

令和 2 年度製造基盤技術実態等調査 (製造業における 5 G 等の情報通信技術の活用に向けた技術動向調査)

株式会社野村総合研究所
コンサルティング事業本部

2021年2月26日



目次

I.背景と目的、ならびに実施内容	2
II.5G等の無線通信技術の生産現場での本格活用に係る調査・分析	9
1.各国政策動向の概要（米・欧）	10
2.技術開発動向の概観	21
3.製造業における5G活用概観	31
1) 想定されるユースケース	32
2) 想定される潜在需要（自律型AGV・ロボティクス、製造現場におけるDX）	37
3) ローカル5Gの動向（日・独）	45
4) 製造業での5G活用に向けた取り組み	50
5) 標準化の動向	55
4.先行事例	61
1) DAIMLER	62
2) Bosch	65
3) Huawei	69
4) 日本国内の動向	77
5.新型コロナウイルス感染症拡大によって浮き彫りとなったダイナミックケイパビリティに関する課題	83
III.技術戦略の検討	104
1.製造現場におけるダイナミックケイパビリティに関する論点	105
2.ダイナミックケイパビリティの構成要素と5Gとの関係	110
1) ダイナミックケイパビリティの要素	111
2) 日本の製造業の課題とダイナミックケイパビリティを実現するスマートなマザー工場の重要性	121
3) ダイナミックケイパビリティに向けた5Gの可能性を示唆する事例	128
3.5Gを活用したダイナミックケイパビリティの実現（5Gの必然性）	133
4.5Gによるシステムアーキテクチャとその実現に向けた課題	147
5.開発テーマ総論	152
6.開発テーマ各論	154
7.基盤の整備	168
IV. APPENDIX	171

I. 背景と目的、ならびに実施内容

II. 5G等の無線通信技術の生産現場での本格活用に係る調査・分析

III. 技術戦略の検討

IV. APPENDIX

背景と目的

ダイナミックケイパビリティ実現に資する実態把握とグランドデザイン策定のための基盤調査を行い、技術戦略の検討を行う。

背景

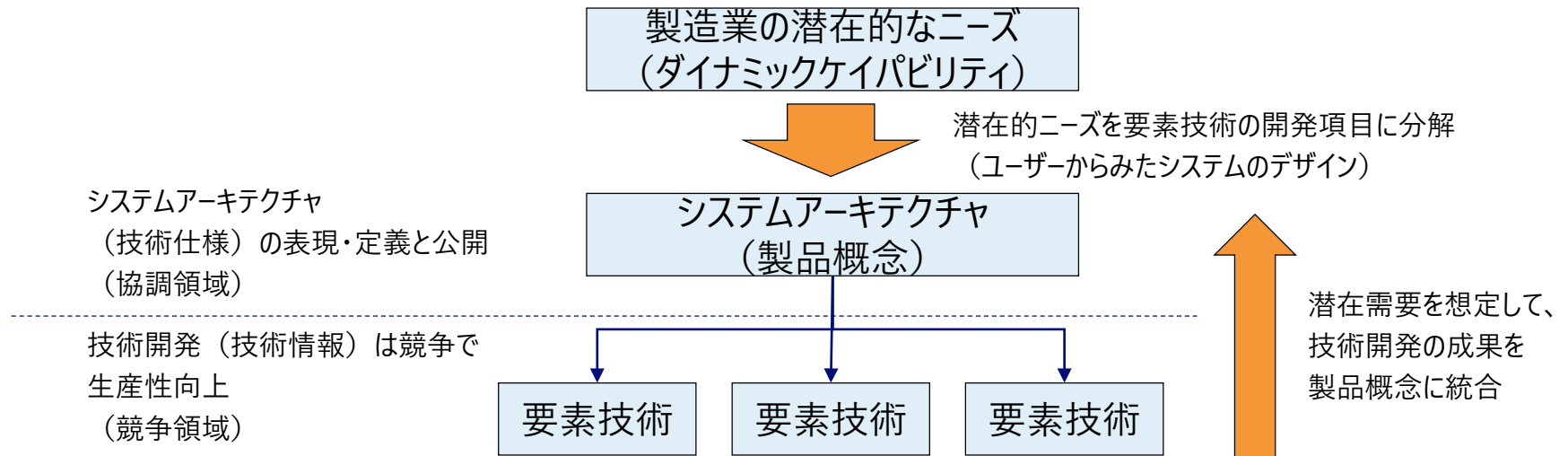
- 第5世代移動通信システム（5G）をはじめとした情報通信技術の革新を見据え、製造業においてもその本格的な活用による競争力強化が期待される。具体的には、大容量、低遅延、同時多数接続を礎として、新たなアプリケーションやAIの開発、生産現場での無線化による生産ラインや工場、サプライチェーンの柔軟化、各種保守管理コストの低減等を実現することが次第に実現可能なものになると考えられる。
- 我が国製造業においても、ユーザー及びメーカー・ベンダーの両方の立場から産業競争力を高めるべく、こうした情報通信技術の革新と活用に向けた技術開発や市場創出・獲得に先んじて取り組むことが重要となる。

目的

- 本事業では、5Gやポスト5G等の製造現場での本格活用を見据え、我が国として推し進めるべき市場創出・獲得の道筋やその前提となる技術開発に関する戦略立案を行うことを目的とする。
- これに資するために、ユーザー及びメーカー・ベンダーの両方の立場からの産業競争力強化に資する実態把握とグランドデザイン策定のための基盤調査を行う。具体的には、次の点に留意して調査活動を実施する。
 - 日本の製造業はデジタル化でどのようなポジションにあり、遅れている点、課題は何か？（5G等情報通信技術の製造業における活用の実態把握）
 - 製造業のパラダイム変化と今後の目指すべき方向性は？（キープレイヤーが考える着目すべき変曲点とダイナミックケイパビリティ実現に向けたアプローチの調査分析）
 - それを実現する上でミッシングピースとユーザ及びメカ・ベンダの協調のあり方はどうあるべきか？（技術ロードマップとガイドライン）
- 上記にあたり、下記の実施を提案するものである。
 - 1. 5G等の情報通信技術の生産現場での本格活用に係る動向調査・分析
 - 5G、ポスト5G等を活用したPLC（Programmable Logic Controller）をはじめとする制御機器のクラウド化、AGVの協調制御などダイナミックケイパビリティの獲得に向けた技術開発、ユースケース開拓、標準化活動等の動向の調査・分析
 - 今後の市場創出・拡大が想定されるハードウェア・ソフトウェア群のピックアップと当該市場規模及びタイムラインに関する調査・分析
 - 海外主要事業者（ITベンダー、機械・ロボット等メーカー等）の具体的な動向や先進事例、事業方針に関する調査・分析
 - 上記ハードウェア・ソフトウェア群の国際標準化に係る動向に関する調査・分析
 - 上記を踏まえて、我が国事業者（ITベンダー、機械・ロボット等メーカー等）として推進していくべき技術分野に関する調査・分析
 - 2. 上記を踏まえた技術戦略の検討
 - 1.の動向調査・分析を踏まえた、経済産業省と協働で、5G等の情報通信技術の生産現場での本格活用に向けた技術戦略の策定に資する検討を行う。具体的には、経済産業省に対する助言や、経済産業省と協働での関係事業者との意見交換等を行う。

次の2点を意識しつつ開発動向、標準化活動の動向を分析、有識者に確認し、技術マップを作製

①ダイナミックケイパビリティを実現する需要表現



参考：児玉文雄 『ハイテク技術のパラダイム』、中央公論社 1991年、児玉、玄場編 『新規事業創出戦略』、生産性出版 2000年

②システムアーキテクチャの仮説構築と既存技術の有無、事業機会の探索 (システム、イネーブラー、要素技術分解)

- 海外企業の技術開発動向
 - 欧州：SIEMENS/KUKA (Matrix production) / ARENA₂₀₃₆、フラウンフォーファIPK (生産システム・デザイン技術研究所)、等
 - 米国：Qualcomm、MS、JR-Automation (日立が買収)、等
 - 日本：平田機工、ヒロテック、等
- 国際標準化動向
 - MES/ERP/PLC (クラウド) / AAS (アーヘン工科大学) ・Fiware・IDS (ドルトムント工科大学)、等

「パラダイムの不条理」を乗り越えるためのユーザ・ベンダの協調

既存体系（システム、業界秩序）とのコンフリクトから「パラダイムの不条理」を超えることが求められ、ユーザ、メーカ・ベンダ双方の意識付け（危機感、イノベーションへの誘因）が重要。

企業変革力がカギであり大局観（市場・産業発展ストーリー）に基づく
プロダクトアウトではなく大局観に基づくアーキテクチャのコンセンサスが求められ
ユーザとメーカ・ベンダの協調が重要となる（線型思考から需要表現へ）

機会損失コスト > 取引コスト

- 不確実性の高まりに伴う生産持続への対応
（予定調和(BCP) + α (自律分散対応)
- サプライチェーン、エンジニアリングチェーン分断への対応

- 過度なTPS信仰
- 独自プロトコル、クローズドモデルによる成功体験

注：パラダイムの不条理とは、既存の生産方式（TPS等）過剰適応したために環境変化に対応できないことを示すTPS Toyota Production System（トヨタ生産章式）とはトヨタ自動車の生み出した、工場における生産活動の運用方式の一つジャストインタイム、標準作業時間に代表される現場主義、自働化等を柱としたもの、BCP 事業継続計画企業が、テロや災害、システム障害や不祥事といった危機的状況下に置かれた場合でも、重要な業務が継続できる方策を用意し、生き延びることができるようにしておくための戦略を記述した計画のこと

大局観把握に向けた現状分析を行い、日本のポジションと課題、海外主要プレイヤーの目指す方向性を可視化する。

実施内容

NRIの工夫・特徴

(1) 5G等の情報通信技術の生産現場での本格活用に係る動向調査・分析

5G、ポスト5G等を活用したPLCをはじめとする制御機器のクラウド化、AGVの協調制御などダイナミックケイパビリティ獲得に向けた技術開発、ユースケース開拓、標準化活動等の動向の調査、分析

- 市場創出・拡大が想定されるハードウェア・ソフトウェア群の市場性とタイムラインの分析
- 海外主要事業者（ITベンダー、機械・ロボット等メーカー等）の動向分析（先進事例、事業方針、等）
- 国際標準化に係る動向に関する調査・分析
- 我が国事業者（ITベンダー、機械・ロボット等メーカー等）として推進していくべき技術分野

- 課題解決的アプローチと規範的アプローチの双方からの分析
 - ✓ 現状の課題の解決（課題解決的）
 - ✓ 将来のあるべき姿（規範的）、等
- 日米欧の主要キープレイヤーの動向分析と大局観の把握
 - ✓ 注目する変曲点
 - ✓ ダイナミックケイパビリティ実現に向けたキーフアクタ、等
- 日本のポジションと課題の可視化
 - ✓ 日本強みと課題（弱み）
 - ✓ ミッシングピース、ホワイトスペース、等
- ユーザ、ベンダの協調の仕方、業界としての取組み
 - ✓ 標準化への取組み
 - ✓ 産官学連携やコンソーシアム、等
- 技術情報に基づく定量分析（特許、論文等）
 - ✓ 技術成熟度（学術・実業間位置）
 - ✓ 特許数等（企業・研究機関、研究者）

ダイナミックケイパビリティを実現する需要表現アプローチをベースシステムアーキテクチャの仮説構築を図る。

実施内容

NRIの工夫・特徴

(2) (1)を踏まえた技術戦略の検討

(1)の動向調査・分析を踏まえ、経済産業省様と協働で、5 G等の情報通信技術の生産現場での本格活用に向けた技術戦略の策定に資する検討を行う

- ダイナミックケイパビリティを実現する需要表現アプローチ
 - ✓ システムアーキテクチャ（技術仕様）の表現・定義と公開（協調領域）
 - ✓ 技術開発（技術情報）は競争で生産性向上（競争領域）、等
- システムアーキテクチャの仮説構築（システム、イネーブラー、要素技術分解）
 - ✓ 既存技術の有無・因数分解と横展開
 - ✓ 開発すべき要素技術、等
- データ主権の論点
 - ✓ 標準化戦略
 - ✓ データ流通・協調と保護
 - ✓ セキュリティ（IT、OTの最適化等）、等
- 技術戦略のグラウンドデザイン仮説
 - ✓ ユーザ及びメーカ・ベンダの協調のあり方
 - ✓ 技術開発のための環境整備（データ駆動型での知財、契約の在り方等）、等

既存の知見等を活用し論点を取りまとめる。

	実施内容	NRIの工夫・特徴
(3) 報告書の作成	■ (1) 及び (2) について報告書として取りまとめる。	■ 過去の事例調査等も加味し分析を行う。 ■ NRIは、日本のDX推進に向けた検討のベースである「DXレポート～ITシステム「2025年の崖」の克服とDXの本格的な展開～」における調査・レポート作成に寄与している。それらの活動を経て得た知見をこれら報告書の作成に活用する

I. 背景と目的、ならびに実施内容

II. 5G等の無線通信技術の生産現場での本格活用に係る調査・分析

III. 技術戦略の検討

IV. APPENDIX

1. 各国政策動向の概要（米・欧）

各国の政策動向の概観 – ドイツ

ドイツでは、社会課題を解決するための政策指針「ハイクテク戦略」のプロジェクトの一環として、2013年より、製造業内の連携を推進する取組「Plattform Industrie4.0」が行われている

ドイツの政策動向

政策検討

- 2006年 少子高齢化による労働人口減少等の社会課題に対応するため、政府の科学技術・イノベーションに関する政策指針をまとめた「ハイクテク戦略」を発表
- 2010年 「ハイクテク戦略 2020」を発表、教育研究省・エネルギー省が主体となり、対処すべき社会課題を定義、課題解決のためのプロジェクト11つを立ち上げ（うち1つが、ドイツ経済科学研究連盟が検討する、製造業に関する「Industrie4.0」にあたる）

施策推進

- 2012年 ドイツ経済科学研究連盟は、ドイツ工学アカデミーと共同で、Industrie4.0の活動報告書で、製造業の企業・団体等の協業関係構築の必要性を提言
- 2013年 製造業における主要団体である、「機械工業連盟」、「電気・電子工業連盟」、「IT・通信・ニューメディア産業連合会」を事務局とした、製造業の協業を推進する組織「Plattform Industrie4.0」が発足
ドイツ工学アカデミーがドイツ政府に提言し、2億€の補助金を確保

現在

- 2015年 政府により企業や組合、科学や政治などに関連する団体からの参加増員等の施策を実施
- 2020年 7月、「German Standardization Roadmap Industrie 4.0 Version 4」が公開

Plattform Industrie4.0の概要

国



推進主体

ドイツ政府 / 教育研究省・エネルギー省

取組名

Plattform Industrie4.0

取組期間

2013年から現在*2

目的

CPSの導入等によるスマートファクトリーの実現

主要企業

Bosch / Siemens など

協力団体

ドイツ経済科学研究連盟 / ドイツ工学アカデミー など

活動内容

【Industrie4.0のアーキテクチャ策定】

- ドイツ政府が推進する、製造業のデジタル化への取組「Industrie4.0」を推進する
- リファレンスアーキテクチャ「RAMI4.0」を策定、i4.0で目指す全体像と、批准すべき規格を提示している

【Industrie4.0の普及活動】

- 各工業団体や省庁と連携し、定期的なメンバの追加や、関連各所との連携を行っている

特徴

【製造業向けのアーキテクチャの構築】

- 製造業に特化した取組である
 - ✓ IICが、複数の産業を出口としていることと比べて対照的である

【産業・企業規模をまたいだ取組の推進】

- 製造業に関連する各業界団体と連携して検討を進める
- また、大企業に留まらず中小企業への展開も視野に入れている
 - ✓ 個社毎のサービス化・要素技術に関する研究開発支援の文脈は弱い

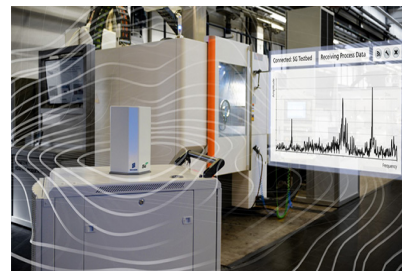
海外における5G×製造業に関する動き：官民連携の動き

ドイツでは、官民が連携して、製造業における5Gの活用のあり方を研究するプロジェクト「The 5G-Industry Campus Europe」が発足している

基本情報

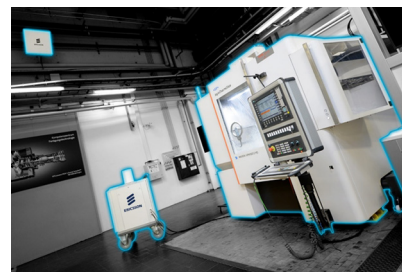
取組名	5G INDUSTRY CAMPUS EUROPE
取組概要	企業や研究機関が共同で、製造業における新しい無線通信技術・5Gの応用分野を調査し、実用的なテストを行う
発足	2019年 / ドイツ
参加団体	Ericsson、フラウンホーファー研究所、ドイツ連邦交通デジタルインフラ省（BMVI） など
ポイント	【政府の支援】 - BMVIは、「The 5G-Industry Campus Europe」（5GICE）に620万ユーロの研究費用を提供している - 今後、5GICEでは、3年間を目途に、製造業における5Gを活用したアプリケーションの活用シナリオを検討する 【実証フィールド】 5GICEには、約1km²の屋外ネットワークと7000m²の製造現場が存在しており、また、3.7～3.8 GHzの周波数帯域内の5Gネットワーク免許を保有している

主なプロジェクト



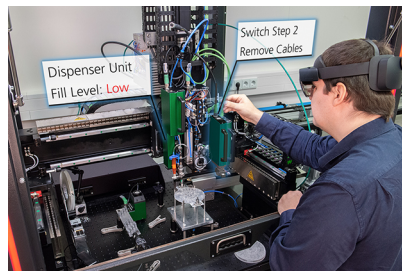
【5GSensPro】

- プロセス制御、評価等の機能を持つ、ラインに組み込まれたセンサーを管理するクラウドシステムの開発に取り組んでいる
- 将来的には、5GICEのネットワークに統合され、テストされる想定である



【5G-SMART】

- 製造業向けアプリケーションである生産実行管理における5Gの性能評価・実用化に向けた研究を行っている
- 将来的には、ユースケースの特定を目標にしている



【Augmented 5G】

- 5Gを活用して、AR等の拡張現実で、リモート環境での工場従事者の作業支援等を行うシステムを開発している

BoschやSiemensは、5Gが製造業にもたらす効用等に関する発表を行っている。
また、Qualcommは、Siemensと共同で、製造現場での5G活用に向けた取組を行っている

海外企業における5G×製造業の取り組み例

	概要	5Gの特徴に関するコメント	URL
Bosch BOSCH	- 自社HP上で、「5 reasons for 5G」として、5Gの特徴を紹介している - 高速大容量、低遅延、多接続等の特徴がある - セキュアでトレーサビリティが確立された通信を行うことが出来る など	「より速く、より良く、より遠くに。より多くを追求することは人間の本性ですが、それが常に現実になるとは限りません。ですが、5Gは違います。5Gは最上級の標準です。」	https://www.bosch.com/stories/5g-industry-4-0/
Qualcomm Qualcomm	Siemensと共同で、工場の製造現場におけるプライベート5Gのネットワーク環境を構築した	「製造現場では、プライベートネットワークを適切に制御・管理することで、高い信頼性・低遅延のネットワークの利用、ニーズに合わせたネットワークの再構成が可能になり、同時に、セキュリティを強化するためにデータを製造現場内で保有することが出来る」	https://www.qualcomm.com/news/releases/2019/11/26/qualcomm-technologies-and-siemens-set-first-5g-private-standalone-network
Siemens SIEMENS	- 自社HP上で、5Gの活用に関する取組を紹介している - 2021年春を目途に、製造現場用5Gルーターを販売する - 自社のニュルンベルグ工場にて、プライベート5Gのネットワークを構築し、活用に向けた検証を行っている	「プライベートネットワークは、スマート生産、ロジスティクス、無人搬送車の操作など、5Gを使用した具体的アプリケーションのテストに使用されています。ワイヤレス通信の信頼性、リアルタイムの動作、人間と機械の相互作用における安全性など、あらゆる側面が実際の産業条件下で厳密にテストされています。」	https://new.siemens.com/global/en/products/automation/industrial-communication/5g.html

各国の政策動向の概観 – 米国

米国は官は大きな方向性を示し、産学連携による「競争と協調」(Team of rivals)を展開
また、要素技術に関する公的な研究開発投資を戦略的に投入(企業家としての国家)

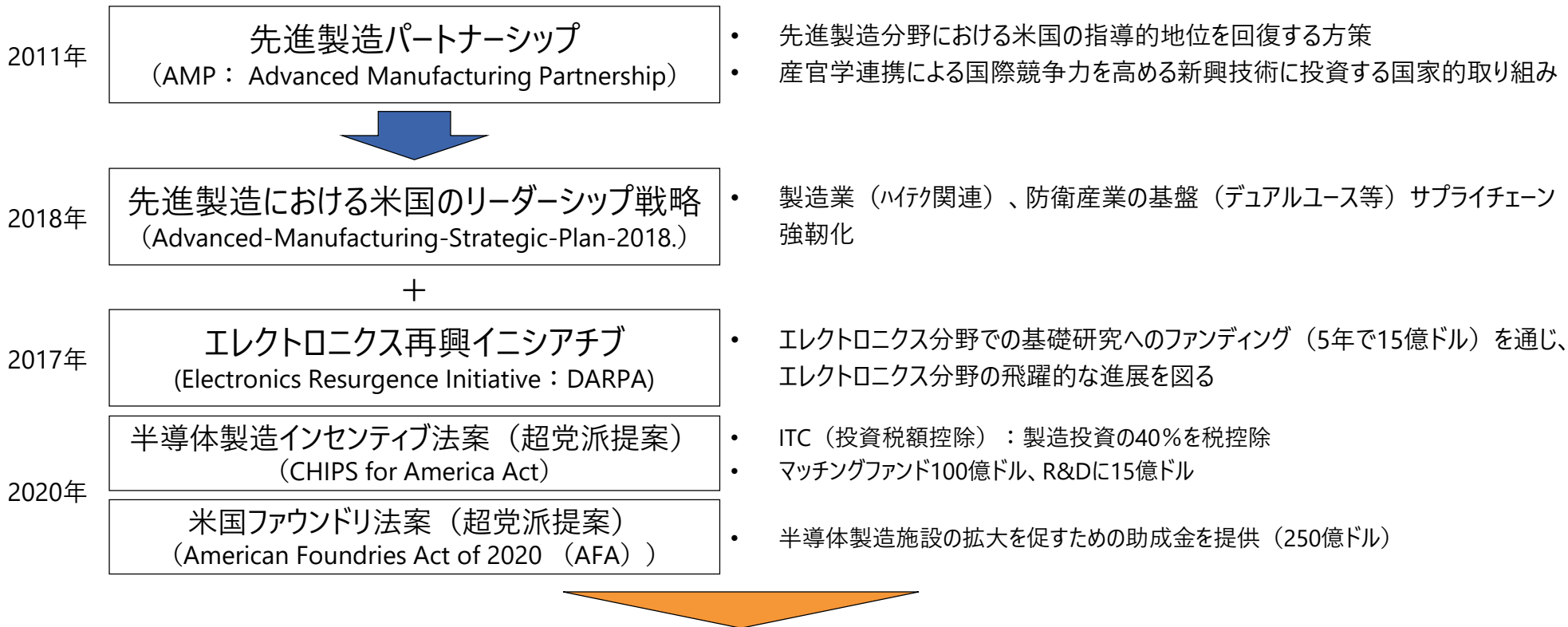
米国の政策動向

政策検討	● 2005年 IT分野の研究開発の省庁横断的な展開強化 (NITRD: Networking and Information Technology Research and Development)
	● 2011年 先端製造パートナーシップによるスマートマニュファクチャリングの政策強化 (Advanced Manufacturing Initiative)
施策推進	● 2014年 IoT推進団体であるIICを設立 (AT&T, Cisco, GE, Intel, IBM) 現在200以上の団体が参加し、欧州、中国の企業も参加 製造業に限らず幅広い産業を対象 デファクトスタンダードを指向しており、IoTサービス創出に向け各ステークホルダーが取り組むリファレンスアーキテクチャ(IIRA: Industrial Internet Reference Architecture)を定義
	● 2020年 2021年度のR&D予算優先事項の一つとしてAI、量子情報科学と並んでAdvanced Manufacturingが挙げられている
現在	

Advanced Manufacturing Initiativeの概要

国		活動内容	【Advanced Manufacturingの強化】 製造業の情報化と省エネ・エネルギー政策を目的とし、スマート製造強化に向けた産官学連携を展開 スマートマニュファクチャリングの取組領域 ✓ Additive Manufacturing、製造ロボット、システム・部品データの信頼性、MBE
推進主体	NSF、NSA DoD、DoE、DoC等		
取組名	Advanced Manufacturing Partnership Advanced-Manufacturing-Strategic-Plan-2018. Electronics Resurgence Initiative CHIPS for America Act		
取組期間	2011年から現在	特徴	【CPSの重点強化】 - CSPに関する研究開発を最重要研究開発分野に位置づける - サイバー空間での圧倒的な強みをIoT分野に拡張する戦略 【先端製造でのエコシステム構築】 - 産官学連携を通じたボトムアップ的なアプローチ - 要素技術には公的資金投資(安全保障、エネルギー政策等) 【産官学連携と競争原理のバランス】 - 市場指向型の産官学連携を展開 ✓ WS等による市場の声の反映 ✓ Team of Rivals - 先端研究から応用への橋渡しの仕組み(15の研究機関) - 官は大きな方向性を提示し、様々な産学がインプリ ✓ 協調領域拡大を意識しユースケース、ビジネスモデルの共同検討開発
目的	スマート製造強化 CPS強化		
主要企業	GE、P&G、ロッキード・マーティン、シーメンス、ボーイング、MSなど		
協力団体	IIC、OCF等		

Advanced Manufacturingは米中対立を受けトランプ政権下で半導体への傾斜が強まり、閉じたサプライチェーンエコシステムを構築することに優先課題が変化。



- 「中国製造2025」対抗：主な狙いは半導体→半導体の複雑化・高度化を背景にサプライチェーン強化が課題に
 - 軍事的優位性は半導体・材料、製造技術への依存度が工場
 - 中国の半導体への巨額投資に対抗する必要性

戦略新規製造技術の開発、製造技術者の教育育成、国内製造サプライチェーンの能力拡張がゴール。

■ 国家安全保障を絡めた政策の色彩が強い。

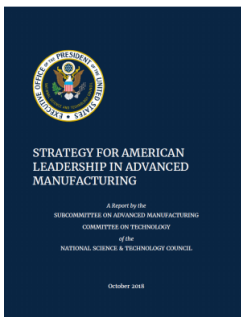
- 産業横断的な先進製造分野において米国がリーダーシップを発揮することにより、安全保障、経済発展を実現するビジョンがベースに存在。
- これに向け、新規製造技術の開発、変革、コネクテッド製造に関する労働力の教育・育成、ドメスティック製造サプライチェーンの能力向上の3つをゴールとしており、特に中小企業における先進製造導入、製造技術のイノベーションに向けたエコシステム構築、安全保障に関する製造基盤整備、地方における先進製造の導入の4つの重要分野について取り組みとしている。

Strategic Plan Structure

Vision: American leadership in advanced manufacturing across industrial sectors to ensure national security and economic prosperity

Goals

1. Develop and transition new manufacturing technologies – 5 Objectives with 15 priorities
2. Educate, train, and connect the manufacturing workforce – 4 Objectives with 9 priorities
3. Expand the capabilities of the domestic manufacturing supply chain – 4 Objectives with 11 priorities



Goal 3 Priorities

1) SMEs in Advanced Manufacturing

- Supply Chain Growth
- Cybersecurity Outreach and Awareness
- Public-Private Partnerships

2) Ecosystems for Manufacturing Innovation

- Manufacturing Innovation Ecosystems.
- New Business Formation and Growth
- R&D Transition

3) Defense Manufacturing Base

- Disruptive Dual-Use Capabilities
- Buy American
- Leveraging Existing Authorities

4) Advanced Manufacturing for Rural Communities

- Advanced Manufacturing for Rural Prosperity
- Capital Access, Investment, and Business Assistance

5G、AI、量子コンピュータを巡る動き

5G

2020年3月

5G安全確保国家戦略 (Secure 5G and Beyond Act)

国内外の5G無線インフラをどのように保護し、普及促進を図るかの枠組み

2020年5月

5G安全確保国家戦略 (DoD 5G Strategy)

堅牢で回復力のあるマイクロエレクトロニクスコンポーネントとサプライチェーン等
(DoD must adopt measures to minimize risks to the supply chain for critical components.)

AI

2018年

AIネクストキャンペーン (AI Next Campaign)

次世代AI開発に総額20億ドル超を助成

2019年

米国AI イニシアチブ (American Artificial Intelligence Initiative)

政府機関のAI投資を優先化

- 2020年度は国防/非国防で各10億ドル投資
- 2022年度までに非国防AIの投資倍増を指示

量子コンピュータ

2018年

国家量子イニシアチブ法 (National Quantum Initiative Act)

5年で12億ドル投資

2018年

量子サイエンス・イニシアチブ (Quantum Science Initiative) (DoE)

ナノスケール・サイエンス研究センター

(NSRCs) に競争的資金として3,000万ドル投資 (量子と材料等のサイエンス分野)

- 中国に遅れを取った5G (Beyond 5G?)でのキャッチアップと世界の主導権確保
- 5Gシステムの安全性担保

- AI Superpowersを巡る覇権争い
 - 中国のAI2030対抗
 - Innovation (米国) vs Implementation (中国)

- 対中国、欧州対抗
 - 中国の量子通信・暗号の脅威の認識は大きい

出所: https://www.cto.mil/wp-content/uploads/2020/05/DoD_5G_Strategy_May_2020.pdf

<https://www.darpa.mil/work-with-us/ai-next-campaign>

<https://www.whitehouse.gov/articles/white-house-hosts-summit-artificial-intelligence-american-industry/>

Kai-Fu Lee "AI Superpowers: China, Silicon Valley, and the New World Order" Houghton Mifflin Harcourt 2018

<https://www.energy.gov/articles/departments-energy-invest-30-million-quantum-science-initiative>

「強靱なサプライチェーンと強力な製造業、防衛産業基盤を確保する」ことを強調。

- Advanced Manufacturingを4つの重要技術分野のひとつとして重視することを発表（2019年2月7日）

FACT SHEETS

America Will Dominate the Industries of the Future

— INFRASTRUCTURE & TECHNOLOGY | Issued on: February 7, 2019

★ ★ ★

“

I am eager to work with you on legislation to deliver new and important infrastructure investment, including investments in the cutting edge industries of the future. This is not an option. This is a necessity.”

President Donald J. Trump

Advanced Manufacturing: New manufacturing technologies drive American competitiveness and enable the economy to continuously improve by increasing productivity, producing technologically superior products, and forming entirely new industries.

- In the face of intense global competition, President Trump unveiled a [National Strategic Plan on Advanced Manufacturing](#) that focuses on defending the economy, expanding manufacturing employment, and **ensuring a resilient supply chain and strong manufacturing and defense industrial base.**

その他 3 つの重点領域として、AI、量子コンピュータ、5Gを掲げる。

Artificial Intelligence (AI): AI includes technologies that allow computers and other machines to learn from experience and complete tasks that have traditionally required human intelligence or reasoning. These innovations are quickly transforming American life and American business, improving how we diagnose and treat illnesses, grow our food, manufacture and deliver new products, manage our finances, power our homes, and travel.

- President Trump has prioritized AI in many of our Nation's most important strategic planning documents such as his [National Security Strategy](#) (NSS) – the first NSS ever to prioritize AI – and the [2020 R&D Budget Priorities](#).
- President Trump formed the [Select Committee on AI](#) to plan and coordinate R&D efforts across the Government and ensure continued United States leadership in AI.
- Recognizing the irreplaceable value of the American worker, the Trump Administration established the [National Council for the American Worker](#) to protect our greatest strength and address workforce changes caused by AI and automation.

Quantum Information Science (QIS): The semiconductors that power our smartphones, the GPS devices that enable navigation, and the images produced by an MRI machine are all examples of quantum science in action. Through developments in QIS, computers can handle new workloads and solve much more difficult challenges than traditional computers.

- The President [signed](#) the National Quantum Initiative Act into law—this bipartisan legislation accelerates the development of QIS and brings a coordinated Federal approach for quantum R&D.
- President Trump released the [National Strategic Overview for Quantum Information Science](#) to guide Federal QIS actions, including the establishment of a Quantum Economic Development Consortium to build the QIS industrial ecosystem.

5G: The development and deployment of high speed, high capacity networks will spur innovation, enable cutting-edge technological advancements, and bring the benefits of connectivity to all Americans.

- President Trump directed the development of a [National Spectrum Strategy](#) to guide policy decisions regarding the lifeblood of wireless networks.
- The President took executive action to improve network infrastructure buildout by [unlocking Federal lands and facilities](#) for commercial use and [streamlining the permit process](#) for communications infrastructure on Federal lands.

欧米の政策動向から得られる示唆

欧州

- Industry4.0
 - データ共有圏（データ駆動2.0）に向けた産業政策（データ独占（データ駆動1.0）への対抗、データ主権確保に向けた閉じた系）

グランドデザイン (合意形成・調整)

米国

- Manufacturing USA（産官学エコシステム）
 - 製造業の革新に向け単なる要素技術ではない大局的な視点（ライフサイクル、組織・人材等）
 - 安全保障・エネルギー政策を絡め民間の取り組みを後押し（企業家としての国家）
 - 単なる標準化活動に留まらない、民間のサービス化を支援するための予算要求・政策と連動した動き

示唆

- データ共有圏（データ駆動2.0）のグランドデザイン（欧）
 - データ提供と効用のバランス、透明性担保コスト低減
 - 社会に価値還元するための公共政策
- 産官学連携による技術開発とビジネスモデル開発（米）（需要表現）
- 製造業の革新（ダイナミックケイパビリティ）に向けた大局観に基づく産官学連携（米）
 - 協調領域拡大と競争強化（技術・業界再編）
 - De-centralize（ギグ・エコノミーへの対応等）
- 産業政策以外の政策と絡めたグランドデザイン（米）
 - レガシー問題への戦略的対応（既存工場の制約解消）

基盤構築

- IDSのアーキテクチャ（GAIA-X・IDSコネクタ）
セキュリティのアーキテクチャ構築⇒対GAFAを意識したデータ主権の確保
- 参照アーキテクチャ（RAMI4.0、AAS）
RAMI4.0におけるOPC UAとの協調⇒多くの事業者への展開を想定

- コンソーシアムエコシステム（IIC等）
 - 官からは大きな方向性を提示し多様な産学グループがインプリ（ボトムアップ）
 - 製造業に留まらないあくまで「産業用IoT」としての基盤構築

- 標準アーキテクチャの整備（欧・米）
 - 標準化のステップ（インターフェース→個別技術）
 - 国際的な協調と競争（IIRAとRAMI4.0のマッピング）
 - データモデルの階層毎の標準化（L3・L2以下のデータ交換等）
 - 産業横断のためのリファレンスモデル
- データ流通とデータ主権のためのPF整備（欧）
 - セキュリティ&データ主権を守る分野横断のデータ連携基盤のシステムアーキテクチャ（機密性に応じたセキュリティレベルの選択、PFの物理・論理的分離等）
- アーキテクチャによる透明性担保（ブロックチェーン等）（米）

ルール整備

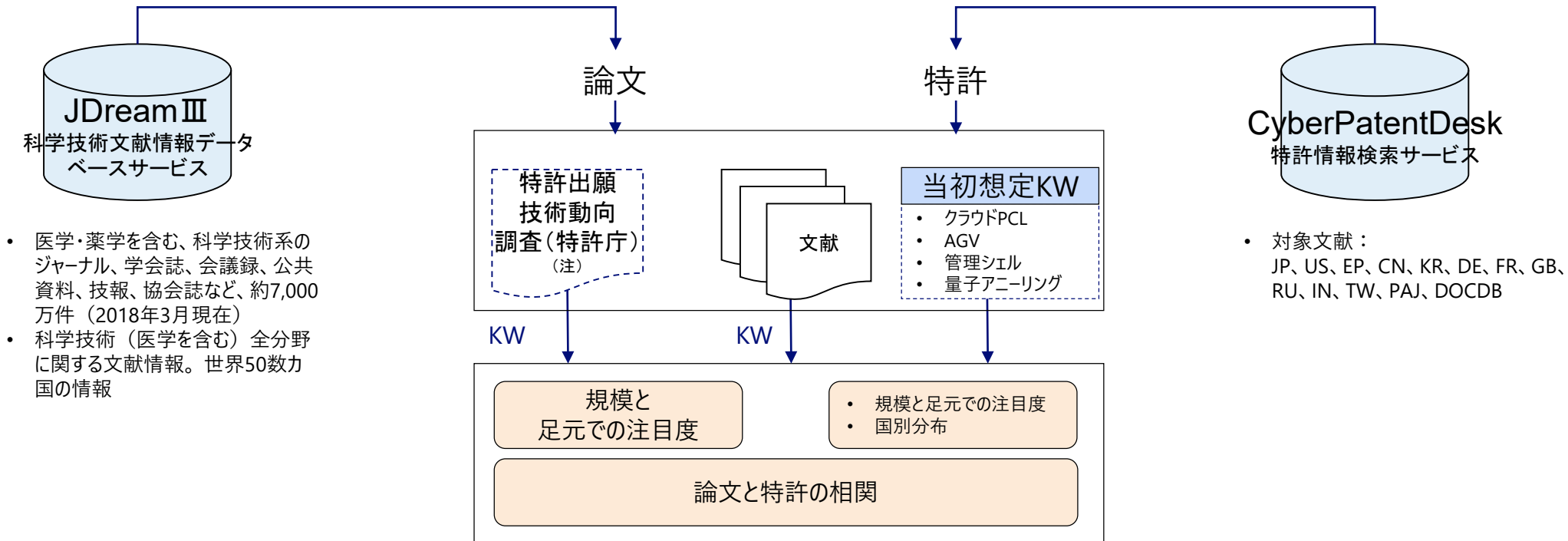
- IDSの機能カテゴリ（Trust、Securityを機能として定義）

- GAFAの垂直統合モデル化（AIスーパーパワー化）とAI for Social Goodの流れ
 - データを社会のために使い、その中で経済的利益も回していく
 - 多元的な軸（信頼）で企業を評価

- アーキテクチャに親和性の高いルールの整備（欧・米）
 - エンジニアの常識に適したルール
 - コネクショニズムへの対応
- データ流通とデータ主権のためのルール整備（欧）
 - 国際標準、各国制度に対する理解
 - 互換性とデータ主権の確保（合意可能な互換性の線引き）

2. 技術開発動向の概観

要素技術の研究開発動向をキーワード分析。



- 対象文献：
JP、US、EP、CN、KR、DE、FR、GB、
RU、IN、TW、PAJ、DOCDB

クラウド、管理シェル、ブロックチェーン、ロボット関連（コ・AIロボット）がティッピングポイント。

足元での注目度(2018年・2019年構成比)

大

中

小

• 管理シェル • クラウドPLC • クラウドERP×製造 • クラウドDCS×製造 • クラウド制御×工場 • クラウドSCADAX製造 • 協調ロボット×工場 • ブロックチェーン×生産・製造・工場 • 最適経路×工場 • ソフトウェアディファンドファクトリー • 量子コンピュータ×生産・製造・工場	Ⅲ	• システムエンジニアリング×製造 • ERP×製造 • ロボット×AI×工場 • 3Dプリンタ×生産・製造・工場 • デジタルツイン • セキュリティ×工場	Ⅳ
• 量子アニーリング×生産・製造・工場 • クラウドPLMX生産・製造・工場 • BMIX生産・製造・工場	Ⅱ	• AGV	Ⅴ
• 自律AGV • PLMX製造 • SCADAX製造 • トレーサビリティ×工場	Ⅰ	• PLC • DCS×製造 • 制御×工場 • VR・AR×工場 • AIX工場 • AX工場×製造・生産) • 画像処理・解析×工場 • シミュレーション×工場×製造・生産 • ライフサイクル×工場 • アディティブマニファクチャリング • CIM×工場 • 予防・予兆×保全・保守	Ⅵ

小

規模(件数)

大

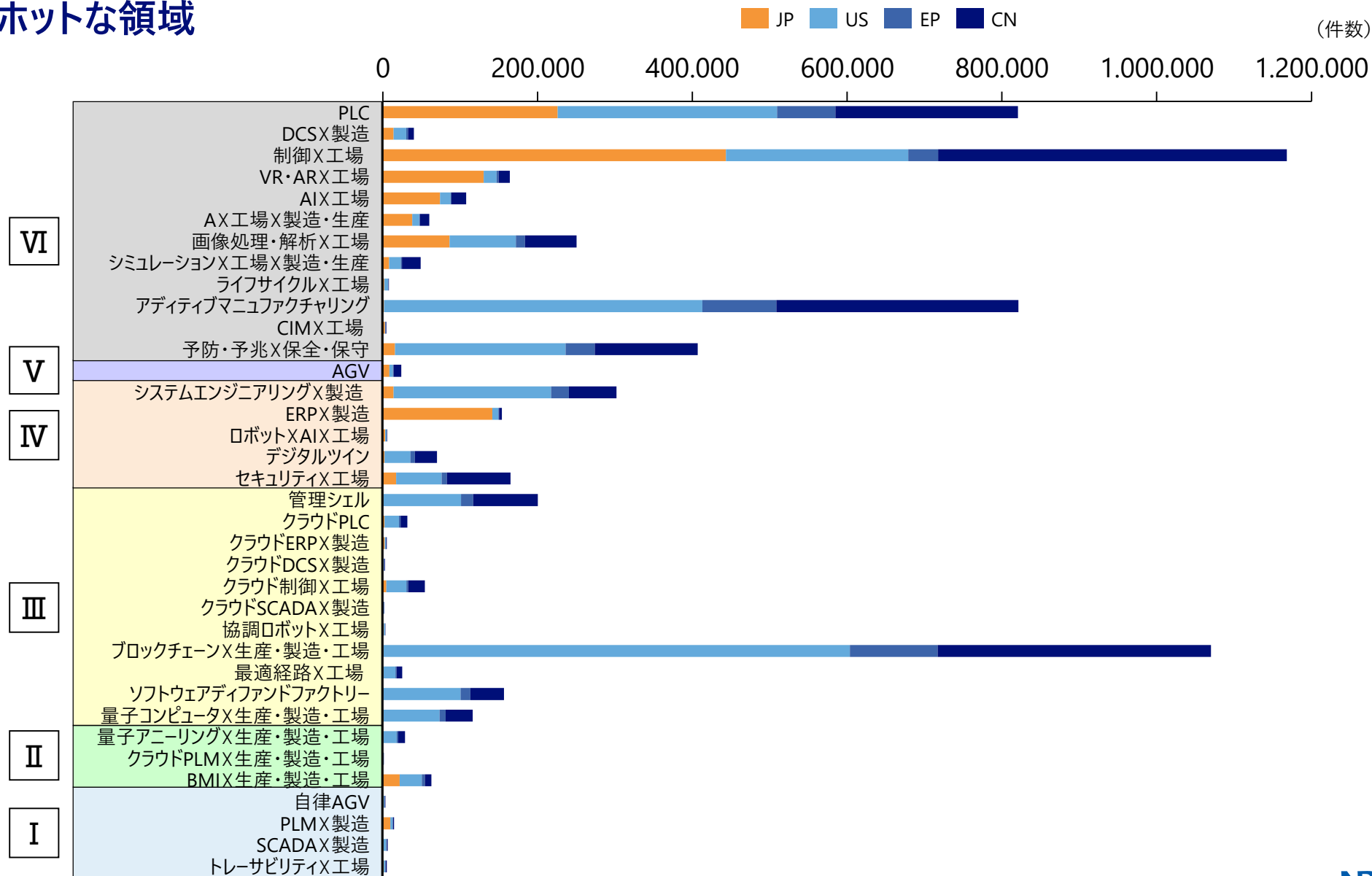
注：規模について、KWごとの論文件数が全KW論文件数の中央値をより多い場合は「大」、少ない場合は「小」とした。また、足元での注目度について、KWごとの論文件数のうち2018年、ならびに2019年に発表された件数の比率を算出し、全KW論文件数比率の中央値を共に上回る場合は「大」、どちらかが上回る場合は「中」、その他を「小」とした。

論文件数

	全体	2018以降	2019以降	構成比		ステージ
				2018以降	2019以降	
PLC	168,632	21,507	13,266	13%	8%	VI
DCS×製造	992	171	107	17%	11%	VI
制御×工場	58,367	2,749	1,629	5%	3%	VI
VR・AR×工場	165,630	12,169	7,809	7%	5%	VI
AI×工場	77,387	11,872	7,635	15%	10%	VI
A×工場×製造・生産)	37,984	6,161	3,994	16%	11%	VI
画像処理・解析×工場	4,581	418	280	9%	6%	VI
シミュレーション×工場×製造・生産	6,557	633	408	10%	6%	VI
ライフサイクル×工場	2,361	347	209	15%	9%	VI
アディティブマニファクチャリング	1,289	283	56	22%	4%	VI
CIM×工場	4,376	36	19	1%	0%	VI
予防・予兆×保全・保守	23,111	2,342	1,436	10%	6%	VI
AGV	5,132	1,033	703	20%	14%	V
システムエンジニアリング×製造	1,856	1,131	740	61%	40%	IV
ERP×製造	3,381	865	574	26%	17%	IV
ロボット×AI×工場	1,705	469	284	28%	17%	IV
3Dプリンタ×生産・製造・工場	4,274	1,881	1,135	44%	27%	IV
デジタルツイン	1,063	916	715	86%	67%	IV
セキュリティ×工場	1,324	332	201	25%	15%	IV
管理シェル	424	292	194	69%	46%	III
クラウドPLC	97	55	36	57%	37%	III
クラウドERP×製造	54	20	14	37%	26%	III
クラウドDCS×製造	7	6	3	86%	43%	III
クラウド制御×工場	185	103	54	56%	29%	III
クラウドSCADA×製造	5	2	1	40%	20%	III
協調ロボット×工場	319	104	65	33%	20%	III
ブロックチェーン×生産・製造・工場	495	480	353	97%	71%	III
最適経路×工場	34	8	5	24%	15%	III
ソフトウェアディファンドファクトリー	70	49	26	70%	37%	III
量子コンピュータ×生産・製造・工場	69	31	23	45%	33%	III
量子アニーリング×生産・製造・工場	10	9	1	90%	10%	II
クラウドPLM×生産・製造・工場	22	6	1	27%	5%	II
BMI×生産・製造・工場	100	18	11	18%	11%	II
自律AGV	608	105	62	17%	10%	I
PLM×製造	448	85	48	19%	11%	I
SCADA×製造	404	63	34	16%	8%	I
トレーサビリティ×工場)	766	73	43	10%	6%	I

特許 規模と足元での注目度（件数_全体）

ブロックチェーン、システムズエンジニアリング、管理シェル、セキュリティX工場が論文、特許共にホットな領域

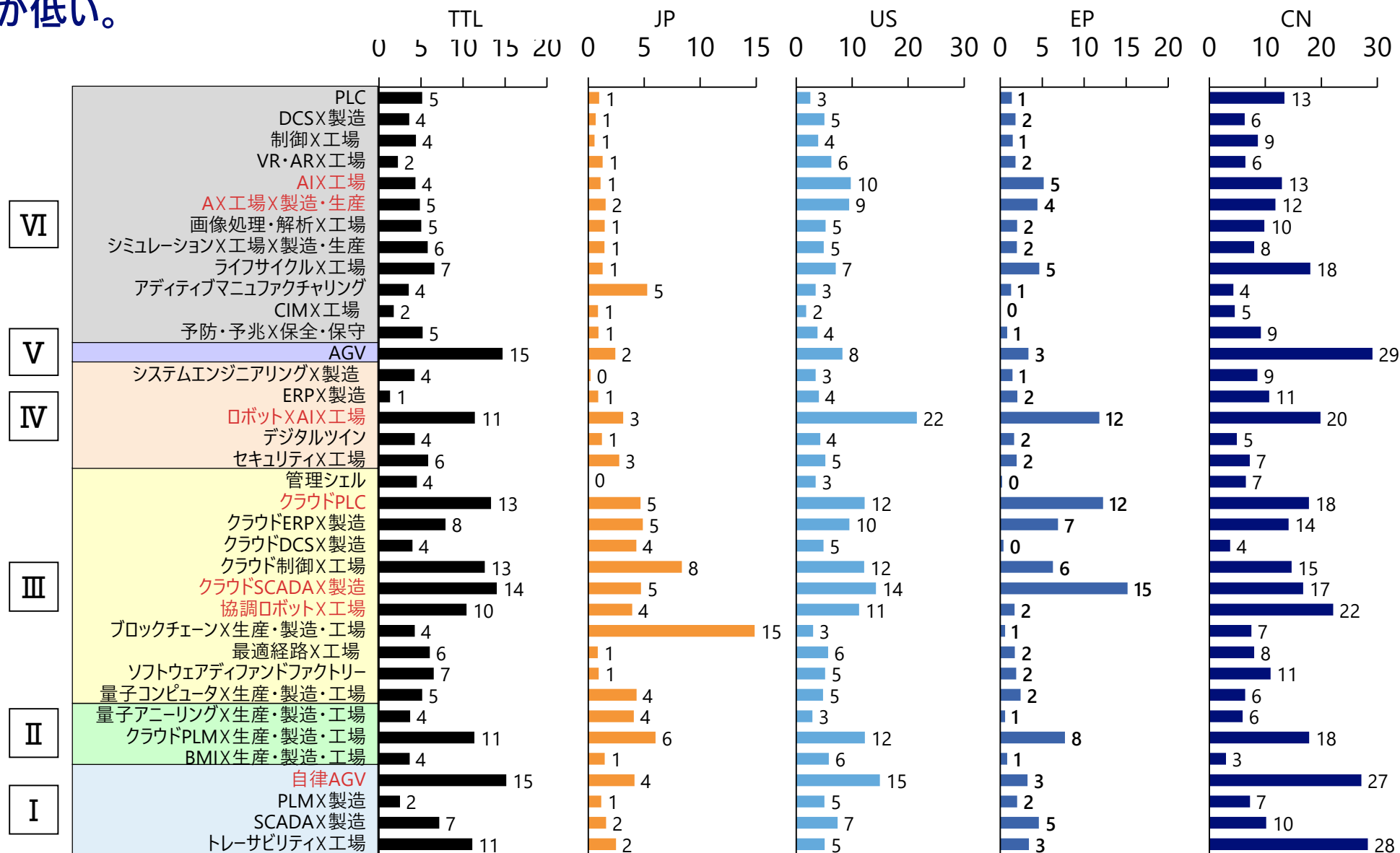


件数と国別構成比

	JP	US	EP	CN	TTL	構成比					ステージ
						JP	US	EP	CN	TTL	
PLC	225,688	283,673	75,302	235,979	820,642	28%	35%	9%	29%	100%	VI
DCS×製造	13,643	16,458	2,353	7,624	40,078	34%	41%	6%	19%	100%	VI
制御×工場	443,272	235,587	38,753	450,532	1,168,144	38%	20%	3%	39%	100%	VI
VR・AR×工場	130,305	16,460	2,712	14,473	163,950	79%	10%	2%	9%	100%	VI
AI×工場	73,671	13,633	1,298	19,064	107,666	68%	13%	1%	18%	100%	VI
A×工場×製造・生産	37,962	8,888	856	12,202	59,908	63%	15%	1%	20%	100%	VI
画像処理・解析×工場	86,141	85,755	11,771	66,604	250,271	34%	34%	5%	27%	100%	VI
シミュレーション×工場×製造・生産	7,900	15,076	1,606	24,044	48,626	16%	31%	3%	49%	100%	VI
ライフサイクル×工場	1,637	5,074	366	610	7,687	21%	66%	5%	8%	100%	VI
アディティブマニュファクチャリング	1,366	411,336	95,699	312,754	821,155	0%	50%	12%	38%	100%	VI
CIM×工場	2,499	896	62	813	4,270	59%	21%	1%	19%	100%	VI
予防・予兆×保全・保守	15,576	220,582	37,651	133,030	406,839	4%	54%	9%	33%	100%	VI
AGV	8,352	4,552	865	9,860	23,629	35%	19%	4%	42%	100%	V
システムエンジニアリング×製造	13,871	203,580	22,973	61,538	301,962	5%	67%	8%	20%	100%	IV
ERP×製造	141,364	7,801	837	3,785	153,787	92%	5%	1%	2%	100%	IV
ロボット×AI×工場	2,814	1,818	127	575	5,334	53%	34%	2%	11%	100%	IV
デジタルツイン	1,972	33,553	5,611	28,618	69,754	3%	48%	8%	41%	100%	IV
セキュリティ×工場	17,039	58,784	6,647	82,310	164,780	10%	36%	4%	50%	100%	IV
管理シェル	345	100,701	15,627	83,445	200,118	0%	50%	8%	42%	100%	III
クラウドPLC	1,950	18,778	1,961	8,970	31,659	6%	59%	6%	28%	100%	III
クラウドERP×製造	2,254	1,839	131	643	4,867	46%	38%	3%	13%	100%	III
クラウドDCS×製造	186	1,231	259	1,048	2,724	7%	45%	10%	38%	100%	III
クラウド制御×工場	4,506	25,976	2,247	21,413	54,142	8%	48%	4%	40%	100%	III
クラウドSCADA×製造	106	1,311	99	209	1,725	6%	76%	6%	12%	100%	III
協調ロボット×工場	1,068	1,592	118	570	3,348	32%	48%	4%	17%	100%	III
ブロックチェーン×生産・製造・工場	592	602,752	113,683	353,051	1,070,078	0%	56%	11%	33%	100%	III
最適経路×工場	348	15,731	1,608	7,243	24,930	1%	63%	6%	29%	100%	III
ソフトウェアディファンドファクトリー	107	100,266	12,556	43,482	156,411	0%	64%	8%	28%	100%	III
量子コンピュータ×生産・製造・工場	533	72,719	7,908	35,006	116,166	0%	63%	7%	30%	100%	III
量子アニーリング×生産・製造・工場	49	17,676	1,924	8,958	28,607	0%	62%	7%	31%	100%	II
クラウドPLM×生産・製造・工場	233	424	91	185	933	25%	45%	10%	20%	100%	II
BMI×生産・製造・工場	21,669	28,632	3,785	8,421	62,507	35%	46%	6%	13%	100%	II
自律AGV	847	1,169	154	951	3,121	27%	37%	5%	30%	100%	I
PLM×製造	9,684	2,901	600	1,155	14,340	68%	20%	4%	8%	100%	I
SCADA×製造	562	3,994	434	1,132	6,122	9%	65%	7%	18%	100%	I
トレーサビリティ×工場	1,050	2,223	264	1,420	4,957	21%	45%	5%	29%	100%	I

特許 規模と足元での注目度（2019年以降の件数比率_国別）

日本はクラウドPLC・SCADA、自律AGV、コロボット、AI関連で米中に対して足元での注目度が低い。

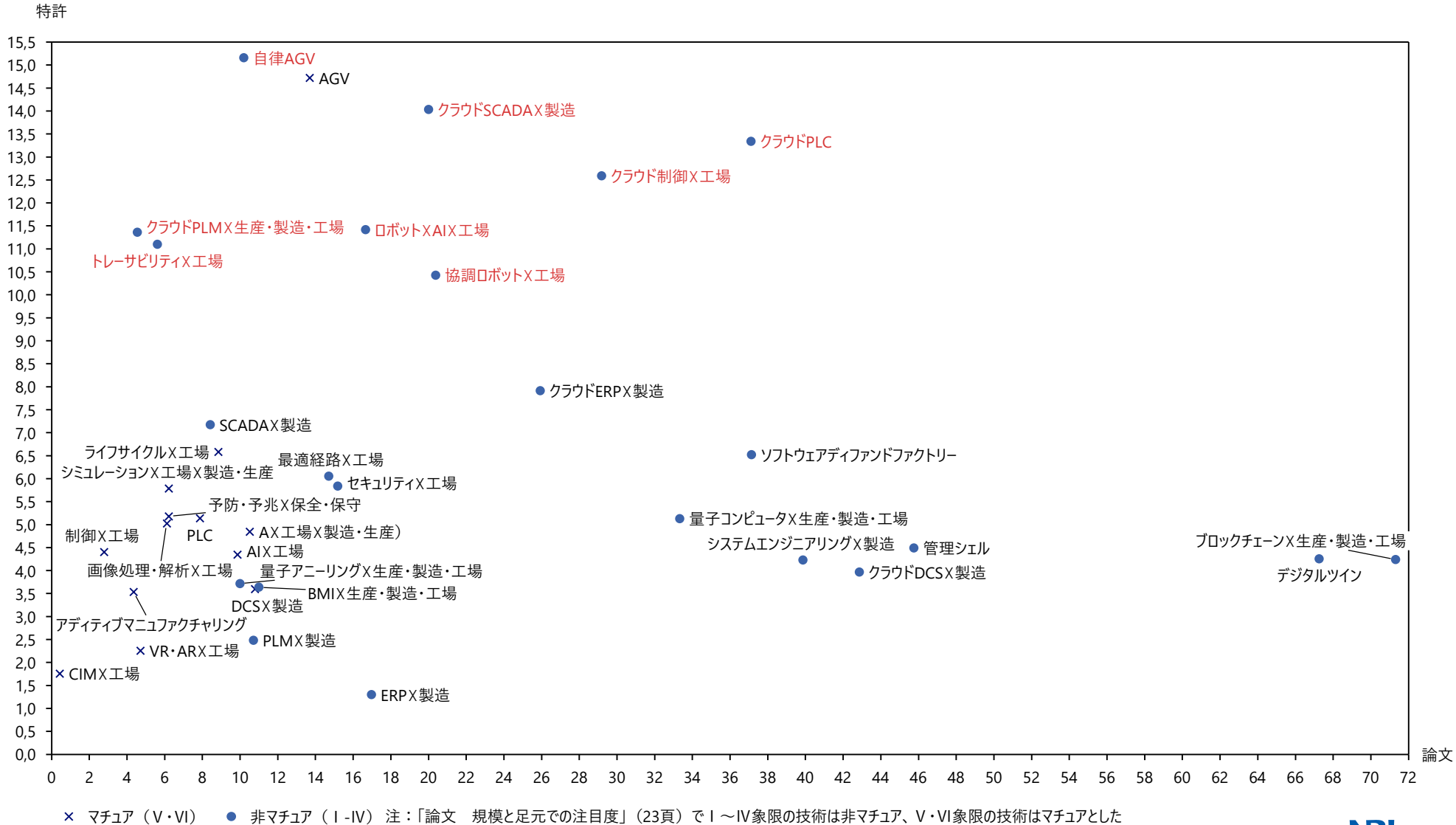


国別比率と日本との比較

	JP	US	EP	CN	TTL	JPとの比較	
						対US	対CN
PLC	1%	3%	1%	13%	5%	2%	12%
DCS×製造	1%	5%	2%	6%	4%	4%	6%
制御×工場	1%	4%	1%	9%	4%	3%	8%
VR・AR×工場	1%	6%	2%	6%	2%	5%	5%
AI×工場	1%	10%	5%	13%	4%	9%	12%
A×工場×製造・生産	2%	9%	4%	12%	5%	8%	10%
画像処理・解析×工場	1%	5%	2%	10%	5%	4%	8%
シミュレーション×工場×製造・生産	1%	5%	2%	8%	6%	3%	7%
ライフサイクル×工場	1%	7%	5%	18%	7%	6%	17%
アディティブマニュファクチャリング	5%	3%	1%	4%	4%	-2%	-1%
CIM×工場	1%	2%	0%	5%	2%	1%	4%
予防・予兆×保全・保守	1%	4%	1%	9%	5%	3%	8%
AGV	2%	8%	3%	29%	15%	6%	27%
システムエンジニアリング×製造	0%	3%	1%	9%	4%	3%	8%
ERP×製造	1%	4%	2%	11%	1%	3%	10%
ロボット×AI×工場	3%	22%	12%	20%	11%	18%	17%
デジタルツイン	1%	4%	2%	5%	4%	3%	4%
セキュリティ×工場	3%	5%	2%	7%	6%	2%	4%
管理シェル	0%	3%	0%	7%	4%	3%	7%
クラウドPLC	5%	12%	12%	18%	13%	8%	13%
クラウドERP×製造	5%	10%	7%	14%	8%	5%	9%
クラウドDCS×製造	4%	5%	0%	4%	4%	1%	-1%
クラウド制御×工場	8%	12%	6%	15%	13%	4%	6%
クラウドSCADA×製造	5%	14%	15%	17%	14%	10%	12%
協調ロボット×工場	4%	11%	2%	22%	10%	7%	18%
ブロックチェーン×生産・製造・工場	15%	3%	1%	7%	4%	-12%	-7%
最適経路×工場	1%	6%	2%	8%	6%	5%	7%
ソフトウェアディファンドファクトリー	1%	5%	2%	11%	7%	4%	10%
量子コンピュータ×生産・製造・工場	4%	5%	2%	6%	5%	0%	2%
量子アニーリング×生産・製造・工場	4%	3%	1%	6%	4%	-1%	2%
クラウドPLM×生産・製造・工場	6%	12%	8%	18%	11%	6%	12%
BMI×生産・製造・工場	1%	6%	1%	3%	4%	4%	2%
自律AGV	4%	15%	3%	27%	15%	11%	23%
PLM×製造	1%	5%	2%	7%	2%	4%	6%
SCADA×製造	2%	7%	5%	10%	7%	6%	9%
トレーサビリティ×工場	2%	5%	3%	28%	11%	3%	26%

論文と特許（TTL）の相関（2019年以降の件数比率）

自律AGV、クラウド関連、ロボット、AI関連、トレサビX工場は直近の論文構成比が低いものの直近の特許の構成比が相対的に高い。



日本は製造関連のホット領域であるクラウド、エッジでのポジションが低い可能性が存在。

- 製造関連でのクラウド、管理シェル、ブロックチェーン、ロボット関連（コ・AIロボット）などに関する研究はティッピングポイントを迎えつつある。
- 自律AGV、クラウド関連、コロボット、AI関連、トレサビX工場は直近の論文構成比が低いものの直近の特許の構成比が相対的に高い（実用化フェーズにシフトしている可能性）。
- 特許の国別構成比では米国と中国の比率が高い。
 - 特にクラウド関連での中国の特許構成比の高さが注目される。
 - 日本はIoT、5G、CPSが高いが、クラウド、エッジは低い。

3. 製造業における5G活用概観

1) 想定されるユースケース

2) 想定される潜在需要 (自律型AGV・ロボティクス、製造現場におけるDX)

3) ローカル5Gの動向 (日・独)

4) 製造業での5G活用に向けた取り組み

5) 標準化の動向

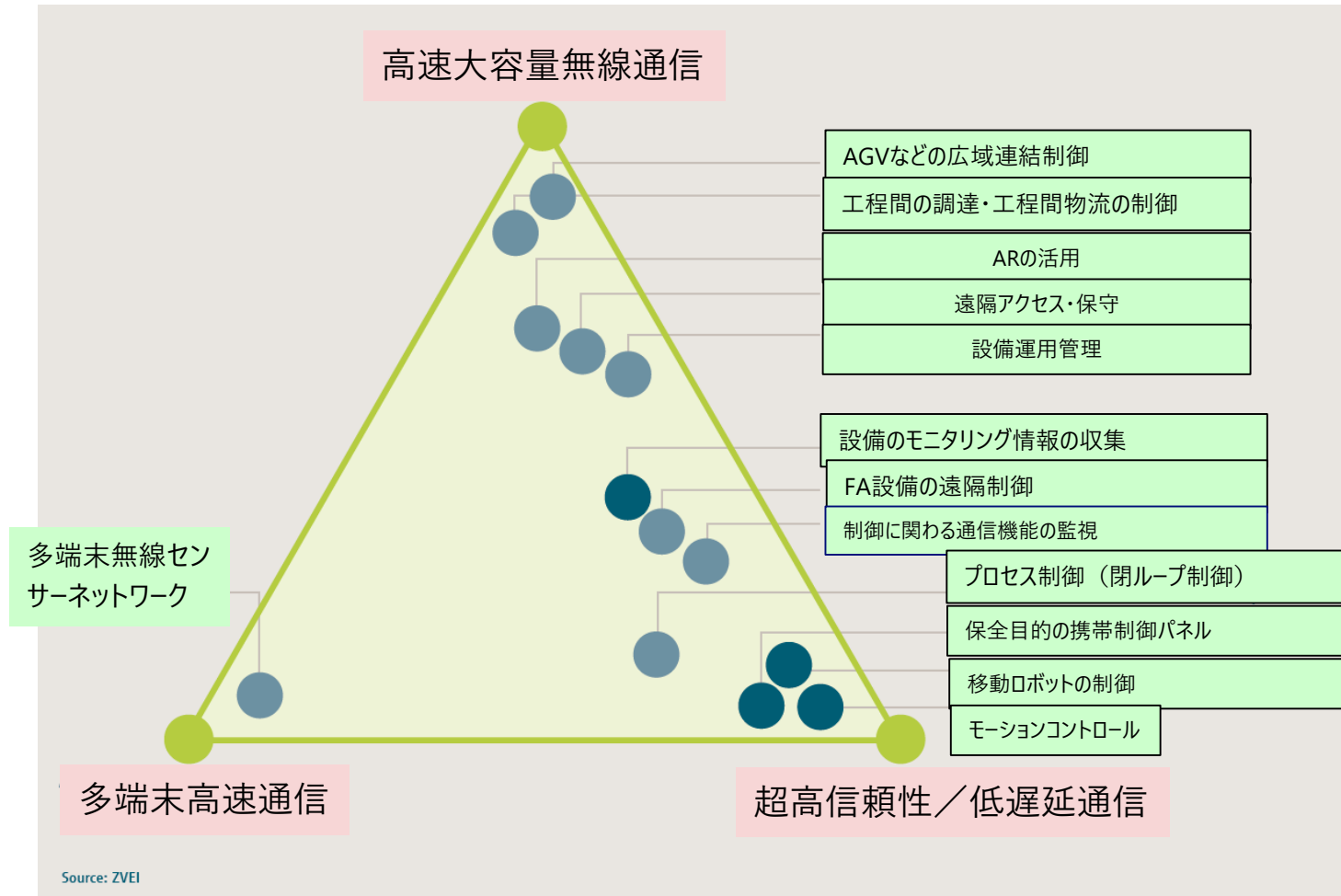
5Gの新規性（他方式との相違点）

低遅延、多接続という特徴は従来の無線通信技術が有してこなかった、5Gの新規性と言える特徴である。

	<u>3 G</u>	<u>4 G</u>	<u>5 G</u>
特徴 (非連続な変化)	インターネット接続	固定と無線の帯域の 無差別化	高速大容量（eMBB）、 低遅延（URLLC）、 多接続（mMTC）
スペック	15Mbps － －	～1Gbps 10ms 10万デバイス/km2	20Gbps 1ms 100万デバイス/km2
利用面での変化 (端末・デバイスの 進化)	モバイルインターネット	スマートフォン	IoT AI、ARとの融合

想定されるユースケース

ユースケース毎に求められる要件に応じて、5Gの3つの特徴を最適化することで、多様な機能を実現。



参考：技術開発動向概観（論文、特許分析）の主要技術（23頁）との関係性

		AGVなどの広域運送制御 工程間の調達・工程間物流の制御	ARの活用	遠隔アクセス・保守	設備運用管理	設備のモニタリング情報の収集	FA設備の遠隔制御	制御に関わる通信機能の監視	プロセス制御（閉ループ制御）	安全目的の携帯制御パネル	移動ロボットの制御	モーションコントロール	多端末無線センサネットワーク
VI	PLC	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
VI	DCSX製造	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
VI	制御X工場	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
VI	VR・ARX工場			○						○		○	
VI	AIX工場	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
VI	AX工場X製造・生産	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
VI	画像処理・解析X工場			○		○						○	
VI	シミュレーションX工場X製造・生産	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
VI	ライフサイクルX工場				○	○							
VI	アディティブマニファクチャリング												
VI	CIMX工場												
VI	予防・予兆X保全・保守			○	○	○			○	○			
V	AGV	○	○								○		
IV	システムエンジニアリングX製造	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
IV	ERPX製造	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
IV	ロボットXAIX工場												
IV	3DプリンタX生産・製造・工場												
IV	デジタルツイン	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
IV	セキュリティX工場	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
III	管理シェル												
III	クラウドPLC	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
III	クラウドERPX製造	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
III	クラウドDCSX製造	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
III	クラウド制御X工場	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
III	クラウドSCADAX製造	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
III	協調ロボットX工場	○	○								○		
III	ブロックチェーンX生産・製造・工場												
III	最適経路X工場	○	○								○		
III	ソフトウェアディファンドファクトリー												
III	量子コンピュータX生産・製造・工場	○	○								○		
II	量子アニーリングX生産・製造・工場	○	○								○		
II	クラウドPLMX生産・製造・工場												
II	BMIX生産・製造・工場												
I	自律AGV	○	○								○		
I	PLMX製造												
I	SCADAX製造	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
I	トレーサビリティX工場												

5Gの有する多様な機能を活用することで様々なユースケースが実現可能となる。

- モーションコントロール、携帯制御パネル、ARなどの大容量性、移動ロボット、遠隔アクセス・保守などの低遅延性、多端末無線センサーネットワークなどの多端末性を活かしたアプリとそれらを組み合わせたユースケースが想定される。

		アプリケーション									
		低遅延 大容量	低遅延 多端末	多端末 大容量	低遅延 多端末	低遅延 多端末	低遅延 多端末	大容量	低遅延 多端末	低遅延 多端末	低遅延 多端末
		Motion control	Control-to-control	Mobile control panels	Mobile robots	Massive wireless sensor networks	Remote access and maintenance	Augmented reality	Closed-loop process control	Process monitoring	Plant asset management
ユースケース	Factory automation	X	X		X	X					
	Process automation				X	X			X	X	X
	HMI and production IT			X				X			
	Logistics and warehousing		X		X						X
	Monitoring and maintenance				X	X	X	X			

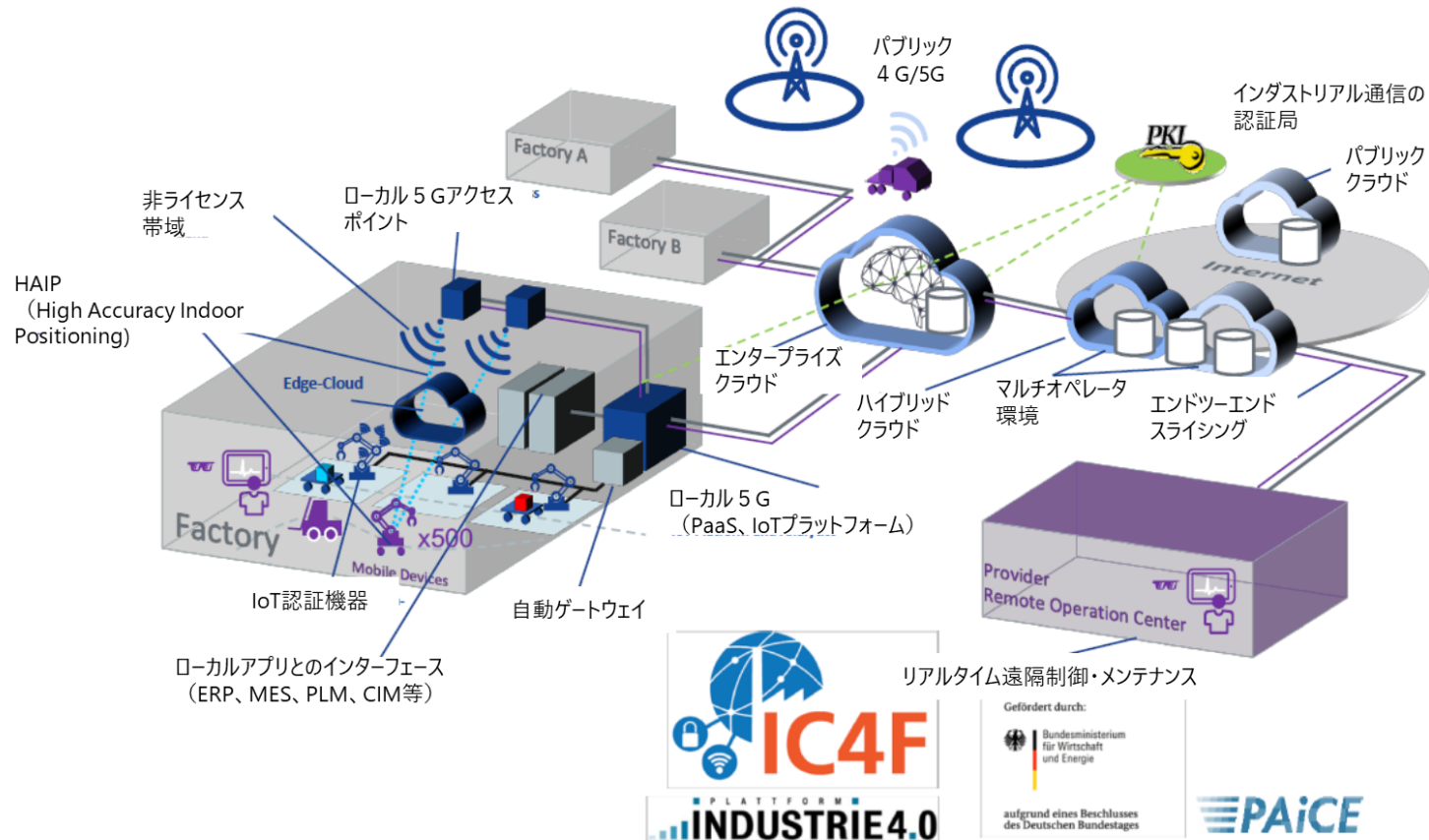
Source: 5G-ACIA / ZVEI

注：X：ユースケース内で活用が期待されているアプリケーション

想定されるユースケース：製造向けモバイルアーキテクチャの将来像

モバイルベースのアーキテクチャによりフレキシブルな生産ラインが実現する。

Future Mobile Architecture for Industrial Communication



1) 想定されるユースケース

2) 想定される潜在需要
(自律型AGV・ロボティクス、製造現場におけるDX)

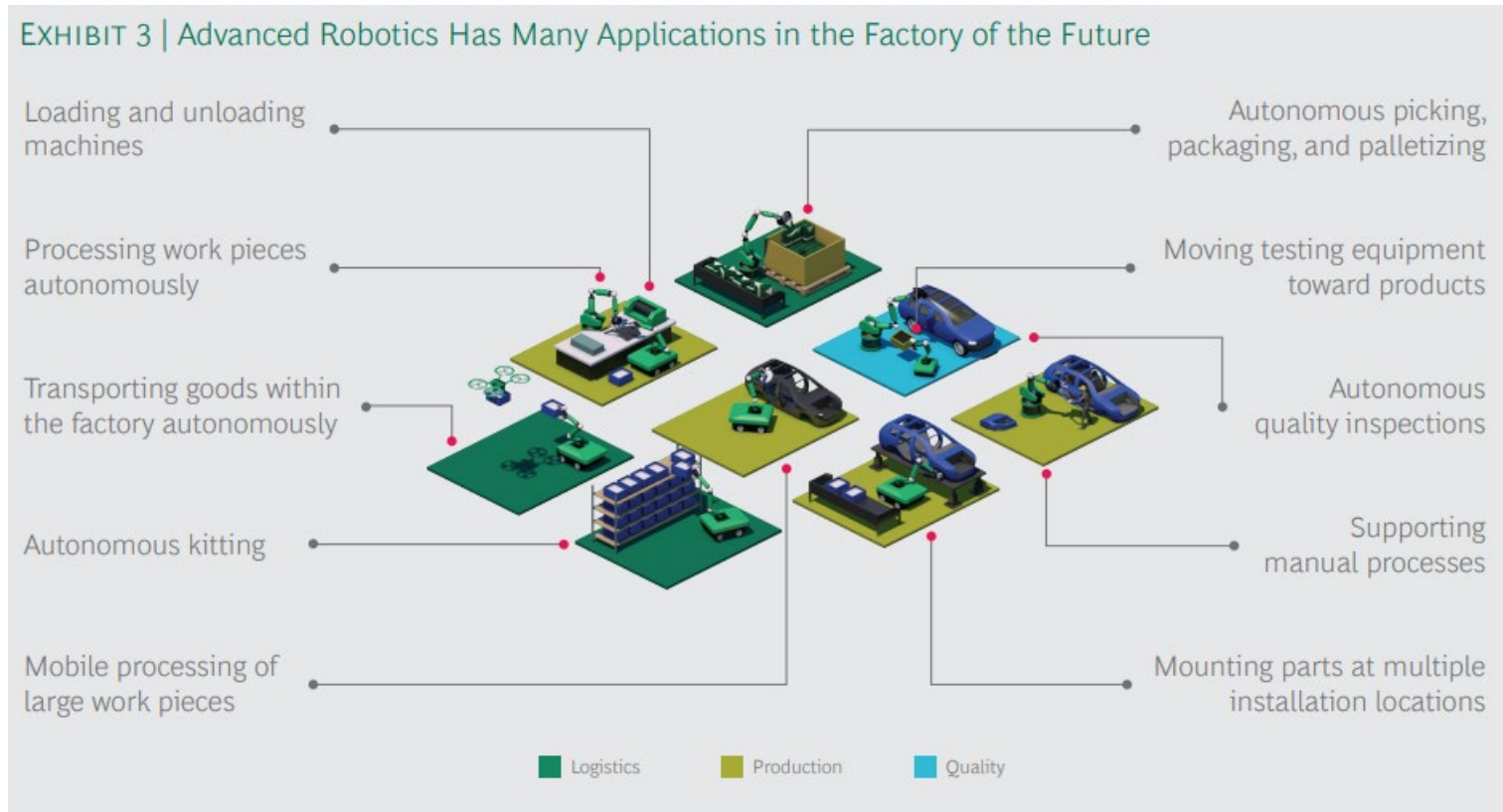
3) ローカル5Gの動向
(日・独)

4) 製造業での5G活用に向けた取り組み

5) 標準化の動向

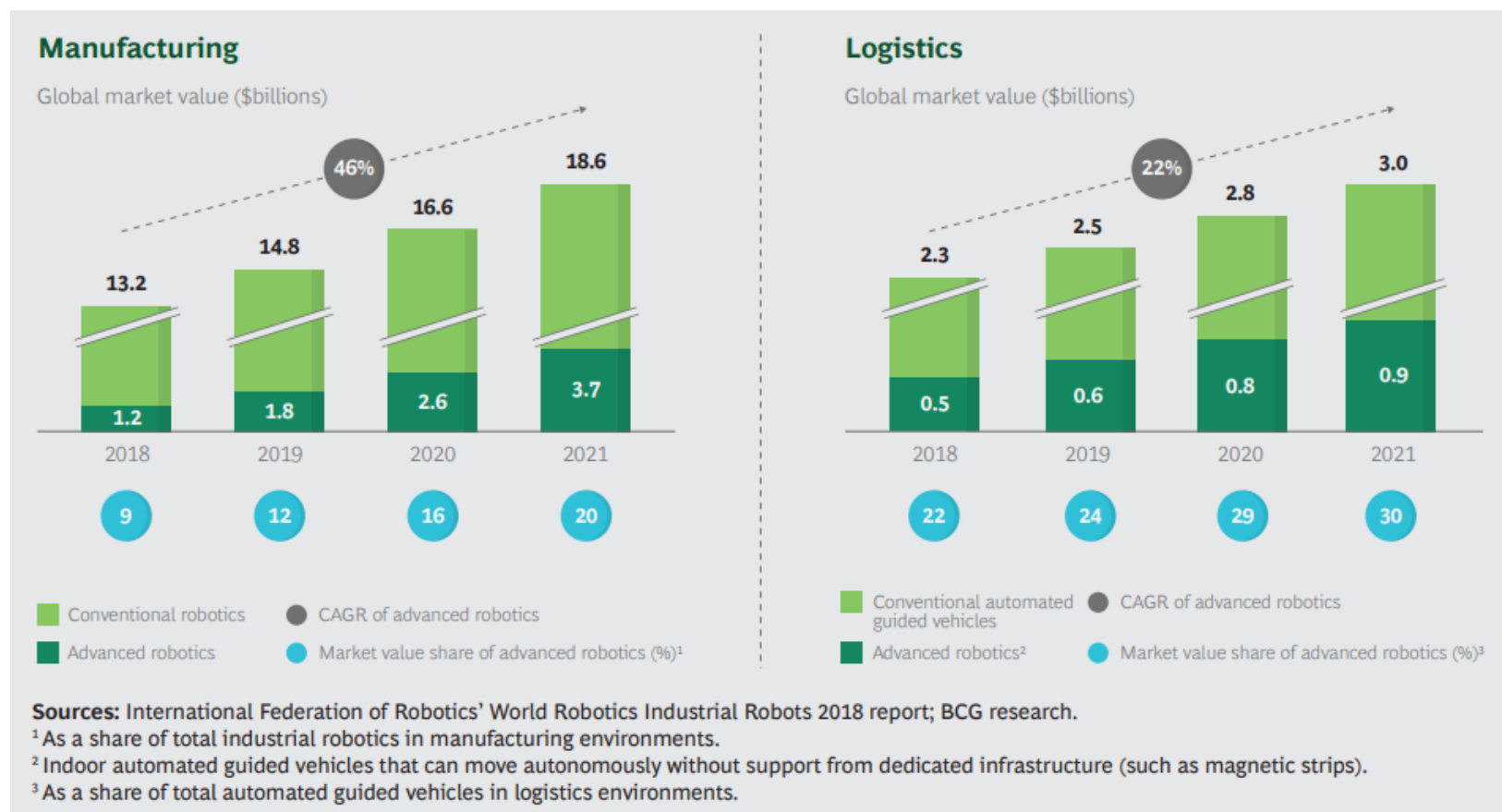
ボストンコンサルティンググループの将来の工場内先進ロボティクスに関する調査によれば、現在導入が進みつつある協調ロボットを代替する形で、自律型AGV・ロボット（Advanced robotics）が成長していくと予測されている。

- ボストンコンサルティンググループの将来の工場内先進ロボティクスに関する調査によれば、無線環境を活用した自律型AGV・ロボット活用（デジタルセル生産等）の高度化により、現在導入が進みつつある協調型ロボットを代替して行く。



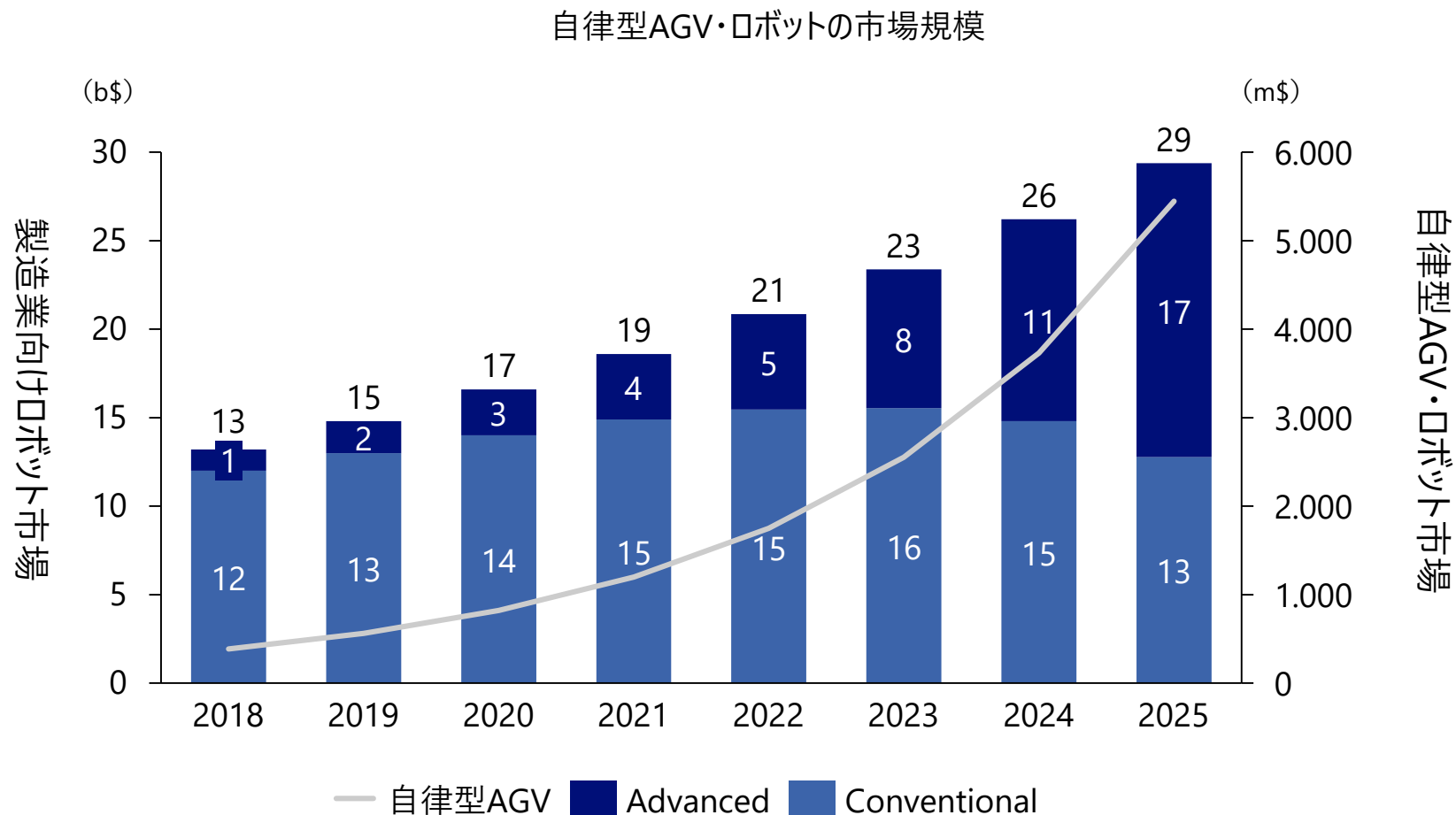
2021年には自律型AGV・ロボットはロボット全体の20-30%を占めると予測。

- 生産性、品質、安全性、アジリティに優れる自律型AGV・ロボット等は工場の生産性向上のドライバーとなり、2021年までに製造業向けロボット全体の20-30%に達すると予想される。



出所：BCG “Advanced Robotics in the Factory of the Future” March 2019

自律型AGV・ロボット等の導入を背景に自律型AGVの市場は2025年には約6b\$に達すると予測される。

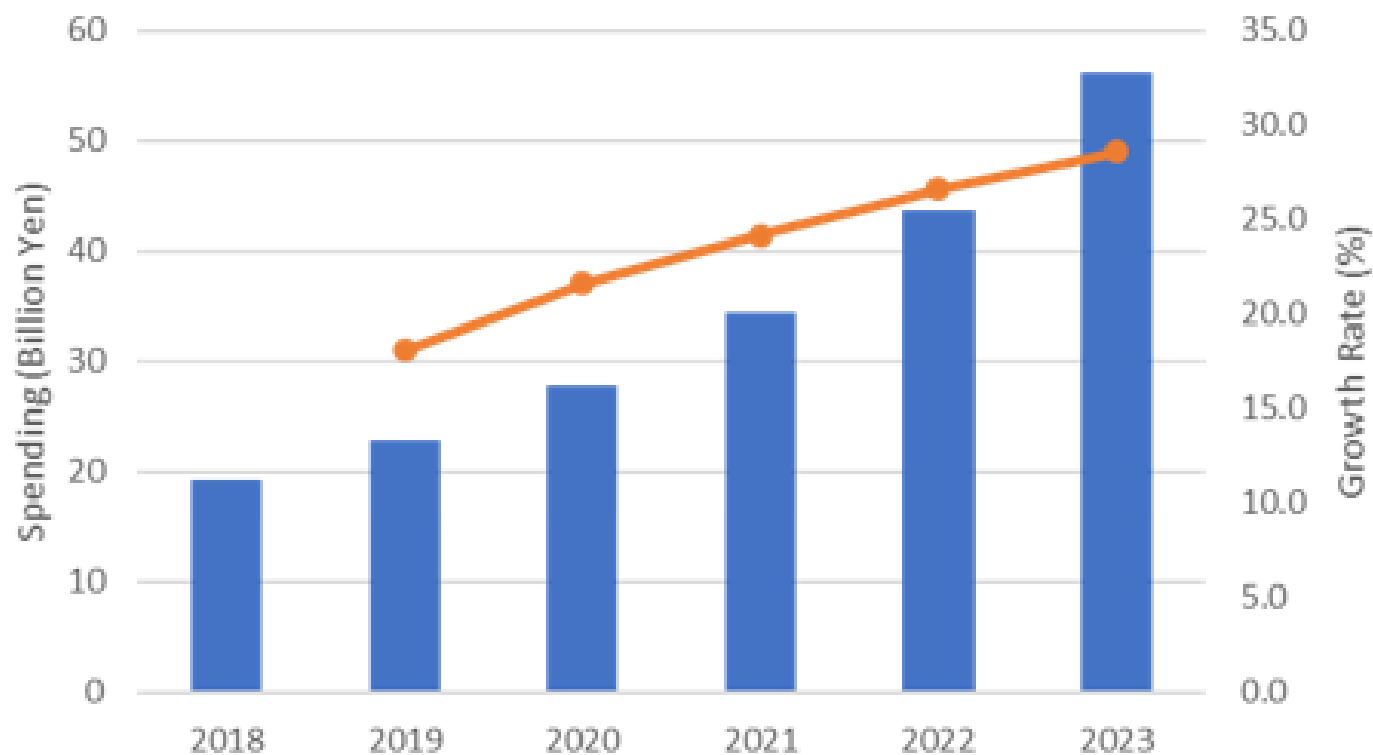


注：Advancedは自律型AGV・ロボット等、Conventionalは従来型ロボットを示す

国内の自律型AGV・ロボットの市場見通し

- 日本においても自律型AGV・ロボットの市場拡大が見込まれており、2023年には2018年比で約3倍弱の市場規模の増加が見込まれている。

国内自律移動型ロボット市場規模：2018年～2023年[※]



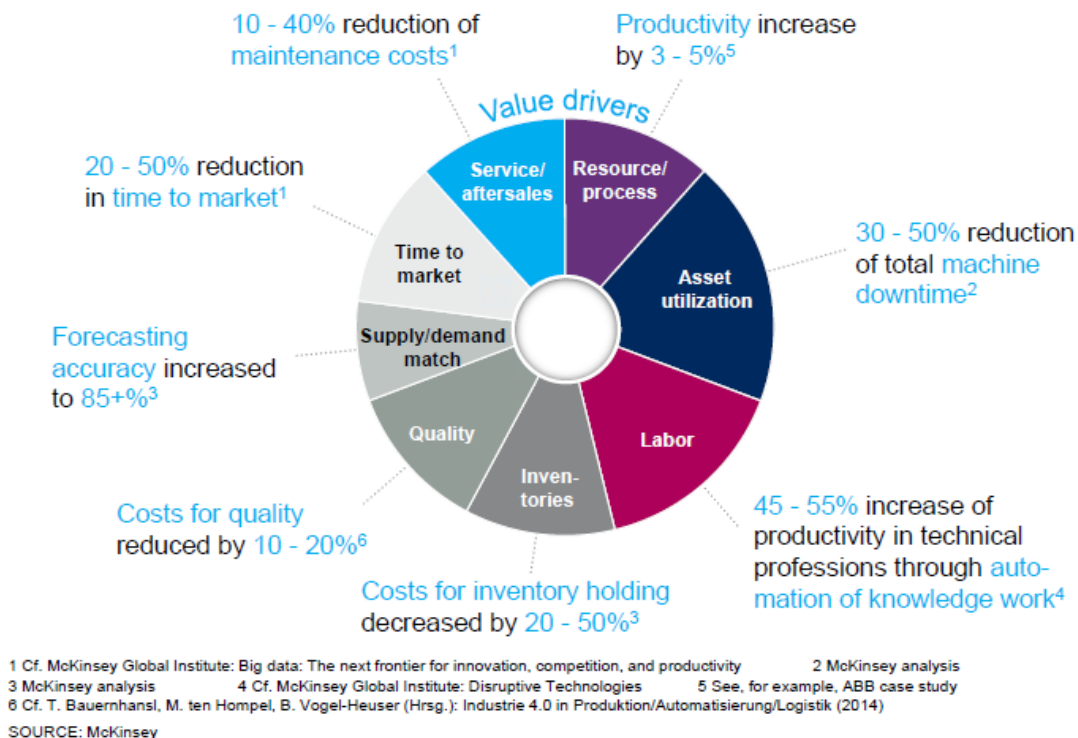
注：棒グラフが市場規模、折れ線グラフが成長率（YoY）を示す

キャップジェミニによるとスマートファクトリーの潜在的付加価値は1.5-2.2trillion\$と見積もられる。

	Conservative scenario	Average scenario	Aggressive scenario
A. Share of factories that became smart in 2017–18 (source: survey data)	29.6%	29.8%	31.6%
B. Expected increase in productivity gains by 2023 compared to the productivity gains achieved so far (source: survey data)	15.9%	20.0%	21.7%
C. Share of additional smart factories in next five years (i.e. by 2023) (source: survey data)	37.3%	41.2%	42.7%
D. Productivity gain target in next five years (i.e. by 2023) at factory level due to smart factory initiatives (source: survey data)	27.8%	33.7%	36.5%
E. Overall productivity gain due to smart factory initiatives by 2023 (A*B) + (C*D)	15.0%	19.8%	22.5%
F. Average annual productivity gain due to smart factory initiatives until 2023 (CAGR computation from E)	2.8%	3.7%	4.1%
G. Approx. manufacturing industry value added in the surveyed geographies in 2019 (source: extrapolated from the data available in the United Nations National Accounts Database)	\$9.85 trillion		
H. Expected additional value added by manufacturing industry due to productivity gain in smart factories by 2023 (sum of realized value and capacity gain) (G*E)	Total value added: \$1.47 trillion	Total value added: \$1.95 trillion	Total value added: \$2.21 trillion

Source: Capgemini Research Institute, Smart factory survey, April–May 2019, N=1,000 manufacturers, United nations' database for national accounts, accessed June 2019.

生産性・効率の工場やコストダウン、タイムトゥーマーケット、予測精度向上、可用性向上など製造の様々な場面でのデジタル化のインパクトが期待される。



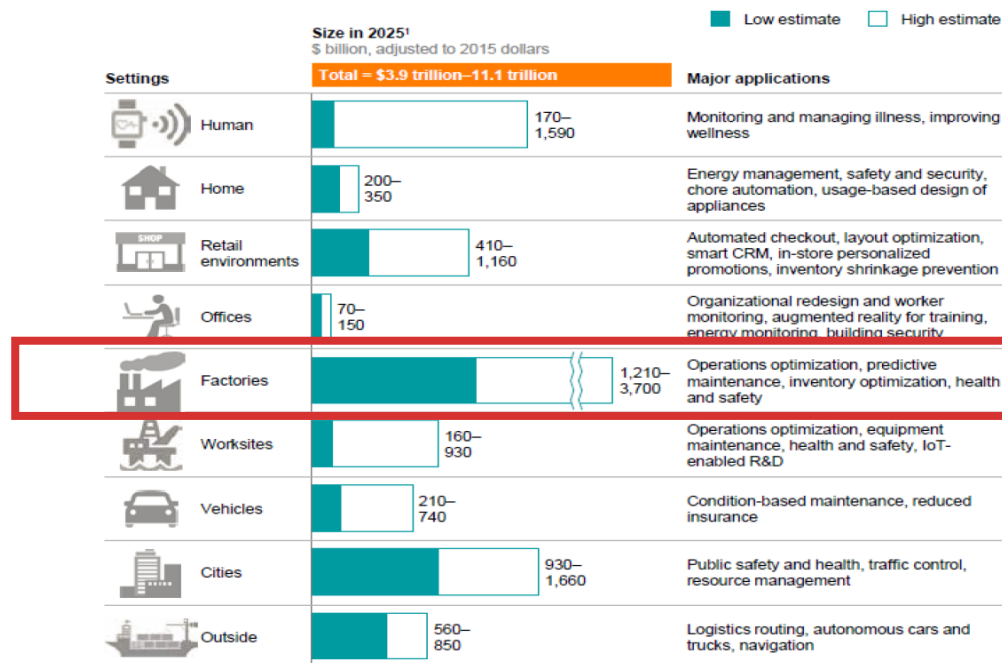
注: Time to Marketとは商品化までに要する時間のこと

2025年におけるIoTの潜在的経済価値をみると、工場でのインパクトは大きいといえる。

- 運用最適化、予兆保全、在庫最適化、安心安全向上などが期待される。

Mfg. Poised to See Biggest Gains from IoT

Potential economic impact of IoT in 2025, including consumer surplus, is \$3.9 trillion to \$11.1 trillion



Source: McKinsey Global Institute, *The Internet of Things: Mapping the Value Beyond the Hype*

出所: Information Technology and Innovation Foundation ”IoT and Smart Manufacturing”

1) 想定されるユースケース

2) 想定される潜在需要
(自律型AGV・ロボティクス、製造現場におけるDX)

3) ローカル5Gの動向
(日・独)

4) 製造業での5G活用に向けた取り組み

5) 標準化の動向

日本のローカル5Gは、諸外国と比べて、企業の大規模利用が困難な設計となっている。
特に、単位面積あたりのデバイス数が多い工場で利用するには、膨大な費用が掛かる

ローカル5G制度の概要

	概要	取組の背景・特徴	政府の値付けの考え方	制度・運用面の特徴
ドイツ 	- 開始時期：2019年11月 - 帯域：3.7～3.8GHz - 有資格者： - 電気通信事業者以外の土地・建物所有者 - 委託を受けた電気通信事業者	- 政府は、主にIndustry4.0等の製造業に活用されることを想定している - 政府が助成金を拠出し、研究機関と民間企業が連携し、実証事業を行う事例が多く見られる	- 基本料金 - 利用帯域幅×単価 - 利用エリア×単価 <u>利用エリアの広さ、限られた資源である電波に対して課金を行う</u>	- 政府は、狭いエリア・都心での利用を想定していないか - 狭い領域では、ROIが悪い - 企業は、利用方法は比較的自由に決めることが可能 - ノードの数は問わない ⇒<u>製造業利用に適している</u>
日本 	- 開始時期：2019年12月 - 帯域： 4.6～4.9GHz 28.2～29.1GHz - 有資格者 - 移動体通信事業者以外の建物・土地の所有者 - 当該所有者から依頼を受けた第三者	- 政府は、MNOが展開しない地方での普及を目指している - 利用される業界は特に限定していない - 研究機関と民間企業が連携し、実証事業を行う事例も存在するが、政府の支援はなく、自主的な取組である	- 基地局数×単価 - ノード×単価 <u>管理する基地局・端末に対して課金を行う</u>	- 政府は、利用状況を細かく把握したい意向か - 料金申請のタイミング、更新手続きを考慮していない - 企業は、大規模な利用を行うことが困難 - 基地局・ノードを設置するほど、費用がかかる ⇒<u>製造業利用に不向き</u>

具体的にどのように免許人の利用状況（利用デバイス数・基地局数）を把握するのか
また、多くのデバイスで無線通信を行う場合、莫大な費用がかかるが、具体的にどのように利用推進するつもりか

日本のローカル5G

ローカル5G制度を通して、地域・個別ニーズに応じて、
様々な主体が5Gを利用することが可能となっている

制度	名称	• ローカル5G
	省庁	• 総務省
	申請開始日	• 2019年12月24日
支援内容	料金	• 基地局数×単価（種別により単価が異なる） + デバイス个数×370円
	帯域幅 / 1帯域	• 4.6～4.9GHz, 28.2～29.1GHz / 帯域は自由
	期間	• 特段の定めなし（申請書に希望する免許の有効期間を記載）
認定要件	様式	• 無線局事項書、工事設計書、利用範囲証明書類、登記事項証明書、システム構築依頼状 など
	利用目的	• 特段の定めなし（移動体通信事業者の業務を補完すること等は禁止）
	有資格者	• 移動体通信事業者以外の建物・土地の所有者、または当該所有者から依頼を受けた第三者

ローカル5Gを活用して、事業者はMNOに依存することなく、 自由な用途で移動体通信サービスを利用することが出来る

ローカル5Gの有望フィールド*1

#	業種	事業所数
1	卸売業，小売業	849,378
2	製造業	389,692
3	建設業	364,631
4	宿泊業，飲食サービス業	259,472
5	不動産業，物品賃貸業	224,252
6	生活関連サービス業，娯楽業	151,388
7	サービス業	145,719
8	運輸業，郵便業	111,349
9	学術研究，専門・技術サービス業	110,357
10	医療，福祉	70,932
11	金融業，保険業	64,102
12	情報通信業	62,287

【ローカル5Gの利用場所の考え方*2】

- 基本的には、「自己の建物内」または「自己の土地の敷地内」で、当該所有者に免許する
- ただし、所有者から委任を受けている場合には、委任を受けた範囲内で委任保有者にも免許する

【ローカル5Gにより可能となること】

- 4Gまでは、MNOしか移動体通信サービスを提供することが出来なかった
- 2019年より免許付与が開始されたローカル5Gでは、**MNO以外の事業者が自由に移動体通信サービスを構築・利用することが出来る**
 - 例えば、製造業では、工場内等での閉じた空間で移動体通信を利用できる

*1) 平成26年度経済センサス

*2) 総務省ローカル5G検討作業班資料

ドイツでも2019年に自営でも5G利用を行うための制度が設立された。
主に、製造業での利用を見据えた、制度設計・運用が行われている

制度	名称	local campus networks in the 3.700-3.800 MHz frequency range
	省庁	ドイツ連邦ネットワーク庁
	申請開始日	2019年11月21日（プレスリリースは、2019年10月31日）
支援内容	料金	基本料金1,000ユーロ / 1帯域 + 変動費（帯域幅・期間・表面積）
	帯域幅 / 1帯域	3.7～3.8GHz / 10MHz～100MHz（範囲中から、中心周波数と帯域幅を申請書のExcelに記載）
	期間	10年間（10年間より短期を希望する場合は、申請書のExcelにその旨記載）
認定要件	様式	Excel様式に申請内容、PDFに申請者情報を記載し、メールアドレスに添付
	利用目的	Industry4.0等の製造業、農業、林業に活用されること
	有資格者	電気通信事業者以外の土地・建物所有者or委託を受けた電気通信事業者

1) 想定されるユースケース

2) 想定される潜在需要
(自律型AGV・ロボティクス、製造現場におけるDX)

3) ローカル5Gの動向
(日・独)

4) 製造業での5G活用に向けた取り組み

5) 標準化の動向

KICKは、5Gを活用した製造業向けAIソリューションの研究開発・実証を行うプロジェクト。

- ドイツ政府は同プロジェクトを通じて、5Gで動作する製造業向けAIソリューションの研究・開発を支援しており、通信・製造分野の企業が共同で実証事業を行っている。

プロジェクト概要	名称	• KICK（The Project Artificial Intelligence for Campus-Communication）
	関連団体	• Federal Ministry of Education and Research（BMBF：ドイツ連邦教育科学研究技術省）など
	期間 / メンバ	• 2020年1月～2022年12月 / Bosch、Siemens、NOKIA、フラウンホーファー研究所など9事業者
活動内容	目的	• 5G・ローカル5Gを活用したIndustry4.0におけるAIの活用のあり方について検討を行う
	体制	• 本部をNOKIAのミュンヘン研究所に置き、KICK AGを設立、プロジェクトの実施・成果は同社に帰属
	分科会	• 「Work Package」として6つの活動分野を定め、それぞれ活動を行っている
対外的な関わり	取組	• AR・3Dマッピング上でのライン生成、AGVの運行最適化、データ管理・機器の予兆保全など
	ドイツ政府	• 5.3 million€の支援をBMBFより受けているほか、フラウンホーファー研究所も研究に協力している
	その他	• ドイツのローカル5Gシステムである「Local Campus Network」で成果を活用することを見込んでいる

具体的には、AIを活用して、工場内のデバイスの無線通信の最適化、AGVの運行状況の最適化や、既存インフラのメンテナンスの自動化を実現するソリューションの実証に取り組んでいる。

KICKプロジェクトにおける実証主な取組

生産ラインの自動構築

3Dマッピング・AR上で工場のラインを仮想的に組み立てることで、デバイス同士の無線干渉を防ぐ

- ラインの組み換えが行われる際、既存のデバイスと異なるサイズのデバイスが新たに加わることもある
 - デバイスが無線通信を行う際、既存のデバイスの無線通信と干渉する可能性がある
 - ・ ラインを実際に組み換え、工場内の基地局とネットワーク構成を設定して、稼働する段階で通信の干渉が起こることのないよう、予め3Dマップ上で、AIを活用した最適なネットワークの構築を行う

製造工程の最適化

AGVの自動運行を通した、完成品・加工部品の移動の最適化

- 工場外への完成品の出荷や、部品の入荷・ラインへの運搬を行う際、タイムラグが発生することがある
 - 工場へのトラックの到着タイミングによる移動タイミングの変化や、他のAGVの移動状況等に応じた移動ルートの変更、それに応じた工場内無線通信の最適化等の課題がある
 - ・ AIを活用して、工場の地図・トラックの移動状況等に応じて、AGVの運搬状況を最適化する

機器の予兆保全・遠隔操作による作業支援

工場内デバイスの稼働状況把握、AR等を活用した対応オペレーションの自動策定

- 工場内のデバイスが故障したり、無線通信が適切に行われなときがある
 - 製造過程でトラブルが起こってから故障・通信が途切れていたことが発覚することがある
 - ・ 複数の機器から同じフォーマットのRaw Dataを収集して、AIで解析することで、未然に故障を予知する。またARを介して、現場の生産技術スタッフが、遠隔地の専門家の支援を受け、修理を行う

5G-ACIAは、業界動向のまとめ・政府への提言を通して製造業の5G利活用を推進する団体

- 製造業への5G導入を目指す5G-ACIAは、5Gに対する製造業のニーズを把握することで、通信アーキテクチャの策定や、政府の規制に対する提言等を行っている

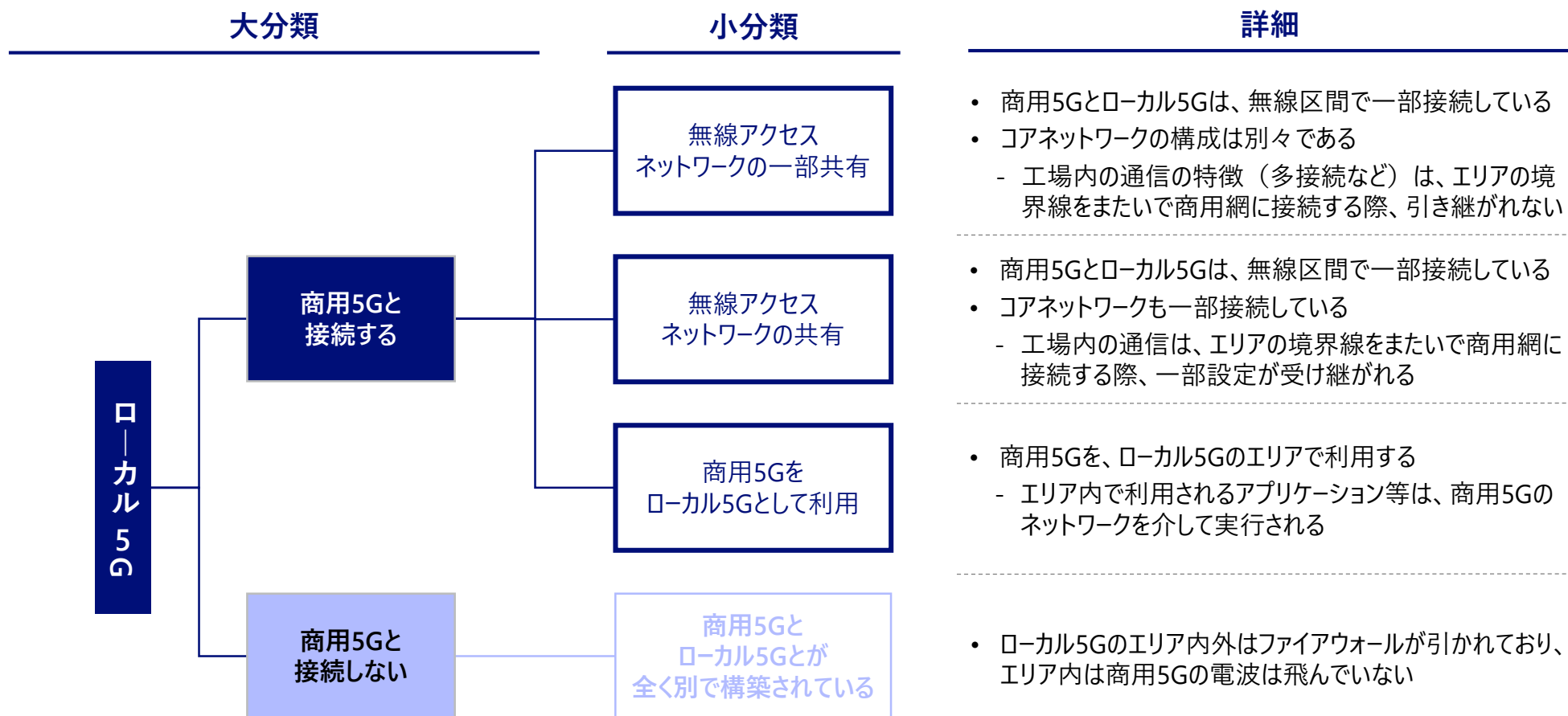
団体	名称	• 5G-ACIA（5G Alliance for Connected Industries and Automation）
	関連団体	• ZVEI.org（ドイツ電気電子工業連盟）が後援
	設立 / 企業	• 2018年04月 / Bosch、Ericssonなど26事業者
活動内容	目的	• 製造業のニーズ把握と、標準化・規制への関与等を通して、製造業の5G利活用を推進する
	参加者	• OT業界・ICT業界と定義された5G×製造業に関連する企業と、大学・研究機関・業界団体が参加
	体制	• 5G-ACIA全体の戦略を策定する理事会と、個別のテーマを議論するワーキンググループから成る。
対外活動	成果物	• 工場内での5G通信を、独立/外部接続して行う際の通信の特徴、普及シナリオを2019年に公開した
	ドイツ政府	• 5G関連規制等について、製造業のニーズ・要望を踏まえ提言を行う。助成金等の受領有無は不明
	業界団体 / 国	• 3GPPに市場担当パートナーとして関与するほか、ITU-R、イギリス政府、インドの業界団体等と連携



2018年の5G-ACIAの会合の様子

2019年7月、5G-ACIAはローカル5Gの展開パターンを商用5Gとの接続の観点から提言した。事業者への周知に加え、利活用状況にあった規制となるよう政府に働きかける狙いがあるとみられる。

5G-ACIAのローカル5G普及パターン



1) 想定されるユースケース

2) 想定される潜在需要 (自律型AGV・ロボティクス、製造現場におけるDX)

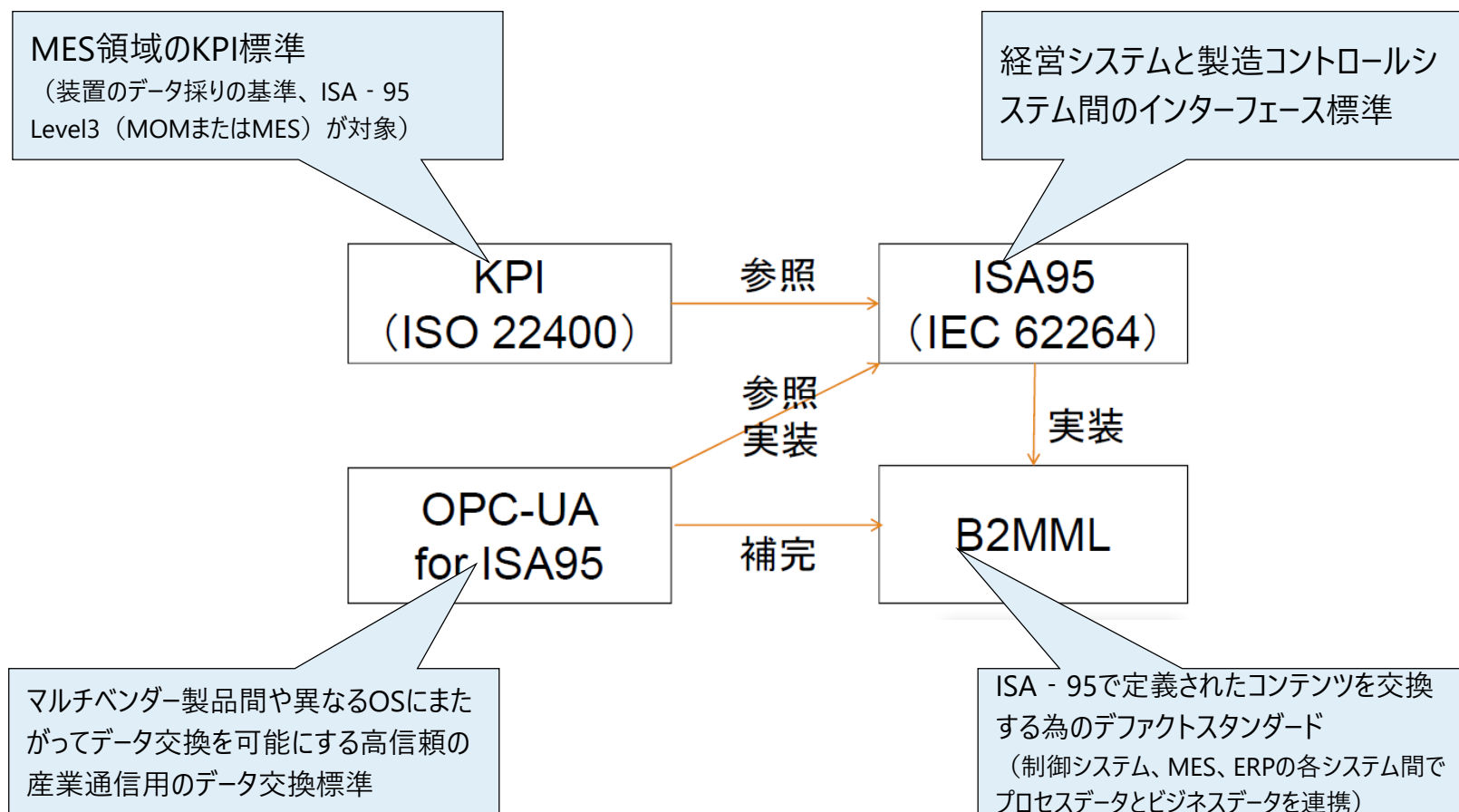
3) ローカル5Gの動向 (日・独)

4) 製造業での5G活用に向けた取り組み

5) 標準化の動向

5Gを活用した仮想化により工場・工程間の疎結合な連携に向けては標準化が重要となる。

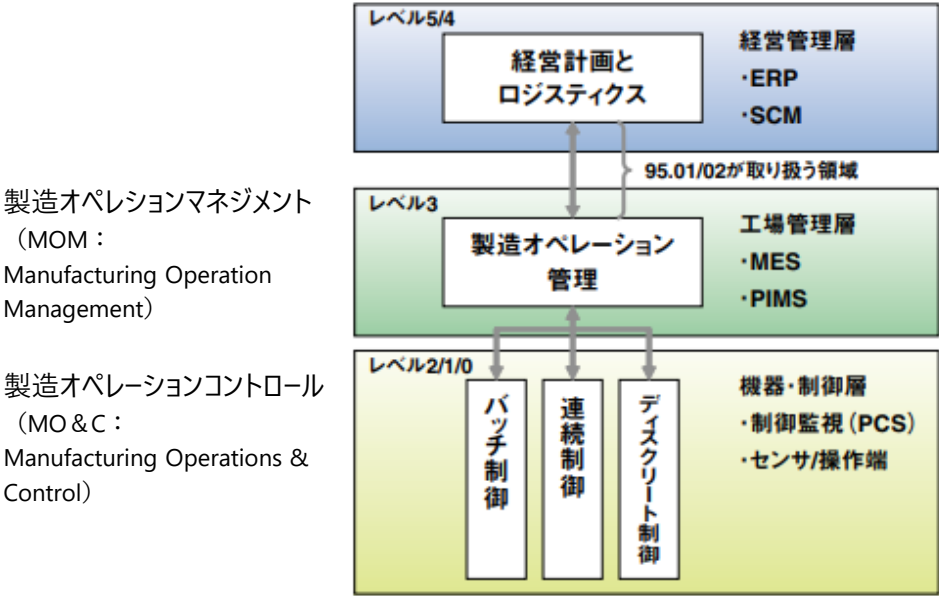
- 業務構造、モノと情報の流れ、意思決定の仕組みをモデル化し実装するためのリファレンスモデルであり国際標準であるISA-95に準拠した対応が重要となる。
- 標準化することで階層間、階層内モジュール間の疎結合化が進み、環境変化に応じた最適構成が可能となる。



機能階層モデルにより階層、レベルを明確化し対象業務の視点や粒度を表現。

- ISA-95の機能階層モデルでは階層ごとのレベルを定義し、その主な機能とアクティビティ、求められる時定数（タイムフレーム）を明確化している。

ISA-95の機能階層モデル



設計的視点
共通モデル、共通用語、評価軸を
提供

実装的視点：
Smart Manufacturing等で不可
欠な神経系を提供

レベル	機能およびアクティビティ	タイムフレーム
レベル 4	製造部門を管理するために必要な経営に関するアクティビティ。	月、週、日
レベル 3	要求された製品を生産するためのワークフローに関するアクティビティ。	日、シフト、時間、分、秒
レベル 2	物理的なプロセスを監視制御するアクティビティ	時間、分、秒、1 秒以下
レベル 1	物理的なプロセスのセンシングや操作に関連するアクティビティ	秒、ミリ秒
レベル 0	物理的なプロセスそのもの	リアルタイム

ISA-95によりMESの機能とアクティビティモデルの標準を定義。

- ISA-95のレベル3階層においてMESの機能とアクティビティモデルの標準を定義している。
- ITとOTの界面（インターフェース）である同レベル標準化を図ることでモジュラーアーキテクチャを意識したCPSを構想することをサポートしている。

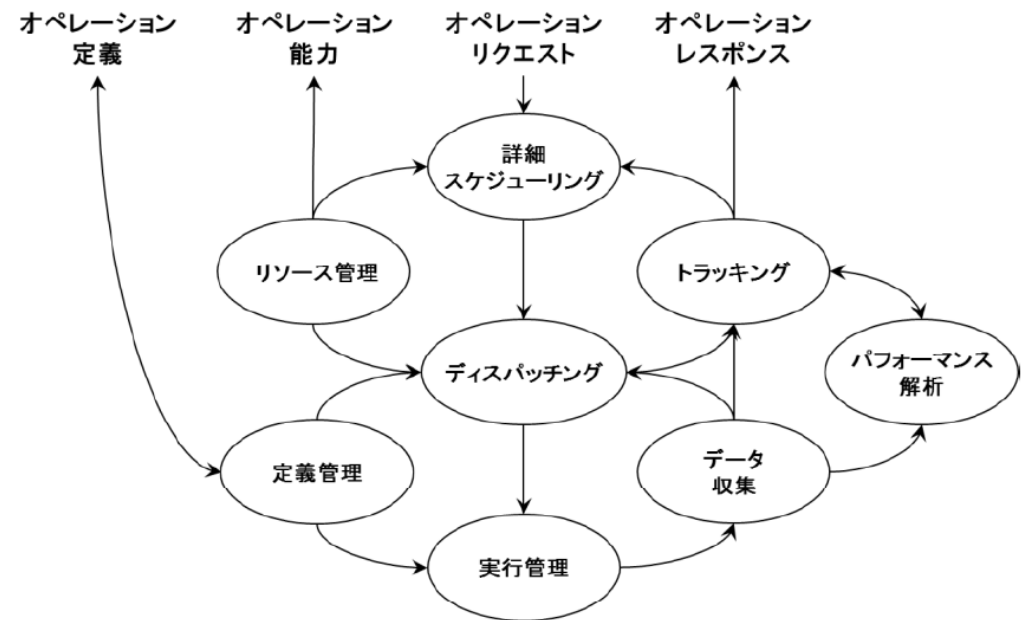
MESの機能

(MESA:Manufacturing Enterprise Solutions Association International)

- 生産資源の配分と監視
- 差立て・製造指示
- データ収集
- 製品品質管理
- プロセス管理
- 生産トラッキング
- 実績分析
- 作業および詳細スケジューリング
- 仕様・文書管理
- 作業管理
- 設備の保守・保全管理

MESのアクティビティモデル

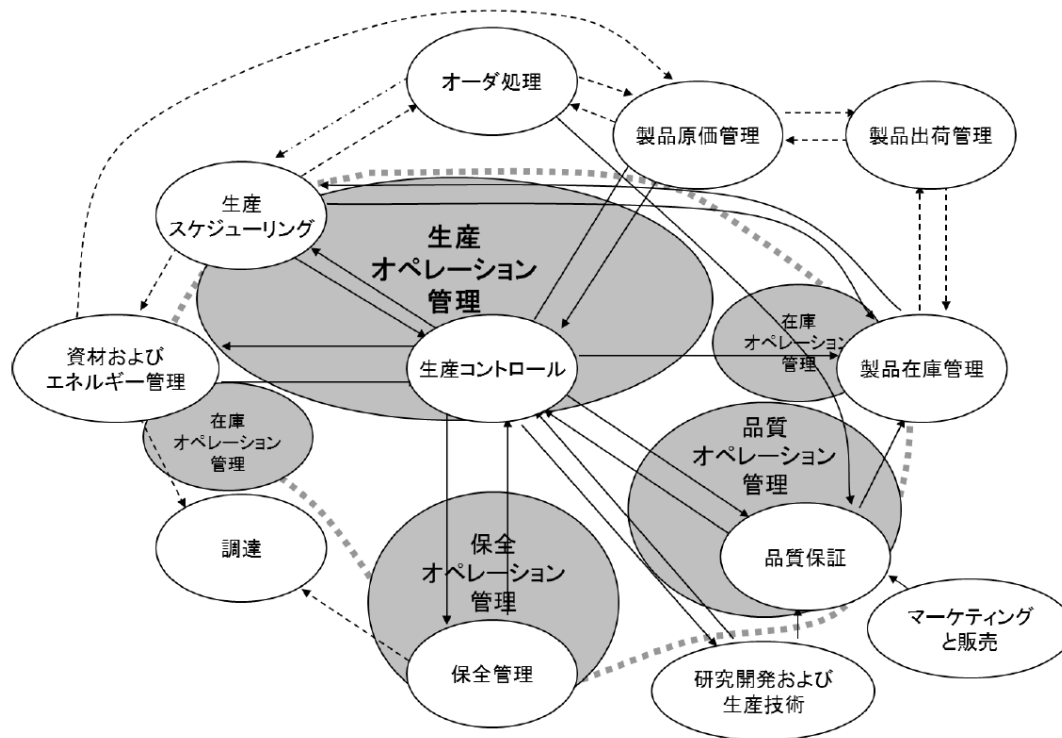
(8 種類の一般化されたアクティビティ)



製造業が共通してもつ12個の機能群を定義

- ISA-95では共通機能群を定義し、製造オペレーションマネジメントモデルの標準化を図っている。

ISA-95の製造オペレーション マネジメント モデル
(4つのカテゴリ)



- ISA95 は、製造業としてエンタープライズが共通に持つ 12 個の機能群を定義している

- | | |
|---------------|-------------------|
| ① オーダ 処理 | ⑦ 保全 管理 |
| ② 製品出荷管理 | ⑧ 研究開発および生産技術 |
| ③ 製品在庫管理 | ⑨ 調達 |
| ④ 製品原価管理 | ⑩ 資材 および エネルギー 管理 |
| ⑤ マーケティングと 販売 | ⑪ 生産スケジューリング |
| ⑥ 品質 保証 | ⑫ 生産コントロール |

- また、ISA95は、MESに相当する機能階層レベル3の製造オペレーションマネジメントにおける4つのカテゴリごとに8種類の一般化されたアクティビティを定義している

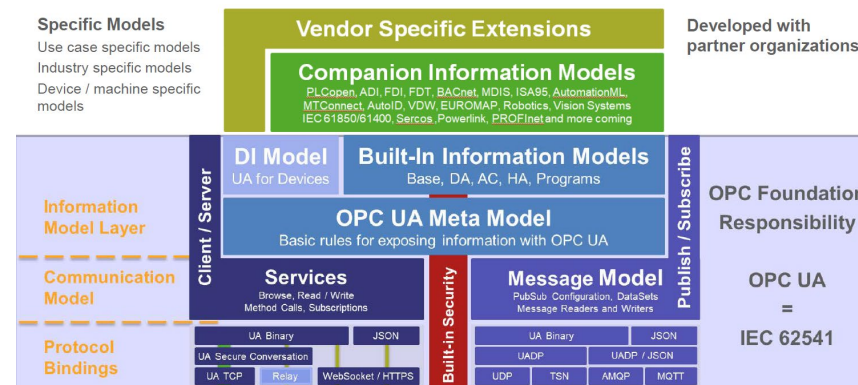
- | <4カテゴリ> | <8アクティビティ> |
|-------------|------------|
| 生産オペレーション管理 | 詳細スケジューリング |
| 在庫オペレーション管理 | リソース管理 |
| 品質オペレーション管理 | トラッキング |
| 保全オペレーション管理 | ディスパッチング |
| | 定義管理 |
| | パフォーマンス解析 |
| | データ収集 |
| | 実行管理 |

参考：標準化の動向

汎用的な通信アーキテクチャであるOPC UAと管理シェルにより相互接続性、データモデリング、セキュリティを満たし、フレキシブルな生産ラインを実現する。

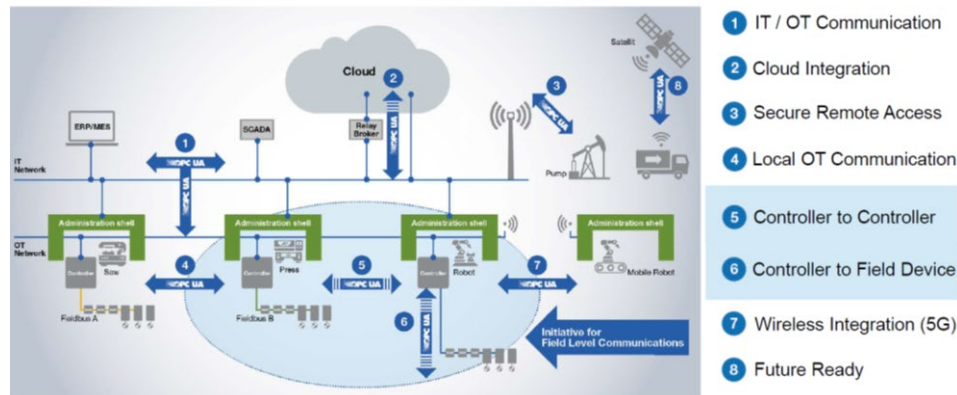
- 安全で信頼性あるデータ交換を行うために策定されたオープンな国際標準規格をOPC-UAにおいて定義。

OPC UAのアーキテクチャ



OPC UAのアーキテクチャ（センサー・ノード-クラウド間の連携）

OPC Unified Architecture – from Sensor to Cloud



4. 先行事例

1) DAIMLER

2) Bosch

3) Huawei

4) 日本国内の動向

ダイムラーは、プライベート5Gを導入、エッジコンピューティングで工場内データを管理・処理しつつ、MES等を活用して生産技術スタッフの作業支援および生産ラインの一部自動化を行っている

基本情報

企業名

DAIMLER

取組概要

自社工場「Factory 56」でプライベート5Gを活用し、エッジコンピューティング、MES、AGV等の導入を行っている

場所/時期

ドイツ / 2020年9月

関連企業

Siemens、Ericsson、Telefónica Germany

ポイント

【MES×エッジコンピューティング】

- エッジコンピューティングで工場内のデータをセキュアに管理し、「MO360」と呼ばれるMESやPLCを含むパッケージを活用して生産を行っている。
- 学習データはグローバルのサーバで管理、世界にある30の工場と連携し、2022年には生産性の15%向上を見込んでいる

【先進ソリューションの導入】

- 400台以上のAGVが5Gで接続され、工場内で稼働している
- 5G活用VR/ARソリューションを工場内作業に導入している
 - 工程の部分のうち、Automationが困難な溶接作業、細かな部品の取付作業等を、MESと連携したタブレットの情報等を基に、人的作業で補っている

主な取組



【5G×MESを活用した生産活動】

- 同工場に従事する1,500人の生産技術スタッフが、「MO360システム」と連携したタブレットを通して作業指示を確認、組立ラインの状況や、生産部品のデータを理解した上で、作業を実行する



【エッジコンピューティングの活用】

- 工場内のデータは、エッジコンピューティングでセキュアに管理、生産活動に活用されている
- 学習データ等はグローバルのサーバに送られ、他工場での機器の交換時期の予測等に役立てられている



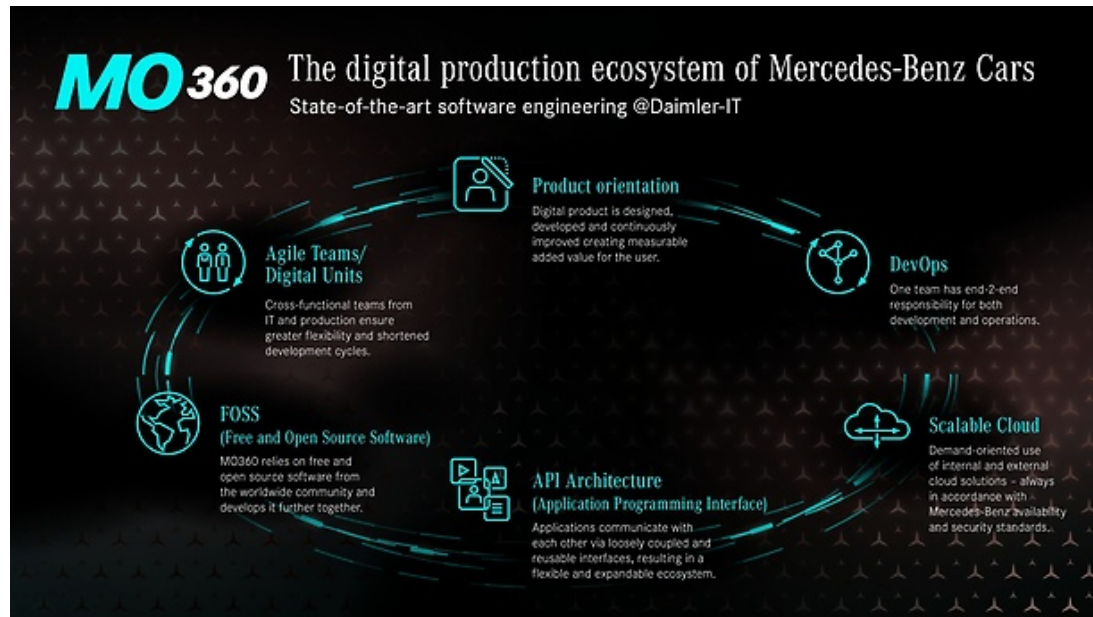
【生産ラインの一部自動化】

- 無線通信を介して下記を自動化している
 - AGVを介した部品等の運搬
 - ライン上での製造物の品質管理
 - ねじドライバー等の工作機械の動作

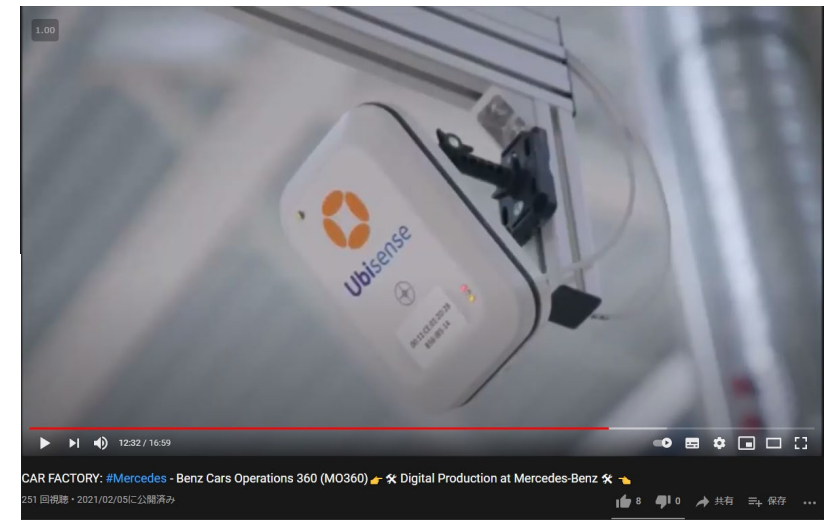
DAIMLERの事例：MO360とは

MO360はダイムラー社が利用するMESやPLC等の個々のソリューションをパッケージ化したもの。同社工場「Factory 56」で運用しているように、5Gを活用可能な点に新規性がある

ダイムラー社が提供するMO360の持つ機能



- MO360では、例としてUbisense社の位置情報測定システム等を「Factory 56」で利用しており（下記）、必要に応じてソリューションをパッケージに組み込むことが出来る



- 「MO360」は、下記のソリューションを含む
 - データ伝送に用いられるAPI
 - 拡張性の高いクラウド
 - 無料・オープンソースのソフトウェア（MES・PLCなど）
→具体的に、MESやPLCのどの部分で5Gを活用しているかは明らかになっていないが、Factory 56に参画するEricssonによると、工場において
①低遅延②十分な帯域幅③自動協調の通信を行う際、5Gである必要がある

1) DAIMLER

2) Bosch

3) Huawei

4) 日本国内の動向

ボッシュは、自社工場で構築中のプライベート5Gネットワークを利用して、複数のパートナー企業とのソリューション実証を行い、将来的に製造分野の企業に外販していくことを予定している

基本情報

企業名

BOSCH

取組概要

自社工場でプライベート5Gネットワークを構築中で、ソリューションの実証・活用と、将来的な販売を志向している

場所/時期

ドイツーロイトリンゲン
/ 2020年11月時点でプライベート5Gネットワーク構築中

関連企業

Ericsson、Nokia、Orange telecom、T-systems、ABBなど

ポイント

【MES・AGVの導入】

- クラウドPLCや等のアプリケーションを含んだパッケージ「CtrlX AUTOMATION」を用いて、生産を行うことを予定している
- また、関連企業と共同で構築するプライベート5Gを介して、既に他工場で導入しているAGV「ActiveShuttle」の利用や、AIによるネットワークの保守・点検を行うことを予定している

【他企業への展開】

- BMW、Osram、Trumpf等の製造業の企業に、同社が実証している産業向けIoTソリューションの展開を志向している
 - 将来的に自社の280の工場をすべてデジタル化し、そこから得られた知見を他社に提供することを予定している

主な取組（予定）



【AIを活用した工場内ネットワーク保守】

- ドイツ連邦教育研究省の資金提供を受け、AIを活用したソリューション実証を行うプロジェクト「KICK」を発足、Nokia等のパートナーと共に、工場内の5Gネットワークの保守・点検等に関する実証実験を行う



【AGVの活用】

- 無線通信を介して「ActiveShuttle」と呼ばれるAGVが稼働、部品の入った箱をピックアップし、生産ラインに向かって移動し、貨物を停止して荷降ろしする等の業務を行う



【MESの導入】

- ボッシュのグループ会社「Bosch Rexroth」の生産パッケージ「ctrlXAutomation」を活用し、工場内のPLC等の動作管理・監視を行っている

ロイトリンゲンの半導体工場では、2020年秋からの量産ラインでの稼働開始に向け、5Gの互換性とチャネル評価試験を行う

- 下記のアプリケーションを想定し、5Gシステムの動作確認とWiFi、有線のシステム構成と比較した利点の検証を実施。
 - 自律搬送システム、遠隔装置制御、製造システム間コミュニケーション
- Boschはスマート製造への5G通信の標準化に向けた検証、評価を行う5G-SMARTの主力メンバであり、ロイトリンゲン工場の実証もEricssonと共同で実証テスト中。

□ Trial setup in Bosch Reutlingen factory:

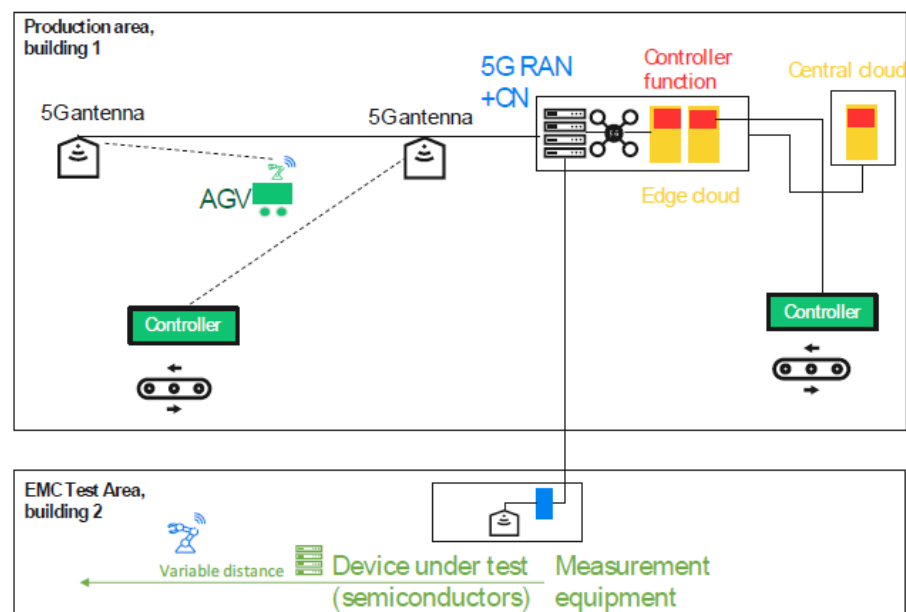
- WP4-participants: Ericsson, Bosch, Lund University, Budapest University of Technology and Economics
- Ericsson 5G NR system and edge cloud
- Bosch factory, AGVs, industry LAN

□ Use cases:

- Cloud-based mobile robotics for (coordinated) automated guided vehicles (AGV), positioning
- Industrial LAN/Time Sensitive Networking (TSN) over 5G

□ Studies:

- Electromagnetic compatibility testing between 5G and industrial equipment
- Channel measurements on shopfloor (3.5+26 GHz)

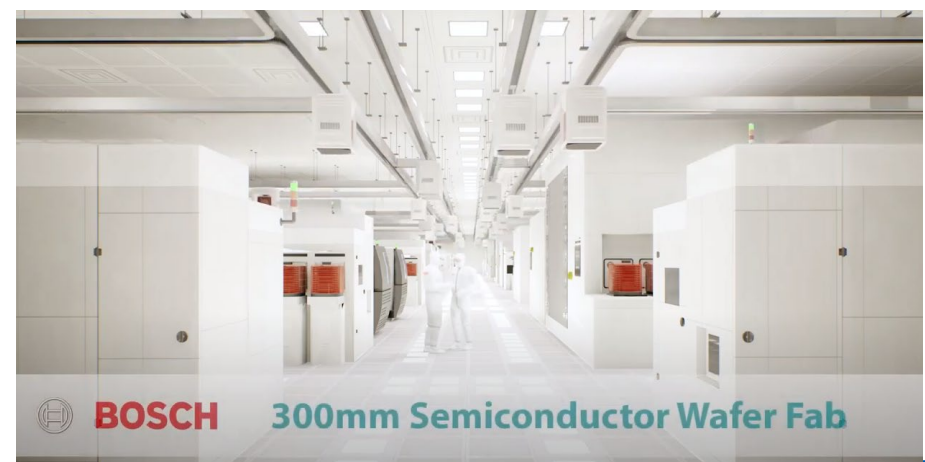


旗艦工場であるドレスデン工場への5G実装を計画（世界初の5G工場）。

- ドレスデン工場は電気自動車向けの主要デバイス（ASIC、SiC、MEMS等）の300mm旗艦工場（2021年稼働予定）。

- ロイトリングンの実証結果をドレスデン工場に実装することを想定。
- 1秒ごとの生産データを収集できるコネクテッドマニュファクチャリングを採用。

• Total investment	approx. 1 billion euros
• Site	approx. 100,000 m ² (about 14 soccer fields)
• Total floor space	approx. 72,000 m ² of production area and office space
• Construction timeline	Groundbreaking in spring 2018, installation of machinery mid-/end 2019, pilot production to start at end of 2021
• Associates in the completed plant	Up to 700
• Qualified professionals needed	Experts from the semiconductor industry, such as process, production, and maintenance engineers, mathematicians, software engineers, as well as professionals with degrees in physics, chemistry, and microsystems technologies
• Manufacturing technology	Highly automated wafer production (300 mm silicon substrate wafers with structures up to 65 nm in width – 1 nm equals one millionth of a millimeter)
• Connected manufacturing	Every second, the machines will transmit one gigabit of production data. The volume of data produced is equivalent to more than 42 million written sheets of paper, weighing 22 metric tons.



1) DAIMLER

2) Bosch

3) Huawei

4) 日本国内の動向

HuaweiはPLC in Cloudのコンセプトを2018年より提示。

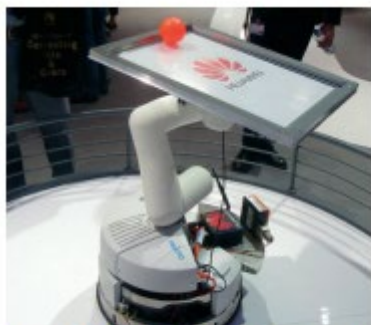


図1 AGVやロボットを5Gで遠隔制御
Huaweiの展示。ボールを落とさない
ように遠隔制御しているところ。

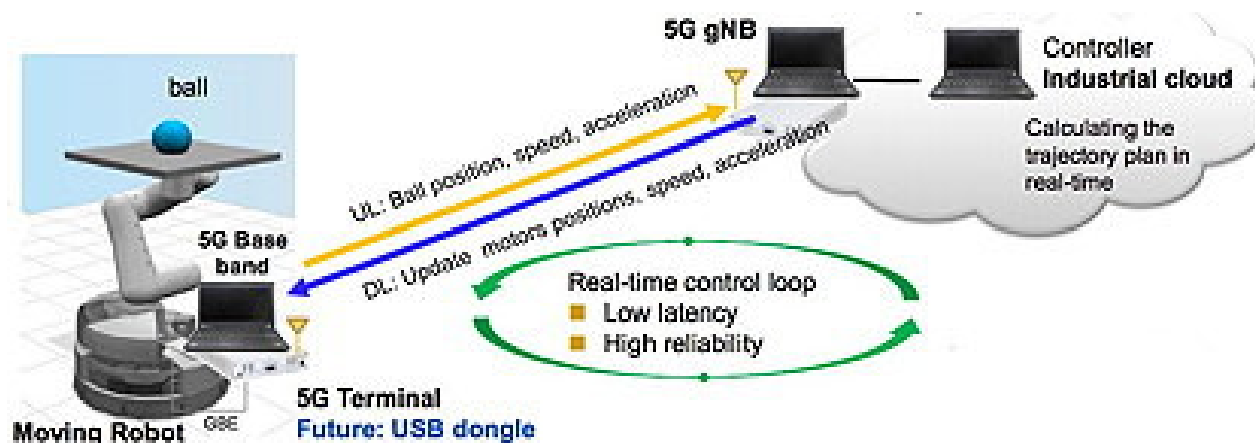


図2 5Gならクラウド通信が超低遅延
Huaweiの展示。遅延(レイテンシー)は2m秒
前後で推移していた。



図3 単独インタビューに応じたHuaweiの
Heng Qiu氏

出所：日経エレクトロニクス2018年6月号



コントローラを束ねるPLC機能はクラウド上
(緊急停止等安全にかかわる機能を除く)

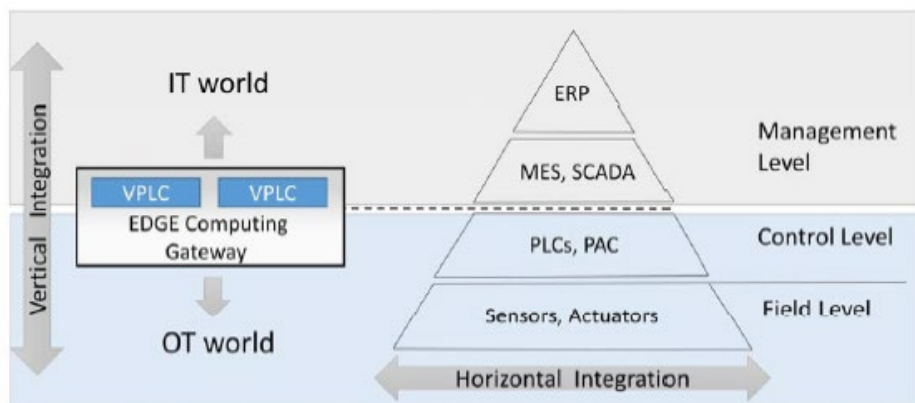
AGV、ロボットのコントローラはエンドポイント側

出所：https://drivesncontrols.com/news/fullstory.php/aid/5519/Festo_and_Huawei_collaborate_on_smart_5G_manufacturing.html

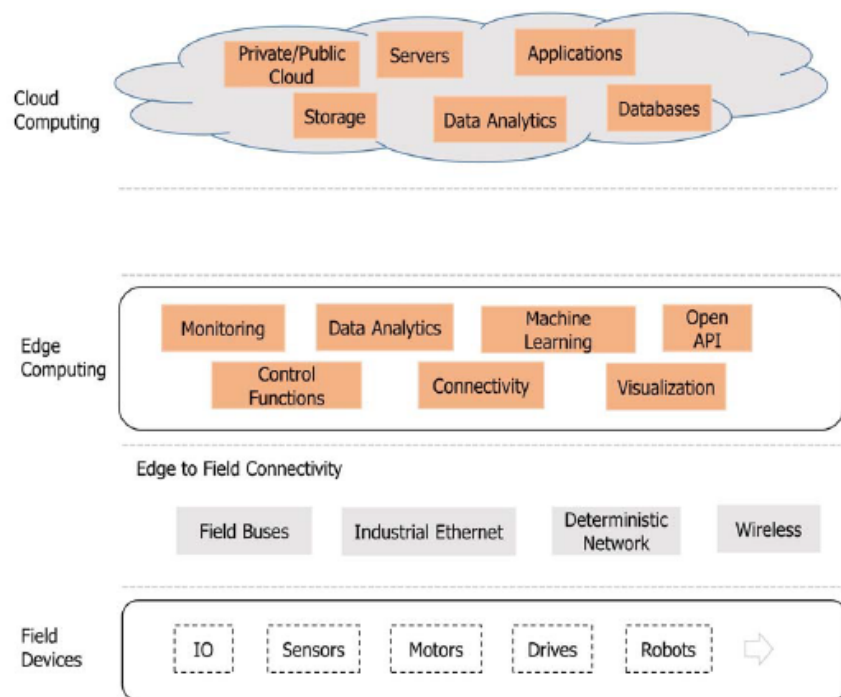
Huaweiの事例

HuaweiはITとOTの界面にエッジコンピューティングゲートウェイとしてVirtual PLC（以下、vPLCと略す）を設置し、同機能をサービスオンデマンド化（Control as a service、PLC as a service）を目指す。

古典的な自動化ピラミッドにおける
インテリジェントエッジコントロールの位置づけ



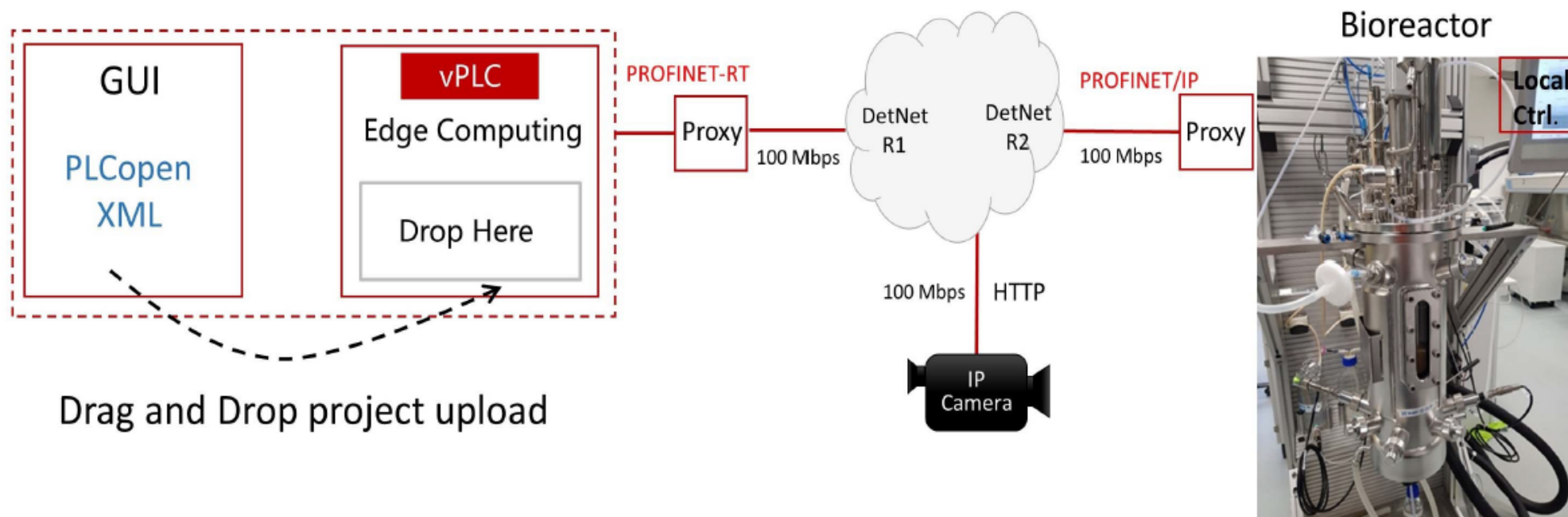
フィールドネットワークとエッジ・クラウドコンピューティングの
ネットワークアーキテクチャ



出所：Amjad Badar Applied Network Technology Lab他 “Intelligent Edge Control with Deterministic-IP based Industrial Communication in Process Automation” 2019 IFIP

HuaweiはローカルPLCが装置（バイオリアクター）を制御（スレーブモードで手動操作への切り替え、緊急停止可）し、vPLCが全体のプロセス変数をリモートで制御するデモを提示。

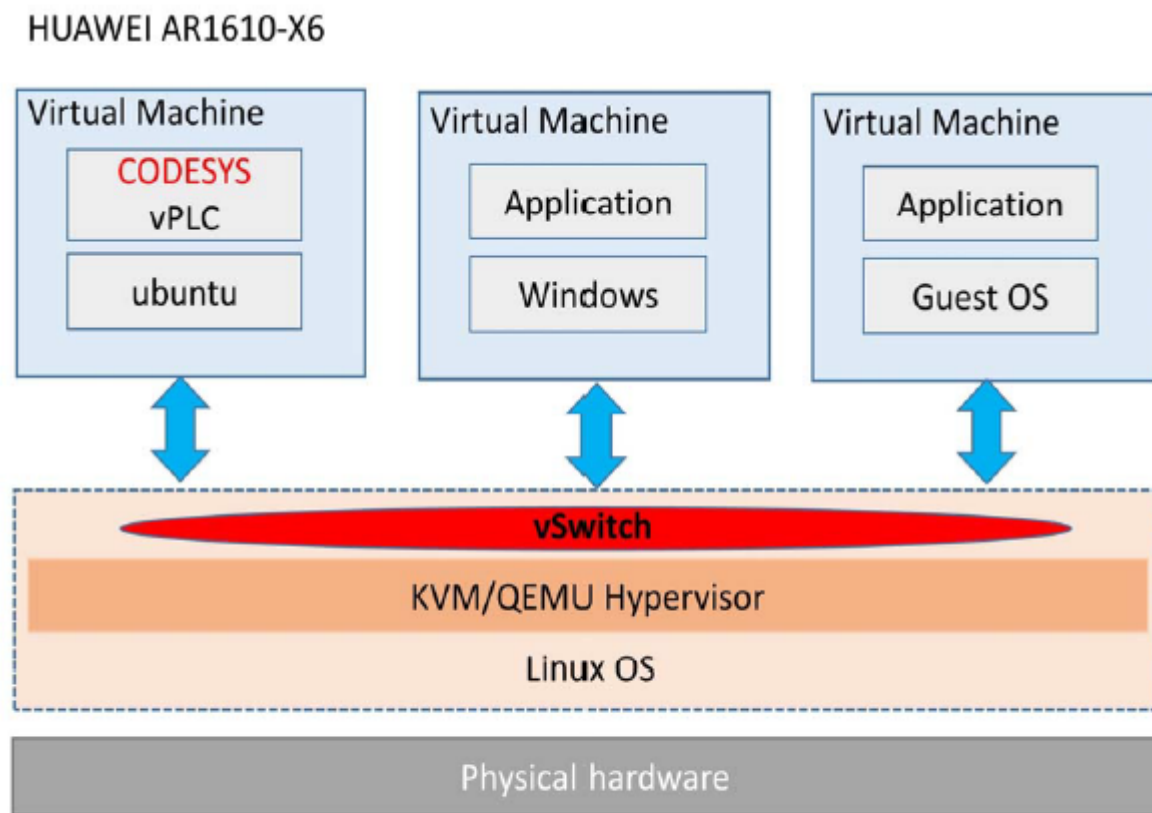
- プロジェクトファイルがVM上のソフトウェアPLC（CODESYSベース）にドラッグアンドドロップで自動アップロードされる。
 - ソフトウェアベースのvPLCにより加工対象、条件等に応じて最適なユーザーインターフェース実装、装置（バイオリアクター）の最適制御を実現。



Huawei and Festo edge control with deterministic IP based industrial heterogeneous network demonstrator

注：GUI Graphical User Interface

Huawei AR1610-X6ではVMが複数走り機能ごとに複数のvPLCやアプリを動作することが可能。vPLCは1ミリ秒のサイクルタイムをサポート可能。



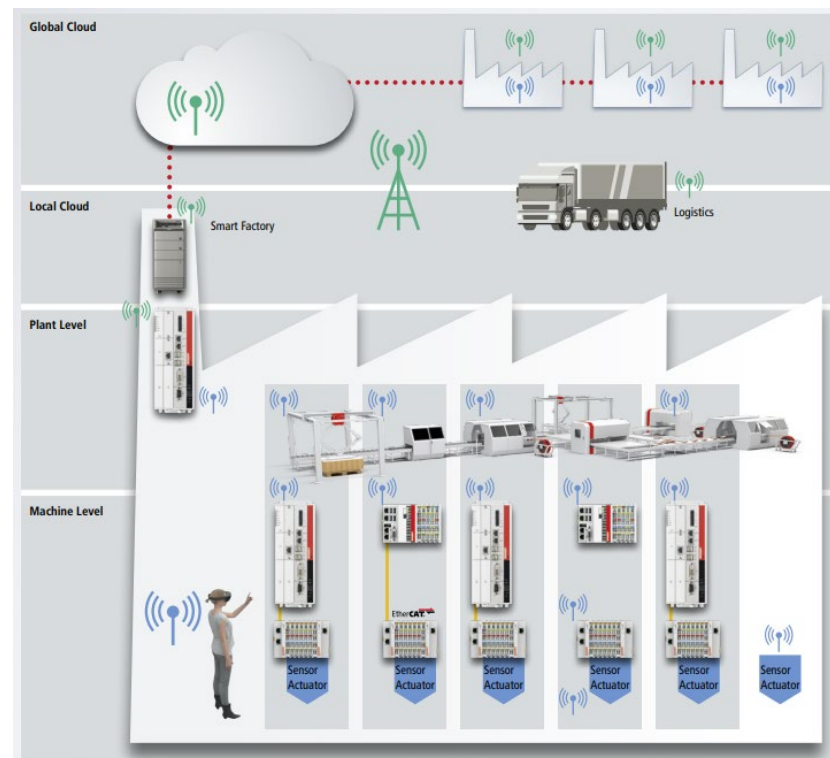
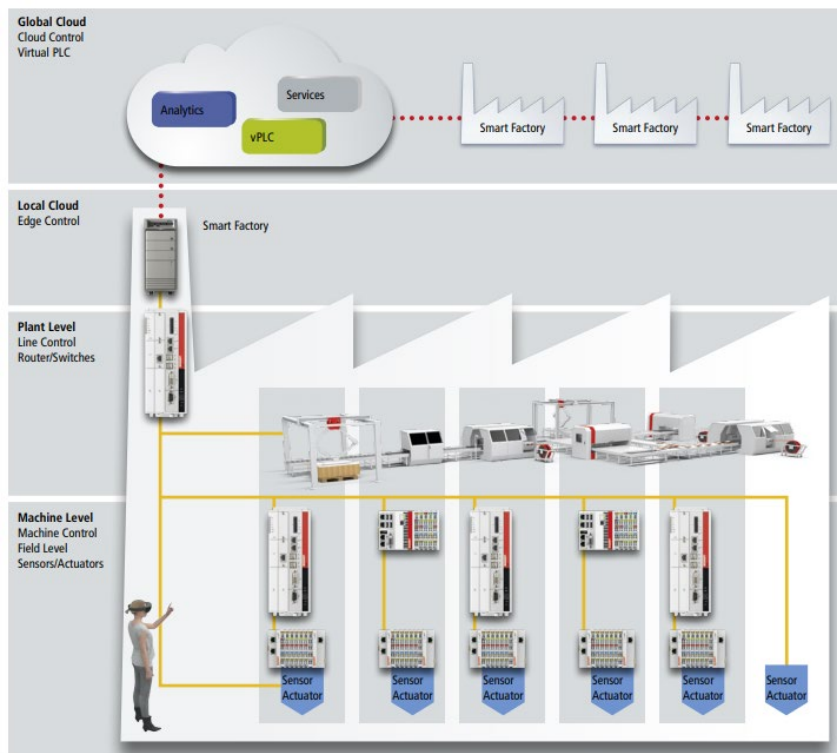
Integration of Codesys vPLC into Huawei edge computing device

Huaweiの事例

HuaweiとBeckoffが2018年のハノーバメッセで5Gを活用した無線PLCのデモを実施。

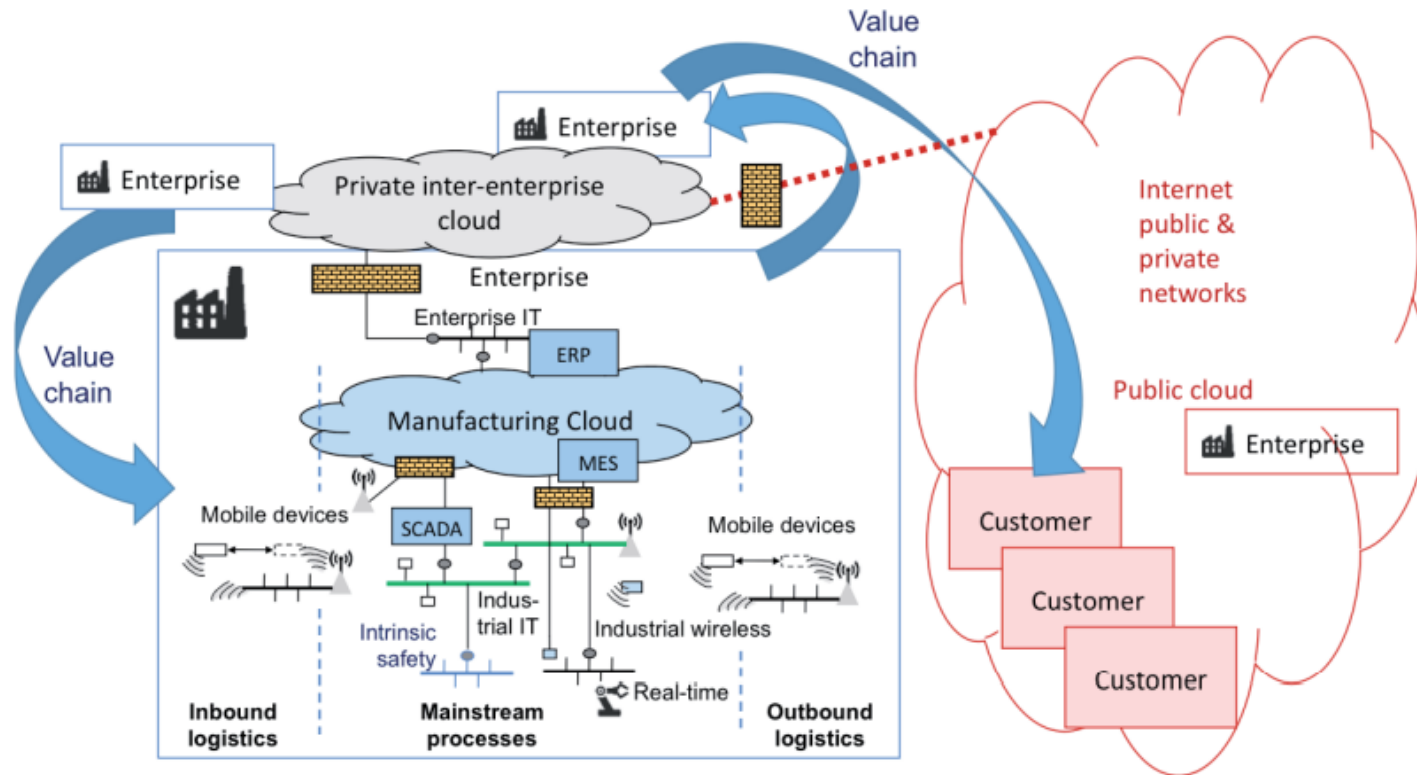


「デモでは、2つの標準的なPLC間でEtherCATプロトコルを使ってレイヤー2上のEthernet通信を実現し、オートメーション分野の中でも高いパフォーマンスが求められる動的システムの遠隔制御という活用例を実証しました。」



従来は縦割りの制御で難しかったが仮想化（クラウドPLC）によりMESによるフレキシブルな制御を実現可能となる。

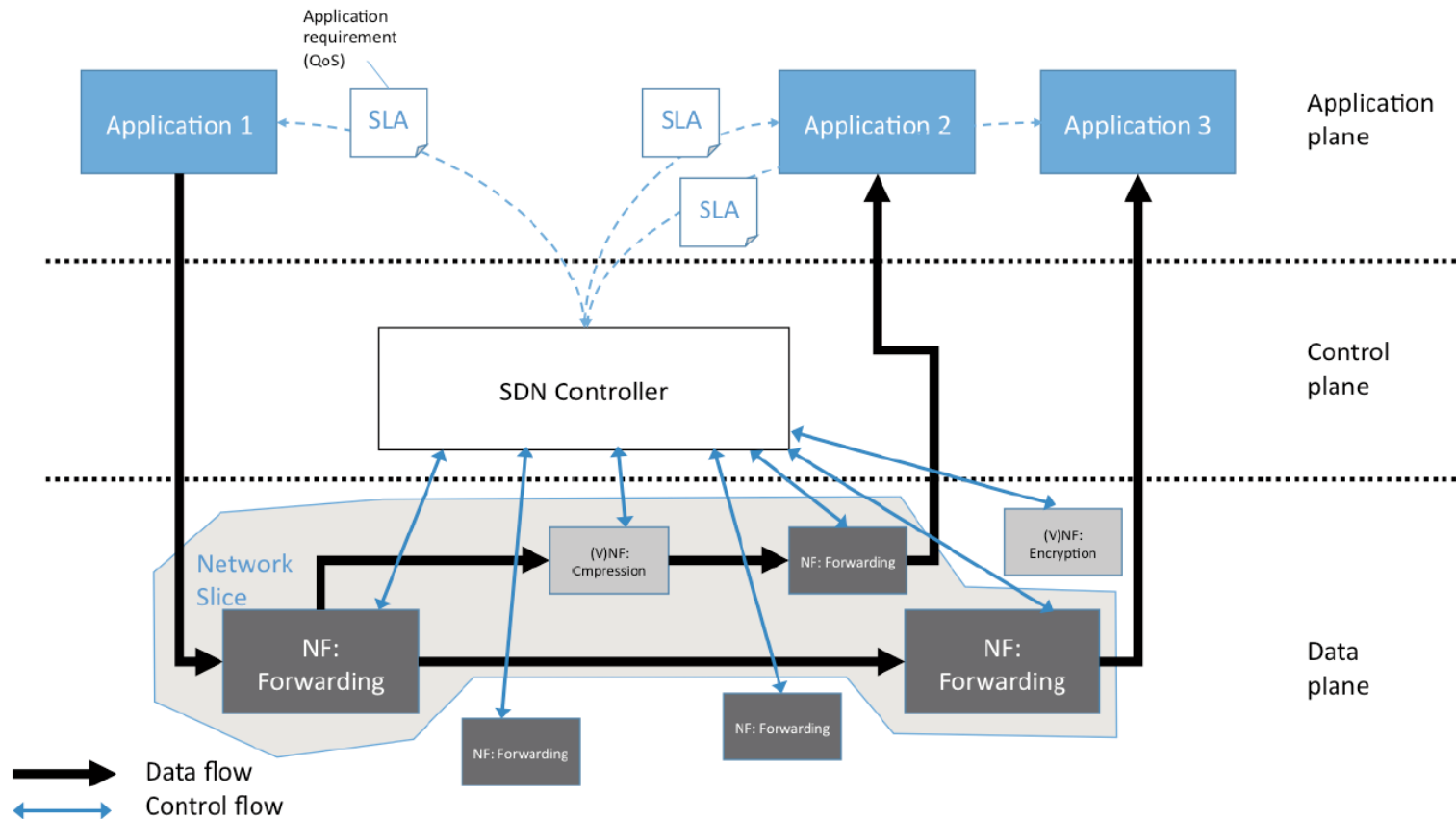
- MESの仮想化（クラウドへの集約）によりフレキシブルな制御が可能ことはスマートマニュファクチャリングの有望なユースケースのひとつとして上げられる。



Source: Prof. Martin Wollschlaeger, TU Dresden

参考：クラウドPLCとMESのフレキシブル化

5Gの特徴であるネットワークスライシングを活用することでリソースの最適配分によりQoS、アベイラビリティ、スケーラビリティを確保。



Source: Prof. Martin Wollschlaeger, TU Dresden

出所：QoS（Quality of Service）とはネットワークを介して提供するサービス全般の品質水準のこと。

出所：Zwei “Communication in the Context of Industrie 4.0”

1) DAIMLER

2) Bosch

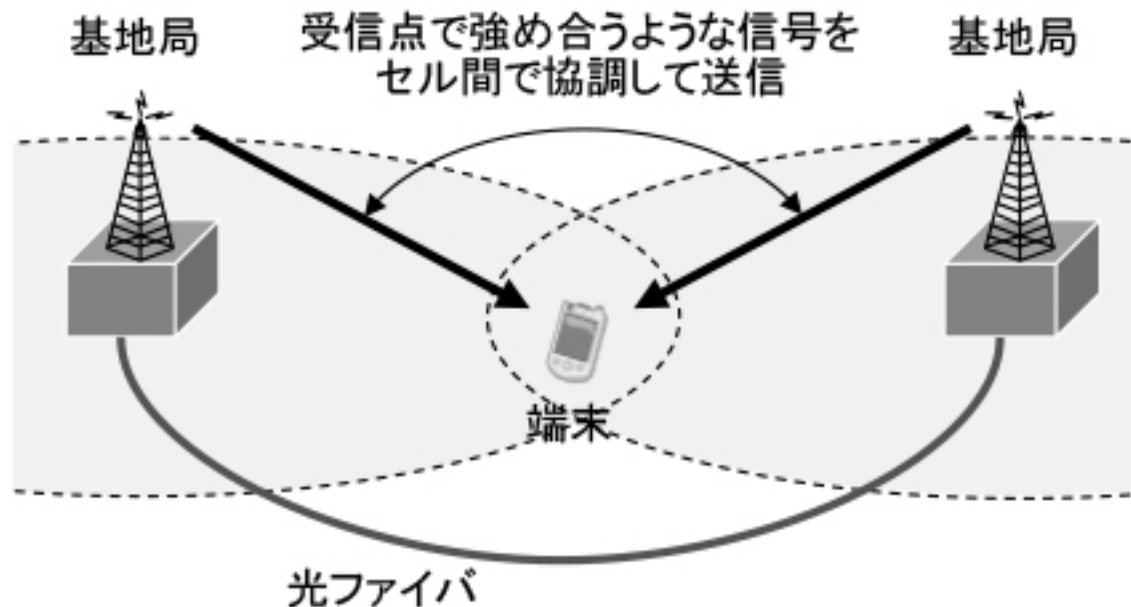
3) Huawei

4) 日本国内の動向

工場でのローカル5G活用は、PLCと産業機器との通信の無線化に先行して利用され、生産ライン変更時の再配線のコストを削減することが可能になると見込まれる

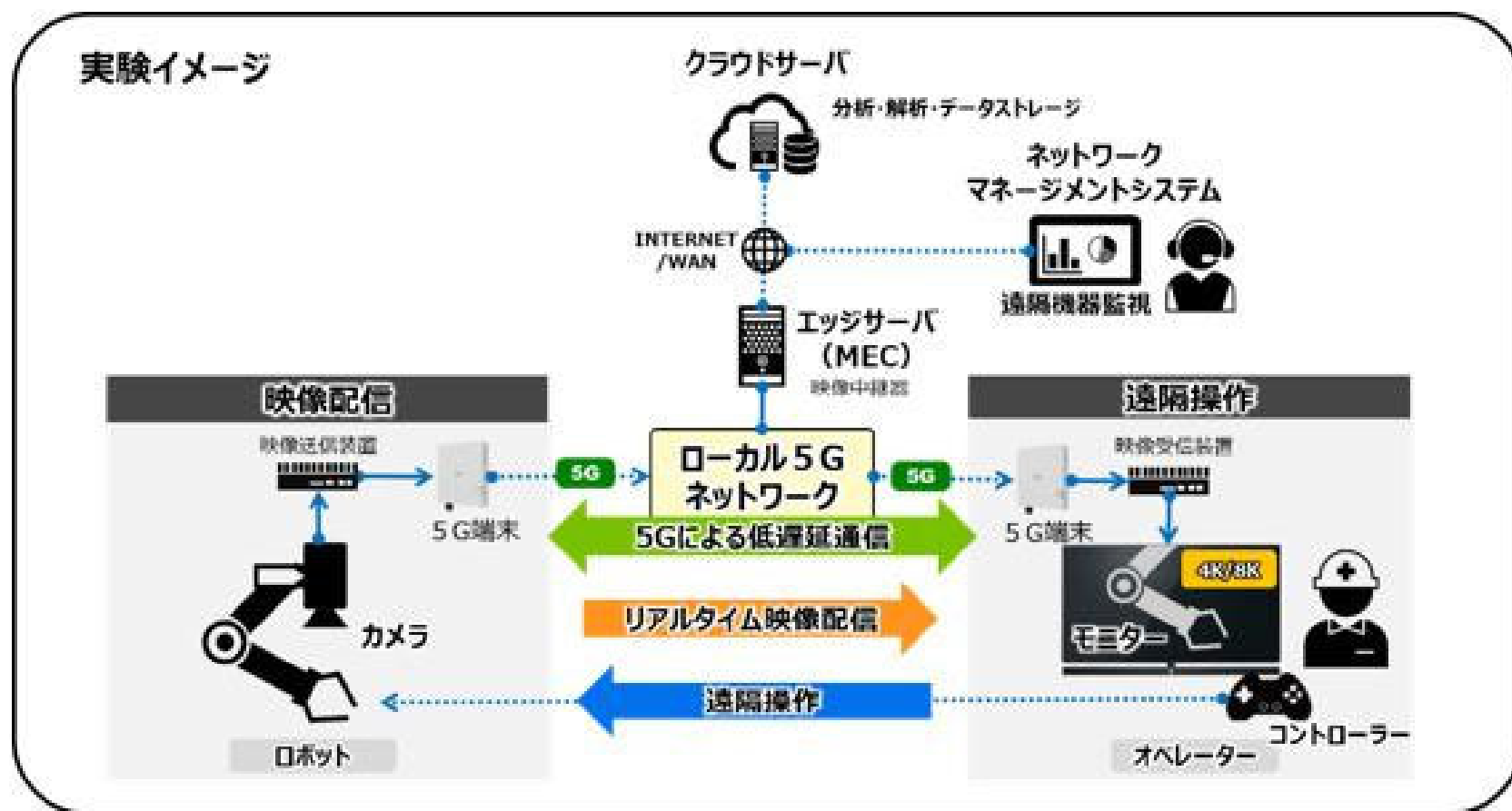
- 通信の秘匿性を担保する観点から、電波が遠くまで飛びづらいミリ波帯が活用され、建屋の素材には、ミリ波が外部に漏洩することを防ぐための素材が活用されるのではないかと見込まれる
- 工場での通信は、生産活動に直結することから、高い信頼性が求められる
 - Qualcomm等が推進する「CoMP（Coordinated Multi-Point）」と呼ばれるIoT用の通信技術の活用が見込まれる。CoMPでは、複数の基地局がIoT端末に対して同期した電波を送付することで、ある基地局からの電波が一時的に遮られても、別の基地局からの電波で補えるシステムを有する。

CoMPの活用イメージ



パナソニックは、2021年1月にローカル5G免許を取得、車載機器を開発する自社工場において、高精細映像を活用した遠隔操作が、監視・点検・制御等の業務へ導入可能かを検証する

パナソニックITS株式会社の佐江戸事業所におけるローカル5G活用事例



Nokiaは、日本企業と共同で研究開発・実証等を行い
主にIndustry4.0の分野で、ローカル5G関連ソリューションを普及させることを目指している

NOKIAのローカル5Gに関する取り組み(2020年12月9日 同社発表資料)

Nokia L5G エコシステムマップ

ヒト、モノの可視化を容易にして産業の高度化を促進



B2B2Xモデルにおいては、通信事業者はコンシューマの取り扱いから、センターB事業者をめぐる法人エコシステム構築に競争軸がシフトする。

- 「ドコモ5Gオープンパートナープログラム」は3,000社程度まで拡大し、2021年に5,000社を目指している。
またKDDIやソフトバンクは具体的なプロジェクトでパートナー案件を積み上げている。
- キャリアが事業者側にインフラを開放+ローカル5Gなども踏まえ、事業者側が主体的にインフラを活用することが可能
⇒事業者が自らスマート製造のソリューションを実証・導入することが可能となるか

センターBの社数の拡大を急ぐドコモ

「ドコモオープン5Gパートナープログラム」の提携企業内訳

ドコモ5Gオープンパートナープログラム

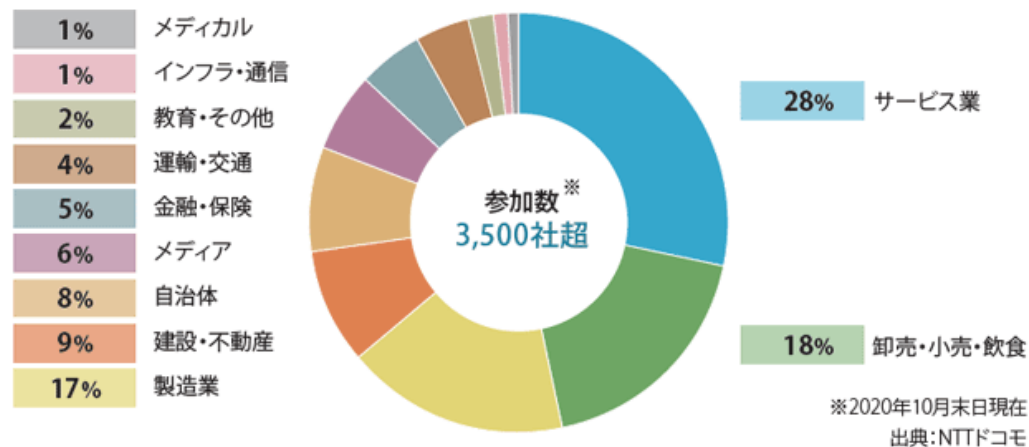
5Gを活用し、幅広くビジネスパートナーの皆様と
新たなビジネスの創出を目指す取り組み

参加企業
5Gを活用したビジネスを検討している法人様
(2018年5月31日時点 1400社超ご参加)

提供内容

- パートナーワークショップ**
2018年2月21日
第一回ワークショップ開催
2018年5月24日
テーマ別ワークショップ開催
- 5G検証環境**
ドコモ5Gオープンラボ™
Yotsuya(4月開設)
OSAKA(準備中)
- 5Gの技術情報**
ドコモ 5G
オープンパートナープログラム
ドキュメント
テクニカルジャーナル
ホワイトペーパー
技術参考資料等

Copyright ©2018 NTT DOCOMO, INC. All Rights Reserved. 10



出所) NTTドコモ 三ヶ尻ソリューションサービス部長講演資料

出所) Businessnetwork

ドコモは、パートナー企業と共同で、製造業向けソリューションを開発している

NTTドコモが「オープンパートナープログラム」に関連して提供する製造業ソリューション*

#	ソリューション名	概要	パートナー企業	提供開始時期
1	製造機器一括分析ソリューション “FAAP”	工場内のロボット、制御機器、センサー、カメラなど多様な現場機器から取得したデータをリアルタイムに収集、クラウド上でAI分析・判定、判定結果を現場にフィードバックし、機器の故障時期の予測や生産品の不良検知を自動化する	ブレインズテクノロジー／シナプスイノベーション	2020年6月
2	遠隔作業支援ソリューション “AceReal for docomo”	ARスマートグラス、業務支援アプリケーション、サポートサービス、「クラウドダイレクト」がセットとなり、遠隔からの現場作業を支援する	サン電子	2020年7月
3	遠隔共同制作ソリューション “Virtual Design Atelier”	複数拠点にいるデザイナーがそれぞれVRゴーグルとVRコントローラーを用いて行った操作の情報を、「ドコモオープンイノベーションクラウド」を介して交換し、その操作によって制作されたデザインをVRゴーグルで見ながら、リアルタイムで3Dデザインを共同制作する	ワコム	2020年6月
4	顔認証入退管理ソリューション “EasyPass powered by SAFR”	専用アプリをインストールしたスマートフォンのカメラを入退場者の顔に向けるだけで、登録された顔写真データとリアルタイムで照合し、入構許可者かどうか、入構済みかどうかの状態などがその場で確認できる	ネットワンシステムズ／RealNetworks	2020年5月
5	点群データ活用ソリューション “Field Simulator”	3次元の位置や色の情報を持つ点の集合である点群データを用いることで、建物内の設備・配管・機材などを高精細に再現する	エリジオン	2020年6月
6	高精細映像伝送ソリューション “Live EX 8KVR”	撮影から配信までワンストップでドコモが用意し、ユーザーによる8KVRのライブ配信をサポートする	－（NTTドコモ単独開発）	2020年3月

5. 新型コロナウイルス感染症拡大によって浮き彫りとなったダイナミックケイパビリティに関する課題

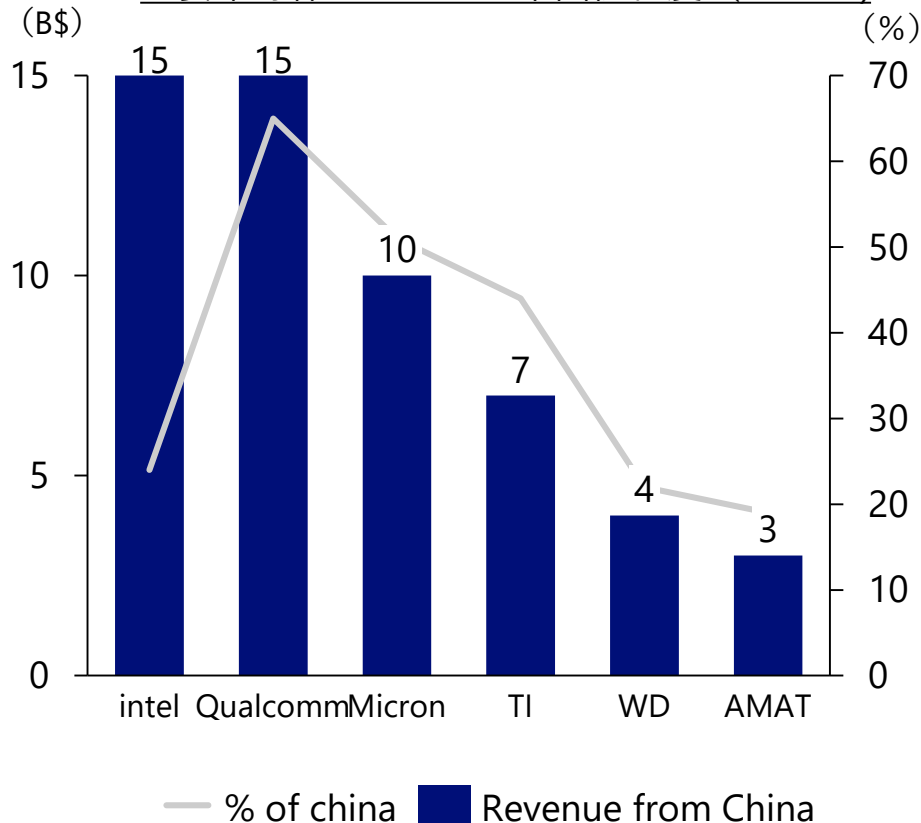
新型コロナにより浮き彫りになった効率化と強靱化の全体最適化に向けた論点と課題

	環境変化	論点	ダイナミックケイパビリティの課題
P	ヘゲモニー争い (米中、日韓等)	セキュリティ、エンジニアリング・サプライチェーン管理の高度化	製造プロセスの透明性向上とセキュリティ強化 (価値連鎖全体との協調)
E	不確実性の高まり (グローバル化と反グローバル化等)	- 効率化と強靱化の全体最適化 ① フロントローディング (前倒し) ② 短リードタイム化、短サイクル化 (地産地消vsグローバル集中生産)	- 製造現場の変化への対応 - 遠隔からの専門知識展開
S	多様性と持続性の重要性向上	ものづくりにおけるユニバーサルvsカスタム	オンデマンド化 (ニーズに応じたカスタム対応)
T	DX加速の必要性 (CPS、データ駆動等)	デジタルを利用した価値創造 (データ利活用とデータ主権、コミュニケーションコスト低減等)	データを活用したデータ駆動型工場 (データ協調と管理)

半導体業界としてサプライチェーン管理高度化に対する危機感が上昇。

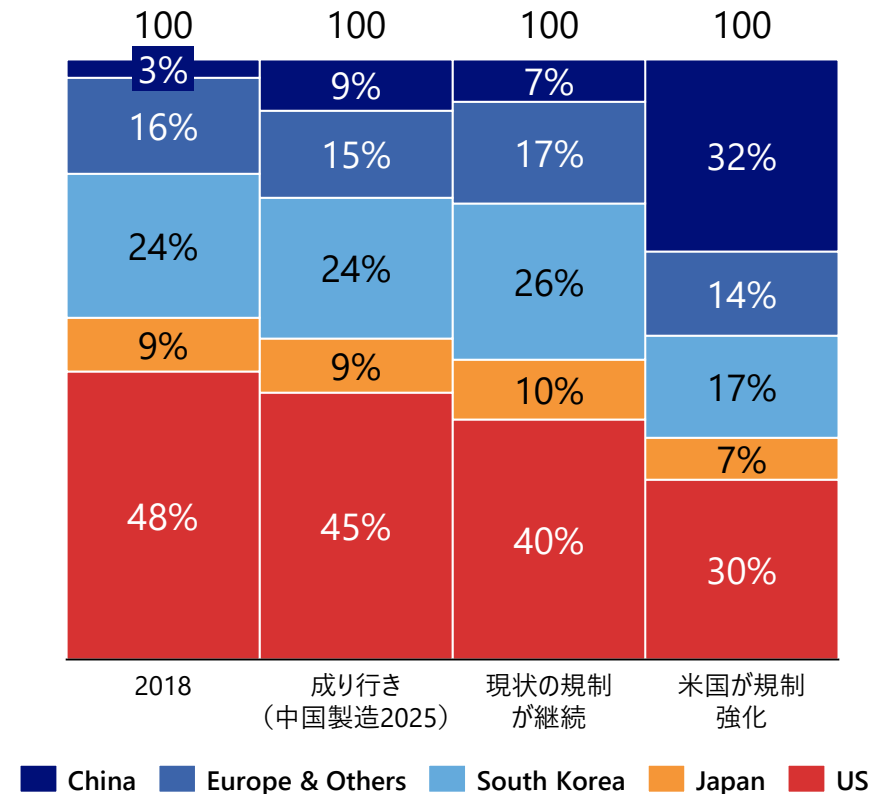
- 米国政府の過度な規制強化による長期的な中国のシェアの上昇を回避するためにサプライチェーンの高度化を行うことへの半導体業界としての意識が高まりつつある模様。

主要半導体チップメーカーの中国依存度（2017FY）



出所：CapitallIQ

米中対立激化による半導体チップシェアの予測



出所：semi & BCG

米中対立を背景に安全保障上半導体、電子部品の偽造品対策に対する必要性が向上。

- 一部の政府調達において、偽造電子部品を扱わない様に努めていることを契約書中に明記するように求められる場合が存在。
- このため、偽造対策の社内体制を構築し、必要に応じて電子部品のサプライチェーンを遡って安全性を確認する必要。
 - 現状どこまでやれば基準に合致するのかが不明確であり、過大な負担となることが多い。

#RSAC

Trusting the Supply Chain – Problem

Bloomberg Businessweek
The Big Hack

The attack by Chinese spies reached almost 50 U.S. companies, including Amazon and Apple, by compromising America's technology supply chain, according to information obtained from government and corporate sources.

Military Warns Chinese Computer Gear Poses Cyber Spy Threat
Lenovo seeking access to classified Pentagon networks, J-2 report says
BY Bill Coritz
October 24, 2015 5:00 am

The Pentagon's Joint Staff recently warned against using equipment made by China's Lenovo computer manufacturer amid concerns about cyber spying against Pentagon networks, according to defense officials.

A recent internal report produced by the J-2 Intelligence Directorate stated that cyber security officials are concerned that Lenovo computers and handheld devices could introduce compromised hardware into the Defense Department supply chain, posing cyber espionage risks, said officials familiar with the report.

500 Re-marked Engineering Samples crash Dublin, California school district network

Defense Federal Acquisition Regulation Supplement (DFARS) 252.246 - Contractor Counterfeit Electronic Part Detection and Avoidance System:
Design of systems to detect and avoid counterfeit electronic parts and suspect counterfeit electronic parts.

intel

RSAConference2019

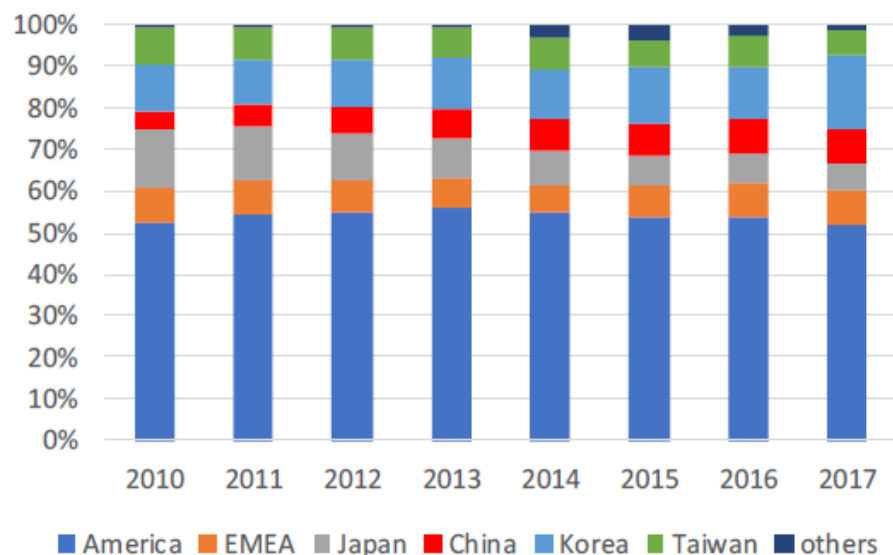
米国は中国製造2025をスローダウンさせるべく中国に対し米国製半導体購入の圧力

■ 中国の半導体自給率は中国国内メーカ（含む外資）で約15%、中国系メーカー（中国資本）で約8%。

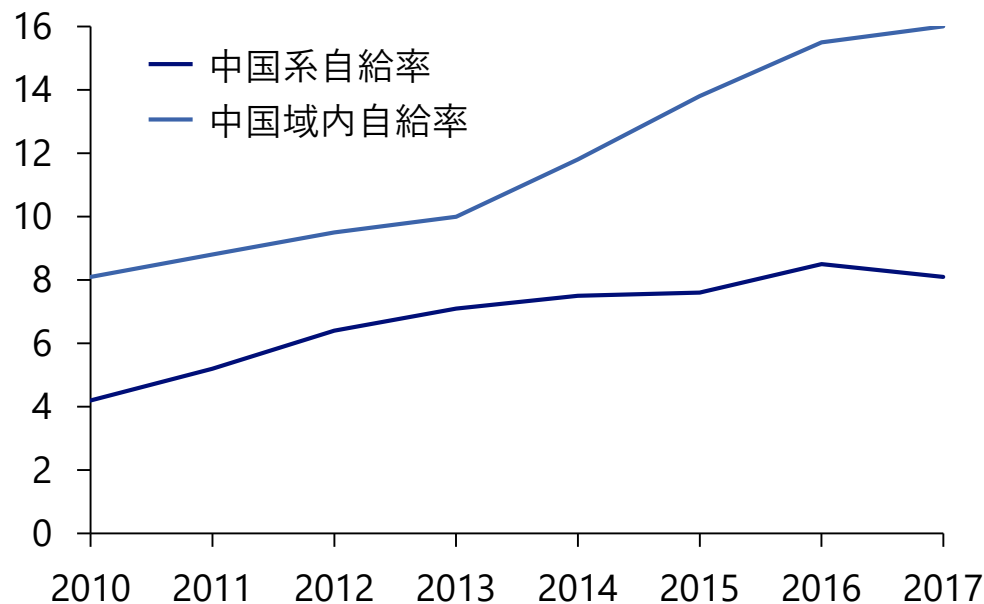
- 中国政府は2020年までに40%、2025年までに70%に引き上げる目標。
 - ・ 一定水準以上お半導体を製造する企業に所得税を最大で5年間減免
 - ・ 国産メモリメーカ3社の立上げ
 - ・ （長江ストレージ（YMTC）：3DNAND、睿力集成电路（Innotron）：モバイルDRAM、晋華集成电路（JHICC）：汎用DRAM）

■ 中国市場における米系メーカのシェアは50%程度と最大であり、米国はこれを維持することで中国製造2025での半導体育成のスローダウンを狙う。

中国市場の国籍別半導体売上シェア



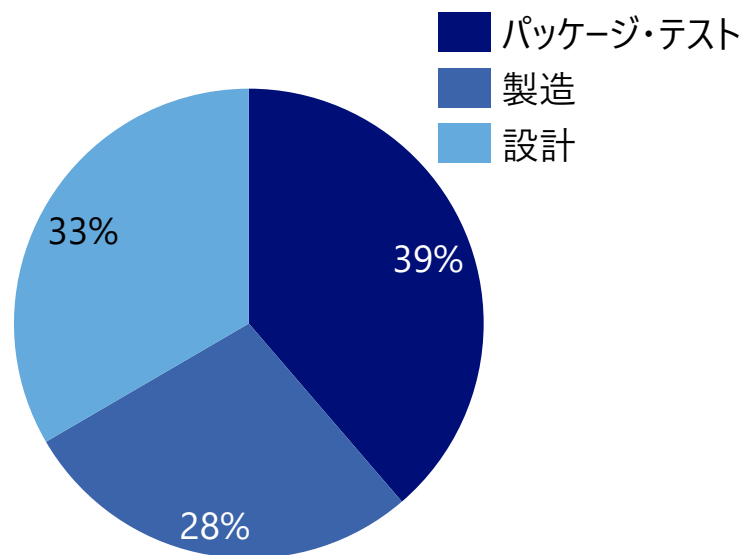
中国の半導体自給率



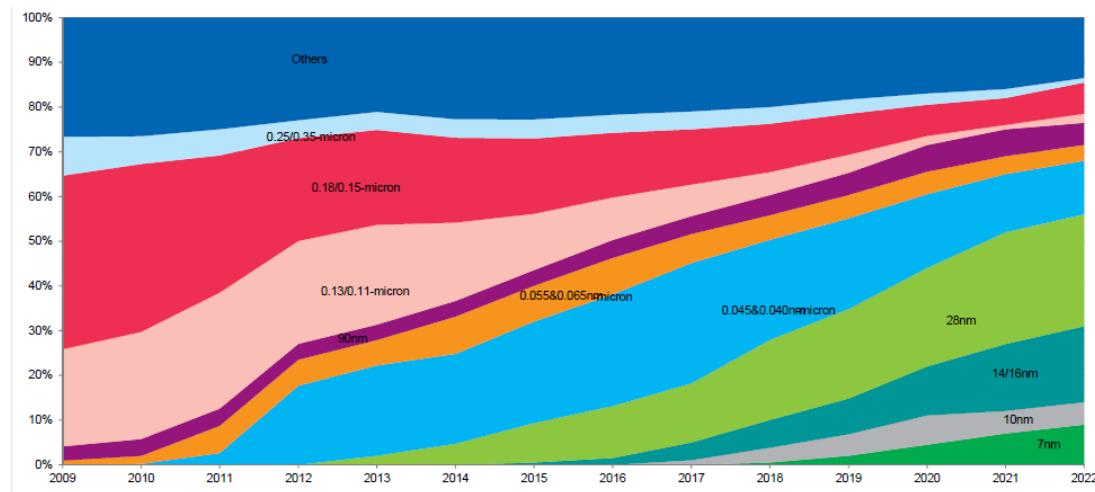
中国の半導体設計能力は既にかなり高い。

- 中国の半導体産業の4割がパッケージ、テストだが既に3割強がデザインとなっている。
- テクノロジーノードも40nm以下が5割弱を占めている。

中国の半導体産業の内訳



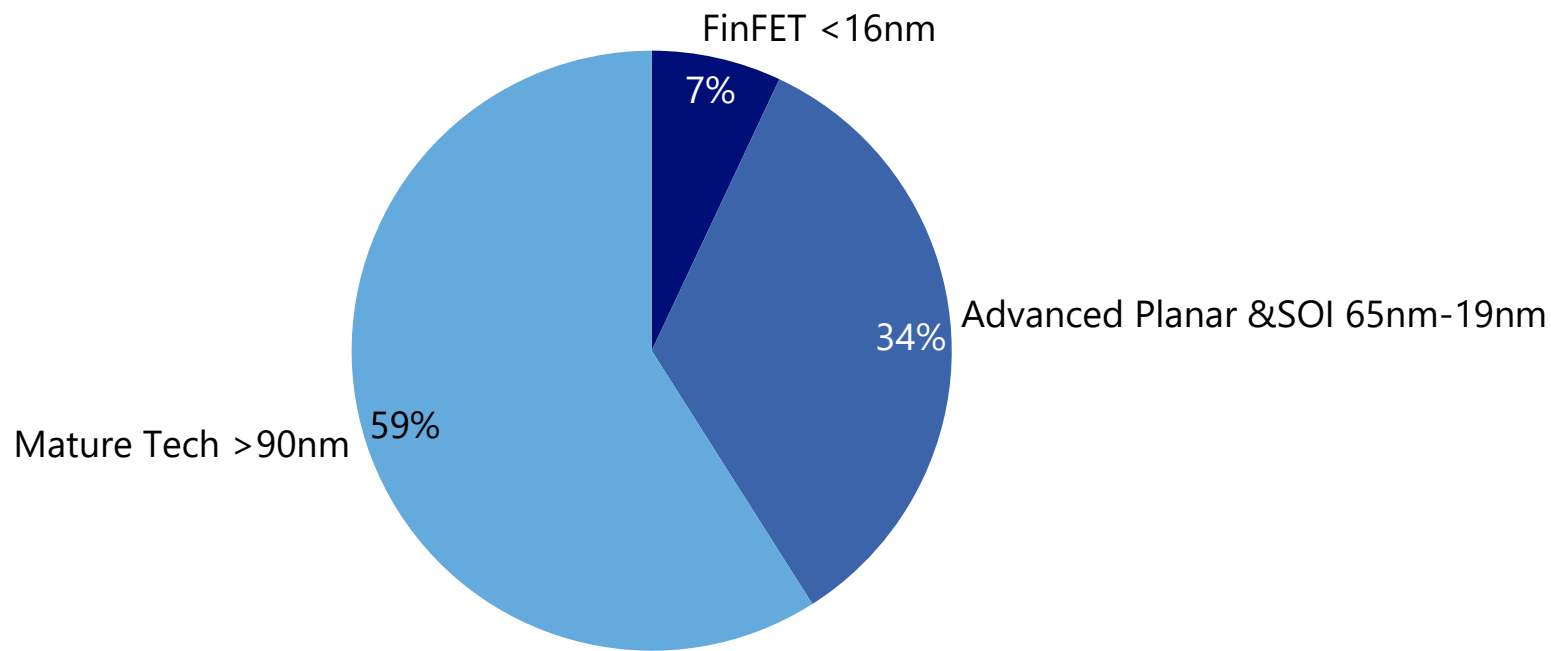
中国の半導体設計のテクノロジーノード



出所：「China semiconductor market status and IoT briefing」IHS Markit（2018年11月8日）

一方、中国の半導体製造技術はまだ未成熟。

- 5割以上がデザインルール90nm以前のマチュアテクノロジーを利用したレガシーファブ。

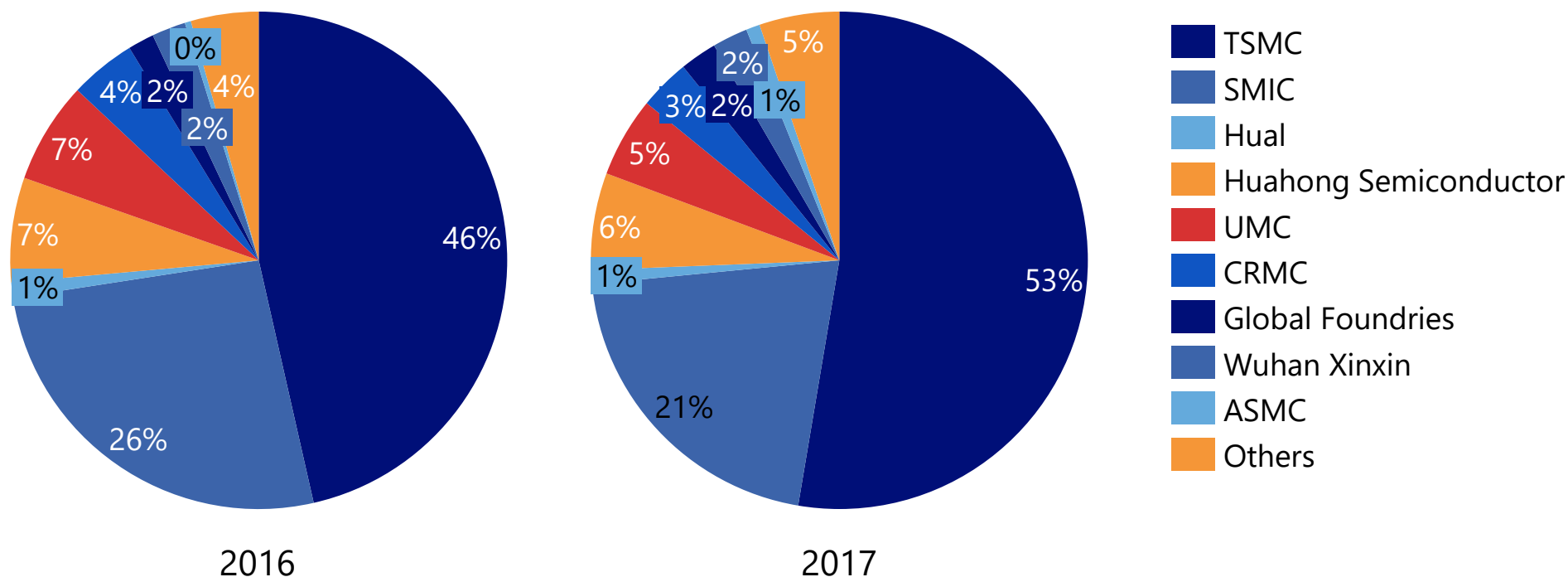


出所：「China semiconductor market status and IoT briefing」IHS Markit（2018年11月8日）

しかも、中国系のファンドリのシェアは5割未満。

半導体製造装置、材料の輸出、企業買収を阻止することが技術進歩の阻害に繋がる。

中国で設計された半導体の中国内ファンドリシェア



出所：「China semiconductor market status and IoT briefing」IHS Markit（2018年11月8日）

インテルは2010年代後半以降、新SCMシステムを構築しサプライチェーンの高度化を展開。

■ Intelはサプライチェーンをグローバルに展開

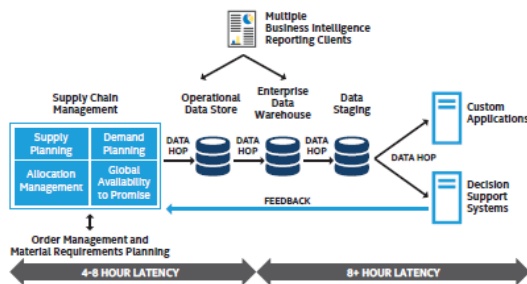
- 100か国以上、受注件数100万件超/年、世界450工場・1.6万サプライヤーからの調達、出荷量10億個超/年、等

■ The Gartner Supply Chain Top 25 for 2019で6位のポジション

■ IoTベースの真のCONNECTEDサプライチェーンを目指すとともにサプライチェーンのランドスケープを拡張（製品ポートフォリオ拡大等）

As is (かつて)

Legacy Landscape: Data Hops Delay Decisions



フラグメント化に起因する問題
サプライチェーンデータが異なるプラットフォームに世界規模で分散

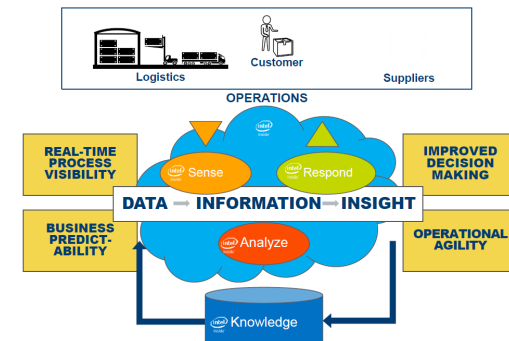
バッチ処理によるレイテンシーの問題
データが集計に反映されるまでの時間が長い
(18-24時間)

データの矛盾の問題
データの重複やデータ間の矛盾が存在

新SCM構築
による高度化
(250億円以上
の効果注)

注：早い製品供給、在庫削減、オペレーション精度向上等による5年間のコスト削減と利益の押上効果

To be



End to end visibility
サプライチェーンの可視化を担保しリアルタイム化

Responsiveness
リスクの特定、解決策のWhat ifシミュレーション

Simplification
シンプルなデータ構造とサプライチェーン連携

商品ラインアップの拡充に伴い複雑化するサプライチェーンへの対応が課題となる。

- 取扱い商品の増大やシステムへの展開に向けた調達・生産物流の複雑化、従来のPC、サーバーメーカーへのCPUの供給に加え、車載OEM、インダストリ機器ベンダ、リテールプロバイダー等ユーザの多様化に伴う販売物流の複雑化が進む。

As is (かつて)

パラダイム

PC中心の時代

Intel Inside

コアであるCPUの提供
(テクノロジーリーダーシップ)

商品ラインアップ



CPU

サプライチェーン

高度化への対応
・ リアルタイム化
・ 一元管理化

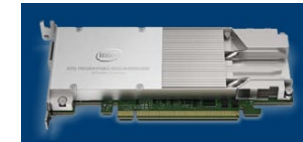
To be

データ中心の時代

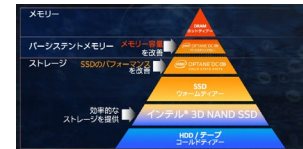
包括的なポートフォリオでAIビジョンを実現
(データプロセスのビルディングブロック)



CPU



ASIC/FPGA



メモリ



通信



カメラ



IoT

複雑化への対応

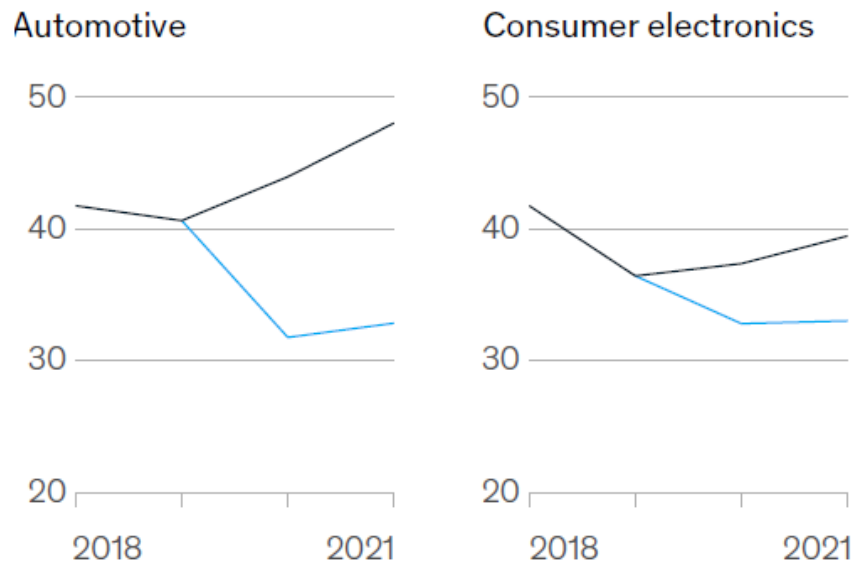
- ・ 自律化
(IoTによるコネクテッドサプライチェーン、機械学習による智能化等)

需要減退と供給断絶によるサプライチェーンの分断が発生。

■ 東日本大震災、熊本地震に引き続き川下での在庫滞留、川下での機会損失が発生。

- 「COVID-19の発生により、主要自動車メーカーは、需要の減少、ロックダウン、部品供給の問題により、生産停止や生産調整を余儀なくされている。欧州では平均26日間の操業停止により、OEMメーカーの生産台数は約206万8832台に落ち込んだ。主な生産ロスはドイツが55万3737台、フランスが27万2432台、スペインが39万7012台、イタリアが12万4524台、英国が16万7144台と推定。これら生産停止、需要減に伴うOEMによる生産調整、COVID-19危機後のサプライチェーンの問題により、ニーズは高いものの、車内空気品質改善ソリューション全体の需要は低いと考えられる。」（ロイター）

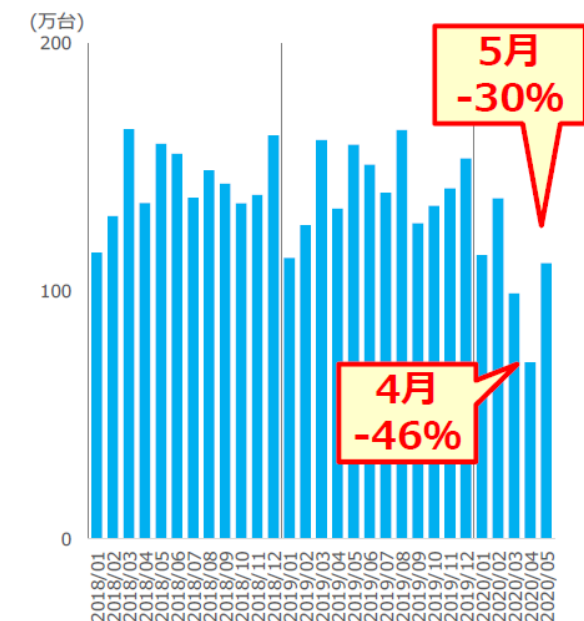
半導体出荷（川上）



出所：McKinsey

自動車販売（川下）

■ 米国自動車販売台数

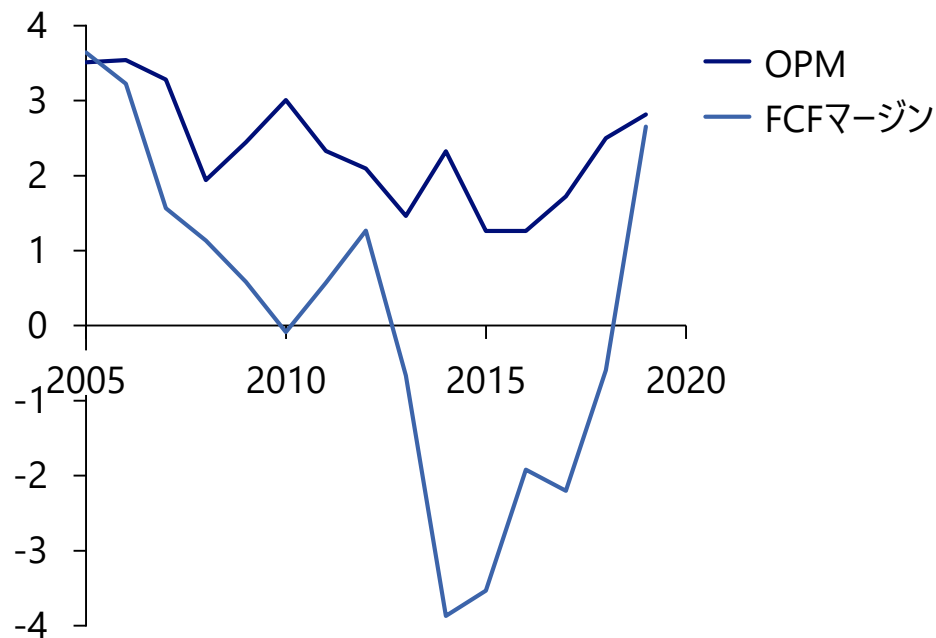


出所：株式会社SUMCO小森氏プレゼン資料

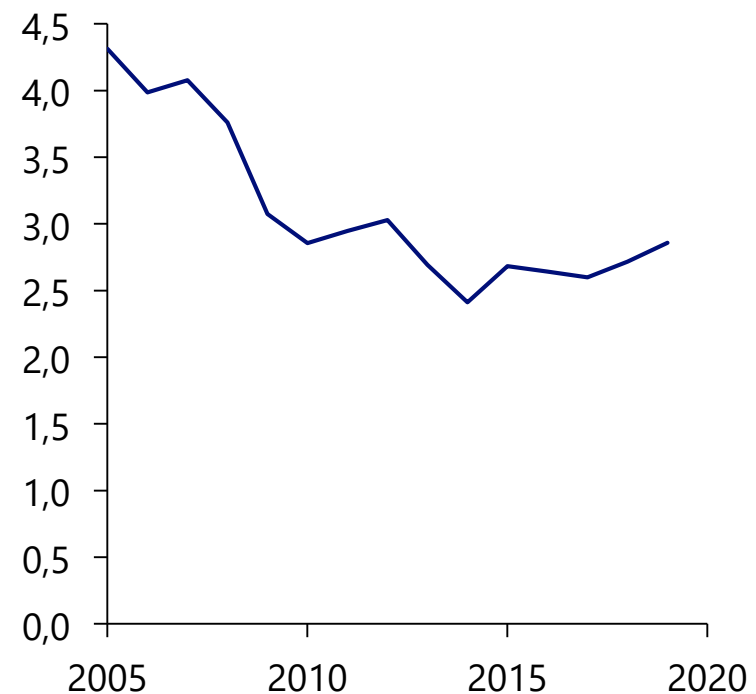
**半導体、電子部品に対してコロナの発生に伴うパニック発注が発生。
しかし、サプライチェーンの冗長化による効率性の低下は既に限界。**

- 「ASIC、AI用IC、HPC用半導体の需要がコロナウィルスのパンデミックにも拘らず増大」(DIGITIMES)
- 「昨年度末まではコロナ影響はプラスでした。半導体のパニック受注的なものもありましたが、半導体はこれからかと思っています。すでに車載関連はマイナスに動いています。パニック関連もあとで実需にあわせて調整が入ると思います。そんな状況のところに、またアメリカがファーウェイに規制という話がでて、予断の許さない状況かと思っています。」
(某半導体商社幹部)

(%) 半導体商社の収益性 (東京エレクトロンデバイス)

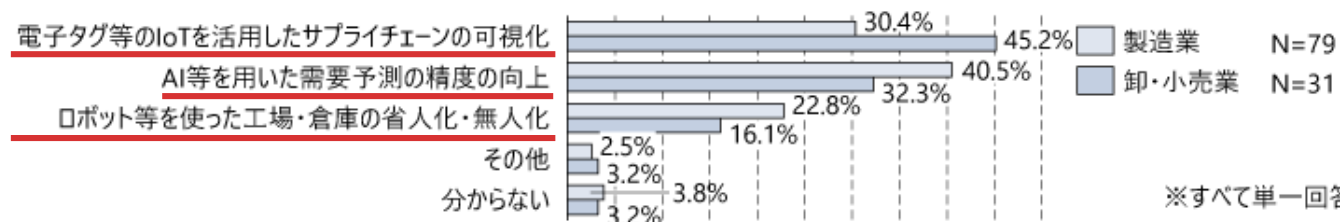
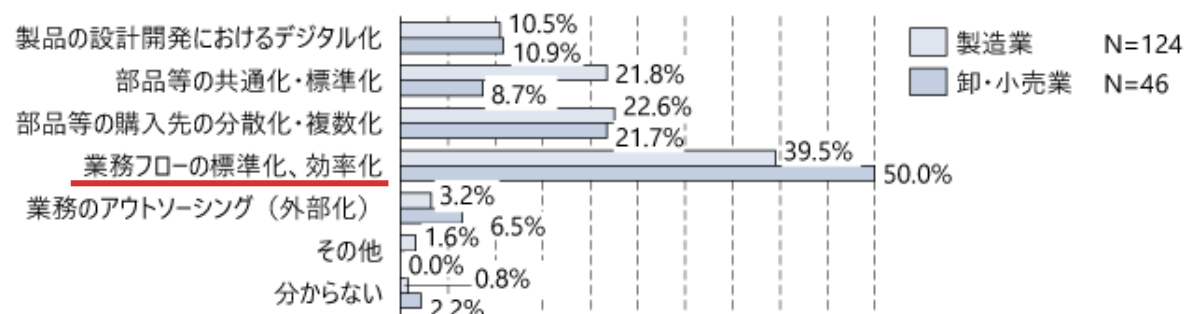
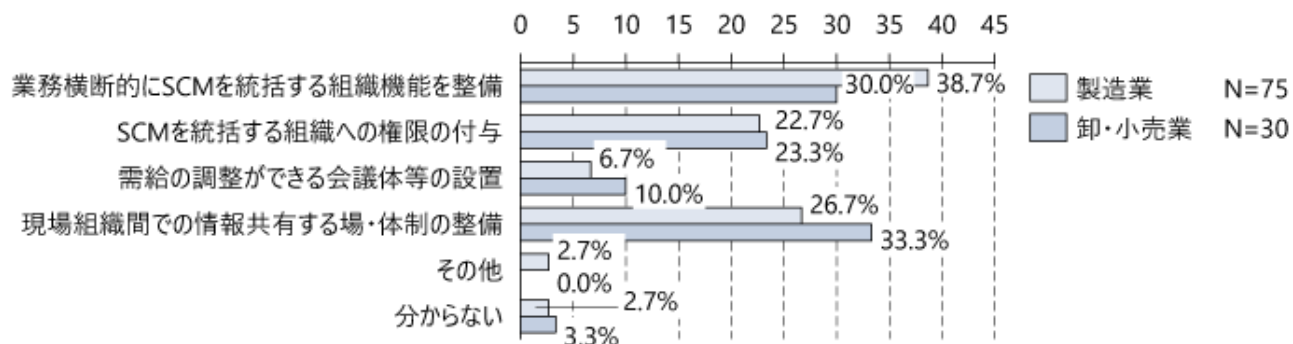


半導体商社の運転資本回転率 (東京エレクトロンデバイス)



サプライチェーン可視化と予測精度向上や省人化・無人化と標準化・効率化が課題として浮上。

サプライチェーン上の課題の詳細（業種別）



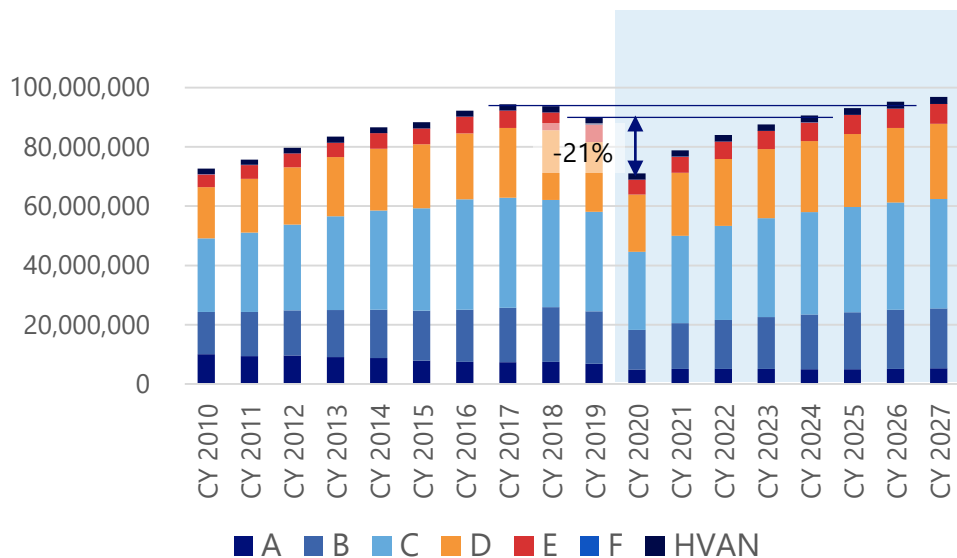
※すべて単一回答

（出所）野村総合研究所

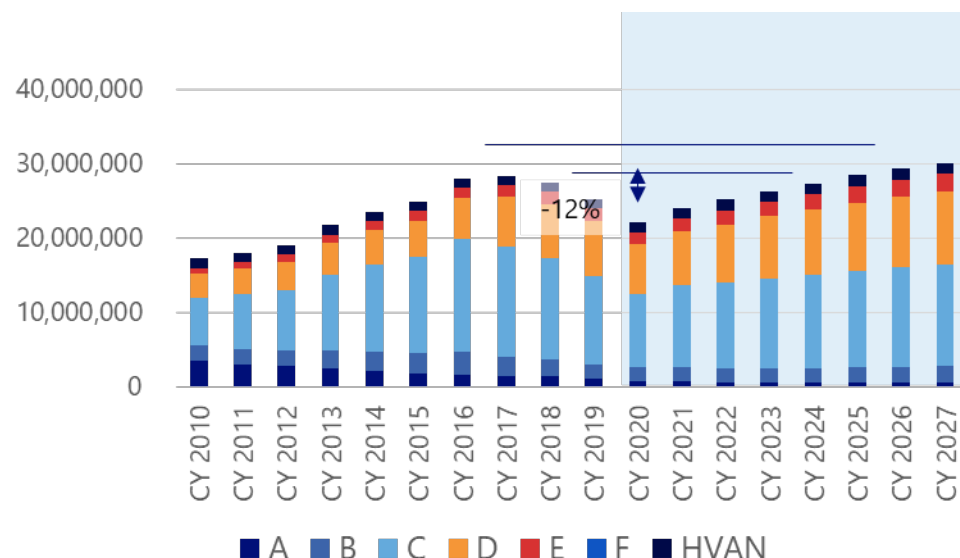
需要減退と新技術への研究開発投資負担増大により新型コロナを景気に業界構造が大きく変化する可能性は注目される。

- グローバルな自動車業界の競争環境は自動運転プラットフォームをめぐる競争に大きく変化。
- ここ3年が勝負の年と言われるなか、新型コロナにより世界的な需要減退が発生。
 - 従来通り中国、新興国(RoW)需要が牽引。先進国ではシェアリング要因でピークアウト発生。
 - 新興国では公共交通機関（バス等）回避の結果、小型車の出荷増が期待（SARS時に中国で小型車出荷が急成長）
- 事業継続の資金繰りに追われ研究開発原資を投入できないOEM、Tier 1 はグローバル競争からはじき出される可能性が高まった。

世界の自動車販売台数予測



中国の自動車販売台数予測



今後メガTier 1 の規模の経済の競争になり日本で生き残れるTier 1 は限定的との コンセンサスが生まれつつある。

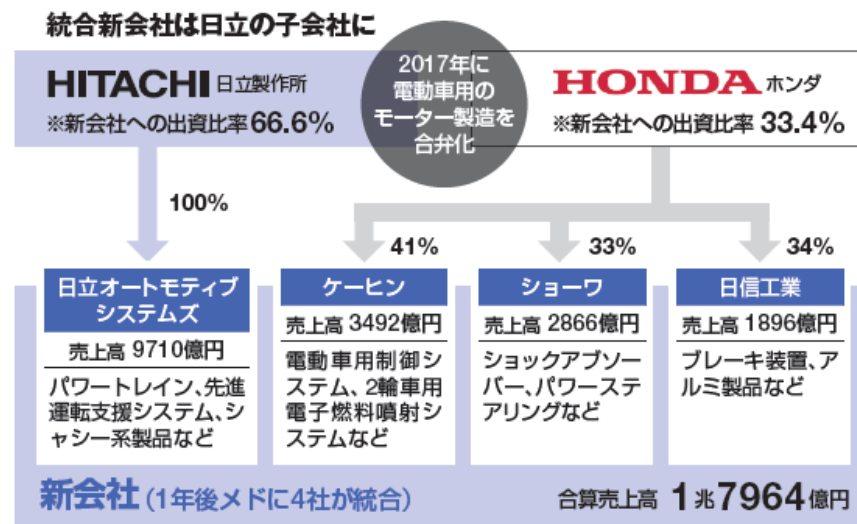
■ グローバル開発競争が加速する中、Tier 1 の合従連衡も進みつつある。

- 日立オートモティブシステムズと Honda は、2019年10月30日、Honda 系部品メーカー3社の経営統合策を発表。
- 出資比率は日立製作所が66.6%、Honda が33.4%。これにより、日立オートモティブシステムズは売上高規模でデンソー、アイシン精機に次ぐ国内第3位になる見込み（基本的に対象3社はPT系、シャシー系を中心とするTier1であり、ADAS系、統合制御系は弱い）。

■ しかし、競争軸は自動運転プラットフォームであり技術補完による掛け算の合従連衡が重要。

- 単なる規模の経済に向けた足し算では最終的に生き残れないとの指摘もあり。

日立グループと Honda グループの経営統合



(注) ➡は現在の出資比率、売上高は2018年度実績

海外ODMの車載（自動運転含む）における存在感が上昇中。

- Quanta、Foxconn等台湾ODMの車載品質は上がってきており、欧米OEMとの付き合い方も上手く、米中対立もある中で中国との距離も上手く取れると注目が集まっている。
- 日本の既存工場の課題のボトルネックと中国の新規工場建設の強み（「持てる不経済」と「持たざる経済」）。
 - 中国の新しい工場では無線を多様、一方、日本の工場は有線がほとんど、等。

FoxconnとFiat Chryslerのパートナーリング

Foxconn and Fiat Chrysler partner to develop EVs and an 'internet of vehicles' business

Kirsten Korosec @kirstenkorosec / 8:15 am JST • January 17, 2020

Comment



出所：<https://techcrunch.com/2020/01/16/foxconn-and-fiat-chrysler-partner-to-develop-evs-and-an-internet-of-vehicles-business/>

自動運転を巡るODMの動き

- 自動運転OS「Autoware（オートウェア）」の普及を図るティアフォーが台湾のODM大手クアンタ・コンピュータから2019年に出資を受け入れ。
- Quanta Computer（クアンタ・コンピュータ）がAppleの自動運転技術の開発を支援。

出所：自動運転LABより

➡ 新興国の新しい工場をサービス型で提供することの事業のスケラビリティとROIの高さは論点のひとつ

効率化と強靱化の全体最適化：参考 AIを活用したサプライチェーンリスクのスコアリング

AIを利用したサプライチェーンリスクのスコアリングサービスの需要が急増。

- AIを利用したサプライチェーンリスクのスコアリングサービスを提供しているRiskmethods社（独）では新型コロナのパンデミック発生後、対前年比200%超で成長。

Riskmethodsのフレームワーク

Framework for Coronavirus Crisis Recovery and Supply Chain Continuity	Crisis short-term	Recovery mid-term	New Normal long-term
Secure Supply Ensure that your existing supply chain is not impacting your ability to meet customer commitments.	React to events	Expand threat detection and effectiveness of your response	Risk preparedness through comprehensive identification & remediation planning
Evolve Your Sourcing Paradigm Enhance your sourcing program to be better equipped to expand and manage supplier relationships.	Seek alternative suppliers ad hoc	Ensure new sourcing decisions are both rapid and considerate of risk	All aspects of supplier relationship management now prioritize risk, especially awarding business
Enhance Supply Network Management Extend your ability to understand dependence and collaborate with your supply network.	Establish criticality of supply as disruption occurs	Determine critical supply dependencies and conduct priority sub-tier visibility efforts	Strive for end-to-end visibility in combination with collaborative risk management
Become a Risk-Aware Enterprise Transform your supply chain risk management processes to survive and thrive.	Dedicate additional resources to risk management	Expand the importance of risk in decision-making while formulating broader process improvement	Risk preparedness is must-have discipline that unites stakeholders and translates into business success

riskmethods 2020 © All rights reserved

The value of The riskmethods Solution



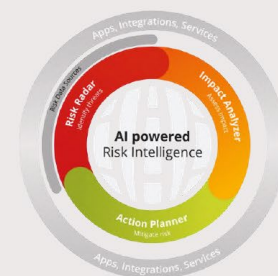
By leveraging artificial intelligence, The riskmethods Solution identifies the real threats to a supply network

riskmethods Risk Intelligence™
Covering all types of risk
Financial • Reputational • Natural Disaster
Man Made • Geopolitical • Cyber

The riskmethods Solution allows businesses to identify and illustrate the impact on supply chain disruptions immediately



The riskmethods Solution allows businesses to proactively plan for business continuity and avoid risks to their supply chains

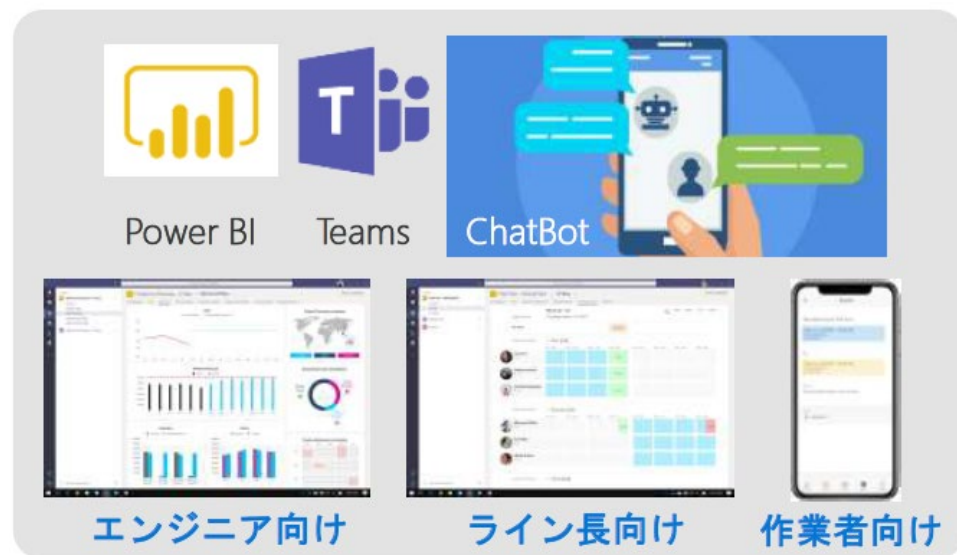


出所：Riskmethods社パンフレット、ホワイトペーパーより

効率化と強靱化の全体最適化：②短リードタイム化、短サイクル化

ASMLではフィールドエンジニアがARを用いてファンドリの設備稼働継続をサポート。

- ARを用いることで作業者にとって直感的で分かりやすいナチュラルユーザーインターフェース（NUI）を実現。
- AIを用いることで現場の情報連携を加速。
 - 現場のロールに対応した自動データ抽出、情報化・視覚化
 - 既存システム、人依存システムを補完するコラボレーション基盤



出所：MSへのヒアリングより、<https://www.asml.com/en/news/stories/2020/augmented-reality-to-the-rescue-coronavirus>

I. 背景と目的、ならびに実施内容

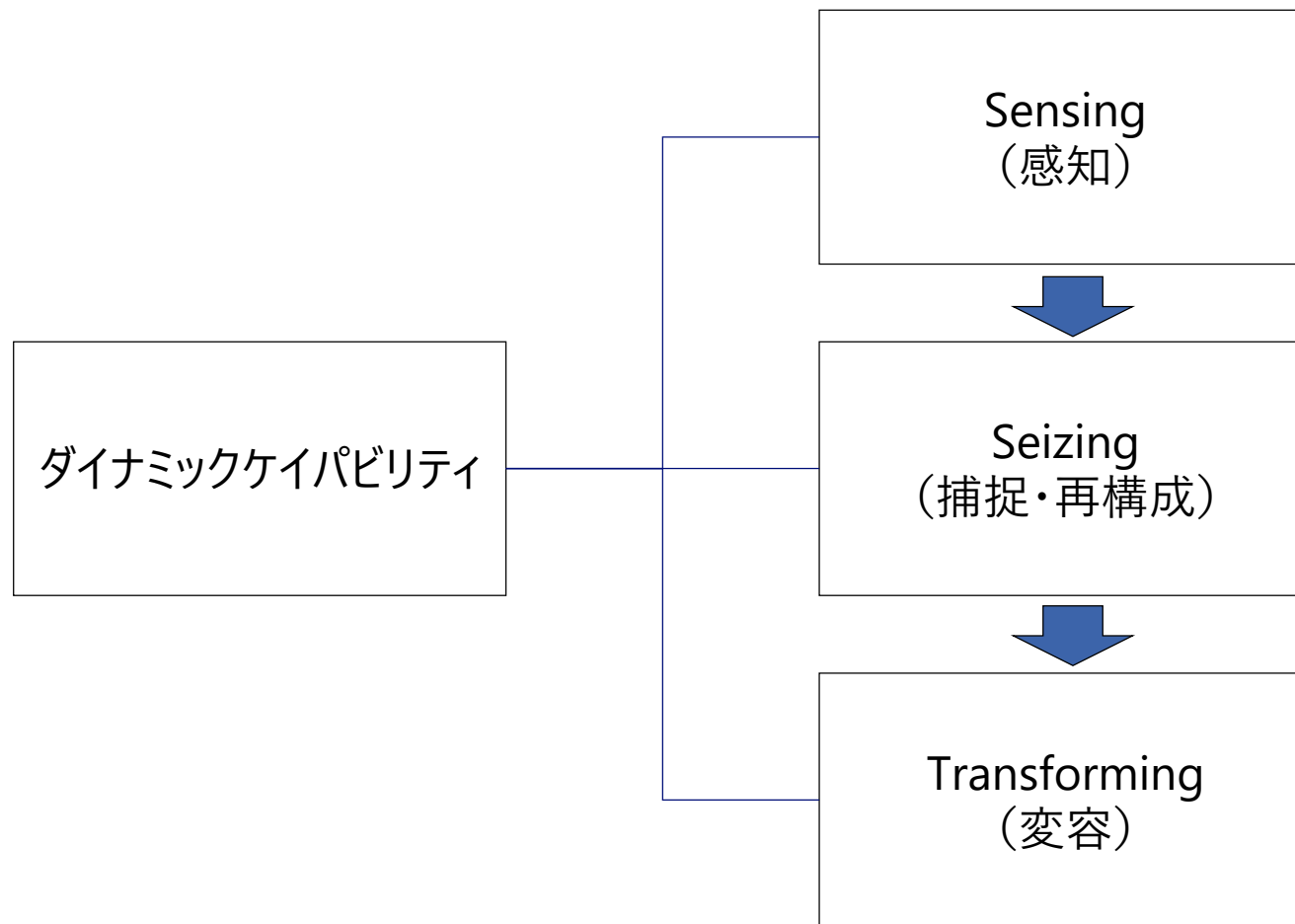
II. 5G等の無線通信技術の生産現場での本格活用に係る調査・分析

III. 技術戦略の検討

IV. APPENDIX

1. 製造現場におけるダイナミックケイパビリティに関する論点

ダイナミックケイパビリティを実現する構成要素は3つ存在する。



政策的な大局観の提示による感知への感度向上が必要であり、製造プロセス、サプライチェーンの透明性の確保などが課題となる。

政策や先進事例からの論点

- 政策主導での大局観、グランドデザインの提示
（データ共有圏（データ駆動2.0）のグランドデザイン等）
- 産官学連携による技術開発とユースケース、ビジネスモデル開発による事業が直面する変化の感知の感度向上

新型コロナが提起した論点

- 製造プロセス（エンジニアリングチェーン）、サプライチェーンの透明性向上とセキュリティ強化
（ブロックチェーンの活用、リスクスコアリング等）
- データの互換性の確保とデータ主権の確保（合意可能な互換性の線引き等）
（データを利用するだけでなく価値をフィードバック（産業、社会に価値還元するための政策等））
- 量産プロセスにおけるデータフィードバック（量産計測、データ駆動で内挿最適解等）

政策的な基盤整備、要素技術開発が必要であり、アジャイルなフロントローディングやCPSのインターフェース最適化などが課題となる。

政策や先進事例からの論点

- フレキシブルでダイナミックな再構成が可能な基盤の政策的な整備
 - リファレンスアーキテクチャの整備、標準化、データの信頼性担保（システム・部品データの信頼性）
 - アーキテクチャによる透明性担保や制度・ルールとアーキテクチャの親和性強化を政策的に展開
- 環境変化に対応するために必要となる新規リソース（要素技術開発等）の研究開発への公的資金の戦略的投入（先端研究から応用への橋渡しの仕組みも整備）

新型コロナウイルスが提起した論点

- アジャイルなフロントローディング（環境変化に応じて俊敏にフロントローディングを行う）
- CPSのインターフェース最適化
 - （人が介在）熟練、フィールドエンジニア等の時間と場所の制約解消（AR、BMI等）
 - （人が非介在）事前の説明のコスト増大への対応（データ提供とデータ協調による私と公のご利益のバランスの動的、持続的な説明等）、ユーザとベンダのデータ収集・管理の境界線の切り方等

政策的な企業変革に向けたプラットフォームやルールの整備が必要であり、新規工場へのサービス型での展開、既存工場（レガシー）の制約条件解消などが課題となる。

政策や先進事例からの論点

- 企業変革に向けたデータ流通とデータ主権のためのプラットフォーム、ルール整備の政策的な整備、普及
 - 企業内
 - 企業横断
 - 産業横断

新型コロナが提起した論点

- 新しい工場に対するサービス型での展開（「持たざる経済」のレバレッジ）
- 既存工場（レガシー）の制約条件の解消（「持てる不経済」の解消）（ファシリティ、工場レイアウトの再設計等）
- 地産地消とグローバルネットワークのトレードオフ解消（工程のデジタル標準化によるスケールアウト、データ標準化と機械学習によるローカル対応等）
- カスタム対応のデジタルプロダクションシステム（対象物ごとにカスタムな生産対応を行う）

2. ダイナミックケイパビリティの構成要素と5Gとの関係



1) ダイナミックケイパビリティの要素

2) 日本の製造業の課題とダイナミックケイパビリティを実現するスマートなマザー工場の重要性

3) ダイナミックケイパビリティに向けた5Gの可能性を示唆する事例

ダイナミックケイパビリティの本質

『ダイナミックケイパビリティ』とは、不確実性に適応でき、持続可能、かつ事業機会に対して、スケールアウトできる経営能力

1) 不確実性への適応力

- ① 機敏な供給ネットワーク設計力と変革力
- ② 柔軟で機敏な工場、設備運用、製品ポートフォリオ管理
- ③ 柔軟で機敏な意思決定機構の構築によるリアルオプション型意思決定
(≠ 迅速な意思決定)
 - ← ギリギリまで引きつけた意思決定 (S & O P)
 - ← 1 2 か月から 2 4 か月を見通した意思決定

2) 持続可能性の確保 = 技術継承力

3) 事業のスケールアウト力 = M&A (P M I)、海外展開

『ダイナミックケイパビリティ』は大きく8つのポイントから構成

1. 製造：スマートなマザー工場
：製造現場のインテリジェンスの形式知化、組織知化、システム化
2. 生産技術：製造ラインの設計思想ヘリアルオプションを導入
3. PLM（製品・生産技術・運用・廃棄設計）
：アジャイルなフロントローディング、及びエンド・ツー・エンドのエンジニアリングチェーン
4. サプライチェーン設計
：（調達・供給ネットワーク）の最適シミュレーションによる機敏なネットワーク設計
5. 海外展開
：APICS活用による「製造管理技術の形式知・組織知・システム化、海外工場での人材確保力強化」
6. 計画ローリング：SBUのボードメンバーによる“機敏で柔軟、組織的な”意思決定機構（S&OP方式）の確立
7. 製品事業から「ソリューション・サービス」事業への展開
：PSS（製品サービスシステム）事業の推進、及びそのための「産業のシステムアーキテクチャ検討」の重要性
8. マーケティング戦略としての「政策的なオープンイノベーション」の活用

8つのポイントのブレークダウン

1. 製造：スマートなマザー工場： 製造現場のインテリジェンスの形式 知化、組織知化、システム化

業務インテリジェンス（製品設計、生産準備・設備設計、製造プロセス、品質管理、設備の運用保守、各種教育トレーニング他）の形式知化、組織知化、ナレッジDBなどでの“システム化”を図る。（PLM、MES、AR、VR他）

（１）工程操業データ（事後）等の収集と製造部門全体での蓄積・分析（大容量、多端末）による形式知化、組織知化、システム化

①設備保守ノウハウの形成

現在は工程別のPCに保存されていて、必ずしも全工程、工場全体、マザー工場までの情報共有ができていない工程作業と設備管理保守データ、また品質管理データを、工場全体、工場ネットワーク全体で共有する仕組み

②設備運用時の問題発見と対応方策のノウハウ形成

- ・ 生産技術設計・工程設計・設備設計・作業設計の設計時の想定（シミュレーション）とタスク実行状況との乖離を把握、原因を把握できるようにしておく
- ・ 例：設備停止状況の理由：段取替え時、仕掛在庫の未到着、品質問題発生、設備問題
- ・ チョコ停（設備問題）の原因究明のための各種データの収集と共通知識DBの作成
- ・ チョコ停（設備問題）の原因究明のための各種データの収集と共通知識DBの作成
- ・ 製品品質管理上の問題究明のための各種データの収集と共通知識DBの作成

（２）工場全体の制御システムの高度化（多端末）

①MES（ISA95）機能の現場可視化

②PLC統合

③Role baasedダッシュボード

④差立て指示（WorkOrder）

⑤進捗管理（現場でのリアルタイム・ガントチャートでのスケジューリング管理）

8つのポイントのブレークダウン

1. 製造：スマートなマザー工場： 製造現場のインテリジェンスの形式 知化、組織知化、システム化

(3) SOP（標準業務手順）の徹底

• AR,VR（大容量）を活用したSOP（標準業務手順）の徹底

(4) 各種トレーニングの円滑化

• AR,VRによる設備保守など各種トレーニングの円滑化

(5) 共通知識データベースの提供

• AR,VRによる共通知識データベースの提供
• 現場の未熟練作業員への情報提供とその結果の共通知識DBへのFB

(6) スマートなマザー工場機能のサービス提供

① AR,VRによる現場へのスマートなマザー工場機能のサービス提供

(1) での蓄積を、関連する組織共通の知識として、マザー工場として整理、組織全体としての共通知識DBの整備を図る。

② リアルタイムでの情報交換、リアルタイムでの問題解決支援

- 同時に、共通知識DBを参照しても現場で解決できない問題、もしくは一旦解決できた問題（例：チョコ停など）が高頻度で再発するケースに対し、
- 各工程の作業内容を前工程までの計測機器からの情報などに関連させて分析することで、大域的な渉関係を分析し、現場の現在の問題に対し、マザー工場で同時に解決作業を支援すること（仕掛在庫と設備の干渉関係、当該仕掛在庫の前工程での作業内容との関連分析、品質管理のポイントのチェック・更新他）

8つのポイントのブレークダウン

2. 生産技術：製造ラインの設計思想へリアルオプションを導入

新製品や製品バリエーションの拡大、多種少量生産、一品生産などへ適応するために、制約（コンストレイント）工程の自由度を工場させ、変化への対応力拡大を図る。

① モジュール型の生産ライン
（ワイヤレス化されると自由度が拡大）

② 動的な設備運用への設計方式の転換
（ワイヤレス化されると自由度が拡大）

③ PLCや組み込みソフトウェアの更新プログラムをコンテナ化
（大容量）

3. PLM（設計）：アジャイルなフロントローディング、及びエンド・ツー・エンドのエンジニアリングチェーン

1の業務を4D（+time）のPLMで支援するためには、大容量の通信が効果的

4. サプライチェーン（調達・供給ネットワーク）の最適シミュレーションによる機敏なネットワーク設計

5. APICS活用による「製造管理技術の形式知化、組織知化、システム化、及び特に海外工場での人材確保力強化」

注：APICS 1957年に米国・シカゴで設立され、全世界100か国以上で292の地域チャネルパートナーを持つSCM（サプライチェーンマネジメント）に関する教育と資格認定を専門とする世界最大の団体

8つのポイントのブレイクダウン

6. S&OP方式による、SBUボードにおける“機敏で柔軟、かつ組織的な”意思決定機構の確立

①トップダウン、ボトムアップ論の限界突破

②“風通しのよい企業風土”の仕組の構築

7. 製品からソリューションサービス化：PSS（製品サービスシステム）事業の推進と産業のシステムアーキテクチャの重要性

①第4次産業革命の政策課題・コネクティッド産業 by AAS（管理シェル）の考え方

8. マーケティング戦略としての「政策的なオープンイノベーション」の活用

①政策的なオープンイノベーションの推進（DADAC、SIC）

②デジタルでの情報共有には、企業間の信頼が必須。
日本の産業は優位性を有しているはず
（ものづくり白書2020）

注：AAS（Asset Administration Shell） インダストリー4.0の世界につながる必要のあるもの全て（アセット）をインダストリー4.0の世界につながるインターフェイス

S&OP（Sales and Operations Planning） 企業において、経営層と生産や販売、在庫などの業務部門が情報を共有、意思決定速度を高めることでサプライチェーン全体を最適化しようという手法

DADC（Digital Architecture Design Center） 社会課題解決と革新的なイノベーションへの貢献としてデジタル革命を促進する技術の開発・社会実装等への取り組みを推進するためにIPAが設立

SIC 一般社団法人システムイノベーションセンター

8つのポイントのブレークダウン

参考：
技術開発動向概観（論文、
特許分析）の主要技術
（23頁）との関係性

		1 製造：スマートなマザー工場：製造現場のインテリジェンスの形式知化、組織知化、システム化											
		(1) 工程作業データ (事後)等の収集と製造 部門全体での蓄積・分析		(2) 工場全体の制御システムの高度化（多端末）					(3) SOP（標準業務手 順）の徹底		(5) 共通 知識データ ベースの提	(6) スマートなマザー 工場機能のサービス提供	
		①設備保守ノウ ハウの形成	②設備運用時の 問題発見と対応 方策のノウハウ 形成	①MES (ISA95) 機能 の現場可視化	②PLC統合	③Role baased ダッシュボード	④差立て指示 (WorkOrder)	⑤進捗管理（現 場でのリアルタ イム・ガント チャートでのス ケジューリング 管理）	・AR,VR（大容 量）を活用した SOP（標準業務 手順）の徹底	・AR,VRによる 設備保守等各 種トレーニング の円滑化	・AR,VRによる 共通知識データ ベースの提供 ・現場の未熟練 作業者への情報 提供とその結果 の共通知識DB へのフィード バック	① AR,VRによ る現場へのス マートなマザー 工場機能のサー ビス提供	② リアルタイ ムでの情報交 換、リアルタイ ムでの問題解決 支援
VI	PLC	○	○	○	○								
VI	DCSX製造	○	○	○									
VI	制御X工場	○	○	○			○	○					
VI	VR・ARX工場	○	○			○			○	○	○	○	○
VI	AIX工場	○	○	○									
VI	AX工場X製造・生産)	○	○	○									
VI	画像処理・解析X工場	○	○	○									
VI	シミュレーションX工場X製造・生産			○				○					
VI	ライフサイクルX工場	○	○	○									
VI	アディティブマニファクチャリング			○									
VI	CIMX工場			○									
VI	予防・予兆X保全・保守	○	○	○		○	○	○					
V	AGV	○	○	○									
IV	システムエンジニアリングX製造	○	○	○									
IV	ERPX製造	○	○	○			○	○					
IV	ロボットXAIX工場	○	○	○									
IV	3DプリンタX生産・製造・工場	○	○	○									
IV	デジタルツイン	○	○	○									
IV	セキュリティX工場	○	○	○									
III	管理シェル	○	○	○									
III	クラウドPLC	○	○	○	○		○						
III	クラウドERPX製造	○	○	○			○	○					
III	クラウドDCSX製造	○	○	○			○						
III	クラウド制御X工場	○	○	○			○						
III	クラウドSCADAX製造	○	○	○			○						
III	協調ロボットX工場	○	○	○									
III	ブロックチェーンX生産・製造・工場												
III	最適経路X工場			○									
III	ソフトウェアディファンドファクトリー	○	○	○									
III	量子コンピュータX生産・製造・工場			○									
II	量子アニーリングX生産・製造・工場			○									
II	クラウドPLMX生産・製造・工場			○									
II	BMIX生産・製造・工場			○									
I	自律AGV	○	○	○									
I	PLMX製造												
I	SCADAX製造	○	○	○			○						
I	トレーサビリティX工場)			○									

8つのポイントのブレークダウン

参考：
技術開発動向概観（論文、
特許分析）の主要技術
（23頁）との関係性

		2 生産技術：製造ラインの設計思想 ヘリアルオプションを導入			3 PLM (設計)： アジャイル なフロント	4 サブ ライ チェー ン (調達・ 供給ネッ トワー ク)の最 適シミュ レーショ ンによる 機敏な ネット	5 APICS活 用による 「製造管 理技術の 形式知 化、組織 知化、シ ステム 化、及び 工場での	6 S&OP方 式によ る、SBU ボードに おける“機 敏で柔 軟、かつ 組織的な” 意思決定 機構の確 立	7 製品 からソ リュー ション サービス 化：PSS (製品 サービ スシス テム)事業 の推進と 産業のシ	8 マー ケティ ング戦 略とし ての 「政策 的なオ ープ ンイノ ベーシ ョン」の活 用
VI	PLC	○	○	○						
VI	DCSX製造	○	○	○						
VI	制御X工場	○	○	○						
VI	VR・ARX工場									
VI	AIX工場	○	○	○						
VI	AX工場X製造・生産)	○	○	○						
VI	画像処理・解析X工場	○	○	○						
VI	シミュレーションX工場X製造・生産	○	○	○		○				
VI	ライフサイクルX工場	○	○	○						
VI	アディティブマニュファクチャリング	○	○	○						
VI	CIMX工場	○	○	○						
VI	予防・予兆X保全・保守	○	○	○						
V	AGV	○	○	○						
IV	システムエンジニアリングX製造	○	○	○						
IV	ERPX製造	○	○	○						
IV	ロボットXAIX工場	○	○	○						
IV	3DプリンタX生産・製造・工場	○	○	○						
IV	デジタルツイン	○	○	○						
IV	セキュリティX工場	○	○	○						
III	管理シェル	○	○	○						
III	クラウドPLC	○	○	○						
III	クラウドERPX製造	○	○	○						
III	クラウドDCSX製造	○	○	○						
III	クラウド制御X工場	○	○	○						
III	クラウドSCADAX製造	○	○	○						
III	協調ロボットX工場	○	○	○						
III	ブロックチェーンX生産・製造・工場									
III	最適経路X工場	○	○	○						
III	ソフトウェアディファンドファクトリー	○	○	○						
III	量子コンピュータX生産・製造・工場	○	○	○		○				
II	量子アニーリングX生産・製造・工場	○	○	○		○				
II	クラウドPLMX生産・製造・工場	○	○	○						
II	BMIX生産・製造・工場	○	○	○						
I	自律AGV	○	○	○						
I	PLMX製造									
I	SCADAX製造	○	○	○	○					
I	トレーサビリティX工場)	○	○	○		○				

非技術要素

ダイナミックケイパビリティの構成要素ごとに5Gの特徴が訴求するポイントが異なる。

- 大容量化、多端末化により形式知化、共通知識の有効活用（AR、VRを活用したリモートでのスーパーバイズ等）、低遅延化によりリアルタイム化、仮想化（PLC統合等）が可能となる。

		大容量	低遅延	多端末
1. 製造：スマートなマザー工場：製造現場のインテリジェンスの形式知化、組織知化、システム化				
(1) 工程操業データ（事後）等の収集と製造部門全体での蓄積・分析（大容量、多端末）による形式知化、組織知化、システム化	① 設備保守ノウハウの形成	○		○
	② 設備運用時の問題発見と対応方策のノウハウ形成	○		○
(2) 工場全体の制御システムの高度化（多端末）	① MES（ISA95）機能の現場可視化	○		○
	② PLC統合		○	
	③ Role baasedダッシュボード	○		○
	④ 差立て指示（WorkOrder）	○		○
	⑤ 進捗管理（現場でのリアルタイム・ガントチャートでのスケジューリング管理）	○		○
(3) SOP（標準業務手順）の徹底	・AR,VR（大容量）を活用したSOP（標準業務手順）の徹底	○		○
(4) 各種トレーニングの円滑化	・AR,VRによる設備保守など各種トレーニングの円滑化	○		○
(5) 共通知識データベースの提供	・AR,VRによる共通知識データベースの提供 ・現場の未熟練作業への情報提供とその結果の共通知識DBへのフィードバック	○		○
(6) スマートなマザー工場機能のサービス提供	① AR,VRによる現場へのスマートなマザー工場機能のサービス提供	○		○
	② リアルタイムでの情報交換、リアルタイムでの問題解決支援	○	○	
2. 生産技術：製造ラインの設計思想ヘリアルオプションを導入				
	① モジュール型の生産ライン（ワイヤレス化されると自由度が拡大）	○		
	② 動的な設備運用への設計方式の転換（ワイヤレス化されると自由度が拡大）	○		
	③ PLCや組み込みソフトウェアの更新プログラムをコンテナ化（大容量）	○		
3. PLM（設計）： アジャイルなフロントローディング、及びエンド・ツー・エンドのエンジニアリングチェーン	○ 1の業務を4D（+time）のPLMで支援するためには、大容量の通信が効果的	○		
4. サプライチェーン（調達・供給ネットワーク）の最適シミュレーションによる機敏なネットワーク設計				
5. APICS活用による「製造管理技術の形式知化、組織知化、システム化、及び特に海外工場での人材確保力強化」				
6. S&OP方式による、SBUボードにおける“機敏で柔軟、かつ組織的な”意思決定機構の確立				
7. 製品からソリューションサービス化：PSS（製品サービスシステム）事業の推進と産業のシステムアーキテクチャの重要性				
8. マーケティング戦略としての「政策的なオープンイノベーション」の活用				

8つのポイントと要素技術（案）

ダイナミックケイパビリティの8つのポイントを実現する要素技術として、クラウドPLC、管理シエル、自律AGV、AI、リコンフィギャラブルチップなどがあげられる。

		クラウドPLC	管理シエル	自律AGV	AI	リコンフィギャラブルチップ
1. 製造：スマートなマザー工場：製造現場のインテリジェンスの形式知化、組織知化、システム化			○		○	○
(1) 工程操業データ（事後）等の収集と製造部門全体での蓄積・分析（大容量、多端末）による形式知化、組織知化、システム化	① 設備保守ノウハウの形成	○	○		○	○
	② 設備運用時の問題発見と対応方策のノウハウ形成	○	○		○	○
(2) 工場全体の制御システムの高度化（多端末）	① MES（ISA95）機能の現場可視化	○	○		○	○
	② PLC統合	○	○			
	③ Role baasedダッシュボード	○	○		○	○
	④ 差立て指示（WorkOrder）	○	○		○	○
	⑤ 進捗管理（現場でのリアルタイム・ガントチャートでのスケジューリング管理）	○	○		○	○
(3) SOP（標準業務手順）の徹底	・AR,VR（大容量）を活用したSOP（標準業務手順）の徹底					
(4) 各種トレーニングの円滑化	・AR,VRによる設備保守など各種トレーニングの円滑化				○	○
(5) 共通知識データベースの提供	・AR,VRによる共通知識データベースの提供 ・現場の未熟練作業への情報提供とその結果の共通知識DBへのフィードバック	○	○		○	○
(6) スマートなマザー工場機能のサービス提供	① AR,VRによる現場へのスマートなマザー工場機能のサービス提供		○			
	② リアルタイムでの情報交換、リアルタイムでの問題解決支援	○	○		○	○

8つのポイントと要素技術（案）

ダイナミックケイパビリティの8つのポイントを実現する要素技術として、クラウドPLC、管理シエル、自律AGV、AI、リコンフィギャラブルチップなどがあげられる。

		クラウドPLC	管理シエル	自律AGV	AI	リコンフィギャラブルチップ
2. 生産技術：製造ラインの設計思想ヘリアルオプションを導入	新製品や製品バリエーションの拡大、多種少量生産、一品生産などへ適応するために、制約（コスト・レイアウト）工程の自由度を工場させ、変化への対応力拡大を図る。					
	① モジュール型の生産ライン（ワイヤレス化されると自由度が拡大）	○	○	○	○	○
	② 動的な設備運用への設計方式の転換（ワイヤレス化されると自由度が拡大）	○	○	○	○	○
	③ PLCや組み込みソフトウェアの更新プログラムをコンテナ化（大容量）	○	○		○	○
3. PLM（設計）： アジャイルなフロントローディング、及びエンド・ツー・エンドのエンジニアリングチェーン	○ 1の業務を4D（+time）のPLMで支援するためには、大容量の通信が効果的		○		○	○
			○		○	○
4. サプライチェーン（調達・供給ネットワーク）の最適シミュレーションによる機敏なネットワーク設計		○	○		○	○
5. APICS活用による「製造管理技術の形式知化、組織知化、システム化、及び特に海外工場での人材確保力強化」					○	○
6. S&OP方式による、SBUボードにおける“機敏で柔軟、かつ組織的な”意思決定機構の確立			○		○	○
7. 製品からソリューションサービス化：PSS（製品サービスシステム）事業の推進と産業のシステムアーキテクチャの重要性			○			
8. マーケティング戦略としての「政策的なオープンイノベーション」の活用			○			

1) ダイナミックケイパビリティの要素

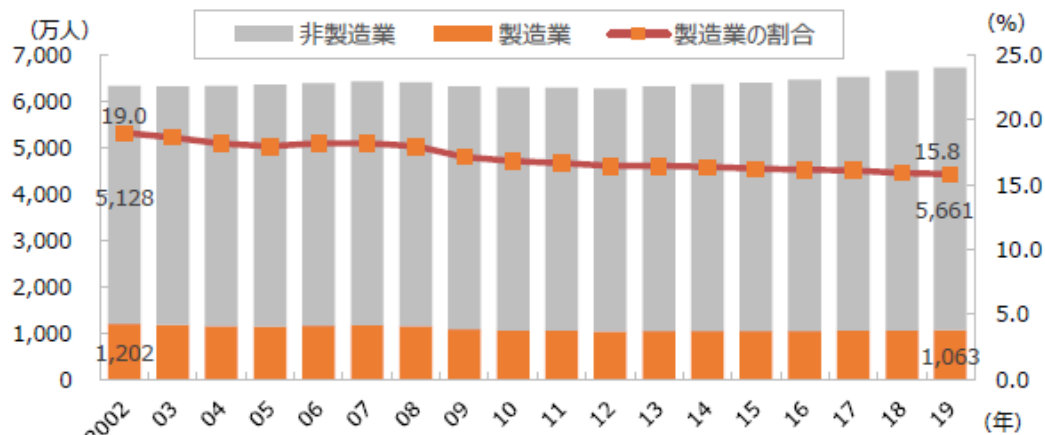
2) 日本の製造業の課題とダイナミックケイパビリティを実現するスマートなマザー工場の重要性

3) ダイナミックケイパビリティに向けた5Gの可能性を示唆する事例

日本の製造業の課題

日本の製造業は今後生産年齢人口の減少に伴い現場の知恵は今後低減していくため、暗黙知の形式知化が求められる。

- 国内の製造業就業者数については、2002年の1,202万人から2019年には1,063万人と、20年間で11.6%減少しており、全産業に占める製造就業者の割合も減少傾向である。また、製造業に関する事業所数も、20年間で約半数となっている。（ものづくり白書より）
- 生産技術エンジニア（形式知化するミッション）の従業者が10年で1/3にまで減少した企業が多いと指摘される。



備考：2011年は、東日本大震災の影響により、データが欠損している。分類不能の産業は非製造業に含む。
資料：総務省「労働力調査」

主力製品の製造にあたって重要な作業内容	主力製品の製造にあたって重要な作業内容	5年後の見通し						
		今まで通り熟練技能が必要	技能習得期間が短くなる	機械に代替される	工程自体がなくなる	外注化される	海外調達に変わる	無回答
製罐・溶接・板金	28.8	65.8	16.9	12.5	0.2	2.6	0.9	1.1
プレス加工	22.4	47.5	28.1	16.1	0.2	4.0	2.1	1.9
鋳造・ダイキャスト	7.0	66.2	12.0	9.0	0.8	6.8	5.3	-
鍛造	4.7	65.2	21.3	5.6	1.1	3.4	2.2	1.1
圧延・伸線・引き抜き	2.3	68.2	6.8	15.9	2.3	4.5	-	2.3
切削	37.0	51.2	23.5	19.2	0.1	3.0	2.1	0.9
研削	22.0	62.7	18.6	15.2	-	2.2	0.5	1.0
熱処理	9.2	60.3	14.4	12.6	0.6	8.0	1.1	2.9
メッキ	5.2	49.5	21.2	11.1	1.0	15.2	1.0	1.0
表面処理	8.8	54.8	19.3	14.5	-	9.0	0.6	1.8
塗装	15.0	55.1	18.7	14.8	0.7	9.2	0.4	1.1
射出成型・圧縮成型・押出成型	14.3	54.1	28.5	13.0	1.1	1.1	1.9	0.4
半田付け	9.6	62.4	16.6	14.4	0.6	3.3	0.6	2.2
機械組立・仕上げ	31.9	61.1	24.1	7.1	0.7	3.7	1.3	2.0
電気・電子組立	24.9	53.6	27.0	10.0	0.6	4.7	1.5	2.6
測定・検査	39.4	47.0	26.6	18.7	0.7	0.7	0.7	5.6

日本は現場（事業所毎）の知恵で実現しており、カスタム対応が多く、達成水準は高いが横展開に労力を要するケースが多い。

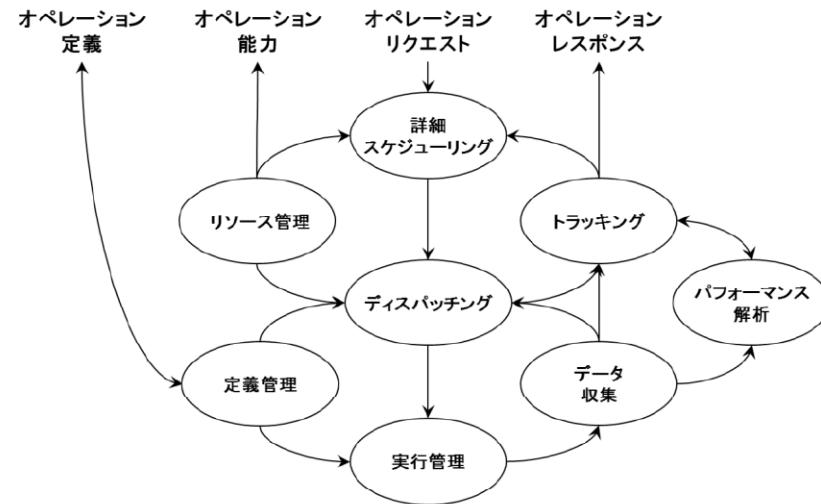
- MESの機能とアクティビティモデルはISA95で標準化されているが、日本企業ではほとんど導入されていない。

MESの機能

(MESA: Manufacturing Enterprise Solutions Association International)

- 生産資源の配分と監視
- 差立て・製造指示
- データ収集
- 製品品質管理
- プロセス管理
- 生産トラッキング
- 実績分析
- 作業および詳細スケジューリング
- 仕様・文書管理
- 作業管理
- 設備の保守・保全管理

MESのアクティビティモデル



標準化の重要性

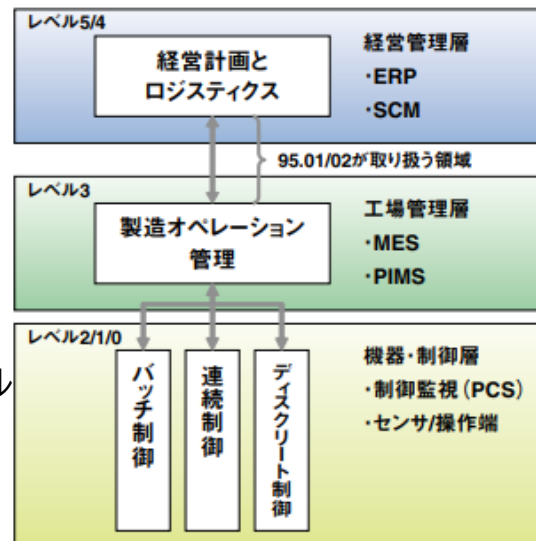
環境変化に迅速に対応するためにモジュラーベースで組替えの容易性を高め相互接続性、拡張性を確立しCPSを実現することが重要。

■ ISA-95の標準に則り、RAMI4.0 を参照する事で相互接続性、自律性、持続性を実現。

- インターフェースの IP 調査や開発から 管理者は 解放されて、内部のアーキテクチャーの開発に専念できる。

■ 日本は、「暗黙知の共有」が強みであったが、レベル4とレベル2 とのコミュニケーションギャップが存在。結果、レベル3を境にしてCyber と Physicalが分断されたまま、独自に進化。

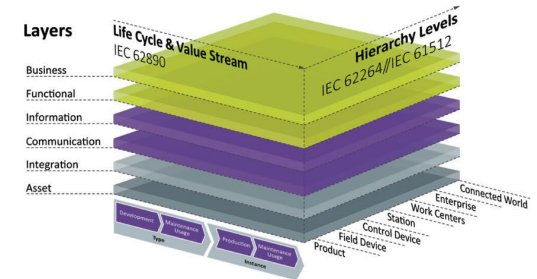
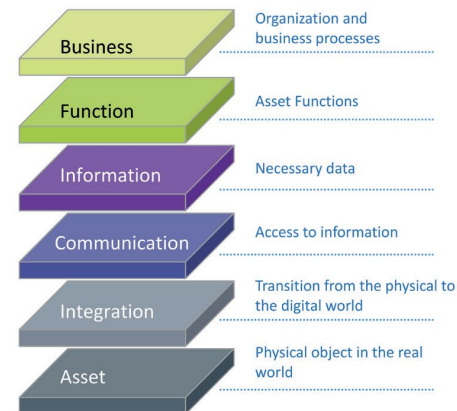
ISA-95の機能階層モデル



製造オペレーションマネジメント
(MOM: Manufacturing Operation Management)

製造オペレーションコントロール
(MO & C: Manufacturing Operations & Control)

RAMI4.0



プロセス、技術、組織の3つの観点から複眼的にアセスメントを行うことが重要となる。

環境変化に対応するために組織の進化が重要

シンガポールのSMART INDUSTRY READINESSのベンチマークスコアカードKPI

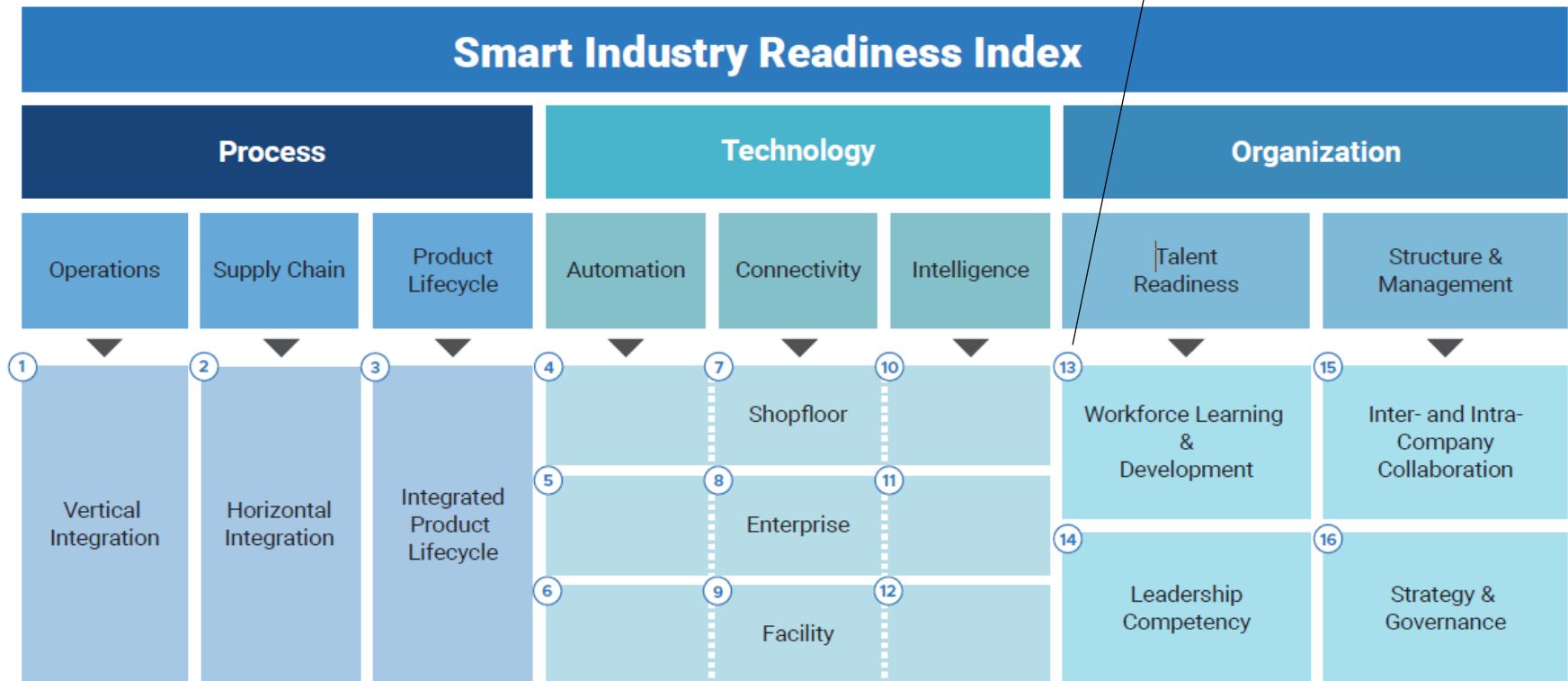


Figure 6: The 16 dimensions of assessment

出所：EDP Singapore “THE SINGAPORE SMART INDUSTRY READINESS INDEX”より

ダイナミックケイパビリティの本質はコスト削減ではなく不確実性に対するオプション価値である。効率化のスマート工場とは異なり不確実性下での複数の意思決定選択肢を実現するスマートなマザー工場が重要となる。

- 設備投資のライフサイクル、サプライチェーンのネットワーク設計（S&OP）、ライン制御に跨って動的なフレキシビリティを確保することにより、意思決定の選択肢を幅広く持ち、不確実性に対抗する（レジリエンスとスマートを両立）

スマート工場

自動化、自律性を高め管理・制御・運用のインテリジェント化

効率化

コスト削減・生産性向上

スマートなマザー工場

中枢側で情報を引き上げてAI、制御モデルをブラッシュアップ（不確実性への対応）

不確実環境下での意思決定選択肢確保

リアルオプション価値

- 技術継承
- 海外への展開への技術移転
- M&A後のPMI
- スケーラビリティとピボット、等

リアルオプションとは引き付けて打つことで発生する価値

- 市場環境の不確実性が高く、1000万個の需要が見込まれる場合と500万個の需要が見込まれる場合があるが、直前にならないと分からない場合（2つの事象の発生する確率は50%ずつだとする）を想定。ダイナミックケイパビリティがある場合は、直前まで引き付けてデータ解析を行い、その結果を受けて1週間でフレキシブルに対応することが出来ると仮定（営業キャッシュフローが事業開始後から未来永劫続くとする、この投資プロジェクトの割引率は10%、金利は5%とする）。

ダイナミックケイパビリティなし

【キャッシュフロー】

<1000万個販売の場合>

$$\text{年間CF} = 50\text{億円} - (200\text{円} \times 1000\text{万個} + 20\text{億円}) = 10\text{億円}$$

@500円 変動費 固定費

<500万個販売の場合>

$$\text{年間CF} = 25\text{億円} - (200\text{円} \times 500\text{万個} + 20\text{億円}) = -5\text{億円}$$

<年間キャッシュフローの期待値>

$$\text{年間CFの期待値} = 10\text{億円} \times 50\% + (-5\text{億円}) \times 50\% = 2.5\text{億円}$$

$$\text{価値(NPV)} = 2.5\text{億円} \div 0.1 - 20\text{億円}$$

= **5億円**

無限等比級数の和の公式より (CF/r)

<

ダイナミックケイパビリティあり

<需要1000万個と判明>

年間CF = 10億円

$$\text{NPV} = 10\text{億円} \div 0.1 - (20\text{億円} + 1\text{億円}) = 79\text{億円} \rightarrow \text{生産着手}$$

固定費 データ解析費

50%

50%

<需要500万個と判明>

年間CF = 0億円(生産しない)

$$\text{NPV} = -1\text{億円}$$

データ解析費

現在

1週間後

$$\text{価値(NPV)} = [79\text{億円} \times 50\% + (-1\text{億円}) \times 50\%] \div 1.05$$

= **37.1億円**

金利で除して現在価値換算

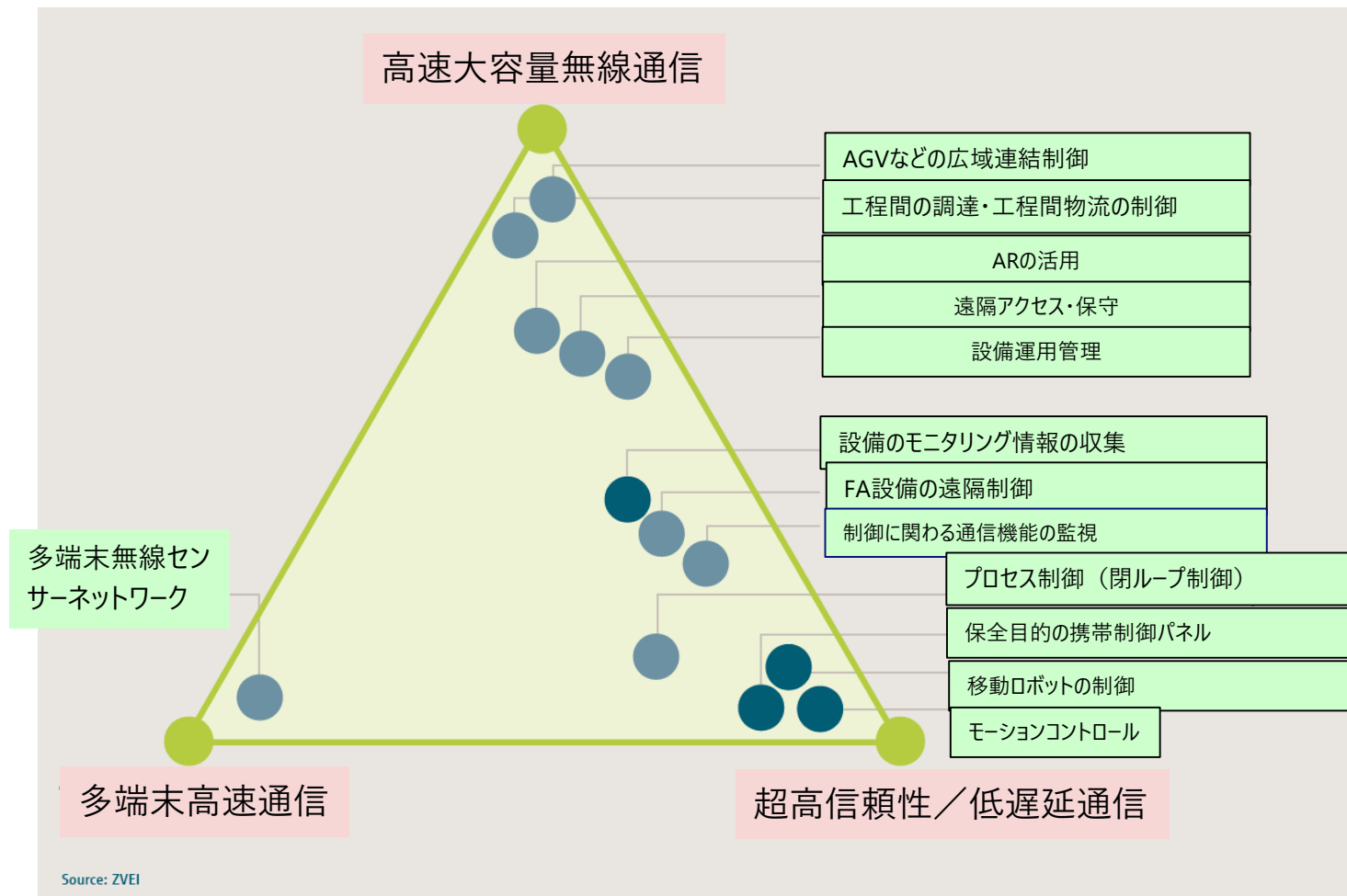
1) ダイナミックケイパビリティの要素

2) 日本の製造業の課題とダイナミックケイパビリティを実現するスマートなマザー工場の重要性

3) ダイナミックケイパビリティに向けた5Gの可能性を示唆する事例

5Gの3つの特徴をスマートファクトリの機能別整理（ZVEI）

用途ごとに5Gの3つの特徴を組み合わせることで向上のスマート化を図ることが可能となる。

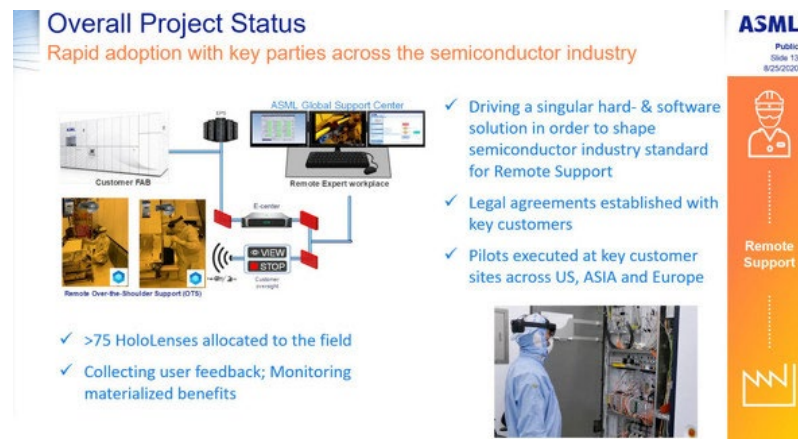


動画：スマートなマザー工場 XRで空間を超える

- 「リモートサポートについては以前から取り組んでいたが、従来はユーザー側の装置とグローバルサポートセンターを結んで情報を取得し監視や管理を行うものだった。主に診断用途で使うことが多かった。しかし、実際に技術者を派遣できなくなったため、専門性が必要な実作業を遠隔でどう支援するのかということが大きな課題となった。そこで、MR（複合現実）デバイス『Microsoft HoloLens』を活用し現場での実作業を支援する取り組みを開始し積極的に展開している」（ASMLジャパン 代表取締役社長の藤原祥二郎氏）
- <https://www.youtube.com/watch?v=d3YT8j0yYI0>

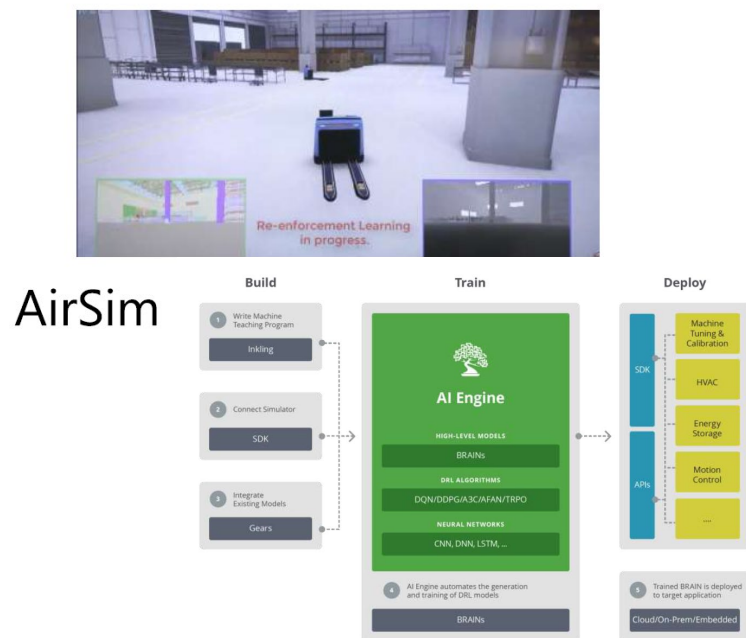


出所： <https://monoist.atmarkit.co.jp/mn/articles/2008/26/news069.html>



TOYOTA Material Handling 社事例 強化学習で圧倒的な学習効率化

- Bonsaiのフレームワークを使用し、学習要素を分解して強化学習することで学習時間を短縮。
- 現実空間とAirSimのシミュレーション環境とのデジタルツインを構築して迅速なデプロイとフィードバックを実施。



出所：マイクロソフト社廣野氏資料より

動画：Bonsai

- CPSを活用しバーチャル空間上の強化学習を組み合わせることで急激に工場の生産性を向上させることが可能であり、そのためには5Gを利用しPhysical空間とCyber空間でのデータのやり取りを円滑に行うことが重要となる。
 - Physical空間でのAGVの訓練データをCyber空間上にアップし、Cyber空間上で強化学習を行うことで学習済みモデルの精度を向上する等を実施。



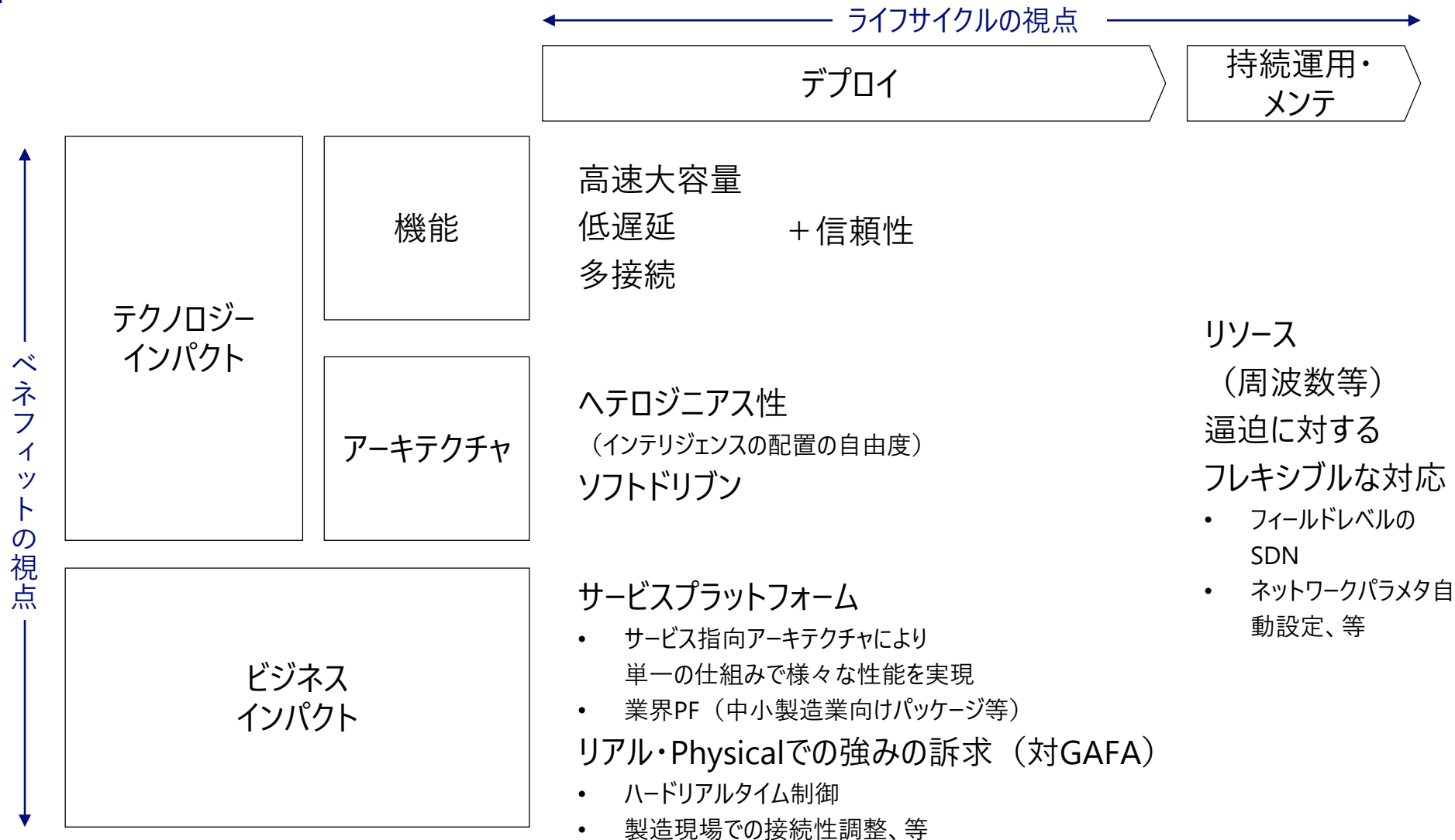
出所： https://mediastream.microsoft.com/events/2018/1804/HMI/player/HMI_DigitalFactories.html

3. 5Gを活用したダイナミックケイパビリティの実現（5Gの必然性）

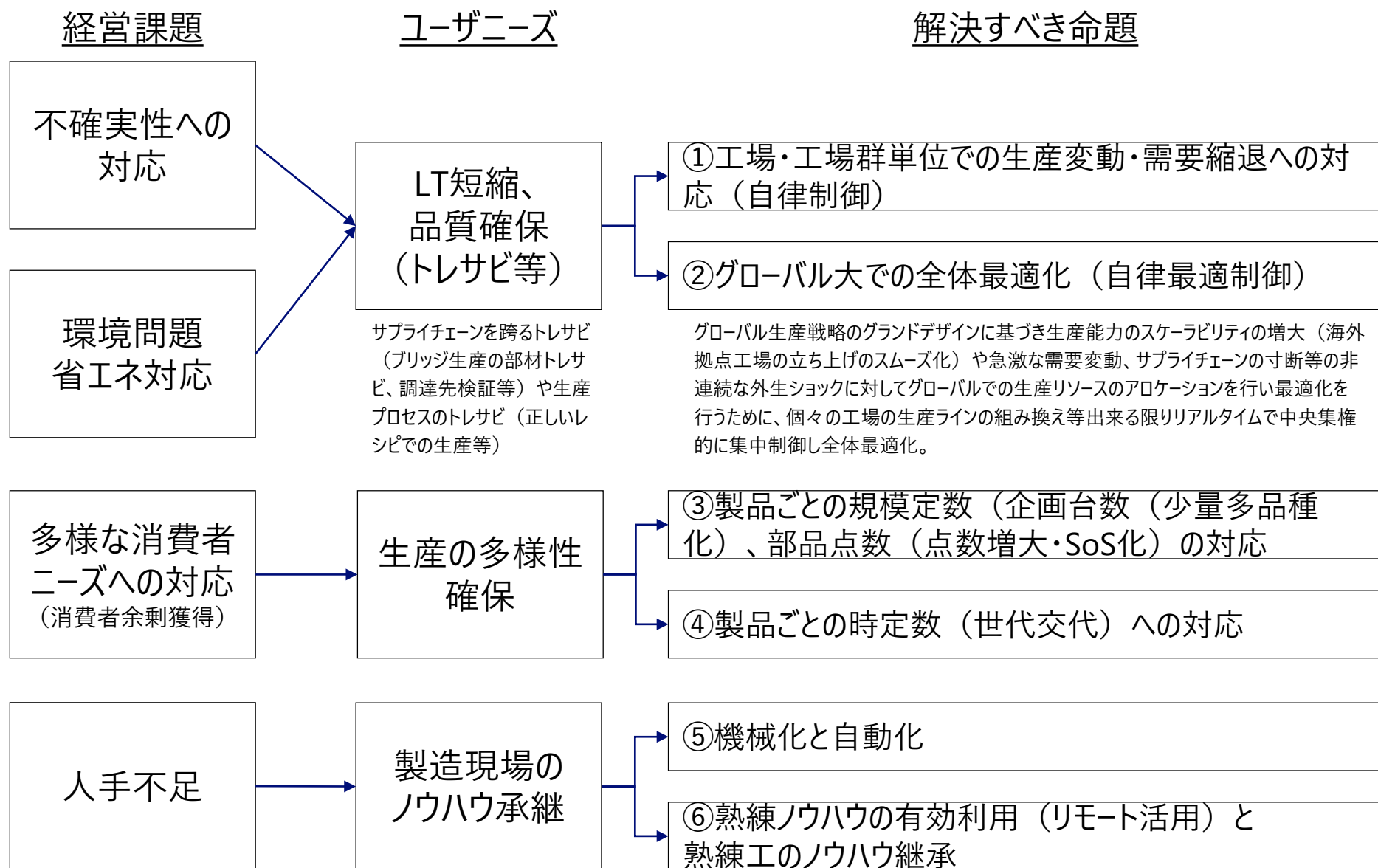
ダイナミックケイパビリティに優れた製造現場の実現に向け、5Gの必然性が高い。

- 今般発生したコロナ禍に代表されるように製造業を取り巻く不確実性は増しており、ダイナミックケイパビリティ獲得の重要性が高まっている。また、デジタルデータの爆発やAIの進化などのイノベーションによりCPSが実現されつつあり、デジタルツインの実現などを通じて製造業のデジタルトランスフォーメーションに向けた機運が高まりつつある。今後の生産年齢人口の減少や熟練工等の現場の知見の散逸の懸念が高まるなか、日本の製造業の現場の力に過度に依存するかたちで最適化された仕組みを効率化するとともにダイナミックケイパビリティを高めていくための先進的な取り組み各種出始めてきている。
- 一方で、5Gの実用化により上記の変革を加速することが期待され、5Gを活用したダイナミックケイパビリティの実現に向けたランドデザインの検討が進みつつある。
- 5Gの3つの特徴である大容量、低遅延、多接続はダイナミックケイパビリティ実現のキーとなるスマートなマザー工場を実現する上で必然性が高いと考えられる。即ち、複数の設備が存在し多様な（ヘテロジニアス）環境である工場の設計上の自由度（PLC等インテリジェンスの配置等）を高めるとともにリソース状況に応じたフレキシブルなライン構成などを実現することが可能となる。
- 日本の製造業では、「不確実性への対応」、「環境問題・省エネ対応」、「多様な消費者ニーズへの対応（デジタル化で増大した消費者余剰の獲得）」、「人手不足」などの経営課題を受けて、『リードタイム短縮と品質確保（サプライチェーンを跨るトレーサビリティや生産プロセスのトレーサビリティ（正しいレシピでの生産等）など）』、『生産の多様性の確保』、『製造現場のノウハウの承継』に対するユーザニーズが強まっている。これらのユーザニーズを満たすために必要となる構成要件を充足するためには配線無線化、大容量（双方向）、マルチモーダル、多点同時接続、ハードリアルタイム性などの要求スペックを満足することが必要となり、3つの特徴を有した5Gが必然となる場面が多数存在すると考えられる。

ダイナミックケイパビリティに向け5Gのユニークネスはライフサイクル、ベネフィット双方で存在。



経営課題に紐づくスマート工場のユーザーニーズからアプローチすることが重要。



リードタイム短縮：①工場・工場群単位での生産変動・需要縮退への対応（自律制御）

設備全体を通じたモジュール化、制御のフレキシビリティ向上には5Gが必要。

		構成要件	要求スペック	5Gのユニークネス			
				Must Have		Nice to have	4G indifference
				現状	R17-		
生産変動・需要縮退への対応	仮想化、集中制御によるフレキシビリティ確保 （工場内、工場間中心地点からの制御）	・ モジュール型生産ライン （標準化、モジュラーアーキテクチャ）	・ 配線無線化 ・ 多点同時接続			○	
		・ PLC仮想化・ソフト化 （プログラマブル化による汎用化）	—	—	—	—	—
		・ PLCプラグアンドプレイ化 （クラウドからモジュールDL：静的フレキシビリティ）	・ 配線無線化 ・ 多点同時接続			○	
		・ PLC統合（疑似動的制御） （制御システムのハードは残した状態で制御システムの負荷をクラウド側でコントロール）	・ ハードリアルタイム性	○		○	
		・ クラウドPLC（動的制御） （オンプレ・プライベートクラウドから制御）	・ ハードリアルタイム性	○			
	スムーズな情報の流れによるフレキシビリティ確保 （業務間、工程間でデータが繋がっていること）	・ 設備全体を通じた制御と最適化	・ 配線無線化 ・ 多点同時接続	○			
	機能階層のシームレスな繋がりによるフレキシビリティ確保 （L0-5で繋がっており、IT・OT、Cyber・Physicalでの分断がないこと）	・ 設備全体を通じた制御と最適化	・ 配線無線化 ・ 多点同時接続	○			

リードタイム短縮：②グローバル大での全体最適化（自律最適制御）

人材の品質のばらつきが大きい海外における人的依存性を下げ距離の制約を超えるためには5Gが必要。

		構成要件	要求スペック	5Gのユニークネス			
				Must Have		Nice to have	4G indifference
				現状	R17-		
グローバル自律最適制御（全体最適）	工場立ち上げ・ライン変更に伴うライン設計、設備設置等の人的（エキスパート）依存性の低減	• AR、VRを活用したスーパーバイズによるSOPの普遍的適用	• 大容量（双方向） • 多点接続・マルチモーダル	○			
		• AR、VRを用いたトレーニング（設備保守等）	• 大容量（双方向） • 多点接続・マルチモーダル	○			
		• （現場作業員の水準に依存しない）サポート（低レイテンシでの画像認識によるリアルタイム警告等）	• 大容量（双方向） • 多点接続 • リアルタイム性	○			

リードタイム短縮：②グローバル大での全体最適化（自律最適制御）

パブリッククラウドからの集中動的制御には5G（R17以降）が必要。

		構成要件	要求スペック	5Gのユニークネス			
				Must Have		Nice to have	4G indifference
				現状	R17-		
グローバル自律最適制御 （全体最適）	仮想化、集中制御によるフレキシビリティ確保 （グローバル集中管理センタからの制御）	モジュール型生産ライン（標準化、モジュラーアーキテクチャ）	- 配線無線化 - 多点同時接続			○	
		PLC仮想化・ソフト化（プログラマブル化による汎用化）	—	—	—	—	—
		PLCプラグアンドプレイ化（クラウドからモジュールDL：静的フレキシビリティ）	- 配線無線化 - 多点同時接続			○	
		PLC統合（疑似動的制御）（制御システムのハードは残した状態で制御システムの負荷をクラウド側でコントロール）	ハードリアルタイム性	○		○	
		クラウドPLC（動的制御）（オンプレ・プライベートクラウドから制御）	ハードリアルタイム性	○			
		クラウドPLC（集中動的制御）（パブリッククラウドから制御）	ハードリアルタイム性		○		

リードタイム短縮：②グローバル大での全体最適化（自律最適制御）

パブリッククラウドからの集中動的制御には5G（R17以降）が必要。

		構成要件	要求スペック	5Gのユニークネス			
				Must Have		Nice to have	4G indifference
				現状	R17-		
グローバル自律最適制御 （全体最適）	スムーズな情報の流れによるフレキシビリティ確保 （業務間、工程間でデータが繋がっていること）	・ 設備全体を通じた制御と最適化	・ 配線無線化 ・ 多点同時接続	○			
	機能階層のシームレスな繋がりによるフレキシビリティ確保 （L0-5で繋がっており、IT・OT、Cyber・Physicalでの分断がないこと）	・ 設備全体を通じた制御と最適化	・ 配線無線化 ・ 多点同時接続	○			

リードタイム短縮：②グローバル大での全体最適化（自律最適制御）

自律最適制御には5Gが必須だが、グローバルの集中制御（クラウドPLC（動的制御）（パブリッククラウド））は難易度が高い？

Must Have Nice to have 4G indifference

カバレッジの水準	グローバル全拠点 （グローバル大での全体最適）		現状		—	< 構成要件 > 5Gでも困難 ・ クラウドPLC（動的制御）（パブリッククラウド）（B5Gが必要） < 構成要件 > < 要求スペック > ・ クラウドPLC（動的制御）（オンプレ・プライベートクラウド）・ 配線無線化 ・ PLC統合 多点同時接続 （疑似動的制御）・ ハードリアルタイム性 ・ PLCプラグアンドプレイ化 ・ PLC仮想化・ソフト化 ・ モジュール型生産ライン	
	工場・工場郡単位での対応	主要拠点				< 構成要件 > ・ クラウドPLC（動的制御）（オンプレ・プライベートクラウド） ・ PLC統合（疑似動的制御） ・ PLCプラグアンドプレイ化 ・ PLC仮想化・ソフト化 ・ モジュール型生産ライン	—
		工場内					—
		部署内				< 要求スペック > ・ 配線無線化 ・ 多点同時接続 ・ ハードリアルタイム性	—
			リアルタイム情報・データの可視化	異常判断・予兆アラート	予測・シミュレーション	自律制御 （仮想化、集中制御によるフレキシビリティ確保（工場内、工場間中心地点からの制御））	自律最適制御 （工場立ち上げ・ライン変更に伴うライン設計、設備設置等の人的（エキスパート）依存性の低減、仮想化、集中制御によるフレキシビリティ確保（グローバル集中管理センタからの制御））
			スマート化の水準				

レベル1：収集・蓄積 レベル2：分析予測 レベル3：制御最適化

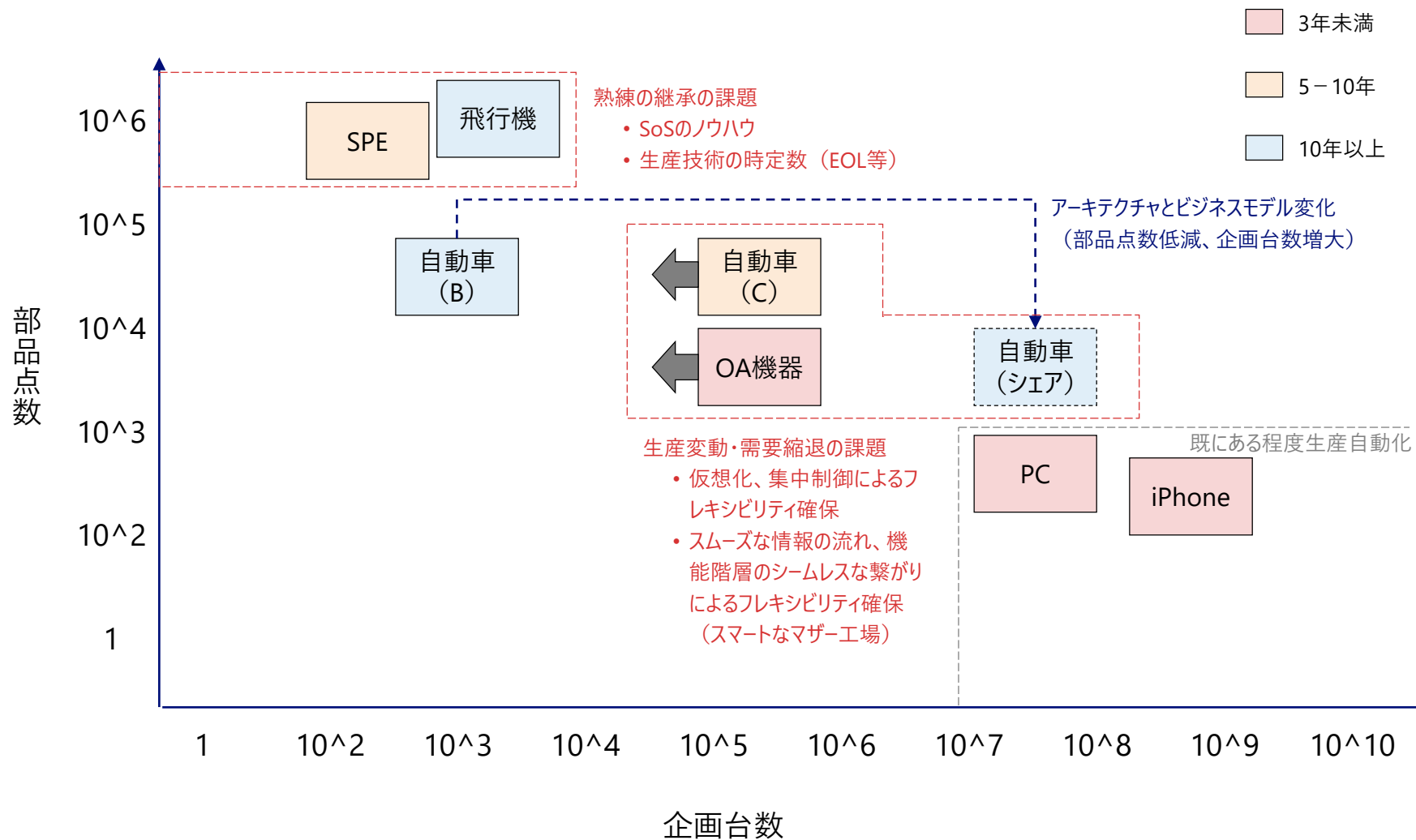
生産の多様性確保：③④製品ごとの規模定数（企画台数、部品点数）と時定数（世代交代）への対応

多品種少量対応などに向けたBTOや製品サイクル短期化対応のための生準LT短縮に向けて5Gが必要。

		構成要件	要求スペック	5Gのユニークネス			
				Must Have		Nice to have	4G indifference
				現状	R17-		
製品ごとの規模定数（企画台数、部品点数）の対応	アジャイルなBTO （企画台数が少ない為、ユニバーサルデザインでの差別化が困難（規模の不経済）であるため顧客ニーズに対応したカスタム化で差別化等、cf.消費者余剰の獲得）	• AGVとAdditive Manufacturing	• 多点同時接続 • ハードリアルタイム性			○	
		• 生産（加工）条件のアジャイル化 （画像認識AI等による生産（加工）条件のパラメータ最適化）	• 大容量（高精細） • 配線無線化 • 多点同時接続	○			
	量産工程インライン計測（官能検査等） （企画台数が少ない為、廃棄損防止、形状品質の付加価値の訴求（意匠性）等）	• カメラ、レーザ等による高速構成度な計測 • 計測アングルの多様性、可変性	• 大容量（高精細） • 配線無線化 • ハードリアルタイム性	○			
	SoSの複数拠点での協調生産（例：Boeing等）	• クラウドPLC（集中動的制御） （パブリッククラウドから制御）	• ハードリアルタイム性		○		
製品ごとの時定数（世代交代）への対応	世代に伴う生準LTの短縮（上記少量多品種化に伴い工程の複雑化が進展）	• CPSによるシミュレーションによる高速化、精緻化 （製造ラインにおけるデータ収集・蓄積と組合せと工順ごとのライブラリ標準化等）	• 大容量（高精細） • 配線無線化 • 多点同時接続	○			

生産の多様性確保：③④製品ごとの規模定数（企画台数、部品点数）と時定数（世代交代）への対応

製品の規模、複雑性、時定数により2つのタイプのスマート化ニーズが存在。



スマートなマザー工場、機械との協働・融和に向けて5Gが必要。

		構成要件	要求スペック	5Gのユニークネス			
				Must Have		Nice to have	4G indifference
				現状	R17-		
自動化	エンジニアリングチェーンのデジタル化	- リアルタイム情報・データ可視化 - 異常検知・予兆アラート	多点接続（非同期可）			○	
	スマートなマザー工場	- ヒューリスティックの形式知化 - マンマシンインターフェース行動化（AR/VR、BMI等）	- 配線無線化 - 多点同時接続・マルチモーダル	○			
	アジャイルなフロントローディング	- 製造現場データの計画系、設計系へのリアルタイムフィードバック - シミュレーション、データ駆動によるオプション提示	- 配線無線化 - 多点同時接続 - ハードリアルタイム性	○			
機械化	代替	人による作業工程を繋げる（繋がっていない島設備等）	配線無線化				○
	協働	固着性の除去（根の生えない設備）により動的対応力	- 配線無線化 - 多点同時接続 - ハードリアルタイム性	○			
	融和	リアルタイムコーチング（動画解析による人動作の定量化、時系列データの分析・学習によるセンサデータのばらつき低減、治具・工具等人による製造に必要な全てのもののセンシングに向けたフレキシブルなセンサ配置）	- 配線無線化 - 多点同時接続 - 大容量（高精細） - ハードリアルタイム性	○			

スマートなマザー工場、アジャイルなフロントローディングには5Gが必須。
また、人との協調（「協働」、「融和」）においても5Gが求められる。

Must Have Nice to have 4G indifference

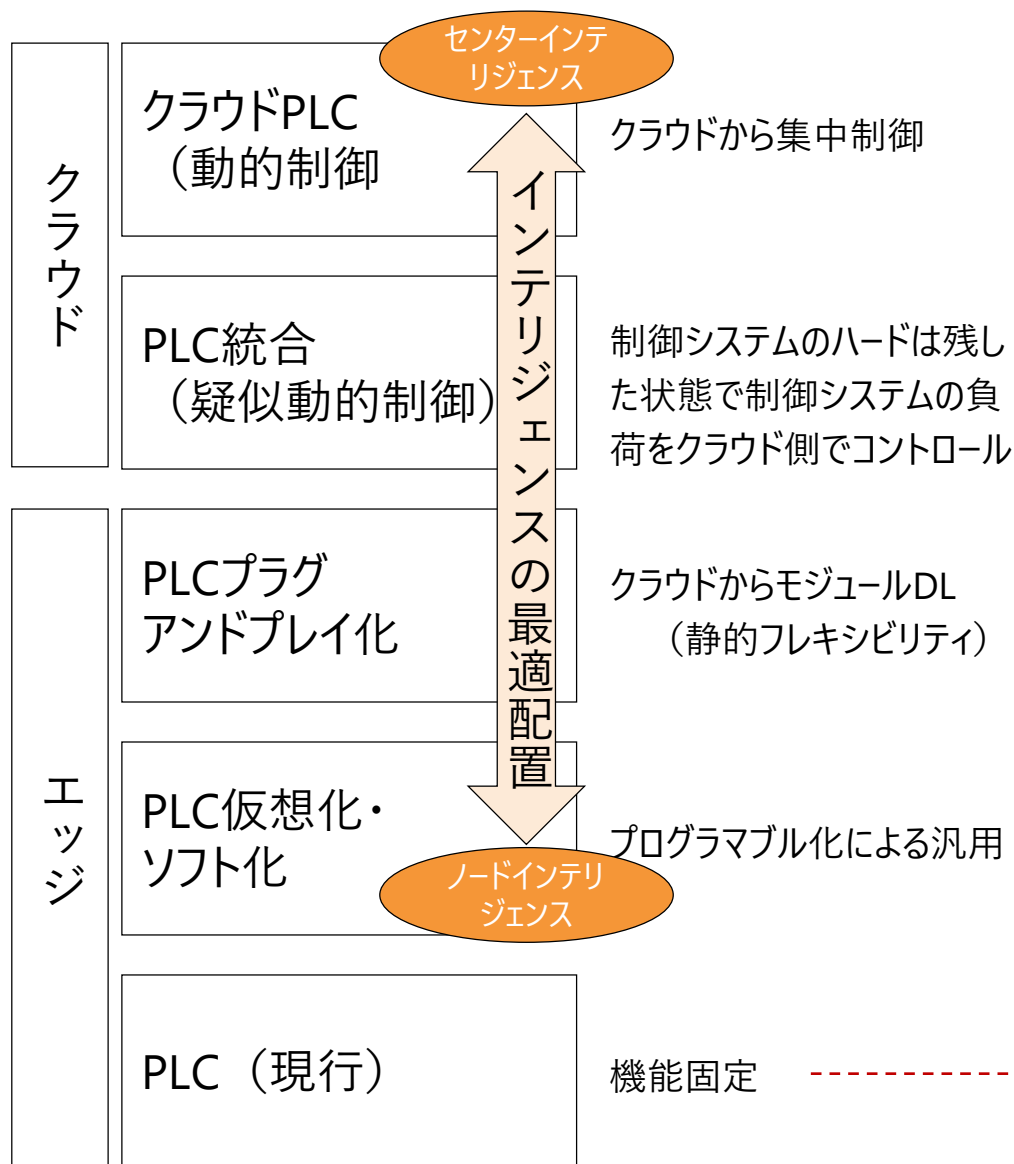
自動化	アジャイルなフロントローディング	< 構成要件 > 計画系、設計系へのリアルタイムフィードバック シミュレーション、データ駆動によるオプション提示 < 要求スペック > 配線無線化 多点同時接続 ハードリアルタイム性		
	スマートなマザー工場 (製造現場のインテリジェンスの形式知化)	< 構成要件 > ヒューリスティック形式知化 < 要求スペック > マルチモーダル (上り大容量) 配線無線化	< 構成要件 > マンマシンインターフェース高度化 (AR/VR、BMI等) ヒューリスティック形式知化 < 要求スペック > 多点同時接続・マルチモーダル (上り下り大容量) 配線無線化	
	エンジニアリングチェーンの 全体デジタル化	< 構成要件 > 予測・シミュレーション 自律制御 (PLM、工程ライブラリを使った工順作成による工程設計等) < 要求スペック > 多点接続 (非同期可) 製造ラインの大規模データの伝送 (データ駆動によるキャリブレーション等)		
	エンジニアリングチェーンの一部デジタル化	< 構成要件 > リアルタイム情報・データの可視化 異常判断・予兆アラート < 要求スペック > 多点接続 (非同期可)		
		代替 (機械が人を「代替」)	協働 (機械と人との「協働」)	融和 (機械が人の能力を「拡張」)
		機械化		

熟練の継承はヒューリスティック（モデル化出来ないものを最適化）の形式化には5Gが必要。

		構成要件	要求スペック	5Gのユニークネス			
				Must Have		Nice to have	4G indifference
				現状	R17-		
熟練ノウハウの有効利用 （リモート活用）	遠隔からのスーパーバイズ	AR/VRによる双方向リアルタイムサポート、標準作業手順の徹底	大容量			○	
		ハプティクス等を用いた遠隔からの操作（補助）	- リアルタイム性 - 多点接続・マルチモーダル	○			
熟練工のノウハウ継承	生産条件の最適化 （加工状態の自動診断、パラメータの自動最適化等）	熟練工の生産ノウハウの形式知化（ヒューリスティックの形式知化）	- 多点接続・マルチモーダル - モデル化出来ないものの最適化 - 工程分割性が低いものの形式知化	○			
	複数のシステムの複雑性のマネジメント （ヒューリスティックに基づくSoSのノウハウ）	- 対象システム、他システムとの相互関連性、構成システム全体に対する知識 - 複雑系の品質確保（製造プロセスの情報把握 例：ロット毎の製造条件等）	- 多点接続 - 広域可視化 - 企業内情報展開			○	
	生産技術の時定数への対応（EOL等）	システムの保全性工場（熟練レスでの保全高度化）	- 多点接続 - 予兆保全			○	

4. 5Gによるシステムアーキテクチャとその実現に向けた課題

5GによるヘテロジニアスNTWで自由度が向上。



ユーザ（産業界）の要求の反映

- 異なる対象、要素、要件を混在可能
- 製造業の夢である工場の無線化

サービス化によるスケールアウト

- LT短縮による事業展開スピード向上
- 品質確保（トレサビ等）
- データレイク（データが繋がらない問題解決、現場データ活用（チョコ停原因解析）等）

サービス化によるコストダウン

- 管理コスト低減（常に最新ver等）
- 固定費の変動費化等

5Gへの期待の可視化、主体者（誰がやるか）、要素技術開発の3つが考えられる。

5Gへの期待の可視化（需要表現・マーケティング）

- ・ グランドデザイン
（通信と産業が共同で目指すゴール）
- ・ 潜在ニーズ（目的効果、構成要件、要求機能）の技術要件への翻訳

誰がやるか？

- ・ インテグレータの強化育成（インテグレータの役割への期待）
- ・ 検証の場

要素技術開発

遅延の問題

- ・ データ利活用とデータ主権
（量子暗号：加工データのフィードバックによる高精度化等）

セキュリティ担保

- ・ データ利活用とデータ主権
（量子暗号：加工データのフィードバックによる高精度化等）

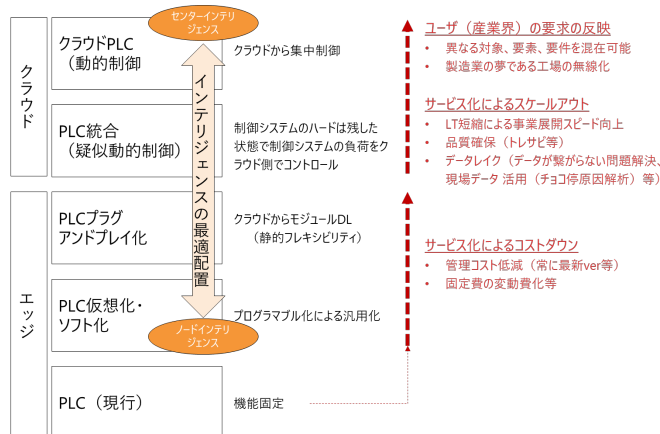
プロトコルの標準化

- ・ AIによるプロトコル変換との組合せ等

5G対応のRTOS

- ・ R17まで行くとエッジ間での通信が拡大

...



サプライサイド、デマンドサイド双方の課題が存在。

国内のエコシステムの脆弱性

- モノづくりのデジタル化に向けたエコシステムが日本国内では脆弱。
 - 作りこみ型、人への過度な依存
 - 実証実験インフラが未整備（参照：台湾のITRI、オランダのTNO等）
- 必要となるリソースの調達の困難性（免許、エンジニアリングサービス、チップ等）
 - オープンプラットフォームが不在

IT・エンジニアリング業界の多重下請構造 （情報の非対称性、 リスク回避的商習慣）

- 多重下請構造（下請けへの丸投げ、リスクの外部化等）の弊害
 - プライムベンダ（元受け）がリスク回避的（であるがゆえにHappenしない）
 - 情報共有が出来ておらずどのような会社があるのか分からない
 - 価格競争力がない（多重下請構造の為割高）

基盤インフラ・制度

- 法制度面の課題（免許取得の迅速性等）
- 人材育成基盤の課題
 - 製造業のDXに必要なケイパビリティは範囲が広く（ダビンチ的π型人材）既存のタテ割りの人材開発インフラとはミスマッチ（例：大学は学部がバラバラ）

サプライサイド、デマンドサイド双方の課題が存在。

マネタイズの壁と オープンイノベの課題

- ビジネスモデル上マネタイズの壁が存在
 - ITから見たOT展開のインセンティブが小さい
(より儲かる金融、安全保障セキュリティ等)
 - SI育成よりもプロダクト（ロボット等）販売に走りがち
- オープンイノベーションが下手（特にBuyのオープンイノベ）
 - 例：EDFAと加工用ファイバーレーザの事例、等

ユーザのケイパビリティ ミスマッチ

- ユーザ企業におけるタテ割り、連携不足の弊害
 - タテ割り、バラバラ（保全、生産技術、その上にIT部門という構造でリンクしていない）
 - デジタル、IT、エレクトロニクス・半導体の人材不足
(維持コスト：ITとOTのサイクルギャップ、MESエンジニアの不足等)
 - データは散逸

ジャパンパッシング

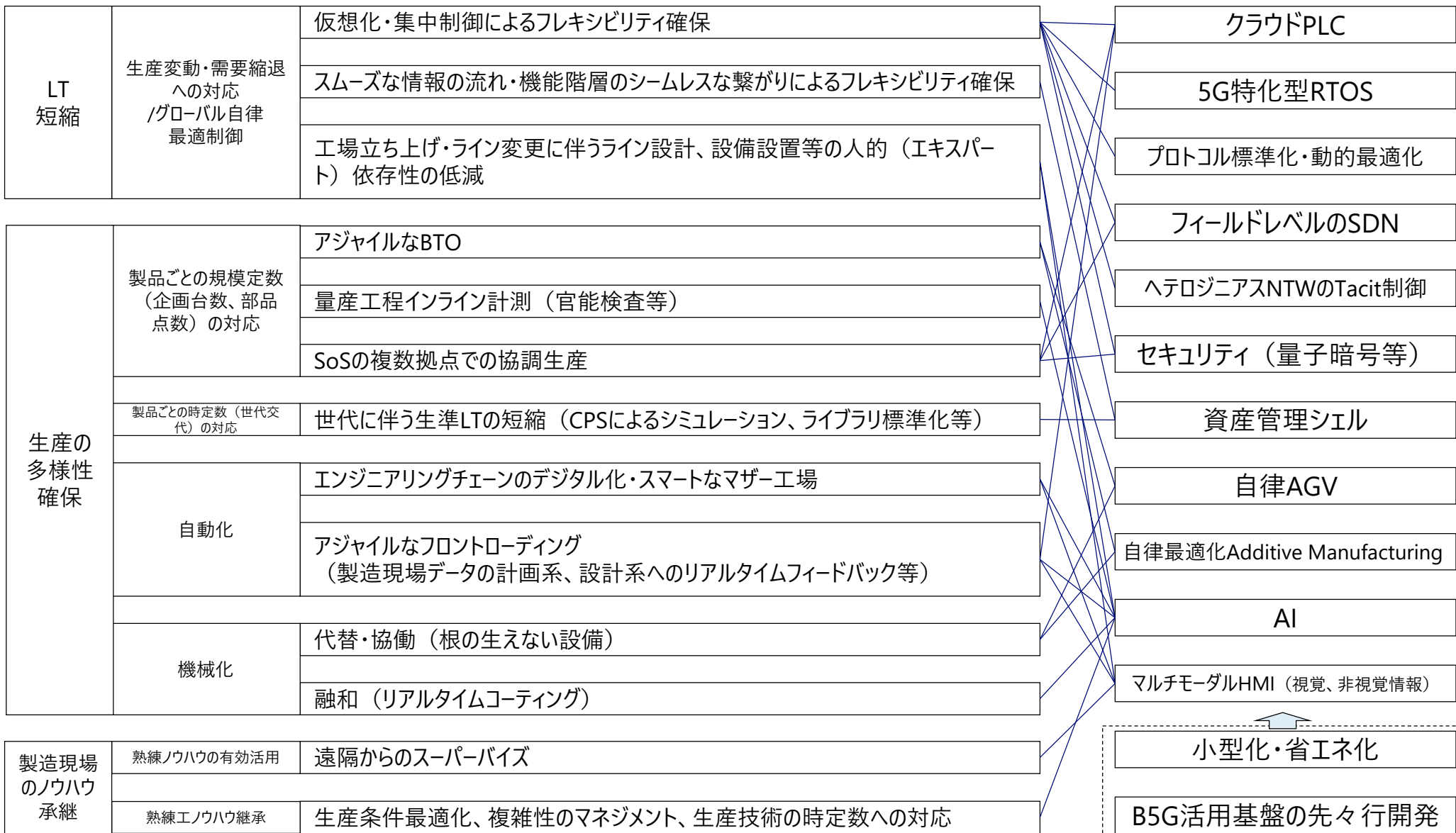
- 日本の市場創出に対するモチベーションの低さ（IT系のメルトダウン等）
 - 製造業、流通業はグローバルでは既に後進国
 - GAFAがやりたがらないところ（OT、現場のデマンドクリエーション、伴走）は本来日本の強みが行かせるチャンス領域のはず
 - ユーザ企業も国内工場が最も手を付けづらいという現実

5. 開発テーマ総論

要素技術開発テーマ（案）

ユーザーニーズ

要素技術開発テーマ



6. 開発テーマ各論

要素技術開発テーマと開発項目

- PLCの仮想化、5G利用において課題となる可用性の向上に向けた要素技術開発（制御用VMのハードリアルタイム化、同時多接続対応RTOS等）、グローバル生産戦略への展開、サービス化によるスケールアウトに向けた国際標準モデルに対応したアーキテクチャの開発は特に重要開発テーマと位置づけられる。

		研究開発・技術開発		システム統合・バリデーション	
		要素技術開発	開発基盤整備	システム開発	実装開発
クラウドPLC	As Is	制御用ハード＋制御システム負荷のクラウド化			
	To Be	<u>制御用VMのハードリアルタイム化</u> （CPUコア、ネットワーク、クラウドのクリティカル制御対応） <u>同時多接続対応RTOS</u> （ハードリアルタイム、割込み処理） - RTOSのコンテナ化 - プラグアンドプレイ対応など	- FAレベルでのセキュアなクラウド開発環境 - FAレベルでのデータ保護基盤 （物理隔離、サンドボックス等） - クラウド基盤キャパシティの柔軟性など	<u>国際標準モデルに対応したアーキテクチャ</u> - 分散化仮想環境のリダンダンシー確保 （PLCの機能分散と機能別vPLCの集中制御） - データベースの配置と選定など	- 対象範囲毎（ライン内、工場内、主要拠点、グローバル拠点）の可用性検証 - vPLCとMESとの相互接続性 （コントロールレベルとマネジメントレベルの連携） - 責任分界点の明確化等 ルールの整備（制御ソフト・OSベンダ・通信業者、機器ベンダ・ユーザの責任分解等）など

注1：VMはVirtual Machine、RTOSはRealtime OS、vPLCはvirtual PLC、MESはManufacturing Execution Systemの略

注2：ハードリアルタイムとは処理がデッドライン内に終了しなかった場合に、システム全体に致命的なダメージを与えるものを示し、極めて高いリアルタイム性が求められること

要素技術開発テーマと開発項目

- オープンベースでのRTOSの5G対応強化、5Gを活用したIoTデバイスの最適化実行環境の開発は重要開発テーマと位置づけられる。

		研究開発・技術開発		システム統合・バリデーション	
		要素技術開発	開発基盤整備	システム開発	実装開発
5G特化型 RTOS	As Is	産業用RTOSは複数存在（しかし、VxWorks等は5G未対応）			
	To Be	<u>オープンソースベースでの5G対応RTOSの開発</u> <u>5Gを活用したIoTデバイスの最適実行環境</u> - エッジPLC向けプラグアンドプレイ機能、など	—	エッジ間での通信拡大に伴うスレーブ間通信プロトコル、など	ハードリアルタイム性、リライアビリティ、インターオペラビリティ等の検証など

注：リライアビリティは信頼性、インターオペラビリティは相互接続性

要素技術開発テーマと開発項目

- 5Gスマートファクトリー向けのプロトコル標準化（国際標準対応等）、現状存在する多様なプロトコルとのインターオペラビリティ確保のための仕組み（AIを用いたプロトコル自律変換アルゴリズム等）は重要開発テーマと位置づけられる。

		研究開発・技術開発		システム統合・バリデーション	
		要素技術開発	開発基盤整備	システム開発	実装開発
プロトコル標準化・動的最適化	As Is	多様なクローズなプロトコルが乱立			
	To Be	<u>5Gスマートファクトリー向けプロトコル標準化</u> <u>AIを用いたプロトコル自律変換アルゴリズム</u> - 工場レベルのプロトコル暗号化等セキュリティ対策など	—	—	ハードリアルタイム性、リライアビリティ、インターオペラビリティ等の検証など

要素技術開発テーマと開発項目

- 仮想化の進展に向けたフィールドレベルのSDN（リアルタイム制御技術、完全SDN化、MEC統合などの柔軟な制御の実現等）、スマートファクトリ向けのネットワークセキュリティなどの要素技術開発は重要開発テーマと位置づけられる。

		研究開発・技術開発		システム統合・バリデーション	
		要素技術開発	開発基盤整備	システム開発	実装開発
フィールドレベルのSDN	As Is	SDNの要素技術の整備が進む			
	To Be	- リアルタイム制御技術（超低遅延性） - 完全SDN化、MEC統合などの柔軟な制御の実現 - スマートファクトリ向けネットワークセキュリティ（マルウェアに感染した機器をネットワークから隔離せずに監視を強化等） - AIを用いた運用自動化技術	—	- 国際標準モデルに対応したアーキテクチャ - 分散化仮想環境のリダンダンシー確保	ハードリアルタイム性、リライアビリティ、インターオペラビリティ等の検証など

要素技術開発テーマと開発項目

- 多様な通信環境、多様な接続ノードに自律的に対応可能なヘテロジニアスネットワーキングのTacit制御（AIを用いたヘテロリソースの最適化、設定自動化、Distributed Live Data Search Architecture等）は重要開発テーマと位置づけられる。

		研究開発・技術開発		システム統合・バリデーション	
		要素技術開発	開発基盤整備	システム開発	実装開発
ヘテロジニアスNTWのTacit制御	As Is	• Tacit Computingの研究基盤は存在			
	To Be	• <u>AIを用いたヘテロリソースの最適化</u> • <u>設定自動化</u> • <u>Distributed Live Data Search Architecture</u>、など	—	• 国際標準モデルに対応したアーキテクチャ • 分散化仮想環境のリダンダンシー確保	• ハードリアルタイム性、リライアビリティ、インターオペラビリティ等の検証など

注1：Tacit Computing は、デバイスが今持つライブデータに基づき、ユーザが必要なデータを持つデバイスをオンデマンドに発見し、利用することを可能にする技術

注2：Distributed Live Data Search Architectureは分散化されたライブデータを探索し最適化する技術

要素技術開発テーマと開発項目

- 秘匿性の高い工場内のデータ（レシピ等）のセキュリティレベルを上げるための技術（現状、安全保障向けがメインの量子情報の横展開等）は重要開発テーマと位置づけられる。

		研究開発・技術開発		システム統合・バリデーション	
		要素技術開発	開発基盤整備	システム開発	実装開発
セキュリティ （量子暗号 等）	As Is	安全保障向けの量子暗号通信の開発が進む			
	To Be	- 製造業向け量子暗号ネットワーク制御・管理技術 - 製造業向け量子セキュアクラウド、など	—	安全保障向けのダウンサイジングなど	製造業に求められる最適秘匿水準の定義など

要素技術開発テーマと開発項目

- インダストリー4.0の世界につなぐ必要のあるもの全て（アセット）をインダストリー4.0の世界につなぐインターフェイスとしての資産管理シエルの実証開発（国際標準モデルに対応したアーキテクチャ、日本語化対応、AASのID発行、AASサーバの管理、AAS情報閲覧権、AAS運用サービスの整備、システムユーザガイドラインとインターフェース標準化等）は重要開発テーマと位置づけられる。

		研究開発・技術開発		システム統合・バリデーション	
		要素技術開発	開発基盤整備	システム開発	実装開発
資産管理シエル	As Is	ZVEI等でベースはほぼ整備済み	ZVEI等でベースはほぼ整備済み	ZVEI等でベースはほぼ整備済み	ZVEI等でベースはほぼ整備済み
	To Be	- セキュリティ強化（認証、暗号化等） - ブロックチェーンとの連携（トレサビ等）など	—	<u>国際標準モデルに対応したアーキテクチャ</u>（IEC TC 65等で標準化活動中） - ドイツ主導でAASのデジュール化（標準化）は進むが、デファクトになるかは未知数であるため、AASで閉じない広い動向把握が必要	- 日本語化対応、AASのID発行、AASサーバの管理、AAS情報閲覧権、AAS運用サービスの整備 <u>システムユーザガイドラインとインターフェース標準化</u>（IT/OTの知見の両立性への補完等） - ルール基盤の整備 - 信頼基盤（情報の信頼性、保全、アクセス権管理）、など - インターオペラビリティの検証

要素技術開発テーマと開発項目

- より高度なフレキシブルラインの実現に向けてAGV向け管制制御の高度化（ドローン標準の横展開等）は重要開発テーマと位置づけられる。

		研究開発・技術開発		システム統合・バリデーション	
		要素技術開発	開発基盤整備	システム開発	実装開発
自律AGV	As Is	工場内・同一制御システムによるAGV制御			
	To Be	- 異制御システム間での干渉回避・管制間連携（標準に基づく経路調整プロトコル等） - 仮想空間上の強化学習による学習の最適化による精度向上など	—	<u>AGV向け管制制御の高度化</u>（ドローン標準の横展開） - リアルタイムでの経路調整（移動しながらタスクの受付、割当、最適経路探索）など	- 業務システム（ERP、WMS等）とAGVの連携 - 効率向上に向けた業務システム側の対応、改良 - 施設設計の対応、改良（充電場所等）など

要素技術開発テーマと開発項目

■ 暗黙知の形式知化に向けた自律最適化Additive Manufacturing の実現に向けて高速高精度デジタルフィードバック技術、加工点のデータのフィードバック・最適化アルゴリズム（加工試験計測評価とパラメータ空間の探索の自動化等）などは重要開発テーマと位置づけられる。

		研究開発・技術開発		システム統合・バリデーション	
		要素技術開発	開発基盤整備	システム開発	実装開発
自律最適化 Additive Manufactu ring	As Is	・ CPS型レーザ加工機等の 要素技術開発が進む			
	To Be	・ <u>高速高精度デジタルフィードバック技術</u> ・ <u>加工点のデータのフィードバック・最適化アルゴリズム</u> （加工試験計測評価とパラメータ空間の探索の自動化等） など	—		

要素技術開発テーマと開発項目

- 製造ラインにおいてAIを利用する上では可読性の向上（説明可能なAI等）、内挿最適解の高精度化、外挿の高度化に向けた量子アニーリングとDL組み合わせなどは重要開発テーマと位置づけられる。

		研究開発・技術開発		システム統合・バリデーション	
		要素技術開発	開発基盤整備	システム開発	実装開発
AI	As Is	• DNNの基盤の整備が進む			
	To Be	• <u>説明可能なAI（XAI）</u> • データ駆動とモデル駆動の組合せ • セキュアなデータ協調（データ最小化、秘密計算） • <u>量子アニーリングとDLの組み合わせ</u>など	• FA環境向けのSDKなど	• データ主権確保に向けたアーキテクチャ（E2Eでのセキュリティ） • データ最適化に向けたシステムアーキテクチャ（強化学習＋リアルデータ、マルチモーダル等）など	• サービス化 • KPIダッシュボード（経営との紐づけ）など

注1：XAIはExplainable AIの略

注2：DLはDeep Learningの略

要素技術開発テーマと開発項目

- 暗黙知の形式知化の精度向上に向けて画像解析のみならずマルチモーダルな仕組みの開発（現場エンジニア（匠）のデジタルツイン作成に向けたマルチモーダルモデルの構築等）は重要開発テーマと位置づけられる。

		研究開発・技術開発		システム統合・バリデーション	
		要素技術開発	開発基盤整備	システム開発	実装開発
マルチモーダルHMI（視覚、非視覚情報）	As Is	- BMIの要素開発 - ハプティクスの要素技術開発			- AR、VRの実用化と課題のフィードバック - AR、VRユースケース毎の最適要件の知見の蓄積（Hololens等）
	To Be	<u>現場エンジニア（匠）のデジタルツイン作成に向けたマルチモーダルモデルの構築</u>など	—	非侵襲型BMIの製造業応用の可能性検証など	

注1：BMIはBrain Machine Interfaceの略

注2：マルチモーダルとは視覚・聴覚を含め、複数のコミュニケーションモードを利用し、システムとインタラクションを行うこと

要素技術開発テーマと開発項目

- カーボンニュートラルに向けた省エネ化に向けた製造現場における非接触給電モデルの構築（距離、急速充電等の要求）、電波吸収材の開発などは重要開発テーマと位置づけられる。

		研究開発・技術開発		システム統合・バリデーション	
		要素技術開発	開発基盤整備	システム開発	実装開発
小型化・省エネ化	As Is	- エネルギーハーベスティングの要素技術の整備が進む - 非接触給電システムの要素技術の整備が進む			
	To Be	<u>製造現場における非接触給電モデルの構築</u>（距離、急速充電等の要求） <u>電波吸収材の開発</u>など	—		

要素技術開発テーマと開発項目

■ Beyond5Gの製造現場への活用に向けた要素技術開発（テラヘルツ対応等）は重要開発テーマと位置づけられる。

		研究開発・技術開発		システム統合・バリデーション	
		要素技術開発	開発基盤整備	システム開発	実装開発
B5G活用基盤の先々行開発	As Is	B5Gの仕様策定、基本要素技術の研究進展中			
	To Be	<u>テラヘルツ帯の電波吸収材の開発</u> - パッケージの開発（インピーダンスマッチング等）など	－	チップ内無線配線等のアプリケーション探索	

7. 基盤の整備

製造業での5Gを活用するにあたって考えられる課題は下記の通り

国内のエコシステムの脆弱性

- モノづくりのデジタル化に向けたエコシステムが日本国内では脆弱。
 - 作りこみ型、人への過度な依存
 - 実証実験インフラが未整備（参照：台湾のITRI、オランダのTNO等）
- 必要となるリソースの調達の困難性（免許、エンジニアリングサービス、チップ等）
 - オープンプラットフォームが不在

IT・エンジニアリング業界の多重下請構造 （情報の非対称性、 リスク回避的商習慣）

- 多重下請構造（下請けへの丸投げ、リスクの外部化等）の弊害
 - プライムベンダ（元受け）がリスク回避的（であるがゆえにHappenしない）
 - 情報共有が出来ておらずどのような会社があるのか分からない
 - 価格競争力がない（多重下請構造の為割高）

基盤インフラ・制度

- 法制度面の課題（免許取得の迅速性等）
- 人材育成基盤の課題
 - 製造業のDXに必要なケイパビリティは範囲が広く（ダビンチ的π型人材）既存のタテ割りの人材開発インフラとはミスマッチ（例：大学は学部がバラバラ）

製造業での5Gを活用するにあたって考えられる課題は下記の通り

マネタイズの壁と オープンイノベの課題

- ビジネスモデル上マネタイズの壁が存在
 - ITから見たOT展開のインセンティブが小さい
(より儲かる金融、安全保障セキュリティ等)
 - SI育成よりもプロダクト（ロボット等）販売に走りがち
- オープンイノベーションが下手（特にBuyのオープンイノベ）
 - 例：EDFAと加工用ファイバーレーザの事例、等

ユーザのケイパビリティ ミスマッチ

- ユーザ企業におけるタテ割り、連携不足の弊害
 - タテ割り、バラバラ（保全、生産技術、その上にIT部門という構造でリンクしていない）
 - デジタル、IT、エレクトロニクス・半導体の人材不足
(維持コスト：ITとOTのサイクルギャップ、MESエンジニアの不足等)
 - データは散逸

ジャパンパッシング

- 日本の市場創出に対するモチベーションの低さ（IT系のメルトダウン等）
 - 製造業、流通業はグローバルでは既に後進国
 - GAFAがやりたがらないところ（OT、現場のデマンドクリエーション、伴走）は本来日本の強みが行かせるチャンス領域のはず
 - ユーザ企業も国内工場が最も手を付けづらいという現実

ソフトインフラとしての基盤整備の仮説

日本の製造業が抱える課題

ミッシングピース（ソフトインフラ）

国内のエコシステムの
脆弱性

IT・エンジニアリング業界の
多重下請構造
(情報の非対称性、リスク回避的商習慣)

基盤インフラ・制度

マネタイズの壁と
オープンイノベの

ユーザのデジタルケイパビ
リティミスマッチ

ジャパンパッシング

デジタルケイパビリティの検証基盤（システム統合・バリデーション）

- ・ 制御系（クリティカル制御、ジッター等）と製造技術系（現場の知見の形式知化、品質管理）
- ・ 仮想的な製造現場とリアルな製造現場
- ・ 試せない機器、試せない技術を試せる場

ハード・ソフト・通信のアーキテクチャ構築基盤（研究開発・技術開発）

- ・ 既存ナレッジ・技術アセットの横展開（EDFAとファイバーレーザーの轍を踏まない）
- ・ エコシステム型でサプライヤミッシングピースは外部委託活用

標準化、ソリューションサービスパッケージ化

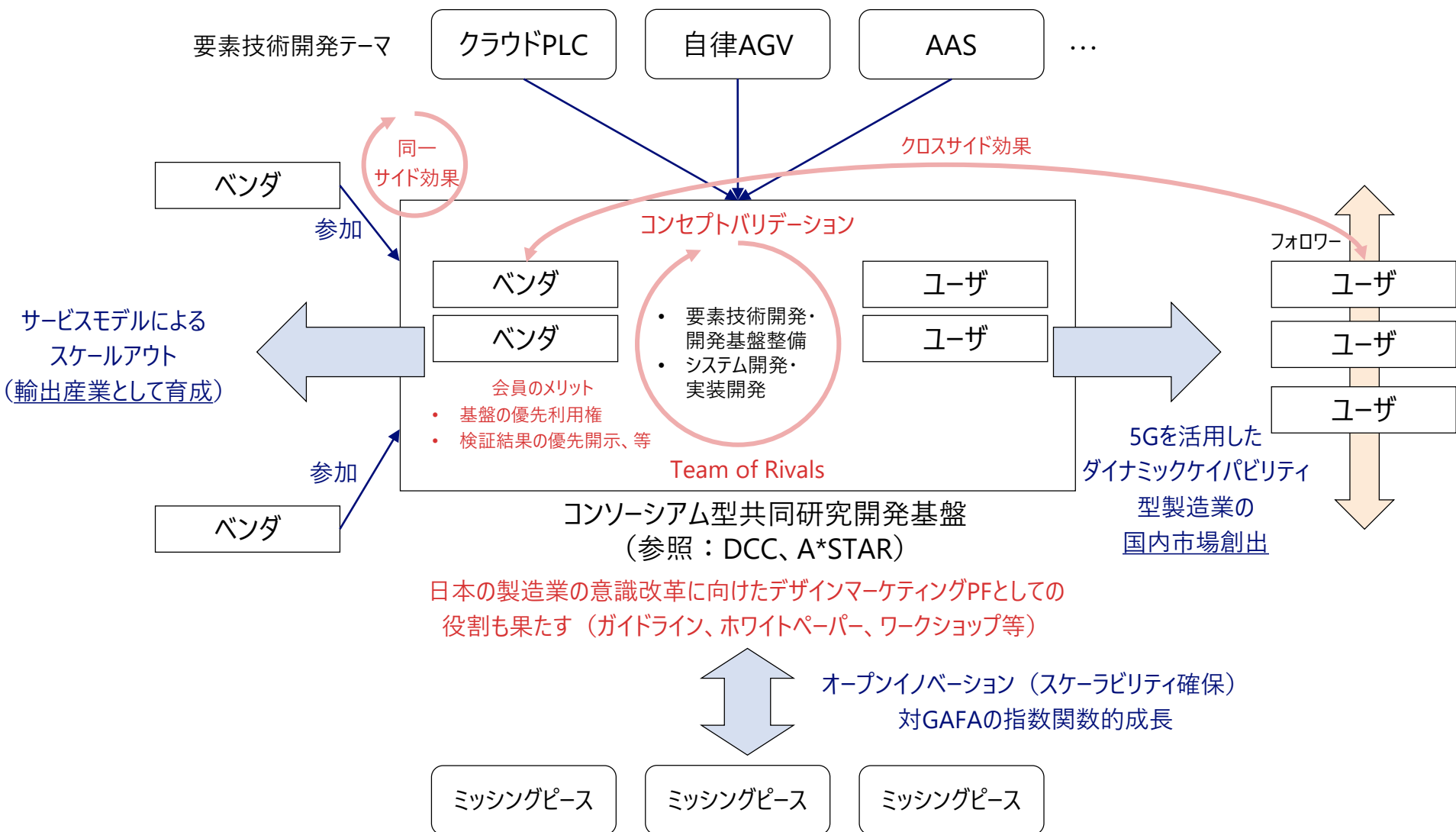
- ・ 日本の強み、ナレッジのモデル化（オープンクローズ戦略）（サイエンス・モデル駆動の強み＋データでモデルをリファイン等）（GAFAはマッチング・データ駆動：パワー勝負で面倒くさいことはやらない）
- ・ 中小製造業向けXaaS

グランドデザインとマーケティングプラットフォーム

- ・ 5Gに対する製造業の現場のモチベーションアップのための分かりやすい絵姿
- ・ 知恵袋（どのような会社があるのか分からないとはさせない）

ハードインフラ（要素技術開発）を支えるソフトインフラとしてのコンソーシアム共同研究開発基盤

コンソーシアム会員に対してはインサイダーであることのメリットを付与



I. 背景と目的、ならびに実施内容

II. 5G等の無線通信技術の生産現場での本格活用に係る調査・分析

III. 技術戦略の検討

IV. APPENDIX

4Gと5Gの比較

5G

通信速度

■ 10～20Gbps

周波数帯域

■ 3.6～6GHz

■ 28Ghz

接続デバイス数

■ 100万台/km²

遅延時間

■ 1ミリ秒

通信速度

周波数帯域

接続数

遅延時間

4G

通信速度

■ 50Mbps～1Gbps

周波数帯域

■ 3.6GHz以下

接続デバイス数

■ 10万台/km²

遅延時間

■ 10ミリ秒

2025年にかけて、5Gに関連する移動体通信市場は拡大していく見込み

移動体通信市場の変化*1

2019年

2025年

IoTデバイス

- 120億の接続数が存在すると算出している
- 246億の接続数**が存在すると見込んでいる

スマートフォン

- 移動体通信市場の65%の接続数を占めると算出している
- 移動体通信市場の**80%の接続数**を占めると見込んでいる

4G*2

- 移動体通信の通信方式の52%を占めると算出している
- 移動体通信の**通信方式の56%**を占めると見込んでいる

5G*2

- (5Gは調査時点では未導入)
- 移動体通信の**通信方式の20%**を占めると見込んでいる

「The Mobile Economy 2020」

- 2Gの普及を目的として1995年に設立された、世界の移動体通信事業者等が加入する国際団体「GSMA」によるレポート

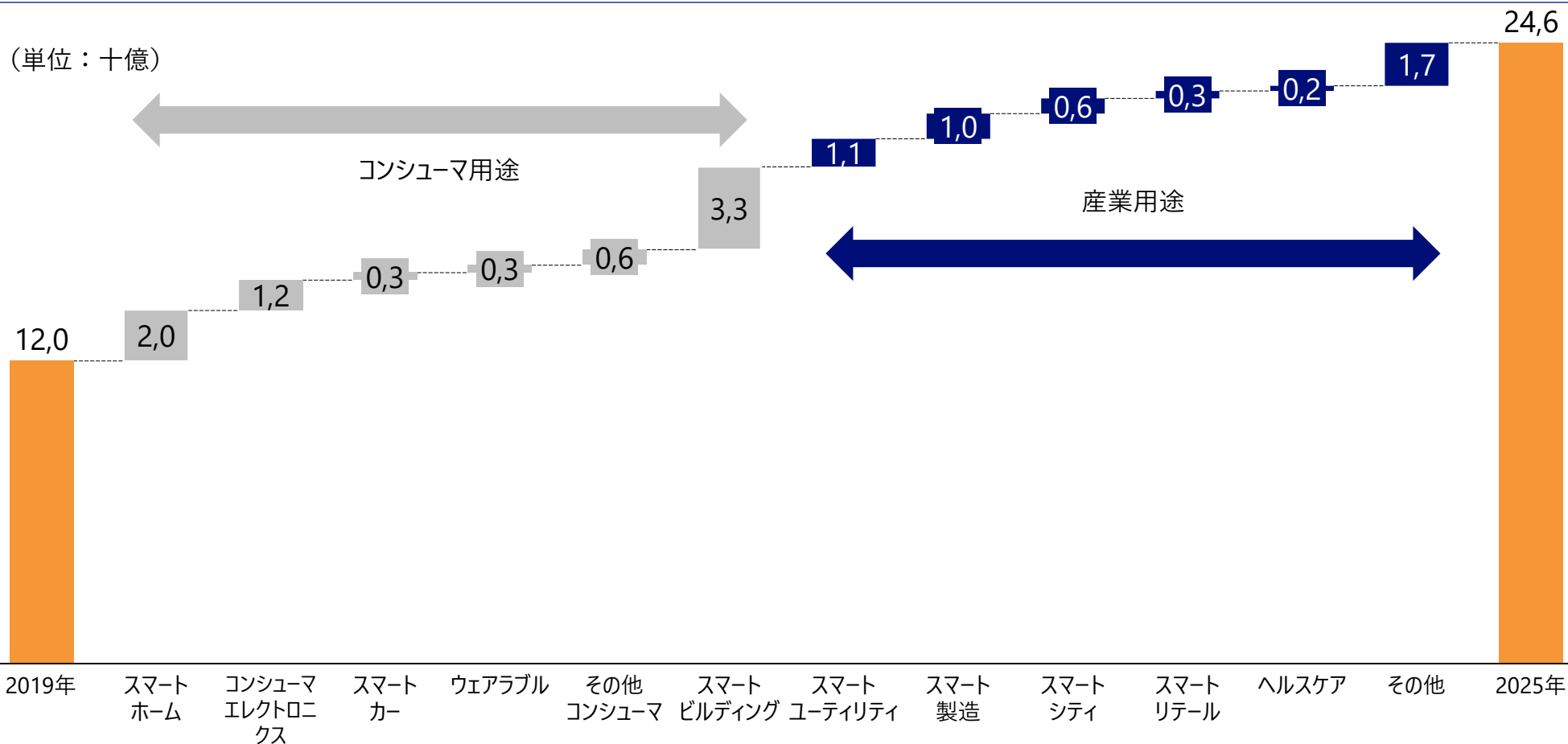


*1) GSMA「The Mobile Economy 2020」よりNRI作成

*2) セルラーIoTは含まない

2025年までに246億のデバイスがIoTに対応・接続する

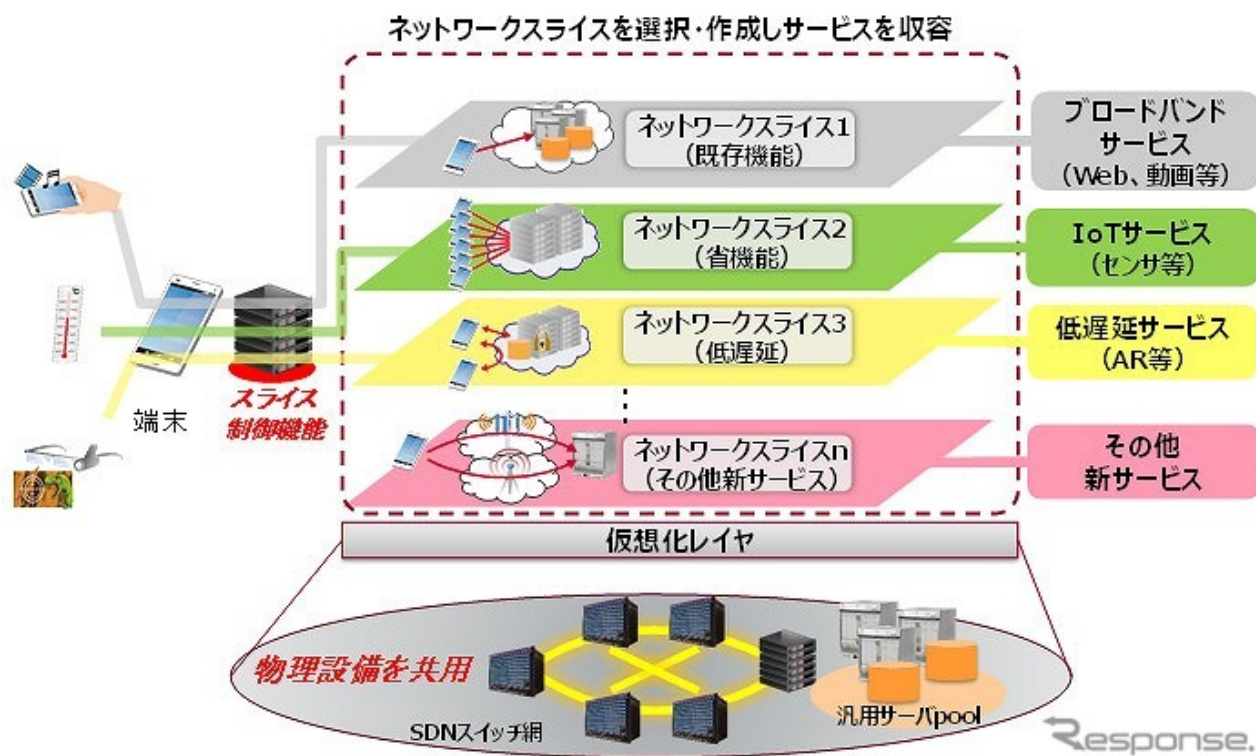
IoT対応デバイスの推移と内訳（2019年～2025年）



5Gでは、ネットワークスライシングを活用して、用途に応じた通信を提供出来る

- 例えば、工場ではロボットを動かす、センサーと通信する、動画・画像を配信し遠隔操作を行う等の業務が存在する
- ネットワークスライシングの登場で、無線で用途に応じた通信を届けることが出来、ラインの組み換えの手間を省ける

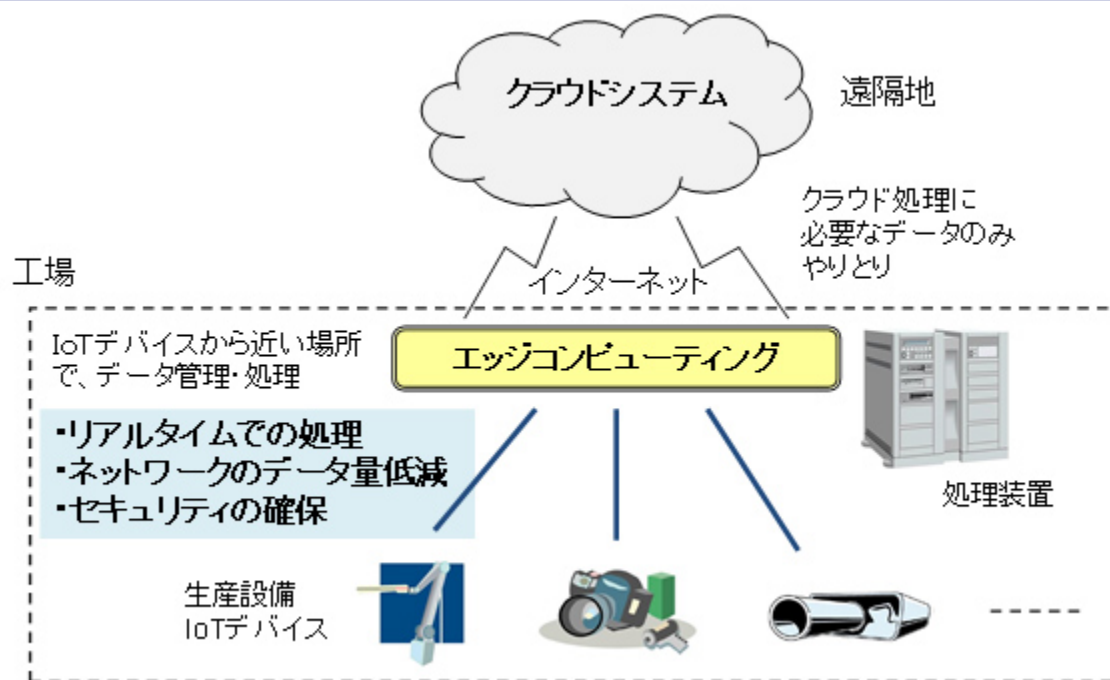
NTTドコモのネットワークスライシングの取り組み



情報の保護、処理速度の向上を実現するエッジコンピューティングの活用が見込まれる

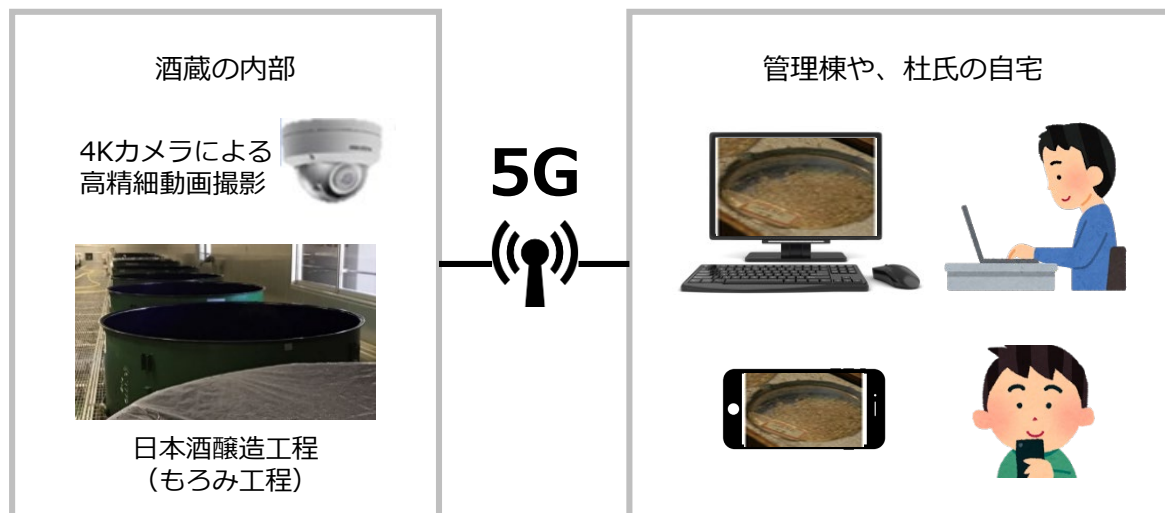
- クラウドを中心として、利用者に近い「端」の部分をエッジと呼ぶ
- 利用者に近い場所で処理が行われるため、端末から発信するデータの到達時間が短く、またクラウド上でデータを管理するよりも、データを安全に管理できる
 - エッジコンピューティングの活用に向けて、データセンターの設立・サーバの確保等の動きがや、無線化に必要な基地局機能をクラウド上に置く「C-RAN」と呼ばれる機能の開発が進んでいる

エッジコンピューティングの活用イメージ



後継者育成のため、5Gを活用した映像伝送を通して、 工程の遠隔管理による負荷の低減、および知見の蓄積に取り組んだ事例が存在する

- 4Kカメラで撮影した高精彩動画を5Gで伝送し、管理棟や杜氏の自宅でも醸造工程を管理できるようにする。撮影動画は知見伝承のためのコンテンツとして活用する。
- さらに、杜氏の知見に基づいて、動画・画像をビッグデータとして整理・蓄積し、工程管理にAIを導入することによる自動化を目指している。



KDDIやNRIなど、会津若松市で5Gやドローンを活用した「日本酒造り」の実証事業を開始

2018年9月19日(水) IT Leaders編集部

いいね! シェア ツイート BI Bookmark G+ Pocket

PR スマートグリッドからM2M/IoTまで 最新情報をメルマガでお届け!

PR 訪ねる有事を解決するデジタル技術と社会変革【IAJapan Review最新号】

KDDIは2018年9月18日、野村総合研究所（NRI）、会津アクティベートアソシエーション（AAA）と、会津若松の地場産業である「日本酒造り」の工程に、次世代移動通信システム「5G」やIoTの技術を活用した実証事業を開始したと発表した。

日本酒造りの工程における米作りでは、圃場全体の生育状況把握が困難なため、施肥量調整が難しい。また、酒造りにおいては、人口減少や少子高齢化、杜氏の引退にともない、醸造管理の知見が失われてしまうととも、後継者不足による酒造りの負荷が増加している。



図1：会津若松市で開始した、5Gやドローンを活用した「日本酒造り」の実証事業の概要
(出典：KDDI)
拡大画像表示

実証事業では、5GやドローンをはじめとしたIoT関連の製品サービスを、酒造りの各工程に導入する。これにより、作業の効率化や負荷軽減を目指す。

米作りでは、4G LTEを活用したスマートドローンを導入することによって、遠隔から稲の生育状況を把握する。酒造工程では、5G通信を活用して4K映像を伝送し、もろみ熟成を管理する。配送においては、温度管理タグを活用する。

これらを検証することで、日本酒造りの幅広い工程の効率化を目指す。

今後、会津若松市とKDDI、NRI、AAAは、同実証事業を通じて、地域課題解決のリファレンスモデル（参照モデル）となる取組みを進めていく。

効率化と強靱化の全体最適化

高解像度カメラによるリアルタイム監視が可能となるため、AIも含めた安全監視のソリューションの実証が実施されている。監視車両による危機検知は5Gならではの実装である

移動監視による不審車両・危機検知

- NTTドコモとALSOKは360度リアルタイム俯瞰映像を撮影するカメラを車両に搭載し、映像データを5Gで伝送し、不審車両や歩行者の機器を検知するセキュリティソリューションを実証
- 監視車両から約35m離れた位置を走行する周囲の車両・車種、周囲の歩行者の服装や姿勢を判別可能

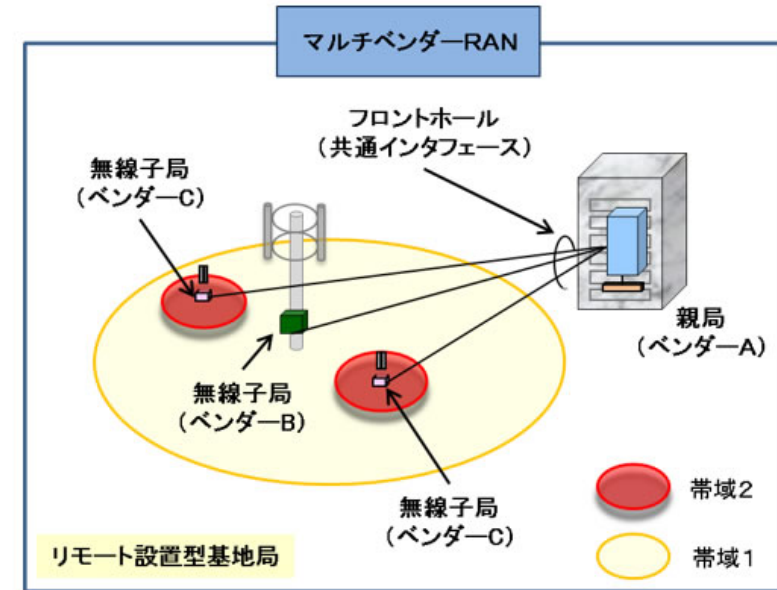


ローカル5Gの実装アプローチ

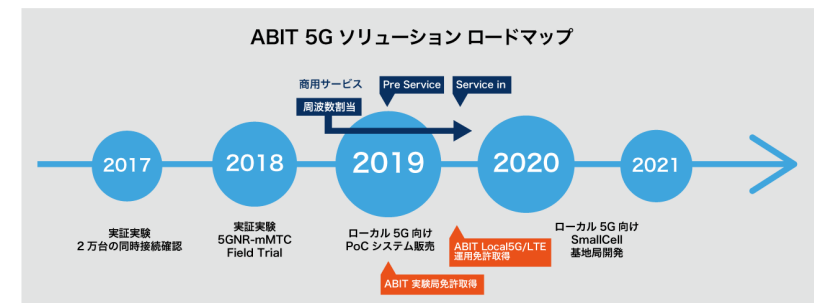
ローカル5Gの実装には、通信装置導入のコストが課題となる。
オープン化や汎用ハードウェア活用など、コスト削減にむけた提案がなされている。

- 世界の通信事業者が連携して推進するO-RANアライアンスだが、NTTドコモはO-RANのフロントホール/F仕様を採用しマルチベンダで各種装置と接続できるようにしているなど、採用の動きが出てきた。富士通やNECといった基地局ベンダも注力している。フロントホールのオープン化により、設置環境等に合わせた柔軟なベンダ選定を実現できるようになる。
- 組み込みソフトウェアを提供するウインドリバーは、汎用サーバ上でプライベートLTEおよびローカル5Gを稼働するソフトウェア基地局を開発しており、用途に応じた通信環境を柔軟に設計できたり、装置コストを低減できる可能性がある。
- LoRaWANゲートウェイなどを提供するデバイスベンダのエイビットは、ローカル5G向けのデータ通信端末（mMTC/eMBB）、基地局装置、Linuxベースのコアシステムを開発中で、2020年初頭に提供予定。

O-RANによるマルチベンダ化



エイビットの5Gソリューション



エリクソンは、プライベート5Gネットワークに求められる要件を公表している

プライベート5Gに求められる要件

● 高可用性：ダウンタイムがなく、エンドユーザがいつでもサービスを利用出来ること

● 信頼性：カバレッジ、容量、ハンドオーバー機能などが担保され、トラフィックを安定して裁けること

● 相互接続性：自営網から商用網等への接続の遷移が安全かつ迅速に行われること

● サービスの質：カバレッジ内で求められる通信に応じてスループット、遅延等の要求水準を満たすこと

● セキュリティ：ネットワーク分離、データ保護、デバイス・ユーザ認証等を用いて、安全な通信を提供すること

また、エリクソンは製造業におけるプライベート5Gのユースケースを公表している

製造業におけるプライベート5Gのユースケース

#	ユースケース
1	工場フロアの自動化と柔軟性
2	リアルタイムの状況認識ソリューション（センサー、HDビデオ監視、大量の診断データのアップロードを含む）
3	予防保全
4	労働力管理
5	マシン使用率の最適化
6	リスク管理（安全区域管理）
7	リモート資産制御（センサー監視）
8	労働者の健康と安全（AR / VRまたはプッシュツートーク音声付き）宿泊業，飲食サービス業

二次利用未承諾リスト

報告書の題名：令和 2 年度製造基盤技術
実態等調査（製造業における 5 G 等の情
報通信技術の活用に向けた技術動向調
査）

委託事業名：令和 2 年度製造基盤技術実
態等調査（製造業における 5 G 等の情報
通信技術の活用に向けた技術動向調査）

受注事業者名：株式会社野村総合研究所

頁	図表番号	タイトル
11	-	「IVI先進研究分科会ホワイトペーパーVol.04」
14	-	「IVI先進研究分科会ホワイトペーパーVol.04」、
16	-	Advanced Manufacturing関連政策の変化(Strategic Plan Structure, Goal 3 Priorities)
34	-	想定されるユースケース
36	-	想定されるユースケース
37	-	Future Mobile Architecture for Industrial Communication
39	-	Advanced Robotics Has Many Applications in Factory of the Future
40	-	世代製造業向け自律AGV・ロボティックスの市場見通し
43	-	製造現場におけるDXの潜在的付加価値
42	-	国内自律移動型ロボット市場規模
44	-	製造現場におけるDXの潜在的付加価値
45	-	Mfg. Poised to See Biggest Gain from IoT
57	-	標準化の動向
58	-	ISA-95の機能階層モデル
59	-	MESの機能、MESのアクティビティモデル
60	-	ISA-95の製造オペレーション マネジメント モデル (4つのカテゴリ)
61	-	OPC UAのアーキテクチャ
68	-	Boschの事例
69	-	Boschの事例
71	-	Huaweiの事例
72	-	古典的な自動化ピラミッドにおけるインテリジェントエッジコントロールの位置づけ、フィールドネットワークとエッジ・クラウドコンピューティングの □ネットワークアーキテクチャ

(様式 2)

73	-	Huawei and Festo edge control with deterministic IP based industrial heterogeneous network demonstrator
74	-	Integration of Codesys vPLC into Huawei edge computing device
75	-	Huaweiの事例
76	-	クラウドPLCとMESのフレキシブル化
77	-	クラウドPLCとMESのフレキシブル化
79	-	CoMPの活用イメージ
80	-	パナソニックITS株式会社の佐江戸事業所におけるローカル5G活用事例
81	-	NOKIAのローカル5Gに関する取り組み（2020年12月9日 同社発表資料）
82	-	センターBの社数の拡大を急ぐドコモ、「ドコモオープン5Gパートナープログラム」の提携企業内訳
83	-	NTTドコモが「オープンパートナープログラム」に関連して提供する製造業ソリューション*
86	-	米中対立激化による半導体チップシェアの予測
87	-	セキュリティ、エンジニアリング・サプライチェーン管理の高度化
88	-	中国市場の国籍別半導体売上シェア、中国の半導体自給率
89	-	中国の半導体産業の内訳、中国の半導体設計のテクノロジーノード
90	-	エンジニアリング・サプライチェーンの管理：可視化と制御（価値連鎖全体）
91	-	中国で設計された半導体の中国内ファンドリチェア
92	-	セキュリティ、エンジニアリング・サプライチェーン管理の高度化
94	-	効率化と強靱化の全体最適化