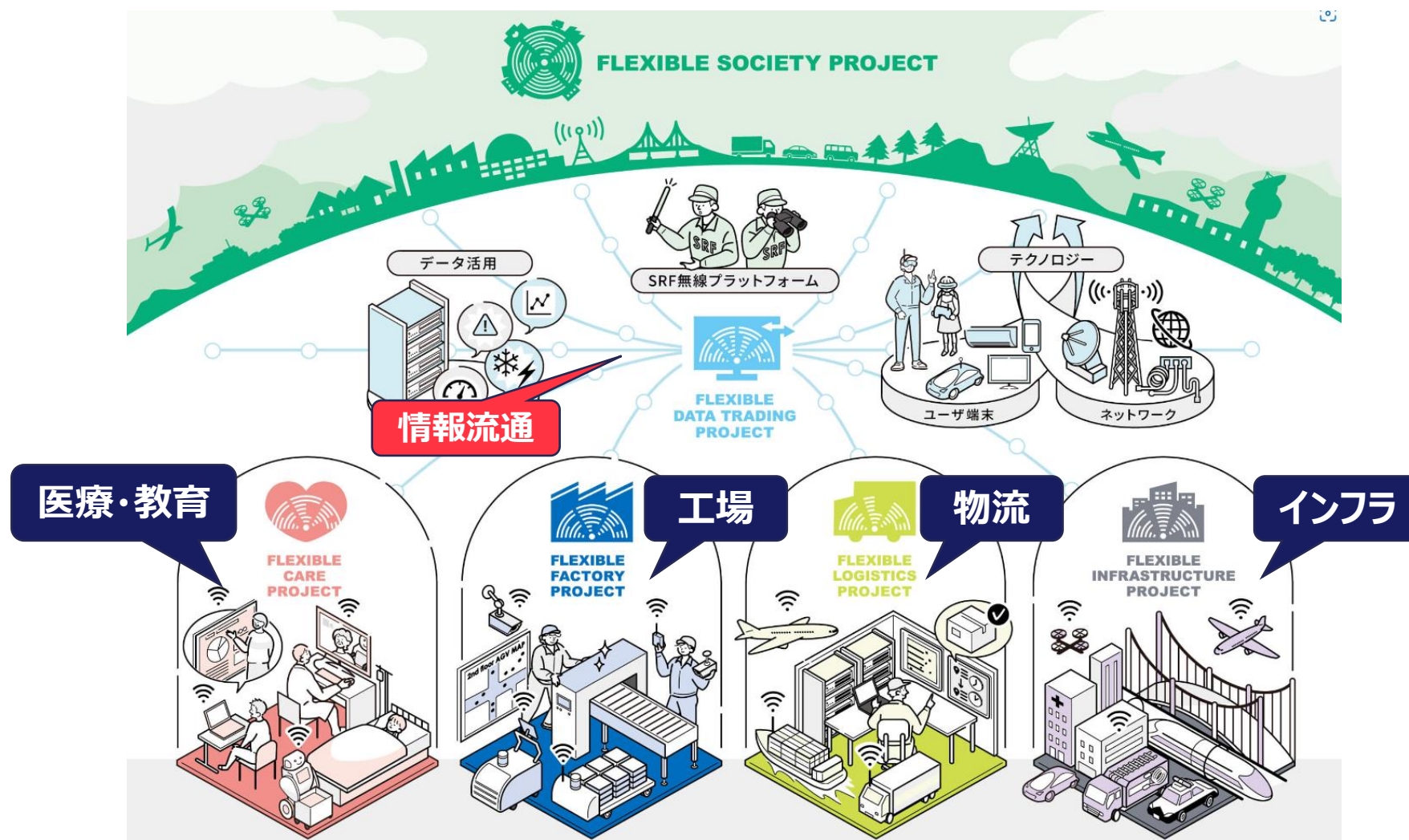
問い合わせ先

IoT推進部

https://www.nedo.go.jp/library/musentsushin_guideline.html

Flexible Society Project (FSPJ)～2020年から活動を拡大～

安定した無線通信で社会全体を支える活動に発展



製造現場における無線通信の課題とアプローチ



工場内の無線課題

■シビアな無線環境

■ダイナミックな無線環境の変化

- ・ミリ秒～秒(分)： 閉空間・マルチパス環境における不感帯の出現・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： レイアウト変更、新規ライン導入

■多様な空間

- ・業種、工場の規模、電波遮蔽物の有無、外来・設備起因のノイズの有無、無線化の発展段階

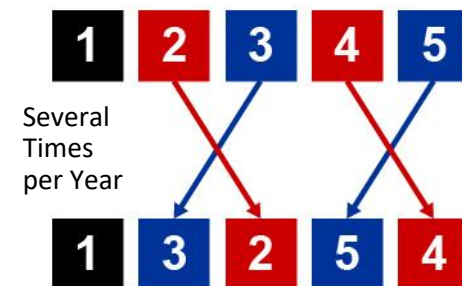
■混在する非協調異種システム

- ・段階的に異種の無線システムが導入
- ・グローバルで使いやすい2.4GHz帯から混雑する傾向

注力ポイント

- ・ 情報収集・分析・可視化→予測
- ・ 異種無線協調制御

Layout reconfiguration



無線トルクレンチ

可視化への取り組み



地上搬送型の自動搬送機制御

- 磁気誘導テープの上を走行
- 停止位置は一般的に磁気テープ内に記録されており、**出発のトリガー信号のみ無線**で送信されていることが多い



Digital Picking System (DPS)

<ハンズフリーでピッキング効率を向上>



作業者が端末を身に着けることで、作業視線を極力維持したまま、完全なハンズフリーの運用を実現する。また端末を置き忘れて、探したりする時間も大幅に短縮でき、ピッキング工程全体の大幅な効率改善に貢献する。

<https://www.lnews.jp/2024/02/q0201512.html>

異種無線協調制御

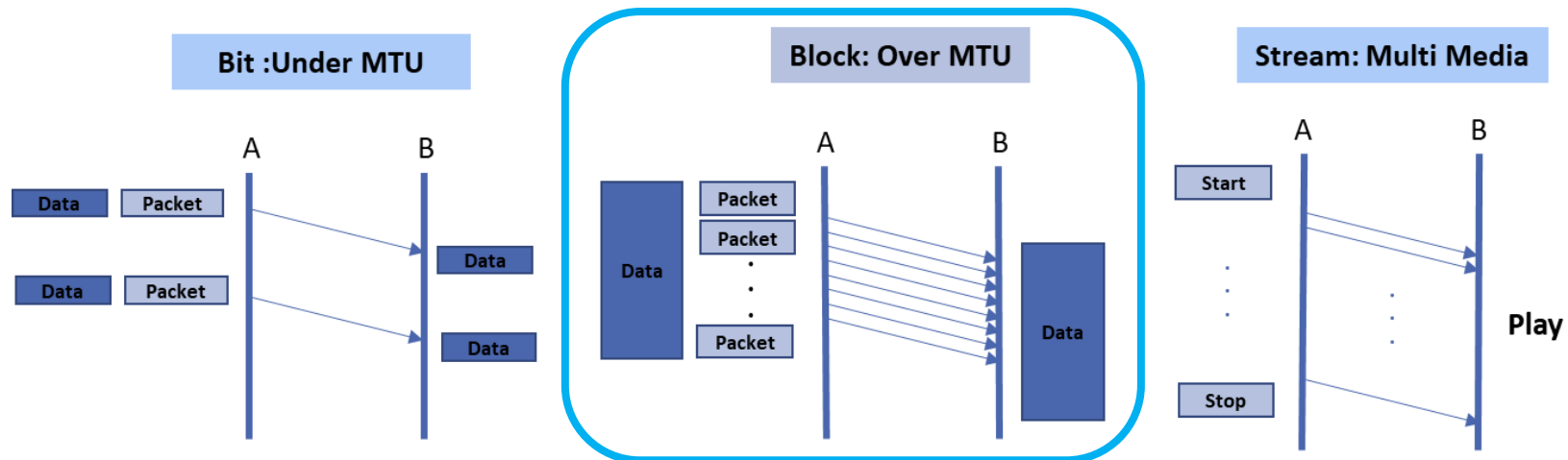


リアルタイム制御とIoT特有のトラフィックパターン

リアルタイム制御

定められた時間内に処理が完了することを目的とする制御。定められた時間内に処理が終わればいいので、必ずしも即時処理が要求されるわけではない。

IoT特有のトラフィックパターン

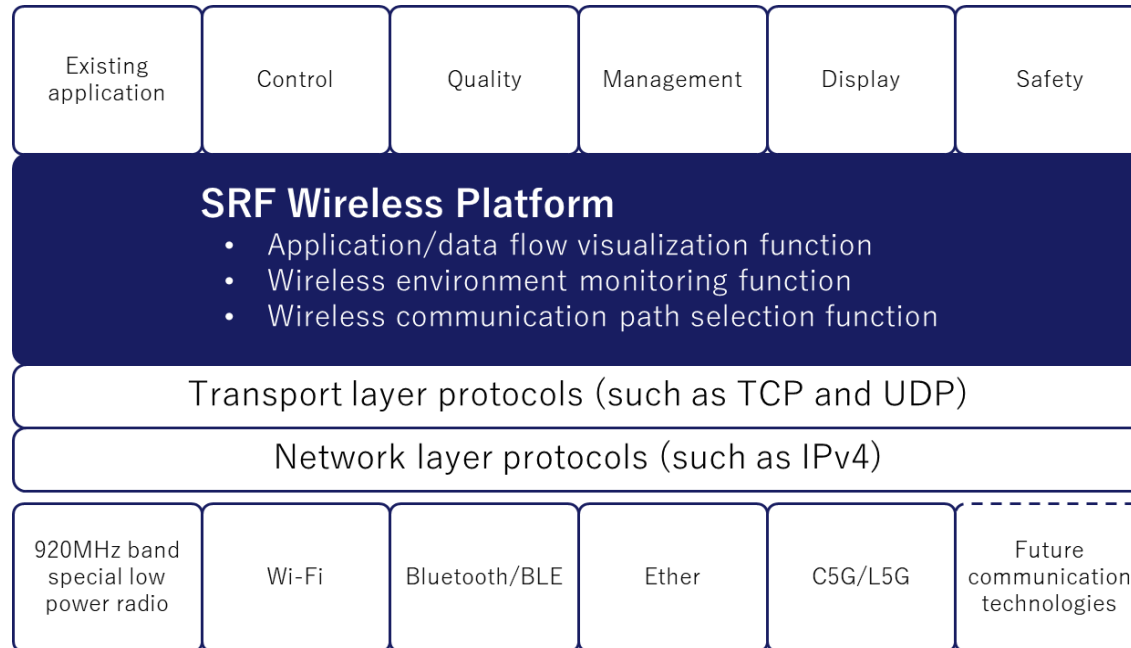


1パケットのデリバリー時間ではなく、一塊のデータのデリバリー時間が重要

FFPJで得られた知見の活用例： Smart Resource Flow (SRF)無線プラットフォームの開発

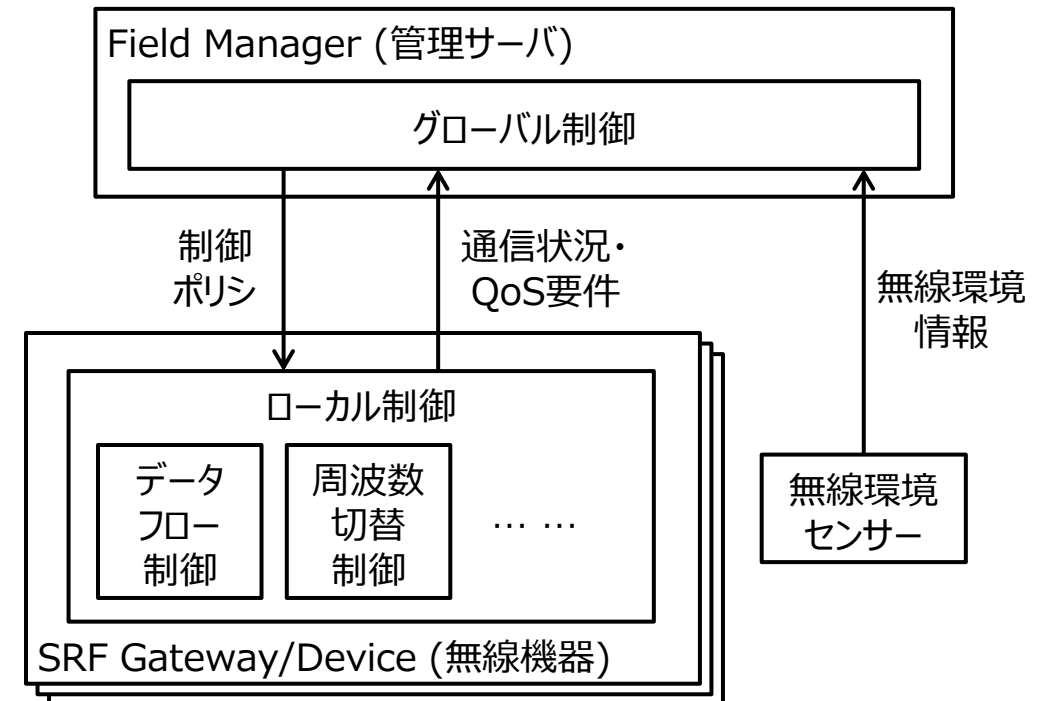
ニーズに合わせて

- ・汎用PHYでいける
- ・既存のシステムと共存化



環境に合わせて

- ・完全集中制御ではなくハイブリット型



* SRF無線PFは工場特有のトラフィックパターンに着目し、多数の無線システムを協同制御する（譲り合いさせる）ことで、衝突を回避し、同一周波数に収容できる無線システムや無線端末数を増加しつつ、止まらない製造ラインを実現するための主要技術である。

FFPAにおける標準化

FFPA：フレキシブルファクトリパートナーアライアンス

- 研究成果を社会実装していくため、SRF無線プラットフォームに高い関心を持つ企業と共に2017年7月にFFPAを設立し、標準化を推進
<https://www.ffp-a.org/jp-index.html>
- 標準化の対象範囲
 - 機器間の通信のメッセージ形式とシーケンスを技術仕様として策定
 - 技術仕様を満たしていることを検証するための試験仕様を策定
- 最新の活動状況
 - 2021年1月7日に技術仕様書ver.1.1.0を発行 → 10月14日に一般公開
 - 2021年11月11日に適合性試験仕様書ver.1.1.0を発行

研究成果の活用例

ホーム > News Room > NECとトヨタテクニカルディベロップメント、工場内で自動車などの移動体と安定的な無線制御システムを開発

NECとトヨタテクニカルディベロップメント、工場内で自動車などの移動体と安定的な無線接続を実現する無線制御システムを開発

～トヨタ自動車元町工場に導入し、生産性向上に貢献～

2022年5月20日

日本電気株式会社

トヨタテクニカルディベロップメント株式会社

News Room >

経営戦略/業績/人事 >

サステナビリティ >

研究開発/新技術 >

サービス/ソリューション >

ハードウェア >

事例 >

イベント・セミナー >

日本電気株式会社(本社：東京都港区、代表取締役 執行役員社長 兼CEO：森田 隆之、以下 NEC)とトヨタテクニカルディベロップメント株式会社(本社：愛知県豊田市、代表取締役社長執行役員：香川 佳之、以下 TTDC)は、工場や倉庫内における自動車などの移動体と安定的な無線接続を実現する無線制御システムを開発しました。

本システムは、「NEC 無線通信安定化ソリューション」(注)を活用したTTDCの無線通信モジュールを自動車や搬送機器 (AGV)などの移動体に搭載することで、移動体との無線通信で問題となるローミング時の切断や干渉による通信不良の発生を防ぎ、安定的な通信が可能になります。これにより、リアルタイムな情報取得や作業指示が可能となり、生産現場の生産性向上・作業効率化に貢献します。

なお、先行して本システムをトヨタ自動車元町工場に導入しており、工場内の無線通信を活用した生産性向上に貢献しています。

同社は、本取り組みの知見を活かし、トヨタ自動車や他の製造業のお客様におけるAGV・工作機械・ロボットなどの無線制御や、検査データの収集、プログラム配信を行うシステムの提供を目指します。

昨今、製造業において生産性の向上、労働力不足への対応などを目的に、自動化やIoTの活用などDXが進められています。特に、広いエリアや工程をまたがって使用される搬送機器やロボットなどに適用できる高信頼、低遅延の無線化ニーズが高まっています。しかし、工場や倉庫では生産設備など障害物となるものが多いものの柔軟なライン変更などは難しく、安定的な無線通信が課題となっています。

今回NECとTTDCが開発したシステムは、無線環境下においても、受信レベルが強く、かつ他の無線機器の干渉が少ない通信経路をリアルタイムに推定しシームレスに切り替えを行うことで、移動体と安定的な無線通信を実現します。



安定的な無線接続を実現する無線制御システムのイメージ



移動体に搭載する小型無線通信モジュール



車に接続した小型無線通信モジュール

開発したシステムの特長

1.通信品質が良い経路をリアルタイムに推定し、高速に切り替え可能

NECが保有する技術により、アクセスポイントの電波強度だけでなく、帯域の混雑度などを考慮して利用可能な帯域をリアルタイムに推定し、高品質な通信経路・アクセスポイントへシームレスな切り替えを行います。これにより、受信レベルや無線の混雑度が刻々と変化する無線環境でも安定的な通信が可能になります。

2.ネットワーク仮想化技術により、既設アクセスポイントを活用可能

NECが保有する技術により、無線通信区間全体を仮想化し、仮想化されたネットワーク上で通信経路を適切に切り替えることで、アクセスポイントの高度な機能を用いることなく無線接続を安定化します。これにより、既設のアクセスポイント・ネットワーク設備を活用したまま導入することが可能です。

3.小型化したモジュールにより、移動体への搭載を容易に

TTDCが保有する技術を活用し、基板サイズ72mm x 44mmという小型化を実現しており、スペースが限られた様々な移動体への搭載が容易になっています。

また、本システムを5月25日(水)から27日(金)まで東京ビッグサイトにて開催される「ワイヤレス・テクノロジー・パーク (WTP)2022」に展示します。

以上

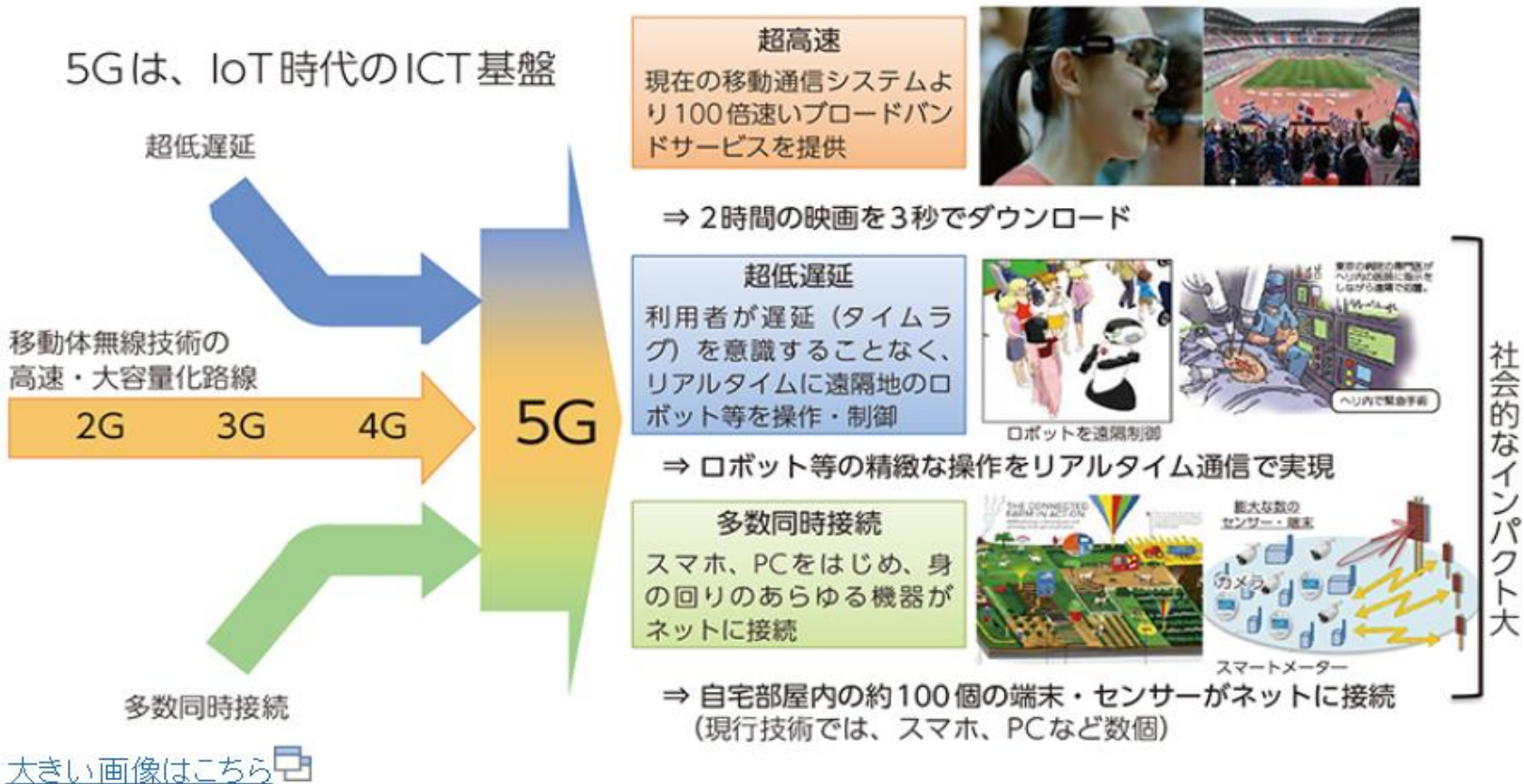
(注)本ソリューションは、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)が管理法人として運営を支援する内閣府「戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)第2期/フィジカル空間デジタルデータ処理基盤」の研究成果および、国立研究開発法人情報通信研究機構(NICT)の研究成果を活用し、NECが開発したものです。

5G/B5Gへの期待と問題点



運用開始までの期待が高かった

図表3-3-4-2 5Gの特徴



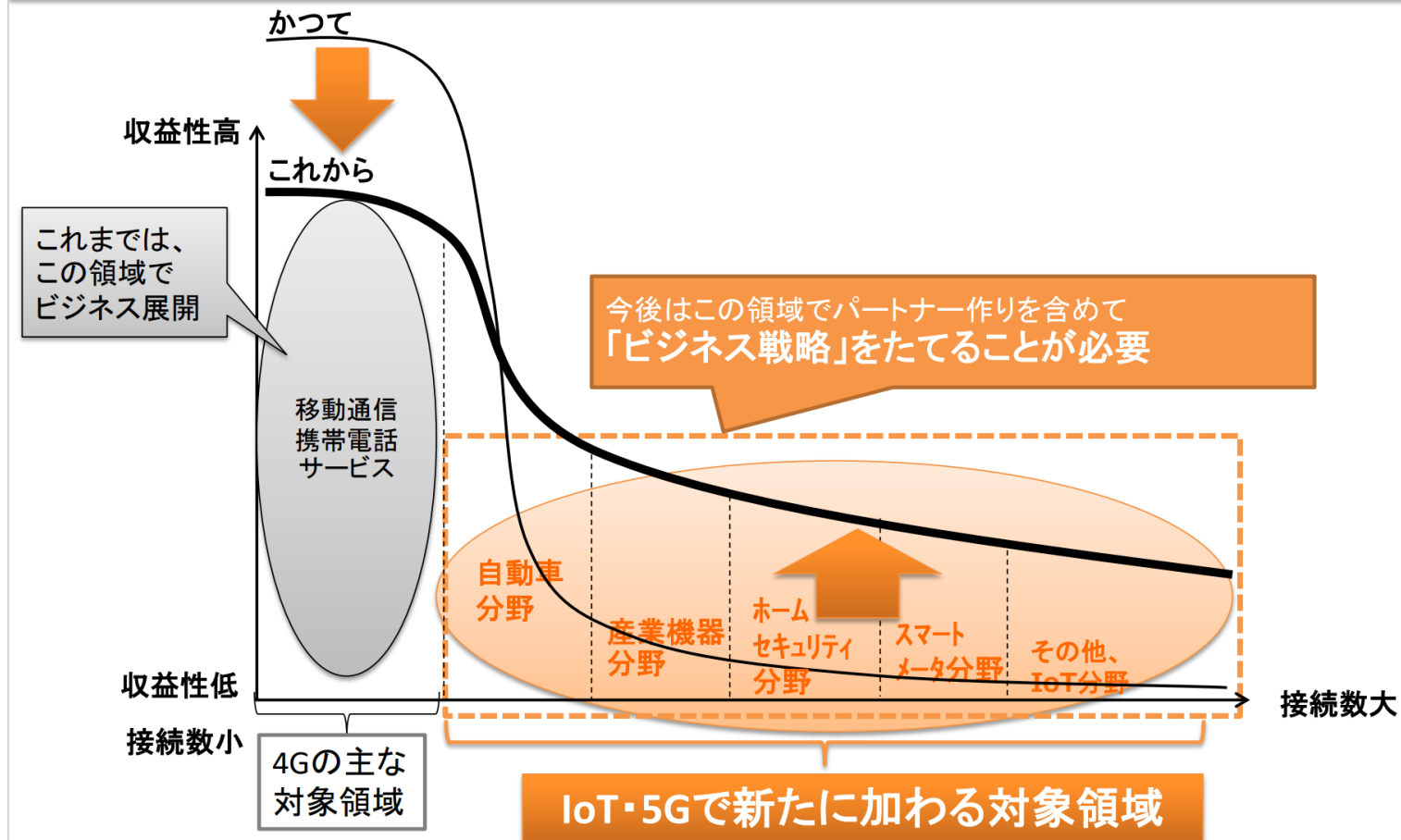
(出典)平成29年 総務省情報通信審議会新世代モバイル通信システム委員会報告

5Gの特徴が**トレードオフ**であることはあまり知られないまま、期待が高まってしまった。

産業構造が変化し産業用途への適用への期待が高まった

IoT時代の産業構造の変化

5



出典:日経コミュニケーション 2015/4月号を参考に総務省作成

https://www.soumu.go.jp/main_content/000739007.pdf

5G/L5Gは製造現場で使えるのか??

- 当初から製造現場が最も有望なユースケースだとされてきた。
- 2020年サービス開始以降
 - PoC (Proof of Concept 概念実証どまり)
 - 製造現場でまったく普及せず
- なぜなのか？

問題点

- パラメータを変更した際の影響の出方が複雑
- 実装されている機器のばらつき
- ブラックボックスの組み合わせ

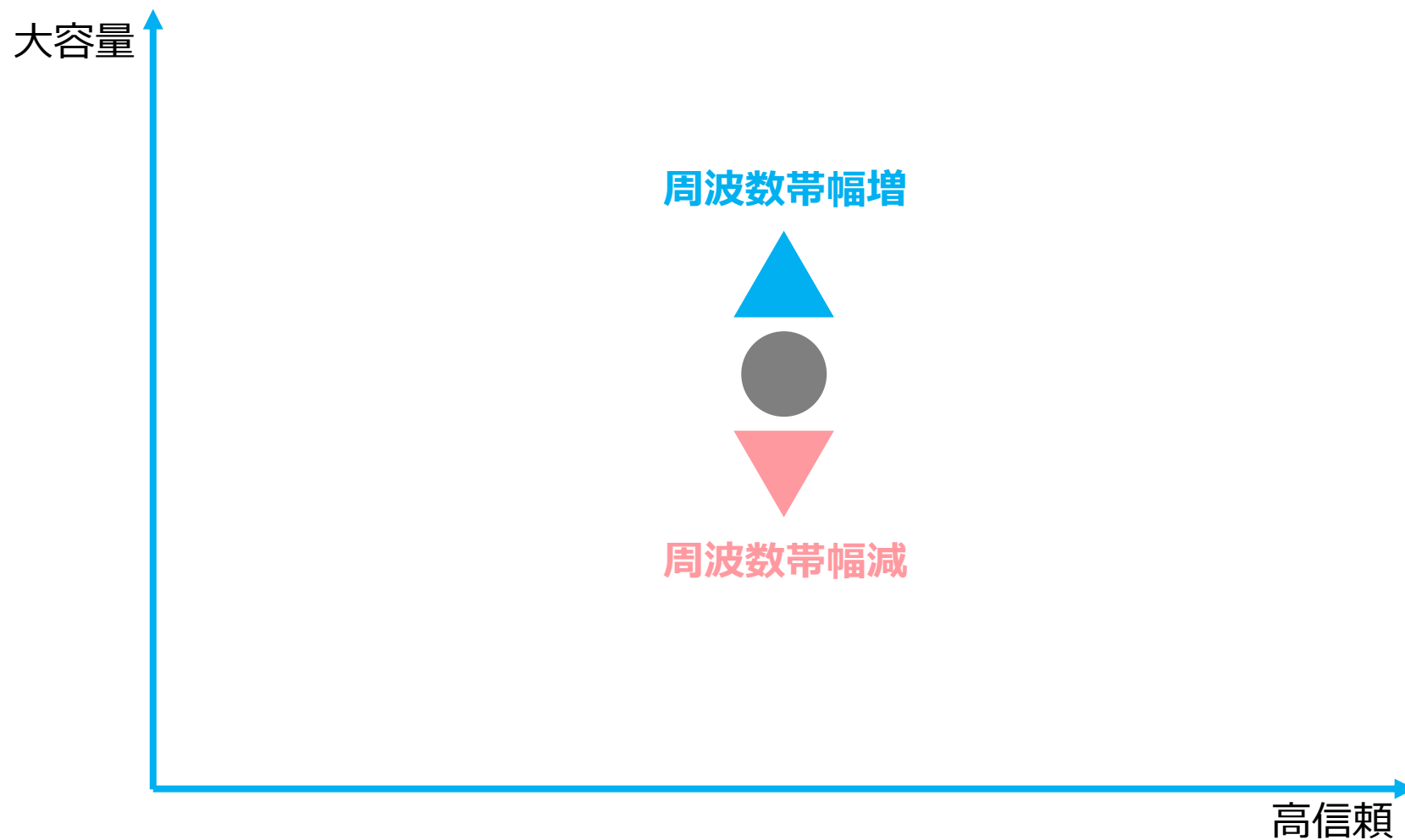
周波数帯幅 (band width; システム全体で利用できる周波数の幅)

- 周波数帯幅の増加は、大容量・低遅延・多端末同時待受に貢献する一方、低消費電力・長距離通信・低コストを妨げる

周波数帯幅	↑ : 値を増やすと...
大容量	↑ : 良くなる
高信頼	→ : 影響なし
低遅延	↑ : 良くなる
多端末同時接続	↑ : 良くなる
多端末同時待受	↑ : 良くなる
低消費電力	↓ : 悪くなる
長距離通信	↓ : 悪くなる
低コスト	↓ : 悪くなる

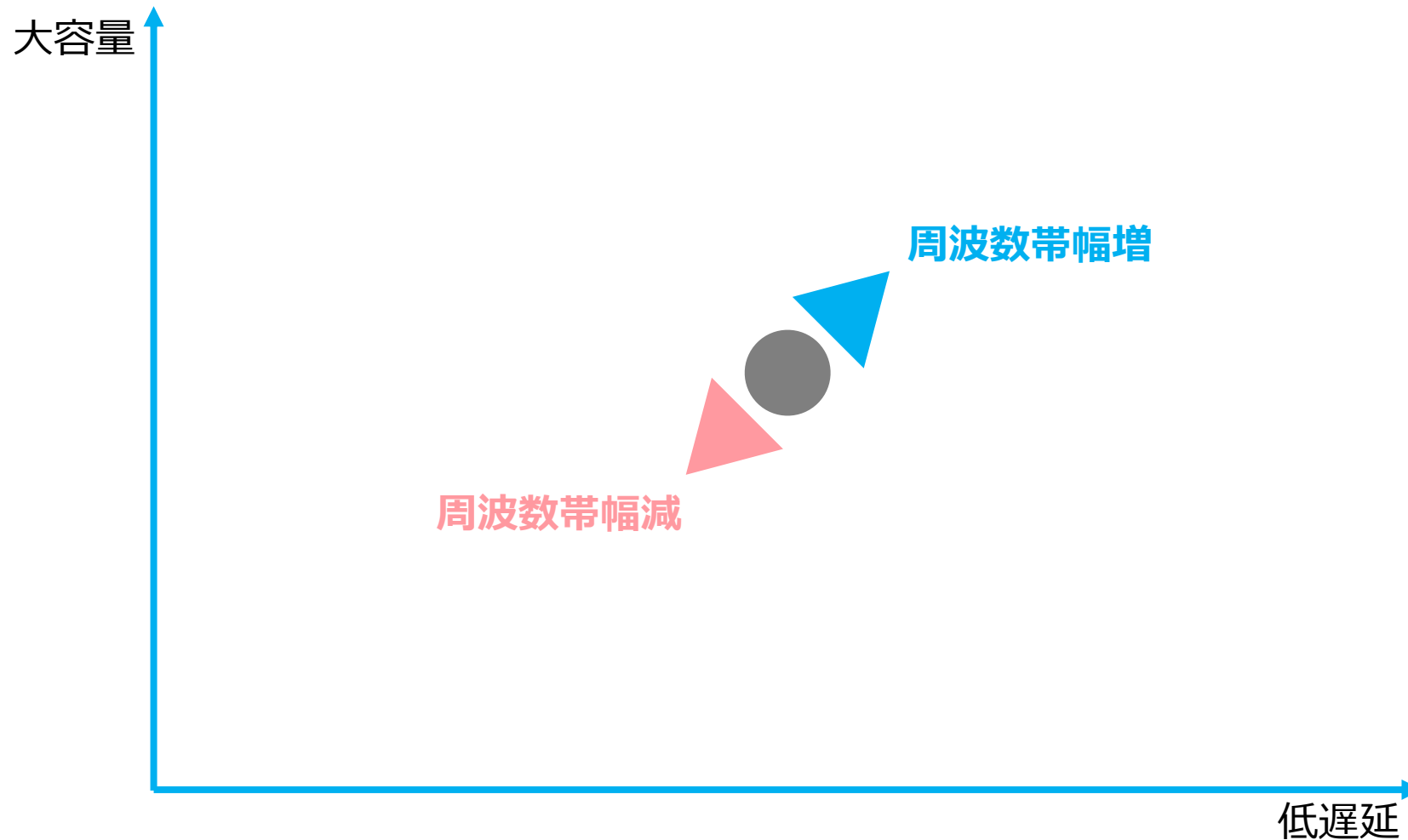
周波数帯幅 と 大容量 x 高信頼

- 周波数帯幅 の増加は、大容量に貢献し、高信頼に影響しない



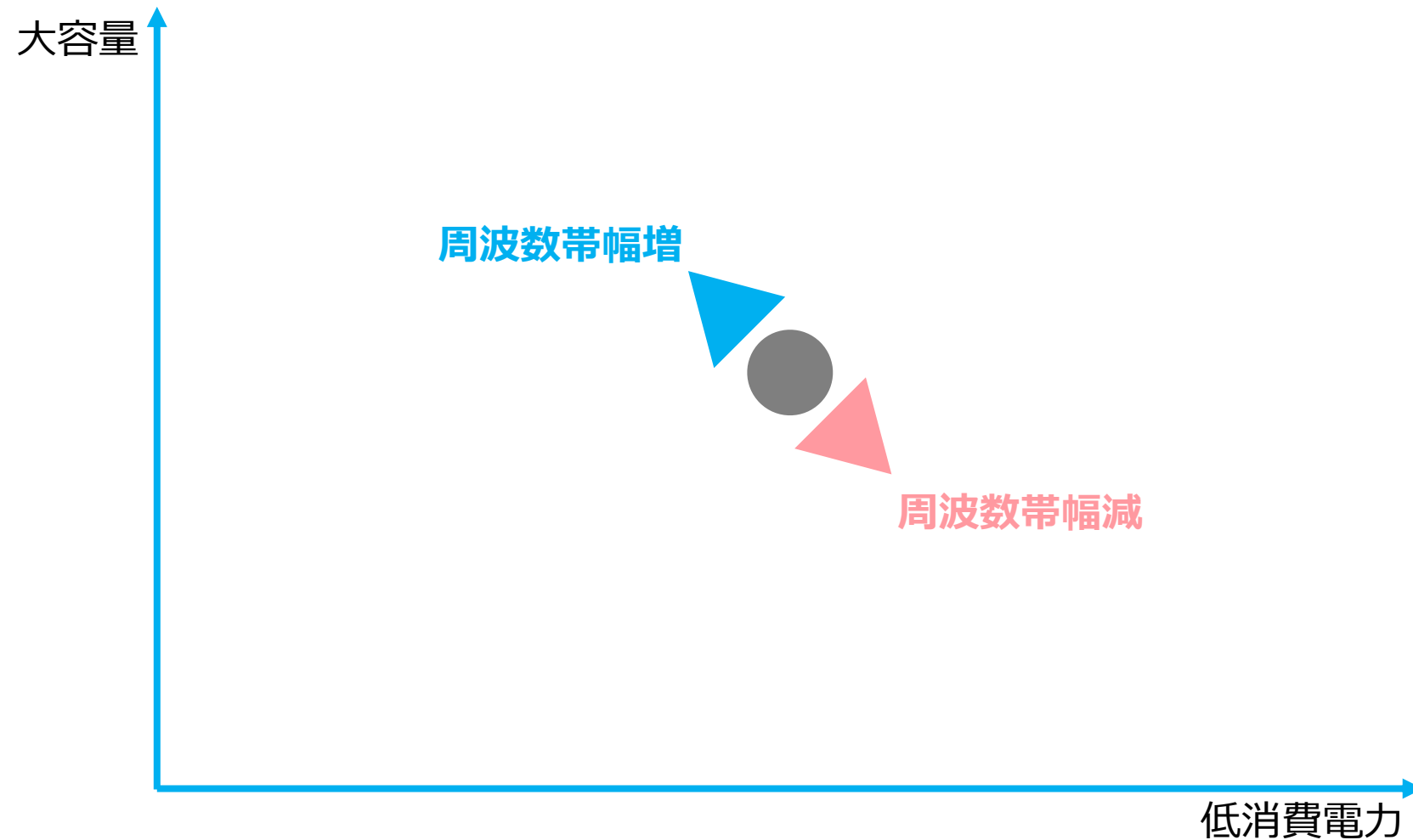
周波数帯幅 と 大容量 x 低遅延

- 周波数帯幅 の増加は、大容量に貢献し、低遅延にも貢献する



周波数帯幅 と 大容量 x 低消費電力

- 周波数帯幅 の増加は、大容量に貢献し、低消費電力を妨げる



各メーカーで変更可能なパラメータ

- メーカー共通で実装されているものが、MIMOと端末間通信・折り返し通信機能ぐらいしかない
- 遠隔制御への利用を想定した場合に自由に変更したいパラメータのほとんどが市販機でサポートされていない
- すでに新リリースへの対応をあきらめ始めたメーカーもいる

複数のシステムを用いて基本性能評価を実施

- 横軸が時刻
- 縦軸が受信タイムスタンプを10msで割った余り

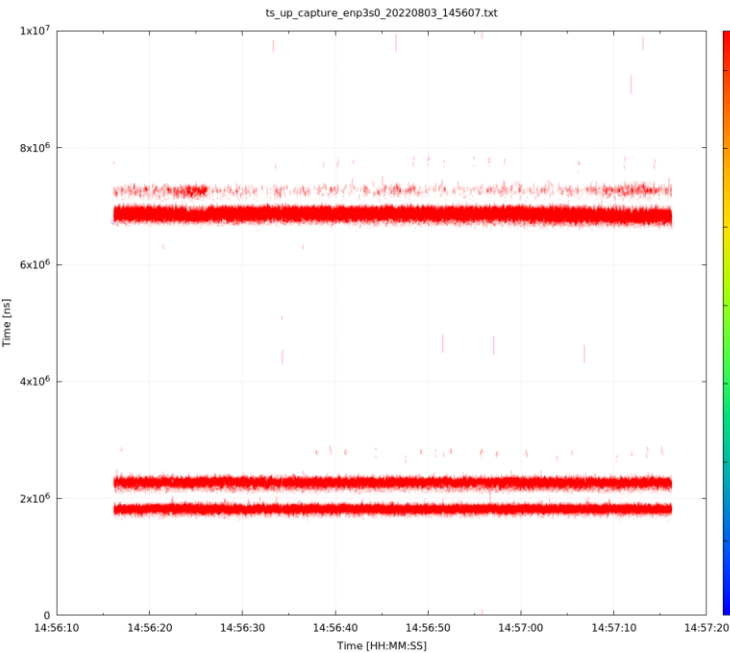
青は小さいパケット：
iperf TCPのACK。
一部のタイムスロットのみが使われる

**追加が考えられる
準同期運用パターン** 既存のいずれの運用パターンとも準同期の関係となる以下の準同期2及び3といった運用パターンの追加が考えられる。

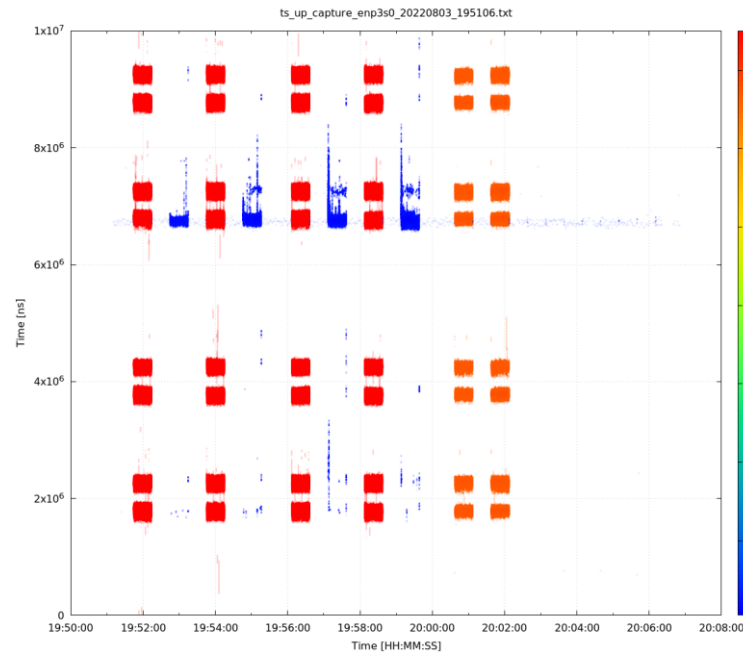
スロット番号	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
同期TDD	D	D	D	S	U	U	D	D	D	D	D	D	D	S	U	U	D	D	D	D
準同期TDD 1	D	D	D	S	U	U	D	S	U	U	D	D	D	S	U	U	D	S	U	U
準同期TDD 2	D	D	S	U	U	U	D	S	U	U	D	D	S	U	U	U	D	S	U	U
準同期TDD 3	D	S	U	U	U	U	D	S	U	U	D	S	U	U	U	U	D	S	U	U

※D: 下りスロット、U: 上りスロット、S: DからUへの切替期間を含む特別スロット

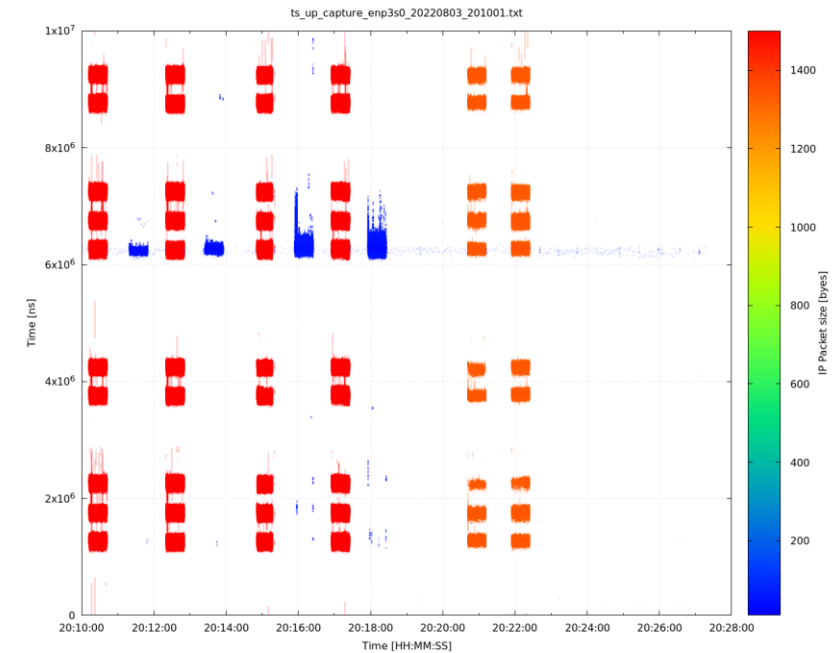
既存
追加例



同期TDD

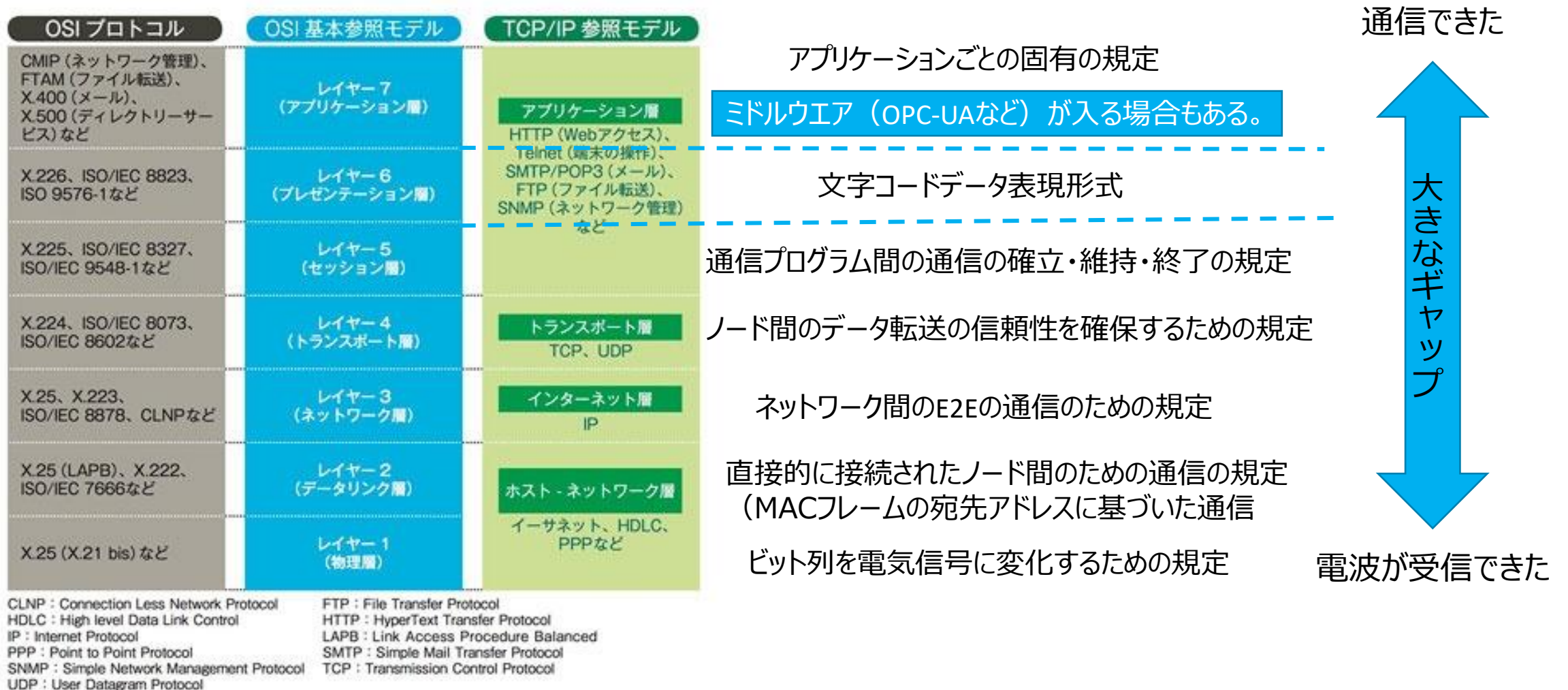


準同期TDD1



準同期TDD2

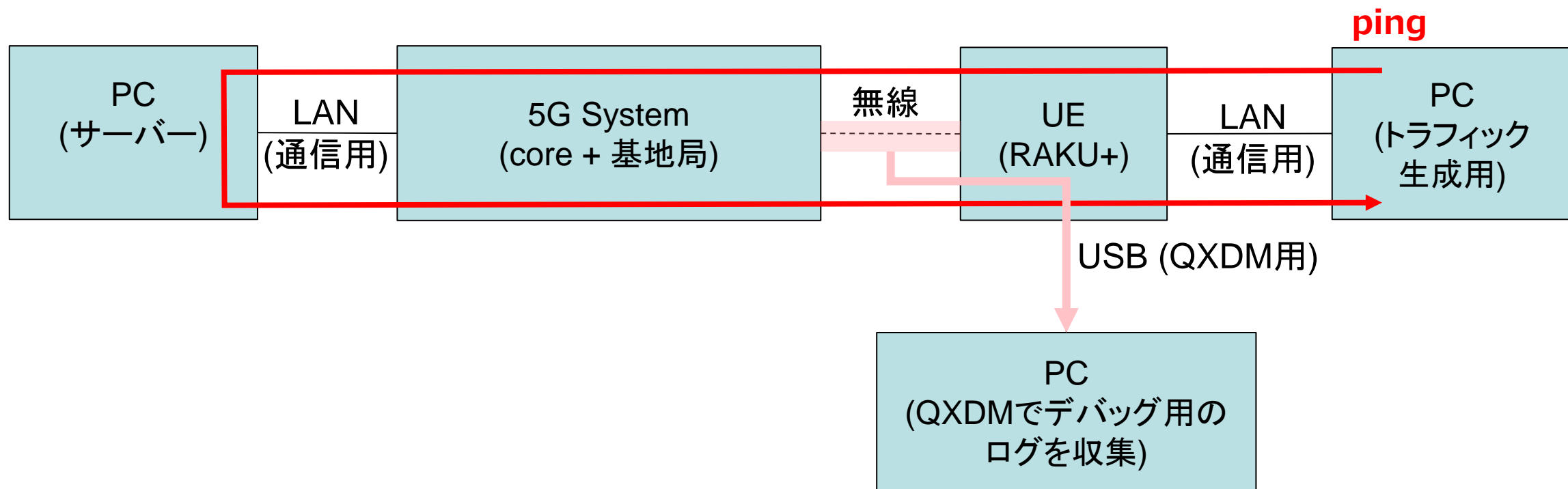
“電波が届く”≠“通信できる”



いくつかの階層が積み重なったシステムを安定稼働させるコツ

- 限りがある無線帯域をうまく割り振って使う
- バッファマネジメント⇒貯めない
- タイムアウトマネジメント⇒どのポイントのタイムアウトにも引っかからない

初期確認システム構成



QXDM :
Qualcomm社のUE側のチップの解析ツール

投資額とコストを考慮する



無線通信を用いた製造システムの導入 (2020年10月発行)

- 無線通信を利用した製造システムの導入や運用に関するコストの見積り方針を整理



1. 概要
2. 用語
3. 無線システムの導入計画
4. コストの見積りの考え方
 - I. イニシャル (導入) コスト
 - A. 無線LAN等の自営ネットワークの場合
 - B. LTEや5Gなどキャリアサービスを利用する場合
 - C. Local 5G等のキャリア以外のサービスを利用する場合
 - II. ランニング (運用) コスト
 - A. 無線LAN等の自営ネットワークの場合
 - B. LTEや5Gなどキャリアサービスを利用する場合
 - C. Local 5G等のキャリア以外のサービスを利用する場合
5. コスト見積りの例
6. まとめ
7. 参考資料

無線LAN等の自営ネットワークの場合

イニシャルコスト

パラメータ	単価	数
Access Point (工業仕様)	cAP	nAP
Station/端末	cSTA	nSTA
Access Point 工事	cConst	nAP
Access Point 配線	cWire	nAP
System Integrate (立ち上げ)	cSI	-

パラメータ	単価
導入システム特有のデバイス一式	X
導入システム特有のソフトウェア一式	Y
導入システム特有のチューニング	Z

$$IC_{WLAN} = (cAP + cConst + cWire) \times nAP + cSTA \times nSTA + cSI + X + Y + Z$$

ランニングコスト

年間保守費cSupportが必要。一般にイニシャルコスト IC_{WLAN} の2割以下程度となる場合が多い。割合を0.1と仮定すると、ランニングコスト(年間) LC_{WLAN} は

$$LC_{WLAN} = IC_{WLAN} \times 0.1$$

無線通信を用いた製造システムの導入 (2020年10月発行)

- 無線通信を利用した製造システムの導入や運用に関するコストの見積り方針を整理



1. 概要
2. 用語
3. 無線システムの導入計画
4. コストの見積りの考え方
 - I. イニシャル（導入）コスト
 - A. 無線LAN等の自営ネットワークの場合
 - B. LTEや5Gなどキャリアサービスを利用する場合
 - C. Local 5G等のキャリア以外のサービスを利用する場合
 - II. ランニング（運用）コスト
 - A. 無線LAN等の自営ネットワークの場合
 - B. LTEや5Gなどキャリアサービスを利用する場合
 - C. Local 5G等のキャリア以外のサービスを利用する場合
5. コスト見積り例
6. まとめ
7. 参考資料

コスト見積もりの例

表 9 ラインカメラ（無線 LAN） イニシャルコスト

パラメータ	単価	数
Access Point (工業仕様)	¥200,000	1
Station/端末	¥100,000	3
Access Point 工事	¥500,000	1
Access Point 配線	¥500,000	1
System Integrate (立ち上げ)	¥1,000,000	-
合計	¥2,500,000	

表 11 ラインカメラ（アプリケーション特有部分） イニシャルコスト

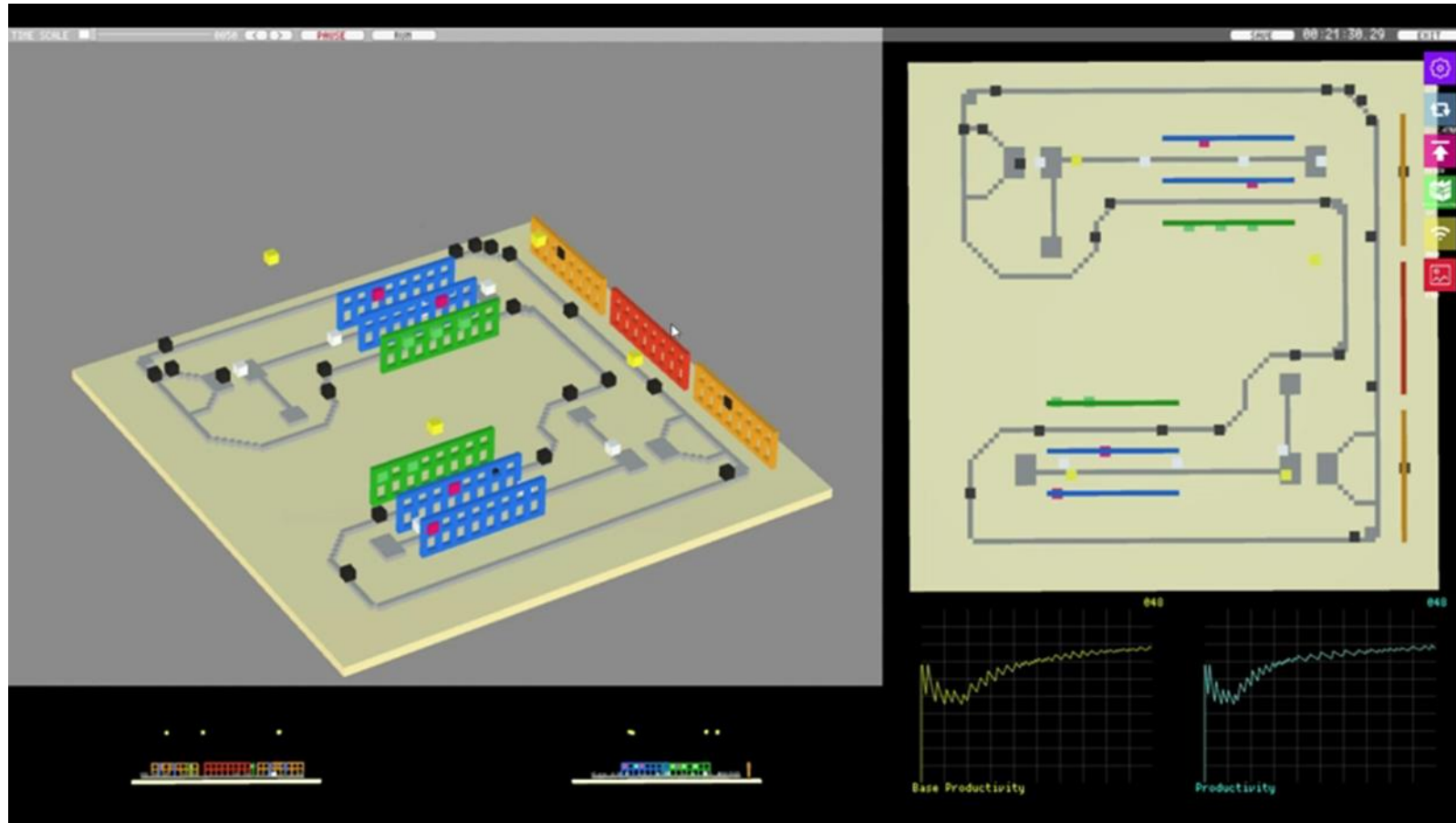
パラメータ	単価
導入システム特有のデバイス一式 (カメラ、産業用 PC)	¥2,000,000
導入システム特有のソフトウェア一式 (画像検査ソフト ※ 既製品想定)	¥500,000
導入システム特有のチューニング	¥500,000
合計	¥3,000,000

表 10 ラインカメラ（Local 5G 基幹部分） イニシャルコスト

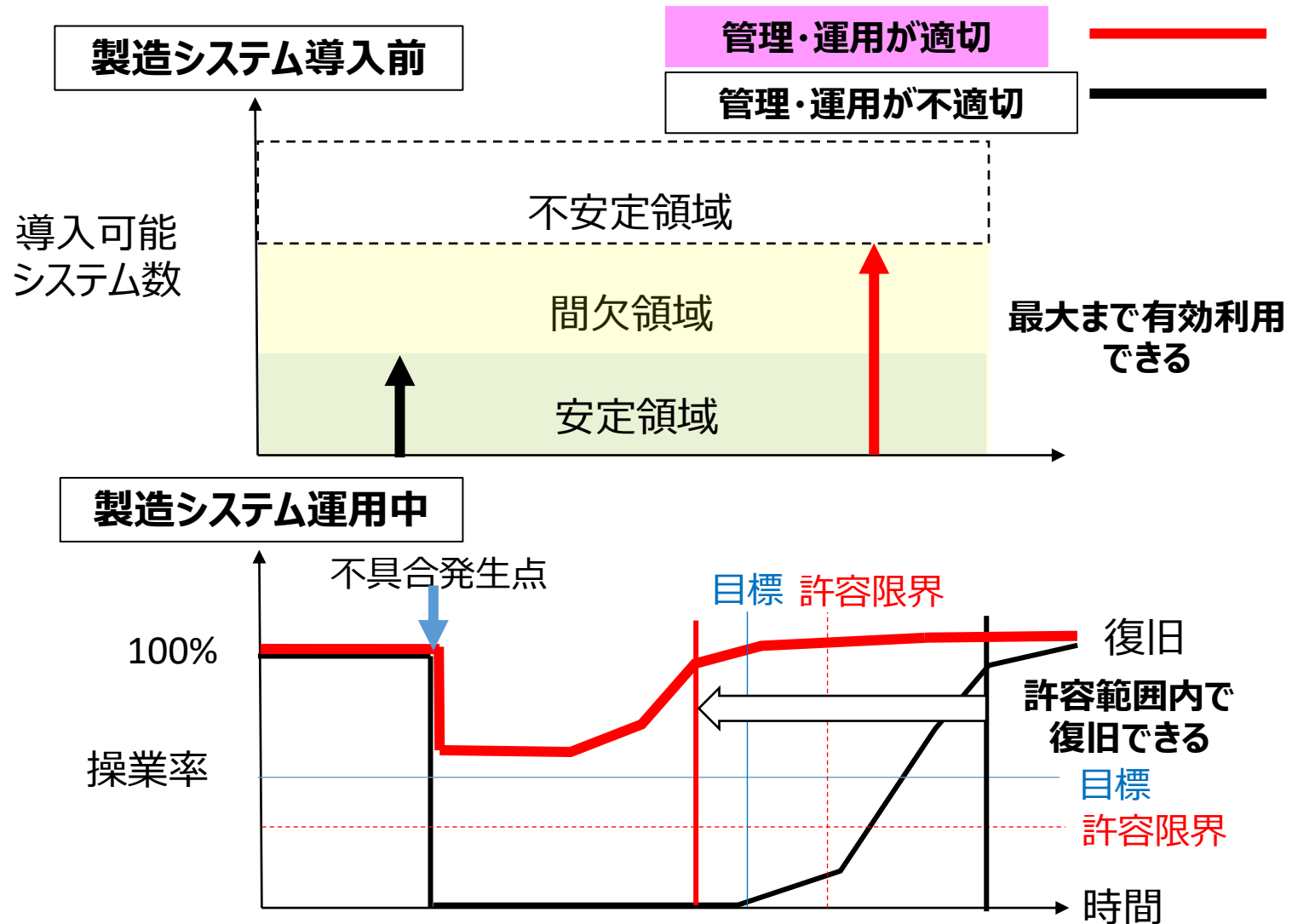
パラメータ	単価	数
gNB(EPC/5GC 含む)	¥100,000,000	1
RU	¥1,000,000	1
UE/端末	¥100,000	3
RU 工事	¥500,000	1
RU 配線	¥500,000	1
System Integrate (立ち上げ)	¥5,000,000	-
免許取得費用	¥1,000,000	-
合計	¥108,300,000	

局所的に使うシステム単体では、Local 5Gはコストメリットがほぼなく、本システムの導入の為には、無線LANで構築する方がコストメリットが大きい。

通信品質は生産性に影響を与える



BCPをしっかりと実施



不具合発生確率の低減と早期復旧ができるように設計することが重要

最後に



適切な技術を適切なところに使う

- 不要なところにオーバースペックの無線通信技術を使ったり、用途に必要な要件を満たせない無線通信技術を使ってしまうと、無線通信を利用するご利益ではなく、不利益を被ることになってしまいます。
- コスト・スペック・帯域の限界を考慮して“適切”な技術を選択し、日々の運用やライン停止時の復旧まで考慮した導入が重要です。

ご清聴ありがとうございました。