

令和3年度省エネルギー等に関する国際標準の獲得・普及促進事業 物流倉庫で活用される自動化・デジタル化技術の 国際展開に向けたルール形成戦略に係る調査

調査報告書（公開版）

2022/3

ご注意: 本資料にはADL社の独自コンセプト、分析フレームや手法が含まれており、本資料開示範囲は、貴社内およびグループ企業内に限定させていただいております。上記以外の第三者開示は、事前にADL社の文書による確認をお願い申し上げます。

1 検討概要

1.1 プロジェクト概要

1.2 検討スコープ

2 先進国の倉庫自動化動向

3 先進国のI/F標準化動向

3.1 I/F標準化の現状と将来像

3.2 I/F標準化に向けた課題と施策

物流倉庫で活用されるロボットの制御に関する標準化、技術の動向等を調査するとともに、ルール形成戦略について検討を行った。

背景

- 日本では人口減少や少子高齢化を受けて物流業界の労働力不足が深刻化している。特に物流倉庫内業務は従来から多くの人手を要する労働集約的な業務であることに加え、新型コロナウイルス感染症を受けた現在の社会情勢においては「非接触・非対面」での業務への転換が喫緊の課題となっている。物流業界における労働力不足対応や「非接触・非対面」での業務への転換を図るためには、物流業務の自動化・デジタル化が重要であり、「2020年代の総合物流施策大綱に関する有識者検討会」の提言においても、重要分野として物流DXの推進が掲げられている。
- 物流倉庫内で活用されるロボット等による自動化及び倉庫管理システム等のデジタル化技術については、ロボット活用の環境構築にかかるコストが大きいことから、中堅・中小企業への導入はほとんど進んでいない現状にある。この一因としては、人の作業を前提とした物流倉庫の運営事業者ごとに業務プロセスや倉庫管理ソフトウェアの作り込みが行われていることが挙げられる。しかし、現時点では、業務プロセスやソフトウェア構造、システム連携等を含む物流倉庫における自動化・デジタル化技術に関する国際的なルールは存在していない。
- 他方で、国内では様々なロボットを統合制御する技術を有する企業が台頭しており、こうした技術を活用して物流倉庫における業務プロセスやソフトウェア構造、システム連携等を視野に入れたロボット制御のあるべき姿を整理し、国際標準を獲得していくことが、労働力不足や「非接触・非対面」での業務への転換などの物流分野における課題解決のみならず、業務効率化による日本の高品質な物流サービスの諸外国への展開にも寄与すると考えられる。加えて、ロボットを効率的に制御し消費電力の削減を図ることで照明量や冷暖房費用の削減や配送トラックの荷待ち時間削減が期待されるなど、エネルギー使用の効率化が期待される。

目的・実施概要

- 物流倉庫で活用されるロボットの制御に関する標準化、技術の動向等を調査するとともに、ルール形成戦略について検討する

(1) 標準化に関する動向調査

(2) 業界・市場に関する調査

(3) 技術調査

(4) ルール形成戦略の策定

今期はマテハン・ロボット・上位システムI/F*標準化の実現に向けた具体的な施策を定義し、業界内・類似業界浸透に向けた取り組みへの落とし込みを進める。

物流TC**
の活動目標

- 自動化による物流倉庫のあるべき姿を定義し、その実現に向けた課題の解決手段として標準化などロボット導入を容易にする“ロボフレ***環境整備”施策を構築する
- ロボ環境整備施策を踏襲したロボット実装モデルケースを創出し、業界内・類似業界への展開を推進する

これまでの
TC活動成果

- 自動化による物流倉庫のあるべき姿として、スピード向上・多品目対応・柔軟性向上を念頭におき、荷姿×工程別に5実装モデル素案を構築
 - ✓ パレット・ケース×荷受け～格納、ケース×ピッキング～出荷検品など
- 5実装モデルの実現課題を個別に整理し、課題解決に資する環境整備施策案を統合案として14に集約
- 14の環境整備施策の中でも効果・難易度の観点から4程度の優先検討施策を絞り込み
- 研究会参画企業の意向や、他の研究会での検討状況も踏まえて、特にマテハン・ロボット・上位システムI/F標準化に力点をおく

今期のTC検討
ゴール理解

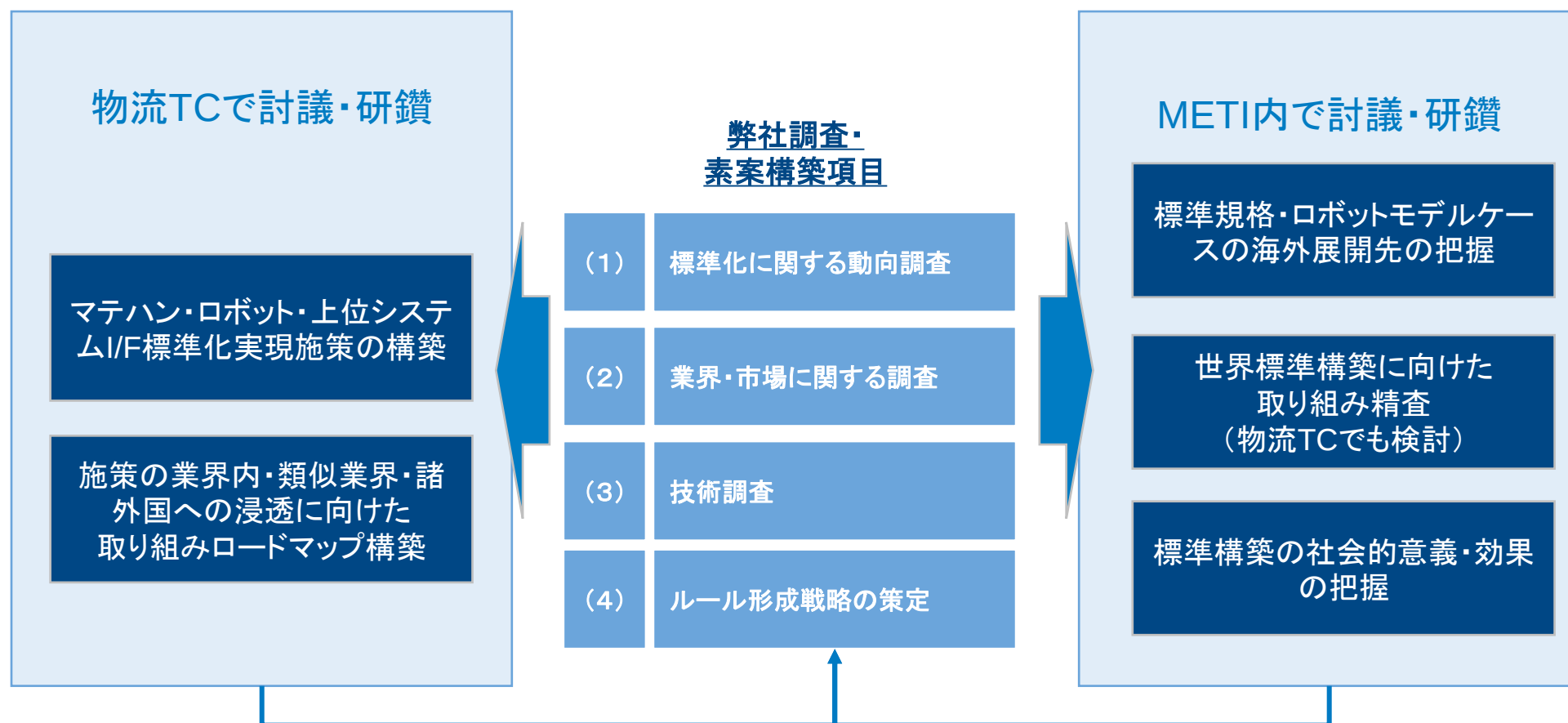
- マテハン・ロボット・上位システムI/F標準化実現に向けた具体的な施策を定義し上記施策を踏まえたロボット実装モデルケースを定義する
- 施策の業界内・類似業界浸透に向けた取り組み事項を定義し、ルール形成戦略も含めたロードマップを示す

*I/F: インターフェイス: 装置・設備間の情報連携に向けて情報や信号などをやりとりするための手順や規約

**TC: テクニカルコミッティ。ロボット導入に向けた実装課題解決案件の検討組織

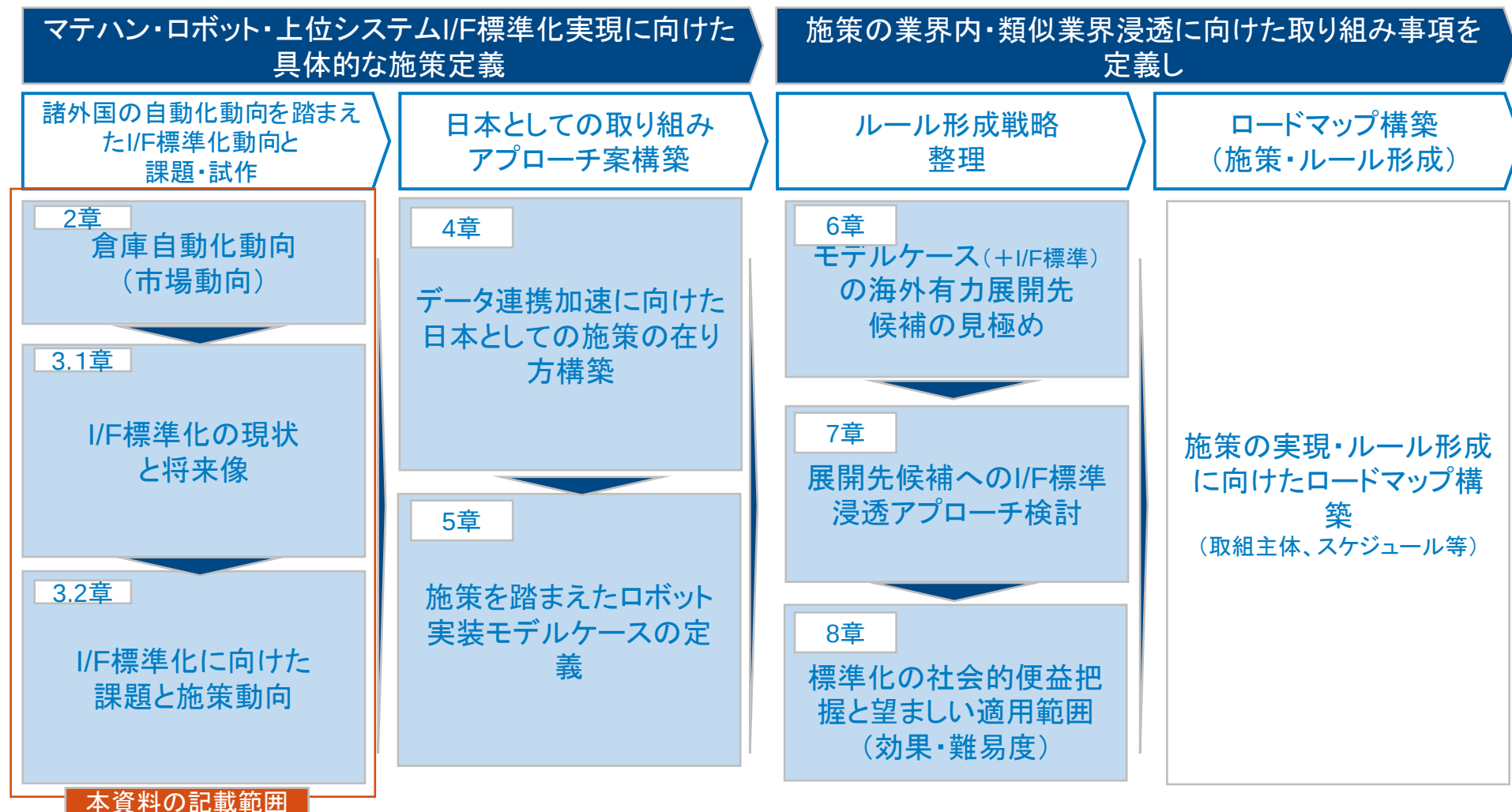
***ロボフレ: ロボットフレンドリーの略語

本PJでの調査・検討素案はそれぞれ物流TCおよびMETI*内で討議・研鑽しルール形成戦略として取りまとめていく。



*METI: 経済産業省

ルール形成戦略・ロードマップ化に向けては下記フローで調査・分析を実施。



1 検討概要

1.1 プロジェクト概要

1.2 検討スコープ

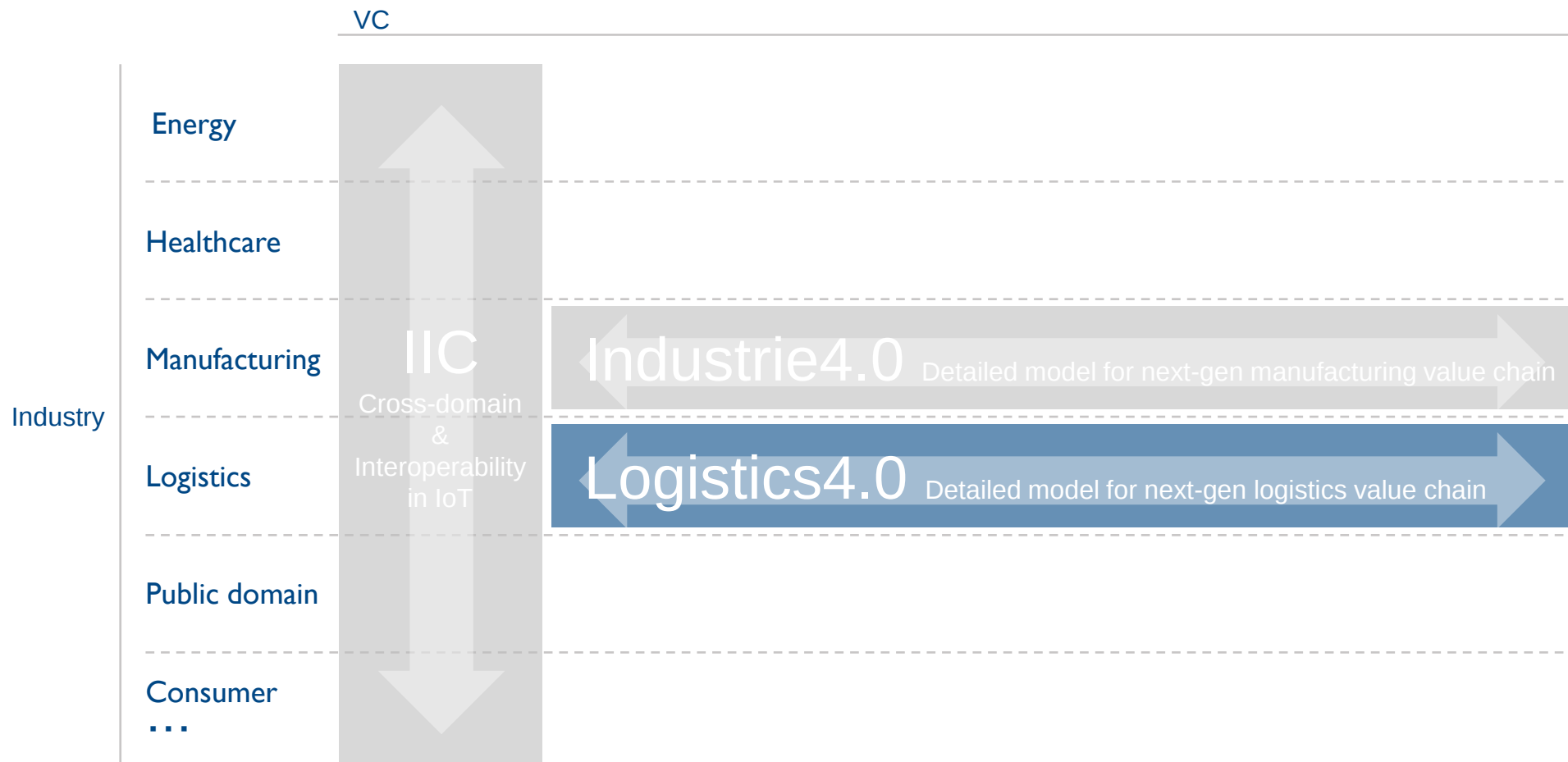
2 先進国の倉庫自動化動向

3 先進国のI/F標準化動向

3.1 I/F標準化の現状と将来像

3.2 I/F標準化に向けた課題と施策

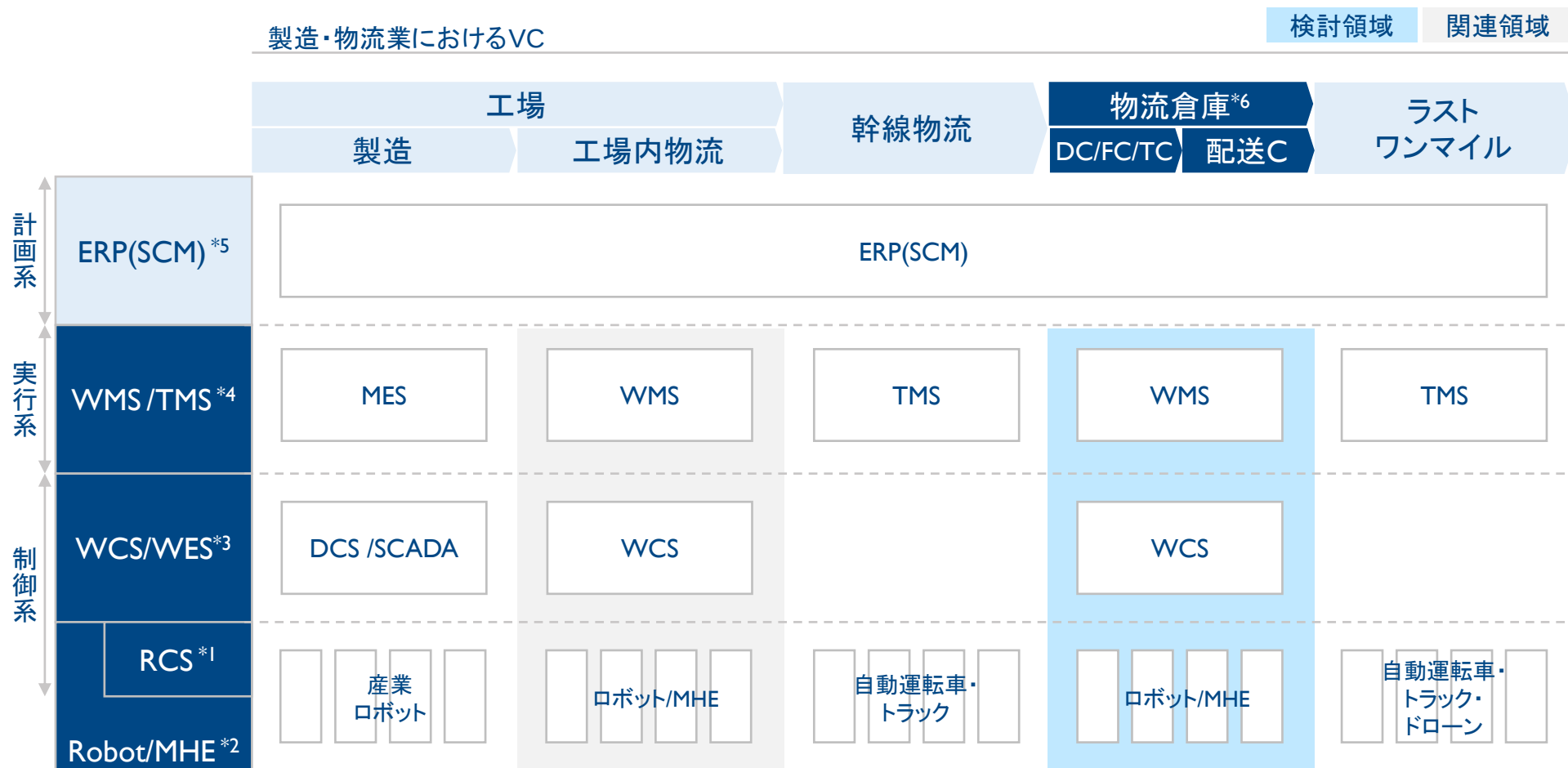
標準化には、産業を超えた標準化と、ある業界VC*の標準化、の2つのスコープがある。本PJ*は後者について、物流業界と、それに関連する製造業界を検討対象とする。



出所: Industrie4.0及びIndustrial Internet ConsortiumのHPを基にADL作成

*VC: Value Chain。原義は付加価値を創出するまでの価値連鎖。本資料中では物流業務の一連のフローを示す。

アーキテクチャは、物流倉庫の施設内システムを検討対象とする。



出所: 各種二次情報を基にADL作成

^{*1}: Robot control system

^{*2}: Material Handling Equipment

^{*3}: Warehouse control system/ Warehouse Execution System

^{*4}: Warehouse management system/ Transport Management System

^{*5}: Enterprise Resource Planning/Supply Chain Management

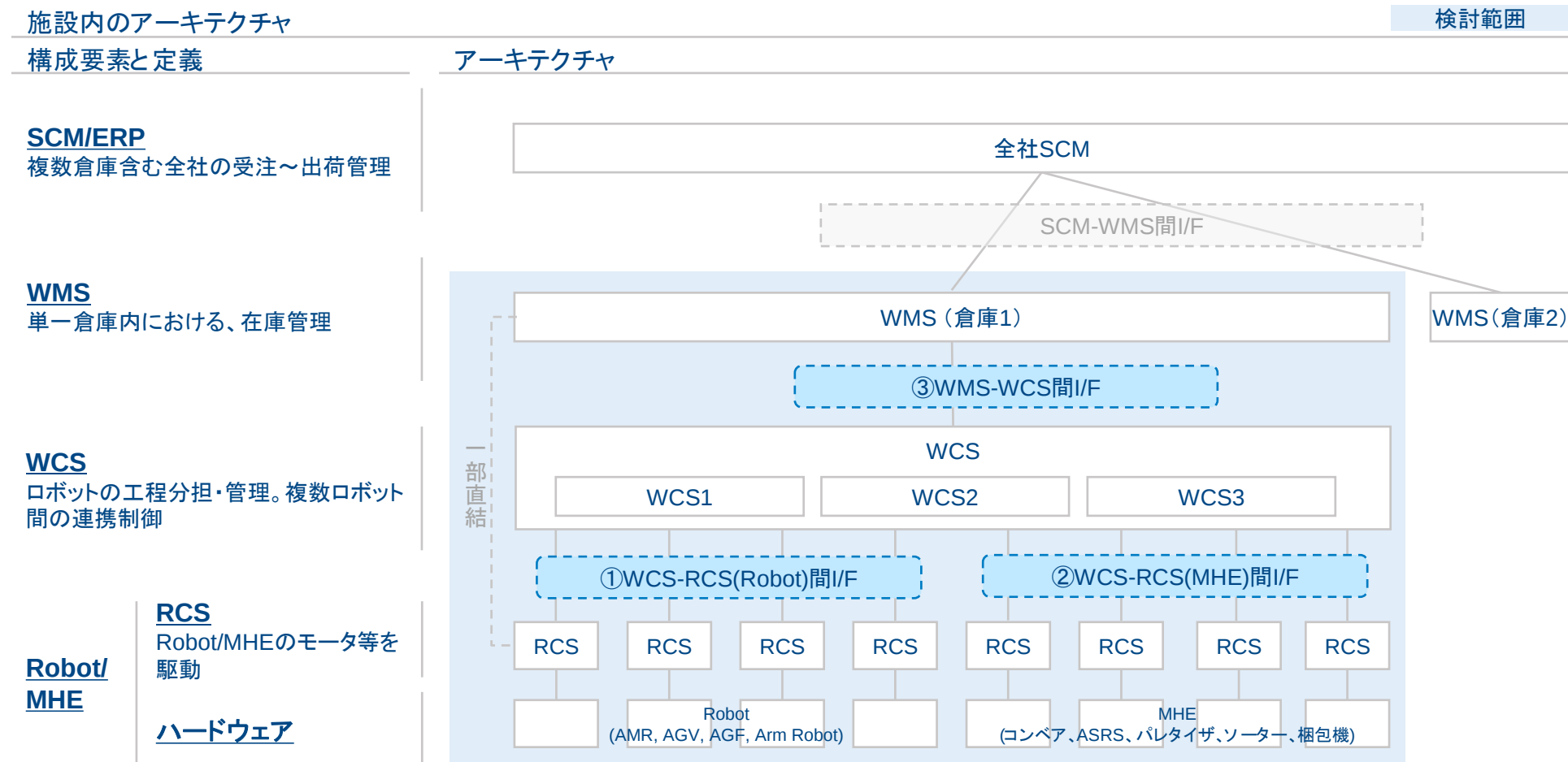
^{*6}

DC; Distribution Center

FC; Fulfillment Center

TC; Transaction Center

物流倉庫施設内のアーキテクチャにおいて、標準化が必要なI/Fは、①WCS-RCS(Robot)間、②WCS-RCS(MHE)間、③WMS-WCS間の3つと想定。



出所: エキスパートインタビューを基にADL作成。

I/Fの設計では、一般に通信規格、データ規格、データ処理方法等を連携させる必要があると理解。

標準化の項目(初期的)

大分類		小分類	左記定義
プログラム、データ処理方法(エラーハンドリング含む)			システム間でのデータの処理方法やプログラミング言語
データ規格	コマンド・制御要件		コマンドとティーチングの内容を定義。エラーコードを含む
	データ項目		送受信が必要となるデータ項目を定義(Ex; 項目名(論理・物理))
通信規格	アプリケーション	処理タイミング	データの送受信のタイミング(Ex; リアルタイム、バッチ)
		データフォーマット	(Ex; JASON, CSV, XML)
		接続方式	アプリケーションで扱うデータのフォーマットや手順を決定(Ex; HTTP, API, Websocket)
	トランスポート		データを適切なアプリケーションに分配(Ex; TCP, UDP)
	インターネット		複数のネットワーク間でデータを転送(Ex; IP, ICMP)
	ネットワークインターフェース		同一のネットワーク内でデータを転送(Ex; Ethernet, Wi-Fi, PPP)

出所:エキスパートインタビューを基にADL作成

その中で標準化余地があるのは、通信規格とデータ規格である。プログラム、データ処理方法等は、製品技術に紐づくものであり、標準化の検討対象にはならないと想定。

標準化の項目(初期的)		左記項目が標準化されやすい範囲(Logistics業界)	
大分類	小分類		
プログラム、データ処理方法(エラーハンドリング含む)		企業別 製品に関わるかつ競争領域であるため、I/F標準化は対象外	
データ規格	コマンド・制御要件	用途市場・業務別 用途・業務等によって、適した項目が選択される	③
	データ項目		
通信規格	アプリケーション	企業別* 企業ごとに選択	②
	処理タイミング		
	データ形式		
	接続方式	産業共通 時代によって最適な技術が市場で取捨選択される	①
	トランスポート		
	インターネット		
	ネットワークインターフェース		

出所:エキスパートインタビューを基にADL作成

*一部、セキュリティや応答速度に関し、用途市場・ユースケースに依存する場合もある

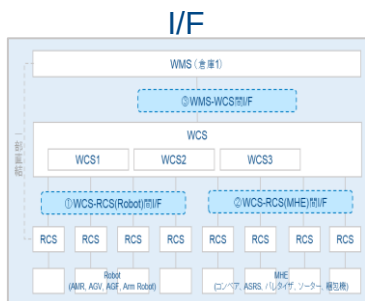
プログラムやデータ処理領域は競争領域として残すことが一般的。またこれらの共通化技術は製品技術に紐づくものであり、I/F標準化の主な検討対象ではないと理解。

標準化後も共通化されず残されるインターフェース

- インターフェースの標準化を行っても、引き続きメーカー独自のインタフェースを使う必要性は残り続ける。
 - 基本的にメーカー各社が互いに異なる性能や機能で競い合う限り、そのインタフェースが完全に共通化されることはあり得ないからだ。
- その一つはロボットプログラムの作成である。
 - ロボットプログラムはメーカーごとに異なるロボット言語で記述されているのが現状であり、標準化によってロボット言語までが共通化されるわけではない。
 - ロボット位置の教示や基本的な動作順序は、各ロボットメーカー独自のプログラミングペンダントなどのUIを使い、独自のロボット言語でそれぞれプログラミングする必要がある。
- 技術革新によって、ロボットプログラミングの共通化も可能性はあるが、当面は複数のロボット言語が並列する状況が続くだろう。
 - 最近では国際標準のPLC*言語に対応した機能ライブラリを提供している産業用ロボットメーカーも増えてきており、ロボットプログラムの共通化も現実味を帯びてくるかもしれない。
 - しかし、現実的には各社のロボット言語の命令が1対1で対応するとは限らず、利用可能な機能や書式もそれぞれ異なることから、当面は複数のロボット言語が並列する状況が続くだろう。

標準化には、ある用途・業務ごとに、各標準化項目の共通部分を抽出することが必要。

I/Fx標準化項目



標準化項目



どのような用途・業務範囲で
共通化するか

左記が共通化される用途・業務範囲

用途・業務

左記詳細

用途業界

物流

製造

用途市場

小売、医薬品、etc

業務プロセス

荷受

検品

...

積込

ユースケース・
要求機能

ユースケース・
機能

ユースケース・
機能

ユースケース・
機能

ユースケース・
機能

標準化には、一般にデジュール、フォーラム、デファクトの3類型がある。

標準の類型	左記概要
デジュール	標準化機関における合意を経て制定される公的な標準
	国際 Ex; 国際規格ISO*
	地域 Ex; EU域内規格CEN**
	国内 Ex; 日本の国家規格JIS***
フォーラム	特定分野の標準化に関心がある企業・専門家群の合意で制定される標準(Ex; IEEE)
デファクト	特定企業の製品・サービスが世界中に普及することで生まれる事実上の標準

本PJ初期調査の主旨は、対象I/Fの標準化内容(What)とその方法(How)について、As isからTo beまでの動向や課題・取組みを明らかにすること。

調査対象

What

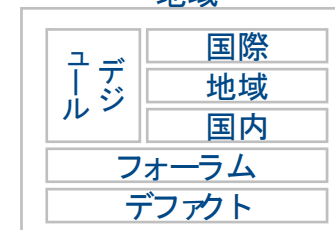
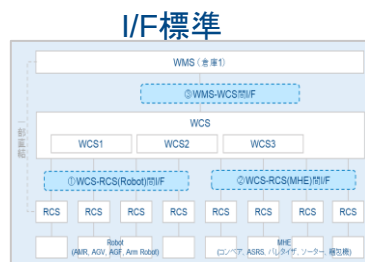
How

対象I/F層について

どの項目を、

どの用途・業務ごとに、

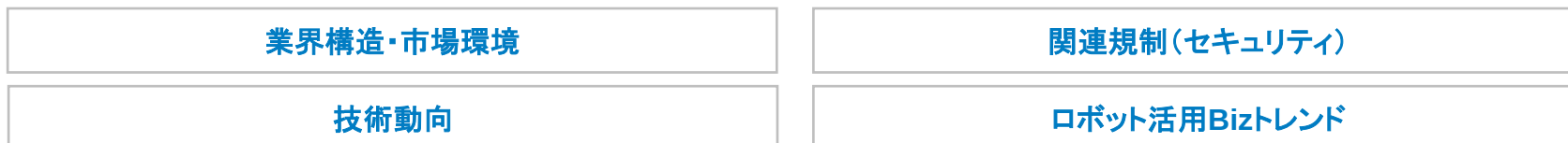
どの類型で標準化するか



時系列



根拠



1 検討概要

1.1 プロジェクト概要

1.2 検討スコープ

2 先進国の倉庫自動化動向

3 先進国のI/F標準化動向

3.1 I/F標準化の現状と将来像

3.2 I/F標準化に向けた課題と施策

2章：先進国の倉庫自動化動向 サマリ

論点	調査結果
先進国はどのような物流倉庫自動化の将来像を描いているか？	■ 物流業者は、将来の物流自動化に向けて、自動化ロボットの導入や、ロボットと上位システムの垂直統合・稼働の全体最適化などを想定している。 - ERPと下位システムの垂直統合 (Schafer, DHL, Alibaba) - ロボットと既存WMS/WCS/MHEの統合と全体稼働最適化 (DHL, Daifuku) - 稼働最適化におけるAI・データ分析の活用 (Swisslog, Alibaba) - 搬送・ピッキング用ロボットの導入 (Fetch Robotics, Locus Robotics, rethinkroboticsなど) - GTP^{*1}導入 (Amazon; Kiva system) - AGV^{*2}の群制御SW^{*3}の開発と一括管理UI^{*4} (Amazon; Kiva system)
上記将来像に向けて、どのような技術開発が進められているか？	■ 自動化倉庫の将来像に向けて、システム全体のCloud化、ロボットの群制御効率向上、データ連携時のセキュリティ強化などに関する技術開発が目立つ。 - API^{*5}公開・Cloud化による異種間・レイヤ間の連携容易化 (Fetch, MiR, Locus, Frameworkx等) - バックエンドSWやサービスのクラウド・RaaS型提供 (inVia等) - バックエンドSWを通じたロボットの統合監視・管理・ロボット群制御 (GreyOrange等) - Middlewareプラットフォームの開発 (Blue Yonder等) - ロボットに依存しないRCS (ROS- II など) - 新通信システム (5G) への対応 - データ活用におけるデータセキュリティ強化
各プレイヤーはどのような競争戦略を取っているか？	■ 各プレイヤーは、大きくは物流倉庫内システム業界における自社の製品・サービス領域拡大及び、それに付随する自社/エコシステム形成による垂直統合推進や、データ集積によるデータアナリティクスビジネス等新事業創出へと動いている。 - 物流業者 (DHL, Alibaba) は、各ベンダーとエコシステムを形成し、自社Grでの垂直・水平統合を推進。 - MHEメーカー Dematic はERP含む物流倉庫全体を管理するシステム Dematic IQを開発。また、主要MHEメーカーはRobotの開発にも取り組む。 - 総合電機メーカー (Hitachi等) は、既存のWMS技術を核としつつRobot・MHEメーカーを買収し、自社規格を構築。
倉庫自動化動向は、標準化動向にどのような影響を与えるか？	■ 「自動化ロボット導入」や、ロボットと上位システムの垂直統合が求められる中で、物流倉庫内では異なるベンダー間で機器・システムをインテグレーションする際のI/F差異が一層課題視される。 ■ プレイヤーによって物流倉庫内システムの垂直・水平統合のレイバリティや戦略は異なる。I/F標準化はこれら戦略に影響を与えるため、逆にプレイヤーの戦略が、I/F標準化動向に影響を与える可能性がある。

*1 Goods to Person

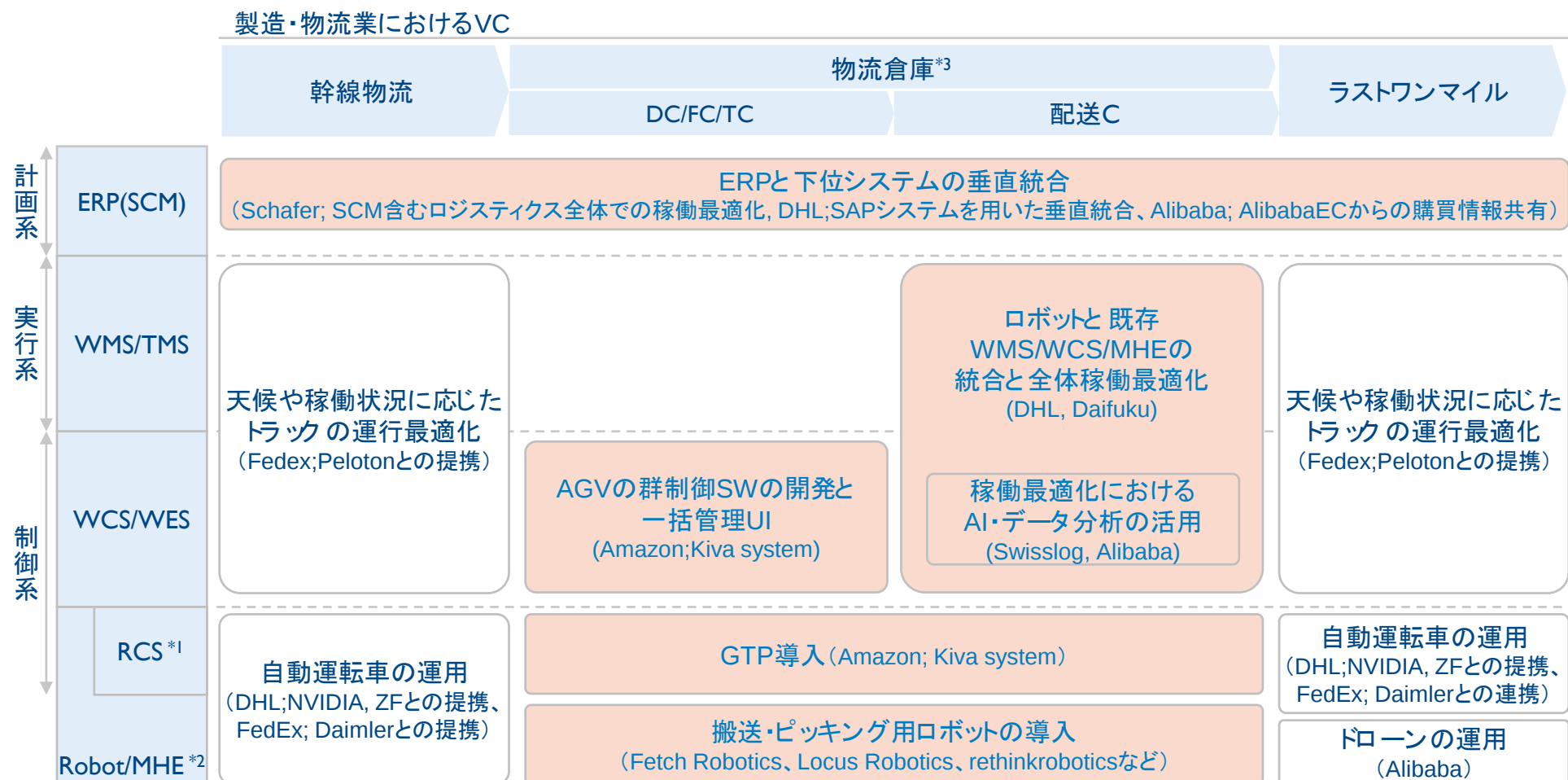
*2 Automatic Guided Vehicle

*3 Software

*4 User Interface

*5 Application Programming Interface

物流業者は、将来の物流自動化に向けて、自動化ロボットの導入や、ロボットと上位システムの垂直統合・稼働の全体最適化などを想定している。



出所:各種二次情報を基にADL作成

*1.Robot control system

*2.Material Handling Equipment

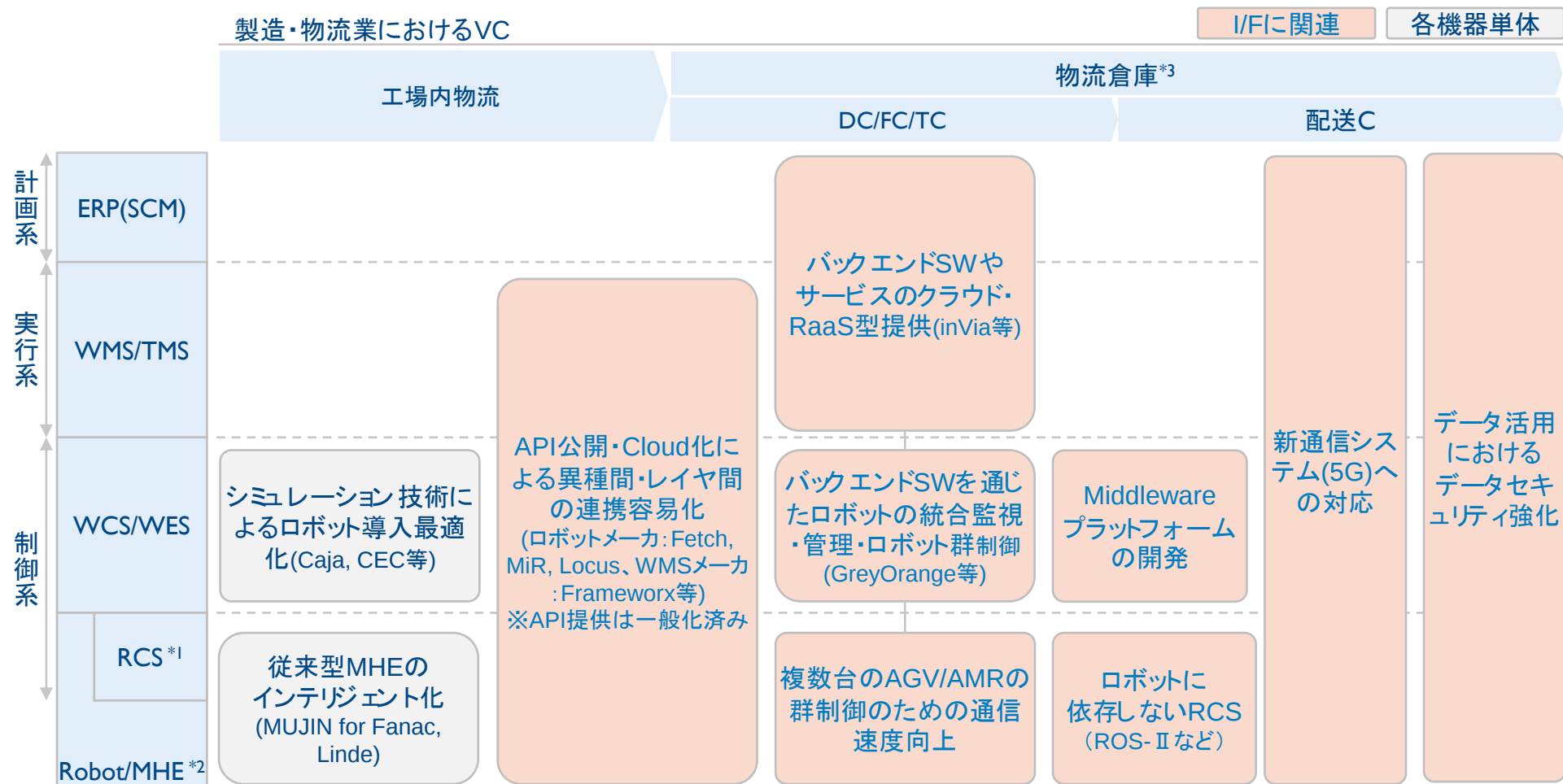
*3.

DC; Distribution Center

FC; Fulfillment Center

TC; Transaction Center

自動化倉庫の将来像に向けて、システム全体のCloud化、ロボットの群制御効率向上、データ連携時のセキュリティ強化などに関する技術開発が目立つ。



出所: 各種二次情報を基にADL作成

*1. Robot control system

*2. Material Handling Equipment

*3.

DC; Distribution Center

FC; Fulfillment Center

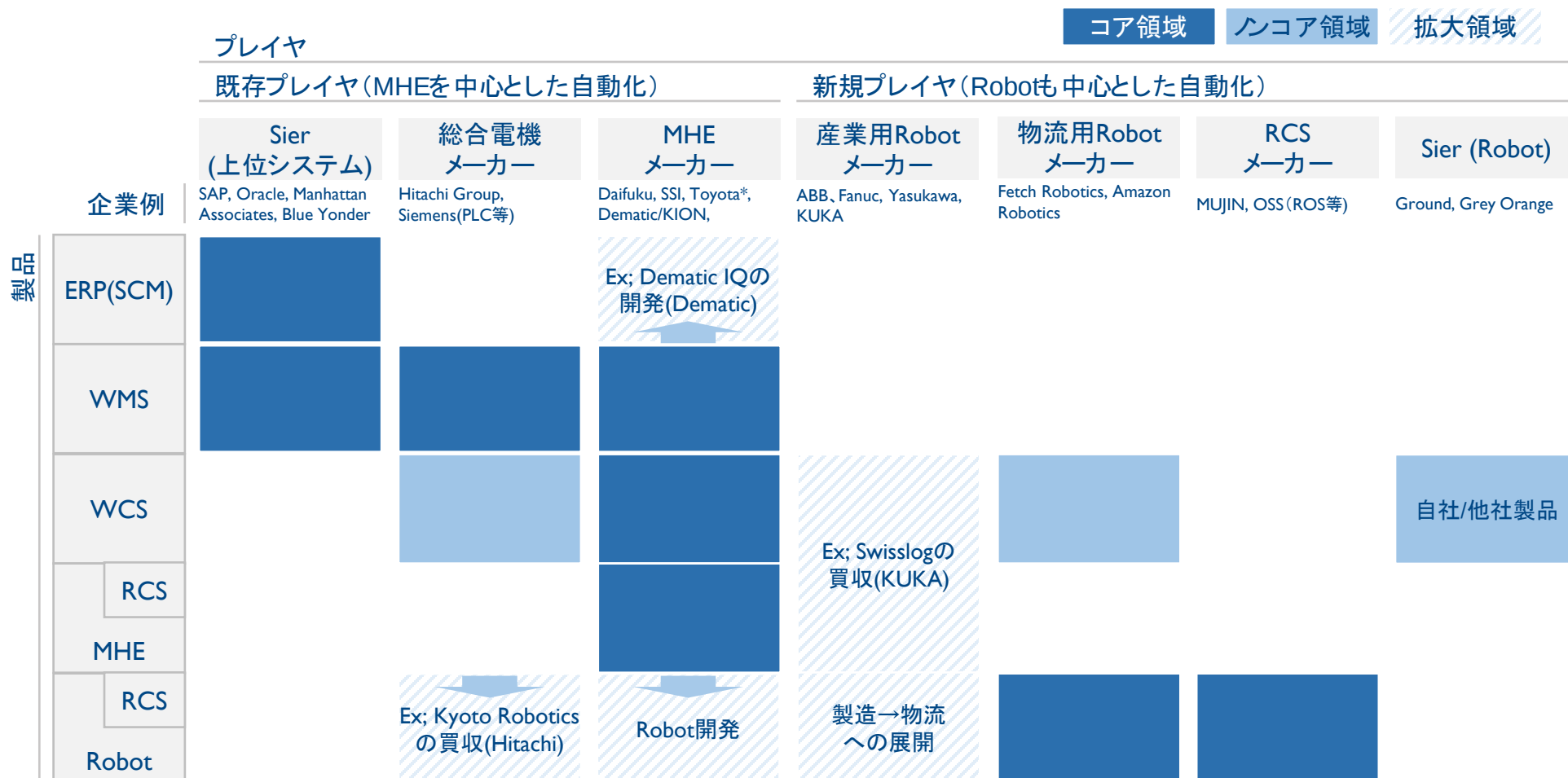
TC; Transaction Center

各プレイヤーはそれぞれ下記のようなコア/ノンコア領域を持つ。

		プレイヤー			コア領域		ノンコア領域
		既存プレイヤー (MHEを中心とした自動化)			新規プレイヤー (Robotを中心とした自動化)		
		Sier (上位システム)	総合電機 メーカー	MHE メーカー	産業用Robot メーカー	物流用Robot メーカー	Sier (Robot)
企業例		SAP, Oracle, Manhattan Associates, Blue Yonder	Hitachi Group, Siemens(PLC等)	Daifuku, SSI, Toyota*, Dematic/KION,	ABB, Fanuc, Yasukawa, KUKA	Fetch Robotics, Amazon Robotics	MUJIN, OSS (ROS等) Ground, Grey Orange
製品	ERP(SCM)						
	WMS						
	WCS						自社/他社製品
	RCS						
	MHE						
	RCS						
	Robot						

出所: 各種2次情報を基にADL作成

近年は、「SCM最適化」、「Robotを用いた自動化」の市場トレンドに応じ、事業領域を拡大する動きが目立つ。



出所:各種2次情報を基にADL作成

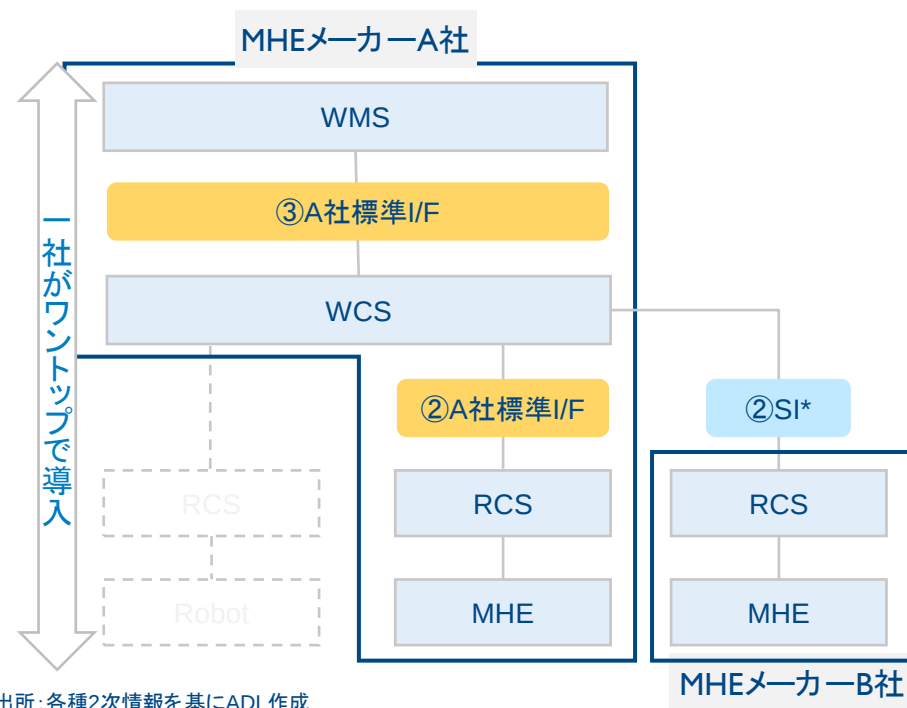
大規模倉庫では、I/F②・I/F③はMHEメーカーの自社標準I/Fが普及。一方、I/F①は様々なメーカーのI/Fが混在。

大規模倉庫≡大手ユーザー

MHE導入(主に新設倉庫)

MHEメーカー社がワントップで導入

⇒②・③は、MHEメーカーの独自標準I/Fが普及



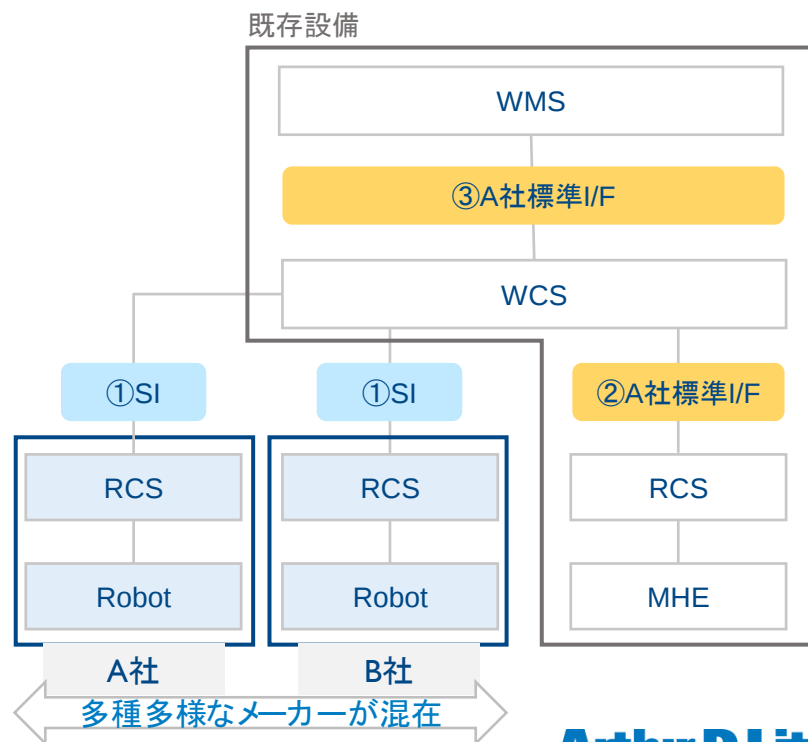
出所:各種2次情報を基にADL作成
*RobotのみのGTP型の倉庫では、新設が主。
SI: System Integration
Copyright © Arthur D. Little 2020. All rights reserved.

*System Integration

Robot導入(既設倉庫を想定)*

種々ロボットサプライヤがSIerと①のSI・カスタマイズを実施

⇒①は、多種多様なメーカーのI/Fが混在



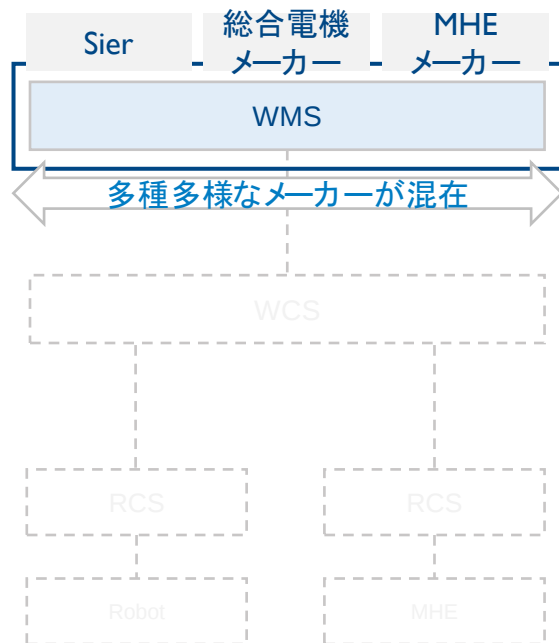
小規模倉庫では、I/F③も様々なメーカーのI/Fが混在。また、I/F①も同様。

小規模倉庫≡非大手ユーザー

自動化なし*

種々サプライヤがWMSを導入

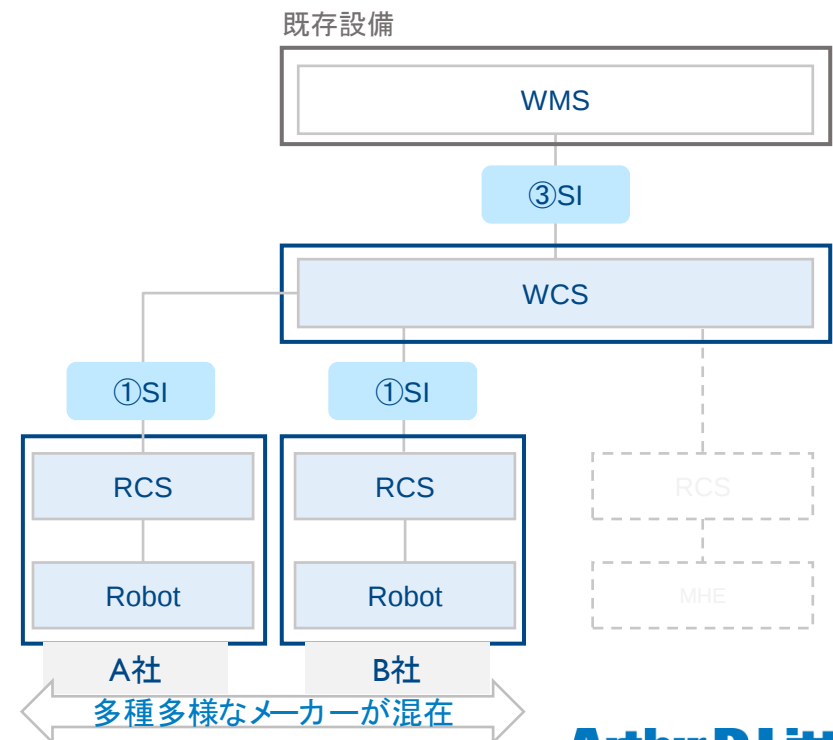
⇒WMSは、多種多様なメーカーのものが混在



Robot導入(既設倉庫を想定)

種々ロボットサプライヤがSierと①のSI・カスタマイズを実施

⇒①は、多種多様なメーカーのI/Fが混在



出所:各種2次情報を基にADL作成

*小規模倉庫は、統合制御が必要なレベルでMHEを導入していない規模を想定

Copyright © Arthur D. Little 2020. All rights reserved.

I/F①の多様性の背景として、Robotを提供するサプライヤ種類が非常に多岐に渡ることがあげられる。

		コア領域			ノンコア領域		拡大領域	
プレイヤー		既存プレイヤー (MHEを中心とした自動化)			新規プレイヤー (Robotを中心とした自動化)			
		Sier (上位システム)	総合電機 メーカー	MHE メーカー	産業用Robot メーカー	物流用Robot メーカー	RCS メーカー	Sier (Robot)
企業例		SAP, Oracle, Manhattan Associates, Blue Yonder	Hitachi Group, Siemens(PLC等)	Daifuku, SSI, Toyota*, Dematic/KION,	ABB, Fanuc, Yasukawa, KUKA	Fetch Robotics, Amazon Robotics	MUJIN, OSS (ROS等)	Ground, Grey Orange
製品	ERP(SCM)							
	WMS							
	WCS							自社/他社製品
	RCS							
	MHE							
	RCS							
	Robot							

出所:各種2次情報を基にADL作成

I/F①では、ユーザーの要望に応じて多種・多メーカーのロボットを活用したSI・カスタマイズを臨機応変に行うことが求められるため、I/Fのバラつきが業務コストに直結する課題を持ち早期標準化が求められる。

市場の構造



ユーザーの要望



出所:過去TC議論資料よりADL作成

1 検討概要

1.1 プロジェクト概要

1.2 検討スコープ

2 先進国の倉庫自動化動向

3 先進国のI/F標準化動向

3.1 I/F標準化の現状と将来像

3.2 I/F標準化に向けた課題と施策

3章;先進国のI/F標準化動向 サマリ

論点	調査結果
先進国は物流及び関連業界の中で、どの領域の標準化を優先しているか？	■ ドイツと中国は、Industrie4.0に沿った製造業界におけるI/F標準化に注力。また、物流業界では、経済性の観点で倉庫内よりもむしろ倉庫外のデータ連携強化に注力してきた。 - ドイツ、中国ともに国家プロジェクトとしてIndustrie4.0を推進。 - 物流業全体におけるコスト割合は倉庫外作業が大半を占め、標準化によるコスト削減効果は倉庫外の方が高い。 - 特に中国は、倉庫外SCMのデータ連携を内製化することは、安全保障上の重要事項としても捉えている。
先進国の現状及び将来(5-10年後、10-20年後)の標準化動向はどうか？	I/F① ■ ドイツは、政府が旗振りをするが、実行は主要業界団体が担う。まずはフォーラム標準作成から、デジタル標準化を目指す。 - 市場成熟に伴って標準化ニーズが高まり、ユーザー・サプライヤ業界団体がWG*を組成し、標準を作成。 - 通信規格は業界共通で既存国際標準を推奨。 - データ規格は業界共通規格から作成し、市場・業務別規格の作成も視野に入れる。 ■ 中国は、政府が自国企業の競争力強化の観点で標準化を旗振りする可能性はあるが、普及スピードは主要企業の意向に依存する面もある。 - ユーザー間の競争や市場成熟が落ち着くまでは、標準化ニーズは高まりにくい。 - 政府が自国企業の国際競争力向上に資すると判断すれば、一気に旗振りをする可能性はある。但し、実際に標準が普及するスピード感は主要企業の意向にも依存。 ■ アメリカは、標準化は企業の取組みに任されており、独立した取組みに閉じ易い。 - 一部メーカーや業界団体が標準化を進めるが、戦略上の独自の取組みに閉じる。 - 長期的には、複数企業の取組みが統廃合されつつ業界全体に普及する。 ■ 日本では、現状大きな標準化の動きは見られない。

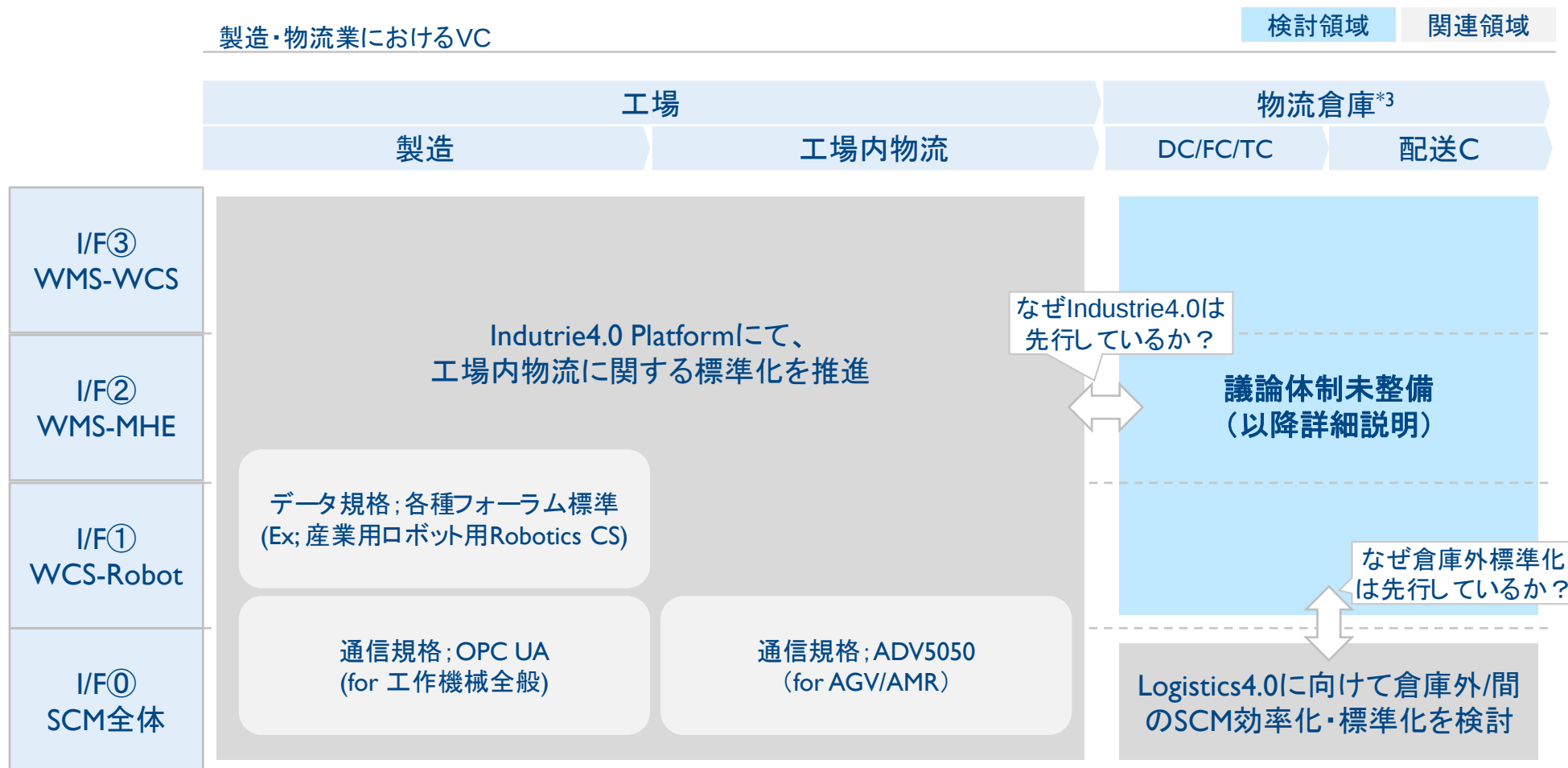
3章：先進国のI/F標準化動向 サマリ

論点	調査結果
先進国の現状及び将来(5-10年後、10-20年後)の標準化動向はどうか？	I/F②・③ ■ 標準化は、デファクト標準を持つ企業・業界団体の意向に影響される。長期的には徐々に非競争領域の切出しが進み、一部が標準化される。 - 大手MHEメーカーの規格がデファクト化する中、業界団体が直近倉庫内アーキテクチャを策定。今後、通信規格・データ規格の策定には合意形成が難航する見込み。 - 通信規格は、デファクト標準を複数推奨。 - データ規格は、業界共通の定義を目指し、市場・業務別の定義も視野に入れる。 ■ 諸外国動向を鑑みつつ、やや受動的に対応。 - 大半は諸外国の大手MHEメーカーの独自規格が普及しており、一部のみ中国系MHEメーカーの独自規格が普及。 - グローバルで競争力を持つMHEメーカーが不在であることから、業界全体での標準化の取組みは生じにくく、諸外国標準化動向に受動的に対応する可能性が高い。 ■ 標準化は、独自規格を持つ企業の意向や欧州の標準化動向に影響される。 - 大手MHEメーカーの規格がデファクト化しつつある。業界団体が標準議論を開始したが、具体的な議論は進んでいない。当面は、アーキテクチャの策定議論が進む。 - 通信規格は、主要な標準を複数推奨。一定の米国内シェアを有する欧州系(由来)メーカーの標準も含まれれば、結果欧州標準と類似する可能性。 - データ規格は業界共通の項目を定義し、国内標準化を目指す

3章; 先進国のI/F標準化動向 サマリ

論点	調査結果
先進国は標準化に向けてどのような課題を感じているか？	■ 他先進国は下記の通り、標準化の議論体制構築と、そこへのキープレイヤーの巻き込み、円滑な合意形成、国内/国外の業界団体との連携などに課題を感じている。 - I/F含む異種レイヤ間で垂直統合を実現した大手プレイヤーを、どう標準化に巻き込むか。 - 垂直統合ができない中小プレイヤーをどう集約するか。 - 標準化に積極的なプレイヤーが中心となるフォーラムが、どう消極的なプレイヤーに標準対応を訴求するか。 - 各社ユースケースや独自規格が異なる中で、競争・協調領域をどう効率的に議論するか。 - 域内の主要プレイヤーを巻き込み、国内標準と域内標準を同時に作成すること。
先進国は標準化に向けてどのような課題を感じているか？	■ 物流倉庫内システムの標準化事例は未だなく、類似するドイツのIndustrie4.0での標準化事例等から、施策のヒントを得ることが肝要である。 ■ Industrie4.0での標準化事例からの学びとして、下記ような、標準化の目標像を想定した体制構築の仕方や、体制をリードする・繋ぐ・モチベートする組織をそれぞれ確保することの重要性が見える。 - まずは通信規格の策定を目指す。通信規格は「一意に規定する」か、「複数を規定しMiddlewareで繋ぐ」かの2択。 - データ規格は、「全用途・市場に適用可能なベース規格」と「特定の用途・市場に特化した規格」の階層構造で作成。 - 各データ規格は、全体を統括する団体(Ex; OPC UA foundation)と関連業界団体(Ex; VDMA)が共同でWGを組成し、一貫性と柔軟性を両立。 - 各WGには、I/Fのインテグレーション・上位/下位システムに関わる主要サプライヤと、市場シェアが大きいユーザー企業を巻き込む。 - 各WGの標準間で重複・抜け漏れが生じないよう、標準間を横串で監視する機能を準備。 - AGV/AMR*など主要な規格が存在しないケースについては、あえて通信規格を一意に定め、市場普及を狙うのも一手

ドイツは、物流倉庫内のI/F標準化は議論体制が未整備である。一方、工場内物流や倉庫外SCMについては、主要業界団体が中心となり、フォーラム標準を策定している。



出所;エキスパートインタビューに基づきADL作成

ドイツにおいて製造業界の標準化が先行できている理由は、国家プロジェクトとしての政府の支援と、OEMが標準化を力強くけん引していること、の2つがある。

なぜIndustrie4.0は
先行しているか？

製造メーカー(自動車会社)の
強いロボット購買力と標準化けん引力

- 製造業界では工場ユーザーである製造メーカー(特にOEM)が強いロボット購買力を有している。
- 標準化を求める各OEMが連携し、標準を調達要件として設定することで、標準化をけん引している。

国家プロジェクトとしての
ドイツ政府の強い推進力

- ドイツ政府として、諸外国(特に北米)に先行して、新たなスマートファクトリーのベストプラクティスを確立し、元来強みを有する製造業界で一層強いプレゼンスを発揮することを目指す。

なぜ物流倉庫外の
標準化が
先行しているか？

物流全体における、
コスト改善効果の大きさ

- 物流業全体におけるコスト割合は物流倉庫外作業が大半を占める。
- 各種標準化によるコスト改善効果は、倉庫内より倉庫外の方が非常に高い。

インフラとしての
SCM最適化の重要性

- 世界各国で物流量が増える中で、SCMはますます国の重要基盤となる。

出所:エクスパートインタビューに基づきADL作成

ドイツでは、I/F①の標準化は大きな動きはない。I/F②・I/F③は、MHEメーカーからなる主要業界団体が標準化に向けた議論を進めている。

I/F 標準化動向(As is)

I/F①	データ規格	市場・業務	デジニール	国際	物流業界ではまだ標準化議論は具体化されていない。 - VDMA内の“Automated Guided Vehicles”が議論を主導している模様。 - 産業界では、AGVの通信規格VDA5050がフォーラム標準として公表された。
	通信規格	業界		地域	
I/F②・I/F③	データ規格	市場・業務	デジニール	国際	複数の大手MHEメーカーの規格がデファクト化。 業界団体が標準化議論を開始。これまでに、倉庫内アーキテクチャ標準を策定した。 - 業界団体VDMA内の“Material Handling & Intralogistics Department”が主導している模様。 - 倉庫内アーキテクチャを定義した“SAIL standard”をフォーラム標準として公表。
	通信規格	業界		地域	
				国内	
				フォーラム	
				デファクト	

ドイツでは大手ユーザー・サプライヤ企業が独自規格化を進めており、I/F構築自体が重要な競争優位性となっている。

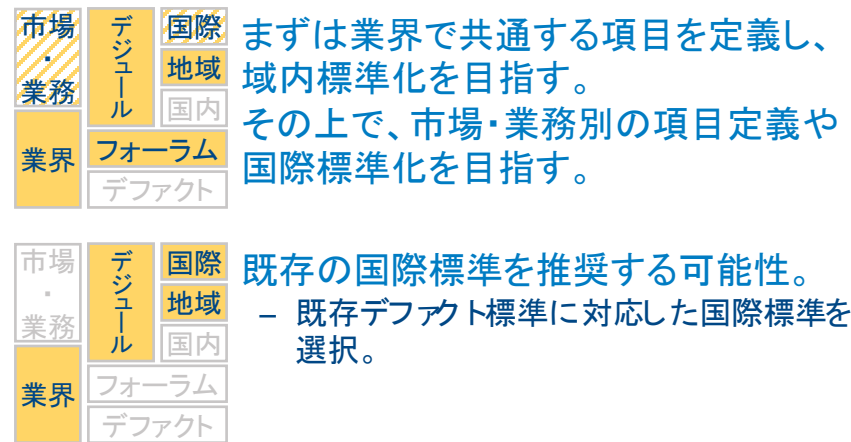
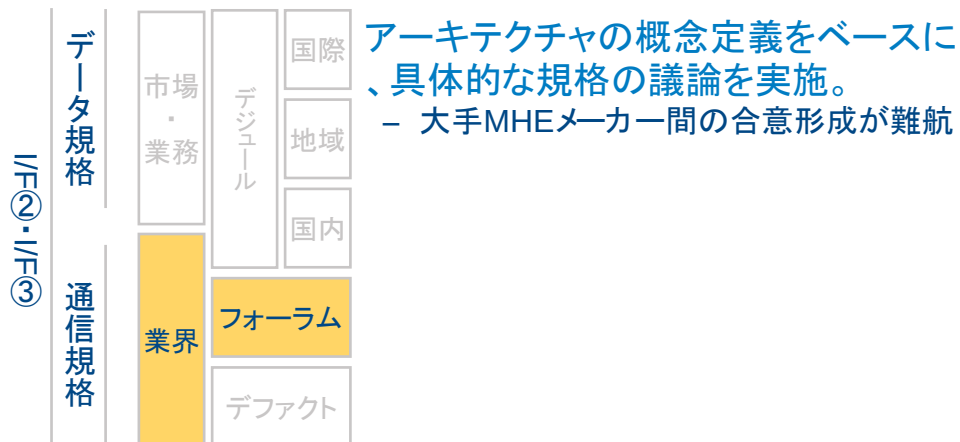
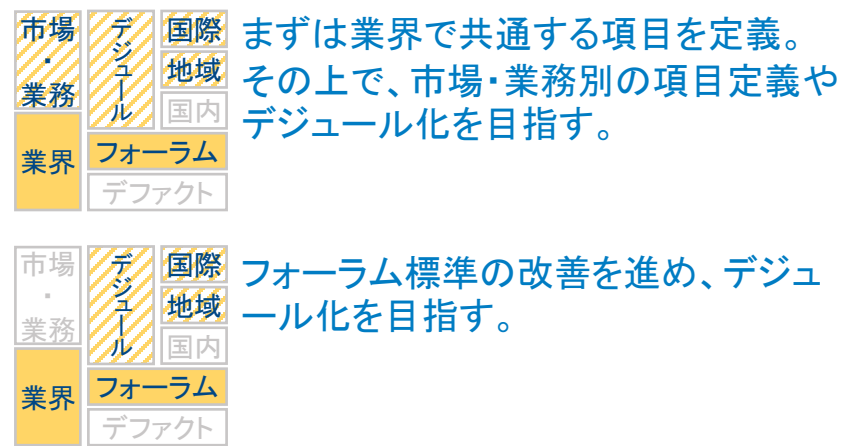
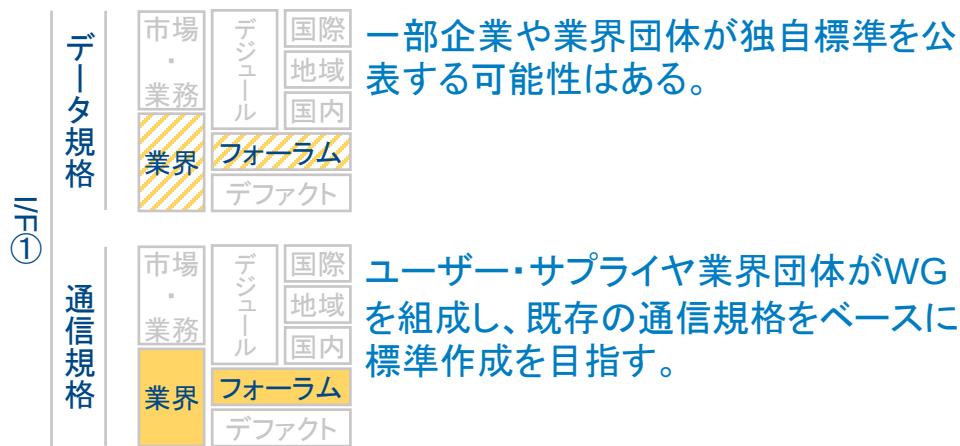
I/F		標準化動向(As is)背景	促進要因 阻害要因	
	要因	左記の主語	詳細	
I/F①	物流ロボットのユースケースや技術が未成熟	市場	- ロボットによる物流倉庫内自動化はユースケース・技術が未成熟。 - 一部大手物流業者(DHL、Amazon等)は確立済みだが、<u>業界全体では(標準化するレベルまで)成熟していない。</u>	
	大手ユーザー・メーカーは独自規格化が競争優位性	ユーザー ロボットメーカー	- 大手物流業者は、WMSからロボットまでを自社で垂直統合し、<u>各国倉庫に横展開することで差別化。</u>この差別化要因に関わるI/Fの標準化には消極的。 - 大手ロボットメーカーもWCSとロボットを統合して導入することに強みを持っており、I/Fの標準化には消極的。	
	標準化に積極的なプレイヤーほど小型かつ分散化	ユーザー ロボットメーカー	- 自社での垂直統合で遅れている物流業者や、WCSを他社に依存する中小ロボットメーカーは標準化を望むかもしれない。 - しかし、現状は競合同士が連携し、大手を巻き込むことはできていない。	
I/F②・I/F③	主導権を握るMHEメーカーが標準化に消極的	MHEメーカー	- I/F②; MHEは独占的な市場。大手MHEメーカー数社の独自規格がデファクト化。<u>競合同士の規格統合は、どのメーカーにとってもメリットが限りなく小さい。</u> - 物流業者もI/F①と比較すると、課題をあまり感じていない。	
	SIされる側であるWMSは、標準化の必要性が低い	ユーザー WMSメーカー	- I/F③; 物流業者の多くはWMSを内製し差別化する方針。 - WMSメーカーは、<u>SIされる立場であるため、標準化対応のメリットが少ない。</u> - WMSはメーカー・倉庫別に仕様が大きく異なるため、標準化の実現性が低い。	
	標準化に積極的なプレイヤーほど小型かつ分散化	ユーザー WMSメーカー	- I/F③; WMSを外注する中小物流業者や、そこにWCSを導入するMHEメーカーにとっては、SIコスト低減のため標準化には積極的。 - しかし、大手企業を動機づけるほどの動きはできていないのが現状。	

ドイツは、I/F①・②・③共に、フォーラム標準策定から国際標準化までを視野に入れていると想定。但し、具体的な標準の粒度はI/Fや標準化項目によって異なる。

I/F 標準化動向(To be)

5-10年後

10-20年後



ドイツで標準化が進むドライバーは、市場成熟による競争・協調領域の明確化などである。

I/F		標準化動向(To be)背景		促進要因	阻害要因
		概要	主語	詳細	
I/F ①		当面、独自規格構築による差別化が継続	ユーザー ロボットメーカー	当面、独自の垂直統合が競争優位性となる状況は変わらない。	
		市場成熟による、競争・協調領域の明確化	ユーザー ロボットメーカー	- 市場が成熟し、下記の要件では非競争領域の標準化が進む可能性はある。 - ロボットを用いたオペレーションが成熟し、各社の独自規格に共通部分が多く生じることで、競争・非競争領域が明確になった場合 - 国際標準が普及し、各社が独自規格より前者が優れると判断をした場合	
		Industrie4.0の検討土台や標準化実績を流用	政府	- 既にIndustrie4.0において、産業界向けには標準化を進めている。 - 製品やプレイヤは産業界と物流業界の間で重複する部分も多く、物流業界の標準化議論ではIndustrie4.0の検討過程を参考にすることが可能。	
I/F ②・I/F ③		独自規格と国際標準の比較検討	ユーザー MHEメーカー	- 常に、既存の国際標準と独自規格の比較は行っており、前者が優れると判断すれば国際標準を引用する可能性もある。 - 特に通信規格は、国際標準がいくつか存在する(Ex; OPC UA)	

I/F①は、大手企業が標準化に消極的であるが、同時に標準化への備えも並行して検討している。企業間連携の意志はあるため、独自規格化以上に利があるかで決まる。

プレイヤーの標準化ニーズ (I/F①)

全面的に積極的

一部は積極的

全面的に消極的

As is

To be

政府

- 市場での標準化ニーズがあまり強くないため、I/F標準化は積極的には推進していない。
- 効率改善効果が大きい倉庫間のデータ連携 (SCM-WMS) の標準化に注力している。

- 物流ロボット市場が成熟し、各プレイヤーからの標準化ニーズが発生すれば、標準化を進める可能性はある。
- 国際標準化は、他国に先んじて標準を作成し該当技術を成熟させれば、企業ドリブンで推進できるという思想。

物流業者

独自規格あり

- WMSからRobotまでを自社で垂直統合し、倉庫間で横展開することを競争優位性の一つと考えている。

独自規格なし

- 垂直統合をしていない業者はI/F標準化までは検討していない。或いは標準化に向けた座組が未整備。

- 市場成熟によりユースケースが各社共通化し、また新型ロボットが次々と登場して複数メーカーからの調達が可能となった場合、I/F標準化も検討する余地はある。
- 標準化の際は、市場シェアを持つ地域にて、自社規格をベストユースケースとして公開し、主導権を握りたい。

Sier

- Middlewareプラットフォームを提供するプレイヤーは、標準化には消極的

MHEメーカー・産業用ロボットメーカー

- 製造業向けにはI/F標準に対応するが、物流業者向けには独自規格を展開。
- ロボット-WCSを一括導入し、そこに他ロボットを連携させることを付加価値とする。標準化には消極的。

- 標準化団体とも連携し、標準内容と自社規格の整合を取るよう働きかけており、標準化リスクにも対応。
- 多種多様なロボットをWCSにSIすることを物流業者から求められた場合、I/F標準化を進める可能性はある。

ロボットメーカー

ロボット+WCS内製

- 自社/Sier提携により、ロボット-WCSを一括提供を付加価値として提供。

- 物流業者の調達要件にならない限り標準化は推進しない

ロボットのみに内製

- 新興系メーカーの中には、WCSやSIを外部に依存するメーカーもあり、標準化には積極的か。

- 標準化の際でも、ドイツ発の新興系ロボットメーカーが標準化議論を主導することは困難か。

I/F②・③については、主にMHEメーカーが標準化を検討している。

プレイヤーの標準化ニーズ (I/F②・I/F③)

全面的に積極的

一部は積極的

全面的に消極的

As is

To be

政府

- 市場での標準化ニーズがあまり強くないため、I/F標準化は積極的には推進していない。
- 効率改善効果が大きい倉庫間のデータ連携(SCM-WMS)の標準化に注力。
- 既に成熟している市場であるため、各プレイヤーからの標準化ニーズに応じて標準化を進める。

物流業者

独自規格あり

- WMSからMHEまでを垂直統合することを競争優位性の一つと考えているため、標準化には消極的。
- 物流業者がWMS/WCSを自社で構築し、MHE単体をSIするケースも多い。標準化ニーズは一定あるが、主要なMHEメーカー数はそれほど多くなく、標準化メリットが小さい面がある。

独自規格なし

- WCSを外注する業者も、MHEメーカーからWCS-MHEを一括導入することが多いので、標準化ニーズは小さい。

WMSメーカー

- 倉庫はWMSからレイアウト設計が行われるため、WMSにWCSがSIするケースが多い。WMSがI/Fの主導権を握っており、これらを提供するWMSメーカーは標準化の必要性を感じておらず、消極的。

MHEメーカー

- 製造業向けには、特定の標準に対応。一方、物流業者向けには独自規格を展開。
- 複数社の独自規格がデファクト化した中で、競合どうしが提携して標準化するメリットがない。

- 国際標準と自社規格の比較は常に実施しており、前者が優れると判断すれば、前者に移行する余地はある。

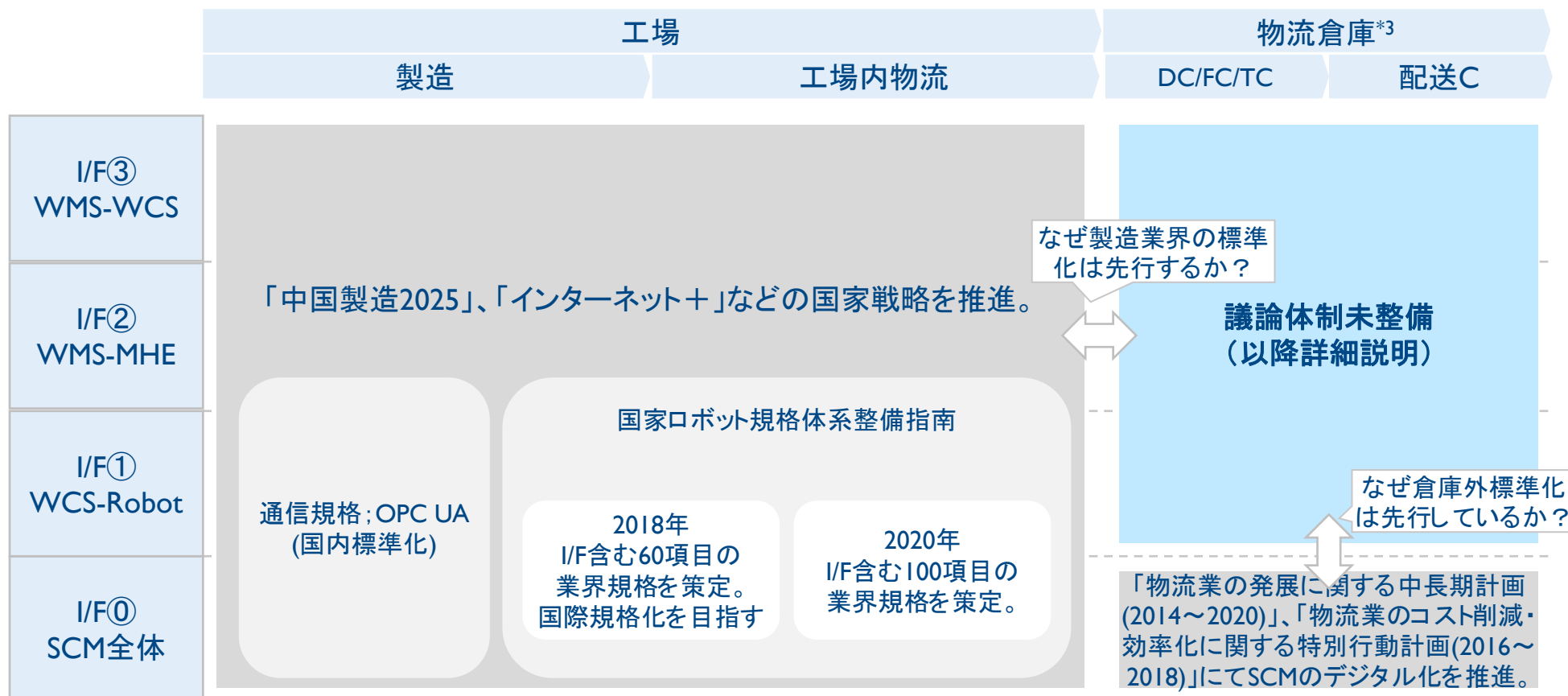


中国は、物流倉庫内のI/F標準化については議論体制が未整備である。一方、工場内物流や、倉庫外SCMについては標準化を進め、業界規格が段階的に策定されている。

製造・物流業におけるVC

検討領域

関連領域



出所: エキスパートインタビューに基づきADL作成



中国は、経済性とインフラとしての重要性の観点から、物流倉庫外の各種標準化を先行して進めている。

なぜ製造業界の
標準化は
先行しているか？

国家プロジェクトとしての
中国政府の強い推進力

- 中国政府として、ドイツ政府のIndustrie4.0とも連携しつつ、諸外国（特に北米）に先行して、新たなスマートファクトリーのベストプラクティスを確立し、元来強みを有する製造業界で一層強いプレゼンスを発揮することを目指す。

なぜ物流倉庫外の
標準化が
先行しているか？

物流全体における、
コスト改善効果の大きさ

- 物流業全体におけるコスト割合は物流倉庫外作業が大半を占める。
- 各種標準化によるコスト改善効果は、倉庫内よりも倉庫外の方が非常に高い。

インフラとしての
SCM最適化の重要性

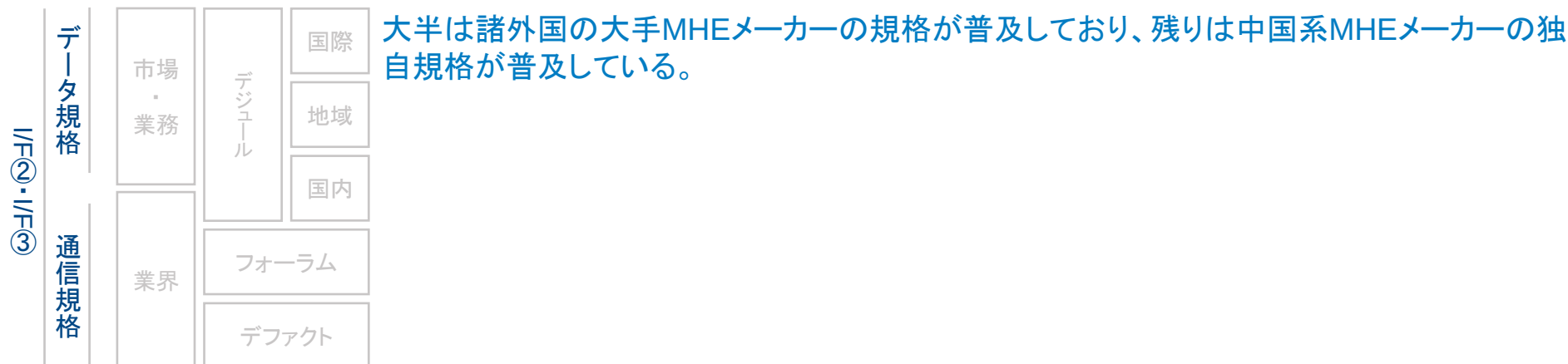
- 中国の場合、SCMを自国内システムで確立することは、安全保障上の重要事項としても捉えている。
- 中国の場合、SCMを特定の国内大手Sier・物流業者に掌握されることを懸念しており、国内での標準化を進めたい。

出所：エキスパートインタビューに基づきADL作成



中国では、I/F①・I/F②・I/F③共に、大きな標準化の動きは見られない。I/F②・I/F③は、諸外国トップメーカーの規格が普及している模様。

I/F 標準化動向(As is)





中国で標準化が進まない主な理由は、大手企業がI/F構築自体を重要な競争優位性としていること、標準化を望むプレイヤーの競争力が弱くかつ分散化していること。

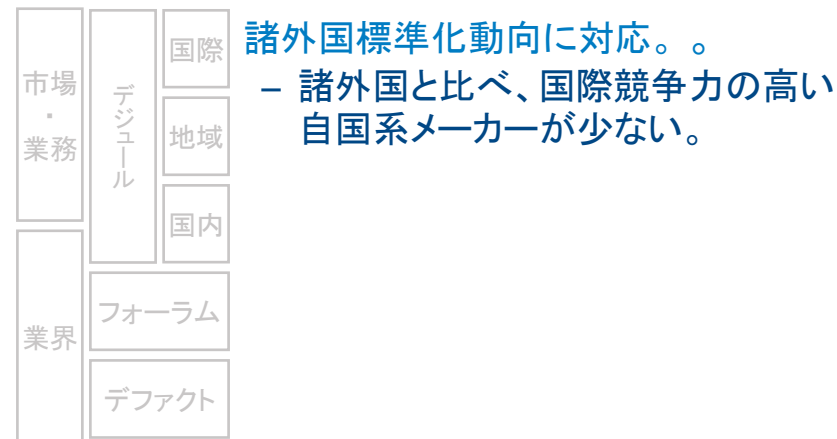
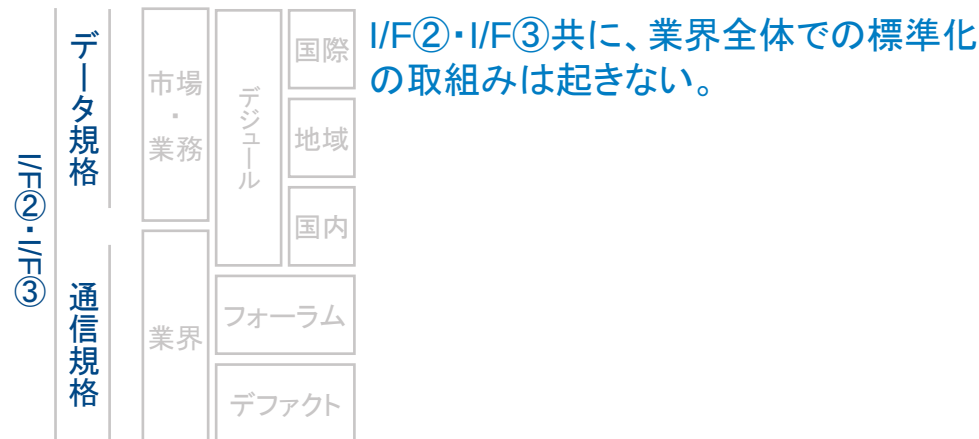
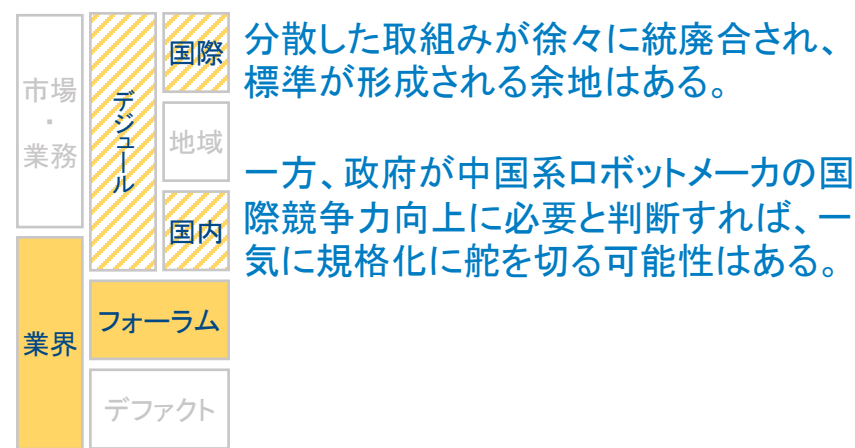
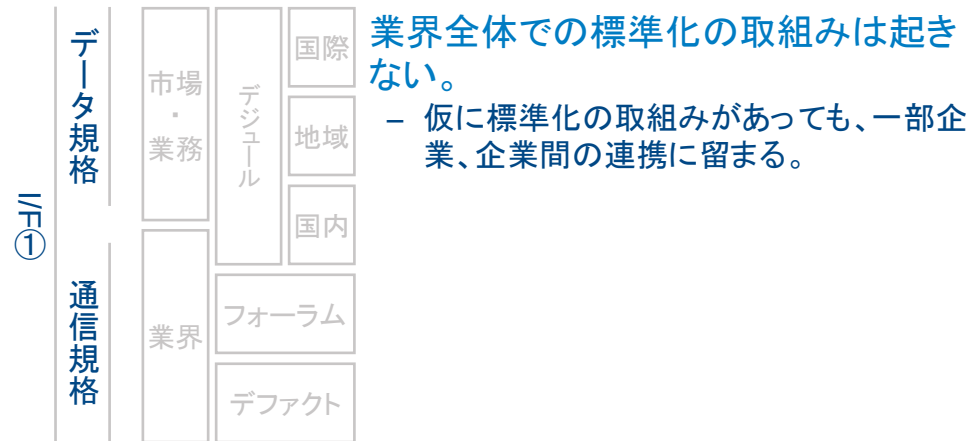
I/F		標準化動向(As is)背景		促進要因	阻害要因
		概要	主語	詳細	
I/F①		各社独自の垂直統合は競争優位性の一要因	ユーザー	大手物流業者は、WMSからRobotまでを自社で垂直統合し、世界の倉庫に横展開することで他社と差別化。従ってI/Fの標準化には消極的。	
		大手物流業者間のシェア競争の激化	ユーザー	- 中国では、大手物流業者どうしのシェア競争が激しく、まだ流動的である。 - シェア競争が続く中で、競合同士がI/F標準化のために協力することは困難。	
		標準化を求めるプレイヤーは生き残りに精一杯	ユーザー ロボットメーカ	- 標準化のメリットを感じる中小物流業者も一定数いるが、競争に精一杯であり、垂直統合まで検討していない。 - 同様の課題を持つ企業同士が結束し、市場全体を主導するだけの圧力を創出することは困難。	
		WCS-ロボットの一括導入が中国系ロボットメーカの強み	ロボットメーカ	- 中国に多く存在する新興系ロボットメーカーは、WCSとロボットを統合して導入することに強みを持っており、I/Fの標準化には消極的。 - 海外拡販でも上記強みが差別化要因になっている。標準化がロボットメーカーのグローバルの競争優位性を損なう恐れもある。	
I/F②・I/F③		SIされる側であるWMSは、標準化の必要性が低い	ユーザー WMSメーカ	- WMSメーカーは、SIされる立場であるため、わざわざ標準化に対応するメリットが少ない。 - WMSはメーカー・倉庫別に仕様が大きく異なるため、標準化の実現性は低い。	
		主要な中国系MHEメーカーが不在	MHEメーカ	中国には大手MHEメーカーがおらず、他国メーカーが多く進出している。中国発で標準化を主導するプレイヤーは不在。	

中国では、I/F①の標準化には長期間を要するが、政府の意向によっては規格化が一気に進む可能性もある。I/F②・③は、諸外国動向に応じた受動的な対応を取ると想定。

I/F 標準化動向(To be)

5-10年後

10-20年後





中国で標準化が進むきっかけは、市場成熟に伴うユースケース・技術の確立、大手企業間のシェア競争のこう着、及びこれらによる政府の意向の変化である。

I/F		標準化動向(To be)背景		促進要因	阻害要因
		概要	主語	詳細	
I/F①		当面、独自規格による差別化が継続	ユーザー ロボットメーカ	- 今後も物流業者どうしの競争は激しくなっていくため、独自規格による差別化が継続される。 - ロボットメーカー視点では、上位プレイヤーのI/Fに合わせるという商習慣が継続する。	
		大手物流業者への集約化により、中小主導の標準化は一層困難に	ユーザー	- 中国では、大手物流業者への集約化が進み、<u>中小物流業者の割合は減少</u>する見込み。 <u>標準化に積極的な中小物流業者の市場シェアが一層減少</u>していき、標準化を主導することは一層困難になる。	
		大手が標準化に取り組むのは、シェア競争がこう着したタイミング	ユーザー	大手物流業者が競合どうしで標準化を議論可能なのは、<u>シェア競争がこう着し、かつユースケースが汎用的になるタイミング</u>。これには<u>10年程度は要する</u>見込み。	
		政府も自国ロボットメーカの勝ち筋を見極め中。	政府	現状は主要な中国系ロボットメーカはWCS-Robotの内製を強みとしているが、政府としては長期的に標準化が中国系メーカーの利に繋がるかまだ見極めていく段階。	
I/F②・I/F③		主要な中国系MHEメーカーが不在という状況は継続	市場	- I/F②・I/F③の領域は<u>既に市場が成熟</u>している。また、<u>大手の中国系メーカが不在</u>であるため、国内での新たな標準化の取り組みは起きにくい。 - 先進国動向を鑑みたやや<u>受動的な取り組み</u>になる。	



中国では、垂直統合を進める物流業者や、WCSを内製するロボットメーカーが標準化に消極的。政府も市場のニーズがない限り、標準化を主導しない方針か。

プレイヤーの標準化ニーズ (I/F①)

全面的に積極的

一部は積極的

全面的に消極的

		As is	To be
政府		物流業者のニーズがあまりなく、また新興系ロボットメーカーがI/Fを競争優位性に行っているため、政府としては標準化を推進するメリットがない。	市場からニーズがあれば、政府や業界団体が標準化を主導する必要があることは認識。
物流業者	独自規格あり	大手物流業者は独自の垂直統合を競争優位性としている。	大手物流業者間で標準化議論がされ得るのは、シェア競争がこう着し、かつユースケースが各社一様になったタイミング。(10年程度)
	独自規格なし	- 自社での垂直統合がをしていない中小物流業者は、生き残りに精一杯。 - 同様の課題を持つ競合同士が結束し、市場全体をけん引することも考えにくい状況。	大手物流業者への集約化が続いており、中小物流業者起点の標準化は一層困難になっていく。
Sier		原則は自社より市場規模が大きいプレイヤーや、ユーザー側のニーズには合わせる方針。	
ロボットメーカー	ロボット+WCS内製	中国系ロボットメーカーはロボットとWCSを一括導入することを競争優位性に行っている。	物流業者の調達要件にならない限り標準化は推進しない
	ロボットのみに内製	- 一部WCSを外部に依存するメーカーは、上位システムのメーカーに合わせる以外の選択肢がない状態であり、標準化を望むかもしれない。 - しかし、小規模メーカーどうしが連携し、大手企業に対し標準化の圧力をかけることもかなり困難。	



アメリカは、物流・製造業共に、業界全体で標準化に向けた議論は進んでいない。但し、SCM効率化は各企業が独自で進めている。

製造・物流業におけるVC

検討領域

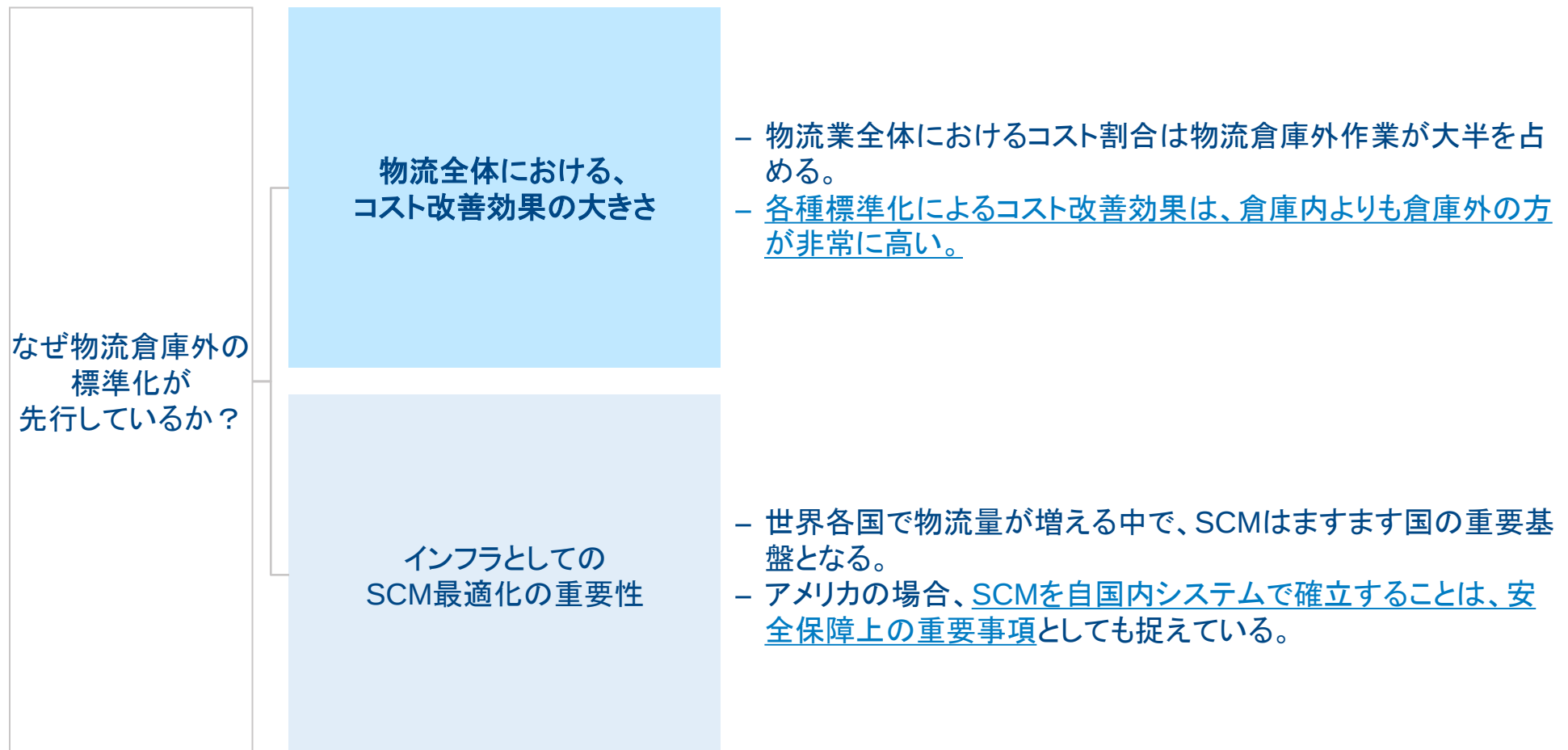
関連領域



出所:エキスパートインタビューに基づきADL作成



アメリカの物流業者が独自でSCMの標準化を物流倉庫内よりも先行して進める理由は、コスト改善効果が高いからである。



出所:エキスパートインタビューに基づきADL作成



I/F①は企業独自の取組みに留まる。I/F②・③は大手MHEメーカーが標準化議論を開始したが、議論はこう着している模様。

I/F 標準化動向(As is)





アメリカで標準化が進まない理由は、大手企業が独自規格化を進めていることや、大手企業間での連携意志が小さいことである。

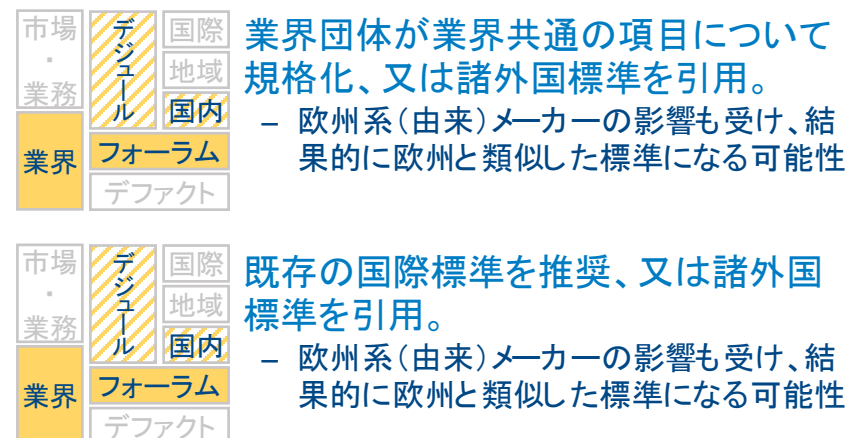
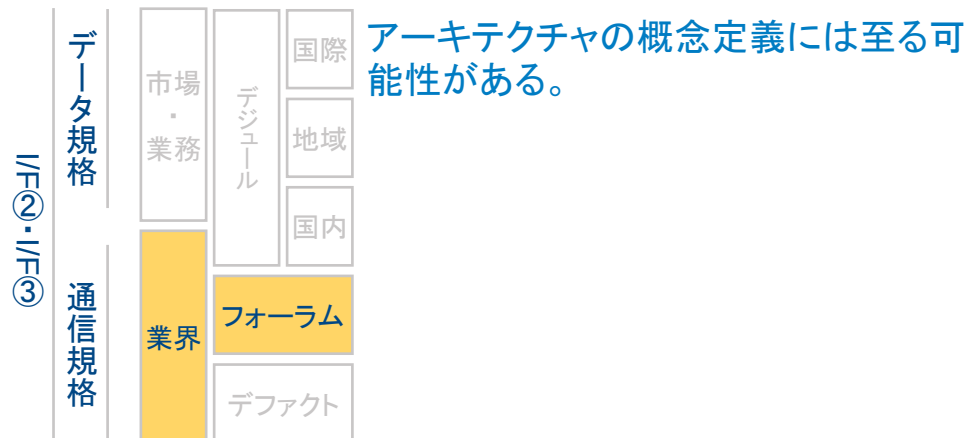
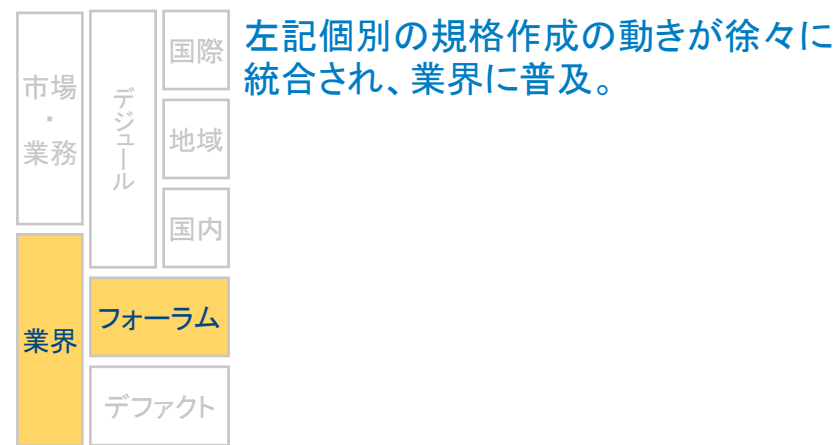
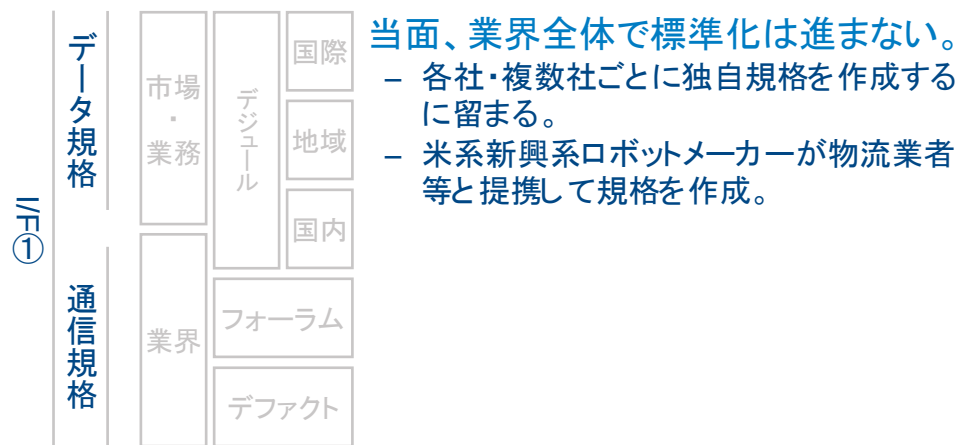
I/F		標準化動向(As is)背景	促進要因 阻害要因	
		要因	左記の主語	詳細
I/F①		物流ロボットのユースケースや技術が未成熟	市場	- ロボットによる物流倉庫内自動化はユースケース・技術が未成熟。 - 一部大手物流業者(DHL、Amazon等)は確立済みだが、<u>業界全体では(標準化するレベルまで)成熟していない。</u>
		独自の垂直統合が競争優位性の一つ	ユーザー ロボットメーカ	大手物流業者は、WMSからロボットまでを自社で垂直統合し、<u>各国倉庫に横展開することで差別化。</u>この差別化要因に関わるI/Fの標準化には消極的。
		大手企業間の連携素地が希薄	ユーザー ロボットメーカ	- アメリカでは、政府主導での標準化などの事例が少なく、原則市場に一任されている。 - 欧州と比較すると、大手企業間で標準化に向けて積極的に連携する素地があまりない。
I/F②・I/F③		I/Fで主導権を握るMHEメーカーが標準化に消極的	MHEメーカ	- I/F②; MHEは独占的な市場。大手MHEメーカー数社の独自規格がデファクト化。<u>競合同士の規格統合は、どのメーカーにとってもメリットが限りなく小さい。</u> - 物流業者もI/F①と比較すると、課題をあまり感じていない。
		SIされる側であるWMSは、標準化の必要性が低い	ユーザー WMSメーカ	- I/F③; 物流業者の多くはWMSを内製し差別化する方針。 - WMSメーカーは、<u>SIされる立場であるため、標準化対応のメリットが少ない。</u> - WMSはメーカー・倉庫別に仕様が大きく異なるため、標準化の実現性が低い。

I/F①は、一部企業の取組みが伝播しフォーラム標準が策定される。I/F②・③は自国業界団体が標準化の取組みを進めるが、欧州系プレイヤーの影響も大きく受けると想定。

I/F 標準化動向(To be)

5-10年後

10-20年後





アメリカで標準化が進むきっかけは、市場成熟による競争・協調領域の明確化などである。

I/F			標準化動向(To be)背景	促進要因	阻害要因
			概要	主語	詳細
I/F①			当面、独自規格構築による差別化が継続	ユーザー ロボットメーカー	- 当面、独自の垂直統合が競争優位性となる状況は変わらない。 - 特に、米系の新興系ロボットメーカーが倉庫事業者とも提携して規格を構築し、普及を目指す。
			市場成熟による、競争・協調領域の明確化	ユーザー ロボットメーカー	ロボットを用いたオペレーションが成熟し、各社の独自規格に共通部分が多く生じることで、競争・非競争領域が明確化された場合、物流業者やロボットメーカーが非競争領域の標準化に取り組む可能性はある。
			Middlewareプラットフォームの成長	Sler	- 米系スタートアップを中心にMiddlewareを提供する企業が登場。異なるI/F間を繋ぐプラットフォームとして一定シェアを伸ばす見込み。 - 一方、Middlewareが普及しても、一つのMiddlewareが全てのロボットと連携できるわけではないので、依然としてI/F標準化の効果も失われない。
I/F③	I/F②		独自規格と国際標準の比較検討	ユーザー MHEメーカー	- 既存の国際標準と独自規格の比較を実施しており、前者が優れると判断すれば国際標準を引用する可能性もある。 - 特に通信規格は、国際標準がいくつか存在する(Ex; OPC UA)



日本は、物流・製造業共に、業界全体で標準化に向けた議論は進んでいない模様。

製造・物流業におけるVC

検討領域

関連領域

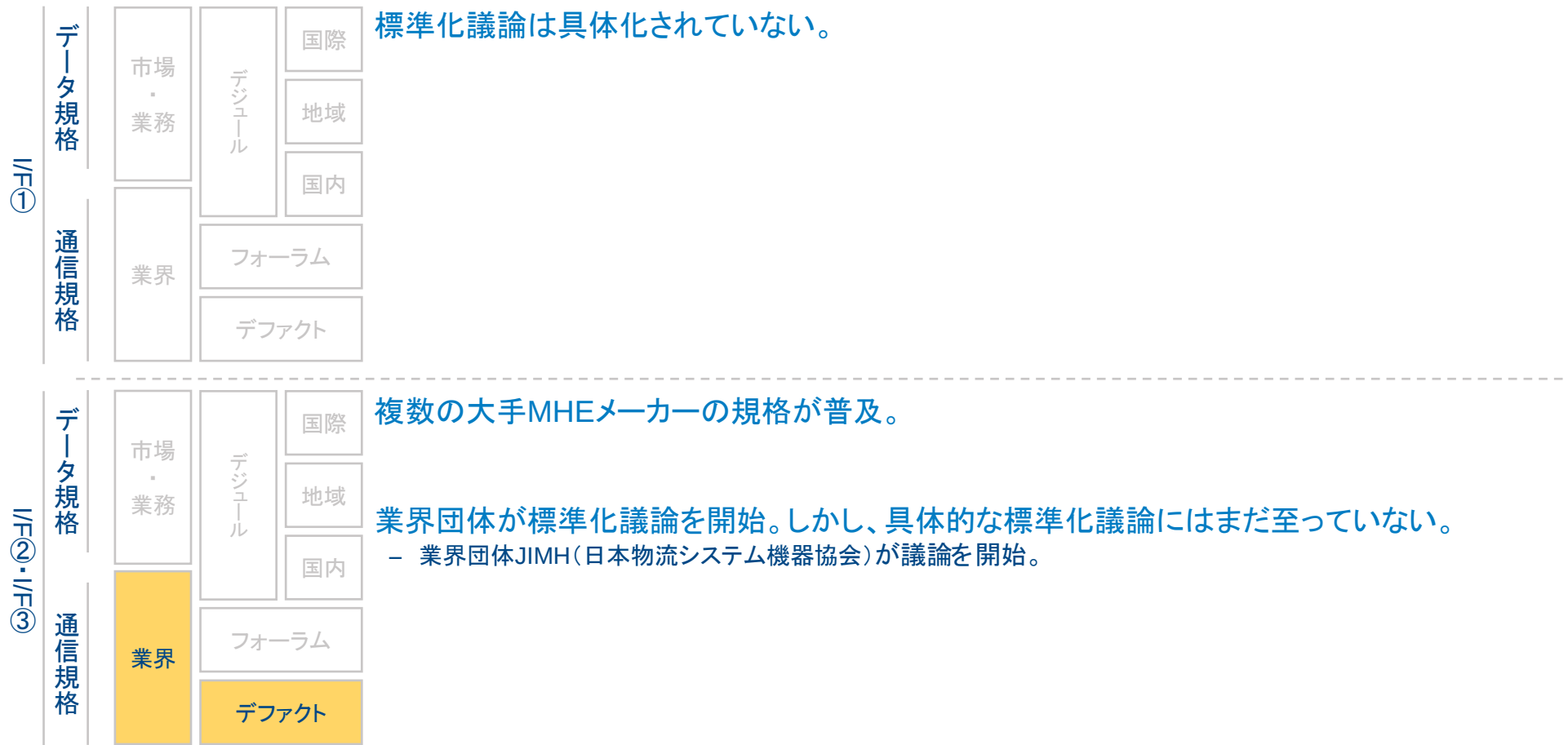


出所:エキスパートインタビューに基づきADL作成



日本では、I/F①は標準化議論は具体化されていない。I/F②・I/F③は、業界団体が標準化に向けた議論を開始した段階。

I/F 標準化動向(As is)





日本で標準化が進まない理由の一つとしては、標準化を望むプレイヤーほど小型化・分散化していることが挙げられるか。

I/F		標準化動向(As is)背景		促進要因	阻害要因
		要因	左記の主語	詳細	
I/F①		物流ロボットのユースケースや技術が未成熟	・ 全体	- ロボットによる物流倉庫内自動化はユースケース・技術が未成熟。	
		大手物流業者でも、オーダーメイド型のシステム構築が多い	・ 物流業者	- 顧客のニーズに基づき、オーダーメイド型でシステム構築を行うケースが多く、 <u>多種多様な規格が併存し易い</u> 。	
		分散型・ピラミッド型の市場構造	・ 物流業者	- <u>中小物流業者が大半を占める、下請けピラミッド構造</u> になっている。 - 中小物流業者は、システム構築への投資額が高くないため、標準化に取組みかつ市場をけん引するのは困難。	
		標準化に積極的なプレイヤーは分散化	・ 物流業者 ・ ロボットメーカー	- 自社規格を持たない物流業者や、WCSを他社に依存する中小ロボットメーカーは標準化を望む。 - しかし、 <u>分散化している競合同士が連携し、市場全体を動かすことは困難</u> 。	
I/F②・I/F③		主導権握るMHEメーカーは標準化に中庸な姿勢	・ MHEメーカー	- I/F②; MHEは独占的な市場。大手MHEメーカー数社の独自規格がデファクト化。 <u>競合同士の規格統合は、どのメーカーにとってもメリットが限りなく小さい</u> 。 - しかし、MHEメーカーは各サプライヤの役割を再度明確化し、競争・協調領域を整理する意志も持っている。	
		SIされる側であるWMSは、標準化の必要性が低い	・ 物流業者 ・ WMSメーカー	- WMSメーカーは、 <u>SIされる立場であるため、標準化対応のメリットが少ない</u> 。 - WMSはメーカー・倉庫別に仕様が大きく異なるため、標準化の実現性が低い。	

1 検討概要

1.1 プロジェクト概要

1.2 検討スコープ

2 先進国の倉庫自動化動向

3 先進国のI/F標準化動向

3.1 I/F標準化の現状と将来像

3.2 I/F標準化に向けた課題と施策

諸外国の標準化に向けた課題から、課題の共通項を抽出し、5つに集約。

I/F 標準化の課題

左記課題から抽出される共通項

	内容	関連プレイヤー	関連地域			
			GE	US	CH	
I/F ①	大手物流業者は独自規格を構築しており、標準化のために連携する動機がない。	・物流業者	✓	✓	✓	A I/F含む異種レイヤ間で垂直統合を実現した大手プレイヤーを、どう標準化に巻き込むか。
	ロボット-WCSを内製するメーカーは標準化の動機がない。	・ロボットメーカー	✓	✓	✓	
	中小の物流業者やメーカーは標準化の動機はあるが、小型・分散化しているため連携が困難。	・物流業者 ・ロボットメーカー	✓		✓	
	加えて、連携しても市場をけん引するだけの力がない	・物流業者 ・ロボットメーカー	✓		✓	
I/F ②	物流業者は標準化を強くは求めている。近年はWMS内製化も進み、一層標準化に消極的。	・物流業者	✓	✓		B 垂直統合ができない中小プレイヤーをどう集約するか。
	MHEメーカーは独自規格がデファクト化した中で、競合同士の合意形成が困難。	・MHEメーカー	✓			
I/F ③	WMSメーカーはSIされる側の立場であるため、標準化の動機がない。	・WMSメーカー	✓	✓		C 標準化に積極的なプレイヤーが中心となるフォーラムが、どう消極的なプレイヤーに標準対応を訴求するか。
	WMSは倉庫毎に仕様差が大きく、標準化が非常に困難。	・物流業者 ・WMSメーカー	✓			
共通	域内の主要プレイヤーを巻き込み、国内標準と域内標準を同時に作成すること。	・政府・業界団体		未検討		D 各社ユースケースや独自規格が異なる中で、競争・協調領域をどう効率的に議論するか。
	国内標準を将来的に国際標準化すること。	・政府・業界団体		未検討		
						E 域内の主要プレイヤーを巻き込み、国内標準と域内標準を同時に作成すること。

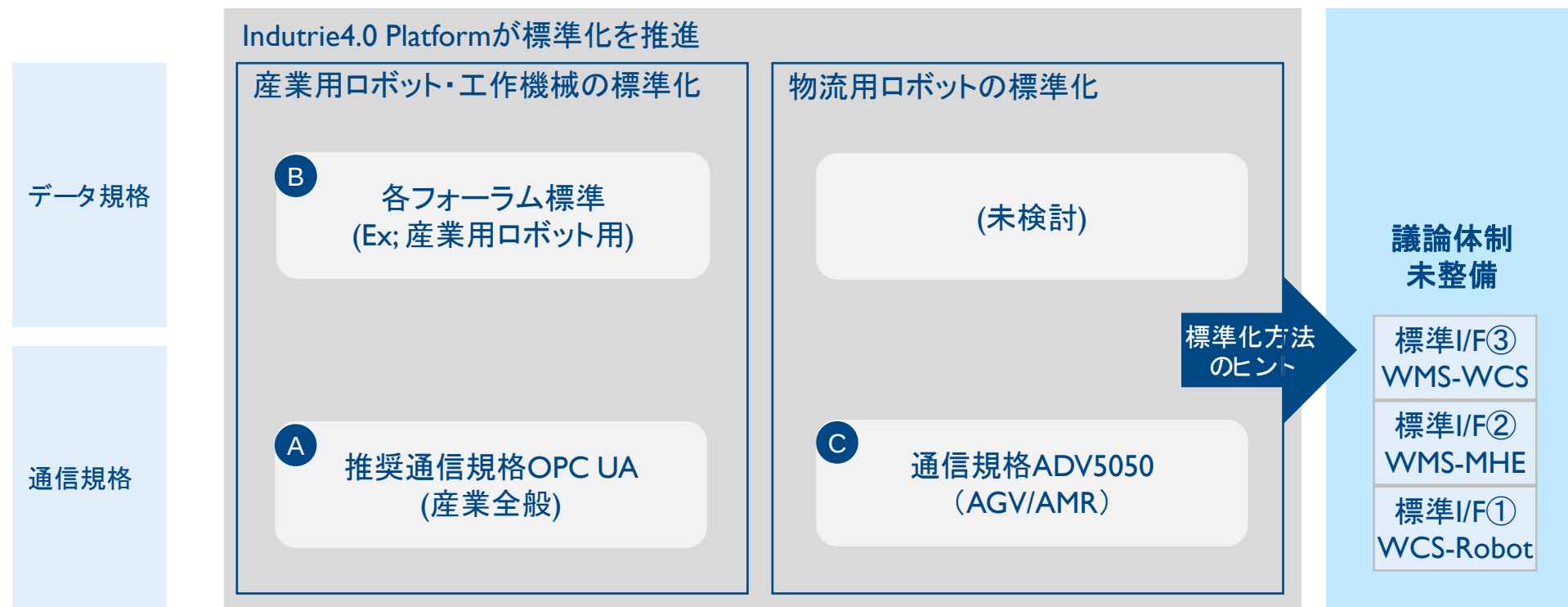
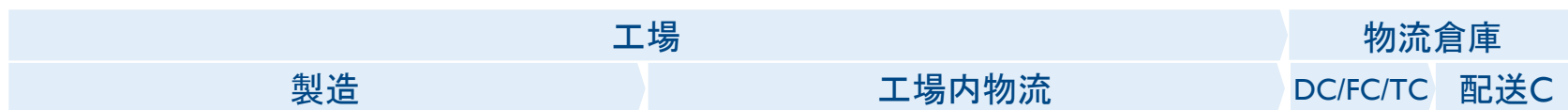


物流倉庫内システムの標準化事例は未だなく、類似するドイツのIndustrie4.0での標準化事例等から、施策のヒントを得ることが肝要である。

製造・物流業におけるVC

検討領域

関連領域



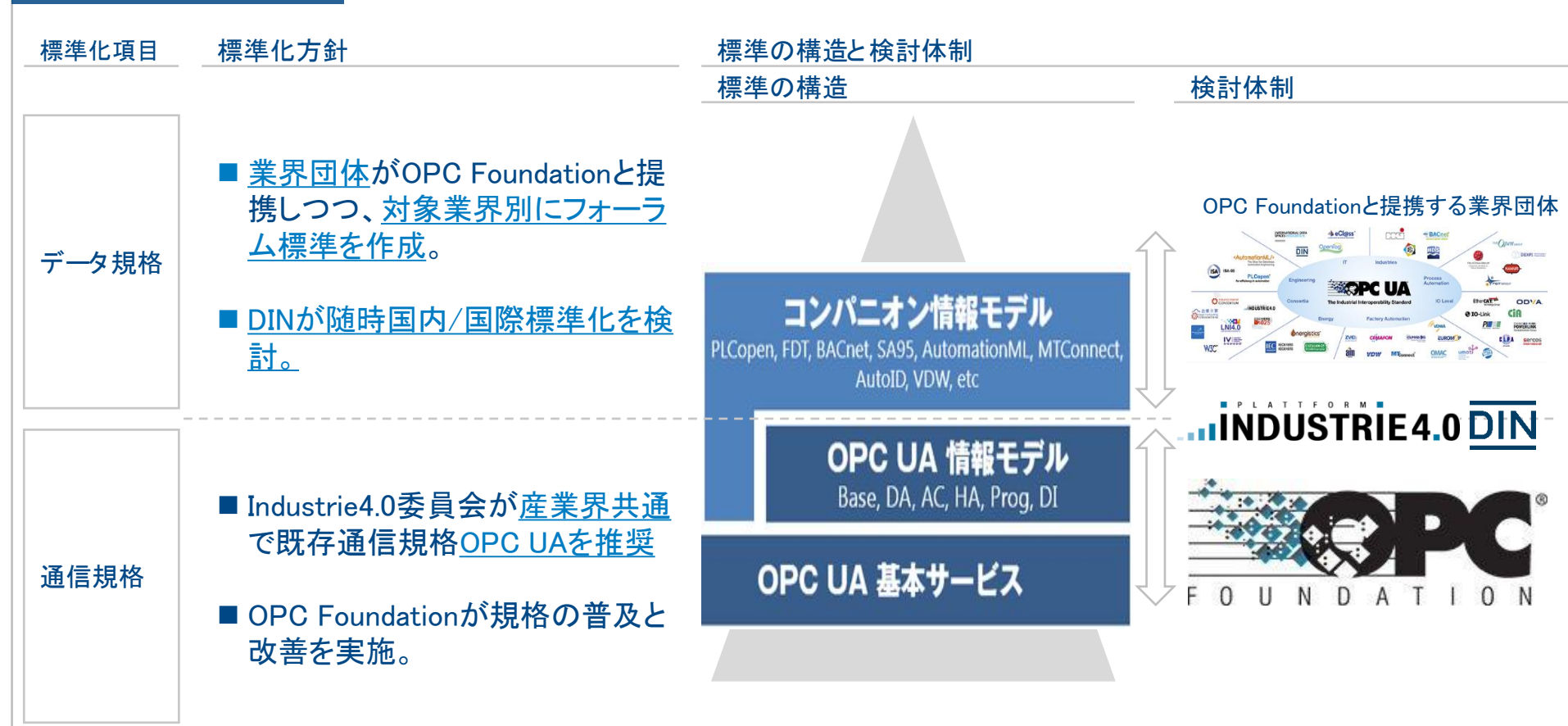
出所: エキスパートインタビューに基づきADL作成



Industrie4.0では、通信規格に一貫してOPC UA(Unified Architecture)を推奨し、データ規格は対象業界別にコンパニオン情報モデル(フォーラム標準)を作成する体制を構築している。

Industrie4.0 Platform

– Industrie4.0の中でも、標準化議論を主に担当する委員会



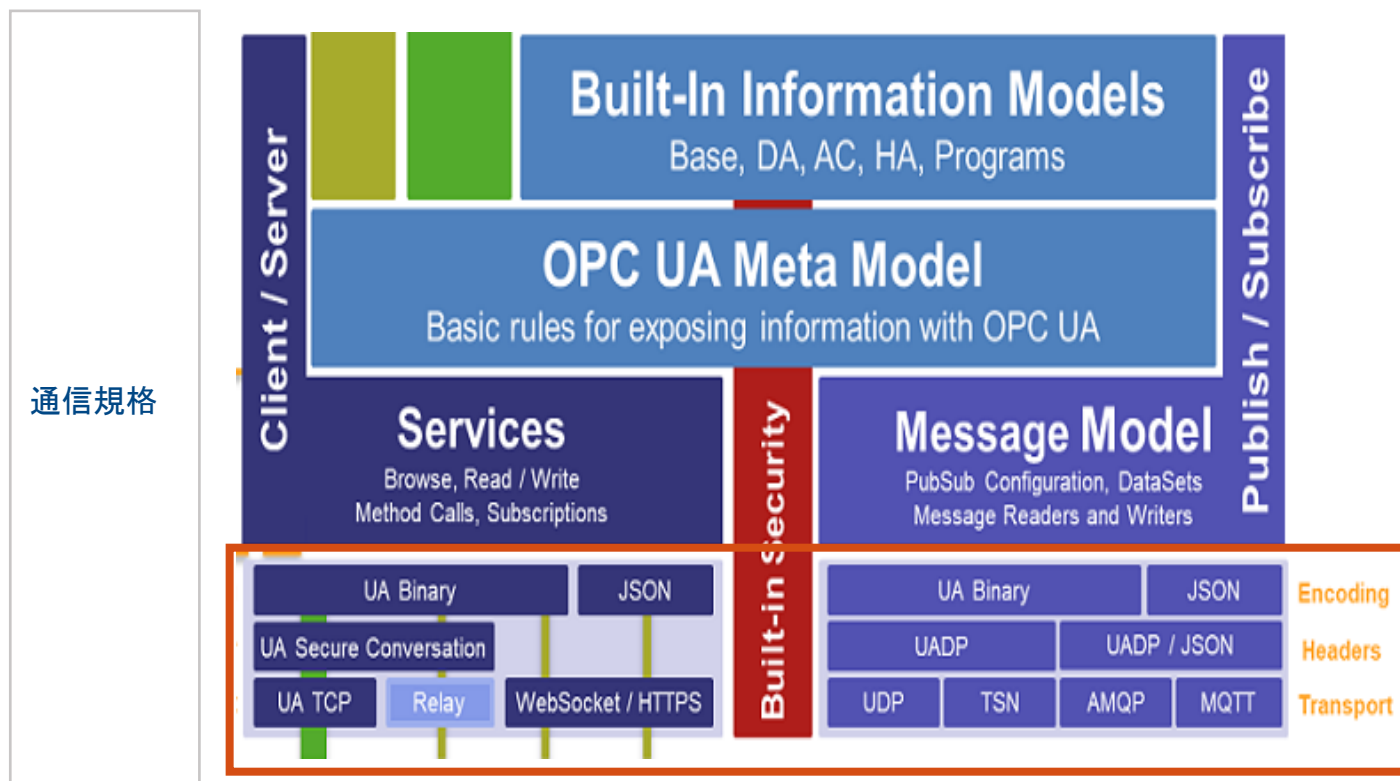
出所:VDMA「VDMA Overview of activities and companion specs」, VDMA「Chances and challenges of OPC UA companion specifications」, OPC Foundation「OPC in the world update」, Mononist「OPC UA for Robotics入門」, Mononist「umati入門」, ビジネス+IT「OPC UAとは何か?」等各種2次情報を基にADL作成

OPC UAは、モデルとして複数の既存通信規格に対応しており、柔軟性の高い仕様となっている。

通信規格OPC UA詳細

標準化項目

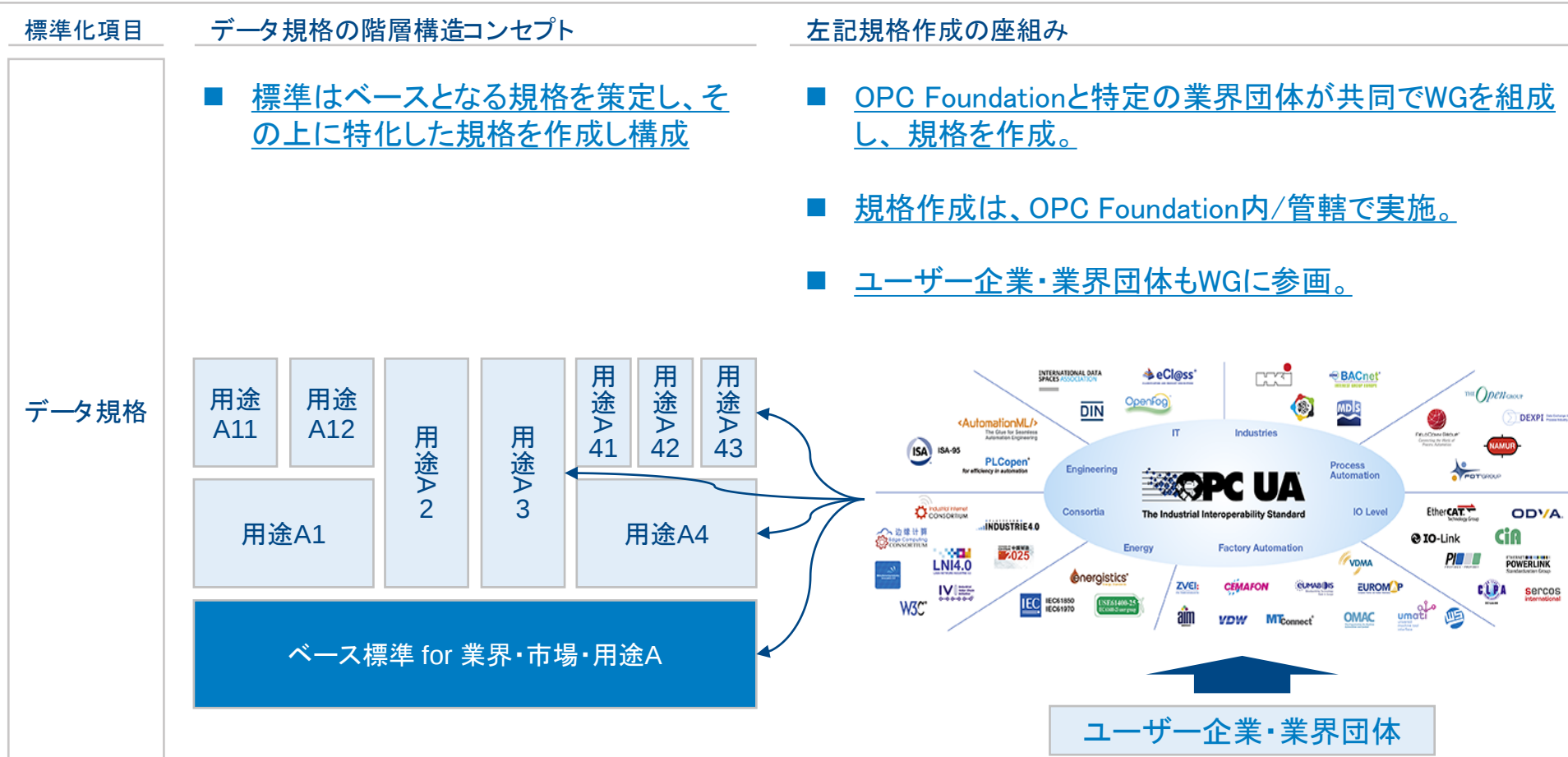
OPC UA規格詳細



OPC UAは複数の既存通信規格に対応しており、柔軟性の高い仕様となっている。

データ規格は、階層構造となっており、業界共通のベース標準を土台とし、特定の市場・用途別の標準を作成する。各標準は関連業界団体がWGを組成し、議論を行う。

データ規格の標準化全体像



出所:VDMA「VDMA Overview of activities and companion specs」, VDMA「Chances and challenges of OPC UA companion specifications」, OPC Foundation「OPC in the world update」, Mononist「OPC UA for Robotics入門」, Mononist「umati入門」, ビジネス+IT「OPC UAとは何か?」等各種2次情報を基にADL作成



各業界団体が無秩序に標準を作成すると、標準間に抜け漏れや重複が生じてしまうが、OPCは各標準間を横串管理するWGを設立することで、これを防いでいる。

通信規格OPC UA詳細

課題

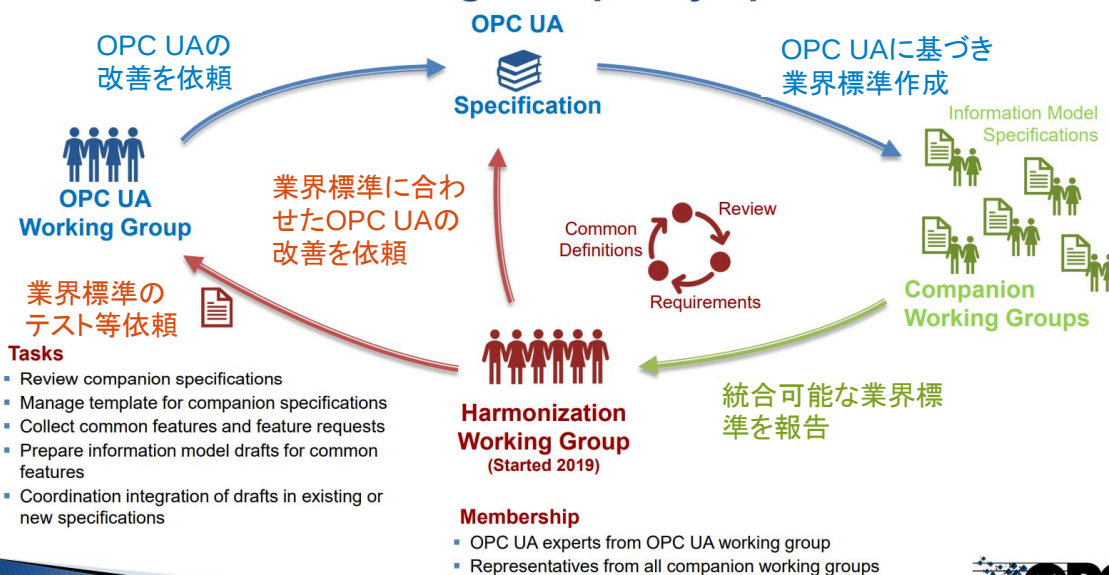
各業界団体が各領域で標準を無秩序に作成した結果、抜け漏れ・重複・不整合が生じた

解決

- ✓ 規格作成は、OPC Foundationと業界団体が協力して行うことで、議論の場を統一。
- ✓ Harmonization Working Groupを設立し、各標準を横串で管轄。修正・統合すべき標準と内容を検討。



Harmonization Working Group fully operational



出所: VDMA「VDMA Overview of activities and companion specs」, VDMA「Chances and challenges of OPC UA companion specifications」, OPC Foundation「OPC in the world update」, Mononist「OPC UA for Robotics入門」, Mononist「umati入門」, ビジネス+IT「OPC UAとは何か?」等各種2次情報を基にADL作成



物流及び製造自動化領域の標準化については、特にVDMA(ドイツ機械工業連盟)が議論を主導している。

データ規格の作成座組み詳細



- 特にVDMAが標準化を主導。30以上の提携業界団体のうち、半分の団体を統括。
- VDMAはRoboticsやIntralogistics Systemsを含む約20領域を標準化対象とする。



本PJに関わるVDMA内Department

Material Handling and Intralogistics

- Intralogistics Systems
- Automated Guided Vehicles
- Continuous Handling Conveyors
- Industrial Trucks
- Cranes and Hoists

物流
自動化

Robotics + Automation

- Machine Vision
- Integrated Assembly Solutions
- Robotics

製造
自動化

Machine Tools and Manufacturing Systems

出所: VDMA「VDMA Overview of activities and companion specs」, VDMA「Chances and challenges of OPC UA companion specifications」, OPC Foundation「OPC in the world update」, Mononist「OPC UA for Robotics入門」, Mononist「umati入門」, ビジネス+IT「OPC UAとは何か?」等各種2次情報を基にADL作成



製造・工作機械業界では、ベース規格をVDMAが作成し、VDWやEUROMAP等関連団体と共に、各種フォーラム標準を作成している。

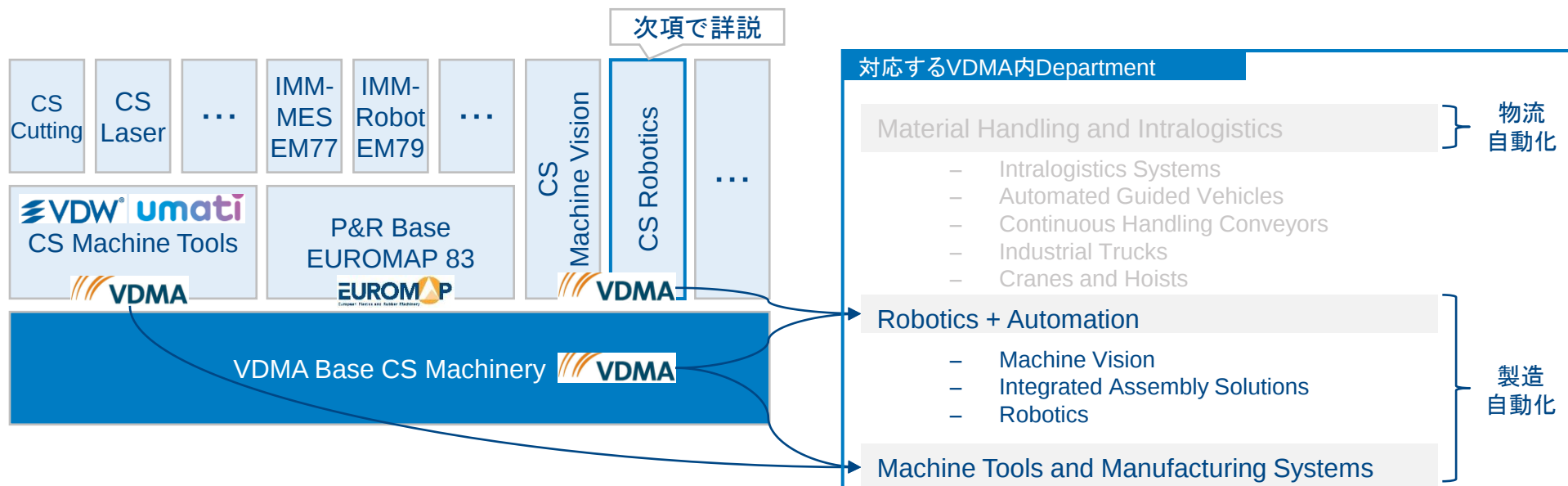
工作機械業界における業界標準策定事例

標準全体像

- VDMAが、全機械装置のベースとなる規格(全装置で必要な管理データ項目)を標準化。
- VDMAにVDWやEUROMAP等他業界団体も加わり、共同でベース規格の上に特定標準を策定。

VDMA内の議論体制

- 例えば、VDMAの中では、RoboticsやMachine Tools等のDepartmentが標準化を主導。



出所: VDMA「VDMA Overview of activities and companion specs」, VDMA「Chances and challenges of OPC UA companion specifications」, OPC Foundation「OPC in the world update」, Mononist「OPC UA for Robotics入門」, Mononist「umati入門」, ビジネス+IT「OPC UAとは何か?」等各種2次情報を基にADL作成

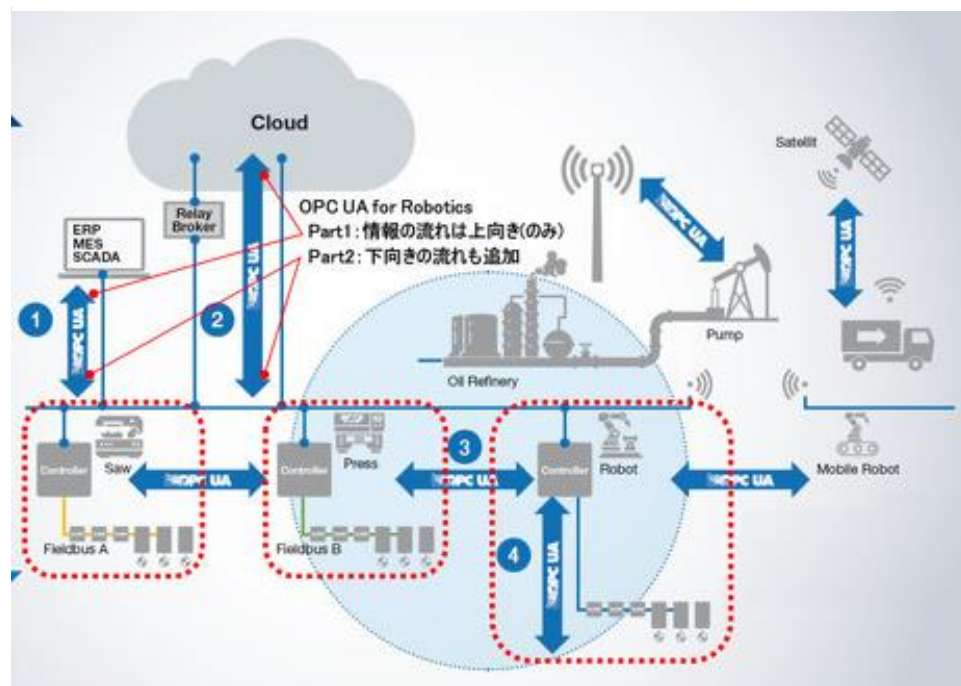


各フォーラム標準は、いくつかのパートに分けて段階的に策定が進められている。できるところから標準化を進め、PDCA*を回す方針。

工作機械業界における業界標準CS Robotics

標準が対象とする工場内アーキテクチャ

工場内の様々なデバイス・上位システム間のI/Fについて、段階的に標準を策定。



出所: VDMA「VDMA Overview of activities and companion specs」, VDMA「Chances and challenges of OPC UA companion specifications」, OPC Foundation「OPC in the world update」, Mononist「OPC UA for Robotics入門」, Mononist「umati入門」, ビジネス+IT「OPC UAとは何か?」等各種2次情報を基にADL作成

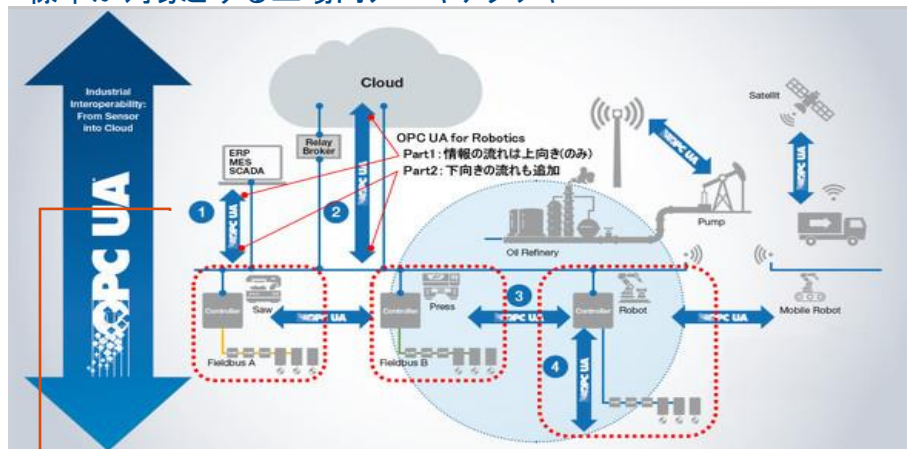
策定マイルストーン

フォーラム標準作成	Part1(2019)	<u>デバイス⇒上位システムの上り通信I/Fを標準化</u> ■ デバイスの状態監視や資産管理が目的とし、個々のロボットや周辺機器の状態に関するデータ項目について定義。
	Part2(TBD)	<u>上位システム⇒デバイスの下り通信I/Fを標準化</u> ■ ロボットを能動的に制御することが目的とし、ロボットの状態遷移や位置情報に関して定義。 ■ Part1・2に対応したロボットは下記運用が可能。 - 上位システムからプログラムを複数ロボットに振り分け実行 - クラウドから、各ロボットの稼働状況や作業を監視・制御
	Part3(TBD)	<u>OT・フィールドネットワークも標準化</u> ■ 装置間の水平統合のためのOTネットワークや、装置コントローラー下のフィールドネットワークも標準化。
域内/国際標準化		■ DIN等国内/域内標準化組織と連携 ■ 諸外国業界団体と連携し、調査・フォーラムを通したPRを実施。

製造業界の標準化では、ユーザー側はGerman3、サプライヤ側はSiemens、SAPと産業用ロボットメーカートップ8社が標準化を主導するキープレイヤとなっている。

工作機械業界における業界標準CS Robotics

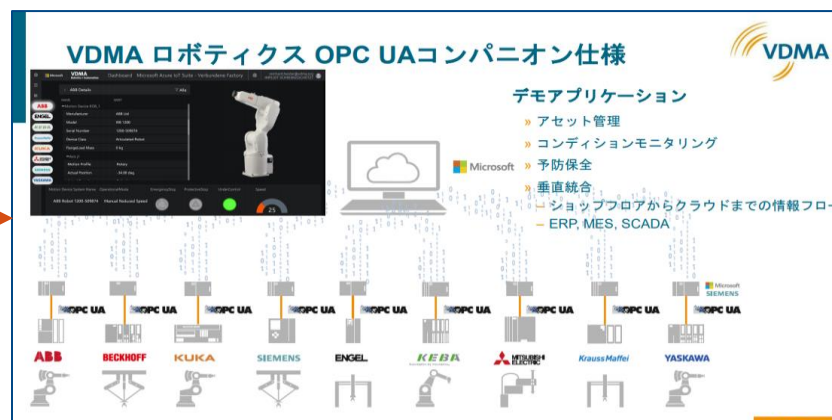
標準が対象とする工場内アーキテクチャ



左記標準化主導のキープレイヤ

ロボット - PLC* ;Siemens+産業用ロボットメカ主要8社
PLC - MES/ERP ;Siemens、SAP
PLC - Cloud ;Microsoft(Azure)

(インセンティブ) ;German3



- ✓ システムインテグレーション(SI)を実施するSiemensやロボットメーカーが標準化を主導
- ✓ I/Fに関連する上位システム・下位システムのサプライヤも標準化に参画
- ✓ インセンティブは圧倒的な市場シェアを有するユーザー Germ3が創出

出所: VDMA「Overview of activities and companion specs」, VDMA「Chances and challenges of OPC UA companion specifications」, OPC Foundation「OPC in the world update」, Mononist「OPC UA for Robotics入門」, Mononist「umati入門」, ビジネス+IT「OPC UAとは何か?」等各種2次情報を基にADL作成

AGV、AMR等工場内物流システムについては、標準化議論の全体像はまだ体系化されていない。

Industrie4.0 Platform		
– Industrie4.0の中でも、標準化議論を主に担当する委員会		
標準化項目	標準化方針	標準の構造と検討体制(例)
データ規格	■ <u>主要な規格は未整備</u>	–
通信規格	■ <u>Industrie4.0としての推奨規格はない。</u> ■ <u>一部主要団体がユーザー企業と共同でフォーラム標準を作成。</u>	VDMA AGVメーカー  VDA AGVユーザー(自動車業界中心) 次項で詳説

出出所:VDMA「VDMA Overview of activities and companion specs」, VDMA「Chances and challenges of OPC UA companion specifications」, OPC Foundation「OPC in the world update」, Mononist「OPC UA for Robotics入門」, Mononist「umati入門」, ビジネス+IT「OPC UAとは何か?」等各種2次情報を基にADL作成

VDA5050概要

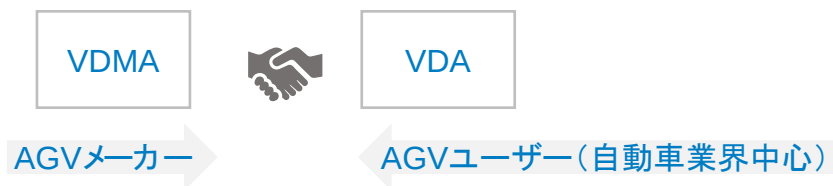
背景

- ユーザー（特に自動車メーカー）は、様々なAGVメーカーの製品を採用するが、これらはメーカー独自のソフトウェアでしか動作しない。
- ユーザーはメーカー問わず多様なAGVを運用することを求めている。

目的

- ハードウェア（無人搬送車）とソフトウェア（制御システム）の間の通信標準を策定し、メーカーに依存しないフリート（AGV、AMR等）の運用及び、コスト削減・システム柔軟性向上を目指す。
- 長期的には国際標準化により、ドイツメーカーの国際競争力を強化。

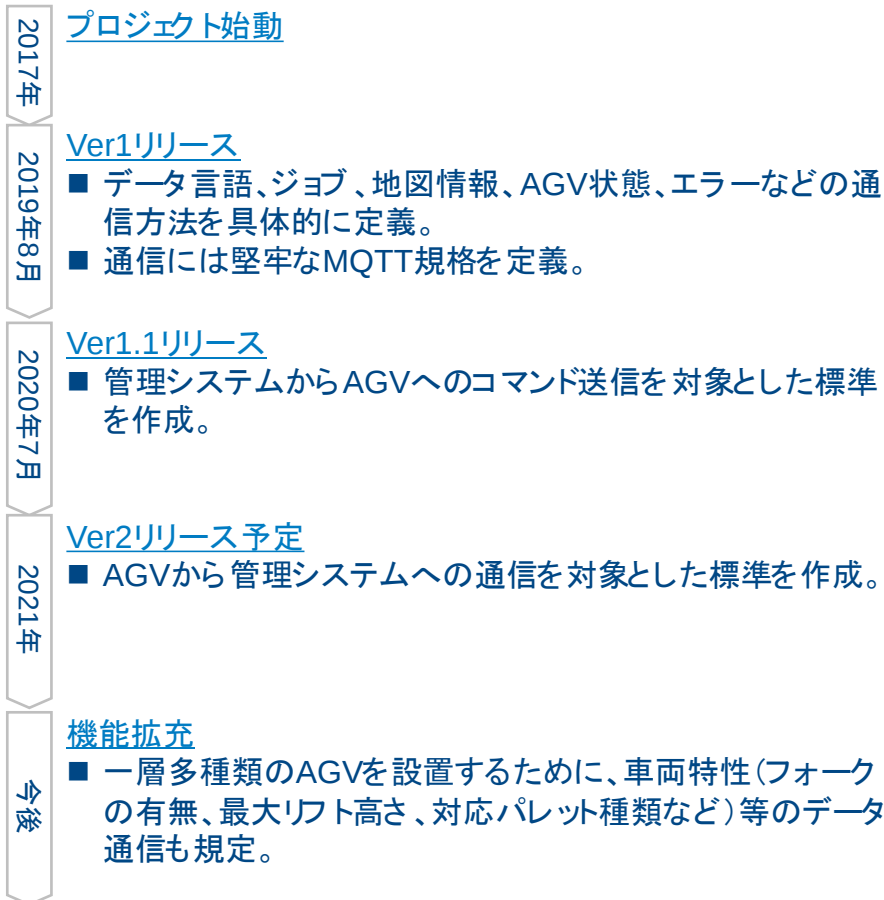
策定体制



- ドイツ自動車工業会（VDA）とVDMA“Materials handling and Intralogistics Association”が提携して作成。
- VDAのAGVユーザー会員と、VDMAのAGVメーカー会員が参画。

出所：BlueBotics, HIVEMQ, SYNAOS各社HP及びVDMAプレスリリースを基にADL作成

VDA5050の作成タイムライン



標準化に向けては、例えば標準化の目標像を想定した体制構築と、体制をリードする・繋ぐ・モチベートする組織の準備が重要である。

共通課題

I/F含む異種レイヤ間で垂直統合を実現した大手プレイヤーを、どう標準化に巻き込むか。

垂直統合ができない中小プレイヤーをどう集約するか。

標準化に積極的なプレイヤーが中心となるフォーラムが、どう消極的なプレイヤーに標準対応を訴求するか。

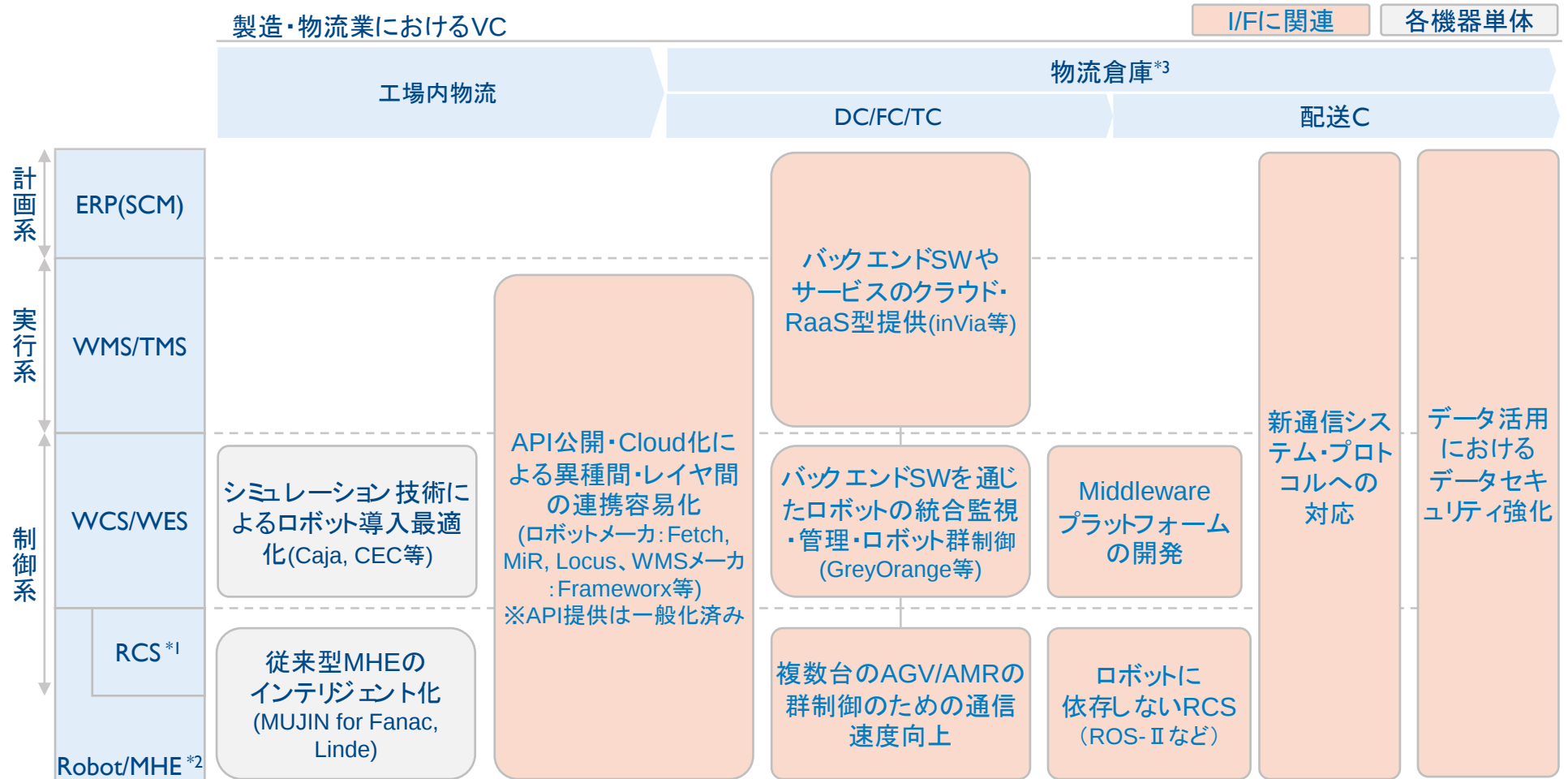
各社ユースケースや独自規格が異なる中で、競争・協調領域をどう効率的に議論するか。

域内の主要プレイヤーを巻き込み、国内標準と域内標準を同時に作成すること。

Industrie4.0標準化事例からの学び

- ✓ まずは通信規格の策定を目指す。通信規格は「一意に規定する」か、「複数を規定しMiddlewareで繋ぐ」かの2択。
- ✓ データ規格は、「全用途・市場に適用可能なベース規格」と「特定の用途・市場に特化した規格」の階層構造で作成。
- ✓ 各データ規格は、全体を統括する団体(Ex; OPC UA foundation)と関連業界団体(Ex; VDMA)が共同でWGを組成し、一貫性と柔軟性を両立。
- ✓ 各WGには、I/Fのインテグレーション・上位/下位システムに関わる主要サプライヤと、市場シェアが大きいユーザー企業を巻き込む。
- ✓ 各WGの標準間で重複・抜け漏れが生じないように、標準間を横串で監視する機能を準備。
- ✓ AGV/AMRなど主要な規格が存在しないケースについては、あえて通信規格を一意に定め、市場普及を狙うのも一手。

自動化倉庫の将来像に向けて、システム全体のCloud化、ロボットの群制御効率向上、データ連携時のセキュリティ強化などに関する技術開発が目立つ。



出所: 各種二次情報を基にADL作成

*1. Robot control system

*2. Material Handling Equipment

*3.

DC; Distribution Center

FC; Fulfillment Center

TC; Transaction Center

I/F標準化に向けて特に重要な課題としては、データセキュリティ強化や、通信規格の選定・品質改善、Middlewareの開発等が挙げられる。

I/Fに関連する技術課題(動向)

I/F標準化への影響

データ活用におけるデータセキュリティ強化	高	顧客情報やロボット稼働情報の集約にあたっては、データセキュリティの強化が重要性が高まっている。競争優位性を持つデータセキュリティ実装ガイドや暗号化方式を検討する必要。
新通信システム・プロトコルへの対応		標準を長期的に有用なものにするために、対象とするタイムラインにおいて将来有望なプロトコルを見定め、標準に採用する必要。
複数台のAGV/AMRの群制御のための通信速度向上		物流倉庫におけるAGV/AMRの群制御は、他業界のロボット群制御と比較しても複雑性が高く、高速・高頻度な通信が必要。
Middlewareプラットフォームの開発	中	Middlewareプラットフォームが普及すれば、「規格を一意に定める」のではなく、「規格を複数規定し、Middlewareで互換性を持たせる」という方針も効果的になり得る。
ロボットに依存しないRCS		近年は国際標準のPLC言語に対応した機能ライブラリを提供するメーカーが増加。ロボット言語からの変換が1対1で可能になれば、プログラム共通化の可能性がある。
バックエンドSWやサービスのクラウド・RaaS型提供。ロボットの統合監視・群制御	低	API公開は既に一般化。APIを公開しても、データ規格等についてはインテグレーションが必要になる。
API公開・Cloud化による異種間・レイヤ間の連携容易化		

独系大手物流業者は、データセキュリティは競争優位性確立のため自社で開発を進める。その他課題については、既存規格の適切な選定が基本方針。

大手企業の技術課題に対する考え方

技術課題(/動向)

データ活用におけるデータセキュリティ強化

大手企業(独系大手物流業者)の考え方

- ・ 暗号化の競合優位性の観点で重要性が高まっている。暗号化の堅牢度を他社と比較して一層高めるために、概ね自社で開発。

新通信システム・プロトコルへの対応

- ・ 当面はHTTPと5Gの両方に対応することが重要。また、倉庫内の他機器との通信では、HTTP, TCP/IP, 無線, 赤外線, 近距離通信, Bluetoothなど各種通信規格に対応したい。
- ・ 特定の通信規格に限定すると、将来的に互換性やセキュリティ性が損なわれる可能性があるため、複数の推奨通信規格をリスト化する方針。

複数台のAGV/AMRの群制御のための通信速度向上

- ・ 通信規格を自社開発するよりは、既存の通信規格の中から性能が最適なものを選定する。

Middlewareプラットフォームの開発

- ・ ソフトウェアメーカーがMiddlewareを開発する。この際、ソフトウェアメーカーは複数のベンダーから資金提供を受けるので中立性を実現している。
- ・ 既に主要な規格が複数存在するインターフェースについては、複数の規格を規定し、それらに対応したMiddlewareを開発するのが最も効果的だと捉えている。

出所: エキスパートインタビュー(大手物流業者)を基にADL作成



Arthur D. Little has been at the forefront of innovation since 1886. We are an acknowledged thought leader in linking strategy, innovation and transformation in technology-intensive and converging industries.

We navigate our clients through changing business ecosystems to uncover new growth opportunities. We enable our clients to build innovation capabilities and transform their organizations.

Our consultants have strong practical industry experience combined with excellent knowledge of key trends and dynamics. Arthur D. Little is present in the most important business centers around the world. We are proud to serve most of the Fortune 1000 companies, in addition to other leading firms and public sector organizations.

For further information please visit www.adlittle.com.

Copyright © Arthur D. Little 2021. All rights reserved.

Contact:
Arthur D. Little Japan, Inc.

Shiodome City Center 36F

1-5-2 Higashi Shimbashi, Minato-ku

105-7133 Tokyo

T: +81 3 6264-6300 (Reception)